

岩手・宮城内陸地震に係る荒砥沢地すべり対策と 大規模地すべりにより出現した地形・景観の活用に関する検討会 (第1回～4回 検討資料集約)

< 目次 >

1. 検討会の概要	1
1.1 目的	1
1.2 検討会の構成	1
1.3 開催状況	1
2. 荒砥沢地すべりの概要	3
3. 冠頭部拡大亀裂と全体ブロックへの影響の検討	4
3.1 冠頭部拡大亀裂の検討	4
3.2 滑落崖周辺の最新の動態観測結果	7
3.3 全体ブロック再滑動の危険性	9
4. 荒砥沢ダムへの土砂流出状況と今後の危険性	11
4.1 荒砥沢ダムへの土砂流出の特徴	11
4.2 土砂流出の危険性	12
5. 今後必要な対策工の検討	14
5.1 対策工実施の基本的な考え方	14
5.2 緑化手法の検討	15
5.3 対策工全体計画の対比（当初計画／見直し計画）	20
6. 対策工実施後の危険区域の検討と観察事象の整理	21
6.1 立ち入り危険区域の検討	21
6.2 観察事象の整理	23
6.3 対策工施工後の景観シミュレーション	26
7. 今後のモニタリング計画	28
7.1 モニタリングの目的	28
7.2 モニタリング計画	29
8. 活用に関する取組	30

平成22年1月

東北森林管理局

1. 検討会の概要

1.1 目的

荒砥沢地すべりは、平成20年岩手・宮城内陸地震による山地災害のうち最も大規模な地すべりであり、斜面長1,300m、幅900m、面積約98ha、すべり面の最大深度は100mを超える規模である。

この地すべり対策については、「岩手・宮城内陸地震に係る山地災害対策検討会」でその方針（基本的な考え方）が示されたところであり、当面の対策として、排水対策、滑落崖の安定化対策、末端ブロックの地すべり対策の工事が進められているところである。

当面の対策工事が完了した後については、施工効果の観測結果を踏まえ、必要な対策を講じていくこととしているところであるが、その際には他に類を見ない滑動形態、活動後の地形等を踏まえた対策を講じてゆくこととしているところであり、これらについて総合的な検討を必要とすることから、地域関係者、学識経験者等による指導、助言を頂くために検討会を設立するものである。

1.2 検討会の構成

《検討会委員》

- 井良沢道也（岩手大学農学部准教授）
- 金澤 大樹（栗原市・耕英地区区長）
- 佐藤 勇（栗原市長）
- 中静 透（東北大学大学院生命科学研究科教授）
- 松浦 純生（森林総合研究所水土保持研究領域長）
- 宮城 豊彦（東北学院大学教養学部教授、検討会座長）
- 石井 晴雄（前東北森林管理局森林整備部長、第1回）
- 石田 祐二（現東北森林管理局森林整備部長、第2～4回）

《オブザーバー》

- ・ 社団法人日本地すべり学会東北支部、宮城県
- ・ 農林水産省東北農政局（荒砥沢ダム管理者）

《事務局》

- ・ 林野庁東北森林管理局

1.3 開催状況

- 第1回検討会 平成21年8月4日（火）10:00-11:45 栗原市栗駒総合支所（午後；現地調査）

議事：（1）座長選出
（2）荒砥沢地すべりの現況と地すべり対策の基本的な考え方

- 第2回検討会 平成21年10月7日（水）13:00-16:30 ホテルエポカ

議事：（1）現地調査結果（地すべり発生から1年後の現況）
（2）拡大崩壊の危険度評価と頭部排土工の効果等
（3）利活用に向けての事例紹介

- 第3回検討会 平成21年11月23日（月）13:00-16:00 ホテルエポカ

議事：（1）滑落崖の変状と応急排土工の必要性について
（2）荒砥沢ダムへの土砂流出状況とその対策の必要性について
（3）対策工施工後の景観シミュレーションとビューポイント等について

- 第4回検討会 平成22年1月20日（水）13:00-15:00 栗原市市民活動支援センター

議事：（1）宮城県沖地震が発生した場合の全体ブロック再活動の危険性について
（2）土砂流出の危険性について
（3）提出意見の紹介と回答
（4）今後必要な対策工の検討
（5）対策工実施後の危険区域の検討と観察事象等の整理
（6）今後のモニタリング計画
（7）活用に関する取り組み
（8）その他



第 1 回検討会開催状況



第 1 回検討会開催状況



第 1 回検討会 現地調査状況



第 2 回検討会開催状況



第 4 回検討会開催状況



第 4 回検討会終了後記者会見状況

図 1.3.1 検討会開催状況

2. 荒砥沢地すべりの概要



荒砥沢地すべりは、平成20年6月14日に発生した岩手・宮城内陸地震による山地災害のうち、最も大規模な地すべりである。その規模は斜面長約1300m、幅約900m、面積約98ha、すべり面の最大深度は100mを超える。

すべり面傾斜角は末端部で1°程度、中腹部から上位で-1°程度と極めて緩く、移動距離は最大300mにも達し、地すべりブロック内では3列の陥没帯と陥没帯間の2列のリッジが形成され、末端部や右側壁部のブロック縁辺部では、渓床の埋積や移動土塊の激しい変形が発生している。最大約150mにおよぶ滑落崖の形成、地すべり末端部や右側壁部での隆起帯・擾乱帯の形成、またこれによる沢の堰止めや湧水による湛水の形成といったことが発生している。不安定土砂発生量は約6,700万m³に達する。

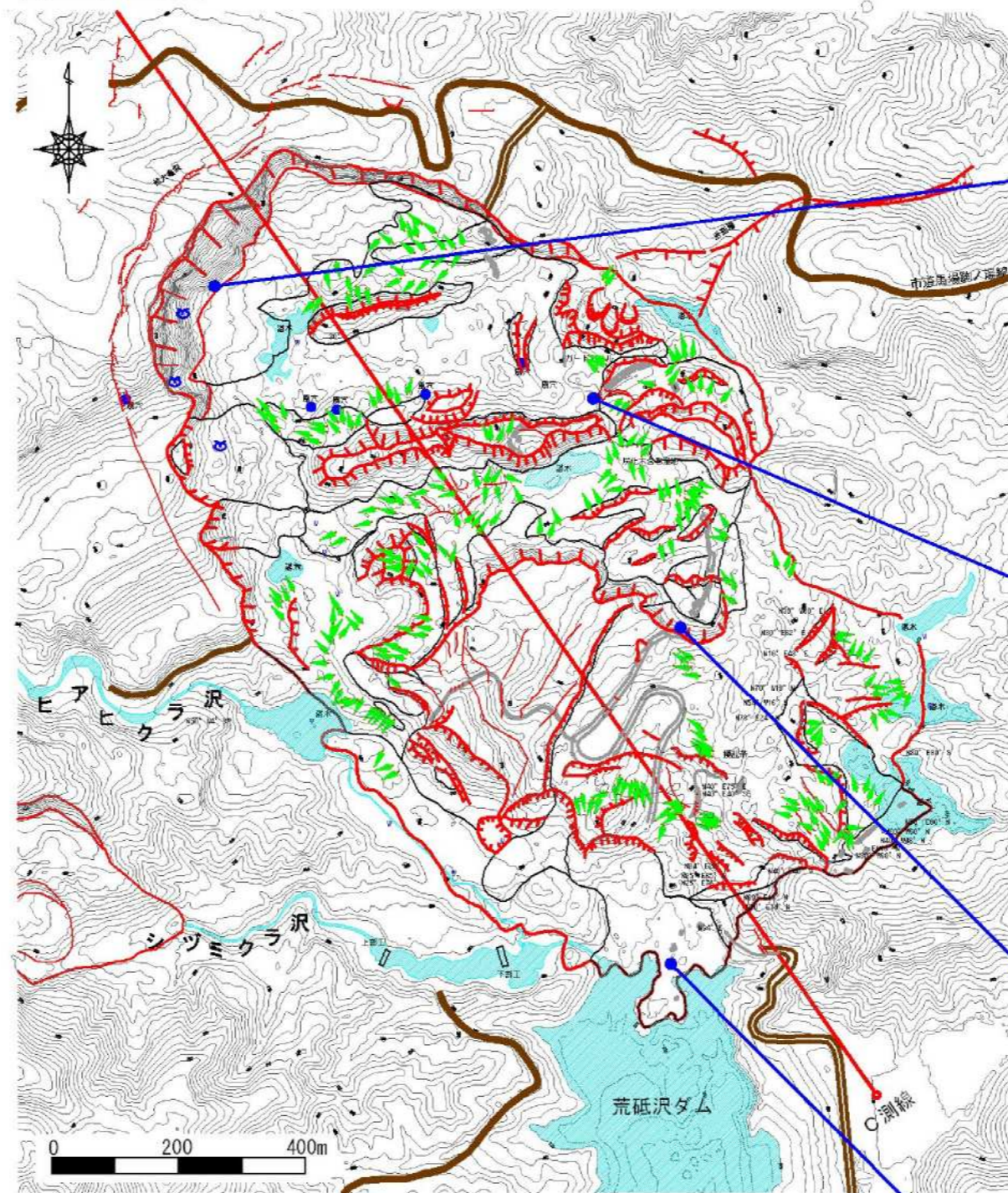


地すべり全景写真(地すべり左側壁側上空から頭部方向を望む)

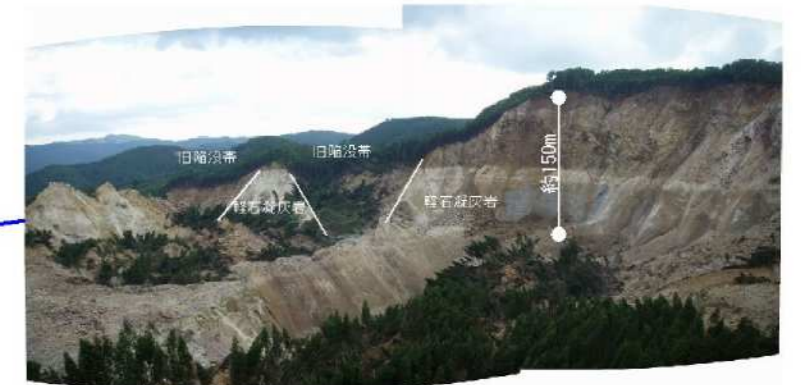
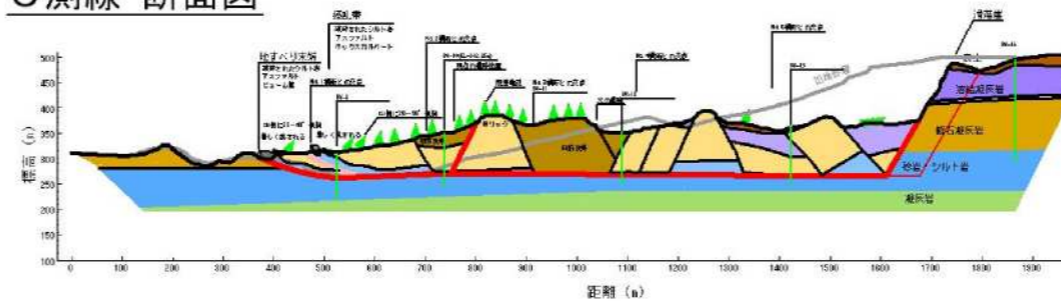


地すべり全景写真(地すべり頭部上空から荒砥沢ダム方向を望む)

平面図



C測線 断面図



頭部滑落崖(滑落崖の比高は最大で約150mに達する)



寸断された市道荒砥沢線



中腹部の滑落崖(ガードレールが垂れ下がり、道路が寸断された)

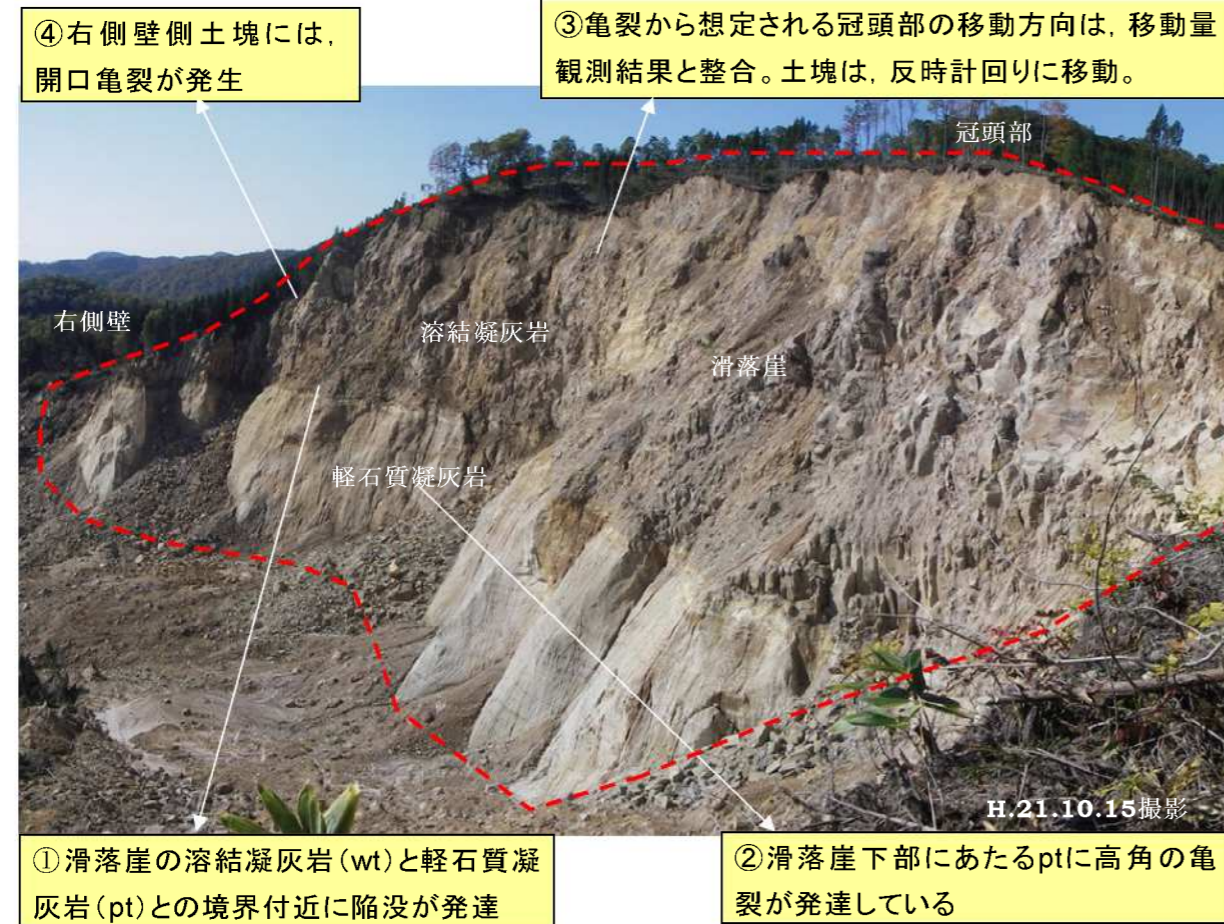


ダム湖へ流出した移動土塊

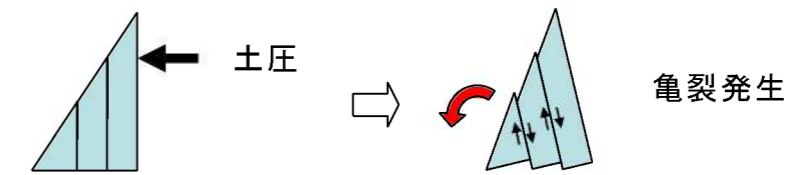
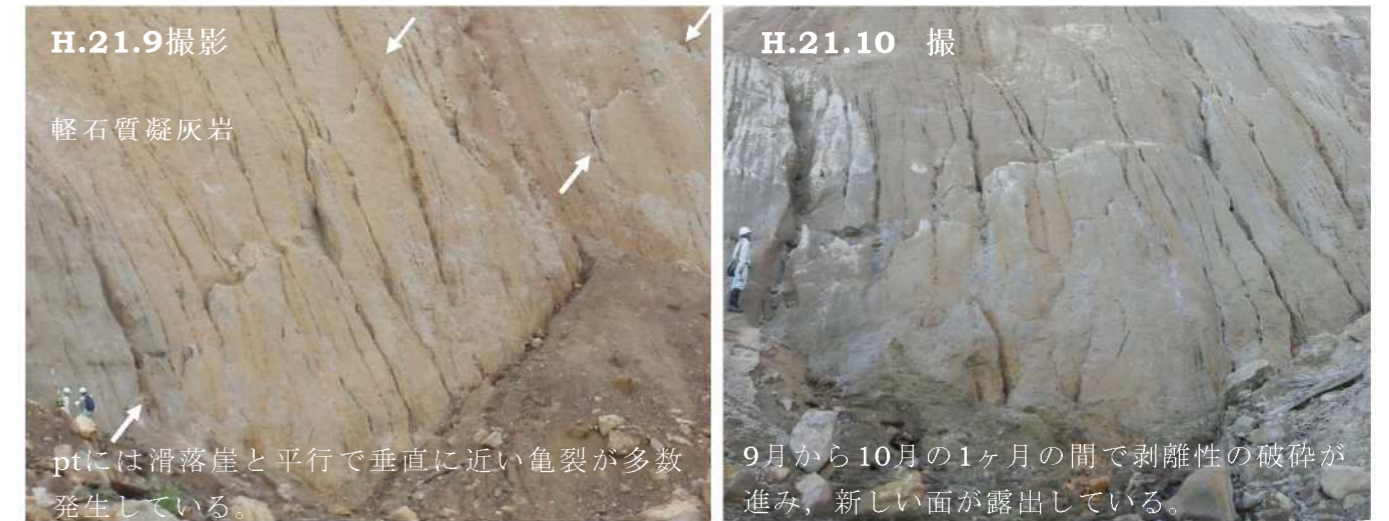
3. 冠頭部拡大亀裂と全体ブロックへの影響の検討

3.1 冠頭部拡大亀裂の検討

(1) 現況



溝状凹地の延長にテラス状の緩斜面ができ、その先に溝地形もみられる。



二時期の写真判読結果

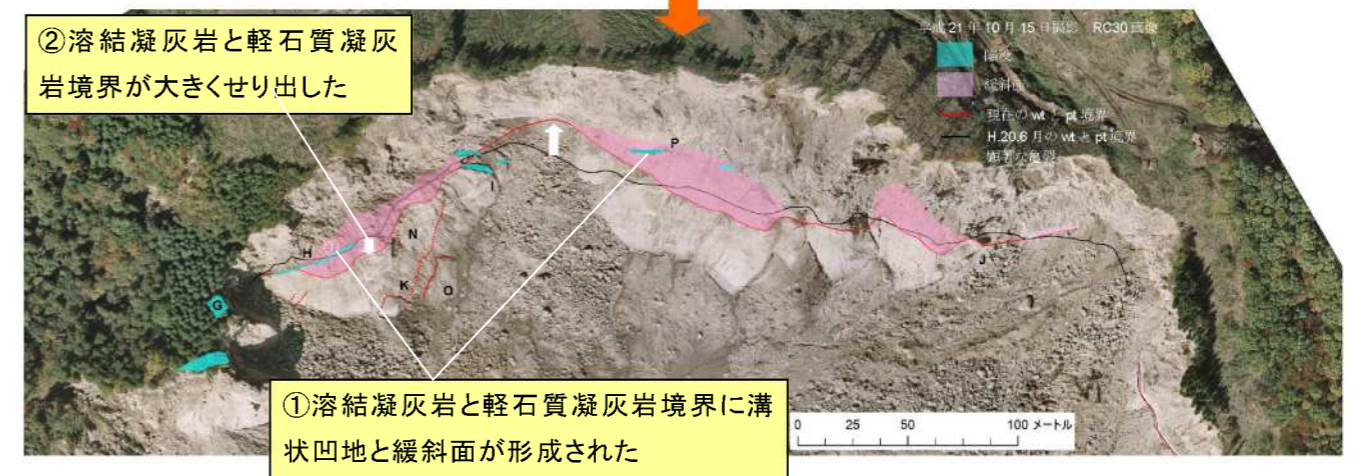
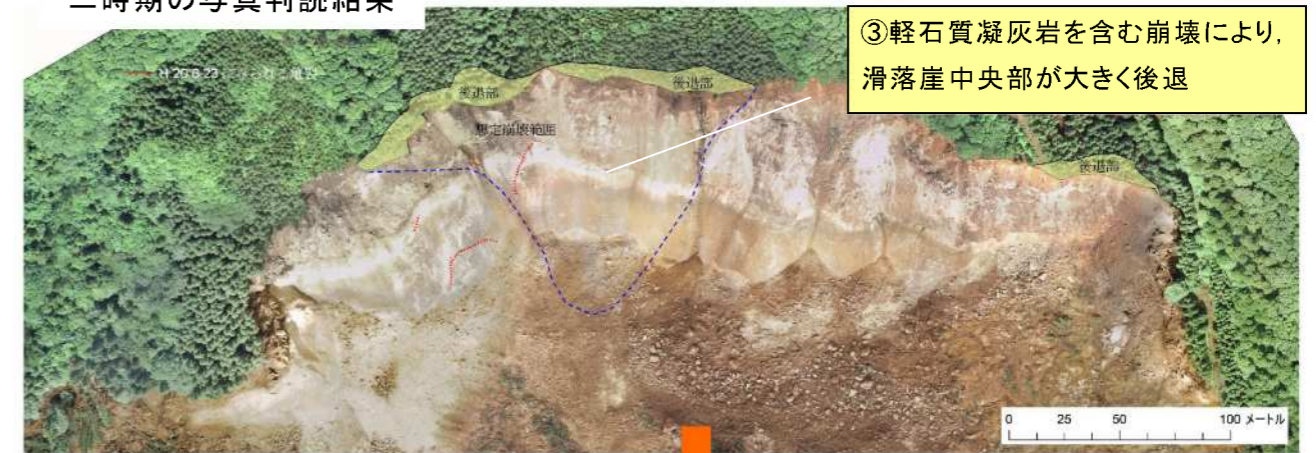
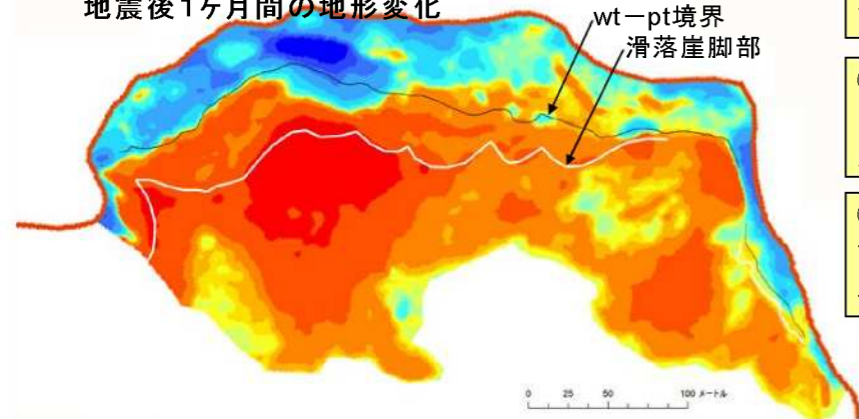


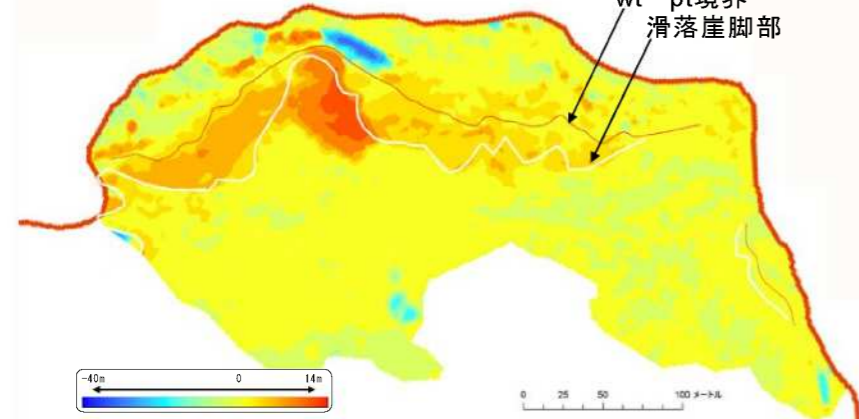
図 3.1.1 滑落崖周辺の現況

(2) レーザープロファイラによる地形変化

地震後1ヶ月間の地形変化



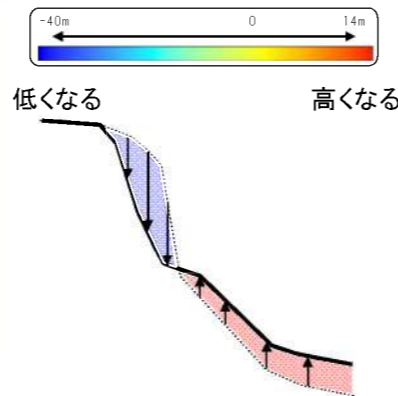
それ以降の地形変化



① 滑落崖上部は低くなり、滑落崖下部では高くなり、右側壁側の変化が大。

② 上昇と低下の境は、wt-pt境界とほぼ一致。崖錐が堆積していない滑落崖下部が高くなった。

③ 右側壁側の滑落崖下部で高さが増す。高くなった範囲は、滑落崖下部の軽石質凝灰岩に相当。



断面図の比較

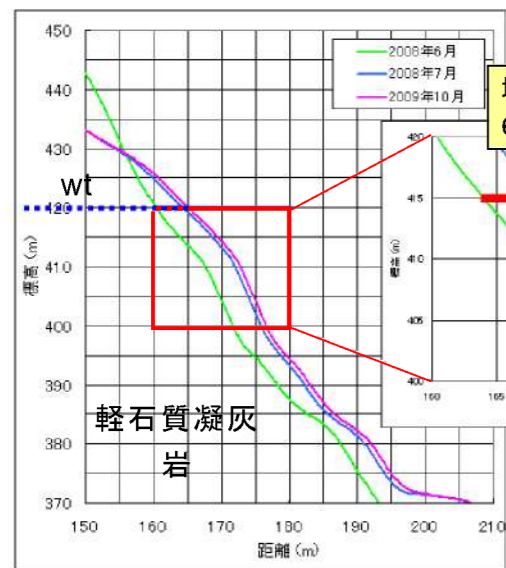
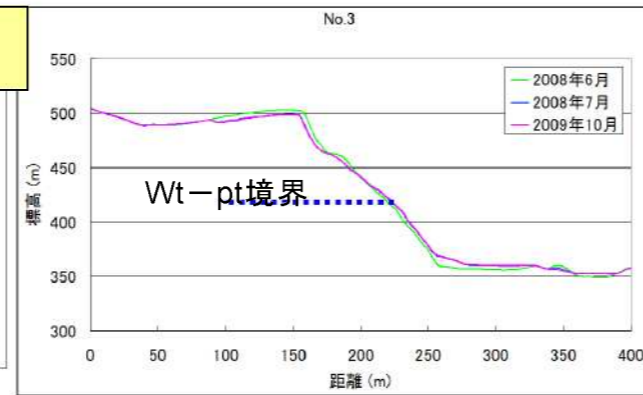
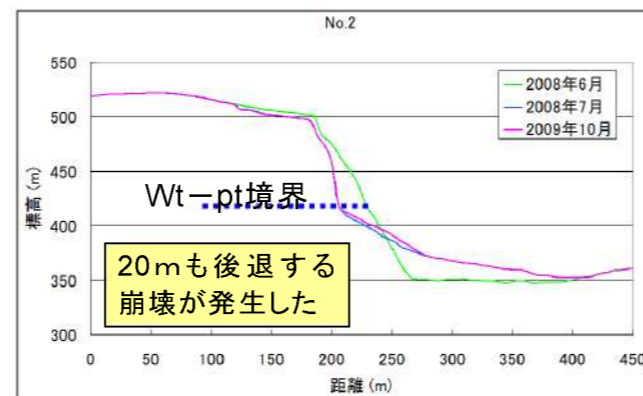
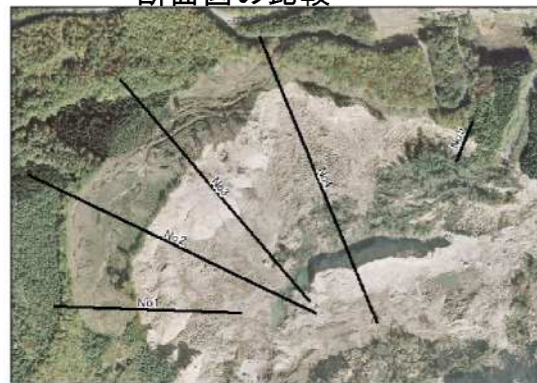
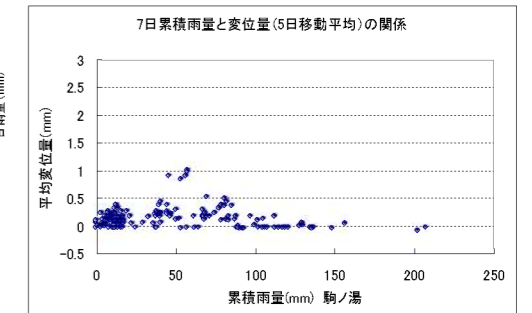
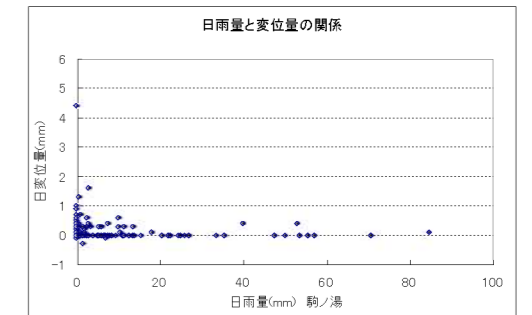
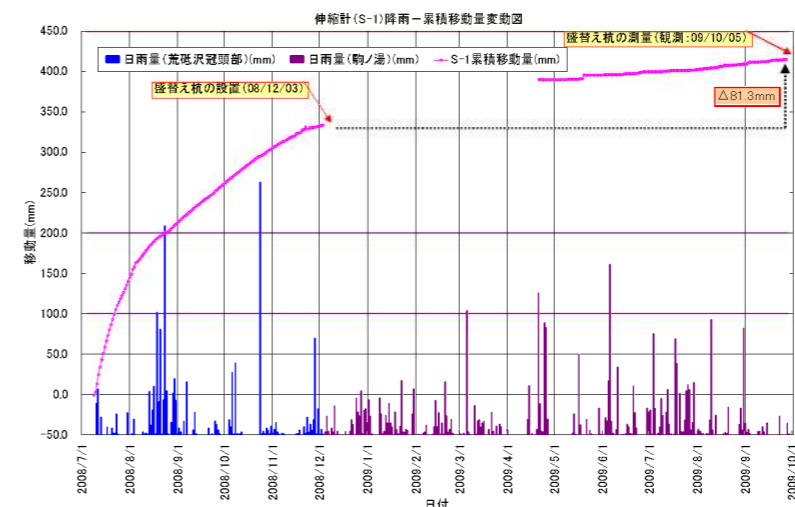


図 3.1.2 レーザープロファイラによる地形変化

(3) 移動量観測結果

伸縮計による冠頭部拡大亀裂の変位

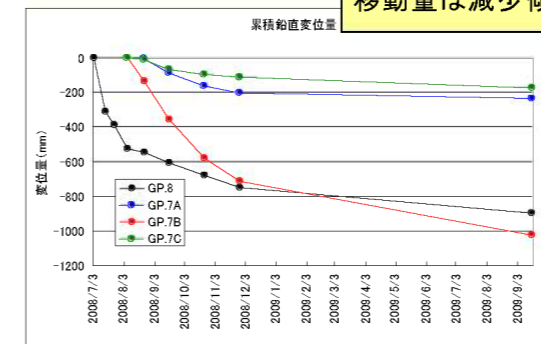
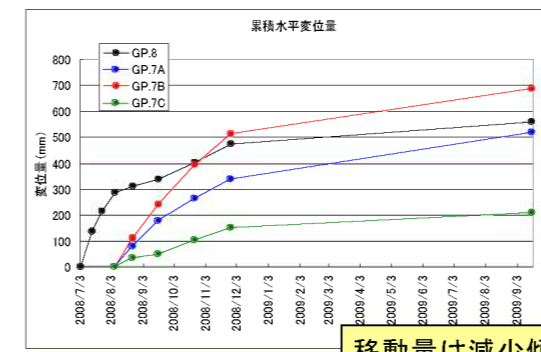
- ① 前年の12月以降に変位量が減少しているが、変位は停止していない。
- ② 8月以降に、累積曲線が上昇傾向にある。



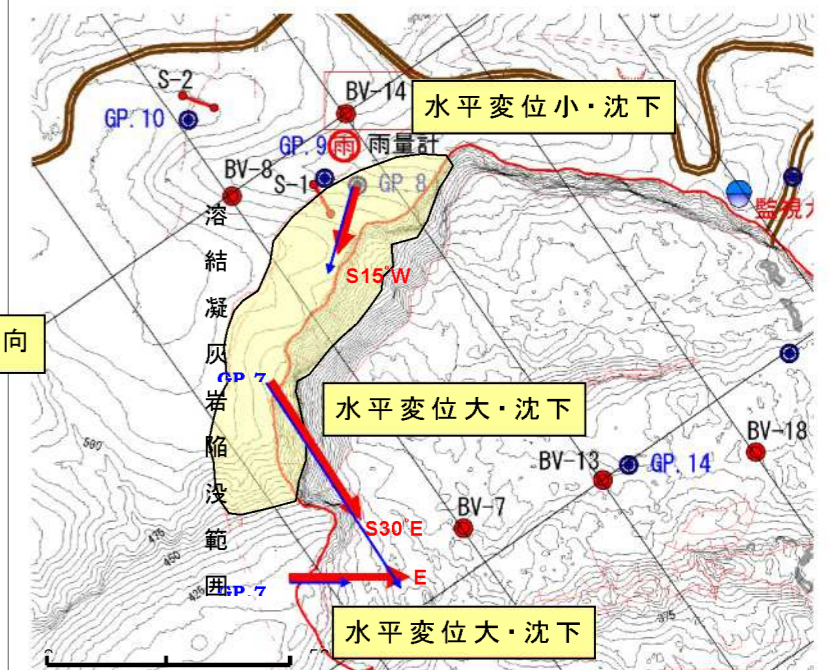
降雨との関係は明瞭ではない

図 3.1.3 移動量観測結果

GPS・光波測量による拡大崩壊の移動量と移動方向



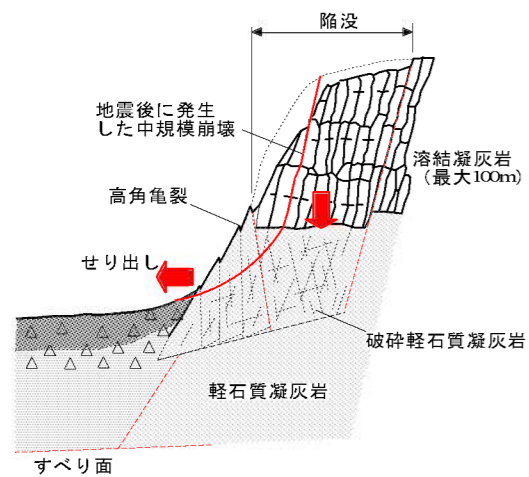
移動量は減少傾向



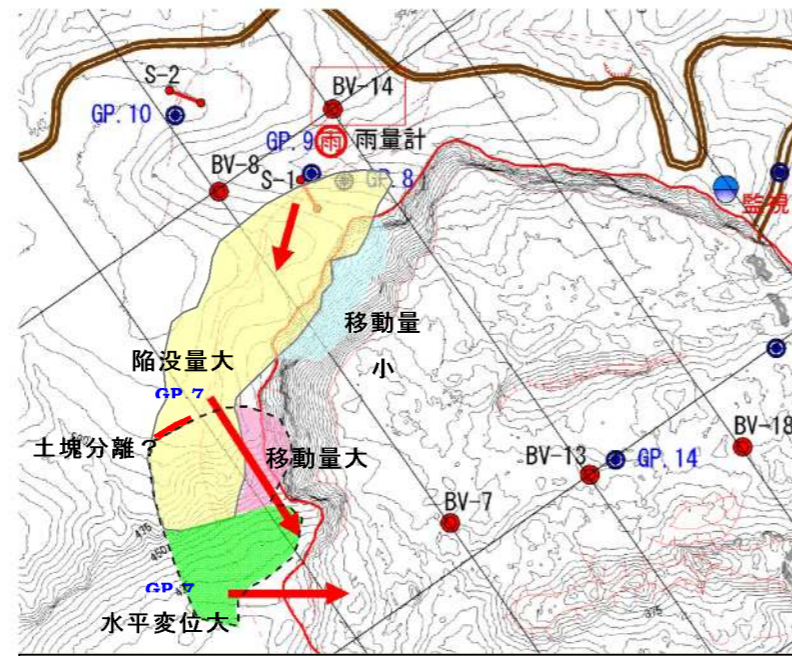
→ 水平移動量と移動方向
→ 鉛直移動量

図 3.1.4 GPS 光波測量結果

(4) 拡大崩壊の構造と運動の推定

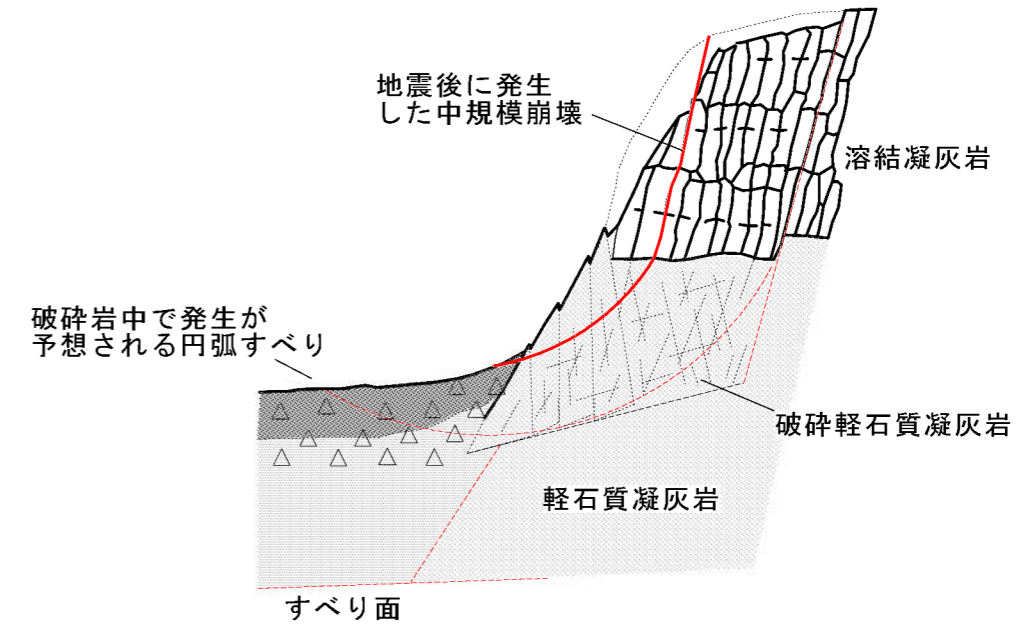


- ①溶結凝灰岩の荷重が下部の軽石質凝灰岩を破壊した。
- ②pt内にはすべり面が形成され、その形態は直線状と推測される。
- ③すべり面深度は、さほど深くはないと推測される



- ①主働部はwtの最も厚いGP.7B付近で移動量大。
- ②GP.8付近はptに拘束され、GP.7b方向へ移動。
- ③GP.7A付近は陥没が発生しにくく、GP.7b方向から押され、水平変位量大。
- ④右側壁側土塊は移動量が大きく分離しつつある。このすべり面は下流へ傾斜し、かつ比較的浅い。

(5) 滑落崖の今後の予測



- ①応急排土工により、豪雨時にも拡大崩壊は安定し、全体すべりが活動する危険性が低減。
- ②さらに背後に生じた亀裂の拡大を防止でき、重要な市道が保全される。

図 3.1.5 拡大亀裂の構造と運動の推定

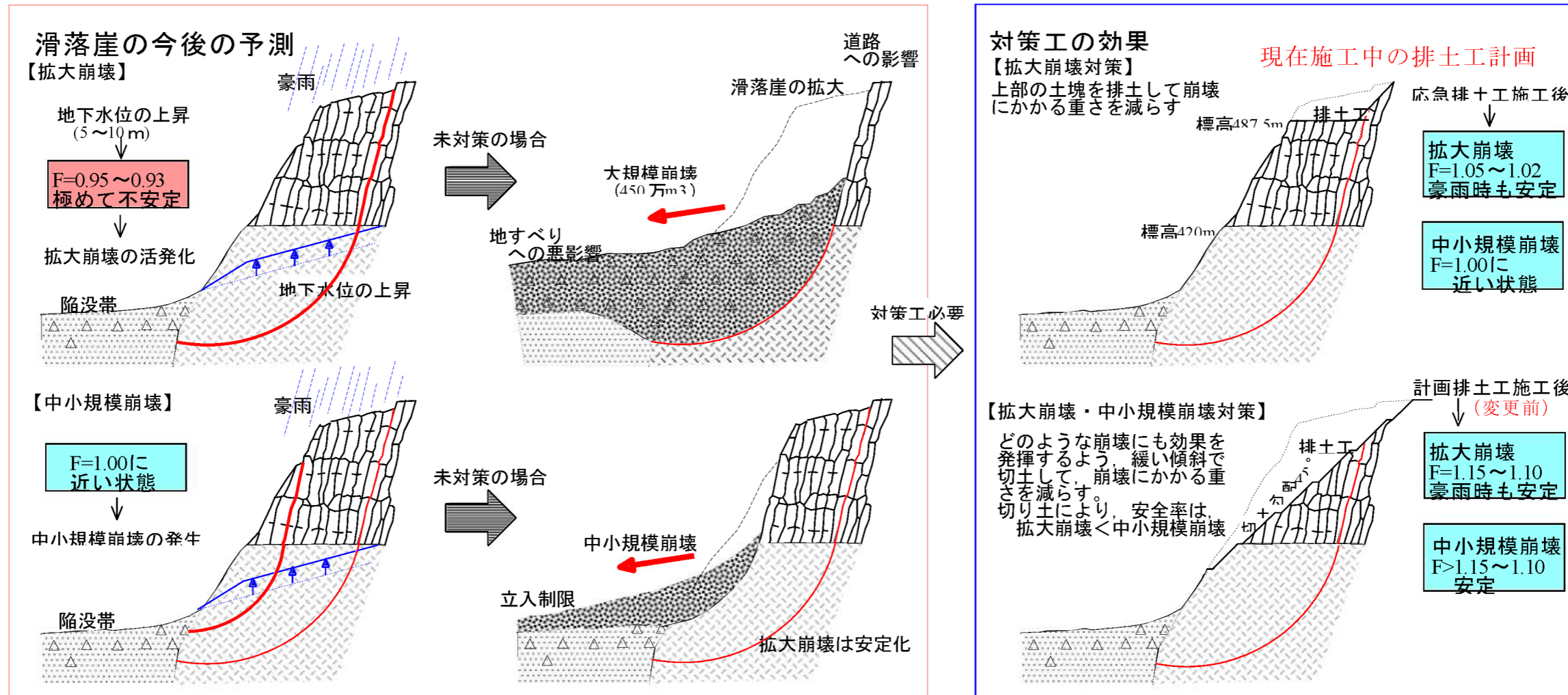


図 3.1.6 滑落崖の今後予測

3.2 滑落崖周辺の最新の動態観測結果

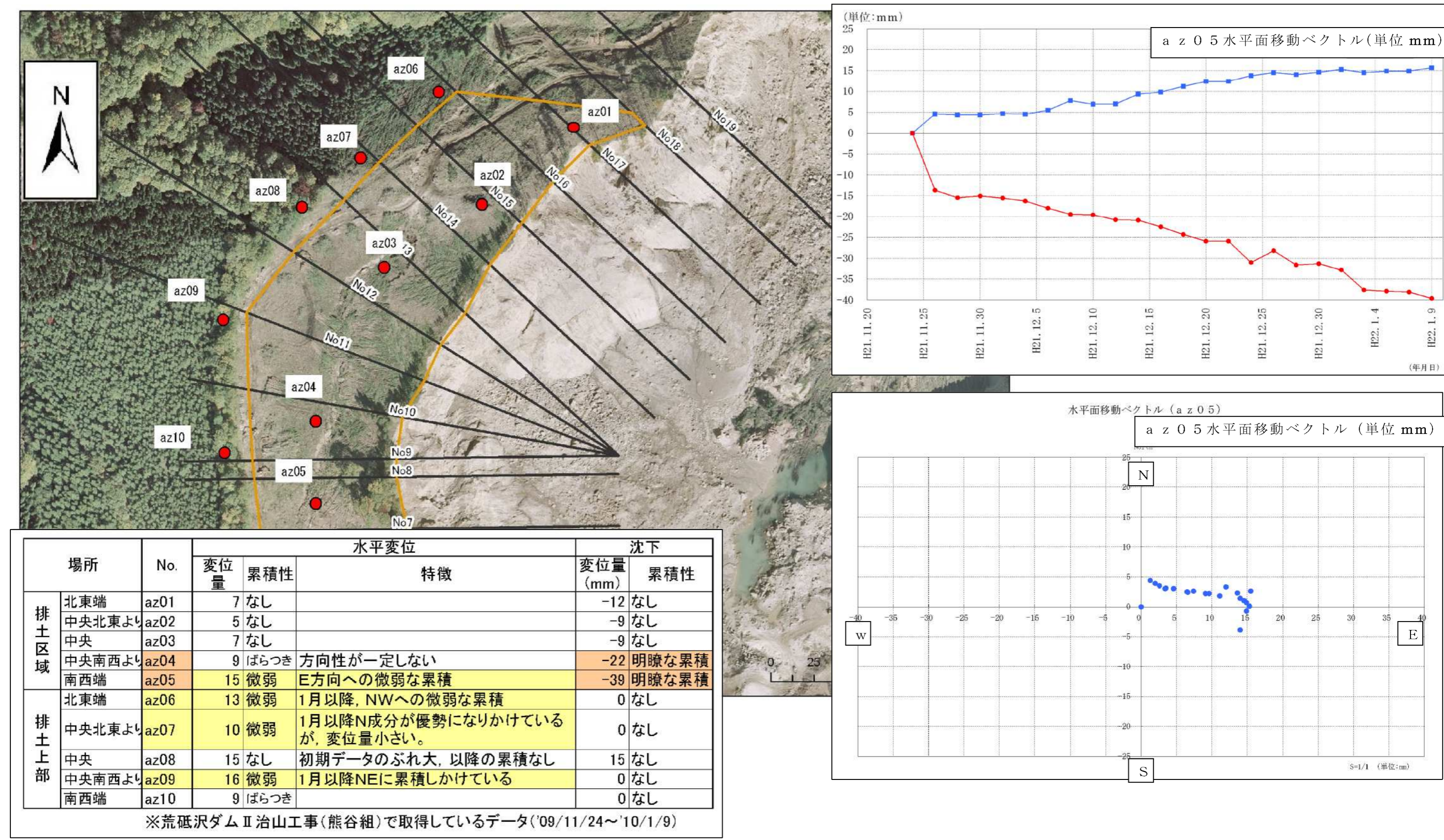
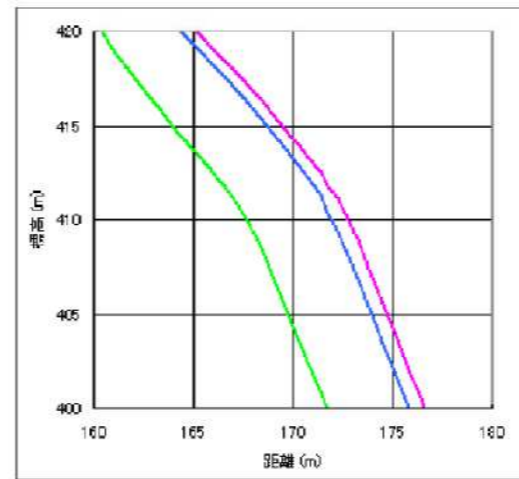
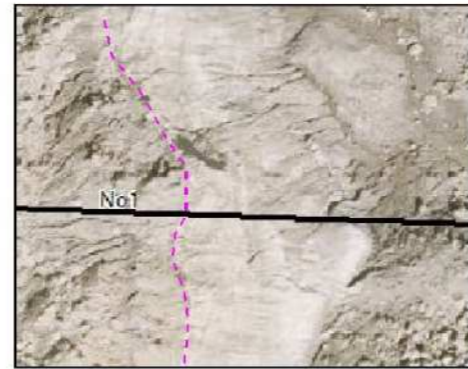
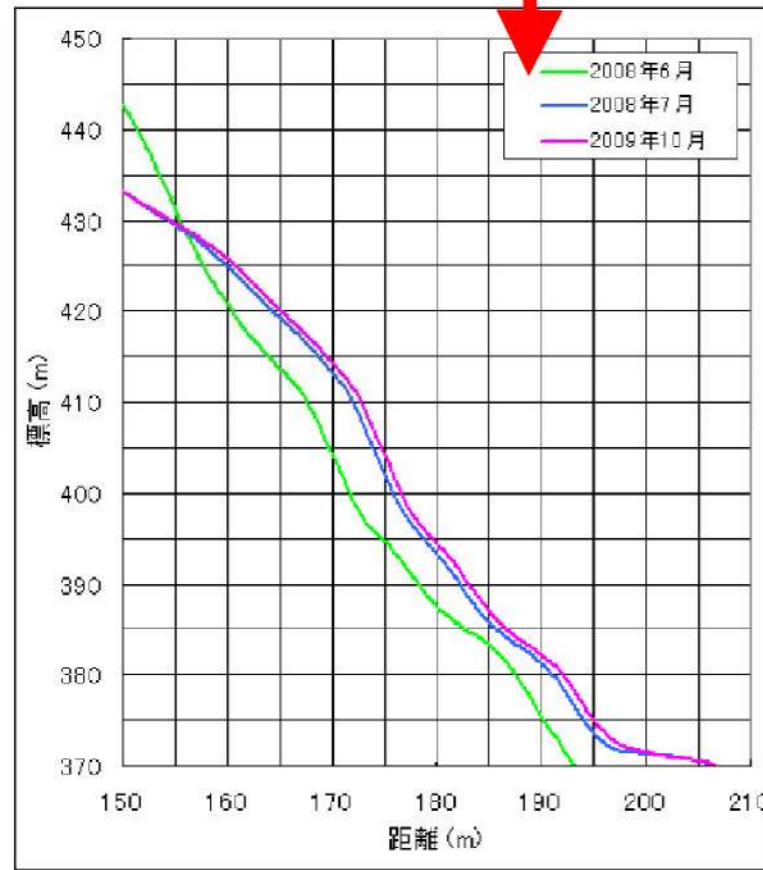
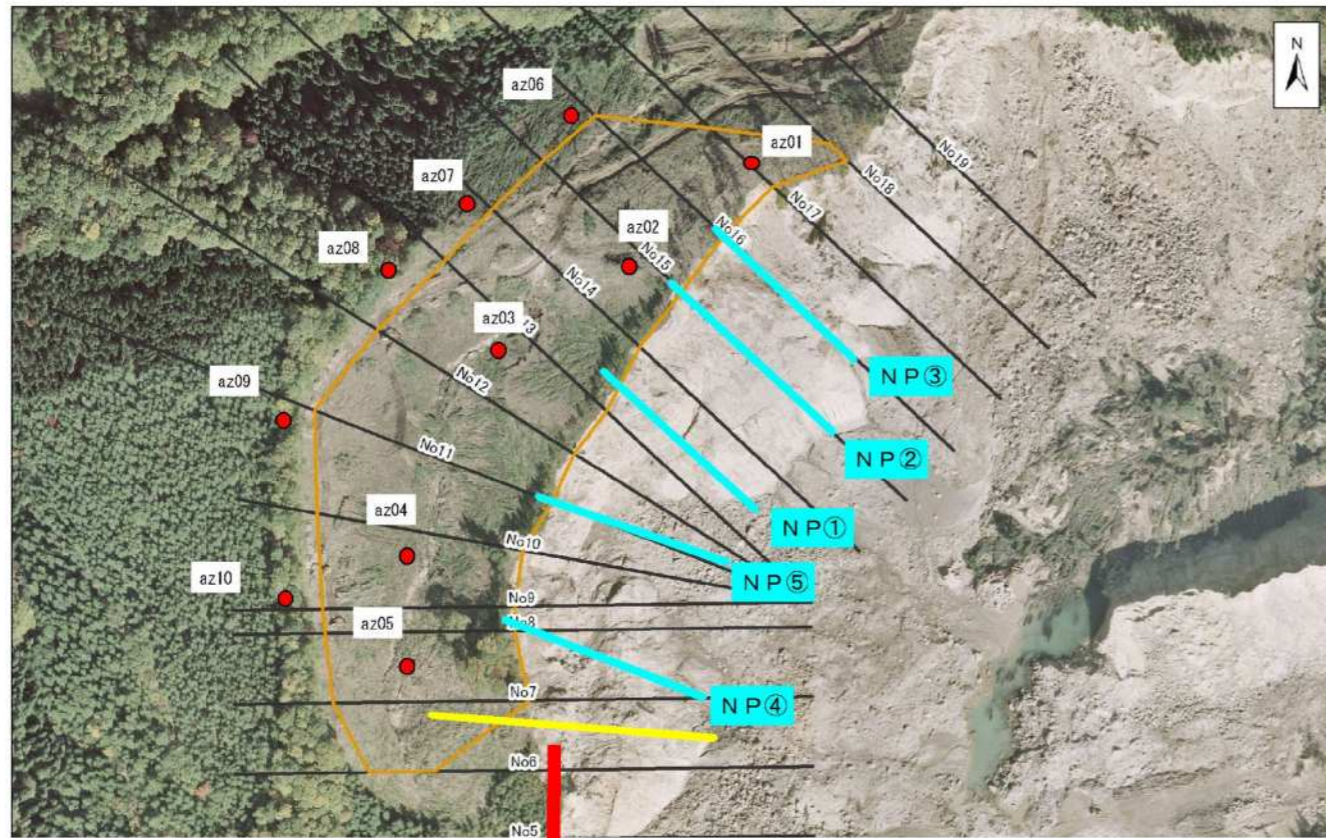
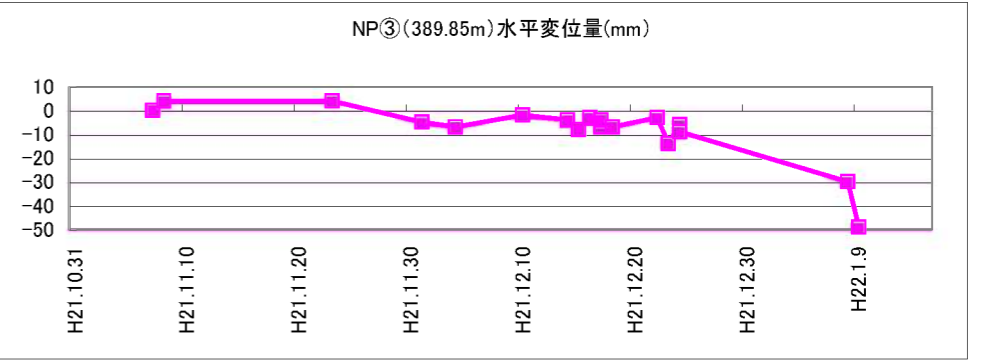


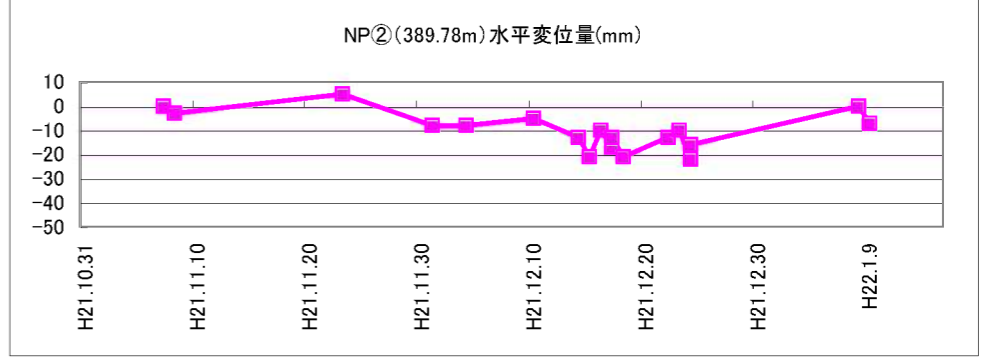
図 3.2.1 GPS自動観測結果



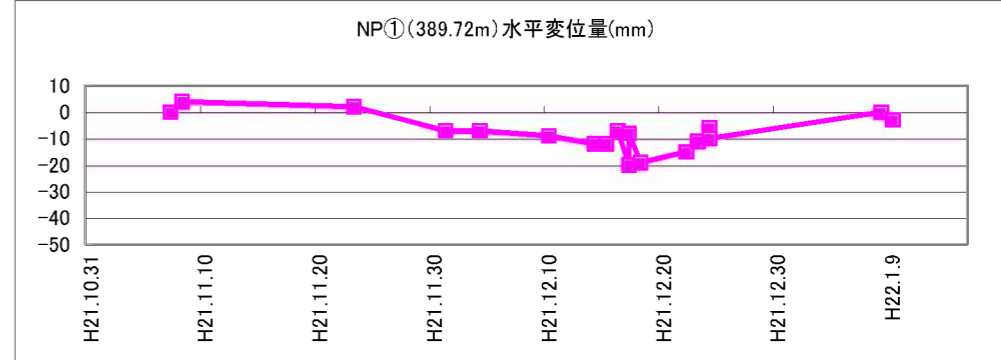
NP③ (389.85m)
の水平変位量



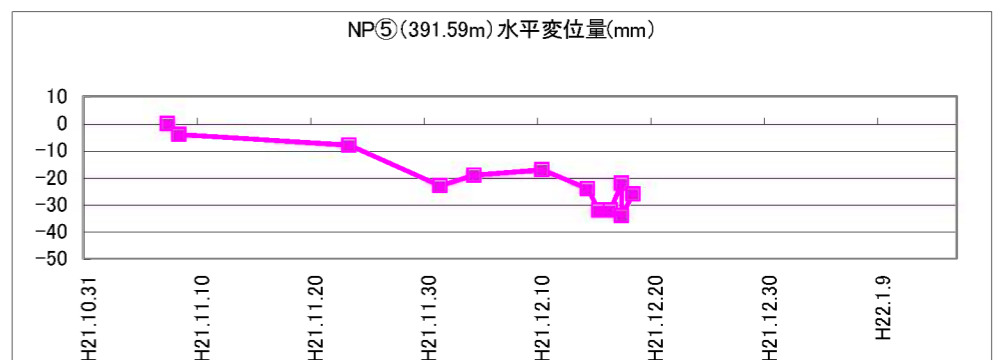
NP② (389.78m)
の水平変位量



NP① (389.72m)
の水平変位量



NP⑤ (391.59m)
の水平変位量



NP④ (389.61m)
の水平変位量

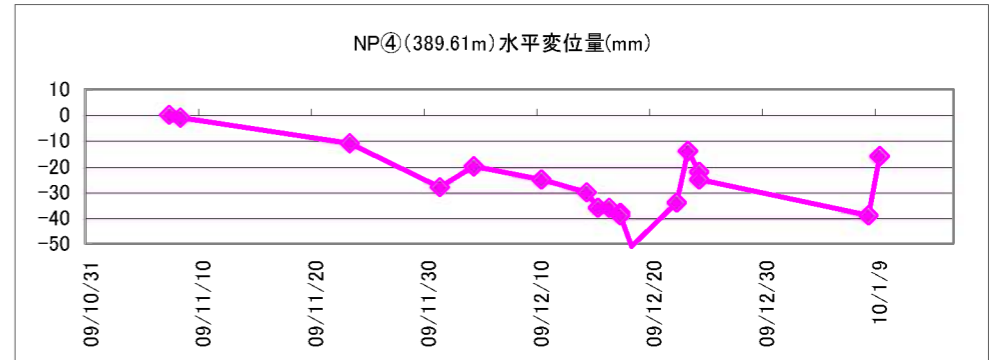


図 3.2.2 レーザ測量 (ノンプリズム) 観測結果 (滑落崖のせり出し)

3.3 全体ブロック再滑動の危険性

現在予想されている宮城県沖地震（単独及び連動）による荒砥沢地すべり位置での震度は震度5弱に近い震度5強となっている。よって、震度5強を想定したシナリオでの解析結果を以下に示す。

ここでは拡大崩壊による全体ブロックへの影響を検討するために以下の9つのシナリオを想定した。

表 3.3.1 拡大崩壊が全体ブロックへ影響するシナリオ

ケース	主な要因	内容（シナリオ）
ケース 1	滑落崖崩落の衝撃力	滑落崖の崩落による衝撃荷重等の影響で全体ブロックが滑動する。
ケース 2	滑落崖崩落の载荷と地震	滑落崖の崩落土砂が载荷した状態で後年に大地震が発生した。
ケース 3	滑落崖崩落の衝撃力と地震	大地震によって滑落崖が崩落し、衝撃荷重と地震力が同時に作用した。
ケース 4	滑落崖崩落の衝撃力と地下水位の上昇	豪雪年の融雪等による地下水の異常上昇した時期に、滑落崖の崩落による衝撃荷重等の影響で全体ブロックが滑動する。
ケース 5	冠頭部の拡大すべり	冠頭部の拡大すべりによって全体ブロックが滑動する。
ケース 6	冠頭部の拡大すべりと地下水位上昇	冠頭部の拡大すべりと豪雪年の融雪等による地下水の異常上昇によって全体ブロックが滑動する。
ケース 7	冠頭部の拡大すべりと地震	冠頭部の拡大すべり発生後に大地震が発生する。
ケース 8	地下水位の上昇と地震	豪雪年の融雪等による地下水の異常上昇した時期に大地震が発生した。
ケース 9	滑落崖崩落の载荷と地下水位の上昇	滑落崖の崩落土砂が载荷した状態で豪雪年の融雪等による地下水の異常上昇した。

これらの9種類のシナリオを主な要因の組み合わせという観点から整理すると以下の表のように整理することができる。

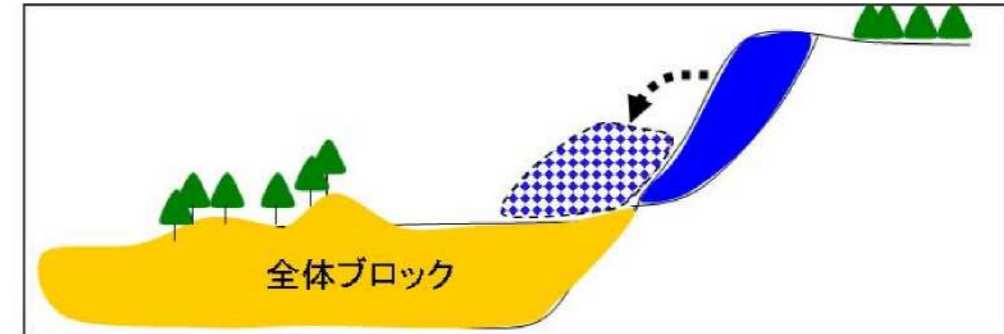
表 3.3.2 主な要因の組み合わせからみた各シナリオ

主要因	頭部载荷	頭部衝撃力	地震	異常豪雨等	拡大すべり
無し（単独）	ケース 1	ケース 1	H20 委員会	—	ケース 5
頭部载荷	—	—	ケース 2	ケース 9	—
頭部衝撃力	—	—	ケース 3	ケース 4	—
地震	ケース 2	ケース 3	—	ケース 8	ケース 7
異常豪雨等	ケース 9	ケース 4	ケース 8	—	ケース 6
拡大すべり	—	—	ケース 7	ケース 6	—

注：“H20 委員会”とは平成 20 年の同地すべり検討委員会で検討された内容であることを示す。

このように各シナリオに登場する主な要因を模式的に表現すると以下ようになる。

(a) 滑落崖の崩壊による頭部载荷および衝撃力の発生



(b) 後背斜面の拡大すべり



(c) 豪雨や豪雪年の融雪等による地下水位の異常上昇

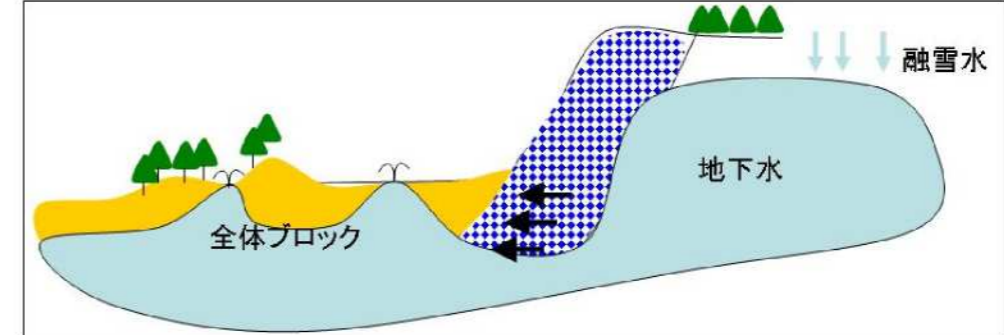


図 3.3.1 各シナリオの主な要因の模式図

ここで取り上げた5つの主要因が単独で作用した場合は、何れも“安全”であるという検討結果となっている。しかし、「異常豪雨+地震」や「異常豪雨+滑落崖崩落の衝撃力」など、複数の要因が重なると全体ブロックが滑動する可能性があるという試算結果となった。

表 3.3.3 主要因の組み合わせからみた各シナリオでの全体ブロック滑動の危険性

主要因	頭部載荷	頭部衝撃力	地震 (震度5強)	異常豪雨等	拡大すべり
無し(単独)	安全(C1)	安全(C1)	安全	安全	安全(C5)
頭部載荷	---	---	危険(C2)	安全(C9)	---
頭部衝撃力	---	---	危険(C3)	危険(C4)	---
地震(震度5強)	危険(C2)	危険(C3)	---	危険(C8)	危険(C7)
異常豪雨等	安全(C9)	危険(C4)	危険(C8)	---	安全(C6)
拡大すべり	---	---	危険(C7)	安全(C6)	---

※ () 内の数字はシナリオのケース番号。“安全”＝危険性が低い。“危険”＝危険性が高い。

これらの試算結果から判断すると全体ブロックは地震のみの誘因では滑動する危険性は小さいが、地震と滑落崖の崩落など複数の要因が重なった場合は全体が滑動する危険性が高くなる。

滑落崖の崩落については現在で僅かな変動が観測されており現時点で $F=1.0$ 程度(地すべり変動が発生又は停止する境界の状態)であることから、震度5強の地震動が発生すると崩落する危険性が極めて高くなる。応急排土工によって安全率を若干向上($F=1.05$)させても震度5強の地震が発生すると安全率が20%程度低下することから崩落する危険性が高い。宮城県沖地震の発生確率からみると今後10年間で70%以上、今後30年間で90%以上の確率で、滑落崖の崩落が発生する危険性が高くなる。

< 拡大崩壊による全体ブロックへの影響のまとめ >

主要因が単独で発生した場合は、全体ブロックが滑動する危険性は低い。しかし、複数の要因が重なった場合は、全体ブロックが滑動する危険性が高くなる。特に、発生確率の高い宮城県沖地震と他の要因が重なった場合が危険である。

< 結論 >

様々な要因により全体ブロックが滑動する可能性がある。また、地震等により地すべりだけでなく崩壊・落石が発生することにより、地すべり区域内は危険な状態となる。

引用文献

地震調査研究推進本部(2003): 確率的地震動予測地図の試作版(地域限定-北日本), 地震調査委員会関係報告書, 文部科学省

地震調査研究推進本部(2009): 全国地震動予測地図, 地震調査委員会関係報告書, 文部科学省

宮城県(2004): 宮城県地震被害想定調査に関する報告書, 宮城県防災会議地震対策等専門委員会

仙台市ホームページ (<http://www.city.sendai.jp/syoubou/bousai/kakuritu/index.html>, 参照日: 2009/12/7)

4. 荒砥沢ダムへの土砂流出状況と今後の危険性

4.1 荒砥沢ダムへ土砂流出の特徴

(1) 地すべり発生直後の荒砥沢ダム被災状況とその後の土砂流出の実態

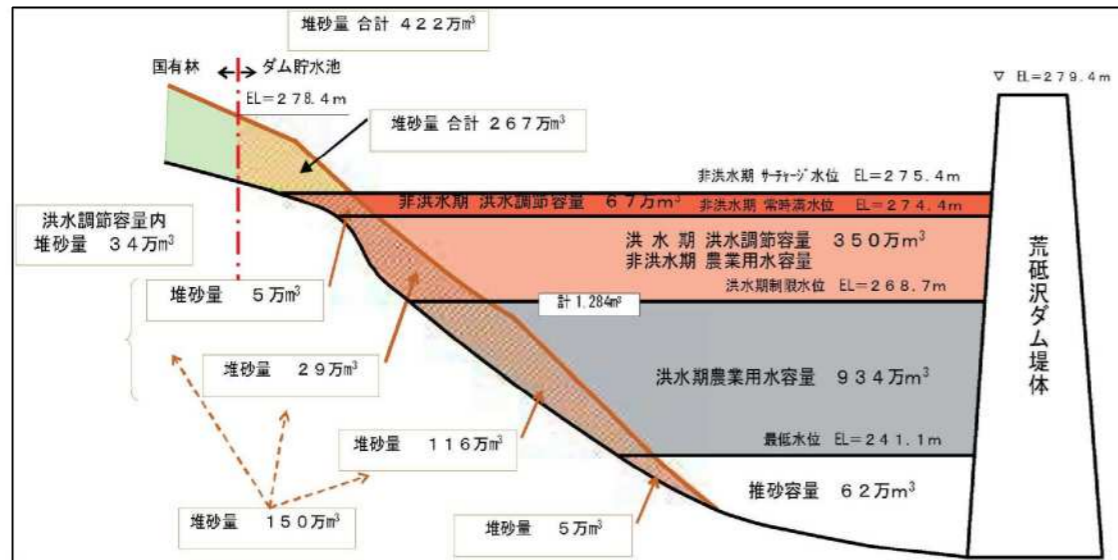


図 4.1.1 荒砥沢地すべり発生に伴う被害状況（荒砥沢ダムへ流入した土砂の堆砂量）

出典：平成 20 年岩手・宮城内陸地震「荒砥沢ダム災害情報」／宮城県農村振興課／2009 年 1 月

<地すべり発生直後の荒砥沢ダム被災状況>

- ダム管理敷地内への総流入土砂量 422 万 m³
- 貯水池内への流入土砂量 150 万 m³（堆砂容量内除く）
- …総貯水容量の約 10%に相当

受益者 約 8,700 人へ影響

<その後の土砂生産と土砂流出の実態>

- 地すべり地内の急崖部発生源 → 侵食の実態、約 3,000m³以上の土砂供給（H21.9 月現地調査より）
- 地すべり末端～右岸流路沿い → 約 49,000m³の土砂流出（H20.6～7 月 LP データより）
- 地すべり頭部（特に右岸側） → 約 109,000m³の地形上昇＝土砂供給（H20.6～7 月 LP データより）

<今後の土砂流出>

- 今後も、侵食、崩壊による土砂供給が継続するものと思われる
- 地すべり頭部での土砂供給、および右岸側での土砂流出に留意する必要がある

(2) 荒砥沢地すべりに関わる流域の特徴

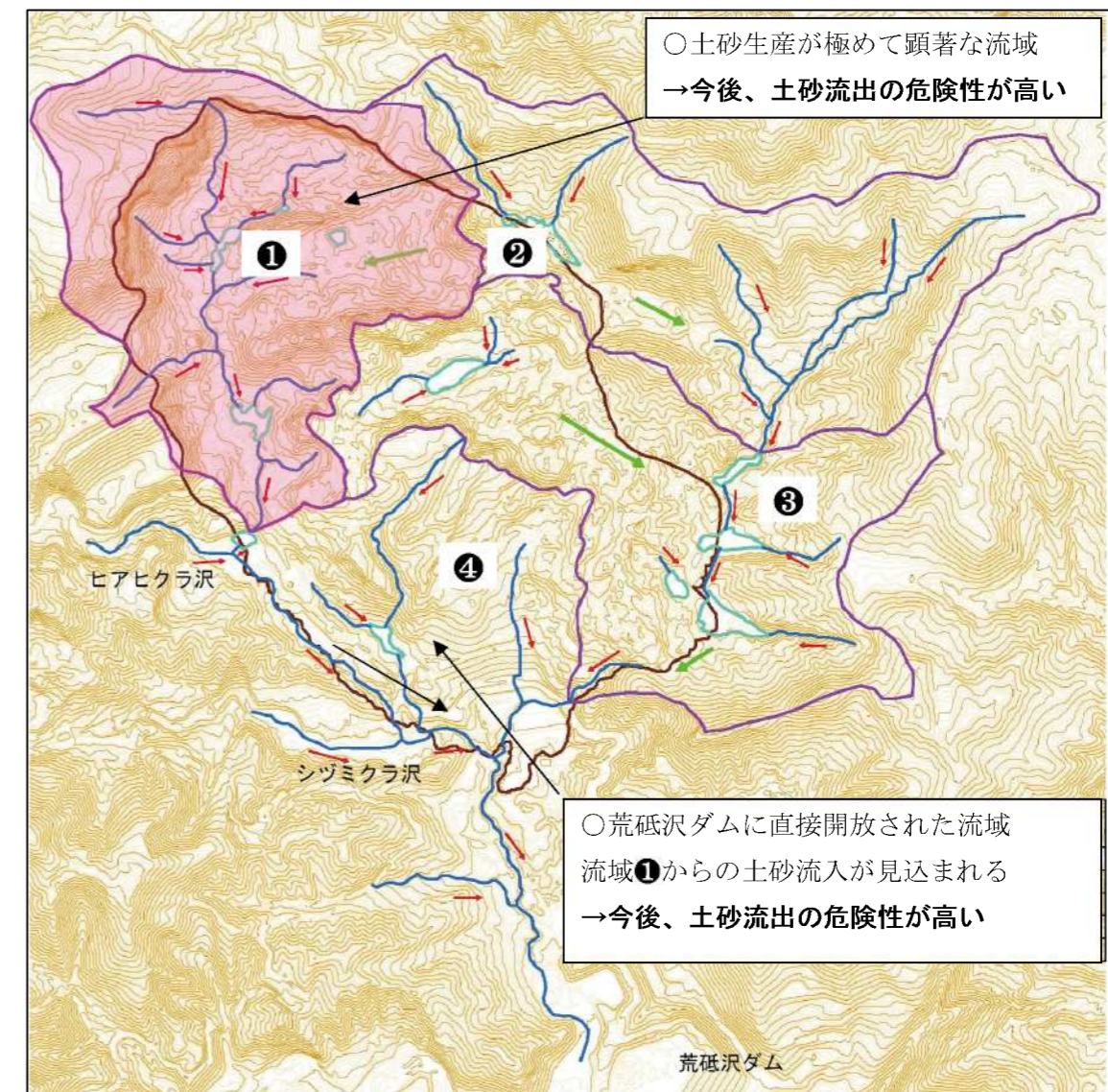


図 4.1.2 荒砥沢地すべりに関わる流域区分

表 4.1.1 荒砥沢地すべりに関わる流域の特徴

流域区分	流域面積(m ²)		位置	流下方向	荒砥沢ダムへの土砂流出特性	
	流域全域	地すべり地内			現状	今後の危険性
①	515,845	377,322	頭部滑落崖～右岸	流域④へ	裸地面積最大で、土砂生産の発生源、窪地多数分布	土砂流出の危険性が高い
②	492,204	26,178	左岸中腹部	流域③へ	裸地少なく、流域③へ従属する	直接的な土砂流出の危険は低い
③	515,335	270,206	左岸中腹～擾乱帯	流域④へ	流域全体が閉塞された大きな窪地状だが、土砂発生源	土砂流出の可能性は低いだが、排水効果の低下に留意
④	305,117	305,117	地すべり末端部	荒砥沢ダムへ直接流下	流域の約半分がダムへ直接解放された斜面	直接的な土砂流出の恐れが高い
合計	1,828,501	978,823				

4.2 土砂流出の危険性

(1) 溪床勾配区分

表 4.2.1 荒砥沢右岸流域における溪床勾配区分

流域	荒砥沢右岸上流域 (ヒアヒクラ沢合流点より上流)		荒砥沢右岸中下流域 (ヒアヒクラ沢合流点より下流)
	滑落崖～最上流	湛水池～河道閉塞箇所	
	流域①		流域④
流域面積 (m ²)	515,845		—
流路延長 (m)	637.1	685.5	864.2
平均勾配	14.2° (25.4%)	3.9° (6.8%)	3.4° (5.9%)
溪床勾配区分	土石流	流送地帯 (10～20°)～	堆積地帯 (3～10°)
	土砂流	発生源(20°～)	堆積地帯 (0～10°)

(溪床勾配区分は以下の出典による：治山技術基準解説 総則・山地治山編, 社団法人日本治山治水協会, 2009年10月)



図 4.2.1 荒砥沢右岸流路における河道閉塞と湛水池の分布状況

● 荒砥沢右岸流路の平均溪床勾配概ね土石流 (土砂流) 堆積地帯に相当
↓
溪床の縦断勾配からみると土石流 (土砂流) 発生の危険性は低い

ただし、ヒアヒクラ沢合流点直上部等、局部的に急勾配で安定性の低い箇所では土砂流出の危険がある
↓
特に安定性の低い箇所では「侵食防止を主体とした溪床・溪岸保護の対策」を早急に実施する必要がある

(2) 侵食等による流路の安定性



図 4.2.2 右岸流路沿いの溪床および溪岸の状況写真

- 荒砥沢右岸流域 51.58ha における最大洪水流量、合理式法 (ラショナル法) $Q=9.03\text{m}^3/\text{sec}$
- 仮排水路断面 (流路幅 4.0m、流路側法 1:0.25) における開水路計算の水深 $h_c=0.53\text{m}$
- 仮排水路付近の溪床を構成する土砂は、風化・細流化した軽石凝灰岩<5cm に、石礫φ5～30cm が混在

表 4.2.2 石礫径と溪床の安定勾配

石礫径 (mm)	50	100	300	360	500
安定勾配	0.54° (0.94%)	1.1° (1.9%)	3.3° (5.7%)	3.9° (6.8%)	5.4° (9.5%)
安定性		×	×	○ =3.9°	○ >3.9

溪床安定勾配の算定は 治山技術基準 (溪床安定勾配の実用式) による

- 溪床を構成する土砂のうち、最大礫径φ300mmによる安定勾配でも3.3° (5.7%) となり、最低でも3°程度の安定勾配を確保しなければ、今後、下流域への土砂流出につながる可能性が高い。
- 現状から、特にヒアヒクラ沢合流点直上部の河道閉塞箇所のように「急勾配で局部的に安定性が低くなっている箇所では、縦侵食防止を主体とした溪床・溪岸保護の対策」を実施する必要がある。

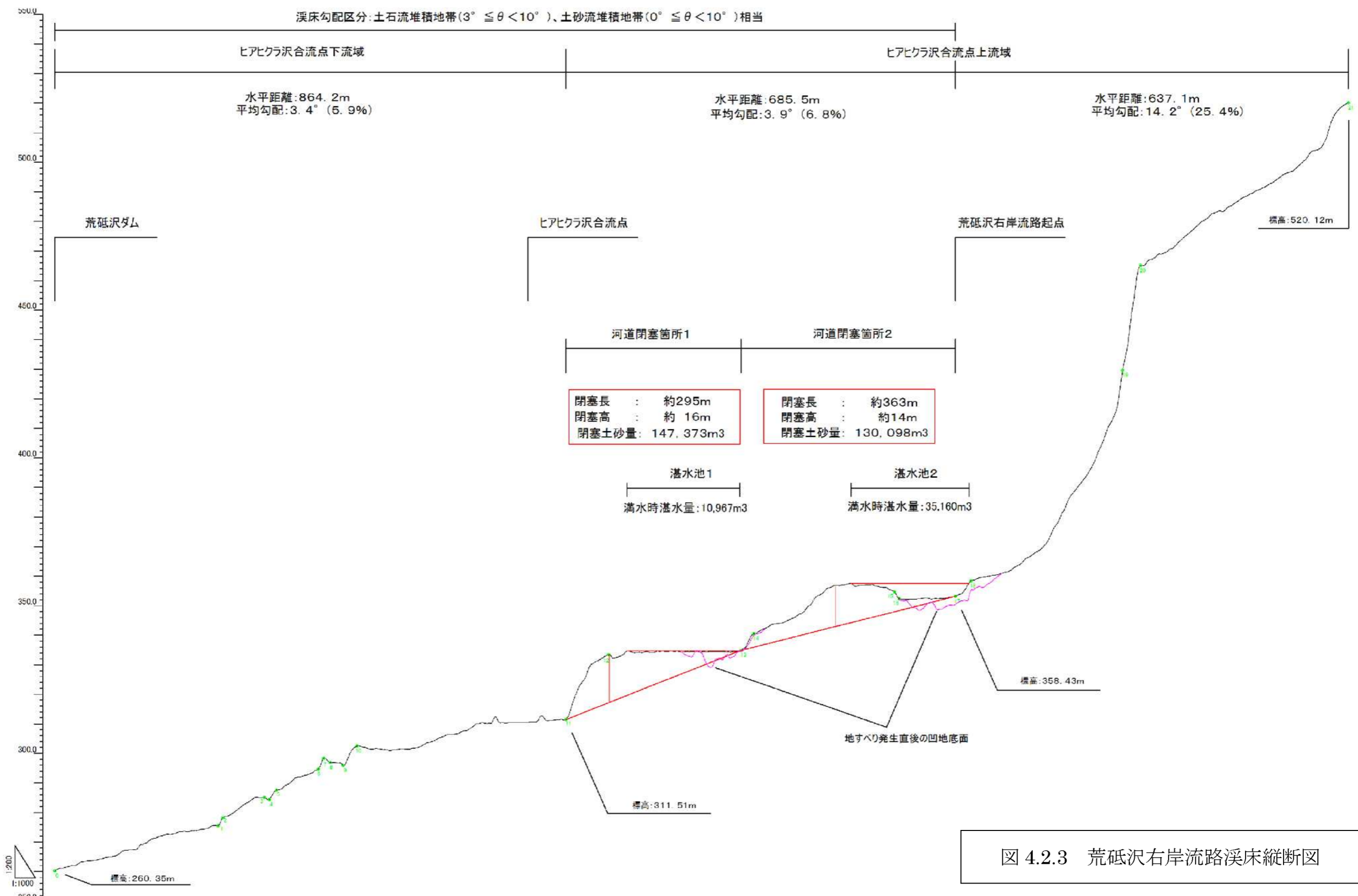


図 4.2.3 荒砥沢右岸流路溪床縦断面図

地点番号	No.0	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	No.12	No.13	No.14	No.15	No.16	No.17	No.18	No.19	No.20	No.21	+
累加距離	0.000	100.000	200.000	300.000	400.000	500.000	600.000	700.000	800.000	900.000	1000.000	1100.000	1200.000	1300.000	1400.000	1500.000	1600.000	1700.000	1800.000	1900.000	2000.000	2100.000	2190.000
測 高	260.348	265.198	272.762	279.853	290.423	300.437	301.497	308.185	310.552	327.450	334.457	334.358	342.234	354.809	356.212	352.346	380.916	380.143	422.250	473.057	486.886	488.325	519.442

5. 今後必要な対策工の検討

5.1 対策工実施の基本的な考え方

<今後実施する対策の主な直接的目的>

- ① 生活道路として利用されている、「市道馬場駒の湯線」の安全確保
- ② 荒砥沢ダムへの土砂流出の防止

<対策工導入の考え方>

対策の導入は市道への影響と荒砥沢ダムへの土砂流入のおそれがある箇所限定する。直接的な影響の低い箇所については、当面の間、対策工は行わず自然の復元に委ね、今後の地形や植生の変化を見守るとともに、防災教育や環境教育等の教材として利用されることへの検討に配慮する。

※なお、当該地への立入は、地すべりの再活動、斜面の崩壊、落石等の危険性があるため、十分な安全性の確認、避難体制の確保等が行われる場合に限られることに留意する必要がある。

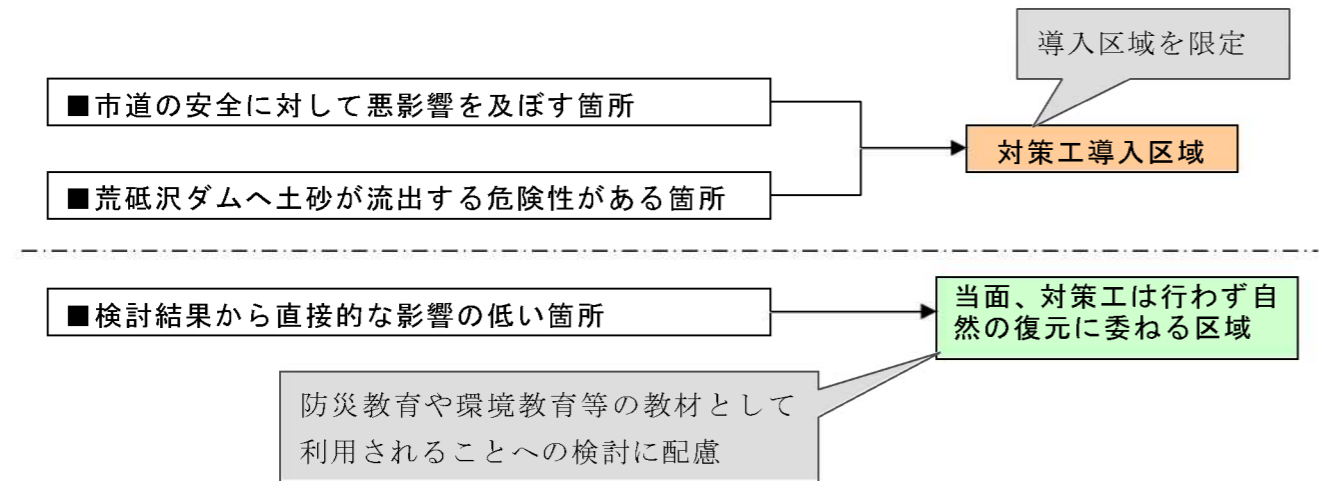


図 5.1.1 対策導入の基本方針

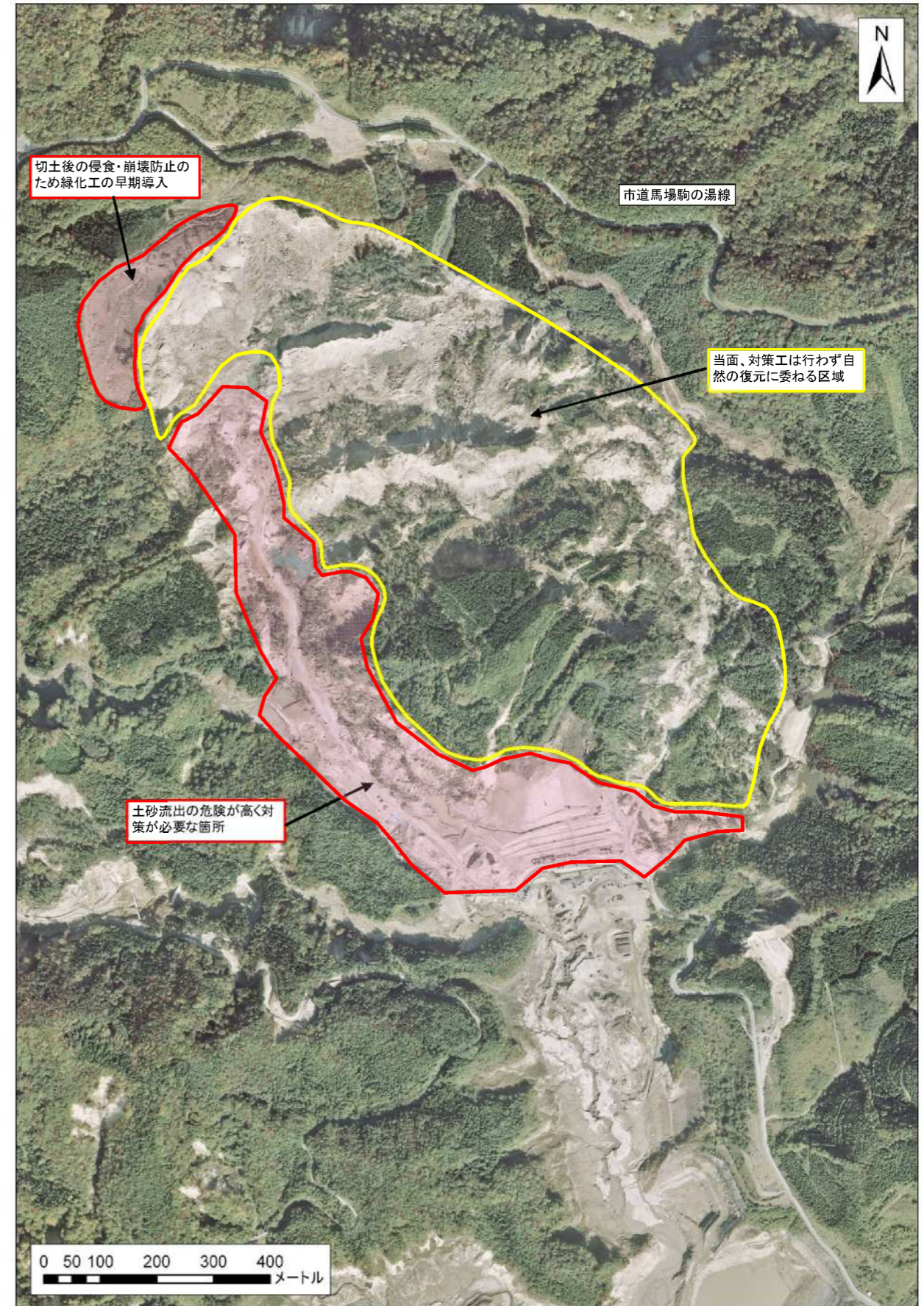


図 5.1.2 対策必要箇所抽出図

5.2 緑化手法の検討

表5.2.1 荒砥沢地すべりの末端部付近における既施工緑化工に関する検討表





施工場所	施工場所の条件	緑化工法			緑化結果の評価
		緑化基礎工	緑化工	施工写真	
杭打工背後法面	盛切:盛土法面 土質:シラス系 勾配:1:2	丸太柵工 縦水路工 法肩集水路 法肩土砂扞止ネット	種子入り(牧草)緑化マット	 P1.丸太柵と緑化マットによる緑化状況  P2.法肩の集水路および土砂扞止ネット	【良い点】 ①ダム湖に近い牧草類による早期緑化されている。 ②緑化マットの敷設により大きな侵食は発生していない。 【改善点】 ①緑化の不良箇所がある。想定される原因は、 原因1.法面の一部が植物の根系伸張に支障がでるほどの土壌硬度になっている。 原因2.生育基盤としての養分が欠乏 原因3.表面侵食により緑化マット伏工の破損が著しい。 【今後の改善の方策】 ①法面の養分が少なく、土壌硬度が高い箇所が想定されることから、木本類を中心とした長期的な緑化につなげるためには有機質を含む植生基盤の導入が有利
緩勾配斜面	盛切:盛土 土質:シラス系 勾配:1:5前後	【当初施工】 縦水路 横工なし 【二次施工】 丸太筋工 現地発生木チップ敷設 (生チップ)	人為的種子導入なし	 P3.丸太筋工とリルの発達状況  P4.チップによるマルチング状況	【良い点】 ①伐採木の現場内活用を図っている。 【改善点】 ①当初の施工では筋工がなく、リルが発生して土砂が流出。 ②生チップを厚く敷設しており、表土がマルチングされた状態となっており、植生が定着できる状態になるまでに時間を要することも想定されるが、施工後間もないことから、今後の経過観察が必要である。 【今後の改善の方策】 ①施工地の経過観察を行ったうえで、緑化に時間を要するようであれば、種子の追加散布を検討する。 ②裸地面積が広大であり、自然侵入植生だけに頼るのは厳しいので、在来種種子を低密度で導入し、斜面安定を図ったうえで、自然侵入植生による緑化に期待する。 ③早期の緑化と土壌養分の補給を目的として、肥料の追加を検討する。ただし、肥料の追加散布は効果の持続性が低く、下流域への富栄養化の影響の恐れがあるため、肥料木の植栽の植栽などで対応するのが望ましい。

表5.2.2 荒砥沢地すべりへの植生侵入パターン

<p>全域共通パターン 風散布型植物が侵入</p> <p>植生調査の結果、ヤナギ類、カバノキ科類などの風散布型植物の常在度が高い。本地すべりは面積規模が大きいため、その他の種子移動形式のものに先んじて風散布型植物が侵入することが予想される。</p> <p>ヤナギ類(オノエヤナギ、オオバヤナギ、イヌコリヤナギなど) カバノキ科植物(ミズメ) その他</p>	
<p>森林表土影響パターン 風散布型植物に加え、元々の森林植生が加わる</p> <p>地すべり地内に断片的に残されている森林の周辺には、森林表土が散乱されている箇所がみられる。そのような場所では、植物個体や土壌内の種子を起源として、旧森林を構成していた種が発芽している。</p> <p>タラノキ モミジイチゴ キブシ シンガシラ ヤマブドウ イワガラミ その他</p>	
<p>旧道路法面植生影響パターン 風散布型植物に加え、道路法面緑化植物が加わる</p> <p>地すべり地内の旧道路敷の近くでは、道路の裏面の緑化に使用されていた植物種が多く侵入している。</p> <p>ヨモギ イタチハギ ヤマハンノキ ヤマハギ メドハギ</p>	

表5.2.3 植生の自然侵入を促進するためのポイントと緑化工法

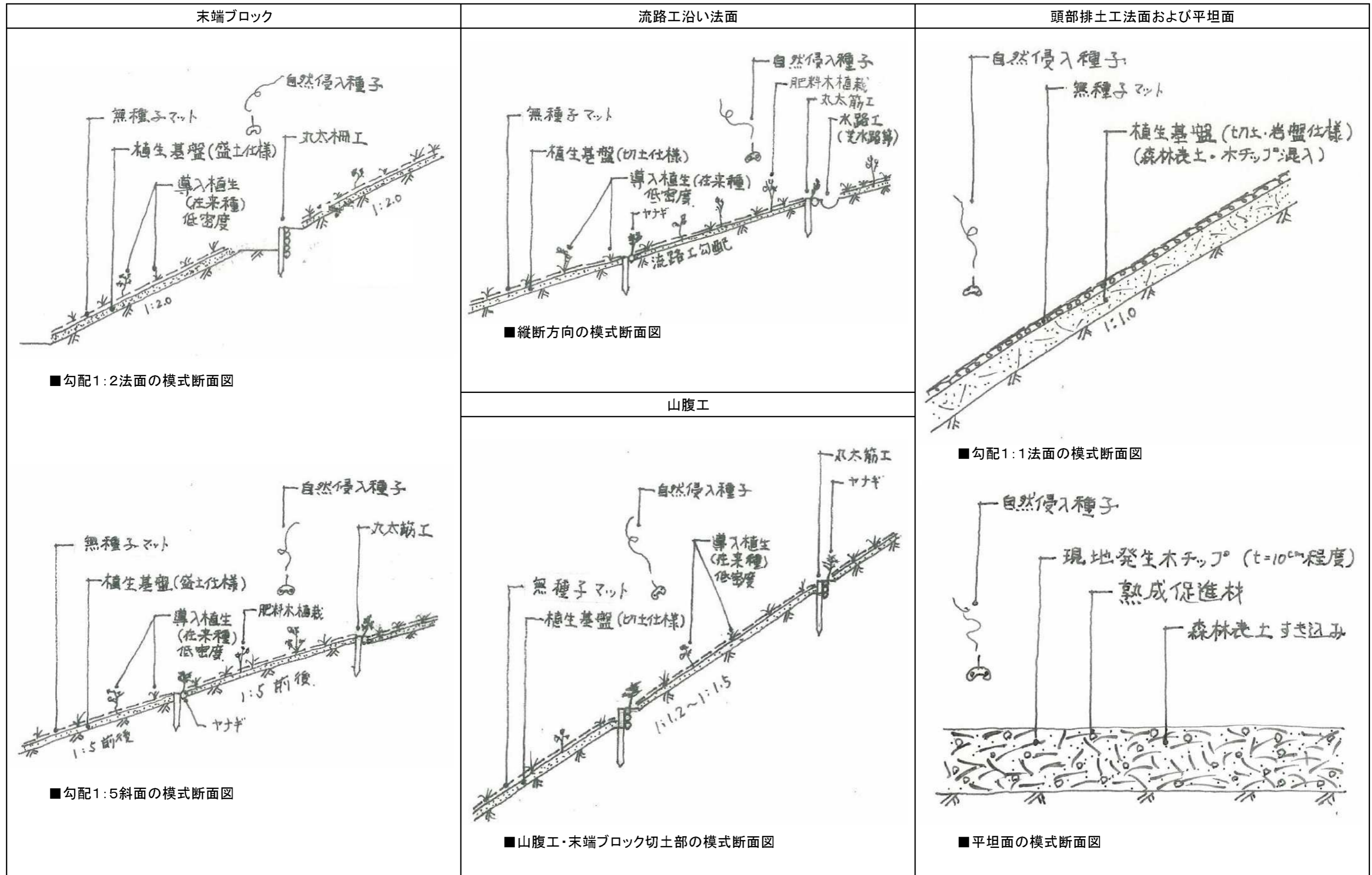
植生自然侵入促進の条件	現地観察結果	対応工法
表土の安定	 <p>倒木で表土が安定している箇所が発芽多い</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■等高線方向への緑化基礎工 丸太柵工 丸太筋工 ■侵食営力の低減 水路工 ■面的侵食防止対策 無種子マット 無種子マットの素材によっては、自然侵入植生の種子をキャッチしやすくする効果もある。
土壌水分の確保	 <p>岩陰など乾燥しない条件で発芽個体数多い</p>  <p>土壌が乾燥状態にならない箇所が発芽量多い</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■保水性高い植生基盤導入 保水性能に優れた素材を配合した植生基盤を導入する。 ■無種子マット 表土の安定効果だけではなく、水分保持の機能にも期待できる。
土壌養分の確保	 <p>森林表土がある箇所では発芽植生の生育が早い</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■養分バランスの良い植生基盤導入 森林植生の生育基盤として、物理性および化学性にすぐれた基盤を導入。
法面の凹凸		<ul style="list-style-type: none"> ■法面の整形 植生の回復を図るには、平滑面とするよりも岩や凹凸を残するのが望ましい。(極端に大きな凹凸は除去する)

表5.2.4 荒砥沢地すべりにおける緑化工対策検討表(案)

緑化対象箇所	計画条件と課題	基本方針	緑化基礎工	導入植生
①末端ブロック	盛土 急勾配 (1:2) 貧養分 受蝕性大きい 保全対象 (ダム湖) 近い	中速緑化 急速植生：低密度で在来種導入 緩速木本：自然侵入に期待	植栽基盤導入 盛土対応仕様 侵食防止対策 無種子マット	在来草本種子 ヨモギ、ヤマハギなど流通種子 成立期待本数は小さく設定 その他は自然侵入植生に期待
②末端ブロック	盛土 緩勾配 (1:5前後) 貧栄養 受蝕性大きい 保全対象 (ダム湖) 近い	中速緑化 急速植生：低密度で在来種導入 個体繁殖 (挿木) 緩速木本：自然侵入に期待	植栽基盤導入 盛土対応仕様 侵食防止対策 無種子マット	在来草本種子 ヨモギ、ヤマハギなど流通種子 成立期待本数は小さく設定 肥料植物 (木本) 植栽 ヤマハンノキ、ヤシヤブシなど その他は自然侵入植生に期待
③流路工沿い法面	切土 (一部盛土?) 緩勾配 貧養分 受蝕性大きい 周辺樹林帯が近い 土砂が流路工に流入	中速緑化 急速植生：低密度で在来種導入 個体繁殖 (挿木) 緩速木本：自然侵入に期待	植栽基盤導入 切土対応仕様 侵食防止対策 筋工多用+ムシロ伏せ (古典工法) or 筋工少量+無種子マット (新工法) ↓ 受蝕性が大きい地質であり、耐浸蝕性能に優れたマット工法 (新工法) の採用が有利	在来草本種子 ヤナギ類現地周辺採取枝 (筋工部) 肥料植物 (木本) 植栽 ヤマハンノキ、ヤシヤブシなど その他は自然侵入植生に期待
④山腹工および末端ブロック (切土部)	切土 (一部盛土) 急勾配 (1:1.2~1.5) 貧栄養 土砂が流路工に流入	同上	同上 (勾配以外)	同上
⑤頭部排土工法面	切土 急勾配 (1:1) 貧養分 伐採木発生 保全対象が遠い 表土ストックあり 周辺植生非常に近い	緩速緑化 森林表土活用 自然侵入種子活用 伐採木チップ一部利用	植栽基盤導入 切土岩盤対応仕様+森林表土活用 現地発生木チップを利用 侵食防止対策 従来植生基材+急速緑化植生 (従来工法) or 改良植生基材+無種子マット (新工法) ↓ 植生基盤の安定と自然侵入植生を活用できる新工法の採用が有利	種子導入なし 森林表土と自然侵入植生
⑥当部排土平坦面	切土 平坦 貧養分 侵食ほとんどなし 保全対象が遠い 伐採木発生 表土ストックあり 周辺植生非常に近い	超緩速緑化 森林表土活用 自然侵入種子活用 伐採木チップ利用	表土散布 伐採木チップによるマルチング チップは10cm程度敷設・現地熟成 現地熟成には促進剤を添加し、植生の侵入が早期に実現できるようにする	種子導入なし 森林表土と自然侵入種子



表5.2.5 荒砥沢地すべりにおける緑化工対策イメージ図表



【植生基盤と侵食防止マットを併用した緑化工のイメージ写真】



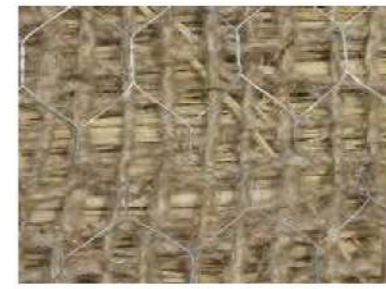
■ 植生基盤の吹付



■ 無種子マットの敷設



■ 導入種子の発芽



分解型マット



非分解型マット

■ 無種子マットは侵食営力の大きさにより生分解型と非分解型を選択

【牧草などの一般的緑化種子を用いない工法による施工事例写真】

■ 完全に無播種の事例(森林表土の活用もなし)
大分県 林道切土法面



施工後1年3ヶ月の状況



施工後4年3ヶ月の状況

■ 無播種+森林表土活用
岐阜県 山腹工



施工後2年の状況



施工後4年9ヶ月の状況

■ 無播種+森林表土活用
鳥取県 林道切土法面



施工時の状況



施工後3年10ヶ月の状況

図5. 2. 1 緑化工のイメージと施工事例

5.3 対策全体計画の対比（当初計画／見直し計画）

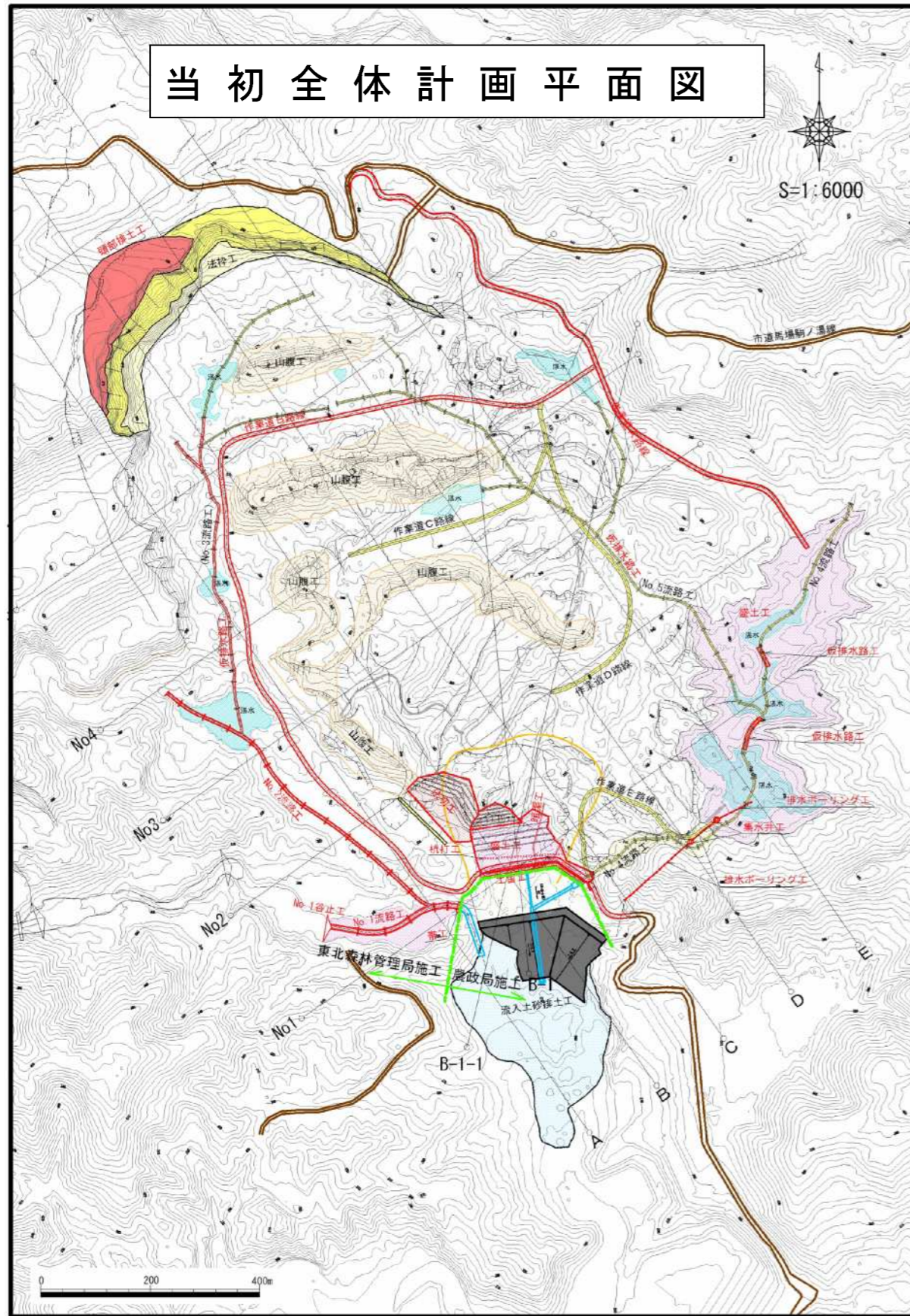


図 5.3.1 当初全体計画平面図

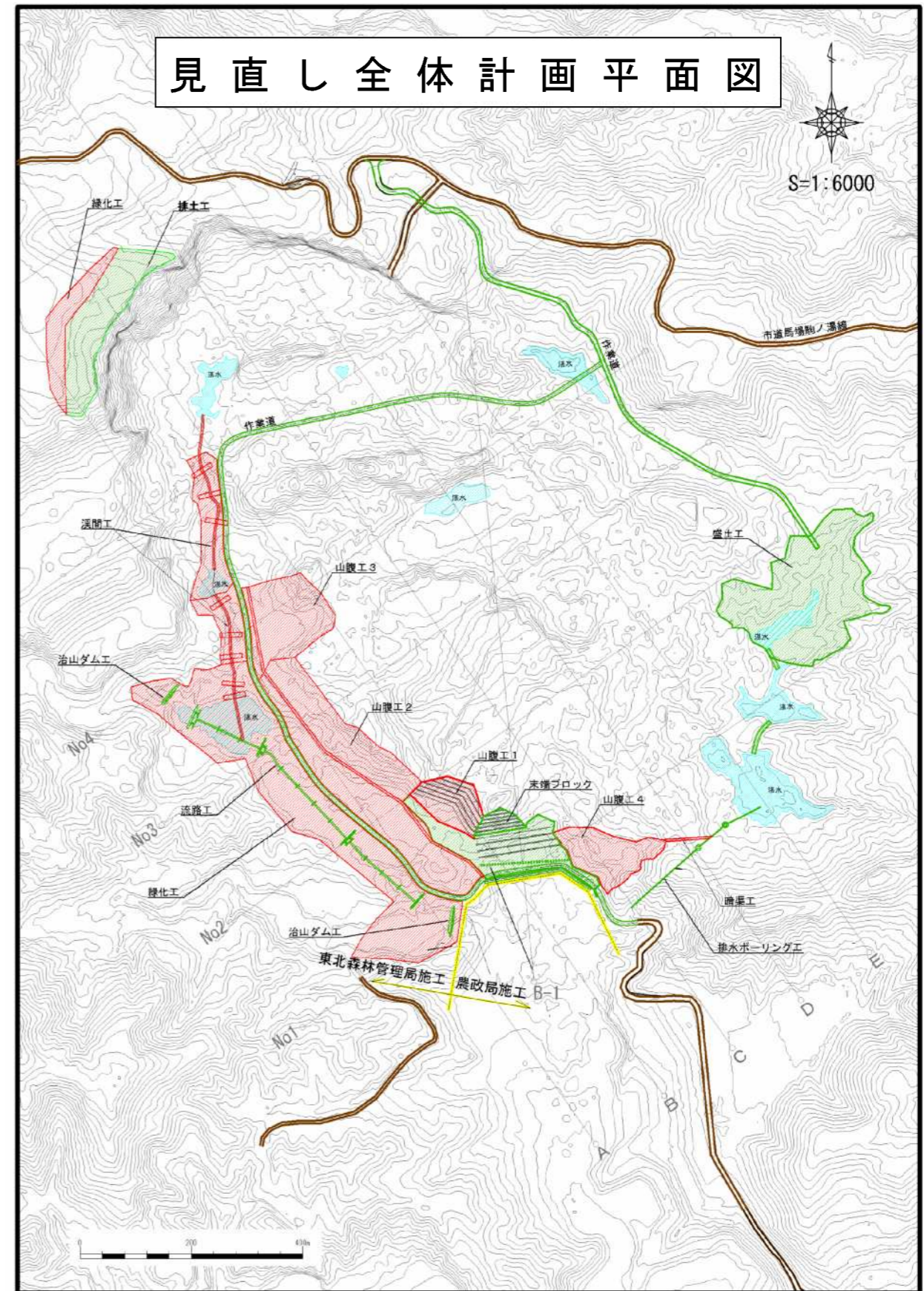


図 5.3.2 見直し全体計画平面図

6. 対策工実施後の危険区域の検討と観察事象等の整理

6.1 立ち入り危険区域の検討

以下の方法によって地すべり地周辺における危険箇所を抽出した。

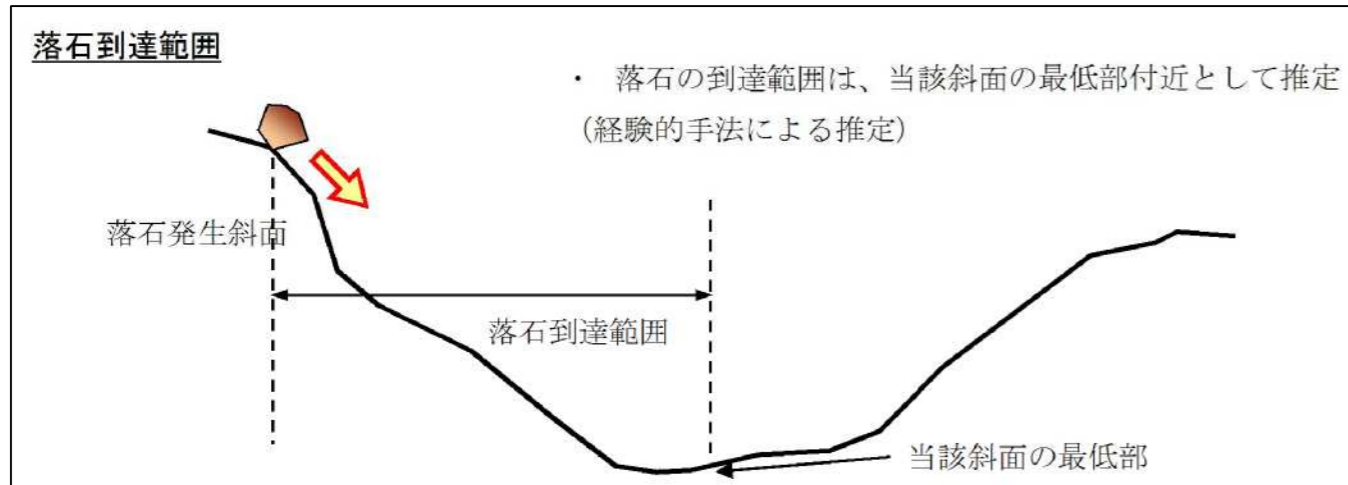


図 6.1.1 落石到達範囲の抽出

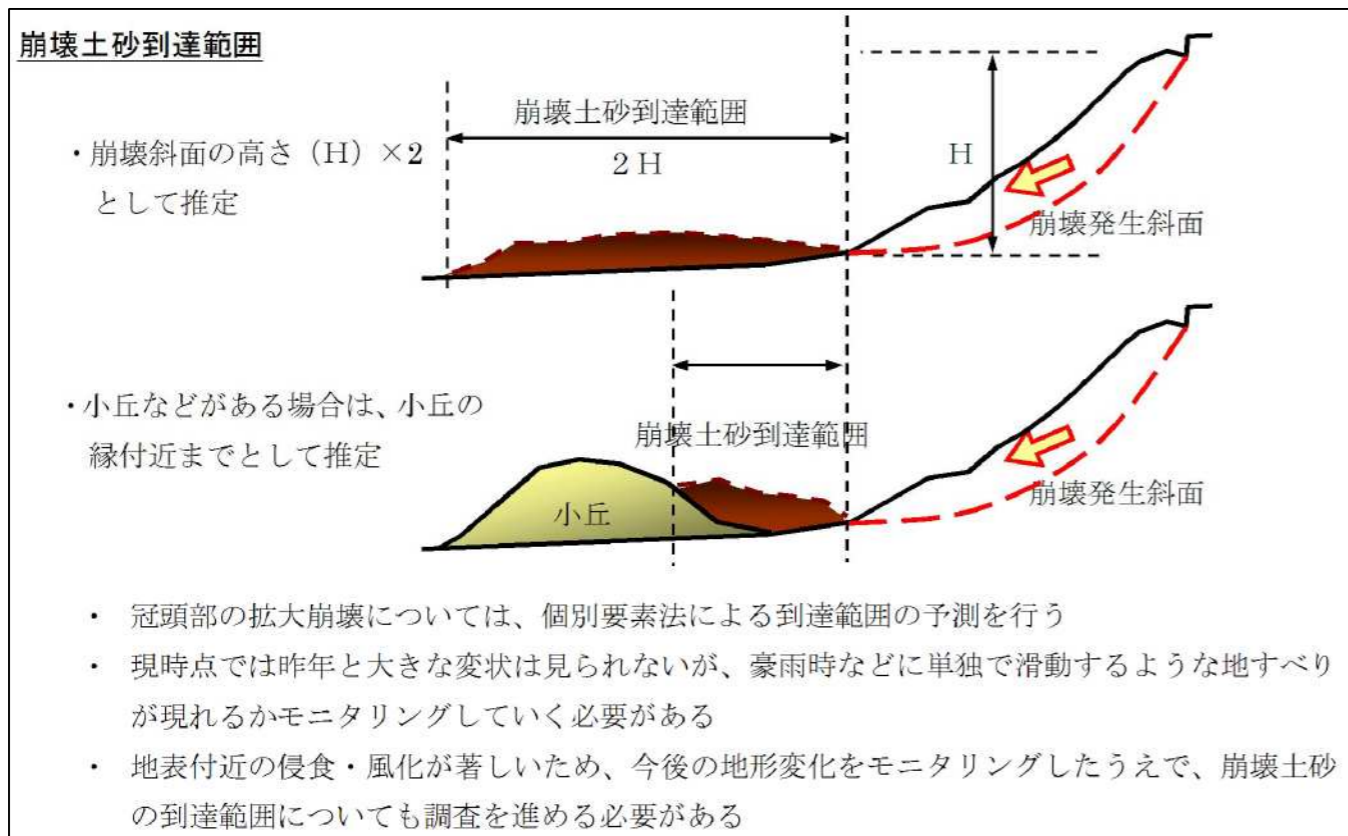
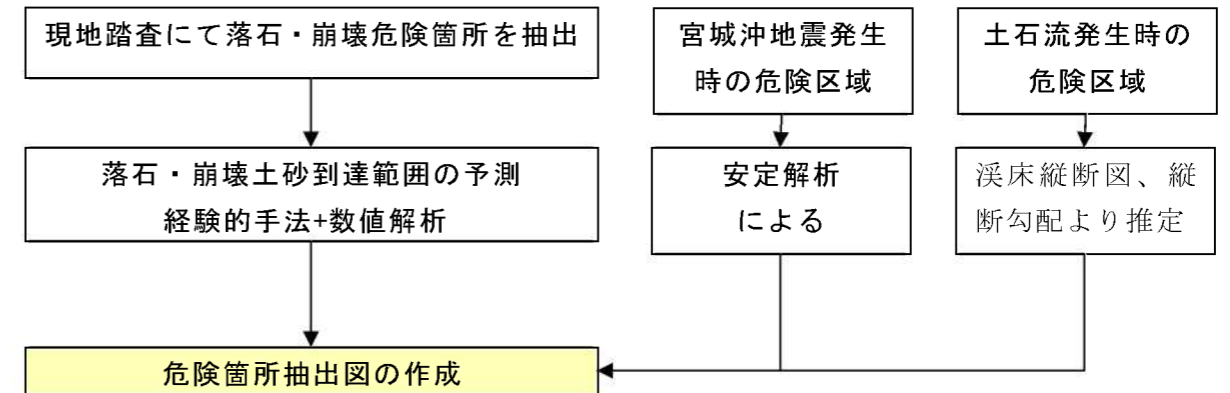


図 6.1.2 崩壊土砂到達範囲の抽出



ここでは、これらの常時危険箇所に加え、今後想定される宮城県沖地震発生時ならびに豪雨時の土石流発生時に影響の及ぶ範囲についても検討した。

■ 宮城県沖地震発生時（震度5強）の危険区域

3章にて検討したように、発生確率が高い宮城県沖地震と他の要因（頭部載荷・頭部衝撃力・豪雨等）が重なった場合、全体ブロックが再滑動する危険がある。したがって、地震発生時には地すべりの範囲全体が危険区域と考えられる。

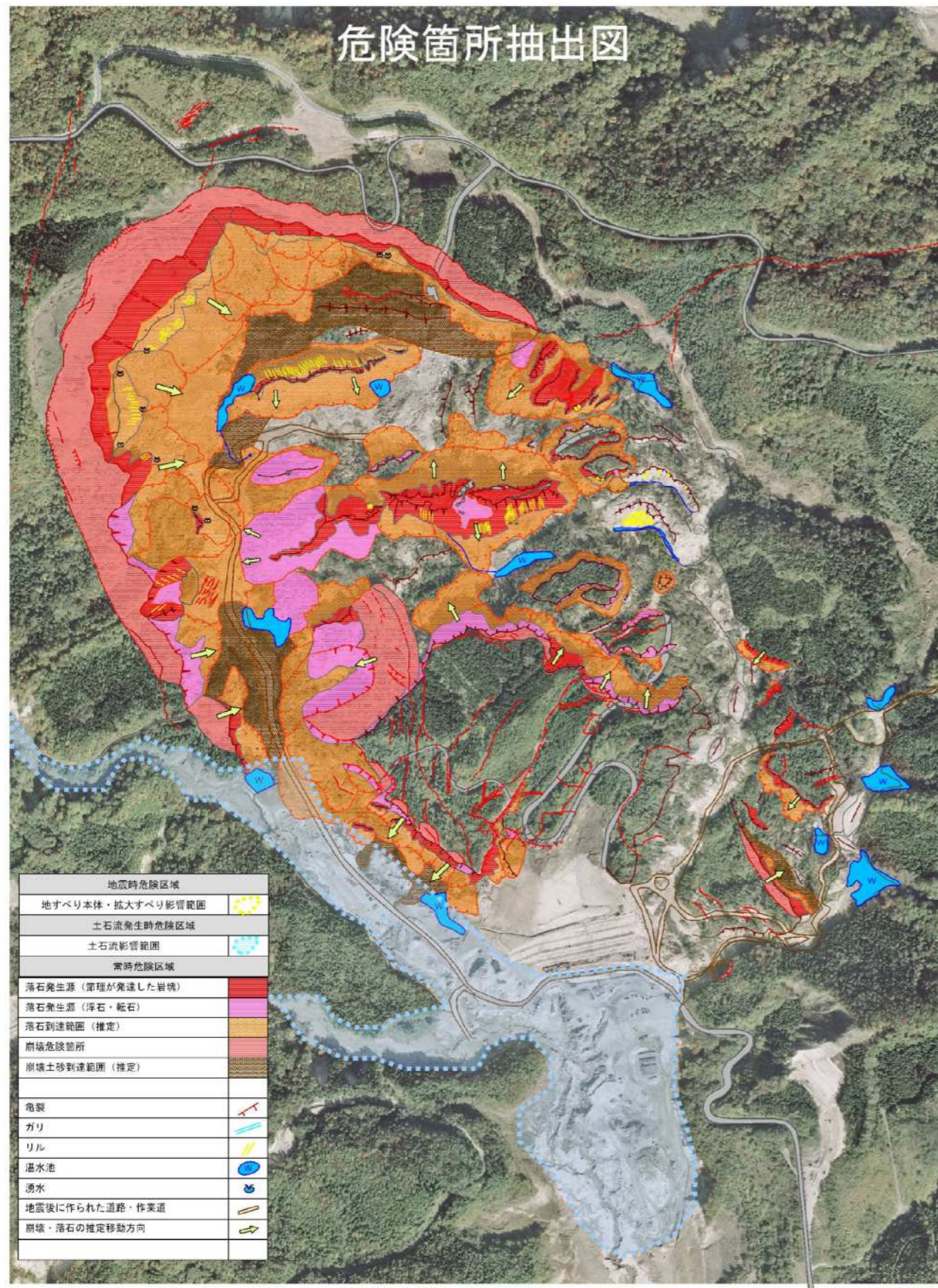
また、拡大亀裂のさらに上部にも現在のところ動きはないものの亀裂の発生が確認されており、地震時に拡大する可能性があることから、危険区域は周辺まで含まれるものと考えられる。

■ 土石流発生時の危険区域

地すべりの右側壁部を流下するヒアヒクラ沢については、現在治山ダム工・流路工等が整備中であるが、上流域には大量の不安定土砂が存在しており、今後の豪雨時や融雪時期に土石流が発生する危険性が高い。また、地すべり地内右岸の流路についても、湛水池下流のせき止め土砂が浸食されることによって土砂が流出する危険がある。

土石流は、一般に溪床勾配 2° 未満となるまでは土砂が流出する危険があるといわれている。これに対し、ヒアヒクラ沢から荒砥沢ダム間の溪床勾配は 3° 以上であることから、下流の流路沿いは土石流の危険区域とした。

これらの区域については、対策工実施後についても立ち入りに際しては危険を伴う区域と考えられる。



踏査（'09年9月）および空中写真（'09年10月15日撮影）より作成

0 100m

図 6.1.3 地震時・土石流発生時の危険区域

6.2 観察事象の整理

今後のモニタリングならびに利活用を図る上での参考として、地すべり地周辺における観察事象を整理する。観察事象としては、以下のものがあげられる。

- ① 地すべりで形成された特異な地形・地質
- ② 裸地への植生の進入（植生遷移）
- ③ 地すべり対策工

表 6.2.1 観察事象の整理

区分	No.	現象等	特徴	観察事項
地形・地質等	①	滑落崖	落差 100m以上の急崖で溶結凝灰岩と軽石凝灰岩の層界は明瞭	<ul style="list-style-type: none"> 崩壊や落石による崖面の変化 崖面のせり出し状況
	②	リッジ	陥没帯と対をなすやせ尾根状の残丘。2箇所形成されている。	<ul style="list-style-type: none"> 侵食による地形の平準化 植生の進入と変遷
	③	陥没帯	滑落崖直下と二つのリッジ間に発達する大地溝帯	<ul style="list-style-type: none"> 植生の進入と変遷 土砂移動状況
	④	旧地すべりの陥没帯	古い時代に発生した地すべりの痕跡	<ul style="list-style-type: none"> 旧地すべりの痕跡（露頭面の観察） 崖面の変化
	⑤	変形の少ない移動体	植生と市道を乗せたまま約300m移動	<ul style="list-style-type: none"> 市道路面の変形状況 寸断された林道 地内に存在する亀裂の変化 周縁部崩壊地の変化
	⑥	湛水池	右岸側流路沿い、陥没帯内、末端部に形成 一部は仮排水路が施工済	<ul style="list-style-type: none"> 湛水量の変化 周辺からの土砂堆積状況
	⑦	擾乱帯	地すべりが不動山体へ衝突したため、移動土塊が深層から絞り出されるようにリフトアップされた。	<ul style="list-style-type: none"> 地表に押し上げられた構造物 破碎した砂岩シルト岩の風化状況 傾倒したスギ林
植生の進入	⑧	裸地	陥没帯やリッジの裸地面	<ul style="list-style-type: none"> 植生の侵入と変遷
地すべり対策工	⑨	杭工・山腹工	末端ブロックの対策工	<ul style="list-style-type: none"> 地すべり対策工の種類と目的 対策工の効果
	⑩	集水井工	末端部湛水池排水のための対策	〃
	⑪	溪間工	流路の安定と土砂流出防止対策	〃
	⑫	緑化工	頭部排土後の法面及び流路沿いや山腹に実施	<ul style="list-style-type: none"> 緑化工の種類と目的 植生の回復状況

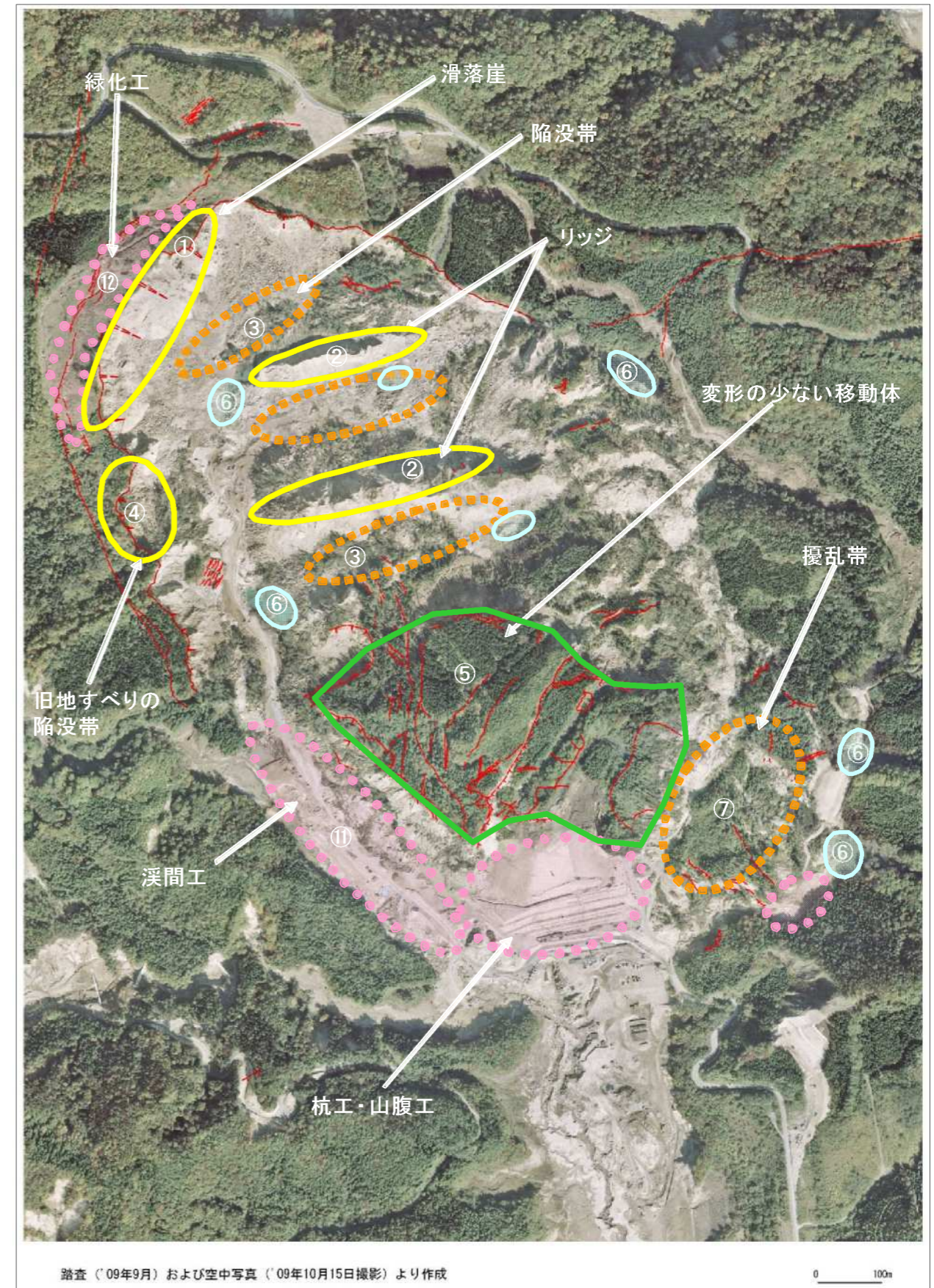


図 6.2.1 観察事象の位置図



① 頭部滑落崖



②③ 第1～第2 リッジと陥没帯



② 第1 リッジ



④ 旧地すべりの陥没帯

図 6.2.2 観察事象の現況写真 (1)



⑥ 滑落崖直下の湛水池



⑥ 第2リッジ側方の湛水池



⑦ 擾乱帯の地表に押し上げられた構造物



⑦ 末端部の立木の傾倒

図 6.2.2 観察事象の現況写真 (2)

6.3 対策工施工後の景観シミュレーション

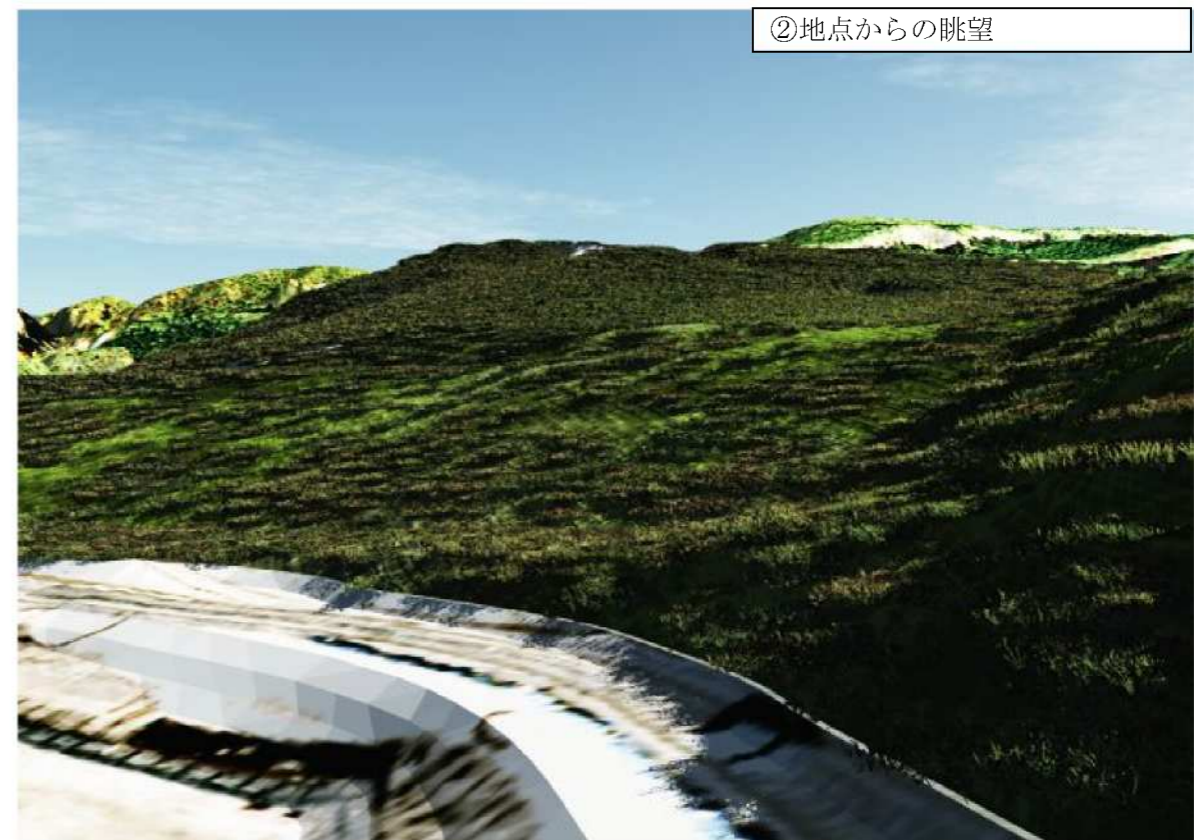
荒砥沢地すべりを眺望可能な箇所からの冠頭部排土工施工後の景観イメージについて検討した。



図 6.3.1 眺望箇所位置図



①地点からの眺望



②地点からの眺望

図 6.3.2 眺望箇所からの景観（1）



図 6.3.2 眺望箇所からの景観 (2)

7. 今後のモニタリング計画

7.1 モニタリングの目的

荒砥沢地すべりは、保全対象である下流側の荒砥沢ダム、そして上流側の市道馬場駒の湯線と重要な保全対象に近接しているため、地すべり対策は安全確保を第一の目的としているが、一方では新たに創出された環境資源を環境・防災教育などに有効に活用することも重要である。

したがって、荒砥沢地すべり対策では、防災一辺倒とはせずに、現状を可能な限り保存し、あるいは創出された地形・景観を活用することなどについても配慮することとしている。

しかし、第一の目的である安全の確保がおろそかになっては本末転倒である。

そこで、対策工を行いつつも、地すべりや拡大崩壊など、被害の原因となる事象や、地すべりの結果、創出された地形・地質、植生などの変化を追跡するモニタリングを併用することで対策工について必要最小限の規模にとどめることにしているものである。今後モニタリング等により新たな現象を捉えた場合には、これに即応して対策工を実施することとする。

<モニタリングで追跡する現象>

(1) 安全監視に関して (地すべり・崩壊に対応、及び下流域への影響に関するモニタリング)

- ① 全体ブロック (地すべり)
- ② 拡大崩壊
- ③ (滑落崖と拡大亀裂間：陥没帯)
- ④ 地内の崖面の崩壊や侵食状況の観測
- ⑤ 流出土砂の捕捉状況など (土石流・崩壊発生時の観測)

(2) 環境変化の追跡に関して (地形・地質、植生に関するモニタリング)

- ① 創出された地形の変化 (従順化)
- ② 植生の遷移
- ③ 同上 (緑化工施工箇所の追跡調査および水質との関連)

特に、頭部排土工の施工効果 (予測した安全率) の検証が極めて重要であり、このための調査を実施するとともに、動態の監視においては対象とする現象と目的に応じてインターバル (観測間隔)、しきい値の設定が必要である。また、現在の状況を元に対策工を決定しているが、流路の変化、粒径の変化、植生回復等、今後の変化 (モニタリングで把握することが重要である。

表 7.2.1 モニタリング計画表

種別	区分	目的	対象	手法	No.(箇所)	2010		2011		2012		2013		2014		～		2020		～									
						3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12				
地すべり・崩壊対応に関するモニタリング	当面の監視	地すべり動態監視	地すべり移動体	ひずみ計	半自動 BV-7, 10, 12, 13, 14, 18 (6孔)	→																							
				水位計		→																							
				GPS		定期 GP.1(20-1), 5(2点)	→																						
		GPS	定期 GP.10, 11, 12, +2点(東側)	→																									
		拡大崩壊の動態監視と機構把握		拡大亀裂～滑落崖	新規ボーリング	定期 BVK-1, 2 (新規, 2孔)	→																						
	滑落崖の変形	地上LP	定期 主滑落崖	→																									
	効果把握	緑化工	サンプリング調査	定時 施工箇所	→																								
		湛水解消対策	水位計	半自動 湛水解消対策の排水対策の立坑、および湛水池	→																								
	長期的な監視	気象データ	全体	雨量/気温/融雪量	新設	→																							
				GPS自動	全自動 GP.8, 9, 7B, 7C, 固定点1 (GP.4,13) (7点)	→																							
地すべり動態監視		拡大亀裂～滑落崖	伸縮計	自動 S-1(既設), 2, 3(新設)	→																								
			新規ボーリングの観測 (歪計, 地震計)	自動 BVK-1, 2 (新規, 2孔)	→																								

→ 実施計画
→ 実施状況に応じて実施
赤: 当面の監視 / 青: 長期監視

種別	区分	目的	対象	手法	備考	2010		2011		2012		2013		2014		～		2020		～									
						3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12				
地形・植生に関するモニタリング	長期的な監視	地形変化・植生遷移の追跡	地形	LP	イベント発生後に実施																								
			微地形・植生	航空高解像度画像 (DMCなど)	定期 地形の従順化と植生の遷移	→																							
			地形・植生	モニタリングカメラ	常時 画像情報の配信	→																							
			地形・植生	全方位写真	地形・地質の画像データ	→																							
			植生	定点プロット調査		→																							
			ダム湖への影響調査	流出土砂量調査	湛水池での深淺測量	→																							
		水質調査	→																										

7.2 モニタリング計画

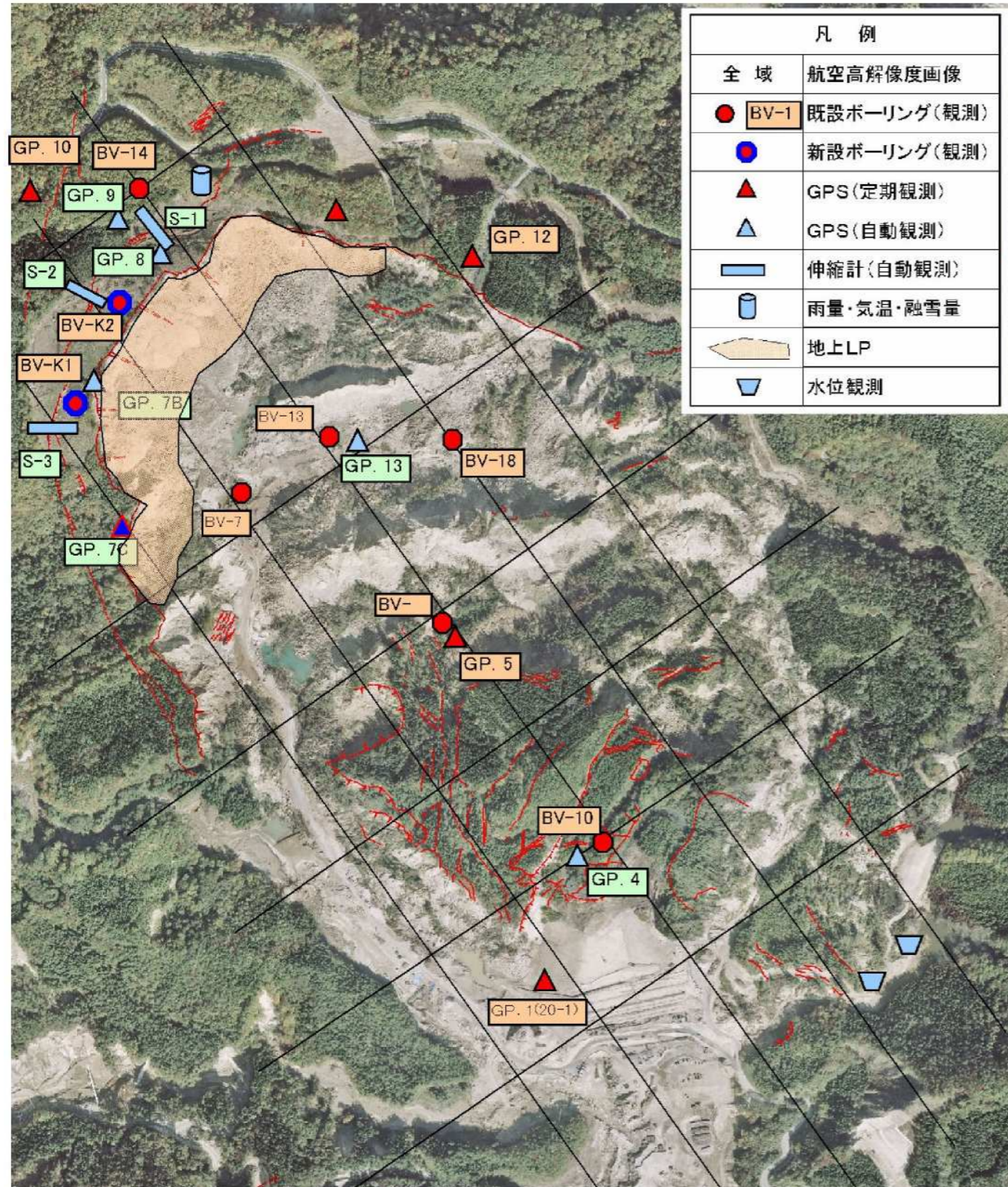


図 7.2.1 地すべり・崩壊対応に関するモニタリング計画図

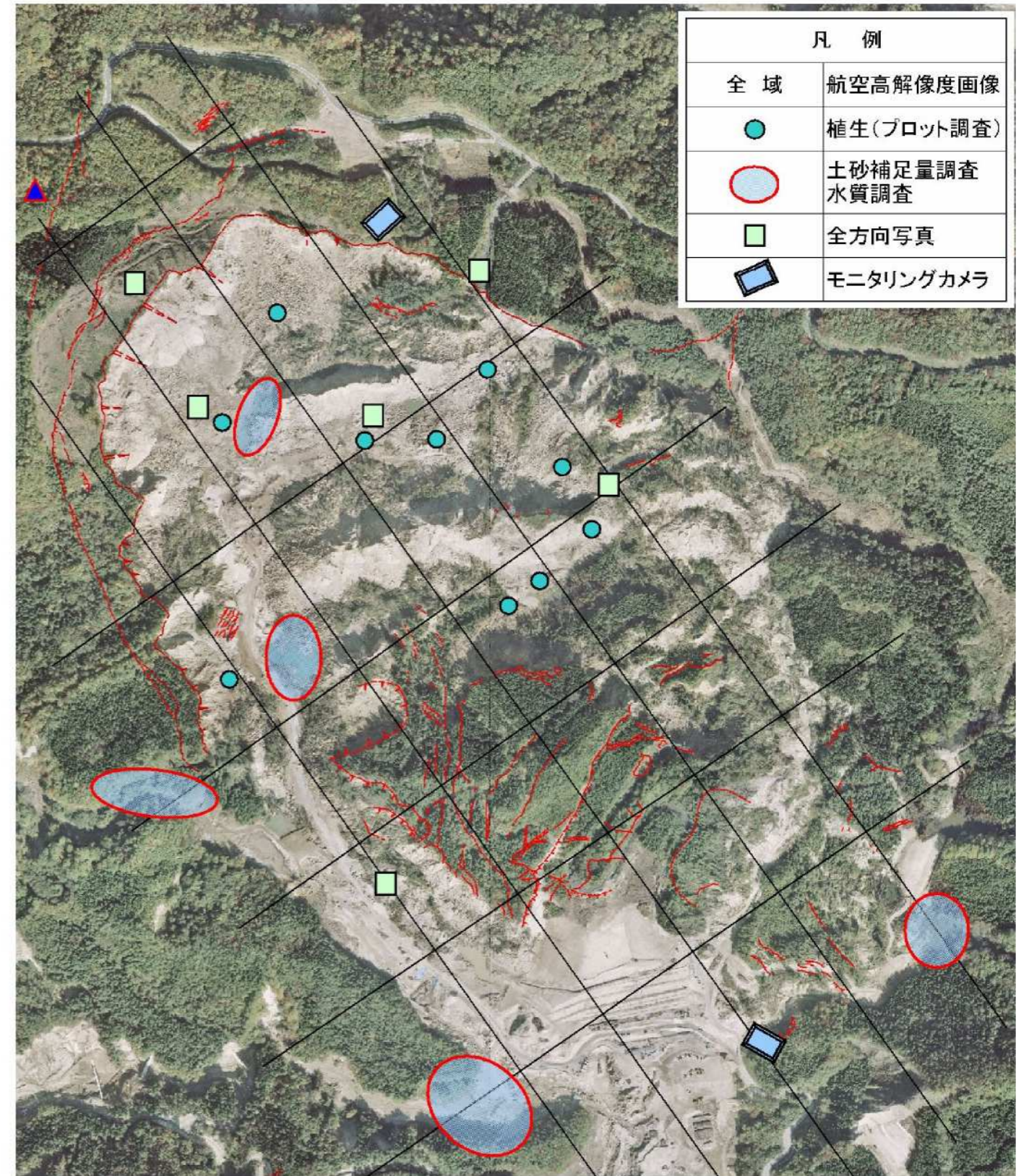


図 7.2.2 地形・植生などに関するモニタリング計画図

8. 活用に関する取り組み

荒砥沢地すべりでは、重要保全対象である市道馬場駒の湯線、荒砥沢ダムの保全に必要な拡大崩壊の防止対策、土砂流出防止対策を行うこととしている。

対策の規模や方法は景観の保全等にも配慮し、当面最低限必要な対策を実施するが、モニタリングにより施工の効果、現象の変化等を把握して、今後、必要な対策を実施する計画である。

このモニタリング内容は広範囲に及び、地すべりや崩壊などの防災面だけでなく、環境教育や防災教育などにも活用しうる事項にも及ぶため、有効に活用されることが望まれる。

<活用される場面>

- ① 動態把握（地すべり、拡大崩壊）
- ② 発生機構の把握
- ③ 対策の効果・機能の追跡
- ④ 変化の追跡（地形、植生、景観）
- ⑤ 教育・体験（環境、防災）

活用しうる内容は、これまでの事業で取得済みのデータ、資料類に加えて、今後のモニタリングで取得する情報が含まれることになる。

<活用しうる内容>

(1) 既存データなど	
① 危険箇所抽出データの提供	
② 地すべり調査結果の提供	
・ 観測データ（GPS、歪計、水位計など）、	
・ 各種試験データ（土質・岩石試験、孔内試験など）	
・ ボーリングコア	
③ 地すべり発生機構解析結果などの提供	
(2) 今後の追跡データ（モニタリング状況、結果）	
① モニタリング画像データ（ライブ画像など）の情報	
② 現地気象データなどの情報	
③ モニタリングデータによる異常情報	
(3) 景観（周辺域、地すべりブロック内外）	
これらの内容には、室内で入手する情報から、自らが現地で体験するなどの様々な様態が考え得るが、現地での体験については、危険箇所の把握や情報提供、活用範囲などについては、活用段階の入念な検討が必要である。	

表 5.2.1 モニタリングの活用区分

種別	手法	目的	対象	区分	活用区分								
					動態把握		発生機構の理解	対策の効果・機能追跡	変化追跡		教育・体験		
					常時	緊急時			地形	植生	環境	防災	
地すべり・崩壊対応に関するモニタリング	ひずみ計	地すべり動態監視	地すべり移動体	当面の監視	○		○	○					
	水位計				○		○	○					
	GPS				○		○	○					
	GPS	拡大崩壊の動態監視と機構把握	拡大亀裂～滑落崖	当面の監視	○		○	○					
	新規ボーリング						○	○					
	地上LP						○	○	○				
	雨量/気温/融雪量	全自動	気象データ	全体	長期的な監視			○					○
	GPS自動					○	○	○	○				○
	伸縮計					○	○	○	○				○
	新規ボーリングの観測(歪計、地震計)					○	○	○	○				○
モニタリングカメラ	○					○	△	△	○	○	○	○	
地上LP			滑落崖		○		○	○					
地形・植生に関するモニタリング	LP	地形変化植生遷移の追跡	地形	長期的な監視				△	△	△	○	○	
	航空高解像度写真		微地形・植生				○	○	○	○	○		
	全方位写真		地形・植生				△	○	○	○	○		
	植生プロット調査		植生				△	○	○	○	○		
下流への影響	湛水池での深淺測量	ダム湖への影響調査	流出土砂量調査	長期的な監視			△	○	○				
	水質分析		水質調査				△	△			○		
	縦坑内水位		排水機能				△	○					
事業の成果	工事	対策工										○	
	調査	ボーリングコア										○	
		観測データ										○	
		観測計器類										○	
現況											○	○	