ら 7日までの間に既に200粍内外の降雨があり、前日の7日にも30粍以上降つて居るから、土地は充分潤つて居つたと云へやう。No.3の75%を最大として他は殆ど全部50%以下である。尤も前記 3, 6, 12, 14以外が此等に比して少い割合になつて居るのは土壌の濕潤の程度が異つて居る爲かも知れない。兎も角土壌が充分濕潤のときでも75%を超えることのなかつた事は確かである。

次ぎに 7月 8日の强雨は强さが平均して居つた爲に上記の様な流去量になつたもので、若し短時間にもつと强い降り方をしたならば、流去量と 1時間の雨量との比は更に大きくなるだらうと云ふ疑問が殘るが、自記雨量計の記錄を見ると流域 Aに於けるもので10分間の最多は30.1粍になつて居る。從つて若し流去量の計算に10分間の最多雨量を用ひるとすれば、 1秒間當の降水量は 6.96m³、流去量と降水量との比は40%となる。程度の差こそあれ他の3流域何れも同様である。卽ち降雨の强さは平均しては居らなかつたが前記の様な結果となつて居る。

依つて次ぎの様な結論を本年7月8日の强雨の際の雨量と流去量との記錄から斷じ得ると思ふ。

## 結　　論

流域の狀態が良好でなく、面積が餘り大きくなく、地表が充分潤濕な所に强雨が降つた際に於ても、 1秒間の最多流去量は 1時間の最多雨量を 1秒間當に直したものの75%以下である。故に砂防堰堤放水路の大さの計算に當つては、流去量は 1時間の最多雨量を用ひたので充分で、更に短時間（例へば10分間）の最多雨量を用ひるには及ばない。

# ベルナール先生の追憶

林學博士　伊　藤　武　夫

ベルナール先生は西曆千八百七十二年十二月二十八日瑞西との國境に近い



クローデユスベルナール先生（伊藤撮影）

佛國アン縣のコリエール村に生れ質朴と正義との環境に育てられ始め同縣のブール町の中學校に學び後リオンの中學校に轉じ千八百九十一年巴里の農科大學に入學し千八百九十三年卒業後ナンシー市の國立森水學校に入學し常に優等の成績を續け一年間の軍隊勤務を了へ千八百九十五年同校卒業後一躍監視官に任ぜられ拔擢されて砂防界の先覺デモンツエー氏に依つて其必要を力說されたサボア縣の砂防業務に從事さるる事になつてアヌシー市に住し留まる事十四年此間監督官補に昇進され先輩なる管理官キユツス氏及び現總監督官ムージアン氏の指導のもとに常に熱心に研究と經驗とを積まれた。

當時先生は職掌柄危險を冒して嶮峻なる山に登り或は崩壞に瀕せる岩を攀ぢ或は夏尙寒き高峯に登る等自然を相手として奮鬪された外、其頃未だ砂防工の何物たるかを理解しない、山村民との交涉にも少なからず骨を折られたが先生の學識と熱誠にして勤勞を厭はない性格とは眞に先生をして斯業の最適任者たらしめた。

之れより先き千八百九十二年七月十二日モンプラン山脈のテート・ルース氷河の中に支へられて居つた融解水が其破壞に依つて一時に押し出しサンジエルベー溫泉に大害を及ぼした。政府は此氾濫區域と氷河地帶とを測量し之

れを本流アルブ川砂防地域に合併し將來禍害を未然に防ぐ爲めの工事を起こすことになり先生は豫備調査主任として氷河の調査研究を行はれ隧道に依つて氷河の融解水を無害に他へ導く工事を設計し、且つ完成されて大に功績を擧げられた。

之れが動機となつて砂防上氷河研究の必要が認められ先生はムージアン氏と共同でテート・ルース氷河上に於て氣象、氷河の消長、融解、運動等につき詳細に研究され其結果を千九百三年佛國山岳會主催の氷河問題の辯論會に於て報告されローラン・ボナパルト公の賞を得られた。

後又同樣の目的から同じくモンプラン山脈のトレー・ラ・テート氷河等の研究にも從事されたが此等の研究の爲めに先生は海拔二千乃至三千米の高處で數週間も天幕生活や假小屋生活を送られ每々非常な興味を以て、而も甚だ熱心に研究に從事された爲めに早くも氷河學(グラシオロジー)に於ても遂に大家の域に達せられた。

先生は自己の所信に對して忠實であられたが、其一つの現はれとしてアヌシー市在住中佛國山林會支部を設置し自ら幹事として會務に盡瘁された。

千九百十年監督官に昇進されると同時に下アルプ縣のバルセロネツト市に轉任された。之れは下アルプ縣がサボ縣に劣らぬ荒廢山地の多い縣で就中害の最も甚だしいリウ・ブウルドウー野溪の工事が行はるることになり是非先生を煩はさなければならない爲めで、斯く先生は既に當時佛國砂防界の第一線に立つて活躍されたのであつた。

千九百十二年チエーリー教授の後任として招かれて國立森水學校の教授となられ測量學と砂防工學とを擔當されることになつた。

教授となられてからも氷河の研究を續けられトレー・ラ・テート氷河の研究はリール理科大學の教授ドウザミー氏と協力して行はれたが間もなく歐洲大戰の勃發に妨げられて中止された。

歐洲大戰に於ける先生の軍功は先生の生涯に於ける功績中嶄然偉彩を放つて居るものである。

初め大隊長の資格にて動員され工兵方面の軍務に服し上官より尊重せられ後第六軍工兵材料長として活躍され名譽あるクロア●ド●ラ●レジオン，ドヌール勳章並に感謝狀を贈られた。

千九百十七年十月國立森水學校は一時ナンシー市より巴里に移され負傷せる若干の學生に授業を開始することとなり先生は動員されたままで巴里に招かれて、十八ケ月間學生の教育に從事されると共に臨時陸軍林務本部の事務長を兼ねられた。

氷河の研究は戰爭後は單獨で毎夏現地に臨んで行はれ時には健氣にも令孃が同行され助手として父君の研究に手傳はれたこともあつた。

之等前後三十年にも亘る研究の結果は時々農務省より印刷發行され斯界に於ける貴重なる文献となつて居る。

先生の前半生は卓逸せる技術官であつたから教授となられてからの先生は研究に依つて得られた豐富なる學識と體得された貴重なる經驗とを教室に於て縷々述ぶる機會を得られた譯である。

先生は以前より砂防工が數理學の外に地質學氣象學及び植物學等に關係の深いことに感づかれて研究を積まれつゝあつたが之等の學問上の知識が該博となられるや山地荒廢の原因及び裸地化せる山腹の森林化に就ても詳細に且つ丁寧懇切に講義された。

技術官として在職中先生は砂防業務上より砂防地域や氷河地帶の測量及び野溪の縱斷面測量等の爲め各種の測量器械を使ひ慣れて居られるたから測量術は先生のお手のものであつて、從つて先生の測量の講義は眞に生きた講義であつた。

先生は毎年講義の原稿を新たにし獨創的なる砂防工學の著書の完成を期し

て居られたが千九百二十五年頃より病に罹られ療養に盡された甲斐もなく佛國の砂防界は今後も大に先生に期待する處があつたに拘はらず惜む可し千九百二十七年十二月二十五日遂に不歸の客となられた。

先生は性熱誠剛毅にして而も寛大且つ溫情に富み先輩同僚學生何れも先生を敬愛せざるなく技術官としても教授としても誠に理想的の人物であられた

私は在外研究員として千九百二十一年より千九百二十三年に亘る二年餘の歐洲留學中主として佛國ナンシー市に滯在し特に先生の御厄介になつた上に非常に懇意にして頂き用のある毎に先生を研究室や、御自宅に訪れたばかりでなく、時にはお茶の會にも御招きに預かつた。又十七日間に亘るアルプス地方への砂防の見學旅行の際には殆んど賓客の禮遇を忝うし御懇篤な御指導にも預かつた。

特に思出深いのは諸戸先生から私を介して先生に兩三度御質問のあつた際は誠に丁寧に諸問題を解答されたが、或るとき私が先生のお尋ねに答へて諸戸先生が先生と同じ御年配であると申しました處未だ見ぬ異國の同學者に對して慕はしき友情が先生の胸に湧いた御樣子の窺はれたことである。

先生若し御在世であつたならば先般諸戸先生の再度の御洋行の際には御面會も出來、且つ砂防工事の御視察にも出來る限りの便宜を計られたことであらう。

其後先生の功績を永遠に傳へる爲めに記念碑建設の議が起り國立森林學校評議員會は農務大臣の裁可を得モンブラン山腹の天然岩に功績を簡明に鑄出した青銅鈑を嵌入する事に定め工費には校費の一部支出も同窓會とアヌシー産業組合からの寄附金とが充當された。

此青銅鈑を嵌めた天然の岩はコンタミーヌ村から先生と因緣淺からぬトレー・ラ・テート氷河へ通ずる道も國費で開鑿されベルナール道路と命名された道との分岐點（海拔千七百五十米）で夏及び冬に此地方を訪れる多數の登山

者や旅行者の眼に觸れ易い地點に位して居る。

除幕式は本年六月十一日國立森水學校のアルプス地方への砂防見學旅行の機會を利用して擧行され出席者は森水局長代理、管理官バシヤー氏、校長ギニエー氏、砂防工學講師ユーラン氏、上サボア縣知事代理、縣會、サンジエルベー村、コンタミーヌ村、アヌシー市高山植物學會、産業組合佛國山岳會支部等の代表者、伊太利及び瑞西の森林官の代表者其他サボア縣及び上サボア縣在住の退職森林官等で又遺族としては嗣子にして國立鑛山學校出身なるジアン・ベルナール氏が出席された。

式始まるや司會者たる校長ギニエー氏は先生の略歴と功績とを述べ序を以て此記念碑の永久管理をコンタミーヌ村長に託し。各代表は夫々先生に對する讃辭を述べ式終りてホテルに於て晝食の饗應ありデザートコースに於て校長は來會者一同に謝辭を述べ、各代表亦夫々主宰側に對する謝辭を述べ食事終りて一同は先生の追憶を新たにし其餘德によつて計らずも互に會合の機會を得たるを喜び合つて散會した。

## 昭和六年歐米旅行日記 (第五回)

度　　山

八月二十一日(金)曇、小雨　午前九時半晨起、日本から手紙が來た、午後三時にハンガリー王國ブダペストの商業學校の先生夫婦と子供が出立歸國するので子供に餞別に鈴をやると大喜びである、日本伯父さん日本のキモノを着て見よと勸める、又日本へ歸つたら日本のキモノを送つて呉れと言ふから日本へ來たらやるから日本へ來いといふと大笑ひ、之れより公使館に行き、東京朝日新聞(八月二日迄)及官報(七月三十一日迄)を讀む主要な記事は省の廢合、文學士に醫學博士號を授與することを九州大學より申請したが文部省が之を拒むこと、東京市が高さ百米の大堰堤を東京府西多摩郡小河内村に設

處々に五つ捲、七つ捲のもあり積目は同一方向に走らしめず主に一個々々に積目を斷ちて矢羽積の如き層はなく隨つて堅牢にて萬一前述の如き衝激を受くるも矢羽積の如き被害はないのであります。

谷積には石使ひに串刺し、柳、横使ひ、縦使ひ、四ッ目、八ッ捲、目通り、其他種々の嫌ふべき石使ひあり石組に就て相當頭を惱まし其の爲めに功程擧らずと云ふも未熟なる職工は別として苟くも斯道に曉通せる者なれば一個据付くる間に次の口には如何なる形態の石を用ふべきかは豫め考慮しつゝありて誤る事なく功程には何等影響せんのであります。

余り長くなりますから(二)に就ては他日に讓ります。

以上は私の石積に就ての淺見の大要であつて其の是非は大家各位の斷定せらるべきものであらうと思ひます。

不肖を不省貴重なる紙面を穢したる罪を重ねて陳謝して筆を擱きます。

## 砂　防　漫　談

宇　智　多　生

明治四十四年所謂桂内閣の治水十八ヶ年計畫（後年昭和十年度迄延期せらる）が定められ、農林省所管の荒廢地復舊事業が着手せられてより既に十九ヶ年、此間一貫して調査設計、指導監督と專ら現業に從事し、草鞋から地下足袋に、僕の足の裏は全く雪駄の皮の如く、時に剃刀で削らねばならぬ様になつて居る。

十年一昔と云ふが此二昔の間を考へて見ると、苦しかつた事、樂しかつた事、思はず冷汗を感ずる様な事など、それかれそれとまるで走馬燈のそれの如く、堅苦しい記事の合の狂言に思出のまゝを書いて見よう。

大正二年十二月堰堤の堤冠から落下して氣絶し、大正四年二月には薄暮氷結したる山道を滑落して又もや氣絶し、近くは一昨年の春「ウインチ」に跳ねられて腰骨を折損せるが如き先づ第一番に頭に浮んだ恐ろしかつた出來事である。

何でも大正元年の秋近い頃であつたと記憶するが、只今本省に居るY君と二人で某地の設計に出かけた、處が其崩壊は或るお寺の裏山から上り易いと云ふ事をきいて、身仕度嚴重に聳き立つ岩山を攀り出した。

二人共二十六七の若盛りの頃ではあり、互に劣らじと先を競つたのはよかつたが、約七八十間上て見ると攀ぢ得る道は只一つとなり、しかもどうしても頭の上の岩角に手が届かない、身輕な僕が先に上り、上から間繩を下して肥滿のY君を引き揭げる事に話がきまり、Y君の肩に上るにはあがつたが尚まだ二三寸手が足りぬ、Y君「仕方がないや己れの頭へ君の帽子も乘せて其上にあがり給へ」頭を踏むなんてすまぬなあ、じやあ失敬と頭へ乘ると同時に頭上の岩が缺けてがらがら。

こんな危險は吾々現業員には年中ある事で、別に珍らしくもないが、昨年石川縣廳の山本君が崩壊地調査中、岩山から轉落して大負傷をした事が新聞紙上に出て居たり、職工人夫の死傷に至つては頗る多い、之等公傷に對する手當給與に關しては、古い規則

があるそうであるが、何時も有耶無耶になつてるのは甚だ遺憾である、鐵道從業者の共濟組合の如きものの必要があると思ふ。

さて事業着手の始めに當り、吾々は先づ内務省の直轄砂防工場或は地方廳土木課の直營砂防工場等に於て只管修業したものであるが、それら工場の現業員は工手學校出とか、陸軍の退役下士とか、巡査上りと云ふ風で一種の親分肌とも云ふか、吾々の目から見ると別世界の役人の様に思はれた。

毎朝御出勤に際しては、定夫が飛び出して草鞋を履かせる、悠々として工場に至れば、見張小屋の椅子にふんぞり返つて先づ一服と云ふ鹽梅、夕景椽に腰を下し足を投げ出して居ると、定夫が草鞋から足袋を外して洗足までする…諸君嘘ではありませんよ。

此先生方の設計される處を見て居ると、オイ此處へ堰堤を一本ウン今少し繩を上へ上げろ、よしよし其位の高さで丁度恰好がよいと云つた風、だが先生はどこ迄も先生で、吾々は林業の見習と呼ばれ、二三ヶ月經つてみるとナアンダこんな先生について教はつて居て何になるもんか、一つ吾々は吾々獨自の立場からやつて見ようと云ふ氣になつた。

處が實際に當て見ると中々六ケ敷い、第一石屋の言葉から覺えて行かねばならず、法高をホウダカとやつたり、玄翁合端をゲンオウガツタンとやつて笑はれたり、荳株二尺三寸繩〆とは、二尺三寸の繩を用ひて束ねたものだ、イヤ束ねた廻りが二尺三寸あるのだなぞと下らぬ議論が出たり、就中堰堤立積の計算には中々議論が多く、色々の雛形を作つて騒ぎ出す始末。

石積の築設に當ては、ヤレ八つ卷だ、ソレ四つ抱きだ、四つ目

だ、拝み石だ、地藏石だ、重箱石だ、双口合端だ、まるで角力の四十八手裏表と云つた鹽梅で、大局を放つて置いて、徒らに枝葉末節のこんな細い事を知つて居らねば砂防の役人でない様に思はれて居たのも滑稽である。

林業砂防の役人は平民的だ、土木砂防のように威張らぬ處に却て値打があるなぞと、定夫初め職工人夫から持ち上げられて得意になつて居た、然し其當時の土方、其内でも電光などを染め出した袢天着の所謂渡土方の内には、始末につかぬ亂暴者が居て、そんな手合には殘念ながら睨がきかず、まるで坊ちやん扱にされて、其脅かしに震ひ上がつた事は一再に止まらなかつた。

彼等は少し氣に喰はぬ事があると、一時間位早めに退場し、吾々が歸途遠方からよく見える處でメスを砥いで居る、吾々は恐氣さして廻り途をして歸る、すると夜になつてから、丸太棒などをステキ代りについて、旅呉座なんかを着こんでやつて來る、エイ旦那へ、切角飯にありついて喜んで居やしたが、どうも惡くお目に止まつて、ケツを割らにやならん事になつた、鬼怒川電力の兄貴の處へでも行て見ようと思ふので、すまねーがそのエッヘヘヘこうして草鞋錢をせしめる。

全く氣の弱い家族なんか初めは縮み上つて仕舞ふて、こんな氣味の惡いお役は御免を蒙むる事は出來ぬでせうかと泣き出す始末實際彼等暴れ者の仲間に入つてからは境遇の激變によつて、たまたま婦人雜誌などで遊ばせ言葉などを見ると、アア世の中にはこんな甘つたるい言葉もあつたつけ、と不思議に思ふた程であつた。

然し二年三年と順になれて來ると、彼等土方と云ふ者は安外義

理堅い處があつて、扱方一つでは水火も敢て辭せずして危險な仕事をやつて呉れる事がわかつて來た、昨年一月本省での技術會議に於て栃木(今は山口縣)の石井君が請負と直營の優劣問題に關し是等土方の親分子分の關係から彼等思想の變遷について一席を辯ぜられたが、全く時世の流れを顧みれば、感慨特に深きものがある。

さて兎に角見習生であつた吾々も、それぞれ一工場の主任となつて持場へ移住した、當初直營工場は四ヶ所であつて、一工場の事業費は年間約七千圓位であつて、人夫賃が五拾錢から六拾錢位石工賃金が八拾錢から一圓二拾錢位であつたから、當今の約二萬圓位に匹敵し、材料費の少い工場は中々忙しく、殆ど年中夜業をしたものである。

妙なもので、こうしてお互が獨立して責任を持て見ると、誰れからともなく競爭が起る。

甲の工場の芝工事はトテツモナクきれいに出來てると聞いて、乙工場の主任は氣が氣でない、三里四里の山谷越えて密かに內偵して見ると、なんの事ぞ階段の上を手箒ではいて居ると云ふ滑稽、丙の工場の石垣は繪に書いた樣に立派だと云ふ、行てみるとこれはしたり、切角頃合の轉石を御苦勞千萬にも、一々設計書の寸法通りに尺を當てて割らせて居ると云ふ鹽梅、今から考へるとまるで夢の樣な話ではあるが當時では頗る眞面目に、しかも懸命努力の次第であつた。

當時吾々の課長は、口八丁手八丁、と云ふと誠に失禮であるが有名な今は故人のN氏であつて、しかも治水係りの主任として頭

腦明晰精力絶倫のT技師ががん張つて居られ、オイ何々君、君の俸給は時間に割當てるといくらいくらになる、今少し能率をあげたらどうだ、ナニ風をひいた？吹雪の中を飛び歩いて見給へ、風なんか逃げ出してしもうからと云ふ勢で、從て吾々も一生懸命であつた。

其T技師は今は砂防界の重鎭としておさまつて居られるが、たしか大正三年の夏だつたと思ふ、僕は伴はれて釜無川の上流を調査した事がある、メッタに行く人はなし、勿論道といふ道があるじやなし、何でも八九度川渡りをやつた、T技師は六尺豊の大男僕は五尺一寸の小男と來てゐるので、T技師の腰のあたりが水につかる時には僕は頸迄沈む、仕方がないので履き代の草鞋から服から一切がつさい頭上に乘せて渡る、T技師は越中褌を棒切れの先に飜して源氏の白旗と云ふ洒落、イヤ若い時は面白かつた。

とかくする內に林業の砂防見習生たりし吾々も日に月に自信が出來て來た、ソロソロ大きい仕事をやり出した、土木の砂防に負けぬ否より以上の大仕事をやり出した、しかも成績良、頗る評判がよい、元の先生株が慌て出した、親分へ注進注進と云ふわけでもなかつたろふが、內務省の土木局あたりから餅が燒けて來た、今は故人の某勅任技師迄が視察に來て寫眞を撮て歸られると云ふ有樣。

砂防工事の所管爭？兎に角工事の所管統一問題が漸く八ヶ間敷なつて來た、山役人が川仕事とは何事か、山の禿を芝で膏藥張りでもして居ればよいじやないかと云へば、水を治むるは山を治むるにあり、山の觀念あるものにして初めて眞の砂防の計を立つる

事が出來る、下流一局部のカーブがどうの、水の突流がどうのと騒いで居るより、先づ山の頂きに上つて川の大局を達觀せよ、思半ばに過ぎぬであろふ、下流に於ける或程度迄の砂防工事は、よろしく林業技術者に委すべしと應酬して讓らない。

此所管問題は先年行政審議會に於て、各其權限を決定せられた事は既に諸君の知らるゝ處であるが、しかし僕はどうしても何れか一方へ統一すべきものではあるまいかと思ふ、權限の統一が出來ぬとしても、其經費關係は決して兩者甲乙あるべきでないと思ふ。

昨年一月本省に於ける主任會議に於て、各縣期せずして荒廢地復舊事業の經費關係をして、砂防法に於ける砂防工事の經費同樣規則の改正を要望したるが如き故なきにあらずと思ふ、殊に其際廣島の安田君が大體保安林そのものが既に一種の强制的制限の忍苦を與へつゝあるにかかわらず、更らに之れに對して地盤保護工事の指定を命じ、しかも其費用の一部を所有者に負擔せしむるが如きは時代錯誤の甚だしきもの、よろしく全額國庫負擔となすべしと主張したるは誠に我意を强くした。

さて六七年を一足飛びに飛んで大正九年となる、諸君此大正九年は吾々の決して忘れてはならぬ年である、學術的に殆どよるべき著書もなく實地の研究にのみ苦心慘憺たりし吾々に一種の光明が來た年である。

それは多年の留學を終えて歸朝せられたる、我砂防界のオーソリテイたる度山先生と、治水初年度以來實地の研究に日もこれ足らざりし田中技師を講師として第一回荒廢地復舊技術講習會が開

かれたのである。

何しろ昔からあり來りの仕事を土臺として暗めさぐりに研究して居た吾々は非常な期待を以て喜び勇んで目黑をさして乘り込んだ、集る者四十六名。

處が竹を割た様な度山先生の事とて遠慮會釋もあらばこそ、「在來の砂防工事をやつて居る自惚れ天狗は頭が古くなつて居て駄目だ、自分は何も知らぬホンノ素人を度山式に仕込むが理想である然し人員の都合もあつたので今回はお情で出席を許す事にした」との口上。

サア僕等は腹の中がデングリ返つた、これはけしからぬ、吾々は道樂や見物に出て來たんじやない、多年渴望の光明に浴すべく勇んで出て來た者である、古い頭の吾々を若返らせて、度山式に導いてこそ先生の權威者たる所以じやあるまいか、ヨーシッ、こうなるからには一生懸命だ、勉强勉强、嘘じやない一ケ月の講習期間中東京市内へ出かけたのは夜間タッタ三回、毎夜四時間位しか眠らなかつた。

處が先生の超最大急行的講議、それが一から十まで、アルハアベーターの算式攻めときてるので、僕等の様な無學者にはチンプンカンプン頭の中で纏りがつかない、其筈だ、出席學士連にしてからがエライわかつた様な風ではあるが聽いて見ると案外わかつて居ないのだから。

正直の處淺學の僕には二割は全く解し得ず、三割はわかつた様なわからない様な（後からユックリ勉强する積りで）そして五割はたしかにわかつた、爾來此講習は毎年連續して回を重ぬる事十

面、眞面目な生徒ほど悲鳴をあげるときく、昨年の主任會議に於て某氏から、今少し通俗的にやつて欲しいとの注文が出たが、しかし單に積苗工とはこんなもので、石の積み方はこうするがよいと云ふ位の事ならば少し大きい仕事をやつてる縣へ視察に行けばわかる事で、何も此講習を聞く必要はないじやないかと、田中技師の一言でそれなりになつたが、僕等の考では少くも二三年實地をやつた者を受講せしむるが一番有効だと思ふ。

兎に角荒廢地復舊工事が、此講習開始の頃を一轉期として、著しく隆盛を極め、長野縣の宮澤君が「農林省は羊頭を掲げて狗肉を賣る」と難じた事ほど左様に補助金の少額を怨む迄に各縣の事業計劃の擴張を見るに至つた事は、一面吾々の技術が進歩し、優良なる事業の成績を認められたる結果であると斷ずるも、敢て自惚れでないと思ふ。

從來砂防工事と云へば、單に山腹の崩壞並に禿赭の表面に、各種の化粧的工事を施すを以て足れりとし、或は溪流の一點に土留の目的を以て、漫然と横斷工事を築設するが如きは、統一ある砂防工事と云ふべく余りに無謀であつた。

或る野溪流域に於ける雨量は、森林と如何なる關係があつて、其結果幾何の流量を生ずるか、亦其地質地勢は雨量と風化作用等と如何なる關係があつて、其結果如何なる土石流を起し、且つ流送せらるゝ石礫の運動は、溪床の勾配、水速と如何なる關係を生じ、其結果如何なる野溪浸蝕を起すか。

之等數理的研究に依て、初めて適當の工法も定め得べく、堰堤の安定條件、放水路横斷面の大さ、等々、合理的な設計をなすべ

く據る所を得、よりて以て過小の危險と過大の濫費とを免れ得るに至つた事は講習生の等しく自認せられた處であらふ。

だが然し生兵法は何とやらで、往々トテツモナイ滑稽をやる講習歸りがないではない、何でも五六年前、某縣の友人から、放水路の巾二尺深一尺位の珍妙なる堰堤の寫眞を受取つた事がある、それが降雨毎に暴流の起る野溪であつて、雨量と流域面積から算出したる放水路所要斷面だそーである。恐らく暴流の爲めに小さい木の根でもヒツカカッテ、流水は堤冠を溢流した事であらふ。

（昭和四年十二月十九日稿）

## 昭和四年秋の朝鮮旅行日記

度　　山

九月二十八日雨、午後八時頃大雨降りであつたが八時半頃になつて雨が止んだから大鞄を持つて青山の寓を出掛けた。今回の旅行は十月三日から二週間總督府で開催する砂防講習會の講師として行くのであるが十月一日が朝鮮總督府施政二十年記念博覽會の開會式であるから之れに參列する考へで從てフロックコートが入用であり、寒くなつたから冬の和服も入用、又山地を視察するのであるから、山行服の仕度も必要なので從て荷物が多くなつたのである。中々持つのは難儀である。例の通り澁谷から省線電車に乘り九時に品川驛に着くと學生長谷川君が見送りに來て居た。九時五十九分發下關行急行列車に乘込み寢臺の人となつた。

二十九日雨、午前五時半名古屋に着いた時、眼をさました。朝鮮

要なことであるが、會員數が假に五百名位に過ぎぬとしても、夫れが會員たるべき人の全部である場合と、二千名位に達すべき筈のものが一千名位にしか達しないといふこととは大變な相違であつて、目的とする砂防事業の發達も相互の連絡も圖られず、結局は職責の完遂も不可能となるのではなからうか。

砂防協會は理事の爲の會でもなければ、常々多く寄稿する人々の爲の會でもなく、一般砂防方面に關係さるゝ人々の爲の會であつて、各自にとつて自分の會である。

賴まれるから入會して遣るといふ性質のものでなく，當然入會すべきものと考へて頂き度いものである。

記事內容に就ては新聞や諸雜誌の樣に執筆者がある譯でなく、各自が執筆者たるべきもので、決して購讀者ではない。

然し會の運營に就ては私共に責任がないでもない。此點は將來大いに考へて行き度い。

兎に角再發足の際には更生の意氣を以て起ち上り度く念願し、各位の御協力をお願ひする次第である。

## 「砂防」編輯の思ひ出

東京帝國大學助教授　荻　原　貞　夫

「砂防」が現下の時局に卽應するため愈々本號限りで休刊することになつた。林學砂防方面に於ける唯一の存在であつただけに甚だ惜く思ふ。私は同誌の編輯には十年程前から關係してゐたので惜別の感が一入深い。

「砂防」との緣が始まつたのは私が農學部林學科三學年になつて森林理水及砂防工學を卒業論文として專攻すべく同教室に入つた時からである。現在

の一高、當時の農學部が在つた懐しい駒場の一校舎の三階東南隅諸戸先生の隣室に今は故人の助手の青沼さんが居られて一意專心會誌の編輯に當つて居られた。青沼さんは誰が何と云つても「砂防」にとつては縁の下の力持ち型の大恩人で、この人あつてこそ今日まで一回の缺號もなく繼續して來たと云つて差支へないと思ふ。その頃隔月の發行日になると私等學生は發送のお手傳ひをさせられたがそれが濟んで後の蒸菓子の饗應を目當てに張り切つて應援したものであつた。

卒業後同教室に勤務するやうになつてからは「砂防」との關係は必然的に深まり發送日の助力は勿論、校正にまで乘り出すやうになり遂には原稿難の折などには寄稿の强請さへ受けることになつて閉口した。青沼さんの精勤振りは大したもので十年一日の如く一に「砂防」二に「砂防」でこれ以外の何物もなかつたことは事實である。從つて昭和十六年三月急性肺炎で突然亡くなられた折の理事長諸戸先生の落膽さは非常なもので私に「砂防ももうお終ひだね」と幾度も繰返して仰言つた位であつた。この出來事は事實大きい打擊には違ひなかつたが大勢の會員諸氏のことを思へばそのまゝにしてをくわけにも行かないので砂防教室一同が現教授伊藤先生を中心に不慣れ乍らも編輯をやることになつたのである。青沼氏編輯時代にも忘れてはならないことは故櫻井莊三助教授と當時同教室に居られた加藤成一君の側面からの後援であり玆に特記して敬意を表してをく次第である。

處が同年五月に開催された總會で編輯委員なるものを設けることに決し、天野一郎、坪田廉、井上弘、夏目正、木暮六郎、河田五郎、荻原貞夫の七名が選定されて、編輯の任に當ることになつた。この制度は頗る效果的でそれ以後原稿難といふことがなくなつて非常に樂になつた。會誌の體裁を整へるための論說・研究、資料・調査、隨筆などの部類別もこれ等委員に依る工夫の一つである。そうこうしてゐる內昭和十六年四月に以前教室に居られたこ

とのある清水昇君が再び同教室に勤務されることになり「砂防」關係の仕事を一切引受けられることになつたので協會の事務は茲で再び青沼氏時代の調子に歸つた。それ以後數年間「砂防」の編輯は軌道に載つて順調に進行したのである。毎年編輯費として250圓程の豫算が組まれ、委員等は編輯委員會の後の夕食を樂しみに相當勵んだ次第であつた。然しこれも僅かの間で三會堂東洋軒の支那料理が日本食堂の定食となり、本鄉赤門前の鉢の木に變り、更に南米とか云ふ怪しげなコーヒー店のアンミツにまで成り下つて遂には砂防教室の番茶だけになつてしまつた。この様な變化は食ひ物ばかりにあつたわけではなく、編輯委員の上にも相當の變化があつた。先づ井上さんが轉任され次いで坪田さんが南方に進出されたかと思ふ内に木暮六郎君續いて一番元氣な天野一郎君が應召された。加ふるに公務の加速度的な增加と共に已むを得ざる缺席者が增え、本號の編輯委員會には出席者二人と云ふ淋しさであつた。この間に於ける理事長が一回も缺席されなかつたと天野、河田兩君の活躍、夏目正氏の遠路態々の御出席には深く敬意を表する次第である。尙砂防教室の伊藤先生と、助手藤井眞一君、林業試驗場の川口武雄君が絕大な後援を與へられたことも忘れてはならない。

去年の十一月になつて二代目青沼氏たる清水君が一身上の都合で全國森林組合聯合會に轉勤されたので協會事務は再び砂防教室の負ふ處となつた。前に一度この經驗を持つてゐる教室の人々は今度こそは大いにやらうと意氣込んで前號を發行した處が今號を限りに休刊の已むなきに到つた次第である。

最後に「砂防」の内容に就いて一言すれば同誌には理事長の教訓や鹿爪らしい論說がある一方に情味豐かな隨筆が飛び出し、又現場員本位の記事があるかと思へば稍高等な學術的研究論文が表はれると云つた具合に稍纏りのないものであつたかも知れない。然し會員として各官廳の役人、學校の教員などから現場職員に到る凡ゆる種類の人々を包含する本協會の機關雜誌として

は斯くあるより他に道はなかつたと云ふべきであらう。

休刊の期間は何時まで續くか豫測出來ない。が然しこの期間を再び發刊される「砂防」をより良きものにすべき準備期間として活用したいと思つてゐる。

# 砂防への思念

三重高等農林學校教授　伏谷伊一

皇紀2604年は大東亞戰爭決戰の年であり、あらゆるものを擧げて戰力に結集せねばならない時、『砂防』も亦此の聖なる目的達成の爲第九十三號を以て一時發刊停止の已むなき事態に立到つた。まことに文字通り已むを得ない事であり、吾等はこれに對して何等不平も不滿もあり得る筈がない。けれども此の事は砂防工事の重要性が減少した事を少しも意味するのではない。否砂防工事の重要性は益々增加するばかりである。されば『砂防』は發刊されなくとも、吾等は一日のたゆみなく、砂防技術の向上發展の爲に情熱を捧げ盡さねばならない。諺に伸びんとすれば先づ縮めよと云ふ言葉がある。伸びんが爲の發刊停止である。何故なら、『砂防』再發刊の時期は、砂防事業は大東亞發展の礎石として輝かしき發足をしてゐるであらうから。此の事は決して夢ではない。只時の問題である。只吾等は此の時が一日も早く來れかしと祈ると共に、亦一方輝かしき時を迎へる準備おさおさ怠りあつてはならない。世に泥繩式と云ふ言葉があるが、砂防に限りかゝる言葉を頂戴せぬ樣日頃特に心掛けねばならない。今や山岳地帶の樹林は、聖なる戰爭資材として、伐採につぐに伐採を以てしてゐる。濫伐となるも亦已むを得ない事である。只問題は濫伐後の國土保安をどうするかと云ふ事である。次に來る災害への備へをどうするかと云ふ事である。戰爭と水害これは離れる事の出來ない因緣

FOREST ECONOMY

# 林業經濟

第 107 号

昭和三十二年九月

〔時の問題〕アラスカパルプ工場建設はじまる…熊谷三郎…1

木材価格の動向と予測について (二) ……野村勇…3
—稲葉，石渡氏等の見解に対する疑問をふくめて—

最近の木材需要の諸傾向について……山崎恭一，高橋昭…9

諸戸北郎とその林業理論……栗原東洋…21
—採取圏の拡大と森林土木学の必要性—

＜随想＞ アメリカの広さ……田中紀夫…28

＜やまがら＞ —処分と販売—……36

農家における育林業成立の條件 (三) ……弘田尊勇…29

1955年の資本主義諸国における製材の生産と輸出……カー・テー・センチューロフ，田中茂訳…25

林業経済ノート 木材価格……赤井英夫…33

林業経済関係文献抄錄……37

木材市況……38　動態統計……39

Vol. 10 No. 9

1 9 5 7

財団法人 林業経済研究所

Forest Economic Research Institute

東京教育大學農學部林學科

# 諸戸北郎とその林業理論

## ―採取圏の拡大と森林土木学の必要性―

栗原東洋

Dr. Kitarô Moroto and his theory of forestry; by T. Kurihara

### 一

諸戸北郎が、明治以降、わが国における近代的治山、砂防工学の建設者であることは周知の通りである。

ところで、かれは、林学―林業と云う立場で、この砂防工学を、どのように理解し、また位置づけていたろうか。或は、わが国の当時の実情からして、林地の管理、林業の経営の上から云つて、林学はいかにあるべきか、そして、そのなかでの砂防工学の位置を、どう考えていたろうか。さらにその考え方に、どういう発展があつたろうか。尤も、ここで、かれの体系を、たんに砂防工学と云う風に煮つめる必要はないかもしれない。むしろ広く森林土木と云つた方がいいかもしれない。植物学的な林学に対して、工学的な林業と云う意味である。ことばをかえれば、すこし云いすぎにはなるのだが、育成林業に対して採取林業と呼んでもいい場合があろう。諸戸は、明治末期でのわが国林業の問題点が、なお採取林業、採取圏拡大のための土木的施業にあることを云おうとしたことは、以下の項に見る通りだが、とにかく、そういう在り方のなかで、かれが、自分の専攻する学問を、どのようにとらえたかが問題なのである。

以下、それらの点を中心にして、かれの砂防理論、広くいえば林業理論の展開を検討してみたい。

### 二

諸戸の留学中の報告は、数多く、当時の「大日本山林会報」に寄せられている。それらのなかにかれの考え方は、はつきりと、表明されている。たとえば、四三年一二月の「明治四三年夏期修学旅行所感」を取つてみよう。この旅行の途次、オーストリーでの或る野渓工事を視察したときのことを、かれは次ぎのように書いている。即ち、この国で最大の湖といわれるアッター湖（海抜四六五メートル、周囲二〇キロ、深さ一七一メートル）とモンド湖（同じく四八一メートル、一一キロ）を連続せる河の工事であるが、

「元来、この河は普通の河川にて、野渓にあらず。故に建設物はベトン製の大橋梁、引水用の堰、護岸、石垣等にて、殆んど普通土木的の工事にて、僅かに林業と思はるるは、柳の挿木位なり。故にこの工事を、野渓留工事事務所長の手にて行ふは不思議」

と思われたのである。それで、この理由を、所長にきいたところ、

「この工事は、元来、余の手に属すべきものにあらざれども、この地方にて、野渓留事務所の手にて施行したる工事は能く成功して、その目的を達せり。これに反し、普通の土木者の手にて施行したる工事は、洪水の至るごとに破壊せられ、年々修理を要するを以て、これを目撃せる地方の町村民は、土木工事は野渓留工事事務所の手にてなすに限る」

と信ずるようになり、爾来、こういうことになつたのだという。諸戸は、このことに関連し、わが国の実情を、次ぎのように批判している。即ち、

オーストリーの林業技術者は、だんに野溪留工事というにとどまらず、一般に土木的知識に富んでおり、その成果は期待されているのであるが、これに反し、

「わが国の山林技師なるものは、多くは植物学者にて、土木的の知識に乏しい状況である。或は造林の場合には、この植物学上の知識※も必要であろうが、しかし、これとて、じつは、

「造林する樹種は、スギ、ヒノキ、マツ、クスノキ等僅少種類に過ぎず。これの造林に、何ほどの知識を要せんや。尤も、本邦の樹種は五百種以上あり。然れども、植物学上の学名・分類・識別を知るは、学者としての飾りにて、決して、造林実行上必要のものにあらず」

と、大分はげしいことばで論難している。さらに「森林学の根本にて、林学唯一の本拠」ともいうべき森林経理学についても、

「今日のわが国の国有林に応用せらるる〔に当り〕多額の労費を投じて作製したる施業案も、国家財政上の都合にて実行せられざる状態」

であることを考えれば、今日の段階として、そうムキになつて研究するまでもないもののように思われるといつているようである。諸戸が、国有林の施業案編成規定（明治三二年四月、その後数次に亘り改正、緩和）に対して、あまり感心していなかつたことは、この論文にも見られるが、もつとはつきりしたものに、「南墺旅行所感」（大日本山林会報、四三年八月号）がある。これは、四三年五月、ウイーン高等地産学校の修学旅行で、この指導教官は、森林経理学のA・R・V・グッテンベルグ教授と、当時、ここの総長をしていた森林土木学兼木材商業学のJ・マルヘット教授であつた。この旅行で、ウイーンから二〇時間ばかり離れたクライン州に、シェーンブルグーワルデンブルグ侯爵の、一万六千町歩ほどの山林を視察している。その経営主任は、さきのマルヘットと、地産学校の同期生であるが、その経営方針を見て、諸戸は、わが国のそれにくいさがつている。曰く

「この人によつて経営せらるる森林を見るに、枝打の原則をも応用せられず、じつに不規則、不整理の枝多き森林なり、然れども、これ、この森林の位置上、集約的の林業を経営」

することができないからである。外見がそうだからといつて、実際上の経済についてみると、採算は充分に取れているのである。従つて、林業なるものは、「理論よりは、〔その立地條件よりして〕経済的常識判断にて実行」すべきものである。この考え方に同行した森林経理学のグッテンベルグ教授が、どのような反応を示したか、かれの報告には明らかでない。しかし、このとき、両教授とともに、特別に、侯爵邸に宿泊し、その晩さん会で、おそらく技師長をも含め、侯爵とともに、「夜の更るを忘れて、長く林業談」をたたかわせたことによつても分かるように、当然、外見はいかにも不整理なその施業方式の是非が問われたにちがいない。そのなかでの結論の一つが、かれのさきの言明にあらわれていると考えてもいいのではないだろうか。すくなくとも、諸戸は、そこから、以上の結論を引きだしたわけである。

ところで、諸戸は、このことに関連して、わが国での施業の在り方を、次ぎのように批判している。曰く、

「彼の集約的なるドイツの林学者の意見に重きをおき、これを、わが国の粗放なる森林にまで適用せんとし、実際に実行し得ざるごとき綿密なる施業案の編成・枝打、間伐に多額の費用を投ずるがごときは、〔それにより〕、森林は整理せられて立派になるも、決して経済上〔の〕利益」

を見ることはできないだろうと。そして、とくに民間林業においては、この収支計算を明らかにすることが必要である。しかし、わが国では、そういう立場からの林学教育、林業技術の発展はない。それゆえ、

「国有林に従事する官吏は易く、民林に従事するものは困難」

なのであるといつている。

※ わが国の林学教育が植物学に重点をおくに対して、オーストリーでは、却つて動物学、とくに昆虫学を重んじていることについて、諸戸は、四四年六月の修学旅行所感（大日本山林会報、四五年二月）のなかで、次ぎのようにいつている。曰く、

「リッヒテンスタイン侯爵家林業主任ウール氏、余をよびよせ、わが国産の樹木の種属名、科名、造林法及び木材の利用法等を質問せらる。余は、植物の学名及び利用方面には知識ある故及第せしが、昆虫及び黴菌の試験は答ふる能はず落第せり。これ、林学の教育が、日墺両国の大学に於て

異るを明示するものにして、わが国に於ては、森林植物及び造林学の授業時間多きが、墺国の地産学校に於ては、森林植物学よりも森林保護学の時間多く、且つその試験は非常に厳にして、学生は全力を昆虫学につくすを以てなり」と。

以上のように、諸戸は、形式的には整備された施業案の編成を批判しているが、これに対して、むしろ、現在必要なのは、わが国に豊富に存在する原生林開発のための土木的技術でなければならないとしている。即ち、「わが国の山林は、運搬不便にして、林道その他木材運搬設備を設くる」（四三年一二月号の報告）等のための土木的知識が、これを開発するためには必要である。つまり造林や管理経営する前に、天然林木を、安価に生産供給することが、今日の林業政策が、当面追及しなければならない課題であるとしているように思われる。もちろん、その場合、地肌をいため、山地崩壊のおそれのないような施設が、最少限度に確保されなければならないし、さらに積極的には、治山、砂防施設も進める必要がある。ここに森林土木というのは、他の土木技術とはちがってたんに開発土工だけではなく、治山的な配慮を要請される特殊性をもっているのである。

これらの点については、さきにもふれたが、四四年五月の、オーストリーの地中海岸に属する、ダルマチア地方の旅行日記（四五年二月の大日本山林会報所収）に、もつと、はつきり出ている。即ち、かれは、そのなかで、ボスニヤ及びヘルチェゴヴィナ州を取りあげ、この地方は、「面積およそ三、三〇〇平方里、人口一五六万人にして人口稀薄、原生林」が多いのであるが、「一八七八（明治一一）年、この国を併合以来その開発、原生林の利用に意を注ぎ、先ず水機路〔？〕、森林鉄道等を設け、官営にて伐木運搬を開始し、殆んど無価値の原生林内の樹木を利用」する方法を取っているが、これは、「丁度、わが国における台湾の阿里山の原生林を開発するため、藤田組に森林鉄道を敷設、経営させたに似ている（明治四五年）。しかし、わが国では、どうも、このような木材輸送の合理化、機械化に対し熱心ではない。というのは、「森林鉄道を設けて木材を運搬するときは、森林乱伐の弊を来す」と憂うるものが多いからである。だが、これは事実に反する。「何となれば森林鉄道を設けて木材を運搬するは、従来、人肩、牛馬その他の幼稚なる運材法にて運搬せし木材を、従来よりも、労費を少く〔するだけで〕、決してこれがために、施業按を〔の？〕示すよりも多くの林木を、乱りに伐採するゆえん」ではないし、さらにヨリ大事なことは、「運搬便となりしため、従来、需用の途なく、山林内に捨ておかれたるごとき樹木の部分までを運搬して利用」しうるという点なのである※。つまり、資源利用の高度化であり、未利用林分の開発である。もつといえば、林田重治が「森林経済論」（明治二三年）のなかでいつたように、相対的林地の多くを農適地として解放し、林域を縮少し、木材価格を上昇せしめ、それによつて採取圏を拡大し、その過程で機械化をも押し進めるならば、木材資源の高度利用と相まつて、却つてコストの低減をも期待できるということでもあろう。

このように考えると、私的経済のみならず、国家経済上からいつても、わが国における「木曽、秋田、青森、北海道等、未だ利用せられざる原生林」を開発し利用するには「森林鉄道を設けて、森林内に殖民地を設くる」ことが必要である。さいきん、わが国の鉄道局でも、全国的に、鉄道線路網の敷設計中ときいているが、鉄道の大顧客が木材であることをも考慮し、森林地帯では、この鉄道網と連絡しうるよう、森林鉄道、積木場、鋸〔製材〕工場等を築設すべきで、このことについては、「林学家に於ても、鉄道庁のみに依頼せず、自から進んで、これが案を立」てるようにしなければならないと、諸戸は書きつけている。

以上のように、森林土木施設によつて採取圏を拡大すること、しかし、これは、必らずしも、伐りつ放しを意味してはいないだろう。当然に、造林を考えていたと思われる。ただその場合、跡地植栽として、当時普遍的だつた人工造林を問題にしていたか、それとも、むしろ天然更新を取りあげていたか、この辺のところは、いま、手もとの資料では明らかでないが、近かく検討できるだろうと思う。ところで、現在の林政として必要なのは、と諸戸はいう、そのような土木的な分野に加えて、もう一つは法律的な側面である。というのは、維新以来の諸変革により、とくに、旧来の山林所有の権利やその在り様に、多くの影響が与えられた。官民有区分により、奥地の未利用林はもちろん村民入会の山々に至るまで、相当多くが官没され、そのための紛争もあるし、また入会山についても、村と村と、村と村民との間に、或は分

オーストリーの林業技術者は、だんに野溪留工事というにとどまらず、一般に土木的知識に富んでおり、その成果は期待されているのであるが、これに反し、

「わが国の山林技師なるものは、多くは植物学者にて、土木的の知識に乏しい状況である。或は造林の場合には、この植物学上の知識※も必要であろうが、しかし、これとて、じつは、

「造林する樹種は、スギ、ヒノキ、マツ、クスノキ等僅少種類に過ぎず。これの造林に、何ほどの知識を要せんや。尤も、本邦の樹種は五百種以上あり。然れども、植物学上の学名・分類・識別を知るは、学者としての飾りにて、決して、造林実行上必要のものにあらず」

と、大分はげしいことばで論難している。さらに

「森林学の根本にて、林学唯一の本拠」ともいうべき森林経理学についても、

「今日のわが国の国有林に応用せらるる〔に当り〕多額の労費を投じて作製したる施業案も、国家財政上の都合にて実行せられざる状態」

であることを考えれば、今日の段階として、そうムキになつて研究するまでもないもののように思われるといつているようである。諸戸が、国有林の施業案編成規定（明治三二年四月、その後数次に亘り改正、緩和）に対して、あまり感心していなかつたことは、この論文にも見られるが、もつとはつきりしたものに、「南墺旅行所感」（大日本山林会報、四三年八月号）がある。これは、四三年五月、ウイーン高等地産学校の修学旅行で、この指導教官は、森林経理学のA・R・V・グッテンベルグ教授と、当時、ここの総長をしていた森林土木学兼木材商業学のJ・マルヘット教授であつた。この旅行で、ウイーンから二〇時間ばかり離れたクライン州に、シェーンブルグーワルデンブルグ侯爵の、一万六千町歩ほどの山林を視察している。その経営主任は、さきのマルヘットと、地産学校の同期生であるが、その経営方針を見て、諸戸は、わが国のそれにくいさがつている。曰く

「この人によつて経営せらるる森林を見るに、枝打の原則も、間伐の原則をも応用せられず、じつに不規則、不整理の枝多き森林なり、然れども、これ、この森林の位置上、集約的の林業を経営」

することができないからである。外見がそうだからといつて、実際上の経済についてみると、採算は充分に取れているのである。従つて、林業なるものは、「理論よりは、〔その立地條件よりして〕経済的常識判断にて実行」すべきものである。この考え方に同行した森林経理学のグッテンベルグ教授が、どのような反応を示したか、かれの報告には明らかでない。しかし、このとき、両教授とともに、特別に、侯爵邸に宿泊し、その晩さん会で、おそらく技師長をも含め、侯爵とともに、「夜の更るを忘れて、長く林業談」をたたかわせたことによつても分かるように、当然、外見はいかにも不整理なその施業方式の是非が問われたにちがいない。そのなかでの結論の一つが、かれのさきの言明にあらわれていると考えてもいいのではないだろうか。すくなくとも、諸戸は、そこから、以上の結論を引きだしたわけである。

ところで、諸戸は、このことに関連して、わが国での施業の在り方を、次ぎのように批判している。曰く、

「彼の集約的なるドイツの林学者の意見に重きをおき、これを、わが国の粗放なる森林にまで適用せんとし、実際に実行し得ざるごとき綿密なる施業案の編成・枝打、間伐に多額の費用を投ずるがごときは、〔それにより〕、森林は整理せられて立派になるも、決して経済上〔の〕利益」

を見ることはできないだろうと。そして、とくに民間林業においては、この収支計算を明らかにすることが必要である。しかし、わが国では、そういう立場からの林学教育、林業技術の発展はない。それゆえ、

「国有林に従事する官吏は易く、民林に従事するものは困難」

なのであるといつている。

※ わが国の林学教育が植物学に重点をおくに対して、オーストリーでは、却つて動物学、とくに昆虫学を重んじていることについて、諸戸は、四四年六月の修学旅行所感（大日本山林会報、四五年二月）のなかで、次ぎのようにいつている。曰く、

「リッヒテンスタイン侯爵家林業主任ウール氏、余をよびよせ、わが国産の樹木の種属名、科名、造林法及び木材の利用法等を質問せらる。余は、植物の学名及び利用方面には知識ある故及第せしが、昆虫及び黴菌の試験は答ふる能はず落第せり。これ、林学の教育が、日墺両国の大学に於て

異るを明示するものにして、わが国に於ては、森林植物及び造林学の授業時間多きが、墺国の地産学校に於ては、森林植物学よりも森林保護学の時間多く、且つその試験は非常に厳にして、学生は全力を昆虫学につくすを以てなり」と。

以上のように、諸戸は、形式的には整備された施業案の編成を批判しているが、これに対して、むしろ、現在必要なのは、わが国に豊富に存在する原生林開発のための土木的技術でなければならないとしている。即ち、「わが国の山林は、運搬不便にして、林道その他木材運搬設備を設くる」（四三年一二月号の報告）等のための土木的知識が、これを開発するためには必要である。つまり造林や管理経営する前に、天然林木を、安価に生産供給することが、今日の林業政策が、当面追及しなければならない課題であるとしているように思われる。もちろん、その場合、地肌をいため、山地崩壊のおそれのないような施設が、最少限度に確保されなければならないし、さらに積極的には、治山、砂防施設も進める必要がある。ここに森林土木というのは、他の土木技術とはちがってたんに開発土工だけではなく、治山的な配慮を要請される特殊性をもっているのである。

これらの点については、さきにもふれたが、四四年五月の、オーストリーの地中海岸に属する、ダルマチア地方の旅行日記（四五年二月の大日本山林会報所収）に、もつと、はつきり出ている。即ち、かれは、そのなかで、ボスニヤ及びヘルチェゴヴィナ州を取りあげ、この地方は、「面積およそ三、三〇〇平方里、人口一五六万人にして人口稀薄、原生林」が多いのであるが、「一八七八（明治一一）年、この国を併合以来その開発、原生林の利用に意を注ぎ、先ず水機路〔？〕、森林鉄道等を設け、官営にて伐木運搬を開始し、殆んど無価値の原生林内の樹木を利用」する方法を取っているが、これは、丁度、わが国における台湾の阿里山の原生林を開発するため、藤田組に森林鉄道を敷設、経営させたに似ている（明治四五年）。しかし、わが国では、どうも、このような木材輸送の合理化、機械化に対し熱心ではない。というのは、「森林鉄道を設けて木材を運搬するときは、森林乱伐の弊を来す」と憂うるものが多いからである。だが、これは事実に反する。「何となれば森林鉄道を設けて木材を運搬するは、従来、人肩、牛馬その他の幼稚なる運材法にて運搬せし木材を、従来よりも、労費を少く〔するだけで〕、決してこれがために、施業按を〔の？〕示すよりも多くの林木を、乱りに伐採するゆえん」ではないし、さらにヨリ大事なことは、「運搬便となりしため、従来、需用の途なく、山林内に捨ておかれたるごとき樹木の部分までを運搬して利用」しうるという点なのである※。つまり、資源利用の高度化であり、未利用林分の開発である。もつといえば、林田重治が「森林経済論」（明治二三年）のなかでいつたように、相対的林地の多くを農適地として解放し、林域を縮少し、木材価格を上昇せしめ、それによつて採取圏を拡大し、その過程で機械化をも押し進めるならば、木材資源の高度利用と相まつて、却つてコストの低減をも期待できるということでもあろう。

このように考えると、私的経済のみならず、国家経済上からいつても、わが国における「木曽、秋田、青森、北海道等、未だ利用せられざる原生林」を開発し利用するには「森林鉄道を設けて、森林内に殖民地を設くる」ことが必要である。さいきん、わが国の鉄道局でも、全国的に、鉄道線路網の敷設計中ときいているが、鉄道の大顧客が木材であることをも考慮し、森林地帯では、この鉄道網と連絡しうるよう、森林鉄道、積木場、鋸〔製材〕工場等を築設すべきで、このことについては、「林学家に於ても、鉄道庁のみに依頼せず、自から進んで、これが案を立」てるようにしなければならないと、諸戸は書きつけている。

以上のように、森林土木施設によつて採取圏を拡大すること、しかし、これは、必らずしも、伐りつ放しを意味してはいないだろう。当然に、造林を考えていたと思われる。ただその場合、跡地植栽として、当時普遍的だつた人工造林を問題にしていたか、それとも、むしろ天然更新を取りあげていたか、この辺のところは、いま、手もとの資料では明らかでないが、近かく検討できるだろうと思う。ところで、現在の林政として必要なのは、と諸戸はいう、そのような土木的な分野に加えて、もう一つは法律的な側面である。というのは、維新以来の諸変革により、とくに、旧来の山林所有の権利やその在り様に、多くの影響が与えられた。官民有区分により、奥地の未利用林はもちろん村民入会の山々に至るまで、相当多くが官没され、そのための紛争もあるし、また入会山についても、村と村と、村と村民との間に、或は分

割され、或は共同利用の場合でも、紛争を免かれていない。さらに、それらの境界も不分明であることが多い。その意味で、今日の林業上の問題としては法律的な立場で解決しなければならぬものはすくなくないのである。このように考えると、「わが国の林業上必要なことは、法律家と土木家のみなり。従て、法律及び土木の知識に乏しき山林技師は、わが国の林業界には必要」がないというべきである。とまで諸戸は極論している。そしてさらに、従って、今後のわが国の林学教育に当っては「植物的学科に重きをおかずして、法律的或は土木的学科に重きをおき、法律家及び土木家を借らずして仕事をなすを得るごとき技師を作ること必要」にして、もし、そうせずに、今日のままに放置しておくならば、「林学及び林学者不必要論の起るは近きにあらん。これ、余輩、身を林学におくものの大に憂慮すべきことなり」と結んでいる。

諸戸のこの結論は、或は極端に失していたかもしれない。しかし、明治の全時期を通じ、わが国における土地利用として、林地の割合はどの程度が適正であるか、林木需給の現状と将来はいかん、そして林業はいかにあるべきか、という基本問題で、一つの対極的な意見であることだけはたしかである。というのは、当時、明治三二年からの国有林特別経営事業を中心とし、国有林野の払下処分と民有林の造林奨励が、林政の基調であったのと、これを比較すると、諸戸の理論が、いかにその対極にあるかが分かるであろう。だが、諸戸によって代表される方式が、結局は、たんに理論に終ったのはなぜか？　ここに、明治以降の日本林政史を解明していく大きなカギがあるように思う。そしてそれは、今日でも、なお生きつづけている問題であり、また林政の今後の在り様も、この二つの方式とその対立のなかからうまれてくることになろう。

※　運搬能率の向上によって、小径角材の利用を強化せよというのは、諸戸が、当時、つよく打ち出した主張である。もちろん、それを支えているのは、かれの森林土木事業の発展だが、とにかく、それを通じて、育林業にも生気を与えうるのだという。この点について、かれは、次ぎのようにいっている。曰く、「わが国今日の森林の状態を見るに、政府が、植林奨励の結果、十数年前より、急に植林熱盛となり。わが国致るところ、スギ、ヒノキの植林を見る。而してその年齢、今や十年余に達し、且つ又これらの植林地は、大和、吉野地方の造林法を模範とせしを以て、多く密植にして一町歩八千本内外のところ多し。故に、いまや間伐手入を為さざるべからざる時期に達せるも、わが国に於ては、間伐小用材の需用少く、征てその価格低廉にして殆んど価格なく、且つ間伐には費用を要するを以て収支償はざるところあり。故に森林所有主は、これが処置に躊躇せり。然れども、かくのごとき密生林を、このままに捨ておくときは、材木、互に圧せられ、将来の生長のため、非常に不利益なり。故に、将来の生長を考ふれば、費用を要するも、このさい、是非、間伐を為さざるべからず。それ、わが国に於て、新植林地の状態、かくのごとし。故に目下の急務は、この間伐林の利用、即ち小用材の販路を考究」することにある。それには、「セルローズ製造事業を起す」ことである。ドイツ、オーストリー、さらにイギリス等でも、モミ、タウヒを主とし、近ごろはマツ、ブナ、またスギ、ヒノキ等でも、これらを原料として、セルローズの生産がさかんになり、この原料用材も価格騰貴を見ているが、わが国でも、その可能性はあるし、また有望の事業だと思われると。

（国民経済研究協会）

（三一頁よりつづく）

化が一般的であるが、農業の余剰労働力が生計費維持にむかわざるをえない場合には、たとえ、それによって農家経済は安定していても育林業成立の条件はない。余剰労働力の育林への利用は個別経済の外に地域的な経済構造が更にそれを規定することになる。山村における農業生産の劣勢と兼業構造の狭少さは、一面において育林業の選択条件を相対的に有利にするが、反面農家経済を不安定ならしめ、かつ農家を生計費維持のための自営製炭に追いやることとなろう。

このような困難を克服して育林業が成立する条件は個別的な農家経済と時間的地域的な経済環境の複合によって異るのであろうが、これを類型化し一般化することによって、強い安定選好を基礎とした農家の行動法則を解明する手段がえられるのではなかろうか。この小論においてはこれらの諸点について何等の前進をもなしえなかったのであるが、今後更に詳細な検討を加え、農家における育林業成立発展のより具体的な諸条件を明らかにして、農家の経営する育林業進展の条件と契機の究明を期するものである。（完）

（林野庁造林保護課）

理学

東畑精一　監修
安藝皎一

東京教育大学 藏書印 教育図書館

# 水利科学

第1巻　第1號

昭和32年4月

水利科学研究所

東京教育大学
水利科学
1巻第1号
農業図書館

目次

創刊の辞 …… 東畑精一 1

「てい談」日本経済の発展と水 …… 安芸皎一・大川鉄雄・団野信夫 5

河川形態論 …… 橋本規明 49

農業水利規制の基本的性格について …… 新沢嘉芽統 66

諸戸北郎の進んだ道 —水と闘った人たち— …… 栗原東洋 82

水源地の機構と水保全策 …… 平田徳太郎 102

中国経済第1次5カ年計画と水利事業 …… 谷口三郎 114

地理
P190
47
和 318602

# 諸戸北郎の進んだ道

## ——水と闘つた人たち——

栗原東洋

### はしがき

科学技術庁の資源調査会から出ている月刊雑誌の「資源」に，しばらく，「水と闘った人たち」として，とくに明治以降の，治水事業に苦心した技術家の伝記を，書きつづけてみた。明治6年から34年にわたる間，土木局のお傭技師だったオランダ人のデレーケをはじめ，明治・大正を通じての，治水技術の大御所たる古市公威，沖野忠雄らをとり上げたものである。その一連の系統として，石里五十二や市瀬恭次郎，宮本武之輔らについても，別に筆を進めたいと思っているが，ここではすこし角度を変えて，治山砂防という面から始めていきたいと思っている。

尤も，ここで，先ずことわっておきたいのは，伝記と書いたが，たんに，その人の生涯を追跡するというのではなく，技術者としての生きかたを調べるため，伝記的要素が加味されるだけで，実は，技術そのものの追及にある。というのは，技術は，一方では感情を無視する非個性的な科学的（法則性）に依存しながらも，他方ではその人の個人的な生活環境や性格，好みに支えられて展開していくし，いかざるをえないからである。

もちろん，私は，技術史がすべてこういう方法によらなければならないというつもりはない。ただ傾倒するというか，個人的に興味を感じている人間について，彼をそこに進めた内奥にまで立ちいってみたい，という，大それた野心にそそのかされただけである。

そういうひとりとして，まず，諸戸北郎林学博士をえらんでみた。続いて，諸戸と関連させて，並木正雄農学博士にふれてみたいと思っている。

1.

諸戸北郎が，東京大学林学科を停年で退いたのは，昭和9年3月のことである。

その停年を目前にひかえた昭和6年の6月，彼は二十年ぶりに，再び渡欧の途へ立った。自分の砂防技術を，国際的に見なおそうというわけである。

その辺のところは，あとでもう一度見なおすつもりだが，ここで，帰ってからの彼の，得意のさまを，思いうかべてみよう。すなわち

「私は，それ（オーストリアの砂防科学）を学んで帰って，これを我国に応用し，なお二十年間も研究して，その結果を，今日，もって行ったのですが，残念なことには，私の教ったワング先生は死んでしまって，いない又，現在の大学教授は，私の留学時代の助手や学生であって，実地の経験の少い人であるから，相談相手にならない」（「諸戸博士洋行談の一部」「砂防」，昭和15年9月）

状態である。それに，

「私が，いま主要なテーマとして研究してゐる，雨量と流量の関係についても，至る処，水工事試験場を訪問して尋ねたが，何れの国でも，この試験はやってゐない。只，スイスでやっておるから，スイスに行けといふのみ」

といわれるありさまである。そのスイスの，流出率に関する試験については留学当時の二十数年前からなじみがあるので，

「その後，良くなった事と思ひ，楽しんでスイスに行ったが，二十年の設備はこわして，今日，さらに三角形放水路に改装して，土木技師が，流量系数を定める実験」

を進めていた。しかし，その方法についていうと，

「私が，わが国で，最初にやって居った欠点の多いもので，なお改良する余地は，沢山ある。又，三角形の断面は，日本では，東京大林区署で，二十年も，前にやられたことがあり，東京帝大農学部附属演習林でも，十年前にやったもので，その規模も小さく」

貧弱である，したがって，

「この試験については，東京帝大農学部附属愛知県演習林に，私の設けた試験設備が世界一であることが知れた」

と，鼻を高くしている。この点がほんとうにそれに値するものかどうかは別にして，すくなくとも，彼の技術の特徴はそこにあり，彼のライフ・ワークでもあったことはたしかである。彼を，その道に押し進めたものは何か。この点を，私は私なりに追及してみようと思う。そして，それを徹しえなかったところに人間としての，彼の悩みも濃かったのではあるまいかということも。

諸戸の最初の洋行は，明治 42 (1909) 年の 2 月，彼が林学科の助教授になって間もなくのことである。砂防技術に関する最初の留学生といってもいいかもしれない。もっとも，その前に，村田，河合の両博士がいるにはいるが。いずれにせよ彼の，その後の生涯は，そこにきまったのである。

当時，林学科の砂防講義は，ほかよりもおくれて，外人教師が担当していた。もともと，砂防講座の開設はあたらしい。治山，砂防に関する科学的吟味ということは，事業そのものの古さにもかかわらず，あまり問題にされなかったからであろうか。

とにかく，明治 29 (1896) 年，治水三法という形で，河川法，森林法とならんで砂防法が出され，後二者が 30 年には制定され，公布を見た。しかしその，折角の砂防法も，これを運用する技術者の養成には思い至らなかったらしい。この点，河川，森林等については，明治初年からすでに早く着手されていたのとくらべられるかもしれない。というのも，じつはその当時，砂防といっても議会での論議にもあらわれているように，伐採や開墾の制限というような，金をかけずにすます程度でお茶をにごしていたのだから，別に専門技術者の必要もなかったといえる。もっともこれを逆にみると，技術者に乏しくて，手が出せなかったと考えられないでもない。

しかし実際のところ，わが国の砂防事業は，のちに赤木正雄博士もいったように，世界的にみて，そうあたらしくはない。というのは，明治 6 年に土木局のお傭技師として来朝したヨハネス・デレーケは，最初，淀川水系を担当し治水と同時に治山の必要も認め，明治 14・5 年には，木津川の右支川和

東川の奥に，石造の砂防堰堤を三基もつくり，その効果甚大なりというのでときの内務卿松方正義はじめ顕官が竣功式に臨んだという例さえある。しかしその後，デレーケの努力にもかかわらず，積極的な治山や砂防は，あまり施行されなかった。その理由の一つが，奥山深くはいって，身を粉にする技術者を得られなかったからではなかろうかという気がしないでもない。最高学府を出て，山住いでもなかろうというのであろうか。

とまれ，砂防法もうまれてくると，これをこなす幹部養成の必要が出てきた。こうしてようやく，明治 34 年の 1 月にいたって，ドイツ人のヘーフェレーが農科大学の林学教師として招聘され，林学通論のかたわら森林砂防工学の講座を担当した。

こういう講座の開設の契機となり，促進したもの，した人は，何であり誰なのか，いまのところどうもわからない。それらの点で，時期的に平仄が合うと思うのは当時，山林局の林政課長兼調査課長だった村田重治の外遊である。33 年 5 月のことで 6 月の 8 日にはマルセイユに着き，9 日にパリ，そして 20 日にはドイツのミュンヘンをたずねている。そこで明治 21 年の 12 月から 24 年の 2 月にいたる間，林学教師として在留し，わが国にはじめて造林学を植えつけたマイエルに会っている。砂防教師招聘が，あるいはその用件の一つだったかもしれない。

いずれにせよ，このヘーフェレーが，一期間の契約を終えた 36 年 6 月には帰国し，ついで今度はオーストリアから，なか 1 年おいて，ようやく 30歳になったばかりのホーフマンが呼ばれた。37 年 5 月から 42 年 6 月にいたる間である。主として理水，砂防工学の担当であった。この間，一時的にさきの河合市太郎博士が兼任していた。

ホーフマンは，講義の余暇には，日本全土はもちろん，朝鮮，台湾までも踏査研究し，種々の論文や著作を発表している。

たとえば「日本の河川及び礫流」，「蓄水溝につき」「日本森林の材木」などである。

この，ドイツからオーストリアへの転換，これは当然だったかもしれない

が，これを推進したものに，さきの村田による「オーストリア国森林視察復命書」があげられよう。

このときの外遊は，村田のほか志賀泰山および白沢保美の三人で，村田がオーストリア，志賀がドイツ，そして白沢がフランスをそれぞれ，一年にちかい日子で研究し，村田は一年ぶりに 34 年の5月帰朝，そして8月には，さきの復命書が出，これは 35 年の1月，山林局より刊行されている。A 5 版にして 204 頁という大部なものである。

この復命書では，砂防の進んだ国を対象としているだけに，その方面もまた重点の一つとなっており，さらに 1884 (明治17) 年の「山水を，無害に他に導くための設備に関する法律」も訳出されているほどである。

以上の動きでみると，森林法を制定した余勢で当時の山林局が，というより林野行政がすくなくとも表面上は，林野の治山，砂防に対して，いかに熱心であったかがはっきりわかる。ホーフマンも充分にこれに応えたらしい。契約を更新して，6年にわたって努めたのもそのあらわれであろう。

**2.**

諸戸は，このホーフマンに，いたく可愛がられた。というより，なかば同僚として最も親しい関係にあったという方がいいかもしれない。かれと山旅をともにしたこともあるし，渋谷在の官舎に訪ねて，夜長をすごしたこともある。堰堤の設計の相談にも乗ったし，工事現場に，ともに訪ねたこともある。

その諸戸がホーフマンのあとを受け，砂防の講座をもつため，ホーフマンより一足さきに彼の故国たるオーストリアに旅立つことになった。42 年の2月のことで，3 年後の 45 年の6月，明治もまさに暮れんとする頃，ようやく帰国した。

その帰朝報告というわけではないが，大正3年の7月，「欧羅巴諸国における野溪留工事調査復命書」が農商務大臣（大浦兼武）に出され，翌4年の1月，山林局より刊行された。B 5 版 279 頁の大部なものである。さきにみた村田重治の報告を，より進めたといってよかろう。

これは，彼の留学の翌年に発生した明治 43 年9月の大水害，その対策を検討するため臨時治水調査会が設けられたが，その一環に考えられた森林治水事業を，技術的に推進するためその本場に在留中の諸戸に，砂防工事の調査が委嘱されたものらしい。もっともこれは，留学当初からだったのかもしれないが，その辺は不明である。いずれにせよ，時宜にかなっていたわけである。

この復命書には，わが国における治山，砂防事業の意義，在りかたが，かんたんではあるが，その結論（第1編　第11章）のなかでのべられているがそれは別にふれることにしたい。

なお念のため，この復命書の概要をみると，3編（ほかに附録）にわかれ，第1編の「オーストリアにおける野溪留工事」が中心をなし，全体の三分の二以上（1—201頁）を占め，その地況から沿革，技術，機構，予算，教育方法など広範にわたっている。

第2編が「フランス，スイス及びドイツにおける野溪留工事」で各国における工事の沿革，その機構，技術者の養成方法に，かんたんにふれている。

第3編が「オーストリアに於ける木材水運」となっている。

このほか，附録でオーストリアにおける野溪工事に関する諸法規等が訳出されている。

以上のような多産な留学中，諸戸は，ウィーンではホフマンのすすめで，その伯母の家に泊っていたこともある。20 年後の再遊にその下宿さきをたずねて故旧を偲んだり，また別の下宿さきまで，いまは成人した当時の子供たちを招いたり，招かれたり，そのあげく「私を忘れたのか」と，追憶を強制されたり，若き日の留学は彼にとってなつかしいものだったらしい。後年の歌人，俳人としての彼は，そのころから片りんをあらわしていたのかもしれない。

しかし帰国後，彼のたどった道は，かならずしもホーフマンを踏襲したとはいえない。彼には，彼独自の方向があった。日本の山を対象にした以上，当然かもしれない。

それはそれとして，その 20 年ほどののち（昭和6年8月）の再遊も，一つにはホーフマンとの再見にあったらしく，第一次大戦後の領土編入にともない，オーストリアからイタリア政府に雇傭されているホーフマンを，ローマの私宅に訪ね，1週間あまり生活をともにし，別れぎわ，もうこれでおしまいかと，なつかしがっている。その当時のエピソードの一つを，彼はその日記に残している。すなわち，ホーフマンの案内でイタリア農務省に，アゴスチニ山林局長を訪ねたときのこと，

「局長は，英語も独逸語も，仏語も知らぬ。ホーフマン君が，自分が通弁するから日本語で言へといふから，日本語でいふと，かれはそれを通弁した。これは，通弁して，日本語が解ることを自慢するためである。しかしかれは私のいふたことを通弁したのでなく，自分の勝手なことを言ったのである。」（「砂防」昭和7年6月）

と。

ホーフマンについては，諸戸の後輩で同じく林科出身ながら，内務省土木局に入り，林務砂防に対し内務砂防を体系づけた赤木正雄もまた，諸戸よりすこしおくれた昭和8年，オーストリアを訪ね，彼の消息をつたえている。

これらを通しても，ホーフマンがその後のわが国の治山砂防に対し，いかになつかしい存在であったかがわかるような気がする。

では一体，ホーフマンの砂防方式とはどんなものであろうか，いわゆるホーフマン工事として世に喧伝されたものの実体はどのようなものであったろうか。

**3.**

この工事の由来について，諸戸が主催した砂防協会の機関紙「砂防」（第4号，昭和4年1月号）はつぎのように書いている。この署名はないが，諸戸自身の執筆に属するらしい。曰く，

「本工事は，愛知県東春日井郡瀬戸町大字瀬戸字印所地内にあり，設計はこれを東京帝国大学農科大学に嘱託し，明治 37 (1904) 年，同大学雇教師墺国人ホーフマン氏指導の下に，林学科学生弘世考蔵（川添孝蔵）氏，

卒業論文として設計したるものにして，38 年度の施工に係る」

工事である。そして，この特徴として，

「本工事は，塊国及び仏国に於て行はるる方法にして，或る程度まで土砂の崩壊を自然に放置するにあり。而して，崩壊土砂は，一定の勾配を保持せしむるため，堰堤及び編柵工事を施設す。即ち土堰堤と柳の編柵を設け以て土砂の流出を防止」

するものだといわれている。

それに，もともとこの箇所には，初め土堰堤があって，その破壊した流石で修繕したもので，勾配を急にしたのと，水抜きをつけたのが，工法上の特色とすることができるだろう。

しかしその当時，砂防技術はまだ幼稚で，柳の編柵などもその施工がまずかったので明治 43 年には，鉄線蛇籠に改築された。

もっとも，工法上の欠陥がないでもないらしい。この点について曰く，

「上流向う側の山腹工事は，施行当時は望見し得ざりしものなり。背面の山腹工事を施行しあるがため，土砂の崩壊おそし。少しく人工を加へるときは，土砂の崩落も速かなるべし。〔また〕，堰堤設置の数，多きに過ぎたるの嫌なきに非ざるも，従来存在せる土堰堤を修繕したるものにして，止むを得ざりしなり」

と。

ところで，このホーフマン工事については，その施行を後の 41 年の 3 月山林技師の村田為治が，これを訪ね，「愛知県砂防工事視察復命書」（山林局刊，41 年 7 月）のなかで，つぎのようにふれている。さきのものと若干，重復するかもしれないが，かんたんなものであるからこの全文をかかげておこう。

(1) この工事は，約 5 町歩の面積の中間を流るる細渓に，コンクリートを以て畳に上げ，その下部に水管を通して，水透しの用に供したる石堰堤 5 個，及び上流土砂流出の盛なる地に於て，留柵を設置したるものにして，当地方唯一の異観工事なり。

(2) その経費は2500余円（2566円16銭）1町歩当り500円余りにして，従来の工事に比し，やや高費を要せり。

(3) その明細は竣工費の示す処にして，これを設計と対照すれば，材料の粗悪，及び施工の不完全なるそしりを免かれざるのみならず，修繕の不備なるがため，留柵の破損個所多き等は，実に遺憾とする所なり。

(4) この工事は，39年度（さきの資料には38年度といふ）に施行せるものにして，未だ日浅きを以て，これを従来の工事に比し，その効果の如何を判じ，その優劣を論ずることは，今日に於て，実に困難とする所なれども，流砂扞止の効は顕著なるものとす。

とあり，そして最後に，工法上の特徴を論じて曰く，

「但し，この工事は，植樹をなすことなく，唯，山地の崩壊を自然に委しその流砂の止まるを待つものなるが故に，これを，附近における，従来の植樹的工事に比すれば，一見，寂莫の感なくんばあらず」

と。この点は，さきの「由来」でも書かれている通りである。

従来の植樹的工事とはいうが，村田為治は愛知県下の砂防視察の，いわば結論として，

従来の砂防工は主として，土工にのみ注意し植樹上，砂防に対する注意周到ならざりしが，（今や），土木的の設備と，林業的の植樹とは，面々相待って，土砂扞止の効を期するに至れる今日にありては，樹木成長の状態を調査し，統計的なる成長量を明にするときは，一は，工事の成績を示すに足り，一は，林業上，その成長量により，種々有益なる事項を見出し得べく，将来，砂防植栽の方法を考稽するに必要なるを以て，これを精査」することが必要であるといっている。だから，砂防植栽に対し，手入れ，間伐の必要を主張し，その場合における主林木の概念も出てくるのである。

このホーフマン工事については，さらに，伊藤武夫もつぎのようにいっている。さきのものと大体，同じ意見だが，これをはっきり評価しているのがその特徴といえよう。曰く，

「愛知県下に見るやうな荒廃地に，砂防工事を起すに二つの流儀が考へら

れる，一は，山腹工事に重きをおくこと，一は溪留工事に重きをおくことである。この両者の工費の点は別として，長所及び欠所を挙げて見たい」（「砂防」昭和7年7月）

とし，これを説明して

「山腹工事を起せば，土砂の流出が少なくなるから，溪留工事は，これを簡略になしうる。山腹工事を行はないとすれば，系統的に，多数の溪留工事を施し，山腹は浸蝕され，又は崩れるに任せて，自然勾配となるのを待つのであって，何れも，その荒廃地外に，土砂を流し出さないとすれば，その点に於ては，結果は等しいわけ」

であるが，実際上，愛知県下の砂防工事は殆んどすべてが山腹工事で，ただ一つの例外をなすのがホーフマン工事である。その工事の功罪はどうであろうか。どうも「この地域では，望ましからざる結果」を生じている。というのは，

「この地域内の土には，比較的多量の礫を混じて居り，山腹は崩るるに任され，又崩れた土砂は，流るるに任せてあるのに，流域は狭いために，流量が少なく，従って，土或は砂は流し得るが，礫とくに粗粒の礫は流し得ないために，流域の大部分に亘って礫が残り，細粒のものほど，下流へ流し送られ，最も細粒の土は，最下流の堰堤の広い堆積地に抑へ留められるといふが如く，いはゆる砂礫の分類作用が，極端に行はれたもので，土地生産力の上からは，まこと遺憾」

である，と。即ち，

「この工事が施されたのは，今から約30年近くも前のことと思はれるが，下流出口の堰堤の堆積地は，広いことも広いが，完全に土が堆積したのは，漸く2，3年前のことで，この期間内に流域内の殆んどすべての細かい土が，ここに集められてしまった」

のである。

「この流域の，土に混ずる礫の量がこれほど多量でなければ，かういふ結果は来たさなかったものである」

から，その点で「工種の選択には，あらかじめ，深長の考慮」を払う必要があると。

いずれにせよ砂防工法として，従来，土工と植樹のどちらを主にしていたか，いまここであまり追及しまい。とにかくその土工的方法の典型がホーフマン工事であり，その立役者がホーフマンであったことに，まちがいはなかろう。

しかし，いずれにせよ，このホーフマン工事は，

「当地方砂防地に於ては，実に模範的工事たるを失はざるを以て適当なる修繕を怠ることなく，これを従来の工事に比し，その優劣を将来に判ぜんこと，必要且つ有益なることを信ず」

といわれている。

**4.**

諸戸が，のち必らずしも，ホーフマンあるいは正確には，いわゆる「ホーフマン工事」に組しなかったといったが，だからといって林業的砂防の主張者になったわけではない。その点では，さきの村田為治の線に沿い，これを大成したものとみなしてもいいだろう。

その場合，他のその技術の背景となったのが，瀬戸地方，あるいは広く花崗岩石地で，崩壊しやすくまた禿赭の形をとりやすい，そういう地方ではなかつたことが，彼を独自なものにしている，有力な要因である。

一体，彼はその生涯のスタートとして何にどこに喰いついたのであろうか。偶然というべきなのだろうか，そして誰が，このなかだちをしたのか，その辺はどうもわからないが，彼は拡大する大東京，その増大する上水，そしてそのための水源林の経営，この崩壊地の復旧を，その課題に，みずからえらんだのである。

彼が多摩川上流の東京の水源林に，いかに執着したかは，その停年退職から3年ほどののち昭和 11 年の1月末に肺炎にかかり，2 月はじめには重態におちいったが，ようやくもちなおし，，5 月にはいって散歩ができるくらいに恢復し，この年中は3,4回は山入りする例年の慣行を破って家に落ちつ

くことにしていたにもかかわらず，元気になるにつれ，そわそわしだし，二百二十日もすぎた9月19日には，1週間の日程で，小雨ふるなかを塩の山の水源林の砂防工事の視察に出ていることによってもわかるような気がするそのときの彼の，へぼな一句に，

病みて後　からだ験めしの　山登り

というのがある。

ついでに，もう一首を書きつけてみると，

大君に　捧ぐる水を　浄めんと
来る吾らが　落合の里

これは，のちにのべるように，大正5年，水源林の砂防堰堤の施工を監督するためにきたときの句で，停年退職の秋再びおとずれ，その地で想起し，感慨を記した報告のなかに書きつけられていたものである。

では，いつごろ諸戸は，この水源林の経営に参画するようになったのであろうか。

このイキサツについて，砂防協会が主催した，多摩川流域森林治水に関する座談会（「砂防」昭和12年3月号）のなかで，諸戸が若干ふれている。すなわち，まず最初，

「明治45年に，欧州から帰朝して〔東京都の〕嘱託となり，羽村の丸山，古里村の大久保の崩壊地の工事を設計して，予算を計上しましたが，工費が沢山かかるので，着工の域には達しなかった」

のであるが，その後ようやく大正4年*になって

「萩原山へ，始めて，埧国式の石堰堤を築設したが，当時の石屋工は，埧国式の堰堤を造ることを知らぬので，この形状に造らすには，随分，苦心をしました」

とあり，さらにその苦心の一端として，

「尤も，当時は，全く砂防技術者なく，東京市では，檪木で，高さ6尺から7尺位の編柵を造ってゐた時代の事だから無理もないが，この埧国式の堰堤を初めて造るのに，山梨県下の石屋を使ったのですが，流を二分にし

た事が問題になったのです。それは，こんな急な流面を持った堰堤を造った事がなかったためで，当時に於ては水圧流は，1 割乃至 2 割のもので，私の言ふ二分流を，二割流の間違ひでないかと言はれ」

たものであると。

以上のエピソードでもわかるように，諸戸の出発点は，洋行帰りの新進技術者として，土工的砂防のための，最新の堰堤築設ということであった。そのかぎりでは，彼の恩師ホーフマンの方向を発展させたものにほかならないのである。

しかし，彼の場合，たんに堰堤の設計や施工というだけでなく，それを通じての東京水源林の経営的基礎の確立ということにあった。すくなくとも，そういう形への発展があった。大正 7 (1918) 年，当時の東京府知事井上友一の信頼によって成った 66 万円 12 カ年の砂防計画案の編成，さらに 12 年の震災後，これを改訂した 500 万円 10 カ年計画には，そういう要素がある。

つまり 66 万円なり，500 万円なりの投資，ことばをかえれば治山，砂防事業の経済効果その経済的意義の吟味が，また，彼の学問そのものの発展の契機となったのである。それを容易にしたのは，いうまでもなく彼の対象にえらんだのが，まさに水道水源林だったからである。

すなわち，直接的には，彼の出発点は，崩壊地の復旧ということにあったが，終極には，復旧を通じて緑化を促進しなければならない。そして，この緑化の前提となるのは森林のもつ高度な保水能力である。

これらの点を，いわば理論的にまとめあげたのが，さきにみた大正 3 年 7 月の「ヨーロッパ諸国に於ける野溪留工事調査復命書」であり，そのなかの結論 (第 1 編第 11 章) である。曰く，

(1) 河川は，只植樹のみによりて，決して洪水を防ぐを得るものにあらず。何となれば，今，水源地に植樹するも，これを以て，河床に堆積せる土砂を直ちに除去すること能わざればなり

(2) 又，堰堤を築設するのみによりて，洪水を将来永久に防ぐを得るものにあらず，何となれば，水源地に造林して，地被を作らざれば，降雨ごと

に土砂流出するを以て，今日築設したる堰堤は，数年後には，土砂のために埋没せられ，さらにこの上に，堰堤を新設せざるべからざるに至ること，明らかなればなり。

(3) 故に，堰堤を築設するには一時の応急的手段にして，水源地に植樹して地被を作り，土砂の流出せざるごとくなすは，永遠の計画なり。

(4) 即ち河川の修理と，山地の植栽と，両者相待ちて始めて功果を全うするを得るのみ

といっている。(198——9頁)

もっともここでは，たんに森林，地被の，土砂扞止がいわれるだけで，保水能力への構想は欠いている。おそらく出発当時は，まだその域を脱していなかったか，あるいはまだ整理されていなかったのではなかろうか。

それが，さきにみた大正7年の砂防 12 カ年計画編成の段階にいたって，考え方として成熟をみるようになったような気がする。

しかし，それでは，いったい，どれほどの保水能力が，森林にあるのだろうか。という段にいたって，彼は学者としてジレンマを感ぜざるをえなかった。

山は高きが故に貴からず，緑あるが故に貴しとすと。しかし，緑は，たんに緑そのものによってではなかろう。

洪水を防ぎ，渇水量を増すことにある。しかしその伝説を，どのようにして，立証しょうとするのか。

その立証なしに，オーストリアの二分流の堰堤の真似をするのは，石工でもできることである。3年の留学は，たんに石工たるためだったであろうか。おそまきではあったが，彼はこの点に気付いた。技術の模倣に先だって，ほんとうに必要なのは合理的な精神であり，ものごとの科学的把握である。日本におけるその特殊的なあらわれの究明である。

彼は大正7年，東京の水道水源林の砂防計画を，小出重治や国分快，吉田正男など十人ばかりの林学科の学生を手伝いとして編成するなかで，以上のことをかすかながら感じはじめてきた。

しかし，彼がそのための方法を実地に移すことができたのは，大正も終りになってからである。

彼が自慢にする量水堰堤がそれである。

＊ 大正4年には，諸戸は内務省土木局の要請で，治山治水上の基本になる河川水源地況の調査を指導している。その年の夏，伊藤武夫監督のもとに東大林学科の学生十名（朝倉隆造，伴寅亮，原耕太，南部一男，岡本隆次，関重雄，吉名孝太郎，前田惟智，牧俊夫，大井与三郎）がおこなった「栃木県鬼怒川の水源地況調査」がそれである。土木局に提出されたこの報告書及び図面は残念ながら大正12年の関東大震災で焼失したが，いまその調査事項をみると，つぎの通りである（「砂防」，昭和12年5月）。

(1) 林地，開墾地，農地及び原野の区別すること。

(2) 林地は，これを天然林，人工林及び禿地に区別すること。

(3) 天然林は，これを純粋原生林及び伐木利用せる天然林に区別し，且つこれを針葉樹林，濶葉樹林及び混合林に区別し，その主たる林木を記入すること。

(4) 人工林は，これを杉林，扁柏林，松林，くぬぎ林その他の樹種に区別すること

(5) 林木の年令は，これを次の三級に区別すること。

Ⅰ 幼 15年以下

Ⅱ 壮 16 50年

Ⅲ 老 51年以上

(6) 農地はこれを，田地及び畑地に区別すること。

(7) 原野はこれを，無立木地及び林木散生地に区別すること。

(8) 地勢は，これを次の4級に区別すること。

Ⅰ 平地 5度以下

Ⅱ 中腹 6～20度

Ⅲ 急 21～45度

Ⅳ 最急 46度以上

(9) 1町歩以下の土地に於ける地況の区別は，これを省略すること，但し森林の散在するとき，或は，森林内に開墾地等のあるときは，これを備考に記入すること

以上の通りである。

なお，彼は，仮度引かせてもらう大正3年7月の「野渓留工事調査復命書」のなかで，「オーストリアにおける野渓留工事の効果」（第1編第10章）にふれながら，我国に於ても遠かに，野渓を調査し，一定の工事施工案を画策し財政上の都合にて，一時に多額の出費を為すを得ざれば，この案に従って年々一部分ずつ完全に施行して，遂に全部を統一完成せしむる」（197頁）必要のあることを主張している。さき

の河川水源地況調査は，おそらく彼のこの要望を容れたものではなかろうか。

5.

流出量をしらべるための，この量水堰堤は，はじめ愛知県下にある東大農学部演習林に設けられた。そのほか，いうまでもなく多摩川の上流，東京の水道水源林も対象としている。

これは，年間雨量に対して山の具合，端的にいえば，先ず，有林地と無林地とでその流出率がどう変るかを検討する目的だった。

森林には保水能力があるという説に対して，いや，かえってそのために減少する，流出率は低下するという主張も一方つよく出てきた。とくに雨量のすくない，したがって溜池地帯の所では，裸山に荒廃地復旧で植林された結果，溜池への流入が減少したというのである。

こういう説の当否をあきらかにするため，大正 13 年以来，筋工積苗工などの山腹工事を施工した 13·9 ヘクタールの荒廃地について，諸戸は流出率の調査をおこなわしめたのである。すなわち，

「流出量を測る目的で，量水堰堤を設け，自記水位計を備えて，水位を観測し，流量の計算をすると共に，流域内に数個の自記及び普通雨量計を備へて，大正 15 年以来雨量の観測を行ってゐる」

と。その報告は，農博・桜井荘三*によってなされた（「荒廃地の復旧と流出量」，「砂防」昭和 9 年 7 月）。

この結果だけについていうと，「降雨がいかなる経路によって流出水となるか」の分析をすませていないが，一般的にいえば，

「観測年度が進むために，即ち荒廃して居った土地が，次第に成林して行くために，流出率が減少してくることは全然認められない」

のである。その流出率の大小は，流域の荒廃度にかかわりなく，むしろ「雨量の多寡に密接な関係がある」らしい。この点は溜池の貯溜の場合，灌漑期（6…8 月）だけをとっても同じようにいえるのであると。

* 諸戸が，いちばん力をいれた流出率の調査の実際を，その当時から担当したのは，桜井荘三で，彼は諸戸の女婿，大正 15 年東大の林学科を出，ただちに愛知の

量水堰堤による流出率の試験に従事し，昭和9年「堰堤による流量の測定」で農学博士の学位を授与され，助教授，そして同年，諸戸引退のあと，その講座（林学第4講座）をひきつぎ 12 年 8 月外遊，健康を害して，その途中で帰朝（13 年 3 月）14 年 1 月死去した。享年39歳であった。

この量水堰堤について諸戸は，よほど自信があるものとみえ，昭和6年の再度の外遊もその点の検討にあったことは，冒頭でみた通りである。

たとえば，その7月27日の日記によると，「10 時より，ウィーン高等地産学校に行き，水工事の教室でフィッシャー教授に面会，量水の話をなし，愛知演習林の量水装置の写真を与へ」（「砂防」，昭和7年5月）

云々という。

フィッシャー教授というのは，20 年前，諸戸が留学した時代の水工事教室の助教授だったひとである。

つぎに，量水試験ならスイスに行けといわれた。そのスイスで，ワーセンから3時間たらずのところにあるスペルグラーベン量水所*をたずねている。これを説明して，

「幅2米，高さ2米，長さ7米ばかりのコンクリート溝へ，三角形の見込を有する鉄板をつけたものである。3米ほど後方で水位を測ってゐるが，この日（9月 13 日）は 22 センチである」（「砂防」，昭和8年1月）

といい，さらにそこから自動車で一時間の，リードバードの量水所に行っているが，ここも，

「スペルグラーベン量水所と同様の設備であって，この日の水位は 23 センチ目下流量係数実験中であった。その方法は高さ7米，深さ1米幅，1米（7立方米）の木箱を作ってこれに水を入れて，時間を測るので水が一杯になるに約2分間を要した。又，大水の時は箱の内部に木柵を二カ所入れ水を静かにして測流翼で水速を測るといふ。この方法で実測して曲線を作る。又水の落口に邪魔ある等，要するに我々が愛知県演習林で発見した欠点を，未だ知らずにやってゐる。実に幼稚のもの」（同上）

と，こきおろしている。

＊スイス林業試験場による，この量水試験の沿革をみると，これは1903（明治36年），首都ベルリンから 30 キロ東方，エンメンタールの海抜 1000 米の所にある。Sperbel-graber（流域面積 55.79 ha.）と，Rappen-graber（同じく 69.71ha）の二試験地で試験をはじめて以来今日におよんでいるのである。

この量水堰堤を材料とする研究は，その後，諸戸の指導のもとにその弟子たちによって，精力的にひきつがれた。わが国における砂防工学研究の大きな潮流の一つである。

たとえば，小島完一による「降雨時に於ける流出量に就いて」（「砂防」，昭和 11 年1月号）も，その一つである。

これは，「昭和 5 年以来，愛知県〔下の東大〕演習林，数成量水堰堤で観察せる結果に認められるものに就いて，降雨の状態の異なるものを選んで，その流出量を比較」したものである。

この報告のくわしい検討は別にゆずって，結論的な部分についてみると，

「降雨の始め，又は小雨の場合は，増加流出率は極めて小さく，蒸発量，樹冠抑止量，滲透量の多いことを示し，それ以後に於ては，これらの作用は極めて小さいことが認められる」

のであるとし，さらに

「従って，これらの作用は，雨に見積って 20…40 ミリ程度で，100 ミリ以上の雨でも，或は 30…40 ミリ程度の雨でも，大なる変化はない。それ故降雨量として，最も適当なのは 20…40 ミリ程度の雨で，それ以上の雨でも，将来のために保留せられる量は殆んど同じで，特別の場合のほか，残りは全部，無用に流れ，又は危険を生ずるに過ぎない」

と。

以上のほか，さきにみた桜井荘三のも，その一つだし，彼の後継者になった荻原貞夫もそこから出発したのである。

**6.**

以上のように，治山，砂防の効果が山地の復旧と緑化によって，その保水能力，水源涵養能力の向上，増進にあるとするなら，もともとこの事業は森

林所有者の独占ではなく，むしろ利水当事者の，端的にいえば電力業者によって，指導さるべきものではないか。

諸戸は，明治 44 年以来の第1期森林治水事業の終了を前にし，第2期事業の期成同盟会発足に当って，この点を次のようにいっている（「砂防」，昭和10年9月)。曰く，

「飜って考ふれば，洪水で害を受けるのは誰であるか，又渇水で害を蒙るのは誰れであるか？」

「洪水及び渇水で害を受けるのは山林所有者ではない。従って〔治山〕治水事業の効果により恩沢に浴するものは，山林所有者ではなくて，水利，水道，水力電気関係者，洪水の脅迫を受ける町村民等である」

「故に，森林治水事業期成同盟会の如きは，農民が主体となり，水利，水道，水力電気関係者，洪水の脅迫を受ける町村民等が発起となり，これを組織し，大に運動すべきものである」

と。

彼の理論，その年来の研究からして当然の結論というべきであろう。それを，量水堰堤の実績によってつよく押しだしているわけである。

しかし実際には，森林治水事業にたいする一般の関心は低い。国もまた，出し惜しみしているし，さらに東京市の水道水源林にたいする施策でも，ひところの熱意をうしない，水源林事務所（明治43年創立）は，いちはやく昭和初年，行政整理のヤリダマにあげられて廃止され，水道局庶務課に属する林務係が，わずかにこれを担当するしまつである。

ところがこの水道局では，増大する上水をまかなうため，1億8千万トンの貯水する小河内ダムの築設を計画中というが，それとて上流に堰堤を設けなければ「幾年かの後には池が全く埋まってしまふ」（「砂防」昭和12年7月）ことは，火をみるより明らかなのである。

それにもかかわらず，熱意の不足はどこにあるのだろうか。

当時，わが国では，水と空気といわれるように水のありがたさ，貴重さがまだ戦後におけるようには身にしみて感じられていなかったからであろう。

か。

問題なのは，全体としてみると，特殊の上水道は別にして，水がすくないことにはなく，ありすぎてこまる，つまり洪水の処理にその重点があったからであろうか。

つまり，ことばをかえれば彼の研究は，よくいって一歩を先んじ，わるくいって現実を無視したということになるのであろうか。

さらに諸戸は，このような，わが国の現実をどのように理解していたであろうか。

いずれにせよ，その辺のところに諸戸の悲劇が，ひとつあったように思う。そしてそれは，さきにもふれた，赤木正雄との対立を通じて展開するのである。（当研究所参与）


水経済年報　目次　（1956年版）

研究篇
（第1部）河川開発利用上の諸問題
第1章　河川堰堤規則をめぐる問題
第2章　河川堰堤地点と地質学的検討
第3章　ダム管理と洪水調節
第4章　ダムと水温低下の問題
第5章　ダム築造と下流増の問題
第6章　発電水利をめぐる諸問題
第7章　電源開発と公共補償
第8章　現代治水技術への接近
（第2部）水利用とその経済
第1章　序論―落流理論とその適用
第2章　治水事業における経済性
第3章　水と発電経済
第4章　工業製品と水利費
第5章　米と農業水利費
第6章　市民生活と水利費
実態篇
第1章　1955年の水害
第2章　1955年度における過年度災害の復旧
第3章　1955年度における治水事業
第4章　1955年度における治山事業
第5章　1955年の土地改良事業
第6章　1955年における電源開発事業
第7章　1955～1956年間における工業用水事業
第8章　農業水利紛争
第9章　大規模な流域変更による電源開発が農業水利に及ぼす影響
資料篇
第1章　水系別総合計画
第2章　農業水利実態調査について
第3章　ダム一覧
第4章　日本における干拓の地域的展開とその構造
第5章　御母衣ダムに関する国会の質疑資料

（水利科学研究所編纂　A5判362頁，定価￥700）

（黒川谷にて）

一年の生(いき)の終りのかなしみの調とも聞く落葉の風鳴り

（天正の世武田信玄こゝに金を堀り千軒の家ありて殷盛を極めたるも今は人跡稀なり）

黒川谷の秋はさびしき天正の千の家群(やむら)のついぢの跡かな

天正の世ははるかなりこの谷に埋めし人の命さびしむ

（落合の民家に雨をさけて）

翁より山の上世(かみよ)の語り聞く圍爐裏に赤き火うらの靜けさ

甲斐の奥の片部落(かたむら)しぐる夕ぐれは昔ながらに靜けき山河

（十月三十一日朝降雪あり）

神無月つごもりの朝なまよみの甲斐の國山(くやま)は雪降りつみぬ

（雪中柳澤峠を越す積雪一尺）

甲斐の奥多摩のみなかみ柳澤峠(やなざさは)を埋む十月の雪

（終曲＝鹽山附近は時雨）

甲斐の國のしぐる山路を五人(いつたり)のリックサックの旅人下る

## 砂防工學見學旅行記

國馬正一

我等東京帝大農學部林學實科二年一行約四十名が昭和五年十二月二十日よりの忙しい旅行の日記である。

私達の學窓生活に於ける樂しいエピソートとして殘るであらう青年らしい我が實習は終つて今や待ち望んだ見學旅行の途に登るのだ。

× × × ×

十二月二十日午前九時水野村を出發し途中諸戸教授を迎へて岐阜縣の笠原村へ向ふ、一部は途中より省營バスに乘つたが大部分は歩かされた。笠原村役場にて晝食を取り更にそこより縣廳の人に案內されて附近の砂防植栽を見學し積苗工の話抔ある、アカシヤ。ハゲシバリの生長に關する比較表も拜見出來たが、その大小さまざまな現象に對して諸戸教授は此はむしろ機械的エレメントが化學的のより大であるといふことを話された、二三の堰堤を見學してそれより土岐津町まで歩く、豫定以上の時間がかゝつた、貧弱な宿屋だつた。

十二月二十一日土岐津驛發午前九時四十分大井驛着午前十時二十九分新大井驛より大井ダム迄軌道自動車に乘る、大井ダム見學又發電所內を見學する、一々說明があつた、あゝ偉大なる科學の粹よ、人類の機械學的想像は過去數十年前よく大惠那の峽をかぎつて、この大工事を想望し得しものぞかぎりなき科學文明は何處へ行く？　然してこの大自然を克服せんとする人工の如何に又必死であるか、又この文明の恩澤の影に悼しい犧牲の悲劇あるを、殉難者の碑の前にうなだるゝのであつた、晝食を食ふ。

又新大井に戻り自動車にて下呂へ行く、山形屋一泊。

× × × ×

十二月二十二日下呂の湯煙に眼を醒す、起きて朝食を早々、又山へ向ひ堰堤を見學、雪などあちこちに殘つてゐて俳人の唇寒い秋の暮だつた、偉大なる人工の美、自然の暴威？に對抗する人力の悲痛なる努力に涙ぐましいまでの感激に浸る、その一々の明細なる計費其他のこともきいたがその詳細はこゝに省く。

下呂への途中縣廳の人より護岸の爲に傍の河岸にあつた木工沈床の話をきいた。

下呂驛發午後一時五十分鵜沼着午後四時縣廳の人とも別れる、左樣なら有難うございました。犬山一泊、田中屋本支店分宿。

× × × ×

十二月二十三日犬山町午前九時出發して城東村に至り御料林より買ひとつたといふ學校の演習林としての崩壞地があつた、みごとな竹林養成の成果もみられた。又地方の人が作つたといふ蛇籠の堰堤もあつた、小さいコンクリート堰堤もあつた、七ッ目橋とか四ッ目橋とかが七ッ目や四ッ目があつたりする可憐なユーモアもあつたがこゝで私達のみたものは——

官民の美しい協同の果である。

もうお別れだ皆んな丈夫でいゝ年を取れとやさしい先生は破顔一笑された、左樣なら……名古屋驛にさびしい秋の暮の風が吹いてゐた。

## 昭和五年冬の豆相震災地視察旅行日記

度　　山

昭和五年十一月二十六日午前四時半に北豆大仁地方を中心として山梨、靜岡、神奈川縣に跨り大地震あり山中湖及芦ノ湖畔には東京帝大演習林の建造物があるから直に調査に出掛ける考であつたが餘震頻々として來ると學生指導旅行の都合に依り十二月下旬に延期したのである。

十二月二十六日(金)晴、午前九時半青山の宅を出で十時三十七

なつてゐる。山檀はヤマハンノキと讀ませてゐる。確か吾々時代にはヤマハンノキは山赤揚と習つた樣であるが、其の後ヤマハンノキは山檀が本當で、ハゲシバリを山檀と書くのは、砂防界で通用されても、一般の學界文献の上では山檀は昔の山赤揚即ちヤマハンノキでハゲシバリは文字もなく姫夜叉五倍子（ヒメヤシャブシ）の別名の樣になつてゐる。砂防の關係書類に山檀とあつても恐らく誰れもヤマハンノキと讀む人はあるまい。サンガイ若はハゲシバリと、官廳も苗木商人も承知してゐる筈である。文献が正しいなら官廳でも、ハゲシバリに山檀の字を使はぬ方がよい樣にも思へるが、山檀をヤマハンノキと讀ませるならば山赤揚のやり場に困る樣でもある。之等は些細な問題の樣でも、砂防の實務者が、たまに書冊を手にする時に變に思はれる事情である。

## 砂防山中夜話

星雲生

生れ落ちて七夜の内に付けられた名前は必ずしも、其の人の趣味性格と一致せぬ、成人の後に選んだ改名や、雅號變名はそれぞれの性格や嗜好を物語る。譬へば荒びた度し難い山でも濟度せんとする人は、諸戸北郎サンの如き親から貰つた神聖な名前の外に度山と云ふ號を持たれてゐる。ガラガラの荒れ山であるために雨の時は山瀬が急に谷に落ちて騒うぞうしい。斯樣な亂流を治めて靜謐な無害の流れにしやうとする方に靜山と號する人もある。多分それは石井耒太郎サンだらうと云ふことだ。名は其の實を現は

し、名實相叶ふとはこのことであらうよ。

靜山、度山、山を濟度し山を靜かにする。山は森林を以て蔽はれ川は其の岸を溢れず、山を濟度して靜寂ならしむる所に味がある。天氣のからくりを尋ね廻はるあたりも、山に靜を求むる準備行爲かも知れぬ。

或る夜山の宿で鬼瓦の話が始つた。鬼瓦は元より、優しい顏でも甘い顏でも無論ない。更に北向きの鬼瓦と言へば一層いかめしくなるのは、何故だらうと言つたものがある。南向きよりも北に向けば、一層いかめしい、しかみ顏の樣に思はしむるのは何ぜだらうと云ふことになつた。

それは普通の人間でも、寒い北風に顏をそむけると、アー寒い寒いと顏に皺を寄せるやうになる。それで如何な優さ男でも優しい面持にならぬ。況んや鬼瓦に於てをやと云ふ感情からして、何處を向いて居つても同じであるべき鬼瓦でも、北に向へば一層鬼瓦らしく思はすると云ふが、北向きの起りではあるまいか。苦がりきつた、六ヶ敷い顏を北向の鬼瓦と言へば、單なる鬼瓦以上に一層其の意味が强いことになりはせぬか。

斯樣な對話が或る夜山中荒廢砂防地の宿舍で交はされた。これで一先づ北向きの鬼瓦の意味が解決した樣なものだが、最後に諸戶博士の北郎と云ふのは、どういふ意味だらうと云ふことになつた其處で星雲は最後に立つて、博士のは鬼瓦論と混同すべきものでない。あれは命名者の意志を忖度するに北面の武士、少くも其の家の子郎黨たるべき素質のあるべきを表現したもので、決して北向きの鬼瓦などとは少しも關係なきことを辯明したら、此處にも

名は必ずしも實を示さぬことを如實に立證された譯である。甘粕大尉も餘り甘いことのみはせぬと同樣に、博士は北郎では、北向きでないと云ふことに一決した。天下の砂防子以て如何となす。

# 奥　多　摩

川鍋多助

## 水の滴れ

甲武の國境笠取山の鬱蒼たる森林の葉末から滑り落ちた滴れが湧出して多摩川の源頭となり、此處は「ミヅヒ」と稱ばれる海拔6139尺の地點で、滴れは惰力をかりて間隙の間を下つて溪流となり、下へ下へと進み幾多の水流を集め、岩に當つては飛瀑となり、或は澱み、或は流れて約三十里にして東京灣の羽田沖に於いて鹽水と仲間入りしてゐる。近年、羽村東京市水道引入口以西の區域を「奥多摩川」又は「奥多摩」と名付けられて、幾多の景勝地や悲壯な傳說を物語られて探訪者の旅情をそゝつてにぎわしてゐる。奇しき緣かな、此水が水道水として花の都に導かれて、美女に口漱がれ、或は醉覺の水等幾多の用をつとめ、都人士から朝な夕なに親しみと懷しみを持つて迎へられてゐるのも奥多摩の滴れである。

## 人造林の美

都塵から逃れて中央線、更に靑梅電車に身を委ねて二俣尾驛附近から近く車窓に迫る御嶽、大嶽、惣岳の靈峰は、奥多摩を代表するかの樣に蒼空へ伸び上つてゐる。そうして、これらの山脚を長蛇の如くうねつてゐる多摩の流れは、奇岩怪石の間を瀨々らん

100周年記念資料

# 7. 演習林百周年にあたり愛知演習林の思い出と森林流域試験のことなど

野口陽一

## はじめに

平成3年2月のことである。農学部付属演習林長より一通のお知らせを戴いた。東京大学農学部付属演習林は，明治27年千葉演習林設置以来，近く百年目を迎えることになり，百周年記念事業の計画が進められている。ついては，演習林にかかわる回想や，在職当時の研究活動の経緯などについて，何か随筆風に書くようにとのことであった。

在職中，演習林に対してこれといって，役に立つこともできなかった私には，何か書き残すことがあるだろうかと，しばらくは躊躇した。かねがね回想的なことは書くまいと思っていることもあった。

しかしそのうちに，測量学や砂防工学の実習で，愛知演習林のかたがたにいろいろとお世話になったことや，随分長い期間にわたって，観測され計算された量水のデータを，自分の森林水文学研究に使わせて貰ったことを，何時しか考えていた。そして，もしも愛知演習林との縁がなかったならば，私は森林水文学と森林影響学とを，生涯の研究テーマにすることも，無かったであろうと思われてきた。

そういうふうに考えていると，文才がないとはいえ，何も書かないでは，忘恩の徒になるのではないかという気がしてくる。文章のまずさを顧みず，この際，思い出すままに何か書いて見ようと決心したわけである。

愛知演習林量水試験の歴史については，演習林当局の記載もあろうかと思われる。ここでは少し視点を変え，森林水文学の歴史をつくってきた，各地の試験についても触れながら，その中で重要な位置を占める愛知演習林量水試験の意義について，私の理解するままを述べてみたい。それにつづけて，愛知演習林で私が直接にお世話になった方々の思い出を，書かせていただくことにする。

## 1. 愛知演習林の量水試験を創始された諸戸先生のこと

水文学（すいもんがく）の歴史は，Ven Te Chowの『応用水文学ハンドブック』[29]に詳しいが，とくに森林水文学の歴史では，よく整理して書かれたものがまだない。ここではその一つの材料になることをも願いながら，まずは諸戸先生のことから始める。

諸戸北郎（きたお）先生の著書『理水及砂防工学』のうち『量水編』[11]は，『本論』[12]よりも1年前の大正4年に発行されている。愛知演習林の設立よりも7年前である。諸戸先生は，そのように早くから量水ということを考えておられたわけである。

諸戸先生の『量水編』では，それが『理水及砂防工学』の中の一巻として編纂されているせいか，「量水学」あるいは「水文学」という名前は使われてはいない。しかしその内容をみると，まさに今日いう森林水文学の，わが国における端緒を開いたものであることがわかる。量水学(hydrometry)は，今日でも水文学とくに森林水文学の基礎として，きわめて重要なものである。

水文学がわが国で急速に広く注目されるようになったのは，いろいろの事情から，20世紀後半であったといえるだろう。しかしそれよりはるか以前から，量水試験の実績の積み重ねという形で，着実にその基礎が培われていた。戦後外国から，とくにアメリカ式の水文学が入ってきても，わが国では容易に，それを受容することができたし，また批判する能力の基礎もできていた。それはひとえに，諸戸先生が早くから大学で多くの子弟を教育され，また愛知演習林の量水試験を始められたことによると言ってもよいだろう。

昭和初年前後の，量水ぜきの流量係数決定に関する卒業論文などを見ると，当時の教育が基礎を重視した，きわめて堅実なものであったことがうかがわれる。

量水試験についての諸戸先生のお考えを，直接にお伺いする機会が，私になかったのは残念であるが，数回は先生の風貌に親しく接することができたのは幸いであった。昭和22年か23年頃，当時まだ砂防研究室でバックナンバーを預かっていた，雑誌『砂防』のことで，荻原先生の使いとして，世田ヶ谷の，諸戸先生の御宅にお伺いしたこともあった。また，かつて先生の教えを受け，当時新潟県の要職にもあった人達が，ある週末に先生を湯沢の温泉にお招きするにあたって，交通事情などの関係で，先生の湯沢までのお供を，私が仰せつかったこともあった。

また伊藤先生や荻原先生からは，御在職中の諸戸先生についてのお話しを伺うことも多かった。諸戸先生は度山と号され，揮毫されるときや雑誌『砂防』に紀行文を書かれるときなどに，その号を使われたようである。

昭和12年の桜井論文[24]や，昭和13年の啓明会第88回講演会における諸戸先生の講演記録（私はそれを直接には見ていないが，林業技術史第4巻[13]に要点の引用がある）などを読むと，先生のお考えがよくわかるように思う。そういうものから，量水試験についての先生の遠大なお考えを忖度（そんたく）すると，今日なお学問に対する励ましの言葉を賜っているような気がする。

諸戸先生のことは，一応ここまでとする。

以下においては，愛知演習林の量水試験をも含め，わが国および外国の同類の試験を，「森林流域試験」と呼ぶことにする。また部内では，愛知演習林のことを「愛演」と略称する便法があることを，知らないわけではないが，本稿では，いちいち愛知演習林と書くことをお許し願いたい。

なお，わが国内の森林流域試験および外国のそれについてもふれるが，その中には，愛知演習

林とは何も関係がないではないか，と思われるものがあるかもしれない。しかし，愛知演習林の量水試験を真に理解するには，世界の同種または類似の試験を知って，それらが森林水文学発展上果たしてきた役割を，愛知演習林のそれと比較対照しながら—どちらがよいかという比較では全くなく，どういう考え方の違いがあるかという比較対照をしながら—検討する必要があると私は考えている。読者におかれては，これを諒としていただきたい。

## 2. 東京大林区署管内の森林流域試験

これはおそらく，わが国における最初の森林流域試験であろう。後述 4. のスイスのものが始められて間もなく，その施設を見学された白沢保美博士が，わが国でもこの種の試験を行なう必要があると，当局に具申されたという。

木村・山田[7]の報告の本論第 1 章に，

「明治 37 年 1 月 22 日山発第 37 号山林局長通牒ヲ以テ「有林地ト無林地トノ雨水貯蓄量ノ比較」ヲ当署試験事項トシテ指定セラレ爾後水源涵養比較試験ト称ス」

とある。茨城県に太田試験地と笠間試験地が，栃木県に足尾試験地があった。

わが国最初のこの森林流域試験で，水源涵養比較試験という名前が使われた。後に岡山にできた，竜の口山試験地でも，武田[27]による報告書は，『竜ノ口山水源涵養試験第一回報告』となっている。それは昭和 10 年の山林局長通牒に，「岡山県下ニ於ケル水源涵養試験二関スル件」とあることに由来があると思われる。

これらの二つと比べると，愛知演習林の量水試験では，試験の意義目的を森林の水源涵養機能(を明らかにすること）に限定する書き方は，諸戸先生も桜井先生もしておられないと思う。(私の見落しがあるかもしれないが)。もっとも水源涵養機能という言葉は，狭くも広くも解釈できるということはある。ともかく愛知演習林の量水試験は，わが国の他の森林流域試験とは，こういう点でもやや趣を異にしていたのではないだろうか。これには反論もあろうかとは思われるが。

木村・山田[7]の報告 p. 83 には，

「……森林地ニ於ケル降水量対流水量関係ヲ確メ其ノ水源涵養能力ノ意義ヲ決定批判セント欲セバ先ヅ森林ニ付キ其ノ土地，植物ノ両因子カ如何ナル状態ニ存在スルヤ及植物ノ差異ニ伴フ土地ノ変化ハ如何ナルモノナリヤヲ明ニスルヲ要ス」

とある。水源涵養機能というのは，量水の結果だけで判断すべきものでない，という考え方を示唆していると受け取れる。

林業試験場（それが目黒にあったころのことであるが）におられた某先輩は，われわれ研究者には，何より基礎的研究が必要だが，それには大学でなければできないものがあると，私に何度も言われたのを思い出す。誤解のないように，付け加えておくが，ここでは試験の方向づけをするような大目的のことを言っているのである。個々の研究者が愛知演習林のデータを使って，森

林の水源涵養機能を考察した論文を書くとすれば，それはもちろん善いことである。愛知演習林の量水試験は，単に森林の水源涵養機能を明らかにすることだけを目的にしているものではないと，上記では言いたかったのである。

### 3. 伐採の影響を見出した最初の試験

前記の東京大林区署太田試験地では，伐採前後の流出量を比較する試験も行なわれた。そのことは玉手[28]の報告書（前記木村・山田のものと同名の報告書）に見られる。太田試験地の広葉樹林区で，1915年8月から1916年6月までに伐採搬出を行ない，その前後数年間の流出量の比較を行なった。伐採後1〜2年間は流出量が増加することを，確かめて報告したのは，世界でも最初ではないかと思われる。

毎降水量とこれに基づく増水量（直接流出量の近似値に相当）との割合も，1回の例外を除いて常に増加した。その報告の結論の記述は，今日なお新しい意味を持つが，その最後のところにつぎのようにある。

「本問題ニ関シテハ，本試験ニ於テ調査シタル以外尚ホ幾多重要ナル関係事項アリテ之等ヲ具体的ニ解決スルニアラザレバ森林ノ水源涵養ニ影響スル真相ヲ究メ難キモノアリ……。」

と。これには木村・山田の前報告[7]（2.に引用した部分）に相通ずるところがある。

「玉手」という名前が出たが，その人は一時東京大学林学科の非常勤講師もされた玉手三棄寿先生のことである。玉手先生からは，森林の気象要素ないし流出に影響する条件因子が如何に数多く，またその変動が大きいものであり，実験的な考え方をする場合にも，それらの条件因子の制御が如何にむずかしいか，よく考えねばならないことを，私は教えていただいた。

### 4. エンメンタールの森林流域試験

世界で最初の森林流域試験としては，1859年にフランスのナンシー付近で，コントグリルらが行なったものがあったらしい。（薗部(1940)[25] p. 33参照）。しかしわれわれがデータを見得るものとしては，スイスのエンメンタールの試験が，その開始の時点でいえば最初のものであろう。これは，97%が林地であるS流域と，約2/3が放牧地（草地）であるR流域とからの流出量を比較する試験であった。測定は1899年頃から行われていたが，この試験結果についての，エングラー[3]による第1回報告書は1919年に出るから，報告書としては前記2.のわが国のものが早い。この試験の報告の，とくに結論部分についての解釈は人によって差異があるようである。その私なりの考えは，簡単には言えないが『水利科学』No. 157[20]に述べたから，ここでは割愛する。

エンメンタール森林流域試験の第2回報告はブルガー[2]が書いている。彼は前任者エングラーの結論には捉われない（むしろそれには批判的な）考えを示している。これについても『水利科

学』No. 158[21] に述べたからここには割愛する。この第2回報告書で,「森林の影響」という言葉が盛んに使われている点は,森林影響学の歴史を考える時には,注目してよいことである。

詳しく書く余裕はないが,前任者エングラーの結論への批判も書いたブルガーの論文には,科学に対するヨーロッパ人気質が現われている。一方わが国では,エングラーの結論に弁護的意見をのべた研究者が一人はあったが,他の多くは両者の結論要旨を並列して紹介するのみで,両者の差異については何も意見を述べないのが大勢であったようである。日本人の,ことにあたっての対処の仕方が,科学的なことの記載にも現われた1例であると,私には思われた。

諸戸先生は砂防工学および砂防工事については,ヨーロッパのものを多く紹介しておられるが,量水試験に関しては,スイスのもの(それを見ておられるが)の成果にはほとんど言及しておられず,みずから創始された愛知演習林のものに,確固たる自信と,そのデータが蓄積された将来への,大きな期待とをもっておられたように推察される(栗原東洋[8]参照)。

## 5. ワゴンホイールギャップの森林流域試験

これはアメリカ合衆国コロラド州の標高の高い所で行なわれた。後に対照流域法とよばれるものの最初のものである。1911～12水年から,1925～26水年にわたる観測に基づく報告書が,BatesとHenry[1]によって書かれている。まだ森林流域試験に関する情報が少なかった時代のものであり,しかも上の期間の毎日の降水量と流出量も,この報告の末尾に付録として載せられている。水文データとして貴重なものである。

この試験は,対照流域法によって伐採の影響を見出した最初のもの,という意味で,森林水文学史上忘れることはできない。しかし今日では,伐採の影響と森林の影響との区別を,明示的に議論しておく必要がある。このことについては,後に7.で述べるので,本項は短いがこれだけにとどめる。

## 6. 桜井博士の報告に関連して

桜井荘三博士の報告[24]の緒言の始めに,愛知演習林内の4個の量水試験設備は,各流域の林相その他の状況の影響が,流出量に如何に現われるかを,横に比較するとともに,観測年月の経過にしたがう変化を,縦に比較することを目的とする,という趣旨を述べてある。自然の推移の影響をみるという目的はよくわかる。桜井博士は,種々の統計分析を行ない,林相との対応を一応は見た上で,

「本報告は何故にかかる相違を現わすかの理由の探究には全然触れることなく,単に統計結果のみを掲げた予報にすぎない。」

と述べている。伐採などの処理をしない場合は,実験的検証とはいい難く,統計的検証を考えるほかはないからであろう。ただし林木の成長(一つの変化)が,処理と同様に流出に関する条件

の効果的な変化と認められるかどうかは，なお今後も研究の余地のある問題として残る。

桜井博士は若くして亡くなられたから，その報告は予報で終わっているが，その論文中の二，三の言葉は，愛知演習林量水試験を特徴づける何かを秘めているように思われる。私にもよくは分からないが，それは大学演習林でなければできないようなものであるかもしれない。愛知演習林の森林流域試験の目的が，現在も昭和12年の桜井論文の緒言にある通りであるかどうか，それは現在の当局のお考えを聞かないと分からない。いずれにしても，大学の機関としての長期目的と，個々の研究者が自分自身の研究可能期間を考えて選ぶ研究テーマとの間には，差異があることもあろう。それをどう調和させてゆくかは，個人個人が考えなければならないことではないだろううか。

## 7. 伐採の影響と森林の影響との区別

前記5.のワゴンホィールギャップの試験以来，森林流域試験では，処理流域と対照流域との一対の流域を設け，期間をキャリブレーションの期間（処理前の期間）と処理期間（処理後の期間）に分けてデータを整理し，流出量の変化を論ずる方法が，よい方法であると考えられてきたようである。たしかにそれは，処理の影響を見る方法としては有効である。

処理には伐採や薬殺があった。この種の試験に限らず，森林流域試験で今日までに行なわれた処理は（一部に落葉の剝奪などで，土壌状態の変更をしたものや，大木の根を掘り取った例はあるが），大部分のものは，林木の地上部状態だけの変更であった。

伐採によって伐り取られる部分だけで〈森林〉が構成されているわけではないことを，認めれば，伐採の影響と森林の影響との違いは明らかである。伐採の影響を見出せば，それは森林影響を考える材料にはなる。しかし森林の影響を本質的に論ずるためには，それだけでは不十分である。

「森林の影響」という語のもとのヨーロッパ語は，19世紀から使われてきている。われわれはそれを引き継いで日本語でも「森林の影響」または「森林影響」というが，科学的には何をもってそれを表わせばよいかについての議論を，もっと深める必要があるのではないだろうか。前に引用した玉手の報告[28]の中でも，そういう問題に通ずることが述べてあると思われる。

また，薗部[25] pp. 90–91 には，伐採処理のあった流域試験を引用紹介した後，

「伐採前後の比較を以て直ちに有林地・無林地の関係を如実に代表するものと言えない」

と述べてある。しかしこの言葉の科学的な意味について，言及している人はほとんどないのではないだろうか。

この薗部の言葉は，当時までの試験についてだけでなく，20世紀後半の対照流域法による流域試験を報告した論文にも，当てはまるはずである。

日常の言葉は，分かり易い面を持つと同時に，それが象徴する概念と，術語の示す科学的概念

との間に，ズレがあることがあるが，「有林地」「無林地」という語の場合も，その例になり得ることをよく考えておく必要があろう。

本節は，愛知演習林の森林流域試験を背景において，その意義を考える1材料として書いた。

## 8. カウィータ水文学試験地

アメリカ合衆国 N. C. 州のカウィータにあるこの試験地は，森林水文学の研究者では，知らない人はいないくらいに有名になった。

1934年に設立され，単位流域23と複合流域8とがあり，全面積は約2,470 haに及ぶという。

その歴史，および当初から試験の企画指導に当たったハーシ (Hursh) の研究に対する考え方については，当試験地の業績をまとめたスワンクとクロスリーの最近の編著[26]の第2章に詳しい。

ここの当初（1932年頃）からの目的が，森林影響を見出すことにあったのは，同章中にその語 'forest influences' が頻発することからも覗がわれる。ハーシの始めの考えは，必ずしも一対の処理流域と対照流域を用いることに固執するのではなく，各々の単位流域で，気候，土壌，植生，地下水，および流出などの水文循環に関係する成分について，データを十分に得て，standardization を行なった後，つぎの段階で，完全な実験的管理のもとに植被状態を変化させ，その結果をみることであった。

Hursh[5] によれば，1951年時点で16流域は処理が実行または予定され，12流域は対照または将来のため保持されていた。

カウィータにおける今日までの研究成果の多くを，ここに述べることはやめ，多くのものの中から，つぎの1編を選んで記しておくにとどめる。

No. 17 流域を処理流域，No. 18 流域を対照流域とした試験の報告が，フーバー[4]によって発表された。森林伐採（この場合，伐採はしても，樹木の幹も枝葉の何ものも流域外へは搬出されなかった）（皆伐不搬出方式）の影響を見る試験の最初の報告であろう。報告者フーバーの言葉を引く。

> 「……この試験の結果は，森林土壌を維持していて，しかも植生だけが無い状態の所にのみ適用されるのでなければならない。しかし植生による保護と，土壌に対しては有機物を毎年供給する作用が無くなれば，結局は土壌構造が破壊され，浸透能は低下し，水分貯留量も減少して行くであろう。」

フーバーは，伐採処理をした試験の結果は勿論書いているが，上に引用したのは，伐採して長い期間その状態においた場合は，土壌がどうなるか，それは実験ができないが，重大な（望ましくない）結果をもたらすおそれがあるから，そのことをとくに指摘しているのであろう。

上記のハーシ (Hursh) は，1956年頃東京大学林学科に1年間滞在し，愛知演習林をも見て帰った。砂防研究室でわれわれは，愛知演習林の毎年の日降水量日流出量を整理して記録するの

に，当時は日降水量を赤インクで，日流出量を青インクで書いていた。ハーシはそれを見て，カウィータでは（反対に）日降水量を青インクで，日流出量を赤インクで書いている，と言っておどけてみせた。何か自然に対する感覚の違いがあるような気がしたものである。

なお余談として個人的な感懐を言わせてもらえば，私はドイツ語圏の林学にしても水文学にしても，堅苦しく理論的に傾きすぎるという感じをもっていた。ハーシの話を聞いているうちに，自由な空気の中で，考えたことが自由に言えるような，アメリカ流の森林水文学があるのではないかと考えるようになった。どちらの学問も，そのことだけで評価するわけではないが。

## 9. 伊藤先生のことばと就職のこと

ここで伊藤武夫先生のことと，私の就職のことを書く。学生時代に応召して軍務に服したこと（軍務は職歴になっていることを私は停年後になって知った）を別にすれば，私は最初演習林に就職した。昭和21年4月15日付で，「東京帝国大学農学部付属演習林業務ヲ嘱託シ月手当〇円給与」という人事通知書をいただいている。「演習林業務嘱託」といっても，私の場合は，当時砂防研究室に1人の助手も居なかったせいかどうか，よくはわからないが，仕事は，教室にいて助手の見習いをするようなものであった。

その就職当時，教授の伊藤先生がこう言われた。「野口君，職というものは長く続けなければならないものだよ。少し勤めていやになったといって職を替わるようでは，何をやってもものにならないものだよ」と。

伊藤先生は，その後2年ぐらいで東大の停年を迎えられた。私はそれから後30年ぐらいの間には，職を替えようかと思うこともあったが，その度に，伊藤先生のその言葉を（その声とともに）思い出し，転職することはなかった。

先生はその後，新潟大学農学部長をされ，文部省への用で東京へ来られたときは，よく砂防研究室に立ち寄って下さった。ある時，「野口君，研究は面白くなったかね，研究が面白いと思うようにならないと駄目だよ」といわれたのも，忘れられないことである。

今私の手もとに大事に保管している一冊の本がある。それは伊藤先生の著書『砂防』[6]で，発行は昭和23年1月19日となっている。しかし出版事情があまりよくない時で，実際は少し遅れたと思う。先生から戴いたその本の扉に墨黒々と，「謹呈野口陽一様　昭和二十三年三月三十一日　伊藤武夫」と大書してある。先生の風格の偲ばれる筆跡である。

## 10. 釜淵森林理水試験第1回報告のことなど

丸山・猪瀬[9]によるこの報告は，対照流域法によって，伐採の影響を見出したものとしては，わが国では最初の報告である。昭和15水年から昭和22水年までをキャリブレーション期間，昭和23水年から昭和25水年までを処理後期間としてある。またこの報告では，それまで各地で行な

われた10試験地（24流域）のそれぞれの平均年降水量，平均年流出量などを1表にまとめてある。同種の試験の結果を発表するときは，このような表を準備することがいろいろの意味で大切であることを，私はこの報告で始めて学んだ。

この報告には，「森林の水源涵養機能」という言葉でなく「森林の影響」という言葉がでてくる。私はそのことにも興味を持つのである。pp. 1-2 につぎの文がある。

「今日の問題としては，この豪雨時に出て来る水と土の源である森林地帯の荒廃を復旧することが第一であることは勿論であるが，同時に水に及ぼす森林の影響を正しく理解することは，特に戦時中の悪条件のためにこの方面の研究の立遅れた我国に於ては，絶対に必要なことである。……」

この報告の著者の一人丸山さんには，昭和28年九州水害阿蘇地区調査の折にご一緒し，調査中はいろいろ教えていただいた。その際にも，「森林の影響」という言葉を何度も聞いた覚えがある。そのときの報告[10]を読んでも，それは裏づけられる。後に私が『森林の影響』という本を書き，また『林業百科辞典（新版）』の中で，「森林影響学」という項目を受け持たされるようになったのも，遠因として，丸山さんの影響があったかもしれない。

序ながらその『林業百科辞典（新版）』の中で，東京大学その他の量水試験を，森林影響学の有力な研究手段と書いたが，あの辞典の見出し項目には，まだ「森林水文学」という語はなかった。今なら私は，「森林流域試験は森林水文学のための基礎的研究法の一つであるが，森林状態の調査や水質などの測定の仕方によっては，森林影響学や森林生態学のための資料を得るのに利用することもできる」と書きたい。

## 11. 荻原先生のことやその『森林理水・砂防』について

荻原貞夫先生には，学生時代に測量学や量水学を教わり，就職後もとくに愛知演習林における野外実習を通じて，測量学について親しくご指導を戴いた。後には先生との共著で『森林測量学』[23]という本を出させて戴くことができた。それは砂防研究室で先生のご指導を直接に受けたことと，愛知演習林水野地区（今はない）にあった測量学実習地で，勉強できたお陰であると思っている。測量学の面白さは一口で言えば，誤差論と外業および内業の過程での錯誤の発見法にある。（錯誤発見の問題は誤差論では取り扱わないが，誤差論が分っていないとうまく行かない。）そのことを具体的に書き出すと長くなる。ここでは測量学のことはこれまでとする。

荻原先生は，著書『森林理水・砂防』[22]の中で，森林流域試験の方法（先生はその語は使われず，単に「試験流域から流出する水量を測定する方法」と書かれている）を3種に分けて説明しておられる。そのことについては，先生の平素のお考えを，私はかねがね伺っていた。そして，本を書かれるならその3種の名前をどう命名されるか期待していた。しかしその本では，その3種に対して名称を付けてはおられない。

それを呼ぶ名前が無いのは，討議を進めるときに不便だと感じていたので，私はその翌年に出した小さな論文[16]で，平行法，単独法，対照流域法という名前を用いた。しかし後に，『森林水文学用語事典』[19] を書く時になって，これらを並列流域法，単独流域法，対照流域法とすることに，自分では改めたつもりであった。ただし，それはもう東大も筑波大も退職した後のことで，そういう呼び方はあまり普及しなかった。

先生の『森林理水・砂防』はページ数は少ないが，よくまとまった本であると思う。その中には「理水効果」,「砂防効果」という語がでてくる。その「効果」とは，“cause and effect” というときの effect のことであると，私は解釈するが，内容の文脈では，〈効用〉ということに繋る面もあるところがある。平素私は〈〈用語の問題〉〉であれこれ取り越し苦労をすることが多いのに比べ，先生は言葉の端々に迷われることなく，全部「効果」で通しておられるのは，さすがであると思う。

自分のことで恐縮ではあるが，学位論文を書く折に，題目と目次を早くもって来いと荻原先生に言われていたのに，私は随分迷っていた。「森林量水試験に関する統計的研究」という題目案と，大略の目次を書いて，恐る恐る先生のところに持って行った。先生は 4 分か 5 分か見ておられたが，「題目は『森林量水試験の方法論的研究』[18] としたらどうかね。それでいいだろう，そうしたまえ」と言われた。私はまだ少し迷いがあったが，そのときの先生の語調に圧倒されて，「はい」といっただけで引き下がったのである。荻原先生のことは，他の項目の中にも書くので本項はこれまでにする。

## 12. 乾さんのことば

以下においては，おもに実習または研究のため，愛知演習林に出かけて行った際に，お世話になった方々の思い出を中心に書いてみたい。

記録していないから，日付が定かではないが，昭和 21 年か 22 年ごろのことで思い出すのは，愛知演習林の主任であられた乾　貞夫さんの言葉である。(愛知演習林では現在の林長に当たる人は当時は主任という名称だったと思う)。

そのころ愛知演習林の事務所は，まだ水野村安戸という所にあった。瀬戸町が周辺の村を併せて市制を施く前である。始めてご挨拶に伺った私に，乾さんが言われたことを，私なりに解釈し理解したことは，その後何年も私の脳裏から離れなかった。文言を正確に覚えてはいないが，要旨はこうである。

> 愛知演習林ではもうかなり長い期間，量水のデータを採ってきている。その成果の発表について，諸戸先生に伺ったことがあるが，先生は言われた。いや，量水のデータを（論文に）まとめて発表するような人は将来必ず出てくるはずだ。今はまだきちんとデータをとって，整理しておくことが大事だと。ところであんたなんかは，そういうまとめをすることになる

んですかね。

と。乾さんにしてみれば，私でなくても，教室に残った若い人間なら誰でもよかったのであろうが，たまたまそのときは，それが私だったということであろう。まだ水文学（すいもんがく）という名前も知らなかった私に向かって，そんなことを言われる乾さんは，私をからかっておられるのかとも，ちょっと思ったりしたが，一応神妙にお話しを承って引き下がった。

もっとも後で考えると，戦前すでに桜井博士や荻原先生は，愛知演習林のデータを用いた立派な論文を書いておられる。昭和12年の桜井論文には，乾さんはじめ愛知演習林在勤の方々に対する謝辞がちゃんと書いてある。乾さんは初対面の私に，一つのレトリックでああいう言い方をされたのであろうが，私には量水試験の重みについて，ものを考えさせられる言葉であった。

## 13. 最初の論文の思い出

その後しばらくの間，私はまだ論文を書くような心構えにはなっていなかった。多分4年ぐらい後か，測量学の実習で愛知演習林に来ていたおり，中村賢太郎先生（当時の農学部付属演習林長であったと思う）が来られて宿舎に一泊された。荻原先生がちょっと部屋を出られたとき，中村先生が言われた。「きみー，学校卒業して何年になるのかね，もうそろそろ小さいレポートの一つぐらい出してもいいのじゃないのかね」と。その後，私は荻原先生の具体的なご指導をうけ，愛知演習林のデータを使った小さな論文[15]を出すことになるのである。

なお蛇足ながら付け加えるが，これは量水試験の4流域の侵食土砂量を取り扱ったもので，湛水池の排砂のための人夫賃の（昭和3年または5年以来の），年々の支払い記録中の延べ人夫数から，侵食土砂量の推移を推定したものであった。そういう資料から侵食土砂量を推定できるはずであると，最初に考えたのは，荻原先生であったのか，中島さん（次項参照）であったのかは聞き漏らした。しかし昭和25年以降は，排砂方式の変更その他の理由で，もう土砂量推定には使えないだろうが，それ以前の排砂のための延べ人夫数と排砂量とは，確実に比例しているはずだと，中島さんが自信をもって言われたのは覚えている。

私は移動平均法などを使って，なんとか形を整えた。私としては最初に書いた論文であった。しかし，いま見てみると，学会誌の印刷の関係で，発行はそのつぎに書いて演習林報告に出した，森林の流量調節作用関係の報告[14]よりも1ヵ月ほど後の日付けになっている。

ちなみにこの「森林の流量調節作用」という言葉は，当時荻原先生がよく口にされていた言葉を，私は自分流に解釈して使ったのであるが，後になってみると，すでに昭和の始め頃から林業試験場の平田徳太郎博士がよく使っておられた言葉であった。そして日本の森林水文学研究史の上で，平田博士の書かれたものもよく読んだ上で，使うべき言葉であったと今では思っている。ただし，その平田博士のものを探し出して読むことができたのは，それから20年ほど後になってからであった。

私が最初の論文を書くまでには，随分いろいろの人から後押しをして貰ったものだと思う。しかし，その後自分の書いた論文を読むと，その内容に対する不満な点，データの採られたときの条件・方法の記載や検証の点で不備が多いことなど，後になればなるほど気がつくことが多い。しかし始からそういうことがよく分かっていたら，結局発表する論文などできなかったかもしれないとも思って，みずから慰めることもある。

## 14. 中島さんの思い出

当時（昭和20年台）測量学の実習は，水野村地区のはげ山で行なっていた。そこには測量学の実習が能率的にできるように，座標が明らかに計算してある図根点（4等以下の三角点に相当するもの）が，実習班の数班分（各班に2つずつ）配置されていた。（この施設の設置は桜井荘三博士の計画になるものであったと聞いている)。その地域の中心部に作業所があり，その庭を実習現場の基地（測量機械の点検や弁当を食べる所）に使っていた。そこに数本の大きな広葉樹があって，夏にはよく日陰を作っていた。

あるとき，その木の根元から2メートルぐらいの高さまで，金網が2重にしっかりと巻き付けてあるのに気が付いた。私が学生の時には，そんなことはなかったと思い，中島主一さんにこれは何のためですかと聞いた。中島さんは後に愛知演習林長になられた人であるが，それ以前からよく現場を案内して下さり，私にいろいろなことを教えて下さった方である。「これは盗伐防止ですよ」と中島さんは言われた。「戦争末期には，この地元の人ではなく，近隣の村から来る者らしいが，時々盗伐がありました。演習林も盗伐防止には相当神経を使ってきました。戦争は終わったけれど，まだ油断はできません。夏には学生がこのはげ山で数時間も実習したら，ここへ来て木陰で休息することも必要でしょう。木を金網で巻くことなど，本来やるべきことではないが，この木を盗伐から護ることも，私は大学の実習がちゃんとできるようにと思って，やっているんですよ」と。

それから2，3年後のころ，中島さんは，当時大部分がはげ山になっていた犬山地区に，砂防工事を実行しなければならないと考えられ，その計画と予算の折衝のため，度々本部と営繕課（今日の施設部）に足を運ばれた。

調査の段階では，私も測量などのお手伝いをした覚えがある。犬山地区の実地の砂防工事で，地形に応じた山腹工事の種々のタイプや，クロマツと肥料木の成長の関係などについて，中島さんがよく教えて下さった。

犬山地区でも，また瀬戸付近の古い山腹工事跡を見て回ったときも，中島さんが言われたことは，この付近は昔から砂防工事が行なわれていて，予算がついて工事をやれば，一応は成林させる見込はある。しかし問題は其の後の管理だ。砂防工事が成功し，一応10年生20年生の松林になったものを，どういう方針で管理し，育林してゆくか，これは今の砂防工学の本には書いてな

いが，現地をあずかる者には大きな問題ですよと。このことは私には何度も言われたように思う。

きわめて最近（平成になってから）のことであるが，農林水産技官で治山関係にいたことのある人から，やはり治山工事が一応済んでから，数年後のその森林の取り扱いに関して，研究の余地があるのではないかという意見を聞かされたことがある。

## 15. 大塚さんの思い出

前項に書いた，盗伐防止のことを中島さんから聞いた頃のことである。穴の宮流域を廻ってみたとき，当時穴の宮に居られた大塚通男さんが話されたことであるが，その流域の周辺でも盗伐があったらしい。大塚さんは，流域は大切な試験のためのものであるから，盗伐されないように十分警戒してきたが，流域の外側の，管轄外の土地までは警戒できないと洩らされた。なるほど流域の分水界の内側と外側では，立木密度が明らかに違うように見えた。

盗伐は勿論いけないことであるが，当時は現今の世情とは全く違い，まだプロパンガスも，地域によっては都市ガスも無かったと思う。演習林勤務の方々の神経の使い方には，察するに余りあるものがあったのではないかとも思われる。

大塚さんには，季節現象雑象の野帳のつけ方や，演習林内での砂防工事現場で，法切工や筋工のやり方を実地に教えてもらった。

後に私は，穴の宮の湛水池の流出量 (out-flow) のハイドログラフから，流入量 (in-flow) ハイドログラフを求めて，前者の上に現われるみかけの森林影響から，湛水池の影響を取り除いて，正味の森林影響を見出そうとする試み[17]をした。穴の宮はその流域面積や湛水地の大きさがそういう作業には適しているように思えた。ただあの流域内に湧水があることが，強雨時の水の出方をいくらか早くしているとしても，それが森林影響の検出には，＋に作用したか，または－に作用したか，いまだに明らかにし得ていない。

## 16. 中川さんの思い出

東山流域の量水堰堤と雨量観測所のある所は，中川　止さんのお住いから，かなり離れている。中川さんは雨の日も風の日も，毎日欠かさず，あの渓流沿いの小道を通って観測にでかけられるのであった。東山の量水データは，わずかにではあるが，他の流域よりもバラツキが少ないように，私には思えて，随分いろいろの計算の資料に使った。そのデータはほとんどすべて，長年にわたる中川さんの観測および計算（自記紙の取り替え・装着・自記水位の読み取りと流出量への換算）になるものであった。

ある夏のこと，私は中川さんのお宅の座敷に，多分一週間ぐらいも泊めて貰って，自記雨量記録のマスカーブ（とくに短時間の強い雨の）や，それに対応する自記水位曲線を，トレース用紙に写し採る作業をした記憶がある。実は他の流域の記録も古いものは，中川さんのお宅の側の倉

庫に保管してあって，そのうちのある部分を写させて貰いたいと申し出たら，これは大事なもので保管上，遠くへ持ち出すことはできない。是非とも必要なら中川さんのお宅に泊って写すようにと，荻原先生，中島さん，中川さんの間で，話しをまとめていて下さったのである。まだ，ゼロックスもその他の湿性複写機械も無かった頃の話である。

中川さんからは，計算作業の要領や，瀬戸付近の砂防工事にまつわる話などいろいろ教えて戴いたものである。

## 17. 林さんの思い出

私が記憶している限りでは，白坂観測所の主任ははじめから林　和夫さんであった。終戦後しばらくの間は，白坂流域へ行くのに，バスは通っていないから徒歩であった。安戸の宿舎から白坂へ行き，流域内部を見て，安戸の宿舎に帰るだけでも一日がかりであった。

白坂には気象観測用の高い塔があった。当時林さんは毎日その塔に登って，観測する仕事があったようである。

白坂流域内には大きな露岩地があった。林さんは，あそこをなんとか緑化したいと考えておられたようだが，あのような露岩地は，通常の砂防工事のやり方ではどうにもならない。林さんは付近から採れる粘土と土と砂を適度の割り合いに混ぜ，型枠に入れて日干しにする，日干し煉瓦の作り方をみずから考案された。その煉瓦を露岩地の凹みのある脚部に積み，上から流れ落ちる土砂を溜めて，植生の基盤をつくることを実行されたのである。

観測に関するいろいろのことを林さんから教えて戴いたが，中でも，蒸発計が新しいときと古くなったときでは，金属の熱吸収の相違のため，計器で測る蒸発量には誤差があることを指摘されたのが印象に残っている。

## 18. お　わ　り　に

愛知演習林の事務所が安戸から伍位塚に移ることになり，実習にくる学生その他のための宿舎も，白坂に新しく作ることになった。その年月を私は記憶していないが，中島さんの停年退職前後の頃ではなかったかと思う。

中島さんのつぎに愛知演習林長になられたのは，朝日正美さんであった。朝日さんから私は土壌の分類に関するお話を伺って大変有益であった。

以上に述べた人々のほかにも，私は愛知演習林に行くたびに，いろいろお世話になったかたがたがおられる。しかし古いことは比較的によく覚えているのに，現在に近い新しいことの記憶は薄いので，以上のほかは割愛させていただく。

蛇足ながら，森林水文学と量水試験について，一言付け加えることをお許しいただきたい。量水試験というものは，少数の専門家を除いては，林学を修めた者にさえも，ほんとうの意味では，

深くは理解されてはいないのではないかと思われるふしがある。

山腹の緑化工事のように，その効果が目に見えるものでは，その成功例を見せながら，関係分野の学問の必要性や重要性を説くことができる。しかし森林水文学は，何かを見せてその効果を示すことができるような種類のものではない。森林水文学は何か目に見えるものを作るための学問ではないからである。今日では，森林水文学のような基礎的な学問への真の評価が望まれるが，それにもかかわらず森林水文学は，応用水文学の一部であるといわれているのが現状である。基礎と応用との関係には，多義的なところがあるので，そういう言い方を一概に否定することもできない。

演習林百周年を迎えるにあたって，私は森林水文学という学問を，より多くの人の理解を得るようなものに確立することによって，量水試験の意義をも，より多くの人が正しく認識するような日がくることを念願するものである。

なお，思い出すままに書いたこのような文には，相応しくないかもしれないが，不備を補なう意味で，引用または言及した文献の名をつぎに掲げておく。

## 文　　献

(引用文献とは限らず，単に言及したものを含む。順序はABC順)

1) Bates, C. G. and Henry, A. J. (1928): Forest and Streamflow Experiment at Wagon Wheel Gap, Colo., Monthly Weather Review Supplement, No. 30, 1–79.
2) ハンス・ブルガー著/武藤博忠抄訳 (1937): 河川の水位に及ぼす森林の影響，興林会叢書第15輯，興林会.
3) Engler, A. (1919): Untersuchungen über den Einfluss des Waldes auf den Stand der Gewässer, Zürich.
4) Hoover, M. D. (1944): Effect of removal of forest vegetation upon water yields, Trans. Am. Geophys. Union, Part VI, 969–975.
5) Hursh, C. R. (1951): Research in forest-streamflow relations, UNASYLVA, V(1), 2–9.
6) 伊藤武夫 (1948): 砂防，実業教科書株式会社.
7) 木村喬顕・山田熹一 (1914): 有林地ト無林地トニ於ケル水源涵養比較試験，林業試験報告 No. 12, 1–84.
8) 栗原東洋 (1957): 諸戸北郎の進んだ道，水利科学，**1** (1).
9) 丸山岩三・猪瀬寅三 (1952): 釜淵森林理水試験第1回報告，林試研報，No. 53, 1–44.
10) 丸山岩三・野口陽一 (1954): 昭和28年6月の九州水害に……，阿蘇地区編，V 理水関係，林試研報，No. 69, 85–96.
11) 諸戸北郎 (1915): 理水及砂防工学，量水編，三浦書店.
12) 諸戸北郎 (1916): 理水及砂防工学，本論，三浦書店.
13) 日本林業技術協会編 (1974): 林業技術史第4巻，防災編，p. 473.
14) 野口陽一 (1951): 森林の流量調節作用表示式に……，東大演報，No. 39, 135–141.
15) Noguchi, Y. (1951): A study on the erosion control of forest, J. Jpn. Forestry Soc., **33**(4), 132–136.
16) 野口陽一 (1954): 森林伐採または森林生長……，東大演報，No. 47, 91–110.
17) 野口陽一 (1955): ユニットグラフ作製上の……，演習林，No. 10, 55–68.

18) 野口陽一 (1962): 森林量水試験の方法論的研究, 東大演報, No. 57, 65–135.
19) 野口陽一 (1981): 森林水文学用語事典—定義と説明—, 水利科学研究所.
20) 野口陽一 (1984): 歴史としての森林影響研究 (I) 水利科学, No. 157, 22–39.
21) 野口陽一 (1984): 同前 (II) 水利科学, No. 158, 82–100.
22) 荻原貞夫 (1953): 林学講座第 9 冊　森林理水・砂防, 朝倉書店.
23) 荻原貞夫・野口陽一 (1960): 森林測量学, 地球出版.
24) 桜井荘三 (1937): 愛知県演習林に於ける流出量測定結果について (予報), 東大演報, No. 25, 33–61.
25) 薗部一郎 (1940): 林業政策 (上巻), 西ヶ原刊行会.
26) Swank, W. T. and Crossley, D. A., Jr. (eds) (1987): Forest Hydrology and Ecology at Coweeta, Springer-Verlag.
27) 武田繁後 (1942): 竜ノ口山水源涵養試験第一回報告, 農林省山林局.
28) 玉手三棄寿 (1923): 有林地ト無林地トニ於ケル水源涵養比較試験, 林業試験報告, No. 23, 63–99.
29) Chow, V. T., (ed.) (1964): Handbook of Applied Hydrology, McGraw-Hill Inc.

# 森林量水試験の方法論的研究

野口陽一

Yooichi NOGUCHI

A methodological study of the experiments on forest and water relations.

目　次

第Ⅰ章　森林量水試験概説……66
第Ⅱ章　森林影響に関する仮説験証……70
§ 1.　序　　説……70
§ 2.　流出量調節……70
§ 3.　連日降雨流出率……75
§ 4.　対照流域法……77
§ 5.　流出分布図頂点の推移……83
第Ⅲ章　水　年　論……86
§ 1.　水年の意義……86
§ 2.　愛知における水文学的年度……88
§ 3.　統計験証的水年……90
第Ⅳ章　無降雨日流出量の漸減法則……91
§ 1.　無降雨日流出量概説……91
§ 2.　同時化の方法……92
§ 3.　重力水流出量……95
§ 4.　水文学的季節……96
第Ⅴ章　月降水量の影響……105
§ 1.　序　　説……105
§ 2.　月降水量，流出量曲線……106
§ 3.　第2項流出係数……110
§ 4.　流域水文要素に対する月降水量の影響率の平衡……112
総　　括……115
参考文献……118
Abstract（英文要約）……120
附　　表……124

## 緒　　言

森林量水試験は水文学的循環過程における森林の影響，就中，森林の流出量におよぼす影響をみいだすとを目的とする野外試験である。森林量水試験は，19世紀の末スイスエンメンタにおいて始められたものに引続き，今世紀に入るに及んでわが国および米国において続々開始された。これらの試験地では流域の選定法，流量観測の模様，試験の直接目的等に関して，それぞれの試験地の所在する地方の気候，森林状態および人間生活の水に対する要求度に応じた特性を見出すことができるが，森林影響学の基礎的な方法論的見地からみれば，これら一連の試験は概ね試験地の開設せられた年代の順を追つて，より科学的な方法論を発展させて来たとみることができる。

思うに森林量水試験は野外の試験であつて，流出量に影響する多数の因子があり，それらはすべて常時変化しつつあるものであつて，就中，降水量の変化の影響が大きく現われることが流出量観測値から森林の影響に関する情報を得ることを困難にする。したがつてこのような困難を克服するため，より科学的な方法の研究が必要であつたし，また現在でもそのことに変わりはない。

本論文は従来の森林量水試験の結果認められた森林の影響は多少の差はあれ，すべてその地方の特殊性を荷つているものであり，かつ方法に関しても試験地独特の方法の発展の余地がすくなくないとの著者の見解から，主として東京大学農学部附属愛知演習林における量水試験の観測値に基づき，森林量水試験の方法論について研究したものである。

東京大学農学部附属愛知演習林の量水観測設備は故諸戸北郎博士が教授として在任中に計画築設されたもので，従来もその方法および観測成績に関して発表された業績はすくなくない。本研究はもとよりこれら先輩の業績に負うところ大である。

省みるに著者が東京大学農学部森林理水及び砂防工学教室に勤務を始めた当時，恩師荻原貞夫教授は森林量水試験に関する方法論の不完全性を指摘し，著者の研究主題を此の方面に指向せしめられた。それ以来終始変わらず同教授より御懇篤な御指導と御鞭韃を賜つた。著者は今日まで適時研究の結果を断片的に発表して来たが，今回これらに未発表の部分を加え，森林量水試験の一貫した方法論としての体系付けを試みた。もともり浅学非才，所期の域に達せぬ感が深いが，一応ここにその結果を取纏めるに当つて衷心より同教授に深甚の謝意を表する次第である。

## 第I章　森林量水試験概説

森林の水に及ぼす影響は，森林が降水量に如何に影響するかという問題，すなわち樹冠遮断量あるいは霧滴捕捉量などとの関係で考えられたものが比較的古くから研究された[47]。しかし一定の流域からの流出量を測定して，森林の流出量に及ぼす影響を見出さうとする試験が始められるに至つて，その着眼と方法は水文学における流域単位の考え方を急速に発展せしめるようになつた。この種の試験すなわち流域からの流出量を測定することによつて，森林と水との関係を見出そうとする試験をここでは森林量水試験とよぶ。森林量水試験は19世紀の末から今世紀の始め頃にかけて次々と始められたが，その大部分の試験地では現在なお観測が続行され，かつまたこのような試験地はなお増加する傾向にある。つぎに有名な森林量水試験を列挙する。

| 観測開始年 | 名　　称 | 所　在 |
|---|---|---|
| 1899 | エメンタールにおける「森林の流出量に及ぼす影響」に関する試験[6][38] | スイス |
| 1906 | 東京大林区署内，足尾*，笠間，太田における「水源かん養比較試験」[31][67] | *栃木県，茨木県 |
| 1910 | ワゴンホイールギヤツプにおける「森林と流出量」の試験[2] | 米国コロラド州 |
| 1926 | 東京大学農学部附属愛知演習林内の「量水試験」[52][53][57] | 愛知県 |
| 1931 | 岩手大学御明神演習林内「治水試験」[66] | 岩手県 |
| 1933 | 「カウイータ水文学研究所」の量水試験[4][11][16][70] | 米国ノースカロライナ州 |
| 1933 | サンジマス森林影響試験[34] | 米国カリフオルニヤ州 |

| | | |
|---|---|---|
| 1936～1938 | 「竜ノ口山水源涵養試験」(35)(50)(64) | 岡山県 |
| | 「宝川森林治水試験」(65) | 群馬県 |
| | 「釜淵森林理水試験」(28)(29) | 山形県 |
| | 「上川試験林」の試験(18) | 北海道 |
| 1937 | 「フレイザー試験林」における量水試験(8)(71)(73) | 米国コロラド州 |
| 1956 | 「去川森林理水試験」(80) | 宮崎県 |

（カギ括弧内はその試験地の固有の呼び名或いは報告に現われた試験の名称）

以上の他にも同種の試験地はあるが，省略することとする。上に述べた試験について，その特徴を要約することとする。

エンメンタールでは，一部林地の流域と全部林地の流域からの流出量を比較し，最初（1915年まで）の取纏め期間については，流出量に及ぼす森林の影響はほとんど認められず，つぎの取纏め期間（1915年より1927年まで）では一部林地の流域の方が全部林地の流域に比し，5％程度流出量が多いと結論された(33)。この試験は林相の異なる試験地からの流出量を横に比較するもので，後に併行法と呼ばれる型に属するものである。

東京大林区署内の試験は，有林地区（針葉樹林区および広葉樹林区）と無林地区とを比較するもので，当初は併行法であつたが，後に有林地区の林木を伐採して，一つの流域で伐採前と伐採後とを比較するいわゆる単独法の型の最初の試験となつた。

ワゴンホイールギャップの試験地は，気候的には，降水量の大部分が雪の形で地表上に長く貯溜されるという特徴があるが，試験の方法としてはコントロール（対照）となる流域を設け，今一つの流域における森林の伐採前と伐採後の流出量に対する森林影響を対照との比較において見出そうとする方法——この方法を著者は対照流域法と呼ぶ(41)——を採用したものである。

東京大学農学部附属愛知演習林内の量水試験では，当初4流域を選定して，林相の異なる流域における森林影響の併行法的研究および個々の流域における長期の林相の推移に応ずる森林影響の単独法的研究を目途としたものであつた(57)が，最近に至り，対照流域法の目的をもつ2小流域を附設した。

カウィータ水文学研究所では，多くの小流域を選定し，各々の流域において，林木伐採の影響(11)，放牧の影響，山地農業の影響(4)，種々の集運材方法の影響などの研究事項をそれぞれの流域の研究対象として定め，これらの目的に応ずる処理の方法を研究し，かつその成果を取纏めて，米国における森林水資源政策の科学的基礎を確立した功績は高く評価されるに至つた(69)。

サンジマスにおいては，米国の夏季乾燥地帯における侵食防止および融雪洪水の防止法を研究することを目的としたが，再三の山火事に会い，むしろ山火事が侵食や流出量に及ぼす影響を取纏めた点に大きい成果を残した(1)。

竜の口山水源涵養試験は，中国地方アカマツ林と流出量との関係を，宝川森林治水試験は関東

地方水源地帯の天然林と流出量との関係を，釜淵森林理水試験は東北地方スギ林と流出量との関係を見出すことを目的として開始されたが[67]，試験成績の現われと林相の推移を考慮して現在では直接目的が若干更改されたものもある。

フレイザー試験林では，森林と融雪に基づく流出状態との関係に力を注ぎ，とくに森林経営上の伐採方法および伐採の程度が，流出量に如何に影響するかを見出すことを目途とし，近代統計学における手法を用いて実験を計画し[78]かつ報告を遂次行なつている[77]。

去川森林理水試験は，わが国多雨地帯の常緑広葉樹林の治水機能について考察する基礎資料を得る目的で計画されたが，まだ観測が緒についたばかりである。

以上で森林量水試験を概観したが，その中にあつて東京大学農学部附属愛知演習林の量水試験のうち，故諸戸北郎博士の指導計画の下に始められた4流域（現在観測は3流域）は前述のように，併行法および単独法の思想に立脚し，量水試験の方法論的発展過程からみれば，現在ではむしろ古い型に属するといつても差支えないようになつたが，観測精度の高いことと，長期の観測

Table 1. 東京大学農学部付属愛知演習林内量水試験流域諸元

Watershed dimensions of the experimental forests in Aichi, Tokyo University Forests.

| 諸元＼流域 | | A | B | C | D |
|---|---|---|---|---|---|
| 面積 (ha) | | 106.7 | 88.5 | 13.9 | 109.6 |
| 高度範囲 (m) | | 347～617 | 294～629 | 140～217 | 128～205 |
| 中央高度 (m)[1] | | 450 | 390 | 150 | 150 |
| 平均高度 (m)[2] | | 466 | 416 | 164 | 162 |
| 平均勾配 (%) | | 23.0 | 29.8 | 19.3 | 14.2 |
| 平均傾斜 (度) | | 13 | 17 | 11 | 8 |
| 主流長 (m) | | 1,800 | 1,700 | 650 | 1,500 |
| 流域平面重心までの距離 (m) | | 1,000 | 730 | 250 | 830 |
| lag[3] (分) | | 66 | 59 | 32 | 59 |
| 森林面積 (ha) | | 97.3 | 80.0 | 13.5 | 75.5 |
| 森林面積百分率 (%) | | 91 | 91 | 97 | 69 |
| 森林状態概況 | | 良 | 良 | 一部良 | 不良 |
| 母岩 | | granite | granite | tertiary一部granite | tertiary |
| 土地利用区分 (%) | 森林 | 91 | 91 | 97 | 69 |
| | 未立木地 | | 1 | 3 | 12 |
| | 耕地 | | | | 4 |
| | 荒廃地 | 9 | 8 | | 15 |
| | 採土地 | | | | |
| | 計 | 100 | 100 | 100 | 100 |

注 1) 中央高度とはそれ以上の面積とそれ以下の面積が等しい高さ

2) 平均高度とは標高の範囲を $N$ 個に階級区分し，一階級の代表高度を $m$，その帯面積を $a$ として $\frac{\sum am}{N}$ で求めたもの

3) lag（遅滞時間）を $t_p$ とすれば主流長 $L$，重心距離 $\bar{L}$ を mile で表したとき $tp=2(L\cdot\bar{L})^{0.8}$ 分として計算したもの

値を有することは特徴的で，これらはとくに水文学の基礎的研究にとつて貴重なことがらである。

著者は次章以下において主としてこれら4流域の観測値を基にして，森林量水試験の方法論を研究するのであるが，ここにそれら流域の諸元を第1表に示し，かつ流出量観測値の統計の手段として，これを水高（mm単位）で表わすことについて便宜上本章でのべておくことにする。

水高について

面積の異なる2つ以上の流域から一定期間に流出する水量を比較する場合，流出した水量の大きさそのものを比較するのが目的でなく，降水量として流域が受け入れた水分を流出せしめる流域の機能を比較するのが目的であれば，単位面積当りの量をもつて比較しなければ意味をなさない。したがつて河川学（広義の水文学の一部）では，河川流量をその流域面積を表わす値で除したものを比流量と呼び，河川流域の水文学的性質を比較するために用いる(62)。比流量は通常1km²当りの流量（m³/sec）で表わす。すなわち比流量のディメンジョンは $\left[\frac{L^3}{T}\right]$ である。一方，流域から一定期間内に流出する水量 $[L^3]$ を流域面積で割る際に，流域面積のディメンジョン $[L^2]$ をも計算に入れれば，その商は $[L]$ のディメンジョンを持ち，これをmm単位で表わせば，これはmm単位で表わす降水量と比較するのにも便利である。またこれは単位面積当りの量であるから流域の性質を比較するのに用いることができるのは比流量と同様である。これはmm単位で表わした降水量を雨高というのに対して，「水高」とでもいうべきものである。しかし一般にmm単位で表わしても降水量といつて差支えないと同様に，量水試験では上記の意味における単位面積当りの流出量（mm）すなわち水高を単に流出量とよぶ。

ここに注意すべきことは，多くの，面積の異なる流域から採られた観測値を統計的に処理する場合，もし流出という現象に面積の大小の影響があるものであるならば，比流量や水高は面積の大小の影響を含んでいる量であるということである。それゆえ，面積の異なる多くの河川の流域の比流量または水高を統計的に処理することによつて，流域面積の大小の影響を求めることが理論上は可能である(1)。しかし統計学でいう均質なデータということを忠実に考える場合には多くの流域からのデータを用いることは不適当で，勢い，良く選ばれた小数の流域からのデータを用いることにならざるをえないが，それら流域の間に大した面積差がなければ，面積の影響を統計的に求めることは実際上困難である。しかしてまたこのような場合には流域の状態に関する他の知識から面積の影響はほとんど無視してよいと判断できる場合がある。この判断は流出の現象に関する質的な知識に基づく判断であつて，単位面積当りの値を採ることに基づくものではない。

以上を要約すれば，森林量水試験において流出量を表わすのに水高を用いるのは，絶対的な流出量を知ることよりも，これを降水量と比較し，また数流域の性質を相互に比較するのが目的であるからであり，試験流域の面積の大小の影響を無視する場合，無視してよい理由は，単位面積当りの量を取扱うからでなく，取扱う観測値の種類によつては，最初から面積の大小の影響が無

視できると考えられる流域が選定されているからである。

東京大学農学部付属愛知演習林内の A, B, C, D 流域では，降水量の影響の大部分はいずれも1時間以内で流出量に表われるから，日流出量およびそれ以上の時間区分を持つ流出量の取扱いでは，面積の影響は無視できると考えられる。面積の大小の影響を考慮しないでよい場合の理想は，面積の等しい流域をとることであるのはいうまでもない。

## 第II章　森林影響に関する仮説験証

### §1. 序　　説

森林量水試験の主要な目的の一つは，流域内の森林存在あるいは林況の良否が流域からの流出量に及ぼす影響を知ることである。森林量水試験は野外の試験であるから，その測定値は種々の自然的条件因子の影響を受けた結果であり，厳密な意味での同一条件は2度と得られないものである[7]。しかし多年にわたる測定で，主要な因子については，一定の値の繰返しがあると見做すことができる。したがつて試験地の選定，測定値の整理法に注意すれば，流出量に対する影響の大きいものから順次その影響を検出してゆくことができる。

現在の段階では，自然の降水量はその変化を人為的に小さくすることはできない。しかして流出量に対しては，降水量の影響が最大であることは明らかで，森林の影響を求めるには，降水量変化の影響を求めることが先決問題となるのである。

降水量の影響を統計的に捉えるため，つぎの2つの手法を用いることができる。その第1は降水量またはその統計量の単位当りの流出量またはその統計量を用いることである。すなわち第2節および第3節にそれぞれ述べる特殊の分散比や流出率がこれであり，数個の流域から得られたこれらを比較することは，降水の形や大きさに甚だしい差が無い場合には意味をもつ。しかしこれらの値は降水量に全く無関係ではない。その第2は，流出量の降水量の上の回帰を用いることである。これについては第4節にのべるが，回帰からの流出量の変化は降水量の変化に無関係なものと見做される。

### §2. 流出量調節

本節において，森林の流出量調節とは，流域のもつ水文学的性質の一つで，その大小が流域からの流出量の散布度（分散度）と逆の関係にある量で表わされるものをいう[50]。

いま2流域 **A**, **B** を考え，それらにおいて流出量の散布度を示す統計量および流出量調節量をそれぞれ $S_A$, $S_B$ および $C_A$, $C_B$ とすれば

[$C$ の定義]

$S_A > S_B$ ならば $C_A < C_B$

$C_A < C_B$ ならば $S_A > S_B$

が成り立つような $C$ を考えるのである。

元来，森林流域内において認められる種々の要素的作用，たとえば森林が水分を蒸散させる作用，森林土壌が水分を吸着する作用などを考え合わせることによつて，森林流域は，これらの要素的作用総合的には，流出量を調節するであろうと考えられるのであるが，それら要素的作用が組合わさつて最終的に流出量に如何に現われるかについては，種々の表わし方があると考えられる。もしそれらの総合的結果が，人が或る目的に関して森林に期待する調節作用と同一方向の結果として現われるならば，すなわち流域全体としての流出量調節が存在するならば，流出量が示す統計量 $S$ は調節量 $C$ と前記した定義の関係になければならない。

本節における調節とは，このように統計量的に定義されるものであつて，人の意志による調節または設計された機械による自動調節の如きものではない。

森林の流出量調節を上のように定義するとき，これを測るべき量と流出量の散布度を表わす統計量とに関して設けられる仮説は，散布度を表わす統計量の種類にしたがつて次のように書くことができる。

日降水量および日流出量の標準偏差をそれぞれ $\mu, \sigma$；日流出量の平均値（期間は1年間）を $R$ とし，添字 A, B, C, ……を以て流域を示すものとする。このとき

仮説 1. $\sigma_A > \sigma_B$ ならば $C_A < C_B$ およびその逆

仮説 2. $\sigma_A/\mu_A > \sigma_B/\mu_B$ ならば $C_A < C_B$ およびその逆

仮説 3. $\sigma_A/(R_A \cdot \mu_A) > \sigma_B/(R_B \cdot \mu_B)$ ならば $C_A < C_B$ およびその逆

およそ，それぞれ変動のある2つのものの散布度を比較するのに，如何なる統計量を用いるべきかは，標本の採られたもとの母集団が如何なる性質のものであるかにより，また，その比較の目的が何であるかによつて，合目的々に決定されるべきものである。われわれの場合，$C_A < C_B$ または $C_A > C_B$ なる関係にある $C_A$, $C_B$ なる量は流域固有のある一定値の近傍にあるものとして考えられる。このような $C$ の存在を統計的に験証することがわれわれの目的である。したがつてわれわれは $C$ の存在の験証に最も有効である統計量を用いて，流域相互を比較することによつて，流域の水文学的性質の比較の指標とすべきである。

$C$ の性質については，われわれはつぎのことを公理的に認めねばならない(38)。

[$C$ の性質]： 森林の皆伐その他，とくに注目すべき林況，地況の変化が起こらない限り，流域相互間を $C$ の大きさで順序づけた場合，その順位が変わるほどには個々の年の $C$ の大きさは変化しない。

故に年々，日降水量と日流出量との観測値が得られる数個の流域につき，つぎのような験証を行うことができる。東京大学農学部附属愛知演習林内の4流域 **A**, **B**, **C**, **D** は第1表に示すようにその森林状態から判断して

$$C_A > C_B > C_C > C_D$$

が予想されるものである。

Table 2. $\sigma$（日流出量標準偏差）の値（mm 単位）
Standard deviation ($\sigma$) of daily runoff.

| 年＼流域 | A | B | C | D |
|---|---|---|---|---|
| 1930 | 4.88 | 4.76 | 3.23 | 4.21 |
| 1931 | 2.27 | 2.16 | 3.05 | 3.10 |
| 1932 | 2.98 | 4.78 | 6.03 | 5.78 |
| 1933 | 1.95 | 2.52 | 2.50 | 2.23 |
| 1934 | 1.54 | 2.37 | 1.95 | 2.19 |
| 1935 | 4.48 | 4.11 | 4.44 | 5.22 |
| 1936 | 4.35 | 4.44 | 5.98 | 5.96 |
| 1937 | 2.72 | 2.71 | 2.43 | 3.16 |
| 1938 | 6.80 | 7.57 | 4.98 | 6.30 |
| 1939 | 1.82 | 2.53 | 1.79 | 2.13 |
| 1940 | 3.29 | 4.20 | 4.84 | 6.41 |
| 1941 | 5.41 | 4.90 | 6.87 | 7.93 |
| 1942 | 2.88 | 3.63 | 2.59 | 3.21 |
| 1943 | 1.99 | 2.40 | 3.17 | 2.41 |
| 1944 | 1.20 | 1.02 | 1.33 | 1.61 |
| 1945 | 5.45 | 8.79 | 5.90 | 6.51 |

Table 3. $\sigma$ の大きさに基づく流域の順位
Watershed order according to $\sigma$.

| 年＼順位 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|
| 1930 | C | D | B | A |
| 1931 | B | A | **C** | **D** |
| 1932 | **A** | **B** | D | C |
| 1933 | **A** | D | **C** | B |
| 1934 | **A** | C | B | **D** |
| 1935 | B | C | A | **D** |
| 1936 | **A** | **B** | D | C |
| 1937 | C | **B** | A | **D** |
| 1938 | C | D | A | B |
| 1939 | C | A | D | B |
| 1940 | **A** | **B** | **C** | **D** |
| 1941 | B | A | **C** | **D** |
| 1942 | C | A | D | B |
| 1943 | **A** | **B** | D | C |
| 1944 | B | A | **C** | **D** |
| 1945 | **A** | C | D | B |

注）太字は森林状態から予想した順位と一致したもの

（i） $\sigma$ を用いる場合

第2表は1930—1945年間の各年毎の4流域の $\sigma$ の値であり，第3表はこれに基づき仮説1を用いて定めた4流域の順位である。年毎にこのように順位が異なるのは $\sigma$ の値を基準にして流域の順位を判断しては，前述した $C$ の性質と必ずしも相容れないことを示す。しかしてこれにより順位を定めるには各年毎に順位 1, 2, 3, 4 にそれぞれ 4, 3, 2, 1 の点数を与えると，各流域の総得点は第4表のように，**A, C, B, D** の順となる。

Table 4. 流域の得点表その 1.
$\sigma$を基準とする場合
Marks obtained -1, $\sigma$ is standard.

| 流域＼基本得点 | 4 | 3 | 2 | 1 | 総得点 |
|---|---|---|---|---|---|
| A | 7 | 5 | 3 | 1 | 50 |
| B | 4 | 5 | 2 | 5 | 40 |
| C | 5 | 3 | 5 | 3 | 42 |
| D | 0 | 3 | 6 | 7 | 28 |

この総得点によつて順位を **A, C, B, D** とすることは偶然の結果ではないといえるかどうか。分散分析法によれば

得点の総変動 $S=(1^2+2^2+3^2+4^2)\times 16 - \frac{(50+40+42+28)^2}{4\times 16}=80$

級間（流域間）変動 $S_b=(50^2+40^2+42^2+28^2)\div 16-400=15.5$

一致係数 $W=\frac{S_b}{S}=\frac{15.5}{80}=0.194$

$F_0=(m-1)W/(1-W)=(16-1)\times 0.194/(0.806)=3.62$

$n_1=(n-1)-\frac{2}{m}\fallingdotseq 2.87$

$n_2=(m-1)\left\{(n-1)-\frac{2}{m}\right\}\fallingdotseq 43.1$

$F_{n2}^{n1}(0.01)=5.15>3.62$

$F_{n2}^{n1}(0.05)=3.22<3.62$

すなわち $\sigma$ を基準として

$$C_A>C_C>C_B>C_D$$

と判断するとしても，5％程度の危険率を見込まねばならない。而してつぎに述べる第2，第3の検定に徴して，$\sigma$ による判断すなわち $\sigma$ を以て $C$ の順位を定める基準とするのは適当でないといわねばならない。

（ii） $\sigma/\mu$ を用いる場合

同様の検定を $\sigma/\mu$ 用いて行えば第5表及び第6表により各流域の得点は第7表の通りとなる。

Table 5. $\sigma/\mu$ の値 （単位は無次元）
Standard deviation of daily runoff divided by standard deviation of daily precipitation.

| 流域 / 年 | A | B | C | D |
|---|---|---|---|---|
| 1930 | 0.372 | 0.368 | 0.320 | 0.423 |
| 1931 | 0.211 | 0.232 | 0.326 | 0.335 |
| 1932 | 0.229 | 0.337 | 0.513 | 0.504 |
| 1933 | 0.195 | 0.216 | 0.268 | 0.244 |
| 1934 | 0.165 | 0.237 | 0.238 | 0.272 |
| 1935 | 0.312 | 0.288 | 0.351 | 0.420 |
| 1936 | 0.301 | 0.301 | 0.422 | 0.434 |
| 1937 | 0.234 | 0.230 | 0.256 | 0.316 |
| 1938 | 0.455 | 0.480 | 0.418 | 0.520 |
| 1939 | 0.163 | 0.221 | 0.208 | 0.252 |
| 1940 | 0.251 | 0.314 | 0.393 | 0.514 |
| 1941 | 0.350 | 0.323 | 0.443 | 0.515 |
| 1942 | 0.272 | 0.250 | 0.246 | 0.310 |
| 1943 | 0.168 | 0.199 | 0.295 | 0.227 |
| 1944 | 0.132 | 0.114 | 0.170 | 0.213 |
| 1945 | 0.366 | 0.555 | 0.438 | 0.503 |

Table 6. $\sigma/\mu$ の大きさに基づく流域の順位
Watershed order according to $\sigma/\mu$

| 順位 / 年 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|
| 1930 | C | **B** | A | **D** |
| 1931 | **A** | **B** | **C** | **D** |
| 1932 | **A** | **B** | **C** | **D** |
| 1933 | **A** | **B** | D | C |
| 1934 | **A** | **B** | **C** | **D** |
| 1935 | B | A | **C** | **D** |
| 1936 | **A** | **B** | **C** | **D** |
| 1937 | B | A | **C** | **D** |
| 1938 | C | A | B | **D** |
| 1939 | **A** | C | B | **D** |
| 1940 | **A** | **B** | **C** | **D** |
| 1941 | B | A | **C** | **D** |
| 1942 | C | **B** | A | **D** |
| 1943 | **A** | **B** | D | C |
| 1944 | B | A | **C** | **D** |
| 1945 | **A** | C | D | B |

注）太字は森林状態から予想した順位と一致したもの

Table 7. 流域の得点表その 2.
marks obtained-2, $\sigma/\mu$ is standard

| 流域 / 基本得点 | 4 | 3 | 2 | 1 | 総得点 |
|---|---|---|---|---|---|
| A | 9 | 5 | 2 | 0 | 55 |
| B | 4 | 9 | 2 | 1 | 48 |
| C | 3 | 2 | 9 | 2 | 38 |
| D | 0 | 0 | 3 | 13 | 19 |

得点の総変動　$S=80$

流域間変動　$S_b=45.9$

一致係数　$W=\dfrac{S_b}{S}=0.573$

$F_0=20.01$

$n_1=2.8,\quad n_2=43.1$

$F_{n2}^{n1}(0.01)\fallingdotseq 5.15<F_0=20.01$

ゆえに1％以下の危険率を見込めば

$C_A > C_B > C_C > C_D$ と判断して差支えない。

(iii) $\sigma/(\mu \cdot R)$ を用いる場合

比較の基準として $\sigma/(\mu \cdot R)$ という統計量を用いれば，上と同様に 8, 9, 10 の 3 表を得る。

Table 8. $\sigma/(\mu \cdot R)$ の値
Standard deviation of daily runoff divided by the product of the standard deviation of daily precipitation and the average daily runoff.

| 年＼流域 | A | B | C | D |
|---|---|---|---|---|
| 1930 | 0.111 | 0.117 | 0.121 | 0.161 |
| 1931 | 0.079 | 0.103 | 0.123 | 0.144 |
| 1922 | 0.073 | 0.123 | 0.159 | 0.131 |
| 1933 | 0.092 | 0.113 | 0.117 | 0.126 |
| 1934 | 0.107 | 0.159 | 0.135 | 0.171 |
| 1935 | 0.096 | 0.091 | 0.099 | 0.128 |
| 1936 | 0.107 | 0.108 | 0.127 | 0.142 |
| 1937 | 0.091 | 0.087 | 0.093 | 0.123 |
| 1938 | 0.123 | 0.119 | 0.118 | 0.155 |
| 1939 | 0.090 | 0.120 | 0.128 | 0.153 |
| 1940 | 0.142 | 0.175 | 0.170 | 0.268 |
| 1941 | 0.099 | 0.093 | 0.128 | 0.145 |
| 1942 | 0.127 | 0.105 | 0.119 | 0.153 |
| 1943 | 0.102 | 0.118 | 0.156 | 0.138 |
| 1944 | 0.099 | 0.112 | 0.131 | 0.165 |
| 1945 | 0.103 | 0.132 | 0.122 | 0.147 |

Table 9. $\sigma/(\mu \cdot R)$ の大きさに基く流域の順位

Watershed order according to $\sigma/(\mu \cdot R)$.

| 年＼順位 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|
| 1930 | **A** | **B** | **C** | **D** |
| 1931 | **A** | **B** | **C** | **D** |
| 1932 | **A** | **B** | **C** | **D** |
| 1933 | **A** | **B** | **C** | **D** |
| 1934 | **A** | C | B | **D** |
| 1935 | B | A | **C** | **D** |
| 1936 | **A** | **B** | **C** | **D** |
| 1937 | B | A | **C** | **D** |
| 1938 | C | **B** | A | **D** |
| 1839 | **A** | **B** | **C** | **D** |
| 1940 | **A** | C | B | **D** |
| 1941 | B | A | **C** | **D** |
| 1942 | B | C | A | **D** |
| 1943 | **A** | **B** | D | C |
| 1944 | **A** | **B** | **C** | **D** |
| 1945 | **A** | C | B | **D** |

注) 太字は森林状態から予想した順位と一致したもの

Table 10. 流域の得点表 その 3 —$\sigma/(\mu \cdot R)$ を基準とする場合
Marks obtained -3, $\sigma/(\mu \cdot R)$ is standard.

| 流域＼基本得点 | 4 | 3 | 2 | 1 | 総得点 |
|---|---|---|---|---|---|
| A | 11 | 3 | 2 | 0 | 57 |
| B | 4 | 9 | 3 | 0 | 49 |
| C | 1 | 4 | 10 | 1 | 37 |
| D | 0 | 0 | 1 | 15 | 17 |

得点の総変動　　$S=80$

流域間変動　　$S_b=56.7$

一致係数　　$W=\frac{S_b}{S}=0.708$

$F_0=36.5$

$n_1=2.8$　　$n_2=43.1$

$F^{n1}_{n2}(0.01)=5.15<36.5$

$F_0$ の値は (ii) の場合よりも大きく，前よりさらに小さい危険率で流域の流出量調節の順位は **A**, **B**, **C**, **D** の順であると判断して差支えない。

これを要するに森林流域のもつ流出量調節は流出量の散布度と逆の関係にあると考えられるが，これを験証すべき散布度は種々あるうち $\sigma/(\mu \cdot R)$ を用いる場合が最も明確な判断の資を提供する。

## § 3. 連日降雨流出率

第2節においては，愛知演習林内4試験流域の森林状態の相異を，流出量調節という流域の性質に結びつけて考え，流出量調節作用が果して森林の影響として考えられるかどうかを流出量の散布度を用いて験証したものである。日流出量の散布度を用いて験証された流出量調節Cは1年という統計上の単位期間を考えることによつて，はじめて把握できたのである。他方森林の影響は，機能的には比較的短い期間において流出の抑制として作用するものとして期待される。換言

Table 11. 東京大学農学部付属愛知演習林内4流域における連日降水量，連日流出量，連日流出率の表
Table for specific runoff coefficients concerned to the amount of day-after-day rainfall exceeding 100mm.

(単位 mm)

| 番号 No. | 年 | 月 日 | 流域 / 事項 | A | | | B | | | C | | | D | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 雨量 | 流出量 | 流出率 | 雨量 | 流出量 | 流出率 | 雨量 | 流出量 | 流出率 | 雨量 | 流出量 | 流出率 |
| 1 | 1930 | IV. 29～V. 3 | | 118 | 51.0 | 43.2 | 114 | 45.4 | 39.8 | 101 | 40.1 | 39.6 | 102 | 53.8 | 52.7 |
| 2 | | VII. 9～ 13 | | 126 | 35.3 | 28.0 | 123 | 31.5 | 25.6 | 120 | 40.4 | 33.7 | 125 | 49.3 | 39.4 |
| 3 | 1931 | VII. 10～ 23 | | 201 | 99.1 | 94.3 | 165 | 92.0 | 55.7 | 180 | 113.6 | 63.1 | 177 | 98.4 | 55.8 |
| 4 | | VIII. 31～IX. 7 | | 207 | 47.4 | 22.9 | 167 | 41.5 | 24.8 | 110 | 33.0 | 29.1 | 111 | 39.6 | 35.6 |
| 5 | | X. 4～ 8 | | 149 | 41.9 | 28.1 | 142 | 42.6 | 30.0 | 150 | 61.0 | 40.6 | 149 | 63.9 | 42.8 |
| 6 | 1932 | VI. 30～VII. 3 | | 189 | 85.4 | 45.2 | 209 | 90.8 | 43.3 | 144 | 68.4 | 47.4 | 139 | 79.2 | 57.0 |
| 7 | 1934 | VI. 20～ 21 | | 144 | 26.7 | 18.5 | 175 | 43.9 | 25.1 | 119 | 30.9 | 26.0 | 115 | 34.5 | 30.0 |
| 8 | 1935 | VI. 28～VII. 3 | | 167 | 49.8 | 29.8 | 195 | 68.6 | 35.2 | 137 | 47.5 | 34.7 | 134 | 54.8 | 41.0 |
| 9 | | VIII. 10～ 18 | | 225 | 53.8 | 23.9 | 235 | 62.9 | 26.8 | 237 | 81.8 | 34.5 | 235 | 87.9 | 37.4 |
| 10 | | VIII. 29～IX. 7 | | 345 | 195.3 | 56.6 | 336 | 164.9 | 48.9 | 286 | 175.5 | 61.4 | 274 | 197.4 | 72.1 |
| 11 | | IX. 21～ 26 | | 176 | 101.8 | 57.8 | 169 | 91.2 | 53.9 | 165 | 106.5 | 64.6 | 164 | 113.5 | 68.2 |
| 12 | 1936 | IX. 27～ 28 | | 138 | 23.8 | 17.5 | 152 | 29.7 | 19.5 | 147 | 47.5 | 32.2 | 135 | 47.7 | 35.3 |
| 13 | | X. 1～ 4 | | 220 | 101.1 | 46.1 | 204 | 92.0 | 45.1 | 222 | 143.5 | 64.6 | 216 | 159.4 | 73.9 |
| 14 | 1937 | X. 31～XI. 10 | | 143 | 42.1 | 29.4 | 146 | 50.0 | 34.2 | 141 | 62.4 | 44.2 | 142 | 68.9 | 48.5 |
| 15 | 1938 | VI. 9～ 18 | | 194 | 53.6 | 27.6 | 180 | 50.1 | 27.8 | 194 | 76.0 | 39.1 | 133 | 73.9 | 56.2 |
| 16 | | VI. 28～ 30 | | 148 | 65.7 | 44.3 | 152 | 70.5 | 46.3 | 110 | 55.2 | 50.2 | 107 | 63.9 | 59.7 |
| 17 | | VII. 2～ 6 | | 294 | 222.0 | 75.5 | 345 | 250.7 | 72.7 | 226 | 149.7 | 66.2 | 218 | 198.8 | 91.6 |
| 18 | | X. 11～ 16 | | 125 | 31.9 | 25.5 | 126 | 35.1 | 27.9 | 124 | 44.3 | 35.7 | 118 | 48.7 | 41.2 |
| 19 | 1940 | VII. 8～ 17 | | 222 | 91.1 | 41.1 | 227 | 95.2 | 41.8 | 208 | 110.7 | 53.2 | 207 | 119.6 | 57.8 |
| 20 | 1941 | VI. 11～ 17 | | 136 | 68.1 | 50.1 | 123 | 49.6 | 40.3 | 138 | 70.9 | 51.4 | 140 | 85.3 | 60.9 |
| 21 | | VI. 26～ 30 | | 172 | 84.8 | 49.3 | 182 | 89.4 | 49.1 | 154 | 78.4 | 51.2 | 152 | 110.6 | 72.8 |
| 22 | | VII. 7～ 13 | | 266 | 146.7 | 55.1 | 236 | 125.2 | 53.1 | 262 | 169.1 | 64.7 | 262 | 179.5 | 68.4 |
| 23 | | IX. 10～ 19 | | 142 | 39.5 | 27.8 | 158 | 55.0 | 34.8 | 126 | 47.6 | 37.8 | 126 | 54.3 | 43.1 |
| 24 | 1942 | IX. 18～ 23 | | 224 | 74.3 | 33.2 | 231 | 88.6 | 38.4 | 159 | 57.3 | 36.0 | 152 | 77.7 | 51.1 |
| 25 | 1944 | X. 4～ 8 | | 146 | 21.2 | 14.5 | 139 | 15.8 | 11.4 | 120 | 23.4 | 19.4 | 118 | 26.1 | 22.1 |
| 26 | 1945 | IX. 10～ 15 | | 174 | 74.3 | 42.7 | 160 | 62.6 | 39.1 | 192 | 98.5 | 51.3 | 182 | 110.8 | 62.2 |
| 27 | 1646 | VI. 16～ 22 | | 238 | 89.0 | 37.4 | 245 | 117.0 | 47.6 | 213 | 111.8 | 52.4 | — | — | — |
| 28 | 1947 | IX. 14～ 16 | | 129 | 14.8 | 11.5 | 123 | 22.1 | 17.9 | 133 | 23.7 | 17.8 | — | — | — |
| 29 | 1949 | VI. 19～ 23 | | 158 | 79.3 | 50.2 | 161 | 72.6 | 45.1 | 112 | 67.4 | 60.2 | — | — | — |
| 30 | | VIII. 28～IX. 6 | | 173 | 26.3 | 15.2 | 261 | 48.4 | 18.5 | 208 | 49.6 | 23.0 | — | — | — |
| 31 | | IX. 21～ 24 | | 280 | 98.9 | 35.4 | 306 | 196.7 | 64.3 | 262 | 135.8 | 51.8 | — | — | — |

Table 12. 連日流出率に基づく4流域の順位
Watershed order according to the specific runoff coefficients which appeared in Table 11.

| 順位 / 番号 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | C | **B** | A | **D** |
| 2 | B | A | **C** | **D** |
| 3 | **A** | **B** | D | C |
| 4 | **A** | **B** | **C** | **D** |
| 5 | **A** | **B** | **C** | **D** |
| 6 | B | A | **C** | **D** |
| 7 | **A** | **B** | **C** | **D** |
| 8 | **A** | C | B | **D** |
| 9 | **A** | **B** | **C** | **D** |
| 10 | B | A | **C** | **D** |
| 11 | B | A | **C** | **D** |
| 12 | **A** | **B** | **C** | **D** |
| 13 | B | A | **C** | **D** |
| 14 | **A** | **B** | **C** | **D** |
| 15 | **A** | **B** | **C** | **D** |
| 16 | **A** | **B** | **C** | **D** |
| 17 | C | **B** | A | **D** |
| 18 | **A** | **B** | **C** | **D** |
| 19 | **A** | **B** | **C** | **D** |
| 20 | B | A | **C** | **D** |
| 21 | B | A | **C** | **D** |
| 22 | B | A | **C** | **D** |
| 23 | **A** | **B** | **C** | **D** |
| 24 | **A** | C | B | **D** |
| 25 | B | A | **C** | **D** |
| 26 | B | A | **C** | **D** |
| 27 | **A** | **B** | **C** | —* |
| 28 | **A** | C | B | — |
| 29 | B | A | **C** | — |
| 30 | **A** | **B** | **C** | — |
| 31 | **A** | C | B | — |

注）太字は森林状態から予想した順位と一致したもの
* D流域は1946年以降観測中止

すれば，大雨時の流出率を低めるものとして期待されるのである。果してこのような森林影響があるとすれば，大雨時の流出率について，前節において行なつたと同様の流域順位判定を行ない，同様の結論を導き得なければならない。

日降水量表の上で，降水量の記入のある日が3日とか5日とか連続していても，雨そのものが連続していることは極めて少ない。したがつてこのような降水の数日間の総量を，ここではとくに連日降水量とよび，これと同じ日付の日の流出量の総量を連日流出量とよぶことにする[39]。しかして連日降水量をもつて連日流出量を除した値を連日流出率と定義する。連日流出率，すなわち，数日間という短い期間（1年に比して短い）の流出率は，降水量の何%が流出するかという意味における流出率としては重要な意義はないが，A, B, C, ……いずれの流域に降つた雨が，限られた時間内により多く流出するか，これを逆からいえば，いずれの流域がより多く流出を抑制するかを比較する指標としての意味をもつものである。すなわち連日流出率はみかけの流出率であつて，流域の一時保留によつて遅滞する流出量を無視する（計算に入れない）のであるから，流域相互の比較においてはかえつて遅滞の効果を相対的に見出す役を果たすのである。

愛知演習林内の4流域 **A**, **B**, **C**, **D** において，4流域にほぼ同程度に降雨があつた場合，しかもそれが連日で100mmを越えた場合を拾うと第11表の通りである。

さて，これらの連日流出率を横に比較し，その小さい方からの順序に流域名を並べると第12表の通りとなり，流域の順序は **A**, **B**, **C**, **D** となる場合が最も多い。これは前節で行なつた験証の結果とも一致する。前と同様の順位検定法にしたがえば，連日流出率の小さい方から順次 4, 3, 2, 1 の点数を与え

得点の総変動　　$S=3,796$

流域間変動　　$S_b=2,992$

一致係数　　$W=\frac{S_b}{S}=0.79$

$F_0=112.8$

$n_1=2.9$　　$n_2=87.9$

$F^{n1}_{n2}(0.01)<4.88<112.8$

ゆえに1％以下の危険率で，順位の一致は偶然とは考えられない。

## § 4. 対照流域法

第2節および第3節では統計的験証の資料として，便宜上東京大学農学部付属愛知演習林内量水試験の成果を用いたのであるが，応用の点を考察すれば，降雨模様のかなり異る流域についても同様の統計的験証を行ない，同じ結論を得るかどうかを確めなければならない性質のものである。何となれば比較しようとする流域がもつと違つた性質のものであれば，もつとつ違た形の統計量を用いなければ，流出量調節の順位の判定はできないかも知れないということが一応考えられるからである。第2，第3節の方法は厳密にいえば，降水量の流出量に及ぼす影響を流域相互について比較したに過ぎず，その比較にあたつて，森林の影響があると判断するのは，験証の結果でもあるが同時にある程度は験証の前提でもある。実際には験証結果からいつても，この前提がある程度確められるということにはなるが，論理的には森林の影響を抽出する統計的手法は用いられていないから，厳密には森林の影響と全く無関係に同様の数値的結果が得られないとはいえないのである。森林量水試験において伐採を予定しない併行法にはこのような論理的弱点がある。

森林量水試験において「対照流域法」(41) とは1流域を対照流域とし，他を処理流域とし，一定の変動測定期間[1] ののち，処理流域の樹木を伐採して，その流出量に及ぼす影響を求める方法である。これは森林が果して流出量変化の要因であるかどうかを確めるために行なわれるのであり，この場合の伐採は必ずしも木材の生産過程としての伐採を意味しない。（米国では木材生産過程としての伐採――作業種――が流出量に如何に影響するかをみいだすことを目的とする試験も行なわれるようになつた)[2]。森林存在の影響を見出す目的をもつて，森林状態を一変するため最も効果的な手段としての処理が，伐採という形をとるのであるが，試験のための時間が許されるならば，今まで裸地であつた所に造林を行なうことも処理として考えるべきことであろう。

東京大学農学部附属愛知演習林内量水試験地のうち最近の設置になる白坂北谷，同南谷流域では一応伐採が予定されているが，東山，白坂（大），穴宮の3流域（以下 A, B, C 流域とよぶ）は元来併行法或は単独法的な取扱の計画の下に流域が選定されていて，今のところ伐採試験は計画されていない。しかし長年にわたる観測値があるので，変動測定期間として検討すべき事項の

1) 前期水文観測期間ともいう(37)

2) コロラド州フレイザー試験林(71)(78)

研究には好個の資料を与えるものである。

（i） 対照流域の価値

降水量 $x$ と流出量 $y$ とをそれぞれ横軸および縦軸にとつて，両者の関係を示す点が明らかに，充分小さい誤差 $v$ を以て1つの連続曲線 $f(x)$ の上に乗る，すなわち

$$y-v=f(x)$$

であることが，変動測定期間の普通の状態であり，而して条件が変化した後（たとえば森林伐採後）は，

$$y-d=f(x)$$

（ただし $d$ は誤差 $v$ に比べて充分大きい偏差）となつたとすれば，流出量の $d$ なる変化量は条件の変化（たとえば森林伐採）に基づくものであると判断できる。

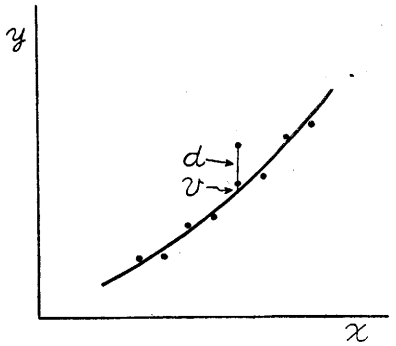


Fig. 1

しかし実際には当初からかなり大きい偏差 $d'$ があり，$d'$ は $d$ に比して必ずしも充分小さいとは限らない。これは変動測定期間における流出量の降水量に対する関係

$$y-d'=f(x)$$

において，$x$（降水量）の測定値に含まれる誤差も左辺に移項され，流出量の偏差に加えられた関係にあるからである。而して $d$ と $d'$ との大きさが大同小異のものであれば，条件の変化（森林伐採等）の影響があるかどうかはわからないことになる。しかし $x$ の値として試験流域（処理流域）の降水量を用いる代りに他流域（対照流域）の流出量を用いたとき，同様に

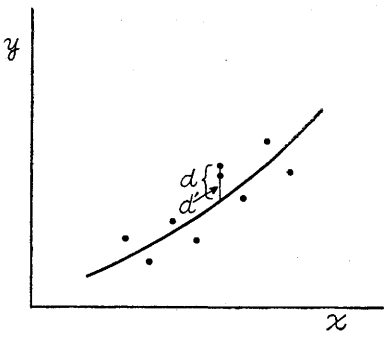


Fig. 2

$$y-d''=f(x)$$

なる形の関係が成立し，しかも $d''$ は前（降水量を $x$ とした場合）の $d'$ に比して充分小さいものであれば，$d''$ は $d$ に比しても小さく，したがつて $d$ が条件変化のための偏差であるという判定を容易にすることができる。

以上が対照流域を用いる理由である。したがつて論理的には対照流域の林相は必ずしも処理流域のそれと同じでなければならないことはなく，処理流域の流域雨量とほぼ等しい雨量を受けるような流域であれば，むしろ裸地であつても差支えないであろう。ただし，対照流域の状態は変動測定期間および後期測定期間を通じて，前後に変化しないということが必要で，裸地はこの点では安定した林地に劣るであろう。

東京大学農学部附属愛知演習林内のA流域とB流域とは約 2.5km の距離にあるが，相互に対

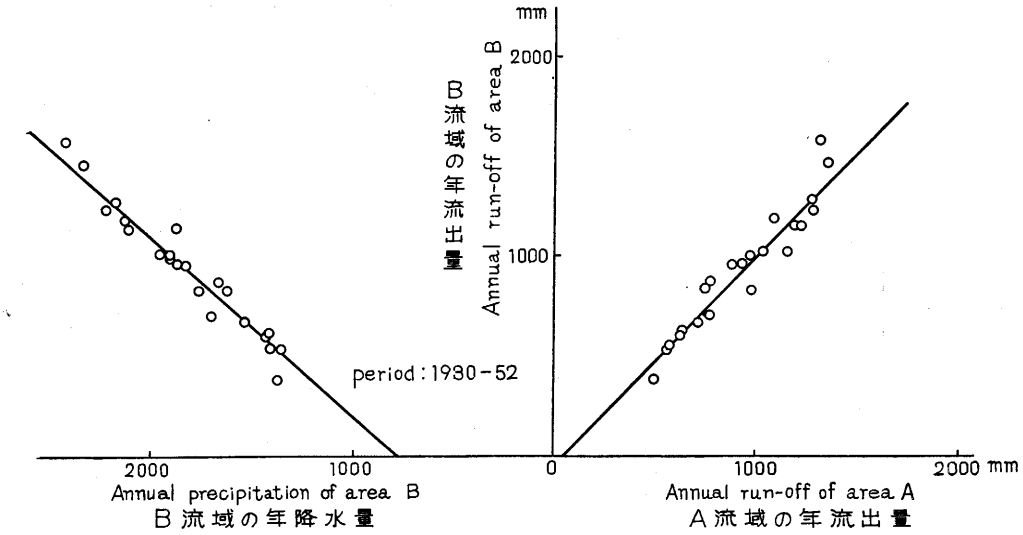



Fig. 3. B流域の年流出量の，B流域の年降水量またはA流域（対照）の年流出量の上の回帰直線
Linear regression of annual runoff on annual precipitation (left) and linear regression on annual runoff of control area, A (right)

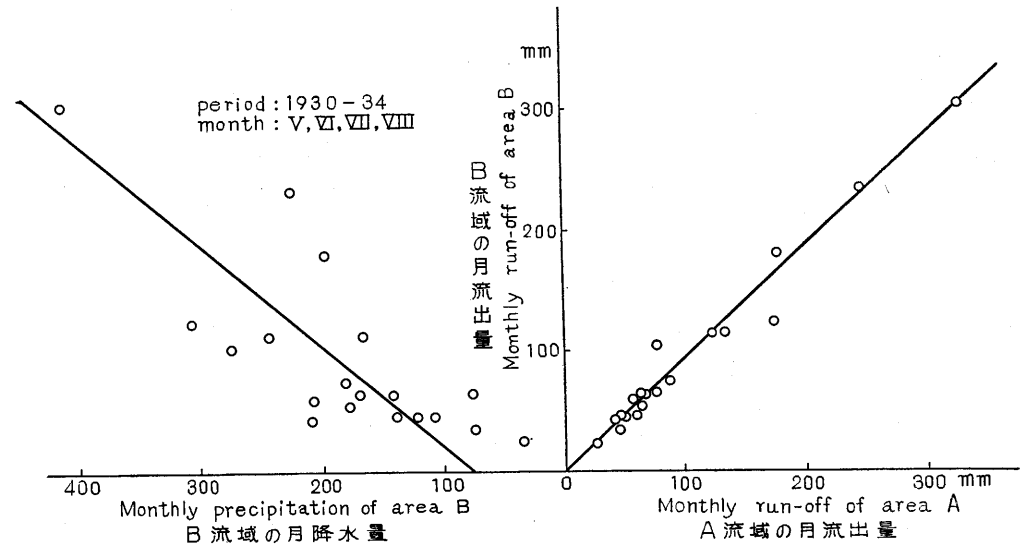



Fig. 4. B流域の月流出量の，B流域の月降水量またはA流域（対照）の月流出量の上の回帰直線
Linear regression of monthly runoff on monthly precipitation (left) and linear regression of monthly runoff on the monthly runoff of control area, A (right)

照流域としての利用価値があるかどうかを以下に検討する。

第3図はB流域年流出量の年降水量に対する回帰直線(左)とA流域年流出量に対する回帰直線（右）を示すものであるが，B流域の年流出量の回帰からのバラッキは，B流域の年降水量の上におけるものがより小さいことは第 13 表によつても明らかである。すなわち同表において前記

Table 13. B流域における年流出量($Y$)の$X$の上における回帰からの標準偏差
Standard deviation of annual runoff of watershed B from the regression on X.
(mm単位)

| 期間 / X | 1933—1942 | 1943—1952 | 1933—1952 |
|---|---|---|---|
| 年数 | 10 | 10 | 20 |
| B流域年降水量 | 55, 1 | 69. 2 | 56, 2 |
| A流域年流出量 | 59. 9 | 86. 3 | 79. 9 |

注) 第3図参照

Table 14. B流域月流出量($Y$)の$X$の上における回帰からの標準偏差
Standard deviation of monthly runoff of watershed B from the regression on X.
(mm単位)

| 期間 / X | 1933—35 | 1947 | 1948 | 1949 |
|---|---|---|---|---|
| 月数 | 12* | 12** | 12** | 12** |
| B流域月降水量 | 30. 2 | 56. 0 | 33. 3 | 76. 5 |
| A流域月流出量 | 13. 5 | 8. 0 | 24. 5 | 44. 8 |

* 月はV, VI, VII, VIIIのみ　** I 月からXII月まで

のバラッキは標準偏差をもつて示され，この標準偏差の，より小いさ方を用いることが森林伐採処理の前後における流出量の有意差検定に，より有効である。したがつてこの場合A流域を対照流域として用いる必要はない。

しかるに，つぎに月流出量に着目すれば，第4図によつても明らかなように，B流域月流出量の回帰からのバラッキは，B流域月降水量の上における回帰を用いるときよりも，A流域月流出量の上における回帰を用いるときの方が小さい。計算の結果（第 14 表）によつてもこれは極めて判然と示される。したがつて月量を用いるときは，A流量をB流域の対照流域として用いる方がより有効であることが判る。

年量を用いて回帰直線を描くには少なくとも数年ないし 10 年程度の観測結果を待たねばならならぬが，月量を用いれば，2～3年程度で充分であり，この意味でA流域はB流域の，またB流域はA流域の対照流域として用いられる価値がある。

（ii） 対照流域法における流出量変動の近似計算法

対照流域法の使用に当たつては，流出量の回帰からの変動，すなわち対照流域の流出量の変動に無関係な，処理流域の流出量の変動を求める必要がある。而して対照流域の林相が処理流域の処理前の林相と同種のものであるときは，回帰直線の傾度は横軸に対して略々 45° になることは，愛知演習林[58]（第3図右，第4図右参照）のみでなく，米国カウイータ[11]，山形県釜淵[28]における此の種試験についても認められたところである。この事実を利用すれば，近似的には対照流域の流出量の変動に影響されない処理流域の流出量自身の変動[9]を極めて簡易に計算することができる。

いま記号を次のように規約するものとする。

$R$：流出量，　$P$：降水量（個々の標本値）

$\bar{r}$, $\bar{p}$：それぞれ $R$, $P$ の平均値

$r=R-\bar{r}$,　$p=P-\bar{p}$　（偏差）

添字を附した場合は $C$ は対照流域を，$T$ は処理流域を示す。たとえば

$R_T$ ： 処理流域の流出量

$r_C$ ： 対照流域の流出量の平均値からの偏差等

また数字は番号を示す。たとえば

$R_1$ ： 第1年（月）目の年（月）流出量

$n$ ： 年（月）数

$\widehat{R}$ ： 流出量の回帰（推定値）

さて対照流域の流出量の上における処理流域の流出量の回帰は一般に

$$\widehat{R}_T=\bar{r}_T+a(R_C-\bar{r}_C)$$

と書かれるが前述した通り，ここでは $a=1$ と見做す（回帰直線の傾度は 45°）から

$$\widehat{R}_T=R_C+\bar{r}_T-\bar{r}_C$$

回帰からの偏差は

$$R_{T1}-\widehat{R}_T=R_{T1}-R_{C1}-(\bar{r}_T-\bar{r}_C)$$
$$R_{T2}-\widehat{R}_T=R_{T2}-R_{C2}-(\bar{r}_T-\bar{r}_C)$$
$$\vdots$$

ゆえに偏差平方和は

$$\sum_1^n(R_T-\widehat{R}_T)^2=\sum_1^n\left\{R_T-R_C-\left(\frac{\Sigma R_T}{n}-\frac{\Sigma R_C}{n}\right)\right\}^2$$
$$=\Sigma\left\{(R_T-R_C)^2+\left(\frac{\Sigma R_T-\Sigma R_C}{n}\right)^2-2\frac{(R_T-R_C)(\Sigma R_T-\Sigma R_C)}{n}\right\}$$
$$=\Sigma(R_T-R_C)^2+\frac{(\Sigma R_T-\Sigma R_C)^2}{n}-\frac{2(\Sigma R_T-\Sigma R_C)^2}{n}$$
$$=\Sigma(R_T-R_C)^2-\frac{(\Sigma R_T-\Sigma R_C)^2}{n}$$

この最後の式の形は計算が最も簡便である。

すなわち処理流域の流出量自身の変動は，2流域（対照と処理）の流出量の差の変動に等しいと見做すことができる。

なおこのよのな変動の近似計算法は，単独法においても考えられる。すなわち消失量を $L$ とし，$L$ の平均値を $\bar{l}$ で表わし $L-\bar{l}=l$ とすれば，年流出量の年降水量の上における直線回帰は一般に

$$\widehat{R}=aP-b \quad (a,\ b \text{ は const.})$$

の形で表わされ，$a\fallingdotseq1$ と見做すことができる場合には

$$\widehat{R}=P-b$$

回帰の一般形はまた

$$\widehat{R}=\bar{r}+a\ (P-\bar{p})$$

$a=1$ とすれば

$$\hat{R}=P-(\bar{p}-\bar{r})$$

$$\therefore \quad b=\bar{p}-\bar{r}=\bar{l}$$

すなわち

$$\hat{R}=P-\bar{l}$$

回帰からの偏差は

$$R_1-\hat{R}=R_1-P_1+\bar{l}=-(L_1-\bar{l})$$

$$R_2-\hat{R}=R_2-P_2+\bar{l}=-(L_2-\bar{l})$$

$$\vdots$$

回帰からの偏差平方和は

$$\sum_1^n (R-\hat{R})^2=\sum\{-(L-\bar{l})\}^2$$

$$=\sum(-l)^2$$

$$=\sum l^2$$

すなわち単独法においては，年流出量の回帰からの変動は，近似的には消失量の変動と考えてよい。

以上のような近似計算法によつて流出量自身のバラツキを求めるものとすれば，いちいち回帰式を求める必要はなく，流出量あるいは消失量の値から簡単にその分散が得られるから，極めて長期間にわたる林相の推移，或は処理の前後の分散比の $F$ テストを行なつて2期間における有意差があるかどうかを検定するのに利用することができる。以下にその実例を示そ

Table 15. 東京大学農学部付属愛知演習林内3流域における年流出量と年消失量
Annual runoff and annual losses in 10mm unit, Tokyo University Forest in Aichi.

単位 10 mm

| 流域 / 事項 / 年 | A | | B | | C | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 流出量 | 消失量 | 流出量 | 消失量 | 流出量 | 消失量 |
| 1933 | 77 | 79 | 70 | 99 | 83 | 58 |
| 34 | 56 | 84 | 54 | 87 | 64 | 58 |
| 35 | 119 | 93 | 115 | 96 | 130 | 62 |
| 36 | 103 | 89 | 102 | 89 | 121 | 59 |
| 37 | 94 | 92 | 96 | 91 | 101 | 60 |
| 38 | 135 | 90 | 146 | 88 | 132 | 58 |
| 39 | 66 | 91 | 76 | 88 | 59 | 64 |
| 40 | 62 | 94 | 60 | 84 | 70 | 66 |
| 41 | 129 | 95 | 124 | 99 | 130 | 75 |
| 42 | 78 | 83 | 87 | 82 | 75 | 61 |
| 43 | 62 | 84 | 62 | 80 | 68 | 68 |
| 44 | 49 | 96 | 38 | 100 | 48 | 74 |
| 45 | 131 | 102 | 158 | 85 | 133 | 72 |
| 46 | 93 | 91 | 96 | 87 | 96 | 70 |
| 47 | 55 | 85 | 53 | 85 | 60 | 64 |
| 48 | 74 | 97 | 83 | 94 | 75 | 72 |
| 49 | 98 | 101 | 111 | 101 | 115 | 96 |
| 50 | 108 | 97 | 119 | 94 | 118 | 60 |
| 51 | 97 | 82 | 100 | 91 | 98 | 65 |
| 52 | 127 | 92 | 129 | 90 | 126 | 64 |

Table 16. 東京大学農学部附属愛知演習林内3流域において1933—1942年を前期，1943—1952年を後期としたときの，年消失量の有意差検定のための分散分析表
Analysis of variance of annual losses at Tokyo University Forest in Aichi.

| 流域 | 変動要因 | 変動 | 自由度 | 平均変動 | $F_0$ |
|---|---|---|---|---|---|
| A | 期間 | 111 | 1 | 111 | 2.86 |
| | 年 | 698 | 18 | 38.8 | |
| B | 期間 | 0.8 | 1 | 0.8 | 0.02 |
| | 年 | 724 | 18 | 40.2 | |
| C | 期間 | 162 | 1 | 162 | $6.8>4.41$* |
| | 年 | 492 | 18 | 23.8 | |

* 危険率5％以下で有意

う。

（イ） 東京大学農学部附属愛知演習林内A，B，C 3流域をそれぞれ単独法的な見方から，前期を1933～42年，後期を1943～52年とするとき，各流域の消失量の分散分析表は第 16 表の通りで，C流域だけは消失量の増加――流出量の減少が，危険率5％以下で認められる。

その原因としては，C流域に行なわれた砂防植栽を考えることができるが，これはとくに前期と後期との区別を予め定めて施行したものではなく，統計期間のとり方如何によつては有意差が認められないこともあることを忘れてはならない。

（ロ） 愛知演習林では未だ森林伐採を行なつていないので今便宜上，米国コロラド州ワゴンホィールギヤップにおける対照流域法の観測値[2]を用いて，上記の近似計算法により森林伐採の効果を判定すれば，第 18 表の分散分析表において明らかな様に，森林伐採のため流出量に生じた差は危険率1％以下で認められるといつて差支えない。

なおこのような有意差検定にあたつて，単に統計的処理だけから判定するときは第2種の過誤（真実に差があるにもかかわらず，差があるとは認めない過誤）を犯すおそれがあることに注意を要する。

Table 17. ワゴンホイールギヤップにおける年流出量
Annual runoff at Wagon Wheel Gap.
(10mm unit) 単位（10mm）

| 伐採前 | 対照流域 | 処理流域 | 伐採後 | 対照流域 | 処理流域 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1911—12 | 21 | 21 | 1919—20 | 20 | 22 |
| 1912—13 | 12 | 13 | 1920—21 | 17 | 21 |
| 1913—14 | 14 | 14 | 1921—22 | 17 | 22 |
| 1914—15 | 14 | 14 | 1922—23 | 15 | 18 |
| 1915—16 | 14 | 14 | 1923—24 | 18 | 20 |
| 1916—17 | 24 | 25 | 1924—25 | 11 | 13 |
| 1917—18 | 8 | 9 | 1925—26 | 11 | 13 |
| 1918—19 | 15 | 15 | | | |

Table 18. ワゴンホイールギヤップにおける処理の効果が統計的に有意であるか否かを検べるための分散分析表
Analysis of variance of runoff's difference at Wagon Wheel Gap.

| 変動要因 | 変動 | 自由度 | 平均変動 | $F_0$ |
|---|---|---|---|---|
| 期間 | 22.9 | 1 | 22.9 | 27.6** |
| 年 | 10.8 | 13 | 0.83 | |
| 計 | 33.7 | 14 | | |

** 危険率1％以下で有意

## §5. 流出分布図頂点の推移

第2節～第4節においては，愛知演習林の4流域のうち，全部または一部を主として横に比較したのであるが，その際とくにC流域が他の流域に対する関係は年と共に変化していると思われる点が見られた。前節（ii）の(イ)においてはそのことを一層強く感ぜしめる統計結果が表われている。そこでとくにC流域の流出状態の推移を観察することとする。その方法は，ユニットグラフ[3][74]を作製する場合の基となる単位降雨を長年にわたつて拾い，この影響を受けた地表流の流出分布図を作製し，その頂点が地表流出の起時から距たる時間は年と共に如何に変化するかを見ることである。C流域においては，森林状態の推移および前節までの結果からみても，上記の

時間は年とともに増大することが期待される。

一体森林量水試験においては，流出量を精密に測定するため堰堤量水法[48]を用いるのであるが，このことはわれわれが1日以上の単位観測期間をもつて流出量の統計値を他流域と比較する際，いいかえれば日流出量以上の量を取扱う場合にはほとんど森林影響または降水の影響の検出上支障はない。しかし時間単位または分単位程度の値の連続値を取扱う場合，すなわち時間流量曲線の形で取扱う場合には，堰堤量水法に必要な湛水池の存在がかえつて森林影響の検出に有効な情報を隠蔽するおそれがある。何となれば湛水池はそれ自身流量遅滞の作用を有しこれが森林流域の流量調節作用に加わつた結果が時間流出量曲線に現われるからである。そこで著者は，湛水池の流量遅滞に関する基本公式

$$Idt=dV+Odt \quad \cdots\cdots (1)$$

（ここに $I$ は湛水池への流入量，$V$ は池内の水位零以上の湛水量，$O$ は湛水池からの流出量）を用い，数値積分による近似解法をもつて時間流出量曲線から時間流入量曲線を作製した[43]。その方法を簡単にのべる。

比較的短い時間 $\Delta t$ 間では，湛水池への流入量および流出量は，その両端における時刻 $t$ および $t+\Delta t$ における流量の平均値をもつて一様に流れるものと仮定すれば，$\Delta t$ 時間内の全流入量は同時間内の全流出量と，同時間の両端時刻における湛水量の差との和である。すなわち

$$\frac{1}{2}(I_t+I_{t+\Delta t})\Delta t=(V_{t+\Delta t}-V_t)+\frac{1}{2}(O_t+O_{t+\Delta t})\Delta t \quad \cdots\cdots (2)\ [L^3]$$

ただし $I_t$ および $I_{t+\Delta t}$ はそれぞれ添字の時刻における流入量，他も同様であるとする。

(2) 式を変形して

$$\frac{1}{2}(I_t+I_{t+\Delta t})=\left(\frac{V}{\Delta t}+\frac{O}{2}\right)_{t+\Delta t}-\left(\frac{V}{\Delta t}-\frac{O}{2}\right)_t \quad \cdots\cdots (3)\ [L^3T^{-1}]$$

右辺の第1項および第2項と流出量 $O$ とはともに水位 $h$ および欠込幅 $b$ の函数として表わされる。したがつて任意の流出量 $O$ に対する $\left(\frac{V}{\Delta t}+\frac{O}{2}\right)$, $\left(\frac{V}{\Delta t}-\frac{O}{2}\right)$ の値は水位 $h$ と欠込幅 $b$ とを媒介して求められる。よつて (3) 式の左辺すなわち任意の時刻 $t$ と $t+\Delta t$ との間の平均流入量が求められる。

なお愛知演習林C流域においては，1934年6月に欠込の改造を行ない，可動扉であつたものを固定扉式にしているため，改造以前の流出量曲線の利用上は欠込幅 $b$ が

$$b=0.2\text{m},\ b=1.0\text{m},\ b=2.0\text{m},\ b=3.0\text{m},\ b=4.0\text{m}$$

の5種の場合の湛水量—流出量の対照表を作製する必要を生じた[43]。

ともかく上述の近似解法によつて流入量曲線を求め，さらに図解的に地表流と地下水流出量とに分離した後に得た流出量配分図を，単位区分時間（$\Delta t$）内の，湛水池を含まない流域からの流出量の全地表流に対する百分率で示したものが第 19 表である。

Table 19. 愛知演習林 C 流域における流出分布 (%)

Runoff distribution at Watershed C, Tokyo University Forest in Aichi.

| 番号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 年 | 1927 | −31 | −31 | −32 | −33 | −33 | −33 | −33 | −37 | −37 | −37 | −39 | −39 | −40 | −43 | −43 | −43 | −43 | −43 | −44 | −45 | −46 | −48 | −52 | −52 | −52 | −52 |
| 月 | IX | VI | IX | VII | VII | VIII | VIII | VIII | VI | VII | VII | VII | VIII | VII | VII | VII | IX | IX | IX | VII | VII | V | IX | VII | VIII | IX | IX |
| 雨日 | 12 | 25 | 5 | 6 | 31 | 14 | 16 | 24 | 16 | 2 | 6 | 27 | 8 | 22 | 8 | 20 | 6 | 7 | 13 | 21 | 12 | 29 | 10 | 31 | 4 | 9 | 15 |
| $\Delta t$=10分 量mm | 6 | 20 | 13 | 9 | 15 | 20 | 16 | 28 | 16 | 5 | 11 | 8 | 17 | 11 | 8 | 20 | 13 | 12 | 8 | 10 | 10 | 8 | 12 | 7 | 12 | 15 | 12 |
| 区間番号 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0.6 | 1.4 | 7.0 | 0.4 | 0.6 | 0.9 | 1.4 | 0.5 | 3.5 | 3.6 | 0.5 | 2.1 | 0.6 | 0.4 | 0.2 | 0.6 | 2.1 | 1.1 | 1.4 | 0.6 | 0.7 | 1.0 | 1.8 | 0.5 | 0.2 | 0.2 | 0.5 |
| 2 | **36.7** | 4.2 | 21.2 | 1.3 | 2.4 | 7.5 | 5.8 | 28.0 | 14.7 | 5.6 | 2.5 | 5.3 | 3.6 | 1.3 | 0.7 | 2.0 | 15.7 | 2.3 | 3.9 | 2.2 | 3.6 | 3.6 | 4.1 | 1.5 | 1.1 | 0.4 | 4.5 |
| 3 | 23.0 | 14.4 | **28.2** | 3.4 | **26.0** | **44.0** | 12.7 | **28.2** | **28.8** | 16.4 | 4.6 | 15.0 | 7.2 | 3.6 | 1.7 | 5.4 | **21.5** | **36.8** | 7.2 | 9.3 | 8.5 | 6.2 | 8.4 | 3.0 | 2.2 | 0.6 | 9.7 |
| 4 | 14.1 | **27.2** | 12.5 | 7.3 | 22.9 | 20.0 | **24.8** | 17.2 | 13.4 | **18.3** | 7.9 | **23.6** | 19.4 | 4.6 | 4.0 | **24.1** | 19.8 | 20.3 | 11.4 | **31.2** | 13.4 | 10.0 | **17.7** | 5.4 | 4.2 | 1.1 | 19.2 |
| 5 | 8.8 | 19.0 | 7.1 | **18.4** | 11.8 | 6.3 | 21.7 | 8.2 | 8.7 | 13.7 | **18.8** | 11.8 | **23.2** | **27.0** | 10.1 | 19.5 | 13.4 | 10.3 | **16.4** | 20.3 | **15.8** | 15.9 | 14.3 | 7.1 | 6.2 | 1.7 | **20.2** |
| 6 | 5.5 | 6.5 | 5.0 | 16.4 | 7.8 | 4.3 | 13.0 | 4.5 | 5.9 | 9.2 | 14.1 | 7.8 | 14.0 | 19.3 | 15.8 | 13.9 | 6.5 | 6.5 | 13.8 | 9.6 | 15.2 | **18.4** | 10.1 | 8.1 | 8.4 | 2.2 | 11.3 |
| 7 | 3.6 | 5.1 | 4.1 | 40.6 | 6.0 | 3.5 | 5.7 | 3.3 | 4.6 | 5.6 | 12.0 | 5.6 | 7.1 | 9.6 | **18.8** | 8.5 | 4.1 | 5.4 | 9.6 | 4.8 | 8.3 | 7.9 | 7.6 | **8.5** | **9.8** | 2.9 | 7.6 |
| 8 | 3.0 | 3.4 | 3.8 | 8.4 | 4.1 | 2.7 | 3.6 | 2.3 | 3.6 | 4.1 | 8.6 | 4.7 | 4.5 | 5.0 | 8.5 | 5.1 | 3.0 | 2.7 | 7.1 | 3.5 | 6.3 | 5.8 | 5.9 | 8.4 | 9.8 | 4.1 | 4.8 |
| 9 | 2.0 | 2.8 | 2.1 | 6.4 | 3.0 | 2.0 | 2.5 | 1.8 | 2.7 | 3.4 | 5.3 | 3.5 | 3.4 | 3.7 | 6.3 | 3.7 | 2.3 | 1.9 | 5.1 | 2.5 | 4.7 | 5.0 | 4.6 | 8.1 | 9.1 | 7.2 | 3.9 |
| 10 | 1.4 | 2.3 | 1.4 | 4.8 | 2.7 | 1.4 | 1.9 | 1.5 | 2.1 | 3.0 | 4.6 | 3.1 | 2.7 | 3.1 | 4.5 | 2.5 | 1.8 | 1.5 | 3.9 | 2.1 | 3.7 | 4.5 | 3.8 | 7.5 | 8.0 | 12.7 | 2.9 |
| 11 | 0.8 | 2.0 | 1.2 | 3.7 | 2.3 | 1.2 | 1.4 | 1.1 | 1.8 | 2.6 | 3.5 | 2.5 | 2.2 | 2.9 | 3.7 | 2.0 | 1.6 | 1.5 | 3.0 | 1.7 | 3.0 | 3.8 | 3.3 | 6.2 | 6.5 | **17.6** | 2.4 |
| 12 | 0.4 | 1.8 | 0.9 | 3.0 | 2.0 | 1.1 | 1.1 | 0.7 | 1.5 | 2.3 | 2.5 | 2.2 | 1.8 | 2.5 | 3.3 | 1.7 | 1.3 | 1.2 | 2.4 | 1.5 | 2.4 | 3.2 | 2.9 | 5.4 | 5.5 | 12.0 | 2.0 |
| 13 | 0.1 | 1.7 | 0.8 | 2.6 | 1.9 | 1.0 | 0.9 | 0.5 | 1.3 | 1.9 | 2.2 | 1.9 | 1.6 | 2.3 | 3.0 | 1.4 | 1.0 | 1.2 | 2.1 | 1.4 | 2.1 | 2.7 | 2.4 | 4.4 | 4.7 | 9.3 | 1.7 |
| 14 | — | 1.4 | 0.8 | 2.1 | 1.6 | 0.9 | 0.7 | 0.4 | 1.2 | 1.5 | 1.8 | 1.7 | 1.4 | 2.1 | 2.8 | 1.4 | 0.8 | 1.1 | 1.8 | 1.3 | 1.7 | 2.2 | 2.1 | 3.7 | 4.0 | 9.8 | 1.4 |
| 15 | — | 1.3 | 0.7 | 1.9 | 1.3 | 0.7 | 0.5 | 0.2 | 1.0 | 1.3 | 1.6 | 1.4 | 1.2 | 1.9 | 2.4 | 1.1 | 0.8 | 1.1 | 1.5 | 1.2 | 1.6 | 1.8 | 1.8 | 3.0 | 3.3 | 4.8 | 1.1 |
| 16 | — | 1.2 | 0.6 | 1.5 | 1.1 | 0.6 | 0.4 | 0.2 | 0.9 | 1.3 | 1.4 | 1.2 | 1.0 | 1.7 | 2.3 | 1.0 | 0.7 | 1.1 | 1.4 | 1.1 | 1.4 | 1.5 | 1.6 | 2.7 | 2.9 | 3.5 | 1.1 |
| 17 | — | 1.1 | 0.6 | 1.3 | 0.9 | 0.5 | 0.3 | 0.2 | 0.8 | 1.1 | 1.3 | 1.1 | 0.9 | 1.6 | 2.1 | 0.9 | 0.6 | 0.8 | 1.2 | 1.0 | 1.2 | 1.2 | 1.4 | 2.4 | 2.7 | 2.7 | 0.9 |
| 18 | — | 0.9 | 0.5 | 1.1 | 0.6 | 0.4 | 0.3 | 0.2 | 0.7 | 0.9 | 1.1 | 0.9 | 0.8 | 1.4 | 1.9 | 0.9 | 0.6 | 0.8 | 1.1 | 1.0 | 1.1 | 1.0 | 1.1 | 2.0 | 2.2 | 2.1 | 0.7 |
| 19 | — | 0.6 | 0.4 | 0.9 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.2 | 0.6 | 0.9 | 1.1 | 0.8 | 0.7 | 1.2 | 1.5 | 0.9 | 0.4 | 0.8 | 0.9 | 0.8 | 1.0 | 0.8 | 1.0 | 2.0 | 2.0 | 1.7 | 0.7 |
| 20 | — | 0.5 | 0.3 | 0.9 | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.5 | 0.8 | 0.9 | 0.7 | 0.5 | 1.0 | 1.4 | 0.6 | 0.4 | 0.8 | 0.9 | 0.7 | 0.9 | 0.7 | 0.8 | 1.8 | 1.6 | 1.4 | 0.6 |
| 21 | — | 0.4 | 0.3 | 0.7 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.4 | 0.9 | 1.2 | 0.6 | 0.3 | 0.7 | 0.8 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.7 | 1.7 | 1.1 | 1.2 | 0.6 |
| 22 | — | 0.3 | 0.3 | 0.6 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.3 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.4 | 0.8 | 0.9 | 0.6 | 0.3 | 0.6 | 0.7 | 0.5 | 0.6 | 0.5 | 0.6 | 1.5 | 0.9 | 1.0 | 0.5 |
| 23 | — | 0.3 | 0.3 | 0.5 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.3 | 0.4 | 0.6 | 0.5 | 0.3 | 0.6 | 0.7 | 0.6 | 0.3 | 0.5 | 0.6 | 0.3 | 0.5 | 0.4 | 0.5 | 1.3 | 0.9 | 0.7 | 0.4 |
| 24 | — | 0.2 | — | 0.5 | — | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.4 | 0.3 | 0.5 | 0.7 | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.3 | 0.5 | 0.4 | 0.4 | 1.1 | 0.7 | 0.6 | 0.3 |
| 25 | — | — | — | 0.4 | — | — | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.2 | 0.4 | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.3 | 0.1 | 0.3 | 0.4 | 0.2 | 0.4 | 0.3 | 0.3 | 0.9 | 0.7 | 0.5 | 0.3 |
| 26 | — | — | — | 0.3 | — | — | 0.1 | — | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.2 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.1 | 0.3 | 0.2 | 0.3 | 0.9 | 0.5 | 0.4 | 0.2 |
| 27 | — | — | — | 0.2 | — | — | 0.1 | — | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.2 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.3 | 0.1 | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 0.6 | 0.4 | 0.3 | 0.2 |
| 28 | — | — | — | 0.1 | — | — | — | — | — | — | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | — | 0.1 | — | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| 29 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 0.1 | 0.1 | — | — | 0.2 | — | — | — | 0.1 | — | 0.1 | 0.1 | 0.1 | — | 0.2 | 0.1 | 0.1 |
| 30 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |

この表において流域からの流出量すなわち湛水池の遅滞作用を受けない流出量のピークが現われる時刻は，年の経過とともに幾分遅れる傾向が看取される。

# 第III章　水　　年　　論

## § 1. 水年の意義

水年とはこれを広義に解すれば，「流出量の統計的整理の段階において，年量計算の単位期間とすべき年度」であるということができる。元来，適当な年度をとれば，年流出量は年降水量に最も密に関係すると考えられるので，流域内の条件因子が流出量に及ぼす影響を統計的手法によつて見出すための前提的操作としては，まず年降水量が年流出量に及ぼす影響を見出すことが必要となる。

或る年度内に流量測定（水位計）にかかる流出量の一部には，その年度以前の降水量に由来し，流域内に貯溜されていた水分からの流出分が含まれる。同様に或る年度内の降水量として計算される水分の中には，同年度中に流出せず，流域内に貯溜されてその流出が次年度に持越される分がある[42]。したがつて年降水量 $x$ に対応せしむべき流出量としては，その年度内の流出量測定値 $y_0$ よりも

$$y=y_0+\Delta S$$

（ただし $\Delta S$ は貯溜のため流出の年度がズレる分の，1年間の始期と終期におけるものの差）なる関係にある $y$ を採用する方が合理的である。しかるに $\Delta S$ は近似的には計算の方法があるとはいえ，$x$, $y_0$ に比べて精度の劣る推定値を得るに過ぎない。そこで単に $x$ と $y_0$ の値を用いて統計解析を行うときは $\Delta S$ は $y=y_0$ という関係の誤差として考えられる。したがつて統計解析の精度を高めるためには $\Delta S$ の値が最小となる時期をもつて水年の開始期とすべきである。なお $\Delta S$ の計算が簡易にかつ相当精度高くできるならば，水年を設ける必要はなくなるかのようにも考えられる点について附言しよう。$\Delta S$ の計算法は，特定の流域で多年の流出量測定値があれば，相当近似することができるが，一般の流域に対する応用を考えた場合，試験流域における $\Delta S$ の計算法を一般的に応用するよりも，試験流域における水年区分の考え方を一般流域に応用する方が安全かつ実際的であると考えられる。したがつて水年区分に関する考察は，試験流域について $\Delta S$ の計算法を研究することと同様の重要度をもつといわねばならない。

以上が水文統計において水年が用いられる理由であつて，河川学方面でも，また森林量水試験関係でも，従来，$\Delta S$ が最小な期時は，流域内の水分貯溜が最小な時期であると考えられていた。瀬野錦蔵氏がその著「新河川学」において，水年とは「地上地下ともに水の貯蔵が1年中で最小な時期を水年の初めとする」[62]と述べ，また積雪地方に位置する量水試験地で降雪の始まる前（たとえば11月1日）[65]を水年の開始期とするものも，その時期をとれば $\Delta S$ が最小になるとの推定を前提としていると思われる。

研究の現段階では個々の1年間について $\Delta S$ を求めるためには，まずその計算方法を検討してかからねばならないのであるから，1年中の或る時期の $\Delta S$ が最小であるかどうかを厳密には確めることはできないといわねばならない。しかし多年間を通じて平均的に考えるときは $\Delta S$ が最小な時期とは $S$ すなわち貯溜分の変動が最小な時期であると解することができる。

東京大学農学部附属愛知演習林においては，1月の地下水流出は一般に小さくその変動も小さい。地下水流出が小さいことは必ずしも直ちに地下水貯溜が小さいことを意味しないが，前者の変動が小さい時期には後者の変動も小さいと考えられる。また仮に1月を水年の初めとすれば暦年とも一致するから統計上の便宜もある。このような意味で愛知演習林では従来暦年と一致する水年を用いてきたのである。この意味の水年をここでは仮に実用的水年とよぶこととする。

つぎに水文学的年度とよばれるものについてのべよう。Parker は1932年の著書[56]においてすでに「土壌中の貯溜水が最大となる時期を以て開始する年度をとれば，年降水量と年流出量との関係は最も定常的となるであろう」とのべている。この考え方は水年の定め方に関して，現在われわれが用いているものとは，流域水分の状態が全く反対である時期をとることを示す。Hursh ら[14][26]はこれを水文学的年度（Hydrologic year）と呼び，実用的水年と区別した。水文学的年度の考察においては，流域内に貯溜される水分の増減に着目するから，当然これに関係の深い蒸発蒸散量について考察し，これが1年中でどのように変化するかの問題を取扱うことになる。而して1年間の降水の分布にしたがい，1年間は，流域内の水分が主に補充される季節，植物の生育のため吸い上げられる季節などに大別されることになる。このような季節区分は水文学的季節（Hydrologic season）[45][56]とよばれ，水文学的年度の研究が進めば当然，水文学的季節の研究に発展することになる。しかしこれについては第Ⅳ章にのべることとし，本章では以下に水年区分としての考察を進める。

流域内における水分貯溜の状態は，これを場所的にみれば，地表上，地被物上，土壌中，地下岩石内および流路中など，数種に分類できるが，貯溜機構から2大別すれば，広義の毛管水（附着水を含む）貯溜（Retention storage）と重力水貯溜（Detention storage）となる[12][13]。（水蒸気形態のものは無視する）。

実用的水年では，貯溜に基づく流出量のズレをことごとく流出の誤差と見做すゆえに，その誤差が最も小さいと考えられる時期を選ぶのであるが，流出のズレの分が一部計算可能であるとすれば，これを観測流出量に補正し，それでもなお補正できない部分だけを誤差としてその変動が最小となる時期をとればよいというのが水文学的年度の考え方である。

いま，年降水量および年度内の流出量測定にかかる水分，流域内貯溜として次年度に持越される水分および蒸発蒸散量の循環関係を模式的に示せば第5図の通りである。

第5図において第2年度の流域水分収支式は

$$P_2+R_1+D_1=RO_2+E_2+R_2+D_2$$

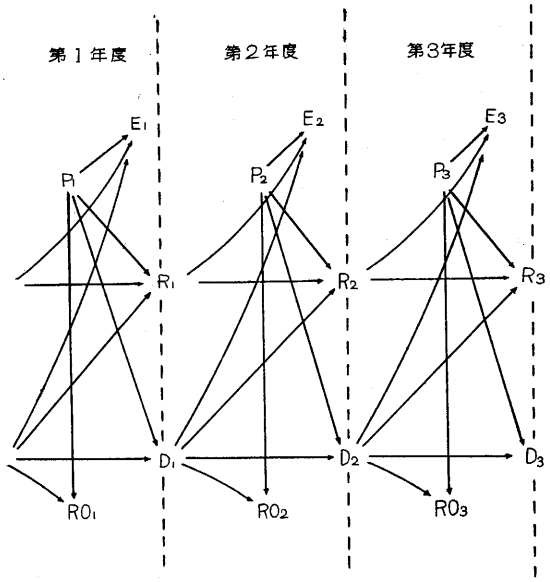



Fig. 5. 水年の切れ目に流域内にある水分貯溜量が次年度に如何に移行するかを示す概念図
A schematic diagram of how wa er storage shifts from water year to water year
P: precipitation, 降水量
RO: runoff, 流出量
E: evapotranspiration, 蒸発蒸散量
R: retention storage, 広義の毛管水貯溜量
D: detention storage, 重力水貯溜量

$\therefore\quad P_2=RO_2+(D_2-D_1)+E_2+(R_2-R_1)$ ここに $D_1, D_2$ はそれぞれの年度の終期の無降雨日流出量から計算することが可能であるから，これを求めて流出量の補正値とすれば，流域水分収支式は

$$P=(RO+\Delta D)+E+\Delta R$$
既知数　既知数　未知数　未知数

（ただし $\Delta D=D_2-D_1$, $\Delta R=R_2-R_1$）

それゆえこれを

$$P=(RO+\Delta D)+E$$

と書けば，$\Delta R$ すなわち毛管水貯溜の変化量が統計解析の誤差として作用する。

いま，もし1年中の或る同じ時期に毛管水貯溜分の値が土壌の圃場容水量（field capacity）に極めて近くなる時期があるとすれば，土壌組成が変化しない限り，その圃場容水量は変わらないから，この時期の流域全体の毛管水貯溜量はほぼ一定値をとると考えて差支えない。したがつて此の時期を以て水年の始めとすれば $\Delta R\fallingdotseq 0$ となることが予想される。

## § 2. 愛知における水文学的年度

さて愛知演習林内A流域における観測値を用いて，流域土壌水分が圃場容水量に最も近いと考えられる4月末日の前後で，かなりの降水（日降水量 20mm以上）があつた後3日目位（中間流出水が無くなつたと思われる時期）を年度開始期として年降水量，年流出量を求め，年流出量の年降水量の上の回帰からの変動を求め，これを従来の水年の場合と比較すれば，第 20 表に示すように水文学的年度が従来の水年に優ることが明らかである。

Table 20. 実用的水年と水文学的年度との，年流出量の年降水量の上の回帰からの変動の比較（標準偏差で示す）
Comparison of variations of annual runoff from the regression on annual precipitation by practical water year and hydrologic year.

| 自 1934年1月<br>至 1943年12月 | 自 1934年5月～至 1944年4月 | |
|---|---|---|
| 実用的水年 | 水文学的年度 | |
| | 重力水補正せず | 重力水補正済 |
| 45.27mm | 37.62mm | 29.06mm |

その計算過程を示せば，第 21 表において $Q$ は年度更改期における無降雨日流出量で，$Q$ に対応する重力水貯溜量曲線（第6図右）を用いて重力水貯溜量 $D$ を求め，年度の始期と終期とのそれらの差として $\Delta D$ が得られるのである。

Table 21. 東京大学農学部附属愛知演習林内A流域における水文学的年度による水分収支計算表
Balance sheet of water by hydrologic years at watershed A, Tokyo University Forest in Aichi.

| 水文学的年度（日付を含む） 自 | 至 | (1) 年降水量 $P$ | (2) 年流出量 $RO$ | (3) 年度終期における地下水日流出量 $Q$ | (4) 年間重力水貯溜量変化量 $\Delta D$ | (5) 修正年流出量 $RO+\Delta D$ | (6) 蒸発蒸散量 (1)—(5) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1934年V月2日 | | | 1.6 | | | |
| 1934年V月3日 | 1935 V 2 | 1645 | 729 | 2.4 | +11.9 | 741 | 904 |
| 1935 V 3 | 1936 V 2 | 2099 | 1174 | 4.4 | +22.6 | 1197 | 902 |
| 1936 V 3 | 1937 IV 30 | 1945 | 1070 | 2.6 | −20.0 | 1050 | 895 |
| 1937 V 1 | 1938 IV 30 | 1752 | 869 | 1.7 | −13.0 | 856 | 896 |
| 1938 V 1 | 1939 IV 28 | 2194 | 1250 | 2.1 | + 6.5 | 1266 | 928 |
| 1939 IV 29 | 1940 IV 29 | 1518 | 627 | 2.1 | 0 | 627 | 891 |
| 1940 IV 30 | 1941 V 6 | 1616 | 662 | 3.1 | +12.5 | 674 | 942 |
| 1941 V 7 | 1942 IV 30 | 2247 | 1390 | 2.6 | − 6.0 | 1384 | 863 |
| 1942 V 1 | 1943 IV 17 | 1485 | 644 | 2.5 | − 1.5 | 642 | 843 |
| 1943 IV 18 | 1944 IV 30 | 1453 | 591 | 1.6 | −13.0 | 578 | 875 |
| 平 | 均 | 1795 | 901 | | | 901 | 894 |

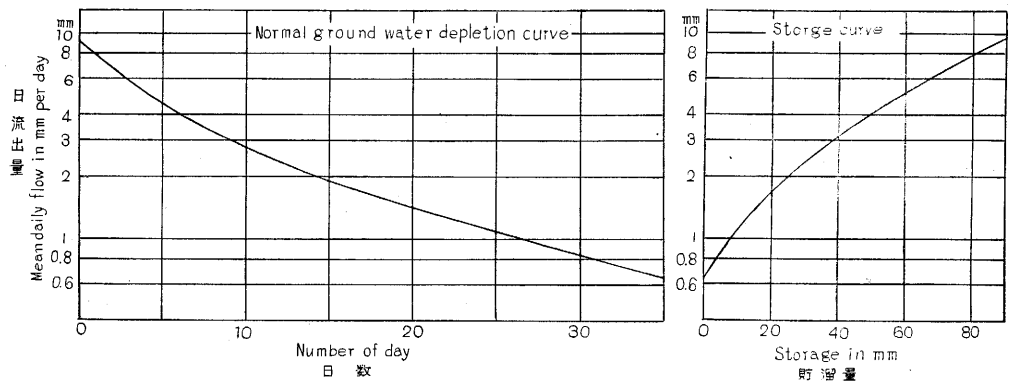



Fig. 6. 流域Aにおける地下水正常漸減曲線と貯溜量曲線（資料は 1935—1943 より）
Normal ground water depletion curve and storage curve in watershed A, Aichi. (Data are taken from 1934-1943)

Table 22. 地下水貯溜最大の時期を見出すための表
Table for finding the time of maximum ground water storage. （単位mm）

| 事項 / 月 | (1) 降水量 $p$ | (2) 流出量 $ro$ | (3) $p-ro$ | (4) 蒸発蒸散量（気温比例配分法） | (5) 地表下貯溜量変化量 $\Delta S$ | (6) $\Sigma\Delta S$ | 日最高気温の月平均°C |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | 52 | 32 | 20 | 23 | − 3 | − 3 | 5.3 |
| II | 81 | 36 | 45 | 25 | +20 | 17 | 5.9 |
| III | 127 | 65 | 62 | 44 | +18 | 35 | 10.2 |
| IV | 161 | 73 | 88 | 71 | +17 | 52 | 16.5 |
| V | 140 | 71 | 69 | 90 | −21 | 31 | 21.1 |
| VI | 255 | 99 | 111* | 104 | + 7 | 38 | 24.2 |
| VII | 227 | 162 | 110* | 122 | −12 | 26 | 28.3 |
| VIII | 183 | 72 | 111 | 126 | −15 | 11 | 29.5 |
| IX | 228 | 100 | 128 | 107 | +21 | 32 | 25.1 |
| X | 193 | 99 | 94 | 84 | +10 | 42 | 19.4 |
| XI | 87 | 57 | 30 | 59 | −29 | 13 | 13.8 |
| XII | 54 | 36 | 18 | 31 | −13 | 0 | 7.3 |

* 6月の終り頃の降水が7月の流出量に大きく影響しているため，6月，7月の $p-ro$ は6月7月をこみにしたものを等分（4捨5入）した。

また以上の年度の設定に当つて4月の終りに近い時期を選んだのは，第 22 表に示すように，予め気温その他の観測値を用い，各月の蒸発蒸散量を推定し，これと降水量および流出量とから各月の貯溜量変化を求め，これを積算したものによつてこの月の終り頃が適当であるという指標を得たのである。

## § 3. 統計験証的水年

上述のいわゆる水文学的年度は，流域水分の収支を厳密に考える場合は，理論的に当然用いられるべき年度区分であるが，これは測定値の誤差を消去するために測定期間の均一性を犠牲にしている（すなわち1カ年として360日または370日など近似的な1年間を採用している）ので，統計的研究上は必ずしも常に従来の水年に代るものではない。そしてある時期（愛知では4月末日頃）には毛管水貯溜量が圃場容水量に近い状態にあるとすれば，常に5月1日に始まり，4月末日に終る年度をとれば如何，流出量の補正を行わない場合は如何，また4月の終りのほかにはよりよい水年区分の時期は果してないものかなどの疑問を生ずる。この問題に対しては実際にこのような種々の水年区分を行なつて，それぞれの場合における消失量の標準偏差すなわち近似的には年流出量の，年降水量の上における回帰からの変動を求めてこれを相互に比較することによつて統計的に験証しなければならない。

愛知演習林内A流域において，水年の開始期を仮に9月1日，1月1日および5月1日としてそれぞれの消失量の標準偏差を種々の異なる統計期間につき求めたものが第 23 表である。

同じくC流域については，第 24 表の通りとなり，これらによつて5月1日に始まり，4月30日に終る水年区分は，重力貯溜の補正計算を行なわなくとも従来の実用的水年（愛演では暦年），また他の区分（ここでは8月の終りに流出量が少ない日が多いことから8月の終りを1候補として採つた）よりも優れていることが判る。

Table 23. 愛知演習林内A流域における種々の水年区分による年消失量の標準偏差の比較
Standard deviation of annual losses by various water years on watershed A at Tokyo University Forest in Aichi. （単位 mm）

| 統計期間 / 年数 / 水年区分 | 1934～1943<br>10 | 1938～1947<br>10 | 1944～1953<br>10 | 1934～1953<br>20 |
|---|---|---|---|---|
| 9月→8月 | 50 | 61 | 87 | 69 |
| 1月→12月 | 45 | 66 | 73* | 62 |
| 5月→4月 | 32* | 48* | 74 | 54* |

注） * 印は最小を示す

Table 24. 愛知演習林内C流域における種々の水年区分による年消失量の標準偏差の比較
Standard deviation of annual losses by various water years on watershed C at Tokyo University Forest in Aichi. （単位 mm）

| 統計期間 / 年数 / 水年区分 | 1934～1943<br>10 | 1938～1947<br>10 | 1944～1953<br>10 | 1934～1953<br>20 |
|---|---|---|---|---|
| 9月→8月 | 83 | 68 | 81 | 81 |
| 1月→12月 | 54 | 56 | 52 | 55 |
| 5月→4月 | 50* | 37* | 37* | 47* |

注） * 印は最小を示す

# 第IV章　無降雨日流出量の漸減法則

## § 1. 無降雨日流出量概説

降雨の一部は地表流となつて流出し，他の一部は滲透して地下水となる。滲透した水の一部は地下深くは達せず，地表下の浅い層を通つて地表に出ることがあり，これらは中間流といわれる。貯溜形態の場所的な区分からいえば，中間流として現われる水分を含めて地下水（ground water）といつてもよいが，ハイドログラフに現われる中間流の性質はむしろ地表流に近いので，地表流および中間流を除いたものを地下水流出とよぶのが普通である。小流域では，通常降雨後1～2日を経過すれば中間流は無くなるといわれている。本章において無降雨日流出とよぶのは上述の意味で中間流を含まないものであるから，材料採取の場合は降雨後2～3日以後の日流出量を採るものとする。

無降雨日の日流出量を $Q_t$ とし，ある起日からの日数を $t$ とすれば，$Q_t$ は $t$ の増加とともにある規則的な減少をする。その減少のありさまを表わす公式としては，

(1)　$Q_t=Q_0e^{-ct}$

(2)[63]　$Q_t=Q_0t^{-a}$

(3)[17]　$Q_t=Q_0K^t$（ただし $K<1$）

(4)　$Q_t=Q_0K^{-t}$（ただし $K>1$）

(5)[20]　$Q_t=Q_0e^{-ct^n}$

のいずれかが用いられる。

(1)式は $\log Q_t=\log Q_0-ct\log e$

$=\log Q_0-ct\ 0.43429$

$=C_1-C_2t$ ……(1)′

となり，片対数紙上で直線となる。

(2)式は $\log Q_t=\log Q_0-a\log t$ ……(2)′

となり両対数紙上で直線となる。

(3)式は $\log Q_t=\log Q_0+t\log K$ ……(3)′

となりこれは(1)式の変形にすぎない。すなわち(1)′式で $C_2=-\log K$ とおいたものである。

（(1)式は理論的表現に，(3)式は実地計算にそれぞれ適する）

(4)式は同様に(1)′式で $C_2=\log K$ としたものである。実際のデータを片対数紙上にプロットすると直線とならず幾分上に凹の曲線になる場合が多い。この性質を表わすのが(5)式である。

愛知演習林では(1)式すなわち計算上は(3)式を用いることがつぎの種々の目的に最も有効であると考えられる。

(1)　減水状態の季節差を見出すこと

(2) 流域の水文学的性質の差を見出すこと

(3) 地下水貯溜量を推定すること

(4) 大雨時量水曲線の分離を行なうこと[15]

以下このような目的に対する近迫の方法を研究するわけであるが，そのすべての基礎となる同時化の方法とよばれる技術的事項ついて次節にのべる。

## § 2. 同時化の方法

東京大学農学部附属愛知演習林における試験流域では，連続する無降雨日が10日を超えるものは，たとえばこれを8月だけから拾うとすれば過去20年間にわずか4回あるに過ぎない。しかもこれらは15日にも満たない。比較的に出現回数の大きいものは連続無降雨日が6日ないし8日程度のものである（第7図参照)。前述したような，この法則の利用上の種々の目的のためには，このように短かい時期（数日間）における個々の $C$ または $K$ の値では利用価値がなく，少なくとも1カ月近く無降雨日が続いたと仮定した場合に考えられる常数値（$C$ または $K$) を得る必要がある。

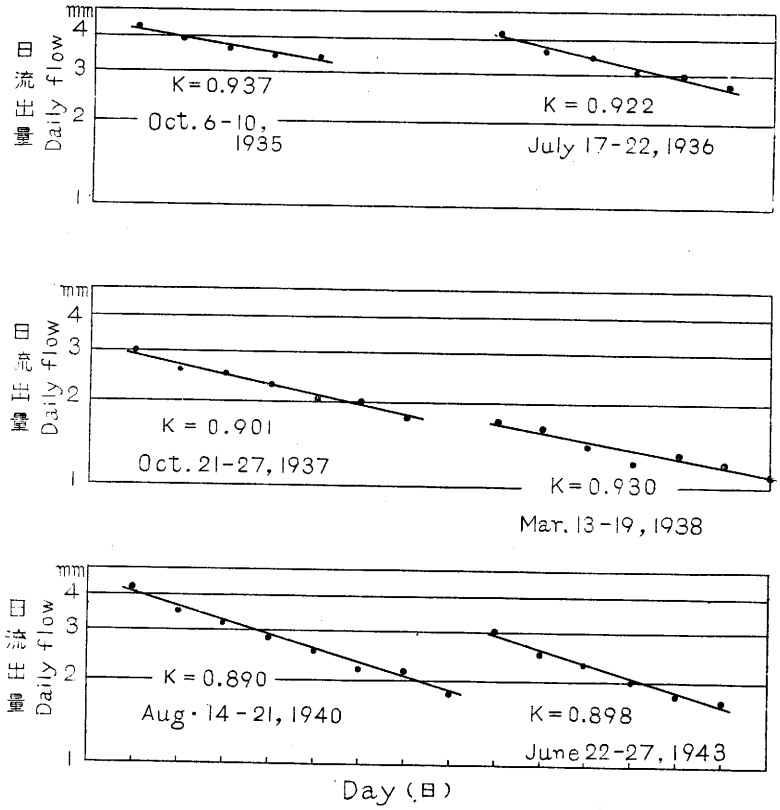



Fig. 7. 流域Cにおける無降雨日流出の漸減の例

Daily ground water depletions of non-precipitation days in watershed C, Aichi
K: depletion ratio (漸減係数)

Table 25. 流域Aにおける1月の正常漸減曲線を得るための同時化法

Procedure for synchronizing periods to obtain the normal ground water depletion curve of average January at Watershed A.

無 降 雨 日 流 出 量 (単位 1/10mm)

| 起時の 年 月 日 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 24. 1. 8 | 20 | 19 | 17 | 17 | 16 | 15 | 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 33. 2. 15 | 19 | 19 | 17 | 17 | 17 | 15 | 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21. 1. 6 | | | | | 16 | 15 | 14 | 14 | 15 | 13 | 13 | 12 | 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26. 1. 13 | | | | | 17 | 15 | 14 | 14 | 13 | 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26. 1. 2 | | | | | | 15 | 14 | 14 | 13 | 13 | 13 | 12 | 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22. 1. 28 | | | | | | 15 | 14 | 14 | 14 | 13 | 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24. 1. 16 | | | | | | | | | 14 | 13 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 11 | 11 | 11 | 10 | 10 | 10 | 10 | | | | | | | | |
| 28. 1. 17 | | | | | | | | | 13 | 13 | 13 | 12 | 12 | 12 | 12 | 10 | 10 | 10 | | | | | | | | | | | | |
| 26. 1. 25 | | | | | | | | | | 13 | 13 | 12 | 12 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 10 | 10 | 10 | 10 | 9 | | | | | | |
| 13. 1. 9 | | | | | | | | | | | | 12 | 12 | 11 | 11 | 11 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | | | | | | | | | |
| 17. 1. 11 | | | | | | | | | | | | | | 11 | 11 | 11 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | |
| 14. 1. 21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 10 | 10 | 10 | 10 | 9 | 9 | 9 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 30. 1. 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 11 | 10 | 10 | 10 | 9 | 9 | 9 | 9 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 平 均 値 | * | * | * | 17.0 | 16.5 | 15.0 | 14.3 | 14.0 | 13.6 | 13.0 | 13.0 | 12.0 | 12.0 | 11.4 | 11.4 | 10.8 | 10.4 | 10.4 | 10.2 | 10.0 | 10.0 | 9.4 | 9.3 | 9.0 | 8.7 | 8.3 | 8.3 | 8.3 | 8.3 | 8.0 | 8.0 |

* 棄却

Table 26. 流域Cにおける1月の正常漸減曲線を得るための同時化法

Procedure for synchronizing periods to obtain the normal ground water depletion curve of average January at Watershed C.

無 降 雨 日 流 出 量 (単位 1/10mm)

| 起時の 年 月 日 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10. 2. 12 | 17 | 16 | 14 | 15 | 13 | 12 | 12 | 12 | 11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21. 1. 7 | 17 | 15 | 15 | 15 | 13 | 12 | 12 | 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26. 1. 24 | 15 | 14 | 16 | 15 | 12 | 12 | 12 | 11 | 11 | 11 | 11 | 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13. 1. 9 | | | | 12 | 11 | 11 | 13 | 10 | 10 | 11 | 12 | 10 | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24. 1. 18 | | | | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 11 | 11 | 11 | 10 | 11 | 10 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14. 1. 21 | | | | | | | 11 | 10 | 10 | 9 | 9 | 10 | 9 | 7 | 8 | 9 | 9 | 9 | 8 | 8 | | | | | | | | | | |
| 23. 2. 4 | | | | | | | | | | 10 | 10 | 9 | 8 | 8 | 8 | 7 | 8 | | | | | | | | | | | | | |
| 17. 1. 20 | | | | | | | | | | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 8 | 9 | 8 | 8 | 8 | 7 | | | | | | | | | |
| 31. 2. 17 | | | | | | | | | | | | | 10 | 7 | 8 | 8 | 7 | 9 | 7 | 7 | 7 | 7 | | | | | | | | |
| 20. 2. 10 | | | | | | | | | | | | | | | | 7 | 8 | 7 | 7 | 6 | 6 | 7 | 7 | 6 | 6 | 6 | 5 | | | |
| 19. 1. 27 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 6 | 5 | 5 | 6 | 5 | 5 | 5 | | | |
| 平 均 値 | 16.3 | 15.0 | 15.0 | 13.8 | 12.2 | 11.8 | 12.0 | 11.3 | 10.8 | 10.2 | 10.3 | 9.7 | 9.3 | 8.4 | 8.6 | 7.8 | 8.2 | 8.2 | 7.5 | 7.2 | 6.25 | 6.35 | 6.0 | 6.0 | 5.5 | 5.5 | 5.0 | | | |

注) 一部のデータ不足を補うため2月から採つた所がある

同時化の実行方法[20][46]はまず，無降雨日流出量を表わす数値からなる数列の多くを第 25 表および第 26 表に示すように階段状に配列する。その全体を数学における行列に準じて横を行（row），縦を列（column）とよぶことにする。その際任意の行の第1番目の要素を第何列目に配置すべきかが問題となる。原理的には，注目された行の要素の順序はくずさないで，それより前の行までの同列に並ぶ要素の平均値に——第2行目を問題にしている場合は第1行の要素の値に——その行のうち最も近い値をもつ要素が同列に並ぶように，その行のすべての要素について考慮した総合結果として配置を定めるのである。取り扱う要素の数値が2桁以内の実際のデータでは，上記の原理を念頭において視察を行なうことにより容易に列の配置を決定することができる。こうして同列に並ぶ要素の平均値を要素とする漸減曲線を得る。これを正常漸減曲線とよぶ。

同時化法によつて得る正常漸減曲線は，いわば漸減を示す多数の標本の平均的なものであるから，標本のとられる範囲によつてその代表する意味が異なる。すなわちある季節のみのデータから作製したもの（第8図）は，その季節の地下水流出量の漸減状態を示し，1年中から採つたデータを用いるとき（第9図）は，季節にかかわりなくその流域を他の流域との比較において代表する漸減状態を示すものを得る。また1年中からデータを採つたものは，月毎の貯溜量変化量を積算して，1年間の水収支を考察する場合にはより合理的なものである。

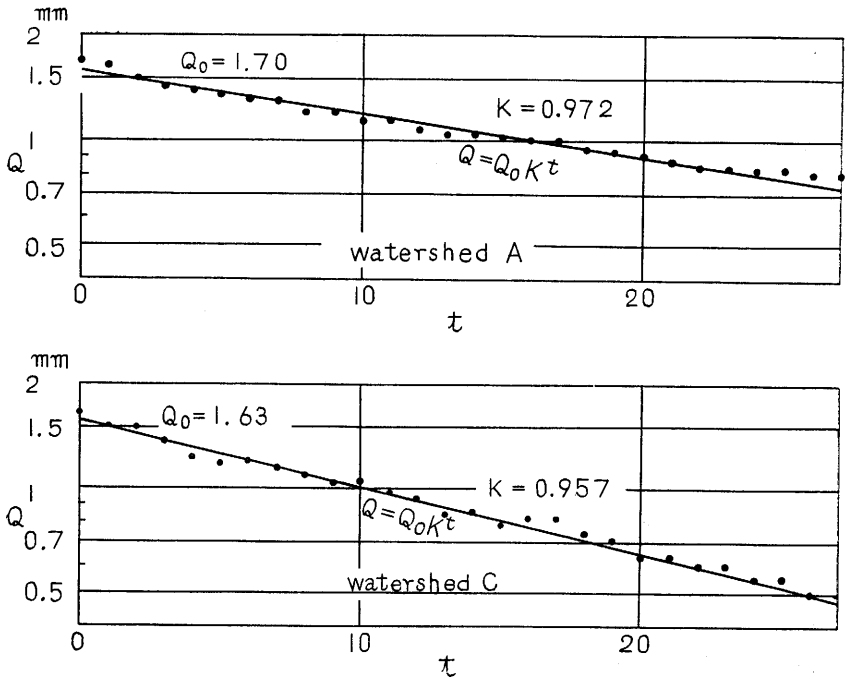



Fig. 8. 愛知演習林AおよびC流域における1月の正常漸減曲線，（同時化法による），(Table 25, 26 参照).
Normal ground water depletion curves for January on watershed A and C, Aichi, obtained through synchronizing procedure

## § 3. 重力水流出量

流域内に貯溜される重力水は，もし仮に無降雨日が永遠に続くとすれば，無降雨日の日流出量を示す式

$$Q_t = Q_0 K^t$$

を $t=0$ から $t=\infty$ まで積分したものによつて推定できる。すなわち重力水貯溜量 $S_g$ は極めて長い時間の後にはすべて流出するであろうと考えると

$$S_g = \int_0^{\infty} Q_0 K^t dt = Q_0 \left( \frac{K^{\infty}}{\log_e K} - \frac{K^0}{\log_e K} \right) = -\frac{Q_0}{\log_e K}$$

をもつて推定される[17]。しかしこれは現実に地下に存在する重力水を推定する目的には不適当で，蒸発蒸散量を無視していることを注意する必要がある[42]。ただこの式を応用し，種々の実用的な計算を行なうことができるのである。もし $t$ 日間無降雨日が連続すれば，その間に流出する重力水総量 $G$ は

$$G = \int_0^t Q_0 K^t dt = Q_0 \frac{1}{\log_e K} (K^t - 1) \quad \cdots\cdots (1)$$

Table 27. 流域別，季節別の地下水流出漸減曲線の常数表
Constants of seasonal ground water depletion on watershed A and C, Aichi.

| 流域＼事項 | 月 | $Q_0$ | $K$ | $t_{max}$ |
|---|---|---|---|---|
| A | I | 1.60mm | 0.972 | 27 |
| | IV | 2.45 | 0.936 | 16 |
| | VIII | 1.81 | 0.921 | 21 |
| | XI | 2.00 | 0.950 | 21 |
| C | I | 1.55 | 0.957 | 25 |
| | IV | 2.41 | 0.922 | 15 |
| | VIII | 1.77 | 0.921 | 18 |
| | XI | 1.78 | 0.952 | 19 |

東京大学農学部附属愛知演習林内 A, C 2流域において(1)式に適用すべき $K$ の値を前述の同時化法を用いて求め，かつ $t$ の最大値すなわち，求めた正常漸減曲線の長さを示す値を $t_{max}$ とすれば第 27 表の通りである。

これより，実際には降雨日があつても，降雨日にも無降雨日と同等の地下からの重力水流出があるものと見做せば，着目した月の，月間地下重力水流出量は，次式によつて推定できる。

$$G = Q_0 \frac{1}{\log_e K} \left( K^{t_{max}} - 1 \right) \times \frac{30}{t_{max}} \quad \cdots\cdots (2)$$

(2)式による計算の結果を，$K$ の値を決定するために採られた標本の属する同じ年月における降水量，流出量のそれぞれの平均値と比較すれば第 28 表の通りである[46]。

すなわち地下重力水流出量の全流出量に対する百分率は各季節を通じてA流域においてより大，地表流下量のそれは反対である。A流域はC流域に比して，面積，地質，森林土壌のいずれの要素についてみても地下水の保溜により適していると考えられるが，量水観測値がこれを実証的に示したということができるであろう。

Table 28. 季節別，流域別の地下水流出量の全流出量に対する百分率を見出す表
Table for comparing two watersheds by the ground water runoff with other hydrological elements.

| 事項 / 流域 | 月 | *n** | **降水量 | **流出量 | 地下水流出量 | 地表流下量 | 全流出量に対する百分率 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | 地下水 | 地表流 |
| A | I | 10 | 62.6mm | 41.4mm | 34.0mm | 7.4mm | 82.1% | 17.9% |
| | IV | 9 | 119.9 | 64.9 | 45.2 | 19.7 | 69.6 | 30.4 |
| | VIII | 12 | 138.8 | 48.1 | 27.1 | 21.0 | 56.3 | 43.7 |
| | XI | 11 | 82.4 | 44.6 | 37.0 | 7.6 | 82.9 | 17.1 |
| C | I | 11 | 50.3 | 41.9 | 29.2 | 12.7 | 69.6 | 30.4 |
| | IV | 10 | 103.1 | 60.7 | 41.6 | 19.1 | 68.7 | 31.3 |
| | VIII | 12 | 113.7 | 59.9 | 28.5 | 31.4 | 47.6 | 52.4 |
| | XI | 13 | 72.6 | 49.3 | 34.9 | 14.4 | 70.7 | 29.3 |

注 * 同時化法のデータが採られた年数を示す
** 降水量，流出量ともに同時化法のデータが採られた年のそれらの $n$ 年平均値である。

## § 4. 水文学的季節

すでに第Ⅲ章において，水文学的水年の研究は，当然水文学的季節の研究に発展すべきものであることをのべたが，上述のように季節毎に異なる地下重力水正常漸減曲線が得られる結果，その違いの生ずる理由としてはまず重要な季節的現象であるところの蒸発蒸散量の問題に触れなければならない。林地からの蒸発量，蒸散量はある程度は Meyer の方法[14][82] 等によつて推定できるが，流出量観測値とこれらとを相互に検定して，流域の水分収支が成り立つものでなければならない。しかるに同時化法を季節毎の資料に適用して得られる季節毎の地下重力水正常漸減曲線は，これを個々の季節の地下重力水流出量の推定に用いることはできる[46]が，実はその漸減状態の差は，季節によつて差のある蒸発蒸散量に影響されているものであつて，これを用いて地下水貯溜量を推定するときは，個々の季節（計算の単位としては1カ月を用いる）については，より高い精度で推定できるとしても，1年を通じてはそれらは互に不連続となり，水の収支計算上不合理を生ずる。それゆえ，1年中を通じて採つた標本に同時化法を適用して地下水正常漸減曲

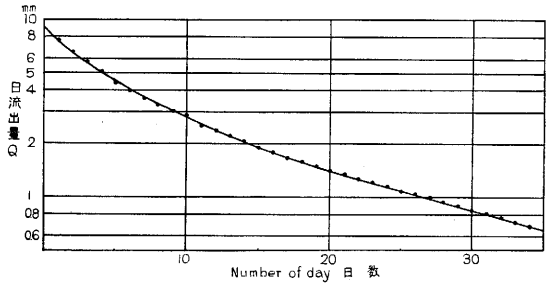



Fig. 9. すべての季節からデータを採り，同時化法によつて求めた地下水正常漸減曲線（愛知演習林，A流域）
Normal ground water depletion curve for all a year, watershed A, Aichi

線を作り，これを用いれば個々の月では推定の精度は幾分落ちるが，年間を通じての水の収支計算を合理的に行なうことができる。この目的で作製した地下水正常漸減曲線（A流域）は第 9 図に示す通りで，これには必ずしも

$$Q_t = Q_0 K^t \quad \cdots\cdots (1)$$

なる形の式は適合せず

$$Q_t = Q_0 K^{t^n} \quad \cdots\cdots (2)$$

なる形の式を適用すべきものである。しかして実用的には種々の日流出量 $Q_t$ に応ずる地下重力水貯溜量は，漸減する逐日の地下重力水流量の総和

$$\sum Q = Q_t + Q_{t+1} + Q_{t+2} + \cdots\cdots + Q_{t+m}$$

を計算することによつて求められる。ただし $m$ は日流出量が $Q_t$ である日から数えて，その流域の最小日流出量に達する迄に要する日数である（$Q_t$, $Q_{t+1}$, $Q_{t+2}$, ……は第 29 表の最下欄に示される）。

東京大学農学部附属愛知演習林内A流域における 1934—1943 年の 10 年間の平均年を考え，この平均年における水の循環収支を求めると第 30 表の通りである。つぎにその計算方法を略記する。まず Meyer の方法により，平均年の各月の蒸発量 $e$，蒸散量 $t$ を推定すれば，

$$\Delta s = \text{net}p - \text{net}ro - e - t \quad \cdots\cdots (3)$$

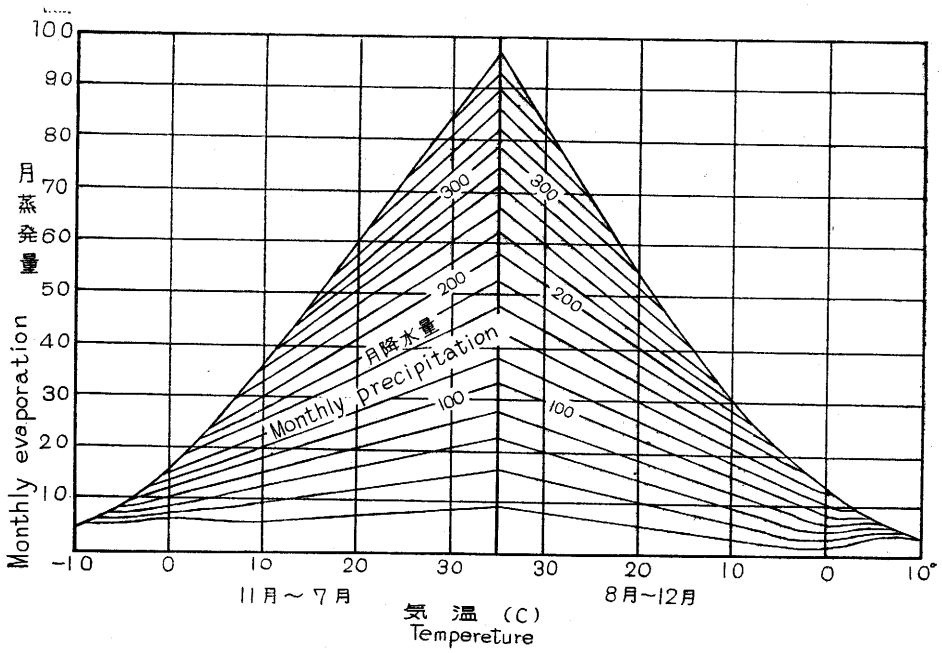



Fig. 10. 愛知演習林（A流域）において土地からの月蒸発量を見出す図
A graph for finding monthly evaporation from land area at University Forest in Aichi, after Meyer's method.

Table 29. 流域Aにおける1年間を通じた地下水正常漸減曲線を得るための同時化法

(第9図参照，ただし紙面の都合上第9図にみられる始めの4日間の記載を省略した)

Procedure for synchronizing periods to obtain the normal ground water depletion curve of average year at Watershed A,

流　出　量　単　位　1/10mm

| 年 | 月 | 日 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 11 | 5 | 1 | 50 | 44 | 40 | 37 | 34 | 32 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | 10 | 31 | 54 | 46 | 39 | 35 | 32 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 5 | 5 | 50 | 45 | 41 | 38 | 34 | 32 | 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 8 | 1 | | 46 | 40 | 36 | 32 | 29 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 10 | 11 | 48 | 43 | 40 | 36 | 33 | 31 | 29 | 27 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 10 | 5 | | 45 | 39 | 35 | 33 | 31 | 29 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | 7 | 17 | | | 41 | 37 | 33 | 31 | 27 | 25 | 23 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 4 | 20 | | | | 36 | 33 | 31 | 27 | 27 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 8 | 4 | | | | 36 | 33 | 30 | 27 | 25 | 23 | 22 | 22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | 7 | 27 | | | | | 33 | 30 | 28 | 26 | 24 | 22 | 21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 7 | 24 | | | | | 34 | 31 | 28 | 27 | 24 | 23 | 21 | 21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | 5 | 12 | | | | | | 32 | 28 | 25 | 23 | 22 | 21 | 20 | 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | 7 | 5 | | | | | | 31 | 28 | 25 | 23 | 21 | 20 | 19 | 17 | 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | 8 | 5 | | | | | | | 27 | 25 | 24 | 22 | 20 | 19 | 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | 4 | 13 | | | | | | | | | | 24 | 21 | 19 | 18 | 16 | 15 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 8 | 12 | | | | | | | | | 23 | 21 | 21 | 20 | 18 | 17 | 16 | 16 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 7 | 26 | | | | | | | | | | 23 | 21 | 19 | 18 | 16 | 16 | 15 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 10 | 11 | | | | | | | | | | 23 | 20 | 19 | 18 | 16 | 16 | 15 | 14 | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | 9 | 16 | | | | | | | | | | | 21 | 19 | 17 | 16 | 15 | 15 | 14 | 13 | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 10 | 18 | | | | | | | | | | 24 | 21 | 20 | 17 | 16 | 16 | 15 | 14 | 13 | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | 8 | 9 | | | | | | | | | | | 21 | 20 | 18 | 17 | 15 | 15 | 14 | 13 | 13 | 12 | | | | | | | | | | | |
| 24 | 3 | 21 | | | | | | | | | | | 20 | 18 | 17 | 16 | 15 | 15 | 14 | 13 | 13 | 12 | 12 | | | | | | | | | | |
| 6 | 8 | 15 | | | | | | | | | | | | 19 | 17 | 16 | 16 | 14 | 14 | 13 | 13 | 12 | 12 | | | | | | | | | | |
| 13 | 3 | 12 | | | | | | | | | | | | | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 14 | 13 | 12 | 12 | 12 | | | | | | | | | |
| 22 | 4 | 11 | | | | | | | | | | | | | 19 | 18 | 16 | 15 | 14 | 14 | 13 | 12 | 12 | 12 | | | | | | | | | |
| 29 | 8 | 7 | | | | | | | | | | | | | | 16 | 16 | 15 | 14 | 13 | 13 | 12 | 11 | 11 | 10 | 10 | | | | | | | |
| 29 | 11 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | 14 | 14 | 13 | 13 | 12 | 12 | 11 | 10 | 10 | 10 | 9 | 9 | 9 | | | |
| 14 | 8 | 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 14 | 12 | 11 | 10 | 10 | 9 | | | | | | | | |
| 30 | 1 | 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 11 | 10 | 10 | 10 | 9 | 9 | 9 | 9 | 8 | | |
| 29 | 12 | 24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 11 | 11 | 10 | 10 | 10 | 9 | 9 | 9 | 9 | | |
| 24 | 8 | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 12 | 11 | 10 | 10 | 9 | 9 | 9 | 8 | 7 | 7 | |
| 26 | 10 | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 12 | 11 | 10 | 9 | 9 | 8 | 8 | 7 | 7 | 7 |
| 22 | 10 | 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 10 | 9 | 8 | 8 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| 9 | 6 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 9 | 8 | 8 | 7 | 7 | 6 | 6 |
| 平均値 | | | 50.5 | 44.8 | 40.0 | 36.2 | 33.1 | 30.9 | 28.0 | 25.7 | 23.4 | 21.8 | 20.7 | 19.4 | 17.7 | 16.4 | 15.7 | 15.0 | 14.0 | 13.3 | 13.0 | 12.0 | 11.5 | 11.1 | 10.0 | 10.0 | 9.6 | 9.0 | 8.5 | 8.4 | 7.7 | 7.0 | 6.7 | 6.5 |

Table 30.　1年間の平均的漸減曲線を用いた場合の地表下水分月変化量計算表

Table for computing monthly change of retention water storage.

| 事項 / 記号・番号 / 月 | 月降水量 | 月流出量 | 月消失量 | Meyer の方法による | | | 地表下重力水貯溜の変化量 | 平均年開始時を0とした場合の貯溜量相対値 | 平均年開始時貯溜量を50mmとした場合の各月末貯溜量 | 重力水貯溜量曲線による重力水貯溜量 | 毛管水貯溜量 | 重力水貯溜量変化量 | 毛管水貯溜量変化量 | 比例配分法による蒸発蒸散量 | 日最高気温の月平均 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 蒸発量＋補正量 | 蒸散量 | 蒸発蒸散量 | | | | | | | | | |
| 月 | net $p$ (1) | net $ro$ (2) | net $(p-ro)$ (3) (1)−(2) | $e$ (4) | $t$ (5) | $e+t$ (6) (4)+(5) | $\Delta s$ (7) (3)−(6) | $\sum\Delta s$ (8) | $D+R$ (9) (8)+50 | $D$ (10) | $R$ (11) (9)−(10) | $\Delta D$ (12) | $\Delta R$ (13) | (14) | $t°C$ (15) |
| 1 | 47 | 31 | 16 | 9 | | 9 | 7 | 7 | 57 | 17 | 40 | − 1 | + 8 | 19 | 5.3 |
| 2 | 73 | 34 | 39 | 13 | | 13 | 26 | 33 | 83 | 17 | 66 | 0 | +26 | 21 | 5.9 |
| 3 | 114 | 62 | 52 | 22 | 10 | 32 | 20 | 53 | 103 | 32 | 71 | +15 | + 5 | 37 | 10.2 |
| 4 | 145 | 70 | 75 | 30 | 28 | 58 | 17 | 70 | 120 | 33 | 87 | + 1 | +16 | 60 | 16.5 |
| 5 | 126 | 68 | 58 | 33+3 | 40 | 76 | −18 | 52 | 102 | 29 | 73 | − 4 | −14 | 76 | 21.1 |
| 6 | 230 | 94 | 136 | 55−6 | 55 | 104 | 32 | 84 | 134 | 39 | 95 | +10 | +22 | 87 | 24.2 |
| 7 | 204 | 157 | 47 | 54 | 70 | 124 | −77 | 7 | 57 | 23 | 34 | −16 | −61 | 102 | 28.3 |
| 8 | 165 | 68 | 97 | 45+3 | 75 | 123 | −26 | −19 | 31 | 15 | 16 | − 8 | −18 | 106 | 29.5 |
| 9 | 205 | 95 | 110 | 52−4 | 45 | 93 | 17 | − 2 | 48 | 27 | 21 | +12 | + 5 | 91 | 25.1 |
| 10 | 174 | 95 | 79 | 38+2 | 30 | 70 | 9 | 7 | 57 | 29 | 28 | + 2 | + 7 | 70 | 19.4 |
| 11 | 78 | 55 | 23 | 16+2 | 16 | 34 | −11 | − 4 | 46 | 27 | 19 | − 2 | − 9 | 51 | 13.8 |
| 12 | 49 | 35 | 14 | 10 | | 10 | 4 | 0 | 50 | 18 | 32 | − 9 | +13 | 26 | 7.3 |
| 合　計 | 1610 | 864 | 746 | 377+0 | 369 | 746 | 0 | これらの欄の値はすべて月末のものである | | | | 0 | 0 | 746 | |

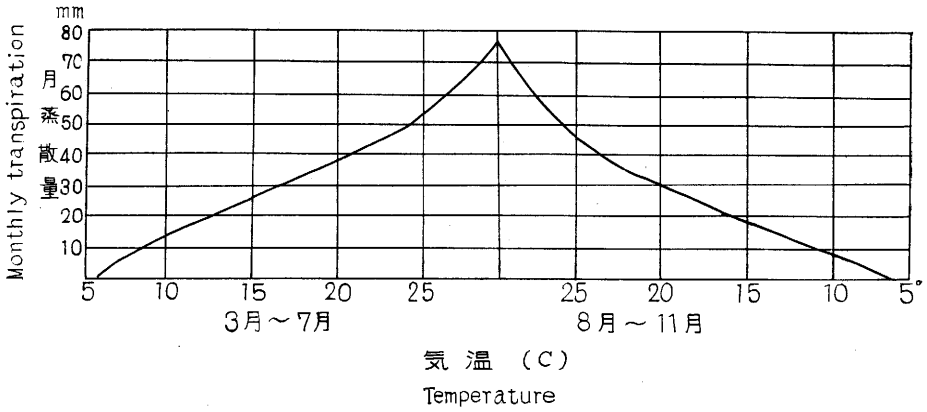



Fig. 11. 愛知演習林（A流域）において月蒸散量を見出す図
A graph for finding monthly transpiration at University Forest in Aichi, after Meyer's method.

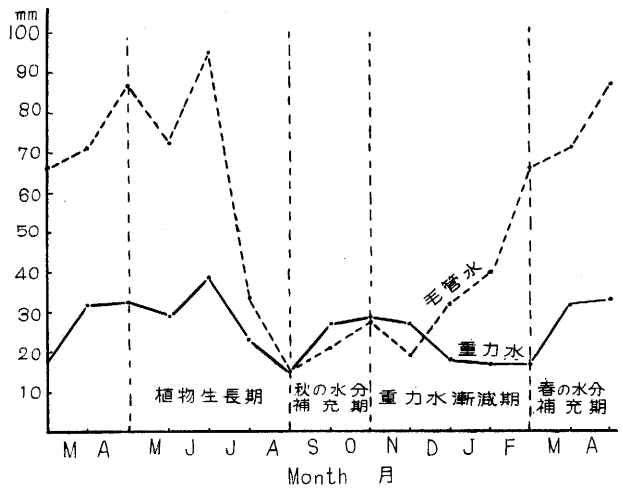



Fig. 12. 愛知演習林A流域において水文学的季節区分を求めるための地表下水分，貯溜量相対的変化図（年間漸減曲線を用いた場合）
The variations of subsurface water storage for finding the divisions of hydrologic seasons at Watershed A, Aichi (an annual depletion curve is applied).

ここに net*p* は月降水量観測値の90%をとる。これは月降水量の10%は樹冠遮断量であるとみたのである。また降水量観測値の2%は河道降水量であると見做し，これを流出量観測値から差引いたものを net *ro* とした。$\Delta s$ は地表下水分（毛管水および重力水）の当該月の前後における変化量である。故にこれを1月から逐次積算したものにある未知量 $X$ を加えたものを平均年における月の地表下水分貯溜量と考えることができる。この未知量は実際，量的には永久に流出も蒸発も蒸散もしないものであり，実用上は $\Sigma\Delta s$ の値を負としない範囲で適当に設定してよいのである[45]。

第30表に得られた地表下水分月変化の有様を図示すれば第12図の通りである。この図は平均年における地表下水分の増減を推定することが主目的であり，個々の量（縦軸の値）にはあまり厳密な意味はない。この図によつて著者は愛知演習林における水文学的季節区分を一応

5，6，7，8月……植物生長期

9，10月……秋の水分補充期

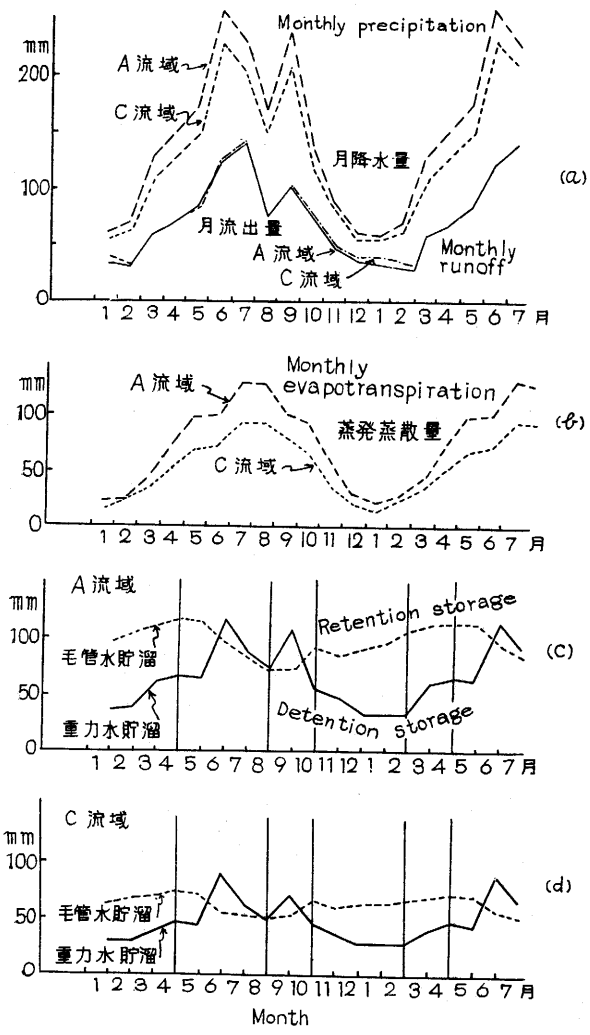



Fig. 13. 種々の水文学的要素の年間分布比較図
Comparisons of annual distributions of various hydrologic elements (winter depletion curves are applied in (c) and (d)

11, 12, 1, 2月……重力水漸減期
3, 4月……春の水分補充期

とすることが適当であると考えた。

しかしながら以上の過程においては，なお検討を要する点が残される。その第1は1年中の平均的漸減曲線を用いるよりも，むしろすべての月について，1年中で蒸発蒸散量の最も少ない月の資料から得られた漸減曲線を用いるべきであるとする考え方であり，その第2は，蒸発蒸散量の推定値は比較的任意性をもつており，その推定法如何によつて第 12 図の図形が相当変わる可能性があるということである。それゆえ著者はつぎに1月のみの資料から得られた漸減曲線を用いて重力水貯溜量変化量を求め，日最大気温月平均値に比例して全消失量を配分する方法によつて再び地表下水分月変化量を計算した。その結果を第 31, 32 表および第 13 図 (c), (d) に示す。すなわち，使用する漸減曲線を改めたことによつて，推定される地表下水分増減曲線の形に多少の差を生ずるが，5, 6, 7, 8月を植物生長期，9, 10月を秋の水分補充期，11, 12, 1, 2月を重力水漸減期，3, 4月を春の水分補充期とする季節区分は一層確かなものと認められる。

なお第 13 図の作製上，実際には個々の年における重力水貯溜量変化量（附表）も参考にしたことを附記する。

〔付〕Meyer 氏のグラフの応用上，適用流域に用うべき係数の決定

A. F. Meyer は土地からの蒸発，蒸散量が季節，月平均気温，月平均降水量によつて変化する状態を研究した結果，これらの因子諸量の値が得られるときの月平均蒸発量および蒸散量を求めるための計算図表を発表した[82]。この計算図表をわれわれが使用するときは，読み取りの値

Table 31. 冬期（1月）の漸減曲線を用いた場合の地表下水分月変化量計算表，A流域（1939—1958平均年）

Table for computing the monthly changes of retention storage by using the winter depletion curve, watershed A, Aichi.

| 記号・番号 / 月 | 平均月降水量 | 平均月流出量 | 重力水貯溜量変化量 | | (3)の積算値 | 蒸発散量＋⊿毛管貯溜 | | 蒸発散量 (7) | | | 毛管水貯溜量変化量 | | (8)の積算値 | | 日最高気温月平均 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $p$ (1) | $r$ (2) | $g$ (3) + | $g$ (3) − | $\sum g$ (4) | $p-r-g$ (5) | $\sum g+35$ (6) | 比例配分法による | 修正量 | 修正蒸発散量 $e$ | $m$ (8) + | $m$ (8) − | $\sum m$ (9) | $\sum m+71$ (10) | $t$ °C (11) |
| 1 | 62 | 36 | | 0 | 0 | 26 | 35 | 21 | | 21 | 5 | | 25 | 96 | 5.3 |
| 2 | 69 | 32 | 1 | | 1 | 36 | 36 | 26 | | 26 | 10 | | 35 | 106 | 6.2 |
| 3 | 131 | 60 | 24 | | 25 | 47 | 60 | 44 | − 2 | 42 | 5 | | 40 | 111 | 10.4 |
| 4 | 149 | 70 | 6 | | 31 | 73 | 65 | 73 | − 3 | 70 | 3 | | 43 | 114 | 16.6 |
| 5 | 177 | 86 | | 5 | 26 | 96 | 61 | 92 | + 5 | 97 | | 1 | 42 | 113 | 21.1 |
| 6 | 261 | 123 | 56 | | 82 | 82 | 117 | 105 | − 5 | 100 | | 18 | 24 | 95 | 24.0 |
| 7 | 232 | 144 | | 27 | 55 | 115 | 90 | 122 | + 6 | 128 | | 13 | 11 | 82 | 27.8 |
| 8 | 170 | 74 | | 19 | 36 | 115 | 71 | 126 | | 126 | | 11 | 0 | 71 | 29.4 |
| 9 | 242 | 102 | 38 | | 74 | 102 | 109 | 109 | − 8 | 101 | 1 | | 1 | 72 | 25.0 |
| 10 | 140 | 79 | | 54 | 20 | 115 | 55 | 84 | +11 | 95 | 20 | | 21 | 92 | 19.4 |
| 11 | 89 | 48 | | 7 | 13 | 48 | 48 | 61 | − 4 | 57 | | 9 | 12 | 83 | 13.7 |
| 12 | 63 | 38 | | 13 | 0 | 35 | 35 | 30 | | 30 | 8 | | 20 | 91 | 8.1 |
| | 1,785 | 892 | | | | 893 | | | | 893 | | | | | |

Table 32. 冬期（1月）の漸減曲線を用いた場合の地表下水分月変化量計算表，C流域（1939—1958平均年）

Table for computing the monthly changes of retention storage by using the winter depletion curve, watershed C, Aichi.

| 記号・番号 / 月 | 平均月降水量 | 平均月流出量 | 重力水貯溜量変化量 | | (3)の積算値 | 蒸発散量＋⊿毛管貯溜 | | 蒸発散量 (7) | | | 毛管水貯溜量変化量 | | (8)の積算値 | | 日最高気温月平均 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $p$ (1) | $r$ (2) | $g$ (3) + | $g$ (3) − | $\sum g$ (4) | $p-r-g$ (5) | $\sum g+27$ (6) | 比例配分法による | 修正量 | 修正蒸発散量 $e$ | $m$ (8) + | $m$ (8) − | $\sum m$ (9) | $\sum m+49$ (10) | $t$ °C (11) |
| 1 | 57 | 41 | | 0 | 0 | 16 | 27 | 22 | − 6 | 16 | 0 | | 13 | 62 | 8.2 |
| 2 | 62 | 34 | | 0 | 0 | 28 | 27 | 25 | | 25 | 3 | | 16 | 65 | 8.6 |
| 3 | 110 | 59 | 11 | | 11 | 40 | 38 | 36 | | 36 | 4 | | 20 | 69 | 12.7 |
| 4 | 128 | 70 | 6 | | 17 | 52 | 45 | 52 | − 2 | 50 | 2 | | 22 | 71 | 18.6 |
| 5 | 148 | 84 | | 3 | 14 | 67 | 41 | 63 | + 6 | 69 | | 2 | 20 | 69 | 22.9 |
| 6 | 233 | 128 | 47 | | 61 | 58 | 88 | 71 | | 71 | | 13 | 7 | 56 | 26.0 |
| 7 | 208 | 144 | | 26 | 35 | 90 | 62 | 82 | +12 | 94 | | 4 | 3 | 52 | 29.8 |
| 8 | 151 | 74 | | 13 | 22 | 90 | 49 | 85 | + 8 | 93 | | 3 | 0 | 49 | 31.5 |
| 9 | 210 | 103 | 24 | | 46 | 83 | 73 | 81 | − 3 | 78 | 5 | | 5 | 54 | 27.2 |
| 10 | 127 | 84 | | 30 | 16 | 73 | 43 | 60 | + 3 | 63 | 10 | | 15 | 64 | 21.8 |
| 11 | 81 | 54 | | 5 | 11 | 32 | 38 | 44 | − 8 | 36 | | 4 | 11 | 60 | 16.4 |
| 12 | 56 | 44 | | 11 | 0 | 23 | 27 | 31 | −10 | 21 | 2 | | 13 | 62 | 10.6 |
| | 1,571 | 919 | | | | 652 | | | | 652 | | | | | |

に対して適用流域に用うべき一定の係数を乗じなければならない。その係数は森林量水試験のように，降水量，流出量の長年に亘る精度高い観測値がある場合はこれに準拠して定められるべきである。著者は水文季節の研究にに当つてこの図表を用いたが，愛知演習林内流域に適用できると思われる係数の決定法について1つの試案を得たので便宜上ここに述べておく。

（1） 1係数法

長年にわたる平均的な各月の月降水量 $\bar{p}$，月流出量 $\bar{ro}$ が得られれるとき，その月降水量および月平均気温を指標として Meyer の図表から得られる月蒸発量を $E$，月蒸散量を $T$ とすれば，Meyer の原図からの読み取り値に乗ずべき係数 $C$ の値は

$$C=\frac{\sum_{1}^{12}(\bar{p}-\bar{ro})}{\sum_{1}^{12}(E+T)}$$

第30表は原理的にはこの方法によつたものである。

（2） 2係数法

(1)の方法では，Meyer が蒸発量及び蒸散量のグラフを別個に作製しているにもかかわらず，蒸発量と蒸散量の割合を独立に適用流域に定めることはできない。蒸発と蒸散が土地により同じ割合で増減するか否かは不明であるが，一般に森林流域といわれる流域においても，一部には大抵崩かい地や道路，未立木地のいわゆる裸地を含むもので，とくに2流域の比較を行う場合はこれらの裸地面積を考慮すること，いい換えれば森林面積が全面積の何%あるかに着目すること，さらに換言すれば，森林面積率を蒸発蒸散量の計算要素として取入れることは森林量水試験において可及的に最善の方法であると考えられる。しかしながら，さらに他の要素を考慮に入れて補正する必要があることはいうまでもなく，ここでは従来の試行索誤的な方法に対して直接法としての試案を提供することに本旨がある。いま流域における森林面積と裸地面積との比を $a:b$ とし，林地における蒸発量を $\varepsilon_a$，裸地における蒸発量を $\varepsilon_b$，林地からの蒸散量を $\tau$ とし，林地と裸地との単位面積当りの消失量の比を $\kappa$ とする。（ここに $\kappa$ の値は不明であるが，釜淵[8] や Coweeta[11] の試験の結果によればほぼ1.2と推定される）。すなわち樹木を伐採して裸地にすると林地であつたときより消失量は約20%減少する。しかし本来の裸地と伐採跡地とでは異るものであるからこの値は極めて暫定的なものである。Meyer 氏グラフの蒸発量読取値 $E$ に乗ずべき係数を $C_1$，同じく蒸散量読取値 $T$ に乗ずべき係数を $C_2$ とすれば

$$C_1E+C_2T=P-RO \quad \cdots\cdots (1)$$

ここに $P$ は降水量，$RO$ は流出量

$$\varepsilon_a/\tau=E/T \quad \cdots\cdots (2)$$

$$\varepsilon_b=(P-RO)-(\varepsilon_a+\tau) \quad \cdots\cdots (3)$$

$$\tau=C_2T \quad \cdots\cdots (4)$$

$$\frac{\varepsilon_a+\tau}{a}\Big/\frac{\varepsilon_b}{b}=1.2\ (=\kappa) \quad \cdots\cdots (5)$$

なる5個の方程式が成り立ち，ここに未知数は $C_1$, $C_2$, $\varepsilon_a$, $\varepsilon_b$, $\tau$ の5個であるから，これら5個の方程式を連立に解けば $C_1$, $C_2$ が得られる。

1係数法によるも2係数法によるも蒸発量蒸散量の合計は月毎にもほとんど変わらないが，1係数法では蒸発量と蒸散量が如何なる割合に分かれるかを，当該試験流域について定めるに別個の処理が必要である。第33表は愛知演習林内A流域に上記の方法を適用したものである。

Table 33. 東京大学農学部附属愛知演習林A流域における平均年（1939—58）の蒸発量，蒸散量の推定表 （単位 mm）

Mean monthly estimates of evaporation and transpiration on watershed A, Aichi.

| 月 | 月降水量 (1) | 月流出量 (2) | 月平均気温 $C$ (3) | Meyer 氏グラフによる | | 2係数法による | | | 1係数法による蒸散量 $C=0.7242$ (9) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 蒸発量 $E$ (4) | 蒸散量 $T$ (5) | $C_1=0.756$ (6) | $C_2=0.669$ (7) | 蒸発散量 (6)+(7) (8) | |
| 1 | 62 | 36 | 1.9 | 23 | | 17 | | 17 | 17 |
| 2 | 69 | 32 | 2.3 | 25 | | 19 | | 19 | 18 |
| 3 | 131 | 60 | 6.7 | 46 | 13 | 35 | 9 | 44 | 43 |
| 4 | 149 | 70 | 13.2 | 61 | 37 | 46 | 25 | 71 | 71 |
| 5 | 177 | 86 | 18.1 | 77 | 53 | 58 | 35 | 93 | 94 |
| 6 | 216 | 123 | 21.6 | 118 | 62 | 89 | 41 | 130 | 130 |
| 7 | 232 | 144 | 25.6 | 119 | 77 | 91 | 52 | 143 | 142 |
| 8 | 170 | 74 | 26.8 | 95 | 80 | 72 | 53 | 126 | 126 |
| 9 | 242 | 102 | 22.8 | 112 | 65 | 86 | 43 | 129 | 128 |
| 10 | 149 | 79 | 16.5 | 58 | 41 | 44 | 27 | 71 | 72 |
| 11 | 89 | 48 | 10.6 | 32 | 23 | 24 | 15 | 39 | 40 |
| 12 | 63 | 38 | 4.3 | 16 | | 12 | | 12 | 12 |
| 計 | 1,785 | 892 | 170.4 | 781 | 452 | 593 | 300 | 893 | 893 |

計算例（A流域）

$$781C_1+452C_2=893 \quad \cdots\cdots (1)$$

$$\varepsilon_a/\tau=781/452 \quad \cdots\cdots (2)$$

$$\varepsilon_b=893-(\varepsilon_a+\tau) \quad \cdots\cdots (3)$$

$$\tau=452C_2 \quad \cdots\cdots (4)$$

$$\frac{\varepsilon_a+\tau}{91}:\frac{\varepsilon_b}{9}=1.2 \quad \cdots\cdots (5)$$

(5)より $9\varepsilon_a+9\tau=1.2\times91\varepsilon_b$

(2)より $\varepsilon_a=(781/452)\,\tau$

(4)を用い $\varepsilon_a=(781/452)\,452C_2$

(3)より $\varepsilon_b=893-\left(\frac{781}{452}\tau+\tau\right)$

$$=893-\left(1+\frac{781}{452}\right)452C_2$$

$\therefore 9\times781C_2+9\times452C_2=1.2\times91\times\{893-(452+781)C_2\}$

これを解いて

$$C_2=0.669$$

(1)に代入して

$$C_1=\frac{893-452\times0.669}{781}=0.756$$

# 第Ⅴ章　月降水量の影響

## §1. 序　　説

水文学的諸量すなわち降水量や流出量の統計的取扱において，1個の標本観測個を得るに要する期間の長短によつて，要素的諸量相互間の関係は異る。具体的にいえば，年降水量と年流出量との関係[54]は月降水量と月流出量との関係[59]とは異る。しかもそれら2つの関係は年量は12個の月量の和であるという明白な事実と矛盾するものであつてはならない。

「降水量が増加すれば，流出量も増加する」ということは常識的な概念であるが，このような叙述では，その量に関する観測期間に対して注意が払われていない。水文学において重要なことは，それらの増加率は年量と月量とで，また日量と1時間量とでは異るということである。

本章においては，上述のような見地から，月降水量の変化が如何に月流出量およびその他の流域水文要素の変化に影響するかを論じ，もつて前述した水文学的季節の研究に対してより分析的な基礎資料を提供しようとするものである。

本研究の全般を通じて，年間の降水量分布は何らかの数値として表わされているのであるが，本章においてはとくに月降水量が如何に流域水文諸要素に影響するものであるかを求めるのであるから，月毎の降水量が如何に分布しているかをとくに記述しておく必要がある。およそ水文学は地球上における水の空間的，時間的分布の状態に関する学問であるという意味においても年間降水量分布の記述は森林量水試験にとつて1つの課題でもあるが，本節では，次節以下の予備として主として数表および図表によつてその大要を示す程度に止める。

Table 34.　愛知演習林内A流域月降水量20年間平均値並びに月降水量分布に関する指標
（各年の月降水量は附表参照）
Some indices of distribution of monthly precipitation, Watershed A, Aichi.

| 事項 / 月 | 平均月降水量 | 平均降水日数 | 1日当り降水量 | 最大月降水量，同最小 | 範　　囲 |
|---|---|---|---|---|---|
| Ⅰ | 62mm | 11.0 | 5.6mm | 117 ～ 11 mm | 106mm |
| Ⅱ | 69 | 9.2 | 7.5 | 97 ～ 41 | 56 |
| Ⅲ | 131 | 13.4 | 9.8 | 260 ～ 33 | 227 |
| Ⅳ | 149 | 13.3 | 11.2 | 237 ～ 39 | 198 |
| Ⅴ | 177 | 10.9 | 16.2 | 312 ～ 45 | 267 |
| Ⅵ | 261 | 16.0 | 16.3 | 472 ～ 71 | 401 |
| Ⅶ | 232 | 15.6 | 14.9 | 445 ～ 35 | 410 |
| Ⅷ | 170 | 13.2 | 12.9 | 301 ～ 49 | 252 |
| Ⅸ | 242 | 14.9 | 16.2 | 376 ～ 85 | 291 |
| Ⅹ | 140 | 11.2 | 12.5 | 263 ～ 64 | 199 |
| Ⅺ | 89 | 9.4 | 9.5 | 144 ～ 21 | 123 |
| Ⅻ | 63 | 10.2 | 6.2 | 129 ～ 6 | 123 |

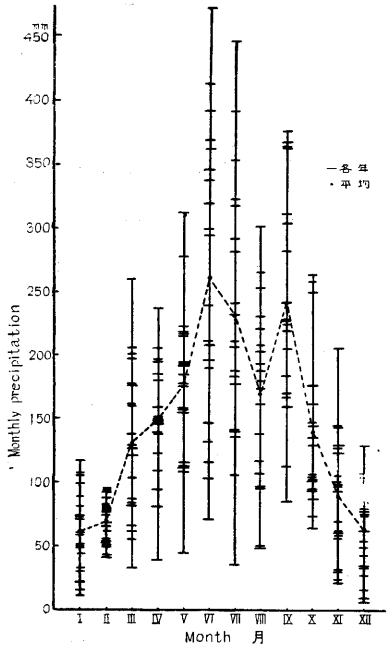



Fig. 14. 愛知演習林A流域における月降水量の分布（1939—58） 附表参照

Annual distribution of monthly precipitation in Watershed A. (1939—58), data are in appendix.

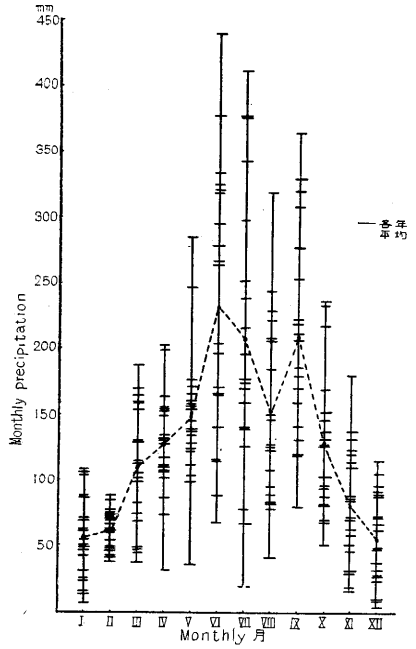



Fig. 15. 愛知演習林C流域における月降水量の分布（1939—58）附表参照

Annual distribution of monthly precipitation in Watershed C. (1939—58), data are in appendix.

## § 2. 月降水量，流出量曲線

統計値としての月降水量と月流出量との間にある関係は，見方によつて次の2つに分けること

ができる。

1. 季節差にかかわりなく，降水量と流出量との間に現われる関係

2. 季節の違いにによつて特徴を表わすところの降水量と流出量との関係

（1） 季節差にかかわりない降水量と流出量との関係

東京大学農学部附属愛知演習林内流域において各月の降水量，流出量を 20 年間に亘つて月毎に平均すると第 35 表の通りとなる。（各年毎の月量は附表の第(1)，第(2)欄をみよ）

Table 35. 愛知演習林 A 流域における月降水量，月流出量の20年間平均値 (1939—1958)
20 years' averages of monthly precipitation($x$) and monthly runoff($y$), watershed A, Aichi.
（単位 mm）

| 月＼項目 | 降水量 $x$ | 流出量 $y$ |
|---|---|---|
| 1 | 62 | 36 |
| 2 | 69 | 32 |
| 3 | 131 | 60 |
| 4 | 149 | 70 |
| 5 | 177 | 86 |
| 6 | 251 | 123 |
| 7 | 232 | 144 |
| 8 | 170 | 74 |
| 9 | 242 | 102 |
| 10 | 140 | 79 |
| 11 | 89 | 48 |
| 12 | 63 | 38 |

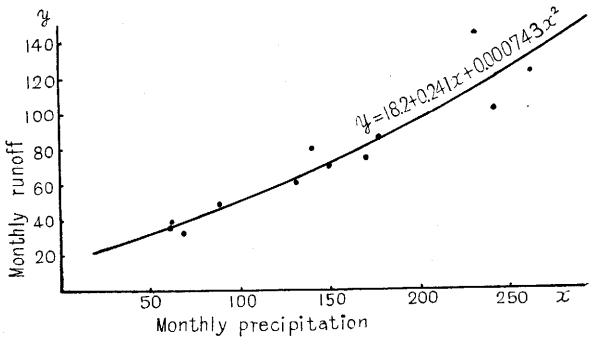



Fig. 16. 季節にかかわりない月降水量—月流出量曲線
Non-seasonal monthly precipitation-monthly runoff curve, Aichi, A.

季節（月）にかかわらず，月流出量 $y$ が月降水量 $x$ の函数として表わされるものと考えれば，第 35 表の値にはほぼ

$$y=a+bx+cx^2$$

なる形の式が適合し，最小自乗法によつてその常数を決定すれば

$$y=18.2+0.241x+0.000743x^2 \quad \cdots\cdots (1)$$
（単位は mm）

この実験式を $x$ につき微分すれば

$$\frac{dy}{dx}=0.241+0.001486x \quad \cdots\cdots (2)$$

(1)式は上に凹の曲線であり，(2)式は月降水量の単位増加に基づく月流出量の増加の割合は，降水量階級の低い場合よりも降水量階級の高い場合において，より大きいことを示していると解される。

（2） 季節別（月別）の関係

1月なら1月という同一の月のみの観測値の集りについては月降水量 $x$ と月流出量 $y$ との間

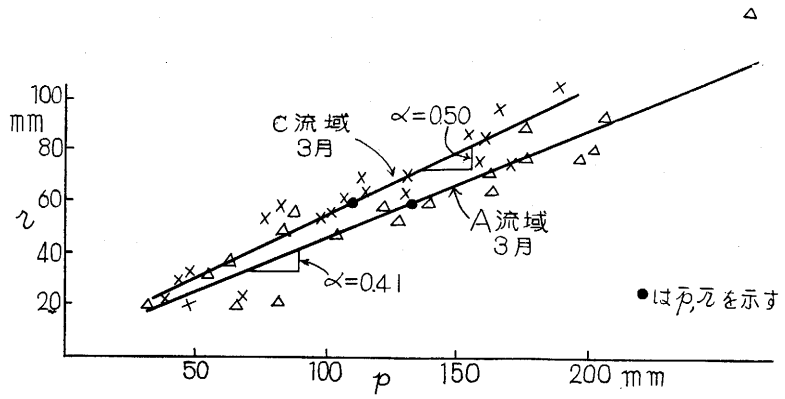



Fig. 17. 特定の季節（1カ月）における月降水量—月流出量の関係（3月）
The linear relation between monthly precipitation and monthly runoff of a specific season (March).

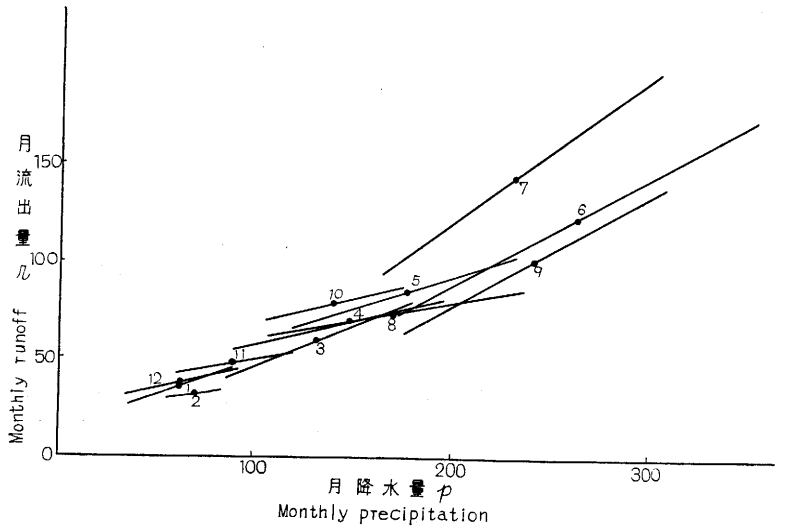



Fig. 18. 1年中の各月毎の降水量対流出量の関係を示す回帰直線の群
A group of linear regressions of runoff on precipitation representing seasonal characteristics.

にはやはり，ほぼ

$$y=a+bx+cx^2 \quad \cdots\cdots (1)$$

なる形の関係を考えることができる。しかし各月についてこの形の式を考えると1年中では常数は $a_i$（$i=1, 2, 3, \cdots\cdots 12$）の12個，$b_i$（$i$ は上に同じ）の12個および $C_i$（$i$ は上に同じ）の12個計36個となり，これらによつて季節の差が如何に現れるかを比較するのは極めて複雑である。而して実際上，月によつて多少の差はあるが，$C$ の値は $a$, $b$ の値に比して極めて小さく，実用上は $x$ と $y$ との関係を

$$y=a+bx \quad \cdots\cdots (2)$$

であると見て差支えない。(Fig. 17)

月降水量 $x$ と月流出量 $y$ との間に簡単な直線的関係を認めるとき，統計値 $x$ と $y$ との取扱いはこれを直線回帰の概念で取扱うことが便利である。換言すれば，上の事実は，「月流出量 $r$ は月降水量 $p$ の上に回帰直線

$$\hat{r}=A+\alpha p \quad \cdots\cdots (3)$$

をもつと云うことができる。

さらに(3)式は

$$\hat{r}=\bar{r}+\alpha(p-\bar{p}) \quad \cdots\cdots (4)$$

（ここに $\bar{r}$ は月流出量 $r$ の平均値）と書き換えられる。しかして

$$\alpha=\frac{\hat{r}-\bar{r}}{p-\bar{p}}=\frac{n\sum(p\cdot r)-(\sum p)(\sum r)}{n\sum p^2-(\sum p)^2} \quad \cdots\cdots (5)^{1)}$$

によつて常数 $\alpha$ が求められることは最小自乗法の示すところである。

ここに $\alpha$ は何を意味するかといえば，任意の月降水量が月降水量の平均値よりも単位量だけ増加するとき，これに対応する月流出量は月流出量の平均値よりも平均的にみて $\alpha$ だけ増加することを示す。したがつて $\alpha$ の値を用いて月降水量の観測値または推定値から月流出量を推定するには，月降水量の平均値 $\bar{p}$ および月流出量の平均値 $\bar{r}$ を知らねばならない。月降水量および月流出量の平均値 $\bar{p}$, $\bar{r}$ を共に得ることは流出量観測値の得られない流域については不可能であるが，水文学の応用面において極めて広く用いられる「流出係数」の概念を拡張応用すれば，流出量観測値が直接には得られない場合でも降水量だけから流出量を推定できる。その実際的方法については次節にのべる。

なお各月毎の月流出量の場合，極めて一般的な曲線形

(1) $y=a+bx+cx^2$

なる形を採用せず

(2) $y=a+bx$

すなわち回帰式の形では

(3) $\hat{r}=A+\alpha p$

或は書き換えて

(4) $\hat{r}=\bar{r}+\alpha(p-\bar{p})$

なる直線形を採用することについて附言しよう。

---

1) 回帰直線の一般的な表し方

$$\hat{r}=\bar{r}+\left(\frac{Srp}{Sp^2}\right)(p-\bar{p})$$

における記号の用法

$\bar{r}$, $\bar{p}$ はそれぞれ流出量，降水量の平均値を，$Srp$ は流出量，降水量のそれぞれの平均値からの偏差の積の和を，$\hat{r}$ は流出量の期待値を示す。この場合記号の $r$, $p$ 用法は本文のそれらと異なる。

本節の目的は季節毎（月毎）に降水量が流出量に如何に影響するかの指標を求めることであるが，比較の便宜上，指標（ここでは常数）を1個とした。しかして(1)式にて表わされる曲線は平均点（$\bar{p}$, $\bar{r}$）に極めて近い位置で

$$\frac{dy}{dx}=\alpha$$

となる点をその曲線上に必ず有するから，上記の目的のためには $\alpha$ を統計計算によつて求めるのは(1)式において平均点附近の$\frac{dy}{dx}$を求めることとほとんど大差ない意義を有するのである。

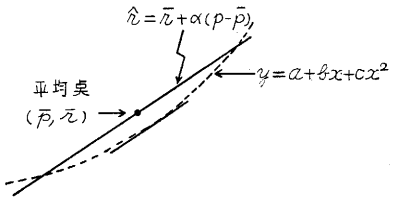



Fig. 19.

## § 3. 第2項流出係数

一般に流出係数（または流出率）とよばれるものは前節までの記号の用法に従えば

$$C=\frac{\bar{r}}{\bar{p}}$$

なる関係にある $C$ を指すものに他ならない。すなわち

$$\bar{r}=C\bar{p} \quad \cdots\cdots (1)$$

よつて前節(4)式は

$$\hat{r}=C\bar{p}+\alpha(p-\bar{p}) \quad \cdots\cdots (2)$$

すなわち或る流域の月平均降水量 $\bar{p}$，流出係数 $C$，予想降水量 $p$ があるとき，$p$ に対応する予想月流出量 $\hat{r}$ は(2)式によつて求められる。もともと流出係数 $C$ は多くの $p$ および $r$ の観測値に基づいて定められるものであるが，一旦 $C$ の値が見出された後には，流域の性質がほとんど同一であると見做される他の流域についても同じ流出係数を適用してよいと考えられるものである。これと全く同様に，$\alpha$ の値も，最初は多くの $p$ および $r$ に基づいて，前節(5)式により定められるものであるが，一旦これがある試験流域について見出されたならば，年々の月降水量の変化が，月流出量に及ぼす影響がほぼ同等であると見做される他の流域に関しても同じ $\alpha$ の値を用いてよいものでなければならない。このような意味から著者は

(2)式 $\hat{r}=C\bar{p}+\alpha(p-\bar{p})$

において $\alpha$ を第2項流出係数と仮称し，その応用を試みたいと思う。

因みに前節(3)式 $\hat{r}=A+\alpha p$ と本節(2)式とから

$$A=(C-\alpha)\bar{p} \quad \cdots\cdots (3)$$

なる関係が得られるから(3)によつて $A$ なる値を求めておくことも計算上の検定には役立つ。

東京大学農学部附属愛知演習林のように，ほぼ一定の林相を維持している流域における長年間の降水量および流出量観測値は流出係数および第2項流出係数 $\alpha$ の決定に有力な資料を提供する。

第36表および第37表に示す $\alpha$ の値は，理論的には前節(5)式

Table 36. 愛知演習林A流域における月別流出係数 $C$, 平均月降水量 $\bar{p}$ (1939—1958 の 20 年間), 第 2 項係数 $\alpha$, 回帰直線式の絶対項 $A$, 回帰からの標準偏差 $\sigma$
(1) Monthly runoff coefficients, (2) average monthly precipitations, (3) the second terms coefficients, (4) absolute terms of regression equations and (5) standard deviations from the regressions on watershed A, Aichi.

| 事項 / 月 | (1) $C$ | (2) $\bar{p}$ | (3) $\alpha$ | (4) $A$ | (5) $\sigma$ |
|---|---|---|---|---|---|
| | | mm | | | mm |
| 1 | 0.58 | 62 | 0.37 | 13 | ±12 |
| 2 | 0.41 | 69 | 0.22 | 13 | ±18 |
| 3 | 0.46 | 131 | 0.41 | 7 | ± 9 |
| 4 | 0.47 | 149 | 0.25 | 33 | ±11 |
| 5 | 0.49 | 177 | 0.33 | 28 | ±12 |
| 6 | 0.47 | 261 | 0.57 | −26 | ±24 |
| 7 | 0.62 | 232 | 0.76 | −32 | ±26 |
| 8 | 0.44 | 170 | 0.20 | 34 | ±24 |
| 9 | 0.42 | 242 | 0.59 | −41 | ±22 |
| 10 | 0.51 | 140 | 0.26 | 35 | ±26 |
| 11 | 0.54 | 89 | 0.19 | 31 | ± 9 |
| 12 | 0.60 | 63 | 0.24 | 23 | ± 8 |

Table 37. 愛知演習林C流域における月別流出係数 $C$, 平均月降水量 $\bar{p}$ (1939—1958 の 20 年間), 第 2 項係数 $\alpha$, 回帰直線式の絶対項 $A$, 回帰からの標準偏差 $\sigma$

Same items to the Table 36 on watershed C, Aichi.

| 事項 / 月 | (1) $C$ | (2) $\bar{p}$ | (3) $\alpha$ | (4) $A$ | (5) $\sigma$ |
|---|---|---|---|---|---|
| | | mm | | | mm |
| 1 | 0.72 | 57 | 0.49 | 13 | ±13 |
| 2 | 0.55 | 62 | 0.23 | 20 | ± 7 |
| 3 | 0.54 | 110 | 0.50 | 4 | ± 7 |
| 4 | 0.55 | 128 | 0.38 | 22 | ±13 |
| 5 | 0.57 | 148 | 0.44 | 19 | ±12 |
| 6 | 0.55 | 233 | 0.67 | −28 | ±20 |
| 7 | 0.69 | 208 | 0.87 | −37 | ±26 |
| 8 | 0.49 | 151 | 0.37 | 18 | ±26 |
| 9 | 0.49 | 210 | 0.73 | −50 | ±22 |
| 10 | 0.66 | 127 | 0.37 | 37 | ±26 |
| 11 | 0.67 | 81 | 0.24 | 35 | ± 7 |
| 12 | 0.79 | 56 | 0.41 | 21 | ± 8 |

$$\alpha=\frac{n\sum(p\cdot r)-(\sum p)(\sum r)}{n\sum p^2-(\sum p)^2}$$

に従うものであるが, 計算の便宜上著者が Linsley のいわゆる graphical correlation 法[27]を用い図解的に求めた近似値であり, 第 17 図に例示する回帰直線の傾度 $\left(-\frac{dr}{dp}\right)$ に相当する。なお第 36, 37 表には $\alpha$ を用いて $\hat{r}$ を推定するときの誤差の大きさを, 月流出量の月降水量の上の回帰からの標準偏差で示した。

**応用例の 1**

いま比較的森林状態の良好な花崗岩の基岩を有する東海地方の流域において 7 月の降水量が 200mm なるときの月流出量は第 36 表の係数を用い

$$\hat{r}=0.62\times232+0.76\ (200-232)$$
$$=144-24\fallingdotseq120\ \pm26\ (\mathrm{mm})$$

**応用例の 2**

林相, 地形, 高度, 平均降水量等が愛知演習林内C流域に類似する流域において 4 月の月降水量が 160 mm なるときの月流出量は第 37 表の値を用いて

$$\hat{r}=0.55\times128+0.38\ (160-128)$$
$$=70+12=82\pm13\ (\mathrm{mm})$$

**応用例の 3**

例 1 と同じ流域において 7 月の予想降水量が 300mm のときは

$$\hat{r}=0.62\times232+0.76\ (300-232)$$
$$=144+52=196\pm26\ (\mathrm{mm})$$

以上の例からも判断されるように予想月降水量が, 流出係数を求めたもとの降水量平均値と一致するときのみは, 第 2 項流出係数を用いても用いなくても同じであるが, そうでない場合は第 2 項流出係数を用いる方がより精度高い推定ができるというべきである。

## § 4. 流域水文要素に対する月降水量の影響率の平衡

第Ⅳ章第3節の考察により，地下重力水日流出量が $q_0$ なるときの地下重力水貯溜量 $D$ は

$$D=q_0\frac{-1}{\log_e K} \quad \cdots\cdots (1)$$

（ただし $K$ は漸減係数）によつて推定される。この式は厳密には蒸発蒸散量が無いものと考えるときの地下重力水貯溜量を示し，したがつて季節により蒸発蒸散量が異ることを特に強調する場合には $K$ の値も季節によつて変化せしめねばならない。

いま，各月の始期および終期において，それぞれの時期に応ずる漸減係数を $K_b$, $K_e$ とすれば月初めの重力水貯溜量 $D_e$ は

$$D_b=\frac{-q_b}{\log_e K_b}+E_b \quad \cdots\cdots (2)$$

で月終りの重力水貯溜量 $D_e$ は

$$D_e=\frac{-q_e}{\log_e K_e}+E_e \quad \cdots\cdots (3)$$

ただし $q_b$, $q_e$ はそれぞれ月の初めと終りにおける地下重力水日流出量，$E_b$, $E_e$ はそれぞれその時期において，蒸発蒸散があるための地下重力水貯溜量推定式(1)が有する誤差とする。しかるときその月の前後における重力水貯溜量の変化量 $g$ は

$$g=D_e-D_b=\frac{-q_e}{\log_e K_e}-\frac{-q_b}{\log_e K_b}(E_e-E_b)$$

ここで

$$-k_e=\frac{1}{\log_e K_e}, \qquad -k_b=\frac{1}{\log_e K_b} \quad \text{とおけば}$$

$$g=q_e\cdot k_e-q_b k_b+(E_e-E_b)$$

ここに $E_e$ と $E_b$ は同じ月の始めと終りでは大差なく $E_e-E_b$ を無視して差支えないものとみてよいから

$$g=q_e\cdot k_e-q_b k_b \quad \cdots\cdots (4)$$

巻末の附表は愛知演習林 **A** 流域及び **C** 流域における $g$ の計算表である。

しかして $g$ はその月の月降水量 $p$ の上に直線回帰をもつ（第22図参照）。その方程式を

$$\hat{g}=B+\beta p$$

で表せば，$\beta$ は $n$ 年間の $p$ および $g$ の値から

$$\beta=\frac{n\sum(p\cdot g)-(\sum p)(\sum g)}{n\sum p^2-(\sum p)^2} \quad \cdots\cdots (5)$$

によつて求められる。

Table 38. 東京大学農学部附属愛知演習林における $\beta$ の値
The value of regression coefficients of the monthly increments of detention storage ($\beta$) in watershed A and C, Aichi

| 流域＼月 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 0.14 | 0.22 | 0.25 | 0.36 | 0.24 | 0.19 | 0.06 | 0.29 | 0.20 | 0.13 | 0.34 | 0.29 |
| C | 0.11 | 0.22 | 0.15 | 0.35 | 0.27 | 0.23 | 0.02 | 0.25 | 0.23 | 0.27 | 0.31 | 0.10 |

東京大学農学部附属愛知演習林内**A, C**両流域における昭和14年から昭和33年に至る20年間の月降水量，および $g$ に基き graphical correlation の方法によつて求めた $\beta$ の値は第38表の通りである。

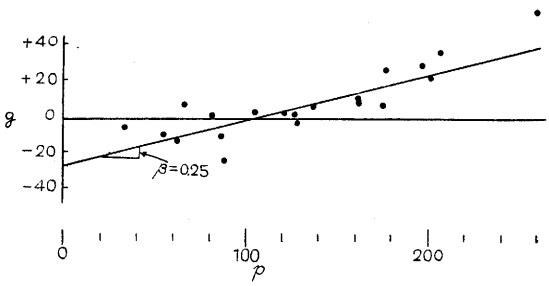



Fig. 20. $\beta$ の図解的算出の1例（A流域，3月）
An example of graphical method of obtaining the value of $\beta$.

次にある1カ月間の毛管水貯溜量の増加量を $m$，その1カ月間の蒸発蒸散量を $e$ で表せば，その1カ月間の流域水分収支方程式は

$$p_{ij}=r_{ij}+g_{ij}+m_{ij}+e_{ij} \quad \cdots\cdots (6)$$

ここに $i=1, 2, 3, \cdots\cdots, 12$ （月をあらわす）

$j=1, 2, 3, \cdots\cdots, 20$ （年をあらわす）

すなわち20年間には $12\times20$ 個の月別水分収支方程式が成り立つ。ここに $p$, $r$ は観測値として，$g$ は計算値としては得られるが，$m$, $e$ の値は各月毎にこれらを求めることは困難である。しかし $m$, $e$ ともに $p$ と対応するから，それらは $r$ や $g$ がそうであつたようにそれぞれ月降量 $p$ の上に直線回帰をもつであろうと考えることができる。

第2節において，月流出量 $r$ の月降水量 $p$ の上の回帰直線の傾度を $\alpha$ としたことは微分の記号を用いて

$$\frac{d\hat{r}}{dp}=\alpha \quad \cdots\cdots (7)$$

と書くことができ，また本節における $g$ と $\beta$ との関係は同様に

$$\frac{d\hat{g}}{dp}=\beta \quad \cdots\cdots (8)$$

と書かれる。これらと同様に，毛管水貯溜量の増加量$m$，蒸発蒸散量 $e$ についてもそれらの月降水量の上の回帰直線の傾度をそれぞれ $\gamma$, $\varepsilon$ で表せば

$$\frac{d\hat{m}}{dp}=\gamma \quad \cdots\cdots (9)$$

$$\frac{d\hat{e}}{dp}=\varepsilon \quad \cdots\cdots (10)$$

と置くことができる。

一方(6)式　$p=r+g+m+e$

を $p$ で微分すれば

$$\frac{d\hat{r}}{dp}+\frac{d\hat{g}}{dp}+\frac{d\hat{m}}{dp}+\frac{d\hat{e}}{dp}=1 \quad \cdots\cdots (11)$$

すなわち(6), (7), (8), (9)式を用いて

$$\alpha+\beta+\gamma+\varepsilon=1 \quad \cdots\cdots (12)$$

ここに $\alpha$, $\beta$ は計算値として得られるから(12)式より $(\gamma+\beta)$ の値が得られる。

(11)式あるいは(12)式は月単位にみたとき，流域水文要素である流出量，重力水貯溜量の増加量，毛管水貯溜量の増加量および蒸発蒸散量の4つがそれぞれ月降水量の単位増加によつて増加するそれぞれの割合の和は一定であるということを示している。このことを著者は「流域水文要素に対する月降水量の影響率は相互に平衡し合つている」ということにする。$\gamma$ および $\varepsilon$ の値は個々には得られないから今 $(\alpha+\beta)$ と $(\gamma+\varepsilon)$ とを考えると，前者は月降水量が重力水の形をとる水分に対する影響率，後者はこれに対して毛管水の形をとる水分に対する影響率と近似的に考えることができる。もつとも蒸発は重力水の形の水からも起こるから，この表現は厳密でないが一応それに近い指標になり得るのではないかとの考えをもつて愛知演習林2流域の値を比較すれば，第39表および第40表の通り，森林状態の良好なA流域では月降水量の毛管水相への影響率がより大，森林状態の比較的悪いC流域では重力水相への影響率がより大である。

Table 39.　愛知演習林内2流域における月降水量の重力水相への影響率 $(\alpha+\beta)$ の比較
Comparison of watershed A and C by the effective rates of monthly precipitation on the gravitational phases of water stored and runoff inclusive.

| 月 / 流域 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 0.51 | 0.44 | 0.66 | 0.61 | 0.57 | 0.76 | 0.82 | 0.49 | 0.79 | 0.39 | 0.53 | 0.52 |
| C | 0.60 | 0.45 | 0.65 | 0.73 | 0.71 | 0.90 | 0.89 | 0.62 | 0.96 | 0.64 | 0.55 | 0.52 |

Table 40.　愛知演習林内2流域における月降水量の毛管水相への影響率 $(\gamma+\varepsilon)$ の比較
Comparison of watershed A and C by the effective rates of monthly precipitation on the capillary phases of water stored and transpired inclusive.

| 月 / 流域 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 0.49 | 0.56 | 0.34 | 0.39 | 0.43 | 0.24 | 0.18 | 0.51 | 0.21 | 0.61 | 0.47 | 0.48 |
| C | 0.40 | 0.55 | 0.35 | 0.27 | 0.29 | 0.10 | 0.11 | 0.38 | 0.04 | 0.36 | 0.45 | 0.48 |

# 総　　括

本論文は森林量水試験すなわち，水文学的循環過程における森林の影響，中でも森林の流出量におよぼす影響を明らかにすることを主目的とする野外試験の方法に関して，主として東京大学農学部附属愛知演習林内の長期の観測結果を用いた統計的験証を行うとともに，同試験地における水分循環の有様を森林影響の現れとして追求したものである。

第Ⅰ章ではまず，かつて行われた或は現在行われている著名な13ヵ所の森林量水試験を挙げ，それらは気候および森林植生の点で地域的特性をもつているが，同時にこれらを歴史的にみれば，一貫した方法論の発展過程すなわち併行法および単独法を経て対照流域法へ発展したことが看取されることを指摘した。ついで本研究の主要な資料採取地である愛知演習林内量水試験地の流域諸元を求め，さらに本研究で取扱う観測値の表示単位としての水高の意義を考察し，当該試験地に関しては日流出量以上の量の取扱いでは，水高に含まれる流域面積の差の影響を無視してよいことを確め次章以下に対する前論とした。

第Ⅱ章では，一般に森林の流量調節作用とよばれる機能を表わす指標的数値は，流出量の分散度およびこれと降水量のそれとの組合せとして，或る種の分散度を表わす3つの統計量と相対的な関係があるという仮説を立て，愛知演習林内4流域の観測値に基き，これらの統計量の示す4流域の順位が，森林の影響として期待される順位と最もよく一致するためには，日流出量の標準偏差を $\sigma$，日降水量標準偏差を $\mu$，日流出量の年平均値を $R$ とするとき，

$$\frac{\sigma}{\mu \cdot R}$$

という形の統計量との関係において験証することが最も有効であることを確めた。

またこの種の統計量は，流域の，水に対する総体的長期間的な影響に関するものであるから，極値的短期間的なものとして，比較的大雨の場合を抽出し，このときの森林の影響は，継続する数日にわたつて降雨があつた場合についてとくに著者が定義する「遠日流出率」によく現われることを示し，流域の流量調節に関する順位の指標としてこれを用い，前法によるそれと一致する結果を得た。

しかしながら以上の験証は，もともと併行的構想に基づいて選定された流域における観測値を用いる場合の方法であつて，森林影響検出の方法としての普偏性，優位性には若干の疑問の余地があることを指摘し，積極的には試験地選定の際，対照流域法を計画しなければならないことを述べ，対照流域として選ばれる流域に必要な条件について検討した。その結果森林量水試験における対照流域は，必ずしも従来考えられていたように処理流域におけるものと等しい雨を受ける隣接した林地流域でなければならないということはなく，併行法的取扱のみが予定されていた愛知演習林内の2流域（A，B流域を指す，これらは2.5km の距離にある）も相互に他の対照流

域としての価値をもつていることを明かにした。また他の試験地においてこのような検討を行う場合に用いて有効な降水量，流出量に関する変動の計算を容易簡便にするための近似計算法を提案した。従来ややもすれば，流出量の降水量に対する回帰関係あるいは，処理流域流出量の，対照流域流出量に対する回帰関係そのものを精密に求めることに力が注がれていた。これに対して上の近似計算法は，極めて寡雨の地方を除けば，それらの回帰係数は近似的に1であるから，むしろその値を1と仮定することによつて，他の因子の変動にかかわりない流出量自身の変動が森林影響の結果として独立かつ容易に把握されるようにしたものである。

なお以上の検討の間，愛知演習林内C流域の林相の永年変化は他流域のそれに比して大きいことが看取されるので，その影響を時間流量曲線を用いて検討するため，とくに精密を期して湛水池の流出量遅滞作用に基く誤差を数値積分法により修正した上で，多数の流量配分図を製作し，地表流の起時からその頂点の現われる時刻までの時間は，同流域では年の経過とともに増大する傾向にあり，林相の推移から予想される方向にあることを確めた。

第Ⅲ章は水年論である。愛知演習林内量水試験における降水量，流出量の取扱いに関して従来用いられてきた水年は，暦年に一致するという便宜上の理由の他に，地上地下の水分貯溜量が最も小さいと思われる時期を水年の切れ目とする主義に従つて，1月1日を起日とするものであつたが，著者はその妥当性は必ずしも未だ水年の本質的意義に照らして実証されていない点に着意した。而して地表下の水分を毛管水貯溜量と重力水貯溜量とに分け，量水試験の観測値に基づき，流域内の土壌水分が平均的に最も圃場容水量に近いと考えられる時期，すなわち5月の始め頃，降雨のあつた後の適当な日を水年の切れ目とする J. A. Lieberman のいわゆる水文学的年度を設けることが合理的かつ有用であることを追試して確めた。なおこの水文学的年度の起日としては，降雨が終つた日より2，3日後の日が選ばれるものであるため，近似的な1年間がとられる，換言すれば水文学的年度は必ずしも正しく365日とはならず，資料の統計整理上不便を来すことがある。よつて著者は単に月の初日を起日とする種々の年度区分をとり前章に述べた近似計算法によつて比較した結果，降雨の有無にかかわらず5月1日に始まり，4月30日に終る年度（これを著者は統計験証的年度と名付けた）が最も水年の意義に照らして妥当である，すなわちこのとき年消失量の変動は最小となるということを見出した。

第Ⅳ章では，前章水年論における考察は，単に最もよい水年区分を見出すことに止まるべきでなく，水文学的季節区分に発展すべきものであり，そのためには森林量水試験では無降雨日地下水流出量の漸減法則が基礎となるものであるとの見地から，まずその公式化に関する方法としての同時化法について考察した。同時化法とは要約すれば，数日しか続かない無降雨日流出すなわち地下水流出の漸減曲線を繋ぎ合わせて長い連続の曲線を得るための数値計算の1法であり，これを利用して流域内地下水（重力水）分の増減を推定することができる。またその資料を特定の季節または月からとれば，その季節または月の地下水流出状態を示す曲線が得られ，また資料を1

年中から多く採つて繋ぎ合わせれば，季節にかかわらずその流域を他の流域と比較するための代表的な曲線が得られる。著者は愛知演習林内の2流域（A，C）について，月毎の地下水流出量（$G$）を求めるには，その曲線上の最大日流出量を $Q_0$，漸減係数を $K$，その漸減曲線の使用範囲すなわち同時化法によつて得られる仮想的連続無降雨日の最大限を $t_{max}$ とするとき

$$G=Q_0\frac{1}{\log_e K}(K^{t_{max}}-1)\frac{30}{t_{max}}$$

によつて求められることを示した。これによつて愛知演習林内の2流域における地表流出量と地下水流出量との対比関係は森林の影響として期待される通りになるという結果が得られた。さらに水文学的季節に関しては，平均年における地表水および地下水の増減の季節区分を追求し，愛知演習林においては5月から8月までを植物生長期，9月および10月を秋の水分補充期，11月から2月までを重力水漸減期，3月および4月を春の水分補充期として区分すべき地表下水分増減の状態を描示することに成功した。またそのような地下水増減の追求過程において量水試験流域では A. F. Meyer 氏の蒸発蒸散量グラフが有効に利用できることを示した。

第V章においては，前章までの研究によつて水文学的季節区分が明かになつたことは，これら季節の差により，降水量の流出量に対する影響の有様が異り，また同時に森林状態の異る流域についても差が生ずるであろうということを示唆するものであるとの着意の下に，これを 20 年間にわたる各月毎の月流出量および重力水貯溜量変化量の，対応する月降水量の上の回帰係数を指標として追求した。

1年中の任意の月において，流出量，重力水貯溜量変化量，毛管水貯溜量変化量および蒸発蒸散量が月降水量の上においてそれぞれもつ直線回帰係数を $\alpha$，$\beta$，$\gamma$ および $\varepsilon$ とするとき，

$$\alpha+\beta+\gamma+\varepsilon=1$$

という関係が導かれる。これは「流域水文要素に対する月降水量の影響率の総和は一定である」と云い表わすことができる。$(\alpha+\beta)$ の値は直線回帰の図解的決定法により求められ，したがつてこれより $(\gamma+\varepsilon)$ の値も得られる。近似的に $(\alpha+\beta)$ は月降水量の，流域内重力水相への影響率，$(\gamma+\varepsilon)$ は月降水量の同じく毛管水相への影響率を示すものとみることができるが，これらの2流域の森林状態から期待される関係，すなわち森林状態の良好なA流域では月降水量の毛管水相への影響率がより大であり，森林状態の比較的悪いC流域では重力水相への影響率がより大であることは20年間の測定値によつて験証された。なお著者は $\alpha$ を第2項流出係数とよび，水理，水文学の応用上一般的な概念である流出係数（流出率）と組合せて用いれば降水量から流出量を推定する精度を一層高め得ることを示した。

## 参 考 文 献


1) Anderson, H. W., and Trobitz,, H. K.: Influence of some watershed variables on a major flood, Jour., Forestry 47-5; 347-356 (1949).
2) Bates, C. G., and Henry, A. J.: Forest and stream-flow experiment at Wagon Wheel Gap, Col,. Monthly Weather Review, Supple. 30 (1928).
3) Brater, E. F.: The unit hydrograph principle applied to small watershed, Am. Soc. C. E., proc. 1191-1215 (1939).
4) Dils, R. E.: Influence of forest cutting and mountain farming on some vegetation, surface soil, and surface runoff characteristics, Southeastern Forest Exp. Station Paper 24 (1953).
5) Drinkwater, W. O. and Janes, B. E.: Relation of potential evapotranspiration to environment and kind of plants, Trans. Amer. Geophys. Un. 38-4:524-528 (1957).
6) Engler, Arnold: Untersuchungen über den Einfluss des Waldes auf dem Stand der Gewässer, Zürich (1919).
7) Foster, E. F.: Rainfall and runoff, New York (1949).
8) Goodell, B. C.: A preliminary report on the first Year's effect of timber harvesting on water yield from a Colorado watershed, Rocky Mountain Forest and Range Exp. Station Paper 36 (1958).
9) 畑村又好，津村善郎，奥野忠一，田中祐輔（訳）：スネデイカー統計的方法（1952）
10) 平田徳太郎：水源地の流出機構（1957）
11) Hoover, M. D.: Effect of removal of forest vegetation upon water yield, Trans. Amer. Geophys. Un. Part 6: 969-975 (1944).
12) Hursh, C. R. and Hoover, M. D.: Soil profile characteristics pertinent to hydrologic studies in the southern appalacians, Soil Science, Proc. (1941).
13) Hursh, C. R. and Fletcher, P. W.: The soil profile as a natural reservoir, Soil Science Soc. Proc. 7: 480-486 (1942).
14) Hursh, C. R., Hoover, M. D., and Fletcher, P. W.: Studies in the balanced water economy of experimental drainge-areas, Trans, Amer. Geophys. Un.: 509-517 (1942).
15) Hursh, C. R. and Brater, E. F.: Separating storm-hydrograph from small drainge-area into surface and subsurface-flow, Trans. Am. Geophys. Un. 863-870 (1941).
16) Hursh, C. R.: Research in forest-streamflow relations, Unasylva V (1): 2-9 (1951).
17) Hydrology Committee: Hydrology handbook, A. S. C. E. (1952).
18) 井上桂，高田岩次，勝見精一，増田久夫：上川試験地の伐採による流量変化，林業試験場北海道支場業務報告　特別7号（1956）.
19) Johnson, E. A. and Kovner, J. L.: Effect on streamflow of cutting a forest understory, Forest Science, Vol. 2-2 (1956).
20) Johnson, E. A. and Dils, R. E.: Outline for compiling precipitation, runoff, and ground water data from small watersheds, U. S. Southeastern Forest Exp. Station Paper 68 (1956).
21) 金子良，森田造，新倉重延：小流域河川の流出機構，農業技術研究所報告　F 2 号（1952）.
22) 金子良，五十嵐正次，上村春美：小流域における流出機構の研究，農業技術研究所報告　F12号（1960）.
23) 川口武雄：森林気象学（1956）.
24) Kittredge, J.: Forest influences (1948).

25) KOVNER, J. L.: Evapotranspiratin and water yields following forest cutting and natural regrowth, Proc. Am. Foresters, 106-110 (1956).
26) LIEBERMAN, J. A. and FLETCHER, P. W.: Further studies of the balanced water cycle on experimental watersheds, Trans, Am. Geophys. Un. 421-424 (1947).
27) LINSLEY, R. K., KOHLER, M. A. and PAULHUS, J. L. H.: Applied Hydrology (1949).
28) 丸山岩山，猪瀬寅三：釜淵森林理水試験第1回報告，林業試験場研究報告 53 号 (1952).
29) 丸山岩三，根田和夫：釜淵森林理水試験第2回報告，地下水によると認められる減水について，林業試験場研究報告 68 号 (1954).
30) 丸山岩三，遠藤尚，吉筋正二，浅田正朗：去川森林理水試験第1回報告，林業試験場研究報告 123 号 (1960).
31) 丸山岩三，川口武雄：森林の治山治水機能に関する研究抄録，林野庁 (1952).
32) MEYER, A. F.: Elements of hydrology, (1928).
33) 武藤博忠 (訳)：河川の水位に及ぼす森林の影響，興林会 (1936).
(原著，Hans Burger: Einfluss des Waldes auf den Stand der Gewässer)
34) 中野秀章 (抄訳)：サンディマス森林理水試験地要覧，農林省林業試験場防災部 (1956).
35) 中野秀章，大滝勇：竜の口山水源涵養試験第3回報告，林業試験場研究報告 44号 (1950).
36) 中野秀章，菊谷昭雄：森林伐採と融雪，日本林学会誌 38-8 (1956).
37) 中野秀章，森沢万佐男，菊谷昭雄：林況変化が渓川流出に及ぼす影響の double-mass analysis による解析，日本林学会誌 42 (1) (1960).
38) 野口陽一：森林の流量調節作用表示式に対する統計的検討，東京大学農学部演習林報告 39 (1951).
39) 野口陽一：流域理水機能の比較に用いる示標としての流出率，東京大学農学部演習林報告 43 (1952).
40) NOGUCHI, Y., and KATAOKA, J.: Analysis of dry day hydrograph, Jour. Jap. Forestry Soc. 36-12, (1954).
41) 野口陽一：森林伐採または森林生長が流出量に及ぼす影響の検出法に関する考察，東京大学農学部演習林報告 47 (1954).
42) 野口陽一：任意期間の降水量に対応する合理的流出量，日本林学会誌 37-2 (1955).
43) 野口陽一：ユニットグラフ作製上の問題について，演習林 (東京大学) 10 (1955).
44) NOGUCHI, Y.: A preliminary study of the hydrologic year in Aichi, Bull. Tokyo Univ. Forests, 53 (1957).
45) NOGUCHI, Y.: An approach to the hydrologic seasons in the central region of Japan Mise. Inf. Tokyo Univ. Forests, 12, (1957).
46) 野口陽一：季節的地下水正常漸減およびその蒸発蒸散量推定への応用，日本林学会誌 42-5(1960).
47) 岡田武松：雨 (1916).
48) 荻原貞夫：堰堤量水法による時間流出量曲線について，東京大学農学部演習林報告 29 (1940).
49) 荻原貞夫：流域内の雨量計算法について，演習林 (東京大学) 3号 (1941).
50) 荻原貞夫，山本勝市：竜の口山水源涵養試験第2回報告，森林治水試験彙報 20 (1944).
51) 荻原貞夫：森林と水，農学 2-8 朝倉 (1948).
52) OGIHARA, S.: Integral method of representing streamflow controlling function of watershed and its application, Bull. Tokyo Univ. Forests, 39 (1951).
53) 荻原貞夫：森林理水・砂防，林学講座 9 (1953).
54) OGIHARA, S.: A formula expressing the relation between annual rainfall and runoff, Jour. Jap. Forestry Soc. 40-6 (1958).

55) OGIHARA, S.: A formula expressing relation between rainfall and corresponding runoff, Jour. Jap. Forestry Soc., 42-3 (1960).
56) PARKER, P. A. M.: The control of water (1932).
57) 桜井荘三: 愛知県演習林における流出量測定結果について，東京大学農学部演習林報告 25(1937).
58) 桜井荘三: 年流出量並びに年流出率と年雨量との関係，砂防 42 (1935).
59) 桜井荘三: 月流出量と月雨量との関係，砂防 47 (1936).
60) 桜井荘三: 雨量階級別にみた雨量，流出量，砂防 49 (1936).
61) 佐藤大七郎: 夏にハゲ山の土が水をひきとめているチカラをはかった1例，日本林学会誌 37-6 (1955).
62) 瀬野錦蔵，野満隆治: 新河川学 (1959).
63) 白井純郎，近藤松一，大原忠一: 竜ノ口山水源涵養第4回報告，林業試験場研究報告 68 (1954).
64) 武田繁后: 竜ノ口山水源涵養試験第1回報告，山林局 (1942).
65) 武田繁后: 宝川森林治水試験第2回報告，前橋営林局 (1950).
66) 武田進平: 御明神演習林における流出量測定結果，岩手大学盛岡農専学術報告 26 (1950).
67) 玉手三棄寿: 水の研究の歩み，林業技術 138,: 1-3 (1953).
68) TANNER, C. B.: Factor affecting evaporation from plants and soil, Jour. soil and water consv. 12-5, (1957).
69) U. S. DEPT. AGR.: Watershed management research Coweeta experimental forest, Southeastern Forest Exp. Station (1948).
70) U. S. DEPT. AGR., Forest Service: Waters of Coweeta, A. I. B. 117 (1953).
71) U. S. DEPT. AGR.: Rocky Mountain Forest and Range Exp. Station Annual Report (1957).
72) WEITZMAN, S. and REINHALT, K. G.: Water yield from small forested watershed, Jour. Soil and Water Consv. 12-2 (1957).
73) WILM, H. G. and DUNFORD, E. G.: Effect of timber cutting on water available for stream flow from a lodge pole pine forest, U. S. Dept. Agr. Tech. Bull. 968 (1948).
74) WISLER, G. O. and BRATER, E. F.: Hydrology, (1949).
75) 山岡義人: 森林の全通発量測定の研究，林業試験場研究報告 91 (1956).
76) YAMAOKA, Y.: Experimental studies on the relation between transpiration rate and meteorological elements, T. A. G. U. 39-2 (1958).
77) GARSTKA, W. U. and others: Factors Affecting Snowmelt and Streamflow, A report on the 1946-53 Cooperative Snow investigations at the Fraser Exp. Forest, Fraser Colo. (1958).

## Abstract

This paper deals with the methodology on forest and water experiments aiming to make clear the forest influences on streamflow and to establish the principles of hydrology applicable to watershed management. It also pursues the hydrologic cycle on experimental watersheds in the Tokyo University Forest in Aichi. It consists of five chapters being summarized as follows:

(1) Prominent forest and water experiments in the world are reviewed. They are, for example, the Emmen Valley study conducted by the Forest Research Institute of Switzerland, the Wagon Wheel Gap study in Colorado, U. S. A., the Coweeta Hydrologic Laboratory study in North Carolina, U. S. A. and the Oota-

Kasama Experiment carried out by Forest Agency of Japan, et al. Their methodological characteristics in historical development are pointed out. In determining the forest influences more analytically, significance is mentioned as regards "the control area method" having come to be practicable after many experiences involving single as well as side-by-side methods. The advantage and the failure of using depth unit of water in compiling precipitation and runoff data are also discussed as a prerequisite for the interpretation of them. Topographical dimensions and land use patterns of the experimental watersheds in the University Forest in Aichi are described in details, for which numerical tests with hydrologic data are applied in the following chapters.

(2) Statistical functions which will be the relative indices for streamflow controlling capacity of four experimental watersheds are compared with one another. The standard deviation of daily runoff divided by the product of the standard deviation of daily precipitation and the average daily runoff is made clear to be the best among those indices including the first alone and the quotient of the first divided by the second. The order of streamflow controlling capacity of the four watersheds determined by another index which is a specific runoff coefficient concerned to the amount of day-after-day rainfall exceeding 100 mm, coinsides with the order of them resulted from the standard deviation system mentioned above. A device is presented for computing approximately the variance of runoff itself which is independent of the variation of precipitation, and by means of it a fact is ascertained that watershed A is worth a control area against watershed B when monthly data are dealt with. So as to secure the historical trend of the effect of forest growth, the peaks of distribution graphs obtained from unit storms are surveyed on watershed C, of which the original data having been adjusted by eliminating the retardation effect of gauging pond. In a long period the trend of peak time can be seen to appear with gradually increasing delays. By this check, the expectation is satisfied that the forest growth in the watershed C would be beneficial for increasing the lag time.

(3) A new idea of selecting the beginning date of water year is presented in chapter III. In the University Forest in Aichi a water year beginning on January 1 st has been usually employed for the precipitation and runoff statistics because at that time the surface and subsurface water storage has been assumed to be a minimum in a year. If the approximate one year that begins at the time at which retention storage in a watershed becomes its maximum is called a hydrologic year after Lieberman and Fletcher* (1947), it can be said now that the hydrologic year in the Aichi Experimental Forest will begin on some day after rainfall about May 1 st. It is the most probable that at these times the soil moisture is near field capacity, namely is near a constant, retention storage opportunity is at a minimum and for the practical purposes may be considered to be zero, and the subsurface

* T. A. G. U. 28-3 June 1947, 421-424

water is at a maximum; the relation of runoff to precipitation for the interval between the maxima should become more constant than for any other period. The correction of runoff with the change of detention storage makes the relation more simple. But this interval does not rigorously cover a year. The author finds that a year which just begins at May 1st and ends at April 30th brings more constant relation between annual precipitation and annual runoff than for any other net yearly period even if the runoff is not corrected with the change of detention. This year viz. such a period as the variation of annual losses becomes a minimum is called "statistically tested water year" and thus assumed to get its practical advantage.

(4) Daily depletion ratio of base flow varies from season to season, as the cause can be attributed to the variation of evapotranspiration. In order to obtain the average depletion ratio which may be the representative of a season or of a month, the procedure for synchronizing periods of base flow is set forth and applied. An average of monthly ground water runoff on a given season ($G$) can be estimated by the formula:

$$G=Q_0\frac{1}{log_e K}(K^{t_{max}}-1)\frac{30}{t_{max}},$$

where $Q_0$ is the maximum daily base flow gauged on the normal ground water depletion curve which is obtained through the synchronization, $K$ is the depletion ratio applicable to the month, and $t_{max}$ is the maximum number of those days for the range of which the monthly normal depletion curve fits. The effect of forest vegetation that would be beneficial for water control is agreed for each season by comparing the ground water runoffs of watersheds A and C, being obtained through the above formula. The author also pursues into the relative variations of the retention and detention water stored in the ground on an average year, and presents a trial illustration of them with the seasonal divisions of a year in terms of hydrologic season as:

May through August·····period of active plant growth,
September and October·····autumn replenishing period,
November through February ·····period of detention storage recession,
March and April·····spring replenishing period.

(5) A presumption that the monthly effectiveness of precipitation on runoff changes with season and with vegetation is suggested from the result of preceding study on hydrologic season. As indices of the effectiveness of monthly precipitation, regression coefficient of the monthly runoff ($\alpha$), and that of the monthly increment of detention storage ($\beta$) on the corresponding monthly precipitation are obtained through a graphical method. At the same time putting the regression coefficient of the monthly increment of retention storage be $\gamma$, and putting that of the evapotranspiration be $\varepsilon$, the following equation can be induced:

$$\alpha+\beta+\gamma+\varepsilon=1.$$

It is understood from this equation that the effective rates of monthly precipitation on all hydrological phases in a watershed hold a constant in their sum total. Through the value of $(\alpha+\beta)$, the value of $(\gamma+\varepsilon)$ can be known. This shows the effective rates of monthly precipitation on the capillary phases of water stored and transpired inclusive in a period of month, and that on the gravitational phases relatively. More effectiveness of precipitation on the capillary phases is detected out of the watershed A which is covered with denser forest vegetation than the watershed C is covered with.

**Acknowledgment**

I should like to express my appreciation to Dr. S. Ogihara for his guidance.

# 附表　1939年より1958年までの各月における重力水貯溜量，月変化量計算表

**附表1**　流域A，1月　　単位：mm

| 年＼事項 | (1) 月降水量 $p$ | (2) 月流出量 $r$ | (3) 重力水日流出量 月始め $q_b$ | (4) 重力水日流出量 月末 $q_e$ | (5) 重力水貯溜 月始め | (6) 重力水貯溜 月末 | (7) 重力水貯溜変化量 増 | (7) 重力水貯溜変化量 減 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1939 | 49 | 32 | 0.9 | 0.8 | 26 | 25 | | −1 |
| 40 | 22 | 20 | 0.8 | 0.6 | 23 | 19 | | −4 |
| 41 | 81 | 23 | 0.6 | 0.9 | 17 | 28 | +11 | |
| 42 | 11 | 32 | 1.2 | 0.8 | 35 | 25 | | −10 |
| 43 | 44 | 17 | 0.5 | 0.5 | 14 | 15 | +1 | |
| 44 | 30 | 15 | 0.5 | 0.5 | 14 | 16 | +2 | |
| 45 | 15 | 24 | 1.0 | 0.6 | 29 | 19 | | −10 |
| 46 | 51 | 43 | 1.4 | 1.3 | 41 | 40 | | −1 |
| 47 | 89 | 58 | 2.1 | 1.4 | 61 | 43 | | −18 |
| 48 | 73 | 32 | 1.1 | 1.0 | 32 | 31 | | −1 |
| 49 | 73 | 52 | 1.2 | 1.0 | 35 | 31 | | −4 |
| 50 | 107 | 69 | 2.1 | 2.6 | 61 | 81 | +20 | |
| 51 | 50 | 43 | 2.1 | 1.1 | 61 | 34 | | −27 |
| 52 | 117 | 74 | 1.8 | 1.7 | 52 | 53 | +1 | |
| 53 | 72 | 36 | 0.9 | 1.0 | 26 | 31 | +5 | |
| 54 | 98 | 24 | 0.5 | 0.8 | 14 | 25 | +11 | |
| 55 | 60 | 30 | 0.9 | 1.2 | 26 | 37 | +11 | |
| 56 | 85 | 25 | 0.9 | 0.9 | 26 | 28 | +2 | |
| 57 | 33 | 22 | 0.8 | 0.9 | 23 | 28 | +5 | |
| 58 | 106 | 44 | 0.9 | 1.7 | 26 | 53 | +27 | |

$\frac{dr}{dp}=0.37$　　$\frac{dg}{dp}=0.14$

**附表2**　流域A，2月　　単位：mm

| 年＼事項 | (1) 月降水量 $p$ | (2) 月流出量 $r$ | (3) 重力水日流出量 月始め $q_b$ | (4) 重力水日流出量 月末 $q_e$ | (5) 重力水貯溜 月始め | (6) 重力水貯溜 月末 | (7) 重力水貯溜変化量 増 | (7) 重力水貯溜変化量 減 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1939 | 56 | 25 | 0.8 | 0.8 | 25 | 18 | | −7 |
| 40 | 94 | 29 | 0.6 | 1.0 | 19 | 23 | +4 | |
| 41 | 62 | 22 | 0.9 | 0.7 | 28 | 16 | | −12 |
| 42 | 82 | 30 | 0.8 | 1.5 | 25 | 34 | +9 | |
| 43 | 74 | 29 | 0.5 | 0.6 | 15 | 14 | | −1 |
| 44 | 54 | 15 | 0.5 | 0.6 | 16 | 14 | | −2 |
| 45 | 80 | 19 | 0.6 | 0.9 | 19 | 21 | +2 | |
| 46 | 52 | 34 | 1.3 | 1.1 | 40 | 25 | | −15 |
| 47 | 41 | 32 | 1.4 | 1.2 | 43 | 27 | | −16 |
| 48 | 77 | 30 | 1.0 | 1.2 | 31 | 27 | | −4 |
| 49 | 97 | 37 | 1.0 | 1.4 | 31 | 32 | +1 | |
| 50 | 68 | 59 | 2.6 | 1.4 | 81* | 32 | | −49* |
| 51 | 54 | 31 | 1.1 | 1.3 | 34 | 30 | | −4 |
| 52 | 78 | 48 | 1.7 | 1.5 | 53 | 34 | | −19 |
| 53 | 43 | 36 | 1.0 | 1.0 | 31 | 23 | | −8 |
| 54 | 95 | 36 | 0.8 | 2.0 | 25 | 46 | +21 | |
| 55 | 82 | 33 | 1.2 | 1.1 | 37 | 25 | | −12 |
| 56 | 50 | 26 | 0.9 | 1.0 | 28 | 23 | | −5 |
| 57 | 66 | 27 | 0.9 | 0.7 | 28 | 16 | | −12 |
| 58 | 88 | 58 | 1.7 | 1.3 | 53 | 30 | | −23 |

$\frac{dr}{dp}=0.20$　　$\frac{dg}{dp}=0.22$

*　棄却（回帰をとるとき）

**附表3**　流域A，3月　　単位：mm

| 年＼事項 | (1) 月降水量 $p$ | (2) 月流出量 $r$ | (3) 重力水日流出量 月始め $q_b$ | (4) 重力水日流出量 月末 $q_e$ | (5) 重力水貯溜 月始め | (6) 重力水貯溜 月末 | (7) 重力水貯溜変化量 増 | (7) 重力水貯溜変化量 減 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1939 | 127 | 52 | 0.8 | 1.1 | 18 | 19 | ＋ 1 | |
| 40 | 55 | 31 | 1.0 | 0.7 | 23 | 12 | | −11 |
| 41 | 162 | 63 | 0.7 | 1.5 | 16 | 26 | ＋10 | |
| 42 | 260 | 133 | 1.5 | 4.2 | 34 | 72 | ＋38 | |
| 43 | 66 | 19 | 0.6 | 1.2 | 14 | 21 | ＋ 7 | |
| 44 | 82 | 20 | 0.6 | 0.8 | 14 | 14 | ＋ 0 | |
| 45 | 176 | 88 | 0.9 | 1.6 | 21 | 27 | ＋ 6 | |
| 46 | 138 | 59 | 1.1 | 1.8 | 25 | 31 | ＋ 6 | |
| 47 | 103 | 47 | 1.2 | 1.7 | 27 | 29 | ＋ 2 | |
| 48 | 121 | 56 | 1.2 | 1.7 | 27 | 29 | ＋ 2 | |
| 49 | 84 | 50 | 1.4 | 1.2 | 32 | 21 | | −11 |
| 50 | 206 | 92 | 1.4 | 3.9 | 32 | 67 | ＋35 | |
| 51 | 161 | 71 | 1.3 | 2.2 | 30 | 38 | ＋ 8 | |
| 52 | 129 | 67 | 1.5 | 1.8 | 34 | 31 | | − 3 |
| 53 | 201 | 79 | 1.0 | 2.6 | 23 | 45 | ＋22 | |
| 54 | 87 | 56 | 2.0 | 1.1 | 46 | 19 | | −27 |
| 55 | 177 | 76 | 1.1 | 3.0 | 25 | 51 | ＋26 | |
| 56 | 197 | 76 | 1.0 | 3.0 | 23 | 51 | ＋28 | |
| 57 | 33 | 21 | 0.7 | 0.6 | 16 | 10 | | − 6 |
| 58 | 62 | 37 | 1.3 | 1.0 | 30 | 17 | | −13 |

$\frac{dr}{dp}=0.41$　　$\frac{dg}{dp}=0.25$

**附表4**　流域A，4月　　単位：mm

| 年＼事項 | (1) 月降水量 $p$ | (2) 月流出量 $r$ | (3) 重力水日流出量 月始め $q_b$ | (4) 重力水日流出量 月末 $q_e$ | (5) 重力水貯溜 月始め | (6) 重力水貯溜 月末 | (7) 重力水貯溜変化量 減 | (7) 重力水貯溜変化量 増 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1939 | 139 | 51 | 1.1 | 1.6 | 19 | 22 | ＋ 3 | |
| 40 | 147 | 44 | 0.7 | 1.5 | 12 | 21 | ＋ 9 | |
| 41 | 81 | 41 | 1.5 | 0.9 | 26 | 13 | | −13 |
| 42 | 123 | 76 | 4.2 | 2.5 | 72 | 35 | | −37 |
| 43 | 197 | 93 | 1.2 | 1.2 | 21 | 17 | | − 4 |
| 44 | 185 | 59 | 0.8 | 1.3 | 14 | 18 | ＋ 4 | |
| 45 | 139 | 73 | 1.6 | 1.6 | 27 | 22 | | − 5 |
| 46 | 148 | 64 | 1.8 | 2.3 | 31 | 32 | ＋ 1 | |
| 47 | 95 | 51 | 1.7 | 1.3 | 29 | 18 | | −11 |
| 48 | 150 | 63 | 1.7 | 1.7 | 29 | 24 | | − 5 |
| 49 | 149 | 55 | 1.2 | 1.8 | 21 | 25 | ＋ 4 | |
| 50 | 111 | 81 | 3.9 | 1.8 | 67 | 25 | | −42 |
| 51 | 237 | 112 | 2.2 | 5.5 | 38 | 77 | ＋39 | |
| 52 | 180 | 85 | 1.8 | 3.1 | 31 | 43 | ＋12 | |
| 53 | 39 | 48 | 2.6 | 1.0 | 45 | 14 | | −31 |
| 54 | 195 | 80 | 1.1 | 2.0 | 19 | 28 | ＋ 9 | |
| 55 | 159 | 100 | 3.0 | 2.4 | 51 | 34 | | −17 |
| 56 | 147 | 95 | 3.0 | 2.0 | 51 | 28 | | −23 |
| 57 | 210 | 70 | 0.6 | 2.6 | 10 | 36 | ＋26 | |
| 58 | 151 | 57 | 1.0 | 2.2 | 17 | 31 | ＋14 | |

$\frac{dr}{dp}=0.25$　　$\frac{dg}{dp}=0.36$

**附表5**　流域A，5月　　単位：mm

| 年＼事項 | (1) 月降水量 $p$ | (2) 月流出量 $r$ | (3) 重力水日流出量 月始め $q_b$ | (4) 重力水日流出量 月末 $q_e$ | (5) 重力水貯溜 月始め | (6) 重力水貯溜 月末 | (7) 重力水貯溜変化量 増 | (7) 重力水貯溜変化量 減 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1939 | 158 | 94 | 1.6 | 1.3 | 22 | 17 | | − 5 |
| 40 | 45 | 25 | 1.5 | 0.5 | 21 | 6 | | −15 |
| 41 | 277 | 115 | 0.9 | 2.9 | 13 | 37 | +24 | |
| 42 | 113 | 62 | 2.5 | 1.1 | 35 | 14 | | −21 |
| 43 | 116 | 37 | 1.2 | 1.1 | 17 | 14 | | − 3 |
| 44 | 108 | 46 | 1.3 | 0.9 | 18 | 11 | | − 7 |
| 45 | 194 | 95 | 1.6 | 1.5 | 22 | 19 | | − 3 |
| 46 | 193 | 100 | 2.3 | 1.9 | 32 | 24 | | − 8 |
| 47 | 216 | 63 | 1.3 | 2.3 | 18 | 29 | +11 | |
| 48 | 193 | 93 | 1.7 | 1.4 | 24 | 18 | | − 6 |
| 49 | 216 | 98 | 1.8 | 2.7 | 25 | 35 | +10 | |
| 50 | 176 | 92 | 1.8 | 1.5 | 25 | 19 | | − 6 |
| 51 | 113 | 76 | 5.5 | 1.4 | 77 | 18 | | −59 |
| 52 | 185 | 104 | 3.1 | 2.1 | 43 | 27 | | −16 |
| 53 | 218 | 78 | 1.0 | 2.0 | 14 | 26 | +12 | |
| 54 | 178 | 87 | 2.0 | 1.8 | 28 | 23 | | − 5 |
| 55 | 159 | 100 | 2.4 | 1.6 | 34 | 20 | | −14 |
| 56 | 312 | 158 | 2.0 | 5.0 | 28 | 64 | +36 | |
| 57 | 222 | 108 | 2.6 | 2.5 | 36 | 32 | | − 4 |
| 58 | 155 | 80 | 2.2 | 1.5 | 31 | 19 | | −12 |

$\frac{dr}{dp}=0.33$　　$\frac{dg}{dp}=0.24$

**附表6**　流域A，6月　　単位：mm

| 年＼事項 | (1) 月降水量 $p$ | (2) 月流出量 $r$ | (3) 重力水日流出量 月始め $q_b$ | (4) 重力水日流出量 月末 $q_e$ | (5) 重力水貯溜 月始め | (6) 重力水貯溜 月末 | (7) 重力水貯溜変化量 増 | (7) 重力水貯溜変化量 減 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1939 | 196 | 51 | 1.3 | 3.1 | 17 | 38 | +21 | |
| 40 | 299 | 91 | 0.5 | 2.0 | 6 | 24 | +18 | |
| 41 | 413 | 223 | 2.9 | 10.0 | 37 | 122 | +85 | |
| 42 | 292 | 108 | 1.1 | 3.5 | 14 | 43 | +29 | |
| 43 | 190 | 85 | 1.1 | 1.5 | 14 | 18 | + 4 | |
| 44 | 71 | 24 | 0.9 | 0.5 | 11 | 6 | | − 5 |
| 45 | 338 | 137 | 1.5 | 5.5 | 19 | 67 | +48 | |
| 46 | 346 | 185 | 1.9 | 4.0 | 24 | 49 | +25 | |
| 47 | 116 | 53 | 2.3 | 1.7 | 29 | 21 | | − 8 |
| 48 | 211 | 78 | 1.4 | 2.2 | 18 | 27 | + 9 | |
| 49 | 369 | 200 | 2.7 | 5.5 | 35 | 67 | +32 | |
| 50 | 472 | 286 | 1.5 | 4.6 | 19 | 56 | +37 | |
| 51 | 208 | 97 | 1.4 | 1.7 | 18 | 21 | + 3 | |
| 52 | 319 | 150 | 2.1 | 5.0 | 27 | 61 | +34 | |
| 53 | 362 | 206 | 2.0 | 3.8 | 26 | 46 | +20 | |
| 54 | 392 | 169 | 1.8 | 6.0 | 23 | 73 | +50 | |
| 55 | 103 | 48 | 1.6 | 1.2 | 20 | 15 | | − 5 |
| 56 | 147 | 105 | 5.0 | 2.0 | 64 | 24 | | −40 |
| 57 | 239 | 111 | 2.5 | 5.6 | 32 | 68 | +36 | |
| 58 | 132 | 51 | 1.5 | 1.5 | 19 | 18 | | − 1 |

$\frac{dr}{dp}=0.57$　　$\frac{dg}{dp}=0.19$

**附表 7**　流域A，7月　　単位: mm

| 年＼事項 | (1) 月降水量 $p$ | (2) 月流出量 $r$ | (3) 重力水日流出量 月始め $q_b$ | (4) 重力水日流出量 月末 $q_e$ | (5) 重力水貯溜 月始め | (6) 重力水貯溜 月末 | (7) 重力水貯溜変化量 増 | (7) 重力水貯溜変化量 減 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1939 | 136 | 54 | 3.1 | 0.9 | 38 | 11 | | −27 |
| 40 | 241 | 142 | 2.0 | 1.6 | 24 | 19 | | − 5 |
| 41 | 391 | 361 | 10.0 | 4.3 | 122 | 52 | | −70 |
| 42 | 35 | 56 | 3.5 | 0.6 | 43 | 7 | | −36 |
| 43 | 281 | 139 | 1.5 | 1.7 | 18 | 20 | + 2 | |
| 44 | 178 | 27 | 0.5 | 1.0 | 6 | 12 | + 6 | |
| 45 | 291 | 213 | 5.5 | 4.0 | 67 | 48 | | −19 |
| 46 | 232 | 103 | 4.0 | 10.0 | 49 | 120 | +71 | |
| 47 | 207 | 81 | 1.7 | 2.0 | 21 | 24 | + 3 | |
| 48 | 141 | 63 | 2.2 | 1.3 | 27 | 16 | | −11 |
| 49 | 106 | 89 | 5.5 | 1.4 | 67 | 17 | | −50 |
| 50 | 140 | 76 | 4.6 | 2.4 | 56 | 29 | | −27 |
| 51 | 317 | 213 | 1.7 | 2.4 | 21 | 29 | + 8 | |
| 52 | 573* | 447* | 5.0 | 4.0 | 61 | 48 | | −13* |
| 53 | 445 | 365 | 3.8 | 4.5 | 46 | 54 | + 8 | |
| 54 | 188 | 189 | 6.0 | 2.5 | 73 | 30 | | −43 |
| 55 | 211 | 67 | 1.2 | 1.4 | 15 | 17 | + 2 | |
| 56 | 322 | 192 | 2.0 | 2.5 | 24 | 30 | + 6 | |
| 57 | 353 | 239 | 5.6 | 4.3 | 68 | 52 | | −16 |
| 58 | 184 | 63 | 1.5 | 2.1 | 18 | 25 | + 7 | |

$\frac{dr}{dp}=0.76$　　$\frac{dg}{dp}=0.06$

*　棄却（回帰をとるとき）

**附表 8**　流域A，8月　　単位: mm

| 年＼事項 | (1) 月降水量 $p$ | (2) 月流出量 $r$ | (3) 重力水日流出量 月始め $q_b$ | (4) 重力水日流出量 月末 $q_e$ | (5) 重力水貯溜 月始め | (6) 重力水貯溜 月末 | (7) 重力水貯溜変化量 増 | (7) 重力水貯溜変化量 減 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1939 | 208 | 60 | 0.9 | 0.9 | 11 | 12 | + 1 | |
| 40 | 231 | 90 | 1.6 | 2.3 | 19 | 30 | +11 | |
| 41 | 180 | 98 | 4.3 | 1.8 | 52 | 23 | | −29 |
| 42 | 221 | 34 | 0.6 | 5.7 | 7 | 74 | +67 | |
| 43 | 97 | 48 | 1.7 | 0.7 | 20 | 9 | | −11 |
| 44 | 162 | 39 | 1.0 | 0.6 | 12 | 8 | | − 4 |
| 45 | 117 | 60 | 4.0 | 2.0 | 48 | 26 | | −22 |
| 46 | 138 | 121 | 10.0 | 1.4 | 120 | 18 | | −102 |
| 47 | 107 | 43 | 2.0 | 0.7 | 24 | 9 | | −15 |
| 48 | 203 | 58 | 1.3 | 4.1 | 16 | 53 | +37 | |
| 49 | 50 | 25 | 1.4 | 0.6 | 17 | 8 | | − 9 |
| 50 | 174 | 73 | 2.4 | 1.4 | 29 | 18 | | −11 |
| 51 | 96 | 92 | 2.4 | 1.7 | 29 | 22 | | − 7 |
| 52 | 49 | 63 | 4.0 | 0.8 | 48 | 10 | | −38 |
| 53 | 265 | 136 | 4.5 | 3.1 | 54 | 40 | | −14 |
| 54 | 193 | 85 | 2.5 | 2.0 | 30 | 26 | | − 4 |
| 55 | 253 | 77 | 1.4 | 2.4 | 17 | 31 | +14 | |
| 56 | 188 | 65 | 2.5 | 4.0 | 30 | 52 | +22 | |
| 57 | 421* | 311* | 4.3 | 3.2 | 52* | 42* | | −10* |
| 58 | 301 | 138 | 2.1 | 4.0 | 25 | 52 | +27 | |

$\frac{dr}{dp}=0.20$　　$\frac{dg}{dp}=0.29$

*　棄却（　〃　）

**附表 9**　流域A，9月　　単位：mm

| 年＼事項 | (1) 月降水量 $p$ | (2) 月流出量 $r$ | (3) 重力水日流出量 月始め $q_b$ | (4) 重力水日流出量 月末 $q_e$ | (5) 重力水貯溜 月始め | (6) 重力水貯溜 月末 | (7) 重力水貯溜変化量 増 | (7) 重力水貯溜変化量 減 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1939 | 227 | 73 | 0.9 | 1.8 | 12 | 26 | +14 | |
| 40 | 113 | 65 | 2.3 | 1.0 | 30 | 14 | | −16 |
| 41 | 282 | 116 | 1.8 | 8.3 | 23 | 118 | +95 | |
| 42 | 312 | 142 | 5.7 | 2.7 | 74 | 38 | | −36 |
| 43 | 85 | 22 | 0.7 | 0.5 | 9 | 7 | | − 2 |
| 44 | 167 | 50 | 0.6 | 0.8 | 8 | 11 | + 3 | |
| 45 | 368 | 174 | 2.0 | 3.2 | 26 | 45 | +19 | |
| 46 | 184 | 55 | 1.4 | 1.8 | 18 | 26 | + 8 | |
| 47 | 205 | 43 | 0.7 | 1.2 | 9 | 17 | + 8 | |
| 48 | 219 | 95 | 4.1 | 2.1 | 53 | 30 | | −23 |
| 49 | 472* | 180* | 0.6 | 3.4 | 8 | 48 | +40 | |
| 50 | 228 | 66 | 1.4 | 2.1 | 18 | 30 | +12 | |
| 51 | 170 | 78 | 1.7 | 2.6 | 22 | 37 | +15 | |
| 52 | 241 | 63 | 0.8 | 1.8 | 10 | 26 | +16 | |
| 53 | 304 | 159 | 3.1 | 5.0 | 40 | 71 | +31 | |
| 54 | 364 | 152 | 2.0 | 7.8 | 26 | 110 | +84 | |
| 55 | 160 | 60 | 2.4 | 4.0 | 31 | 57 | +26 | |
| 56 | 363 | 187 | 4.0 | 8.0 | 52 | 113 | +61 | |
| 57 | 376 | 231 | 3.2 | 4.3 | 42 | 61 | +19 | |
| 58 | 224 | 114 | 4.0 | 4.4 | 52 | 62 | +10 | |

$\frac{dr}{dp}=0.59$　　$\frac{dg}{dp}=0.21$

*　棄却（回帰をとるとき）

**附表10**　流域A，10月　　単位：mm

| 年＼事項 | (1) 月降水量 $p$ | (2) 月流出量 $r$ | (3) 重力水日流出量 月始め $q_b$ | (4) 重力水日流出量 月末 $q_e$ | (5) 重力水貯溜 月始め | (6) 重力水貯溜 月末 | (7) 重力水貯溜変化量 増 | (7) 重力水貯溜変化量 減 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1939 | 176 | 75 | 1.8 | 2.2 | 26 | 35 | + 9 | |
| 40 | 104 | 32 | 1.0 | 1.1 | 14 | 18 | + 4 | |
| 41 | 106 | 117 | 8.3 | 1.5 | 118 | 24 | | −94 |
| 42 | 87 | 57 | 2.7 | 1.1 | 38 | 18 | | −20 |
| 43 | 250 | 80 | 0.5 | 1.0 | 7 | 16 | + 9 | |
| 44 | 263 | 83 | 0.8 | 2.2 | 11 | 35 | +24 | |
| 45 | 433* | 318* | 3.2 | 2.8 | 45 | 45 | 0 | |
| 46 | 147 | 78 | 1.8 | 1.2 | 26 | 19 | | − 7 |
| 47 | 94 | 31 | 1.2 | 0.9 | 17 | 14 | | − 3 |
| 48 | 102 | 74 | 2.1 | 1.4 | 30 | 22 | | − 8 |
| 49 | 145 | 83 | 3.4 | 2.2 | 48 | 35 | | −13 |
| 50 | 129 | 66 | 2.1 | 1.2 | 30 | 19 | | −11 |
| 51 | 94 | 35 | 2.6 | 0.8 | 37 | 13 | | −24 |
| 52 | 162 | 74 | 1.8 | 1.5 | 26 | 24 | | − 2 |
| 53 | 102 | 110 | 5.0 | 1.6 | 71 | 26 | | −45 |
| 54 | 73 | 90 | 7.8 | 1.4 | 110 | 22 | | −88 |
| 55 | 258 | 131 | 4.0 | 5.4 | 57 | 86 | +29 | |
| 56 | 162 | 123 | 8.0 | 1.0 | 113 | 16 | | −97 |
| 57 | 64 | 75 | 4.3 | 1.6 | 61 | 26 | | −35 |
| 58 | 135 | 95 | 4.4 | 2.1 | 62 | 34 | | −28 |

$\frac{dr}{dp}=0.26$　　$\frac{dg}{dp}=0.13$

*　棄却（回帰をとるとき）

**附表11** 流域A，11月

単位: mm

| 年＼事項 | (1) 月降水量 $p$ | (2) 月流出量 $r$ | (3) 重力水日流出量 月始め $q_b$ | (4) 重力水日流出量 月末 $q_e$ | (5) 重力水貯溜 月始め | (6) 重力水貯溜 月末 | (7) 重力水貯溜変化量 増 | (7) 重力水貯溜変化量 減 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1939 | 93 | 64 | 2.2 | 1.4 | 35 | 30 | | − 5 |
| 40 | 69 | 23 | 1.1 | 1.2 | 18 | 26 | + 8 | |
| 41 | 129 | 53 | 1.5 | 3.2 | 24 | 68 | +44 | |
| 42 | 60 | 32 | 1.1 | 0.8 | 18 | 17 | | − 1 |
| 43 | 21 | 26 | 1.0 | 0.6 | 16 | 13 | | − 3 |
| 44 | 127 | 69 | 2.2 | 2.2 | 35 | 47 | +12 | |
| 45 | 100 | 59 | 2.8 | 1.5 | 45 | 32 | | −13 |
| 46 | 105 | 41 | 1.2 | 1.3 | 19 | 28 | + 9 | |
| 47 | 24 | 17 | 0.9 | 0.6 | 14 | 13 | | − 1 |
| 48 | 143 | 57 | 1.4 | 1.5 | 22 | 32 | +10 | |
| 49 | 97 | 51 | 2.2 | 1.5 | 35 | 32 | | − 3 |
| 50 | 144 | 57 | 1.2 | 2.7 | 19 | 58 | +39 | |
| 51 | 205 | 72 | 0.8 | 2.3 | 13 | 49 | +36 | |
| 52 | 123 | 57 | 1.5 | 1.8 | 24 | 38 | +14 | |
| 53 | 31 | 32 | 1.6 | 0.8 | 26 | 17 | | − 9 |
| 54 | 98 | 41 | 1.4 | 1.8 | 22 | 38 | +16 | |
| 55 | 58 | 71 | 5.4 | 1.5 | 86 | 32 | | −54 |
| 56 | 56 | 61 | 1.0 | 1.3 | 16 | 28 | +12 | |
| 57 | 61 | 38 | 1.6 | 0.9 | 26 | 19 | | − 7 |
| 58 | 31 | 47 | 2.1 | 1.1 | 34 | 23 | | −11 |

$\frac{dr}{dp}=0.19$　　$\frac{dg}{dp}=0.34$

**附表12** 流域A，12月

単位: mm

| 年＼事項 | (1) 月降水量 $p$ | (2) 月流出量 $r$ | (3) 重力水日流出量 月始め $q_b$ | (4) 重力水日流出量 月末 $q_e$ | (5) 重力水貯溜 月始め | (6) 重力水貯溜 月末 | (7) 重力水貯溜変化量 増 | (7) 重力水貯溜変化量 減 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1939 | 6 | 31 | 1.4 | 0.8 | 30 | 23 | | − 7 |
| 40 | 43 | 25 | 1.2 | 0.6 | 26 | 17 | | − 9 |
| 41 | 75 | 53 | 3.2 | 1.2 | 68 | 35 | | −33 |
| 42 | 10 | 19 | 0.8 | 0.5 | 17 | 14 | | − 3 |
| 43 | 34 | 18 | 0.6 | 0.5 | 13 | 14 | + 1 | |
| 44 | 27 | 43 | 2.2 | 1.0 | 47 | 29 | | −18 |
| 45 | 79 | 46 | 1.5 | 1.4 | 32 | 41 | + 9 | |
| 46 | 107 | 47 | 1.3 | 2.1 | 28 | 61 | +33 | |
| 47 | 104 | 27 | 0.6 | 1.1 | 13 | 32 | +19 | |
| 48 | 74 | 38 | 1.5 | 1.2 | 32 | 35 | + 3 | |
| 49 | 129 | 57 | 1.5 | 2.1 | 32 | 61 | +29 | |
| 50 | 94 | 64 | 2.7 | 2.1 | 58 | 61 | + 3 | |
| 51 | 84 | 51 | 2.3 | 1.8 | 49 | 52 | + 3 | |
| 52 | 33 | 36 | 1.8 | 0.9 | 38 | 26 | | −12 |
| 53 | 53 | 26 | 0.8 | 0.5 | 17 | 14 | | − 3 |
| 54 | 62 | 45 | 1.8 | 0.9 | 38 | 26 | | −12 |
| 55 | 49 | 34 | 1.5 | 0.9 | 32 | 26 | | − 6 |
| 56 | 16 | 32 | 1.3 | 0.8 | 28 | 23 | | − 5 |
| 57 | 77 | 33 | 0.9 | 0.9 | 19 | 26 | + 7 | |
| 58 | 101 | 42 | 1.1 | 1.2 | 23 | 35 | +12 | |

$\frac{dr}{dp}=0.24$　　$\frac{dg}{dp}=0.29$

**附表13** 流域C，1月　　単位：mm

| 年＼事項 | (1) 月降水量 $p$ | (2) 月流出量 $r$ | (3) 重力水日流出量 月始め $q_b$ | (4) 重力水日流出量 月末 $q_e$ | (5) 重力水貯溜 月始め | (6) 重力水貯溜 月末 | (7) 重力水貯溜変化量 増 | (7) 重力水貯溜変化量 減 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1939 | 47 | 35 | 1.0 | 0.9 | 20 | 20 | 0 | |
| 40 | 16 | 21 | 0.7 | 0.6 | 14 | 13 | | − 1 |
| 41 | 62 | 25 | 0.7 | 0.9 | 14 | 20 | + 6 | |
| 42 | 7 | 34 | 1.4 | 0.7 | 28 | 16 | | −12 |
| 43 | 43 | 19 | 0.5 | 0.5 | 10 | 11 | + 1 | |
| 44 | 26 | 18 | 0.6 | 0.5 | 12 | 11 | | − 1 |
| 45 | 14 | 25 | 1.0 | 0.7 | 20 | 16 | | − 4 |
| 46 | 50 | 47 | 1.8 | 1.2 | 36 | 27 | | − 9 |
| 47 | 87 | 73 | 2.4 | 1.7 | 48 | 38 | | −10 |
| 48 | 69 | 39 | 1.3 | 1.1 | 26 | 24 | | − 2 |
| 49 | 71 | 60 | 1.3 | 1.3 | 26 | 29 | + 3 | |
| 50 | 106 | 80 | 2.4 | 3.0 | 48 | 67 | +19 | |
| 51 | 46 | 49 | 1.7 | 1.1 | 34 | 24 | | −10 |
| 52 | 109 | 84 | 2.0 | 1.7 | 40 | 38 | | − 2 |
| 53 | 63 | 40 | 0.7 | 0.8 | 14 | 18 | + 4 | |
| 54 | 88 | 30 | 0.6 | 1.0 | 12 | 22 | +10 | |
| 55 | 50 | 30 | 0.9 | 1.1 | 18 | 24 | + 6 | |
| 56 | 56 | 29 | 0.8 | 1.5 | 16 | 33 | +17 | |
| 57 | 31 | 23 | 0.8 | 1.4 | 16 | 31 | +15 | |
| 58 | 105 | 50 | 0.8 | 1.5 | 16 | 33 | +17 | |

$\frac{dr}{dp}=0.49$　　$\frac{dg}{dp}=0.11$

**附表14** 流域C，2月　　単位：mm

| 年＼事項 | (1) 月降水量 $p$ | (2) 月流出量 $r$ | (3) 重力水日流出量 月始め $q_b$ | (4) 重力水日流出量 月末 $q_e$ | (5) 重力水貯溜 月始め | (6) 重力水貯溜 月末 | (7) 重力水貯溜変化量 増 | (7) 重力水貯溜変化量 減 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1939 | 47 | 26 | 0.9 | 0.7 | 20 | 13 | | − 7 |
| 40 | 89 | 33 | 0.6 | 1.1 | 13 | 21 | + 8 | |
| 41 | 63 | 23 | 0.9 | 1.1 | 20 | 21 | + 1 | |
| 42 | 73 | 32 | 0.7 | 1.6 | 16 | 30 | +14 | |
| 43 | 74 | 35 | 0.5 | 0.6 | 11 | 11 | 0 | |
| 44 | 43 | 17 | 0.5 | 0.5 | 11 | 9 | | − 2 |
| 45 | 71 | 26 | 0.7 | 1.4 | 16 | 26 | +10 | |
| 46 | 50 | 36 | 1.2 | 1.1 | 27 | 21 | | − 6 |
| 47 | 42 | 41 | 1.7 | 1.1 | 28 | 21 | | −17 |
| 48 | 67 | 34 | 1.1 | 1.2 | 24 | 23 | | − 1 |
| 49 | 85 | 44 | 1.3 | 1.6 | 29 | 30 | + 1 | |
| 50 | 43 | 61 | 3.0 | 1.1 | 67 | 21 | | −46 |
| 51 | 55 | 37 | 1.1 | 1.6 | 24 | 30 | + 6 | |
| 52 | 61 | 51 | 1.7 | 1.1 | 38 | 21 | | −17 |
| 53 | 38 | 22 | 0.8 | 0.7 | 18 | 13 | | − 5 |
| 54 | 76 | 40 | 1.0 | 1.2 | 22 | 23 | + 1 | |
| 55 | 70 | 35 | 1.1 | 1.5 | 24 | 28 | + 4 | |
| 56 | 48 | 27 | 1.5 | 1.6 | 33 | 30 | | − 3 |
| 57 | 63 | 30 | 1.4 | 0.7 | 31 | 13 | | −18 |
| 58 | 78 | 60 | 1.5 | 1.1 | 33 | 21 | | −12 |

$\frac{dr}{dp}=0.20$　　$\frac{dg}{dp}=0.22$

**附表15** 流域C，3月　　単位：mm

| 年＼事項 | (1) 月降水量 $p$ | (2) 月流出量 $r$ | (3) 重力水日流出量 月始め $q_b$ | (4) 重力水日流出量 月末 $q_e$ | (5) 重力水貯溜 月始め | (6) 重力水貯溜 月末 | (7) 重力水貯溜変化量 増 | (7) 重力水貯溜変化量 減 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1939 | 102 | 55 | 0.7 | 1.0 | 13 | 15 | ＋ 2 | |
| 40 | 45 | 28 | 1.1 | 0.6 | 21 | 9 | | −12 |
| 41 | 130 | 62 | 1.1 | 1.2 | 21 | 18 | | − 3 |
| 42 | 188 | 103 | 1.6 | 2.8 | 30 | 42 | ＋12 | |
| 43 | 49 | 19 | 0.6 | 1.0 | 11 | 15 | ＋ 4 | |
| 44 | 69 | 23 | 0.5 | 0.7 | 9 | 10 | ＋ 1 | |
| 45 | 154 | 85 | 1.4 | 1.4 | 26 | 21 | | − 5 |
| 46 | 115 | 64 | 1.1 | 1.4 | 21 | 21 | 0 | |
| 47 | 99 | 53 | 1.1 | 1.7 | 21 | 25 | ＋ 4 | |
| 48 | 106 | 62 | 1.2 | 1.6 | 23 | 24 | ＋ 1 | |
| 49 | 75 | 52 | 1.6 | 1.1 | 30 | 16 | | −14 |
| 50 | 165 | 95 | 1.1 | 4.0 | 21 | 60 | ＋39 | |
| 51 | 130 | 69 | 1.6 | 2.1 | 30 | 31 | ＋ 1 | |
| 52 | 113 | 68 | 1.1 | 1.8 | 21 | 27 | ＋ 6 | |
| 53 | 170 | 73 | 0.7 | 2.4 | 13 | 36 | ＋23 | |
| 54 | 83 | 59 | 1.2 | 1.1 | 23 | 16 | | − 7 |
| 55 | 160 | 83 | 1.5 | 2.6 | 28 | 39 | ＋11 | |
| 56 | 159 | 77 | 1.6 | 2.5 | 30 | 37 | ＋ 7 | |
| 57 | 38 | 22 | 0.7 | 0.6 | 13 | 9 | | − 4 |
| 58 | 48 | 32 | 1.1 | 0.8 | 21 | 12 | | − 9 |

$\frac{dr}{dp}=0.50$　　$\frac{dg}{dp}=0.15$

**附表16** 流域C，4月　　単位：mm

| 年＼事項 | (1) 月降水量 $p$ | (2) 月流出量 $r$ | (3) 重力水日流出量 月始め $q_b$ | (4) 重力水日流出量 月末 $q_e$ | (5) 重力水貯溜 月始め | (6) 重力水貯溜 月末 | (7) 重力水貯溜変化量 増 | (7) 重力水貯溜変化量 減 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1939 | 108 | 48 | 1.0 | 1.5 | 15 | 19 | ＋ 4 | |
| 40 | 112 | 38 | 0.6 | 1.3 | 9 | 17 | ＋ 8 | |
| 41 | 74 | 43 | 1.2 | 0.8 | 18 | 10 | | − 8 |
| 42 | 112 | 67 | 2.8 | 2.6 | 42 | 33 | | − 9 |
| 43 | 155 | 76 | 1.0 | 1.0 | 15 | 13 | | − 2 |
| 44 | 164 | 65 | 0.7 | 1.5 | 10 | 19 | ＋ 9 | |
| 45 | 102 | 62 | 1.4 | 1.2 | 21 | 15 | | − 6 |
| 46 | 153 | 79 | 1.4 | 2.5 | 21 | 32 | ＋11 | |
| 47 | 87 | 51 | 1.7 | 1.3 | 25 | 17 | | − 8 |
| 48 | 135 | 70 | 1.6 | 1.5 | 24 | 19 | | − 5 |
| 49 | 149 | 69 | 1.1 | 2.0 | 16 | 25 | ＋ 9 | |
| 50 | 108 | 94 | 4.0 | 1.9 | 60 | 24 | | −36 |
| 51 | 199 | 121 | 2.1 | 5.8 | 31 | 74 | ＋43 | |
| 52 | 156 | 86 | 1.8 | 2.6 | 27 | 33 | ＋ 6 | |
| 53 | 32 | 38 | 2.4 | 0.7 | 36 | 9 | | −27 |
| 54 | 132 | 67 | 1.1 | 1.8 | 16 | 23 | ＋ 7 | |
| 55 | 128 | 94 | 2.6 | 1.9 | 39 | 24 | | −15 |
| 56 | 118 | 86 | 2.5 | 1.5 | 37 | 19 | | −18 |
| 57 | 203 | 94 | 0.6 | 2.6 | 9 | 33 | ＋24 | |
| 58 | 132 | 59 | 0.8 | 2.1 | 12 | 27 | ＋15 | |

$\frac{dr}{dp}=0.38$　　$\frac{dg}{dp}=0.35$

**附表17** 流域C，5月　　単位：mm

| 年＼事項 | (1) 月降水量 $p$ | (2) 月流出量 $r$ | (3) 重力水日流出量 月始め $q_e$ | (4) 重力水日流出量 月末 $q_e$ | (5) 重力水貯溜 月始め | (6) 重力水貯溜 月末 | (7) 重力水貯溜変化量 増 | (7) 重力水貯溜変化量 減 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1939 | 124 | 77 | 1.5 | 1.1 | 19 | 13 | | −6 |
| 40 | 36 | 23 | 1.3 | 0.5 | 17 | 6 | | −11 |
| 41 | 247 | 114 | 0.8 | 2.6 | 10 | 31 | +21 | |
| 42 | 112 | 66 | 2.6 | 1.1 | 33 | 13 | | −20 |
| 43 | 122 | 47 | 1.0 | 1.2 | 13 | 15 | +2 | |
| 44 | 103 | 55 | 1.5 | 0.9 | 19 | 11 | | −8 |
| 45 | 134 | 97 | 1.2 | 1.4 | 15 | 17 | +2 | |
| 46 | 171 | 106 | 2.5 | 1.8 | 32 | 22 | | −10 |
| 47 | 158 | 75 | 1.3 | 2.0 | 17 | 24 | +7 | |
| 48 | 154 | 88 | 1.5 | 1.2 | 19 | 15 | | −4 |
| 49 | 157 | 96 | 2.0 | 2.2 | 25 | 27 | +2 | |
| 50 | 145 | 88 | 1.9 | 1.6 | 24 | 19 | | −5 |
| 51 | 99 | 80 | 5.8 | 1.7 | 74 | 21 | | −53 |
| 52 | 139 | 89 | 2.6 | 2.0 | 33 | 24 | | −9 |
| 53 | 176 | 70 | 0.7 | 1.7 | 9 | 21 | +12 | |
| 54 | 160 | 90 | 1.8 | 1.8 | 23 | 22 | | −1 |
| 55 | 128 | 72 | 1.9 | 1.8 | 24 | 22 | | −2 |
| 56 | 285 | 159 | 1.5 | 5.2 | 19 | 63 | +44 | |
| 57 | 166 | 96 | 2.6 | 2.1 | 33 | 25 | | −8 |
| 58 | 137 | 84 | 2.1 | 1.3 | 27 | 16 | | −11 |

$\frac{dr}{pp}=0.44$　　$\frac{dg}{dp}=0.27$

**附表18** 流域C，6月　　単位：mm

| 年＼事項 | (1) 月降水量 $p$ | (2) 月流出量 $r$ | (3) 重力水日流出量 月始め $q_b$ | (4) 重力水日流出量 月末 $q_e$ | (5) 重力水貯溜 月始め | (6) 重力水貯溜 月末 | (7) 重力水貯溜変化量 増 | (7) 重力水貯溜変化量 減 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1939 | 166 | 52 | 1.1 | 5.0 | 13 | 60 | +47 | |
| 40 | 279 | 116 | 0.5 | 2.1 | 6 | 25 | +19 | |
| 41 | 377 | 222 | 2.6 | 10.0 | 31 | 120 | +89 | |
| 42 | 264 | 122 | 1.1 | 4.1 | 13 | 49 | +36 | |
| 43 | 171 | 92 | 1.2 | 1.4 | 15 | 17 | +2 | |
| 44 | 68 | 27 | 0.9 | 0.4 | 11 | 5 | | −6 |
| 45 | 295 | 126 | 1.4 | 7.4 | 17 | 89 | +72 | |
| 46 | 319 | 200 | 1.8 | 3.5 | 22 | 42 | +20 | |
| 47 | 116 | 59 | 2.0 | 1.5 | 24 | 18 | | −6 |
| 48 | 165 | 75 | 1.2 | 1.8 | 15 | 22 | +7 | |
| 49 | 325 | 204 | 2.2 | 5.3 | 27 | 64 | +37 | |
| 50 | 439 | 317 | 1.6 | 5.0 | 19 | 60 | +41 | |
| 51 | 204 | 116 | 1.7 | 1.9 | 21 | 23 | +2 | |
| 52 | 267 | 146 | 2.0 | 4.0 | 24 | 48 | +24 | |
| 53 | 321 | 195 | 1.7 | 3.2 | 21 | 38 | +17 | |
| 54 | 334 | 185 | 1.8 | 10.0 | 22 | 120 | +98 | |
| 55 | 89 | 50 | 1.8 | 1.2 | 22 | 14 | | −8 |
| 56 | 141 | 109 | 5.2 | 2.6 | 63 | 31 | | −32 |
| 57 | 197 | 105 | 2.1 | 4.0 | 25 | 48 | +23 | |
| 58 | 115 | 49 | 1.3 | 1.7 | 16 | 20 | +4 | |

$\frac{dr}{pp}=0.67$　　$\frac{dg}{dp}=0.23$

**附表19　流域C，7月**　　単位：mm

| 年＼事項 | (1) 月降水量 $p$ | (2) 月流出量 $r$ | (3) 重力水日流出量 月始め $q_b$ | (4) 重力水日流出量 月末 $q_e$ | (5) 重力水貯溜 月始め | (6) 重力水貯溜 月末 | (7) 重力水貯溜変化量 増 | (7) 重力水貯溜変化量 減 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1939 | 78 | 43 | 5.0 | 0.6 | 60 | 7 | | −53 |
| 40 | 252 | 165 | 2.1 | 1.7 | 25 | 20 | | − 5 |
| 41 | 377 | 319 | 10.0 | 6.0 | 120 | 72 | | −48 |
| 42 | 19 | 54 | 4.1 | 0.6 | 49 | 7 | | −42 |
| 43 | 239 | 131 | 1.4 | 1.5 | 17 | 18 | + 1 | |
| 44 | 177 | 43 | 0.4 | 1.0 | 5 | 12 | + 7 | |
| 45 | 196 | 159 | 7.4 | 2.6 | 89 | 31 | | −58 |
| 46 | 170 | 95 | 3.5 | 10.0 | 42 | 120 | +78 | |
| 47 | 140 | 48 | 1.5 | 1.0 | 18 | 12 | | − 6 |
| 48 | 159 | 72 | 1.8 | 1.3 | 22 | 16 | | − 6 |
| 49 | 67 | 89 | 5.3 | 1.3 | 64 | 16 | | −48 |
| 50 | 140 | 99 | 5.0 | 3.0 | 60 | 36 | | −24 |
| 51 | 298 | 216 | 1.9 | 2.4 | 23 | 29 | + 6 | |
| 52 | 482* | 395* | 4.0 | 4.0 | 48 | 48 | 0 | |
| 53 | 411 | 346 | 3.2 | 4.6 | 38 | 55 | +17 | |
| 54 | 216 | 208 | 10.0 | 3.2 | 120 | 38 | | −82 |
| 55 | 174 | 69 | 1.2 | 1.2 | 14 | 14 | 0 | |
| 56 | 377 | 265 | 2.6 | 2.6 | 31 | 31 | 0 | |
| 57 | 343 | 257 | 4.0 | 4.2 | 48 | 50 | + 2 | |
| 58 | 126 | 52 | 1.7 | 1.2 | 20 | 14 | | − 6 |

$\frac{dr}{dp}=0.87$　　$\frac{dg}{dp}=0.01$

*　棄却（回帰をとるとき）

**附表20　流域C，8月**　　単位：mm

| 年＼事項 | (1) 月降水量 $p$ | (2) 月流出量 $r$ | (3) 重力水日流出量 月始め $q_b$ | (4) 重力水日流出量 月末 $q_e$ | (5) 重力水貯溜 月始め | (6) 重力水貯溜 月末 | (7) 重力水貯溜変化量 増 | (7) 重力水貯溜変化量 減 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1939 | 108 | 32 | 0.6 | 0.5 | 7 | 6 | | − 1 |
| 40 | 244 | 129 | 1.7 | 3.4 | 20 | 43 | +23 | |
| 41 | 184 | 118 | 6.0 | 2.4 | 72 | 30 | | −42 |
| 42 | 222 | 55 | 0.6 | 3.9 | 7 | 49 | +42 | |
| 43 | 95 | 55 | 1.5 | 0.7 | 18 | 9 | | − 9 |
| 44 | 83 | 30 | 1.0 | 0.3 | 12 | 4 | | − 8 |
| 45 | 123 | 58 | 2.6 | 3.3 | 31 | 42 | +11 | |
| 46 | 126 | 80 | 10.0 | 1.0 | 120 | 13 | | −107 |
| 47 | 89 | 31 | 1.0 | 0.6 | 12 | 8 | | ⌐ 4 |
| 48 | 150 | 49 | 1.3 | 2.0 | 16 | 25 | + 9 | |
| 49 | 41 | 24 | 1.3 | 0.6 | 16 | 8 | | − 8 |
| 50 | 83 | 49 | 3.0 | 0.8 | 36 | 10 | | −26 |
| 51 | 127 | 73 | 2.4 | 1.0 | 29 | 13 | | −16 |
| 52 | 78 | 76 | 4.0 | 0.9 | 48 | 11 | | −37 |
| 53 | 208 | 128 | 4.6 | 2.8 | 55 | 35 | | −20 |
| 54 | 146 | 85 | 3.2 | 2.0 | 38 | 25 | | −13 |
| 55 | 229 | 73 | 1.2 | 3.0 | 14 | 38 | +24 | |
| 56 | 206 | 88 | 2.6 | 6.8 | 31 | 86 | +55 | |
| 57 | 485* | 431* | 4.2 | 3.0 | 50 | 38 | | −12 |
| 58 | 319 | 165 | 1.2 | 3.5 | 14 | 44 | +30 | |

$\frac{dr}{dp}=0.37$　　$\frac{dg}{dp}=0.25$

*　棄却（　〃　）

**附表21** 流域C，9月　　単位：mm

| 年＼事項 | (1) 月降水量 $p$ | (2) 月流出量 $r$ | (3) 重力水日流出量 月始め $q_b$ | (4) 重力水日流出量 月末 $q_e$ | (5) 重力水貯溜 月始め | (6) 重力水貯溜 月末 | (7) 重力水貯溜変化量 増 | (7) 重力水貯溜変化量 減 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1939 | 186 | 60 | 0.5 | 1.1 | 6 | 15 | + 9 | |
| 40 | 80 | 57 | 3.4 | 0.9 | 43 | 12 | | −31 |
| 41 | 253 | 126 | 2.4 | 10.0 | 30 | 135 | +105 | |
| 42 | 222 | 112 | 3.9 | 2.3 | 49 | 31 | | −18 |
| 43 | 120 | 38 | 0.7 | 0.7 | 9 | 9 | 0 | |
| 44 | 119 | 24 | 0.3 | 0.6 | 4 | 8 | + 4 | |
| 45 | 364 | 208 | 3.3 | 3.5 | 42 | 47 | + 5 | |
| 46 | 159 | 52 | 1.0 | 1.3 | 13 | 18 | + 5 | |
| 47 | 211 | 62 | 0.6 | 1.5 | 8 | 20 | +12 | |
| 48 | 179 | 76 | 2.0 | 2.0 | 25 | 27 | + 2 | |
| 49 | 513* | 265* | 0.6 | 3.9 | 8 | 53 | +45* | |
| 50 | 206 | 76 | 0.8 | 2.3 | 10 | 31 | +21 | |
| 51 | 141 | 48 | 1.0 | 1.3 | 13 | 18 | + 5 | |
| 52 | 219 | 82 | 0.9 | 2.7 | 11 | 36 | +25 | |
| 53 | 277 | 191 | 2.8 | 5.9 | 35 | 80 | +45 | |
| 54 | 329 | 162 | 2.0 | 5.0 | 25 | 68 | +43 | |
| 55 | 131 | 56 | 3.0 | 3.0 | 38 | 41 | + 3 | |
| 56 | 308 | 198 | 6.8 | 6.8 | 86 | 92 | + 6 | |
| 57 | 320 | 224 | 3.0 | 5.0 | 38 | 68 | +30 | |
| 58 | 170 | 104 | 3.5 | 3.3 | 44 | 45 | + 1 | |

$\frac{dr}{dp}=0.73$　　$\frac{dg}{dp}=0.23$

* 棄却（回帰をとるとき）

**附表22** 流域C，10月　　単位：mm

| 年＼事項 | (1) 月降水量 $p$ | (2) 月流出量 $r$ | (3) 重力水日流出量 月始め $q_b$ | (4) 重力水日流出量 月末 $q_e$ | (5) 重力水貯溜 月始め | (6) 重力水貯溜 月末 | (7) 重力水貯溜変化量 増 | (7) 重力水貯溜変化量 減 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1939 | 169 | 76 | 1.1 | 2.2 | 15 | 32 | +17 | |
| 40 | 96 | 37 | 0.9 | 2.0 | 12 | 29 | +17 | |
| 41 | 82 | 112 | 10.0 | 1.6 | 135 | 23 | | −112 |
| 42 | 68 | 51 | 2.3 | 1.0 | 31 | 15 | | −16 |
| 43 | 236 | 114 | 0.7 | 1.3 | 9 | 19 | +10 | |
| 44 | 217 | 67 | 0.6 | 1.6 | 8 | 23 | +15 | |
| 45 | 391* | 349* | 3.5 | 3.1 | 47 | 45 | | − 2 |
| 46 | 146 | 89 | 1.3 | 1.2 | 18 | 18 | 0 | |
| 47 | 94 | 45 | 1.5 | 1.1 | 20 | 16 | | − 4 |
| 48 | 88 | 69 | 2.0 | 1.1 | 27 | 16 | | −11 |
| 49 | 152 | 109 | 3.9 | 3.0 | 53 | 44 | | − 9 |
| 50 | 126 | 75 | 2.3 | 2.0 | 31 | 29 | | − 2 |
| 51 | 81 | 39 | 1.3 | 0 8 | 18 | 12 | | − 6 |
| 52 | 127 | 77 | 2.7 | 1.5 | 36 | 22 | | −14 |
| 53 | 103 | 113 | 5.9 | 1.7 | 80 | 25 | | −55 |
| 54 | 70 | 91 | 5.0 | 1.4 | 68 | 20 | | −48 |
| 55 | 233 | 133 | 3.0 | 5.2 | 41 | 76 | +35 | |
| 56 | 137 | 129 | 6.8 | 2.0 | 92 | 29 | | −63 |
| 57 | 51 | 75 | 5.0 | 1.5 | 68 | 22 | | −46 |
| 58 | 131 | 95 | 3.3 | 2.1 | 45 | 31 | | −14 |

$\frac{dr}{dp}=0.37$　　$\frac{dg}{dp}=0.27$

* 棄却（　〃　）

**附表23** 流域C，11月

単位：mm

| 年＼事項 | (1) 月降水量 $p$ | (2) 月流出量 $r$ | (3) 重力水日流出量 月始め $q_b$ | (4) 重力水日流出量 月末 $q_e$ | (5) 重力水貯溜 月始め | (6) 重力水貯溜 月末 | (7) 重力水貯溜変化量 増 | (7) 重力水貯溜変化量 減 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1939 | 87 | 61 | 2.2 | 1.2 | 32 | 20 | | −12 |
| 40 | 72 | 29 | 2.0 | 1.5 | 29 | 25 | | − 4 |
| 41 | 123 | 67 | 1.6 | 3.7 | 23 | 62 | +39 | |
| 42 | 58 | 34 | 1.0 | 0.8 | 15 | 13 | | − 2 |
| 43 | 19 | 31 | 1.3 | 0.7 | 19 | 12 | | − 7 |
| 44 | 120 | 62 | 1.6 | 2.0 | 23 | 33 | +10 | |
| 45 | 70 | 69 | 3.1 | 1.7 | 45 | 28 | | −17 |
| 46 | 110 | 54 | 1.2 | 1.8 | 18 | 30 | +12 | |
| 47 | 16 | 21 | 1.1 | 1.0 | 16 | 17 | + 1 | |
| 48 | 137 | 71 | 1.1 | 1.5 | 16 | 25 | + 9 | |
| 49 | 85 | 61 | 3.0 | 1.9 | 44 | 32 | | −12 |
| 50 | 131 | 65 | 2.0 | 3.3 | 29 | 55 | +26 | |
| 51 | 180 | 80 | 0.8 | 1.7 | 12 | 28 | +16 | |
| 52 | 114 | 66 | 1.5 | 2.0 | 22 | 33 | +11 | |
| 53 | 29 | 38 | 1.7 | 1.0 | 25 | 17 | | − 8 |
| 54 | 88 | 49 | 1.4 | 2.8 | 20 | 47 | +27 | |
| 55 | 46 | 68 | 5.2 | 1.3 | 76 | 22 | | −54 |
| 56 | 63 | 65 | 2.0 | 1.2 | 29 | 20 | | − 9 |
| 57 | 51 | 41 | 1.5 | 0.9 | 22 | 15 | | − 7 |
| 58 | 31 | 48 | 2.1 | 1.0 | 31 | 17 | +14 | |

$\frac{dr}{dp}=0.24$　　$\frac{dg}{dp}=0.31$

**附表24** 流域C，12月

単位：mm

| 年＼事項 | (1) 月降水量 $p$ | (2) 月流出量 $r$ | (3) 重力水日流出量 月始め $q_b$ | (4) 重力水日流出量 月末 $q_e$ | (5) 重力水貯溜 月始め | (6) 重力水貯溜 月末 | (7) 重力水貯溜変化量 増 | (7) 重力水貯溜変化量 減 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1939 | 4 | 29 | 1.2 | 0.7 | 20 | 20 | 0 | |
| 40 | 38 | 27 | 1.5 | 0.7 | 25 | 13 | | −12 |
| 41 | 73 | 65 | 3.7 | 1.4 | 62 | 20 | | −42 |
| 42 | 9 | 20 | 0.8 | 0.5 | 13 | 16 | + 3 | |
| 43 | 32 | 22 | 0.7 | 0.6 | 12 | 11 | | − 1 |
| 44 | 27 | 43 | 2.0 | 1.0 | 33 | 11 | | −22 |
| 45 | 88 | 62 | 1.7 | 1.8 | 28 | 16 | | −12 |
| 46 | 92 | 58 | 1.8 | 2.4 | 30 | 27 | | − 3 |
| 47 | 105 | 37 | 1.0 | 1.3 | 17 | 38 | +21 | |
| 48 | 62 | 42 | 1.5 | 1.3 | 25 | 24 | | − 1 |
| 49 | 115 | 74 | 1.9 | 2.4 | 32 | 29 | | − 3 |
| 50 | 89 | 77 | 3.3 | 1.7 | 55 | 67 | +12 | |
| 51 | 72 | 54 | 1.7 | 2.0 | 28 | 24 | | − 4 |
| 52 | 28 | 40 | 2.0 | 0.7 | 33 | 38 | + 5 | |
| 53 | 49 | 30 | 1.0 | 0.6 | 17 | 18 | + 1 | |
| 54 | 49 | 48 | 2.8 | 0 9 | 47 | 22 | | −25 |
| 55 | 24 | 33 | 1.3 | 0.8 | 22 | 24 | + 2 | |
| 56 | 10 | 32 | 1 2 | 0.8 | 20 | 33 | +13 | |
| 57 | 67 | 39 | 0.9 | 0.8 | 15 | 31 | +16 | |
| 58 | 96 | 52 | 1.0 | 1.4 | 17 | 33 | +16 | |

$\frac{dr}{dp}=0.41$　　$\frac{dg}{dp}=0.10$

100周年記念資料

# 6. 秩父演習林・愛知演習林の思い出

佐　藤　　修

## 東京大学秩父演習林創設五十周年を迎える

東京大学秩父演習林は，大正5(1916)年11月16日付，乾第619号稟請，其学資金所属公債証書と民有土地と交換の件許可す，

大正5年12月23日

文部大臣　岡田良平

この時点において設置された。

昭和41(1966)年，歩んでここに迎えることのできた恰度50カ年の年である。誠に記念する年になった。

そのため2カ年前から創設50周年の歩みを反省し，より本学演習林の使命を貫遂させるためにも記念式典を実施させていただきたいと，演習林本部演習林長に具申をして諒承を得ていた。

そしてこの式典の実施期日は満50年になる昭和41年12月1日を定めていた。

この12月1日を目標として，全職員並びに全従業員の皆々でこれが完遂をするようにと歩一歩と準備を重ねた。

「東京大学秩父演習林のこの対象林地は埼玉県秩父郡大滝村地内に所在する林地で，本多　晋，本多詮子，徳川達道，大山　柏の所有になっていたが，その前の所有者は公爵大山　巌であった。

これが引渡は大正6(1917)年，東京帝国大学山川健次郎総長が移譲を受けたが受領は農科大学演習林長川瀬善太郎教授に指示された。

川瀬善太郎演習林長は，右田半四郎教授，薗部一郎助教授に下命，両者は大滝村に出張引渡受領を済せた。そして実地の引渡しに立会した者は次の方々であった。

大山家副代理人，広瀬菊次郎，大山家山番山中卯吉，東京帝国大学側は，右田半四郎教授，薗部一郎助教授，佐藤弥太郎助手，中村軍良助手，造林保護嘱託上田津弥吉の以上7名だった。

一行は大滝村字栃本より山梨県に通ずる県道（旧道）に沿って当該山林を横断し実地引渡をした。なを主要の境界点ではツガ立木を剝皮して極印を打った。

そして最後は国有林地内地蔵ヶ岳という岩頂に立って，当該山林の区域及びその四至境界を指点して実地引渡しを了した」と記録されている。

設置になった当時の職員は6名，栃本に駐在して境界の査定，測量，林況調査等経営の基礎資料の作成作業にあたった。

設置当時大正6 (1917) 年度の支出総額4,500円，収入総額50円であった。

それから50年を経過した昭和41 (1966) 年度の職員は32名，支出総額16,969千円，収入総額50,756千円となった。

次に秩父演習林開設以来の主任並に職員は，大正6年佐藤弥太郎，中村軍良，大正10年4月牧　俊夫，大正12年川内義左衛門，昭和2年1月西垣晋作，昭和2年6月中山正章，昭和4年9月望月　令，昭和5年11月宮下保雄，昭和10年3月沢田一郎，昭和11年8月住田芳太郎，昭和32年4月佐藤　修，そして開設当時の職員6名が，現在の職員32名となっている。なを50年間においての就任した職員の延人数は121名となっている。

また，管理施設の内建物関係では，大正7年栃本官舎，同年大血川作業所大正9年秩父官舎，大正10年秩父演習林庁舎，昭和3年影森苗畑事務所，同年栃本作業所，昭和4年川俣木炭倉庫兼学生宿舎，昭和13年大血川作業所改修となっている。

通信施設では，昭和9年栃本作業所，滑沢造林小屋間の電話線4,500 m，昭和10年秩父事務所，栃本作業所，大血川作業所相互間電話線延長34,650 mが臨時費で架設になった。

この専用電話線は昭和31年まで使用して来たが，二瀬ダムの建設工事によって途中の道路の拡巾その他で故障続出したので昭和32年に撤収した。

昭和33 (1958) 年5月，秩父演習林事務所と栃本作業所及大血川作業所間の業務連絡機関として超短波の無線電話が設置となった。これが実施には免許承認も取得した。

以上機構の概括を記述した。

次に秩父演習林創設50周年記念式典の概要を記す。

| 式の次第 | | 司会　福島事務官 |
|---|---|---|
| 1. 開会の挨拶 | 秩父演習林長 | 佐藤　修 |
| 2. 挨　拶 | 東京大演習林長 | 平井信二 |
| | 東京大学農学部長 | 大島泰雄 |
| 3. 感謝状並に記念品贈呈 | | |
| 4. 来賓祝辞 | | |
| 5. 受賞者代表謝辞 | | |
| 6. 閉会のことば | 文部教官 | 碇谷吉五郎 |
| 7. 以　上 | | |

感謝状並に記念品贈呈

| | |
|---|---|
| 経営に関する協力者 | 2名 |
| 建物及び林道敷地に関する協力者 | 3名 |
| 林道敷地に関する協力者 | 13名 |
| 地元協力区 | 4名 |

| | |
|---|---|
| 斫伐事業関係協力者 | 2名 |
| 施設及び土木工事関係協力者 | 2名 |

祝　辞

| | |
|---|---|
| 秩父市長 | 久喜文重郎 |
| 大滝村長 | 山中敬二 |
| 秩父営林署長 | 中川茂夫 |
| 地元栃本の協力古老 | 広瀬角平 |

受賞者代表謝辞

| | |
|---|---|
| 栃本区在住 | 山中国辰 |

演習林事務所本館に参考資料の展示

演習林内並に最寄地区内の樹種腊葉；種子

演習林苗畑生産した苗木各種

演習林内並に最寄地内の岩石標本

研究並に事業関係資料及写真，図表

演習林を中心とした山地の模型

秩父演習林関係印刷物

記念式典の来賓

| | |
|---|---|
| 東京大学農学部長 | 大島泰雄 |
| 演習林長 | 平井信二 |
| 農学部林学科主任 | 倉沢　博 |
| 林産学科主任 | 右田伸彦 |
| 演習林研究部長 | 扇田正二 |
| 管理部長 | 野口泰男 |
| 事務長 | 吉田武雄 |
| 東京農工大学演習林長 | 夏目　正 |
| 秩父市長 | |
| 大滝村長 | |
| 秩父営林署長 | |
| 埼玉県林務課長 | |
| 埼玉県林業試験場長 | |
| 秩父市，最寄官公署首長 | 各位 |
| 最寄学校関係校長 | 各位 |
| 最寄社寺関係首長 | 各位 |

地元自治，産業，文化関係役職代表　各位
林道敷地提供者並に特別協力者　各位
秩父演習林勤務した旧職員　各位
秩父市，最寄地域に在勤する報道機関　各位

記念誌の編纂

東京大学秩父演習林50年誌

**開会の挨拶**

陽光とみに弱く，そして陽影また一入長く伸びてまいりました初冬の今日，12月1日，ここに東京大学秩父演習林創設五十周年の記念を挙行いたしましたところ，関係深い官公署の方々，また，日頃特に何かとご高配をいただいております地元の多くの皆々様，そして本学農学部長，本学演習林長をはじめ，本学の関係深い上司の先生方の各位におかれましては，時下何かと極めてお忙しいところをお差繰くださいましてご参会を賜わり，ここ秩父演習林「ユカリの地」において，かくも盛大に式典を開くことのできましたことは主催者として，まことに有難くよろこびにたえないところでありますと共に深く感謝の意を表する次第でございます。

さて，當秩父演習林は，大正五年十二月二十三日に設置されたのでありまして，今年で五十年の才月を数えるに至ったのであります。本林は埼玉県の北西部秩父郡大滝村に所在するのでありますが，面積は六千余ヘクタールであります。

その発祥をたずねますれば，その昔は大滝村の所有に属していたよしでありますが，当演習林になりました当時は，本多　晋，本多詮子，徳川達道および大山　柏の各氏が所有されたのであります。

この買入れの主たる理由は，當時本学ではすでに明治27 (1894) 年，千葉県の清澄に，また，明治32 (1899) 年には北海道の中心部山部に演習林が設置されてありましたが，その位置が森林植物帯中，暖帯地域と寒帯地域に属するものでありまして，日本林業の主要部分地帯を占める温帯林業，すなわち，中部高地及び北部林業を対象とする演習地とするには適せない状況にありましたので，日本全土を研究対象とする，林学研究，林業実習に対しては，まことに不十分であることを痛感し，適地を物色していたのでありました。

そうした時に現在の本林であります，秩父郡大滝村所在の当森林が提示されたのでありますが，この林地は温帯に属すると共に，面積も充分に広く，研究にまた施業の実習に充当するに最適でもある一方，東京の本学よりの距離も比較的近く，容易にも行けるという交通も稍々至便で，演習林として最も適当であるいうことで，該山林の購入を申請いたしましたところ，文部大臣において許可を得てここに秩父演習林が設置になったのであります。

このようにいたしまして東京大学演習林は，わが国森林帯の全般にわたっておかれるようにな

りましたので諸般の研究に，また，実習を完遂することができるようになったのであります。

かくして林学および林業の進歩，発展に貢献することの可能の体制が約束ずけられた次第であります。

然し当演習林の地帯は往時交通は開けず，本林の管理運営には多くの苦難があったのであります。

引継当時の本林は，2,200 ヘクタール余の皆伐跡地と 3,800 ヘクタール余の原生天然林であったのであります。

このような状態であります，林地に対しましては，まず境界の査定，森林の現況調査等を推進し，経営の基盤作定にとりかかりました。一方管理面においても，当時は勿論事務所なく，そのため栃本部落の大村旅館（主人大村与一宅）を本拠とし，数名の職員ではありましたが，当時の山林の現地の監守者でありました山中卯吉氏を先達にいたしながら事業の遂行をしたのであります。

その後次第に職員も増加をいたし，官舎，庁舎の建設，林道，軌道および巡視歩道の開設と順次進行いたしました。

以来五十年を閲した現在は，職員数も 32 名，各種の建造物も延 2,500 平方米（約 760 坪），林道軌道の延長 16 キロメートル余，そして歩道は延長 200 キロメートル余ということに拡充をされて参りました。

また，経営面におきましては，現在第五次の経営案が編成になり事業は計画通りに進展をしております。

この事業計画の中心をなしております造林部門におきましては，人工造林地が全林面積の 20% に近い 1,100 余ヘクタールにならんとしております。これらの造林地には，スギ，ヒノキ，サワラ，カラマツ等の主要樹種はもちろんでありますが，ヨーロッパトウヒ，ストローブマツ，ハンテンボク等の外国樹種の外，モミ，シラベ，トウヒ，バラモミ，ハリモミ等の日本内地の高地性の樹種も植栽が進行しておりまして森林施業に研究に貴重な資料を提供しております。

これら樹種が植栽されております本演習林の地質は，中生層，古生層に属する地帯にありますので生育は極めて良好でありまして，今後の成林状況に対し極めて興味深いものがあります。

しかしながら，本演習林が設置になりました往時には造林地はほとんどなく，僅かに大血川管内の一部にスギ，ヒノキの極めて若い造林地があったのみで，人工造林の指標的のものはなかったのであります。

そのためにどんな樹種がどのような造林方法によって実施したら良いかを実験検討が大きく要望されるところとなったのは当然のことでありました。

そのために林内各所において実験的造林が推進されております。その苦心とあとがおり，林内におきまして現在数多くの貴重な資料それを如実に物語っており，奥地の造林事業に対する参考

資料として極めて貴重な価値を示しております。

また，本林は標高差が大きく多くの樹種が生育をし，植生がすこぶる複雑であります。これに加えて地質土壌においても変化に富んでおります。

このようにして各般にわたる自然の環境立地が，学生の林学，林業の実地研究に好適するものがありまして，本学の学生はもちろんでありますが，最近におきましては殊更に他の大学，また，高校においても活用されるようになってまいりました。

その他林業試験場，県の林業関係者の林学の実地講習の場として利用されるようになってまいりましたのも前記に所以するものでありましょう。

本演習林の収支につきましては，研究機関でありますために，特に，収入の増大を期待するものではありませんが，設置後のしばらくの期間は，収入額は支出額に及びませんでした。しかし次第に奥地林に対する事業の進歩が躍進して参りましたので，立木価も騰貴をいたし，収入は増加をしてきました。最近の収入は意外に伸びてきまして支出額をはるかに上廻る状況であります。

このことは木材の利用面が大きく進展をしたためのこともありますが，奥地におきましての搬出施設としての索道や道路の開設が進んだ賜でありますことは言をまたないところでありましょう。

林学の研究，林業の経営において，その根本理念は，1つには水資源を守ること，2つには牧草資源を開発すること，3つには国民に休養の場を与えること，4つには野生動物その他動物の保護育成をすること，5つには木材生産の場をより立派に造成して行く等が挙げられておりますが，これらが全機能を十分と発揮出来るためには，森林が完全に管理保護されていることにあるわけであります。また，ねずみ，熊，猪，兎，鹿等の動物の被害からのもの，また，各種の病虫害に対する防除とこれらが完全に守られることが望ましいのでありますが，こうしたことは極めて困難が伴います。

こうした事項の災害防除対策を強化する一方人為の害であります森林火災の発生は，これまた森林管理保護において，これが防除には多大な関心が注がれているところであります。

幸にして本演習林におきましては，これが事件の発生はまことに少なくなっておりますことは歓びにたえない次第であります。

これは何といいましても現地で働く多くの方々が，また，地元の皆さんならびに先輩各位の方々が，山林を林地を愛する普段の絶大なるご協力の結集による賜でありまして，ここに心から感謝と敬意を表する次第であります。

このようにして設置になりましてから五十年の長い才月を経ました本演習林の姿をながめます時，慨概の極めて深いものが湧いて参ります。

ここに過ぎにし往時を偲びつつ，そして現況を観察し，この観点に立って今後本演習林の益々

進展のためにより一層の力強い皆々様のお力添えを念願してやまない次第でございます。

そしてここに職を奉じております私達も本演習林をして所期の目的を達成せしむるべくより一層の努力傾注いたしまして，四囲の皆々様，それから先輩上司のご期待に添えますよう誓を新たにするものであります。

以上極め雑駁な概況を租辞で意をつくし得ませんですが御礼に併せてご挨拶とさせて頂きたいと存じます。

本日は本当に有難う存じました。

昭和 41 年 12 月 1 日

東京大学秩父演習林長　佐藤　修

## 大洞川沿秩父演習林和名倉沢地先三峰神社との林地境界協定を偲ぶ

秩父連峰の霊峰甲武信岳 (2,489 m) と古礼山 (2,112 m) を源流とする荒川，大洞山 (2,069 m)，白石山 (2,036 m)，雲取山 (2,019 m) を源流とする大洞川とが合流する二瀬に，建設省が多目的ダムを総工費 52 億を投じ，昭和 33 (1956) 年秋着工し，昭和 36 (1961) 年秋完工した。

昭和 30 (1955) 年 11 月 20 日，地元大滝村落合の大滝中学校で，この二瀬ダム起工式が挙行になった。東京から竹山建設大臣が来場，県内の官公署をはじめ関係深い人々500 余名が参集になり午前 11 時開式になった。極めて盛会裡に午後 2 時 30 分閉式された。これから建設工事が本格的に展開されることになったのである。

これより前昭和 30 (1955) 年 10 月 7 日，建設省二瀬ダム建設工事事務所から，ダム建設によって水没する地区内大洞川沿い和名倉地先に文部省用地が所在する。所管換を考究してほしい旨の通知を受けた。

11 月 11 日大洞川沿の現地の状況を踏査した。11 月 12 日大滝村役場に山中敬二助役を訪問，これが状況をお話しをした。そして大滝村強石の秩父地方法務局強石出張所に出向してこれが現況の調査をした。

11 月 14 日秩父演習林主任住田芳太郎講師に状況を報告し，之が対策を協議すると共に東京大学演習林本部管理部長野口泰雄助教授にも現地の土地の状況を具申した。

11 月 15 日，三峰神社に出向，大洞川沿の土地の件を神社庶務係にお話しをした。そして再度強石法務局出張所に立寄り現況図簿の写取をした。

11 月 21 日，東京大学演習林本部に出向した。演習林長中村賢太郎教授，永田龍之助教授に状況を報告した。管理部長野口泰雄助教授と協議をした後東京大学事務局長，及び営繕課長に面接し，これが処置策の指示を得たいとしたが用務の関係で面接は出来なかった。11 月 22 日，演習林本部に出向，演習林野口管理部長と打合せの上，一緒に大学本部に進藤本学事務局長並に営繕課長に面接して現況を報告した。その後演習林本部にて永田龍之助教授，研究部長扇田正二助教

授の方々との協議これが具体的の指示を受けた。

11 月 24 日，埼玉県庁林務課に出向，課長代理佐藤己代吉技師，今成政利技師に面接，建設省二瀬ダム建設に伴う，大洞川沿の文部省用地水没の状況を報告，県林務課が三峰神社との分収林契約締結の状況を伺う。之が地上権の写を取って帰所。

11 月 25 日，秩父演習林にて関係係員と協議をする。

11 月 26 日，三峰神社に出向，神社の山口庶務会計主任に面接状況をお話しをした後，三峰神社廣瀬宮司に面接し，各種の状況を説明報告をすると共に三峰神社側の意向を伺った。

12 月 2 日，大洞川沿の和名倉地先の林地の測量を秩父演習林の職員によって実施した。その状況を見ると，埼玉県林務課が三峰神社との分収林契約を締結しているのが実測図とによってよく諒承ができた。

これらの関係図簿により秩父演習林の関係職員との協議をした。

昭和 31 年 1 月 3 日，三峰神社の氏子代表が三峰神社に参集，今次大洞川沿の林地の件を協議することの由を受けた。

1 月 26 日，三峰神社に広瀬宮司を訪ねた。当日大滝村長磯田正則氏が三峰神社氏子総代を召集し，大洞川沿の林地の件に就いて協議をしており意見もでると思われるので，今しばらくは時間がほしいとのことで辞去した。

2 月 20 日，三峰神社に出向した。

磯田正則大滝村長を中心に，三峰神社氏子総代全体の会議で「分収林丈は返却は出来ない」と決定したことを告げられた。

2 月 21 日，東京大学演習林本部研究部長扇田正二助教授に，2 月 20 日三峰神社総代によって決定した事項を電話にて報告

2 月 24 日，上京，演習林本部をたずねた。演習林長中村賢太郎教授に 2 月 20 日三峰神社側からの最後の協議決定事項を報告した。そのあと永田龍之助教授，研究部長扇田正二助教授，管理部長野口泰雄助教授各位に 2 月 20 日の件を報告した。

3 月 1 日，三峰神社広瀬宮司を秩父市内の私宅に訪問，今次大洞川沿林地の件に就いては多大のご配意をいただいたことに対しお禮を申上げた。

3 月 6 日，三峰神社に出向し広瀬宮司に面接，3 月 9 日永田龍之助教授，野口泰雄助教授の二人が三峰神社に来訪し面談方願いたい旨を告げた。三峰神社側では之を諒承し，当日午前中に来訪方を要望された。

この件は東京大学演習林本部野口泰雄助教授に連絡をした。

3 月 8 日，永田龍之助教授，野口泰雄助教授は秩父演習林に来演された。そして三峰神社側の意向に就ての協議をした。

3 月 9 日，佐藤　修助手は，永田龍之助教授，野口泰雄助教授を案内，三峰神社に出向した。三

峰神社側では，広瀬宮司以下三峰神社の氏子総代全員の会議の席に，大学側の前記３名も出席，永田龍之助教授より大学側の意向を告げた。

三峰神社側は之が要望を受け，協議を要することで休憩を取る。

暫時休憩の後，三峰神社側の代表磯田正則大滝村長と大学側永田龍之助教授は相会して種々と協議を重ねた上協定は諒承を得たので秩父演習林に帰った。

秩父演習林にて永田龍之助教授より，秩父演習林住田主任以下関係職員に三峰神社側との協議結果について説明をされ，向後の取扱方を指示をされた。

３月 10 日，永田龍之助教授，野口泰雄助教授は帰京された。

昭和 35 年３月 18 日，浦和地方法務局秩父支局に出向して，大洞川沿和名倉地先における三峰神社と大学側との林地の件を，遠藤支局長，鈴木法務事務官に之が処置法に就ての教示をお願いをした。

この件に就いては，相互に協定書を作定し，両者が納得することになれば，これは法務局として特に問題は述べない。現在官有地の精査，境界査定を航空写真にて実施している。その時に境界が明示されてあれば決定することになる。

昭和 35 年３月 21 日，演習林本部に出向した。そして３月 18 日秩父支局にて調査した件を研究部長扇田正二助教授，管理部長野口泰雄助教授に報告種々と指示を受けた。

昭和 36 年１月 13 日，三峰神社に出向した。現地の立木の処分，そして整理は昭和 33 年３月 31 日限りで完了する申合せであった。然し乍ら，諸般の事情でこれが手間どりおくれているが，昭和 35 年７月近くにはすべて整理もついた。昭和 36 年度よりは，秩父演習林の第五次経営案も開始になるので，昭和 35 年度（昭和 36 年３月 31 日）中には，両者の調印が成立するよう協定書の作成をし，これが協定書を三峰神社，宮沢岩雄宮司，三峰神社庶務会計山口弥六氏に提示をした。神社側ではこれに対し，異議はない。但し氏子責任総代の諒解を得なければならないこと並に関係図簿の作成添付が要望された。

協定の原案は，秩父演習林にて作定をした。

この協定書は三部作成，一部を三峰神社，一部を東京大学演習林本部，一部を東京大学秩父演習林の控とすることした。

これに就ては東京大学演習林長の決裁を得なければならない。

昭和 36 年２月 11 日，和名倉地先 5544 番地の土地所有権の協定書に就ての件で三峰神社に出向した。宮沢岩雄宮司，広瀬和俊権宮司，氏子中の代表責任者磯田正則，大村与一，山中一郎，山口弥六の各氏，それに陪席した山中正則氏の各員が協定書を検討し，それぞれの諒解を得た。

そしてこれが最後の調印は，昭和 36 年３月 26 日（日）三峰神社において実施することになった。なを協定書は，タイプ印刷とし當日持参してほしいことになった。

昭和 36 (1961) 年３月 26 日（日），和名倉地先 5544 番地の三峰神社と東京大学秩父演習林と

の境界に関する協定書の調印を行なうことになった。

東京大学演習林本部からは，演習林長島田錦蔵教授がおいでになった。秩父演習林長佐藤　修教官は協定書を所持し，島田錦蔵教授を案内して三峰神社に出向した。

境界調印式に東京より演習林本部演習林長島田錦蔵教授が御来光頂いたことに対し，三峰神社側では敬意を表されて特に別室に案内されると共に極めて厳粛に之が実施を考慮されていた。當日は恰度三峰神社の拝殿の上棟式の儀式を挙行する関係上，宮沢宮司，広瀬権宮司は一緒に伺候が出来ないので別々に見え折角ご来席なのにと申述べ乍ら島田演習林長にご挨拶をなされた。

そしてそれぞれに捺印をされた。

協定書は神社側に引渡しをした。

但し，神社側では，代表責任役員である大滝村長磯田正則氏が，已むを得ない事情で本日三峰神社に出席が出来なくなったので，東京大学演習林本部と秩父演習林の二部については，後日捺印の上お届けするからとの申し入れがなされた。調印式は完了をした。

そのため佐藤秩父演習林長は本部演習林長島田錦蔵教授をご案内して三峰神社を辞去し秩父演習林事務所に帰えった。

以上の経過を経て，二瀬ダム建設に依って昭和30年10月に発生をした和名倉地先の林地の境界問題は，6カ年を要して解決することができた。

## 奥秩父方面の造林成績をうかがう

奥秩父といわれている地域は，山梨，長野，群馬の各県と接している埼玉県秩父郡がそれにあたる。海抜高は300mから2,000mで，海抜高の低い地域は部落を形成し，一般に農耕地となっている。しかしその面積は尠なく，営農は十分ではない。この地方の基盤は秩父古生層で地味は良い。

一方海抜高の高くなるにつれて，下部から上部になるに従って落葉広葉樹からモミ，ツガ，トウヒ，シラベその他の針葉樹類の森林を形成している。そして下部地域は民有地，上部地域は大部分が国有の山林となっている。下部地域の営農地帯に続く民有地域は，全般的によく人工造林地となっている。

これが植栽樹種は，ほとんど針葉樹で，スギ80%，サワラ10%，他はヒノキ，カラマツ等である。スギの造林地は概して生育は良く美林をなしているものが多い。

こうした奥秩父は大きく北東から南西に開けており，林地は東から，南にかけて立派な造林地が多く見られる。

私はこの地域での造林地の地況と林況の実態を探求して，育林研究の資料としたいと考究していた。

たまたま昭和32年から34年にわたり，東京大学秩父演習林の地域を中心としその最寄の地

帯での造林成績の調査をする機会が得られた。

秩父演習林地内では，大正2(1913)年，大正4(1915)年植栽になるもの（何れも演習林設置以前に植栽）で林令50年を越して植栽になったものは尠ない。演習林設置になり最初に植栽になったものは，大正12(1923)年，大正15(1926)年のものがある。いずれも植栽樹種はスギである。

大滝村地区内でのスギ造林地では，50年を越す林分は，栃本部落の裏山地区海抜高が1,050 mの大滝村有林，上中尾，山中一郎氏所有山林の海抜高750 m，強石吉田　正氏所有山林の海抜高が500 mに立派なものがある。これがスギの林分はヘクタール当りの本数は800本，胸高直径35 cm，樹高28 m，材積1,000 m³，平均生長量27 m³という素晴しいものである。

大滝村内での造林地は，ほとんどがスギであり，わずかにサワラとヒノキが植栽になっている。なを秩父郡下秩父市に属する横瀬，浦山方面，小鹿野町，両神村，吉田町方面も人工造林地が多く，雑木林は極めて尠ない。

これは農耕地に適する地が尠ないことと，地味が秩父古生層地帯で良いためだと思料される。

しかし，最近の木材価格の低迷と労務の高騰と不足で，保育管理は行届かない点は悔やまれるが，全般的にはふくよかな環境を構成して落付いた地域といえる。

この奥秩父地方でのスギ老令林分があるかと探訪していた時，秩父演習林最寄の製材，木工会社の社長さんから小鹿野町の三田川地区に老令林がある。最近処分されたというお話しを聞いたのであるが訪ねてみたら如何とのことであった。

昭和36年5月7日機会を得たので私達演習林の職場の4人で附近の森林の研修を兼ねて調査に出向した。

その所有者は秩父郡小鹿野町三田川半平の近藤清一さんという地域の素封家であった。私達は近藤さんを訪ねた。処分し伐採処理はなされていなかった。私達は安心とよろこびでお会いをした。お訪ねした事由を告げたところ大変によろこばれ，お忙しいなかを現地までご案内して下された。

そしてこの林分についての成立のお話しなど聞かせて頂いたりした。昭和34年度埼玉県で標本抽出法の實験に使用されたとのこともお話しをされたが現地の林地には指導標が建立になっていた。

この地域は昭和34(1959)年の8月と9月の台風の際附近の森林の多くは大なり小なりの被害を受けたが，幸いこの林分は全然被害を受けなかった。そのあと間伐をし林分の整理をした。

近藤さんは最後にお話をなされた。この林分は永く当地方の参考林として保存して置く考えであると。

この林分の調査の結果は，面積6,700 m²，立木本数315本，平均胸高直径45.4 cm，平均樹高34.65 m，立木材積753.72 m³，平均生長量10.23 m³であった。

表-1. 人工林の成績

| 箇所 / 種別 | 秩父演 | 秩父演 | 埼玉 | 千葉演 | 千葉演 | 千葉演 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 大血川 | 栃本 | 小鹿野町 | 清澄 | 郷台 | 清澄 |
| | 1い11内 | 井戸沢 | 三田川<br>半平<br>近藤清一 | 今澄<br>40m内 | 牛旁沢<br>11aﾘ内 | 松野記念林<br>南沢 |
| 樹種 | スギ | スギ | スギ | スギ | スギ | スギ |
| 年林令 | 53 | 43 | 110 | 99 | 52 | 62 |
| 本数／ha | 855 | 1,795 | 470 | 300 | 580 | 558 |
| 平均胸高直径(cm) | 32.1 | 25.9 | 45.4 | 44.0 | 37.0 | 28.3 |
| 平均樹高(m) | 26.25 | 23.50 | 34.65 | 26.00 | 26.00 | 18.3 |
| 材積($m^3$) | 859.15 | 1095.37 | 1125.12 | 720.00 | 750.00 | 351.00 |
| 平均生長量($m^3$) | 16.52 | 26.08 | 10.23 | 7.27 | 14.70 | 5.60 |
| 備考 | 間伐材積は含まず | 仝 | 仝 | 仝 | 仝 | 仝 |

当林分は広く各所の有名林業地のそれに対比すれば，まだまだの状況にあるが，当地方の民有林としての存在の意義は極めて高い。前述したように近藤清一さんは当地方の指標林として置きたいというご趣旨は崇高なものであり，地域の協力によりこれが保護をいたし所期の目的に供せられるよう念ずる次第である。

因みに東京大学秩父演習林，同千葉演習林における資料と対比して見る。

林分材積には立木本数の多少が最も大きく関係するが，最多の材積を追求する為に立木本数を多くすることは，林分の健全状況という見地から良いといえない。適性な立木度を整えて自然の現象に順応したいと思う。

ここでは当地方の大部分の造林樹種がスギであるので，スギを取り上げて吟味ををした。サワラ，ヒノキ，カラマツ等についても優良のものが見られている。

今後よりすぐれた樹種の林分が生まれてくることが推量される。

ここに奥秩父地方における人工造林地の林分の一部に就て見てまわったものを記録したが，概して生育の良好の状況を証明することができた。向後ますます造林に意を注いで，育成に精進し，水源の涵養に，環境の美化にそして各種の間接的効用を高めると共により経済効果の増強を計り豊かな農山村の発展に寄與されされることを期待される奥秩父である。

## 資料としての秩父演習林視察案内

昭和 30 年 9 月，北海道演習林から秩父演習林に転勤になった。

これより前昭和 14 年 11 月 25 日から 12 月 2 日まで，秩父演習林及び最寄の林業事情の各般に就て，研修出張命令を演習林長三浦伊八郎教授より頂き，当地域の概況は勉強することができていた。

秩父演習は学生當時にも，西垣晋作林学博士による森林土木学林道の実地演習で，昭和 6 年 9 月に訪れた。地形の極めて厳しい奥秩父山塊であり，2,000 m を越す山梨，長野との県境の稜線は秩父連峰として知られている。幾多の霊峰と峠が山岳愛好者を呼んでいることは有名である。

秩父演習林はこの連峰に抱かれるように所在し，6,000 ヘクタールの林地は海抜高 500 m より 2,000 m にまたがり扇状に展開をしている。基岩は秩父古生層を主体とし地味は概して良好である。

そのため山地の林相は，落葉広葉樹から針葉樹原生林と森林の構成は広汎に亘っており多種類の樹木が生育しているのが特徴である。また，比較的海抜高の低い地域山林には各種の樹種の人工造林地も造成されているが老令林は少ない。しかし乍らその成績は概して良い。

変化に富む地況そして環境の相違のことから林業経営自体は容易ではないが，林業特に林学を研究する立場からすると極めて興味が持たれる状態にあるといえる。

當秩父演習林は，もとより本学教官並に学生の教育，実験また学習の場として活用されること

がその本旨である。同時に最寄地域の林業経営の指標となることも肝要であろう。

地域の関係深い機関との接近する機会がほしいと思考して折に，埼玉県林務課が全国の林業改良普及に呼応され，林業改良普及協会を設立されその指導に推進されていた。

そして，県林務課では，昭和 29 (1954) 年より林業改良普及青少年実績発表大会を毎年早春に開催していた。昭和 33 年度は飯能市でこれが大会が計画になっていた。

この地区予選会が，2 月 18 日秩父郡林業改良普及協会主催により，秩父地方青少年林業実績発表会が秩父市内の会場で開催になった。秩父市内に所在する秩父農林事務所長関口一郎技師より，秩父演習林に招請を頂き発表会に参席の機会を得た。

當日この秩父地域からの発表者は，男性 4 名，女性 1 名の 5 名が出場になった。そしてこの中から 2 名が選ばれて県発表大会に出場することになっていた。

5 名の発表者は，それぞれが体験に基く貴重な実績を述べられ聴講した多くの方々に深く感銘を与えるものがあった。

そしてこれが審査員は，県林務課長，県林業改良普及協会副会長他 7 名の方々によって選考され，県大会に参向する者と共に 5 名の発表者には，賞状と記念品が協会副会長から授与された。

たまたまその席に在った私に，この発表会の講評と挨拶をしてほしいと要請を受けた。

私は本日の立派な体験発表に対し，素晴しい貴重な数々を聞かせて頂いたことに深く感銘をすると共にその熱意に敬意を表した。

そして，目下戦後復興するための不足している木材資源の増産と共に造成を大きく期待になっている林業の必要且つ重要性を強く社会が要望していることをお話した。特に，青少年各位に対する，願望の極めて大きいことを併せて述べた。そして青少年各位が若い力で林業にたずさわり研究に精進されるようにと結んだ。

そして私は林学並に林業を研究と実践をする機関の一端を担う東京大学秩父演習林に在職していることをつけ加えた。

また，東大秩父演習林は，事務所は秩父市内に，現地森林は秩父郡大滝村内に設置になっていることを述べこれが大要を次のようにお話した。

秩父演習林は大正 5 (1916) 年に設置になり，本年 33 年で 42 年になった。面積は 6,000 ヘクタール，落葉広葉樹，針葉樹の天然生林が多いが，各種の人工造林地が造成してある。この林地には各種の試験地，実験林そして各種の研究資料が設定になっている。本学の教官ならびに本学の学生はもちろんだが，他の学校も供用している。

このような事項が適正に実施出来るように推進と維持管理にあたっている。

この地域内には，極めて良好なものもあるが，思わしくないものもある。機を得て是非来演して頂きこれが実態を視察をされ，何分の指示を給わりたいし，同時にこうした裡から参考になるものがあれば取り上げられて，当地方の林業の振興発表の資に寄与して頂けたならば大変に有難

い旨を述べ演習林の在り方を列席の各位に紹介をした。

次で，當地選出になる富田県議会議員，県林業改良普及協会々長である吉田町落合町長もそれぞれ祝辞をなされた。

かくして参会者百余名の盛大な青少年林業実績発表会は完了した。

昭和 33 年度の県大会は飯能市，昭和 34 年度は小川町，昭和 35 年度は，寄居町に県林業試験場が開設になったので，當年より以後はこの林業試験場において，林業改良普及青少年実績発表大会は続けられている。

また，昭和 40 (1965) 年からは，県林務課が企画された，県下篤林家体験発表大会も開催になり，毎年 12 月 3 名が県林務課長より指名されて発表になった。これも県林業試験場が会場になり県内各所より多くの方々が参集になり盛況である。

県内には全国でも有名な名栗林業地がある。秩父地方は地味良好であり，林業は戦後は特に旺んで若い造林地が展開している。また，平地地域東部騎西地方も集約林業が推進されている。また椎茸など茸類に就ての栽培が旺んに研究されその成果は素晴しい。

このような情勢にある県林務課では，農事研修会，地方青年研修会，県農山村青年林業講習会，県下森林組合研修会，県自然保護委員会，県緑化推進常任委員会，そして戦後昭和 25 年頃より戦争によって伐採された林地を対象に拡大造林が提唱され，昭和 30 年昭和 31 年代は年度内の造林面積は著るしく増加をした。

そうした情勢であるために，各所に如何にして林業をよりよく改良し発達して行くかが広汎に要望されるところとなり，林業研究会の創成が盛んになった。そして林業研究会では先進優良林業地，優秀な林業家を訪れて研究に勉強に，講師を招いて講習会，講演会を持つようになった。

そのような流れの諸種の会より招請があり可能の限り出向して会員各位との交流も加わり，啓発され教導を頂く機会が多くなった。

その都度大学演習林の在り方を語り，多くの方々のご意見を拝聴することもできた。

そのような関係から演習林を訪れる方々も多くなったので，来演する方々に参考になる資料の必要に迫られ，各事業担当者の協力により，諸般の事項の検討を重ね，昭和 33 年 7 月に秩父演習林の概要改訂の第 1 号を作成し，来演視察者にさし上げることが出来た。

このようにして必要度が高くなり，現地の実態をより検討し，開放し，ありのままの姿を視察者と共に研究の資とした。

そして視察に来演された方々に対し演習林の在り方を識って活用されるよう希うた。

### 大滝村有林と秩父演習林大除沢曲沢頭との境界査定の思い出

大滝村では明治 38 (1905) 年から，秩父営林署管下大滝奥国有林に就て，下戻請求行政事件の訴訟が続けられていた。(これに就ては後掲の顕彰碑を参照をされたい)。

これが訴訟の経過裡において，自分の財産を推進のために投入した大滝村民の方もおられた。また，人事の件においても多くの困難を克服して訴訟を続けたのである。

かくして，昭和 22 (1947) 年 4 月 24 日勝訴の判決を得ることができた。

大滝奥国有林約 3,600 町歩の森林は大滝村有林に所管換えになった。

この所管換えになった林地は，海抜高 800 m より 2,000 m に及び樹種はミズメ，カエデ類，カンバ類等の落葉広葉樹も生育をしているが，大部分はシラベ，アオモリトドマツ，トウヒ，コメツガ，モミ等の針葉樹類を主とし，樹令は 70 年から百数十年に及ぶ原生林である。

そしてこの地域は，東京大学秩父演習林の所属林地に境しており，秩父演習林栃本作業所管内，大除第 9 林班，曲沢第 13 林班，第 14 林班及び金山沢第 15 林班との境界をなしている。

大滝村ではこの秩父演習林に境する林地の原生林の立木を地元の木材会社に払下処分をすることになった。そのため境界を査定し，明白にしておきたいので，これが査定に秩父演習林側の立会をお願いしたいということになった。

そしてこの第 1 回の境界査定を，昭和 30 (1955) 年 12 月 7 日から 10 日に実施することになった。

昭和 30 年 12 月 7 日，晴

秩父演習林からは，佐藤　修教官，阿部　順教官，田村義美技官の 3 名，大滝村役場からは，山中敬二助役以下 3 名，大滝村議会議員関係山中正則議長以下 9 名，立木処分を受ける甲武信木材 kk 社長山中午太郎以下 4 名，お手伝の方 5 名の計 24 名は午前 8 時二瀬の甲武信木材会社事務所に集合，8 時半二瀬事務所出発，和名倉沢上部にある，会社の事業所にて中食，午後 2 時和名倉上部 1,800 m の地点の和名倉田島工業の山小屋（3 間×5 間）に到着した。

秩父の山は急峻特に中腹以下は厳しい。そして登る道は誠にせまく足場は極めて悪い。今晩よりお世話になる宿舎である山小屋に着いた一行は流石に労れたという姿だった。

到着して休憩後，山中敬二助役は今次の目的は，甲武信木材工業 kk が曲沢上部の大滝村有林，約 50 ヘクタールを購入した。この林地々域が東京大学秩父演習林と境してあり，境界が明確になっていない箇所もあるので，これを査定したい為に皆さんのご足労を願ったので，何分のご協力を給わりたいことの挨拶をされた。

そのあと明日からの作業の分担も指示になった。

境界確認班 5 名，面積測量班 4 名，立木及び埋木調査測定班 4 名の方々を依頼になった上本日は休憩ということになった。

師走の日は短かく，1,800 m の奥秩父連峰の稜線近くも夕べのとばりは早かった。

遠く 40 km の秩父市の灯，そして熊谷方面の夜の光は美しく瞬いていた。

12 月 8 日（第 2 日）晴

和名倉沢，大除沢の上部から，曲沢 14 林班，15 林班の境界を歩き状況を観察する。尾根筋の

合流点を探し，国有林では重要地点には，僅かな山石を集めて石塚を作り土盛をして石標を設置したものも発見，之を基点にし原図を合せて境界線を見出すと，20 m～40 m ほどに 10 cm×25 cm の鉄板に NO を入れたものを立木に打付けてあり，それを見付け乍ら進んだ。そして境界標杭丸太を埋設順次確認をし進めた。こうして境界を確認し基点と思われる方向盤より NO19 までを明確にすることができた。その延長約 600 m ほどが終る。

かくして曲沢第 14 林班より第 15 林班金山沢との境界の査定が今日出来た。

なお，面積測定測量班も予定周辺を検分して準備を進めていた。また，立木，埋木の調査測定の班も標準測定地区を見出すべく地域内を踏査をした。

各班とも弁当を持っての調査に終日原生林を歩きまわた。労れもしたと思われるが元気一杯で午後 4 時前には山小屋の宿舎に戻った。

山小屋独特な中通しは土間になっておりその中央には大きな焚場があって焚火は十二分で暖がとれるが，皆がほしいでしょうが風呂はない。何んとしても高地であり，炊事用の水とお茶用の水をしばらく下方の水源より担い上げてくるのだから，その点は諒解してほしいということであった。

でも，こうした山小屋には別の水が十分に用意をして頂いてあり，大いに楽しませて頂けるので，満足度は最高であったことと思われるのだった。

雲の上のような高地の宿舎の夜は限りなく賑わしく続くのだった。

12 月 9 日（第 3 日）晴

空気は矢張り冷涼をおぼえるが，晴れ渡った 2,000 m に近い地点の朝は格別である。

炊事をしてくださる方々のご苦労に感謝をささげて朝食を頂き，腰弁当で一行はそれぞれの仕事を完遂すべく元気一杯で出発をした。

設定になった測点を後日判然とするように采配をしつつ測量をしたがその延長は 600 m ほどだった。

林分の材積やその内容を調査測定班の方々は 50 m×50 m の測定地を 3 ヶ所，選定した。そしてこれが毎木調査が意外と進行しなかったので，皆々で応援をし，完了した。これで最初に計画をした事項は全部完成をした。

これは全員はよく頑張ったことと共に天候にも恵まれた為でもあり幸運といえる。

代表で現地に来られた村役場山中敬二助役は大変によろこばれ，安心もされたこと一同に感謝のことばを述べて，最後の山の宿の祝宴となり，全員は十分に 2,000 m の高い山の宿で，燃えさかる大木の火を囲んでの宴は夜半に及んだ。

12 月 10 日（第 4 日）晴

明るく晴れわたった高山の朝，何んとはなしに楽しく晴れやかな山の小屋，お世話頂いた方々に厚くお礼を申し述べ，8 時一行は下山へと歩を進めた。

3日前に登った坂道も矢張り下りは労れもない。11時には二瀬の会社の事務所に着いた。そして各人は自宅にと帰って行かれた。

今4日間の高地での作業をふりかえる時，洗面もしなかった。着たままで寝た，弁当箱も大体洗はずに作って頂いた。何せ24名の炊事と，お茶丈でも水の量は相當に必要であり，これが背負で汲み上げて運搬の労は極めて大きいものがあった。そのお骨折には唯々感謝があふれるのだった。一行24名はこの暮れに迚もよい思い出の体験が出来たことは貴重なことであった。永くこの思い出は忘れることの出来ないものとなるだろう。

かくして第1回目の曲沢上部の境界査定は終ることができた。

第2回目の曲沢上部の境界査定

昭和32年5月2日，曇後雨

大滝村役場より連絡があり，佐藤　修教官と田村義美技官と大滝村役場に出向した。

大滝村役場からは，山中敬二助役以下職員4名が参加した。

また，村議会議員は，山中正則議長以下15名が出席，そして甲武信木材工業kkからは山中午太郎社長以下5名の計26名が参加をした。

大滝村側では，過般曲沢第13林班，第14林班の境界を再度測量をした。

そして和名倉沢，大除沢上部，曲沢第13林班，第14林班との交流する頂点，そして曲沢第14班と金山沢上部で一緒になる境界点の都合3ヶ所に，大きな標識旗を掲揚した。それで今後は，現地においてもこれを調査時の目標として，踏査の参考にしてほしいと思ひ，境界線の大観の確認にもしてほしいので各人においての出向を願ったとのことだった。この大観点は，秩父演習林の滑沢第20林班雁道場が最適の箇所であることで，一行はこの地に行き状況を大観し確認をした。

秩父演習林側としては大観は出来たが，更に改めて現地を再踏査することを告げて，本日の査定の件を終了した。

第3回の境界査定

昭和32年5月28日から6月1日実施。

5月28日（第1日），晴後曇小雨

秩父演習林側よりは佐藤　修教官，田村義美技官の2名，そして今次は秩父木材kkの社員は，大除沢の林況を見たいということで私達と行を共にした。

二瀬より和名倉沢の歩道を上り，白石山1,900m付近に建設された甲武信木材工業KKの造材小屋に午後3時着いた。

雨のために現地を踏査するのは無理なので出向は中止して，造材に作業中の甲武信木材工業kkにて作業している方々に境界付近の状況を伺ったりした。

5月29日　小雨

朝7時半出発，大除沢上部の境界を再度歩き確認をして9時小屋に帰る。それから曲沢上部に出て境界線を歩き濡れて2時半に小屋に帰る。

午後3時半栃本作業所より阿部　順教官，赤岩朋敏技官の2名も来て一緒に造材小屋に泊。

5月30日（第2日）雨

雨は終日降り続いた。やむなく造材小屋にて休養となる。

5月31日（第3日）晴後雨夕立

昨夜の雨は上り晴れて高山の朝は誠に心地が良い。四方の眺めは抜群だ。

8時山小屋を出発，周辺の林況と境界の状況を確認し乍ら白石山頂(2,036 m)に行く，富士山の眺望は素晴しい。山頂付近は80年生の見当のシラベの更新は一斉林をなしており立派だった。1,000 m付近にはカラマツの天然生林の純林もあった。第14林班の上部の境界線を確認し乍ら，金山沢の稜線を下る。所々に境界の鉄板NOがあり確認になった。

かくして金山沢の境界を上り曲沢第14林班の境界を踏査し乍ら甲武信木材工業の造材小屋に帰る。

6月1日（第4日），時後曇

雨が続いて十分に過般5月2日大滝村の関係者と，曲り沢頭と大滝村有林の境界遠見の調査箇所を十分に査定することは出来なかったが，4名で再検討も出来た。

造材小屋の方々にお礼を申し上げて出発，久度沢歩道を下り乍ら針葉樹の天然生林や広葉樹の再生林を見ることも出来た。栃本作業所に帰所。

3度に及んだ大滝村有林との境界査定も済んだ。何んとしても高地なので困難も多かった。

## 顕　彰　碑

大滝国有林下戻請求行政事件が，明治38年から実に43年間の長きに亘り，昭和22年4月24日関係者の献身的努力によって，遂に勝訴いたらしめ，一大成功をおさめ得たことは，大滝村政史上空前の事にして，其の功績は永く後世に傳うべきものである。

明治初年地租改正の際，村民生活の唯一の支柱であった稼山を譲って国有に編入され，村民は働くに場所なく疲弊困憊その極に達した。

明治32年国有林下戻法が公布され，翌33年2月5日稼山の下戻申請書を大滝村長逸見亮一郎氏から曽根荒助農商務大臣に提出したが仝38年却下されたので，直ちに村長磯田鶴松氏より同大臣を相手とり，不当処分取消の訴訟を行政裁判所に提訴したのである。

時を同じして証拠の完備した，元中津川村稼山事件が敗訴となり，元新古両村稼山の事件は勝訴の見込なしとして，取下げを議決の上，村長，議員代表上秩したところ，内藤亀三郎，峰岸津太五郎，宗山寛宥，棚山栄蔵の四氏の意見に従い取下げを止め，四氏に事件を委任して命脈を継いた一方，川合正臣氏外の希望をいれて，村長，議員代表上京し縁故特賣契約をしたが不成功に

終った。

このとき村長廣瀬菊次郎氏は不幸病魔におかされ死去されたのである。

受任弁護士宮古啓三郎先生は，事件の状勢不利なることを覚り専ら引き延しを図ったが，昭和6年愈々決審のことを峰岸津太五郎氏より千島義一氏がきき，その状況を憂慮して上京し先生を訪問したが，証拠書類もなく，又延期の策もなく，此のまま決審すれば敗訴の外はないとのことにて驚き帰り，書類の蒐集に努力，ようやく延期の措置が出来たのである。

昭和15年4月9日，宮古先生は逝去され，後任に宮川順輔，播磨辰次郎両先生を依頼し，千島義一，千島祐三氏兄弟は，稼山関係書類数百通を集め，その間より26通を厳選し，説明書を添えて提出，ここに始めて状勢が有利となった。

時に，峰岸津太五郎氏は，昭和15年11月5日勝訴またず逝去されたが，養子右造氏これをうけ継ぎ山中一郎，大村与一，山口弥太郎の四氏とともに証拠書類の蒐集，経費の調達に協力した。

昭和21年10月24日より，三峰神社に於て，行政裁判所の実地検証となり，評定官第一部長阿部文二郎閣下関係官弁護士出張して31日まで，8日間法廷を開き厳粛な検証が実施された。

かくして，昭和22年4月24日，村長山中一郎氏のとき，一部勝訴の判決が下り約3,600町歩の原生林下戻に成功したのである。

提訴以来43年，此の間宮古先生及び峰岸津太五郎氏がよく引き延しに努力され，磯田鶴松，磯田正則氏父子が村長として二代これに専念し，千島義一，千島祐三氏兄弟が証拠書類の蒐集整備に遺漏なきを期し，又宮川先生が遺憾なくこれを活用されたのである。

顧みれば受任者は，村の運命を賭けての事件を適切なる処理と多大の犠牲を拂っての結果が勝訴となり，今日その資源の恩恵は村の産業経済，教育，交通，衛生，文化発達の基礎となった。

このたびの建碑は関係者が自己の利害を越えて真に村の発展を念願とし，公共の奉仕に徹したる偉大なる精神と業績を顕彰し，併せて村発展の道標たることに対し心からの敬意を表するものである。

埼玉県知事　　栗原　浩　撰文

埼玉県議会議員　石澤義夫　謹書

## 秩父演習林及び最寄での熊の談義

奥秩父方面で，熊が立木を喰害すると問題になったのは，昭和35 (1960) 年頃からである。

私は昭和30 (1955) 年に北海道演習林から秩父演習林に転勤になって来たが，その當時熊による立木被害と言うようなことは，特に話題にはならなかった。

然し當地方の方々が山仕事に出かけて，天然生のモミ，ヒノキ，クリ等の立木が，地上から1～2mの高さに樹皮が剝がされ，樹幹が露出しているのは僅か乍ら見かけた，という程度でそれに不審の感を抱き，それを問題になるほどのことはなかった。

私は昭和30年11月下旬，秩父演習林の大血川作業所管内西谷方面を巡林した際に，スギ，ヒノキ，ヨーロッパトウヒ等の人工造林地で胸高直径15～20 cm，それより太いものの立木が，根元から1～2 m樹皮が剝がれているのを見た。これはどうしたものかと疑問を持った。

奥秩父の山地森林に野生鹿とカモシカが生息しているが，その数は多くはない。野生の日本鹿の牡は，その角が毎年5月～6月に自然に落ちる。そして袋角となって完成した角になっていくが，角が生育していく時には極めて大切にしている。そして完成する事前には，その角を磨くというか，あるいは何か刺激がある為か，立木に若い角をこすりつける。そのために立木の下部の樹皮が剝ぎ取られる。

こすりつける対象の木は，広葉樹の比較的固く枝の少ないものが対象木となることが多い。でも，スギ，ヒノキ，マツなどの若い木が角磨きの為に枯れているのも稀に見受けられた。

千葉演習林の管理する地域の大部分は，ニホン鹿が生息しており禁猟区に指定されているので，この現象はよく見ることができる。

當秩父演習林地内で見るものは，細い若い樹木ではなく，寧ろその林分では生育の良い太いものが，対象木になっていることであり納得ができない。

最初に発見したのは，秋であり剝皮になった樹幹は乾いていて委細がわかりかねるのであった。

でも，よく樹幹を見ると，幹は擦れている跡は見られるので，あるいは鹿の仕業かとも思われるのであった。

その後栃本作業所管内においては，こうした現象は見ることがない。

一方，大血川作業所管内の比較的標高の高い造林地では，年を重ねるに従い，天然生のヒノキ，また，スギ，ヒノキ，ヨーロッパトウヒ等の造林木が，春先樹液の流動期に剝皮の被害が目立って多く発生をした。

被害地の樹木を調べ検討をしたが，どうも鹿が体を擦り寄せたのだという説も出た。こうした林木の被害が多く見られるようになったので，昭和32 (1957) 年春害獣駆除の許可申請が必要だと，埼玉県庁林務課を訪ね状況を説明した。

県庁林務課では，實際の被害状況をたしかめる必要があると，係官が現地の検分をすることになった。この現地検分では，これは明白の決論は出なかったが，鹿の害の説が強かった。でも，害獣駆除に対する申請に就ては今暫く様子を見てからということになった。

ところが，昭和32年2月，どこからか秩父演習林大血川作業所地内の鹿被害のことが，埼玉県春日部の猟友会から，大血川の地域で鹿狩りをしたいと，入林の申請が秩父演習林に提出になった。

之に対し秩父演習林としては，常時林内では作業員が各種の作業をしており，入林することは都合が悪いことだとお断りをした。

秩父演習林では，剝皮防止の為，剝皮されかけたスギ，ヒノキの立木，その周辺の立木に防止の為の方策として，小丸太，割木を樹のまわりに寄せ之を針金でしばり保護する施策を実施した。また，コールタールを塗付する，ペンキをあたりの木に塗るほか，巡林をよくしてその實態を見届けたいとした。

そして，被害立木の箇所を精査するに，何か鹿毛とは違ったような毛が附着していることも発見，これは鹿丈ではないぞとの説も出た。そうだとすれば熊だが，一体熊がどうする為なのかと，これに就ての疑問も生まれてきた。恰度そうした立木の被害を検討していた頃に，長野方面，四国，九州地方での奥地林で，熊に依る造林木剝皮の被害のことが，林業関係の研究報告の中に発表されたのを見た。

それで當秩父演習林の剝皮被害も，熊によるものであろうという説が俄然取沙汰の状況になった。

これが，被害防止にはどうしたら良いのかと研究，検討の方策が考察するところとなり，秩父演習林ではこれが対策の研究が起った。

それで被害防止の対策として，前記したように被害を受けるだろうとする立木に，保護用の小丸太を針金でしばりつける，コールタールを塗付する，またその最寄で鉄砲花火を使用して爆音とその臭，水田の雀追い用の生石灰を使用した爆発音，電池式のラジオを使用して発音させておく等，各種の案が寄せられ之を検討した。

結局実施したのは，樹幹保護用に小丸太を針金でしばりつけるのと，コールタール，クレオソート等を塗付する作業を実施した。

このような策を講じたが，そのような方法は効果は見られず，針金で結束したものなど取り棄てられて効果はなかった。

このような喰害は，春期樹木が旺盛に生育する季節，樹皮がよく剝がれる時期に集中している。

思うに熊は，冬眠から覚めて穴より出，食用になる果実類もないから，剝皮して樹液を嘗め取ることと，樹皮の軟らかい内皮を食べることになるものと思われる。

このように熊が，里近くに出て食べ物を求めるようになってきたのは，奥地の生息地域が，最近は立木の伐採利用されることが多くなり，それに各種の機械類を使用，その特殊な高音は，熊も安心して餌を探して住む場所をなくしてしまったことに依るのでないだろうか，と思料もする。

このような熊による造林木の剝皮は，続いて発生，何んとしても林分内の優良木，生育の良いものが対象になって行くのには苦慮するのだった。

このことに就ては，秩父演習林に在勤している斉藤　登技官が，昭和 38 (1963) 年，日本林学会関東支部大会において「人工造林地における熊の被害とこれが対策」として研究発表をしているので参照を頂きたい。

このように奥秩父方面の天然生林，また，人工造林地の立木に熊の出没による被害が，何か昭和30 (1955) 年から人里近くまで見受けるようになり話題にも上った。

私は昭和30 (1955) 年9月から昭和46 (1971) 年3月まで，東京大学秩父演習林に在勤しお世話になっていた。

その間，熊にまつわるいろいろのお話もうかがうこともあった。それでこれの体験やお話しを記述してみることにしたい。

そのI，間近に熊を見た私の思い出

これは昭和37 (1962) 年3月5日の午後3時頃のことであった。

私は大血川作業所の東谷の歩道を川上に登り，中山沢のヨーロッパトウヒの造林地の生長試験地測定を済した後，稜線を越えて鉄砲出し歩道を上部より下り最近造林した地区を見乍ら1人で沢沿を歩いた。西谷の渓流より300 mほど鉄砲出し沢に入った右岸に，巾10メートル，長さ40メートルほどの崩壊地がある。その崩壊地は渓流に土砂を流出しているが，その中頃に熊が一頭いた。

私は歩道を下り一寸曲り角を出た時に，約30メートル先の崩壊地から小石の転がり落ちる音が耳に入った。どうしたのかなと思いその方を見ると，30メートルほど前の崩壊地に熊が一頭いるのだった。石が落ちるそれは熊が渓流沿いから上って行く時に落ちていたのでしょう。

あれつーと私が熊を見る前に，熊の方が先に私を見付けたものと思われた。それは私が見たとき，熊はじいつーと私の方を見ていた。

私は一瞬，体中がフワツーとし，これは大変だ「体中にさむけと，冷あせ，毛穴がふくれあがるトリハダといわれる状況」になった。何ともいわれない感情が体中に充満するのだった。

私はどうしようか，熊が私に向かって来たら，私は腰に鉈を一挺持つだけ，これで戦うよりほかはないのだと，覚悟は決めた。

熊は不動で私の方を見ている。私もじいつと，熊を見詰めた。視線はそらさなかった。しばしにらめつこの形，私の身辺には立木もないし，かくれる大石もない。このにらめあいを続けるよりほかはないと私は腹をきめた。

このにらめっこの時間は，ずいぶん長く続いたように思ったが，2〜3分ぐらいのことであったかも知れない。

熊はじいつーと私を見詰めていたが，じわじわと後にさがるようだった。そうするうちに，サツーと方向を転じて上部尾根通りの雑木林に駆けこんで行ったが，その素早い行動には驚いた。

矢張熊も怖いのだと思う。

私もほんとうに救われた心地になって，やがて体中の血が落付いて流れるのを感じた。

熊とにらめっこをしている間は，防御方法のことと共に，いろいろの事項が限り無く去来することを知った。

熊が駆け上がって逃げこんだ最寄には，４人ほどで職員が試験地の測定をしていたが，あとで聞いたが熊はその方には現れなかったとのことであった。

私も秩父の山を歩きまわったが，こうした体験はこれが１度だけである。

今にして思えば貴重な体験だが，１人歩きでのこのようなことは望むところはない。

その II，クリ木に登って栗の實を食べている熊を見て素早く退去したお話

この話は昭和 28 (1953) 年秋，秩父演習林，矢竹沢での出来ごとである。職員２人で矢竹沢の見本林の調査に出向し，ひと区切作業を済して休憩をした。

最早中食時，弁當を共に食べはじめたが，１人はその時に一寸離れたクリの木に何か登って，栗の實を取っているのがわかった。よく見ると熊が枝を引寄せては，栗の實を食べているのが熊であることがわかった。

それでその１人は，これは大変だと怖くなり，食べかけた弁當をしまいサッサと帰ってしまった。残された１人は帰るとの挨拶もないから，ゆうゆうと弁當を食べていた。

一寸用をたしにでも行った思い待っていたが，その友は見えない。はてなこれはどうしたのかと，不審に思ひつつも暫し待ったが見えない。どうもおかしいと思った。

山は風もなく静か，何か枝を折るような音がするので，その方をよく見ると，少し前方の樹に黒いものが登っているようなので，よく見ると熊がしきりに，栗の實を取っているのがわかった。

それで残された１人も，これだ，熊が木登りをしているので，あわて帰ったことだと知った。それで残された１人も急いで帰り，その話をしたら何んとしても怖くなり急いだというのだったが，一緒に来た者に何も告げずに帰ることのあわて方も話の種となった。

先に帰った１人もこれは一寸情けない処置となり，反省をされたよし。

山地に出て見ると野生の栗の木の上部に，小枝を集めて休み場のようになっているのをたまたま見付けるが，これは熊の仕草で，秋栗の實が出来る時に，木に登り枝を引き寄せて折り，實を取り枝を尻に敷いておく，これも熊の習性なのである。

熊も奥山でクリの實，その他ナラ，ブナ，等の實は唯一の食べ物となる。またヤマブドウ，エビ，シラクチ等の實など，秋の山の果實は，食糧として重要だが，奥地の山は次々と開発され，生きて行く上に食物に不足ができ，やむなく里へ出て畑を荒すことにもなるだろうし，樹皮を剥いで樹液を嘗めるといったことにもなるのだと思う。

その III，労れ身を遠廻りさせた熊の出現

これは昭和 38 (1963) 年初秋での思出話である。箇所は大滝村内秩父演習林地内鎌双里での発生になるお話である。

これも秩父演習林在勤職員よりの後日譚による。この職員は和名倉沢地区の作業を済せて稜線を越え，栃本作業所への近道をして帰路を急ぎ，午後５時を過ぎに，荒川の左岸に築設の国道もすぐそこに見えている。ここ鎌双里の歩道はスズタケの生い繁る曲道であり２人はスズタケをか

き分けるようにして歩を進めていた時，行く先の笹生地が大きくゆらぎ，笹を踏み倒す音を２人は聞くとはなしに耳にした。

しばし，立止って耳を傾けた。この時刻，山に働く人が笹生地の中を歩く音とは違う。これは人ではない，これは熊だと直感した。

もうすぐ先，荒川を渡れば国道に出られる場所だが，これから行き通る歩道が，先程から異様な音が聞えている地区であり，決断して通過をしたいが，何んとしても危険だ。２人は来た道を引返すことにした。

栃本部落内の人達も最近，熊の出没のお話をされているので，安全の策を取ることにしたとのことである。

それから働いて労れた２人は，先程越えた稜線を通り，５キロメートル余の道を遠回りをして宿舎に帰着したが，流石に労れてしまったと話を伺った。

矢張り危険は避けることが第一で，取返しのつかないことになってはならない。

この体験話をしてくれた職員であった友人の１人は，今は亡き人となってしまった。

その IV，仔ずれの熊に出会った体験談

このお話は昭和 36 (1961) 年夏の季節だったという。秩父演習林大血川作業所に勤務してた職員の体験談である。

大血川作業所管内，東谷の地域，東谷の渓流に沿い曲りくねりの歩道は，渓流の奥地まで開設になっている。

この職員は１人で東谷の奥地で，若い造林地の手入刈をして宿舎に帰る時，新山地区の沢沿の曲り歩道を下ってきた。

渓流の左岸の突出した歩道を曲り出した時に，東谷の渓流から歩道に登ってきた熊にバッタリと出会ってしまった。

熊は突然曲り角で人間と出会ったのだからおどろいのたのも當然だ。大きな赤い口をあけて立ちあがって，ウオー，下ってきた職員も當然おどろき，びっくり，クマのクが無意識のうちに出たとは思うが，それははっきりと憶えてはいない。

職員の方は道に棒立ち，登ってきた熊と対面の形になった。唯，呆然—，幸に熊は，職員に襲いかかることなく，歩道をとび越えて上方の雑木林の中へと走りぬけた。

職員の方も山林新植造林地の手入刈用の長柄の鎌と腰鉈はもっていたが，これを持って戦う余猶はなかった。

そして逃げ去った熊を見張るだけであったという。そして我に返った時，歩道の小道に仔熊（小犬の大きさ）が，もくもくと，母熊のあとを追っていたが，その脚はおそく，素早く行くことができない。可愛い仔熊だった。

逃げた親熊は見えるあたりには姿はない。仔熊を捕らえた。それを持ち帰ろうと思ったが，親

熊はやがて當然引返して来るに違いない。その時は恐らく取返す為に怒って襲いかかって来るだろう。それを思い仔熊を現地に放置して，今度は自分の方も急ぎ宿舎へと帰った。

先程のおどろきは，しばらく足が震え之を止めるに時間がかかった。

帰宅してこの状態を反省する時，無事に済んだこと，何んとしてもよかったと，作業所に帰り他の職員と語り合った。

その V，早朝作業現場への道中に熊の出現

この實状は，昭和 39 (1964) 年頃，秩父演習林栃本作業所最寄栃本部落の人が，栃本部落の裏山にあたる尾根を越えて小滑地区の山道を急ぐ朝，作業現場に行く時に起ったお話。

晩秋の早朝，山稼の 2 人はつれだって，栃本の裏山尾根近くに作設してある，通称小滑歩道を白泰山方面の山林作業に急いでいた時のことである。

山稼の 2 人は部落の裏山を越え，歩道に出た。朝のお話対話も，ひとしきりでのあとは，唯無言で歩を速めていた。

造林地内の歩道をしばらく進んだ時に，先頭に立って歩いていた 1 人が，急に引返して今来た道を走り帰るのだった。

残された 1 人は，何やら逃げ帰ったその理由がわからない。でも，よく先方を見ると 50 メートルほど先の歩道に，真黒なかたまりがあり，よく見るとそれは熊であることがわかった。友は前に立って歩いていたので，熊であることがわかり，そのために友人にそれを伝えることも忘れて，反転し走り去ったことがわかった。

この残された 1 人もこれは大変だ，黒いかたまりに見えたのが熊であり，それが自分の方に近付いてくるように見えたので，大声で，熊だ，熊だを叫んで，逃げ帰った友の後を追い一心に走った。見返りもせずに。

40～50 メートルは走った。そして恐る恐る後を見た。幸に先ほどの黒いかたまりに見えた熊は，近付いては来ない。2 人はやれやれと安堵の胸をおろした。

それから 2 人は今日予定した仕事場に行くには，先程の歩道を通らなければならなかった。こんな状態が出かけた直後に発生したので，嫌気が指して仕事は休むことにして，家に引返したとのことであった。

急に危いおそろしい事が発生したら，これを友に告げるということが考えられないようだが，こうしたことはどう判断したらよいものなのか，心理を検討したいものだ。

その VI，襲った熊を崖下に蹴落した素晴しい勇気と頑健のおじいさん。

この嘘のような話だが，これは真実のことである事件は，昭和 40 (1965) 年の初秋，埼玉県秩父郡大滝村栃本に住んでおられた小河義三郎さん（当時 67 才）の実施体験である。

小河義三郎さんは，大正 9 (1920) 年当時 22 才，大血川の地域に入って製炭事業をはじめた。そして昭和 54 (1979) 年 2 月 81 才で逝去された。

その間60カ年に亘って，大滝村を中心に多くの製炭の焼子を得て，木炭の集荷と販売の元締として活動をしていた。東京大学秩父演習林地域においても，原木の払下を受けて，製炭事業を実施していた。

大滝村での製炭者であり，製炭事業関係の育成発展に貢献をした功労者であった。

小河さんは，栃本の自宅から約4キロメートル離れた，大洞川沿の三峰神社々有林である，和名倉沢地区の雑立木の払下を受けて，毎日通いで製炭に精出していた。

當日も和名倉沢の製炭窯場に出向いて，伐採，集材次の窯入炭材の準備や，製炭になったものの俵装などをし，今日の作業も出来たので多少早目に仕事を切上げて家路に向った。

毎日通う山道だが稜線を越え，曲りくねった急斜面の歩道は馴れた道とは言へ，用心し乍らの歩きは容易でない。終日一心に働いた午後は矢張り労れがある。

自宅も荒川に丸太を並べた橋を渡って大通道に出れば，500メートルほどの箇所欅平の若いスギ造林地に出たので，ちょっと休んでから50メートル荒川に下りをして大通まで上るので腰を歩道沿におろして煙草の一服を楽しんだ。

終日働いたので労れも出て遂々ウトウトと横になった。そんなに長い時間はねむったわけではないが，小河さんの体の上に何やら，おおいかぶさってきたものがある。はっと，して眼をあけたら，なんと熊が小川さんの体の上に。立派な大男，頑健，気丈な小河さんも流石に，その驚きと恐しさは大きく計り知ることはできない。持ちものは腰鉈だが，それを持って戦うだけの余猶はない，小河さんは，夢中で両手で払いのけ，両足で熊の胴を蹴上げ，歩道の下側が急斜面で荒川まで40メートル余，熊を具合よく荒川まで蹴落すことができた。この一瞬の出来事，小河さんは再度逆襲されてはと荒川への急斜面を見たが，幸に熊は見えない。頭や顔のあたりから冷ややかな血の流れを知った。家路に急いだ。

家に帰られて家族の驚きは如何ばかりか。頭，顔，肩から腕に熊にひっかかれた傷は，相當に痛手は大きく，直ちに病院へと急いだ。幸にして傷は致命的のものは，のがれたので不幸中の幸であった。

然し乍ら，一月余の入院をされたが，元気な姿で退院されたのでほんとうによかった。

この出来事は，たちまち大滝村全般に報道になった。これを知った，新聞記者は殺到した。そして新聞紙上に大きく掲載になった。とに角，小河義三郎さんの年令に似合わない素晴しい戦いに賞讃の声は高く，すっかり有名なこの話題は，広くつたわり大滝村と共に，小河義三郎の名は多くの方々に知らされた。

小河さんの怪我も重傷ではあったが，生命にかかわるほどでなかったことは何んとしても幸だった。

その頃，栃本部落最寄では，山に働らく人達が，熊を見たというお話も聞かされ，熊の棲む地域の異状がこうした里近くに及ぶところとなってきたものと推量され，山林で働らく人々に充分

の用心と警戒が肝要になった。

## 愛知演習林に山林砂防工事の第一号が城東村に施工された

愛知演習林は，大正 11 (1992) 年 9 月 1 日，帝室林野局名古屋支局の管理下にあった，愛知県東春日井郡水野村，品野町，瀬戸市及び丹羽郡城東村にまたがる，古団地総面積 1,300 余ヘクタールの引渡しを受け，東京帝国大学農学部附属愛知県演習林となった。

大正 12 (1923) 年 12 月，東春井郡水野村大字上水野字安戸に，庁舎を新築し愛知演習林事務所が開所になった。

ここにおいて，演習林は設置の使命に従い林野の管理保護にあたると共に，各種の事業と研究の企画を樹立して，これが実施を開始した。

大正 13 (1924) 年には，穴の宮に量水堰堤を築設した。昭和 2 (1927) 年～昭和 3 (1928) 年にかけて，東山に量水堰堤を築設，昭和 3 (1928) 年より昭和 4 (1929) 年にかけて白坂に，そして昭和 4 (1929) 年には，数成にそれぞれと量水堰堤を築設をした。

そして各地域での量水観測と共に，気象観測も開始することになった。

これと共に各種の砂防工事も，研究の対象としつつ実施をしたが，量水堰堤に関連する集水地域における，渓間，山腹に練積堰堤，空積堰堤また，鉄線蛇篭等の築設は，土砂の流出を防止するというものであった。

また，萱筋工，編柵，土堰堤，積石工等に就ても，極めて小規模のものであった。

愛知演習林は，治山，治水の研究に対する基礎的の研究と共に，これが応用的の現地に即応した研究の場として，各種の施設の実施をなし，これが成果を広く研修の用に供することも与えられた使命でもある。

渓間に築設した練積石積堰堤，コンクリート堰堤，空積石堰堤，鉄線蛇篭による床固工，また，浸蝕防止の実際の研究は進めている。

なお，山腹工事も種々と僅かに施工はある。開設道路の法の土砂流出防止工事をするということは実施された。

愛知演習林での山腹砂防工事の多くは，量水堰堤築設工事の附帯工事，あるいは，道路開設に附随した，崩落土砂の防止といったことに対し，編柵工，租朶伏工，積石工，萱筋工，水路芝工，張石水路工等の施工が実施になっており，いわゆる崩落する山腹土砂を抑止して，これが成果を検討するといった実験対象ではなかった。

当地方は，全般的に緩るやかな傾斜をした，丘陵状の地帯である第三紀新層で，殖壌土は浅く，落葉腐朽土は少なく瘠せた土地の為に，アカマツと僅かに落葉広葉樹が混生している。そのために崩壊地が意外に多い。

そのため，林地に接してある水田，畑地では降雨量が余り強くなくとも，降雨によって崩壊地

区の土砂が，水田，畑に流入する頻度が高い。

当演習林の丹羽郡城東地区では，農地が林地に近接している所が多く，流出土砂防止の工事の施工が，以前より強く要望されていた。城東村でも，今井地区の成沢団地では，土砂の流出による，水田，畑地への被害が多く発生をしていた。

こうした実状を見て，愛知演習林では，今井団地の地域に就て，崩壊地の山腹工事を施工し，土砂流出防止の工事を実施することになった。当演としては，これが山地砂防工事の第一号となった。

昭和8(1933)年12月，城東村今井の成沢地域の現地測量をし，事業実施計画をした。そして，昭和9(1934)年1月，今井地区の水野岩次郎氏を，作業現場の代表者に依頼し，地区より作業出役者の協力得て，崩壊した山地の砂防工事の事業を開始した。

作業は崩壊地の法切，そして階段築設と進行をしたが，監督する側としても，他所での作業現場を見学した程度であり，作業をする出役者各位も，こうした事業に従事をした経験者なく，実際に作業の推進には，多分の不安があった。

この時に，愛知演習林に，林業実地見習生として，研修の席にあった玉木捨蔵氏（玉木捨蔵氏は後に，山梨県庁に勤務をしたが，選ばれて，山梨県東京事務所長に就任された）が，東京府，岡山県での現地での作業体験者であったので，氏が率先作業要領の模範を見せてくれ，作業者各員を督励してくれた。

そのため大いに意気が揚って，作業は進んだ。作業員の各員も新しい仕事を憶えることのできたのをよろこんだ。

地域内に5カ所が計画してあったので，これ等を見まわりながら，工事の進行状況の勉強をすることもできた。

階段切付の要領，萱根の植付をする筋工，張石水路，張芝水路，土留編柵など，現場に即応した各種の工事は，いろいろと教えられるものがあり，研究と共に貴重な体験，勉強ができた。

斯くして，4月上旬には築設階段に，クロマツ，ヒメヤシャブシの植付をした。そして植付の床には稲藁が埋込まれてあるので，肥料用となると共に水分保持にも役立つわけである。

このようにして，林内の崩壊地の砂防山腹工事を実施したが，測量より完了まで，企画実行によって完了した時に，この山地砂防工事がどんな状況になって進行するのか，不安と共に創設した楽しみと嬉びは大きいものがあった。

地区の皆さんの要望した山腹工事が，その要望に添えるようになって行ってほしいと，念願するのであった。

このようにして，砂防工事の山腹工事として，最初の事業は完了することができた。

山腹砂防工事の完了した昭和9年6月下旬愛知県丹羽郡犬山市方面に，豪雨の襲来したことを知った。矢張砂防工事を珍しく実施した直後なので，何んとなはなしに案ずるものがあった。上

司より城東村方面の演習林地域の被害はどうか，調査を命ぜられていた。

矢張その翌日，今春山腹砂防工事をした，城東村今井地区の作業者ある代表の水野岩次郎氏より，「今井地区方面も豪雨だった被害が各所に見られるから，このたびの工事地区も被害が発生した様子」との連絡を受けた。

それは6月25日だった。

それで翌日の6月26日，玉木捨蔵研修生と2人，自転車で演習林事務所より35 kmの城東村に急行した。

そして，城東村成沢地区に，今春施工した山腹砂防工事箇所，その他，先程補修工事をした山腹堰堤工事，竹林試験地を巡回して被害の状況如何と実状を調査した。

その結果は，堰堤工事関係は被害はない。

また，竹林試験地も異状はなかった。唯山腹砂防工事施工地も，階段の欠潰脱落もないが，張石水路が僅かに流失されていた程度で済み，ほっと安心と共によろこびにひたったのである。

何せ，山腹砂防工事第一号の実施が，その成果が試みられていただけに，よろこびは一入だった。

この安心で帰途も元気一杯，往復70 kmに及んだ自転車走行もそれほど労れを憶えなかった。

調査の実情を，上司に報告すると共に，僅か乍ら破壊の水路などの修理も完成した。

かくして記念となった，山腹砂防工事は，地域の方々の期待に応えることもでき，治山の目的

表-2　筋　　工

| 名　称 | 数　量 | 単　位 | 単価（円） | 金額（円） | 摘　　要 |
|---|---|---|---|---|---|
| 萱 | 1,500 | 束 | 0.180 | 0.270 | 径長0.3 m打違/m縄ﾒ |
| 萩種子 | 0.500 | l | 0.200 | 0.100 | 階段状萱に並列蒔付 |
| 稲　藁 | 15,000 | kg | 0.025 | 0.375 | 肥料用 |
| 黒松苗 | 5,000 | 本 | 0.005 | 0.025 | 2年生 |
| 山樝苗 | 10,000 | 本 | 0.005 | 0.050 | 1年生 |
| ワラ灰 | 11,000 | l | 0.007 | 0.077 | 苗木肥料用/本当0.4 l—15本分及び萩種子蒔付用長/m当り0.5 l |
| 鶏　糞 | 1,625 | kg | 0.030 | 0.049 | 同上/本当75 g—15本分及び萩種子蒔付用/m当50 g |
| 人　夫 | 0.750 | 人 | 1,100 | 0.825 | |
| 内　訳 | 0.290 | 人 | | | 山腹法切用 |
| | 0.100 | 人 | | | 階段切付/人100 m |
| | 0.020 | 人 | | | 階段上深0.2 m堀起用/人—150 m |
| | 0.100 | 人 | | | 稲藁伏辺用/人—100 m |
| | 0.100 | 人 | | | 萱植付用/人—100 m |
| | 0.050 | 人 | | | 苗木植付用/人—500本 |
| | 0.040 | 人 | | | 萩種子肥土混和発芽促進萩種子蒔付用/人250 m |
| 計 | | | | 1,771 | |

(100 m当り，階段巾0.6 m)

を達成したが，向後の成林への状況を見守りたい。

次に，昭和９年当時の山腹筋工，工事の単価表を掲記する。

## ハンドカメラを愛用された林学博士諸戸北郎東大名誉教授を偲ぶ

林学博士諸戸北郎東大教授は，昭和８(1933)年東京大学を定年にて退職なされ，東京大学名誉教授の称号を授与されておられた。

諸戸北郎先生は，昭和６(1931)年，海外へ研究留学なされた際に，ハンドカメラをもとめられたようだった。お帰りになられてから，先生はこのカメラをお持ちになって，写真を撮っておたのしみの様子が窺がわれた。大学の構内での，学生の測量実地演習の際など，その状況を撮られているのを見受けることがしばしばあった。

それは先生の教育の記録保持の為かとも思われたが，同時に先生の教えを受け勉強にいそしむ教え子の姿を記録と，学生個人を知りたいこと，また憶えておきたいというお考えとも感ぜられたりした。

そうした関係か，先生は，愛知演習林に測量や砂防の定期実習の際にも，また，砂防関係の研修旅行においても，よく持参されて，最寄の状景等は撮影されるでありましょうが，学生の行動の様子も丁寧におさめられていられるようであった。

私達も昭和６(1931)年初冬に，愛知演習林に砂防実習で10日間出向した。そして演習林内での測量，測定と滞在をし，また，最寄地の堰堤，山地砂防事業等の見学にも出かけた。

そのような時，先生は，研修対象物は勿論だが，私達の行動の状況も詳細に撮られているように思われた。

愛知演習林12月の砂防実習時は寒い風に吹きまくられるので，崩壊地の日だまりに，日向ぼっこを楽しむことが多かった。

そんなところに何時か先生は，巡回指導に見えられて，あまりかんばしくない状況を写真に収められたりされた。

また，見学の為の集合地を指定されたような場合にも，先生は，早く現地に行かれて，私達の集合を待っておられ，集まってくる状況を収録されるのだった。

研修旅行においても，宿舎より用意をし身仕度をして出発風景など，いろいろの状況をほんとうによく収録されておられるのだった。これは恐らく先生が，懐しい思い出を記録しておかれたいとする，それの一つと思われるのであった。

諸戸先生のハンドカメラは，何時も先生のお伴をされていたようだった。

そして先生は学生をよく憶えておられたがこの収録写真をもとになされたのでしょう。

かくして次の実習や研修旅行時に，「君は何時もおくれてくる，後部よりついて歩いているようだ。一方先頭に歩く者のことも，あれこれとご存知されておられるのに」私達は何とも恐縮する

のみだった。

このようにして先生は，学生個人をもよく憶えられて，個人的にも教導を惜しまれなかった。先生が学生に対しての熱意のあらわれであったとも思えた。

また，諸戸先生の教室での講義も実に正然と推進された。先生の講義の時間には，始業時間前に教室の事務の方が見えて，出席簿で出欠を取られるのが常であった。

この出席簿の出欠点呼が済むと，学生の一部は教室を出て行く者も時々あった。そのあと先生は，出席簿を持って教室に見え，講義をなされるわけである。その場合教室の学生を見廻し，出席簿の出欠と教室の出席が，あまり相違があるような場合は，先生が再度出欠を取り直すこともあった。要領よくうまくいったと思ったことが，大失敗を作ってしまい悲鳴をあげることなどがあった。

とに角，先生は熱意を持って，講義をなされるので，休講ということはほとんどなかった。

実際に欠席の学生が大変に少くとも，先生は休講することはなかった。

ある時，学生側で時間を間違いをしたか，出席学生が３人のことがあった。でも先生は平常通りに講義をなされたのは，先生の学生に対する熱意の表示であり，学生達は反省をすべきだと思った。

規律の極めて正しい先生である丈に，先生に目をつけられたら，それを諒承して頂くことは容易なことではなかった状況を，ある先輩から聞かされた。

その一ツのお話を記してみましょう。

これは，諸戸教授の必修課目の実習報告に，測量学の実習報告，砂防工学の実習報告があり，之は必ず作成程出しなければならないことになっている。

之を提出して先生の検閲を頂かなければ，単位は頂けないし，単位が頂けないと卒業なり，進級は出来ないのである。

ある年度の学生が，この実習結果の報告の提出が，定められた期限内に出来なかった。

どのくらいおくれたのか，どんな事由で遅れたのか，具体的のことはわからない。どうしても遅れそうなれば，その状況を事前に，お願いをしておけばよかったにと思うが，そうした良心的の連絡がなされなかったのだと思われる。

その学生は報告書を期限過ぎになって，先生に提出された。先生は駄目だと受理して頂けないのだった。従って，それの合格単位が頂けなければ卒業は出来ない。

その学生の平常の受講の上にも不十分な点もあったのでありましょう。

その学生は，先生の所に報告書を提出「お願いします」と，教授の部屋に立ち続けること２日間に及び，もちろん食事も取らず帰らずで，お願いを続けたとのこと，先生も遂に，その決意に免じたのか，諒承されて単位を与えて下され，卒業出来たよしのことを伺った。

このように先生は，生粋の誠意の方である故に，学生自身もその心根を十分に知って，直面目

な行動に，勉学に対処する必要があった。

これも私の学年での出来ごとの一件を記して見る。

私達入学して夏学期も終り，多少学校内部そして仲間意識もついた11月上旬，測樹学の実習で，千葉演習林に出向き，7日間に及ぶ実習も終り本学に帰り，授業開始の日時もわかっていた。学生一同，実習で労れた。登校は一日休養してからしようと協定をした。

そして協定通り，実習も終了して，指導教官も帰られたのに，学生は1名も出席がない。

たまたま，その日に諸戸先生の課目，授講の日であった。恐らく先生は講義教室に見えたのだと思う。

私達は協定日は休み，翌日登校した。諸戸先生は，林学科の主任教授だった。その日の第一時限の講義が終る時に，林学事務室の方から総代は諸戸先生の教室に来てほしい，ということであった。

私の級の総代は諸戸先生の教室に参向，先生は総代に昨日のストライキに対し，「許せない総代は即時辞めろ」との強いお達しだった。この総代の報告は，ほんとうに申訳ないことをしたと，一同は総代に詫びた。総代は却て助かったとよろこんだ。

なお，こんなに強く，先生が申し渡したのは，前にも一件があったのだった。

それは入学許可になった私達のクラス教室の各自の机に対し，席が定められて，机の席に事務室の職員が，氏名票を貼付してあった。これは出席簿順に貼付してあり，先生方が出席簿と対称して，学生がすぐ先生にわかり，指導に都合が良いという考だったと思う。

この氏名票を席に貼付なんて，小学生ではあるまいしということで，大部分の者はこれを剝ぎ取り捨てた。これを林学科主任教授の諸戸教授は知り，大変に勝手な仕業だと怒られたとのことであった。その時は入学始業直後であり，組の代表で種々とお世話をしてくれる総代は定めてなかったので，学科主任の諸戸教授も「勝手なことはするな」の注意で終った。

こんなわけで，私達の学級は二度も不都合があったので，諸戸教授は今次直ちに「総代を変更せよ」との厳命となったものと思われるのだった。

諸戸教授は，誠に正義，直行を実行する先生であり，学生の行動・品性に意を用いられておられたことが，折にふれ，時に及んで私達の教導に，力強くご高配が見られていた。

諸戸先生は，学生の真面目な行動に対しては，実にご親切なご配意を徹底して，実施して下さった。また学生は限り無い親にも勝る信頼を寄せられた。思い出の深い恩師であった。

## 愛知演習林における定期の学生実習協力者であった民宿時代の思い出

愛知演習林は，大正11 (1922) 年9月1日，帝室林野局，名古屋支局の管理下にあった，愛知県東春日井郡下及び丹羽郡下の林野面積1,300ヘクタール余の引渡しを受け，設置された。

そして同年10月1日，瀬戸町に仮愛知演習林事務所を開設し，事務が開始になった。

大正 12 (1923) 年 12 月，東春日井郡水野村大字上水野字安戸に，庁舎を新築しここに移転をした。

東京帝国大学の林学科学生の測量の実習は，本学の構内で実施をしたが，砂防の実習については，適当な地域がなく，各所に出向して，施行中の地，あるいは実施になった地区を見学をしていた。比較的多く出向して実際の勉強をしていたのは，愛知県愛知郡長久手村方面が，砂防工事を多方面にわたって施工をしていたので，見学研究の場として，定期的に利用させて頂いていた。

当地方は，国内においても，砂防工事各般についての実施の施工したものが多くあり，且また，県自体が，巨額な費用を投入して，治山治水に対応をしていた。加えて，東京大学農学部林学科で，理水砂防工学講座を担任されておられる，林学博士諸戸北郎教授の教を受けた方々が，愛知県庁に多数勤務しておられるので，諸戸先生の砂防実習の研修には好都合になっている。

そうした関係で，本学の砂防実習は愛知県下の施工地域を定期的に研修し，誠に好都合な状況になっていた。

大正 12 年，愛知演習林が，水野村に設置になったのを機に，本学の林学科学生は，測量，砂防の実習適地が得られたので，これが活用が可能になった。

しかし，学生を収容する宿舎がない。そのため水野村実習地に近い，最寄の水野村民家に依頼し，宿泊方交渉の労を，愛知演習林があたりその諒承を得ることができた。

もちろんこのお願は，成る可く速かに学生用の寄宿舎を建設する計画になっているので，それまでの協力方を依頼したのだった。

この学生の定期実習は，林学科，本科学生と実科学生とが，毎年各 1 回，時期は，本科学生は，約 80 名が 8 月～9 月に約 10 日間，実科学生は，12 月，これまた約 80 名が同じように約 10 日間お世話になりたいということであった。

そして各一家庭にお世話になる学生は，大体 10 名見当である。従って各期に 8～10 家庭にお願いすることになる。

これはほんとうにお願いする家庭に対しては，大変な作業といわねばならないところであり，演習林側は勿論，学生自体も十分にその真意を汲み取って，一般旅館に宿泊するような考えを持ったり，また，特に，学生寄宿舎のような思いは，絶対にしてはならないことを学校側は徹底しておく必要があった。

一方，学生達は，まだ若く血気は旺んな青年であり，学生達は，社会通年一般常識は薄く，容易でないものは多いことが想定されるところであるだけに心くばりは容易でない。

学生達は，親元を離れるもの，下宿生活，また，共同生活，合宿生活から開放されたその歓びは大きく，心を許しあえる友人との裸の付合いのできる楽しさは格別，同じ釜の飯を食い乍らの同じ行動は，何んとも言われないものがあり，固い絆がここに生れる実習生活の妙味が，理由なしに結ばれるのである。

学生達の分宿になる民家は，本科学生，実科学生何れも，一年生は測量，二年生は砂防の実習である。

従って各学年毎に4軒～5軒に分宿になるわけである。

そして各組毎に一ツの家庭にお世話になるわけである。

お互いに実習現場で会うと，話に出るのが食料，部屋，寝具，家族との交流の状況に対することが主体になる。

指導教官，演習林側よりの，注意，申入れ事項は十分に納得のいくようにしてあるが，感謝の念よりも，不平不満の方が多いのは，誠に残念に思うところである。身勝手と言わざるを得ない。

7日～10日間，各民家でお世話を下さる方々は，旅館や下宿など専業の方々ではない丈に，多分に心遣いをされ，家庭的に扱い乍ら，楽しい思い出にしてもらえるようにと，心しておられることは感ぜられるのである。

学生達は，この家庭的の実習期間は，ほんとうに良い思い出になるのだった。

各民家の方々は，もちろん各般にわたって十分に協定をして，折角のこの期間を思い出の里としてほしいと，学生達に接しているところである。

実習期間中，時に汚れた衣類の洗濯もして下さったり，協定以外と思われる，おやつ的のものも心配して頂いたりする。それと共に病気をしない，怪我をしないようにと，その配慮も伺えて，何やら申訳ない思いもすることがわかるのだった。

かくして，実習期間も終り，いよいよお別れに当っては，殊更に料理を工夫されて，送別の心遣いもして頂くといったこともある。

何んとしても，全く善意に溢れた7日～10日に及んだ，ふれあいは，生涯の楽しい思い出を植付けて頂いたのである。

このようにして，本科学生，実科学生は，毎年2回ずつお世話をして頂いた。

昭和12(1937)年，安戸に学生寄宿舎が新築になったが，それまで学生実習は，水野村の民家に宿泊を依頼していた。

指導教官は，諸戸北郎教授，伊藤武夫教授，桜井荘三教授，荻原貞夫教授，青沼正人教官，石原雇，清水　昇雇，加藤成一雇の方々が，現地に出向された。この方々は，瀬戸市品野町字岩屋の愛知演習林，東山作業所教官宿舎の方に滞在，実習地水野村に出向された。

また，水野村で学生達を，大正12(1923)年より，昭和11(1936)年まで13カ年に及んで，愛知演習林にご協力を頂き，お世話下さった10軒余の世帯主の方々の氏名は，わかりかねるが，水野村の中央道路が十字路に交わる地点にあった稲垣徳三郎氏，この稲垣氏宅は荒物，食品など販売をされていた。

また，農家だった加藤三治氏，その最寄のあぶらやと呼ばれていたお宅が思い出された。

ほんとうに永年のご親切なお世話を頂いた各位に対しては，深く敬意と感謝を捧げる次第であ

る。

測量，砂防実習に関連する挿話

そのI，遂に元級にとどまった砂防実習

それは昭和初期の砂防実習中の出来事と聞いているものである。

恒例の砂防実習中，山腹工事，渓間工事の各種の砂防工事の実行になった現地を見学し，研修する為，愛知県庁林務課が実施した，愛知郡長久手方面の研修に，砂防実習に参加した学生は出向して予定の研修が完了することになっていた。

そして指導教官である諸戸北郎教授は，現地解散をした。学生は水野村の民家の宿舎にそれぞれが自由に帰ることになっていた。

そして相当の距離はあるが，夕刻には帰着ができる状況にあった。

帰路は瀬戸市中を通り，水野村に帰着しなければならなかった。

指導教官の先生方は，瀬戸市品野町字岩屋の東山作業所の宿舎に帰着された。

学生の帰着を教官は案じておられ，学生の宿泊地水野村の地区内にある，演習林の詰所に宿泊している随伴補助員には学生の帰着の状況を調べてほしいとの電話が来た。

随伴補助員は各宿舎民家をまわって調査したところ，まだ帰らない学生があることがわかった。勿論その状況は，教官の方に連絡をした。しかしまだそれほどのおそい時間でないから，やがて帰ることであろうと，帰着を期待していた。

再度，教官は心配をして，随伴補助員に電話でたずねた。まだ帰っていない。随伴補助員は痛く心配になった。おくれた幾人かが宿舎に帰ったのは，遂に翌朝になってしまった。

ことの次第は，指導教官諸戸北郎教授の耳に達してしまった。

指導教官は大いに怒られる次第となったことは申すまでもない。

これが状況を知った随伴補助員は勿論困った。

学生側としても，よもや斯様なことの発覚するとは思わなかった丈に，本人達は勿論，クラス総代，そして級友全員は，如何に対処したら良いのか，あわてふためいた。そして協議をした。

とに角謝罪することが第一と，総代は当人達と共に，東山作業所に教官諸戸先生を訪ねた。そして陳謝すべく伺候したが，教官は面接を堅く断り，部屋にも入れようとはしない。

お願い，陳謝を重ねたが，それは絶対に不可，面会は叶えられない上，教官諸戸先生は「即時帰校せよ」との強いお言葉が告げられるのみであった。

しかし乍ら，学生の予定研修は完了してはいなかった。最後まで実習は続けた。そして各所の現地砂防工事関係の見学もあったので，これらは随行をして，東京に帰ることになった。

その結果は遂に進級は出来ないという裁定が下されてしまった。

思えば，級友は幾軒かの民家に分れて宿泊，皆々解放感に満ちあふれたその結果が，このような展開となってしまい，取りかえしのつかない始末は，何んとしても悲惨な一大事件といわざる

を得ない。

級友お互いの責任も皆無とは云えない思いもするのだった。

教官の心情もまた察し，させられるものがあった。

そのII，今は往時になってしまったが，私の大先輩から聞いたお話である。

このお話は，大正の終り頃に卒業されたクラスで，比較的年配の高い者が多かったとのこと。

ある一人は，本来の学科の方の勉強は，ほどほどにしておいて，もっぱら法律の方面の勉強に熱中していた。

本分の学科の方は，合格点がもらえて卒業ができればよく，目的は別にあったのだった。

彼は卒業する前に，はたせるかな，高等文官の試験に合格した。従って，就職は国有林に職を得られたが，高等文官の資格に合格をしているので，技術畑方面でなく，事務系に進んでいくようになった。

そしてやがて営林局長にとなった。

また，ある一人は相当の年配であり，大地主の息子，入学後は実によく勉強をした。そして一年，二年と学業に，実習に良く率先，また，報告物があれば，先先までよみ之を提出級友の面倒もよくしていた彼であった。

その彼が，２カ年の学業を修了し三年にと進級したら，自分は林学の様子はわかった。これ以上在学していても余り興味がないと，在学し勉強はやめたと，退学を決めて帰省して行った。

もっとも，彼の家は大地主であり，卒業して官庁なり，会社に就職し向後自分の歩む道を開かなければならない，その必要はない身分ではあるからなのだろう。

彼の目的とするところは，どんな学問があり，どのような教科教導が受けられるのか，そして級友を知りたい，そして級友，先生方の人格なり品位に接して，その方面での指導が受けられたら，それで良い。そして自分の行く道のあかりなり，先導をして頂けるような点を求めていたのではなかろうか，と想定するのだった。

だから２カ年の間，先生方の殆んどの方々にも面接ができたし，先生方の状況も知ることができたと言われるのでありましょう。

一方，級友各位についても，それぞれの特徴も知ることができ，彼が向後の処世に当り，相談相手をしてくれる方も知ることができたといった為に，このような方法に依ったのではないだろうか。

一寸想像をしても考えの及ばない点が生れてくるのであった。

とに角，年配の者が多く，これまでの状況を探及して見ると，農林業の自営，学校の先生，海運業関係の勤務者，会社員，そして浪人していた者で，順調に学校を進めて入学をした者は極めて少なかった。ほんとうに珍しい学年だったといえるかも知れない。

そんな状態であるから，伸気の学生もいたし，好きなことをし乍ら，学生生活を楽しむと，いっ

た状況も見られたとのこと。

これはまた伸気というか，甘く考えていた為と言うか，ある一人は，実習の報告書を提出してなかった。

実習報告書は，各人が提出しなければならない。それを遂忘れていた。卒業が間近になったある日事務室から連絡があり，それを担当講座の教授に提出し，合格しなければその課目の単位はもらえないし，従って卒業は出来ない。

これを受けた伸気学生はあわてた。当人はすべて済んでいたと考えていたようである。しかし，今更そのままにしておくわけにはいかない。これを知った，クラスの各員は報告書の作成に応援をし，これが完成提出に漕ぎつけたが，何んとこの提出を要する担当教授が，諸戸北郎教授なのであった。

幸にして最後の締切期日迄には，僅か乍ら期日もあったので，当人はクラス員の協力によって出来上った報告書を持って，諸戸先生の教室に出向，先生に面接一応事情を述べて受理方をお願いをした。

諸戸先生は，提出期限は定めてあるのに，それを守らないのだから，今更これは受理は出来ないと突張り返えされたのだった。

然し乍ら，これが受理を頂き，合格，そして単位を下さらないことになれば，卒業にはならない。

学生は自分の非を十分に認め反省をし，是非ともお願いします，と懇願をくり返して，先生の前を去らなかった。

教授も退部室の時間となり，教官部室を出て帰宅されてしまった。

当学生は覚悟を決したのでしよう。教授室の中に立ち動こうとしない。やがて，用務員さんは教授室の戸締をすべく来た。そして教授は帰って行ってしまったが，当学生は教授室を退去することなく，そのまま翌朝を迎えることになったのである。

翌朝，用務員さんは，教授の部屋に巡回して来たが，学生は昨日の状態のままで教授の来室を待っていた。

やがて，諸戸教授は部室にお見えになった。学生は昨日のままで，立ち続けており，そして教授にどうかお願い致します，とお願いをし続けて，その日も夕刻を迎えることになった。

教授も退出の時間になった。学生に帰りなさい。君は約束を守らず提出期限をおくれたのだから授理は出来ないのだと，諭されたが，学生は教授が取り上げて下さるまで，お願いを続けると固い決意をし懇願をして，食事も取らずに頑張り通していた。

さすがに強い信念の教授も，学生の懇願には絆(ほだ)されたのでしょうよし，わかった，今日は帰りなさいと，学生に告げ退去になった。

然し，教授が受理して頂けないならば，私は続けますと申し上げた。

とに角，今日は帰りなさい。そして明日朝は部屋に来るよう申し添えた。

学生当人も労れたが，教授の言葉を有難く信じ帰った。

教授はその夜，用務員に昨日から今日に至る状況をたずねられたので，実状を報告した。教授も学生の真念を知った。

三日目の朝，学生は教授の部屋に参行した。教授は，君の心地はわかった。君は君の非を認めた上での懇願，定めというものは，そんなに適当で，なまぬるいものではない。これから君は社会人として，発足することになるが，原則は固く守って対処しなければならないのだ。不履行は時に大きな問題の源をなすことを十分に知ってほしいのだと，教授は撤底した態度で語られた。

かくして教授の合格，単位も授与されて，卒業の栄を得られ社会人となれた。

当学生は，教授の教訓を体に包み，立派な社会人となり，素晴しい職責を果されたことのお話をうかがった。

流石に固い信念を持たれた教授も，学生の一心には好感を得られての処置であり，思い出のひとこまであったことでありましょう。

また，学生同志の扶けあい，こうしたことは，真に，友情として生涯の良い思い出となっていることでしょう。

# 林学科講座の変遷

三浦伊八郎

林学科の講座と言っても主として東大の講座に就て思い浮べるままに手記する。由来大学の講座と言うものは特殊なもので、標題の英訳の chair とか独語の Lehrstuhl も、必ずしも我国で普遍的にこれに当てはまるとは考えられないが、戦前には官学では一々種類と数を定め勅令で公布されたものであって、それには内容の説明があり各講座毎に定員が定っていた。講座では通常教授一人の定員はあるが、寄附講座などでは稀に教授の定員が無い場合がある。又助教授一人が普通であるが、これが欠けている場合もある。助手は文科系一人、理科系二人（一人は実験のため）が普通で、講師は数を定めず予算で大体二人分あった。今でも国立大学では類似のものと思はれるが、私学などではこの制度が異り、又講習会や出版物などでも屢々講座名を使用することがあり、その本質或は意義は甚だまちまちであるかに思える。即ち単なる講義と言う意味のこともあるらしい。

現在大学設置の常識的な一応の基準としては農学部に一学科の場合は大体一般教養を除き専門の講座が七、八つ位は要求される。それから一学科を増す毎に約五講座が基準の様であるが、実際には学科により四講座位（稀にはそれ以下）のこともある。

私が駒場に入学した明治四十二年には、大学の林学科は東大だけにあった。その翌年北大に林学科が設置され、大正二年に第一回の卒業生を出した。大正十二、三年に九大と京大に林学科が出来、四帝大だけの林学科が二十年ばかり続き、戦後の新制大学になって国、公、私立大学二十数ケ校に林学科が出来たわけである。

明治の末期、東大林学科には四つの講座があった。それは造林、利用、経理、林政である。今一つ林学に増置する予定になって居ったらしく、それを何にするかが未定であった。現存四講座の担当者として造林―本多静六、利用―河合鉦太郎、経理―右田半四郎、林政―川瀬善太郎の四教授があり、又三村鐘三郎、諸戸北郎、堀田正逸の三助教授が居られた。別に林学系の一般教養と言うよりも基礎学として経済学、動物学、植物学、地質土壌学に和田垣謙三、佐々木忠次郎両教授、草野俊助、脇水鉄五郎両助教授が居った。又他学科と合併で植物生理学の池野成一郎、気象学の稲垣乙丙両教授、動物学実験の三宅恒方助教授の講義及び実験があった。他に講師が数人である。

扨て未定の林学科第五講座を何にするかは相当期間問題であったらしい。然るに明治二十八年林学科卒業の三村助教授と三十一年卒業の諸戸助教授とのどちらかが海外留学することになった。大体この両先生の学科共河合先生の利用学講座に属していたかに思われるが、結局林学の教授間で諸戸助教授が選ばれた様である。それで私の在学期間の三ケ年間諸戸先生はウィーンに留学されたのであって、私のクラスは諸戸先生の授業を受けなかったのであるが、先生が帰られたので大正の初めに砂防工学の講座が出来、諸戸教授が実現することが見込まれることになった。私の二年生の時の林産製造学の講義を最後として三村先生は大学を罷められ、林業試験場に転任の上、海外に派遣され





ることになったのである。若しこの時三村先生が先ず留学して居られたならば、森林化学の講座が出来て砂防工学の講座が後れた筈である。

三村先生が罷められることになった時私の卒業後林産製造学の講義を受持つため学校に残る様に、林学主任の川瀬教授から林学教授会で決定した由を以て交渉を受けたのであったが、元来私は物理学、数学が得意で化学や暗記物は好きではなかったので、気象か測量ならば御受けするが化学ではと暫く返事を保留し迷ったのであったが、結局承諾することにした。そのため私の三年生と大学院二年と兵役一年の四年間を高島規孝氏に講師として林産製造学を受持って貰い、大正四年から私が講義することになったのである。ところがこの森林化学（林産製造学が主）は講座が無いので、河合先生担任の森林利用学の一部として助教授の定員一名、雇員一名の貧弱なる教室であった。このまま林学五講座であれば、私は一生助教授で終ることに運命づけられていたのである。

その後林学科では講座増設の要求を年々出していたが実現しなかった様である。そこで講座が出来なければ本多教授の跡に造林学の講座へ移ってはどうだ。古在由直総長は一つの事に堪能なら何をやっても良い（林産製造担当の時も同意見であった）と言われたからと川瀬先生からすすめられた事がある。私は大学院を農芸化学に学び、鈴木梅太郎、麻生慶次郎、林学では河合鉦太郎の三教授が指導教官と決定され、実験中特に鈴木先生は毎日一回必ず実験室に廻って来られ御指導を受けたものであった。農芸化学の実験を一通り終りテーマを貰った実験も暫くやったが、造林学の基礎となる実験は土壌分析位であったので大いに面くらったものである。尤も樹木学は元来好きではあったが何れにしても自信が無かったのであった。そのうち大正六、七年頃我国の経済界が華々しく栄えたので、それ迄年々要求してあった講座の中で森林化学講座が大正八年に成立したのである。古在総長が各科の要求講座の中から取上げられたものであった。それで大正十一年には助教授で講座担任となり、留学の機会が与えられる見込がついたのである。この講座は教授一人、助教授一人、講師二人、助手二人揃った、林学では初めての完全講座であった。当時今一つ林学から森林工学の講座が要求されており、西垣晋作講師が将来の担任を予定されて居たが、大正九年に経済界にパニックが来て、十年には予算緊縮で遂に実現を見なかったことは洵に遺憾である。

函来林学六講座時代が二十年ばかり続いた。然るに昭和十三年に藤原銀次郎氏が幾つかの大学の工学部に二百数十万円の研究費を分配寄附され、その後慶応義塾大学関係に於て藤原工業大学をその寄附により設置されることになったので、私は薗部一郎教授と二人で王子製紙の社長を訪問し、林学科にもパルプの研究費の寄附を御願いしたところ、四大学へ寄附せられることになり、十三年四月十六日東大に二十万円他三大学に各十万円合計五十万円を林学科に研究費として寄附せられることになったのである。そこでこの研究費を消費して仕舞ってはつまらぬと思い、利子丈けを使用することとし、他日講座設置の基礎にするため保存することにした。当時寄附講座を設けるには大体三十五万円を要することになっていたので、他日更に十五万円を加えて貰う積りであった。曾て教授一人だけの不完全講座ではあるが、園芸学第二講座（庭園関係）を鍋島家の寄附で原煕教授が作られた時は七万円であったが、そのうちだんだん三十五万円以上の多額を要することになり、且つ不完全講座が認められなくなったので、遂には五十二万円を要することになったのである。そこで二十万円の積立てに更に三十二万円の寄附を加えることは困難であると考えられるに到ったのである。ところが林産製造学の中でパルプ方面がだんだんと林産製造界に重要な位置を占むることになり、他面森林化学の一部分として木材化学の重要性が世界的に高まり、これらの研究報告が欧米の工業化学雑誌に多く現はれる様になり、米独では木材化学の単行本が三冊刊行されるに到ったので、私はこの方面を森林化学界で開拓することが

急務であると考え、九大の西田屹二教授の協力を得て昭和八年に世界で第四番目と考えられる木材化学の著書を出し、同十三年には七百頁の大冊に改訂増補を行ったのであった。

かかる事態に於て「パルプ学、木材化学」の講座を設けることも亦林学界の責務であると考えたので、遂に意を決して昭和十五年に研究費は王子製紙藤原さんの寄附金で支弁するから、年額一万二千円ばかりの人件費丈けの講座設置予算を申請したのである。当時文部省の会計課長は今の教育大学長柴沼直氏であったと思うが、結局大蔵省で面倒だから完全講座を作ってやるとのことで、二万円ばかりの予算で昭和十六年我国に初めて（今も唯一つ）「パルプ学、木材化学」講座が設置せられたので、それ迄にパルプ学専門家を養成する積りで、大学院に於て工学部の繊維素化学の厚木勝基教授の指導を受けてあった、右田伸彦助教授と私とが分担することになったのである。これで二十年振りに東大林学科に新しい一講座を加えて七講座となったのである。

それから大東亜戦争に入り木材の理化学的利用が極めて重要度を加うるに到ったが、予て海軍から飛行機材料その他の用途に供する木材加工関係の助教授級の科学技術者の推薦依頼があり、今の平井信二教授が海軍技師に入ったのである。私も嘱託として航空燃料の研究などにたづさわって来たが、尚深く専門学科としての研究の必要を感じ、木材々料理学及び木材々料化学の講座設置を企て、昭和十八年木材々料学第一及び第二講座としての設置を申請したところ先づ一講座だけが認められることになったので、これを材料理学としたのが今の平井教授の担任講座である。その翌年更に第二講座設置を申請したが大蔵省で容易に認められないので、私は自分で説明のため主計局へ出頭した。実はこれが認められねば学部長を辞する決心で、辞表をポケットにして文部省に出頭したのであったが、文部省の会計課長が大蔵省へ自分で出頭して説明せよと言われたのである。そこで「理化学の一方では車の両輪の片方だけでは無いか」と言ったところ、教授一人で理化学をやれないかと言うのである。当時中学校では一人の教諭が物理学と化学とをやっていたので、それでは中学程度ではないかと言って結局第二講座を認めて貰い又一講座を加えたのである。これより先き薗部教授が学部長の時昭和十六年の初めに、基礎学科の講座を専門学科に配分することを教授会で決定され、農学科へ物理学、動、植物学各一の三講座、農芸化学科には地質土壌学一講座、林学科には動、植物学各一講座が分属されることになり、林学科の講座数は九つになっていたので、木材々料科学二講座を加えて十一講座となり、農学部内七学科中講座数の最も多い学科となったのであって、これで林業、林産の二専攻が名実共に充実したことになり、独立した二学科に分離しても充分な内容を有するに到ったのである。森林化学講座の設置により利用学は物理学方面だけになったが、更に材料理学が出来たので現在の利用学は土木・機械を含んだ主として木材収穫学の性質を有するものとなったわけである。又森林化学も「パルプ学、木材化学」が分離し、更に木材々料化学としてグルーその他化学的木材々料加工部門が分離したから、林産製造学のパルプ以外の部分と立地学、生物化学、保護化学などを残すこととなった。

尚私は昭和十九年南方自然科学研究所設置に努力して教授五、助教授四、助手九の定員を得、内林学科には教授一、助手一の任命（その他医学部、工学部、農学部の農学科、水産学科に専任の定員を分配し任命された）を見たのであったが、私の定年退官後教授が急逝したため、他学科から補充され、その後研究所廃止の際に教官の属する学科の定員になったため、林学科には助手一名を加えたのみに終ったことは遺憾であった。

以上は東大林学科の講座の変遷であるが、北大では明治四十三年林学科設置当時、造林、経理、翌年利用、砂防更にその翌年林政の五講座が置かれた。当時森林化学の講義を担当して居った森岡勇助教授が何時迄も講座が出来ないため他に転出を企図され、私もその相談を受





けたのであった。そこで出来るだけ自重して居られたらこの次に森林化学講座が出来る順序ではないかと申したのであったが、遂に浜松高工教授に転出され若い福山伍郎氏がその後継者になったため順序が遅れたものと思われる。その後大正十年森林工学の第六講座が出来福山氏はその担任として教授になられたのであるが、昭和二十二年に第六講座の内容を化学に改められた。現在は林学科として造林、経理、林政、砂防の四講座と林産科として利用、化学の二講座があり講座数は九大と共に六つであるが、二科に分科している点では米国に次いで我国では第一位の進歩した組織である。

九大と京大は東大の河合鈰太郎教授が農学部創立委員となられ、先づ九大は大正十二年に学生を募集し、東大の大正時代と同様当時は造林、利用、経理、林政、化学、砂防の六講座が置かれていた。京大は大正十三年設立、純学術的に近い学科編成をされ、農林を合し基礎学により分科し農林生物学、農林工学、農林化学、農林経済学科と言う思い切った分科が行われ学術の研究上には極めて合理的に考えられたが、応用上から割切れぬ点があったと見え、農学科、林学科を併置されたことは二重性格的であり、近時は寧ろこの応用的分科の方面に順次移しつつあるやの感がある。即ち創設当時林学科には造林、利用、経理があり十四年に造園が出来た。農林工学科には林工第一第二の二講座、農林経済科に林政、農林化学科に林産化学があり合計八講座であったが、昭和二十四年新制に於て工学が林学科に移り、林政は農林経済に、化学は農芸化学科に残ったので、結局林産化学丈けは林の付かぬ学科の内容になった。造園学講座のあることは（千葉大学園芸学部及び東京農大、日大などには在るが）旧四帝大としては唯一のものである。

尚東大に木材々料学二講座が新設され、又南方自然科学研究所が設置された昭和十九年、京大と九大には木材研究所が出来、林学系の教授を置き工学系と共同で研究を行っている。現在林学出身の専任者としては九大に一教授、一助教授、京大に二教授である。又これら四大学には昭和二十五年演習林専任教授一名が出来たが、更に二十九年に東大と北大には二名に増員された。

以上は機構としての「講座の変遷」を主眼としたが、林学科の教授、助教授、講師等の「人の変遷」の問題に就ては更にいろいろ複雑多彩な事情があるが、その中には故人もあり、現存の人物もあり、こと人に関する限り相当デリケートな点もあるので、何れ適当な機会に適当な程度で記述することとし一応本稿を終ることにする。参考のため現在国、公立大学に於ける林学の講座の概要と北米シラキュース大学林学部の組織概要を附加表示する。

本表に於て利用学に理化学系の内容が併せ含まれる場合があり、所謂中等学校式に一人で教育を行うか、或はどちらか（主として化学系）を講師によるかの二つの場合があるが、講義だけは後者が優るも実験は何れの場合も困難である。又経理と林政は経済と政治の如く考えられ一見学部迄異る学科の様であるが、実際は共に経済学の応用であり私経済（経営）と公経済（政策）であるので、物理学と化学程の差はないかも知れないがこの合併も数大学にある。反対に工学と物理的利用とを分けたものが相当あるが、これは名称の問題であって大体工学と砂防が一つになっているのであるから問題はない。

木材理学工芸と利用即ち収穫学とが二つになっているのが幾校かある。又造園学二は特色であり、林学科外の学科で専任教官で林学通論を講ずるところが三、林業と林産の二講座の大学が一つあることは喜ばしい。又この他に短期大学にも会津など林学の教授の置かれたところもある。

次ぎに米国、フィリッピン等では林学が一学部となり数科に分科し、或は単科大学も欧米に多いが、我国に於てもここ迄進歩し多くの科に分科する大学となるには、今後増置すべき講座の種類を何々とすべきやの問題は極めて興味深いものである。

最後に参考のため世界最大と考えられるニューヨーク州立シラキュ

我国新制大学に於ける林学の講座配置の概要

（本表に挙げた講座の一―二は講座内の一部と考えられる助教授一名の定員などの場合もあり必ずしも正確なものではない）

| 大学 | 造林 | 利用 | 経理 | 林政 | 化学 | その他（砂防土木を含む） |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 国立大学 | | | | | | |
| 北大林学科 | ○ | | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 林産科 | | | | | | |
| 岩手 | ○ | | | | | |
| 山形 | ○ | | ○（経営） | ○ | ○（加工） | |
| 都宇 | ○ | ○（化学共）（〃） | ○ | ○ | | ○（工学） |
| 千葉園芸学部 | ○ | | | | | |
| 東京農工 | ○ | ○（材料理）（材料理、助教） | ○（林政共） | ○ | ○（パルプ、材料化） | ○（防災） |
| 東京教育 | ○（育林） | ○（加工） | ○ | ○ | ○（林産） | |
| 新潟 | ○ | ○（運材・工芸） | ○ | ○ | | |
| 信州 | ○ | | ○（林政共） | ○ | ○（林産） | ○（工学） |
| 岐阜 | ○ | ○（工芸） | ○ | ○ | | |
| 静岡 | ○ | | ○（林政共） | ○ | ○（林産） | ○（工学） |
| 名古屋 | ○ | ○（運材・工芸） | ○（林政共） | | ○（林産） | ○（工学）（〃） |
| 三重 | ○ | | ○ | | ○（林産） | ○（工学） |
| 京都林学科 | ○ | ○（運材・工芸） | ○ | ○ | ○（林産） | ○（工、砂） |
| 農化 | | | | | | ○（工学） |
| 農経 | | | | | | |
| 奈良学芸 | | | | | | |
| 鳥取 | ○ | ○（林産共） | ○（林政共） | | ○（理化） | ○（工、砂） |
| 岡山 | | | | | | ○（工学） |
| 愛媛 | ○ | ○（林産理化）（工共） | ○ | ○ | ○（理化） | ○（工、砂） |
| 高知 | ○ | | ○ | ○ | ○ | ○（工学） |
| 九大 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○（工、砂） |
| 宮崎 | | | | | | |
| 鹿児島 | | | | | | |
| 公立大学 | | | | | | |
| 京都府立農林 | ○ | ○（加工） | ○（林政共） | | ○（林産） | ○（林学）○（林業・林産） |
| 島根 | ○ | | ○（林政共） | | ○（林産） | ○（林学） |
| 山口 | | | | | | ○（造園） |
| 香川農 | | | | | | ○（林学助教一） |
| 計 | 二二 | 二五 | 二二 | 一三 | 一四 | 二〇 | 九 |





ース大学林学部の一九五二～一九五四年のゼネラル・カタログによる組織概要を次に略記する。これによると講座と言うものははっきりしていないが、教授数と略一致するものと考えるならば約二〇であって、我国東大の約二倍であり、分科はデパートメントであるかコースであるかはっきりしないがこれは約一〇と考えられる。

(1) ディヴィジョンは一、Forest Areas で(イ)造林、経営及び利用、(ロ)造園休養、二、Forest Products で(イ)製材、分布、(ロ)商業、軽工作、(ハ)木材工芸、(ニ)パルプ及び紙工芸、(ホ)プラスティックス及び繊維素化学撰択となる。

(2) コースは1森林植物、2森林化学、3林業経済、4英語、5森林昆虫、6林学通論、7造園及び休養経営、8林業経営、9パルプ及び紙工芸、10造林、11森林利用、12木材工芸、13森林動物の一三である。

(3) 教授でデパートメントの長と言うのは木材工芸、林業経営、林業経済、造林、森林利用森林化学、森林動物、パルプ及び紙工芸、森林普及の九であって、利用系二、経済系二、造林系一、化学系二の他に普及と動物がある。

(4) 正教授は一九名で林学（学部長）、造園工学、○木材工芸、○林業経営、森林工学、○林業経済、造林、木材工芸、○造林（演習林長）森林植物及び病理、○森林利用、森林管理、○森林化学、○森林動物、森林植物、森林昆虫、○パルプ及び紙工芸、物理化学、○林業普及である

○印は科長（Department Head）を示す

(5) 准教授（Associate prof）七名あり、林業普及二、パルプ及び紙、森林管理、森林植物、林学、林業経営である

(6) 助教授二六名、インストラクター一二名、特別講師一名、司出官一名がある

附記

北大の福山教授、京大の梶田教授、九大の西田教授に資料を頂いたことを記して謝意を表する。

——林業経済 NO・八五——

# 戦後の大学教育発足前後のことども

## ——林学を中心として——

吉田正男

戦後わが国が実質的には、アメリカ占領軍の日本管理指令の下に、革命的諸変革が行なわれたわけであるが、その一環としてのわが国の新教育制度は、昭和二一年早々の第一次教育使節団来日を期として動きだしたのであった。

六三三四制の枠に従って、高等教育も、昭和二四年度を期し新制大学として再編再出発することになったのであるが、戦前は、公表されない文部省の内規に依って審査され、文部大臣から認可されるか、又は曾っての中橋文相の時のように、突如政府の政策として設置される

# 林学（砂防工学）教育研究の明治逸文

東京大学名誉教授　農博　山口　伊佐夫
（昭和62年迄林学第四講座担任教授）

林学第四講座（森林理水及砂防工学）開設100周年を迎えるにあたり改めて慶賀の意を表する。同時に、現在まで林学教育研究発展のため努力してこられた先人達の軌跡をふり返り、後進、努力の参考に供したい。

明治政府発足当初、ヨーロッパの近代文明導入に伴い、目新しい近代法、近代工業に麻痺した世論は、農、林を原始産業とし、熊山藩山の集義外書等は生産性のない単なる古典精神論として取り扱われ、とくに森林、山の管理についてはほとんど無為の出費として軽視していたようである。

しかし、当時ドイツ林学に接した先人達は林学教育の必要性を痛感し、政府への説得等、大変な努力を行っている。

そのかくれた経緯について略述するが、東京大学の成立過程の年代順に沿って説明していくことにする。

明治10年（1877）：東京開成学校と東京医学校が合併し東京大学となる。
主として幕府直轄学校を背景とし、法、医、文、理の4学部よりなる。

明治15年（1882）：東京山林学校、西ヶ原に設立。

（逸文）　明治8年（1875）、ドイツより帰朝した松野ダ氏は内務省地理寮に入り、林学教育の必要性を強調し、山林学校設立の建言を再三行っているがほとんど受け入れられていない。

そこで樹木試験場を設立し、山林学校設立の気運醸成を画策する。現北区西ヶ原の3.1haに設置し、
規定として（1）．山林学術上の方法、得失を考究すること。以下7項目の条項を付す。

明治14年（1881）、山林行政は内務省地理局より農商務省山林局となるが、それに伴って明治15年、念願の東京山林学校の設置が認められる。

校長　松野 [illegible] 氏　修業年限3ヵ年

当時、山地保全、砂防工学等に対する認識はほとんどなかった模様である。おそらく山林歴史のなかで儒学等が講ぜられた程度と思われる。

明治16年、ドイツ留学から帰った中村弥六氏、林政学教授に兼任。

中村氏は明治21年7月、磐梯山爆発噴火に伴って形成された磐梯山北面

石間

の大荒廃地に対し私財を投入して造林を実施し、完成した遠藤十次郎氏の技術指導を行うのと同時に、当時衆議院であった中村氏は行政・政治両面からの復旧活動の指導を行っている。

山林学校の教科としてとくに砂防工学に関連ある学科は、物理学、地質学、土性学、測量術、気象学、森林土木学、山林歴史等である。

明治19年（1886）：帝国大学令公布により東京大学は帝国大学となる。
法、医、文、理、工の5つの分科大学となる。

明治19年（1886）7月：勅令56号により駒場農学校と東京山林学校を廃し合併して東京農林学校として駒場農学校敷地に引き継がれる。

校長　前田　献吉　氏　農学部、林学部、獣医学部よりなり、
修業年限2年と3年

砂防工学に関連ある講義

| | | | |
|---|---|---|---|
| 物理気象：教授 | 北尾　次郎 | 林　　政：教授 | 中村　弥六 |
| 設備、測樹：教授 | 和田国次郎 | 鉱物、地質：助教 | 富士谷孝雄 |
| 物理気象：助教 | 志賀　泰山 | 測量、土木：助教 | 石田二男雄 |

（逸文）　このうち、中村弥六氏は2校の合併に反対した模様である。

また、志賀　泰山氏は物理学を専門としていたが、品川弥二郎氏（後の農商務省の大輔）濱尾新氏（後の総長）から進められ、林学研究のためドイツに留学している。帰朝後、林学教授として活動するが、住友別子銅山の採鉱製錬による山の荒廃を予見し、住友総理事・広瀬宰平を訪ね造林の実施、運搬法の改善などを進言している。

また、品川弥二郎氏の推薦により別子銅山荒廃地に赴任し造林事業に従事した明治25年卒の籠手田彦三学士は、銅山荒廃山地での山崩れ土石流にのまれ殉職している。

なお、志賀泰山氏は、山縣有朋氏の那須山林の経営法を依託され経営案を立案するが、その機会を利用し山縣氏に、明治26、27年の官吏任用令の改正を申し入れている。

当時、法学士万能の官僚機構に対し、林務技術者の官途重用を陳情しているのである。

明治23年（1890）6月：勅令92号により東京農林学校は帝国大学農科大学となる。
法、医、文、理、工、農の6つの分科大学となる。

明治26年（1893）9月：勅令93号で帝国大学、分科大学における講座の種類およ

び数が決められ、各々、法科、醫科、文科、理科、工科、
農科大学の各講座名、講座数が決められる。

総長　濱尾　新　氏　　農科大学長　松井　直吉　氏

この制度は学科単位というより完全な講座制であり、このうち農科大学では 13 種、20 箇の講座となる。

林学は３講座　第一講座：森林設制学（森林経理学）　　教授　志賀　泰山
（助教授　和田国次郎）

第二講座：造林学　助教授　本多静六

第三講座：林政学　教　授　川瀬善太郎

その他の講座として、地質、土壌学、植物学、農林物理気象が各１講座、動物昆虫養蚕２講座、農学、農芸化学各２講座となっている。

明治 30 年（1897）：京都に帝国大学が設置され、帝国大学は東京帝国大学となる。

明治 30 年（1897）：明治 29 年、河川法が成立。
明治 30 年、森林法、砂防法が成立し、以上を治水３法と称し、この項災害の頻発があり、砂防事業への関心が高まっていく。

明治 33 年（1900）４月１日：勅令 87 号で 93 号の改正があり、林学３講座が４講座に改められる。
１講座増設となり、ここで林学第四講座・森林理水及砂防工学の講座が決定される。

（逸文）　三浦伊八郎氏によると、明治 32 年頃、河合鉾太郎（利用学）教授のもと、明治 28 年卒三村鏞三郎（森林化学）助教授と明治 31 年卒諸戸北郎助教授のどちらかが海外留学となったが、諸戸助教授が選ばれウィーン留学となった。そこで、林学第四講座は砂防工学となったが、もし逆であれば森林化学が林学第四講座になったかも分からないと述べている。

しかし当時、水害等多発し、明治 30 年の森林法、砂防法の成立とともに、研究者、技術者の養成を急務としたことがその背景にあったのではないかと考える。

明治 34 年(1901) １月より 36 年６月まで、傭外人教師としてドイツよりカール・ヘーフェレ氏が来日し、砂防工学の講義を行う。

明治 37 年５月より 42 年６月まで、同じく傭外人教師としてオーストリアからアメリゴ・ホッフマン（Amerigo Hofmann）氏が同講義を行う。

それと平行して、教授河合鉾太郎氏も砂防工学の講義を行う。

明治 45 年、諸戸北郎氏がオーストリアから帰朝し、明治 45 年６月以降、理水、

砂防工学、測量の研究、講義を行う。

（逸文）　改めて、アメリゴ・ホッフマン氏の来日についてみると、明治37年2月、日露戦争が勃発するが、当時ヨーロッパでfar eastの小国と認識された日本と、大国ロシアとの戦争中、よく日本へきたものと感心される。

明治38年9月、日露講和条約が成立するが、約5ヵ年間もオーストリアの治山、砂防の研究成果および技術の指導にあたったホッフマン氏には大いに敬服に値するものがある。

また、1901年（明治34）、F. Wang氏の渓流工学の著書には、河合鉄太郎教授提供の京都の山腹工事の事例等紹介されている。当時はヨーロッパの研究、技術の導入を図るとともに、日本古来の技術等も大いにヨーロッパに紹介した模様である。

明治36年（1903）：森林利用学講座が開設され、河合鉄太郎教授担任となる。

大正7年（1918）：分科大学制廃止され学部制となる。
経済学部が加わり7学部となる。

昭和22年（1947）：東京帝国大学は東京大学と改称。

昭和以降の森林理水及砂防工学教授の横顔

諸戸　北郎氏

諸戸砂防工学は当時、極めて斬新的著書で各研究者、技術者の砂防工学基本として重用されてきた。

また、愛知演習林の設定と白坂、数成、穴宮、東山の山地水文試験流域は極めて貴重な存在といえる。当時、有林、無林の比較試験で質的森林の機能を判定しようとするムードの中、浸透計を設置し降雨量、浸透量、蒸発散量の測定を行い、量的現象解明にも意を注いでいる。

なお、当時、山林局林務課長（明治42年卒）田中八百八氏と極めて密接で、林野行政での治山研究技術の推進に貢献している。とくに大正12年、関東地震での神奈川県山地災害の調査報告のデータは、現代科学による解明にも大いに参考になりうる要素を有している。

櫻井　荘三氏（大正15年卒）

当時助教授で、ヨーロッパ留学中病死と聞く。

とくに山地測量について充実したシステムの開発がある。

伊藤　武夫氏（大正２年卒）

教授として三重高等農林学校より赴任されるが、内務省の赤木正雄氏（大正３年卒）と密接で、内務省砂防事業に貢献されたと聞く。

途中から新潟農専校長として赴任。

萩原　貞夫氏（昭和５年卒）

筆者の直接の恩師にあたり、発想は常にユニークで、学位論文はテルツアーキーの静土圧を対照とし、実験静土圧論を展開しておられる。

野外調査を重視され、農林省から予算をもってきて若い学徒の筆者等は調査に多々参加させられたものである。

筆者も学位論文の提出にあたっては、他の調査員の教授から「君も萩原君の弟子だけあって考えることがユニークだなあ」等とひやかされたものである。

太平洋戦争終結後の日本の林野行政、研究に対してアメリカ G.H.Q と交渉し、有為な方向性に向けて大変な努力を続けておられる。

以下、野口陽一教授と続いて山口となるが、その批評は後進にゆずることにする。

縣から出る設計書と大正九年前の設計書と比すれば雲泥の差である、又設計書のみならず實地の工事も非常によくなつた、即ち前に施行した工事は大半破壞して治水費の大半は無益に使用された感がありますが近頃の工事は破壞せず充分に効果がある

第三、山林局長始め各府縣の上長官に本講習會の効果が認められて居る爲めに山林局は十回も講習會を開催し各府縣が之れに年々出席せしめるのである、特に本年の如き緊縮政策で豫算の減額されたる場合に於ても尙此くの如く三十六名も多數の出席者があることは之れ本講習會が慰勞的のものでなく眞に効果のあることが一般に認められて居るからである

前述の如く本講習會は非常に多忙であるが其代り非常に効果のあるものたることを一般に認められて居るから吾々は益々努力して効果を充分に發揮せしめ山林局長始め府縣の上長官の期待に背かぬ樣にせねばならぬ、併し酷暑の候であるから諸君は充分に身體の衛生に注意して此二十四日間は充分に勉强せられ澤山の御土產を持つて歸られんことを希望致します、御土產の多少は諸君の御勉强に依ります

## ——◁ 通　　信 ▷——

(前略)昨年の暮には甚だ粗末なる記事にも係ず砂防雜誌に掲載下され光榮に存じ居候毎回有益なる記事に接し有難く拜讀致居候實際山間の土地に長期間出張して工事に從事致し居る者の爲に之の雜誌は如何程指導者と相成か知ず候

下りて甚だ恐縮の至に候へ共事實仕事致し居る間に感じたるま

# 林政五十年

一林業技術者の歩ゆんだ道

早尾丑麿著

日本林材新聞社

# 林政五十年史

## ―林業技術者の歩んだ道―

昭和三十八年七月五日印刷
昭和三十八年七月十日発行

定価一、三〇〇円

著者　早尾丑麿
発行者　土方義衛
印刷所　神谷印刷株式会社

発行所　株式会社日本林材新聞社
東京都新宿区柏木一ノ八九（城ビル）
電話代(371)八一五一～八番
振替　東京　五〇三七番

治が署長工藤拡蔵を督して伐採させ、桐箪笥二組に加工して其一を山林局長平熊友明に贈り、一を愛嬢の嫁入道具としたとの非難事件が起き検事局の取調に発展したので、平熊は物品を村田に送返えし署長は青森局管下へ転勤処分で納まった始末となったが、工藤の手許に返った二竿の箪笥が如何に処置されたかは記憶にない　由来現地大林区署（営林局）長の此種国有林産各種特殊樹種の利用手段は宣伝的価値の意味に於ては曽て鹿児島の署長内藤雄介などとも、タブ・クス其他で洋装家具を製作して本省大臣局長辺りへ提供した実例があったが、村田が世間注目の桐名木で箪笥を製作し、之を上司個人に贈呈し又私有したと云う処に批判があり、平熊の憤怒返送となった点から村田式造材の単劣さを曝露して物笑の種子を蒔いたのである　嘗の業務課長時代に於ける似寄った事件には鹿児島、矢板両署で調製利用工場の曲木杖と大阪局での唐木材良車の贈与を受けた経験があるが、之等の発案者は石原清逸、平岡梓等の営林局長又は課長時代である。

閑話休題、九州地方の国有林実態調査は漸次南方に延びて鹿屋署の綱見山国有林に及んだ頃、嬰は突然風土病のアメーバ赤痢に冒され、志布志町の旅館で逗留一ケ月余容易に本復しないので、旅行を中止して熊本に帰着し村田と打合せを済ませて急遽東京に引揚げ、爾来東京胃腸病院（平山金蔵医博）又常盤病院（塩谷恕三郎医博）で療養すること殆んど十年間、全く慢性赤痢症の根治に苦心した　従って実態調査は九州の一部と四国々有林の全部とを残した儘施業計画作業を継続して昭和四年度予算編成へと漕付けたのであるが、此頃の業務課関係者は利用係主査中川伸之進、施業計画係主査庄田作輔両技師であった

太田勇治郎技師は此間欧米各国へ出張二ケ年に及び、帰朝後嬰が局長平熊友明の許に復帰して山林局二度目の転入の頃には、業務課長（武井鈴男）は間もなく貴島圭三に更わり、嬰は施業係の総括と林業試験を担当し、太田は施業担任専務として、所謂「国有林天然更新」に関する計画作業の総元締の地位に座わったので、爾後国有林の天然更新偏重の批判に対しては秋田局の岩崎準次郎（計画課長）と共に反駁の立場に立たされて来た訳である。

此大きな計画は実施一年にして政変に逢着し、民政党の林業政策の一たる林野整備調査へと切替えられて、全く見切トンボに終ったが、若し之が継続実施されて来たとすれば国有林経営は一事業区一署主義の独逸式「管理（ヴィルトシャフト）区制度（ターム）」を見るに至ったと言える。





## 三三　砂防事業で内務農商務両省の対立

### ――常川水源地帯国有林の伐採停止問題

明治四十三年の関東地方大水害の惨禍は、当時の桂太郎内閣をして内務省をして大規模の治水事業を起こさせるに至ったが、之も桂総理が軽井沢別荘よりの帰途甲府を遠廻りしても、途中の水害で一週間もかかって帰京したと云う憂き目を見たからのことと言われ、我国の災害中大災か人災かと言われる程毎年何処かで厄災に遭遇する騒きった情勢にしても、為政者として雲霞視する訳に行かなかったやかましい世論となったからに外ならない。

夫れで治水調査会を作って各界の大物委員の下に治水事業計画が予算化すると共に、農林省でも内務省の治水砂防と併行して治山砂防の必要性が認められ、公有林野開発事業の中に荒廃地復旧工事と称する砂防計画即ち内務省の河川砂防と別ける治山砂防、別言すれば前者の渓流工事と後者の山腹工事の名称の下に夫々河川の水源から下流に至る砂防工事が軌道に乗せられたのである　之は両省とも十カ年以上の継続事業として年度計画化され、農林省では山林局所管として所謂「森林治水第一期事業」を構成し、明治四十四年乃至昭和十一年迄長期に亘って実施されて来た。

其実行の経過を見ると、内務省では河川工事と渓流工事の間に施工限界に付摩擦を生じて、工学技術者と林学技術者と相互縄張的に相容れざる処のあった如く、内務省と農林省と間には河川に於ける渓流工事と山腹工事の技術限界からの両省官僚セクトの摩擦からして、同じ林学砂防技術者間に争議が絶えなかった感が深い。

而かも官僚の縄張争から来る摩擦は中央両省が如何に形式的に妥協々調したように見えても、地方の現場に於ける両省系統の工事施工機関の間には決して妥協は成立せず、断えず相互対立の儘河川に一貫すべき治山治水行政の運営

が対持していたから、事業計画も一貫せずに両省系統の砂防工事は区々独自の儘に施工されていたのである。

とより先き内務省では明治三十年砂防法の制定以来土木局河川課には池田圓男技師（明治三〇東大土木）が主任として砂防事業に従事していたから、此時代の治水砂防は工学砂防の性格に属した。而して日露戦争後の好況に乗って塩原に日本鉱酸製造会社の大規模木材乾溜事業の実現と共に、富川水源地たる温泉周辺の国有林が大面積特伐に依る広葉樹資材の供給に当たるや、偶々同流域下流の水害発生に会して森林の濫伐が云々されて、明治四十五年頃には帝国議会に富川水源国有林伐採制限の陳情採択となるなど、治山治水に対する世論騒然たる状況となり、従って内務省は砂防工学の権威東大教授諸戸北郎を土木局嘱託に採用して、農商務省の治山砂防に対国有林伐採に対する注意を喚起させるに至った

而して其具体的な公文照会には前記富川水源林濫伐の考慮を以てした大正三年頃の事蹟であった。当時農は山林局業務課施業係の一員で、池田から内務省側の森林濫伐の数字的説明を聴取したが、其根拠は諸戸精想に依る森林保水能と森林状態との間に存ずる相互均衡状態を想定して、一種の法正林に対する現実林の齢級関係を比較する均衡式を作上げたものであった。

今回此資料は関東大震災で焼失しているから、具体的説明は不能であるが、農は施業担任技師小林正旭と協議して諸戸式を検討した結果、本式は現実林状態が極端な場合には概念的に成立するが、一般的には不合理な結果を生ずることを、国有林の数例に付例証を挙げて池田に抗議すると共に、農も諸戸に直接数字的説明をしたので、耐来此数式を応用する抗議的申入は無くなったが、其後此諸戸式に付林学砂防学教室での学生の意見を徴したのに、遂に講義の中にも出なかったことからして、諸戸式の欠陥を了承したのであったろうと嘲し合ったのである。斯くの如く内務省の森林伐採に対する歴次の注文に対する妥協方策の一は、両省治水関係技師を相互に兼務として連絡をつけさせることとなり、前記池田圓男と山林局の地方課技師村田為治とが先ず之に当てられた。之は大正前期の半頃かと思う

諸戸が内務省に関係してからは林学砂防から石井来太郎（大正六年東大林）遠藤守一（同上）二人が土木局に入ったが、既に諸





戸と無関係に大正三年東大林卒業の赤木正雄は林学砂防の代表として入局済であり、次いで浦野（大正三東大林）横山（大正六東大林）

林局二年余の無駄動を能めて大正六年には土木局に這入ったが、此両者は何れも地方の土木出張所に居たから、池田

―諸戸コンビの内務砂防には直接関与しなかったということである

而して其後暫らくの間は池田村田の両省連絡官の下で中央での折衝は落着いていた観があるし、地方庁には内務系の仕事を砂防課で専行する府県と農商務系砂防に併せて所掌する林務課もあって、決して其間円満な仕事の運営が行われていたとは聞かなかった。然るに大正十四年赤木が埃国維納市の高等地産学校に砂防工学の専攻を了って帰庁して本省に復官するや、土木局河川課の砂防主任として内務砂防を掌握するに至り、池田は既に退官して暫定主任技師三輪周蔵（大正四、東大土木）から事務引継を受け、茲に前めて内務省河川行政中に渓流砂防工としての林学砂防が本格的に根基を据えたと云うべきであろう。赤木は河川課長前川貫一（明治三〇東大土木）に進言して諸戸の嘱託も解くに至り、自ら陣頭に立って工学砂防の根を断ってしまった。同時に農商務砂防との対立意識は赤木の技術と不抜の熱意からすれば当然暴発すべき情勢にあったと見ねばならぬ

此情勢を見透した訳は諸戸が内務省解嘱間もなく農林省嘱託として山林局地方課の治山砂防に関係したからで、既に昭和二年十一月には村田の後任田中八百八技師（明治四二東大林）と赤木とは相互両省兼務技師に任官して摩擦緩和の役に当てられていたけれども、諸戸が立場を替えての砂防行政に関与するに於て多少感情的動きの見られたのは、其性格からも推知される処であった。此時丁度昭和三年一月農林省に府県荒廃地復旧技術員会議があり、諸戸は大正九年来設立の砂防学会の不振を挽回するため、之を砂防協会に発展的解消し拡大強化の方策を計りて同意を得たから、次いで五月開催の府県林務主任官会議及び林学会総会の後、赤阪溜池の三会堂に於て地方出身者多数出席の下に砂防協会創立総会を開くに至った。渠は内務砂防との連絡を切望する見地から、友人赤木を説いて総会出席の同意を得た処、協会理事長諸戸の挨拶中に、本会が国内砂防関係者を一丸として包容した如き大言壮語に憤激した赤木は、内務砂防として自分一人だけの出席では会設立の本旨から納得行かずと反駁して一座をして全く白らけさせて仕舞った。

斯くて協会は成立したが砂防の仕事に関しては内務農林両省対立の機運は一層硬化するの結果を生むに至った。とは両省兼務を自任する田中赤木間平生の折衝苦解の点に於て、形式以外に何物もなかったことを立証するものとして渠の如きは最も憤慨する一員であった。

砂防協会の出来事は此儘にしては両省関係者一連の心裡に影響すること勿論であるから、地方現場の業務運行を円満ならしめるため、両省首脳部間に行政上の取決を進めることを有利と看做したので、昭和三年十月十五日に神奈川県足柄部の早川筋で両省関係者の実地立会協議が行われ、内務省第一技術課長前川貫一、事務官橋本基四郎、技師赤木、砂治国良（大正大、東大土木）、農林省公私林課長三宅発士郎、事務官村上富士太郎、技師田中、由下祥一郎（明治四三、東大林）が之に立会し、其結果は翌四年十二月六日両省次官通達（発土第八五号）として有名な依命通牒と成ったが、之に付ては浜口雄幸内閣（内務大臣安達謙蔵、農林大臣町田忠治）として、両省権限整備の次ぎの閣議決定（三年十月十日）が先行している　即ち其内容全文は次ぎの通りである。

荒廃地復旧及開墾地復旧ニ関スル事務（農林省所管）ト砂防事業（内務省所管）トノ間ニ存スル権限整備ハ左ノ趣旨ニ依ルコト

(イ)　原則トシテ渓流工事及山腹ノ傾斜急峻ニシテ造林ノ見込ナキ場所ニ於ケル工事ハ内務省ノ所管トス

(ロ)　森林造成ヲ主トスル工事ハ農林省ノ所管トシ渓流工事ト雖モ主ト同時ニ施行スル必要アル場合ニ於テハ農林省ノ所管トス

(ハ)　前項細ハ実施ニ先チ実地ニ付両者ニ於テ具体的ニ協定スルモノトス

而して前記閣議決定事項中(イ)に付て更に両省協議の結果が両次官依命通牒の骨子を為し、之を別紙として明定したのであって、即ち左記内容を持っている。

一、閣議決定事項(イ)ノ場合ニ於ケル取扱

造林ノ場合ト雖渓流工事ノ維持上必要トスル直接箇所ニシテ面積狭小ノモノハ渓流工事ト併セ内務省ニ於テ施行スルコト

二、同(ロ)ノ場合ニ於ケル取扱

山腹工事ノ保護又ハ維持上必要トスル箇所ニ於ケル渓流工事ハ農林省ニ於テ施行スルコト

三、渓流工事ノ維持上施行スル山腹工事ニシテ面積大ナル場合及山腹工事ノ維持上施行スル堰堤多数ニ及フトキハ各主管ノ部課





ニ於テ工事ノ連絡ヲ採ル為協議スルコト

又面は簡単でも何れも現場協議を前提としなければ工事設計々画の不可能なことは詳言を要しないにも拘らず、実地の打合は無いも同様であり、両省での計画が予算化されて、地方出先官庁では県庁で砂防林務両課に分かれ、夫れに本省直轄の国営砂防が内務（建設）省の出先と農林省では林務（治山）課と国有林の営林局署とで二本建に行われている実情からすれば、我国の砂防事業は両頭以上に複雑な形態で計画実施されていると言える。国家予算の使途からすればどれだけ無駄があり、一国河川行政上大きな不安の揣わることに気付くのである。

斯くの如く内務農林両省砂防は官僚の縄張的存在下に存続対立して終戦に至り、諸政一新と共に建設農林両省に其儘分断されて、依然セクト主義で統一が無いから、度々国会の問題となるけれども、到底円満な協調もなく漫然実施されている現状であり、今や建設砂防は戦前の帝国砂防協会を外郭団体として治山治水会館を設立して中央に砂防会館の威容を以て臨んでいるし、農林砂防は治山治水協会を外郭団体として中央に砂防会館を設立して対抗している。

前者に徳川家正の元公爵を会長に仰げば、後者に貴族院議員東英雄元農林大臣を会長として政党的地盤に喰入っている。渠は戦後間もなく退官後に治山治水協会の総会に出席して砂防行政の二途に出ずる不合理を難詰した際、地方代議員中には行政二途に別れてこそ両省の予算が地方に流れて末端大に賑う所以を強調するなど、殆んど鼻持ちならぬ会員の声を聴いて断乎反駁した記憶が存するのであり、要は砂防行政を両省何れかに統一するよう先ず行政機構の改革に大英断を振うべき政治家の出現を俟つより他に途なしと思惟するのである。

昔我々は山川省を設置して水と山の行政を統一すべきを説いたし、今日は国土省を設置して国土建設的立場から一切の関連行政を統一すべしとの論議もある　併し乍らさ程大きく取扱わずとも河川行政中に砂防を一元化することだけで、此処に細述した我国の洪水防止上どれ程役立つかは、識者を俟つ迄もなく瞭らかであろうと言えるであろう。

今次の大戦後諸般の改革と共に砂防行政は建設省砂防部砂防課と林野庁指導部治山課とに発展して益々規模を拡大している。池田内閣下に設置された昨今の臨時行政調査会（会長佐藤喜一郎）の砂防行政に対する帰続に期待すること大である

と言える。

## 三四　「大学院生活」と素見視される

所謂「国有林天然更新」の劃期的予算の成立する昭和四年の頃には、渠の山林局内に於ける地位は寧ろ反武井的に方向転換していた事情は別稿回顧録昭和篇中に詳述した通りであるが、夫れが斯くなった要因に付ては渠の森林技術官水平運動への猛進が、或は林業課長の地位——即ち武井の責任に転化されはせぬかとの予感を以て、各係担当主任者からの進言に迷った起憂からであったと言える。

而して此結果は課内重要会議にも着手技師を除外して、万事老朽担任者会議に依る事務処理の傾向を見て取った渠は、機会ある毎に爆弾的発言を以て課内会議を理論的構成へと導く行動に出たので、遂に「ウルサ型」として渠自身は、孤立的立場へと追遣られて仕舞った　併し渠を営林局へ転出させるだけの目立った処置も遠慮したらしいので、渠は此好機を摑んで予て懸案中蒐集した資料に基いて、種々の翻訳やら論文やら旅行記やらを整理して「山林彙報」へ「山林」へ又一林友」へと投稿した。

之等の記述を見れば、当時如何に経常業務から遠ざかって余裕綽々であったかが想像されるであろう。今其主なものを拾って見ても、十数篇の調査研究論文になるが、夫れは在外中に集めた資料を経とし、其後に発刊された外国雑誌等の記事を緯とした作が多い　其の詳細は附録の文献目録中に載っているから茲には省略する。

之等の記述の中で最も私的なものは「東京林友」誌上に二年有余に亘って連載した「欧米営林署長物語」であり、標題を堆々こんな名前にして呉管欧洲先進林業国の林政にも触れて、我国林政の改革に資せしめんとする企画から主綴った一片の旅行記であった。

此中で当時東京営林局には局長平田慶吉（明治四五、法博）の下に事務官三須武男（大正八、東大政治）が居た時代であり、渠の事務官僚攻撃の筆舌厳しいのに対し、林友編集責任者の三須から原稿訂正の申入あり、平田からはプロイセン邦林政記述中地方庁の分に間違ありとの詰問を受けたが、渠自ら説明に当って遂々頑張り通したので、編集補助の増山久吉（山林局林務課嘱託）仲介役を再三困らせたこともあった。併し乍ら之が縁となり却て平田三須両人と渠とは互に相知る結果となったのも世情の絆りと言わねばならぬ。此永い物語は当時更に連続させる積りの処、昭和四年秘史（後述回顧録昭和篇参照）の示す通り渠も熊本営林局に流謫の身となり中断しているが、当時大先輩佐藤の山林局訪問の際の如き、何時も林業課首脳会議を他所にして渠がコツコツと外国図書雑誌と首引きなのに皮肉を送り、「君は不相変大学院生活か」と言われた程である　併し渠として斯かる待遇にも何等憶する処なく、隠忍自重と言えばえら相だけれども、渠が熱々勉強の出来たことを今でも感謝している。

恐らく往々にして忘掛けた外国語の力も、此数年間の温習で回復したのは事実であった　実際上の問題として大正末から昭和初頭に掛けて来朝した独逸の森林官I.A フォン・モンロー イ博士（von Monroy（昭和元年五月 Mecklenburg Schwerin の官吏））W・ルードウィツヒ博士（Walter Ludwig）（昭和二年九月）の二人の如き、又イラン国からのE・マーダーヴィー（Mahdavi）（昭和十年九月）の如き、或は降って戦時中の訪日アフガニスタン視察団の如きに対し、渠は常に通訳として指名され、少くも相手方を十分に満足させるだけの自信を持続けることが出来たのは、全く這般の「大学院生活」の大きな賜物であったと言えるのである。

## 三五　両股掛けた同学の人達

明治憲法の発布後山県内閣の文官任用令制定に依り所謂「高文試験」制度が確立してからは、我国政府要路に立つべき官僚群の制度にも一大変革が齎らされ、天皇制の地歩が漸次堅められると共に、軍閥の抬頭も目醒ましき情勢を誘致したのは勿論、文官制度の上にも遂に抜くべからざる城壁が出来上った。

表は前記と同一であるが、五級俸（年俸三、一〇〇円）が十六名、六級（同二、七〇〇円）が十四名で総数の七割を占めて居り、外に四級（同三、四〇〇円）乃至二級（同四、一〇〇円）の者もあるが、一級俸は一名も居ないだけ内務部長に比し後輩のグループたることが判る。

土木課長の官等は勅任待遇が六名あって、他は六等より三等に亘って居り、俸給月割額は最低二百円より最高五百四十二円に至り、各年次に属する平均俸給月割にも二百二十五円乃至五百四十二円と云う多大の径庭があること別表中に明示される通りで、府県技術官中最も優遇されて居ることが判る。

次きに林業技術官に於ては官等六等乃至三等で勅任官待遇は一名もない。俸給は月割額最低百三十六円より最高二百九十二円に至り、各年次毎の平均額に付之を見るも百七十円乃至二百六十五円となり、更に各年次毎の平均額を他と比較するに、大体土木技術官に比し林業技術官は五割乃至七割だけ支給されて居る形である。勿論此差異は土木に在りては全部が課長なるに対し、林業に在りては僅に半数以下が課長たることに起因すれども、林業技術官の課長なる者のみを比較するも此相違は大同小異である処からすれば、林業が土木に比して非常に恵まれていないことが判る（本稿は大正十三年十二月刊「工人」第四〇号の資料を元として地方庁林業技術官の関係を対比したもので当時の記述其儘である）。

## 一七　欧米各国へ出張（大正一二―一三年）――独逸林業の研究

国有林野特別経営事業の終了と共に公有林野官行造林事業を創設した松波は、予て時の山林局長中井励作へ辞意を申出ていたと云うことで、大正十一年五月林業課長の地位を佐藤鋹五郎に譲って野に下った。併し乍ら松波退官の挨拶には生涯を林業界に尽そうと云う意気軒昂たるものが見られたので、同学後輩は松波の晩年斯界活躍資金を供するために、記念資金募集を計画して築地精養軒での退官慰労会の席上で発表した。

之より先き松波勇退の意図あるを察知した同学白沢を主とした後輩は、松波在官中の功績に鑑み当然な措置として秘かに松波の山林局長昇格運動を展開し、時の農相山本達雄の耳に入れ又次官田中隆三にも開陳して同意を得たので、同時に中井の賛成を得たのも当然であった処、農務局長岡本英太郎は事務官僚の先任者として、そこそ人事行政の伝統を破る一大事と許り技術官の局長昇格に反対して、大臣の許に反対意見の代弁を努めたと云うことで、殆んど閣議決定の段取迄進行していた松波の局長任命は闇に葬られてしまったのは、独り松波のためのみならず久しく鬱屈していた農商務省の技術官人事の上に永久の凝りを残したのであった。

渠が後生涯を通じ各省を糾合する技術運動に終始して退官したのも、其動機は実に松波問題に端を発したと云うも過言に非ずで、松波如き優れた政治家肌の技術官僚が本省の一局長をも勝ち得ざる、日本官界に於ける法学万能の行政機構と運営は、根底から破壊再建すべきであると渠の決心を堅固ならしめた所以であった。

斯くて松波は衆望を担い乍ら惜しくも勇退したが、年齢は未だ六十に達せず、更に後図を策して日本林政に貢献せんとする意気新たなるものがあったので、退官匆々の夏季北海道に旅出って実地視察をしたのは、林界多年の要望たる林政統一に資する処あらんとしたためであったと推察された。然るに性来心臓に故障を持つ松波は北辺旬日の旅行中風邪に罹り急遽帰京の途に着いたが、衛来病床の人となり遂に回復せず、同学憂慮の中に病急に更まり、其年の九月十四日逝去するに至った。松波晩年の再活動に大きな期待を懸けた同学の歎きは想像に余りある痛恨事であった。従って既記の松波記念資金は目的を変更して大日本山林会への松波記念基金となって収まった訳である。

松波の後を継いだ佐藤は極めて几帳面の仁で、松波林政の下では最初に同期生望月常と国有林施業係として勤務し、墾て欧洲の木材工芸調査から帰朝後は林試及び山林局の鍛冶屋沢木工所の建設実施に当るなど勉強家を以て名高かかった。尤も明治二十五年駒場農大林学科卒業後伊勢桑名の地方財閥諸戸清六の林業技術者として民間入をしたが、之も林博志賀泰山の慫慂もだし難く洋行を条件として漸く納得したものの、在職五年遂に約束を無にされたので憤慨辞職してから、松波の下に勤務して大いに信任を博した大先輩の一人であった。併し乍ら渠は佐藤直接の輩下であった経歴のないことと、渠の性格が佐藤としてはとても呑込みきれない点などから、佐藤入局後の渠の身辺には余

裕を生じて来た。

と云う訳は佐藤は松波の膝下から大林区署長として出世街道を行く中に、石原清逸、太田勇治郎などの逸材を側近として仕事をして来たので、入局後間もなく両人を抜擢して石原を利用係久米の後に擬し、太田を施業係として渠の下に据えたのであった。夫れから佐藤入事に略一段落のあったと思う頃大正十二年の初頭に、突如として佐藤は渠に外国出張の内命を伝え、「此事は松波前課長からの引継入事である」との申添もあったので、渠としては寝耳に水の出来事であったにも拘らず、松波に感謝すると共に喜んで内命に服したが、条件として支給される官費一万円の打切旅費の他は、自弁で滞留期間二年以内自由たるべきことも承認して呉れたので小躍りした記憶が残っている。尤もとより先き渠も一度早い内に海外視察の機を掴むためには、外国語に勘能なのが第一条件と考えたから、新たに仏語の勉強を始めて九段の暁星学校夜学部に通い、ＡＢＣを振出しに中学課程を二年有余修得していたので、巴里滞在中にも大いに役立ったのは事実であった。

渠の海外出張命令は十二年四月二十二日に発令となり、調査事項は欧米諸国の国有林経営の実態とか国立公園と国有林の関係とかになっていたが、之は渠より自分で書いたようなものであり、後者は渠が国立公園事務の関係から内務省衛生局の兼務技師として、同省技師出村剛と一緒に連絡係の地位に居たための調査であった。命令が出てからは公々然と準備に着手することができるので、外国に支店を持つ三菱、三井などの一流商社又は出先外交官（大きな処では巴里の石井菊次郎大使館参事内定の噂がある）への紹介状、海外留学生への紹介は固より在外経験者の滞留談、旅行談なども旅行案内書と一緒に予備知識を詰込んだのであるが、実際彼地に渡航後は紹介状を役立てる必要もなく、ベデッカー旅行案内一冊携えれば何も旅行には不自由はないが、唯各国の官庁に出頭して視察調査に便宜を与えられるよう我国の在外公館から当該国政府宛の依頼状を貰うのには、外交官に知合のあるのが最も捷径であることだけは注意を要すると思った。

渠は六月十日神戸港から日本郵船の加茂丸（八千何百トンの大船）に乗船することとし、途中三重県宇治山田町（今日の伊勢市）の妻の実家に一泊し又同地に亡父の墓参も済ませ、神戸阜頭で見送りの岳父母とテープの別れを切った。渠は船に弱いよ



うな予感があったので船酔止めの薬餌を用いた故か、之から愈玄海灘から支那海に入ると云う辺りでも全く船酔を覚えずに愉快な航海を続け、上海・香港・シンガポール・彼南・コロンボと途中寄港地の見物を一通りやったが、粋人のするように肌色の変った人種の艶味だけは遠慮していた。印度洋を横断する頃には同行船客中にも懇意な仁を多分に発見した次第である。

殊に渠は主として独逸に滞在する計画であったので、伯林行の若い医学士が多く居り、佐々木謙・渡辺和雄等は最終地伯林迄同行した。其他に慶大の川上瀬医博とか東大の松波仁一郎法博・京大の朝永三十郎文博の如き既に一方の名士も居たし、軍人中には一木与十郎砲兵大佐・清水喜重・川崎吉五郎・新山福治の三歩兵中佐、飯塚唯助一等主計正などの話相手も出来た。紅海入口のアデン港、スエズ運河なども平凡な気持の中に過ぎて地中海に入り遂に仏国マルセイユ港で船を見棄てたが、此航海日数五十日に亜んとし、当時ＮＹＫの欧洲航路と言えば此ロンドン行を選ぶ以外には仏のキューナール・ライン（Curnar Line）（赤色船）、英のロイド（Loid）汽船・独のハンブルグ・アメリカン・ライン（Hamburg American Line）と云った外国船に便るだけであったから已むを得ない。今日からすれば世界の国境は極めて狭くなったけれども、汽車汽船自動車を主とした当時の旅程に比べて、旅の印象さえ余り残らない昨今の飛航機旅行では、外国旅行の面白味＝当時は往々役人の「小便亜旅行」と言われたにしても＝などは到底頭裡に刻込まれないであろうと思うのである。

海路四十三日の後七月二十二日のマルセイユ港上陸は渠一行の欧洲大陸への待望の第一歩で快愉此上もなかったし、其晩匆々銘物の一たる艶笑映画の見物とか春景実態覗きとかの珍しいもの許り案内されたので、血気な青春に昂奮を与えるのに十分であって、遂に白肌抱擁に眩の目を細くした者もあったのは当然である。

之等の銘所は専ら外国人相手に出来ているらしく、内国人には禁物であること丁度当時既に横浜神戸辺りにも同様なものがあったと聞かされたが真疑の程は保障しない。但だ今次敗戦日本の占領行政下には一層猥猛なものがあったのは事実である。マルセイユの見物で有名な南仏観光地の味などは唯話に聞くだけで、旅程を急ぐ連中は一路伯林へ

と志して、リヨンから瑞西のジュネーヴへ出で直ちに伯林直行の列車に身を投じた。神戸乗船以来汽船も汽車も凡て一等で通し、途中一泊のホテル亦一流処を選ぶと云う贅沢を尽した旅行には、今更乍ら克くも気張ったものだと回想もするが、当時官吏の海外出張は文部省留学生の取扱は別としても、極東一等国の夫れとして当然のように考えていたのである。

之は洵に呑気千万な計画であって渠も官費一万円の他に私金一万円を横浜正金の信用状として持参したとは言え、聴て漸く滞留に馴れると共に当時敗戦独逸の実情からして贅沢にも程度ありと痛感してからは、欧洲の国際旅行には二等独逸の国内旅行には三等以下（四等車あり）と自ら制限したので、アメリカ滞在半年以上の旅費を残して、仏国シェールヴール港から乗船渡来した程身の廻りも節約し得たのであった。

渠が予て待望の地独都伯林に着いたのは大正十二年（一九二三）七月二十六日で、ジュネーヴ（Jenève）からの直通列車は途中ウェルテムベルグ（Würtemberg）の邦都シュツットガルト（Stuttgart）を経て伯林のポッツダム・バーンホーフ（Potzdamer Bahnhof）に着くのであって、同名プラッツ（Platz）に在るパラスト・ホテル（Palast Hotel）に旅装を解いた。之もベデッカーを見てアステリスク附の一流ホテルの一である。此処では船友医学士連と分れ単身となった処、豈図らんや八月二日に成東中学の同期生古川洪の投宿しているのにぶっ突かり遊覧自動車「エリフェ」に同乗市内見物をして洵に愉しい想いをした。古川は外語の露語科を四十一年に卒業後横浜の生糸貿易商原商会（原富太郎）に入り久しくモスクワ支店に勤務中、第一次大戦後の伯林視察に出て来たとのことであったが、往年（大正元年十月）渠の末弟季麿も外語中退外務省留学生となり衛国リスボンに向う途中モスクワで古川の厄介となったことなどを想起して、久濶を叙するだけでは済まされぬ間柄にも拘らず、結局ホテル食堂での快談を重ねた儘古川の案内も受けずに別れてしまった。約二週間のホテル滞在中近辺の名所見物だけは、試みて見たものの、予て東京で紹介された蘭部・藤岡・土井三先輩教授連の下宿していた、伯林西部地区シャロッテムベルグ（Charlottenberg）に近いブライプトロイ街（Bleibtreustr. 24 II）のフラウ・フォン・シュルツ・ライタースホーフェン（Frau von Schultz Leitershofen）方を訪ねた処、





丁度土井藤平（明治三九、東大林、四二、理九大教授）は巴里に旅立った後で、空室が二つあることが判ったので、土井の居た部屋を其儘借用することに決めて八月七日に早速の引越を済ませた。

此素人下宿は其フォンと云う家柄の示す如く、大戦前独逸の盛んな時代には相当贅沢に暮した一家らしく、家附の娘二人は親懸りで財産家に育った儘に、婿選みに浮身をやつしている内にオールド・ミスとなり、敗戦後インフレの大波に浮沈して外国人に部屋貸をし乍らポンドやドル稼ぎを以て生活を立てているのであった。

此二人の老嬢は六十に近い年頃と想像されたが、未婚の姥桜も姉の方はしとやかな才媛型で、妹の方はやきもちやきの悪たら女と云う感じを与えるし、渠の居室は寝室書斎の二間続きでメーベルは相当なものが置いてあり、金貨マルクは全く姿を没した紙札許りの世の中でも、我国敗戦後の竹の子生活の様子も見られなかったのは、今ロから回顧しても独逸名門の斜陽族への転落振りが多少違っていたやに想像される。此素人下宿の生活に付薗部は一生の中三度だけ王侯の生計を経験した中の一つに数えているが、他の二つは大学卒業後一年にして支那雲南省の学堂教官に招聘されて国賓的待遇を与えられた時と、今次大戦中海軍司政長官で南方研究所長に任命された時を指していた。夫れ程第一次大戦後独逸インフレ直前の生活は外人には住み良かったのである。

渠は至極良い処に落着くことが出来たと安神し乍ら、暫らく語学の力をつけるのが先決と考えて、丁度若い戦争未亡人（L.Franke）を紹介されて毎日レッスンをとることにした。内容は洵に馬鹿げたベルリッツの成人用新独語教本で（M.D.Beritz）も、正しく話すためには辛抱せざるを得ない。此未亡人は同船で伯林入をした友人高根一二（大正九東大医医博、海で開業）に紹介され、波蘭人の夫を戦争で亡くしたと云う子供二人ある黒い目の婦人で、見るから日本人の好く御面相であり、後から知ったことだが戦争未亡人も作り事で、密輸入発覚から情夫と分れて後は日本留学生に夫れから夫れへと、あの方の御役を勤めて親子三人を糊すると云う敗戦国に見られる可哀相な者でもあった。

一方渠は「瑞西国林業事情」（Die forstlichen Verhältnisse der Schweiz, 1914）の抄訳を始めて読書力を養い、之は第一報の山林局宛報告として提出して当時の山林彙報（大正十三年六月八月号）に掲載されているが、兎も角最初の程は真面

日な勉強を続けたので、由来得意とする会話の力は自分乍ら驚く程に上達したが、船友高根等は既に二～三ケ月の中にフロインディンを見付け同棲する段階に来ているので、之等と会合の席では未だ御々堂に入る処迄は往かない。外国に居れば如何に下手な者でも会話の力が出るのは当然であっても、最も短期間に上達するには町の女パンパンを買うこと、フロインディンを持つこと、尚出来れば之と同棲することに在ると痛感した

巣の如く中学校で独逸語を教わらぬ者には、高等学校以上で読書力は高まっても日常語は殆んど知らぬ方が多く、況して外人の話す裏言葉などに通ずるには、短期間の滞在では全く物にならないから、短期上達の最捷径は女買か同棲かに在ると云う結論に到達する。巣も伯林生活に馴れると深夜の独り歩きもヘーチャラとなると、街の女に連れられて其巣窟に生活状態を探るなど何の不安もなくなってしまった。

丁度此頃駒場一年後輩の桑名信が伯林入をした。卒業以来北海道庁技師としての桑名も其功績に酬いられて海外出張の栄誉を勝得たのであろうし、桑名の退去後にも同じく道庁から石原供三（大正五、林博）が渡欧して巣と滞留を共にし、又御料林の井上重則（明治三九、東大林）も来るし、東大の三浦伊八郎（明治四五、東大林、林博）、鹿児島高農の万年信吉（明治三五、東大林）、内務省衛生局の田村剛（大正四、東大林、林博）も乗込むと云う同学の伯林滞在は俄かに盛況を呈すると共に、東大の恩師草野俊助理博逝去に加わった始末に、巣は一日の先輩として見物だ案内だと称して専門の視察は巣より名所も芝居も女もと入替りに行を共にするチャンスに恵まれたが、御互に帰朝後のスッパヌキだけはエチケットとして謹慎する諒解はつけても、旅の恥はかき棄と言ってしまえば夫れ迄である如くに、あの当時の想出の種が由程あるのを、地下の井上桑名石原等も生残り組の三浦、巣と共に定めて微苦笑するであろう。

巣より一ケ月程遅れて桑名が伯林入をして来た時、不取敢滞留するのに巣の住宅に空間のあるのに目をつけて早速持主婆に掛合った処、巣の同学友人と云うのに安神したらしくOKを得たのでホテルから引越して来た。

桑名も物馴れて来た頃巣と示し会って女を連込んだ処を生憎と婆共に見付けられ、巣も極力弁明に努めたが、「婦人の訪問は予め屋主の承諾を要する」との賃貸借条件を破ったと云うので、桑名に即刻退去要求と出られたのに閉口し、ままよ共同責任だと即日桑名の去ると間もなく巣も亦転居してしまった。蘭部以来四代に亘る引継ぎの同学素人下宿も桑名事件を最後として縁切となり夫れから後のことを審かにしなかった。家柄だけに友人間に羨やまれた程豪洒な一流の部屋であったから、巣も其後転々する経験からずれば殉に惜しい気もしたものである。

今度の巣の引越先はシェーネベルグ（Schöneberg）地区のベルヒテスガーデネル街三六ブツレ夫人（Berchtesgardener str. 36 II b/ Frau Bulle）方二階の間であった

## 一八　北独逸国内視察――伯林中心の視察旅行

### (イ)　ミスドローイ営林署の国有林

巣の伯林滞在中には既記の如き同学の友人達が続々入独して来たので、専門方面の視察調査に出掛ける機会も屢次到来して独り旅と違って何時も愉快に気楽に出遣入りしていた。夫等の一の中で伯林から急行列車八―九時間程のプロシャ北部シュウィーネミュンデ（Schwinemünde）と云う東海々浜の小さな町近くにミスドローイ（Misdroy）営林署長をしていたシルリング（Schilling）は、曽て我国の御料局（帝室林野局の前身）時代に明治三十九年から三年間御雇技師として御料林経営に独逸式を紹介した仁であるので、井上重則の入独間もなく同行して小林区署事情の視察調査に出掛けた。巣も渡欧の際御料の和田国次郎先輩から紹介状を貰っていたので、署長は昔を偲んで大いに歓待して一日中管内を案内して呉れた。我国も同様署長は官舎住居であるから専用事務室は別に在るが、全体としては普通住宅の中に一間の事務室を持つと云うのが当っている型の官舎であり、之が寧ろ独逸連邦各地の小林区署の標準型であって、丁度我国で言えば担当区事務所（元保護区官舎）の形式であった。

無論署長の下に署員が多くて三―四名だけ常勤して担当区四―五区を管轄する程度を本体とする、所謂管理林区

制度（Oberförstersystem）の管理機構であるからして、至って簡素な役所であり敗戦後我国々有林が営林署に課制を布き署員百数十名にも垂んとする尨大な組織は、今次の敗戦独逸の現状が戦前に変らぬと云う最近の視察談を聴くに連れても洵に思半ばに過ぎるものがある。同署長は独身で通した仁だそうだが、真疑は別として当時其居室に這入れば、日本品ガラクタの中に起居すると云う方が当っている程、種々雑多なものを部屋一杯に珍蔵しているのに驚き、唯々何もかも手当り次第に置並らべ悉散らしたに過ぎないと言いたかった。併し夫れでも之等は一々宮内省拝領品とか御日記念品とか特別蒐集品とか由緒付の説明もあったが、飛切の逸品もなかったのは間違ないことであった。署長は当時六十四才と聴いたから停年退職の寸前であったし、独身と云っても日本迄同行したと云う家政婦（Wirtschafterin）を紹介した程だから、恐らく此婦人が妻女の代りをしていると見たのであった。署長は隣接ビュット（Pütt）署の署長マルメッチュケ（Fm. Marmetschke）に電話して其管内の視察に便宜を計ったり、営林署の会計事務を扱う森林金庫（Forstkasse）を案内したり、区裁判所へ同伴したりして一般事情を説明して呉れた。

渠等は附近の公営海水浴場の設備を見学したが、九月上旬限り閉鎖すると云う頃で遊客者は全くいなかったけれども、此辺三箇所の公衆浴場（Badeanstalt）の結構設備は実に堂々たるものであった。又ミスドローイ署長の弟シルリングがエーベルスワルデ（Eberswalde）高等山林学校に森林経理学の教授兼林業試験場長をしていると云うので、紹介状を貰って翌日の学校訪問にも多少の役立をした。

### (ロ)　エーベルスワルデ高等山林学校

伯林の東北方へ汽車で急行二時間程の小都邑エーベルスワルデ（Eberswalde）にはプロイセン邦唯一の単科大学で同名の高等山林学校があり、ハンノーヴェル州ミュンデン市（Münden）のハン・ミュンデン大学林学科（Hannöinden University）（大学）と共に林学々徒にとってメッカの一に数えられる。従って渠等伯林滞在中三度此地を訪れた。第一回目は一九二三年九月ミスドローイ営林署視察の帰途の時、第二回目は渠等三人が三浦伊八郎教授と同伴して同年十二月二十一日に同校を訪ねている。



此時は冬休暇の時季で教授も学生も影なく、老職的研究に没頭していると云う教授エンドレス（Endres）も不在であった。唯一人木材繊維化学の大家シュワルベ（Schwalbe）教授に会って一応の話を聴き校内設備を巡覧した中で渠の頭に残ったのは、パルプから製紙に至る一貫製造工程を実験する小設備であった。第三回目の訪問は同年十二月二十八日の雪の日でウィーベッケ（Wiebecke）校長に会ったが、今度はギーセンからまた万年信吉教授を加えて五人の一行である。当時来訪者名簿に署名したことも記憶するが、之は同教授だけの記念帳らしく先年（一九五六）訪独の東大島田錦蔵教授の話に依れば、戦災の中から持出した手廻品として此記念帳だけが残ったとW教授未亡人が島田に語ったそうで、其中に幾多日本人の訪問者を発見したとのことで、聴かされる渠等も当時を偲んで懐しいものがあった。

W校長の本官はエーベルスワルデ営林署長（Forstmeister）で教授としては林政と経理を担当し、当時故人のメーラー（Möller）教授が所轄国有林に於て恒続林施業を当署長として十五年の歳月を重ねて研究し、之がベーレントーレン（Belenthoren）の赤松荘園林にも行われていたものと対照比較した実績を取纏めたのが有名な著作（Dauerwaldgedanke）となったと説明していた。教授の夫人令嬢などに歓待され乍ら記念芳名録を見ると蘭部・藤岡・市河・土井・佐藤・岡本・山本等先輩後進の同学を多数発見したことを想起すのである。

プロイセン邦林学教育の設備中特徴の一は、大学演習林として農務省所管の国有林中に演習林々区（Lehr-revier）を持ち、教授の一人が営林署長を兼務して国有林の一般経営と同時に演習林経営を併行し得る制度であり、我国の大学演習林が文部省所管国有林として農林省所管国有林から独立しているために、研究に関する予算の流通とか演習林を持ため学校とか卒業生と森林官庁との連繋とかの面で便宜を得難くいのに比し、独逸の演習林制度が一日の長所を持っている点に注意を惹くものがあった。例えば当校の演習林は町の西から東の方に亙布するエーベルスワルデ（Eberswalde）、ビーゼンタール（Biesental）、フライエンワルデ（Freienwalde）、コーリン（Chorin）四営林署を成し、E署長が校長、C署長がデングラー博士で造林学担当講師として有名であった

四営署管下の国有林面積は夫々四千乃至五千haで演習林合計一八、六九二ha、内林地面積一七、一三四ha、主伐量五八、七六五fm、間伐量一六、七四四fm、臨時伐採量一五、四三三fmと云う規模である。此外に六営林署面積二六、二八七haを併せた四四、九七七haの国有林がポツダム県（Regierungsbezirk Potzdam）の国有地山林部（Abteilung der Domänen und Forsten）のポツダム・エーベルスワルデ監督区（Forstinspektion Potzdam-Eberswalde）として一人の県森林監督官（Regierungs-und Forstrat）の監督区域に属している。従って形式上には校長も教授も国有林たる演習林営林署（Lehr-und Exkursionsrevier）の管理者として地方行政庁の監督を受ける形である。又フライエンワルデ（Freienwalde）は伯林附近でも有名な観光地方で、市民が一泊がてら休養を求める処となって居り、小別荘小旅館又は民家でも宿泊設備を用意し、土曜日曜に賑けてのフロインド・フロインディンの発展する地域である。



## 一九　南独逸から東独逸視察

伯林に落着いてから段々と外国生活に馴れた井上桑名両人は、単独旅行にも結構何の心配もなく出掛けるようになり、井上は時々一人で森林視察に行ったらしいが、茲に三人相談の結果南独逸から東独逸に廻る山林調査の目的で、バーデン、バイエルン、ウェルテムベルグ、ザクセン諸邦を一巡する計画の下に、軽装を整えて出発したのは一九二三年（大正十二年）十月三日の頃であった。

此頃は戦後の物情何となく騒然たるように新聞にも出ていたし、同じ独逸連邦内でも出入に旅券の検査がやかましく、殊にバイエルン（Beyern）に入るには却々困難であり、伯林の大使館での話では現地にぶ突からなければ入国の保障出来ないとのことであったから、兎に角バイエルン第二の都会たるニュルンベルグ（Nürnberg）迄到着してからの運に委せて出立した。而して其処迄は這入ったものの首都ミュンヘン（München）入りには警察の検閲が難かしくて日本人は入都罷りならぬとの決定を受けたので、可惜左党の井上などにはミュンヒナー・ブロイの好機を逸したのであった。一行は最初四人であったが其中の一人に三浦伊八郎を加えた。

先ず南独の森林に這入る前に西独の工業地帯を一瞥する積りから、独仏戦争で土地の遣取を繰返えしたエルサス・ロートリンゲン（Elsas-Lothlingen）（普通アルサス地方と云う）、独逸で謂うライン・ランデ（Rhein-Lande）地方をうろついたが、之には主にライン河の両岸に発展した工業都市である。下流から数えるとケルン（Köln）、ボン（Bonn）、コブレンツ（Koblenz）、マインツ（Meinz）、フランクフルト（Frankfurt）、ハイデルベルグ（Heidelberg）、カールスルーエ（Kahlsluhe）、フライブルグ（Freiburg）等々却々有名の土地が限りなく有る。之等の中で想出に残るのはマインツからコブレンツに至る間のライン河下りと、ハイデルベルグの古い大学と古城趾である。ライン河を河蒸汽船で下るときのローレライ（Rohlerey）の美しい景観は誰も知る処だが、沿岸の両側に鉄道が布かれ傾斜面には葡萄畑が一面に続いている。ハイデルベルグ市には古城趾を囲む市有林が公園林として市民の休養地となっている。大学は古い時代の創建で名高いが林学科はない。

巣等一行はプロイセン邦からバーデン邦に入り、茲処で三浦は別れて瑞西に這入り後は三人と成ったが、首都カールスルーエの農林省の斡旋で南独逸地方唯一の森林地帯たるバーデン・バーデン（Baden-Baden）町を抱擁するシュワルツワルド（Schwalzwald）（黒林）の視察に数日を費やした。同町は欧洲でも有名な温泉を持つ保養地で、殊に独逸人にとっては夏冬の候ルックザックを負う男女学生群のメッカとして、到る処に大自然の快適を味うと云う独逸国民性の羨ましい情景に遭遇する。此処の営林署長などは終日渠等を官用馬車を駆って悠々案内して呉れたが、却々懇切叮嚀な友情感を与えて、敵国森林官などと云う態度は寸分露われていなかった。旅宿は屈指なクール・オールトだけに大戦後の窮迫独逸、と雖、外国人には何等の不自由を感じないし、夜は小劇場で「アルト・ハイデルベルグ」の王子と可憐な少女ケティーの恋物語に旅情を慰めるに十分であった。

バーデンと隣接する連邦の一にウェルテムベルグがあるが、其首都シュトッツガルト（Stuttgart）も屈指な処であるし、森林も相当立派で殊にランゲンブラント（Langenbrand）の営林署長エーベルハルト（Dr. J. Eberhard）は

「渠」等森林家として一度は誰もが訪問する相手であるので、数日の予定で滞在したのも此南独地方旅行の日程中に在った。ウュルテムベルグ政府の山林局でも一応の連絡はして呉れたが、森林関係印刷物は一切出せないとの挨拶に困却して市内の書店を漁っている中に、偶然国有林関係印刷物を一手に引受けている商店を教えられ、渡りに舟と要談を持掛けた処全部OKと話が纏まり、夫れを一括購入して伯林の宿所宛に送達することが出来た　大戦後窮迫の時代であったから商人の外貨支払に要する金が物言う効果は何処でも覿面であったからだ。

ホルツハイムは金銀細工を以て知られた森林地方の小都邑でランゲンブラントも之から程近い処なので玆処も指示の宿泊地であった　此地のホテルでの意外の出来事は夜半の警察臨検に会ったことで、渠等は他国人としての警官の面接が夜半就寝中ホテル・ボーイのノックで呼起こされたが、内国人には同行の女性に面接が行われ、怪しと睨めば連行となるのだとボーイの説明であった。

渠としては後にも先きにも寝床の中での呼出は之れ一回であったが、同行の井上は伯林で春夢の真最中警官に踏込まれた経験があり、相手の女は連行されてしまったが、其同一の相手が後日渠に「あの時井上は実際泣いていたよ」と話したことでも判った　井上の弁明は自分の名前でも知れもしたら宮内省は早速馘になると思ったからだと苦笑していた。閑話休題、ランゲンブラントの国有林施業はエーベルハルトに委されてから二十余年にもなると云うから、署長の熱意と研究心を以てすれば、世界的にも有名な取扱方法も確まれた訳だが、夫れは其著述論文が他の学者の著作中に多く紹介され渠等外国人にも親しまれているからである。

之を現場に於て直接説明を聴かされても却々直ぐに納得出来る程書物の上で勉強して行かなかった渠として却って恥ずかしさを感じた　此施業はカイル・シルム・シュラーク（Keilschirmschlag）＝楔型伐作業として署長の名を成さしめたが、其後署長は栄進して山林局監督官に進み功績を残したと聞いた。

ウュルテムベルグ邦では是非ともガイルドルフ（Geildorf）、ランゲンブラント（Langenbrand）両営林署の森林更新状況だけは精査したいと思っていたので、エーベルハルト署長から直々に説明を聴いて大いに満足した。夫れから



二月に余る大旅行となったが、序を以て足をザクセン邦に延ばす計画の下に書物の町ライプチッヒを見物し、附近のナポレオン敗北の大記念碑（Völkerschlacht Denkmal）（一八九八―一九一三）も一瞥し、ライオン像（Lion de Waterloo）記念土産も買入れて首都ドレスデン（Dresden）に這入ったのは十一月十九日のことであった。

早速出頭した山林局の指示に従って欧洲脊稜山脈の一たるエルツ（Elz-Gebirge）山塊地方の国有林を視察することになった。

時は既に冬季積雪の増す頃で寒気も相当にきついので、ドレスデン（Dresden）市で毛皮商を訪ねて外套の襟に毛皮を着けて貰った。此旅行も井上桑名渠三人揃いでハデな襟巻まで用意したが、後から女に笑われたことは井上の毛皮が兎皮を染めた綺麗な品だけに婦人物と判り、渠のものは北米産狸の一種と云うことでとも今日便利重宝している。襟巻に至っては二十台青年向の粗末な品であったが、之は外人の見る日本人の年格恰が何れも十年程若造りに見えるのだそうである。ドレスデン市郊外に森林家のメッカたるターラント高等山林学校がある。当時は国立技術大学の一分科に属していたが、其昔林学の単科大学として名高く、即ち Forstliche Hochschule zu Tharandt と呼ばれ渠の専攻する森林経理学からしても、大先輩博士志賀泰山の師事したと云う碩学ユーダイヒ教授の名と共に忘れられぬ処である。此処では学内の視察に一日を費やしたが、大きな演習林が間近に在ることなどは特徴の一に挙げられるであろう。

ドレスデンからエルツ山塊に行くにはドレスデンの南西フライベルグ（Freiberg）、ケムニッツ（Kemnnitz）両市の間を南方オーベルンハウ（Obernhau）からアンナベルグ（Annaberg）市への道程を採るのであるが、山林局指定の日程とベデッカーを便りとして田舎鉄道を何度か乗換えて目的地のオルベルンハウ（Obernhau）営林署を訪ねることができた。此処は同国々有林専管の営林署として奥地に位するだけに、針葉樹林を主とする美林に包まれている。此処の某署長は終日官用馬車を駆って林内外を案内して呉れたが、丁度降雪の荒天となり寒気も一層身にこたえた。其晩の宿舎は全く片田舎の小旅館（ガスト・ハウス）で言わば木賃式であり、炉を囲んで素朴な宿の主人と珍談奇話を交わした訳だ。

翌日は此地方での国有林内猟区を案内して貰い、鹿の保護蕃殖や野豚の養殖方法なども見学したが、雨氷霧氷の壮観に会ったのは欧洲滞在中の大きな想出の一となった。但し窓雪の上の視察ではあるが、若しスキーの軽装でも出来たら定めし能率的な成果を挙げ得たかと署長もうそ吹いていた。



## 二〇　南欧諸国一巡り――チェッコから墺匈伊瑞諸国の旅

一九二三年の年末を伯林で明かして新年を迎えたが、雪の中の盤居は兎角不善を為すに決っているので、井上桑名を誘って南欧の見物にとプランを立てた。夫れは二四年一月十三日に伯林を立って二月二十八日に帰着するのであるから正に四十七日の長途旅行であった　茲の一行は雪の伯林を後に残してチェッコの首都プラーグへ直行した。

伯林より急行列車三八〇㎞九時間の処である　其処は元々墺匈帝国のボヘミヤ地方であったものが、第一次大戦後に独立した小国であり、丁度戦後経営に臨んで意気溌剌たる努力時代であったから、風物何となく新鮮なように眺められた。

都内一面白雪皚々たる中にホテル・ツェントラル（Hotel Zentral）に旅装を解き、翌日先ず山林局を訪問して来意を告げた。無論独逸語は良く通ずるけれども、森林統計書などは戦後復興時代に入った許りで入手できなかった。

南方第二の都市ブリュン（Brünn）（ブルノ）に在る林科大学の視察を勧められたので之も旅程に乗せた。首都から急行列車四時間半でブリュン市に着くが、普通列車で八時間をかけたと記憶する。併し乍ら此大学は元独逸系技術大学（Technische Hochschule）の一分科として林学科を有つものだが、規模其他に於て未完成品と見て来た。汽車中から演習林も偕見し得ると聴かされたが案内者がいないので判然しなかった。

第一着の森林林業の視察はこんな始末で、とても満足できぬ儘に墺国ウィーンへ直行した。

## 二一　墺太利国の森林視察から匈牙利国へ

墺太利では農務省山林局の指示に従い山岳地方の森林と営林署の仕事を見学し、首部ウィーン市附近には所謂ウィーナワルド（Wienerwald）と云う公園林のあるのは誰も知る処であり、市内に山林治水学で知られた高等地産学校（Hochschule für Boden-Kultur）の林学科は欧洲でも有名である。丁度此処には鹿児島高農から教授山本光政が留学していたので、林学科の組織施設等を見せて貰い、又市内見物にも先輩格から表裏両面の教導に預かり愉快な体験を得て感謝した。

此学校では曽て諸戸北郎（明治三一、東大林、長授林博）・赤木正雄（大正三、東大林、農博、参議院）・村上恵二（大正五、東大林、京大教授）等が森林治水学砂防工学等を専攻して、我国の斯界に大きな足跡を印していることは特筆するに足り、又茲に駒場で砂防工学を講じた講師ホフマン（Hofman）も当時は墺太利人として同校出身であったが、此時は第一次大戦の結果其出身地が伊太利に還附されたので、ホフマンは伊太利に復帰して後日山林局長と成ったと田中八百八から聴かされた。ウィーンは曽て墺匈帝国として欧洲に勢威を張った時代の首都であっただけに、欧大陸での行楽地の一であるから、第一に国立オペラ劇場を見物せよとの山本の勧めであったが、旅行途中では観客の服装にタキシードを条件とするのに困惑した処、安直な洋服屋に注文したらと紹介される儘に、三人揃って一通りタキシードを新調して堂々とオペラに乗込んだ。勿論各国の観光貴婦人とか云う半裸の女性群と劇場内外の装備雰意気などを見物しただけで、オペラ其ものはチンプン・カンプンで過ごし、ために旅行荷物としてトランク一つだけ殖えてしまった。

巣の帰朝以来四十有余年タキシードを着用する機会はアメリカ占領行政下にも出会わなかったが、最近縁者の結婚式に試みに着用に及んだだけ、又丁度大正御大典記念式典に参列のため兄貴の古着を直おして燕尾服を着用しただけで、とも爾来四十余年箪笥の底に畳込んであるのと好一対であるが、何れも日本の天皇制と繋がった封建的遺物を物

語るものと思われる。

ウィーンのシュトラーセン・メッチュヒェン（街の女）も是否とも味って置けとの注意もあったので、由本から教わった通りに試みて三人共格好な相手を見付け、誘われる儘に同じホテルへ連込まれて旅の恥をかき棄てた。彼女達は真に馴れすましたもので、翌朝伯林女との品定めもあったが、渠の相手の如きは愈々アレの利帰に実如運動を停止して、「ノホ・マール・ハルプ・プウンド（Nochmal Halbpfund）」と大女の力で強要する始末に、然らば此方へも何物か記念を出せとの申入に応じて差出したものは金色のシュワイン・ヒェン（小豚）であった。之は彼女仲間での日本流の「御守り」であったことも、伯林に帰ってから其途の好事家の説明から判った。兎に角英貨一ポンド半での洋行修業の一として由本にも感謝しなければならぬエピソードである。

当時農林省山林局（局長ピヒラー Sektionschef Pichler）で指示して呉れた視察地方はウィーンの西一六六キロ上墺墺太利で、ドナウ河の支流エンス（Enns）とイップス（Ybbs）の分水嶺地帯に在るワイヤー（Weyer）及びライヒラーミング（Reichraming）両森林国有地管理署（Forst-und Domänenverwaltung）（署長カウチュ Oberforstrat Kautsch）所管の国有林であった。此処はグムンデン森林国有地管理局（Forst-und Domänendirektion Gmunden）の管下で当国でも山岳地帯に属するから、我国の国有林に似寄った環境と云う話であり、二日掛りで鉄道の駅と連絡する索道運材、修羅道、曳上運材、駅構内の貯木場及びブルンバッハ沿岸の森林鉄道（ベンチン・モートル）等の視察をしたが、一月二十八日頃の深雪の中では流石にへこたれた。大使館からの紹介もあったから、取扱は叮嚀であったが、我国の設備と比較すれば格別目新しい何物も見出せなかったと言える。

此墺太利の山地旅行の際ウィーン市の西方で丁度独逸のバイエルン邦から墺国に這入る国境に近い小駅で、夜も更けていたのに乗換に相当な時間のあったのに気付き、駅の構外で暗闇な街路を散歩し乍ら小さな時計店を覗込んだ時に、ロンジン製銀側目醒懐中時計を見付けて、案外格安な気持からポンド支払で入手した。之は後日瑞西のチューリッヒ市パラード・プラッツ街の時計商Aチュルラー（Türler）が特別割引と称して、外遊邦人を得意先とする店で、愚妻のために奮発した金側腕巻と共に、好個の外遊記念品として今以て愛用しているが、当時同学友人間に流行った「タッシェン・ウエッカー」に比べて、遙かに可愛な音を発して毎朝旅寝を醒まして呉れた程懐しいものであって、確かに銀側を奮発しただけの甲斐があったと談合ったのを回想する。但し此妻への贈物が一九六一年一月二日に初ドロの寝室侵入で一時往方不明となったのが、警察の手で質屋から返って来たと云う後日物語を生んでいる。

墺太利は我国林区制度の制定に貢献した先進国であったので、一般行政組織と森林制度から之に関連する諸事情を特に調査する考もあったが、冬季の旅行として森林の実況も視察するのに不便であった。従って現地は西部山岳地方で僅かに一部の国有林の実状を見たに過ぎなかった。一週日余のウィーン市滞在中にも山林局訪問からも大きな成果が挙げられずに隣国匈牙利に入り、ブタペスト市のホテル・ツェトラル（Hotel Zentral）に両三日を送った。

匈牙利は第一次大戦後墺匈老大帝国から独立した小共和国であるから、精々復興に努力最中でいた処が注意を惹いた。併し爾来四十余年の今日はバルカン諸邦を含めて何れもがソ連の東欧衛生国家群として共産圏に這入っていることは興味を唆るのに充分である。





## 二二　伊太利国の観光から瑞西国見物

此辺りから以後渠の旅行は段々と観光本位に変って来た。殊に匈牙利から伊太利領トリエストに這入ってからは、所詮南欧の旧帝国を出来る限りの短期間に飛脚旅行をしたに過ぎない。全くの処ベデッカーと首挽きで走廻ったと云うのが落ちであったのは幸か不幸か判らない。併し乍らウィーンで落会った伯林の舎弟（北島驍雄）も伊太利見物に同行したので帰路の瑞西ベルン迄は賑かの旅となった。

夫れで南欧の旧都羅馬市の内外に多い旧ローマ帝国の遺跡は素より、目の前近くに聳立つヴェスヴィオ（ヴェスヴィアス）の噴火で廃滅したポンペイの発掘跡の偉観などは、若い頃の西洋史西洋地理の講義で脳裡に残っていたものの唯か総稽えをした観があって、見物の日取りの短かかったのに遺憾の想がしている。

当時同学三浦伊八郎からバルカン半島を経巡って雅典の旧趾を探りシシリー島の事情も視て来たとの話を聴かされて、渠として尚更羨しい眼りであった。従って伊太利では専門方面の視察は全然抜きであったし、山林局訪問も見合せてしまった。只管見物本位に暮したにしても邸々名所巡りも出来るものでなし、僅かに脳裡に刻まれているものを旅程の順路で記すなれば、ベネチア（Venezia）、（ヴェニス Venice）の水上都市の舟巡り、ボロニア（Bologna）の芸術大学、フィレンツェ（Firenze）（フローレンス）（Florence）の絵画館、首都羅馬で丁度紀元節を前後に挟み市内外幾多の旧跡見物、ポンペイ（Pompeii）の遺跡とヴェスビオ（Vesuvio）（Vesuvius）火山の鉄路登攀、ミラーノ（Milano）（ミラン）（Milan）でのサンタ・マリア・デレ・グラチエ（Santa Maria delle Grazie）のクリスト最後の晩餐（レオナルド・ダ・ヴィンチ筆）の名画等々を歴巡ったに過ぎない。此間伊国滞在は二月四日から十八日迄正味二週間であった。

次いで渠等三人は北伊のミラノからシンプロン越えで瑞西国の首都ベルンに這入った。瑞西から伊太利に入るには汽車で二つの順路があると聞かされたが、渠は小学校時代に地理で学んだ世界第一に長いトンネルのシンプロンを、越して見たいと念願していたからして、此時漸く其目的を達したのを喜んだ。謂う迄もなく欧洲の永久中立国として人情風俗接するもの皆気を良くする許りであり、山紫水明の森林原野山岳湖沼の美は四季を通じて世界人を誘致するだけの人工施設を完備して待構えている。

兎も角渠等は首都ベルンを根拠地に選み早速公使館の紹介で政府の山林局を訪ねる積りであったが、此国に限り左様な特の公文を必要としないとのことから、直接山林局に出向いて視察調査の用向を口頭申入をした処、局長M、ペティートメルメット（Petitmermet）も面接して呉れるし、森林監督官F、ファンクハウザー（Fankhauser）博士と会見して、数日間の視察日程を組んで予め先々へ電話して呉れた。無論ベルン四辺の風光見物も一応済ませた上、三人は、森林視察へと出立した。視察地方と云うのは狭い当国での僅かに其一部に過ぎなかったが、チューリッヒ市では技術大学（Technische Hochschule）の中に林学科あり、予て森林治水試験の上に貢献したと云う有名なエングラー（Dr. Engler）博士のエムメンターレ（Emmental）での試験の話があったのを記憶する。又瑞西国の森林は大部分保安林で択伐作業を汎行すると云うことからトルン（Turn）町附近のウインタートゥール（Wintertur）町有林のモミ林天然更新の現況も視察したが、百聞一見に如かざる如く其択伐林の施業に付ても格別感嘆する実態にもぶ突からなかった訳である。

此処でも営林署長（エッシェンベルグ事業区 Eschenberg）は終日林内を案内して呉れたので、夜食を共にして色々と世間話を聴かされ旅情を温めたのであった。最後に瑞西国林業事情は渠が伯林から山林局長宛に報告したものに詳述されているから茲では夫れに触れないことにする。

瑞西国視察を済ませて帰路はベルン（Bern）から乗車して独逸国に入り、シュツットガルト（Stuttgart）、イェーナー（Jena）、ワイマール（Weymar）などの都市も車中から眺め乍ら一路伯林へと旅を急いだ。三人連の道中は相互融通性があって大変気楽ではあるが、人を頼りにする癖からして旅行案内書なども精読しないから、最後に頭に残る収穫の少ないのが寧ろ損失に数えても良いであろう。

## 二三　再度独逸国内視察——ハルツ山彙地方の観光施設

一九二四年（大正十三年）の五月頃山林局の同僚田村剛の伯林入を好機として、予て出張命令の一であった国有林の休養的（レクリエーション）利用面の視察へと志し、ハルツ（Harz）森林地方へ同行したことがある。ハンノヴェル（Hannover）州ミュンデン（Münden）市にて会合する約束で出掛けたと思うが、同山彙地帯で数日を費やした。

ハルツ山彙の中心ブロッケン（Brocken）（一、一五〇米）の頂上には立派なホテルがあり、五月十八日は日旺日に当ったの

で、山上は登山者で賑っていたし、展望台からの眺めは荘観を極めた。渠は田村と久し振りで山中の旅館で歓談し、而かも一旦山中で袂を分った後に、偶然にも再びボーデ・タール（Bodetal）の同じホテルのロビーで対面する場面もあったが、夫れは休養施設が温泉とか宿泊地点とかの連絡に注意して説明してある証拠の一とも痛感され、先きに述べたバーデン・バーデン（Baden-Baden）地方とかポルツハイム（Pforzheim）地方とかの休養施設も同様で、欧洲としては稀有な天然温泉を利用して発達したのが要因であり、温泉がなくても森林湖沼山岳河川等の風光利用は独逸連邦到る処に見られ、伯林郊外グルーネワルド（Grunewald）などは最も秀でた公園林である。就中プロイセン邦の平野地帯には湖沼地方とも称すべき大小無数の湖水が森林に囲まれた田園風景の行楽地として散在するので、渠は盛夏の数日をフロインディンに案内させて観光旅行を試みたが、到る処に独逸人青春男女達の水泳遠者なのを見せつけられた。独逸語にワンダー・フォーゲル（Wandervogel）又はフォーゲル・ワンデルン（Vogelwandern）と云う字のあるのを見ても、独逸青年が幼少の頃から自然に親み乍ら、精神体躯の鍛治訓練に向けられると云う公共的施設に恵まれているのを羨ましいと思った。森林愛護に関する国民性も此辺りから発露したのであろうことに間違ない。

## 二四　北欧各国一瞥

### (イ)　丁抹瑞典両国の旅

一九二四年の夏渠は同学三浦伊八郎、石原供三と同行して北欧の旅に出掛けた。丁抹、瑞典、芬蘭、那威諸国へと志したものだが、渠と石原だけは那威旅行を割愛して途中三浦と分れた。伯林を出立したのは七月十四日のことで、途上丁抹の首都コペンハーゲン（Kopenhagen）郊外に世界有数の種子試験場並に林業試験場（郊外スプリングフォルビ、場長オッペルマン Springforbi, Dr. Opperman）を訪問して知識を新たにしたが、林木では日本産・西伯利産及び欧洲産カラマツの生育状態に付日本産は初期の生長勝るも中年後西伯利産が欧洲に適応するところ迄証明されていた。更に遠き将来の生長関係が未知な問題たることは独逸の植栽試験でも判明していたが、最近の雑誌では日本産が依然優勢な事態に在る記事を発見した。因みに日本産スギの植栽成績は既に欧洲で不成功なことが立証されていた。首都に滞在すること五日許りで郊外の公園林を視察したり、曽て我国に来た丁抹森林家（A. S. サブロエ Axel. S. Sabroe, Forstkandidat）の案内で近くの市有林々務署を訪問して森林管理の一端にも触れることが出来た。又当国唯一の地産学校の外貌も一瞥した。此処から連絡船で二時間にして瑞典国のマルモ（Malmo）港に渡り急行列車で首都ストックホルム（Stockholm）へと到着した。

渠は此船中で一生始めての船酔を覚え乗船中殆んど卿近くに唸臥していたのを想起すが、上陸一瞬時に忘去るのが船酔の特徴であることは何人も経験済であろう。此旅行の車内船中三人鼎座すれば三浦石原の議論を聴かされたものだが、後から石原の弁明は「兎に角三浦の言うことが癪に障るので事毎に当散らした訳さ」と言うだけのこと、但だ聴役の渠には暖かで退屈しのぎになったものの、ベデッカの勉強には邪魔その物であったことを想出すのである。

瑞典の滞在は三週間の予定を以てストックホルムでは農林省（山林局長アミノフ Bürochef Aminoff）で視察旅程を組んで貰い、南部地方（ヘーストホルメン Höstholmen ハルスベルグ Hallsberg）の赤松林、中部地方の白桧・唐桧林・白樺林と製紙工業の関係とか、欧洲式マイラーの製炭事業、製紙原料丸太の伐木運材就中水運事情など、瑞典林業の特質を短時日に見学することが出来た。首都に在る林科大学、植物園、博物館などから営林機関の概況も一瞥したことも勿論であった。南部地方では東ゴートランド（Vester Götland）のウェッテルン（Vättern）湖東側沿岸の国有林（クロノパルク Kronopark）を管理するオムベルグ（Omberg）営林署を訪問し、赤樅の内陸地方北限地帯の森林を覗いた。中北部地方ではビスプゴールデン（Bispgården）、ビュールフォールス（Bjurfors）、ガルペンベルグ（Garpenberg）三営林署を訪ねてメーデルパート（Medelpad）及オンゲルマンランド（Ångermanland）地方の森林更新状況とオンゲルマン河木材管流の盛観を眺め乍ら、海岸集積地のズントヴァル（Sundvall）及びヘルネザント（Härnösand）の工業都市を瞥見した。

瑞典国の林業及び木材業並に製紙業が我国の樺太開発に大きな役割を果したことは同学の士に周知の事態である

# 治山・砂防学の成立と展開

太田（おおた）　猛彦（たけひこ）

## 1. はじめに

現在、治山と砂防はそれぞれ農林水産省林野庁治山課、国土交通省河川局砂防部に関連する事業の総称として意識されることが多いが、そのような傾向が強まったのは太平洋戦争後まもなく農林省林野局林務部に治山課が設置され、公共事業の費目に治山事業が創設されて以来の、いわゆる行政の縦割り・固定化が進んだ結果である。したがって、この特集が対象とする森林科学・旧林学の黎明期である明治時代においてはそのような概念は広がっていなかった。

すなわち、「治山」は、治山政策、治山治水、「砂防」は砂防工事、砂防工学などと使われるように、前者は「山を治める」というような砂防を含む包括的概念であるのに対し、後者はその具体的技術を指す用語として使われていた。

本特集では旧林学黎明期の各分野の成立過程に焦点を当てることを意図しているので、本稿が取り上げる分野は技術学としての「砂防工学」とするのが適当であり、本文中では治山工事や森林理水（現在の森林水文学が対象とする分野）を含めた砂防工学の成立過程を論じるが、その後の展開や森林・林業関係者の親しみやすさを考慮して表題では当該分野を「治山・砂防学」と表記した。現在の大学でこの分野に関連する研究室の名称としては、砂防学、森林保全学、山地保全学、森林水文学などが使われている。なお、治山の語源は前述のように江戸時代まで遡れるが、砂防という言葉の使用は1872年（明治4年）の「砂防法五箇条」の公布に始まるとされ、その語源は「土砂逸漏を防ぐ」にあると言われている。





さて、森林の便益、森林の効用、森林の多面的機能、最近では森林生態系のサービスなどと呼ばれる森林の社会的機能は、大別して木材生産を中心とする森林資源の供給機能と国土保全・水源涵養などの環境保全機能あるいは公益的機能に分類される。そして、森林資源は為政者も必要とした基礎的資源であり、経済的利益あるいは財政的利益に直接結びつくものであるため、社会的関心も高い。その結果、関連する学問領域も森林経理学・森林経営学、造林学、森林利用学など多彩であり、旧林学の学問領域の大部分を占める。一部で保安林制度や入会制度を扱う林政学でさえも財源確保につながる官林の管理経営や民有林林業経営など森林資源の利用に関わる部分を中心課題としている。

しかし、森林資源の利用と環境保全機能の発揮は基本的にトレード・オフの関係にあり、資源の過剰利用は土砂災害や洪水氾濫、あるいは土壌劣化を引き起こす。その対策を対象として成立したのが治山・砂防の分野であり、関係する知識は本来森林の管理経営にとって不可欠な知識であるはずなのだが、その工学的内容への親しみ難さも手伝って、あたかも林学とは別分野として取り扱われる傾向がうかがえ、森林関係者の間でさえ無視され、あるいは軽視されることが多かった。歴史に見る森林管理の失敗の多くがそのことに原因していることを知るべきである。

## 2. 日本の森林環境の変遷

治山・砂防学成立のバックグラウンドを知るためには、少なくとも数百年はさかのぼって日本の森林の変遷を考察しなければならない。

城郭や社寺の建設に用いる大径木を中心とする木材資源が江戸時代以前から徐々に枯渇してきたこと、民有林林業が江戸時代に成立したこと、江戸時代にはげ山が多く洪水氾濫や土砂災害が多発したこと、そのため儒学者によって「治山治水」が叫ばれたことなどは断片的に知られていた。しかし、トータルとしての森林の変遷は、他の土地利用の量的把握が十分でなかったこともあって、あまりよく知られていない。森林・林業に関心を待たない現

在の一般の日本人に至っては、わが国の森林は戦後になって衰退し、または破壊されたと信じているほどである。

実際の森林の変化の目安として筆者は依光良三[1]の成果を参考に下に示す図を作成した[2]。依光の図だけでは森林の質的変化が示せないと思ったからである。この図および大径木の枯渇に関するタットマンの分析[3]を参照すると、森林の変遷とそれに伴って変化した森林の管理経営の変遷や土砂災害対策の変遷が理解できる。

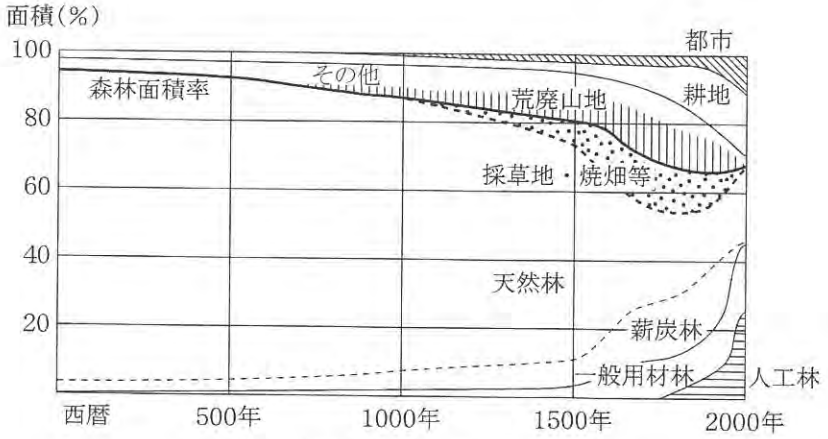



図　森林利用及びその他の土地利用の変遷
（依光良三（1984）の図をもとに作成）

一言でいうと、日本の森林の歴史は半世紀前まで、劣化と減少の歴史であった。その始まりは古代にまでさかのぼれる。日本人のルーツは縄文時代の森の民とされるが、イネが伝来して農耕民族となった後も建造物や道具の材料、燃料、農用資材、肥料、飼料など、資源のほとんどすべてを森林に依存してきた。しかも運搬手段の貧弱な時代、それらは基本的に近場の森から得るしかない。したがって、古代であろうとも人口の集中する都市の周辺では森林資源が枯渇する。すでに7世紀の飛鳥・奈良地方で森林の衰退が始





まって、本来の天然林は痩せ地でも育つマツ林に変わっていたし、11世紀には京都に近い滋賀県田上山にマツも衰退したはげ山が広がっていた。

さらに室町時代後期から江戸時代前期にかけて、日本の森林は急速に劣化し、荒廃山地は全国に広がった。この時代、城郭や都市の建設が進んで木材の需要が増加し、例えば大径木の伐採圏は1550年には当時の日本のほぼ中央部に限られていたが、1700年までに全国に拡大したと言われる。これはいわば奥山の状況を示している。しかし荒廃の中心は里山で、全国のほとんどの地域で森林は衰退した。衰退の程度は地質条件に左右され、いわゆる花崗岩地域とはげ山地域が重なることはよく知られているが、製鉄、製塩、製陶などの産業の影響も無視できない。

しかし、森林の劣化、荒廃山地拡大の最大の原因は、この期間に日本の人口がほぼ3倍に増加したことにある。戦国大名に引き続き江戸時代の各藩も農地の開墾を進め、社会は発展したが、同時に人口も増加した。そして、資源もエネルギーも森林に依存する社会での人口増加は持続可能な森林の利用を困難にし、その結果は全国的に「江戸時代は森林が荒廃した時代」となったのである。荒廃拡大の様子ははげ山の分布の拡大とともにマツ林の分布の拡大によって概略推定できる。歌川広重の東海道五十三次の版画では、多くの場面でマツが脇役を演じている[4]。

このような分析によって、江戸時代の各藩が奥山では留山や留木を指定して森林資源を保護したこと、農用林の役割を持つ里山の大部分は生活物資や農用資材確保のための村持山として農民に開放されていたこと、農民はバイオマス資源の枯渇を恐れて入会の掟を定めたこと、各地に植栽による民間林業が発生したこと等が明確になると同時に、前述のトレード・オフの関係から各地で土砂災害や洪水氾濫、さらには旱魃の被害が頻発したことも明確になる。

森林の過剰利用の国土保全への影響の大部分は、実は林床の植物・有機物の過剰利用による消失や林床の攪乱によるものである。これらが繰り返され

ると土壌の消失・裸地化が起こり、表面侵食が発生する。一方樹冠（木材）の過剰利用は森林の相対的若齢化を促し、これは根系の土壌緊縛効果の減少を通じて表層崩壊の発生を増加させる。両者は共に山地での土砂生産を増加させ、大量の土砂を河川へ流出・堆積させ、さらには海岸へと流出させる。また前者は地表流を発生させ、洪水の流量を増加させる。熊沢蕃山ら儒学者が「治山治水」を叫んだ背景にはこのような状況があったのである。

その対策として各藩や幕府が行った事業の内容が、ほぼ斯学発祥当時の治山・砂防学の対象となる事象である。

## 3. 江戸時代の治山・砂防施策

ところで江戸開幕前後の土木事業と言えば、各地の河川改修工事が思い出される。例えば、戦国大名武田信玄による釜無川の改修工事（霞堤方式の「信玄堤」の建設など）や江戸時代初期の利根川の東遷工事（江戸湾に注いでいた利根川を中流部で鬼怒川につなぎ、現在の河道に“瀬替”した）などである。しかしこれらは水田開発や灌漑、舟運、防衛のためのものである。17世紀前半までは土砂災害対策や洪水氾濫対策を直接目的とした事跡は目立たない。

ところが、17世紀後半になるとこうした事跡が急増する。図に示すとおり、山地荒廃が全国に波及したのである。各藩や幕府はまず山腹での木の根の掘り取りを禁じ、植栽を奨励した。1666年に幕府が畿内7カ国に対して発布した「諸国山川掟」は特に有名である。さらに積極的な対策として各種の土砂留め工事（山巻工・石巻工など）も行われた。これらが山腹工事の始まり、治山・砂防工事の始まりであるとされている。さらに、1700年頃になると福山藩では堂々川で砂留め工事（いわゆる堰堤工事）が行われているが、これが渓流工事の始まりであるとされている。

なお、幕府は淀川などで河川改修工事を行ったが、その目的は治水・利水よりもむしろ舟運の確保が第一であり、おもな工事は浚渫であった。特に淀川は京阪を結ぶ交通の大動脈であるから、上流からの流出土砂が水路を閉塞





させては困るのである。一方で淀川の水源地域は花崗岩を基盤とする里山であり、また長く政治経済の中心地に近かったため森林の収奪は激しく、全国で最も荒廃した山地であった。そのため、改修を担当した河村瑞軒も水源山地での土砂留め工事の必要性を強調している。諸国山川掟にはその意味が含まれている。一方各藩では渇水対策としての水野目林や用水林の設置も行われている。特に岡山藩では熊沢蕃山が水源涵養林の必要性を主張し、彼の行った藩政改革の中で実行している。このような江戸時代の保護林の制度としては他にも水除林や土砂山林など多くの事例が知られているほか、村持山などでは入会の制度に見られる自主規制が行われていた。

また、17世紀後半以降の土砂流出の凄まじさを物語るものとして、各地で天井川が形成されたことが挙げられる。扇状地の発達や天井川の形成は地質時代だけの話ではない。その土砂は海に流出し、さらに沿岸流にのって各地の砂浜海岸に漂着した。したがって砂浜海岸では飛砂の害を倍加させた。砂除けおよび防風のための海岸林の造成は16世紀までさかのぼれると言われるが、17世紀以降は多くの藩でマツなどの植栽が行われた。

以上のような江戸時代の治山・砂防について松林[5]は、幕府が指令した、淀川流域の荒廃地を対象とした事業と福山藩が堂々川で行った事業の2系列に大別できると総括している。前者は井上清太郎の『防砂工大意』(1891年)、市川義方の『水理真宝　下』(1895年）によって知ることができ、後者は1977年に恵柳信政によって紹介されたという。

## 4. 明治時代前期の治山・砂防施策

明治新政府もその成立直後から淀川など主要河川で治水事業を開始したが、その目的は江戸幕府と同様に舟運確保のためであり、いわゆる低水工事と呼ばれるものであった。淀川上流山地でも幕府に引き続き、最初は民部省土木司（砂防法五箇条の公布）、1873年（明治6年）には大蔵省土木寮（淀川水源砂防法条例の制定）、同年内務省が設置されると同土木寮において「砂防」の名のもとで府県と合同で山腹工事が実施された。

1872年（明治5年）になると、治水の分野でもヨーロッパ近代技術導入のため多くのお雇い外国人技術者が招聘され、彼らの指導による国の直轄河川工事は1873年（明治6年）から1885年（明治18年）までに14の重要河川で実施された。しかし技術者のほとんどは低平な河川や運河を管理するオランダ人技術者であったため、日本の急流河川の取り扱いには苦労したようで、彼らも上流山地での土砂流出防止対策の必要性を指摘した。そのため1878年（明治11年）には淀川・木曽川で直轄砂防工事が始まっている。

### ヨハネス・デレーケ

お雇い外国人の中で1873年（明治6年）に来日し1901年（明治34年）まで滞在したヨハネス・デレーケ Johannes de Rijke は特に有名である。彼も明治政府が最も重視した淀川の改修から指導を始めたが、すぐさま砂防工事の必要性に気づき、1875年（明治8年）には木津川支流不動川で理論的・工学的とも言われる試験的砂防工事が行われた。この工事はヨーロッパ式砂防工事あるいはデレーケ工法の最初の例と言われているが、その内容は基本的には従来の土砂留め工事と砂留め工事を組み合わせたものであるうえ、前者に重点がある点で、近代的視点から見ても伝統的砂防工法の有効性が評価される結果となった。しかし、デレーケの提唱した「渓流での堰堤工等と山腹での植栽工を組み合わせる手法」そのものは日本の砂防工法の基本型を示したものであり、土砂留め工事の完成形といわれる積苗工の開発・定着（市川義方が1874年（明治7年）に考案した）などその後の山腹緑化工事の発達をうながし、さらに渓流工事においてもヨーロッパ近代河川工法の知識や技術を生かした各種工法が開発された。これらの点や29年の長きにわたって日本の治山治水事業を指導した点を考えるとデレーケ功績は極めて大きい。

しかしながら、明治時代中期になっても日本の治山治水事業の根幹は江戸時代と変わらぬ状況にあった。すでにたびたび述べてきたように、中央政府の河川事業は国家の経済運営の観点を重視した物資の流通を支える舟運の確





保が第一目的で、治水・利水は二の次だった。そのため、浚渫による水路の確保や河口閉塞の除去など、いわゆる「低水工事」が河川改修事業の中心だった。治山は土砂流出が水路の埋没を引き起こすために必要だったのである。翻って天井川は農業用水の取得に有利とも言える状況もあった。一方、洪水氾濫の防止を目的とする堤防工事や水制の設置等の「高水工事」は防衛の要素を含む地方主権の範疇だった。「美濃は尾張より三尺低かるべし」と言った具合である。したがって、明治新政府も、特に中小河川の高水工事や山腹での砂防工事にはほとんど関心がなかった。

しかしこの頃、里山を中心とする山地荒廃の状況はさらに悪化していた。江戸時代の幕府・各藩の努力にもかかわらず状況はいっこうに改善されず、むしろ明治維新直後の林政の混乱やその後の近代産業の勃興、都市の発達、人口の増加による森林資源需要の増大により、明治中期はわが国の歴史上森林が最も劣化した時代となった。1992年に発表された1900年（明治33年）頃の土地利用状況調査結果によると、森林65.48%（広葉樹林26.50%、針葉樹林11.85%、混交樹林26.30%）、農業的土地利用16.75%（草地を含む畑6.24%）、都市集落・道路・鉄道4.13%、その他13.64%（荒地・砂礫地11.24%）となっているが[6]、針葉樹林のかなりの部分はマツ林である可能性が高く、荒廃地及び劣化した森林、草地の合計面積は国土の2割5分から3割程度に達していたと思われる。なお、2009年に出版された「全国植樹祭60周年記念写真集―かつて、日本の山にはこんな姿もあった。」には明治時代後期や大正時代の写真も掲載されており、当時の荒廃山地や劣化した森林の様子が一目瞭然である[7]。

このような状況の中で地方では、1881年（明治14年）の山梨県、1883年（明治16年）の滋賀県・岐阜県などで県単独の砂防工事が行われ、これらは1997年（明治30年）に砂防法が制定され国庫補助砂防工事が始まるまで、兵庫、岡山、徳島の各県も含めて続けられた。技術的には利根川、信濃川、木曽川、庄川、富士川、吉野川、筑後川での国の直轄砂防工事の進展とあいまって日本型砂防工法とも言えるものが次第に成果を上げ、それまでほとん

ど成功しなかった荒廃山地・渓流の安定化が着実に進められるようになったが、そのような技術の発展を担ってきたのは内務省の現場技術者であった。しかし一方で彼らは、デレーケ以降の技術が、淀川などを除いて、必ずしも十分な効果を上げていないじれったさも感じていたようである。

## 5. 治水三法の成立

明治20年代になると、明治政府の河川改修方針に異議を唱える世論が公然と形成されるようになった。すなわち、1890年（明治23年）の帝国議会の開会とともに明治の殖産興業を支えた地方地主層の声が大きくなったが、彼らは1885年（明治18年）の淀川、筑後川、1889年（明治22年）の筑後川をはじめとするうち続く大洪水もあって、従来の生産基盤である農地ばかりでなく新しい生産基盤でもある都市を水害から護る高水工事を強く希望した。またこの頃になると鉄道網の整備も進んで、物流に関する従来の河川舟運の比重は相対的に低下していた。このため政府は河川改修方針を高水工事中心の治水事業へと大きく転換することとなった。その結果が1896年（明治29年）の「河川法」の制定であるが、砂防工事も同年の利根川大洪水の際に関東各地で激甚な土砂災害が多発したこともあってその強化策が議論され、翌1897年（明治30年）に「砂防法」が急遽制定された。その目的は砂防法第一条に「治水上砂防の為」となっているように河川法を補完する趣旨が明瞭であるが、考えてみれば直轄河川工事と直轄砂防工事との関係の経緯から当然と言えるであろう。

他方、同年森林法が成立した諸事情は本特集の読者はすでにご存知だろう。治山・砂防の立場からは、江戸時代の各種保護林制度や入会規制などを統合した保安林制度の創設が注目される。よく知られているように、明治時代初期は林政の混乱によって伐採規制等は官林や一部地域に限られ、乱伐・荒廃が進んだ。1881年（明治14年）に農商務省が設置され山林局が同省に移されると、翌年には民有森林伐木採鉱停止の件（太政官布達第7号）が制定され、水源涵養・国土保全上重要な民有林の保全を目的とした伐木停止林





制度が設けられた。しかしまだ規制は十分ではなかった。その十数年後に成立した森林法の保安林制度は、江戸時代以来の保護林諸制度（禁伐林、伐木停止林、風致林等）をドイツの制度を参照しつつ整理・拡充して「保安林」に統合し、政府の監督権を強化したものでもある。同時に、前述した水害や土砂災害の多発に森林管理の面から対応しようとしたものである（難産だった森林法の成立促進の理由付けとして、前年の水害被害と森林の機能との関係が持ち出されている）。こうして、その後の国土保全事業の骨格となる河川法、森林法、砂防法の、いわゆる治水三法は成立したのである。なお、砂防法成立以降、内務省土木局が行っていた砂防工事を農商務省山林局も担うことになり、森林管理における治山・砂防の重要性がいっそう意識されることとなった。

## 6. 治山・砂防学の成立

### —帝国大学農科大学林学第四講座の開設

旧林学の学制が、内務省地理局樹木試験場、（農商務省山林局）東京山林学校、農商務省東京農林学校林学部、（文部省）帝国大学農科大学（林学科）を経て、1893年（明治26年）9月の勅令93号で講座の種類と数が決められ（講座制の）帝国大学農科大学3講座として整えられた頃の治山・砂防分野の状況は上述のとおりである。

しかし、1893年当時の林学3講座を含む農科大学20講座の授業科目の中に砂防工学関係の科目はほとんど存在しなかった。当時までの関連科目を強いてあげれば、東京山林学校開校時は山林歴史、その後の山林学校では物理学、地質学、土性学、測量術、気象学、森林土木学、山林歴史、東京農林学校では物理気象（教授北尾次郎）、林政（教授中村弥六）、設制・測樹（教授（助教授？）和田国次郎）、鉱物・地質（助教授富士谷孝雄）、物理気象（助教授志賀泰山）、測量・土木（助教授石田二男雄）が挙げられる[8]。1893年（明治26年）当時までの林学は官林経営のための学問体系として整備されてきたため、それと直接関係がない砂防工学が意識されなかったのは当然と言

えるだろう。

しかるに、1900年（明治33年）3月29日の勅令87号で林学3講座が4講座に改正され、4月1日に林学第四講座・通称「森林理水及び砂防工学」が開設された。

江戸時代以来の土砂留め技術や砂留め技術がヨーロッパ由来の河川改修工法と融合してでき上がった明治時代中期の砂防技術は内務省の現場技術者の努力に負うところが多い。本来実学であるこのような学問領域が、最高学府たる東京帝国大学の、しかも林学の一講座として取り上げられるようになった背景には、1896年（明治29年）の河川法の制定に続く翌1897年（明治30年）の森林法と砂防法の成立があると見るのは当然だろう。すでに述べたように、砂防法は前年の関東地方の水害によって必要性を増し緊急に上程されたものであり、森林法もその成立の過程で水害を意識している。それが第四講座として砂防工学が認められた理由であろう。また、森林法の柱の一つである保安林制度の意義を学問的に明確にし、森林行政の基礎を固めようとしたことが「砂防工学」と並んで「森林理水（現在の森林水文学）」を講座の専門分野に位置づけた理由である[9]。

## カール・ヘーフェレと河合鉄太郎

林学第四講座新設とその後の同講座教授等の陣容に関して、学内では河合鉄太郎の影響が大きかったと思われる。河合と造林学の本多静六は帝国大学農科大学林学科を1890年（明治23年）に卒業した同級生で、本多が卒業と同時にドイツに留学し1892年（明治25年）に帰国したのに対し、河合はそのまま大学院で森林利用学を専攻し、1892年（明治25年）から講師として森林利用学を教えていた。その後、1899年（明治32年）頃からオーストリア、ボスニアに留学し明治1903年（明治36年）に帰朝しているので、1900年（明治33年）に第四講座が新設された当初は不在であったかもしれない[10]。第四講座ではミュンヘン大学からカール・ヘーフェレがお雇い外国人教師として招聘され、1901年（明治34年）1月に初代教授（講師で講座担任？）として着任した。





ヘーフェレは造林学・経理学が専門で、「林学通論」・「砂防工学」を中心に幅広い教科を教えた。彼は本多静六と親交があったことが知られているので、この招聘は松野礀、中村弥六、グラスマン、マイエル、志賀泰山、本多静六、川瀬善太郎と続く、ミュンヘン大学森林植物学ハルティッヒ教授を軸とする、いわゆるハルティッヒ・ルートによる招聘であったと推測される。しかし丘陵性山地を対象とした砂防技術が過酷な地形地質条件を持つわが国に適応させられるべくもなく、1903年（明治36年）6月に短期間で帰国した。

一方、河合は前述した国内の状況もあって、留学前からヨーロッパの砂防工学に興味を持っていたようで、ウィーン高等地産（農林）学校（現在のウィーン農科大学）にも立ち寄っている。

すなわち、ヨーロッパの山岳地帯であるアルプス周辺諸国では、17世紀初期にはすでに渓流における砂防工事が始められ、著しい発展をとげていた。フランスでは1878年にP・デモンツェーの砂防工事指導書が編纂されており、その内容はいち早くオーストリアに移入され、オーストリアでも砂防工事、砂防工学の指導者が現れた。当初はA・ゼッケンドルフ、ついでF・ヴァングであった。つまりヴァング教授のいるウィーン高等地産学校には、フランス、オーストリア、スイス、イタリアなどの研究者によって当時の地学・林学・土木工学の最高水準を集めた「野渓留め工事 Wildbachverbauung」に関する学問体系が集積されていたようである。ヴァングは1901年（明治34年）に教科書『砂防工学の基礎』を出版しているが、これには日本の土砂留め工事の沿革やその頃（明治30年頃？）の砂防工事の写真、積苗工の図、さらには砂防法の成立までも紹介されている。実はこれらの情報は河合鉄太郎によってもたらされたものである[11]。

河合はこのように砂防工事に関連する先進知識をわが国に供給する学問として、ヴァングらの砂防工学が適当であると留学前から判断していたようである。つまり、明治30年代初めまでにはこのような知識が川瀬善太郎らヨーロッパに留学した林学者から少しずつもたらされていた模様である[11]。

なお、1902年（明治35年）に林学の5番目の講座として森林利用学講座（正式講座名）が新設されると、翌年留学から帰国した河合はさっそく初代教授に就任している。わが国森林利用学の創設者として知られる河合は、台湾、特に阿里山の森林開発や満蒙の森林開発、木炭の研究でも知られている。1926年（大正15年）まで教授を務めた[12]。

### アメリゴ・ホフマン

ヘーフェレが帰国した後、翌1904年（明治37年）5月にオーストリアからアメリゴ・ホフマン Amerigo Hofmann が招聘されて1909年（明治42年）6月まで滞在した。ホフマンはウィーン高等地産学校卒業後、現場の砂防工事も経験して29歳で来日しているが、この招聘には河合の意向が強く働いたと想像される。すなわち、帰国した河合は平原の国ドイツに代わってアルプス周辺の山岳国の砂防技術がより日本に適することを主張したのではないだろうか。河合は森林利用学講座教授就任後も、平行して砂防工学を教えている。諸戸北郎助教授が1909年（明治42年）3月にヴァングのもとに留学しているが、これには河合もかかわっていたらしい。ホフマンの帰国後も諸戸の帰国までは河合が第四講座を取仕切ったようである。



アメリゴ・ホフマン
（東京大学森林理水及び砂防工学研究室提供）

ホフマンによってヨーロッパの砂防工学、すなわち野渓留め工事 Wildbachverbauung に関する学識が本格的にもたらされ、ここにようやくわが国の砂防工学の近代化が成し遂げられた。この新しい知見は、デレーケ工法と現実との間に違和感を感じていた現場の砂防技術者にとっても福音であっただろう。また人材





の育成にも貢献したと推測される。しかしながら、彼の講義内容や業績についての資料はほとんど残されていない。その中で唯一有名なのは愛知県瀬戸市に現存する「ホフマン工事」である。

この工事は弘世孝蔵の卒業論文として設計させたものを1905年（明治38年）度に施工されたもので、工事の概要としては、①崩壊した山腹斜面には手を加えず自然のまま放置し、②降雨時に山腹より流出する土砂礫は土堰堤や柳柵で抑制堆積させて山腹及び渓流の安定化を図り、③植物の自然侵入を促すことを目的としたものであった。1905年当時は土堰堤5基、柳柵45カ所などが施工された。その後、土堰堤の一部が流水により破損したため、1909年には放水路（水通し）の勾配を急にし、水抜き孔を設け、堤体通水部に間知石を張り、また柳柵も鉄線蛇かご谷止工に改修された。本工事に対するその後の評価は芳しいものとは言えないが、わが国に現存する唯一のオーストリア式治山砂防施設施工地と称されている[13, 14, 15]。

ホフマンは帰国後、1910年オーストリア農業省渓流対策局技術部に所属したが、1914年にウィーン農科大学で木材測定学の非常勤講師として教授資格を取得し、ウィーン農科大学渓流対策学（砂防工学）教授であったヴァングの死後、1917年にこの職を引き継いだ。1920年に（彼の祖国）イタリアの森林局に転任し、1927年イタリア国有林長官に任命された。その後、1934年と1935年にボローニャ大学で教育活動に従事している。1945年没[16]。

なお、2000年に開催された森林理水及び砂防工学研究室の100周年記念集会に、ホフマンの孫で当時イタリア・トスカナ地方の森林局長を務めていたアメリゴ・ホフマン氏（同名）が招待されて来日した。彼は日本で生まれた父や叔母（ニックネームはウメ）から日本のことをたくさん聞いたという。彼によると、祖父ホフマン教授が遺した低コストで自然になじむ工法は、いまイタリアでホフマン方式と呼ばれて、環境にやさしい工法として見直されているという。

### 諸戸北郎

ホフマンの帰国後の1912年（明治45年）に、期待されてヴァング教授のもとに留学していた諸戸北郎が3年間の滞在を終えて帰朝し、同年6月、さっそく第四講座担任教授となった。その後の諸戸の努力によって、当時最も優れた学問体系を持っていたオーストリアの砂防工学を範として、日本の砂防工学が初めて体系づけられたと言える。

わが国最初の本格的な砂防工学の教科書である諸戸の『理水及砂防工学』は5編で構成され、1915年（大正4年）から1921年にかけて刊行されている。

・量水編：1915年刊、256ページ。当時の水文学・水理学に基づいて森林理水の理論と実際を解説。

・本編：1916年刊、265ページ。工事編：1917年刊、280ページ。設計実例編：1919年刊、435ページ。当時のオーストリア・フランスを中心とした科学技術に基づいて山地荒廃及び土砂災害に関する現象を解説。災害防止対策についてはわが国の在来技術とヨーロッパの当時の技術を網羅し、詳細に解説。

・海岸砂防編：1921年刊、214ページ。海岸砂丘・漂砂固定・砂丘造林について内外の実例を挙げて解説。

これらの著書について武居[9]は、砂防工学が地学・生物学・土木工学・水文学などを総合した学問であることを示したが、実際には森林理水・山地砂防・海岸砂防を並列に取り扱っていると評している。また、鈴木[14]は、諸戸の教科書が量水編から出版されていることについて、1911年（明治44年）に第1期治水事業にともなう荒廃地復旧補助事業が開始され、その一環として森林の持つ環境保全機能、すなわち水源涵養と土砂害防止の評価のために同年から1919年（大正8年）までに39カ所の森林測候所が作られている。そのため、量水観測方法の普及を急いだのではないか、と述べている。諸戸は山林局林務課長の田中八百八（1909年（明治42年）卒）と極めて親密で、林野行政での治山技術研究の推進に貢献している。特に1923年（大正12年）の関東大震災での神奈川県山地災害の調査報告書のデータは現在も大いに参考になると山口[8]は評している。関連する卒業論文も残されているようであり[14]、筆者も同意する。



諸戸北郎
（東京大学森林理水及び砂防工学研究室提供）

森林理水に関しては、海外では1864年設けられたドイツ・バイエルンでの森林測候所網における各種水文観測研究に始まり、その成果は1873年のE・エーベルマイヤーの著書として公刊されたが（明治13年に内務省が購入している）、肝心の森林流域からの流出量については観測されていなかった。1899年になって始めてスイスのエンメンタールで森林流域試験が開始された。日本ではドイツ留学中にエンメンタールを訪れた白沢保美が帰国後山林局に具申したことによって1904年（明治37年）に当時の東京大林区署管内に試験流域が選ばれ、1906年（明治39年）から観測が開始された[11]。太田・笠間試験地である。諸戸も1922年（大正11年）に愛知演習林が設置されると翌年から演習林内に次々と森林流域試験地を選定し、量水堰堤、気象観測露場などの水文観測施設を整えていった。穴の宮流域が最初で、東山・白坂・数成と続いた。4流域そろってデータが得られるようになったのは1929年（昭和4年）からであるが、数成を除く3流域は現在も観測を続けており、そこから得られた研究成果はわが国森林水文学の発展に大いに寄与している。こうして諸戸は1934年（昭和9年）まで22年の長きにわたって第四講座教授を務め、わが国の砂防工学・森林水文学の初期の発展に貢献した。

## 7. 治山・砂防学教育研究の拡大

ここまで東京大学森林理水及び砂防工学研究室の歴史を中心に治山・砂防

学の黎明期の発展過程を記述してきたが、その後、1911年（明治44年）には東北帝国大学農科大学（現在の北海道大学農学部・農学研究科）にも林学第四講座「理水及砂防工学」が創設された。しかしここでは適当な担当者が得られないまま、実質的な活動は戦後まで待たざるを得なかった。次いで1922年（大正11年）に九州帝国大学に農学部林学科が創設されたが、砂防工学に関しては直ちに講座は設けられず、1937年（昭和12年）になって初めて林学第二講座として独立した。1925年（大正14年）に京都帝国大学農学部が創設されるに当たり、農学及び林学の分野で化学・生物学・工学・経済学を主たる研究手法とする領域をそれぞれ統合した学科編成が行われ、農林工学科に林業工学第一講座「砂防工学」が設けられた。この講座には当時ヨーロッパに砂防工学研究のため留学していた村上恵二が教授として迎えられ、学科編成とも関連し特に工学的な面を重視し、主として山地砂防の問題を取り扱う教育研究が行われるようになった。

さらに、農林学に関する学問技術の発展に伴ない、高度の専門知識及び能力を具えた人材を養成する目的で高等農林学校が、1903年（明治36年）の盛岡、1909年（明治42年）の鹿児島、1911年（明治44年）の東京帝国大学農科大学実科（現東京農工大学農学部）と、大正年間にかけて次々と設置され、林学科においては砂防工学に関する講義が行われるとともに、砂防工学を専門とする教授が配置され、1949年（昭和24年）以降発足した新制度の大学に引き継がれた。以上この項は主として武居[9]によった。

その後のヨーロッパからの知識導入については、先の村上と同時期に内務省から赤木正雄が留学しており、その後の砂防技術・砂防事業の発展に貢献した。赤木は1914年（大正3年）に内務省に初めて採用された砂防技師でもある。諸戸、村上、赤木らの指導によってオーストリア砂防技術はわが国の自然的・社会的条件に適応した砂防工学として体系づけられ、現代の治山・砂防工学、治山・砂防技術の基本が確立されたといえる。





## 8. その後の治山と砂防

ここまで明治時代を中心に治山・砂防学の成立過程を追ってきた。以下は簡単にフォローする。大河川の水源山地の土砂流出対策としてスタートした近代の国の直轄砂防、すなわち水系砂防は、オーストリア砂防工学の導入を経て体系化され、2期にわたる治水事業の実行を通じて次第に中流部での土砂コントロールをもカバーするようになり、堅固なコンクリート砂防堰堤も造られるようになって、山腹工事よりも渓流工事が目立つようになっていった。これは決して山腹工事が軽視されたわけではなく、むしろ渓流工事が発展したと見るべきだろう。しかし、地殻プレートの沈み込み帯（従来は変動帯と言われていた）に形成された弧状列島という宿命を持つ日本での山地の土砂生産量の多さはヨーロッパ・アルプスの比ではなく、特に扇状地の安定化は容易ではなかった。そのための対策として「流路工」（堰堤工、床固工、護岸工を組み合わせたもの）が開発され、砂防技術は日本独自の砂防技術として独り立ちしていった。

一方、府県が中心の時局匡救・農村救済事業の実施や、1938年（昭和13年）に六甲山麓を襲った阪神大水害を教訓とした、拡大した都市や集落を守る土砂災害対策としての砂防事業の実施など、昭和時代に入って増加したいわゆる地先砂防では依然として山腹工事の実施が課題であったが、戦争の影響もあってなかなか成果は上がらなかった。

他方、森林の管理経営が森林資源管理に傾斜していく中で、治水事業のうちの農商務省の森林治水事業においては荒廃林地復旧事業（第1期は荒廃地復旧補助事業）が国有林も含めて精力的に実施された。この事業は地盤保護植樹と地盤保護工事とからなるが、次第に後者が中心の事業となっていった。現在の治山事業の原形である。また、第2期には水害防備林造成や遊水林造成が行われている。なお、森林治水事業以外の事業として、地すべり防止（直轄事業）、海岸砂防造林、防潮林造成、防風林造成等の事業が行われた。これらは災害防止林業施設と呼ばれた[17]。

## 9. 治山・砂防学の戦後の発展

しかしながら、近代化以降半世紀にわたる治山・砂防事業の実施にもかかわらず1950年代まで日本の森林の状況は大局的には変化はなかった。むしろ奥山では昭和初期以降の伐採の進行、第二次世界大戦中及び終戦直後の乱伐に加え、都市の開発や産業の発展に貢献するための木材の増産を目的（後の林業基本法の思想につながる）とする大面積皆伐・拡大造林政策の実施によって頻発する豪雨のたびに表層崩壊や土石流が多発し、洪水氾濫も多かった。

その後、科学・技術の発達、経済の高度成長により、1960年代以降、土石流、地すべりなど各種土砂移動現象の解明、技術開発（新工法・新資材の開発、機械化とその大型化、IT化など）の進展、物資の大量投入、これらを可能にした事業費の年々の増加等によって治山・治水事業全体も発展した。これらは国土開発のための各種公共事業の発展と重なるところがある。

1950年以降の治山・砂防関係の科学・技術の発展過程を簡単に整理すると、まず治山・治水事業を強化するために、予算計上も含めて計画的に事業が進められるようになったことが挙げられる。1954年（昭和29年）の保安林整備臨時措置法や1960年（昭和35年）の治山治水緊急措置法の成立がその根拠法である。後者は河川事業、砂防事業、治山事業を統合的に進めて、治山治水の実をあげようとしたものである。しかしながら内実は、3者は分化のベクトルのほうが大きかった。特に治山と砂防は軋轢と調整を繰り返してきたが、その過程で砂防は治水上砂防のために土砂生産を抑止し流出土砂をかん止調節するに必要な事業を行い、治山は保安林の名称に掲げる各目的のための森林の造成事業または森林の造成に必要な事業を行うとされ、前者は渓流、後者は山腹をおもな対象地として事業を展開し、今日に至っている。また、1951年（昭和26年）の保安施設地区制度を設けた森林法の改正や1958年（昭和33年）の地すべり等防止法、さらには1969年（昭和44年）の急傾斜地崩壊防止法の制定も治山・砂防事業の強化に役立った。

しかし、分化と言えば技術分野の分化のほうが激しく起こった。治山・砂防学の学会としては1951年（昭和26年）設立の砂防学会が中心であったが、日本地すべり学会、日本緑化工学会、水文・水資源学会等、専門別の学会が次々に設立され、効率よく研究・技術開発が行われた。昭和時代後期までの特筆されるべき事項としては土石流の実態解明とその防止対策、地すべり発生機構の解明とその防止対策技術、種子吹き付け工の開発、斜面水文学の発展などが挙げられる。





治山事業では1956年（昭和31年）の予防治山事業と水源林造成事業の開始、1974年（昭和49年）の林地開発許可制度の発足が特筆される。後者は保安林制度を補う形で森林の保全に効果を上げてきた。さらに治山・砂防事業における大きな変化として、災害防止はおもに土木的手法に頼るハード対策のみでは成功しないとの考えから、警戒・避難対策やハザードマップの作成、防災教育といったソフト対策と組み合わせた、総合的な土砂災害対策が実施されるようになった。

ここまで、ほぼ昭和時代終了までの治山・砂防事業及び治山・砂防学の足跡をごく簡単に述べたが、この過程で明治時代中期に成立した砂防工学はその基礎学や社会科学を含めた周辺科学を吸収して総合科学としてその内容整えてきた。地すべり防止対策や活火山砂防における地盤工学、地質学、火山学等との協力はその例である。このような変化を象徴するように、京都大学では1975年（昭和50年）に研究室の名称を砂防工学から砂防学に変更している[9]。平成の時代に入って20年が経ち、いま社会は大きく変化している。治山・砂防学も治山・砂防事業とともにただ今変身中であるが、本稿ではここまでとしたい。

## 10. おわりに

さて、旧林学の一部として明治時代末期にほぼ体系化された砂防工学は第二次世界大戦後徐々に変質してきたが、森林水文学を含む治山・砂防学はどの程度社会に貢献してきただろうか。その目的である治山・砂防事業はどれほどの効果を上げただろうか。

まず、山地の土砂災害はその犠牲者数で見る限り過去半世紀の間に激減している。治山・砂防事業の成果であり、災害防止科学としての治山・砂防学も一定の貢献を果たしたと見てよいだろう。しかし、これには気象情報の向上、それを支えた情報機器の発達を見逃すわけにはいかない。また、次に述べるように山地からの流出土砂量が減少し、河川改修事業の成果と相まって、水系砂防はほぼ所期の目的を達したと言える。したがって、特に砂防事業の目的は徐々に変化し、実質的には「土砂逸漏を防ぐ」事業から「土砂災害を防ぐ」事業に重心が移っている。

一方治山・砂防の原点とも言え、江戸時代の土砂留め工事に始まる山腹の安定、森林の造成に関わる事業の成果はどのように評価すべきであろうか。

すでによく知られているように日本の森林は過去半世紀の間にその蓄積をほぼ2倍に増加させた。明治時代中期に比べれば優に3倍以上に増加しているだろう。すでにはげ山は存在せず、草地も激減している。ともかくも日本の森林は復活したのである。半世紀の間に森林がこのように激変した、しかも増加したのは歴史上初めてである。ほかに資源のない時代に森林の過剰利用によって生じた山地荒廃の原因を「森林管理の失敗」と言っては酷だが、森林管理の失敗による森林の劣化・荒廃を克服するのに20世紀後半の技術や資金をもってしても半世紀を要したとも言える。実際の森林の回復に治山・砂防事業や治山・砂防学が貢献したことは間違いないと思うが、単純に喜ぶわけにはいかないだろう。

森林回復の要因としては、1950年代に始まるいわゆる燃料革命、肥料革命の影響が大きかったと言われている。加えて、拡大造林時代から始まった外材輸入の増加による国内林業の不振も森林の蓄積の増加に影響している。すなわち、前者により薪炭材その他の燃料材や農用資材の需要が消滅した、言い換えれば里山の森林バイオマス資源が不要になったこと、後者により奥山の森林資源も不要になったことを意味している。つまり森が使われなくなったから森は復活したのである。その結果として、トレード・オフの関係にある森林の環境保全機能、つまり洪水の緩和や水資源の貯留に代表される





水源涵養機能、表面侵食土砂や表層崩壊土砂の減少による土砂流出防止機能が発揮されるのである（日本の森林がいま盛んに二酸化炭素を吸収しているのは、皮肉にもかつて森林が荒廃していたおかげである！？）。したがって、治山・砂防事業の効果はこのような森林と人々との関係の変化による影響を割り引いて慎重に評価しなければならない。

2001年（平成13年）に平成の時代を象徴する新しい森林管理の理念として「森林・林業基本法」が制定された。そこでは森林整備の第一目的として「森林の多面的機能の持続的な発揮」が宣言された。これはトレード・オフの関係にある森林資源の利用と森林の環境保全機能の発揮の双方を同時に満足させることを意味している。治山・砂防学はそのような森林管理のために不可欠な知識のはずである。現在の治山・砂防学の体系はそのような役割に対して万全であろうか。

森林水文学を含む治山・砂防学は山地の土砂災害防止学であると同時に森林環境管理学である。日本では巨大地震や火山噴火、森林の災害防止機能を超える異常豪雨は将来も必ず起こるのでこれらには今後も立ち向かっていかなければならないが、少なくとも森林管理の失敗に起因して発生する災害は繰り返してはならない。

現在、民主党政権の下で国産材自給率50％を目指す林業振興策が議論されている。木材の利用はカーボンニュートラルであるため低炭素社会において理想的な資源であり、林業による雇用創出の狙いもあるようで筆者も基本的に賛成であるが、森林管理の基本は多面的機能の持続的発揮であることを忘れないでほしい。議論の中に治山・砂防関係者がいないのが気になる。

**注及び参考文献**

（1）依光良三『日本の森林・緑資源』、東洋経済新報社、3-12、1984年
（2）太田猛彦「山と森の1000年—防災と保全の視点でみる—」、『河川』2000-1月号、38-45、2000年
（3）コンラッド・タットマン『日本人はどのように森をつくってきたか』（熊崎実

訳)、築地書館、1998 年
（4）太田猛彦「森林の変遷と現代の森林“荒廃”」、『水利科学』304、3-26、2008 年
（5）松林正義「総説」、砂防学会監修『砂防学講座（第 1 巻-1)』日本の砂防総論(1)、2-12、山海堂、1991 年
（6）氷見山幸夫「日本の近代化と土地利用変化」、文部省科学研究費重点領域研究「近代化と環境変化」、56、1992 年
（7）全国林業改良普及協会『全国植樹祭 60 周年記念写真集』、51、国土緑化推進機構、2009 年
（8）山口伊佐夫「林学（砂防工学）教育研究の明治逸文」（未発表、鈴木雅一教授所蔵)、2000 年
（9）武居有恒「大学における研究」、砂防学会監修『砂防学講座（第 1 巻-1)』日本の砂防総論（1)、126-139、山海堂、1991 年
（10）猪熊泰三「森林利用学講座」、『東京帝国大学学術大観　医学部・伝染病研究所・農学部編』、710-718、1942 年
（11）野口陽一「治山技術の見直しと展望」、『山林』No.1159、4-19、1980 年
（12）藤岡光長「故林学博士河合鈰太郎先生の記念建碑を報ず」、219-221、1933 年
（13）武居有恒『砂防学』、234、山海堂、1990 年
（14）鈴木雅一「森林理水及び砂防工学研究室 100 周年にあたって―講座創設前後の状況―」、『森林理水及び砂防工学研究室 100 周年記念冊子』（未公開)、2000 年
（15）太田猛彦「ホフマン工事」、日本森林技術協会編『森林・林業百科事典』、929、丸善、2001 年
（16）鈴木前掲書。鈴木は 1984 年にオーストリアで出版された『オーストリアの治山治水 100 年史 1884-1984』を参照している。
（17）保安林制度百年史編集委員会『保安林制度百年史』、1008、日本治山治水協会、1997 年

（東京大学名誉教授）





# 明治期日本の近代林学導入に関与した外国人

小林（こばやし）　富士雄（ふじお）

## 1. はじめに

明治維新後、学問・技術・制度の近代化を進める重要な方策として、多数の外国人が招聘された。ベルツ、モース、フェノロサなどの著名人だけでなく、全ての部門で競って外国人が高給で雇われた。最初は政府による招聘が主であったためお雇い外国人（略称オヤトイ）と称されたが、外国人の雇用は民間企業にも及んだ。

農林業関係のお雇い外国人の大部分は殆どが学校教師である。とくに農学は明治政府の勧農政策の一環として積極的に外国人教師が招聘された。駒場農学校では英国、次いでドイツから、札幌農学校では米国から、多数の教師乃至技術指導者が招かれ、当初は外国人中心による教育が行われた。一方、林学はドイツに留学した日本人を中心に、外国人はこれを補うという形で進められた。それでも、明治初期に招聘された二人のドイツ人教師、とくにマイルは、当時ではまだ少ない世界的視野を以って学生や研究者に学問的刺激を与えた。そのご暫くの空白のあと、明治後期に至って招聘された二人の独墺教師は、林学の新しい分野である砂防治山分野の導入ために招かれたものである。

## 2. ハインリッヒ・マイル（Heinrich Mayr）

マイル（またはマイエル）は明治 19 年（1886)、21 年（1888)、36 年（1903)の 3 回来日した。最初は、ドイツ・バイエルン王国から派遣された北米の森林調査のあと日本を訪れたもので、この時、2 月から 9 月にわたって田中譲の案内で日本各地の森林を調査した。2 回目は、東京農林学校教官として日

農林水産叢書 No.64

# 草創期における林学の成立と展開

平成 22 年 3 月

財団法人 農林水産奨励会

# 大日本山林會報第百三十七號

## ◎論說

### ○本邦ノ森林及林學

東京　志賀泰山

緒言

科學東漸シテヨリ既ニ二十餘年醫術、法律、理化工藝ノ學長足ノ進歩ヲナシ有爲ノ士彬々輩出シテ之カ研究ニ怠ラス今ヤ朝トナク野トナク樞要ノ地位ヲ占メ其手腕ヲ揮ヒ其技能ヲ顯ハシ歐米ニ對スルモ甚シキ愧色ナキニ至レリ故ニ此等科學ニ對スル觀念モ社會一般ニ普及シ今日ニ至リテハ復之カ効用ヲ說クノ要ナキカ如シ然ルニ我林學ヲ顧レハ其情態果シテ如何ソヤ社會ノ經濟ニ通セス學術ノ眞理ヲ解セサル世人ハ措テ論セサルモ世ノ學者ヲ以テ自ラ任スルモノ且ツ林學ノ一個ノ高尙緊要ナル學術タルヲ認識セサルモノアリ學者已ニ然リ後進靑年ノ輩之ヲ識リ之ヲ學フモノ少ナキ素ヨリ論ヲ待タサルナリ林學ハ應用學タルカ故ニ然ルカ醫學工學モ

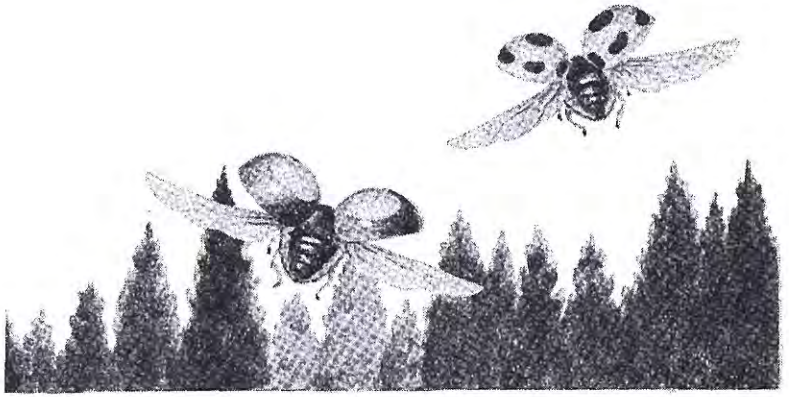




農林水産叢書 No.64
草創期における林学の成立と展開

平成 22 年 3 月 20 日
発　行　財団法人　農林水産奨励会
〒107-0052　東京都港区赤坂 1-9-13　三会堂ビル
TEL : 03-3582-7451

印　刷　創文印刷工業株式会社
東京都荒川区西尾久 7-12-16
TEL : 03-3893-3692



# 山林

1980-12 No.1159

12月号目次

特集　日本の森林・林業展望

治山技術の見直しと展望……野口陽一…4

国有林問題をどう考えるか　続……小滝武夫…20

――国有林経営の近代化とは何か――

▨随想　森と人　森の木々に教わる……原哲雄…30

■花木散歩　随想■　ウメモドキ……小林義雄…32

最近の森林・林業の現状と今後の施策の方向……高木勇樹…34

――昭和五十六年度予算を中心として――

バイオマスの施策と展望……浦尾秀雄…40

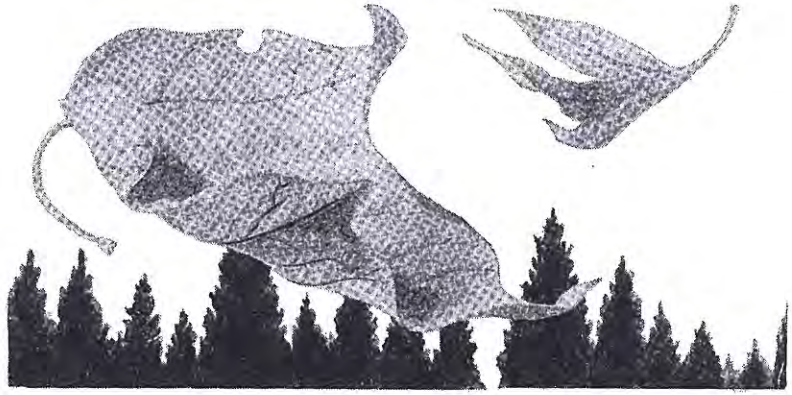
年末と新年の味……多田鉄之助…48

クリスマス　ツリー……太田愛人…56

狩猟と世相②……志村富寿…58

――ゆとりの少ない仕事社会――

表紙題字　川合玉堂
とびら題字　川合玉堂
目次カット　合田　亨



【林業動静半年報】

環境保健休養編

定住条件整備の課題など……坂本博…62

（表紙うら）　キクイタダキ……解説……阿部学

▨山菜之記▨　オランダガラシ（クレソン）……原康行…47

▨創景の法▨　風景の展開―インダスの源流を尋ねて(5)―……寺西總…55

▨南インドの旅……川床典輝…60

――バニヤンという巨木と花嫁募集広告――

農林記者室の窓……72

会員の声……73

会員の本棚……表3

【林業界時報】……70

昭和五十六年度林業関係税制の改正要望事項まとまる

昭和五十五年秋の褒章及び勲章の林野庁関係受賞者を発表

林野庁辞令……19・29・39・54　退職者……54

山林　總目次　昭和五十五年・一九八〇（一一四八―一一五九）……I

表紙写真　加茂の大楠……西川彬　表紙うら写真　キクイタダキ……阿部学

# 治山技術の見直しと展望

野口陽一

一、治山胚胎の頃
(イ)、土砂留めの起り
(ロ)、海岸砂防林
(ハ)、水源かん養林
二、「治山」の意味を探る
三、ヨーロッパ砂防工学導入以後
(イ)、渓流理論周辺
(ロ)、砂防ダム形状の変遷
四、気象および水に関する試験とその意義
(イ)、初期の沿革
(ロ)、森林流域試験に対する一視点と期待
注、(引用文献名を含む)

## 一、治山胚胎の頃

はじめに断っておかなければならないことは、ここにいう「治山」とは、今日の治山事業や、かつての森林治水事業、いい換えれば農林水産省(かつての農林省、農商務省)主管にかかる(森林保全等の)工事に限定するものではないということである。簡単にいうなら、広く「山を治めること」として用いる。それゆえここでいう「治山技術」には砂防工学技術も含まれる。本稿でいう「治山」の意味と範囲についてはさらに本文全編を通じ、折にふれてのべることとしたい。

### (イ)、土砂留めの起り

わが国の山地における土砂留めの起りをたずねて文献を遡ってゆくと、一七世紀中頃に幕府および諸藩が行なった、かくい掘り(木の切り株を掘り取ること)の禁止令に行きつく。その関係年表を第一表に示す。当時の生活では、松は火燭用として、その他の樹根は燃料として用いられたものと思われる。樹根が農民の生活上必要なものであったに違いないことは、幕府が再三に亘ってかくい掘りを禁ずる布令を出していることや、岡山藩では、一旦は禁止したものの、一六八四年には半田山の根株掘り取りを許す措置さえとっていることからもうかがわれる。

一般に立木を伐採するだけでは荒廃しない土地でも、根株を掘り取ってしまえば、土壌が攪乱され、荒廃状態はきわめて大きくなる。それは判っていたはずであるが、樹根の掘り取りを必要とする社会的経済的状況におかれた農民の生活があったのである。

一旦林地が荒廃してしまい、とくに花崗岩のマサが地表に露出すると、かくい掘りの禁止令を出すだけでは、土砂の流出を防ぐ効果は薄かったし、また松などの種子を蒔くことの効果も早急には現われなかった。そこで土砂留めの工事が必要になったわけであるが、それは当時すでに行なわれていた河川堤防の芝付けや、かんがい用の井堰に類するものを、土砂留めの目的で行ない、または造ることであった。第一表に示すように、岡山藩では一六五五年の山巻工、石巻工に対する藩費の支出が、淀川上流地域では幕府の指示による一六六〇年の土砂留め苗の植え付けが、土砂留め工事の最も古いものと考えられる。淀川では、下流部の土砂による埋積が舟運の障害となり、この障害を取り除くには淀川上流水源地帯の土砂留めが必要であるということになったのである。山地の荒廃が、直ちに河川下流部の河床状況に影響するほど、わが国の河川は短かく、急であるということが、わが国の土砂留めの起源にも影響していたのであった。

市川義方の水理真宝〔注一〕には、旧時の砂防工種として、筋芝留、飛松留、逆松留、実蒔留、茸薬留、石垣留、井堰留、水落柴土堤留、石籠留(蛇籠留)の名を挙げ、それらの仕様ものべてある。ただしこれらは大雨に際して、破壊流失するものが多かったという。一八世紀には右の他、杭篭、打切杭、谷関、芝伏、胴木留、築留、鎧留などの工種も現われた。

### (ロ)、海岸砂防林

海岸砂防林造成の事蹟は古く、一六世紀まで遡ることができる。仙台藩の宮城・名取・本吉各郡の海岸では元亀・天正年間(一五七〇―一五九二)に、土佐国幡多郡入野(現在大方町)海岸および駿河国浮島が原(現在原町内)では天正年間(一五七三―一五九二)に、砂除けおよび防風のため松の植樹を行なったことが推定されている。一七世紀に入ると、現在の青森、宮城、新潟、島根、福岡等の諸県下で、十八世紀に入るとさらに多くの所で海岸砂防植栽が行なわれている。〔注二〕

海岸砂防植栽の記録をひもとくと、往時の人が冬の強風を防ぐのに如何に苦労したかがわかる。吉野氏〔注三〕の記述

を引用すれば、明和六年（一七六九）、「庄内藩の坂野辺新田村の太郎右衛門は、庄内砂丘を固定するとき、苦心のあげく、弟の久太郎と夏、裸になって砂丘上を何度も往復して、体感で風の当りが強い所をさがした。そこは冬にも風当りが強いだろうから、そこに厚く植林する必要があると考えた。このように測器は使わないが、ある程度合理的に風の局地性を判断することによって防風林を作った。」これは測器以前の気候把握の例として記述されたものであるが、海岸砂防林造成の数多い苦心談の中の一例でもある。

㈢、水源かん養林

水源かん養林のことを、「治山」の範囲に含めるかどうかは、「治山」という語の意味規定にかかわることである。行政上の慣用としては、治山事業のことを治山といい、また農林省、農商務省を主務官庁とした過去の同種事業にも遡及して、治山とよぶことが少なくないようにみうけられる。しかしここでは必ずしもその例にしたがわない。一面では、明治以前の場合、（通常の用法にみられるような）「治山」と「砂防」の区別がつけられないという理由もあるが、他面では、治山という語をもっと広義に、つまり治山政策や砂防工学の目的の中に認められる緩やかで包括的な概念として考えたいからである。

保安林は全部が治山に関するものではないが、その大部分（とくに面積的に見て）が治山に関するものとみてもよい。この場合、水源かん養林は治山に関するものに属する。

森林に水源かん養機能があるということは、これを歴史的に見てゆくと、森林の保護管理ということとときわめて密接に結びつけられてきた。たとえば、明治九年、官林調査仮条令では、水源かん養、土砂扞止等に関するものを禁伐とした。また明治十五年太政官布達では、「民有森林の中水源を養い土砂を止め、又は風潮を防御し頽雪を支抗するの類、国土保安に関係ある処にして、漫りに其の樹木を伐採せば他に障碍を来すこと尠からざるに付き、此等の森林は自今実地の状況に依り伐木停止することあるべし」とし、伐木停止の理由の第一に水源かん養を挙げている。〔注四〕

山林を水源かん養林として管理する例は、さらに遡れば、十三世紀にみられる。たとえば古島氏〔注五〕の記述によれば、（荘園領主は……）「用水源かん養のためには水源かん養林を設置して、林野の利用を制限した。筑前国怡土荘においては、水源かん養のために王丸名内に立山を設けたが、荘民が乱入して、伐採するために用水が枯渇するとして、永仁二年（一二九四）に農民の立入を厳禁している。同様の例は、同国宗像神社領にもみられ、正和二年（一三一三）に百姓の採草を許す山々と、立入禁止の水源林とを区別している。」

水源かん養ということは、森林の機能としてはこれを自明



のこととして捉え、森林保護政策の根拠にした時代もあり、またこれを森林水文学上の命題として捉え、樹種、林齢、作業法および土壌など、どのような森林がもっとも水源かん養によいかということを問題にしている時代もある。今日がどの時代に属すると考えるかは人によるであろう。（後者については第四章参照）

第一表　江戸時代の土砂留めに関する年表

一六四二（寛永一九）　岡山藩で国中のかくい（木の切り株）掘り取りを禁止した。

一六四八（慶安一）　津藩で預薮・立山・松林の切り取りあるいはかくい掘り取りを禁止した。

一六五四（承応三）　岡山藩で再び稟株（切り株）の掘り取りを厳禁した。

一六五五（明暦一）　岡山藩で、土砂の流出が甚しい所の山巻工、石巻工に、藩費または郡費を支出した。

一六五六（明暦二）　岡山藩、郡奉行に令して、普ねく郡内の山々に松の種子を播かせた。

一六六〇（万治三）　幕府は淀川の治水、舟運水路確保のため、山城・大和・伊賀の三カ国に対して木根掘り取り禁止および土砂留苗の植方を布達した。

一六六二（寛文二）　金沢藩は、御林と百姓持山とにかかわらず、木株掘り取りを厳禁した。

一六六六（寛文六）　幕府は山川掟を令した。その趣旨は、㈠、草木の根の掘り取り禁止、㈡、川上の無立木地に苗木植付の指示、㈢、もとの川筋や川原等の新田開発の禁止および、山中の焼畑の禁止であった。

一六八三（天和三）　幕命により若年寄稲葉石見守、大目付彦坂壱岐守、勘定頭大岡備前守、淀川上流水源地域を巡察検分。河村瑞賢これに随行。

一六八四（貞享一）　岡山藩で半田山の根株掘取りを許すと共に松の撫育補植等を命じた。

同　（同）三月、幕府は堤防護持法三条を令し、土砂留めを督励した。その趣旨は寛文六年の山川掟とほとんど同様であるが、さらに、結縛草（芝のこと）を挿植すべしとの文言などが加わっている。同年六月幕府は淀川の水源山地に土砂留め工事を行なわせることとし、その管理のため、伊賀（藤堂氏）、大和（柳沢氏）、山城（稲葉氏）の三藩では禄高千石以上の士を土砂留奉行とし、京都、大阪の町奉行（四庁）ではその与力を土砂留め方に任じた。また同年、河村瑞賢は淀川の改修、安治川の開さくを行なった。

一六九〇（元禄三）　徳島藩で、御林・野山のかくい掘りを停止した。

一六九五（元禄八）　守山藩（譜城国・水戸分藩）で根掘りの停止と苗木の植え付け方を命じた。

一七一〇（宝永七）　岡山藩で土砂流出埋積があったため、横井上村の大庄屋久兵衛は藩に届出でて、三年間の入山禁止を行なった。

一七一八（享保三）　近江国（現滋賀県）栗田郡下田上の勢田川筋で杭筒、打切抗、石垣留などの土砂留め工事が施工された。

一七三〇（享保一五）　摂津国武庫郡武庫川流域で谷関、水梅、石寄、石垣、芝伏、松苗植え付けなどの土砂留め工事が施工された。

一七四〇（元文五）　幕府は山城・大和・近江の関係村方に命じ、

し探ってみよう。

昭和二十二年、戦後のいわゆる林政統一の時期に、農林省林野局に林政部、林務部、国有林野部の三部が置かれ、その林務部の中に始めて治山課が設けられた。公共事業の中の予算区分の名称としての「治山事業」は昭和二十三年度に始めて用いられている。〔注八〕

しかし、「治山」という語は、すでに昭和十年、水害防止協議会（関係官庁の協議機関で、関係各省の技術官八十二名で構成された）の決定事項〔一〕の(八)にみえる。すなわち、「治山は治水上重大なる影響あるを以て、水源山地に於ける森林の保護、無立木地の造林、荒廃林地の復旧、渓流の砂防に関しては更に一層その施設を拡充するとともに之が助成を図ること」とある〔注九〕。当時の用法では、「治山」という語は決して「砂防」と区別のある意味をもっていたのではなく、砂防を含む包括的概念を表わしたのであったと読みとれる。

さらにさかのぼってみよう。昭和二年第五十二帝国議会貴族院本会議における町田忠治農林大臣の答弁中に、「高橋君のお尋ねの趣意は結局、治山治水の行政を統一して……」とある〔注十〕。「山を治める」という云い方が明治四十四年一月二十七日第二十七回帝国議会衆議院予算委員会第二分科会での平田内務大臣の説明中にある。「治水の事たるや山を治むることの必要なるは素より論を俟たぬことで…まず源に

| | |
|---|---|
| 一七六四（明和一） | 佐賀藩で、土砂流出が多いのは乱伐と乱墾によるとして柴刈り停止と山々の砂留めを令達した。 |
| 一七七三（安永二） | 福山藩、とうとう砂留三箇所を施工した。 |
| 一七八二（天明二） | 名古屋藩で、水野村（現在瀬戸市内）水野庵屋に山方係を置き、水源普請と称する土砂留め植栽として、毎年三月に山麓にハンノキ、山腹に松苗を植えさせ、陶磁器生産を奨励し、便宜を与えたという。 |
| 一七八八（天明八） | 大阪の借家家主支配吉田屋藤七より寒行苑の上申書。（二通で計四千字）土砂留めの原理、方法についても意見がのべてある。 |
| 一七九〇（寛政二） | 肥前島原藩で、幕府の達令に基き、土砂留めのため、山林竹木の伐採を禁じ、苗木の植え立てを奨励した。 |
| 一七九三（寛政五） | 近江国栗田郡橋本村など四カ村の土砂留め工種は、胴木留、筋芝、苗木植付け、同修繕など。 |
| 一八三五（天保六） | この頃、福山藩西中条村堂々川六番砂留完成。 |
| 一八三六（天保七） | 島取藩で、藩から山藩行に対して、浜辺に松の植樹、田畑の砂除けのための谷々の土砂留め方を布達した。 |
| 一八四八（嘉永一） | 彦根藩で、土藩留めのため、山椒（ヒメヤシャブシ）の苗を付植けた。 |
| 一八五四（安政一） | 福山西藩中条村深水砂留新築。 |

本表作製のための資料は注六・注七・注二十六。

## 二、「治山」の意味を探る

治山という語は、往時はどのように用いられていたか、少



遡って之を治むるというのが第一に主要なことであり……」と。第一期治水計画予算案説明中の言葉である。〔注十一〕

明治三十年発行水理真宝（下巻）には、「保元平治以来は……民政の急務なる治水治山の業を顧るものあるなし…」「……また不毛の砂山に樹木を植え付くべしと、此所において廟議遂にこれを決し、令を下して曰く、山を治むるは、川を治むる如くすべしと……」とある〔注十二〕。さらに明治二十四年、治水協会雑誌第八号論説に、「水を治むるは山を治むるに在りとは古今同一論にして……」とある〔注十三〕。

今日、「治山事業」は「治山治水緊急措置法」第二条に規定される所であるが、ものの考え方としての治山は、それよりも広く、「山を治める」という包括的かつ原理的なものである。それは、今日しばしばみられるような「治山」と「砂防」の並立的用法とは異なる、往時の使い方に現われていたといってよいであろう。

## 三、ヨーロッパ砂防工学導入以後

### (一)、渓流理論周辺

すでに見てきたように、本稿では、「治山」という語は、決して「砂防」との並立または対立において用いられるのではない。今日のわが国の大学には、「治山工学」という講座名を使っている所はあるが、それが「砂防工学」との内容上の領域区分を意識したものであるかどうか、私にはわからない。それはともかく、ここで明治、大正期のこの方面のことを論ずる場合に、「治山工学」とか「治山工事」という語を用いなくとも、「砂防工学」、「砂防工事」をその名において論ずることで差支えないし、むしろその方が間違いがないと思われる。

明治六年に来日し、同三十四年まで滞日したオランダ人技師デレーケは、淀川上流々域、とくに瀬田川流域、木津川流域で砂防工事の指導を行なった（第二表参照）。また「水源かん養法施行緊急の主意」の提言を行ってもいる〔注十四〕。その他、わが国の治水史上、デレーケの貢献は大きいが、デレーケのもたらしたものの中にヨーロッパ砂防工学とよぶべきものがあったかどうか、これを論ずべき資料を私は知らない。そこで、本稿においてヨーロッパ砂防工学とよぶのは、以下にのべるフランス・オーストリヤ式の砂防工学を指すものとする。

一九世紀の後半、フランスの山岳地帯で盛んに砂防工事が行なわれ、いわゆる平均こう配のことがすでに論ぜられていた。一八七八年、P・デモンツェーの砂防工事指導書が編さんされ、その内容はいち早くオーストリヤに移入され、オーストリヤでも砂防工事、砂防工学の指導者が現れた。当初はA・ゼッケンドルフ、ついでF・ワングであった。

明治三十年代のはじめ頃、山林局から志賀泰山、村田重治、白沢保美の各氏、農科大学から河合鉮太郎博士がヨーロッパに行って、林学上の新知識を吸収している。これらの人々は、砂防工学方面の専門家ではないが、当時は陰に陽に、砂防関係についても新知識の導入に世話を惜しまれなかった形跡がある。農科大学（現東京大学農学部の前身）では、明治三十四年ドイツ人K・ヘーフェレーを、明治三十七年オーストリヤ人A・ホーフマンを傭教師として招へいし、砂防工学を講義させた。また明治三十六年には、営林技師持田軍十郎氏が森林土木学・砂防工学修得のため、スイス、オーストリヤに留学し、三十八年に帰国した。

ヨーロッパの山岳地帯で発達した砂防工学は、こうして明治三十年代までの間に種々のルートによって日本に入って来ていたはずである。しかしそれが広く一般的に、日本の砂防工事に影響をおよぼし始めるのは、諸戸北郎博士が明治四十五年にヨーロッパから帰国し、大正三年、「ヨーロッパ諸国に於ける野渓留工事調査復命書」を農商務大臣に提出、翌年山林局がこれを印刷公表してから以後のことであると考えても大きな間違いはないであろう。その時期は、第一期治水事業が始まった後で、内務省関係の砂防工事も、農商務省関係の荒廃地復旧工事も、新しい長期計画の下に推進されていた時代であった。諸戸教授は大正四年から同十年までの間に「理水及砂防工学」五巻〔注十五〕を公にし、前記の持田氏も大正六年「砂防工法」をあらわしている〔注十六〕。

それより前、諸戸博士や持田氏がオーストリヤ留学中に師事したF・ワングは一九〇一年（明治三四）には著書「砂防工学の基礎」をあらわしていた。これには日本の土砂留めの沿革や、その頃（明治三十年頃？）のわが国の砂防工事が写真入りで、とくに積苗工は図入りで紹介され、さらに明治三十年砂防法公布のことも記してある。わが国の砂防工事にはその頃すでに注目に価するものがあったのであろう。ところが野渓（荒廃渓流にほぼ同じ〔注十七参照〕）の分類、流水による土砂の運搬、平均こう配に関する理論などは、ヨーロッパ砂防工学が入ってくる以前のわが国には無かったにちがいない。野渓という語は、ドイツ語の Wildbach の訳語として生れたが、それまではこれに相当する概念を表わすのに、たとえば「水理真宝」では、山中溪澗（たにま）、崩岨（がけ）山の溪流、山間の谷、崩山より流れ出ずる溪川、積砂の小川などという種々の表現を用いたのであった。諸戸教授や持田氏の著書はいうにおよばず、その他の人による二十世紀前半の砂防工学書には野渓や、礫の運動に関するワングの理論（厳密にはその起源はフランスにある）が紹介され、または引き継がれている。これは後々まで、わが国の学生や技術者の討議の材料となった。



第二表　明治大正期治山砂防関係重要事項年表

一八七一（明治四）　民部省、官林規制（乱伐禁止）
二、民部省達第二号を以て五畿内並びに伊賀国管轄府藩県へ砂防法五箇条。
一八七二（明治五）　滋賀県瓶田川支流大戸川水源のはげ山に大蔵省土木寮と大阪府との立会砂防工事（国費）。
一八七三（明治六）　デレーケ来朝。
二、大蔵省達番外、京都府、大阪府、奈良県、堺県、滋賀県、三重県へ、淀川水源砂防法（八則より成る）。
三、要存置、不要存置林の調査。
一八七四（明治七）　デレーケ、木津川流域調査復命書提出
二、内務省地理寮に山林課。
一八七五（明治八）　デレーケ、木津川流域で、試験的砂防工事施工。
一八七六（明治九）　官林調査仮条例。水源かん養等、保護培養を要する山林の調査。
一八七八（明治一一）　滋賀県においてデレーケ指導の砂防工事。
一八八一（明治一四）　農商務省設置（山林局）。
二、森林法草案（不成立）。
一八八二（明治一五）　大政官布達第三号、民有林関係水源かん養等関係箇所の伐木停止。
一八八三（明治一六）　岡山県営砂防、「砂防工大概」。
一八八七（明治二〇）　農商務省訓令。民有林の水源かん養、土砂打止等に関係ある森林の調査。
一八九〇（明治二三）　農科大学設置、林学科できる。
一八八九（明治二二）または一八九二（明治二五）？　滋賀県大津市上田上に通称オランダ堰堤（切石積、下流法四分、鎖ダム）完成。
一八九六（明治二九）　河川法公布。
一八九七（明治三〇）　砂防法、森林法公布。
一九〇四―一九〇九（明治三七―四二）　オーストリヤ人A・ホーフマン東大傭教師、砂防工学授業。
一九〇五（明治三八）　愛知県瀬戸市（現在）にホーフマン工事。
一九〇六（明治三九）　東京大林区署管内の森林流域試験観測開始。
一九一〇（明治四三）　関東、中部、奥羽地方大水害、内閣に臨時治水調査会。
一九一一（明治四四）　第一期治水事業始まる。
一九一四（大正三）　諸戸北郎、ヨーロッパ諸国における野渓留工事調査復命書。
一九一五―二一（大正四―一〇）　諸戸北郎、理水及砂防工学五巻（注一五参照）
一九二〇―四〇（大正九―昭和一五）　毎年一回農商務省主催、荒廃地復旧技術講習会。
一九二一（大正一〇）　内閣に第二次臨時治水調査会。
一九二六（大正一五）　東京大学愛知演習林内畳水試験観測開始。

周知の通り、明治二十九年に河川法が、同三十年には砂防法および森林法が公布された。その頃は、交通体系は舟運から鉄道に、河川工事は低水工事から高水工事に転換してゆく時代であった。もともとわが国には、十七世紀以来の土砂留め工事の実績があったし、明治に入ってからの経験も積み重なり、砂防法、森林法が公布されるに及び、砂防工事は一層盛んになっていた。明治三十年以後は、山復工事の基礎工を充分考え、法切工も行なわれるようになっていた。愛知、滋

賀、岡山の諸県、いわゆる砂防の先進県には、山腹工事に関しては可なりの論客もいたのではないかと推測される。しかし、科学に裏打ちされた技術学としてのヨーロッパ砂防工学、とくに野渓論の部分が、わが国の専門教育としての林学の中にとり入れられるに価したともみることができよう。その点については、山を治めることの理論とか考え方というよりも、むしろわが国には体系的な形では無かった水理学が、イタリヤ、フランスで、力学や数学を基礎にして発達してきていた事、そして砂防工学における石礫運搬の理論がそれらに支えられていたということもみのがすことができない。

二十世紀初頭のヨーロッパ砂防工学では、平均こう配（天然こう配）に関する理論と、「礫の運動に関する限界流速」（礫の始動流速）についての理論が特徴的で、前者の数式表現は後者から導かれた。そうしてつぎのようにいう。礫の交代はあるが、結果的には渓底に侵食と堆積の一方的な余りが生じないような平均こう配は、上流荒廃地での森林成立に基く、侵食の減少、したがって流水中の土砂礫の減少に伴って、より緩となり、流水が清水（土砂を混じない水という意味）となったときに最小値となる。これを平衡こう配という。そして砂防ダムによる堆積線のこう配が、この平衡こう配に近くなろうとするとき、堆積体が侵食されるから、その時は堆積体上に第二次の構造物（床固め的なもの）を造って堆積線を修正しなければならないという。これについては現在、第二次構造物の安定の問題があることが指摘されてはいるものの、これに代る新理論はいまだ出ているとはいえない。ちなみに私は、つぎの仮説を立てている。すなわち「砂防工事の設計図に、渓床縦断面図を描き、これに計画こう配線（予想堆積線）を描き入れることは、ヨーロッパ砂防工学導入以前のわが国には無かった」と。そしてこの仮説をくつがえす資料が見つかれば有難いことと思っている。

土砂の送流と渓床安定の問題は、実は渓床縦断面図上のこう配だけでは片付かないことではあるが、実用設計上は縦断面図の作製が大いに便宜を与える。もともと平均こう配および平衡こう配という語は、フランス語からドイツ語に訳され、それが日本語に訳されたものであったが、前者の日本語訳としては、平均こう配の他に補償こう配、補整こう配もあり、また同義語として天然こう配も用いられた。今日ではこれを安定こう配とよぶ人も多い。現在ではまた別に、動的平衡こう配、静的平衡こう配という語が土木方面から入ってきており、これらはそれぞれワングの平均こう配および平衡こう配に相当する。最近オーストリヤでは、堆積線の傾斜角に堆積角と侵食角とがあることを示す人がある。

これらの新旧の類似用語の再定義と対応外国語の確認を伴う知識体系の再構成を行なうべき時期がきているようにも思



われる。それが容易でない作業になることは明かであるが。

## 四、砂防ダム形状の変遷

明治三十年九月に、愛知県属の丹羽氏が語った所を記録したものがある〔注十八〕。その一部に石巻工の説明として、「本工は土堰堤工、杜松連束工等にては到底持ち耐えない谷筋へ施すもので、……その築立て方は大石にあっては段築段崩しを以て二割以上の法に、中石にあっては瘤築を以て一割五分以上の法に、小石にあっては、剣先築、金平塘築を以て一割以上の法に、充分に念を入れ堅牢に仕立て上げる」とある。このように、石堰堤でも、一割から二割という法を用いたのが江戸時代以来、明治期までの大方の方式であった。（もっとも、市川義方の神助砂防工〔注十九〕のうち、石堰堤留や、中窪石垣留のように五分の法こう配としたものや、明治二十年代に滋賀県大津市上田上一丈野に作られた通称オランダ堰堤（現存）のように、下流法四分のものなど例外的なものもあった。）

ところが大正四年、諸戸北郎教授が多摩川流域の砂防工事を指導した事について後に語ったところにつぎのようにある（栗原氏〔注二十〕の記事による）。「萩原山へ始めてオーストリヤ式の石堰堤を築設したが、当時の石工はオーストリヤ式の堰堤を造ることは知らないので、この形状に造らすには随分、苦心をしました」、……「もっとも当時は全く砂防技術者はなく、東京市ではハンノキで高さ六尺から七尺ぐらいの練柵を造っていた時代のことだから無理もないが、このオーストリヤ式の堰堤を初めて作るのに、山梨県下の石屋を使ったのですが、法を二分にした事が問題になったのです。それはこんな急な法面を持った堰堤を造ったことがなかったためで、当時においては水裏法（下流法のこと）は一割ないし二割のもので、私のいう二分法を、二割法の間違いではないかといわれたものである」と。

こういうこともあったが、大正半ば頃から以後は、次第に砂防ダムの下流法は二分にするものが多くなって行ったようである。それは必ずしもヨーロッパ砂防工学の影響だけではなく、現場技術者の経験と工夫による所も多かったとみる人もある。

今日、コンクリートが普及したことで、重力式砂防ダムの断面形状は、下流法二分程度に落ち着いてきているが、最近では三次元ダムも現れ、またプレストレストコンクリートの、プレキャスト製品を使う方式が出てきた。さらに鋼材の使用も加わり、枠ダム、鋼製ダム、鋼製枠工など種々の形のものが現われてきた。これらのものの形状は、もはや下流法の変化というような視点では論ぜられない。ただこれらにあっては、砂防ダム機能上に大きな変化があるわけではない。すなわち堆積体を作ることによって、渓床こう配の緩和、山脚固定をはかることには変りがない。ところが、さらにスリ

ット方式というものが考えられ、オーストリヤのものがよく紹介され、わが国でも少数ながら造られているようである。この方式のものにあっては、平常時の流水に含まれる小さい土砂礫は、スリットの間から流れ出してゆき、堆積体は形成されないことが期待されるものである。山崩れ災害時などに、土石流となって流下してくる大礫を阻止し、それによる災害を防ごうというものである。こういうものが考案される背景には、住宅不足から扇状地上などに新住宅地が開発されることがあり、これが土石流時の災害を激化しているという実情も関係している。ただし今日の段階では、スリット方式が災害に対する充分の経験を経ているとはいえないから、今後とも研究を重ねて行く必要があろう。

二十世紀後半になって、それ以前の砂防工学に対する見直しが行なわれる気風が生れたことは確かであり、最近は渓流水理や緑化工に対する研究も盛んになって来たし、また「森林学」の考え方が治山方面に対してもつ示唆も少なくないと思われる。治山の歴史をふり返り、また最近の動向を考えるとき、理論面でも実際面でも、古い良いものが生かされて、しかも今日的情況に合う新しいものが生れてくるよう切に期待される。

## 四、気象および水に関する試験とその意義

### (一)、初期の沿革

明治以降にわが国がとり入れたヨーロッパ流の野外試験のうち、治山に関係があるものとして、森林測候所と森林流域試験とを取り上げることとする。

一八六四年、ドイツのバイエルンで森林測候所網が設けられ、林外および林内の降水量、蒸発計からの蒸発量、気温、風速、飽水土壌からの蒸発量、土壌中への浸透、および土壌面蒸発におよぼすリターの影響に関する測定が行なわれた。これらの森林測候所で用いられた、ドッペルスタチオン（対偶観測所または並列観測点）を設ける方法は、雨量や温度、風速等について、林内と林外との一組の観測値をとり、それらを比較考量して森林影響を検出しようというものであった。今日からみれば、発想は簡単といえば簡単であるが、あえてこれを試験として実行した結果、当時は林学における科学的方法として注目を浴びるものとなり、各国は競ってこの方法を模倣したという。

観測の成果は一八七三年（明治六）、E・エーベルマイヤーの著書「大気および土壌におよぼす森林の影響とその気候学的並びに保健上の意義」として公刊された。わが国の内務省では、この本の一冊を早くも明治十三年に購入している。（この本はその後移管され、農商務省、農科大学を経て、現在は名古屋大学にある）。



当時、バイエルンでは森林測候所の観測値を、水の流出に関する森林影響解明の基礎資料としても用いたいという考え方があったらしい。この点について菌部一郎博士は、「最初森林の気候に対する影響が専心に研究せられた所以（ゆえん）は、一には気候を改良する森林の作用が過信せられたことにもよるが、また一には気候上の影響の研究から推及して理水上の影響を結論しようとするに在った。しかしこの道程は余りに迂遠である」とのべている。〔注二十一〕

十九世紀の終り近く、ヨーロッパでも治水、利水のことが森林政策上の重要問題として登場しつつあった。森林測候所においては、各種の個別的水文要素の測定値を採ったとはいえ、流域からの流出量の測定値はとっておらず、流出量におよぼす森林影響に論及するには、もっと新しい試験設計の下で、観測値をとらなければならないという帰結になっていった。そうして一八九九年（明治三二）、スイスのエムメンタールで森林流域試験が始められたのである。この流域試験には、森林測候所での対偶（並列）観測点という考え方が引き継がれ、一つの流域は全域が林地、他の一つは三分の二が草地（放牧地）、（三分の一は渓流沿いの林地）という一対の流域が選ばれた。

スイスのエムメンタールにおける森林流域試験を、明治三十三年頃視察された白沢博士は、わが国でも早速この種の試験を開始することが望ましいと、山林当局に具申された。これによって明治三十七年、山林局通牒を以て、当時の東京大林区署管内に試験流域が選ばれ、明治三十九年から観測が始められた。（この項は玉手氏〔注二十二〕による）。これがわが国の森林流域試験の最初のものである。

ところがわが国では、それより後になって森林測候所が設けられる。すなわち明治四十四年（一九一一）第一期治水事業の予算が国会で認められてからである。もっともわが国の森林測候所には、洪水予報（上流地点での雨量および河川水位の通報）の任務も課せられており、ヨーロッパの森林測候所そのままの模倣ではなかった。森林測候所と流域試験の開始の順序が、ヨーロッパとは逆になっていた点に、わが国の科学的後進性がひそんでいたなどと考えるのは思いすぎであろう。

明治四十四年の当初計画では、森林測候所個所数は六十となっていたが、行財政整理のため、大正八年までに設置個所三十八に止まった。川口氏〔注二十三〕によれば、「大正九年末、平田徳太郎博士が主任となってから、森林測候所業務が検討され、観測・統計を簡略にしてその余力を新しい課題に振り向けた。新課題の主なものは、①森林の治水ならびに水源かん養機能、②植物および動物の季節観察、③林木の雪害・寒害・火災や山地の崩壊・地すべりなどの各種災害、

④微気象で森林治水事業および林業経営の実際に役立つことを目標とした。」

昭和十一年、第二期森林治水事業発足に伴い、一部の森林測候所は、森林治水試験地となり、幾多の紆余曲折を経て、結局現在の林業試験場管下の森林理水試験につながることになる。（ちなみに、森林理水試験とは広義には、森林流域試験の外に、プロットでの遮断、浸透、蒸発散などの測定試験を含めた総称として用いられる。）わが国でも結局、森林測候所から森林流域試験へというプロセスが出てきたのであった。

## 二、森林流域試験に対する一視点と期待

森林流域試験成果の報告では、私の知る限りでは、東京大林区署管内試験の明治四十五年までの成果に関する木村・山田両氏のもの（一九一四・大正三）が最も早い。ついでスイス、エムメンタールの一九一五年までの観測値に基くA・エングラーの報告が一九一九年に出されている。この方面の初期の研究者が、その水文資料の取り纏めと解釈、意味づけに如何に苦労したかは、洋の東西を問わず、察するに余りあるものであったと伝えられる。

その後、諸国（とくに日本とアメリカ合衆国）において森林流域試験地はつぎつぎに設けられ、現在までに世界中で設置された森林流域試験地は、個所数で約三〇以上、流域数では約一〇〇以上にのぼるに至った〔注二十四〕。そのうち、わが国のものは箇所数で一〇、流域数で二六はある。（試験終了のため廃止された所をも含める）。世界的にみて、このように多数になった試験地では、それぞれの研究目的を定めて試験を行なっている。アメリカ合衆国などでは流出量中の栄養素量（$Ca^{++}$, $Mg^{++}$, $K^{+}$, $Na^{+}$, $SO_4^{--}$, $NO_3^{-}$ などの濃度）の測定をしている所も可なりある。試験の目的は、七、八十年以前に比べて、分化し、多様化してきていると言ってもよいであろう。ここでいま、これらの多数の試験について論ずるつもりはない。ただ森林流域試験の成果の解釈について、森林影響論の立場からの一視点をのべさせて頂くこととするが、森林流域試験のむずかしさについて読者の御理解を得ることになれば幸である。

森林流域試験が、森林影響を見いだすための試験であるとするならば、森林影響とは何かということを説明しなければならない。そこで便宜上、森林影響というものに対する私一個人の考え方をのべさせていただく。

「森林影響とは、まず林被の存在が、その立地におよぼす種々の影響を指し、つぎに林木と林地とが相互に影響をおよぼしあいながら生育し、成立している森林（林地・林木の有機的集合体）が人間の環境に、または直接に人間におよぼす種々の影響ないしその結果をいう。」これは私流の森林影響の定義である。これには若干の説明を加える必要がある。右の



定義においては、森林影響は二つに大別されている。

その第一は林被がその立地におよぼす影響である。これは森林の環境に対する反作用とか環境形成作用とかいわれるものである。その主なものは林内の微気候に対する影響、土層への有機質の供給、土壌の浸透、透水および貯水の機能を形成してゆく作用、蒸散作用による土壌水の吸い上げ、土壌の受食性を小さくする作用および結果的に種々の小動物や微生物に棲み場を提供するはたらきなどである。私はこれらを第一次森林影響とよんでいる。

つぎに第二のものを説明しよう。第一次森林影響の結果の一部は、環境作用となって、逆に林木に新しい影響をおよぼす。森林というものは、第一次森林影響を受けた林地と、その結果生ずる新しい環境作用をも受けつつある林木（厳密には林被）との複雑な有機的集合体として存在する。そしてそこを通る水の（水文学的）循環や空気の流動、および水や空気によって運ばれる物質の質や量のあり方を通して、人間の生理環境に種々の影響をおよぼす。また森林が直接に人間の生理的あるいは精神的状態に影響をおよぼすような位置にあることもある。これらの影響すなわち森林が人間の環境に、または直接に人間におよぼす影響を私は仮に第二次森林影響とよんでいる。一般に森林の福祉的効用とか公益的効用とかいわれるものは、ここでいう第二次森林影響によってもたらされる効用である。

補足を兼ねて繰返えせば、第一次森林影響はその主体である林木が、林地におよぼす影響であり、第二次森林影響は、その主体である森林（林地・林木の有機的集合体）がその立地範囲の外側に対して（水循環などを通じて）およぼす影響である。通常、森林の影響といわれるものは、この主体のとり方が異なる二つのもののうちいずれかである。以上、森林影響というものに対する私の考え方をのべた。

さて従来の森林流域試験では、一、二の例外はあるが比較すべき流域のもつ条件として、林木がある場合と無い場合とを作り出し、その両者にはなるべく土壌の差が無いことが望ましいと考えられることが多かった。それは明らかに第一次森林影響を求めるために必要な条件作りであった。しかし、森林影響学としては、第二次森林影響すなわち林木が土壌に影響した結果の水文学的影響を見いだしてその価値を論ずるところまで行かなければならないことは明らかである。

従来も、第一次、第二次森林影響という言葉こそ使ってないが、森林流域試験の成果に基いて、このように二段階に分けて考察してあるものは少なくない。少し長くなるが、中野氏がその著書（注二十五）で、（私がここにいう第二次森林影響に相当するところの）洪水軽減および水源かん養のためそれぞれ望ましい林種についてのべた所を引用する。

渋水軽減のためには、「枝葉が密生する形で葉量の多い、しかも安定して厚く堆積し、かつ土壌改良や土中小動物の活動に有効な落葉を多量に供給する深根性の樹種から成り、ある範囲で高い樹齢の木を多く含む複層壮齢林が望ましい」く、また水源かん養のためには、（浸透能増強、維持などの）「プラス機能の高い非皆伐複層林中マイナス機能の相対的に小さい二段林作業法」のものが望ましい。しかしいずれの場合も、このことを実証する森林流域試験が今後に残されているという。

右のことを実証できるような試験流域の選定、処理の方法、対照流域の条件など、研究すべき問題は多いと考えられる。しかしその際、地上部の処理の影響だけでなく、それが土壌に影響した結果の人間環境に対する影響を検出できるような試験設計ができるなら、それは私のいう第二次森林影響を見出す試験になる。そういう試験の実現を切に期待するものである。

治山技術の前提にもなるという見方から、試験の面にふれ、言い尽せないうらみがあるが紙数が尽きた。読者の御寛恕を乞う次第である。

注（引用文献名を含む）

【注一】市川義方：水理真宝、巻の下、博文館（一八九七）

【注二】海岸砂防植栽事業に関する調査、農林省山林局、山林彙報臨時増刊（一九一八）

【注三】吉野正敏：小気候、一四頁、地人書館、東京（一九六一）

【注四】治山事業六十年史、一四頁、日本治山治水協会（一九七三）、ただし原文のカタカナをひらがなに、またかな使いを改めた。

【注五】古島敏雄：日本農業史、一〇三頁、岩波全書（一九五六）

【注六】明治以前日本土木史、第三章、土木学会、（一九三六）

【注七】遠見道太郎：明治以前の砂防工事沿革、（九大農学部砂防工学教室蔵未刊資料、末教授の御好意による）

【注八】治山事業六十年史、前出、関係資料の項。

【注九】西川喬：治水長期計画の歴史、五五頁、水利科学研究所（一九六九）。原文のカタカナをひらかなに改めた。

【注十】砂防事業と治山事業（山地治山施設）の沿革、建設省河川局砂防部（一九六二）、四三頁、傍点は引用者による。

【注十一】同右、二九頁、同右。

【注十二】注一に同じ。

【注十三】明治前期治山治水論考、林業発達史資料第十五号、四八頁（一九五三）

【注十四】同前四三頁。

【注十五】諸戸北郎：理水及砂防工学、量水編、本論、工事編、設計実例編、海岸砂防編、三浦書店、東京（一九一五―一九二一）

【注十六】持田軍十郎砂：防工法、益友社（一九一七）

【注十七】野渓という代りに、今日では荒廃渓流という人が多いが、野渓の方が原語の感じがでるし、意味も幾分は、より広く使えると思われる。

【注十八】愛知県砂防概要、愛知県産業部（一九二四）

【注十九】注一に同じ。

【注二十】栗原東洋：諸戸北郎の進んだ道、水利科学一巻一号（一九五七）



【注二十一】園部一郎：林業政策、上巻、三四頁、西ヶ原刊行会（一九四〇）

【注二十二】玉手三乗寿：水の研究の歩み、林業技術、一三八号（一九五三）

【注二十三】川口武雄：治山事業六十年史第三章一九九頁。

【注二十四】中野秀章：森林水文学、一六二―一七一頁、共立出版

林野庁辞令

八月一日付

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 熊本局経営部長 | 永田 | 吉英 | 帯広支局業務部長 | 北海道局総務部 | |
| 熊本局事業部長 | 上野 | 義人 | 熊本局経営部長 | 職員課長 | 中村 |
| 旭川支局業務部長 | 市村 | 鉄雄 | 旭川支局業務部調査官 | 北海道局企画調整部監査課長 | 佐野 嘉彦 |
| 旭川支局業務部調査官 | 中沢 | 和夫 | 北海道局事業部作業課長 | 北海道局経営部計画課長 | 山口 夏郎 |
| 北見支局総務部長 | 伊東 | 邦雄 | 北見支局業務部長 | 北海道局事業部作業課長 | 勝又 章次 |
| 北見支局業務部長 | 中野 | 直枝 | 北見支局業務部調査官 | 北海道局事業部利用課長 | 緒方 一範 |
| 北見支局業務部調査官 | 高橋 | 譽二 | 林野庁職員部職員課長補佐 | 旭川支局総務部経理課長 | 千葉 周一 |
| 帯広支局業務部長 | 滝川 | 駒弘 | 林野庁業務部監査課 | 旭川支局業務部作業課長 | 加藤 明彦 |
| 札幌営林署長 | 野上 | 健二 | 北海道局監査課長 | 北見支局総務部利厚生課長 | 山本 一之 |
| 仙台営林署長 | 金谷 | 匡洋 | 森林開発公団宮崎地方建設部長 | 北見支局総務部管理課長 | 阿部 光一 |
| 林野庁研究企画官（兼及方法） | 広野 | 一広 | 東京局監査官 | 帯広支局総務部人事課長 | 向井 貞夫 |
| 業務部監査課監査官 | 棟方 | 鋼男 | 林野庁管理課課長補佐 | 帯広支局総務部職員課長 | 氏家 隆 |
| 業務部監査課監査官 | 岩本 | 昭二 | 林野庁経理課課長補佐 | 帯広支局業務部造林課長 | 杉山 浩惟 |
| 林野庁業務部監査課監査官 | 片岡 | 秀夫 | 前橋局監査官 | 青森局経営部計画課長 | 松田 道雄 |
| 林野庁業務部監査課監査官 | 相馬 | 昭夫 | 名古屋局治山課長 | 秋田局総務部福利厚生課長 | 商久 健造 |
| 北海道局総務部人事課長 | 飯田又四郎 | | 北海道局企画官 | 秋田局経営部監査課長 | 原 芳男 |
| | | | | 前橋局経営部治山課長 | 川端 正夫 |
| | | | | 東京局総務部職員課長 | 武田 三郎 |
| | | | | 林野庁森林保全課課長補佐 | 山本 泉 |
| | | | | 東京局経営部経営部治山課長 | 福田 三年 |
| | | | | 長野局総務部人事課長 | 三浦清一郎 |
| | | | | 長野局経理課経理課長 | 林野庁経理課課長補佐 |
| | | | | 名古屋局総務部管理課長 | 金森 清秀 |
| | | | | 名古屋局経営部治山課長 | 前橋局治山課長 |
| | | | | 大阪局総務部人事課長 | 大阪局福利厚生課長 |
| | | | | 大阪局総務部福利厚生課長 | 豊田 昇 |
| | | | | 大阪局経営部監査課長 | 岡部 広二 |
| | | | | 高知局総務部人事課長 | 東京局甲府署長 |
| | | | | 高知局総務部職員課長 | 奥田 耕一 |
| | | | | 高知局経営部監査課長 | 大阪局山口署長 |
| | | | | 熊本局総務部管理課長 | 中村 順治 |
| | | | | 熊本局総務部職員課長 | 高知局監査課長 |
| | | | | 国土庁山村振興室地帯振興課課長補佐 | 小橋 実 |
| | | | | 高知局経営部監査課長 | 高知局宇和島署長 |
| | | | | 熊本局総務部管理課長 | 常盤 敏明 |
| | | | | 熊本局総務部職員課長 | 高知局徳島署長 |
| | | | | | 水本 澄雄 |
| | | | | | 熊本局加治木署長 |
| | | | | | 磯部 孝雄 |
| | | | | | 熊本局監査官 |

（一九七六）による。

【注二十五】同右、二〇七―二一二頁、傍点は引用者による。

【注二十六】第一表中、福山藩関係は、下江 勉・恵柳信政：江戸時代の渓流砂防――福山藩の砂留――、新砂防三〇巻三号（通一〇六）二二―二七（一九七七）による。

（筑波大学 教授）

# 森林理水及び
# 砂防工学研究室
# 100 周年

東京大学大学院農学生命科学研究科
森林科学専攻
森林理水及び砂防工学研究室

2000 年 4 月

# 目次


森林理水及び砂防工学研究室 100 周年にあたって
　－講座創設前後の状況－　（鈴木雅一）　1

21 世紀の森林理水及び砂防工学研究室　（太田猛彦）　8

Speech by Dr. Amerigo Hofmann for the Centennial of
the Laboratory of Forest Hydrology and Erosion Control Engineering　10

官報（第 3060 号、第 5020 号）　14

森林理水及び砂防工学研究室　歴代教官一覧　16

卒業論文一覧　18

修士論文一覧　22

博士論文一覧　23

最近 10 年間の研究活動　24

愛知演習林における研究について　61

千葉演習林における研究について　63

Kog-Ma 試験地における研究について　68

昨年度課程博士論文紹介　70
・森林流域における流出特性の長期的変化に関する研究
　（ナイヤナン　アリヤカノン）　70
・表層崩壊の発生機構に関する研究
　－模型実験と数値モデルを用いた解析－
　（大野亮一）　75
・森林斜面における表層崩壊の動態に関する研究
　－東京大学千葉演習林における 1970 年豪雨事例を中心として－
　（沼本晋也）　78

# 森林理水及び砂防工学研究室100周年にあたって

## ―講座創設前後の状況―

鈴木雅一

明治33年(1900年)4月1日に、帝国大学農科大学に林学第4講座が設置された。これが森林理水及び砂防工学研究室であり、この度100周年を迎えた。100年間にわたって、一つの領域の研究が連綿として継続されてきたことには、様々な感慨がある。めまぐるしく変わる昨今の世情と比べるまでもなく、新規性を一つのよりどころとする研究組織という観点からみれば、長く続くということはそれだけで停滞した組織、沈滞した研究を示すものであるかもしれないという、自戒を持たないわけにはいかない。「今、森林理水及び砂防工学研究室はこれまでの経緯にかかわらず、現在と将来の課題に正面から取り組まなければならない。」という前置きで、この100年を振り返ることにする。

林学第1講座（森林経理学）、第2講座（造林学）、第3講座（林政学）の3講座は、明治26年(1893年)9月に設置されており、今から7年前に揃って100周年を迎えた。この頃に「砂防研究室も近々100周年となる」ことに気づき、これを記念する行事の計画が検討された。太田猛彦教授をはじめとする何人かの方との議論の中で様々な案が出されたが、前述の「自戒」が先に立って、過去を振り返らず前進することの方策をめぐる議論になることが常であった。そして、できるだけ簡素に同窓会を開いて100周年を記念する内輪のお祝いをしようということになった。

さて、近年、森林に関する社会の関心はとても高くなっているが、研究からもたらされる森林の理解とマスコミなどが各種の主張で前提とされる森林の理解の間に、かなりの乖離が生じていることを、しばしば感じる。これを解消するには、社会一般が認識する森林観が成立する背景の検討と森林の機能を平易に説明できるようにするために、森林研究の一段の深化が不可欠と思われる。そして、現在と将来の森林科学と森林流域の管理を論ずる上でも、この100年間の森林と森林に関わる学問研究の動向の理解が、欠くことのできないものであるという思いは、次第に強くなっていった。このなかで、森林理水及び砂防工学研究室の歴史を、「それ自身が森林に対する関心の推移を示す情報の一つ」と考えるようになった。研究室の歴史を振り返ることは森林研究の現在の課題の一つであるという認識である。そこで講座創設前後について文献整理を試みた。もちろん、この点について先人の業績は多く、それらに比べてこの小文は付け焼き刃的な産物で、重要な欠落も多くあると思われるが、この際それら不足の点をご指摘いただくことで、今後の情報蓄積の出発点としたい。

### 林学第4講座設立まで

東京大学農学部は、今年(2000年)3月27日に125周年記念式典を行った。駒場農学校の前身である内務省農事修学場が明治4年(1871)7月に設立されたところを起点として年限

を数えている。森林科学専攻と林学科のルーツは、明治 10 年(1877)12 月に内務省樹木試験場が今の北区西ヶ原に設立されたところまで辿れる。なお、東京大学創立は、明治 10 年(1877)4 月 12 日法文理医の 4 学部で設立（文部省所轄）されたところから数えることになっている。

まず、西尾隆（1988）による記述にしたがって、講座設立までを辿ることにする。明治初期は、森林管理の空白といわれた期間で、明治維新の制度改革が相次ぎ、森林管理の一元的理念や長期構想は不在であった。明治 4 年の官林規則に「水源の山林、良材雑木に拘わらず濫伐すべからず」などがみられるが、明治 5 年の財政難局にともなう官林払い下げ、明治 8 年の官林払い下げ停止と官林の直轄経営（殖産興業の原資とするため）など政策の変化はめまぐるしい。明治 3 年から 8 年にドイツに留学した松野礀が帰国後に山林直轄論、山林学校官設論を唱えた。内務省樹木試験場の設立はその結果で、明治 12 年(1879)内務省山林局設置（山林の名称が局レベルで登場）に先立つ。山林局は、明治 14 年(1881)農商務省山林局となる（森林行政が財政、農政と距離をおいて運営される）。明治 15 年(1882)に樹木試験場は山林学校に改組。講義科目は山林、動物、植物、鉱物、地質、科学、理学、数学、測量、画学、法律の 11 科目で、修業年限 3 年とされる。明治 19 年(1886) 4 月駒場農学校とともに山林学校は農商務省直轄となる。同年 7 月両校あわせて東京農林学校となる（農学部、林学部、獣医学部）。林学部の修業年限は 3 年。明治 21 年(1888)にグラスマン、マイエル（外国人教師、両名ともドイツ人）が林学教育に加わる（それぞれ 3 年間と 6 年間）。明治 22 年(1889)農科大学と名称変更し、東京大学より改組した明治 19 年(1886)設立の帝国大学に加わる（ここまで西尾の著書によっている）。そして、明治 26 年(1893)帝国大学の講座（学科）と講座数の決定（林学 3 講座、農科大学全体で 20 講座）がなされ、さらに明治 33 年(1900 年) 4 月 1 日の林学第 4 講座開設に至る（本冊子に「講座新設」を示す官報のコピーを掲載している。この官報は太田猛彦教授が東大図書館で発掘された。）。

この間、明治 27 年(1894)に日清戦争が起きているが、明治 30 年(1897)4 月森林法公布、明治 31 年 1 月森林法施行と明治 32 年国有林野法、国有土地森林下戻法の成立を特記すべきであろう。また、河川法は明治 30 年（1897）、砂防法は明治 31 年(1898)に施行されている。なお、森林法は明治 28 年に草案が作成され、明治 29 年に衆議院は通過したが貴族院を通過せず、その成立は明治 30 年に持ち越された。森林法は、「森林荒廃防止と林利開発のためという政策の筋と、下戻に関する人民の願いを代弁しその実現をはかるという要求的な筋が撚り合わさった」（手束,1979）もの、であったために容易に成立しなかった。明治 30 年の再度の審議の趣旨説明では、前年の各地の水害被害に言及し、「益々森林法制定の必要を促し」ていると述べられている。当時においても現在とあまり変わらない森林の公益的機能の理解の一端が見て取れる。

上記期間の砂防に関する動向については、武居（1981）に詳しい。近畿および中国地方を中心に江戸時代から広大な地域にわたり禿げ山が生じ、様々な土砂災害対策がなされていたが、明治政府成立以後、淀川流域の砂防事業の再興から明治期の土砂害対策が進められている。「砂防」という言葉が初めて使われたのは明治 4 年(1871)明治政府による「砂防法五箇条」が公布されたときに始まるとされる（武居、1990）。また、明治 6 年(1873)「淀川水源砂防法」が制定されているが、同年オランダ人技師デレーケが来日している。デレーケの指導による砂防工事は、明治 8 年(1875)に京都南部の木津川支川の不動川で試験施工が始められた。明治 30 年(1897)までに積苗工など山腹緑化工が開発、定着していく。武居の記述によれば、明治 10 年代から明治 20 年代にかけて、利根川、信濃川、木曽川、庄川、富士川、吉野川、筑後川の各流域の上流部において砂防工事がなされたとある。対象とされた荒廃地は、木曽川では鈴鹿山地と多治見付近の禿げ山、利根川では主に榛名山南麓の崩壊地、富士川では早川、大武川、小渋川などの急峻な荒廃地などがあげられている。この期間の工事は、淀川流域では明治以前から存在した在来の堰堤工、植栽工の延長上の技術で効果を上げた一方、明治 10 年以降の他流域での工事の開始が在来技術の限界に直面させ、「これがヨーロッパ・アルプス地方の渓流工事技術導入の必然性を喚起した」（武居、1981）といわれている。

1900 年当時の日本の土地利用を、五万分の 1 地形図の記載をもとに 2 Kmグリッドデータを作成して集計した氷見山(1992)によると、「荒れ地」の区分が国土の 10.7%とされ、1985 年時点の地図による同様の集計が 3.2%とされているのと比べて著しく大きい面積である。森林管理の専門家養成のために、教育組織、教育体系を形成する過程で、先行して設置された 3 講座に加えて、山地保全にあたる第 4 講座設立の背景は、荒廃した山地の復旧と山地の保全に対する強いニーズが存在していたことを示している。

**講座設立後の状況**

武居(1981)の記述を少し長くなるが、以下に引用する。

「[設立された林学第 4 講座では] 明治 33 年(1900)から明治 36 年(1903)まで、ミュンヘン大学から招かれたカール・ヘーフェルが講義を行った。しかしヘーフェルは造林学および経理学が専門で、実際の砂防の専門的な講義が行われるようになったのは、明治 37 年(1904)にウィーン高等地産学校（Hochshule fur Bodeneufur in Wien,現在のウィーン農科大学）からアメリゴ・ホフマンが招聘されて以来といわれる。彼の講義内容や業績については現在その資料はほとんど得られないが、明治 43 年(1910)［原文のママ］まで在職し人材養成など砂防の発展に大きい功績を残したと評価されている。彼は 1909 年オーストリアに帰国後、山林局に勤務し、1917 年から 1920 年までウィーン高等地産学校の砂防講座担当教授を務め、その後、彼の祖国イタリアへ帰り、イタリア国有林の長官になっている。その業績の中で明らかなものは、愛知県瀬戸市郊外にホフマン工事と呼ばれるものが現在もその名残をとどめている。」（[　] 部分、筆者挿入）

「この工事は、明治 33 年(1900)［原文のママ］にホフマンの指導により、川添孝蔵が卒業論文として設計し、明治 38 年度に施工された。斜面崩壊はある程度自然のままに放置し、

ヤナギ編柵工で安定化を図り、河道を堰堤工の連続で一定勾配に保持しようとするもので、高さ 6.5～12.5 尺、長さ５～11 間の５基の土堰堤が設けられた。既設の土堰堤は破壊されたものもあったが、これを張石で修繕し下流法勾配を急にしたこと、および水抜き穴を設けたのが特徴である。その後、期待されたほどの植生の自然侵入はみられず、明治 42 年(1909)には編柵工（全長 436.4 間）は鉄線蛇篭工に改築された。この工法は必ずしも成功といえないが、オーストリアの野渓留工事の手法をはじめてわが国に適用したものとして興味深い。」

この記述にあるように当時の資料は極めて少なく、この頃の教育研究の実態は長らく不明であった。この度、研究室の 100 周年を機会に、アメリゴ・ホフマン氏を祖父に持つアメリゴ・ホフマン氏（同名、現在イタリア、トスカナ地方森林局長）が来日されることになった。これを機会に新たな情報がもたらされると期待している（本冊子に同氏の原稿を掲載している)。

オーストリア帰国後のホフマン氏は、1910 年オーストリア農業省渓流対策局技術部に所属したが、1914 年にウィーン農科大学で木材測定学の非常勤講師として教授資格を取得し、ウィーン農科大学渓流対策学（砂防工学）教授であったヴァング（F.Wang）の死後、1917 年にこの職を引き継いだ。1920 年にイタリア森林局に転任し、1927 年イタリア国有林長官に任命された。その後、1934 年と 1935 年にボローニャ大学で教育活動に従事している。1945 年没。帰国後の履歴は、1984 年にオーストリアで出版された「オーストリアの治山治水 100 年史　1884-1984」（100Jahre Wildbachverbauung in Ostrreich 1884-1984） に詳しく書かれており、これを参照した。

明治 45 年(1912)に３年間のヨーロッパ留学から帰国した諸戸北郎が、林学第４講座を担当する。諸戸の５編からなる「理水及砂防工学」は、量水編(1915)、本論(1916)、工事編(1917)、設計実例編(1919)、海岸砂防編(1921)で構成される。この中で、オーストリア、フランスの砂防工学を基礎に、禿げ山の山腹工事が主体であった従来の体系から進んで、種々の荒廃地、土砂生産源に対応しうるコンクリート構造物を含む体系が提示されている。この頃、明治 44 年（1911）に第１期治水事業にともなう荒廃地復旧事業が開始された。この事業の一環として森林の持つ環境保全機能、水源涵養と土砂害防止の評価のために、明治 44 年(1911)から大正８年(1919)まで 39 カ所の森林測候所がつくられ、森林の機能についての計測、議論が活発になされている。林内雨の計測などもこのとき各地で始められた。諸戸の教科書が「量水編」から出版されているのは、このような事情によるのではないかと思われる。なお、日本での森林流域試験は明治 39 年(1906)太田・笠間で開始され、最初の報告に木村・山田(1914)がある。荒廃した山地の回復を扱う砂防工学に加えて、現在では森林水文学とよばれる森林理水研究が展開を見せ始めるのがこの頃である。この頃の事情については、野口(1984，1985)が詳しい。



また大正 13 年(1924)以来、諸戸は愛知演習林内に森林流域試験地を選定し、量水堰堤、気象観測露場など水文観測施設を設けていく。「大正末から観測された流域もあるが、４流域揃って比較できるデータが確実な流出量データがとれるようになったのは、昭和５年(1930)から」（野口、1984c）である。最初のまとまった報告は、櫻井(1937)で 1930-1937 年の流出データが解析されている。この報告は東大演習林報告に発表されたもので、流出量の解析結果も貴重なものであるが、昭和 10 年(1935)撮影の４つの試験流域の鮮明な航空写真も論文末尾に掲載されており、当時の陸軍飛行第２連隊の協力で撮影されたことが緒言に示されている。これらの水文データと航空写真のおかげで、愛知演習林の試験流域については 60 年を越える長期間の森林の変遷と流出の変化を論ずることが可能となっている（その後の山口(1963)、塚本(1966)なども愛知演習林データを用いた主要な水文研究である)。

なお、大正 12 年(1923) ９月の関東大震災は、都市部での家屋倒壊と大火災に加えて、多くの土砂災害を引き起こしたが、その後の卒業論文にはこのとき生じた丹沢道志川などの斜面崩壊の災害調査と復旧に関するものが現れる（例えば昭和８年の卒業論文、鹿庭, 1933)。

昭和７年度(1932)卒業の米村新之助の卒業論文は、「愛知県砂防工」という題で、愛知県の地勢、砂防工事の概要、工事の効果と今後への提言が述べられている大作であるが、その中に「ホフマン工事」にふれたところがある。興味深い記述なので、仮名遣いなどを読みやすくして以下に示す。

「第２編　本論、　第１章　砂防工事沿革、４節　ホフマン工事

本工事は、東春日井郡瀬戸町（今の瀬戸市）大字瀬戸印所地内にあり、設計はこれを農科大学に嘱託し明治 37 年同大学雇教師、奥国人ホフマン氏指導の下に林学科学生　山崎嘉夫、弘世孝蔵の両氏の卒業論文として、山崎氏は現在県営粘土採掘箇所を、弘世氏は現在設備箇所を設計したものである。

県営粘土採掘箇所は瀬戸町において粘土採掘の関係上、砂防工事の施工を喜ばなかったため、現在設備箇所のみを施設工事を行ったもので、明治 38 年度に施工された。

本工事は、奥国、仏国で行われる、ある程度まで土砂の崩壊を自然に放置する方法で、崩壊土砂は一定の勾配を保持するために堰堤と柵止工事を施設する。つまり、土堰堤と柳柵を設け、これで土砂の流出を防止する。

本箇所は、はじめ土堰堤があり、それが破壊したときに張り石で修繕したものなので、勾配が急であることと、水抜きをつけることを特色とする。当時は砂防工事が充分世に知られておらず、技術も幼稚で、柳柵は施工方法が悪く、明治 42 年度に鉄線蛇籠に改築している。

上流に向かう側の山腹工事は、施工当時望見することができなかった。背面で山腹工事を施工中であったために土砂の崩落は少なくなっていたが、少しでも人工が加わると土砂の崩落も早くなる。土堰堤施設の数が多すぎるというきらいもあるが、この土堰堤は修繕

したものであるからやむをえないものである。

本工事をホフマン工事と称するのは、諸戸博士談によるとホフマン氏も迷惑するところで、同氏は大学卒業後まもなく来朝したくらいの人で、同氏が携わってきた現場は堰堤施設のみで、柳柵など用いる場所ではなかったという。」

武居(1981)の記述と重なるところが多いが、武居がこの卒業論文から引いたものか、原文が別にあって、米村と武居の両者がそれを参照しているのか、現時点では不明である。興味深いのは、諸戸のホフマン評、ホフマン工事の評が記されているところである。イタリアに現存するという幾つかのホフマン氏の工事を比較すると、これらの記述の内容は再検討できるかもしれない。これらの記述には、昭和初期の頃の研究室の雰囲気もわずかではあるが伺える。ドイツ林学とオーストリーの砂防を取り入れた上で、日本の山地保全技術が成立したという雰囲気が漂っているように思われるのである。

**現代の課題**

ここまで急ぎ足で昭和初期までを述べたが、それ以降現在までさらに 70 年近くある。100 年というのは、やはりずいぶん長い期間に思える。しかし、もともと森林科学は長期間を扱う想像力を必要とする学問といわれてきた。これまで 40 年程度に設定されていた人工林の伐期が、60 年から更に長伐期へと移行しつつあり、山地、森林の管理を論ずるとき 100 年というタイムスケールの想像力を発揮することは今こそ不可欠となっていよう。70 年という期間は、ちょうど愛知演習林で量水観測が継続されてきた期間であり、現在研究室に在籍するものは、手元で解析するデータを通して 70 年という重みを実感し、その蓄積を享受することができる（愛知演習林の長期資料を用いた最近の論文として、劉ら 1998, 蔵治 2000, Ariyakanon et al. 2000 がある)。演習林の職員の方々をはじめとして、このような蓄積をもたらした先輩諸氏には、あらためて感謝のことばを捧げなければならない。

現在、研究のフィールドが東南アジア、中国から世界各地へと拡がっているだけでなく、研究課題も森林保全、土砂災害防止から森林環境研究一般へと拡大し、「森林から地球環境を語る」ことをめざしている。森林科学専攻・森林理水及び砂防工学研究室は、太田教授が担当する農学国際専攻・国際森林環境学研究室と手をたずさえて、研究領域の「拡大」が、「拡散」に終わらないように心がけていきたいと思っている。先輩諸兄姉の変わらないご支援をお願いするとともに、在籍メンバーの奮闘を期待している。

文献


西尾　隆：日本森林行政史の研究　－環境保全の源流－．東京大学出版会、p.361,1988

手束平三郎：森のきた道　－明治から昭和へ・日本林政史のドラマ．日林協，1987

武居有恒：日本砂防史　Ⅰ総論，第７章　学問・研究の変遷．，505-586，日本治山治水協会，1981





武居有恒：砂防学，p.243，山海堂，1990

氷見山幸夫：日本の近代化と土地利用変化，文部省科学研究費重点領域研究「近代化と環境変化」，p.56，1992

諸戸北郎：理水及砂防工学　量水編, 1915

諸戸北郎：理水及砂防工学　本論, 1916

諸戸北郎：理水及砂防工学　工事編, 1917

諸戸北郎：理水及砂防工学　設計実例編, 1919

諸戸北郎：理水及砂防工学　海岸砂防編,1921

木村喬・山田熹一：有林地ト無林地トニ於ケル水源涵養比較試験，林業試験報告，12,1-84，1914

野口陽一：歴史としての森林影響研究（Ⅰ），水利科学，157，1984a

野口陽一：歴史としての森林影響研究（Ⅱ），水利科学，158，1984b

野口陽一：歴史としての森林影響研究（Ⅲ），水利科学，159，1984c

野口陽一：歴史としての森林影響研究（Ⅳ），水利科学，160，1984d

野口陽一：歴史としての森林影響研究（Ⅴ），水利科学，161，1985

櫻井荘三：愛知県演習林における流出量測定結果に就いて（予報）．東大演報、25,33-61,1937

山口伊左夫：水源地帯における地下水流出現象の基礎的研究．東大演報、58,133-285,1963

塚本良則：山地流域内に起る水文現象の解析．東京農工大演報，6,1-79,1966

鹿庭清美：丹沢世傳御料林に世附事業区　砂防工事実行ニ於テ．卒業論文，1934

米村新之助：愛知懸砂防工，卒業論文，1933

劉　若剛・鈴木雅一・芝野博文・太田猛彦：山地流域の流況曲線に与える降水の年々変動の影響．日本林学会誌，80,184-188,1998

蔵治光一郎：森林流域における渇水時流出量の年々変動に関わる降水量指標の検討．水工学論文集，44,365-370,2000

Ariyakanon, N., Numamoto, S. and Suzuki,M. : Sixty-year decreasing trend of bare land in Shirasaka Watershed, University forest in Aichi revealed by aerial photography. 東大演報、120,（印刷中)、2000

値に近く密集する事を示す。

D　大體はCと同一傾向にあるもX′X″共に最小値、$X_m$及$X_m$、最大値の平均より僅かに$X_m$に近く觀測値の分布は全體に亘り略均一なるも最小値、最大値の近き部分の分布は稍々粗なる事を示す。

以上は單に乏しき筆者の私見の提唱に過ぎない、大方の御批判御叱正を得ば幸甚の至りである。　（完）

# 櫻井助教授を偲んで

荻　原　貞　夫

今年の１月半頃であつた。その頃私は本事變應召兵士の一員として北支濟南市郊外の假兵舍に駐留してゐた。その頃北支視察に來られた三浦先生を送つて數日經つたある日の事、その日は外出日だつたので夕方六時頃底冷えのする兵舍に歸つて來た時、內地からの便りで櫻井助教授の急逝を知つたのである。これは私にとつて餘りに突然過ぎた出來事であつた。何故ならばそれ迄大學の誰からも同助教授の病狀に關して悲觀的な事を云つて寄越されなかつたからである。これは戰地に在る私の氣持に衝動を與へまいとするそれ等の方々の暖い心盡しであつたと衷心から感謝してゐる次第であるが、それだけに逝去の報に接した時の驚きは又一通りではなく、或ひは間違ひではないかと疑つた位であつた。然し續いて來た砂防教室からの便りは櫻井助教授の病を得て歸朝されてから永眠される迄の經過を詳細に知らしてあつたので、この悲しむ可き事實を肯定しないわけには行かなかつたのである。南京攻擊を初め各地の戰鬪で幾多の戰友を失つて全く運命論者になり切つたと自認してゐた私もこの時だけは少からず狼狽し、同時に哀惜の念を禁じ得なかつた。

顧れば一昨年の夏、櫻井助教授が歐米視察に出發された時、橫濱の埠頭でお

別れしたのが最後であつたかと思へば今更のやうに感慨新なるものがあり、又出發の數日前教室で「僕の留守中に君が出征する事にでもなれば、もうこれきり遭へないかも知れないね」と冗談を云はれた事を考へれば、運命の惡戲も少し程度が過ぎてゐるやうな氣がしてならない。

私は櫻井助教授に學生時代から師事してゐたからその履歷・學識・性格及び業績に就いて多くを知る點では誰にも劣らぬ積りであるが、これに關しては故人と同窓の島田助教授が砂防第64號中で詳述されて居られるから今更此處に蛇足を加へやうとは思はない。然し私は重複を意識し乍らもどうしても忘れる事の出來ない二三の點を述べて故人を偲びたいと思ふ。

一言にして云へば櫻井助教授は努力の人ではなく頭の人と云ふ可きであつた。健康上の關係もあつたであらうが無理をして迄勉學を續けられる風は見られなかつた。從つて勉學の時間は決して多かつたとは云はれなかつたが專門事項に關しては勿論、その他の事柄に關しても驚く可き程の正確な知識を有して居られたのは全く羨ましい限りである。又所謂 Negative work をする事は殆んどなく、如何なる仕事を始められても何等かの結果を出されたと云ふ事も特記するに値すると思ふ。大學へは朝8時には必ず出られ、特別の事情のない限り午後4時には歸宅された。若し歸宅が遲れるやうな場合には必ず家庭へ通知されるのが常であつたが、この點からも家庭生活の一端が窺はれる。御自分ではあれだけ徹底した正確さを欲する性格であつたにも拘らず、一度信用して他人に委かせた仕事の結果は絕對に信用し直ちに採用された。若し後日になつて他人のやつた計算等の誤りが偶然發見されるやうな事があてつも「この程度の計算上の誤りは誰にでもあるものだから已むを得ない」と云つた風で、その人を責めるやうな事は決してなかつた。從つて同助教授の仕事の手傳ひは誰でも快くしたものである。このやうな點は私としても大いに學ばなければならないと思ふ。

櫻井助教授の性格は平たい言葉を用ひれば強い性格であり、同先生と交渉のあつた人々の多くは必ずさう印象づけられて居られる事と思ふ。處があの反面實に情に脆い性格を持たれた事を知る人は少ないであらう。尤も後の性然で決して人前には出すまいと努力して居られたから知られなかつたのも當格はあるかも知れないか、永年同じ教室にゐた私には折に觸れそれが感知せられた。駒場にゐた頃であつたが一學期の試驗が濟んだ後の或る日の午後一人の學生が助教授の室に呼ばれた。この學生は成績の良い方であつたがどうしたものか同助教授擔當の科目だけが馬鹿に悪かつたのであつた。櫻井助教授は「君は他の科目は皆良いのに僕のだけが悪かつたのはどうしたわけだ」と云ふやうな事から始めて可成り激しく注意をされ「二學期に良い成績を取らなければ僕の科目一科目だけでも進級出來ないのだからね」と結ばれた。するとこの學生は頗る氣の弱い溫和しい性質だつたので急に子供のやうに泣出したわけである。隣りの室で聽いてゐた私も聊か慌てた位だつたから、櫻井助教授も餘程困られたらしかつたが、それでも强ひて聲を荒くして「泣いたつて駄目だ。もういゝから歸り給へ」と云つて居られた。處がその學生は何やら泣聲で申譯を云ひ乍ら仲々歸らないので結局助教授は「泣落しは駄目だ……」を繰返へされるのであつた。その內に到々根負けされたと見え歸り仕度をして私の室へ入つて來られたが、境のドアーを閉めると低い聲で「困つた。本當に閉口だ。あんなに酷く云ふんぢやなかつた。然しこんなお附合は叶はないから僕は歸るよ」と云つて又少しく立留つて考へて居られたがスタスタ出て行つて仕舞はれた。この場面は私にとつて最も印象深いものの一つであり、此處に櫻井助教授の眞の姿を認め、限りない床しさを感ずるのである。恐らく今私がこんな事を書いてゐれば地下の櫻井助教授は必ずや「餘計な事をして吳れ給ふな」と苦情を云つて居られるに違ひないと思ふ。

有名なラヂオ及び寫眞技術の上ではこれ又一方ならぬ御指導を受けた。私

の作品に對する先生の批評は仲々嚴しかつたが、併し質問に對してはそれが如何につまらぬ事柄でも極めて懇切な說明を受ける事が出來た。渡米される前年の春御自慢の電氣蓄音機が完成したのでそれ迄愛用されてゐた機械を私が欲しがつた時「人に古物を讓るのは僕の主義ではない」と云つて仲々手離されなかつた。結局强奪するやうにして私の物となつたその電蓄が現在私の家の床の間に置かれて居り、何物にも換へ難い記念品となつてゐる。

應召後1年10ヶ月、櫻井助教授とお別れして丁度2年目に自分は再び懷しい砂防教室に歸つて來た。私の室の樣子は2年前と少しも變つて居ないのでどうかすると助教授室のドアーが勢よく開いて小刻な步調で今にも故人が出て來られるやうな氣がしてならない。又私が野戰物語をする時其處に櫻井助教授特有な彌次が聞かれないのを何より淋しく感ずるのである。

（昭和14年8月20日）

# 野戰より歸りて山東省を思ふ

荻　原　貞　夫

## はしがき

一昨年の秋、輜重兵特務兵として出征した自分は先づ最初に○○に上陸し世界戰史上有名な强行軍の後、南京攻擊に參加した。その後、北支に轉進して各地に於ける警備討伐の後、山東省に入つたのは昨年4月の初旬であつた。爾後本年8月歸還する迄同省各地に於て警備並びに討伐に從事したのである。このやうに南京攻擊の前後は强行軍と戰鬪の連續であり又北支へ轉進してからも最初の內は頗る多忙で軍務に追はれて餘暇と云ふものが無かつた。山東省へ來てからも勿論暇になつたと云ふ譯ではなかつたが、一箇所に相當長期間に亘つて駐留して居た事が多く、又討伐等で比較的奥地迄入り込

# 砂　　防

第六十四號

昭和十四年三月


## 櫻井莊三君の逝去を悼みて

島田錦藏

櫻井莊三君は前途有爲の才幹を抱いて、春まだ寒き一月十三日、忽焉として逝かれた。齡三十九歲にして社會人としての活躍は正にこれからの君に對して期待して居たのに圖らざりき君の逝去に遭ふとは、友人として涙滂沱たるを禁じ得ない。君は一昨年八月歐米各國への出張の壯圖に上られた。旅中獨逸にて健康を害せられ、旅程を早めて昨年三月歸朝せられ、爾來靜養に努めて居られたが、天は君に齡を藉さず遂に眠るが如く逝かれたのである。

君は新潟高等學校を經て東京帝國大學に學び、大正十五年林學科を卒業するや囑望せられて砂防工學教室に殘り教務に携はると共に專門の研究に從事せられた。昭和三年より實科の授業を擔當し、昭和六年には農學部講師として本科授業を持たれた。昭和九年「堰堤に依る流量の測定」を以て農學博士の學位を授與せられ、東京帝國大學助教授に任官せられ諸戸教授御停年の後を承けて林學第四講座を擔任せられた。君の行路は洵に順風滿帆、水先案內の如きものであつた。昭和十二年には農林省林業試驗場技師を兼任せられ、森林行政方面との接觸が始められやうとしてゐたのである。

櫻井君が學界に貢獻した研究業績と著述に依る社會啓發は私の記憶するものだけでも次の如く多數に上つて居る。

論文

| | | |
|---|---|---|
| 堰堤の設計に對する直列圖表の應用 | 日本林學會誌 | 昭和五年 |
| 石堰堤の設計計算 | 砂防協會誌 | 昭和六年 |
| 收縮堰堤に於ける流量係數 | 東大演習林報告 | 同 |
| 收縮堰堤の流量係數 | 砂防協會誌 | 昭和七年 |
| 流量係數の實用性 | 同 | 同 |
| 强雨と流去量 | 同 | 同 |
| 山林と渴水、山林と洪水 | 山林 | 昭和八年 |
| 堰堤に依る流量の測定 | 東大演習林報告 | 昭和九年 |
| 荒廢地の復舊と流出量 | 砂防協會誌 | 同 |
| 年流出量並びに年流出率と年雨量との關係 | 同 | 昭和十年 |
| 月流出量と月雨量との關係 | 同 | 昭和十一年 |
| 雨量階級別に見た雨量、流出量 | 同 | 同 |
| 愛知縣演習林に於ける流出量測定結果に就いて(豫報) | 同 | 昭和十二年 |

著書

| | | |
|---|---|---|
| 森林理水及砂防工學(標準林學講義) | 西ケ原刊行會 | 昭和四年 |
| 測量學(本多農林教科書) | 三浦書店 | 昭和六年 |
| 製圖及測量(林業實驗と實習) | 西ケ原刊行會 | 昭和七年 |

君の生活態度は實に謹嚴その物で修身の教科書から拔け出て來たやうな存在であつた。性格は勝氣で几帳面で凝性であつた。信州の凛烈なる氣候に幼時を鍛へられただけあつて剛い性格を有つて居た。人と道を歩けばとて決して人の背後から隨いて行くことは嫌で、常に先頭に立たねば氣が濟まぬ位であつた。旅行のプランなども實に詳細正確なもので、練りに練らなければ決して出發はせなかつた。出發をすれば眼を冥つて居ても間違なく歩ける程で

あつた。持物なども吟味を盡したもので、最も信用ある店で精査したものでなければ買はない。夜店でフラフラと買ふが如きは君には想像さへ出來ぬことであつたらしい。冷藏庫を買ふなら電氣冷藏庫でなければ駄目だと友人のK君に云つたことがある相だが、またそれを實踐してほんとに電氣冷藏庫を買つた人である。間に合せに通常の冷藏庫を買ふといふことは絶對にせずに電氣冷藏庫が買へるまでは買はないといふ徹底さを有つて居た。中途半端は君の最も嫌忌したところであつたのである。それならば冷徹で近付き難い人であつたかといふと、洵に一見はその通りであつた。しかし一旦懐へ跳び込んで行けば極めて溫情敦厚な人であつた。打込んだ者は飽まで親身に面倒を見たのである。こゝにも君の中途半端を嫌ふ性格の片鱗が見えて居た。

櫻井君は家庭人としては諸戸先生の女婿として平和圓滿な家庭生活を惠まれて居た。潔癖で謹嚴な人であつたが細かい處に心の届く纖細な神經の持主であつたから君の家庭は人の見る眼も羨ましいものであつた。ただ子供さんを惠まれなかつたことは淋しかつたであらう。子供さんのない君は御夫妻の裕かな趣味生活を以て補つて居られたと思ふ。君は音樂と寫眞に深い趣味を持つて居られた。西洋音樂のレコードは實に普く蒐集して居られた。蓄音器でもラヂオでも最上級部分品を購求して自ら組立てて娯しまれた。寫眞機も豪華なものだつた。スポーツ觀賞も非常に樂しみにして居て、外苑野球場ではよく熱心な觀戰姿が見られたものである。

櫻井君の健康は頑健とは云ふを得なかつたかも知れないが、謹嚴な生活態度と節制ある起居とに依つて大患を知らなかつたが、不幸にして海外で病を得て再び起つ能はなくなつたのは、返す返すも殘念である。君の性格の長所として吾々が學ばねばならない几帳面が反つて災して、餘りに几帳面な無駄のない旅行日程であつたために、日程が君を驅つて休養を與へしめなかつたためにこの悲しむべき不幸を招いたと思ふと何とも云へず怨めしい。人間生

活を樂にさせるための機械文明が反つて人間生活を冒して居るやうな淋しさである。

櫻井君の遺した足跡、業績は洵に偉大なものであつた。君は夭折されたけれども既に常人の一生涯の數倍に値する仕事を遺されて居る。その點には何等の遺憾はないがそれ程の才幹を抱かれて居る人であつただけに、尙ほ一層君の逝去が悼まれてならないのである。

# 砂防堰堤斷面新論（其三）

鈴　木　恭　介

## 〔13〕 $\delta$ $k$ $n$ が定値なるときのFの値

(23)式の $m$ の値を(20)式に入れれば

$$\Delta=\frac{\beta k(2+\delta)-n(1+2\beta\delta)+{}_2\mathrm{W}}{2\beta(1+\delta)}$$

從つてFの値は次の如くになる。

$$\mathrm{F}=\frac{\beta k(2+\delta)-n(1+2\beta\delta)+{}_2\mathrm{W}}{4\beta(1+\delta)}h^2 \quad \cdots\cdots(24)$$

特別なる場合

(1) $k=\delta$ ならば

$$\mathrm{F}=\frac{\beta\delta(2+\delta)-n(1+2\beta\delta)+{}_2\mathrm{W}_k}{4\beta(1+\delta)}h^2 \quad \cdots\cdots(24_k)$$

(2) $n=0$ ならば

$$\mathrm{F}=\frac{\beta k(2+\delta)+{}_2\mathrm{W}_n}{4\beta(1+\delta)}h^2 \quad \cdots\cdots(24_n)$$

(3) $k=\delta$ $n=0$ ならば

$$\mathrm{F}=\frac{\beta\delta(2+\delta)+{}_2\mathrm{W}_{kn}}{4\beta(1+\delta)}h^2 \quad \cdots\cdots(24_{kn})$$

(4) $\beta=\frac{1}{2}$ ならば

$$\mathrm{F}=\frac{k+\frac{1}{2}\delta k-n(1+\delta)+{}_2\mathrm{W}_\beta}{2(1+\delta)}h^2 \quad \cdots\cdots(24_\beta)$$

は斯くあるより他に道はなかつたと云ふべきであらう。

休刊の期間は何時まで續くか豫測出來ない。が然しこの期間を再び發刊される「砂防」をより良きものにすべき準備期間として活用したいと思つてゐる。

# 砂防への思念

三重高等農林學校教授　伏谷伊一

皇紀2604年は大東亞戰爭決戰の年であり、あらゆるものを擧げて戰力に結集せねばならない時、『砂防』も亦此の聖なる目的達成の爲第九十三號を以て一時發刊停止の已むなき事態に立到つた。まことに文字通り已むを得ない事であり、吾等はこれに對して何等不平も不滿もあり得る筈がない。けれども此の事は砂防工事の重要性が減少した事を少しも意味するのではない。否砂防工事の重要性は益々增加するばかりである。されば『砂防』は發刊されなくとも、吾等は一日のたゆみなく、砂防技術の向上發展の爲に情熱を捧げ盡さねばならない。諺に伸びんとすれば先づ縮めよと云ふ言葉がある。伸びんが爲の發刊停止である。何故なら、『砂防』再發刊の時期は、砂防事業は大東亞發展の礎石として輝かしき發足をしてゐるであらうから。此の事は決して夢ではない。只時の問題である。只吾等は此の時が一日も早く來れかしと祈ると共に、亦一方輝かしき時を迎へる準備おさおさ怠りあつてはならない。世に泥繩式と云ふ言葉があるが、砂防に限りかゝる言葉を頂戴せぬ樣日頃特に心掛けねばならない。今や山岳地帶の樹林は、聖なる戰爭資材として、伐採につぐに伐採を以てしてゐる。濫伐となるも亦已むを得ない事である。只問題は濫伐後の國土保安をどうするかと云ふ事である。次に來る災害への備へをどうするかと云ふ事である。戰爭と水害これは離れる事の出來ない因緣

によつて結ばれてゐる。過去の歴史は雄辯にこれを物語つてゐる。況んや今時の大消耗戰に於てをや。未來と云はず此の恐るべき見えざる魔手が早やしのびよつてゐると考へるのは吾等の思ひ過しであらうか。

『砂防』は吾等砂防技術に關係する者には、こよなき好き友であつた。最も親しみの持てる雜誌であつた。されば『砂防』には安心して投稿する事が出來たし、何を書いても許して貰へると云ふ何か甘へたい樣な氣持もどこかに存在してゐた。けれどもそれは安易な氣持でなく、より以上に砂防の爲に努力しなければならないと云ふ砂防への情熱をたぎらすエネルギー源ともなるていのものである。いかめしい專門研究雜誌でもない。と云つて權威のないなくもがなの所謂平凡雜誌でもない。砂防技術向上の爲に、將亦御互ひの親連睦絡の爲に刊行された『砂防』である。此の故に一時的であらうとも、發刊停止は何だか淋しい。火の消えた感じのするのは、これ亦已むを得ない事である。けれども感傷にひたつてゐる時ではない。只進軍あるのみである。砂防の爲に。國土保安の爲に。下世話に云ふ。惚れて歩けば千里も一里と。他人から見れば狂人とも見えるであらう。けれども此の已むにやまれぬ情熱は尊い。此の鐵をも燒き盡す情熱もて砂防に捧げよ。今こそ此の情熱を內に燃しつゝ、ぢつと來るべき戰の準備をすべき大切なる時ではなからうか。聞け、早見えざる魔手は迫つてゐる。あの山から、あの谷から、ひしひしと押し寄せて來るあのざはめきを。

# 愛知縣演習林に於ける流出量測定結果に就いて （豫報）

助教授　櫻　井　莊　三

Syozo SAKURAI: Preliminaries to a Study of the Streamflow Measurement in the Tokyo Imperial University Forest, Aiti Prefecture. (With Plates VIII～XIV, 5 Figures and Résumé)

# 目　　次

緒　　言……33
Ⅰ　試驗地概況……34
Ⅱ　材　　料……36
Ⅲ　年流出量……37
Ⅳ　月流出量……42
Ⅴ　日流出量……49
Ⅵ　强雨の流出量……52
Ⅶ　最多流出量及び最少流出量……54
摘　　要……57
Résumé……59
圖版說明……61
圖　　版

# 愛知縣演習林に於ける流出量測定結果に就いて（豫報）

## 緒　　言

本學部附屬愛知縣演習林内に設置せられた4箇の量水試驗設備は，觀測年月の經過するに從ひ夫々の流域の林相その他の推移に伴つて流出量が如何に變化するかを縱に比較すると共に，現在既に相違せる各流域の狀況が流出量に如何なる影響となつて現はれるかを橫に比較することを目的とするものである。かかる研究の窮極の目的は降水が如何なる經路をとつて流出水となるか，之に流域の地質・土壤・林相等が如何に影響するかを闡明し，進んで流出量を降水量・蒸發量・氣溫その他の氣象要素の函數として表はすことであると信ずる。然るに愛知縣演習林に於ける觀測結果は未だ僅かに7～11箇年間のものに過ぎず，上記何れに關してもはつきりした結論的のものが得られて居るのではないが，昭和11年末までの結果を簡單に取纏めて經過報告として發表する次第である。最近一兩年の間に遽かに數を增した同種試驗の結果との比較の一助ともならば幸甚である。但しこの報告に於いては既に發表せられた他の試驗結果との比較には全然觸れることなく，單に本試驗設備から得られた數字の取扱のみに止める。尙本報告に於いては統計期間を各流域毎に同一にしたときの流出量の比較を主としたが，統計期間を別にした二三の見方に就いての結果は，既に「砂防」42, 47, 49號等に發表してあるから併せて參照せられ度い。

愛知縣演習林に於ける量水試驗設備は東京帝國大學名譽教授諸戸北郎博士が教授として在任中に設計築設せられたもので，この機會に同博士に滿腔の敬意を表する次第である。しかして同設備の築設に直接間接に參與せられたのは愛知縣演習林在勤の乾貞夫・中島主一その他の諸氏であり，現在4箇所の設備に依る觀測に當つて居られるのは小島完一・大塚通男・林和夫・田村義美の諸氏で，坂田太市・曾我(舊姓末木)十郎・近藤幸男の諸氏も一時その職に居られた。上記諸氏並びに同演習林の他の職員各位を本試驗の爲に煩はすことは一通りでない，此處に特記して深甚の謝意を表する。又森林理水及砂防工學教室の加藤成一氏は計算その他に多大の助力を與へられたことを感謝する。

尙又，試驗地流域その他の空中寫眞撮影及び空中よりの調査に際して飛行第2聯隊の格別の御援助を蒙つた。

# I. 試驗地概況

## 1. 位置

流域甲及び乙は愛知縣東春日井郡水野村地內に在り相互の距離は數百米であり，丙は同郡品野町地內，丁は瀨戶市地內に在り互に約2粁距てて居る。甲，乙と丙，丁との距離は約5～6粁である。しかして4流域概略の位置は東經137°5′～10′，北緯35°13′～16′である。(第VIII圖版參照)

## 2. 流域の概況(東京帝國大學農學部附屬愛知縣演習林量水堰堤概要より抄)

流域甲　流域面積13.9haにして，內砂防植栽地3.0ha，未立木地0.4ha，マツ及び雜木地10.5haなり。砂防植栽地は大正13年より昭和3年に至る間に於いて，山腹工事を施しマツ及びハゲシバリを植栽せるものなり。マツ及び雜木地は20～30年生，高さ3米內外のマツ及び10年生內外の雜木疎生す。傾斜は一般に緩にして，海拔高は140～217米の間にあり。基岩は黑雲母花崗岩よりなり，砂質壤土にして岩石の露出せる箇所あり，表土淺し。

流域乙　流域面積109.6haにして，內崩壞地及び陶土採掘地16.6ha，耕地4.7ha，其他除地0.7ha，未立木地11.1ha，松樹地24.9ha，マツ及び雜木地50.6haなり。崩壞地及び陶土採掘地中には20～30年生の矮小なるマツ及び雜灌木散生せる個所あり。未立木地は大部分20～30年生の矮小なるマツ及び笹類散生す。松樹地には20～30年生高さ3米內外のマツ疎生す。マツ及び雜木地中約20haは30～40年生のマツ及び15年生內外の雜木稍密生し，笹類も相當密生す。其他の區域は20～30年生のマツ及び10年生內外の雜木疎生す。傾斜は稍緩にして，海拔高128～205米の間にあり。地質は第三紀新層にして，表土淺く，砂質壤土なり。

流域丙　流域面積106.7haにして，內崩壞地9.4ha，松樹地59.3ha，マツ及び雜木地38.0haなり。松樹地は40年生內外のマツ疎生し，マツ及び雜木地は40年生內外のマツ及び15年生內外の雜木稍密生す。傾斜は稍急にして，海拔高347～617米の間にあり。基岩は黑雲母花崗岩砂質壤土にして表土深からず，岩石の露出せる個所あり。

流域丁　流域面積88.5haにして，內崩壞地7.6ha，除地0.9ha，造林地11.4ha，雜木地13.5ha，松樹地29.9ha，マツ及び雜木地25.2haなり。造林地中10.6haは大正6，7年のヒノキ植栽地にして生育中等，マツ及び雜木混生し，殘り0.8haは大正15年のヒノキ植栽地なり。雜木地中0.7haは15年生內外の雜木稍密生し，其他は30年生內外の雜木疎生す。松樹地は25年生及び45年生にして生育中等，密度普通なり。マツ及び雜木地中13.4haは約100年生のマツ散生せる間に15～20年生の雜木疎生し，其他は35～45年生のマツ及び20～25年生の雜木疎生

す。傾斜は急にして海抜高294～629米なり。地質は概ね流域丙に同じ。

各流域の概況の説明を補ふ爲に地上寫眞(昭和12年5月撮影)及び空中寫眞(昭和10年10月撮影)を挿入して置いた。(第IX～XII圖版)

上述の説明及び圖版等から大體次ぎの様なことが云へると思ふ。卽ち4流域とも地質には大差なく,傾斜は甲及び乙は緩く,丙及び丁は比較的急である。林相は丙及び丁に於いては稍良好であつて大體有林地と見做し得るが,甲及び乙に於いては不良で從つてその森林が流出量に及ぼす影響は丙及び丁に比して甚だ微弱であると考へられる。流域面積は甲のみが他の3流域に比して著しく小さく,他にはそれ程の差違はない。

### 3. 氣　候

各氣象要素の觀測設備の完成が4流域一様に運ばなかつた爲,昭和5～11年の期間に於ける氣象要素の値を知ることが出來ないものがあるから,觀測の揃つて居るもののみを掲げる。下表の數字は昭和5～11年間の平均値であるが,一二統計期間の異るものもある。

氣溫は百葉箱内に於ける普通寒暖計・最高寒暖計及び最低寒暖計の讀度で,觀測は1日1回午前10時に行はれる。

第1表　各月毎の氣溫の平均値 (°C)

TABLE 1. Monthly mean temperature (°C)

| 月 Month | 午前10時の平均 10 A. M. | | | | 毎日最高の平均 Maximum | | | | 毎日最低の平均 Minimum | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 流域甲 Watershed A | 乙 B | 丙 C | 丁 D | 甲 A | 乙 B | 丙 C | 丁 D | 甲 A | 乙 B | 丙 C | 丁 D |
| 1 | 3.6 | 3.3 | 1.9 | 2.9 | 7.1 | 7.0 | 4.9 | 5.9 | −2.1 | −2.1 | −3.8 | −3.4 |
| 2 | 4.4 | 3.6 | 2.6 | 3.6 | 8.0 | 7.9 | 5.8 | 6.8 | −2.0 | −2.0 | −3.8 | −3.3 |
| 3 | 8.1 | 7.3 | 6.3 | 6.7 | 11.7 | 11.6 | 9.5 | 10.7 | +0.7 | +0.8 | −1.2 | −1.0 |
| 4 | 14.1 | 13.5 | 12.8 | 13.3 | 16.5 | 17.1 | 15.4 | 16.4 | 6.6 | 6.6 | +5.5 | +5.0 |
| 5 | 19.3 | 19.0 | 17.7 | 18.7 | 22.4 | 22.3 | 20.6 | 21.7 | 11.5 | 11.5 | 9.5 | 9.8 |
| 6 | 23.0 | 22.8 | 21.5 | 22.5 | 26.0 | 25.9 | 24.6 | 25.3 | 16.4 | 16.4 | 14.5 | 14.7 |
| 7 | 26.7 | 26.6 | 26.0 | 26.1 | 29.6 | 29.6 | 27.9 | 28.8 | 20.9 | 21.0 | 19.3 | 19.4 |
| 8 | 27.9 | 27.7 | 26.5 | 27.4 | 30.8 | 30.8 | 29.2 | 30.2 | 21.8 | 21.9 | 20.3 | 20.4 |
| 9 | 23.8 | 23.8 | 22.7 | 23.5 | 27.4 | 26.9 | 25.1 | 26.1 | 18.1 | 18.1 | 16.6 | 16.6 |
| 10 | 17.7 | 17.6 | 16.2 | 17.2 | 21.2 | 21.2 | 19.0 | 20.4 | 11.1 | 11.2 | 9.4 | 9.6 |
| 11 | 12.2 | 12.0 | 10.6 | 12.3 | 15.8 | 15.8 | 13.9 | 14.7 | 5.6 | 5.6 | 3.5 | 3.9 |
| 12 | 7.2 | 7.0 | 5.6 | 6.9 | 10.7 | 10.7 | 8.7 | 9.6 | 1.2 | 1.2 | −0.6 | −0.2 |
| 平均 Average | 15.7 | 15.4 | 14.2 | 15.1 | 18.9 | 18.9 | 17.1 | 18.1 | +9.2 | +9.2 | +7.4 | +7.6 |

雨量に就いては後に述べる。

蒸發量は普通の銅製蒸發計に依る1日1回午前10時の觀測値である。流域甲及び丙の2箇所の觀測値のみ揭げるが,流域乙は甲に類似し,丁は丙と大差ないものと考へられる。

第2表　各月の蒸發量の平均　(mm)

TABLE 2. Monthly evaporation in mm depth from a free water

| 月 Month | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 計 Total (annual) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 流域甲 Watershed A | 45.4 | 57.7 | 95.3 | 108.5 | 153.0 | 143.1 | 155.8 | 165.7 | 111.0 | 84.4 | 62.9 | 46.9 | 1229.7 |
| 流域丙 Watershed C | 27.7 | 35.3 | 61.9 | 75.0 | 119.8 | 111.6 | 122.7 | 127.6 | 76.7 | 57.3 | 38.5 | 27.7 | 881.8 |

## II. 材　　料

本報告の本となる材料は降水量と流出量とである。

降水量を調査する爲に,各流域毎にその面積•地形等を考慮し,數箇乃至十數箇の自記及び普通雨量計を設置してある。但し本報告の雨量は主として量水堰堤に近い1箇の普通雨量計の觀測値を用ひ,1時間最多雨量は自記雨量計から求めた。流域內に配置された多數の雨量計で觀測した降水量に關する研究は他日の機會に讓る。尙降雪は殆ど無く,稀にあつても永く地上に積つては居らない。

流出量の正確な値を得る爲にその測定設備及び方法に非常な苦心を拂つて居るが,それを說明するのが本報告の本旨でないから詳細な說明は省く。要するに量水堰に依る測定で,鋼鐵製の刃を有する矩形尖緣堰を用ひ,接近速度を無からしめる爲に堰の上流に湛水池が設けてある。(第XIII, XIV 圖版參照)。流出量の計算に用ひる水位(越水高)は湛水池內に裝置された自記水位計(記錄比 $1/6 \sim 1/4$)から讀み取り,自記水位計は隨時鉤形水位計(Hook gauge)の測定値と比較整正してある。每日1回午前10時に自記水位計の用紙を取換へ,直ちに各觀測者が自記用紙から水位の讀取及び計算を爲し,1箇月毎に取纏め愛知縣演習林事務所で驗算を經た後敎室に送られる。かくして報告される流出量の數字は時間に對する體積の單位である爲,面積の相違する4流域に就いてその儘比較することは出來ない。この不便を除く爲にその數字に各流域面積の逆數を乘じて長さの單位を持つ數字とした。かくして得られた數字は雨量と同樣に,その水量が全流域面積を覆ふ水深を示すことになる。從つて1mmの水量は,流域面積の1haに對して10 $m^3$,1町步に對して356.4立方尺,1坪に對して1.83升に當る。

# III. 年流出量

昭和 5～11 年の 7 箇年間の 12 月末限界の毎年の雨量•流出量及び流出率は次表の通りである。

第3表　年雨量•年流出量•年流出率

TABLE 3. Annual precipitation, streamflow and coefficient of streamflow

| 年 Year | 雨量(mm) Precipitation | | | | 流出量(mm) Streamflow | | | | 流出率(%) Coefficient of streamflow | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 流域甲 Water-shed A | 乙 B | 丙 C | 丁 D | 甲 A | 乙 B | 丙 C | 丁 D | 甲 A | 乙 B | 丙 C | 丁 D |
| 昭和5(1930) | 1497 | 1497 | 1939 | 1870 | 965 | 965 | 1220 | 1142 | 64.5 | 64.5 | 62.9 | 61.1 |
| 6(1931) | 1592 | 1576 | 1804 | 1626 | 966 | 849 | 971 | 824 | 60.7 | 53.9 | 53.8 | 50.7 |
| 7(1932) | 1686 | 1663 | 1889 | 1957 | 1178 | 1023 | 1150 | 1015 | 69.9 | 61.5 | 60.9 | 51.9 |
| 8(1933) | 1408 | 1392 | 1559 | 1693 | 832 | 725 | 770 | 698 | 59.1 | 52.1 | 49.4 | 41.2 |
| 9(1934) | 1222 | 1210 | 1400 | 1408 | 643 | 582 | 559 | 544 | 52.6 | 48.1 | 39.9 | 38.6 |
| 10(1935) | 1920 | 1883 | 2119 | 2110 | 1300 | 1202 | 1189 | 1151 | 67.7 | 63.8 | 56.1 | 54.5 |
| 11(1936) | 1804 | 1746 | 1915 | 1914 | 1209 | 1116 | 1025 | 1024 | 67.0 | 63.9 | 53.5 | 53.5 |
| 平均 Average | 1590 | 1567 | 1804 | 1797 | 1013 | 923 | 983 | 914 | 63.1 | 58.3 | 53.8 | 50.2 |
| 標準偏差 Standard deviation | ±221 | ±208 | ±227 | ±218 | ±215 | ±203 | ±225 | ±215 | — | — | — | — |

即ち標準偏差は雨量に於いてはその平均値の 12～14%, 流出量に於いてはその平均値の 21～24% に達するから, 雨量並びに流出量, 特に流出量の撒布が著しく疎である。觀測開始の舊い流域に就いて觀測開始の初年から統計して見ても, 標準偏差は少しも小さくならない。故に我國の如く, 雨量の變化の多い所に於いては, 非常に永い期間に亘つて統計しなければならなく, 從つて上表の程度の數字を以つて, かかる變化の甚しい二つの量を比較するには, 多くの困難を伴ふのは已むを得ない。

第3表に依ると, 雨量は流域甲及び乙に比し丙及び丁の方が約 15% 多い。これは 2 流域づつが互に相近く, 地形•海拔高等が似て居る爲で, 林相の相違に歸すべきものではないと考へられる。流出量は雨量程差が多くなく, 且雨量の多少と平行して居らない。その結果として流出率は 4 流域かなり異つた値を示す。しかし甲流域の流出率が最大なのは, その流域が他の 3 流域に比して著しく小さい爲であらう。乙, 丙, 丁の順に流出率の平均値が小さくなつて居るが, 後にも述べる樣に年流出率は同一流域に於いても, 雨量の多少に關係するものである

から前表から直ちに流域に依る流出率の特徴を知ることは困難である。

第3表に依り各流域の年雨量と年流出量との相關係數を求めると，流域甲＋0.983，乙＋0.964，丙＋0.951，丁＋0.920で，4流域とも極めて密な順の相關關係が認められる。僅かではあるが流出率の大きい流域程相關係數が＋1に近い傾向のあるのも當然であらう。

年流出量と年雨量との關係は直線式で表はすのが最も適當と考へられるので，その常數を最小二乘法で決め次ぎの諸式が得られる。

$$\left.\begin{array}{ll} \text{流域}\ \text{甲} & y = 0.9556x - 505.98 \\ \text{乙} & y = 0.9373x - 545.33 \\ \text{丙} & y = 0.9417x - 714.95 \\ \text{丁} & y = 0.9032x - 708.93 \end{array}\right\} \cdots\cdots (1)$$

（式中 $y$ は年流出量，$x$ は年雨量，單位は共に mm）

年流出量と年雨量とが直線的の關係であることは統計年數を變へても認められる。即ち各流域の觀測開始年からの値を用ひると

$$\left.\begin{array}{lll} \text{流域}\ \text{甲} & (\text{大正}15\sim\text{昭和}11\text{年}) & y = 0.9512x - 495.29 \\ \text{乙} & (\text{昭和}5\sim11\text{年}) & \text{前に同じ} \\ \text{丙} & (\text{昭和}3\sim11\text{年}) & y = 0.9678x - 741.37 \\ \text{丁} & (\text{昭和}4\sim11\text{年}) & y = 0.8988x - 677.27 \end{array}\right\} \cdots\cdots (2)$$

となり，山崎丈三氏が各流域の昭和5～10年の6箇年間の値に就いて計算された所[1]では

$$\left.\begin{array}{ll} \text{流域}\ \text{甲} & y = 0.962x - 512.3 \\ \text{乙} & y = 0.917x - 519.8 \\ \text{丙} & y = 0.965x - 764.2 \\ \text{丁} & y = 0.959x - 809.6 \end{array}\right\} \cdots\cdots (3)$$

である。(1)(2)(3)に依り統計年數が僅かに異ると實驗式はかなり違ふ様に見えるが，雨量 $x$ が 1000～2000 mm の範圍では，流出量 $y$ の算出値は上の何れの式に依つても大差を示さない（第5表參照）。即ち年流出量と年雨量との關係が直線的であることは略間違のない所と考へられる。

實驗式に依る算出値と實測値との差は第4表に示す通りで，流出量の標準偏差より大きいものは一つもなく，大體流出量の10％以下である。しかしてその差の最も著しい昭和5年は前年の12月27～31日に約47 mm の降雨があつて，之が昭和5年の流出量に影響したことも一原因をなして居ると考へられる。この他の年には餘り判然とした理由は認められないが，

1）卒業論文　昭和12年2月　未發刊。

第4表　年流出量の算出値と實測値との差（mm）

TABLE 4. Comparison of observed and computed values for annual streamflows (mm)

| 年 Year | 流域 Watershed 甲 A 算出値 Computed value | 實測値 Observed value | 差 Difference | 流域 Watershed 乙 B 算出値 Computed value | 實測値 Observed value | 差 Difference | 流域 Watershed 丙 C 算出値 Computed value | 實測値 Observed value | 差 Difference | 流域 Watershed 丁 D 算出値 Computed value | 實測値 Observed value | 差 Difference |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 昭和 5（1930） | 925 | 965 | − 40 | 858 | 965 | −107 | 1109 | 1220 | −111 | 980 | 1142 | −162 |
| 6（1931） | 1015 | 966 | + 49 | 932 | 849 | + 83 | 984 | 971 | + 13 | 760 | 824 | − 64 |
| 7（1932） | 1105 | 1178 | − 73 | 1013 | 1023 | − 10 | 1064 | 1150 | − 86 | 1059 | 1015 | + 44 |
| 8（1933） | 839 | 832 | + 7 | 759 | 725 | + 34 | 753 | 770 | − 17 | 820 | 698 | +122 |
| 9（1934） | 662 | 643 | + 19 | 589 | 582 | + 7 | 603 | 559 | + 44 | 563 | 544 | + 19 |
| 10（1935） | 1329 | 1300 | + 29 | 1220 | 1202 | + 18 | 1280 | 1189 | + 91 | 1197 | 1151 | + 46 |
| 11（1936） | 1218 | 1209 | + 9 | 1091 | 1116 | − 25 | 1088 | 1025 | + 63 | 1020 | 1024 | − 4 |

1箇年の雨量の總量が同じでも一つづつの雨の降り方は同じではないから，それが流出量として異つた現はれ方をするのは當然であらう。

(1) (2) (3) 各式何れも $x$ の係數が1に近いから，式の形を少しく簡單にして $y = x - a$（$a$ は常數）として $a$ の値を決めると，昭和5～11年の値に對して (1) の代りに

$$\text{流域}\quad \left.\begin{array}{ll} \text{甲} & y = x - 577 \\ \text{乙} & y = x - 644 \\ \text{丙} & y = x - 821 \\ \text{丁} & y = x - 883 \end{array}\right\} \quad \cdots\cdots (4)$$

を得る。この式を用ひても $x$ の 1,000～2,000 の範圍ではその算出値は (1) の式のものと餘り著しい差を示さない。（第5表參照）

第5表　各式に依る年流出量（$y$）の算出値　（mm）

| | 流域 甲 | | | 流域 乙 | | | 流域 丙 | | | 流域 丁 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $x$ | 1,000 | 1,500 | 2,000 | 1,000 | 1,500 | 2,000 | 1,000 | 1,500 | 2,000 | 1,000 | 1,500 | 2,000 |
| (1)式に依る算出値 | 450 | 927 | 1,405 | 392 | 861 | 1,329 | 227 | 698 | 1,168 | 194 | 646 | 1,097 |
| (2)同 | 456 | 932 | 1,407 | 392 | 861 | 1,329 | 226 | 710 | 1,194 | 222 | 671 | 1,120 |
| (3)同 | 450 | 931 | 1,412 | 397 | 856 | 1,314 | 201 | 683 | 1,166 | 149 | 629 | 1,108 |
| (4)同 | 423 | 923 | 1,423 | 356 | 856 | 1,356 | 179 | 679 | 1,179 | 117 | 617 | 1,117 |

第 1 圖　年流出量と年雨量との關係

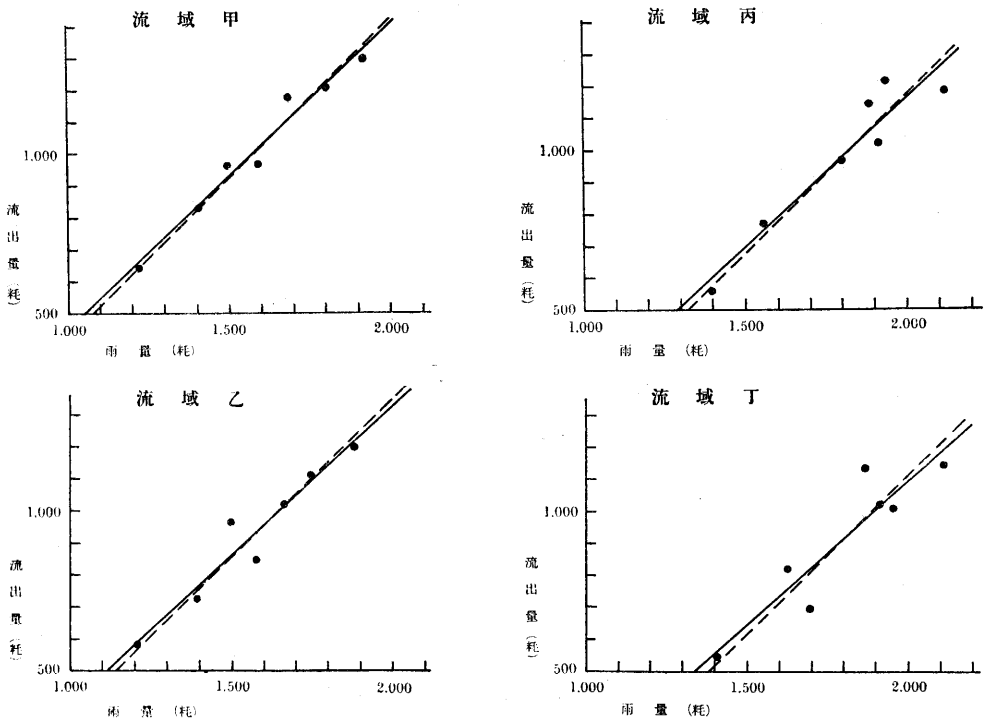



Fig. 1. Relation between annual streamflow and annual precipitation.

第 2 圖　年流出量と年雨量との關係式の直線

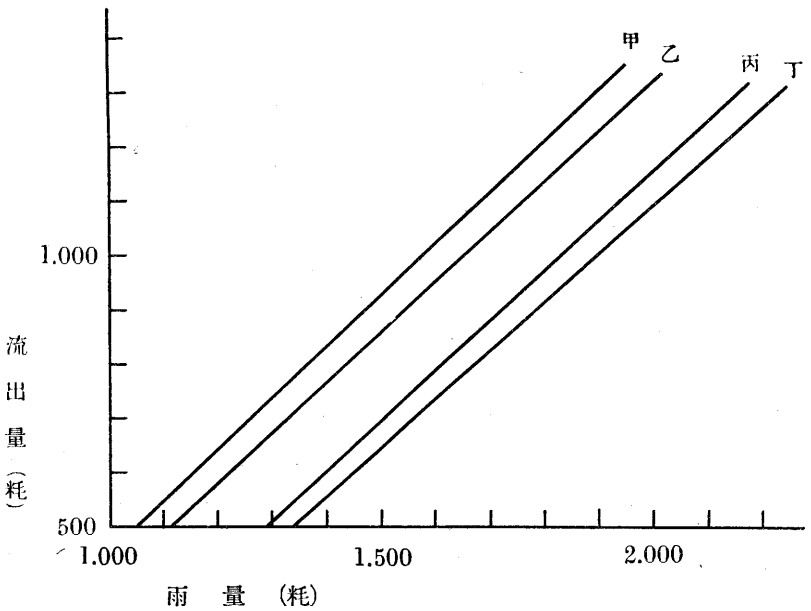



Fig. 2. Straight lines of empirical equations between annual streamflow and annual precipitation for four watersheds.

第1圖は各流域の昭和5～11年の年雨量と年流出量との關係を圖示し，之に(1)及び(4)の實驗式の直線を入れたものである。(實線は(1)式，點線は(4)式)

各流域の實驗式(1)の表はす直線を一つの圖に示したのが第2圖で，之に依つて各流域の年雨量と年流出量との關係を比較することが出來る。卽ち4本の直線は略平行し，且狀況の互に相似た2流域づつが夫々1組となつて居り，林相の不良な甲と乙とは林相の良好な丙と丁とより上にあるから，前者の方が後者より同一の雨量に對して流出量の多いことが判る。

年流出量と年雨量との關係式が決まれば年流出率は直ちに求め得る。卽ち(1)式から

$$\left.\begin{array}{lll} \text{流域}\quad \text{甲} & 100-\dfrac{y}{x}=95.56-\dfrac{50598}{x} \\ \quad\ \text{乙} & 100-\dfrac{y}{x}=93.73-\dfrac{54533}{x} \\ \quad\ \text{丙} & 100-\dfrac{y}{x}=94.17-\dfrac{71495}{x} \\ \quad\ \text{丁} & 100-\dfrac{y}{x}=90.32-\dfrac{70813}{x} \end{array}\right\} \cdots\cdots (5)$$

又は(4)式から

$$\left.\begin{array}{lll} \text{流域}\quad \text{甲} & 100-\dfrac{y}{x}=100-\dfrac{57700}{x} \\ \quad\ \text{乙} & 100-\dfrac{y}{x}=100-\dfrac{64400}{x} \\ \quad\ \text{丙} & 100-\dfrac{y}{x}=100-\dfrac{82100}{x} \\ \quad\ \text{丁} & 100-\dfrac{y}{x}=100-\dfrac{88300}{x} \end{array}\right\} \cdots\cdots (6)$$

を得る。卽ち年雨量が小となる程年流出率は小となる。

第6表　年流出率の算出値　(%)

| 流域 | 甲 | | | 乙 | | | 丙 | | | 丁 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 年雨量 | 1,000 | 1,500 | 2,000 | 1,000 | 1,500 | 2,000 | 1,000 | 1,500 | 2,000 | 1,000 | 1,500 | 2,000 |
| (5)式に依る算出値 | 45.0 | 61.8 | 70.3 | 39.2 | 57.4 | 66.5 | 22.7 | 46.5 | 58.4 | 19.4 | 43.1 | 54.9 |
| (6)式に依る算出値 | 42.3 | 61.5 | 71.1 | 35.6 | 57.1 | 67.8 | 17.9 | 45.3 | 57.9 | 11.7 | 41.1 | 55.8 |

年流出量の研究に於いて次ぎに考慮すべきことは，水年の區切を12月末以外にとる必要があるか否かであるが，之に對して山崎丈三氏[1)]が研究された所では，降雨の少い時季から降雨の多い時季に移る3月末を限界とするものが12月末を限界とするものより相關關係が稍多く密接になつて居るが特にこの限界に依らなければならないと云ふ程ではなく，雨量の少くなる

1)　前揭。

時季の10月末や11月末を限界としたものは,何れも12月末を限界としたものよりも相關關係が疎である。

更に雨量を1箇月前から採つて比較したもの，卽ち前年の12月からその年の11月までの1箇年間の雨量と，その年の1月から12月までの流出量との相關係數は，雨量・流出量を共に1月から12月の期間に採つたものと大差ない値であるが，特に之に依る必要のないことは,12月の雨量と翌年1月の流出量との相關關係が全く認められない所からも判る。

## IV. 月 流 出 量[1]

昭和5～11年の84箇月間の月雨量並びに月流出量の平均値と標準偏差は次表の通りで,

第7表　月雨量並びに月流出量の平均値（mm）

TABLE 7. Mean value of monthly precipitations and streamflows (mm)

| 流域 Watershed | 甲 A | 乙 B | 丙 C | 丁 D |
|---|---|---|---|---|
| 月雨量の平均及び標準偏差 Mean value of monthly precipitations | 132.5±87.6 | 130.6±85.8 | 150.3±97.4 | 149.7±100.4 |
| 月流出量の平均及び標準偏差 Mean value of monthly streamflows | 84.5±62.1 | 76.9±58.0 | 82.0±64.0 | 76.1± 58.7 |

月を單位とした雨量並びに流出量の撒布は年を單位としたものより一層疎である。しかして雨量の標準偏差は流域甲,乙に比し丙,丁が大であるにも拘らず,流出量の標準偏差は丙,丁も甲,乙と大差ない。この點は年雨量・年流出量の標準偏差が夫々各流域に對して殆ど差違のなかつたのとは異る。卽ち流域甲及び乙に於いては單位に採つた期間が短くなつた爲，流出量の變化が丙及び丁より大きくなつたものと考へられる。期間を更に短くして1日とした時にこの關係が更に著しくなることは後で述べる。

月雨量と月流出量との相關係數は流域甲 +0.876, 乙 +0.876, 丙 +0.839, 丁 +0.864 で4流域とも同樣にかなり密な順の相關關係があるが,實測値を圖上に表はしたものから見て,流出量と雨量との關係を示す實驗式を求めることは殆ど意味がないやうである。但し山崎丈三氏[2]が昭和5～10年の72箇月に就いて求められた結果は次ぎの通りである。

流域 甲　$y = 0.673x - 5.35$　　流域 乙　$y = 0.584x - 5.21$

丙　$y = 0.547x - 5.92$　　丁　$y = 0.601x - 5.41$

各月の流出量とその前月の雨量との相關係數を求めると流域 甲 +0.435, 乙 +0.359, 丙

1) 月の大小に依る日數の相違を論ぜずにどの月も同一の重みとした。

2) 前揭。

＋0.457, 丁＋0.444で4流域とも相關關係は認められないが, 林相の最も良い流域丙の相關係數が最大で, 林相の最も悪い流域乙の相關係數が最小であることは注目に値する。

各年毎に月流出量と月雨量との相關係數を求めると下表の通りで, 流域に依る相違よりも年に依る相違の方が著しいのは, 流域の林相その他の影響よりも雨の降り方の影響の方が大きい爲と考へられる。しかし如何なる雨の降り方の年に, 月流出量と月雨量との相關關係が密であり或は疎であるかは判明しない。

第8表　各年の月流出量と月雨量との相關係數

TABLE 8. Correlation coefficient between monthly precipitations and streamflows

| 年 Year | 流域甲 Watershed A | 乙 B | 丙 C | 丁 D |
|---|---|---|---|---|
| 昭和 5 (1930) | ＋ 0.671 | ＋ 0.630 | ＋ 0.663 | ＋ 0.514 |
| 6 (1931) | ＋ 0.948 | ＋ 0.934 | ＋ 0.889 | ＋ 0.927 |
| 7 (1932) | ＋ 0.930 | ＋ 0.939 | ＋ 0.881 | ＋ 0.893 |
| 8 (1933) | ＋ 0.788 | ＋ 0.756 | ＋ 0.733 | ＋ 0.759 |
| 9 (1934) | ＋ 0.816 | ＋ 0.806 | ＋ 0.784 | ＋ 0.838 |
| 10 (1935) | ＋ 0.878 | ＋ 0.911 | ＋ 0.853 | ＋ 0.830 |
| 11 (1936) | ＋ 0.924 | ＋ 0.923 | ＋ 0.886 | ＋ 0.878 |
| 平均 Average | ＋ 0.851 | ＋ 0.843 | ＋ 0.813 | ＋ 0.806 |

各月毎に月流出量と月雨量との相關係數を求めると第9表の通りになり, 二三の例外を除いて, かなり密接な順の相關關係が認められる。4流域とも11月の相關係數が急に小さくなつて居るのは, 11月から急に雨量が減少することに原因するものとも考へられるが, 流出量も同様に急激に減少して居るから, 果して如何なる理由に基くものか判明しない。但し10, 11兩月の流出量の合計と雨量の合計との相關係數を求めると＋0.792～＋0.906

第9表　各月の月流出量と月雨量との相關係數

TABLE 9. Correlation coefficient between monthly precipitations and streamflows

| 月 Month | 流域甲 Watershed A | 乙 B | 丙 C | 丁 D |
|---|---|---|---|---|
| 1 | ＋ 0.800 | ＋ 0.807 | ＋ 0.543 | ＋ 0.155 |
| 2 | ＋ 0.960 | ＋ 0.896 | ＋ 0.977 | ＋ 0.924 |
| 3 | ＋ 0.714 | ＋ 0.831 | ＋ 0.716 | ＋ 0.684 |
| 4 | ＋ 0.886 | ＋ 0.933 | ＋ 0.882 | ＋ 0.921 |
| 5 | ＋ 0.739 | ＋ 0.965 | ＋ 0.798 | ＋ 0.718 |
| 6 | ＋ 0.599 | ＋ 0.694 | ＋ 0.530 | ＋ 0.764 |
| 7 | ＋ 0.873 | ＋ 0.855 | ＋ 0.847 | ＋ 0.803 |
| 8 | ＋ 0.848 | ＋ 0.784 | ＋ 0.686 | ＋ 0.666 |
| 9 | ＋ 0.959 | ＋ 0.952 | ＋ 0.923 | ＋ 0.890 |
| 10 | ＋ 0.811 | ＋ 0.897 | ＋ 0.805 | ＋ 0.700 |
| 11 | － 0.048 | ＋ 0.082 | ＋ 0.019 | － 0.039 |
| 12 | ＋ 0.901 | ＋ 0.899 | ＋ 0.484 | ＋ 0.007 |
| 平均 Average | ＋ 0.754 | ＋ 0.800 | ＋ 0.684 | ＋ 0.599 |

で，兩者の關係が密接であることが知れる。しかし 11 月の流出量が 10 月の雨量のみに支配されるものでないことは，この兩者の相關係數が +0.088 ～ +0.320 の程度であることから判る。又 11月の雨量に 10月の雨量の 1/2 又は 1/3 を加へたものと 11 月の流出量との間にも相關關係が認められない。流域丁の 1 月及び 12 月の相關係數が他流域の同月に比し著しく小さい理由は判然しない。その他の月の相關係數の値にも多少の相違があるが，7 年間位の統計の結果では偶然と云ふ程度で，特に考慮すべき程のはつきりした傾向は認められない。同一の月を各流域に就いて比較しても殆ど定つた傾向は認められないが，相關係數の平均値は流域甲及び乙の方が流域丙及び丁より稍大きい。

第 10 表　各月の雨量及び流出量の平均　(mm)

TABLE 10. Monthly mean precipitation and streamflow (mm)

| 月 Month | 平均雨量及び標準偏差 Precipitation | | | | 平均流出量及び標準偏差 Streamflow | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 流域甲 Watershed A | 乙 B | 丙 C | 丁 D | 甲 A | 乙 B | 丙 C | 丁 D |
| 1 | 46.8±29.6 | 46.8±29.2 | 53.0±33.4 | 51.8±30.9 | 45.8±15.0 | 44.7±15.5 | 42.6±11.7 | 42.5±17.5 |
| 2 | 59.6±21.1 | 58.2±21.1 | 71.5±26.3 | 65.1±23.0 | 38.5±10.2 | 37.3± 9.8 | 38.2±12.6 | 32.6±10.7 |
| 3 | 85.0±36.7 | 83.4±36.5 | 101.0±39.7 | 98.7±44.4 | 49.9±20.9 | 49.6±24.0 | 55.3±22.4 | 46.0±22.3 |
| 4 | 176.5±43.9 | 173.5±43.0 | 198.6±53.1 | 198.1±69.1 | 94.1±41.0 | 92.1±40.1 | 90.6±41.4 | 84.2±40.5 |
| 5 | 124.4±32.3 | 122.4±30.3 | 149.0±39.3 | 153.0±39.0 | 89.1±25.5 | 76.0±22.7 | 96.7±42.2 | 90.9±42.0 |
| 6 | 141.8±41.9 | 140.2±40.4 | 172.3±53.5 | 184.2±65.1 | 69.7±20.1 | 61.5±23.4 | 70.6±24.2 | 72.3±26.5 |
| 7 | 220.7±82.7 | 219.9±83.1 | 243.3±96.4 | 243.7±104.4 | 146.3±81.0 | 128.1±73.6 | 145.5±90.2 | 139.4±84.3 |
| 8 | 165.1±103.4 | 165.2±97.1 | 172.6±122.3 | 174.3±127.5 | 95.5±49.5 | 84.7±58.0 | 93.8±74.6 | 90.9±71.6 |
| 9 | 232.7±120.2 | 225.3±118.3 | 269.1±123.6 | 263.3±123.6 | 136.4±117.2 | 125.5±107.1 | 126.1±117.4 | 116.7±103.0 |
| 10 | 178.5±90.7 | 175.8±88.1 | 195.0±99.5 | 186.8±95.8 | 130.5±66.7 | 116.3±65.8 | 114.0±44.3 | 97.0±39.4 |
| 11 | 91.8±16.4 | 91.0±17.3 | 103.0±20.6 | 103.9±24.3 | 70.0± 9.3 | 62.3±10.1 | 65.6±15.8 | 57.2± 6.8 |
| 12 | 67.0±12.3 | 65.2±12.2 | 74.9±14.6 | 7.40±16.3 | 47.6± 9.5 | 45.0±10.7 | 44.5±9.2 | 44.1± 9.9 |

前表は雨量と流出量の各月の値を昭和 5 ～11 年の 7 箇づつ平均したものである。流域毎に求めた月平均流出量と月平均雨量との相關係數は流域甲 + 0.947，乙 + 0.955，丙 + 0.935，丁 + 0.935 で，互に密な順の相關關係が認められる。兩者の關係は直線的で，最小二乘法で求めた實驗式は $y$ を流出量，$x$ を雨量（單位は共に mm）とするときに

$$\left.\begin{array}{ll} \text{流域}\ \text{甲} & y = 0.5623\,x + 10.0 \\ \text{乙} & y = 0.4999\,x + 11.7 \\ \text{丙} & y = 0.4655\,x + 12.0 \\ \text{丁} & y = 0.4373\,x + 10.7 \end{array}\right\} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (7)$$

第 3 圖　月平均流出量と月平均雨量との關係

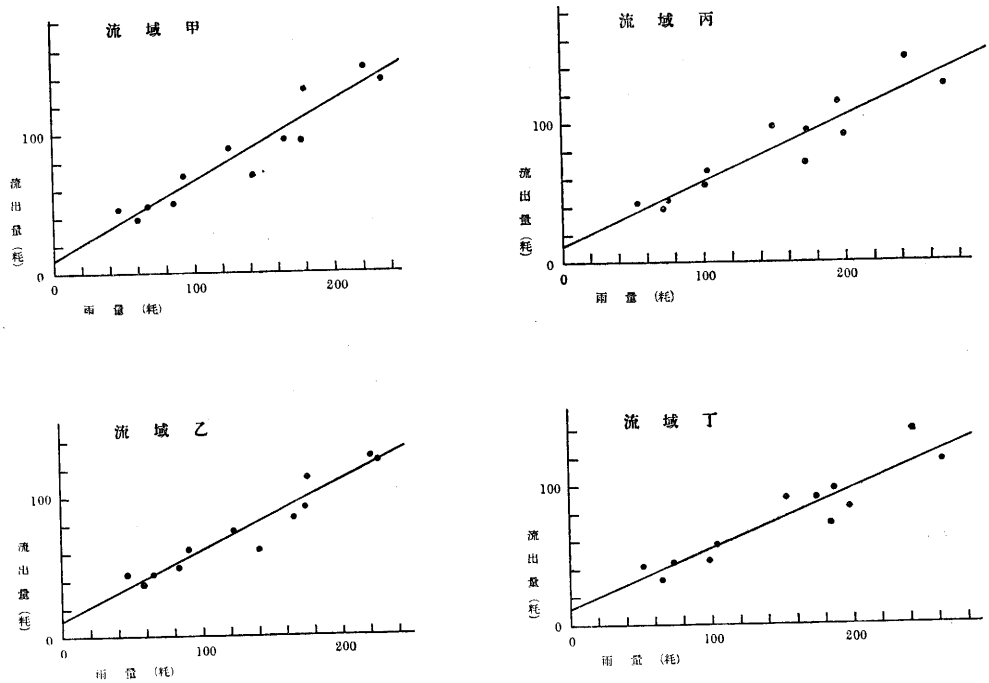



Fig. 3. Relation between average values of monthly streamflow and precipitation.

第 4 圖　月平均流出量と月平均雨量との關係式の直線

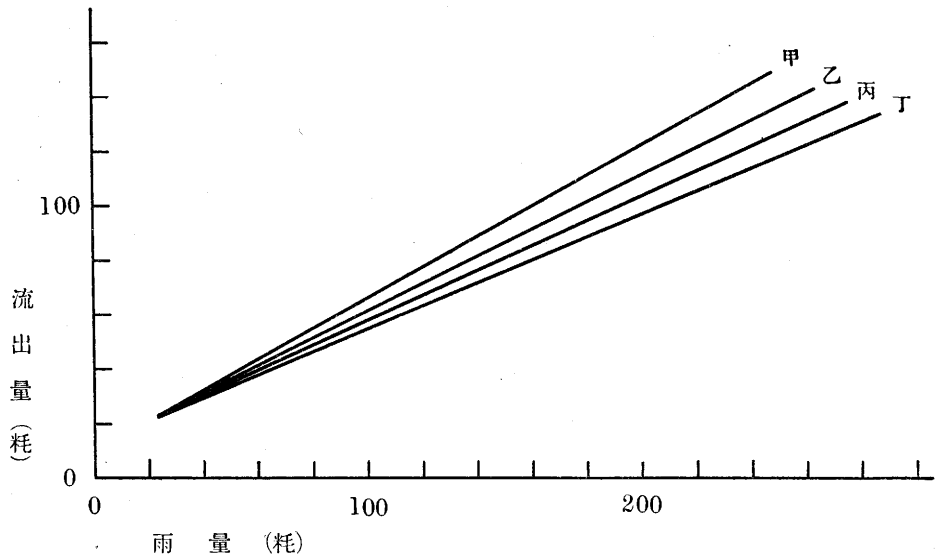



Fig. 4. Straight lines of empirical equations between average values of monthly streamflow and precipitation for four watersheds.

で，第3圖はこの直線及び實測値の配置を示し，第4圖は4流域の直線を1圖に纏めたものである。そしてこの場合も年流出量に於ける場合と同様に，林相の不良な甲，乙は林相の良好な丙，丁よりも流出量が多い。但し4本の直線は平行とはならず，甲，乙，丙，丁の順に$x$軸に對する勾配が緩となつて居る。

(7) 式から判る様に平均値から求めた月流出率は，年流出率の場合と逆に，雨量が小となる程大となる。これは月を單位とした場合は (7) 式右邊第2項に相當する量の流出量が雨量に無關係に存在する爲である。

第11表　月平均流出率 (%)

TABLE 11. Ratio of monthly streamflow to monthly precipitation

| 月 Month | 流域甲 Watershed A | 乙 B | 丙 C | 丁 D |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 97.9 | 95.5 | 80.4 | 82.0 |
| 2 | 64.6 | 64.1 | 53.4 | 50.1 |
| 3 | 58.7 | 59.5 | 54.8 | 46.6 |
| 4 | 53.3 | 53.1 | 45.6 | 42.5 |
| 5 | 71.6 | 62.1 | 64.9 | 59.4 |
| 6 | 49.2 | 43.9 | 41.0 | 39.3 |
| 7 | 66.3 | 58.3 | 59.8 | 57.2 |
| 8 | 58.1 | 51.3 | 54.3 | 52.2 |
| 9 | 58.6 | 55.7 | 46.9 | 44.3 |
| 10 | 73.1 | 66.2 | 58.5 | 51.9 |
| 11 | 76.3 | 68.5 | 63.7 | 55.1 |
| 12 | 71.0 | 69.0 | 59.4 | 59.6 |
| 平均 Average | 66.6 | 62.3 | 56.9 | 53.4 |

以上は實驗式の形から考察した月平均流出率であるが，第10表の流出量と雨量とから月流出率を各月毎に求めると第11表の通りで，實際に於いては流出率の大小と雨量の多寡とは必ずしも逆になつては居らない。卽ち雨量の最も少い1月の流出率は最大であるが，流出率の最小なのは雨量の最も多い9月又は之に次ぐ7月ではなく6月であり，次ぎに小さいのは4月である。しかして何故にか様な結果となるかは判明しない。尙甲，乙2流域は丙，丁2流域に比して流出率の撒布が廣い。

月雨量と月流出量の配布狀態を知るには第10表では稍不便なので，その各月の値を年合計量で割つて百分率を求めたのが第12表である。月の大小に依る日數の相違は計算に入れなかつたので，嚴格の意味の降水率又は流水率と云ふことは出來ないが，大體の傾向を知るには役立つ。之に依れば雨量も流出量もかなり不規則な變化で，7箇年間位の統計では餘りはつきりしないが，大體次ぎのやうなことが云へると思ふ。卽ち雨量又は流出量が各月に平等に配布されたとすれば各8.3%になるべき筈であるから，この平均値より大きい値を持つ月は雨量・流出量とも4～11月の7箇月で，この間に總量の$^3/_4$～$^4/_5$が降り或は流出する。雨量の最も多い月は9月で7月が之に次ぎ，最も少い月は1月で2月が之に次ぐ。流出量の最も多い月は7月で9月が之に

第12表　各月の雨量及び流出量の百分率　(%)

| 月 | 雨量の百分率 | | | | 流出量の百分率 | | | | 雨量の百分率－流出量の百分率 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 流域甲 | 乙 | 丙 | 丁 | 甲 | 乙 | 丙 | 丁 | 甲 | 乙 | 丙 | 丁 |
| 1 | 2.9 | 3.0 | 2.9 | 2.9 | 4.5 | 4.8 | 4.3 | 4.6 | − 1.6 | − 1.8 | − 1.4 | − 1.7 |
| 2 | 3.8 | 3.7 | 4.0 | 3.6 | 3.8 | 4.0 | 3.9 | 3.6 | ± 0.0 | − 0.3 | + 0.1 | ± 0.0 |
| 3 | 5.4 | 5.3 | 5.6 | 5.5 | 4.9 | 5.4 | 5.6 | 5.0 | + 0.5 | − 0.1 | ± 0.0 | + 0.5 |
| 4 | 11.1 | 11.1 | 11.0 | 11.0 | 9.3 | 10.0 | 9.2 | 9.2 | + 1.8 | + 1.1 | + 1.8 | + 1.8 |
| 5 | 7.8 | 7.8 | 8.3 | 8.5 | 8.8 | 8.2 | 9.8 | 10.0 | − 1.0 | − 0.4 | − 1.5 | − 1.5 |
| 6 | 8.9 | 9.0 | 9.6 | 10.2 | 6.9 | 6.7 | 7.2 | 7.9 | + 2.0 | + 2.3 | + 2.4 | + 2.3 |
| 7 | 13.9 | 14.0 | 13.5 | 13.6 | 14.4 | 13.9 | 14.8 | 15.3 | − 0.5 | + 0.1 | − 1.3 | − 1.7 |
| 8 | 10.4 | 10.5 | 9.6 | 9.7 | 9.4 | 9.2 | 9.6 | 9.9 | + 1.0 | + 1.3 | ± 0.0 | − 0.2 |
| 9 | 14.6 | 14.4 | 14.9 | 14.7 | 13.5 | 13.6 | 12.8 | 12.8 | + 1.1 | + 0.8 | + 2.1 | + 1.9 |
| 10 | 11.2 | 11.2 | 10.8 | 10.4 | 12.9 | 12.6 | 11.6 | 10.6 | − 1.7 | − 1.4 | − 0.8 | − 0.2 |
| 11 | 5.8 | 5.8 | 5.7 | 5.8 | 6.9 | 6.7 | 6.7 | 6.3 | − 1.1 | − 0.9 | − 1.0 | − 0.5 |
| 12 | 4.2 | 4.2 | 4.1 | 4.1 | 4.7 | 4.9 | 4.5 | 4.8 | − 0.5 | − 0.7 | − 0.4 | − 0.7 |

次ぎ，最も少い月は2月で1月が之に次ぐ。何故に雨量並びに流出量の最多及び最少の月が一致しないかの原因に關して調べた所では，最多量の起る月の順序が7月と9月と逆になる理由は氣溫・蒸發量・前月の雨量等を考慮しても判明せず，寧ろ斯様な配布狀態の現はれたのが偶然と云ふべきではなからうか。昭和10年までの統計では雨量・流出量とも最多が9月に起つて居る。[1] 雨量の最少が1月であるのに流出量の最少が2月となつて居るのは，2月の方が1月より平均氣溫高く且蒸發量が多い爲ではなからうか。

雨量の百分率と流出量の百分率との差を求めたならば何か或傾向が現はれるかと思つたが，前表に示す通りはつきりした結果が得られなかつた。

月單位の雨量及び流出量に關聯して尙少しく考察を進めて見度いと思ふ。

雨量並びに流出量を1箇月と云ふ比較的短い期間で統計すると，前月の雨量が當月の流出量に，又當月の雨量が翌月の流出量に影響する爲色々の無理のあることを慮り，雨量並びに流出量の3箇月平均を採ると，變化は規則正しく，且兩者の相關關係は一層密となることは既に「砂防」第47號に述べた所であるから繰り返さず，唯第10表の各月の平均値を用ひて3箇月平均に依つて計算した所を示すに止める。それに依ると雨量並びに流出量は8月を最多，1

1)「砂防」第47號　昭和11年6月。

月を最少とする唯1回づつの最多,最少を持つかなり規則正しい變化となり,兩者の相關係數は流域 甲 + 0.978, 乙 + 0.978, 丙 + 0.989, 丁 + 0.985 で1箇月單位のものより1に近い。3箇月平均の雨量 ($x$) と流出量 ($y$) の實驗式は

$$\left.\begin{array}{ll} \text{流域 甲} & y = 0.5551x + 10.9 \\ \text{乙} & y = 0.4720x + 15.3 \\ \text{丙} & y = 0.4796x + 9.9 \\ \text{丁} & y = 0.4515x + 8.6 \end{array}\right\} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (8)$$

で,第5圖はこの直線を入れた實測値の配布を示す圖である。

第 5 圖　3 箇 月 平 均 の 流 出 量 と 雨 量 と の 關 係

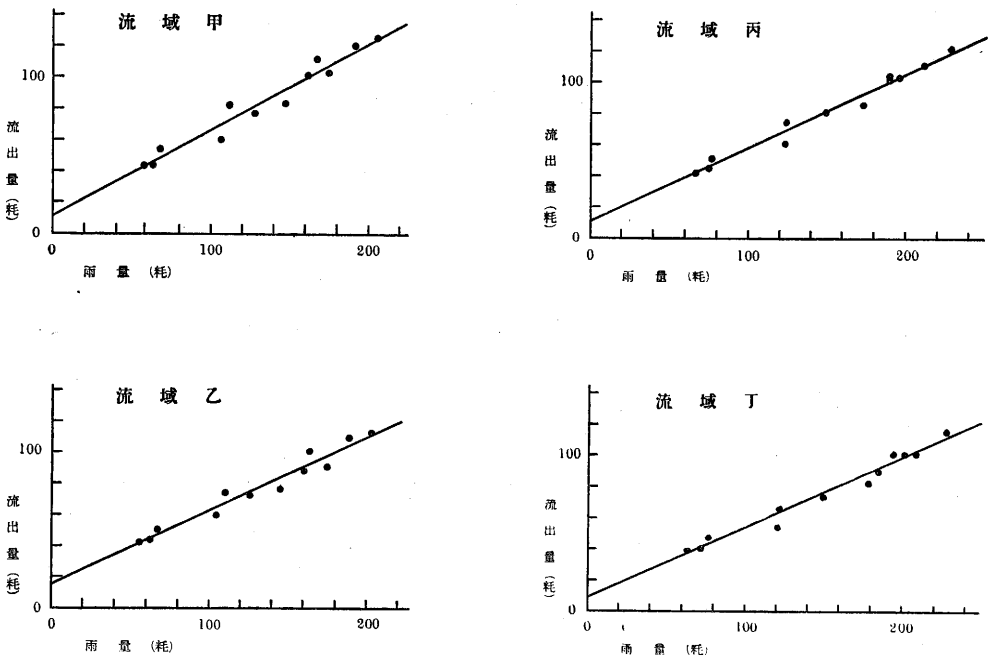



Fig. 5. Relation between average values of three monthly streamflow and precipitation.

次ぎに1箇年を便宜2季及び4季に分つて雨量並びに流出量の百分率と各季の流出率を求めたのが第13表である。之に依ると,雨量と流出量の百分率はどの區切のものも,流域に依る差は殆どないが,流出率は同一の季節でも流域に依つてかなり異る。しかして1年を2季に分ける場合に10月～3月と4月～9月に區切ると,雨量の百分率の比は略1:2となるが,流出量の百分率の比は略3:5となり,從つて兩季の流出率はかなり異るが,11月～4月と5月～10月に區切ると,雨量の百分率の比も流出量の比も共に略1:2になり,兩季の流出率の差も餘程少くなる。そして前の場合の方が後の場合よりも,冬季の流出率が夏季の流出率より著しく大きいが,之を季節に依る植物の水分消費量の相違の爲であると說明することは出

第13表　季節に依る雨量•流出量•流出率の配布

TABLE 13. Seasonal distribution of precipitation, streamflow and coefficient of streamflow.

| 自　至 | 雨量の百分率 Precipitation (%) | | | | 流出量の百分率 Stream flow (%) | | | | 流出率 (%) Coefficient of streamflow | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 流域甲 Water-shed A | 乙 B | 丙 C | 丁 D | 甲 A | 乙 B | 丙 C | 丁 D | 甲 A | 乙 B | 丙 C | 丁 D |
| 10月～3月(冬) Oct.～Mar. | 33.3 | 33.2 | 33.1 | 32.3 | 37.7 | 38.4 | 36.6 | 34.9 | 72.3 | 68.3 | 60.2 | 55.0 |
| 4月～9月 (夏) Apr.～Sept. | 66.7 | 66.8 | 66.9 | 67.7 | 62.3 | 61.6 | 63.4 | 65.1 | 59.5 | 54.3 | 51.7 | 48.9 |
| 11月～4月(冬) Nov.～Apr. | 33.2 | 33.1 | 33.3 | 32.9 | 34.1 | 35.8 | 34.2 | 33.5 | 65.7 | 63.9 | 55.9 | 51.8 |
| 5月～10月(夏) May～Oct. | 66.8 | 66.9 | 66.7 | 67.1 | 65.9 | 64.2 | 65.8 | 66.5 | 62.8 | 56.5 | 53.8 | 50.4 |
| 9月～11月(秋) Sept.～Nov. | 31.6 | 31.4 | 31.4 | 30.9 | 33.3 | 32.9 | 31.1 | 29.7 | 67.0 | 61.8 | 53.9 | 48.9 |
| 12月～2月(冬) Dec.～Feb. | 10.9 | 10.9 | 11.0 | 10.6 | 13.0 | 13.7 | 12.7 | 13.0 | 76.1 | 74.6 | 62.8 | 62.4 |
| 3月～5月 (春) Mar.～May | 24.3 | 24.2 | 24.9 | 25.0 | 23.0 | 23.6 | 24.6 | 24.2 | 60.4 | 57.4 | 54.1 | 49.2 |
| 6月～8月 (夏) June～Aug. | 33.2 | 33.5 | 32.7 | 33.5 | 30.7 | 29.8 | 31.6 | 33.1 | 59.1 | 52.2 | 52.7 | 50.2 |

來ないと思ふ。もし植物の水分消費量に依つて流出率が小さくなるものならば，林相の良好な流域丙及び丁の方が林相の不良な流域甲及び乙より，冬季と夏季の流出率の差が著しくなければならない筈であるが，事實はその逆である。

1年を3箇月づつの 4季に分つた場合には，雨量の最多は夏季で秋季が之に次いで居るのに流出量の最多は秋季で夏季が之に次いで居るのは，蒸發量が夏季は秋季に比して著しく多い爲と考へられる。季節毎の流出率は月單位の場合に稍似た傾向を示して居り，且不規則である。甲，乙2流域の方が丙，丁2流域よりも季節の流出率の撒布の廣いことも月平均の場合と同じである。

## V. 日　流　出　量

1箇年或は 1箇月と云ふ様な比較的長い期間を採つたときと違ひ，日單位では全然雨の降らない日があるから，全年に亘つて日流出量と日雨量とを直接比較したのでは殆ど意味がない。降雨のあつた日の流出量を降雨の量の多少に關して整理した結果は既に發表したから[1]ここでは降雨の無かつた日も含めて，日流出量のみに關して述べて見度い。次表は日流出量

1)「砂防」第 49 號　昭和 11 年 10 月。

第14表　各年の日流出量の平均　(mm)

TABLE 14. Mean value of daily discharges (mm)

| 年 Year | 流域甲 Watershed A | 乙 B | 丙 C | 丁 D |
|---|---|---|---|---|
| 昭和 5 (1930) | 2.65±3.23 | 2.61±4.18 | 3.32±4.99 | 3.11±4.79 |
| 6 (1931) | 2.60±3.10 | 2.36±3.07 | 2.66±2.10 | 2.18±2.19 |
| 7 (1932) | 3.23±6.01 | 2.81±5.78 | 3.13±5.03 | 2.79±4.67 |
| 8 (1933) | 2.33±2.47 | 2.06±2.16 | 2.13±1.94 | 2.01±2.21 |
| 9 (1934) | 1.83±1.95 | 1.69±1.81 | 1.65±1.64 | 1.56±2.30 |
| 10 (1935) | 3.56±4.44 | 3.30±5.23 | 3.25±4.49 | 3.14±4.15 |
| 11 (1936) | 3.29±5.98 | 3.02±6.73 | 2.81±4.36 | 2.78±4.45 |
| 5〜11 (1930〜1936) | 2.78±4.37 | 2.55±4 16 | 2.71±3.85 | 2.51±3.76 |

の各年毎の平均値及び標準偏差である。但しこの表の數値を求めるには，觀測値そのものを用ひずに，日流出量の最少値は約0.5mmであるのを利用し，1.5 mm 以下，1.5 ～ 2.5 mm, 2.5～3.5mm, 3.5～4.5 mm, ……等を夫々 1, 2, 3, 4, …… mm 等として統計表を作つて計算したもので，從つて平均値は年流出量を 365 又は 366 で除したものとは嚴格には一致しない。表に依ると，平均値が大きい年程標準偏差も大きい傾向のあるのは，平均日流出量の多い年は毎日の流出量が多いと云ふよりは，數日流出量の多い日があることが多く，その結果として標準偏差が大きくなるのである。

第15表　各月の日流出量の平均　(mm)

TABLE 15. Mean value of daily discharges by month (mm)

| 月 Month | 流域甲 Watershed A | 乙 B | 丙 C | 丁 D |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 1.45±0.95 | 1.41±1.10 | 1.33±0.71 | 1.33±0.87 |
| 2 | 1.40±0.77 | 1.34±0.73 | 1.35±0.64 | 1.25±0.49 |
| 3 | 1.71±1.35 | 1.66±1.57 | 1.63±1.32 | 1.57±1.23 |
| 4 | 3.11±2.43 | 3.09±2.99 | 2.99±2.61 | 2.83±2.94 |
| 5 | 2.84±2.00 | 2.42±2.20 | 3.12±2.33 | 2.89±2.45 |
| 6 | 2.32±2.55 | 2.10±2.45 | 2.39±2.37 | 2.42±3.43 |
| 7 | 4.76±7.17 | 4.19±7.21 | 4.71±6.19 | 4.52±5.97 |
| 8 | 3.17±4.88 | 2.87±5.90 | 3.12±6.40 | 2.99±6.27 |
| 9 | 4.59±6.50 | 4.24±6.95 | 4.29±5.72 | 3.92±5.18 |
| 10 | 4.20±7.42 | 3.75±8.11 | 3.67±5.20 | 3.10±4.80 |
| 11 | 2.34±1.59 | 2.01±1.73 | 2.20±1.41 | 1.86±1.26 |
| 12 | 1.53±0.77 | 1.46±0.78 | 1.38±0.61 | 1.36±0.75 |
| 全年 | 2.78±4.37 | 2.55±4.16 | 2.71±3.85 | 2.51±3.76 |

前表に依ると平均値は流域に依り餘り著しい相違はないが，標準偏差は林相の良好な丙，丁2流域が林相の劣つた甲，乙2流域よりも小さい。卽ち年或は月の様な比較的長い期間を單位としては餘

り明瞭でなかつた森林の流出量調節作用が，1日と云ふ短い期間を單位に採ることに依つて稍明かとなつたのである。

更に各月毎に日流出量の平均値と標準偏差を前と同様に求めると第15表の通りで，日流出量は月に依りかなりの相違があり，日流出量の多い月程標準偏差が大きく，尙流域甲及び乙は丙及び丁に比し大きな標準偏差を示して居るから，甲，乙兩流域では流出量の多い月は特に日流出量の變化の多いことが判る。

第16表　日流出量の配布（日數の百分率）

| 日流出量階級 | 流域甲 | 乙 | 丙 | 丁 |
|---|---|---|---|---|
| 1 mm | 42.55 | 54.40 | 41.34 | 49.43 |
| 5 mm 以下 | 90.69 | 92.22 | 91.12 | 92.76 |
| 10 〃 | 96.83 | 96.95 | 97.07 | 97.42 |
| 15 〃 | 98.59 | 98.43 | 98.71 | 98.51 |
| 20 〃 | 99.26 | 99.14 | 99.26 | 99.30 |
| 30 〃 | 99.61 | 99.37 | 99.65 | 99.61 |
| 40 〃 | 99.80 | 99.80 | 99.73 | 99.76 |
| 50 〃 | 99.84 | 99.80 | 99.88 | 99.92 |
| 70 〃 | 99.92 | 99.96 | 100.00 | 100.00 |
| 90 〃 | 100.00 | 99.96 | — | — |
| 90 mm 以上 | — | 100.00 | — | — |

第17表　日流出量の配布(流出量の百分率)

| 日流出量階級 | 流域甲 | 乙 | 丙 | 丁 |
|---|---|---|---|---|
| 1 mm | 15.28 | 21.33 | 15.27 | 19.70 |
| 5 mm 以下 | 61.39 | 60.64 | 63.59 | 65.23 |
| 10 〃 | 77.77 | 74.33 | 79.32 | 79.20 |
| 15 〃 | 85.66 | 81.62 | 86.77 | 84.71 |
| 20 〃 | 89.96 | 86.43 | 90.28 | 90.14 |
| 30 〃 | 93.17 | 88.76 | 93.86 | 93.17 |
| 40 〃 | 95.60 | 94.96 | 94.93 | 95.48 |
| 50 〃 | 96.21 | 94.96 | 97.47 | 98.19 |
| 70 〃 | 97.74 | 98.60 | 100.00 | 100.00 |
| 90 〃 | 100.00 | 98.60 | — | — |
| 90 mm 以上 | — | 100.00 | — | — |

以上は日流出量の平均値に對する考察であるが，次ぎにその配布狀態が流域に依つて如何に異るかを見る爲に，昭和5～11年間2557日を毎日の流出量の階級の百分率で表はすと第16表の通りになる。この表で最も目立つことは流域乙と丙との比較に於いて，流出量 1 mm の階級の日數が流域乙では全日數の 54.40％であるのに，流域丙では41.34であることである。前に揭げた二つの表で判る様に，日流出量の全期間の平均値並びに渇水期たる12～3又は11～4月の平均値に於いても大差ないに拘らず斯様な數字の出るのは，結局流域乙では降雨があると急激に流出してしまふ爲に流出量の少い日が多くなるからであらう。流域甲は林相悪く且面積小にも拘らず 1 mm の日流出量の階級の日數が少いことから湧泉があるのではないかと考へられる。他方流出量の多い日の日數は流域乙が他流域より多いことも前表で明かである。要するに日單位の流出量の變化は流域乙が最も著しい。

前表は日數の割合であつたが，前と同じ

流出量の階級の日の流出量の百分率で表はしたのが第17表である。この表に依つても流域乙が他流域に比して日流出量が著しく不均等のことが判る。例へば5mm以下の階級の日流出量を有する日に流出する流出量の割合は各流域とも61～65％で大體等しいにも拘らず，30mm以上の階級の日流出量を有する日に流出する流出量の割合は甲，丙，丁の3流域は6～7％であるのに流域乙のみは11％以上にも達する。

## VI. 強雨の流出量

連續降雨の強さとそのときの流出量とに關しては既に「砂防」第49號[1]に述べたから，ここには總量の多少を問はずに雨の強かつたときの流出量に就いて考究して見度いと思ふ。

昭和5～11年の7箇年間に1時間に10mm以上の強雨を取り得たのは，流域に依つて異るが29～45回である。流域間の距離が餘り離れて居らないのに，強雨回數にか様な開きのあるのは，自記雨量計の故障の爲觀測の出來なかつたのが一二あつた爲もあるが，更に大きな理由は，1時間位の短時間をとると，或流域に於いて降雨量が10mmを僅かに越す場合でも之に近い他の流域に於いては10mmに僅か足らないことがある爲である。

強雨量に對して比較すべき流出量としては，この強雨に基くと考へられる流出量の最も多かつたとき1時間の流出量を用ひた。その流出量が現はれるまでに幾何の時間を要したか，換言すれば最多時雨量の時刻と最多時流出量の時刻との喰ひ違ひが幾何であるかはここでは觸れないことにする。それは流域の林相等の地被の狀態よりも流域の形狀・傾斜等が遙かに著しく影響すると思ふからである。

第18表　1時間10mm以上の強雨時の雨量と流出量

TABLE 18. Discharges due to heavy rains greater than 10 mm per hour

| | 流域 甲 Watershed A | 乙 B | 丙 C | 丁 D |
|---|---|---|---|---|
| 雨量の平均 (mm) Mean value of precipitations | 19.1±8.5 | 18.2±8.5 | 16.8±7.8 | 16.0±7.0 |
| 流出量の平均 (mm) Mean value of discharges | 4.49±5.34 | 3.68±4.99 | 1.61±1.73 | 1.39±1.56 |
| 時流出量/時雨量 の平均 (%) Mean value of Max. hourly discharge / Max. hourly precipitation | 23.49 | 20.20 | 9.60 | 8.71 |
| 時流出量と時雨量との相關係數 Correlation coefficient between discharge and precipitation | + 0.866 | + 0.820 | + 0.736 | + 0.772 |

1) 昭和11年10月。

前表はこの場合の雨量,流出量の平均•標準偏差•流出量と雨量との比•兩者の相關係數等である。この表に依ると,甲,乙2流域は丙,丁2流域に比して雨量に於いては20%弱多いだけであるのに,流出量に於いては2～3倍以上に達し,從つて流出量と雨量との比(流出率の語は適當でないと思ふ)は丙,丁2流域が10%以下であるのに,甲,乙2流域は20%以上に達し,かかる强雨時の流出狀況の相違を明かに示して居る。流出量と雨量との相關係數を見ても,甲,乙兩流域の方が丙,丁兩流域のものより大きく,流出量と雨量との關係がより密接であることを示して居る。

同樣なものを1時間20 mm以上の强雨に就いて求めると第19表の通りで,甲,乙兩流域は

第19表　1時間20 mm以上の强雨時の雨量と流出量

TABLE 19. Discharges due to heavy rains greater than 20 mm per hour

| | 流域 甲 Watershed A | 乙 B | 丙 C | 丁 D |
|---|---|---|---|---|
| 雨量の平均 (mm) Mean value of precipitations | 27.9±7.4 | 30.0±6.8 | 33.2±8.1 | 28.8±5.9 |
| 流出量の平均 (mm) Mean value of discharges | 8.73±6.82 | 8.50±7.40 | 3.94±3.24 | 3.41±2.02 |
| 時流出量/時雨量の平均 (%) Mean value of Max. hourly discharge / Max. hourly precipitation | 31.33 | 28.35 | 11.89 | 11.84 |
| 時流出量と時雨量との相關係數 Correlation coefficient between discharge and precipitation | + 0.859 | + 0.869 | + 0.942 | + 0.768 |

丙,丁兩流域に比して雨量は幾分少いのに流出量は却つて3倍近くに達し,從つて流出量と雨量との比も著しく相違して居る。

强雨の流出量に關して見逃し得ない一事は,1時間10 mm又は20 mm以上と云ふかなりの强雨に於いても,その1時間の流出量と雨量との比は僅かに10～30%位にしか過ぎないことである。これは流出量及び雨量を測る時間を更に短くしても認められる。[1] 强雨は豪雨に伴ふことが多いから斯樣な洪水の原因となる樣な强雨に際して流出する割合が少いとすれば,その少い流出量の一部分を保留する作用は,假りにその絶對量は餘り多くなくとも,洪水を輕減する效果は多い譯である。例へば1時間30 mmの降雨量の30%が流出するものとすれば流出量は9 mmとなるが,この內の4～5 mmが保留されるならば流出量は半減することになる。樹冠又は地表等に保留される量は餘り多くないから森林の洪水輕減作用は殆ど無いとさへ云ふ學者もあるが,この點に關して再吟味を要するものではなからうか。第18表及び

1)「砂防」第26號　昭和7年12月。

第19表の流出量/雨量の百分率が流域甲，乙に比し流域丙，丁が著しく少いのはこの爲ではないかと考へるが，森林が流出量に及ぼす影響に關する結論を求めることは後日に讓る。

## VII. 最多流出量及び最少流出量

最後に，一定期間中に於ける最多流出量及び最少流出量に就いて考察して見やうと思ふ。下表は各年の日流出量の最多値及び最少値を示す。但しこの數字は365日又は366日の中最多

第20表　各年毎の最多及び最少日流出量（mm）

TABLE 20. Daily extremes of discharges (mm)

| 年 Year | 最多日流出量 Maximum | | | | 最少日流出量 Minimum | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 流域甲 Watershed A | 乙 B | 丙 C | 丁 D | 甲 A | 乙 B | 丙 C | 丁 D |
| 昭和 5（1930） | 42.69 | 53.45 | 63.16 | 62.77 | 0.57 | 0.56 | 0.75 | 0.71 |
| 6（1931） | 38.79 | 39.42 | 23.35 | 25.85 | 0.62 | 0.51 | 0.93 | 0.81 |
| 7（1932） | 80.30 | 69.83 | 55.84 | 45.13 | 0.55 | 0.47 | 0.76 | 0.52 |
| 8（1933） | 22.00 | 15.88 | 13.29 | 20.29 | 0.53 | 0.36 | 0.45 | 0.34 |
| 9（1934） | 27.58 | 32.17 | 24.21 | 40.94 | 0.47 | 0.23 | 0.42 | 0.42 |
| 10（1935） | 28.28 | 37.22 | 38.58 | 32.30 | 0.55 | 0.34 | 0.49 | 0.68 |
| 11（1936） | 81.00 | 91.43 | 55.62 | 44.71 | 0.70 | 0.63 | 0.47 | 0.57 |
| 平均 Average | 45.81 | 48.49 | 39.15 | 38.86 | 0.57 | 0.44 | 0.61 | 0.58 |

或は最少の流出量を有した日唯1日だけの値を示すものに過ぎないから，之を比較するのみでは不十分である。流域甲が他の3流域に比較して面積が著しく狹いに拘らず，最少日流出量の値が餘り小さくなつて居らないのは，同流域に湧水がある爲ではなからうか。

次ぎに昭和5～11年の7箇年間を各月毎に日流出量の最多値と最少値をとり平均したのが第21表である。これも1箇月の中から最多及び最少の値を各1日だけとつたものであるが7箇年に亘つての平均であるから，前表よりは稍意義があると思はれる。表に依ると最多日流出量の平均は甲，乙兩流域が稍大きく，最少日流出量は逆に丙，丁兩流域が稍大きい。尙最多日流出量の値の大きいのは7, 9, 10等の大體月流出量の多い月であるが，最少日流出量の値の小さいのは日流出量の最も少い1, 2月ではなく氣溫の最も高い8月に起るのが普通である。しかして1日の流出量の最多及び最少の比較に於いては未だ後に述べる更に短時間の最多及び最少に於ける場合程差違が著しくない。

## 第21表　各月毎の最多及び最少日流出量の平均（mm）

TABLE 21. Mean values of daily extremes of discharges by month (mm)

| 月 Month | 最多日流出量 Maximum | | | | 最少日流出量 Minimum | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 流域甲 Watershed A | 乙 B | 丙 C | 丁 D | 甲 A | 乙 B | 丙 C | 丁 D |
| 1 | 3.72 | 4.03 | 2.94 | 3.04 | 0.84 | 0.83 | 0.99 | 0.87 |
| 2 | 3.48 | 3.21 | 2.64 | 2.23 | 0.79 | 0.79 | 0.92 | 0.80 |
| 3 | 5.49 | 5.99 | 5.46 | 4.98 | 0.83 | 0.76 | 0.98 | 0.86 |
| 4 | 10.53 | 11.83 | 10.41 | 11.77 | 1.14 | 0.97 | 1.34 | 1.05 |
| 5 | 9.04 | 8.04 | 8.61 | 9.64 | 1.40 | 0.97 | 1.63 | 1.44 |
| 6 | 11.11 | 12.51 | 10.58 | 14.42 | 0.99 | 0.67 | 1.12 | 1.07 |
| 7 | 26.67 | 25.89 | 19.35 | 19.90 | 1.27 | 0.73 | 1.36 | 1.27 |
| 8 | 18.02 | 18.97 | 17.53 | 16.57 | 0.87 | 0.57 | 0.87 | 0.92 |
| 9 | 22.28 | 23.23 | 18.06 | 15.65 | 1.32 | 0.94 | 1.51 | 1.32 |
| 10 | 26.80 | 28.06 | 19.47 | 16.55 | 1.30 | 1.04 | 1.27 | 1.11 |
| 11 | 7.79 | 8.02 | 6.96 | 6.42 | 1.20 | 1.01 | 1.26 | 1.18 |
| 12 | 3.80 | 3.51 | 2.81 | 2.89 | 0.87 | 0.91 | 1.02 | 0.96 |
| 平均 Average | 12.39 | 12.77 | 10.40 | 10.34 | 1.07 | 0.85 | 1.19 | 1.07 |

## 第22表　各月1回宛の最多及び最少流出量の平均

TABLE 22. Mean values of discharges per minute at the time of the monthly maximum and minimum water level ($\times 10^{-5}$mm)

| 月 Month | 最多流出量 Maximum $\times 10^{-5}$ (mm/分) | | | | 最少流出量 Minimum $\times 10^{-5}$ (mm/分) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 流域甲 Watershed A | 乙 B | 丙 C | 丁 D | 甲 A | 乙 B | 丙 C | 丁 D |
| 1 | 1960 | 2070 | 687 | 528 | 50 | 48 | 51 | 44 |
| 2 | 898 | 844 | 441 | 362 | 43 | 36 | 55 | 37 |
| 3 | 753 | 674 | 891 | 1068 | 49 | 41 | 52 | 40 |
| 4 | 2728 | 4102 | 2290 | 2602 | 61 | 60 | 72 | 58 |
| 5 | 1210 | 1173 | 642 | 608 | 73 | 49 | 77 | 83 |
| 6 | 9760 | 6265 | 3018 | 7842 | 40 | 31 | 44 | 57 |
| 7 | 8709 | 8196 | 2523 | 5878 | 68 | 36 | 73 | 89 |
| 8 | 19856 | 11791 | 2917 | 2723 | 40 | 26 | 33 | 37 |
| 9 | 17726 | 11804 | 3395 | 4094 | 124 | 80 | 142 | 122 |
| 10 | 47021 | 28109 | 9553 | 12464 | 110 | 67 | 88 | 63 |
| 11 | 3245 | 3259 | 1518 | 1273 | 82 | 68 | 56 | 62 |
| 12 | 835 | 748 | 485 | 378 | 68 | 64 | 64 | 67 |
| 平均 Average | 9558 | 6586 | 2863 | 3318 | 67 | 51 | 67 | 63 |

時間を更に短くして瞬間的の流出量の最多及び最少の値をとつて，昭和9～11年の3箇年に亘つて各月毎に平均すると第22表の通りで，最少流出量は乙流域が他の3流域の3/4で最も少く，他では殆ど差がないが，最多流出量は流域甲が面積が狭い爲他の流域より著しく大きな値であるのは格別として，略同面積であるに拘らず流域乙が流域丁及び丙の2倍乃至3倍となつて居るのは極めて注目すべきことである。

前表は月1回の最多及び最少の値3箇づつの平均であるが，各日の流出量の最多の瞬間と最少の瞬間との値を採つて，昭和9～11年の3箇年の各月毎に平均したものが第23表である。換言すれば第22表は1箇月に1回だけあつた最多及び最少の値に就いてであつたが，この表は毎日1回づつの最多と最少を求めて平均したものであるから，この表の方が一般的の傾向をよりよく示すものである。しかして最少流出量は流域乙が他の流域より約10％少いことが注意すべきで，この表及び前表に於いて流域甲が面積狭く，且林相が不良なるにも拘らず流域丙及び丁と等しいか或は僅かに多い最少流出量の平均値を示して居るのは矢張湧水の爲であらうか。最多流出量では流域甲が最大の値を示すのは林相の悪い外面積の小さい爲と考へ

第23表　毎日の最多及び最少流出量の平均

TABLE 23. Mean values of discharges per minute at the time of the daily maximum and minimum water level ($\times 10^{-5}$ mm)

| 月 Month | 最多流出量 Maximum ×10⁻⁵ (mm/分) | | | | 最少流出量 Minimum ×10⁻⁵ (mm/分) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 流域甲 Watershed A | 乙 B | 丙 C | 丁 D | 甲 A | 乙 B | 丙 C | 丁 D |
| 1 | 175 | 173 | 102 | 99 | 87 | 86 | 75 | 64 |
| 2 | 154 | 150 | 106 | 96 | 79 | 79 | 75 | 60 |
| 3 | 145 | 131 | 144 | 143 | 74 | 72 | 84 | 69 |
| 4 | 472 | 475 | 334 | 316 | 177 | 177 | 179 | 155 |
| 5 | 246 | 204 | 188 | 189 | 122 | 95 | 126 | 129 |
| 6 | 703 | 524 | 307 | 506 | 118 | 93 | 113 | 127 |
| 7 | 680 | 578 | 343 | 467 | 161 | 124 | 172 | 195 |
| 8 | 1737 | 1108 | 334 | 341 | 127 | 97 | 108 | 114 |
| 9 | 1709 | 1376 | 667 | 671 | 260 | 206 | 265 | 240 |
| 10 | 2704 | 1893 | 833 | 951 | 216 | 162 | 193 | 157 |
| 11 | 314 | 294 | 215 | 190 | 137 | 118 | 130 | 112 |
| 12 | 166 | 152 | 120 | 114 | 94 | 87 | 84 | 83 |
| 平均 Average | 772 | 659 | 308 | 340 | 138 | 116 | 134 | 125 |

られるが，流域面積が略同一な乙，丙，丁3流域中地形の急な丙，丁の値が地形の緩な乙の約$^1/_2$に過ぎないことは特に注目すべきであらう。

要するに最多及び最少流出量の統計に依つて，林相の不良な流域甲及び乙と林相の良好な流域丙及び丁とは著しく相違した結果を示すことは明かになつたが，その相違の全部が林相の相違に歸すべきものか否かは後日の研究に讓り度いと思ふ。

## 摘　　要

東大愛知縣演習林内に4箇の量水堰に依る流出量測定設備がある。その流域面積は流域甲が最も狹く約14 ha，他の3流域乙，丙，丁は100 ha前後で大差ない。林相は流域甲及び乙は著しく不良で，流域丙及び丁は稍良好である。この4流域からの流出量の測定結果の昭和5～11年の7箇年間の統計に依つて略次ぎの様なことが云へると思ふ。

1. 水年の區切は暦年と同一で差支ない。

2. 年雨量及び年流出量はその標準偏差が夫々の平均値の10％以上又は20％以上に達し撒布は疎であるが，兩者の間には相關係數が＋0.92～＋0.98に達する極めて密な順の相關關係が認められる。

3. 年雨量（$x$）と年流出量（$y$）との關係は直線的で，その方程式$y = ax + b$の$a$は＋0.9～＋1.0，$b$は大約－500～－700（單位はmm）である。從つて年流出率は年雨量の如何に依りかなり異つた値となる。しかして實測せる年流出率の平均値は流域甲が63％，乙が58％丙が54％，丁が50％である。

4. 月雨量と月流出量との相關係數は＋0.84～＋0.88であるが，兩者の關係を表はす實驗式を求めることは殆ど意味がない。

5. 各月の平均雨量（$x$）と平均流出量（$y$）との相關係數は＋0.93～＋0.96で，$y = ax + b$の關係がある。但し$a$は＋0.5前後，$b$は＋10～＋12（單位はmm）。

6. 1箇年を11月～4月（冬）及び5月～10月（夏）の2季に分けると，雨量及び流出量の冬季と夏季との比は略1：2となり，12月～2月（冬），3月～5月（春），6月～8月（夏），9月～11月（秋）の4季に分けると，雨量及び流出量は夏季及び秋季に多く全年の30％以上に達し，冬季に少く全年の11～14％に過ぎない。

7. 年又は月の如き比較的長い期間を單位としたときには，流出量の流域に依る特徴が後に述べる場合程はつきり現はれない。

8. 日流出量の平均値は4流域大差ないが，その標準偏差は流域甲及び乙の方が流域丙及

び丁より大きい。

9. 日流出量の少い日の全日數に對する割合は流域乙が最も大きく，流域丙が最も小さい。日流出量の多い日の全日數に對する割合も流域乙が最も大きく，流域丙が最も小さい。卽ち日流出量の配布の範圍は流域乙が最も廣く，流域丙が最も狹い。

10. 1時間10 mm 以上の强雨に際し，之に基いて生じた流出量の最も多かつた1時間の流出量と1時間の雨量とを比較すると，雨量は4流域大差ないにも拘らず流出量は流域に依り著しく異り，流出量と雨量との比は流域甲及び乙は 20～23％，丙及び丁は 9～10％であり，兩者の相關關係も甲及び乙の方が丙及び丁よりも密である。

11. 1時間 20 mm 以上の强雨に於いては1時間最多流出量と 1時間最多雨量との比の相違は更に甚だしく，流域甲及び乙が28～31％に達するに對し，流域丙及び丁は12％弱に過ぎない。尙かかる强雨に際しても流出量と雨量との比が餘り大きくないのは注意すべきである。

12. 各月に1回づつの日流出量の最少値の平均は流域乙が他の3流域より20％以上小さく，最多値の平均は流域甲及び乙が流域丙及び丁より約20％大きい。

13. 每月1回づつの 1分間當りの流出量の最少値及び最多値を求めて平均すると，最少値の平均は流域乙が他の3流域より約20％小さく，最多値の平均は流域乙は流域丙及び丁の2～3倍に達する。(昭和9～11年の平均に依る)

14. 每日1回づつの1分間當りの流出量の最少値及び最多値の平均に於いても略同樣な關係が認められる。(同上)

15. 日單位の流出量，强雨の流出量及び短時間の流出量の最多値並びに最少値に於いて流域の特徵が現はれたことは極めて注意すべきことであり，しかも林相の最も不良な流域乙と林相の最も良好な流域丙との差違が最も著しいことも見逃してはならない。

16. 但し本報告は何故にかかる相違を現はすかの理由の探究には全然觸れることなく，單に統計結果のみを揭げた豫報に過ぎない。

(昭和12年6月　東京帝國大學農學部森林理水及砂防工學敎室に於いて)

# Preliminaries to a Study of the Steamflow Measurement in the Tokyo Imperial University Forest, Aiti Prefecture. (Résumé)

By

Syozo SAKURAI

The foregoing paper deals with the streamflow from four watersheds located in the Tokyo Imperial University Forest, Aiti Prefecture, at longitude 137°5′～10′ E, latitude 35°13′～16′ N. Their geographical and geological data are as follows:—

| | | Watershed A | Watershed B | Watershed C | Watershed D |
|---|---|---|---|---|---|
| Total area (ha) | | 13.9 | 109.6 | 106.7 | 88.5 |
| Absolute elevation | lowest (m) | 140 | 128 | 347 | 294 |
| | highest (m) | 217 | 205 | 617 | 629 |
| Bed-rock | | Granite | (Tertiary) | Granite | Granite |
| Soil | | Sandy loam | Sandy loam | Sandy loam | Sandy loam |

The forests of the watersheds mostly consist of pines (*Pinus densiflora* SIEB. et ZUCC., *Pinus Thunbergii* PARL.) with shrubby growths of broad-leaved trees. The forest conditions of watersheds A and B are much poorer than those of watersheds C and D. About 15 per cent of watershed B is denuded area and 4 per cent of it is rice-field. Nearly 8 per cent of both watersheds C and D are denuded areas.

For the measurement of streamflow, rectangular notch weirs and automatic water level recorders, which were sensitive to changes of 1 mm, were used. The instrumental record was checked by the daily reading of a hook gauge. The amounts of streamflow were calculated for every portion in which the recorded curve of water level might be regarded as a straight line. The amount divided by the area of the watershed, i.e. the depth of water over the area, is expressed in mm.

The results of the streamflow measurements for seven years from 1930 to 1936, inclusive, are briefly summerized as follows:—

1. In our area there is actually no snow-lying in winter, and the minimum of the precipitation occurs in January; therefore January 1 was chosen as the beginning of the water year.

2. The variations of both annual precipitations and annual streamflows are pretty large, but the correlation coefficients between the both amounts are +0.983, +0.964, +0.951 and +0.920 for the watersheds A, B, C and D respectively.

3. The amounts of annual streamflows are expressed by the following equations :—

for watershed A $y = 0.9556\,x - 505.98$

B $y = 0.9373\,x - 545.33$

C $y = 0.9417\,x - 714.95$

D $y = 0.9032\,x - 708.93$

where $y$ is the amount of annual streamflow in mm, and $x$ the annual precipitation in mm.

4. The average proportion of annual precipitation appearing as streamflow are 0.63, 0.58, 0.54 and 0.50 for watersheds A, B, C and D respectively.

5. About two-thirds of the total amounts of both annual precipitation and streamflow occurs during the warm season from May to October for every watershed.

6. The correlation coefficients between monthly precipitations and streamflows are +0.876, +0.876, +0.839 and +0.864 for the watersheds A, B, C, and D respectively.

7. The correlation coefficients between the average values of monthly precipitation and streamflow are +0.947, +0.955, +0.935 and +0.935 for the watersheds A, B, C and D respectively, and the empirical equations are :—

for watersheds A $y = 0.5623\,x + 10.0$

B $y = 0.4999\,x + 11.7$

C $y = 0.4655\,x + 12.0$

D $y = 0.4373\,x + 10.7$

where $y$ is average monthly streamflow in mm, and $x$ average monthly precipitation in mm.

8. The standard deviations of daily discharges at A and B watersheds of poorer forest conditions are larger than those of C and D watersheds of better forest conditions.

9. The number of days with low water in which the daily discharges are less than 1.5 mm is 54% of all the days observed at the watershed B of the poorest forest condition, and 41 % at the watershed C of the best forest condition.

10. The maximum hourly discharges due to heavy rains (greater than 10 mm per hour) at the watersheds A and B are in general twice or more as large as those of the watersheds C and D.

11. Means of discharges per minute at the time of the daily maximum water level at the watersheds A and B are two or three times as large as those of the watersheds C and D.

12. Means of discharges per minute at the time of the daily minimum water level

at the watershed B is 0.8 times as large as those of the watersheds A, C and D.

## 圖 版 說 明

第 VIII 圖版　各流域位置圖

第 IX, X 圖版　各流域地上寫眞

1. 流域 甲　2. 流域 乙　3. 流域 丙　4. 流域 丁

第 XI, XII 圖版　各流域空中寫眞　縮尺約$\frac{1}{10,000}$（飛行第 2 聯隊撮影　揭載許可濟）

1. 流域 甲　2. 流域 乙　3. 流域 丙　4. 流域 丁

第 XIII, XIV 圖版　各流域量水堰堤（各缺込の長さは何れも 1 m）

1. 流域 甲　2. 流域 乙　3. 流域 丙　4. 流域 丁

## EXPLANATION OF PLATES

Plate VIII. Positions of the watersheds. (Scale 1 : 50,000)

Plates IX, X. Ground photographs of the watersheds.

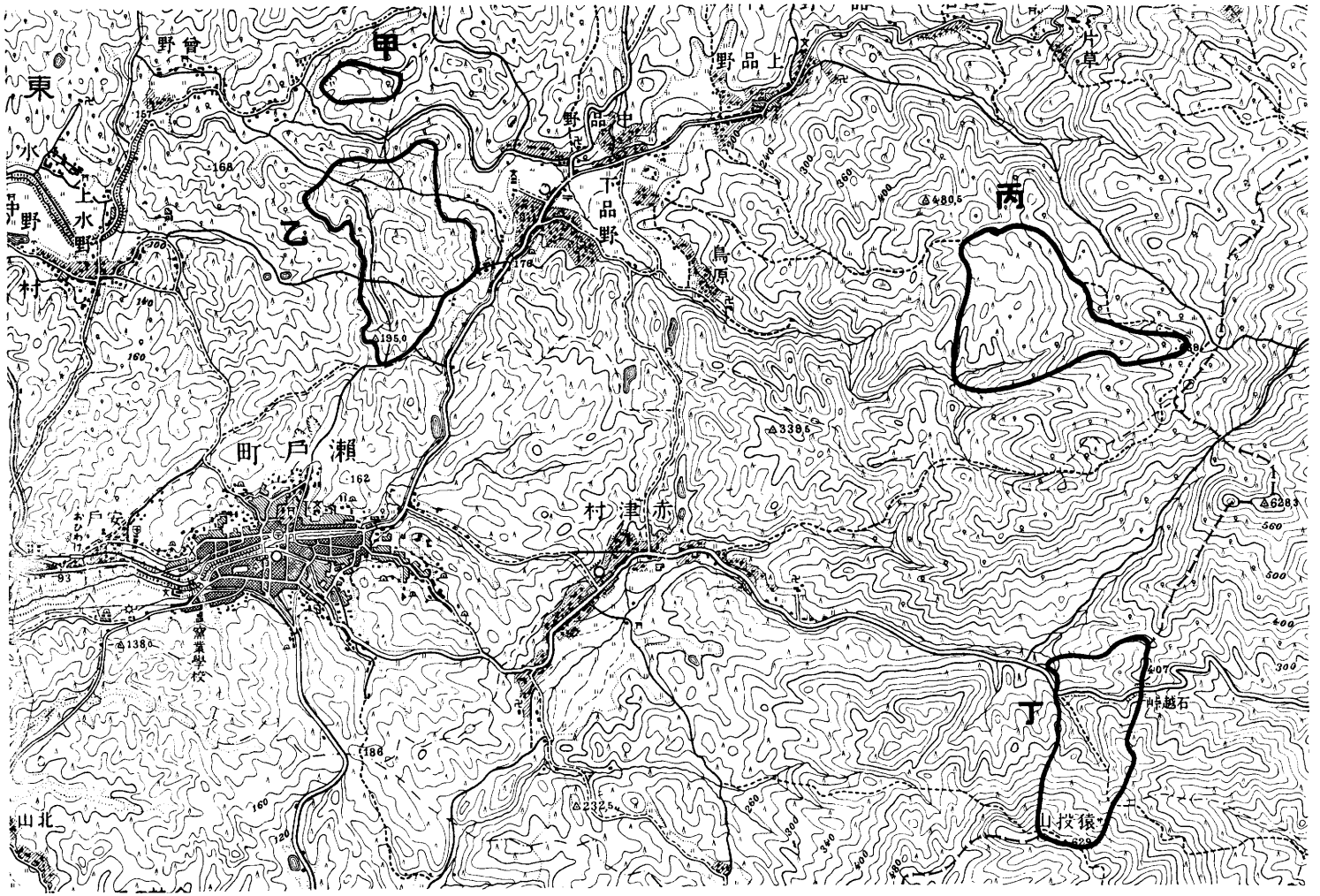
1. Watershed A　2. Watershed B
3. Watershed C　4. Watershed D

Plates XI, XII. Air photographs of the watersheds. (Scale about 1 : 10,000)

1. Watershed A　2. Watershed B
3. Watershed C　4. Watershed D

Plates XIII, XIV. Weirs for streamflow measurement. (Length of a notch is 1 m)

1. For watershed A　2. For watershed B
3. For watershed C　4. For watershed D


甲
乙
丙
丁
東
水
野
上水野
村
曾野
野品上
野品中
下品野
片草
鳥原
町戸瀬
村津赤
△480.5
△338.5
△628.3
△195.0
△138.0
△232.5
峠越石
猿投山
山北
尺之一分万五
米 1000 500 0 1000 2000 3000 4000
間 10 5 0 10 20 30 1 里



1



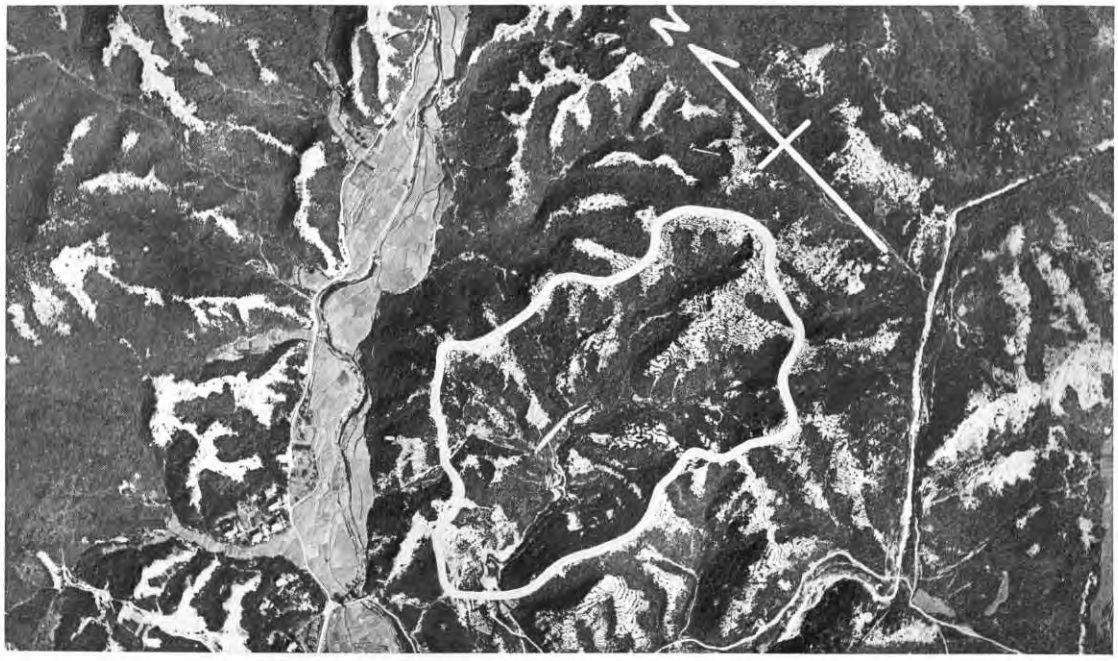
2



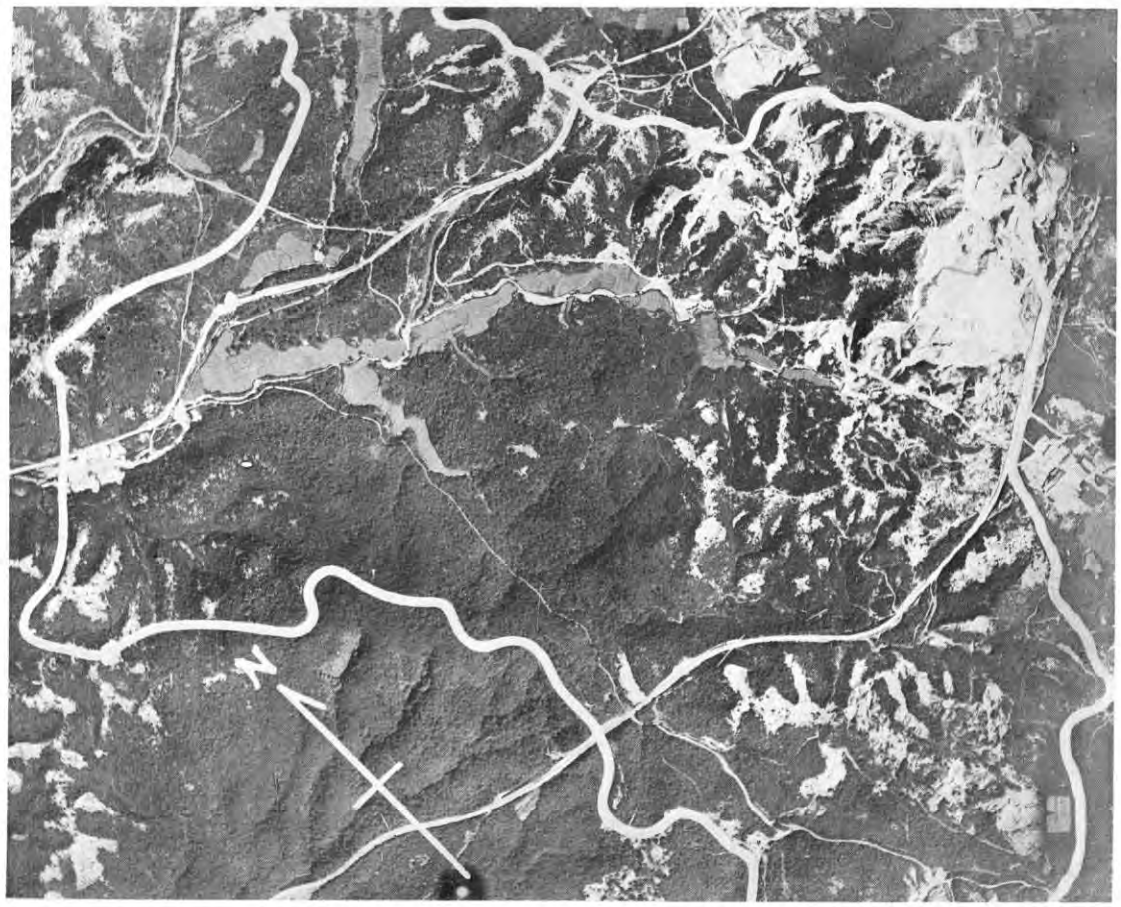
3



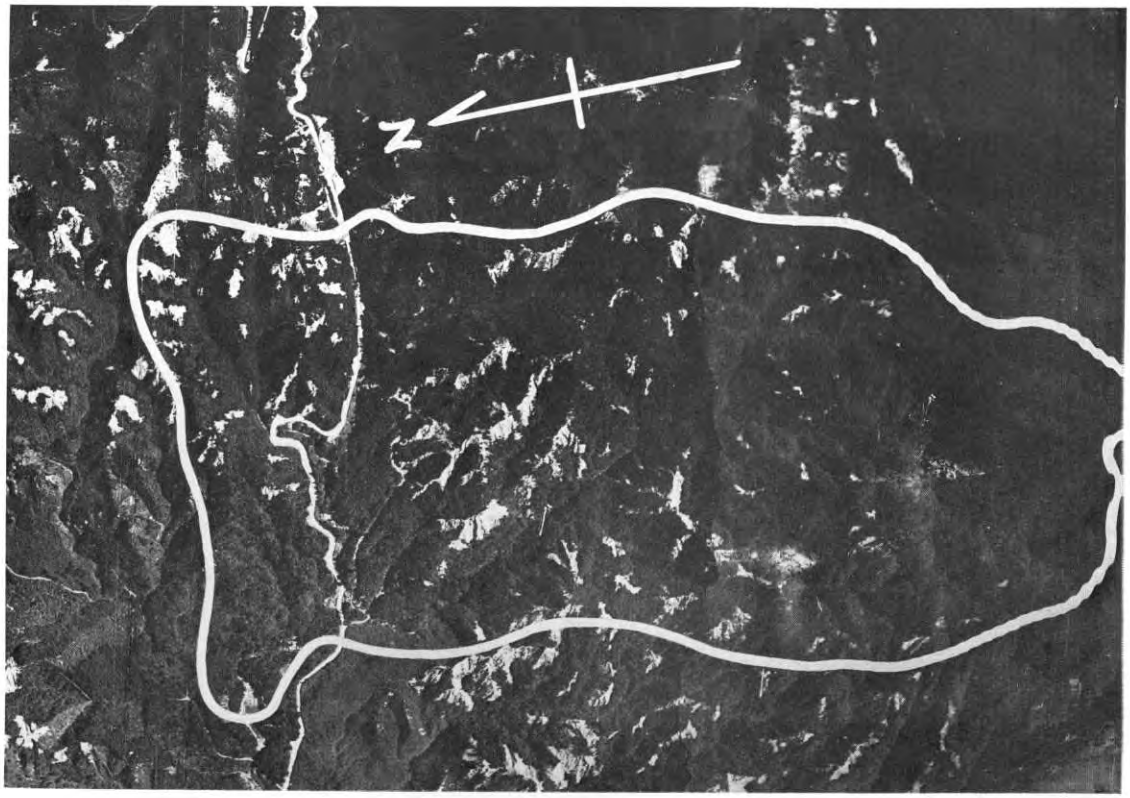
4



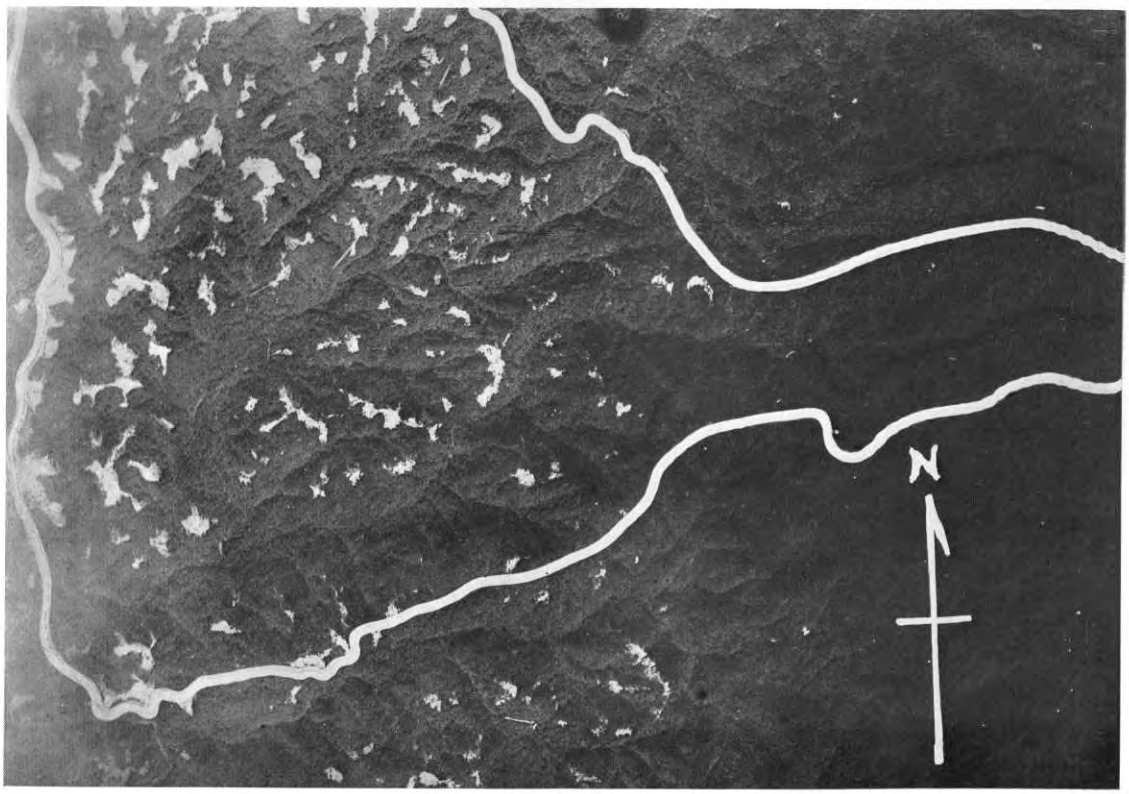

1



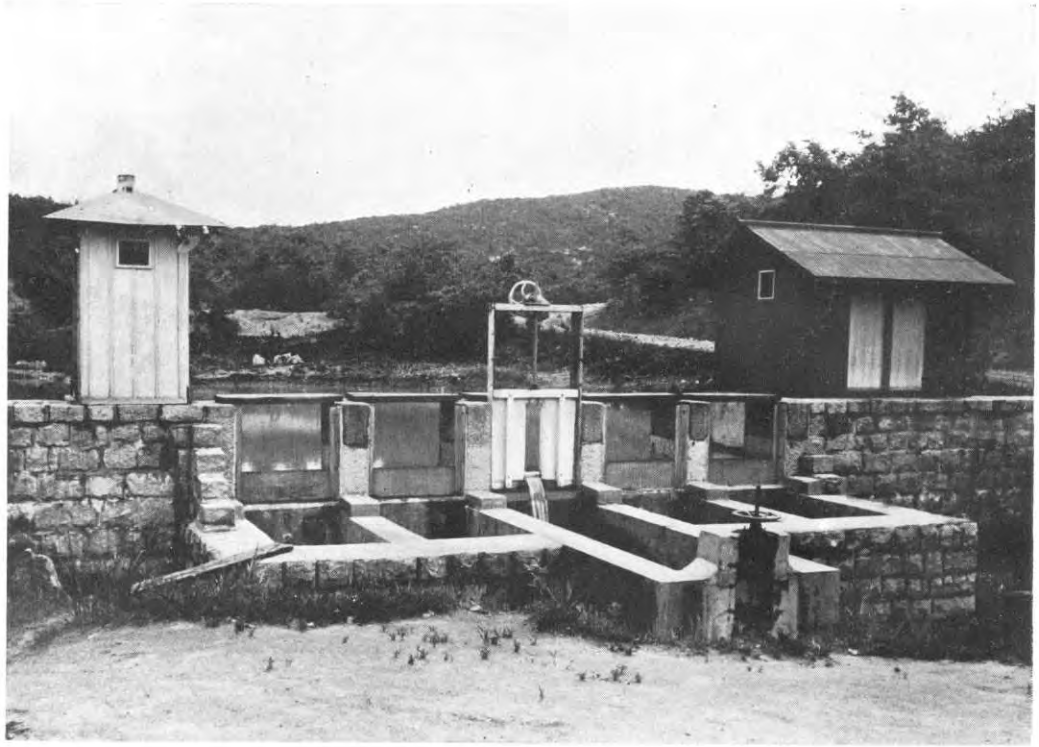

2




3



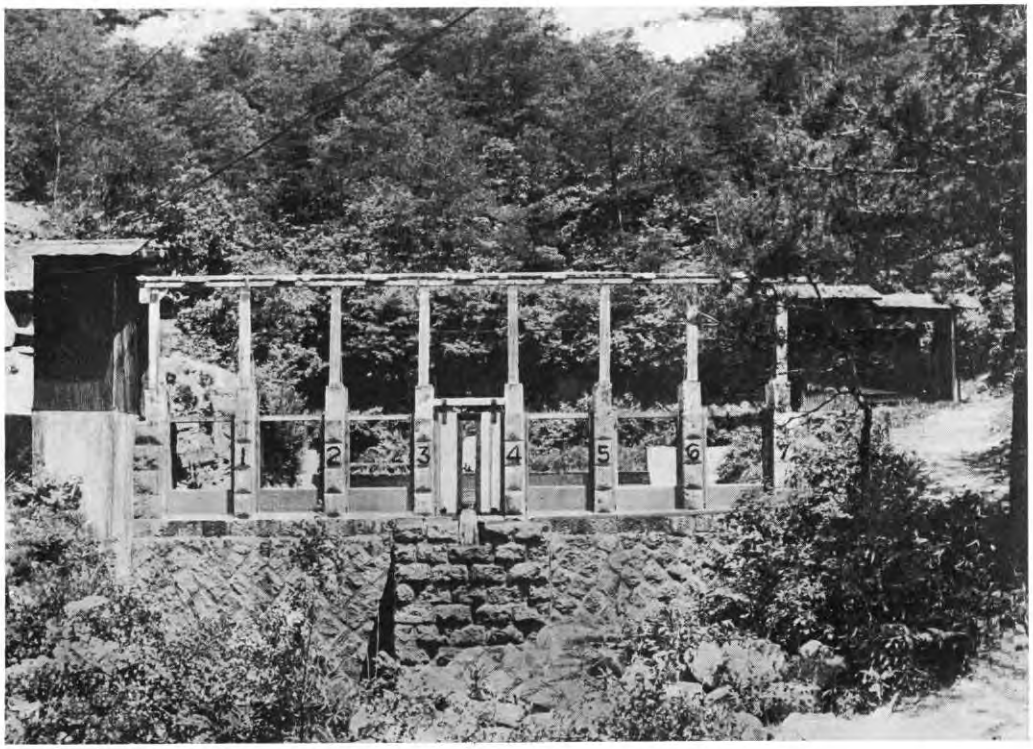

4



1



2




3



4

# 堰堤に依る流量の測定

櫻井莊三

# 正　誤　表

| 頁 | 行 | 誤 | 正 |
|---|---|---|---|
| 9 | 1 | 流　面　積 | 流域面積 |
| 28 | 下カラ6 | 河川の水位に | 河川の水位は |
| 49 | 表下カラ6 | 2904 | 3904 |
| 61 | 下圖（$b$=80） | +1.0<br>+2.0 | +2.0<br>+1.0 |

# 目　次


緒　言 …… 1

第1章　總　論 …… 3

I　流量測定法の種類 …… 3

II　過去の試驗 …… 8

第2章　設　備 …… 16

I　堰　堤 …… 16

II　水位計 …… 24

第3章　計　算 …… 35

I　諸種の流量式 …… 35

II　新しい流量式 …… 41

III　流量計算 …… 65

結　論 …… 69

文　獻 …… 71

# 緒　　言

雨量と流量との關係,流域の狀態の相違が渴水時·洪水時その他の時の流量に及ぼす影響等を知ることは極めて緊要であると共に仲々困難な問題である。例へば雨量と流量との關係に於て雨量は比較的容易に且かなり正確に測り得るが之に比較すべき流量の絶體量を同程度の正確さで知ることは容易でなく,又流域の狀態の相違が流量に及ぼす影響を知らうとするときに長期間に亘つて流域狀態を自然推移のまゝとして觀測する場合は別として,狀態の異る2流域を採つて別個の觀測設備に依つて並行して觀測した流量を比較する場合に兩者に同一の正確度を保たせることも容易ではない。如何にしてかゝる流量を測定するかに就いて我國には過去の實驗に乏しい爲に十分に研究されて居らず,外國に於ける主要な二三の例を見ても幾多の缺陷が認められ加ふるに諸種の事情殊に氣象狀態が著しく異る爲に我國には直ちに採用し難い。

本論文は我國の氣象狀態,即ち雨量の多い特に短時間の强雨のある氣象に對して,平時は勿論渴水時にも洪水時にも採用し得て,且短時間にも長時間にも相當に正確な結果が得られる流量の測定設備と計算方法とに就いて研究したものである。

流量を測定せんとする區域の面積は大體 100 ha 內外を限度とし,これ以下の面積に對してはそのまゝ採用し得るが,これより大きな面積の流域に對しては同じ精密の程度を以て適用することは一般に困難である。尤も洪水時を除外して平水時又は渴水時の流量だけを對象とする場合は別である。劣つた正確度で大きな面積に適用する方法に關しては述べない。

論文中の實驗に關するものゝ殆ど全部は大正15年から昭和8年

(1926～1933)の間に東京帝國大學農學部附屬愛知縣演習林內に於て行はれたものである。

尙本論文の研究に當つて終始御懇篤なる御指導を賜つた恩師諸戸北郎先生に對し茲に謹んで深厚の謝意を表し,併せて實驗その他に多大の便宜を與へられた前記演習林主任乾貞夫氏外職員各位,並びに計算その他に一方ならぬ援助を煩はした東京帝國大學農學部森林理水及砂防工學教室の荻原貞夫氏外教室員諸氏に厚く感謝の意を表する次第である。

# 第1章　總　　論

## I　流量測定法の種類

### A.　方法に依る分類

流路の或斷面を通過する水量を何等かの方法で測るものを直接法と云ひ,之に對して流域面積と雨量或は蒸發量その他を用ひて計算するものを間接法と云ふならば,後者は單に結果が甚だ不正確である許りでなく[1] 短時間の流量を求め得ないから一般的でない。寧ろ直接法に依つて正確に流量を測り,之と氣象要素その他との關係を知らうとすることが後に起つて來る問題である。尙上記の直接法と間接法との區別は論者に依つて異り,直接法の意義を更に狹く解する者もあるが,此處では前述の意義を採るものとする。この意味の直接法を更に分類すると次ぎの様になると思ふ。

(1)　給水管量水器法
(2)　Venturimeter 法
(3)　量水堰法
(4)　斷面速法
(5)　化學法
(6)　電氣法

これらの內給水管量水器法と Venturimeter 法とが自然の河川に用ひられないことは勿論で,化學法と電氣法とは正確な結果が得られない許りでなく,繼續的の記錄が求められないから一般的ではない。斷面速法は最も多く用ひられて來た方法で,相當量の水量があり且流量の變化が著しくないときに,短時間の流量を知る場合には差支ないが,繼

(1) Folse, J. A.　A new method of estimating stream-flow based upon a new evaporation formula 1929 194頁

續的の記錄を得ることは不可能であり,又或程度以上に流速が小となるか水深が淺くなると,結果が甚だしく不正確となるか,或は全く水速が測れなくなり,從つて流量が得られなくなつてしまふ。

即ち以上の五者何れも先に掲げた目的の流量測定法として採用し得ず殘るは量水堰法だけである。適當な設備の量水堰を用ひ適當な量水方法に依れば

(a) 正確な結果が得られる

(b) 繼續した記錄が求められる

(c) 流量の多少に拘らず用ひられる

(d) 流量の變化の著しい場合にも差支ない

等の特徴がある。

B. 堰の種類

量水堰は次ぎの3種に大別することが出來る。

(1) 潛水堰 (Submerged weir)

(2) 直流堰 (Non-contracted weir)

(3) 縮流堰 (Contracted weir)

この分類は實用を主とした分類で系統的のものではない。潛水堰中にも直流堰と縮流堰との兩者があるが,便宜上兩者を一括して論ずることゝする。

潛水堰とは堰より下流の水面が堰頂より高い場合でその流量は接近速度の無いものとして次式で與へられる。

$$Q=\frac{2}{3}c_1\sqrt{2g}\,b(H-D)^{\frac{3}{2}}+c_2\sqrt{2g}\,bD\sqrt{H-D}$$

式中Qは流量, $c_1c_2$ は係數, $g$ は重力の加速度, $b$ は堰の長さ, Hは堰頂から上流水面までの高さ, Dは堰頂から下流水面までの高さ。

しかして潛水堰に於ては下流水面が常に動搖する爲,下流水面の高

さDを測定することが困難であるばかりでなく,この種の堰に對する實驗が不十分である爲正確な流量測定の場合には用ひ得ない。尤も他の量水堰も構造如何に依つては流量の多い時には潛水堰となつてしまふことがある。(1)

直流堰とは水路の幅と堰の長さとが等しいものであり,縮流堰とは水路の幅の方が堰の長さより廣いものである。直流堰と縮流堰と何れの方が便利であり,より正確な値を與へるかに就いて直流堰の方が優つて居ると云ふ說が多く,之に對する實驗が多數行はれて居る。直流堰の方が正確である理由として擧げられる最大のものは端收縮(End contraction)は十分研究されて居らず之が誤差の最大の原因となるから,寧ろ之を無くした直流堰に依れと云ふのである。(2) 併し乍ら直流堰と縮流堰との得失の比較は然様に簡單とは思はれない。成程直流堰に於ては端收縮そのものは無くなるが水路の表面の性質の相違が流量に及ぼす影響はかなり大なるものがあると考へられ,短い期間の實驗には差支なくとも永い期間に亘るときは非常に不便である。又堰頂と水路の下端との間隔も直流堰の場合は縮流堰の場合より著しく大とすることが接近速度を無くする爲に必要である。(3) 更に直流堰の重大な缺點は流量の變化が著しく何個かの堰を用ひなければならないときに各個の越水高を等しくすることが困難なことである。しかるに縮流堰に於ては適當な設備を採用しさへすれば上述の缺點の總べてを除くことが出來る。

量水堰は更に他の觀點から次ぎの二つに分けることが出來る。

(1) 廣頂堰 (Broad-crested weir)

(2) 尖緣堰 (Thin-edged weir)

---

(1) 阿部謙夫 鐵道省土木調査委員會報告 第1輯 昭和6年 75頁

(2) King, H. W. Handbook of hydraulics 1929 94頁 其他

(3) 歌原定二 水力學 昭和8年 101頁

廣頂堰に對する實驗も尖緣堰に對する實驗に劣らない程多く行はれて居り色々の實驗式が出て居るが[1] 廣頂堰から求められる流量はその構造の如何即ち堰堤堤冠の形·表面の性質·堤冠の厚さ及び水裏面の傾斜等に依つて非常な差異があり,且結果も尖緣堰のものより不正確であるから,既に造られて居る堰堤を量水の目的に使用するとき,又は量水以外の目的を兼ねて造られる場合は別として,新に量水用の堰を設ける場合には尖緣堰とすべきである。尖緣堰は緣を損ふ懼があると云ふ者もあるが[2] 之は堰の上流に施す設備に依つて除くことが出來る。

C. 缺込の形に依る分類

尖緣縮流堰の缺込 (Notch) の形は

(1) 矩形
(2) 梯形
(3) 三角形
(4) 階段狀
(5) 圓形
(6) 拋物線形

等に分類出來る。

矩形缺込に對する研究は後に讓ることゝして,他の五者に就いて說明する。

梯形缺込よりの流量は論理的には矩形缺込よりの流量と三角形缺込よりの流量との和であるべき筈であるから,その流量Qは次式に依つて與へられる。

$$Q=c(bH^{\frac{3}{2}}+2\,tan\,\alpha H^{\frac{5}{2}})$$

式中$b$は缺込の下幅, Hは越水高, $\alpha$は側法角, $c$は常數。しかし一個

(1) Horton, R. E. Weir experiments, coefficients and formulas U. S. G. S. Water supply paper No. 200 1907
(2) Wasserbaulaboratorien Europas 1926 136頁

の常數 $c$ で $b$, H 及び $\alpha$ の諸種の値に適用することは困難である。Cipoletti は $\tan\alpha=\frac{1}{4}$ の場合に兩側の端收縮の爲に缺込の有効面積は下幅 $b$ なる有効の長さを持つ矩形缺込と等しいことを發見し $\tan\alpha=\frac{1}{4}$ の梯形缺込を Cipoletti weir と稱しその流量は

$$Q=cbH^{\frac{3}{2}}$$

で與へられて居るが,後に Flinn and Dyer の實驗に依れば $\tan\alpha$ は $\frac{1}{4}$ より大でなければならないことが判つた。(1) 又 H. J. F. Gourley 及び B. S. Crimp は梯形缺込に對して

$$Q=3.10\,b^{1.02}H^{1.47}+2.48\,\tan\alpha\,H^{2.47}$$

(單位は Q は 立方呎/秒, $b$ 及び H は呎)

の實驗式を求め,誤差は ±1% 以內に過ぎないと稱して居る。(2) 而してこの形の缺込で正確な流量を得る爲には $b$ を H の 3 乃至 4 倍以上とすることが望ましく從つて流量の多い場合には長い堰堤を要する。

三角形缺込よりの流量式は

$$Q=cH^{\frac{5}{2}}$$

で流量式が極めて簡單であるばかりでなく,小流量に對しても相當の越水高を持ち,且僅かな流量の變化も越水高に相當の變化となつて現はれるから小流量の場合に便利である。併し乍ら流量の多い場合には 1 個の餘り大きな缺込を用ひることが出來ないから,小さな缺込を用ひるとすれば非常に多數を要し,從つて堰堤の長さが長くなるを免れない。尙三角形缺込に於ては收縮を爲す緣が深さに比例するから,係數は矩形缺込の場合(矩形缺込では下端の水平端の長さの收縮は常にある)よりも變化が少いと云はれて居る。(3)(4)

---

(1) Flinn, A. D. and Dyer, C. W. D. Transactions of A. S. C. E. Vol. 32, 1894 (King Handbook of Hydraulics 1929 に依る)

(2) Gourley, H. J. F. and Crimp, B. S. Minutes of Proc. of Inst. C. E. Vol. CC. 1915 388 頁

(3) Lewitt, E. H. Hydraulics 1932 101 頁

(4) Horton, R. E. U. S. G. S. Water-supply paper 200 1909 47 頁

階段狀缺込は一見小水量にも大水量にも適用し得て甚だ便利の様に思はれるが,下方及び側方の收縮が複雜で結果が不正確になる。尙この形の缺込に對する實驗の發表されたのを見ないから,實際に用ひるには流量を實測してから後でなければならない。

圓形缺込は理論流量を表はすのに楕圓積分を用ひなければならないばかりでなく,實際流量を求める爲の係數の値は越水高と圓の直徑との比に依つて著しく異るから,流量の變化の多い自然河川の量水には用ひ得ない。

抛物線形缺込の抛物線の $x$ 軸を水平の方向に,$y$ 軸を鉛直の方向に取つたときの方程式を

$$x^2 = ay$$

とすればその理論流量 Q は H を越水高とするときに

$$Q = \frac{\pi}{4}\sqrt{2ag}\,H^2$$

で表はされ,實際流量 Q は之に $a$ に關係する係數 $c$ を乘じたものである。

$$Q = c\frac{\pi}{4}\sqrt{2ag}\,H^2$$

即ち實際流量は越水高の 2 乘と係數とだけで表はされ計算には便であるが缺込の製作が困難である。

即ち上記 5 種の缺込の中流量の少い場合に三角形缺込が實用に供される外一般に他の缺込は矩形缺込に及ばない。

## II 過去の試驗

本論に入るに先立つて,著者が論じやうとするものと略同樣の目的で行はれた我國及び外國の試驗の主なるものに就いて述べて見やう。これ等の中には既に過去のものとして現在實驗が續けられて居らな

いものもある。尙流面積の廣さの著しく異るもの,他の築設物を利用して行はれたもの,極めて一時的のもの等に就いては述べないこゝとする。

A. 我國に於ける試驗

(1) 東京大林區署の試驗[1]

有林地と無林地との水源涵養力を比較する爲に,東京大林區署管內で明治39年 (1906) 6 月 1 日から開始された試驗で,その要項は次ぎの通りである。

試驗場所　茨城縣久慈郡機初村
　　茨城縣西茨城郡岩間村
　　栃木縣上都賀郡足尾町

流域面積　5.22～300.46 町

堰の種類　收縮堰

缺込の形　60° 又は 90° の角を持つ三角形
　　側法 $\frac{1}{2}$ 又は $\frac{1}{4}$ の梯形

水位の測定法　普通尺度(?)　自記驗潮機

測定回數　1 日 5 回:—午前 5 時, 9 時, 正午, 午後 4 時, 8 時

流量算出式

(i) 三角形缺込の場合

$$q=\frac{4}{15}c\sqrt{2g}\frac{b}{h}H^{\frac{5}{2}}$$

$q$=流量 (立方尺/秒)

$c$=常數=0.617

$b$=缺込の上幅 (尺)

$h$=缺込の深さ (尺)

---

(1) 木村喬顯, 山田熹一　林業試驗報告　第 12 號　大正 4 年　1 頁

H＝水位（尺）

(ii) 梯形缺込の場合

$$q=\frac{2}{3}cBH\sqrt{2gH}\left(1+\frac{3}{15}\frac{H}{B}\right)$$ 側法 $\frac{1}{4}$ の場合

$$q=\frac{2}{3}cBH\sqrt{2gH}\left(1+\frac{6}{15}\frac{H}{B}\right)$$ 側法 $\frac{1}{2}$ の場合

$q$＝流量（立方尺/秒）

$c$＝常數＝0.45～0.5

B＝缺込の下幅（尺）

H＝水位（尺）

この試驗はかなり前に休止されて現在行はれて居らない。

(2) 鐵道大臣官房研究所の試驗[1]

丹那隧道湧水の根源を明かにする爲,鐵道省熱海線建設事務所に於て,昭和2年（1927）5月から開始した試驗で,その要項は次ぎの通りである。

試驗場所　靜岡縣田方郡熱海町·函南村

流域面積　1.2～11.9平方粁

堰の種類　收縮堰,洪水時には潛水堰

水位の測定法　鉤形水位計（Hook gage）

測定回數　1日1回午前10時,洪水時には毎時

缺込の形　矩形及び直角三角形

流量算出式

矩形堰に對しては Francis の式

$$Q=3.33\left(b-\frac{2}{10}H\right)H^{\frac{3}{2}}$$

直角三角形堰に對しては Thompson の式

$$Q=2.52H^{\frac{5}{2}}$$

---

(1) 阿部謙夫　鐵道省土質調査委員會報告　第1輯　昭和6年　49頁

矩形堰が潜水堰となる場合には

$$Q=cb\sqrt{2g(H_1-H_2+h)}\left[\frac{2}{3}(H_1+h)+\frac{1}{3}H_2\right]$$

但し　Q＝流量（立方尺/秒）

H＝上流水位（尺）（潜水堰とならない場合）

$H_1$＝上流水位（尺）（潜水堰となる場合）

$H_2$＝下流水位（尺）（　　〃　　）

$c$＝常數＝0.6

$h$＝潜水堰となるときの接近速度水頭（尺）

最多流量　昭和2年5月～昭和3年12月に於ける記錄では

3,469.9 立/秒

(3) 智頭森林測候所の試驗[1]

有林地溪谷と無林地溪谷との溪水量を比較する爲に，智頭森林測候所に於て大正15年（1926）1月から行つた試驗で，その要項は次ぎの通りである。

試驗場所　鳥取縣八頭郡智頭町

流域面積　10.2 ha 及び 4.9 ha

堰の種類　縮流堰

缺込の形　幅 2 dm の矩形

水位の測定法　浮式自記水位計

流量算出式　$Q=\frac{2}{3}\mu bh\sqrt{2gh}$

Q＝流量

$\mu$＝常數＝0.6

$b$＝缺込の幅

$h$＝水位

(1) 勝谷　稔　森林治水氣象彙報　第 13 號　昭和 8 年　141 頁

尙他の森林測候所に於ても同じ様な實驗が行はれて居る様に聞くが,その設備並びに觀測及び計算方法の發表されて居るのを見ない。

B. 外國に於ける試驗

(1) 瑞西林業試驗場の試驗[1]

瑞西に於て1903年に開始せられた試驗で,1919年に發表された報告[1]からその要項を摘記すれば次ぎの通りである。

試驗場所　瑞西國內東經 5°30′, 北緯 47°0′ 附近,海拔 1000 m 內外の地

流域面積　55.79 ha 及び 69.71 ha

堰の種類　直流堰

缺込の形　矩形

但しその後三角形缺込に換へた由[2] であるからこの兩者は現在は違つて居る。

水位の測定法　自記水位計（水位記錄の縮小の割合$\frac{1}{5}$,時間は 5 分まで）

測定回數　變化の多いときには 5 分毎

流量算出式　$Q=mbh\sqrt{2gh}$

$Q$=流量

$m$=係數

$b$=缺込の幅

$h$=水位

但し $m$ は各種の $h$ に就いて實測したものを用ひる。その値は 0.3930〜0.4770 で變化は不規則である。

最多流量　1,596.6 l/sec, 起日 1908 年 9 月 4 日午後 11 時 40 分

---

(1) Engler, A. Untersuchungen über den Einfluss des Waldes auf den Stand der Gewässer 1919

(2) 諸戸北郎　砂防　第 27 號　昭和 8 年　29 頁
諸戸北郎　山林　第 605 號　昭和 8 年　3 頁

(2) 亞米利加合衆國山林局の試驗[1]

1906 年に開始され 1926 年に完成した試驗で,その要項は次ぎの通りである。

試驗場所　北米ロツキー山脈內西經 106°35′ 北緯 37°46′ 附近,海拔 10,000 呎內外の地

流域面積　222.5 エーカー 及び 200.4 エーカー

堰の種類　縮流堰

缺込の形　矩形　後に直角三角形

水位測定法　自記水位計 (Friez water-stage recorder), 每日 Hook gage で檢訂

測定回數　1 時間每

流量算出式　Thompson の式に依る

$$Q=2.64H^{\frac{5}{2}}$$

尙係數の實測も行つてある。

C.　過去の試驗に對する考察

上に述べた五つの試驗に就いて考察批評を加へて見やう。

(1) 東京大林區署の試驗

この試驗はこの種の企として我國最初のものであるだけに幾多の不完全·不正確さがある樣に思はれる。即ち流量式には收縮堰に對するものを用ひて居るのにも拘らず報告書の寫眞に依れば完全な收縮堰と認め得ないこと·高水位の觀測設備の不完全なこと·水位の觀測を 1 日 5 回としたこと等である。尤もこれ等の內最後の水位の觀測回數に就いては,自記驗潮機 (記錄される水位と實際の水

(1) Frankenfield, H. C. Monthly weather review Vol. 38 No. 9 1910 1453 頁
Bates, C. G. and Henry, A. S. Monthly weather review Supplement No. 17 1922
〃 〃 〃 Vol. 44. No. 12 1922 637 頁
〃 〃 〃 Supplement No. 30 1928

位との縮小比が記載してないがかなり小さいものと思はれる）から30分毎に求めたものと，1日5回觀測のものとの算出結果を比較して，長期間に亘る成績を求めるのには差支ないと述べて居るが，短時間の流量の研究には非常に不便である。例へば上述の比較に於て1日にすら27%以上の差を生じて居る。(1)

(2) 鐵道大臣官房研究所の試驗

この試驗は世界の難工事と稱された熱海線丹那隧道工事の惱の種であつた多量の湧水の根源を明かにする目的の下に行はれたものである。即ち丹那隧道の湧水が地下水に基くものであるならばこれが爲に地下水位が低下して附近河川の流量に變化が起るだらうとの豫想の下に行はれた試驗で，流量の短時間内の變化或は渴水時又は洪水時の流量等よりも，寧ろ長時間の流量の研究を對象として居り，流量の絕對量よりも相對的變化を問題として居る様である。流量測定の目的が上の様であり且何れの量水堰の流域も皆相當の廣さを持つて居る所から，既述の様な設備が作られたのであらうが，流水の絕對量を知るのにはかなりの誤差を伴ふであらう。即ち水位の觀測を1日1回として洪水時にも1時間毎としたこと・缺込の構造を考慮の外にして單純に他の流量式を採用したこと・洪水時には堰を潛水堰にして取扱つて居ること等である。

(3) 智頭森林測候所の試驗

試驗設備・計算方法等に關する詳細な記載がなく分明しない。

(4) 瑞西國林業試驗場の試驗

本試驗及び次ぎに述べる合衆國山林局の試驗の兩者共森林の流量に及ぼす影響を知らうとする試驗である。本試驗の設備と方法との大部分は略完全に近いとは云ふものゝ量水堰に直流堰を用ひ

(1) 木村・山田　林業試驗報告　第12號　大正4年　13頁

たこと（後に三角形缺込の縮流堰に改造したのは直流堰の短所を認めた爲ではなからうか），流量の增減に從つて順次に3個の缺込の扉を開閉する構造は開閉時に不自然な流量の變化を起すこと（後頁參照）等は重大な缺陷と云はなければならない。

(5) 亞米利加合衆國山林局の試驗

海拔10,000呎の高地で，雨量が少く年平均21吋（533 mm）しかもその大半は雪である關係から，流量は最も多かつたときで1秒に1立方呎即ち0.028 $m^3$に足らない小水量であるから，この設備を一般に應用することは出來ない。又1時間1回の水位の觀測では，短時間の流量の變化の研究には不十分である。尙1，2月の氣温が14°Fと云ふ樣な低温にも拘らず一年中の記錄が全部とつてある。

# 第2章　設　　備

## I　堰　　堤

(1) 堰堤築設位置の選定

流量を測るべき流域の廣さが定まつて居り,量水堰の築設位置を動かし得ないときには已むを得ないが,然らざる場合には次ぎの諸點を考慮して築設個所を選定する。

(i) 岩盤が露出するか僅かの床堀に依つて岩盤に達し得る所

堰堤の底部を強固な岩盤から築き立てることは,唯に堰堤の安定の爲ばかりでなく,堤體の下からの漏水を防ぐ爲に必要である。

(ii) 谷幅の狹い所

谷幅が餘りに狹いと短い堰堤を造り深い缺込を設けなければならなく,水量の多い時に水位が高くなり過ぎる缺點があるが,これは堰堤の高さを高くし長さを長くすることに依つて救濟し得るから,谷幅の廣い所より狹い所の方が堰堤築設費を節約し得る。

(iii) 堰堤より上流の溪床勾配が緩い所

缺込に來る水の接近速度を無くする爲に,堰堤の上流に池を作らなければならないから,この池の面積を相當の廣さにする爲には,上流の勾配が緩くなければならない。特に上流から土砂の流出の多い場合に幾個かの砂留工事を施す時には,溪床勾配の緩い方が留め得る土砂の量が多い。

(iv) 堰堤より下流の溪床勾配が急な所

缺込から水が完全な越流をする爲には,缺込の下端は下流溪床面から相當の高さになければならない。(缺込の下端と下流溪床面との高さの差は缺込を越える水位の2.5倍以上と從來言はれて居つたが著者の實驗の結果ではそれ程の差を必要としない)。下流の溪床

勾配が緩な所に低い堰堤を造ると,水量の多い場合には潜水堰の様になつて,測定結果が不正確になる。殊に量水桝を設けて流水容積を直接測定する場合には下流の溪床勾配が急でないと量水桝の排水に困難を感ずる。

(2) 流すべき流量の概算

前に述べた様に最も多い場合の流量をも完全に測り得ることを必要とするものであるから,流量の概算に際して用ひる雨量は假令繼續時間は短くとも強さの強い雨を用ひなければならない譯である。强雨はその繼續時間中一様な強さで降るものではなく,採る時間が短ければ短い程,單位時間當りの雨量は多くなる。さればと云つて徒らに大きな雨量から算出した過大な流量を用ひることは,築設費を不要に大とするばかりであるから或程度に止めなければならない。如何なる繼續時間の最多雨量を用ふべきかに就いて著者の研究した所に依ると,(1) 繼續時間として1時間を採りこの間の最多雨量が1時間に平等に流出するものとして十分で,これより短い時間 (例へば10分) の最多流量を採るには及ばない。1時間の最多雨量は附近に毎時觀測の測候所があればその記錄に依り得る便もある。若し附近に毎時觀測の測候所がなく1日6回觀測の記錄しか得られないとすれば4時間の最多雨量の$\frac{1}{2}$を採つて1時間の最多雨量として大體差支ないであらう。(2) 以上は流域が10ha以上と云ふ様な相當な廣さを持つ場合であるから,流域がもつと狹くなれば1時間の最多雨量を用ひたのでは不十分かも知れないが,流域面積が小となるに從つて流量の絕對量は少くなるから,もつと短時間の最多雨量を用ひ,之に從つて單位時間當りの雨量は多くなつても

(1) 櫻井莊三 砂防 第26號 昭和7年 26頁
(2) Köppen, W. Das Wetter 1904 169頁 (岡田武松 雨 大正5年 に依る)

差したる支障は起らなくなる。

1時間の最多雨量 $r(mm)$ が1時間に平等に流出するものとすれば,流域面積 F(ha) から1秒間に流出する流量 $Q_r(m^3)$ は次式に依つて算出し得る。

$$Q_r=n\frac{\frac{r}{1000}\times 10000\times F}{60\times 60}$$

式中の $n$ は流去係數と呼ばれるもので0.50～0.75位の範圍内の値を用ひて差支ないが,流域の廣さ及び狀態に依つては1を用ひるのが安全である。

以上は水だけが流れるものとしてであつて,流域の狀態に依つては水の外に土砂をも流出する場所がある譯であるが,かゝる場所には土砂を留止させる爲の設備が施されて居る筈であるから,流出土砂の量は水量を測る缺込の大さに關する限りでは問題とするに當らない。

雨量と流域面積とから流出する水量が判つたから,次ぎに矩形缺込から流出し得る水量を計算して見やう。矩形缺込の幅を $b$, 深さを $h$ とすれば,接近接度の無い場合の流量 $Q_f$ は大略

$$Q_f=\mu bh\sqrt{2gh}$$

で與へられる。今

$$\mu=0.4$$

$$b=1\,m$$

$$h=1\,m$$

$$g=9.8\ ^{m}/_{sec^2}$$

とすれば

$$Q_f=0.4\times 1\times 1\times\sqrt{19.6}$$

$$=1.77\ ^{m^3}/_{sec}$$

流域面積が大きく從つて流量が多いときにも缺込の形は餘り大

きくしない方がよい。$b$ 及び $h$ の大きな値に對する $\mu$ の値を實驗的に求めることが困難な爲である。故に流域面積が大きい場合には一定の大さの缺込を數個附ける樣にする,その數は $\frac{Q_r}{Q_f}$ から計算出來る。

(3) 堰堤の築設材料

量水の目的で作られる堰堤は十分の强度を有すると共に,漏水の懼の無いものでなければならない。

前にも述べた通り研究の對象となる流域の面積は餘り廣くないのであるから,こゝに造られる堰堤も餘り大きくはない。從つて鐵骨又は鐵筋を入れる必要はなく,良質の石材が豐富に得られる所では練積石堰堤にするのがよく,石材の得難い所ではコンクリート堰堤にし,又溪幅が廣くて非常に長い堰堤を要する場合には缺込を附する部分だけを石材又はコンクリートを用ひ,他の部分は土堰堤としても差支ない。但し何れの材料を用ひる場合にも,漏水を防ぐ爲に內部にアスファルトその他適當のものを入れて置かなければならない。

(4) 堰堤の大さ

(i) 長さ

堰堤に附すべき缺込の大さと數が決まれば堰堤の長さの最小限は大體決まる。溪の幅が狹くこれだけの長さにする爲には高さを非常に增さなくてはならない場合には已むを得ず深い缺込を用ひる。例へば缺込の深さが 2 倍になれば之で流し得る水量は

$$2^{\frac{3}{2}}=2.8\text{倍}$$

となるから堰堤の長さは大體 $\frac{1}{3}$ でよいことになる。溪幅の廣いときにも淺い缺込を多數附しては多額の經費を要するから缺込の深

さは變へずに必要數だけに止め殘りの部分は普通に積み上げて置く。

(ii) 高さ

普通の堰堤に於ては高さは長さよりも先に決まるものであるが,溪幅の狹い所に設けられる量水堰に於ては長さを先に決めなければならないこと前述の通りである。この場合には堰堤は相當の高さを持つて居るから差支ないが,溪幅が廣くて長さと無關係に高さを決め得る場合にも,高さが低過ぎて洪水時に潛水堰となる樣なことのないだけの高さがなければならない。特に量水桝を設ける場合にはその排水に十分の考慮を要する。

(iii) 厚さ及び法

厚さに關しては普通の堰堤と同一の考慮を拂へばよい。唯堰堤高の大部分が水壓を受けること,及び相當の深さの越水があることに注意を要する。

堰堤の上流面及び下流面の法の大さに就いても同樣である。

(5) 池

量水堰に依る流量測定の際には接近速度が無い方が結果が正確である。特に缺込を幾つも附ける場合にはその總べてに同一の接近速度を與へることは困難であるから,寧ろ接近速度は全部無くする樣にした方がよい。接近速度を無くするには缺込の斷面積(數個の缺込のときには夫等の合計)より大きな斷面積を持つ池を堰堤の上流に設ければよく,この池は深さ·幅·長さ共に大きい程容易にその目的を達し得る。

土砂の流出が全く無いときには池の埋まる心配はないが多少でも土砂の流出のある場合には次第に池が埋まるから之を防ぐ爲に池の上流に砂留の堰堤を作らなければならない。此處に堆つた砂

はその都度堀り取るものであるから,高さは餘り高いものより低いものを多數造る方がより有効である。砂の堀取の時期は强雨の多い季節となる前で,流量の變化の少い且流量の少い時期を選び,毎日の堀取の前後の流量は直線的の變化をしたものと見做す。

(6) 缺込

缺込は耐久性の大なる點,工作の容易なる點等から鐵製を最も適當とするが,その形の如何は流量に大きな影響を有するから愼重の考慮を拂はなければならない。水流は唯一線で缺込の緣に觸れるのが理想であるが,缺込の刃を餘り薄くしては流水中にある夾雜物の爲に損じ易いから,刃の幅に應じて必要な厚さの鐵板を取り端を2 *mm* 位殘して斜に切るのが最も適當と信ずる。

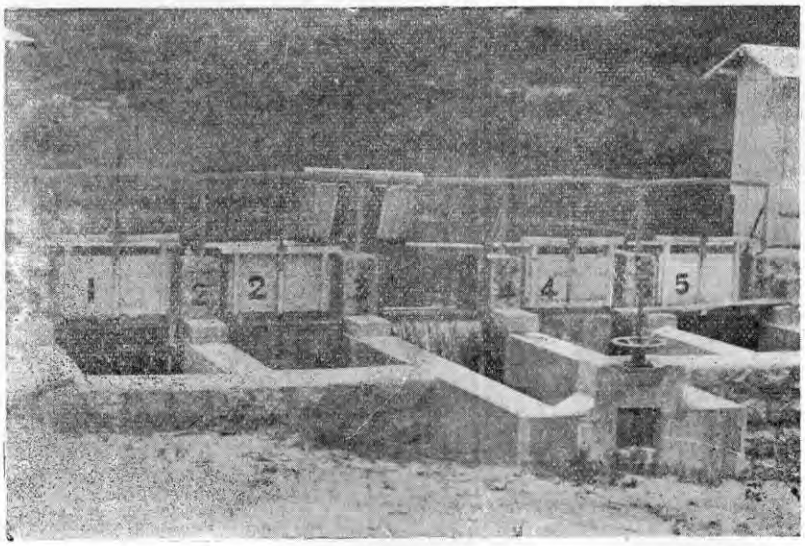
缺込の刃の鐵板を堤冠に取り附けるには直接取り附けず豫め適當な方法で堤冠に取り附けられた角鐵にボルトで留める方が高さの調節その他に便利である。ボルトの頭は扁平にして,取り附けた際水表面に突出しない樣にした方が水流の障害とならなくてよい。水裏面にナットの出るのは夫が缺込の端に極めて接近して居る場合の外支障とならない。

缺込を堤冠に取り附ける位置は堰堤の上流面と同一平面に在る樣にすることが理想ではあるが,缺込を上流面に取り附け而も之から落下する水が堤體に觸れずに自由に落下する爲には堤冠の厚さを非常に小としなければならなく,かくしては堤體の安定が得られないから,已むを得ず缺込を下流面に近く取り附ける。しかし乍ら落下する水の支障とならない限り上流面に近い程よい。收縮堰から落下する水の下面線の描く曲線の方程式は $y$ 軸を下方に,$x$ 軸を側方に取り水位を單位としたときに

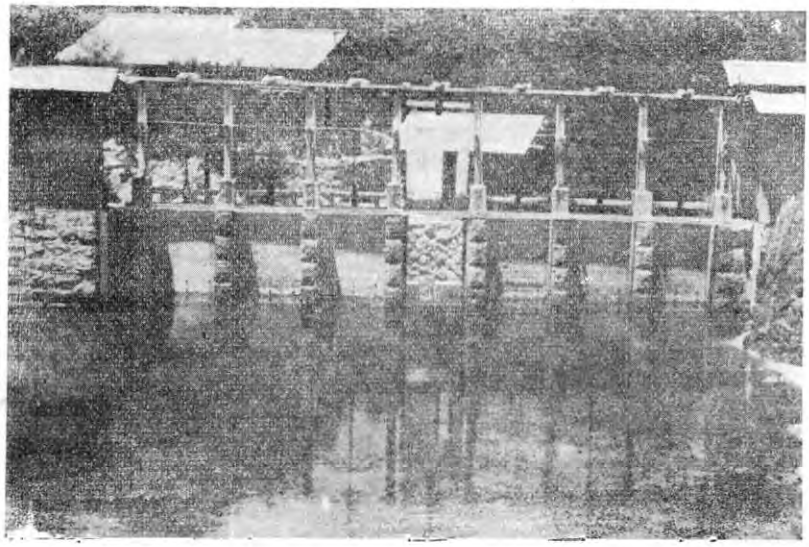
$$y=\left(\frac{x-0.10}{1.55}\right)^2+0.062x-0.186 \qquad x>0.50$$

で表はされることが判つて居る故,缺込の刃の幅が決れば上式から堤體の下流面から離すべき距離を算出し得る。又缺込の刃を堤冠の途中に取り附ける場合には刃の端は堤體から十分離して水流が完全な收縮を爲す樣にしなければならない。

流域面積が狹く,流量の多い時でも1個の缺込で足りる場合は,問題は無いが流域面積が廣く多量の水を流し得る樣に作られた堰堤に於て,渴水時並びに平水時に,流量の多い場合に安全に流し得る程の缺込幅を使用しては,水位が極めて小となり流量測定の結果が不正確となる。之を避ける爲に同一の高さの幅の小さい缺込を數個設けて置いて,流量の增加と共に扉を開いて行くものと(次圖參照),

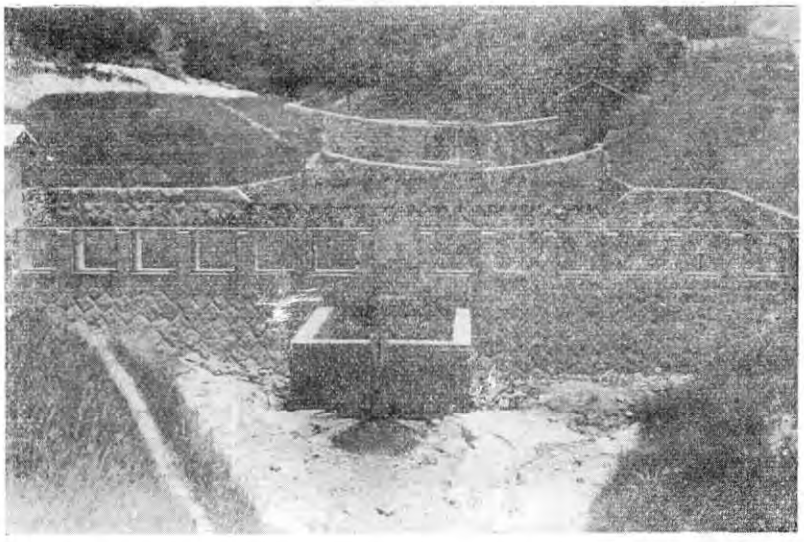



同高の缺込を持つ堰堤（下流より見る）

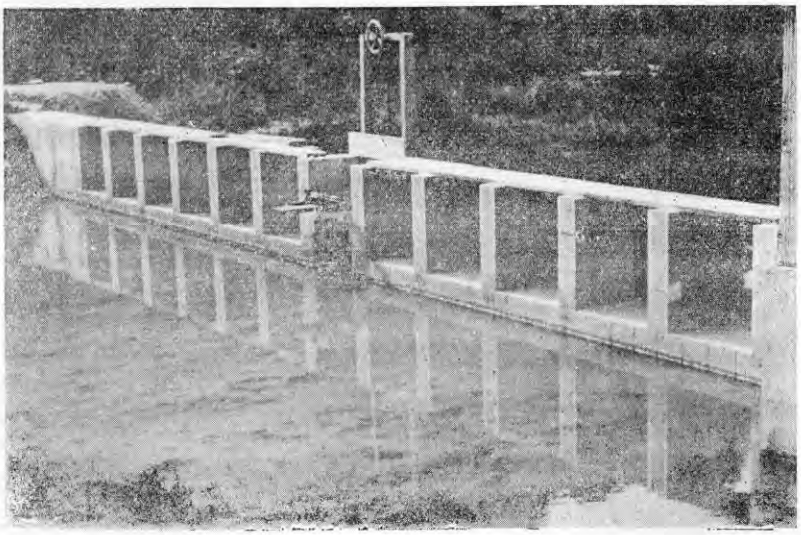


同上（上流より見る、前と同じ堰堤ではない）

扉を用ひずに缺込の頂の高さを異にして置いて越水高の增加に從つて缺込の數を增加して行くもの（次圖參照）とがある。前者は



異高の缺込を持つ堰堤（下流より見る）



同上（下流より見る，前と同じ堰堤ではない）

流量が増加して來た時扉を開いた瞬間には池に湛へて居つた水が急激に流出する爲に,正當の流量より過大の流量を與へ,最多流量の研究を不可能ならしめるが,後者はこの不便はない。流量が減少して來て扉を閉ぢる時は越水高が增加すると共に池に水が湛へる爲に流量は正當のものより少くなることは前の逆である。

## II 水位計

水位計とは水位即ち或點を基準とした水面の位置を測定する裝置の總稱で,構造·使用目的等から種々に分類されるが,精密な流量計算の水位を測定するに適するものは鉤形水位計 (Hook gage) と自記水位計との二つで,兩者が相倚り相扶けて始めて正確な結果が期待される。

### A. 鉤形水位計

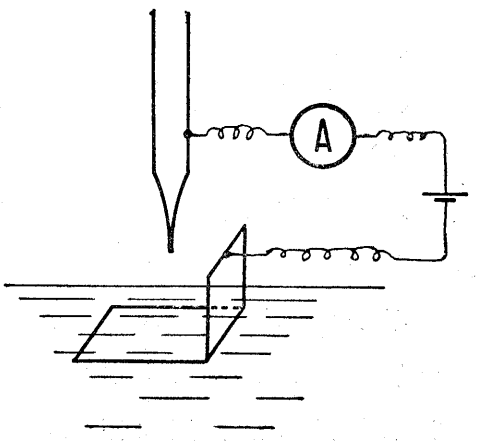
鉤形水位計は金屬製又は木製の棒狀の尺度で,その下端に鉤を附

し,尺度の目盛は上方を0とし下方に向けて盛つてある。尺度は溝又は管の中を動き,それには指標或は遊尺があり,水位はこの標を基準として測られる。

尺度は鉛直の方向に動き得る様に取り附けられ,1組の固定及び微動螺旋を有して居る。水位測定の際は固定螺旋を弛めて鉤の尖端が水中に入るまで尺度を下げて固定螺旋を締め,次ぎに鉤の尖端に依つて極めて微な突起が水面に現はれるまで微動螺旋で尺度を引き上げ,そのときの目盛を指標又は遊尺で讀む。鉤形水位計を取り附ける際に,尺度の讀が0のとき鉤の尖端と缺込の下端とは正しく同一水平面に在ることが必要で,取附後も屢々檢訂を要する。この兩者が同一水平面に無い場合にはその誤差だけ讀を補正しなければならない。

鉤形水位計の特徴は極めて正確な結果が得られること,任意の場所に簡單に取り附け·取り外しの出來ること等である。

鉤形水位計は普通の水位標(水面が尺度の目盛部に直接接觸するもの)に比較しては讀み易く且毛管現象も少いから個人誤差は少いが,それでも尙水面に當る光線の强さ·射す方向等に依り讀の誤差があり,眼を水面に近附けて觀測しなければならないから水面の低いときに不便である。之を救濟する爲に尺度の下端を鉤形にせずに尖らし之を電池の一極に結び,電池の他極から出した導線を尺度の下に當る水の表面近くに置かれた銅板に結んだ裝置を用ひて見た。尺度を次第に下げその先端が水面に接すれば電流が通るから,之を導線中に入れた電



流計で驗するのである。鋭敏な電流計と電壓の低い電池とを用ひれば尺度の先端を損する懼はない。この裝置の方が測定も容易で次表に示す様に個人誤差も少い。

| 觀測者 | | 甲 | 乙 | 丙 |
|---|---|---|---|---|
| * 電流を用ひたもの | I | cm ◎ 63.59 | cm 63.60 | cm 63.59 |
| | II | 9.359 | 63.60 | 63.59 |
| | III | 63.59 | 63.60 | 63.59 |
| | IV | 63.59 | 63.60 | 63.59 |
| 普通のもの | I | cm ◎ 63.56 | cm 63.595 | cm 63.56 |
| | II | 93.57 | 63.595 | 63.56 |
| | III | 63.575 | 63.58 | 63.57 |
| | IV | 63.57 | 63.58 | 63.57 |

* 6V, 0.2 mA.

◎ 讀みが兩方で違ふのは尺度の 0 が同じでない爲である。

B. 自記水位計

自記水位計は時間に依る水位の變化を直角坐標（坐標軸は直角でないこともある）の曲線に記錄せしめるもので,坐標軸の一方を時間に取り他方を水位に取る。

自記水位計の主要部は次ぎの 4 個所からなつて居る。

(1) 水面の變動に從つて鉛直に上下する浮子

(2) 浮子の鉛直の運動を記錄せしめる裝置

(3) 曲線を記錄せしめる紙及び之を卷く圓筒

(4) 時計

以下各部に就いて詳論して見やう

(1) 浮子

浮子は水面の高さの變動に速に應じ得るだけの吃水面積を持つて居らなければならない。水位の變化に對する浮子の敏感さは自記水位計の精密度に至大な關係を持つ故,浮子は自記水位計中最も

簡單な部分であるが,その適當な大さに考慮を拂はなければならない。而して水位計の一方の運動は浮子に作用する浮力に依つて爲されるものであるから,その吃水面積が大きい程水位計は敏感になる。

浮子は鐵索又は穿孔した鋼帶を以つて車輪の上に掛けられ,鐵索又は鋼帶の他端には平衡錘が附せられて居る。鐵索を用ひる場合に浮子と平衡錘とを1本の鐵索の兩端に掛けずに2本の鐵索を用ひ,2本共一端を車輪に固定し,他端に浮子及び平衡錘を附し互に反對の方向に卷いたものがあり,之は鐵索が車輪の周圍を滑ることを防ぐ効果がある。鐵索の代りに稍太い金屬線を用ひたものは屈曲することがあつて不適當である。穿孔鋼帶を用ひ車輪の周圍に突起を設け之と穿孔とを噛み合せる様にしたものは滑る憂がなくてよい。

(2) 記錄裝置

水位の變化の記錄は自記圓筒の表面に沿ふて動くペン又は鉛筆に依つて爲されるが,この裝置を2種に大別することが出來る。その一つは自記圓筒が時計の力で廻轉しペン又は鉛筆が水位の變化に應じて圓筒の軸の方向に紙上を動くもので,他は圓筒が水位の變動と共に廻轉しペン又は鉛筆が時間仕掛で圓筒の軸の方向に運動するものである。水位變化の振幅の小さいものを時間的に詳しく記錄せしめる場合には前者が適し,水位變化の振幅が大きいものを大きな縮小比で記錄せしめる場合には後者が適する。

圓筒が時計仕掛で鉛直軸の周りに廻轉し,水位の變化を示すペン先が圓弧を描く所謂Richard型の自記驗潮機は流量計算用の自記水位計として最も不適當である。

(3) 自記圓筒及び記錄紙

自記圓筒の軸の鉛直のものと水平のものとでは据附場所の經濟以外の點では後者の方が優つて居る。圓筒の直徑及び軸の長さは大きい程詳細な記錄に適するが,摩擦その他の點から大さの制限を受ける。殊に自記圓筒の廻轉が時計の力に依るものに於て然るを見る。

記錄紙は表面が滑かで伸縮の少いものであり,ペンを用ふる場合にはインキの滲まないものであればよい。

(4) 時計

時計に關して特に記載すべきことはない。

上に述べた構造の外に,水位の一定量の變化(例へば 2 cm)毎に電流の作用に依つて自記鉛筆又はペンが動き水位の變化を階段狀に記錄するものがあるが,精密な流量測定の際には用ひられない。

C. 流量測定用自記水位計

從來自記水位計の代用として自記驗潮機が多く用ひられて居つたが,自記驗潮機は流量計算の爲に水位を測るのには不適當である。何となれば驗潮機に依つて自記さるべき潮位の變化は緩慢且規則正しく,加ふるに振幅が比較的大であるから,小形の縮小比の小さな機械で差支ないが,流量を測定すべき河川の水位に非常に急激な變化を爲すこともあるが,普通は極めて振幅が小さいからである。

又驗潮機に依つて求めるのは水面の位置そのものであるが,流量測定用水位計に於ては水位を直接必要とするのではなく,之から流量を算出する用に供するのである。それ故流量測定用自記水位計は之から求められた水位を用ひて計算される流量が或程度の正確

さを持つて居ればよい譯である。而して流量が或程度の正確さを持つ爲に要求される水位測定の正確さは水位の値の大小に依つて異る。今水位測定に$dh$の誤差があつたとき,之が算出される流量に及ぼす誤差を$dQ$とすれば

$$Q=cbh^{\frac{3}{2}}$$

とするときに

$$dQ=\frac{3}{2}cbh^{\frac{1}{2}}dh$$

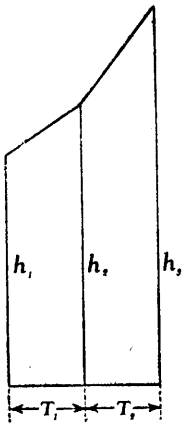
從つてその時の流量に對する誤差の割合は

$$\frac{dQ}{Q}=\frac{\frac{3}{2}cbh^{\frac{1}{2}}dh}{cbh^{\frac{3}{2}}}=\frac{3}{2}\frac{dh}{h}$$

即ち算出流量の誤差の割合はその計算に用ひられる水位の測定誤差の割合の$\frac{3}{2}$倍に當る。故に算出流量の誤差を一定の割合に止めやうとする場合には水位測定の誤差は水位が大となるに比例して大となつて差支ない。從つて自記用紙の$h$の方の目盛間隔は各部分が一樣である必要はなく低水位の部分が廣く高水位の部分が狹くて差支ない。かくすれば同じ大さの器械では一層精密な結果が得られ,精密度を一定にすれば器械の形を小さくすることが出來る。但し上述の論議は缺込幅$b$を不變としてのものであるから水位の變化と共に$b$が變る場合は別の問題となる。

次ぎに自記用紙の他の軸即ち時間の方である。即ち時間の線の間隔を幾何にするかである。間隔は廣い程精密な結果の得られることは勿論であるが,餘り廣くすることは器械の構造上許されなく,又計算の手數の爲にも出來ない。普通の自記雨量計の時間の線の間隔は10分間が2$mm$從つて1日が288$mm$となつて居るから若し降水量の變化に應じた流量の變化を知り度いならば之と同一の幅にすればよい譯である。

こゝでは流量の絶對的の値を欲しい場合に,時間の線の間隔の廣さ·從つてそれから讀み得る最小の時間が流量に及ぼす影響を計算して見やう。




圖の様に始め$h_1$の水位が$T_1$時間後$h_2$になり更に$T_2$時間後に$h_3$になつたときに時間のとり方に$\triangle T$の誤差があつたとすれば流量の算出に於て現はれる誤差は次ぎの通りである。但し流量は時間の中央の水位から算出するものとする（後頁參照）

$$cb\left\{\left(\frac{h_1+h_2}{2}\right)^{\frac{3}{2}}T_1+\left(\frac{h_2+h_3}{2}\right)^{\frac{3}{2}}T_2\right\}$$

$$-cb\left\{\left(\frac{h_1+h_2}{2}\right)^{\frac{3}{2}}(T_1+\triangle T)-\left(\frac{h_2+h_3}{2}\right)^{\frac{3}{2}}(T_2-\triangle T)\right\}$$

$$=cb\left\{\left(\frac{h_2+h_3}{2}\right)^{\frac{3}{2}}\triangle T-\left(\frac{h_1+h_2}{2}\right)^{\frac{3}{2}}\triangle T\right\}$$

$$=cb\frac{\triangle T}{\sqrt{8}}\{(h_2+h_3)^{\frac{3}{2}}-(h_1+h_2)^{\frac{3}{2}}\}$$

この誤差の流量に對する割合を$e$とすれば

$$e=\frac{cb\frac{\triangle T}{\sqrt{8}}\{(h_2+h_3)^{\frac{3}{2}}-(h_1+h_2)^{\frac{3}{2}}\}}{cb\frac{1}{\sqrt{8}}\{(h_1+h_2)^{\frac{3}{2}}T_1+(h_2+h_3)^{\frac{3}{2}}T_2\}}$$

$h_1=n_1h_2$, $h_3=n_2h_2$ とすれば

$$e=\triangle T\frac{(h_2+n_2h_2)^{\frac{3}{2}}-(n_1h_2+h_2)^{\frac{3}{2}}}{(n_1h_2+h_2)^{\frac{3}{2}}T_1+(h_2+n_2h_2)^{\frac{3}{2}}T_2}$$

$$=\triangle T\frac{(1+n_2)^{\frac{3}{2}}-(n_1+1)^{\frac{3}{2}}}{(n_1+1)^{\frac{3}{2}}T_1+(1+n_2)^{\frac{3}{2}}T_2}$$

$T_1=T_2=T$ とすれば

$$e=\frac{\triangle T}{T}\ \frac{(1+n_2)^{\frac{3}{2}}-(1+n_1)^{\frac{3}{2}}}{(1+n_2)^{\frac{3}{2}}+(1+n_1)^{\frac{3}{2}}}$$

$\frac{T}{\triangle T}e=E$ とすれば

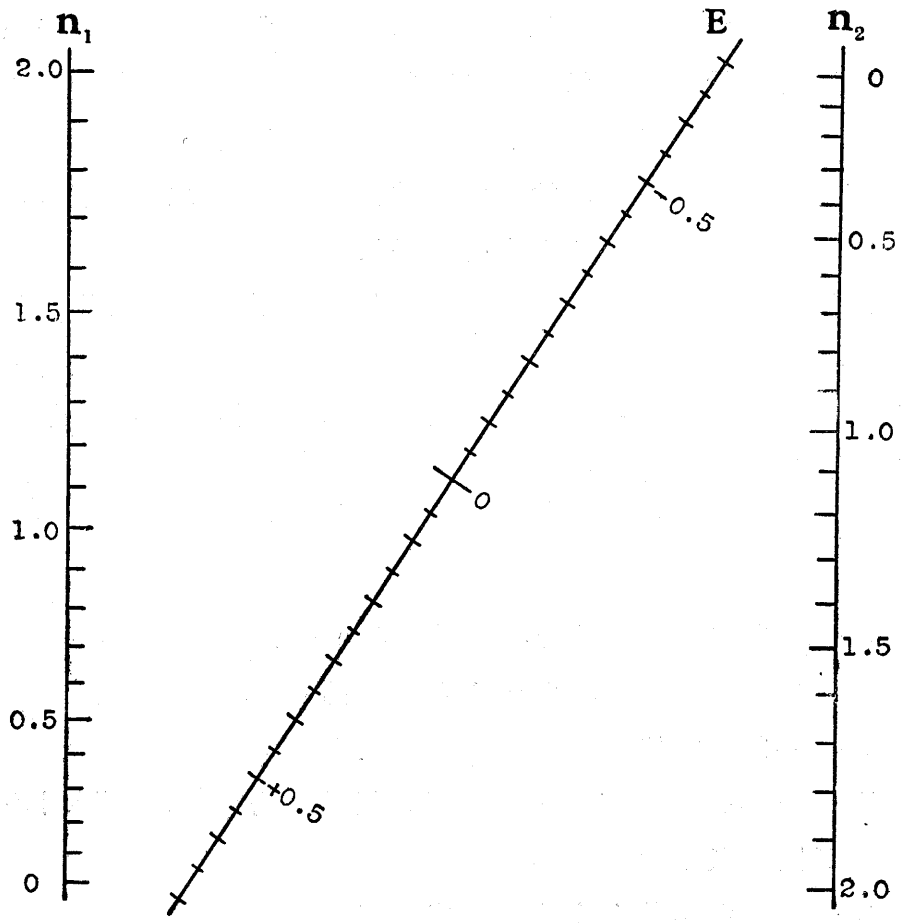
$$E=\frac{(1+n_2)^{\frac{3}{2}}-(1+n_1)^{\frac{3}{2}}}{(1+n_2)^{\frac{3}{2}}+(1+n_1)^{\frac{3}{2}}}$$

$$E(1+n_2)^{\frac{3}{2}}+E(1+n_1)^{\frac{3}{2}}=(1+n_2)^{\frac{3}{2}}-(1+n_1)^{\frac{3}{2}}$$

$$(1+n_1)^{\frac{3}{2}}(1+E)=(1+n_2)^{\frac{3}{2}}(1-E)$$

$$\frac{(1+n_1)^{\frac{3}{2}}}{(1+n_2)^{\frac{3}{2}}}=\frac{1-E}{1+E}$$

最後の式に表はされた$n_1, n_2, E$の間の關係を直列圖表で表はすと次圖



の通りで $n_1$ と $n_2$ とが判れば E を求めることが出來る。但し圖から求めた E に $\frac{\triangle T}{T}$ を乘じたものが誤差の割合であることを忘れてはならない。例へば

$$n_1=0.5,\ n_2=2.0$$

$$T=10\text{分},\ \triangle T=30\text{秒}$$

ならば圖表から求めた E は

$$E=+0.48$$

であるから誤差の割合 $e$ は

$$e=E\times\frac{\triangle T}{T}=+0.48\times\frac{1}{20}=+0.024$$

となる。

而して自記水位計の構造に依つて左右し得るのは記錄紙上に讀み得る時間の最小に關係する △T だけで，T 及びこの時間內に水位の變化する割合 $n_1$ 及び $n_2$ は自記水位計の構造を以てしては如何とも爲し難いものである。故に之を救濟する爲には前に述べた様に缺込の構造その他に依るより他の手段はない。

以上述べ來つた諸點を考慮して流量測定用自記水位計として著者は圖の様な構造のものを設計試作せしめた。

大體の構造は自記ペンを時計仕掛で自記圓筒の軸の方向に動かし，自記圓筒の軸を横にして浮子の上下に依り廻轉せしむる様にしたものである。更に詳細を圖に就いて說明すると

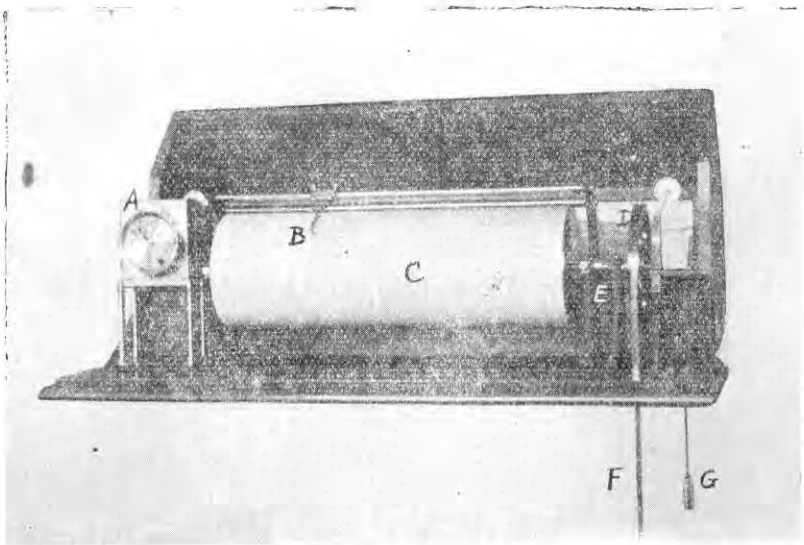
A……時計。

B……自記ペン。時計の廻轉に從つて之に結んだ絲が弛み G の重りに引かれて左から右に運動する。

C……自記圓筒。長さ 48.5 *cm* 周圍 50 *cm*.。

D……浮子と平衡錘とを結んだ鋼帶を掛ける車輪(周圍 50 *cm*)，周圍に數個の突起がある。

E……自記圓筒と車輪との連結裝置。




F……穿孔鋼帶。穿孔と車輪の周りの突起とを噛み合せる。

この水位計の長所と思はれる點を擧げれば

1. 自記圓筒の廻轉を時計に依らなかつた爲に始動の際に誤差の無いこと。
2. 圓筒に卷く紙を糊附とした爲に極めて高い水位の際には2廻轉又は3廻轉せしめて用ひることが出來（この爲に記錄の混亂する虞はない）從つて小型の割合に能率がよい。
3. 浮子と平衡錘とを結ぶのに穿孔鋼帶を用ひた故鋼帶が車輪の周りを滑ることがない。
4. 車輪又は圓筒の取換に依つて容易に記錄の範圍及び縮小の比を變更し得ること。例へば先に述べた様な(29頁)構造とする爲には,圓筒に卷く用紙の $h$ の目盛の間隔を $\log h$ に盛り鋼帶を卷く車輪の形が對數渦線になる様にすればよい。

D. 水位の測定位置

水位の測定位置は缺込の中央上流でなければならない。自記水位計を用ひるときには流水の水平方向の運動を靜止させる爲に,圍

井を作つてこの中に水位計の浮子を入れなければならないが,圍井を缺込の直ぐ上流に作つては,缺込から水の流出する狀態が變つてしまふから,圍井は缺込のない池の端の方に作る。この場合は堰堤を長く,池を大にして,自記水位計の示す水位をなるべく實際の水位に近からしめるばかりでなく,時々缺込の中央上流に備へた鉤形水位計の讀と對照して誤差を修正しなければならない。

# 第3章　計　　算

## I　諸種の流量式

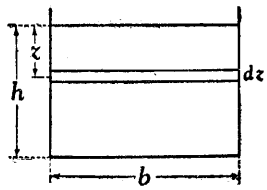
矩形缺込を越えて流れる水量は矩形幅 $b$ と越水高[1] $h$ とに關係し，$b$ は缺込の構造上定まつて居り $h$ は自記水位計の記錄から求めることが出來る。而して矩形缺込からの流量が $b$ と $h$ とに如何なる關係を持つかは研究の餘地が多いと思ふから以下之を詳論して見やう。

接近速度の無い矩形缺込からの單位時間の理論流量 $Q_t$ は缺込の幅を $b$，越水高を $h$ とするときに

$$Q_t=\int_0^h \sqrt{2gz}\, b\,dz$$

$$=\sqrt{2g}\, b\int_0^h z^{\frac{1}{2}}dz$$

$$=\frac{2}{3}\sqrt{2g}\, bh^{\frac{3}{2}}$$




しかしこれは單なる理論流量で，普通の場合の實際流量は之と一致するものではない。そこで實際流量の算出式を得やうとして古くから多數の實驗が行はれて居るがその大部分は直流堰のもので縮流堰のものは極めて少い。又縮流堰に對する實驗でも水量を體積的に直接測つたものと標準堰 (Standard weir) との比較に依つて定めたものとを同一に論ずることは出來ない。尚前の實驗に對する文獻には古いものが多く直接見ることが出來なく他書から引用したものもある。(後述 * 印)

縮流堰の實驗者の主なるものは Castel,[2] Poncelet and Lesbros,[3] Francis,[4]

---

(1) 前節まで單に「水位」の語を用ひて來たが本章では「越水高」の語を用ひる。

(2) d'Aubuison, J. F. Traité d'hydraulique 2ed 81頁 *

(3) Paris, Mém. prés par div. sav. 3 (1832) 486頁 *

(4) Francis, J. B. Lowell hydraulic experiments 122頁 *

Fteley and Stearn,[1] Lesbros,[2] 井口及び内丸[3] Gourley and Crimp[4] Kinzer 等で，又 H. Smith[5] 並びに F. Frese[6] 等の様に他の實驗値から係數又は實驗式を求めたものもある。而して之等は (i) 理論式に單なる係數を乘じたもの，(ii) 理論式を基として或項を添加したもの，(iii) 理論式とは形の異るもの等であるが，その主なるものを擧げれば

(i) 理論式に係數を乘ずるもの

即ち $$Q=\frac{2}{3}cb\sqrt{2g}h^{\frac{3}{2}}$$

で $c$ を係數として $b$ 及び $h$ の諸種の値に就いて表示したもので，その代表的のものは H. Smith のものである。

H. Smith の係數表

| 越水高 (呎) | 缺込 0.66 | 缺込 1 | 幅 (呎) 2 |
|---|---|---|---|
| 0.1 | 0.632 | 0.639 | 0.646 |
| 0.15 | 619 | 625 | 634 |
| 0.2 | 611 | 618 | 626 |
| 0.25 | 605 | 612 | 621 |
| 0.3 | 601 | 608 | 616 |
| 0.4 | 595 | 601 | 609 |
| 0.5 | 590 | 596 | 605 |
| 0.6 | 587 | 593 | 601 |
| 0.7 | | 590 | 598 |
| 0.8 | | | 595 |

表には越水高・缺込幅共著者の實驗範圍内のものだけを示す。

この表に依れば係數は $b$ の增加と共に增加し，$h$ の增加と共に減少して居るが，このことは一二の例外を除いて殆ど凡ての人の結果共に一致して居る。

(1) Trans. of A. S. C. E. Vol. 12 (1883) 110頁 *

(2) Expérience hydrauliques sur les lois de lécoulement de l'eau 1852

(3) 東京帝國大學工科大學學術報告 第5號 明治三十六年 4頁

(4) in. Proc. Inst. C. E. Vol. CC. (1915) 388頁

(5) Smith, H. Hydraulics (1884) 132頁 *

(6) Z. d. V. deutsch Ing. 34 (1890)*

(ii) 理論式に或項を添加したもの

これは前述の $c$ を單なる係數とせずに $b$ 及び $h$ その他の因子に關係した式で表はしたものである。

(a) Frese の式（接近速度は無いものとして）

$$Q=\left(0.5755+\frac{0.017}{h+0.18}-\frac{0.075}{b+1.2}\right)\frac{2}{3}b\sqrt{2g}\,h^{\frac{3}{2}}$$

(b) Kinzer の式

$$Q=\left(0.4342+0.009\frac{b}{B}-0.0777\frac{h}{T}\right)b\sqrt{2g}\,(h+h_g)^{\frac{3}{2}}$$

（B は水路の幅，T は缺込から下の水路の深さ，$h_g$ は接近速度水頭）

(iii) 理論式と形の異るもの

これは理論式 $\frac{2}{3}b\sqrt{2g}\,h^{\frac{3}{2}}$ の形を殘さないもので次ぎの様なものがある。

(a) Francis の式

$$Q=3.33(b-0.2\,h)h^{\frac{3}{2}}$$ （單位は呎—秒）

(b) Gourley and Crimp の式

$$Q=3.10\,b^{1.02}h^{1.47}$$ （單位は呎—秒）

上の 2 式をメートル單位に直すと夫々

$$Q=1.84(b-0.2\,h)h^{\frac{3}{2}}$$

$$Q=1.71\,b^{1.02}h^{1.47}$$

となる。Francis の式に似た形で井口，内丸兩氏の式

$$Q=0.596(b-0.105\,h)\sqrt{2g}\,h^{\frac{3}{2}}$$

があるが實驗範圍が非常に狹いから引用しないことにする。

上の式に依る算出流量を $b$ の 20, 40, 60, 80 $cm$ に就いて示すと次表の様になる。但し Kinzer の式は接近速度を計算に入れないこととし，從つて括弧内の第 2 項と第 3 項とを省略した結果他の式に依る算出値よりも大きな値を與へて居る。

$b = 20\ cm$

| h | Frese | Kinzer | Francis | Gourley Crimp |
|---|---|---|---|---|
| cm | l/秒 | l/秒 | l/秒 | l/秒 |
| 3 | 1.85 | 2.00 | 1.85 | 1.83 |
| 4 | 2.76 | 3.07 | 2.83 | 2.79 |
| 5 | 3.93 | 4.30 | 3.91 | 3.87 |
| 6 | 5.14 | 5.65 | 5.08 | 5.06 |
| 7 | 6.45 | 7.12 | 6.34 | 6.34 |
| 8 | 7.84 | 8.70 | 7.66 | 7.72 |
| 9 | 9.32 | 10.38 | 9.04 | 9.18 |
| 10 | 10.87 | 12.16 | 10.47 | 10.72 |
| 11 | 12.50 | 14.02 | 11.95 | 12.33 |
| 12 | 14.20 | 15.98 | 13.46 | 14.01 |
| 13 | 15.95 | 18.02 | 15.01 | 15.76 |
| 14 | 17.78 | 20.14 | 16.58 | 17.57 |
| 15 | 19.66 | 22.34 | 18.17 | 19.45 |
| 16 | 21.60 | 24.60 | 19.78 | 21.39 |
| 17 | 23.60 | 26.95 | 21.41 | 23.38 |
| 18 | 25.65 | 29.35 | 23.05 | 25.43 |
| 19 | 27.75 | 31.84 | 24.69 | 27.53 |
| 20 | 29.91 | 34.38 | 26.33 | 29.69 |
| 21 | 32.12 | 36.99 | 27.97 | 31.90 |
| 22 | 34.37 | 39.67 | 29.62 | 34.16 |
| 23 | 36.68 | 42.40 | 31.26 | 36.48 |
| 24 | 39.03 | 45.19 | 32.89 | 38.81 |
| 25 | 41.42 | 48.05 | 34.50 | 41.21 |

$b = 40\ cm$

| h | Frese | Kinzer | Francis | Gourley Crimp |
|---|---|---|---|---|
| cm | l/秒 | l/秒 | l/秒 | l/秒 |
| 3 | 3.74 | 3.99 | 3.77 | 3.70 |
| 4 | 5.72 | 6.15 | 5.77 | 5.65 |
| 5 | 7.95 | 8.60 | 8.02 | 7.84 |
| 6 | 10.40 | 11.31 | 10.49 | 10.26 |
| 7 | 13.04 | 14.24 | 13.15 | 12.86 |
| 8 | 15.87 | 17.40 | 15.99 | 15.66 |
| 9 | 18.85 | 20.70 | 18.98 | 18.62 |
| 10 | 22.00 | 24.32 | 22.11 | 21.73 |
| 11 | 25.29 | 28.05 | 25.37 | 25.00 |
| 12 | 28.72 | 31.96 | 28.76 | 28.41 |
| 13 | 32.28 | 36.04 | 32.26 | 31.96 |
| 14 | 35.97 | 40.28 | 35.86 | 35.63 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 15 | 39.78 | 44.67 | 39.55 | 39.45 |
| 16 | 43.71 | 49.20 | 43.33 | 43.37 |
| 17 | 47.76 | 53.89 | 47.20 | 47.42 |
| 18 | 51.90 | 58.70 | 51.15 | 51.56 |
| 19 | 56.16 | 63.67 | 55.17 | 55.83 |
| 20 | 60.53 | 68.76 | 59.25 | 60.20 |
| 21 | 65.00 | 73.99 | 63.39 | 64.68 |
| 22 | 69.56 | 79.34 | 67.59 | 69.26 |
| 23 | 74.23 | 84.81 | 71.85 | 73.93 |
| 24 | 78.98 | 90.38 | 76.15 | 78.70 |
| 25 | 83.92 | 96.10 | 80.50 | 83.57 |

$b = 60\ cm$

| h | Frese | Kinzer | Francis | Gourley Crimp |
|---|---|---|---|---|
| cm | l/秒 | l/秒 | l/秒 | l/秒 |
| 3 | 5.66 | 5.99 | 5.68 | 5.60 |
| 4 | 8.66 | 9.22 | 8.71 | 8.55 |
| 5 | 12.03 | 12.90 | 12.14 | 11.86 |
| 6 | 15.73 | 16.96 | 15.90 | 15.51 |
| 7 | 19.73 | 21.36 | 19.97 | 19.45 |
| 8 | 24.01 | 26.10 | 24.31 | 23.67 |
| 9 | 28.53 | 31.13 | 28.91 | 28.15 |
| 10 | 33.29 | 36.47 | 33.75 | 32.86 |
| 11 | 38.27 | 42.07 | 38.80 | 37.81 |
| 12 | 43.46 | 47.94 | 44.05 | 42.96 |
| 13 | 48.85 | 54.06 | 49.51 | 48.33 |
| 14 | 54.43 | 60.41 | 55.13 | 53.88 |
| 15 | 60.20 | 67.01 | 60.93 | 59.65 |
| 16 | 66.16 | 73.81 | 66.89 | 65.59 |
| 17 | 72.28 | 80.84 | 72.99 | 71.70 |
| 18 | 78.56 | 88.06 | 79.25 | 77.97 |
| 19 | 85.01 | 95.51 | 85.64 | 84.43 |
| 20 | 91.63 | 103.14 | 92.16 | 91.03 |
| 21 | 98.38 | 110.98 | 98.80 | 97.81 |
| 22 | 105.29 | 119.01 | 105.56 | 104.74 |
| 23 | 112.36 | 127.21 | 112.44 | 111.80 |
| 24 | 119.56 | 135.57 | 119.42 | 119.02 |
| 25 | 126.89 | 144.15 | 126.50 | 126.38 |

$b=80\ cm$

| h | Frese | Kinzer | Francis | Gourley Crimp |
|---|---|---|---|---|
| cm | l/秒 | l/秒 | l/秒 | l/秒 |
| 3 | 7.59 | 7.99 | 7.59 | 7.51 |
| 4 | 11.62 | 12.30 | 11.66 | 11.42 |
| 5 | 16.15 | 17.19 | 16.25 | 15.90 |
| 6 | 21.12 | 22.61 | 21.31 | 20.80 |
| 7 | 26.50 | 28.48 | 26.78 | 26.09 |
| 8 | 32.23 | 34.81 | 32.64 | 31.75 |
| 9 | 38.31 | 41.51 | 38.85 | 37.75 |
| 10 | 44.50 | 48.63 | 45.38 | 44.07 |
| 11 | 51.38 | 56.10 | 52.22 | 50.70 |
| 12 | 58.36 | 63.91 | 59.35 | 57.61 |
| 13 | 65.60 | 72.08 | 66.76 | 64.81 |
| 14 | 73.10 | 80.55 | 74.41 | 72.26 |
| 15 | 80.85 | 89.34 | 82.31 | 80.00 |
| 16 | 88.84 | 98.41 | 90.44 | 87.96 |
| 17 | 97.07 | 107.79 | 98.79 | 96.15 |
| 18 | 105.51 | 117.41 | 107.36 | 104.56 |
| 19 | 114.16 | 127.34 | 116.12 | 113.22 |
| 20 | 123.04 | 137.52 | 125.08 | 122.08 |
| 21 | 132.13 | 147.98 | 134.22 | 131.17 |
| 22 | 141.42 | 158.67 | 143.54 | 140.46 |
| 23 | 150.90 | 169.62 | 153.04 | 149.93 |
| 24 | 160.58 | 180.77 | 162.69 | 159.60 |
| 25 | 170.42 | 192.19 | 172.50 | 169.43 |

更に各式の算出値の相違を明かにする爲,後述する著者の式に依る算出値を 100 として他の式に依る算出値を比較すると次表の様になる。

| b | h | Frese | Kinzer | Francis | Gourley Crimp |
|---|---|---|---|---|---|
| cm | cm | | | | |
| 20 | 3 | 95.4 | 103.1 | 95.4 | 94.3 |
| | 5 | 96.3 | 105.4 | 95.8 | 94.8 |
| | 10 | 97.1 | 108.6 | 93.5 | 95.7 |
| | 15 | 97.0 | 110.2 | 89.6 | 96.0 |
| | 20 | 96.7 | 111.2 | 85.2 | 96.0 |
| | 25 | 96.5 | 112.0 | 80.4 | 96.0 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 40 | 3 | 95.2 | 101.5 | 95.9 | 94.1 |
| | 5 | 96.4 | 104.2 | 97.2 | 95.0 |
| | 10 | 97.2 | 107.4 | 97.7 | 96.0 |
| | 15 | 97.1 | 109.1 | 96.6 | 96.3 |
| | 20 | 96.9 | 110.1 | 94.9 | 96.4 |
| | 25 | 96.9 | 110.9 | 92.9 | 96.4 |
| 60 | 3 | 94.8 | 100.3 | 95.1 | 93.8 |
| | 5 | 96.2 | 103.1 | 97.0 | 94.8 |
| | 10 | 97.0 | 106.3 | 98.4 | 95.8 |
| | 15 | 97.0 | 108.0 | 98.2 | 96.1 |
| | 20 | 96.9 | 109.0 | 97.4 | 96.2 |
| | 25 | 96.9 | 109.8 | 96.4 | 94.3 |
| 80 | 3 | 94.2 | 99.1 | 94.2 | 93.2 |
| | 5 | 95.7 | 101.9 | 96.3 | 94.3 |
| | 10 | 96.3 | 105.2 | 98.2 | 95.3 |
| | 15 | 96.8 | 106.9 | 98.5 | 95.7 |
| | 20 | 96.6 | 108.0 | 98.2 | 95.9 |
| | 25 | 96.5 | 108.8 | 97.7 | 96.0 |

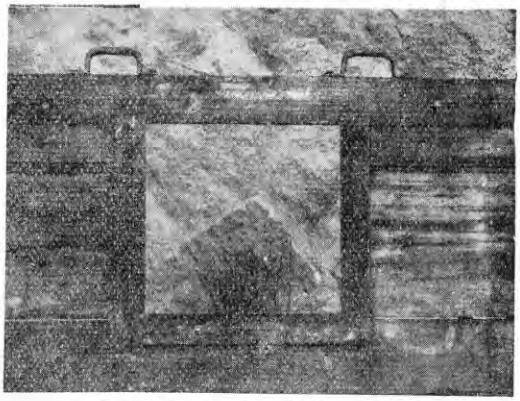
即ち算出流量の最大のものは最小のものゝ1.4倍にも當り,流量式の不適當が算出流量に及ぼす誤差の著しいことを如實に示して居る。(1)

## II 新しい流量式

前述の様に多數の流量式があり,且それに依る算出値が非常に區々であつては,量水堰を造つても流量を計算することが出來ないので,何れが最も實際に近いかを調べる爲に,東京帝國大學農學部附屬愛知縣演習林に於て順次に數個の量水堰堤を築設すると共に,數氏に依つて流量測定の實驗が行はれたが,その結果も頗る區々で,しかも前述の諸種の實驗式の何れとも一致しなかつた。そしてその原因が主として堰堤の構造と缺込の形の相違に基くことが判つたので缺込の形を一定にし,且堰堤の構造から受ける影響を除外し得る様にして實驗して

(1) Liddle, W. A. Stream gaging 1927 58頁

見た。實驗の設備方法等は既に東京帝國大學農學部演習林報告第13號[1] に掲げた所であるから詳細な記載は略するが缺込の形は次圖の通りでその後伏谷伊一氏の研究[2]に依つて堰堤放水路壁から實質的の影響を受けないことが判つた。尙流量の測定は本論文全體に亘つて全部體積を直接に測つたものゝみである。



實驗に用ひた缺込 (水表より見る)

實測流量を各缺込幅毎に表記すれば次ぎの通りである。

$b=20\ cm$

| h | Q | h | Q | h | Q | h | Q |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| cm | l/秒 | cm | l/秒 | cm | l/秒 | cm | l/秒 |
| 4.50 | 3.49 | 7.67 | 7.59 | 12.98 | 16.48 | 17.18 | 24.63 |
| 4.58 | 3.58 | 7.70 | 7.59 | 13.13 | 16.57 | 17.22 | 24.69 |
| 4.80 | 3.87 | 7.82 | 7.77 | 13.50 | 17.28 | 17.45 | 25.30 |
| 4.80 | 3.84 | 8.05 | 8.11 | 13.70 | 17.84 | 17.50 | 25.22 |
| 4.97 | 4.07 | 8.20 | 8.42 | 13.90 | 17.80 | 17.90 | 26.12 |
| 5.02 | 4.12 | 8.46 | 8.68 | 13.90 | 18.11 | 18.28 | 27.18 |
| 5.02 | 4.06 | 8.62 | 8.97 | 14.00 | 18.25 | 18.48 | 27.59 |
| 5.33 | 4.43 | 8.83 | 9.30 | 14.30 | 18.86 | 18.70 | 28.15 |
| 5.38 | 4.51 | 9.20 | 9.88 | 14.63 | 19.63 | 19.03 | 29.15 |
| 5.52 | 4.73 | 9.51 | 10.34 | 14.85 | 20.06 | 19.35 | 29.39 |
| 5.73 | 4.94 | 10.12 | 11.49 | 15.13 | 20.51 | 19.53 | 29.89 |
| 5.85 | 5.12 | 10.38 | 11.81 | 15.35 | 20.82 | 19.70 | 30.23 |
| 6.13 | 5.48 | 10.53 | 12.06 | 15.42 | 21.05 | 20.05 | 31.03 |
| 6.25 | 5.56 | 11.05 | 12.95 | 15.62 | 21.38 | 20.22 | 31.39 |
| 6.39 | 5.82 | 11.18 | 13.17 | 15.80 | 21.68 | 20.83 | 32.75 |
| 6.44 | 5.84 | 11.64 | 13.99 | 15.94 | 22.33 | 20.96 | 33.14 |
| 6.50 | 5.93 | 11.90 | 14.53 | 16.15 | 22.56 | 21.35 | 34.05 |
| 6.72 | 6.27 | 12.17 | 15.01 | 16.70 | 23.75 | 21.73 | 34.84 |
| 7.05 | 6.66 | 12.33 | 15.23 | 16.87 | 24.02 | 22.63 | 37.27 |
| 7.23 | 6.95 | 12.71 | 15.89 | 17.08 | 24.58 | 22.97 | 37.86 |

(1) 昭和 6 年發行 (收縮堰に於ける流量係數)

(2) 昭和 8 年實驗 未發刊

$b = 40\ cm$

| h | Q | h | Q | h | Q | h | Q |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| cm | l/秒 | cm | l/秒 | cm | l/秒 | cm | l/秒 |
| 3.00 | 3.87 | 8.11 | 16.57 | 13.00 | 33.05 | 17.60 | 51.48 |
| 3.11 | 4.08 | 8.35 | 17.20 | 13.11 | 33.90 | 17.63 | 51.70 |
| 3.35 | 4.60 | 8.40 | 17.68 | 13.30 | 34.29 | 17.80 | 52.16 |
| 3.55 | 5.08 | 8.58 | 18.30 | 13.50 | 35.11 | 18.20 | 53.93 |
| 4.31 | 6.72 | 8.80 | 18.98 | 13.70 | 35.90 | 18.40 | 54.81 |
| 4.46 | 6.97 | 8.90 | 18.95 | 13.77 | 35.63 | 18.70 | 56.34 |
| 4.54 | 7.20 | 9.25 | 20.15 | 14.00 | 37.20 | 18.70 | 55.97 |
| 4.70 | 7.54 | 9.75 | 21.90 | 14.10 | 37.55 | 18.87 | 57.60 |
| 4.85 | 7.87 | 10.15 | 23.31 | 14.17 | 37.79 | 19.08 | 58.54 |
| 4.92 | 8.20 | 10.30 | 23.61 | 14.35 | 38.71 | 19.20 | 58.74 |
| 5.58 | 9.70 | 10.50 | 24.47 | 14.70 | 39.92 | 19.50 | 59 78 |
| 5.65 | 9.76 | 10.75 | 25.30 | 15.00 | 40.92 | 19.85 | 62.05 |
| 5.70 | 9.90 | 10.80 | 25.46 | 15.10 | 41.56 | 20.00 | 62.12 |
| 5.89 | 10.46 | 10.85 | 25.52 | 15.20 | 42.30 | 20.17 | 63.45 |
| 5.90 | 10.52 | 10.93 | 26.02 | 15.50 | 42.38 | 20.30 | 63.28 |
| 5.93 | 10.44 | 11.29 | 27.09 | 15.52 | 42.76 | 20.76 | 64.84 |
| 6.00 | 10.74 | 11.40 | 27.59 | 15.60 | 43.30 | 21.20 | 68.19 |
| 6.15 | 11.08 | 11.50 | 27.78 | 15.63 | 43.54 | 21.68 | 70.63 |
| 6.20 | 11.22 | 12.34 | 30.77 | 16.30 | 46.08 | 21.80 | 70.92 |
| 6.40 | 11.87 | 12.47 | 31.56 | 16.42 | 47.09 | 21.87 | 71.48 |
| 6.70 | 12.64 | 12.52 | 31.39 | 16.64 | 48.04 | 22.75 | 75.58 |
| 7.24 | 14.19 | 12.61 | 31.73 | 16.70 | 48.33 | 22.95 | 76.43 |
| 7.55 | 15.12 | 12.70 | 32.16 | 16.95 | 49.34 | 22.97 | 76.06 |
| 7.60 | 15.10 | 12.73 | 32.24 | 16.98 | 49.13 | | |
| 7.80 | 15.70 | 12.97 | 33.05 | 17.20 | 50.38 | | |

$b = 60\ cm$

| h | Q | h | Q | h | Q | h | Q |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| cm | l/秒 | cm | l/秒 | cm | l/秒 | cm | l/秒 |
| 3.30 | 6.80 | 6.10 | 16.74 | 8.98 | 29.30 | 10.88 | 38.40 |
| 3.58 | 7.76 | 6.66 | 18.92 | 9.15 | 30.21 | 11.12 | 40.05 |
| 3.98 | 9.07 | 6.90 | 20.35 | 9.36 | 31.08 | 11.30 | 40.71 |
| 4.17 | 9.66 | 7.40 | 22.26 | 9.42 | 31.52 | 11.60 | 42.30 |
| 4.40 | 10.45 | 7.60 | 23.22 | 9.68 | 32.57 | 11.67 | 42.99 |
| 4.60 | 11.14 | 7.80 | 24.17 | 9.97 | 34.25 | 11.85 | 43.78 |
| 4.72 | 11.59 | 8.09 | 25.14 | 10.10 | 34.75 | 12.00 | 45.29 |
| 5.10 | 12.91 | 8.46 | 26.88 | 10.35 | 36.18 | 12.30 | 46.37 |
| 5.25 | 13.64 | 8.61 | 27.61 | 10.65 | 37.91 | 12.73 | 48.63 |
| 5.42 | 14.11 | 8.95 | 29.50 | 10.80 | 38.52 | 12.90 | 49.96 |

$b=60\ cm$ (續き)

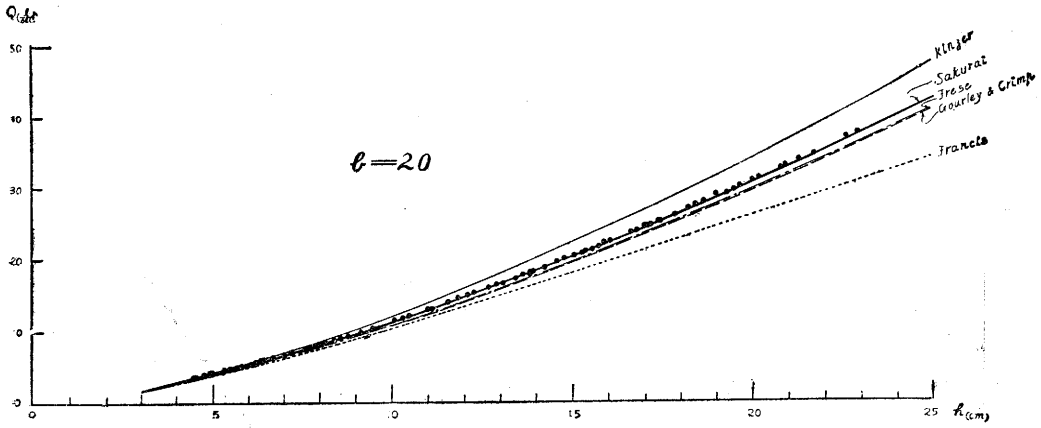
| h | Q | h | Q | h | Q | h | Q |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 13.27 | 52.14 | 15.70 | 66.29 | 18.70 | 85.98 | 21.05 | 101.85 |
| 13.50 | 53.81 | 16.03 | 68.59 | 18.79 | 86.61 | 21.37 | 104.08 |
| 13.86 | 55.19 | 16.40 | 71.28 | 19.15 | 89.21 | 21.85 | 107.87 |
| 14.20 | 56.77 | 16.53 | 71.70 | 19.38 | 90.23 | 22.18 | 109.87 |
| 14.43 | 58.74 | 16.60 | 71.70 | 19.53 | 91.27 | 22.70 | 113.75 |
| 14.60 | 59.63 | 17.27 | 76.55 | 19.90 | 93.43 | 22.80 | 115.20 |
| 14.72 | 60.08 | 17.56 | 78.32 | 20.05 | 94.92 | 22.90 | 115.05 |
| 15.25 | 63.11 | 17.60 | 78.06 | 20.25 | 96.86 | | |
| 15.45 | 64.49 | 18.18 | 81.83 | 20.60 | 98.06 | | |
| 15.50 | 55.56 | 18.20 | 82.54 | 20.80 | 98.88 | | |

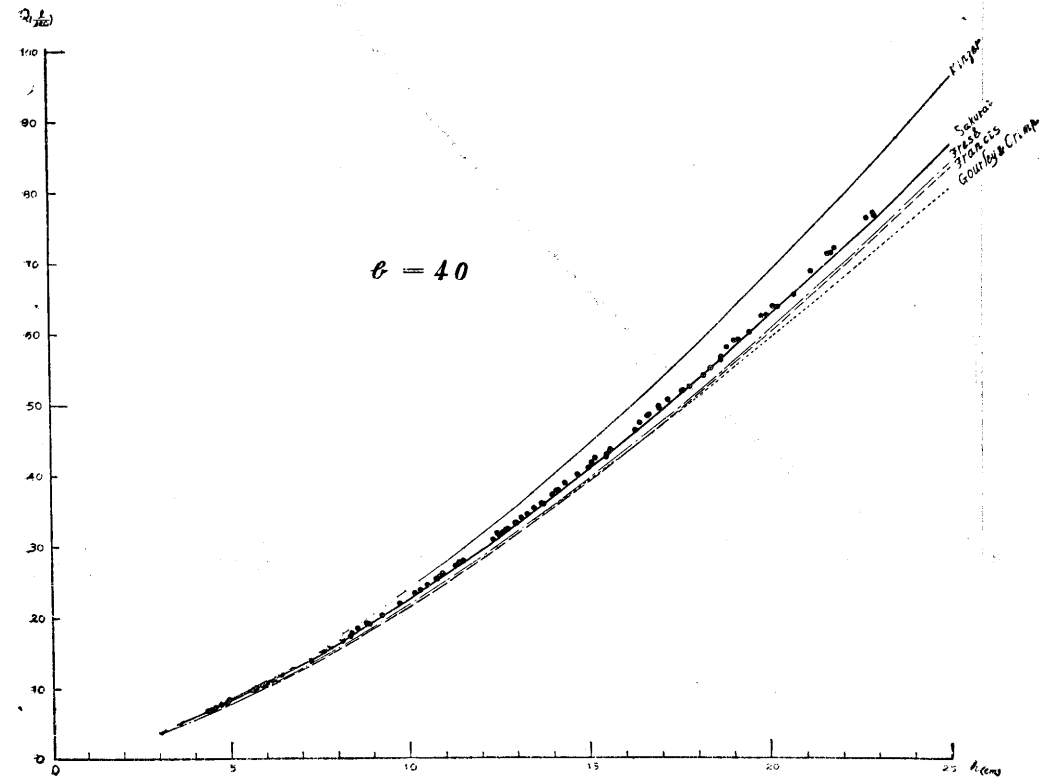
$b=80\ cm$

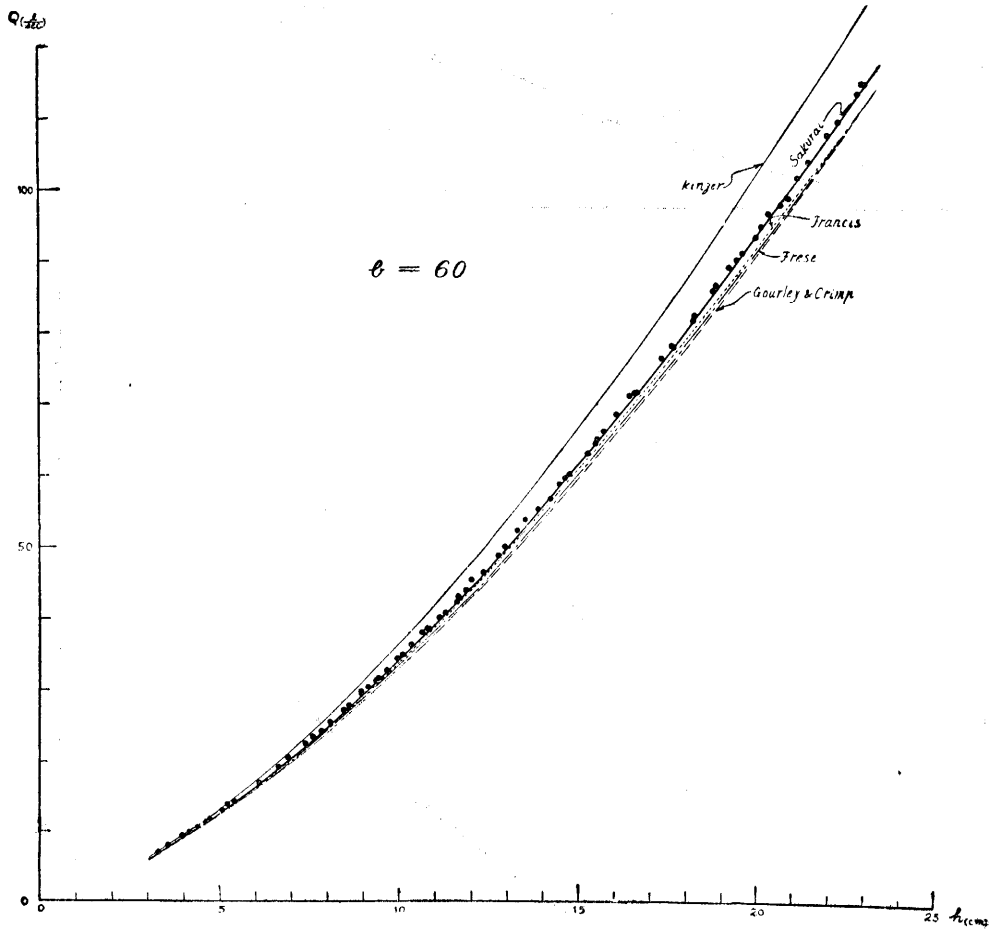
| h | Q | h | Q | h | Q | h | Q |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| cm | l/秒 | cm | l/秒 | cm | l/秒 | cm | l/秒 |
| 3.02 | 8.04 | 5.68 | 20.19 | 10.76 | 51.25 | 15.64 | 89.21 |
| 3.23 | 8.93 | 6.00 | 21.85 | 10.85 | 52.27 | 16.28 | 94.17 |
| 3.25 | 9.06 | 6.73 | 26.19 | 11.55 | 57.05 | 16.30 | 94.55 |
| 3.30 | 9.15 | 6.90 | 27.09 | 11.62 | 58.02 | 16.39 | 95.31 |
| 3.65 | 10.67 | 7.30 | 29.23 | 11.65 | 57.60 | 17.00 | 100.98 |
| 3.85 | 11.53 | 7.60 | 30.82 | 11.77 | 58.74 | 17.58 | 105.00 |
| 3.91 | 11.71 | 7.64 | 31.23 | 11.90 | 59.63 | 17.72 | 106.65 |
| 4.14 | 12.82 | 7.83 | 32.53 | 12.05 | 60.23 | 17.87 | 108.36 |
| 4.29 | 13.50 | 8.15 | 34.39 | 12.59 | 64.66 | 18.27 | 111.41 |
| 4.42 | 14.19 | 8.30 | 35.21 | 12.66 | 65.27 | 18.42 | 113.55 |
| 4.52 | 14.61 | 8.63 | 37.25 | 12.88 | 67.04 | 18.70 | 115.20 |
| 4.72 | 15.51 | 8.82 | 38.78 | 13.46 | 71.48 | 18.82 | 116.90 |
| 5.02 | 16.95 | 9.25 | 41.34 | 13.67 | 72.57 | 18.90 | 117.48 |
| 5.19 | 17.84 | 9.30 | 41.85 | 13.85 | 74.39 | 19.22 | 120.46 |
| 5.37 | 18.65 | 9.73 | 44.27 | 14.50 | 79.10 | 19.37 | 121.08 |
| 5.45 | 19.12 | 9.92 | 45.64 | 14.58 | 79.85 | 20.23 | 130.32 |
| 5.65 | 20.28 | 10.57 | 50.71 | 15.50 | 87.41 | 20.50 | 132.95 |

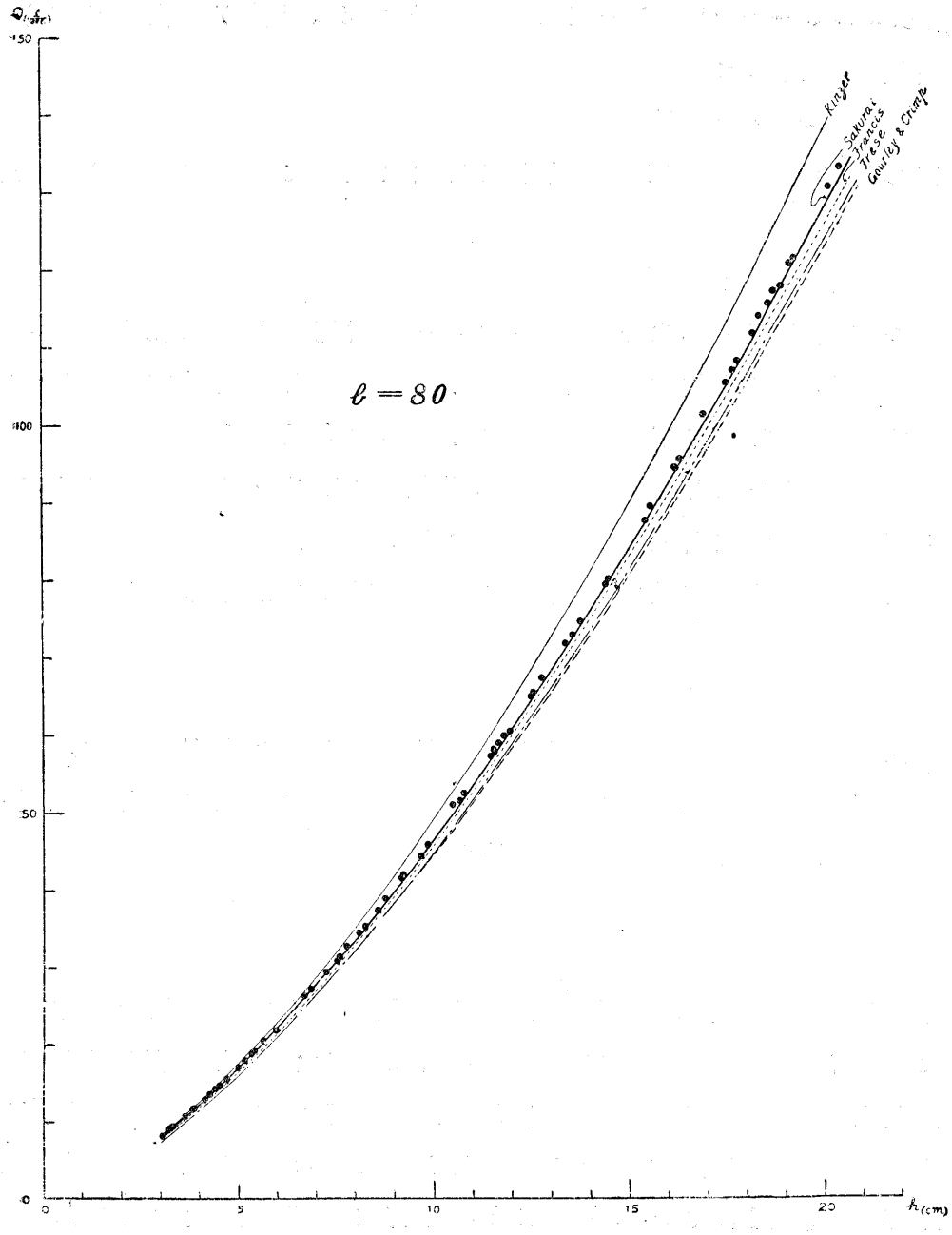
前表の數字の $h$ を横軸に, Q を縦軸に取つて圖に表はし且既述の Frese, Kinzer, Francis, 及び Gourley and Crimp 等の流量式の曲線と比較すると別圖の様になり曲線は實測値とかなり離れて居る。

依つて實測値に近い曲線の流量式を求めやうと思ふが,既述の流量式は常數が多過ぎたり形の不適當のものが多い。但し Gourley and Crimp


Q (cc/sec)
50
40
30
20
10
0
0
5
10
15
20
25
h (cm)
C = 20
Kinzer
Sakurai
Irese
Gourley & Crimp
Francis


Q (1/sec)
110
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
0
5
10
15
20
25
h (cms)
C = 40
Kinzer
Sakurai
Irese
Francis
Gourley & Crimp


Q(l/sec)
100
50
0
0
5
10
15
20
25
h(cms)
θ = 60
Kinger
Sakurai
Francis
Frese
Gourley & Crimp


Q (l/sec)
150
100
50
0
0
5
10
15
20
h (cm)
ℓ = 80
Kinger
Sahuri
Francis
Frese
Gourley & Crimp

の式は$h$及び$b$の冪數を$\frac{3}{2}$及び1とせずに他の値として,係數の方を$h$及び$b$の如何に關せず一定にしやうとする意途(1)が面白いので,前表の實測値を用ひて

$$Q=m\sqrt{2g}\,b^{\alpha}h^{\beta}$$

の形の式の$m$, $\alpha$, $\beta$の三者を最小二乘法に依つて求めて見ると流量式は

$$Q=0.413\sqrt{2g}\,b^{1.02}h^{1.46}$$

となつて實測値とかなりよく一致するが,實測値と算出値との差の2乘の和を作つて比較すると,後述する著者の新しい流量式に於けるものゝ約1.5倍となつて現はれる。尙この形の$b$及び$h$の冪數に就いて他の實驗値で計算して見た所では,$b^{1.02}$は常に同一であつたが,$h$の方は1回も同一の値となつたものはなかつた。

更に他の適當な流量式を發見する爲に,種々の形を考慮した結果$bh^{\frac{3}{2}}$の形はそのまゝ殘して

$$Q=m\sqrt{2g}\,bh^{\frac{3}{2}}$$

とし係數$m$を適當なものに定めるのが最もよいことが判つた。

$m$は0.4と云ふ常數に近いものとして取扱つて差支ないと從來稱へられて來たものであるが實測流量から逆に

$$m=\frac{Q}{\sqrt{2g}\,bh^{\frac{3}{2}}}$$

として算出すると,0.39～0.44となるから,少しく正確の値を欲するときには0.4とすることは出來ない。そこで$m$を常數とせずに,$b$及び$h$の函數としてその形を決めやうと思ふ。さうすれば假りに$\sqrt{2g}\,bh^{\frac{3}{2}}$の形を殘したことが不適當であつたとしても,$m$の函數の形で補ひ得る譯である。而して$m$が$b$及び$h$の如何なる形の函數であるか換言

(1) Gourley, H. J. F. G. and Crimp, B. S. Minutes of proceedings of the institution of civil engineers Vol. CC. 1915 388頁

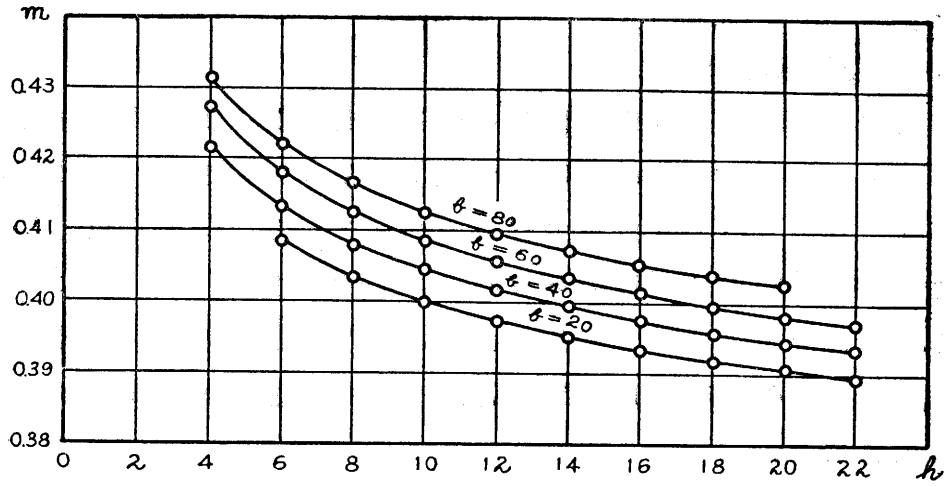
すれば

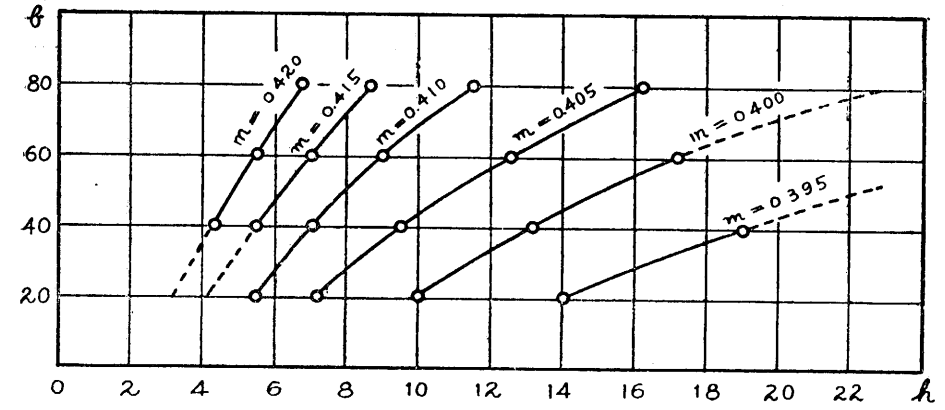
$$f(m, b, h)=0$$

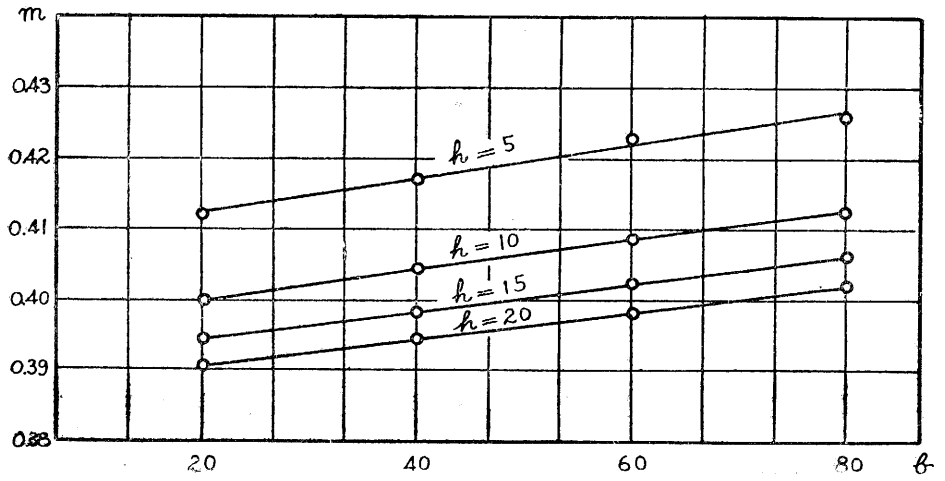
が如何なるものであるかを決めるのには,函數が3個の變數を持つて居るのであるから,圖表學 (Nomography) に依るのが最も便利である。以下之に就いて考察を進めて行くのであるが,その際の對象として前表に掲げた數百個の實測値全部をそのまゝ取扱つては,徒らに煩雑となり,又大勢を見る上にも不便である。それ故實測流量から算出した $m$ の $h$ の 1 $cm$ 毎に略平均に近いと思はれる値を求めて表示すると次ぎの様になる。

| h | b | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 20 cm | 40 cm | 60 cm | 80 cm |
| cm 4 | | 0.4215 | 0.4272 | 0.4310 |
| 5 | 0.4120 | 4169 | 4227 | 4258 |
| 6 | 4082 | 4133 | 4180 | 4222 |
| 7 | 4055 | 4101 | 4149 | 4191 |
| 8 | 4032 | 4077 | 4123 | 4165 |
| 9 | 4014 | 4060 | 4101 | 4144 |
| 10 | 3999 | 4043 | 4084 | 4125 |
| 11 | 3985 | 4028 | 4069 | 4109 |
| 12 | 3972 | 4015 | 4056 | 4094 |
| 13 | 3961 | 4003 | 4044 | 4082 |
| 14 | 3950 | 3991 | 4032 | 4071 |
| 15 | 3941 | 3981 | 4021 | 4061 |
| 16 | 3932 | 3972 | 4011 | 4052 |
| 17 | 3924 | 3964 | 4002 | 4044 |
| 18 | 3916 | 3957 | 3994 | 4036 |
| 19 | 3910 | 3949 | 3988 | 4028 |
| 20 | 2904 | 3942 | 3980 | 4021 |
| 21 | 3897 | 3936 | 3973 | |
| 22 | 3891 | 3931 | 3967 | |
| 23 | 3885 | 3925 | 3961 | |

圖表學を應用して實驗式の形を定めるとしても $m, b, h$ の關係が全く未知では策の施しやうがないから,これ等三者の關係を知る爲にその内の2個を坐標軸にとり,殘りの一つの變數の曲線を畫くと,次ぎの3個の圖面を得る。

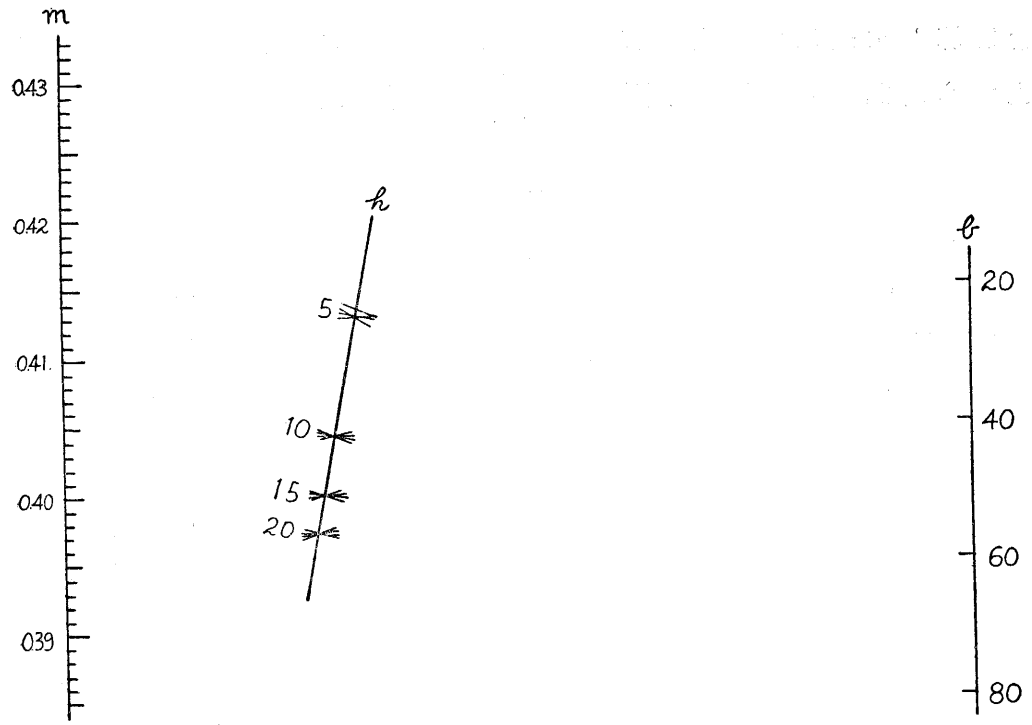

m
0.43
0.42
0.41
0.40
0.39
0.38
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
22
h
b = 80
b = 60
b = 40
b = 20


b
80
60
40
20
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
22
h
m = 0.420
m = 0.415
m = 0.410
m = 0.405
m = 0.400
m = 0.395


m
0.43
0.42
0.41
0.40
0.39
0.38
20
40
60
80
b
h = 5
h = 10
h = 15
h = 20

前頁3個の圖面の中最後のものは $m$ 及び $b$ を等間隔に取つた坐標軸の圖に於て $h$ が直線群となつて現はれて居るから（圖には $h$=5, 10, 15, 20 だけを示す）之を直列圖表（Alignment chart）に表はすと，$m$ と $b$ の支持線は直線となり，且それ等の目盛は等間隔であり，$h$ の支持線は直線となる筈である。之を確める爲に圖上に表はすと次圖の様になる

$f(m, b, h)=0$ の圖表




即ち $m$ 及び $b$ を等間隔に直線上に目盛したときに，$h$ の各の値に對する $m$ と $b$ との4組の直列は概ね1點に會し，且1直線上に在る。この直線乃ち $h$ の支持線は $m$ 及び $b$ の尺度と圖上に於ては交らないが，計算に依つて交點を求めると

$m$ の尺度とは　$m$=0.30

$b$ の尺度とは　$b$=−450

の點で交はることが判る。而して圖表學の示す所に從へばかゝる場合は一般に

$$f_1+f_2h_3=0$$

であるから

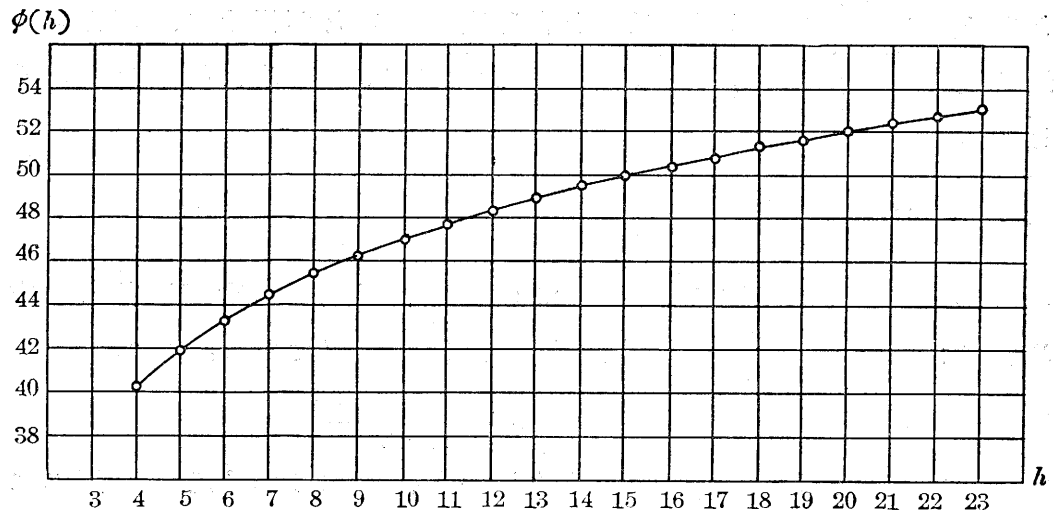
$$\phi_1(h)=\frac{b+450}{m-0.3}$$

と置くことが出來る。$\phi_1(h)$ の形は前頁の圖の $h$ の尺度の目盛から求めることも出來るが,正確を期する爲に49頁の表の數字から $\phi_1(h)$ の値を計算して表示すると次ぎの樣になる。但し次表は數値取扱の便宜上から前記の $\frac{1}{100}$ 即ち $\phi(h)=\frac{0.01b+4.5}{m-0.3}$ の値である。

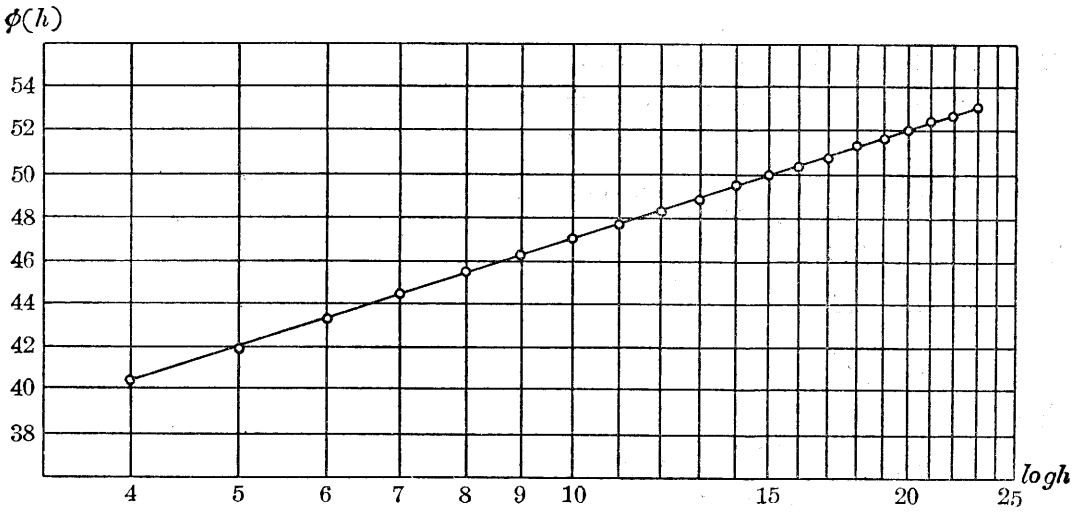
$\phi(h)$ の表

| h | b | | | | 平均 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 20 cm | 40 cm | 60 cm | 80 cm | |
| cm 4 | | 40.33 | 40.09 | 40.46 | 40.29 |
| 5 | 41.96 | 41.92 | 41.56 | 42.13 | 41.89 |
| 6 | 43,44 | 43.25 | 43.22 | 43.37 | 43.32 |
| 7 | 44.55 | 44.50 | 44.39 | 44.50 | 44.49 |
| 8 | 45.54 | 45.50 | 45.41 | 45.49 | 45.49 |
| 9 | 46.35 | 46.23 | 46.32 | 46.33 | 46.31 |
| 10 | 47.05 | 46.98 | 47.05 | 47.11 | 47.05 |
| 11 | 47.72 | 47.67 | 47.71 | 47.79 | 47.72 |
| 12 | 48.35 | 48.28 | 48.30 | 48.45 | 48.35 |
| 13 | 48.91 | 48.85 | 48.85 | 48.98 | 48.90 |
| 14 | 49.47 | 49.45 | 49.42 | 49.49 | 49.46 |
| 15 | 49.95 | 49.95 | 49.95 | 49.95 | 49.95 |
| 16 | 50.43 | 50.41 | 50.45 | 50.38 | 50.42 |
| 17 | 50.87 | 50.83 | 50.90 | 50.77 | 50.84 |
| 18 | 51.31 | 51.20 | 51.31 | 51.16 | 51.25 |
| 19 | 51.65 | 51.63 | 51.62 | 51.56 | 51.62 |
| 20 | 51.99 | 52.02 | 52.04 | 51.91 | 51.99 |
| 21 | 52.40 | 52.35 | 52.42 | | 52.39 |
| 22 | 52.75 | 52.63 | 52.74 | | 52.71 |
| 23 | 53.11 | 52.97 | 53.07 | | 53.05 |

表中最後の欄の $\phi(h)$ の平均値と $h$ との關係を普通の直角坐標の圖




で表はすと,圖の様になり對數曲線の様に見えるから之を更に半對數の坐標軸のものに畫き改めると次圖の様に略直線となる。




故に　$\phi(h)=\alpha \log h+\beta$

と置いて常數 $\alpha$ 及び $\beta$ を求めればよい。但し $\log h$ は計算の便宜上常用對數を用ひ,且 $\log h$ の値が正となる様に即ち $h>1$ とする爲に $h$ の單位は $cm$ とする。從つて

$$\alpha \log h+\beta=\frac{0.01\,b+4.5}{m-0.3}$$

となり，$\frac{0.01b+4.5}{m-0.3}$ が判れば $\alpha$ と $\beta$ を決めることが出來る。即ち $b$ は缺込幅でこゝでは 20, 40, 60, 80 の 4 種であり，$m$ は前に掲げた表の Q を用ひ

$$m=\frac{Q}{\sqrt{2g}\,bh^{\frac{3}{2}}}$$

の式から算出すればよい。そして $m$ の値の數は Q の實測回數だけ求め得るから，$\frac{0.01b+4.5}{m-0.3}$ の値も同數だけある譯である。即ち

$$\alpha \log h_i+\beta=l_i \qquad \left(\text{但し } l=\frac{0.01b+4.5}{m-0.3}\right)$$

の觀測式が前表に掲げた實測回數 $i=323$ 個出來るから，それを用ひて $\alpha, \beta$ の値を最小二乘法に依つて求めると

$$\alpha=16.44$$

$$\beta=30.56$$

を得る。從つて求める實驗式は

$$16.44\log h+30.56=\frac{0.01b+4.5}{m-0.3}$$

即ち $$m=\frac{0.01b+4.5}{16.44\log h+30.56}+0.3$$

或は簡單の爲に

$$\alpha=16.4$$

$$\beta=30.6$$

として

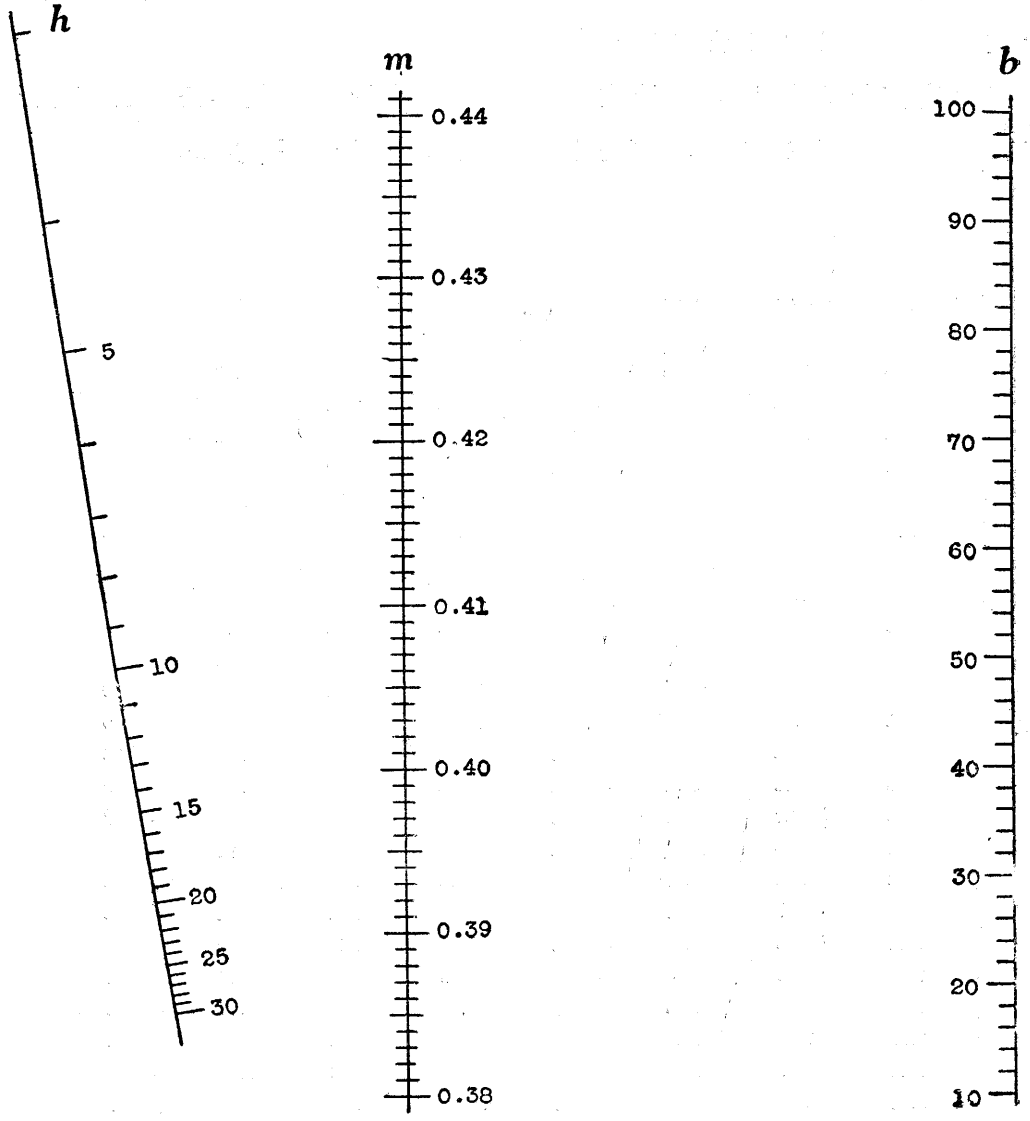
$$m=\frac{0.01b+4.5}{16.4\log h+30.6}+0.3$$

を用ひても差支ない。この式と前式との $m$ の値の相違は，この實驗の範圍の $b$ と $h$ とに於ては，最も著しいときで小數第 4 位に於て 1 の差を生ずる程度に過ぎないから，實用上毫も差支ない。しかして

$$m=\frac{0.01b+4.5}{16.44\log h+30.56}+0.3$$

の式は形が稍複雜であるから，$b$ 及び $h$ が判つて $m$ の値を求めるには次ぎの直列圖表を用ひるのが便利である。

$$m=\frac{0.01\,b+4.5}{16.44\,\log h+30.56}+0.3$$




扨上述の様にして求めた新しい流量式

$$Q=m\sqrt{2g}\,bh^{\frac{3}{2}}$$

但し $$m=\frac{0.01\,b+4.5}{16.44\,\log h+30.56}+0.3$$

{ Q＝流量（cc/秒），$g$＝重力の加速度
$b$＝缺込幅（$cm$），$h$＝越水高（$cm$） }

が實側流量と如何なる程度に一致するかを見る爲,先に掲げた 45～47 頁の實測流量圖の中にQの曲線を畫いて見ると,他の流量式の曲線に比較して著しくよく當てはまる。

更に實測値と新しい流量式に依る算出流量との數字上の比較は以下に表示する通りである。(表中の $h$ は $cm$ 流量は $^1/_{秒}$)

$b=20\ cm$

| h | 實測流量 | 算出流量 | 差 | h | 實測流量 | 算出流量 | 差 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4.50 | 3.49 | 3.50 | − 0.01 | 10.53 | 12.06 | 12.08 | − 0.02 |
| 4.58 | 3.58 | 3.59 | − 1 | 11.05 | 12.95 | 12.96 | − 1 |
| 4.80 | 3.87 | 3.84 | + 3 | 11.18 | 13.17 | 13.18 | − 1 |
| 4.80 | 3.84 | 3.84 | ± 0 | 11.64 | 13.99 | 13.98 | + 1 |
| 4.97 | 4.07 | 4.04 | + 3 | 11.90 | 14.53 | 14.44 | + 9 |
| 5.02 | 4.12 | 4.10 | + 2 | 12.17 | 15.01 | 14.93 | + 8 |
| 5.02 | 4.06 | 4.10 | − 4 | 12.33 | 15.23 | 15.21 | + 2 |
| 5.33 | 4.43 | 4.47 | − 4 | 12.71 | 15.89 | 15.91 | − 2 |
| 5.38 | 4.51 | 4.53 | − 2 | 12.98 | 16.46 | 16.40 | + 6 |
| 5.52 | 4.73 | 4.71 | + 2 | 13.13 | 16.57 | 16.68 | − 11 |
| 5.73 | 4.94 | 4.97 | − 3 | 13.50 | 17.28 | 17.37 | − 9 |
| 5.85 | 5.12 | 5.12 | ± 0 | 13.70 | 17.84 | 17.75 | + 9 |
| 6.13 | 5.48 | 5.48 | ± 0 | 13.90 | 17.80 | 18.13 | − 33 |
| 6.25 | 5.56 | 5.64 | − 8 | 13.90 | 18.11 | 18.13 | − 2 |
| 6.39 | 5.82 | 5.82 | ± 0 | 14.00 | 18.25 | 18.32 | − 7 |
| 6.44 | 5.84 | 5.89 | − 5 | 14.30 | 18.86 | 18.90 | − 4 |
| 6.50 | 5.93 | 5.97 | − 4 | 14.63 | 19.63 | 19.55 | + 8 |
| 6.72 | 6.27 | 6.27 | ± 0 | 14.85 | 20.06 | 19.98 | + 8 |
| 7.05 | 6.66 | 6.72 | − 6 | 15.13 | 20.51 | 20.53 | − 2 |
| 7.23 | 6.95 | 6.97 | − 2 | 15.35 | 20.82 | 20.97 | − 15 |
| 7.67 | 7.59 | 7.60 | − 1 | 15.42 | 21.05 | 21.11 | − 6 |
| 7.70 | 7.59 | 7.64 | − 5 | 15.62 | 21.38 | 21.51 | − 13 |
| 7.82 | 7.77 | 7.82 | − 5 | 15.80 | 21.68 | 21.88 | − 20 |
| 8.05 | 8.11 | 8.16 | − 5 | 15.94 | 22.33 | 22.16 | + 17 |
| 8.20 | 8.42 | 8.38 | + 4 | 16.15 | 22.56 | 22.59 | − 3 |
| 8.46 | 8.68 | 8.77 | − 9 | 16.70 | 23.75 | 23.72 | + 3 |
| 8.62 | 8.97 | 9.02 | − 5 | 16.87 | 24.02 | 24.08 | − 6 |
| 88.3 | 9.30 | 9.34 | − 4 | 17.08 | 24.58 | 24.52 | + 6 |
| 9.20 | 9.88 | 9.91 | − 3 | 17.18 | 24.63 | 24.74 | − 11 |
| 9.51 | 10.34 | 10.41 | − 7 | 17.22 | 24.69 | 24.82 | − 13 |
| 10.12 | 11.49 | 11.39 | + 10 | 17.45 | 25.30 | 25.31 | − 1 |
| 10.38 | 11.81 | 11.83 | − 2 | 17.50 | 25.22 | 25.41 | − 19 |

$b=20\ cm$ (續き)

| h | 實測流量 | 算出流量 | 差 | h | 實測流量 | 算出流量 | 差 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 17.90 | 26.12 | 26.27 | − 0.15 | 20.05 | 31.03 | 31.04 | − 0.01 |
| 18.28 | 27.18 | 27.10 | + 8 | 20.22 | 31.39 | 31.42 | − 3 |
| 18.48 | 27.59 | 27.53 | + 6 | 20.83 | 32.75 | 32.82 | − 7 |
| 18.70 | 28.15 | 28.01 | + 14 | 20.96 | 33.14 | 33.12 | + 2 |
| 19.03 | 29.15 | 28.74 | + 41 | 21.35 | 34.05 | 34.03 | + 2 |
| 19.35 | 29.39 | 29.46 | − 7 | 21.73 | 34.84 | 34.93 | − 9 |
| 19.53 | 29.89 | 29.86 | + 3 | 22.63 | 37.27 | 37.06 | + 21 |
| 19.70 | 30.23 | 30.24 | − 1 | 22.97 | 37.86 | 37.88 | − 2 |

$b=40\ cm$

| h | 實測流量 | 算出流量 | 差 | h | 實測流量 | 算出流量 | 差 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3.00 | 3.87 | 3.93 | − 0.06 | 8.58 | 18.30 | 18.10 | + 0.20 |
| 3.11 | 4.08 | 4.14 | − 6 | 8.80 | 18.98 | 18.78 | + 20 |
| 3.35 | 4.60 | 4.61 | − 1 | 8.90 | 18.95 | 19.09 | − 14 |
| 3.55 | 5.08 | 5.02 | + 6 | 9.25 | 20.15 | 20.20 | − 5 |
| 4.31 | 6.72 | 6.65 | + 7 | 9.75 | 21.90 | 21.81 | + 9 |
| 4.46 | 6.97 | 6.98 | − 1 | 10.15 | 23.31 | 23.14 | + 17 |
| 4.54 | 7.20 | 7.17 | + 3 | 10.30 | 23.61 | 23.63 | − 2 |
| 4.70 | 7.54 | 7.54 | ± 0 | 10.50 | 24.47 | 24.31 | + 16 |
| 4.85 | 7.87 | 7.89 | − 2 | 10.75 | 25.30 | 25.16 | + 14 |
| 4.92 | 8.20 | 8.06 | + 14 | 10.80 | 25.46 | 25.33 | + 13 |
| 5.58 | 9.70 | 9.67 | + 3 | 10.85 | 25.52 | 25.50 | + 2 |
| 5.65 | 9.76 | 9.85 | − 9 | 10.93 | 26.02 | 25.78 | + 24 |
| 5.70 | 9.90 | 9.98 | − 8 | 11.29 | 27.09 | 27.03 | + 6 |
| 5.89 | 10.46 | 10.46 | ± 0 | 11.40 | 27.59 | 27.41 | + 18 |
| 5.90 | 10.52 | 10.49 | + 3 | 11.50 | 27.78 | 27.76 | + 2 |
| 5.93 | 10.44 | 10.56 | − 12 | 12.34 | 30.77 | 30.78 | − 1 |
| 6.00 | 10.74 | 10.75 | − 1 | 12.47 | 31.56 | 31.25 | + 31 |
| 6.15 | 11.08 | 11.14 | − 6 | 12.52 | 31.39 | 31.44 | − 5 |
| 6.20 | 11.22 | 11.27 | − 5 | 12.61 | 31.73 | 31.77 | − 4 |
| 6.40 | 11.87 | 11.80 | + 7 | 12.70 | 32.16 | 32.10 | + 6 |
| 6.70 | 12.64 | 12.62 | + 2 | 12.73 | 32.24 | 32.22 | + 2 |
| 7.24 | 14.19 | 14.13 | + 6 | 12.97 | 33.05 | 33.11 | − 6 |
| 7.55 | 15.12 | 15.02 | + 10 | 13.00 | 33.05 | 33.22 | − 17 |
| 7.60 | 15.10 | 15.16 | − 6 | 13.11 | 33.90 | 33.64 | + 26 |
| 7.80 | 15.70 | 15.75 | − 5 | 13.30 | 34.29 | 34.34 | − 5 |
| 8.11 | 16.57 | 16.67 | − 10 | 13.50 | 35.11 | 35.10 | + 1 |
| 8.35 | 17.20 | 17.40 | − 20 | 13.70 | 35.90 | 35.87 | + 3 |
| 8.40 | 17.68 | 17.55 | + 13 | 13.77 | 35.63 | 36.13 | − 50 |

$b=40\ cm$ (續き)

| h | 實測流量 | 算出流量 | 差 | h | 實測流量 | 算出流量 | 差 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 14.00 | 37.20 | 37.03 | + 0.17 | 17.80 | 52.16 | 52.64 | − 0.48 |
| 14.10 | 37.55 | 37.41 | + 14 | 18.20 | 53.93 | 54.39 | − 46 |
| 14.17 | 37.79 | 37.68 | + 11 | 18.40 | 54.81 | 55.25 | − 44 |
| 14.35 | 38.71 | 38.38 | + 33 | 18.70 | 56.34 | 56.58 | − 24 |
| 14.70 | 39.92 | 39.77 | + 15 | 18.70 | 55.97 | 56.58 | − 61 |
| 15.00 | 40.92 | 40.96 | − 4 | 18.87 | 57.60 | 57.34 | + 26 |
| 15.10 | 41.56 | 41.36 | + 20 | 19.08 | 58.54 | 58.27 | + 27 |
| 15.20 | 42.30 | 41.76 | + 54 | 19.20 | 58.74 | 58.82 | − 8 |
| 15.50 | 42.38 | 42.97 | − 59 | 19.50 | 59.78 | 60.16 | − 38 |
| 15.52 | 42.76 | 43.05 | − 29 | 19.85 | 62.05 | 61.76 | + 29 |
| 15.60 | 43.30 | 43.39 | − 9 | 20.00 | 62.12 | 62.44 | − 32 |
| 15.63 | 43.54 | 43.50 | + 4 | 20.17 | 63.45 | 63.22 | + 23 |
| 16.30 | 46.08 | 46.27 | − 19 | 20.30 | 63.28 | 63.82 | − 54 |
| 16.42 | 47.09 | 46.77 | + 32 | 20.76 | 64.84 | 65.95 | − 1.11 |
| 16.64 | 48.04 | 47.69 | + 35 | 21.20 | 68.19 | 68.03 | + 0.16 |
| 16.70 | 48.33 | 47.93 | + 40 | 21.68 | 70.63 | 70.30 | + 33 |
| 16.95 | 49.34 | 48.99 | + 35 | 21.80 | 70.92 | 70.86 | + 6 |
| 16.98 | 49.13 | 49.12 | + 1 | 21.87 | 71.48 | 71.20 | + 28 |
| 17.20 | 50.38 | 50.05 | + 33 | 22.75 | 75.58 | 75.43 | + 15 |
| 17.60 | 51.48 | 51.77 | − 29 | 22.95 | 76.43 | 76.41 | + 2 |
| 17.63 | 51.70 | 51.90 | − 20 | 22.97 | 76.06 | 76.51 | − 45 |

$b=60\ cm$

| h | 實測流量 | 算出流量 | 差 | h | 實測流量 | 算出流量 | 差 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3.30 | 6.80 | 6.85 | − 0.05 | 7.60 | 23.22 | 22.99 | + 0.23 |
| 3.58 | 77.6 | 7.71 | + 5 | 7.80 | 24.17 | 23.88 | + 29 |
| 3.98 | 9.07 | 8.99 | + 8 | 8.09 | 25.14 | 25.18 | − 4 |
| 4.17 | 9.66 | 9.62 | + 4 | 8.46 | 26.88 | 26.89 | − 1 |
| 4.40 | 10.45 | 10.39 | + 6 | 8.61 | 27.61 | 27.58 | + 3 |
| 4.60 | 11.14 | 11.08 | + 6 | 8.95 | 29.50 | 29.18 | + 32 |
| 4.72 | 11.59 | 11.51 | + 8 | 8.98 | 29.30 | 29.32 | − 2 |
| 5.10 | 12.91 | 12.87 | + 4 | 9.15 | 30.21 | 30.14 | + 7 |
| 5.25 | 13.64 | 13.43 | + 21 | 9.36 | 31.08 | 31.15 | − 7 |
| 5.42 | 14.11 | 14.06 | + 5 | 9.42 | 31.52 | 31.44 | + 8 |
| 6.10 | 16.74 | 16.71 | + 3 | 9.68 | 32.57 | 32.71 | − 14 |
| 6.66 | 18.92 | 18.97 | − 5 | 9.97 | 34.25 | 34.15 | + 10 |
| 6.90 | 20.35 | 19.98 | + 37 | 10.10 | 34.75 | 34.82 | − 7 |
| 7.40 | 22.26 | 22.12 | + 14 | 10.35 | 36.18 | 36.07 | + 11 |

$b=60\ cm$ （續き）

| h | 實測流量 | 算出流量 | 差 | h | 實測流量 | 算出流量 | 差 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10.65 | 37.91 | 37.62 | + 0.29 | 16.53 | 71.70 | 71.54 | + 0.16 |
| 10.80 | 38.52 | 38.38 | + 14 | 16.60 | 71.70 | 71.99 | − 29 |
| 10.88 | 38.40 | 38.80 | − 40 | 17.27 | 76.55 | 76.28 | + 27 |
| 11.12 | 40.05 | 40.05 | ± 0 | 17.56 | 78.32 | 78.17 | + 15 |
| 11.30 | 40.71 | 41.01 | − 30 | 17.60 | 78.06 | 78.42 | − 36 |
| 11.60 | 42.30 | 42.61 | − 31 | 18.18 | 81.83 | 82.25 | − 42 |
| 11.67 | 42.99 | 42.99 | ± 0 | 18.20 | 82.54 | 82.38 | + 16 |
| 11.85 | 43.78 | 43.97 | − 19 | 18.70 | 85.98 | 85.71 | + 27 |
| 12.00 | 45.29 | 44.78 | + 51 | 18.79 | 86.61 | 86.31 | + 30 |
| 12.30 | 46.37 | 46.42 | − 5 | 19.15 | 89.21 | 88.76 | + 45 |
| 12.73 | 48.63 | 48.82 | − 19 | 19.38 | 90.23 | 90.32 | − 9 |
| 12.90 | 49.96 | 49.76 | + 20 | 19.53 | 91.27 | 91.35 | − 8 |
| 13.27 | 52.14 | 51.87 | + 27 | 19.90 | 93.43 | 93.91 | − 48 |
| 13.50 | 53.81 | 53.19 | + 62 | 20.05 | 94.92 | 94.95 | − 3 |
| 13.86 | 55.19 | 55.28 | − 9 | 20.25 | 96.86 | 96.32 | + 54 |
| 14.20 | 56.77 | 57.27 | − 50 | 20.60 | 98.06 | 98.78 | − 72 |
| 14.43 | 58.74 | 58.64 | + 10 | 20.80 | 98.88 | 100.17 | − 1.29 |
| 14.60 | 59.63 | 59.65 | − 2 | 21.05 | 101.85 | 101.95 | − 0.10 |
| 14.72 | 60.08 | 60.37 | − 29 | 21.37 | 104.08 | 104.24 | − 16 |
| 15.25 | 63.11 | 63.58 | − 47 | 21.85 | 107.87 | 107.69 | + 18 |
| 15.45 | 64.49 | 64.80 | − 31 | 22.18 | 109.87 | 110.08 | − 21 |
| 15.50 | 65.56 | 65.10 | + 46 | 22.70 | 113.75 | 113.89 | − 14 |
| 15.70 | 66.29 | 66.35 | − 6 | 22.80 | 115.20 | 114.62 | + 58 |
| 16.03 | 68.59 | 68.40 | + 19 | 22.90 | 115.05 | 115.37 | − 32 |
| 16.40 | 71.28 | 70.71 | + 57 | | | | |

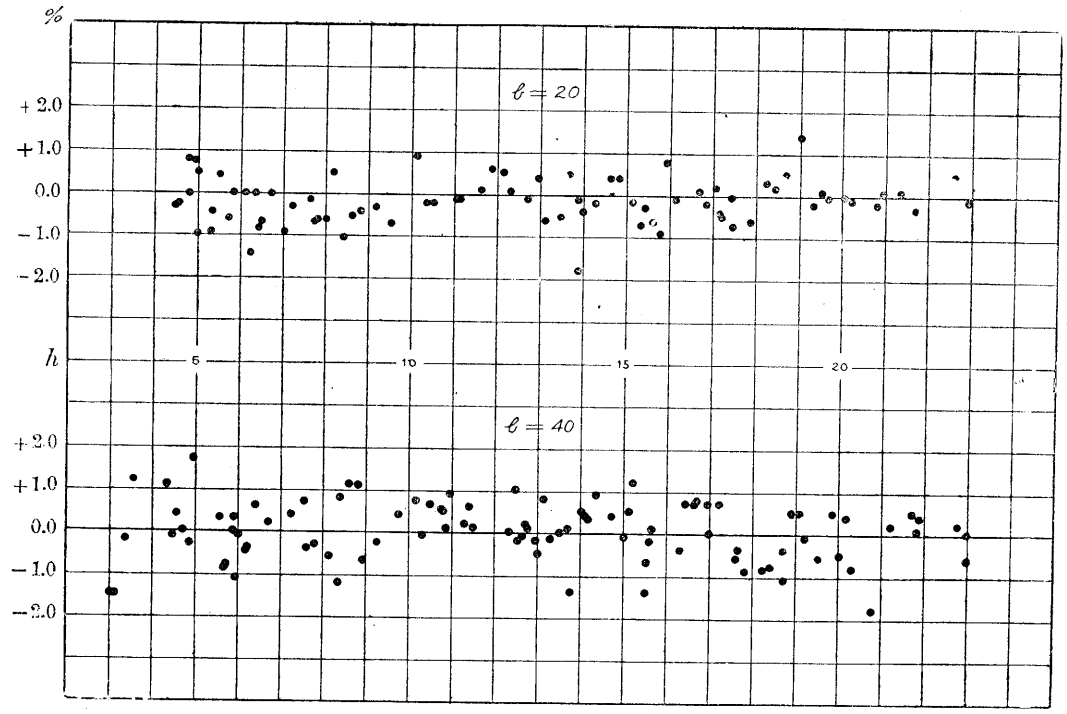
$b=80\ cm$

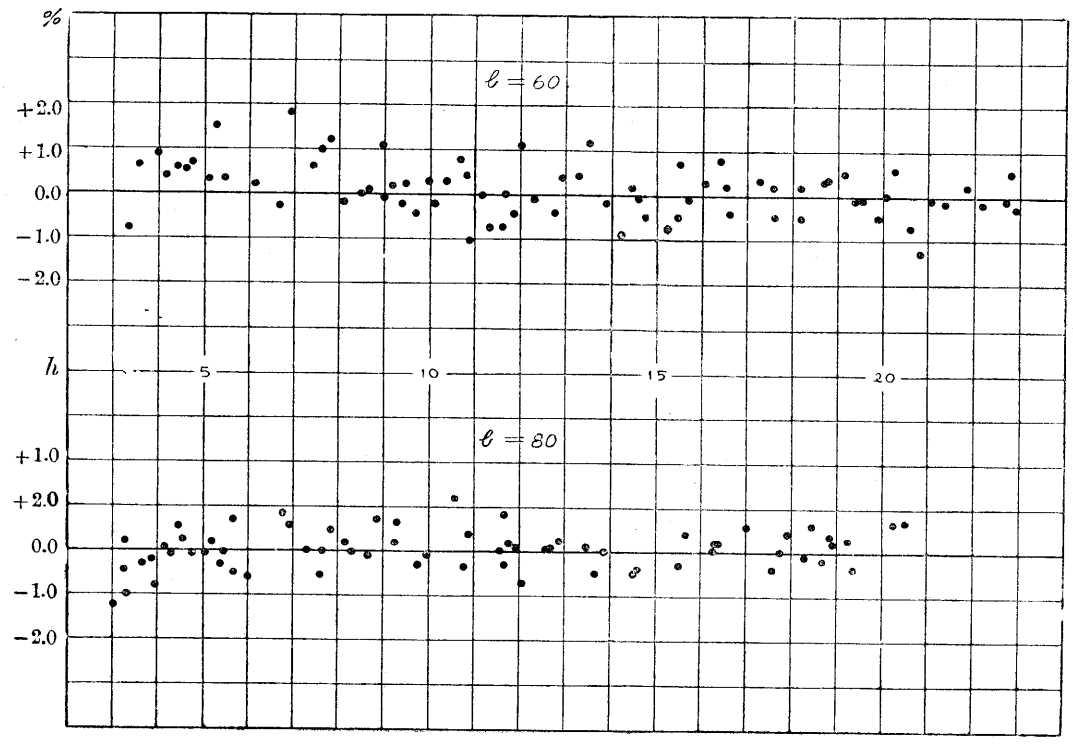
| h | 實測流量 | 算出流量 | 差 | h | 實測流量 | 算出流量 | 差 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3.02 | 8.04 | 8.14 | − 0.10 | 4.72 | 15.51 | 15.52 | − 0.01 |
| 3.23 | 8.93 | 8.97 | − 4 | 5.02 | 16.95 | 16.96 | − 1 |
| 3.25 | 9.06 | 9.04 | + 2 | 5.19 | 17.84 | 17.80 | + 4 |
| 3.30 | 9.15 | 9.24 | − 9 | 5.37 | 18.65 | 18.71 | − 6 |
| 3.65 | 10.67 | 10.70 | − 3 | 5.45 | 19.12 | 19.11 | + 1 |
| 3.85 | 11.53 | 11.55 | − 2 | 5.65 | 20.28 | 20.14 | + 14 |
| 3.91 | 11.71 | 11.81 | − 10 | 5.68 | 20.19 | 20.29 | − 10 |
| 4.14 | 12.82 | 12.83 | − 1 | 6.00 | 21.85 | 21.98 | − 13 |
| 4.29 | 13.50 | 13.51 | − 1 | 6.73 | 26.19 | 25.97 | + 22 |
| 4.42 | 14.19 | 14.11 | + 8 | 6.90 | 27.09 | 26.93 | + 16 |
| 4.52 | 14.61 | 14.57 | + 4 | 7.30 | 29.23 | 29.22 | + 1 |

$b=80cm$ （續き）

| h | 實測流量 | 算出流量 | 差 | h | 實測流量 | 算出流量 | 差 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7.60 | 30.82 | 30.99 | − 0.17 | 13.46 | 71.48 | 71.33 | + 0.15 |
| 7.64 | 31.23 | 31.23 | ± 0 | 13.67 | 72.57 | 72.97 | − 40 |
| 7.83 | 32.53 | 32.36 | + 17 | 13.85 | 74.39 | 74.38 | + 1 |
| 8.15 | 34.39 | 34.31 | + 8 | 14.59 | 79.10 | 79.52 | − 42 |
| 8.30 | 35.21 | 35.22 | − 1 | 14.58 | 79.85 | 80.16 | − 31 |
| 8.63 | 37.25 | 37.28 | − 3 | 15.50 | 87.41 | 87.67 | − 26 |
| 8.82 | 38.78 | 38.50 | + 28 | 15.64 | 89.21 | 88.84 | + 37 |
| 9.25 | 41.34 | 41.25 | + 9 | 16.28 | 94.17 | 94.21 | − 4 |
| 9.30 | 41.85 | 41.58 | + 27 | 16.30 | 94.55 | 94.38 | + 17 |
| 9.73 | 44.27 | 44.41 | − 14 | 16.39 | 95.31 | 95.14 | + 17 |
| 9.92 | 45.64 | 45.68 | − 4 | 17.00 | 100.98 | 100.38 | + 60 |
| 10.57 | 50.71 | 50.11 | + 60 | 17.58 | 105.00 | 105.42 | − 42 |
| 10.76 | 51.25 | 51.43 | − 18 | 17.72 | 106.65 | 106.65 | − 1 |
| 10.85 | 52.27 | 52.05 | + 22 | 17.87 | 108.36 | 107.96 | + 40 |
| 11.55 | 57.05 | 57.03 | + 2 | 18.27 | 111.41 | 111.53 | − 12 |
| 11.62 | 58.02 | 57.54 | + 48 | 18.42 | 113.55 | 112.88 | + 67 |
| 11.65 | 57.60 | 57.76 | − 16 | 18.70 | 115.20 | 115.40 | − 20 |
| 11.77 | 58.74 | 58.62 | + 12 | 18.82 | 116.90 | 116.49 | + 41 |
| 11.90 | 59.63 | 59.57 | + 6 | 18.90 | 117.48 | 117.23 | + 25 |
| 12.05 | 60.23 | 60.67 | − 44 | 19.22 | 120.46 | 120.13 | + 33 |
| 12.59 | 64.66 | 64.70 | − 4 | 19.37 | 121.08 | 121.51 | − 43 |
| 12.66 | 65.27 | 65.22 | + 5 | 20.23 | 130.32 | 129.46 | + 86 |
| 12.88 | 67.04 | 66.88 | + 16 | 20.50 | 132.95 | 132.00 | + 95 |

實驗式が如何なる程度に實測値と適合するかを調べる爲には,實測値に誤がないとすれば,之と實驗式に依る算出値との差から Probable error を計算して見れば判るが,この場合には實測値に於て越水高が增して居るのに拘らず流量が減じて居る様な實測誤差があるので,實測値を正しいものとして,實驗式に依る算出値の Probable error を求めるのは妥當ではない。そこで實驗式がどの程度に適合するかを見る爲に實測値と算出値との差の算出値（これは實測値を用ひるのが正しいのであるが實測値は前述の様に變化が不規則であるから變化の規則正しい算出値を用ひた）に對する比を求めて見ると次圖に示す様に殆ど全部が1%以下で2%を越えるものは一つもない。


%
+2.0
+1.0
0.0
−1.0
−2.0
ℓ = 20
h
5
10
15
20
ℓ = 40
+2.0
+1.0
0.0
−1.0
−2.0


%
+2.0
+1.0
0.0
−1.0
−2.0
ℓ = 60
h
5
10
15
20
ℓ = 80
+1.0
+2.0
0.0
−1.0
−2.0

實驗式を求める材料として用ひた實測値と實驗式よりの算出値とを比較しただけでは,實驗式が他の一般の場合に適用し得るかどうかは判らない。しかして前の圖(45～47頁)及び表(40～41頁)でも判る様に新しい流量式に依る算出値が既述の各流量式に依る算出値の概ね中間に位して居るのは,實驗設備その他が適當であつたと共に,流量式が妥當であることを物語るものと云つて差支ないであらう。更に又係數として最も多く用ひられて來た H. Smith の係數に依る算出値と新しい流量式に依る算出値とを,呎單位で比較すると次表の通りで,兩者の差は極めて少い。(但し流量算出の際の $g$ の値は $32.15^{ft/sec^2} = 980^{cm/sec^2}$ を用ひた) 即ち新しい流量式は單に之を求める爲に用ひた實測値によく適合するばかりでなく,他の一般の場合に用ひて差支ないものと云ふことが出來る。

| b | h | H. Smith の係數に依る算出値 | 新しい流量式に依る算出値 | 前兩者の差 | | 兩者の差 / 兩者の平均 ×100 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 呎 | 立方呎/秒 | 立方呎/秒 | | 立方呎/秒 | | % |
| 0.66 呎 | 0.1 | 0.070 | 0.071 | − | 0.001 | − | 1.4 |
| 〃 | 0.15 | 127 | 127 | | 0 | | 0 |
| 〃 | 0.2 | 193 | 193 | | 0 | | 0 |
| 〃 | 0.25 | 269 | 267 | + | 2 | + | 0.7 |
| 〃 | 0.3 | 348 | 349 | − | 1 | − | 0.3 |
| 〃 | 0.4 | 531 | 531 | | 0 | | 0 |
| 〃 | 0.5 | 736 | 737 | − | 1 | − | 0.1 |
| 〃 | 0.6 | 963 | 962 | + | 1 | + | 0.1 |
| 1 呎 | 0.1 | 0.108 | 0.108 | | 0 | | 0 |
| 〃 | 0.15 | 194 | 194 | | 0 | | 0 |
| 〃 | 0.2 | 295 | 295 | | 0 | | 0 |
| 〃 | 0.25 | 409 | 408 | + | 0.001 | + | 0.2 |
| 〃 | 0.3 | 534 | 532 | + | 2 | + | 0.4 |
| 〃 | 0.4 | 813 | 810 | + | 3 | + | 0.4 |
| 〃 | 0.5 | 1.127 | 1.124 | + | 3 | + | 0.3 |
| 〃 | 0.6 | 1.473 | 1.468 | + | 5 | + | 0.3 |
| 〃 | 0.7 | 1.847 | 1.841 | + | 6 | + | 0.3 |
| 2 呎 | 0.1 | 0.218 | 0.220 | − | 0.002 | − | 0.9 |
| 〃 | 0.15 | 394 | 394 | | 0 | | 0 |
| 〃 | 0.2 | 598 | 600 | − | 2 | − | 0.3 |

| b | h | H. Smith の係數に依る算出値 | 新しい流量式に依る算出値 | 前兩者の差 | 兩者の差 / 兩者の平均 ×100 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 呎 | 立方呎/秒 | 立方呎/秒 | 立方呎/秒 | % |
| 2 呎 | 0.25 | 0.830 | 0.829 | + 0.001 | + 0.1 |
| 〃 | 0.3 | 1.082 | 1.081 | + 1 | + 0.1 |
| 〃 | 0.4 | 1.647 | 1.646 | + 1 | + 0.1 |
| 〃 | 0.5 | 2.287 | 2.282 | + 5 | + 0.2 |
| 〃 | 0.6 | 2.987 | 2.981 | + 6 | + 0.2 |
| 〃 | 0.7 | 3.745 | 3.737 | + 8 | + 0.2 |
| 〃 | 0.8 | 4.552 | 4.543 | + 9 | + 0.2 |

次ぎに前述の新しい流量式を求める爲に用ひた缺込を,同樣な構造の他の堰堤に取り附けた實驗が大沼省三氏に依つて行はれた。[1] その結果同氏は 4 個の缺込に對して夫々別個に

20 *cm* の缺込　　實驗回數 203 回

$$m=\frac{4.7}{24.59\log h+20.75}+0.308$$

40 *cm* の缺込　　實驗回數 190 回

$$m=\frac{4.9}{23.90\log h+22.36}+0.310$$

60 *cm* の缺込　　實驗回數 167 回

$$m=\frac{5.1}{22.37\log h+24.00}+0.320$$

80 *cm* の缺込　　實驗回數 154 回

$$m=\frac{5.3}{20.59\log h+26.19}+0.318$$

の式を求め,之等の實驗式に依る算出値と實測流量から求めた値と差の 2 乘から $\sqrt{\frac{[v^2]}{n(n-1)}}$ を計算して,その値が ±0.00023 乃至 0.00025 であることを示して居られる。

然し前の實驗と大沼氏の實驗とは缺込は同一であり堰堤の構造も同樣で,唯越水高の測定方法が相違するだけであるから,實驗式の形は前の通りとし

(1) 昭和 7 年實驗　未發刊

$$m=\frac{0.01b+4.5}{\alpha \log h+\beta}+0.3$$

の内分母の $h$ に關係する常數だけを變へたらば差支ないだらうとの豫想の下に

$$\alpha \log h+\beta$$

の $\alpha$ 及び $\beta$ を大沼氏の 714 個の實測値を基として最小二乘法に依つて求めて見ると,

$$\alpha=16.87$$

$$\beta=23.69$$

を得た。從つて

$$m=\frac{0.01b+4.5}{16.87\log h+23.69}+0.3$$

である。この式に依る算出値を前述の大沼氏が各缺込毎に別個に求められた實驗式に依る算出値と比較すると,最も著しいときでも 1% 强の差があるだけである。

著者は更に又別の實驗に於て

$$m=\frac{0.01b+4.5}{\alpha \log h+\beta}+0.3$$

の式が極めてよく適合することを確め得た。(1)

實驗式の形が同一で $\alpha, \beta$ の二つの常數だけが異るのは,結局越水高 $h$ を測る方法の相違に基くものと思はれるから,これが一定すれば $\alpha, \beta$ の値も一定になるものと信ぜられる。

以上述べた所に依つて,完全な收縮をなす矩形缺込の流量式として,

$$Q=m\sqrt{2g}\,bh^{\frac{3}{2}}$$

但し $$m=\frac{0.01b+4.5}{\alpha \log h+\beta}+0.3$$

$\left\{\begin{array}{l} Q=\text{流量 (cc/秒)},\ g=\text{重力の加速度},\ b=\text{缺込幅 (cm)} \\ h=\text{越水高 (cm)},\ \alpha, \beta=h \text{ の測定方法に依つて異る常數} \end{array}\right\}$

が最も適當であることが判る。

---

(1) 櫻井莊三　收縮堰の流量係數　砂防　第 21 號　昭和7年　1頁

# III　流量計算

單位時間の流量Qとその繼續時間Tとが判れば,兩者の積からその間の全流量が計算出來る。即ち

$$\text{流量}=QT$$
$$=m\sqrt{2g}\,bh^{\frac{3}{2}}T$$

に依り自記水位計の記錄から求めた$h$及びTを用ひて流量を計算する。而して水位に變化が無い時には,單位時間の流量にも變化が無いから簡單に計算出來るが,水位に變化のある場合は,變化毎に計算して合計しなければならない。このとき計算の區切を如何にとるべきか,又變化の前後の水位の平均に依るべきか,流量の平均をとるべきかを吟味して見やう。

流量係數$m$は前に述べた樣に$h$の函數であるから總べての$h$に對して同一の値を用ひることは出來ないが,その變化は$h$の値の相違が著しくないときには極めて僅かであるから,取扱を簡單にする爲に,假りに常數として之と$\sqrt{2g}$との積を$c$で表はすと

$$Q=cbh^{\frac{3}{2}}$$

の式が示す樣に流量は越水高の$\frac{3}{2}$乘に比例する。故に越水高が直線的に變化する場合にも流量の變化は直線的ではないから,自記水位計の記錄に越水高の變化が直線に現はれて居るときでも,その兩端に於ける流量の平均を以て繼續時間內流れたとするのは正しくない。

今始め$h_1$の越水高が直線的に變化してT時間後に$h_2$になつたとすれば,始めから任意の時間$t$を經過した際の越水高$h$は

$$h=h_1+\frac{t(h_2-h_1)}{T}$$

從つてT時間內の理論的流量$Q_t$は

$$Q_t=cb\int_0^T\left\{h_1+\frac{t(h_2-h_1)}{T}\right\}^{\frac{3}{2}}dt$$

$$=cb\frac{T}{h_2-h_1}\left|\frac{(h_1+\frac{h_2-h_1}{T}t)^{\frac{3}{2}+1}}{\frac{3}{2}+1}\right|_0^T$$

$$=cb\frac{T}{h_2-h_1}\frac{h_2^{\frac{5}{2}}-h_1^{\frac{5}{2}}}{\frac{5}{2}}$$

$$=\frac{2}{5}cbT\frac{h_2^{\frac{5}{2}}-h_1^{\frac{5}{2}}}{h_2-h_1}$$

一方T時間の兩端に於ける越水高 $h_1$ 及び $h_2$ の流量の平均を以てT時間流れたとするときの流量 $Q_a$ は

$$Q_a=\frac{1}{2}cbT(h_2^{\frac{3}{2}}+h_1^{\frac{3}{2}})$$

$$\frac{Q_a}{Q_t}=\frac{\frac{1}{2}(h_2^{\frac{3}{2}}+h_1^{\frac{3}{2}})}{\frac{2}{5}\frac{h_2^{\frac{5}{2}}-h_1^{\frac{5}{2}}}{h_2-h_1}}$$

$$=\frac{5}{4}\frac{(h_2^{\frac{3}{2}}+h_1^{\frac{3}{2}})(h_2-h_1)}{h_2^{\frac{5}{2}}-h_1^{\frac{5}{2}}}$$

$h_2=nh_1$ とすれば

$$\frac{Q_a}{Q_t}=\frac{5}{4}\frac{h_1^{\frac{5}{2}}(n^{\frac{3}{2}}+1)(n-1)}{h_1^{\frac{5}{2}}(n^{\frac{5}{2}}-1)}$$

$$=\frac{5}{4}\frac{(n^{\frac{3}{2}}+1)(n-1)}{(n^{\frac{5}{2}}-1)}$$

この式の右邊の値を $n$ の數種の値に就いて計算すると次表の様になる。

| $n$ | $\frac{5}{4}\frac{(n^{\frac{3}{2}}+1)(n-1)}{n^{\frac{5}{2}}-1}$ |
|---|---|
| 0.1 | 1.164 |
| 0.2 | 1.109 |
| 0.3 | 1.072 |
| 0.4 | 1.046 |
| 0.5 | 1.028 |
| 0.6 | 1.016 |
| 0.7 | 1.008 |
| 0.8 | 1.003 |

| $n$ | $\frac{5}{4}\frac{(n^{\frac{3}{2}}+1)(n-1)}{n^{\frac{5}{2}}-1}$ |
|---|---|
| 0.9 | 1.001 |
| 1.0 | 1.000 |
| 1.1 | 1.001 |
| 1.2 | 1.002 |
| 1.3 | 1.004 |
| 1.4 | 1.007 |
| 1.5 | 1.010 |
| 1.6 | 1.013 |

| $n$ | $\frac{5}{4}\frac{(n^{\frac{3}{2}}+1)(n-1)}{n^{\frac{5}{2}}-1}$ |
|---|---|
| 1.7 | 1.017 |
| 1.8 | 1.020 |
| 1.9 | 1.024 |
| 2.0 | 1.028 |
| 3.0 | 1.062 |
| 4.0 | 1.089 |
| 5.0 | 1.109 |

即ちT時間内越水高が直線的の變化をしたとき兩端に於ける越水高から流量を計算し,その平均の流量を以てT時間流れたとすれば,それは眞の流量より常に多い結果を與へること前表の通りである。從つてこの計算に依る誤差を如何なる程度まで認めるかに依つて,越水高の値が始めの何倍になる毎に改めて計算しなければならないかをこの表で求めることが出來る。例へば誤差を1% 以內に留めるには,越水高が增加する場合には元の越水高の 1.5 倍になる毎に,越水高が減少する場合には元の越水高の 0.67 倍になる毎に,計算を改めなければならない。越水高が相當の高さになつてからはかゝる急激な直線的の變化はないが,越水高の低い間は元の$\frac{3}{2}$倍又は$\frac{2}{3}$倍になる樣なことは稀ではないから注意を要する。

更に越水高が直線的に變化するときの計算方法の他の一法として,T時間を隔てた變化の兩端に於ける越水高の平均の値を以てT時間流れたとするときの誤差を求めて見る。この方法に依つて算出される流量 $Q_m$ は

$$Q_m = cb\left(\frac{h_2+h_1}{2}\right)^{\frac{3}{2}}T$$

$$= \frac{1}{\sqrt{8}}cbT(h_2+h_1)^{\frac{3}{2}}$$

之に對し理論的に正しい流量 $Q_t$ は

$$Q_t=\frac{2}{5}cbT\frac{h_2^{\frac{5}{2}}-h_1^{\frac{5}{2}}}{h_2-h_1}$$

$$\frac{Q_m}{Q_t}=\frac{5}{2\sqrt{8}}\frac{(h_2+h_1)^{\frac{3}{2}}(h_2-h_1)}{h_2^{\frac{5}{2}}-h_1^{\frac{5}{2}}}$$

$h_2=nh_1$ とすれば

$$\frac{Q_m}{Q_t}=\frac{5}{2\sqrt{8}}\frac{h_1^{\frac{5}{2}}(n+1)^{\frac{3}{2}}(n-1)}{h_1^{\frac{5}{2}}(n^{\frac{5}{2}}-1)}$$

$$=\frac{5}{2\sqrt{8}}\frac{(n+1)^{\frac{3}{2}}(n-1)}{n^{\frac{5}{2}}-1}$$

この値を前と同様に計算すると次ぎの通りである。

| $n$ | $\frac{5}{2\sqrt{8}}\frac{(n+1)^{\frac{3}{2}}(n-1)}{n^{\frac{5}{2}}-1}$ | $n$ | $\frac{5}{2\sqrt{8}}\frac{(n+1)^{\frac{3}{2}}(n-1)}{n^{\frac{5}{2}}-1}$ | $n$ | $\frac{5}{2\sqrt{8}}\frac{(n+1)^{\frac{3}{2}}(n-1)}{n^{\frac{5}{2}}-1}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.1 | 0.921 | 0.9 | 0.999 | 1.7 | 0.992 |
| 0.2 | 0.946 | 1.0 | 1.000 | 1.8 | 0.990 |
| 0.3 | 0.965 | 1.1 | 0.999 | 1.9 | 0.988 |
| 0.4 | 0.977 | 1.2 | 0.999 | 2.0 | 0.986 |
| 0.5 | 0.986 | 1.3 | 0.998 | 3.0 | 0.969 |
| 0.6 | 0.992 | 1.4 | 0.995 | 4.0 | 0.956 |
| 0.7 | 0.996 | 1.5 | 0.995 | 5.0 | 0.947 |
| 0.8 | 0.998 | 1.6 | 0.993 | | |

この結果に依れば前と逆に越水高の平均を以て T 時間流れたと計算する方が,眞の流量より常に少いがその誤差の程度は前の場合より小さく,例へば誤差を 1% 以下に留めやうとするときに,元の越水高の $\frac{1}{2}$ 乃至 2 倍までは大體に於て差支ない。且この方法に依れば前の場合と異り單に越水高の平均を求めるだけで,流量の計算は 1 回で濟むから計算の手數も前の場合より簡單である。

以上は $b$ の値は $h$ の値如何に拘らず變らないものとしてであるから,高さを異にする缺込が數個ある場合には,各缺込毎に前記の注意の下に別個に計算しなければならない。

# 結　　論

正確な且繼續的の結果を必要とする流量の測定方法としては完全な收縮をする矩形缺込を有する量水堰を用ひることが最も適當である。

流量の變化が多く數個の缺込を要する場合に扉を有する同高の缺込を設けることは不可で,扉を有しない高さが數段に異る缺込を設けることが理想的である。

流量測定の爲用ひる自記水位計には從來用ひられた自記驗潮機は不適當で,この爲に特に設計されたものを用ひなければならない。

矩形缺込よりの流量式は從來のものは多く不適當で,著者の導き出した

$$Q=m\sqrt{2g}\,bh^{\frac{3}{2}}$$

但し　　$$m=\frac{0.01\,b+4.5}{a\log h+\beta}+0.3$$

が最も好結果である。式中の $a,\beta$ は水位(越水高)の測定方法に依つて異る常數である。

一堰堤に於ける注意深い實驗から求めた

$$a=16.44$$

$$\beta=30.56$$

に依つて上式から算出される流量は實測流量と極めてよく一致するばかりでなく過去の多くの流量式に依る算出値の略中間に位し且最も多く用ひられる H. Smith の係數に依る算出流量と非常によく一致する。

水位の變化が自記水位計の記錄に直線で現はれて居るときには,その兩端の水位に對する流量の平均に時間を掛けるよりも,兩端の水位

の平均の水位に對する流量に時間を掛ける方が結果が正確で手數も簡單である。

# 文　　獻


(1) 阿部謙夫　丹那附近の氣象及河川流量並に丹那隧道湧水等に關する調査報告（第一回報告）鐵道省土質調査委員會報告　第一輯　昭和六年

(2) 歌原定二　水力學　第四版　昭和八年

(3) 岡田武松　雨　大正五年

(4) 勝谷　稔　有林地溪谷と無林溪谷との溪水量に就て　森林治水氣象彙報　第十三號　昭和八年

(5) 木村喬顯，山田熹一　有林地と無林地とに於ける水源涵養比較試驗　林業試驗報告　第十二號　大正四年

(6) 櫻井莊三　收縮堰に於ける流量係數　東京帝國大學農學部演習林報告　第十三號　昭和六年

(7) 同　　收縮堰の流量係數（上の續報）砂防　第二十一號　昭和七年

(8) 同　　强雨と流去量　砂防　第二十六號　昭和七年

(9) 物部長穗　水理學　昭和八年

(10) 諸戸北部　理水及砂防工學　量水編　第四版　昭和五年

(11) 同　　治水在治山に就て　山林　第六百五號　昭和八年

(12) 同　　昭和六年歐米旅行日記　砂防　第二十七號　昭和八年

(13) Bates, C. G. Henry, A. J. Streamflow experiment at Wagon Wheel Gap, Colorado Monthly Weather Review Supplement No. 17 1922

(14) ———————— Streamflow at Wagon Wheel Gap, Colo. Monthly Weather Review Vol. 49 No. 12 1922

(15) BATES, C. G. Forest and stream-flow experiment at Wagon Wheel Gap, Colo. Monthly Weather Review Supplement No. 30 1928

(16) BUBENDEY, J. F. Wasserbau III Teil des Handbuch der Ingenieur-wissenschaften 1911

(17) CLARK, D. Plane and geodetic surveying Vol. 1 2nd ed. 1932

(18) DE THIERY, G. MATSCHOSS, C. Wasserbaulaboratorien Europas 1926

(19) ENGLER, A. Einfluss des Waldes auf den Stand der Gewässer 1919

(20) FOLSE, J. A. New method of estimating stream flow 1929

(21) FORCHHEIMER, P. Hydraulik 3 Aufl. 1930

(22) FRANKENFIELD, H. C. The experiment station at Wagon Wheel Gap. Colo. Monthly Weather Review Vol. 38 No. 9 1910

(23) FREEMAN, J. R. Hydraulic labolatory practice 1929

(24) FRIEDRICH, A. Kulturtechnischer Wasserbau Bd. 1 3 Aufl. 1912

(25) GROVER, N. C. HOYT, J. C. Accuracy of stream-flow data 1916

(26) GOURLEY, H. J. F. and CRIMP, B. S. The flow of water over sharp-edged notches and weirs Minutes of proceeding of the iustitution of civil engineers Vol. CC. 1915

(27) HORTON, R. E. Weir experiments, coefficients, and fomulas 1907

(28) INOKUTY, A. UTIMARU, S. Determination of coefficients of discharge from a rectangular notch 東京帝國大學工科大學學術報告第五號 明治三十六年

(29) Journal of Forestry Vol. 18 1920 (19ノ紹介ガアル)

(30) KING, H. W. Handbook of hydraulics 1929

(31) KING, H. W. WISLER, C. O. Hydraulics 2nd ed. 1927

(32) LEA, F. C. Hydraulics 4th ed. 1924

(33) LEWITT, E. H. Hydraulics 4th ed. 1932

(34) LIDDLE, W. A. Stream gaging 1927

(35) LYON, G. J. Equipment for currentmeter gaging stations 1915

(36) MERRIMAN, T. Treatise on hydraulics 10th ed. 1916

(37) REHBOCK, T. Precise weir measurements (Discussion) Trans. of American Society of Civil Engineers Vol. 93 1929

(38) SCHODER, E. W. TURNER, K. B. Precise weir measurements Trans. A. S. C. E. Vol. 93 1929

(39) SCHOKLITSCH, A. Wasserbau Bd. I 1930

(40) WEYRAUCH, R. STROBEL, A. Hydraulisches Rechnen 6 Aufl. 1930

(41) ZON, R. Forest and water in the light of scientific investigation 1927

# 收縮堰に於ける流量係數

櫻井莊三

## 正誤表

「收縮堰に於ける流量係數」

| 頁 | 箇所 | 誤 | 正 |
|---|---|---|---|
| 18 | (表) h…21.3 61.0…算出値 | 898 | 398 |
| 25 | h…12.71 20…算出値 | 1.3965 | 0.3965 |
| 26 | h…15.64 80…△ | +9 | −9 |
| 27 | h…18.18 60…算出値 | 5.3995 | 0.3995 |

# 收縮堰に於ける流量係數

櫻井莊三

## 緒　　論

或流域内から流出する水量を正確に知るには量水堰堤を設けてその堤冠の缺込を通過する水量を測定するのが最良の方法である。併し乍らこの際缺込を通過する水量を桝を用ひて直接測ることは流量の多い場合には不可能であり、流量の多くない場合と雖も一々これを測るのは煩に堪へないから缺込を越流する流水の越水高を測りこれから計算に依つて流量を算出するのを普通とする。即缺込の形は矩形であり、その下縁が水平であつて幅が b, これを越流する流水の越水高が h ならばそのときの流量 qt は理論的に次式に依つて與へられる。(但し接近速度は省略し得る場合とする)。

$$qt = \frac{2}{3}\sqrt{2g}\,bh^{\frac{3}{2}}$$

しかし實際に於ては缺込の周縁に於ける收縮 (Contractions)、摩擦抵抗等がある爲上式を直ちにその儘採用することは出來ない。そこで多くの人々に依つて種々の實驗式が求められて居る。それらの中の主要なるものを擧げると次の樣なものである。(以下凡て接近速度は省略し得る場合のもの丈に就て論ずることにする)。

(1)　理論式に常數を乘ずる式

即實際流量を q とすれば

$$q = c\frac{2}{3}\sqrt{2g}\,bh^{\frac{3}{2}}$$

となり、c は單なる常數で普通流量係數(Coefficients of discharge)と呼ばれるものである。この式は形が簡單な爲に多くの人々に依つて採用され、c の値も色々出て居るが中でも Hamilton Smith 氏は Lesbros, Francis, Fteley 及 Stearns 諸氏の實驗結

果を綜合して上式のcの値をbの 0.66—19呎、hの 0.1—1.6 呎の範圍に亘つて求めて表示して居りその値は 0.580—0.656 となつて居る、それらの中本實驗の範圍內に屬するものを擧れば次表の通りである。

第　一　表

| h (呎) | b (呎) | | |
|---|---|---|---|
| | 0.66 | 1 | 2 |
| 0.1 | 0.632 | 0.639 | 0.646 |
| 0.15 | .619 | .625 | .634 |
| 0.2 | .611 | .618 | .626 |
| 0.25 | .605 | .612 | .621 |
| 0.3 | .601 | .608 | .616 |
| 0.4 | .595 | .601 | .609 |
| 0.5 | .590 | .596 | .605 |
| 0.6 | .587 | .593 | .601 |
| 0.7 | | .590 | .598 |
| 0.8 | | | .595 |

(2)　Francis の實驗式

Francis 氏は缺込の下緣に於ける收縮には越水高の大さは關係なく單に兩側緣の收縮丈が越水高の大さに關係するものであると爲し次の實驗式を求めて居る。

$$q=0.622\times\frac{2}{3}\sqrt{2g}\left(b-\frac{nh}{10}\right)h^{\frac{3}{2}}$$

式中 n は收縮のある側緣の數で普通の收縮堰に於ては n=2 であるから上式は

$$q=0.622\times\frac{2}{3}\sqrt{2g}\left(b-0.2h\right)h^{\frac{3}{2}}$$

となる。

下緣及兩側緣に於て完全なる收縮を爲す堰に對しては上の二つが主なるものであるが、事を簡單にする爲に側方の收縮のない所謂直流堰 (Suppressed weir) に對する實驗も行はれそれに關しては

(3)　Fteley 及 Stearns の實驗式

$$q=3.31bh^{\frac{3}{2}}+0.007b$$

(4) Bazin の實驗式

$$q=(0.405+\frac{0.00984}{h})\sqrt{2g}\,bh^{\frac{3}{2}}$$

等がある。

而して大體論としては矩形缺込に於ける實際流量と理論流量との比（卽ち(1)の式のcの値）は缺込の幅bが增すと共に增し、越水高hの大となると共に減ずると言はれて居るが、F. C. Lea 氏の如きは始めは越水高が增すと共に減少するが越水高の2.5—3.0 呎の間に極小がありそれから再び增加すると述べて居る。

一方本學部に於ても愛知縣演習林内に逐次數個所の量水堰堤が築設せらるゝに從つて杉本培吉、大塚通男、川田正夫、高橋昇等の諸氏に依つて實驗せられて來たが各堰堤毎に結果に相違があり、缺込の幅及越水高の差違に基く流量の變化も區々であり、未だ十分なる結論を得る迄には到らなかつた。しかしてその原因の大部分は實驗に使用せられた缺込の構造が區々であり且不完全の所があつた爲と思はれたので、昭和四年七月新に完全なる構造の缺込を作つて實驗に取掛つたのである。實驗の目的とする所は缺込の幅の一定せる場合の越水高と實際流量との關係を調べる外、類似の構造を持ち幅のみ異にする缺込に於ける實際流量の關係を調べ、更に出來得べくんば缺込幅と越水高とから實際流量を算出し得る實驗式を導き出さうとするにある。

次に實驗式の形として如何なるものを採るかゞ問題であるが理論式の$\sqrt{2g}\,bh^{\frac{3}{2}}$はそのまゝの形として殘すがよく且既述の(1)(2)(3)(4)何れの式もmを適當にとれば

$$q=m\sqrt{2g}\,bh^{\frac{3}{2}}$$

とすることが出來るからこの形を用ふることゝした、從つて(1)の場合と同樣にmを流量係數（Coefficients of discharge）と呼んで差支ない譯である。但しこゝではmを單なる常數とせずにb及hの或函數と考へ果して如何なる函數であるかを實驗値から求めやうとするのである。

本實驗に就て終始御懇切なる御指導を給はつた諸戸教授及材料の提供を快諾せられた農學士高橋昇氏に對して深甚なる謝意を表する次第である。

## 實驗設備

この實驗を行つた量水堰堤は本學部附屬愛知縣演習林内に在るものゝ一で、大さは全長約30米その中央部の高さ約3.8米堤冠の厚さ約1米の練積石堰堤で、この堰堤の略中央に設けられた幅 1.2 米厚さ1米深さ1米の花崗岩の放水路に堰板を挿入して缺込を作つたのである。堰板は厚さ3糎强のヒノキ板を以て作りその中央部に矩形の孔を穿ち孔の下緣及兩側緣に沿ふて凵形の鐵刃を張つたものである。缺込の幅は20糎40糎60糎80糎の四種とし鐵刃は堰板の上流に向ふ面に張りボルトを以て堰板に密着せしめボルトの頭部は表面に突出しない樣に鐵刃部の孔は稍深くし且ボルトの頭は扁平のものを用ひた。かくの如く作られたる堰板を堰堤の放水路に挿入するときは放水路の底面及兩側面から缺込の鐵刃の下緣及兩側緣までは 20 糎乃至50糎の距離があり、缺込の下緣から量水桝の水面迄は少くとも 80 糎以上の落差を有し、鐵刃の緣は十分尖鋭であり且その上流面及下流面には水流の收縮を妨ぐべき何物をも存在せしめなかつた故、水流がこの缺込を通過する際は完全な收縮をなすものと見做して差支なからう。又放水路の上方に於て越水高の測定をなしたる個所の斷面は幅約 30 米深さ 2.5 米以上なりしを以つて接近速度は考慮の外に置くことが出來る。かるが故にこの實驗を接近速度なき收縮堰に於けるものと稱するのである。

缺込から落下する水を受けてその體積を測る爲に内法長邊約4米短邊約3米深さ約 1.7 米容積約 20 立方米の量水桝を設け、任意の時刻に於て桝内の水面の位置を讀み得る樣に設備してある故一定時間内に缺込を通過する水量を直接に測定することが出來るのである。

## 調査材料

實驗をなすべき量水堰堤が遠隔の愛知縣演習林内に在る爲著者一人では十分の材料を得られない關係から高橋昇氏其他の提供にかゝる材料を主として用ひること、

した。

愛知縣演習林に於ては日々の流量を缺込幅と越水高とから算出する便宜から既に掲げた

$$q=m\sqrt{2g}\,bh^{\frac{3}{2}}$$

の式を用ひて居る。從つて

$$m=\frac{q}{\sqrt{2g}\,bh^{\frac{3}{2}}}$$

となる、上式中單位時間の流量 q は量水桝に一定量の水を充す所要時間を測りその一定量を所要時間で除して得られる。

量水桝に充すべき水量は流水量の寡多に從つて2立方米乃至14立方米と爲し、所要時間は少くとも60秒を下らないものを用ひ普通 100 秒以上となし時間の測定の際の誤差を少なからしめて居る。b は十分の注意を以て造られて固定せられて居るものであり、h は尺度で直接に測り糎の $\frac{1}{100}$ 迄を讀んで居る。g は Helmert の式

$$g=980.616-2.5928\cos 2\varphi+0.0069\cos^2 2\varphi-0.0003086H$$

（$\varphi$ は其點の緯度、H は海拔高「メートル」）

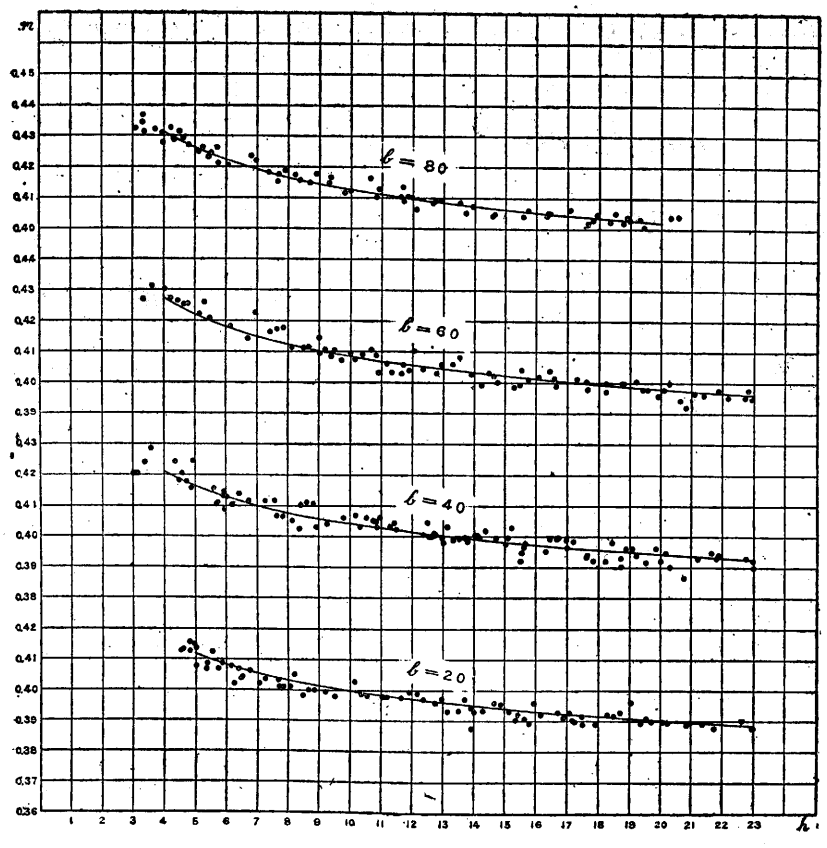
に依つて實驗地の緯度（$\varphi=35^\circ 13'$ N）及海拔高（H＝294.28米）の補正を爲して得られた g＝979.658糎/秒$^2$ の値を用ひた。

斯樣にして求められた m の値が附表の實測値の欄に掲げられたものである。（尙本論文中に用ひる單位は特に斷らない限り糎及秒である）

## 本　　論

係數 m が b 及 h の變化に伴つて如何なる値を取るかを調べる爲に、先づ四つの缺込幅(b)毎に越水高(h)を横軸上に取り附表實測値の欄に示された係數(m)を縦軸上に取つて多くの點を求め各缺込幅毎にそれらの點を代表すると思はれる曲線を四本描く。

第　一　圖




かくして得られた曲線の形から見ると

(1)　各缺込幅に於けるもの何れもhの値の小なる間はhの增加に伴つてmの値は稍急激に減少し、

(2)　hの値の大となるに從つてmの値の減少は緩漫となる。

又缺込幅bの差違に基く四本の曲線の相違を見るに曲線の形には大差なく略平行して居る故

(3)　bの値の增加に伴つてmの値は略直線的に增加して居ることが認められる

次にこれらの曲線をあらはす方程式を求めるのであるが各缺込幅毎に別な方程式ではなく各缺込幅に共通する一つの形の方程式を求めやうとするのである、卽ち三變數の方程式

$$m=F(h,b)$$

或は　　$f(m, h, b)=0$

の形を求めやうとするのである。

そこでこの四本の曲線であらはされて居る m, h 及 b の間の關係を更に詳細に吟味する必要があるが、附表に掲げられて居る多數の實測値を用ひては徒に煩雜となるばかりであるから之を避る爲に第一圖の曲線から逆に數値を讀んで表示すると第二表の様になる。

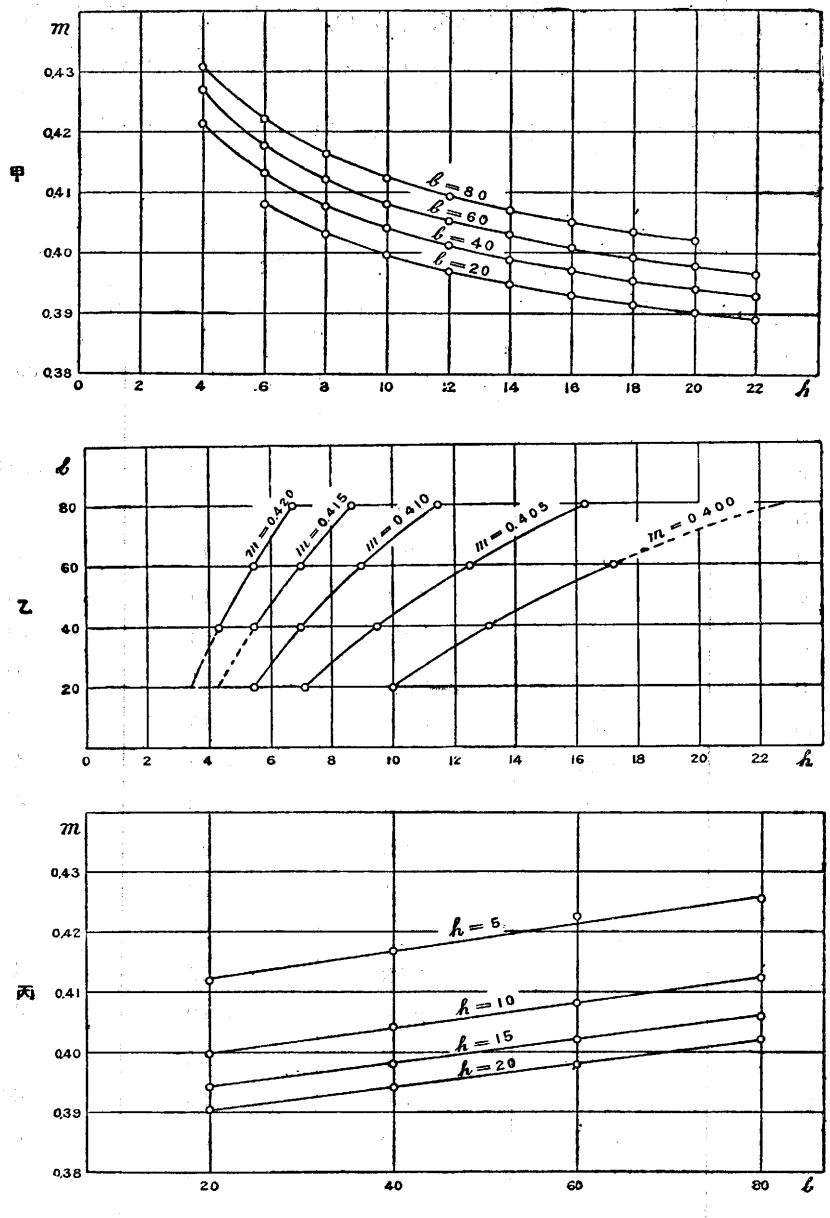
第　二　表

| h | b | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 20 | 40 | 60 | 80 |
| 3 | | | | |
| 4 | | 0.4215 | 0.4272 | 0.4310 |
| 5 | 0.4120 | 4169 | 4227 | 4258 |
| 6 | 4082 | 4133 | 4180 | 4222 |
| 7 | 4055 | 4101 | 4149 | 4191 |
| 8 | 4032 | 4077 | 4123 | 4165 |
| 9 | 4014 | 4060 | 4101 | 4144 |
| 10 | 3999 | 4043 | 4084 | 4125 |
| 11 | 3985 | 4028 | 4069 | 4109 |
| 12 | 3972 | 4015 | 4056 | 4094 |
| 13 | 3961 | 4003 | 4044 | 4082 |
| 14 | 3950 | 3991 | 4032 | 4071 |
| 15 | 3941 | 3981 | 4021 | 4061 |
| 16 | 3932 | 3972 | 4011 | 4052 |
| 17 | 3924 | 3964 | 4002 | 4044 |
| 18 | 3916 | 3957 | 3994 | 4036 |
| 19 | 3910 | 3949 | 3988 | 4028 |
| 20 | 3904 | 3942 | 3980 | 4021 |
| 21 | 3897 | 3936 | 3973 | |
| 22 | 3891 | 3931 | 3967 | |
| 23 | 3885 | 3925 | 3961 | |

第二表に示されて居る m, h 及 b の三變數の中二つの變數を坐標に取つて他の一

つの變數に對する曲線を描くと第二圖甲乙丙三つの圖が得られる。

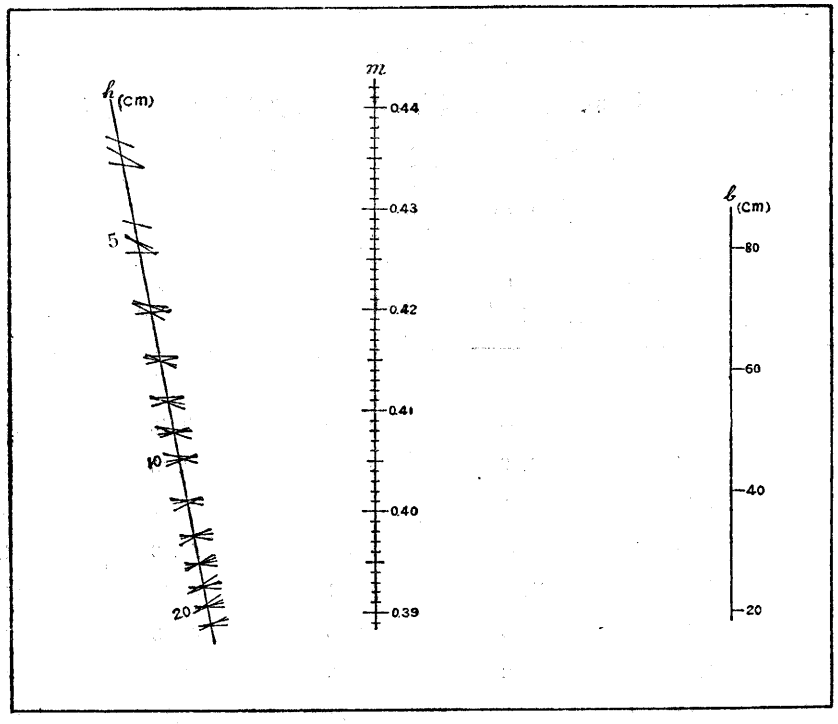
第　二　圖




これら三つの圖の中甲乙二圖は曲線であるが丙圖卽 m 及 b を坐標としたものに於ては h は直線群となつて現はれて居る、(圖には h=5, 10, 15, 20 のみを示す) 從つて甲圖或は乙圖に依るよりも丙圖に基いて推論して行く方が便宜である。丙圖に

依れば m 及 b を坐標としたときに h が直線群となつて現はれて居るが更にこれを闡明にする爲に直列圖表に描き改めて見ると第三圖に示す様に h の各値に對する m 及 b の四組の直列は概ね一點に會し且これら各交點は略一直線上に在ることが判る。

第　三　圖




直列圖表に於て h の支持線が直線となることが知れたから次にこの支持線が m 及 b の尺度と交る點を計算に依つて求めると

m の尺度とは

$$m=0.3$$

の點に於て交り、b の尺度とは

$$b=-450$$

の點に於て交ることが知れる、從つて求めんとする實驗式の形は

$$m-0.3+(b+450)\phi_1(h)=0$$

となるが數値を取扱ふ上の便宜並に第一圖に現はれて居る曲線の形等を考慮に入れて　$\phi_1(h)$ の代りに

$$\phi_1(h)=\frac{-1}{100\phi(h)}$$

と置けば

$$m-0.3-\frac{0.01b+4.5}{\phi(h)}=0$$

となる、仍て殘る問題は $\phi(h)$ の形如何である。しかるに

$$\phi(h)=\frac{0.01b+4.5}{m-0.3}$$

であるから右邊の値を第二表の數値を基として計算すると次表の通りになる。

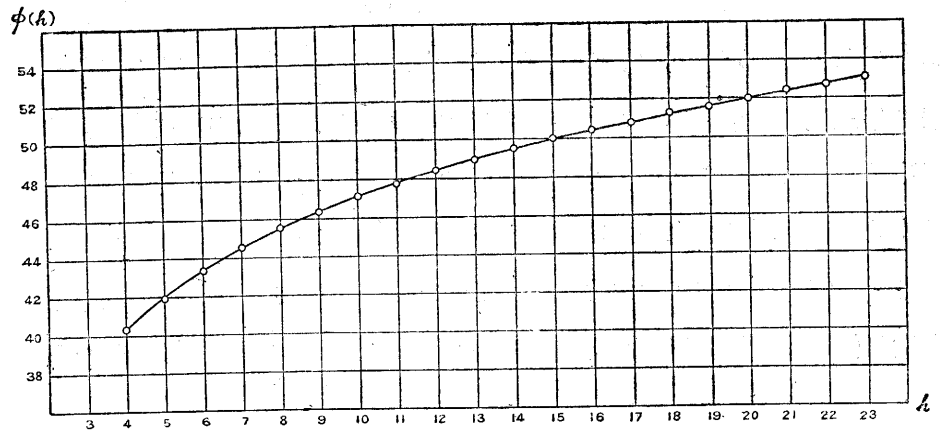
第　三　表

$$\phi(h)=\frac{0.01b+4.5}{m-0.3}$$

| h | b=20<br>0.01b+4.5<br>= 4.7 | b=40<br>0.01b+4.5<br>= 4.9 | b=60<br>0.01b+4.5<br>= 5.1 | b=80<br>0.01b+4.5<br>= 5.3 | 平均 |
|---|---|---|---|---|---|
| 3 | | | | | |
| 4 | | 40.33 | 40.09 | 40.46 | 40.29 |
| 5 | 41.96 | 41.92 | 41.56 | 42.13 | 41.89 |
| 6 | 43.44 | 43.25 | 43.22 | 43.37 | 43.32 |
| 7 | 44.55 | 44.50 | 44.39 | 44.50 | 44.49 |
| 8 | 45.54 | 45.50 | 45.41 | 45.49 | 45.49 |
| 9 | 46.35 | 46.23 | 46.32 | 46.33 | 46.31 |
| 10 | 47.05 | 46.98 | 47.05 | 47.11 | 47.05 |
| 11 | 47.72 | 47.67 | 47.71 | 47.79 | 47.72 |
| 12 | 48.35 | 48.28 | 48.30 | 48.45 | 48.35 |
| 13 | 48.91 | 48.85 | 48.85 | 48.98 | 48.90 |
| 14 | 49.47 | 49.45 | 49.42 | 49.49 | 49.46 |
| 15 | 49.95 | 49.95 | 49.95 | 49.95 | 49.95 |
| 16 | 50.43 | 50.41 | 50.45 | 50.38 | 50.42 |
| 17 | 50.87 | 50.83 | 50.90 | 50.77 | 50.84 |
| 18 | 51.31 | 51.20 | 51.31 | 51.16 | 51.25 |
| 19 | 51.65 | 51.63 | 51.62 | 51.56 | 51.62 |
| 20 | 51.99 | 52.02 | 52.04 | 51.91 | 51.99 |
| 21 | 52.40 | 52.35 | 52.42 | | 52.39 |
| 22 | 52.75 | 52.63 | 52.74 | | 52.71 |
| 23 | 53.11 | 52.97 | 53.07 | | 53.05 |

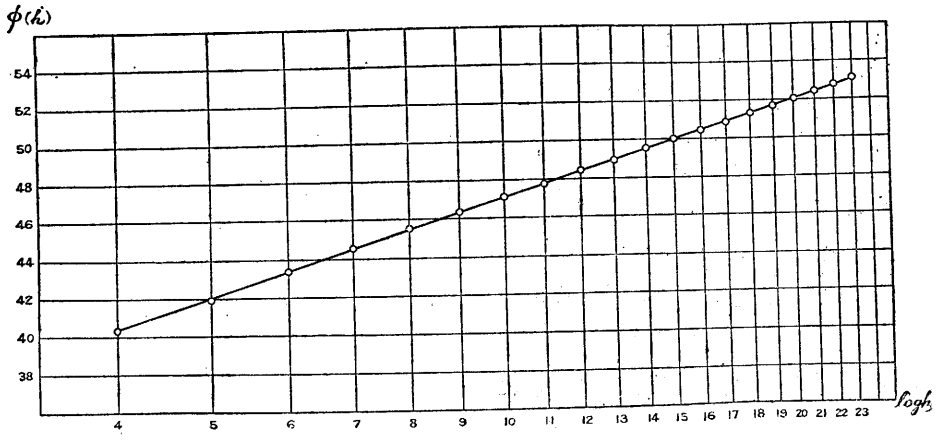
第三表中の最後の欄の $\phi(h)$ の平均の數値と h の値とから等間隔の直交坐標に依つて $\phi(h)$ の曲線を描くと第四圖の様になり

第　四　圖




對數曲線に類似して居るからこれを更に半對數の坐標軸のものに描き改めると第五圖の様に略直線となる。

第　五　圖




從つて $\phi(h)$ は對數函數と豫想することが出來る、($\phi(h)$が對數函數なることは第三圖の h の尺度の目盛が對數目盛の投影に依つて求め得ることからも證明出來る)。故に

$$\phi(h)=a\log h+\beta$$

と爲し計算の便宜から對數は常用對數を用ひることにする。この$\phi(h)$を前の式に入

れると

$$\alpha\log h+\beta=\frac{0.01b+4.5}{m-0.3}$$

となる、右邊$\frac{0.01b+4.5}{m-0.3}$は實測値から計算して出すことが出來るから上式を解いてα及βの値を定めることが出來る。但しこの際$\frac{0.01b+4.5}{m-0.3}$の値として既に算出されて居る第三表の數字を用ひることは危險である。何となれば第三表の數字は第二表の數字を用ひて算出したものであり、第二表の數字は何等實驗的又は理論的の根據に基くことなく單に圖上から求めた概略の値であるからである。故に$\frac{0.01b+4.5}{m-0.3}$の値は始めの實測値に戻つて附表に掲げられた値から計算しなければならない。

附表實測値のmの値を用ひて各缺込幅毎に算出した$\frac{0.01b+4.5}{m-0.3}$の値を$l_i$とすれば

$$\alpha\log h_i+\beta=l_i$$

の觀測式が附表に掲げられた實驗回數丈即 i=323 個得られるこれら 323 個の觀測式を用ひて式中の係數α及βの値を最小二乘法に依つて求めると

$$\alpha=16.44$$

$$\beta=30.56$$

を得る。從つて求める實驗式は

$$m-0.3=\frac{0.01b+4.5}{16.44\log h+30.56}$$

即

$$m=\frac{0.01b+4.5}{16.44\log h+30.56}+0.3$$

となる、或は形を少しく簡單にする爲に

$$\alpha=16.4$$

$$\beta=30.6$$

として

$$m=\frac{0.01b+4.5}{16.4\log h+30.6}$$

を用ひてもよい。この式と前式との差違は最も著しい場合で小數第四位に於て1の差を生ずる程度である。

第　四　表　(1)

$$m=\frac{0.01b+4.5}{16.44\log h+30.56}+0.3$$

| h | b | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 20 | 40 | 60 | 80 |
| 3.0 | 0.4224 | 0.4276 | 0.4328 | 0.4380 |
| 3.2 | 4209 | 4261 | 4312 | 4364 |
| 3.4 | 4196 | 4247 | 4298 | 4349 |
| 3.6 | 4183 | 4234 | 4284 | 4335 |
| 3.8 | 4172 | 4222 | 4272 | 4322 |
| 4.0 | 4162 | 4211 | 4261 | 4310 |
| 4.2 | 4152 | 4201 | 4250 | 4299 |
| 4.4 | 4143 | 4191 | 4240 | 4288 |
| 4.6 | 4134 | 4182 | 4230 | 4278 |
| 4.8 | 4126 | 4174 | 4221 | 4269 |
| 5.0 | 4118 | 4165 | 4213 | 4260 |
| 5.2 | 4110 | 4157 | 4205 | 4252 |
| 5.4 | 4103 | 4150 | 4197 | 4244 |
| 5.6 | 4097 | 4143 | 4190 | 4236 |
| 5.8 | 4090 | 4137 | 4183 | 4230 |
| 6.0 | 4084 | 4130 | 4177 | 4223 |
| 6.2 | 4078 | 4124 | 4170 | 4216 |
| 6.4 | 4073 | 4118 | 4164 | 4209 |
| 6.6 | 4067 | 4113 | 4158 | 4204 |
| 6.8 | 4062 | 4107 | 4153 | 4198 |
| 7.0 | 4058 | 4103 | 4148 | 4193 |
| 7.2 | 4052 | 4097 | 4142 | 4187 |
| 7.4 | 4048 | 4093 | 4137 | 4182 |
| 7.6 | 4043 | 4088 | 4132 | 4177 |
| 7.8 | 4039 | 4083 | 4128 | 4172 |
| 8.0 | 4035 | 4079 | 4123 | 4167 |

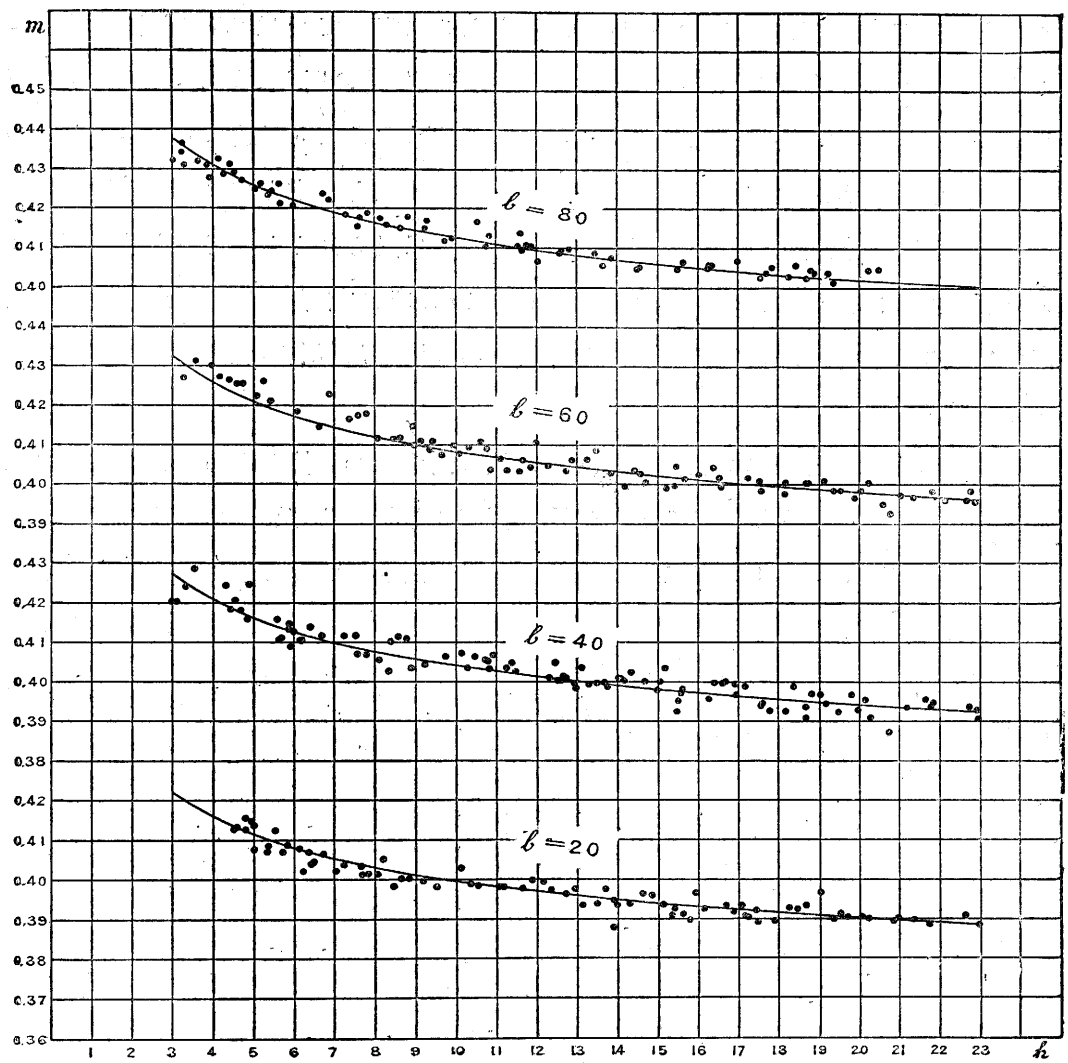
## 第　四　表　(2)

| h | b | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 20 | 40 | 60 | 80 |
| 8.5 | 0.4026 | 0.4069 | 0.4113 | 0.4156 |
| 9.0 | 4016 | 4059 | 4103 | 4146 |
| 9.5 | 4006 | 4051 | 4093 | 4136 |
| 10.0 | 4000 | 4043 | 4085 | 4128 |
| 10.5 | 3993 | 4035 | 4077 | 4119 |
| 11.0 | 3986 | 4028 | 4069 | 4111 |
| 11.5 | 3979 | 4021 | 4062 | 4104 |
| 12.0 | 3973 | 4014 | 4056 | 4097 |
| 12.5 | 3967 | 4008 | 4050 | 4091 |
| 13.0 | 3962 | 4003 | 4043 | 4084 |
| 13.5 | 3956 | 3997 | 4038 | 4079 |
| 14.0 | 3951 | 3992 | 4032 | 4073 |
| 14.5 | 3947 | 3987 | 4027 | 4067 |
| 15 | 3942 | 3982 | 4022 | 4062 |
| 16 | 3933 | 3973 | 4013 | 4053 |
| 17 | 3925 | 3965 | 4004 | 4044 |
| 18 | 3918 | 3957 | 3996 | 4035 |
| 19 | 3911 | 3950 | 3989 | 4028 |
| 20 | 3905 | 3943 | 3982 | 4020 |
| 21 | 3899 | 3937 | 3975 | 4013 |
| 22 | 3893 | 3931 | 3969 | 4007 |
| 23 | 3887 | 3925 | 3963 | 4001 |
| 24 | 3883 | 3920 | 3958 | 3995 |
| 25 | 3878 | 3915 | 3953 | 3990 |
| 26 | 3873 | 3910 | 3948 | 3985 |

第四表は實驗式から算出したmの値を示すもので、表より細い部分に對しては內挿法を採用することが出來る。

第一圖と同樣にh及mを坐標に取つて實測値をあらはしたものに第四表に依るmの値を曲線として入れゝば第六圖が得られ曲線は略實測値を代表する樣に思はれる。

## 第　六　圖




更に實測値と實驗式に依る算出値との數字的比較は附表に示す通りで算出値と實測値との差△の二乘の和は 0.00187 となり實驗式はかなりよく適合するものと言ふことが出來やう。高橋昇氏は同一の實測値を用ひて各缺込毎に單に一個の平均値を最小二乘法に依つて求めて居られるが、それに依ると平均値と實測値との差の二乘の和は 0.04346 で前記 0.00187 の 23 倍強に當つて居る。

扨上述の

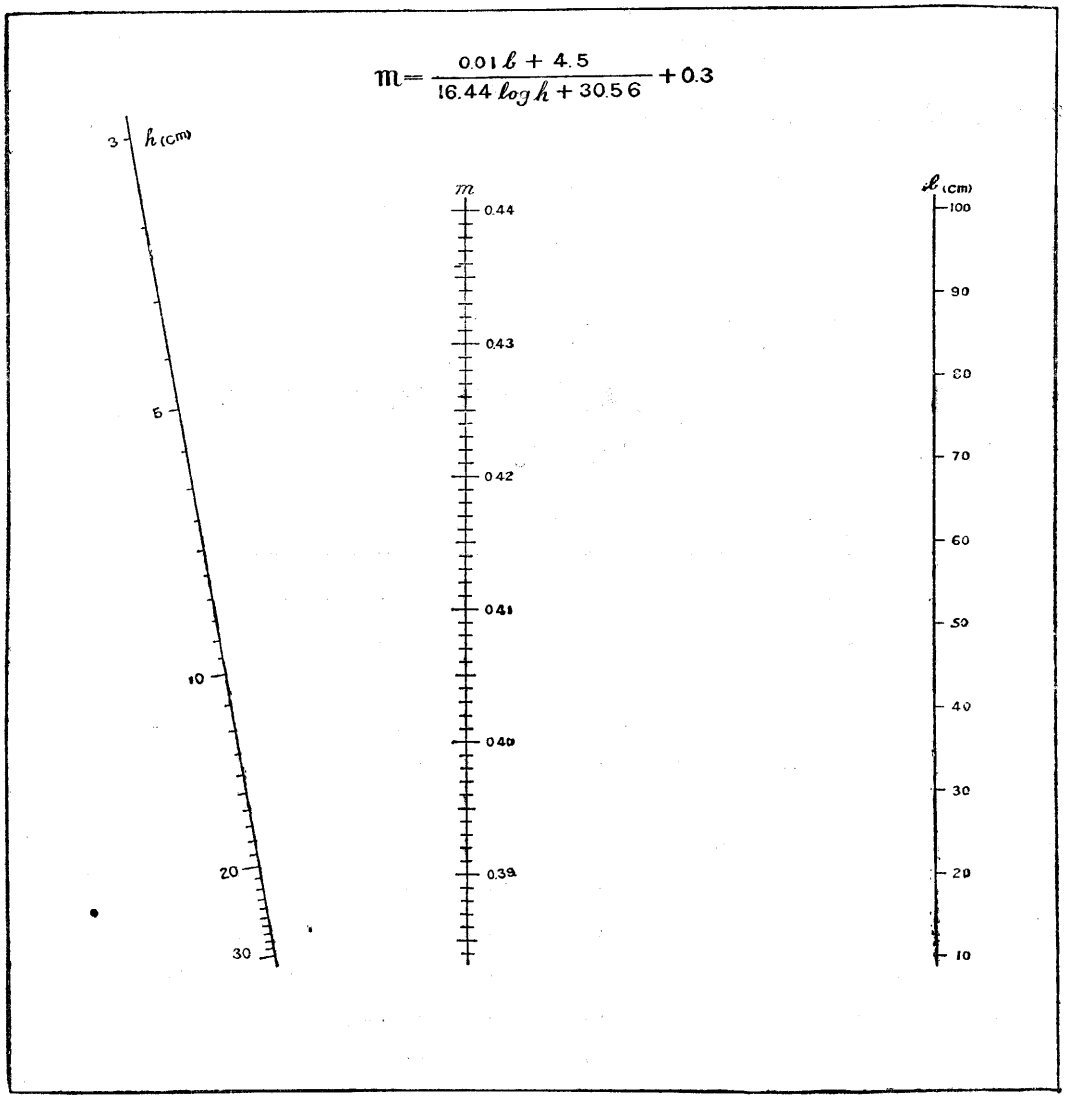
$$m=\frac{0.01b+4.5}{16.44\log h+30.56}+0.3$$

の式を見るにbの値を一定とすればhが大となるに從つてmは0.3に近附き $h=\infty$ のときに $m=0.3$ となるから、越水高の大なる方は相當の所まで適用し得るが、hが小となるに從つてmの値は次第に大となり $h=0.014$ のあたりで遂に $m=\infty$ となるから、越水高の甚だ小なる場合は適用し得ない。又hの値を一定とすればbの增加に伴つてmの値は直線的に增加するがこれも或範圍内に限られるものであり、更に $b=0$ のときもmは或定まつた値を持つ譯であるがこれは明に不合理である。要するに上式は理論式ではなく實驗式であるから上式を導き出した實驗の範圍内に於てのみ適用し得るものである。

次にこの實驗式を用ひて任意のb及hの値に對するmの値を求めるには計算に依れば詳しい正確な値を得られるが、缺込の幅が 20, 40, 60, 及80糎のときは第六圖を用ひても概略の値を求めることが出來る、又第四表に依つて求め得ることも既述の通りである。

更に第七圖の樣な直列圖表を用ひればh及bの如何なる値に對しても極めて容易に且實用上十分に精密なmの値を求めることが出來る。

## 第　七　圖




最後に上述の實驗式がその實驗に使用した堰堤以外の堰堤に於ける實驗値に對して如何なる差違を有するかを吟味することは實驗式の實用價値を知る上に重要なことである、併し乍ら同一の缺込を愛知縣演習林内の他の量水堰堤に用ひて行つた實驗は未だないのでこゝには收縮堰に於ける流量係數として最も一般的に紹介されて居る Hamilton Smith 氏が多くの實驗値から算出した値即ち既揭の第一表の値と比較して見やう。しかし第一表は呎單位の値であるから米單位の本實驗式の値と比較

する爲にb及hを米單位に改算し且第一表の値は

$$q=c\frac{2}{3}\sqrt{2g}\,bh^{\frac{3}{2}}$$

のcの値であり本實驗式のmは

$$q=m\sqrt{2g}\,bh^{\frac{3}{2}}$$

であつて

$$m=\frac{2}{3}c$$

であるから第一表のcの値に$\frac{2}{3}$を乘じて得られた値を第五表の實驗値の欄に示し本實驗式から求めた値を算出値の欄に示す。

第　五　表

| h | b | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 20.1 | | | 30.5 | | | 61.0 | | |
| | 實驗値 | 算出値 | v | 實驗値 | 算出値 | v | 實驗値 | 算出値 | v |
| 3.1 | 0.421 | 0.421 | 0 | 0.426 | 0.425 | − 1 | 0.431 | 0.432 | + 1 |
| 4.6 | 413 | 413 | 0 | 417 | 416 | − 1 | 423 | 423 | 0 |
| 6.1 | 407 | 408 | + 1 | 412 | 411 | − 1 | 417 | 417 | 0 |
| 7.6 | 403 | 404 | + 1 | 408 | 407 | − 1 | 414 | 414 | 0 |
| 9.1 | 401 | 401 | 0 | 405 | 404 | − 1 | 411 | 410 | − 1 |
| 12.2 | 397 | 397 | 0 | 401 | 399 | − 2 | 406 | 406 | 0 |
| 15.2 | 393 | 394 | + 1 | 397 | 396 | − 1 | 403 | 402 | − 1 |
| 18.3 | 391 | 392 | + 1 | 395 | 394 | − 1 | 401 | 400 | − 1 |
| 21.3 | | | | 393 | 392 | − 1 | 399 | 398 | − 1 |
| 24.4 | | | | | | | 397 | 396 | − 1 |

〔vv〕=0.000022

算出値と實驗値の差vを求めその二乘の和を作ると 0·000022 となり實驗式から求めた値は Hamilton Smith 氏が多くの實驗値から算出した値と非常によく一致することが知られる。

# 結　　論

量水の目的を以つて造られた接近速度なき堰堤の缺込を通過する水が缺込を通過する際完全なる收縮をなす場合にその缺込の幅をb(糎)越水高をh(糎)とすればそのときの流量 q(立方糎/秒)は

$$m = \frac{0.01b + 4.5}{16.44\log h + 30.56}$$

とするときに

$$q = m\sqrt{2g}\, bh^{\frac{3}{2}}$$

に依つて得られる、但しこの式はbが20糎乃至80糎hが 3 糎乃至23糎の範圍内に於ける實驗から得られた實驗式でこの式の適用されるのもその範圍内である、而してこの式に依つてb及hからmを求めるには第七圖の如き直列圖表を用ふるのが最も便利である。

# 附　　表　　(1)

| h | b | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 20 | | | 40 | | | 60 | | | 80 | | |
| | 實測値 | 算出値 | △ | 實測値 | 算出値 | △ | 實測値 | 算出値 | △ | 實測値 | 算出値 | △ |
| 3.00 | | | | 0.4203 | 0.4276 | +73 | | | | | | |
| 3.02 | | | | | | | | | | 0.4323 | 0.4378 | +55 |
| 3.11 | | | | 0.4202 | 0.4268 | +66 | | | | | | |
| 3.23 | | | | | | | | | | 0.4345 | 0.4362 | +17 |
| 3.25 | | | | | | | | | | 0.4367 | 0.4360 | − 7 |
| 3.30 | | | | | | | 0.4270 | 0.4305 | +35 | 0.4311 | 0.4356 | +45 |
| 3.35 | | | | 0.4240 | 0.4250 | +10 | | | | | | |
| 3.55 | | | | 0.4237 | 0.4237 | −50 | | | | | | |
| 3.58 | | | | | | | 0.4311 | 0.4285 | −26 | | | |
| 3.65 | | | | | | | | | | 0.4320 | 0.4332 | +12 |
| 3.85 | | | | | | | | | | 0.4310 | 0.4319 | + 9 |
| 3.91 | | | | | | | | | | 0.4279 | 0.4315 | +36 |
| 3.98 | | | | | | | 0.4300 | 0.4262 | −38 | | | |
| 4.14 | | | | | | | | | | 0.4317 | 0.4302 | −15 |
| 4.17 | | | | | | | 0.4271 | 0.4252 | −18 | | | |
| 4.29 | | | | | | | | | | 0.4289 | 0.4294 | + 5 |
| 4.31 | | | | 0.4241 | 0.4196 | −45 | | | | | | |
| 4.40 | | | | | | | 0.4265 | 0.4240 | −25 | | | |
| 4.42 | | | | | | | | | | 0.4313 | 0.4287 | −26 |
| 4.46 | | | | 0.4181 | 0.4188 | + 7 | | | | | | |
| 4.50 | 0.4129 | 0.4138 | + 9 | | | | | | | | | |
| 4.52 | | | | | | | | | | 0.4293 | 0.4282 | −11 |
| 4.54 | | | | 0.4206 | 0.4185 | −21 | | | | | | |
| 4.58 | 0.4131 | 0.4135 | + 4 | | | | | | | | | |
| 4.60 | | | | | | | 0.4254 | 0.4230 | −24 | | | |
| 4.70 | | | | 0.4180 | 0.4178 | − 2 | | | | | | |
| 4.72 | | | | | | | 0.4255 | 0.4225 | −30 | 0.4271 | 0.4273 | + 2 |
| 4.80 | 0.4156 | 0.4126 | −30 | | | | | | | | | |
| 4.80 | 0.4126 | 0.4126 | 0 | | | | | | | | | |
| 4.85 | | | | 0.4159 | 0.4172 | +13 | | | | | | |

( 2 )

| h | b | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 20 | | | 40 | | | 60 | | | 80 | | |
| | 實測値 | 算出値 | △ | 實測値 | 算出値 | △ | 實測値 | 算出値 | △ | 實測値 | 算出値 | △ |
| 4.92 | | | | 0.4245 | 0.4169 | −76 | | | | | | |
| 4.97 | 0.4149 | 0.4119 | −30 | | | | | | | | | |
| 5.02 | 0.4139 | 0.4117 | −22 | | | | | | | | | |
| 5.02 | 0.4079 | 0.4117 | +38 | | | | | | | 0.4250 | 0.4259 | + 9 |
| 5.10 | | | | | | | 0.4221 | 0.4209 | −12 | | | |
| 5.19 | | | | | | | | | | 0.4262 | 0.4252 | −10 |
| 5.25 | | | | | | | 0.4260 | 0.4203 | −57 | | | |
| 5.33 | 0.4069 | 0.4105 | +36 | | | | | | | | | |
| 5.37 | | | | | | | | | | 0.4233 | 0.4245 | +12 |
| 5.38 | 0.4085 | 0.4102 | +17 | | | | | | | | | |
| 5.42 | | | | | | | 0.4210 | 0.4196 | −14 | | | |
| 5.45 | | | | | | | | | | 0.4244 | 0.4242 | − 2 |
| 5.52 | 0.4123 | 0.4099 | −24 | | | | | | | | | |
| 5.53 | | | | 0.4159 | 0.4144 | −15 | | | | | | |
| 5.65 | | | | 0.4106 | 0.4141 | +35 | | | | 0.4263 | 0.4234 | −29 |
| 5.68 | | | | | | | | | | 0.4212 | 0.4233 | +21 |
| 5.70 | | | | 0.4110 | 0.4140 | +30 | | | | | | |
| 5.73 | 0.4069 | 0.4092 | +23 | | | | | | | | | |
| 5.85 | 0.4085 | 0.4088 | + 3 | | | | | | | | | |
| 5.89 | | | | 0.4132 | 0.4134 | + 2 | | | | | | |
| 5.90 | | | | 0.4147 | 0.4134 | −13 | | | | | | |
| 5.93 | | | | 0.4090 | 0.4132 | +42 | | | | | | |
| 6.00 | | | | 0.4127 | 0.4130 | + 3 | | | | 0.4208 | 0.4223 | +15 |
| 6.10 | | | | | | | 0.4183 | 0.4174 | − 9 | | | |
| 6.13 | 0.4078 | 0.4080 | + 2 | | | | | | | | | |
| 6.15 | | | | 0.4103 | 0.4125 | +22 | | | | | | |
| 6.20 | | | | 0.4103 | 0.4124 | +21 | | | | | | |
| 6.25 | 0.4019 | 0.4077 | +58 | | | | | | | | | |
| 6.39 | 0.4070 | 0.4073 | + 3 | | | | | | | | | |
| 6.40 | | | | 0.4139 | 0.4118 | −21 | | | | | | |

( 3 )

| h | b | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 20 | | | 40 | | | 60 | | | 80 | | |
| | 實測値 | 算出値 | △ | 實測値 | 算出値 | △ | 實測値 | 算出値 | △ | 實測値 | 算出値 | △ |
| 6.44 | 0.4039 | 0.4072 | +33 | | | | | | | | | |
| 6.50 | 0.4044 | 0.4070 | +26 | | | | | | | | | |
| 6.66 | | | | | | | 0.4144 | 0.4156 | +12 | | | |
| 6.70 | | | | 0.4115 | 0.4110 | − 5 | | | | | | |
| 6.72 | 0.4063 | 0.4064 | + 1 | | | | | | | | | |
| 6.73 | | | | | | | | | | 0.4237 | 0.4200 | −37 |
| 6.90 | | | | | | | 0.4228 | 0.4151 | −77 | 0.4221 | 0.4196 | −25 |
| 7.05 | 0,4021 | 0.4056 | +35 | | | | | | | | | |
| 7.23 | 0.4038 | 0.4051 | +13 | | | | | | | | | |
| 7.24 | | | | 0.4115 | 0.4096 | −19 | | | | | | |
| 7.30 | | | | | | | | | | 0.4184 | 0.4184 | 0 |
| 7.40 | | | | | | | 0.4164 | 0.4137 | −27 | | | |
| 7.55 | | | | 0.4115 | 0.4089 | −26 | | | | | | |
| 7.60 | | | | 0.4070 | 0.4088 | +18 | 0.4173 | 0.4132 | −41 | 0.4154 | 0.4177 | +23 |
| 7.64 | | | | | | | | | | 0.4176 | 0.4176 | 0 |
| 7.67 | 0.4034 | 0.4042 | + 8 | | | | | | | | | |
| 7.70 | 0.4012 | 0.4041 | +29 | | | | | | | | | |
| 7.80 | | | | 0.4069 | 0.4083 | +14 | 0.4177 | 0.4128 | −49 | | | |
| 7.82 | 0.4013 | 0.4039 | +26 | | | | | | | | | |
| 7.83 | | | | | | | | | | 0.4188 | 0.4171 | −17 |
| 8.05 | 0.4012 | 0,4034 | +22 | | | | | | | | | |
| 8.09 | | | | | | | 0.4114 | 0.4121 | + 7 | | | |
| 8.11 | | | | 0.4053 | 0.4077 | +24 | | | | | | |
| 8.15 | | | | | | | | | | 0.4174 | 0.4164 | −10 |
| 8.20 | 0.4051 | 0.4031 | −20 | | | | | | | | | |
| 8.30 | | | | | | | | | | 0.4158 | 0.4160 | + 2 |
| 8.35 | | | | 0.4026 | 0.4072 | +46 | | | | | | |
| 8.40 | | | | 0.4102 | 0.4071 | −31 | | | | | | |
| 8.46 | 0.3984 | 0.4027 | +43 | | | | 0.4113 | 0.4114 | + 1 | | | |
| 8.58 | | | | 0.4112 | 0.4067 | −45 | | | | | | |

( 4 )

| h | b | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 20 | | | 40 | | | 60 | | | 80 | | |
| | 實測値 | 算出値 | △ | 實測値 | 算出値 | △ | 實測値 | 算出値 | △ | 實測値 | 算出値 | △ |
| 8.61 | | | | | | | 0.4115 | 0.4111 | − 4 | | | |
| 8.62 | 0.4002 | 0.4024 | +22 | | | | | | | | | |
| 8.63 | | | | | | | | | | 0.4150 | 0.4153 | + 3 |
| 8.80 | | | | 0.4107 | 0.4063 | −44 | | | | | | |
| 8.82 | | | | | | | | | | 0.4180 | 0.4150 | −30 |
| 8.83 | 0.4002 | 0.4019 | +17 | | | | | | | | | |
| 8.90 | | | | 0.4032 | 0.4061 | +29 | | | | | | |
| 8.95 | | | | | | | 0.4148 | 0.4104 | −44 | | | |
| 8.93 | | | | | | | 0.4098 | 0.4103 | + 5 | | | |
| 9.15 | | | | | | | 0.4109 | 0.4100 | − 9 | | | |
| 9.20 | 0.3999 | 0.4013 | +14 | | | | | | | | | |
| 9.25 | | | | 0.4044 | 0.4055 | +11 | | | | 0.4150 | 0.4141 | − 9 |
| 9.30 | | | | | | | | | | 0.4167 | 0.4140 | −27 |
| 9.36 | | | | | | | 0.4086 | 0.4096 | +10 | | | |
| 9.42 | | | | | | | 0.4104 | 0.4095 | − 9 | | | |
| 9.51 | 0.3981 | 0.4003 | +27 | | | | | | | | | |
| 9.69 | | | | | | | 0.4072 | 0.4090 | +18 | | | |
| 9.73 | | | | | | | | | | 0.4119 | 0.4132 | +13 |
| 9.75 | | | | 0.4063 | 0.4047 | −16 | | | | | | |
| 9.92 | | | | | | | | | | 0.4125 | 0.4129 | + 4 |
| 9.97 | | | | | | | 0.4097 | 0.4085 | −12 | | | |
| 10.10 | | | | | | | 0.4076 | 0.4084 | + 8 | | | |
| 10.12 | 0.4030 | 0.3998 | −32 | | | | | | | | | |
| 10.15 | | | | 0.4072 | 0.4041 | −31 | | | | | | |
| 10.30 | | | | 0.4034 | 0.4038 | + 4 | | | | | | |
| 10.35 | | | | | | | 0.4091 | 0.4079 | −12 | | | |
| 10.38 | 0.3990 | 0.3995 | + 5 | | | | | | | | | |
| 10.50 | | | | 0.4062 | 0.4035 | −27 | | | | | | |
| 10.53 | 0.3986 | 0.3993 | + 7 | | | | | | | | | |
| 10.57 | | | | | | | | | | 0.4167 | 0.4118 | −49 |

( 5 )

| h | b | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 20 | | | 40 | | | 60 | | | 80 | | |
| | 實測値 | 算出値 | △ | 實測値 | 算出値 | △ | 實測値 | 算出値 | △ | 實測値 | 算出値 | △ |
| 10.65 | | | | | | | 0.4107 | 0.4075 | −32 | | | |
| 10.75 | | | | 0.4054 | 0.4032 | −22 | | | | | | |
| 10.76 | | | | | | | | | | 0.4101 | 0.4115 | +14 |
| 10.80 | | | | 0.4052 | 0.4031 | −21 | 0.4087 | 0.4072 | −15 | | | |
| 10.85 | | | | 0.4032 | 0.4030 | − 2 | | | | 0.4130 | 0.4113 | −17 |
| 10.88 | | | | | | | 0.4032 | 0.4071 | +39 | | | |
| 10.93 | | | | 0.4066 | 0.4029 | −37 | | | | | | |
| 11.05 | 0.3983 | 0.3985 | + 2 | | | | | | | | | |
| 11.12 | | | | | | | 0.4063 | 0.4067 | + 4 | | | |
| 11.18 | 0.3981 | 0.3984 | + 3 | | | | | | | | | |
| 11.29 | | | | 0.4033 | 0.4024 | − 9 | | | | | | |
| 11,30 | | | | | | | 0.4035 | 0.4065 | +30 | | | |
| 11.40 | | | | 0.4049 | 0.4022 | −27 | | | | | | |
| 11.50 | | | | 0.4024 | 0.4021 | − 3 | | | | | | |
| 11.55 | | | | | | | | | | 0.4104 | 0.4103 | − 1 |
| 11.60 | | | | | | | 0.4032 | 0.4061 | +29 | | | |
| 11.62 | | | | | | | | | | 0.4137 | 0.4102 | −35 |
| 11.64 | 0.3980 | 0.3977 | − 3 | | | | | | | | | |
| 11.65 | | | | | | | | | | 0.4091 | 0.4102 | +11 |
| 11.67 | | | | | | | 0.4060 | 0.4060 | 0 | | | |
| 11.77 | | | | | | | | | | 0.4108 | 0.4100 | − 8 |
| 11.85 | | | | | | | 0.4041 | 0.4058 | +17 | | | |
| 11.90 | 0.3997 | 0.3974 | −23 | | | | | | | 0.4102 | 0.4098 | − 4 |
| 12.00 | | | | | | | 0.4102 | 0.4056 | −46 | | | |
| 12,05 | | | | | | | | | | 0.4066 | 0.4096 | +30 |
| 12.17 | 0.3993 | 0.3971 | −22 | | | | | | | | | |
| 12.30 | | | | | | | 0.4047 | 0.4052 | + 5 | | | |
| 12.33 | 0.3973 | 0.3969 | − 4 | | | | | | | | | |
| 12.34 | | | | 0.4009 | 0.4010 | + 1 | | | | | | |
| 12.47 | | | | 0.4048 | 0.4008 | −40 | | | | | | |

( 6 )

| h | b | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 20 | | | 40 | | | 60 | | | 80 | | |
| | 實測値 | 算出値 | △ | 實測値 | 算出値 | △ | 實測値 | 算出値 | △ | 實測値 | 算出値 | △ |
| 12.52 | | | | 0.4002 | 0.4008 | + 6 | | | | | | |
| 12.59 | | | | | | | | | | 0.4088 | 0.4090 | + 2 |
| 12.61 | | | | 0.4002 | 0.4007 | + 5 | | | | | | |
| 12.66 | | | | | | | | | | 0.4092 | 0.4089 | − 3 |
| 12.70 | | | | 0.4013 | 0.4006 | − 7 | | | | | | |
| 12.71 | 0.3962 | 1.3965 | + 3 | | | | | | | | | |
| 12.73 | | | | 0.4009 | 0.4006 | − 3 | 0.4031 | 0.4047 | +16 | | | |
| 12.88 | | | | | | | | | | 0.4095 | 0.4086 | − 9 |
| 12.90 | | | | | | | 0.4060 | 0.4044 | −16 | | | |
| 12.97 | | | | 0.3996 | 0.4003 | + 7 | | | | | | |
| 12.98 | 0.3975 | 0.3962 | −13 | | | | | | | | | |
| 13.00 | | | | 0.3983 | 0.4003 | +20 | | | | | | |
| 13.11 | | | | 0.4034 | 0.4002 | −32 | | | | | | |
| 13.13 | 0.3935 | 0.3960 | +25 | | | | | | | | | |
| 13.27 | | | | | | | 0.4061 | 0.4040 | −21 | | | |
| 13.30 | | | | 0.3993 | 0.3999 | + 6 | | | | | | |
| 13.46 | | | | | | | | | | 0.4088 | 0.4079 | − 9 |
| 13.50 | 0.3936 | 0.3956 | +20 | 0.3997 | 0.3997 | 0 | 0.4085 | 0.4038 | −47 | | | |
| 13.67 | | | | | | | | | | 0.4055 | 0.4077 | +22 |
| 13.70 | 0.3975 | 0.3954 | −21 | 0.3999 | 0.3995 | − 4 | | | | | | |
| 13.77 | | | | 0.3938 | 0.3994 | +56 | | | | | | |
| 13.85 | | | | | | | | | | 0.4076 | 0.4075 | − 1 |
| 13.86 | | | | | | | 0.4027 | 0.4034 | + 7 | | | |
| 13.90 | 0.3880 | 0.3952 | +72 | | | | | | | | | |
| 13.90 | 0.3948 | 0.3952 | + 4 | | | | | | | | | |
| 14.00 | 0.3935 | 0.3951 | +16 | 0.4010 | 0.3992 | − 18 | | | | | | |
| 14.10 | | | | 0.4006 | 0.3991 | −15 | | | | | | |
| 14.17 | | | | 0.4001 | 0.3990 | −11 | | | | | | |
| 14.20 | | | | | | | 0.3995 | 0.4030 | +35 | | | |
| 14.30 | 0.3939 | 0.3949 | +10 | | | | | | | | | |

(7)

| h | b | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 20 | | | 40 | | | 60 | | | 80 | | |
| | 實測値 | 算出値 | △ | 實測値 | 算出値 | △ | 實測値 | 算出値 | △ | 實測値 | 算出値 | △ |
| 14.35 | | | | 0.4022 | 0.3988 | −34 | | | | | | |
| 14.43 | | | | | | | 0.4035 | 0.4028 | − 7 | | | |
| 14.50 | | | | | | | | | | 0.4046 | 0.4067 | +21 |
| 14.58 | | | | | | | | | | 0.4051 | 0.4066 | +15 |
| 14.60 | | | | | | | 0.4024 | 0.4026 | + 2 | | | |
| 14.63 | 0.3963 | 0.3946 | −17 | | | | | | | | | |
| 14.70 | | | | 0.4000 | 0.3985 | −15 | | | | | | |
| 14.72 | | | | | | | 0.4005 | 0.4025 | +20 | | | |
| 14.85 | 0.3960 | 0.3943 | −17 | | | | | | | | | |
| 15.00 | | | | 0.3978 | 0.3982 | + 4 | | | | | | |
| 15.10 | | | | 0.4000 | 0.3981 | −19 | | | | | | |
| 15.13 | 0.3937 | 0.3941 | + 4 | | | | | | | | | |
| 15.20 | | | | 0.4032 | 0.3980 | −52 | | | | | | |
| 15.25 | | | | | | | 0.3990 | 0.4020 | +30 | | | |
| 15.35 | 0.3910 | 0.3939 | +29 | | | | | | | | | |
| 15.42 | 0.3926 | 0.3938 | +12 | | | | | | | | | |
| 15.45 | | | | | | | 0.3998 | 0.4018 | +20 | | | |
| 15.50 | | | | 0.3922 | 0.3977 | +55 | 0.4045 | 0.4017 | −28 | 0.4045 | 0.4057 | +12 |
| 15.52 | | | | 0.3950 | 0.3977 | +27 | | | | | | |
| 15.60 | | | | 0.3970 | 0.3977 | + 7 | | | | | | |
| 15.62 | 0.3912 | 0.3936 | +24 | | | | | | | | | |
| 15.63 | | | | 0.3980 | 0.3976 | − 4 | | | | | | |
| 15.64 | | | | | | | | | | 0.4065 | 0.4056 | + 9 |
| 15.70 | | | | | | | 0.4012 | 0.4016 | + 4 | | | |
| 15.80 | 0.3899 | 0.3935 | +36 | | | | | | | | | |
| 15.94 | 0.3963 | 0.3934 | −29 | | | | | | | | | |
| 16.03 | | | | | | | 0.4024 | 0.4013 | −11 | | | |
| 16.15 | 0.3926 | 0.3932 | + 6 | | | | | | | | | |
| 16.28 | | | | | | | | | | 0.4049 | 0.4050 | − 1 |
| 16.30 | | | | 0.3955 | 0.3971 | +16 | | | | 0.4057 | 0.4050 | − 7 |

(8)

| h | b | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 20 | | | 40 | | | 60 | | | 80 | | |
| | 實測値 | 算出値 | △ | 實測値 | 算出値 | △ | 實測値 | 算出値 | △ | 實測値 | 算出値 | △ |
| 16.39 | | | | | | | | | | 0.4056 | 0.4049 | − 7 |
| 16.40 | | | | | | | 0.4041 | 0.4009 | −32 | | | |
| 16.42 | | | | 0.3997 | 0.3970 | −27 | | | | | | |
| 16.53 | | | | | | | 0.4017 | 0.4003 | − 9 | | | |
| 16.60 | | | | | | | 0.3991 | 0.4003 | +17 | | | |
| 16.64 | | | | 0.3997 | 0.3968 | −29 | | | | | | |
| 16.70 | 0.3932 | 0.3927 | − 5 | 0.4000 | 0.3967 | −33 | | | | | | |
| 16.87 | 0.3916 | 0.3926 | +10 | | | | | | | | | |
| 16.95 | | | | 0.3993 | 0.3965 | −28 | | | | | | |
| 16.98 | | | | 0.3966 | 0.3965 | − 1 | | | | | | |
| 17.00 | | | | | | | | | | 0.4068 | 0.4044 | −24 |
| 17.08 | 0.3933 | 0.3924 | − 9 | | | | | | | | | |
| 17.18 | 0.3908 | 0.3924 | +16 | | | | | | | | | |
| 17.20 | | | | 0.3989 | 0.3963 | −26 | | | | | | |
| 17.22 | 0.3902 | 0.3923 | +21 | | | | | | | | | |
| 17.27 | | | | | | | 0.4016 | 0.4002 | −14 | | | |
| 17.45 | 0.3920 | 0.3922 | + 2 | | | | | | | | | |
| 17.50 | 0.3891 | 0.3921 | +30 | | | | | | | | | |
| 17.56 | | | | | | | 0.4008 | 0.4000 | − 8 | | | |
| 17.58 | | | | | | | | | | 0.4023 | 0.4039 | +16 |
| 17.60 | | | | 0.3938 | 0.3960 | +22 | 0.3981 | 0.3999 | +18 | | | |
| 17.63 | | | | 0.3945 | 0.3960 | +15 | | | | | | |
| 17.72 | | | | | | | | | | 0.4038 | 0.4038 | 0 |
| 17.80 | | | | 0.3925 | 0.3959 | +34 | | | | | | |
| 17.87 | | | | | | | | | | 0.4051 | 0.4036 | −15 |
| 17.90 | 0.3895 | 0.3919 | +24 | | | | | | | | | |
| 18.18 | | | | | | | 0.3975 | 5.3995 | +20 | | | |
| 18.20 | | | | 0.3923 | 0.3956 | +33 | 0.4003 | 0.3995 | − 8 | | | |
| 18.27 | | | | | | | | | | 0.4029 | 0.4033 | + 4 |
| 18.28 | 0.3929 | 0.3916 | −13 | | | | | | | | | |

(9)

| h | b | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 20 | | | 40 | | | 60 | | | 80 | | |
| | 實測値 | 算出値 | △ | 實測値 | 算出値 | △ | 實測値 | 算出値 | △ | 實測値 | 算出値 | △ |
| 18.40 | | | | 0.3987 | 0.3954 | −33 | | | | | | |
| 18.42 | | | | | | | | | | 0.4056 | 0.4632 | −24 |
| 18.43 | 0.3921 | 0.3915 | − 6 | | | | | | | | | |
| 18.70 | | | | 0.3935 | 0.3952 | +17 | | | | | | |
| 18.70 | 0.3932 | 0.3913 | −19 | 0.3909 | 0.3952 | +43 | 0.4004 | 0.3991 | −13 | 0.4023 | 0.4030 | + 7 |
| 18.79 | | | | | | | 0.4004 | 0.3990 | −14 | | | |
| 18.82 | | | | | | | | | | 0.4043 | 0.4029 | −14 |
| 18.87 | | | | 0.3969 | 0.3951 | −18 | | | | | | |
| 18.90 | | | | | | | | | | 0.4038 | 0.4029 | − 9 |
| 19.03 | 0.3967 | 0.3911 | −56 | | | | | | | | | |
| 19.08 | | | | 0.3967 | 0.3949 | −18 | | | | | | |
| 19.15 | | | | | | | 0.4008 | 0.3988 | −20 | | | |
| 19.20 | | | | 0.3943 | 0.3949 | + 6 | | | | | | |
| 19.22 | | | | | | | | | | 0.4037 | 0.4026 | −11 |
| 19.35 | 0.3900 | 0.3909 | + 9 | | | | | | | | | |
| 19.37 | | | | | | | | | | 0.4011 | 0.4025 | +14 |
| 19.38 | | | | | | | 0.3982 | 0.3986 | + 4 | | | |
| 19.50 | | | | 0.3921 | 0.3946 | +25 | | | | | | |
| 19.53 | 0.3912 | 0.3908 | − 4 | | | | 0.3982 | 0.3985 | + 3 | | | |
| 19.70 | 0.3905 | 0.3907 | + 2 | | | | | | | | | |
| 19.85 | | | | 0.3967 | 0.3944 | −23 | | | | | | |
| 19.90 | | | | | | | 0.3963 | 0.3983 | +20 | | | |
| 20.00 | | | | 0.3928 | 0.3943 | +15 | | | | | | |
| 20.05 | 0.3904 | 0.3905 | + 1 | | | | 0.3981 | 0.3982 | + 1 | | | |
| 20.17 | | | | 0.3953 | 0.3942 | −11 | | | | | | |
| 20.22 | 0.3900 | 0.3904 | + 4 | | | | | | | | | |
| 20.23 | | | | | | | | | | 0.4044 | 0.4018 | −26 |
| 20.25 | | | | | | | 0.4002 | 0.3980 | −22 | | | |
| 20.30 | | | | 0.3908 | 0.3941 | +33 | | | | | | |
| 20.50 | | | | | | | | | | 0.4045 | 0.4016 | −29 |

(10)

| h | b | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 20 | | | 40 | | | 60 | | | 80 | | |
| | 實測値 | 算出値 | △ | 實測値 | 算出値 | △ | 實測値 | 算出値 | △ | 實測値 | 算出値 | △ |
| 20.60 | | | | | | | 0.3949 | 0.3978 | +29 | | | |
| 20.76 | | | | 0.3872 | 0.3938 | +66 | | | | | | |
| 20.80 | | | | | | | 0.3925 | 0.3976 | +51 | | | |
| 20.83 | 0.3891 | 0.3900 | + 9 | | | | | | | | | |
| 20.96 | 0.3902 | 0.3899 | − 3 | | | | | | | | | |
| 21.05 | | | | | | | 0.3971 | 0.3975 | + 4 | | | |
| 21.20 | | | | 0.3941 | 0.3936 | − 5 | | | | | | |
| 21.35 | 0.3899 | 0.3897 | − 2 | | | | | | | | | |
| 21.37 | | | | | | | 0.3967 | 0.3973 | + 6 | | | |
| 21.68 | | | | 0.3952 | 0.3933 | −19 | | | | | | |
| 21.73 | 0.3885 | 0.3895 | +10 | | | | | | | | | |
| 21.80 | | | | 0.3935 | 0.3932 | − 3 | | | | | | |
| 21.85 | | | | | | | 0.3931 | 0.3970 | −11 | | | |
| 21.87 | | | | 0.3948 | 0.3932 | −16 | | | | | | |
| 22.13 | | | | | | | 0.3960 | 0.3968 | + 8 | | | |
| 22.63 | 0.3910 | 0.3889 | −21 | | | | | | | | | |
| 22.70 | | | | | | | 0.3960 | 0.3965 | + 5 | | | |
| 22.75 | | | | 0.3934 | 0.3926 | − 8 | | | | | | |
| 22.80 | | | | | | | 0.3934 | 0.3964 | −20 | | | |
| 22.90 | | | | | | | 0.3953 | 0.3964 | +11 | | | |
| 22.95 | | | | 0.3926 | 0.3925 | − 1 | | | | | | |
| 22.97 | 0.3885 | 0.3887 | + 2 | 0.3902 | 0.3925 | +23 | | | | | | |

# 震災豫防調查會報告

第百號(乙)

震災豫防調查會

# 震災豫防調査會報告　第百號乙

## 目次


一　大正十二年九月一日關東大地震ノ地質學的考察
（第一回報告）　臨時委員　加藤武夫……一

二　關東地震ノ地形學的考察
委員　山崎直方……一一

三　關東大地震ニ伴ヘル陸地水準變更調査
臨時委員　大村齊……五五

四　關東大地震ニ因ル相模灣底及附近地形ノ變化調査報告
臨時委員　内田虎三郎……六一

五　相模灣海底變化ノ意義並ニ大地震ノ原因ニ關スル地球物理學的考察
委員　寺田寅彦……六三

六　伊豆國大島三原火山ノ調査
委員　中村清二……七三

七　地震ト山地ノ崩壞トニ就イテ
臨時委員　諸戸北郎……七九

八　根府川山崩調査報告
囑託員　松澤武雄……八一

九　根府川方面山津浪調査報告
委員　今村明恒……八五

十　東海道西部及ビ紀伊半島東部ノ海岸ノ變動ニ關スル調査概報
囑託員　鈴木醇……八七

十一　房總半島ニ於ケル土地ノ隆起
委員　今村明恒……九一

十二　關東大地震ニ伴ヘル地變調査豫報
委員　井上禧之助……九五

十三　伊豆安房方面津浪並ニ初島地變調査報告
囑託員　池田徹郎……九七

十四　相模灣カラ起ツタ津浪ノ傳播ニ關スル調査報告
委員　寺田寅彦……一一三
囑託員　山口生知

十五　各地驗潮儀記象並ニ潮候異狀等通報蒐錄……一二一

# 地震ト山地ノ崩壊トニ就イテ

臨時委員　諸戸北郎

余ハ昨年八月一日ノ大震災以來四回神奈川縣ニ出張シテ山地崩壊ノ狀況ヲ調査セリ。

次ニ其要點ヲ列記セン。

第一　神奈川縣下林野荒地ノ面積ハ略次ノ如シ。

| 所有別 | 全面積 | 崩壊面積 | 百分率 | |
|---|---|---|---|---|
| 御料林 | 二一、八六三 | 二、七五〇 | 一二、六 | 荒廢林野ハ五 |
| 公有社寺有林 | 三四、二二四 | 二、五〇〇 | 七、三 | 郡二十四ケ町 |
| 私有林 | 六四、一二四 | 三、〇〇〇 | 四、七 | 村ニ亘ル |
| 計 | 一二〇、二二一 | 八、二五〇 | | |

第二　崩壊地ハ傾斜急ナル處ニ多ク傾斜三十度以下ノ處ニハ殆ンド無シ。

第三、崩壊地ハ低處ヨリ高處ニ多ク特ニ峯筋ハ芝草剝離シテ宛モ篩ニ掛ケタル如キ狀態ヲ呈ス故ニ高處ハ震動激甚ナリシコトヲ知ルヲ得ベシ。

第四、崩壊地ハ北面ノ山腹ニ最モ少シ但シ場所ニ依リ北東面ノ山腹ニ多キ處アリ。

第五　崩壊地ハ幼年ノ造林地及伐採跡地ニ多ク老壯齡ノ天然林ニ少シ即チ造林地及伐採跡地ニハ三割乃至七割天然林ニハ二割以下ナリ。

第六　崩壊地ノ多クハ九月一日ノ地震ニ因リ龜裂ヲ生ジ其後ノ雨ニ因テ崩落シタルモノナリ。

第七　地震ニ因ル崩壊地ハ峯及山腹ノ凸出部ニ多ク水害ニ因ル崩壊地ハ山腹ノ凹地ニ多シ。

第八　山腹ニ龜裂ヲ生ゼル部分及滑落シテ中腹ニ止マルモノガ今後ノ大雨ニ因リ崩落スル虞アリ。

第九　崩落セル土砂石礫ハ溪川ニ堆積シ或ハ流材ニテ本溪ヲ堰止メ之レニ土砂堆積シ溪底ヲ二三丈高メタル處アリ。

第十　中郡大山町及足柄下郡根府川村ノ如キハ以前山潮ノ害ヲ受ケシ場所ニ存在スルヲ以テ今回ノ如キ慘害ヲ受ケシナリ、現在ノ位置ニテ復舊セバ將來再ビ此ノ如キ慘害アルコトハ豫期セザル可カラズ故ニ他ニ移轉スルヲ得策トス。

第十一　根府川ノ河口右岸ニ寺院ノ院アリ、此寺院ハ昔ニ此處ニ今回ノ如キ慘害アリテ多數ノ慘死者アリシヲ以テ宛モ其供養ノ爲メニ東京兩國回向院ノ如ク建立サレシモノナル可シ。

656.5

東京帝國大學名譽教授
林學博士 諸戸北郎講演

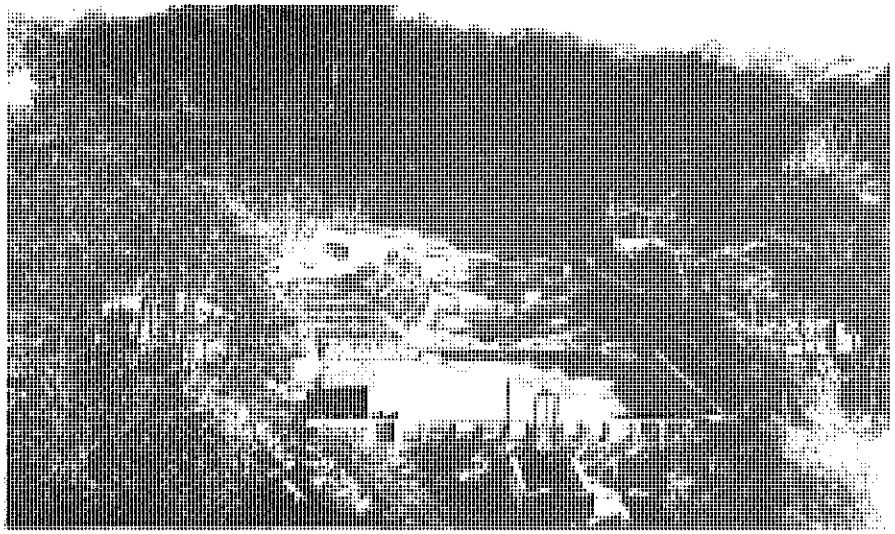
# 森林と治水

第八十八回講演集

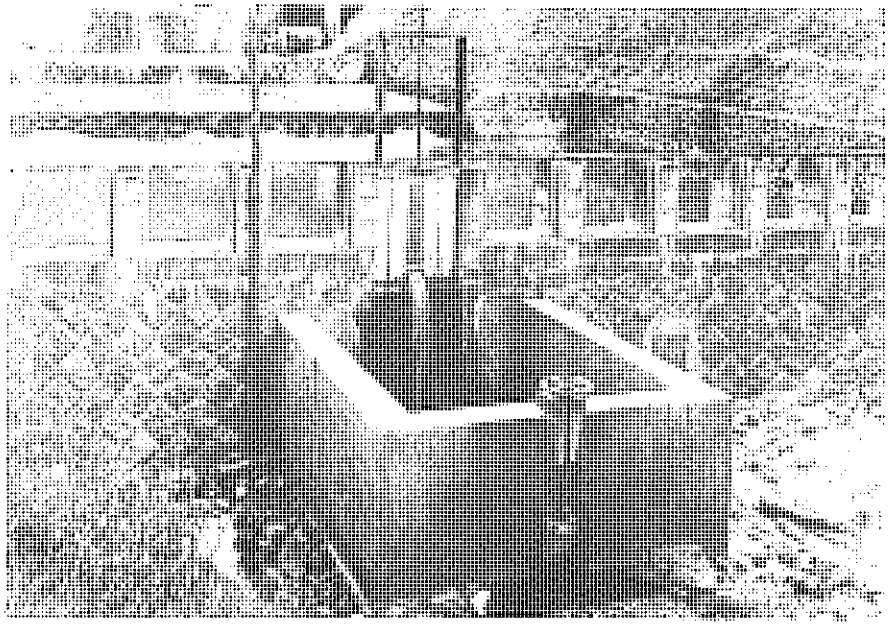
財團法人 啓明會

謹呈 武藤殿
諸戸北郎

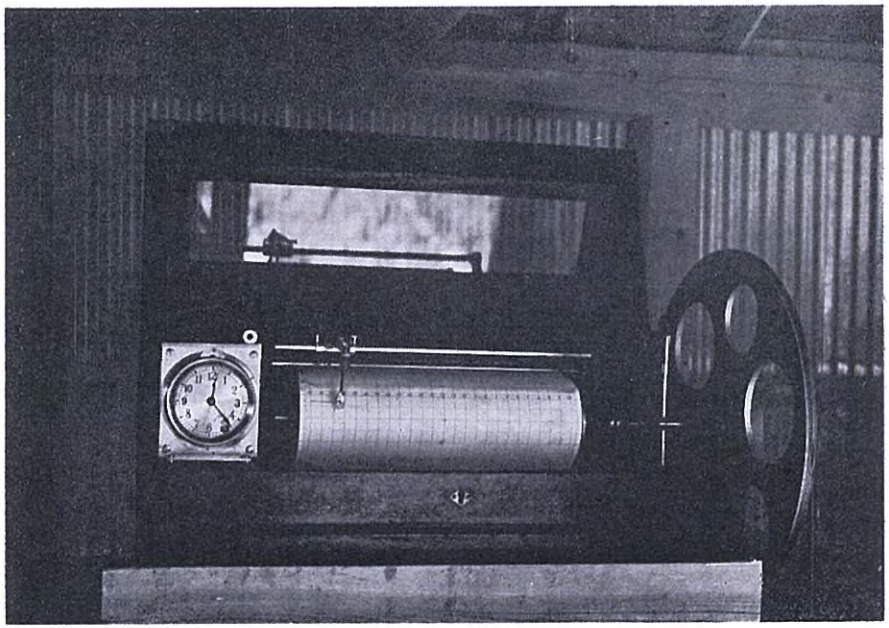
（一）白坂量水堰堤



（二）同上　堰堤ノ擴大圖



(三) 横型自記水位計



(四) 浸透試験設備

