

平成 28 年度 年報



平成 29 年 4 月

筑波大学大学院 生命環境科学研究科

環境科学専攻 持続環境科学専攻

環境防災学講座

平成 28 年度 年報

平成 29 年 4 月

筑波大学大学院 生命環境科学研究科

環境科学専攻 持続環境科学専攻

環境防災学講座

はじめに

筑波大学では、土砂災害などの自然災害から被害の防止・軽減を図るため、また高度な専門制を有する技術者を養成することを目的に、大学院生命環境科学研究科の環境科学専攻（博士前期課程）及び持続環境学専攻（博士後期課程）に、平成 22 年度より財団法人（現一般財団法人）砂防フロンティア整備推進機構からの奨学寄附金を受け環境防災学講座を設置するとともに、履修カリキュラムとしての「環境防災学プログラム」を開設しました。

筑波大学は、全国に先駆け 1977 年に、環境問題に関する高度実務者養成を目的とした、我が国最初の大学院修士課程である環境科学研究科を設立し、以来多数の修了生を、産学官界に輩出しています。また、筑波大学大学院生命環境科学研究科では、複雑な自然環境とその変化のメカニズム、自然との共生のあり方について、フィールドサイエンスの立場から理学・農学・工学・人文科学・社会科学・医学などの個別知を集積し学際的な研究・教育を行っています。環境防災学講座では、このような環境系の専攻科目の基礎の上に、主に社会人入学者を想定し、多様な内容及び講師による授業科目を開設しています。

平成 28 年度においては、専門科目として 11 の授業科目を開設し、講座専任教員のほか、国土交通省、国土技術政策総合研究所、(独)土木研究所、(一財)砂防フロンティア整備推進機構をはじめとし、NPO 法人、民間会社の幹部・研究員等および大学関係者の非常勤講師による、環境防災に係わる幅広い分野にわたる講義を行いました。平成 28 年度は講座設置の 7 年目にあたり、博士前期課程 6 名及び博士後期課程 2 名の教育と研究指導を行いました。このうち平成 29 年 3 月に 2 名が博士前期課程を修了し、博士後期課程の 2 名が博士（環境学）を取得しました。今年度は講座として初めて博士学位取得者を輩出することができました。

今年度までの修士修了者は 18 名で、その内訳は、社会人 11 名、一般 2 名、留学生 5 名となっております。

また、環境防災セミナーなど幅広い活動を行いました。

こうした環境防災学講座の平成 28 年度の活動を年報としてとりまとめました。

環境防災学講座の運営にあたり、ご支援いただきました関係各位にあらためて深く感謝申し上げますとともに、今後とも、ご支援を賜りますようお願い申し上げます。

平成 29 年 4 月

筑波大学大学院 生命環境科学研究科
環境科学専攻・持続環境学専攻
環境防災学講座担当教授 西本 晴男

目次

1. 講座運営	1
1.1 講座の概要	1
1.2 講座の活動	2
1.3 施設	6
2. 平成 28 年度の主要活動.....	7
2.1 平成 28 年度主要活動一覧.....	7
2.2 教育活動	8
2.2.1 環境防災プログラム.....	8
2.2.2 実践実習	35
2.2.3 プログラム修了生	37
2.2.4 その他	37
2.3 研究活動	39
2.3.1 研究発表	39
2.3.2 現地調査	41
2.4 社会連携活動	105
2.4.1 環境防災セミナー	105
2.4.2 各種委員会等	106
2.5 広報活動	107
2.5.1 ホームページ	107
3. 研究成果.....	109

1. 講座運営

1.1 講座の概要

(1) 設立の背景

21 世紀は「環境の時代」であるとともに「災害の時代」でもある。特にわが国では地球温暖化に伴う短時間降水量の大幅な増加、局所的豪雨の発生の頻繁化とそれに伴う土砂災害や洪水災害の増加が懸念されている。実際、近年、降雨記録が大幅に更新され土砂災害なども増加する傾向にある。環境防災学講座は、このような豪雨、豪雪、さらには火山噴火などに伴う急激な流域環境変化とそれに伴う土砂災害などの環境問題やそれらに対する対策を総合的に扱う領域として、平成 22 年 4 月に筑波大学大学院生命科学研究科環境科学専攻（博士前期課程）および持続環境学専攻（博士後期課程）に設置された。

この環境防災学講座は、財団法人（現 一般財団法人）砂防フロンティア整備推進機構の寄附金により設置され、環境防災に関わる高度な専門技術者の育成にあたっている。寄附金は、講座の運営の他、教育研究活動に使用する研究棟の整備に使用されている。寄附講座の設置期間は、当初平成 22～26 年度の 5 年間となっていたが、引き続き平成 27 年度より 3 年間延長することとなっている。

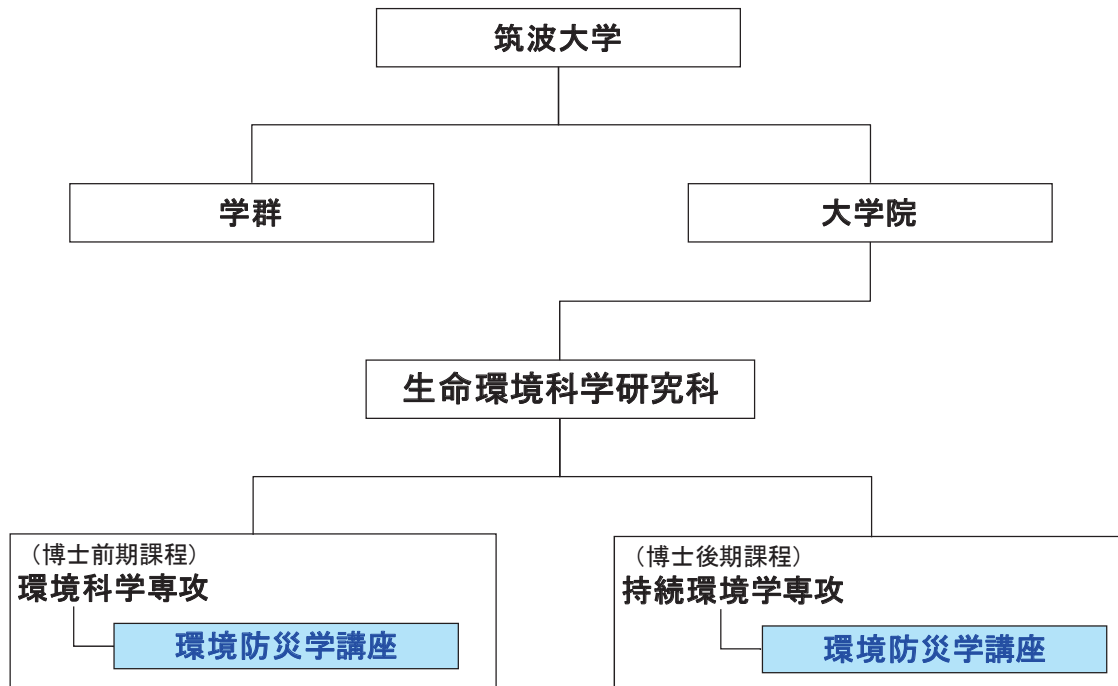
(2) 環境防災プログラム

環境防災プログラムは、環境防災に関わる科学技術に加え、環境防災に関する調査対策技術から政策論、法令論、国際関係まで幅広い範囲にわたる知識・技術力を有し、土砂災害や洪水災害などの自然災害から、自然環境と人間生活との関わりの中で安全・安心を確保するための課題解決能力と独創性を有する高度な専門技術者の育成のための履修カリキュラムであり、環境防災学講座が中心となって運営されている。

平成 22・23 年度は、環境防災関係の授業科目として 11 科目を開講した。平成 24～27 年度は、環境防災関係の授業科目として 10 科目を開講した。平成 28 年度は 11 科目を開講し、必修 1 科目と選択必修 2 科目は常勤教員が担当し、他の 9 科目は非常勤講師が担当した。

(3) 組織

環境防災学講座は、環境科学専攻（博士前期課程）および持続環境学専攻（博士後期課程）に設けられている。平成 28 年度は、専任の教授 1 名、准教授 1 名がその運営に当たっている。寄附講座の運営にかかる事項については、専攻内の教員から構成される「寄附講座環境防災運営委員会」で審議した後に、専攻内で開催される「環境系専攻教員会議」に諮られている。



環境防災学講座組織図

1.2 講座の活動

◇平成 22 年度

平成 22 年 4 月 1 日	寄附講座開設
平成 22 年 4 月 1 日	准教授（石井）着任
平成 22 年 4 月 16 日	教授（西本）着任
平成 22 年 5 月 18 日	環境防災プログラムキックオフ・フォーラム開催
平成 22 年 7 月 13 日	環境防災学講演会開催（砂防会館）
平成 22 年 9 月 29 日	環境防災研究棟建築工事着工、安全祈願祭
平成 23 年 2 月 21 日	インドネシア国ガジャマダ大学と国際学術交流協定を締結
平成 23 年 3 月 17 日	環境防災研究棟完成

◇平成 23 年度

平成 23 年 7 月 6 日	環境防災研究棟披露式
-----------------	------------

◇平成 24 年度

平成 24 年 4 月 1 日	准教授（水野）着任
平成 25 年 3 月 31 日	石井准教授 退任

◇平成 25 年度

平成 25 年 10 月 1 日	インドネシア UGM3 名短期留学生受入（6 ヶ月）
------------------	----------------------------

◇平成 26 年度

平成 26 年 4 月 22 日	砂防学と地形学の連携に関するシンポジウム開催
平成 26 年 10 月 1 日	インドネシア UGM1 名（6 ヶ月）1 名（1 年）短期留学生受入
平成 27 年 3 月 11 日	「環境防災の課題と今後を考える」環境防災学ワークショップ開催
平成 27 年 3 月 30 日	水野准教授 退任

◇平成 27 年度

平成 27 年 4 月 1 日 准教授（秋山） 着任

平成 27 年 6 月 22 日～26 日 第 6 回国際土石流災害防止会議（DFHM6）の主運営

◇平成 28 年度

筑波大学大学院環境防災学講座の理念

—主として砂防に携わる社会人を対象に

砂防のスペシャリストとしてのキャリアアップを目指す

- 土砂災害をもたらす土砂移動現象とその対策の知識・技術について、体系的に理解するための全体的視点を重視する姿勢（「砂防的総合知」）を学び、実践的な課題解決能力を習得

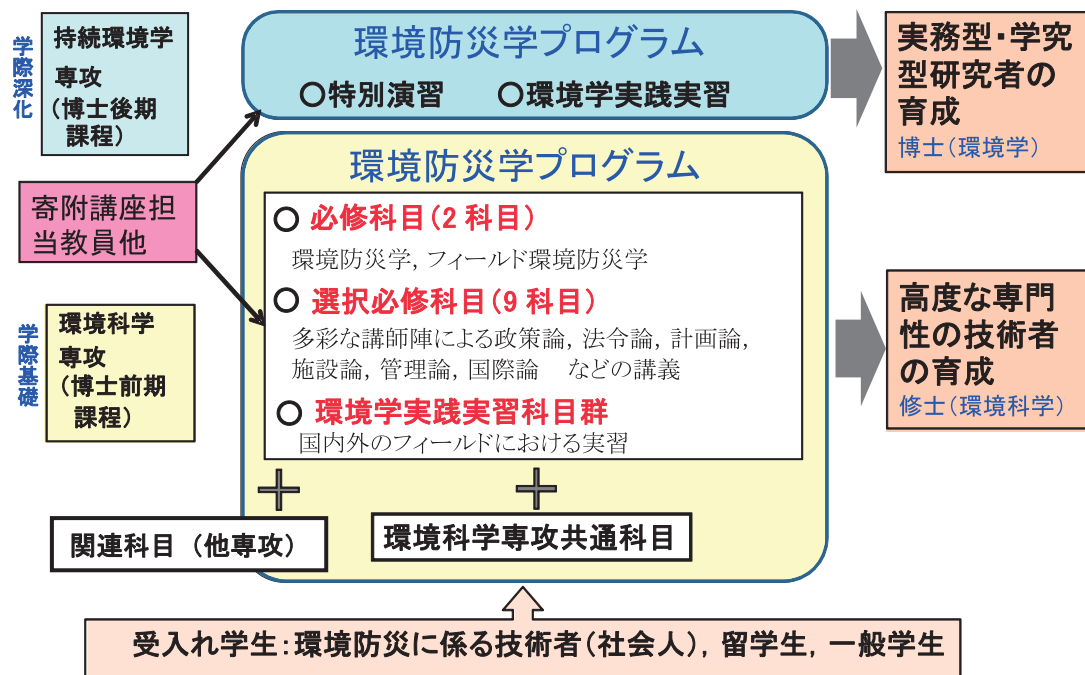


環境防災学講座の運営方針



環境防災学プログラムの概要

プログラムによる環境防災系技術者のキャリア・アップ
ーフィールド研究力・実践的解決力・国際性の重点的強化ー



(1)専任教員等

教 授 西本晴男 (平成 22 年 4 月 16 日～)

准 教 授 秋山一弥 (平成 27 年 4 月 1 日～)

事務補佐員 赤尾美佐 (平成 28 年 4 月 1 日～)

事務補佐員 黒澤円香 (平成 27 年 4 月 1 日～平成 29 年 3 月 31 日)

(土石流会議論文集担当)

(2) 寄附講座環境防災運営委員会

寄附講座環境防災運営委員会の構成と、審議内容は、以下に記載したとおりである。

①構成

委員長 西本晴男 生命環境科学研究科 教授
委員
辻村真貴 生命環境科学研究科 教授 持続環境学専攻長
宮本邦明 生命環境科学研究科 教授
堀田紀文 生命環境科学研究科 准教授
秋山一弥 生命環境科学研究科 准教授

②開催日

平成 28 年 5 月 9 日（月）10：30～11：30

議題：

1. 平成 27 年度環境防災学講座活動報告
2. 平成 28 年度環境防災学講座活動計画
3. 環境防災プログラム登録者
4. その他

(3) 環境系専攻教育会議

環境防災学講座の運営に関して審議及び報告を行った主な項目は、以下に記載するとおりである。

- ・平成 28 年 5 月 18 日(水) 14:00～16:00
議題：平成 27 年度環境防災寄付講座活動報告・平成 28 年度同活動方針
環境防災プログラムの登録者について
- ・平成 28 年 6 月 15 日（水） 14：00～16：00
議題：環境科学実践実習の履修申請について
- ・平成 28 年 8 月 26 日（金） 16:00～17:00
議題：研究指導委員会・評価専門委員会の設置と評価
- ・平成 28 年 9 月 21 日（水） 14:00～16:00
議題：研究指導委員会・評価専門委員会の設置と評価
- ・平成 28 年 10 月 19 日（水） 14:00～16:00
議題：研究指導委員会・評価専門委員会の設置と評価
- ・平成 28 年 11 月 16 日（水） 14:00～16:00

議題：実践実習に関して

- ・平成 28 年 12 月 7 日（水） 14:00～16:00

議題：持続環境学専攻博士論文・予備審査報告について

平成 29 年度開設授業科目一覧について

- ・平成 29 年 1 月 18 日（水） 14:00～16:00

議題：環境科学・環境学実践実習

- ・平成 29 年 2 月 8 日（水） 16:00～18:00

議題：環境科学・環境学実践実習

平成 28 年度 3 月期環境防災プログラム修了証授与予定者について

1.3 施設

環境防災学講座の平成 28 年度の教育研究活動には、以下の施設が使用された。

教授室	環境防災研究棟	102 号室
准教授室	環境防災研究棟	101 号室
事務室	環境防災研究棟	103 号室
U. TSUKUBA-MJIIT COOPERATION OFFICE	環境防災研究棟	104 号室
院生室	環境防災研究棟	201 号室
講師控室	環境防災研究棟	202 号室
講義室	環境防災研究棟	203 号室
解析室	環境防災研究棟	301 号室
サーバー室	環境防災研究棟	302 号室
共同研究室	環境防災研究棟	303 号室

2. 平成 28 年度の主要活動

2.1 平成 28 年度主要活動一覧

	講義・実習	環境防災 セミナー等	その他
4 月	・春学期講義開始 (4 科目)		
5 月			・砂防学会研究発表会参加 (5 月 18 日～19 日 西本, 秋山, 吉田, 孫)
6 月	・集中講義 (1 科目) 6 月 27 日～8 月 8 日		・岡山県『砂防ボランティア全国のつどい』 『土砂災害防止「全国の集い」参加 (6 月 20 日～21 日 西本, 吉田, 孫)
7 月	・集中講義 (2 科目) ・実践実習: 吉田喜高 (株)吉川工務店 7 月 25 日～8 月 5 日 ・実践実習: 孫敏 (株)北陸ジオテック 7 月 25 日～8 月 5 日 ・実践実習: 塚原直幸 鹿島建設(株) 7 月 25 日～8 月 5 日	・第 1 回環境防災 セミナー (7 月 21 日) ・第 2 回環境防災 セミナー (7 月 22 日)	・福井県フィールド調査 (7 月 12 日～15 日 西本, 塚原, 後藤, 笠原, 梅井)
8 月			・北海道砂防フィールド調査 (8 月 24 日～27 日 西本, 塚原, 後藤, 笠原, 梅井)
9 月	・秋学期講義開始 (3 科目)		・立山砂防フィールド調査 (9 月 5 日～6 日 西本, 秋山, 吉田, 孫, 塚原, 笠原, 梅井) ・オーストリア・イタリア・クロアチア・ モンテネグロ・チェコ現地調査 (9 月 11 日～25 日, 西本, 吉田)
10 月			
11 月		・第 3 回環境防災 セミナー (11 月 18 日)	・砂防地すべり技術研究成果報告会 参加 (11 月 22 日 吉田, 後藤, 笠原) ・富士川・天竜川上流砂防管内 (山梨県・ 長野県) フィールド調査 (11 月 28 日～30 日 西本, 塚原, 後藤, 笠原)

12 月	・ 集中講義（1 科目）	・ 第 4 回環境防災 セミナー (12 月 2 日) ・ 第 5 回環境防災 セミナー (12 月 8 日) ・ 第 6 回環境防災 セミナー (12 月 9 日) ・ 第 7 回環境防災 セミナー (12 月 22 日)	
1 月			
2 月			・ 伊豆大島フィールド調査 (2 月 22 日～24 日 西本、塚原、後藤) ・ 九州砂防フィールド調査 (2 月 27 日～3 月 2 日 西本、吉田、 塚原、後藤)
3 月			・ 広島県フィールド調査 (3 月 16 日～18 日 西本、塚原、後藤)

※平成 23 年度から 6 ヶ年にわたり、福井県内における学生のフィールド調査の受け入れに協力していただいた日光産業（株）に研究科長から感謝状を贈った。

2.2 教育活動

2.2.1 環境防災プログラム

環境科学専攻、持続環境学専攻では、複雑な自然環境とその変化のメカニズム、自然との共生のあり方について、フィールドサイエンスの立場から理学・農学・工学・人文科学・社会科学・医学などの個別知を集合し学際的な研究・教育がなされている。環境防災プログラムでは、環境防災学講座が中心となって運営し、このような環境系両専攻の基礎の上に独自のカリキュラムを用意している。特に、これらの科目群は寄附講座を主体に構成されており、環境防災に係わる専門家による調査技術、対策技術から政策論、法令論まで幅広い範囲にわたり基礎から応用上の課題と解決手法に至るまで学際的・実践的な講義が計画され、また、実践的な研究指導を受けることができる。

(1)環境防災プログラムの履修方法

1) 環境科学専攻（博士前期課程）

①プログラムの履修方法

○専攻共通必修科目 … 計 18 単位

○環境防災プログラム必修科目 … 8 単位以上

・環境防災学 … 2 単位

・フィールド環境防災学 … 2 単位

・環境科学実践実習科目群（注 1） … 4 単位以上

注 1 環境防災に関連する実習先で実習を行うことが必要

○環境防災プログラム選択必修科目 … 4 単位以上

（9 単位以上履修することが望ましい）

②修了要件

・30 単位以上履修し、修士論文の審査および最終試験に合格すること。

・40 単位以上履修することが望まれる。

2) 持続環境学専攻（博士後期課程）

①プログラムの履修方法

○専攻必修科目 … 3 単位

・持続環境学特別演習Ⅰ

・持続環境学特別演習Ⅱ

・持続環境学特別演習Ⅲ

○環境防災プログラム必修科目 … 4 単位

・環境学実践実習科目群（注 2） … 4 単位以上

注 2 環境防災に関連する実習先で実習を行うことが必要

・持続環境学フォーラム

②修了要件

・履修方法に従い 7 単位以上修得し、博士論文の審査および最終試験に合格すること。

(2)開設授業科目

平成 28 年度は、環境防災プログラムとして、必修 2 科目、選択必修 9 科目を開講した。各授業科目名と担当教員、時間割、シラバスは、以下に記載するとおりである。

	科目番号	授業科目名	単位	開講 学期	曜時限	教室	担当教員
必修	01AD501	環境防災学	2	春	火 3, 4	203	西本 晴男
	01AD502	フィールド 環境防災学	2	秋	金 1, 2	203	石井 靖雄 井上 公夫 桜井 亘 野呂 智之 藤沢 和範 石田 孝司 水野 秀明
選択必修	01AD523	環境防災 計画論Ⅱ	1	春	月 3	203	藤澤 和範 桜井 亘 木下 篤彦 内田 太郎 藤村 直樹
	01AD513	環境防災 施設論Ⅰ	1	春	月 4	203	牧野 裕至 林 数一 綿貫 明 安齋 徳夫 木村 佳嗣 守山 浩史 森 雅人
	01AD512	環境防災 危機管理論	1	春	金 2	203	秋山 一弥
	01AD520	地域環境 防災基本論	1	秋	金 3	203	森 俊勇 竹田 宜人 北 俊夫
	01AD521	地域環境 防災実践論	1	秋	金 4	203	三木 洋一 中村 浩之 内山 均志 藤平 大 原田 照美 坪田 浩昭 古川 幸男
	01AD518	国際環境 防災論	1	春	7 月 6 日 7 月 22 日	203	下田 義文 大井 英臣 石黒 久
	01AD515	環境防災 政策論	1	春	6 月 27 日～ 8 月 8 日	203	長井 義樹
	01AD516	環境防災 高度技術論	1	春	7 月 20 日 7 月 21 日	203	小川 紀一郎 林 正之 伊藤 道夫 星野 和彦
	01AD503	環境防災 施工論	1	秋	12 月 1 日～ 12 月 22 日	203	西本 晴男 水山 高久 鈴木 雅一

学期	科目名	年次	概要	担当教員又は とりまとめ講師	月	日	授業内容	講師	所属
春学期	環境防災学 (全曜日・2時間)	1	豪雨、地震、火山噴火などに伴う土砂災害、洪水被害などの特徴と防災対策・政策について、そのバックグラウンドたる自然環境、社会環境の歴史の変遷過程をふまえて講義するとともに、気候変動、人口減少社会など将来動向をにらんだ今後の防災対策のあり方について述べ、環境防災学としての視点と課題、解決法などについて考える。	西本 晴男	4	12	総論	西本 晴男	筑波大学
					4	19	日本の国土・社会と防災対策		
					4	26	近年の豪雨災害と災害前向		
					5	7	気候変動と土砂災害		
					5	10	山地・丘陵地と土砂災害		
					5	17	マスマーブメント		
					5	24	流域における土砂移動、山地水文		
					5	31	気候変動と山麓環境		
					6	7	森林影響		
					6	14	気候変動と土砂災害		
					6	15	気候変動と土砂災害		
					6	22	災害対策と危機管理(1) 防災に関する法律		
6	29	災害対策と危機管理(2) 防災に関する組織							
6	5	防災情報と危機管理							
6	12	大規模土砂災害の発生事例							
6	19	大規模土砂災害発生時の防災対策							
6	26	土砂災害の発生メカニズム							
6	3	土砂災害の発生メカニズムと土砂災害対策							
6	10	土砂災害発生時の住民避難と土砂災害対策							
6	17	土砂災害発生時の住民避難と防災訓練							
6	24	土砂災害発生時の住民避難と防災訓練							
6	27	土砂災害発生時の住民避難と防災訓練							
6	28	土砂災害発生時の住民避難と防災訓練							
秋学期	環境防災学 (全曜日・2時間)	1	自然災害の災害対策と危機管理、集中豪雨や地震による山崩壊、地すべりによる大規模土砂災害への対応についての講義。大規模土砂災害の発生直後からの危機管理(緊急調査、情報、機関連携、警戒避難体制、応急対策)に加えて、平常時における防災訓練の考え方について講義する。	秋山 一弥	4	12	総論	秋山 一弥	筑波大学
					4	22	災害対策と危機管理(1) 防災に関する法律		
					5	6	災害対策と危機管理(2) 防災に関する組織		
					5	13	防災情報と危機管理		
					5	20	大規模土砂災害の発生事例		
					5	27	大規模土砂災害発生時の防災対策		
					6	3	土砂災害の発生メカニズム		
					6	10	土砂災害の発生メカニズムと土砂災害対策		
					6	17	土砂災害発生時の住民避難と土砂災害対策		
					6	24	土砂災害発生時の住民避難と防災訓練		
					6	27	土砂災害発生時の住民避難と防災訓練		
					6	28	土砂災害発生時の住民避難と防災訓練		
春学期	環境防災施設論Ⅰ (月曜日・4時間)	1.2	環境防災施設についての基本的な講義。防災対策においては自然環境、人間の生活環境との調和を重視するとともに、地球温暖化防止に資する技術開発とこれを応用した環境防災施設の重要性があらわれている。講義では、自然石を用いた石垣施設、非コンクリート化施設、鋼構造物など環境にやさしい新技術について、技術開発の現状とその機能特性、品質管理、施工法、維持管理について具体的な事例を紹介しながら講義する。	牧野 裕至	4	11	総論・環境防災施設とその役割・文化的価値	牧野 裕至	筑波大学
					4	18	石垣・砂防施設、砂防の歴史と石垣・砂防施設		
					4	25	石垣・砂防施設(1) 石垣・砂防の歴史と役割		
					5	9	石垣・砂防施設(2) 石垣・砂防の歴史と役割		
					5	16	石垣・砂防施設(3) 石垣・砂防の歴史と役割		
					5	23	石垣・砂防施設(4) 石垣・砂防の歴史と役割		
					5	30	石垣・砂防施設(5) 石垣・砂防の歴史と役割		
					6	6	石垣・砂防施設(6) 石垣・砂防の歴史と役割		
					6	13	石垣・砂防施設(7) 石垣・砂防の歴史と役割		
					6	20	石垣・砂防施設(8) 石垣・砂防の歴史と役割		
					6	27	石垣・砂防施設(9) 石垣・砂防の歴史と役割		
					6	28	石垣・砂防施設(10) 石垣・砂防の歴史と役割		
秋学期	環境防災施設論Ⅱ (月曜日・4時間)	1.2	国土技術政策総合研究所と土研の研究所による講義。環境防災施設を効率的かつ効果的に実施するため、砂防施設計画、砂防施設設計、土石流・洪水対策施設の計画・設計などの実施について具体的な事例を踏まえつつ講義する。	板井 亘	4	11	総論・国土の土砂移動現象	板井 亘	国土院
					4	18	国土の土砂移動現象・総合土砂管理		
					4	25	国土の土砂移動現象・総合土砂管理		
					5	9	砂防施設設計計画		
					5	16	砂防施設設計(1) (砂防施設)		
					5	23	砂防施設設計(2) (砂防施設)		
					5	30	砂防施設設計(3) (砂防施設)		
					6	6	砂防施設設計(4) (砂防施設)		
					6	13	砂防施設設計(5) (砂防施設)		
					6	20	砂防施設設計(6) (砂防施設)		
					6	27	砂防施設設計(7) (砂防施設)		
					6	28	砂防施設設計(8) (砂防施設)		
春学期	環境防災政策 (集中講義)	1	国土交通省の行政官による講義。日本は自然・社会条件から、年間約1000件の土砂災害が発生しており、環境防災が重要な課題である。まず、環境防災の関係法令、行政組織と予算について述べ、次に環境防災の主要施策、省庁連携、施設計画、事業効果などについて、環境防災行政を担っている立場から講義する。	長井 義樹	6	27	(月) 砂防行政の目指すもの	長井 義樹	国土交省砂防部
					7	5	(火) 砂防行政の目指すもの		
					7	7	(木) 砂防行政の目指すもの		
					7	8	(金) 砂防行政の目指すもの		
					7	11	(月) 砂防行政の目指すもの		
					7	12	(火) 砂防行政の目指すもの		
					7	19	(火) 砂防行政の目指すもの		
					7	22	(金) 砂防行政の目指すもの		
					8	5	(土) 砂防行政の目指すもの		
					8	6	(日) 砂防行政の目指すもの		
					8	13	(日) 砂防行政の目指すもの		
					8	20	(日) 砂防行政の目指すもの		
秋学期	国際環境防災論 (集中講義)	1	環境防災分野の海外技術協力を促進する講義。開発途上国の発展のために災害に強い国づくりが基本であり、各々の国の社会情勢にあった防災技術移転のあり方、継続的な人材育成のあり方などについて、気候変動等の中長期的動向をふまえて、国際的視点から防災のあり方について講義する。	下田 義文	5	6	(水) 14-18	下田 義文	八千代エンジニアリング
					5	6	(木) 9-13		
					5	7	(金) 13-17		
					5	8	(土) 18-21		
					5	9	(日) 22-25		
					5	10	(月) 26-29		
					5	11	(火) 30-1		
					5	12	(水) 2-4		
					5	13	(木) 5-7		
					5	14	(金) 8-10		
					5	15	(土) 11-13		
					5	16	(日) 14-16		
春学期	環境防災高度技術論 (集中講義)	1	地震や火山噴火により大規模な土砂災害の発生が予測される場合あるいは発生した場合に、状況が時々刻々と変化していく中で急迫している危険を回避するために必要となる情報を、観測・リモセン技術などによって被害が想定される区域・時期などを明らかにするための緊急調査・解析技術について講義する。また、世界的な歴史的砂防施設の維持管理と世界遺産登録に向けた技術的視点について講義する。	小川 紀一郎	7	21	(木) 9-13	小川 紀一郎	アジア航測
					7	20	(水) 14-18		
					7	20	(水) 9-13		
					7	21	(木) 14-18		
					7	21	(木) 9-13		
					7	21	(木) 14-18		
					7	21	(木) 9-13		
					7	21	(木) 14-18		
					7	21	(木) 9-13		
					7	21	(木) 14-18		
					7	21	(木) 9-13		
					7	21	(木) 14-18		
秋学期	環境防災高度技術論 (集中講義)	1	豪雨、地震、火山噴火などに伴う環境災害に対して、総合的な対策を検討するために必要な観点、基本的な調査・解析のための技術から、計画策定、実施に至るまでの諸プロセスを検討しなければならない項目や観点、評価技術などについて具体的なフィールドを例にあげつつ講義し、総合力としての環境防災技術について考察する。	石井 靖雄	10	7	(総論) (近年の土砂災害)	石井 靖雄	砂防プロンティア
					10	14	(災害調査・緊急点検)		
					10	21	(地すべり調査)		
					10	28	(地すべり対策)		
					11	4	(地すべり対策)		
					11	11	(地すべり対策)		
					11	18	(地すべり対策)		
					11	25	(地すべり対策)		
					12	2	(地すべり対策)		
					12	9	(地すべり対策)		
					12	16	(地すべり対策)		
					12	23	(地すべり対策)		
春学期	環境防災高度技術論 (集中講義)	1	豪雨、地震、火山噴火などに伴う環境災害に対して、総合的な対策を検討するために必要な観点、基本的な調査・解析のための技術から、計画策定、実施に至るまでの諸プロセスを検討しなければならない項目や観点、評価技術などについて具体的なフィールドを例にあげつつ講義し、総合力としての環境防災技術について考察する。	石井 靖雄	10	7	(総論) (近年の土砂災害)	石井 靖雄	砂防プロンティア
					10	14	(災害調査・緊急点検)		
					10	21	(地すべり調査)		
					10	28	(地すべり対策)		
					11	4	(地すべり対策)		
					11	11	(地すべり対策)		
					11	18	(地すべり対策)		
					11	25	(地すべり対策)		
					12	2	(地すべり対策)		
					12	9	(地すべり対策)		
					12	16	(地すべり対策)		
					12	23	(地すべり対策)		
秋学期	環境防災高度技術論 (集中講義)	1	豪雨、地震、火山噴火などに伴う環境災害に対して、総合的な対策を検討するために必要な観点、基本的な調査・解析のための技術から、計画策定、実施に至るまでの諸プロセスを検討しなければならない項目や観点、評価技術などについて具体的なフィールドを例にあげつつ講義し、総合力としての環境防災技術について考察する。	石井 靖雄	10	7	(総論) (近年の土砂災害)	石井 靖雄	砂防プロンティア
					10	14	(災害調査・緊急点検)		
					10	21	(地すべり調査)		
					10	28	(地すべり対策)		
					11	4	(地すべり対策)		
					11	11	(地すべり対策)		
					11	18	(地すべり対策)		
					11	25	(地すべり対策)		
					12	2	(地すべり対策)		
					12	9	(地すべり対策)		
					12	16	(地すべり対策)		
					12	23	(地すべり対策)		
春学期	環境防災高度技術論 (集中講義)	1	豪雨、地震、火山噴火などに伴う環境災害に対して、総合的な対策を検討するために必要な観点、基本的な調査・解析のための技術から、計画策定、実施に至るまでの諸プロセスを検討しなければならない項目や観点、評価技術などについて具体的なフィールドを例にあげつつ講義し、総合力としての環境防災技術について考察する。	石井 靖雄	10	7	(総論) (近年の土砂災害)	石井 靖雄	砂防プロンティア
					10	14	(災害調査・緊急点検)		
					10	21	(地すべり調査)		
					10	28	(地すべり対策)		
					11	4	(地すべり対策)		
					11	11	(地すべり対策)		
					11	18	(地すべり対策)		
					11	25	(地すべり対策)		
					12	2	(地すべり対策)		
					12	9	(地すべり対策)		
					12	16	(地すべり対策)		
					12	23	(地すべり対策)		
秋学期	環境防災高度技術論 (集中講義)	1	豪雨、地震、火山噴火などに伴う環境災害に対して、総合的な対策を検討するために必要な観点、基本的な調査・解析のための技術から、計画策定、実施に至るまでの諸プロセスを検討しなければならない項目や観点、評価技術などについて具体的なフィールドを例にあげつつ講義し、総合力としての環境防災技術について考察する。	石井 靖雄	10	7	(総論) (近年の土砂災害)	石井 靖雄	砂防プロンティア
					10	14	(災害調査・緊急点検)		
					10	21	(地すべり調査)		
					10	28	(地すべり対策)		
					11	4	(地すべり対策)		
					11	11	(地すべり対策)		
					11	18	(地すべり対策)		
					11	25	(地すべり対策)		
					12	2	(地すべり対策)		
					12	9	(地すべり対策)		
					12	16	(地すべり対策)		
					12	23	(地すべり対策)		
春学期	環境防災高度技術論 (集中講義)	1	豪雨、地震、火山噴火などに伴う環境災害に対して、総合的な対策を検討するために必要な観点、基本的な調査・解析のための技術から、計画策定、実施に至るまでの諸プロセスを検討しなければならない項目や観点、評価技術などについて具体的なフィールドを例にあげつつ講義し、総合力としての環境防災技術について考察する。	石井 靖雄	10	7	(総論) (近年の土砂災害)	石井 靖雄	砂防プロンティア
					10	14	(災害調査・緊急点検)		
					10	21	(地すべり調査)		
					10	28	(地すべり対策)		
					11	4	(地すべり対策)		
					11	11	(地すべり対策)		
					11	18	(地すべり対策)		
					11	25	(地すべり対策)		
					12	2	(地すべり対策)		
					12	9	(地すべり対策)		
					12	16	(地すべり対策)		
					12	23	(地すべり対策)		
秋学期	環境防災高度技術論 (集中講義)	1	豪雨、地震、火山噴火などに伴う環境災害に対して、総合的な対策を検討するために必要な観点、基本的な調査・解析のための技術から、計画策定、実施に至るまでの諸プロセスを検討しなければならない項目や観点、評価技術などについて具体的なフィールドを例にあげつつ講義し、総合力としての環境防災技術について考察する。	石井 靖雄	10	7	(総論) (近年の土砂災害)	石井 靖雄	砂防プロンティア
					10	14	(災害調査・緊急点検)		
					10	21	(地すべり調査)		
					10	28	(地すべり対策)		
					11	4	(地すべり対策)		
					11	11	(地すべり対策)		
					11	18	(地すべり対策)		
					11	25	(地すべり対策)		
					12	2	(地すべり対策)		
					12	9	(地すべり対策)		
					12	16	(地すべり対策)		
					12	23	(地すべり対策)		
春学期	環境防災高度技術論 (集中講義)	1	豪雨、地震、火山噴火などに伴う環境災害に対して、総合的な対策を検討するために必要な観点、基本的な調査・解析のための技術から、計画策定、実施に至るまでの諸プロセスを検討しなければならない項目や観点、評価技術などについて具体的なフィールドを例にあげつつ講義し、総合力としての環境防災技術について考察する。	石井 靖雄	10	7	(総論) (近年の土砂災害)	石井 靖雄	砂防プロンティア
					10	14	(災害調査・緊急点検)		
					10	21	(地すべり調査)		
					10	28	(地すべり対策)		
					11	4	(地すべり対策)		
					11	11	(地すべり対策)		
					11	18	(地すべり対策)		
					11	25	(地すべり対策)		
					12	2	(地すべり対策)		
					12	9	(地すべり対策)		
					12	16	(地すべり対策)		
					12	23	(地すべり対策)		
秋学期	環境防災高度技術論 (集中講義)	1	豪雨、地震、火山噴火などに伴う環境災害に対して、総合的な対策を検討するために必要な観点、基本的な調査・解析のための技術から、計画策定、実施に至るまでの諸プロセスを検討しなければならない項目や観点、評価技術などについて具体的なフィールドを例にあげつつ講義し、総合力としての環境防災技術について考察する。	石井 靖雄	10	7	(総論) (近年の土砂災害)	石井 靖雄	砂防プロンティア
					10	14	(災害調査・緊急点検)		
					10	21	(地すべり調査)		
					10	28	(地すべり対策)		
					11	4	(地すべり対策)		
					11	11	(地すべり対策)		
					11	18	(地すべり対策)		
					11	25	(地すべり対策)		
					12	2	(地すべり対策)		
					12	9	(地すべり対策)		
					12	16	(地すべり対策)		
					12	23	(地すべり対策)		
春学期	環境防災高度技術論 (集中講義)	1	豪雨、地震、火山噴火などに伴う環境災害に対して、総合的な対策を検討するために必要な観点、基本的な調査・解析のための技術から、計画策定、実施に至るまでの諸プロセスを検討しなければならない項目や観点、評価技術などについて具体的なフィールドを例にあげつつ講義し、総合力としての環境防災技術について考察する。	石井 靖雄	10	7	(総論) (近年の土砂災害)	石井 靖雄	砂防プロンティア
					10	14	(災害調査・緊急点検)		
					10	21	(地すべり調査)		
					10	28	(地すべり対策)		
					11	4	(地すべり対策)		
					11	11	(地すべり対策)		
					11	18	(地すべり対策)		
					11	25	(地すべり対策)		
					12	2	(地すべり対策)		
					12	9	(地すべり対策)		
					12	16	(地すべり対策)		
					12	23	(地すべり対策)		
秋学期	環境防災高度技術論 (集中講義)	1	豪雨、地震、火山噴火などに伴う環境災害に対して、総合的な対策を検討するために必要な観点、基本的な調査・解析のための技術から、計画策定、実施に至るまでの諸プロセスを検討しなければならない項目や観点、評価技術などについて具体的なフィールドを例にあげつつ講義し、総合力としての環境防災技術について考察する。	石井 靖雄	10	7	(総論) (近年の土砂災害)	石井 靖雄	砂防プロンティア
					10	14	(災害調査・緊急点検)		
					10	21	(地すべり調査)		
					10	28	(地すべり対策)		
					11	4	(地すべり対策)		
					11	11	(地すべり対策)		
					11	18	(地すべり対策)		
					11	25	(地すべり対策)		
					12	2	(地すべり対策)		
					12	9	(地すべり対策)		
					12	16	(地すべり対策)		
					12	23	(地すべり対策)		
春学期	環境防災高度技術論 (集中講義)	1	豪雨、地震、火山噴火などに伴う環境災害に対して、総合的な対策を検討するために必要な観点、基本的な調査・解析のための技術から、計画策定、実施に至るまでの諸プロセスを検討しなければならない項目や観点、評価技術などについて具体的なフィールドを例にあげつつ講義し、総合力としての環境防災技術について考察する。	石井 靖雄	10	7	(総論) (近年の土砂災害)	石井 靖雄	砂防プロンティア
					10	14	(災害調査・緊急点検)		
					10	21	(地すべり調査)		
					10	28	(地すべり対策)		
					11	4	(地すべり対策)		
					11	11	(地すべり対策)		
					11	18	(地すべり対策)		
					11	25	(地すべり対策)		
					12	2	(地すべり対策)		
					12	9	(地すべり対策)		
					12	16	(地すべり対策)		
					12	23	(地すべり対策)		
秋学期	環境防災高度技術論 (集中講義)	1	豪雨、地震、火山噴火などに伴う環境災害に対して、総合的な対策を検討するために必要な観点、基本的な調査・解析のための技術から、計画策定、実施に至るまでの諸プロセスを検討しなければならない項目や観点、評価技術などについて具体的なフィールドを例にあげつつ講義し、総合力としての環境防災技術について考察する。	石井 靖雄	10	7	(総論) (近年の土砂災害)	石井 靖雄	砂防プロンティア
					10	14	(災害調査・緊急点検)		
					10	21	(地すべり調査)		
					10	28	(地すべり対策)		
					11	4	(地すべり対策)		
					11	11	(地すべり対策)		
					11	18	(地すべり対策)		
					11	25	(地すべり対策)		
					12	2	(地すべり対策)		
					12	9	(地すべり対策)		
					12	16	(地すべり対策)		
					12	23	(地すべり対策)		
春学期	環境防災高度技術論 (集中講義)	1	豪雨、地震、火山噴火などに伴う環境災害に対して、総合的な対策を検討するために必要な観点、基本的な調査・解析のための技術から、計画策定、実施に至るまでの諸プロセスを検討しなければならない項目や観点、評価技術などについて具体的なフィールドを例にあげつつ講義し、総合力としての環境防災技術について考察する。	石井 靖雄	10	7	(総論) (近年の土砂災害)	石井 靖雄	砂防プロンティア
					10	14	(災害調査・緊急点検)		
					10	21	(地すべり調査)		
					10	28	(地すべり対策)		
					11	4	(地すべり対策)		
					11	11	(地すべり対策)		
					11	18	(地すべり対策)		
					11	25	(地すべり対策)		
					12	2	(地すべり対策)		
					12	9	(地すべり対策)		
					12	16	(地すべり対策)		
					12	23	(地すべり対策)		
秋学期	環境防災高度技術論 (集中講義)	1	豪雨、地震、火山噴火などに伴う環境災害に対して、総合的な対策を検討するために必要な観点、基本的な調査・解析のための技術から、計画策定、実施に至るまでの諸プロセスを検討しなければならない項目や観点、評価技術などについて具体的なフィールドを例にあげつつ講義し、総合力としての環境防災技術について考察する。	石井 靖雄	10	7	(総論) (近年の土砂災害)	石井 靖雄	砂防プロンティア
					10	14	(災害調査・緊急点検)		
					10	21	(地すべり調査)		
					10	28	(地すべり対策)		
					11	4	(地すべり対策)		
					11	11	(地すべり対策)		
					11	18	(地すべり対策)		
					11	25	(地すべり対策)		
					12	2	(地すべり対策)		
					12	9	(地すべり対策)		
					12	16	(地すべり対策)		
					12	23	(地すべり対策)		
春学期	環境防災高度技術論 (集中講義)	1	豪雨、地震、火山噴火などに伴う環境災害に対して、総合的な対策を検討するために必要な観点、基本的な調査・解析のための技術から、計画策定、実施に至るまでの諸プロセスを検討しなければならない項目や観点、評価技術などについて具体的なフィールドを例にあげつつ講義し、総合力としての環境防災技術について考察する。	石井 靖雄	10	7	(総論) (近年の土砂災害)	石井 靖雄	砂防プロンティア
					10	14	(災害調査・緊急点検)		
					10	21	(地すべり調査)		
					10	28	(地すべり対策)		
					11	4	(地すべり対策)		
					11	11	(地すべり対策)		
					11	18	(地すべり対策)		
					11	25	(地すべり対策)		
					12	2	(地すべり対策)		
					12	9	(地すべり対策)		
					12	16	(地すべり対策)		
					12	23	(地すべり対策)		
秋学期	環境防災高度技術論 (集中講義)	1	豪雨、地震						

選沢必得

9

集中(Intensive)：環境政策、環境改良調査計画、環境改善計画、食料資源研究所、環境フィールド実習、土壌と水環境学専攻、環境化学専攻、環境生物工学専攻

Ecological Soil Resources

Fall Semester

6

集 (Intensive) | low. | Environmental Field Approach | 環境分野別ゼミナー | 環境分野別リスク評価インターナショナル・

環境防災プログラム授業科目の推移

H 22

時間割科目	10単位	8科目
集中講義科目	3単位	3科目
科目名	単位	学期
環境防災学	2	1 金3・4
ファイナル環境防災学	2	2 金1・2
環境防災危機管理論	1	1 月4
環境防災計画論	1	1 月5
環境防災施設論	1	1 金5
環境防災特別講義	1	2 水3
環境防災政策論Ⅰ	1	2 集中
環境防災政策論Ⅱ	1	2 水4
環境防災法令論	1	1 水5
国際環境防災論	1	2 集中
環境防災高度技術論	1	1 金4

H 23

時間割科目	10単位	8科目	
集中講義科目	3単位	3科目	
科目名	単位	学期	時間
環境防災学	2	1	金・土
ファイナル環境防災学	2	2	金・土
環境防災危機管理論	1	2	金3
環境防災計画論	1	1	月3
環境防災施設論	1	1	月4
環境防災特別講義	1	1	木5
環境防災政策論Ⅰ	1	2	金4
環境防災政策論Ⅱ	1	2	金5
環境防災法令論	1	2	金中
国際環境防災論	1	1	金中
環境防災高度技術論	1	2	金中

H 24

時間割科目	9単位	9単位	7科目
集中講義科目	3単位	3単位	3科目
科目名	単位	学期	時間
環境防災学	2	1	金3・4
ファイナル環境防災学	2	2	金1・2
環境防災危機管理論	1	1	金5
環境防災計画論	1	1	月3
環境防災施設論	1	1	月4
地球環境防災論Ⅰ	1	2	金3
地球環境防災論Ⅱ	1	2	金4
環境防災政策論	1	2	金中
国際環境防災論	1	1	金中
環境防災高度技術論	1	2	金中

H 25

時間割科目	9単位	7科目	
集中講義科目	3単位	3科目	
科目名	単位	学期	時間
環境防災学 必修	2	春	金3・4
	2	秋	金1・2
	1	春	金5
環境防災計画論	1	春	月4
環境防災施設論Ⅰ	1	開講せず	
環境防災施設論Ⅱ	1	春	月3
環境防災政策論Ⅰ	1	秋	金3
環境防災政策論Ⅱ	1	秋	金4
環境防災政策論	1	秋	集中
国際環境防災論	1	春	集中
環境防災高度技術論	1	春	集中

H 26

時間割科目	9単位	7科目	
集中講義科目	3単位	3科目	
科目名	単位	学期	時間
環境防災学	2	春	金3・4
ファイナル環境防災学	2	秋	金1・2
環境防災危機管理論	1	春	金5
環境防災計画論Ⅰ	1	開講せず	
環境防災計画論Ⅱ	1	春	月3
環境防災施設論Ⅰ	1	春	月4
環境防災施設論Ⅱ	1	開講せず	
環境防災政策論Ⅰ	1	秋	金3
環境防災政策論Ⅱ	1	秋	金4
環境防災政策論	1	春	金中
国際環境防災論	1	春	金中
環境防災高度技術論	1	春	金中

H 27

時間割科目	9単位	7科目	
集中講義科目	4単位	4科目	
科目名	単位	学期	時間
環境防災学	2	春	金3・4
ファイナル環境防災学	2	秋	金1・2
環境防災危機管理論	1	春	金5
環境防災計画論Ⅰ	1	春	月3
環境防災計画論Ⅱ	1	開講せず	
環境防災施設論Ⅰ	1	開講せず	
環境防災施設論Ⅱ	1	春	月4
環境防災政策論Ⅰ	1	秋	金3
環境防災政策論Ⅱ	1	秋	金4
環境防災政策論	1	春	集中
国際環境防災論	1	春	集中
環境防災高度技術論	1	春	集中

H 28

時間割科目	9単位	7科目	
集中講義科目	4単位	4科目	
科目名	単位	学期	時間
環境防災学	2	春	金3・4
ファイナル環境防災学	2	秋	金1・2
環境防災危機管理論	1	春	金2
環境防災計画論Ⅰ	1	開講せず	
環境防災計画論Ⅱ	1	春	月3
環境防災施設論Ⅰ	1	春	月4
環境防災施設論Ⅱ	1	開講せず	
環境防災政策論Ⅰ	1	秋	金3
環境防災政策論Ⅱ	1	秋	金4
環境防災政策論	1	春	集中
国際環境防災論	1	春	集中
環境防災高度技術論	1	春	集中
環境防災施工論	1	秋	集中

(3)開設授業科目のシラバス

01AD501 環境防災学

春学期： 火曜日 3， 4 時限 1・2 年次対象（2 単位）

教員： 西本晴男

1. 授業概要

豪雨、地震、火山噴火などに伴う土砂災害、洪水災害などの特徴と防災対策・政策について、そのバックグラウンドたる自然環境、社会環境の歴史的変遷過程をふまえつつ講述するとともに、気候変動、人口減少社会など将来動向をにらんだ今後の防災対策のあり方について述べ、環境防災学としての視点と課題、解決法などについて考える。

2. 授業内容

- 第 1 週 総論
- 第 2 週 日本の国土・社会と防災対策
- 第 3 週 近年の環境変化と災害動向
- 第 4 週 環境変化をふまえた防災対策
- 第 5 週 山地荒廃と土砂生産作用
- 第 6 週 マスムーブメント
- 第 7 週 流域における土砂移動、山地水文
- 第 8 週 溪流安定化と山腹緑化
- 第 9 週 森林影響論
- 第 10 週 気候変動と環境防災

3. 参考書

環境防災学 （授業時に配布）
そのほか、必要に応じ資料を配布する

4. 備考

- 1) 成績は出席とレポートの結果で評価する。

01AD502 フィールド環境防災学

秋学期： 金曜日 1， 2 時限 1・2 年次対象（2 単位）

教員：石井靖雄，藤沢和範，井上公夫，桜井亘，野呂智之，石田孝司，水野秀明

1. 授業概要

豪雨，地震，火山噴火などに伴う環境災害に対し、総合的な対策を検討するために必要な観点、基本的な調査・解析のための技術から、計画策定、実施に至るまでの諸プロセスで検討しなければならない項目や観点、評価技術などについて具体的なフィールドを例にあげつつ講述し、総合力としての環境防災技術について考察する。

2. 授業内容

第 1 週	総論（近年の土砂災害）
第 2 週	災害調査、緊急点検
第 3 週	地すべり調査
第 4 週	地すべり対策
第 5 週	微地形判読
第 6 週	急傾斜地崩壊調査・対策、雪崩調査・対策
第 7 週	天然ダム対策
第 8 週	土砂災害警戒情報・基準雨量
第 9 週	現場の計測技術（土石流等検知センサー、大規模土砂移動検知システム、火山灰堆積厚、天然ダム水位、など）
第 10 週	まとめ

3. 参考書

授業中に紹介する。

4. 備考

特になし。

01AD523 環境防災計画論Ⅱ

春学期：月曜日 3 時限 1 年次・2 年次対象（1 単位）

教員：内田太郎，藤澤和範，桜井亘，木下篤彦，藤村直樹

1. 授業概要

国土技術政策総合研究所と土木研究所の研究官による講義。環境防災対策を効率的かつ効果的に実施するため、砂防施設計画、砂防施設設計、土石流・流木対策施設の計画・設計などの実際について具体的な事例を踏まえつつ講述する

2. 授業内容

- 第1週 総論、斜面の土砂移動現象
- 第2週 山地溪流の土砂動態、総合土砂管理
- 第3週 水系砂防被害推定手法
- 第4週 砂防施設配置計画
- 第5週 砂防施設設計①（砂防堰堤）
- 第6週 砂防施設設計②（溪流保全工）
- 第7週 土石流・流木対策調査、計画
- 第8週 土石流・流木対策設計
- 第9週 鋼製砂防施設設計
- 第10週 大規模土砂災害と復旧・復興

3. 参考書

必要に応じ資料を配布する。

参考書，参考文献は講義で示す。

4. 備考

成績は、出席状況と課題レポートの結果で評価する。

01AD513 環境防災施設論 I

春学期： 月曜日 4 時限 1 年次・2 年次対象（1 単位）

教員： 牧野裕至，林数一，綿貫明，安齋徳夫，木村佳嗣，守山浩史，森雅人

1. 授業概要

環境防災施設についての基本的な講義。防災対策においては自然環境、人間の生活環境との調和を重視するとともに、地球温暖化防止に寄与する技術開発とこれを活用した環境防災施設の整備が求められている。講義では、自然石を用いた石積施設、非コンクリート化施設、鋼製構造物など環境にやさしい新技術について、技術開発の現状とその機能特性、品質管理法、施工法、維持管理法について具体的事例を紹介しながら講述する。

2. 授業内容

- 第1週 総論：環境防災施設とその役割・文化的位置価値
- 第2週 石積砂防設備：砂防の歴史と石積み砂防設備
- 第3週 柔構造物①：柔構造物の歴史と役割
- 第4週 柔構造物②：柔構造物の設計・施行・演習
- 第5週 透過型構造物①：透過型構造物の歴史と役割
- 第6週 透過型構造物②：透過型構造物の設計・施行・演習
- 第7週 透過型構造物③：行政の先端からの透過型構造物
- 第8週 ボンテラン工法：ボンテラン工法の開発と設計・施行
- 第9週 山腹工：山腹工の歴史と役割、設計・施工
- 第10週 まとめ：次世代に繋ぐ環境と防災、文化

3. 参考書

必要に応じ資料を配布する。

参考書、参考文献は講義で示す。

4. 備考

成績は、出席状況と課題レポートの結果で評価する。

01AD512 環境防災危機管理論

春学期： 金曜日 2 限 1 年次・2 年次対象（1 単位）

教員：秋山一弥

1. 授業概要

自然災害の災害対策と危機管理、集中豪雨や地震による山腹崩壊、地すべりによる大規模土砂災害への対応についての講義。大規模土砂災害の発生直後からの危機管理（緊急調査、情報、機関連携、警戒避難体制、応急対策）に加えて、平常時における防災訓練の考え方について講述する。大規模土砂災害

2. 授業内容

- 第1週 危機管理に関する総論
- 第2週 災害対策と危機管理①防災に関する法律
- 第3週 災害対策と危機管理②防災に関する組織
- 第4週 防災情報と危機管理
- 第5週 大規模土砂災害の発生事例
- 第6週 大規模土砂災害発生時の応急対策
- 第7週 土砂災害緊急情報・緊急調査
- 第8週 深層崩壊の発生機構と危険箇所抽出法
- 第9週 土砂災害発生時の危機管理と広報（マスコミ対応）
- 第10週 土砂災害発生時の住民避難と防災訓練

3. 参考書

必要に応じ資料を配布する。

参考書，参考文献は講義で示す。

4. 備考

成績は、出席状況と課題レポートの結果で評価する。

01AD520 地域環境防災基本論

秋学期： 金曜日 3 時限 1 年次・2 年次対象（1 単位）

教員：森俊勇，竹田宜人，北俊夫

1. 授業概要

地方自治体の首長や幹部職員及びその経験者、並びに学識経験者による講義。都市化、過疎化、市町村合併、少子高齢化、土地利用など社会環境の変化により地域が抱える環境防災の課題を踏まえて、地方自治体の環境防災への取り組みの現状と今後の方向について述べると共に、防災情報、防災教育、住民啓発、NPO活動など地域防災力を高めるために欠くことのできない施策の考え方について具体的事例を紹介しながら講述する。

2. 授業内容

- 第1週 総論①防災の視点から見た中山間地の実態②自然災害への対応
- 第2週 総論②自然災害への対応
- 第3週 土砂災害の発生と砂防関係施策の推移
- 第4週 土砂災害に対するマスコミの取り上げ方と課題
- 第5週 土砂災害に関する情報
- 第6週 地域防災力の向上に向けて
- 第7週 リスクコミュニケーション（1）
- 第8週 リスクコミュニケーション（2）
- 第9週 防災教育の現状と課題
- 第10週 今後の防災教育の方向性

3. 参考書

必要に応じ資料を配布する

参考書，参考文献は講義で示す。

4. 備考

成績は、出席状況と課題レポートの結果で評価する。

01AD521 地域環境防災実践論

秋学期： 金曜日 4 時限 1 年次・2 年次対象（1 単位）

教員：三木洋一，中村浩之，内山均志，藤平大，原田照美，坪田浩昭，古川幸男

1. 授業概要

毎年全国で頻発する土砂災害から住民の生命を守るため、土砂災害防止法に基づき「土砂災害（特別）警戒区域」の指定が各都道府県で進められている。講義では、まず土砂災害防止法の概要及び区域設定の考え方について述べ、次に大雨時の警戒避難に係わる情報・体制、災害に強いまちづくり、住民主役の防災、土地利用規制などのあり方について事例を紹介しながら講述する。

2. 授業内容

- 第1週 総論
- 第2週 基礎調査における区域設定の考え方Ⅰ
- 第3週 基礎調査における区域設定の考え方Ⅱ
- 第4週 基礎調査における区域設定の考え方Ⅲ
- 第5週 土砂災害防止法に基づく土地利用規制等
- 第6週 土砂災害防止法とまちづくり
- 第7週 住民主役の土砂災害警戒避難
- 第8週 土砂災害防止法への取り組み
- 第9週 住民との合意形成
- 第10週 課題研究（土砂災害防止法への取り組み）

3. 参考書

必要に応じ資料を配布する。

参考書，参考文献は講義で示す。

4. 備考

成績は、出席状況と課題レポートの結果で評価する。

01AD518 国際環境防災論

春学期： 集中講義 1年次・2年次対象（1単位）

教員：下田義文，石黒久，大井秀臣

1. 授業概要

環境防災分野の海外技術協力経験者による講義。開発途上国の発展のためには災害に強い国づくりが基本であり、各々の国の社会情勢にあった防災技術移転のあり方、継続的な人材育成のあり方などについて、気候変動等の中長期的動向をふまえつつ、国際的視点から防災のあり方について講述する。

2. 授業内容

第1回 主要な国際会議の結果と国際協調に基づく防災分野の今後の展開

（防災世界会議、国際砂防シンポジウム、持続的開発サミット、COP 21）

第2回 日本政府の今後の方針

（水災害分野における気候変動適応策のあり方、第4次社会資本整備重点計画）

第3回 砂防国際協力現場における計画・設計・施工・技術指導の事例

（ブラジル土砂災害予防・復旧事業、インドネシア・バワカラエン大規模崩壊対策）

第4回 ネパールの自然・文化と防災

3. 参考書

必要に応じ資料を配布する。

参考書，参考文献は講義で示す。

4. 備考

成績は、出席状況と課題レポートの結果で評価する。

01AD516 環境防災高度技術論

春学期：集中講義 1年次・2年次対象（1単位）

教員：小川紀一郎，林正之，伊藤道夫，星野和彦

1. 授業概要

地震や火山噴火により大規模な土砂災害の発生が予測される場合あるいは発生した場合に、状況が時々刻々と変化していく中で急迫している危険を回避するために必要となる情報を、航測、リモセン技術などによって被害が想定される区域・時期などを明らかにするための緊急調査・解析技術について講述する。また、世界的な歴史的砂防施設の維持管理と世界遺産登録に向けた技術論的思想について講述する。

2. 授業内容

- 第1回 立山砂防の世界遺産に向けた取り組み
- 第2回 リモートセンシング技術と砂防分野への活用
- 第3回 航測技術と砂防分野への活用
- 第4回 環境防災施設の維持管理技術

3. 参考書

必要に応じ資料を配布する。

参考書，参考文献は講義で示す。

4. 備考

成績は、出席状況と課題レポートの結果で評価する。

1. 授業概要

国土交通省の行政官による講義。日本は自然・社会条件から、年間約 1000 件の土砂災害が発生しており、環境防災が重要な課題である。まず、環境防災の関係法令、行政組織と予算について述べ、次に環境防災の主要施策、省庁連携、施設計画、事業効果などについて、環境防災行政を担っている立場から講述する。

2. 授業内容

- 第 1 回 砂防行政の目指すもの
- 第 2 回 砂防行政総論（砂防部長）、砂防 4 法令及び関連法令
- 第 3 回 事業執行の流れ（中長期計画・予算編成・事業評価）
- 第 4 回 砂防事業（計画と施設配置）の事例
- 第 5 回 土砂災害による被害軽減のための関係省庁との連携
- 第 6 回 大規模土砂災害に対する施策・取り組み
- 第 7 回 自然環境保全に対する施策・取り組み
- 第 8 回 近年の社会状況に対応した施策・取り組み

3. 参考書

必要に応じ資料を配布する。

参考書，参考文献は講義で示す。

4. 備考

成績は、出席状況と課題レポートの結果で評価する。

1. 授業概要

環境防災施設の建設フィールドにおいて効率的かつ安全に高品質の施設を建設するうえでの施工上の課題とその解決策について講述する。具体的には、建設現場の施工管理、現場条件と施工法、仮設工の留意点、施設設計と建設現場、環境防災と施工法等について述べる。

2. 授業内容

- 第1回 環境防災施設の施工管理（総論）
- 第2回 砂防技術・研究の過去・現在・未来
- 第3回 環境防災施設施工上の課題（具体的事例による）
- 第4回 森林水文学から見た環境防災

3. 参考書

必要に応じ資料を配布する

4. 備考

(4)選択必修科目の講師一覧

01AD523 環境防災計画論Ⅱ

教員：桜井 亘ほか

月日		講師	内容	備考
4月	11日	藤澤 和範 (国立研究開発法人土木研究所 土砂管理研究グループ長)	総論、斜面の土砂移動現象	
	18日	内田 太郎 (国土技術政策総合研 究所危機管理技術研究センター 主任研究官)	山地溪流の土砂動態、 総合土砂管理	
	25日	内田 太郎	水系砂防被害推定手法	
5月	9日	内田 太郎	砂防施設配置計画	
	16日	藤村 直樹 (国立研究開発法人土 木研究所土砂管理研究グループ 主任研究員)	砂防施設設計① (砂防堰堤)	
	23日	藤村 直樹	砂防施設設計② (溪流保全工)	
	30日	桜井 亘 (国土技術政策総合研 究所土砂災害研究部研究室長)	土石流・流木対策調査、計画	
6月	6日	木下 篤彦 (国立研究開発法人土 木研究所土砂管理研究グループ 主任研究員)	土石流・流木対策施設設計	
	13日	木下 篤彦	鋼製砂防施設設計	
	20日	桜井 亘	大規模土砂災害と復旧・復興	

月日		講師	内容	備考
4月	11日	牧野 裕至 ((株)ニュージェック 執行役員)	総論：環境防災施設とその役割・文化的位置価値	
	18日	林 数一 (砂防施工管理研究会 顧問)	石積砂防設備：砂防の歴史と石積み砂防設備	
	25日	木村 佳嗣 ((株)TMS 柔構技術 開発部部長)	柔構造物①：柔構造物の歴史と役割	
5月	9日	木村 佳嗣	柔構造物②：柔構造物の設計・施行・演習	
	16日	安齋 徳夫(国土交通省関東地方 整備局企画部工事品質調整官)	透過型構造物①：透過型構造物の歴史と役割	
	23日	守山 浩史 (鋼製構造物研究会)	透過型構造物②：透過型構造物の設計・施行・演習	
	30日	守山 浩史	透過型構造物③：行政の先端からの透過型構造物	
6月	6日	森 雅人(ボンテラン工法研究会 テクニカルアドバイザー)	ボンテラン工法：ボンテラン工法の開発と設計・施行	
	13日	綿貫 明 (砂防施工管理研究会)	山腹工：山腹工の歴史と役割、設計・施工	
	20日	牧野裕至	まとめ：次世代に繋ぐ環境と防災、文化	

月日		講師	内容	備考
4月	15日	秋山 一弥 (筑波大学准教授)	危機管理に関する総論	
	22日	秋山 一弥	災害対策と危機管理①防災に関する法律	
5月	6日	秋山 一弥	害対策と危機管理②防災に関する組織	
	13日	秋山 一弥	防災情報と危機管理	
	20日	秋山 一弥	大規模土砂災害の発生事例	
	27日	秋山 一弥	大規模土砂災害発生時の応急対策	
6月	6日	秋山 一弥	土砂災害緊急情報・緊急調査	
	10日	秋山 一弥	深層崩壊の発生機構と危険箇所抽出法	
	17日	秋山 一弥	土砂災害発生時の危機管理と広報 (マスコミ対応)	
	24日	秋山 一弥	土砂災害発生時の住民避難と防災訓練	

月日		講師	内容	備考
10月	7日	森 俊勇（（一財）砂防フロンティア整備推進機構砂防フロンティア研究所長）	総論①防災の視点から見た中山間地の実態	
	14日	森 俊勇	総論②自然災害への対応	
	21日	森 俊勇	土砂災害の発生と砂防関係施策の推移	
	28日	森 俊勇	土砂災害に対するマスコミの取り上げ方と課題	
	28日	森 俊勇	土砂災害に関する情報	
11月	11日	森 俊勇	地域防災力の向上に向けて	
	18日	竹田 宜人（独立行政法人製品評価技術基盤機構調査官・横浜国立大学環境情報学府客員准教授）	リスクコミュニケーション（1）	
	25日	竹田 宜人	リスクコミュニケーション（2）	
12月	2日	北俊夫（国士舘大学体育学部こどもスポーツ教育学科教授）	防災教育の現状と課題-自然災害防止教育の観点から-	環境防災セミナー
	9日	北 俊夫	今後の防災教育の方向性-自然災害防止教育の教材と実践-	環境防災セミナー

月日		講師	内容	備考
10月	7日	三木 洋一(応用地質㈱エンジニアリング本部技師長)	総論	
	14日	三木 洋一	基礎調査における区域設定の考え方Ⅰ	
	21日	中村 浩之 (東京農工大学名誉教授)	基礎調査における区域設定の考え方Ⅱ	
	28日	中村 浩之	基礎調査における区域設定の考え方Ⅲ	
11月	2日	内山 均志 (一財)砂防フロンティア整備推進機構研究第一部次長)	土砂災害防止法に基づく土地利用規制等	
	11日	藤平 大(国立研究開発法人土木研究所土砂管理研究グループ総括主任研究員)	土砂災害防止法とまちづくり	
	18日	原田 照美 (広島市自主防災連合会顧問)	住民主役の土砂災害警戒避難	環境防災 セミナー
	25日	坪田 浩昭(長野県建設部砂防課課長補佐兼調査管理係長)	住民との合意形成	
12月	2日	古川 幸男(岡谷市建設水道部土木課課長)	土砂災害防止法への取り組み	
	19日	三木 洋一	課題研究(土砂災害防止法への取り組み)	

月 日		講師	内容	備考
7 月	6 日	下田義文（八千代エンジニアリング（株）相談役）	砂防国際協力現場における計画・設計・施工・技術指導の事例（ブラジル土砂災害予防・復旧事業、インドネシア・バワカラエン大規模崩壊対策）	
		大井英臣 （（一社）国際砂防協会会長）	主要な国際会議の結果と国際協調に基づく防災分野の今後の展開（防災世界会議、国際砂防シンポジウム、持続的開発サミット、COP 21） 日本政府の今後の方針 （水災害分野における気候変動適応策のあり方、第4次社会資本整備重点計画）	
	22 日	石黒久（丸新志鷹建設㈱ネパール支店顧問）	ネパールの自然・文化と防災	環境防災セミナー

月日		講師	内容	備考
6月	27日	長井 義樹（国土交通省水管理・国土保全局砂防部保全課砂防施設評価分析官）	砂防行政の目指すもの	
7月	5日	長井 義樹	砂防行政総論（砂防部長）砂防4法令及び関連法令、執行体制	
	7日	長井 義樹	事業執行の流れ（中長期計画・予算編成・事業評価）	
	8日	長井 義樹	砂防事業（計画と施設配置）の事例	
	11日	長井 義樹	土砂災害による被害軽減のための関係省庁との連携	
	19日	長井 義樹	大規模土砂災害に対する施策・取り組み	
	22日	長井 義樹	自然環境保全に対する施策・取り組み	
8月	8日	長井 義樹	近年の社会状況に対応した施策・取り組み	

月日		講師	内容	備考
7 月	20 日	小川 紀一郎（アジア航測株式会社代表取締役社長）	航測技術と砂防分野への活用	
		伊藤 道夫（国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構第一宇宙技術部門衛星利用運用センター技術領域）	リモートセンシング術と砂防分野への活用技術	
	21 日	林 正之（公益財団法人富山県建設技術センター副理事長）	立山砂防の世界遺産に向けた取り組み	環境防災セミナー
		星野 和彦（（一財）砂防フロンティア整備推進機構上席研究員）	環境防災施設の維持管理技術	

月 日		講師	内容	備考
12 月	1 日	西本晴男（筑波大学教授）	環境防災施設の施工管理（総論）	
	8 日	水山高久 （政策学院大学特任教授）	砂防技術・研究の過去・現在・未来	環境防災 セミナー
	16 日	西本晴男（筑波大学教授）	環境防災施設施工上の課題 （具体的事例による）	
	22 日	鈴木雅一 （東京大学名誉教授）	森林水文学から見た環境防災	環境防災 セミナー

(5)履修登録者数一覧

学期	曜時限	科目名	履修登録者数			備考
			M1	M2	計	
春 学期	火3・4	環境防災学	23 (24)	1 (1)	24 (25)	
	月3	環境防災計画論Ⅱ	4 (4)	3 (3)	7 (7)	
	月4	環境防災施設論Ⅰ	6 (6)	2 (2)	8 (8)	
	金2	環境防災危機管理論	5 (6)	0 (0)	5 (6)	
	集中	環境防災政策論	4 (4)	0 (0)	4 (4)	6月27日(月) ～8月8日(月)
	集中	国際環境防災論	8 (8)	0 (0)	8 (8)	7月6日(水)・ 22日(金)
	集中	環境防災高度技術論	5 (6)	2 (2)	7 (8)	7月20日(水)・ 21日(木)
秋 学期	金1・2	フィールド環境防災学	8 (8)	0 (0)	8 (8)	
	金3	地域環境防災基本論	6 (8)	0 (0)	6 (8)	
	金4	地域環境防災実践論	6 (6)	0 (0)	6 (6)	
	集中	環境防災施工論	3 (3)	1 (1)	4 (4)	12月1日(木) ～12月22日(木)

(注) 上段：単位取得者数、下段：履修登録者数

(6) 講座専攻院生

平成 28 年度の環境防災学講座専攻院生は、以下のとおりである。

博士後期課程 2 名

博士前期課程 2 年 2 名

1 年 4 名

課程	氏 名	学 年	備 考
後期	照沼 利浩	H23 入	社会人学生
	秋山 怜子	H24 入	社会人学生
前期	吉田 喜高	2 年	社会人学生
	孫 敏	2 年	留学生
	塚原 直幸	1 年	社会人学生
	後藤 美香	1 年	社会人学生
	笠原 友樹	1 年	一般学生
	梅井 陽平	1 年	一般学生

2.2.2 実践実習

環境科学専攻と持続環境学専攻では、実践能力を養うため、国内と海外でさまざまなインターンシップを行っている。環境防災学プログラムは、環境防災に関わるフィールドでの実践実習がプログラムの履修が必修となっている。平成 28 年度は、以下のとおり、3 名が中期実践実習を履修した。「期間」は現地における実習期間である。

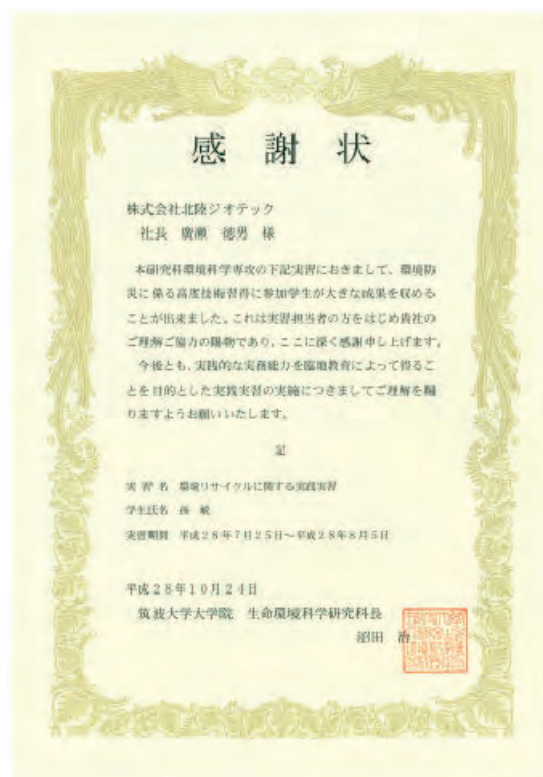
・環境科学実践実習Ⅱ（M2）

氏名	実習先	実習名	期間
吉田 喜高	(株)吉川工務店	木曽川水系入ヶ洞砂防堰堤工事の施工に関する実践実習	H28.7.25～8.5
孫 敏	(株)北陸ジオテック	環境リサイクルに関する実践実習	H28.7.25～8.5

・環境科学実践実習Ⅲ（M1）

氏名	実習先	実習名	期間
塚原 直幸	鹿島建設（株）	紀伊半島の河道閉塞の抜本対策工事に関する実践実習	H28.7.25～8.5

学生を受け入れ実践実習について指導していただいた、株式会社吉川工務店、株式会社北陸ジオテック、鹿島建設株式会社およびに生命環境科学研究科長から感謝状を贈った。



2.2.3 プログラム修了生

平成 28 年度のプログラム修了生は以下の 4 名であり, このうち環境防災学講座に所属していた学生は照沼、秋山（博士後期課程）、吉田、孫（博士前期課程）の 4 名である。プログラムの修了生には, 学位記のほかプログラム修了証が授与された。

氏名	専 攻	博 士 論 文・修 士 論 文	指導教員
照沼 利浩	持続環境学	災害対応に要する時間の推定モデルとその適用性	西本晴男
秋山 怜子	持続環境学	地下水流出の到達時間と土層の粘着力に着目した崩壊発生解析法	西本晴男
吉田 喜高	環境科学	丹沢西部流域における土砂流出抑制対策の効果	西本晴男
孫 敏	環境科学	自然災害に対する被災地支援手法の日中比較	秋山一弥

2.2.4 その他

(1) 専攻共通科目

環境防災学講座の秋山准教授が平成 28 年度に行った専攻共通科目の講義は以下のとおりである。

月 日	科目番号	授業科目名	内 容
10 月 4 日～ 12 月 20 日 火曜日 3・4 限	01AD592	Prevention And Mitigation Of Sediment Disaster	土砂災害の概論、土石流災害の特徴、地すべり・がけ崩れ災害の特徴、土砂災害のハード対策（構造物）、大規模土砂災害、土砂災害の対策（行政と法律、避難）、土砂災害のソフト対策（気象・土砂災害警戒情報）、土砂災害のソフト対策（土地利用規制・ハザードマップ）

（２）国土交通省砂防部長による特別講演及び学生との懇談会

平成 28 年 7 月 5 日(火)に、国土交通省砂防部長の西山幸治氏に 17：00 から約 1 時間「砂防行政について」と題して特別講演をしていただいた。



講演の様子

特別講演の前に砂防部長と環境防災学講座の院生との懇談会をから 15:45 から 1 時間行った。学生からは、砂防行政の課題と今後の方向性についての具体的な質問をする等、また砂防部長からは当講座で多くの事を学び今後の砂防技術業務に携わるにあたっての励ましの言葉をいただき、有意義かつ貴重な懇談の場となった。



懇談会の様子

2.3 研究活動

2.3.1 研究発表

平成 28 年度の環境防災学講座の常勤教員及び学生の発表論文等は、原著論文 5 編、その他 14 編（砂防学会研究発表会 9 編、その他 5 編）を発表した。

以下に論文のリストを記載する。

(1) 原著論文

- 1) 大村さつき, 三木洋一, 西本晴男, 原田照美, 杉田精司, 奥迫信二: 地域住民が主体となった土砂災害に対するタイムラインの検討, 砂防学会誌, Vol69, pp.61-66, 2017.3
- 2) 秋山一弥, 池田慎二, 木村諒, 松下拓樹: 2014 年 2 月の大雪によって山梨県早川周辺で発生した雪崩の到達距離と地形の関係, 雪氷, Vol78, No.6, pp.439-457, 2016.11
- 3) 秋山一弥, 和泉薫: 新潟県上越地域で過去 134 年間に発生した雪崩災害, 雪氷, Vol78, No.6, pp.479-496, 2016.11
- 4) 関口辰夫, 阿部孝幸, 阿部修, 秋山一弥: 1918 年(大正 7 年)大鳥鉦山の雪崩災害と地形, 雪氷, Vol.78, No.5, pp.329-337, 2016.9.
- 5) 照沼利浩, 水野秀明, 西本晴男: 災害対応に要する時間の推定モデル, 砂防学会誌, Vol.69, No.2, pp.13-18, 2016.7

(2) その他論文

- 1) 西本晴男: デモンゼー著の「溪流および山腹工事」について, 砂防学会誌, Vol.69, No.6, pp.103-106, 2017.3
- 2) 秋山一弥, 和泉薫: 新潟県中越地域で発生した雪崩災害の統計と特徴, 雪氷研究大会(2016・名古屋)講演要旨集, p.278, 2016.9.
- 3) 秋山一弥, 吉田喜高, 松田宏, 本間信一: 高精度空間情報を用いた表層雪崩の規模推定, 雪氷研究大会(2016・名古屋)講演要旨集, p128, 2016.10
- 4) 秋山一弥, 劉詩雨, 西本晴男: 日本と中国の土砂災害に関する防災学習内容の比較, 第 54 回日本地すべり学会研究発表会講演集, pp.294-295, 2016.8
- 5) 秋山一弥: 雪崩災害の事例と対策技術, 特集(変貌する斜面災害と対策), 基礎工, Vol.44, No.6, pp.90-93, 2016.6.
- 6) 大村さつき, 三木洋一, 北原哲郎, 飛田健二, 西本晴男, 原田照美, 杉田精司, 奥迫信治: 土砂災害に対するタイムラインを活用した住民の減災に向けた取り組み検討, 平成 28 年度砂防学会研究発表会概要集 A, pp.12-13, 2016.5
- 7) 尾関信幸, 西本晴男: 粗石コンクリート構造の砂防施設の内部特性と健全性評価, 平成 28 年度砂防学会研究発表会概要集 B, pp.230-231, 2016.5
- 8) 西本晴男: アメリゴ・ホフマンと諸戸北郎, 平成 28 年度砂防学会研究発表会概要集 B, pp.264-265, 2016.5
- 9) 大村さつき, 三木洋一, 北原哲郎, 飛田健二, 西本晴男, 原田照美, 杉田精司, 奥迫信治:

住民主導の土砂災害タイムライン検討ツールの提案, 平成 28 年度砂防学会研究発表会概要集 B, pp.340-341, 2016.5

- 10) 照沼利浩, 水野秀明, 西本晴男: 災害対応に関する作業能率の推定モデル, 平成 28 年度砂防学会研究発表会概要集 B, pp.426-427, 2016.5
- 11) 江藤稚佳子, 水野秀明: 有限体積法による湾曲部及び合流点における水面形の再現, 平成 28 年度砂防学会研究発表会概要集 B, pp.434-435, 2016.5
- 12) 吉田喜高, 西本晴男, 阿部拓実, 鈴木雅一, 内山佳美, 内山豊: 丹沢流域における歴史的砂防工事と現況, 平成 28 年度砂防学会研究発表会概要集 B, pp.442-443, 2016.5
- 13) 阿部拓実, 西本晴男, 鈴木雅一: 写真比較による多摩川上流部における荒廃状況の変遷, 平成 28 年度砂防学会研究発表会概要集 B, pp.448-449, 2016.5
- 14) 秋山一弥, 劉詩雨, 西本晴男: 日本と中国の教科書における砂防に関する学習内容の比較, 平成 28 年度砂防学会研究発表会概要集 B, pp.506-507, 2016.5

2.3.2 現地調査

(1) 国内

1) 平成 28 年 6 月 21 日：岡山県

6 月 21 日に、教員 1 名と院生 2 名が砂防ボランティアの活動状況や、土砂災害防止に向けた取り組みを知るため、岡山市の岡山市民会館で行われた『砂防ボランティア全国のつどい』及び『土砂災害防止「全国の集い」』に参加した。

午前中は、『砂防ボランティア全国のつどい』に参加し、徳島県砂防ボランティア協会、特定非営利法人神通砂防の活動報告をはじめとし、全国の砂防ボランティアの活動状況と課題について学んだ。中山間地域での過去の災害や砂防事業の歴史的な背景を伝承するほか、災害救助・地域安全の活動において砂防ボランティアの重要性は高い一方、合併により行政区画が大きくなることできめ細やかな活動ができなくなり活動主体が弱体化する懸念があることなどが報告された。

午後は、『土砂災害防止「全国の集い」』に参加した。まず、国土交通省砂防部の長井隆幸氏より、平成 28 年 4 月の熊本地震について、緊急調査の内容、土砂災害警戒情報を通常基準の 7 割・8 割で発表する暫定運用の実施状況、TEC-FORCE の活動状況、工事における工夫（無人化施工、ドローンの活用）等について報告がなされた。

京都大学の小杉賢一朗教授からは「土砂災害警戒避難における降雨データの活用方法」と題して講演が行われた。土砂災害警戒避難基準線（Critical Line）の設定に用いる短期の積算雨量と土壌雨量指数を決めるにあたり、々な半減期の実効雨量の組み合わせを検討することが重要であることが指摘された。

また、NHK 盛岡放送局の二宮徹氏（H28.6 まで NHK 解説委員／災害担当）をコーディネーターに迎えたパネルディスカッションが行われた。「晴れの国おかやま」と呼ばれる程晴天日が多い岡山県にあっては県民の防災意識が十分に備わっていないと考えられることが指摘された。しかし、風化しやすい花崗岩が広島～岡山にかけて存在すること、県北部では年間降水量が 2000mm を超えること、戦時・戦後の乱伐で愛知・滋賀とともに「日本三大はげ山県」とも呼ばれていた程山が荒れていたことなどから、県内においてもたびたび災害が発生している状況にある。岡山県ではハード対策の整備率が現在 27%と低く今後は重要度の高い箇所から優先的に事業を実施するとともに、土砂災害特別警戒区域の指定を早急に実施するとのことであった。また、平成 26 年に発生した土砂災害を受けて、広島市内の団地自治会長がパネリストとして参加し、土砂災害後の対策状況の紹介、近傍のマンションを一時避難場所とできるよう管理組合と契約している事例などが紹介された。



【会場入り口にて】



【砂災害防止「全国の集い」】

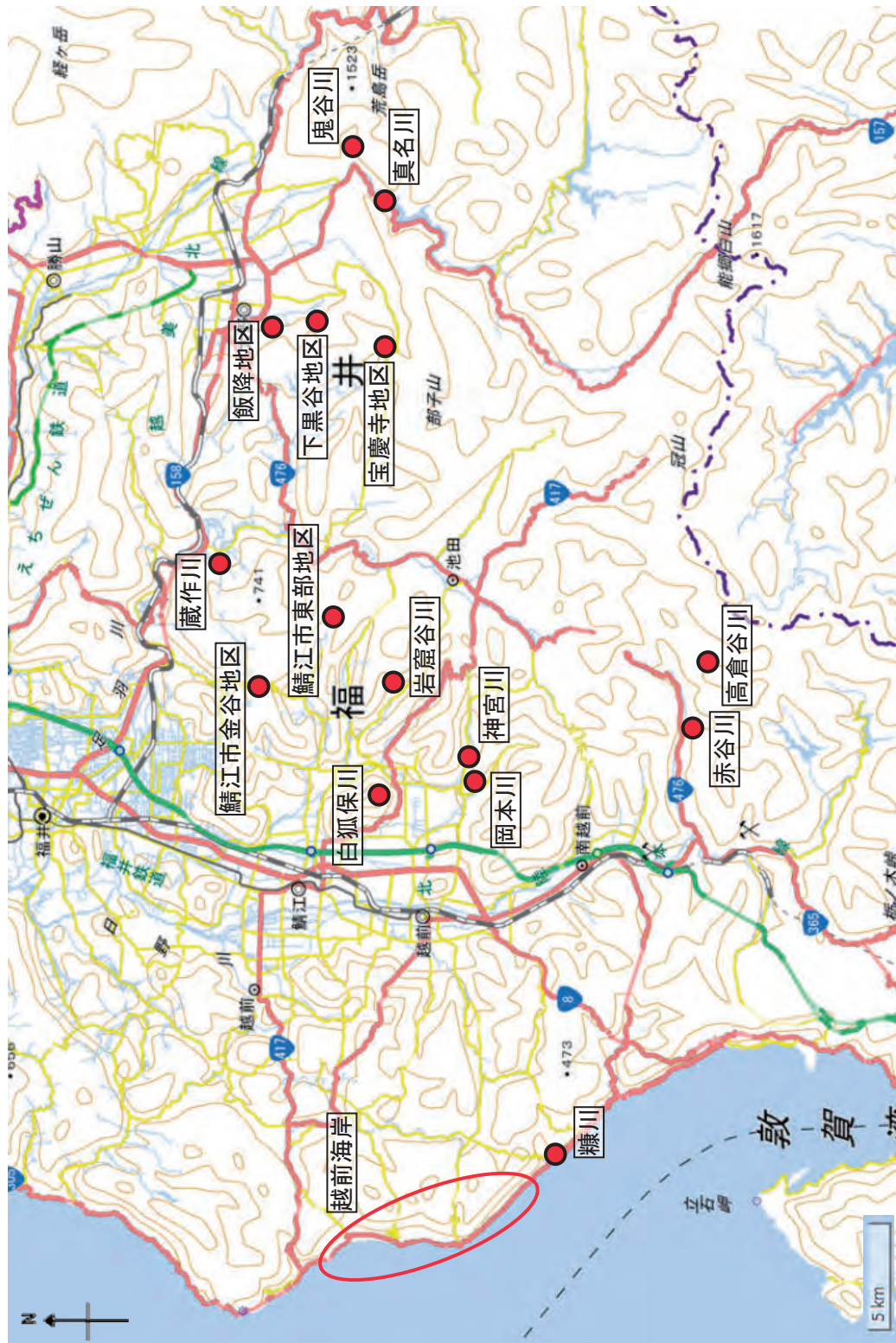
2)平成 28 年 7 月 12 日～15 日：福井県

7 月 12 日～15 日に、教員 1 名と院生 4 名が、福井県内における砂防施設調査を行い、計画当時の設計思想や施工上の工夫点を調査するとともに、平成 10 年・16 年などの主要災害後の復旧状況・施工後の状況を確認した。調査にあたっては、日光産業株式会社の川端様にお世話になった。

調査箇所を表－1 および図－1 に示す。

表 1 調査対象一覧表

日程	調査箇所	主な内容
12 日	おんたにがわ 鬼谷川	石積み堰堤、部分透過型堰堤
	真名川	アーチ型ダム
	しもくろだに 下黒谷地区	雪崩防護壁
	いふり 飯降地区	雪崩減勢工
13 日	きょうざたにがわ さぜんだにがわ 経座谷川、座禅谷川 (宝慶寺地区)	ダブルウォール・不透過型堰堤、 溪流保全工
	くらつくりがわ 蔵作川 (旧美山地区)	ダブルウォール・不透過型堰堤、 溪流保全工
	かなたにがわ またにがわ 金谷川、間谷川、 須別当川 (鯖江市金谷地区)	床固工、不透過型堰堤
	三ツ俣川 (鯖江市東部地区)	ダブルウォール・不透過型堰堤、 透過型堰堤、急傾斜崩壊防止対策
	がんくつだにがわ 岩窟谷川	不透過型堰堤
14 日	岡本川	アーチ型堰堤
	神宮川	流路工、地すべり対策工
	しょうかんぼがわ 白狐保川	透過型堰堤(小礫対応 格子形)
	赤谷川	石積み堰堤(アカタン砂防)
	こうくらだにがわ 高倉谷川	石積み堰堤(高倉谷川砂防堰堤群)
15 日	ぬかがわ 糠川	河川トンネル
	越前海岸	落石対策



国土地理院地図より

図 1 調査位置図

2. 調査内容

(1) 鬼谷川堰堤

a. 鬼谷川堰堤施工の経緯

鬼谷川は福井県大野市に分布し、嶺北地方を流れる 1 級河川九頭竜川の支流である。

明治 4 年の廃藩置県以降、九頭竜川流域では無秩序な森林伐採や焼畑により荒廃が進み、豪雨の度に土砂災害や河道閉塞が発生していた。そこで明治 30 年、県内初の砂防事業として、九頭竜川支流の鬼谷川下流部に石積み堰堤が施工された。



国土地理院地図より

図 2.1.1 鬼谷川堰堤位置図(大野市)

b. 鬼谷川堰堤の特徴

鬼谷川堰堤は、石積みの本堰堤と副堰堤からなる。施工当時はコンクリートが無い為、 $\phi 1\text{m}$ 大の巨石を緩勾配で積み上げて建造されている。石積み堰堤のため自然と調和し、景観が良い。県内最古の堰堤として、平成 15 年に登録有形文化財に登録された。



写真 2.1.1 鬼谷川堰堤全景



写真 2.1.2 砂防工記念碑



写真 2.1.3 登録有形文化財記念碑
(平成 28 年 7 月 12 日撮影)

c. 鬼谷川堰堤上流の堰堤

鬼谷川堰堤の上流部にも堰堤が施工されている。平成 23 年に施工された部分透過型堰堤で、堤高 6m、堤長 36m となる。景観保護のため下流側法面に木製パネルが設置されている。既設の石積み堰堤を副堰堤、第二副堰堤としている。



写真 2.1.4 鬼谷川堰堤上流の部分透過型堰堤



写真 2.1.5 副堰堤と第二副堰堤(既設堰堤)
(平成 28 年 7 月 12 日撮影)

(2) 真名川ダム

a. 真名川ダム建設の経緯

九頭竜川支流の真名川に設置されたダムである。

昭和 49 年 9 月に発生した奥越豪雨(最大日雨量 844mm、総雨量 1,044mm)と台風 24 号により、九頭竜川水系各所で土砂災害が発生した。真名川下流地域の佐開地区の被災状況を図 2.2.2 に示す。そこで同年、真名川でのダム群建設が計画され、昭和 42 年に着手された。



国土地理院地図より

図 2.2.1 真名川ダム位置図(大野市)



国土交通省九頭竜川流域誌より

図 2.2.2 昭和 49 年奥越豪雨時の大野市佐開地区の被災状況

参考資料：国土交通省近畿地方整備局(2014)：真名川ダム定期報告書(案)概要版
国土交通省近畿地方整備局(2001)：九頭竜川流域誌

b. 真名川ダムの特徴

堤高 127.5m、堤長 357m のアーチ型ダムである。アーチ型ダムは重力式コンクリートダムと比較して少量のコンクリートで施工が可能であるが、硬質な岩盤に根入れが必要となるため、支持力の小さい地質では施工が不可能である。

真名川ダムの利用目的は、洪水調整、河川維持用水、発電となる。河川維持用水の放流は噴水として下流に放流される。



写真 2.2.1 真名川ダム全景



写真 2.2.2 真名川ダム全景②



写真 2.2.3 貯水状況

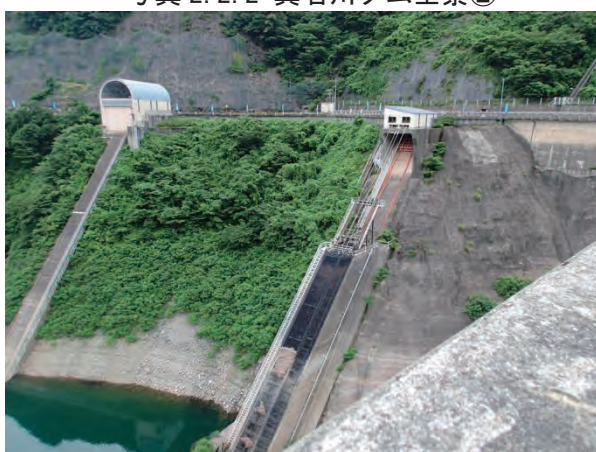


写真 2.2.4 インクライン(左)、表面取水設備(右)



写真 2.2.5 下流への放流状況

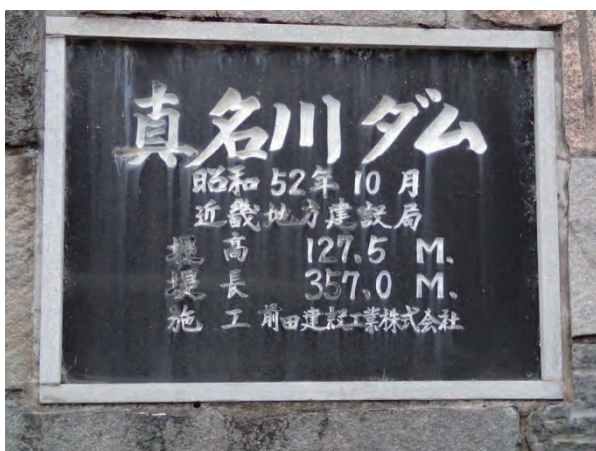


写真 2.2.6 真名川ダムの銘板
(平成 28 年 7 月 12 日撮影)

(3) ^{しもくろだに}下黒谷地区の雪崩対策

a. 下黒谷地区雪崩対策の経緯

大野市の西部に位置する下黒谷地区では、昭和2年に数回の表層雪崩が発生し、多数の死者が出た。昭和56年の豪雪時でも人的被害は無かったものの、表層雪崩が発生している。そこで福井県は平成4年から雪崩対策として雪崩防護壁施工に着手し、平成8年に完成している。

下黒谷地区のほかにも、^{かみくろだに}上黒谷地区に2ヶ所、^{いふり}飯降地区に1ヶ所の雪崩防護壁が施工されている。



国土地理院地図より

b. 雪崩防護壁の特徴

下黒谷地区の雪崩防護壁は高さ15.5m、長さ300mとなり、地域住民の要望により羅漢像のレリーフが設置されている。現在は雪崩防護壁背後に森林が広がっているため、雪崩の発生は減少していると考えられる。

図 2.3.1 雪崩防護壁位置図(大野市)



写真 2.3.1 雪崩防護壁全景(南側より望む)



写真 2.3.2 雪崩防護壁全景(北側より望む)



写真 2.3.3 羅漢像レリーフ



写真 2.3.4 雪崩対策の経緯

(平成28年7月12日撮影)

c. 飯降^{いふり}地区の雪崩対策

下黒谷地区の北部に位置する飯降地区では、大正 7 年、昭和 2、11、38 年に表層雪崩が発生した。そこで飯降集落を保全するために昭和 60 年から平成 20 年にかけて雪崩対策事業が行われた。対策工として雪崩防護壁工、雪崩減勢工、雪崩予防柵工が施工されている。



写真 2.3.5 飯降地区雪崩減勢工
(平成 28 年 7 月 12 日撮影)

d. その他の雪崩被害(三八・五六豪雪)について

昭和 38 年 1 月、東北から北陸・山陰地方の日本海側各地で豪雪が発生した。例年より強い寒波が 1 ヶ月間停滞し、福井県内の最深積雪は 213cm を記録した。勝山市横倉では表層雪崩が発生し、14 名が生き埋めとなり死亡し、福井県全体では 25 名の死者が出た。また、昭和 55 年 12 月末から翌年の 2 月下旬にかけて東北・北陸地方を中心に記録な豪雪が発生し、福井県内で 13 名の死者が出た。



国土地理院地図より

図 2.3.2 勝山市横倉位置図

これらは豪雪の発生年号から「三八・五六豪雪」と呼ばれている。豪雪・雪崩被害を受け、福井県では昭和 60 年から雪崩対策事業が開始された。



国土交通省九頭竜川流域誌より

図 2.3.3 三八豪雪状況(福島市)



国土交通省九頭竜川流域誌より

図 2.3.4 五六豪雪状況(福島市)

(4) 宝慶寺地区の砂防施設

a. 福井豪雨時の宝慶寺地区周辺の被害

平成 16 年 7 月 18 日に福井県に梅雨前線が停滞し、嶺北北部を中心に激しい豪雨が発生した。福井市美山観測所では最大時間雨量 96mm、最大日雨量 283mm を記録した。大野市では死傷者は出なかったものの、宝慶寺地区を流れる九頭竜川支流の経座谷川、座禅谷川で土石流が発生し、宝慶寺や下流地域の道路に甚大な被害をもたらした。土石流対策として、経座谷川に 2 基、座禅谷川に 1 基の砂防堰堤が施工された。



国土地理院地図より

図 2.4.1 宝慶寺位置図(大野市)

b. 施工された対策工

経座谷川 1 号堰堤(堤高 9m、堤長 57.6m)、経座谷川 2 号堰堤(堤高 7m、堤長 42m)、座禅谷川 1 号堰堤(堤高 6m、堤長 50.4m)の 3 基が施工された。すべてダブルウォール型の堰堤で、下流側法面はエキスパンドメタル、上流側法面は鋼製矢板が設置され、天端はコンクリートで保護されている。内部は掘削土が使用され、比重が小さいため、堰堤の断面積が大きい。また比重が小さいため、支持力の小さい地盤に施工が可能である。

座禅谷川砂防堰堤の下流には床固工及び底張りをした三面張りの溪流保全工が施工されている。急勾配かつ川幅が狭いため、溪床にもコンクリートを張った構造となっている。



写真 2. 4. 1 経座谷川 1 号堰堤全景



写真 2. 4. 2 エキスパンドメタル



写真 2. 4. 3 経座谷川 2 号堰堤全景



写真 2. 4. 4 座禅谷川 1 堰堤遠景



写真 2. 4. 5 座禅谷川 1 号堰堤下流の溪流保全工



写真 2. 4. 6 経座谷川 1 堰堤銘板



写真 2. 4. 7 災害跡
(平成 28 年 7 月 12 日撮影)

(5) 旧美山地区の砂防施設

a. 福井豪雨時の美山地区周辺の被害

平成 16 年の福井豪雨時、旧美山町の蔵作川、稗苗川、上良川では土石流や天然ダムの決壊が発生し、旧美山町全体で 97 戸の家屋倒壊、305 戸の家屋浸水が発生し、5 名の死傷者・行方不明者が出た。そこで美山町蔵作地区では、蔵作川下流部に 1 基、稗苗川下流部に 4 基(2 基は床固工)、上良川下流部に 2 基の砂防堰堤、蔵作川下流部に溪流保全工が施工された。



国土交通省 (2004) 福井豪雨より

図 2.5.1 福井豪雨時美山地区周辺の状況



図 2.5.2 旧美山地区位置図(大野市)

b. 施工された対策工

蔵作川に施工された対策を以下に示す。

○蔵作川 1 号砂防堰堤

ダブルウォールの不透過型堰堤で、下流側法面はエキスパンドメタル、上流側法面は鋼製矢板が設置され、天端はコンクリートで保護されている。内部は掘削土が使用され、比重が小さいため、堰堤の断面積が大きい。また比重が小さい為、支持力の小さい地盤に施工が可能である。



写真 2.5.1 上流側鋼製矢板

(平成 28 年 7 月 13 日撮影)



写真 2.5.2 蔵作川 1 号砂防堰堤全景

(平成 28 年 7 月 13 日撮影)

○蔵作川溪流保全工

蔵作川下流部では、全長 631m にわたって床固工及び底張りをした三面張の溪流保全工が施工されている。景観保護のため護岸工には化粧型枠が設置されている。溪流保全工により河床勾配を緩め、土砂流出を軽減している。



写真 2.5.3 蔵作川溪流保全工

床固工の全景。側壁は流水により洗掘されないよう道路側に据え付けられている。護岸工には化粧型枠が設置されている。



写真 2.5.4 稗苗川と蔵作川の合流部

蔵作川と比較して稗苗川の流量が少ない。合流部での逆流防止のため、稗苗川の方が高くなっている。



写真 2.5.5 蔵作川溪流保全工②

カーブ曲線部の凸部(左岸側)の水位が高くなるため、溪流保全工も左岸側が高い造りになっている。



写真 2.5.6 稗苗川と蔵作川の合流部

橋梁の余裕高分は盛土壁でよいが、背後の家屋の不安定化を防ぐため、コンクリート壁としている。

(平成 28 年 7 月 13 日撮影)

(6) 鯖江市の砂防施設

a. 福井豪雨時の鯖江市の被害

平成 16 年の福井豪雨時、旧美山地区に隣接する鯖江市においても多くの土砂災害が発生した。鯖江市では 127 戸の家屋倒壊、960 戸の家屋浸水が発生し、14 人の死傷者が出た。そこで鯖江市では対策として、複数の床固工や砂防堰堤を施工している。



国土地理院地図より

図 2. 6. 1 鯖江市調査位置図

b. 金谷地区で施工された対策工

金谷地区では金谷川床固工、間谷川堰堤、須別当川堰堤が施工されている。

金谷床固工、不透過型堰堤の間谷川堰堤とともに下流側の護岸工に化粧型枠が設置されている。



写真 2. 6. 1 金谷川床固工全景
(平成 28 年 7 月 13 日撮影)

須別当川堰堤は本堰堤、副堰堤、第二副堰堤からなる。本堰堤と第二副堰堤は不透過型堰堤、副堰堤は部分透過型堰堤となり、第二副堰堤のみ天端の幅が小さい特殊な造りとなっている。

須別当川は間谷川と比較して流量が少ない。合流部での逆流防止のため、須別当川の方が高くなっている。間谷川は道路の下を通るため、ボックスカルバートを設置している。



写真 2. 6. 2 須別当川堰堤全景



写真 2. 6. 3 須別当川と間谷川の合流部
(平成 28 年 7 月 13 日撮影)



写真 2.6.4 土石流で流出したと考えられる巨礫

(平成 28 年 7 月 13 日撮影)

c. 東部地区で施工された対策工

鯖江市東部地区に分布する三ツ俣川には、三ツ俣川第 1 砂防堰堤、三ツ俣川第 2 砂防堰堤が施工されている。三ツ俣川第 1 砂防堰堤はダブルウォールの不透過型の本堰堤、透過型の副堰堤、三ツ俣川第 2 砂防堰堤は透過型堰堤となっている。



写真 2.6.5 三ツ俣川第 1 砂防堰堤



写真 2.6.6 三ツ俣川第 2 砂防堰堤

(平成 28 年 7 月 13 日撮影)

(7) 急傾斜対策

急傾斜とは傾斜角が 30 度以上である土地を指し、急傾斜の崩壊から家屋等の保全対象を守るため、対策工等必要な措置を講じる必要がある。鯖江市では急傾斜崩壊防止対策として落石防護柵と重力式擁壁工が確認された。



写真 2.7.1 落石防護柵と重力式擁壁工

(平成 28 年 7 月 13 日撮影)

(8) 岩窟谷川砂防堰堤

平成 16 年の福井豪雨時、越前市柳元町においても多くの土砂災害が発生し、24 戸の家屋が倒壊等の甚大な被害を受けた。そこで対策として、平成 18 年に九頭竜川支流の岩窟谷川において、砂防堰堤が施工された。岩窟谷川砂防堰堤は堤高 11m、堤長 93m の不透過型堰堤で、堰堤直下に保全対象の家屋が存在する。



国土地理院地図より

図 2.8.1 岩窟谷川砂防堰堤位置図(越前市)



写真 2.8.1 岩窟谷川砂防堰堤全景



写真 2.8.2 下流域の家屋(保全対象)

(平成 28 年 7 月 13 日撮影)

(9) 岡本砂防堰堤

a. 岡本砂防堰堤施工の経緯

九頭竜川支流の岡本川の上流部では、山腹の荒廃が激しく、下流地域の人家や耕地で土砂災害が頻発していた。また、下流地域の今立町岡本地区は和紙の生産が盛んに行われているが、渇水期に深刻な水不足となり、和紙の生産に打撃を与えていた。そこで、下流地域への土砂災害防止と貯水の有効利用を目的として、昭和 53～60 年にかけて岡本砂防堰堤が施工された。



国土地理院地図より

図 2.9.1 岡本砂防堰堤位置図(越前市)

b. 岡本砂防堰堤の特徴

岡砂防堰堤は堤高 25m、堤長 113m のアーチ型堰堤である。貯水を有効利用するため水通し穴が無く、取水用のパイプが設置されている。下流の水路はブロックの三面張りにより、護岸工の洗掘や横転を防いでいる。

平成 24 年の集中豪雨時、流木が下流に流出したため、透過型の副堰堤が施工された。



写真 2.9.1 岡本砂防堰堤銘板
(平成 28 年 7 月 14 日撮影)



写真 2.9.2 岡本砂防堰堤全景



写真 2.9.3 副堰堤全景
(平成 28 年 7 月 14 日撮影)

(10) 神宮川流路工

a. 神宮川流路工施工の経緯

越前市大滝町に分布する神宮川の上流は荒廃し、崩壊や侵食が多発していた。平成 10 年 7 月の集中豪雨時、土石流により神宮川流域は多大な被害を受けたことから、翌年から整備が進められた。

対策工として、上流域に 2 基の砂防堰堤、下流域に 502m(うち函渠部 312m)の流路工が施工された。平成 16 年の福井豪雨の際は神宮川流域で土石流が発生したが、上流域の砂防堰堤が土砂および流木を捕捉し、下流域への被害を軽減した。



国土地理院地図より

図 2.10.1 神宮川位置図(越前市)

b. 神宮川流路工の特徴

○砂溜め工

上流の透過型堰堤で土砂や流木を捕捉した後、流路工の函渠部に石礫を流下させないよう、砂溜め工を設置している。

写真 2. 10. 1 上流側砂溜め工全景
(平成 28 年 7 月 14 日撮影)



○流路工開渠部

床固工及び底張りをした三面張りの流路工であり、開渠部は全長 190m となる。



写真 2. 10. 2 床固工



写真 2. 10. 3 流路工開渠部
(平成 28 年 7 月 14 日撮影)

○流路工函渠部

国の重要文化財「大滝神社」の参道があるため、流路工は道路下に施工された。函渠部は全長 312m となる。函渠部の吐口部では岡本川と合流している。神宮川に比べて岡本川の流量が少ないため、合流部では逆流防止のため、岡本川の方が高くなっている。函渠内部の流入土砂除去等の維持管理のため、函渠中央部に進入通路が設置されている。



写真 2. 10. 4 函渠部呑口部



写真 2. 10. 5 維持管理のための進入通路
(平成 28 年 7 月 14 日撮影)



写真 2. 10. 6 函渠内部の状況



写真 2. 10. 7 神宮川と岡本川の合流部



写真 2. 10. 8 函渠部地上の状況

大滝神社参道の下を神宮川が流下している。側溝を設置することにより道路下に水路があることを認識させるほか、安らぎの効果を与えている。

(平成 28 年 7 月 14 日撮影)

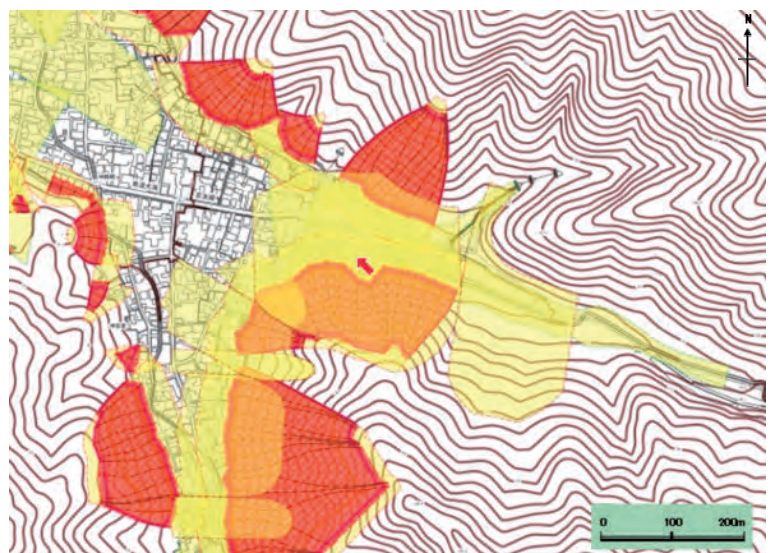
c. 越前市大滝町の地すべり対策

大滝町の斜面にて地盤変動が発生したため、平成 13～15 年にかけて、抑制工として地下水排除工、抑止工として杭工、アンカー工、擁壁工が施工された。



写真 2. 10. 9 地すべり対策箇所全景

(平成 28 年 7 月 14 日撮影)



福井県 HP より

図 2. 10. 2 大滝町地すべり警戒区域

(11) 白狐保川砂防堰堤

平成 16 年の福井豪雨時、越前市中津山に分布する白狐保川にて土石流が発生し、10 戸の家屋に浸水の被害が発生した。そこで平成 21 年、砂防堰堤の施工が計画されたが、施工にあたり以下の課題が浮上した。

- ・ 急勾配のため、一般的な不透過型では十分に土砂が捕捉できない。
- ・ 小礫が多く、透過型では礫が捕捉できない。
- ・ 家屋直上の唯一の堰堤のため、十分な安全性が必要。



国土地理院地図より

図 2.11.1 白狐保川砂防堰堤位置図(越前市)

急勾配への対応として、不透過型堰堤では堤高 14.5m に対して土砂捕捉率が 30%であるのに対し、透過型は堤高 10.5m に対し 100%の土砂が捕捉できるため、透過型堰堤を採用した。小礫の対応として、単純に格子間隔を狭くすると無害土砂まで補足してしまうため、透過型の格子にリングネットを併用した「小礫対応 格子形」という全国初の新技術を採用した。



写真 2.11.1 白狐保川砂防堰堤全景



写真 2.11.2 併設されたリングネット

(平成 28 年 7 月 14 日撮影)

(12) アカタン砂防

a. アカタン砂防施工の経緯

明治 28～30 年にかけて、赤谷川で集中豪雨による土砂災害が頻発した。赤谷川には大量の土砂や流木が堆積し、下流の田倉川に流出すると甚大な被害となるため、明治 32 年より 9 基の堰堤が施工された。9 基のうち、2 基(九号堰堤、八号堰堤)は土堰堤で、他は石積み堰堤である。アカタン砂防は平成 16 年に登録有形文化財に指定されている。

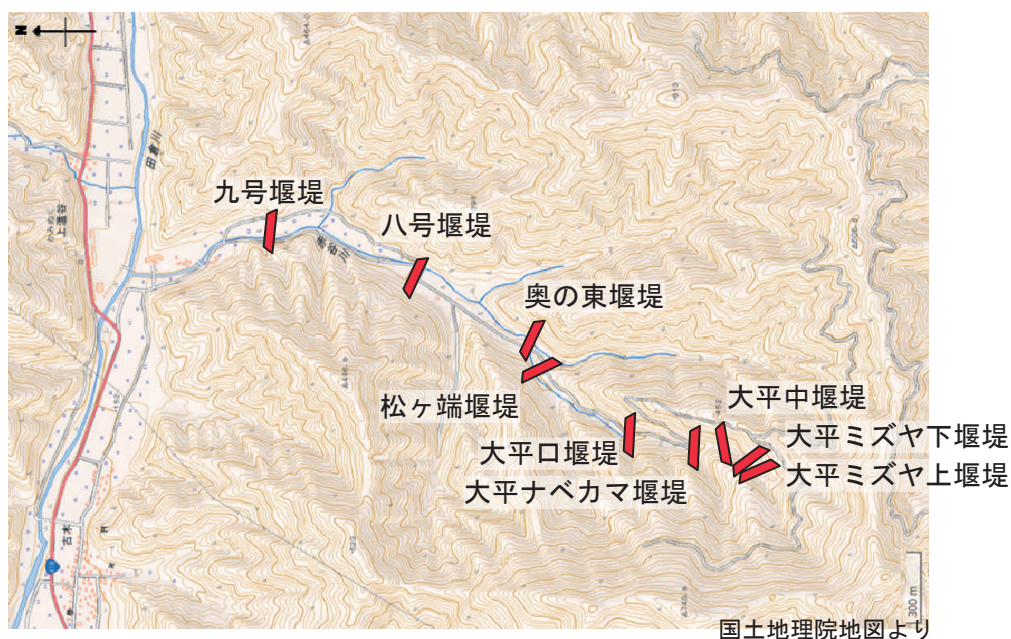


図 2.12.1 アカタン砂防位置図

b. アカタン砂防の特徴

アカタン砂防の特徴は、 $\phi 40\sim 50\text{cm}$ の礫が亀甲積みで積まれており、片岸の露岩部に水通しや導流堤がある。 $\phi 100\sim 150\text{cm}$ の礫が敷き詰められた水叩きがある。



写真 2.12.1 九号堰堤

最下流の堰堤で、堤高 6m、堤長 72m となる。上流には水田、下流には林が分布している。水通し部は左岸の露岩部に設置されている。



写真 2.12.2 八号堰堤

九号堰堤の約 700m 上流に位置し、堤高 11m、堤長 112m となる。アカタン砂防の中で最大規模の堰堤である。水通し部は右岸の露岩部に設置されている。



写真 2.12.3 奥の東堰堤

八号堰堤の約 570m 上流に位置する空石積み堰堤である。堤高 8m、堤長 25m で、21m の導流堤が直角に取付けられている。水通し部は右岸の露岩部に設置されている。



写真 2.12.4 松ヶ端堰堤

奥の東堰堤の約 160m 上流に位置する空石積み堰堤である。堤高 7m、堤長 27m で、24m の導流堤が直角に取付けられている。水通し部は左岸の露岩部に設置されている。

(13) ^{こうくらだにがわ}高倉谷川砂防堰堤

明治 28 年 9 月の豪雨時に土石流が発生し、西高倉、東高倉、立成の峡谷に散在していた耕地を埋め尽くしたとされている。そこで明治 33～39 年にかけて 12 基の堰堤が施工された。

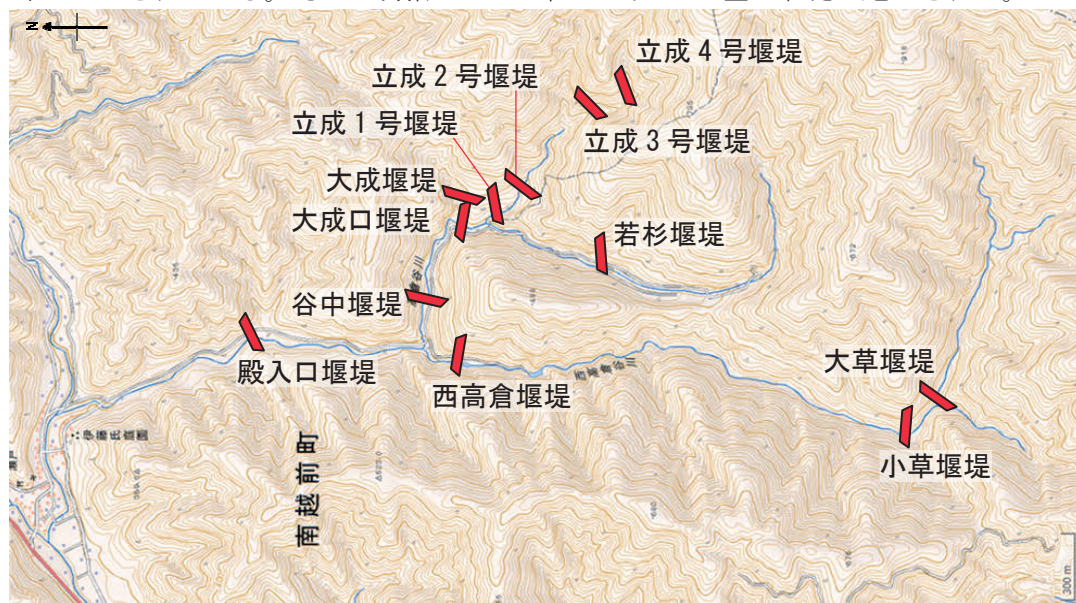


図 2. 13. 1 高倉谷川砂防堰堤位置図

国土地理院地図より

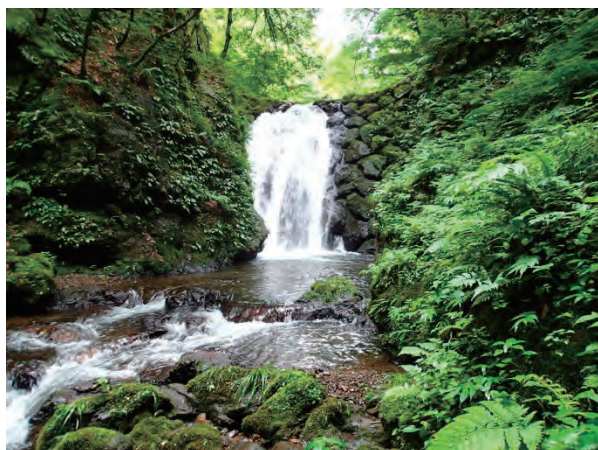


写真 2. 13. 1 ^{にしこうら}西高倉堰堤

西高倉谷川の狭窄部に位置し、堤高 9.3m、堤長 19m。巨石を積み上げた石積み堰堤である。



写真 2. 13. 2 谷中堰堤

高倉谷川に施工されている巨石を積み上げた石積み堰堤である。



写真 2. 13. 3 ^{たてなり}立成 1 号堰堤

立成谷に施工されている巨石を積み上げた石積み堰堤である。

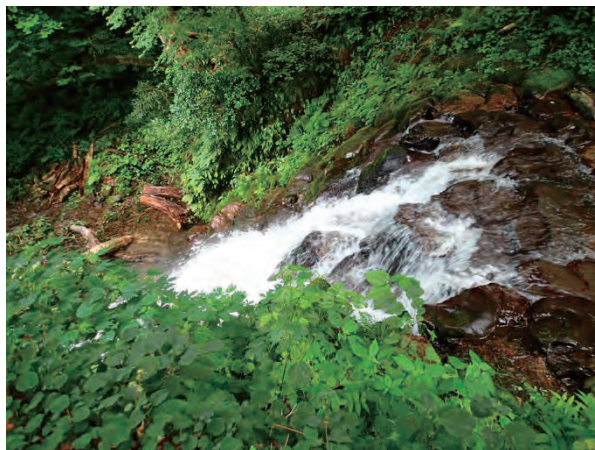


写真 2. 13. 4 ^{おおなりぐち}大成口堰堤

高倉谷川に施工されている巨石を積み上げた石積み堰堤である。(平成 28 年 7 月 14 日撮影)

水通し部が片岸にあるアカタン砂防と違い、高倉谷川砂防堰堤の水通し部は中央部にある。



写真 2. 12. 5 アカタン砂防(九号堰堤)



写真 2. 12. 6 高倉谷川砂防(立成 1 号堰堤)
(平成 28 年 7 月 14 日撮影)

(14) 糠川河川トンネル

a. 糠川の河川改良について

南越前町旧河野村を流れる 2 級河川糠川は、急峻な地形を蛇行する河川で、頻繁に洪水が発生していた。一方、国道 305 号に通じ、糠川沿いに施工されていた主要地方道福井大森河野線は、幅員が狭くかつ蛇行しているため、大型車の通行が困難となっていた。そこで、糠集落は地形上宅地に余裕がないため、河川トンネルによる河道付替と、河川跡地を利用した道路の拡幅を昭和 48～62 年にかけて実施した。



国土地理院地図より

図 2. 14. 1 糠川位置図(南越前町)

b. 糠川河川トンネルの特徴

河川付替のため、開水路 153m、沈砂池 3 箇所、河川トンネル 414m が施工された。道路改良工事は 820m の範囲で行われている。

写真 2.14.1 に示す沈砂池には、河川トンネルへの流木の流入を防止するため、鋼管製の流木止めが設置されている。



写真 2. 14. 1 鋼管製の流木止め



写真 2. 14. 2 沈砂池
(平成 28 年 7 月 15 日撮影)



写真 2. 14. 3 河川トンネル吐口部
(平成 28 年 7 月 15 日撮影)

(15) 国道 305 号の落石対策工

国道 305 号は石川県金沢市から福井県南条郡越前町を結ぶ主要幹線道路である。当該道路は沿岸部の急峻な地形に沿っており、落石等の事故が多発しているため、多数の落石防止対策が講じられている。

国道 305 号に確認された対策工を以下に示す。



写真 2. 15. 1 落石防護柵＋重力式擁壁工



写真 2. 15. 2 落石防護棚



写真 2. 15. 3 吹付法砕工、モルタル吹付＋鉄筋挿入工



写真 2. 15. 4 アンカー工



写真 2. 15. 5 ポケット式落石防護網



写真 2. 15. 6 覆式落石防護網
(平成 28 年 7 月 15 日撮影)

3)平成 28 年 8 月 29 日～9 月 1 日：北海道

8 月 29 日～9 月 1 日に、北海道で行われている火山砂防事業や札内川流域で行われている直轄砂防事業について、計画、設計、施工、維持管理の実際を確認するため、教員 1 名と院生 4 名が調査を行った。

1.札内川

1) 戸蔦別川第 2 号砂防堰堤

戸蔦別川第 2 号砂防堰堤は平成 26 年に着手し、平成 29 年完成予定のコンクリート重力式スリット砂防堰堤である。

本堰堤ではスリット部を流下する水や土砂による摩耗から保護するため、ラバースチールを設置している。ラバースチールはゴムと鋼板からなる複合構造で鋼板はゴムの下方に埋設され、露出がないようにゴムで完全被覆一体化した構造で、高い耐久性が期待できる。



下流側より堰堤右岸部を望む



上流側より堰堤右岸部を望む

2) 戸蔦別川第 1 号砂防堰堤

戸蔦別川第 1 号砂防堰堤は戸蔦別川における直轄砂防堰堤の最下流に位置する。

昭和 62 年に着手し、平成 2 年に完成。ニジマス等生息しているため、右岸側に魚道が設置されている。



右岸の魚道

3) 戸蔦別川床固工群

昭和 63 年から着手し、平成 22 年度に完成。第 1～15 床固工の計 15 基が設置されている。

戸蔦別川には、大量の不安定土砂があるため、床固工を連続して設置して群として効果を発揮している。



戸蔦別川第 6 床固工

2. 十勝岳

1) 上富良野開拓記念館

上富良野町は、1926 年の十勝岳噴火により、融雪型火山泥流が発生し、死者・行方不明者 144 名もの甚大な被害を受けた。上富良野開拓記念館は、大正泥流被害からの復興の努力、また開拓の歴史を後世に語り継ぐために建てられた。

記念館の中には、泥流の被害状況に関する写真や泥流発生時の村長である吉田貞次郎に関する資料や、開拓時に三重県の津市から上富良野の地に入植し、生涯を上富良野の発展に尽くした田中常次郎に関する展示物が展示してある。また、記念館の敷地には三浦綾子の小説「泥流地帯」の記念文学碑がある。



上富良野開拓記念館の外観写真



「泥流地帯」の記念文学碑

2) 富良野川上流部

富良野川では、活火山である十勝岳周辺からの土砂流出や火山泥流への対策として、大規模な砂防事業が行われている。

今回は台風 10 号の接近のため天候が悪く、上流の堰堤群のみの調査となった。



橋の上から富良野川床固工を望む



橋より上流部分の富良野川床固工

3) 十勝岳火山砂防情報センター（VOLGA）

十勝岳火山砂防情報センター（VOLGA）では十勝岳の火山泥流の発生を 24 時間体制で監視すると共に、パネルや模型などの展示をしており、火山砂防事業について住民、観光客に情報発信している監視施設兼学習施設である。また、火山泥流発生時には、白金温泉街の一時避難所となるため高台に位置しており、白金温泉街から VOLGA への経路には、シェルター付きの避難路も設置されている。



シェルター付きの避難路



十勝岳火山砂防情報センター（VOLGA）

3.有珠山

1977 年の噴火時には山麓 12 渓流において砂防施設を整備された。

これらの施設は、火山活動に伴う地殻変動に対してある程度追従できること、有珠山周辺に地耐力の弱い地盤であることを考慮し、鋼製自在枠や二重鋼矢板堰堤、鋼製スリット堰堤などである。2000 年の噴火時には、金比羅山火口付近に位置する堰堤が多少変形しても地形変動に追従し、熱泥流を捕捉し、温泉街への被害を軽減させた。2000 年噴火後には、金比羅山火口群が温泉街に近接しているため、谷の出口付近に新たな大規模な遊砂空間を設けている。



有珠山周辺地図（Google map に加筆）



2000 年噴火後における西山川・小有珠川における砂防事業（有珠山の砂防パンフレットより）

1) 西山川

洞爺湖ビジターセンターの直上流にある西山川 7 号砂防ダムの天端台から、西山川 8 号砂防ダムや導流堤、遊砂地や町営桜ヶ丘団地、やすらぎの家などの河口部における砂防施設や遺構が一望できる。町営桜ヶ丘団地は金比羅山火口からあふれ出た熱泥流によって 1 階部分が埋没し、また、町営公衆浴場である「やすらぎの家」においては、金比羅山斜面の流路工からあふれ出た熱泥流によって 1 階部分の内部奥まで泥流に埋め尽くされた。溢れ出た熱泥流は国道 230 号に架かっていた「木の実橋」を持ち上げ、約 100m 下流に押し流した。

西山川 7 号砂防ダムと西山川 8 号砂防ダムは鋼矢板を用いたダブルウォールタイプである。



やすらぎの家（写真左）



町営桜ヶ丘団地（写真左）および
西山川 8 号砂防ダム（写真中央）

西山川 7 号砂防ダムは、前庭部を保護する水叩工が設けられている。また、水通し部の表面は化粧型枠が用いられている。



西山川 7 号砂防ダム

2) 小有珠川

小有珠川 6 号砂防ダムは鋼矢板を用いたダブルウォールタイプで、その表面を間伐材によって覆い、景観に配慮している。ダブルウォール内には現地発生土が用いられている。



3) 源太川

噴火災害を次世代に伝えるために、噴火に伴う地盤変動により倒壊した病院の建物が保存されている。有珠山噴火史の解説板が設置され、火山遺構公園として整備されている。病院の東側には源太川砂防ダムが整備されている。



三恵病院の倒壊状況



源太川の砂防指定地表示板

4) 昭和川

昭和新山へ向かう道道が横過する昭和川には、道道の上流側には砂防ダム、下流側には沈砂池が設けられている。上流側の堰堤は景観に配慮し、自然の岩を模して造られている。



昭和川沈砂池



昭和川砂防ダム

5) 昭和新山

1943 年～1945 年の噴火活動によって溶岩ドームが形成され、昭和新山と命名された。当時郵便局長であった三松正夫氏は、昭和新山が形成される過程を定点測量によって観測し、ミマツダイヤグラムを作成した。調査当日は台風 10 号の影響により三松正夫記念館は閉館していた。



昭和新山

6) 西山火口山麓

2000 年噴火の後に、有珠山北西山麓火口群周辺に整備された南北に延びる全長 1.8km の散策路がある。散策路上には地盤の隆起に伴う正断層の落ち込みで生じた地溝（グラーベン）が、階段状の道路の段差という形で見られた。2000 年噴火時に有珠山北西山麓の主要交通路であった国道 230 号線が約 70m 隆起した。そのため、噴火湾側に下り勾配であった道路が破壊され、上り勾配が生じ融雪水や地下水、雨水などがたまり、「西新山沼」が形成された。

散策路の第 1・2 展望台周辺には高温の地熱帯が広がっており、散策路外に出ることはできない。第 2 展望台には複数の観測測器が設置されている。

地殻変動による隆起や地割れによって変形した製菓工場、倒壊した民家や折れた電柱などが散策路の過程で見ることができる。



西新山沼



国道 230 号の地形隆起の概念図



陥没した散策路上のグラーベンの様子



第 2 展望台付近の噴火口

7) 台風 10 号による倒木状況

平成 28 年 8 月 28 日から 9 月 1 日までの調査期間中、台風 10 号が日本列島に襲来していた。北海道にも上陸し河川の氾濫、家屋の停電、倒木被害などの甚大な被害をもたらした。



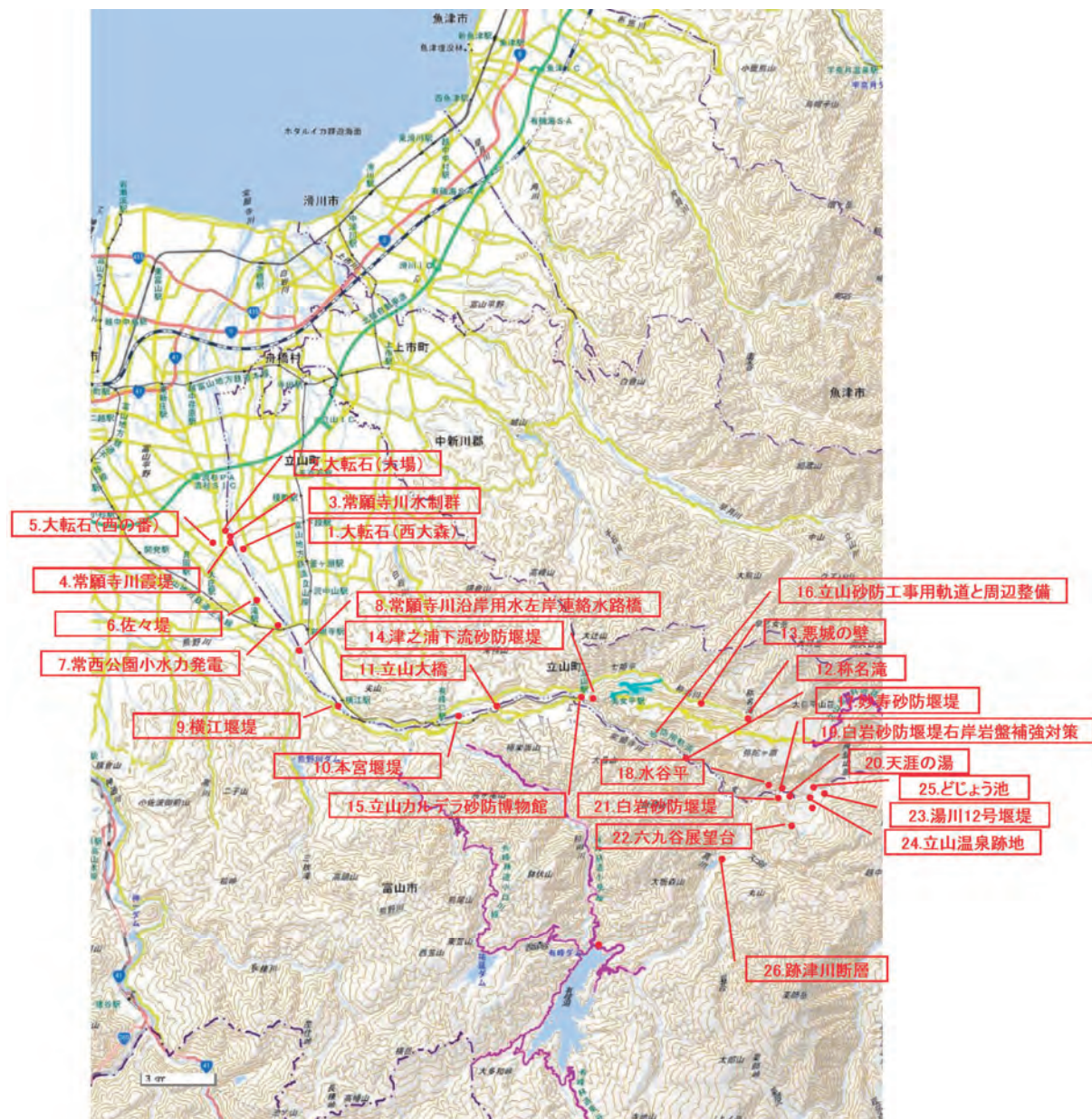
四十三山の風倒木の状況 ①



四十三山の風倒木の状況 ②

4) 平成 28 年 9 月 5 日～9 月 6 日：富山県中新川郡立山町

9 月 5 日～9 月 6 日に、教員 1 名と院生 5 名が、常願寺川流域および立山砂防事務所管内において、立山カルデラに起因する災害痕跡や現在実施されている砂防事業を調査し、砂防事業の計画・設計・施工に関する知識を深めた。調査にあたり現地を案内していただいた立山砂防事務所の皆さまには大変お世話になった。



調査位置図（背景図：電子国土 Web）

調査内容

9月5日は、常願寺川流域を調査した。常願寺川周辺では安政5年（1858年）4月9日に発生した飛越地震に伴う土石流痕跡として大転石3か所を調査した。いずれも巨大なものであり、土石流の凄まじさを物語っている。常願寺川は日本国内においても随一の急流河川であり、古くから治水工事が行われてきた。本調査では佐々堤、水制群、霞堤を調査した。これらの治水工事の効果で、常願寺川流域の安全が確保され、また、豊かな水資源を得ることができる。治水と利水を兼ねた堰施設として横江堰堤、対岸に水を運ぶ常願寺川沿岸用水左岸連絡水路橋、エネルギーを作り出す常西公園小水力発電施設を調査した。立山周辺では、日本一の貯砂量を持つ本宮堰堤、常願寺川で建設された最初の大型スリット堰堤である津之浦下流砂防堰堤を調査した。

9月6日は立山砂防事務所管内を調査した。立山砂防事務所に隣接して立山カルデラ砂防博物館があり、立山の成り立ちや立山で実施されている砂防事業などについて学ぶことができる。水谷出張所がある水谷平までは資材・人員輸送用の立山砂防工事専用軌道で移動した。移動途中、妙寿砂防堰堤では流出土砂を制御するために試験的に施工された可動式シャッターを確認した。水谷平はかつては侵食が顕著であったが、昭和61年から実施された山腹工の効果で、現在は木々が生い茂っていた。副堰堤7基合わせて日本一の高さ108mを誇る白岩砂防堰堤は立山カルデラの出口を守る役割を果たす重要な施設である。施設の右岸側岩盤では亀裂が発見されたため、岩盤内部に掘った2か所のトンネルに反力をとったアンカー工が施工されている。平成21年に完成した湯川12号堰堤は土石流による損傷を防止するために、現地発生土砂と練石を用いた袖部保護工が施されていた。



佐々堤



西大森の大転石



大場の大転石



西の番の大転石



水制群



霞堤



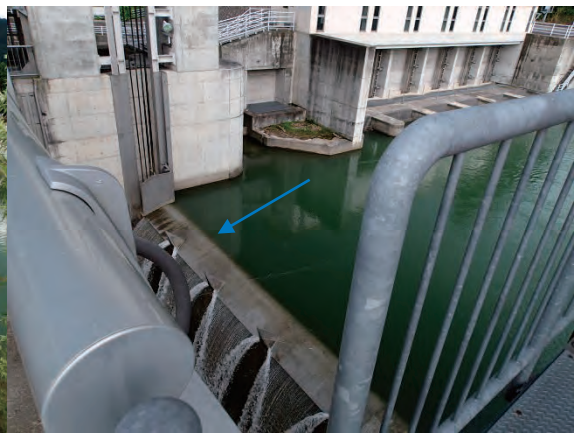
常西公園小水力発電



常願寺川沿岸用水左岸連絡水路橋



横江堰堤（固定部）



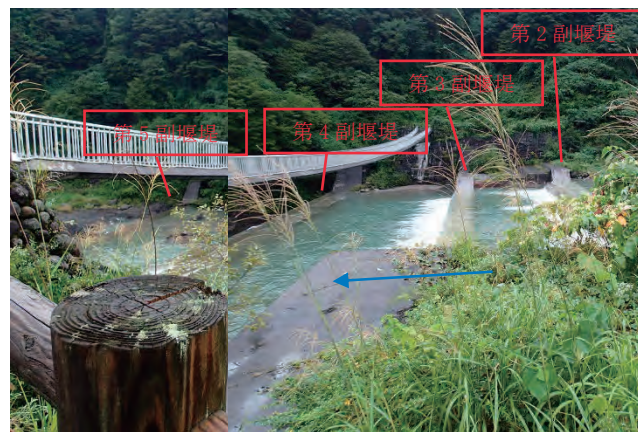
横江堰堤（可動部）



横江堰堤（流木捕捉状況）



本宮堰堤 (1)



本宮堰堤 (2)



津之浦下流砂防堰堤



立山周辺ジオラマ

立山周辺ジオラマ



跡津川断層



トロッコ

軌道と法面对策



妙寿砂防堰堤

可動式シャッター部



山腹工

参考：昭和 61 年ごろの水谷平



白岩堰堤前景

堤銘板



白岩堰堤より下流側を望む

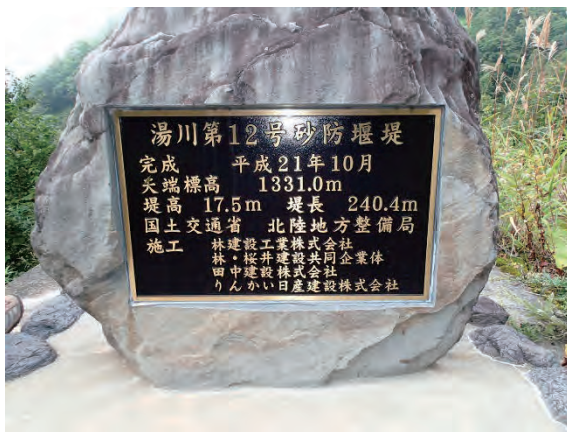
白岩堰堤より上流側を望む



白岩堰堤右岸側



トンネル内のアンカー受圧板



堤銘板



湯川 12 号堰堤より上流を望む



左岸側より右岸側袖部保護工を望む



湯川 12 号堰堤より下流を望む

5)平成 28 年 11 月 28 日～11 月 30 日：富士川・天竜川流域砂防フィールド調査

11 月 28 日～11 月 30 日に、教員 1 名と院生 3 名が山梨県を流れる富士川流域、諏訪湖に流入する小田井沢・志平川、及び長野県を流れる天竜川流域の砂防施設調査を行い、過去の土砂災害の被災・復旧状況や砂防施設の施工状況、また計画当時の設計思想や施工上の工夫点の調査を行った。

調査にあたり現地を案内して頂いた、富士川砂防事務所、長野県諏訪建設事務所、岡谷市建設水道部土木課、及び天竜川上流河川事務所の皆様には大変お世話になった。



調査内容

調査位置図(背景図：電子国土 Web)

山梨県を流れる富士川水系釜無川の支流について、多様で複雑な地形地質、構造線の横断により地質が脆弱化し、土砂災害や水害が頻発していた。本調査では水害対策として施工された釜無川の信玄堤、土砂災害対策として施工された小武川の床固工群、御勅使川の芦安堰堤を調査した。信玄堤は、堤防、聖水(水制)、護岸工、根固工、堤防に植栽されている竹林、及び懸崖等で構成されている。治水構造物と自然の地物が組み合わさって壮大な景観を呈しており、また周辺には桜並木や公園が施され、治水対策の場が人々の憩いの場として活用されていた。小武川下流床固工群は現在も施工中で、施工現場に土石流警報装置を使用するといった安全対策がなされていた。芦安堰堤(アーチ型堰堤)は大正 15 年に施工完了した国内初のコンクリート堰堤で、施工から約 90 年経過した現在も有効に機能を発揮しており、コンクリート堰堤の丈夫さと、当時既にアーチ型堰堤を造る技術があったことが分かった。

諏訪湖に流入する小田井沢、志平川について、平成 18 年 7 月の豪雨により土石流が発生した。当該河川は既設対策工が無いため、長野県は同年に緊急事業として砂防堰堤、堆積工、溪流保全工の施工を開始した。本調査では小田井沢の溪流保全工、3 号砂防堰堤、志平川の溪流保全工を調査した。志平川的高速道路橋桁の下部には土石流の痕跡が残っており、災害の規模の大きさが伺えた。

長野県を流れる天竜川水系支流について、地質は花崗岩で風化しやすく、構造線により地質が脆弱化し、土砂災害が頻発していた。本調査では土砂災害対策として施工された太田切川の床固工群、黒川第4砂防堰堤、与田切川の床固工群、飯島第5砂防堰堤、小渋川の上蔵砂防堰堤、及び藤沢川砂防林を調査した。太田切床固工群は「交流の拠点・自然との調和」をコンセプトに整備されており、現地で発生した巨石を床固工前面に配置し、コンクリート面の露出減、緩傾斜化を図っていた。黒川第4砂防堰堤は施工中で、本堤のコンクリート製残存型枠の打設や暗渠を利用した仮排水状況等、堰堤の施工過程を学ぶ事が出来た。与田切川床固工群の坊主平砂防堰堤ではハイドロフォン(以前はトロンメル)による流砂観測が行われており、流砂観測の仕組みや、流砂現象を分析するにあたり土砂移動量・移動礫径の把握の重要性を理解することが出来た。西本先生が建設省(当時)入省時に担当していた、飯島第5号堰堤の水通し天端部にはラバーsteelが施され、摩耗対策がなされていた。小渋川の上蔵堰堤は昭和29年に施工された練石積のアーチ型堰堤で、堰堤下流部の河床が低下したため、第2副ダム及びコンクリートブロックの護床工が設置されていた。美和ダムでは中央構造線の露頭があり、内帯・外帯の岩石特徴を観察することが出来た。

赤矢印は川の流下方向



小武川下流第1床固工



芦安堰堤



信玄堤



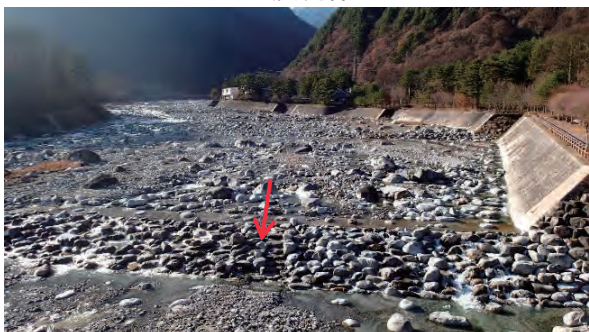
小田井沢3号堰堤



志平川溪流保全工



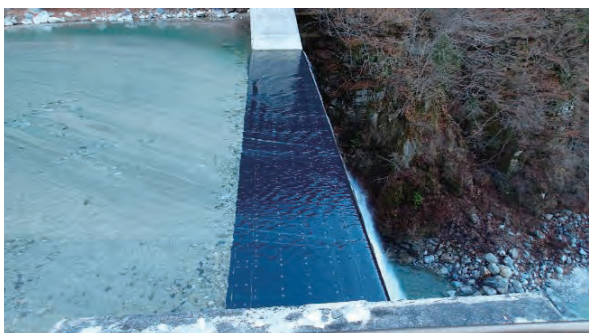
志平川 平成 18 年の土石流跡



太田切川床固工群 床固前面の巨石張状況



黒川第 4 砂防堰堤施工状況



飯島第 5 砂防堰堤 水通し天端のラバーシール



上蔵堰堤



坊主平砂防堰堤



旧流砂観測施設(トロンメル)



美和ダムの中央構造線露頭
 外帯：黒色片岩
 中央構造線：鹿塩ミロナイト
 内帯：花崗岩(変成岩)



藤沢川砂防林

5) 平成 29 年 2 月 23 日～2 月 24 日：伊豆大島砂防フィールド調査

2 月 23 日～2 月 24 日に、教員 1 名と院生 2 名が、平成 25 年に伊豆大島で発生した土砂災害等について、被災状況、復旧状況、及び砂防施設の施工状況の現地調査を行った。更に、関東大震災により神奈川県西部の白糸川で発生した土砂災害の災害遺構及び砂防施設の状況調査を行った。調査にあたり現地を案内して頂いた東京都大島支庁土木課の皆様には大変お世話になった。



調査位置図(背景図：電子国土 Web)

調査内容

伊豆大島は島全体が活火山であり、100～数 100 年間隔で爆発的噴火を繰り返している。1986 年にも大規模な噴火が発生し、この噴火を契機に東京都は 1989 年(平成元年)より火山砂防事業を開始し、溶岩流対策として導流工や堰堤を施工した。本調査では 1986 年の噴火による被災状況や、溶岩流対策の施工状況を調査した。大宮沢に施工された溶岩導流工は居住地を迂回させて溶岩を海へ流す方法(世界初)がなされていた。火山砂防センターや火山博物館では伊豆大島の火山史が展示されており、特に 1986 年の噴火と島民の避難状況を時系列で理解する事が出来た。

平成 25 年 10 月 16 日の台風 26 号の影響で大規模な土砂災害が発生した。流出土砂の一部は既設砂防施設により捕捉されたが、大部分は流域界を越えて流下したため、下流の元町地区に甚大な被害をもたらした。東京都は平成 26 年から緊急事業として砂防施設の施工に着手し、現在でも工事は続いている。本調査では平成 26 年より施工が開始された、山腹工、捕捉工、導流工、堆積工、溪流保全工の調査を行った。山腹工はワイヤーロープと鉄筋挿入工を併用した斜面安定化工、降雨による斜面侵食を防止する表面侵食防止工等が施工されており、堆積工は土砂・流木の捕捉を強化するため、嵩上げが実施されていた。導流工や溪流保全工の護岸工は、景観保護のために現地の溶岩と近似した色彩を採用するといった配慮がなされていた。

小田原市根府川地区の白糸川では、関東大震災時に大規模な土砂災害が発生し、根府川集落を埋め尽くし、JR 根府川駅と白糸川鉄橋を破壊する等、甚大な被害をもたらした。本調査では、溪流保全工や、災害遺構(釈迦堂)、及び JR 根府川駅構内の災害慰霊碑を調査した。巨大な白糸川鉄橋(現在は復旧済み)を破壊した事や、現地に堆積した土砂の厚みから、土砂災害の規模の巨大さを実感した。

○伊豆大島



大宮沢溶岩導流工



大金沢本川堆積工(上流方向を望む)



大金沢本川堆積工(下流方向を望む)



斜面安定化工(ワイヤロープ+鉄筋挿入)



表面侵食防止工



中流導流工と管理用道路



下流導流工



溪流保全工

○根府川地区白糸川



白糸川の溪流保全工と釈迦堂



災害慰霊碑(JR 根府川駅構内)



白糸川の鉄橋



土砂災害発生状況(西さがみ第 50 号より)

6) 平成 29 年 2 月 27 日～3 月 2 日：九州地方（長崎県，鹿児島県）

1. 概要

教員 1 名と院生 3 名が，九州地方の代表的な活火山である雲仙岳の観測体制，無人化施工の実施状況等及び，桜島の土石流対策について，現地調査を行った．また，鹿児島県が実施している砂防事業及び急傾斜地崩壊対策事業についての調査を行った．

表 本調査の概要

項目	摘要
調査期間	平成 29 年 2 月 27 日～3 月 2 日（全 4 日間）
参加者	環境防災学講座教授 西本 晴男 博士前期課程 2 年 吉田 喜高 博士前期課程 1 年 塚原 直幸 同 後藤 美香
案内者	国土交通省九州地方整備局 雲仙復興事務所（2 月 27 日） 鹿児島県 北薩地域振興局 出水市駐在（2 月 28 日） 鹿児島県 鹿児島地域振興局（2 月 28 日） 国土交通省九州地方整備局 大隅河川国道事務所（3 月 1 日） 鹿児島県 土木部砂防課（3 月 2 日）

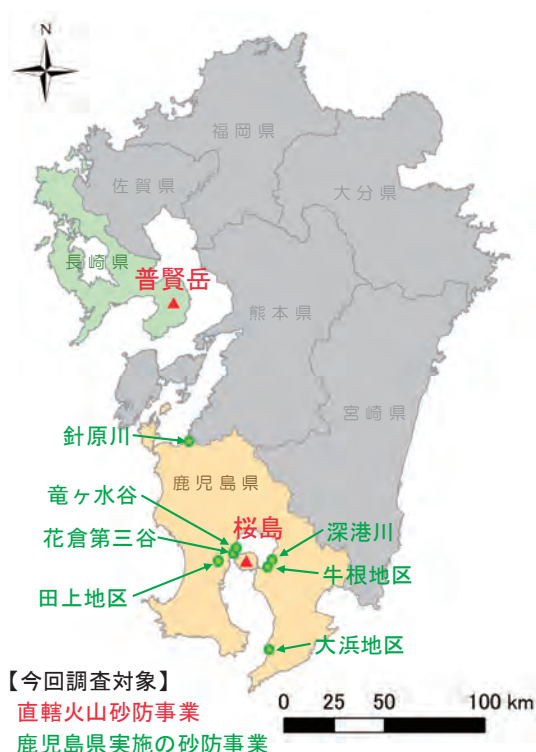


図 調査箇所位置図

2. 雲仙岳（雲仙復興事務所管内）

雲仙岳に関する調査は、2月27日に行った。平成26年度より、溶岩ドーム崩壊時に想定される土石流対策として堰堤の改築工事を行っている。溶岩ドーム崩壊対策に係る各種委員会では、溶岩ドームの崩壊想定を5ケース設定しており、5ケースの中でも最も発生可能性の高い「ケース3」（1,792万 m^3 ）を想定した施設配置計画となっている。ケース3で想定されるよりも大きな崩壊が生じる場合には、ソフト対策で対応することとしている。

4.5mの袖部嵩上げを行っている水無川1・2号堰堤を調査したほか、1mの水通し嵩上げと4mの腹付けを行う水通し水無川4号堰堤は、堰堤を含む範囲が災対法63条に基づく警戒区域に指定されていることから、無人化施工により堰堤改築を行っており、その操作室を見学した。

また、当時被災した旧大野木場小学校、北上木場農業研修所跡、家屋など、災害遺構として保存されている。



定点より雲仙岳を望む



水無川4号堰堤無人化施工操作室



旧大野木場小学校校舎



被災家屋の保存

3. 桜島（大隅河川国道事務所管内）

桜島に関する調査は、3月1日に行った。島内19河川のうち、11河川が直轄（9河川が直轄砂防事業、2河川が直轄砂防管理）となっている。

火口（南岳、昭和火口）から半径2km以内が災対法に基づく警戒区域に指定されており、立入、施設整備、地上観測が出来ない状況にある。このため、土石流の発生源対策は出来ず、土石流の発生を抑制すること、土石流を安全に海まで流す流路工対策などが中心となる。

地上観測は出来ないものの、近年、分解能が250m四方と高く、短い時間間隔で雨量観測が出来るXバンドMPレーダが垂水市にも配備されたことから、火口周辺の高精度レーダ雨量観測が可能となっている。

野尻川（直轄砂防管理）には、スクリーンダム（4号堰堤）が設置されている。平成18年の土石流で損傷・腐食が目立ったため、平成21年には補修が行われた。

長谷川（直轄砂防事業）は、桜島の北岳西側斜面を流域とし、大規模な崩落地形が発達している。長谷川では遊砂地で21万m³を捕捉し、また下流部の川幅を拡幅することで100年確率規模の土石流を安全に海まで流す計画としている。



野尻川4号スクリーン堰堤



長谷川遊砂地の施工状況

黒神川（直轄砂防管理）は、下流部に「地獄河原」と呼ばれる1.8km²の遊砂空間が設けられており、年あたり43万m³の土砂が堆積している状況にあり、この区間に導流するための除石が実施されている。堆積している軽石は現地で「ボラ」と呼ばれ、土石流氾濫被害や、海域での養殖魚被害にたびたび見舞われている。

また、黒神地区の「腹五社神社」の鳥居は、大正噴火で噴出した火山灰・軽石により3mの高さがあった鳥居が地上の1mを見せるのみとなっている。噴火の記憶を残すため、噴火直後の姿が現在に残されている。



黒神川の除石状況



黒神埋没鳥居

4. 鹿児島県（県による砂防事業）

鹿児島県が実施する砂防事業の調査については、2月28日と3月2日に実施した。

出水市を流れる針原川では、平成9年7月に山腹の進相崩壊に起因する土石流が発生し、死者21名、家屋全壊18棟、果樹園10haなど甚大な被害に見舞われた。不安定土砂の対策として崩壊地での山腹工を行ったほか、溪流には砂防堰堤と土石流堆積工を新設した。砂防堰堤では袖部衝撃緩和を目的に、古タイヤを緩衝材として利用しているのが特徴である。

鹿児島市の竜ヶ水地区では、日豊本線、国道10号が通っており、平成5年8月の豪雨により土石流が発生した。錦江湾（鹿児島湾）に達する土石流は数十か所で発生し、日豊本線と並行する国道10号を分断し、住民約2,500人が孤立した。この中には当時の鹿児島県知事も含まれていた。



針原川・堰堤袖部の古タイヤ緩衝材



竜ヶ水谷（第二工区）砂防堰堤

鹿児島市の花倉第三谷も、竜ヶ水地区と同様に平成5年8月の豪雨により土石流が発生した地区であり、平成16～29年度にかけて砂防堰堤1基（H=11.0m, L=73.5m）の施工を行っている最中である。島津家の離館である仙巖園の遺構があることから、史跡保護を行った上で施工されている。大型車進入路の拡幅もできないことから、堰堤の上流側の作業ヤードからコンクリート打ちの現場までは、配管によりコンクリートを運搬している。また、残存型枠（ピラスワンダー）の表面には、緑化ブロックを設置している。



花倉第三谷砂防堰堤の施工状況と保全対象



コンクリート配管

鹿児島市の田上地区は、がけ高 59m、勾配 47° の急傾斜地の斜面上部・下部ともに人家が集中しており、急傾斜地崩壊対策事業として擁壁工、法枠工が実施されている。



田上地区の急傾斜地対策の実施状況

大浜地区（大浜川，船石川）では，平成 22 年 7 月，深層崩壊により 7 月 4 日から 8 日にかけて 7 回の土石流が発生した．流下した土石流・流木 101,000m³のうち，一部は下流に流下したが，既設の砂防堰堤 2 基により 91,000 m³が捕捉されたため，人的被害・家屋全壊などの甚大な被害は免れた．災害関連緊急砂防事業（H22）および砂防激甚災害対策特別緊急事業（H23～25）により，溪流保全工，地下水対策，山腹工，既設砂防堰堤の嵩上げ，除石，砂防堰堤の新設が行われた．



山腹工（法枠+アンカー工）



嵩上げを実施した 1 号堰堤
(鋼製セル+鋼製スリット)

平成 28 年 9 月の台風 16 号による土石流では，垂水市の牛根地区で国道 220 号磯脇橋が流失した．既設の砂防堰堤でも土石流・流木を捕捉しているものの，施設規模を上回る土石流が発生したため下流へも流出した．流失した磯脇橋の復旧にあたっては，仮橋のトラス資材なども確保さ

れていたことから、流失から 1 週間で仮橋設置完了、交通解放を実施できた。



磯脇川砂防堰堤（満砂）



磯脇川での流木捕捉状況

平成 27 年 6 月 24 日、7 月 5 日、7 月 28 日に、垂水市二川地区に位置する準用河川・深港川では 3 回の土石流が発生した。土石流により流れた土砂が深港川の河道を埋めたため、市は住民に避難勧告を発令したほか、国道 220 号深港橋が被災し全面通行止となった。溶結凝灰岩の上に火砕流堆積物が堆積した地層となっており、梅雨期の降雨により地下水位が上昇したことによる崩壊であると考えられるため、発生源の対策は、集水井や横ボーリング工（ $\phi=100\text{mm}\times 2$ 本）により地下水位を低下させる対策が中心となった。ボーリング工の延長が長いため目標地点にピンポイントで貫入できるか懸念されたが、貫入時の障壁となる地層の大きな変化が無く、また練達の技術者が作業に従事したこともあって、ほぼ正確に貫入できているとのことであった。



深港川上流の状況



深港橋の損傷状況

7) 平成 29 年 3 月 16 日～3 月 18 日：広島県広島市

3 月 16 日～3 月 18 日に、教員 1 名と院生 2 名が、広島市内で発生した 6.29 災害（平成 11 年 6 月 29 日）、8.20 災害（平成 26 年 8 月 20 日）における直轄及び広島県砂防で実施されている災害関連緊急砂防事業等を調査し、砂防事業の計画・設計・施工に関する知識を深めた。また、福山市内において歴史的砂防施設を調査した。

調査にあたり現地を案内していただいた広島大学の大知助教、並びに中国地方整備局、太田川河川事務所、および広島県土木建築部の皆さまには大変お世話になった。



調査位置図（背景図：電子国土 Web）

<宮島の砂防>

宮島の紅葉谷では昭和 20 年の枕崎台風による豪雨を起因として、土石流災害が発生した。その復旧事業として「特別名勝厳島災害復旧工事」が実施され、紅葉谷庭園砂防と呼ばれる庭園風の岩石公園が築造された。

また、白糸川で平成 17 年に発生した土石流災害後も同様に自然公園法、文化財保護法など多くの規制に配慮した復旧が実施された。白糸川 2 号砂防堰堤はコンクリートパネルと現場打コンクリートで構築されているが、表面を現地で発生した岩石で修景し、下流側は緩傾斜化されており、圧迫感を与えない工夫がされている。

<廿日市の住宅>

廿日市市大野では家屋を取り囲むように石垣積の土石流防護壁を設置した住宅がある。これは、明治 19 年に発生した土石流により家屋が半壊する被害を受けたことから、自己防災のために 3 年の月日をかけて完成したものである。なお、平成 27 年 6 月につくば市で開催された「第 6 回国際土石流災害防止会議」において、当講座の西本教授らがその概要について発表を行っている。

<広島市 H11. 6. 29 災害対策>

広島市内にて、広島県の事業として実施されている平成 11 年 6 月 29 日災害復旧の状況を調査した。佐伯区の堂ヶ原川では垂直壁に流木止めを有する高さ $H=7.0\text{m}$ 、長さ $L=52.0\text{m}$ の不透過型コンクリート堰堤（堂ヶ原川 1 号砂防堰堤）が広島県の砂防激甚災害対策特別緊急事業として整備されている。安佐南区の安川左支川では垂直壁に流木止めを有する高さ $H=8.0\text{m}$ 、長さ $L=39.0\text{m}$ の不透過型コンクリート堰堤（安川左支川砂防堰堤）が広島県の災害関連緊急砂防事業として整備されている。

<広島市 H26. 8. 20 災害対策>

広島市内にて、直轄事業として実施されている平成 26 年 8 月 20 日災害復旧の状況を調査した。安佐南区では 8. 20 災害復旧として 36 溪流で直轄砂防事業が実施されている。事業開始時に地域住民に溪流名の聞き取りを行ったが、個別の溪流名が特定不可であったため、溪流名を番号で管理するという特徴がある。1005 溪流では高さ $H=8.0\text{m}$ 、長さ $L=116.0\text{m}$ の不透過型堰堤が計画されている。本施設は前面にコンクリートパネル、背面に鋼製の外部保護材（鋼矢板）を施した砂防ソイルセメント堰堤である。304 溪流では高さ $H=12.0\text{m}$ 、長さ $L=59.0\text{m}$ の不透過型堰堤が計画され、調査時には本堤の施工が完了し、前庭保護工等の施工が行われていた。右岸前面部および側壁上部には階段工が設置され、施設建設後の維持管理に配慮されている。307 溪流では上流側に透過型堰堤、下流側に不透過型堰堤が計画されており、調査時には下流側堰堤の施工が行われていた。

<福山市の歴史的砂防施設>

福山市内にて、江戸期の福山藩の事業として築造された歴史的砂防施設を調査した。堂々川では、江戸時代以降、山林の荒廃により土砂災害が多発していたため、「砂留」と呼ばれる砂防堰堤が多数築造された。その中で最大の規模である「堂々川 6 番砂留（高さ $H=13.3\text{m}$ 、長さ $L=55.8\text{m}$ ）」は天保 6 年（1836 年）建造の記録がある。堂々川筋の堂々川砂留群全 6 基および鳶ヶ迫砂留、内廣砂留の 8 基が登録有形文化財に登録されている。

別所砂留群は堂々川砂留群と同様に江戸期に福山藩の事業として整備された砂留群であり、土砂流出を防止し、農業生産力の確保のため整備されたと考えられている。当該溪流には現在 36 基の砂留が確認されており、下流の 1 番～14 番までは比較的大規模である。その中でも 7 番砂留に

は2か所の水通しが設けられているが、その高さが異なるという特徴がみられる。



紅葉谷川庭園砂防



白糸川 2 号砂防堰堤



土石流防護壁外面部



堂ヶ原川 1 号砂防堰堤



安川左支川砂防堰堤



1005 溪流の砂防堰堤



304 溪流の砂防堰堤前面右岸の管理用階段



307 溪流の砂防堰堤



堂々川 6 番砂留



別所 7 番砂留

Stones-piled up protective structure constructed by owner himself of residence to protect his building against debris flow, whose plane shape looks like ship's bow pointing toward upstream of torrent



Haruo Nishimoto¹, Kazumasa Kuramoto¹, Takashi Sekine¹ and Masayuki Hata²
¹ Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba
² Chuden Engineering Consultants, co.

1. はじめに

When the severe typhoon Muroto hit western Japan, in September 1945, Ono community of Futsukaichi City in Hiroshima Pref. suffered from tremendous damages caused by debris flows triggered off by mountainside collapses and approx.150 persons were killed. Although large debris flow attacked a district of Ono community and many houses were destroyed nearby, one house evaded shocks of debris flow by stones-piled up protective structure. This structure had been constructed by owner himself of residence about sixty years before that time, because this district had been attacked by debris flow in 1886. After then the owner had chosen to live there rather than to move to other safe place. The structure surrounds the residence and its plane shape looks like ship's bow and points toward upstream of nearby torrent. The length of the structure is about 30m and the height is averagely 2m above surrounding ground. The width of top is between 1m to 2m. The surface is made of piled up stones whose diameter are 30cm-80cm, and soil is filled inside of piled up stones. Along upstream side of this structure big stones whose diameter are about 1m-2m are placed. These big stones had been transported by debris flow in 1886. In Japan, in order to protect residential areas and public facilities, central government or local governments construct structures against debris flow such as check dams as public works. But the ratio of installation of check dams and so on is rather low. Then above-mentioned structure is very interesting in the view point of countermeasure against debris flow, however this type is very rare in Japan. In this paper we introduce functional outline of this historical structure.



Fig.1 位置図



2. 現地調査

＜舟型石積みの形状計測＞ 土石流氾濫計算による舟型石積みの効果を検証するため、舟型石積みの形状計測を実施した。

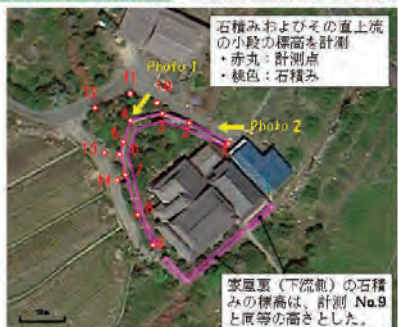


Fig.2 計測点

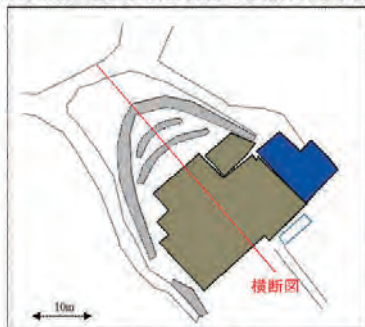


Fig.3 平面図

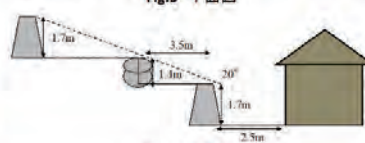


Fig.4 横断面図

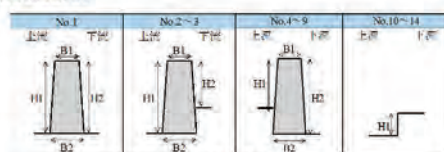


Fig.5 石積形状の凡例

Table 1 計測結果

No.	EL(m)	H1(m) ^{※1}	H2(m) ^{※1}	B1(m)	B2(m) ^{※2}	備考
1	26.1	1.6	1.6	1.0	1.3	石積
2	28.2	2.6	0.7	1.6	2.1	石積
3	29.4	2.8	0.7	1.6	2.2	石積
4	30.4	1.4	1.7	1.7	2.0	石積
5	30.0	1.4	1.7	1.7	2.0	石積
6	29.5	0.9	1.2	1.8	2.0	石積
7	28.5	0.5	1.2	1.8	2.0	石積
8	26.8	0.5	1.2	1.0	1.2	石積
9	25.9	0.5	1.2	0.8	1.0	石積
10	27.6	0.8	—	—	—	小段(石積の上流側)
11	28.5	1.0	—	—	—	小段(石積の上流側)
12	29.0	0.4	—	—	—	小段(石積の上流側)
13	28.6	0.4	—	—	—	小段(石積の上流側)
14	28.0	0.5	—	—	—	小段(石積の上流側)

※1: 高さは、傾入深さを考慮していない。

※2: 石積の勾配は、すべて1分と推定。

3. 土石流氾濫計算

舟型石積みの効果を検証するため、土石流氾濫計算を実施した。

＜氾濫計算の基礎方程式＞

土石流氾濫計算には、以下に示す二次元浅水流方程式を用いた。

流体力学の基礎式

$$\frac{\partial(h+z_b)}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

土砂の運動式

$$\frac{\partial(hu)}{\partial t} + \frac{\partial(hu^2)}{\partial x} + \frac{\partial(huv)}{\partial y} = 0 \quad (2)$$

運動量保存則 (x方向)

$$\frac{\partial(hu)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(hu^2 + \frac{1}{2} h^3 \right) + \frac{\partial(huv)}{\partial y} = -gh \frac{\partial h}{\partial x} - g \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{h^3}{3} + \frac{1}{2} h^2 \right) \quad (3)$$

運動量保存則 (y方向)

$$\frac{\partial(hv)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(hu^2 + \frac{1}{2} h^3 \right) + \frac{\partial(hv^2)}{\partial y} = -gh \frac{\partial h}{\partial y} - g \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{h^3}{3} + \frac{1}{2} h^2 \right) \quad (4)$$

ここで、t:時間、u,y:水平方向の速度、h:水深、v:水深方向の速度、g:重力加速度、 μ : Manningの粗度係数である。

＜基礎方程式の計算＞ 基礎方程式の離散化手法には、非構造格子などにも適用でき、コントロールボリューム内の質量や運動量の保存が可能な有限体積法を用いた。

＜地形データの作成＞ 地形データには、5mメッシュDEMデータを用い、石積み周辺は現地計測結果の標高を用いて石積みの形状を反映させた。また、要素分割にはデローニ三角形分割法を用いた。(Fig.6)

＜計算条件＞ 計算条件は、Table 2のとおりとした。また、土石流のハイドログラフは、最大流量をピーク流量とし、中央集中の波形となるよう設定した。なお、土石流のピーク流量は、「砂防基本計画策定指針(土石流・流域対策編)解説」に従い計算した。(Table 3)

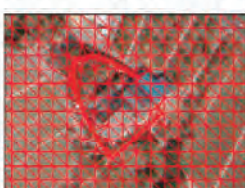


Fig.6 石積み周辺のメッシュ

Table 2 計算条件

パラメータ	値
重力加速度(m/s ²)	9.81
水の密度(kg/m ³)	1000
砂の密度(kg/m ³)	2600
砂の代表粒径(m)	0.10
砂の内部摩擦角(°)	35
堆積土砂の容積率	0.60
堆積厚(m) ※山地のみ適用	0.50
粗度係数	0.10

Table 3 土石流ピーク流量算出結果

パラメータ	値	備考
Rp (mm/24hr)	276	過去観測データ(広島県)
A (km ²)	0.077	GISによる計測結果
Kv	0.4	一般値
p (kg/m ³)	2600	一般値
p (kg/m ³)	1200	一般値
φ (°)	12	河川敷の砂の摩擦角
φ (°)	35	一般値
Cu	0.36	平均粒径
Cv	0.6	一般値
Kf2	0.54	流出係数 ※0.1~0.5
V99.3 (m ³)	9720	砂防基本計画策定指針
V99.3 (m ³)	10735	河川敷の砂の摩擦角
ΣQ (m ³)	16165	1 砂防基本計画策定指針
Q99 (m ³ /s)	162	ピーク流量

＜計算結果＞

土石流氾濫計算を実施し、舟型石積みの効果を検証した。計算結果として、Fig.7に土石流の水深を示す。この図より、土石流は舟型石積みによって下流へ流下し、家屋への土砂流入を防止していることが確認できる。また、5〜6分後では、家屋の下流側から土石流が回り込んでくるが、これについても家屋への土砂流入を防止している。

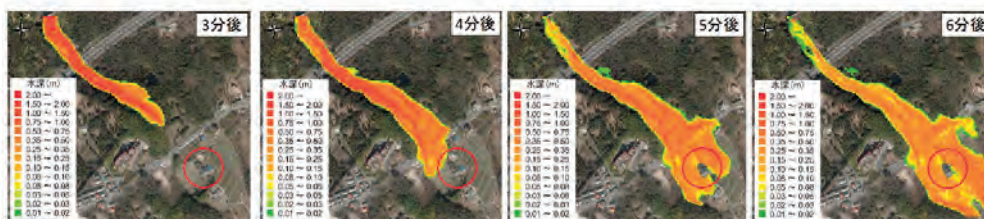


Fig.7 土石流氾濫計算結果(水深)

4. まとめ

本研究は、住民が自ら作った土石流防護施設について紹介するとともに、その効果について考察した。効果については、一定の条件の下で、土石流シミュレーションを行った結果、舟型石積み構造の防護工によって、土石流は家屋の敷地への流入を防止できることが示された。これから、舟型石積み構造の防護工が土石流に対して耐力が十分であると想定すると、土石流に対して有効な構造物であると考えられる。土石流による被害の想定範囲内にある住居を守るための1つの参考事例として歴史的名構造物と考える。

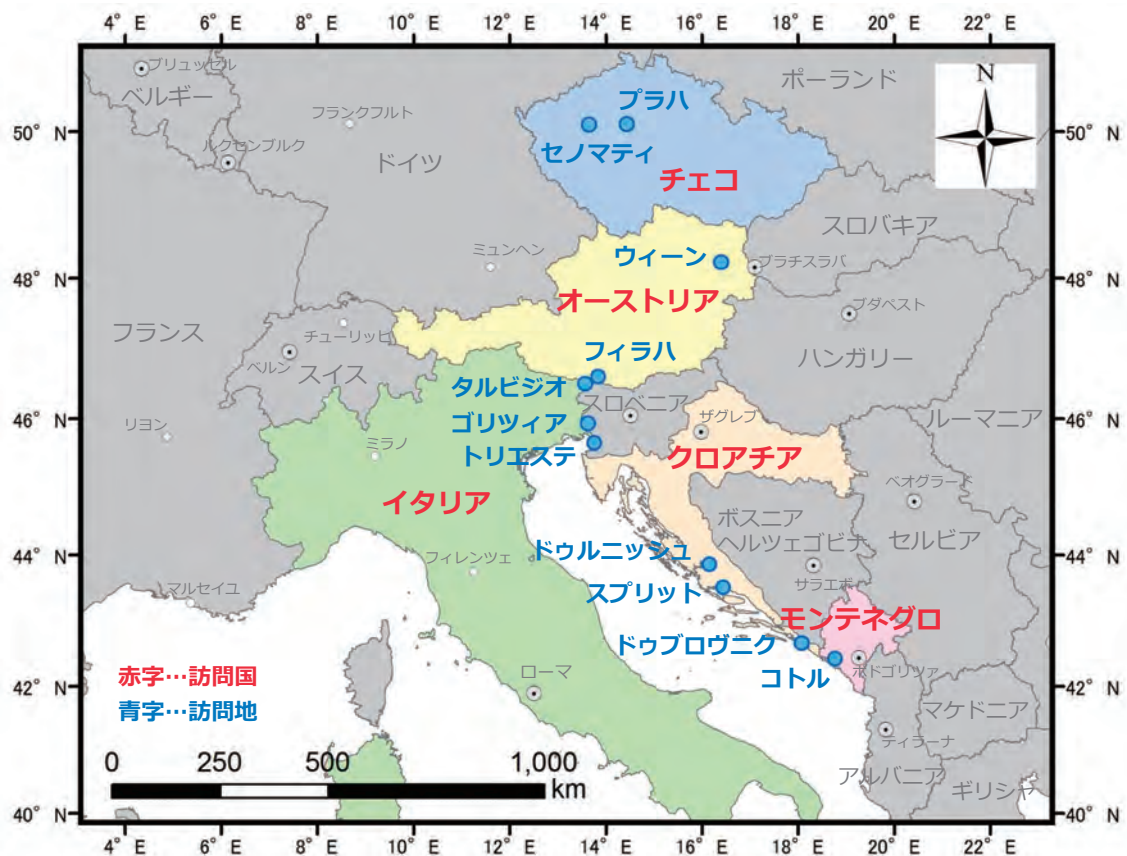
(2) 海外

- 1) 平成 28 年 9 月 11 日～25 日：欧州（オーストリア、イタリア、クロアチア、モンテネグロ、チェコ）

日本の近代砂防に大きな影響を与えたヨーロッパの砂防の歴史と現在の状況を把握するため、9 月 11 日～25 日に、西本教授、吉田（本講座博士前期課程／(株)東京建設コンサルタント）、瀬戸秀治氏（応用地質(株)）の 3 名で、オーストリア、イタリア、クロアチア、モンテネグロ、チェコを訪れた。

オーストリアではケルンテン州の砂防施設及び災害現場の調査を行い、イタリアではフリウリ・ヴェネツィア・ジュリア州の砂防施設及び災害現場の調査を行い、クロアチア・モンテネグロ・チェコでは諸戸博士アルバムの写真にある砂防工事箇所調査を行うとともに、ウィーン市において BOKU 大学の Johannes Hübl 教授協力のもと諸戸北郎博士の関連調査を行った。

クロアチアのスピリット大学では、「日本の砂防の概要」と題して、西本教授が講演を行った。



欧州砂防調査における訪問先

主な調査箇所は、オーストリアでは 2003 年にオーストリアとイタリア国境地域一帯で発生した土砂災害・洪水災害の現地及び 2016 年 8 月末と 9 月初旬に土石流が発生し被害があったばかりの現地、イタリアではフェラ川流域の 2003 年の災害地、タルビジオ近郊の溪流の Amerigo Hofmann 博士指導の砂防堰堤及びトリエステ市周辺のカルスト砂防造林地、クロアチア・モンテネグロ・チェコでは諸戸博士アルバムの写真にある 1900 年頃に施工された砂防堰堤を確認することができた。またこれらの調査によりそれぞれの国の研究者と交友関係を築けた。



オーストリア・フィラハ附近
2016 年 8、9 月土石流直後の状況



イタリア・タルビジオ附近
Amerigo Hofmann 博士指導の砂防堰堤



モンテネグロ・シュクルダ溪（左：諸戸博士アルバムより、右：2016 年）

2.4 社会連携活動

2.4.1 環境防災セミナー

環境防災セミナーは、環境防災に関わる諸問題について理解を深めるため、専門家・実務家を招聘して開催した。平成 28 年度の環境防災セミナーは、環境科学専攻の院生をはじめ、他専攻・他研究科の院生、学類生、教職員、一般市民を聴講対象として行った。

第 1 回

日 時：平成 28 年 7 月 21 日（木）9:00～13:00

会 場：環境防災研究棟 203 講義室

講演名：立山砂防の世界遺産に向けた取り組み

講 師：林 正之 氏（公益財団法人富山県建設技術センター 副理事長）

参加者：10 名

第 2 回

日 時：平成 28 年 7 月 22 日（金）13:00～17:00

会 場：環境防災研究棟 203 講義室

講演名：ネパールの自然・文化と防災

講 師：石黒 久 氏（丸新志鷹建設株式会社ネパール支店顧問・元大成建設国際支店）

参加者：8 名

第 3 回

日 時：平成 28 年 11 月 18 日（金）13:45～15:00

会 場：環境防災研究棟 203 講義室

講演名：住民主役の土砂災害警戒避難

講 師：原田 照美 氏（広島市自主防災会連合会 顧問）

参加者：10 名

第 4 回

日 時：平成 28 年 12 月 2 日（金）12:15～13:30

会 場：環境防災研究棟 203 講義室

講演名：防災教育の現状と課題

講 師：北 俊夫 氏（国土舘大学 体育学部 こどもスポーツ教育学科 教授）

参加者：6 名

第5回

日 時：平成 27 年 12 月 8 日（木）13:00～17:00

会 場：環境防災研究棟 203 講義室

講演名：砂防技術・研究の過去・現在・未来

講 師：水山 高久 氏（政策研究学院大学 特任教授）

参加者：15 名

第6回

日 時：平成 28 年 12 月 9 日（金）12:15～13:30

会 場：環境防災研究棟 203 講義室

講演名：今後の防災教育の方向性

講 師：北 俊夫 氏（国土館大学 体育学部 こどもスポーツ教育学科 教授）

参加者：8 名

第7回

日 時：平成 28 年 12 月 22 日（木）13:00～17:00

会 場：環境防災研究棟 203 講義室

講演名：森林水文学から見た環境防災

講 師：鈴木 雅一 氏（東京大学大学院農学生命科学研究科 名誉教授）

参加者：12 名

2.4.2 各種委員会等

平成 28 年度は、環境防災学講座の常勤教職員が委嘱を受け 5 件の・委員会等に出席した。

月日	氏名	依頼元	依頼内容
H23.8.12～	西本晴男	特定非営利活動法人防災 情報研究所	理事
H26.5.29～	西本晴男	(公社)砂防学会	監事
H26.7.1～	秋山一弥	(公社)日本地すべり学会	監事
H27.11～	西本晴男	第 6 回国際土石流災害 防止会議実行委員会	第 6 回国際土石流災害防止会議論文 編集委員長
H28.11.9	西本晴男	神奈川県自然環境保全 センター	「平成 28 年度研究推進支援研修 (森林土木技術研修)」での講演
H29.2.14	西本晴男	(一社) 日本応用地質学会 北陸支部	「平成 28 年度研究発表会」 特別講演

2.5 広報活動

2.5.1 ホームページ

環境防災学講座のホームページでは、環境科学専攻及び持続環境学専攻のホームページのもとに開設されており、活動レポートなどの更新を行った。

筑波大学大学院 生命環境科学研究科 環境科学専攻・持続環境学専攻

環境防災学講座

EDIP (Environment Disaster Prevention Program)



ホーム

概要

カリキュラム

活動レポート

研究室

ゼミ

研究成果

アクセス

リンク

環境防災学講座は、土砂災害対策に関する高度専門技術者を育成するため、学際的・実践的な教育・研究活動を行っています。また、調査・対策技術、政策・法令論、現地での実践実習など幅広い科目からなるカリキュラムを用意しています。

新着情報

»2017.02.20 第6回国際土石流災害防止会議（平成27年6月22日～27日実施）の情報を更新しました。

»2016.12.20 研究室を更新しました。

»2016.11.07 平成28年度環境防災セミナーの第4回～第7回を12月2日（金）、12月8日（木）、12月9日（金）、12月22日（木）に開催します。

»2016.11.02 平成28年度環境防災セミナーの第3回を11月18日（金）に開催します。

»2016.10.11 平成28年度の活動レポートを更新しました。

» 更新履歴一覧


筑波大学
University of Tsukuba


生命環境科学研究科
Graduate School of Life and Environmental Sciences

筑波大学大学院生命環境科学研究科
環境科学専攻（修士課程） 持続環境学専攻（修士課程）

環境防災学講座事務局 TEL 029-853-5883

Copyright © 2013 University of Tsukuba. All Rights Reserved.

更新履歴

- | | |
|------------|--|
| 2017.02.20 | 第6回国際土石流災害防止会議（平成27年6月22日～27日実施）の情報を更新しました。 |
| 2016.12.20 | 研究室を更新しました。 |
| 2016.11.07 | 平成28年度環境防災セミナーの第4回～第7回を12月2日（金）、12月8日（木）、12月9日（金）、12月22日（木）に開催します。 |
| 2016.11.02 | 平成28年度環境防災セミナーの第3回を11月18日（金）に開催します。 |
| 2016.10.11 | 平成28年度の活動レポートを更新しました。 |
| 2016.07.07 | 研究室を更新しました。 |
| 2016.06.30 | 平成28年度の活動レポートを更新しました。 |
| 2016.06.24 | 平成28年度環境防災セミナーの第1回を7月21日（木）、第2回を7月22日（金）に開催します。 |
| 2016.06.06 | 研究成果を更新しました |
| 2016.06.06 | 平成28年度の活動レポートを更新しました。 |
| 2016.04.01 | 研究室を更新しました。 |

3. 研究成果

(1) 原 著 論 文	110
(2) 国 内 学 会	117

地域住民が主体となった土砂災害に対するタイムラインの検討

Establishment of timeline for preventing sediment-related disasters
with the initiative of community people大村 さつき^{*1}

Satsuki OMURA

原 田 照 美^{*3}

Terumi HARADA

三 木 洋 一^{*1}

Youichi MIKI

杉 田 精 司^{*4}

Seiji SUGITA

西 本 晴 男^{*2}

Haruo NISHIMOTO

奥 迫 信 治^{*4}

Nobuharu OKUSAKO

1. はじめに

近年気候変動により、時間雨量 50 ミリ以上の発生件数の増加、大雨による日降水量の増加に伴い、平成 25 年の伊豆大島や平成 26 年の広島市の土砂災害の事例のように、同時多発的な土砂災害が発生している。土砂災害は過去 10 年の平均で年 1,000 件に達し、平成 26 年の広島災害を受けて、警戒避難体制の充実・強化を図る方向に土砂災害防止法の改正が行われるなど、警戒避難体制の整備が社会的に求められている。また、前述した 2 件の土砂災害が深夜の災害発生であったこともあり、「いつ避難するか・避難させるか」といった、時間に関する検討が課題となってきた。

国においては近年の気候変動による外力の増大・頻発化を受けて、社会資本整備審議会が「水災害分野における気候変動適応策のあり方について」を 2015 年 8 月に取りまとめた¹⁾。この中で施設の能力を上回る外力に対し、施策を総動員して、できる限り被害を軽減するという考えを示し、対応策として避難に関するタイムラインの作成を挙げている²⁾。

水害の分野では平成 26 年から既に取り組みが進められており、国直轄河川の 109 水系でタイムラインの整備を進めている^{3)~4)}。また、土砂災害分野においても、上記の答申の中で「タイムラインの作成支援による警戒避難体制の強化」が挙げられている⁵⁾。しかし、これまでのタイムラインの取り組みの中では、行政組織の行動がメインで住民が避難に必要とする時間は一律で提示されており⁶⁾、必ずしも、「いつ、誰が、何をするか」を住民が把握できるものにはなっていない。

住民側の防災に関する取り組みに対しては、以前から「地域住民の参加型での取り組みとし、地域住民の視点や対象地域それぞれの実情を反映したものとしていく」必要があることが言われている^{3),6)}。国においても、災

害対策基本法では、平成 25 年に改定が行われ、自助・共助に関する項目が創設されている⁷⁾。それに伴い、平成 26 年には地域コミュニティにおける共助による防災活動の推進の観点から、市町村内の一定の地区の居住者および事業者（地区居住者等）が行う自発的な防災活動に関する地区防災計画制度が新たに創設されるなど、地域住民の主体性を後押ししている。

ハザードマップや防災マップの作成においては、以前から、地域住民を主体とした取り組みが実施されており、ワークショップの形でマップを作成する手法が各地で見られ、地域防災力の向上に寄与している⁸⁾。また近年、ハザードマップのポータルサイト⁹⁾や各県・市町村が HP 上で住民がマップをカスタマイズできるページを設けており¹⁰⁾、マップを用いて地域住民が主体で警戒避難について検討する下地ができつつある。

ただし、マップだけでは、行動を「いつ」行うのかがイメージできず、実際の行動につながりにくい部分もある。タイムライン作成においては、時間軸を入れることで、地区ごとの人員の構成や、情報の伝達手段、避難所に係る時間など、避難行動をとるための具体的な行動のイメージと検討が必要となる。そこで本研究では、ハザードマップだけでなく、タイムライン作成においても、地域住民が主体となって作成することが住民の地域防災力の向上に有効なのではないかと考え、検討を行った。

2. 研究方法と結果

2.1 研究対象地とその特徴

研究対象地は、広島市の 2 つの町内会である。広島市は、土砂災害防止法制定のきっかけとなる大規模な土砂災害が平成 11 年に発生し、平成 26 年にも再度大規模な土砂災害が発生した地域である。本市では、平成 11 年の土砂災害を受けて、住民主導の避難訓練や地域ごとのハザードマップ作成等、土砂災害に対する警戒避難の取

*1 正会員 応用地質株式会社 Member, OYO Corporation (oomura-satsuki@oyonet.oyo.co.jp) *2 正会員 筑波大学大学院生命環境科学研究科 Member, Tsukuba Univ. Graduate School of Life and Environmental Sciences *3 正会員 防災を考える会ひろしま Member, Meeting team to consider the disaster prevention of Hiroshima *4 防災を考える会ひろしま Meeting team to consider the disaster prevention of Hiroshima

り組みが実施されていることが知られている¹¹⁾。しかし、平成26年の土砂災害では、自主避難により人的被害が無かった地区がある一方、多くの人的被害が生じた地区があり、土砂災害に対する警戒避難の取り組みに地域差があることが明確となった¹²⁾。

このため、平成11年の土砂災害以降、自主防災会の取り組みを進めてきた河内地区（平成26年の災害時には被災していない）、平成26年に土砂災害を受けた八木ヶ丘団地地区の2地区を対象として、タイムラインの検討とタイムライン作成による効果の検討を実施した。表-1に自治会・町内会の概要を示す。

2.2 タイムライン作成手順

タイムライン作成手順について、図-1に作成フローに示す。各手順について詳細を後述する。

2.2.1 災害の振り返り

タイムライン作成にあたり、まず、住民側では、災害時の状況がイメージできない、減災となる活動をしたいたが何をしたらいいかわからない、逃げるタイミングが分からないといった声があった。そこで、災害発生前後の気象庁・県・市・各地区の住民の動きについて把握してもらうため、大雨注意報発令後から発災するまでの状況を新聞・各種報告書から取りまとめた資料を提示しながら、地区の代表者にヒアリングを実施した（表-2）。

災害の振り返りを実施したところ、八木ヶ丘団地地区

表-1 調査対象自治会・町内会の概要

地区名	河内地区	八木ヶ丘団地地区
経験した土砂災害	6.29豪雨災害 平成11年6月29日	8.20豪雨災害 平成26年8月20日
災害の犠牲者(全体)	死者31名 行方不明者1名	死者77名(災害関連死含む)
地区の規模	複数の町内会(東西に広い)	1町内会のみ
世帯数	約1,150世帯	約70世帯
タイムライン作成時の防災に関する地区の取組状況	地域情報発信システム 災害相互応援協定 ハザードマップ改良版の作成	災害発生後にサイレンと雨量計を設置 社協主催でハザードマップ作成

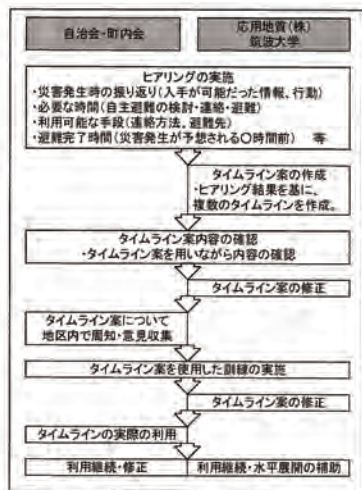


図-1 タイムライン作成フロー

表-2 広島災害振り返り結果の一部

時間帯	災害発生 ○時間前	住民側 情報	河内地区の動き	八木ヶ丘団地地区
8/19 16時	11時間前	大雨・洪水注意報	前日は情報無し。緊急避難の指示	前日は情報無し
17時	10時間前			
18時	9時間前			
19時	8時間前		雨が降りだす	
20時	7時間前			
21時	6時間前	大雨・洪水警報 ・市が大雨に関する防災情報メールを送信(避難準備情報)	メールを受信し、注視	
22時	5時間前		メールを受信し、注視	
23時	4時間前		外の雨の様子見張り	
8/20 0時	3時間前	停電区停電	6.29に近い雨 避難に込込準備	
1時	2時間前	土砂災害警戒情報 ・市が土砂災害に関する防災情報メールを送信	雨防断。区のメールで災害時本部がならしがあった情報を得る。自主避難を促す通知が入る。メール受信のタイミング待ち	
2時	1時間前	土砂災害警戒情報 ・市が大雨に関する防災情報メールを送信	・2:30過ぎに、会長自身の判断で、自主避難を呼びかけるメールを連絡網に載せて配信。 ・避難準備はしていたものの、屋外へ自主避難した人はいなかった。(6.29の時の雨と比較し、自主避難を促していた)	・2:30-3:00頃この時間帯に起きていたお年寄りは助かっていた。 ・おかしなにおいがしていた。
3時	災害発生	土砂災害警戒情報 ・市が大雨に関する防災情報メールを送信	・避難準備はしていたものの、屋外へ自主避難した人はいなかった。(6.29の時の雨と比較し、自主避難を促していた)	・外周きのどろが漏かす。ハンマーで壊した。 ・廊下で水があった。 ・ガスがもれているんじゃないか?というにおいがしていた。

においては災害発生後の動きが多く出された。一方、河内地区においては災害発生前から自主防災会会長が雨の状況を確認したり、災害対策本部が立ち上がったことを把握していたり、土砂災害警戒情報発表後は会長自身の判断で、自主避難を呼びかけるメールを連絡網に載せて配信するといった行動を行っていた。また地域の住民へのヒアリングでも、会長からのメールがあったことにより、いつでも動けるような準備をして起きているようにしていたという声もあった。

2.2.2 ヒアリング

タイムライン作成に必要な避難行動にかかる時間を把握してもらうため、ヒアリングを実施した。避難に関わる行動のイメージが無い中、単に「避難にかかる時間」として検討を行うと、実際の時間とかけ離れた結果となる恐れがあったため、ヒアリングでは、地区の人員構成、情報を伝えるシステムやツール、連絡網の有無、避難先の有無等を確認した。また、地区の代表者には、避難行動に必要な時間について検討用シートを用い、「判断は1人で行いますか」「連絡するのを手伝ってくれる人はいますか」といった具体的な項目により、実際の避難行動のイメージをしてもらいながら必要な時間を積み上げてもらい、「避難の判断」「指示の連絡」「避難」に必要な時間の検討を実施してもらった（図-2）。また、

①判断する:「避難する」判断にかかる時間を考えます。

・判断は、会長さん1人でしるすか?他の人と一緒にしるすか? 1人 or 複数

・どのくらい時間がかりそうですか?かなりましですか? 1 速

②指示を連絡する:判断後町内会・自治会単位に伝えそのにかかる時間を考えます。

・連絡する町内会・自治会の世帯数はどのくらいですか? 1150

・連絡する手段は何を使いますか? メール・電話・口答など

・文書はどのようなものでしょうか? 簡略に選手の手

・連絡するのを手伝ってくれる人はいますか? 有

図-2 ヒアリングに使用したシートの一部

の訓練参加者や見学者も含めて訓練（質疑）の内容を理解できる、②自分の動きだけでなく、他の関係者（地域の会長、班長、行政機関等）の対応行動を理解できる、③これらを通じた関係機関間の連携体制の構築を図ることができる等の効果が期待できる。

訓練の概要を表-4に示す。訓練に先立ち、関係機関へのヒアリングと協力依頼を行ったところ、地域住民以外に、行政側として、区役所、警察署、広島県庁、国土交通省中国地方整備局太田川河川事務所からも訓練参加者を募ることができた。また、「防災を考える会ひろしま」を通じて、開催の連絡を行ったことで、新聞社やテレビといったマスコミ関係者も参加することとなった。

各地区の要望により、参加住民が気負わず参加できるよう、両地区の訓練共に「防災講演会」と題し実施した。実際の訓練では、タイムライン（図-5）とヒアリング結果、事前に作成した質疑応答のシナリオを基に、スラ

イドで状況を示し、自治会・町内会・行政の各機関に進行役が、スライドの状況の時の行動について尋ねる形式とした。訓練の中で、班長から連絡方法の改善案が提示されたり、行政からヒアリング時に住民・行政で考え方に違いがあった避難所についての考え方が示されたり、取材に来ていたマスコミからデータ放送による情報提供の紹介が得られるなど、防災に関する取り組みへの理解促進、関係機関の意思疎通を図ることができた。

2.2.6 タイムライン作成の手引きの作成

地域住民からの要望もあり、本検討のようにコンサルタントや大学といった協力者がいない状況でも、住民主体で活動の継続、他地域への展開を可能とするため、タイムライン作成のための手引きを作成した。作成にあたっては、自己学習の形式で個人でも作成ができることに留意した。

タイムライン作成に使用した災害の時系列のシートや、避難時間検討用シートを手引きの形式にまとめ、ワークシートで自己学習をしながらタイムラインが作成できる手引きとした（図-6）。タイムライン作成の手引き検討のヒアリングでは、地域のタイムラインだけでなく、個人の事情に合わせたカスタマイズも必要であること、状況に合わせて今後も改変していく必要があるという意見も出されたため、地域の代表者だけでなく、個人や家族で検討することも踏まえた手引きとした。また、話し合いをしながらタイムラインを作成するツールとして、A

表-4 訓練概要

地区名	河内地区	八木ヶ丘団地地区
開催日	2015年6月28日(日) 午後2時40分～4時00分	2015年8月23日(日) 午後1時00分～3時15分
場所	河内公民館	山手会館
参加者	住民約120名 佐伯区役所 消防署、警察署	住民16名(14世帯) ※他地区からの見学者 安佐南区役所 消防署、警察署 広島県庁 国土交通省太田川河川事務所
内容	地域で毎年実施されている、避難訓練および629災害の追悼式典時に防災講演会として開催。講演会前に、防災マップを使用した図上訓練を実施。	防災講演会として図上訓練と合わせて実施。熱中症の危険性があるため、避難訓練は実施せず。地域独自で事前に避難所までの時間アンケートを実施。

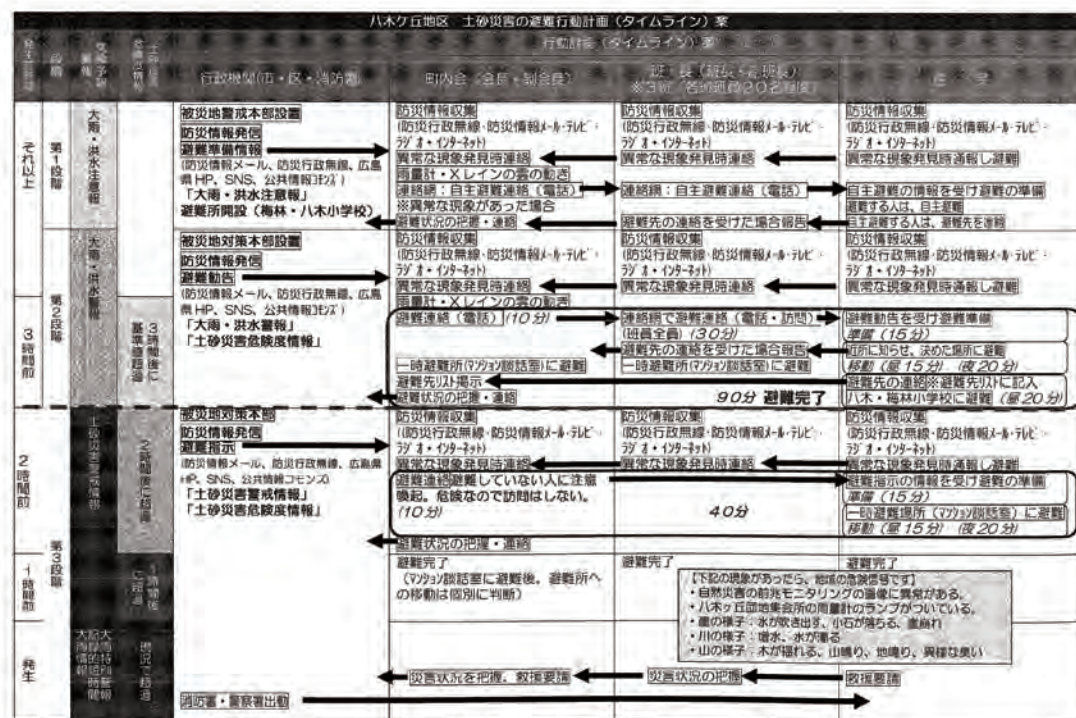


図-5 八木ヶ丘団地地区タイムライン

大村ら：地域住民が主体となった土砂災害に対するタイムラインの検討

「ワークシート②」 避難にかかる時間の検討

まず、災害が起きた時に避難するには、どのくらいの時間が必要かを検討します。
ここでは、個人ではなく町内会・自治会として、避難をする場合を考えます。

①避難する：「避難をする」判断にかかる時間を考えます。

・判断は、役員さん1人で決まるのか？他の人と一緒に決まるのか？ 1人 or 複数

・どのくらい時間がかかりそうですか？かかりましたか？ 時間

②指示を連絡する：判断を町内会・自治会全体に伝えるのにかかる時間を考えます。

・連絡する町内会・自治会の世帯数はどのくらいですか？

・連絡する手段は何を使いますか？

・文面はどのようなものでしょうか？

・連絡するのを手伝ってくれる人はいますか？

・どのくらい時間がかかりそうですか？かかりましたか？ 時間

・その方法は夜間や停電状態、雨が強い状態でも可能ですか？

③避難する：町内会・自治会内の方全員が避難するためにかかる時間を考えます。

図-6 手引き内のワークシート例

3サイズのホワイトボードとマグネットシートを使用したタイムライン作成ツールを作成した（図-7）。内容の書き換えが容易であり、作成したタイムラインを一般的なコピー機で複製することが可能である。簡易的にすることで、住民が各自でタイムラインを検討することが可能となった。このタイムライン作成の手引きと作成ツールは、「防災を考える会ひろしま」を通じて、今回タイムラインを策定した2地区以外に対しても、活用について検討が行われている。

3. まとめ

河内地区においては、既に「何をするか」が明示された地区の防災マニュアルがあり、情報伝達のためのメールシステムも作成されているなど、警戒避難体制整備が進んでいたが、「いつ」「誰が」「何をするか」を明示したタイムラインを作成することで、マニュアルが時系列に一覧でまとまり、地区の一般住民に理解しやすいものとなった。また、マニュアル作成時には検討できていなかった避難所開設のタイミングや住民が避難に要する時間など、現状の警戒避難体制上の課題を洗い出すことが可能となった。

八木ヶ丘団地地区においては、現在集落の上流側の溪床に不安定土砂が堆積している危険な状況であるものの、

地区の警戒避難体制は構築されていない状況であった。タイムラインを作成する過程の中で、地区の警戒避難体制のあり方を検討し、地区の警戒避難体制の元となるものを作成することができた。

タイムライン案を作成することで、これまで警戒避難体制の構築がされていない地区においても、効率的な避難行動計画の作成が可能となり、住民主導のタイムライン作成の有効性が確認された。また、タイムライン案を作成する過程の中で地区の中でのトリガーとなる事象を把握したいという要望が高まったり、従来から進められてきた地域の警戒避難体制における課題（避難所の開設タイミングや手順等）や、住民から市への要望（避難所の鍵の扱い等）について明確なものとなった。

上記に示すように、地域住民が主体となってタイムラインを作成することによって、以下の点で住民の地域防災力の向上に有効であることが確認できたと考えられる。

- 1）災害発生前後の状況がイメージできるようになる。
（災害の振り返り、災害発生地区との情報共有）
- 2）避難検討のための情報を自分で入手できるようになる。
（避難の判断に必要な情報の検討と入手方法の確認）
- 3）地域の避難に必要な情報網・人材・避難所の検討について時間を含めて具体的に行うことができる。
（「避難の判断」「指示の連絡」「避難」に必要な時間の検討）
- 4）災害発生前に計画の検証を行うことができる。
（タイムラインを使用した、学習（質問回答）型訓練実施）
- 5）地域住民にとって取り組みやすく、活動の継続や他地域への展開への要望が出る。
（住民の要望により自己学習型のタイムライン手引き作成）

今後は、実際の訓練による課題の抽出と改善策の検討、活動の継続、これまで被災経験が無い他地域への周知・展開を図ることが必要である。活動の継続・他地域への展開に当たっては、本活動を元に地区防災計画の作成を行い、住民から行政への働きかけをおこなう事も1つの方法であると考えられる。

参考文献

- 1）気候変動に適応した治水対策検討小委員会：水災害分野における気候変動適応策のあり方について、http://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/shaseishin/kasenbunkakai/shouinkai/kikouhendou/index.html、参照 2016-07-30, 2015
- 2）荒川下流タイムライン検討会：荒川下流タイムラインについて、http://www.ktr.mlit.go.jp/arage/arage_00385.html、参照 2016-07-30, 2015
- 3）庄内川タイムライン検討会：庄内川タイムライン検討会の概要、<http://www.cbr.mlit.go.jp/shonai/bousai/timeline/>、参照 2016-07-30, 2015
- 4）松尾一郎・CeMIタイムライン研究会：タイムライン 日本の防災が変わる、p.29, 2016



図-7 タイムライン作成ツール

- 5) 永松伸吾・長坂俊成・臼田裕一郎・池田三郎：地域防災力をどう評価するか，防災科学技術研究所研究報告，No. 74, p. 1-11, 2009
- 6) 石塚忠範・三木洋一・平本万晶：コミュニティ防災計画 (CCP) に基づく中山間地の防災力の維持・向上－災害時の初動体制確保の視点から－，砂防学会誌，Vol. 63, No. 2, p 20-25, 2010
- 7) 内閣府：災害対策基本法等の一部を改正する法律の概要，http://www.bousai.go.jp/taisaku/minaoshi/pdf/kihonhou_01_1.pdf，参照 2016-07-30, 2013
- 8) 国土交通省砂防部砂防課：土砂災害警戒避難事例集～土砂災害警戒避難ガイドライン (H 19.4) に沿った取り組みのポイント～，<http://www.mlit.go.jp/common/001026015.pdf>，参照 2016-07-30, 2009
- 9) 国土交通省：ハザードマップポータルサイト，<http://disaportal.gsi.go.jp/>，参照 2016-11-02, 2016
- 10) 広島県：オリジナルハザードマップをつくろう，<http://www.sabo.pref.hiroshima.lg.jp/portal/sonota/hazardmap.html>，参照 2016-11-02
- 11) 原田照美：住民主役の土砂災害警戒避難，平成 24 年度第 4 回環境防災セミナー資料，2012
- 12) 8.20 豪雨災害における避難対策等検証部会：平成 26 年 8 月 20 日の豪雨災害避難対策等に係る検証結果，http://www.city.hiroshima.lg.jp/www/contents/1476873330360/files/01_honpen.pdf，参照 2016-11-02, 2015

(Received 1 August 2016 ; Accepted 31 January 2017)

研究ノート

災害対応に要する時間の推定モデル

Numerical model for estimating period of disaster response

照 沼 利 浩^{*1} 水 野 秀 明^{*2} 西 本 晴 男^{*1}
Toshihiro TERUNUMA Hideaki MIZUNO Hamo NISHIMOTO

Abstract

If sediment disaster risk has increased because of such processes as natural damming of a river, the authority responsible for disaster prevention measures must judge, as promptly and accurately as possible within the framework of limited human resources, whether it is necessary to issue an evacuation order or advisory or not. That requires providing training so that the organization has efficient, uniformly trained personnel. Generally speaking, efficiency can be improved by increasing the ratio of finished work and decreasing the ratio of rework necessitated by calculation or other errors included in the obtained results. If the degree of effectiveness of such training is to be evaluated quantitatively, it is necessary to analyze the ratio of finished work and the ratio of rework in view of the time required for obtaining accurate results. In this study, a mathematical model consisting of a one-dimensional advection-diffusion equation that approximates Kolmogorov's forward equation was proposed as a means of estimating the time required for disaster response activities. The proposed mathematical model was applied to the training to be provided for emergency surveys conducted by the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism to estimate the ratio of finished work (μ) and the ratio of rework (λ) in the cases where obtained results contain some kind of error. The calculation results thus obtained were $\mu=0.5505$ and $\lambda=0.4495$ for work activities related to the estimation of the area flooded because of natural damming and $\mu=0.5519$ and $\lambda=0.4481$ for work activities related to the estimation of the time of occurrence of a natural dam break.

Key words : disaster response activity, efficiency, Kolmogorov's forward equation, emergency survey

1. はじめに

天然ダムの形成等によって土砂災害リスクが増大した場合、防災組織は限られた人的資源で可能な限り短時間かつ精確に、避難指示・勧告の必要性を判断しなければならぬ。そのためには、防災組織は高い能率を均質に有するよう人的資源を訓練しなければならない。一般的に考えると、作業を処理する率を向上させるだけでなく、処理した結果に含まれる計算等の誤りによる手戻りの率を減少させれば、能率は向上する。そのため、訓練の効果を定量的に評価するためには、正確な成果を得られるまでに要した時間から仕事を処理する率と手戻りの率を分析する必要がある。

作業に要する時間を推定する手法は確定的な方法と確率的な方法の2種類に大きく分類できる。確定的な方法では作業に要する時間はある一つの時間として算出される(例えば、毛利ら, 1983; 岡田・豊田, 1996; 小山・塚川, 2006)。一方、確率的な方法では、作業に要する時間は分布として算出される。この分布が作業の開始時刻からの経過時間で変化するかどうかという観点で見れば、確率的な方法は定常的なものと非定常的なものの2種類

に分類できる。既往研究を見ると、各作業に要する時間の確率分布をポアソン分布、正規分布などの確率密度関数で近似する方法(例えば、吉田・泰名, 1970; 毛利ら, 1983; 渡辺ら, 1992; 高・松井, 1994; 黒川, 2003; 紀ら, 2010; 委組ら, 2012)が挙げられるが、いずれの方法でも確率密度関数は作業の開始時刻からの経過時間を変数に持たないため時間的に変化しない。つまり、既往の研究成果は定常な方法であり、非定常な方法は開発されていない。実際の災害対応では、作業が定常的な流れで進められるわけではなく、非定常な流れで進められていると考えられることから、災害対応に適用できる数理モデルはこれまでのところ十分に開発されていない状況にある。また、前述の既往の数理モデルは作業を処理する率や、処理した結果が何らかの誤りを含んでいた場合の手戻りの率を考慮しておらず、作業に要した時間からそれらの率を推定する方法はいまだ開発されていない。

そこで、本研究では確率的な方法のうち非定常な数理モデルを開発するとともに、その数理モデルに基づいて、作業を処理する率や、処理した結果が何らかの誤りを含んでいた場合の手戻りの率を明らかにすることを目的とする。なお、本研究では土砂災害防止法に示されている

*1 正会員 筑波大学大学院生命環境科学研究科 Member, Graduate School of Life Environmental Sciences, University of Tsukuba (s1192289@u.tsukuba.ac.jp) *2 正会員 国立研究開発法人土木研究所 (前 筑波大学生命環境系) Member, Public Works Research Institute (Formerly in Faculty of Life Environmental Sciences, University of Tsukuba)

(2) 国内学会 (砂防学会)

報 告

デモンゼー著の「溪流および山腹工事」について

西 本 晴 男^{*1} 倉 持 紀 子^{*2} 森 俊 勇^{*3}

1. はじめに

1878年にフランスで出版された世界初の砂防および治山工事の解説書である¹⁾プロスパー・デモンゼーの著書「Étude sur les travaux de Reboisement et de Gazonnement des Montagnes」(以下、「原著」という)の日本語訳(以下、「和訳版」という)が作成された。

原著の内容はオーストリアにも紹介され、1901年にワングが著わした「砂防工学の基礎」(Grundriss der Wildbachverbauung)へと繋がり、さらに日本の近代砂防の発展に結びついた。

デモンゼーは原著で、山地渓流域における溪流と斜面の特徴、侵食作用、溪流工事、山腹工事等について体系的に論理展開しており、砂防と治山の基本的考え方が凝縮されたものになっている。原著の復刻版が近年出ていることからその価値の高さがうかがえる。

今般、和訳版ができたことにより、多くの砂防関係者の便に供することができることになったと考えるので、その内容を紹介する。なお、原著はこれまで「山地における再植林と芝付工事に関する研究」の名称で紹介されているが、原著は内容的に日本において砂防と治山で実施している溪流工事と山腹工事について述べていることから、日本語名として表記の名称を使用している。

2. 原著者プロスパー・デモンゼーとフランスの砂防と治山

原著の著者であるプロスパー・デモンゼー (Gabriel-Louis-Prosper-DEMONTZEY, 1831-1898) は、フランスにおける近代砂防・治山事業の指導者としてフランスで高い評価を受けている。フランスにおける森林・林業学の名門であるナンシー (Nancy) 森林大学 (Ecole Nationale du Genie Rural, des Eaux et Forêts)²⁾を1853年に卒業と同時に、山地修復庁 (RTM: Restauration des Terrains en Montagnes) に奉職し、北アフリカのアルジェリアで砂防・治山の仕事を担当し、1862年にフランスに戻りアルプス地方で砂防・治山工事の指導をしたのち、1868年フランス南東部のアルプ・ド・オート・プロヴァンス (Alpes-de-Haute-Provence) 地方のディネ (Digne) 市にあるRTMの事務所長となった。この時期、1872年に



図-1 原著の表紙



図-2 デモンゼー

デモンゼーの指揮のもと、フランス国内で最も荒廃の著しいといわれていたローヌ川水系デュランス川支流のユバイユ (Ubaye) 川流域の砂防・治山工事が着手されている。そして、1877年にはユバイユ川流域も含めエクス・アン・プロヴァンス (AIX-EN-PROVENCE) 地方を統括する監督官になり、最後はパリのRTMの高官で退職している。

フランスのアルプス山岳地域では、薪炭や牧畜のための森林伐採が原因で18世紀から次第に荒廃が進み、多くの溪流から活発な土砂生産にともない発生する土石流の被害に悩まされてきた。当時、フランスのアルプス地域においては、様々な地質の土地に様々なタイプの荒廃急流が存在しており、山地の修復事業は年々その重要度を増していた。デモンゼーは、原著の中でこの地域について、“反論を恐れずに言うと、非常に多様性に富んだ溪流と荒廃地を併せ持った最も不利な土地と気候の条件の、これほど完璧な組み合わせを他に見つけるのは難しい”とまで述べている。

こうした状況下で、1860年と1864年に山地修復に関する法律が成立し、山地の住民に植林を奨励する一方で、荒廃が極めて著しい地域に政府が公共事業として砂防・治山工事を行える権利を付与した。このため、住民の猛烈な反対とジャーナリズムの反論にあった。デモンゼーはこのような困難のなか、アルプ・ド・オート・プロヴァンス地方の砂防・治山工事を指導しながら、仲間や協力者の力強い励ましと上司の気遣いに支えられて、数々の観測結果に基づく研究に没頭すること十数年の歳月をかけ、1878年に原著を発表し砂防・治山工事の効果を世に示すことで、ついに住民たちの不満を解消することができた。そして、1882年に「山地修復法」が成立し、フランスにおけるRTMの砂防・治山事業が軌道に乗ることになった。

このような経過のなかで、デモンゼーは原著を世に出

*1 正会員 筑波大学大学院生命環境科学研究科環境防災学講座 Member, University of Tsukuba (nishimoto.hartuo.fp@u.tsukuba.ac.jp)

*2 元筑波大学大学院生命環境科学研究科環境防災学講座 formerly in University of Tsukuba *3 正会員 一般財団法人砂防フロンティア整備推進機構 Member, Sabo Frontier Foundation



図-3 アルプ・ド・オート・プロヴァンスの位置図
(ATLAS PRATIQUE, LAROUSSE, 2014 に加筆)

すにあたり、その冒頭の部分で、“今日我々はすでに試行期間を脱している。道は開かれ、達成すべき目標の大きさと道程に必要なだけ迅速かつ敢然と歩を進める時がきた。(中略) 今日までに着手した事業の実施段階において、発生し得る全ての自然条件をほとんど経験してきた。この広範囲にわたる経験から一連の教訓を引き出し、これまでに確認できた最も実用的かつ経済的で確実な方法をその教訓から抽出することが可能になったのである”と述べ、渓流工事と山腹工事の技術と効果論が確立されたことを示唆している。

なお、デモンゼーは、フランスにおける山地の荒廃の修復のために、山地修復庁(RTM)に奉職中、砂防・治山事業において先進的かつ献身的活動を行ったことから、フランスでは、「RTMの父」(Père de la Restauration Des Terrains en Montagne)と呼ばれている。

3. 原著について

3.1 原著出版の意義

デモンゼーは、“私はここに、非常に複雑で魅力のある砂防・治山工事という作業の細部にわたって従事した実務経験者として、可能な限り完全に詳述するという以外に何の意図もなく、率直にこの研究を発表するものである”との没我的な考えのもとに、原著を執筆した。

我が国の砂防学の権威である武居有恒博士(京都大学名誉教授)は、デモンゼーとその功績について日本砂防史のなかで、“18世紀から19世紀にかけてフランス、スイス、オーストリアで次第に発展してきた技術を集大成したのは、フランスのデモンゼー(P. Demontzey)といえる。彼は最初、フランスの森林局技師として実務に携ったが、1880年には学士院会員(Académie Française)となり、多くの著書を出している。なかでも1878年に

出版された「山地における再植林と芝付工事に関する研究」(Étude sur les Travaux de Reboisement et de Gazonnement des Montagnes)は、当時最も先進的かつ組織化されていたといわれるフランスの砂防技術を体系化したものとして、アルプス諸国の砂防技術にきわめて大きい影響を及ぼしたといわれる”と述べ、原著を高く評価している。このように原著は現在の砂防・治山の原点が書かれている名著であるといえる。原著の内容はオーストリアのゼッケンドルフ(A. F. V. Seckendorff)が1884年に著した「Verbauung der Wildbäche und Berasung der Gebirgsgründe」(渓流工事及び山岳地の森林および芝草の回復)によってオーストリアに紹介され、近代砂防・治山技術の発展に果たした役割は大きいものがある。

なお、フランスやオーストリアの砂防・治山は現在まで一体のものである一方で、日本においては明治維新後に治水対策の一部として現在の砂防が位置づけられ、その後、森林行政が分離されてその中に治山が位置づけられて現在の体系が構築されてきた結果、行政の中で砂防と治山が別のものとして扱われるようになったことについては、後世の評価に委ねられることになる。

3.2 原著の内容

原著は、フランスのアルプス地域の保全に係る諸問題に対応する基礎理論および多くの対策事例について、研究成果を述べた約400ページに及ぶ労作である。渓流の特性と影響、渓流工事の種類・効用・計画設計および施工方法と留意事項、ならびに山腹工事についての基礎要件・植林の適応樹種・施工方法と留意事項、維持管理方法および関連作業について具体的な工事事例に基づき解説している。また「注解」として、3つの渓流において発生した土石流の観測の研究成果を掲載している。特に、ユバイユ川の支流であるフォコン(Faucon)溪やサニエル(Sanières)溪などで発生した土石流に関して、目撃者が自分の目で観察した、土石流の流下状況の生々しい体験談や土石流先頭部の状況図(図-4)と砂防堰堤での堆積の状況図(図-5)は貴重なものである。

計画設計については、多くの事例を用いて図解している。図-6は砂防堰堤の平面図とその側面図であり、後者を見ると堰堤の下流法勾配は二分である。原著の出版は明治11年であり、当時日本では石垣留と呼ばれる高さ2m未満の下流法が緩やかなものがつくられていた時代である³⁾。また、図-7は床固工(マツ杭と柳柵を使用)を設置することによる渓流の縦断勾配の緩和方法について示したものであり、諸戸北郎博士により大正時代以降にこの考え方が日本に紹介された⁴⁾ことを踏まえると、これらは、当時のフランス砂防・治山技術の先進性を示すものである。さらに、当時の施工道具や測量機器など技術史上貴重な図も示されている。

4. 牛伏川フランス式階段工との関係

長野県松本市の郊外の牛伏川に“フランス式階段工”



図-4 土石流の流下状況図



図-5 砂防堰堤での堆積状況図

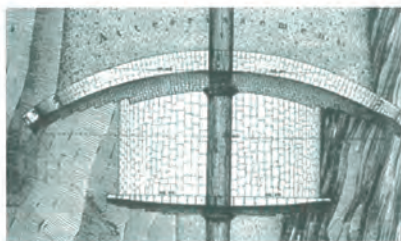


図-6 堰堤の平面図と側面図



図-7 床固め工による縦断勾配緩和の概念図

と呼ばれている砂防工事がある。この施設は、「牛伏川本流水路（階段工）」の名称で国の重要文化財に指定されている。

この砂防工事は大正5～7年に長野県によって施工され、設計にあたっては内務省の池田圓男技師の指導を受けている。池田技師はヨーロッパ各国の河川および砂防

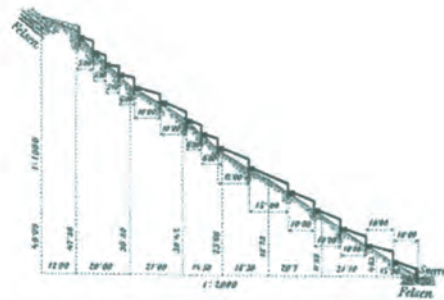


図-8 池田圓男が長野県に示したサニエル溪の縦断面図

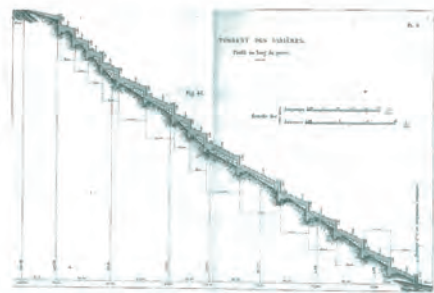


図-9 デモンゼーの著書にあるサニエル溪の縦断面図

工事を視察し、大正10年（1921）4月に調査復命書「独仏における砂防併に山地河川の改修」を提出している。筆者らはその全文を知る機会を得ていないためその内容について多くを語ることはできないが、「フランス式階段工」が同氏の指導によることは、いくつかの資料によって明らかにされている。長野県から相談を受けた池田技師はフランス南東部にあるユバイユ川支流サニエル（Sanières）溪上流部で施工された階段工を参考にした設計図（この図には、「仏国における一例」とメモ書きされた図-8のサニエル溪の図が欄付けされていた）を示し、長野県はこの図を参考にして牛伏川の砂防工事を実施した⁵⁾。図-8は前述のゼッケンドルフの著書「Verbauung der Wildbache und Berasung der Gebirgsgrunde」の図⁶⁾を模写したもので、さらにその原図である図-9はデモンゼーの原著⁷⁾にある。これが、「フランス式階段工」と呼ばれるようになった由来といわれている。この工事は縦断勾配、細部の構造などに多少の相違はあるが、基本的にはサニエル溪のものと同様のものになっている。

5. 和訳版について

和訳版は、原著の翻訳と関連事項の補足説明および用語集から構成されている。

原著の翻訳は、原文にできるだけ忠実に行うこととしたが、19世紀のフランスの社会事情をベースにした記



図-10 サニエル溪におけるフランス式階段工のモデル箇所区間の最下流部（2013年，RTM Peyron氏提供）

述であることから、難解な表現や辞書に適切な訳語が無いものがあつたが、これらについては現代の用語を使用し意識をした部分がある。また、読みやすくするため、原著の巻末の図版集にある図をそれぞれ本文中の該当箇所に配置した。次に、読者の理解を助けるために、関連事項補足説明として原著に出てくる地域の特徴や溪流などの説明を適宜写真を使用しながら記した。さらに、原著に出てきた専門用語等を仏和と和仏の用語集として掲載した。

なお、翻訳については、ユバイユ川流域をはじめフランスの砂防現場を複数回訪れたことがある西本とフランス語に詳しい倉持が担当し、全体の構成等については森が監修した。和訳版の概要紹介等は、(一財)砂防フロンティア整備推進機構のホームページで近々公開される予定である。

6. おわりに

原著は、人為により自然は容易にその安定を失い、一度荒廃した山地の修復には、地道な努力と時間そして複雑に絡む利害関係の解決が必要であることを示している。そして修復のための工事は、その土地と溪流の気候、地形、地質、植生、樹種、施工可能性、地域社会との係りなどを十分調査し理解したうえで、適切な技術と方法で行うことの重要性について具体的事例を示しながら述べている。

日本は世界でも有数の自然災害の発生を経験し、その被害を克服してきた国である。また濫伐等による人為に起因する山地の荒廃とその修復作業を経験してきた。こうした経験に基づく多年の地道な研究と技術開発により砂防と治山について多くの知識、知恵そして技術を蓄積し発展させてきた。一方で気候変動の影響により、今後災害の頻発化、規模の大型化が懸念されている。社会経済環境においては、都市部においては依然として土地開発が山麓や丘陵地に展開し、地方では過疎化や林業不振のため国土の荒廃が危惧される時代になった。国土保全のため、そして地域の安全のための日本の砂防と治山を取り巻く環境も大きく変化してきている。

このような動向を踏まえ今後の砂防と治山のあり方を考えるとき、日本の砂防と治山の源泉ともいえるこの原著の内容に触れることは大変意義あるものと考えられる。取り巻く環境は国や時代で異なるが、自然相手の防災対策の考え方の基盤は同じである。本書が、砂防と治山の基本理念そして技術の基本思想を、その原点に立ち返り、改めて考えるための糧になれば幸いである。

原著の内容について、日本の砂防関係者のみならず防災に携わる多くの方の目に触れるようにしたいと筆者らがかねてより温めていた構想を具現化できた。和訳版を企画・発刊された(一財)砂防フロンティア整備推進機構に敬意を表します。同機構の田畑茂清技術顧問には、叱咤激励と貴重なご助言をいただきましたことに厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 武居有恒：日本砂防史，(社)全国治水砂防協会，p. 511-517，1981
- 2) 古井戸宏道：フランス林政における『水と森林』の史的展開序説，水資源・環境研究，Vol. 20，p. 73-86，2007
- 3) 武居有恒・田畑茂清・板垣治・大矢幸司：歴史的砂防施設の保存と文化財，財団法人砂防フロンティア整備推進機構，p. 2-4，2009
- 4) 諸戸北郎：理水及砂防工学 設計及実例編，三浦書店，p. 20-31，1919
- 5) 牛伏鉢伏友の会：防災遺産 牛伏川の砂防，p. 8-12，2013
- 6) F. V. Seckendolff：Verbauung der Wildbache und Berasung der Gebrügsgrunde，p. 99，1884
- 7) G. L. P. Demonzey：Étude sur les travaux de Reboisement et de Gazonnement des Montagnes，ATLAS. PL. X，XI，1878

(Received 27 January 2017)

土砂災害に対するタイムラインを活用した住民の減災に向けた取り組み検討

応用地質(株) ○大村さつき、三木洋一、北原哲郎、飛田健二
 筑波大学大学院 環境防災学講座 西本晴男
 防災を考える会ひろしま 原田照美、杉田精司、奥迫信治

1 はじめに

平成 27 年度砂防学会研究発表会において、広島県広島市の 2 つの自治会における土砂災害に対するタイムライン作成の検討事例について報告した。報告では、今後の課題点として実際の訓練による課題の抽出と改善策の検討、活動の継続、これまで被災経験が無い他地域への周知・水平展開を図ることが必要としていた。本検討では、その後の継続的な取り組みとして実施した、作成したタイムライン検証訓練の実施(課題の抽出及び改善策の検討)、手引きの検討(活動の継続・水平展開)について報告する。

2 タイムラインを作成後の現状と課題

タイムラインを作成したものの、作成は、自治会・町内会の代表者が実施していたため、作成したタイムラインが、地域の住民に十分理解されていないという状況であった。また、実際にタイムラインを使用する状況にならないと、実際に使えるかどうか分からない、水平展開を進めることも難しい状況であった。

このため、いかに地域の住民にタイムラインについて理解・納得してもらい、主体的に動いてもらうか、また、いかに実際の動きに合ったタイムラインとしていくかという点が課題となっていた。その上で、どのように、協力者がいない状況でも住民主体で活動の継続、水平展開をおこなうかという検討が必要であった。

3 実施内容

3. 1 検証訓練

作成したタイムラインへの理解促進につなげるため、また、実際に動く上での課題抽出の検証訓練を実施した。

3. 1. 1 実施手法

訓練の手法には、学習(質問解答)型を採用した。学習(質問解答)型訓練とは、「進行者(ファシリテーター)」と「訓練参加者」に分かれ、必要に応じて状況付与を行った上で「進行者」が対応を質問し、これに「訓練参加者」が回答する形式で進行する形式のものである。メリットとして、①回答者だけではなく、その他の訓練参加者や見学者も含めて訓練(質疑)の内容を理解できる、②自分の動きだけでなく、他の関係者(地域の会長、班長、行政機関等)の対応行動を理解できる、③これらを通じた関係機関間の連携体制の構築を図ることができる等の効果が期待できる。

3. 1. 2 訓練結果

タイムラインを作成した 2 地区で訓練を実施した。訓練の概要を表 1 に示す。

訓練に先立ち、関係機関へのヒアリングと協力依頼をおこなったところ、地域住民以外に、行政側として、区役所、警察署、広島県庁、国土交通省中国地方整備局太田川河川事務所からも訓練参加者を募ることができた。また、防災を考える会ひろしまを通じて、開催の連絡をおこなったことで、新聞社やテレビといったマスコミ関係者も参加することとなった。

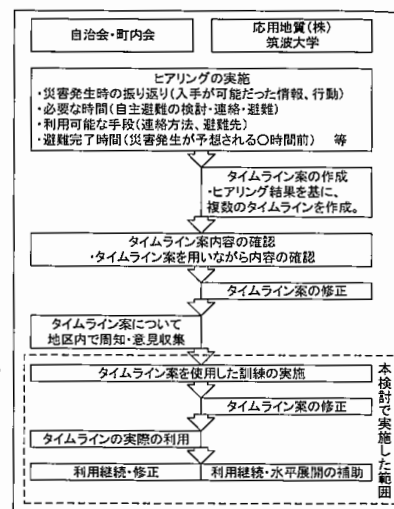


図1 タイムライン作成フロー



図2 学習(質問解答)型訓練

自治会町内会の要望により、参加住民へのプレッシャーがかからないよう、両地区の訓練共に「防災講演会」と題し実施した。実際の訓練では、タイムラインとヒアリング結果を基に事前に作成した質疑応答のシナリオを元に、スライドで状況を示し、自治会・町内会・行政の各機関に進行役が、スライドの状況の時の行動について尋ねる形式とした。訓練の中で、タイムラインに組み込まれている班長から連絡方法の改善案が提示されたり、ヒアリング時に住民・行政で考え方に違いがあった避難所についての考え方が示されたり、取材に来ていたマスコミからデータ放送による情報提供の紹介が得られる等、防災に関する取組みへの理解促進、関係機関の連携体制の構築を図ることができた。

表 1 訓練の概要

地区名	河内地区	八木ヶ丘団地地区
経験した土砂災害	平成11年6月29日 死者32名	平成28年8月20日 死者74名
地区の規模	複数の自治会・町内会	1町内会のみ
世帯数	約850世帯	約70世帯
開催日	2015年6月28日(日) 午後2時10分～4時00分	2015年8月23日(日) 午後1時00分～3時15分
場所	河内公民館	山手会館
参加者	住民約120名 佐伯区役所 消防署、警察署	住民16名(14世帯) 十他地区からの見学者 安佐南区役所 消防署、警察署 広島県庁 国交省太田川河川事務所
内容	地域で毎年実施されている、避難訓練および6.29災害の追悼式典時に防災講演会として開催。講演会前に、防災マップを使用した図上訓練を実施。	防災講演会として図上訓練と合わせて実施。熱中症の危険性があるため、避難訓練は実施せず。地域独自で事前に避難所までかかる時間のアンケートを実施。

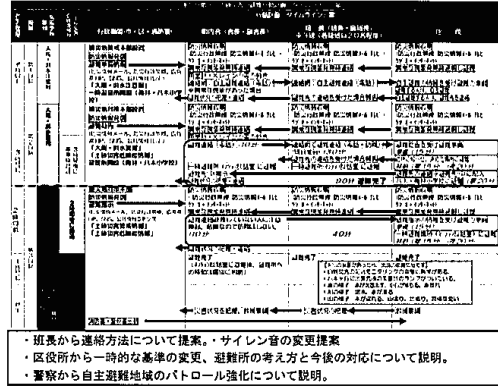


図 3 訓練で新たに検討された内容(八木ヶ丘団地)

表 2 検証訓練後の感想

河内地区	八木ヶ丘団地地区
- 反省会で建設的な意見が多く出た。自分たちで出来ること、市にお願いすることを分けて、考えていきたい。100人以上が参加していた。「実際に動けるのか」「名簿が必要」「避難場所の良しあし」等が議論されていた。 6.29の経験者は、雨の中を歩けるイメージがしづらかったので、タイムラインはそうではなく、早い段階での避難である旨を伝えた。 - 携帯が使えなくなった、という想定もされていた。携帯でやるのか、固定電話でやるのか。固定電話の場合は、相手がいないこともあるので10回コールまでいいという取り決めがあった。	- 一方通行の訓練ではなく、3者一緒に話が進んでいく形で、これまで知らなかった異例の話も聞けたのが良かった。地域の人他のイベントとも重なってしまい、参加者が少なかったのは残念である。欠席者に資料を配布、今後フォローしていきたい。 - 昨日は土砂災害危険度場が発令されたが、こんな時にも警察や消防署は町内を巡回してくれていることも等も加ったし、安心して避難もできる。これも勉強会の効果だと思っている。 - 避難先を記入してもらう名簿の提示は、避難先の把握に大変役に立っている。電話連絡について、固定電話から携帯電話へ順々に入れ替えて対応していく予定である。

3. 2 手引きの作成

地域住民からの要望もあり、本検討のように協力者がいない状況でも、住民主体で活動の継続、水平展開の実施を可能とする為、タイムライン作成のための手引きを作成した。

3. 2. 1 作成方法

タイムライン作成に使用した、災害の時系列のシートや、避難時間検討用シートを手引きの形式にまとめ、ワークシートで自己学習をしながらタイムラインが作成できる手引きを作成した。また、タイムライン作成ツール検討のヒアリングでは、地域のタイムラインだけでなく、個人の事情に合わせたカスタマイズも必要であること、状況に合わせて今後も改変していく必要があるという意見も出されたため、地域の代表者だけでなく、個人や家族で検討することも踏まえた手引きとした。

3. 2. 2 作成結果

簡易的にすることで、住民の方より「これなら自分で作れる、説明できる。」というご意見を頂いた。また、自由度が高まり、個人の特性に応じた利用できる形になった。今後防災を考える会ひろしまを通じて、今回タイムラインを策定した2地区以外でも利用される予定である。

4. まとめ

タイムラインの検証訓練の実施により、住民の減災の取り組みへの理解が深まり、より実動に合ったタイムラインの作成が可能となった。また、手引きを作成することにより、活動の継続、水平展開に寄与することが可能となった。ただし、活動の継続、実際の避難行動の状況については、長期的な確認が必要であり、経過を確認し、必要に応じた改善策を提案していくことも必要である。

参考文献

- ・大村ほか(2015):住民主導の土砂災害に対するタイムライン検討事例、平成27年度砂防学会研究発表会概要集
- ・北陸地方整備局 松本砂防事務所ほか(2013):「大規模土砂災害を想定した合同防災訓練」の実施について

タイムライン作成に向けて(所要時間検討)

は、災害が起きた時に避難するには、どのくらいの時間が必要かを検討します。
ここでは、個人ではなく町内・区単位として、避難する場所を考えます。

1. 避難する「避難場所」を町内に決める場所を指定します。

・避難は、町内を1人で済ませるか2人で一緒に済ませるか? 1人 2人

・どのくらい時間がかかりそうかを町内から決めますか? 2分以内 2分以上

2. 避難先を避難する「避難場所」を町内に決める場所を指定します。

・避難する町内・区単位の避難場所はどこに決めますか? 約100分

図 4 避難行動検討シート(記入例)

粗石コンクリート構造の砂防施設の内部特性と健全性評価

株式会社ニュージェック ○尾関信幸

筑波大学 西本晴男

1. はじめに

近年、砂防施設においても長寿命化対策が推進されている。特に施工年次の古い施設は、施工当時の技術を反映して、強度の低い施設もあり、重大な損傷や機能の喪失が危惧されている。

砂防関係施設点検要領（案）（国土交通省, 2014）は定期、巡視点検は目視点検を基本とする、としており、点検内容も目視で把握できる変状確認を中心に記されている。通常の施設点検も目視を中心に行われている。補修、改築等の対策が決まっている施設は、非破壊試験やボーリング調査が実施されることもあり、また、施設の健全性調査のために非破壊試験が実施されることもあるが、いずれも限定的である。

一方、概ね昭和 30 年以前に施工された施設は粗石コンクリートが多用されている。しかし施設点検や健全性調査・評価においては、一般的なコンクリートに対する手法が準用されている。

粗石コンクリート構造の施設は、施工時の技術や材料制約の関係で内部材料が脆弱なものがあり、しばしば損傷、被災を受けている。このようなことから粗石コンクリート構造の施設は内部調査が求められ、粗石コンクリートの特性を踏まえた評価が必要と考える。

本研究では、粗石コンクリート構造の砂防施設の内部構造の特性を明らかにしたうえで、砂防施設の健全度評価の方法について論じる。

2. 施工後長期を経た砂防施設の特徴

図-1 は各時期に記された技術書や工事誌等に記載の施工技術をまとめた砂防施設の施工技術変遷図である。

図-2 は、技術が十分に発展する以前に施工された粗石コンクリートの内部構造の模式図である。

粗石コンクリートは本来、粗石の周囲に十分なコン

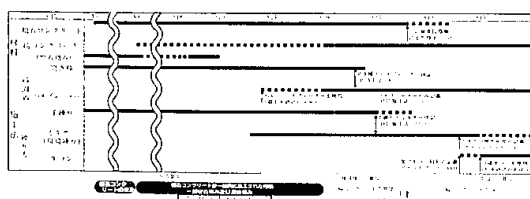


図-1 砂防施設の施工技術変遷図
尾関・亀沢 (2014) からデータを増やして加筆修正

- ・積石一段ごとに内部コンクリートも打設
- ・コンクリートの手練り(固練り)
- ・突き棒による打設

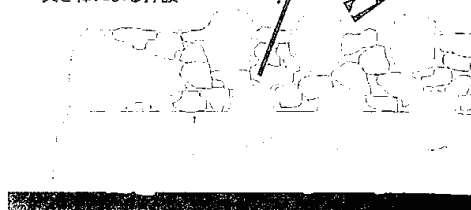


図-2 粗石コンクリートの施工状況と内部構造模式図

クリートが充填、密着して造る（例えば、田村, 1935）とされている。表面石材を 1 段積み上げるごとに 1 層打設するので、厚さ 30～60 cm 程度の打設層が積み重なって構成される。健全なコンクリートであれば、打設層境界は堅硬なコンクリートが密着、一体化しているが、しばしばコンクリートの不足や手作業によって充填が不十分なケース、特に打設層下部や粗石周囲で空隙、あるいは多孔質・脆弱となっているケースがみられる。特に打設層下部の多孔質・脆弱なコンクリートは水平方向に連続する傾向がある。粗石を多量に用いられた施設では、粗石間が密着し、粗石下部の空隙が連続することもある。このような施設はパイプレータ普及前の昭和 20 年代に施工された施設でしばしばみられる。

3. 特徴を踏まえた健全性評価の視点

粗石コンクリート構造の施設の損傷の多くは越流水による堤体コンクリートの剥離状の欠落である。剥離は多孔質脆弱部の層構造や打設境界の面的弱部、弱面で生じており、調査においては水平方向面的に分布する弱部、弱面の確認がポイントとなる。また、粗石周辺の空隙についても確認したい。

3.1 外観目視調査

石積や型枠コンクリートで覆われているため、外観目視調査では内部は把握しづらい。しかし、損傷等で内部が露出する場合には、損傷としての記載のみでなく、内部構造の情報取得のための観察が望まれる。観察事項は、多孔質・脆弱部の有無、打設層の密着状況、

粗石間の近接状況や空隙状況等で、後述のボーリング調査より状況把握が容易、正確である。

3.2 非破壊検査

打設層に相当する30～60 cm程度の水平方向の構造把握に対応した分解能が必要となる。

非破壊検査ではしばしば弾性波探査が用いられるが、層構造の効果を考慮して、測線のとり方を工夫する必要がある。尾関ほか(2015)は斜め透過と水平透過の測線の比較による評価を提案している。尾関らは水平透過が緻密・堅甲部のみを、斜め透過が多孔質・脆弱部を通過するとして、両者の差が大きいと層構造が顕著であることを示した。比較にあたっては、斜めと水平透過の速度差を斜め方向の鉛直距離で除して正規化すると同一尺度で評価できる。

3.3 ボーリング調査

多孔質・脆弱部のコンクリート等ではしばしば掘削時に破砕角礫化などにより観察が困難なことも少なくない。このため、ボアホールカメラによる画像確認を併用することが望ましい。

ボーリングのコア観察は一般に地質調査の専門技術者が従事して、岩盤観察の着眼点で観察される。しかし、粗石コンクリートは、健全性に影響する打設層下部の多孔質・脆弱部、粗石周囲の空隙の確認が重要と考える。図-3に粗石コンクリートのボアホールカメラ画像を示す。観察においては、打設層境界を認定し、打設層上部下部の締固め状況(緻密・堅硬、多孔質・脆弱)、打設面の密着状況、粗石周囲の空隙、亀裂の有無について確認する。さらに、多孔質部や空隙を中心に水の通過痕跡を、亀裂については亀裂の形態などを確認することが必要と考える。

ボーリング調査時には、しばしば一軸圧縮試験等の室内試験が実施されるが、供試体として得られる部分は掘削時に破砕されない程度の強度を有する部分である。多孔質・脆弱部は通常、計測することはできない。本来ならば、多孔質脆弱部や堅硬な粗石を含む堤体マスとしての評価がなされるべきであるが、容易な試験手法が見当たらないのが現状である。なお、筆者らの経験では、柱状に採取された多孔質コンクリートの強度試験で、 3.24 N/mm^2 の計測例がある(尾関ほか, 2010)。

4. おわりに

砂防施設では粗石コンクリートは、純コンクリートが普及される昭和30年代以前まで堤体材料として一

般的に採用されており、現在も多数の施設が現役砂防施設として機能している。

現在のコンクリートの基準(例えば、圧縮強度: 18 N/mm^2)で評価すると、多くの施設がNGとなることが想定される。

通常の堤高15 m未満の重力式砂防堰堤の場合、安定計算における最大圧縮応力は 0.6 N/mm^2 程度以下であり、内部応力に対する抵抗材としては要求性能を満たすものも少なくない。ただし、上記してきた施設構造を踏まえると、表面保護材の欠損や土石流流体力等を受けた場合のせん断などが弱点となる。

これらの弱点は表面保護材の補強や緩衝材設置など予防的対策を行うことで克服でき、延命化できるケースも少なくないと考えられる。

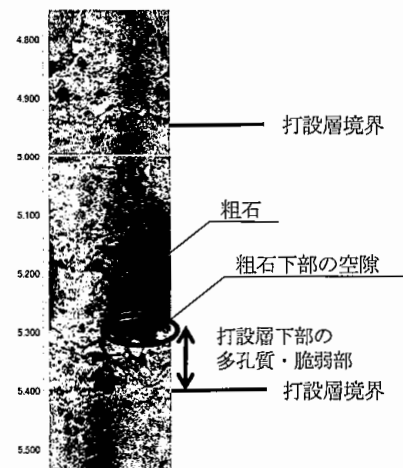


図-3 ボアホール画像からの観察ポイント

引用文献

- 国土交通省砂防部保全課(2014): 砂防関係施設点検要領(案). 138pp.
- 尾関信幸・亀澤奈央(2014): 砂防堰堤におけるコンクリートの施工技術の変遷. 平成26年度砂防学会研究発表会概要集, B-404～B-405
- 尾関信幸・亀澤奈央・永野堅司・稲垣晴紀(2015): 弾性波探査における砂防堰堤の健全性評価手法の新たな提案. 平成27年度砂防学会研究発表会概要集, A-228～A-229
- 尾関信幸 森俊男 星野和彦(2010): 練石積砂防堰堤(粗石コンクリート構造)の特性と重点的な管理・補修施設の選定の考え方. 平成22年度砂防学会研究発表会概要集, p306～207
- 田村義男(1935): 実践砂防講義. p193

アメリカ・ホフマンと諸戸北郎

筑波大学大学院生命環境科学研究科

○西本晴男

1. はじめに

日本では、明治20年代までは学問としての砂防の教育はなされていなかったが、明治20年代に災害が多発したことに加え、明治32年に河合鍾太郎が「ウーンの高等地産学校の学課に倣い砂防工学を日本の山林学校の過程に入れることが必要」と主張した¹⁾ことなどから、明治33(1900)年に東京帝国大学に「森林理水及び砂防工学講座」が設置され物理的な体制が整った。

しかしながら、他分野と同様に日本人で砂防を教えることが出来る者がいなかったことから、当初の教師は外国人を招聘することになった。初代教師として明治34(1901)年1月にドイツ・ミュンヘン大学から雇教師としてカール・ヘフェル(Karl Hefele)が招かれたが、彼は砂防が専門ではなく、日本では十分な実績を残さないまま明治36(1903)年に帰国している²⁾。

続いて明治37(1904)年5月、オーストリアからアメリカ・ホフマン(Amerigo Hofmann、以下「ホフマン」という)が招かれ、明治42(1909)年6月まで東京帝国大学でヨーロッパ・アルプス地方の砂防の知見に基づいた本格的な砂防の講義を行った。ホフマンの日本滞在中は、明治45(1912)年に東京帝国大学砂防講座の初代教授となる諸戸北郎が助教授(明治33年—明治45年の間)として在籍していた。ホフマンと諸戸北郎は協力し合いながら教育研究活動を行い、日本の近代砂防の基盤を確立した。

ホフマンの日本での活動については、「講義内容や業績についてはその資料がほとんど得られていないが、人材育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」³⁾とあるように、ホフマン工学に関するものを除けば明らかになっていない。今回、諸戸北郎博士の業績を研究するなかで、ホフマンに関する新たな知見を得ることが出来た。本論では、ホフマンの砂防における業績について諸戸北郎との関係を交えながら述べる。

2. アメリカ・ホフマンの経歴(東大教師に招聘されるまでとオーストリア帰国以降)

ホフマンは、オーストリアーハンガリー二重帝国時代(1867—1918)の1875年に現在のイタリア北東部トリエスタ市に生まれた。ウィーン農科大学に学び、卒業後1897年にオーストリア政府の森林官となり、1900年—1904年には森林監督官及び砂防工事指揮官として、この間主に砂防工事に携わっていた⁴⁾。折しも、日本が明治37(1904)年に、砂防をドイツ語で講義する教師をオーストリア国内から公募した際⁵⁾、ウーン農科大学の恩師でホフマンの優秀さを認めていたフェルディナンド・ワング(Ferdinand Wang、以下「ワング」という)教授から官僚と大学教官のキャリアを積むためにも無類の経験になるとの助言もあり、ホフマンは東京帝国大学の招聘により同年5月に来日した。時に若干29歳の若さであった。同年秋にはその妻と二人の幼い娘も東京へ旅立っている⁶⁾。

約5年間の日本滞在の後、明治42(1909)年にオーストリアに

帰国し農業省の砂防担当部局に所属していたが、1917年にワングの後をついでウィーン農科大学教授となった。第一次世界大戦敗戦という事柄もあり、1920年にイタリアの国有林担当部局に入り行政に従事し1933年に国有林長官で退職している。その後2年間ローニャ大学で森林溪流管理に関する講義を行い、1936年には「La Sistemazione idraulico-forestale dei Bacini Montani」(山岳地域の治水と森林整備)というタイトルの当該分野で実践的活用可能な初のイタリア語で書かれた教科書を著している⁷⁾。本書の中では愛知県砂防工事も紹介している。

3. 東大教師時代のアメリカ・ホフマンと諸戸北郎

ホフマンは東京帝国大学農科大学林学雇教師として森林理水及砂防工学の講義並にその実習を担当し、明治42年(1909)年6月までの約5年間熱心に学生を指導し、創設間もない森林理水及砂防工学講座の充実に努めた。

彼は講義において、溪流の管理に特に力点を置いて扱った。その講義のかたわら、森林管理の計画立案およびその実行を指揮し、日本全国、韓国、台湾へ視察を頻繁におこなひ、これらの国とその人々に関する深い知識、経済的状況に関する洞察を得て、その森林植生学的・地質学的知識を広げた。こうした活動で得た成果は、日本滞在中にウーン学会誌等に少なくとも9件投稿掲載されており⁸⁾、オーストリア帰国後の1913年には、「Aus den Waldungen des fernenn Ostens」(極東の森林から)というタイトルの著書にまとめ日本の森林・林業・砂防にわたる林学全般の紹介をしている⁹⁾。

当初ホフマンの教師職は、砂防学に精通し講義を担当することができる日本人が輩出するようになる頃までの3年間と定められていたが契約は明治42(1909)年まで延長され、森林理水及砂防工学分野の発展に貢献した。ホフマンがこの期間に残した功績に対し、彼はヨーロッパ出身の大学教師として初めて天皇から勲章である「瑞宝章」を授けられている¹⁰⁾。

ここで諸戸北郎(1873-1951)の略歴にふれる。諸戸北郎は日本における砂防学の最初の教授である。明治32(1899)年東京帝国大学農科大学助教授になり、理水、砂防、測量、利用、林道の授業と道路、測量の学外実習を担当した¹¹⁾。明治42年1月から明治45年6月にオーストリアに留学、帰国後ただちに同教授となり昭和9年3月同大学を退官した。大正4年から大正8年にかけてに5編からなる理水及砂防工学を著し砂防技術の体系化を図るなど、砂防に関する教育研究及び技術について近代砂防を確立した傑出した人物である¹²⁾。

諸戸は助教授としてホフマンの講義のアシスタントをしながら学生と一緒に講義を聴いていた。ホフマンを語る唯一現存する資料ともいえるホフマン工事は、明治37年にホフマンの指導の下に東大林学科学学生川添孝蔵が卒業論文として設計し、愛知県瀬戸市宇印所地内に県土木課で明治38年度に施行したものである¹³⁾。こ

の工事についてはホフマンと諸戸が実地指導に当たり、指導を受けたと川添が述べている⁹⁾。東大の学生指導にあたり地方で実習を行う際には、「明治三十七年七月余は奥国人ホーフマン君と共に、東大學生を指導して木曾に行く途中高崎に一泊したことがある」¹⁰⁾など、ホフマンと諸戸が行動を共にしていたようである。

ホフマンは帰国する明治42年に、大日本山林会の記念大会で講演を行っており、その内容は日本の砂防のあるべき姿について、全国視察の経験をふまえた、砂防施設の調査・計画・設計のみならず林業との関係・組織体制について示唆に富んだものである¹¹⁾。

表1 ホフマンと諸戸の経歴

西暦	年次	諸戸北郎	ホフマン	東京(商学)大学
(1872)明治5年		三重県桑名県生まれ		
(1875)明治8年				
(1887)明治20年	24		現イリノイ州エリス市生まれ	森林法、砂防法公明
(1888)明治21年	25	奈良、大学出陣	ウィーン農科大学卒業、オーストリア帝国林官	
(1889)明治22年	26	林学助産員	科学士官候補	
(1900)明治33年	27		27	林業調査員
(1901)明治34年	28			林学第4期生
(1902)明治35年	29			カール・ヘーフェル博士
(1903)明治36年	30			カール・ヘーフェル博士
(1904)明治37年	31	大曾への学生実習へホフマンに同行	28(5月来日、農科大学林学助産)	卒業論文
(1905)明治38年	32		(森林学及砂防工学講座担当)	
(1906)明治39年	33	1月オーストリア留学出発	34(6月来日、3月オーストリアへ帰国)	ホフマン工業実務
(1907)明治40年	34		10月来日、11月オーストリアへ帰国	
(1910)明治43年	37	8月イリノイでホフマンに面会。 地域のホフマン帰国後の砂防工事多量進捗	38(1月帰国、社会学部助産員教授)	
(1917)明治50年	38	10月帰国、社会学部助産員教授	39(4月帰国、社会学部助産員教授)	
(1918)明治51年	40	4月帰国、社会学部助産員教授	38(鎌原の森より1ドイツ)	郵政講習会設置
(1920)明治53年	42		42(イリノイ農科大学林学助産)	第一次大学大戦開始(一休)
(1921)明治54年	43		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1922)明治55年	44		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1923)明治56年	45	「環水及び砂防工学」5巻発行	42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1924)明治57年	46		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1925)明治58年	47		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1926)明治59年	48		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1927)明治60年	49		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1928)明治61年	50		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1929)明治62年	51		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1930)明治63年	52		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1931)明治64年	53		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1932)明治65年	54		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1933)明治66年	55		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1934)明治67年	56		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1935)明治68年	57		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1936)明治69年	58		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1937)明治70年	59		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1938)明治71年	60		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1939)明治72年	61		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1940)明治73年	62		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1941)明治74年	63		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1942)明治75年	64		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1943)明治76年	65		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1944)明治77年	66		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1945)明治78年	67		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1946)明治79年	68		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1947)明治80年	69		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1948)明治81年	70		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1949)明治82年	71		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1950)明治83年	72		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1951)明治84年	73		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1952)明治85年	74		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1953)明治86年	75		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1954)明治87年	76		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1955)明治88年	77		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1956)明治89年	78		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1957)明治90年	79		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1958)明治91年	80		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1959)明治92年	81		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1960)明治93年	82		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1961)明治94年	83		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1962)明治95年	84		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1963)明治96年	85		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1964)明治97年	86		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1965)明治98年	87		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1966)明治99年	88		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1967)明治100年	89		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1968)明治101年	90		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1969)明治102年	91		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1970)明治103年	92		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1971)明治104年	93		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1972)明治105年	94		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1973)明治106年	95		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1974)明治107年	96		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1975)明治108年	97		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1976)明治109年	98		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1977)明治110年	99		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1978)明治111年	100		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1979)明治112年	101		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1980)明治113年	102		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1981)明治114年	103		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1982)明治115年	104		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1983)明治116年	105		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1984)明治117年	106		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1985)明治118年	107		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1986)明治119年	108		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1987)明治120年	109		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1988)明治121年	110		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1989)明治122年	111		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1990)明治123年	112		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1991)明治124年	113		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1992)明治125年	114		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1993)明治126年	115		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1994)明治127年	116		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1995)明治128年	117		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1996)明治129年	118		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1997)明治130年	119		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1998)明治131年	120		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(1999)明治132年	121		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2000)明治133年	122		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2001)明治134年	123		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2002)明治135年	124		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2003)明治136年	125		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2004)明治137年	126		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2005)明治138年	127		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2006)明治139年	128		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2007)明治140年	129		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2008)明治141年	130		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2009)明治142年	131		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2010)明治143年	132		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2011)明治144年	133		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2012)明治145年	134		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2013)明治146年	135		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2014)明治147年	136		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2015)明治148年	137		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2016)明治149年	138		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2017)明治150年	139		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2018)明治151年	140		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2019)明治152年	141		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2020)明治153年	142		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2021)明治154年	143		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2022)明治155年	144		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2023)明治156年	145		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2024)明治157年	146		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2025)明治158年	147		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2026)明治159年	148		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2027)明治160年	149		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2028)明治161年	150		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2029)明治162年	151		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2030)明治163年	152		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2031)明治164年	153		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2032)明治165年	154		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2033)明治166年	155		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2034)明治167年	156		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2035)明治168年	157		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2036)明治169年	158		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2037)明治170年	159		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2038)明治171年	160		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2039)明治172年	161		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2040)明治173年	162		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2041)明治174年	163		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2042)明治175年	164		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2043)明治176年	165		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2044)明治177年	166		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2045)明治178年	167		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2046)明治179年	168		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2047)明治180年	169		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2048)明治181年	170		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2049)明治182年	171		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2050)明治183年	172		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2051)明治184年	173		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2052)明治185年	174		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2053)明治186年	175		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2054)明治187年	176		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2055)明治188年	177		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2056)明治189年	178		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2057)明治190年	179		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2058)明治191年	180		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2059)明治192年	181		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2060)明治193年	182		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2061)明治194年	183		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2062)明治195年	184		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2063)明治196年	185		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2064)明治197年	186		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2065)明治198年	187		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2066)明治199年	188		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2067)明治200年	189		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2068)明治201年	190		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2069)明治202年	191		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2070)明治203年	192		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2071)明治204年	193		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2072)明治205年	194		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2073)明治206年	195		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2074)明治207年	196		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2075)明治208年	197		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2076)明治209年	198		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2077)明治210年	199		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2078)明治211年	200		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2079)明治212年	201		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2080)明治213年	202		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2081)明治214年	203		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2082)明治215年	204		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2083)明治216年	205		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2084)明治217年	206		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2085)明治218年	207		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2086)明治219年	208		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2087)明治220年	209		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2088)明治221年	210		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2089)明治222年	211		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2090)明治223年	212		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2091)明治224年	213		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2092)明治225年	214		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2093)明治226年	215		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2094)明治227年	216		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2095)明治228年	217		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2096)明治229年	218		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2097)明治230年	219		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2098)明治231年	220		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2099)明治232年	221		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2100)明治233年	222		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2101)明治234年	223		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2102)明治235年	224		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2103)明治236年	225		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2104)明治237年	226		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2105)明治238年	227		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2106)明治239年	228		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2107)明治240年	229		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2108)明治241年	230		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2109)明治242年	231		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2110)明治243年	232		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2111)明治244年	233		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2112)明治245年	234		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2113)明治246年	235		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2114)明治247年	236		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2115)明治248年	237		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2116)明治249年	238		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2117)明治250年	239		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2118)明治251年	240		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2119)明治252年	241		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2120)明治253年	242		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2121)明治254年	243		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2122)明治255年	244		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2123)明治256年	245		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2124)明治257年	246		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2125)明治258年	247		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2126)明治259年	248		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2127)明治260年	249		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2128)明治261年	250		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2129)明治262年	251		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2130)明治263年	252		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2131)明治264年	253		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2132)明治265年	254		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2133)明治266年	255		42(イリノイ農科大学林学助産)	
(2134)明治267年	256		42(イリノイ農科大学林学助産)	

住民主導の土砂災害タイムライン検討ツールの提案

応用地質(株)○大村さつき、三木洋一、北原哲郎、飛田健二
筑波大学大学院 環境防災学講座 西本晴男
防災を考える会ひろしま 原田照美、杉田精司、奥迫信治

1. はじめに

広島県広島市は、土砂災害防止法制定のきっかけとなる大規模な土砂災害が平成 11 年に発生し、平成 26 年にも再度大規模な土砂災害が発生した地域である。大村ほか（2015）において、それぞれ平成 11 年の土砂災害、平成 26 年の土砂災害を受けた河内地区、八木ヶ丘団地区の 2 つの町内会において、住民の避難行動に基づいた土砂災害に対するタイムラインの作成について検討をおこなった。

タイムラインとは、災害が発生することを前提として、自治体や住民などが災害発生前から発生後まで、いつ、誰が、何をするかを時間軸に沿って具体的に記述した防災計画のことである。

本研究検討では、この検討中に生じた課題を解決するため、また、タイムラインの水平展開のため作成した、タイムライン手引き、タイムライン作成ツールについて報告する。

2. 住民主体でタイムラインを作成する際の課題

タイムライン検討にあたり、地域住民及び安佐南区、広島県と言った行政側へのヒアリングを実施した。住民側では、災害がイメージできない、減災となる活動をしたが何をしたらいいかわからない、逃げるタイミングが分からないといった声があった。

・また、行政サイドへのヒアリングでは、住民側がどんな情報をほしがっているのかを知りたいといった意見や、同じ事柄についても住民側と行政側での考え方が異なるパターン、住民側に有益であるにもかかわらず、住民側では知られていない行政側の動きがあるといったことが確認された。

このため、住民が
いかに災害を自分の
事として実感し、そ
れに対する行動を理
解、納得したうえで
主体的に動いてもら
うかということ、ま
た、現状から、いか
に住民と行政機関と

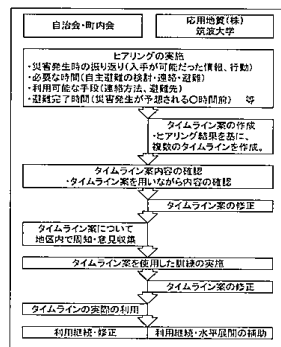


図1 タイムライン作成フロー

の連携体制を構築するかが課題であった。

そこで、タイムライン作成において以下の項目について取り扱い、最終的にタイムライン作成の手引きとして取りまとめた。検討過程を以下に示す。

3. 課題の解決方法

3. 1 予備知識

まず、住民にいかにか災害についてイメージしてもらうかという点を検討した。災害を経験していない住民はもちろん、被災した住民も、災害発生時に、どんな状況の下、どんな情報が発信され、どんな現象が起きたのかについては、時系列に沿って認識することは難しい。

そこで災害の特徴を知ってもらうため、災害時の時系列、災害後の時系列を作成し、いつ雨が強くなったのか、行政からはどんな情報が出ていたのか、地域でどんな現象が起きていたか等について確認した上で、自分ならどの時点でどんな行動をするかを検討してもらう事とした。

[illegible]

図2 作成した広島災害の時系列の一部

3. 2 情報収集

次に、どんな情報が出ているのかが分かったところから、それらの情報をいかに入手するかという点が課題となった。対象とした地域では、平均年齢も高く、インターネットによる情報収集が一般的ではない状況であった。そこで、情報収集が可能なホームページの探し方について、実際にパソコンを立ち上げながら確認を実施した。一旦、検索の方法や、ホームページが確認できると、その後はそのホームページを利用して地域の防災・減災の取り組みが実施されていた。

また、ヒアリングの際、ネットは普段使わないが、テレビのデータ放送は利用しているという声があった。そこで、情報源としてデータ放送を提案した。広島市では、

NHK がデータ放送で土砂災害危険度情報も配信している。インターネットに対し、苦手意識がある集団に対しては有効な手段であると考えられる。

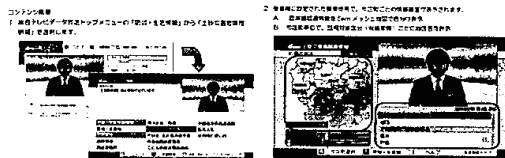


図3 広島市 NHK のデータ放送 (NHK 広島放送局 HP)

3.3 避難行動

避難行動の検討においては、いかに避難にかかる時間のイメージを具体的にしてもらうか、いかに近くに避難所を確保するかという課題が生じた。このため、避難行動の検討においては、避難に関する行動を、「判断する」「連絡する」「避難する」の3段階に分け、それぞれにおいて具体的な内容をイメージしてもらい、どれだけ時間がかかるかを検討してもらった。これにより、連絡する時間の短縮の為、連絡網を作成する工夫や、地域のメールシステムを使用するという方法が取られている。

また、避難所の問題については、自治会自ら、近くの堅牢な建物（マンションや民間施設）と協定を組むことで解決する形となった。この協定の手法は都市型災害では生産源と住宅地の距離が近い為、近くの安全な場所の確保し、異常時に早目に避難をおこなうという観点でも有効である。

3.5 活動継続、水平展開

活動継続、水平展開の要望を受け、タイムライン作成の手引きを作成した。

手引きでは、これまでのタイムライン作成の中で使用した、災害の時系列を示し行動を考えるシートや、情報収集の仕方を考えるシート、避難行動にかかる時間を、具体的に考えるための検討シート等をワークシート形式で示し、自己学習形式で、タイムラインが作成できる形とした。手引き作成に関するヒアリングでは、地域事情を反映したタイムラインだけでなく、最終的には個人の事情も反映した家ごとのタイムラインも必要であるとの意見もあった。このため、地域だけでなく家族で避難行動計画を考える際に使うことも考慮して作成した。

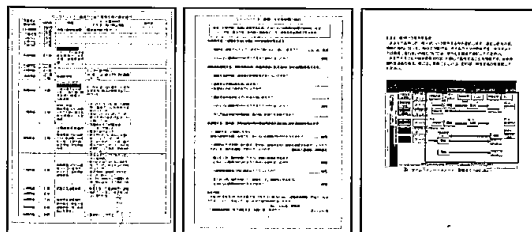


図4 手引き内の検討シート

また、タイムラインの検討の中で、作成にはPCソフトを使用して作成していた。完成後、作成データをそのまま提供し、その後も活用してもらうことを考えていた。しかし、データの修正にあたり「使いにくい」「わかりにくい」という意見、また、作成したタイムラインは、結果的に情報過多の状態になってしまったため、「もっとシンプルな形から検討したい」という意見もあった。

PCソフトによる計画の作成は、個人が一人で作業するには便利であるが、地域の会議のなかで検討するには、扱いにくいと考えられる。

そこで、ホワイトボードとマグネットを利用し、簡易的なタイムライン作成ツールを作成した。これは、タイムラインの枠のみホワイトボードに張り付けたものと、情報（注意報、警報）、担当者（自由記載）、情報を伝えるツール（電話、メール等）といった内容のマグネットをセットにしたものである。作成者は、いつ、だれが、何をするのかを時系列に沿って、マグネットを貼っていき、矢印でつなげばタイムラインが完成する。マグネットであるため、変更も張り替えだけで簡単にできる。また、A3サイズホワイトボードを利用しているため、一般的な店舗のコピー機で複写が可能である。

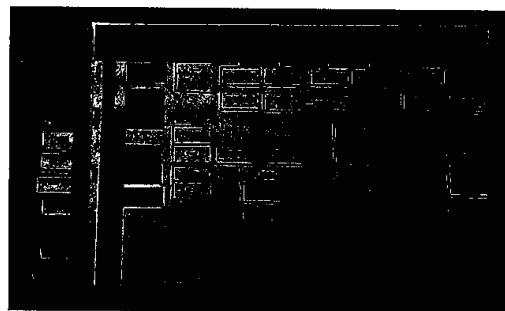


図5 作成したタイムライン作成ツール

4. まとめ

住民主導の形でタイムライン作成を実施した結果、実施した地域のほうから、タイムラインを継続して検討していきたい、他地域でも使ってもらいたいという要望を頂き、使用するツールの検討を行う形となり水平展開に貢献できた。作成したツールを使用して地域だけで取り組みが継続できるかどうかについては、今後の状況確認と、状況に応じたツールの改善検討も必要である。

参考文献

- ・大村ほか (2015)：住民主導の土砂災害に対するタイムライン検討事例、平成 27 年度砂防学会研究発表会概要集。
- ・NHK ONLINE 広島放送局 HP：くらしと安全

災害対応に関する作業能率の推定モデル

筑波大学大学院生命環境科学研究科 ○照沼利浩

国立研究開発法人 土木研究所 水野秀明

筑波大学大学院生命環境科学研究科 西本晴男

1. はじめに

深層崩壊の発生に伴う天然ダムの形成時等、被害が甚大かつ広範囲に及ぶ恐れがある災害発生時には、防災組織は可能な限り迅速に災害対応に当たる必要がある。災害対応を短時間かつ正確に実施するために、防災組織では定期的に訓練を実施しているが、その効果が漠然としているのが課題となっており、作業の進捗状況（作業にかかった時間）をもとに、訓練の効果を定量的に評価する手法の開発が求められている¹⁾。

しかし、災害対応に関する作業には次のような特徴がある。一つ目として、作業ネットワークの各作業にかかる作業時間は確定的な一つの値ではなく、幅広く分布する。二つ目として、災害の発生情報が同時または断続的に防災組織に届き、その到着時間間隔は非定常である。このような特徴を考慮して定量的に評価した研究事例はこれまで存在しない。そこで、本研究では、前述の特徴を考慮した、災害対応における作業能率を推定する数理モデルを開発するとともに、国土交通省が実施する緊急調査の中の「土砂災害緊急情報の作成」を対象として作業能率の値を明らかにすることを目的とする。さらに、開発した数理モデルを実際の訓練で得られたデータに適用して、数理モデルの精度を検証する。

2. 作業能率を推定するモデル

2.1 モデルの基本理論

本研究で提案する数理モデルは、コルモゴロフの前進方程式に基づいた確率過程の簡易式により、作業が完了する時間を求めることで作業能率を推定するものである。既報²⁾では一つのパスで行う作業の進捗を推定する数理モデルを示したが、例えば河道閉塞に関する土砂災害緊急情報の作成のように、実際には幾つかの異なる作業を行う場合が多いため、複数のパスで構成される作業ネットワークに対応した数理モデルが必要となる。

そこで、本研究では、作業ネットワークにおける各パスは互いに独立な作業要素によって構成されていると考え、それらの作業要素に対して直交空間である x_i 軸 ($i=1,2,\dots$) を設定する。また、各パスは x_i 軸の合成で構成されていると考えることができ、その方向を m_i 軸 ($i=1,2,\dots,n$) とする。 m_i 軸上の数値は、 i 番目のパス上で対応している災害の数とする。ここで、時刻 T において、 i 番目のパス上で“ある状態”（対応して

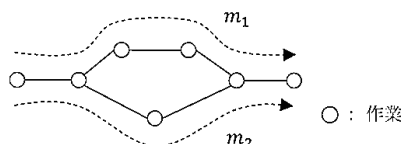


図1 作業ネットワークにおけるパスの考え方

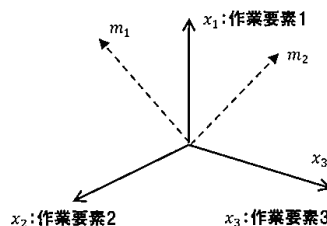


図2 x_i 軸と m_i 軸の模式図

いる災害数) となる確率 P が、マルコフ過程およびパラメータ μ_m および λ_m によって変化する確率過程を仮定した。なお、パラメータ μ_m を災害対応に関わる作業を処理する割合「処理率」、 λ_m を処理した結果が何らかの誤りを含んでいた場合の手戻りの割合「手戻り率」とした。

2.2 確率過程の定式化

2.1 で示した仮定に基づき確率の変化量を定式化すると、コルモゴロフの前進方程式が得られ、さらに差分法を用いれば n 次元のマスター方程式に近似することができる。なお、 μ_m と λ_m は時刻 T に独立と仮定する。

$$\frac{\partial P}{\partial T} = \sum_k \left[(\lambda_{m_k} + \mu_{m_k}) \frac{(\Delta m_k)^2}{2} \cdot \frac{\partial^2 P}{\partial m_k^2} - (\lambda_{m_k} - \mu_{m_k}) \Delta m_k \cdot \frac{\partial P}{\partial m_k} \right] \dots \dots (1)$$

k は $1,2,\dots,n$ である。ここで、

$$a_{mk} \equiv (\lambda_{m_k} - \mu_{m_k}) \Delta m_k \dots \dots (2)$$

$$b_{mk} \equiv (\lambda_{m_k} + \mu_{m_k}) \frac{(\Delta m_k)^2}{2} \dots \dots (3)$$

とおけば、式(1)は以下のように変形できる。

$$\frac{\partial P}{\partial T} = \sum_k \left[b_{mk} \cdot \frac{\partial^2 P}{\partial m_k^2} - a_{mk} \cdot \frac{\partial P}{\partial m_k} \right] \dots \dots (4)$$

式(4)は、作業を実施している確率が、 b_{mk} の速度で拡散するとともに、 $-a_{mk}$ の速度で移流することを意味する。作業能率は作業の処理速度と考えることができるため、パラメータ $-a_{mk}$ （移流項の係数）の値を、作業能率と定義した。

マスター方程式は、 m_i 軸上の初期地点 m_{k0} （災害数）から、作業終了地点（ $m=0$ ）に向かって確率密度が拡散する動きを示し、作業終了地点を通過した確率密度の積分値が、時刻 T において作業が完了する確率 $P_{\text{Compl.}}(T)$ を意味する。 $P_{\text{Compl.}}(T)$ は Williams-山内の式³⁾を用いれば、その時間変化を以下の式で求めることが可能である。

$$P_{\text{Compl.}}(T) = \prod_k \left[\frac{1}{2} \left\{ 1 - \sqrt{1 - e^{-\frac{(a_k t + m_{k0})^2}{\pi t b_k}}} \right\} (-a_k t + m_{k0}) < 0 \right] \cdots (5)$$

$$= \prod_k \left[\frac{1}{2} \left\{ 1 + \sqrt{1 - e^{-\frac{(a_k t + m_{k0})^2}{\pi t b_k}}} \right\} (0 \leq -(a_k t + m_{k0})) \right]$$

3. 作業能率の推定

作業能率の推定対象は国土交通省が実施する緊急調査の中の「土砂災害緊急情報の作成」とした。ただし、実災害での緊急調査の事例は少ないため、直轄事務所で実施しているロールプレイング型防災訓練での行動記録を利用した。収集事例は 9 事例であり、緊急調査の「 m_1 :天然ダムによる湛水区域の推定」および「 m_2 :天然ダムの決壊時期の推定」作業を対象とした。

各作業についてモデルによって求めた作業時間の確率分布の計算値と、訓練データから算出した確率分布の実測値との残差二乗和が最少となるパラメータ $a_{m1}, a_{m2}, b_{m1}, b_{m2}$ を求めた。表 1 は求めたパラメータの値である。

図 3 は訓練で計測した値と表 1 に示した数値を式(5)に代入して求めた曲線を示したものである。訓練では「 m_1 :天然ダムによる湛水区域の推定」作業および「 m_2 :天然ダムの決壊時期の推定」作業のそれぞれの開始時刻と終了時刻を記録した。作業ネットワークの開始時刻は 2 つの開始時刻のうち早い時刻とし、作業ネットワークの終了時刻は 2 つの終了時刻のうち遅い時刻とした。作業を完了させるのに要する時間は作業ネットワークの終了時刻から開始時刻を差し引いた時間とした。作業を開始させるのに要する時間は図に示したように滑らかな曲線状に並んでいるわけではなく、2,500 秒から 3,700 秒の間で段が生じていた。式(5)で求めた曲線は計測した値と比べて 0 秒から 2,500 秒までの区間で低く、3,700 秒より長い区間で高くなった。

4. 考察

既報¹⁾で報告したように 2 つの作業ネットワークを別々に求めた際にはよい精度で再現できたが、多次元の数理モデル（式(5)）の曲線は計測値とずれることが分かった。収集した資料からは 2 つの作業が必ずしも同時に始まったわけではなく、また、作業の担当者が 2 つの作業以外の作業を行った可能性もある。そのため、2 つの作業を完了させるのに要した時間を同じ品質で

表 1 作業 $m_1 \cdot m_2$ のパラメータ

作業	a	b	残差二乗和
m_1	-0.00041010	0.00000823	0.0253
m_2	-0.00048700	0.00001100	0.1609

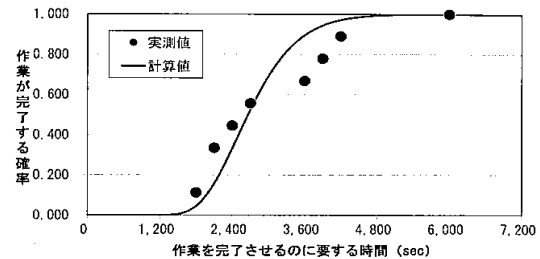


図 3 作業時間の確率分布（二次元）

計算できなかった可能性がある。本報告を執筆している時点では、計測した値と式(5)の間の乖離の原因を解明できていないが、今後、前述のような視点で計測値を再度精査したいと考えている。

5. 結論

本研究では、災害対応に関する作業の進捗状況をもとに、その作業能率を評価する数理モデルを開発した。また、国土交通省が実施する「土砂災害緊急情報の作成」に関する訓練をもとに、作業能率の値（数理モデルのパラメータの値）を以下の通りに算定した。

【作業 m_1 】 作業能率：-0.00041010

処理率 $\lambda = 0.5505$ 、手戻り率 $\mu = 0.4495$

【作業 m_2 】 作業能率：-0.00048700

処理率 $\lambda = 0.5519$ 、手戻り率 $\mu = 0.4481$

複数パス（2 パス）での数理モデルの適用性を検証した結果、実測値とのかい離が見られる結果となった。その原因については、今後解明する予定である。

6. 謝辞

防災訓練の行動記録に関するデータは、国土交通省の地方整備局からご提供いただきました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 永吉修平、杉本宏之、國友優、水野秀明(2015): 大規模火山噴火に対応した実践的な緊急減災対策砂防に関する研究.
- 2) 照沼利浩、水野秀明、西本晴男(2015): 災害対応に要する時間の推定モデル, 平成 27 年度砂防学会研究発表会概要集, p.A246-A247.
- 3) 山内次郎(1972): 統計数値表 JSA-1972. 財団法人日本規格協会, 参考 p.6.

有限体積法による湾曲部及び合流点における水面形の再現

筑波大学大学院生命環境科学研究科 ○江藤稚佳子
国立研究開発法人土木研究所 水野秀明

1 はじめに

数値計算は土砂災害対策の中で重要な役割を担うようになってきた。山地流域の溪流が湾曲や合流、湛水地といった複雑な形状であるため、数値計算ではそのような複雑な地形でも精度を保つ必要がある。湛水地での静水や流水に適応できる数値モデルは各々提案されてきているものの、同一の数値モデルで静水や流水の状況を適切に計算できるかという点（適用性）や水路模型実験や実際の溪流における現象を再現できるかという点（再現性）が明らかになっていない。そこで、本研究では、様々な状況における水と土砂の動きを高精度で予測できる数値計算の手法の開発を目標として、2次元浅水方程式を有限体積法で離散化した水理モデルを用いて水路模型実験の再現計算を行い、台形断面の湾曲部の偏流や合流部のせき上げと跳水への適用性と再現性を明らかにすることを目的とした。

2 数値モデルの概要

数値モデルは2次元浅水方程式を有限体積法で離散化したものとした（Ankai et al., 2014）。変数の設定方法は計算要素内の水深が線形で分布する「線形補間法」（水野ほか, 2016）を採用した。すなわち、(1)計算要素内の水面の勾配が境界に作用する静水圧とつりあう、(2)計算要素内の堆砂の表面が平面であると仮定し、計算要素の領域 S 内の水深 $\bar{h}$ が

$$\iint_S \nabla \left(\frac{1}{2} g \bar{h}^2 \right) dS \equiv \int_C \left(\frac{1}{2} g h_c^2 \right) \bar{n} dC \quad \cdots \text{式(1)}$$

を満たすように分布するとした。ここで、 S ：水平面（xy平面）上で固定した領域（計算要素）、 C ：計算要素を囲む閉曲線、 g ：重力加速度[m/s²]、 $\bar{h}$ ：計算要素内の水深[m]、 h_c ：閉曲線 C 上の水深[m]、 $\bar{n}$ ：曲線 C 上の微小線分 dC に対して垂直で外向きの単位ベクトルである。また、速度ベクトルは計算要素内で均一である。ただし、底面摩擦ベクトルの回転（rot）の値が必ずしも0でないため、計算要素内の渦度は常に0とは限らない。本研究では渦度が大きくないと仮定し、水深が線形で分布しているものとして扱った。なお、計算精度を比較するために、セルアベレージ法でも計算を行った。

3 水路模型実験の再現計算

3-1 水路模型実験の概要

実験では、2つの流路の上流端から給水装置を用いて同時に給水を開始し、図中の3断面で水深計測装置を用いて水深を計測した（図-1）。水路模型は地形条件が計算精度に影響を与えないように、地形条件に用いるTINに従って厚さ0.10mの樹脂を削り出して作成した。流路Aの給水装置は径を3つ（φ13mm, φ20mm, φ30mm）を準備した。流路Bの給水装置はφ13mmの1つを準備した。図-2に給水装置から供給される水の量の時間変化を示した。

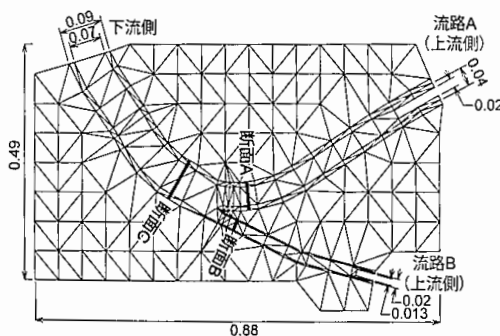


図-1 計算要素と計測断面（φ20mmの場合）

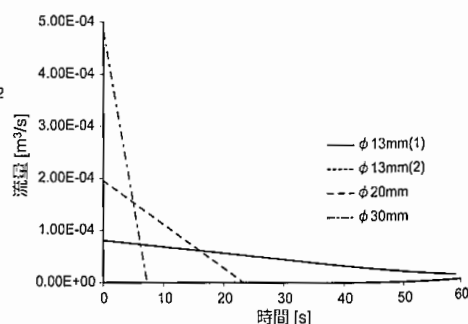


図-2 給水装置の水量の時間変化

3-2 再現計算の結果

流路A及びBの上流端から供給した水の水深は、給水装置の出口の内径の断面積を直径で除した値で一定とした。速度は図-2の流量を給水装置の出口の断面積で除して計算した。その水深と速度より水深と単

位幅流量を計算し、境界条件として与えた。粗度係数は実験結果より得られた 0.01 を採用した。

図-3 は、 $\phi 20\text{mm}$ の場合の $t=10\text{s}$ における水位、図-4 は各計算要素の速度ベクトルを示したものである。水位は横断の底面からの高さとした。線形補間法を用いた場合、流路 A の湾曲部では、水面形が内湾側に比べて外湾側で高くなった。速度ベクトルは流路部と側岸部共に流心線とほぼ平行な向きになり、流路部に比べて側岸部で小さくなった。また、合流点の流路 B ではせき上げと跳水を計算できた。水位の実験結果と計算結果を比較すると、流路 B では両者が概ね一致するものの、その他の断面では計算結果が実験結果に比べて高くなった。これは、線形補間法を用いた場合に等流状態での粗度係数を用いると底面摩擦係数が大きくなるためである。そこで、実験結果を概ね再現できる粗度係数を試行錯誤して求めたところ、値は 0.004 となり、実験結果に比べ低い値であることが分かった。セルアベレージ法を用いた場合、水面形は階段状となり、水位は湾曲部の外湾側で水路の側岸より高くなった。速度ベクトルは流路部で流路の流心線と平行になるが、側岸部で斜面の勾配と概ね平行となった。水位の実験結果と計算結果を比較すると、流路 A 及び B 共に流路部で概ね一致するが、側岸部で 2 倍以上高くなり、再現性が低くなった。以上のことから、線形補間法を用いた数値モデルは、台形断面の湾曲部での偏流や合流部周辺でのせき上げと跳水に適用でき、その水面形を精度良く再現できることが分かった。

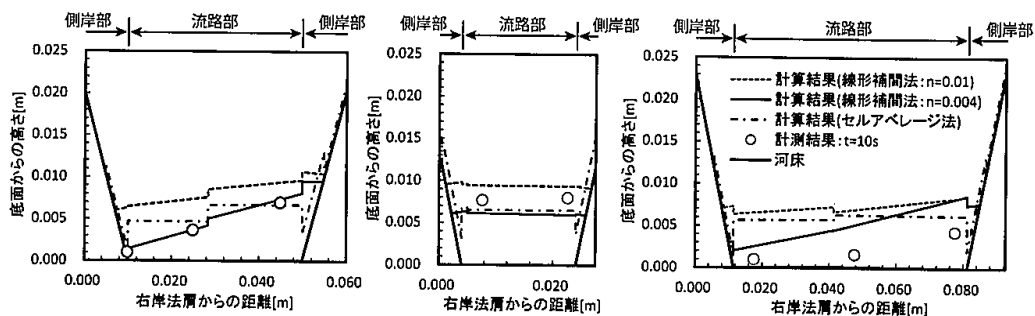


図-3 水位の実験結果と計算結果の比較 (左：断面 A，中央：断面 B，右：断面 C)

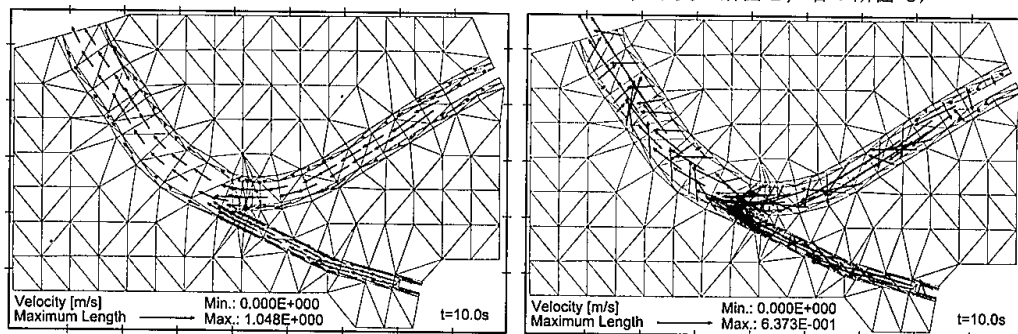


図-4 速度ベクトル (左：線形補間法，右：セルアベレージ法)

4 おわりに

本研究では、計算要素内の水深が線形で分布する線形補間法を用いた場合、湾曲や合流を持つ流路における水深や速度ベクトルの計算へ適用でき、その水面形の変化を概ね再現できることが明らかとなった。また、底面摩擦係数が再現性に影響を与えることが分かった。今後の課題として、粗度係数の設定方法の検討を行い、水面形の再現性を向上させると共に、侵食・堆積モデルの検討を行い、実際の土石流現象へ適用してその再現性を明らかにしていきたい。

引用文献

- Ankai T., Mizuno H. and Sekine T. (2014): Numerical analysis of blockage in a channel work by stony debris flow, The 5th International Workshop on Multimodal Sediment Disaster, p.49-56
- 水野秀明・関根 敬・江藤雅佳子・倉本和正 (2016)：静水状態を考慮できる有限体積法による段波の再現，日本シミュレーション学会論文誌，Vol.8，No.1，p.13-20

丹沢流域における歴史的砂防工事と現況

筑波大学大学院生命環境科学研究科 西木 晴男

○吉田 喜高

阿部 拓実（現：応用地質㈱）

東京大学名誉教授

鈴木 雅一

神奈川県自然環境保全センター

内山 佳美

神奈川県西地域県政総合センター

内山 豊

1. はじめに

神奈川県丹沢地域においては、関東大震災で多数の崩壊地が生じ流域が荒廃したことから、土砂災害を防止・軽減するための砂防工事と治山工事が重点的に実施された。東京大学森林理水及び砂防研究室には昭和初期の丹沢地域の堰堤等を撮した諸戸北郎博士（東京帝国大学森林理水及び砂防工学教室教授）の写真や当時の学生であった鹿庭清美氏の実習報告書¹⁾が残されているほか、砂防協会の会誌「砂防」において諸戸博士が複数回にわたり丹沢地域を訪れた際の旅行記が発表されており、工事にあたり諸戸博士が指導・助言した可能性がある²⁾³⁾⁴⁾。

本稿では、丹沢地域西部に位置する酒匂川水系世附川左支溪である水ノ木沢及び大又沢の流域（図-1）において当時施工された堰堤の効果とその周辺状況の変化について、既往資料と現地調査を踏まえて考察を行った。

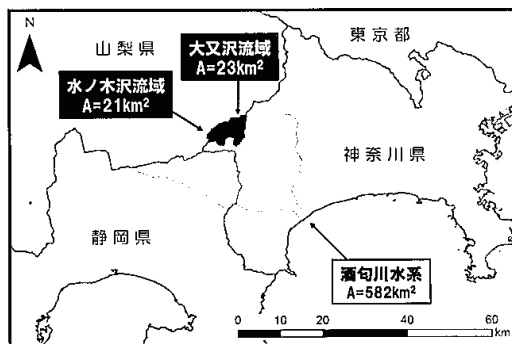


図-1 水ノ木沢、大又沢流域位置図

2. 関東大震災と丹沢地区の土砂災害

大正12年の関東大震災においては、丹沢地域一帯に崩壊地が生じ、「震災復舊砂防工事」（帝室林野局五十年史において使用している名称）が実施された。世附事業区では、昭和2年～昭和10年の間に、山腹工292.5ha、堰堤33基が施工された⁵⁾。

諸戸写真においては堰堤上流の林相が貧弱であることと、関東大震災により多くの崩壊地が発生していることを確認できる（写真-1）。現在は良好な林

相と安定した溪流状況にあり、その後の砂防事業、治山事業による施設整備と相俟って効果を発現している。



写真-1 諸戸博士の写真にみる山腹の崩壊状況
（左：水ノ木沢2号堰堤、右：水ノ木沢3号堰堤）

3. 現地調査及び考察

平成27年12月には水ノ木沢流域を、平成28年3月には大又沢流域を対象に現地調査を実施した。調査結果と考察について以下に述べる。

- ① 現地では17施設（表-1、図-2）を確認した。これらは昭和2年～同8年に竣工したものであり、このうち10施設については諸戸博士及び鹿庭氏の写真が残されている。
- ② 大部分の堰堤では損傷がほとんどなく、ほぼ施工時の状況を保っているが、金山沢3号堰堤と内務省栗ノ木平堰堤は水通し部の一部石材が欠落している。
- ③ 堰堤の下流法勾配はすべて2分であった。大正5年に諸戸博士がその著書「理水及砂防工学工事編」で下流法勾配を2分にすることを推奨したが⁶⁾、しばらくの間は従前の1割より緩勾配のままであった。諸戸博士が昭和6年の論文で2分勾配のものが多くなったことを述べており⁷⁾、今回調査した堰堤は、急勾配になるさきがけ的なものであったと考えられる。
- ④ 袖部の左右岸いずれかの積石表面には竣工年、堰堤名が刻字されている。（写真-2）
- ⑤ 金山沢6号堰堤及び金山沢7号堰堤の2基は空石積で、他の堰堤は練石積である。
- ⑥ 袖部の立ち上がり勾配については、14基の堰堤が1割勾配であるが、昭和7・8年に竣工した4基は2割勾配となっている。このほか、内務省笹小屋堰堤では曲線状の袖部立ち上がりとなっている。

表-1 水ノ木沢、大又沢流域の堰堤一覧

No.	位置	堰堤	竣工	写真の存在	堤高 [m]	天端幅 [m]	構造	植樹立上 り勾配
1	A	金山沢1号	S2.6	—	—	—	桧石積	1割
2	B	金山沢2号	S2.6	—	—	—	桧石積	1割
3	C	金山沢3号	S2.7	諸戸S7撮影	—	1.6	桧石積	1割
4	D	金山沢4号	S2.7	諸戸S5,S7撮影	4	2.0	桧石積	1割
5	E	金山沢6号	S2.7	諸戸S5撮影	4	1.9	空石積	1割
6	F	金山沢7号	S2.9	—	4	2.0	空石積	1割
—	—	水ノ木沢1号	S2	諸戸S5撮影	4	—	桧石積	1割
7	G	水ノ木沢2号	S2.10	諸戸S5撮影	5	1.5	桧石積	1割
8	H	水ノ木沢3号	S2.10	諸戸S5撮影	6	2.2	桧石積	1割
9	I	水ノ木沢	S8.9	—	—	—	桧石積	2割
10	J	法行沢1号	S7.9	鹿庭S7撮影	—	2.0	桧石積	2割
11	K	法行沢2号	S7.10	鹿庭S7撮影	—	2.0	桧石積	2割
12	L	白石沢1号	S5.9	諸戸S7撮影	—	1.6	桧石積	1割
13	M	白石沢2号	S5.9	諸戸S7撮影	—	1.6	桧石積	1割
14	N	白石沢1号	S5.10	諸戸S7撮影	5	1.7	桧石積	1割
15	O	大又沢	S8.8	—	—	—	桧石積	2割
16	P	笹小屋・内務省	S4.8	関東地建S39撮影*	13	2.5	桧石積	曲面
17	Q	栗ノ木平・内務省	S6.8	関東地建S39撮影*	11.3	1.9	桧石積	1割

注1 堤高は諸戸博士の写真の説明内容や関東地建資料⁸⁾⁹⁾に基づき

明らかなものを記した。

注2 天端幅は現地調査で計測可能であったものについて結果を記した。

注3 水ノ木沢1号堰堤は航空写真や林道上から確認できず、埋没している可能性がある。

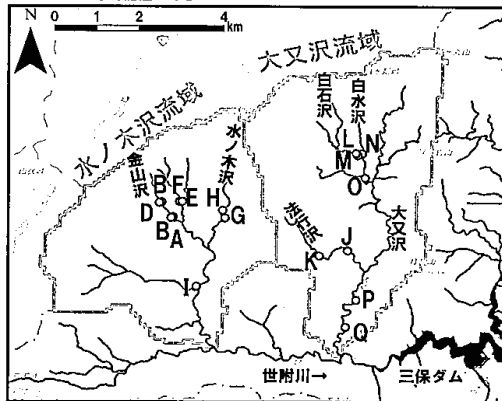


図-2 調査実施堰堤位置図

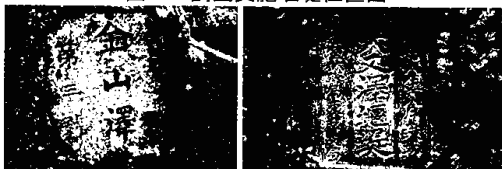


写真-2 竣工年、堰堤名を記した刻字

- ⑦ いずれの堰堤においても水抜き暗渠は複数設けられている。
- ⑧ 金山沢・水ノ木沢の昭和2年竣工の堰堤には長径1m超の石材が利用されている。一方、水ノ木沢堰堤、法行沢1・2号、白石沢1・2号、笹小屋、栗ノ木平堰堤には長径50cm程度の石が利用されている。
- ⑨ 現況と諸戸写真を比較すると、溪流の安定化により周辺の樹木・植生が繁茂していることがわかる。(写真-3)

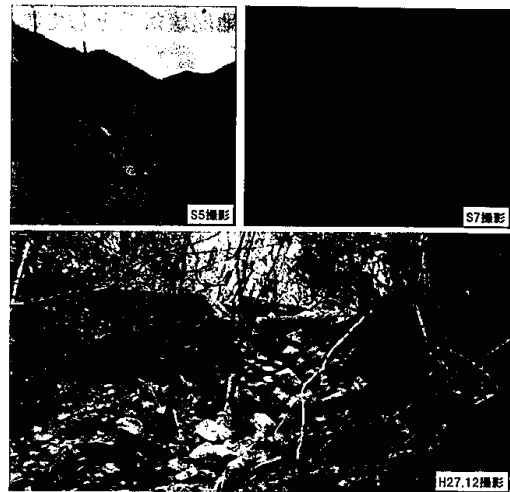


写真-3 金山沢4号堰堤の比較

4. おわりに

本稿では丹沢地域における堰堤の効果とその周辺状況の変化について述べた。これらの堰堤は竣工から80年以上経過してもなお機能(渓床勾配の緩和、山脚固定等)を維持しており、当該流域における土砂災害防止に効果を発揮している。

なお、現地調査の実施にあたっては、関東森林管理局東京神奈川森林管理署にお世話になった。

参考文献

- 1) 鹿庭清美(1932): 丹沢世傳御料林世附事業区砂防工事實行ニ就テ, pp.102
- 2) 度山(1930): 昭和五年五月相州丹澤御料林視察旅行日記, 砂防12号(砂防協會), p.28-36
- 3) 度山(1932): 昭和七年初夏の丹澤及箱根御料地砂防工事調査旅行日記, 砂防25号(砂防協會), p.32-35
- 4) 度山(1934): 丹澤御料地視察日記, 砂防37号(砂防協會), p.39-41
- 5) 帝室林野局(1939): 帝室林野局五十年史, 帝室林野局, p.795, p.806
- 6) 諸戸北郎(1917): 理水及砂防工学工事編, 三浦書店, p.147
- 7) 諸戸北郎(1931): 砂防工事の回顧, 山林582号, 大日本山林会, p.41
- 8) 建設省関東地方建設局(1965): 管内砂防事業概要(構造物編) 早川・花水川・酒匂川流域 酒匂川筋, pp.32-84
- 9) 建設省関東地方建設局京浜工事事務所(1968): 酒匂川水系直轄砂防事業誌, pp.162

写真比較による多摩川上流部における荒廃状況の変遷

筑波大学大学院生命環境科学研究科 西本 晴男

東京大学名誉教授 鈴木 雅一

○筑波大学大学院生命環境科学研究科（現 応用地質株式会社） 阿部 拓実

1 はじめに

明治期の多摩川上流域は、盗伐、開墾、焼畑などによって山地の荒廃が進んでいた。このため、東京府（当時）は給水の安定化のために1901年から水道水源林の経営に着手した。1907年8月の豪雨により水源林に被害が発生したことから、東京府は荒廃した水源林を復旧するために、1912年に東京帝国大学教授諸戸北郎林学博士に水源林の砂防工事の調査を嘱託した¹⁾。

諸戸北郎博士のアルバム（東京大学森林理水及び砂防工学教室所蔵）および東京都水道歴史館所蔵の写真には、明治末～昭和初期の山地の荒廃状況を写した貴重な写真が残されている。本研究では、これらの地上写真に加えて、国土地理院の航空写真と旧版地形図の地図記号から、東京都水源林内の山梨県旧丹波山村（現塩山市）落合集落周辺の山地の荒廃状況の変遷について分析を行った。航空写真については鈴木（2002）で用いられている簡易オルソ化の手法によって時期の異なる写真の同一地域を対比した。

なお、諸戸北郎博士は砂防協会の機関誌「砂防」の中で、東京都水道水源林内で行われた溪流に係わる工事について「砂防工事」と記していることから、本稿でも「砂防工事」と記した。

2 対象地域の概要

1) 対象地域

対象とした地域は、東京都水道水源林の最上流部にあたり、東端が山梨県旧丹波山村（現塩山市）落合集落、西端が倉掛尾根に位置する約21km²の山地である（図1）。

2) 落合集落周辺の荒廃状況

1900年に荒廃調査を行った本多静六林学博士は、「水源地の森林状態は甚だ危機にひんしており、その経営を怠れば、東京市の飲料水および農業用水の不足、土砂の流出、洪水のはらん等による国土保全に由々しき大事となることが明白である」³⁾と述べており、著しく荒廃していたことが伺える。

東京都水道水源林における土砂災害としては、1907年および1910年の豪雨災害、1923年関東大震災、1947年カスリン台風、1948年アイオン台風、1987年台風10号によるものがある⁴⁾。この他にも戦時中は砂防工事がほとんど行われなかったことに加え森林の乱伐により、荒廃は著しいものであった⁴⁾。

3 地上写真による明治末期～大正初期の山地状況

図2は、地上から落合集落周辺の山地状況を撮影した3時期の写真であり、現在の東京都水道局水源管理事務所の落合出張所付近から、柳沢川の上流を展望している。1913年撮影の写真（東京都水道歴史館提供）では、写真左奥の尾根にわずかに木が生えているものの柳沢川の兩岸の山腹には木がほとんどなく、はげ山となっている。1915年より砂防工事が着手され、堰堤、筋工、植栽工の工事が進められた。1927年撮影の写真（東京都水道歴史館提供）では、山地は樹木で覆われており、砂防工事の効果が現れていることがわかる。2014年撮影の写真では木々が成長し、緑が繁茂している。

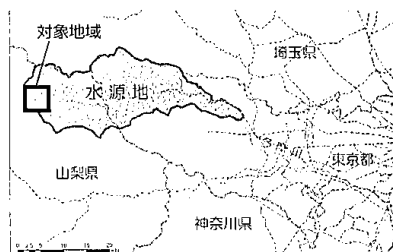


図1 対象地域の位置図



1913 年撮影

1927 年撮影

2014 年撮影

図2 落合集落周辺の山地状況の変化

4 地形図と航空写真による 1910 年から 2000 年の山地状況の比較

1910 年から 1997 年測量の 4 時期の地形図と 1947 年から 2000 年撮影の 5 時期の航空写真を対比した (図 3)。

- 1) 1910 年測量の地形図では、柳沢川の兩岸と倉掛尾根に沿って荒地の記号が広範囲に示されており、図 2 で示した 1913 年の地上写真と山地の荒廃状況がほぼ一致している。植生記号はほとんどが広葉樹である。
- 2) 1947 年および 1948 年の航空写真では倉掛尾根には裸地が広がっている。一方で柳沢川兩岸の山腹は植生で覆われており、広範囲にわたる裸地の存在は写真からは判読できない。1947 年および 1948 年の航空写真はそれぞれカスリン台風 (9 月 16 日) とアイオン台風 (9 月 16 日) の被災後に撮影されたものであり、それぞれの写真には崩壊地がみられる。
- 3) 水源林では 1956 年より経済性の乏しい広葉樹林を経済性に優れた針葉樹林に切り替える拡大造林が進められていた⁵⁾。1972 年の航空写真では広範囲に植栽が行われていることがわかる (写真中の色の明るい範囲)。1973 年測量の地形図では 1910 年の地形図と比べ、広葉樹が減少し、針葉樹が増加している。
- 4) 1987 年の航空写真では、1972 年の写真と比べ崩壊地が増加しており、特に人工林内に多い。この崩壊地は、1982 年の台風 10 号による大雨 (連続雨量 600mm, アメダス大菩薩観測所) により発生したものと考えられる。
- 5) 2000 年の航空写真では人工林の生育が進み、崩壊地はほとんど確認できないため、1982 年の大雨により発生した崩壊地の植生は回復している。1997 年測量の地形図に記された広葉樹と針葉樹を示す記号の割合は 1973 年測量の地形図と比べ大きな変化は認められない。

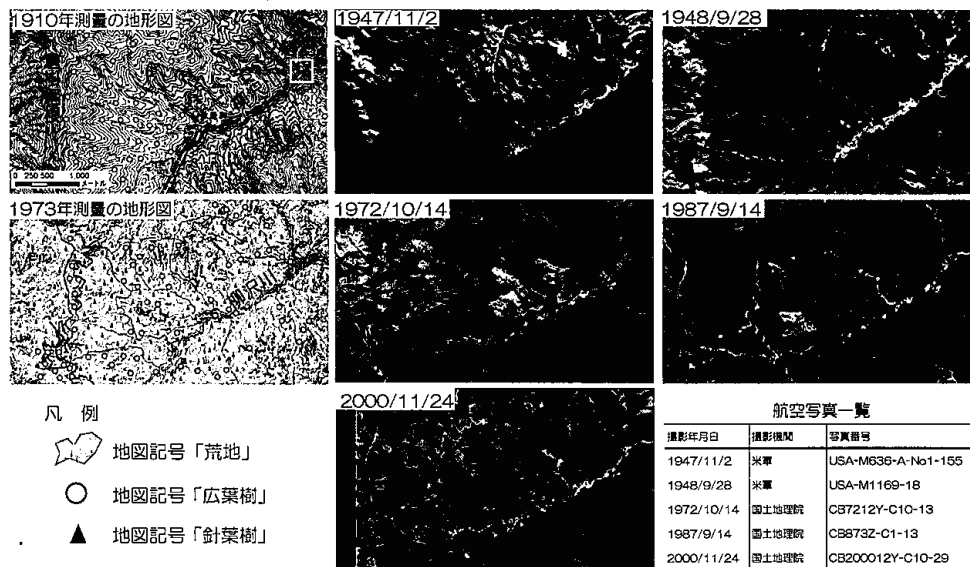


図 3 地形図および航空写真による山地状況の変化

国土地理院発行の 5 万分 1 地形図「丹羽」(1910 年) および 2 万 5 千分 1 地形図「柳沢峠」(1973 年, 1997 年) を使用した。

5 まとめ

以上をもとに、落合集落周辺の山地の荒廃状況の変遷について考察した。

- 1) 1913 年当時は植生がほとんどないげ山の様相を呈していた。1907 年および 1910 年の豪雨災害で崩壊地が多発した⁴⁾が、1913 年撮影の地上写真および 1910 年の地形図からは崩壊地は判読できないことから、燃料として用いるための伐採、開墾などによる乱伐によるものと考えられる。
- 2) 1915 年より砂防工事が着手され、堰堤、筋工、植栽工の工事が進められ、流域の保全が図られた。1947 年のカスリン台風、1948 年のアイオン台風、1982 年の台風 10 号といった大雨によって崩壊が発生しているが、大規模な崩壊はなく、被災後の 1972 年および 2000 年の航空写真ではいずれの崩壊地も植生が回復している。砂防工の効果が発揮され、溪流が安定化したことで土砂流出が軽減され、水源林機能の維持が図られていると考えられる。

参考文献

- 1) 砂防協会：砂防，第 8 号，p.41，1929
- 2) 鈴木雅之：航空写真による最近 57 年間の丹沢山地北部の崩壊地と森林の変遷，砂防学会誌，Vol. 154，No. 5，p.12-19，2002
- 3) 東京都水道局：水源林 80 年のあゆみ，p.85，1982
- 4) 東京都水道局：水道水源林 100 年史，p.138-139，2001
- 5) 東京都水道局：水源林 80 年のあゆみ，p.75-76，1982

日本と中国の教科書における砂防に関する学習内容の比較

筑波大学大学院生命環境科学研究科

○秋山一弥・劉詩雨・西本晴男

1. はじめに

日本と中国では防災に対する意識向上のため防災教育が行われており、各国に関連する調査研究が進められているが、両国の比較研究はみあたらない。そこで小学校から高校で用いられている教科書の自然災害や防災に関する記述（以下、防災学習内容）について、量的・質的に比較を行うとともに、砂防に関する用語を抽出した。なお、本発表は筑波大学大学院生命環境科学研究科環境科学専攻に提出した平成27年度修士論文「日本と中国の教科書における防災学習内容の比較分析（劉詩雨）」を基にしたものである。

2. 調査の方法

日本と中国の小学校から高校までを対象として、教育体制に関して義務教育（小・中学校）と高校の教育体系および教科書制度¹⁾の整理を行い、学校教育課程の基準である学習指導要領（日本）²⁾と課程標準（中国）³⁾に基づいて、防災教育に関する教科（社会科や理科など）や科目（教科の細目、例えば地理や地学など）を選定した。次に、2015（平成27）年現在で採択率が高い⁴⁾ ⁵⁾ 東京書籍の教科書（日本）と人民教育出版社の教科書（中国）を対象として、2015（平成27）年現在で使用している教科書に記述されている防災学習内容の量的・質的な調査を行った。各科目の授業時間等については、日本は各教科書の学習計画で示されている標準的な授業時間、中国は聞き取り情報を参考とした。

3. 結果

3.1 日本と中国の教育制度と防災学習内容を含む教科・科目

日本と中国の教育制度は小学校6年、中学校3年、高校3年の6-3-3制が基本であるが、中国では5-4-3制の地域もある。授業の単位時間（1授業時数）については、日本の小学校は45分、中学校と高校は50分、中国の小学校は40分、中学校と高校は45分となっている。

学校の防災教育に関する教科を表1に、防災学習内容を含む教科・科目の教科書名を斜字で示す。防災教育に関係するのは日本では小学校から高校まで社会科の地理分野と理科の地学分野であり、中学校は保健体育（保健）も関係し3教科が該当する。中国では小学校から高校まで社会科の1教科だけが該当するが、これは社会科の地理分野には理科の地学分野の内容が含まれるためである。

3.2 防災学習内容の量的比較

前述の教科書に記載されている防災学習内容に該当する教科書のページ数と授業時数について、小・中・高校別に一括して表2に示す。日本の小学校の4年と6年の社会科（新しい社会）では、地域や学校の実態に応じて取り上げる選択教材が設けられていて防災学習内容が選択の1つとなっているが、これらを履修しなかった場合でも該当のページ数と授業時数は日本の方が多く、中学校も同様である。高校では日本は社会科（地理A）、理科（科学と人間生活、地学、地学基礎）の2教科4科目、中国は社会科（地理）の1教科1科目であるが、中国では地理の選択必修で自然災害と防災に関する1冊（85ページ）の教科書（図1）があることから、該当のページ数と授業時数は中国の方が多く、ただし、日本と中国の高校では前記の科目は必修ではなく選択科目であるため、科目選択のパターンによっては高校で防災に関して履修する機会が全くない場合もある。

表1 小・中・高校の防災教育に関する教科と防災学習内容が含まれる教科書（日本：東京書籍，中国：人民教育出版社）

小学校	社会科	理科	備考	
日本	4年 <u>新しい社会3・4(下)</u> 5年 <u>新しい社会5(上・下)</u> 6年 <u>新しい社会6(上・下)</u>	新しい理科4 <u>新しい理科5</u> <u>新しい理科6</u>	必修科目	
中国	4年 品德与社会(四年级)(上・下) 5年 品德与社会(五年级)(上・下) 6年 <u>品德与社会(六年级)(上・下)</u>	科学(四年级)(上・下) 科学(五年级)(上・下) 科学(六年级)(上・下)	必修科目	
中学校	社会科	理科	保健体育	備考
日本	1年 <u>新しい社会</u> (地理、歴史、公民、地図) 2年 3年	新しい科学1 新しい科学2 <u>新しい科学3</u>	<u>新しい保健体育</u>	いずれも必修科目 (社会科は第1～2学年、 地理・地図、歴史、 第2～3学年、歴史、 公民のタイプが多い)
中国	1年 地理(七年度)(上・下) 歴史(七年度)(上・下) 思想政治(七年度)(上・下) 2年 地理(八年度)(上・下) 歴史(八年度)(上・下) 思想政治(八年度)(上・下) 3年 歴史(九年度)(上・下) 思想政治(九年度)(上・下)	物理、化学、生物 物理、化学、生物 物理、化学、生物	体育与健康	必修科目
高校	社会科	理科	備考	
日本	1年 地理歴史(世界史(A、B)、日本史(A、B)、地理(A、B)) 2年 公民(現代社会、倫理、政治・経済) 3年	<u>科学と人間生活</u> 物理、化学、生物、 <u>地学</u> 物理基礎、化学基礎、生物基礎、 <u>地学基礎</u>	・地理歴史は世界史A、Bから1科目、日本史A、B、地理A、Bから1科目を選択。公民は現代社会1科目を選択。公民は現代社会1科目を選択。 ・理科は科学と人間生活を含む2科目または物理・化学・生物・地学の基礎を付した科目を3科目選択。	
中国	1年 <u>地理(必修1～3)</u> 、(选修1～4、 <u>选修5 自然灾害与防治</u> 6、7) 2年 <u>政治与法治</u> 6、7 3年 歴史(必修、选修) 思想政治(必修、选修)	物理、化学、生物 (必修、选修)	・それぞれの科目で必修と選択必修(选修)があり、必修は全ての学生が履修。2年生から文系と理系に分かれ、選修から大学入試の要領に従う数を選択。地理の選択は文系の学生のみ履修。	

※斜字・太字が防災学習内容を含む教科書

3.3 防災学習内容の質的比較と砂防に関する項目

前述の教科書に記載されている防災学習内容を対象として、災害の種類や防災のソフト・ハード対策に関連する項目、実際に発生した災害名などの用語を抽出した。自然災害の種類は両国とも自国で発生する様々な自然災害を対象としているが、中国では津波は記載がなく生物による被害（虫・鼠害など）も含まれる。ソフト対策は両国ともに避難や防災情報が記載されているが、防災組織や計画・法律については日本では小学校、中国では高校での学習が中心であり、中国ではハード対策の記述がほとんどない。実際に発生した災害は日本では主に国内で発生した事例が対象であるが、中国は海外で発生した事例も多く紹介している。

前述の教科書に記載されている土砂災害や火山災害、雪崩等の砂防に関する用語について、小・中・高校別に一括して表3に示す。日本の小学校では社会科の5年で火山噴火や土砂災害の現象のほか、砂防ダムや土砂災害の前兆、土砂災害に対する避難に関する内容があり、理科では5年で砂防ダム、6年で火山関係が扱われている。中学校では社会科の地理で火山噴火、土砂災害や雪崩、理科では火山、保健体育（保健）では地震による二次災害の被害として土砂崩れの記載がある。中国の小学校では社会科の6年で現象として火山噴火や土砂災害（2008年の四川大地震時の土砂災害を含む）、中学校では社会科の2年で土砂災害と土石流に対する避難方法の記載がある。高校では選択必修である地理（自然災害と防治）の教科書（図1）は2007年版であり、四川大地震の内容が含まれておらずやや古い状態である。

両国ともに砂防関連の災害の種類は火山噴火と土砂災害を扱っているが、日本では火山噴火関連の様々な現象を説明していて、ソフト対策は火山情報や防災マップ、前兆現象を扱っている。実際に発生した災害は日本では国内で発生した事例を対象に火山噴火や地震で発生する土砂災害を取り上げているが、中国では降雨よりも地震との関連で土砂災害の記載が多く、実際に発生した災害は海外の事例も多く取り上げているという違いがある。

4. まとめ

日本では平成20～21年の学習指導要領改訂以降に教科書の防災学習内容が大幅に増加しているが、該当する小学校の選択教材や高校の選択科目を履修しなかった場合は防災に関して学習する機会がない。授業時間の制約や受験の関係などの条件があるが、防災教育の充実には必修化などの方策が必要と考えられる。

参考文献:

- 1) 国立教育政策研究所（2010）：理数教科書に関する国際比較調査結果報告，第3期科学技術基本計画のフォローアップ「理数教育部分」に係る調査研究，平成20年度科学技術振興調整費調査研究報告書，327p.
- 2) 文部科学省：学習指導要領（ポイント，本文，解説等）（平成20年3月・平成21年3月），http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/youryou/1356249.htm
- 3) 椎存教育 课程标准，<http://www.being.org.cn/ncs/>
- 4) 日本文教出版，2015年度教科書採択表，<http://www.nihonkyouzai.jp/l1089.html>
- 5) 道客巴巴网站(DOC88)，2013年全国中小学生教材版本统计表，<http://www.doc88.com/p-1008778537859.htm>

表2 防災学習内容に該当する教科書のページ数と授業の時間

	ページ数		授業時間		備考
	日本	中国	日本	中国	
小学校(4～6年)	52(23)	11	34(18)	6	()は4, 6年の社会で選択学習である防災関係の内容を履修しなかった場合
中学校	14	7	11	2	全て必修
高校	46(0)	85(0)	28(0)	32(0)	()は該当科目(地理や地学)を履修しなかった場合

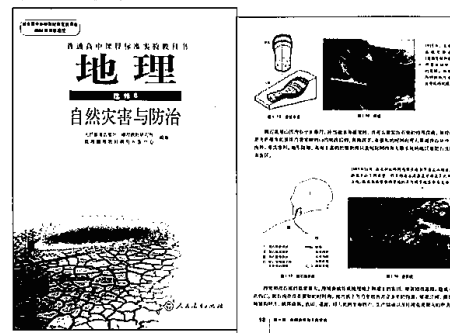


図1 地理選択必修5 自然災害と防治(人民教育出版社)

表3 防災学習内容を含む教科書の砂防に関する用語

国	砂防関連の災害の種類	砂防関連の用語等		砂防関連の災害名
		ハード	ソフト	
日本	火山噴火(火砕流、溶岩流、火山灰、火山噴出物、山体崩壊、泥流、土石流) 土砂災害(山崩れ、土砂崩れ、土石流、泥流、地すべり、斜面崩壊、がけ崩れ、深層崩壊、天然(土砂)ダム、河道閉塞、落石) 雪崩	砂防ダム 砂防施設(桜島)	避難(土砂災害・土石流に対する避難、土砂災害の前兆現象) 防災情報(噴火予報、警報、火山防災マップ、防災用語・その他(噴火予知))	浅間山噴火(1783) 有珠山噴火(1977) 雲仙普賢岳噴火(1991) 三宅島噴火(1983, 2000) 新潟県中越地震(2004) 宮崎県日之影町土砂災害(2005) 岩手・宮城内陸地震(2008) 山口県防府市土砂災害(2009) 新燃岳噴火(2011年)
中国	火山噴火 土砂災害(土石流、地すべり、崩壊、天然ダム)	砂防ダム その他(山体を固定する工事、排水工、緑化工)	避難(土石流に対する避難方法)	地すべり(イギリス, 1915) 四川利子土石流(1981) 四川重慶地すべり・土石流(1981) ネパデルルイス火山泥流(コロンビア, 1985) サルノ土石流(イタリア, 1998) 四川大地震(2008) 甘肅省土石流(2010) 地すべり(台湾, 2010)



筑波大学大学院 生命環境科学研究科 持続環境学専攻、環境科学専攻
環境防災学講座

【住 所】〒305-8572

茨城県つくば市天王台 1-1-1 環境防災研究棟

【電 話】 029-853-5883

【ホームページ】<http://edip-tsukuba.org/>