

第5章 火山災害の予防減災に挑んだ 北海道・土木技術者集団

第1節 “減災社会の地域構築を砂防が支援”に向けて

1 火山性荒廃河川の土石流対策から、次回火山噴火災害の予防対策へ

(1) 火山防災関係機関と火山学・砂防学研究者の連携を構築

日本列島では、火山・地震によって大きく変貌した山地から、降雨のたびに発生する土砂崩落や土石流¹⁾によって、溪流に不安定な土砂が蓄積されている。これらの土砂は、大出水時に河川や溪流の出口に押し出され、扇状地の形成変形に関与する。このような場所は、地形がなだらかで水の便もよいことから、古来、人々の生活圏の対象ともなってきた。ところが、山地河川や溪流に蓄積された土砂が、時として人々の生活圏に押し寄せると、農・漁村集落からなる地域社会は疲弊し、土砂災害常襲地帯に変貌してきた。前者の火山・地震による山地の荒廃を一次災害とすれば、後者は二次災害とも呼ばれてきた。

我が国の砂防技術は、土砂災害常襲地帯における人々の生活圏の安全を確保するために発展し、荒廃河川（山地）の崩壊・土石流への対策として行われてきたのである。このことは、この十勝岳にあっても同様で、森林管理の治山部局と、河川管理の砂防部局が主に対応していた。

活火山山麓の災害危険域における土地利用の主体は、かつては森林・鉱山、そして温泉湯治場であった。しかし、第二次大戦後は火山性丘陵地帯の農地開発と、そして1960年代後半からは、温泉並びにそのアクセスを含む「観光開発」が急激に進行した。

十勝岳においては、大規模泥流の発生により甚大な被害が発生した1926（大正15）年噴火よりもはるかに大規模な爆発を、1962（昭和37）年に経験していた。また、大半が国有林であったこともあって、人間活動の拡大は危険位置にまでは余り接近していなかった。この間の土砂災害は、土石流による温泉宿泊施設と道路への被害としてあらわれてきたことから、1926年大正泥流の流下した富良野川、美瑛川にあっても、これらを保全すべく、火山性荒廃地砂防と治山の対策が行われてきた。

この中で、十勝岳の富良野川とヌッカクシ富良野川を主に担当していた北海道旭川土木現業所富良野出張所では、事業に着手し始めた1960年代は、降雨による通常の土石流対策を実行しながら、大正泥流のような大規模泥流とこれをもたらした火山活動に直接連動した土砂移動現

¹⁾ 雨などが引き金となり、土・砂・礫などが水と一体となって非常な勢いで流下する現象。岩塊や流木などを多く含み、浸食力が極めて強い。古くは山津波とも呼ばれた。

象（火砕流・溶岩流など）に対しては、砂防の範ちゆうを超えるものと考えていた段階であった。

しかし、北海道の技術者らは、1977・78（昭和52・53）年の有珠山噴火降灰とこれに連動した泥流被害対策の中で、復旧対策の名の下に行われた砂防ではあっても、傷ついた地域社会への側面支援を意識しながら、次世代に引き継ぐ特筆すべき経験をした。それは、1つ目は他の対策では困難であった治山治水関係機関（道砂防・河川、道治山・国治山、道農地防災）の連携であり、2つ目は火山学と砂防学の連携であった。

有珠山復旧対策が行われている最中の、1980年北米大陸・セントヘレンズ火山及び1985年南米大陸・ネバドデルルイス火山の噴火泥流は、砂防の世界を大きく揺るがした。中でもネバドデルルイスの火山泥流災害の経験からは、それまで世界的事例として語り継がれてきた十勝岳泥流が再発するかもしれないこと、そしてそのための予防対処の一つとして火山砂防が分担すべきことを、勝井義雄氏・岡田弘氏ら火山学者たちにプッシュしていただいた。一方、砂防学からは、東・新谷らが参画し、砂防学と火山学の実質的連携が日本で初めて生まれた。

このもつで、北海道土木部（旭川土木現業所治水課）・北海道開発局（旭川開発建設部治水課）・旭川営林支局（治山課）等は、治山治水関係機関の連携を求め、それぞれ大規模泥流対策として独自に行っていた事前の検討案を、1988・89年（昭和63・平成元）のミニ噴火を契機に、同一テーブルに持ち寄って統一的な対策案を構築すべく検討することとなつていった（機関名は当時。現在は、「北海道土木部」→「北海道建設部」、「旭川営林支局」→「北海道森林管理局旭川分局」）。

火山学・砂防学の連携について最も重要な役割を担つたのは、前回有珠山噴火時に北海道防災会議火山地震専門委員会の座長を担いながら、道内の主要活火山の活動史を取りまとめていた勝井義雄氏であった。そして、勝井氏を中核とする火山防災の連携が、1977・78年有珠山災害対策で既に培われていたことが、十勝岳の予防減災の方向性を決定づけるとともに、北海道はもちろん、全国の活火山の防災計画立案を進展させる契機ともなつていった。

表5-1 機関連携・検討経過

年度	1979年度	1980年度																				
名称	ヌッカクシ富良野川砂防計画検討委員会	富良野川砂防計画検討委員会																				
委員・幹事等	北海道大学農学部 東教授(委員長) 北海道大学農学部 新谷助教授 苫小牧港管理組合 川名専任副管理者 国土防災技術(株) 清水課長 札幌防衛施設局 村井施設対策第一課長 旭川営林支局 山本治山林道課長 建設省土木研究所 池谷主任研究員 建設省砂防部 小川課長補佐 北海道開発庁 益子開発専門官 北海道砂防災害課 松田砂防係長 前旭川土木現業所 国重防災係長 旭川土木現業所 葛西防災係長	北海道大学農学部 東教授(委員長) 北海道大学農学部 新谷助教授 苫小牧港管理組合 川名専任副管理者 北電興業(株) 長谷川次長 国土防災技術(株) 清水課長 大雪山国立公園 佐々木管理官 旭川営林支局 山本治山林道課長 建設省土木研究所 池谷主任研究員 建設省砂防部 小川課長補佐 北海道開発庁 杉本開発専門官 北海道砂防災害課 梶川主任技師 旭川土木現業所 葛西防災係長																				
事務局	北海道旭川土木現業所 (財)砂防・地すべり技術センター	北海道旭川土木現業所 (財)砂防・地すべり技術センター																				
開催日時	<table border="1"> <tr> <td>第1回委員会・幹事会</td> <td>1979年 7月25～26日</td> </tr> <tr> <td>第2回幹事会</td> <td>9月11日</td> </tr> <tr> <td>第3回幹事会</td> <td>11月29日</td> </tr> <tr> <td>第2回委員会・第4回幹事会</td> <td>12月5日</td> </tr> </table>	第1回委員会・幹事会	1979年 7月25～26日	第2回幹事会	9月11日	第3回幹事会	11月29日	第2回委員会・第4回幹事会	12月5日	<table border="1"> <tr> <td>第1回幹事会</td> <td>1980年7月9日</td> </tr> <tr> <td>第1回委員会・第2回幹事会</td> <td>7月29～30日</td> </tr> <tr> <td>第3回幹事会</td> <td>9月25日</td> </tr> <tr> <td>第2回委員会・第4回幹事会</td> <td>10月9日</td> </tr> <tr> <td>第5回幹事会</td> <td>11月22、24日</td> </tr> <tr> <td>第3回委員会・第6回幹事会</td> <td>12月11日</td> </tr> </table>	第1回幹事会	1980年7月9日	第1回委員会・第2回幹事会	7月29～30日	第3回幹事会	9月25日	第2回委員会・第4回幹事会	10月9日	第5回幹事会	11月22、24日	第3回委員会・第6回幹事会	12月11日
第1回委員会・幹事会	1979年 7月25～26日																					
第2回幹事会	9月11日																					
第3回幹事会	11月29日																					
第2回委員会・第4回幹事会	12月5日																					
第1回幹事会	1980年7月9日																					
第1回委員会・第2回幹事会	7月29～30日																					
第3回幹事会	9月25日																					
第2回委員会・第4回幹事会	10月9日																					
第5回幹事会	11月22、24日																					
第3回委員会・第6回幹事会	12月11日																					

年度	1981年度	1982年度														
名称	美瑛川基本計画検討委員会	美瑛川基本計画検討委員会														
委員・幹事等	北海道大学農学部 東教授(委員長) 北海道大学農学部 新谷助教授 元北海道土木部技監 川名信 元北海道生活環境部 長谷川雄七 美瑛町 三宮建設課長 大雪山国立公園 佐々木管理官 旭川営林支局 山本治山林道課長 美瑛営林署 渡辺署長 北海道土木部 国重砂防係長 北海道開発庁 杉本開発専門官 北海道開発局河川計画課 鈴木開発専門官 旭川開発建設部 小山治水課長	北海道大学農学部 東教授(委員長) 北海道大学農学部 新谷助教授 元北海道生活環境部 長谷川雄七 美瑛町 三宮建設課長 大雪山国立公園 佐々木管理官 旭川営林支局 中西治山林道課長 美瑛営林署 村上署長 建設省土木研究所 水山主任研究員 北海道開発庁 森開発専門官 北海道開発局 山口河川計画課長 北海道開発局河川計画課 岸開発専門官 旭川開発建設部 山内治水課長														
事務局	北海道開発局旭川開発建設部 (財)砂防・地すべり技術センター	北海道開発局旭川開発建設部 (財)砂防・地すべり技術センター														
開催日時	<table border="1"> <tr> <td>第1回委員会・幹事会</td> <td>1981年 12月2～3日</td> </tr> <tr> <td>第2回幹事会</td> <td>1982年1月27日</td> </tr> <tr> <td>第3回幹事会</td> <td>2月20日</td> </tr> <tr> <td>第2回委員会・第4回幹事会</td> <td>3月2日</td> </tr> </table>	第1回委員会・幹事会	1981年 12月2～3日	第2回幹事会	1982年1月27日	第3回幹事会	2月20日	第2回委員会・第4回幹事会	3月2日	<table border="1"> <tr> <td>第1回委員会・幹事会</td> <td>1982年 10月27～28日</td> </tr> <tr> <td>第2回幹事会</td> <td>1983年2月8日</td> </tr> <tr> <td>第2回委員会・第3回幹事会</td> <td>2月22日</td> </tr> </table>	第1回委員会・幹事会	1982年 10月27～28日	第2回幹事会	1983年2月8日	第2回委員会・第3回幹事会	2月22日
第1回委員会・幹事会	1981年 12月2～3日															
第2回幹事会	1982年1月27日															
第3回幹事会	2月20日															
第2回委員会・第4回幹事会	3月2日															
第1回委員会・幹事会	1982年 10月27～28日															
第2回幹事会	1983年2月8日															
第2回委員会・第3回幹事会	2月22日															

年度	1983年度		1984年度	
名称	美瑛川基本計画検討委員会		美瑛川基本計画検討委員会	
委員・幹事等	北海道大学農学部 東教授（委員長） 北海道大学農学部 新谷助教授 元北海道生活環境部 長谷川雄七 美瑛町 松井水道局長 大雪山国立公園 佐々木管理官 旭川営林支局 中西治山林道課長 美瑛営林署 村上署長 北海道土木部 国重砂防係長 北海道開発庁 森開発専門官 北海道開発局河川計画課 岸開発専門官 北海道開発局河川工事課 服部課長補佐 旭川開発建設部 清治治水課長		北海道大学農学部 東教授（委員長） 北海道大学農学部 新谷助教授 元北海道土木部技監 川名信 元北海道生活環境部 長谷川雄七 美瑛町 松井水道局長 大雪山国立公園 中谷管理官 旭川営林支局 中西治山林道課長 美瑛営林署 藤井署長 建設省砂防部 宮本課長補佐 北海道土木部 小山内砂防係長 北海道開発庁 坂井開発専門官 北海道開発局 佐々木河川計画課長 北海道開発局 増田河川工事課長 北海道開発局河川計画課 岸開発専門官 北海道開発局河川計画課 金子課長補佐 北海道開発局河川工事課 服部課長補佐 旭川開発建設部 清治治水課長	
事務局	北海道開発局旭川開発建設部 （財）砂防・地すべり技術センター		北海道開発局旭川開発建設部 （財）砂防・地すべり技術センター	
開催日時	第1回幹事会	1984年3月22日	第1回幹事会	1984年11月19日
	第1回委員会・第2回幹事会	3月27日	第1回委員会・第2回幹事会	1985年2月19日

年度	1987年度		1988年度	
名称	十勝岳周辺火山泥流対策計画検討委員会		十勝岳周辺火山泥流対策計画検討委員会	
委員・幹事等	北海道大学農学部 東教授（委員長） 北海道大学農学部 新谷助教授 北海道大学工学部 黒木助教授 上富良野町 安田助役 美瑛町 三宮助役 大雪山国立公園 阿蘇品管理官 旭川営林支局 小島治山林道課長 建設省砂防部 坂口砂防課長補佐 建設省土木研究所 水山砂防研究室長 北海道開発庁 志田開発専門官 北海道開発局河川計画課 中村課長補佐 道立地下資源調査所 山岸地質課長 北海道砂防災害課 山水主任技師		北海道大学農学部 東教授（委員長） 北海道大学農学部 新谷助教授 北海道大学工学部 黒木助教授 上富良野町 安田助役 美瑛町 三宮助役 大雪山国立公園 阿蘇品管理官 旭川営林支局 小島治山林道課長 建設省砂防部 岡本砂防課長補佐 建設省土木研究所 水山砂防研究室長 北海道開発庁 志田開発専門官 北海道開発局河川計画課 中村課長補佐 道立地下資源調査所 山岸地質課長 北海道砂防災害課 山水主任技師	
事務局	北海道開発局旭川開発建設部 北海道旭川土木現業所 （財）砂防・地すべり技術センター		北海道開発局旭川開発建設部 北海道旭川土木現業所 （財）砂防・地すべり技術センター	
開催日時	第1回委員会	1987年11月16日	第1回委員会（通算第3回）	1988年 8月3～4日
	第2回委員会	1988年3月15日	第2回委員会（通算第4回）	1988年11月21日
			第3回委員会（通算第5回）	1989年3月2日

(2) 機関連携に基づく統一对策案の策定

1988・89（昭和63・平成元）年十勝岳小噴火は、それまでの各機関が行っていた事例検討案を同一テーブルに持ち寄って、現実味を帯びた噴火泥流災害を想定しながら減災対策案を検討する契機になった。統一对策案の策定の意義とその効果については、有珠山復旧対策の実行によって、既に関係機関は水系一貫を合い言葉にしながら、森（治山）・川（砂防・河川）の統一コンセプト形成に到達していた。そしてその対応策についても、以下のような合意が得られることになった。

- ①グラウンド火口周辺の噴火口から高熱の火砕物が噴出し、これによって積雪が一挙に融解し、大量の流水が形成され、この流水が山体斜面を削剥するとともに、河道を侵食し、そして融雪型泥流に至るプロセスを想定すること。
- ②泥流は、望岳台で富良野川と美瑛川とに分流すること、並びにその量配分は大正泥流被害実績（7：3）とすることが地域住民からも理解されやすいこと。
- ③泥流被害の低減には、可能な限り森林域の森・川づくり、特に泥流の侵食抑止・氾濫促進の基本となる防災空間設定（遊砂域）で対処すること。
- ④泥流流下域にあって被害の想定される構造物（特に美瑛川白金温泉のホテル）は、移転を促進すること。
- ⑤美瑛町市街地と上富良野町市街地に至るまでに、可能な限り泥流エネルギーの低減を図ることをモットーに、上流域の森林地帯の遊砂（土砂氾濫）機能を促進する。すなわち、巨礫・流木群を上流域で透過型砂防ダム（有珠山対策経験から）によって氾濫を促進させ、市街地での衝撃破壊力を低減させること。
- ⑥濁水からなる泥流については安全導流を図るが、美瑛川にあっては可能性はあるものの、富良野川にあっては困難であることから、まちづくり（農地・道路・市街地再開発）と連動せざるを得ないこと。
- ⑦森・川づくりによって、防災用の自然緑地を流域に配置すること、すなわち国立公園内の流域資源である自然緑地の再生を重視すること。
- ⑧砂防が流域基盤整備のみでなく、防災避難情報共有のための監視システムづくりのため、地域支援を行うこと。
- ⑨避難用施設（一時避難所・避難路）についても地域支援を行うこと。

以上の項目については、各機関が分担しながら行うこととなったが、これらの中でも、特に泥流エネルギー低減施設の配置については、美瑛川は開発局＋森林管理局、富良野川は北海道土木部＋一部森林管理局で分担することになった。

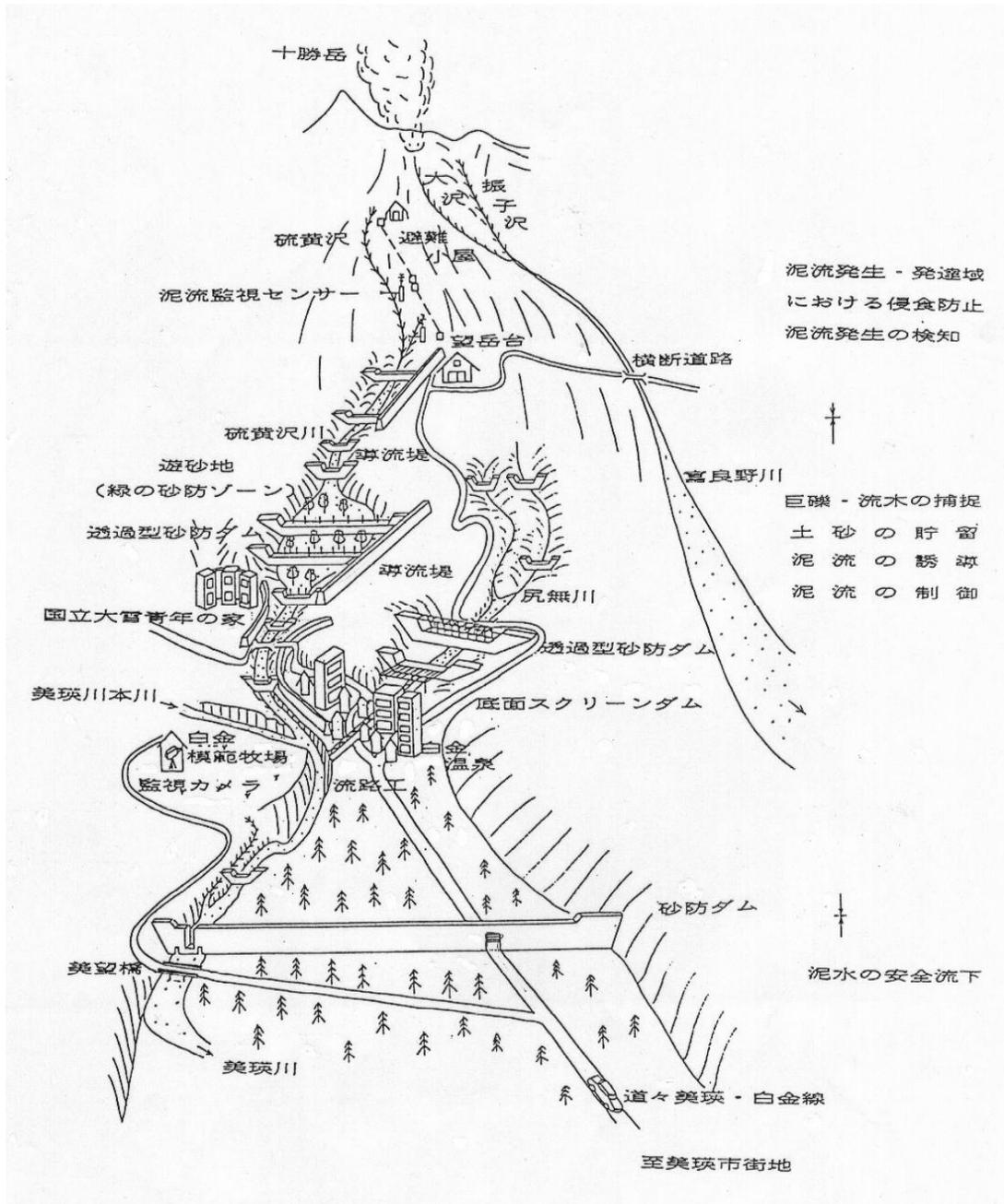


図5-1 美瑛川泥流対策のイメージ

出典：『北海道開発局旭川開発建設部・北海道旭川土木現業所報告書』

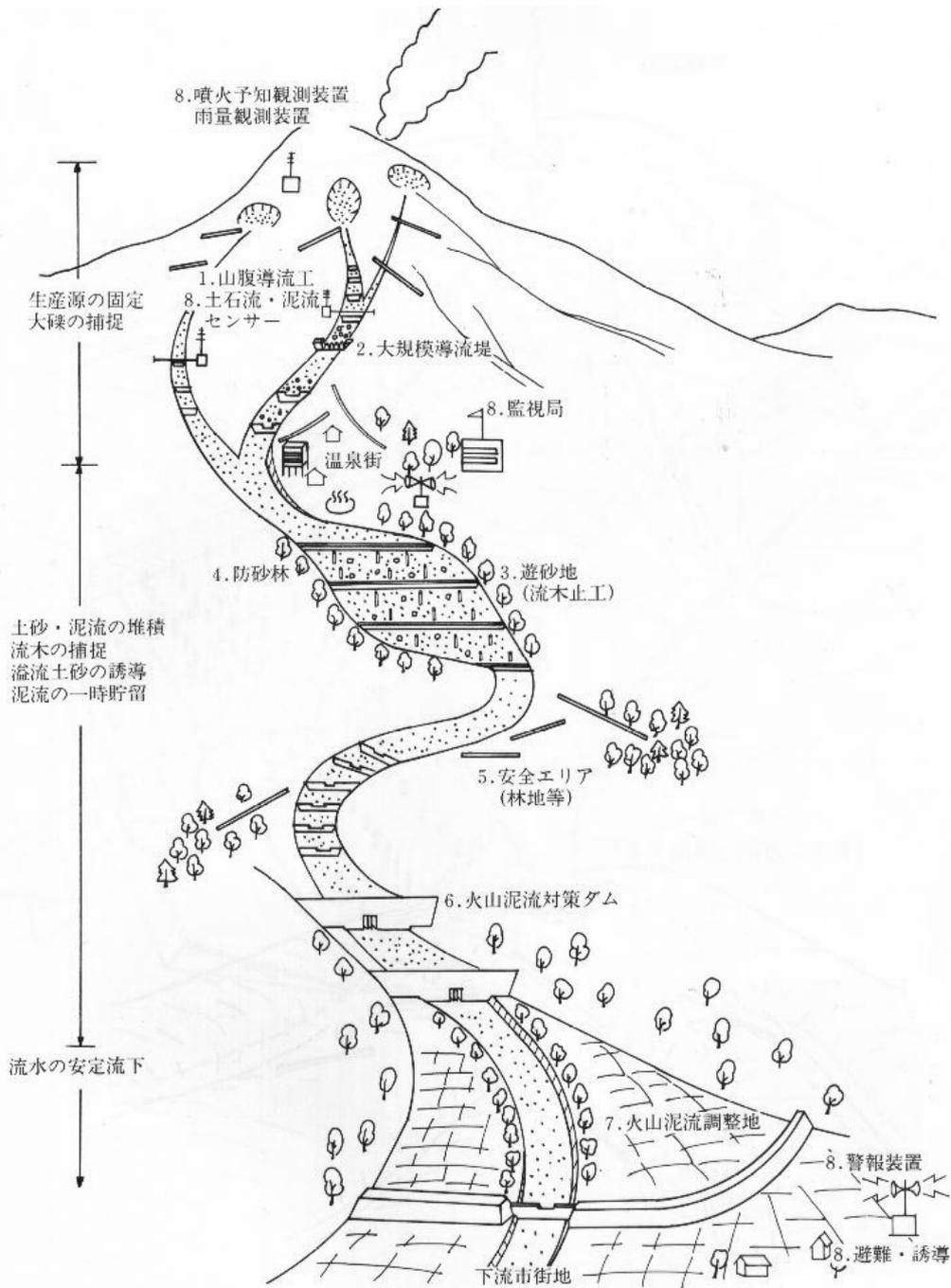


図5-2 富良野川泥流対策のイメージ

出典：『北海道砂防計画論』（1988）

2 “事前の検討”が危機回避と予防減災を可能に

1988・89（昭和63・平成元）年の小噴火時点では、既に事前検討が概成していたことから、関係機関内でのパニックは生じなかった（もちろん、この噴火がミニ噴火であったこともあるが）。これは、緊急に招集された防災関係機関の中でも、事前検討案を作成・共有していた開発局・道土木部（森林部局もオブザーバーとして参画）は、“ゆるぎなし”の感であったことが最も注目された点であった。

後は、大規模泥流の予防減災を目標とした、火山砂防対策の着手を介添えするための検討委員会が公式に行われることであった。専門機関内の危機回避は、砂防計画検討の成果を公表すべき内容の明示と、計画実行段階での新たな成果の確認を可能にしていた。以下に、その典型例を示す。

(1) 融雪型火山泥流シミュレーションマップを初めて作成

我が国で初めて「防災避難マップ」が作成され、全戸配布されたのは十勝岳であるが、その素材を作成したのは上記の防災計画検討委員会であった。それまで砂防の世界では、土石流の流下氾濫モデルの構築とその試算検討が行われていた。その応用バージョンとして、この十勝岳融雪型火山泥流が検討され、その泥流範囲、土砂堆積厚など、過去の実績との対応から見た評価と、流動速度・深・到達氾濫範囲などが検討された。この中で、前者についてはおおよその信頼を得られた（後者については、実データ不足のためにいまだ定着はしていない）。

一方、他の溶岩流・火砕流などのシミュレーションも可能であることが内部検討されていたが、特に火砕流シミュレーションが社会に公表されることになったのは、この後の雲仙普賢岳の火砕流災害の時点であった。現在では各活火山で、シミュレーションマップを加味した防災マップが公表されているが、その端緒がこの十勝岳であったことは特筆される（図5-3）。

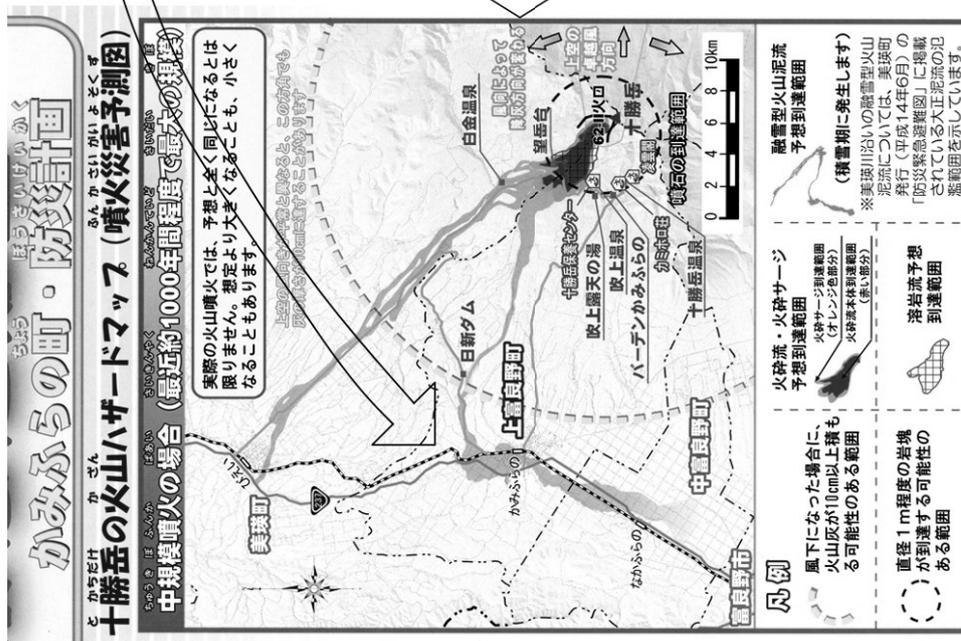


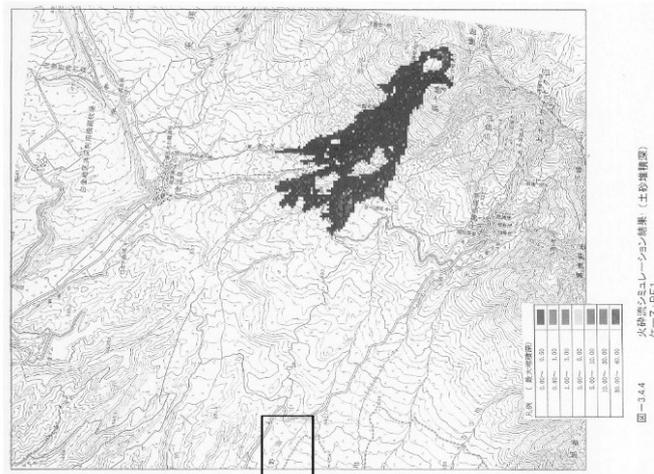
図5-3 現在のシミュレーションマップと防災マップ (口絵6参照)

※1 出典:「十勝岳火山防災マップ」2006年3月上富良野町発行

※2 出典:『北海道旭川土木現業所報告書』



シミュレーションマップ(下流)※2
「小規模火砕流 + 融雪型火山泥流」



シミュレーションマップ(火山近辺)※2
「小規模火砕流」
最近約1000年程度で最大の規模を想定

上富良野町の防災マップ※1
「小規模火砕流 + 融雪型火山泥流」
※右シミュレーションマップをもとに作成

(2) 泥流エネルギーを低減する砂防施設の配置方式

泥流という呼称が活火山で多用される必然性は、砂防で使用している土砂粒径のサイズからみて、降灰にあっては極めて細粒（0.1mm以下）であるためである。特に十勝岳にあっては、三浦綾子氏の小説「泥流地帯」が一般化していることからみても、あえて土石流と呼ぶよりも泥流の方が地域社会にも違和感はない。

活火山山麓の泥流・土石流ともに、その流動体の主材料は、微細な火山灰である。この火山灰は、流域山地の表土を被覆し、流域の水挙動に急激な変化を与えることが通例である。降灰が地表植物の死滅とともに地表表土を埋没（目づまり）させることによって、降雨水の浸透能力が急低下し、そのために、降灰当初から数年間はわずかな降雨によっても地表流が発生し、これが地形の谷間に集中してしまう。

この地表流は斜面の微細な降灰を流動化させ、高濃度の濁水が形成される。そしてこれが次第に集合して、細粒土砂をそして粗粒土砂を巻き込み、土石流化してしまうことが通例である（例えば、1978（昭和53）年有珠山、1996（平成8）年北海道駒ヶ岳の泥流・土石流）。いわば、小規模泥流の“雪だるま化”による大規模土石流化と呼んでもよい。

泥流の発生そのものを抑制するのは不可能にしても、流動過程での“雪だるま化”である“発達”を低減させることは、技術的に可能である。そのことから、粗粒砂礫の氾濫促進を、天然の遊砂域である山地河川拡幅部の遊砂・導流域において行うこと、すなわち遊砂方式が採用された。この方式は、1960年代から、有珠山・樽前山・羊蹄山の通常流水のない“空沢”を中心とした緩斜面領域で、当時の治山技術者と大学砂防研究者との共同開発によって生まれたものである。また、この方式は、流水のある大雪黒岳沢川流域でも検討され、北海道の森林治山部局では、独自工法として市民権を既に得始めていた。

砂防がこの工法を初めて採用したのは、十勝岳ヌッカクシ富良野川の土石流対策であったし、前回有珠山噴火災害の復旧対策のときであった。前者の十勝岳にあっては、北海道土木部と防衛施設局、後者は北海道の土木部・林務部・農務部の共同開発となった。その後、1981（昭和56）年札幌市豊平川で発生した土石流災害を契機に、北海道開発局による都市砂防として、特に河道拡幅による遊砂地造成として採用されることとなった。

山地上流で発生する土砂移動現象を、抑止せざるを得ないところまで土地利用が高度化してしまった日本列島の関東以南とは異なり、北海道は、居住域を含む保全対象の危険域内への急接近は、近年の1960年代以降のことである。このため、「今のうちに危険域を自然緑地として保全しておくことが地域未来にとって肝要」とのコンセプトが、土砂災害を相手にしていた北海道・土木技術者集団による『北海道砂防計画論』（1988）の議論の際に構築されることにもなっていた。

火山防災に、大々的にこの工法が予防減災のため採用されることとなったが、この契機は、1988・89（昭和63・平成元）年十勝岳小噴火であった。そして、予防砂防のための防災空間（自然緑地）配置を可能とする、透過型砂防ダム群、導流工群に囲まれた砂防空間配置に連動していった（写真5-1、写真5-2）。

この方法は、その後に雲仙普賢岳の火砕流・土石流被害に見舞われた島原市街地、そして、2000（平成12）年有珠山噴火・泥流被害に再び見舞われた洞爺湖温泉市街地に採用されることとなった。しかしこの意味は、被災地のまちづくり（再開発）に寄与し得る砂防の姿と、さらに樽前山の火山災害予防の一翼を担い得る砂防の姿を示す上で、その重要性が定着し始めていったことにある。



写真5-1 透過型砂防ダム群（上富良野町：富良野川）

注）写真上方が上流、下方が下流。

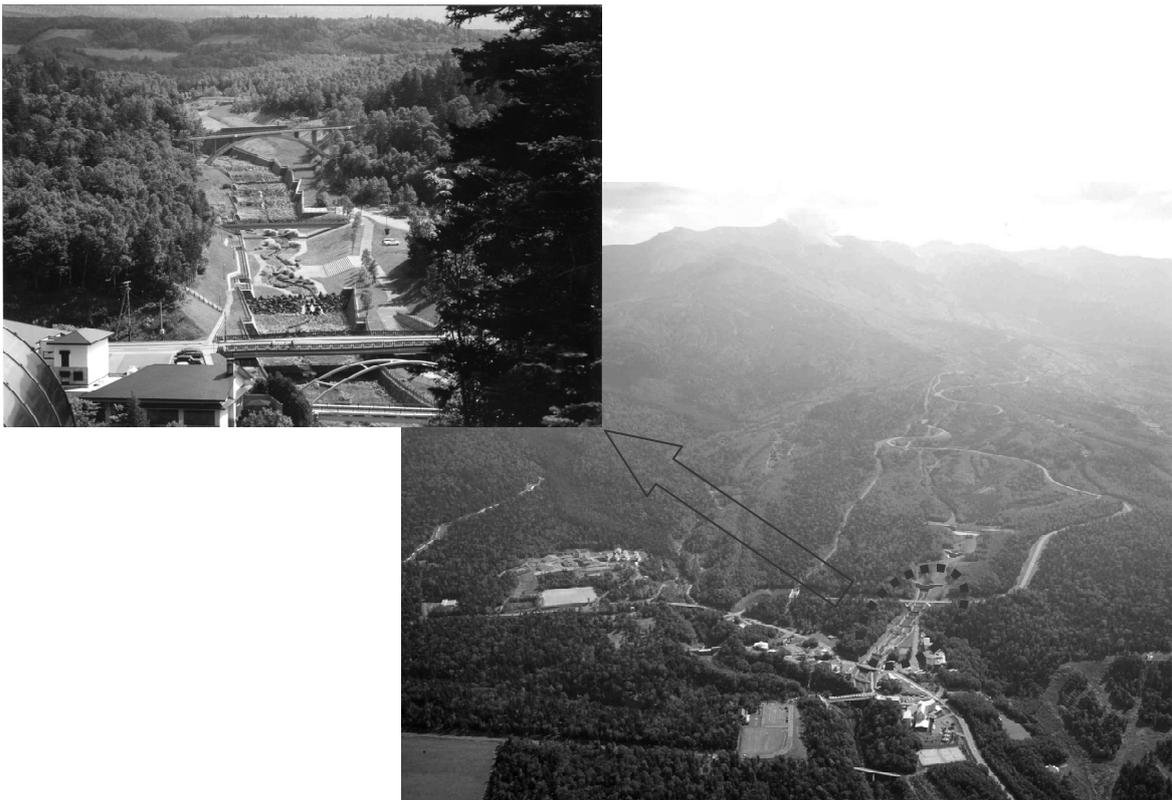


写真5-2 泥流導流工（美瑛町白金：尻無沢川）

注）両写真とも写真上方が上流、下方が下流。

（3）防災拠点構築と移転促進による減災まちづくりへの支援

十勝岳の火山砂防は、砂防構造物配備による予防減災だけではなく、地域の安全なまちづくりを側面支援することも可能、との姿を明示することになった。一つは、防災拠点構築への支援、他はまちづくり（再開発）への支援であった。

防災拠点については、上富良野町にあっては“草分防災センター”（写真5-3）、美瑛町にあっては白金温泉にある“火山砂防情報センター”（写真5-4）である。これらは、火山砂防計画の論議の中では、融雪型火山泥流に係わる火山活動の監視観測体制と、危機時の住民避難体制を構築するための側面支援を意識したものであった。砂防としては当然のことに、火山泥流発生を監視し、その情報を地域住民へ伝達するための情報拠点となること、そして同時に一時的避難施設ともなり得る防災拠点構想についても模索された。そして富良野川沿いにあるのは、既設砂防施設上流の緊急排土に伴って生じた土砂処理地点として下流の低地が選ばれ、これを嵩上げた台地を、上富良野町が“草分防災センター”として整備することとなった。この嵩上げ方式は、結果的にその後、雲仙・島原市街地の復興のまちづくりの基本ともなった。

また、美瑛川沿いにあるのは、最も危険視されたのは白金温泉市街地・尻無沢川であった。泥流発生が確認されて、その情報が伝達されたとしても、避難時間は4～5分しか残されてい

ないことから、直前避難は不可能な地点に位置している。しかし、可能な限り緊急時の避難を行えるよう、情報監視センター機能とともに、避難路（橋）を含む避難住民収容機能を備えた防災拠点として、北海道開発局・美瑛町によって生まれたのが“火山砂防情報センター”であった。

白金温泉地区にあっては、泥流流下が懸念される尻無沢川沿いに温泉旅館や土産物店もあったが、この泥流導流をスムーズに行うには、これらの移転と市街地再開発が必須事項であった。地元白金温泉協会メンバーとともに検討した、自然景観調和型の泥流導流工と新たなショッピング街からなる減災のまちづくりの成果が特筆される。

十勝岳、そして既に述べた有珠・樽前・北海道駒ヶ岳はもちろん、雌阿寒岳・東大雪・知床硫黄・恵山など噴気活動継続中の火山体は、国立あるいは国定の自然公園に位置し、温泉市街地が発達している。これらの温泉施設立地が危険域に含まれていることから、安全な温泉市街地づくりにも寄与し得る砂防の姿を初めて見せたのが、十勝岳の美瑛町白金温泉市街地の再開発（旅館移転・土産物店再開発）に連動した、砂防整備であった。

美瑛川沿いを担当したのは、北海道開発局旭川開発建設部砂防技術者と旭川営林支局治山技術者であったが、北海道士木部道路技術者との連携も見逃せない成果であった。砂防・治山による流域整備と市街地の整備は、必然的に、望岳台を含む観光地点と白金温泉とのアクセス道路“道道”に、路線移設を促すことともなった。そしてその際、緊急時避難路としての機能を見据えた施設移転が、北海道士木部道路技術者たちによって行われたことである。

以上のように、減災のまちづくりは、森・川づくりによる減災の周辺整備とともに、道路・市街地の移転整備によって行われるものであること、そして予防先行型として行われるべきものであることを、教訓として提示することとなった。



写真5-3 草分防災センター（上富良野町）



写真 5 - 4 十勝岳火山砂防情報センター（美瑛町白金）

第2節 現場技術者たちが十勝岳火山砂防に求めたものは

これまで述べてきたように、十勝岳の火山防災を推進した土木技術者たちの所属部局は、北海道開発局の治水砂防部局、旭川営林支局の治山部局、そして北海道土木部の砂防部局であった。以下に記すのは、この中でも現地で長期に技術者たちの自主研究活動の拠点となった北海道旭川土木現業所富良野出張所の技術者活動である。

1988・89（昭和63・平成元）年の噴火対応に追われる中、北海道は富良野出張所の体制整備を図り、道庁内外から人材を集めて、1989（平成元）年2月から技術第3係を新設し、7月中旬には係長1人、係員12人の陣容が整った。本章第1節1で述べた統一对策案は、1989年2月に「十勝岳泥流対策基本計画（案）」として取りまとめられた。この「基本計画」に沿って火山砂防事業執行が本格的に始動したのは、1989年度末ごろからである。事業執行体制が整備され、本格的に事業が開始されると同時に、現場技術者の中で、事業の執行や砂防の計画に関する様々な議論が交わされ始めた。

計画に関する主な議論は、「基本計画」を現地にあてはめていく実地の過程での問題点に関するもので、

- ①火山砂防事業の完了までには長い年月と莫大な経費を要する。長期にわたる事業執行の過程では、社会経済状況の変化に対応した事業内容の修正や変更もあり得る。したがって、そのような事態をも予想して準備する必要があるのではないか。
- ②基本計画策定時点では入手できなかった現地情報が蓄積されるはずで、これらを計画に反映させる方法も検討する必要がある。
- ③1962（昭和37）年以降行われてきた、十勝岳の砂防事業に関する工事・調査記録散逸防止と過去の記録の洗い出しがなされるべきである。
- ④基本計画策定の根拠となった想定を、技術者自ら検証することが必要なのではないか。
- ⑤現地情報の蓄積に基づいた砂防計画の立案も可能なのではないか。

などであった。富良野川の火山砂防事業は、まさにこのような現場技術者たちの想いとともに進められてきたのである。

1 現場技術者たちが求めた火山砂防技術研究

(1) 計画の相手（火山泥流）の正体をまず知るところから

富良野川の標高800m付近から上流域にあっては、森林がほとんど見られないにもかかわらず、常時流水がみられ、しかもその季節変動が小さい。一般に、この程度の流域（約5km²）しか持たない火山域の溪流では、降雨時や融雪時期を除けばほとんど表流水が認められないことが多い。泥流の発生と密接に関係する水がもたらされた経緯や、土砂の発生源を調べておく必要があると考えた理由の一つに、このような富良野川の特異性がある。

「基本計画」策定の時点では、計画策定にあたった各委員らが、実地に現地を詳細に調査して過去の土石移動の痕跡を把握したり、現地を掘削して泥流堆積物を確認したりすることなどは、1988・89（昭和63・平成元）年小噴火前後の限られた時間の中では、望むべくもなかった。結局、ほとんどの基礎的データは、過去の文献や経験上得られた知識をもとに、推測の上で設定されたものである。

しかし、少なくとも10年以上は年間数十億円単位の事業費で砂防事業を執行していく過程で、技術サイドとして新たな知見を多く得られるだろうことは容易に想像できた。例えば、砂防ダム築造のために行う掘削の過程で過去の土石移動痕跡が確認できるであろうこと、その中で「基本計画」の対象となった1926（大正15）年に発生した大正泥流の痕跡も確認できることも予想された。多くの仮定や推定に基づいて策定された「基本計画」に、現地の情報をもって根拠を与えることが可能になると思われたことから、計画的かつ系統的な調査が開始されることになった。

(2) 基本計画の実行には限界がありそうなこと

「基本計画」の内容は、事業執行にあたる技術者が現場に具体的にあてはめていく段階で、砂防事業として実現が相当困難と思われる内容が含まれていたことも事実であった。このことも、後述するような理由から、系統的調査や試験を行う必要性を感じさせた一因でもある。

基本計画が対象とした泥流の総量は、水と土砂を合わせて1,900万 m^3 と想定した。富良野川へは、この内の70%にあたる1,330万 m^3 が流入し、これを富良野川の谷の出口（上富良野町日新地先）までの砂防計画区間内で処理することとされている。しかし、現実には実現が相当困難な内容も多く含まれていた。例えば、標高800m付近から上流の国立公園内には、既に相当数の施設が築造されており、さらに施設を増設あるいは改築していくことは、自然公園法の趣旨から難しいものと思われた。

また、泥流を一時貯留して水と細流土砂を分離させ、水だけを下流に流すこととされた大規模貯留ダムは、

- ①大規模貯留ダムによって細粒土砂と水とを分離させることは現実的ではないこと
- ②大正泥流を越える規模の泥流発生に際しては、大規模ダムがむしろ悪影響を与えかねないこと
- ③ダム築設の適地が見出せないこと

などから、実現が難しいと思われた。

このようなことから、いずれ事業内容の見直しは避けられないはずで、その時までになすべきことは、実現不可能な事柄を明らかにすると同時に代替の案を検討しておく必要があった。そこで、「基本計画」の対象となっている1926（大正15）年噴火に伴い発生した泥流がどのような流れであったかを把握するために、まず、大正泥流の流下痕跡調査が始められた。第2章第3節に述べた、体験者による泥流の再現は、この過程で得られた成果の一部である。

(3) 火山砂防研究会の設置に

「基本計画」に沿った形で進められてきた砂防施設の整備状況は、1999（平成11）年時点で、粗粒砂礫対策（泥流に含まれる巨礫や流木を捕捉して泥流の破壊力を弱めるために施設を配置する）の透過型ダム4基が完成、低ダム13基、ブロックダム2基と、1984（昭和59）年完成3号ダムの嵩上げが着手されており、投資した事業費は約210億円となっていた。基本計画に定められた施設配置計画区間は、富良野川沿いの約17kmであるが、この時点で、施設配置が計画された全区間の約7割で工事が進められていた。

これに伴って、現地調査のデータが収集され、過去の調査試験結果などをあわせると膨大な基礎資料が収集されていた。そのため、「基本計画」に従って進められてきた事業の内容を点検することと同時に、「基本計画」の内容についても照査できる段階に至っていた。

このような状況の中で、1999年に大正泥流に関する意見交換会を開催した。この会の目的は、砂防事業の進捗に従って集められたデータの整理の方法と、今後の調査試験の方向を検討することであったし、また、既に完成した施設の効果判定の方法と、今後の事業執行に必要となる調査試験の内容とその扱いについて意見交換しながら判断材料を集めたいということであった。この意見交換会は、この後発展して、技術者と研究者とによる火山砂防研究会設置に結びついていった。

表5-2 意見交換会・火山砂防研究会の検討経過

年度	名称	開催日時	専門委員(交換会)・ 顧問とメンバー(研究会)	オブザーバー	事務局
1999 (平成11)	第1回意見交換会	1999年 6月24日	北大農学部 新谷教授 北大農学部 中村助教授 応用地質(株) 堀部長 日本データサービス(株) 清水技術部長	応用地質(株) 日本工営(株)	北海道建設部砂防災害課 北海道旭川土木現業所 日本データサービス(株)
	第2回意見交換会	1999年 9月22日	北大農学部 新谷教授 北大農学部 中村助教授 応用地質(株) 堀部長 日本データサービス(株) 清水技術部長	応用地質(株) 日本工営(株)	北海道建設部砂防災害課 北海道旭川土木現業所 日本データサービス(株)
	第3回意見交換会	1999年 12月13日	北大農学部 新谷教授 北大農学部 中村助教授 応用地質(株) 堀部長 日本データサービス(株) 清水技術部長	応用地質(株) 日本工営(株)	北海道建設部砂防災害課 北海道旭川土木現業所 日本データサービス(株)
	第4回意見交換会	2000年 3月7日	北大農学部 新谷教授 応用地質(株) 堀部長 日本データサービス(株) 清水技術部長	応用地質(株) 日本工営(株)	北海道建設部砂防災害課 北海道旭川土木現業所 日本データサービス(株)
2001 (平成13)	十勝岳火山砂防研究会	2002年 3月4日	北大農学部 新谷教授 北大工学部 黒木助教授 北大農学部 山田助教授 北海道開発局建設部 宮島河川計画課長補佐 北海道森林管理局旭川分局 榎尾治山第二課長 北海道建設部 長砂防災害課長	清水宏 (株) TERRA エンジニアリング	北海道旭川土木現業所 北海道開発局旭川開発建設部 北海道森林管理局旭川分局 (財) 砂防・地すべり技術センター
2002 (平成14)	十勝岳火山砂防研究会	2003年 3月28日	北大農学部 新谷教授 北大工学部 黒木助教授 北大農学部 山田助教授 北海道開発局建設部 宮島河川計画課長補佐 北海道森林管理局旭川分局 林治山第二課長 北海道建設部 内山砂防災害課長	清水宏 (株) TERRA エンジニアリング	北海道旭川土木現業所 北海道開発局旭川開発建設部 北海道森林管理局旭川分局 (財) 砂防・地すべり技術センター
2003 (平成15)	十勝岳火山砂防研究会	2004年 3月22日	北大農学部 新谷教授 北大工学部 黒木助教授 北大農学部 山田助教授 北海道開発局建設部 平野河川計画課長補佐 北海道森林管理局旭川分局 林治山第二課長 北海道建設部 西尾砂防災害課主幹		北海道旭川土木現業所 北海道開発局旭川開発建設部 北海道森林管理局旭川分局 (財) 砂防・地すべり技術センター

2 現場情報の集積による既往泥流痕跡の発掘研究

(1) 火山砂防事業の進捗に伴う調査記録の蓄積

1989（平成元）年以降、本格的に開始された富良野川の火山砂防事業の進捗に伴い、砂防ダム工事の掘削現場からは、大正泥流堆積物を含む過去の泥流堆積物が数多く確認された。この観察を行うとともに、掘削範囲の伐採木の年輪を解析することによって、大正泥流により攪乱された地表の範囲が明らかになるなど、重要な知見が次々と得られるようになった。

これらの結果は、行政内部の資料ということにとどまらず、ある程度まとまった段階で、現場技術者によって、砂防学会や林学会などでの口頭発表、あるいは学会誌投稿という形で報告されることとなった（表5-3、表5-4）。以下に主要調査の概要を述べる。

表5-3 代表的な調査報告の概要

	調査名等	調査項目・調査内容	概要	新たに得た知見
A	泥流痕跡調査 (洗掘堆積域調査) NDS 1991～97(平成3～9)年	1)横断的な泥流痕跡(植生、地表礫、など)の分布 2)ピット(手掘り)、トレンチ(重機)による堆積物の断面観察 3)礫堆積地の分布調査と表面礫径測定 4)堆積物試料分析(粒度試験、PHや硫黄分、C ¹⁴ 等)	九条武子碑～砂防原点区間を主な対象区間とし、大正泥流による植生の破壊、洗掘堆積形態(地表の削剥、礫の堆積状況等)といった様々な泥流痕跡を泥流の流れ方を解釈する上での指標ととらえて、その分布を把握した。そして、その他の調査データや既存文献情報も踏まえながら、大正泥流の土砂移動実態(侵食、堆積)の推察を試みた。	〔土砂移動実態〕:「洗掘堆積域推定図」等によって、泥流流下範囲内でも泥流の流れ方や土砂移動は(横断的に)一様ではないことが明らかになった。また、大正泥流堆積礫の堆積条件の推察が試みられた。
B	地質的見地による堆積物調査 明治コンサル、応用地質 1993～98(平成5～10)年	1)地表踏査による露頭の観察 2)ピット(手掘り)、トレンチ(重機)による堆積物の断面観察	富良野川流域で発生した泥流発生頻度を明らかにするため、地質調査によって露頭やトレンチ、ピットなどの断面観察を行い、堆積物がどのような土砂移動現象によって形成されたものであるかを整理するとともに、混入木片、埋没腐食層(C14による年代測定)やTa-a(1739年降下火山灰)といった時間指標を用いて、富良野川流域における泥流発生履歴を検討した。 またTa-a、腐食土等の非侵食指標及び泥流堆積物の堆積形態から土砂移動の再現を試みた。	〔十勝岳活動履歴〕 過去2,000年間に8回以上の火山泥流の発生及び火砕流、溶岩流と言った多様な土砂移動形態が存在することを明らかにした。 〔泥流発生履歴〕 Ta-aを時間指標とし、近年260年間の泥流堆積物(紫泥流等)の分布状況を明らかにした。 〔土砂移動実態〕:「泥流流下形態推定図」 1号ダムより上流では堆積が卓越し、それより下流では侵食が卓越することを明らかにした。
C	市街地ピット掘削調査 シン技術、明治コンサル、日本工営 1994～98(平成6～10)年	1)市街地でのピット掘削(重機)による堆積物の断面観察 2)ボーリング、ハンドボーリングによる堆積物概略調査 3)堆積物試料分析(粒度試験、鉍物分析、C ¹⁴ 等) 4)ボーリング地点等の横断的な地形測量	大正泥流の堆積域である上富良野町市街地において、ボーリングや重機によるピット掘削を行い、堆積物層の観察と大正泥流堆積物の分布と、層厚の確認を行った。なお、Ta-aを指標として紫泥流堆積物の確認も試みた。	〔泥流発生履歴と相対的な規模〕 大正泥流より古い泥流が市街地に複数回の流下していたことを明らかにした。

	調査名等	調査項目・調査内容	概要	新たに得た知見
D	土壌水分調査 北開水工コンサル 1995～96(平成7～8)年	1) 現地での土壌水分調査(砂置換による現場密度試験) 2) 積雪調査(積雪範囲、深度、積雪密度の測定)	泥流発達過程での重要な水の供給源と考えられる、土壌水分量と積雪水量(融雪水量算出の基礎データ)を把握するために、5月下旬～6月上旬に、標高900mより上流側の様々な植生の場所で土壌含水比を測定した。また積雪深度、範囲、密度を測定した。	〔土壌含水比〕 含水比は基本計画での想定より水分が多く、植生被覆条件で大きく異なる。 〔積雪密度〕 基本計画での調査よりも小さい。
E	粒度分布試験 日本工営 1994(平成6)	1) 堆積物試料の現場ふるい試験と試料の粒度分析 2) 大正泥流体験者への市街地土砂濃度調査	数値シミュレーションのパラメーターを得るために、粒度分布試験を実施した。データはA、Bにおける粒度試験データとあわせて整理された。また、泥流の土砂濃度を、体験者への再現実験によって確認した。	〔粒度組成〕 基本計画で考えられていたよりも細粒分土砂が多いことが明らかになった。
F	大正泥流体験者聞き取り調査 旭川土現 1992～96(平成4～8)年	1) 聞き取りによる調査(流下状況、流下範囲、当時の土地利用状況、泥流被害状況調査) 2) 自動車走行実験による泥流流速の確認	大正泥流体験者に泥流遭遇箇所での現地聞き取り確認を行って、市街地付近での流下範囲、流下状況を確認するとともに、当時の土地利用状況、泥流による被害状況の確認を行った。 また、自動車を様々な速度で走らせて、目撃した泥流の速度を比較確認した。	〔大正泥流流下状況〕 大正泥流は流下区域によって勢力、波高、速度が大きく異なったこと、泥流は市街地で東西2波に別れ、東側で被害が大きかったことが明らかになった。 〔大正泥流流速、当時の社会状況、泥流被害状況〕
G	大正泥流体験者証言を元にした大正泥流CG再現映像作成 NDS 1994～96(平成6～8)年	1) 聞き取り調査と現地確認による大正泥流再現CG映像の作成	日新小学校付近から市街地において、大正泥流体験者が実際に目撃または体験した大正泥流を映像で再現し、下流域での大正泥流の流下状況を具体的なイメージとして作り上げた。	〔大正泥流流下状況〕 大正泥流は流下区域により流下形態、流速、波高、流木の流下状況が異なることを明らかにした。 (本映像は警戒避難のための啓蒙ビデオ作成において活用された)
H	基礎地盤調査 日本工営(まとめ) 1997(平成9)年	1) ボーリング調査 2) 弾性波試験 3) 平板載荷試験	大規模ダム計画予定地付近(2号砂防ダム下流～砂防原点区間)において施工可能な場所を検討する上で必要な情報である「基礎地盤地耐力」を求める目的で、ボーリング調査、弾性波探査、平板載荷試験を実施した。	〔基礎地盤地耐力〕 計画地付近の基礎地盤は強固な物ではなく、コンクリートダムでは多段落差方式でも有効高20mが限界、ロックフィルダムなら地耐力の問題はクリア出来るが、構造上の問題からリスクが大きいことを明らかにした。
I	泥流発生域侵食可能土砂量調査 応用地質 1994～98(平成6～10)年	1) 地表踏査 2) 電気探査	上流の泥流発生域に堆積している未固結土砂を侵食可能土砂と解釈し、地表踏査及び電気探査で侵食可能土砂の分布と深度データをとり、これをもとに侵食可能土砂量の算出を行った。	〔不安定土砂量〕 基本計画で想定した不安定土砂量に近い土砂量が現地に存在することを確認。
J	自然環境調査 1997(平成9)年	1) 植物調査 2) は乳類、両生は虫類調査 3) 鳥類調査	主に標高800～1,100mの基本計画において侵食防止工が計画されている上流域の大正泥流流下域を中心に現地踏査による自然環境調査を実施した。	〔希少種の生息状況確認〕 高山植物が低標高部から出現すること、エゾナキウサギ、エゾオコジョ等の希少種が広く生息すること、クマガラ等の希少種が侵食防止工予定区間周辺に生息していることを明らかにした。
K	大正泥流直後の記録映像の収集	1) 大正泥流流下直後の現地の記録映像の収集確認	大正泥流流下直後の痕跡記録映像。噴火口周辺や、旧元山事務所(九条武子碑周辺)の上流域における火山活動状況、土砂移動状況、流木の状況、残雪状況、雪移動状況等が確認された。	〔土砂移動実態、火山活動状況、積雪融雪状況〕 多田、津谷1927報文に調和的な内容だった。
L	大正泥流直後の記録写真の収集	1) 大正泥流流下直後の現地踏査時の調査写真収集確認	東大地震研による被災直後の現地調査(多田、津谷1927)時に多田教授が撮影した写真。	〔土砂移動実態、火山活動状況〕

出典：『北海道旭川土木現業所報告書』

表5-4 大正泥流に関する学会誌等の文献一覧

NO.	年度	論文等の題名	著者	雑誌名等	巻・NO	ページ
1	1926 (大正15)	十勝岳硫黄山の噴火原因と現状	田中館秀三	地学雑誌	38	518-527
2	1926 (大正15)	十勝岳活火山	七軒学人	地学雑誌	38	330-333
3	1926 (大正15)	十勝岳活動の伝説と記録	柴原小市	地球	6	166-168
4	1926 (大正15)	十勝岳泥流の速さ	中村左衛門太郎	地球	6	79-82
5	1926 (大正15)	十勝岳爆発概要	佐藤才止	地学雑誌	38	513-518
6	1926 (大正15)	十勝岳爆発概報 大正十五年六月二五日	田中館秀三			
7	1926 (大正15)	十勝岳爆発調査報文	佐藤才止	地質調査報告	95	1-26
8	1926 (大正15)	十勝岳爆発と水害の原因	渡瀬正三郎	地学雑誌	38	503-513
9	1926 (大正15)	ヌプリ 十勝岳爆発号	北海道山岳会	ヌプリ	(4)	
10	1927 (昭和2)	十勝岳の爆発	多田文男・津屋弘達	東大地震研究所彙法	2	49-84
11	1927 (昭和2)	十勝岳爆発原因及予測の考察	渡瀬正三郎	地学雑誌	39	250-260
12	1929 (昭和4)	大正15年5月24日の十勝岳爆発と之に伴った出水に就いて	福富忠男	北海道石炭鉱業会報	142	42-46
13	1929 (昭和4)	十勝岳爆発災害誌	十勝岳爆発罹災救済会			125
14	1937 (昭和12)	十勝岳爆発後十年間の植生遷移(火山爆発と植生)	後藤春利	日林誌	19-12	537-550
15	1940 (昭和15)	十勝岳爆発泥流に関する調査成績	猪狩源三	北海道農業試験場報告	39	
16	1949 (昭和24)	十勝岳爆発20年後の植生	小澤今朝芳・中村 博	北方林業	6	3-5
17	1940 (昭和15)	十勝岳爆発30年後に於ける流泥被害地土壌に関する調査研究報告	猪狩源三	上川地方総合開発期成会	39	
18	1960 (昭和35)	十勝岳泥流跡地の植生の推移	熊谷三郎・塚田隆広	北方林業	140	18-22
19	1963 (昭和38)	5万分の1地質図幅「十勝岳」	勝井義雄・高橋俊正・土井繁雄	北海道開発庁		47
20	1965 (昭和40)	十勝岳の土石流について	村野義郎	新砂防	18-3	14-23
21	1965 (昭和40)	北海道富良野川土石流対策工法試験報告書	村野義郎・原田義博・泉岩男	建設省土木研究所		
22	1966 (昭和41)	十勝岳爆発40年後の植生について	木村盛武・鈴木正義・成田英雄	日本林学会北海道支部講演集	15	86-89
23	1971 (昭和46)	十勝岳 火山地質・噴火史・活動の現況及び防災対策	石川俊夫・横山 泉・勝井義雄・笠原 稔	北海道防災会議		136
24	1980 (昭和55)	大正15年十勝岳大爆発 記録写真集	上富良野町郷土館	上富良野町		84
25	1982 (昭和57)	十勝岳大正泥流跡地の森林の構造	酒谷侑典・柳井清治・花岡正明	日本林学会北海道支部論文集	30	
26	1983 (昭和58)	十勝岳山麓における地表変動と森林成立に関する考察	花岡正明・酒谷侑典・東 三郎	日本林学会北海道支部講演集	31	258-261
27	1983 (昭和58)	北海道、富良野一旭川地域の火砕流堆積物の層序と対比	池田保夫・向山 栄	地質学雑誌	89-3	163-172
28	1987 (昭和62)	十勝岳 火山地質・噴火史・活動の現況及び防災対策 補遺	勝井義雄・横山 泉・岡田 弘・大島弘光	北海道防災会議		87
29	1988 (昭和63)	火山噴火に伴う泥流災害の予測と対策に関する研究	水山高久・石川芳治・福本晃久	土木研究所資料	2601	
30	1990 (平成2)	1:50,000 火山土地条件図 十勝岳	国土地理院			
31	1990 (平成2)	十勝岳爆発60年後の植生について	及川和雄	日本林学会北海道支部論文集	38	
32	1991 (平成3)	十勝岳火山山麓における火山泥流と土砂害の発生履歴に関する研究	新谷 融・清水 収・西山泰弘	北海道大学演習林研究報告	48(1)	
33	1991 (平成3)	十勝岳山麓における火山泥流の発生履歴	新谷 融・清水 収・西山泰弘	日本林学会北海道支部論文集	39	165-167
34	1993 (平成5)	雪面における火砕流数値シミュレーションモデルについて	三浦敦禎・清水康行	北海道開発局技術研究発表会概要集		263-268

35	1994 (平成6)	十勝岳・富良野川における大正泥流の痕跡調査	樽林基弘・佐々木昇・南里智之・笠置哲造・清水 宏・孫田 敏・福間博史	平成6年度砂防学会研究発表会概要集		13-16
36	1995 (平成7)	十勝岳・富良野川における大正泥流の流下状況 ―体験者への聞き取りから―	南里智之・金子幸正・藤原 明	新砂防	47-5	30-35
37	1995 (平成7)	十勝岳・富良野川における大正泥流流下・堆積機構の検討	長山孝彦・大谷 栄・樽林基弘・南里智之・槇納智裕	平成7年度砂防学会研究発表会概要集		363-365
38	1995 (平成7)	富良野川・大正泥流の聞き取りと現地痕跡からの流下状況	南里智之・大谷 栄・樽林基弘・高杉晋吾・村上昭宏・大門千明・福間博史	平成7年度砂防学会研究発表会概要集		359-362
39	1995 (平成7)	富良野川における大正泥流の痕跡調査(2)	福間博史・孫田 敏・大谷 栄・樽林基弘・佐々木昇・南里智之	平成7年度砂防学会研究発表会概要集		391-394
40	1995 (平成7)	十勝岳泥流地帯の化学的特性	上富良野町			
41	1996 (平成8)	十勝岳・大正泥流記録映像から推定した泥流発生流下機構について	槇納智裕	日本火山学会1996年度秋季大会配布資料		
42	1997 (平成9)	体験者聞き取りによる十勝岳大正泥流のCG映像再現	福間博史・孫田 敏・南里智之・青木文明・大谷 栄・沼田 寛	平成9年度砂防学会研究発表会概要集		278-279
43	1997 (平成9)	電気探査を用いた不安定土砂量の把握	松尾 淳・槇納智裕	平成9年度砂防学会研究発表会概要集		202-203
44	1997 (平成9)	十勝岳・富良野川の火山泥流発生履歴について	南里智之・高杉晋吾・村上昭宏・沼田 寛・米川 康	日本林学会北海道支部論文集		189-192
45	1997 (平成9)	十勝岳1926火山泥流(大正泥流)堆積物から見た泥流の発生・流下機構	堀伸三郎・沼田 寛・松尾 淳・槇納智裕・小野晃司	日本火山学会1997年度秋季大会講演予稿集		70
46	1997 (平成9)	十勝岳・富良野川の火山泥流の頻度と年代	米川 康・栗山 義英・南里 智之・沼田 寛	北海道応用地学合同研究会論文集	No.8	191-196
47	1999 (平成11)	十勝岳1926大正泥流堆積物の粒度分布	齋藤裕子・堀伸三郎・槇納智裕・沼田 寛・松尾 淳	日本火山学会1999年度秋季大会講演予稿集		
48	1999 (平成11)	堆積物から見た十勝岳大正泥流の発生機構	堀伸三郎・槇納智裕・笠置哲造・齋藤裕子・松尾 淳	地すべり学会第38回研究発表会		
49	1999 (平成11)	堆積物から見た十勝岳大正泥流の流下・発達機構	齋藤裕子・笠置哲造・篠原宗秋・槇納智裕・堀伸三郎・尾上秀司	地すべり学会第38回研究発表会		

出典：『北海道旭川土木現業所報告書』

(2) 大正泥流の流下痕跡調査と火山泥流発生履歴

<大正泥流の流下痕跡調査>

富良野川中流域の泥流が集中して流下した標高500～800m付近において、大正泥流の流下範囲と流下傾向を把握するための痕跡調査が行われた。大正泥流による地表の攪乱の痕跡は、植生分布、生育密度、微地形等に反映されていると考え、この痕跡を河川の横断方向に記録して整理する方法をとった。

整理にあたって指標とした事項は、次のとおりである。

- a. 樹齢68年以下の樹木は、大正泥流発生時以降に侵入した樹木である。
(調査時の1994(平成6)年は大正泥流後68年経過)
- b. 樹高10m程度以下の樹林は、大正泥流以降に侵入した樹林である。
(空中写真による流路変動影響範囲確認と現地の試料木年輪測定による)
- c. 削剥岩礫地と礫堆積地は、大正泥流によりもたらされたものである。
- d. 倒れた幹が付近にない樹根や付近に樹根がない倒木(幹)の分布域は、大正泥流により攪乱された範囲である。
- e. ササの群落は、基本的に泥流により攪乱されなかった範囲である。

図5-4に、代表測線の調査結果横断図と痕跡の重ね合わせを示す。また、図5-5のように指標を組み合わせることで、大正泥流の流下傾向を以下の4つ(泥流による破壊力の大きさ、強→弱：ランク1→4)に区分した。

- ・ランク1：泥流の流速は早く、地表面及び植生の削剥、破壊が大きい。削剥地状岩礫地を形成し、表土がなく角礫を敷き詰めた状態で、裸地又は高山植物が密生する。
- ・ランク2：多数の巨礫を運搬する流速を持ち、植生破壊は大きい。大礫が集中もしくは一面に散在する状態をなし、高山植物が密生する
- ・ランク3：流速はやや遅く巨礫を単体で運搬する掃流状態、植生を破壊するが、表土の削剥は少ない。礫が散在もしくは点在し、ササ類の侵入が部分的に見られ、大正泥流後の樹木群落を形成する
- ・ランク4：流速は比較的遅く、樹木の一部を破壊、礫をあまり含まない流れ。大正泥流以前の樹木群落を一部形成するが、倒れた幹が付近にない樹根や付近に樹根がない倒木(幹)、転石が存在する。
- ・流下範囲外は、相対的に樹高が高く大正泥流前の樹木群落を形成、ササが密生する。

図5-6に示すように、泥流はランク1、2を中心とする本体部分と、ランク3、4の緩流部分の2つを持ち、泥流の端部は、大正泥流前の微地形や大径木に流向を規制される程度の大きくない破壊力であった。また泥流は、測点11,800(標高650m)付近を境界に、上流では偏流が見られ破壊力も大きかったが、下流では谷幅が広くなることから破壊力が相対的に小さくなったものと推定された。

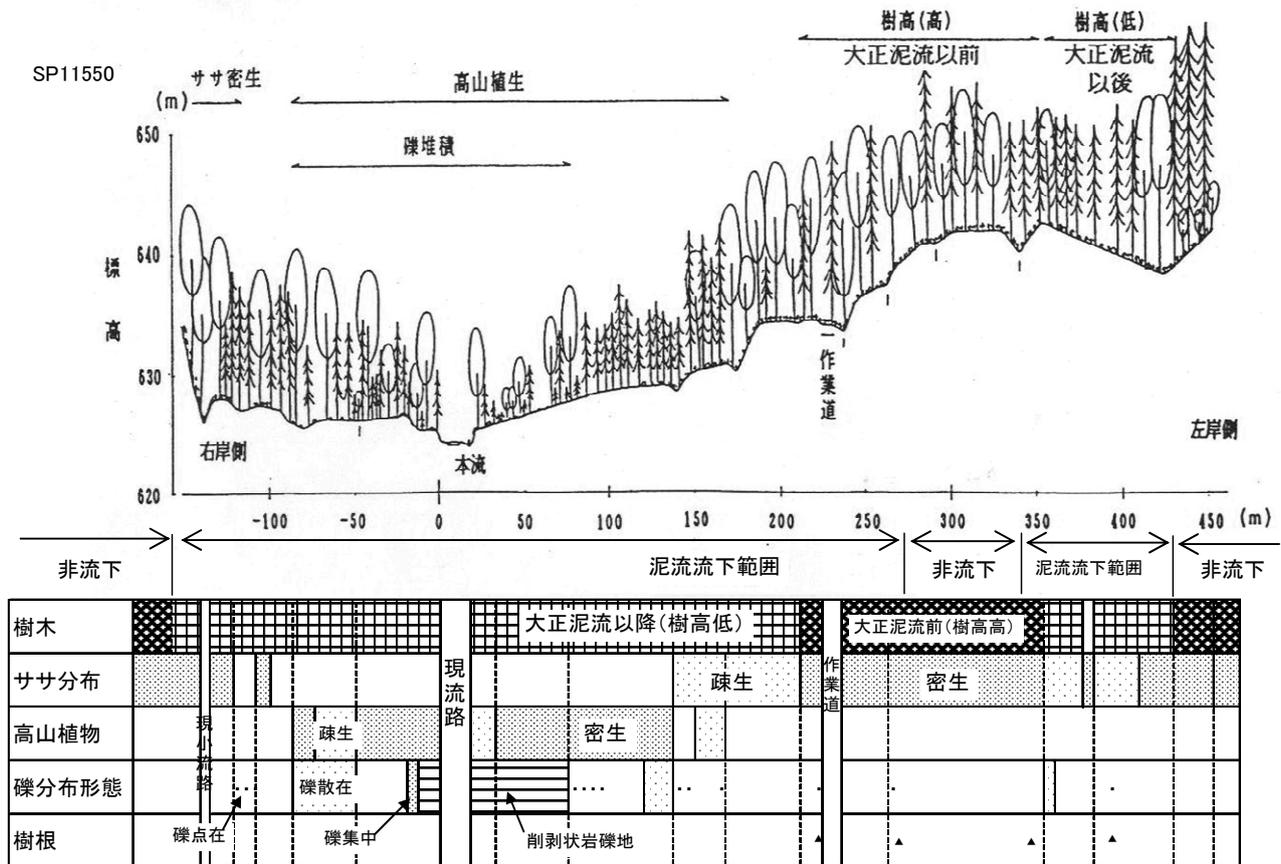


図5-4 泥流流下範囲の横断図と痕跡の重ね合わせ ((樽林ほか,1994) を一部改訂)

泥流痕跡指標		流下範囲			泥流流下範囲			泥流非流下範囲	
		大正泥流以降(樹高低)			大正泥流前(樹高高)				
植	樹木(樹高)	樹木なし			大正泥流以降の樹木群落 空中写真判読・樹高(低) 樹高(低) ← → 樹高(高)			大正泥流前からの樹木群落 空中写真判読・樹高(高) 樹高20m級の針葉樹	
	ササ類	なし			疎生			密生	
物	高山植物 シラタマノキ・イソツツジ	なし			密生			なし	
	疎生	なし			疎生			なし	
礫分布形態		削剥状 岩礫地			礫集中~散在			礫なし	
付近に樹根がない倒木(幹)		なし			あり			なし	
倒れた幹が付近にない樹根		なし			あり			なし	
泥流による破壊力の大きさ (強→弱: ランク1→4)		ランク1		ランク2	ランク3		ランク4	ランク外(非流下)	

図5-5 痕跡指標と泥流の破壊力 ((樽林ほか,1994) を一部改訂)

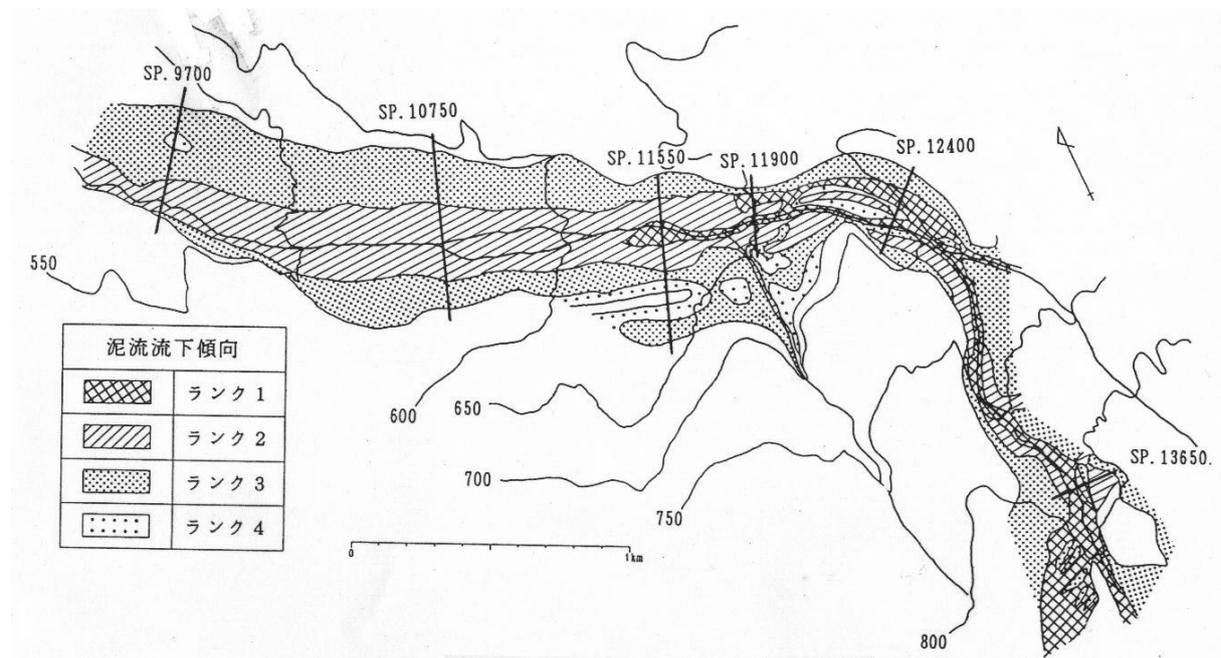
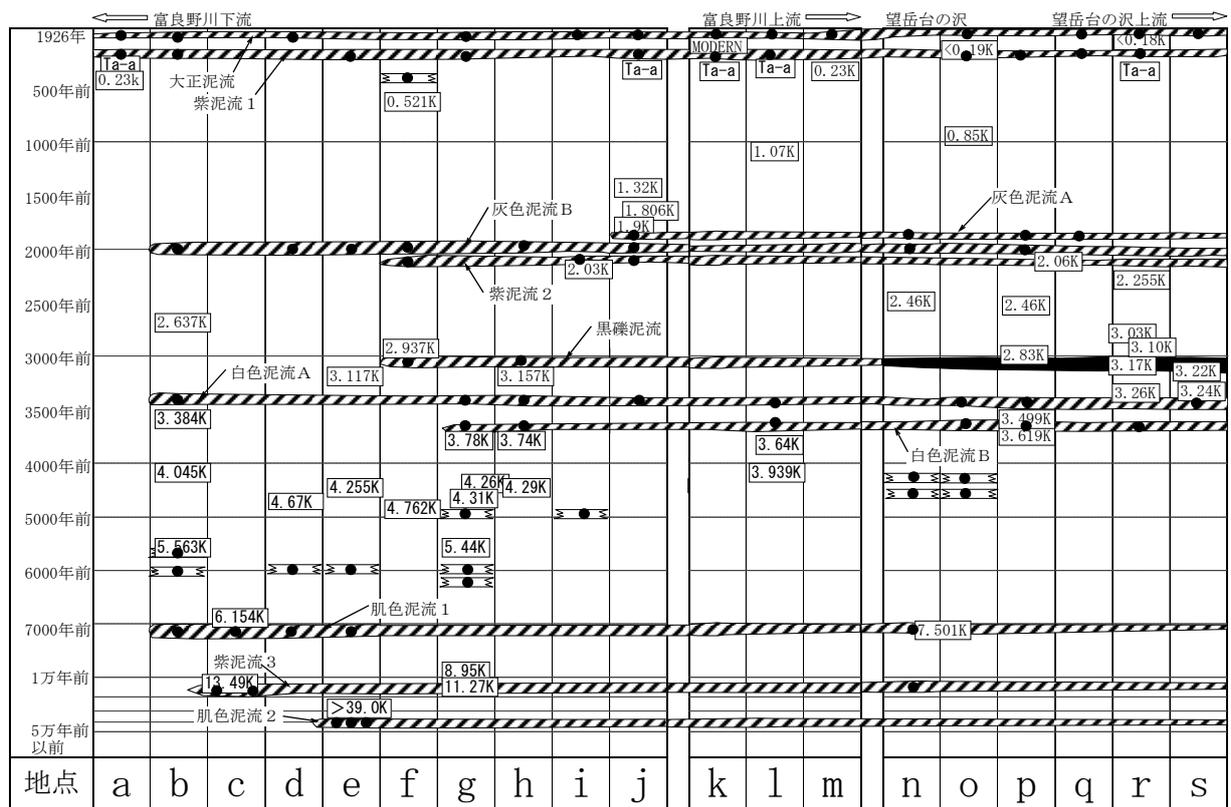


図5-6 泥流の流下範囲と流下傾向 (樽林ほか, 1994)

<富良野川火山泥流の発生履歴>

大正泥流発生直後の報告(渡瀬, 1926)では、富良野川沿いにおいて、大正泥流より古く規模の大きい泥流堆積物の存在が指摘されている。

過去の泥流堆積物について、図5-7下部に示した位置で調査を行った。調査の進め方は、富良野川沿いに見られる泥流堆積物の露頭と、工事掘削断面を追跡して記録・整理し、土層中に含まれる腐植土・混入木片の放射線同位元素による年代測定(表5-5)、樽前山元文3(1739)年火山灰(Ta-a)層の位置、同質な泥流堆積物の縦断的分布などの情報から、過去の泥流の発生年代を推定した。また、大正泥流により上部が破壊された樹根の年輪調査による樹木侵入年代の推定から、泥流発生年代を推定する方法も採用した(図5-8)。



【凡例】 2.937K \rightarrow 2937年前) 泥流状堆積物 確認地点
 グラウンド火口火砕流堆積物
 連続しない泥流状堆積物

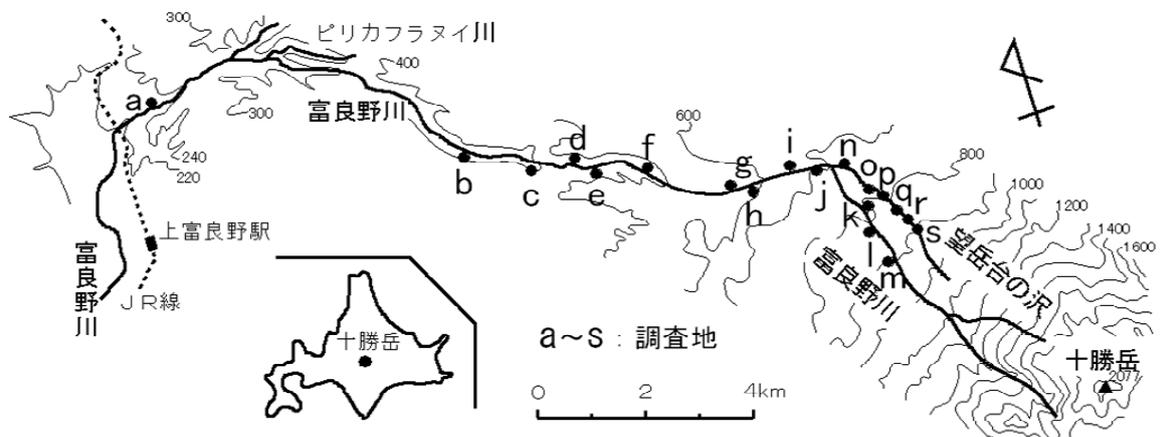


図5-7 富良野川で確認された火山泥流と測定年代 ((米川ほか、1977) (南里ほか、1997) を一部改訂)

表5-5 代表試料の¹⁴C年代測定結果

試料番号	試料	図5-25採取位置	年代測定値	関連する泥流名
1SA-1	木片	k	MODERN	紫泥流1の上
EN5-2	腐植土	sとrの間	<180y. B.P	大正泥流と紫泥流1の間
BSP1000-1	腐植土	o	<190y. B.P	大正泥流と紫泥流1の間
T8-21	炭化木片	a	230±70y. B.P	Ta-aの下位
ROAD-1	木片	m	230±72y. B.P	大正泥流の下
3SA-4	腐植土	f	521±96y. B.P	灰色泥流Bの上位
BSP1000-2	腐植土	o	850±80y. B.P	紫泥流1の下
4SC-3	腐植土	l	1,070±81y. B.P	紫泥流1の下
12485-6	腐植土	j	1,900±100y. B.P	灰色泥流Aの上位
12485-7	腐植土	j	1,806±78y. B.P	灰色泥流Aの上位
12485-8	腐植土	j	1,320±80y. B.P	灰色泥流Aの上位
BSP1220-1	腐植土	pの50m上流	2,060±80y. B.P	灰色泥流Bの直下
11950-1	木片	i	2,030±100y. B.P	紫泥流2の中
EN71-5	炭化木片	r	2,255±65y. B.P	白色泥流Bの上
BSP1160-1	腐植土	p	2,460±80y. B.P	灰色泥流Bの直下
BPS200-1	腐植土	nの100m下流	2,460±110y. B.P	灰色泥流Bの直下
1BD-1	腐植土	b	2,637±62y. B.P	白色泥流Aの上位
BSP1170-2	腐植土	p	2,830±90y. B.P	灰色泥流Bの直下
3SA-5	腐植土	f	2,937±67y. B.P	黒礫泥流2次堆積物の下
EN7-1	炭化木片	r	3,030±100y. B.P	白色泥流Bの上
EN71-3	腐植土	r	3,100±100y. B.P	白色泥流Bの上
2SA-3	腐植土	e	3,117±66y. B.P	灰色泥流Bの直下
3TU-2	炭化木片	h	3,157±64y. B.P	黒礫泥流の中
EN71-2	炭化木片	r	3,170±100y. B.P	白色泥流Bの上
EN41-1	炭化木片	s	3,220±90y. B.P	グラウンド火口火砕流堆積物の下部
EN41-3	炭化木片	s	3,240±100y. B.P	グラウンド火口火砕流堆積物の下部
EN71-4	炭化木片	r	3,260±100y. B.P	白色泥流Bの上
1BD-2	腐植土	b	3,384±91y. B.P	白色泥流Aの直下
BSP1160-3	木片	p	3,499±76y. B.P	白色泥流Aの中
BSP1160-4	木片	p	3,619±67y. B.P	白色泥流Bの中
4SC-4	腐植土	l	3,640±120y. B.P	白色泥流Bの直下
3TU-1	木片	h	3,740±140y. B.P	白色泥流Bの中
2TU-1	腐植土	g	3,780±100y. B.P	白色泥流Bの下
4SC-6	腐植土	l	3,939±94y. B.P	白色泥流Bの直下
1BD-3	腐植土	b	4,045±98y. B.P	白色泥流Aの下位
2SA-4	腐植土	e	4,255±84y. B.P	灰色泥流Bの下
H5-3TU3	木片	hの下流	4,260±90y. B.P	砂礫層中の巨倒木より採取(Gak-17569)
H5-3TU4	木片	hの下流	4,290±100y. B.P	H5-3TU3の上位より採取(Gak-17570)
H5-3TU1	木片	hの下流	4,310±100y. B.P	白色粘土層中より採取(Gak-17567)
7200-1	腐植土	d	4,670±100y. B.P	灰色泥流Bの下位
3SA-6	腐植土	f	4,762±89y. B.P	砂礫層中
2TU-2	腐植土	g	5,440±100y. B.P	白色泥流Aの下
1BD-4	腐植土	b	5,563±90y. B.P	白色泥流Aの下位
6700-1	黒ボク土	c	6,154±81y. B.P	肌色泥流1の直上
BSP300-2	木片	nの100m上流	7,501±69y. B.P	肌色泥流1の中
2TU-3	腐植土	g	8,950±150y. B.P	白色泥流Aの下
2TU-4	腐植土	g	11,270±170y. B.P	白色泥流Aの下
6700-2	炭化木片	c	13,490±120y. B.P	紫泥流3の中
2SA-6	木片	eの100m下流	>39,000 y. B.P	肌色泥流2の中

出典：『旭川土木現業所報告書』

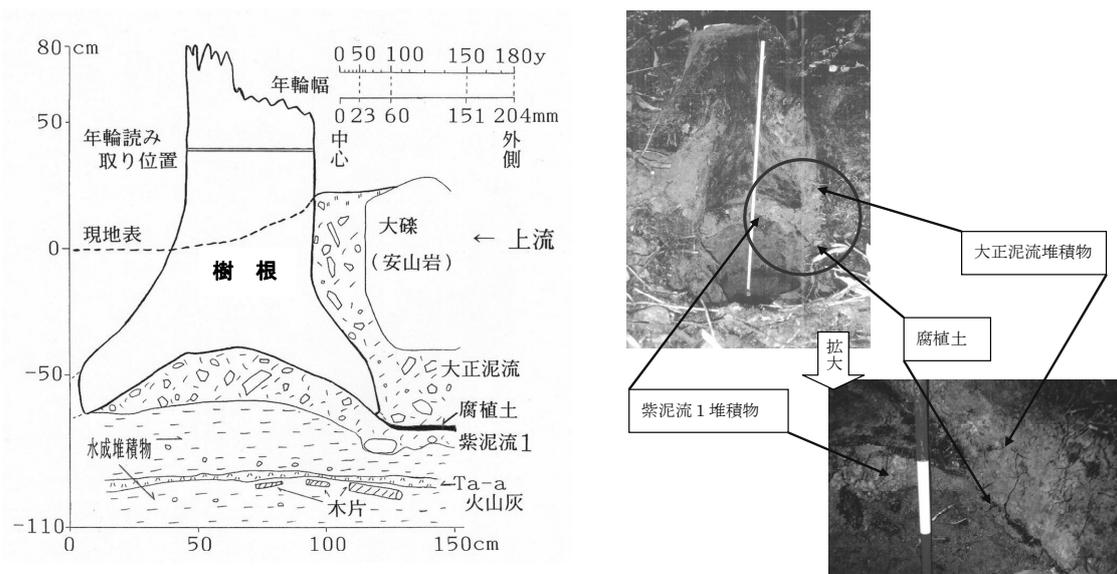


図5-8 大正泥流により上部が破壊された樹根の年輪数と直近の掘削断面（(南里ほか、1997)を一部改訂）

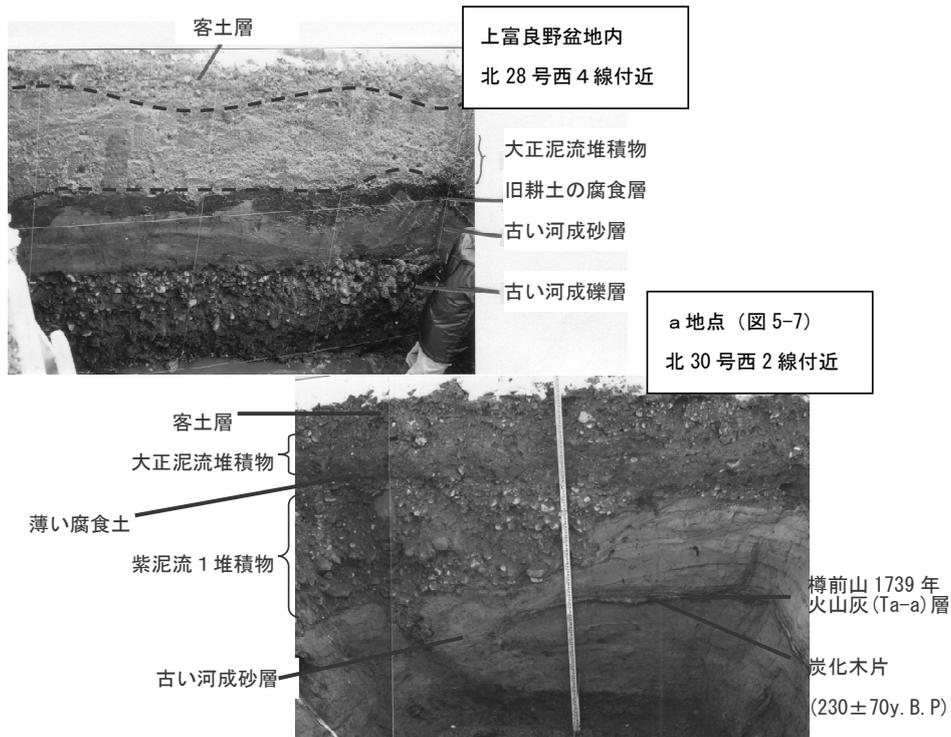


写真5-5 代表掘削断面

これらの調査の結果、図5-7に示したとおり、大正泥流を含め11の火山泥流堆積物が確認され、大正泥流より一つ古い火山泥流は、先に述べた樹根の調査と樽前山1739年火山灰(Ta-a)層の位置より1740年頃に発生したことが推定された。新谷ほか(1991)や石川ほか(1971)による1857年、1790年、1,000~1,300年前に発生したと推定される3回の泥流とあわせると、富良野川流域では、過去約3,500年に11回、また過去約2,000年では8回の火山泥流発生の可能性が示唆された。

3 砂防対策の自己点検

(1) 現地データの組み立て

既存文献と新たな調査記録の位置づけを整理し、どのような流れで大正泥流の実態を把握していくかを検討した（図5-9）。

現象把握のための体験者への聞き取り調査、泥流堆積物の状況調査、泥流の流下痕跡調査などの各種調査からどのような実態が整理されるのかをまず考えた。次に、複数の調査結果を結びつけることにより、泥流量、流下のイメージや過去の泥流履歴などの現象を解釈し、これらを砂防対策に反映させることを試みた。

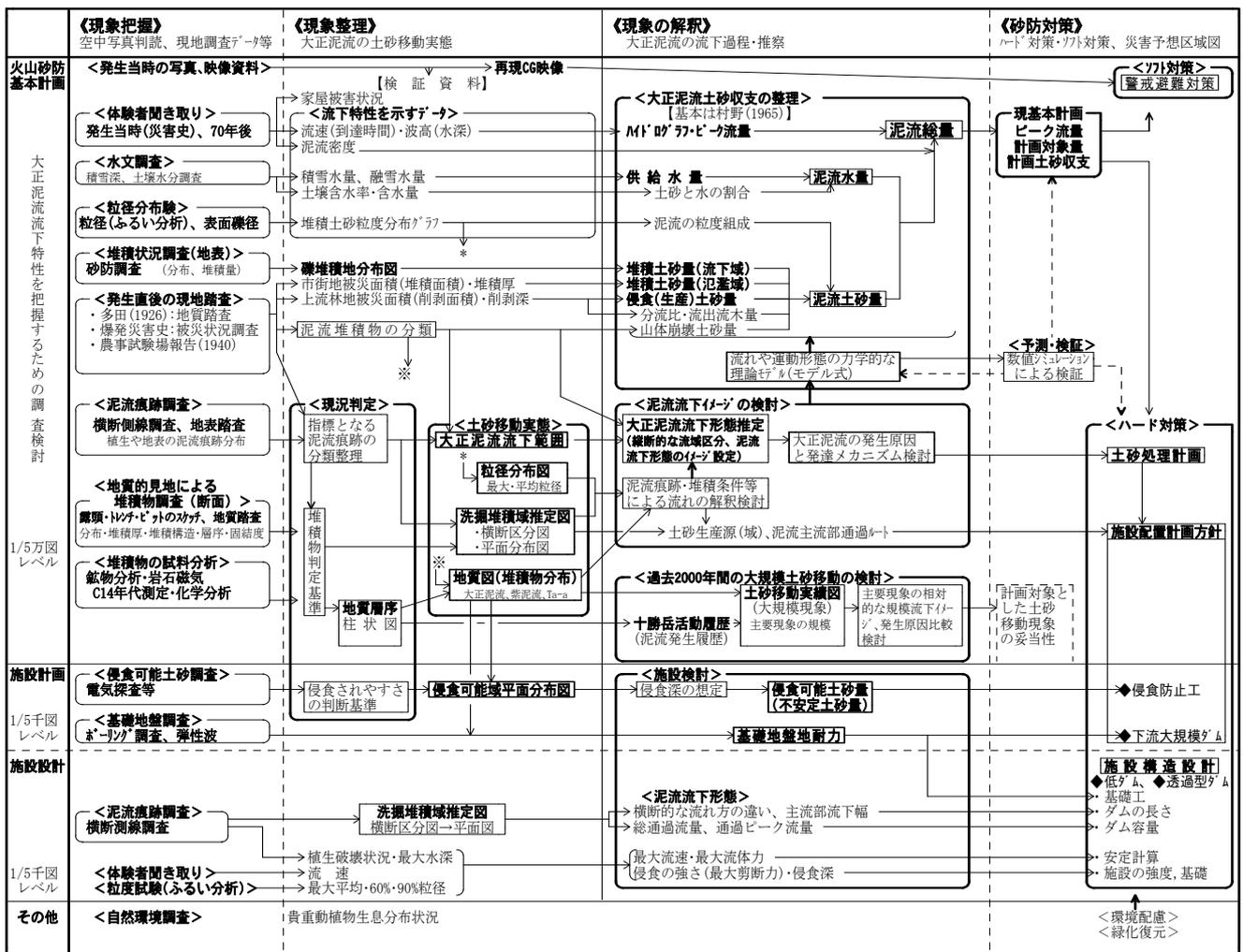


図5-9 現地データの組み立て

出典：『北海道旭川土木現業所報告書』

(2) 現地情報の蓄積を計画へ反映

1989（平成元）年以降蓄積された現地調査結果を、本節1で述べた「十勝岳火山砂防研究会」で、総合的に取りまとめた。研究会で取り上げた検討項目は、発生域における山体崩壊と融雪過程、流下域での侵食過程と堆積土砂の量と質、氾濫・堆積域における被災状況と市街地堆積量、泥流密度などである。「十勝岳火山砂防研究会」での議論を以下に示す。

a. 発生域（山体崩壊・崩壊物温度・融雪過程）

大正泥流発生の際には、中央火口丘の崩壊に伴う高温の崩壊物と岩屑なだれ（第一次泥流）の発生である。この岩屑なだれが融雪に関与してどの程度の水を生み出したか、とりわけその温度が泥流のその後の態様に深くかかわってくる。しかし、崩壊物の温度については、データは残されていないので、推定する以外にこれを知る方法はない。1989（平成元）年の「基本計画」では、山体崩壊物の温度を約800℃と推定している。

伊藤ほか(1999)では、中央火口丘崩壊に伴う岩屑なだれの定置温度を岩石磁気学的手法により推定し、その結果、山体崩壊堆積物で580℃以上、一次泥流堆積物で220～420℃程度としている。大規模な融雪型火山泥流を発生させるためには、火砕流等の高温物質の供給による場合、岩屑なだれなど比較的高温の物質が大規模に供給される場合、及び熱水の噴出に起因する場合の3つのパターンに区分される。岩屑なだれによって、氷河上にやや高温の物質が供給されて融雪型火山泥流が発生した事例がある。すなわち、供給土砂の温度がさほど高くない場合、融雪を促進させるためには、積雪密度が大きいことが必要条件であることを示唆している。

大正泥流の場合、前述したとおり岩屑なだれは220～420℃程度と、マグマ物質の供給温度に比較して著しく低いことから、岩屑なだれによる熱供給のみで水の供給原因を絞りきることができない。一方で、大正泥流発生当日は南風が観測されており、降雨も観測されていることから、かなりの水量が積雪中にトラップされていたと考えられる。また、大正泥流発生当日12時11分ごろに、小噴火に伴って火山泥流が発生しており、畠山温泉及び丸谷温泉が破壊されている（『十勝岳爆発災害誌』1927）。直前に起こったこの小規模火山泥流の発生メカニズムが、大正泥流発生に寄与した可能性が考えられるが、これについては今後の検討課題である。

b. 流下域（堆積・侵食の流下痕跡）

現地に残る泥流堆積物のうち細粒土砂で構成されているもの（主に地下部分）は、掘削断面の観察に基づく堆積物の組成から、以下の2つに区分した。

Cm1, Cm2 : 山体崩壊物起源と考えられる堆積物。淡灰色から灰色の礫混じりシルト質砂。

Cm1は厚い堆積層で中央火口から標高1,100mにかけて分布。Cm2は薄い層で標高1,100mから850mにかけて分布。

Cm3s : 褐色礫混じりシルト～中流砂。比較的分級が良く、白色変質岩片を含む。

標高1,100mから下流にかけて認められる。

一方、粗粒砂礫で構成される堆積地は、主に地表に分布しており、横断的な泥流の流下痕跡調査や地表踏査によって調査を行った。地表での礫分布状況と（直径約5 cm以上の礫が対象）礫堆積地の形態的特徴から、現地の堆積地を下記の5つに区分した。また、代表的な堆積地において、微地形の比高差を現地測定し堆積厚を求めた。

- 礫集中A**：大礫が空積み状に集積し、微高地となった堆積地。細粒分はほとんどない。
- 礫集中B**：礫が集積しているが、細粒土砂に半ば埋まるように堆積している箇所。
- 礫 散 在**：礫集中B同様に礫が埋没しているが、細粒土砂範囲が礫の範囲より広い。
- 礫 点 在**：大礫がごくわずかに点在する程度の区域。
- 岩 礫 地**：礫や砂利が地表に堆積しており、腐植を含む表土層がない場所。

大正泥流による侵食実態については、泥流以前から生育する樹木や、泥流流下によって植生が破壊された後に回復した樹林、旧表土の分布状況等を泥流の流下痕跡ととらえ、泥流の流下範囲と侵食状況を整理した。さらに、「大正泥流流下以前の旧表土の残存状況」を指標として、泥流流下範囲内での侵食深を以下の3ランクに区分し、現地調査によって把握した植生等の泥流痕跡や旧表土のない裸地の分布域をもとに、侵食区域推定図を作成した。

- 侵食なし**：泥流堆積物の堆積構造などから、侵食は起こらなかったと考えられる場所。
- 表土侵食**：腐食を含む旧表土が残っていることから、表土までを侵食して植生を破壊した区域。侵食深は現地調査結果から、旧表土層の厚さの最大値である50cmの侵食があったと仮定。
- 洗 掘**：表土下の古い堆積物層まで削り、旧表土層が残っていない区域。侵食深は50cm以上（表土層厚以上）である。

c. 氾濫・堆積域（上富良野市街地への泥流堆積と泥流密度、下流への流出）

上富良野市街地氾濫域に堆積した土砂量は、1926（大正15）年に、北海道土地改良課が作成した「上富良野災害整理区域平面図」（**図5-10**）の被害区域の泥流堆積深データのみを用いて、大正泥流堆積物の等層厚線図を作成（T I N補間法を用いて地点データからG I Sで等厚線を作成し、地形等を考慮して修正）し、地山ベースでの堆積土砂量を算出した（**表5-6**）。本図は、これまでの主要な既存文献（農事試験場、1940；村野、1965）の元データとなった図面であり、災害直後の6月5日から1週間の測量調査結果である。今回、新たに上富良野町開拓記念館より、これを入手することができた。

なお中富良野区域は、『災害志』（1929）付図の泥流氾濫範囲と、農事試験場（1940）の泥流深度から、縦断区間ごとの平均堆積深を出して算出した。その結果、上富良野市街地氾濫域での泥流堆積土砂量は約300万 m^3 、中富良野も含めた全体での泥流堆積土砂量は約320万 m^3 と算出された。

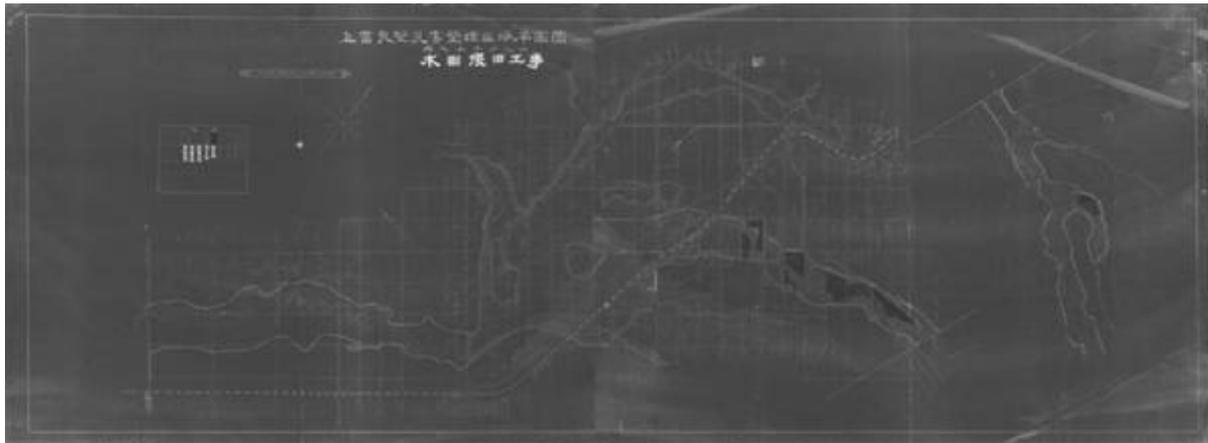


図5-10 上富良野災害整理区域平面図（上富良野町開拓記念館所蔵）（口絵5参照）

表5-6 市街地氾濫原での大正泥流堆積土砂量（地山量）

災害整理区域図から作成した等層厚線図より算出				村野(1965)堆積泥土量の推定より			
区間名		堆積土砂 量地山 (千m ³)	面積 km ²	地域	面積 km ²	平均堆 積厚cm	堆積土砂 量地山 (千m ³)
V	国有林界～原点	別途算出	1.09	①	2.68	12.8	343
上 富	VI 原点～西1線北32号	614	0.42				
	VI 西1線北32号～鉄道		1.01	②	6.04	73.3	4,427
	VII 鉄道～北25号まで	2,171	3.74				
	VIII 北20号まで	215	1.1	③	1.21	24.3	294
上富良野小計(VI、VII、VIII)		3,000	7.36		9.93		5,064
中 富	IX 北12号まで	149	1.15	④	1.39	13	181
	X 北12号より下流堆積	64	0.53	なし	0		0
	中富良野小計		213	1.68		1.39	
合計		3,213	9		11.32		5,245

泥流災害体験者に対する聞き取り調査・泥流感触実験（第2章第3節参照）によると、市街地に流下堆積した大正泥流の泥流密度は、平均で1.66g/cm³であったことが示されている。前述した北海道土地改良課作成の「上富良野災害整理区域平面図」（図5-10）は、泥流発生12日後の6月5日から約1週間行われた現地調査によるものであり、この調査時点での泥流の状態（水と土砂がどの程度分離した状態にあったのか）を実験で検証した。

底が直接地面に接する状態（開放）で泥流密度1.66g/cm³の試料を屋外に存置し、初日（1時間後、3時間後）、1日後、1週間後、1か月後に泥流密度を測定した。1週間経過後、体積変化の速度は急に遅くなり、1か月経過後では変化率93%（土砂部分の高さ比）であった。密度

は上・中・下層でほとんど差異がなく、粒度分布は1か月後の上層では、若干細粒化する傾向が見えるが、明瞭な分離傾向は見えなかった。

すなわち、当時の北海道土地改良課による現地調査時と泥流流下直後では、泥流堆積物の状態はほぼ同様であったことが示唆された。このことは、泥流体験者の「泥流は茶色いドロドロ」、「ドロドロで粘りがある感じ」といった、泥水というより泥そのもの、という感触の証言や、「5日後、泳ぐように泥流の中を通り自宅へ行ったが、泥流はトロトロだった」、「一月後もビチャビチャでぬかっていた」という、時間がたっても水と土砂が分離せずまだ泥状であったという証言、「3か月经っても十分に乾燥していない場所があった」（猪狩、1940）という記述にもあてはまる。

上富良野盆地から下流へと流出していった泥流流出量については、村野（1965）が推定している。これによると、『災害誌』（1940）の記述より、中富良野で流出を免れた北14号橋において、河道断面と『災害誌』に記されている“北14号橋での水位の変化状況”の記述をもとにハイドログラフを想定し、総流出量を約370万 m^3 としている。

（3）大正泥流実態から砂防対策を考える

a. 泥流現象（発生・流下・氾濫・堆積）の想定

1989（平成元）年2月策定「十勝岳泥流対策基本計画（案）」で得られていた知見に、「十勝岳火山砂防研究会」での新たな議論結果の情報を加え、大正泥流流下実態を考察した。

大正泥流発生当日、午前中より降雨が観測され、さらに南風が吹いていたことから、積雪表面は固液混相状態となっていたと考えられる。積雪は、標高1,200m付近で二尺六寸四分（約80cm）あった。

12時11分に、標高1,300～1,400m付近で側方噴火が発生した（多田・津屋、1927；田代、1927）。この時発生した泥流により、美瑛温泉（畠山温泉）及び丸谷温泉（現在の白金温泉）が破壊されていることから、熱水噴出あるいは岩屑なだれが発生し、硫黄沢川流域の積雪を融解した可能性が高い。

同日14時ごろにも小噴火があった。この噴火も側方噴火であった可能性があり、田代（1927）によると、爆発発生地点は標高1,100m付近であったとしている。また、この時刻付近に美瑛川及び富良野川の河川水の汚濁が報告されていることから、このころにも小規模な泥流が発生した可能性がある。

16時17分ごろ、中央火口丘の崩壊を伴う噴火が発生した。220～420℃程度の温度を保持した岩屑なだれが積雪を急速に融解し、初期融雪水を発生、融雪泥流へと発展した。以下に、区域ごとに推定された大正泥流の流下実態について記載する。

①道道（標高900m）付近～谷出口（日新地区・砂防原点）付近

山体崩壊土砂による融雪水に起因する泥流が、洗掘や表土侵食によりこの区間で発達していった。発達した泥流は、上富良野盆地に入る直前の谷出口（砂防原点）付近で、速度は10m/s以上で流動深は4 m以上となり、日新地区の家屋のほとんどを破壊した。

②鉄道付近までの流下状況（草分地区）

谷出口（砂防原点）を通過して流下した泥流は、この区間の下流端で2方向の流れとなった。本区間に数cm～数十cm程度の粗礫が堆積している。また聞き取り調査により、破壊された家屋が多かったことが判明している。

③鉄道沿いに南下した東側の流れ（三重団体東地区）

鉄道到達後、まず先に流下したのは鉄道に沿って南下した東側の流れで、流速は約5～8m/sと西側に比べて速かった。この辺りの堆積物には礫分がほとんどなく、堆積厚も薄い。聞き取り調査結果も考慮すると、流木や礫をさほど含まない泥流のみが流れてきたと想定される。

④鉄道を越えた流れ（三重団体西地区）

線路がねじ曲げられた旧吉田村長宅周辺で、比高差2 m程度の鉄道盛土は決壊せずに残っている。鉄道盛土を泥流が乗り越えてくる直前に、その上流側の家がゆっくり動いていたとの証言から、東側の流れによって鉄道より上流側の氾濫がある程度進んだ後に、泥流は鉄道盛土を越え、本区間を流下していったものと考えられる。流速は2～3m/sと東側の流れに比べ、明らかに遅く、盆地の縁の江幌完別川沿いの低地に沿って細粒土砂を厚く堆積させた。また、この流れは流木を多量に含んでいた。

このように、泥流の流下・氾濫状況は地区ごとの質的な違いがあったものと考えられる。

b. 大正泥流の実態と泥流通過量

今回の「十勝岳火山砂防研究会」、及び1989（平成元）年2月策定「十勝岳泥流対策基本計画（案）」による大正泥流の実態を、表5-7と図5-11に示す。

山体崩壊に関する想定は同様であるが、融雪過程と水量については、「基本計画」では土砂温度800℃による融雪で融雪水量約230万m³とし、「研究会」では岩石磁気学的調査と下流に流下した泥流量との整合から土砂温度340℃で融雪を説明し、融雪水量は約100万m³と想定した。

侵食について、「基本計画」では力学的な検討（平衡濃度理論）から、上流域の道道付近を中心に約510万m³（実土砂）の土砂が、斜面勾配からほぼ一様に侵食されたとしている。一方、「研究会」では、現地に残る痕跡調査結果から流下範囲を詳細に設定し、さらに表土が侵食された区域と、泥流の集中流下によって比較的深く侵食した区域の2つに分け、両区域から約360万m³（実土砂）の土砂が侵食されたものと推定した。

堆積について、まず谷出口（砂防原点）より上流区域において、「基本計画」では力学的な解釈から、平衡状態であるため泥流の堆積は基本的にはないとしている。「研究会」では現地痕跡

から、大正泥流堆積物と判別した堆積地の分布と堆積厚を調査し、堆積物量約100万 m^3 （実土砂）を算出した。

谷出口から下流の上富良野盆地内での泥流の挙動は、「基本計画」では、市街地氾濫シミュレーションで氾濫区域や泥流水深などについて検討している。「研究会」では、地区ごとに異なる泥流の速度・水深や流れ方、さらに泥流の密度や粒径の特徴などを整理し、市街地堆積土砂量を「上富良野災害整理区域平面図」（図5-10）から算出するなど、1989年以降に蓄積された現地調査結果を総合的に取りまとめた。

特に市街地堆積土砂については、主要な既存文献の元資料であり上富良野開拓記念館で新たに発見された「上富良野災害整理区域平面図」から、等層厚線図を作成し詳細に320万 m^3 と算出した。当時の測量調査は、大正泥流発生12日後の6月5日から約1週間行われ、本章第2節3(2)cで述べた検証実験結果と泥流体験者からの情報から、調査時はいまだ泥流は乾かず、むしろ泥流流下直後の状態とほぼ同様であったことが推定されている。よって、この量は土砂と水で飽和された（空気が含まれない）状態の量ということになる。上富良野盆地に堆積した泥流量を、これまでで最も正確に算出したものとして評価される。

山麓から上富良野盆地に流入した泥流総量については、「基本計画」では上記のような山体崩壊、融雪水量の設定と力学的な検討から、1,330万 m^3 としている。

今回の「研究会」では、盆地に流入した泥流総量は、盆地に堆積した量とさらに下流に流出した量の和と等しいことから、詳細に算出された市街地堆積土砂量320万 m^3 を核として、被災情報の乏しい上富良野盆地より下流に流出した泥流量については、村野ほか（1965）による流出量370万 m^3 を採用し、これらの和である690万 m^3 と想定しておくこととした。「研究会」では、さらにこの盆地に流入した量と同量になるべき盆地から上流、火口までの発生土砂・水量をそのプロセスを含め、検証している。融雪を含めた供給水量、中上流域の侵食・堆積量や泥流感触実験で求めた泥流密度などを総合的に考察し、調和している結果を得ている。

表5-7 大正泥流の実態整理

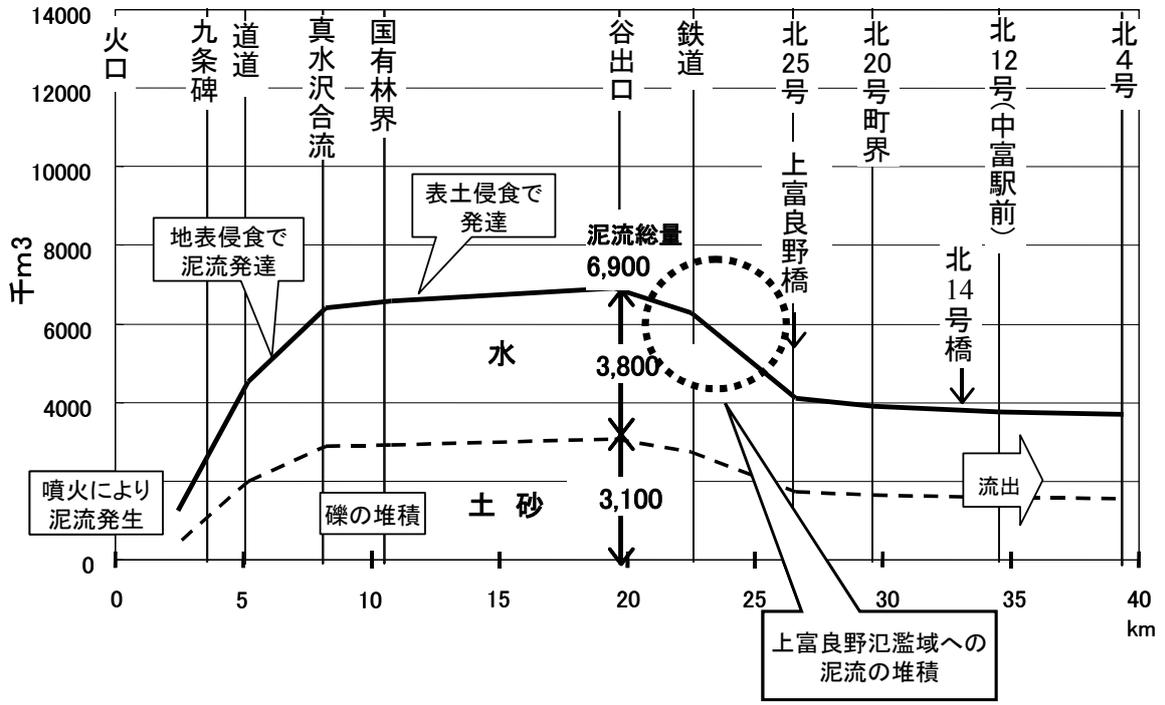
大正泥流の実態検討項目		1989年十勝岳泥流対策基本計画（案）	2003年十勝岳火山砂防研究会 大正泥流実態の整理
基本的な考え方		1929（昭和4）年十勝岳爆発災害志などの既存文献から実態を整理、力学的な検討（平衡濃度理論）をもとに、上流から泥流収支を整理して、計画対象量を決定	「大正15年災害整理区域図」などの新発見資料や、体験者聞き取り及び各種現地調査から得られた新情報を追加し、下流から泥流収支を再整理。
山頂付近～道道	1) 山体崩壊及びその堆積土砂	1927（昭和2）年多田・津屋の調査地形図から土砂量を算出 山体崩壊：200万m ³ 山体崩壊堆積：135万m ³ 富良野川流下土砂：46万m ³ （富良野川分は全体の7割）	十分な精度の新情報は得られなかったので1989年「基本計画」と同じとした（詳細な現地調査による確認は困難）。
	2) 融雪過程と融雪水量	融雪に必要な熱量より、崩壊土砂温度を800℃と仮定して、融雪水量約230万m ³ と推定（土砂量の5倍）（積雪量は現地調査等より全体で325万m ³ と算出）	基本計画と同じ熱量より検討。岩石磁気学的調査結果より土砂温度は220～420℃と低いことが判明。融雪水量約100万m ³ （土砂温度340℃）と推定。また融雪実験によりこのような温度でも泥流が発生し得ることを確認。
道道～谷出口（砂防原点）	3) 泥流流下範囲の推定	災害志の森林被害調査の記述と航空写真判読より1/5万図レベルの精度で推定（昭和40年土研報告を参照）	樹高の違いや、地表礫、堆積物、旧表土等の泥流痕跡の分布状況を現地調査で確認し、1/5000図レベルの精度で詳細に推定。
	4) 侵食過程の考え方	力学的な検討（平衡濃度理論）より、斜面勾配からはほぼ一様に侵食されると考え、侵食土砂量は約510万m ³ （実土砂）と算出 ・真水の沢合流点より上流の平均侵食深は2.7m	旧表土分布等の現地調査結果より侵食深の違いを区分した。 ・旧表土厚より表土の残る区域は0.5mまでの侵食と仮定 ・真水の沢合流点より上流の平均侵食深は1.4m 市街地堆積土砂量など原点下流での土砂量より、侵食土砂量約360万m ³ （実土砂）と算出。
	5) 原点上流での泥流堆積	平衡状態のため基本的には堆積しないと想定	1980（昭和55）年現地分布調査結果と新たな現地調査（堆積形態・堆積厚）から、粒径別の泥流堆積物量約100万m ³ （実土砂）を算出
	6) 泥流の流下状況・被災状況	市街地氾濫シミュレーションで、氾濫区域や泥流水深などについて検討	災害志の泥流到達時間に、体験者への聞き取り結果（一部をCGで再現映像化）も加えて推定。 砂防原点付近で流速11m/sであったことや、市街地での泥流の流れ方の詳細が判明。

大正泥流の実態検討項目		1989年十勝岳泥流対策基本計画（案）	2003年十勝岳火山砂防研究会 大正泥流実態の整理
上富良野 盆地(市街 地)	7) 市街地堆積 土砂（上富良 野盆地）	未設定	1935（昭和10）年農試報告の元資料である「大正15年災害整理区域図」を発見。このデータより等層厚線図を作成し、堆積泥流量320万m ³ と詳細に算出（災害整理区域図は、北海道土地改良課による被災後6月5日から約1週間での測量調査結果によって作成された）
	8) 泥流土砂の 粒径	60%粒径を境界として、細粒分60%、粗粒分40%と仮定。粒径調査データは不十分	粒径現地調査結果より、粒径2mm未満のシルト粘土の割合が50%以上と非常に多いことを確認
	9) 泥流密度と 市街地堆積物 での土砂と水 の割合	未検討 （土砂処理計画では砂防施設で水と土砂の分離を想定）	体験者聞き取りと再現実験より堆積した泥流の密度は1.66g/cm ³ と推定。また、1か月間の現地実験で泥流の土砂と水は分離しにくい事も確認。この泥流密度から堆積土砂中の土砂と水の割合を算出
	10) 市街地下 流端からの流 出	未設定	災害志聞き取り記述より中富良野町北14号橋の泥流ハイドロを推定したS40土研報告を参照。橋の横断図よりマンゲ式から流出量は370万m ³ とした
泥流量	11) 地山に対 する土砂と水 の体積割合	地山体積に対し、実土砂50%、水50%と仮定	市街地以外は土砂50%、水50%として問題ないことを現地土質調査で確認。市街地は9)による。
	12) 泥流総量	泥流総量1,330万m ³ （土砂量560万m ³ 、水量770万m ³ ） 1965（昭和40）年土研報告の水理模型実験結果と同じ	泥流総量690万m ³ （土砂量310万m ³ 、水量380万m ³ ） 市街地堆積土砂量等より推定
	13) 泥流ハイ ドロ	流下時間1時間の三角ハイドロを設定 1988（昭和63）年土研報告書より	流下時間30分の三角ハイドロを設定 （約30分で減水したとの聞き取り証言あり）

出典：『北海道旭川土木現業所報告書』

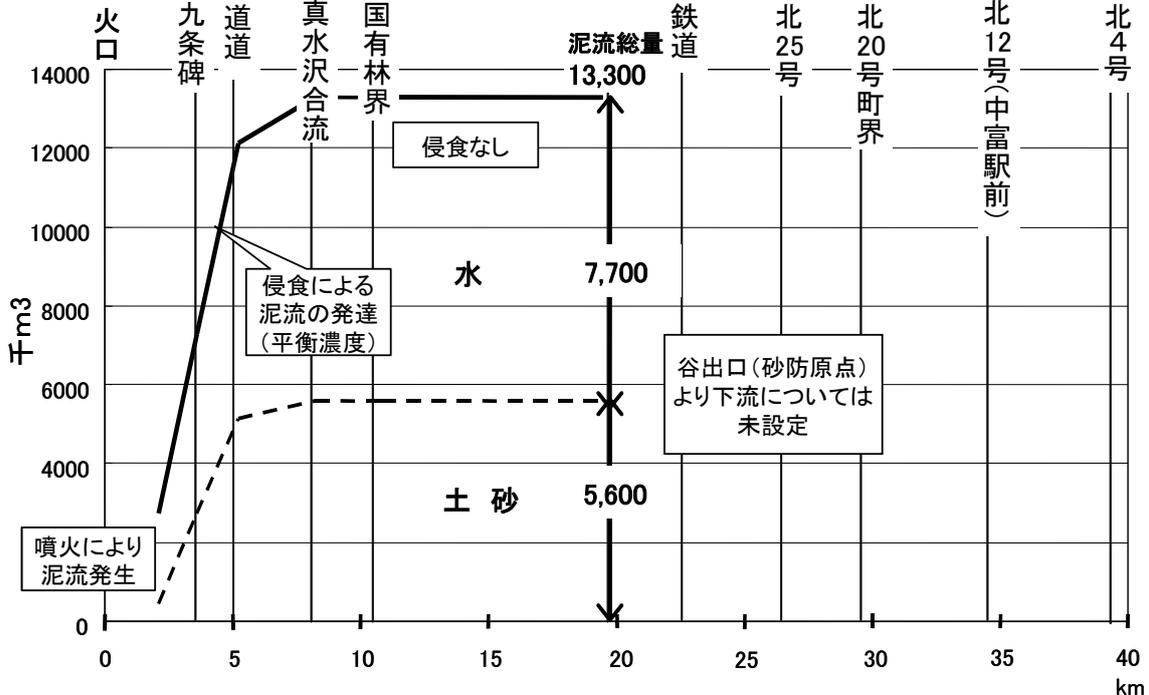
2003年十勝岳火山砂防研究会・大正泥流実態

単位:千m³



1989年十勝岳泥流対策基本計画

単位:千m³



—— 泥流通過量 (----泥流の内、土砂の通過量)

図5-11 各地点における大正泥流の泥流通過量(富良野川)

出典:『北海道旭川土木現業所報告書』

c. 大正泥流の実態から砂防対策へ

大正泥流の発達及び上富良野盆地への氾濫・堆積過程については、詳細な現地調査、体験者ヒアリング及び市街地におけるピット調査、災害整理区域図の発見とその解読によって、かなりの精度で復元することができた。しかしながら、噴火発生から岩屑なだれの発生プロセスなどの火山学と砂防学との境界領域や、高温土砂の供給による融雪プロセス等については、課題が残った。また、上富良野盆地から下流域への流出とその影響（泥流の流下量や質的・空間的把握）についても未解決となった。

明らかになった大正泥流実態にかかわる新知見については、以下の3つがあげられる。

- ①富良野川の泥流の流れ方は一様ではなく、特に上富良野市街地の泥流氾濫域では、鉄道より上流、その下流で鉄道東側、鉄道西側で、それぞれ流下氾濫状況や被災状況がかなり異なっていた
- ②市街地に流下した泥流は、細粒成分が多くて土砂と水が分離しにくく、密度がかなり大きいなどの特徴があるとみられる
- ③富良野川を流下し上富良野盆地に流入した大正泥流の総量が、従来の想定約半分となる

今後は、明らかになった大正泥流の実態に対応した、より効果的な砂防対策を行うため、現況の砂防施設の評価を行い、ハード対策、ソフト対策、まちづくりをも含めた泥流対策を、住民との合意形成を図りつつ進めていく必要がある。

4 地域社会における砂防緑地再生技術の開発と社会教育への参画

(1) 土木技術者も試みた森林の回復

1962（昭和37）年の事業着手以来、十勝岳山麓では砂防ダム、床固工群などの施設が順次整備されていたが、一方では、工事施工に伴う掘削で植生群落が破壊される結果となった。特に富良野川では、観光客が多く利用する道道十勝岳温泉美瑛線から一望できる工事跡地の広大な裸地が目立つようになってきていた。この場所は、国立公園内の第1種特別地域であることから、工事で掘削したり土砂を埋め戻したりした跡地を芝で覆うという、一般的に広く行われていることは、在来種の群落に悪影響を与えるという点から採用できなかった。工事跡地の植生をどのような方法で回復していったらよいか、土地の所有者である国有林や国立公園を管理する環境省、事業主体である北海道旭川土木現業所との間で長年にわたり懸案となっていた。

本格的かつ計画的に富良野川の砂防事業に取り組むことになった1989（平成元）年以降、砂防事業の執行と同時に、工事跡地に在来の植生を回復させたいという長年の懸案事項に臨むこととなり、その進め方について内部での議論が重ねられた。

その際の基本的な考え方は次のような事柄である。

- ①在来種による回復をめざすこと。
- ②自然の回復力を最大限生かす方法を探ること。
- ③そのためには、現地でどのようにして植物が育っているかをよく観察すること。

このようにして、1990（平成2）年には、富良野出張所第3係の職員が富良野川やヌッカクシ富良野川などの工事現場周辺において現地調査を行い、自然状態で工事跡地周辺の植生はどのようにして生育しているのか、また、工事跡地には植物の侵入が認められるのか、などの観察に取り掛かり、試験地を設けて植生回復試験を始めた。

また、植生回復の経過を確認するための標準地として、富良野川の南に位置するヌッカクシ富良野川に建設されていた遊砂地（1987（昭和62）年完成）を選定した。この場所は、工事によって地表の植生が一度完全に排除されたことが明らかで、しかも、その時期が特定でき、河川水も土もpH. 3～4と強い酸性を示していることなど、富良野川の砂防工事の現場条件に類似していることから選定された。

これら現場技術者らの取り組みから、自然の回復力を生かした、周辺の在来植物から飛来する種子による植生回復に必要な条件が、

- ①種子が着地して発芽できる土が存在すること
- ②発芽に必要な水分が確保されていること
- ③着地した種子が発芽するまでの期間に風や表流水などで動かされないこと
- ④幼苗が風や表流水で簡単に流されたり吹き飛ばされたりせずに定着すること

の4条件であることを確認した。

また、根茎の伸張で繁殖するササなどはある程度の深さの土壌（概ね30cm程度以上）を必要とすること、土や河川水の強い酸性は植物の侵入と初期の生育にはほとんど悪影響を与えないことも併せて確認できた。ちなみに、1990（平成2）年3月に完成した1号透過型ダム周辺は、ケヤマハンノキ、ダケカンバ、トドマツ、エゾマツ、ヤナギ類等が定着しているし、その後順次施工された砂防ダムの工事施工にあたり、工事跡地に出現する裸地に植生の侵入を促す試験へと発展し、そこでは新しい森が生まれ始めている。

「石れきマルチ」「シートマルチ」：3号透過型ダム右岸



平成10年

法面部

水平部

「表土還元」：2号透過型ダム右岸



平成10年



平成16年



平成16年

水平部（石れきマルチ）：1995（平成7）年工事
で出てきた礫でマルチングし、ミヤマハンノキと
ダケカンバの現地採取種子を播種した。2004（平
成16）年には樹高1～2mに成長。
他にヤナギ類やアカエゾマツが自然侵入してい
る。

法面部（シートマルチ）：1993（平成5）年にミ
ヤマハンノキとダケカンバの現地採取種子を播
種し、その上を麻製保護シートで覆った。
2004（平成16）年には法面上がほぼ被覆され、樹
高3～5mに成長。再生したミヤマハンノキに
は、結実がみられる。
他にヤナギ類が自然侵入している。

水平部（表土還元）：掘削範囲の表土を事前に採取
し、工事終了後の1997（平成9）年に工事跡地に
散布した。また、ミヤマハンノキの現地採取種子
を播種した。
2004（平成16）年には、樹高3m程度に成長。
他にトドマツ、ダケカンバ、ヤナギ類などが自然
侵入している。

写真5-6 砂防工事跡地の緑地再生（上富良野町：富良野川）

「石れきマルチ」：ヌッカクシ富良野川遊砂地



1987（昭和62）年



1995（平成7）年



2003（平成15）年

遊砂地造成のため掘削工事を行った結果、いったんは緑地がなくなり裸地が出現した。工事に出てきた礫で遊砂地内の裸地表面をマルチングしたところ、周辺の森林から供給された種子が定着し、現在はミヤマハンノキ、シラカンバ、ダケカンバ、トドマツ、ヤナギ類などが繁茂している。

写真5-7 砂防工事跡地の緑地再生（上富良野町：ヌッカクシ富良野川）

(2) 現場技術者も働きかけた災害体験の地域社会への伝承

地域の防災力は、防災に対する意識が個々の家庭にどこまで根付くかにかかると思われる。火山砂防事業が本格的に始められたころ、現場技術者の間では、大規模な事業執行の過程や工事に伴う種々の記録を、地域の防災行政や防災教育の一環として活用することができないだろうか、という議論がなされていた。

そのような議論を経て、次代を担う地域の子どもたちに砂防事業が進められている過程を見学してもらうことと、順次築造されていく砂防ダムの堤銘版題字を書いてもらうことにしてはどうか、ということになり、上富良野町に意向を打診することとなった。この申し出に、上富良野町からも全面的な賛同をいただき、通学バスを運行して、町教育委員会と土木現業所による防災教育が始められた。

見学会で対象とした児童は、「私たちの郷土」というカリキュラムがある小学4年生を主体とし、砂防工事の実際を見せるにあたっては、一般に行われているような子どもたちだけ、あるいは関係者だけの見学・視察の形態を取らず、「親と子のセットで」という方法を採用した。その理由は、子どもたちと親、特に母親と一緒に見学会に参加することが、自分たちが住み暮らしている郷土の出来事を家庭の話題にするきっかけになり、防災が家庭内の話題になることによって、地域の防災意識が高まる一助になると考えたからである。

このようにして始められた「親と子の火山砂防見学会」は、上富良野町内の小学校の恒例行事として定着し、今日まで続けられている。北海道旭川土木現業所富良野出張所の職員が、富良野川で取り組んでいる砂防工事のこと、植生回復のこと、大正泥流のことなどについて、わかりやすい資料を作成し、わかりやすい言葉を使って説明している。これまでの参加人員は、延べ人数で児童1,968人、親1,383人、教職員126人で、あわせて3,477人にのぼっている（表5-8）。

また、砂防ダムの堤銘版の題字募集も、上富良野町内の小中学校の授業に取り込まれている。ちなみに、3号透過型ダムの堤銘版題字は、1999（平成11）年当時小学5年生だった平倉和則氏の書である。彼は、現在東京在住の書家として活躍しており、彼のホームページには3号透過型ダムの題字のことが掲載されている。

子どもたちも10年たてば成人になり、いずれ親となって、子どものころの火山砂防にかかわる体験を、郷土の歴史とともに家庭の話題とするかもしれない。そうなれば、防災という意識が代々受け継がれていくことになる。1990（平成2）年の第1回見学会に参加した子どもたちは、2007（平成19）年現在、20代後半にまで達している。

表5-8 親と子の火山砂防見学会参加者

年度	参加者数(人)				対象		備考
	児童	親	先生	合計	小学校名	学年	
2	47	35	5	87	西小	4	
3	43	37	7	87	西小	4	
4	64	37	9	110	西小・江幌・清富	4	
5	136	78	6	220	上小・西小	4	
6	139	76	5	220	上小・西小	4	
7	147	77	7	231	上小・西小	4	
8	146	101	7	254	上小・西小・東中	4	
9	135	68	7	210	上小・西小・東中・江幌	4	東中・江幌は3・4年生
10	121	73	5	199	上小・西小	4	
11	155	123	13	291	上小・西小・東中・江幌・清富	4	東中・江幌は3・4年生、清富は3・5年生
12	108	69	5	182	上小・西小・江幌	4	江幌は3・4年生
13	127	96	9	232	上小・西小・東中・江幌	4	東中・江幌は3・4年生
14	118	91	9	218	上小・西小・江幌・清富	4	清富は3・4・6年生
15	119	110	6	235	上小・西小・東中	4	東中は3・4年生
16	129	109	8	246	上小・西小・江幌・清富	4	江幌・清富は3・4年生
17	114	97	10	221	上小・西小・東中	4	東中は3・4年生
18	120	106	8	234	上小・西小・江幌	4	江幌は3・4年生
合計	1,968	1,383	126	3,477			

注) 上小: 上富良野小学校、西小: 上富良野西小学校、江幌: 江幌小学校、清富: 清富小学校、東中: 東中小学校。(すべて上富良野町内の小学校)



写真5-8 親と子の火山砂防見学会