令和４年度（公社）砂防学会北海道支部研究発表会

支部会員の皆様の日頃の研究に関する情報交換を目的に、令和４年度(2022年度）研究発表会を開催します。せっかくの貴重な機会となりますので奮ってご参加願います。

日時：令和４年（2022 年）１２月９日（金）15：30～18：05（予定）
会場：北海道大学農学部総合研究棟１階　W109 号教室

プログラム

15：30～15：35　　支部長開会あいさつ　山田　孝（北海道大学）

【前半　座長　笠井　美青（北海道大学)】

15：35～15：50　　〇早川智也（日本工営株式会社）ほか
有珠山入江川における小型無人ヘリ調査について

15：50～16：05　　〇村上泰啓（札幌開発建設部）
有珠山噴火を想定した UAV による調査技術の現状と課題

16：05～16：20　　〇佐野 寿聰（アジア航測株式会社）
非 GNSS 環境で地形の時系列変化を可視化するための基礎検討

16：20～16：35　　〇鶴巻亮一、松岡直基、小林利章、金子　徹（株式会社北海道気象技術センター)、瀧谷克幸（一般財団法人　日本気象協会北海道支社)、藤吉康志（北海道大学名誉教授）
有珠山における可搬型気象ドップラーレーダーを活用した降雨観測の報告

16：35～16：50　　〇宮崎 知与（Office.bit)、澤田 雅代（株式会社シン技術コンサル)、佐々木 卓（北海道帯広建設管理部）
流域の土砂動態観測に基づいた粒径別の土砂収支解析と流出率

【後半　座長　早川智也（日本工営株式会社)】

16：50～17：05　　〇富岡稜太（北海道大学流域砂防学研究室）
土砂災害警戒区域内人口の現状と将来予測

17：05～17：20　　〇柳井　一希（国土防災技術北海道（株））
R4 年度砂防学会北海道支部若手会の結果報告及び今後の活動方針

17：20～17：35　　〇宮島　滋近（西江建設株式会社）

”北海道砂防計画論発刊から 35 年、今後に向けて”
～「北海道砂防計画論」を知っていますか？～

17：35～17：50　　〇沼田　寛（株式会社　ノース技研）
地すべり運動と土木構造物被害

17：50～18：05　　〇山口真司（北海道大学広域複合災害研究センター）
海溝地震における土砂災害への対応

18：05　閉会（予定）

【参加費用】　無料

【申込方法】
次のアドレスから申し込みお願いします。
https://forms.gle/ZhQGscE3v6tC1a338
※変更の場合は参加申込を再度お願いします。ご意見の欄にその旨記載願います。

【新型コロナ感染対策】
対面のみでの開催となります。北海道大学のご配慮により定員 108 名の大きな教室をご用意いただいております。今回はその半数の 54 名を上限とし、密集を避けることといたします。ご参加の際はマスクの着用をお願いします。

★例年 54 名で座席に余裕がございます。遠慮なく申込いただければありがたく存じます。万が一、満席となった場合は支部 HP にてお知らせします。
http://www.jsece.or.jp/branch/hokkaido/

【CPD】
CPD（技術者継続教育）の履行実績については（公社）砂防学会の CPD を申請しております。

【問い合わせ】
副支部長　早川まで　a5514@n-koei.co.jp
090-4370-3181

懇親会を開催します！！　今年も１年が終わりますのでご参加お待ちしております！
時間：18：45～20：45（予定）
場所：たいへい【北海道飲食店感染防止対策認証店】当日案内図配布
申込：参加申込と同じアドレス。
懇親会に参加予定の方はとりあえず 12 月 2 日（金）までに申し込みを済ませてください。
懇親会だけの出席も可。上記から申込ください。
注意：ご自身が風邪っぽいと思ったら参加しないようにお願いします。
※変更の場合は参加申込を再度お願いします。ご意見の欄にその旨記載願います。

発表者の皆様へ

発表の申込いただきありがとうございます。おかげで充実した発表会となりました。当日楽しみにしております。

【連絡事項】

◆発表時間 12 分質疑応答 3 分です。

◆発表用のパソコンを用意いたしますので、そちらに PPT ファイルを当日コピーしてください。事前にファイルを送付いただいても構いません。その場合は早川までお願いします。ご自身のパソコンを接続することも可能ですが、時間の関係上できれば用意したパソコンをご利用ください。

◆発表者も参加申込お願いします。
https://forms.gle/ZhQGscE3v6tC1a338

◆予稿集の提出をお願いいたします。
予稿集は自由形式です。
パワーポイントの打ち出しでも、砂防学会と同じ形式でも構いません。
標準の形式は次の通りとしたいと思います。どれかを選択ください。
【予稿の標準】A4 の半ページ程度でタイトル、発表者・共著者、アブストラクト

【予稿集提出期限】12 月 8 日（木）12:00　（印刷の関係で極力ご協力願います。）

【予稿集の HP 掲載について】予稿集については北海道支部の HP に掲載いたしますので、ご同意いただければ幸いです。
（※HP などに掲載することで発表者の研究実績となります。）

有珠山入江川における小型無人ヘリ調査について

早川智也※(日本工営株式会社)　本間雄介(国土交通省北海道開発局室蘭開発建設部苫小牧砂防海岸事務所)　村上泰啓※（国土交通省北海道開発局兼北海道大学広域複合災害研究センタ-)　山田孝※（北海道大学）　※有珠山土砂災害減災技術研究会

有珠山南西斜面に位置する入江川は有珠山外輪山の内側まで流域を持っており、山頂噴火の際は降雨型泥流（土石流）の発生の恐れがあるとされている（有珠山ハザードマップ参照)。1977～1978 年にかけての有珠山の山頂噴火の際は降雨型泥流（土石流）の発生が記録されており、その後砂防事業や治山事業による土砂捕捉や発生抑制機能を持つ施設整備が進められている。噴火時に新たにもたらされる土砂を調査することで下流への警戒避難に結び付けることが想定され、流域内の生産土砂に関する調査を行う準備をしておく必要がある。一方、噴火時には火口周辺での飛行が制限されることから有人でのヘリコプター等による調査が難しい可能性がある。2000 年の有珠山噴火の際は火口から半径 5 ㎞以内について飛行が制限されている。そこで北海道開発局所有の小型無人ヘリを用いて入江川流域内の調査について試験的な飛行を行った。ここでは、火山灰厚調査、火山灰採取、堆積尺空撮、LP 計測を実施しており、それぞれ実用可能という結果を得ている。

土砂災害警戒区域内人口の現状と将来予測

北海道大学流域砂防学研究室　　富岡 稜太

北海道において，土砂災害警戒区域内の居住人口やその年齢構成について調査した例はなかったため，本研究では，北海道より提供頂いた基礎調査のデータ，及び国勢調査（小地域集計）における字単位の一般世帯平均人員・5 歳階級別人口を用いて，土砂災害警戒区域内の居住人口・年齢構成を算出した。さらに，国土技術政策総合研究所の将来人口・世帯予測ツール V2 を用いて，2045 年までの将来人口予測を試みた。

土砂災害警戒区域内の居住人口算出結果を市区町村別にみると、約 30 市区町村では居住人口が 10 人未満と推定される一方，居住人口が 10,000 人を超える市区町村も複数存在した。これら土砂災害警戒区域内の居住人口と，市区町村の人口変化率との関係について分析した。

また，土砂災害警戒区域内居住者の年齢構成については，警戒区域内の高齢化率が市区町村全体の高齢化率と比較して高い傾向が見られた。

北海道砂防計画論発刊から 35 年今後に向けて

－　「北海道砂防計画論」を知っていますか？　－

西江建設株式会社　　宮島　滋近

１．はじめに

昭和 63 年（1988 年）6 月に「北海道砂防計画論」が発刊となり、当時の社会的な背景を受けて、北海道で行う砂防事業について、砂防河川の特徴や、計画する際の考え方、効果の表現方法などについて取りまとめられた。

その後、35 年経過する中、各種法制度の整備や基準・マニュアルが作成されて、これらに基づく砂防事業が展開されている。この間、北海道内においても火山噴火や地震、津波、豪雨による激甚な災害を生じた。他方、「北海道砂防計画論」が手元にないことなどから、次第にその存在を意識することなく、活用されなくなってきたのではないかと危惧している。

２．本日の発表

北海道砂防計画論で記述されている主な点を簡単に紹介し、近年の自然現象や取り巻く社会環境の変化も反映して、の活用についてどのような取り組みを進めるべきか、参加者の意見を伺い、今後の議論を進めたい。

海溝型地震における土砂災害への対応

北海道大学広域複合災害研究センター　山口真司

（要旨）

地震による土砂災害は，震度 5 強以上での発生が顕著である。現象としては，がけ崩れや，土石流や泥流，地すべりが発生し，河道閉塞を引き起こすこともあり，積雪時には雪崩も発生している。これらは直下型地震時のみならず，海溝型地震時においても発生している。地震による死者数のうち土砂災害による死者数の割合は，直下型，海溝型とも同様の傾向であり，海溝型でも直下型と同様の土砂災害の危険性があると考えるべきである。砂防学会による既往の海溝型地震による土砂災害調査報告によると，震源領域から水平距離 160 ㎞以内では土砂災害が発生する可能性があるとしている。一方，北海道が今年 7 月に公表した日本海溝・千島海溝沿い巨大地震による被害想定における土砂災害による被害者数は「がけ崩れ」のみの推定となっているが，実際の対策は，がけ崩れ以外の前述のような土砂災害の発生も想定すべきである。また，地震による土砂災害は，本震時のみ発生するのではなく，そ

の後の余震や降雨時に死者が発生する事例もあることから，2 次災害防止に向けて，震後点検や応急対応，警戒避難等について，土砂災害警戒区域はもちろんのこと，避難路や避難地においても行うことが望まれる。しかしながら，地震による土砂災害は，まだ未解明な部分も多く，施策も体系的とは言えないことから，対策計画の検討では，2 次災害を含め，地域の実情に応じた地区防災計画となるよう留意が必要である。

有珠山噴火を想定したUAVによる調査の現状と課題

2022/12/9

砂防学会北海道支部

村上泰啓(国土交通省北海道開発局／北海道大学広域複合災害研究センター)
山田孝（北海道大学広域複合災害研究センター）
早川智也（日本工営株式会社広島支店）
苫小牧砂防海岸事務所計画課　本間専門官、中田係員

発表の概要

１，有珠山噴火を想定したリモートセンシングの必要性

２，有珠山噴火を想定したドローン機材と撮影結果

３，光学衛星画像による溶岩流下状況

４，SAR画像による溶岩流下状況

５，SAR画像による大規模土砂移動状況

６，　おわりに

１，有珠山噴火を想定したドローン調査の必要性

・火山灰堆積によって、少雨でも土石流が発生しやすくなる。このため、降灰状況を迅速に把握する必要。
・火砕流、溶岩、泥流、土石流など、熱を伴う土砂移動現象の把握は地域の安全確保上重要。



・噴火警戒レベルが上昇すると、立ち入り禁止領域が拡大。
・このため、無人航空機（UAV）で観測するメリットは大きい。
・噴火時、行政は危機管理対応に忙殺される。ドローンによる情報収集手法を平常時から整理しておく必要性は高い。

２，有珠山噴火を想定したドローン機材と撮影結果

ここに示したマルチローター型、固定翼型のほか、シングルローター型の無人航空機がある。

	飛行時間	飛行距離	防水防塵	可視光カメラ	熱赤外カメラ	航空レーザー	マルチスペクトル
EVO2 dual 640T	38分	8km	-	○	○	-	-
MATRICE 210 RTK	38分	-	○	△	△	△	△
SKYRANGER R70	50分	-	○	△	△	ー	？
エアロボウィング	40分	50km	-	△	△	？	△
WingCopter 178 Heavy Lift	120分	45～100km	-	△	△	△	△

２，有珠山噴火を想定したドローン機材と撮影結果



EVO2dual640T



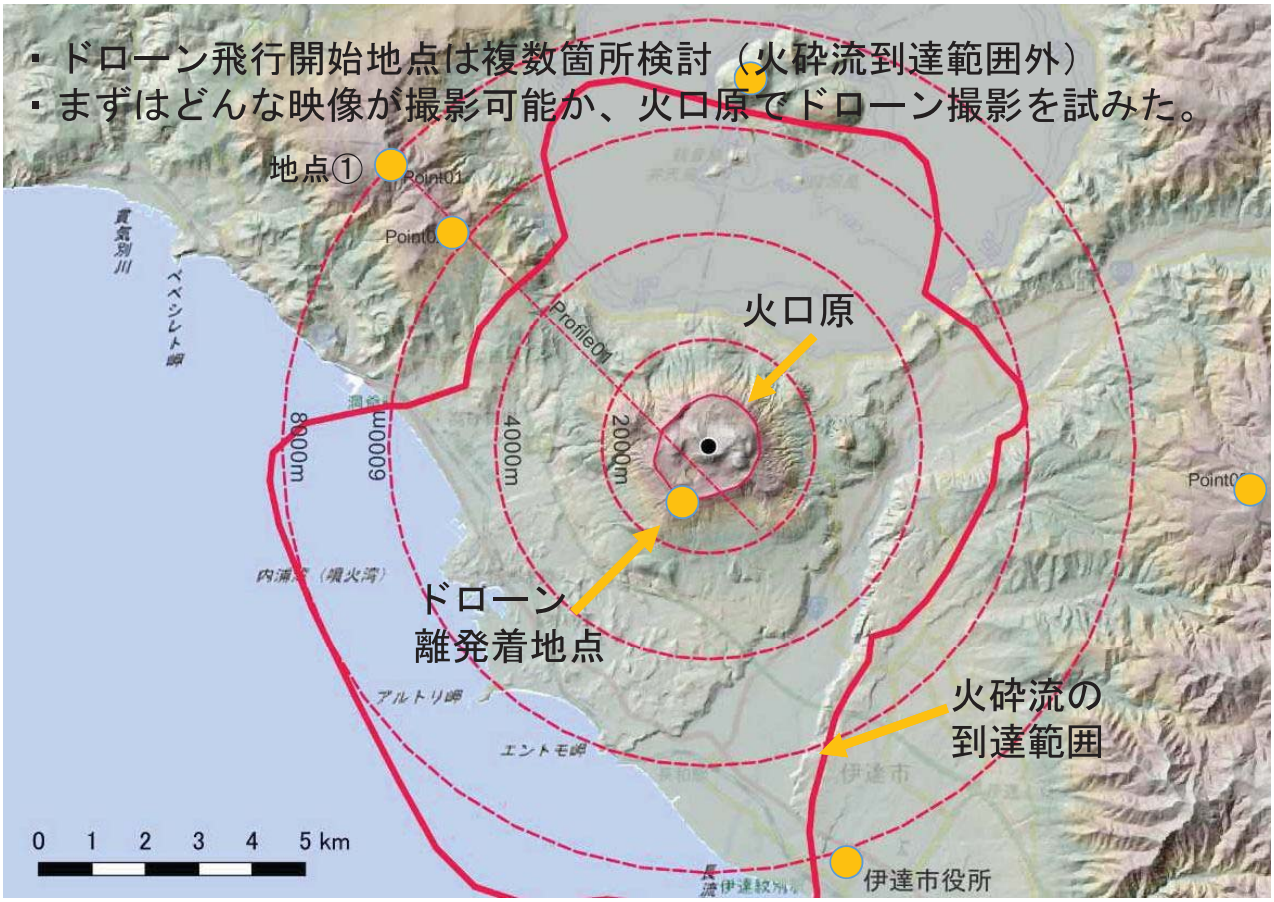
MATRICE
210 RTK

WingCopter

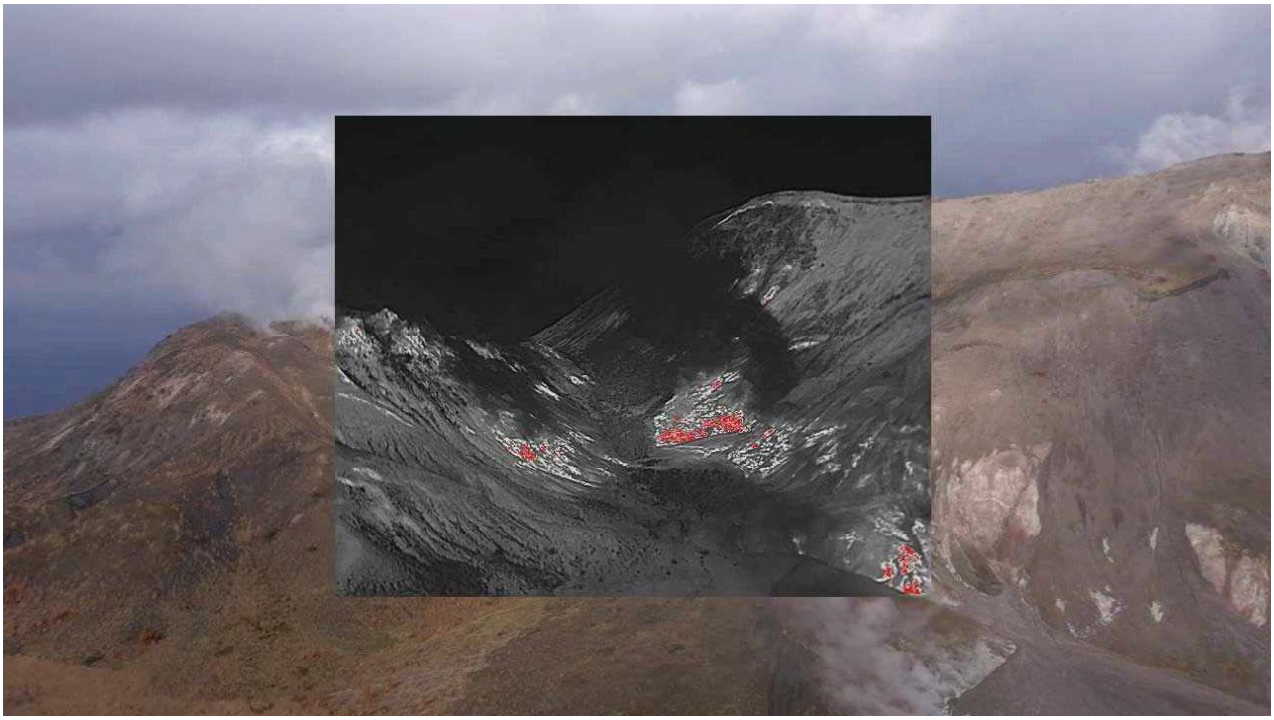




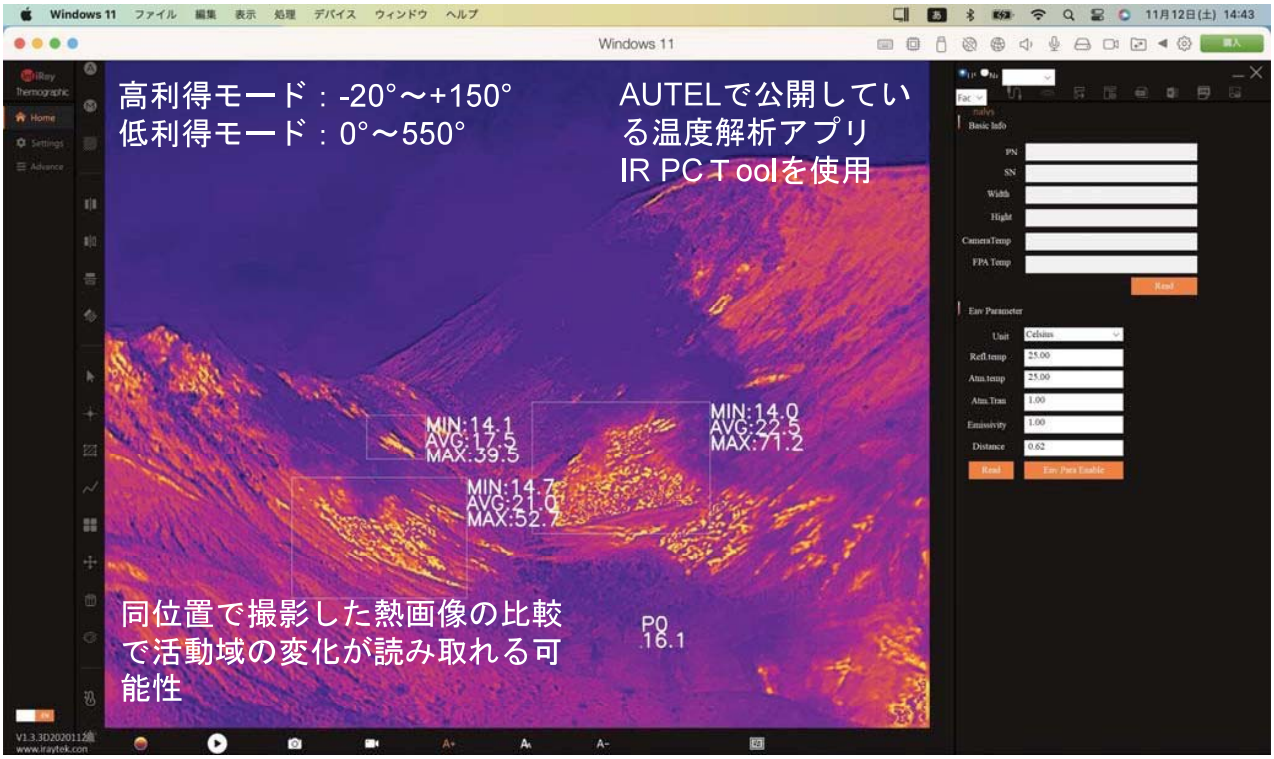
２，有珠山噴火を想定したドローン機材と撮影結果



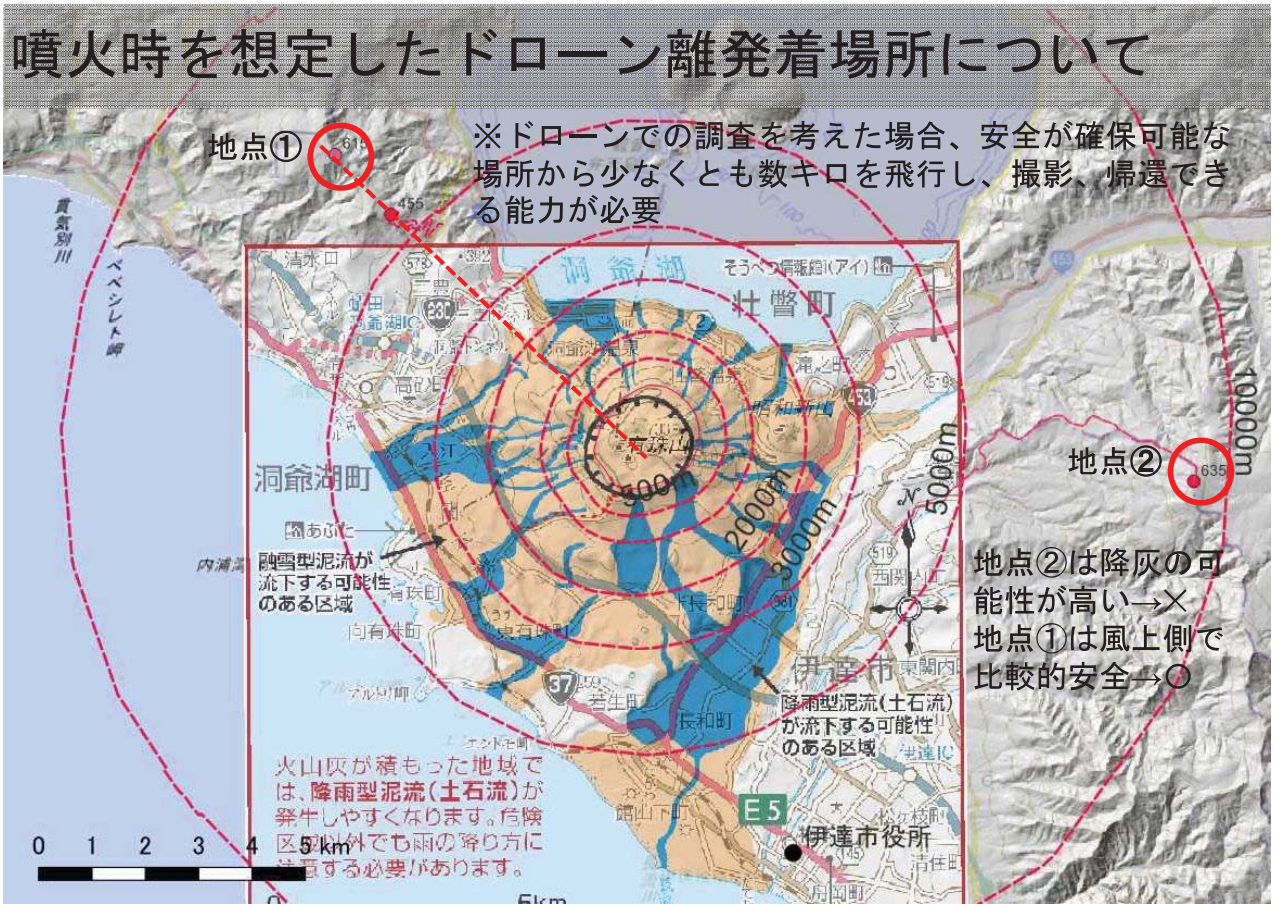
飛行調査結果（動画）



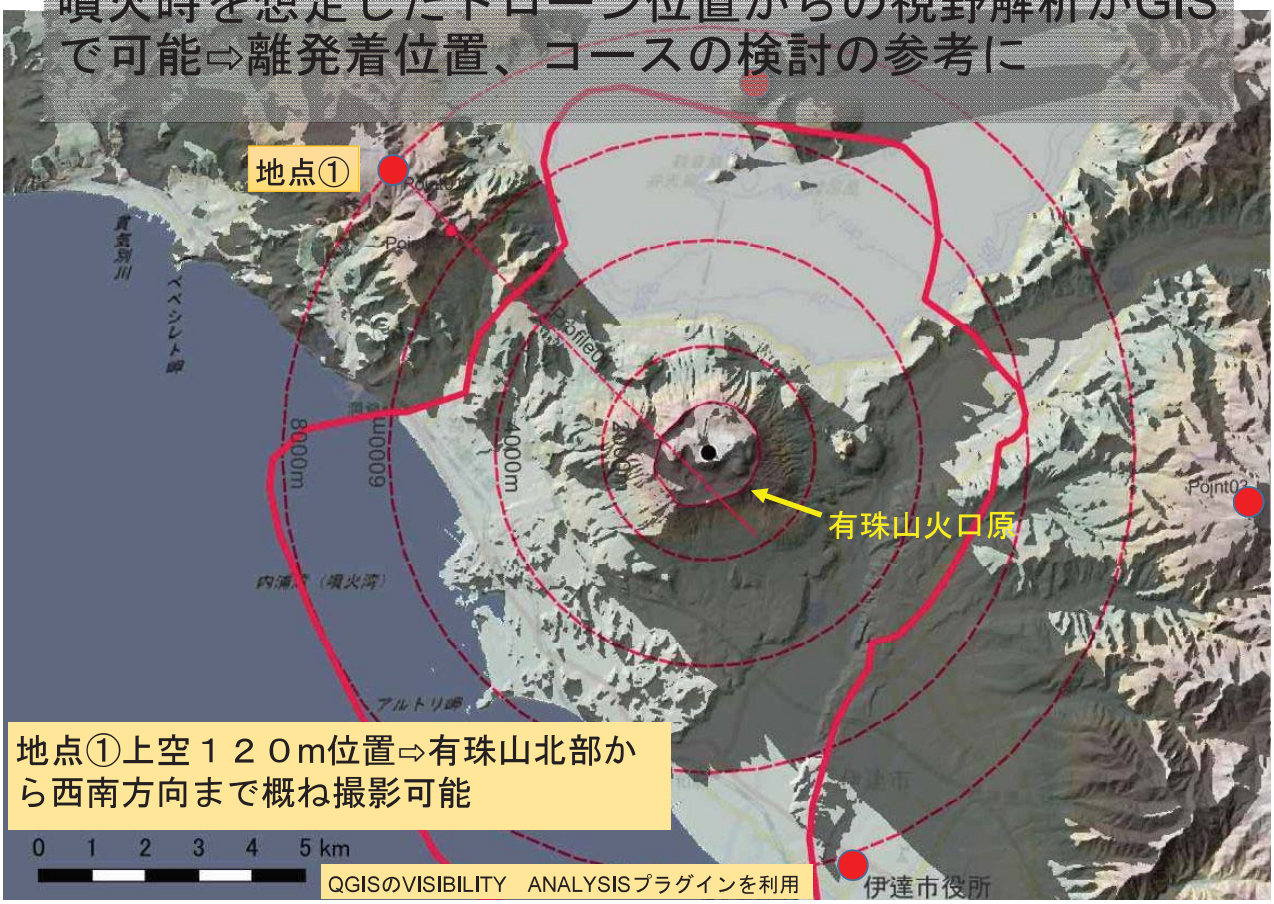
温度解析結果



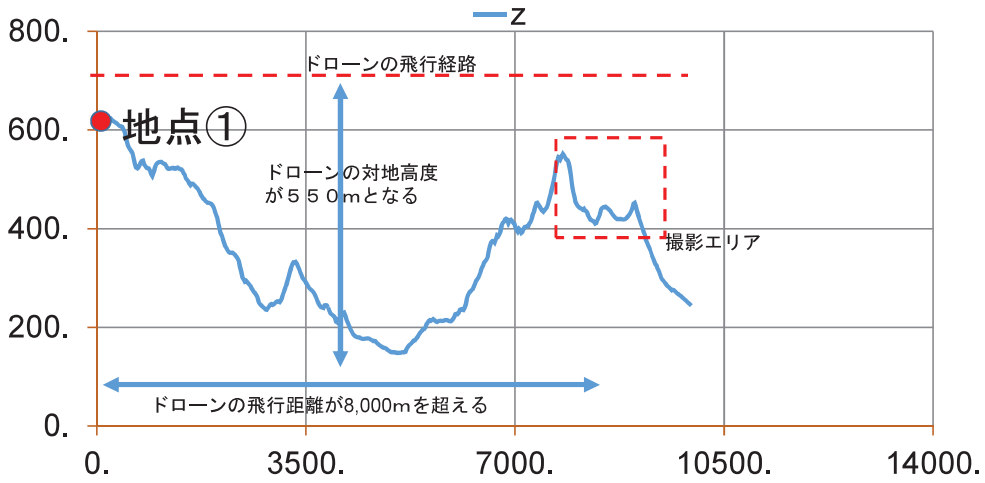
噴火時を想定したドローン離発着場所について



噴火時を想定したドローン位置からの視野解析がGISで可能⇨離発着位置、コースの検討の参考に



２，有珠山噴火を想定したドローン機材と撮影結果（地点①の場合の課題）

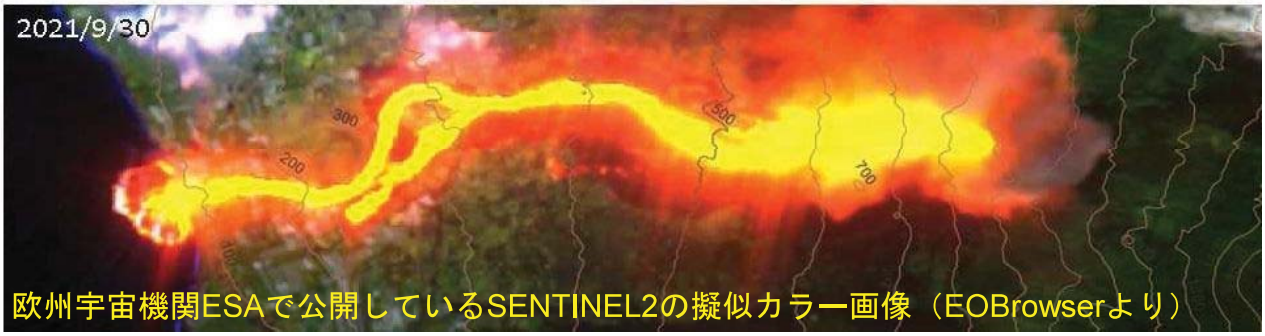


- 撮影エリアまでは、水平距離8,000mを超える。
- 対地高度が550mを越える。
- 航空局許可申請、飛行能力を考慮した監視計画が必須。

３，光学衛星画像による溶岩流下状況

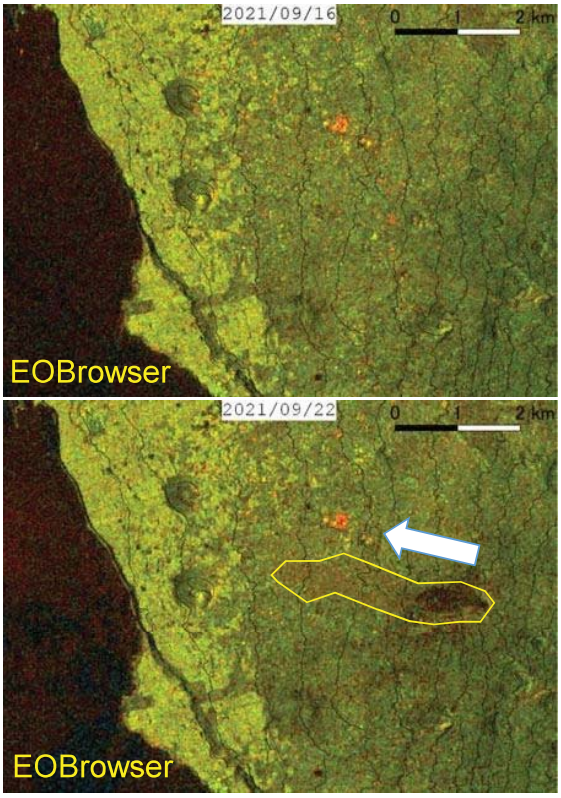
SENTINEL2衛星画像：雲がなければ溶岩流の動きは把握できる。
※カナリア諸島のクンブレビエハ火山の溶岩流（フォールスカラー）

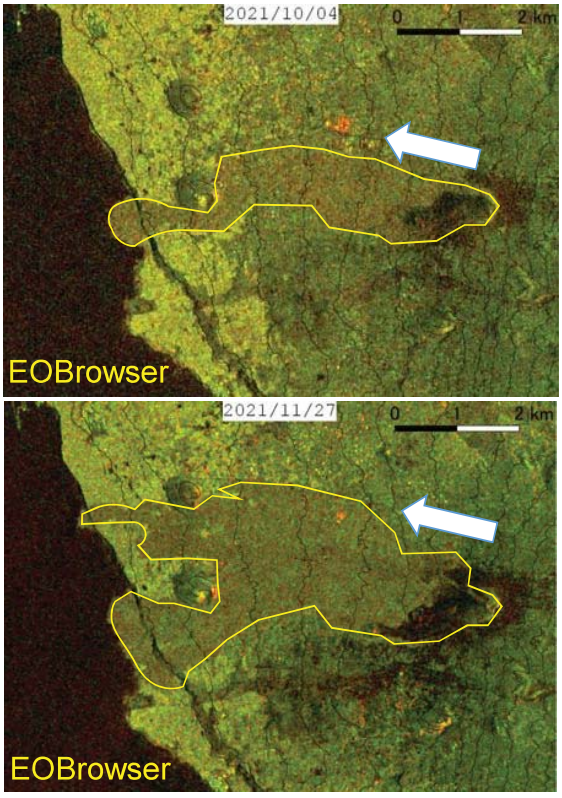




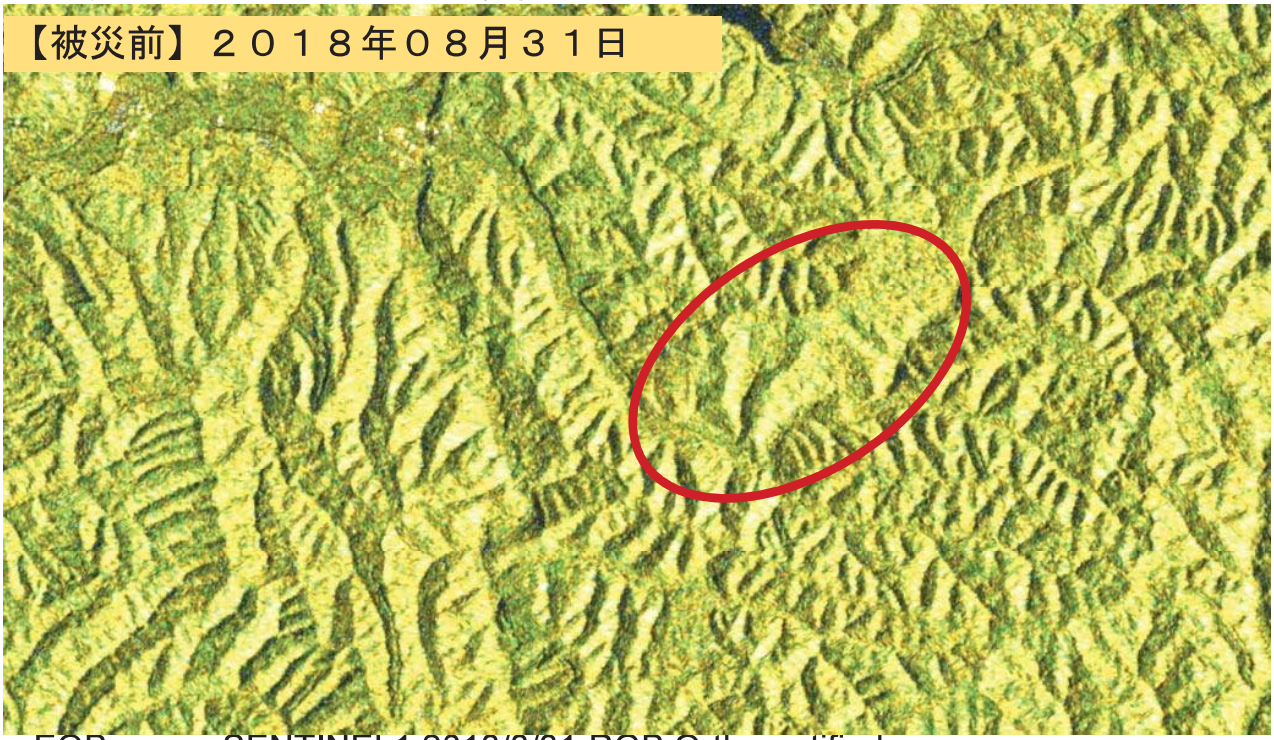
４，SAR画像による溶岩流下状況

SAR画像の特徴：雲に関わらず、地表の溶岩流の動きを定性的に把握できる。



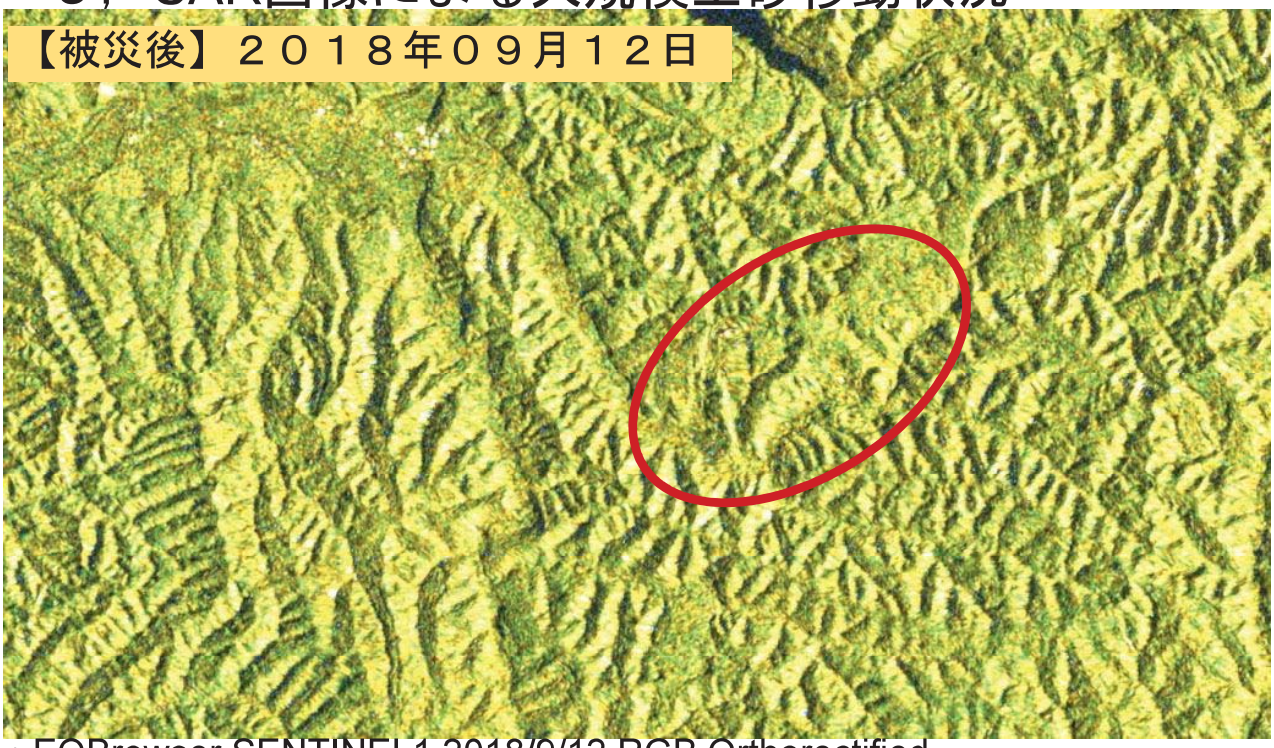


５，SAR画像による大規模土砂移動状況



• EOBrowser SENTINEL1 2018/8/31 RGB Orthorectified

５．SAR画像による大規模土砂移動状況



• EOBrowser SENTINEL1 2018/9/12 RGB Orthorectified

⇨ 大規模な土砂移動であれば、SENTINEL1の画像で状況把握可能（無料）

撮影画像（動画、静止画）の共有方法を決めておく必要があるのでは？

- 行政機関、マスコミへの映像資料の共有方法を検討しておく必要。
- 年月日、公開者、著作権を画像埋込み。
- 例えば大容量ファイル共有サービスに画像をアップし、DLリンクを公開する。
- 一般向けにはYouTube、SNSも活用可能か。

6, おわりに

- 熱映像撮影可能なドローンを用いることで、火口原の熱分布の撮影と、温度評価が可能→熱泥流、火砕流、溶岩流の流出が把握可能。
- SENTINEL2の公開画像を用いて溶岩の移動状況を把握可能⇨ただし、雲がある場合はX
- SENTINEL1の公開画像を用いることで、溶岩の流出状況、大規模土砂移動を把握可能⇨雲があっても地上部の様子を把握可能。火山灰降灰状況の把握が可能かについて今後検証が必要。
- 設定した離陸地点からの飛行が可能か、航空局申請、飛行試験を行なっておく必要
- 噴火前にドローン調査の離発着地点、コースを検討し、関係機関調整を行っておく
- 行政やマスコミに撮影データを提供する仕組みを検討しておく必要

謝辞：RaveProject　請川博一氏のご厚意で、EVOIIdual640Tをお借り頂けました。ここに記して謝意を表します。

非GNSS環境で地形の時系列変化を可視化するための基礎検討

令和4年12月9日

アジア航測株式会社　社会インフラマネジメント事業部
札幌コンサルタント室　佐野　寿聰　＜発表者＞

北村　啓太朗，平松　孝晋，滝川　正則（アジア航測），
中川　雅史（芝浦工業大学），辻　健（東京大学大学院）
小林　泰三（立命館大学）

― 目　次 ―

1．はじめに：
【目的】本研究が目指すターゲット

2．研究結果と考察：
① 実験フィールドにおける測量とデータ作成
② 微地形表現図を用いた時系列地形変化の可視化

3．今後の検討課題：
・非ＧＮＳＳ環境（１）月面での無人建設
・非ＧＮＳＳ環境（２）被災前・災害直後での活用

4．まとめ：

【目的】 本研究が目指すターゲット　［全体像］

【1】月面での設計（3次元地質地盤図の基盤）として活用できる精度の高い測量を想定
⇒ 非GNSS環境下での精度の高い測量の実現が必須.
【2】非GNSS環境下で高精度に地形の相対変化を可視化できれば，実空間にもフィードバック.
⇒ GNSS環境下で作成された誤差の蓄積は，高密度データ活用の場面では大きな課題.
⇒ 本研究では，非GNSS環境で地形の時系列変化を可視化するための要点を抽出する

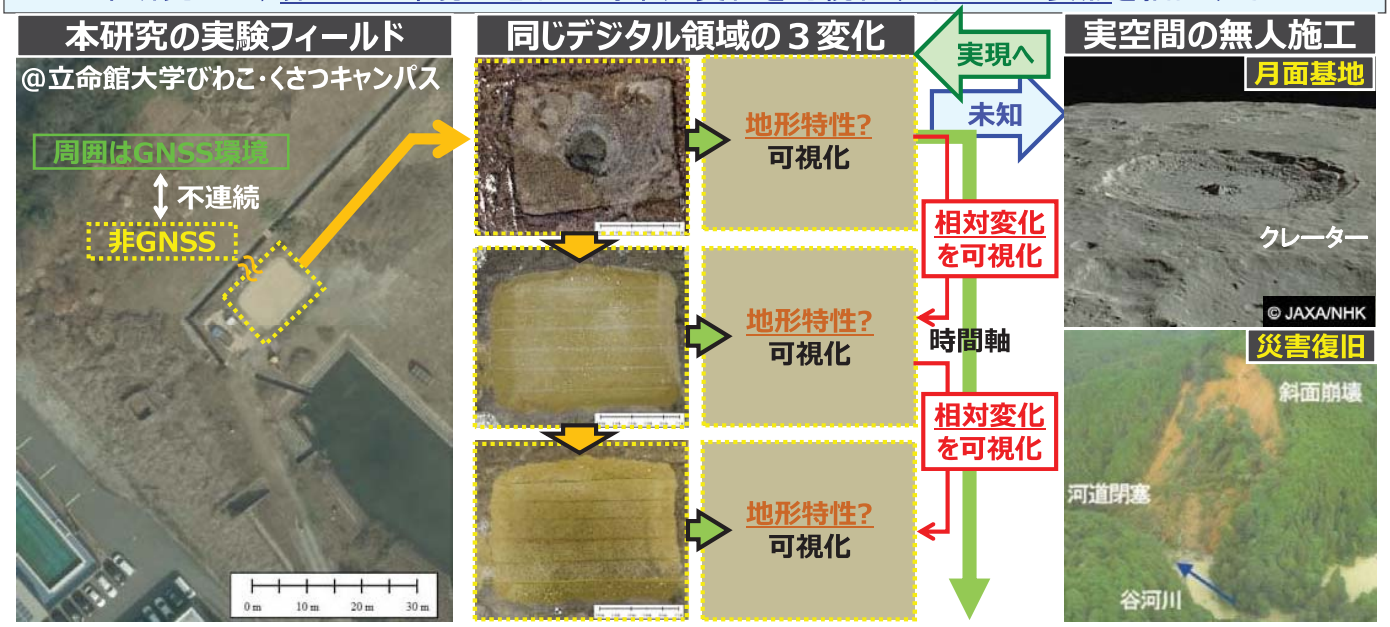


図 1.2 【全体像】本研究テーマの位置づけ

非GNSS環境実験フィールドの３段階地形改変

■非GNSS環境に制約する実験フィールドに，3段階の人工的な地形モデルを構築した.
⇒ 同じ狭い領域を短期間で地形改変 ⇒ 3時期の地形変化とみなし，微地形を可視化

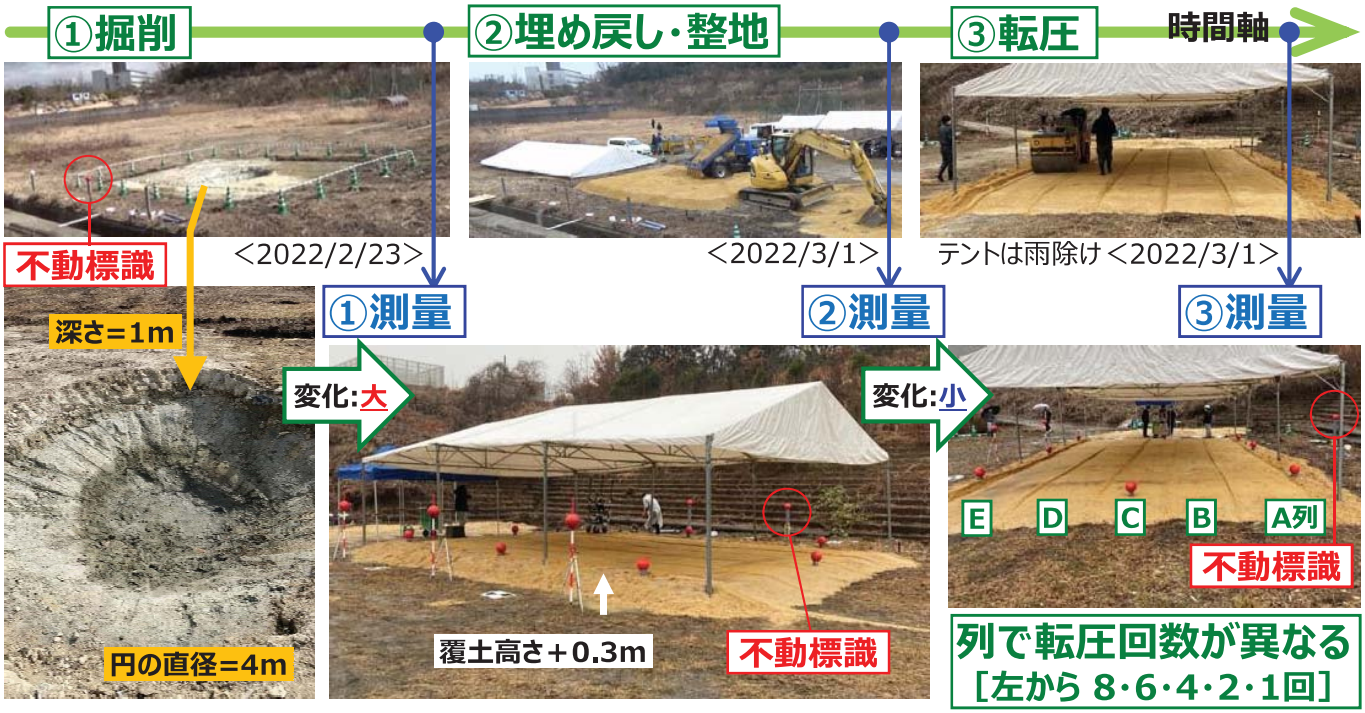


図 2.1 同じ非GNSS空間における３段階の地形改変@立命館大学びわこ・くさつキャンパス

非GNSS制約下での点群データ取得　［測量手法］

■3時期とも，測位・測量にGNSSは使用していない．この方法で，非GNSS環境を構築した．
■3時期で地上レーザ計測（6mm@10m）を実施し，不動標識の特徴的な形状をデジタル空間で認識して位置合わせをする方法で，同じ領域の3段階の相対的な地形変化を比較した．

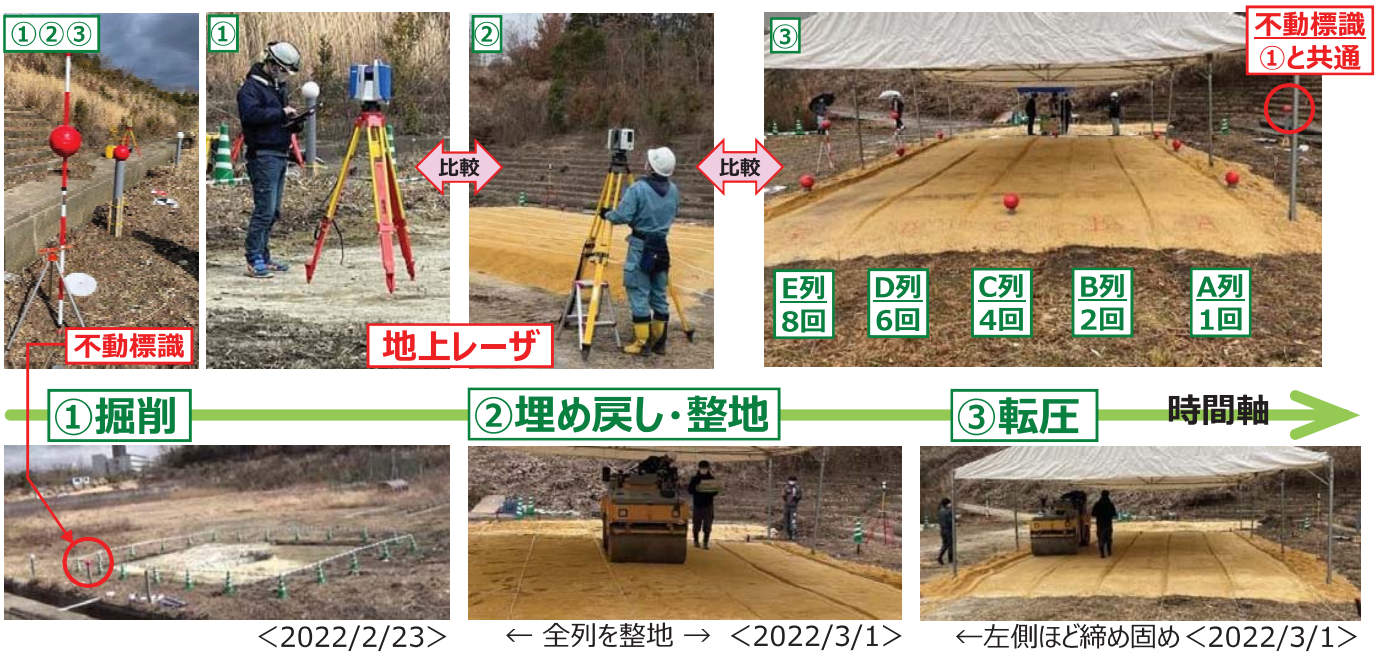


図 2.2　非GNSS環境の構築方法と測量手法

デジタル空間データの作成，3段階の比較

■地上レーザ計測の高密度（2万点以上／m^2）点群データで，標識の球型形状を認識できた．
⇒　標識の三次元点群の空間位置を原点とし，3時期・3段階のデジタルデータを比較

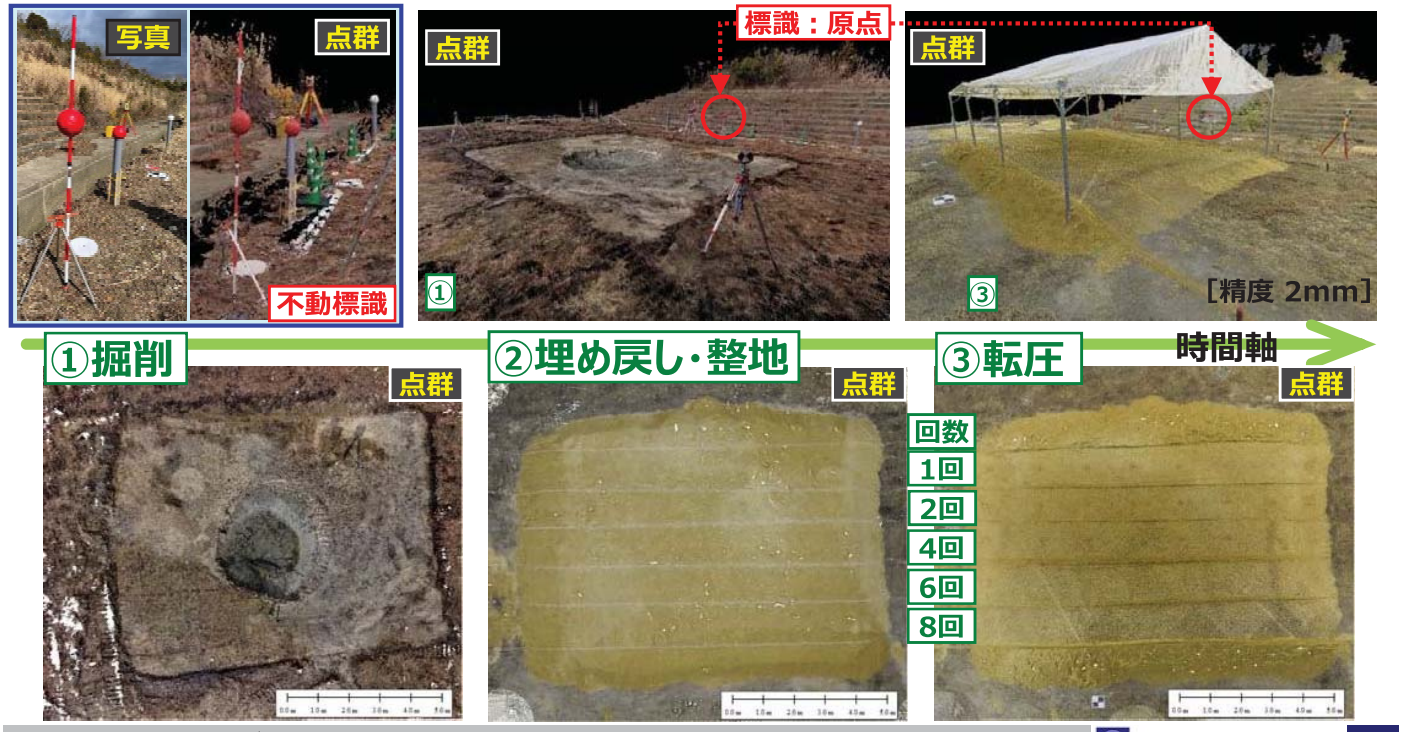


図 2.3　３段階のデジタル空間（非GNSS環境）の相対的な地形変化

本研究の主眼　～実空間の地形変化を可視化する～

■本研究の目的は，地形の時系列変化・相対変化をデジタル空間で可視化することにある．
⇒　まずは，各段階（1時期）の本質的な地形特性を微地形表現図で浮き彫りにする

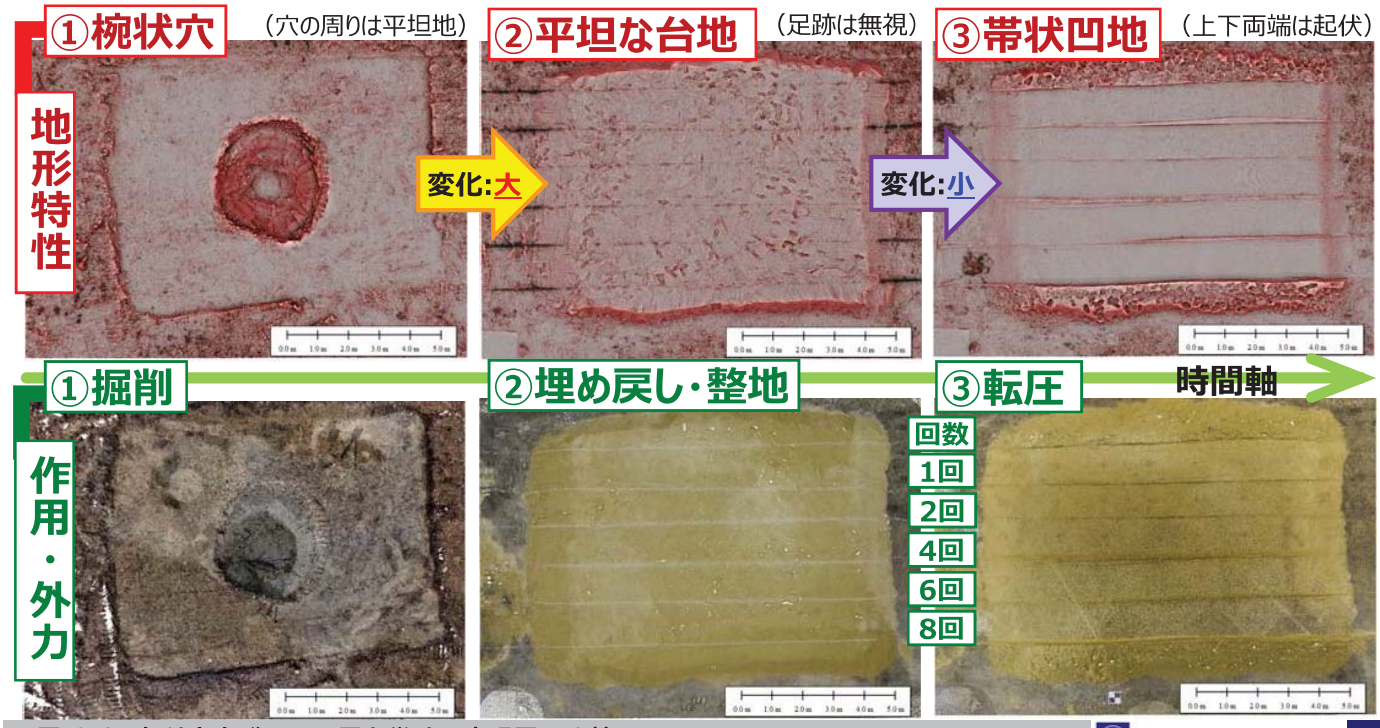


図 2.4　色付き点群の平面図と微地形表現図の比較

2022年9月9日（金）14:00～14:20　日本写真測量学会関西支部主催　第18回若手技術者・研究者による技術研究発表会
1. はじめに　2. 研究結果と考察　3. 今後の検討課題　アジア航測株式会社

本研究の主眼　～実空間の地形変化を可視化する～

■①と②，②と③の標高差分を色別し，作用・外力によって，地形がどう変わったかを把握
⇒　②の前に穴あり，③は転圧回数が多いと沈下が大きい（不均一）「※地盤の固さは不明」

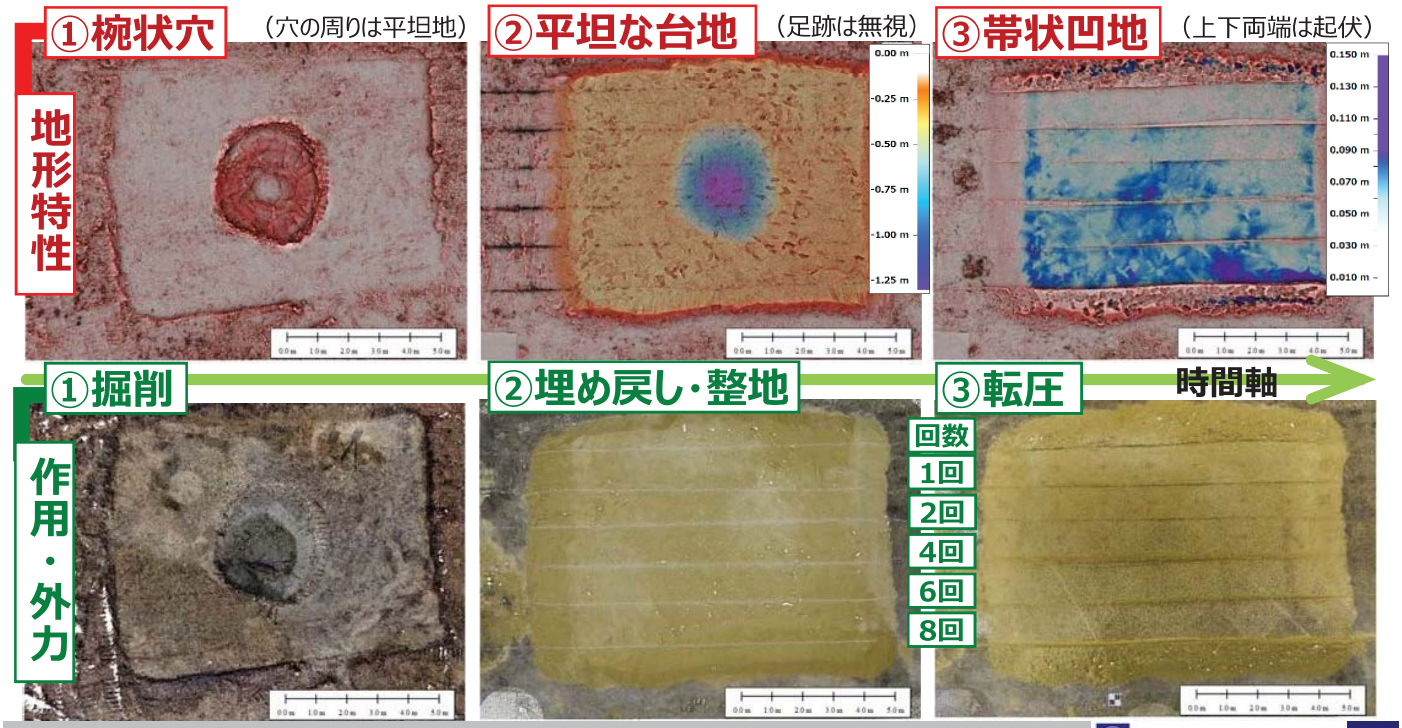


図 2.5　本研究の主眼：地形の時系列変化・相対変化を可視化するための工夫

非GNSS環境で地形変化を可視化するための要点

【要点1】 点群の色調変化 ≠ 地形特性 ・・・ 微地形表現図に置換し，特徴を浮き彫りに
【要点2】 転圧帯・轍・足跡 ≠ 重要な地形変化 ・・・ 本質的にリスクのある変化を抽出する
■今回の実験では，測量と合わせて地盤調査を実施 「※測量だけでは，リスク抽出に限界」
⇒ 地形特徴点を2次元画像で表す微地形表現図は，3次元地質地盤図の基盤として有用

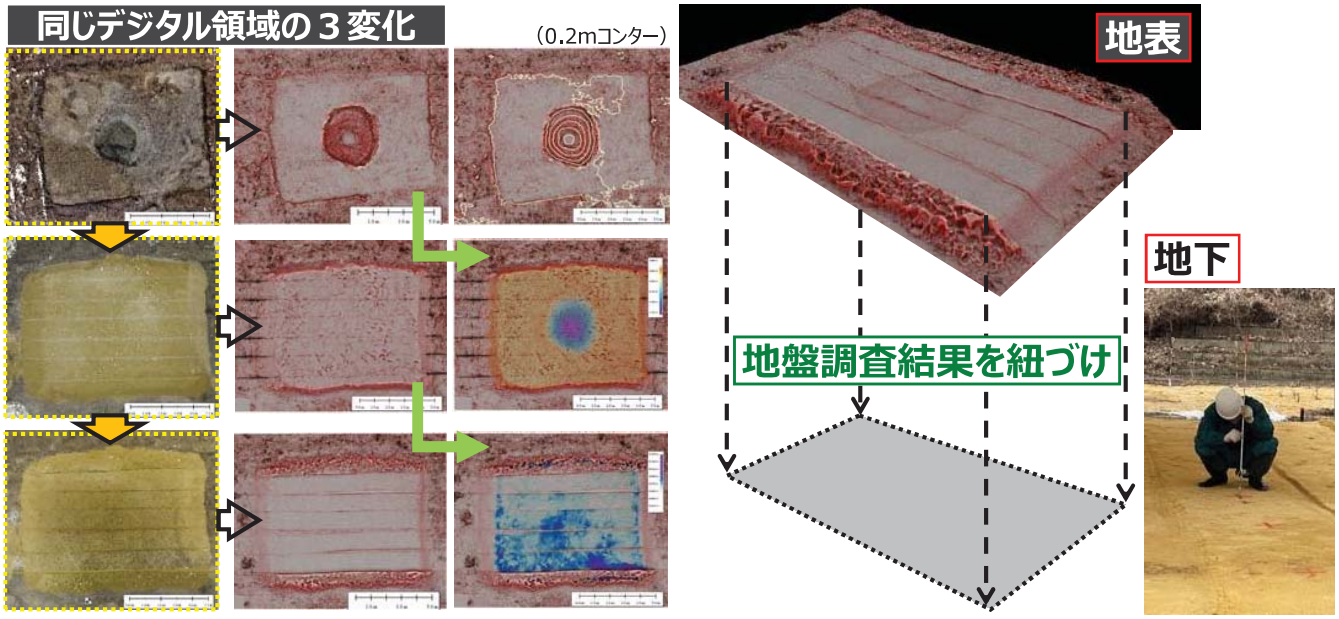
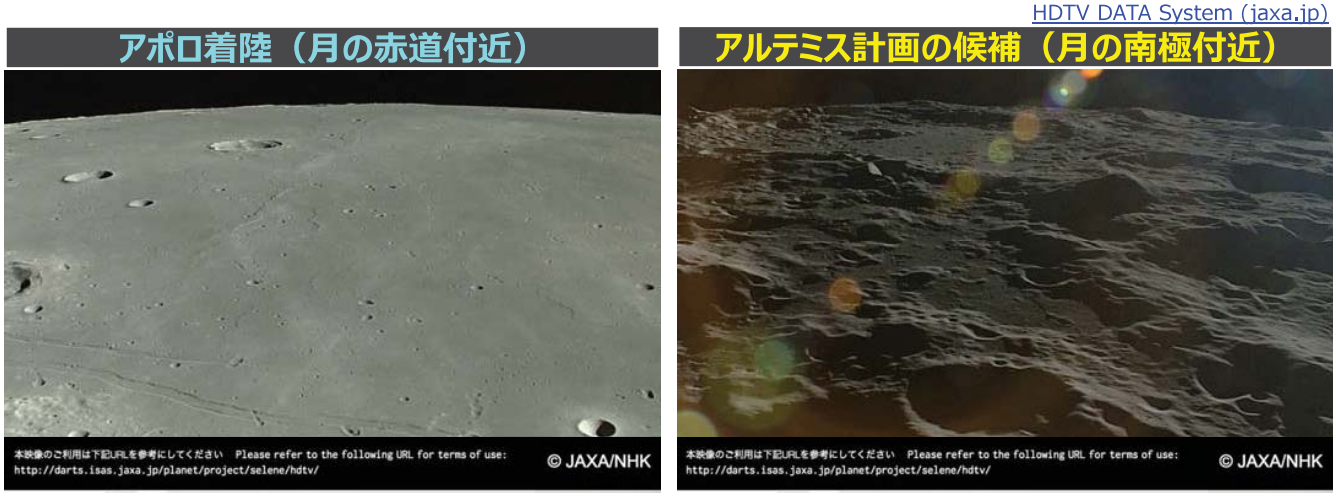


図 2.6　研究結果と考察のまとめ

非GNSS環境（その1） 月面での無人建設

■本実験は，月面での無人建設の実現に向けたプロジェクトの一環で実施した（詳細は次頁）.
■月の表層は，レゴリスと呼ばれる微細な粒子で覆われ，詳細な地形や地質構造は不明.
■最近，NASAが月の南極付近（水氷の存在が期待される）に，着陸の候補地を発表した.

HDTV DATA System (jaxa.jp)

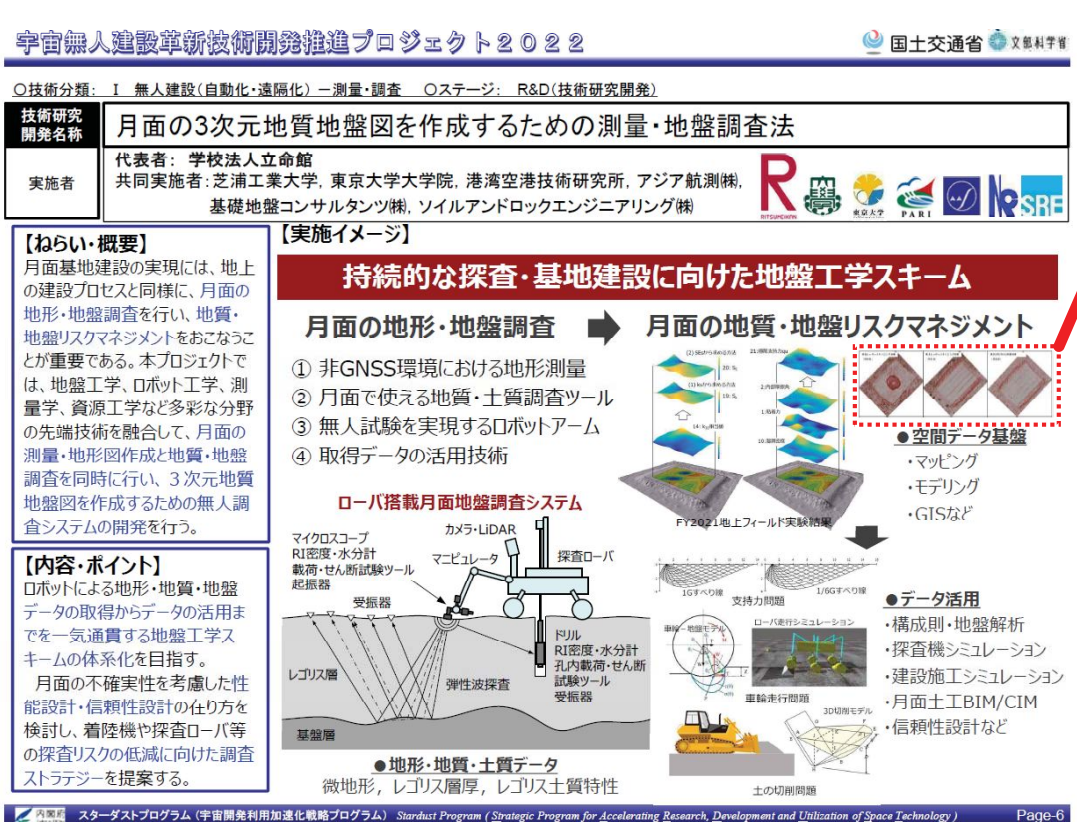


●月の地形は，JAXAの月周回衛星「かぐや(SELENE)」のカメラで，10m/画素の水平解像度のDEM（Digital Elevation Model）が作成されている（Haruyama et al., 2008）

●南極側はアポロ着陸（赤道付近）より地形が複雑，まずは地形・地盤の無人探査が必要

図 3.1　「かぐや（SELENE）」ハイビジョンカメラの月面HDTVアーカイブデータ

月面の測量・地盤調査法の検討



本研究の対象は，探査ローバ周囲の**狭い領域の詳細な地形形状変化**

参考：国土地理院（月面10mDEM）

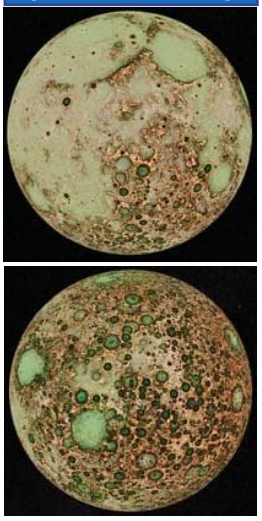
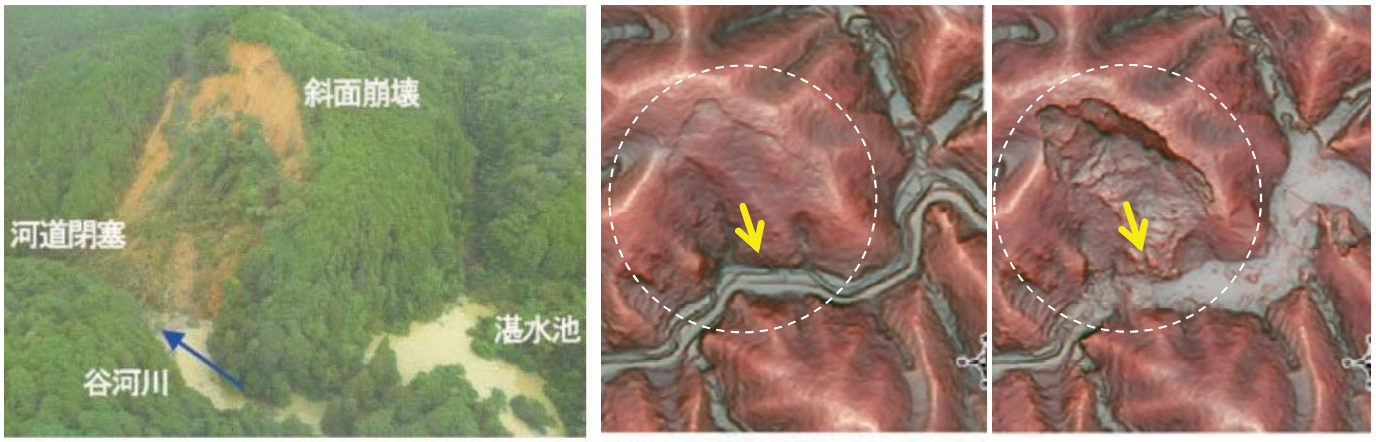


図 3.2　宇宙無人建設革新技術開発推進プロジェクト2022概要（国土交通省・文部科学省）

非GNSS環境（その2）　被災前・災害直後での活用

■災害リスクがある場合，地形の時間変化と累積変化が重要。詳細に把握できると！！
⇒例えば、二次災害リスクのある現場では，人が危険地帯に入らずに現地の実態と，地形変化を把握する手法として活用（無人化施工判断）．　リアルタイムで取得した最新（一時期）の微地形データで崩壊リスクをシミュレートできるかも！



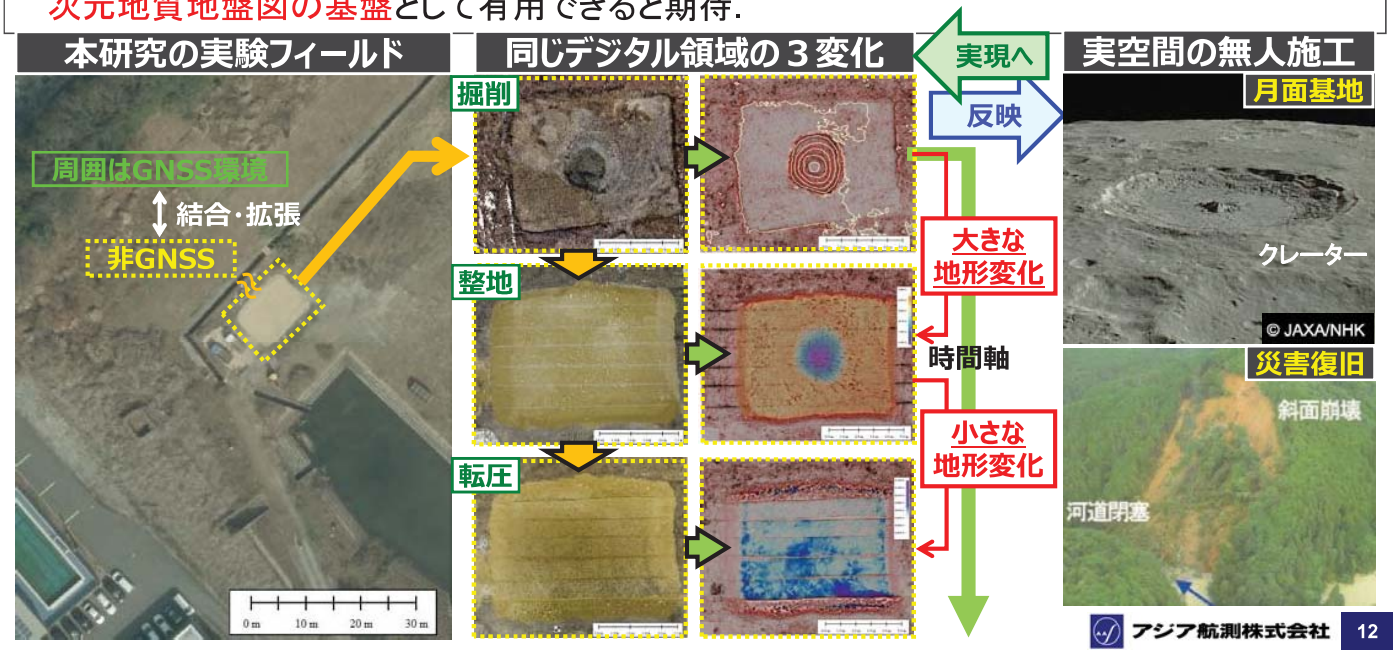
（里深ほか，2018）「平成30年7月豪雨による関西における災害」より引用・加筆

2時期差分を行う際に変化量の少ない部分（範囲）のデータをあまり表現せずに使用した経験は？
⇒ GNSS環境で作成する地形データは，色々な所で誤差が蓄積。時期が重なると。。。
⇒ 非GNSS環境でのデータ取得・作成技術は，統一座標下での比較 ⇒ 本質的な変化
非GNSSの月面を想定した無人化技術が，災害・復旧の高度化の形でフィードバックされる！

図 3.3　災害前後の航空レーザ計測データを用いた崩壊地形の比較例

ー まとめ ー

●本研究では，非GNSS環境で地形の時系列変化を可視化するための測量実験を行った．
●同じ領域で①掘削，②埋め戻し・整地，③転圧の地形3変化を設定し，各段階の地上レーザ計測データを用いて，地形特性や時系列の相対変化を可視化した．
●[要点1]詳細なデータと微地形表現図で特徴を浮き彫りに，[要点2]本質的にリスクのある変化を抽出することで，実空間で生じている現象を詳細に把握できる3次元地形データや3次元地質地盤図の基盤として有用できると期待．



ー おわりに ー

●本研究は，国土交通省・文部科学省令和３年度「月面等での建設活動に資する無人建設革新技術開発推進プロジェクト」の委託を受けて行ったものである．
●本日の発表では，『技術研究開発名：月面の３次元地質地盤図を作成するための測量・地盤調査法，担当責任者：立命館　小林泰三』の成果を利用した．

ご清聴　ありがとうございました

有珠山における可搬型ドップラーレーダーを活用した降雨観測の報告

鶴巻 亮一 *　松岡 直基 *　小林 利章 *　金子 徹 *　瀧谷 克幸 †　藤吉 康志 ‡

1　背景

有珠山は洞爺湖南方数 km に位置する標高 737 m の活火山である. 近年では 1977 年, 2000 年に噴火し, 20 - 30 年の周期で噴火が繰り返すと言われている.

火山噴火では火山砕屑物が噴出し, 降下火砕堆積物や火砕流堆積物として堆積する. 火山灰や火山岩塊などの土砂が堆積したところに強雨があると, 火山泥流が発生し, ふもとで大きな人的・物的被害をもたらす. 実際, 1978 年には西山川および小有珠川下流で強雨による大規模な泥流によって犠牲者を出した (e.g., Kadomura et al., 1979). これらの河川以外にも有珠では壮瞥温泉川, 源太川, 昭和川等でも同様の危険性をもつ. 降灰後の土石流や泥流などによる二次被害を軽減するため, 山体部における雨量観測とその予測が重要となる. しかも, 火山泥流は何年にもわたって発生の危険性があるため, 長期的な監視体制が必要となる.

有珠山には山頂や山腹, その周辺に地上雨量計が設置されている (図 1). しかし, 火山が噴火すると, 山体に設置されている雨量計は, 火山灰が堆積すること, 又地殻変動で雨量計の水平を維持できなくなることにより使用不能となる. 実際, 2000 年噴火でも山頂周辺の雨量計が機能しなくなり, 比較的安全な山麓に臨時の雨量計を緊急配備した. しかし, 山体部は地形性降雨によって地上と比較して雨量は増加する. 山体部における正確な雨量把握のため, 地上雨量計とは異なる手法で雨量を観測する必要がある.



図 1　有珠山頂およびその周辺に設置されている地上雨量計の位置 (三豊, 南外輪山, 北外輪山, 有珠中学校).

雨量を測定する観測装置として, 受筒に落ちる雨水の量を直接測定する地上雨量計のほか, アンテナから照射される電波の反射スペクトルを解析して雨量を推定するレーダ雨量計が存在する. レーダ雨量計の特長は, 一般的な雨量計のような点観測ではなく, 雨量を面的で広範囲にほぼ同時観測ができる点である. レーダ雨量計を用いることで, 火山噴火の影響の小さい離れた場所から山体部に降る雨量を知ることができる.

国土交通省では高性能レーダ雨量計ネットワーク (XRAIN; eXtended RAdar Information Network) が運用中で, 気象庁でも C バンドドップラー (DP) レーダを運用している. XRAIN を用いると高精度の雨量をリアルタイムに把握することができるし, 気象庁はこれらのレーダ雨量を集約し、モデルの初期値として利用することで雨量の予測情報を定期的に提供している. 2000 年噴火当時のレーダ解析雨量 (5 km メッシュ, 1 時間分解能) と比較すると, 現在では XRAIN は非常に高精度 (250 m メッシュ, 1 分間分解能) にはなったが, 二次泥流発生監視目的としてそれが十分であるかは不明である.

本研究では, 設置が容易な可搬型レーダ雨量計であるマイクロレインレーダ (MRR) を用いて有珠山頂の降雨観測をおこない, 噴火に備えた新たな雨量観測体制の検討をおこなうことを目的とする.

2　マイクロレインレーダ (MRR)

図 2 は MRR (METEK GmbH Germany) の全体図 (左) と有珠山での観測風景 (右) である. MRR 全体は重量 17.5 kg, 幅 80 cm, 奥行 60 cm, 高さ 85 cm で, 送信系と受信系が同一のパラボラアンテナに代表される様々な観測部品から構成される. MRR は中心波長 $\lambda_0 = 12{:}4$ mm (中心振動数 $\nu_0 = 24{:}230$ GHz) の電磁波を変調 (FM) しながら連続的 (CW) に照射し, 大気に浮遊する雨滴や氷粒子, ガス粒子から散乱してきた電磁波を受信しスペクトル分解をおこなう. 照射された送信信号の時刻や振動数, 強度は内部で記憶され, これらの変数と反射スペクトルを用いて単位時間あたりに降る雨の量 (雨量強度) や雨滴の粒子分布・落下速度等を推定する (Peters et al., 2010).





図 2　左図は MRR のシステム構成要素. 右図は有珠山 (三豊中継局) での観測風景.

MRR は本来, アンテナを天頂に向けて観測する装置である.

* 株式会社 北海道気象技術センター
† 一般財団法人 日本気象協会 北海道支社
‡ 北海道大学名誉教授

なので, こうした使い方のみ MRR の高い精度は保証される. 本研究ではアンテナを斜めに傾けて, 噴火の影響の小さい遠方から噴火口上空に向けて観測をおこなうことを想定するため, この斜め観測が目的達成に耐えうる十分な精度を確保できるか検証する必要がある.

3　光の吸収と散乱

3.1　雨滴の吸収・散乱特性

MRR から照射されるマイクロ波は光路途中の雨滴・氷粒子やその他の固体微粒子, ガス分子による吸収と散乱をうけて減光する. したがって, これらの粒子の吸収・散乱特性が MRR が受ける反射スペクトルを決定する. 図 3 に Mie 理論 (Bohren and Huffman, 1998) にもとづいて計算された波長 $\lambda = 12{:}4$ mm における減光効率 Q_{ext}, 吸収効率 Q_{abs} および散乱効率 Q_{sca} を粒子半径 a の関数で示した. 効率 Q とは, 減光

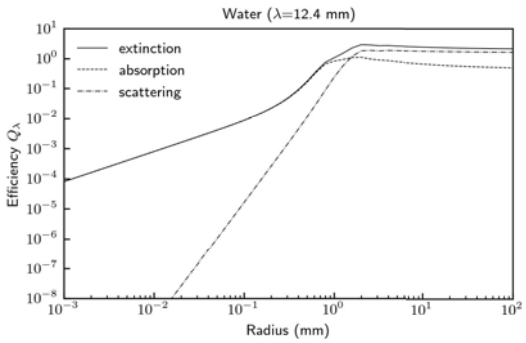


図 3　Mie 理論にもとづいて計算された波長 $\lambda = 12.4$ mm における水の減光効率 Q_{ext} (solid) と吸収効率 Q_{abs} (dashed) と散乱効率 Q_{sca} (dot-dashed) の粒子サイズ a 依存性.

(= 吸収 + 散乱), 吸収および散乱の断面積 σ を幾何学的断面積 πa^2 で規格化したものである () $Q = \sigma/\pi a^2$).

3.2　輻射輸送

位置 s における単位時間・単位面積あたりの電磁波のエネルギーフラックスを F(s) であらわすと, 視線距離 s ~ s+ ds の間に受ける減光は

$$F(s+ds) = F(s)\,e^{-d\tau} \tag{1}$$

と仮定する (平行平板近似). ここに, τ は光学的厚さで, 減光係数 (体積減光断面積) を κ とすると, 光学的厚さは

$$d\tau = \kappa(s)\,ds \tag{2}$$

のように無次元量で定義される.

大気中にはさまざまなサイズの雨滴が存在し, その数密度はおのおののサイズごとまたは位置によって異なる. そのような場合, 減光係数 κ は, 雨滴の数密度分布 N(a; s) を粒子半径 a と位置 s の関数として,

$$\kappa(s) = \int_0^1 da\,\sigma_{ext}(a)N(a;s) = \int_0^1 da\,Q_{ext}(a)\pi a^2 N(a;s) \tag{3}$$

で与えられる. もし雨滴の数密度分布 N が既知であれば, 上式から減光係数 κ を求めることができ, 途中の減衰の様子を定量的に取り扱うことができる.

4　雨量強度

MRR には観測量として受信電力だけでなく, 波長または振動数のずれをあらわす Doppler-shift も含まれる. この得られたずれから雨滴の落下速度 v_z が正確に計算できれば, 以下の式から各位置 s の雨量強度 R(s) を求めることができる.

$$R(s) = \int_0^1 da\,\frac{4}{3}\pi a^3 N(s;a)\,v_z(s;a): \tag{4}$$

7 章で述べるが, 落下速度の値を求める際に水平 Doppler の効果を無視したことが観測結果に影響を及ぼしうる.

5　観測

本研究では 2022 年 6 月 30 日から 11 月 2 日まで, 有珠山の北西麓に位置する三豊中継局 (図 1) に MRR を設置し雨量観測をおこなった. 主な観測諸元を表 1 に示した. 斜め観測の

表 1　観測諸元.

パラメータ	観測 1	観測 2
アンテナ仰角	90° (天頂)	20°
観測期間	2022/9/26 - 11/2	2022/6/30 - 9/26
ターゲット	三豊雨量計	南外輪山雨量計
観測高度	0 - 3200 m	1518 m
空間解像度	100 m	130 m
時間解像度	10 秒	10 秒

精度検証のため, アンテナ仰角の異なる 2 種類の観測をおこなった. レーダ観測は高高度の降雨をみるものだが, 両観測とも真下に地上雨量計 (転倒ます型) があり比較が可能である.

6　結果

6.1　観測 1

アンテナ仰角 90° (天頂) で観測した MRR の示す雨量変動 (赤線) と三豊雨量計の示す雨量変動 (棒グラフ) を図 4 に示した. 加えて, 比較のため地上雨量データ等で補正された現業用レーダ雨量として高解像度降水ナウキャスト (NOWC; 青線) の結果を示した. 示されている雨量は, 地上雨量計は前 1 時間総雨量, MRR (10 秒ごと) と NOWC (5 分ごと) は前 1 時間平均雨量強度なので, 比較するデータはそれぞれ物理量が異なる. また同じレーダ雨量でも, MRR と NOWC とは観測の高度・原理・解像度が異なる. したがって結果の不一致は, これらの違いに起因する観測・計算誤差および雨量計の捕捉率等に由来する. 図 4 をみると, どの雨量データも実際に降雨があれば降雨のあることを示し, 逆に無降雨時は降雨を示さない同じ傾向を示す. このことから, アンテナを天頂に向けた MRR 観測の場合は精度よく雨量が推定できたと考えられる.

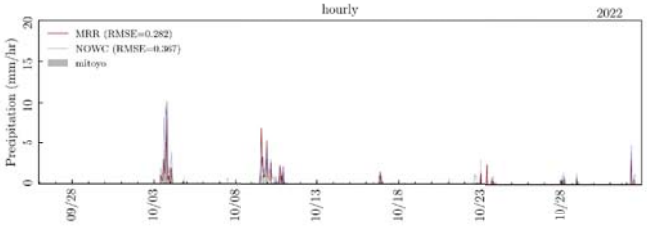


図 4　観測 1 (仰角 90°) の結果. 赤線は MRR, 青線は高解像度降水ナウキャスト (NOWC), 棒グラフは三豊雨量計が示す雨量変動. 横軸は時刻 (2022/9/26 - 2022/11/2), 縦軸は時間雨量 (mm/hr) である.

6.2　観測 2

図 5 は観測 2 の方法 (仰角 20°) で観測した 2022 年 7 月 17 日から 18 日までの結果 (上図) と 2022 年 8 月 15 日から 16 日までの結果 (下図) である. 図 5 をみると, 上図では南外輪

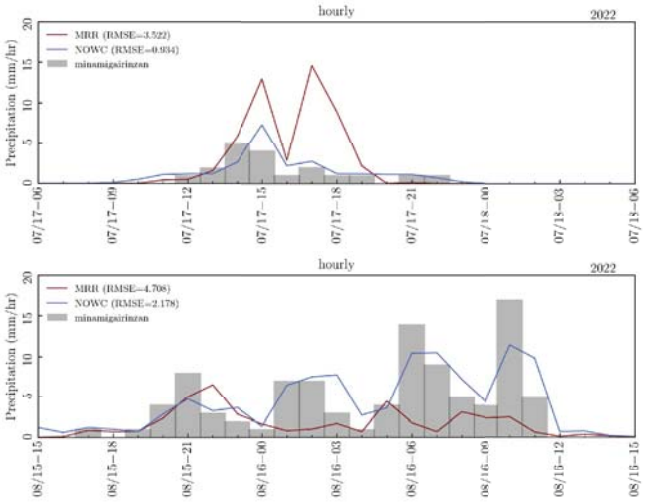


図 5　観測 2 (仰角 20°) による 2022 年 7 月 17 日から 18 日までの結果 (上図) と 2022 年 8 月 15 日から 16 日までの結果 (下図). 見方は, 地上雨量計が南外輪山のものであることを除いて図 4 と同様.

山雨量計 (棒グラフ) および NOWC (青線) に対して MRR (赤線) の値はあきらかに過大評価し, 逆に下図では過小評価している. 一方で南外輪山雨量計と NOWC の結果はともに類似の傾向があるようにみえる. ほかの降雨事例でも同様の傾向がみられ, このことは斜め MRR 観測には比較的大きなランダム誤差の存在していることが推測される. その原因について次章で考察した.

7　考察

本研究では観測された Doppler-shift から雨滴の落下速度 v_z を求める際に $x-y$ 平面に関する雨滴の水平速度 $v_{jj}=0$ と仮定した. 観測 1 ではアンテナを天頂に向けていることからその影響はないが, 20° に傾けた観測 2 の場合, 計算するとおおよそ $\pm v_{jj}\cos 20°=\sin 20°$ の分だけ v_z の値に不確かさが生ずる. この不確かさは式 (4) を介して, 求める雨量強度 R に直接誤差を与える. 落下速度は最大でも数 m/s 程度であるのに対して, 高度 1518 m に相当する 850 hPa 面での風速は 10 m/s を超えることは頻繁に生ずる. なので, 高層風が MRR で計算される落下速度 v_z の値に影響を与えることは十分考えられる.

図 6 は MRR (左) および NOWC (右) と南外輪山雨量計との比較である. NOWC は南外輪山雨量計に対して決定係数

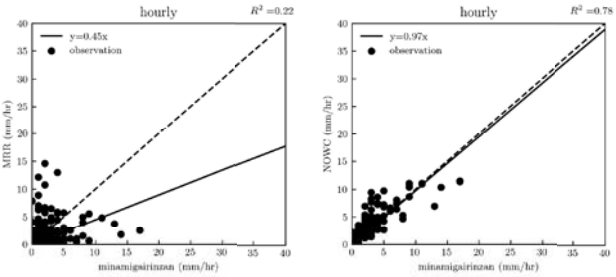


図 6　レーダ雨量計 (左：MRR, 右：NOWC) と地上雨量計 (南外輪山) との比較. 縦軸はレーダ雨量, 横軸は地上雨量.

0.78 のばらつきで傾き 0.97 の回帰直線上にのるが, やはり MRR の方は大きくばらつく (決定係数 0.22). NOWC は他の地上雨量計でも同様, その関係は誤差内で 1 対 1 対応にある.

8　まとめ

本研究では可搬型気象レーダであるマイクロレインレーダ (MRR) を用いて有珠山の雨量観測をおこない, 地上雨量計および補正された現業用レーダ雨量データである高解像度降水ナウキャスト (NOWC) との比較をおこなった. MRR は仕様通り鉛直上向きの雨量観測は精度の高いものだったが, 斜め観測ではほかの雨量データと比較して大きくばらついた. 雨滴の落下速度を計算する際に水平 Doppler の効果を無視したことが原因かもしれない. 結果として, 噴火後の土石流発生監視用としては現業用気象レーダの活用がもっとも有効的であるかもしれない. このことは, レーダ雨量データを初期値に利用している気象庁の予測雨量データの利用可能性を示唆するものである. 予測雨量は, 最大で 11 日先まで GPV データとして提供されているので, 余裕をもった防災対応が可能となる.

REFERENCE

Kadomura, H., Takahashi H., Yamamoto H., Suzuki R., Arai K., Imagawa T., and Tanabe T. (1979) Behavior of Mudflows on Valley Flats and Alluvial Fans at Usu Volcano. Investigation of Usu Volcano Mud-Flow Disasters on October 24, 1978. 41-76.

Peters G., Fischer B., and Clemens M. (2010) Rain Attenuation of Radar Echoes Considering Finite-Range Resolution and Using Drop Size Distributions. J. Atmos. Oceanic Technol. 13, 142-164.

Bohren C. F. and Huffman D. R. (1998) Absorption and Scattering of Light by Small Particles. Wiley-VCH.

流域の土砂動態観測に基づいた粒径別の土砂収支解析と流出率

Office.bit　○宮崎　知与[*1]
株式会社シン技術コンサル　技術第 2 部　澤田　雅代[*2]
北海道帯広建設管理部　佐々木　卓[*3]

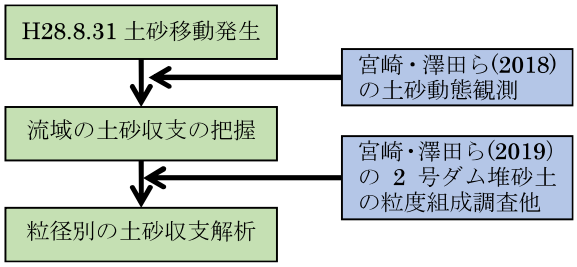
1. はじめに

平成 28 年（2016 年）8 月 28 日～31 日北海道十勝地方の豪雨発生により、多数の河川において広域的な土砂洪水氾濫被害が発生した。対象のペケレベツ川では、流域内で多数の斜面崩壊、土石流が発生し、下流の市街地において多大な土砂洪水氾濫被害（家屋全半壊 14 戸、浸水家屋 35 戸、橋梁被害 6 箇所など）が発生した。この土砂移動により、未満砂の既設砂防堰堤 2 基が 1 出水により満砂した。特に下流側の 2 号砂防堰堤においては、堆砂上流部に礫質、玉石層、下流部に砂質土層、堰堤直上流部には細砂を主体とした細粒分の堆積が確認され、粒径別の土砂動態（分級した堆砂）に関する多くの情報がもたらされた。そこで、これまでの土砂動態観測の結果を踏まえ、粒径別の土砂収支解析を行うとともに流出率の算出を行い、粒径別の土砂動態を把握することを目的とした。

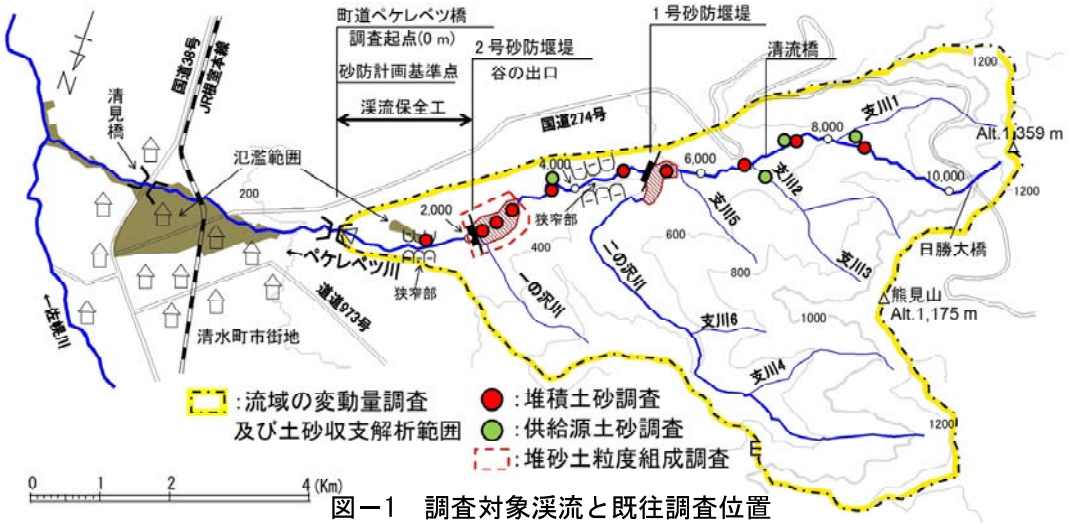
2. 調査・解析の方法

2-1　既往の土砂動態観測

土砂動態観測は流域面積 46.6 km^2、流路延長 15.6 km の十勝川水系ペケレベツ川を対象とし、調査起点を町道ペケレベツ橋（流域面積 31.8 km^2）と定めて実施された（図－1）。これまでに、流域の土砂変動量調査、河床材料調査及び土砂収支解析が行われている（宮崎・澤田ら, 2018）。また、分級した堆砂実態が観察された 2 号砂防堰堤を対象として、ボーリング調査による堆砂土の粒度組成調査が実施された（宮崎・澤田ら, 2019）。これらの既往の調査結果をもとに粒径別の土砂収支解析を実施した（図－2）。



図－2　検討方法



図－1　調査対象渓流と既往調査位置

2-2 粒径別の土砂収支解析の方法

詳細な粒度組成調査が行われた 2 号砂防堰堤を中心として上下流の土砂収支を整理すると表－1 の通りとなる。表－1 の②～⑤の粒度組成をデータから推定し土砂収支計算を行うと、①上流の供給土砂の粒度組成が計算される。この計算結果を山腹の崖錐堆積物の粒度組成との比較や土砂の供給条件から考察する。

表－1　各土砂量と粒度組成

算出項目	土砂量(千m^3)	粒度組成データ
①堆砂域上流の供給土砂	1263	土砂収支計算により算出
渓床侵食（43%）	536	段丘堆積物2箇所のデータ
山腹発生（12%）	157	崖錐堆積物2箇所のデータ
支川流出（45%）	570	ー（不明）
②渓床堆積土砂	396	堆砂域上流の堆積土砂の粒度組成平均値
③堆砂域内供給土砂	22	近傍の堆積土砂の粒度組成
④堆砂土砂	509	堆砂土粒度組成調査結果
⑤越流土砂	380	2号砂防堰堤下流の氾濫堆積土砂

2.3 流出率の算定方法

粒径階を dk（k は粒径階番号）、粒径 dk の調査起点の流出土砂量 Qs_{dk}, 全供給土砂量 G_{dk} とすると、流出率は(1)式の通りとなる。堆砂土の粒度組成は、粒径 2mm 未満の細粒分が 79.3%と多くなっており、砂防堰堤がなければ堆砂土の多くが下流へ流出したと考えられる。よって、粒径別の流出率の違いを明確にするため、実績での流出率とは別に堆砂土が流出したと仮定したときの流出率も算定する。

$$r_{dk} = \frac{Qs_{dk}}{G_{dk}} \quad \cdots\cdots (1)$$

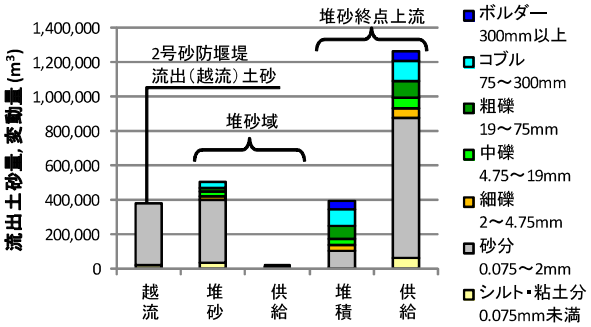
* 1　正会員　オフィス・ビット　Member , Office.bit (miyazaki.co.jp.since2019@gmail.com)
* 2　正会員　㈱シン技術コンサル　Member , Shin engineering consultant Co.,Ltd.
* 3　非会員　北海道帯広建設管理部　Nonmember , Obihiro construction management department.

3. 調査結果と考察

3-1 土砂収支解析

土砂収支計算の結果、堆砂域上流における供給土砂の粒度組成は、図－3 の右端の棒グラフの通りとなり、粒径 2mm 未満が約 70%を占めている。一方、堆積土砂には 26%と低いことから、2mm 未満の割合が 70%より大きい土砂が堆砂域へ流出したことを示す。供給源として採取した崖錐堆積物 2 箇所のデータは粒径 2mm 未満が 35.2～45.2%、段丘堆積物 2 箇所（高位段丘 1 箇所、低位段丘 1 箇所）は 21.8～26.1%となっており、いずれも推定値の 70%より低くなっている。

供給源別土砂の割合は、表－1 のとおりとなっており、支川流出土砂の割合が 45%と最も多くなっている。山腹発生については、流域の地質条件と崩壊地の分布から、ほぼ崖錐堆積物に近い粒度組成であったと思われる。渓床侵食については、渓床変動の規模が多きいため、土砂移動前の渓床はほとんど残っていない。河道は渓床侵食により元の 2～15 倍に拡幅（宮崎・澤田ら, 2018）しており、元の河道周辺の段丘堆積物や斜面下部の崖錐堆積物を巻き込んで流出したと考えられる。支川流出については、データが不足するため粒度組成を推定することは現段階ではできないが、支川で土石流が発生した後、流下途中に粗粒分が堆積し、細粒分の割合が大きい土砂が本川へ流出したことが考えられる。特に、流域内で最も大きい二の沢川は、流出土砂量が 177 千 m^3 と大きく、河床勾配は本川 1/20 に対して 1/37 と緩い。また、合流点付近に堆積している土砂（平均粒径 4.1cm）は 2 号砂防堰堤の堆砂域直上流の堆積土砂（平均粒径 4.8cm）より細かな土砂が堆積している。仮に、二の沢川からの流出土砂の内 8 割が 2mm 未満だとすると、142 千 m^3 の細粒分が供給されたことになり、堆砂域上流の供給土砂の約 11%を占めることとなる。以上より、支川土砂流出が多い土砂の供給条件と粒径別の堆積条件により、粒径 2mm 未満の細粒分が大量に流出したと考えられる。



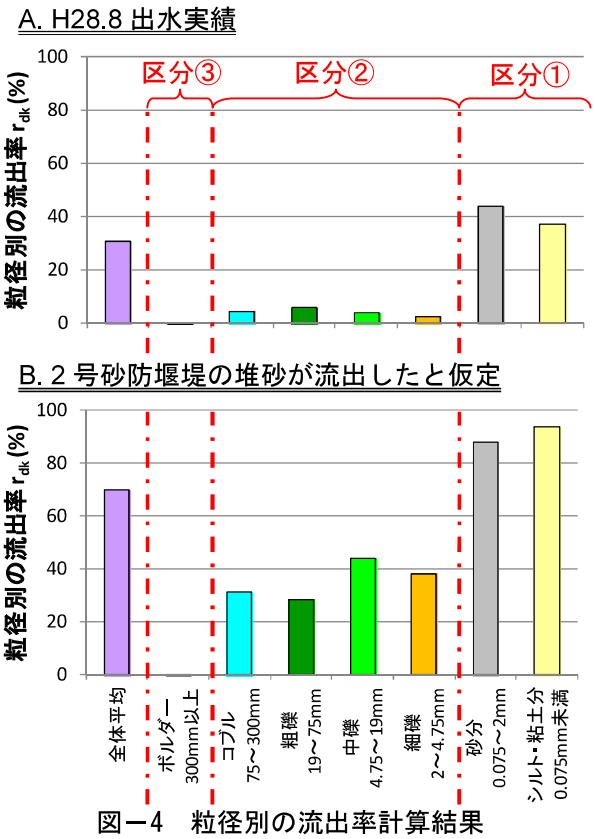
図－3 粒径別の土砂収支計算結果

3-2 流出率の算定結果

平成 28 年 8 月出水の粒径別の流出率（図－4, A）は、粒径 2mm 未満が 37～44%、粒径 2～300mm が 3～6%、粒径 300mm 以上は 0%である。堆砂土が全て流出したと仮定したときの流出率（図－4, B）は、粒径 2mm 未満が 87～93%、粒径 2～300mm が 28～44%、粒径 300mm 以上は 0%である。この結果から、土砂の流出率に粒径階別の特性が確認される。

区分①粒径 2mm 未満：1 出水でほとんど流出
区分②粒径 2～300mm： 一部流出
区分③粒径 300mm 以上： ほとんど流出しない

粒径 2mm 未満の内、シルト・粘土分は、ウォッシュロードに近い粒度なので、粗粒分の堆積時に取り込まれるか砂防堰堤の堆砂域に沈降堆積する以外は、全て流域外へ流出することを示している。注目すべきは、砂分の流出率が高いことである。砂分は、土石流時に泥水中の細粒分として液相化すると考えられているほか、掃流域においても浮遊しやすく洪水流と一体となって流出すると考えられる。



図－4 粒径別の流出率計算結果

4. おわりに

粒径 2mm 未満の細粒土砂は移動速度が速く、1 出水期間中に流出する割合が大きいため、下流の河川区間に対して土砂混入による流量増加や勾配緩和による土砂堆積など影響が懸念される。また、数値シミュレーションを活用し、土砂移動における粒度組成の変化を明らかにしていく必要があると考える。

引用・参考文献

宮崎知与・澤田雅代・松岡直基・立川義通・高嶋繁則・吉田安範・林真一郎・古市剛久・笠井美青・小山内信智（2018）：周氷河性斜面の崩壊・浸食に起因する大規模な土砂移動の実態－2016 年台風 10 による北海道ペケレベツ川を例に－, 砂防学会誌, Vol.71, No.2, p.22-33.

宮崎知与・澤田雅代・片桐碧衣・紙本和尚・梅津亮平・甲斐郊丞・林真一郎・小山内信智（2019）：1 出水により満砂した不透過型砂防堰堤の堆砂土層の粒度組成, 2019 年度砂防学会研究発表会概要集, p.53-54.

R4 年度　砂防学会北海道支部若手会の結果報告及び今後の活動方針

国土防災技術北海道株式会社　柳井一希

要旨

砂防学会北海道支部では，砂防業務に関わる若手技術者を対象とした「若手会」を 2019 年度より発足している。社会情勢の中で開催回数は未だ少なく勉強会の開催は滞っていたが，本年度に開催される運びとなった。本年度は，砂防計画（又は河川計画）を行った渓流について各社からご紹介いただき，事例の共有及び新たな視点から計画・課題等について議論を行った。今後若手会の中では各社・個人との情報共有や技術力向上を目的として勉強会を中心に現地見学会も開催していく予定としている。

若手会実施概要

タイトル：砂防学会北海道支部若手会 R4 年度若手会－各社の事例紹介(砂防計画を行った渓流の概要等)－

日時：2022 年 10 月 19 日(水) 15:00～16:30

場所：北海道大学農学部 総合研究棟 1 階 W109 教室

発表者タイトル：

①有珠山周辺の渓流における緊急減災対策及び砂防計画

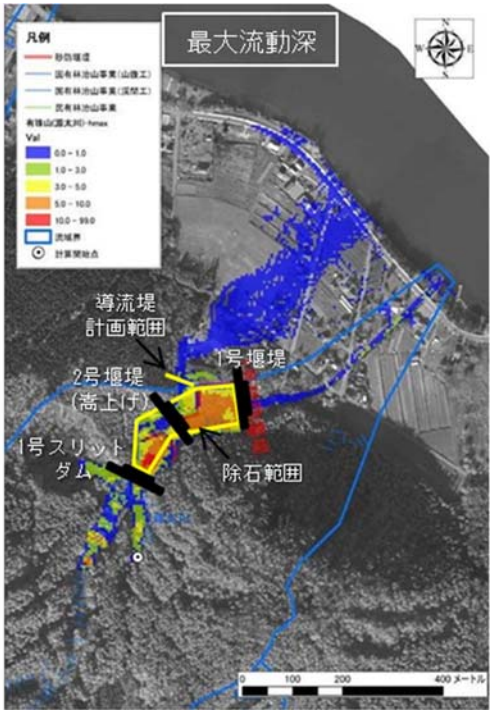
国土防災技術北海道(株)　柳井 一希

②無流水渓流での減災施設に関する技術開発と水理模型実験

パシフィックコンサルタンツ(株)　裴 希恵

③樽前山における小型無人ヘリを用いた噴火時の対応計画

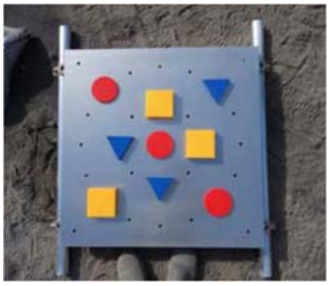
日本工営(株)　梅谷 涼太



図：二次泥流シミュレーション結果
（有珠山－源太川流域）



写真：フェンス式対策施設



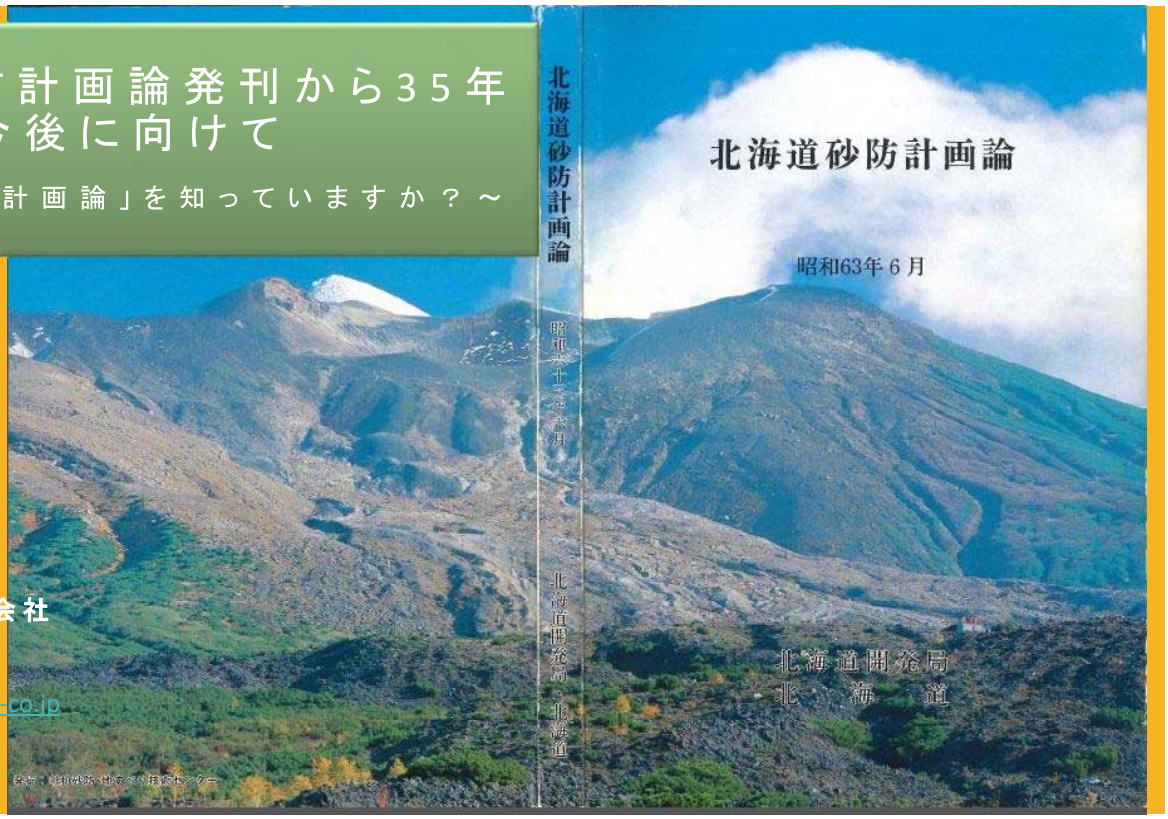


写真：降灰厚の確認状況（降灰マーカー）

北海道砂防計画論発刊から35年
今後に向けて

～「北海道砂防計画論」を知っていますか？～

西江建設株式会社
宮島　滋近
S-miyajima@nishie-co.jp



北海道砂防計画論発刊から35年
今後に向けて

（私なりの）問題意識

・「北海道砂防計画論」は現在、活用されているか？

防災事業を計画するときの、取り組み方、考え方（思想）が記述されているのですが

製本されているが、販売していないし、担当者の手元にないかも･･･

・発刊後に発生した十勝岳や有珠山の噴火、奥尻地震・津波、平成28年連続台風豪雨、胆振東部地震など激甚な土砂害、複合災害が発生している。

「北海道砂防計画論」はこれらの事象にどのように応えてきたか？

・その後の砂防事業で、土砂災害低減効果、国土保全効果、社会効果はどのように表れたか？

効果はうまく表現され、ユーザーに伝わっているか？

・土砂法の施行、人口減少傾向、地球温暖化、ｶｰﾎﾞﾝﾆｭｰﾄﾗﾙなど取り巻く社会環境の変化に

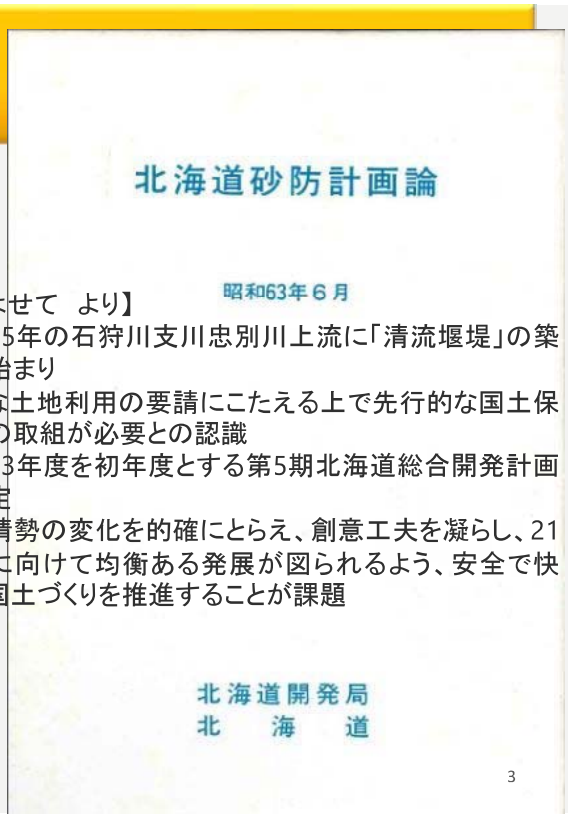
北海道の砂防事業はどのように応えるか？

今日の発表は、以上のような問題意識をベースに、
- ［北海道砂防計画論　昭和63年6月］を紹介し、
- 参加者がこの本や、この本が提示する考え方について承知しているか
- この本に追加や補足するするニーズは何か　など、議論できればと思います

2

北海道砂防計画論の概要 ≫背景

- 北海道の砂防事業が始まってから30年余り（石狩川水系忠別川上流の清流堰堤を昭和25年に着手）
- 全国の平均的な砂防整備箇所と比べ、北海道の土地利用はこれからのところも多い。
- 山の奥から土砂処理をすると扇状地上の開発が先に進み、先行的な防災にならない。
- 全国的に砂防の展開がやや画一化しつつあり、建設省から北海道なりの新しい切り口や考え方を整理すべきとの応援があった。


北海道砂防計画論

昭和63年６月

【発刊によせて　より】

- 昭和25年の石狩川支川忠別川上流に「清流堰堤」の築造が始まり
- 新たな土地利用の要請にこたえる上で先行的な国土保全への取組が必要との認識
- 昭和63年度を初年度とする第5期北海道総合開発計画が策定
- 社会情勢の変化を的確にとらえ、創意工夫を凝らし、21世紀に向けて均衡ある発展が図られるよう、安全で快適な国土づくりを推進することが課題

北海道開発局
北　海　道

3

北海道砂防計画論の概要 ≫昭和63年発刊まで

北海道砂防計画論のとりまとめを行う目的で
「北海道砂防施設計画指針検討委員会」を設置した。

委員会は昭和60年度に発足し昭和62年度まで検討をおこなった。

昭和60年度	昭和61年度	昭和62年度
Ⅰ.北海道の砂防河川の特徴 Ⅱ.地域特性分析	Ⅲ.地域特性を生かした砂防施設計画	Ⅳ.砂防施設の効果
委員会開催　2回 幹事会開催　4回	委員会開催　3回 幹事会開催　6回	委員会開催　2回 幹事会開催　4回

委員会は、委員長ほか10名で構成した。
委員会の下に幹事長ほか12名で構成する幹事会を、
その下にワーキンググループを　　設置して各検討項目の細部事項について検討を行った。

なお、委員会事務局は㈶砂防・地すべり技術センターが担当した。

4

北海道砂防計画論の概要
≫関わった方々

（順不同）

	昭和60年度	昭和61年度	昭和62年度
委員長	東　三郎 北海道大学農学部砂防工学研究室教授		
委員	門村　浩 北海道大学大学院環境科学研究科教授		東京都立大学理学部 地理学研究室教授
	古矢清己	苅部浩也	橋本守穂
	北海道土木部砂防災害課長		
	酉井紀夫		瀬野利弥
	林野庁北海道営林局治山課長		
	熊澤彌太郎		阪元兵三
	北海道林務部治山課長		
	川名信		
	元　北海道土木部砂防災害課長		
	久米洋三		
	元　北海道開発局土木試験所第一研究部長		
	林　信雄	佐々木賢一	
	北海道開発庁水政課長		
	佐々木賢一	星野英二	
	北海道開発局建設部河川計画課長		
	増田恵隆	中野嘉道	
	北海道開発局建設部河川工事課長		
	板倉忠興		松田豊治
	北海道開発局土木試験所第一研究部長		北海道小樽土木現業所長

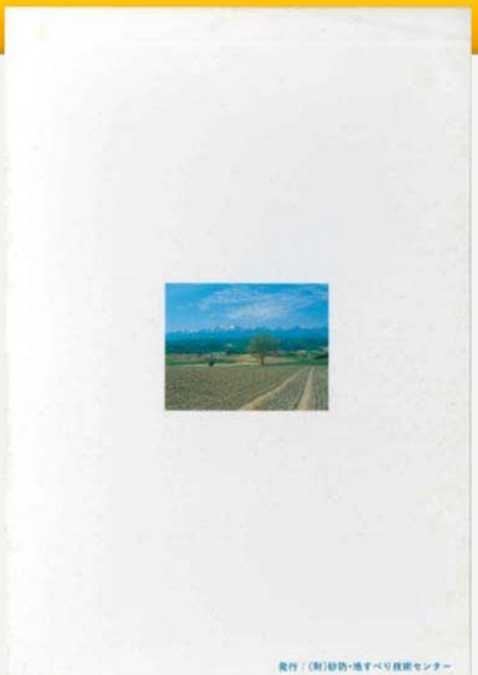
（順不同）

	昭和60年度	昭和61年度	昭和62年度
幹事長	新谷融 北海道大学農学部砂防工学研究室助教授		
幹事		小野有五 北海道大学大学院環境科学研究科環境基礎学講座助教授	
	松田豊治	国重賢一	山水慎久
	北海道土木部砂防災害課主任技師		
	国重賢一 北海道室蘭土木現業所治水課長	松田豊治 北海道小樽土木現業所技術部長	
	脇野庚春	武田勇	
	林野庁北海道営林局治山課設計指導官		
	真島征夫		
	農林水産省林業試験場北海道支場治山研究室長		
	山岸宏光		
	北海道立地質研究所地質調査部表層地質科長		
	大山良幸		小笠原猛
	北海道林務部治山課主任技師		
	坂井英夫		志田武司
	北海道開発庁水政課開発専門官		
	金子正之	中村興一	
	北海道開発局建設部河川計画課課長補佐		
		金子正之 北海道開発局函館開発建設部 奥尻島ダム建設事業所長	北海道開発局建設部 河川計画課河川企画官
	高橋繁樹	砂川正治	
	北海道開発局建設部河川工事課課長補佐		
	星喜友	橋本三郎	秋丈亮一
	北海道開発局建設部河川計画課開発専門官		
	星清		
	北海道開発局土木試験所第一研究部河川研究室長		
	平野道夫 北海道開発局石狩川開発建設部工務第1課長	吉田義一	5 北海道開発局石狩川開発建設部 計画課長

北海道砂防計画論の概要
≫関わった方々

（順不同）

	昭和60年度	昭和61年度	昭和62年度
ワーキンググループ	小山内一夫		長岩利彰
	北海道土木部砂防災害課砂防係長		
	内田重己		
	北海道土木部砂防災害課砂防係		
	宇高一雄		小林治一
	北海道土木部砂防災害課砂防係		
	岡村俊邦		
	北海道立地下資源調査所開発応用部環境工学科		
	中村太士		
	北海道大学農学部砂防工学研究室助手		
	清水収		
	北海道大学農学部砂防工学研究室助手		
	原田輝雄		芳賀敏二
	北海道開発局建設部河川工事課ダム砂防係長		
	吉井厚志		馬場仁志
	北海道開発局建設部河川計画課計画第3係長		
	清水康行		
	北海道開発局土木試験所第一研究部河川研究室主任研究員		
	堀田義昭 北海道開発局土木試験所第一研究部河川研究室研究員		渡邊康玄 北海道開発局土木試験所第二研究部河川研究室主任研究員
	田沢晋市		安養寺伸行
	北海道開発局石狩川開発建設部工務第1課砂防専門官		北海道開発局石狩川開発建設部計画課砂防専門官
	宮島直近	船木淳悟	
	北海道開発局石狩川開発建設部工務第1課第2計画係		北海道開発局石狩川開発建設部計画課第2計画係
	船木淳悟 北海道開発局石狩川開発建設部工務第1課河川調査係	宮島直近 北海道開発局石狩川開発建設部札幌河川事務所砂防係	北海道開発局石狩川開発建設部札幌河川事務所砂防計画係長
	勝波武史 北海道開発局旭川開発建設部忠別ダム建設事業所計画係	馬場仁志 北海道開発局石狩川開発建設部企画調査官	吉井厚志 北海道開発局旭川開発建設部治水課課長補佐
	馬場仁志 北海道開発局石狩川開発建設部札幌河川事務所砂防係長	見延昇	北海道開発局石狩川開発建設部札幌河川事務所砂防建設係長
	長栄作 北海道土木部砂防災害課砂防係	伊藤能明 北海道開発局石狩川開発建設部札幌河川事務所砂防係	北海道開発局石狩川開発建設部札幌河川事務所砂防建設係



発行：(財)砂防・地すべり技術センター

事務局（財)砂防地すべり技術センター　安養寺さん

6

北海道砂防計画論の概要
≫構成

発刊によせて　北海道開発局建設部長　　北海道土木部長

序　論　　北海道大学農学部教授　　東　三郎

第1章　北海道の砂防河川について**自然・社会環境からその特性**を述べ、
砂防施設計画の**立地条件を明らかに**した。

第2章　道内を6つの生活圏に区分してそれぞれの**地域特性を抽出**し、
砂防河川における**地域特性パターン**を選定した。

第3章　地域特性パターンごとに**立案される砂防施設計画の方法論を提示**し、
これらを**総合的に取り扱う手法**を示した。

第4章　河川砂防技術基準の**河川経済調査に関し、砂防に特有な効果項目**やその**表現方法**を中心に考え方をまとめた。
砂防事業効果は種々の指標によって表現され、**代表的事例**を参照しながら表した。

結　言

参考文献

[参考]委員会の検討項目と構成

7

北海道砂防計画論の概要
≫構成

序論　北海道大学農学部教授　　東　三郎　　より抜粋

≪砂防概念の変遷≫

「社会の経済成長が著しくなるとともに、生産の場や生活空間が広がり、人々は崖崩れや土石流の発生しやすい区域に接近するようになったために」、「行政対応としての砂防事業に注目される」から、「改めて**砂防の実態を理解しやすいように明確に**しておかなければならない」

「災害の後始末のみに追われることなく、砂防の実践的活動の結果に基づいて、**予防・予知・予測の論理**を展開しつつある」

「**土地利用と流域保全**の両側面から見た**総合的な空間計画**が必要になったこと」

「幸い、砂防事業は長年の施工実績によって、事の成否を熟知し、自然の動的認識を高め、独自の空間処理技術を体得し、実証性のある営みを続けている」

「これからの土地利用には、**先行投資としての砂防事業**が有効であるとされ、併せて創出される**防災空間の多面的な利用**方法が求められるようになった」

≪空間認識の方向≫

「技術学としての砂防は、それ自体多様な個別技術を発達させながら、さらに結合された技術系により、複雑な仕組みを持つ**自然を空間的に認識する方向をとっている**」このような点で、「砂防工学が**砂防学へと脱皮**しつつある」

「構造物主義のハードな面のみに止まらず、**土地利用の安全性を約束**し、**環境の快適性を創出する**というソフトな面に目を向けている」このことは、「社会的ニーズに答えるべく、**新しい自然観を提唱**し、**環境保全の連帯感を高める**知的活動の現れ」、

「天変地異の発生や**砂防的営みを加味しながら、安全で快適な土地利用を進めなければならない**」

8

北海道砂防計画論の概要 ≫構成

序論　北海道大学農学部教授　　東　三郎　　より抜粋

≪情報化社会の砂防≫

「物的生産のみにこだわらず、**場の保全**に関心を向けるようにし、緊急時の警戒避難体制や土砂害の直撃をかわす**緩衝空間の設置**を急がなければならない」

「**生産系**と**保全系**とともに**情報系**を組み合わせ、相互に行き来しながら理解を深める必要」

「万人がうなずく**目的と手段を提示する**ことが必要」しかし、「場の保全について、効果が発現するまでに時間差があり、十分に機能すればするほど、自然の乱れが見えにくくなる」「現場の知見が記号化されパターン化されて、**情報化の波によって克服**されることに期待」

「投資者であり、ユーザーであり、受益者となる人々の**効果判定は一層厳しくなる**」「それに**怯まない技術論の展開**も必要」

「時あたかも第四次全国総合開発計画、第五期北海道総合開発計画（北海道開発庁）、北海道新長期総合計画（北海道）、総合保養地域整備法（リゾート法）が制定され、国土利用の大規模構想が打ち出された。」、「火山地帯の開発や、全国的水不足の解消を図る構想が盛り込まれ、国土の保全的整備を重視しており、砂防分野にかけられた期待は大きくなった。」

北海道砂防施設計画指針検討委員会は、「地域特性にマッチした安全で潤いのある国土を創出する意義を明らかにした」、「設計施工法と**社会性のある評価法を検討すべく**責任の重大さを感ずる」

9

北海道砂防計画論の概要 ≫構成

第1章 北海道の砂防河川

北海道の砂防河川について**自然・社会環境からその特性**を述べ、
砂防施設計画の**立地条件を明らかに**した。

1. 1 自然的環境…　7
　1.1.1 気　象　　… 7
　1.1.2地形・地質　…13　　(1)地史　(2)地形的特徴　(3)地質的特徴　(4)砂防河川の特徴

1. 2 社会的環境　…23
　1. 2.1 人　口　　…23
　1.2.2 土地利用　…24
　1.2.3 産　業　　…25　　(1)農業　(2)林業　(3)水産業　(4)工業　(5)観光
　1. 2.4 交　通　　…29　　(1)道路　(2)港湾　(3)空港　(4)鉄道

1. 3 過去のおもな災害　…33

10

北海道砂防計画論の概要 ≫構成

第2章　地域特性分析

道内を**6つの生活圏**に区分してそれぞれの**地域特性を抽出**し、
砂防河川における**地域特性パターン**を選定した。

2. 1 生活圏別にみた地域特性　…39
2.1.1 道南圏　…39
2.1.2 道央圏　…45
2.1.3 道北圏　…58
2.1.4 オホーツク圏　…66
2.1.5 十勝圏　…70
2.1.6 釧|路・根室圏　…74

圏域毎に
(1)自然的条件　(2)社会的条件　(3)経済・産業
(4)自然的特性　(5)当地方の主な土砂災害　(6)砂防施設の現況

2. 2 砂防河川流域における地域特性の分析78
2.2.1 砂防河川の分布と地形・地質条件…78
2.2.2 不安定土砂の分布と移動形態　…79
2.2.3 火山噴火災害　…80

2. 3 地域特性パターンの選定　…82
2.3.1 火　山　…82
2.3.2 扇状地　…84
2.3.3 丘陵台地　…87
2.3.4 海岸山地　…89

北海道砂防計画論の概要 ≫構成

第3章 地域特性を活かした砂防施設計画

地域特性パターンごとに**立案される砂防施設計画の方法論を提示**し、
これらを**総合的に取り扱う手法**を示した。

3. 1 北海道における砂防施設計画の可能性91
3.1.1 総合開発計画と砂防計画の理念 …91
3.1.2 砂防施設計画の方向　…92
(1)必要な対策　(2)施設計画の方向

3. 2 地域特性パターン別砂防施設計画…94
3.2.1 火　山　…94
3.2.2 扇状地　…112
3.2.3 丘竣台地　…123
3.2.4 海岸山地　…129

各パターンごとに
(1)砂防で対象とする現象
(2)砂防事業と土地利用の整合性
(3)砂防施設計画および工法への指針

3. 3 総合的な砂防計画　…136
3.3.1 水系全体の土砂移動バランス　…136
(1)土砂移動の流域内バランス
(2)下流河川への影響
3.3.2 水利用を考えた砂防　…138
3.3.3 自然環境を考えた砂防　…139
(1)景観になじむための配慮
(2)自然を利用した砂防施設
(3)自然環境の保全
3.3.4 地域社会に密着した砂防施設の整備
(1)多様な保全対象への対応　…139
(2)地域のニーズに適合した施設計画
(3)段階的な施設整備

北海道砂防計画論の概要 ≫構成

第4章　砂防事業の効果

河川砂防技術基準の**河川経済調査に関し、砂防に特有な効果項目**やその**表現方法**を中心に考え方をまとめた。

砂防事業効果は種々の指標によって表現され、**代表的事例**を参照しながら表した。

4. 1 砂防事業の目的　…143
- 4.1.1 砂紡事業の目的　…143
- 4.1.2 砂防事業の特徴　…144
  (1)砂防事業の特徴　(2)国土の保全
- 4.1.3 砂防事業の分類と重点　… 146

4. 2 砂防事業の効果　…147

4. 3 砂防事業の果たすべき役割…148

4. 4 効果の評価　…149

4. 5 効果の表現方法　… 150
- 4.5.1 被害軽減効果　…150
- 4.5.2 国土保全効果　…153
- 4.5.3 社会効果　…153
- 4.5.4 砂防事業の効果体系　…154

4. 6 地域開発と砂防事業　…155
- 4.6.1 有珠山砂防事業　…155
- 4.6.2 琴似発寒川砂防事業　…163
- 4.6.3 豊平川砂防事業　…171
- 4.6.4 日高砂防事業　…179
- 4.6.5 奥尻の砂防事業　…185

北海道砂防計画論の概要 ≫主なポイント

第1章 北海道の砂防河川　**自然・社会環境からその特性、立地条件を明らかに**

北海道の地形は次のような特徴がみられる
〇火山地の占める割合が高い。
〇山麓（低地、台地に属さない山麓部の緩斜面）が多い。
〇火山麓（火山に続く低地、台地に属さない緩斜面）が多い。
〇台地(地表の平坦な台状や段丘状のところ)が多い。

①火山地は、山地のうち原地形が第四紀以降の火山噴出で生じ、溶岩または火砕物で覆われている。地山を構成する溶岩や火砕物が未回結で全体に脆弱であり、侵食に対する抵抗性が弱い。
大規模な荒廃地が多く、下流には多量の崩土が堆積しているところが多い。
②山麓は、基盤の地質年代は異なるものの、表層は未固結の堆積物である。
未固結の堆積物は氷河期の寒冷気候下で、植生死滅に伴い山地の裸地化による岩屑の生産と、河川の運搬力の低下によって堆積している。
山麓の緩斜面は、扇状地性の不安定土砂で構成されている。
③火山麓には、溶岩・火砕物の他に、それらの二次的な堆積物が多く見られる。
二次的な堆積物には、溶岩平坦面の末端で発生した巨大地すべりによって生産された崩土が多い。
二次的な堆積物は不安定である上に、地山自体も侵食されやすい。
④台地は、開析扇状地、河岸段丘、火砕流、溶岩流などの未固結な堆積物からなっている。台地には、降下火砕物に厚く覆われているところが多い。
台地を構成する地層は、軟弱で侵食に弱い。とくに火山性のものは脆弱である。

北海道砂防計画論の概要
≫主なポイント

第1章 北海道の砂防河川　**自然・社会環境からその特性、立地条件を明らかに**

流路幅に対し谷幅が広い傾向にあるが、これは氷河期の斜面准積物によって埋められた幅の広い谷の分布や、河道内に広く厚く堆積している不安定土砂によるものである。

北海道の河川は一般に緩勾配であり、谷幅が広く、河道の両岸には段丘や緩傾斜面からなる谷底平野が比較的上流まで続くため、急勾配の山地河川で生産された土砂は、単期間のうちに下流まで運搬されず、広い谷底平野に一時的に堆積することが多い。このため下流までもたらされる土砂は、山地で直接生産された土砂であるよりは、河道内に滞留している河床堆積土砂の再生産が主体である。

さらに、北海道の気候は寡雨多雪であるといわれていることからも、降雨によって上流山地で生産された土砂が、下流平野まで一気に流出しにくいことが裏付けられる。

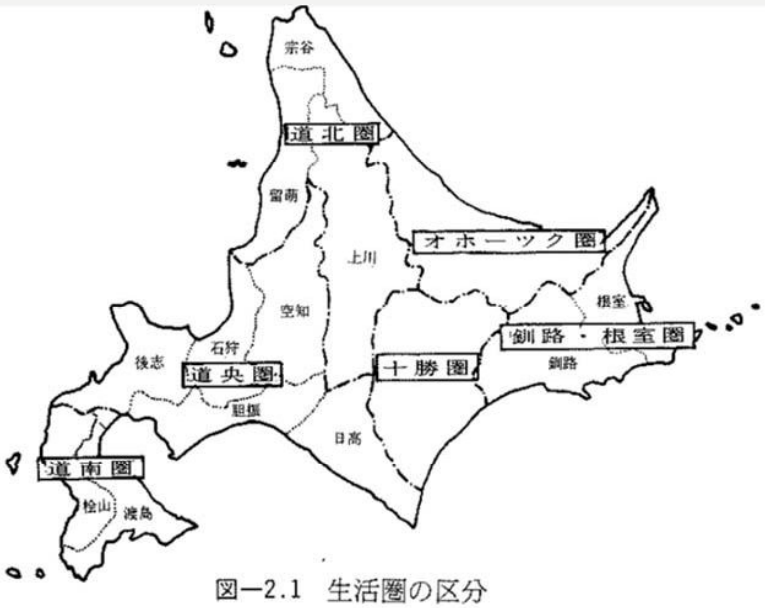
北海道の土砂害と水害の発生要因は次のようになる。

○　融雪出水によるもの
○　台風等の影響によるもの
○　火山活動に伴うもの

15

北海道砂防計画論の概要
≫主なポイント

第2章　地域特性分析　道内を**6つの生活圏**に区分



図―2.1　生活圏の区分

16

北海道砂防計画論の概要 ≫主なポイント

第2章 地域特性分析　**地域特性を抽出**し、**地域特性パターン**を選定

注　●指定地の特に多い地形　○指定地の多い地形

	砂防指定地の位置			代表的地域
火山性	火山地	火山麓・台地	低地	
	●	○	○	有珠山、利尻岳
	○	● ●	○	石狩川上流
		● ●		十有岳西麓
非火山性	山地	山麓・台地	低地	
	○	● ●	○	十勝台地西部
		● ●		浦臼台地、山部台地
		●	○	日高丘陵
			●	発寒
	海岸山地		海岸低地	
	●		○	渡島半島海岸部

表—2.7　不安定土砂の供給と土砂の移動形態

	流域の地形・地質	不安定土砂	土砂の移動形態
火山性	火山地	地山、渓床堆積物	土石流、(ガリー侵食)
	火山麓・台地	扇状地性段丘堆積物	土砂流、土石流、(流路変動)
	低地	扇状地堆積物	土石流、(流路変動、ガリー侵食)
非火山性	山麓・台地	扇状地性段丘堆積物	土砂流、土石流、(流路変動)
	丘陵	段丘崖の表層風化層	土砂流
	低地	扇状地堆積物	土石流、(流路変動、ガリー侵食)
	海岸山地	渓床堆積物	土石流

地域特性は、自然的条件、特に地形を中心とした条件によってパターン分類できる

・**火　山**　北海道の砂防河川の特徴として最も分布が多い。不安定土砂が多く、地殻変動により地表が脆弱となるため、豪雨により土石流化する危険性が高い。近い将来の噴火が予測される火山は、これに対する防災対策も考慮。

・**扇状地**　山地から低地に至る扇状地性の堆積地や、山麓・台地の2次侵食による土砂移動。

・**丘陵台地**　周辺の表層風化物の滑落に伴う土砂流。

・**海岸山地**　沢の直接的な土石流や、狭小な土地利用形態で直接土石流の危険性が高い場合。

17

北海道砂防計画論の概要 ≫主なポイント

第3章 地域特性を活かした砂防施設計画

立案される砂防施設計画の方法論を提示し、これらを**総合的に取り扱う手法**を示した。

3.1.1総合開発計画と**砂防計画の理念**

いかに災害が妨止されるかは最も基礎的な部分であって、当然保証されるべき安全性の上に、さらに地域の発展・生活の改善がいかにもたらされるかが重要なこと。

地域特性を十分に生かして、豊かな生産力を保全し、うるおいのある生活環境を積極的に建設することができるという意味において、砂防施設計画の可能性が位置付けられる。

3.1.2砂防施設計画の方向

(1)必要な対策　生命財産、公共施設、産業基盤を土砂災害から守る以外に以下に配慮する。

国土保全：　①河川防災対策　②活火山対策　③交通・輸送基盤対策

資源保全：　①水資源対策　②農林水産資源対策　③観光資源、観光客対策

(2)施設計画の方向

- 地域特性を十分に分析・把握し、**特性にマッチした砂防施設計画**とする。
- 流域の土地利用計画や開発計画との整合性を考慮し、**効率的な事業実施**を行う。
- 構造物のみの計画ではなく、砂防施設と周辺の土地とを組み合わせた空間計画として考える。
- 災害の危険性のある区域を土地利用が進行する以前に先取りし、安全の確保と同時に、将来にわたって望ましい環境を創造することによって生まれる区域を「**防災空間**」として位置づける。この防災空間は事業主体が砂防である場合は「砂防空間」、河川である場合は「河川空間」などと呼ぶことにする。
- 新しい工法を積極的に取り入れ、地域によって、最適で**個性的な砂防河川の創造**を日指す。
- 以上の目標に対して、実際の砂防施設計画時に有効なヒントを与えられることを願って、地域特性パターン別砂防施設計画の指針をまとめた。

18

北海道砂防計画論の概要
≫主なポイント

第3章 地域特性を活かした砂防施設計画

立案される砂防施設計画の方法論を提示し、これらを**総合的に取り扱う手法**を示した。

3. 2 地域特性パターン別砂防施設計画

3.2.2 扇状地　を例に紹介

(1)砂防で対象とする現象

対応する時間スケールはおよそ100～200年であり、最近の土砂移動特性を把握しなければならない。

①上流山地からの土砂流出・氾濫　②扇状地面での**二次洗堀に伴う流路変動・土砂氾濫**

(2)砂防事業と土地利用の整合性

扇状地面は、利用のしやすい緩傾斜な地形、豊富な地下水、堆積層の厚い良好な地盤などの好条件により、土地利用が発達しやすい。　一方、砂防施設の配置には、一定の計画洪水規模に対応した防災空間の造成が必要となる。

流況変化が著しいことから、**平常時における周辺の土地利用形態に適合した防災空間の利用**、あるいは土砂流出の**規模・頻度に対応した土地利用の区分を考慮**する必要がある。また、早期に効果を発揮させるため、全体計画の**逐次的実施ではなく、ポイントをおさえた段階的な施工を考えた効率のよい施設配置**を進める必要がある。

①市街地

(a) 先行的な施設整備

土地利用のすすむ市街地においては、**砂防指定地の積極的な指定により砂防空間の先取り、先行的な施設整備による安全な土地利用への誘導、土地利用形態の変化に合わせた施設の整備が必要**である。しかも、**今後の開発等による洪水流量の増大、氾濫区域の変化等に柔軟に対応できる施設配置**としなければならない。

(b) 総合的な安全対策

土砂災害を防止し、安全でうるおいのある地域を創造するためには、砂防施設によるハード的な対応のほかに、ソフト面での対応が必要である。

とくに砂防施設整備に合わせた**地元自治体の自主的な都市計画の作成と実施**が必要である。

19

北海道砂防計画論の概要
≫主なポイント

第3章 地域特性を活かした砂防施設計画

立案される砂防施設計画の方法論を提示し、これらを**総合的に取り扱う手法**を示した。

1) 適正な土地利用への誘導を図るために、**流域の土地の開発、建築規制、市街化区域の編入等**の行政管理・指導を**砂防計画にそって実施**する。

2) 洪水、土石流の危険性のある区域について、砂防施設による整備とともに、雨量・水位観測、**情報伝達体制、警戒避難体制の整備**を推進する。

3) 住民の土砂災害に対する認識を高めるための**啓蒙**を行う。

4) 緊急時の**避難場所、避難経路の整備**を進める。

5) 新たな宅地造成や都市再開発に関しては、**渓流ぞいに緑地帯や公園を設ける**など、計画的な土地利用を推進する。

6) **二線堤機能を持った扇状地内の道路の整備、家屋のピロティー化、堤防や導流壊としての機能を有する兼用工作物としての大型建築物**、およびそれらの**実施に対する行財政的な処置**の検討を進める。

(c) 砂防空間の多目的利用

地域住民にうるおいを与える水辺空間やレクリエーションの場として、砂防施設の施工区域の果たす役割が大きい。

砂防空間の施工区域においては、**冠水、土砂堆積等による被災の頻度に対応して、周辺の土地利用形態に適合した防災空間の利用区分**を考慮する。

被災頻度の高い場合から、被災頻度の低くなる順に、利用形態の例をあげると、

1) 堆砂敷、平常河道として他の目的に利用しない　2) 平常は河道であるが、景観の対象オブジェとして利用　3) 樹林帯、自然的公園

4) 運動広場、駐車場　5) 都市公園

また、利用区分を形成するためには、次のような手法があげられる。

1)流路工断面の複断面化　2)遊砂地の分割利用　3)床固工群の河岸の段丘面利用

4)砂防ダム、床固工の袖部下流側の土地利用　5)砂防林の造成

さらに、地域住民にうるおいのある快適な生活環境を提供するために、次のような配慮を加えることも検討する。たとえば、流雪流路工、緩傾斜護岸、階段護岸、環境護岸(漁礁ブロック、ホタル護岸等)、安全施設の充実等による周辺環境への配慮を加えた砂防施設の修景や親水性の向上を図る。

20

北海道砂防計画論の概要
≫主なポイント

第3章 地域特性を活かした砂防施設計画

立案される砂防施設計画の方法論を提示し、これらを**総合的に取り扱う手法**を示した。

(3)砂防施設計画および工法への指針　　各工法ごとの扇状地上における施設計画上の留意点。

①砂防ダム

下流の扇状地における二次洗堀や流路変化の状況を考慮しながら、床固工（群）、流路工と組み合わせて、実施することが望ましい。

扇状地面の空間的な余裕が無い場合や、土石流対策として扇頂部の谷の出口に砂防ダムを設ける場合でも、扇状地面の二次洗掘を引き起こすことのないように、同時に流路工の整備を進めなければならない。

②床固工群

扇頂部は土砂・流水の氾濫を緩衝する意味で重要な場であり、床箇工群によって防災空間を先取りすることが望ましい。

土地利用の高度化に対応して、遊砂地計画あるいは流路工計画への変更にも対応できるように計画する。必要に応じて複断面化による河岸の段丘面利用を検討する。

③遊砂地

扇状地面の流路工の計画延長が長い場合、未整備区間の土砂をカットする遊砂地を施工して、その下流に施工する流路工の早期整備を推進する。必要に応じて遊砂地分割利用を検討する。

④流路工

扇状地全体の配置計画を策定し、床固工群、遊砂地と組み合わせた施工の順位付けを行い、土地利用の変化に対応して段階的な整備を行う。必要に応じて、流雪機能、複断面化等を検討する。

⑤砂防林

流路ぞいの空間確保は、土砂・流水の緩衝地帯として、想定される土砂氾監区域に計画する。

土地利用の高度化にともない、公園機能、流路工の環境保全機能等を発揮させることができる。

21

北海道砂防計画論の概要
≫主なポイント

第3章 地域特性を活かした砂防施設計画

立案される砂防施設計画の方法論を提示し、これらを**総合的に取り扱う手法**を示した。

図ー3.12 扇状地(市街地) –段階期-



・山地上流域からの有害土砂カット（量・質的に無害土砂は極力流下）
→河道断面、土砂移動量等をもとに基幹施設の施工
・扇頂部出口の首振りに対する対策
→一時的氾j監の確保と集水堤防
・優先地域からの施工
→最危険個所、重要個所の上流に遊砂地を設け下流流路工の整備

図ー3.12 扇状地(市街地) -計画完成-



・基幹施設から下流の流路工整備
・扇頂部の河床低下、超過洪水対策　→遊砂地、砂防林
・砂防河川に対する認識の向上、市街地河川の機能向上　→複断面河道、流路工沿いの樹林整備、景観工、修景
・流域の発展に対する余裕
・防災機能を備えた流域の整備　→防災道路、避難場所、防災機能を備えた建築物

22

北海道砂防計画論の概要
≫主なポイント

第3章 地域特性を活かした砂防施設計画

立案される砂防施設計画の方法論を提示し、これらを**総合的に取り扱う手法**を示した。

3. 3 総合的な砂防計画

いわゆる水系的な砂防計画を検討する際には、それぞれの特性を有する土砂移動現象や地域の相互の関連性、あるいは下流域や環境等への影響を把握しなければならない。

また、**ゆとりある地域づくり**に砂防事業が貢献するために、地域社会の様々なニーズに適合した、総合的な配慮を必要としており、**地域の発展に寄与する砂防施設の整備**を推進することが重要

3.3.1 水系全体の土砂移動バランス

(1)土砂移動の流域内バランス

①土砂生産の場

水系内の各流域ごとの地形・地質・気象特性の違いに注意して、分析する必要がある。

扇状地や広い河道に堆積している土砂の移動特性を分析することが重要である。

②土砂移動の時間スケール

火山活動、突発的土砂移動、季節的現象などの現象は、それぞれの時間スケールが異なっており、流域全体としてはどの様な現象がいつの時点で卓越するのかを把握する必要がある。

③土砂の滞緩現象

流域の全体的な砂防計画では、一義的な計画流出土砂量に対する計算のみでなく、河道の土砂流出過程の把握に重点が置かれる。

(2)下流河川への影響

基準点に拘らず、河川区域や多目的ダムを含む砂防河川の全体を対象とするものである。

①河道特性の把握

②河道の変化予測

③貯水池の堆砂

北海道砂防計画論の概要
≫主なポイント

第3章 地域特性を活かした砂防施設計画

立案される砂防施設計画の方法論を提示し、これらを**総合的に取り扱う手法**を示した。

3. 3 総合的な砂防計画

3.3.2 水利用を考えた砂防

砂防事業の効果のうち、流域の利水機能・水源かん養機能の保全も重要な効果の一つである。

広く分布する火山地域では、砂防施設による地下水かん養効果、表流水の減少による土砂移動の抑制、洪水流量の調節といった総合的な治水効果の発揮が期待できる流域が多い。

積雪寒冷地という地域特性が大きく影響するため、冬期間の積雪を考慮した地下水かん養モデルによる検討が必要である。

3.3.3 自然環境を考えた砂防

(1)景観になじむための配慮

(2)自然を利用した砂防施設

ふところの深い河川・渓流の機能を引き出し、地形や土地利用を生かした砂防計画が重要

(3)自然環境の保全

貴重な自然環境自体も重要な保全対象の一つである。

3.3.4 地域社会に密着した砂防施設の整備

(1)多様な保全対象への対応

①社会的リソース・ストックの分布

北海道の**産業基盤として重要な社会的リソース**としては、

(a)水資源　：地下水、水源かん養林

(b)農林水産資源　：農地、牧草地、経済林、水産物

(c)観光資源　：自然環境、森林、火山、海岸

社会的ストックとしては、

(a)治水利水施設　：貯水池、河川管理施設

(b)交通・輸送基盤　：道路、鉄道

(c)公共的施設　：水道、電力施設

(d)一般施設　：住宅、建築物

北海道砂防計画論の概要
≫主なポイント

第3章 地域特性を活かした砂防施設計画

立案される砂防施設計画の方法論を提示し、これらを**総合的に取り扱う手法**を示した。

3. 3 総合的な砂防計画

3.3.4 地域社会に密着した砂防施設の整備

(1)多様な保全対象への対応

②流域の開発計画との整合性

(a)長期的展望 ～ 高齢化社会、情報化に対応した砂防施設およびソフト対策の質的向上

(b)流域内の地域開発 ～ 地元自治体の計画、民間資本による開発と歩調を合わせた施設整備の推進

(c)流域内人口、資産の流動 ～ 社会経済情勢、人口動態の変化予測
（産業構造の転換、都市集中、地域分数等の予測）

③国土保全事業との整合性

砂防事業以外の各国土保全事業との調整を図り、効率的、経済的な事業の推進を計画する。

(2)地域のニーズに適合した施設計画

流域住民の価値観の多様化や生活水準の向上から、地域のニーズに対応して、多目的・多機能でうるおいのある防災間を積極的に創造していく必要がある。

総合的砂防施設計画においては、流域の土地利用状況・産業配置・人口分布などに応じて、砂防施設に望ましい機能をもたせ、砂防事業が地域の発展に寄与することが重要。

①地域のニーズに適合した事業展開(例)

②地域のニーズに配慮した砂防施設(例)

北海道の特性からは次のような施設計画への配慮が考えられる。

(a)水産河川での魚道等の設置
(b)砂防ダム、遊砂地等を利用した雪ダム、堆雪場
(c)流路工を利用した流雪溝、安全棚の耐雪化
(d)砂防林による防雪・防風効果の発揮
(e)地下水かん養

25

北海道砂防計画論の概要
≫主なポイント

第3章 地域特性を活かした砂防施設計画

立案される砂防施設計画の方法論を提示し、これらを**総合的に取り扱う手法**を示した。

3. 3 総合的な砂防計画

3.3.4 地域社会に密着した砂防施設の整備

(3)段階的な施設整備

①既存の施設の評価

治山施設についても砂防施設と同様の評価を行い、有効な施設の組合せを計画する。

②安全度の段階的向上

流域の発展度合い、保全対象の質・重要性に応じて、砂防施設の計画安全度を段階的に高める必要性のある場合もある。

特に広大な面積にわたって施設整備を行う場合など、簡易な構造物の利用も検討する必要がある。

③施行区域の段階整備

インフラ整備として長期的事業投資が必要なことからも、地域開発の進行や土地利用の変化にも対応できる柔軟な整備計画とすることが重要

26

北海道砂防計画論の概要 ≫主なポイント

第4章　砂防事業の効果

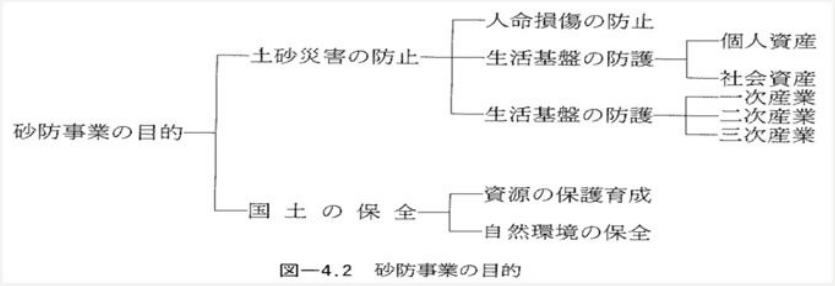
河川経済調査に関し、砂防に特有な効果項目やその表現方法

4.1 砂防事業の目的

4.1.1 砂防事業の目的

土砂による災害の防止と、これによって生活・生産の国土基盤を社会にとって望ましい姿に保全すること。

すなわち、土砂の生産・流出の異常現象から人命、財産を守り、安全かつ快適で生産力豊かな土地利用空間を整備・造成することを目指している。



図―4.2　砂防事業の目的

4.1.2 砂防事業の特徴

(1)土砂災等の防止

土砂災等の特徴としては、

①人的被害が多い。

②災害が激甚である。

③災害形態が多様である。

④二次災害を誘発することが多い。

⑤災害発生のメカニズムが複雑である。

⑥復旧、修復の困難度が高い。

⑦復元までに長期間を要す。

土砂災害は、復元不可能なもの、困難なもの、あるいは長期間を要するものが多く、人間に与えるダメージが大きい。

人間生活のもっとも基盤的なものを防護するもので事業実施による経済的価値より、**社会的価値が優先されるべき分野**のウエイトが大きいことが一つの特徴と言える

27

北海道砂防計画論の概要 ≫主なポイント

第4章　砂防事業の効果

河川経済調査に関し、砂防に特有な効果項目やその表現方法

(2) 国土の保全

国土保全上の目的としては、資源保全と自然環境保全があるが、

両者を通じて最も重要なものは「植生」と「水」の保全であると考えられる。

国土保全効果は、緑と水を中心に、水資源、観光資源、水産資源等の資源保全と景観、生態系等の自然環境保全と幅広いものがある。

4.1.3 砂防事業の分類と重点

表4.1 砂防事業の分類

区　分	事　業　の　内　容
荒廃砂防	現在荒廃している地域で行う災害復旧的な砂防
予紡砂防	現在は荒廃していないが荒廃する恐れのある地域で、災害発生前に予防的に行う砂防
先行砂防	土地開発と併行或は土地利用の高度化に先行して行う砂防

目的に対する重点の置きかたおよび具体的対策内容は、土地利用形態の変化や価値観等の社会的変化や財政力等により時代とともに変遷しており、総じて

人命損傷の防止　→　経済的損失の防止　→　利便性・快適性の阻害防止　→　利便性・快適性の向上

の方向で推移。

今後においてはさらに**快適性に重点をおいた事業展開**が必要と考えられる。

28

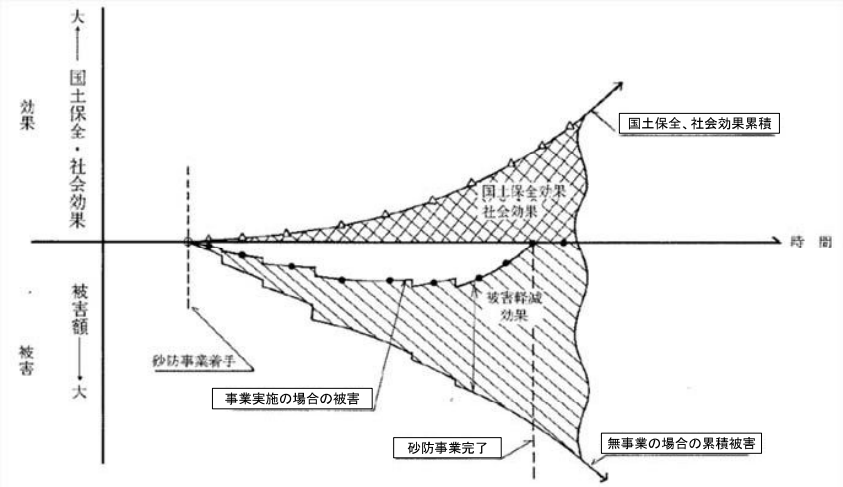
北海道砂防計画論の概要
≫主なポイント

第4章　砂防事業の効果

河川経済調査に関し、砂防に特有な効果項目やその表現方法

4.2 砂防事業の効果

被害軽減効果は、事業を行わなければ年々増大する被害（マイナス）を0にするにすぎないが、**国土保全効果と社会効果は、事業実施によって現状に付加されるいわゆるプラスの効果**である。



北海道砂防計画論の概要
≫主なポイント

第4章　砂防事業の効果

河川経済調査に関し、砂防に特有な効果項目やその表現方法

4.3砂防事業の果たすべき役割

北海道は農・林・水産資源や鉱物資源、水資源、観光資源などの豊かな資源に恵まれており、これらの資源を利用する産業が北海道の基幹産業となっている。

資源を利用する産業は農・林・鉱業や観光産業はもとより、水産業・水資源利用にしても水質などの面で「土地」の安定性に大きく依存しており、したがって、安全な土地や空間を整備・造成し、諸産業の生産向上に**積極的に寄与する**のが砂紡事業の使命となる。

北海道の砂防事業は土地利用の側面がとくに重要であり、事業目的や事業効果を「**安定空間の造成**」という観点でとらえるべきである。

さらに、砂防事業は事業実施を通して地域開発、地域振興、地域社会の活性化に寄与することを**意識的に目指すべき**である。国民や地域住民の価値観が多様化し、砂防空間に対するニーズも様々なものが出されていることから、地域社会の要求に答えるような多目的性を考える必要がある。

これからの砂訪事業は防災のみならず、**地域開発に貢献する社会効果を目的意識的に追求すべき**である。

社会効果：社会に対して波及的にもたらされる効果のこと

4.4 効果の評価

砂防事業が国土保全を目的とした国家的投資による公共事業であることから、その事業目的や事業効果は**一般社会に容易に理解される形**で表現されなければならない。

4.5 効果の表現方法

4.5.4砂防事業の効果体系

砂防事業の効果は有形、無形さまざまなものがあり、画一的な評価指標でそれらの効果重を表現することは非常に困難である。したがって、それぞれの効果の性質に応じて定量的あるいは定性的に表現せざるを得ない。

実際の砂防事業の実施にあたっては効果体系を考慮しつつ、それぞれの地域が必要としているもの、地域に与えうるものを適宜選択して、それらを具体化させる必要がある。

北海道砂防計画論の概要
≫主なポイント

第4章　砂防事業の効果

河川経済調査に関し、砂防に特有な効果項目やその表現方法



図4．3　砂防事業の効果

31

北海道砂防計画論の概要
≫主なポイント

第4章　砂防事業の効果

代表的事例

4.6 地域開発と砂防事業

砂防j事業が行なわれることによって土地の安全性が高まり、土地利用の用途が生産性の低いものから高いものへと変化したり、また事業実施以前は経済目的で利用されていなかった土地が経済的利用の可能となった社会効果事例

4.6.1 有珠山砂防事業　ー火山砂防の事例ー　（昭和52年～53年の噴火及び泥流の対策）

施設計画立案上の制約として、次の三点があり、全体の計画はこれを基本にすえられている。①短期間施工が要求される、②地盤変動への対応が要求される、③保全対象までの距離が1～3 Kmと短い。

効果

流路のはっきりしなかった扇状地上に流路工を設けたことにより、安全区域を明確にすることが出来たため、今後の土地利用にとって大きなプラスとなったばかりでなく、降雨のたびに泥流災害におびえなくてはならなかった地域住民をはじめ、土砂災害に対し、何ら予備知識のなかった観光客に安心感を与えたことは、有珠山砂防事業の大きな効果であったといえる。

災害復旧にともなう残土処理によって洞爺減の水辺に新たな水辺空間の造成と、事業実施における工事用道路が街や湖を一望する観光道路として利用され新たな観光資源が造り出されていること、さらに有珠山の緑化と砂防施設自体が温泉街にとけ込み安心感を与え、砂妨・治山工事が市民権を得るといった効果が現れし、観光客入込数も噴火前の水準にもどりつつある。

4.6.2 琴似発寒川砂防事業　ー市街地の先行保全の事例ー

発寒川扇状地上の都市化は琴似発寒川の砂防事業により保全された土地の上で進行してきたといえ、全道的に大災害をもたらした昭和56年豪雨においても、当流域では人家等に被害を及ぼすような災害をまぬがれることが出来た。

開発に先がけた事業の効果として現在都市砂防として施工中の豊平川砂防事業と工事費に占める用地補償・付帯工事費の比率をみると、豊平川砂防事業の40%～60%に比べわずか3%であり先行砂防による投資効率の良さが分かる。これらからもこの琴似発寒川の砂防事業はまさに地域開発をリードした先行砂防の典型といえる。

32

北海道砂防計画論の概要 ≫主なポイント

第4章　砂防事業の効果

代表的事例

4.6.3 豊平川砂防事業　ー他事業と連携した都市砂防の事例ー

地価の高騰以前に用地の一括買収を行なう、代替地の供給を行なう等の目的により「用地先行取得に係る国庫債務負担行為（用地国債）」により一定区間毎の計画的な用地処理を行なっている。

都市計画法に基づく市街化区域の拡大に当たっては、宅地造成が行なわれる前に砂防事業用地（指定地）の確保を行ない、宅地開発区域との整合を図っているほか、国道改良事業などと計画および施工待期の調整を図って効率の良い事業展開を行なっている。

施設が住宅に近いため、利用の可能性、景観に対する配慮を行なっており、例えば遊砂地を地元自治体の協力を得つつ、公園として解放したり、流路工の流雪利用、流路工では複断面方式によるせせらぎの確保等の検討を行ないながら施工を行なっている。

4.6.4 日高砂防事業　ー治山事業と連携した丘陵台地の事例ー

丘陵台地の渓流は流域が不明瞭で、対策のポイントとなる地点を見いだしにくいが、治山事業との連携により事業の進展を図った。

流出土砂の再移動防止として沢型地形の出口部に砂防ダムを建設するとともに、数多くの小規模な渓流および斜面崩壊部は治山事業による谷止工・水路工で地域全体の斜面を安定させ、これにより流出土砂を減少し下流の土砂害に対する安全度を高めた。これらの対策により斜面の緑化が進み、諸施設とともに快適で安心感のある保全事業となった。

4.6.5 奥尻の砂防事業　ー海岸山地の砂防で安定空間を創造した事例ー

海岸山地特有の狭小な利用可能地を砂防用地として減少させないことはもとより、流路工においては屈曲部の法線改良および法線位置の選定等により、安定空間造成に留意し施設の配置を行っている。

造成された空間は、海からの距離、排水性等コンブ干場として良好な条件を備えている。

周辺海域は沿岸漁業の好漁場となっていることから、各渓流とも許容流砂量を小さくし、海域の汚濁防止につとめ水産資源の防護も考慮している。

北海道砂防計画論の概要 ≫主なポイント

結　　言

近年の**世界経済の不安定状態はわが国の産業界を揺り動かしている**が、道内では基幹産業である農林水産業および鉱業に大きく影響を及ぼしている。

いっぽうで、着々と整備されている道路網や空港などの交通施設の発達は物資や人の交流を促し、とくに北海道の豊かな自然を求める**道外からの観光客が大幅に増加**している。

また、コンピューターネットワークなど**新しいメディアの整備は情報伝達の高速化と高密度化をもたらし**ており、これらに**対応した新しい地域開発や経済発展のあり方が求められている**。

次世紀はフロンティア精神を踏襲しつつ新たなる理念を掲揚し、過去と現在を結ぶ延長線上に**未来の目標を定め**、**広い視野に立った総合的な手法に基づく発展への方向付け**と、目標の**実現化への努力がより重要**となってくると考えられる。

わが国の砂防事業は土砂災害の防止と国土の保全を目指し、治水機能を有する砂防施設の整備に力を注ぎ、今日事業開始100年有余を経てようやくその効果が得られてきた。

道内では広大な国土に対して開発の進んだ、地域を中心に砂防施設配置が実施されてはいるが、事業開始から**40年弱と日も浅く、もとより降雨の少ない気象条件下にあるため基本施設の整備に重点が置かれていた**。しかし、昭和42年の道南災害、51年、56年の石狩川洪水、さらには有珠山噴火による泥流の発生など、災害の少ないといわれた**北海道も大規模な災害が頻発するようになってきた**

本書は、北海道における砂防計画の基本的考え方を中心に論じたものであるが、これを基本として北海道版の砂防技術基準とも言うべきマニュアルを整理することが、今後の課題として残されている。

北海道砂防計画論
≫今後に向けて

（私なりの）問題意識

・「北海道砂防計画論」は現在、活用されているか？
製本されているが、販売していないし、担当者の手元にないかも･･･

・発刊後に発生した十勝岳や有珠山の噴火、奥尻地震・津波災害、平成28年連続台風豪雨災害、胆振東部地震など激甚な土砂害、複合災害が発生している。
「北海道砂防計画論」はこれらの事象にどのように応えてきたか？

・その後の砂防事業で、土砂災害低減効果、国土保全効果、社会効果はどのように表れたか？
効果はうまく表現され、ユーザーに伝わっているか？

・土砂法の施行、人口減少傾向、地球温暖化、ｶｰﾎﾞﾝﾆｭｰﾄﾗﾙなど取り巻く社会環境の変化に
砂防事業はどのように応えるか？

来年度に向け、検討準備のWGを本年10月に実施
メンバー　：砂防学会北海道支部役員等より、山田支部長他研究者、行政、コンサルタントから4名で議論
主な論点　：とりまとめ主体、最終形、社会・環境の変化への対応、扱うテーマ、活用方法、その他

35

北海道砂防計画論
≫今後に向けて

来年度に向けて、検討準備のWGより、主な意見

◆ とりまとめ主体　　最終形
◆ 社会・環境の変化への対応

他の指針やマニュアルに軋轢を生じない主体として、砂防学会北海道支部の提言と裏付け資料のような形

気候変動の影響・計画規模を上回る現象
複合災害
大規模地震
カーボンニュートラル
環境との調和、GX
コストに対する意識
人口減少
まちづくり、居住誘導との連携
観光、交流人口の増加

36

北海道砂防計画論
≫今後に向けて

来年度に向けて、検討準備のWGより、主な意見

◆ 扱うテーマ

◆ 活用方法

安全空間を確保した先の北海道の姿からのバックキャスト、近未来の北海道における砂防の在り方
砂防を進化する視点
将来のまちと砂防空間への考え方、防災空間の多（他）目的利用
広域支援、復旧、復興に備える砂防、避難路、移動経路の保全
今後起こり得る災害への対応、土砂災害と他の災害の複合領域におけるハザード対応
流域治水、土砂洪水氾濫で砂防が連携できること
防災事業を行う中で、砂防事業の限界　まちづくりを含む他事業との連携

流木、立木、植生のとらえ方、効果
グリーンインフラ、土砂氾濫の誘導
緩勾配で発生する地震時の斜面崩壊
災害事例から得られた、知見、効果、課題
砂防事業の定量的、定性的な経済効果事例

行政や技術者への提言
第3者への説明資料
流域の将来像をどうすべきかの視点を持った人材育成
指針、マニュアルの前提となる発想、思想の理解
北海道で行う砂防計画の、本州との相違点の理解
実践に移行する、実施に向けた考え方の理解

リバイスへの意見、ニーズの調査
個別の事象で行われた検討会、提言の確認

37

令和4年度
(公社)砂防学会北海道支部研究発表会

地すべり運動と土木構造物被害

国内外の5件の事例から考える

2022年12月09日

㈱ノース技研　沼田　　寛

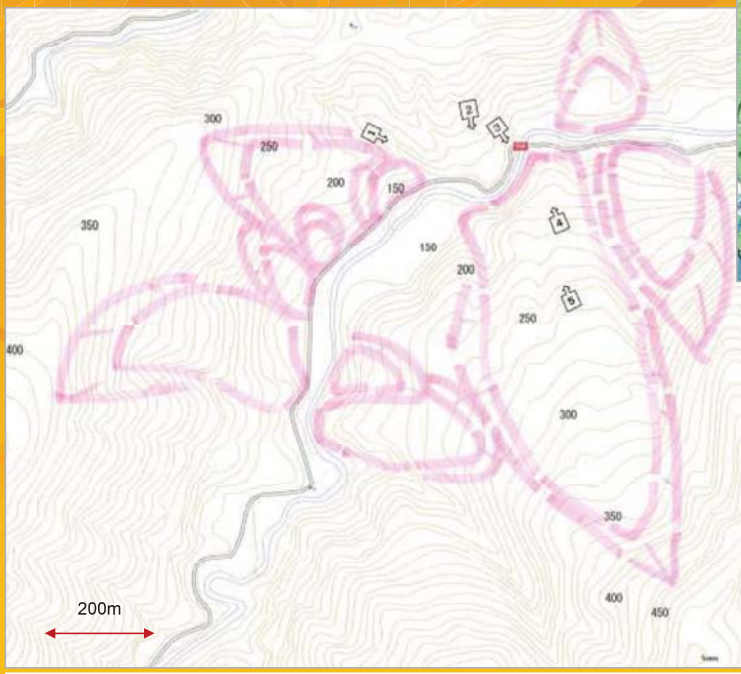
今日お話しすること

地すべり運動によって引き起こされたと考えられる
道路橋梁等の土木構造物被害の事例から考える。

1、新十津川町（林道橋梁）
2、東川町（町道橋梁）
3、神恵内村（林道橋梁）
4、ヴェネズエラ・ボリヴァル共和国（高速道路橋梁）
5、洞爺湖町（砂防堰堤）
6、以上の事例から考えたこと
・地すべり被害は意外と身近にある。
・土木構造物を新設・点検する場合は、地すべりの存在にも注意を！

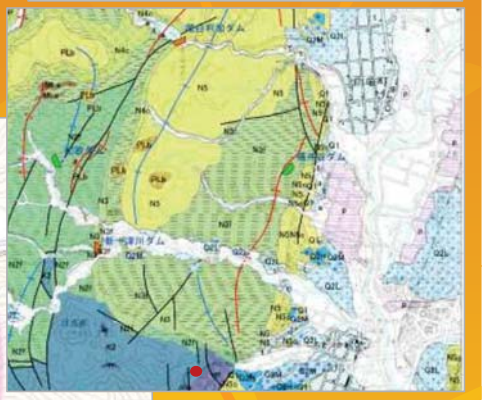
1、新十津川町

■ 林道砂金沢線　橋梁



平面図　（地すべり地形分布図を1/5,000基盤地図に写したもの）

北海道地方土木地質図　北海道中央北部
増毛山地　D-06
日本応用地質学会北海道支部　平成29年5月10日



凡　例

K2 ：中生代白亜紀堆積岩　隈根尻山層
安山岩質～玄武岩質のﾊｲｱﾛｸﾗｽﾀｲﾄ、火山性砂岩泥岩互層・泥岩

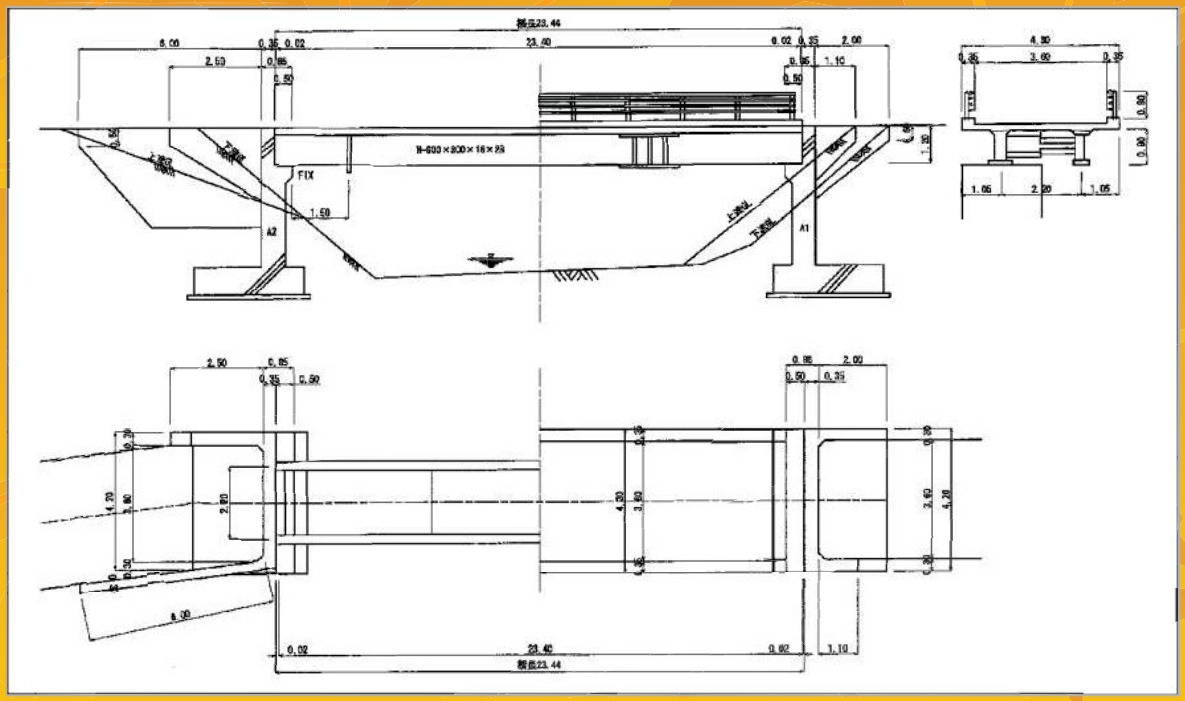
vm：中生代白亜紀熔岩　隈根尻山層
安山岩質～玄武岩質熔岩・酸性凝灰岩

N　：新生代新第三紀堆積岩

Q　：新生代第四紀堆積岩

●　：橋梁位置

橋梁一般図



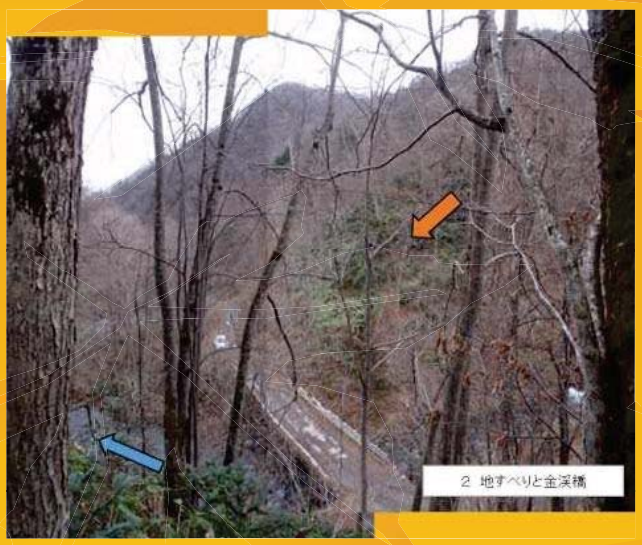
（右岸側より橋梁全景）
（10/29.2015）



地すべりを背景に橋梁全景
（下流左岸側より10/29.2015）



橋梁と右岸上流地すべり（11/20.2015）



地すべり中腹から橋梁望む（11/20.2015）



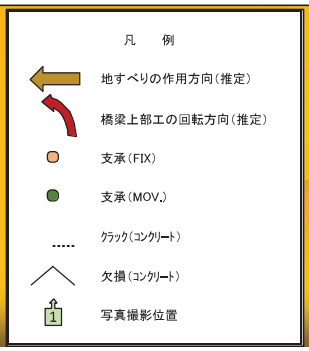
橋梁破損のメカニズム概念図













橋梁破損の推定メカニズム

・「地すべり」運動のため、A－1橋台に対して、背後上流側約45度の方向から圧力が掛かったことによって、A－1橋台が川側へ移動し、この結果、上部工が圧迫され、橋台胸壁と接する上流側地覆の右岸側角にクラックが生じたと思われる。

・上部工が圧迫された結果、A－2の下流側固定支承を回転の中心とするようにして、上部工右岸側が川側下流側へ、左岸側は川側上流側へ、反時計回りに回転移動したと思われる。

・この結果、A－2の上流側固定支承は、上部工の回転移動に付随して川側へ移動したため、支承のアンカーが埋め込まれたA－2橋台橋座部コンクリートに引張応力が発生し、当コンクリートが破壊・欠損したものと思われる。

・また、A－2の下流側固定支承についても上部工回転の中心となったため捻りが働き、引張応力が発生して橋座部コンクリートにクラックが発生したものと思われる。

・上部工は、A－1橋台の移動によって、A－2橋台の固定支承とA－1橋台との間で挟まれる恰好になっており、圧縮力が加わっていることが推定される。

2、東川町

■ 町道橋梁

北海道地方土木地質図　北海道中央北部　十勝・大雪火山群
大雪火山群　-06
日本応用地質学会北海道支部　平成29年5月10日





国土地理院1/5,000基盤地図

凡　例

a　：氾濫原堆積物

fwtk：新生代新第三紀鮮新世
火砕流堆積物

PLa：新生代新第三紀鮮新世
安山岩質熔岩

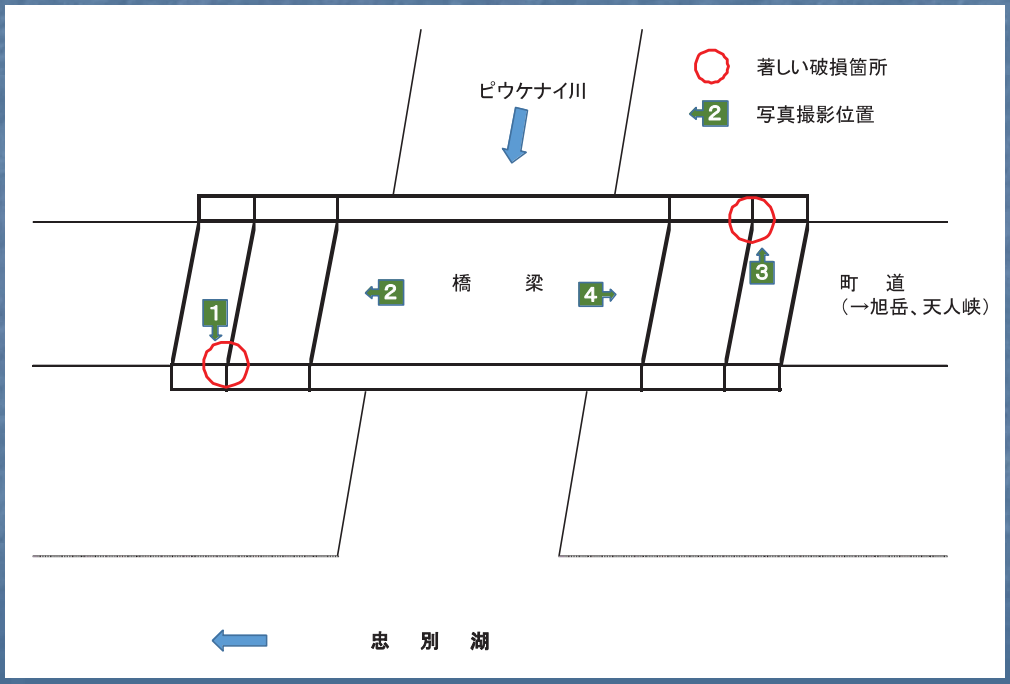
MPa：新生代新第三紀中新世
安山岩質熔岩

QLa：新生代第四紀　安山岩質熔岩

Q2　：新生代第四紀　堆積岩

●　：橋梁位置

橋梁概念図











現地の状況

・地すべり地形分布図によれば、当町道橋梁に接する地すべり地は無い。

・しかし、現地を見ると、橋梁の地覆コンクリートが継ぎ手部分で破損し、高欄は波打っており、橋軸方向に圧縮力を受けているように破損している。

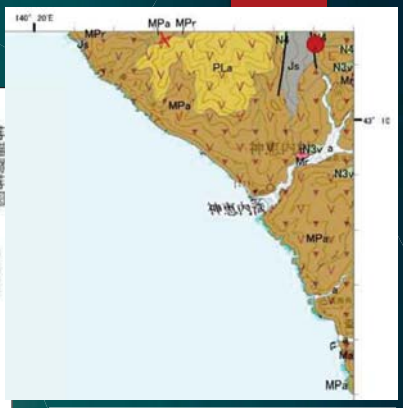
・橋梁は、忠別川の忠別ダムの右湖岸沿いにあり、ダム建設に伴って付け替えられた町道に架かるものである。

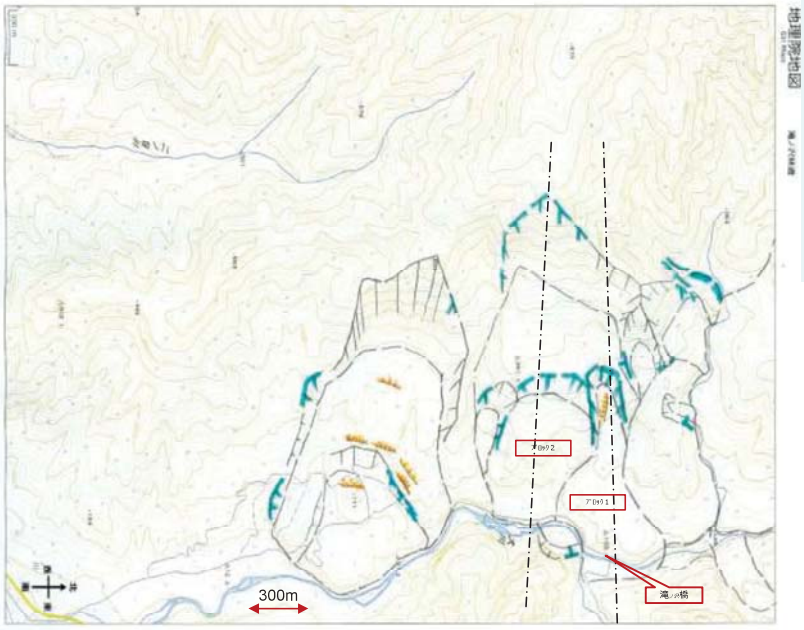
・2013年10月下旬から2014年10月上旬にかけて架け替え工事がなされた模様である。

3、神恵内村

■ 滝ノ沢林道　橋梁

北海道地方土木地質図　北海道南西部　道南地域
積丹ー余別山地　B-08
日本応用地質学会北海道支部　平成29年5月10日





凡　例

Js　：中生代ジュラ紀付加体　珊内層
泥岩・砂岩

MPa：新生代新第三紀中新世　古宇川層
火山砕屑岩

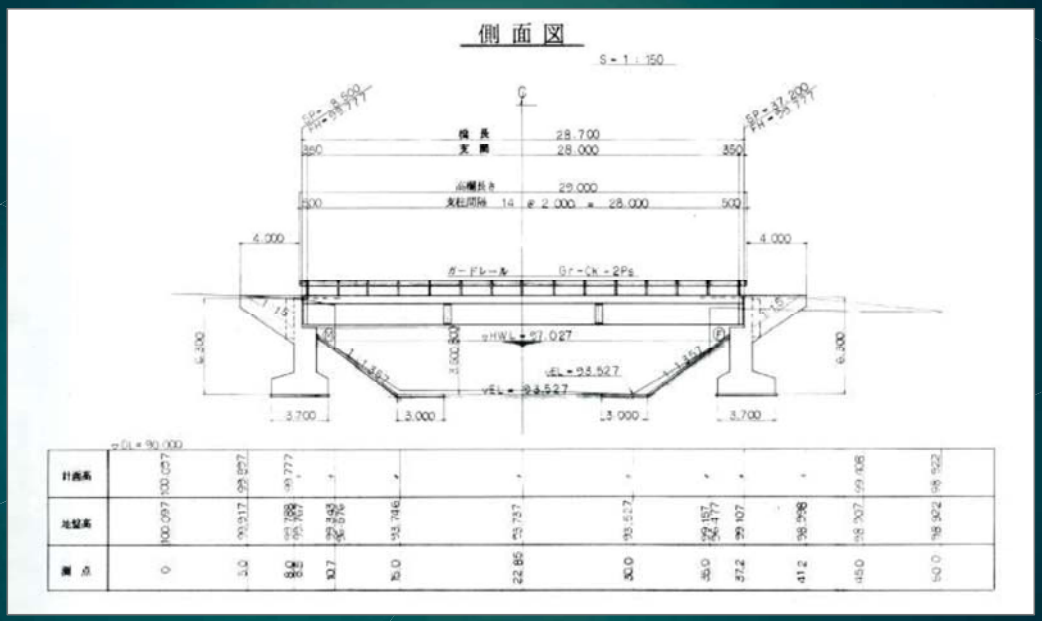
PLa：新第三紀鮮新世　積丹岳熔岩
安山岩質熔岩

N4　：新第三紀堆積岩　ﾄｰﾏﾙ川層
石英安山岩質ﾊｲｱﾛｸﾗｽﾀｲﾄ、凝灰岩、泥岩

●　：橋梁位置

平面図　（地すべり地形分布図を1/5,000基盤地図に写したもの）

橋梁一般図





左岸側（A-2）より
地すべり舌端部

地すべり舌端部上
の平坦地形





地すべり舌端部斜
面から橋梁を臨む



地すべり舌端部上
の流水と粘性土



右岸（A-1）
橋梁護岸の
孕み出し



左岸
A-2橋台の
傾倒



左岸（A-2）
下流桁（G-2）
上支承の
変位



左岸（A-2）
下流桁（G-2）
下フランジの
変形

現地の状況

・橋台がA1、A2とも背後側に傾いている。

・橋台上の支承（下部沓）から、上部工（上部沓）が許容範囲を超えて軸方向に移動しており、上部沓のストッパー（A1-G1、A1-G2、A2-G1、A2-G2）が全て剪断破壊している。

・上部工I桁（G1、G2）の下部フランジが、支承部の手前川側で上部側へ変形している。

・胸壁（A1、A2）には全て亀裂が発生しており、橋座面との間には間隙が生じている。

・A2橋台側の桁間の床版端部にコンクリートの浮き・剥離・鉄筋露出が見られる。

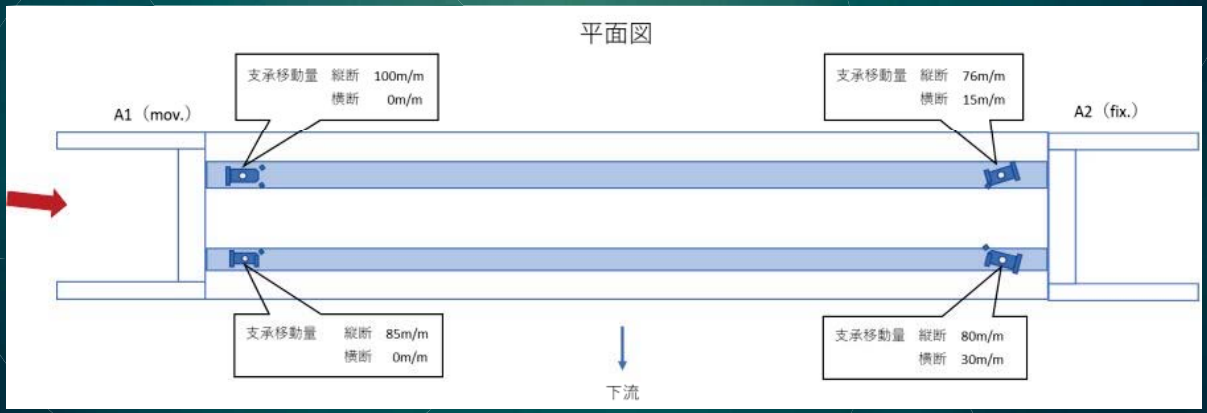
・損傷は、何れも竣工後33年を経過した2017年11/10点検時には、既に確認されている。

・損傷は何れも、通常の使用状態（鉛直荷重）によるものとは考えられない。何か橋軸方向からの強大な圧力によって生じたものと考えられる。

・地質的には、当該地周辺は、新生代新第三紀中新世の火成岩である安山岩熔岩や火砕岩（火災砕屑岩）が分布しているが、当該地は、新第三期以前の地層である中生代ジュラ紀の付加体分布地の中に有る。古宇川中流右岸沿いに約7kmに渡って分布し、珊内層と呼ばれ、堅硬な泥岩や砂岩からなり、少量のチャート、緑色岩などを伴い、ジュラ紀に続く白亜紀の花崗岩の接触変成により、一部ホルンフェルス化（硬く緻密）しているとされる。

橋梁変位の模式図





4、ヴェネズエラ・ボリヴァル共和国

■ カラカス･ラグアイラ　ハイウエイ　No.1橋梁

ヴェネズエラ･ボリヴァル共和国（1999～、それ以前はヴェネズエラ共和国）



ヴェネズエラの概要

面積：914千km²（日本の2.47倍）

人口：28.4百万人（2020　国際連合）

首都：カラカス（2.9百万人 2011）

言語：スペイン語（1811年スペインから大コロンビア共和国独立、1830年同国から分離）

宗教：大部分カトリック

元首：ニコラス･マドゥーロ･モロス大統領（2013～2019）

与党：ヴェネズエラ社会主義統一党（チャベス大統領 1999～2013）

議会：一院制　165議席

憲法：1999年新憲法

産業：鉱業(石油、鉄鋼、ボーキサイト、金、ダイアモンド等)、石油化学、製鉄、アルミ

輸出：973億ドル（2012 ヴェ中央銀行）、石油、有機･化学品、鉄鋼･アルミ、鉱物、輸送機器等

（米国、中国、コロンビア、ブラジル、チリ、日本（492億円　0.46%））

輸入：593億ドル（2012 ヴェ中央銀行）、電気機器、化学品、鉄鋼･アルミ、畜産品、輸送機器等

（米国、中国、ブラジル、コロンビア、アルゼンチン、日本（660億円　1.01%））

通貨：ボリヴァル･フエルテ（1$＝709Bs.F？、2017）

ｶﾗｶｽ-ﾗ･ｸﾞｱｲﾗ ﾊｲｳｴｲ と No.1橋梁の位置 (11.2015)

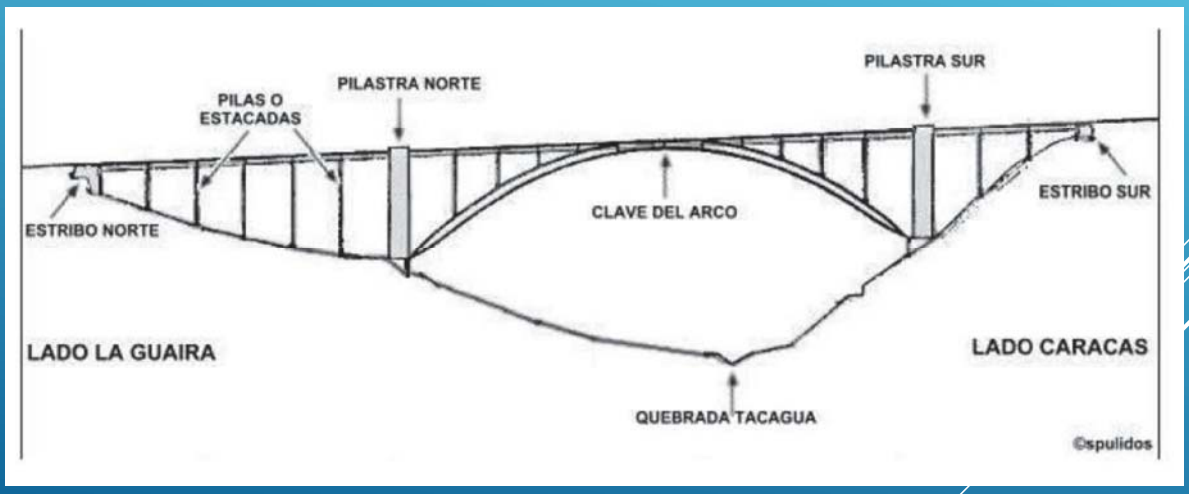


ｶﾗｶｽ-ﾗ･ｸﾞｱｲﾗ ﾊｲｳｴｲ Autopista Caracas-La Guaira の概要

- ･種　　別：ﾊｲｳｴｲ（国家管理） Autopista
- ･延　　長：17km（ｶﾗｶｽ Caracas と中央海岸 Litoral Central を結ぶ）
- ･断　　面：2＊7.3m=14.6m
- ･工　　期：1950年1月～1953年12月
- ･構 造 物：ﾄﾝﾈﾙ 2 ﾎﾞｹﾛﾝ1 Boqueron1 L=1,910m
  ﾎﾞｹﾛﾝ2 Boqueron2 L=497m
  橋梁 3 ﾀｶｸﾞｱ川 Quebrada Tacagua の谷を跨いでいる
  第1橋梁 L=300m（ﾌﾟﾚﾌｧﾌﾞﾘｯｸ･ﾌﾟﾚｽﾄﾚｽﾄ･ｺﾝｸﾘｰﾄ橋梁）
  第2橋梁 L=270m（同 上）
  第3橋梁 L=215m（同 上）
- ･技術協力：ﾌﾗﾝｽ

No.1橋梁　一般図　橋長300m　河床からの高さ70m

＊ Eugene Freyssinet（仏）設計の世界初のﾌﾟﾚﾌｧﾌﾞﾘｯｸ･ﾌﾟﾚｽﾄﾚｽﾄ･ｺﾝｸﾘｰﾄ橋梁　（1950～1953）



Drawing from “European Tribune”（01/28.2006 by Jerome a Paris）

No.1橋梁
美しい姿





Photos. from “European Tribune”（01/28.2006 by Jerome a Paris）

No.1橋梁の建設



Photos. from “Autopista Caracas-La Guaira Riesgo de Colapso en los Primeros 3 Kirometoros”

（ http://acading.org.ve/info/comunicacion/pubdocs/material_CR_tecnicas/infraestructura/(2011.09.01)_PAEZ_PUMAR_Autopista_Caracas_La_Guaira.pdf ）

No.1橋梁 と 断層地すべり の位置 （06.2006）



第1橋梁 Viaducto Nr.1 落橋と新橋梁建設までの経緯

・ﾀｶｸﾞｱ川は断層帯

・1967年のｶﾗｶｽ地震でｸﾞﾗﾓｳﾞｪﾝ丘とﾀｶｸﾞｱ断層が変動し、第1橋梁は最初の影響を受けた。

・その後、ﾌﾗﾝｽの技術協力により対策が施されてきたが、圧迫は徐々に進んだ。

＊筆者は、1990～1993年の間に現地を訪れている。

・1987年頃から、落橋の可能性が検討され始めた。

・橋梁の変位は進み、2006年1月に橋梁は閉鎖され、迂回路を通行することとなった。

・2006年3/19（日）完全に落橋した。既に、閉鎖されていたことから被害は無かった。

・2006年2/26に、迂回路が落成した。

・新橋梁は、2006年2月末から建設に着手し、2007年6月22日に完成した。16ヶ月という短期間施工。

・地盤変動域は、ｶﾗｶｽ側に広がっており、ﾊｲｳｪｲに被害をもたらしていることから、二期計画も検討されている。

No.1橋梁付近の地すべり域と断層面の深さ



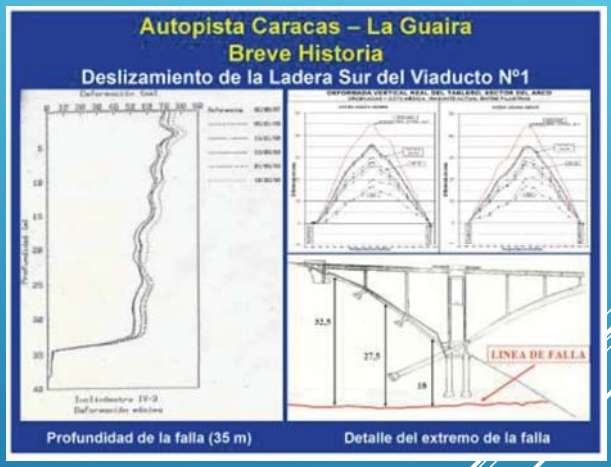


Photo. and Charts from “Autopista Caracas-La Guaira Riesgo de Colapso en los Primeros 3 Kirometoros”

（ http://acading.org.ve/info/comunicacion/pubdocs/material_CR_tecnicas/infraestructura/(2011.09.01)_PAEZ_PUMAR_Autopista_Caracas_La_Guaira.pdf ）

落橋直前のNo.1橋梁 （背後が地すべり ラ･グアイラ側より 03/01.2006）



Photo. From “Google Earth”

No.1橋梁の被災



Photos. from “Autopista Caracas-La Guaira Riesgo de Colapso en los Primeros 3 Kirometoros”

（ http://acading.org.ve/info/comunicacion/pubdocs/material_CR_tecnicas/infraestructura/(2011.09.01)_PAEZ_PUMAR_Autopista_Caracas_La_Guaira.pdf ）

No.1橋梁の落橋 （03/19.2006）





Photo. From “Google Earth”

Photo. from “Autopista Caracas-La Guaira Riesgo de Colapso en los Primeros 3 Kirometoros”

（ http://acading.org.ve/info/comunicacion/pubdocs/material_CR_tecnicas/infraestructura/(2011.09.01)_PAEZ_PUMAR_Autopista_Caracas_La_Guaira.pdf ）

No.1橋梁付近の地盤変動域と新橋梁ルート



Figure from “Autopista Caracas-La Guaira Riesgo de Colapso en los Primeros 3 Kirometoros”

（ http://acading.org.ve/info/comunicacion/pubdocs/material_CR_tecnicas/infraestructura/(2011.09.01)_PAEZ_PUMAR_Autopista_Caracas_La_Guaira.pdf ）

新橋梁ルートと迂回路　橋長803m

カラカス側



ラ･グアイラ側

Photo. from “Autopista Caracas-La Guaira Riesgo de Colapso en los Primeros 3 Kirometoros”

（ http://acading.org.ve/info/comunicacion/pubdocs/material_CR_tecnicas/infraestructura/(2011.09.01)_PAEZ_PUMAR_Autopista_Caracas_La_Guaira.pdf ）

建設中の新橋梁と迂回路　（迂回路からラ･グアイラ側より望む　03/13.2007）



Photo. From “Google Earth”

新橋梁落成式　（カラカス側　Uploaded 07/17.2007）



Photo. From “Google Earth”

シモン・ボリーヴァル センター（環境天然資源省）

Centro Simon Bolivar　（Uploaded on 01/18.2013）



Photo. From “Google Earth”

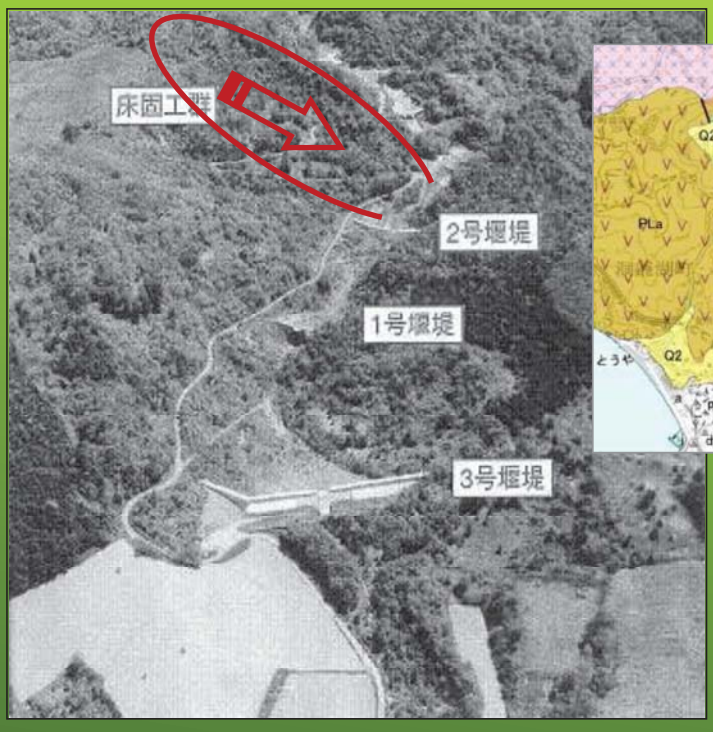
5、洞爺湖町

■ トコタン川2号砂防堰堤



＊これ以降の資料については、北海道建設部河川砂防課から提供して頂いた。

トコタン川2号砂防堰堤・泉地すべり全景



北海道地方土木地質図　北海道南西部　道南地域
胆振山地　C-09
日本応用地質学会北海道支部　平成29年5月10日



凡　例

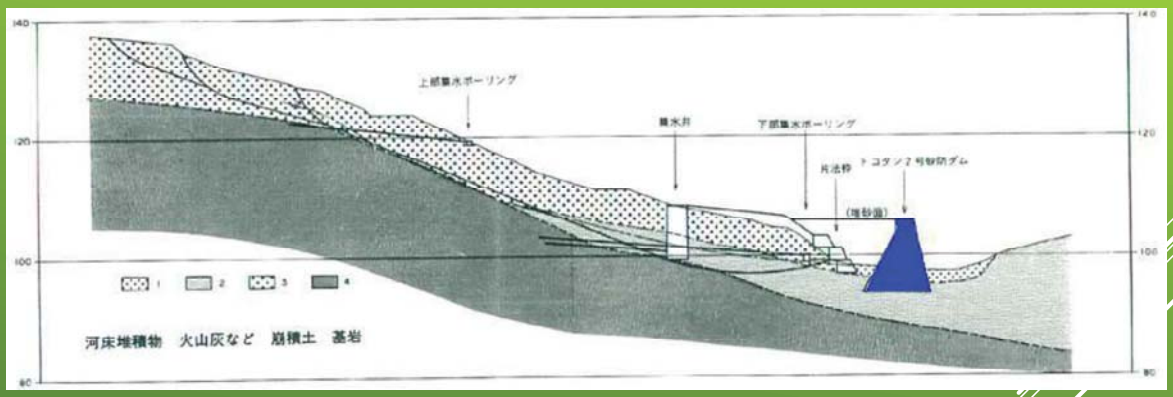
fa3ty：新生代第四紀　有珠降下火砕物
降下ｽｺﾘｱ、ﾍﾞｰｽｻｰｼﾞ、熱運堆積物

QLb：第四紀　有珠火山噴出物
玄武岩質熔岩

QLr ：第四紀　有珠火山噴出物
石英安山岩質

●　：2号堰堤位置

泉地すべり地質断面図



泉地すべり全景



地すべり発生1977年12月初旬
（1978年1月撮影）

トコタン川2号砂防堰堤工堤体破断全景





泉地すべりの概要

【位置】:有珠山西方3km。虻田郡洞爺湖町字泉。

【地質】:新第三紀鮮新世の虻田熔岩を基岩とする。

・これを、第四紀更新世の洞爺カルデラ噴出物の火山灰、完新世の玄武岩質安山岩・火山性土砂、河床堆積物などが覆っている。

・基岩もこれを覆っているものも、一部鉱化変質により粘土化(青灰色化)しており、1号堰堤から上流400m付近では粘土化帯が発達している。

・粘土化帯は有珠山南麓の各所に分布し、多く地すべりを伴っている。

【地すべり概要】:2号堰堤建設に伴う河床掘削で粘土帯の末端足部を切土。

・斜面の不安定化と応力解放による地すべり粘土の強度低下。

・'78.12月初旬 地すべりの発生。下方から上方へと次第に進行。

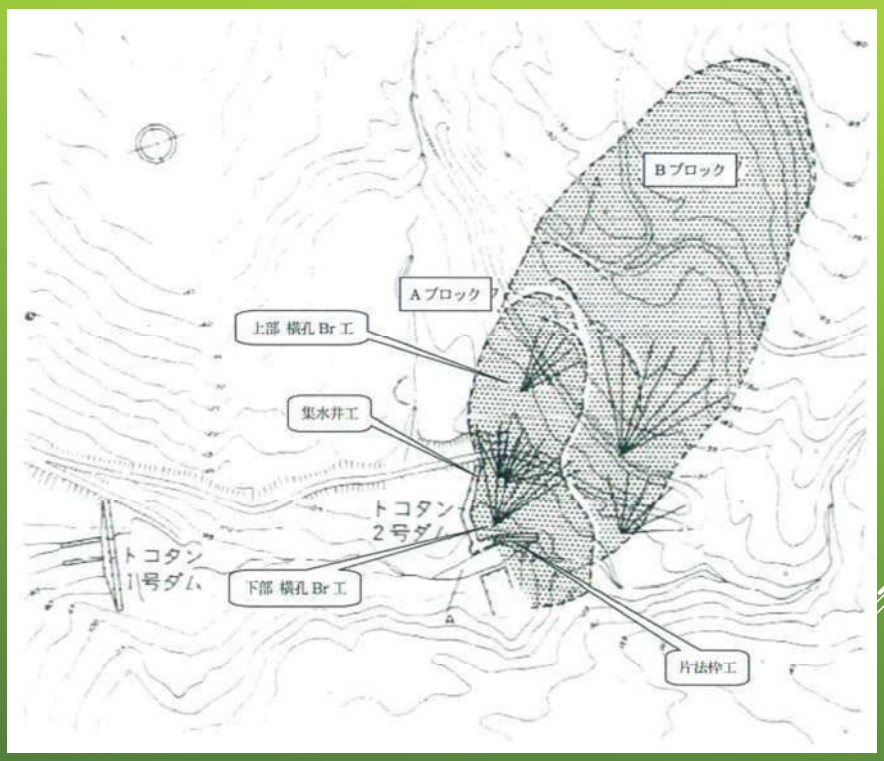
・地すべりはコンクリート打設済みの2号堰堤右岸袖部を破断。

・12月～翌3月の移動量は15cm/週と速かった。

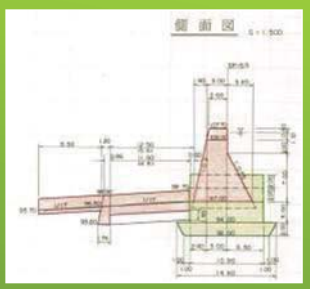
・滑動ブロックは幅50m、長さ100m、滑り面勾配約20°。

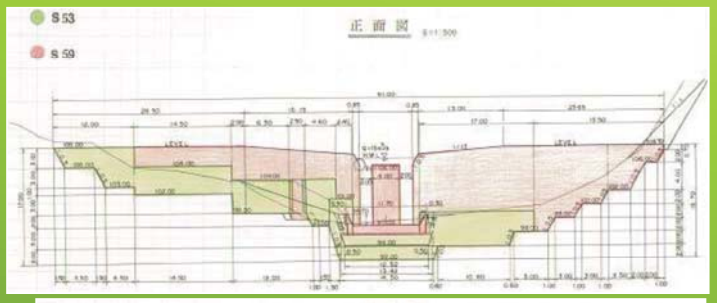
・ブロック背後にも、幅60～70m、長さ100mの旧地すべり地形。

泉地すべり対策工平面図

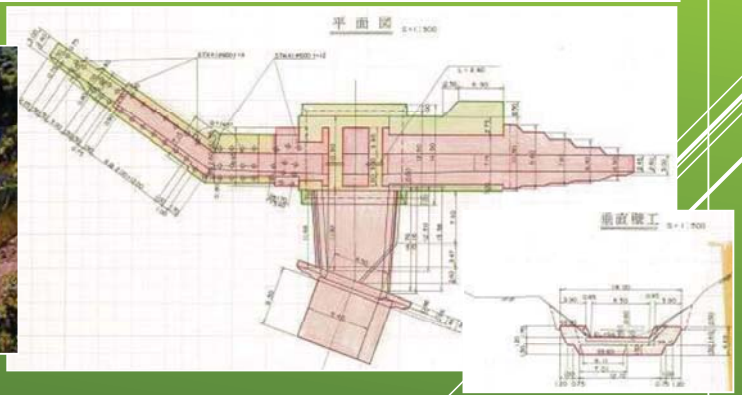


完成したトコタン川2号砂防堰堤









地すべり地形分布図で見てみると、3／4が地すべり地形に該当している。









◎　土木構造物を新設・点検する場合は、地すべりの存在にも注意！