

3. 岩盤斜面評価精度向上のための調査手法の検討

3.1 部会設置の目的と活動の概要

3.1.1 部会設置の目的

北海道においては平成8年2月に発生した豊浜トンネルの崩落以降、第2白糸トンネル、北見市北陽、えりもなど崩壊量10,000m³を超える大規模崩落が発生している（表3.1）。これらのうち国道の沿線で発生した災害では、事故調査委員会が組織され、事故原因の究明とともに、今後に向けた提言が述べられている（表3.2）。各事故調査委員会で述べられた提言は、いずれも重要なものであり、それと同時に解決が困難な課題も多く含まれている。また豊浜トンネル崩壊の翌年に発足した「北海道日本海沿岸地域における大規模岩盤崩落検討委員会」のように、岩盤斜面の調査や評価精度の向上を目的とした複数の委員会が組織され、新たな点検や調査の手法が提言されている。

本部会は、上記のような背景の下、積雪寒冷地という北海道特有の気象条件に適した岩盤斜面の調査手法を検討することを目的として設置されたものである。

表3.1 豊浜トンネル以降の岩盤斜面災害の概要（崩壊土量1,000m³以上）¹⁾

	発生年月日	場所	規模(m ³)	地域区分	地質	備考
1	H8.2.10	豊浜トンネル	11,000	日本海沿岸	火砕岩	死者20名
2	H8.3.15	宇遠別第1覆道	1,000	黄金道路	ホルンフェルス	
3	H9.3.4	宇遠別第1覆道	2,000	黄金道路	ホルンフェルス	
4	H9.6.7	ほしば覆道	5,450	黄金道路	ホルンフェルス	
5	H9.8.25 H9.8.29	第2白糸トンネル	56,000	日本海沿岸	火砕岩	
6	H13.10.4	北見市北陽	24,000	常呂帯	付加体堆積物	死者2名
7	H15.9.26	ほしば覆道	2,400	黄金道路	ホルンフェルス	十勝沖地震
8	H15.9.26	浜フンベ	1,500	黄金道路	砂岩・頁岩	十勝沖地震
9	H15.9.26	美幌	1,000	黄金道路	砂岩・頁岩	十勝沖地震
10	H15.10.1	静内ダム湖斜面	5,000	日高地方	酸性岩	
11	H16.1.13	えりも町 宇遠別第1覆道	42,000	黄金道路	ホルンフェルス	死者1名、 負傷者1名
12	H18.5	札文島	10,000	日本海沿岸	火砕岩	

表 3.2 国道沿線で発生した災害の事故調査委員会での提言¹⁾

	委員会名	提言内容など
1	豊浜トンネル崩落 (1996. 2. 10)	① 岩盤生成過程や地形発達過程などの地球科学的な知見をより一層活用すること ② 変化する自然の姿を的確に捉えるために斜面の長期的な経時変化を追跡すること ③ 軟岩で構成される急崖斜面に対してきめ細かな点検を実施すること ④ テストフィールドを選定して長期モニタリングを行うこと ⑤ 予知予測に関する研究を一層促進すること ⑥ 地域防災体制や道路防災情報システムを構築すること
2	第2白糸トンネル崩落 (1997. 8. 25) (1997. 8. 29)	① 大規模岩盤崩落の予知予測に関する研究の推進 ② 岩盤監視システムの構築 ③ 道路管理体制の充実化 ④ 地域防災体制の構築
3	北陽土砂崩落 (2001. 10. 4)	① 「常呂帯」のような複雑な地質における岩盤斜面の研究及び技術開発 ② 道路災害防止に向けたソフト対策
4	えりも町斜面災害 (宇遠別第1覆道) (2004. 1. 13)	① 地形判読と地形形成過程の検討 ② 地質学的にみた岩石劣化と岩盤物性に関する調査・研究 ③ 北海道における防災点検の充実

3.1.2 活動の概要

(1) 部会委員の構成

本部会は、以下の委員により構成される。（平成28年5月現在：敬称略）

部会長	川村 信人	北海道大学大学院 理学研究院	特任准教授
委員	石丸 聡	地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 地質研究所 地域地質部	主査
委員	児玉 淳一	北海道大学大学院 工学研究院	准教授
委員	高野 伸栄	北海道大学大学院 工学研究院	教授
委員	藤井 義明	北海道大学大学院 工学研究院	教授

(2) 部会活動の概要

当部会の活動は、岩盤斜面の評価手法についてモデル地区においてケーススタディを実施し、総合的な岩盤斜面評価手法を一覧表として取りまとめる作業と、岩盤計測手法の現地実験などに大別される。これらの取り組みの概要を表3.3に示す。

表 3.3 岩盤斜面検討部会活動の概要

	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27
モデル地区 現地検討会	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
総合的な 岩盤斜面評価 総括表	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
最近の 地質調査技術 ガイドライン					○	○	○	○	○			

(○：実施項目・年次)

3.2 活動の内容（モデル地区現地検討会、他）

当部会では、岩盤斜面の調査手法を検討するにあたり、13 個所のモデル地区を選定してケーススタディを実施した（図 3.1）。以下ではこれらのうち、平成 26 年に実施した上川町層雲峡地区と、平成 27 年度に実施した余市町滝の潤地区・積丹町神岬地区について述べる。また、函館市豊崎地区の岩盤計測（道路管理技術研究所にて実施）に係わる現地検討会について説明する。

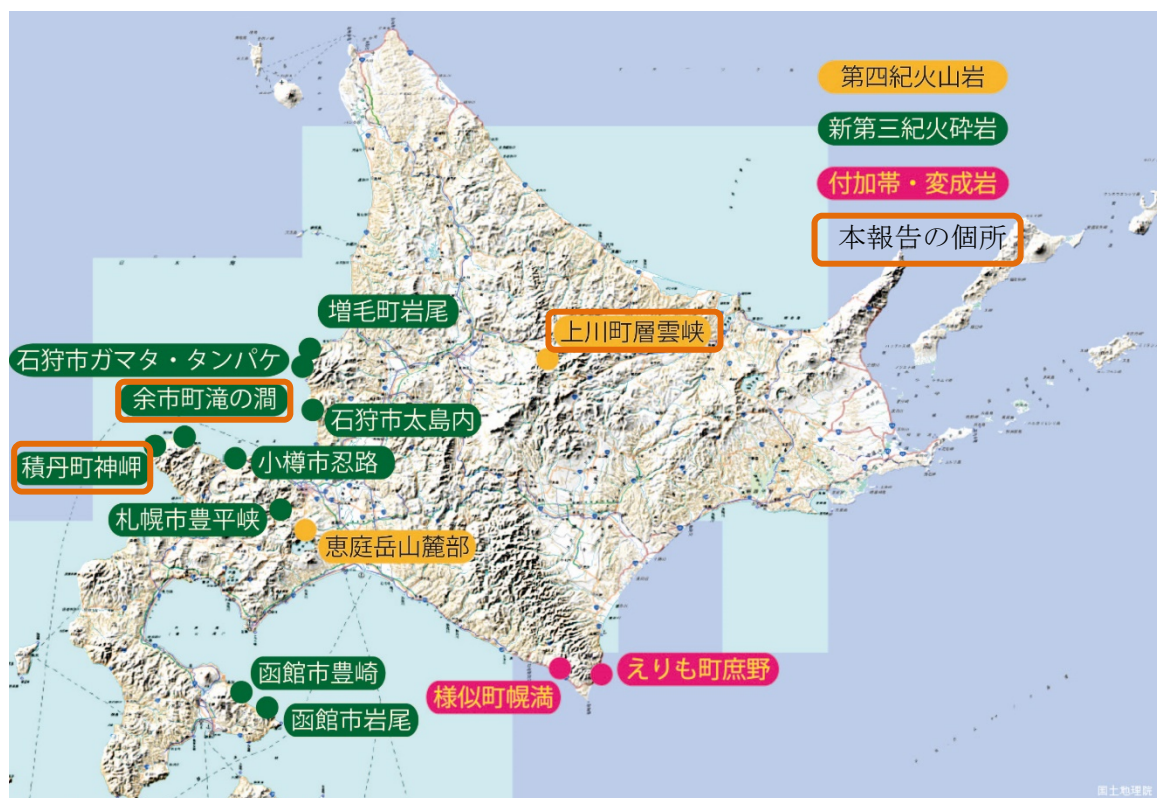


図 3.1 モデル地区位置図

3.2.1 上川町層雲峡地区

上川町層雲峡四の岩地区では、平成25年9月8日に岩盤崩壊が発生した。当部会では、岩盤崩壊の調査点検に際する留意点を抽出する目的で、平成26年6月11日に現地部会を実施した。

(1) 岩盤崩壊の概要

- 発生個所 上川町層雲峡四の岩 石狩川左岸地区（図3.2・写真3.1）
- 発生日時 平成25年9月8日16時30分ごろ（110番通報記録より）
- 発生規模 幅約100m 長さ約350m 約3万 m^3
- 降水の状況 8月上旬から断続的な降雨があり、累計雨量は300mm近くになる（図3.3）



図3.2 層雲峡四の岩地区案内図



写真 3.1 発生当時の状況（榊ドーコン田近氏 提供）

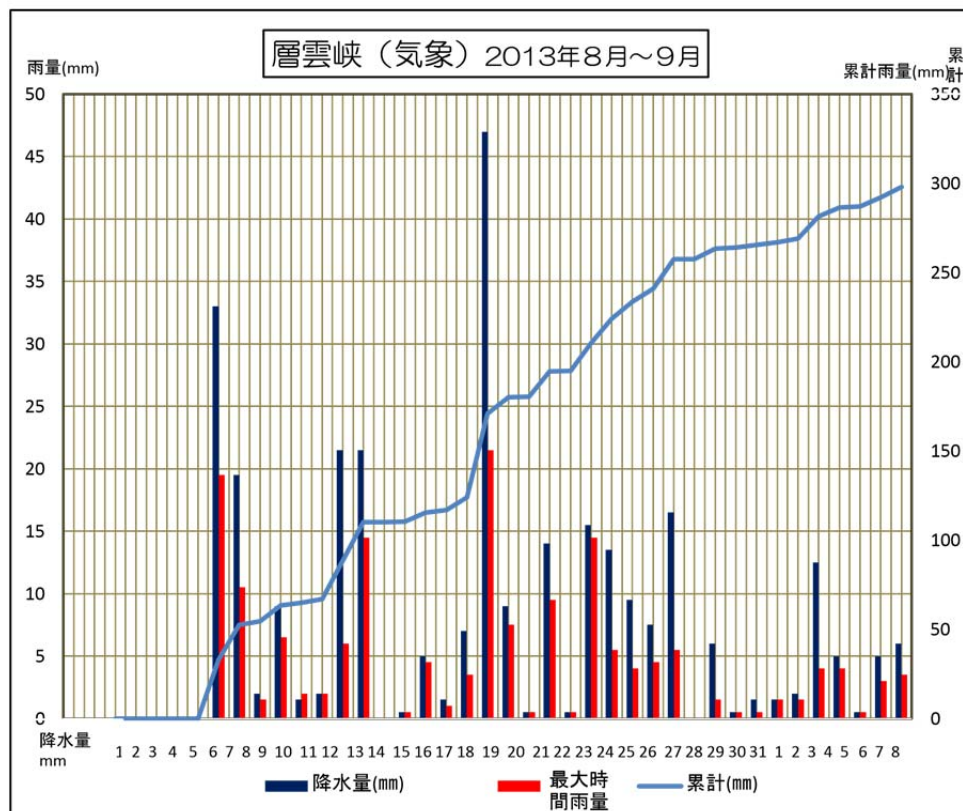


図 3.3 付近の降水の状況

(2) 現地検討会の討議事項

実施日 平成 26 年 6 月 11 日（水）（写真 3.2）

参加者 川村座長

藤井委員

児玉委員

石丸委員

倉橋アドバイザー

田近氏（㈱ドーコン：現地案内）

専門技術者 6 名

Rmec 2 名

総計 14 名



写真 3.2 現地検討会の様子

討議の内容

- ・崩壊の発生を予想するには、発生前の露岩部の評価方法がカギになる。
- ・高い位置にある露岩部の評価には、空中写真の活用が重要。（写真 3.3）
- ・崖面や法尻から湧水があり、これが不安定要因であるという評価が必要。
- ・空中写真・LP 等を利用して、広範囲な地形・地形・水理の理解が重要。（写真 3.4）



写真 3.3 崩壊源の位置関係



写真 3.4 崩壊前の空中写真の特徴

3.2.2 余市町滝の澗地区・積丹町神岬地区

一般国道 229 号の余市町滝の澗地区と積丹町神岬地区は、いずれも H 8 道路防災総点検において落石崩壊・岩盤崩壊の項目で要対策と判断される個所が集中していた。この対策として、それぞれ平成 12 年、平成 16 年にルート変更が行われ、現在は道路としては供用されていない。これらの個所において、供用中止後の落石等の変状の状況を確認し、調査に際する留意点を抽出するために現地検討会を実施した。

(1) 現地の状況

1) 余市町滝の澗地区（写真 3.5）

ルート変更時期 平成 12 年 10 月（切り替え後 15 年経過）

主な地質 水冷破碎岩類（層状）

2) 積丹町神岬地区（写真 3.6）

ルート変更時期 平成 16 年 10 月（切り替え後 11 年経過）

主な地質 水冷破碎岩類（塊状）



図 3.4 余市町滝の澗地区 積丹町神岬地区案内図（地理院地図）

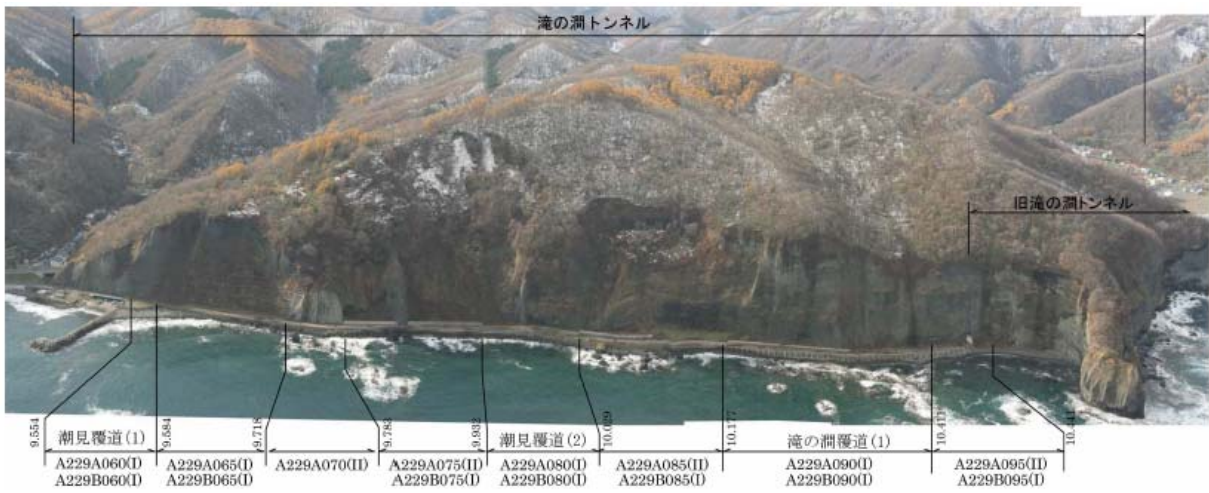


写真 3.5 余市町滝の淵地区の空中写真（供用時のもの）



写真 3.6 積丹町神岬地区の空中写真（供用時のもの）

（2）現地検討会の討議事項

実施日 平成27年9月25日（金）

（写真 3.7）

参加者 川村座長
藤井委員
児玉委員
石丸委員
小玉先生（函館高専）
専門技術者 5 名
Rmec 3 名
総計 13 名



写真 3.7 現地検討会の様子

討議の内容

1) 余市町滝の潤地区

- ・層状の火砕岩には層理面に沿った植生が認められ、この付近に湧水があると思われる。水理地質特性の把握が重要。（写真 3.8）
- ・斜面に平行な亀裂に沿った剥離崩壊が認められる。このような亀裂の分布状況の把握が必要。（写真 3.5）
- ・ノッチ状の崩壊発生時などには、FEM などの解析的手法を試みる必要もある。
- ・金網の変状個所があるが、その位置と変状の原因を把握する必要がある。
- ・海岸線の転石・凍結融解による劣化の程度も重要。



写真 3.8 滝の潤地区の植生の状況

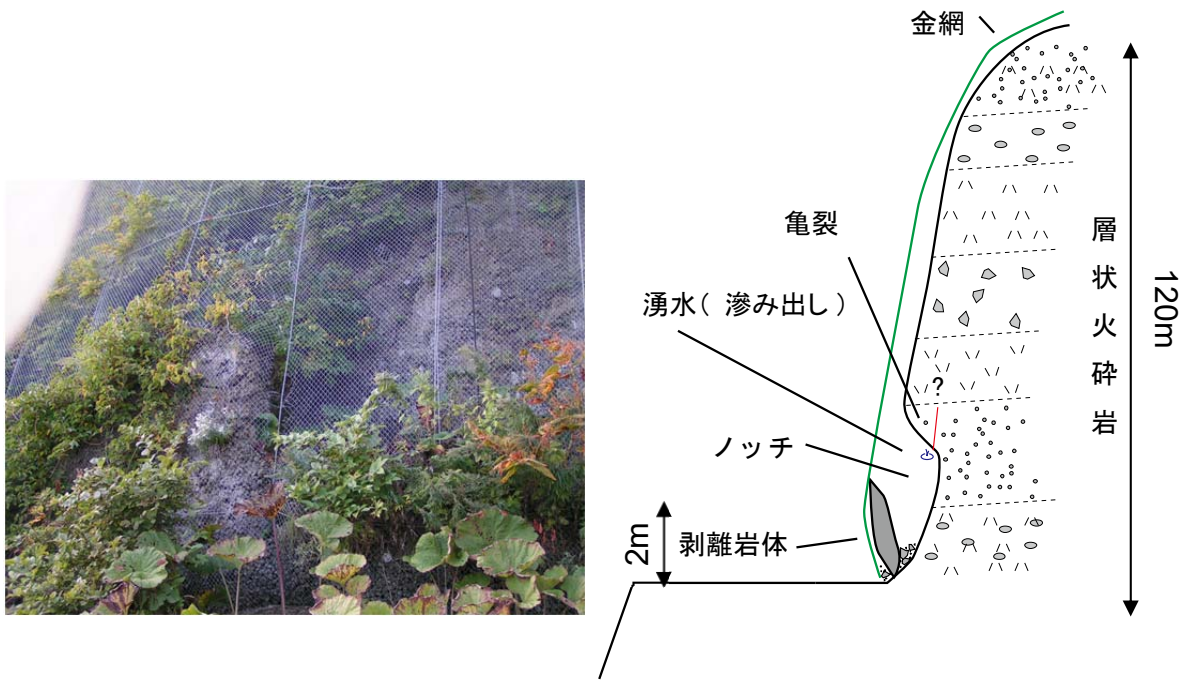


図 3.5 滝の澗地区の剥離岩体の写真およびスケッチ

2) 積丹町神岬地区

- ・斜面上部で発生した落石が 緩斜面を転がって遠方まで到達している事例があり、このような個所では 3 次元の地形モデルなど詳細な地形を把握し、落石のシミュレーションなどを実施することが重要。（写真 3.9～3.10、図 3.6）
- ・全体に湧水が少ないが、差別浸食による複雑な地形が広がっており、地形形成過程を理解するために変質の程度・地質の分布、スレーキング・凍結融解特性の把握が必要。（写真 3.11）



写真 3.9 神岬地区の転石の分布状況



写真 3.10 写真 3.9 の落石の供給源とおぼしき露岩部

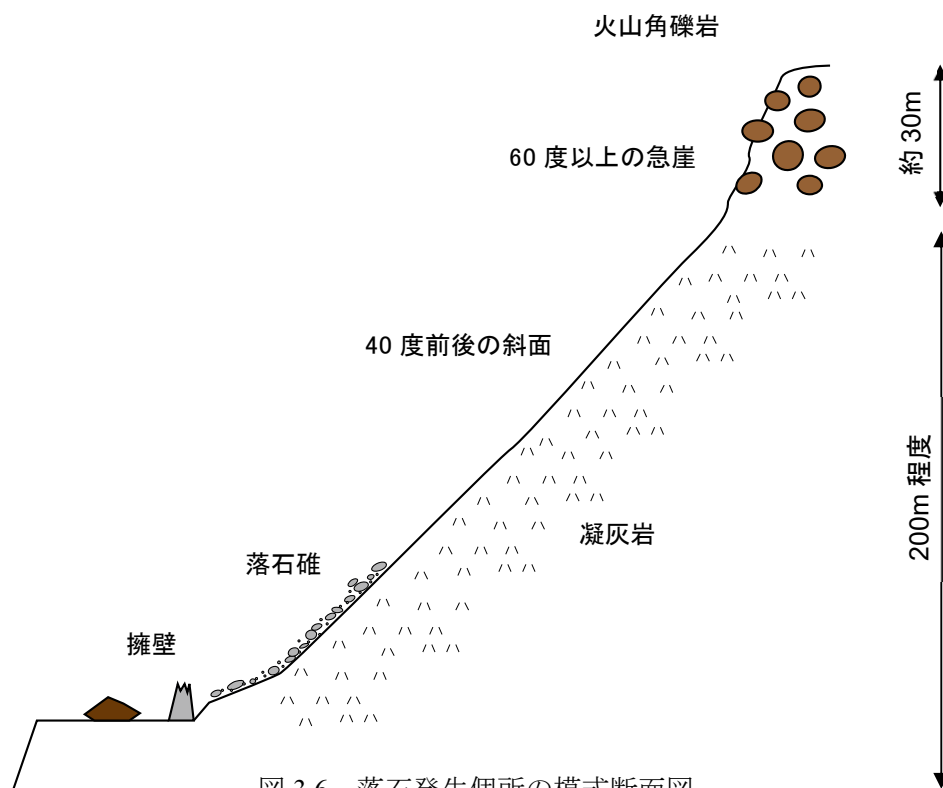


図 3.6 落石発生個所の模式断面図

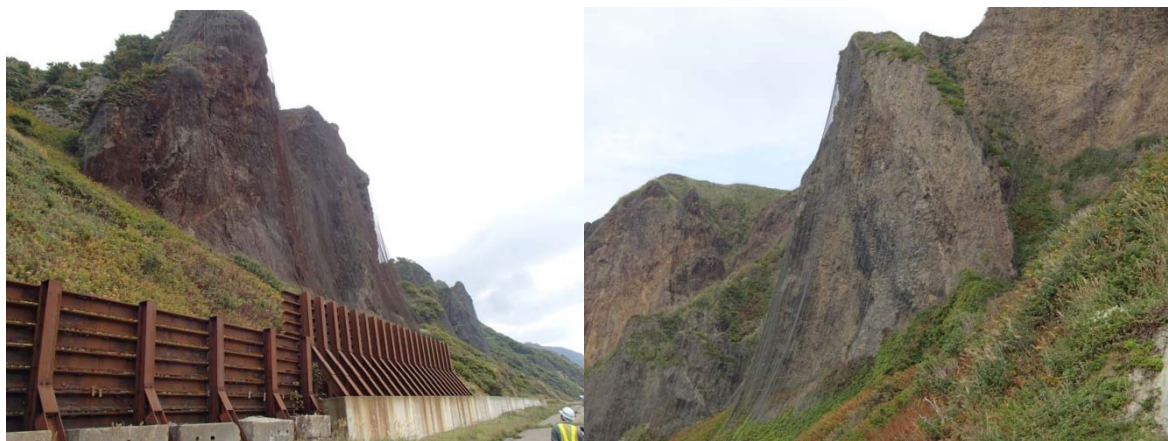


写真 3.11 差別浸食による複雑な地形

3.2.3 函館市豊崎地区

北海道大学大学院 工学研究院 藤井義明教授は、一般財団法人北海道道路管理技術センターと共同で、函館市豊崎地区において岩盤計測を実施している。

本調査は、岩盤斜面の季節・経年変化を計測的手法により捉えることにより、岩盤崩壊のメカニズムに関する基礎的資料を得ることを目的としたものである。



図 3.7 豊崎地区案内図（地理院地図）

（1）調査個所の概要

調査個所は一般国道 278 号の旧道にあたる斜面で、柱状節理の発達した玄武岩により構成されている。

岩盤計測は、この柱状節理に発達する顕著な亀裂を対象に図 3.8 に示した位置で実施している。

当部会では同個所において、地形・地質等のデータを収集するとともに、現地検討会を開催した。なお岩盤計測は道路管理技術研究所が実施しており、当部会は現地の地形・地質の調査を担当した。



写真 3.12 豊崎地区の空中写真と付近の玄武岩露岩状況



写真 3.13 観測計器設置状況

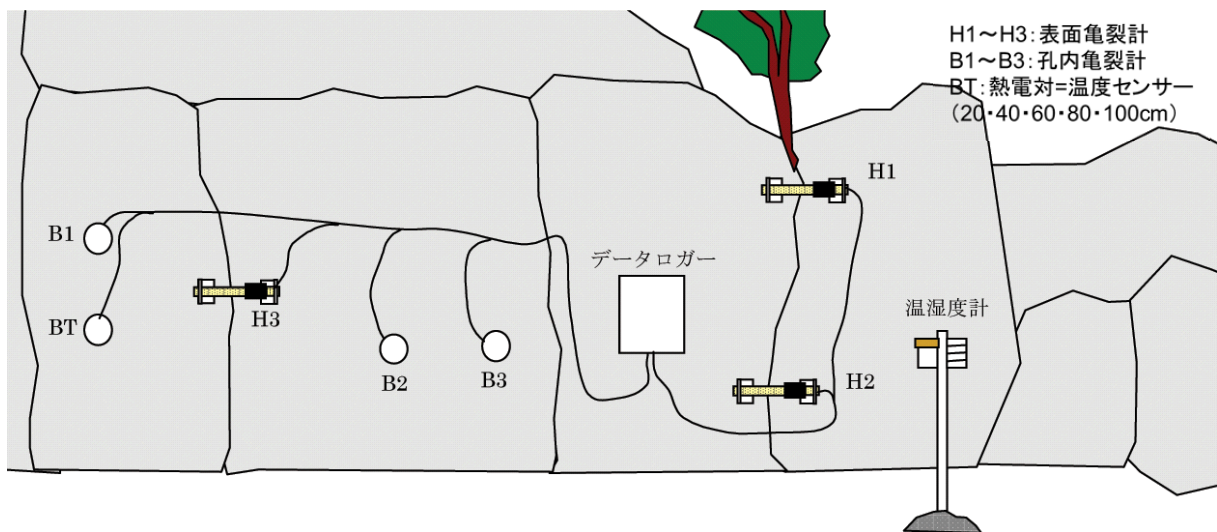


図 3.8 観測計器設置模式図

現地に設置した機器は以下のとおりで、平成 24 年 12 月 2 日から計測を開始した。

- 表面亀裂計 （3 箇所：H1～H3）
- 孔内亀裂計 （3 箇所：B1～B3）
- 熱電対=温度センサー
(20・40・60・80・100cm：BT)
- 温度・湿度センサー
- 気圧計
- データロガー

（2）現地検討会の開催

調査方法の確認等を目的として、専門技術者を交えた現地検討会を開催した。検討会の討議事項等は以下のとおり。

開催日 平成 25 年 7 月 3 日（水）～ 4 日（木）（写真 3.14）

参加者 川村座長

藤井委員

田近委員（当時）

小玉先生（函館高専）

斎藤副所長（函館道路事務所：当時）

専門技術者 5 名

Rmec 2 名

総計 12 名

現地での主な指摘事項

- ・計測機器の温度補正を行う
- ・亀裂の走向傾斜・性状等を調べる
- ・亀裂は海側の露頭についても調べておく
- ・冬場に氷柱の状況を調べる
- ・岩石薄片鑑定を行う（正式な岩石名を決める）



写真 3.14 現地検討会の様子

（3）調査の結果

① 3次元地形モデルの作成

亀裂の分布個所の把握等を目的として、地上設置型レーザープロファイラー、ラジコンヘリコプター空中写真を用いて、当該斜面の3次元地形モデルを作成した。

地上設置型レーザープロファイラーおよびラジコンヘリコプターの利用に際しては、当部会でまとめた「最近の地質調査技術ガイドライン」を参考とした。

完成した地形モデルを図 3.9 に、現地計測状況を写真 3.15 に示す。また 3 次元地形モデルに表現した主な亀裂を図 3.10 に示す。

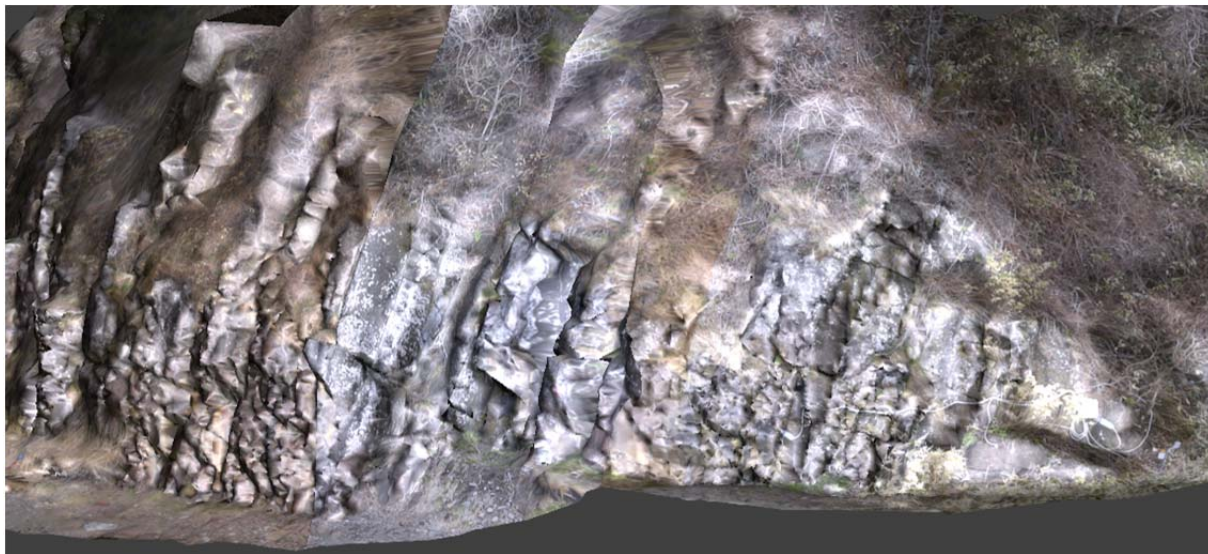


図 3.9 3次元地形モデル



写真 3.15 レーザープロファイラー観測状況と空撮用ラジコンヘリコプター

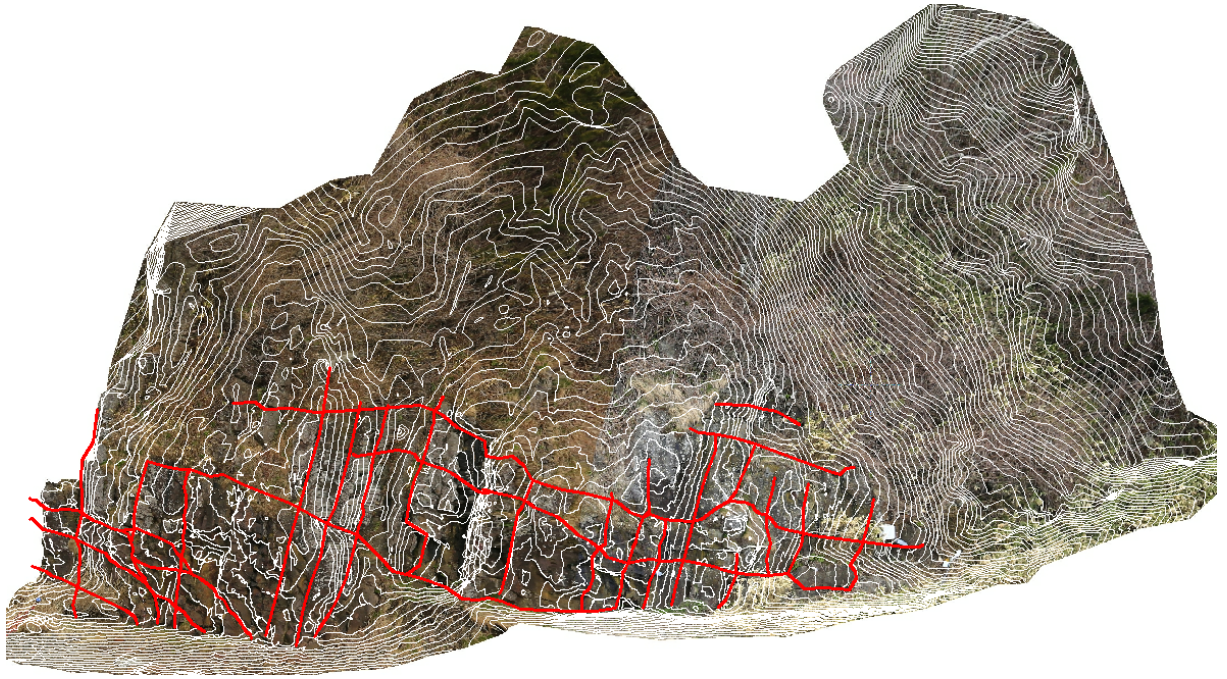


図 3.10 3次元地形モデルへの亀裂等の表示例

[斜面に平行な座標を想定した等高線（白）と主な亀裂（赤）]

②亀裂・湧水等の現地調査

現地踏査を実施して、当該個所の亀裂や不安定岩体、湧水の分布等を調査した。調査の結果は図 3.11～15、写真 3.16～18 に示したとおりである。調査により得られた知見をまとめると次のとおりである。

- ・斜面は概ね N-S 方向の亀裂に沿って道路・海岸線に接している。
- ・NW－SE 系の側方亀裂が発達。
- ・背面亀裂となる NE-SW 系は連続性が低い。
- ・一部の亀裂には充填物が認められる。（写真 3.16）
- ・夏季は亀裂面から滲み出し程度の湧水が認められる（図 3.11・12・13）が、冬季は計測斜面はほとんど乾いており氷柱の発達はずかである。（図 3.14）
- ・充填物は主として縦方向の亀裂に認められる。（図 3.15）
- ・水平方向の亀裂は、大局的には受け盤であり（図 3.15）、大規模な崩壊は起きにくい。
- ・冬季は計測個所よりも北側の斜面に多量の湧水がある。（写真 3.17・18）



写真 3.16 充填物のある亀裂



図 3.11 亀裂湧水等の分布（夏季 1）

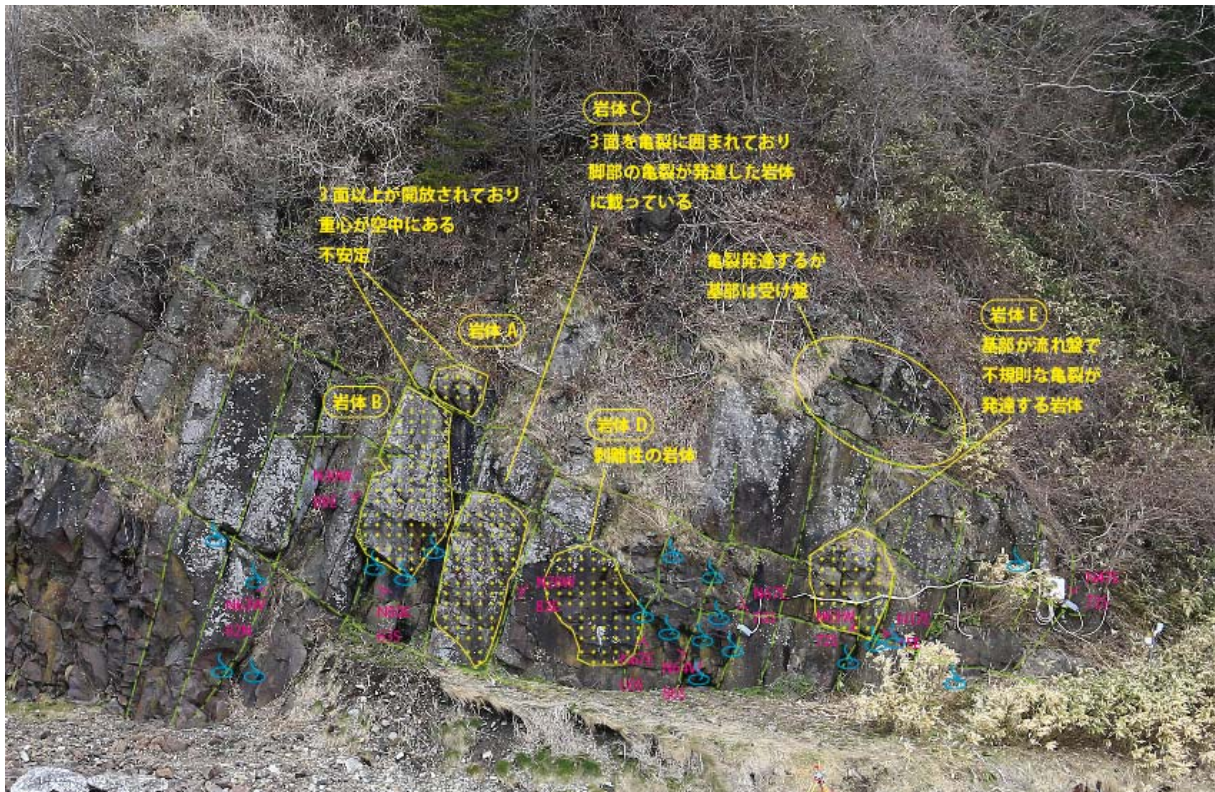


図 3.12 亀裂湧水等の分布（夏季2）



図 3.13 亀裂湧水等の分布（夏季3）



実線：充填物のある亀裂 破線：充填物のない亀裂

図 3.14 冬季の氷柱箇所（黄色で囲んだ箇所）

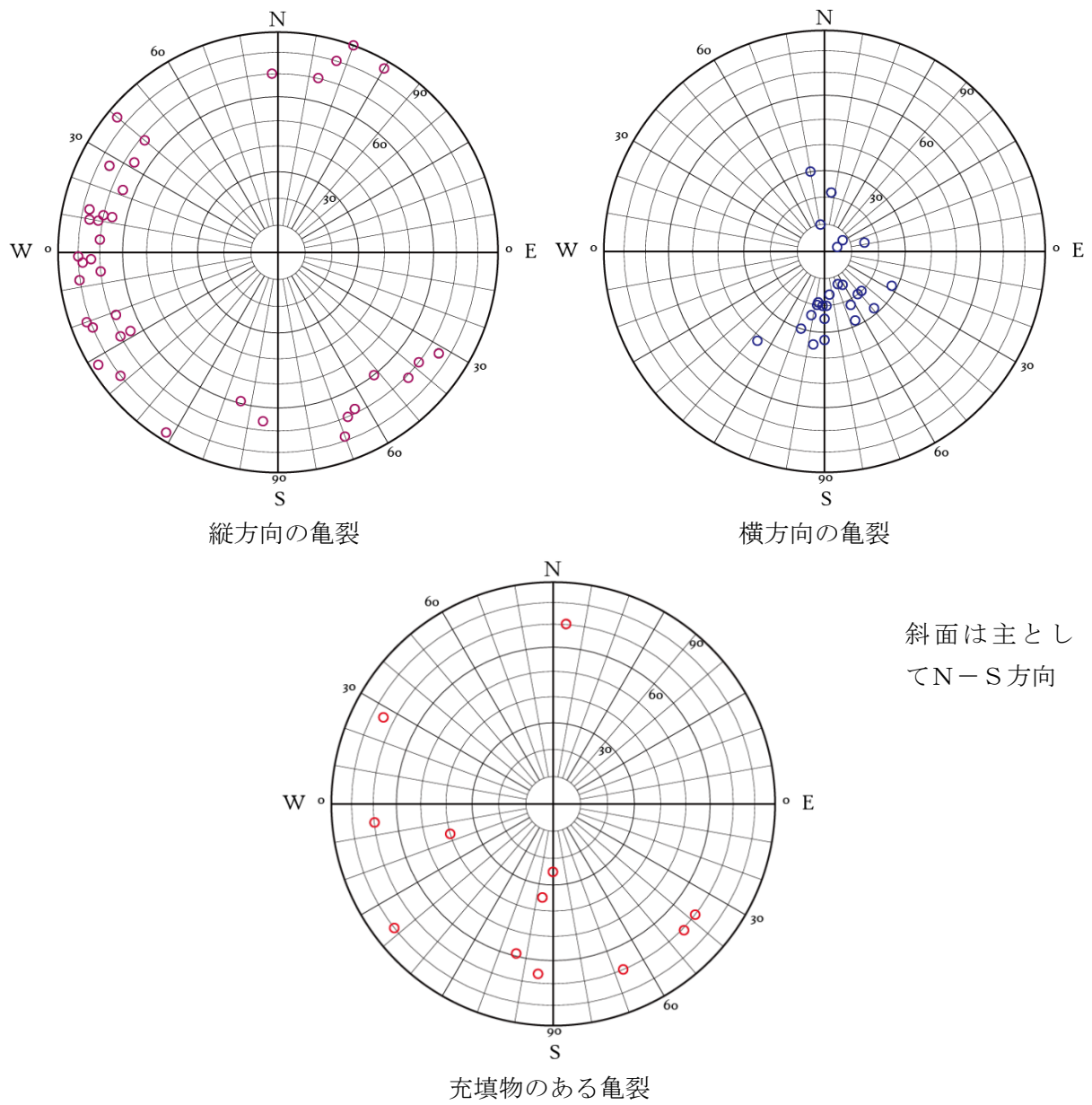


図 3.15 亀裂系のシュミットネット下半球投影図



写真 3.17 冬季の斜面状況

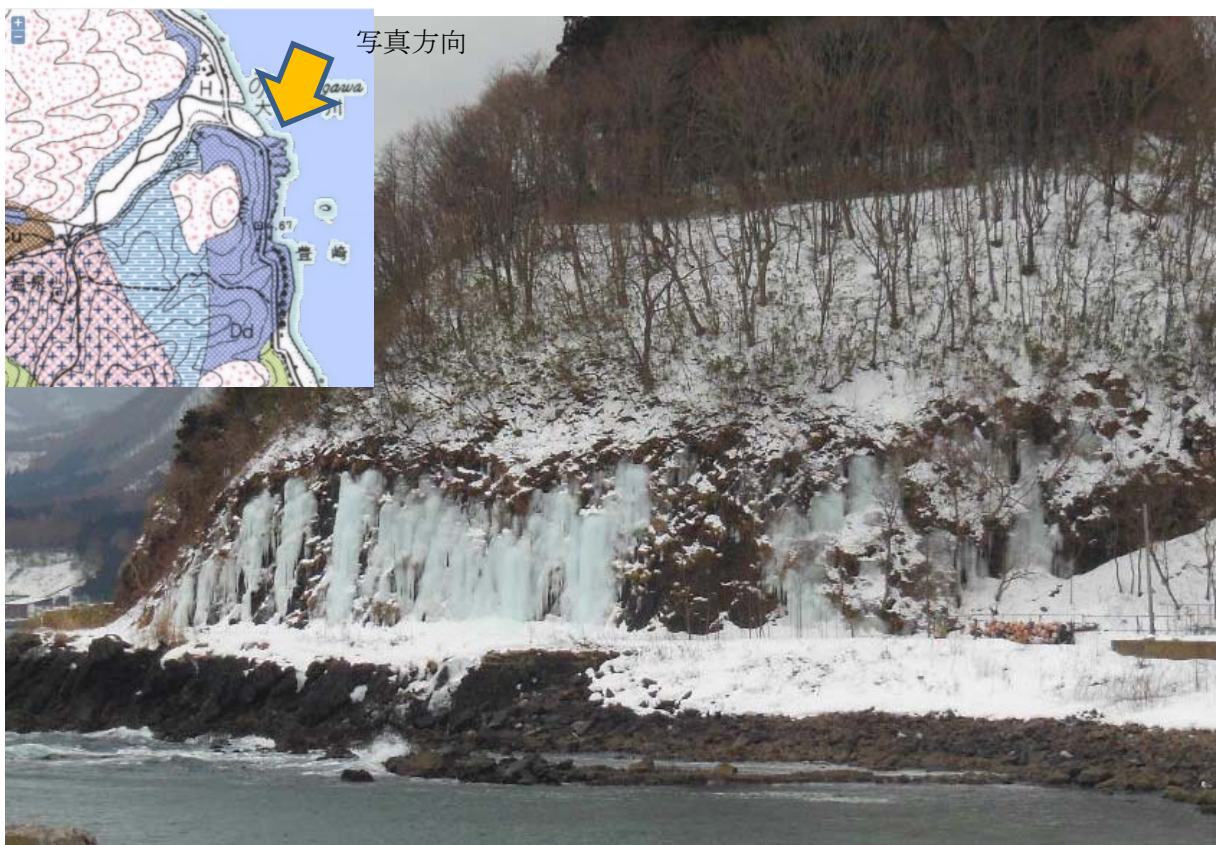


写真 3.18 計測箇所北側の斜面の氷柱の状況

〔引用文献〕

- 1) 伊東佳彦：北海道における岩盤斜面の調査・対策の現状，自動車技術，Vol.61,No.5,2007