

# 北海道国道斜面における降雨等に起因した 土砂災害事例の分析

国立研究開発法人土木研究所 寒地土木研究所 防災地質チーム

○丸藤 大樹  
川又 基人  
日外 勝仁

北海道の国道沿い斜面では、過去17年間で約800件の土砂災害が確認されており、約6割の事例で降雨が誘因とされている。その形態としては自然斜面崩壊、法面崩壊、土石流等が挙げられる。本稿では、土砂災害事例の諸元（崩壊形態、地形、地質等）を整理するのとともに、各災害事例の諸元に対する降雨（最大時間雨量、連続雨量等）との関係についても分析し、北海道での斜面土砂災害の防災・減災に向けた基礎情報としてとりまとめた。

キーワード：道路斜面、土砂災害、降雨、事例分析

## 1. はじめに

道路斜面における土砂災害は、日本全国で毎年発生しており、規模が大きい場合には、道路交通や構造物等に多大な影響を与えることに止まらず、人命を奪う大災害に発展することもある。さらに2025年9月には北海道でも線状降水帯が確認されるなど、激しい降雨現象による災害の激甚化が懸念される。

斜面土砂災害の防災・減災において重要なのは、その発生傾向を的確に理解し、発生の素因や誘因について適切に分析することである。著者らは、北海道開発局の協力のもと、北海道内の国道斜面で発生した斜面災害事例を毎年収集し、それらの体系的な整理・分析を継続している<sup>1)</sup>。収集した土砂災害事例の特徴を分析することは、将来発生するであろう土砂災害に向けた対策の一助となることが期待される。本稿では、収集された事例について、災害の諸元（崩壊形態、地形、地質等）と誘因の関係について分析することで、将来予測される降雨等に起因した土砂災害への防災・減災に向けた基礎情報としてまとめた結果を報告する。

## 2. 斜面土砂災害事例の整理方法

本研究で対象としたのは、平成18年度点検（フォローアップ点検）が実施された2006年から2022年までの期間に北海道内の国道斜面において発生した土砂災害である。この間で収集された土砂災害事例866件であり、これらについて整理・分析を行った。まず、収集した事例を著者らで使用している統一フォーマット「崩壊履歴調書」<sup>2)</sup>の様式に整理し、データベースを作成した。崩壊履歴調書を基に、諸元ごとに特徴を整理した。災害種

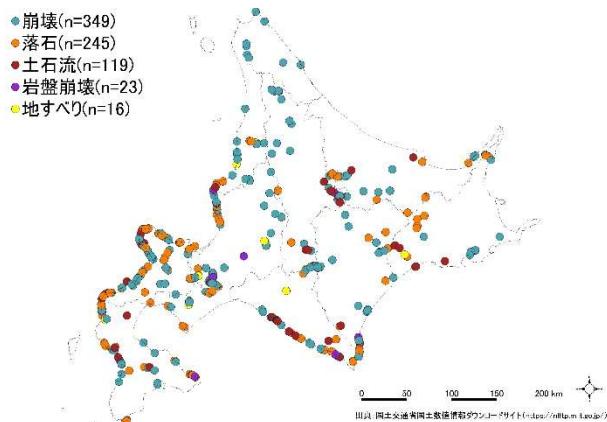


図-1 災害発生箇所の分布状況  
2006～2022年までの事例が対象

としては、崩壊（自然斜面、法面）、落石（転石型、浮石型）、土石流、岩盤崩壊、地すべりがあり、各事例における災害種、誘因や素因等について整理した。なお、本稿では、「素因」を地形や地質をはじめとした斜面変動の根本的な原因と見なされる因子として、「誘因」を降雨、融雪をはじめとした変動発生の引き金となる直接的な因子としてそれぞれ定義した<sup>3)</sup>。

収集した全災害事例について、誘因や月別の発生件数等を整理することで、北海道における斜面土砂災害の発生傾向を分析した。また、災害事例の諸元と災害種や誘因（降雨、融雪）との関係を分析することで、災害種ごとに発生しやすい地形、地質、気象条件等を抽出した。なお、災害事例全体の傾向については3章で、災害種ごとの発生傾向については4章で報告し、降雨および融雪と災害事例の諸元や災害種の関係については5章、6章で報告する。

### 3. 斜面土砂災害事例全体の傾向

収集した災害事例について、発生箇所の分布、発生月別の件数、災害発生の誘因別の件数、平均斜度別の件数、発生源勾配別の件数、基盤部地質別の件数、崩壊部地質別の件数、地形特徴別の件数を整理した結果を図-1～8に示す。なお、地形的特徴は1つの災害事例につき複数の特徴を有する場合があるが、本稿ではそれぞれ数え上げた。また、整理項目によって、記録が残っている件数が異なることにも留意したい。

災害種として、崩壊、落石、土石流が大半を占めており、分布は海岸沿い、内陸の山岳域に集中していることが分かった。月別の発生件数に注目すると、夏期（8～9月）と融雪期（4～5月）に集中しており、合わせて525件となり全体の62%を占めた。誘因として降雨、融雪の事例が多く、発生件数はそれぞれ497件（59%）、103件（12%）だった。なお、斜面勾配（平均斜度、発生源勾配）や地質（基盤部地質、崩壊部地質）、地形的特徴は崩壊の事例の傾向と類似しているため、災害種ごとの特徴に関する4章で詳細に紹介する。

### 4. 災害種ごとの発生傾向に関する特徴

本章では、災害種ごとに発生傾向を分析し得られた知見を報告する。3章で述べた通り、災害事例全体の斜面勾配、地質、地形的特徴については、崩壊の発生傾向に関する1節で説明する。

#### (1) 斜面崩壊の発生傾向

斜面崩壊において、平均斜度および発生源勾配について整理すると（図-4）、どちらも同様の分布となり、40～49度の斜面での発生件数が最も多く、平均斜度では153件（53%）、発生源勾配では148件（52%）だった。また、平均斜度と発生源勾配ともに30度未満の緩斜面および70度以上の急斜面での発生件数は少なく、どちらも10件未満だった。

基盤部地質と崩壊部地質に注目すると（図-6、7）、基盤部地質では堆積岩の発生件数が最も多く、次いで溶岩類・火碎岩、火成岩の発生件数が多く、3項目の合計は248件（72%）だった。一方、崩壊部地質について、未固結堆積物の発生件数が264件（79%）と卓越しており、崩壊部地質と基盤部地質で異なる傾向を示した。

災害発生箇所の地形的特徴を整理すると（図-8）、遷急線明瞭地形が最も多く、発生件数は112件（34%）だった。次いで集水型地形が97件（29%）、これらの地形での発生事例が63%を占めた。

#### (2) 転石型落石の発生傾向

転石型落石において、月別発生件数（図-2）に注目すると、8、9月の発生件数は少なく、2件（4%）しかなく、一方で、4、5月の発生件数は14件（26%）と6倍以上確認された。発生の誘因（図-3）について、降雨が誘因のものは4件（8%）と少なく、その他（6件、11%）や要因不明（33件、62%）とされているものが多かった。なお、その他や要因不明とされている事例については、所見として凍結融解等により風化が進行し、亀裂が発達したことが発生に関与したとされている。

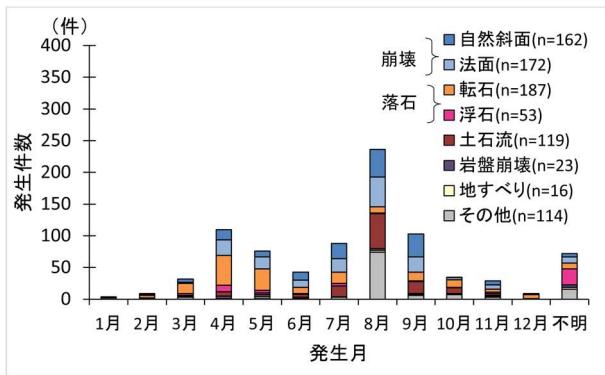


図-2 月別の斜面災害発生件数

2006～2022年までの事例が対象

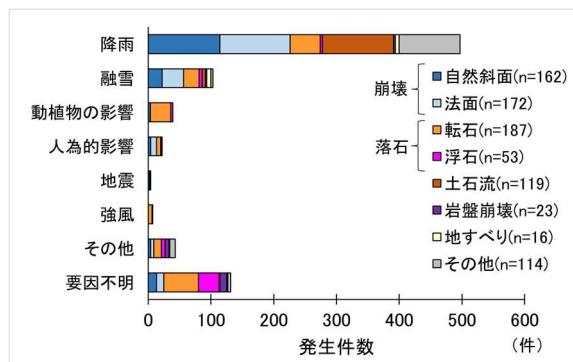


図-3 誘因別の斜面災害発生件数

2006～2022年までの事例が対象

た。一方で、4、5月の発生割合は81件（43%）と多く、8、9月の発生件数の3倍以上だった。また、発生の誘因（図-3）について、降雨が誘因のものが48件で最も多かったが、全体の26%に留まった。一方で、動植物の影響が誘因となっている事例発生件数が多いのが特徴的で、33件（18%）だった。以上の特徴から、転石について、点検対象区域内および近傍の地域では、特に融雪期における発生、樹木の成長に伴う発生等に注意する必要があることが示唆された。

#### (3) 浮石型落石の発生傾向

浮石型落石において、月別発生件数（図-2）に注目すると、転石と同様に8、9月の発生件数は少なく、2件（4%）しかなく、一方で、4、5月の発生件数は14件（26%）と6倍以上確認された。発生の誘因（図-3）について、降雨が誘因のものは4件（8%）と少なく、その他（6件、11%）や要因不明（33件、62%）とされているものが多かった。なお、その他や要因不明とされている事例については、所見として凍結融解等により風化が進行し、亀裂が発達したことが発生に関与したとされている。地形的特徴（図-8）について、集水型地形での発生事例は2件（4%）と少なく、オーバーハングや尾根先端部での発生件数がそれぞれ11件（23%）、8件（17%）と多い傾向が見られた。基盤部地質と崩壊部地質（図-9）

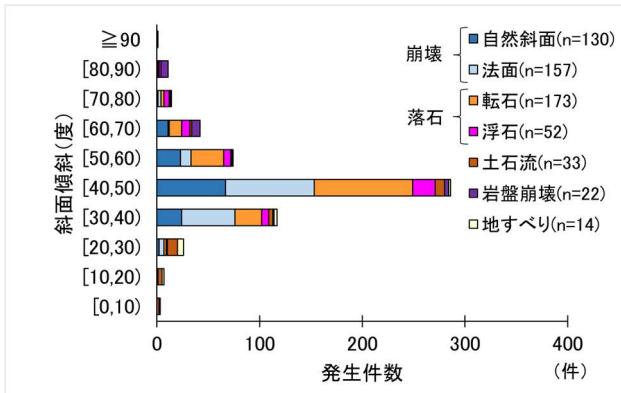


図4 平均斜度別の災害発生件数  
2006～2022年までの事例が対象

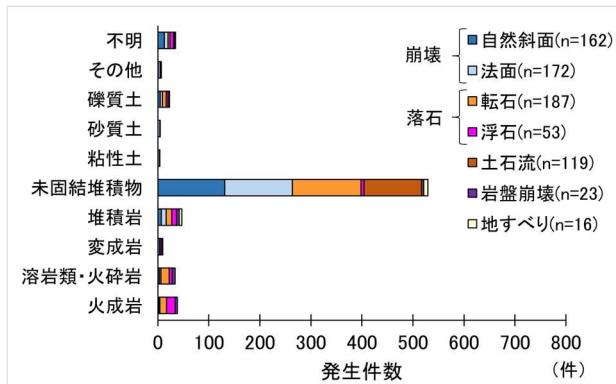


図6 基盤部地質別の災害発生件数  
2006～2022年までの事例が対象

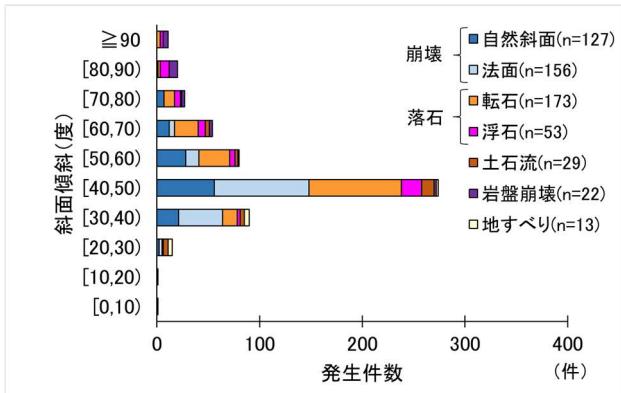


図5 発生源勾配別の災害発生件数  
2006～2022年までの事例が対象

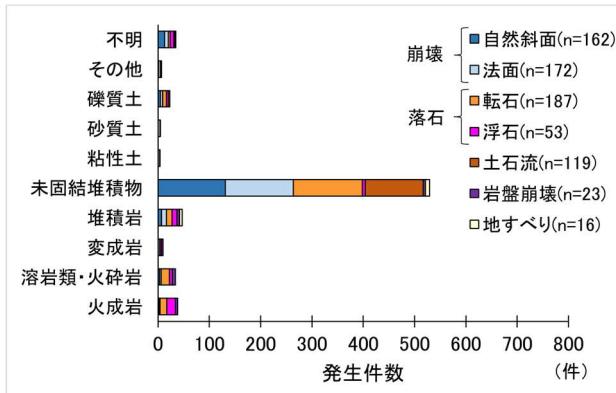


図7 崩壊部地質の災害発生件数  
2006～2022年までの事例が対象

に注目すると、両地質とともに火成岩の事例が最も多く、基盤部地質では22件（42%）、崩壊部地質では17件（32%）だった。平均斜度と発生源勾配（図10）に注目すると、災害事例全体と比べてより急な斜面での発生件数が多く、傾斜60度以上の斜面について、平均斜度では15件（29%）、発生源勾配では25件（47%）だった。一方で、著者らが収集した範囲では、傾斜30度未満の斜面について、平均斜度では1件（2%）のみ、発生源勾配にでは1件も確認されなかった。以上の特徴から、浮石について、点検対象区域内やその近傍では、特に急斜面での発生、オーバーハングや尾根先端部等の差別浸食と関係する地形での発生に注意する必要があることが示唆された。

#### (4) 土石流の発生傾向

土石流発生の誘因（図3）について、降雨が誘因とされるものが113件（95%）と卓越していた。地形的特徴（図8）について、土石流跡地と谷型斜面での発生件数がそれぞれ17件、16件と約15%を占めていたのが特徴的だった。平均斜度と発生源勾配（図11）に注目すると、平均斜度80度未満の間に広く分布するのが特徴的であった。以上の特徴から、土石流について、点検区域内およ

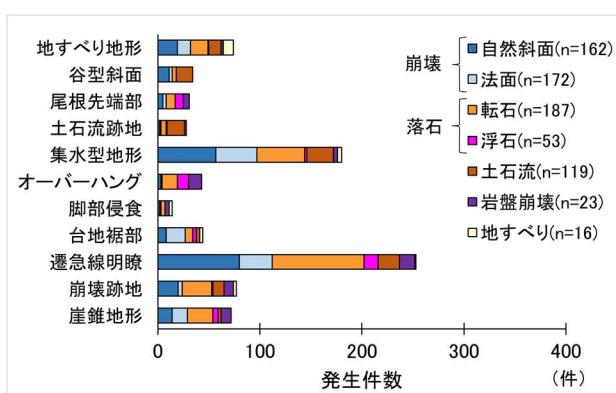


図8 地形的特徴別の災害発生件数  
2006～2022年までの事例が対象

びその近傍では、特に谷型斜面での発生、土石流跡地での再発生に注意する必要があることが示唆された。

#### (5) 岩盤崩壊の発生傾向

岩盤崩壊において、月別の発生件数（図2）に注目すると、8、9月（計5件、22%）よりも4、5月（計7件、30%）の方が発生件数が大きいのが特徴的だった。発生の誘因（図3）について、要因不明やその他とされてい

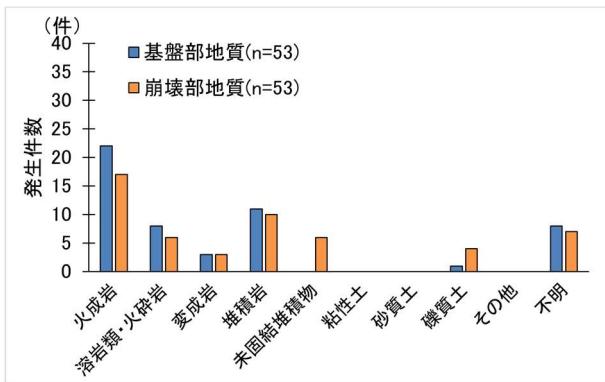


図-9 浮石型落石の事例と地質の関係  
2006～2022年までの事例が対象

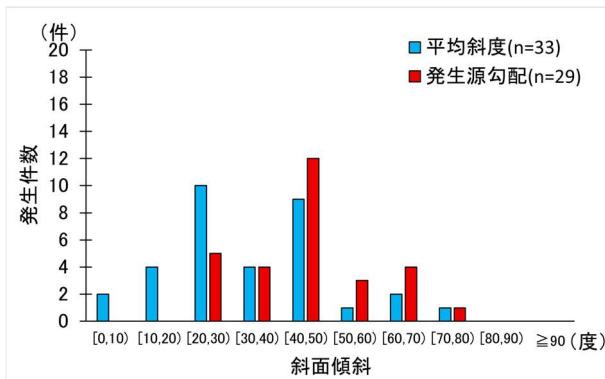


図-11 土石流の事例と斜面勾配の関係  
2006～2022年までの事例が対象

る事例がそれぞれ11件（48%）、6件（26%）と多いのが特徴的で、所見として亀裂の進展や凍結融解が関係している可能性が示唆されている。地形的特徴（図-8）について、オーバーハング（13件、20%）や崖錐地形（10件、15%）、尾根先端部（6件、9%）が多いことが特徴的である。基盤部地質と崩壊部地質（図-12）について、両地質における事例の割合が類似しており、崩壊部地質でも溶岩類・火碎岩（6件、26%）と堆積岩（5件、22%）の事例が多かったほか、变成岩の事例も3件（13%）確認された。平均斜度と発生源勾配（図-13）について、急斜面に分布が偏っているのが特徴的で、著者らが収集した範囲では、30度未満の斜面で発生した事例は確認されなかった。以上の特徴から、岩盤崩壊について、点検対象区域内やその近傍では、特に急斜面での発生、オーバーハングや尾根先端部等の差別浸食と関係する地形での発生に注意する必要があることが示唆された。

#### (6) 地すべりの発生傾向

発生の誘因（図-3）について、降雨（6件、38%）よりも融雪（7件、44%）が誘因とされる事例の方が多いのが特徴的だった。地形的特徴（図-8）について、地すべり地形の事例が10件（42%）と最も多く、遷急線明瞭での事例が1件（4%）と少ないのが特徴的だった。崩壊部地質（図-14）について、堆積物の割合が31%（5件）

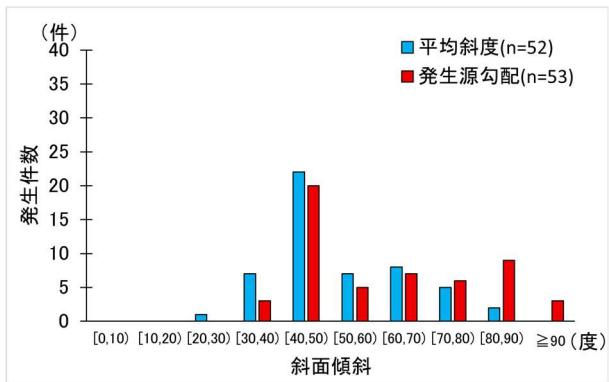


図-10 浮石型落石の事例と斜面勾配の関係  
2006～2022年までの事例が対象

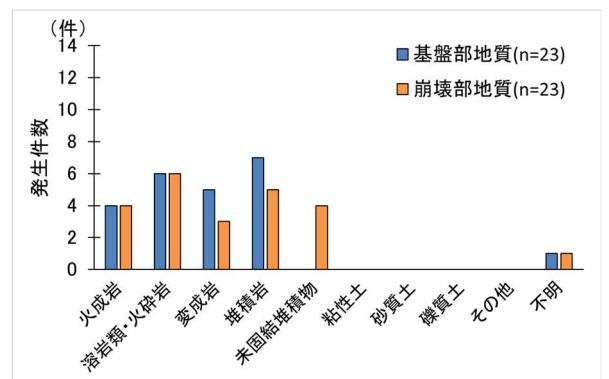


図-12 岩盤崩壊の事例と地質の関係  
2006～2022年までの事例が対象

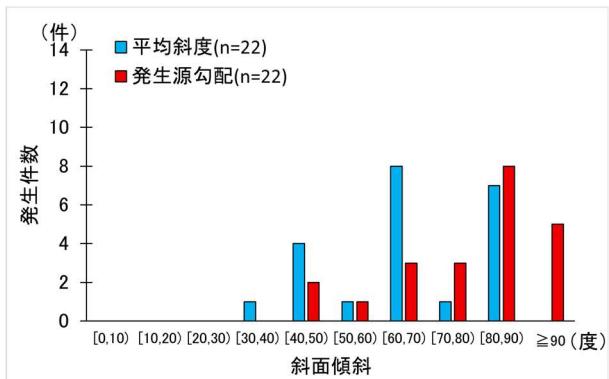


図-13 岩盤崩壊の事例と斜面勾配の関係  
2006～2022年までの事例が対象

と他の災害種よりも多いのが特徴的だった。平均斜度と発生源勾配（図-15）について、緩斜面側に分布が偏っているのが特徴的で、著者らが収集した範囲では、50度以上の斜面で発生した事例は確認されなかった。

#### 5. 降雨と災害種・災害事例の諸元に関する分析

降雨を誘因とする災害事例は全部で497件あり、自然斜面崩壊（114件）、法面崩壊（112件）、土石流（113件）の事例が多かった（図-3）。また、降雨を誘因とする災害事例のうち、災害発生の直前の最大時間雨量およ

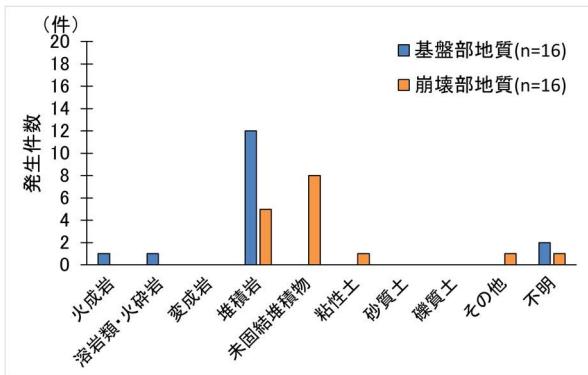


図-14 地すべりの事例と地質の関係  
2006～2022年までの事例が対象

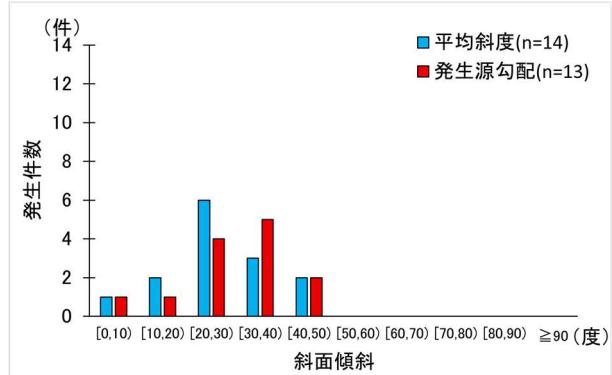


図-15 地すべりの事例と斜面勾配の関係  
2006～2022年までの事例が対象

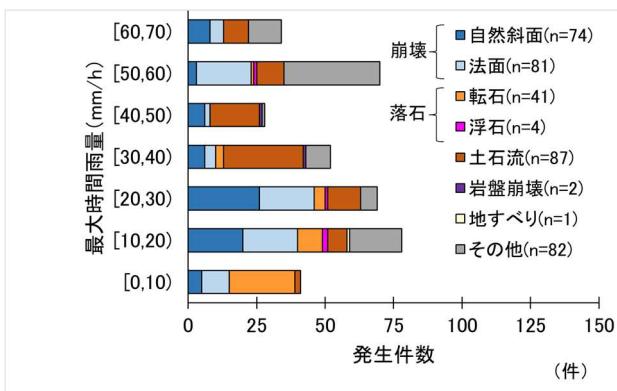


図-16 最大時間雨量別の災害発生件数  
2006～2022年までの事例が対象

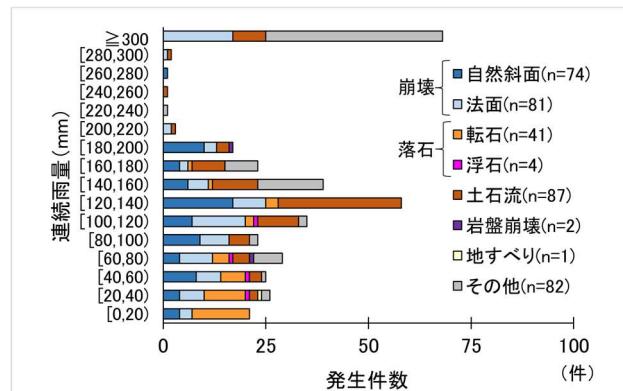


図-17 連続雨量別の災害発生件数  
2006～2022年までの事例が対象

び連続雨量が記録されていた事例は372件だった。本章では、最大時間雨量と連続雨量それぞれに着目した分析について各節で説明する。

### (1) 最大時間雨量と災害の発生傾向の分析

最大時間雨量が記録されている事例を災害種別に整理すると(図-16)、最大時間雨量は10mm/h以上20mm/h未満の事例が最も多く、78件と全体の21%を占めた。また、災害種別に注目すると、自然斜面崩壊は20mm以上30mm未満の事例が最も多い(26件、35%)のに対して、土石流は30mm以上40mm未満の事例が最も多かった(29件、33%)。自然斜面崩壊と土石流の事例は基盤部地質と崩壊部地質の傾向が類似している(図-6、図-7)。以上より、点検対象区間やその近傍では、降雨強度(最大時間雨量)すなわち土壤の含水比の増加に応じて災害種が遷移する可能性があることに注意が必要である。

(2) 連続雨量と災害の発生傾向の分析  
a) 連続雨量全体の分析

連続雨量が記録されている事例を災害種別に整理した結果を図-17に示す。連続雨量は300mm以上の事例が68件と最も多く、全体の18%を占めた。なお、連続雨量300mm以上の事例はすべて2016年8月31日に発生したも

のであり、これは5つの台風が同年8月のうちに北海道に接近もしくは上陸した北海道大雨激甚災害の時期に該当する。連続雨量300mm未満の事例の中では、120mm以上140mm未満の事例が58件と最も多く、16%を占めた。連続雨量は道路の事前通行規制基準にも広く使用されており、北海道開発局でも規制基準雨量として多くの区間で使用している<sup>4)</sup>。道内の事前通行規制区間のうち、規制基準雨量としての連続雨量が最も小さい区間では、「連続雨量が40mmに達した場合」が規制基準に含まれている。著者らが整理した範囲では、連続雨量40mm以下の災害件数は47件で13%を占めた。

### b) 小程度の連続雨量に注目した分析

連続雨量40mm未満の事例47件のうち転石が最も多く24件(51%)、次いで法面が9件(19%)、自然斜面が8件(17%)だった。また、これら47件について、4月に発生した事例が10件と最も多く、21%を占めた。災害発生に融雪が関与している可能性があることから、融雪と災害種やその諸元の関係に関する6章で説明する。なお、災害種別にみると転石において、連続雨量が40mm未満での事例が24件と卓越しており、そのうち14件が連続雨量20mm未満での発生だった。点検対象区間やその近傍では、少量の降雨でも転石が発生する可能性があることに注意が必要である。

## 6. 融雪と災害種・災害事例の諸元に関する分析

### (1) 融雪を誘因とする災害事例全体の分析

融雪を誘因とする災害事例は全部で103件あり、これらを災害種別に整理すると、法面崩壊（34件、33%）、転石（25件、24%）、自然斜面崩壊（22件、21%）の順に事例が多かった（図-3）。法面崩壊の事例は全部で172件あり、そのうちの20%が融雪により発生したことになる。また、地すべりにおいても全事例16件のうち7件（44%）で融雪が誘因とされている。

### (2) 融雪と降雨の両作用が関連する事例の分析

著者らが収集した災害事例866件のうち、降雨と融雪の両方が関与する事例は44件だった。そのうち連続雨量が記録されていたのは25件だった。5章で説明した連続雨量40 mm未満の事例に注目すると、15件確認され、災害種はすべての事例で自然斜面崩壊、法面崩壊、転石、土石流のいずれかに該当した。また、連続雨量40 mm以上の10件の事例に關しても、それらの連続雨量はすべて100 mm未満となっており、図-17で多く見られた「120 mm以上140 mm未満」よりも小さかった。以上より、点検対象区間やその近傍では、特に積雪期～融雪期においては小さな雨量でも土砂災害が発生する可能性があることに注意するべきである。

北海道における現行の事前通行規制において、雨量の他に「斜面の積雪に亀裂が見られる場合」を指標とする区間も存在するが<sup>4)</sup>、融雪水量と関連する積雪深や積雪水量に関する言及はされていない。積雪期や融雪期の土壤水分の分布に関する知見を得ることは、融雪と降雨の両作用が関与する災害への対策になることが期待される。

## 7. おわりに

本稿では、2006年から2022年に北海道の国道沿い斜面で発生した斜面土砂災害事例を収集し、地質・地形的特

徴等の災害諸元の整理および発災当時の気象状況との関係の分析を試みた。

収集されている事例から斜面の基盤部地質および崩壊部地質、平均斜度、発生源勾配等の特徴が明らかになった。また、降雨や融雪が誘因とされている災害事例に注目し、災害種別に最大時間雨量と連続雨量との関係、降雨と融雪の複合的な関与について分析した。これらの分析を通して、点検箇所やその近傍における土砂災害に関する知見が得られた。

今後、災害事例の収集の継続と並行して、気象条件と災害事例の諸元等に対して機械学習を用いた分析<sup>例えば5)</sup>や土壤雨量指数<sup>6)</sup>等の土壤の含水状態を考慮した分析を実施することで、事前通行規制基準の改定や点検要領への反映といった防災・減災に向けた活動のための知見を得たいと考えている。

謝辞：本研究にあたり、北海道開発局から斜面災害事例に関する情報を提供していただきました。感謝申し上げます。

## 参考文献

- 1) 吉野恒平、日外勝仁、浅井健一：斜面災害における地質課題、寒地土木研究所月報、785号、2018.
- 2) 日外勝仁、伊東佳彦：北海道における道路斜面事例の分析と崩壊履歴調査の検討、情報地質、第20巻、第2号、pp.66-69、2009.
- 3) 日本応用地質学会：斜面地質学－その研究動向と今後の展望－、1999.
- 4) 北海道開発局：事前通行規制区間 | 北海道開発局、[https://www.hkd.mlit.go.jp/kykn/dou\\_kei/ud49g700000zegg.html](https://www.hkd.mlit.go.jp/kykn/dou_kei/ud49g700000zegg.html)、2026年1月8日閲覧。
- 5) 日外勝仁、伊藤佳彦、橋本祥司、齋藤敏明、菊地広吉：自己組織化マップ（SOM）を用いた大規模岩盤崩落斜面の分析、第39回地盤工学会研究発表会講演集、pp.1971-1972、2004.
- 6) 岡田憲治、牧原康隆、新保明彦、永田和彦、国次雅司、斎藤清：土壤雨量指数、天気、第48巻、第5号、pp.349-356、2001.