

# 北海道における崩壊等発生国道斜面の性状分析結果について

大日向 昭彦\* 日下部 祐基\*\* 伊東 佳彦\*\*\*

## 1. はじめに

過去の道路斜面災害事例を多数収集し分析することで、災害発生の恐れがある危険箇所の抽出や点検方法の見直し等、道路斜面防災の向上に有効な知見を得ることが期待される。防災地質チームでは、北海道において過去発生した道路斜面災害について、通行規制に至らぬような小規模な事例も含め収集し検討を行っている<sup>1)2)3)4)</sup>。本稿では2012年までの収集事例を基に、災害発生の素因が潜在する道路斜面の斜面性状を整理・分析し、そこから得られた災害発生国道斜面の特徴と斜面防災上の留意点について述べる。

## 2. 災害事例の収集方法と分析方法

### 2. 1 災害事例の収集方法

国道斜面災害の発生状況や発生原因など比較的詳細な調査結果が得られる資料として、道路防災点検業務等の点検コンサルタントが作成した災害対応レポートがある。これは、国土交通省北海道開発局等の発注者から点検コンサルタントに要請があった場合に作成されるもので、現道に影響したかその可能性があった事例が中心となっている。このレポートは1998年以降に作成されており、2012年までに発生した498事例を北海道開発局の協力を得て収集した。これに発生規模が大きく詳細な調査結果が文献で公表されている54事例(国道以外の事例を含む)を合わせ、合計552事例を収集した。

### 2. 2 分析方法

収集した災害事例について、崩壊等発生箇所の地質種、地質構造、湧水の有無、崩壊等が発生した斜面の種類(自然斜面、切土法面)及び表層の植生状況(露岩、草本、木本)を災害種ごとに整理し、災害発生の素因が潜在する道路斜面の斜面性状を分析した。災害種は表-1のように定義・分類し、収集事例数が多い落石(205事例)、崩壊(203事例)、岩盤崩壊(54事例)を取り上げて行った。

表-1 災害種区分の定義と各災害の収集事例数

落石	岩石が高速で落下する現象のうち、最大岩塊規模が約2m <sup>3</sup> 未満かつ個数で数えられる規模のもの(205事例)
崩壊	土砂、岩石の強風化部及び数えられない規模の礫状物質が落下する現象(203事例)
岩盤崩壊	岩石が落下する現象のうち、最大岩塊規模が約2m <sup>3</sup> を超えるもの、または個数では数えられない規模のもの(54事例)
地すべり	地盤の一部が緩慢に動く現象のうち、すべり面の主体となる部分が自然地山の内部に位置するもの(35事例)
土石流	土砂や岩石を含んだ水塊が非常に高速で流れ下る現象(55事例)

## 3. 分析結果と考察

### 3. 1 崩壊等発生箇所の地質種

落石発生箇所の地質種は発生形態により傾向が異なるため、転石(抜け落ち)型と浮石(剥離)型に分け、それぞれ分析を行った。

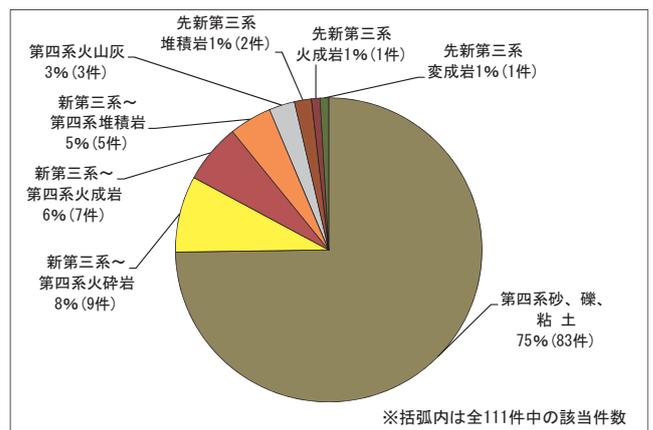


図-1 転石型落石発生箇所の地質種

図-1に転石型落石発生箇所の地質種を示す。第四系砂・礫・粘土からなる斜面で発生した事例が全体の8割程度(83/111件=75%)を占め圧倒的に多い。具体的には、崖錐堆積物で覆われている斜面等表層部の固結度が低い地山箇所において、降雨等による表流水の影響で経年的な浸食が進行し、地山内部に埋もれていた転石が抜け落ち発生する事例が多い。

図-2に浮石型落石発生箇所の地質種を示す。新第三系～第四系火砕岩からなる斜面で発生した事例が全体の約4割(34/81件=42%)を占め最も多く、新第三系～第四系火成岩(17/81件=21%)、新第三系～第四系堆積岩(14/81件=17%)からなる斜面で発生した事例がそれぞれ全体の2割程度を占めこれに続く。具体的には、凝灰角礫岩等新第三系～第四系火砕岩や砂岩等新第三系～第四系堆積岩のように、比較的新しい時代に形成され固結度が低く風化しやすい軟岩斜面において、風化の進行に伴い斜面表層の浮石が剥離する事例が多い。この他、節理が発達した安山岩等亀裂質の新第三系～第四系火成岩からなる斜面において、風化の進行に伴う亀裂の進展により、斜面表層の浮石が剥離する事例が多い。

図-3に崩壊発生箇所の地質種を示す。第四系砂・礫・粘土からなる斜面で発生した事例が全体の約3割(55/173件=32%)を占め最も多く、新第三系～第四系火砕岩(41/173件=24%)、新第三系～第四系堆積岩(38/173件=22%)からなる斜面で発生した事例がそれぞれ全体の2割程度を占めこれに続く。発生事例の詳細をみると、斜面表層部が土砂で被覆された第四系砂・礫・粘土からなる斜面、凝灰角礫岩等新第三系～第四系火砕岩や凝灰岩等新第三系～第四系堆積岩からなり、風化の進行に伴い表層部の固結度が低下した斜面において、豪雨時や融雪期に多量の水分が斜面内に浸透した場合に、斜面表層部の間隙水圧の増加に伴う地山のせん断強度低下により発生する事例が多い。

図-4に岩盤崩壊発生箇所の地質種を示す。新第三系～第四系火砕岩からなる斜面、新第三系～第四系堆積岩からなる斜面で発生した事例はそれぞれ全体の約3割(14/48件=29%)、新第三系～第四系火成岩からなる斜面で発生した事例は全体の約2割(9/48件=19%)、先新第三系変成岩からなる斜面で発生した事例は全体の1割程度(6/48件=13%)を占める。他の災害種と比較して先新第三系変成岩からなる斜面で発生した事例の割合が高いことが特徴である。変成岩からなる斜面は地下深部において変成作用を被り、その後の構造運動により地表へ露出するといった過程を経て

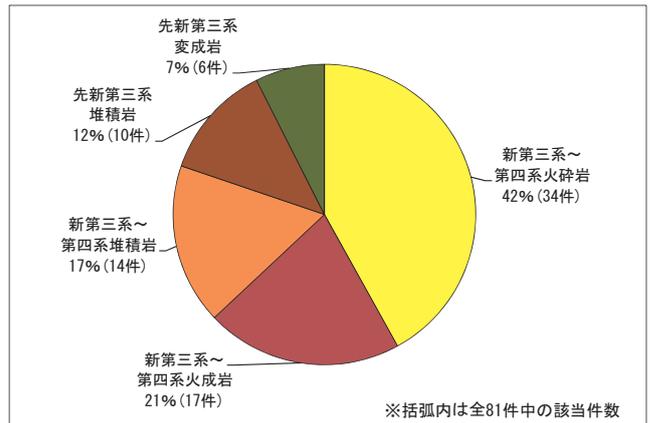


図-2 浮石型落石発生箇所の地質種

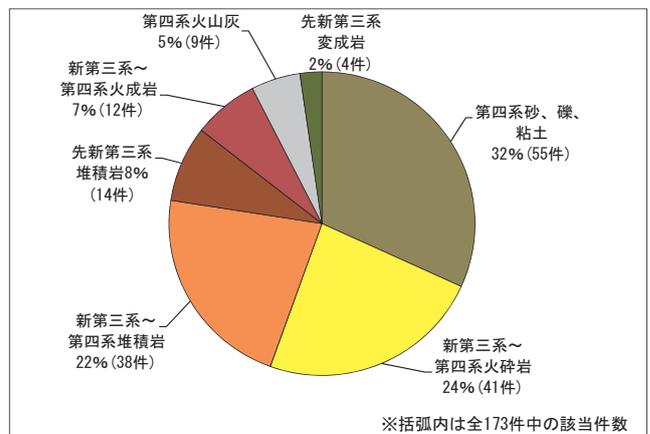


図-3 崩壊発生箇所の地質種

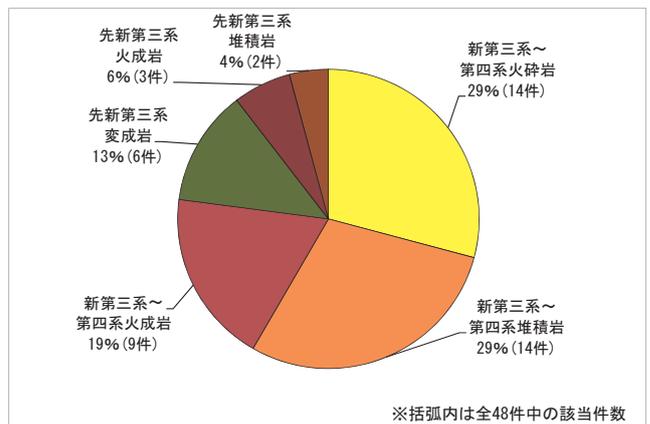


図-4 岩盤崩壊発生箇所の地質種

きている。このため片理面や造構的節理を起源とする亀裂が斜面内部に存在することが多く、これらの亀裂が地下水の影響による風化や地震動等の外的要因により経年的に進展・連続し、岩盤崩壊に至ると考えられている。同様に、節理を起源とする亀裂が内在する新第三系～第四系火砕岩や新第三系～第四系火成岩からなる斜面、層理面等の不連続面を起源とする亀裂が内

在する新第三系～第四系堆積岩からなる斜面では、風化等の影響で経年的に亀裂が進展し岩盤崩壊が発生する事例が多い。

以上の結果から、転石型落石は表層部が第四系砂・礫・粘土からなる斜面、浮石型落石は表層部が新第三系～第四系火砕岩からなる斜面で発生する事例が多いなど、災害種により発生が多い表層部の地質種が異なることがわかった。道路防災上、これらの地質斜面に着目することが重要であると考えられる。

### 3. 2 崩壊等の発生斜面で確認された地質構造

図-5～図-7に落石、崩壊、岩盤崩壊の発生斜面で確認された地質構造をそれぞれ整理した。なお、1事例当たり該当する地質構造が複数ある場合は複数選択している。その結果、風化、節理、流れ盤、変質、層理面、スレーキング、弱線、断層、受け盤、劈開・片理といった様々な地質構造が確認された。これらの地質構造は大局的に、風化、変質、スレーキングといった軟質化構造と節理、流れ盤、層理面、弱線、断層、受け盤、劈開・片理といった不連続構造に大別される。

図-5に示す落石発生箇所では、風化(58/127件=46%)と節理(43/127件=34%)が突出して多く確認された。風化により表層の固結度が低下し、転石が抜け落ちる事例や節理が発達する斜面において、風化に伴う亀裂の進展により浮石が剥離する事例が多い。

図-6に示す崩壊発生箇所では風化(65/132件=49%)が突出して多く、風化の進行により表層部が脆弱化し緩んだ斜面から発生する事例が多い。

図-7に示す岩盤崩壊発生箇所では節理(41/120件=34%)が最も多く、大局的な区分でも節理や流れ盤といった不連続構造(41+16+9+7+6+5+5/120件=74%)が多く確認され、不連続構造を起源とする亀裂が進展し発生する事例が多い。

以上のことから、落石や崩壊発生箇所では風化の割合が高く風化に伴う岩質の変化に、岩盤崩壊発生箇所では不連続構造の割合が高いことから、不連続構造を起源とする複数の亀裂の連結による連続性の進展について、前回点検時との違いに着目し観察することが道路防災上重要であると考えられる。

### 3. 3 崩壊等発生箇所における湧水の有無

災害種別に全事例に対する湧水が確認された件数を図-8に示す。落石は約1割(23/202件=11%)の事例で湧水が確認された。湧水により地盤が緩み、不安定化した転石や浮石が落下する事例が多い。崩壊は3割

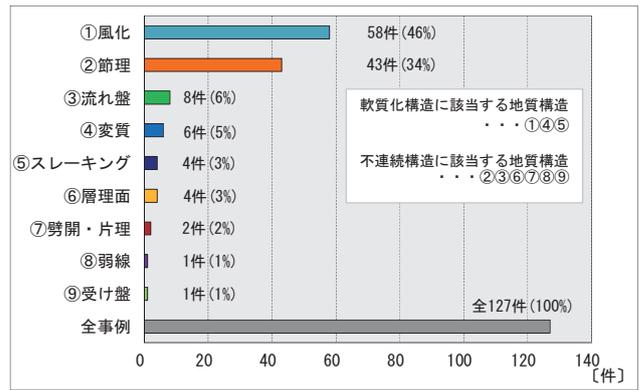


図-5 落石発生斜面で確認された地質構造

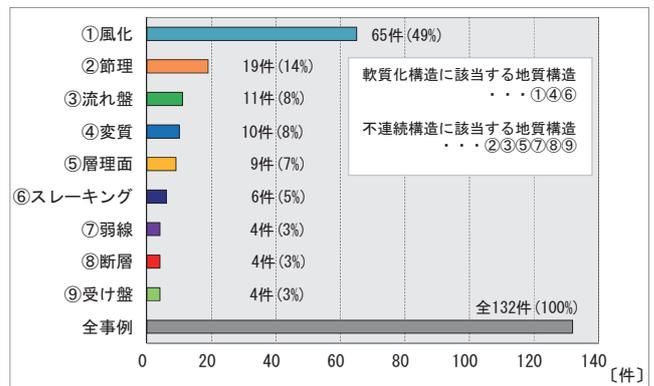


図-6 崩壊発生斜面で確認された地質構造

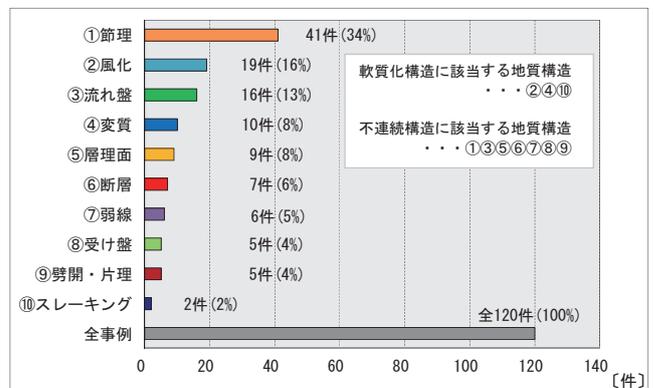


図-7 岩盤崩壊発生斜面で確認された地質構造

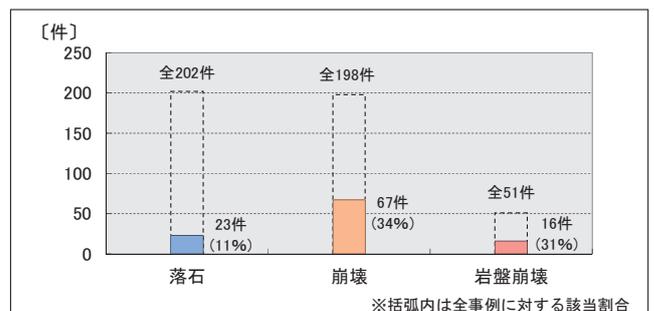


図-8 崩壊等発生斜面における湧水の有無

程度(67/198件=34%)の事例で湧水が確認された。湧水は透水層と不透水層の境界から滲みだしている事例が多く、斜面内部において境界付近の透水層部は「水みち」となり災害弱点箇所となっていることが考えられ、この箇所に融雪期等に過多の水分が供給された場合に地盤が緩み崩壊に至る事例が多い。岩盤崩壊は約3割(16/51件=31%)の事例で湧水が確認された。層理面など不連続面から湧水が流出している事例が多く、このような箇所では岩盤内を地下水が通っていることが考えられる。寒冷地では地下水の影響により、岩盤表面の水結による岩盤内の水圧増加、凍結融解による風化の進行、水結圧による分離面の進行がおり、岩盤崩壊を助長させることが知られている。これらのことから、湧水が確認される斜面には、斜面内部の地下水の影響により崩壊等を招く恐れがあるため留意が必要である。

### 3. 4 崩壊等が発生した斜面の種類と表層植生状況

図-9～図-11に崩壊等が発生した斜面の種類及び表層の植生状況を災害種毎に整理した。

図-9に示すように落石は、事例全体の8割程度(66+62+42/202件=84%)が自然斜面から発生している。表層の植生状況は種類・有無にかかわらず事例が確認されるものの、植生の繁殖がまだない春先に融雪水により緩んだ地盤から、不安定化した転石が抜け落ちる事例が多い。

図-10に示すように崩壊は自然斜面からの発生が116(35+59+22)件、切土法面からの発生が82(7+75)件となっており、自然斜面からの発生がやや多い。表層の植生状況は草本箇所からの発生が多い(59+75/198件=68%)。

図-11に示すように岩盤崩壊は、事例全体の9割程度(44/51件=86%)が自然斜面の露岩部から発生している。

以上の結果から、落石と岩盤崩壊は自然斜面からの発生が多いのに対し、崩壊は切土法面からも一定の割合で発生が確認される。切土法面での崩壊は集水型斜面など表流水が集まりやすい地形箇所での発生事例が多く、このような箇所では施工時に排水対策に気を配り、切土法面に表流水が供給されにくい構造とすることが重要であると考えられる。

### 4. まとめ

今回の斜面性状分析によって得られた、崩壊等が発

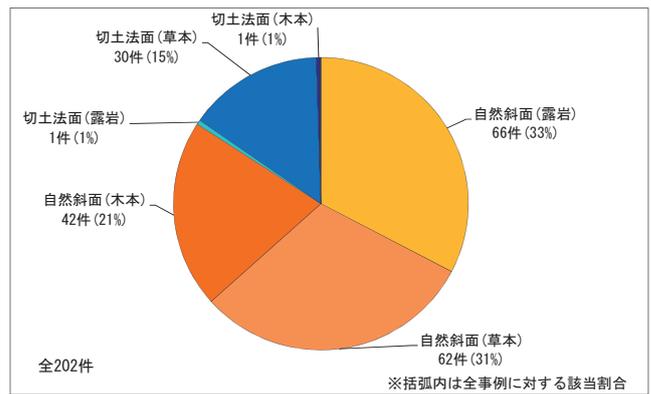


図-9 落石が発生した斜面の種類と表層の植生

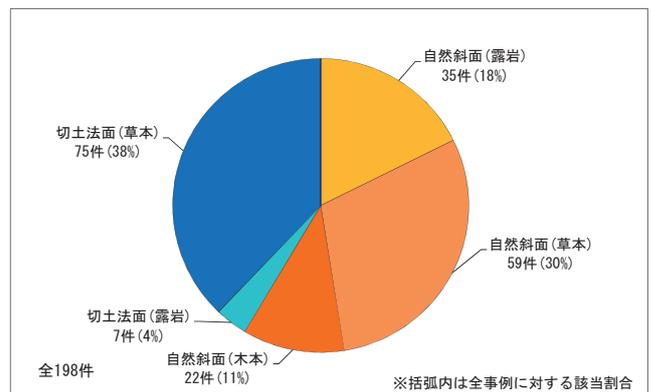


図-10 崩壊が発生した斜面の種類と表層の植生

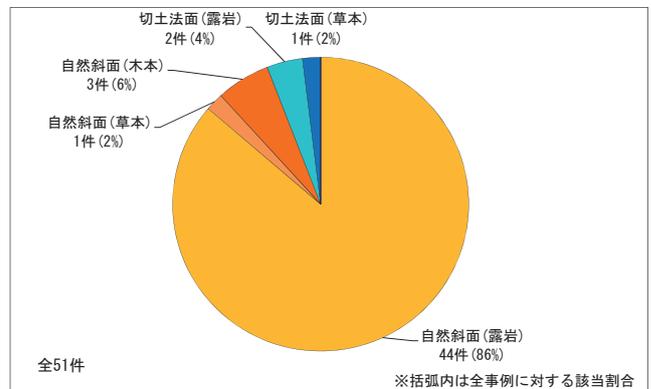


図-11 岩盤崩壊が発生した斜面の種類と表層の植生

生した国道斜面の特徴と斜面防災上の留意点を下記にまとめる。

- 1) 転石型落石箇所の地質種は第四系砂・礫・粘土が全事例の8割程度を占め多く、降雨等による表流水の影響で経年的な浸食が進行し、地山内部に埋もれていた転石が抜け落ち発生する事例が多い。
- 2) 浮石型落石発生箇所の地質種は新第三系～第四系火砕岩が全事例の約4割、新第三系～第四系堆積岩が約2割を占め、固結度が低く風化しやすい軟岩斜面において、風化の進行に伴い斜面表層の浮

石が剥離する事例が多い。また、新第三系～第四系火成岩が全事例の約2割を占め、硬岩であるが亀裂質な斜面では、風化の進行に伴う亀裂の進展により、斜面表層の浮石が剥離する事例が多い。

- 3) 崩壊発生箇所の地質種は第四系砂・礫・粘土が全事例の約3割、新第三系～第四系火砕岩及び新第三系～第四系堆積岩がそれぞれ2割程度を占め、表層部が土砂で被覆された斜面や風化の進行により固結度が低下した斜面において、豪雨時等に多量の水分が斜面内に浸透した場合、地山表層部のせん断強度が低下し発生する事例が多い。
- 4) 岩盤崩壊発生箇所の地質種は新第三系～第四系火砕岩、新第三系～第四系堆積岩がそれぞれ全事例の約3割、新第三系～第四系火成岩が約2割、先新第三系変成岩が1割程度を占め、岩盤斜面形成時に斜面内部に生成された不連続面や節理を起源とする亀裂が内在する斜面において、地下水の影響等による風化や地震動等の外的要因により、亀裂が経年的に進展・連続し発生する事例が多い。
- 5) 崩壊等の発生斜面で確認された地質構造について、落石発生箇所では風化が全事例の5割程度、節理が3割程度を占め、崩壊発生箇所では風化が全事例の約半数を占め突出して多く確認され、岩盤崩壊箇所では節理や流れ盤といった不連続構造が全事例の7割程度を占め多く確認された。これらのことから落石や崩壊発生箇所では風化の割合が高く風化に伴う岩質の変化に、岩盤崩壊箇所では不連続構造の割合が高いことから、不連続構造を起源とする複数の亀裂の連結による連続性の進展について、前回点検時との違いに着目し観察することが道路防災上重要であると考えられる。
- 6) 崩壊と岩盤崩壊は、それぞれ全体の3割程度の事例で湧水が確認された。崩壊発生箇所では透水層部と不透水層部の境界から湧水がしみだしている事例が多く、融雪期等に過剰の水分が供給された場合に、境界付近の透水層部が崩壊に至る事例が多い。岩盤崩壊発生箇所では、層理面などの不連続面から湧水が流出している事例が多く、寒冷地では岩盤内の地下水が岩盤崩壊を助長させることが知られている。これらのことから湧水が確認される斜面には留意が必要である。
- 7) 崩壊等が発生した斜面の種類と表層の植生状況について、落石は植生の種類・有無に関わらず事例全体の8割程度が自然斜面から発生している。岩盤崩壊は事例全体の9割程度が自然斜面の露岩部

から発生している。崩壊は、植生については全事例の約7割が草本箇所から発生している。斜面の種類については自然斜面が全体の約6割、切土法面が全体の約4割を占め、切土法面からも一定の割合で発生が確認される。切土法面で発生した事例をみると、集水型斜面など表流水が集まりやすい地形箇所で発生する事例が多く、このような箇所を切土する場合、排水対策に気を配り、表流水が供給されにくい構造とすることが重要であると考えられる。

## 5. おわりに

本稿では過去の道路斜面災害事例を収集・整理し、災害発生の素因が潜在する道路斜面の斜面性状について分析を試みた。その結果、崩壊等の発生斜面の斜面性状が明らかとなり、いくつかの斜面防災上の留意点を得ることができた。道路斜面災害は地形や地質が類似した箇所でも類似した災害が繰り返し発生する性質がある。このため今回の分析のように多数の事例を収集し、災害発生の素因が潜在する斜面性状等を明確にすることは、斜面防災の向上に有効であると考えられる。今後も引き続き道路斜面災害事例を収集・蓄積し分析を行い、得られた知見を道路斜面防災の向上に活用したい。

本稿をまとめるにあたり、道路斜面災害に関する資料収集等において、国土交通省北海道開発局の関係各位には多大なご協力をいただいた。ここに深く感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) 高橋幸継、伊東佳彦、阿南修司：北海道における斜面崩壊等の事例分析結果について、第54回北海道開発技術研究発表会、2011
- 2) 大日向昭彦、伊東佳彦、日下部祐基：北海道の斜面災害事例と斜面災害に関わる交通規制の関連分析、第55回北海道開発技術研究発表会、2012
- 3) 大日向昭彦、日下部祐基、伊東佳彦：北海道の国道斜面災害の履歴分析結果について、寒地土木研究所月報 No.712、pp24-31、2012
- 4) 大日向昭彦、日下部祐基、伊東佳彦：北海道における道路斜面災害発生箇所の斜面特性について、第56回北海道開発技術研究発表会、2013



大日向 昭彦\*  
OBINATA Akihiko

寒地土木研究所  
寒地基礎技術研究グループ  
防災地質チーム  
研究員



日下部 祐基\*\*  
KUSAKABE Yuki

寒地土木研究所  
寒地基礎技術研究グループ  
防災地質チーム  
主任研究員  
博士(工学)  
技術士(建設)



伊東 佳彦\*\*\*  
ITO Yoshihiko

寒地土木研究所  
寒地基礎技術研究グループ  
防災地質チーム  
上席研究員  
博士(工学)  
技術士(応用理学)