

# 平成30年北海道胆振東部地震被害調査報告書

## 報 告 書



平成30年11月

中央開発株式会社

はじめに

平成30年9月6日午前3時7分、北海道内では初となる最大震度7を記録した北海道胆振東部地震が発生した。この地震によって、41人の尊い命が奪われるとともに、全壊および半壊を含めた建築物被害が約1万5千棟に及んだ（平成30年10月9日現在）。

特に、地震により大規模な土砂災害が多発した厚真町では、36人が犠牲となった。また札幌市清田区、東区や北広島市では、強い地震動やそれに伴う液状化現象が発生し、道路の大規模な陥没、多くの建築物で倒壊や傾斜などが生じた。

弊社は、2年前に発生した熊本地震を初め、これまでも大規模地震に対しての被害調査を行ってきた。今回の胆振東部地震では、本社および札幌支店の職員を中心に調査団を結成し、先ず地震発生当日の9月6日より第一次調査を実施した。次に、第二次調査では調査人数を増員し、9月22日から実施した。また、9月28日からは東京理科大学（代表者：塚本良道教授）との共同調査にも参加した。

本報告書では、第I章に胆振東部地震の概要、第II章に道央地区および胆振地方の地形地質および過去の地震被害の概要を整理した。

第III章では、液状化被害が生じた札幌市（東区、清田区美しが丘地区、里塚地区、里塚霊園）および北広島市大曲地区の被害状況と噴砂の粒度特性を整理した。特に、地震発生当日に調査を実施しているため、生々しい被害直後の状況や2003年十勝沖地震の際に液状化した地盤の再液状化についても調査した。

第IV章では、今回の地震被害において最も特徴的な現象のひとつである斜面崩壊による土砂災害についての調査結果を掲載した。今回の斜面崩壊では、地区一帯に分布する火山灰質土の影響が考えられたため、先ず胆振地方のテフラ分布を整理するとともに、大規模な斜面崩壊が発生した厚真町（桜丘地区、東和地区、富里地区、吉野地区）についての結果と崩壊のメカニズムについて考察した。なお、斜面の被害調査は、斜面崩壊箇所が大規模かつ広範囲に及んでいたため、通常の踏査に加えて、UAVを活用した調査も実施した。

第V章では、斜面崩壊箇所の土壌硬度計による測定結果と採取した土の物理特性を示すとともに、無限斜面の安定理論を用いた試算を実施した。

最後の第VI章では、今後の理学・工学にわたる防災・減災の研究の一助にすることを目的に、今回の地震による液状化や斜面崩壊など地盤災害の特徴や留意点をまとめた。

弊社は今後も、政府機関や関連学会の調査・動向に関わりながら、より安心・安全な街づくりや、地域防災に取り組んで参る所存です。

最後に、本調査を実施するにあたり、貴重なご意見やご指導を賜りました、東京大学名誉教授・東畑郁生先生（弊社技術顧問）、東京理科大学教授・塚本良道先生、東京電機大学教授・安田進先生を初め、お世話頂いた関係各位に感謝を申し上げます次第です。

平成30年11月

中央開発株式会社 代表取締役社長 瀬古一郎  
(同) 被害調査団 団長 西江俊作

平成 30 年北海道胆振東部地震被害調査団

調査団名称	調査日時	氏名	所属
第一次現地調査	9月6日 (発生当日) ～9月8日	東畑 郁生 (技術指導) 池田 光良 (層序地下水) 細矢 卓志 (執筆責任者) 神部 創	東京大学名誉教授 (技術顧問) 札幌支店 ソリューションセンター 札幌支店
第二次現地調査	9月22日 ～9月24日	西江 俊作 (団長) 山口 弘志 (幹事) 阿部 哲夫 王 林 福原 誠 荒井 靖人 (土質試験) 細矢 卓志 (ドローン操縦)	技術センター ソリューションセンター 札幌支店 技術センター 技術センター ソリューションセンター ソリューションセンター
東京理科大学 合同調査団参加	9月28日 ～10月2日	橋本 和佳 (安定解析) 酒井 成之 掛川 智仁	東京支社 東京支社 ソリューションセンター
報告書執筆協力		緒方 信一 新庄 穰 山田 史絵	事業本部 札幌支店 ソリューションセンター

~~~~~

【表紙写真】

- 上 : 勇払郡厚真町吉野地区で発生した斜面崩壊 (ドローン撮影)
- 左下 : 札幌市清田区美しが丘で発生した噴砂
- 右下 : 左下写真近傍において、2003年十勝沖地震の際に発生した噴砂

# 目 次

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| I. 胆振東部地震の概要                   | 1  |
| I-1 地震の概要                      | 1  |
| I-2 北海道胆振東部地震の地震学的背景           | 4  |
| I-3 地震の波形データ                   | 7  |
| I-4 地震の余震分布                    | 8  |
| II. 道央地区、胆振地方の地形地質概要と過去の地震被害概要 | 10 |
| II-1 道央地区の地形地質概要               | 10 |
| II-2 胆振地方の地形地質概要               | 12 |
| II-3 過去の地震被害状況                 | 15 |
| III. 市街地被害調査結果                 | 24 |
| III-1 札幌市東区の被害区                | 24 |
| III-2 札幌市清田区の被害                | 26 |
| III-3 北広島市大曲地区の被害              | 34 |
| IV. 斜面の変状                      | 37 |
| IV-1 厚真町の斜面変状位置                | 37 |
| IV-2 厚真町付近の地質                  | 39 |
| IV-3 厚真町桜坂地区の斜面変状              | 40 |
| IV-4 厚真町東和地区の斜面変状              | 44 |
| IV-5 厚真町富里地区の斜面変状              | 46 |
| IV-6 厚真町吉野地区の斜面変状              | 49 |
| IV-7 厚真町斜面崩壊地における崩壊長と流出長の関係    | 53 |
| V. 室内土質試験と土壌硬度測定               | 56 |
| V-1 里塚地区の物理特性                  | 56 |
| V-2 厚真町崩壊斜面の物理特性と土壌高度          | 59 |
| VI. 斜面崩壊のメカニズムについて             | 71 |
| VI-1 斜面崩壊の状況・素因・誘因             | 71 |
| VI-2 斜面崩壊に関する地下水の影響            | 72 |
| VI-3 斜面の安定解析との対比               | 74 |
| VII. 総括                        | 84 |
| 特別寄稿（平成30年北海道胆振東部地震を経験して）      | 88 |

## I. 胆振東部地震の概要

### I-1 地震の概要

北海道胆振東部地震は、2018年(平成30)年9月6日3時7分に、北海道胆振地方中東部を震源として発生した地殻内地震である。地震の規模は気象庁マグニチュード $M_j$  6.7、震源の深さは37 km(いずれも暫定値)、最大震度は7で、北海道では初めて観測された(図 I-1-1)。大規模な斜面崩壊が発生し、死者41名、負傷者749名、全壊1,486棟、半壊2,388棟、家屋被害計15,370棟、避難者348名(以上、10月24日現在)、全道に及ぶ停電(ブラックアウト)が発生するなど、多大な被害をもたらした。以下に、北海道胆振東部地震の緒元、震度分布図、震央分布図、震源断層モデル(9月11日、地震調査委員会\*発表の暫定モデル)および緒元を示す(表 I-1-1)。当初、本地震の震央は、石狩低地帯東縁断層帯から10km以上離れているため、直接の関係はないと考えられたが、両者の発震機構が類似している(高角の衝上断層)こと、石狩低地帯東縁断層帯南部では、本地震を引き起こした断層および震源域と連続している可能性を否定できず、何らかの関係性があるものと考えられるようになってきている(図 I-1-2、図 I-1-3、表 I-1-2)。

表 I-1-1 北海道胆振東部地震の緒元

|                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発生時刻：2018年9月6日03時07分59.3秒                                                                                |
| 2. 規模： $M_6.7$ 、深さ37km、最大震度7(厚真町鹿沼)、東北東-西南西方向に圧力軸を持つ逆断層型(速報値)                                               |
| 3. 地殻変動量：厚真町で南東へ <b>5.1cm</b> 、日高町門別で南南東へ <b>6.9cm</b><br>[以上、地震調査委員会による]                                   |
| 4. 運動形態：ほぼ南北方向の高角な断層面上における逆断層運動が推定される。                                                                      |
| 5. 断層の上端：深さ約15km、断層下端：深さ約31km                                                                               |
| 6. 推定モーメントマグニチュード： $M_w$ は6.56、地震モーメント： $8.59 \times 10^{18} \text{Nm}$<br>[以上、国土地理院地理地殻活動研究センター地殻変動研究室による] |

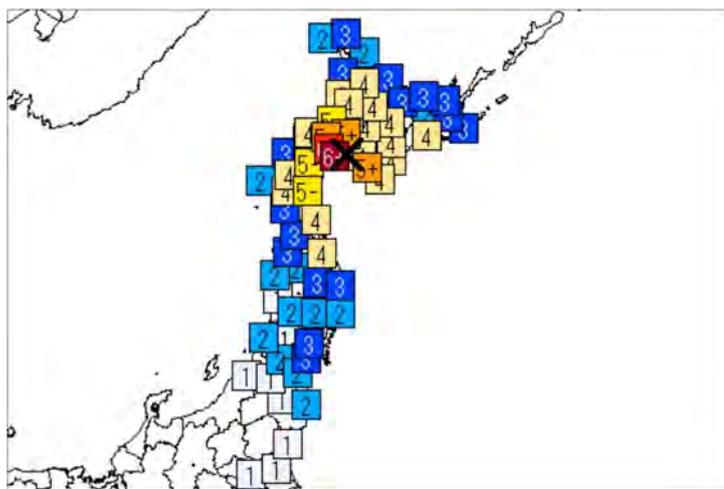


図 I-1-1 震度分布図 (地震調査委員会)

\*正確には地震調査研究推進本部地震調査委員会。資料は『平成 30 年北海道胆振東部地震の評価』, 2018 年 9 月 11 日による。

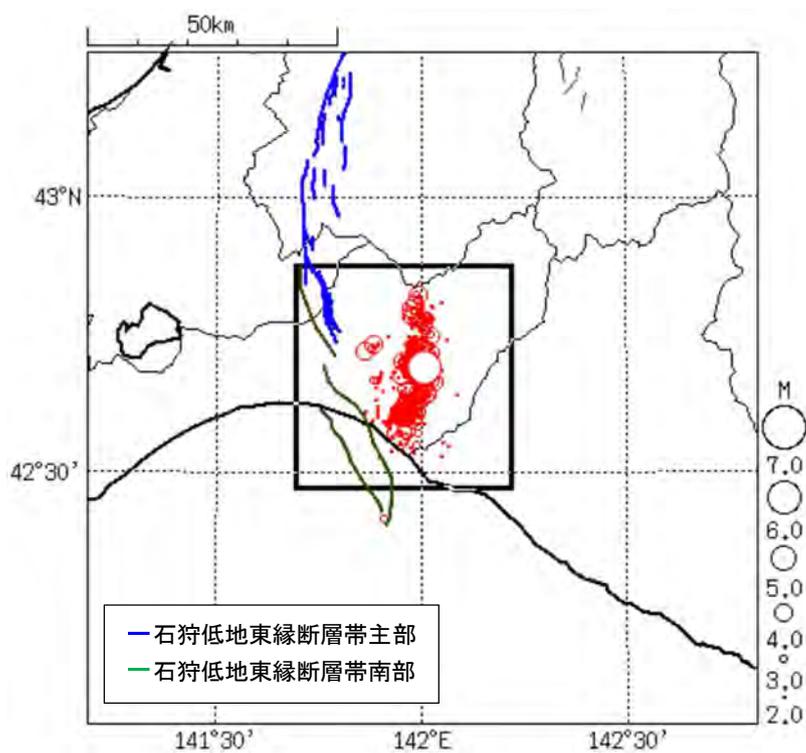


図 I-1-2 震央分布図

(地震調査委員会:2018 年 9 月 6 日 00 時 00 分~20 日 11 時 00 分、 $M \geq 2.0$ 、深さ 0~60km)

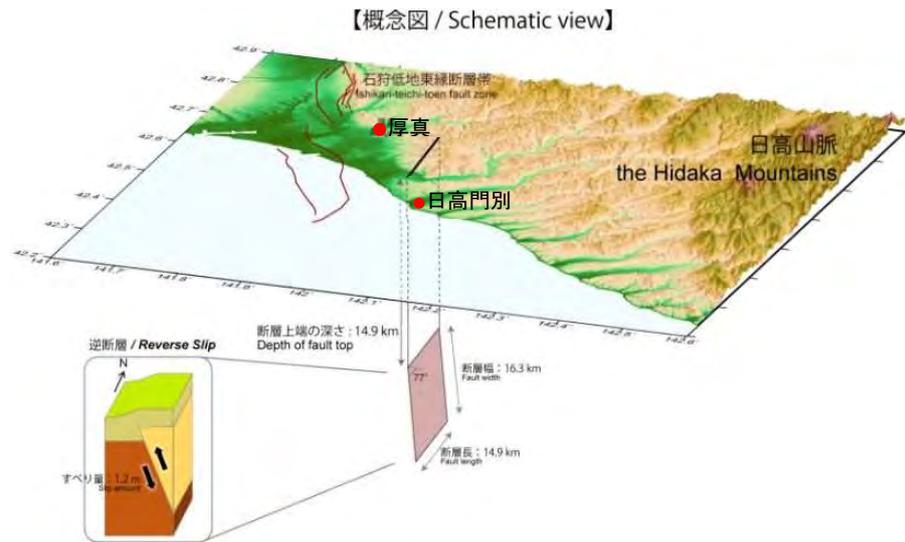


図 I-1-3 震源断層モデル (国土地理院:地名を加筆)

表 I-1-2 震源断層モデルパラメータ(国土地理院)

| 緯度(°)              | 経度(°)             | 上端深さ<br>[km]  | 長さ<br>[km]    | 幅<br>[km]     | 走向<br>(°)    | 傾斜<br>(°)   | 滑り角<br>(°)   | 滑り量<br>[m]   | M <sub>w</sub> |
|--------------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|--------------|-------------|--------------|--------------|----------------|
| 141.975<br>(0.020) | 42.578<br>(0.018) | 14.9<br>(1.6) | 14.9<br>(5.0) | 16.3<br>(4.2) | 355<br>(4.0) | 77<br>(4.1) | 117<br>(6.6) | 1.2<br>(0.5) | 6.56           |

※矩形断層 1 枚での推定結果。位置は断層の左上端を示す。( ) 内は誤差を示す(1σ)。

## I-2 北海道胆振東部地震の地震学的背景

### I-2-1 北海道周辺のプレートの分布とテクトニクス、地震活動\*

日本列島は、大局的にはユーラシア、太平洋、北米、フィリピンの4つのプレートの集合した地帯と説明されることが多い。しかし、近年は地震の分布から見て、これだけでは不十分であり、北米プレートのカムチャツカ半島以南、ユーラシアプレートのバイカル湖以東を、それぞれオホーツクプレート、アムールプレートとして細分化する説が有力になってきた(※1)。さらに、西部北海道から糸魚川-静岡線までを東北日本弧のプレートとして細分する考えもある。日本列島はこれらのプレートがひしめき合い、世界の地震・火山エネルギーの約10%が集中する極めて活発な変動帯である(図I-2-1)。

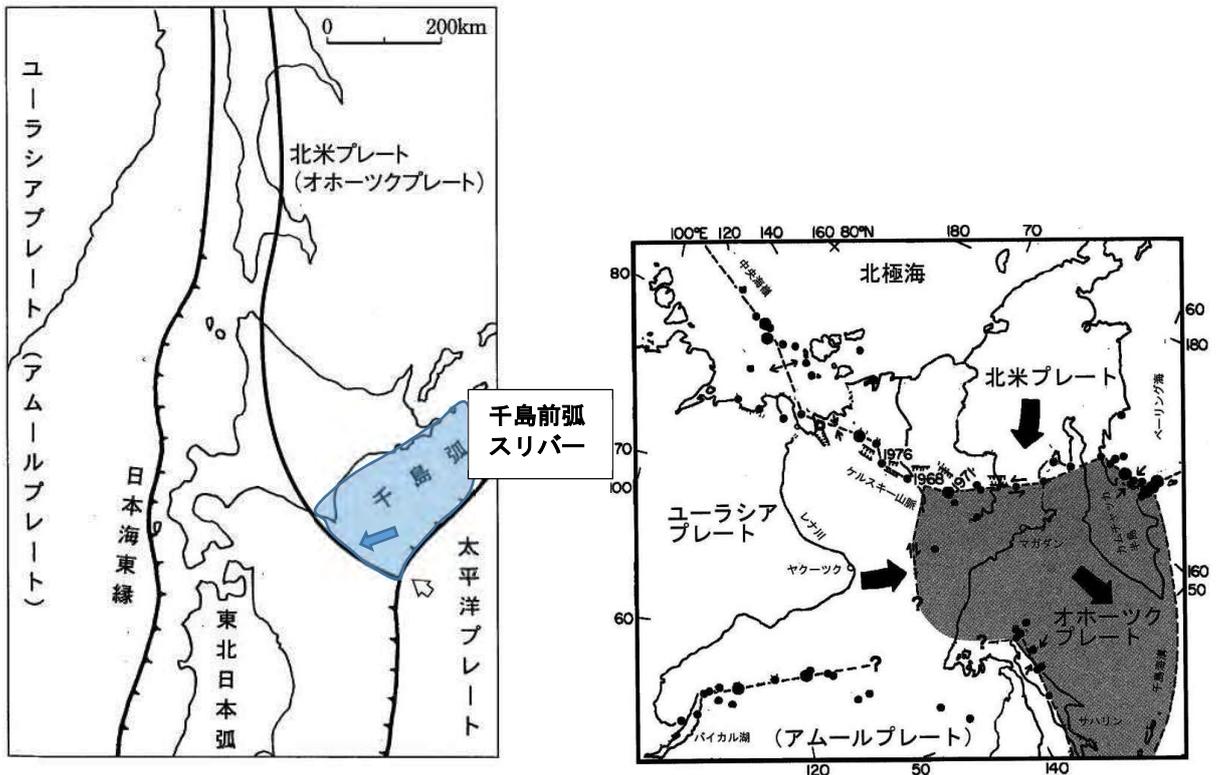


図 I-2-1 北海道周辺のプレートの分布

千島前弧状スリパーを加筆。

北海道では新第三紀中新世以降に、西部北海道と東部北海道の地殻が衝突厚化したと考えられており、それは地震波速度にも顕著に現れている(図I-2-2)(※2)。一般に、陸域のプレートは地殻と上部マントルが一体となって移動するとされているが、北海道の地震は、プレート境界やプレート内地震(※3)に加えて、地殻下部や地殻の下部にぶつかるウェッジマントル(wedge とは‘楔形の’の意)にも歪を生じて地震が発生する。北海道胆振東部地震も、地殻下面付近(マントル最上部との意見もある)で生じており、北海道の特異な地下構造で生じた応力と歪が関係して、深さ31~37kmとやや深い場所で発生したのにも関わらず、広域的に大きな揺れを伴った可能性が高い。

※1 木村学、宮坂省吾、亀田純(2018): 揺れ動く大地 北海道とプレート、北海道新聞社、185 p.

※2 本項は、最新の研究成果をまとめた文献1)に従って記述した。

※3 通常の場合、マントル最上部では $V_p=8.0$  km/s程度であるが、北海道や東北地方では $V_p=7.5-$

8.0 km/s の部分が見られる。これは岩盤の部分溶融、すなわちマグマの発生を示すと見られている。図 1-5 の下図でも分かるように、沈み込むプレートには2面の地震面がある。上面は、陸側のプレートと衝突するために逆断層型の、下面は上盤よりも下盤の移動速度が速くなるために、正断層型の地震が発生する。

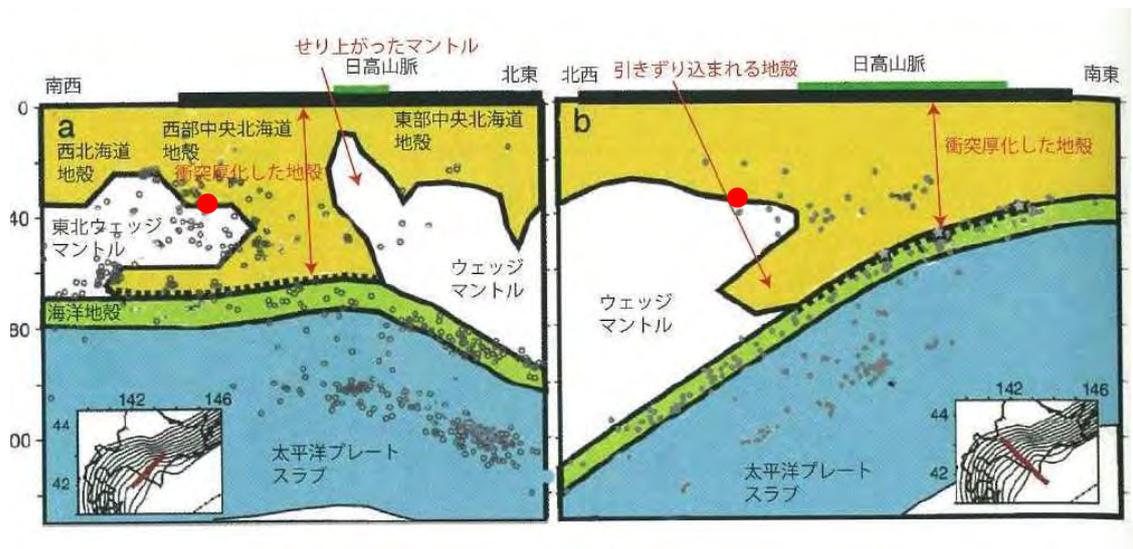
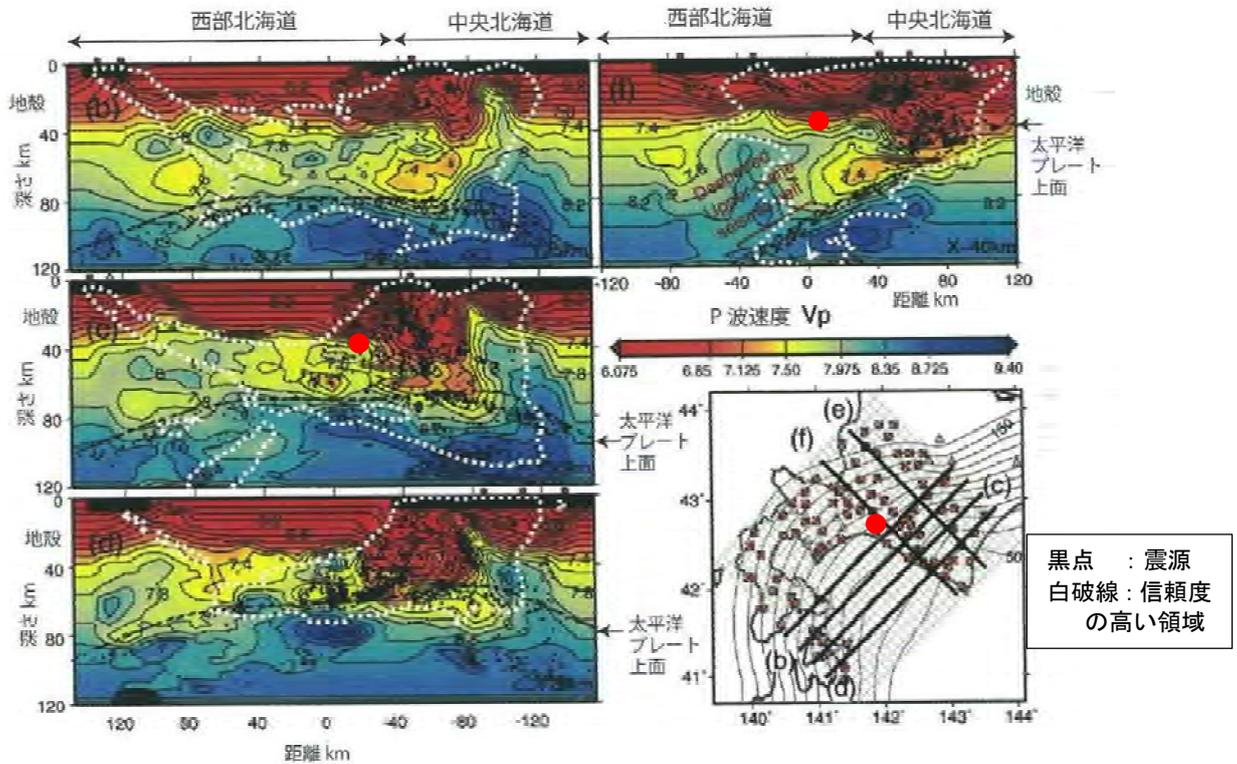


図 I-2-2 北海道の P 波速度分布(上)とその解釈図(下)

下図の a と上図の (c)、下図の b と上図の (f) がほぼ対応する。●は胆振東部地震の震央の概略位置。

## I-2-2 千島スリバー西進の北海道への影響

北海道における地震の発生には、その構造発達史との深い関連性があると考えられている。すなわち、色丹島、歯舞諸島、根室半島を乗せた千島前弧スリバー(※1)が斜め衝突して地殻がめくれ上がり、主として新第三紀中新世以降に、西部北海道と東部北海道の間の海域が上昇に転じ、日高山脈等が形成され、約1千万年前までには北海道の地形・地質の骨格がほぼ形成されたと考えられている。日高山脈周辺で最も明瞭な断層地形は日高山脈西縁衝上断層であるが、同断層は活断層ではなく、千島前弧スリバーの最近の西進は、白糠丘陵や豊頃丘陵の隆起、あるいは石狩低地東縁断層帯、野幌丘陵山麓断層等によって吸収されていると推定されている<sup>2)</sup>。日高山中や浦河沖で発生するM6.5級の地震や、十勝平野の沈降も同様な応力が関係していると見られる。北海道の主な活断層を図I-2-3に示す。

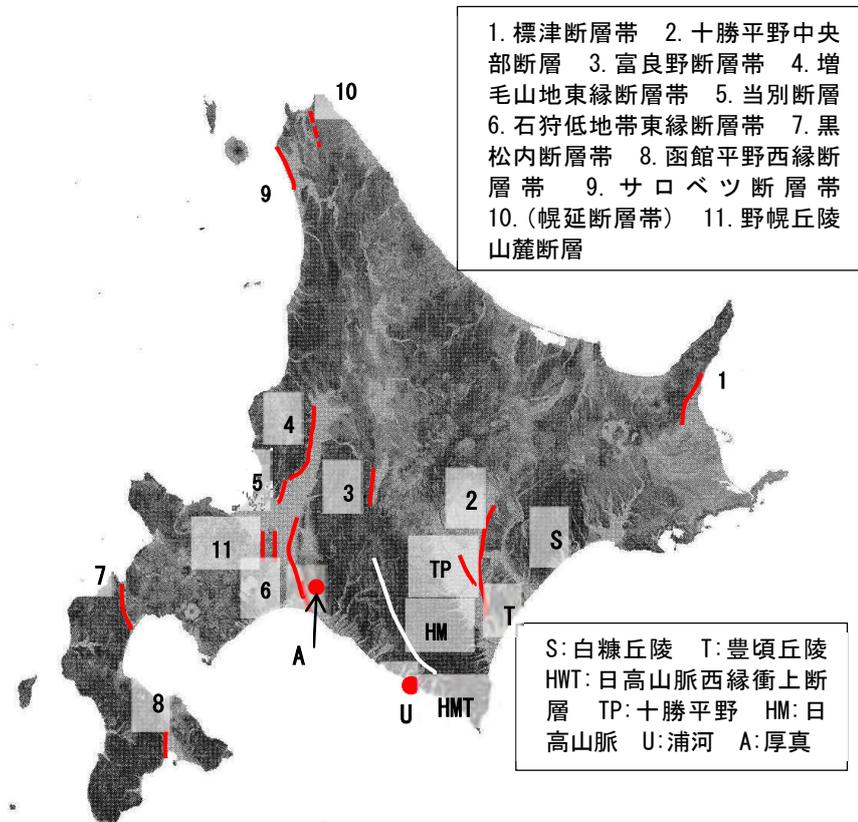


図 I-2-3 北海道の主な活断層の概要 (文献※2,※3を参考に作成)

※1 スリバー(silver)とは、本来、細長い板きれを意味し、地質学では細長い板状のプレートと呼ぶ。

※2 木村学、宮坂省吾、亀田純 (2018) : 揺れ動く大地 北海道とプレート、北海道新聞社、185 p.

※3 小疇 尚ほか編 (2003) : 日本の地形2 北海道、東京大学出版会、pp. 2-14.

### I-3 地震の波形データ

平成 30 年北海道胆振東部地震で、最大加速度を記録したのは追分町の観測点の 1796gal（三成分合成値）であった。追分町における地震動波形を図 I-3-1 に、速度・加速度応答スペクトルを図 I-3-2 に示す。加速度応答スペクトルは 0.5 秒前後の周期が卓越している。また、構造物の揺れと相関が高い速度応答スペクトルは 0.5 秒前後で最大値を示し、1.0 秒前後、1.8 秒前後でも卓越しており、キラーパルスが発生していたと考えられる。

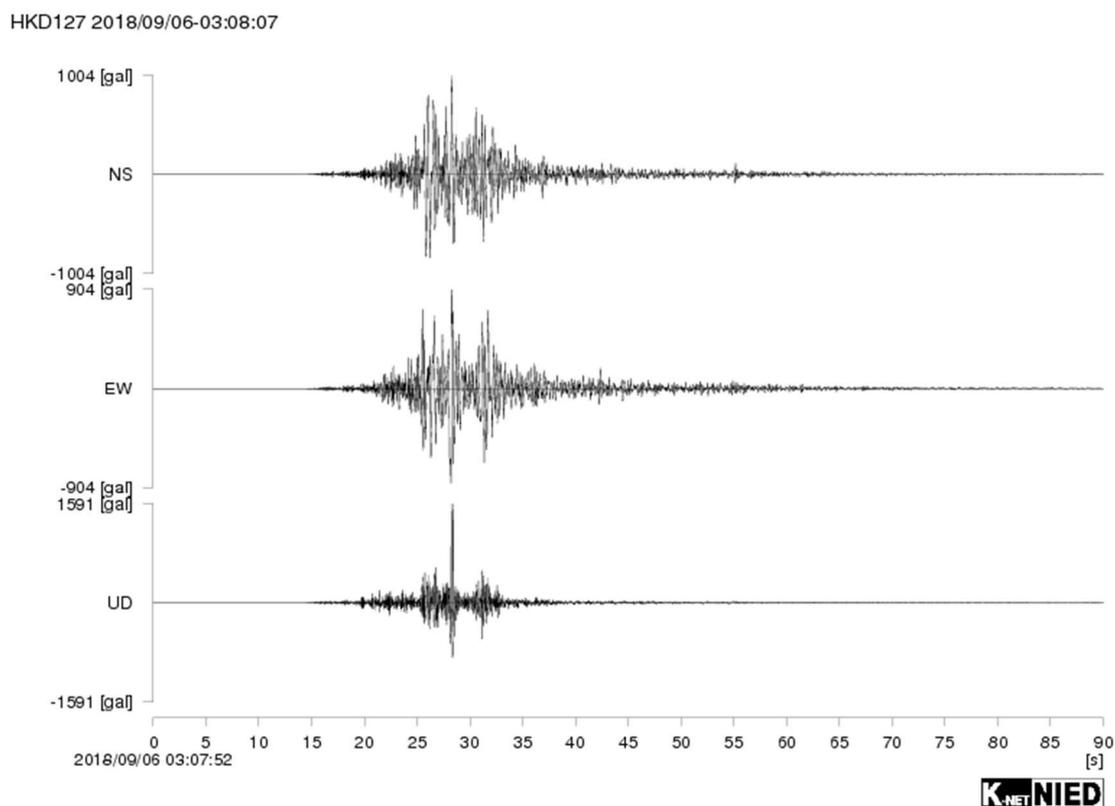
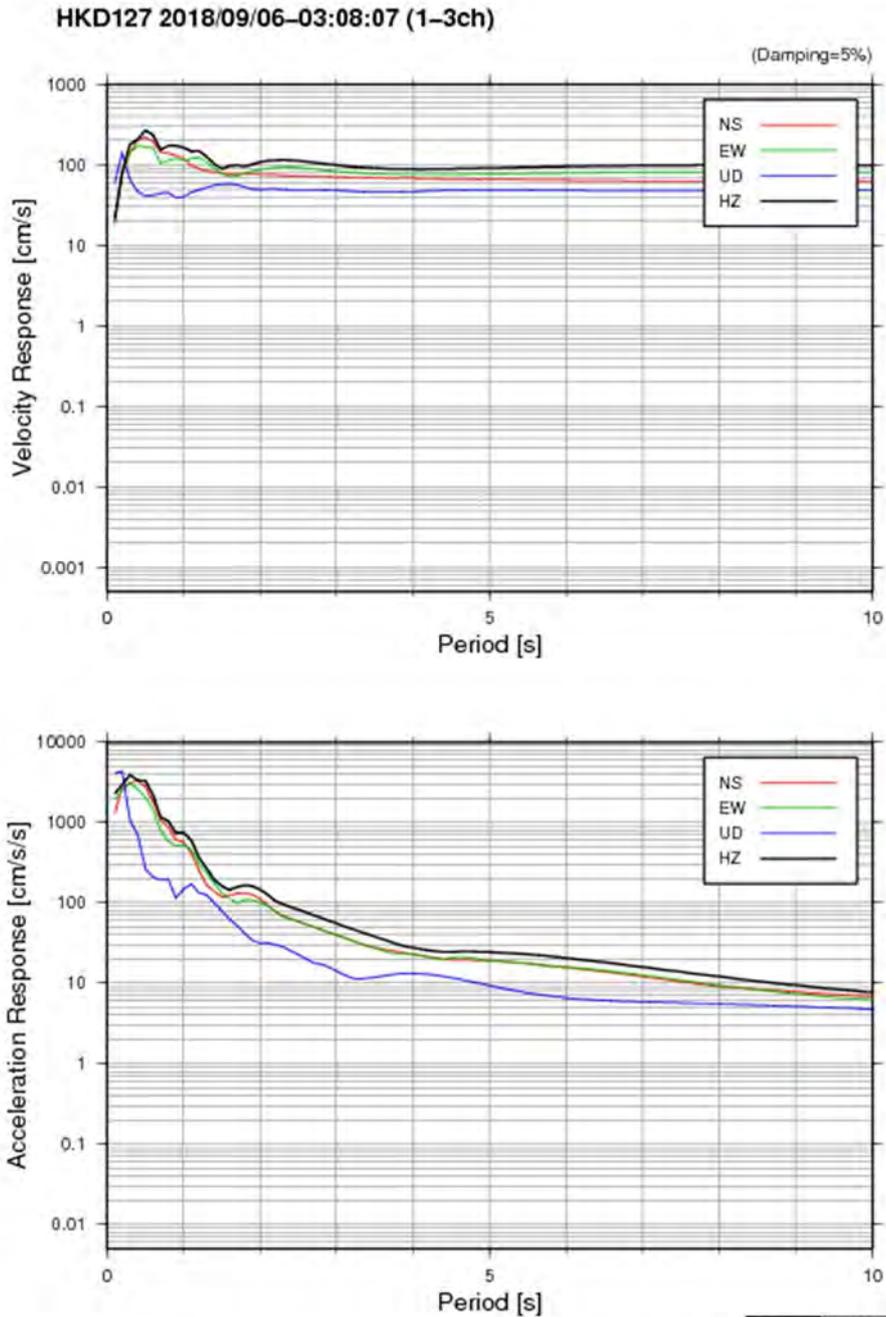


図 I-3-1 追分町における 9 月 6 日 3 時 8 分頃の強震動波形  
防災科学技術研究所ホームページより引用



**K-NET NIED**

図 I-3-2 追分町における 9 月 6 日 3 時 8 分頃の地震の  
速度応答スペクトル(上)および加速度応答スペクトル(下)

#### I-4 地震の余震分布

2018 年 9 月 6 日 3 時 7 分に発生した北海道胆振地方中東部の深さ約 35km でマグニチュード (M)6.7 の地震以降、この地震の震源を含む南北約 30km の領域で地震活動が非常に活発になっている。図 I-4-1 に 2018 年 7 月 27 日から 2018 年 10 月 25 日までの平成 30 年北海道胆振東部地震震源地周辺で発生した地震の震源分布図を示す。表 I-4-1 に 2018 年 9 月 6 日から 2018 年 10 月 17 日までに北海道厚真町で観測された最大震度 4 以上の地震の概要を示す。同日 6 時 11 分にこの地震の震央付近の深さ 38km で M5.4 の地震(最大震度 5 弱)が発生するなど、10 月 17 日までに最大震度 4 以上の地震が 23 回、M4 以上の地震が 52 回発生している。

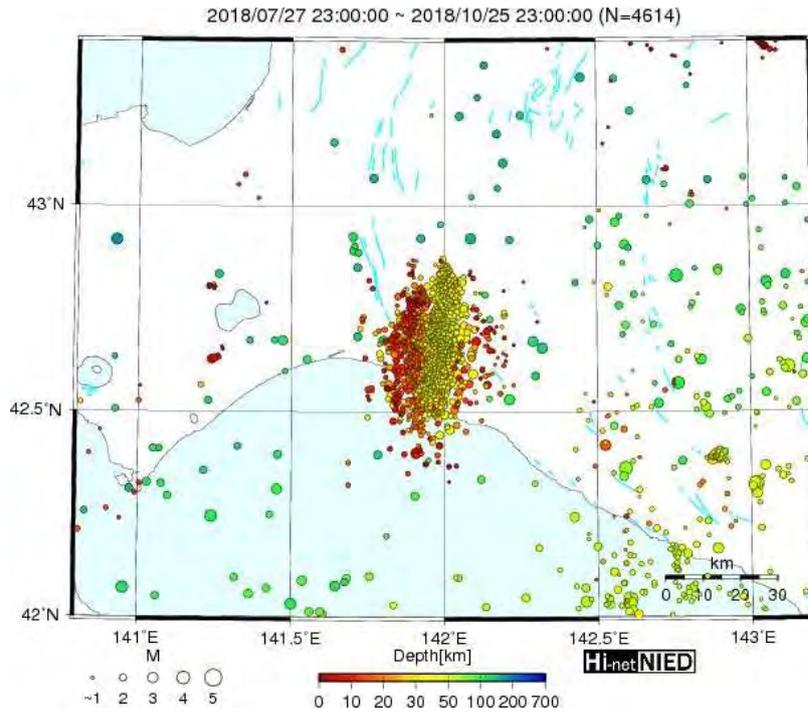


図 I-4-1 平成 30 年北海道胆振東部地震 震源分布図 (2018/07/27 00:00~2018/10/25 23:00)

|                    | 地震の発生日時         | 震央地名    | 緯度        | 経度         | 深さ   | M    | 最大震度 |
|--------------------|-----------------|---------|-----------|------------|------|------|------|
| <a href="#">1</a>  | 2018/9/6 3:07   | 胆振地方中東部 | 42°41.4'N | 142°00.4'E | 37km | M6.7 | 7    |
| <a href="#">2</a>  | 2018/9/6 3:17   | 胆振地方中東部 | 42°37.6'N | 141°57.8'E | 33km | M4.7 | 4    |
| <a href="#">3</a>  | 2018/9/6 3:20   | 胆振地方中東部 | 42°34.3'N | 141°56.9'E | 36km | M5.5 | 4    |
| <a href="#">4</a>  | 2018/9/6 3:23   | 胆振地方中東部 | 42°47.8'N | 141°58.5'E | 32km | M4.8 | 4    |
| <a href="#">5</a>  | 2018/9/6 3:32   | 胆振地方中東部 | 42°43.4'N | 141°59.9'E | 34km | M4.6 | 4    |
| <a href="#">6</a>  | 2018/9/6 4:10   | 胆振地方中東部 | 42°40.7'N | 141°59.3'E | 32km | M4.7 | 4    |
| <a href="#">7</a>  | 2018/9/6 6:04   | 胆振地方中東部 | 42°41.1'N | 141°59.5'E | 31km | M4.4 | 4    |
| <a href="#">8</a>  | 2018/9/6 6:11   | 胆振地方中東部 | 42°40.2'N | 142°00.9'E | 38km | M5.4 | 5弱   |
| <a href="#">9</a>  | 2018/9/7 13:25  | 胆振地方中東部 | 42°42.0'N | 141°58.2'E | 35km | M4.5 | 4    |
| <a href="#">10</a> | 2018/9/7 22:43  | 胆振地方中東部 | 42°44.7'N | 142°01.3'E | 36km | M4.4 | 4    |
| <a href="#">11</a> | 2018/9/8 18:21  | 胆振地方中東部 | 42°41.7'N | 141°58.1'E | 34km | M4.2 | 4    |
| <a href="#">12</a> | 2018/9/9 22:55  | 胆振地方中東部 | 42°46.8'N | 141°59.0'E | 35km | M4.9 | 4    |
| <a href="#">13</a> | 2018/9/11 4:58  | 胆振地方中東部 | 42°42.7'N | 142°00.3'E | 31km | M4.5 | 4    |
| <a href="#">14</a> | 2018/9/11 19:07 | 胆振地方中東部 | 42°49.2'N | 141°59.7'E | 34km | M4.2 | 4    |
| <a href="#">15</a> | 2018/9/12 18:24 | 胆振地方中東部 | 42°40.5'N | 141°59.1'E | 33km | M4.5 | 4    |
| <a href="#">16</a> | 2018/9/14 6:54  | 胆振地方中東部 | 42°40.6'N | 141°57.1'E | 26km | M4.6 | 4    |
| <a href="#">17</a> | 2018/9/17 2:51  | 胆振地方中東部 | 42°43.0'N | 141°51.7'E | 28km | M4.6 | 4    |
| <a href="#">18</a> | 2018/9/30 17:54 | 日高地方西部  | 42°32.9'N | 141°59.3'E | 37km | M4.9 | 4    |
| <a href="#">19</a> | 2018/10/1 11:22 | 胆振地方中東部 | 42°47.6'N | 142°00.6'E | 35km | M4.7 | 4    |
| <a href="#">20</a> | 2018/10/5 8:58  | 胆振地方中東部 | 42°35.5'N | 141°57.9'E | 31km | M5.2 | 5弱   |
| <a href="#">21</a> | 2018/10/8 21:53 | 胆振地方中東部 | 42°37.6'N | 141°57.7'E | 32km | M4.3 | 4    |
| <a href="#">22</a> | 2018/10/9 2:45  | 胆振地方中東部 | 42°37.5'N | 141°57.5'E | 32km | M4.3 | 4    |
| <a href="#">23</a> | 2018/10/12 9:14 | 胆振地方中東部 | 42°35.5'N | 141°56.8'E | 23km | M4.6 | 4    |

表 I-4-1 北海道厚真町で観測された最大震度 4 以上の地震  
(2018/09/06 00:00~2018/10/17 23:59)

## Ⅱ. 道央地区、胆振地方の地形地質概要と過去の地震被害概要

### Ⅱ-1 道央地区の地形地質概要

#### (1) 地形

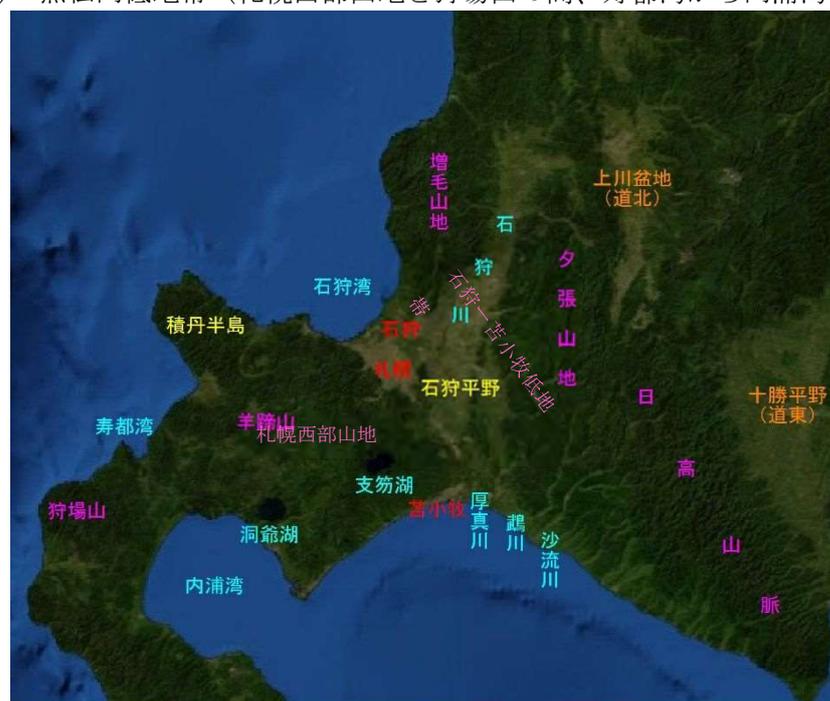
北海道は、一般的に、道南・道央・道北・道東の4地区に区分される(図Ⅱ-1-1)。明確な定義づけはないが、最も一般的なものは以下の通りである。



図Ⅱ-1-1 北海道の地域区分

道央の地形図を図Ⅱ-1-2に示す。道央地区の大地形には、名称が広く認知されているものとして、日高山脈・夕張山地・増毛山地・石狩平野・積丹半島・石狩湾等がある。

また、名称の認知度がやや低いものとして、札幌西部山地(積丹半島の付け根から羊蹄山・支笏湖・洞爺湖に至る範囲)・石狩-苫小牧低地帯(石狩平野の一部を含み、石狩湾から苫小牧東部に至る範囲)・黒松内低地帯(札幌西部山地と狩場山の間、寿都湾から内浦湾に至る範囲)等がある。



図Ⅱ-1-2 道央地区の地形(Google Map に加筆)

胆振地方は、日高地方とともに道南地区に含まれる場合もあるが、地形的観点（連続性）からすれば札幌西部山地～石狩 - 苫小牧低地帯～夕張山地のそれぞれ南部に当たるため、道央地区に含めるのが妥当である。

## (2) 地質

道央地区の地質は、地形との対比から、大略的に次のように整理できる。

表Ⅱ-1-1 道央地区の主な地質

| 地形        | 主な地質                                                             | 備考                                           |
|-----------|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 石狩-苫小牧低地帯 | 完新世非海成堆積物<br>更新世海成・非海成堆積物<br>更新世火山岩類                             | 泥炭・軟弱層<br>海岸・河岸段丘堆積物<br>カルデラ噴出物              |
| 札幌西部山地    | 新第三紀火山岩類<br>新第三紀海成堆積岩類<br>更新世火山岩類<br>完新世火山岩類                     | グリーンタフ<br><br>カルデラ噴出物<br>火山噴出物               |
| 積丹半島      | 新第三紀火山岩類<br>新第三紀海成堆積岩類                                           | グリーンタフ                                       |
| 狩場山       | 新第三紀火山岩類<br>更新世火山岩類<br>新第三紀海成堆積岩類<br>ジュラ紀堆積岩類                    | グリーンタフ<br><br>付加体                            |
| 増毛山地      | 新第三紀火山岩類<br>新第三紀海成堆積岩類<br>白亜紀海成堆積岩類<br>白亜紀火山岩類                   | グリーンタフ<br><br>玄武岩類                           |
| 夕張山地      | ジュラ紀～白亜紀の海成堆積岩類<br>古第三紀非海成堆積岩類<br>苦鉄質～超苦鉄質火山岩類<br>低温高圧型変成岩類      | 付加体<br>挟炭層（石狩炭田）<br>オフィオライト<br>カムイコタン変成岩     |
| 日高山脈      | ジュラ紀～白亜紀海成堆積岩類<br>苦鉄質～超苦鉄質火山岩類<br>深成岩類<br>低温高圧型変成岩類<br>高温低圧方変成岩類 | 付加体<br>オフィオライト<br>花崗岩類<br>日高変成帯西帯<br>日高変成帯主帯 |

道央地区では、中生代ジュラ紀（約2億年前）～新生代第四紀完新世（現世）までの様々な地質が分布しているが、石狩-苫小牧低地帯を境に状況が大きく異なっている。西側（積丹半島～札幌西部山地～狩場山）の地質は相対的に新しく、新第三紀の火山岩類（グリーンタフ；熱水変質を受けた緑色を呈する凝灰岩で特徴付けられる）が主体で、東側では見られない第四紀の火山岩類を伴っており、古第三紀～中生代の地質は狩場山の一部以外に分布しておらず、各地質の分布範囲には明瞭な方向性や規則性が見られない。一方、東側（増毛山地～夕張山地～日高山脈）の地質は相対的に古く、中生代～古第三紀の堆積岩類が主体で、西側では見られない変成岩類や超苦鉄質火山岩類を伴っており、各地質の分布範囲は山地・山脈の延長方向と概ね一致する帯状となっている（概ね南北方向の断層や褶曲軸に規制されている）。

## Ⅱ-2 胆振地方の地形地質概要

### (1) 地形

胆振地方は、約 3,700km<sup>2</sup> の（奈良県とほぼ同じ）面積を有し、東西に細長い形状を呈する。胆振地方の地形は、西から東の順に、火山性山地・低地・非火山性山地に大きく三分される（図 2-2-1）。

火山性山地（札幌西部山地の南部）は、胆振地方の西～中部の広範囲を占め、活火山（有珠山・樽前山）やカルデラ湖（洞爺湖・倶多楽湖）で特徴付けられる。標高 1000～1300m の山峰を擁する、全般に起伏に富む地形である。

低地（石狩 - 苫小牧低地帯の南端部）は、胆振地方中東部を横切るような帯状を呈する。西部の標高概ね 30m 以下の丘陵～台地と、河川に沿って広がる湿地（標高 5m 以下程度）で特徴付けられる。また、東部には、概ね南北方向に延びる細長い島状の丘陵（馬追丘陵：最高点標高約 250m）がある。

非火山性山地（日高山脈～夕張山地の外縁部）は、胆振地方の東部を占め、系統的に発達した水系を持つ開析の進んだ定高性の山地である（標高数 100m 以下で顕著なピークがない）。特に急峻な地形ではないが、今回の地震により広範囲で非常に多くの斜面崩壊が発生した（図Ⅱ-2-2：総面積 13km<sup>2</sup> 以上：国内過去最大）。



図Ⅱ-2-1 胆振地方の地形(Yahoo 地図に加筆)

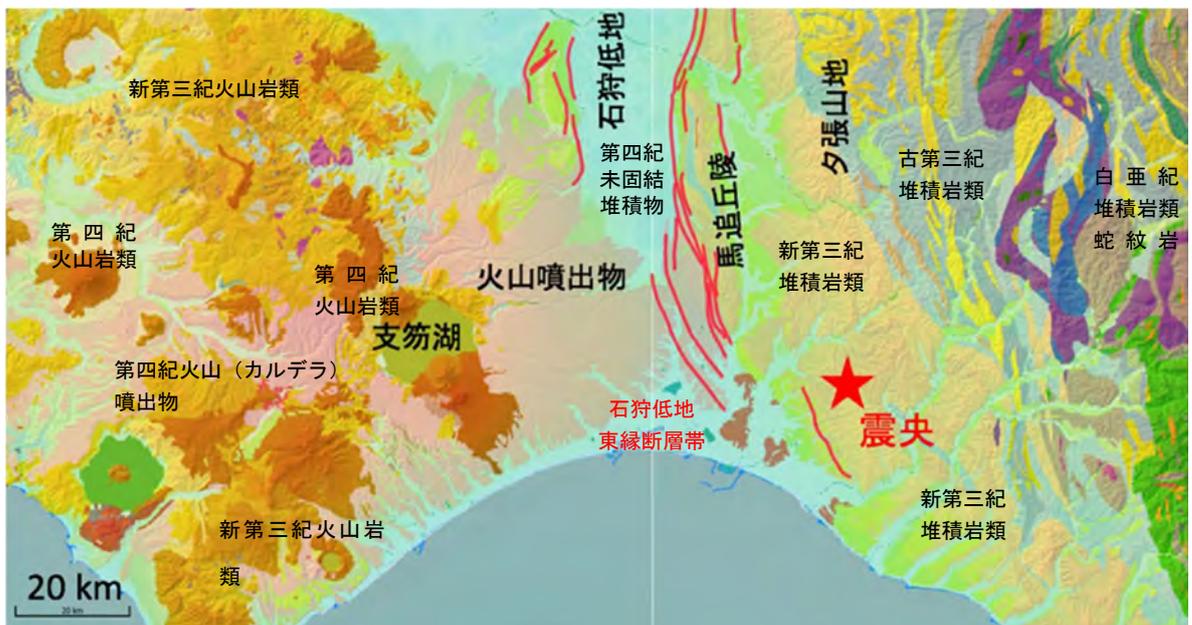


図Ⅱ-2-2 胆振地方東部(厚真町)の地形(Google Map)

(2) 地質

胆振地域の地質図を図Ⅱ-2-3に示す。胆振地方の地質は、大別すると以下のようなものである。

- ・石狩低地より西側：新第三紀中新世の火山岩類が広く分布し、支笏・洞爺カルデラの周囲に第四紀更新世の火山噴出物が分布する。また、第四紀完新世の火山岩類が不規則に点在する。
- ・石狩低地：第四紀完新世の未固結堆積物が広く分布し、南部は更新世～完新世の火山噴出物に厚く覆われる。南東部の馬追丘陵は、主に新第三紀中新世～鮮新世の堆積岩類からなる。
- ・石狩低地より東側：新第三紀鮮新世～白亜紀の堆積岩類が分布する。地質の分布は、概ね南北に延びる帯状で、大局的に東側ほど古い地質になるという、規則性が見られる。なお、石狩低地帯に近い部分は、第四紀更新世～完新世の火山噴出物に厚く覆われている。



図Ⅱ-2-3 胆振地方の地質と今回の震央位置(産総研シームレス地質図に加筆)

石狩低地（石狩 - 苫小牧低地帯）は、胆振地方の東西で時代や成因が大きく異なる地質体の会合部で、大規模な沈降帯（堆積盆）となっている。石狩川は、この低地の中を流れ、かつては苫小牧東部付近で太平洋に注いでいたが、支笏カルデラ噴出物によって流路が埋積されたため、日本海（石狩湾）に注ぐようになったと考えられている。

石狩低地の東部に位置する馬追丘陵付近には、石狩低地東縁断層帯と呼ばれる複数の活断層が分布している。これらは、概ね南北方向に延び、東側が相対的に上昇（隆起）する逆断層である。今回の地震の震央はこの断層帯から外れているが、地下深部の震源と断層帯との関連性は現時点で不明とされている。なお、胆振地方には、石狩低地東縁断層帯以外に活断層は知られていない。

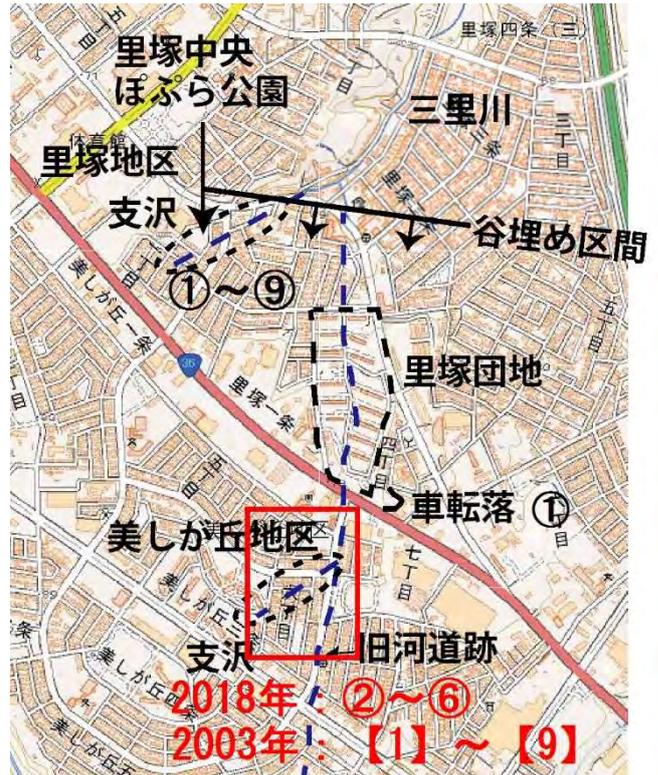
石狩低地より西側の山地（札幌西部山地）には、活火山（有珠山・倶多楽・樽前山）が分布している。

樽前山と、それにほど近い恵庭岳（石狩地方に属する）の完新世～更新世の火山噴出物は、胆振地方東部（今回の地震の震央周辺）の山地の地表部を厚く覆っている。また、その下位では、更新世の支笏火山（カルデラ）噴出物が新第三紀の堆積岩類を覆っている。胆振地方において石狩低地より東側に分布する火山噴出物は、相対的に層厚が薄いため上の地質図には表現されていないが、今回の地震により発生した斜面崩壊に深くかかわっていると考えられている。



【札幌市清田区美しが丘】

美しが丘地区では、2003 年にも今回と同様に、旧三里川の谷埋盛土に沿って地盤液状化による道路・家屋の沈下、噴砂、被害が生じている。当時、この付近は緩やかな斜面に宅地造成され、新しく家屋が建設されていた。その1地区で家屋が不同沈下していた。クリノメータで大まかに測定してみると、約1~5°傾いた家屋がこの地区で7軒あった。7軒は帯状に分布していたため、旧沢地形に盛土をした地区ではないかと推測された。隣の空地では、噴砂も確認されていた。また、液状化に起因して道路も一部沈下していた。美しが丘近くにあった造成地の清田団地でも、1968年十勝沖地震で盛土区域に大きな被害が発生していた。このことから被害は盛土の液状化に起因しているのではないかと推察されている。



図Ⅱ-3-2 2003年十勝沖地震による被害

なお、美しが丘は、2003年の十勝沖地震で液状化が発生した地域の中で、震央から最も遠くに位置していたと考えられている。



図Ⅱ-3-3 2003年十勝沖地震(左)と今回の胆振東部地震(右)の被害写真位置図  
(今回の写真はⅢ章に掲載)



【1】. 2003年  
宅地での沈下と亀裂の発生



【2】. 2003年 噴砂状況



【3】. 2003年  
地盤沈下による家屋の傾斜



【4】. 2003年  
噴砂状況



【5】. 2003年  
噴砂状況



【6】. 2003年  
噴砂状況



【7】. 2003年  
道路の変状状況



【8】. 2003年  
歩道の沈下と縁石の傾動



【9】. 2003年  
道路の沈下

【札幌市清田区里塚団地】

里塚団地では 2003 年十勝沖地震の時に今回と同様に、旧三里川の谷埋盛土に沿って地盤液状化による道路・家屋の沈下、噴砂、被害が生じていた。



図 II-3-4 里塚団地位置図(広域)

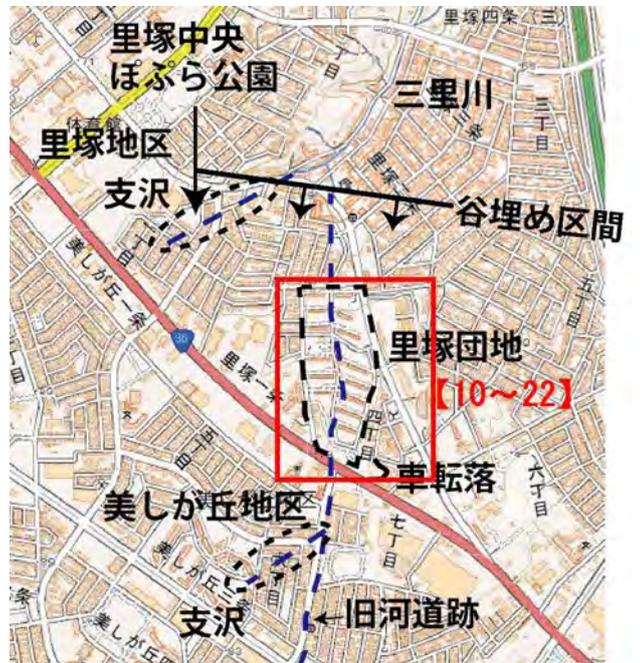


図 II-3-5 里塚団地位置図(詳細)



図 II-3-6 里塚団地写真位置図



【10】. 2003年  
噴砂状況



【11】. 2003年  
噴砂状況



【12】. 2003年  
斜面の変状による公園柵の傾動と亀裂の発生



【13】. 2003年  
斜面の変状による公園柵の傾動



【14】. 2003年  
噴砂状況。周辺の地盤沈下により水たまりができています。



【15】. 2003年  
噴砂状況と亀裂の発生



【16】. 2003年  
噴砂状況



【17】. 2003年  
噴砂状況



【18】. 2003年  
マンホールの浮き上がり



【19】. 2003年  
噴砂状況



【20】. 2003年  
噴砂状況



【22】. 2003年  
公園の沈下と噴砂状況



【22】. 2003年  
消火栓の浮き上がり

### 【浦河郡浦河町】

堺町や東町の一部では下水道管埋設と思われる位置において、埋戻し部の沈下が発生した。このような沈下は他地域では一般に道路の縦断方向に発生していたが、浦河町では道路横断方向にも発生した。なお、1982年に発生した浦河沖地震では浦河町の中心部で家屋の倒壊・傾斜等の被害がいくつか発生した。<sup>1)</sup>しかし、2003年の十勝沖地震において、浦河町では同様な被害は見られなかった。



### 【勇払郡鵠川町】

文京町や福住町の一部で下水道管埋設と思われる位置において、埋戻し部の沈下が発生した。また、若干マンホールが浮き上がっている所が確認された。



【苫小牧市苫小牧東港】

苫小牧東港の敷地中央部では噴砂が発生し、道路の沈下も発生した。



《引用・参考文献》

引用：東京電機大学理工学部 建築・都市環境学系 地盤工学研究室 HP より、一部修正・加筆

URL：<http://yasuda.g.dendai.ac.jp/news030929.html>

- 1) 石原研而・安田進・佐田頼光・森本巖：浦河沖地震による構造物の被害と地盤の関係、土と基礎、Vol.31、No.6、pp.51-56、1983

### Ⅲ 市街地被害調査結果

#### Ⅲ-1 札幌市東区の被害

札幌市内で最大の震度 6 弱を観測した東区では、地下鉄東豊線直上の市道東 15 丁目屯田通でおよそ 4 km におよぶ範囲で陥没が認められた。地下鉄東豊線は、東区栄町から豊平区福住を結ぶ地下鉄で、今回被害があった地区は 1988 年に開業している。本地下鉄の施工は、約 10m 程度の掘削後トンネルを埋め込み、砂で埋め戻す開削工法により建設された。周辺には、泥炭や粘土が厚さ 10~15m 程度で厚く堆積しており、地下水位が高く地盤の揺れが大きい軟弱な地盤が分布している。

このため、陥没は地下鉄直上にある埋戻し砂が液状化したとみられている。この地区の被害の特徴は、陥没の面積と比べ、噴砂の噴出が限定的であったことである。写真は、地震発生から 3 日後の平成 30 年 9 月 9 日に撮影したものであり、道路陥没箇所の復旧作業が行われていた。



図Ⅲ-1-1 調査位置図(東区付近)



図Ⅲ-1-2 詳細位置図(東区元町付近)



① 元町地区 道路陥没箇所の復旧作業状況。アスファルト剥離、良質土埋戻しと転圧作業



②元町地区 道路の陥没箇所における復旧作業状況。



③元町地区 道路の変状状況。道路が陥没し、電柱が傾斜している。



④元町地区 道路の変状状況



⑤元町地区 道路の変状状況。



⑥元町地区 道路の変状状況



⑦元町地区 道路の変状、噴砂状況



⑧元町地区 道路の変状状況

### Ⅲ-2 札幌市清田区の被害

札幌市清田区では、美しが丘地区、里塚地区、里塚霊園の3地区で被害が認められた。被害の多くは液状化と考えられるもので、ほとんどが谷地形を火山灰質土により埋めて宅地造成した住宅の敷地内で発生している。今回の被害の特徴を以下①~④に示す。

- ①被害は局所的（帯状）に認められる。
- ②美しが丘地区、里塚地区ともに三里川旧河道部において被害が発生している。
- ③里塚地区では、谷埋めの堆積物が流失したと考えられ、土砂流出量が非常に多い。
- ④美しが丘地区では噴砂跡が多数認められ、里塚地区と比べると細粒で、均質な砂が表層に出ている状況が確認できた。当地区では、過去に液状化が生じた場所で再度液状化被害が発生している。

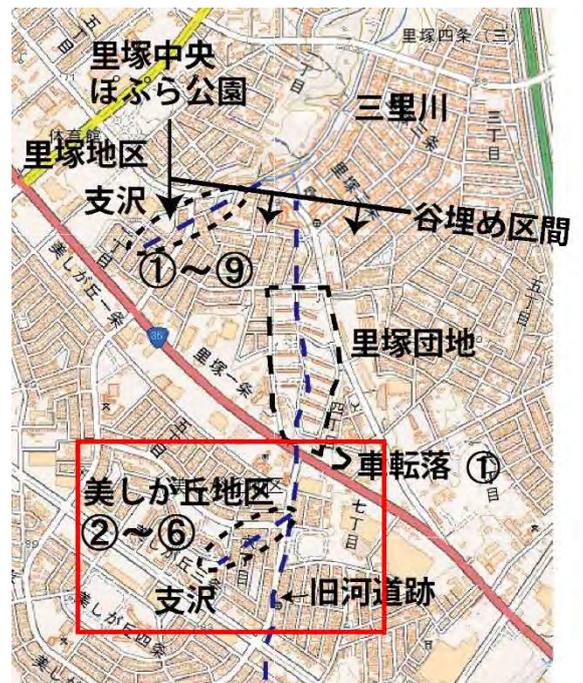
なお、清田区における弊社の現地調査は、地震が発生した当日（9月6日）に行っている。

### Ⅲ-2-1 美しが丘地区

美しが丘地区では、かつて存在していた三里川の支流部（支沢）の谷地形を埋土した宅地造成に被害が集中していた。当地区の被害の特徴は、主に噴砂による地盤変状であり、道路や家屋の不等沈下が多数発生している。この地区は、2003年十勝沖地震の時にも同様な地盤液状化が発生していた。



図Ⅲ-2-1 調査位置図



図Ⅲ-2-2 写真位置図



① 国道 36 号トヨペット隣の崩壊地に車が転落している。(H30.9.6 撮影)



② 噴砂状況 (H30.9.6 撮影)  
家の壁際に、噴砂孔が並ぶ。



③ 噴砂状況 (H30.9.6 撮影)  
2003 年の十勝沖地震の際にも液状化が発生し、家を取り壊し空地となっている場所で、再び液状化が発生した。



④ 噴砂状況 (H30.9.6 撮影)  
噴出した火山灰質土が沈下した凹地に堆積している。



⑤ 噴砂状況 (H30.9.6 撮影)  
道路の亀裂から流出した噴砂に流水痕がみられる。



⑥ 噴砂状況 (H30.9.6 撮影)  
アスファルト舗装と噴出した火山灰質土が沈下した凹地に堆積している。

### Ⅲ-2-2 里塚地区

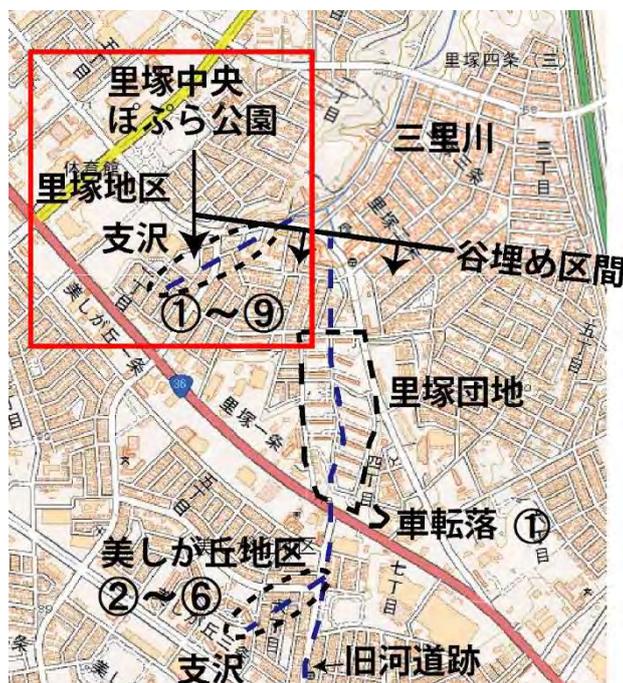
里塚地区では、地震動による噴砂現象等が発生し、それに伴う地盤の陥没や不等沈下等が発生した。またそれにより、道路面の凹凸や陥没、家屋の傾動等が多発し、甚大な被害が生じた。この地区も美しが丘地区と同様、約40年前に三里川の支沢の谷地形を埋土して造成された地区である。

被害の大きかった帯状のエリアの真ん中に旧三里川支沢があったとされ、切土と盛土の境界を挟んで被害の大きいエリアとほとんど無いエリアに分かれている。

地震直後には直径50cmの水道管が破裂し、大量の水が流出したとされており、水分の多い地盤が流動化し、下流に向かって流出した2,000m<sup>3</sup>程度の土砂が、市道北野里塚旧道線を約100m程度にわたって被覆した。



図Ⅲ-2-3 調査位置図



図Ⅲ-2-4 写真位置図



① 斜面上方より流出した火山灰質土が、最も下流側の道路で堆積している。上流の運送会社から航空コンテナが、流出土砂とともに移動したものの。



② 道路の陥没状況。旧三里川支流に沿う帯状のエリアで道路の大規模な陥没と亀裂の発生、家屋の傾斜が著しい。



③ 谷埋め盛土が流出し厚さ 50cm 以上で堆積して下流の家屋を埋めている。



④ 旧谷地形に向かって 30° 程度、家屋が傾斜している。陥没した凹地に水が溜まっている。



⑤ 家と家の間が旧谷地形の中心とみられる。



⑥ 急傾斜した駐車場。左側の車は段差の発生により後輪が宙に浮いている。



⑦ 手前側が 1.5m 程度、陥没している。



⑧ 里塚中央ぽぷら公園  
ジャングルジムが傾いている。



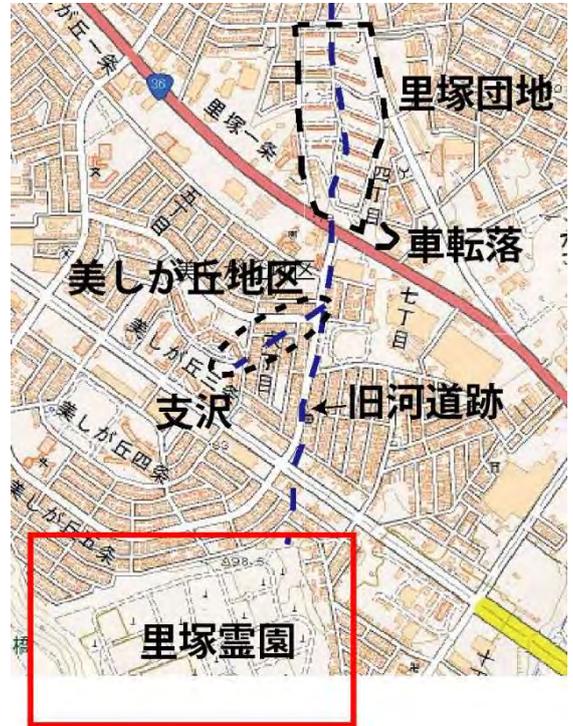
⑨ 1m 程度のマンホールの浮き上がり。

### Ⅲ-2-3 里塚霊園

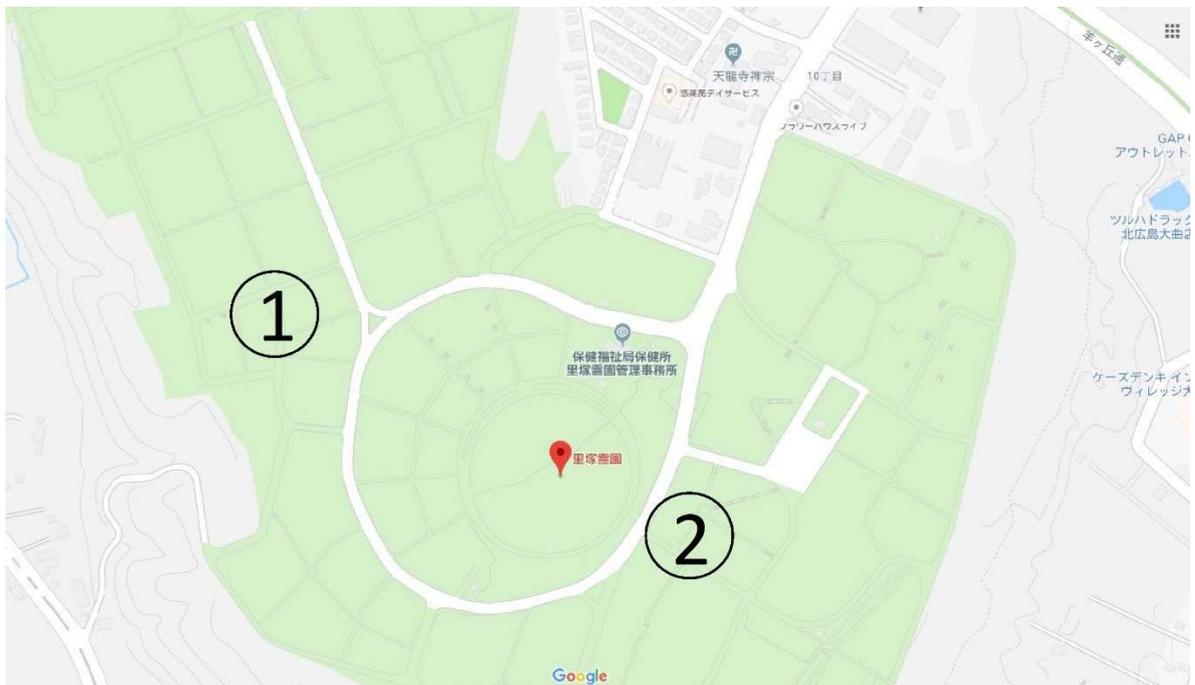
里塚霊園は、美しが丘地区、里塚地区の南側に位置し、美しが丘、里塚地区を南北に流れていた三里川の最上流部に位置する。同霊園は、1966年に開設されている。里塚霊園では、墓石の倒壊が2千件以上に上り、墓地の中では最も多い被害と報告されている（北海道新聞）。写真は、平成30年9月13日に撮影したものである。



Ⅲ-2-5 調査位置図(広域)



Ⅲ-2-6 里塚霊園位置図



図Ⅲ-2-7 里塚霊園写真詳細位置図(google マップより)

里塚霊園付近 ①付近 墓石の倒壊状況



里塚霊園付近 ②付近 墓石の倒壊状況



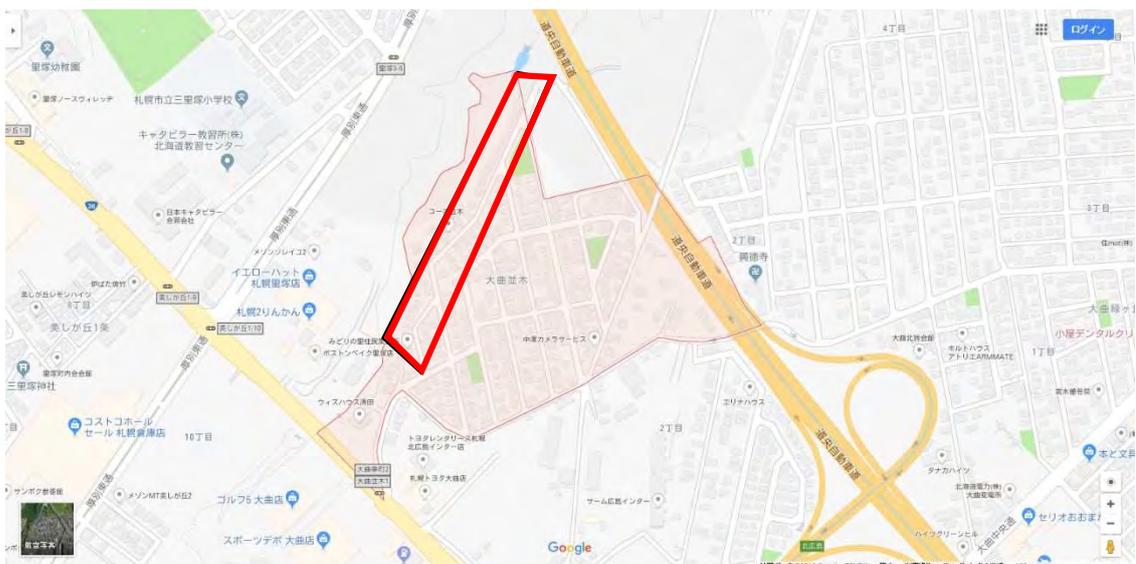
### Ⅲ-3 北広島市大曲地区の被害

北広島市大曲地区は、清田区里塚地区の南東約 5 kmの地点に位置する。同地区においても、住宅地において地盤の変状、建物被害が帯状に認められた。大曲地区は、1972 年に大曲川に沿いの丘陵地を削って河川側に盛土して宅地造成された帯状のエリアであり、札幌市里塚地区と同様に火山灰質土が分布する。地震により盛土部の地盤液状化と川沿いの擁壁が谷側へ転倒し、家屋周辺の地盤において不等沈下、陥没により、家屋の傾動等が発生している。

なお、大曲地区の調査は地震発生当日に行っている。



図Ⅲ-3-1 北広島市大曲地区位置図(広域)



図Ⅲ-3-2 北広島市大曲地区の位置図(詳細)



家屋周辺地盤の沈下



家屋周辺地盤の沈下



家屋周辺地盤の沈下 不等沈下で家屋が傾斜  
外壁に亀裂が入り、窓が変形している。



家屋周辺地盤の沈下 不等沈下で家屋が傾斜



家屋周辺地盤の沈下 不等沈下で家屋が傾斜



家屋周辺地盤の沈下 玄関ポーチが沈下



敷地が陥没し、道路から大きく移動した家屋。



家屋周辺地盤の沈下 玄関ポーチが沈下



家屋周辺地盤の沈下、陥没



道路付近の敷地境界付近にみられる圧縮亀裂



道路面に発生した引張亀裂。



道路センターより川側で沈下。道路面に段差が生じ、土嚢袋積で養生している。



道路センターより川側で沈下



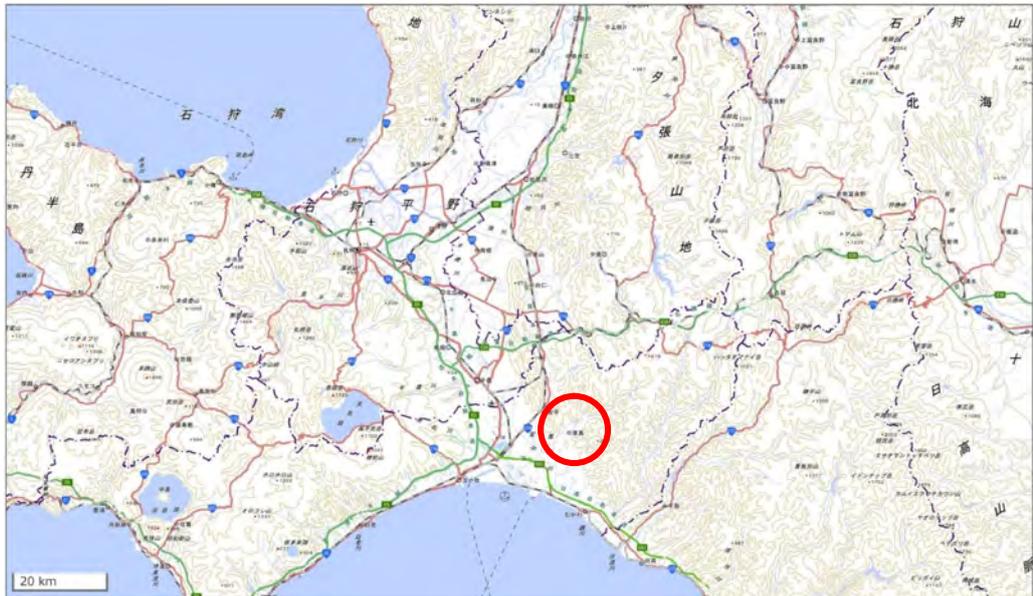
道路センターより川側で沈下

## IV. 斜面の変状

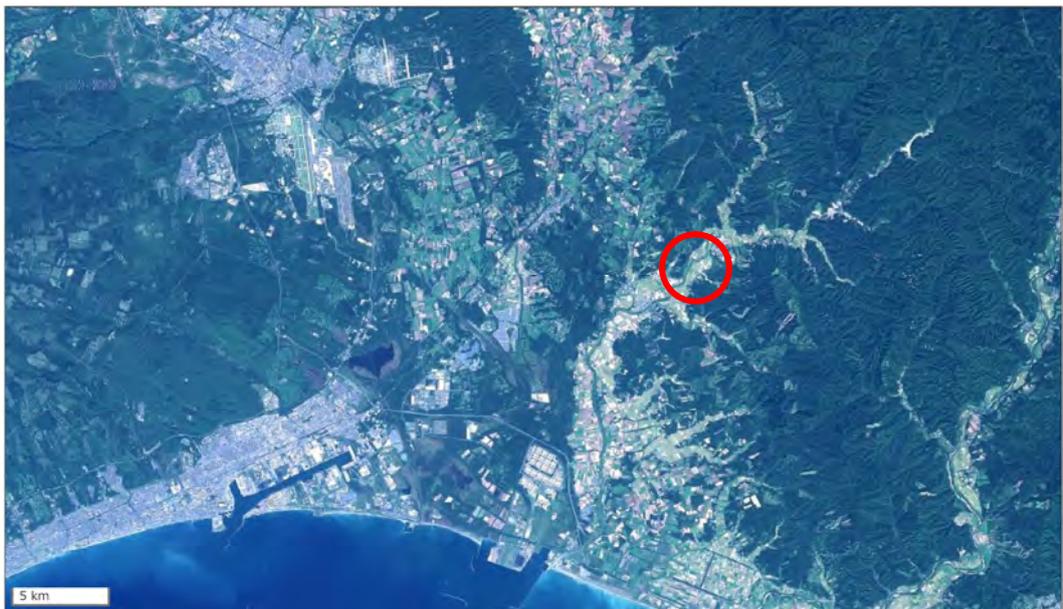
### IV-1 厚真町の斜面変状位置

厚真町は、苫小牧市の北東 20 km ほどの場所に位置する丘陵に囲まれた町である。今回は斜面変状が多く見られた厚真町桜丘地区、吉野地区（南北 2 地区）、東和地区、富里地区（給水塔地区、カボチャ畑）の 4 地区計 6 か所の斜面の変状を調査した。

なお、調査に当たって、余震の発生が予想される時期であったので、調査員の安全を考慮して崩壊規模の大きい吉野地区や富里地区では崩壊ブロック内に入ることは避け、外観調査とドローンによる空中からの調査を行った。桜丘地区及び東和地区では、規模の大きいブロックは避け、小規模なブロックを選択して調査した。



図IV-1-1 厚真町位置図(広域)

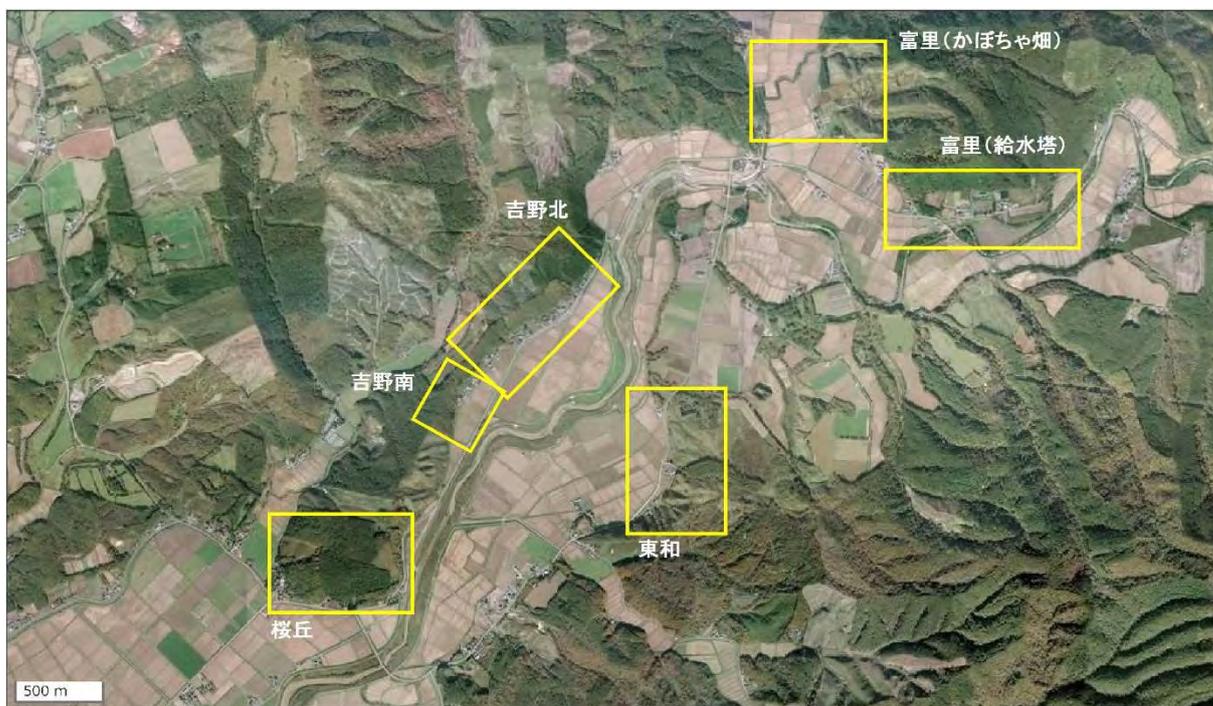


写真IV-1-2 厚真町位置図(空中写真)

地理院地図  
GSI Maps



図IV-1-3 厚真町調査地区(詳細)



写真IV-1-4 厚真町調査地区(詳細:GoogleMap)

#### IV-2 厚真町付近の地質

厚真町に分布する地質は、表IV-1-1に示すように、軽舞層・萌別層(新第三紀期中新世後期)、川端層(中新世中期)などの堆積岩類を基盤岩とするが、その上位には数々の火山灰が厚く覆っている。それは、上位から樽前火山噴出物、恵庭火山噴出物、支笏火山噴出物が成層しており、さらに下位にはクッタラ、阿蘇、洞爺、クッチャロ火山噴出物も若干分布する。

地震による崩壊が最も大きかった厚真町桜丘地区等の崩壊地形は、急傾斜の頂部滑落崖と分離崖、側崖、平滑な底面で構成されており、底面には極めてすべりやすい灰色～茶灰色の粘土層が露出している。斜面傾斜方向と平行な擦痕が残されていることから、この粘土層がすべり面であったと推定されている(廣瀬 亘ほか(2018))。

この粘土層は、下表の樽前 d 下部ローム層に相当し、完新統の最下部に当たる。樽前 d 降下軽石層は、しばしば完新世底面の鍵層として用いられている。崩壊の大部分は樽前 d 降下軽石層以上の地層で生じ、一部恵庭 a 降下軽石層や支笏降下軽石層 1 で生じていた。樽前 d 降下軽石層には豊水期に宙水が発生することが知られている。この点については、本省末節のメカニズムに関する考察で、樽前 d 降下軽石層と樽前 d 下部ローム層の水理地質的考察を行っている。

表IV-2-1 厚真町周辺に分布する火山灰

| 火山・テフラ名 [( )内は別名・通称]等   | 記号        | 地質年代 (ka: 千年前)   | 厚真町付近での層厚(cm) | 9/8現地視察で認められたもの | 水理地質         | 備考              |
|-------------------------|-----------|------------------|---------------|-----------------|--------------|-----------------|
| 腐植土                     | hm        |                  | 5±            | ○               |              |                 |
| 樽前a降下軽石層                | Ta-a      | - AD1739         | 10±           | ○               |              |                 |
| 黒ボク                     | kb        |                  | 15±           | ○               |              |                 |
| 樽前b降下軽石層                | Ta-b      | AD1667           | 20-30         | ○               |              |                 |
| 白頭山苦小牧テフラ               | B-Tm      | 1.0              | 0-3           |                 |              |                 |
| 黒ボク                     | kb        |                  | 20-30         | ○               |              |                 |
| 樽前c降下軽石層                | Ta-c      | 2.5-3.0          | 5±            | ○               |              |                 |
| 黒ボク                     | kb        |                  | 40-55         | ○               |              |                 |
| 樽前d降下軽石層                | Ta-d      | 8-9              | 80-100        | ○               | 宙水帯水層        | 完新統最下部の指標       |
| 樽前d下部ローム層               | Ta-Lm     |                  |               | ○               | 宙水帯水層の難透水性基盤 |                 |
| 恵庭a降下軽石層                | En-a      | 19-21            | 20-40         | ○               | 宙水帯水層        | ウルム氷期最寒冷期の指標    |
| 恵庭a下部ローム層               | En-Lm     |                  |               |                 | 宙水帯水層の難透水性基盤 | 風不死岳+一部羊蹄山起源か   |
| 支笏第1テフラ(支笏降下軽石層1)       | Spfa-1    | 40-45            | 300-400       | ○               | 帯水層          |                 |
| クッタラ第1、第3テフラ            | Kt-1、Kt-3 | ≥43 (Kt-1)       | 150±          |                 | 帯水層          | Kt-1は旧Spfa-2    |
| 支笏第3~6テフラ(支笏降下軽石層3~6)   | Spfa-3~6  |                  | <50           |                 | 難透水層         |                 |
| 支笏第7~10テフラ(支笏降下軽石層7~10) | Spfa-7~10 | >60              | >200          |                 | 帯水層          |                 |
| クッタラ第6テフラ               | Kt-6      | 75-85            | 50±           |                 | 帯水層          |                 |
| 阿蘇4火山灰                  | Aso-4     | 85-90            | >15           |                 | 帯水層          |                 |
| 洞爺テフラ                   | Toya      | 112-115          | >30           |                 | 帯水層          |                 |
| クッチャロ羽幌テフラ              | Kc-Hb     | 130±60           | <10           |                 | 帯水層          |                 |
| 軽舞層・萌別層                 | K・M       | 中新世後期 (10)-5Mya  |               |                 | 難透水性基盤       | 海成層: 砂岩・シルト岩・泥岩 |
| 川端層                     | KB        | 中新世中期 18-(10)Mya |               |                 | 難透水性基盤       |                 |

主な崩壊部分:  
↑ Ta-d層まで  
↓ 一部崩壊: En-a層、Spfa-1層など

・町田洋、新井房夫編(2003): 新編 火山灰アトラス, 東京大学出版会, 336p. などから作成。

\*廣瀬 亘ほか(2018): 平成 30 年北海道胆振東部地震に伴う厚真町での斜面崩壊調査(厚真町東部)、速報 008、8p.

### IV-3 厚真町桜坂地区の斜面変状

#### ① 桜坂地区崩壊の概要

桜坂地区では、4ヶ所で崩壊が発生している。

表IV-3-1 桜坂地区の崩壊分布と概要

| 斜面区分              | 記号 | 崩壊長(m) | 崩壊幅(m) | 流出土砂の状況        | 詳細調査対象 |
|-------------------|----|--------|--------|----------------|--------|
| 東向斜面              | A  | 100    | 100    | 山麓道路近くまで達する    |        |
|                   | B  | 200    | 100    | 山麓道路を埋設        |        |
| 南向斜面              | C  | 100    | 50     | 山麓道路埋設、水田に達する。 |        |
|                   | D  | 50     | 30     | 山麓家屋を直撃        | ○      |
| ※崩壊長・幅は空中写真より読取った |    |        |        |                |        |

#### ② 崩壊箇所の地形・地質

斜面形状は、概ね 20° 弱の傾斜で、山麓部で 10° 程度に緩くなっている。

地質は、樽前降下軽石層に相当する軽石やクロボクであり、その地層傾斜は斜面傾斜とほぼ同じであり、斜面に対しては流れ盤となっている。

※崩壊した地層は、どこも流れ盤を成している。対象層は降下軽石層であり、元々の地形に平行に堆積している。また、堆積後の大きな地殻変動はないので、降下堆積時の状態がそのまま保存されている。

斜面末端には、今回の崩壊で生じた崩積土が分布するが、水分を含んでいるところは泥濘状で、歩行は困難である。

なお、降下軽石（オレンジ色）は非常に脆く、攪乱試料をクルマで札幌へ運搬中の 2 時間で粉々になっていた。

表IV-3-2 桜坂地区の地質層序

| 地層          | 色調    | 概略層厚<br>(cm)<br>( )内は累積 | 層相                                 | 備考<br>(土質試験資料)       |
|-------------|-------|-------------------------|------------------------------------|----------------------|
| 腐植土         | 灰色    | 15                      |                                    |                      |
| 樽前 a 降下軽石   | 白色    | 20 (30)                 | 上位 10cm はラミナの発達した中粒砂状火山灰、下位は粗粒の軽石層 |                      |
| クロボク        | 黒     | 40 (70)                 | 粘性土を含んだ細粒砂                         |                      |
| 樽前 b 降下軽石   | 白     | 20 (90)                 | 粗粒の軽石層                             |                      |
| クロボク        | 黒     | 60 (150)                | 粘性土を含んだ細粒砂                         |                      |
| 樽前 c 降下軽石   | 薄黄色   | 10 (160)                | 粗粒の軽石層                             |                      |
| 樽前 d 降下軽石   | オレンジ色 | 150 以上<br>(310 以上)      | 粗粒の軽石層、                            | 上位 SKR-1<br>下位 SKR-2 |
| 樽前 d 下部ローム層 | 薄黄色   | ?                       | 削痕の残る粘性土                           | すべり面?<br>SKR-3       |

③ 崩壊箇所の水状況

表土及び降下軽石（白色）は、ほとんど乾いているが、クロボクは若干水分を含んでいる。

降下軽石（オレンジ色）は、下部ほど含水が高くなり、粘性土（薄黄色）はほぼ飽和しているような状態と考えられる。

崩壊箇所の先端部分の崩積土の手前には水溜りがあり、湧水なのか、それとも崩壊後の雨水が溜ったのかは不明である。

④ 崩壊の素因・誘因

誘因：地震動

素因

- i) 地層が斜面に対して流れ盤を成して分布している。
- ii) 多孔質で密度の低い降下軽石層が分布する。
- iii) 軽石層が衝撃等に極めて弱く、強度低下を生じやすい。
- iii) 前日に降雨があり、多少なりとも含水比が上昇していた可能性がある。

厚真町桜丘地区の斜面変状

【被災前 (Google Map)】



【被災後 (国土地理院 9/11 撮影)】



写真-3 桜丘地区南向斜面の崩壊 D (南側斜面西側)



写真-4 南向斜面崩壊 D の頭部からの末端を見る。崩壊土砂が下部に堆積する。崩積土は泥濁化している。



写真-5 桜丘地区南向斜面崩壊 D の頭部



写真-6 崩壊 D の側面部 軽石と黒ボクの成層構造で、斜面傾斜は頭部で 20 度弱程度、下部では緩くなり 10 度程度



写真-1 桜丘地区東向斜面の崩壊 A と B



写真-2 桜丘地区南向斜面の崩壊 C



写真-7 崩壊 D 末端の崩壊土砂堆積箇所には水溜りが分布する。

【桜丘地区崩壊 D の層序】



崩壊厚は 3m 程度  
斜面傾斜は 10~20 度

腐食土  
樽前 a 降下軽石(白色)

クロボク  
樽前 b 降下軽石(白色)  
クロボク  
樽前 c 降下軽石(薄黄色)

樽前 d 降下軽石(オレンジ色)  
※この下にすべり面となった薄黄色の粘性土層(樽前 d 下部ローム層)がある。



表層部の a 降下軽石とクロボク



中層部の b 降下軽石(白色)、クロボク、d 降下軽石(オレンジ色)



d 降下軽石(オレンジ色)



d 降下軽石(オレンジ色)の下位に分布する薄黄色の d 下部ローム層(黄色の矢印先)

※赤矢印  
降下軽石(オレンジ色)の下位にクロボクが分布するように見えるが、これは崩壊土砂のクロボクがへばりついているだけ。



d 下部ローム層 すべりの条痕あり



D 下部ローム層 土壌硬度の結果は V 章

#### IV-4 厚真町東和地区の斜面変状

##### ① 東和地区崩壊の概要

東和地区では南側の北向き斜面で、幅 50m、長さ 100m以下の崩壊が、8ヶ所程度確認されている。また、北側の西向き斜面では、幅 30m、長さ 50m 程度の崩壊が確認されている。被災としては、崩積土による町道（旧道）の閉塞、南側の北向き斜面では町道（新道）まで閉塞があったようである。調査対象は、北側の西向き斜面（崩壊幅 30m、長さ 50m 程度）である。

この崩壊の特徴は、下記の通りである。

- i) 崩壊厚が 5m 程度に及んで深いこと
- ii) 桜坂地区と異なり、樽前降下軽石層が薄く、支笏降下軽石層にまで達していること
- iii) 下部が幅広く膨らむお多福状の形状をしており、下部が先に崩壊し、抑えが無くなった上部がその後崩壊したと思われる。

なお、調査時点では町道（旧道）の閉塞は、開削されて開通している状態であった。

##### ② 崩壊箇所の地形・地質

崩壊斜面形状は、概ね 20~25° 弱の傾斜で、山麓部までその傾斜が連続しているようである。地質は、樽前、恵庭及び支笏に相当する降下軽石層の軽石やクロボクであり、その地層傾斜は斜面傾斜とほぼ同じであり、斜面に対しては流れ盤となっている。

斜面末端には、今回の崩壊で生じた崩積土が分布するが、水分を含んでいるところは泥濘状で、歩行は困難である。

すべり面と思われる粘性土層は、土質試験の結果によると砂質土に分類されるが、細粒分含有率が上位の互層よりも若干高い。

表IV-4-1 東和地区の地質層序

| 地層      | 概略層厚(cm)<br>( )内は累積 | 層相                                        | 備考(土質試験資料)                      |
|---------|---------------------|-------------------------------------------|---------------------------------|
| 表土      | 10                  |                                           |                                 |
| 樽前降下軽石層 | 10 (20)             | 上位 10cm はラミナの発達した中粒砂状火山灰                  |                                 |
| 恵庭軽石層   | 40 (60)             | 粘性土を含んだ細粒砂状のクロボク                          |                                 |
| 支笏降下軽石層 | 450 (510)           | 粗粒の軽石(白色主体で斑黒)と細粒の火山灰(灰色)が5~10cm単位で繰り返す互層 | 粗粒の軽石:TWA01-1<br>細粒火山灰:TWA01-1' |
| 粘性土     | ?                   | 支笏降下軽石層に属する薄黄色の粘性土                        | すべり面?TWA01-2                    |

##### ③ 崩壊箇所の水状況

地層のほとんどは、乾いているが、粘性土付近は飽和しているようであり、その下位から湧水しているように確認されている。

##### ④ 崩壊の素因・誘因

誘因：地震動

素因：i) 地層が斜面に対して流れ盤を成して分布している。

ii) 多孔質で密度の低い降下軽石層が分布する。

iii) 軽石層が衝撃等に極めて弱く、強度低下を生じやすい。

iii) 前日に降雨があり、多少なりとも含水比が上昇していた可能性がある。

厚真町東和地区の斜面変状

【被災前 (Google Map)】



【被災後 (国土地理院 9/11 撮影)】



上記写真の黄色矢印の崩壊地の様子 崩壊厚は5m程度



樽前、恵庭、支笏の3層が分布



地下水が湧出する



崩壊地底部に分布する粘性土層 矢印の先



崩壊地側面のすべり境界部にへばりつく5mmほどの薄い幕地層の層序を切っているので、崩壊のセン断によって生じた熱~力学的変質、または被圧水による細粒分粒子の注入によって生じた膜と思われる。



セン断によって生じたと思われる薄い膜地層のラミナを切っているため、元々分布していた地層ではない。

#### IV-5 厚真町富里地区の斜面変状

##### 【給水塔】

###### ① 当該地の崩壊概要

同地区では、河川に面した東西に延びる尾根に沿って、その南側斜面が約 500m に渡って崩壊している。これは幅 50m 程度の崩壊が側方に 10 か所ほど連続しているためである。また、同尾根の北側の尾根でも南側斜面で、同様な崩壊が生じている。但し、北側斜面での崩壊は少ない。

各崩壊の幅は、平均 50m ほどで、崩壊延長は概ね 100m（尾根先から山麓まで）、崩積土の流出は 100m ほどに及んでいる。

###### ② 崩壊箇所の地形・地質

崩壊箇所に近づけないので、詳細は不明であるが、桜坂地区に近い状況と考えられる。

###### ③ 崩壊の特徴

当該地の崩壊の特徴として、下記の 2 点が挙げられる。

- i) 崩積土の流出延長が長い。次に記載する富坂地区かぼちゃ畑はさらに流出長が長い。
- ii) 崩積土の流出により、先述した桜坂地区や後述の吉野地区では民家家屋等が倒壊しているが、当該地に建設してあった円柱状の給水タンク及び設備建屋は、表面の損傷や建屋内への土砂流入等が生じているものの、倒壊のような大きな損傷は生じていない。従って、崩積土が土石流となって流れ出した時の衝撃は、コンクリート構造物や鋼構造物に対しては小さいものであったと考える。

##### 【カボチャ畑】

###### ① 当該地の崩壊概要

同地区では、東西に延びる尾根の西側先端部の西向き斜面に、幅約 300m に渡って崩壊している。これは幅 150m 程度の崩壊が側方に南北 2 ヶ所連続しているためである。

北側の崩壊は、崩壊厚 1~2m 程度の浅いものが幅 70m で延長 90m 程度、深くて崩壊厚が 3m 以上に及び延長が 100m 超過のものが 2 ヶ所で幅は平均 80m ほどのものの組合せである。

南側の崩壊は、同様に浅くて幅 90m 崩壊延長は概ね 100m 程度のものと、深いものが幅 50m 崩壊延長 144m のものの組合せである。

崩壊厚は、平均

###### ② 崩壊箇所の地形・地質と地下水

崩壊箇所に近づけないので、詳細は不明であるが、桜坂地区に近い状況と考えられる。

ドローンの写真によると、南側ブロックでは水で濡れたような跡が撮影されており、地下水の何らかの関与が推測される。

崩積土では、一部泥濘化が生じて、歩行が困難なところがあった。

###### ③ 崩壊の特徴

崩積土の流出延長が長い。北側で流出延長が長いのは、元々植林が成されていなかったまたは伐採されていたので、根による流出抑制効果が低かったことと、流木が少ないこと、流出先が畑や水田であったことで、スムーズな流出となったことが推測される。

厚真町富里地区給水塔付近の斜面変状

・給水塔付近【被災前 (Google Map)】



【被災後 (国土地理院 9/11 撮影)】



地上から撮影した全景写真



ドローンで撮影した全景写真



ドローンで撮影した被災地上空写真

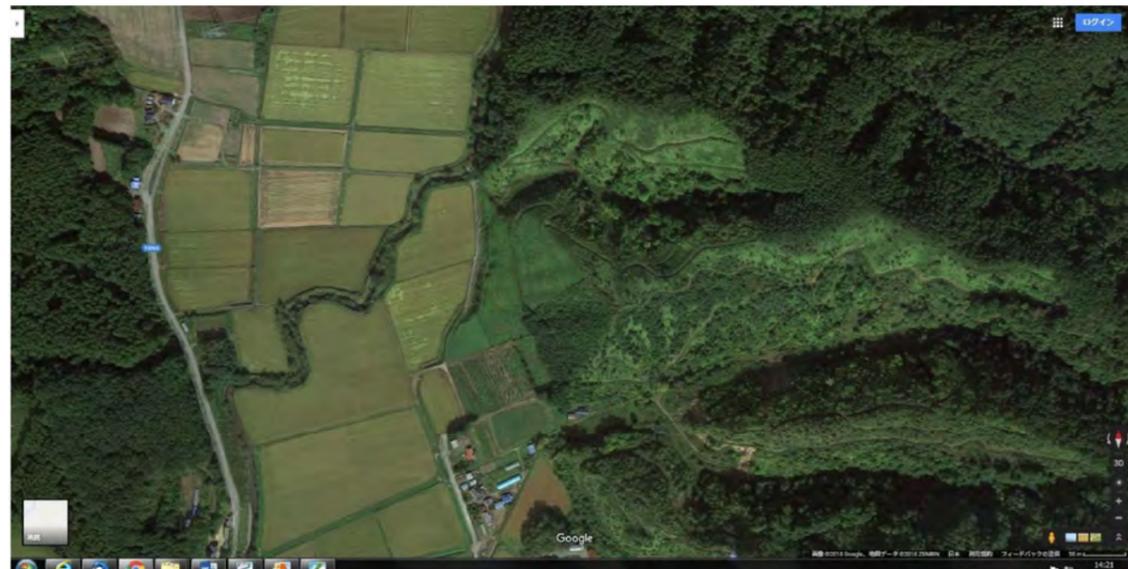


ドローンで撮影した被災地上空写真 西側



ドローンで撮影した被災地上空写真 西側

・富里地区かぼちゃ畑付近【被災前 (Google Map)】



【被災後 (国土地理院 9/11 撮影)】



地上から撮影した全景写真



ドローンで撮影した全景写真  
崩壊土砂の流出長が長く、最も大きい北側のブロックでは、植林がないか伐採されていたため、流木が発生せず。崩壊土塊自体の摩擦抵抗が低かったと考えられる。南側のブロックでは、中腹付近に水に濡れたような後が認められ、地下水が湧出している可能性がある。崩壊土は泥濘化しており、歩きにくい。



3D写真  
ドローンで撮影した写真を元に作成

#### IV-6 吉野地区の斜面変状

吉野地区は、桜坂地区から北北東に延びる尾根の南東～東に位置する地区で、河川の西側に広がる沖積低地（水田）に面している。崩壊は、その尾根の南東～東向き斜面が概ね 1km の長さに渡って崩壊し、崩壊土砂は沖積低地まで流出した。山麓に点在していた家屋の多くが土砂に流された。北部は主に南東向き斜面が崩壊し、南部では東向き斜面が崩壊している。北部と南部の境界部に、崩壊を免れた箇所がある。

##### ① 崩壊形態

幅 50m、長さ 70～100m、崩壊厚 1～3m 程度の崩壊が、横一列に並んだ状態である。北部は、概ね 700m 程度、南部は 300m 程度である。崩壊土砂の流出長は、70～100m 程度である。

##### ② 崩壊箇所の地形・地質と地下水

桜坂地区と同様に、樽前降下軽石である。崩壊底面にオレンジ色の軽石が認められることから、樽前 d 降下軽石と思われ、その下に樽前 d 下部ローム層がすべり面を成していると考えられる。

##### ③ 崩壊の特徴

当該地の崩壊の特徴として、下記の 2 点が挙げられる。

- i) 崩積土の流出延長が長い。
- ii) 崩積土の流出により、民家家屋等が倒壊し、道路の閉塞も発生している。
- iii) 北部と南部の境界付近は崩壊が発生していない。外観的に、やや斜面傾斜が緩いので、当地への入植が始まる以前に崩壊が生じていたのではないかと考えられる。
- iv) 南部地区では、斜面上に成層していたブロックが、破壊～粉碎されずに移動している土塊が確認されことから、斜面崩壊ではあるが地すべりの要素を有している。
- v) ドローンによる上空からの観察では、崩壊の最深部（崩壊跡の V 字谷）に、水で濡れたような跡が撮影されており、地下水の何らかの関与が推測される。

# 厚真町吉野地区の斜面変状

・全体

【被災前 (Google Map)】



地上から撮影した吉野北部の全景写真  
山麓沿いの木々は、斜面から土砂と一緒に滑落し、移動したもの

【被災後 (国土地理院 9/11 撮影)】



地上から撮影した吉野南部の全景写真  
山麓沿いの木々は、斜面から土砂と一緒に滑落し、移動したもの

・吉野北部 【被災前 (Google Map)】



【被災後 (国土地理院 9/11 撮影)】



崩壊ブロックに露出する樽前降下軽石



桜丘地区と同様に、白色の降下軽石、黒色のクロボク、オレンジ色の降下軽石から構成されている。



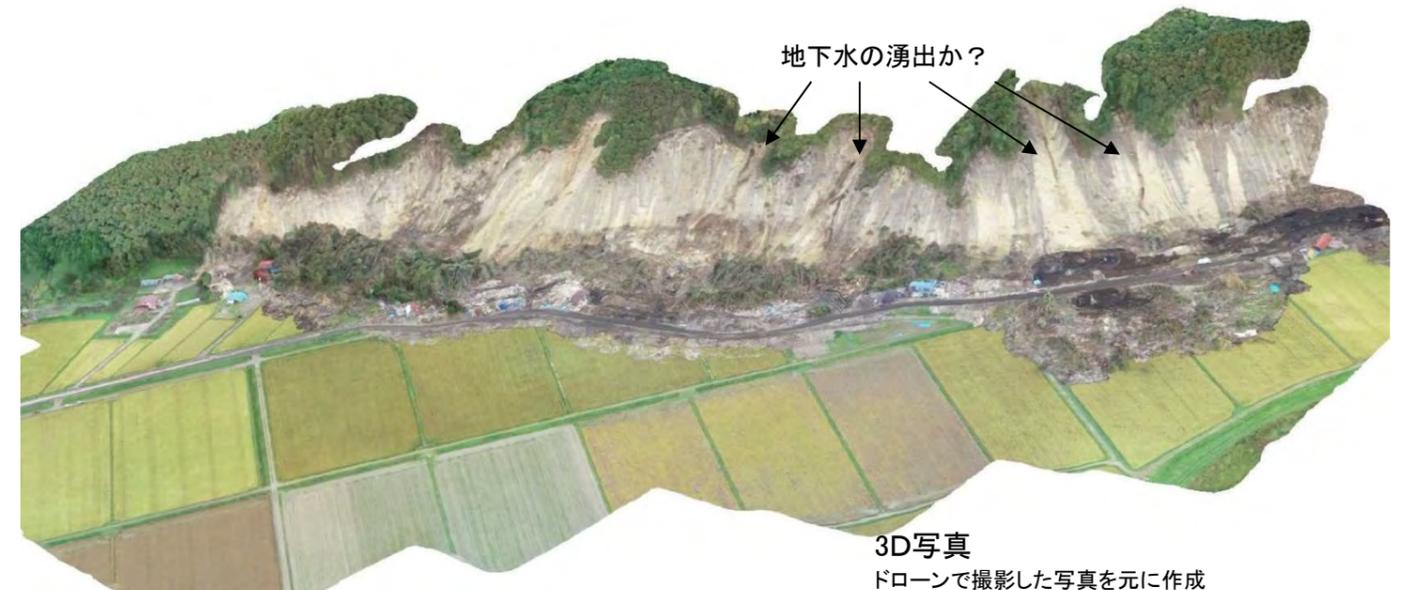
崩壊土砂中の応急復旧道路



ドローンで撮影した全景写真  
崩壊土砂の流出長が長く、70m程度に及んでいる。



地上から撮影した吉野北部の全景写真  
山麓沿いの木々は、斜面から土砂と一緒に滑落し、移動したもの



地下水の湧出か？

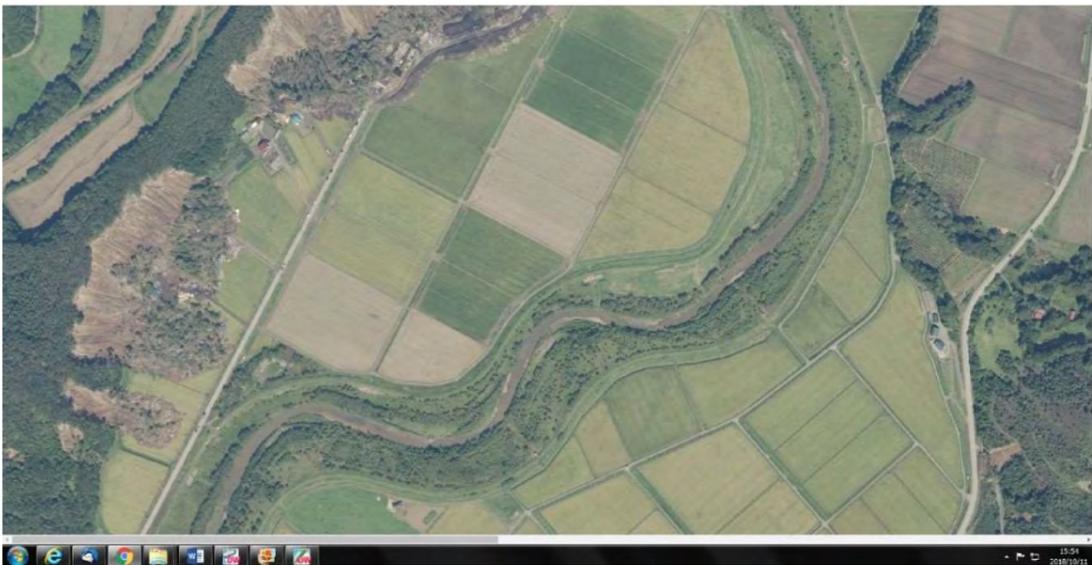
3D写真

ドローンで撮影した写真を元に作成

・吉野南部【被災前 (Google Map)】



【被災後 (国土地理院 9/11 撮影)】



桜丘地区と同様に、白色の降下軽石、黒色のクロボク、オレンジ色の降下軽石から構成されている。



斜面上に成層していたブロックが破壊～粉碎されずに移動した移動土塊。木々の傾斜が元々の斜面傾斜を表している。



ドローンで撮影した全景写真  
崩壊土砂の流出長が長く、70m程度に及んでいる。



ドローンで撮影した全景写真  
黄色矢印の先にあるのは家屋の残骸であり、土砂流出に伴って山麓から移動したものである。



地上から撮影した吉野南部の全景写真  
山麓沿いの木々は、斜面から土砂と一緒に滑落し、移動したものの



3D写真  
ドローンで撮影した写真を元に作成

#### IV-7 厚真町斜面崩壊地における崩壊長と流出長の関係

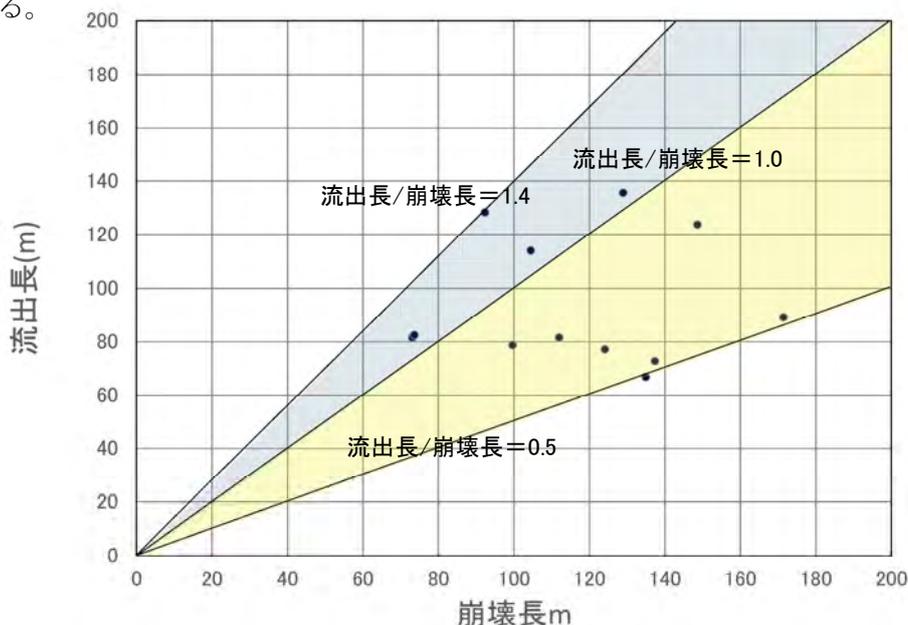
厚真町で見られた斜面崩壊の特徴の一つは、崩壊斜面の長さ（崩壊長）と比較して、崩積土の流出長が長いことである。

そこで、富里地区カボチャ畑、吉野地区南北の3地区では、ドローンで撮影した写真より3D画像を作成し、その画像より、主な測線における崩壊長と流出長を計測した。その結果、富里地区の1測線と、吉野地区の3測線では、崩壊長より流出長の方が長い測線が認められた。

その詳細は、図IV-7-2～IV-7-4に示したとおりであり、流出長と崩壊長の関係を図V-7-1に示した。特に相関はないようである。

斜面崩壊では、崩壊土砂は斜面下部の傾斜が緩くなった所に崩積土として堆積することが一般的である。このように流出長が長くなるのは、斜面下部に溪流があって崩積土が土石流となったか、または大量の降水に伴って流動化した土塊が土石流になるか、いずれも水が関係すると思われる。今回のケースにおける水の関与は、斜面を不安定化させる可能性はあったかもしれないが、土石流を生じるような関与はなかったと考えられる。現時点では、その明確な関係や理由については不明であるが、下記の点は重要なポイントと考えられる。

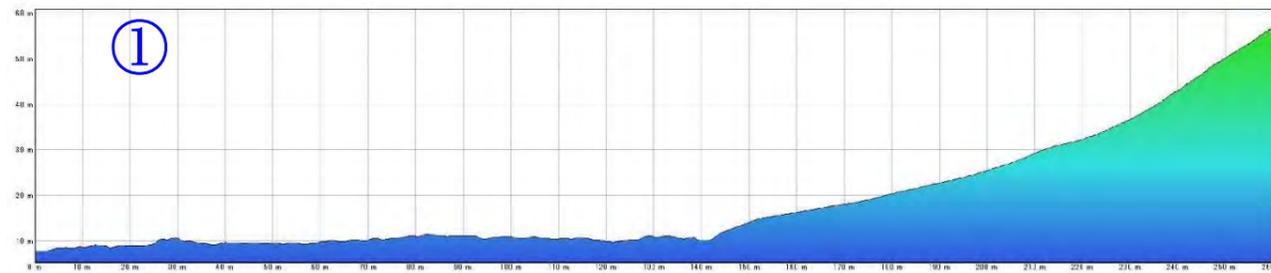
- i) 今回の斜面崩壊の誘因は、地震動である。2003年の十勝沖地震では崩壊しなかった条件を踏まえると、今回の場合は、それ以上の強烈な地震動が加わったと考えられ、流出長が長くなる要因のひとつと考えられる
- ii) 斜面には軽石を主体とする密度の低い土砂が、流れ盤を成して堆積しており、元々流出しやすい構造であった。
- iii) 富里カボチャ畑①測線のように、元々植林されていないか伐採されていた斜面では、流木が発生せず、崩積土自体の移動に対する摩擦抵抗が少ないと考えられる。
- iv) 流出先がほとんど稲刈前の水田であり、崩積土は稲穂を押し倒しながら、余り摩擦を受けずにスムーズに移動した。一方、富里カボチャ畑の②測線のように流出先がカボチャ畑の場合は、畑の凹凸やカボチャの蔓の巻き込みの影響で、多少抵抗を受けたため流出長が短くなったと考えられる。



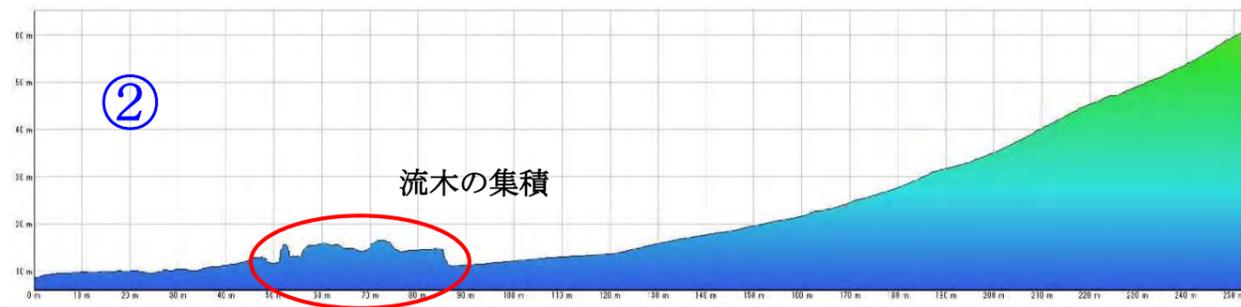
図V-7-1 崩壊長と流出長の関係



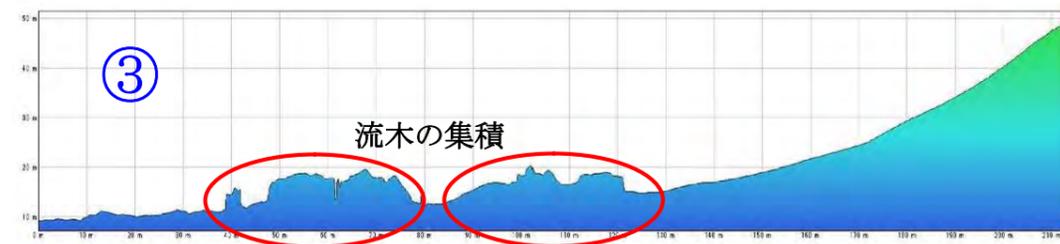
| 測線 | 流出長(m)   | 崩壊長(m)   | 流出長/崩壊長 |
|----|----------|----------|---------|
| ①  | 123.7436 | 148.6006 | 0.83    |
| ②  | 89.25618 | 171.4562 | 0.52    |
| ③  | 113.9991 | 104.4809 | 1.09    |



① 崩積土の流出延長が 124m と長い。元々植林が成されていなかったまたは伐採されていたので、流木が少ないこと、流出先が稲刈直前の水田であったため、崩壊土砂がスムーズに移動したものと考えられる。



② 崩積土の流出延長が 90m とやや短い。植林が成されており、流木が発生して、流出土塊自体の摩擦が大きいこと、流出先が水田の手前にカボチャ畑があったことから、流れがスムーズにならなかったことが推測される。流出先の高まりは、流木が集積している箇所である。



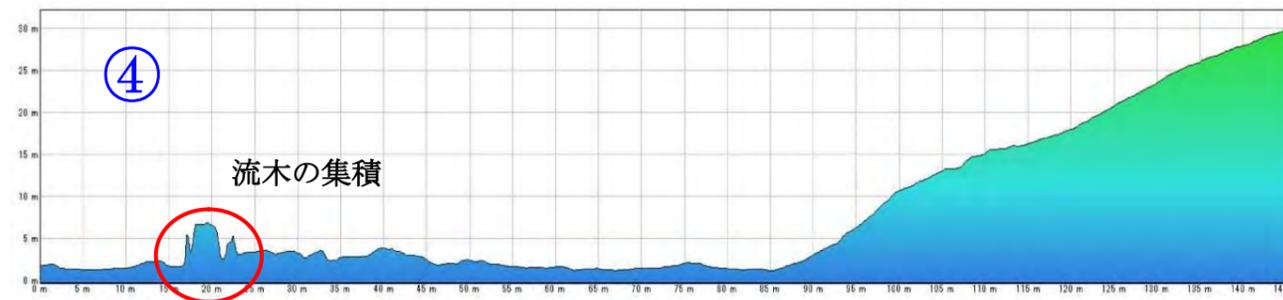
③ 崩積土の流出延長が 113m とやや長い。植林が成されており、流木が発生して、流出土塊自体の摩擦が大きかったが、流出先が稲刈前の水田であったため、崩壊土砂がスムーズに移動したものと考えられる。流出先の高まりは、流木が集積している箇所である。

①～③測線の縦断面

図IV-7-2 厚真町富里カボチャ畑 崩壊長、流出長、比率、断面

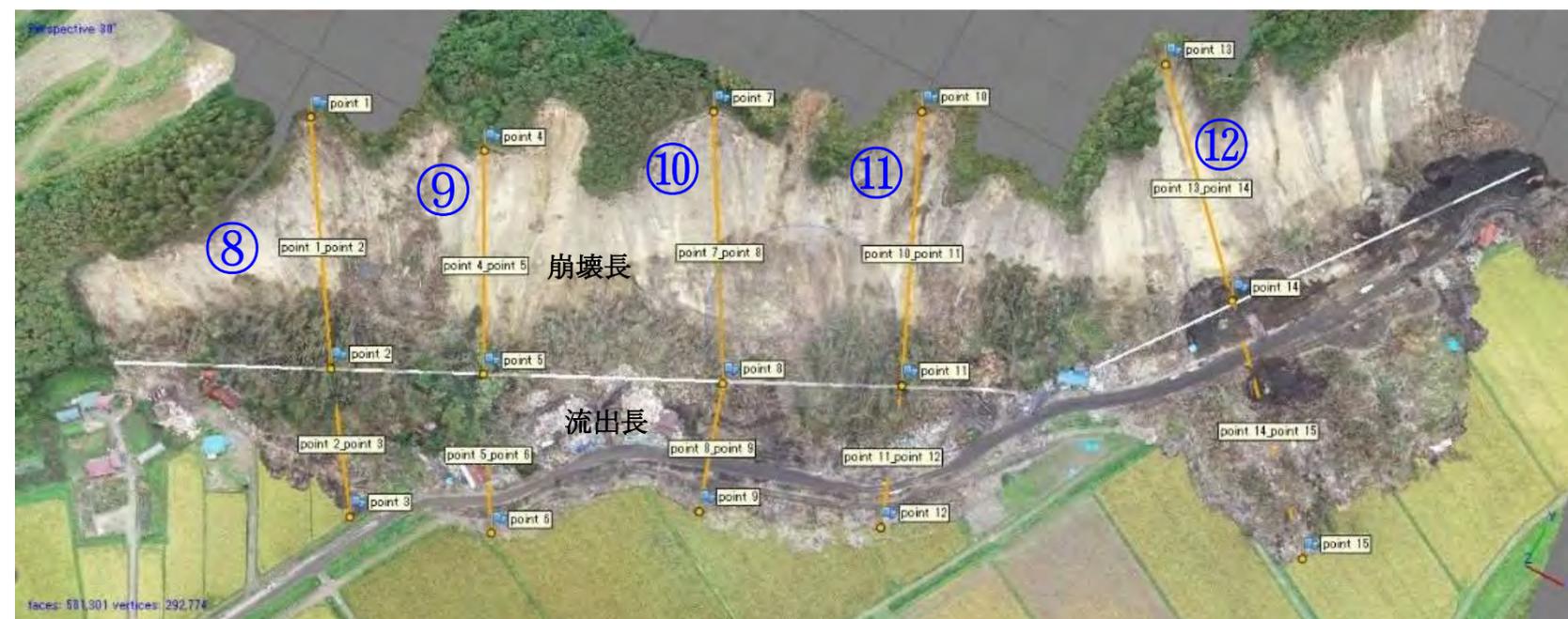


| 測線 | 流出長(m)   | 崩壊長(m)   | 流出長/崩壊長 |
|----|----------|----------|---------|
| ④  | 81.55516 | 73.05199 | 1.12    |
| ⑤  | 128.2836 | 92.34061 | 1.39    |
| ⑥  | 78.8069  | 99.65221 | 0.79    |
| ⑦  | 82.55998 | 73.62546 | 1.12    |



④ 植林が成されており、流木が発生して、流出土塊自体の摩擦が大きかったが、流出先が稲刈前の水田であったため、崩壊土砂がスムーズに移動したものと考えられる。流出先の高まりは、流木が集積している箇所である。

図IV-7-3 厚真町吉野地区南部 崩壊長、流出長、比率、断面



| 測線 | 流出長(m)   | 崩壊長(m)   | 崩壊長/斜面 |
|----|----------|----------|--------|
| ⑧  | 77.23108 | 124.0957 | 0.62   |
| ⑨  | 81.59406 | 111.9566 | 0.73   |
| ⑩  | 66.86118 | 134.9188 | 0.50   |
| ⑪  | 72.79348 | 137.3473 | 0.53   |
| ⑫  | 135.6061 | 128.9489 | 1.05   |

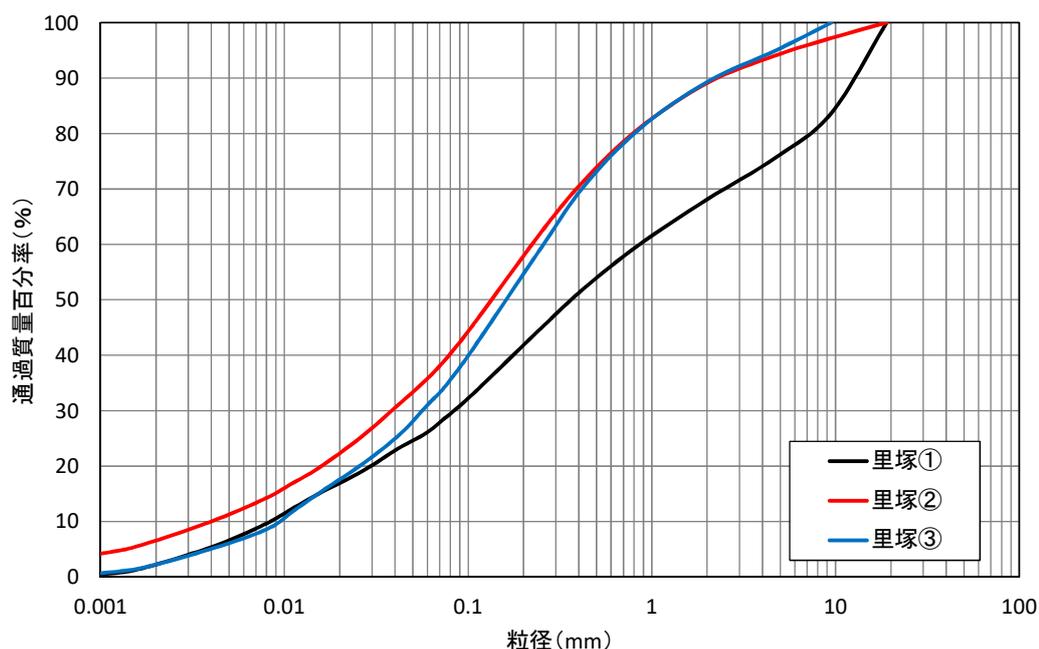
図IV-7-4 厚真町吉野地区北部 崩壊長、流出長、比率、断面

## V. 室内土質試験と土壌硬度測定

札幌市清田区里塚団地において、札幌市の了解の下、東京理科大学合同調査団にて土質試料を採取し、物理特性に関する試験を行った。厚真町桜坂及び東和地区においては、土質試料を採取と土壌硬度を測定し、試料は物理特性に関する試験を行った。

### V-1 里塚地区の物理特性

里塚地区の調査で確認した宅地被害箇所より、次頁の写真V-1-1～写真V-1-2 に示す箇所から試料を採取した。粒度特性を図V-1-1 に、物理特性結果一覧を表V-1-1 にそれぞれ示した。その特徴を次頁以降に示した。



図V-1-1 里塚地区の採取試料粒度特性

表V-1-2 里塚地区宅地の物理特性結果一覧

| 地点No. | 土粒子の密度<br>( $\rho_s$ : g/cm <sup>3</sup> ) | 自然含水比<br>( $W_n$ : %) | 細粒分含有率<br>( $F_c$ : %) | 均等係数<br>( $U_c$ ) |
|-------|--------------------------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|
| 里塚 ①  | 2.378                                      | 27.2                  | 28.7                   | 103.43            |
| 里塚 ②  | 2.383                                      | 31.2                  | 39.2                   | 56.00             |
| 里塚 ③  | 2.331                                      | 58.6                  | 34.4                   | 27.11             |



写真V-1-1 里塚地区宅地の試料採取地点(里塚①)



写真V-1-2 里塚地区宅地の試料採取地点(里塚②, ③)

・里塚①

分類は砂質土に相当する。主な組成は粗砂～細砂であるが、礫分を31.9%含み、細粒分を28.7%含む。粒径幅は広く  $U_c=103.43$  である。また、含水比は27.2%を示す。細粒分を含むが粘性は無い（写真V-1-3）。



左:乾燥前 右:乾燥後

写真V-1-3 里塚①土質試料(ノギス単位:mm)

・里塚②

分類は砂質土に相当する。主な組成は粗砂～細砂であるが、礫分を10.9%含み、細粒分を39.2%含む。粒径幅は広く  $U_c=56.00$  である。また、含水比は31.2%を示す。比較的多く細粒分を含むが粘性は無い（写真V-1-4）。



左:乾燥前 右:乾燥後

写真V-1-4 里塚②土質試料(ノギス単位:mm)

・里塚③

分類は砂質土に相当する。主な組成は粗砂～細砂であるが、礫分を10.7%含み、細粒分を34.4%含む。粒径幅は広く  $U_c=27.11$  である。また、含水比は58.6%を示す。他点より含水比が高いのは、雨水が多く集まった個所より採取したことが、要因と考えられる。細粒分を含むが粘性は無い（写真V-1-5）



左:乾燥前 右:乾燥後

写真V-1-5 里塚③土質試料(ノギス単位:mm)

## V-2 厚真町崩壊斜面の物理特性と土壌硬度

崩壊斜面における各層の強度（土壌の硬さ）および物理特性を把握する目的で実施した。

勇払郡厚真町の斜面崩壊地のうち、下記に示す桜丘地区および東和地区において、崩壊断面や想定すべり面を推定した場所にて、土壌硬度計による地盤硬さや試料採取による物理試験を調査した。室内試験試料採取地点を図V-2-1に示す。



図V-2-1 崩壊斜面の試料採取地点

(出典: 画像©2018 Google, 地図データ©2018 ZENRIN)

## V-2-1 土壤硬度計測定

### ① 土壤硬度計の概要と使用方法

今回、厚真町の斜面崩壊地において、土壤の硬さを計測するために山中式硬度計を使用した。山中式硬度計は、高さ 40mm、底径 18mm、頂角  $12^{\circ} 40'$  の円錐部と、遊動指標および硬度目盛りのついた円筒形の胴体で構成されており、内部は 40mm の縮小に対して正確に 8 kg の圧力を示すバネが入っている（写真V-2-1 および JGS1441-2012 参照）。

測定の方法は、以下①～③のように行った。①測定を行う土壤断面を平滑に削る、②硬度計の円錐部を土壤断面につばが密着するまで確実に押しつける、③遊動指標が移動しないように静かに円錐部を引き抜き、硬度目盛（ $\text{kN/m}^2$ ）を読む。

なお、測定は同一層位に対し 3 回以上行い、その平均を取った。



写真V-2-1 今回使用した山中式土壤硬度計

### ② 土壤硬度計による測定位置

測定は厚真町桜丘地区および東和地区における地すべりによる斜面崩壊を起こした 2 地点で、露出している断面などで実施した（写真図V-2-2、写真V-2-3）。



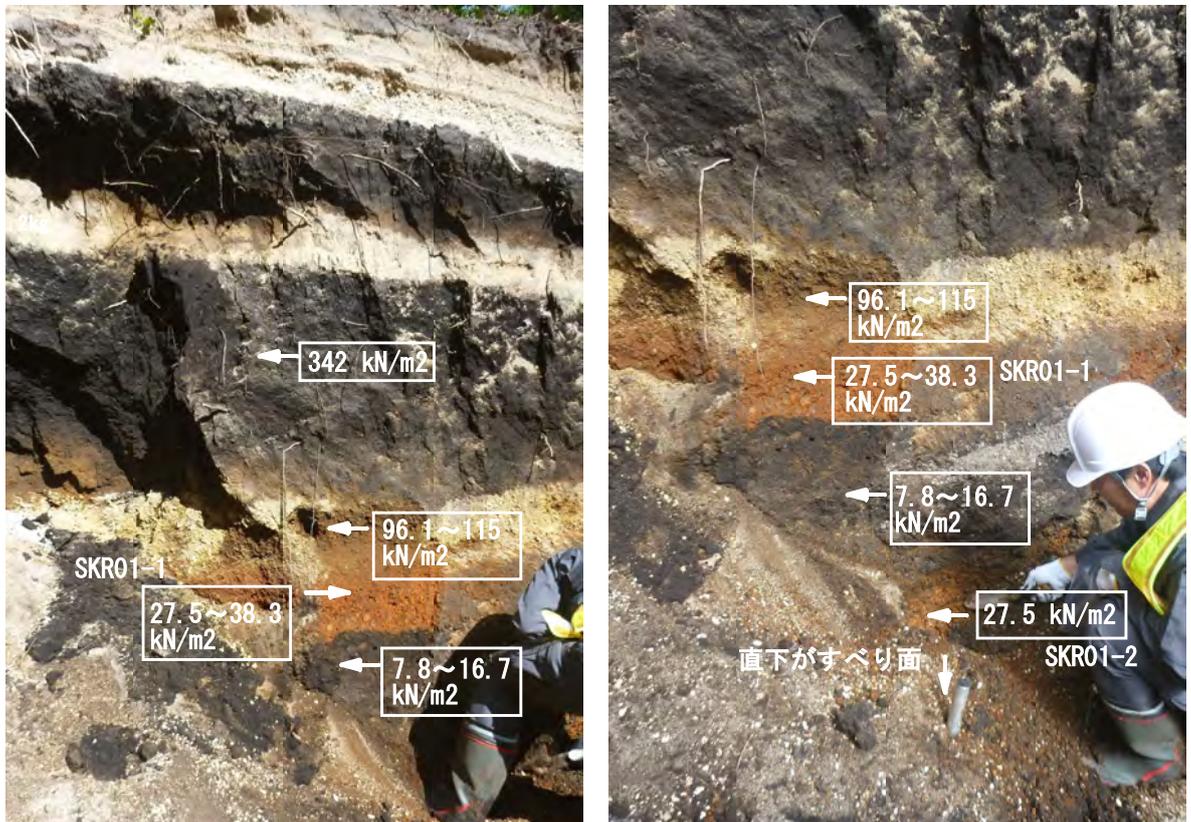
写真V-2-2 桜丘地区における計測地点



写真V-2-3 東和地区計測地点

③ 桜丘地区における計測結果

土壌硬度計を実施した地層断面について図V-2-4および図V-2-5示すとともに、各層の貫入抵抗値について表V-2-1に示す。



写真V-2-4 土壌硬度計測定結果(右写真は左写真の下部を拡大)



写真V-2-5 桜丘地区すべり面の状況

表V-2-1 桜丘地区の土壌硬度測定結果

| 地 質                               | 貫入抵抗値<br>(理論値)kN/m <sup>2</sup> | 土質試験番号<br>及び備考            |
|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------|
| 黒ボク(腐植質粘土)                        | 342                             |                           |
| 軽石(黄褐色): 樽前 d                     | 96.1~115                        |                           |
| 軽石(茶褐色): 樽前 d                     | 27.5~38.3                       | SKR01-1                   |
| 黒ボク(腐植質粘土)下                       | 7.8~16.7                        | 樽前 d 降下軽石に付着した<br>黒ボクの崩積土 |
| 軽石(黄褐色): 樽前 d                     | 27.5                            | SKR01-2                   |
| 細粒風化火山灰: 樽前 d 下部ローム<br>(粘土: すべり面) | 79.5                            | SKR01-3                   |

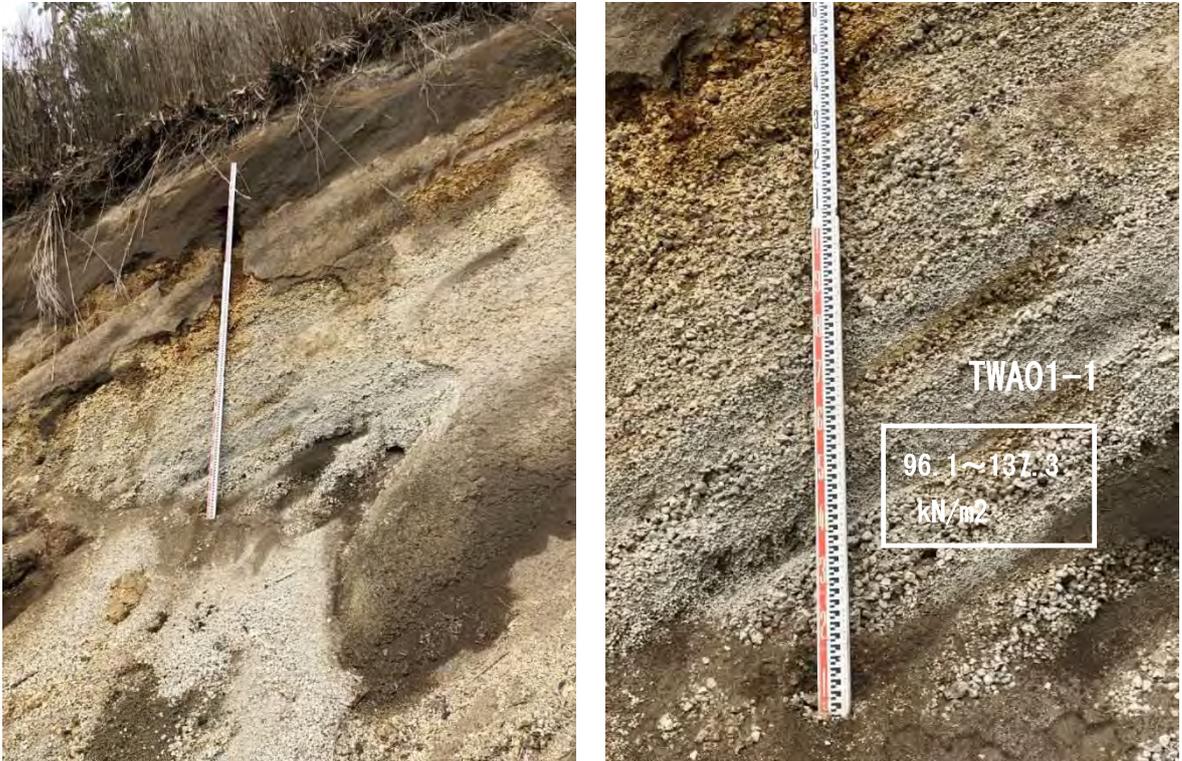
測定結果は、軽石層では樽前上部が 96.1~115kN/m<sup>2</sup>、樽前中部が 27.5~38.3kN/m<sup>2</sup>、樽前下部が 27.5kN/m<sup>2</sup>、黒ボク層が 342kN/m<sup>2</sup>、程度であった。層序が下部に従うにつれ、すなわち、すべり面に近い層では土壌硬度による貫入抵抗値が小さくなる傾向にあった。特にすべり面直上の軽石（樽前 d 下部ローム：SKR01-2）は 27.5kN/m<sup>2</sup> と他の軽石層と比べても小さい。写真V-2-6 に示すように車両運搬時の振動によりサンプル袋に入れた試料から採取時は試料が保有していた水が流れ出ていることが判明した。このような状況から今回のすべりに関係している可能性が高い。



写真V-2-6 すべり面直上の軽石(樽前 d)

④ 東和地区における計測結果

土壌硬度計を実施した地層断面について図V-2-7および図V-2-8に示すとともに、各層の貫入抵抗値について表V-2-2に示す。



写真V-2-7 土壌硬度計測定結果(右写真は左写真の下部を拡大)



写真V-2-8 東和地区すべり面の状況

表 V-2-2 東和地区の土壤硬度計測定結果

| 地質                   | 貫入抵抗値<br>(理論値)kN/m <sup>2</sup> | 試験番号    |
|----------------------|---------------------------------|---------|
| 軽石(灰白色):支笏           | 96.1~137.3                      | TWA01-1 |
| 細粒風化火山灰<br>(粘土:すべり面) | 50.0                            | TWA01-2 |

すべり面直上の軽石の強度は、96.1~137.3kN/m<sup>2</sup>程度であり、桜丘地区の軽石よりは強度が高いことが判明した。一方で、目視やシャベルによる掘削作業の感触からボロボロと崩壊する状況であり、堆積状況としてはやや緩い状態が窺えた。

## V-2-2 粒度、比重、含水測定結果(物理特性)

粒度、比重、含水測定試料は、図V-2-1に示す桜丘地区、東和地区から採取した。それぞれの物理特性を次頁以降に示す。

### (1) 厚真町桜丘

詳細な試料採取地点を写真V-2-9に、粒度特性を図V-2-2・物理特性結果一覧を表V-2-3それぞれ示す。



SKR01-1 : 樽前 d 降下軽石軽石 (オレンジ色) 上  
SKR01-2 : 樽前 d 降下軽石軽石 (オレンジ色) 下  
SKR01-3 : 樽前 d 下部ローム : 粘性土すべり面)

写真V-2-9 厚真町桜丘崩壊斜面の試料採取地点

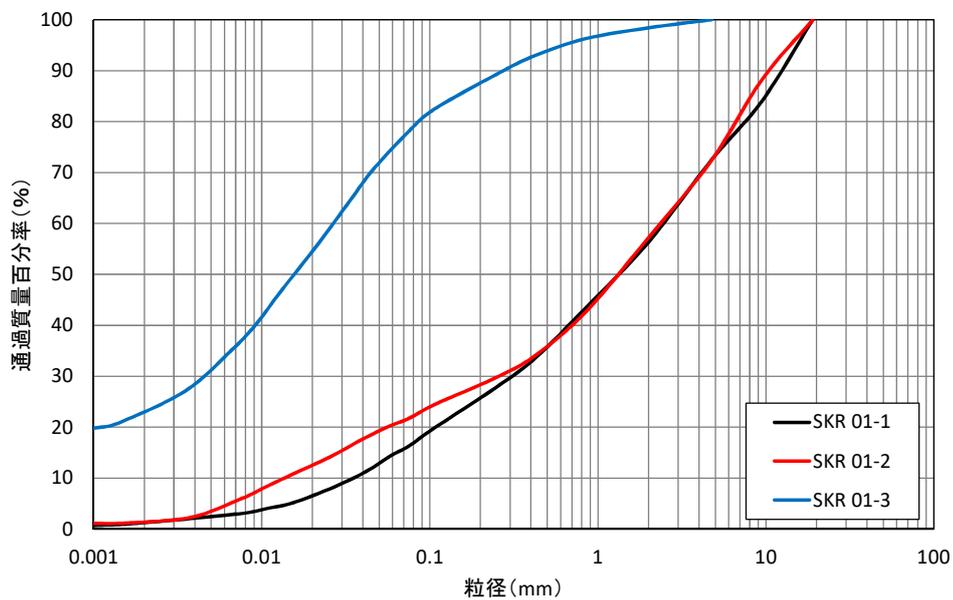


図 V-2-2 採取試料の粒度特性 (厚真町桜丘)

表 V-2-3 物理特性結果一覧 (厚真町桜丘)

| 地点No.    | 土粒子の密度<br>( $\rho_s$ : g/cm <sup>3</sup> ) | 自然含水比<br>( $W_n$ : %) | 細粒分含有率<br>( $F_c$ : %) | 均等係数<br>( $U_c$ ) | コンシステンシー特性 |          |       |
|----------|--------------------------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|------------|----------|-------|
|          |                                            |                       |                        |                   | 液性限界 (%)   | 塑性限界 (%) | 塑性指数  |
| SKR 01-1 | 2.527                                      | 150.2                 | 16.3                   | 69.65             | 191.1      | 88.8     | 102.3 |
| SKR 01-2 | 2.509                                      | 279.1                 | 21.7                   | 173.99            | NP         | —        | NP    |
| SKR 01-3 | 2.672                                      | 30.5                  | 78.1                   | —                 | 47.6       | 22.8     | 24.8  |

### (1)-1 SKR01-1

分類は礫質土に相当する。主な組成は中礫～細礫であるが、砂分を40.0%含み、細粒分を16.3%含む。粒径幅は広く  $U_c=69.65$  である。また、 $I_p=102.3$  を示し、含水比は150.2%と高い値を示す。試料写真を写真V-2-10に示す。



左:乾燥前 右:乾燥後  
写真V-2-10 SKR01-1 (ノギス単位:mm)

### (1)-2 SKR01-2

分類は礫質土に相当する。主な組成は中礫～細礫であるが、砂分を35.5%含み、細粒分を21.7%含む。粒径幅は広く  $U_c=173.99$  である。 $I_p=NP$  であるが、含水比は279.1%と高い値を示す。試料写真を写真V-2-11に示す。



左:乾燥前 右:乾燥後  
写真V-2-11 SKR01-2 (ノギス単位:mm)

### (1)-3 SKR01-3

分類は粘性土に相当する。主な組成はシルト～粘土であるが、砂分を20.3%含み、礫分を1.6%含む。また、 $w_L=47.6\%$ 、 $I_p=24.8$  を示し、含水比は30.5%を示す。試料写真を写真V-2-12に示す。



左:乾燥前 右:乾燥後  
写真V-2-12 SKR01-3 (ノギス単位:mm)

(2) 厚真町東和

試料採取地点を写真V-2-13に、粒度特性を図V-2-3、物理特性結果一覧を表V-2-4にそれぞれ示す。



写真V-2-13 崩壊斜面の試料採取地点(厚真町東和)

TWA01-1 : 軽石 (灰白色) : 支笏 粗粒砂  
 TWA01-1' : 軽石 (灰白色) : 支笏 細粒砂  
 TWA01-2 : 細粒風化火山灰 (粘土 : すべり面)

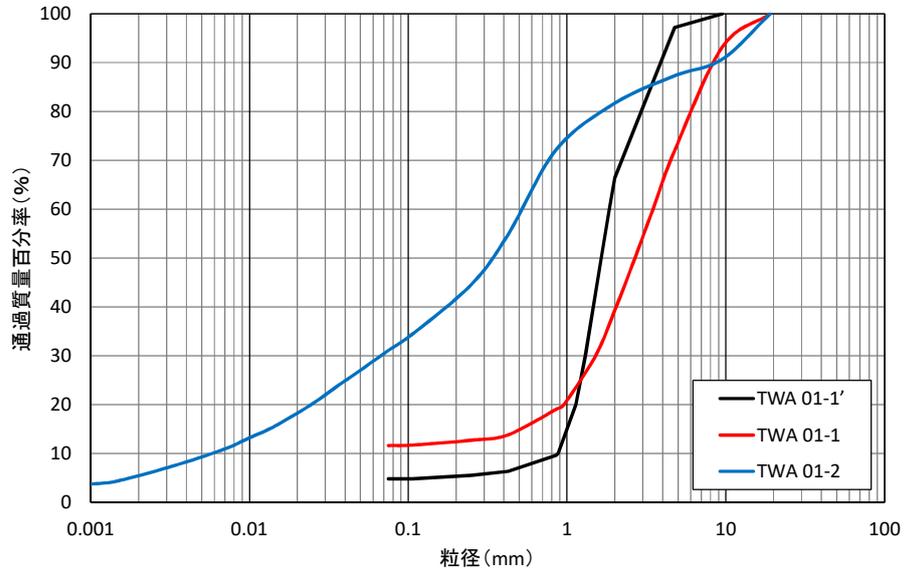


図 V-2-3 採取試料の粒度特性 (厚真町東和)

表 V-2-4 物理特性結果一覧 (厚真町東和)

| 地点No.     | 湿潤密度<br>( $\rho_t$ : g/cm <sup>3</sup> ) | 土粒子の密度<br>( $\rho_s$ : g/cm <sup>3</sup> ) | 自然含水比<br>(Wn : %) | 細粒分含有率<br>(Fc : %) | 均等係数<br>(Uc) | コンシステンシー特性 |          |      |
|-----------|------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------|--------------------|--------------|------------|----------|------|
|           |                                          |                                            |                   |                    |              | 液性限界 (%)   | 塑性限界 (%) | 塑性指数 |
| TWA 01-1' | —                                        | 2.537                                      | 60.3              | 4.8                | 2.10         | —          | —        | —    |
| TWA 01-1  | —                                        | 2.555                                      | 94.7              | 11.6               | —            | —          | —        | —    |
| TWA 01-2  | 1.802                                    | 2.753                                      | 41.0              | 31.1               | 88.73        | 42.4       | 24.6     | 17.8 |

### (2)-1 TWA01-1'

分類は砂質土に相当する。主な組成は粗砂であるが、礫分を33.6%含み、細粒分を4.8%含む。粒径幅は狭く  $U_c=2.10$  である。また、含水比は60.3%を示す。試料写真を写真V-2-14に示す。



左:乾燥前 右:乾燥後

写真V-2-14 TWA01-1' (ノギス単位:mm)

### (2)-2 TWA01-1

分類は礫質土に相当する。主な組成は中礫～細礫であるが、砂分を27.7%含み、細粒分を11.6%含む。また、含水比は94.7%と比較的高い値を示す。試料写真を写真V-2-15に示す。



左:乾燥前 右:乾燥後

写真V-2-15 TWA01-1 (ノギス単位:mm)

### (2)-3 TWA01-2

分類は砂質土に相当する。主な組成は粗砂～細砂であるが、礫分を18.3%含み、細粒分を31.1%含む。粒径幅は広く  $U_c=88.73$  である。また、 $w_L=42.4%$ 、 $I_p=17.8$  を示す。砂質土でありながら飽和度は  $S_r=97.5%$  と高い値を示す。試料写真を写真V-2-16に示す。



左:乾燥前 右:乾燥後

写真V-2-16 TWA01-2 (ノギス単位:mm)

## VI 斜面崩壊のメカニズムについて

### VI-1 斜面崩壊の状況・素因・誘因

厚真町で発生した斜面崩壊の状況と素因誘因を整理した。

#### 【状況】

- ① 地形的には 10～20 度程度の緩斜面で発生している。
- ② 崩壊規模は、崩壊長が概ね 100m (70～150m) 程度、幅が 50m 程度、深さは概ね 3m 程度である。
- ③ 崩壊形状は、頭部及び側面は鉛直性、底面は平面性に富んだ椅子型形状である。
- ④ 崩壊を生じた地質は、ほとんどのケースで斜面表層に堆積していた樽前降下軽石層であり、樽前 d 下部ローム層（粘性土）をすべり面としている。
- ⑤ 東和地区では、樽前降下軽石層が薄く、その下位の支笏降下軽石層が崩壊している。すべり面は同層中のローム層と思われる粘性土である。

#### 【誘因】

今回発生した斜面崩壊の一番の誘因は、明瞭に地震動である。

#### 【素因】

- ① 崩壊ブロックの主体を成す樽前降下軽石層は、火山性の軽石や火山灰主体で、非常に緩い地層であった。
- ② 地層の傾斜は、斜面傾斜に平行な流れ盤（10～20 度）であり、且つすべり面になりやすい粘性土のローム層が表層 3m 程度の深度に分布していた。
- ③ 一般的な地すべりや斜面崩壊では、豪雨に伴う地下水の上昇や地表水による浸食等が、誘因となるが、今回は地下水や地表水の関与は下記のように少ないと考えられるので、素因として考察した。
  - ・崩壊を起こした山地斜面には、表流水のあるような谷や溪谷の分布はない。
  - ・次頁の表 VI-2-1 に示すように、地震発生前日の 5 日に 12 mm の降水があった。災害を発生させるような集中豪雨のレベルには程遠いが、間接的に地盤の水分量が多少なりとも上昇して不安定になっていた可能性がある。この点については、次節の VI-2 で詳細を述べるが、地震直前にある程度まとまった降水があったため、地震発生直前に樽前 d 層中に宙水が発生したか、または飽和度が上昇し、このことが斜面崩落の要因の 1 つとなった可能性は高いと考えられている。

## VI-2 斜面崩壊に関する地下水の影響

### (1) 地震発生前後の降水状況

地震発生前後における厚真町の降水状況並びに1か月前雨量は、下表のとおりである。

表VI-2-1 厚真町の地震前後の降水状況(気象庁アメダス:厚真町)

| 月 | 日  | 降水量(mm) |     |      | 備考                  |
|---|----|---------|-----|------|---------------------|
|   |    | 合計      | 最大  |      |                     |
|   |    |         | 1時間 | 10分間 |                     |
| 9 | 1  | 0.0     | 0.0 | 0.0  |                     |
|   | 2  | 0.0     | 0.0 | 0.0  |                     |
|   | 3  | 0.0     | 0.0 | 0.0  |                     |
|   | 4  | 1.0     | 0.5 | 0.5  |                     |
|   | 5  | 12.0    | 9.0 | 4.0  |                     |
|   | 6  | 0.0     | 0.0 | 0.0  | 地震発生<br>午前3時7分59.3秒 |
|   | 7  | 0.5     | 0.5 | 0.5  |                     |
|   | 8  | 0.5     | 0.5 | 0.5  |                     |
|   | 9  | 2.0     | 1.0 | 0.5  |                     |
|   | 10 | 3.0     | 1.0 | 0.5  |                     |

表VI-2-2 北海道胆振東部地震直前の厚真町の降水量

| 1日前降水量<br>(9/5) | 直前連続降水量<br>(9/4-9/5) | 半旬前降水量<br>(9/1-9/5) | 1箇月前降水量<br>(8月) |
|-----------------|----------------------|---------------------|-----------------|
| 12.0            | 13.0                 | 13.0                | 217.5           |

### (2) 宙水の役割

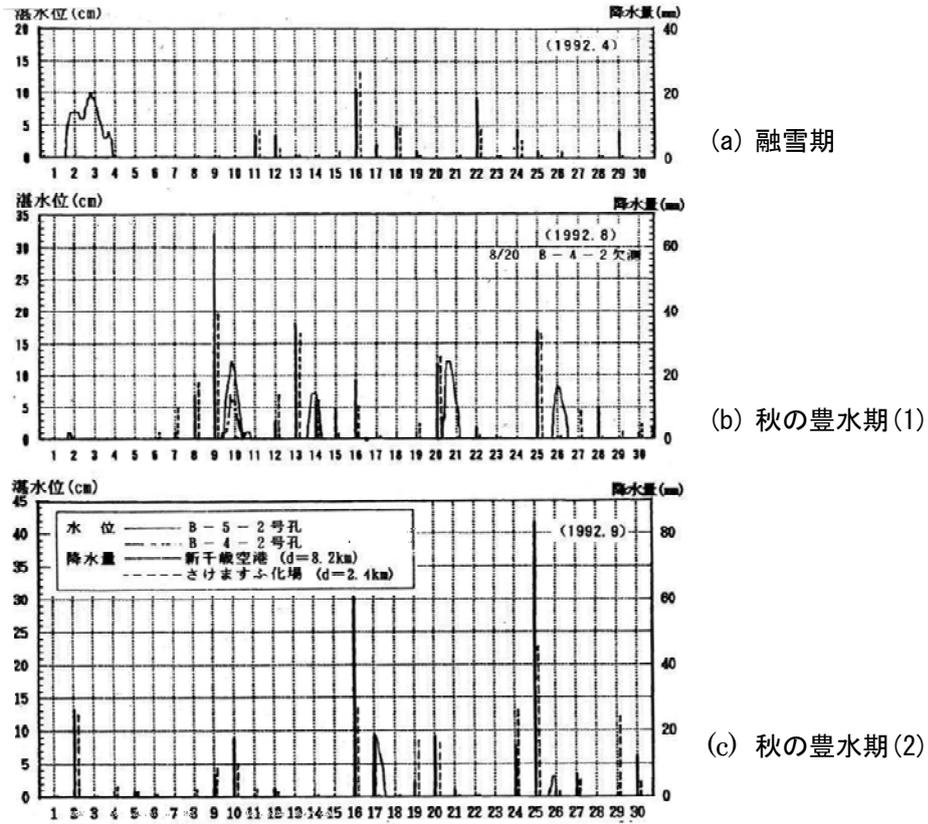
胆振地方に分布する樽前降下軽石層や恵庭降下軽石層の地下水、特に宙水に関して既存の調査論文等から次のことが明らかになっている。

1. 樽前-d、恵庭-a 降下軽石層は宙水の帯水層を形成し、その下部にはば難透水層であるローム～粘土層が分布することが多く、これらが宙水の帯水層の基盤となっている。
2. 千歳に近い美々川流域の場合、降水の大部分は地下に浸透する。その比率は、表面流出：5%、中間流出：5%、基底流出：90%である\*。中間流出は宙水の流出によっている。
3. 宙水は豊水期(融雪期と秋の豊水期：降水量 30mm/d 以上)で発生する\*\*。
4. 宙水の観測は、恵庭 a 層について行われたものが唯一の例であるが、宙水の発生は1～3日間、恵庭 a 下部ローム層上の湛水深は最大 12cm であった(図VI-2-1)。

今回の地震では、多くの箇所では表土～樽前 d 層までが崩落していることから、地震発生時またはその直前に樽前 d 層中に宙水が発生したか、または飽和度が高かったと推測される。今後、この点の解明が重要になるであろう。

\* 池田光良(2003)：流域蒸発散量の推定式について、地下水技術, 45(7), pp. 3-16.

\*\* 池田光良ほか(1997)：恵庭 a 火山灰中の地下水に関する二、三の知見、北海道応用地学合同研究会論文集, pp. 71-80.



図VI-2-1 恵庭-a 降下軽石層中の宙水の観測例(千歳市)

(2) 石狩平野南部における火山灰中の地下水の挙動

石狩平野南部の火山灰中の地下水位の変化には次の特徴がある。

- i) 多くの場所で、降水量が 10mm/d 以上で地下水位は 1 日遅れで上昇する。本地域でも同様な変化が考えられる。
- ii) 支笏降下軽石層 1(Spfa-1)は、新千歳空港に近い美々川流域では平均透水係数が、 $k=5 \times 10^{-3} \text{m/s}$  と極めて高い値を示す(ただし、本調査地は距離的に離れているため、少し低くなる可能性が高い)。
- iii) 地下水位の変動は 1 日遅れと 1 箇月遅れの 2 種類を示し、後者の変化が最も大きい。この理由は、Spfa-1 層の上位に分布する支笏軽石流堆積物 1(Spf1<sub>1</sub>層 : N 値<30)が極めて保水性の高い地層であるために生じている現象である。本地域では Spf1<sub>1</sub>層は分布しないため、このような 1 箇月遅れの地下水位変化は考えにくい。ただし、地下水面は支笏降下軽石層 1 に存在している場所が多そうである。

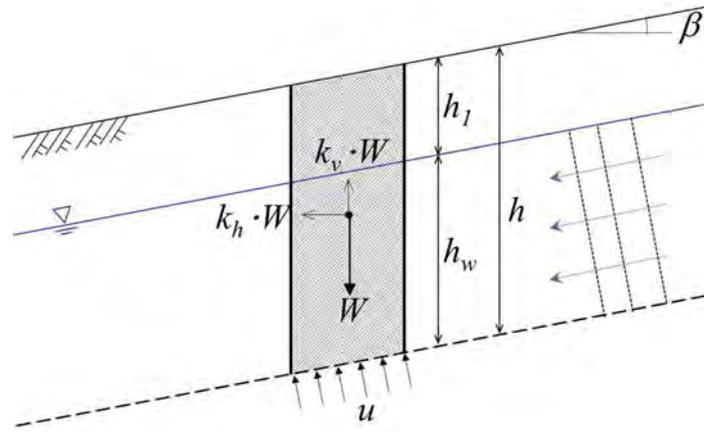
以上を踏まえ、厚真観測点における地震発生(9月6日)前の降水量(表VI-2-2)と地下水との関係を考察してみると次のようになる。

1 箇月前の 8 月の降水量が多く、帯水層中の地下水位の上昇に加え、火山灰中の飽和度が高まっていた可能性が大きい。そこへ地震直前にある程度まとまった降水があったため、地震発生直前に樽前 d 層中に宙水が発生したか、または飽和度が上昇し、このことが斜面崩落の要因の 1 つとなった可能性は高いと考えられる。

### VI-3 斜面の安定解析との対比

#### (1) 計算式

厚真町における表層崩壊についてすべり層厚と粘着力との関係に着目し、図V-3-1に示す無限斜面を仮定した簡易的な安定解析を行った。



図V-3-1 無限斜面安定計算モデルの概要図

- ・ 間隙水圧のみを考慮

$$FS = \frac{\frac{c}{\cos\beta} + (\gamma_t h_1 + \gamma' h_w) \cos\beta \tan\phi}{(\gamma_t h_1 + \gamma_{sat} h_w) \sin\beta} \dots (V-3-1)$$

- ・ 地震力（水平・鉛直）のみを考慮

$$FS = \frac{\frac{c}{\cos\beta} + \gamma_t h \{(1 - k_v) \cos\beta - k_h \sin\beta\} \tan\phi}{\gamma_t h \{(1 - k_v) \sin\beta + k_h \cos\beta\}} \dots (V-3-2)$$

- ・ 間隙水圧・地震力（水平・鉛直）を考慮

$$FS = \frac{\frac{c}{\cos\beta} + \{(\gamma_t h_1 + \gamma' h_w) \cos\beta - (\gamma_t h_1 + \gamma_{sat} h_w) (k_v \cos\beta + k_h \sin\beta)\} \tan\phi}{(\gamma_t h_1 + \gamma_{sat} h_w) \{(1 - k_v) \sin\beta + k_h \cos\beta\}} \dots (V-3-3)$$

ここに、 $FS$ ：安全率、 $\beta$ ：斜面の傾斜角、 $c$ ：粘着力、 $\phi$ ：内部摩擦力、 $\gamma_w$ ：水の単位体積重量  
 $\gamma$ ：湿潤単位体積重量、 $\gamma_{sat}$ ：飽和単位体積重量、 $\gamma'$ ：水中単位体積重量  
 $k_h$ ：設計水平震度、 $k_v$ ：設計鉛直震度（上向きを正）

## (2) 安定解析条件

### 1) 解析方針

厚真町において発生した表層崩壊のメカニズムや原因は解明されていないが、下記の2点も要因の一部と考えられる。

i) 崩壊地区が震源近くに位置しておりかなり大きい慣性力が作用した。

ii) 地震発生前日にまとまった降雨があり、斜面の飽和度が高い状態であったと推定される。

本検討では、これらの外力条件と図V-3-2に示す斜面（富里カボチャ畑北側崩壊）の形状（斜面勾配： $\beta = 20^\circ$ ）に基づき概略的な強度の値と崩壊層厚を推定することを試みた。

なお、2003年の十勝沖地震においては、崩壊が発生していないことから、十勝沖地震発生時における慣性力相当の設計震度を設定した安定計算を実施し、安全率が1.0を下回らないことを確認することで強度を検証した。

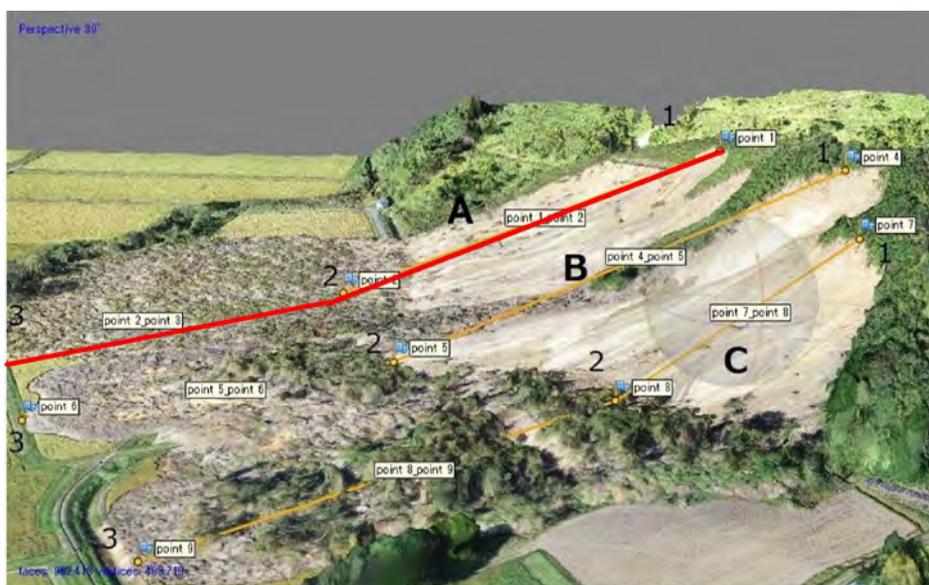
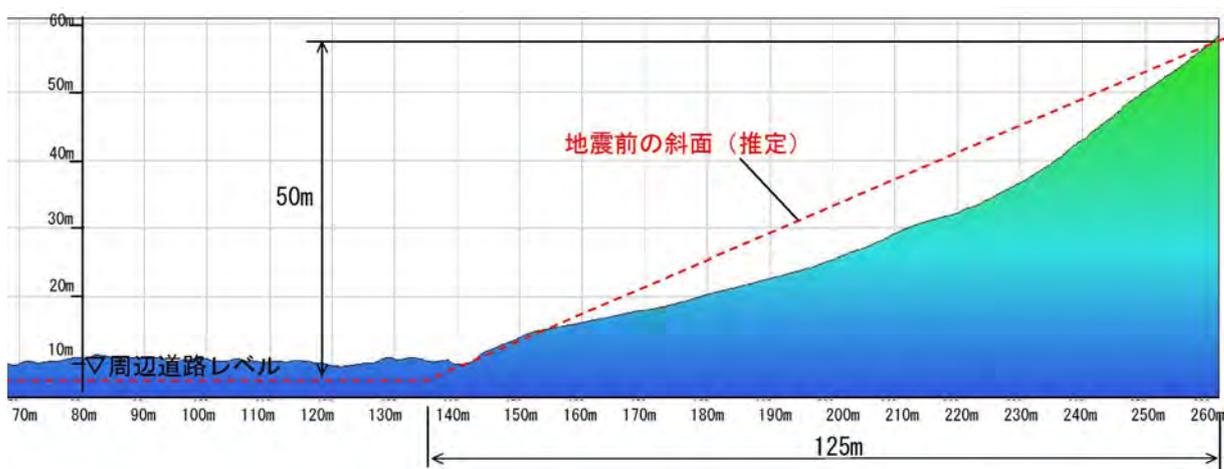


図 V-3-2 被害箇所を代表する模式断面図

## 2) 内部摩擦角の仮定

現地での崩壊箇所における崩壊のり面の傾斜を測定した結果に基づき「安息角≒内部摩擦角」と仮定して以下のとおり  $\phi = 20^\circ$  を一定とし、粘着力をパラメータとした。

$$\tan \phi = H/L = 0.65 \div 2 = 0.325$$

$$\phi = \arctan 0.325 = 18^\circ \quad (\approx 20^\circ)$$



図 V-3-3 崩壊土の安息角測定状況

### 3) 地震力の仮定

図 V-3-4 に示す近傍地震観測地点（追分）における胆振東部地震（本震）の地表面加速度記録の最大値（PGA）を下表に示す。同表には 2003 年十勝沖地震による最大地表面加速度を示したが、胆振東部地震による地表面最大加速度は十勝沖地震による地表面加速度の 10 倍以上の値となっている。特に、胆振東部地震による鉛直成分は 1,000Gal を超える値が観測されており、鉛直動の影響も無視できないと考えられる。

表 V-3-1 近傍地震観測地点（追分）における最大地表面加速度（PGA）

| 地震                 | 地点         | NS 成分   | EW 成分  | UD 成分  |
|--------------------|------------|---------|--------|--------|
| 2018/9/6<br>胆振東部地震 | K-Net 追分   | 1003.7  | 903.9  | 1591.0 |
|                    | KiK-Net 追分 | -1315.1 | 928.6  | 1060.0 |
| 2003/9/26<br>十勝沖地震 | K-Net 追分   | -104.6  | -101.9 | 41.9   |
|                    | KiK-Net 追分 | -124.7  | -139.9 | 48.7   |

※KiK-net 地点は地表面の記録を表示

（単位：Gal）

本検討における安定計算用設計震度（胆振東部地震）としては、このことを考慮して水平震度、鉛直震度ともに 1000Gal 相当の震度として以下の値とした。

$$k_h = 1.0$$

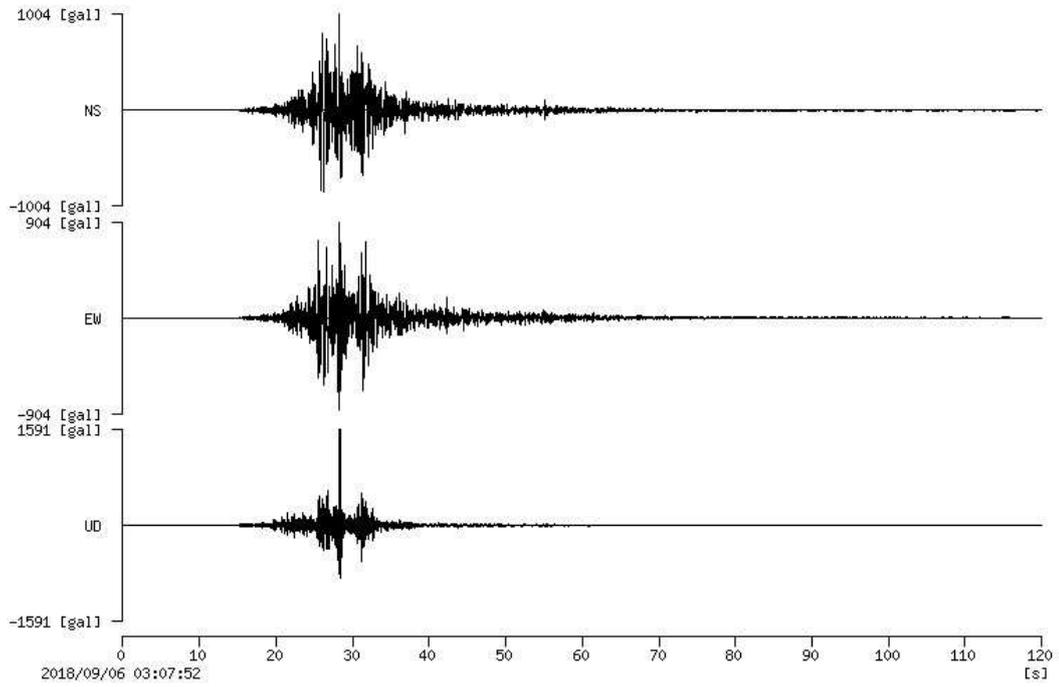
$$k_v = 1.0$$

また、十勝沖地震については水平震度のみを考慮した。

$$k_h = 0.15$$

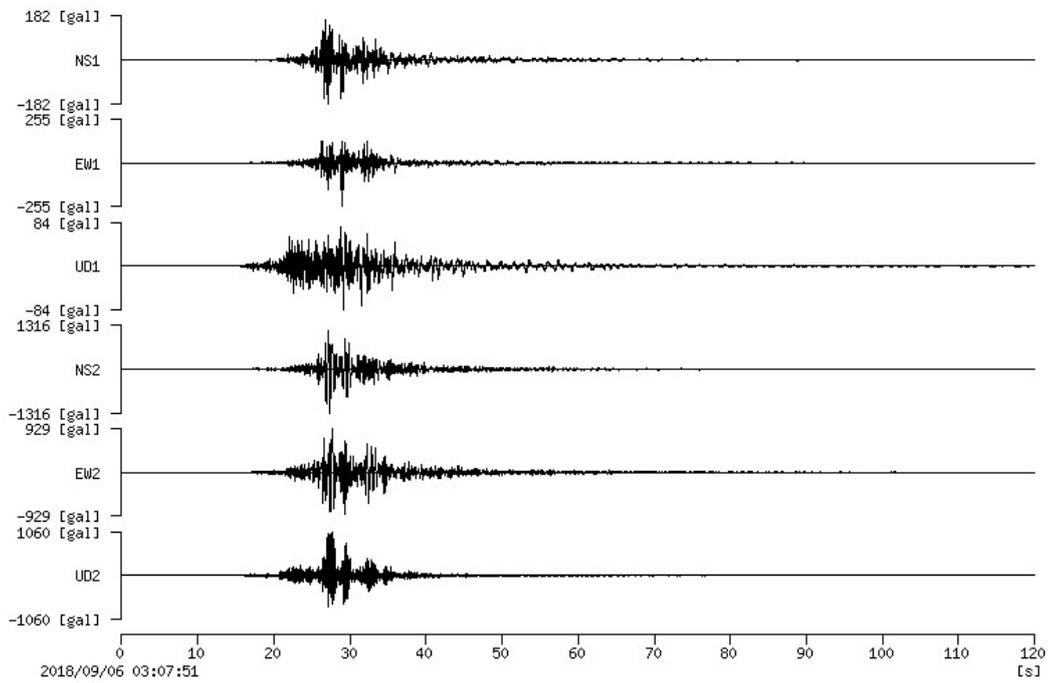
$$k_v = 0.0$$

HKD127 2018/09/06-03:08:07



K-net NIED

IBUH01 2018/09/06-03:08:06



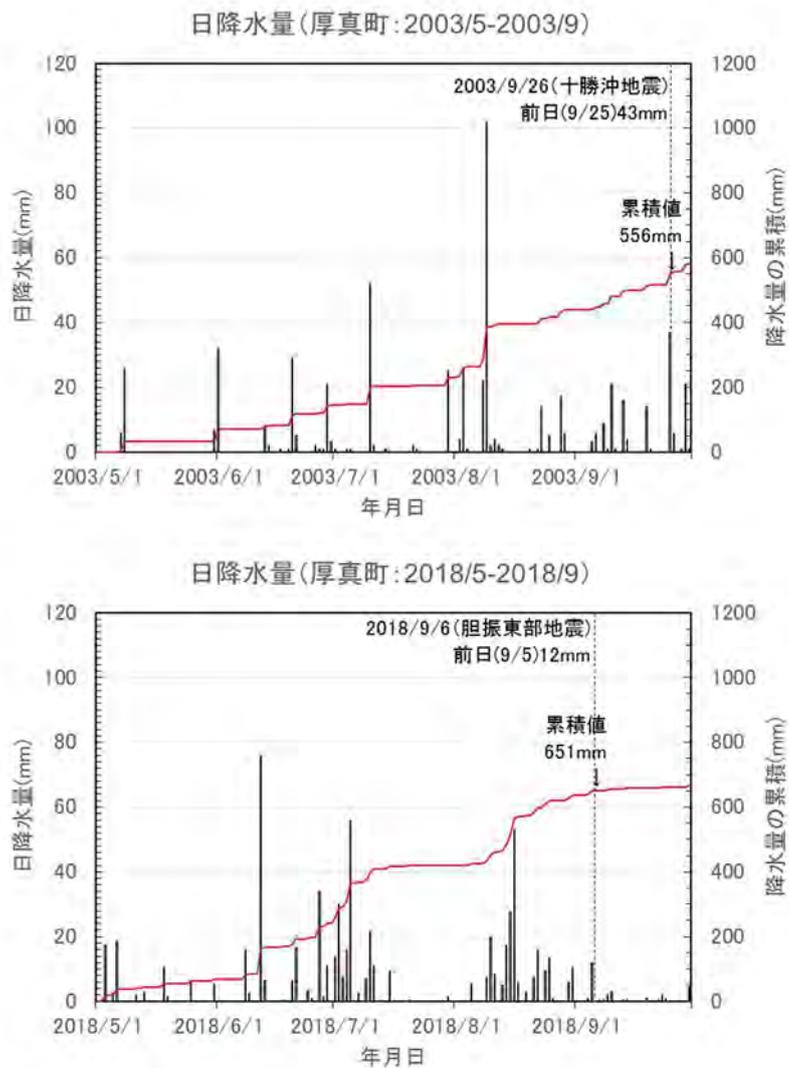
KiK-net NIED

図 V-3-4 平成 30 年北海道胆振東部地震による強震動波形(上:k-net、下:KiK-net)

([http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/topics/html20180906030750/main\\_20180906030750.html](http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/topics/html20180906030750/main_20180906030750.html))

#### 4) 地下水位の仮定

胆振東部地震と2003年十勝沖地震について、近傍気象観測地点（厚真町）における梅雨入りから地震発生直前までの降水量記録を図V-3-5に示す。どちらも地震直前までに20mm/日以上 of 降水量を記録している。このため、斜面の飽和度が高い状態であったと推定されるため、本検討では斜面地表面に地下水位がある条件を想定した。



図V-3-5 梅雨時期から地震直前までの降水量(上:十勝沖地震、下:胆振東部地震)

### (3) 安定解析結果

#### 1) 無限斜面を仮定した場合の粘着力推定値

図V-3-6に安定解析結果としてすべり層厚と安全率との関係を示す。なお、安定解析に用いた土質定数の条件は表5-3-2に示す値を仮定した。

被害調査より想定されるすべり層厚は $h=2\sim 5\text{m}$ であり、最低のすべり層厚を $h=2\text{m}$ とすると図V-3-6(1)よりこれに相当する $F_s=1$ に対する粘着力の推定値は $c=40\text{kN/m}^2$ となる。すなわち、斜面の粘着力は最大でも $c=40\text{kN/m}^2$ 程度であったと推定される。また、2003年の十勝沖地震相当の慣性力では、 $c=40\text{kN/m}^2$ あればすべり層厚が5mまでは $F_s\geq 1$ となる。今回の胆振東部地震でも深さ5m程度以上が生じていないことを踏まえると、地表面より5m以上深い部分では強度も高く、十勝沖地震相当の慣性力では崩壊が生じなかったという事実と概ね整合すると考えられる。

表V-3-2 本検討で仮定した土質条件

| 単位体積重量<br>$\gamma(\text{kN/m}^3)$ | 内部摩擦角<br>$\phi(\text{deg})$ | 備考             |
|-----------------------------------|-----------------------------|----------------|
| 15(飽和:17)                         | 20                          | 単位体積重量は表土の一般値* |

\*例えば、「道路橋示方書・同解説V・耐震設計編」(社)日本道路協会1991)

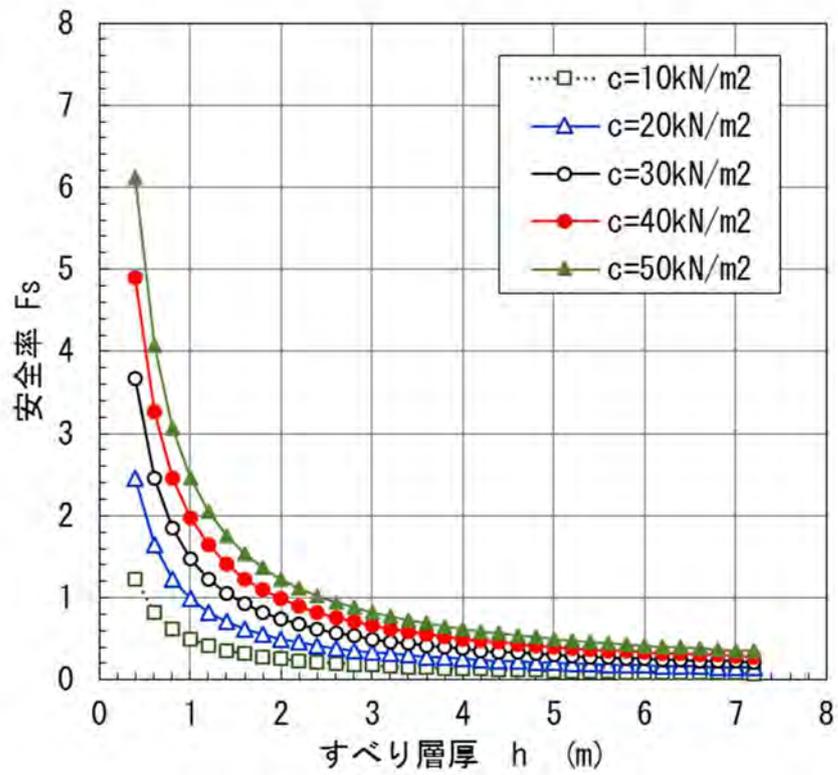
#### 2) 実断面による円弧すべり検討

上記の無限斜面を仮定した検討において推定された強度定数( $c=40\text{kN/m}^2$ ,  $\phi=20^\circ$ )を検証するため、図V-3-2に示した実際の斜面形状に近いのり面形状で円弧すべり法(「道路土工一切土工・斜面安定工指針」(社)日本道路協会2009)による安定検討を行った。なお、地下水位は無限斜面と同様に地表面にあるとし、円弧の通過条件は斜面から5m以内とした。

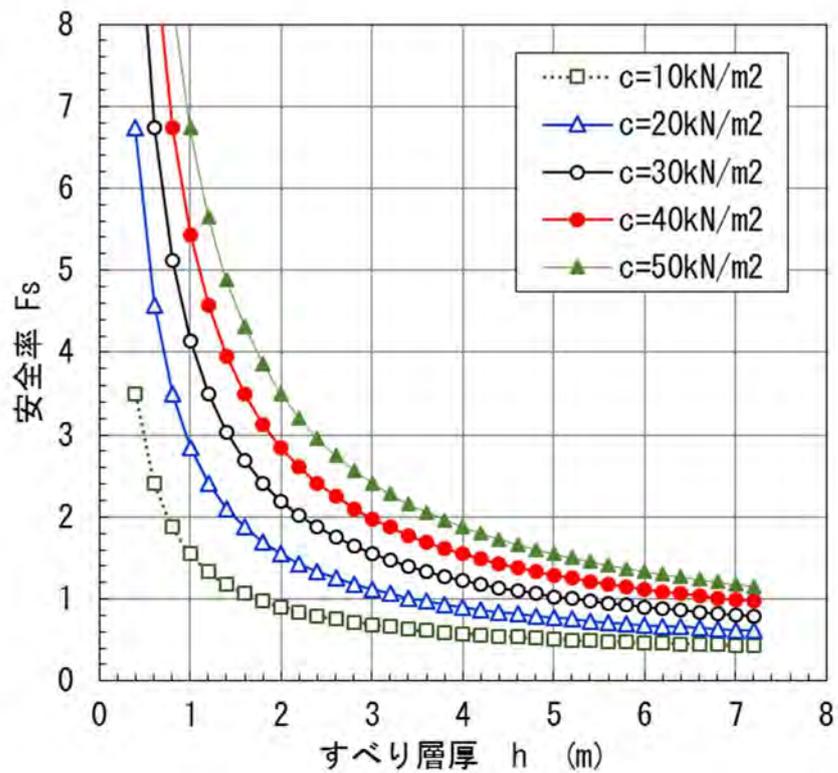
解析結果として地震力を胆振東部地震相当(水平震度 $k_h=1.0$ )および十勝沖地震相当(水平震度 $k_h=0.15$ )とした場合の安定計算結果を図5-3-7~8および表5-3-3に示す。最小安全率は、胆振東部地震で $F_{s\min}=0.553$ 、十勝沖地震で $F_{s\min}=1.633$ となり、実形状を仮定した円弧すべり検討においても十勝沖地震では崩壊が生じなかったという事実と整合する結果となった。

表V-3-2 本検討で仮定した土質条件

| 地震力ケース        | 最小安全率 $F_{s\min}$ |
|---------------|-------------------|
| 2018年胆振東部地震相当 | 0.553             |
| 2003年十勝沖地震相当  | 1.633             |

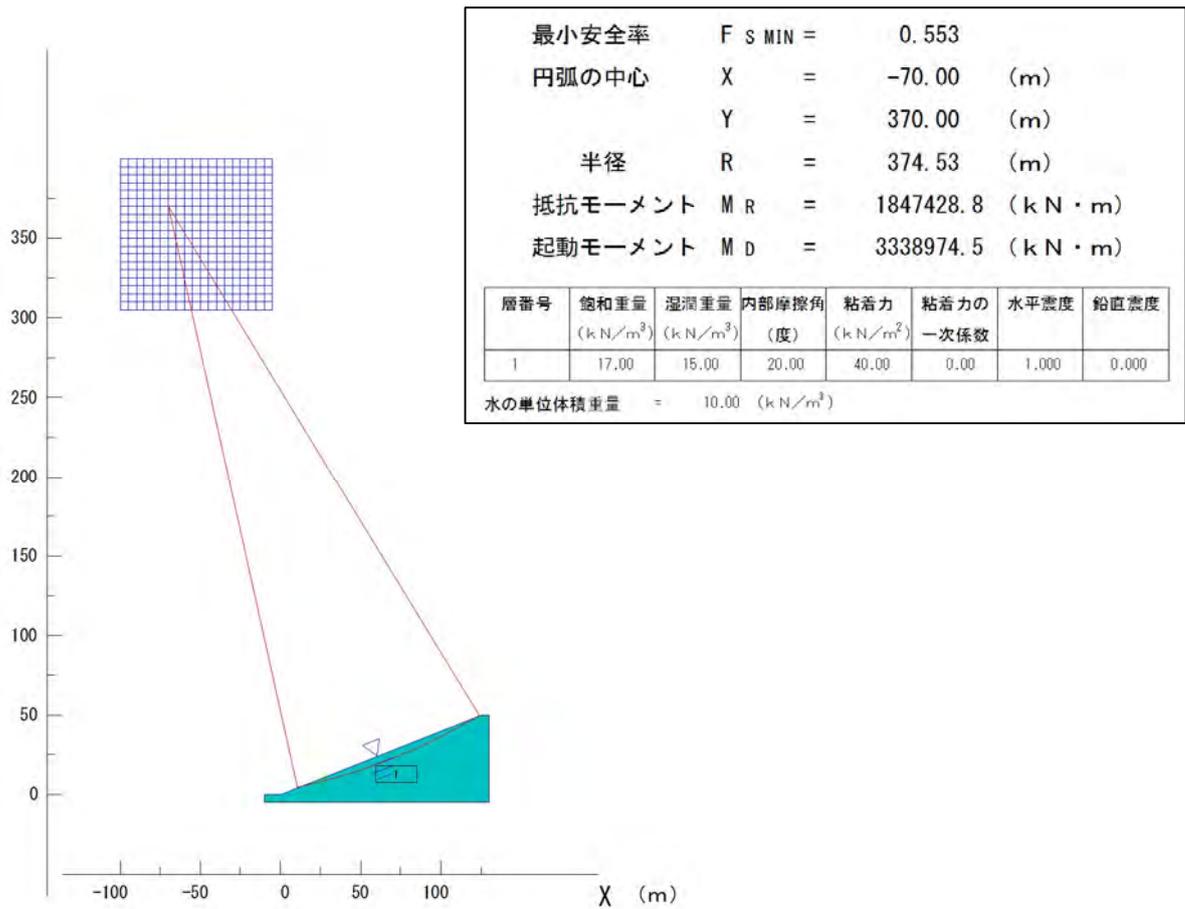


(1)胆振東部地震相当

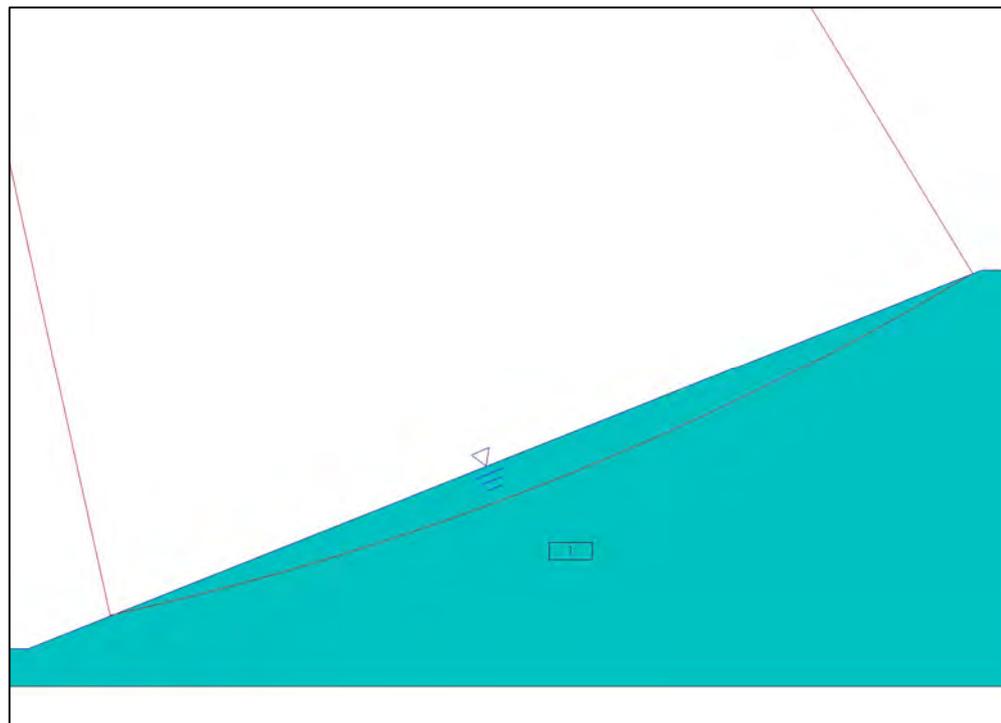


(2)十勝沖地震相当

図V-3-6 安全率とすべり層厚の関係

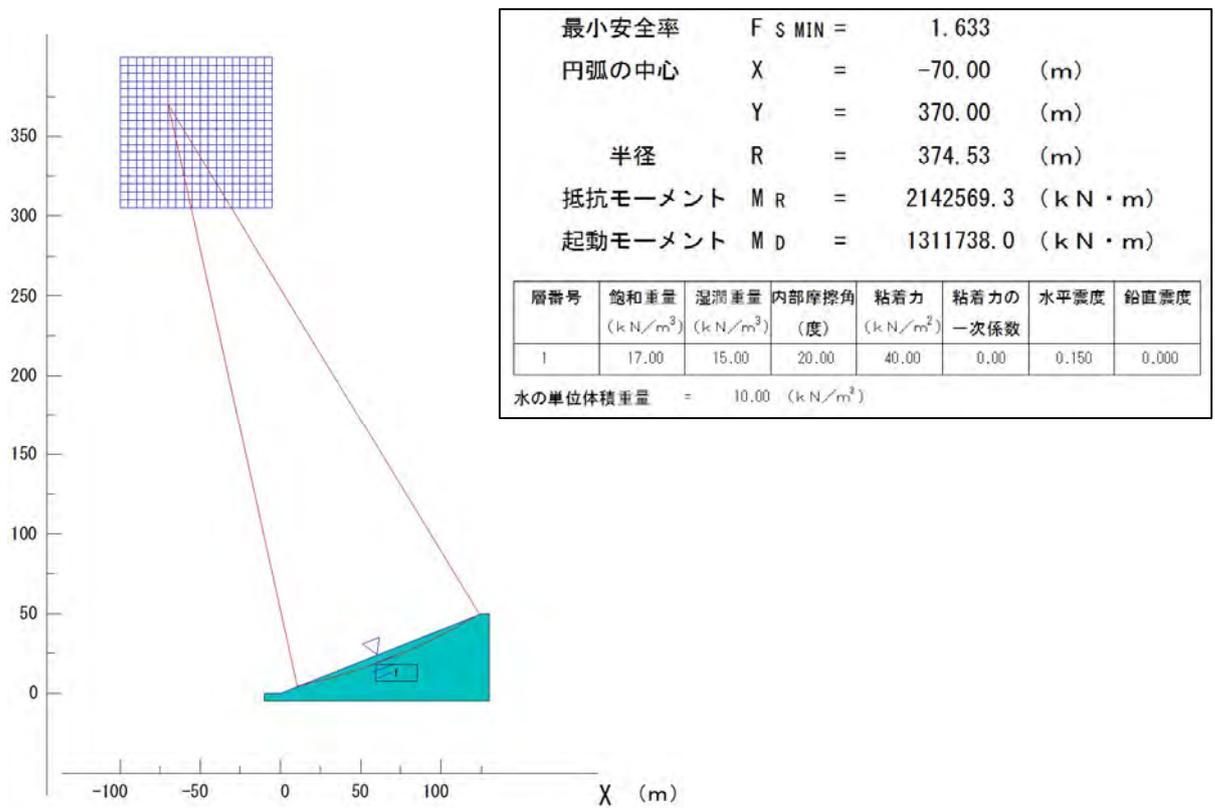


(1) 全体図

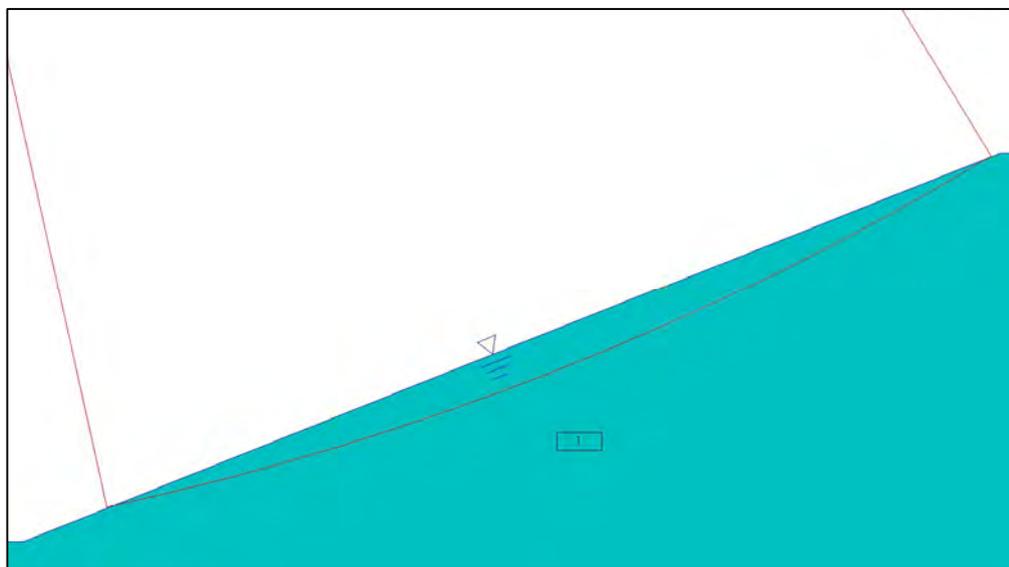


(2) 拡大図

図 V-3-7 円弧すべり法による安定解析結果(地震力:2018 胆振東部地震相当)



(1) 全体図



(2) 拡大図

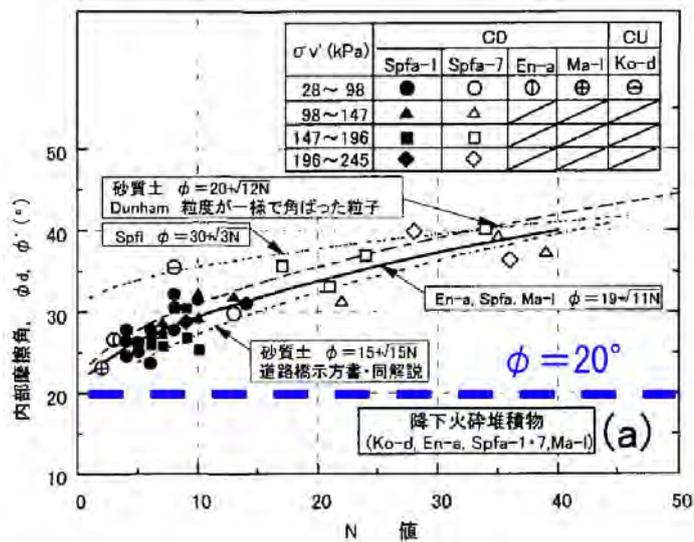
図 V-3-8 円弧すべり法による安定解析結果(地震力: 2003 年十勝沖地震相当)

※既往文献に基づく推定せん断強度に関する考察

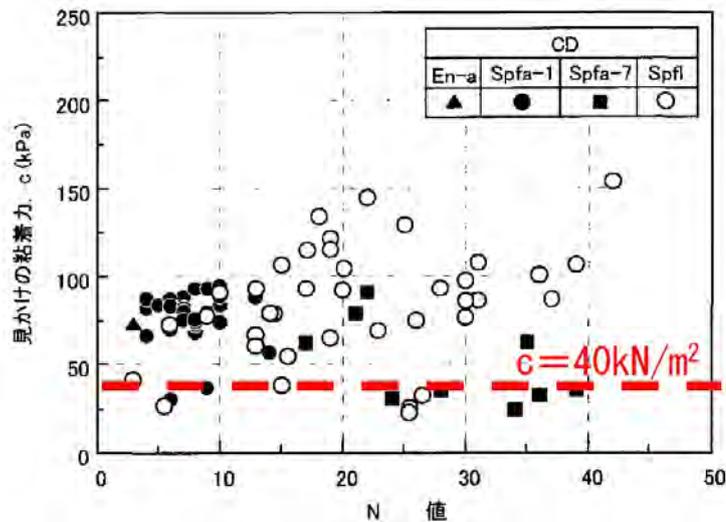
参考までに今回推定したせん断強度（粘着力、内部摩擦角）を現時点で入手できた既往研究<sup>1),2)</sup>における火山灰性堆積物のせん断強度と比較した。

参考図 5-3-1 に、北海道に分布する降下火砕性堆積物の内部摩擦角および粘着力と N 値の関係<sup>1)</sup>を示す。主な崩壊源となっているのは、地表付近に分布する支笏第 1 降下火砕堆積物 (Spfa-1) と言われており<sup>3)</sup>、今回の検討で対象としている地層とほぼ同じ層の試験結果を含んでいる。参考図 5-3-1 より、今回推定した内部摩擦角および粘着力はこれらの下限値程度の値を示していることがわかる。また、参考図 5-3-2 に、1984 年の長野県西部地震で崩壊した斜面における御嶽火山噴出物の土質試験結果<sup>2)</sup>を示す。今回の検討地点とは地域が異なるものの、本検討で推定したせん断強度は、御嶽火山噴出物におけるせん断強度と概ね整合する値となっている。

なお、ここで示した比較は限られたデータとの比較である。今後も現地で採取した試料に基づくせん断強度試験、メカニズムに関する考察など最新の知見を踏まえた詳細な検討が必要である。

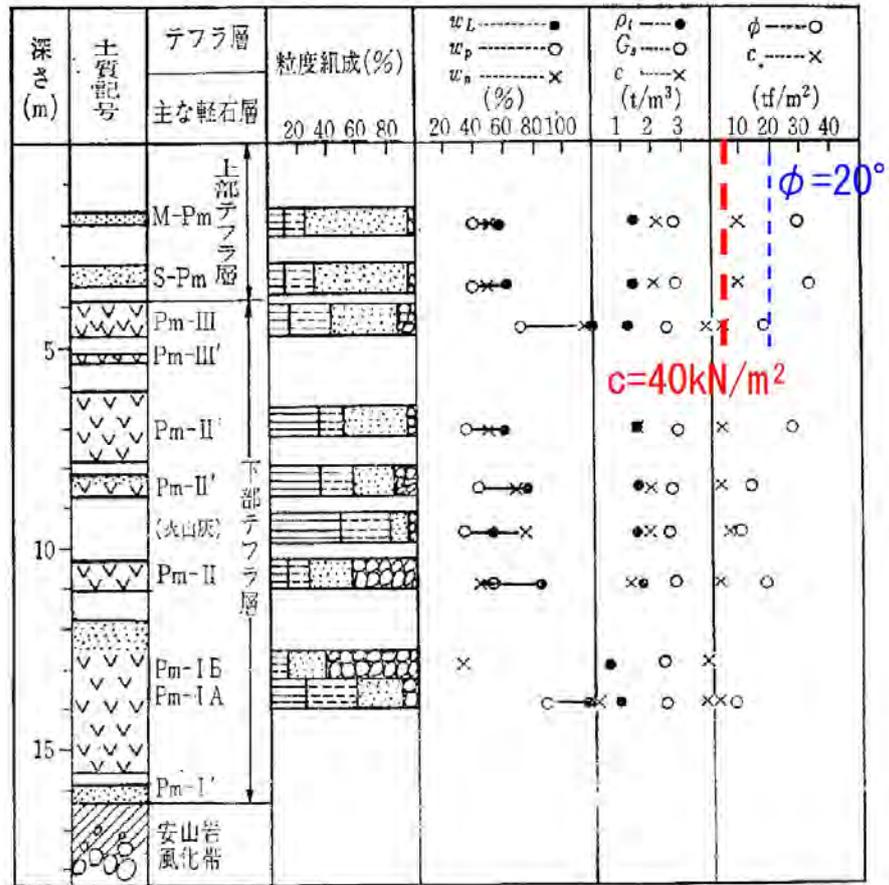


(1) 内部摩擦角



(2) 粘着力

参考図 V-3-1 降下火砕性堆積物におけるせん断強度との比較<sup>1)</sup>に加筆



参考図 V-3-2 御嶽火山堆積物における土性値との比較 <sup>2)</sup>に加筆

参考文献

- 1) 八木一善, 三浦清一: 破碎性火山灰地盤の力学特性の評価, 土木学会論文集, No.757/III-66, pp.221-234, 2004.
- 2) 多賀直恒, 小林武彦, 古長武彦: 長野県西部地震による被害と地形・地質の関係, 土と基礎, Vol.33, No.11, pp.25-31, 1985.
- 3) 産総研地質調査総合センター: 北海道厚真町における支笏降下火砕堆積物の特性, 2018.  
<https://www.gsj.jp/hazards/earthquake/hokkaido2018/hokkaido2018-05.html>

## VII 総括

平成30年9月6日北海道胆振東部地震の発生当日から本社および弊社札幌支店の職員を中心に調査団を編成し、都合3回の地震被害調査を実施した。特に地震発生当日から実施した第1次調査では、東京から札幌行の航空機が全便欠航したこと、北海道全域で停電（ブラックアウト）となり、道路信号機の大半が機能しなかったこと、また相互連絡に使用する携帯電話の充電に苦労したことなど調査を実施するにあたり幾つかの支障に直面したが、弊社のこれまでに培った経験を生かし、地震直後の生々しい被害の状況を調べることができた。

本報告書を作成している段階では、不明な点や課題も多く残されているが、現時点での地震被害調査結果をまとめると下記の通りである。

### (1) 地震の加速度と卓越周期

北海道内では初となる最大震度7を記録した北海道胆振東部地震では、防災科学技術研究所のホームページによると、追分町の観測地点で最大加速度1796ガル（三成分合成値）を記録し、加速度応答スペクトルの卓越周期は、構造物の揺れと相関が高い0.5秒前後を示していた。

### (2) 震源と断層

胆振東部地震の震央は、石狩低地帯東縁断層帯から約10km以上離れていたため、当初は直接の関係はないと考えられていたが、高角の衝上断層で今回の地震と石狩低地帯東縁断層帯の発震機構と類似している点や震源域の分布から、石狩低地帯東縁断層帯南部では、今回の地震を引き起こした断層および震源域と連続している可能性も否定できず、何らかの関係性があるものと考えられるようになってきている。

### (3) 被災地域の地形

今回の地震により被害が多く発生した札幌西部や胆振地方は地形的にみて、石狩湾から苫小牧東部に至る石狩―苫小牧低地帯と札幌西部山地～石狩―苫小牧低帯～夕張山地の南部に位置している。特に、今回の地震で無数の斜面崩壊が発生した厚真町周辺部は、胆振地方東部で系統的に発達した水系を持つ開析の進んだ定高性の非火山性山地にあたる。

### (4) 被災地域の地質

地質については、札幌が位置している石狩低地では、第四紀完世新の未固結堆積物が広く分布するが、石狩低地の南部では更新世～完新世の火山噴出物に厚く覆われている。胆振地方東部の山地部分では、樽前山と恵庭岳の完新世～更新世火山噴出物が地表部を厚く覆っており、その下位では、更新世の支笏火山噴出物が、新第三紀の堆積岩類を覆っている。石狩

低地より東側に分布する火山噴出物は、相対的に層厚が薄くなっているものの、今回の地震による斜面崩壊と深く関連している。

#### (5) 市街地の被災状況

今回の地震により、札幌市清田区（里塚地区、美しが丘地区）や東区、北広島市大曲地区等の市街地では、液状化による噴砂、陥没やクラックなどの道路の変状、家屋の全半壊や不同沈下による傾斜などが観察された。

① 特に被害の大きかった里塚地区では、液状化に起因したとみられる多量の噴出土砂や大規模な道路陥没、全半壊や不同沈下による著しい傾斜などで家屋にも甚大な被害が発生した。この里塚地区は、約 40 年前に三里川の支沢の谷地形を埋土して造成されたことが知られており、地震による被害は埋土造成された地区に集中していた。また地震直後に、水道管の破裂によって大量の水が流出したことが報道されており、液状化により流動化した土砂とともに下流側へ流出し、約 2 千立方メートルの土砂で市道が約 100 メートル程度覆われたものと思われる。里塚地区 3 箇所の宅地で採取した試料の物理試験結果によると細粒分 30%~40%と比較的細粒分を多く含む砂質土であり、細粒分の粘性はほぼなかった。強い揺れが加わったこともさることながら、このような細粒分の多い砂質土が液状化するためには、地盤の締まり具合（相対密度やN値等）もかなりルーズだったことは（特に埋立て造成地や埋戻し箇所）容易に想像できるが、今後、開示される可能性のある地盤の調査結果で確認する必要がある。

② 里塚地区と同様に、清田区美しが丘地区においても液状化や家屋の傾斜などの被害が認められた。この美しが丘地区も三里川の旧河道部およびその支沢の谷地形を火山灰質土で埋立て造成されたものであるが、噴砂は里塚地区のものとは比べて細粒で均質なものが多く観察された。従って、里塚地区と美しが丘地区で造成された材料は、少し異なっている可能性もある。清田区では 1968 年十勝沖地震時に液状化が発生したのを始めとして、この美しが丘地区においては、2003 年十勝沖地震の際に、今回と同じような液状化が発生しており、今回の地震によって再液状化が発生したことが明らかとなった。また地元住民の話によると、2003 年十勝沖地震の時、自宅は致命的な被害を受けた。その後、家屋の基礎として杭を打ったと言っていたが（但し、杭種、本数、杭長などは不明）、今回の地震では擁壁に多少傾斜はあったものの、家屋自体の被害は認められなかった。従って、杭施工の効果はあったことが確認された。

③ 東区では最大震度 6 弱の揺れが観測され、地下鉄東豊線直上の市道では、約 4 km におよぶ範囲で路面クラックや道路陥没、液状化による噴砂などが観察された。この付近の地盤は、地下水位が高く、層厚 10~15mの軟弱層（泥炭や粘性土）が分布してい

る。地下鉄東豊線の施工は開削工法で実施されており、噴砂の量からみて、埋戻し砂が液状化したものと思われる。

- ④ 北広島市大曲地区では、宅盤のクラック、不同沈下により生じた家屋傾斜の傾斜が帯状に認められた。この大曲地区は、1972年大曲川沿いの丘陵地を削り、河川側に火山灰質土で盛土造成されたものであり、盛土された箇所においては、擁壁や盛土部が河川側へ移動し、それによって家屋の被害が発生したものである。なお、大曲地区での噴砂は、道路面上で僅かに認められたが、液状化による噴砂かどうかは不明であった。

#### (6) 勇払郡厚真町周辺の斜面崩壊

厚真町周辺では、今回の地盤災害で最も特徴的な斜面崩壊跡が数多く認められた。この付近一帯の地質は、新第三紀層の軽舞層・萌別層や中新世の川端層を基盤として、地表より、樽前火山噴出物（Ta-a～Ta-Lm）、恵庭火山噴出物（En-a～En-Lm）、支笏第1テフラが成層しており、さらに下位にはクッタラ、阿蘇、洞爺、クッチャロ火山噴出物が分布し、基盤を覆っている。

- ① 桜丘地区等の斜面崩壊跡を観察すると、底部に極めてすべりやすい灰色～茶灰色の粘土層に斜面傾斜方向と平行な擦痕が残されており、この粘土層（樽前d下部ローム層）がすべり面であると推定された。なお、斜面崩壊した大部分は、樽前d降下軽石層（Ta-d）より上部で生じているが、一部樽前d下部ローム層が欠如した部分では、恵庭a降下軽石層（En-a）や支笏第1テフラ（支笏降下軽石層）まで崩壊が達した箇所もある。
- ② 既存の研究により、樽前d軽石層や恵庭a軽石層には、その下位にある樽前d下部ローム層や恵庭a下部ローム層を難透水層とした宙水の存在が知られている。この宙水の供給源は降水または融雪水である。厚真町では、地震発生前月の8月に累計217.5mm、地震発生直前の9月5日には累計12.0mmの降水量があった。特筆すべきは、石狩平野南部の火山灰分布域では、降水量が10mm/day以上の場合、地下水位は1日遅れで上昇する性質があり、地震の発生した9月6日には、樽前d軽石層や恵庭a軽石層には宙水が存在したか、または飽和度が上昇した可能性が高い。実際に桜丘地区で採取した樽前d軽石層をみると、軽石の骨格は脆弱であり、保水性が極めて高い状況であった。このことより、樽前d軽石層は、斜面崩壊に大きく関与していることが推測された。
- ③ 今回の斜面崩壊箇所の調査では、調査範囲も広く、また斜面表層部は含水比も高く危険であったため、崩壊規模の調査などではUAV（ドローン）を活用した。UAVの撮影結果により、崩壊部の三次元的表示、縦横断図の作成や崩壊土砂量の算出（但し、本報告書では実施していない）が容易になるほか、崩壊斜面の背面の状況なども簡単に知ることができる。UAVの撮影結果をもとに崩壊した斜面長さ（崩壊長）とのり先からの

最大流出長さ（流出長）との関係を富里地区（3測線）と吉野地区（南側斜面4測線、北側斜面5測線）について調べた。その結果、流出長さは、富里地区斜面と吉野地区北側斜面では、概ね崩壊長の0.5～1.0倍、吉野地区南側斜面では、斜面長の約0.8～1.4倍となっており、吉野地区南側斜面は富里地区や吉野地区北側斜面よりも大きな結果が得られた。この原因として、崩壊土砂の重量（火山性降下堆積物であるため普通の土と比べて軽い）、地下水による崩壊土砂の泥流化、崩壊深度や崩壊した土量、崩壊面積、表面の植生、前面の土地の利用状況（田圃、畑、宅地等）など様々な要因が考えられるが、今後の課題としておきたい。

- ④ 桜丘地区、東和地区の斜面崩壊した箇所において、すべり面と見られる粘土層（樽前d下部ローム層）の強度を山中式土壌硬度計を用いて測定した。その結果、桜ヶ丘地区と東和地区で下記の結果が得られた。今後の研究によって、樽前d下部ローム層のせん断強度特性等が明らかになった時点で、今回の測定結果と比較してみたい。

桜丘地区： 79.5 KN/m<sup>2</sup>

東和地区： 50.0 KN/m<sup>2</sup>

- ⑤ 厚真町で発生した斜面崩壊について、すべり深度（h）とすべり面の粘着力（C）に着目し、無限斜面による安定解析を実施した。その結果、h=2.0m、内部摩擦角 $\phi=20^\circ$ の条件で、すべり安全率 $F_s=1.0$ に対する粘着力を求めると、 $C=40$  KN/m<sup>2</sup>となった。この逆算で求めた粘着力は、既往の文献に示されている火山灰質土の試験値とほぼ同等の結果になった。この定数を用いて、実際に2003年十勝沖地震の時の安全率を求めると、層厚が5mまでは安全率が $F_s>1.00$ となり、十勝沖地震の時、斜面崩壊は発生していないとの現象と整合している。また、実際に崩壊が発生した今回の斜面で検証すると、十勝沖地震の場合は $F_s=1.633$ 、胆振東部地震の場合は $F_s=0.553$ となり、実際の現象と整合している。但し、この計算では、1)加速度最大値をそのまま水平震度に用いていること、2)火山灰質土特有のせん断中に生じる粒子破砕が粘着力や内部摩擦角に与える影響を評価していないこと、3)Bishop法などの計算手法に用いられている内部応力（不静定応力）を考慮した計算手法を用いていないことなど、幾つかの仮定に基づいて得られた結果である。したがって、今回の斜面崩壊に対する定量的な評価を行うためには、さらに詳細な検討が必要である。

胆振東部地震による今回の地盤災害の特徴を整理すると、液状化に関連した大規模な道路の陥没と多量の土砂流出、そして厚真町で発生した無数の斜面崩壊の2点である。

液状化に関しては、造成前の地形との関連性が強いこと、また過去に液状化が発生した箇所での再液状化が確認されたことが今後の参考になろう。

今回の地震により斜面崩壊した箇所は、浅層の火山性降下堆積物の部分で発生している。二年前の熊本地震の際に阿蘇山で発生した浅層斜面崩壊の箇所は、今回と類似した地質条件であり、このような地質条件に類似している地区は、関東ロームが堆積している関東平野、しらすが堆積している鹿児島など全国でも数多くある。今回の斜面崩壊メカニズムを明らかにすることにより、当該地区だけでなく、日本全土における斜面防災に役立つものとする。そういった観点で、さらに継続的に研究していく必要があるものとする。

以上

7年前の2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震の時は電車が動かず、帰宅困難者として小田原市内の中学校で一夜を過ごしました。その時に続き、2度目の体育館泊りの避難民となり、一夜避難を経験した緒方より五月雨的乱文で恐縮ですがご報告申し上げます。

経験した教訓は以下の通りです。

- ① トイレに行く心配が少ない糖質（飴やチョコレート）食料を常に携帯する
- ② 1.5Lのペットボトルをいつも買うように心がけて災害時には携帯する
- ③ スマホ・携帯用のバッテリーは大容量10,000mAhのものを2つ常に携帯する
- ④ 手で発電できる懐中電灯・ラジオを常に携帯する

9月6日の未明、大通西15丁目のホテル8階部屋で就寝していた。午前3時過ぎにトイレに起きて、用を足した後、ベッドに入った直後に地震を受けた。最初は、地下鉄がやってくるようなゴーとした音の小さなカタカタとした揺れが10秒程（体感的には長かった）続いた後に、大きな横揺れが起きて、その直後に、携帯の緊急地震速報メールがけたたましくなって、地震発生を理解した。横揺れは20秒ほど続いたのだろうか、かなり揺れたが、比較的短周期な感じで、液晶テレビ等、部屋内の家具の倒れは無かった。

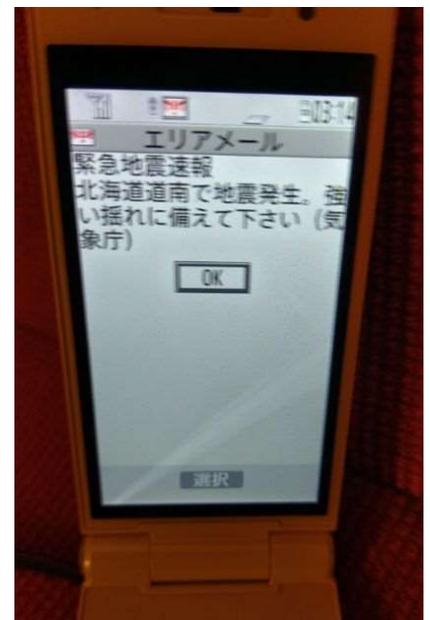
直ぐにTVをつけたところ、地震の速報を報じていた。ホテルでも管内放送で被害有無の確認のアナウンスが入り、ホテルフロントに「804号室緒方ですが、被害有りません」と報告した。そうして少しすると午前3時20分頃、部屋の電気とTVが切れて、非常用の電灯（豆球程度）が点灯した。停電と分かり、ホテルフロントに「すみません。804号室が停電しました。」と内線電話すると「全部停電しています。」とのことで、カーテンを開けて見ると大通りの街灯・信号・ビルの灯りが消えて、車のライトだけになっていた。

それでもまだ、数時間で復旧すると思い、取り敢えず就寝した。

朝5時に起きても電気はつかず、ネットでの情報を収集し、全道停電していること、復旧にはある程度の時間がかかることを認識した。

朝、トイレに行くと、貯めていた水を補給する水音がせず、停電によってトイレ流水が使えないことを認識し、初めて停電で当座最も困ることはトイレの水洗であることを痛感した。先ず携帯メールにて無事であることを上司に連絡した。

6日当日は札幌市内で開催中の地質学会においての地質系企業説明会が午後から予定されており、緒方はその運営司会の当事者であった、またその説明会の運営終了後、最終の航空機で帰京し、翌日のSダムの業務検査に臨む予定であり、なんとか夕方には帰京できればと考えていたが、一方、最悪の場合は、ホテルも泊まれない、3.11のように学校体育館に避難することも想像し、トイレに行かずに済む「何も食べない、何も飲まない」ことを今日一日は実行しようと思った。



9月6日午前3時14分のメール画面

スマホによるネットで確認すると地下鉄もバスも止まっているとのことで、南 2 条西 15 丁目から北 18 条西 4 丁目の北大会場まで歩くこととした（札幌の条・丁目は 120m グリッド）。

当然、信号機も点灯していないので、車は交差点手前で徐行して、恐る恐る交差点を通過していた。通過車両が連続すると流れは速くなって、比較的スムーズに流れている。流れが切れると直交方向の交通が開始される。首都圏と違い、交通量が少ないことと、車線が片側 2~4 車線有ること、交差点周りは除雪の雪置き場を考慮した広い路肩と広い歩道が有り、見通しが良く交差点横断車両の有無を確認しやすいことが、比較的流れる要因だろうと思った。

北大の会場に着いて、地質学会内部で相談した結果、停電の中、自然光でできる行事として、ポスター発表だけでも開催し、若い研究者の方々の発表実績がつかれるように極力配慮することになった。また緒方が担当する、ポスター展示と対面相談となる地質系企業説明会も行うこととした。また地震発生当日の 9 月 6 日朝の段階では午前中には停電も復旧するのではとの政府からの希望的な情報がネットを通じて流れており、軽く考えていた。北大に着いて直ぐに少なくとも航空機は 6 日一杯欠航となることが分かり、自動的に翌日 9 月 7 日の S ダムの業務検査は、主任技術者の緒方は行けないこととなった。同時に照査技術者の I 技師長も札幌在住で行けないことになった。携帯電話にて、発注元ご担当の方と中部支店と I 技師長と何度も連絡を取り交わし、「業務検査において主任技術者が不慮の事故により欠席となる場合は代理として照査技術者が出席できれば良いが、照査技術者も出席できないとのことで、検査を延期する、翌週の 12 日に検査を変更する」こととなり、取り敢えず一段落した。しかしその間、携帯電話は混雑で繋がりにくくなり、また携帯電池も半分に消耗し、携帯電話はできるだけ控えるように心がけた。また北大のトイレは全てテープが貼られ使用不可となっていた。困って北大事務局に聞くと、南の生協食堂でできる可能性があるとのことだった。

その後、6 日乗るはずだった飛行機の欠航便を 7 日に振替える手続きをスマホで行った。幸運にも 15 時発が 1 席だけ空いていて直ぐにボタンを押し確保できた。そうして午前中は直ぐに過ぎ、午後の企業説明会を控えて、生協食堂のトイレに行った。当然水は出ず真っ暗の中で携帯の灯りで用を済ました。そして今夜の宿泊ホテルを予約しなければと思い、自分自身は学会行事で対応できないことから、妻にスマホでラインしホテル予約を依頼した。妻はネットでは全て NG と分かり 30 箇所以上の札幌のホテルに電話をかけてくれたが、通じないか、通じても停電のため予約を受けられない、とされ、妻からのラインでは「学会の行事なんかより今夜泊まることを確保することが最優先！あなた何してるの！あなたの状況は理解できてるの！」と厳しいラインやら、電話やらが個人スマホに来ていて、「そんなに怒らなくてもいいじゃん」「怒ってなんかいないわよ！！こんな状況でのんびり学会やってあなた何考えてるの！！」とやりとりしつつ、主催者なのでやむな



9 月 6 日午前 8 時 15 分: 信号機不点灯



9 月 6 日午前 8 時 32 分: 警察官による交差点の交通整理

く 16 時半まで開催した。幸いにも説明を聞いてもらえる学生さんは次々とやって来て、それなりの意味があったと思った。行事の後かたづけをしていると会社携帯が鳴り、K さんから「緒方さんの宿泊が無いことを H さんから聞きました。若しよければ我が家に来ませんか？」と優しく暖かい言葉で勧めてくれた。でも K さん宅も停電でご家族も大変なのに更に足手まといがお邪魔するのもと思い「今夜は自力でなんとかしてみます。もし明日も駄目だったらお願いします。有難う！」と少し後ろ髪を惹かれながら電話を閉じた。開催後、一緒に説明会行事の運営を付き合ってくれた U くん（研究機関出向中、彼は 6 日も当初からホテル宿泊確保済み）が「一緒にホテルを探しましょう」と元気に言ってくれ、出発の前に U くんが探してきた利用可能なトイレ（北大校舎の迷宮奥に有った！）に行き感動しつつ、それではと北大（北 18 条）を離れた。道すがら札幌駅までの間に有るホテルを飛び込みで頼んで見た。しかしこのホテルも停電で薄暗く、PC が使えないため、予約や飛び込みの客は受け付けられないとのことであり、断られるたびに気持ちが折れていった。ただ札幌駅近くで、上水貯留管が道路沿いに有り、水道局の人が臨時給水栓を設置して飲料水を配給していた。1.5L のペットに昨日からのお茶が 1/3 くらい入っていたがそのまま水を入れてもらって満タンにした。U くんから「さすが緒方さん！このことを想定してわざわざの 1.5L ペットなのですね！」と感心され、偶然のことながら少し嬉しかった。

さて札幌駅（北 5 条）まで南下して U くん宿泊のホテルでも断られて、U くと分かれた。いよいよとスマホのネットで見つけた避難所を探索し、北 9 条の小学校体育館が避難所とのことでそこを目指した。ところが既に避難民で一杯であり、受入れを断られた。頼み込むと「北 19 条の幌北小学校なら大丈夫かもしれません。行って聞いてみて下さい。」とのことで、また更に北に向かうこととなった。さっき北 18 条から南下したのにまた戻るのかと思い、運の悪さを感じた。その頃、スマホ(Au)のネットが繋がらなくなってきた。その時には原因は分からなかったが後で知ると、携帯のレピータ（中継鉄塔）の電源も蓄電池も尽きて喪失していったためと分かった。停電が長いと携帯も通じなくなるのかと後でしみじみと感じた。個人のスマホが通じなくなったので、会社の携帯(Docomo)を復活させたら辛うじて電池が有り、自宅に電話し避難所の案内を依頼した。ネット情報が取れなくなり、現在の状況やこれからはどうなるのかが全く分からなくなってしまった。携帯ラジオを持っていたらと後悔した。

そのころ、朝から殆ど飲まず全然食わずなのと、学会行事でも立ちっぱなしで更に 3 泊分の荷物と地質学の重い書籍と PC を背中に背負いながらの夕方からの失意の往復徒歩によって、更に気持ちも折れ身体も疲れ果ててきた。北 19 条で断られたら、力を振り絞ってもう一度札幌駅まで戻ってコンコースで寝ようと考えていた。

北 19 条の幌北小学校体育館に着くと、避難所の係の方（ご自身も大変なのに避難所仕事をして頂き感謝）が受け入れてくれた。「もう体育館の床は空いていませんが、ステージの上なら場所取りをしている最中なので急いでください」とアドバイスされ、支給のアルミジップ入毛布（1.8m 四方）とジップ入ラッパとジップ入り乾燥ご飯（アルファ米、湯



9 月 6 日午後 5 時 48 分の避難所

戻し前)を貰って、辛うじてスペースを確保することができて、ホッとした。自分はラッキーだと感じた。18時半を過ぎると暗くなってきて、今日3回目のトイレを体育館で行った。流す水は小学校の防災井戸から手で汲みペットボトルに入れてあった。また用を足す規模に応じて水の入ったバケツも有った。感心した。このような中でもすごくきれいで清潔なトイレだった。日頃の管理が行き届いていると感じた。携帯電話の灯りで用を足し、避難している個人個人のスマホの灯りを頼りに寝場所まで戻った。トイレの安心感か、水は飲めると思い、お茶と水のブレンド水をごくごくと飲んだ。美味しかった。クラッカーや乾燥ご飯はトイレの心配がありまだ我慢できるので食べずストックすることにした。毛布は床に敷き、毛布の入っていたアルミジップ袋を掛け布団にして横になった。周りの人たちは旅行者も多く、中国の旅行者の方々も多くいた。言葉が通じず大変そうだった。だんだん寒くなってきた。ウトウトしているころ、体育館内が少しざわざわと声が聞こえてきた。目を開けると緑の非常口のライトが点灯していた。間もなく体育館の照明が少し暗くして点灯した。停電が解消された瞬間だった。夜11時だった。皆から拍手が起きた。とても嬉しかった。早く明日になればとワクワクした。

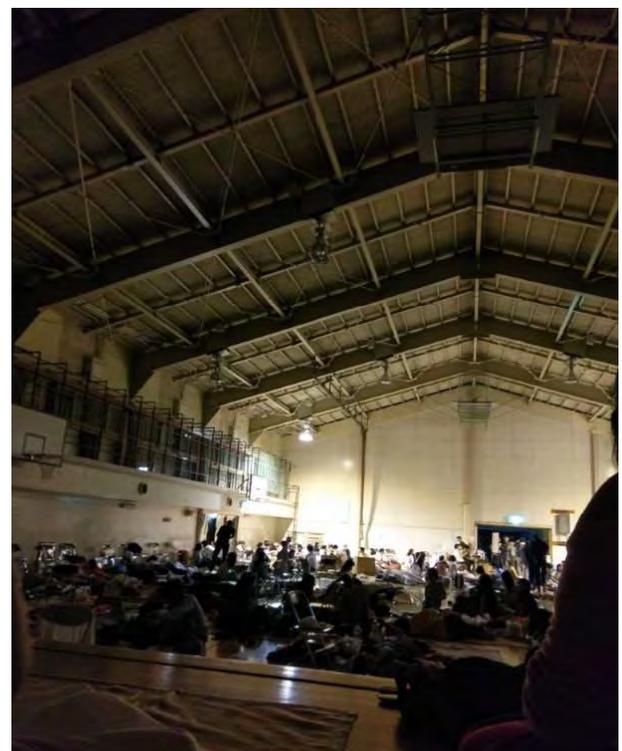
翌朝、個人のスマホも会社携帯もレピータが回復したのか繋がるようになった。また電源も大容量のバッテリーを2台持参したお陰でスマホも会社携帯も電池が復活した。体育館のコンセントは皆が接続しており使えなかったのが大容量バッテリーの持参はドジな緒方としては唯一良い選択だった。スマホで調べると7日も電車、地下鉄、バスは運休とのことで、どのようにして新千歳空港に行くかを考えた。既に朝5時を回っており、15時発に乗るために徒歩で行くとすると11時間かかるので間に合わないと分かり、Kさんにレスキューを頼むことにした(Kさんすみませんでした。)。6時になるのを待ってKさんに携帯メールをして頼んだ。7時に



9月6日午後18時に避難所で戴いた乾燥ご飯とクラッカー、水は全数配布済で有りませんとのこと



避難所となった幌北小学校のきれいで清潔なトイレ



9月6日午後11時00分の避難所の電源回復の瞬間

電話をしてくれた。K さんご自宅付近でもレピータ電源喪失で携帯が通じないとのこと、万が一と思わずわざわざ通じる所まで早朝に走って着信を確認してくれた。K さんいわく、本日、もし H さんの学会発表が無ければそのまま苫小牧方面まで行って被害状況調査を行うとのこと、H さんは 7 日も学会関係で札幌宿泊予定であり T 先生も札幌に来られることになり被害状況調査を続けるとのことであった。その調査車に札幌駅のホテルで帰京できなくなっている U くと緒方が乗せてもらうこととなった。復活した体育館の水洗トイレを感動しつつ使用して、お礼を行って体育館を後にした。トイレに行ったら、避難者を体育館の床やステージに寝させるために、避難所の係の方々はトイレに行く通路で横になっていた。申し訳ない気持ちと改めて感謝の気持ちがした。

K さんの車に先ず緒方が乗車し、車のガソリンが少なくなっているためスタンドに向かった。近くのスタンドは停電で休んでいた。K さんの地元のネットワークで給油できるスタンドを探し、そこに行った。随分手前から並んでいたの、本当にスタンド給油待ちか分からず、取り敢えず並び列に入り、緒方が降りて歩いてスタンドに向かい、この列が給油待ちの列と確認して車に戻った。スタンドのガソリンストックが無くなりませんようにと祈った。幸いにも給油できた。その後、H さんをピックアップし、札幌支店に行き、K さんの仕事道具を車に積んで、U くんを拾った。もう昼近くになっていたが、空港に急いでもらうことにした。その頃、まだ交差点の信号機は点灯しているものも有ったが停電中のものも有り、車も増えて渋滞が生じていた。でも札幌の人たちのマナーが良いのか上手く交差点での交互の横断通行をこなしていた。交差点の見通しが良いことは見なし交互通行に大きなメリットが有ると改めて思った。

札幌市街を過ぎると、空港までの幹線は渋滞しているので、ジグザグと広大な脇道を選んで K さんは車を走らせてくれた。空港近くなり幹線に合流すると渋滞に再び巻き込まれたが、機転を利かして空港に行かず空港駐車場に行ってくれて、緒方はうまく空港に着くことが出来た (K さん、本当に有難うございました)。空港近くでの渋滞は、貸切バス、ホテルの送迎バス、タクシー、乗用車であり、公共交通が使えないため車利用が増えたためと思われた。その全てが空港駐車場でなく出発ロビー口に向かっていた。



9月7日午前8時22分:札幌市内の道路渋滞



9月7日午後12時08分:空港道路の渋滞



9月7日午前11時40分 渋滞を避けて脇道へ

空港に着くと発券カウンター前のコンコースは芋の子を洗うような人集りで埋め尽くされていた。紙での発券はできないと感じスマホで発券し、人集りの隙間をかがんで通してもらって手荷物検査場に向かった。後で知ったが、予約している人は少数で、殆どが空港に行ってチケットを購入する人たちだった。果たして手荷物検査場は空いていた。しかし検査場を通過して出発ゲートロビーに入るとそこはまた一杯だった。椅子は空いているように見えて誰かのバッグが置かれて場所取りしてあるのだ。そのバッグを置いた誰かはどこに居るのかと言うと、大渋滞で1時間半待ちと手書きの看板を掲げている人のそばで行列を作っているお土産のレジ待ちの人たちだった。運良く座れて近くの旅行者の話を知ると、地震後、お土産を買おうにも市内の店は閉まり、空港のショッピングモールも閉まっていた、ようやく出発ゲート内に営業している小さな店が2箇所あり、そこで1時間も並んで買ったとか・・・とてもたくましいと思った。



9月7日午後1時頃：新千歳空港出発ロビーの混雑状況



9月7日午後7時13分：明りが煌々とした武蔵浦和駅付近

飛行機は7日も14時まで欠航していたが、15時発だったのでうまく乗れて帰京することができた。もちろん満席だった。わずか1時間半で帰ってくると羽田は電気も通じ店も営業しており全てが正常だった。

2週間後、出張で帯広を飛行機で往復した。行きも帰りも1列6名定員で2名づつしか搭乗していなくガラガラだった。いつもは満席で取れないほどの便であったのに・・・。観光への打撃も長く続いていると感じた。

振り返って、つくづく生活の基本である電気エネルギーの確保維持が重要であることを感じた。

近頃、九州では電力供給安定のために周波数が不安定な太陽光発電や風力発電から（地域自然電力と略）の売電受入をやむを得ず一時抑制する報道があったが、今回全道停電を経験した自身は大規模電力と地域自然電力が次のようにうまく共存できればより良いと思った。例えば不安定な地域自然電力を先ず地元で分散設置された備え付け蓄電池に貯めて、常時はこの電力を直接ではなく蓄電池から間接的且つ安定的な周波数で売電したり、また災害時には蓄電池からの電源供給を受けたりできるような、大規模電力と地域自然電力それぞれの利点を活かした安定なエネルギーネットワークである。このような多重安全のシステムができれば良いのにとしみじみ思い、また震災時に助けていただいた北海道の皆様へ感謝し、経験談の終わりとします。