

平成30年北海道胆振東部地震で生じた火山灰層斜面災害の類型

Typology on volcanic ash covered slope disaster occurred by 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake

高見智之(国際航業株式会社)

Tomoyuki Takami

1. はじめに

平成30年9月6日に発生した平成30年北海道胆振東部地震では、厚真町を中心に多数の斜面災害による多くの被害が発生した。その多くは表層崩壊で樽前火山起源の降下軽石層など火山灰層の崩壊と報告されている^{1) 2)}。この地震による斜面崩壊は特定の地域に集中し、発生密度が著しく高いことが特徴である。また、傾斜30度以下の緩斜面での崩壊、地すべりなど多様な災害形態が見られることも大きな特徴となっている。これは降下火山灰層分布地の地震時斜面災害の特徴と考えられる。2018年10月18, 19日に実施された日本応用地質学会と日本地すべり学会の合同調査団に参加して現地調査した結果と、国土地理院による災害撮影空中写真等を活用して、火山灰層分布地の斜面災害の特徴を考察した。また、このような地震時の火山灰層分布斜面における多様な災害発生形態と地質地形条件から類型化し、今後の防災対策への教訓を考察した。

2. 厚真町付近で発生した斜面災害の概要

(1) 地形地質概要

表層崩壊が集中して発生した厚真町付近は、日高弧の西縁にあたり、厚真町幌里付近から幌内付近には新第三紀の軽舞層、萌別層が分布する^{3) 4) 5)}。厚真町吉野付近から幌内付近に分布する軽舞層は硬質頁岩や砂岩泥岩互層、礫岩などからなり、北北西-南南東方向の軸を持って背斜・向斜を繰り返す褶曲構造を形成し、同方向の断層で断たれている。厚真町幌里付近には萌別層のシルト岩砂岩、礫岩が緩やかな向斜構造を形成して分布する。

軽舞層が分布する吉野から幌里付近は、格子状～樹枝状の水系が発達する山地が多く、斜面下部に明瞭な遷急線が発達することが多い。萌別層が分布する幌里付近は、緩斜面が広く丘陵地となっている。厚真川両岸には比較的幅の広い谷底低地が広がり、水田等の農地に利用されている。

また、対象地域付近は支笏火山、樽前火山などの滑動的な火山の東側に当たり、火砕流堆積物や

降下火山灰層が分布する。斜面表層は主に樽前火山起源の降下軽石層を含む火山灰層が覆っている。

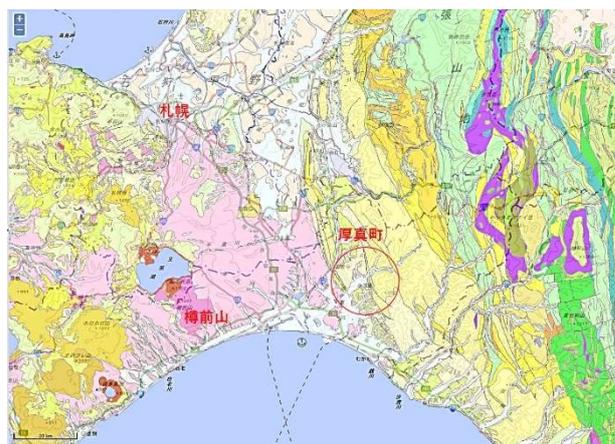


図-1 地質概要図(シームレス地質図³⁾に加筆)
(薄黄色系:新第三紀層,ピンク:火砕流堆積物)

(2) 降下火山灰層の分布と性状

厚真町付近の斜面には、主として樽前火山起源の軽石層を含む火山灰層がマントルベディングして分布する。代表的な例として厚真町吉野付近の斜面の火山灰層を示す(写真-1, 2)。既往研究によると、付近には樽前dと呼ばれる降下軽石が50cm以上、樽前cは30~50cm分布する⁶⁾。

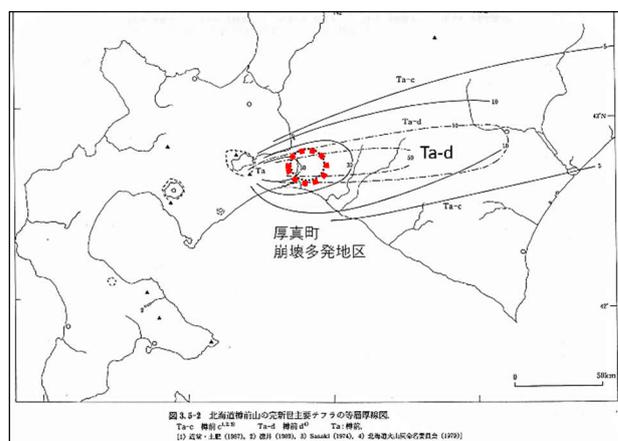


図-2 樽前山の主要テフラの等層厚線と位置図
(町田ほか2003, 新編火山灰アトラス⁶⁾に加筆)
(Ta-d; 樽前d, Ta-c; 樽前c)

樽前dは、風化してオレンジ色になっていることが多く、径1～2cmの角礫状の軽石を主体とし、やや締まった性状を示す。下部は灰白色で白色の粘土脈が見られることがある。樽前c、bは白色の軽石からなり、非常にルーズな性状を示す。

降下軽石層の間には暗黒色の粘性土（クロボク層）が挟在する。



写真-1 崩壊地の頭部に露出する火山灰層



写真-2 樽前降下軽石（d, c, b）



写真-3 崩壊地の滑落面に残存する樽前降下軽石（写真-1, 2と同じ崩壊地）

3. 斜面災害の発生の特徴

火山灰層分布地における地震時の斜面崩壊は、特定の地域に集中しており、以下のような特徴がある。

- ①発生密度が高い
- ②傾斜30度以下の緩斜面でも発生している
- ③崩壊土砂の流動性が高く土砂が低地に広がる
- ④谷～溪流を土石流状に流下する
- ⑤薄い表層がずり落ちるように滑落する
- ⑥緩傾斜谷底低地が氷河状に滑動する



写真-4 密集して発生した表層崩壊の斜め写真⁷⁾
（頗美宇川上流域の厚真町安平町行政界付近）

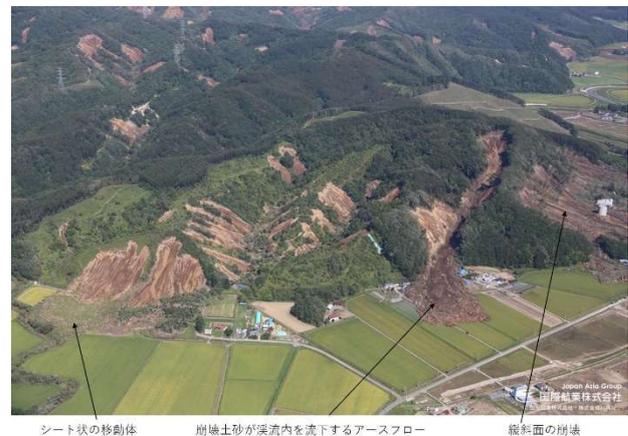


写真-5 多様な形態の斜面災害⁷⁾（富里）



写真-6 谷底に大きく広がる崩壊土砂の斜め写真⁷⁾（厚真町日高幌内川下流付近.）



写真-7 厚真町吉野の連続的な斜面崩壊⁷⁾

3. 火山灰層斜面災害の類型

平成30年北海道胆振東部地震で発生した火山灰層の斜面災害は多様な形態を示したが、火山灰層分布地特有の類似条件で発生している。これまで報告されているようにマンテルベディングした火山灰層、特に樽前d降下軽石層の基底付近で滑動していることがほとんどであると考えられる。しかし、斜面の地形や下部の地形条件で土砂の移動形態が異なり、以下のような類型が見られる。

- ① 緩斜面シート状滑動型
- ② 崖錐斜面滑動型
- ③ 氷河状谷底堆積物滑動型
- ④ 急斜面表層崩壊型
- ⑤ 扇状地形成アースフロー型
- ⑥ 溪流長距離流動型

(1) 緩斜面シート状滑動型

薄い表層が一体となって斜面上をずり落ち、滑り落ちて前方の平坦地を移動体が覆う。毛布がずり落ちるように移動体が乱れることなく滑り落ち、滑落斜面に移動体ブロックの破片が残存する場合もある(写真-8, 10, 図-3)。傾斜10～15度の平滑な斜面に降下軽石を含む火山灰層がマンテルベディングする条件で発生していると考えられる。写真-8の事例では、災害発生前の空中写真(写真-9)を見ると、斜面先端部が河川の浸食や農地拡大により斜面下部が切断されていることがわかる。

先端部は平坦な地表面を覆うように滑動するが、平坦地の表層を押し下げてデタッチメント断層状に変動させて乗り上げている場合がある。



写真-8 シート状滑動型の空中写真⁸⁾
(厚真町幌里, 国土地理院2018年9月6日撮影)



図-3 シート状滑動型の正射影図地形図重ね合わせ図⁸⁾(地理院地図より作成, 丘陵地の緩斜面(10度前後)で発生している.)



写真-9 変動箇所(写真-9, 10)の変動前の地形
(国土地理院1975年撮影実体写真⁹⁾)



写真-10 道路を覆ったシート状の移動体⁸⁾
(厚真町幌里の道道, 国土地理院2018年9月6日)

(2) 崖錐斜面滑動型

30度前後の比較的急な斜面とその下部の崖錐性の緩斜面が一体となって滑動している。平滑な斜面に降下軽石を含む火山灰層がマントルベディングし、下部に崖錐緩斜面があり、崖錐堆積物を含めて比較的厚い移動体が乱されずに地すべり状に滑動していると推定される。図-4、写真-11に示す例では、斜面下部の緩傾斜の崖錐斜面に立っていた人家が移動体に載ったまま20~30m移動している。



図-4 崖錐斜面滑動型の例⁸⁾ (厚真町幌里, 地理院地図と正射影図を重ね合わせ, 地図の建物の記号と正射影図の建物の位置がずれている)



写真-11 崖錐斜面滑動型の実体写真⁸⁾ (幌里)



写真-12 滑動前の実体写真⁹⁾ (国土地理院1975年)

朝日地区の例(写真-13)では斜面中腹から山麓緩斜面を含んでやや深いすべり(幅約80m, 傾斜約10度前後)が生じている。農地や宅地で多少人工改変されているが、崖錐斜面が一体となって滑動して道路を押し出し、小河川を越えて谷底低地まで移動している。



写真-13 厚真町朝日の地すべり状の滑動⁸⁾ (国土地理院撮影2018年9月6日)



写真-14 朝日地区の滑動前の実体写真⁹⁾ (国土地理院撮影1975年)



写真-15 写真-13と同地区の斜め写真⁷⁾ (移動体が斜面下の道路を押し出している)

(3) 氷河状谷底堆積物滑動型

厚真町本郷の道道では、谷底堆積物が滑動して移動体の先端部は道路を越えて水路まで達した。滑落崖頭部から移動体先端までの長さが約630m、幅約60m前後の細長い移動体が先端部で約90m押し出した。斜面傾斜は上部で約12度、下部は約2度で、非常に緩い斜面で滑動している。

移動体の先端～下部には圧縮しわがあり、移動体中央付近にはクレバス状の引張亀裂が移動方向に直角に形成されている。移動体側方の斜面には移動体が斜面を削った横方向の削痕が残されている。支谷をなす谷型斜面からの緩斜面シート状滑落型の移動体が合流している。

頭部は谷型斜面で表層が滑落し斜面下部から谷底に堆積していた崖錐堆積物～谷底堆積物がほぼ一体となって滑動したと考えられる。移動体の上部～中部は破碎が進み小ブロック化している。移動体の先端部は緩斜面でのシート状滑落型に類似している。

発生前の地形を見ると、上部の緩傾斜の谷型斜面には崖錐状の緩斜面があり、主谷の谷底には平坦な谷底低地が形成されている。このような緩斜面や低地には、樽前d降下軽石層及びその上位の火山灰及びその二次堆積物が堆積していたと推定される。



写真-16 氷河状谷底堆積物滑動型の例 (厚真町本郷, 国土地理院撮影2018年9月11日)

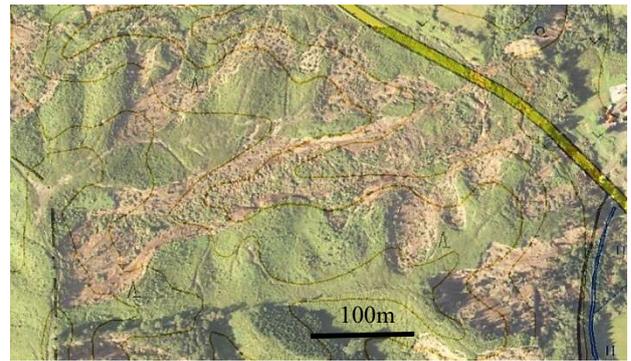


図-5 氷河状谷底堆積物滑動型の例 (厚真町本郷) (地理院地図と正射影図の重ね合わせ図⁸⁾に加筆)



図-6 氷河状谷底堆積物滑動型の形状 (厚真町本郷, 国土地理院正射影図⁸⁾に加筆)



写真-17 氷河状谷底堆積物滑動型の移動体側方斜面に形成された削痕 (写真右～上部の移動体がポール方向の写真左上方向に移動)



写真-18 移動体の側方斜面からの現地写真 (中央の谷底の移動体は写真右から左方向に滑動した.)

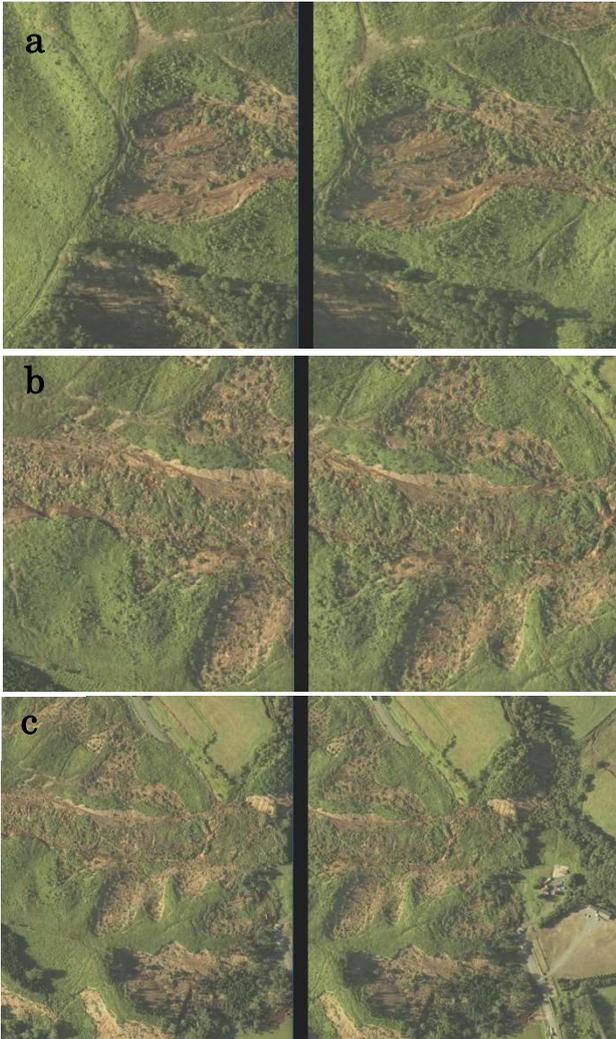


写真-20 氷河状谷底堆積物滑動型の実体写真⁸⁾

(国土地理院撮影2018年9月6日)

a: 氷河状谷底堆積物滑動型の頭部の実体写真(頭部斜面の削痕は傾斜方向ではなく谷の軸方向を向いている), b: 移動体中央付近の実体写真(側壁部の黒い下半分は谷底を谷方向に流下した土砂の削痕であり, 上部の白い崩壊地は斜面方向に滑落した崩壊), c: 移動体先端部の実体写真(緩斜面の谷底低地が下流方向に滑動し, 道路を越えて停止している)



写真-21 発生前の緩傾斜の谷底低地 (国土地理院撮影1975年)

(4) 急斜面表層崩壊型

傾斜が35度前後の比較的急な斜面では, 表層崩壊が発生して崩壊土砂が流動化し, 広く薄く拡散して堆積している. 写真-22の例では, 高さ約80mの谷型斜面が崩壊し, 崩壊土砂が斜面下部にある道路盛土(高さ約10m)を乗り越えてさらに下方の河床付近にまで流下している. 表層の火山灰層(樽前d軽石層を含む)が滑落して移動体は粉碎されて流動性を増したと考えられる. この例では, 比較的平滑な斜面の中で谷型斜面が崩壊していることに注意が必要である.



写真-22 急斜面表層崩壊型の事例⁷⁾(道路盛土を乗り越えて崩壊土砂が流下している.)



写真-23 写真-18の実体写真⁸⁾と判読 (国土地理院撮影2018年9月6日)



写真-24 写真-22の崩壊前実体写真⁹⁾(国土地理院撮影2015年, 平滑斜面に不明瞭な谷型斜面)

(5) 扇状地形成アースフロー型

傾斜20～30度の谷型斜面表層が滑落し、移動体がほぐれて土砂状となって流動化し、さらに支谷からの土砂と合流して谷を流下して谷出口に扇状地を形成して堆積する。長距離流動した土砂が平地で氾濫し土砂が広く拡散して堆積することが特徴であり、低地にある農地や宅地・建物への影響が大きい。

厚真町幌内の事例（写真-25）では、傾斜約25度の谷型斜面が崩壊して土砂が溪流出口の低地を150～200m 流走し、扇状地上に広がって堆積している。



写真-25 扇状地形成アースフロー型の斜め写真⁷⁾



図-7 扇状地形成アースフロー型の正射影図と地理院地図重ね合わせ図⁸⁾



写真-26 扇状地形成アースフロー型の実体写真⁸⁾
(国土地理院撮影2018年9月6日)

(6) 溪流長距離流動型

斜面崩壊が密集して発生した溪流流域内では、支溪流からの土砂が合流して溪流をさらに下流へ長距離流動している例がある。流下距離は数kmに及ぶものがある。これは流域の上流域で発生した斜面崩壊が、アースフローとなって長距離流動して下流域に大きな災害をもたらすものとして注意が必要である。

厚真町のメナの沢川の事例（図-8）では、傾斜30度前後の多数の谷型斜面の崩壊土砂が合流してV字谷状の溪流を約2.5km流下し、流域内で停止している。溪流の中下流部の溪床勾配は約2～4度である。



図-8 溪流長距離流動型の例（地理院地図と正射影図を重ね合わせ⁸⁾）

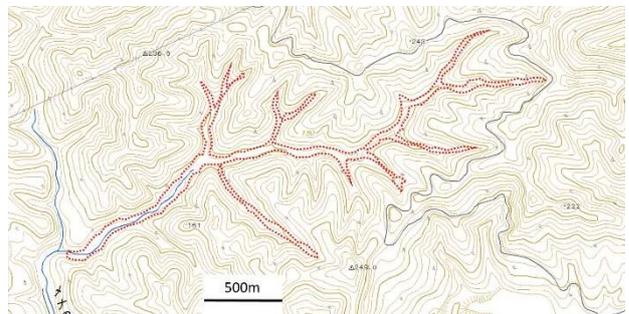


図-9 流動経路と地形（地理院地図に加筆）



写真-27 発生前の地形（国土地理院撮影1975年⁹⁾，樹枝状の水系が発達し、V字谷の支溪流が合流する）



写真-28 長距離流動した溪流の堆積状況（実体視）
 (国土地理院撮影 2018年9月6日⁸⁾)

写真-29 長距離流動した溪流の発生前の地形（国土地理院撮影 2015年⁹⁾)

表-1 平成30年北海道胆振東部地震時の火山灰層斜面災害の類型

運動	類型	模式図	形態的特徴	地質地形条件
1	緩斜面シート状滑動型		薄い表層が一体となって斜面上をずり落ち、滑り落ちて前方の平坦地を移動体が覆う。滑落面に移動体の断片が残存することがある。	傾斜約30度以下の平滑な斜面に降下軽石を含む火山灰層がマントルベディングする。
2	崖錐斜面滑動型		30度前後の比較的急な斜面とその下部の崖錐斜面が一体となって滑動し、移動体の乱れが少ない。	傾斜約30度前後の平滑な斜面に降下軽石を含む火山灰層がマントルベディングし、下部に崖錐緩斜面がある。
3	氷河状谷底堆積物滑動型		緩傾斜の細長い形状の谷底堆積物全体が滑動して氷河状に下流側に滑動して押し出す。	降下軽石層を含む火山灰層及びその二次堆積物が分布する。緩傾斜の平滑な谷底堆積物が分布する。
4	急斜面表層崩壊型		35度前後の急斜面が表層崩壊し、流動化した崩壊土砂が下部～平坦地に広がって堆積する。	傾斜35度前後の比較的急傾斜の谷型斜面で、表層に緩い火山灰層が堆積する。
5	扇状地形成アースフロー型		一つまたは複数の谷型斜面の表層が崩壊して土砂が下部の谷～溪流を流下して谷出口に扇状地を形成して堆積する。	降下軽石層を含む火山灰層及びその二次堆積物が分布する。谷型斜面とその下部の谷があり出口部に平坦地が広がる。
6	溪流長距離流動型		流域内の多くの斜面が表層崩壊し、流下した土砂が合流して溪流を長距離流下する。	降下軽石層を含む火山灰層が分布する。樹枝状～格子状の水系が発達して支溪流が発達する。

3. 類型化のまとめ

平成30年北海道胆振東部地震では、火山灰層の分布地で非常に多くの多様な斜面災害が発生した。前述したような斜面災害の事例は、その形態の特徴と地質地形条件から、表-1のように整理した。多数の斜面崩壊の中では、この類型の中間的なものや複合したもの、当てはまらないものもあると思われるが、ある程度災害形態を類型化することが今後、同様の災害リスクを抽出する際の指標となると考えられる。

胆振東部地震による火山灰層の斜面災害の特徴は、以下の点である。

①傾斜30度以下の緩斜面の表層が一体となって滑動するタイプ

②崩壊土砂がほぐれて流動化し土石流状に長距離流動するタイプ

地質条件としては以下の特徴があげられる。

①火山灰層が地形に沿って層状に堆積（マントルベディング）している。

②降下軽石層と粘性土（古土壌や風成ローム層）が互層となっている。

この地質条件を満たすのは、新期火山周辺、特に東側の地域で降下軽石やスコリアの到達域にあって、降下軽石層が堆積可能な傾斜が約30度以下の斜面である。層状の火山灰層の厚さに規制されるが、斜面上では1～3mの浅いすべりが生じ、谷型斜面や崖錐斜面ではやや深いすべりとなる。

このような地質地形条件で地震時に斜面災害が多発した事例は多く、2016年の熊本地震時の阿蘇カルデラ付近や1968年の十勝沖地震時の八戸丘陵などの災害に非常に類似している。

この類似した地質地形条件を持つ地域では、今後、同様の斜面災害が発生するリスクがあると推定される。火山灰層分布地域では、緩斜面の滑動と崩壊土砂の長距離流動の二つの災害形態に留意した対応が重要と思われる。

謝辞

調査団の現地調査に際しては、厚真町役場から種々ご便宜をいただいた。日本地すべり学会北海道支部や日本応用地質学会北海道支部の方々には、地質的知見や災害情報提供等のご指導とご便宜をいただいた。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 田近淳ほか：胆振東部地震現地調査速報，日本地すべり学会ホームページ，2018年。
- 2) 廣瀬亘ほか：平成30年北海道胆振東部地震に伴う厚真町での斜面調査（厚真町東部），北海道立総合研究機構環境・地質研究本部地質研究所ホームページ，2018年。
- 3) 産業技術総合研究所：シームレス地質図，産業技術総合研究所ホームページ地質図 Navi。
- 4) 高橋功二・和田信彦：五万分の一地質図幅「穂別」説明書，北海道立地下資源調査所，1987年。
- 5) 松野久也・石田正夫：五万分の一地質図幅「早来」説明書，北海道開発庁，1960年。
- 6) 町田洋・新井房夫：新編火山灰アトラス 日本列島とその周辺，東京大学出版会，360pp，2003年。
- 7) 国際航業株式会社：災害
- 8) 国土地理院：平成30年北海道胆振東部地震に関する情報，空中写真（垂直写真，正射画像），国土地理院ホームページ。
- 9) 国土地理院：地図・空中写真閲覧サービス，国土地理院ホームページ。