

第1回 手稲山地区地すべり検討委員会資料

国土交通省 北海道開発局 札幌開発建設部
北海道 空知総合振興局 札幌建設管理部

目次

	頁
1. 手稲山地区の概要	2
2. 地すべり機構の解析	13
3. 想定される被害	27
4. 地すべり対策の検討	29
5. 今後の予定	34

1. 手稲山地区の概要

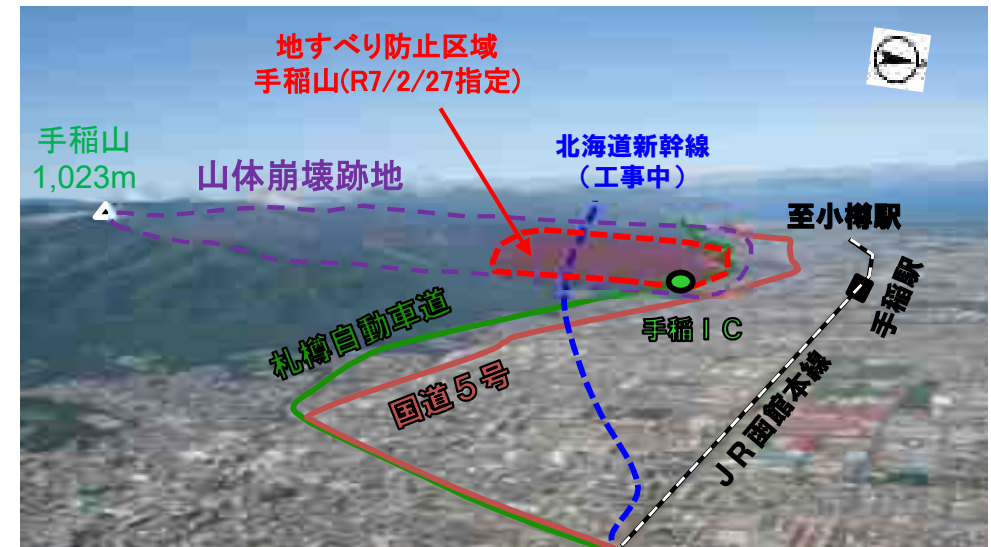
手稲山地区の概況

- 手稲山は、北海道札幌市西部に位置する標高1023mの山である。
- 手稲山の山麓には、**手稲市街地、学校、要配慮者利用施設、重要な交通網等が存在する。**
- 手稲山には、主に森林が分布し、上部の山腹斜面には**ゴルフ場やスキー場が存在している。**
- 手稲山では、地すべり地形が認められ、一部は**土砂災害警戒区域(地すべり)**や**地すべり防止区域に指定**されている。



全景

※出典:国土地理院地図3Dに一部加筆



周辺の交通網

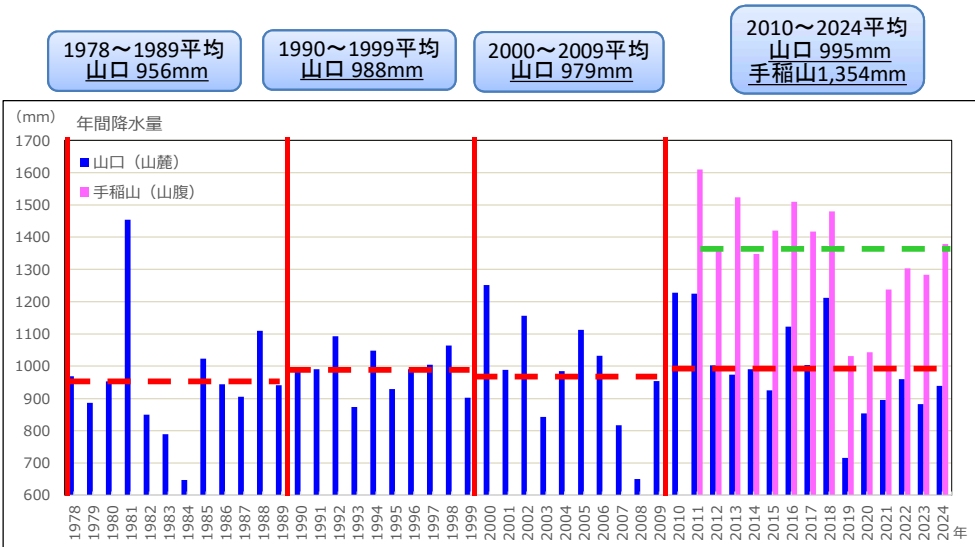
※現時点での概略的な調査結果であり、今後の詳細な調査・検討を踏まえて変更となる可能性がある。

手稲山地区の気象

- 2010～2024年における年間降水量の平均値(気象庁)は、山口観測所(山麓)で995 mm、手稲山観測所(山腹)で1,354 mmである。
- 山口観測所(山麓)では、10年単位で概観すると、956 mmから995 mmと増加傾向にある。
- 手稲区役所(山麓)の過去20年間(2006～2025年)の年最大積雪深平均値は100 cmと、豪雪地帯である。同期間における月別平均積雪深は2月下旬頃をピークとしている。
- 春には、雪が融けることにより、多量の水分が斜面に供給されていると考えられる。



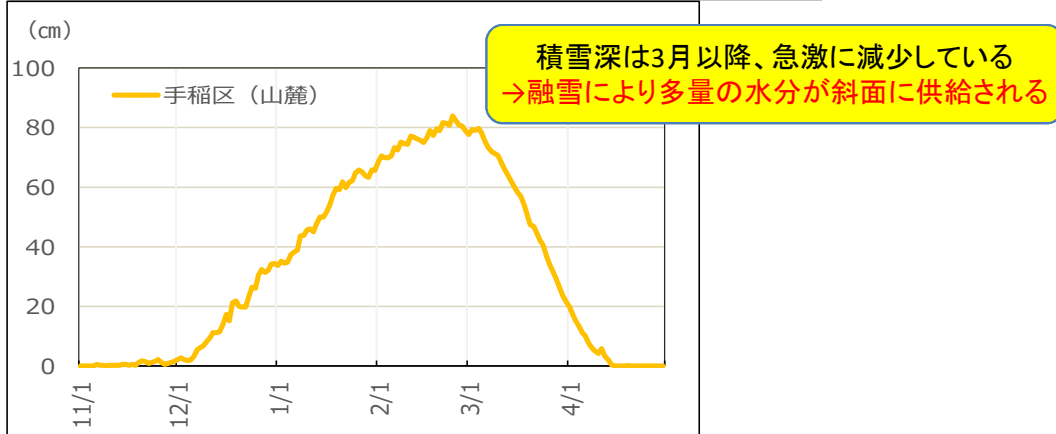
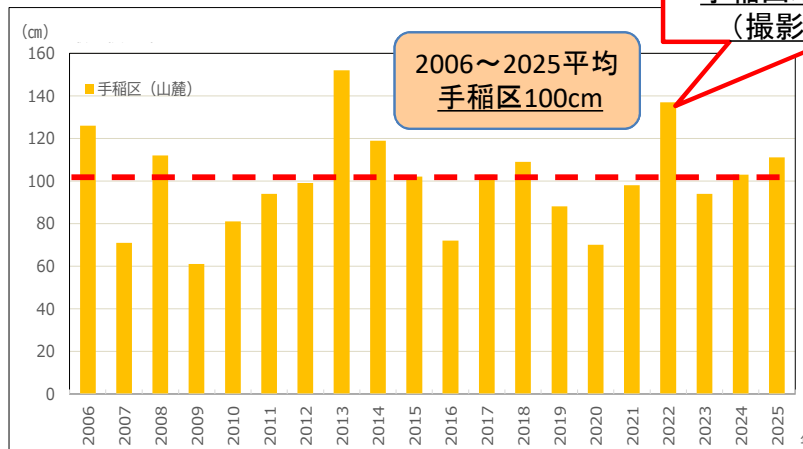
降雨の特徴



山口観測所と手稲観測所における年間降水量の変化

※気象庁ホームページ、手稲山及び山口のデータを用いて作成
(手稲山の通年観測開始は2011年から)

積雪の特徴

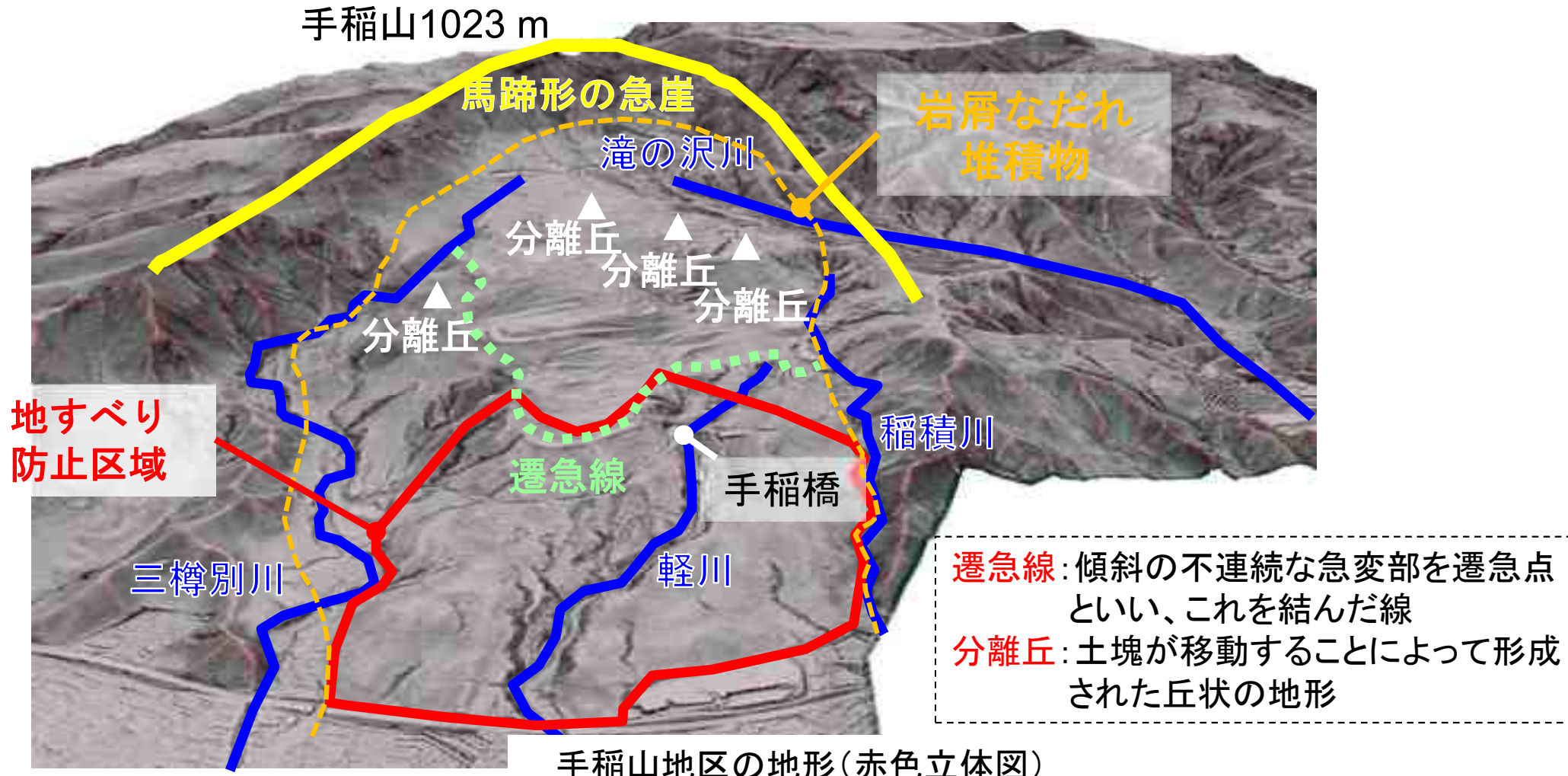


手稲区役所における最大積雪深(上図)及び月別平均積雪深の変化(下図)
※手稲区役所に設置された積雪深計の計測データを用いて作成

※現時点での概略的な調査結果であり、今後の詳細な調査・検討を踏まえて変更となる可能性がある。

手稲山地区の地形

- 手稲山の山腹は、ばていけい馬蹄形をなす急崖きゅうがいを上端とする北東向きの緩斜面(長さ約6 km×幅約1.5 km)である。
- さんたるべつがわ三樽別川、いなづみがわ滝の沢川及び稲積川が、馬蹄形をなす急崖と緩斜面との境界付近を流下し、かこく深く下刻している。
- せんきゅうせん遷急線より上部の斜面は、勾配が緩く、規模の大きな分離丘が複数分布している。
- がるがわ遷急線より下部の斜面は相対的に傾斜が急で、かいせき軽川付近で見られるように、河川の侵食・開析が進んでいる。

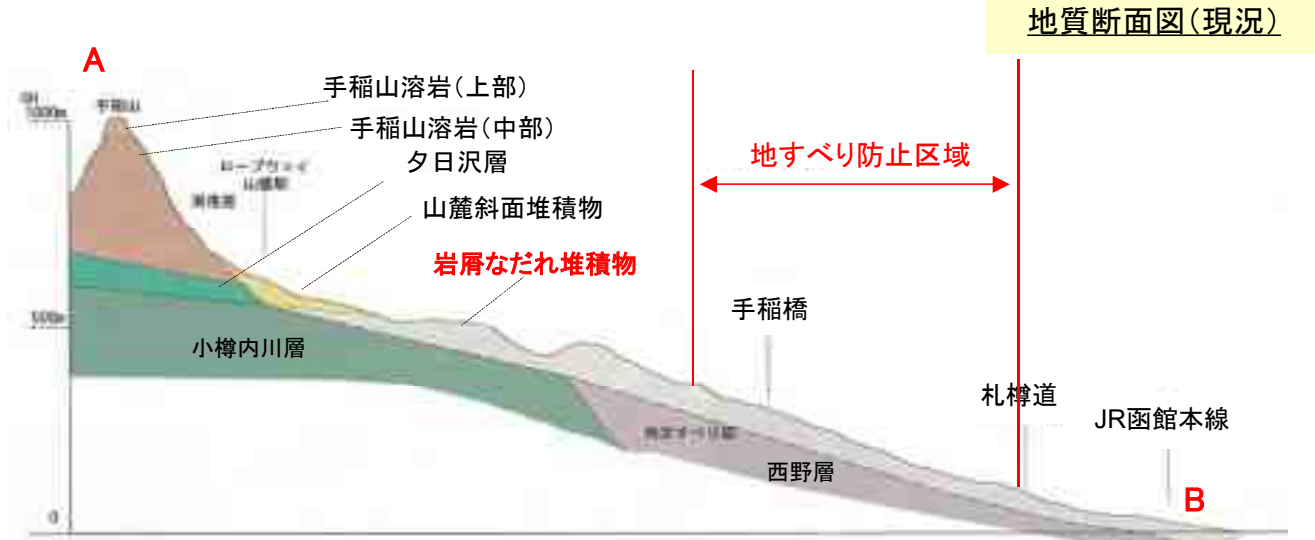
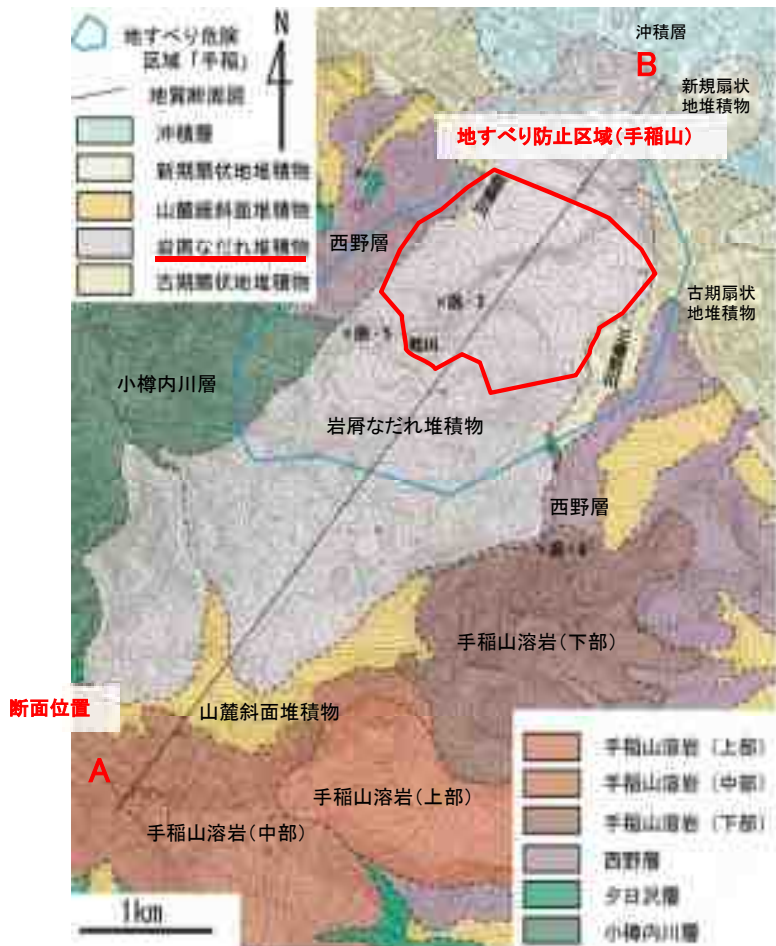


※現時点での概略的な調査結果であり、今後の詳細な調査・検討を踏まえて変更となる可能性がある。

手稲山地区の地質

- 新第三紀の火山岩類(安山岩類)である小樽内川層、夕日沢層、西野層の上位には、^{おたるないがわそう ゆうひざわそう}約6~7万年前の山体崩壊を起源とした^{がんせつ}岩屑なだれ堆積物が広く堆積している¹⁾。
- 鮮新世中頃の火山活動時の溶岩流出により、数百mの高さの陸上火山が形成され、その後さらに上昇し、現在の地質構造となった¹⁾。

1) 宮坂ら(2012): 札幌西部山地, 手稲山の地すべり地形, 北海道の地すべり2012



手稲山地区周辺の断面図(A-B測線)(イメージ図)

※宮坂ら(2012)に一部加筆

手稲山地すべり地質平面図 ※宮坂ら(2012)に一部加筆

※現時点での概略的な調査結果であり、今後の詳細な調査・検討を踏まえて変更となる可能性がある。

手稲山地区周辺における法指定状況

- 手稲山の一部は、地すべり防止区域(指定日:令和7年2月27日)に指定されている。
- 手稲山の一部は、土砂災害警戒区域(地すべり)(指定日:令和元年5月17日)に指定されている。
- 手稲山の一部は、砂防指定地と保安林に指定されている。



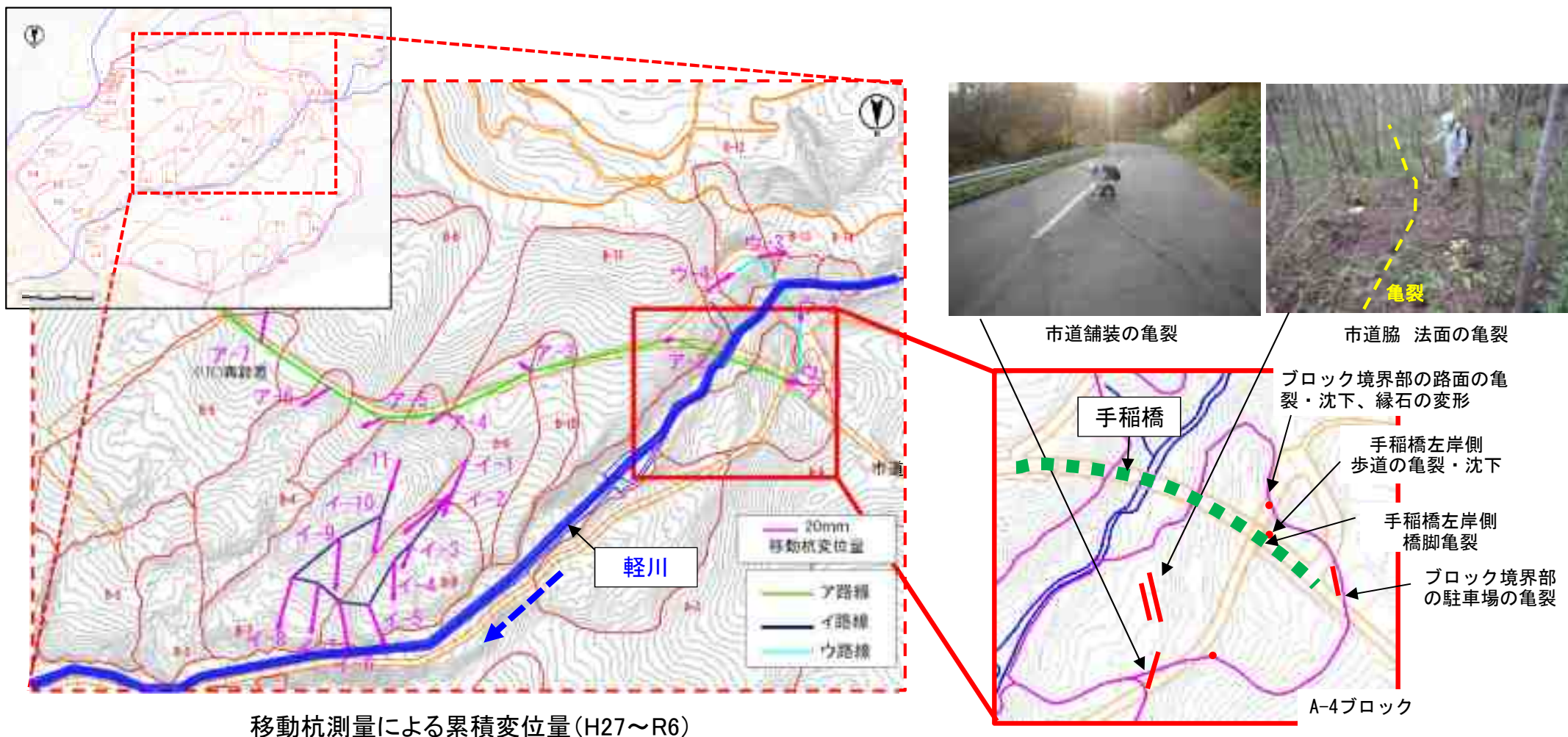
※出典:国土地理院地図に一部加筆

地すべり防止区域及び既指定区域の重ね図

※現時点での概略的な調査結果であり、今後の詳細な調査・検討を踏まえて変更となる可能性がある。

手稲山地区における地すべりの兆候①

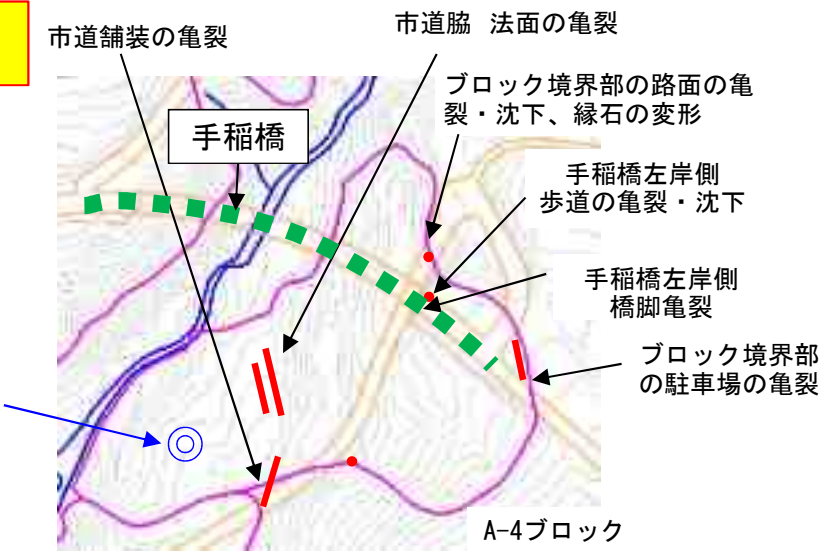
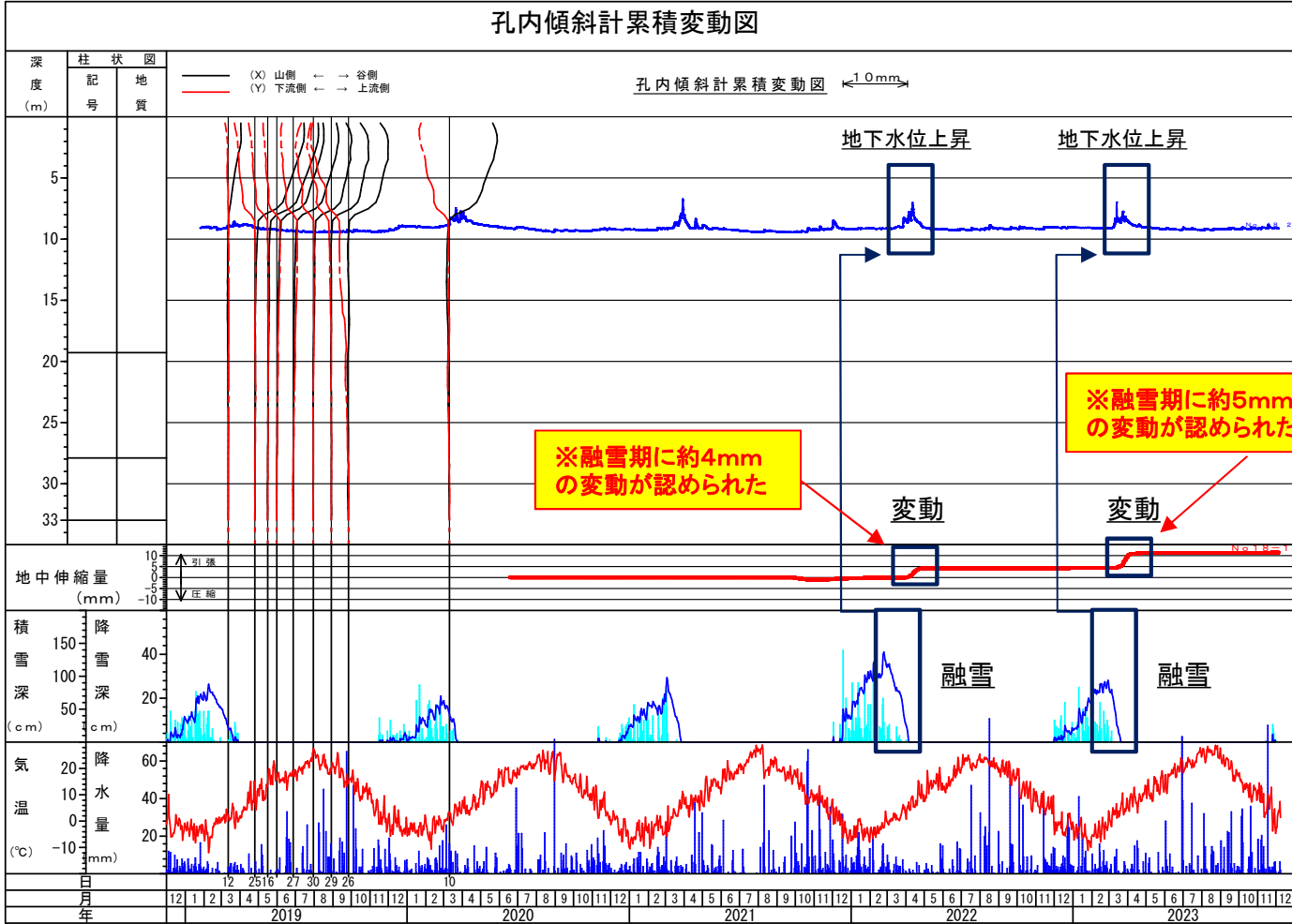
- 移動杭測量結果によると、山麓線沿いや軽川右岸の地すべりブロックの一部では、**累積変位量(H27-R6)**で斜面下方へ約4 cmの変位が確認されている。
- 手稲橋付近のブロックでは**市道の舗装亀裂**が確認されているほか、ブロック境界部の駐車場付近にも亀裂が確認されているなど、地すべり活動の兆候とみられる現象が確認されている。



※現時点での概略的な調査結果であり、今後の詳細な調査・検討を踏まえて変更となる可能性がある。

手稲山地区における地すべりの兆候②

●地中変動観測結果によると、春の融雪期に約4~5 mmの変動が認められている。融雪期の地下水位の上昇と対応して変動が発生している。



観測孔における地下水位・パイプ歪計の変動状況

※現時点での概略的な調査結果であり、今後の詳細な調査・検討を踏まえて変更となる可能性がある。

これまでの取り組み

- 北海道は、地すべり防止区域の指定に向け、令和6年10月より関係者及び地元町内会等への説明を実施
- 北海道と札幌市は、土砂災害のリスクに関するセミナーの開催やハザードマップの配布等のソフト対策を実施

掲載状況

北海道庁ホームページや広報さっぽろ、回覧板によるチラシ配布などにより、手稲山地区で地すべり対策の検討を進めている旨、周知を実施。



広報誌

HP



チラシ

<https://www.pref.hokkaido.lg.jp/kn/kss/206324.html>

<https://www.pref.hokkaido.lg.jp/kn/kss/214246.html>

R6.12

パネル展実施状況



JR手稲駅の自由通路にて、土砂災害を啓発するパネル展を開催。

R7.2

セミナー開催状況



手稲山地区の地すべり対策の取り組みなどを交えた「土砂災害の備えに関するセミナー」を開催。地域住民など合計93名が参加。

手稲山地区の概要のまとめ

手稲山地区の概要

- 手稲山の山麓には、手稲市街地、学校、要配慮者利用施設や重要交通網等が存在する。また、手稲山の上部はスキー場やゴルフ場として利用されている。
- 手稲山地区に隣接する交通網は、札幌市と小樽市を結ぶ、北海道最大の都市圏である、「道央都市圏」を構成する重要な交通網となっている。
- 手稲山の降水量は、山口観測所(山麓)で995 mm、手稲山観測所(山腹)で1,354 mm であり、10年単位で概観すると、山口観測所では956 mm から995 mm にやや大きくなっている。
- 手稲山地区周辺の地質は、新第三紀の火山岩類(安山岩類)である小樽内川層、夕日沢層、西野層の上位に、約6~7万年前の山体崩壊を起源とした岩屑なだれ堆積物が広く堆積している¹⁾。
- 手稲山山麓は、手稲本町市民の森や自然遊歩道として市民に親しまれている。また、環境省の自然共生サイトに認定されており、民間企業による生物多様性の保全にかかる取り組みがなされている。
- 手稲山には熱水変質による鉱化変質帯が分布し²⁾、手稲山地区においても、地下水からは自然由来の重金属(ヒ素など)が検出される可能性がある。

1)宮坂ら(2012):札幌西部山地、手稲山の地すべり地形、北海道の地すべり2012

2)札幌市HP「自然由来重金属検討委員会」答申(平成21年3月)

手稲山地区の災害履歴と現状の取り組み

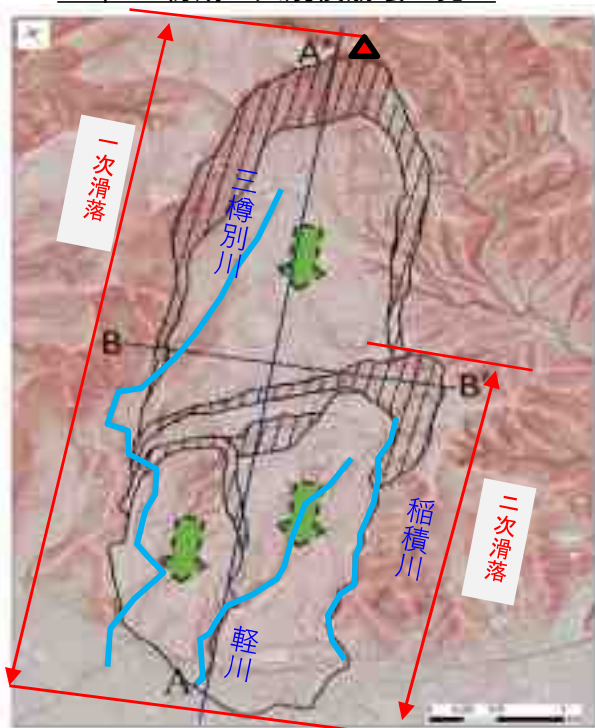
- 手稲山の山麓では、これまで大きな災害は発生していないが、近年では道路亀裂などの地すべりの兆候となる変状が確認されている。
- 手稲山の山麓の一部は、地すべり防止区域(指定日:令和7年2月27日)、土砂災害警戒区域(地すべり)(指定日:令和元年5月17日)に指定されている。この他、砂防指定地及び保安林にも指定されている。
- 北海道や札幌市は、地すべり防止区域や土砂災害警戒区域(地すべり)の指定や、「土砂災害の備えに関するセミナー」の開催、ハザードマップの配布等、ソフト対策に取り組んでいる。

2. 地すべり機構の解析

手稲山の地形発達プロセス

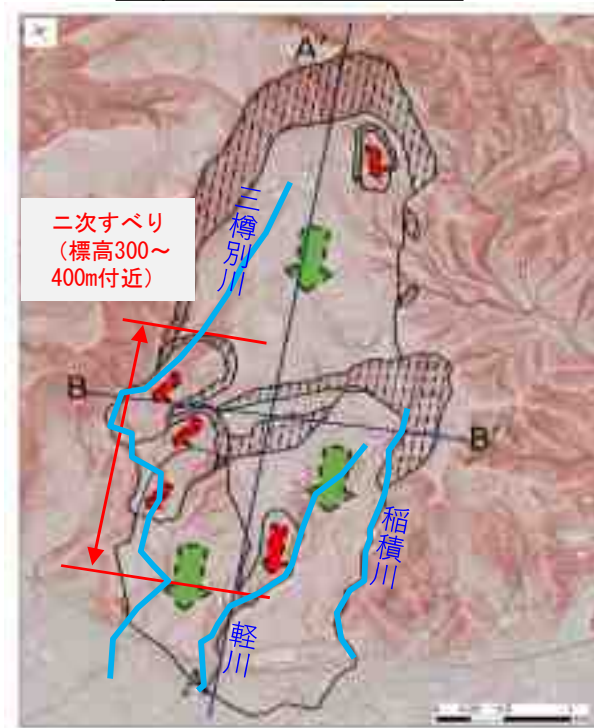
- 赤色立体図から、手稲山の山頂部から手稲区市街地までの山腹斜面には、手稲山の山体崩壊後に形成された二次的な崩壊跡が多数認められ、古くから地すべりや斜面崩壊を繰り返してきたと推定している。

Step1：初期の大規模崩壊の発生



- ・山体崩壊は約6~7万年前、長さ約6km、幅約1.5km、頂部から末端部までの比高約1000mの規模で発生した(一次滑落)。
- ・発生した崩積土にて、標高400m付近を頂部とした二次滑落が生じた。
- ・現在の三樽別川や稲積川は、その後の地表水等の侵食により同位置に両河川が形成された。
- ・軽川は三樽別川・稲積川と比較し河床標高が高いことから、一次ないし二次滑落の崩積土中にできた地溝帯や連続性のある地割れが侵食されて形成されたと想定される。

Step2：二次すべりの発生



- ・その後、初期の大規模崩壊により発生した軟弱な崩積土の影響や地下水等の影響により、三樽別川左岸などで二次地すべり(赤矢印)が発生したと想定される。
- ・また、連続した地溝帯や地割れの地形であった軽川でも、同時期には河谷地形を呈し、この位置での地下水の下刻作用や旧期崩積土の応力開放により、河川右岸部に二次地すべり(赤矢印)が発生したものと考えられる。

Step3：崩積土の脆弱化と小ブロックの滑動

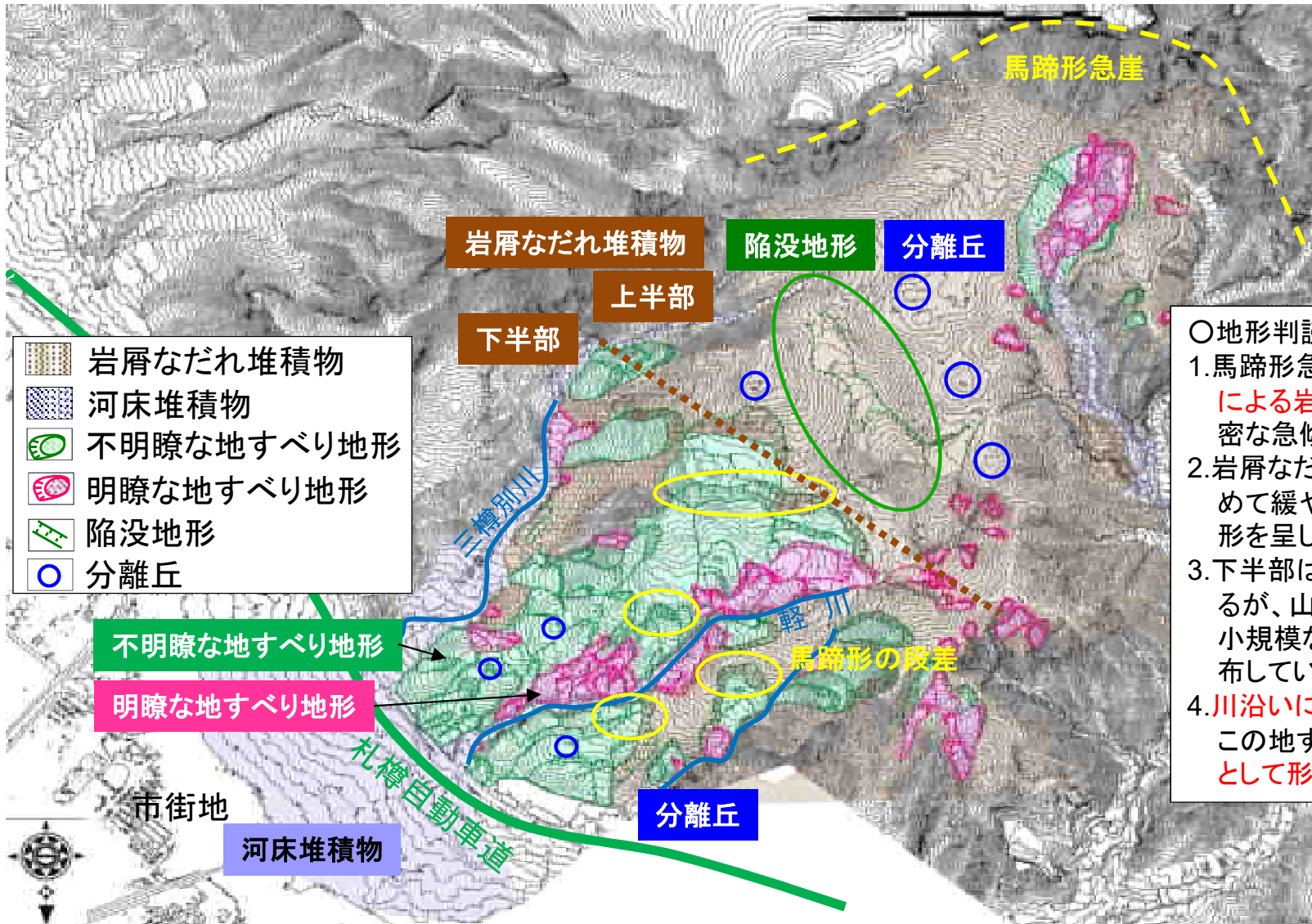


- ・二次的な地すべり発生以降も、絶え間なく供給される地表水・地下水により崩積土は劣化していった。これに加え、三樽別川・軽川・稲積川の3河川などの侵食により、現在まで多数の地すべり(二次~小すべりなど)が発生した。
- ・特に手稲山地区にて地すべり活動・兆候や変位が確認されたブロックは、標高200~350m付近に集中する(赤線 小ブロック)。これは現地踏査などからも、地表水や湧水など豊富に認められるエリアと重なる。

手稲山地区の地すべりブロックの検討①(地すべり地形の判読)

●地すべりブロックは、机上での地形判読結果や、現地踏査結果に基づき設定した。

●地形判読では、空中写真や地形図(赤色立体図)を用いて、せんきゅうせん遷急線、せんかんせん遷緩線、谷地形などの微地形を判読した。



○地形判読結果

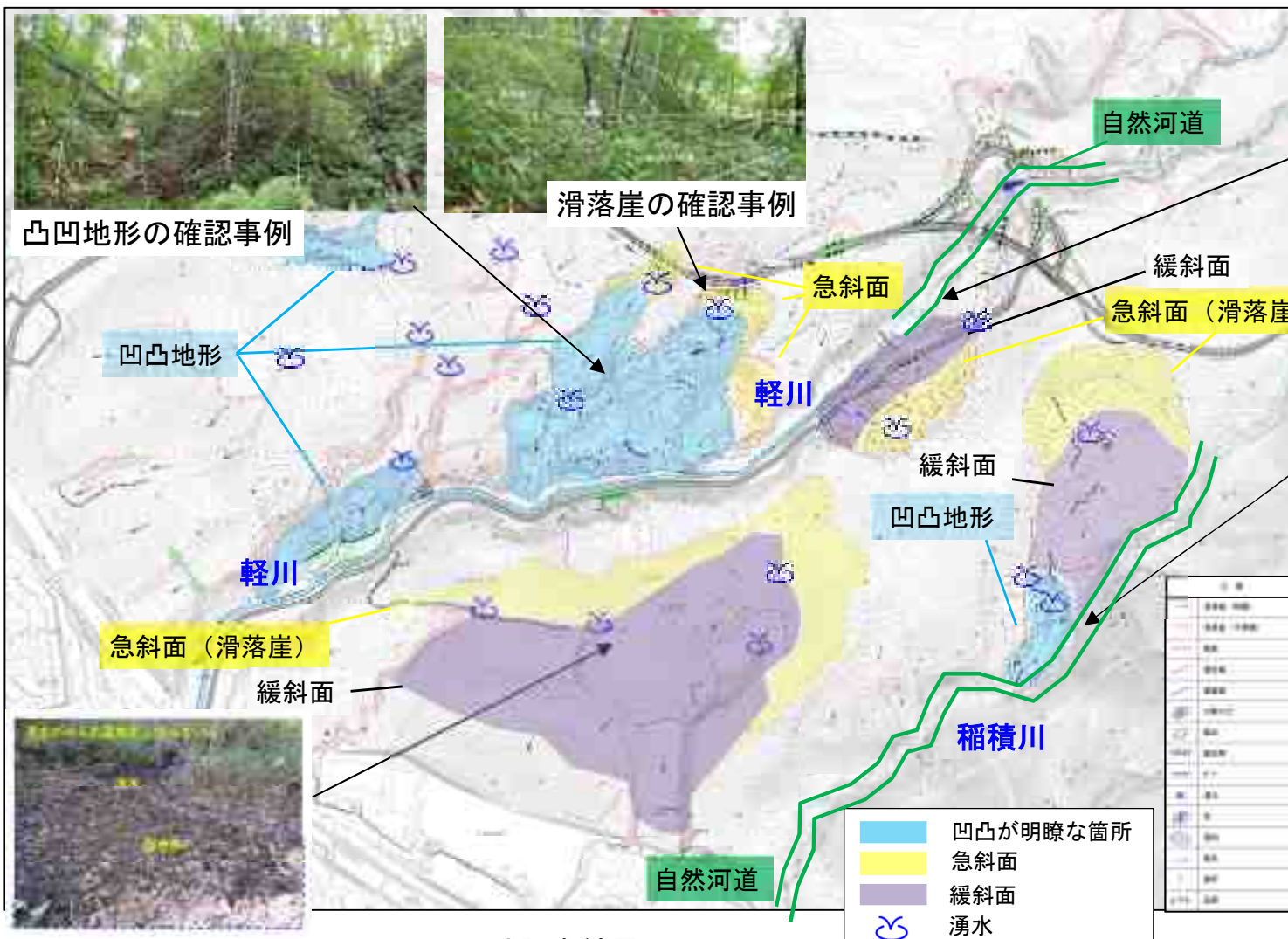
1. 馬蹄形急崖下部の緩傾斜面には、**山体崩壊による岩屑なだれが堆積**している。等高線が密な急傾斜部は基岩の分布域と推測される。
2. 岩屑なだれ堆積物分布域のうち上半部は、極めて緩やかで規模の大きな分離丘や陥没地形を呈している。
3. 下半部は、地すべり地形としては不明瞭であるが、山体崩壊時に形成されたと推測される小規模な馬蹄形の段差・分離丘などが複数分布している。
4. 川沿いには**明瞭な地すべり地形**が確認される。この地すべり地形は、**河川による下刻を誘因として形成されたと推測**される。

地形判読結果

※現時点での概略的な調査結果であり、今後の詳細な調査・検討を踏まえて変更となる可能性がある。

手稲山地区の地すべりブロックの検討②(現地踏査による確認)

- 現地踏査では、着目点(スライド右下)に留意して、地形判読結果の妥当性を確認した。
- 明瞭な地すべり地形では、地すべり地によくみられる微地形(急崖(滑落崖)とその直下の緩斜面、湧水など)や、凹凸が明瞭な箇所が確認されたほか、不明瞭な地すべり地形でも上記の微地形が確認された。
- また、自然河道の箇所もみられ、地すべり末端部が河川侵食によって不安定化する可能性も確認された。



- 着目点
- ・頭部
滑落崖やその直下の凹地形(陥没帯)。地形変化状況の確認並びに滑落崖背後上方斜面への緩み域拡大の有無。
 - ・側部
段差や道路舗装等の亀裂。地形変換状況及び沢の荒廃状況の確認。
 - ・末端部
押し出し地形、小崩壊(末端崩壊)等の変状。地形変換状況の確認
 - ・地内
建屋や擁壁等の構造物に発生した傾動や亀裂等の変状。地形変換状況。
 - ・湧水
湧水の発生状況の確認。
 - ・植生
樹種や樹高など植生の変化。根曲がりや生育異常の確認。
 - ・構造物
構造物の種類や形状、変状の有無。
 - ・その他
上記以外に特筆すべき事象や事物。

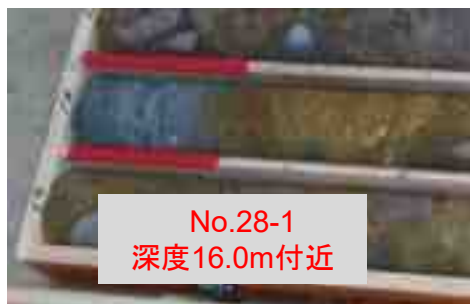
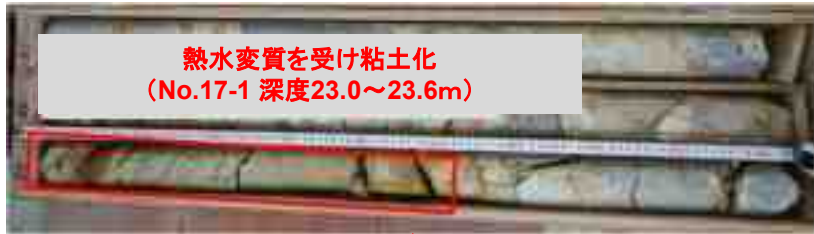
湧水の確認事例

現地調査結果

※現時点での概略的な調査結果であり、今後の詳細な調査・検討を踏まえて変更となる可能性がある。

手稲山地区の地すべり断面の検討①(ボーリング調査の結果)

- ボーリングコアを観察すると、**熱水変質作用等により粘土化したと考えられる層が複数認められる**。また、**粘土化が著しい深度が認められるほか、地すべりの痕跡を示す**擦痕**も確認される**。
- これまでの地中変動計測結果によると、右図で示す4孔(No.1, 2, 18, 19)において、**粘土化した層で累積性のある変位が確認**されている。
- 明瞭なすべり面が確認されないボーリングコアも存在するが、**粘土化した層がいずれのコアにも含まれており、将来的にすべり面となるおそれがある**。



地すべりブロックにおける
ボーリングコアで認められる変質状況



No. 1: 変動箇所
14m~15m付近



No. 2: 変動箇所
23m~24m付近



No. 18: 変動箇所
4.8m~5m付近



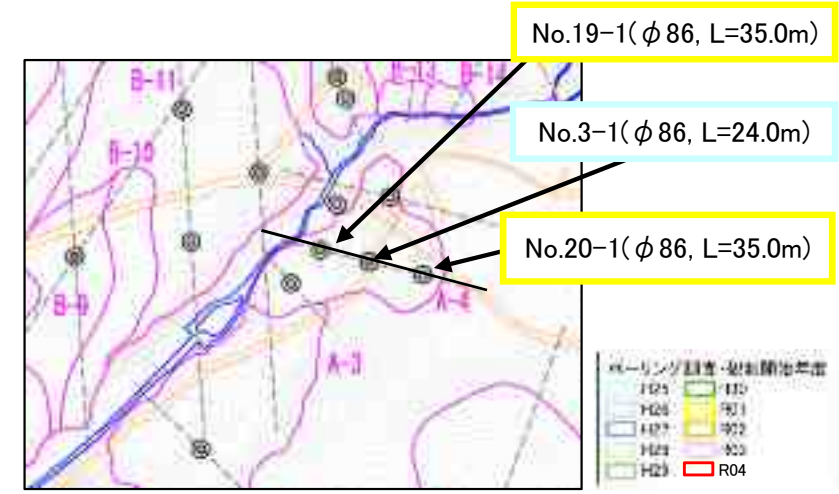
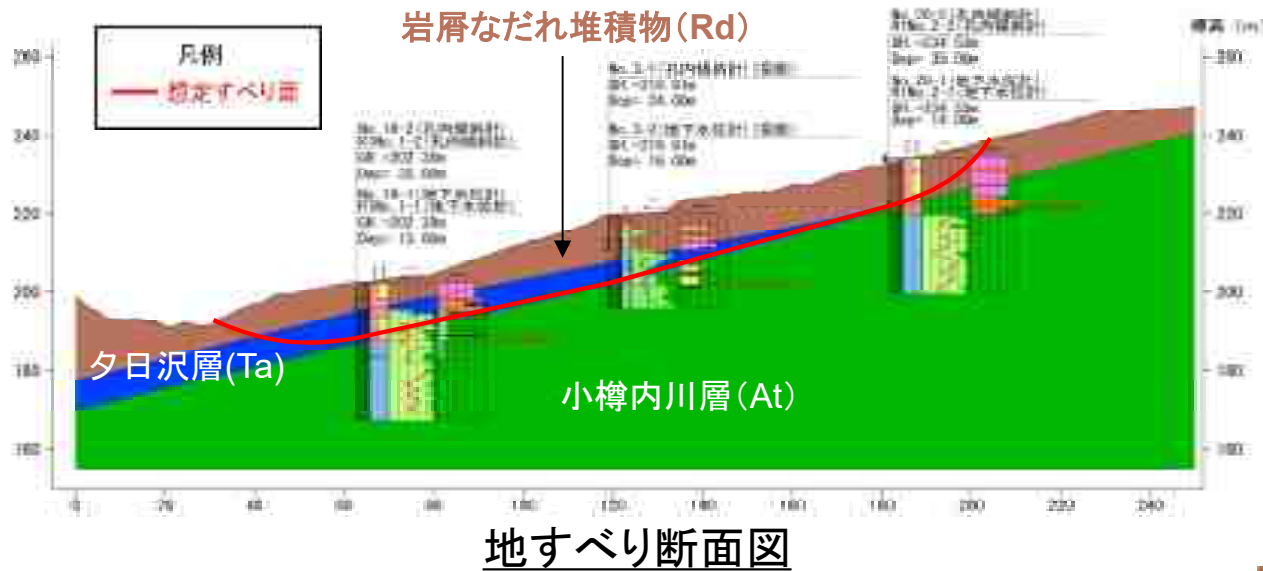
No. 19: 変動箇所
7.7m付近

累積性のある変位が確認された箇所(No.1, 2, 18, 19)のコア写真

※現時点での概略的な調査結果であり、今後の詳細な調査・検討を踏まえて変更となる可能性がある。

手稲山地区の地すべり断面の検討② < A-4ブロック(代表断面) >

- No.3-1では、明瞭なすべり面は確認されなかった。そこで、小樽内川層の境界付近にみられる粘土層を想定すべり面として設定した。
- No.19-1は、粘土層が確認された小樽内川層の境界付近を想定すべり面として設定した。
- No.20-1では、岩層なだれ堆積物内の粘土層に擦痕(25°)が確認された箇所を想定すべり面として設定した。
- 地すべり断面は、地すべり頭部・末端部と上記のすべり面判定結果をなめらかに結んで設定した。



地すべり断面図

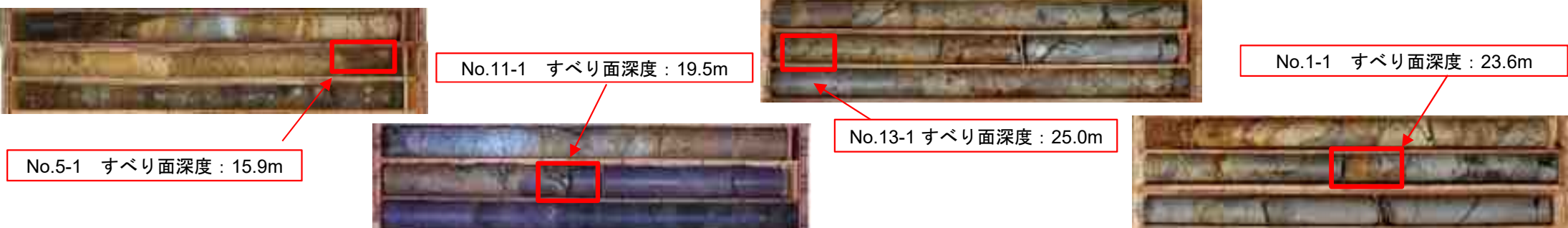
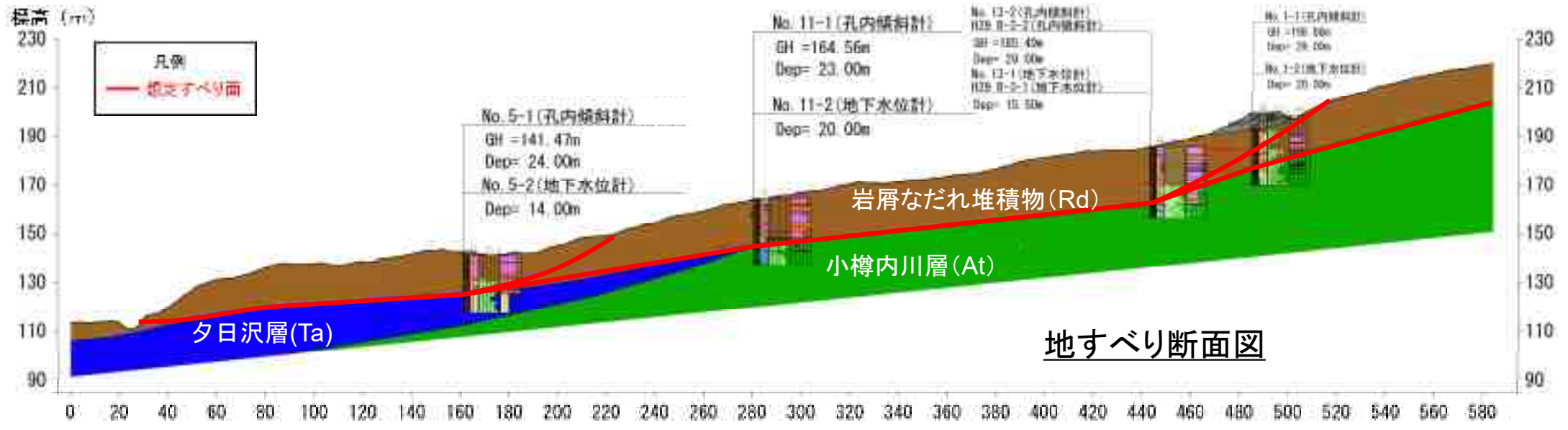
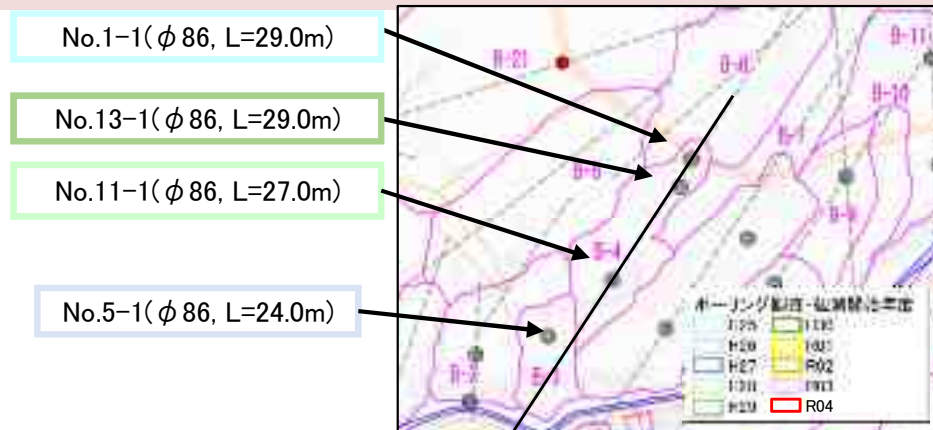


すべり面付近のコア写真

※現時点での概略的な調査結果であり、今後の詳細な調査・検討を踏まえて変更となる可能性がある。

手稲山地区の地すべり断面の検討③ < B-3~B-4ブロック(代表断面) >

- No.1-1では、累積変動箇所が確認された深度14m付近や、断面形状を鑑みて岩層なだれ堆積物と小樽内川層の境界部の粘土層を、想定すべり面として設定した。
- No.5-1、No.11-1、No.13-1では、明瞭なすべり面は確認されなかったことから、岩層なだれ堆積物と小樽内川層や夕日沢層との境界部を、想定すべり面として設定した。
- 地すべり頭部・末端部と上記のすべり面判定結果をなめらかに結んで地すべり断面を設定した。

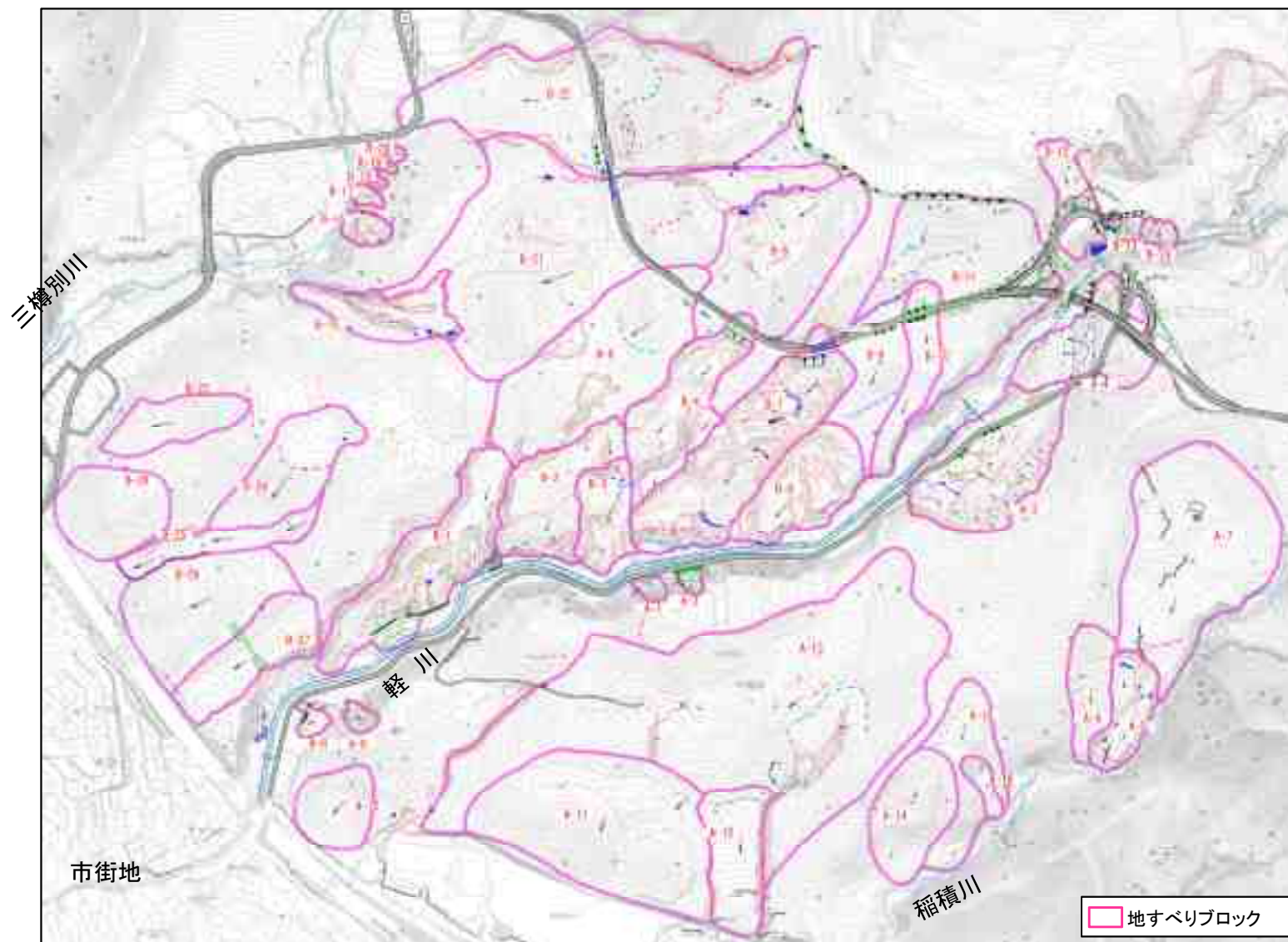


すべり面付近のコア写真

※現時点での概略的な調査結果であり、今後の詳細な調査・検討を踏まえて変更となる可能性がある。

手稲山地区の地すべりブロックの検討結果

- 地形判読結果、現地調査結果に基づき、地すべりブロックを設定した。
- ブロック名は、上流側から見て、^{がるがわ}軽川を挟んで左岸側をAブロック、右岸側をBブロックとした。



地すべりブロック設定結果

※現時点での概略的な調査結果であり、今後の詳細な調査・検討を踏まえて変更となる可能性がある。

【参考】全国の地すべり対策事業との比較

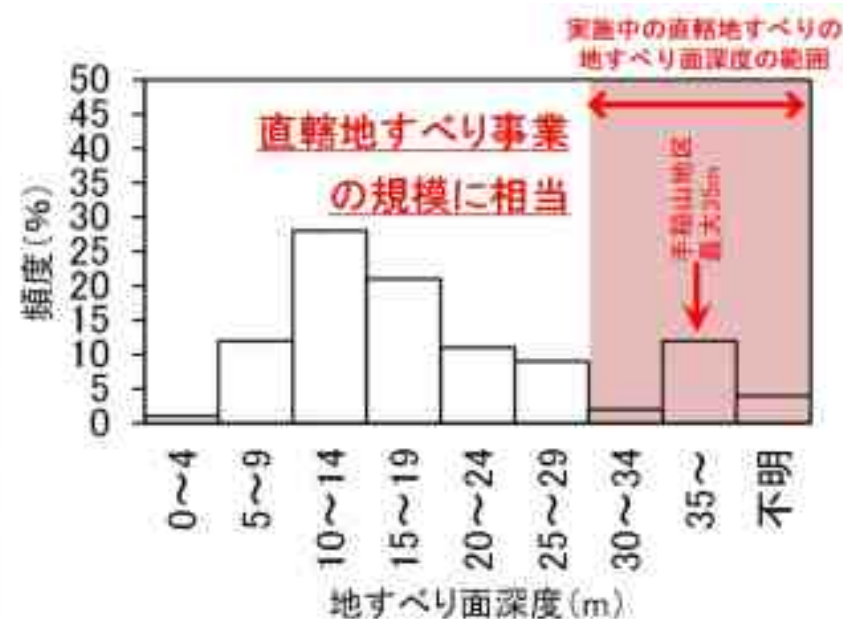
- 全国の直轄地すべり対策事業の諸元(全体事業費・地すべり防止区域面積・保全対象)を下表に示す。
- 手稲山地区は、地すべり防止区域の面積、地すべりの深さ、保全対象の重要性の観点で同水準であり、大規模な地すべり防止工事が必要となることが想定される。

全国の直轄地すべり対策事業の諸元(事業評価資料等による)

番号	地すべり(地区)名	所管		全体事業費	防止区域面積	保全対象
		地方整備局・開発局	事務所			
①	碓之助谷	北陸	金沢河川国道	約285億円	531ha	市ノ瀬地区・手取川ダム・白峰地区・国道157号 等
②	月山	東北	新庄河川	約329億円	457.32ha	寒河江ダム・月山ダム・国道112号・志津温泉等
③	怒田・八畝	四国	四国山地砂防	約322億円	411ha	三好市・大豊町・阿波市・吉野川市・国道439号等
④	善徳	四国	四国山地砂防	約414億円	221ha	東祖谷山村・祖父かずら橋(国指定民族有形文化財)等
⑤	滝坂	北陸	阿賀野川河川	約268億円	150ha	国道49号・JR磐越西線・磐越自動車道・会津坂下町・喜多方市・西会津町 等
⑥	天竜川中流	中部	天竜川上流河川	約195億円	119.6ha	天龍村・JR飯田線・平岡発電所・国道418号 等
⑦	譲原	関東	利根川水系砂防	約368億円	100ha	国道429号・JR八高線・下久保発電所・藤岡市 等
⑧	此田	中部	天竜川上流河川	約102億円	88ha	国道152号・飯島発電所・和田集落等
⑨	亀の瀬	近畿	大和川河川	約945億円	85.24ha	国道25号・JR大和路線・王子市・柏原市 等
⑩	由比	中部	富士砂防	約428億円	60.98ha	国道1号・JR東海道線・東名高速道路・静岡市等

	手稲山	-	-	今後検討	188.73ha	札幌自動車道・札幌市 等
--	-----	---	---	------	----------	--------------

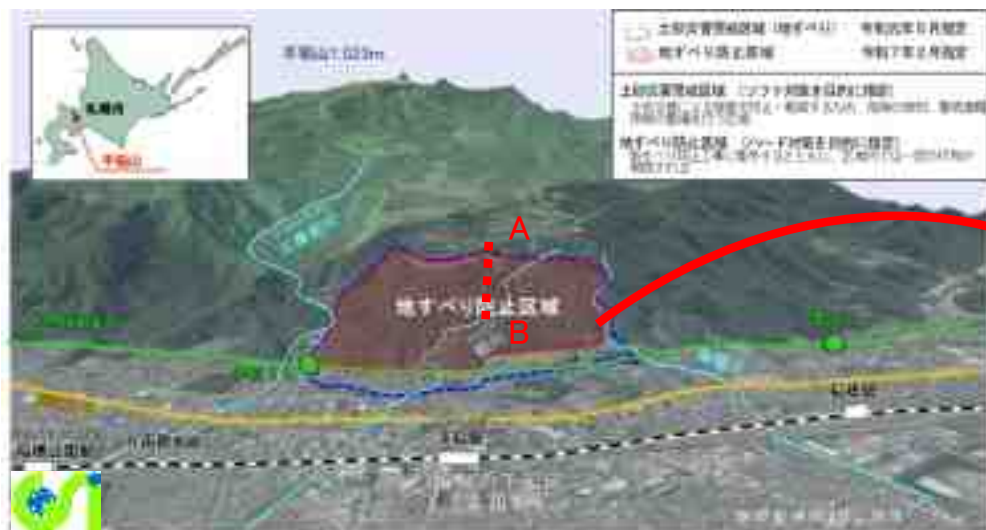
全国の地すべりの深さの分布



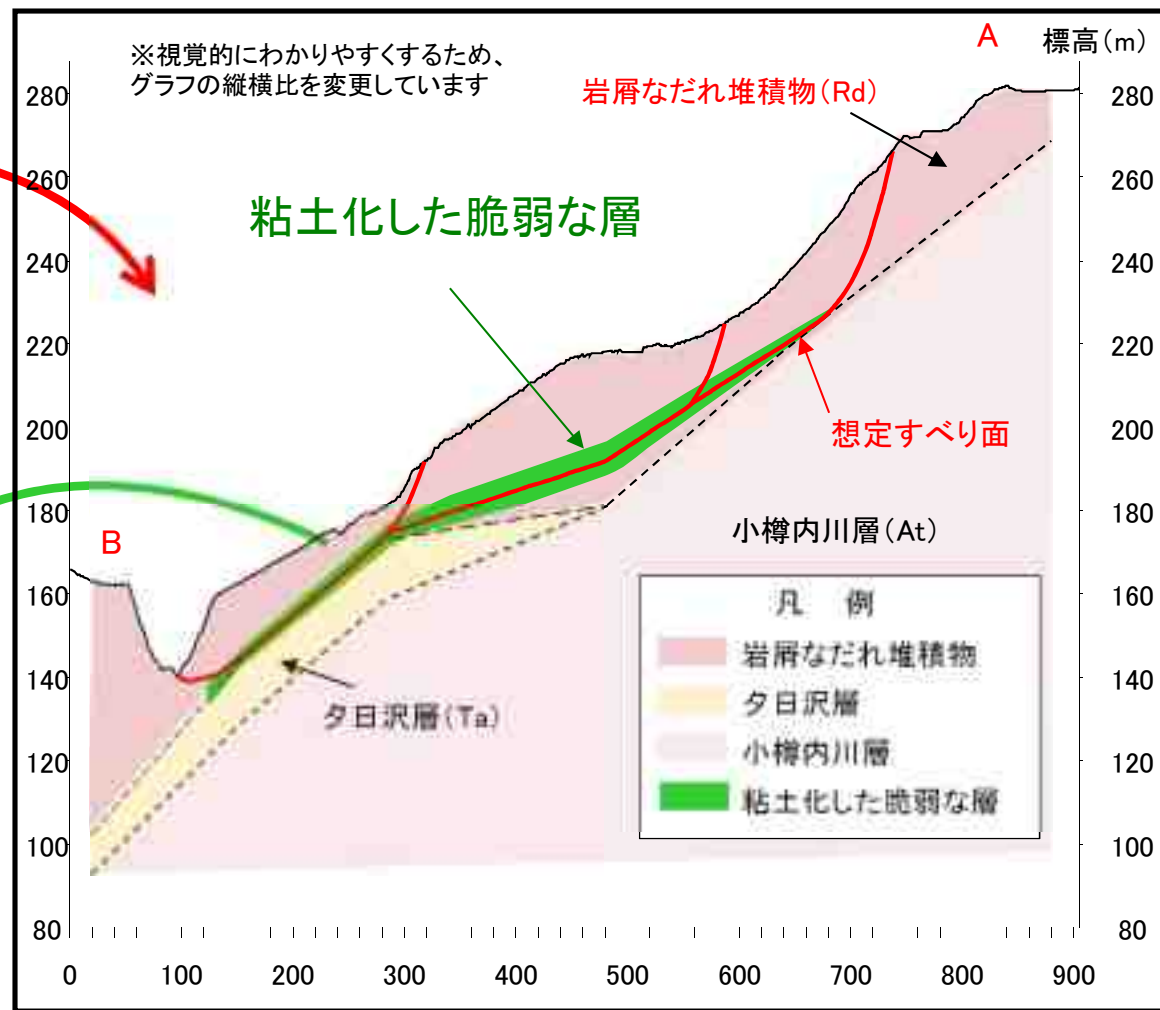
出典:土木研究所資料 地すべりの実態統計(2)を基に作成
全国の代表的な地すべり地90カ所の集計結果

手稲山地区の地すべりメカニズムの検討①(粘土化した脆弱な層の存在)

●手稲山地区では、岩屑なだれ堆積物に存在する粘土化した脆弱な層が斜面と同一方向に存在することで、地すべりのすべり面を形成する可能性がある。



※出典: 国土地理院地図3Dに一部加筆



手稲山地区地すべり想定断面図(A-B測線)(イメージ図)

※現時点での概略的な調査結果であり、今後の詳細な調査・検討を踏まえて、変更となる可能性がある。

手稲山地区の地すべりメカニズムの検討②(不安定化の波及による拡大化)

- 地形判読結果から、地すべり地形の明瞭さにより、下図のとおり、ブロックを区分した。
- 明瞭な地すべり地形を呈するブロックは、過去に地すべり活動が生じたと考えられるほか、不明瞭な地すべり地形を呈するブロックも微地形があるなど、斜面変形が進行しつつある状態と推測される。
- 今後、河川沿いの地すべりブロックが滑動することにより、斜面上方の地すべりブロックも不安定化し、地すべりが拡大化するおそれがある。



地すべり地形の明瞭さによるブロック区分



①降雨等により末端部の地すべりが再滑動



②隣接するブロックが不安定化



③斜面上方の地すべりブロックにも不安定化が波及し地すべりが拡大化するおそれ

隣接地すべりブロックの不安定化による地すべり拡大化のイメージ

手稲山地区の地すべりメカニズムの検討③(地下水位の影響)

- 手稲山山麓には湧水や湿地帯が多数存在する。観測結果では、特に地下水位が常に高い状態となっている箇所や豪雨時や融雪期に地下水位上昇が大きな箇所が観測されている。
- この要因として、地すべりブロック群の上方の平坦地から山腹斜面へ地下水が供給されやすい地形となっていることが考えられる。
- 今後は、地下水流入の実態に関して、帯水層の分布や地下水流動などについても調査していく必要がある。



地下水位観測結果

手稲山地区の地形(赤色立体図)

平坦地から流入する地下水とその影響のイメージ

※現時点での概略的な調査結果であり、今後の詳細な調査・検討を踏まえて変更となる可能性がある。

手稲山地区における地すべり機構解析のまとめ①

現時点の地すべりブロックの設定状況

- 地形判読や現地調査結果から、手稲山地区には、地すべり地によくみられる**微地形(急崖(滑落崖)とその直下の緩斜面、湧水など)**や、**凹凸が明瞭な箇所**が確認された。また、自然河道の箇所もみられ、地すべり末端部が河川侵食によって不安定化する可能性も確認された。
- この調査結果を踏まえて、地すべりブロックを設定した。ブロック名は、軽川を挟んで左岸側をAブロック、右岸側をBブロックとした。

現時点の地すべり断面の検討状況

- ボーリングコア観察結果から**岩層なだれ堆積物内の弱層(強変質部)**や**地質境界部等**を根拠として**すべり面深度を設定**した。地すべり断面は、地すべり頭部・末端部と上記のすべり面判定結果を結ぶ形で設定した。
- ボーリングコアには観察結果から、**粘土化が著しい深度が認められたほか**、**地すべりの痕跡を示す擦痕、鏡肌**も確認された。明瞭なすべり面が確認されていない箇所も存在するが、**粘土化した弱部が複数含まれており、将来的にすべり面となるおそれがある。**

手稲山地区における地すべり機構解析のまとめ②

現時点での地すべりメカニズムの検討状況

素因

- 手稲山地区の地質は、新第三紀の火山岩類(安山岩類)である小樽内川層、夕日沢層、西野層の上位に約6~7万年前の山体崩壊を起源とした岩屑なだれ堆積物が広く堆積している。
- 岩屑なだれ堆積物中には、粘土化した弱部が複数分布しており、地すべりのすべり面を形成していると想定される。
- 手稲山地区には、地すべりブロック群の上方の平坦地から山腹斜面へ地下水が供給されやすい地形となっている。

誘因

- 地すべりの主な誘因は融雪、豪雨による水位上昇、地震が考えられる。特に、手稲山地区は地下水が供給されやすい地形のため、地下水位が常に高い状態となっている箇所や豪雨時や融雪期に地下水位上昇が大きな箇所があり、融雪期の水位上昇に伴う地すべり変動も確認されている。
- 稲積川や軽川上流付近に位置する地すべりブロックは、ブロック末端部が河川による侵食作用を受けて地すべりが発生しやすいと推定される。

留意事項

- 市道の舗装亀裂や市道脇ののり面の亀裂といった地すべりの兆候が確認されており、今後、融雪や豪雨による水位上昇や地震等によって地すべりブロックが滑動する可能性がある。
- 河川沿いの地すべりブロックが滑動することにより、斜面上方に隣接する地すべりブロックも不安定化し、地すべりが拡大化するおそれがある。
- これまでの調査により、地下水位が常時高い箇所、豪雨時や融雪期に高くなる箇所などが確認されているが、地下水流入実態に関して、明らかとなっていない関連事項も多い。

3. 想定される被害

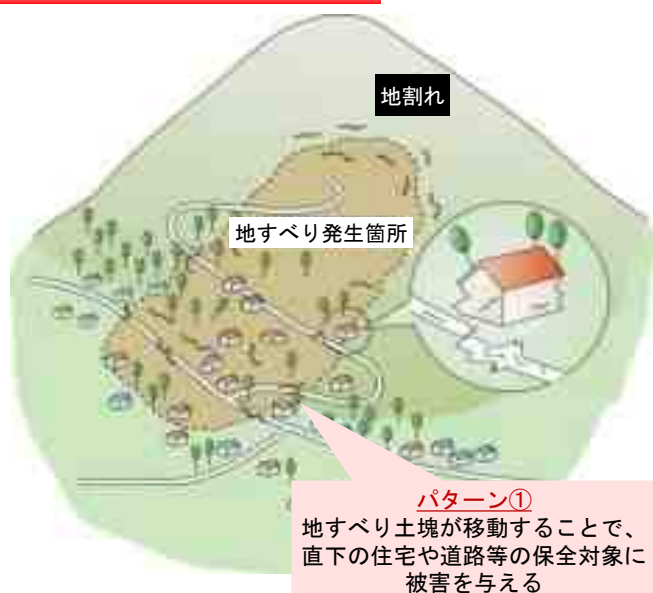
手稲山地区において想定される地すべり被害

●手稲山地区において想定される地すべり被害として、これまでの調査結果から①～③の現象による被害シナリオが考えられる。なお、③は②の被害シナリオや被害想定範囲に包括される。

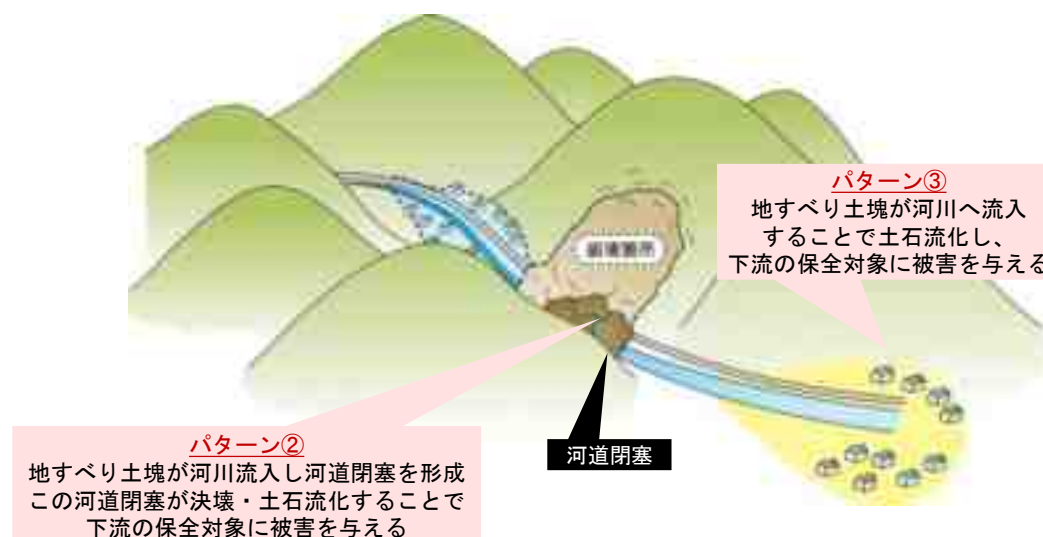
◇想定される被害シナリオ

- ① 地すべり土塊が移動することで、直下の住宅や道路等の保全対象に被害を与える
- ② 地すべり土塊が河川へ流入することで河道閉塞が形成され、この河道閉塞が決壊・土石流化することで下流の保全対象に被害を与える
- ③ 地すべり土塊が河川へ流入することで土石流化し、下流の保全対象に被害を与える

地すべり土塊による直接的な被害



土石流化による下流被害



手稲山地区で想定される地すべり被害

※現時点での概略的な調査結果であり、今後の詳細な調査・検討を踏まえて変更となる可能性がある。

4. 地すべり対策の検討

主な地すべり対策工のイメージ

抑制工

地すべりの原因となる地下水を取り除くことで、地すべりの動きを抑える工法。

抑止工

アンカー工や杭工などで強制的に地すべりの動きを止める工法。



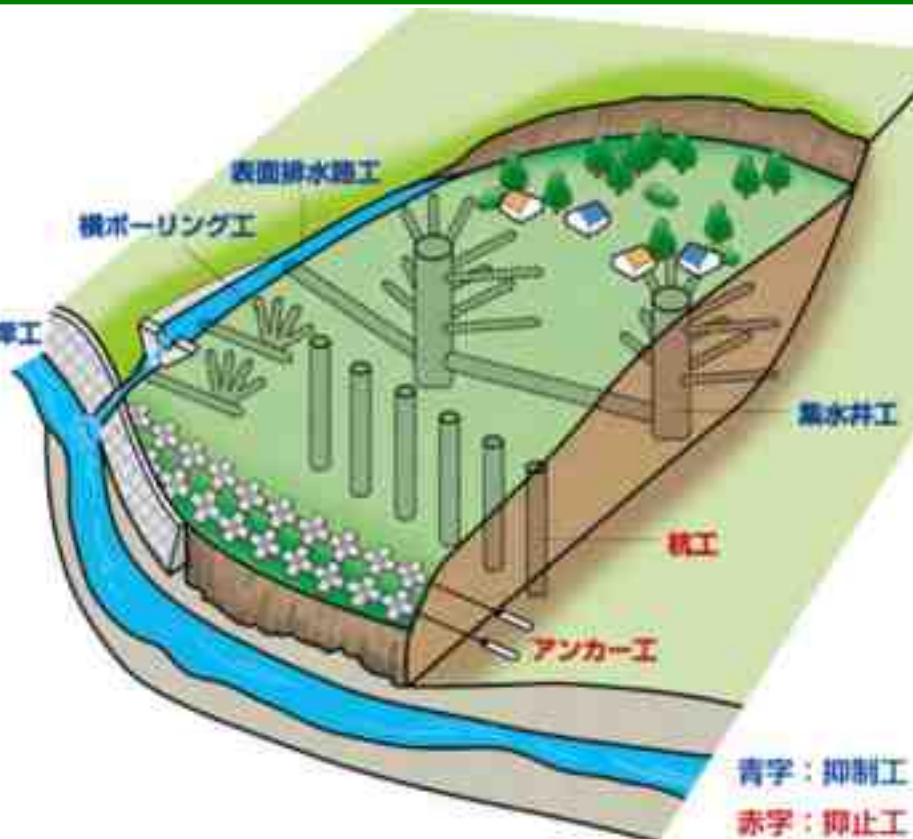
しゅうすいせいこう
集水井工



表面排水路工



横ボーリング工



杭工



アンカー工

抑制工の例

- ・集水井工 ~ 井戸と集水ボーリングによって深い位置の地下水を排除する
- ・表面排水路工 ~ 水路によって地域内の表流水や雨水を速やかに集水して地域外に排除する
- ・横ボーリング工 ~ 地中に設置したパイプによって比較的浅い位置の地下水を排除する

抑止工の例

- ・アンカー工 ~ 鋼線等を地すべり面より下部に届くように定着緊張し、地すべり面の抵抗を強める
- ・杭工 ~ 杭を地すべり面より下部に届くように打ち込み、地すべり面の抵抗を強める

※一般的な工法の事例であり、手稲山地区の対策工法については、今後検討していく。

手稲山地区における地すべり対策の検討

1. 地すべり対策の検討

- 地すべり機構をより詳細に明らかにするため、**今後も調査や観測、解析等を継続して実施していく。**
- 対策を実施する優先順位は、地すべりブロックの規模及び地すべり機構、保全対象の状況等を考慮する。
- 対策の規模は、
 - ア)当初においては、**斜面安定解析を行い、所定の計画安全率を確保できる規模を設定する。***
 - イ)対策施工中・施工後においては、**地すべりの変動や地下水位を継続的に調査し、**
 - ①**地すべりの変動が認められるブロックでは、地すべりの変動が認められなくなることを目標とし、**
 - ②**地すべりの変動が認められないブロックでは、実際の地下水位の低下量に基づいて効果量を評価し、対策の規模を見直していく。**
- 対策の基本方針は、手稲山地区での地すべりの誘因をなす①**地下水位の低下、②河川による侵食の防止を図ることし、地下水排除工、侵食防止工(護岸工)などの抑制工を主とする。ただし、自然由来の重金属が検出される場合等においては、抑止工を主体とした対策も検討する。**

2. 調査-計画-対策-評価のPDCAサイクル

- 調査、観測等により得られたデータのほか、**対策施工中・施工後の状況の変化、計測データに基づき対策の効果**を評価して、**地すべり機構を見直していく。**その結果は、**地すべり対策の施設配置計画等に反映していく。**

※国土交通省砂防部、独立行政法人土木研究所(2008):地すべり防止技術指針及び同解説 p. 55

手稲山地区における地すべり対策施設の適用性

- 現時点での地すべり機構の検討結果を踏まえた、手稲山地区における地すべり対策工法の適用性を下記に示す。
- 今後、地すべり機構に関する詳細な調査・検討を行うとともに、生活環境や自然環境への影響を踏まえて、地すべり対策工法の適用性を検討していく必要がある。

手稲地区への対策工法の適用性

分類	工種		適用性	
抑制工	地表面 排除工	水路工	○ 湧水箇所や流水跡が多数認められることから、地すべり変動の誘因となる表流水を排除できるため	
		浸透防止工	△ 明瞭な亀裂は認められず、地下水供給減となる水源も確認されていないため	
	地下水 排除工	浅層 地下水 排除工	明渠工	○ 湧水箇所や流水跡が多数認められることから、地すべり変動の誘因となる表流水を排除できるため
			暗渠工	△ 対応箇所が広域となり、水路工や明暗渠工の方が適用性が高いため
			明暗渠工	○ 湧水箇所や流水跡が多数認められることから、地すべり変動の誘因となる表流水を排除できるため
		深層 地下水 排除工	横ボーリング工	○ 明暗渠工等では排除できない浅い地層の地下水を排除できるため
			横ボーリング工	◎ すべり面付近に分布する深層地下水を効果的に排除できるため
			集水井工	◎ 地中に設けた井筒深部よりすべり面に作用する地下水を効果的に排除できるため
		排水トンネル	◎ すべり面に作用する地下水を、すべり面より深部から広域かつ効果的に排除できるため	
	排土工		○ 地すべり土塊を排土することで地すべりの滑動力を低減できるため ただし、大規模地すべりブロックが複合しており、切土により背後斜面の地すべりを誘発する可能性があるほか、大規模な地形改変が必要となる	
	押さえ盛土工		○ 斜面下端や土塊の末端に盛土を行うことで、斜面の安定性を高めることができるため 地すべり対象斜面が緩斜面で、地すべり末端から頭部までの比高差が高く、押さえ盛土による抑制効果は期待出来ない場合もある	
	砂防堰堤・護岸工		○ 不透過型砂防堰堤の堆砂による地すべりブロック末端部の脚部固定や護岸工による侵食防止ができるため ただし、砂防堰堤を設置する場合は流域の砂防計画との整合を図る必要がある	
	抑止工	杭工		◎ 杭を地中に挿入し、地滑り土塊の滑動を抵抗することができるため ただし、すべり面傾斜が緩く、杭下流側の地盤反力が期待されるブロックに対してのみ有効である
アンカー工			◎ アンカーを挿入し、地滑り土塊の滑動を抵抗することができるため ただし、俯角10°～45°でアンカーを打設するため、仰角40°～60°程度の斜面に有効であるほか、アンカー設置地盤に応じたアンカー力の算出と受圧板を選定する必要がある	
シャフト工(深礎工)			○ 杭を地中に挿入し、地滑り土塊の滑動を抵抗することができるため ただし、施工規模が大きくなるため費用が増大する	

◎:適用性は高い、○:適用性あり、△:適用性は低い

※現時点での概略的な調査結果であり、今後の詳細な調査・検討を踏まえて変更となる可能性がある。

手稲山地区における地すべり防止工事の留意事項

1. 地すべり防止工事の規模が著しく大きくなる

- 手稲山地区は、多くのブロックから構成され、地すべり防止区域の面積と推定すべり面の深度が大きいことから、大規模の地すべり防止工事が必要となる可能性がある。
- 斜面末端部の地すべりが動き出すと、隣接する他の地すべりブロックも不安定化し、大規模な地すべりが生じるおそれがあり、地すべり防止区域全体の安定性を一体的かつ迅速に向上させる必要があると考えられる。

2. 地すべり防止工事が高度な技術を必要とする

- 手稲山地区には、明瞭なすべり面の確認されていない地すべりブロックが存在する。そのため、すべり面を確認しながらの施工、すなわち高度な順応的管理が求められる。
- 手稲山地区の地すべり防止区域内には「手稲本町市民の森」や環境省が認定した自然共生サイト「マテリアルの森 手稲山林」やスキー場やゴルフ場への唯一の経路である市道が存在する。地すべり防止工事では、これらの土地利用や自然環境に影響を与えないように、関係機関と連携する必要がある。
- 手稲山には熱水変質による鉱化変質帯が分布し、地下水における自然由来の重金属（ヒ素など）に留意する必要がある。有識者からご意見・ご助言を頂きながら、帯水層の分布や地下水の流れ等を調査し、地域の生活環境や自然環境への影響に配慮して適切に対策を実施する必要がある。

5. 今後の予定

今後の予定

●次回地すべり検討委員会では、次の内容についての討議を予定している。

議題① 地すべり調査・観測計画(案)

議題② 地すべり対策施設配置計画(案)