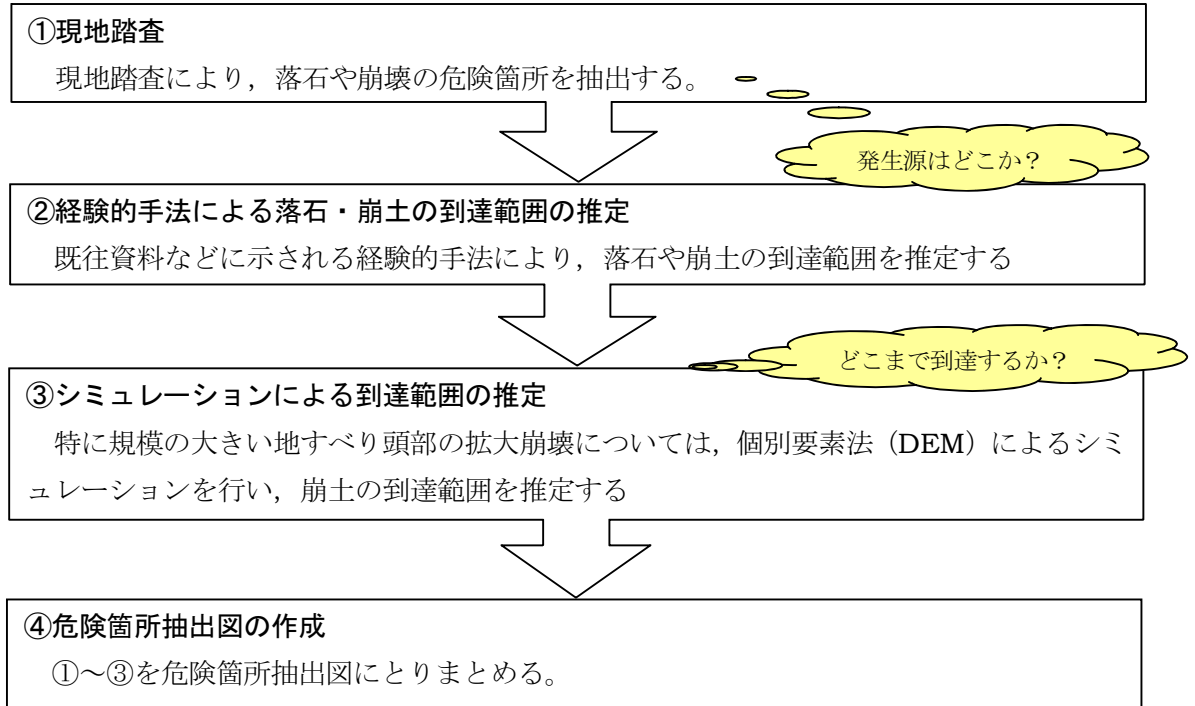


## 2. 対策工施工後の危険区域の検討と観察事象の整理

### 2.1 対策工施工後の危険区域の検討

#### 2.1.1 危険箇所の抽出

以下の手順により、危険箇所抽出図を作成した。



#### (1) 現地踏査による落石・崩壊危険箇所の抽出

##### (i) 落石発生源（節理が発達した岩塊）



写真 2.1.1 柱状節理が発達した溶結凝灰岩



写真 2.1.2 縦のクラックが発達する軽石凝灰岩

(ii) 落石発生源（浮石・転石）



写真2.1.3 侵食により斜面から浮き出した石



写真2.1.4 斜面内で止まり再移動のおそれがある転石

(iii) 崩壊危険箇所

冠頭部拡大亀裂の内側  
沈下が認められる範囲（青系色）

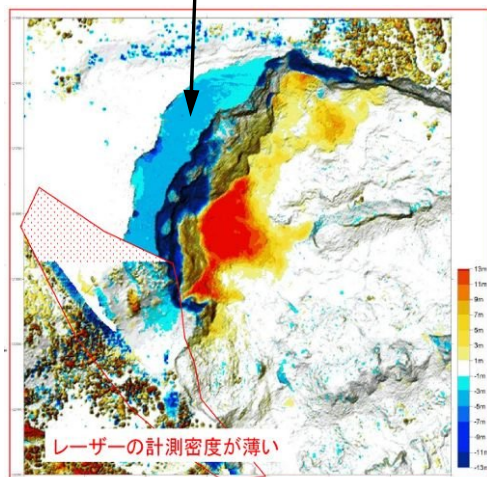


写真2.1.5 変形が少ない移動体の縁に連続する拡大亀



写真2.1.5 第三陥没帯右岸側の残存土塊

## (2) 経験的手法による落石・崩壊の到達範囲の予測

### (i) 落石到達範囲

落石の到達範囲は、落石の発生位置、落石の大きさ、落石の形状（丸いか角張っているか）、斜面の勾配、斜面の粗度、立木の有無などにより左右されるが、ここでは当該斜面の最低部として推定した。

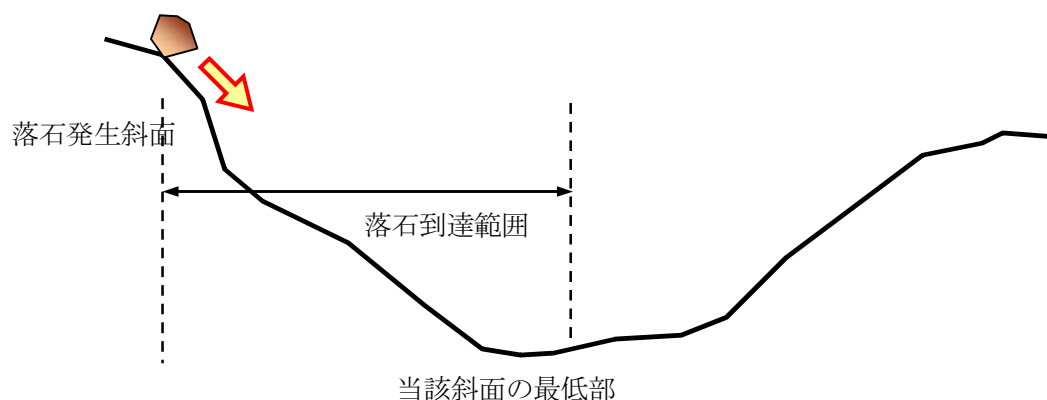


図 2.1.1 落石到達範囲模式図

### (ii) 崩壊土砂到達範囲

崩壊土砂の到達範囲は、土砂法による急傾斜地の崩壊（がけ崩れ）の警戒区域を参考とし、崩壊高さの2倍（ $2H$ ）を想定した。

特に規模の大きい頭部滑落崖の拡大崩壊において個別要素法による解析を実施したところ、一部を除いてほとんどの土塊がこの $2H$ 以内に収まる結果となったため、妥当であると判断される。

（深いすべり面を想定した場合、わずかな土塊が $2\sim 3H$ の範囲内に到達する。）

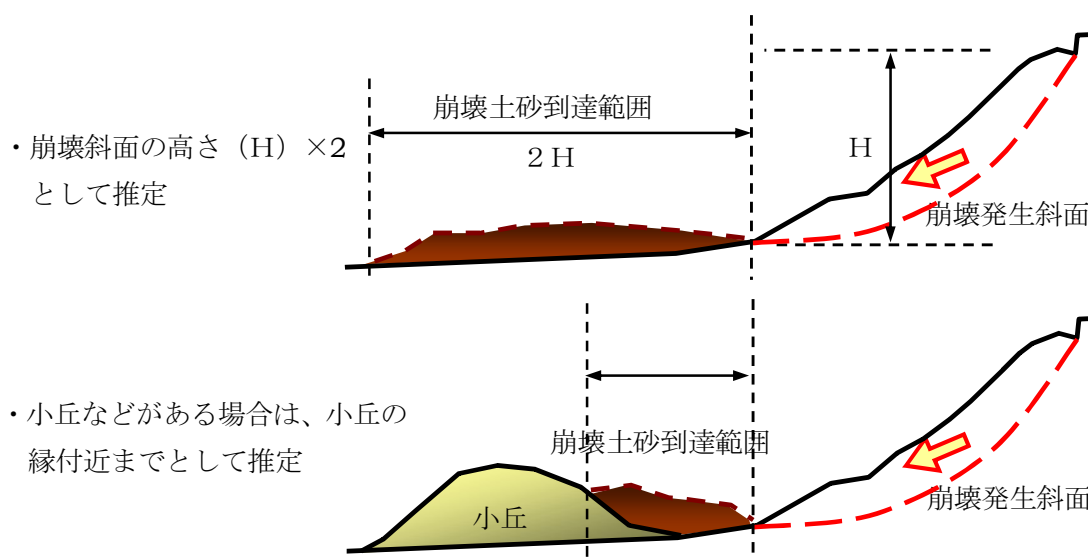


図 2.1.2 崩壊土砂到達範囲模式図

留意点として、現時点においては昨年と大きな変状は見られないが、豪雨時などに単独で滑動する

ような地すべりが現れるかモニタリングしていく必要がある。

また、地表付近の侵食・風化が著しいため、今後の地形変化をモニタリングしたうえで、崩壊土砂の到達範囲についても調査を進める必要がある。

### (3) 冠頭部の拡大崩落範囲の検討—個別要素法 (DEM) を用いた解析

荒砥沢地すべり冠頭部が拡大亀裂に沿って崩落した場合に、岩石、礫、土砂の到達範囲を知ることは、安全管理の面で非常に重要である。本節では、不連続体解析手法の一種である個別要素法 (DEM : Distinct Element Method) を用いて、拡大崩落が発生した場合の、岩石・礫の到達範囲を検討する。

#### (i) 個別要素法 (DEM)

##### (a) 個別要素法の概要

個別要素法は、ブロックの大変形解析を可能とした初めての不連続体解析手法である。1971年に Cundall<sup>1)</sup>により提案された手法で、岩盤を完全に切り離された個々の剛体ブロックの集合と考えてモデル化する。図に示すように、2次元解析であれば円形状または任意の矩形形状に対応可能である。物体同士の衝突時にはバネ、ダッシュポット、スライダといった機械要素を用いた衝突過程のモデル化が行われる。定式化の詳細については、文献<sup>2)</sup>等を参照されたい。

斜面安定解析において適用事例が多いのは落石である。その他に岩盤崩落や岩屑なだれなど、大規模変形で礫の衝突が主体となる現象に適する。また、一部で土石流解析<sup>3)</sup>にも適用例がみられる。

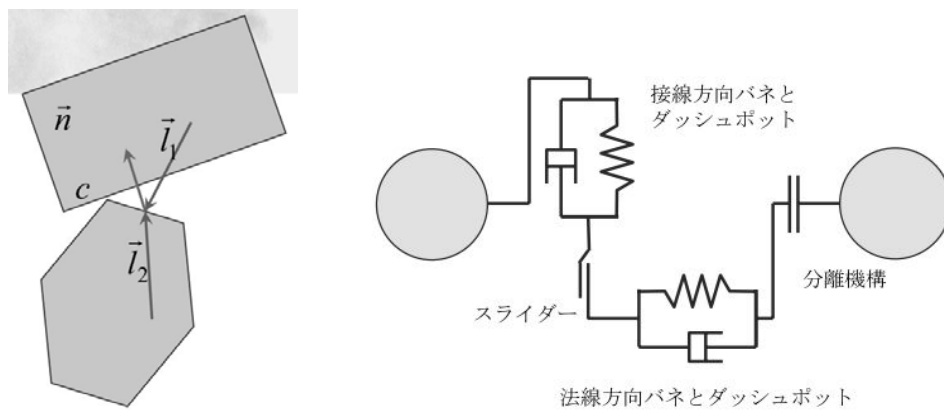


図 2.1.3 個別要素法 (DEM)

<sup>1)</sup> Cundall, P.A. (1971) : Computer model for Simulating Progressive, Large-Scale Movements in Blocky Rock Systems, Proc. Symp. ISRM, Vol.2, Paper No.II-8, p.129-136.

<sup>2)</sup> 伯野元彦 (1997) : 破壊のシミュレーション—拡張個別要素法で破壊を追う, 森北出版, pp.230.

<sup>3)</sup> 杉山実、倉岡千郎、高橋秀、南哲行、水野秀明 : DEMを用いた土石流シミュレーションの開発、こうえいフォーラム第9号、2001

## (b) DEMコード

個別要素法 (DEM) 解析に用いた計算コードは、筑波大学の松島教授<sup>4</sup>が開発した DEMseg である。DEMseg は下記 URL にて公開されている。貴重なソースコードを公開いただいている松島教授に、ここで感謝の意を申し上げる。

<http://granular.kz.tsukuba.ac.jp/dem/cr01/cr01.html>

DEMseg の特長として、円形状と矩形状の混在に対応する点が挙げられる。個別要素法は衝突判定が煩雑なこともあり、解析コードの多くはどちらかの形状のみに特化するものが多いが、DEMseg は両者の混在に対応する。

この特長を生かし、今回の解析では、亀裂の明瞭な溶結凝灰岩は矩形ブロックで表現し、亀裂等がはっきりせず破壊時の方向性が弱い軽石質凝灰岩は円要素で表現している。

## (ii) 解析条件

冠頭部の拡大崩落の DEM 解析を以下の手順で準備した。

- ①対象断面の設定
- ②物性値
- ③解析ケース

以下、それぞれについて詳述する。

### (a) 対象断面の設定

冠頭部においては、図 2.1.4 に示す断面 1～5 の 5 本の測線がある。これらのうち、代表断面としては、断面積が大きい断面 2 : 12,480m<sup>2</sup>、断面 3 : 10,470m<sup>2</sup> の 2 つが候補となる。ここでの目的は、滑落崖が崩落した時に礫の転落・拡がりを検討することである。断面 2 は測線沿いに第 1 リッジの縁にぶつかることから、礫の一部が捕捉されると想定されることから、第 1 リッジからは外れる断面 3 を対象とする。

---

<sup>4</sup> Matsushima, T. and Saomoto, H.: Discrete Element Modeling for Irregularly-shaped Sand Grains, Proc. NUMGE2002: Numerical Methods in Geotechnical Engineering, Mestat (ed.), pp. 239-246, 2002

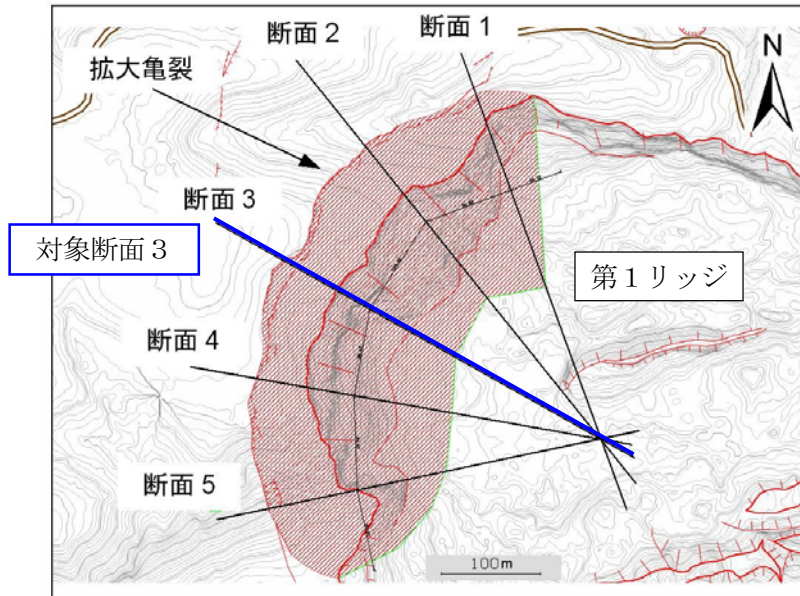


図 2.1.4 冠頭部の5断面

(b) 解析ケース

6/14 の地震直後には冠頭部背面の段差は存在せず、その後1ヶ月かけて徐々に段差亀裂が発生した (図 2.1.5)。地震後1ヶ月のあいだに、表面の薄い層が剥落し、崖錐状に下部に堆積している (図 2.1.5 緑色の領域)。

また、拡大亀裂は約 75° の角度で溶結凝灰岩の中に生じており、軽石質凝灰岩の中にすべり面が形成されると、一気に崩落することになる。

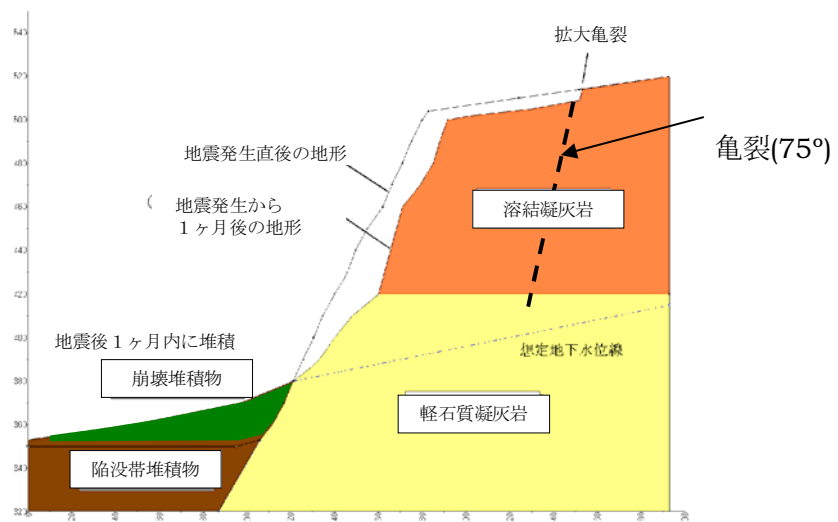


図 2.1.5 地震発生後と1ヶ月後の地形比較

そこで、DEM 解析は以下の2ケースを行う。

表 2.1.1 2つの計算ケース (DEM 解析)

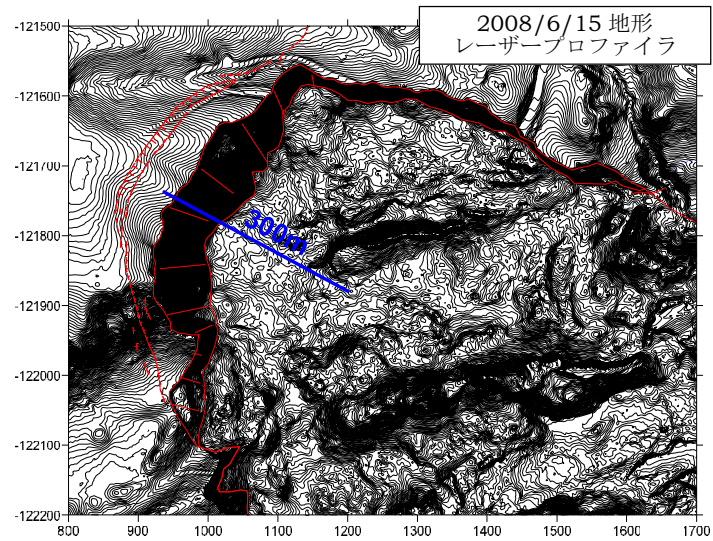
ケース	現象	目的	地形
①再現計算	地震後1ヶ月内に生じた表層の崩落。	DEM 解析の妥当性確認とパラメータの調整	2009/6/15 レーザープロファイラ
②拡大崩落予想計算	拡大亀裂を頭部とする大規模崩落。	拡大崩落発生時の礫到達範囲の想定	2009/7/19 レーザープロファイラ

①再現計算：

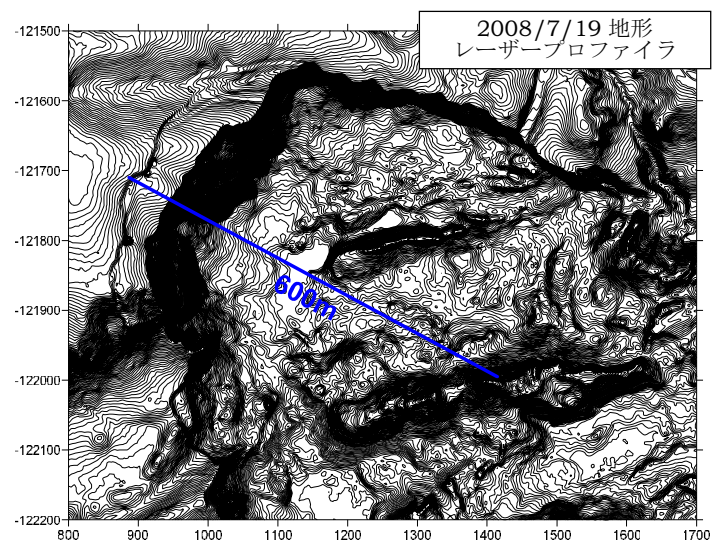
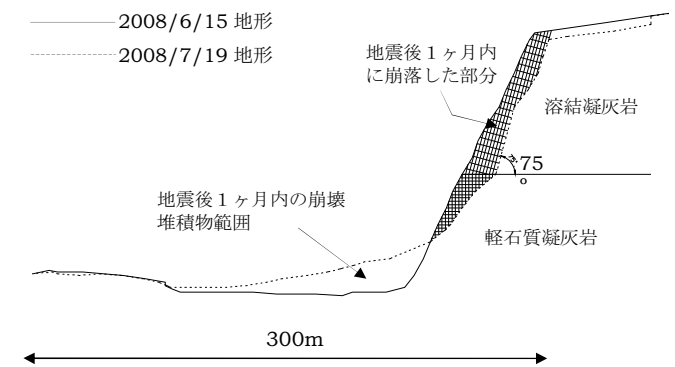
解析の妥当性を確認するための試計算。シミュレーションは一般に境界条件や物性値により結果が大きく変わるため、結果の妥当性を担保するために、状況の判明している現象の再現計算が行われる。今回は、地震が発生した6/14から翌月7/19までのあいだに、露出した凝灰岩の表層が剥落し、滑落崖下部に堆積している。断面における剥落範囲と堆積範囲が、レーザープロファイラの6/15と7/19の比較より明らかとなったため、再現計算はこの現象について行った。

②拡大崩落予想計算：

①再現計算で妥当と判断された物性値パラメータを使い、拡大崩落が発生した場合の礫の到達範囲を計算する。



①再現計算の断面  
表層の剥落（地震後1ヶ月内）



②拡大崩落予想計算の断面  
拡大亀裂を頭部とする大規模崩落

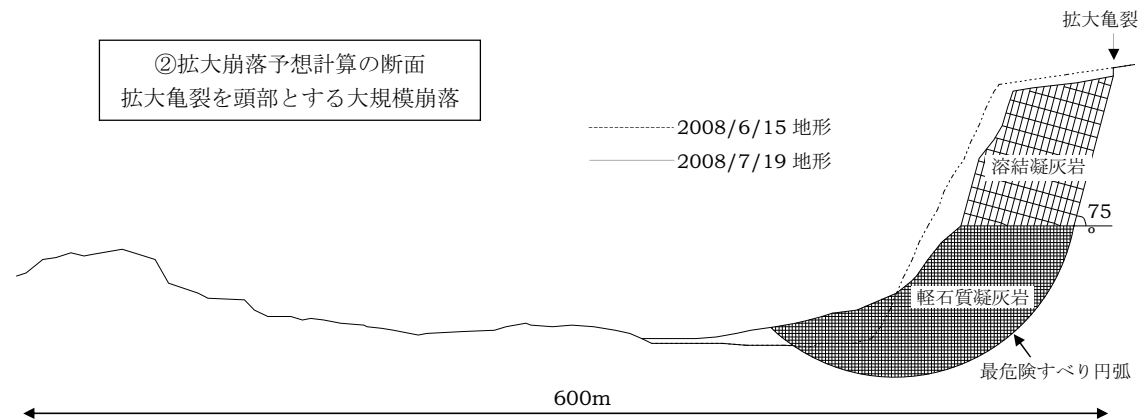


図 2.1.6 2つの解析断面



### (c) 物性値（密度と抵抗角）

解析に用いた物性値を以下に記す。

表 2.1.2 解析に用いた物性値

	密度[t/m <sup>3</sup> ]	すべり抵抗角[°]
溶結凝灰岩	1.94	40.0
軽石凝灰岩	1.68	35.0

#### ■溶結凝灰岩

密度は、試験値を基に 1.94 [t/m<sup>3</sup>]とした。

すべり抵抗角は、ブロック間の抵抗角とするために、以下の手順で節理面強度を求めた。

粗さのある不連続面のせん断強度は次式であらわされる。

$$\tau = \sigma_n \cdot \tan(\phi_r + i)$$

ここに、 $\tau$ ：せん断強度

$\sigma_n$ ：不連続面にかかる垂直応力 0.25MPa（土かぶり 50m 程度）

$\phi_r$ ：残留せん断抵抗角（ $\equiv \phi_b$  基本摩擦角） 35°（コアのチルト試験）

$i$ ：ダイレーション角  $i = \text{JRC} \cdot \log_{10}(\text{JCS} / \sigma_n)$

ここに、JRC：粗さ係数 10（1m の測定長に対し節理面の起伏 20mm）

JCS：壁面強度（一軸圧縮強度の 1/4 で、1.00MPa）

$$i = 10 \times \log_{10}(1.0 / 0.25) = 6.0^\circ$$

よって、溶結凝灰岩の不連続面のせん断抵抗角は、 $\phi_b + i = 35 + 6 = 41^\circ \approx 40^\circ$

以上より、溶結凝灰岩のすべり抵抗角を 40° とする。

#### ■軽石凝灰岩

密度は、試験値を基に 1.68 [t/m<sup>3</sup>]とした。

すべり抵抗角は、地震発生 1 ヶ月後の崩壊の安全率を  $F=0.98$ （滑動中）としたときの逆算値を用いる。

軽石凝灰岩： $c = 95$  [kN/m<sup>2</sup>]， $\phi = 35^\circ$

DEM 解析において、粘着力  $c$  は次に述べる粘性係数に相当するが、今回粘性係数は調整パラメータとするため、上記の値は用いない。

なお、比較的新鮮なコアの三軸試験のピーク強度で  $c=200\text{kN/m}^2 \cdot \phi=35^\circ$ ，残留強度は  $c_r=0.8\text{kN/m}^2 \cdot \phi_r=27.8^\circ$  となっている。

### (iii) 計算結果

①再現計算の結果と、②拡大崩落予想計算の結果をそれぞれ示す。

#### (a) ①再現計算

再現計算の結果を次ページの図に示す。

再現計算の目的は、DEM 解析モデルが実現象を表現する能力を有しているかを検証することと、DEM 解析に特有のパラメータの調整をすることである。

DEM 解析では物理物性値の設定が難しい2つのパラメータが存在する。「バネ係数」と「粘性係数」である。ここでは、この2つのパラメータについて、再現計算を実施する過程で試行錯誤しながら、地震後1ヶ月のあいだに表面の薄い層が剥落し、崖錐状に下部に堆積している（次ページの図参照）、その状態を適切に計算できるようにパラメータを調整・設定した。下表に設定されたモデルパラメータを示す。

表 2.1.3 モデルパラメータ

バネ係数[t/s <sup>2</sup> ]		粘性係数[t/s]	
垂直方向	せん断方向	垂直方向	せん断方向
1.0×10 <sup>5</sup>	0.25×10 <sup>5</sup>	100	100

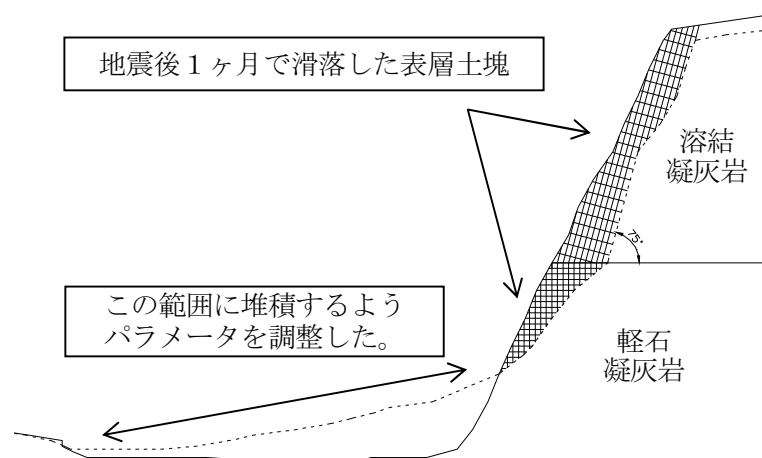


図 2.1.7 モデルパラメータの調整設定に用いた初期滑落

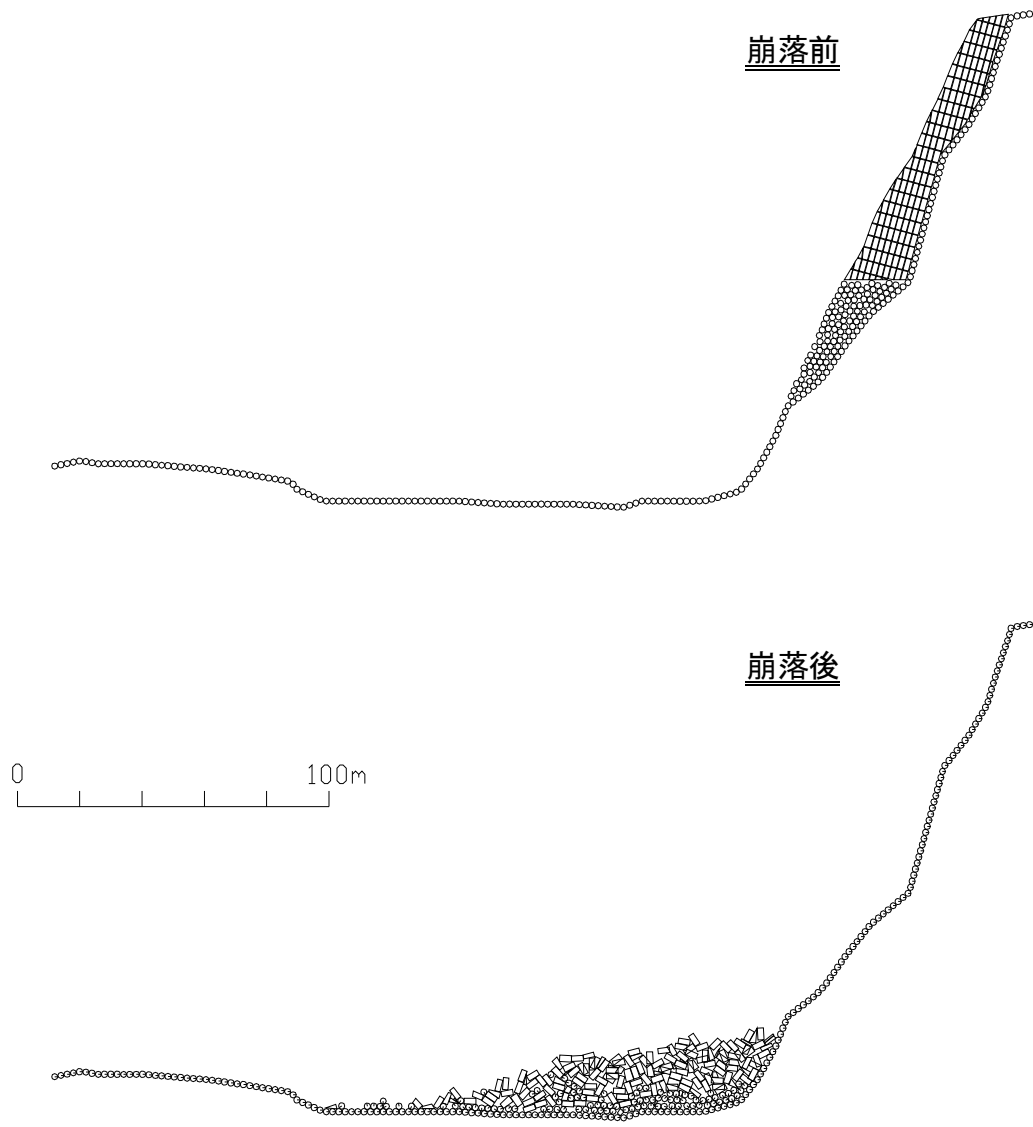


図 2.1.8 ②再現計算の計算結果

(b) ②拡大崩落予想計算

再現計算によって設定したバネ係数および粘性係数を用いて、拡大崩落の予測計算を行った。

拡大崩落の予想計算では、以下の3種類のすべりタイプを用意した。

すべり面は、極限平衡法による安定解析で最も危険と判断された「深いすべり」面と、その次に危険と判定された「浅いすべり」面の2種類とした。これらすべり面は固定された面として設定した。また、すべり面を固定せずに、DEM解析で計算を進める中で自動的に形成される弱面ですべるパターンも準備し、「任意すべり」として計算を行った。

浅いすべり、深いすべり、任意すべりの3種類の結果を示す。

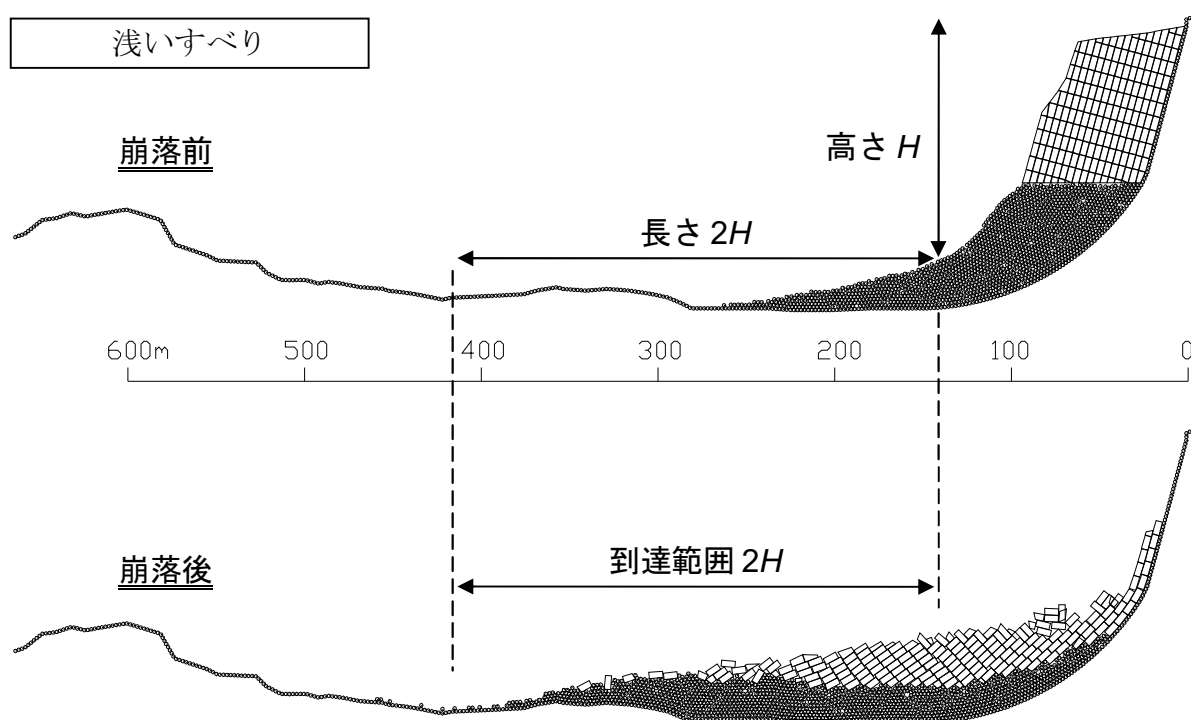


図 2.1.9 計算結果 (浅いすべり)

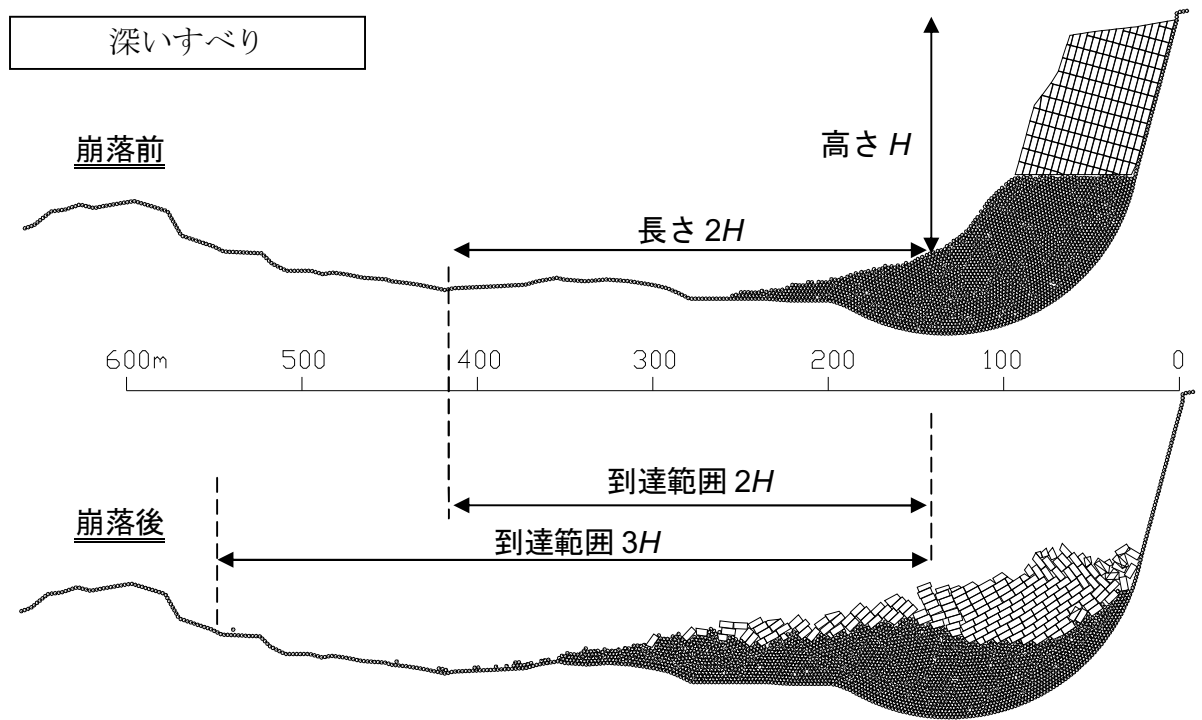


図 2.1.10 計算結果 (深いすべり)

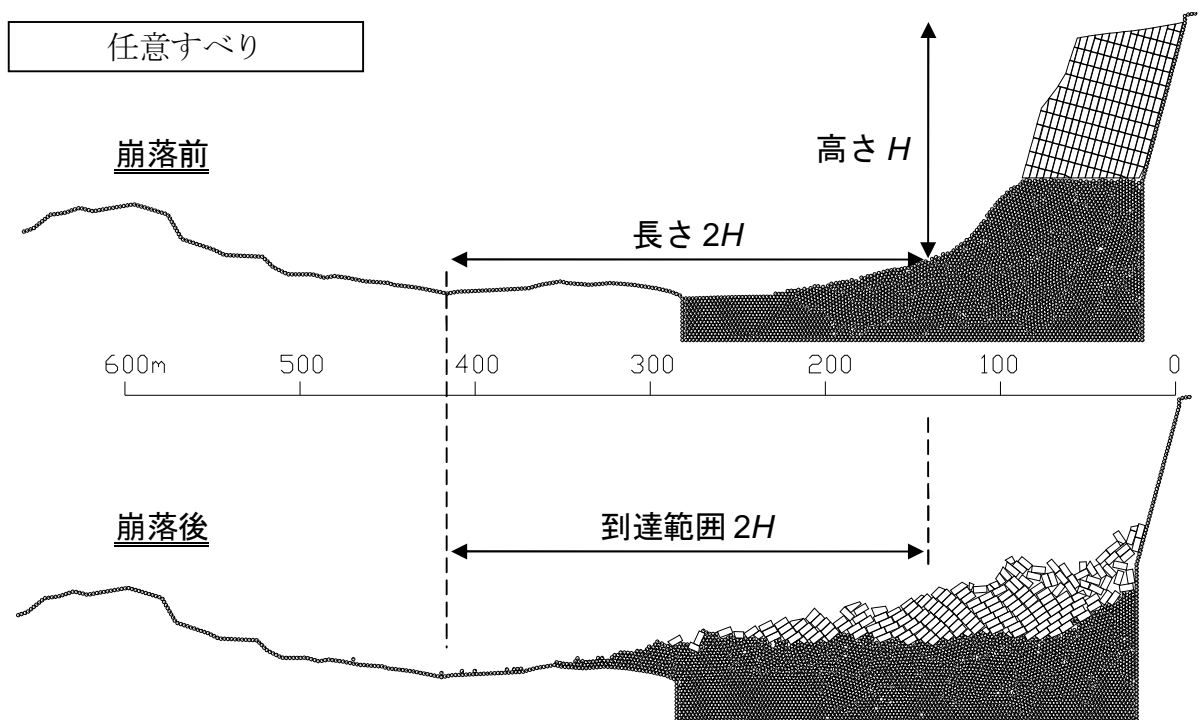


図 2.1.11 計算結果 (任意すべり)

(iv) まとめ

浅いすべり、深いすべり、任意すべりの3種について、

- ・ 崩落土塊のほとんどは、斜面高さ  $H$  の2倍= $2H$  の到達距離内に堆積する。
- ・ 数個の土塊が、到達距離  $2H$  を超えた位置まで達する。
- ・ 十分に安全をみるなら、到達距離  $3H$  以上をとれば、崩落土塊が到達する危険は小さい。

ここで、 $H=135\text{m}$ 、 $2H=270\text{m}$ 、 $3H=405\text{m}$ である。

このとき、到達範囲の平面分布は下図のようになる。

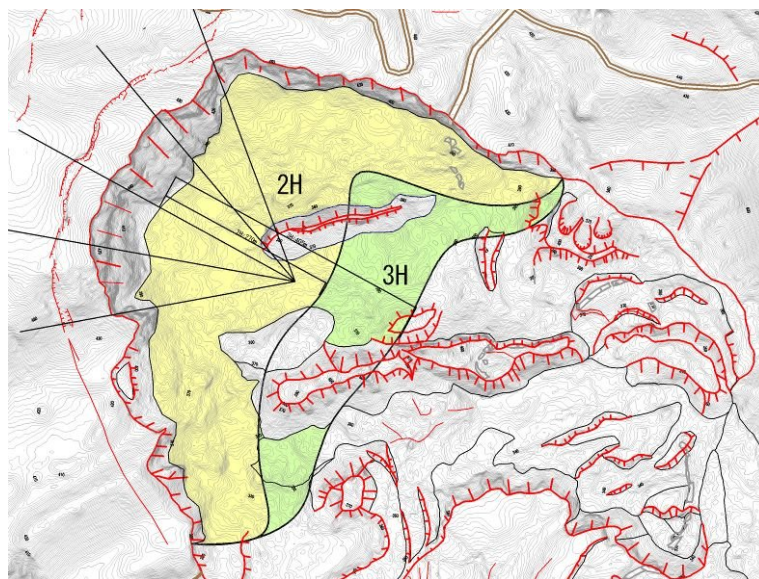


図 2.1.12 到達距離  $2H$  および  $3H$  の範囲

また頭部排土後の滑落崖高さを、 $H=105\text{m}$  とすると、 $2H=210\text{m}$ 、 $3H=315\text{m}$  である。

このとき、到達範囲の平面分布は下図のようになる。

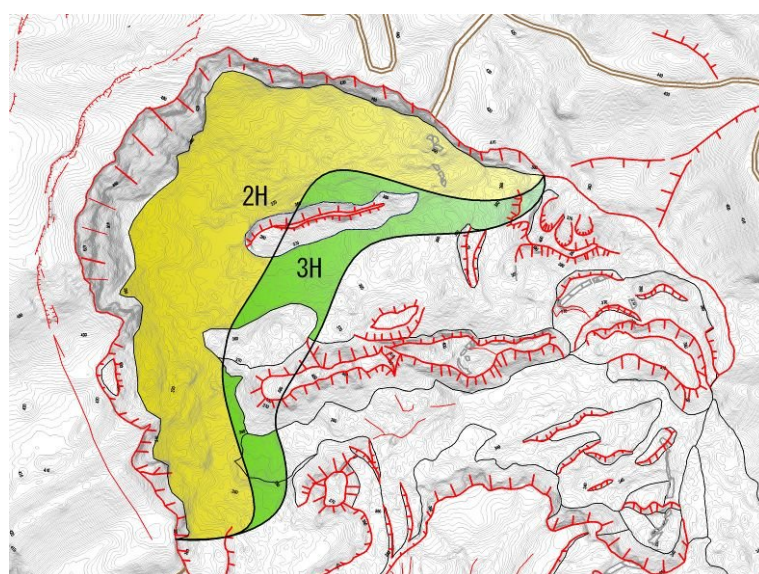


図 2.1.13 頭部排土後の到達距離  $2H$  および  $3H$  の範囲

以上の検討結果より作成した危険箇所抽出図を次頁に示した。

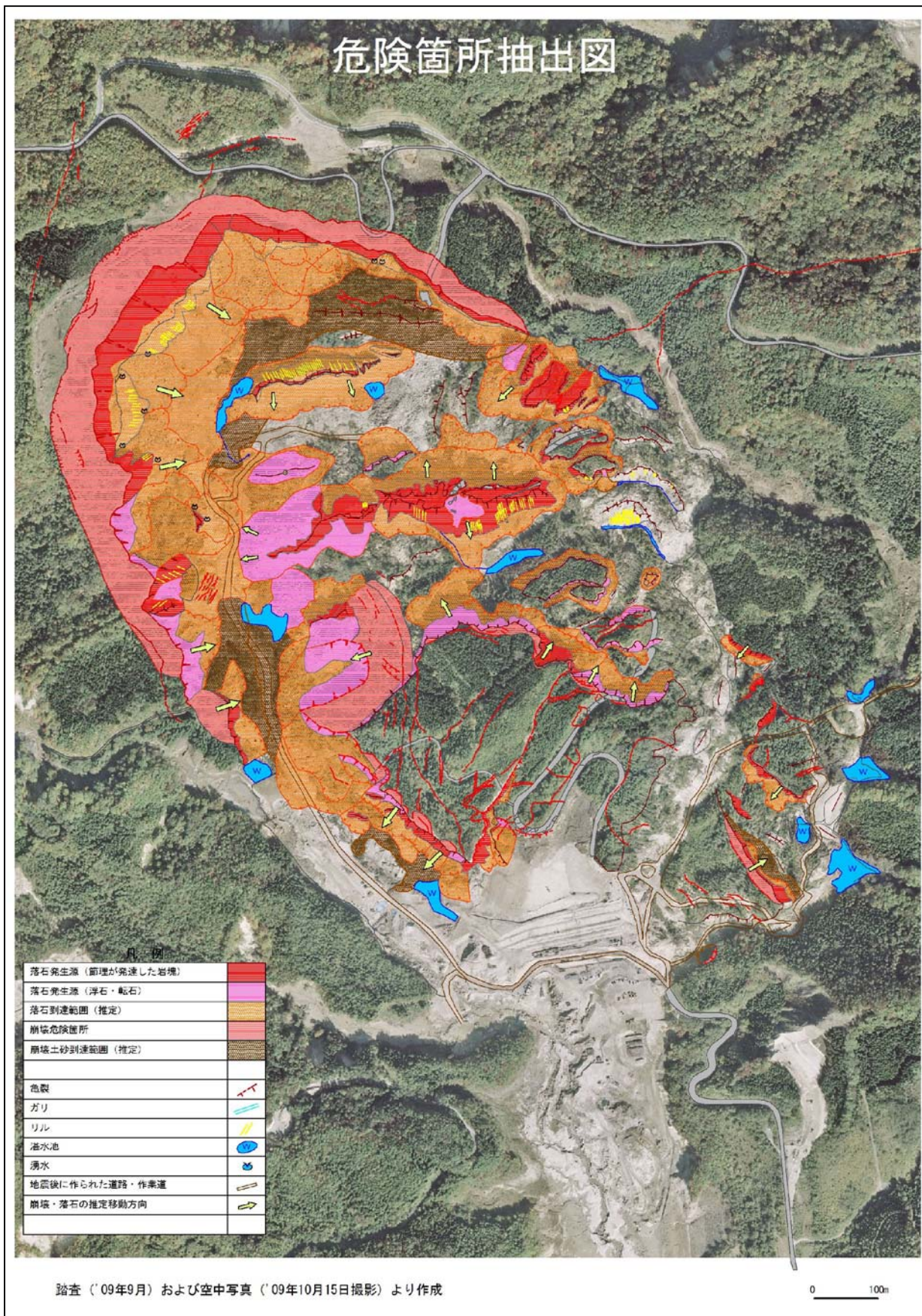
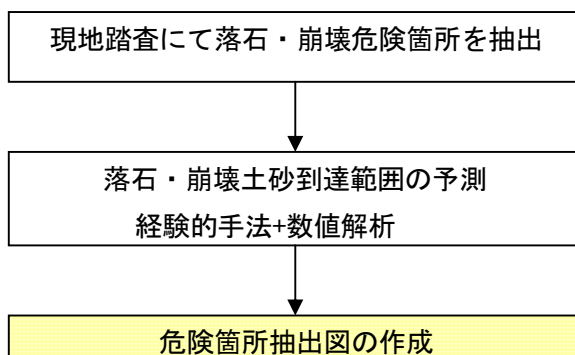


図 2.1.14 危険箇所抽出図

## 2.1.2 立ち入り危険区域の検討

前項までの検討では、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。



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検討した。

### ■ 宮城県沖地震発生時（震度5強）の危険区域

1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 $2^{\circ}$ 未滿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 $3^{\circ}$ 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。

以上の検討結果より、落石・崩壊による危険箇所に、“地震発生時”ならびに“土石流発生時”の危険区域を加え、立ち入り危険区域の範囲を図示した。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。



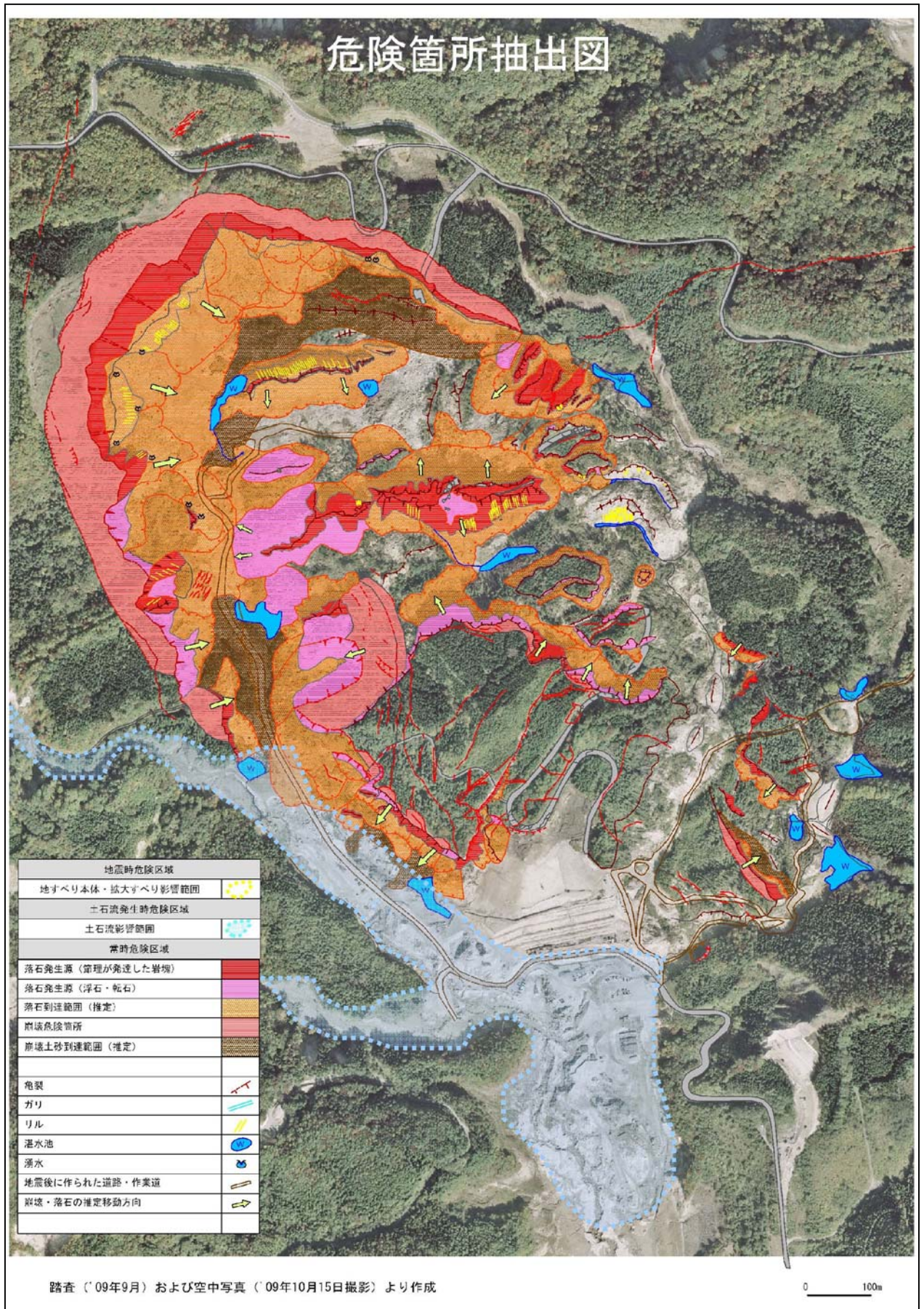


図 2.1.15 立ち入り危険区域検討図

## 2.2 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 2.2.1 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"> <li>・崩壊や落石による崖面の変化</li> <li>・崖面のせり出し状況</li> </ul>
	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"> <li>・侵食による地形の平準化</li> <li>・植生の進入と変遷</li> </ul>
	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"> <li>・植生の進入と変遷</li> <li>・土砂移動状況</li> </ul>
	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"> <li>・旧地すべりの痕跡（露頭面の観察）</li> <li>・崖面の変化</li> </ul>
	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"> <li>・市道路面の変形状況</li> <li>・寸断された林道</li> <li>・地内に存在する亀裂の変化</li> <li>・周縁部崩壊地の変化</li> </ul>
	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"> <li>・湛水量の変化</li> <li>・周辺からの土砂堆積状況</li> </ul>
	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"> <li>・地表に押し上げられた構造物</li> <li>・破碎した砂岩シルト岩の風化状況</li> <li>・傾倒したスギ林</li> </ul>
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"> <li>・植生の侵入と変遷</li> </ul>
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"> <li>・地すべり対策工の種類と目的</li> <li>・対策工の効果</li> </ul>
	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"> <li>・緑化工の種類と目的</li> <li>・植生の回復状況</li> </ul>

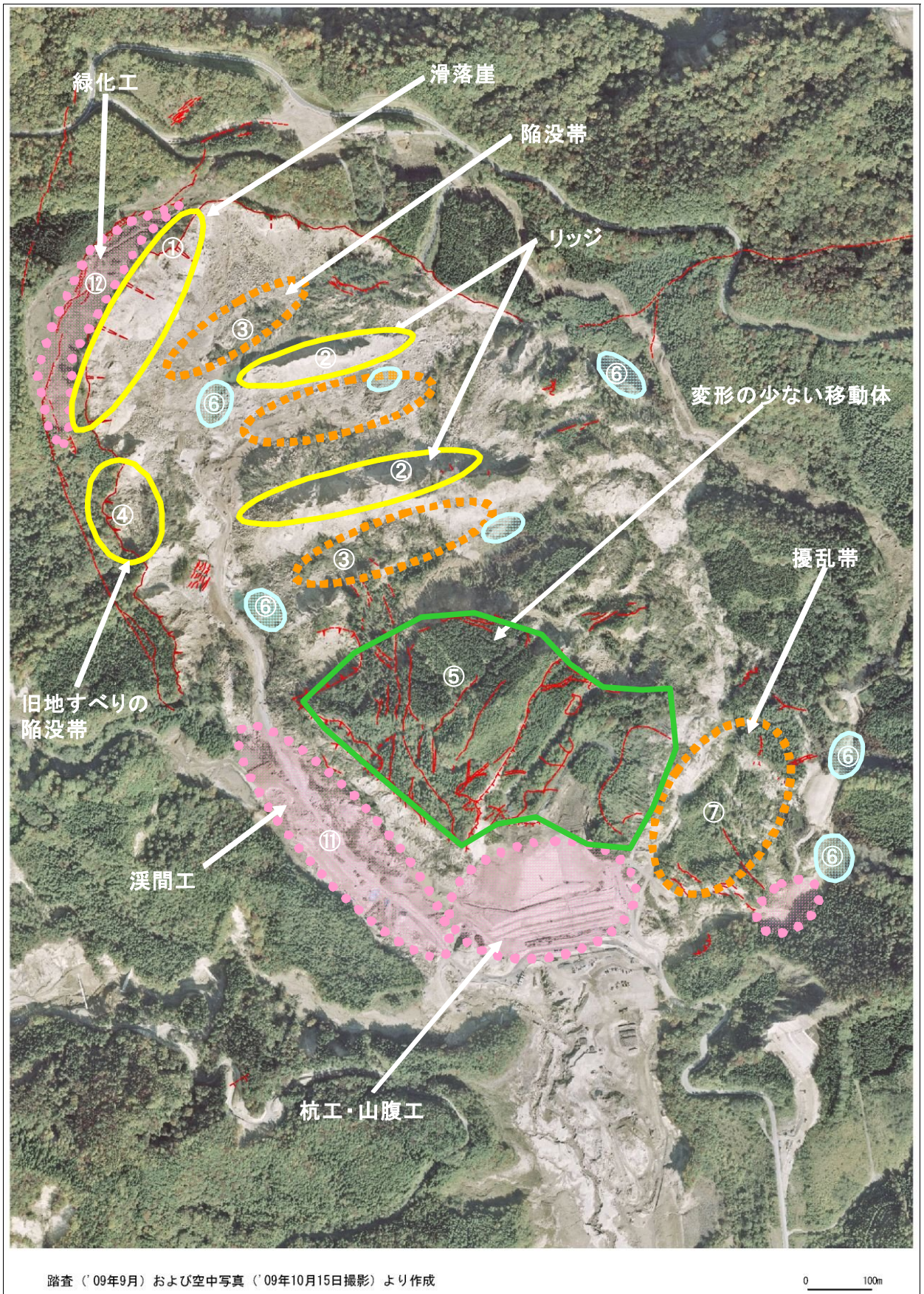


図 2.2.1 観察事象位置図



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



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

## 2.3 対策工施工後の景観シミュレーション

### 2.3.1 可視領域の検討

今後の利活用を検討する際の参考資料として、代表的な眺望地点において、GISを利用しLPデータから可視領域解析を実施した。また、滑落崖及び地すべり末端工事部が見えるポイントについて、3次元CGを使用した景観シミュレーションを実施した。

表 2.3.1 可視領域解析箇所

ビューポイント	滑落崖	末端工事部	景観シミュレーション
①	×	○	○
②	—	—	—
③	×	×	—
④	○	×	○
⑤	○	×	○
⑥	○	×	○
ダム	○	○	○

なお、ポイント②については、寸断された林道を見ることが目的のため、可視領域解析を行っていない。解析箇所を図 2.3.1 に、解析結果を図 8.4.2 以降に示す。

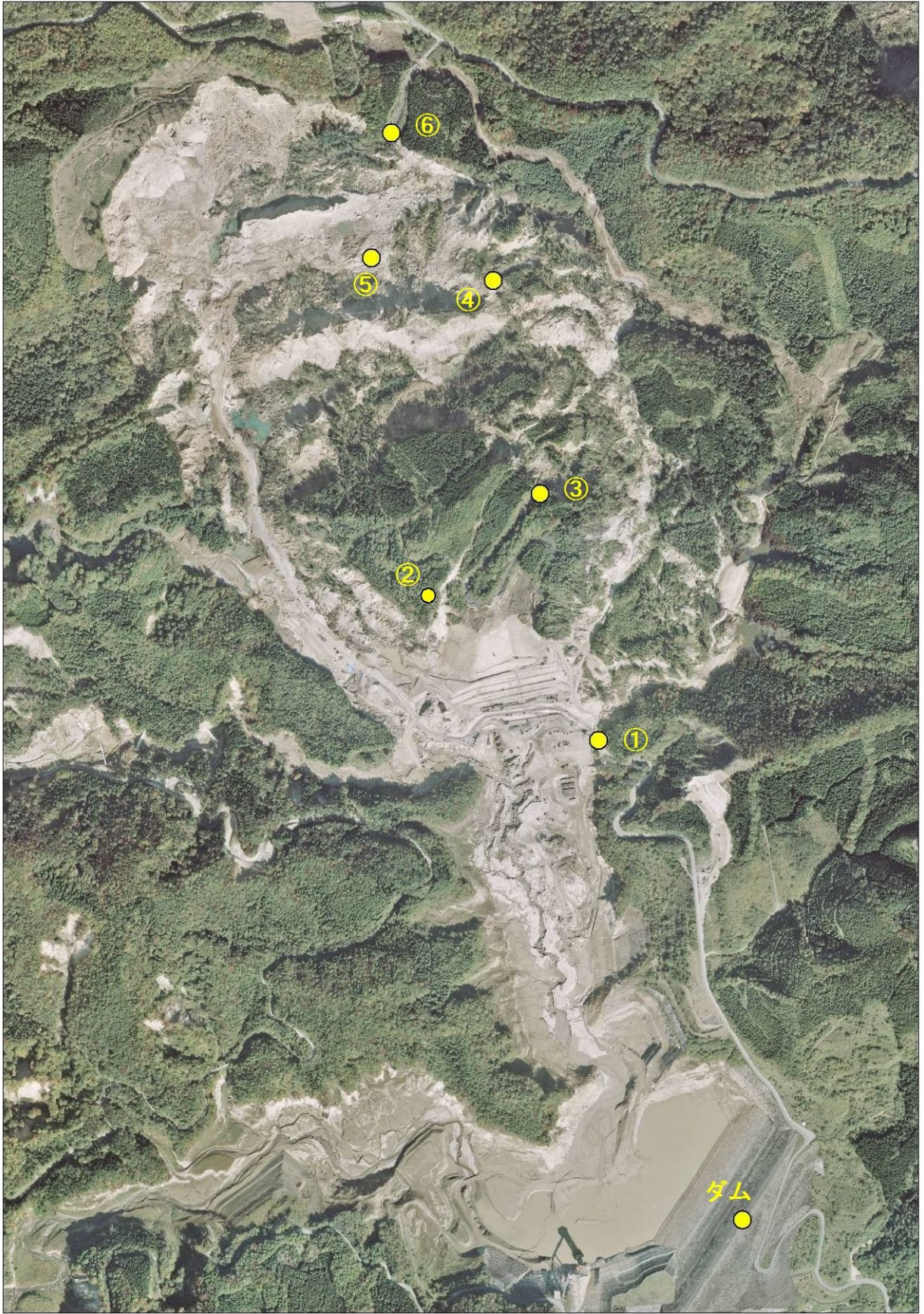


図 2.3.1 可視領域解析箇所位置図

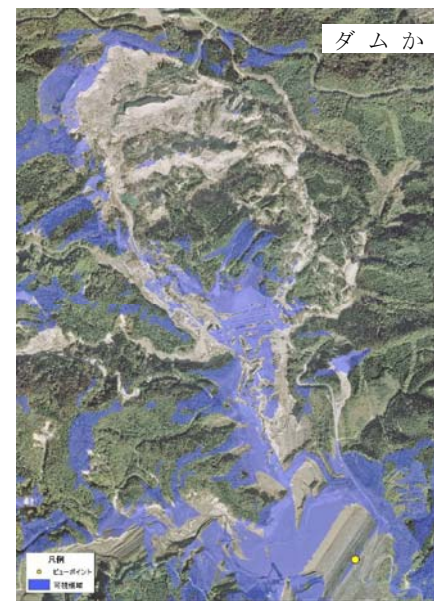
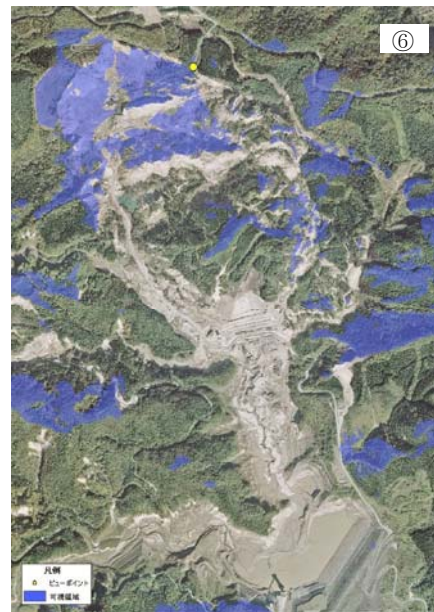
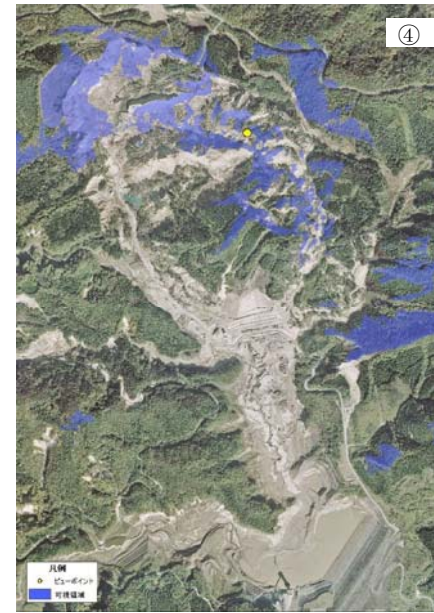
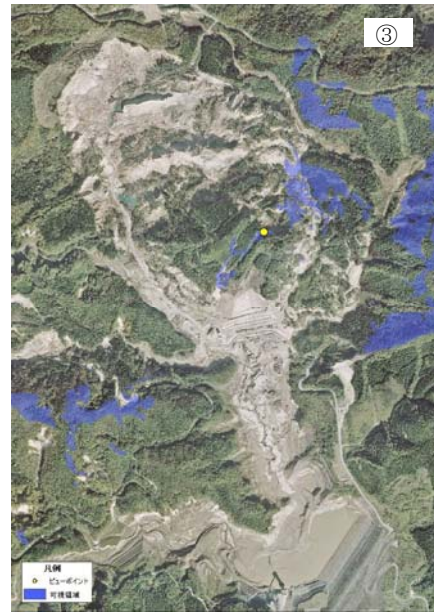


図 2.3.2 可視領域解析結果



### 2.3.2 対策工施工後の景観シミュレーション

前記の主な眺望点ならびに、現在付替工事が進められている「市道荒砥沢線」の代表箇所2地点からの対策工施工後の景観について検討した。

主な眺望箇所からの検討箇所は図 2.3.1 に示したとおりであり、以下に、付替市道からの検討箇所を示した。



図 2.3.3 市道荒砥沢線からの眺望箇所位置図

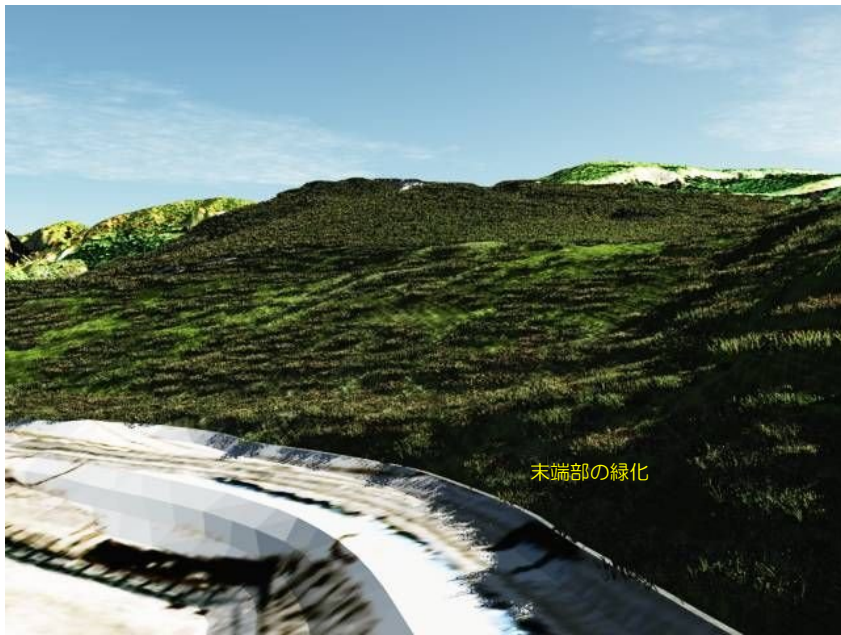


図 2.3.4 ①地すべり末端部の緑化後

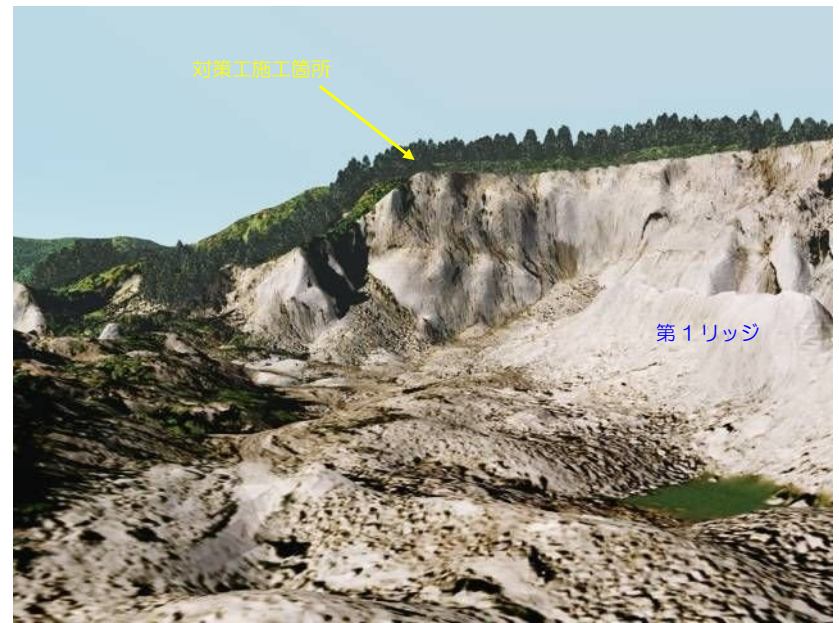


図 2.3.6 ⑤第2陥没帯より



図 2.3.5 ④第2陥没帯～第2リッジ（左岸側）より



図 2.3.7 ⑥左側壁冠頭部より



図 2.3.8 ダムより



図 2.3.10 市道荒砥沢線 ①地点からの眺望

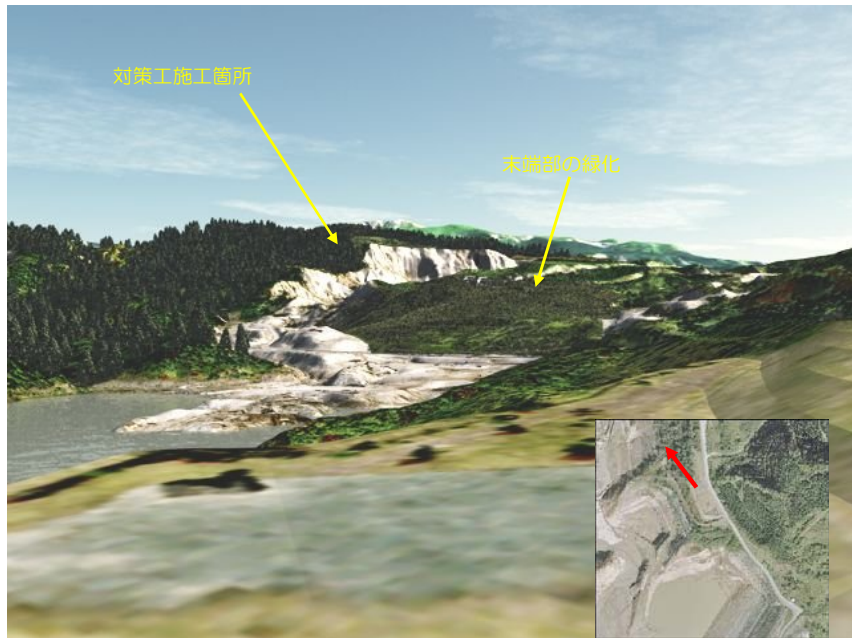


図 2.3.9 ダム～地すべり末端の間



図 2.3.11 ②地点からの眺望

### 3. 今後のモニタリング計画

#### 3.1 モニタリングの目的

荒砥沢地すべりは、岩手・宮城内陸地震により誘起され、その規模は日本最大級であり、すべり面傾斜角が緩いにも関わらず移動距離が最大約300mとたぐい希な地すべりである。保全対象である下流側の荒砥沢ダム、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、一方では新たな地形、地質、水環境が創出され、それぞれが重要な環境資源でもあり、残された環境を環境・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も配慮する計画である。

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ことから、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、対策工について現状に対応した必要な規模にとどめ、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。

##### 3.1.1 追跡する現象

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

###### a) 全体ブロック（地すべり）

全体ブロックは、近い将来発生が予想されている宮城県沖地震単独、あるいは三陸沖南部海溝寄り地震との連動の場合の予想震度（震度5強）においても、1ブロックとしての滑動はしない見込みであるが、この地震と拡大崩壊や異常豪雨時、あるいは滑落崖崩壊の衝撃力などの要因が重なった場合には不安定化する。

地すべりの再滑動は下流域に対して大きなダメージを与えることになることから、この監視が必要である。

###### b) 拡大崩壊（滑落崖と拡大亀裂間：陥没帯）

拡大崩壊は、本年度観測結果においても変位が停止しておらず、応急対策として排土工が施工されている。

拡大崩壊の発生機構については、現状では外形の変形等を元に機構解析を行っており、さらに機構の解明を進めるとともに、施工中の排土工の効果を検証する必要がある。このために、拡大崩壊の機構解明のための調査と動態監視が必要である。

###### c) 地内の崖面の崩壊など

全体ブロックの滑落崖のほかにも地すべりブロック内には、崖面が存在している。風化、侵食が進行することで崖面自体が不安定化するとともに、流出土砂の発生源となる可能性もあるため、不安定化する位置によっては対策が必要となる場合も想定される。したがって、崖面の変化をモ

ニタリングする必要がある。

#### d) 流出土砂の捕捉状況など

地すべりブロック内からの土砂の流出は荒砥沢ダムに流入する。流出土砂の抑制は、荒砥沢地すべり対策の基幹でもあり、流路の固定や溪間工、緑化工などが計画、施工されている。

これらの効果が計画どおり発揮されているのかの検証が必要である。もし、計画どおりの効果がないとすれば追加対策を実施する必要がある。

### (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）

#### a) 創出された地形の従順化

地すべりの発生により創出された地形は、風化・侵食をうける。とくに軽石質凝灰岩やその転石化したものや、擾乱帯にみられるシルト岩、砂岩などは強く破碎されており、降雨や流水の侵食を受けやすく、従順化していく。

これらの変化そのものが重要なモニタリングの対象となる。

#### b) 植生の遷移

地すべりの移動距離は最大 300m にも達し、最大落差約 150m の滑落崖、擾乱帯では 50m 以上の隆起が発生しており、この結果、広大な裸地が形成され、植生環境が一変した。既に表土の条件や、水環境に応じて、植生の進入が確認されており、今後植生は遷移していく。

地形の従順化と同様に植生の遷移も重要なモニタリング対象である。

#### c) 緑化工の追跡

荒砥沢地すべり対策の中で緑化工は重要な対策である。植生の衰退があれば、流出土砂の抑制効果が減少することになり、緑化工の効果追跡により、対策の追加や見直しのための基礎資料となる。

## 3.2 モニタリング計画

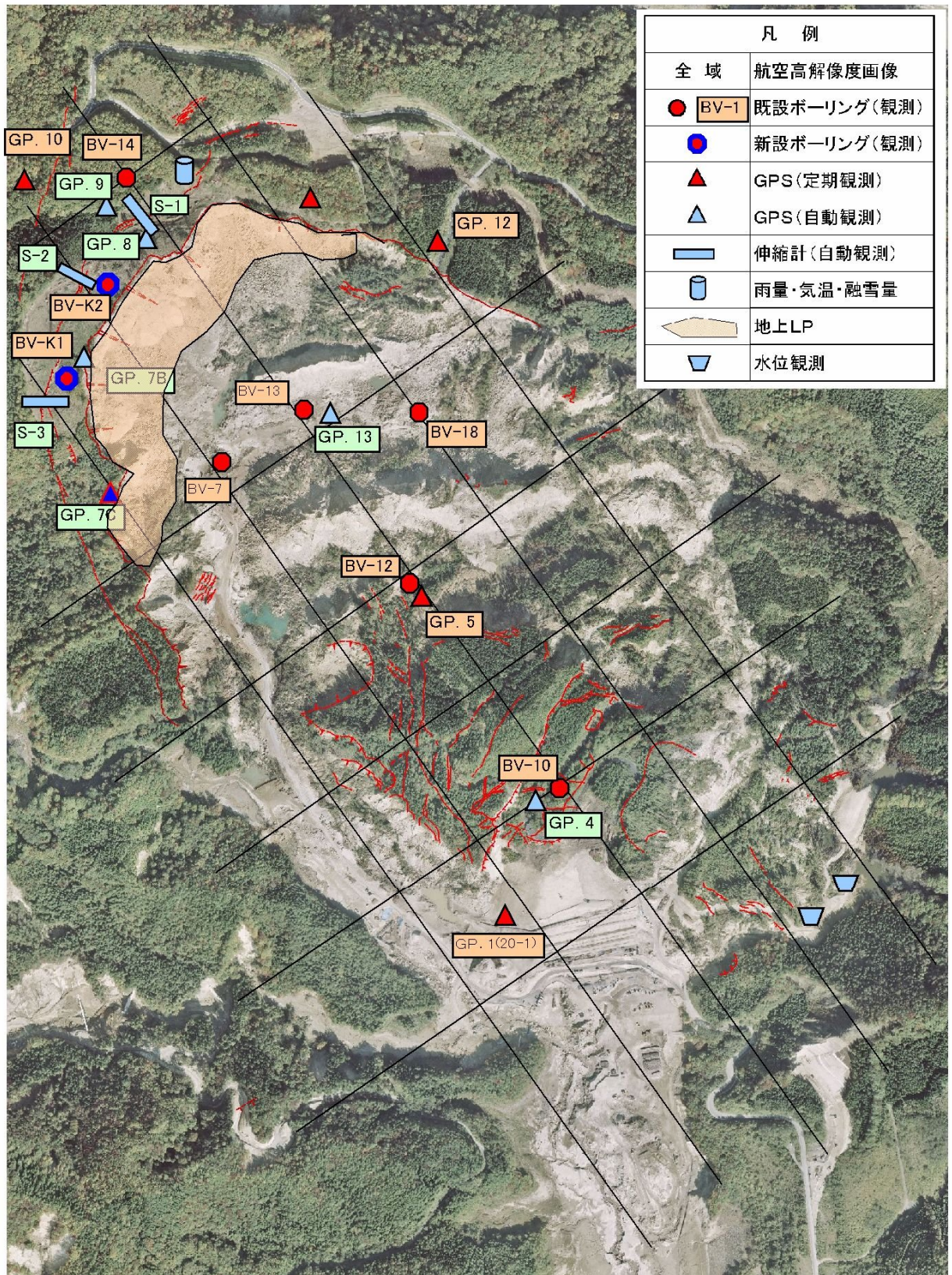
今後のモニタリング計画について、

- 1) 地すべり・崩壊対応に関するモニタリング
- 2) 地形・植生などに関するモニタリング

に区分して、次ページ以降に計画表ならびに計画図として示した。

表 3.2.1 モニタリング計画表 (地すべり・崩壊対応に関するモニタリング)

種別	区分	目的	対象	手法	No.(箇所)	年																											
						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 水位計	BV-7, 10, 12, 13, 14, 18 (6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																											
						GPS	GP.1(20-1), 5(2点)	↑																									
		拡大崩壊 の動態監視と機構把握	拡大亀裂 ～滑落崖	GPS	GP.10, 11, 12, +2点(東側)	↑																											
				新規ボーリング	BVK-1, 2 (新規, 2孔)	↑																											
				地上LIP	主滑落崖	↑																											
	長期的な監視	気象データ	全体	雨量/気温/融雪量	GPS自動	地すべりブロック内～周辺 GP.8, 9, 7B, 7C, 固定点1 (GP.4,13) (7点)	↑																										
							伸縮計	S-1(既設), 2, 3(新設)	↑																								
		効果把握	緑化工 湛水解消 対策	サンプリング調査 水位計	施工箇所 湛水解消対策の排水対策の 立坑, および湛水池	水位計	主滑落崖	↑																									
								地上LIP	主滑落崖	↑																							
								サンプリング調査	施工箇所	↑																							
地すべり 動態監視	拡大亀裂 ～滑落崖	新規ボーリングの観測 (歪計, 地震計)	GPS自動	伸縮計	BVK-1, 2 (新規, 2孔)	↑																											
						地上LIP	主滑落崖	↑																									



空中写真(09年10月)に加筆

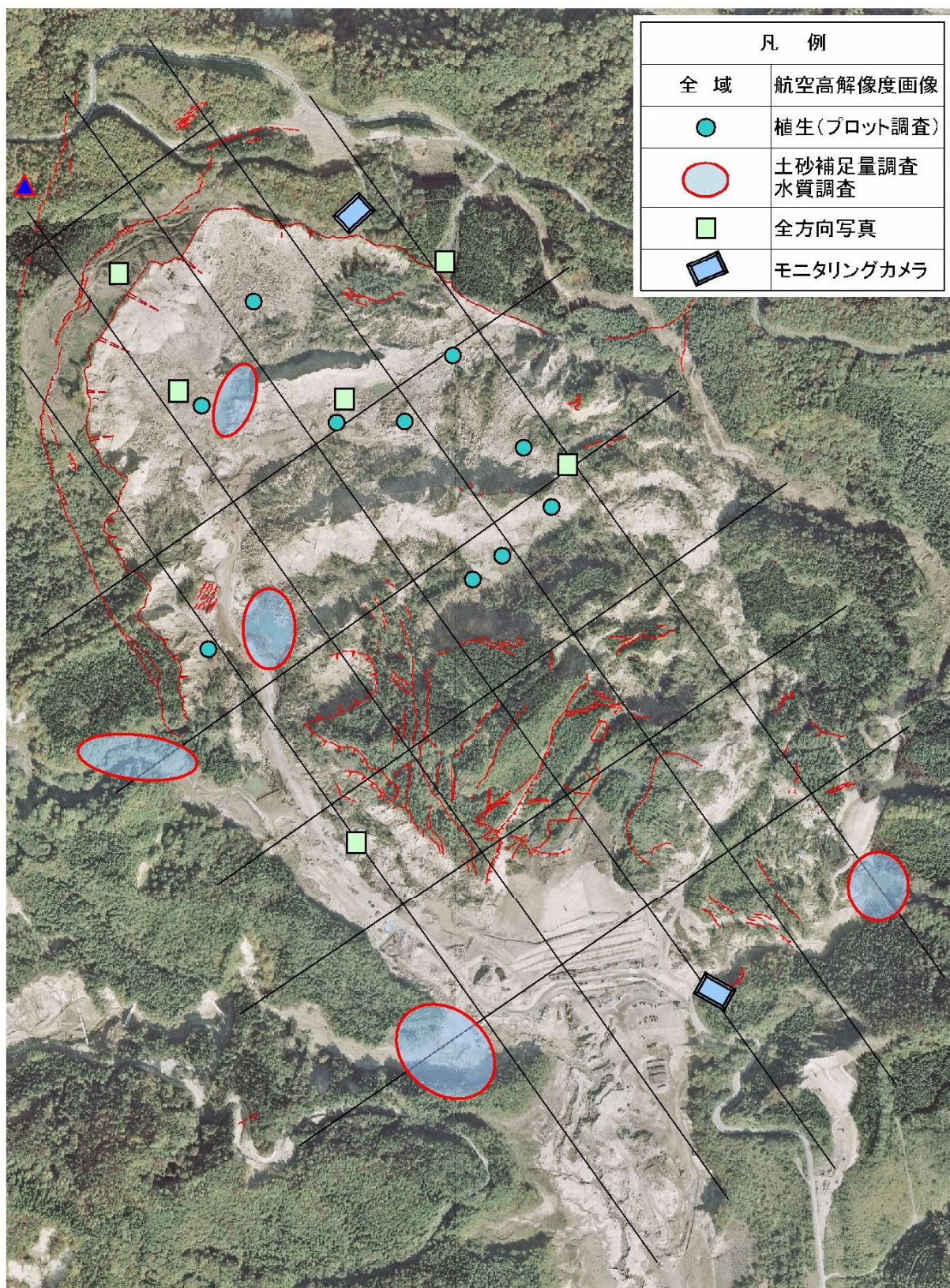
0 100m

図 3.2.1 地すべり・崩壊対応に関するモニタリング計画図

表 3.2.2 モニタリング計画表 (地形, 植生などに関するモニタリング)

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
地形・植生に関するモニタリング	定期的な監視	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)	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	画像情報の配信																				
			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																					
下流への影響	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																							





空中写真(09年10月)に加筆

0 100m

図 3.2.2 地形、植生などに関するモニタリング計画図

## 4. 地すべり地の活用の検討に関する取り組み

### 4.1 モニタリングデータの区分と利用

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、現時点での想定が困難な斜面変動を含む地形・地質、水文、植生などの変化を把握して、今後、更に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はなく、環境教育や防災教育などにも利用できる情報が得られるので有効に利用されることが望まれる。

モニタリングの手法、目的、対象、および利用形態区分とその有効性について表 4.1.1 に示すが、以下に得られるデータと利用について記載する。

#### a) 動態把握（地すべり、拡大崩壊）

対象は全体ブロック、拡大崩壊（拡大亀裂～滑落崖）、滑落崖であり、この動態を監視する。把握のための手法は、通常的地すべり調査で採用される手法であり、地表部の動態はGPS観測、伸縮計、モニタリングカメラや地上レーザ測量により、地中の動態は、ボーリング孔に設置しているひずみ計や水位計による。

これらのデータは、「発生機構の理解」や「対策の効果・機能の追跡」でも必要とされるデータである。

また、手法は共通するものの、今後3年程度の当面の監視から長期的な監視に移行する際には、当面の監視結果に応じて、監視位置、密度の見直しが必要である。

#### b) 発生機構の把握

手法はa) と共通であるが、拡大崩壊（拡大亀裂～滑落崖）の発生機構把握のための、ボーリング調査や気象データ（雨量、気温、融雪量）などが加わる。

#### c) 対策の効果・機能の追跡

手法はb) と共通であるが、これに「地形、植生に関するモニタリング」で計画している航空レーザ測量、航空高解像度写真、全方位写真、植生プロット調査、あるいは「下流への影響モニタリング」で計画している深淺測量や水質分析、縦坑内水位調査などが加わる。

#### d) 変化の追跡（地形、植生、景観）

面的なデータ取得が求められるため、航空レーザプロファイラ、航空高解像度写真、地上レーザプロファイラ、植生プロット調査などが考えられる。

また、これらのデータは、「教育・体験」においても役立つ資料となる。

#### e) 教育・体験（環境、防災）

環境教育の面では、「地形、植生に関するモニタリング」で得られるデータが利用でき、防災教育の面では、取得するほとんどのデータを教材として利用することができると考えられる。

また、地内で施工される対策工や調査の結果得られたボーリングコアや観測データなどは地す

べりの理解に役立てることが期待される。

## 4.2 利用可能な情報

当該地をジオサイトなどとして活用することの検討に際しては、地すべり機構調査事業で取得したデータ、および解析結果、資料に加え、今後、モニタリングで得られる情報も提供することが可能である。

具体的な情報として以下に示す内容に整理されるが、これらの情報の利用にあたっては、現地に立ち入って行う各種調査等や実際の土地の活用において、危険箇所の把握やその情報提供・共有などについて十分留意する必要がある。

### (1) 既存のデータ

既存データで利用可能な情報を次に記載する。

- ① 危険箇所抽出データ
- ② 地すべり調査結果
  - ・観測データ（GPS、ひずみ計、地下水位など）
  - ・各種試験データ（土質・岩質試験、坑内試験など）
  - ・ボーリングコア
- ③ 地すべり発生機構解析結果など
- ④ 景観シミュレーション
- ⑤ 地震・地すべりにより形成された地形・地質の写真、およびその変化の記録

### (2) 今後、追跡・取得するデータ

今後、追跡・取得するデータで利用の考えられる情報を次に記載する。

- ① モニタリング画像データ（ライブ画像など）
- ② 現地気象データ
- ③ モニタリングによる危険情報・異常情報

これらの情報は、大規模地すべりへの興味の端緒、地すべり発生メカニズムの理解などの基礎資料となるとともに、当該地、および隣接地の危険性の指標ともなる情報である。

表 4.1.1 モニタリングで得られる情報の利用

種別	手法	目的	対象	区分	利用形態の区分と有効性																
					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	拡大崩壊の動態監視と機構把握	拡大亀裂～滑落崖	長期的な監視	○		○														
	GPS				○		○														
	新規ボーリング				○		○														
	地上レーザプロファイラ				○		○														
	雨量/気温/融雪量	気象データ	全体	長期的な監視	○		○														
	GPS自動				○		○														
	伸縮計	地すべり動態監視	拡大亀裂～滑落崖	長期的な監視	○		○														
	新規ボーリングの観測(空計, 地震計)				○		○														
モニタリングカメラ	○					○															
地上レーザプロファイラ	地形変化・植生遷移の追跡	地形・植生	長期的な監視	○		△		○													
航空レーザプロファイラ				△		△		△		○											
航空高解像度写真										○		○									
全方位写真										△		○									
植生プロット調査	ダム湖への影響調査	流出土砂量調査	長期的な監視	○		△		○													
湛水池での深淺測量				△		△		△		○											
水質分析				△		△		△		○											
縦坑内水位	工事対策工	ボーリングコア	調査	長期的な監視	△		△		○												
水質分析					△		△		△		○										
縦坑内水位					△		△		△		○										
観測計器類					△		△		△		○										
現況																					