

第2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. 第 1 回検討委員会の要点	2
2. 第 1 回検討委員会後の主な動き	6
3. 指摘事項と対応方針	1 2
4. 地すべり調査・観測の進め方	1 5
5. 地すべり防止施設の配置計画立案、施工の方針	2 7
6. 今後の予定	3 7

1. 第1回検討委員会の要点

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な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。
- 手稲山の年間降水量の平年値は、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。
- 手稲山地区は、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 より引用

※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）より引用

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や大きな土砂移動現象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、北海道が指定した土砂災害警戒区域（地すべり）や、国土交通大臣が指定した地すべり防止区域を踏まえ、「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。

手稲山地区における地すべり機構解析まとめ

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^{がんせつ}岩屑なだれ堆積物が広く堆積している。
- ボーリングコアの観察結果から、岩屑なだれ堆積物中には、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^{さつこん}擦痕、^{かがみはだ}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。

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。
- なお、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。

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^{きゅうがい}微地形(急崖(滑落崖)とその直下の緩斜面)や、凹凸が明瞭な箇所、湧水が確認された。この調査結果を踏まえて、地すべりブロックを設定した。

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

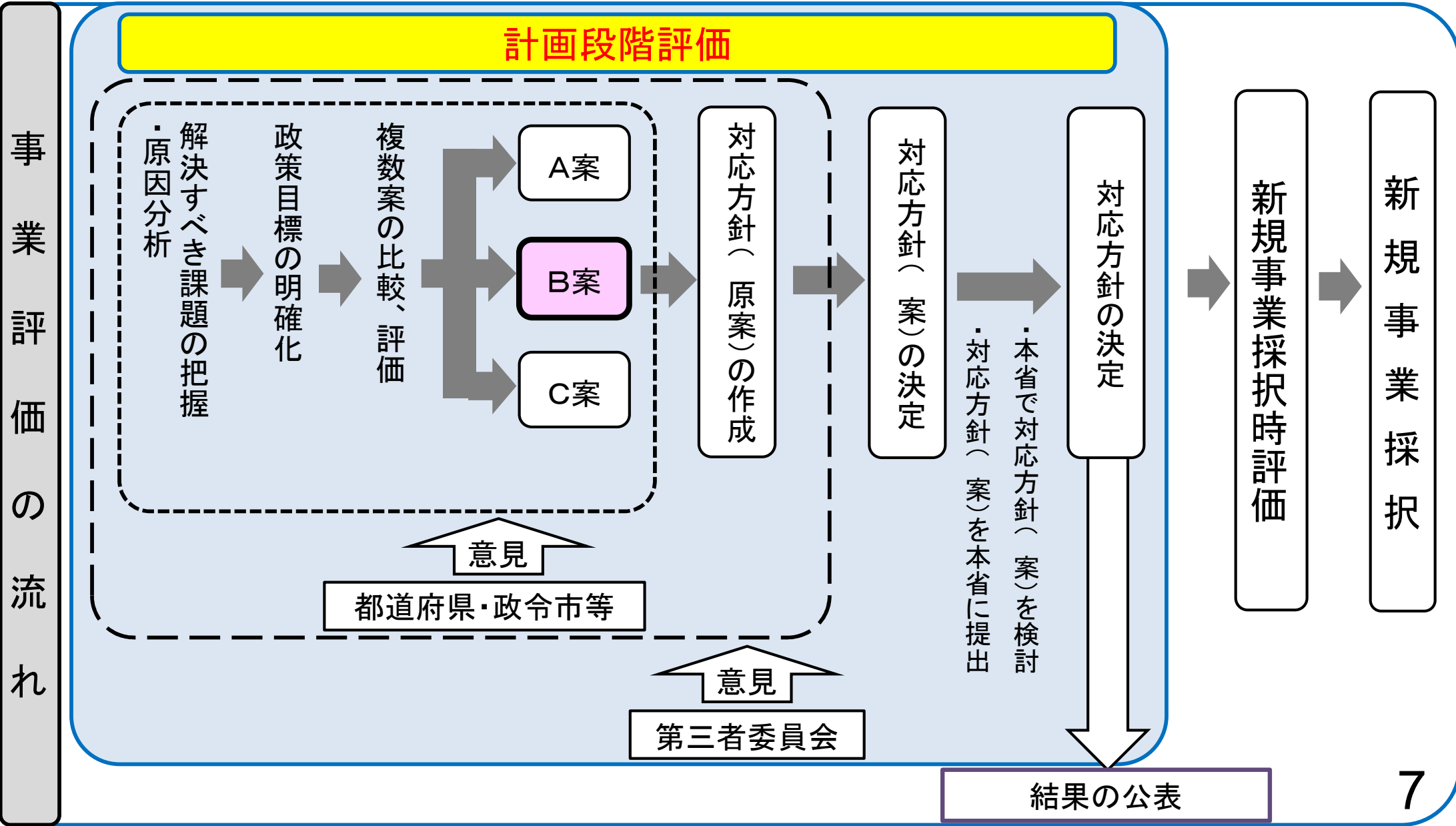
- 手稲山地区には、明瞭なすべり面の確認されていない地すべりブロックが存在する。そのため、すべり面を確認しながらの施工、すなわち高度な順応的管理が求められる。
- 手稲山地区の地すべり防止区域内には「ていねい手稲本町ほんちょう市民の森」や環境省が認定した自然共生サイト「マテリアルの森 手稲山林」やスキー場やゴルフ場への唯一の経路である市道が存在する。地すべり防止工事では、これらの土地利用や自然環境に影響を与えないように、関係機関と連携する必要がある。
- 手稲山には熱水変質によるこうか鉬化変質帯へんしつたいが分布し、地下水における自然由来の重金属(ヒ素など)に留意する必要がある。有識者からご意見・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。

2. 第1回検討委員会後の主な動き

計画段階評価の実施

計画段階評価委員会資料を基に作成

●計画段階評価は、新規事業採択時評価の前段階において、政策目標を明確化した上で、複数案の比較・評価を行うものである。実施に際しては、地域のみなさまへの説明を行うこととしている。



手稲山地区地すべり対策に関する説明会の開催

- 北海道、北海道開発局、札幌市では、令和7年7月24日(木)に「手稲山地区地すべり対策に関する説明会」を開催し、手稲山地区地すべりの概要、対策、警戒避難体制の整備について、地域のみなさまへ説明を実施。
- 地すべり対策に関する主な意見としては、工事にあたっては生活環境・自然環境に配慮して欲しい、早期に事業効果が発現するよう地すべり対策を実施して欲しい、今後も密に情報提供して欲しい等の意見があった。

【手稲山地区地すべり対策に関する説明会】

- 開催日時: 令和7年7月24日(木) 18:00~19:40
- 開催会場: 手稲コミュニティセンター
- 主催者: 北海道、北海道開発局、札幌市(3者共催)
- 参加者: 地域のみなさま(104名)、報道関係4社

議事次第

- 1 開 会
- 2 開会挨拶 空知総合振興局札幌建設管理部
- 3 議 事
 - (1) 手稲山地区地すべりの概要について
(説明: 北海道河川砂防課)
 - (2) 手稲山地区の地すべり対策について
(説明: 北海道開発局河川計画課)
 - (3) 土砂災害での避難のポイント
(説明: 札幌市危機管理課)
- 4 閉会挨拶 北海道開発局札幌開発建設部
- 5 閉 会

地域のみなさまからの主な意見

【地すべり防止工事に関する意見】

- ・工事にあたっては生活環境・自然環境に配慮して欲しい
- ・早期に事業効果が発現するよう、対策を実施して欲しい

【地すべり対策その他全般に関する意見】

- ・避難対策について、警察や消防、自衛隊、地域の企業と連携した住民避難の活動をすべき
- ・土砂災害警戒区域での土地利用規制を強化すべき
- ・今後も地すべり対策について密に情報提供して欲しい



説明会実施状況

手稲山地区地すべり対策における計画段階評価検討委員会の開催

- 北海道開発局では、令和7年8月22日に「手稲山地区地すべり対策における計画段階評価検討委員会」を開催し、手稲山地区の地すべり対策の必要性及び事業内容の妥当性の検証、複数案の比較・評価について、学識経験者から意見を聴取した。
- 北海道開発局からは、手稲山地区では、地すべりの規模が大きいこと、住宅密集地や重要な交通網等に大きな被害が生じるおそれがあること、地域のみならず早期事業化のご要望があることを踏まえ、生活環境や自然環境に配慮しつつ、早期に事業効果を発現するような事前防災としての地すべり対策を実施する必要があることを説明。
- 委員会では、対応方針(原案)として「第3案 抑制工+抑止工を組み合わせ整備する案」が妥当との総括をいただいた

【手稲山地区地すべり対策における計画段階評価検討委員会】

- 開催日時: 令和7年8月22日(金) 13:30~15:00
- 開催会場: TKPガーデンシティ札幌駅前 4階ホール 4H 会議室
- 委員: 北海道大学大学院 農学研究院 山田孝 特任教授(委員長)
北海道大学大学院 経済学研究院 岡田美弥子 教授
北海道大学大学院 農学研究院 笠井美青 教授
元北海道大学大学院 農学研究院 渋谷正人 教授
北海道大学大学院 工学研究院 山田朋人 教授

議事次第

- 1 開 会
- 2 開会挨拶
- 3 委員紹介
- 4 手稲山地区地すべり対策における計画段階評価検討委員会規約(案)の確認
- 5 審 議
(1) 計画段階評価について
(2) 手稲山地区地すべり対策における計画段階評価について
- 6 閉 会

主な審議事項と意見

【対策の複数案について】

- (第1案) 抑制工のみで整備する案
- (第2案) 抑止工のみで整備する案
- (第3案) 抑制工+抑止工を組み合わせ整備する案
- (第4案) 保全対象を移転する案

- ・「政策目標の明確化」には、大都市かつ自然豊かな場所での地すべり対策であるという、手稲山地区地すべり対策の特徴を追記すべき。
- ・生活環境・自然環境への配慮を図りつつ、地すべりを未然に防ぐという事例は、都市部での地すべり対策のモデルケースになると思う。
- ・生活環境・自然環境への影響については、できるだけ事前評価を行うとともに、定量的なデータを示せると良い。
- ・工事車両の通行、水質汚濁や外来種の侵入についても留意すること。
- ・地域住民への情報周知は、高齢者に配慮し、インターネット以外の方法での情報発信も検討すべき。
- ・地すべりに関する情報は、その情報が意味するところの技術的な解釈を加えた上で、地域住民へわかりやすく伝えるべき。
- ・対応方針(原案)で示されている第3案の抑制工+抑止工を組み合わせ整備する案が妥当であるとする。



委員会状況



質疑・意見交換状況(山田委員長)

政策目標の明確化、具体的な達成目標の設定

計画段階評価委員会の
審議を基に作成

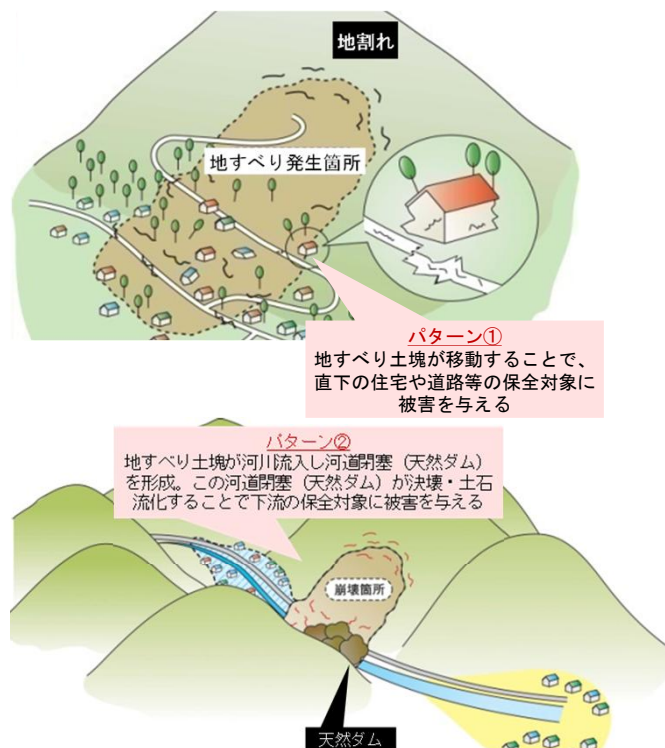
○達成すべき政策目標

- ・政令指定都市・札幌市の市街地や北海道の地域防災等を支える重要な交通網に隣接するとともに豊かな自然に恵まれた手稲山地区の特徴を踏まえ、**生活環境や自然環境に配慮した計画を立案し、その対策により地すべり土塊の移動やそれに伴う河道閉塞・決壊を防止することで、地すべり災害安全度の向上を図り、社会経済や地域防災への影響を未然に防ぐ。**

○具体的な達成目標

- ・手稲山地区の地すべり対策を実施することにより、下記被害を未然に防止する。
 - 地すべり土塊の移動に伴う**住宅・公共施設等や札幌自動車道等への被害。**
 - 地すべり土塊の河道流入によって河道閉塞が形成され、決壊した場合の、土砂及び洪水氾濫による**市街地や道路・鉄道等の重要な交通網への被害。**

想定される災害のイメージ(地すべり)



※国土地理院地図3Dを一部加筆

複数案の提示、比較、評価(二次選定:対策実施方針の選定)

計画段階評価委員会の
審議を元に作成

- 二次選定案の対策メニューについて、費用、実現性、柔軟性、地域社会への影響、環境への影響の観点から総合評価を実施。
- 委員会では、費用、実現性、柔軟性、地域社会への影響、環境への影響の観点から、**第3案の「抑制工+抑止工を組み合わせ整備する案」が妥当**であるとの総括を頂いた。

対策案	第1案 抑制工のみで整備する案	第2案 抑止工のみで整備する案	第3案 抑制工+抑止工を組み合わせ 整備する案	第4案 保全対象を移転する案	凡例 ◎・○ プラス 要素 ▲・× マイナス 要素
安全度	被災家屋数 約19,000戸→0 事業所数 約400箇所→0 緊急輸送路被害 札幌自動車道、国道5号→解消 ◎人的被害・物的被害を防止できる。	被災家屋数 約19,000戸→0 事業所数 約400箇所→0 緊急輸送路被害 札幌自動車道、国道5号→解消 ◎人的被害・物的被害を防止できる。	被災家屋数 約19,000戸→0 事業所数 約400箇所→0 緊急輸送路被害 札幌自動車道、国道5号→解消 ◎人的被害・物的被害を防止できる。	被災家屋数 約19,000戸→0 事業所数 約400箇所→0 緊急輸送路被害 札幌自動車道、国道5号→解消 ◎人的被害・物的被害を防止できる。	
費用	▲対策費用約350億円+供用期間の 維持管理費用約250億円。	▲対策費用約450億円+供用期間の 維持管理費用約7億円	◎対策費用約300億円+供用期間の 維持管理費用約5億円	×住居移転費用約1.0兆円のほか、事務 所移転費、札幌自動車道、国道5号の 移転費用等が別途必要となる。	
実現性	▲自然由来の重金属を処理するた めの排水処理施設の設置・維持管理が 必要 ▲大きな地形改変を伴う排土工は、地 域の合意形成に時間がかかることが 懸念される。	○自然由来の重金属に配慮した設計・ 施工が可能 ▲騒音や振動が生活環境へ及ぼす影 響によって、地域の合意形成に時間 がかかることが懸念される。	○自然由来の重金属に配慮した設計・ 施工が可能 ○現場条件に応じた工法を組み合わせ ることで、騒音や振動を最小化するこ とが可能のため、地域の合意形成に 向けた実現性は高い。	×多数の住居、札幌自動車道の移転は 困難。	
持続性	◎維持管理により機能の持続は可能。	◎維持管理により機能の持続は可能。	◎維持管理により機能の持続は可能。	◎移転のため、恒久対策となる。	
柔軟性	▲排土工や押え盛土工は大きな地形 改変を伴うため、実施後の計画変更 は困難	◎計画の見直し時には規格変更が可能	◎抑制工の効果検証結果に応じ、計画 の見直し、柔軟な対応が可能。	×用地取得や地域住民との合意後の計 画変更、中止は困難。	
地域 社会 への 影響	▲排土工は地形改変が大きいと、市 民の森など土地利用への影響が懸 念される。なお、排水時や掘削時に は、自然由来の重金属に対応が必 要。	▲大型の資機材が必要であり、騒音や 振動が生活環境へ及ぼす影響が懸 念される。なお、掘削時には、自然 由来の重金属に注意が必要。	○現場条件に応じた工法を組み合わせ ることで、騒音や振動を最小化するこ とが可能。なお、排水時や掘削時に は、自然由来の重金属に注意が必要。	×集団移転に伴う地域社会への影響は 甚大。	
環境 への 影響	▲排土工は地形改変が大きくなるため、 動植物の生息環境への影響が懸念 される。	▲大型の資機材を搬入するための工事 用道路の建設等による地形改変が、 動植物の生息環境へ及ぼす影響が 懸念される。	○現場条件に応じた工法を組み合わせ ることで、地形改変や、水質への対応 を最小化することが可能。	×地すべり発生時に大量の土砂が河道 へ流入した場合、動植物の生息環境に 与える影響は甚大。	
総合 評価	△	△	◎	×	
●費用、柔軟性、地域社会への影響、環境への影響の観点から、第3案を基本として整備を進めることが優位と考える。 ●具体的な対策にあたっては、地形、地質、保全対象の特性等に応じて、警戒避難体制の整備などを柔軟に組み合わせ、効率的かつ効果的な対策を進める。					

3. 指摘事項と対応方針

指摘事項と対応方針①: 地すべり機構の解析及び対策計画について

- ①-1. 明瞭ではない地すべりが多いため、地形判読結果やボーリング調査結果、特に粘土化した部分について、地すべり面を判定するうえで、今後も精査しながら調査を進めていく必要があると考える。(地すべり検討委)
→地すべり防止工事の設計に向けて、ボーリング調査や地すべり機構解析を行う。(p.19)
- ①-2. 地すべりブロックに応じた対策の優先度や対策規模を検討する際には、地すべり地形の明瞭、不明瞭さを考慮することで、早期効果発現のために対策工事量の最適化、効率化を図れる可能性があるので検討すると良い。(地すべり検討委)
→明瞭、不明瞭な地すべり地形等を考慮し、すべり面及び弱層の深度、移動方向等を詳細に把握することで、対策工事量の最適化、効率化を図っていく。(p.19)
- ①-3. 手稲山地区は大規模であり事業実施に長期間を要することが想定される。また、すべり面、地下水が複雑なため、予測に基づいて計画しても結果がずれてくると思うので、そこを評価しながら、計画の修正、予測方法の改善を随時行っていく必要がある。効果を早期に発揮させるため、PDCAサイクルにより、順応的に対応していく必要がある。(地すべり検討委)
→PDCAサイクルにより、施工時に得られたすべり面や地下帯水層の情報や地すべり対策工の効果評価の結果を踏まえながら、順応的に計画を見直す。(p.32)
- ①-4. 地すべり対策事業効果が早期に発現するよう、対策を実施して欲しい。(住民説明会)
→個別に安定性を向上させた後、対象とする地すべり地全体の安定性を向上させるよう計画することにより、早期の事業効果発現を図る。(p.33)
- ①-5. 集水域の面積を考えると、軽川の上流側も重要な影響を与えるであろうと思われるため、上流域から流入する地下水も考慮しながら、地下水流動を調査し、その結果を踏まえた対策を行う事が重要。(計画段階評価委)
→上流域から流入する地下水を考慮した地下水流動調査を検討する。(p.20)
- ①-6. 手稲山地区には既存の砂防堰堤等が存在することから、それらの機能を評価した上で地すべり対策を進められたい。(地すべり検討委)
→既存の砂防堰堤などのストックを有効活用した検討を行う。(p.34)

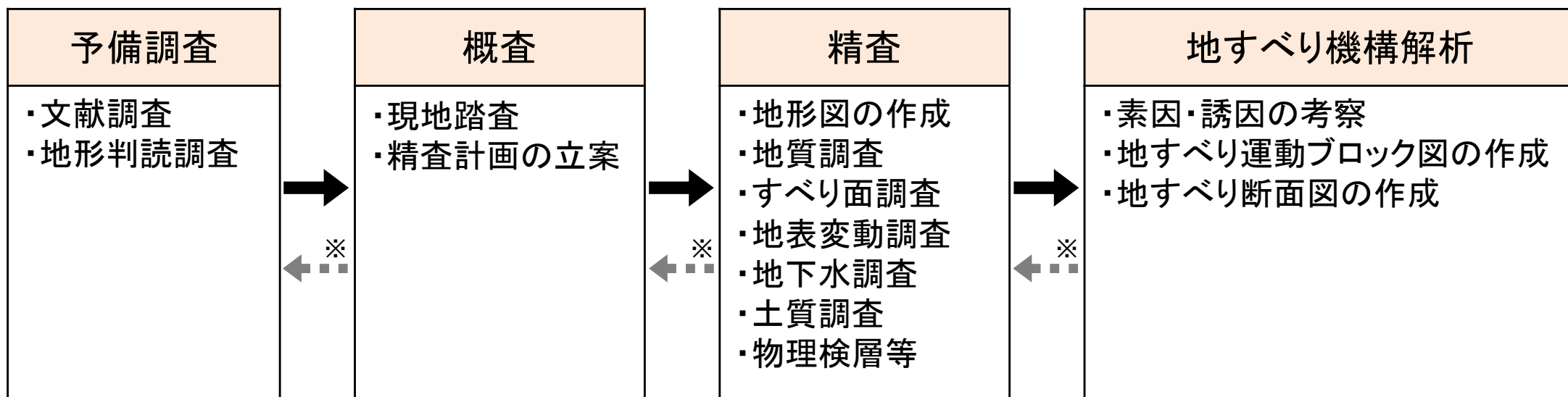
指摘事項と対応方針②：自然環境・生活環境への配慮について

- ②-1. 本事業は環境アセスメント対象外とのことだが、自然環境や市民の森、景観に対して、施工中や施工後に環境へ影響が出ることも考えられるので、環境アセスを参考とすると良い。(地すべり検討委)
- 環境省では、国や地方公共団体の環境アセスメント制度の対象にならない事業についても、事業者による自主的な環境配慮の取組を促進するために、参考となる様々な事例をとりまとめた「自主的な環境配慮の取組事例集」を公表している。手稲山においても、「自主的な環境配慮の取組事例集」に掲載された先進事例等を参考にしながら、自然環境に配慮した事業計画を検討する。(p.22)
- ②-2. 環境調査として、水質や植生への影響を把握するためには、調査を施工開始前から同一箇所継続してモニタリングするとよい。(地すべり検討委)
- モニタリング箇所を設定し、施工前から経時的な影響評価ができるよう調査を実施する。(p.22)
- ②-3. 生活環境・自然環境への評価については、できるだけ事前評価を行うとともに、定量的なデータを示せると良い。重要な地点を絞り、長期的なモニタリングを行い、影響が確認された時点で迅速に対応ができるような体制を想定しながら事業に着手していただきたい。(計画段階評価委)
- 工事実施前から、定量的なデータを把握できるよう調査を行うとともに、影響が確認された時点で迅速に対応するための体制について検討する。(p.22)
- ②-4. 工事車両の通行、水質汚濁対策や外来種の侵入についても留意すること。(計画段階評価委)
- ご指摘の点を踏まえ、生活環境や自然環境にも配慮した施工方法を検討する(p.23・24)
- ②-5. 自然由来の重金属について、地下水のみでなく土砂についても考慮が必要。(地すべり検討委)
- 自然由来の重金属を含有した土砂に関する調査計画を検討する。(p.21)
- ②-6. 自然環境や生活環境への影響をできるだけ小さくなるよう計画してほしい。(住民説明会)
- 自然環境や生活環境に配慮した計画及び施工方法を検討する。(p.22～24)

4. 地すべり調査・観測の進め方

地すべり調査・観測の流れ

- 一般的な地すべり調査の流れを以下に示す。
- 手稲山地区は予備調査・概査が概ね完了した段階である。今後は、**精査及び地すべり機構解析を進め、地すべりの規模、発生・運動機構等に基づき、対策方針の基本的な考え方をとりまとめる。**
- 手稲山地区の特性に合わせた調査・観測手法を選択するとともに、調査の各段階で明らかとなった事項を踏まえ、必要に応じて、調査方法や項目等を適宜見直し**ながら進めていく。



※調査の各段階で明らかとなった事項を踏まえ、必要に応じて、調査方法や項目等を適宜見直しながら進めていく

地すべり調査・観測の流れ※1

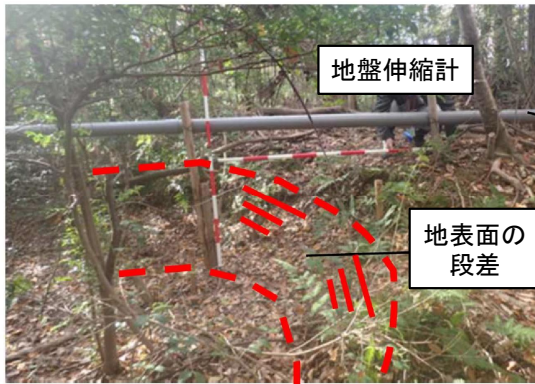
※1 国土交通省 河川砂防技術基準 調査編(国土交通省、令和7年8月) の記載項目を基に作成

地すべり運動に関する調査・検討

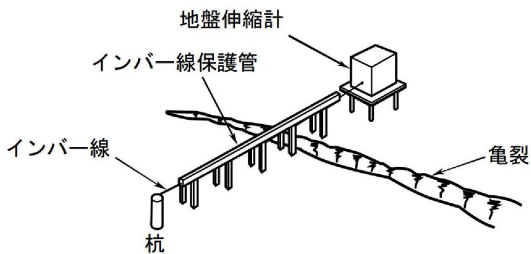
- 地すべり対策の効果的な実施のためには、地すべりの発生・運動機構を把握する必要がある。
- 地すべりの範囲や移動量を調査するため、地盤伸縮計、地盤傾斜計、地上測量、GNSS観測等を実施する。
調査にあたっては、干渉SAR等のリモートセンシングも活用する。
- 観測結果は、初期安全率の推定や地下水位との関係性の解析等に活用する。
- 手稲山地区には多数の地すべりが存在し、隣接する地すべりブロックは相互に関連していると考えられる。
このため、地すべりの発生・運動機構の解析では、隣接する地すべりブロックの運動も考慮する必要がある。

■地盤伸縮計による観測

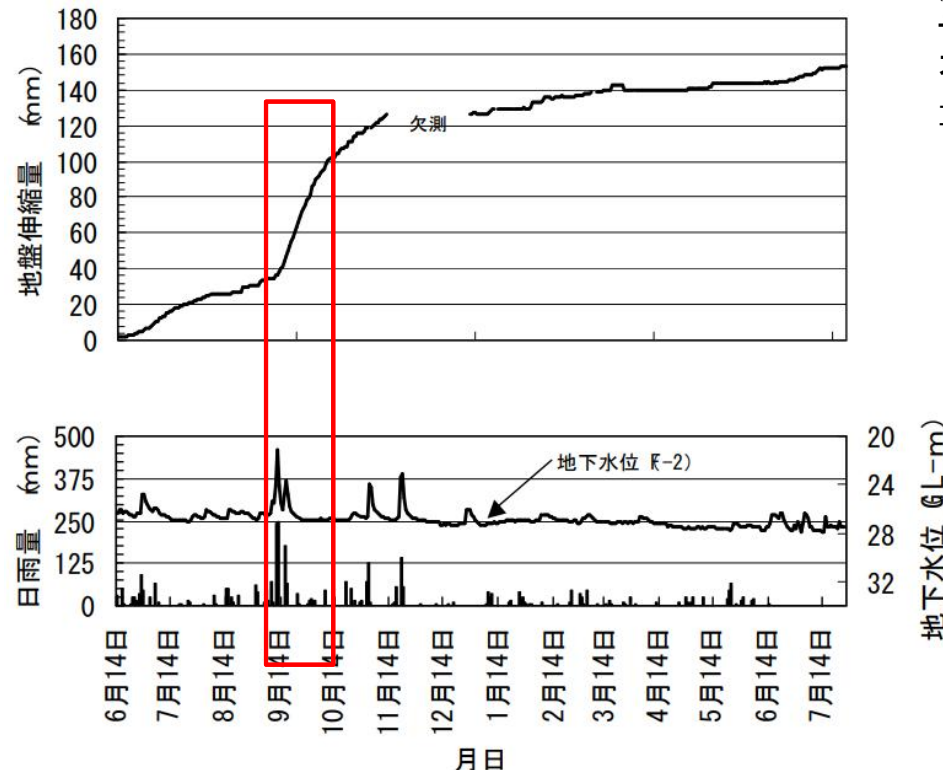
地盤伸縮計は、地すべりによる亀裂や段差をはさむ区間の伸縮量を測定する計器である。全国各地で採用されている手法であり、地すべり活動度の評価や警戒避難体制構築の判断基準にも活用できる。



地盤伸縮計の設置事例※1



地盤伸縮計設置概略図 ※2



■GNSS測量(旧:GPS測量)

GNSS測量は、複数の人工衛星を用いて観測点の三次元座標を自動的に測量するシステムであり、主として地すべりの運動方向が不明瞭な場合や、広範な地すべり地で移動量測量を行う場合に有効な手法である。



GNSS観測機の設置事例※3

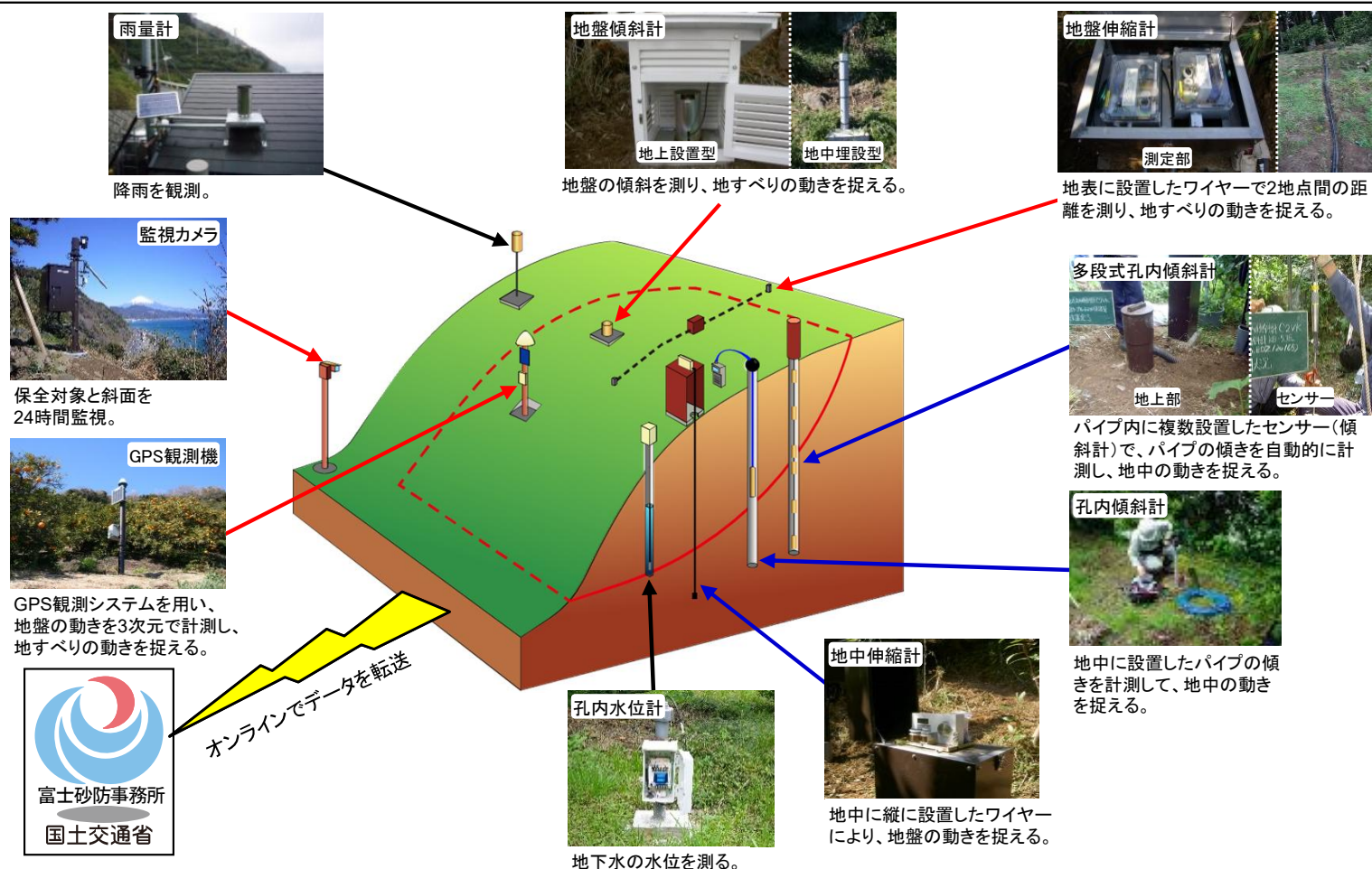
※1 近畿地方整備局 亀の瀬地区地すべり対策事業 事業再評価説明資料 一部加工して作成

※2 地すべり防止技術指針及び同解説(国土交通省砂防部・独立行政法人土木研究所、平成20年4月) より引用

※3 中部地方整備局 富士砂防事務所HP より引用

地すべり観測機器のソフト対策への活用

- 手稲山地区は人口集中地区や重要な交通網に隣接しており、地すべり災害の危険が高まった際には、現地踏査、計測データの解析、亀裂や変状等の調査、関係機関との情報共有、応急対策の検討が必要となる。また、災害の危険が差し迫った場合、関係機関と連携した住民避難や交通規制が必要となる。
- 手稲山地区では、今後地すべり機構の解析や地すべり防止施設の効果判定のために、地盤伸縮計などの地すべり観測機器を整備する必要がある。これらの地すべり観測機器を警戒避難体制の構築に活用することにより、地すべり対策の事業期間中における地域の安全度の向上を図る。



中部地方整備局 由比地区直轄地すべり対策事業における観測機器の整備例※1

※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。

※1 富士砂防事務所HP より引用

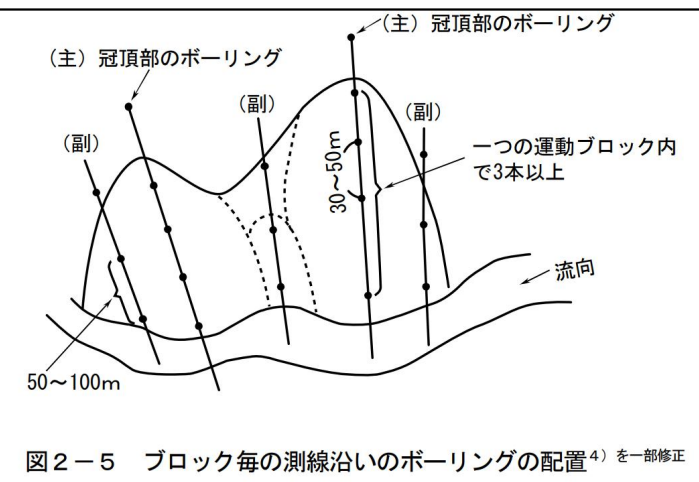
地すべりブロックのすべり面に関する調査・検討

- 地すべりのすべり面を特定することは、地すべりの安定解析や地すべり対策工の設計に不可欠である。
- 地すべり防止施設の設計に向け、すべり面及び弱層の深度を詳細に把握するためのボーリング調査を実施する。不明瞭な地すべり地形を呈する地すべりブロックでは、すべり面深度や移動方向等を慎重に精査する。
- また、ボーリング調査孔では、計測機器(孔内傾斜計、地中伸縮計、パイプ^{ひずみけい}歪計など)によるすべり面調査、地下水位観測や水質調査を実施する。

■地すべり調査におけるボーリング調査

ボーリング調査は、ボーリング掘進中の孔曲がりの発生有無や、コア観察では色調、亀裂の形状・量、風化状況、粘土層の有無等、すべり面の判定に必要な情報の収集を目的とする。

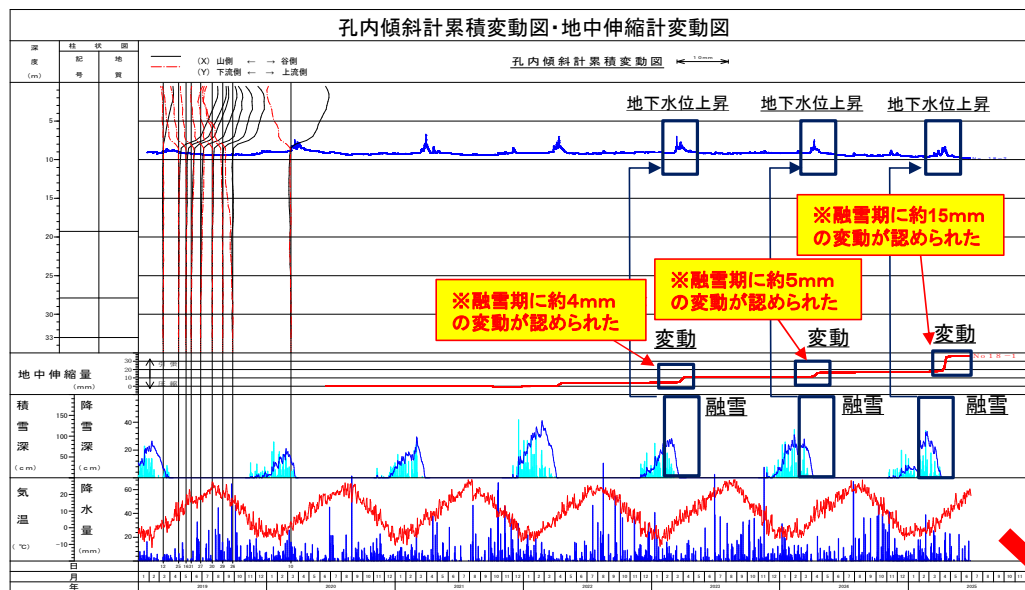
手稲山地区においても、地すべり防止技術指針で示される考え方に基づいて、新たなボーリング調査位置を検討していく。



調査ボーリングの配置図の例※1

■地中伸縮計による観測(計測機器によるすべり面調査の例)

地中伸縮計による観測は、地盤伸縮計をボーリング孔内に鉛直方向に1本もしくは複数設置したものであり、すべり面をはさむ上下の層の変位を直接測定するものである。手稲山地区では、A-4ブロックに1箇所設置済み(R2～)であり、融雪期に変動が生じたことが確認されている。



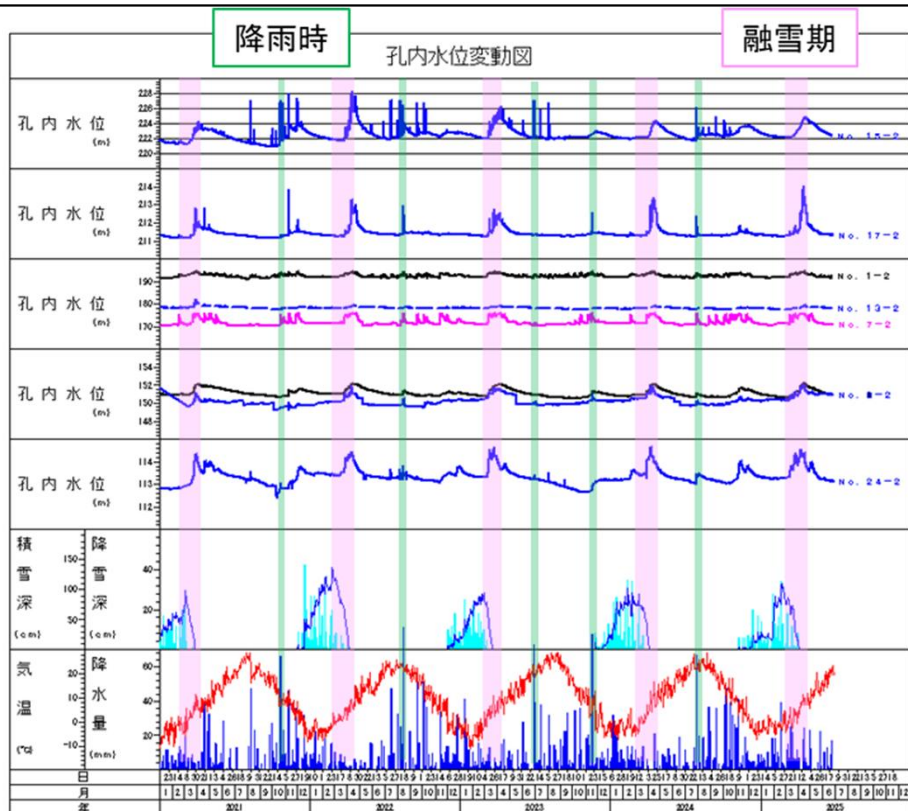
地中伸縮計・地下水位計による観測結果(H30.12-R7.6)

※1 地すべり防止技術指針及び同解説(国土交通省砂防部・独立行政法人土木研究所、平成20年4月)

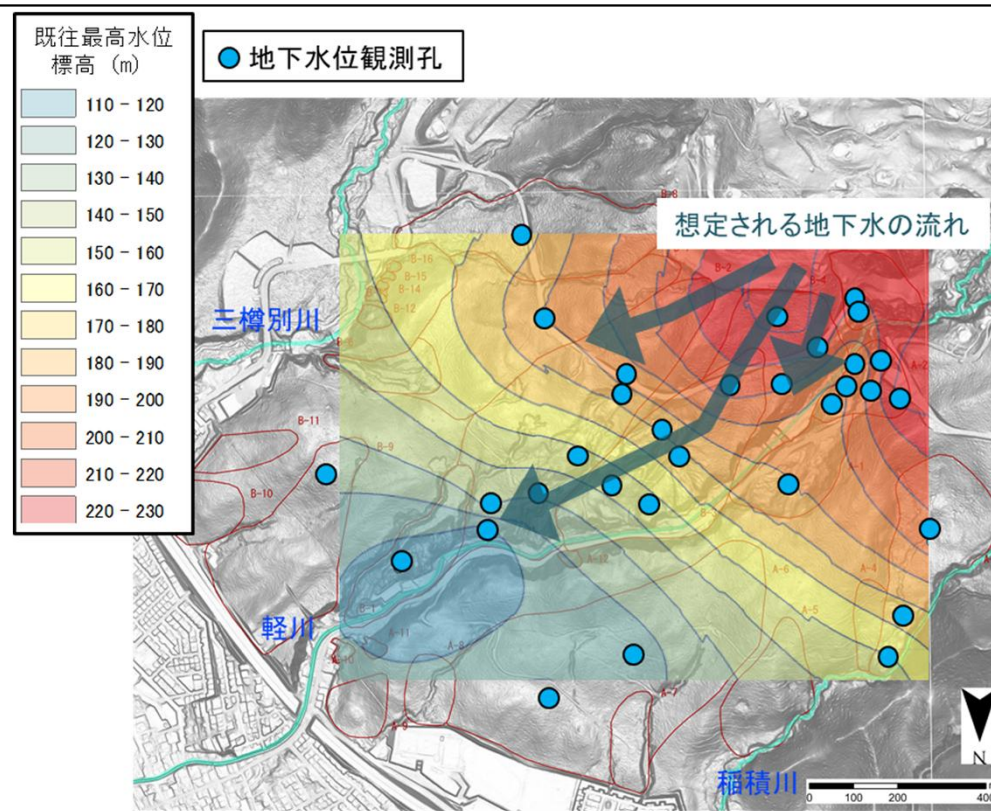
※現時点での概略的な調査結果であり、今後の詳細な調査・検討を踏まえて変更となる可能性がある。

地下水流動や地下帯水層に関する調査・検討

- 地すべりの主な誘因として地下水位の上昇がある。手稲山地区では、融雪期に地すべり運動が活発化したことが確認されており、**今後も春先の融雪に伴う地下水位上昇が地すべりを引き起こす可能性がある。**
- 地下水位観測孔で観測された最高水位を解析した結果から、**手稲山地区での地下水位の上昇が地すべり運動の活発化に關与している可能性**があると考えられる。
- 地すべり防止施設の施設配置計画における安定解析や高濃度の自然由来重金属を含む地下水の分布を解析するため、地下水流動や地下帯水層を詳細に把握する必要がある。
- 地下水観測孔を新たに設置し、**地下水位観測や水質分析を実施**する。必要に応じて、**浸透流解析等の数値シミュレーションによる検討も実施**する。



経年的な地下水位変動状況 (R3.1~R7.6)

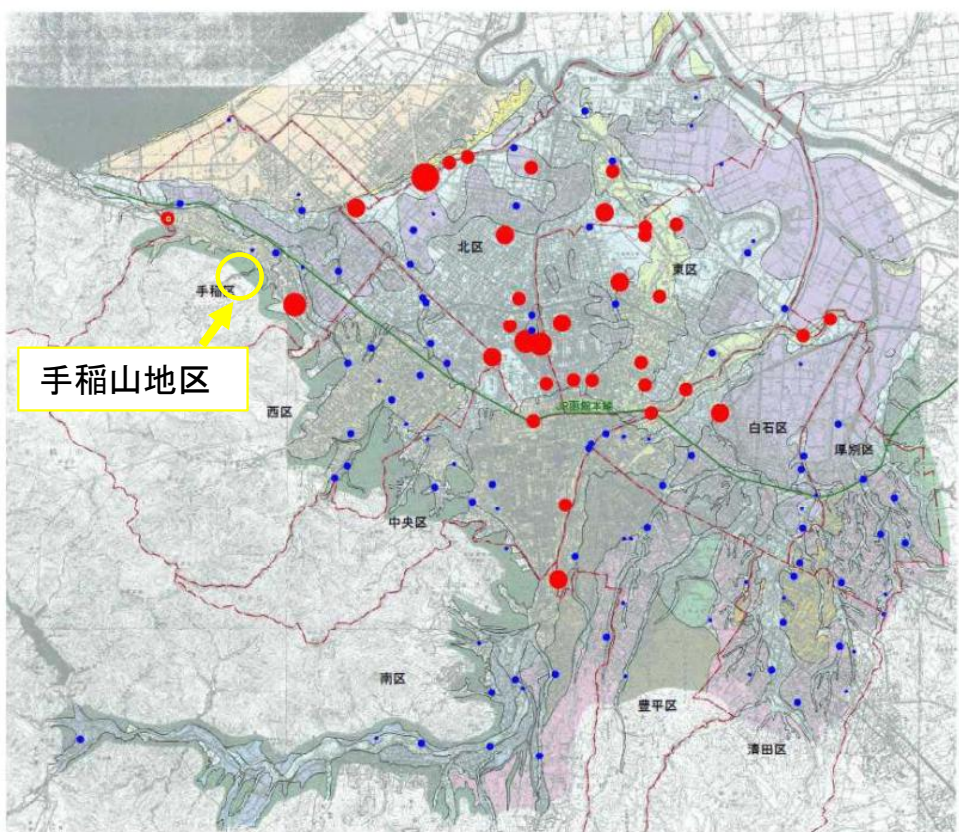


地下水位等高線 (観測期間における最高水位)

※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。

自然由来の重金属の分布等に関する調査・検討

- 手稲山周辺には鉍化変質帯が分布し、土壌や地下水からは自然由来の重金属が検出されることが知られている。地すべり対策工事では、自然由来の重金属が周辺環境等へ及ぼす影響に配慮する必要がある。
- 集水井などの抑制工は効果的な地すべり対策工法であるが、施設配置計画に当たっては、土壌や地下水に高濃度の自然由来の重金属が含まれているかをあらかじめ考慮する必要がある。
- 今後、調査ボーリングや地下水流動及び地下帯水層に関する調査・検討結果を踏まえて、地質・地下水・自然由来の重金属の相関を整理したうえで、地すべり対策工選定に向けて、ブロックごとに評価を実施していく。



土壌中のヒ素全含有量分布※1

手稲山地区周辺での地下水調査結果(令和元年度～令和5年度)(抜粋)※2

区	所在地	連合町内会	調査年度	調査年月日	水温 ℃	pH	電気 電導率 mS/m	砒素 mg/L
手稲	手稲本町番地	手稲中央	R4	R4. 7. 26	24. 7	7. 1	17	<0. 001
手稲	手稲本町2条2丁目	手稲中央	R2	R2. 7. 21	24. 8	7. 3	23	0. 0010
手稲	富丘2条3丁目	富丘西宮の沢	R1	R1. 8. 28	16. 8	7. 9	35	0. 039
手稲	富丘2条3丁目	富丘西宮の沢	R2	R2. 9. 7	18. 1	7. 8	46	0. 031
手稲	富丘2条4丁目	富丘西宮の沢	R3	R3. 8. 11	17. 5	7. 4	22	0. 008
手稲	富丘2条4丁目	富丘西宮の沢	R4	R4. 8. 31	14. 7	7. 4	21	0. 006
手稲	富丘2条4丁目	富丘西宮の沢	R5	R5. 9. 14	13. 1	6. 9	31	0. 03
手稲	富丘3条2丁目	富丘西宮の沢	R1	R1. 8. 13	14. 0	6. 6	9. 5	0. 13
手稲	富丘3条2丁目	富丘西宮の沢	R2	R2. 8. 27	21. 3	6. 4	11	0. 19
手稲	富丘3条2丁目	富丘西宮の沢	R3	R3. 7. 16	14. 4	6. 4	10	0. 13
手稲	富丘3条2丁目	富岡西宮の沢	R3	R3. 7. 16	15. 2	6. 8	25	0. 046
手稲	富丘3条2丁目	富丘西宮の沢	R4	R4. 8. 31	17. 0	6. 5	9. 9	0. 21
手稲	富丘3条2丁目	富丘西宮の沢	R5	R5. 9. 14	13. 8	6. 4	10	0. 16
手稲	富丘4条1丁目	富丘西宮の沢	R3	R3. 11. 29	13. 0	7. 2	20	<0. 001
手稲	富丘4条4丁目	富丘西宮の沢	R3	R3. 11. 29	11. 0	7. 2	20	0. 001
手稲	富丘6条4丁目	富丘西宮の沢	R1	R1. 8. 19	13. 5	6. 8	15	<0. 001

※赤文字:環境基準値(0.01 mg/L)以上、青文字:0.001mg/L以上環境基準値未満



手稲山で採取したコアの観察による鉍化変質帯の調査(10月24日)

※1 札幌市における自然由来ヒ素の判定方法について(答申)(自然由来重金属検討委員会・平成21年3月)を一部加工して作成
 ※2 地下水質調査結果のまとめ(札幌市HP)を一部加工して作成

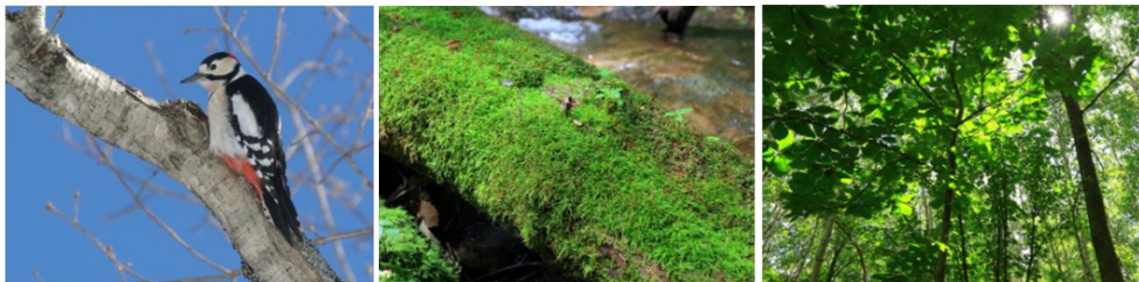
※現時点での概略的な調査結果であり、今後の詳細な調査・検討を踏まえて変更となる可能性がある。

生物多様性及び自然環境への影響に関する調査・検討

- 手稲山では、**多種多様な動植物が確認**されているとともに、一部は「マテリアルの森 手稲山林」として**環境省の自然共生サイトに認定**されているなど、生物多様性の保全の取り組みが進められている。
- 地すべり防止工事は、人命、財産、インフラ及び動植物の生息場所を保全する効果を有するが、**地すべり防止工事自体が周辺環境を変化させるおそれがあることにも留意が必要**である。そこで、自然環境への影響を可能な限り軽微なものにするために、自然環境の再生を促すような計画、構造、施工方法を採用する等の配慮を行う必要がある。^{※1}
- 上記を踏まえ、手稲山地区では、**自主的な環境配慮の取組事例集（環境省 平成27年6月）**を参考にしつつ、**有識者からの技術的助言を踏まえながら、環境に配慮した事業計画を検討**する。
- 環境調査は、**札幌市環境影響評価条例の環境配慮指針で示されている指標種等を対象に、地すべり防止工事の着手前・事業実施中・工事完了時に定点にて実施**することとする。その際、**定量的なデータの収集に努める**こととする。

■マテリアルの森 手稲山林で確認されている主な動植物^{※2}

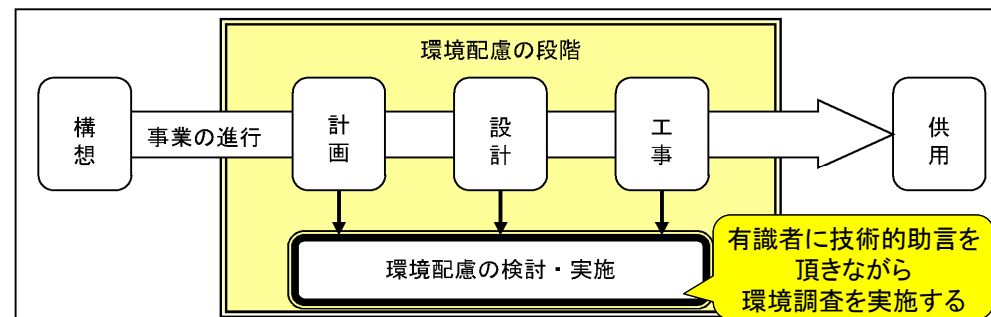
- ①環境省レッドリストの植物などの希少種の生息を確認している。
- ②過去の動植物調査において以下の種が確認されている。
 - ・国内での北海道固有種：シマリス、エゾサンショウウオ、ヤマゲラ
 - ・ある環境を特徴づける種：キクガシラコウモリ(洞窟)、ニホンザリガニ（冷水・源流）、ムカシトンボ(冷水・源流)
- ③過去の動植物調査でクマゲラ(国の天然記念物)の営巣・ねぐら可能性木や採餌木が確認されている。



手稲山地区周辺の山林で確認されている動植物の例^{※3}

■自主的な環境配慮の取組とは^{※3}

- ・環境影響評価法その他の法令及び地方公共団体の環境影響評価に関する条例の対象とならない事業、又は対象事業であっても法令等で求められている手続の内容を超えて
- ・土地の形状の変更、工作物の新設及び増改築、並びに環境影響が想定される事業活動を新たに行う機会を捉え
- ・事業者自らが環境配慮に関する検討を行うことを指します。



自主的な環境調査の実施イメージ^{※4}

※1 地すべり防止技術指針及び同解説(国土交通省砂防部・独立行政法人土木研究所、平成20年4月)より引用

※2 環境省HP「マテリアルの森 手稲山林」より引用、※4 広島県 令和6年版環境白書の図を一部加工して作成

※3 自主的な環境配慮の取組事例集(環境省 平成27年6月)より引用

景観及び人と自然の触れ合いの活動の場への影響に関する調査・検討

- 手稲山地区は、生活の場である住宅街に近接するとともに、一部は「手稲本町市民の森」や自然遊歩道として札幌市民に利用されている。また、手稲山と軽川は手稲区のシンボルマークにもなっていることから、手稲山は地域住民に広く愛され、地域を特徴づける景観を提供していると考えられる。
- 札幌市の環境配慮指針は、景観及び人と自然との触れ合いの活動の場に対する配慮を求めており、地すべり対策においても手稲山の自然環境が提供するこれらのサービスへの影響を最小化する必要がある。
- 上記を踏まえ、工事期間中の自然遊歩道の安全確保、イメージパースに基づいた景観検討、地形改変や樹木伐採の低減を考慮した工種・建設機械の使用、自然遊歩道周辺における景観保護等を検討する。

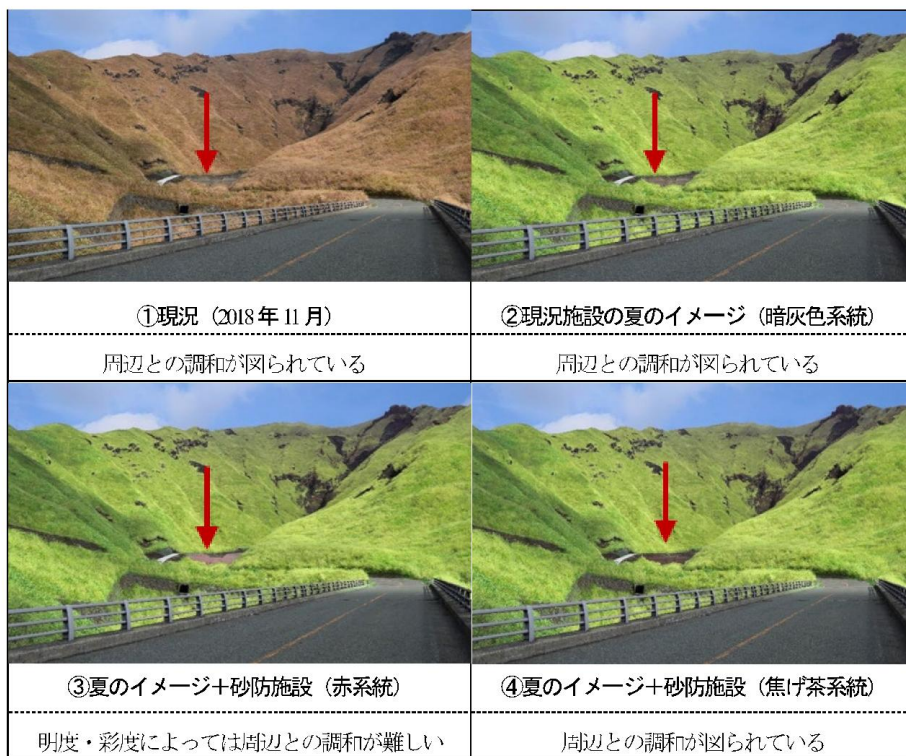


手稲本町市民の森

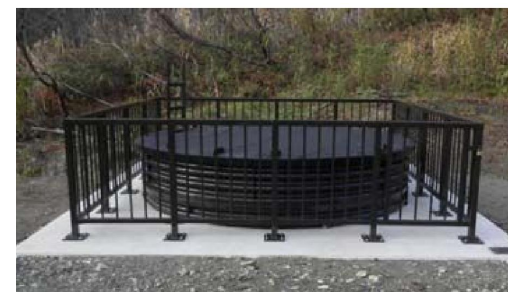


■手稲区のシンボルマーク

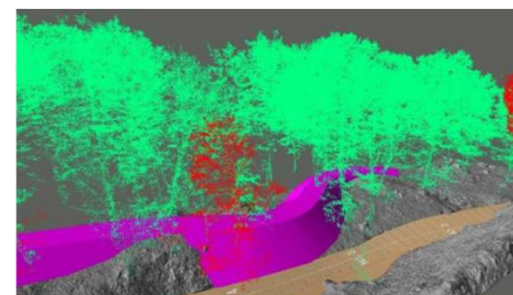
三角形は、やさしく区民を見つめる手稲の山々と、未来に向かって限りなく発展を続ける手稲区を象徴します。曲線は、手稲の歴史を刻む「軽川（がるがわ）」と、人情味あふれる区民相互の協調と連帯のひろがりを表します。色彩は、木々の緑、さわやかな水辺、澄みきった青空を表現し、これらの豊かな自然を大切にする区民の心意気を表します。（手稲区HPより引用）



イメージパースに基づいた景観検討事例※1



東北地方整備局 月山直轄地すべり対策事業における景観配慮事例※
(集水井及び立ち入り防止柵を環境色に塗装)

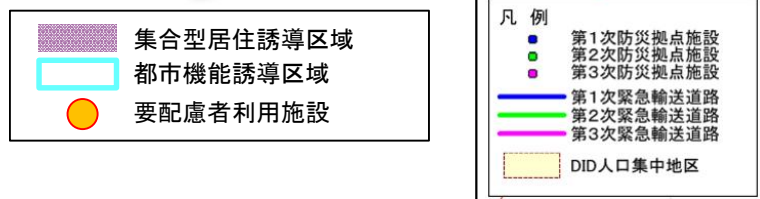


樹木を考慮した
工事用道路の配置検討事例※3

※1 田中(2021):阿蘇特有の自然景観に配慮した計画・設計コンセプト～砂防堰堤整備への反映に向けた取り組み～, 令和3年度九州国土交通研究会発表資料 より引用
 ※2 東北地方整備局 新庄河川事務所HP より引用
 ※3 谷保ら(2021):梅花皮沢第5号砂防堰堤工事用道路設計における環境配慮への取り組み-3次元設計の活用-, 令和3年度北陸地方整備局事業研究発表会資料より引用

生活の間である市街地への影響に関する調査・検討

- 手稲山地区地すべり防止区域に隣接するエリアは人口集中地区であり、一部は札幌市の都市機能誘導区域や集合型居住誘導区域であるほか、手稲区役所や消防署等の公共施設、病院、学校、老人ホーム、幼稚園等の要配慮者利用施設が多数あり、生活の間の近隣で実施される地すべり対策であることに留意が必要である。
- 今後、地すべり防止工事が生活環境に及ぼす影響（例えば、工事車両や建設機械から生じる粉塵、騒音、振動、濁水や、地下水排除工による地下水位や水質の変化等）について調査・検討を行う。
- その結果を踏まえ、工事車両の分散、低騒音型建設機械等の使用、防音壁設置、濁水処理施設の使用等、生活の間である市街地への影響を最小化するための措置を検討していく。



手稲山周辺の人口集中地区等の分布

生活環境への影響調査



家屋調査のイメージ※1



騒音調査のイメージ※2

生活環境への配慮措置



防音壁設置のイメージ※3



濁水処理のイメージ※4

※1 独立行政法人都市再生機構HP より引用 ※2 環境省 地方公共団体担当者のための建設作業振動対策の手引き より引用

※3 NETIS(新技術活用システム)HP より引用 ※4 北陸地方整備局神通川水系砂防事務所 第15回工事安全施工管理研究発表会資料 より引用

地すべり調査・観測の進め方に関するまとめ

地すべり機構解析に必要な調査・検討

【地すべり運動に関する調査・検討】P17

- 地すべりの範囲や移動量を調査するため、地盤伸縮計、地盤傾斜計、地上測量、GNSS観測等を実施する。観測結果は、初期安全率の推定や地下水位との関係性の解析等に活用する。
- 手稲山地区には多数の地すべりが存在し、隣接する地すべりブロックは相互に関連していると考えられる。このため、地すべりの発生・運動機構の解析では、隣接する地すべりブロックの運動も考慮する必要がある。

【地すべりブロックのすべり面に関する調査・検討】P19

- 地すべり防止施設の設計に向け、すべり面及び弱層の深度を詳細に把握するためのボーリング調査を実施する。不明瞭な地すべり地形を呈する地すべりブロックでは、すべり面深度や移動方向等を慎重に精査する。
- また、ボーリング調査孔では、計測機器(孔内傾斜計、地中伸縮計、パイプ歪計など)によるすべり面調査、地下水位観測や水質調査を実施する。

【地下水流動や地下帯水層に関する調査・検討】P20

- 地すべり防止施設の施設配置計画における安定解析や高濃度の自然由来重金属を含む地下水の分布を解析するため、地下水流動や地下帯水層を詳細に把握する必要がある。地下水観測孔を新たに設置し、地下水位観測や水質分析を実施する。必要に応じて、浸透流解析等の数値シミュレーションによる検討も実施する。

地すべり観測機器のソフト対策への活用(P18)

- 手稲山地区は人口集中地区や重要な交通網に隣接しており、地すべり災害の危険が高まった際には、現地踏査、計測データの解析、亀裂や変状等の調査、関係機関との情報共有、応急対策の検討が必要となる。また、災害の危険が差し迫った場合、関係機関と連携した住民避難や交通規制が必要となる。
- 手稲山地区では、今後地すべり機構の解析や地すべり防止施設の効果判定のために、地盤伸縮計などの地すべり観測機器を整備する必要がある。これらの地すべり観測機器を警戒避難体制の構築に活用することにより、地すべり対策の事業期間中における地域の安全度の向上を図る。

地すべり調査・観測の進め方に関するまとめ

自然由来の重金属、自然環境や生活環境の配慮に関する調査・検討

【自然由来の重金属の分布等に関する調査・検討】P21

- 手稲山周辺には鉍化変質帯が分布し、土壌や地下水からは自然由来の重金属が検出されることが知られている。地すべり対策工事では、自然由来の重金属が周辺環境等へ及ぼす影響に配慮する必要がある。
- 今後、調査ボーリングや地下水流動及び地下帯水層に関する調査・検討結果を踏まえて、地質・地下水・自然由来の重金属の相関を整理したうえで、地すべり対策工選定に向けて、ブロックごとに評価を実施していく。

【生物多様性及び自然環境への影響に関する調査・検討】P22

- 手稲山では、多種多様な動植物が確認されているとともに、一部は「マテリアルの森 手稲山林」として環境省の自然共生サイトに認定されているなど、生物多様性の保全の取り組みが進められている。
- 地すべり防止工事自体が周辺環境を変化させるおそれがあることにも留意し、自主的な環境配慮の取組事例集を参考にしつつ、有識者からの技術的助言を踏まえながら、環境に配慮した事業計画を検討する。
- 環境調査は、札幌市環境影響評価条例の環境配慮指針で示されている指標種等を対象に、地すべり防止工事の着手前・事業実施中・工事完了時に定点にて実施することとする。その際、定量的なデータの収集に努めることとする。

【景観及び人と自然の触れ合いの活動の場への影響に関する調査・検討】P23

- 手稲山地区は、生活の場である住宅街に近接するとともに、一部は「手稲本町市民の森」や自然遊歩道として札幌市民に利用されている。また、札幌市の環境配慮指針は、景観及び人と自然との触れ合いの活動の場に対する配慮を求めており、地すべり対策においても手稲山の自然環境が提供するこれらのサービスへの影響を最小化する必要がある。
- 上記を踏まえ、工事期間中の自然遊歩道の安全確保、イメージパースに基づいた景観検討、地形改変や樹木伐採の低減を考慮した工種・建設機械の使用、自然遊歩道周辺における景観保護等を検討する。

【生活の場である市街地への影響に関する調査・検討】P24

- 手稲山地区地すべり防止区域に隣接するエリアは人口集中地区であり、生活の場の近隣で実施される地すべり対策であることに留意し、地すべり防止工事が生活環境に及ぼす影響について調査・検討を行う。
- その結果を踏まえ、工事車両の分散、低騒音型建設機械等の使用、防音壁設置、濁水処理施設の使用等、生活の場である市街地への影響を最小化するための措置を検討していく。

5. 地すべり防止施設の配置計画立案、 施工の方針

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。※1**
 - 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。**

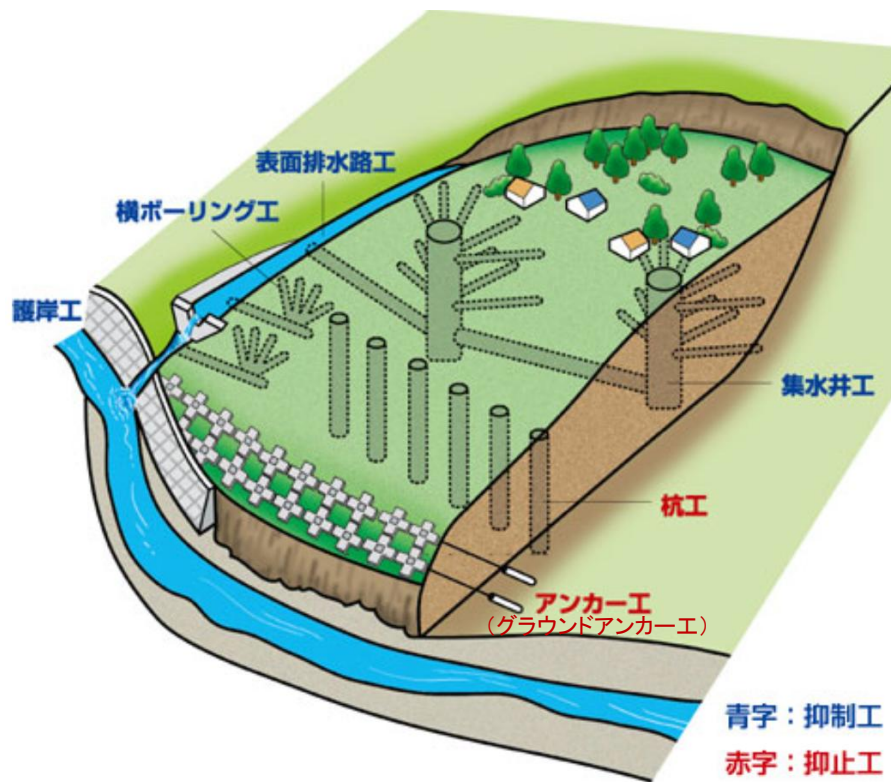
2. 調査-計画-対策-評価のPDCAサイクル

- 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の評価して、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。**

※1 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 より引用

地すべり防止施設の配置方針

- 手稲山地区における地すべり防止施設の配置計画では、抑制工と抑止工を組み合わせ対応することを基本とする。ただし、抑制工のみで目標を満足する場合は、抑制工のみで対応することも検討する。
- 自然由来の重金属による周辺環境等への影響が懸念される場合は、抑止工のみでの対応を検討する。



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(グラウンドアンカー工) ～ 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

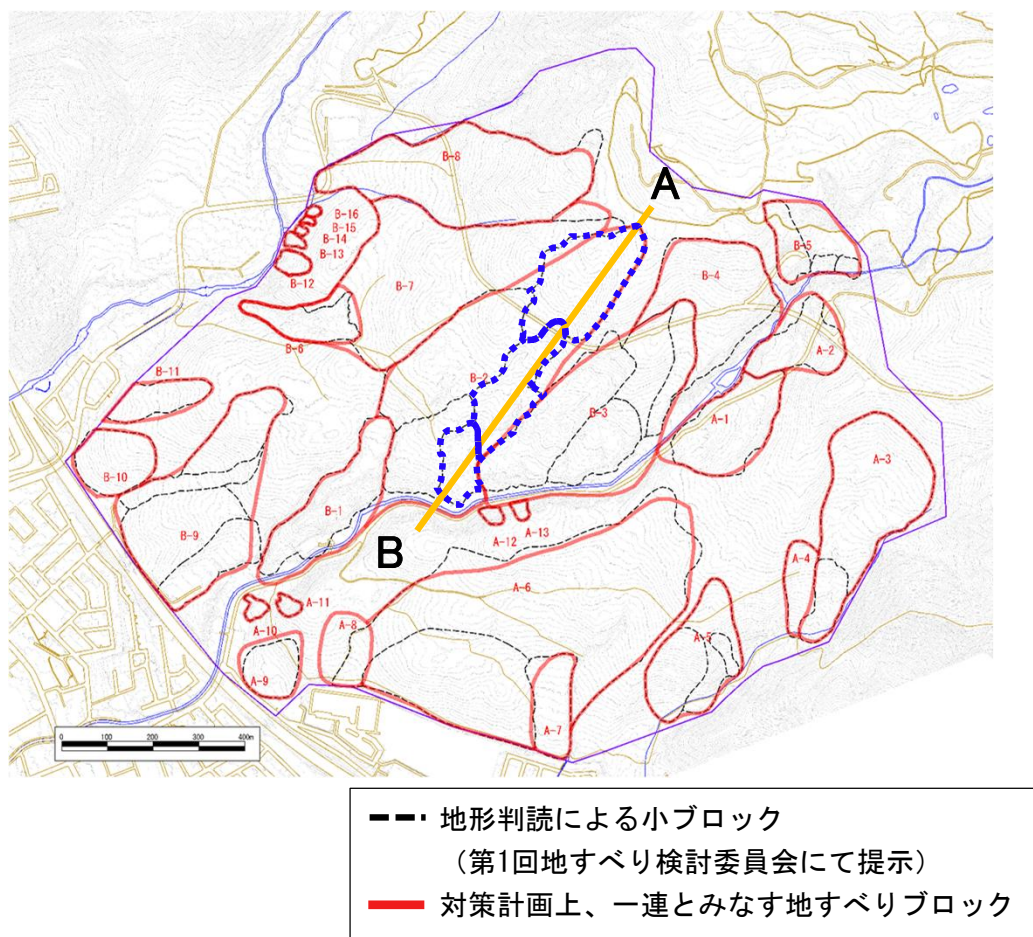
地すべり防止施設のイメージ※1

※1 中部地方整備局 天竜川中流地区直轄地すべり対策事業 事業再評価説明資料を一部加工して作成

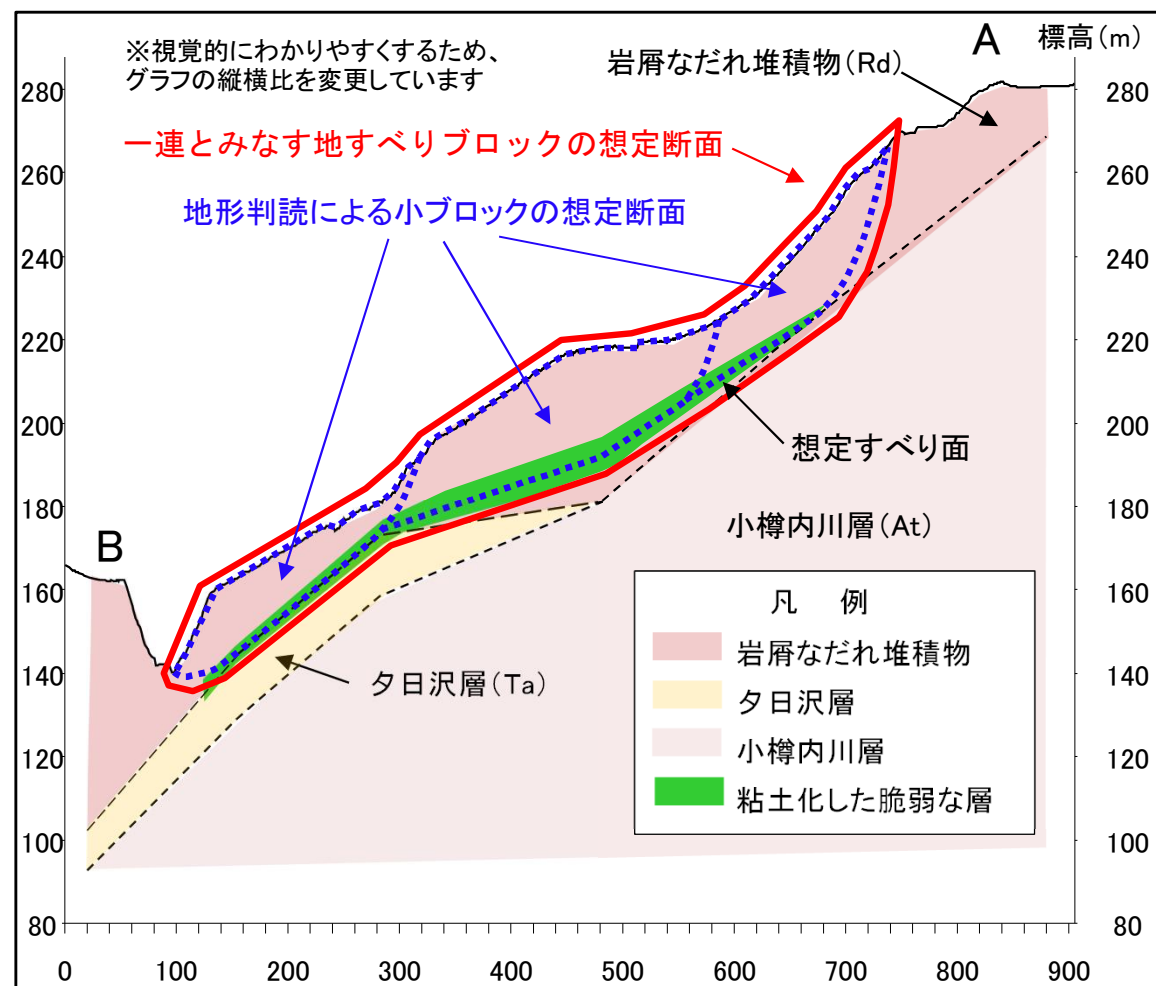
※現時点での概略的な調査結果であり、今後の詳細な調査・検討を踏まえて変更となる可能性がある。

地すべり施設配置計画のための一連の地すべりブロックの設定

- 手稲山地区の地すべりは、多数の地すべりブロックで構成されており、**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。**
- このため、手稲山地区の地すべり施設配置計画の検討においては、小ブロックの運動方向等を考慮したうえで、**相互に関連すると推定される小ブロックについては、一連の地すべりブロックとしてみなすこととする。**



対策計画上、一連とみなす地すべりブロック(平面図)



手稲山地区地すべり想定断面図(A-B測線)(イメージ図)

地すべりブロックの安定解析

- 安定解析では、一連の地すべりブロックを対象に実施することを基本とする。
- 安定解析では、応力の極限平衡により安定性を論ずる極限平衡法的一种である簡便法(Fellenius法)(以下、「簡便法」という。)を採用することとし、すべり面の深度、単位体積重量、間隙水圧から、(1)初期安全率の設定、(2)粘着力(c')の推定、(3)内部摩擦角(ϕ')の逆算、の手順で内部摩擦角(ϕ')を推定する(逆算法)。
- (1)初期安全率の設定では、ブロックの運動状況を踏まえ、累積変動が認められるブロックでは $F_s=0.98$ 、累積変動が認められないが地すべり性微地形の認められるブロックでは $F_s=1.00$ と仮定することとする。
- (2)粘着力(c')の推定では、地すべり防止技術指針に示される、最大鉛直層厚と粘着力の関係から地すべり土塊の最大鉛直層厚から粘着力(c')を推定することとする。
- (3)内部摩擦角(ϕ')の逆算では、上記の手順で求めた値を用いて、内部摩擦角(ϕ')を逆算することとする。
なお、間隙水圧は調査ボーリング孔内の既往観測地下水位の最高値から求めることとする。

$$F_s = \frac{\sum(N - U) \cdot \tan \phi' + c' \sum l}{\sum T}$$

← すべりに抵抗する力
← すべろうとする力

F_s : 安全率

N : 分割片の重力による法線力 (kN/m) $= W \cdot \cos \theta$

T : 分割片の重力による切線力 (kN/m) $= W \cdot \sin \theta$

U : 分割片に働く間隙水圧 (kN/m) \leftarrow 地下水位より

l : 分割片のすべり面長 (m)

c' : すべり面の粘着力 (kN/m²) \leftarrow

ϕ' : すべり面の内部摩擦角 (°) \leftarrow 逆算で求める

W : 分割片の重量 (kN/m)

θ : すべり面の分割片部における傾斜角 (°)

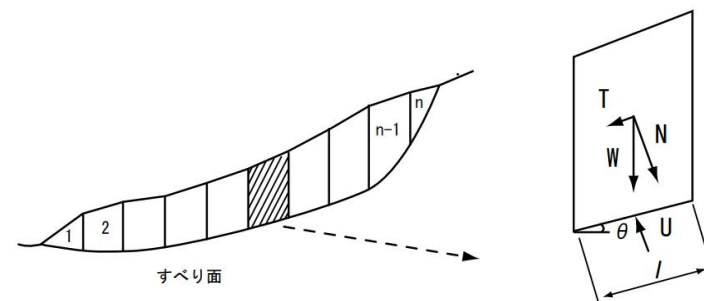


表 3-1 最大鉛直層厚と粘着力	
地すべり土塊の最大鉛直層厚 (m)	粘着力 c' (kN/m ²)
5	5
10	10
15	15
20	20
25	25

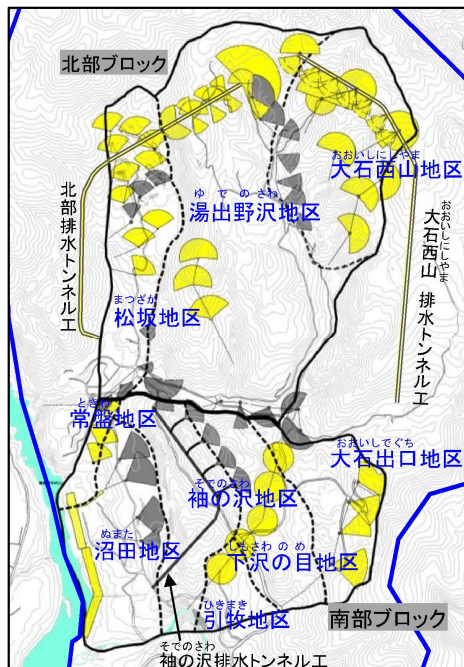
簡便法(Fellenius法)の式及び模式図※1

PDCAサイクルによる順応的管理

- 手稲山地区には、岩屑なだれ堆積物の中で粘土化した脆弱な層や、地下帯水層等が不規則に分布している可能性があり、十分な調査に基づいて計画しても、施工時に想定と異なる条件であることが判明する可能性がある。
- そこで、施工時に得られたすべり面や地下帯水層の情報や地すべり対策工の効果評価の結果を踏まえて、地すべり機構や地すべり対策の施設配置計画を柔軟に見直しながら対策工を施工していく必要があると考えられる。

Plan 調査・機構解析 対策計画・設計

- ・地すべり機構解析の実施
- ・地すべり機構解析結果に基づく地すべり対策の施設配置計画検討及び詳細設計の実施



対策工平面図の事例※1

Do 対策工施工

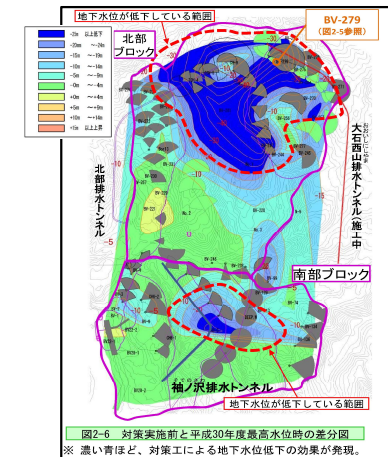
- ・地すべり対策の施設配置計画に基づく地すべり対策工の施工



対策工施工
(集水井工施工) 事例※2

Check 効果評価

- ・地すべり対策工施工による効果評価(地すべりの沈静化、地下水位低下の確認)
- ・施工時等に得られたすべり面や地下水の情報に基づく地すべり機構の問題点把握



効果評価(地下水位低下確認)事例※1

Act 対策方針・対策工法の見直し

早期の事業効果発現のための取り組み

- 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り※¹**、**一定の事業期間を要することが想定される。**
- 一方、手稲山地区では、政令指定都市・札幌市の市街地や北海道の地域防災等を支える重要な交通網及び豊かな自然環境を保全するため、**地域の安全度を早期に向上させる必要がある。**
- そこで、手稲山地区では、**保全対象の位置や重要性、ブロックの安定度や相互関係に応じて各ブロックの対策の優先度を設定して個別に安定性を向上させた後、対象とする地すべり地全体の安定性を向上させるよう計画する※²**ことにより、**早期の事業効果発現を図ることとする。**

主な観点①: 保全対象

保全対象に家屋や重要な交通網等を含むか 等

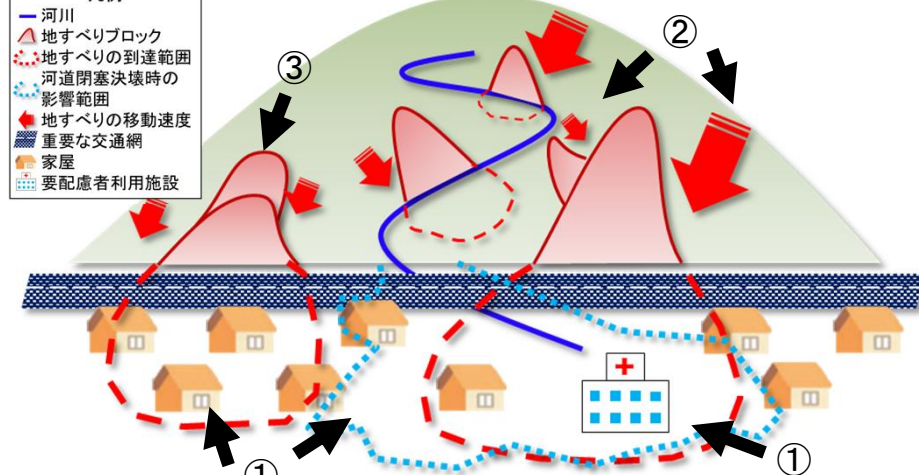
主な観点②: 地すべりブロックの安定度

地すべり地形の明瞭度やブロックの移動速度 等

主な観点③: 地すべりブロックの相互関係

他の地すべりブロックと相互関係があるか 等

凡例

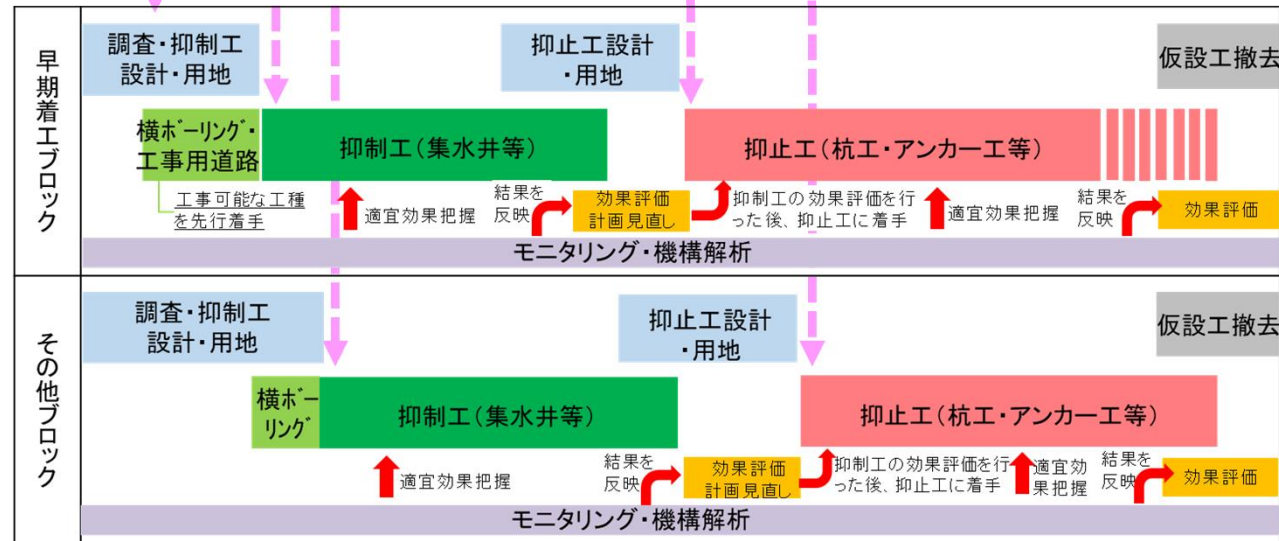


地すべりブロックの優先度の設定のイメージ

早期着工ブロックでは調査設計を集中的に実施し、早期着工を目指す

地すべりブロックを早期に安定化可能な抑制工を先行させる

抑制工の効果評価を踏まえ、抑止工を施工する



早期の事業効果発現を達成するための進め方のイメージ

※¹ 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、令和7年5月) より引用

※² 地すべり防止技術指針及び同解説(国土交通省砂防部・独立行政法人土木研究所、平成20年4月) より引用

既存ストックの有効活用

- 手稲山地区では、河岸侵食による地すべり末端部の不安定化によって地すべりが発生するおそれがあり、軽川、三樽別川、稲積川では、護岸工を整備する必要があると考えられる。
- 軽川の一部は砂防指定地に指定されており、北海道により砂防堰堤や三面張り流路工が整備されている。
- これらの既存の砂防堰堤などのストックを有効活用した効率的な地すべり防止施設の配置計画を立案することにより、地すべり対策の早期完了を目指す。



砂防堰堤（軽川）



コンクリート護岸（軽川）



自然河道（稲積川）



自然河道（三樽別川）

地すべり防止施設の配置計画立案、施工の方針に関するまとめ

手稲山地区における地すべり防止施設の配置計画検討の進め方①

【地すべり防止施設の配置方針】P29

- 手稲山地区における地すべり防止施設の配置計画では、抑制工と抑止工を組み合わせ対応することを基本とする。ただし、抑制工のみで目標を満足する場合は、抑制工のみで対応することも検討する。
- 自然由来の重金属による周辺環境等への影響が懸念される場合は、抑止工のみでの対応を検討する。

【地すべり対策の施設配置計画のための一連の地すべりブロックの設定】P30

- 手稲山地区の地すべりは、多数の地すべりブロックで構成されており、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。
- このため、手稲山地区の地すべり施設配置計画の検討においては、小ブロックの運動方向等を考慮したうえで、相互に関連すると推定される小ブロックについては、一連の地すべりブロックとしてみなすこととする。

【地すべりブロックの安定解析】P31

- 安定解析では、一連の地すべりブロックを対象に実施することを基本とする。
- 安定解析の方法は、応力の極限平衡により安定性を論ずる極限平衡法的一种である簡便法(Fellenius法)(以下、「簡便法」という。)を採用することとする。
- 初期安全率の設定では、ブロックの運動状況を踏まえ、累積変動が認められるブロックでは $F_s=0.98$ 、累積変動が認められないが地すべり性微地形の認められるブロックでは $F_s=1.00$ と仮定することとする。
- 粘着力(c')の推定では、地すべり防止技術指針に示される、最大鉛直層厚と粘着力の関係から地すべり土塊の最大鉛直層厚から粘着力(c')を推定することとする。
- 内部摩擦角(ϕ')の逆算では、上記の手順で求めた値を用いて、内部摩擦角(ϕ')を逆算することとする。なお、間隙水圧は調査ボーリング孔内の既往観測地下水位の最高値から求めることとする。

地すべり防止施設の配置計画立案、施工の方針に関するまとめ

手稲山地区における地すべり防止施設の配置計画検討の進め方②

【PDCAサイクルによる順応的管理】P32

- 手稲山地区には、岩屑なだれ堆積物の中で粘土化した脆弱な層や、地下帯水層等が不規則に分布している可能性があり、十分な調査に基づいて計画しても、施工時に想定と異なる条件であることが判明する可能性がある。
- そこで、施工時に得られたすべり面や地下帯水層の情報や地すべり対策工の効果評価の結果を踏まえて、地すべり機構や地すべり対策の施設配置計画を柔軟に見直しながら対策工を施工していく必要があると考えられる。

【早期の事業効果発現のための取り組み】P33

- 手稲山地区では、保全対象の位置や重要性、ブロックの安定度や相互関係に応じて各ブロックの対策の優先度を設定して個別に安定性を向上させた後、対象とする地すべり地全体の安定性を向上させるよう計画することにより、早期の事業効果発現を図ることとする。

【既存ストックの有効活用】P34

- 手稲山地区では、河岸侵食による地すべり末端部の不安定化によって地すべりが発生するおそれがあり、軽川、三樽別川、稲積川では、護岸工を整備する必要があると考えられる。
- このうち、軽川の一部は砂防指定地に指定されており、北海道により砂防堰堤や三面張り流路工が整備されている。
- これらの既存の砂防堰堤などのストックを有効活用した効率的な地すべり防止施設の配置計画を立案することにより、地すべり対策の早期完了を目指す。

6. 今後の予定

今後の予定

● 今後は次の調査・観測を実施する。

- ① 地表変動調査 : 移動杭測量、路線測量の継続実施、地盤伸縮計の設置・観測
- ② 地質調査 : ボーリング調査の実施
- ③ すべり面調査 : ボーリング調査の実施、孔内傾斜計、パイプ歪計の設置・観測
- ④ 地中変動調査 : 孔内傾斜計、パイプ歪計、地中伸縮計の設置・観測
- ⑤ 地下水調査 : 地下水位観測、水質調査の実施、新規ボーリング調査箇所での試錐日報解析、地下水検層の実施(汲上げを含む)
- ⑥ 地すべり機構解析 : 地すべりの範囲・すべり面の検討及び見直し、地下水分布・地下水流動の検討
地すべりの原因・地すべりの移動特性の考察、安定解析
- ⑦ 重金属調査 : 水質調査の実施、土壌溶出量・土壌含有量試験等の実施
- ⑧ 環境調査 : 自然環境調査の実施(動植物調査、生態系調査)

● 次回の地すべり検討委員会では、調査・観測や地すべり防止施設の配置計画検討の進捗状況を報告する。