

平成 25 年 9 月

欧州砂防調査報告書

平成 26 年 3 月

筑波大学大学院生命環境科学研究科環境防災学講座教授	西本	晴男
応用地質(株)砂防・治山グループマネージャー	北原	哲郎
東京建設コンサルタンツ(株)東京本社砂防部主任技士	秋山	浩一
(株)キタック 技術第二部水工グループ課長	島	健

平成 25 年 9 月

欧州砂防調査報告書

平成 26 年 3 月

筑波大学大学院生命環境科学研究科環境防災学講座教授	西本	晴男
応用地質(株)砂防・治山グループマネージャー	北原	哲郎
東京建設コンサルタンツ(株)東京本社砂防部主任技士	秋山	浩一
(株)キタック 技術第二部水工グループ課長	島	健

【目 次】

1. 総論	1
(1) 目的	1
(2) 調査参加者	1
(3) 行程	1
(4) 面会者	2
(5) 入手資料	2
2. フランス	3
(1) ピレネー地方	3
1) 概説	3
2) Luz-Saint-Sauveur 地区および Baresges 地区土砂災害 (2013 年 6 月発生)	4
3) Cauterets 地区土砂災害 (2012 年 10 月発生)	7
4) Castelvieil 地区地すべり災害 (2013 年 6 月発生)	8
5) 既設砂防堰堤	8
(2) アルプス地方	10
1) 概説	10
2) Riou Bourdoux 溪	11
3) Faucon 溪	13
4) Sanieres 溪	13
5) Valette 大規模地すべり	15
6) Seolane	17
3. オーストリア	18
(1) Inn 川上流	18
1) 概説	18
2) Fishbach 溪	19
3) Murbach 溪	20
4) Starkenbach 溪	21
(2) Salzach 川流域 (ザルツブルク西南の河川流域)	21
1) 概説	21
2) Schneggbach 溪	22
3) Jetzbach 溪	24
4) レーナーズバッハ	25
5) シュバルツバッハ	25
(3) Gosaubach 溪	25
(4) オーストリアの砂防施設	26
(5) 諸戸北郎博士の足跡	27

4. おわりに	27
5. 資料	
(1) H26 年度砂防学会研究発表会資料（予稿集とスライド）	30
(2) Investigation of SABO in France	41
(3) Field Trip and overview of Sabo in Austria	61
(4) 欧州砂防施設視察報告書	108
(5) 2013 オーストリア視察	138

1. 総論

(1) 目的

ヨーロッパにおいて 20 世紀初頭の砂防先進地であり現在も先端的な砂防工事を実施しているオーストリア及びフランスの現場における、砂防施設の計画・設計・施工・維持管理に関する調査を行い、日本の今後の砂防施設の整備のあり方を研究・考察していくための情報を得る。

(2) 調査参加者

筑波大学大学院生命環境科学研究科環境防災学講座 教授	西本晴男
応用地質（株） 工務本部 ジオテクニカルセンター副センター長	北原哲郎
東京建設コンサルタント（株） 流域施設本部砂防部	秋山浩一
（株）キタック 技術 2 部 課長	島 健

(3) 行程

平成 25 年 9 月 8 日（日）～21 日（土）

日	曜日	行 程	移動手段	業務内容	宿泊地	ホテル名
9/8	日	成田からトゥールーズへ移動	飛行機 タクシー	12:40 東京/成田 ⇒21:15 トゥールーズ	—	トゥールーズ Mercure Wilson
9/9	月	Hautes-Pyrenees 事務所訪問とビレネー山地砂防現地調査	専用車	9:00Hautes-Pyrenees 事務所 ビレネー(バスタン川、コテレ溪谷)	①Hautes-Pyrenees 事務所訪問 ②現地調査	トゥールーズ Mercure Wilson
9/10	火	ビレネー山地砂防現地調査	専用車	ビレネー (パニエール地方)	①現地調査	トゥールーズ Mercure Wilson
9/11	水	トゥールーズからデニユ・レ・パンへの移動	列車 専用車	10:54 トゥールーズ ⇒エクス・アン・フ・ロハンス ⇒16:30 デニユ・レ・パン	—	デニユ・レ・パン Hotel Tonic
9/12	木	Alpes de Haute Provence 事務所訪問と現地調査	専用車	10:00 デニユ・レ・パン ⇒11:30 バルセロナネッテ ユバ・イユ川 (サニエル溪谷等)	①Alpes de Haute Provence 事務所訪問 ②現地調査	バルセロナネッテ AZTECA
9/13	金	ユバ・イユ川砂防の現地調査と近代砂防史調査 バルセロナネッテからリヨンへの移動	専用車 列車	ユバ・イユ川 (トロン溪谷) La Vallee De l'Ubaye 訪問 13:00 バルセロナネッテ ⇒エクス・アン・フ・ロハンス ⇒17:54 リヨン パールデュエ	①現地調査 ②近代砂防史調査	リヨン Mercure Lyon La Part Dieu
9/14	土	リヨンからイムストへの移動	列車	8:38 リヨン パールデュエ ⇒ジュネーヴ ⇒チューリッヒ中央 ⇒ランデック ⇒18:22 イムスト	—	イムスト Pension Kreuz
9/15	日	イン川上流砂防の現地調査	専用車	イムスト (イン川上流)	①現地調査	イムスト Pension Kreuz
9/16	月	イムストからウィーンへの移動	列車	8:24 イムスト ⇒14:00 ウィーン西	—	ウィーン Mercure Wien Westbahnhof
9/17	火	ウィーン農科大学訪問 諸博士の足跡調査 ウィーンからザルツブルグへの移動	タクシー 列車	9:00 BOKU 研究室訪問 15:36 ウィーン西 ⇒17:58 ザルツブルグ	①Huebl 教授打合せ ②諸博士の足跡調査	ザルツブルグ Sheraton Salzburg Hotel
9/18	水	ザルツブルグ周辺砂防の現地調査	専用車	ザルツブルグ周辺 (ザラッハ川流域)	①現地調査	ザルツブルグ Sheraton Salzburg Hotel
9/19	木	WILDBACH-UND LAWINENVERBAUUNG 事務所訪問と現地調査	専用車	8:30WILDBACH-UND LAWINENVERBAUUNG 事務所 ラングバート溪谷、ゴザウ溪谷	①ILDBACH-UND LAWINENVERBAUUNG 事務所訪問 ②現地調査	ザルツブルグ Sheraton Salzburg Hotel
9/20	金	ザルツブルグから成田への移動	飛行機	10:45 ザルツブルグ ⇒フランクフルト 13:50 フランクフルト	—	機中泊
9/21	土	ザルツブルグから成田への移動	飛行機	⇒7:50 成田	—	

(4) 面会者

面会者リスト

国	面会者	所 属	面会日
フランス	Jean-Yves Lasplaces	RTM des Hautes-Pyrenees et des Pyreneers-Atlantiques	9月9日～9月10日
	Charles Bosshardt	RTM des Alpes de Haute Provence	9月12日
	Gutter	RTM des Alpes de Haute Provence	9月12日～9月13日
	Peyron	RTM des Alpes de Haute Provence	9月12日～9月13日
	Marie.Augendre	Universite Lumiere Lyon2	9月13日～9月14日
	Jorg HEUMADER		9月14日～9月16日
オーストリア	Prof. Huebl	BOKU	9月17日～9月19日
	DI MICHAEL SCHIFFER	WILDBACH-UND LAWINENVERBAUUNG	9月19日

(5) 入手資料

入手資料リスト

入手資料	入手先
LES CRUES TORRENTIELLES	RTM des Hautes-Pyrenees et des Pyreneers-Atlantiques
サニエル渓谷フランス式階段工写真	RTM des Alpes de Haute Provence
Presentation du glissement de terrain	RTM des Alpes de Haute Provence
Active and passive countermeasures against debris-flow hazards	Jorg HEUMADER
Schutz vor Wildbachen in Tirol/Osterreich	Jorg HEUMADER

2. フランス

(1) ピレネー地方

1) 概説

①フランスの砂防執行体制（RTMの組織）

フランスの砂防事業は RTM（RESTAURATION DES TERRAINS EN MONTAGNE）を中心に執行されている。RTM の概要は以下のとおり。

- ◎ 11 の地域に分けて管轄されている。
- ◎ 9 つの事務所でそれぞれの地域の砂防事業を担当している。
- ◎ 117 名の専門技術者からなる組織である。

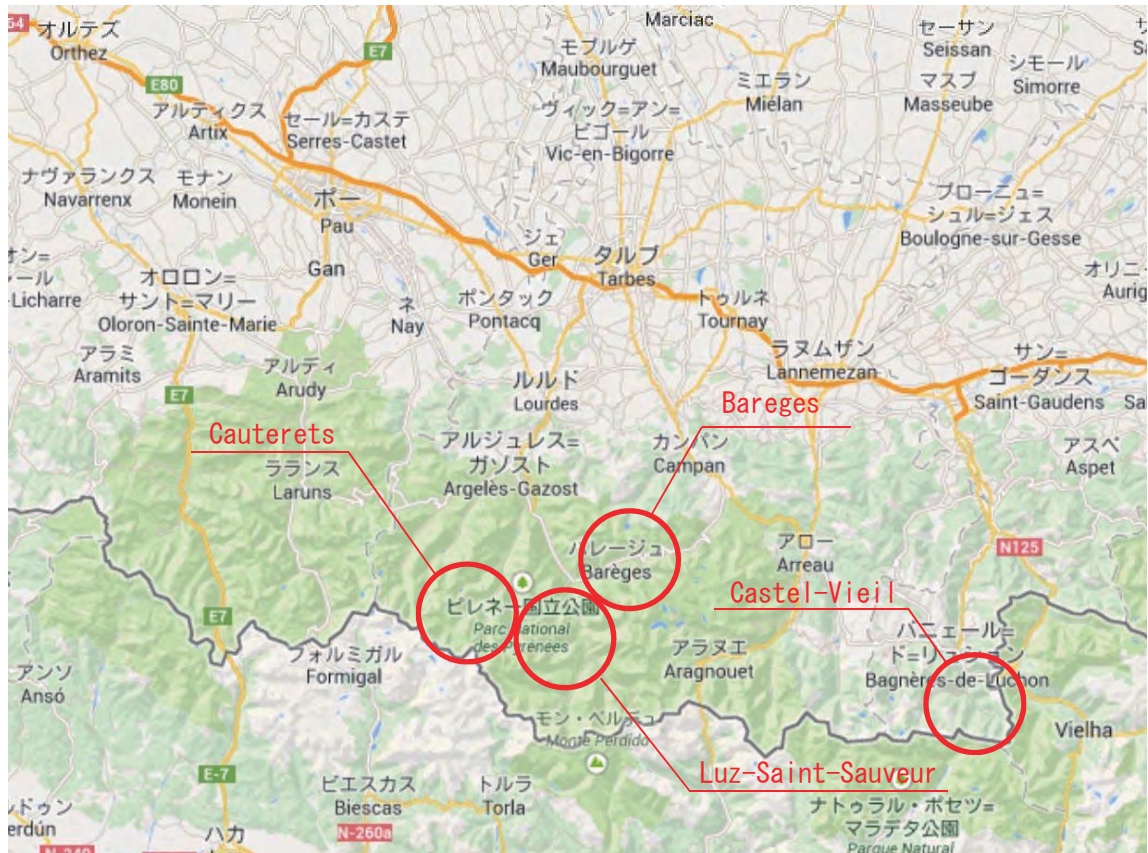
②ピレネー地方を管轄している RTM の組織

ピレネー地方を管轄している RTM の概要は以下のとおり

- ◎ ピレネー地方は「Pyrenees-Atlantiques」「Hautes-Pyrenees」「Haute-Garonne」「Ariege」「Pyrenees-Orientales」からなる 5 つのエリアに分けて管理されている。
- ◎ 「Toulouse」にピレネー地方の代表となる事務所がある。
- ◎ 「Tarbes」「Foix」「Perpignan」に事務所があり、各エリアの砂防事業を行っている。



③現地調査した箇所、溪流の位置 (Tarbes (タルブ) の南方山地)



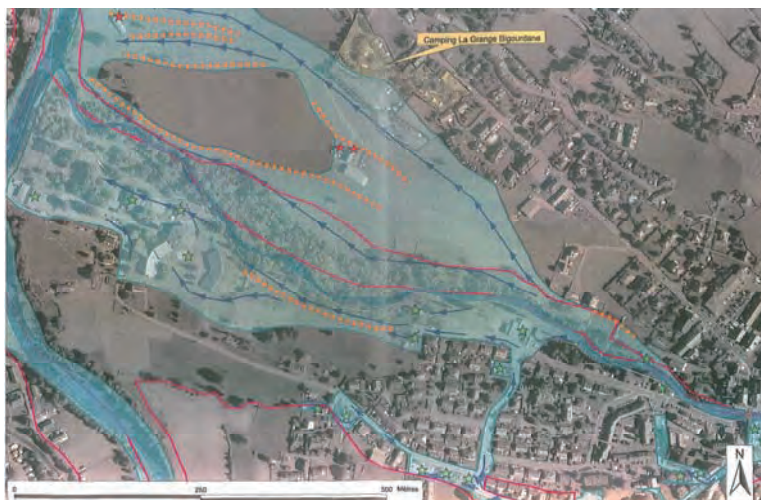
2) Luz-Saint-Sauveur 地区および Barèges 地区土砂災害 (2013 年 6 月発生)

両地区で発生した土砂災害の概要は以下のとおり。

- ◎ 2 日間で 350mm の降雨 (100 年確率降雨)
- ◎ 河床・溪岸の異常侵食による土砂流出→ 斜面崩壊がないのが特徴
- ◎ 温泉＋スキー場のリゾート地が 2 週間程度交通遮断、孤立。
- ◎ 融雪＋降雨により大量の水が流れ下る。
- ◎ 避難指示 2 回発令。死者 2 名。
- ◎ 恒久対策として道路沿いに堤防築堤予定。

【Luz-Saint-Sauveur 地区の土砂災害】

Luz-Saint-Sauveur 地区の土砂災害の状況写真



Luz-Saint-Sauveur 地区下流域の土砂氾濫状況



Luz-Saint-Sauveur 地区下流域の土砂氾濫状況を下流より望む



下流側氾濫状況



氾濫土砂の撤去状況

【Bareges 地区の土砂災害】

Bareges 地区の土砂災害の状況写真



Bareges 地区の土砂氾濫状況



Bareges 地区の被災直後の状況



溪岸の侵食状況



溪岸の侵食状況

3) Cauterets 地区土砂災害（2012 年 10 月発生）

Cauterets 地区で発生した土砂災害の概要は以下のとおり。

- ◎ 河床・溪岸の侵食による土砂流出。
- ◎ 下流域に土砂が流出し氾濫、流路が変わる。
- ◎ 河岸侵食により道路路肩が崩壊。緊急対策として付替え道路を設置。



Cauterets 地区下流域の土砂氾濫状況



Cauterets 地区下流域の土砂氾濫状況を下流より望む



溪岸の侵食状況(上流域)



溪岸の侵食状況(上流域)

4) CastelVieil 地区地すべり災害（2013 年 6 月発生）

CastelVieil 地区地すべり災害の概要は以下のとおり。

- ◎ 2013 年 5 月に融雪で滑動。
- ◎ 同 6 月 4 日に再滑動。5,000~6,000m³の土砂が流出、約 500m 下方の主要道路に土砂流出。谷止工 3 基破損。
- ◎ 同 6 月 18 日 90mm の降雨+融雪で小崩壊、土石流発生。
- ◎ ワイヤセンサー（土石流）+クラックゲージ（構造物変状）+目視でモニタリング中



地すべり源頭部の状況



谷止工の被災状況



土砂が流出氾濫した道路



道路の規制状況

5) 既設砂防堰堤

ピレネー地方の既設砂防堰堤の特徴は以下のとおり。

- ◎ 基本的に鉄筋コンクリート製
- ◎ 水通し下流はせり出して施工 → 堰堤下流法面の保護
- ◎ 水通し部は石張りまたは高強度コンクリート（摩耗防止）
- ◎ 天端厚は 1~2m 程度。
- ◎ アーチ型のハイダム（H=20m）も確認できた。



水通し下流側にせり出し（庇部）を設けている状況



天端の厚さ（1～2m 程度）



水通し天端に石張りが設置されている状況



アーチ型砂防堰堤の状況（下流側）



アーチ型砂防堰堤の状況（上流側）

(2) アルプス地方

1) 概説

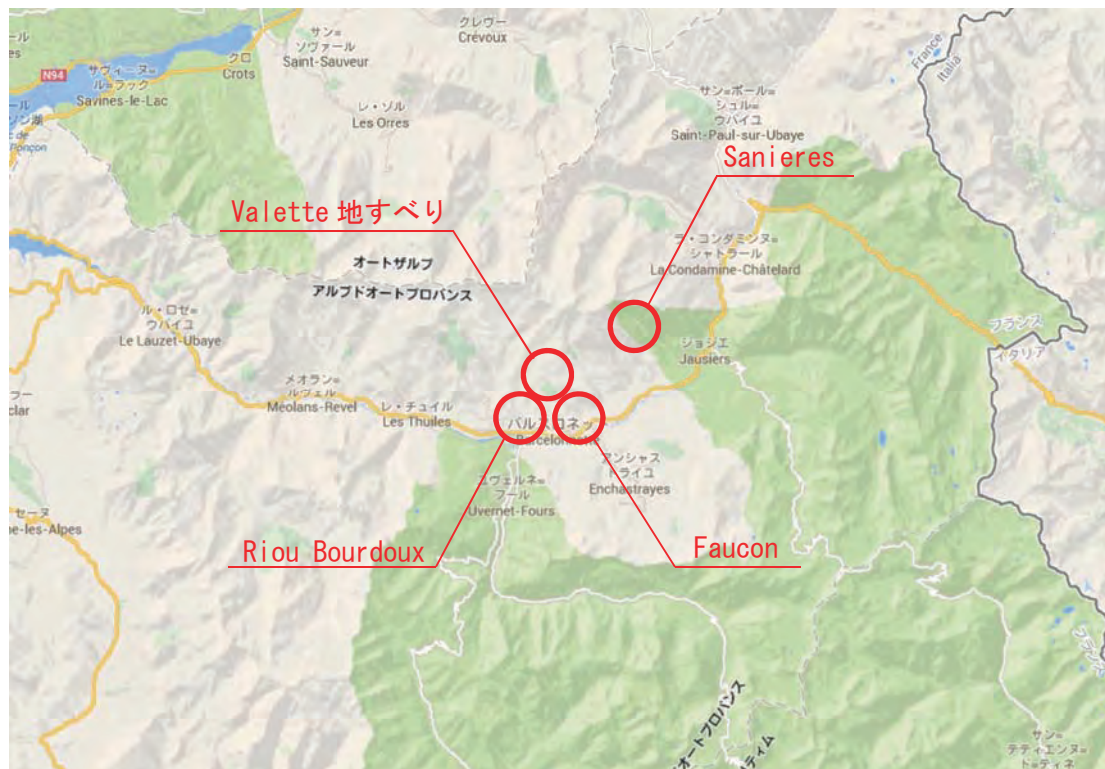
① アルプス地方を管轄している RTM の組織

アルプス地方を管轄している RTM の概要は以下のとおり

- ◎ アルプス地方は「Haute-Savoie」「Savoie」「Isère」「Hautes-Alpes」「Alpes-de-Haute-Provence」「Alpes-Maritimes」からなる 6 つのエリアに分けて管理されている。
- ◎ 「Grenoble」にアルプス地方の代表となる事務所がある。
- ◎ 「Annecy」「Chambéry」「Grenoble」「Gap」「Digne」「Nice」に事務所があり、各エリアの砂防事業を行っている。



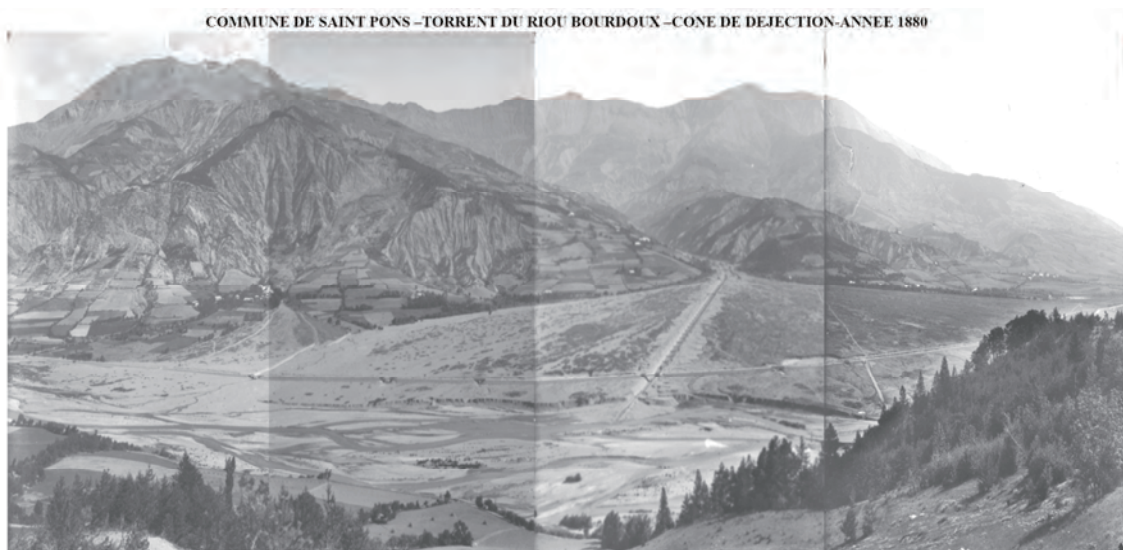
②現地調査した箇所、溪流の位置（ユバイエ川流域、Dinge の北東部）



2) Riou Bourdoux 溪

フランスの砂防の歴史の概要を以下に示す。

- ◎ フランスの南東部山地・丘陵は、15 世紀ころには森林破壊が進行。
- ◎ 18 世紀末から 19 世紀初めにかけての人口増加に伴う放牧、開墾により森林喪失。
- ◎ 19 世紀に入り土石流、洪水氾濫が頻発
- ◎ 1860 年：山地再造林法
- ◎ 1864 年：山地の芝植え付けに関する法律
- ◎ 1872 年：デモンゼイがユバイエ川の砂防工事着手(約 750 のダムを建設)
- ◎ 19 世紀後半 樹木伐採による荒地化が進行し、年 4~5 回の土砂流出。
- ◎ 国が土地を買い取り、デモンゼイ指揮のもの対策を実施。
- ◎ Saniere、Faucon を対象に 1860~1880 年の間試験施工を実施。その後 Riou Bourdoux で本格採用し、Ubaye 川流域で 750 基の堰堤を築設。



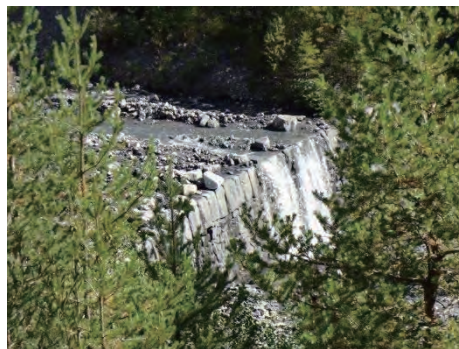
1880 年当時の Riou Bourdoux 溪谷と扇状地の状況



1995 年当時の Riou Bourdoux 溪谷と扇状地の状況（緑地が増えている状況が分かる）



Riou Bourdoux 溪谷上流の状況
(古第三系泥質岩 フリッシュが上位に衝上)



デモンゼイ大堰堤（1880～81）
(堰堤高：約 7.0m)

3) Faucon 溪

フランスの砂防事業では、既設砂防施設の維持管理業務が中心となっている。
石詰堰堤が被災した Faucon 溪では、補修工事を確認できた。

- ◎ 索道を用いて、鉄筋コンクリート堰堤を施工。
- ◎ 鉄筋コンクリート堰堤は、1 基当たり 4~5 ヶ月で施工するものが多い（冬期は積雪で施工不可）。
- ◎ 溪床を固定するため、砂防堰堤を階段状に施工



溪岸侵食状況と堰堤配置状況



階段状に配置された堰堤

4) Sanieres 溪

Sanieres 溪谷は 19 世紀から砂防事業が進められている。しかし近年では施設の破損し、荒廃が進行している。

- ◎ Sanieres 溪谷は 19 世紀から砂防事業（階段状に設置した砂防施設）を進めている。
- ◎ Saniere 溪谷では砂防施設の損傷が進み、土砂流出が再発している。



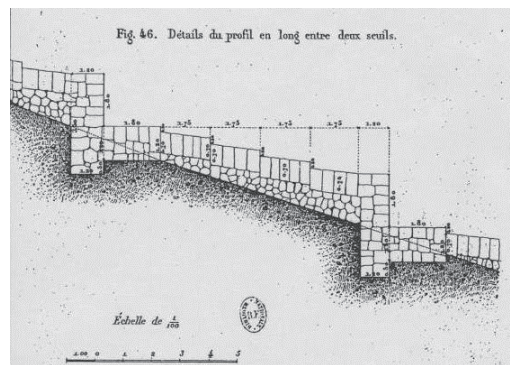
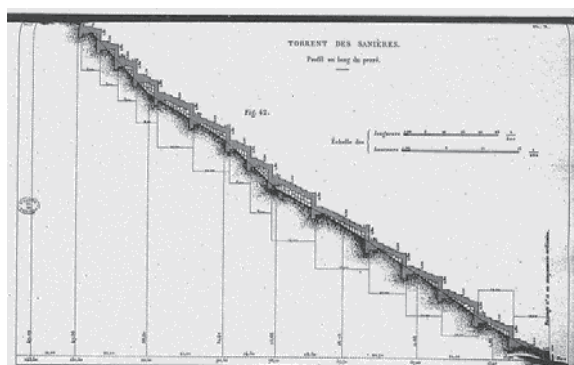
既設砂防堰堤の水叩き部の損傷状況



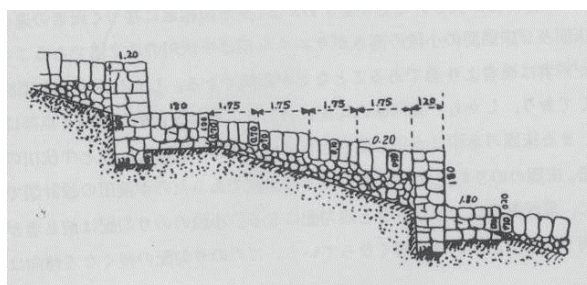
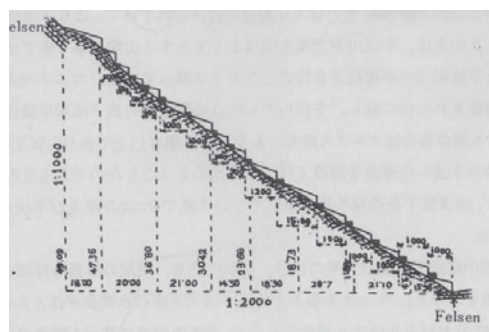
溪流保全工の状況

Sanieres 溪谷で実施された砂防施設が牛伏寺川のフランス式階段工のモデルとなっている。

- ◎ 長野県松本市牛伏寺川には「フランス式階段工」と呼ばれる石積階段工がある。
- ◎ 内務省 池田技師がデモンゼイの Saniere 溪谷の階段工の図面を書き写し、日本に持ち帰る。
- ◎ 牛伏寺川の荒廃は治まり、現在では地域住民主体の保全活動が盛ん。



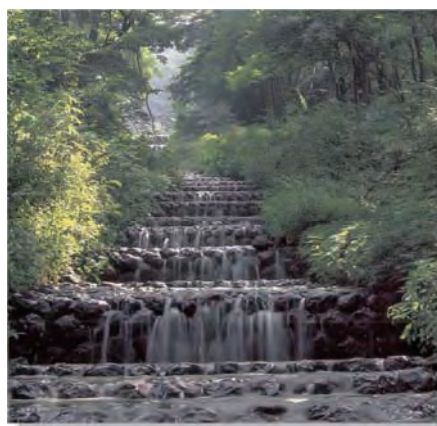
Sanieres 溪谷の階段工の縦断図



内務省池田技師により示された図（牛伏寺川のモデル図）



牛伏寺川フランス式階段工完成直前の様子



牛伏寺川の現在の様子

5) Valette 大規模地すべり

①Valette 大規模地すべりの概要を以下に示す。

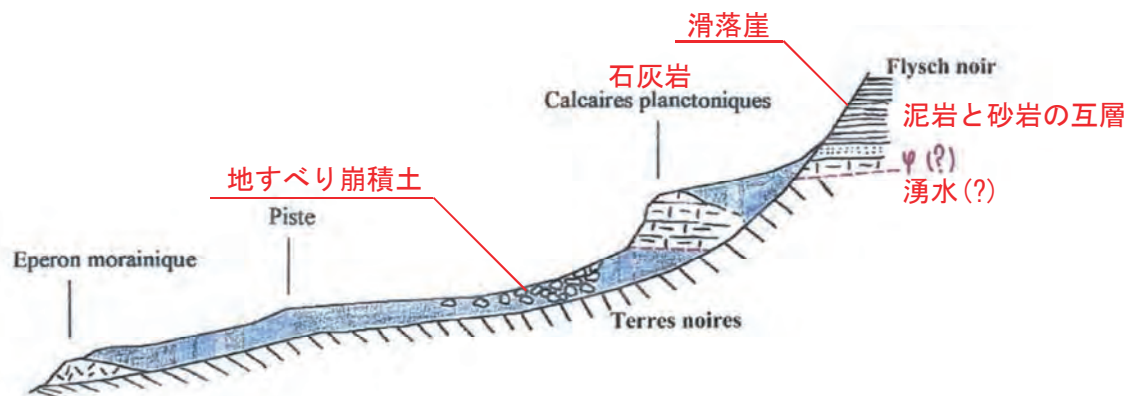
- ◎ 1982 年に滑動開始。範囲は稜線に及ぶ。
- ◎ 最大層厚 30m、移動土塊 350 万 m^3
- ◎ 監視カメラ、GPS による移動状況の観測を行っている。
- ◎ 1990 年ころは 40cm/日、1992 年ころは 30cm/日の移動が確認された
- ◎ 2007~2009 年の移動量は、15m/年程度となり、現在は 60cm/年と落ち着いてきている。



Valette 大規模地すべり全体写真

②Valette 大規模地すべりの発生状況を以下に示す。

- ◎ 石灰岩層からの湧水により、石灰岩下位の浸食が進行
- ◎ 浸食が徐々に拡大し、滑落崖が尾根部に到達
- ◎ 地すべり崩積土が下流流路に流出し堆積



地すべり側面図

③Valette 大規模地すべりのハード対策

- ◎ 1987~1988 年に、保全対象の直上流に砂防堰堤（土堰堤）を設置（ポケット容量 88 万 m^3 ）。
- ◎ 地すべり崩積土が流れ出た場合にも保全対象に土砂が到達しないよう設置。
- ◎ 地すべり崩積土内に水が入らないように仮回し水路を設置。



土砂流出防止のための砂防堰堤

④Valette 大規模地すべりのソフト対策

- ◎ 既設堰堤の水通し断面に土石流センサーを設置し、センサーが反応した場合は保全対象に自動的に通報するシステムを構築。
- ◎ 溪流内に土石流発生危険水位を設定し、監視カメラで水位を監視。異常時には保全対象に自動的に通報するシステムを構築。
- ◎ 1988 年に計測管理を開始し、1990 年にシステムをオンライン化。



既設堰堤への土石流センサーの設置



土石流発生危険水位の設定・監視

6) Seolane

バルセロネット市にある会議、研修施設



施設外観



施設内の砂防・治山説明図



バルセロネット市長さん招聘ランチ
ミーティング

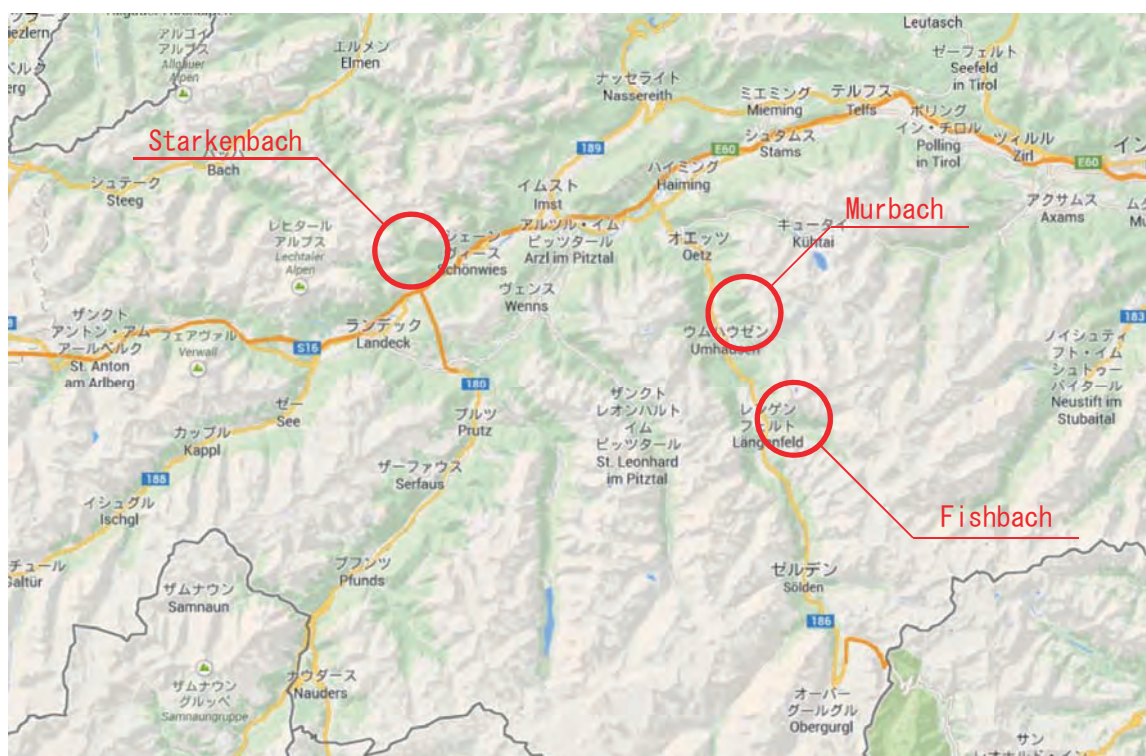
3. オーストリア

(1) Inn 川上流

1) 概説

オーストリアチロル地方の Imst（イムスト）周辺の溪流の砂防施設として、以下の3 溪流の調査を行った。

- ◎ Fishbach
- ◎ Murbach
- ◎ Starkenbach



2) Fishbach 溪

Fishbach 溪の概要は以下のとおり。

- ◎ 90 年前に上流で崩壊が発生し、土砂流出が進行している。
- ◎ 1924～1925 年に砂防堰堤を整備。
- ◎ 流出土砂量は 200,000m³ 程度。
- ◎ 近年は除石を数年に 1 度実施している。



Fishbach 溪に設けられた砂防堰堤



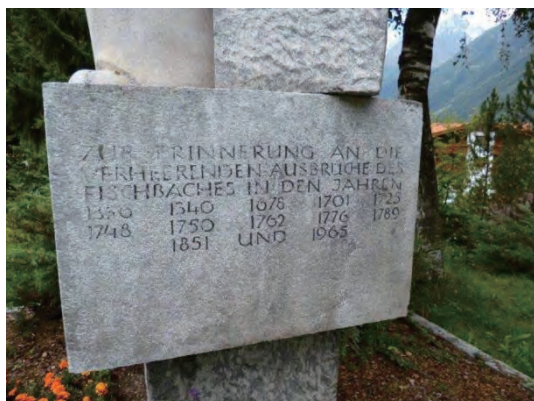
野鳥の産卵場となっているため、
護岸等の水衝部対策は行わない

堆砂敷の状況



監視カメラ

洪水の状況を確認する監視カメラ



レンゲンフェルトで確認された被災の履歴



レンゲンフェルト内の溪流保全工

3) Murbach 溪

Murbach 溪の概要は以下のとおり。

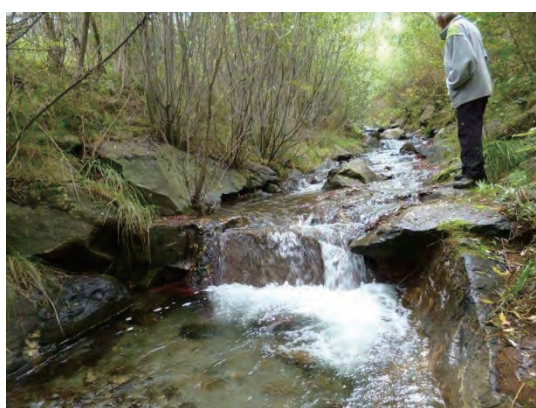
- ◎ 1955 年に砂防ダムは建設されている。この時期に施工された砂防ダムの構造は練石積形式。
- ◎ 扇状地の左岸側の集落を土石流から守るため扇頂部左岸に導流堤を設けその直下扇状地右岸側に土石流堆積工を設置している。その下流に人工の流路工を設置している。
- ◎ 流路工は落差の小さい落差工を階段上に配置し、生物の生息環境を維持している。階段工はジオテキスタイルを用いて施工されている。
- ◎ 土石流氾濫が想定される範囲は牧草地として利用し、宅地として利用していない。



1955 年に施工された砂防堰堤



横スリット型の透過型堰堤



ジオテキスタイルを用いて施工された流路工



土石流氾濫想定域の土地利用状況

4) Starkenbach 溪

Starkenbach 溪の概要は以下のとおり。

- ◎ 近年の豪雨で土砂流出が活発になり、砂防堰堤が流失した。
- ◎ 現在、対策工事を実施中。



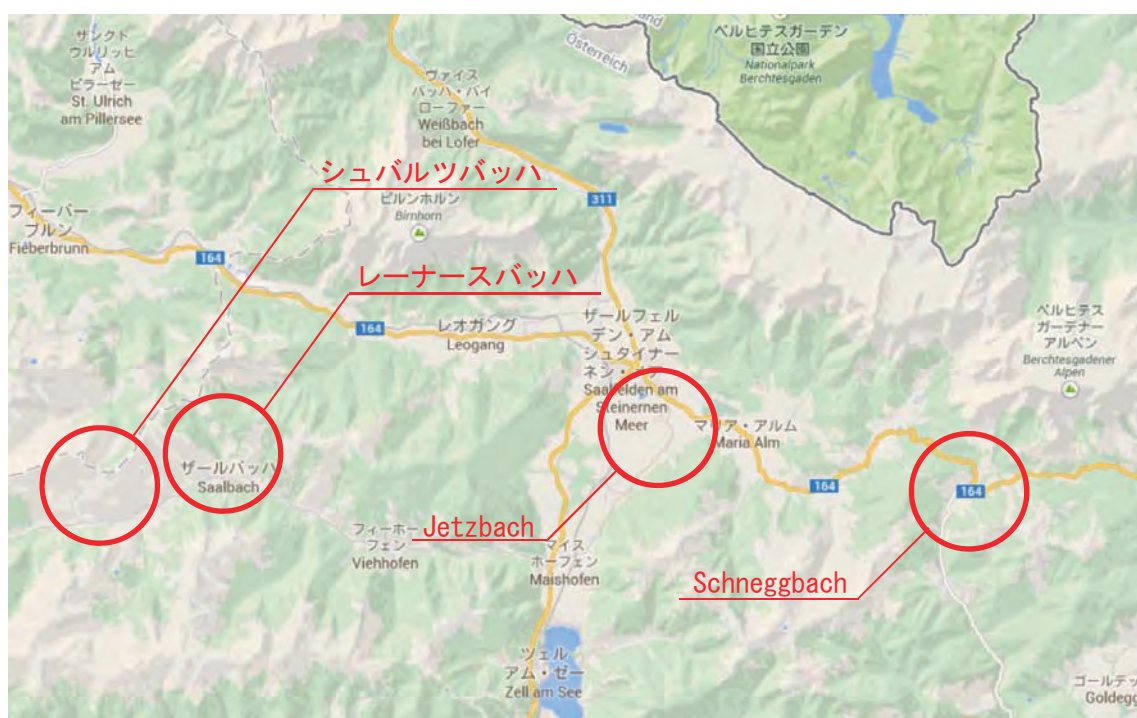
流失した砂防堰堤



対策工事の状況

(2) Salzach 川流域 (ザルツブルク西南の河川流域)

1) 概説



2) Schneggbach 溪

①Schneggbach

- ◎ 水通し断面は 1/100 確率の流量に対応している。
- ◎ 水通し中央部には切欠き部を設け、平常時の流路が溪流の中心になるようにコントロールしている。切欠き部断面は 1/1～1/0.5 確率の流量に対応している。



Schneggbach 砂防堰堤①

②ディーテンバッハ

- ◎ 源頭部は氷河が残っており、小粒径の堰歴が運搬される。
- ◎ 上流に橋梁が多くあるため、ある程度土砂を下流に流して土砂の捕捉による河床の上昇をコントロールするため、透過型を採用している。
- ◎ 土石流流下時に細かな土砂や流水を下流に流下させ、流木や大きな石を確実に捕捉するため、スリット部材の上流側に勾配がついている。



ディーテンバッハ 砂防堰堤②



透過型砂防堰堤の上流部の形状

③フィルツェンバッハの支溪流

- ◎ 基幹ダムには、副ダムが整備されている。
- ◎ 水通し部は前に張り出し、堤体に流水が当たらないようにしている。



副ダムが整備された基幹ダム



水通し部に張出しが設けられている

④Mittereggalmbach

- ◎ 谷出口の扇状地頂部に設置された堆積工。流木が堰堤下流に越流しないように、スリット部材の上端が突出している。



スリットの上部に流木止めが設けられている

⑤イエッツバッハ

- ◎ 木製の砂防堰堤も積極的に採用されている。
- ◎ 木製堰堤群の材料はカラマツ、ニセアカシアなどの落葉樹を使用している。なお、防腐処置をしている。



木製の砂防堰堤群

⑥Urslau の流砂量観測

- ◎ 流砂量観測には日本のハイドロフォン（Geophone？）を設置し観測を実施している。



流砂量観測施設

3) Jetzbach 溪

- ◎ 鋼製直立式の透過型堰堤が確認された。



鋼製直立式の透過型堰堤

4) レーナースバッハ

- ◎ スリット下部の幅が広がっている透過型堰堤を確認した。
- ◎ 透過型堰堤では除石管理を行っている現場を確認した。除石は許可を受けた民間業者が実施中。



スリット下部が広がっている透過型堰堤



除石管理の状況

5) シュバルツバッハ

- ◎ 水通し部は前に張り出し、堤体に流水が当たらないようにしている。



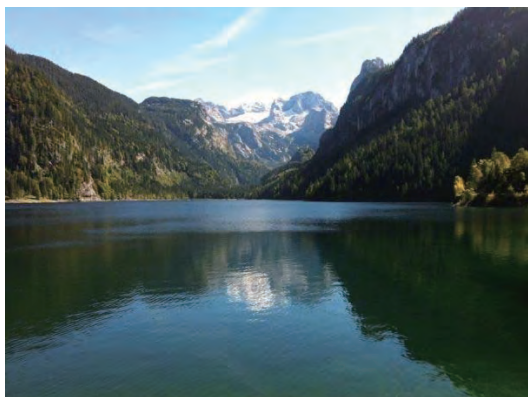
砂防堰堤全景



水通し下流面の張出状況

(3) Gosaubach 溪

- ◎ HALL STATT(ハルシュッタット、ラテン語)という名称で、岩塩採掘 (salt mining)、水力発電、風光明媚な観光地の要素から、「人、エネルギー、水」からなる世界遺産に指定されている。



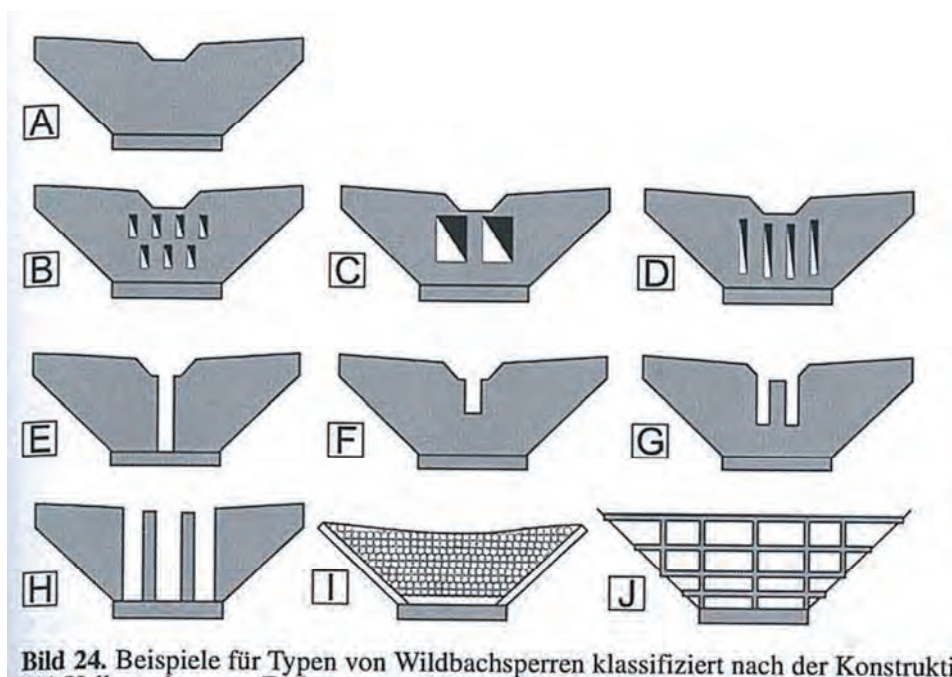
HALL STATT の風景



水利用の考え方を示す模型

(4) オーストリアの砂防施設

- ◎ オーストリアでは各溪流の特性を考慮し、技術者の判断で多様な砂防堰堤形式が採用されている。
- ◎ 現在では「Beton Kalender」が参考書としての役割を果たしているが、日本のように規準や仕様書で形状を細かく指定することはしていない。
- ◎ 「Beton Kalender」では堰堤の代表的な正面形状として以下の 10 種類が示されている。
- ◎ 砂防堰堤は鉄筋コンクリート構造であり、土石流によって堰堤に生じる引張力には鉄筋で対応しており、コンクリート量や土工量の縮減が図られている。
- ◎ 堰堤下流面の摩耗を防止するため、水通し下流面には庇（張出し）が設けられている例が多い。



(5) 諸戸北郎博士の足跡

- ◎ 日本人初の砂防担当教授（東京帝國大學農科大學、明治45年6月～昭和9年3月）であり、明治42年1月～明治45年6月にオーストリアに留学。
- ◎ 我国最初の本格的な砂防専門書「理水及砂防工学本論」等を著述（大正5年）
- ◎ 今回の調査では、諸戸博士の留学時のゆかりの場所を調査した。



諸戸博士がよく訪れた、ホフマンンの叔母のアパート（ウィーン）

4. おわりに

ヨーロッパでは18世紀末から19世紀初めにかけての人口増加に伴う放牧、開墾、森林の乱伐により森林が荒廃した。森林の喪失に伴い、19世紀に入り土石流、洪水氾濫が頻発するようになった。このため19世紀から山地の緑化を図るとともに、砂防工

事が着手された。ヨーロッパではこのような背景から、20 世紀初頭には砂防技術の体系化がなされた。

日本は 20 世紀初頭に諸戸博士らがヨーロッパの砂防技術を持ち帰り、日本の砂防事業に取り入れている（牛伏寺川フランス式階段工等）。その後、ヨーロッパの砂防技術と日本の砂防技術は独自に進化をし、現代では構造形式、スリット形状、水通し断面等に違いが見られる。今回の調査で確認できたこれら形状等の違いについて参考とすることで、日本におけるより良い砂防施設の設計が行えるものとする。

5. 資 料

- | | |
|--|------|
| (1) H26 年度砂防学会研究発表会資料 (予稿集とスライド) | 島 健 |
| (2) Investigation of SABO in France | 西本晴男 |
| (3) Field Trip and overview of Sabo in Austria | 西本晴男 |
| (4) 欧州砂防施設視察報告書 | 北原哲郎 |
| (5) 2013 オーストリア視察 | 秋山浩一 |

オーストリアにおける砂防堰堤の特徴

株式会社キタック ○島 健
 筑波大学大学院生命環境科学研究科 西本晴男
 応用地質株式会社 北原哲郎
 株式会社東京建設コンサルタント 秋山浩一

1. はじめに

地域の土砂災害防止と発展に重要な役割を担ってきた砂防堰堤は、日本では 20 世紀の初頭にはオーストリア等の砂防学を取り入れ、日本の砂防技術が発展していく。本研究ではその後、発展したオーストリアの透過型砂防堰堤の構造（スリット形状、水通し形状）に注目し、現地調査の結果からその特徴の考察を行った。

他国で独自の発展を遂げた砂防技術の良いところを参考にすることで、機能的かつ経済的な砂防施設の設計に寄与できるものと考ええる。

2. スリット構造

2.1 スリットの形状と目的

オーストリアの技術書には、様々な形のスリット形状が示されている（図-1）。

オーストリアでは写真に示すように、溪流の状況（溪床勾配、対象礫径等）および透過型堰堤の目的により、様々なスリット形式が考案・採用されている。

オーストリアの技術書より、斜材型スリット（写真-4）について以下に紹介する。スリット部材の上流側を垂直に立てた場合、中小出水で発生する流木によりスリットが閉塞する事例があった。スリットが閉塞した結果、流れがせき止められ、流水や細かな土砂が下流に流下することを妨げられることが問題となった。

土石流発生時の捕捉容量を確保するため、流木が埋塞するたびに撤去する必要があり、維持管理に問題があったと思われる。この問題を解消するためにオーストリアでは透過型堰堤の上流側に傾斜を設ける形状が採用された。

上流側に傾斜を設けることで、土石流が通過するときに流木が斜材の上方に浮上り、スリット下部に空間があくことでできるだけ長く流水と細かな土砂を流下が可能な形状としている。スリット上流側の斜材は直線形状のもの（図-2A,C）に加え、屈曲部を設ける改良型（図-2B,D）も採用されている。この改良により上部材は垂直に近くなり、浮き上がった流木がスリット部を乗り越えることなく、より確

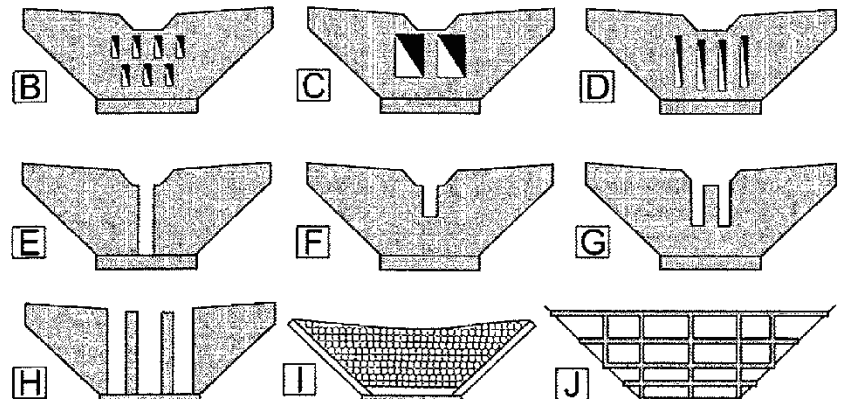


図-1 様々な透過型堰堤の形状



写真-1 垂直型スリット



写真-2 横棧型スリット

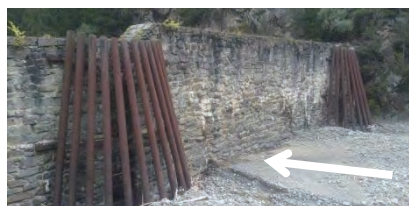
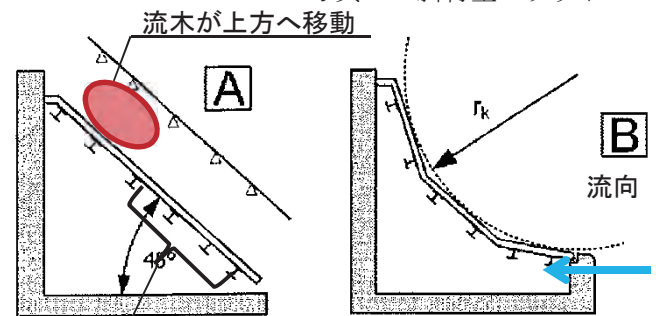


写真-3 斜材型スリット



写真-4 斜材型スリット



水、細かな土砂の通水断面の確保
 図-2 スリット構造側面図（その1）

実に流木を捕捉することができる。一方、下部材のスリットは水平に近くなり、通水断面が増えることでより流水や細かな土砂を下流に流す機能を保持することができる。オーストリアではこのようにスリットの上流部材の形状を工夫することで、より効果的な透過型堰堤を目指している。

2.2 スリットの材料

スリットには主に鋼製材料が使用されている。当初はH鋼の梁もしくは空洞をコンクリートで充填した部材で作られていた。近年では水平方向の梁は鉄筋コンクリートの梁を鋼板で覆った部材が多く使用されている(図-3A)。梁にH鋼を使用していたときには複数の梁部材を配置していた(図-2A,B)が、鉄筋コンクリートを鋼板で覆った部材の採用により、梁部材の耐荷重性が大きくなったことで梁部材の本数は最小限にまで減らし、経済的な構造としている(図-2C,D)。流水にさらされる縦方向の部材はH鋼材の両端を鋼板で閉じたものにコンクリートを充填した材料が用いられている(図-3B)。

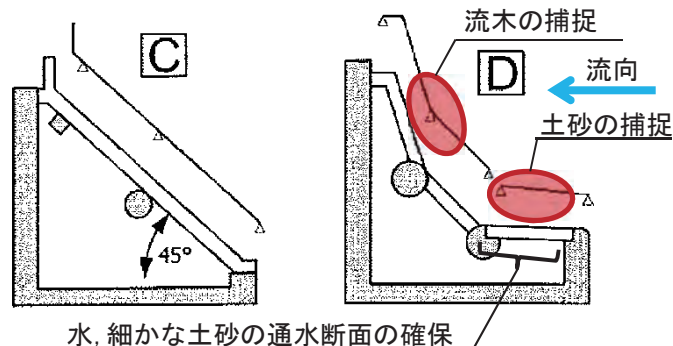


図-2 スリット構造側面図(その2)

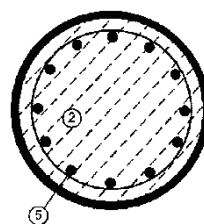


図-3A 補強された梁材

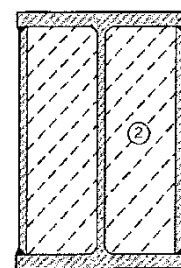


図-3B スリット縦材

3. 水通し形状

3.1 水通し下流部の張出し

オーストリアでは水通し下流側に張出しを設けている堰堤が多くみられた。これは石礫や転石による摩耗から、堰堤水通部下流面を守ることが目的である。とくにヨーロッパの砂防堰堤は材料の節約、土工量の削減を目的として、堰堤は鉄筋コンクリート構造が中心である。そのため、無筋コンクリート形式の堰堤よりも鉄筋被りであるコンクリート表面の摩耗を防ぐ必要性が高いためと考えられる。

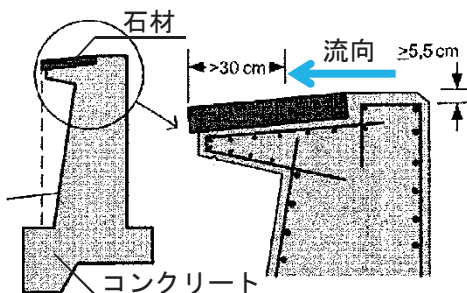


図-4 水通し下流部の張出し

3.2 水通し断面の形状

オーストリアの技術書には、様々な形の水通し形状が示されている(図-5)。

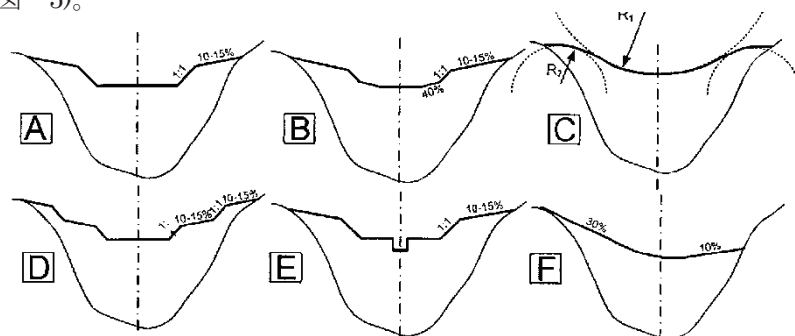


図-5 様々な水通し断面形状

現地調査では様々な形状の水通し断面を確認することができた。オーストリアでは日本のように画一的に水通し断面が決められておらず、溪流の状況に合わせて形状を設定している。日本と異なる点は、袖小口の勾配が1:1もしくはそれ以上に緩く設定されている点、袖小口に勾配変化点を設ける例が多い点である。写真-7では、水通し部中央に小さな切欠きを設け、切欠き部のみに石材を用いている。これにより天端保護のための石材使用量を減らし、経済性を高めている。

参考文献

2008BetonKalender Schutzbauwerke gegen Wildbachgefahren



写真-5 屈曲部が無い水通し断面



写真-6 屈曲部のある水通し断面



写真-7 切欠き部を設けた水通し断面

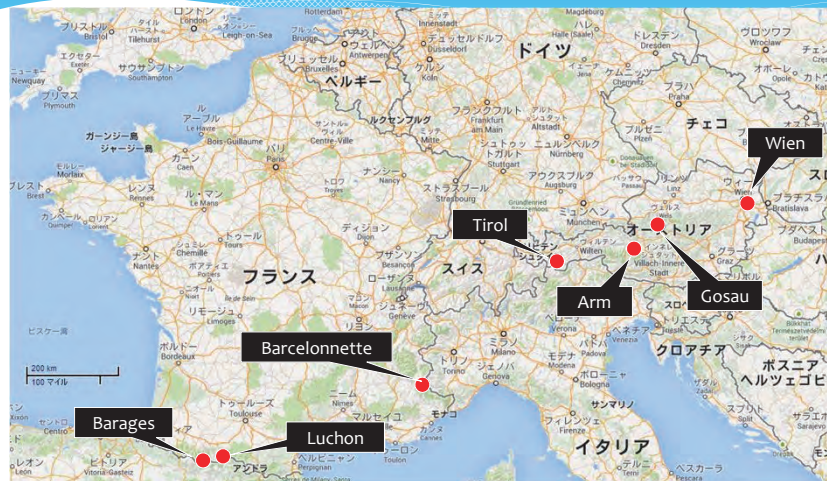
オーストリアにおける 砂防堰堤の特徴

株式会社キタック ○島 健
筑波大学大学院生命環境科学研究科 西本晴男
応用地質株式会社 北原哲郎
株式会社東京建設コンサルタント 秋山浩一

ヨーロッパ視察の全体工程

- | | |
|------------|---------------|
| * 9月 9～10日 | フランス南西部ピレネー山地 |
| * 9月12～13日 | フランス南東部アルプス地方 |
| * 9月15日 | オーストリア チロル地方 |
| * 9月17日 | ウィーン農科大学 |
| * 9月18日 | オーストリア アルム地方 |
| * 9月19日 | オーストリア ゴザウ地方 |

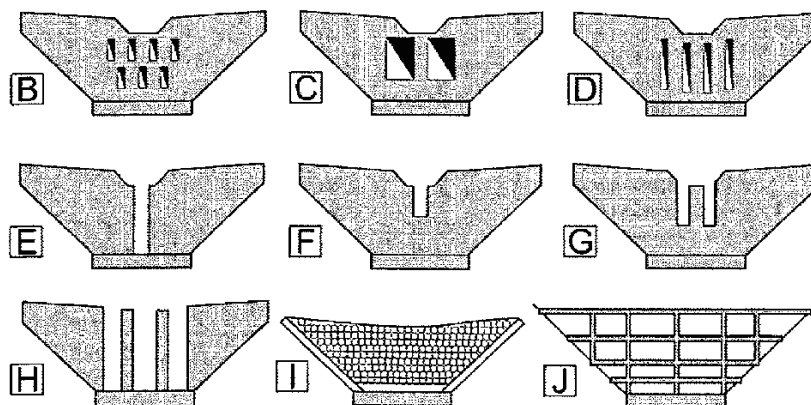
位置関係



発表の内容

- * オーストリアのスリット堰堤の特徴
 - ・ スリットの構造形式の紹介
 - ・ オーストリアのスリット構造の工夫点
 - ・ スリットの材料
- * オーストリアの水通し断面の特徴
 - ・ 水通し下流面の張出し
 - ・ 水通し断面の形状

オーストリアの透過型堰堤の形状



出典: 2008 BetonKalender Schutzbauwerke gegen Wildbachgefahren

オーストリアのスリット構造



写真-1 垂直型スリット



写真-2 横棧型スリット



写真-3 斜材型スリット



写真-4 斜材型スリット

日本の代表的なスリット



写真-1 格子型スリット



写真-2 J-スリット

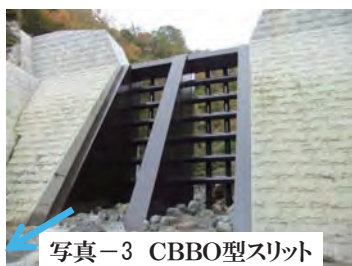


写真-3 CBBO型スリット



写真-4 A型スリット

上流側部材の勾配を立てた場合の問題点



- * 中小出水時の流木によるスリットの閉塞
- * 下流に流下させるべき、流水や細かな土砂の堆積
- * 捕捉容量の減少



- * 流木を撤去する等の維持管理が必要

流木による閉塞問題の解消

流木による閉塞の解消を図ったスリット構造

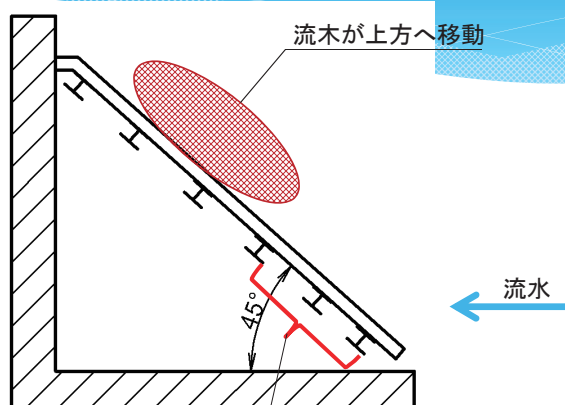


写真-1 スリット上流側の状況



写真-2 スリット側面の状況

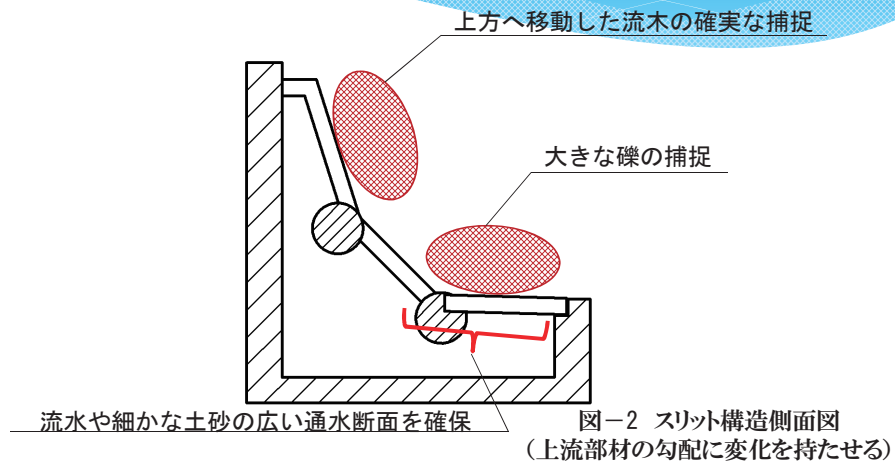
流木による閉塞を防止する仕組み



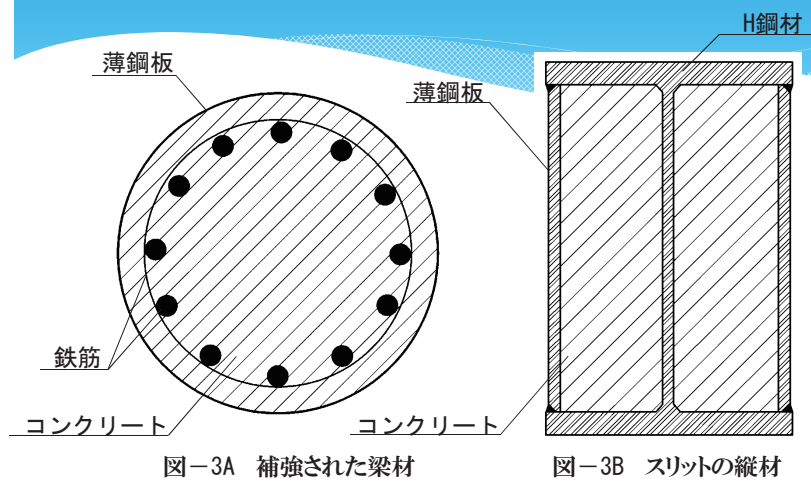
流水や細かな土砂の通水断面を確保

図-1 スリット構造側面図
(上流部材を45°の角度を持たせて設置)

流木による閉塞を防止する仕組み (改良型)



透過型堰堤の材料の発展



材料の発展による堰堤形状の変化

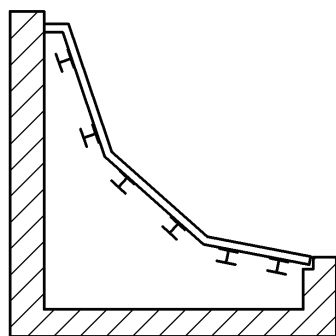


図-4A H鋼を梁材に用いた場合
(多くの梁材が使用されている)

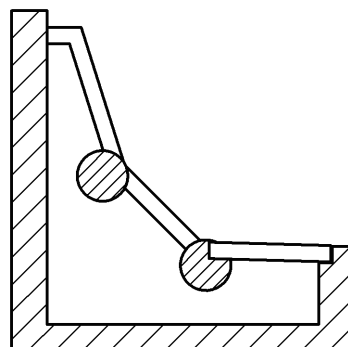
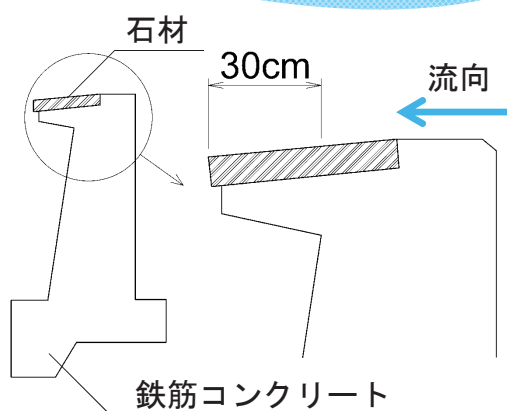


図-4B 改良材を梁材に用いた場合
(梁材の本数が少ない)

水通し下流の張出し



フランスの水通し形状

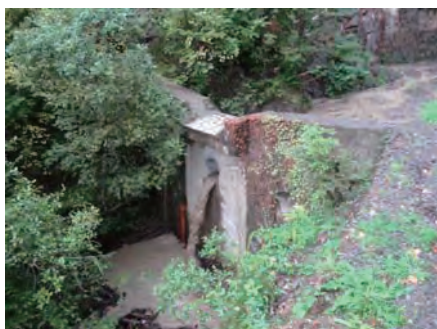


写真-1 底を設けた水通し断面

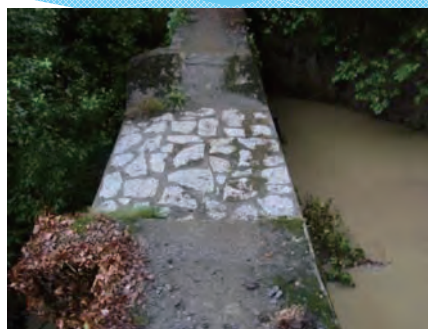


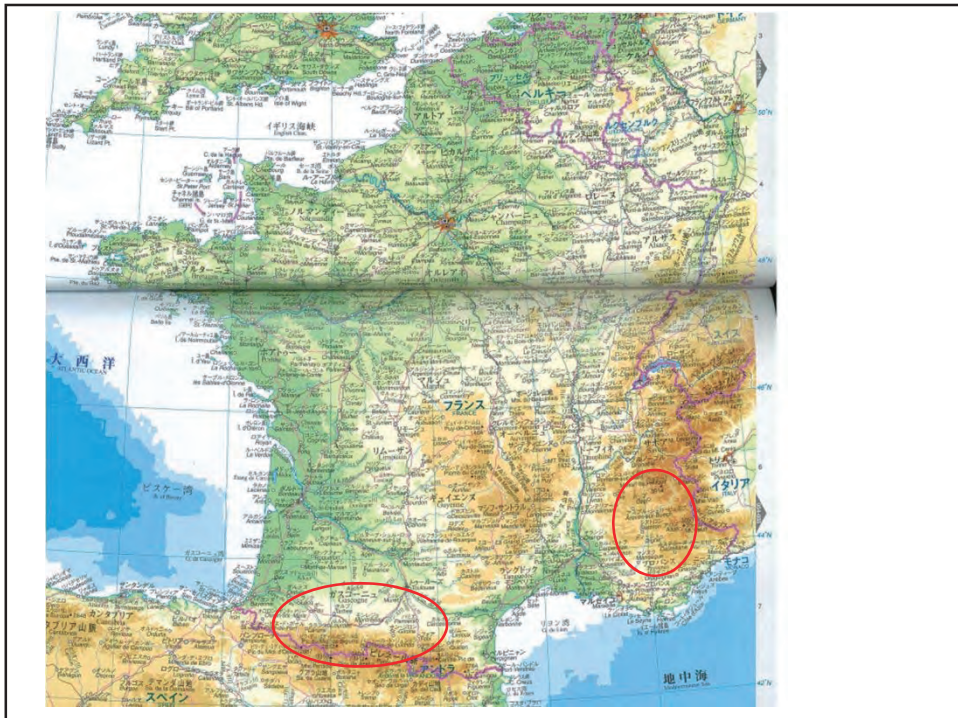
写真-2 水通し天端の補強状況

おわりに

- * オーストリアでは透過型堰堤の機能をはっきさせるため、形状に独自の工夫を加え発展してきている。これらの工夫は日本の砂防堰堤においても参考になる。
- * 水通し断面は現地の地形・河川状況に合わせて、様々な形状が採用されている。また、水通し天端および堰堤下流面の摩耗対策に配慮している。
- * フランスでは維持管理マニュアルを作成し、既存施設の維持管理を行っている。今後の日本においても、維持管理を行ううえで参考となる。

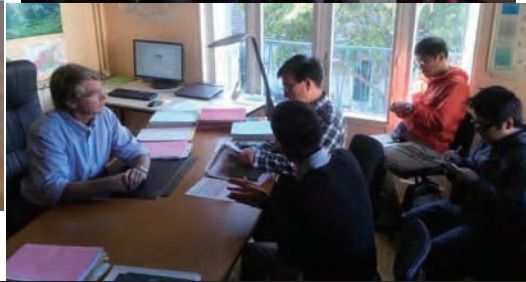
Investigation of SABO in France

September 9-13, 2013





Office:RTM des Alpes de Haute Provence (in Degne les Bains)



ユバイユ川 (Ubaye kawa (川))



Confluence de l'Ubaye et de l'Ubayette. En se dispersant dans cette grande zone d'épandage, les eaux perdent une partie de leur capacité de transport et déposent une grande quantité de matériaux.

Le pont des casernes Pellegrin et la Condamine. À l'inverse de la photo précédente, la concentration des eaux en un même point du lit (rôle des culées du pont et des digues) facilite grandement la prise en charge de matériaux ou la destruction de diverses infrastructures construites dans le lit majeur du cours d'eau.

Couverture p. 4

En haut. Kayak en Ubaye près du Martinet, au tournant baptisé « le Fer à cheval ». Souvent considérée comme domptée par les nombreux ouvrages de correction qui jalonnent le cours de ces principaux affluents, l'Ubaye ne l'est réellement que par quelques téméraires kayakistes.

Crue de juin 1957. Lame d'eau de plus d'un mètre de hauteur dans le village de Jausiers.

Image de fond : extrait du *Journal de Barcelonnette*, 29 juillet 1900.



ユバイユ川とユバエツテ溪の合流点の土石流

Lave torrentielle,
Confluence de l'Ubaye et de
l'Ubayette, 1957



Les manifestations torrentielles survenues dans le Riou Bourdoux

1451 : lave torrentielle.

1663 : inondation et ruine de propriétés.

1740, 14 août : le torrent faillit engloutir Lara.

1791 : une crue menace le hameau de Lara.

1836, 11 mai : lave, entre 400 et 600 mètres de largeur (selon les sources) jusqu'à Ubaye.

1839 : lave, 600 mètres de largeur. Présence de blocs d'environ 40 m³.

1842, 12 août : lave ayant causée la mort d'une personne.

1845 : une lave surmonte les digues de Lara et envahit 9 hectares de propriétés.

1846 août : une lave emporte un moulin.

1863 : lave torrentielle.

1868, 17 août : lave torrentielle. Elle anéantit 15 hectares de terres cultivées

1868, octobre : « Le Bachelard et le Riou Bourdoux ont donné en même temps, présentant ainsi un danger d'inondation pour Barcelonnette. »

1868, 2 et 3 octobre : lave torrentielle, destruction d'ouvrages de correction.

1872 : crues.

1875, 22 juin : lave torrentielle. Dégâts aux ouvrages de correction.

1876, 10 août : crue de la « Grande Combe » (affluent du Riou Bourdoux), lave torrentielle.

1876, 17 août : 14 seuils détruits, 6 endommagés.

1876, 28 et 29 octobre : avaries aux ouvrages.

1886, octobre : crue.

1891, 21 octobre.

1893, 13 septembre.

1894.

1895, 22 juin : lave torrentielle.

1896, 5 août.

1897, 14 juillet : dégradations aux contremarches.

1898, 7 et 8 juin : deux laves torrentielles successives. Aucun dommage.

1899, 25 août : crue.

1908, mai : crue du ravin de l'Église (affluent du Riou Bourdoux), lave torrentielle.

1914, 13/15 et 15 août : crues successives, lave torrentielle.

1917, 27 mai.

1963, 11 janvier : lave torrentielle.

1963, 23 juillet : lave torrentielle et eaux boueuses.

1963, 16 novembre.

1965, 4 juillet : lave torrentielle.

1970, 11 septembre : lave torrentielle et crues des affluents

1972, 14 juillet : lave torrentielle.

1982, 26 septembre : charriage de blocs et lave torrentielle.

1992, 18 juin : coulées de boue.

9

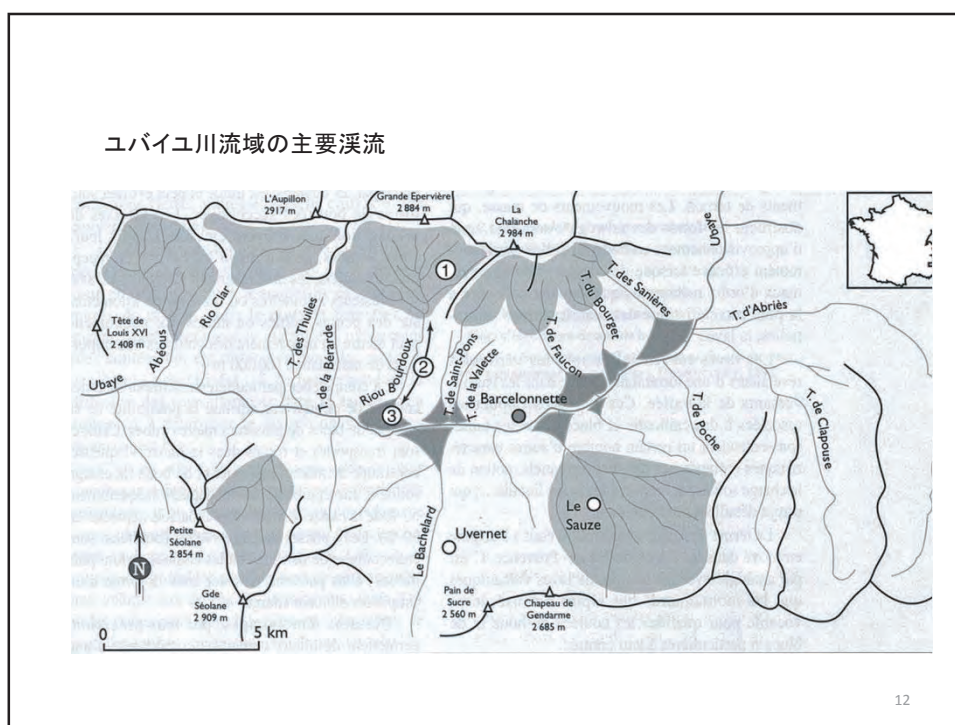
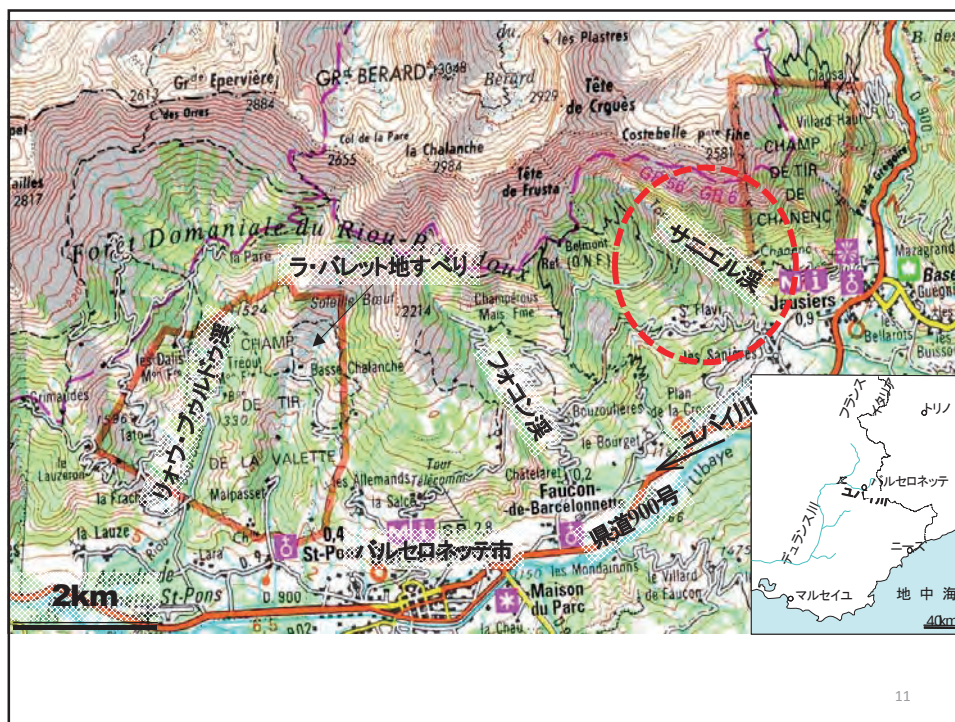
- 1872年、デモンゼイ（ Prosper.DEMONTZEY ）がユバイユ川の砂防に着手
- 1878年、デモンゼイ「山林の回復と再植林工事」（※）を著す

(※)「LES TRAVAUX DE REBOISEMENT
ET DE GAZONNEMENT DES MONTAGNES」



プロスパー・デモンツェイ(Prosper Demontzey, 1831-1898)
フランスにおいて、「RTMの父」と呼ばれ

10



Riou Bourdoux



**COMMUNE DE SAINT PONS –TORRENT DU RIOU BOURDOUX –CONE
DE DEJECTION-ANNEE 1880**



**COMMUNE DE SAINT PONS-TORRENT DU RIOU BOURDOUX-
CONE DE DEJECTION –ANNEE 1995**

Demonzey 大堰堤

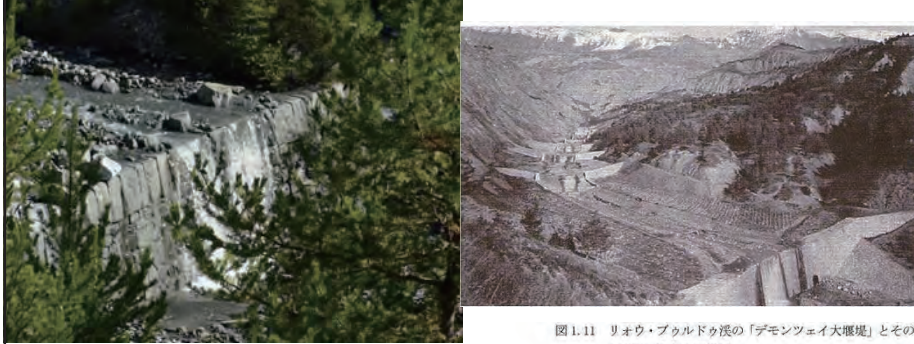


図 1.11 リョウ・ブルドゥの「デモンツェイ大堰堤」とその
上流側に連なる堰堤群
(eService Departemental RTM Alpes-de-Haute-Provence, 1892 年撮影)









Torrent de Faucon



Lave torrentielle, Torrent Faucon, 1996



図 1.10 フォコン溪流の泥流発生直後の写真³⁰

1892年

De haut en bas.
Torrent de Faucon.
Indices de passages d'une coulée boueuse (lave torrentielle), qui, en août 1996, a momentanément coupé la circulation sur la départementale 900.

Trois vues aériennes de la crue de juin 1957.
Destruction du pont de la Nationale 100 devant les casernes Pellegrin à la Condamine.

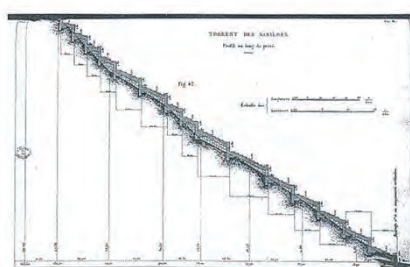


Torrent des Sanières



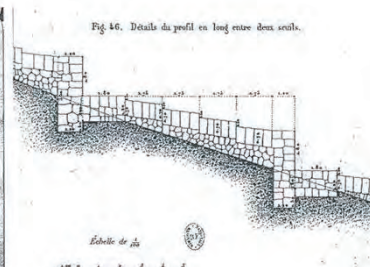
“LES TRAVAUX DE REBOISEMENT ET DE GAZONNEMENT DES MONTAGNES ”

by Prosper DEMONTZEY in 1878



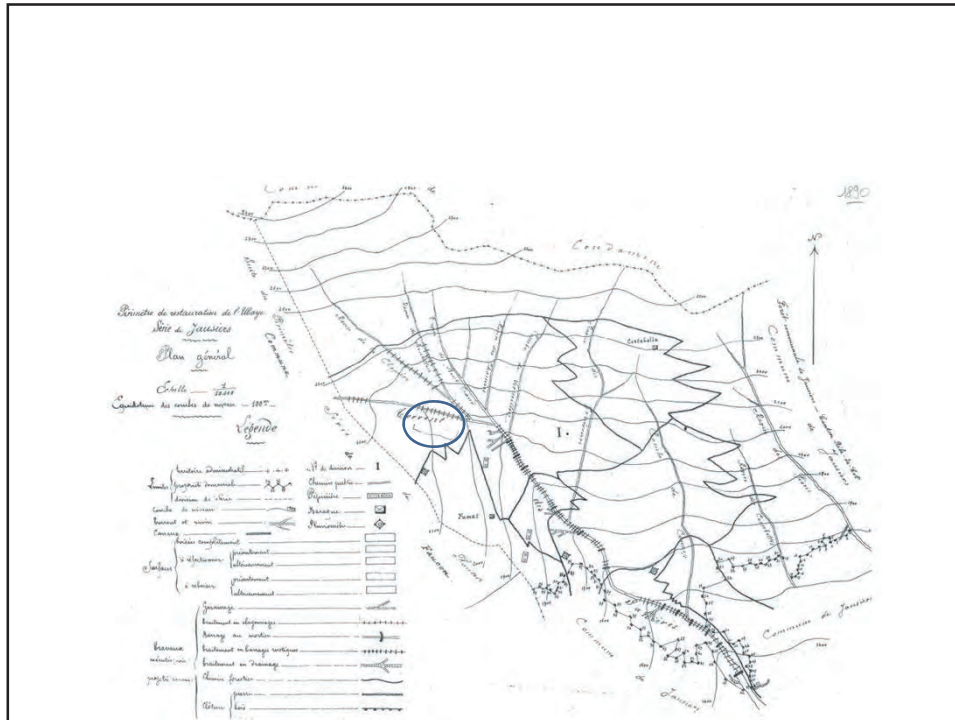
Profile of Torrent Sanières

Demontzey (1878)



Detailed Profile of Torrent Sanières

Demontzey (1878)



**TORRENT DES SANIERES
COMMUNE DE JAUSIERS
FORET DOMANIALE DE COSTEBELLE**

PHOTOS CORRESPONDANTES A LA FIGURE 46 DE L'OUVRAGE DE DEMONTZEY





牛伏川砂防工事（長野県松本市）

荒廃の進む泥沢



フランス式階段工
完成直前の様子

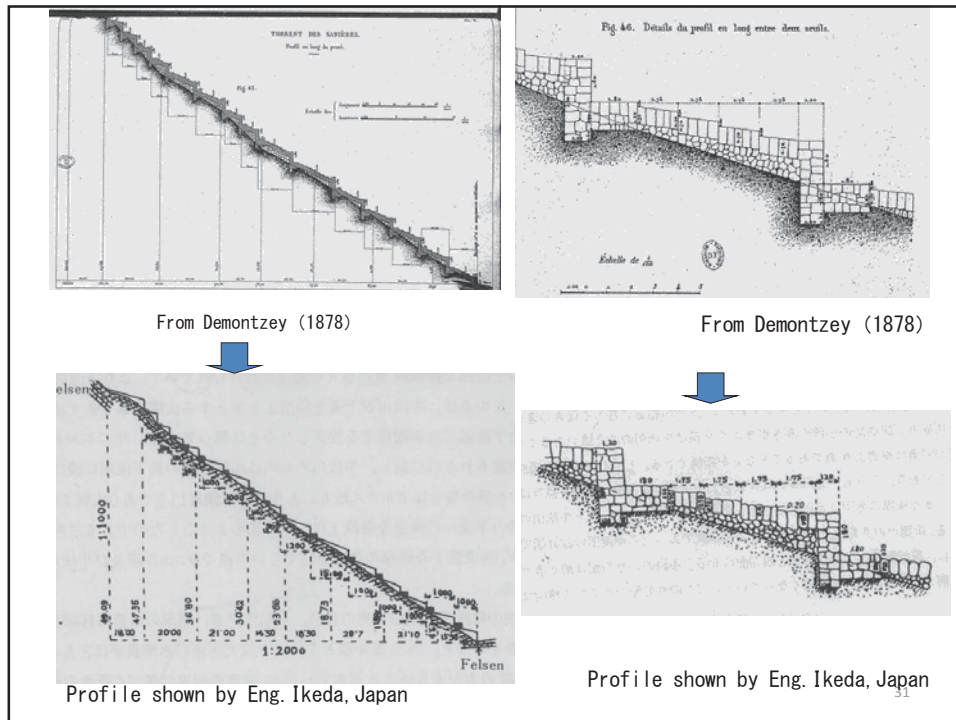
山腹工（大正5年）



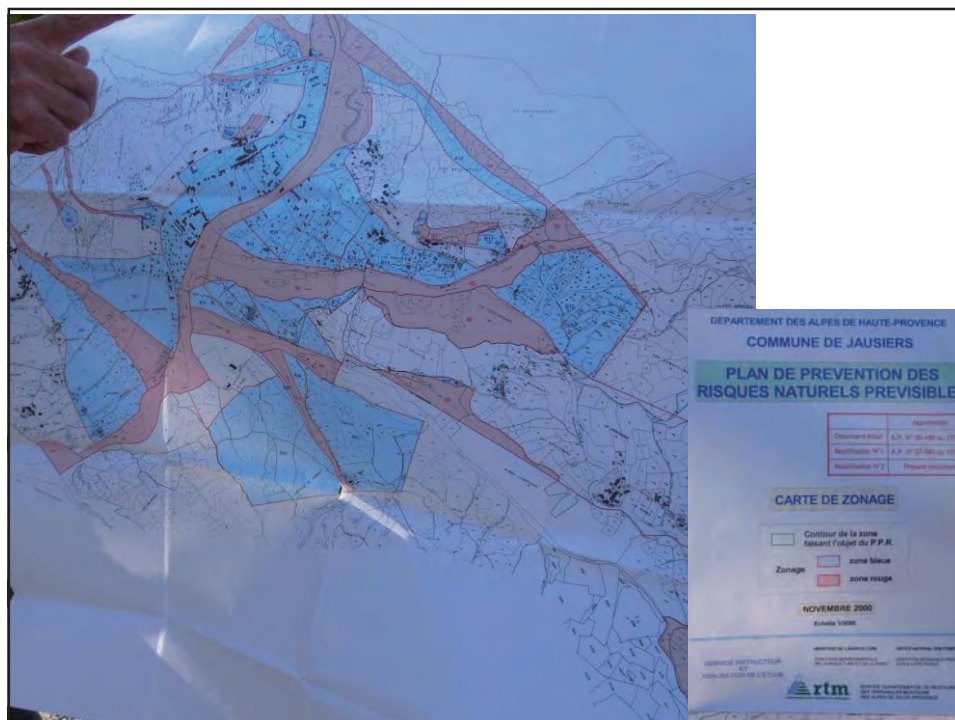
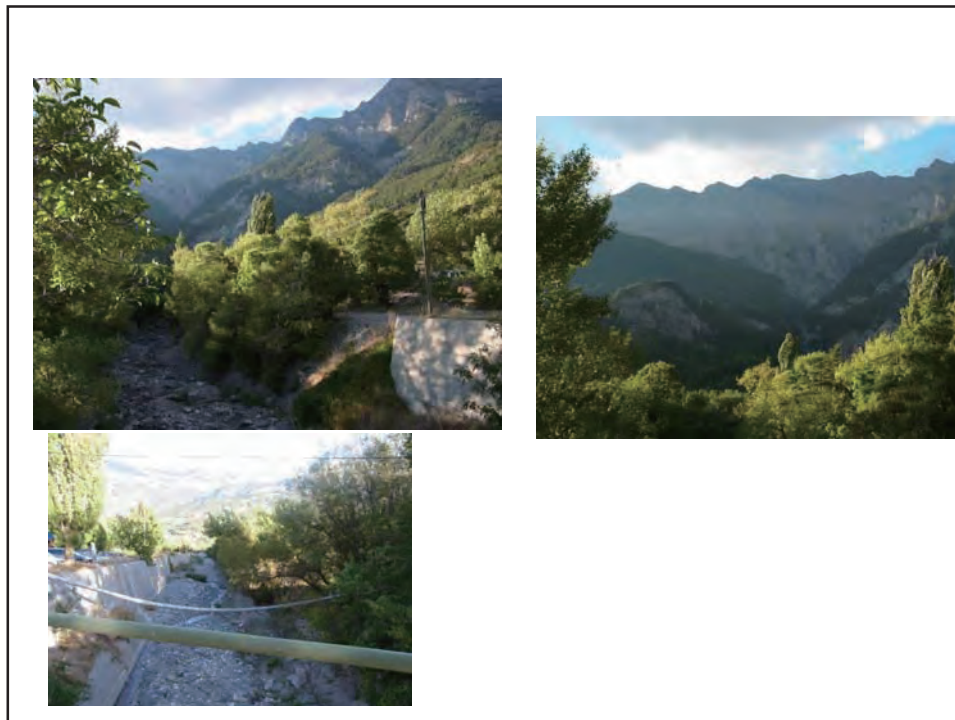
現在の姿



30









Lunch meeting invited by Mayor of Barcellonnette Commune



Field Trip and overview of Sabo in Austria

September 16-19, 2013

Haruo Nishimoto

ウィーン農科大学 (BOKU)



BOKU(ウィーン農科大学)

【ドイツ語】

IAN - Institut für Alpine Naturgefahren Department für
Bautechnik + Naturgefahren Universität für Bodenkultur,
Wien A-1190 WIEN, Peter Jordan Str. 82

Internet: www.alpinenaturgefahren.at

【英語】

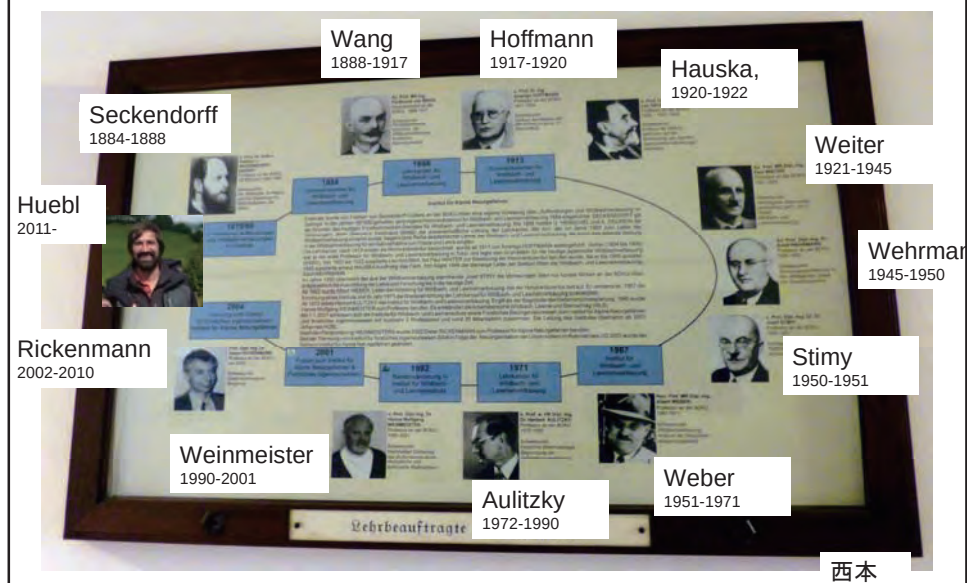
IAN - Institute of Mountain Risk Engineering Department
of Civil Engineering + Natural Hazards - BOKU Vienna
A-1190 WIEN, Peter Jordan Str. 82

Internet: www.alpinenaturgefahren.at

3



BOKUの歴代砂防担当教授



オーストリア近代砂防黎明期

- 1882年、オーストリアをはじめヨーロッパで大水害発生
- 1883年、オーストリアの農務大臣が砂防技術者を同伴し南フランスの砂防を視察
- 1884年、オーストリアに砂防技術者をフランス南部（ユバイユ川など）に派遣し研修させる
- 1884年、オーストリアで砂防工事に関する法律発布
- 1884年、SeckendorfがDemonzey著書を翻訳
- 1901年、Wangが「砂防工学の基礎」を出版

Sun.15,September 2013

- C/P:Joer Heumader
Director(ret.) of the Federal Service for Torrent
and Avalanche Control, Imst,Tyrol
- Field trip(area of upper reaches of Inn river)
 - >Fishbach(Oetztal)
 - > Murbach(Oetztal)
 - * Naturalparkhaus Kaunergrat (Pitztal,Lnch)
 - >Pfuudsarbach (Pitztal)
 - >Starsenbach



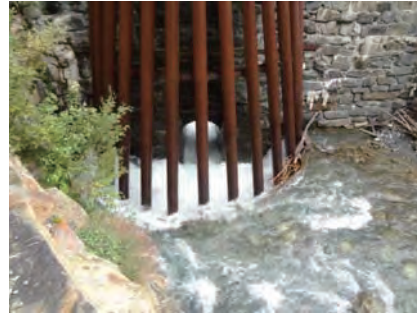
Oetztal



Fischbach



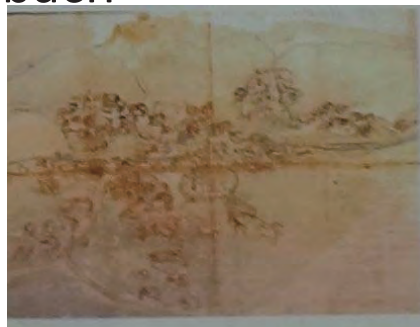
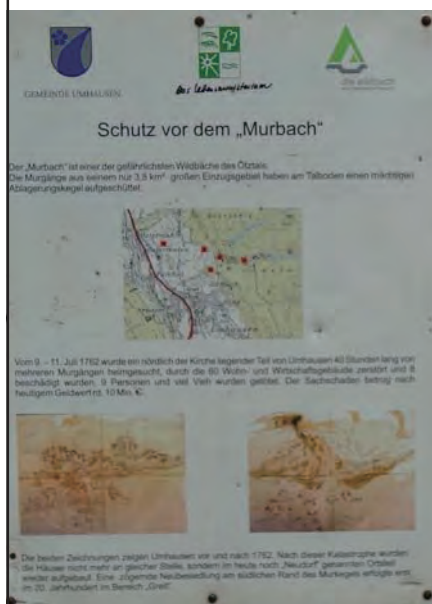
Fischbach

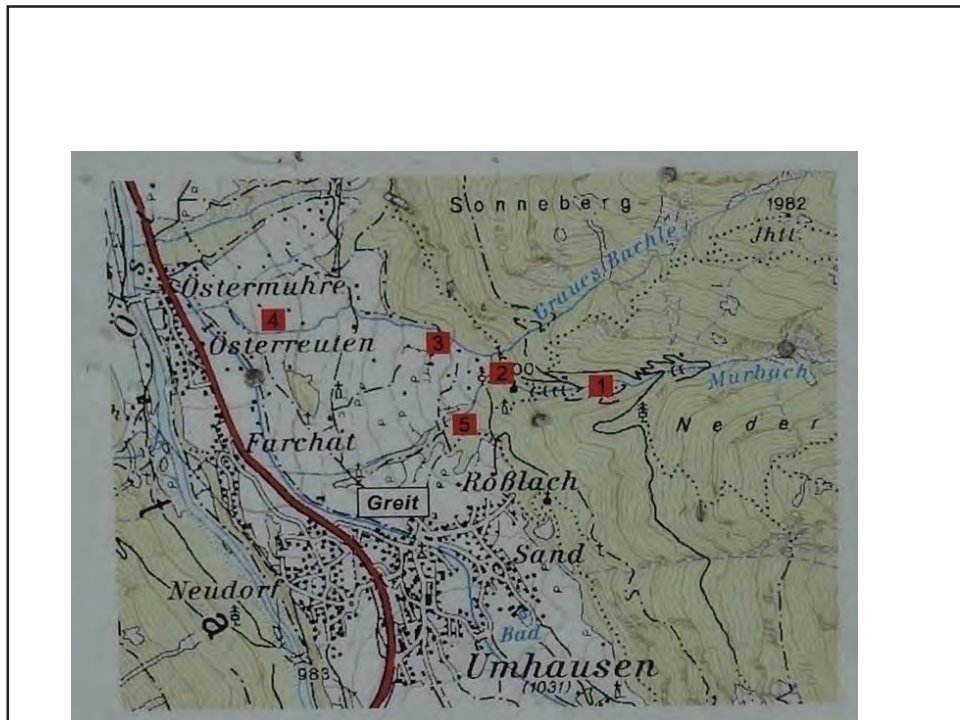


DIESE KIRCH-ARCHE SCHÜTZT
SEIT DEM JAHRE 1700 OBERLANCENFELD.
SIE WURDE VON EINHEIMISCHEN
UNTER FÜHRUNG DES BÜRGERMEISTERS
BENEDIKT KUEN *1665 † 1751 ERRICHTET.
ZUM TRANSPORT DER SCHWEREN STEINE
BRACHTE ER DIE ERSTEN BAUGERÄTE
DER WILDBACHVERBAUUNG
WIE HEBTRENNEL, TRACSCHNEIDER, BOGEN
U. EINFACHE SEILWINDEN ZUR ANWENDUNG

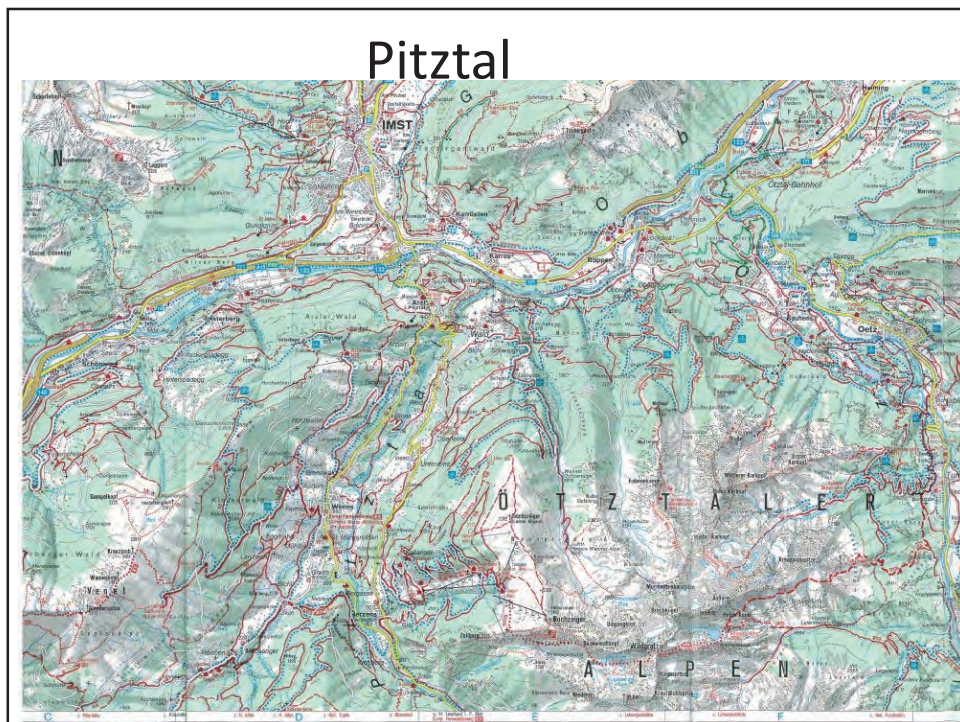


Murbach









Pfuudserbach





堰堤下流から



堰堤上流から

Landslide



Tues.17,September 2013

- C/P:Prof.Johanes HUEBL
Institute of Mountain Risk Engineering,
Department of civil engineering + Natural Hazards,
University of Natural Resources and Applied
Sciences,Vieena
- Discussion at BOKU
- Research of affairs regarding Dr. MOROTO In
Vienna

ウィーン農科大学（BOKU）



2013. 9撮影

- Discussion at BOKU
 - >砂防組織(Federal Service for Torrent and Avalanche Control)
 - >技術指針
 - >費用負担
 - >Debris flow, sediment transport



From BetonKalender



29

溪流の特徴・施設の目的に合わせた構造

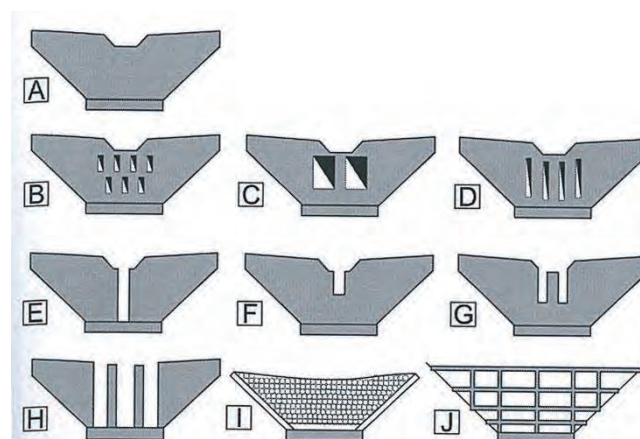
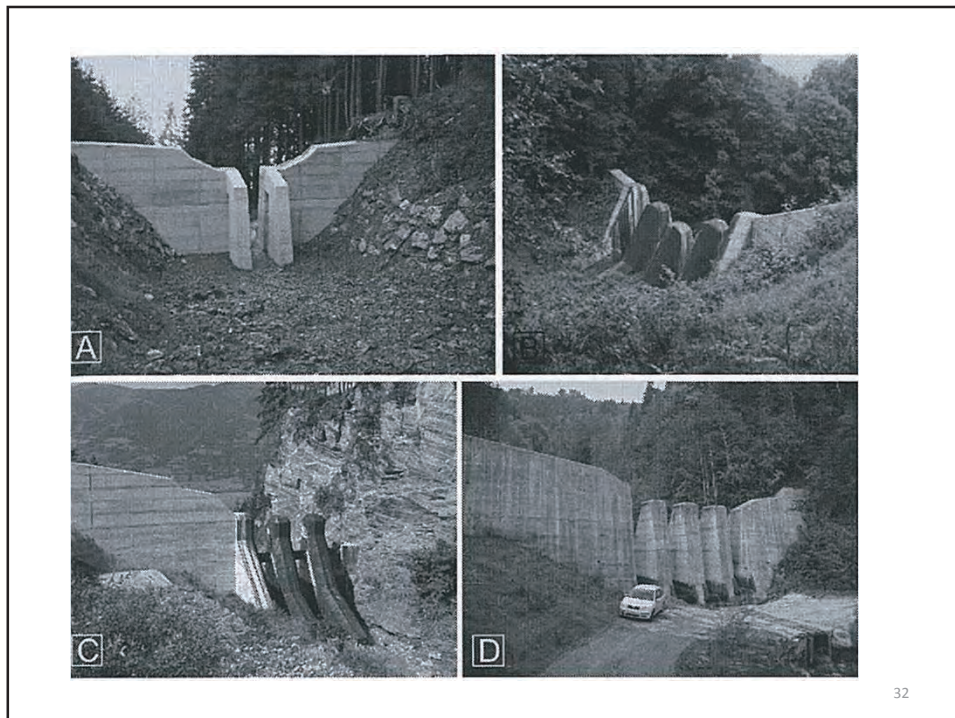
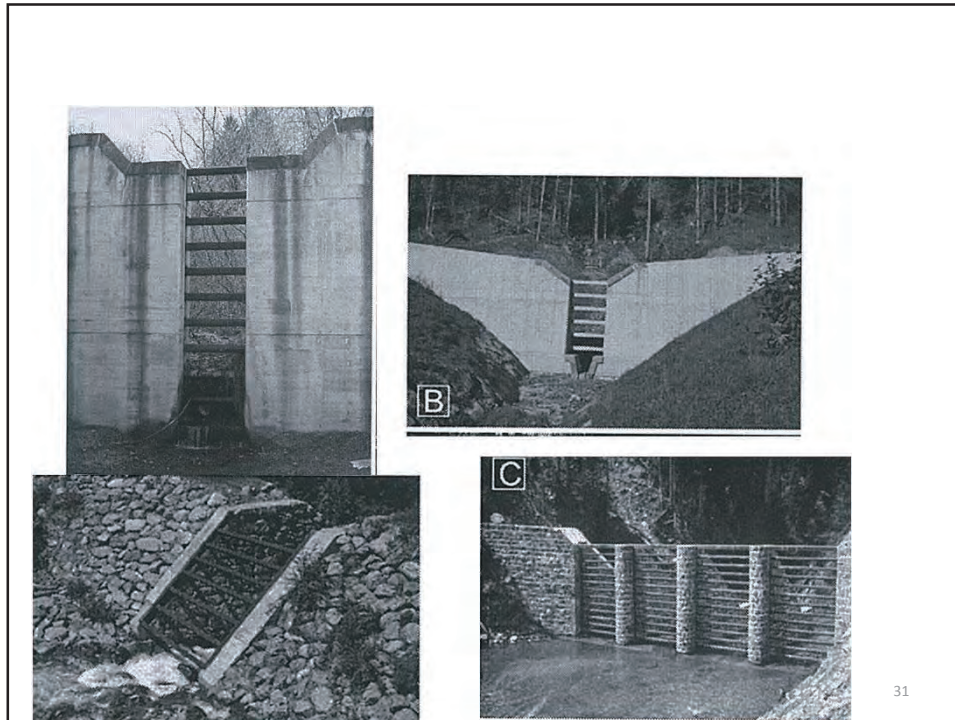


Bild 24. Beispiele für Typen von Wildbachsperren klassifiziert nach der Konstrukti

30



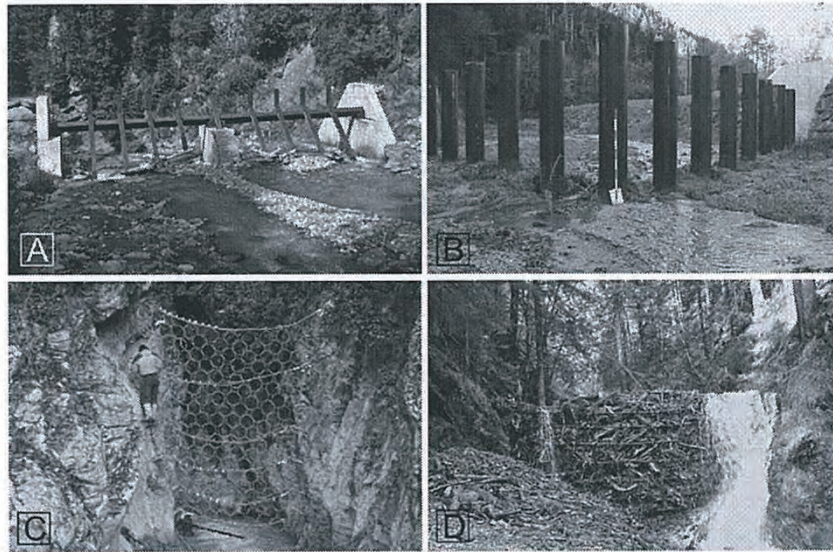
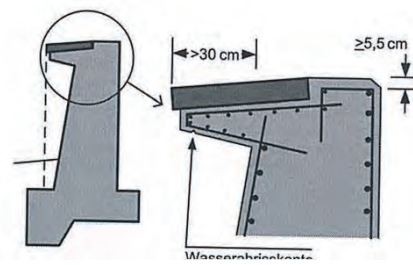


Bild 40. Bauwerke für den Wildholzurückhalt: (A) Wildholzrechen; (B) V-förmiger Wildholzrückhalt; (C, D) Wildholznetz

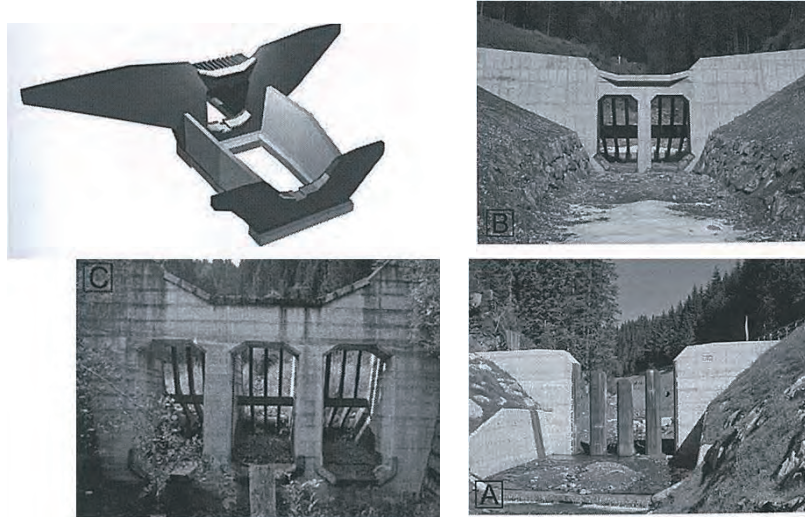
33

水通し天端の張出し工

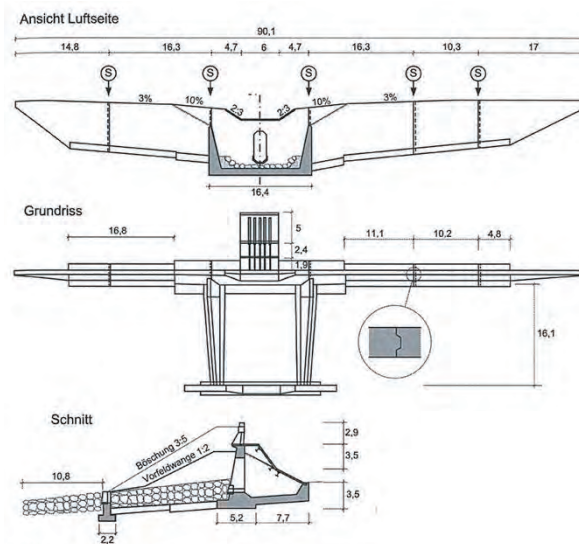


34

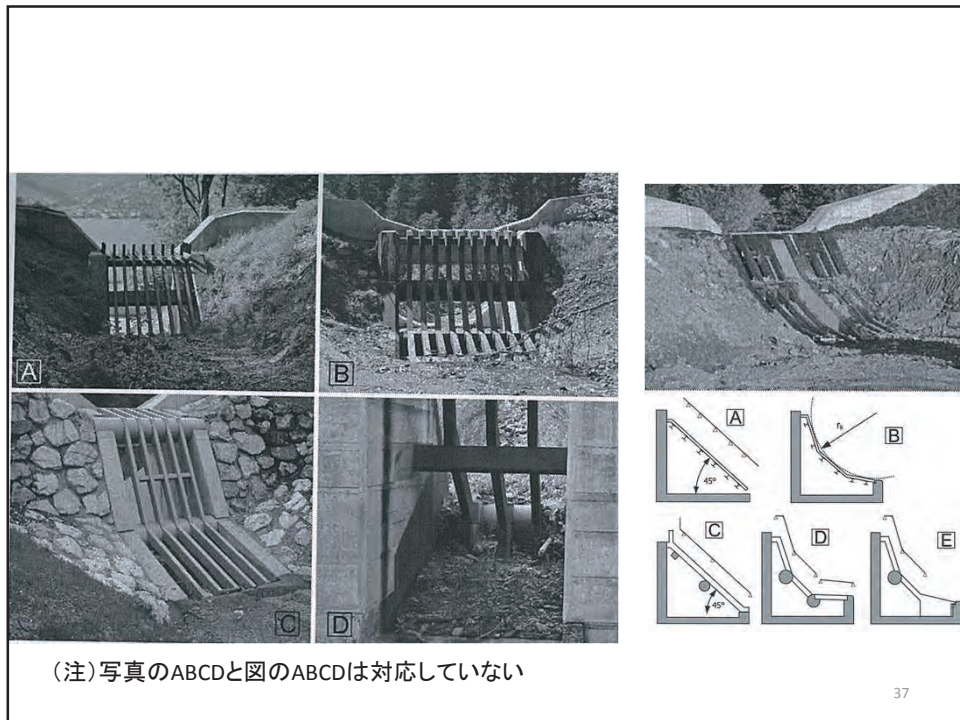
透過部の構造



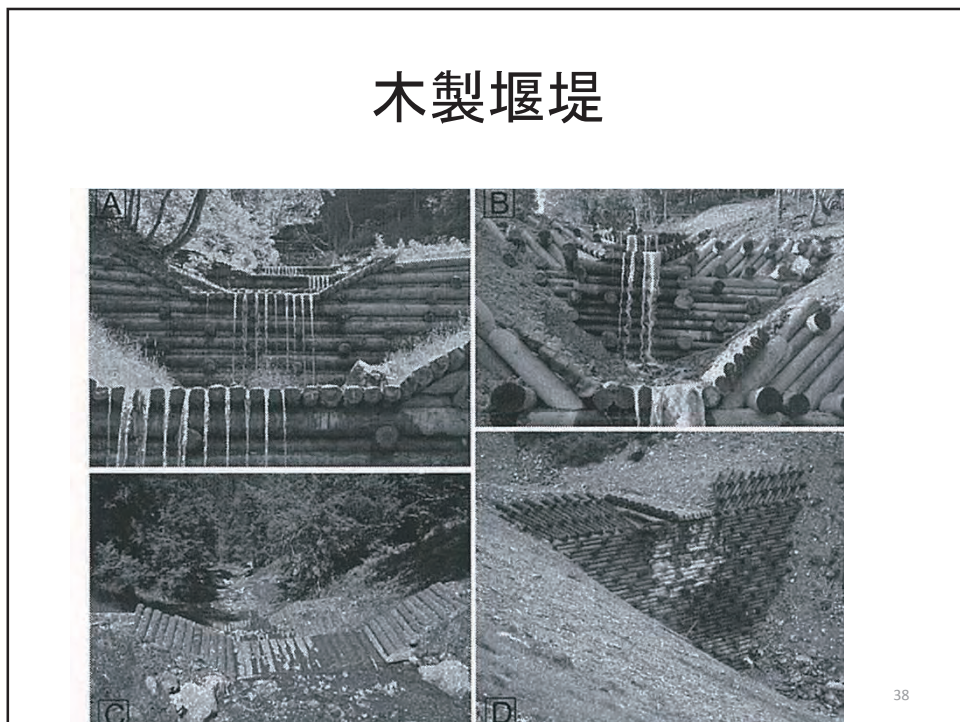
35



36



木製堰堤



洪水・土石流の分類

2.3.4 Charakteristische Kennwerte von Prozessen in Wildbacheinzugsgebieten

Tabelle 6. Eigenschaften unterschiedlicher in Wildbacheinzugsgebieten auftretender Prozesse (aus Hübl [95])

Verlagerungstyp	Hochwasser (flood)		Mure (landslide of flow type)	
Verlagerungsart	fluvial		murartig	
Terminus	Hochwasser	fluvialer Feststofftransport	murartiger Feststofftransport	Murgang
Prozesstyp	Reinwasserabfluss	schwach	Feststofftransport stark	Murgang
Fließverhalten	newtonisch	newtonisch	annähernd newtonisch	nicht newtonisch
Vol. Feststoffkonzentration (ca. Bereich)	Promillebereich	0–20 %	20–40 %	> 40 %
Größtkorn	mm bis cm	bis dm	bis m	bis m
Dichte (ca.-Bereich)	1000 kg/m ³	< 1300 kg/m ³	1300–1700 kg/m ³	> 1700 kg/m ³

39

Wend.18,September 2013

- C/P:Prof.Johanes HUEBL
- Field trip (area around Salzburg)
 - >Saalach
 - >Schneggbach
 - >Dienterbach
 - >Mitterreggalmbach
 - >〇〇bach(Mitterreggalmbach近くの溪流)
 - > Urschlaui川の右支溪の木製砂防ダム
 - >Kreuzlehengの流砂観測施設
 - >Jetzbach
 - >Lohnersbach
 - >Lohnersbach下流部の溪流保全工
 - >□□bach



①Saalach



上流を望む



下流を望む

Schneggbach



② Schneggbach



③Dienterbach



不透過型のアーチ式砂防堰堤

Dienterbach



上流にある透過型砂防堰堤



④ Mittereggalmbach



Mittereggalmbach

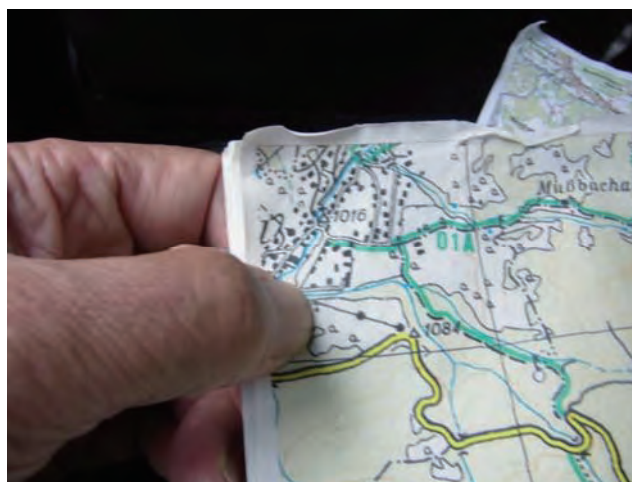






砂防堰堤の非越流部に付けた
ロッククライミング練習用の足場

⑤ Mittereggalmbach 近くの溪流



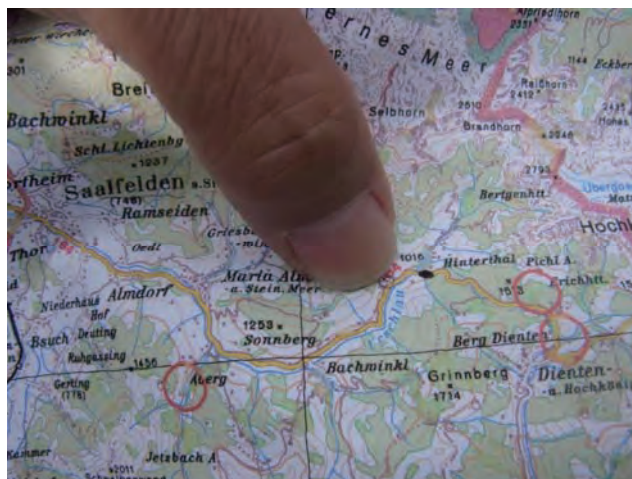
⑤ Mittereggalmbach 近くの溪流



扇状地頂部の土石流堆積工



⑥ Urschlau川の右支溪の木製砂防ダム



⑥ Urschlau川の右支溪の木製砂防ダム





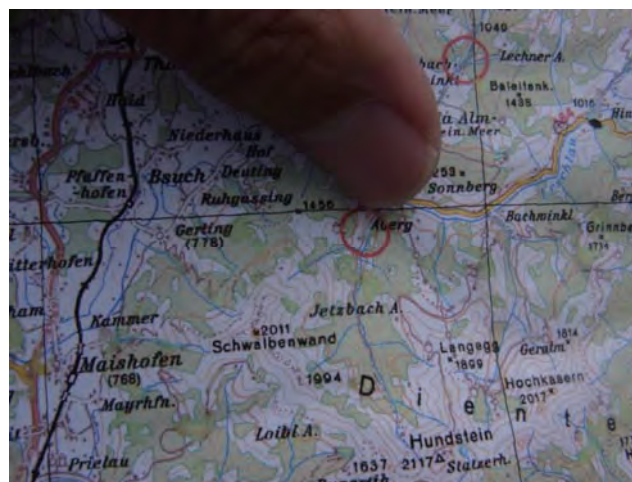
⑦ Kreuzleheng





⑧Jetzbach

- Urslau 川の支川
- スティール製スリットタイプ



⑧ Jetzbach



昼食 at Maria Alm

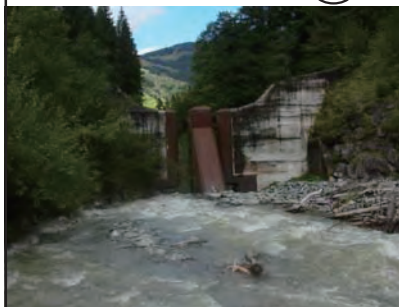


⑨ Lohnersbach?



?

⑨Lohnersbach



Lohnersbach 下流部の溪流保全工

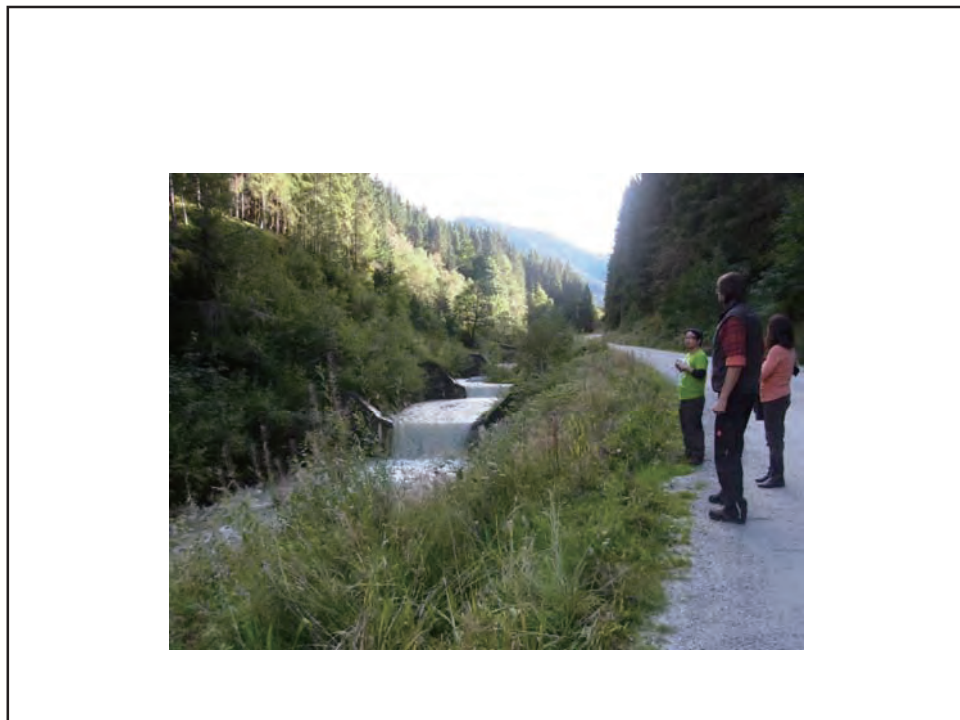


Wend.18,September 2013

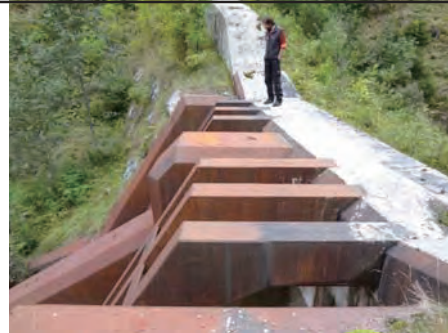
- C/P:Prof.Johanes HUEBL
- Field trip (area around Salzburg)
 - >Saalach
 - >Schneggbach
 - >Dienterbach
 - >Mittereggalmbach
 - >○○bach(Mittereggalmbach近くの溪流)
 - > Urschlau川の右支溪の木製砂防ダム
 - >Kreuzlehengの流砂観測施設
 - >Jetzbach
 - >Lohnersbach
 - >Schwarzachenbach
 - > □□bach

⑩Schwarzachenbach





(11) □ □ bach



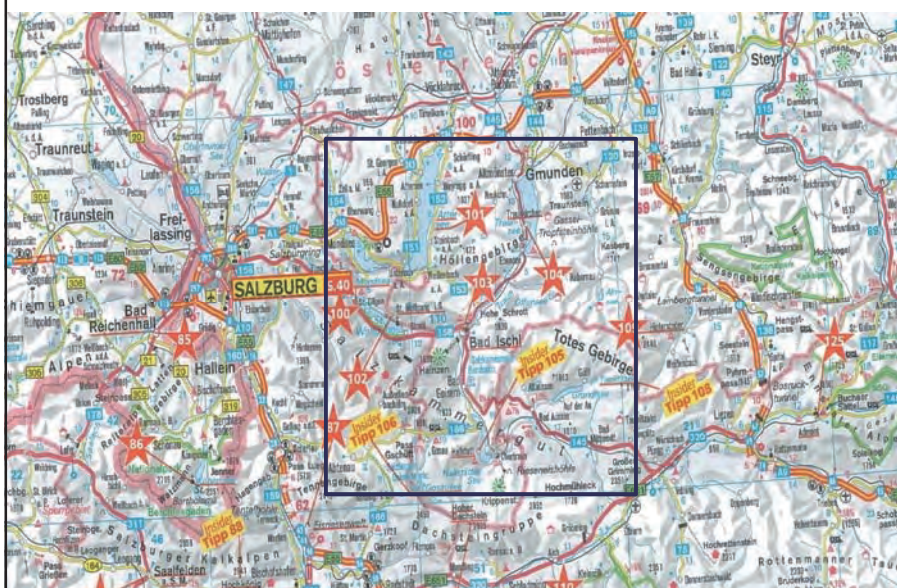


砂防鋼構造物研究会視察資料

○オーストリア国ザルツブルグ周辺砂防施設
 ・ラングバート溪谷 (Langbahtbach)
 ・ゴザウ溪谷 (Gosaubach)
 ○ウイーン農科大学(BOKU)

作成: 西本晴男
 (筑波大学大学院環境防災学講座担当教授)

Salzburg周辺図



□で囲った範囲の拡大図を次ページに示す

Langbahtbach(ラングバート溪谷)、Gosaubach(ゴザウ溪谷) 位置図



○ : Bad Ischl市にある
Langbahtbachと
Gosaubachを管理し
ている事務所(※)

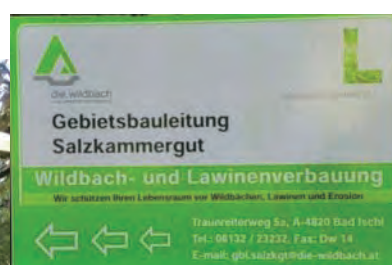
(※) WILDBACH-UND
LAWINENVERBAUUNG
Gebietsbauleitung
Salzkammergut
(砂防・雪崩対策地方建設
管理事務所)

WILDBACH-UND LAWINENVERBAUUNG Gebietsbauleitung Salzkammergut (森林管理官・砂防事務所)



事務所建物前にて、右側が
BOKUのHueb教授

2012. 9



2012. 9

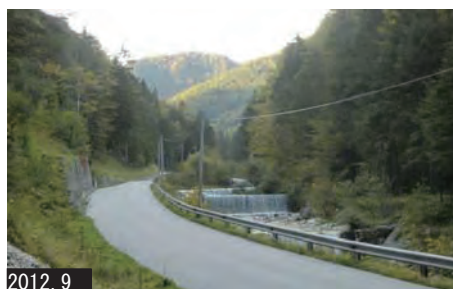
事務所入り口案内板

Langbahtbach(ラングバート溪谷) 中流部



1900年当時(諸戸北郎博士アルバムより)

- ・1899年に560mm/72hrの降雨で土石流災害が発生した(下流部写真参照)。
- ・災害後施工された砂防堰堤群は大きな変状もなく立派に機能している。
- ・2010年に386mm/36hrの降雨があったが、砂防堰堤群の効果で災害は発生しなかった。



2012. 9

左右の写真の背後
の山形に注目



2012. 9

Langbahtbach 下流部

1900年当時(諸戸北郎博士アルバムより)



1899年の土石流災害の被害状況

2012. 9

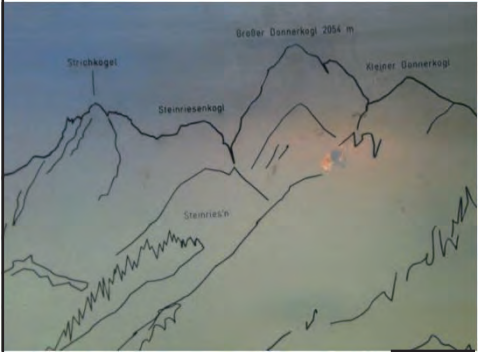


左右の写真の背後
の山形に注目

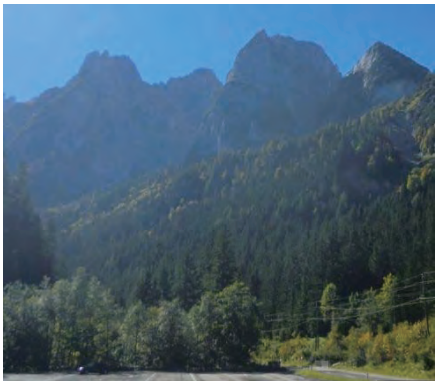


2012. 9

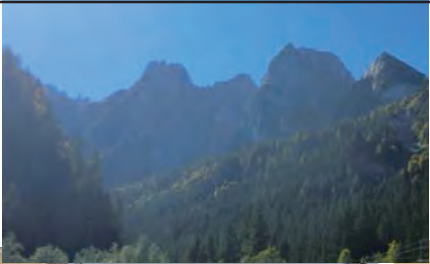
Gosaubach



Gosauseelにある山岳説明看板 2012. 9



第二号石堰堤付近の駐車場からの眺め 2012. 9



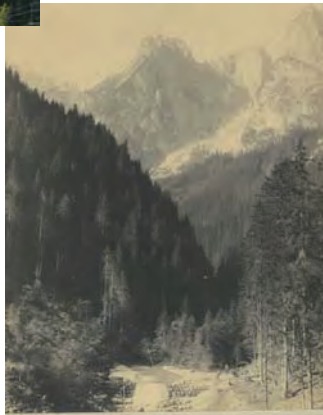
2012. 9



1900年当時 (諸戸北郎博士アルバムより)



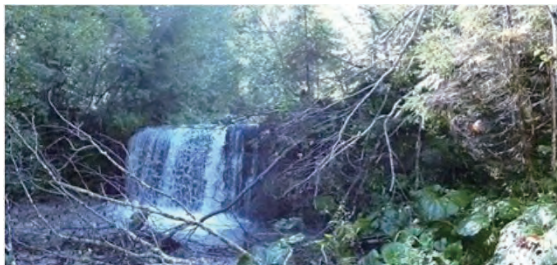
Die Verbauung der Bäche und der Lawinengänge zum Schutz des Gosauer Siedlungsraumes



1900年当時 (諸戸北郎博士アルバムより)

Gosaubach第二号堰堤

諸戸博士アルバムの
写真の第二号石
堰堤(1904年築造)
を確認[2012. 9]

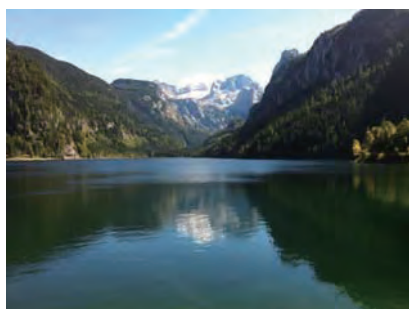


2012. 9



第二 上塊邦ゴサウ主溪 第二号石堰堤
1900年当時(諸戸北郎博士アルバムより)

HALL STATT



Gosausee

2012. 9

Gosau溪谷は、

HALL STATT(ハルシュタット、
ラテン語)という名称で、岩塩採
掘(salt mining)、水力発電、
風光明美な観光地の要素から、
「人、エネルギー、水」からなる
世界遺産に指定されている。



2012. 9

Gosaubachの左支溪Falmbach



2012. 9

木製枠の床固工を
配置し自然になじん
だ溪流保全工。
この溪流内の木材を
使用している。

欧州砂防施設視察報告

2013.9.8～9.21

応用地質(株)
北原 哲郎

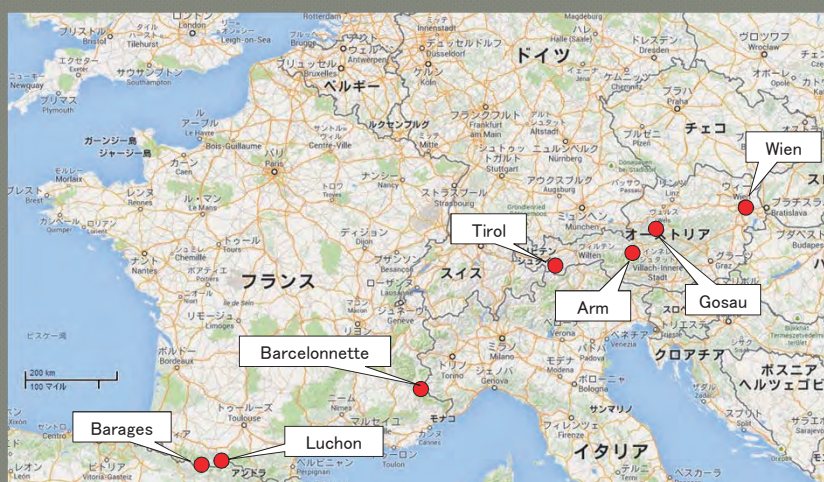
同行者

- 筑波大学大学院 西本 晴男 教授
(元国総研危機管理センター長)
- 東京建設コンサルタント 秋山 浩一 氏
(土研火山土石流チーム出向経験者)
- キタック 島 健 氏

全体工程

- 9月 9～10日 フランス南西部ピレネー山地
- 9月12～13日 フランス南東部アルプス地方
- 9月15日 オーストリア チロル地方
- 9月17日 ウィーン農科大学
- 9月18日 オーストリア アルム地方
- 9月19日 オーストリア ゴザウ地方

位置関係



フランス南西部（ピレネー山地）

- 9月9日 Barages地区
主に今年6月に発生した土砂流出災害現場視察。
- 9月10日 Castel-Vieil 地区、Luchon地区
今年6月に発生した地すべり災害現場および既存砂防施設視察。

rtm（フランス山地修復庁）

- ・ Tarbesの出張所で Lasplaces所長より概要説明を受ける。
- ・ 2日間にわたり rtm職員にピレネー山地の現地案内をしていただいた。



ピレネー地方2013年6月18日災害

- 2日間で350mmの降雨（100年確率降雨）
- 河床・溪岸の異常浸食による土砂流出。
→ 斜面崩壊がないのが特徴
- 温泉＋スキー場のリゾート地が2週間程度交通遮断、孤立。
- 融雪＋降雨により大量の水が流れ下る。
- 避難指示 2回発令。死者2名。
- 恒久対策として道路沿いに堤防築堤予定。

<Barages>

溪岸の異常浸食



<Barages>

溪岸の異常浸食



<Barages>

土砂流出による被災家屋



<Barages>

下流側氾濫状況



< Luz-Saint-Sauveur >

ピレネー地方 地すべり災害

- 2013年5月に融雪で滑動。
- 同 6月4日に再滑動。5,000~6,000m³の土砂が流出、約500m下方の主要道路を閉塞。谷止工3基破損。
- 同 6月18日 90mmの降雨＋融雪で小崩壊、土石流発生。
- ワイヤセンサ（土石流）＋クラックゲージ（構造物変状）＋目視でモニタリング中

< Castel - Vieil >

地すべり災害



5,000～6,000m³崩壊
500m下の道路に土砂流出



< Castel - Vieil >

谷止工被災状況

土石流ワイヤセンサと
クラックゲージで動態
監視 → 警報発令



< Castel - Vieil >

道路規制状況

時間通行止め及び警報装置、目視監視による通行規制を実施



< Castel - Vieil >

ピレネー地方 既設砂防堰堤

- 基本的に鉄筋コンクリート製
- 水通し下流はせり出して施工
→ 堰堤基礎の洗掘防止対策
- 水通し部は石貼りまたは高強度コンクリート（摩耗防止）
- 天端幅は1~2m程度。
- アーチ型のハイダム（H=20m）もある。

砂防堰堤

鉄筋コンクリート製
天端幅1m
水通し部は石貼り（摩耗防止）
水通し下流はせり出して施工



< Ruisseau de Sainte Christine >

砂防堰堤



< Pique >

砂防堰堤

アーチ型砂防ダム
高さ約20m



< Ravi >

フランス南東部（アルプス地方）

- 9月12日 砂防発祥の地視察
 - Riou Bourdoux（デモンゼイ堰堤）
 - Sanieres（階段工）
- 9月13日 大規模地すべり視察

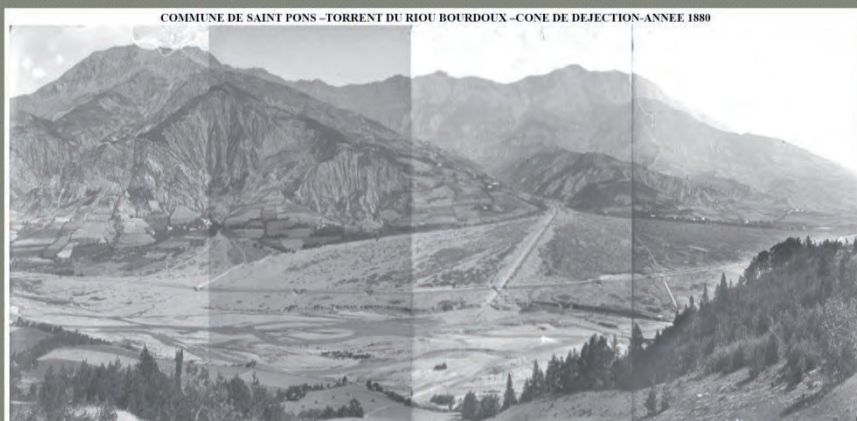
フランスの砂防の歴史

- フランスの南東部山地・丘陵は、15世紀ころには森林破壊が進行。
- 18世紀末から19世紀初めにかけての人口増加に伴う放牧、開墾により森林喪失。
- 19世紀に入り土石流、洪水氾濫が頻発
- 1860年：山地再造林法
- 1864年：山地の芝植え付けに関する法律
- 1872年：デモンゼイがユバイユ川の砂防工事着手（約750のダムを建設）

フランスの砂防の歴史

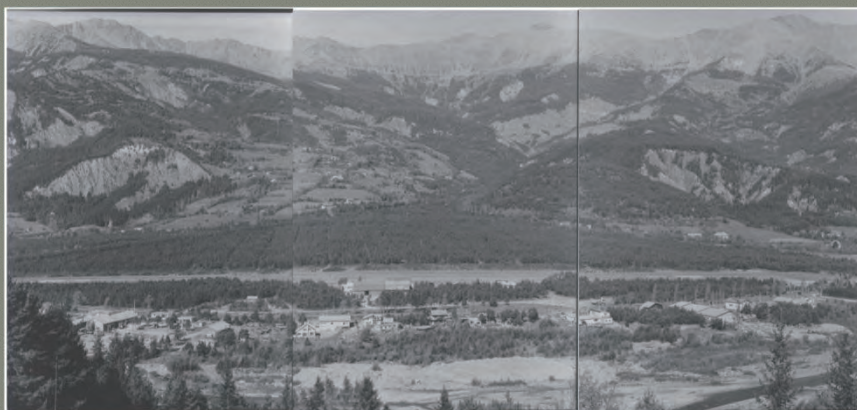
- 19世紀後半 樹木伐採による荒地化が進行し、年4~5回の土砂流出。
- 国が土地を買い取り、デモンゼイ指揮のもの対策を実施。
- Saniere、Fauconを対象に1860~1880年の間試験施工を実施。その後Riou Bourdouxで本格採用し、Ubaye川流域で750基の堰堤を築堤。

Riou Bourdoux 1880



< Riou Bourdoux >

Riou Bourdoux 1995



< Riou Bourdoux >

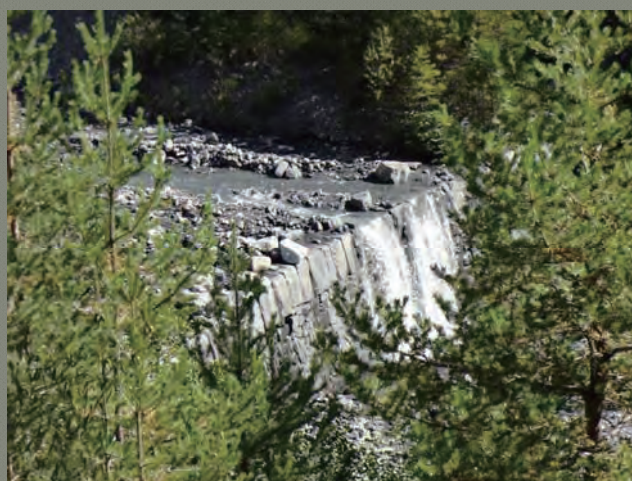
Terres Noires（黒い大地）



古第三系泥質岩 フリッシュが上位に衝上 <Riou Bourdoux>

デモンゼイ大堰堤(1880~81)

石積+漆喰
高さ 約7m
幅 約80m
堤体積 4,600m³
緩いアーチ型

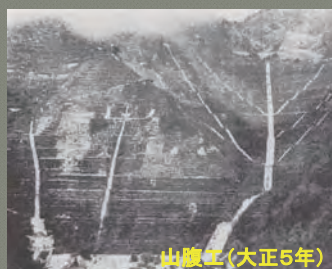


<Riou Bourdoux>

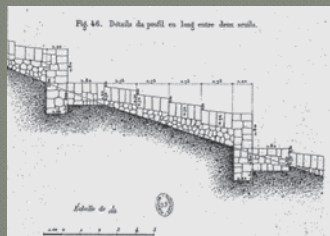
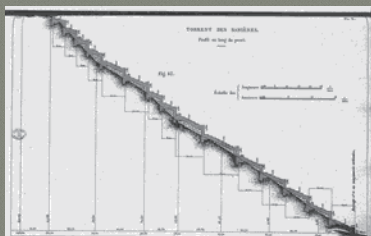
フランスと日本のつながり

- 長野県松本市 牛伏寺川には「フランス式階段工」と呼ばれる石積階段工がある。
- 内務省 池田技師がデモンゼイのSaniere溪谷の階段工の図面を書き写し、日本に持ち帰る。
- 牛伏寺川の荒廃は治まり、現在では地域住民主体の保全活動が盛ん。
- Saniereは荒廃が進み、破損が顕著。

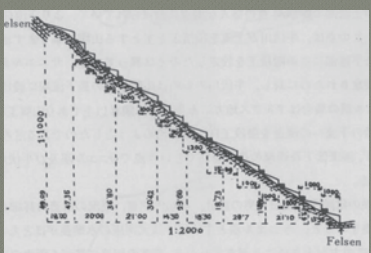
牛伏寺川砂防工事（松本市）



図面の比較

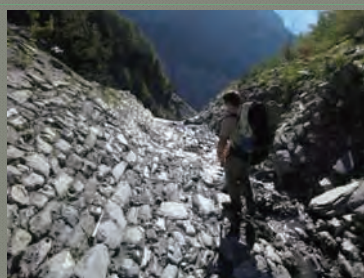


フランス・サニエル溪の階段工の縦断面図
Demontzey (1878)



内務省池田技師により示された図

Saniereの現状



荒廃が進み破損。

デモンゼイの堰堤は水通しが曲線。これに対し牛伏寺川フランス式階段工は水通しが直線。

最近の堰堤築堤状況

- 近年では鉄筋コンクリート堰堤や木製堰堤を施工。
- 鉄筋コンクリート堰堤は、1基当たり4～5ヶ月で施工するものが多い（冬期は積雪で施工不可）。

堰堤新設工事



石積み堰堤被災箇所で索道を用いて施工中

< Faucon >

木製堰堤



防腐加工カラマツ材使用 工事費5万ユーロ <Riou Bourdoux>

Valette大規模地すべり

- 1982年に滑動開始。範囲は稜線に及ぶ。
- 最大層厚 30m、移動土塊 350万 m^3
- 1987~1988年 土砂流出防止のための土堰堤築堤（ポケット容量88万 m^3 ）。
- 1988年より計測管理開始。
- 1990年 40cm/日、1992年 30cm/日
- 2007~2009年は15m/年程度移動。
- 現在は5cm/月と落ち着いてきている。
- 1990年にシステムオンライン(ADSL)化。

地すべり全景



滑落崖は稜線まで達する

< Valette >

地すべり対策工



土堰堤。ポケット容量 88万 m^3

< Valette >

地すべり対策工



水抜き工。下流までパイプで排水系統構築。

< Valette >

観測システム



監視カメラおよび通信機器



< Valette >

観測システム



GPSおよび光波測距小屋
(ストラスブルグ大と共同で計測管理)

< Valette >

土砂災害に関わる法整備関係

- 日本の土砂災害防止法に相当する法整備がされており、建築抑制のかかるレッドゾーン、要警戒区域であるブルーゾーン（日本でいうイエローゾーン）を設定。
- 設定作業はrtm職員により、地形条件、地質条件を考慮し決定される。

土砂法による規制区域図



日本でいうレッドゾーンは赤、イエローゾーンは青で図示

その他資料

オーストリア チロル地方



流木止め付き石積み堰堤



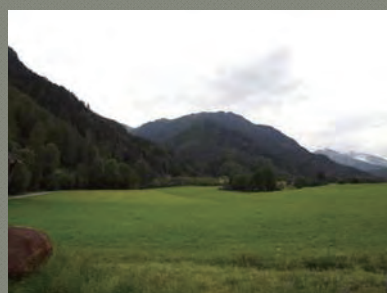
<Fishbach>

石積み堰堤



<Murbach>

土石流堆



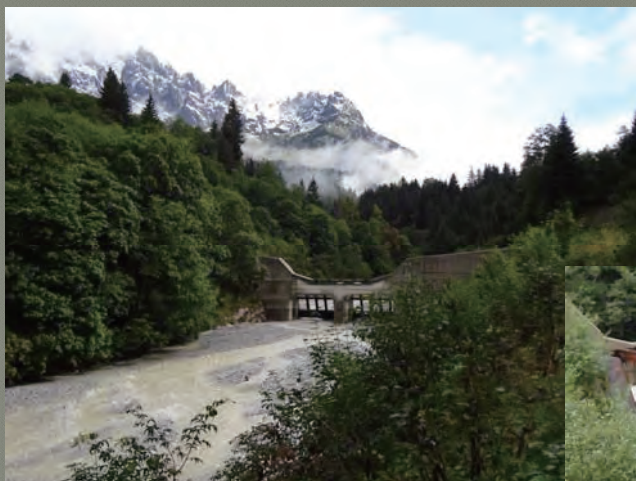
土砂法により住宅の建設が抑制されている

<Murbach>

オーストリア アルム地方



鋼製流木止め付き砂防堰堤



<Dienten>

スリット式堰堤



<Mittereggalm>

スリット式堰堤



< Jetzbach >

スリット式堰堤



スリット式堰堤



諸戸北郎博士

- 東京大学砂防講座三代目教授
初代・二代目は外国人教授。日本人初の砂防講座教授。
- 赤木正雄は諸戸博士の教え子
- ウイーン農科大に留学し、技術習得

諸戸氏の下宿（Steingasse33）



お世話になった方々

rtm(Tarbes) Lasplaces所長



rtm(Barcellona) Guiterさん



rtm(Barcellona) Peyronさん

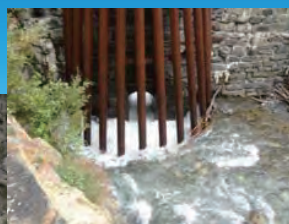


BOKU(ウィーン農科大) Hubl教授



Fishbach (2013/9/15)

- 1924～1925に整備
- 90年前に崩壊が発生し、土砂流出が進行している。
- 流出土砂量は200,000m³
- 近年は除石を数年に1度実施している



流木止工

Fishbach

Fishbach

- 右岸側で洪水の50～60%を流下させる。
- 土砂は堰堤で捕捉させる。

- 左岸側で洪水の残りの50～40%を流下させる。



野鳥の産卵場となっているため、
護岸等の水衝部対策は行わない





慰霊碑？

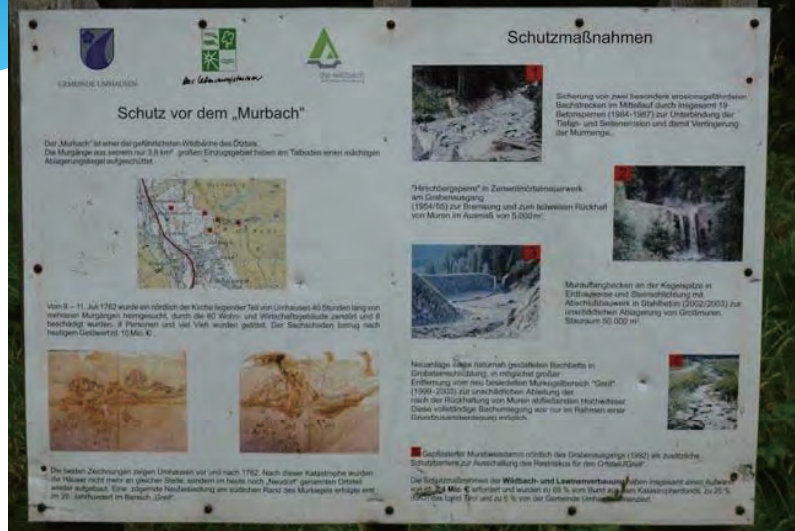


インゲンフェルトの町中の流路工



河床は切石で固定化させている

MURBACHの対策施設の看板



MURBACH



- ・1955年に砂防ダムは建設されている
- ・構造は練石積

MURBACH

透過型砂防堰堤



- ・ジオテキスタイルを用いて整備した流路工
- ・落差の小さい落差工を階段上に配置し、生物の生息環境を維持している。



