

## 1.4 地すべりの現況

### 1.4.1 被災概要

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で、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。不安定土砂発生量は約6,700万m<sup>3</sup>に達する。被災の概観を図1.4.1、図1.4.2に、被災概要を図1.4.3に示す。

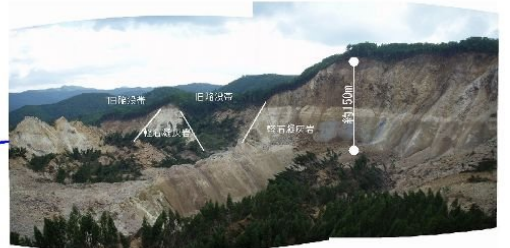
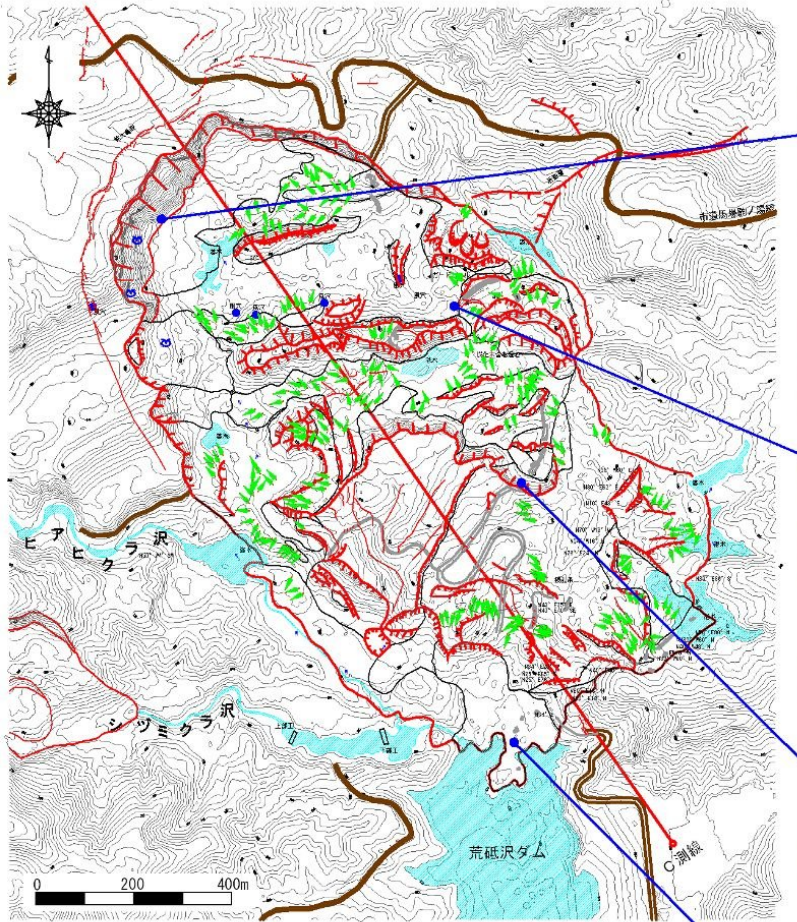


図 1. 4.1 荒砥沢地すべり位置と鳥瞰写真



図 1. 4.2 荒砥沢地すべり位置と鳥瞰写真

平面図



頭部滑落崖（滑落崖の比高は最大で約150mに達する）

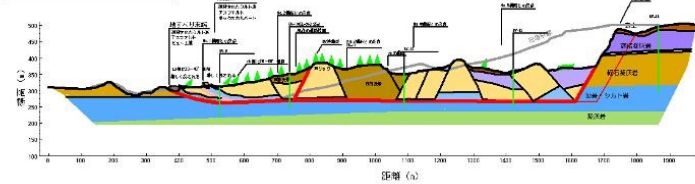


寸断された市道荒砥沢線



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）

C測線 断面図



ダム湖へ流出した移動土塊

図 1. 4.3 荒砥沢地すべりによる被災概要

移動距離は最大で 300m に達し、末端部や右側壁部のブロック縁辺部では、溪床の埋積や移動土塊の激しい変形が発生している。また末端部の移動土砂の一部は荒砥沢ダムへ流入し、地すべり地内を通る市道荒砥沢線は、ほぼ原形をとどめることなく破壊、寸断されている。頭部では最大約 150m におよぶ滑落崖が形成され、さらに後背地には退行性亀裂が発生しており、市道馬場駒の湯線への被災拡大が危惧される。

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き止めや湧水による湛水が形成されており、これらの決壊による荒砥沢ダムへのさらなる土砂流入の危険もある。

### 1.4.2 地すべりの動態

当地区における動態観測は以下に示すとおりである。

- 地すべり地内に設置したパイプひずみ計および孔内傾斜計
- 地すべり全域および地すべり周辺に設置した移動杭の GPS 観測
- 頭部拡大亀裂に設置した地表伸縮計

このうち地表伸縮計観測では第 1 拡大亀裂で著しい累積傾向が確認される。これは GPS 観測でも同様に、頭部拡大亀裂付近に顕著な変動が確認される。一方、地すべり地内に設置されたパイプひずみ計や孔内傾斜計、移動杭では顕著な変動は確認されないことから、現時点では荒砥沢地すべり本体の変動は小康状態にあり、頭部拡大ブロックが局部的に活動しているものと判断される。

したがって、荒砥沢地すべり本体の動態に関しては、地震による滑動に主眼をおいて考察する。以下に空中写真判読、地すべり現況から読み取れる地震時の動態について記述する。

### 1.4.3 空中写真判読による動態

空中写真判読による移動方向と移動距離の傾向について記述する。図 1.4.4に空中写真判読による移動方向推定図を、表 1.4.1 空中写真判読による移動方向、移動距離移動方向推定図により明らかとなった各地点の移動方向、移動距離の一覧表を示す。

表 1.4.1 空中写真判読による移動方向、移動距離

地点 No.	位置		対象物	標高(m)		水平移動距離 (m)	標高差 (m)	移動方向(°) 北から時計回り
	概略	詳細		移動前	移動後			
1	頭部	第1リッジ左側壁付近	市道	415	380	248	-35	117
2		第2リッジ東端部	湿地帯	375	348	217	-27	133
3		第1リッジ中央部	市道	408	390	253	-18	134
4	中腹部	第3陥没帯中央部付近	市道	340	339	304	-1	146
5		第3陥没帯中央部	林班縁辺部	370	370	300	0	146
6		地すべり中央部	市道	360	345	308	-15	145
7		第3陥没帯右側壁より	林道	355	355	282	0	143
8		第3陥没帯右側壁より	林道	362	354	272	-8	142
9		地すべり中央部やや末端より	市道	310	324	298	14	147
10	末端部①	地すべり末端部左側壁より	道路法面	320	340	201	20	144
11		地すべり末端部左側壁より	林班縁辺部	335	344	196	9	152
12		地すべり末端部左側壁より	林班縁辺部	340	346	205	6	149
13		地すべり末端部左側壁より	林班縁辺部	340	346	106	6	116
14	末端部②	地すべり末端部左側壁より	林班縁辺部	350	350	71	0	115
15		地すべり最末端部左側壁より	道路ヒューム管	278	332	142	54	119
16		地すべり最末端部左側壁より	道路ヒューム管	280	316	135	36	168



2006. 02 オルソ写真

# 移動方向推定図

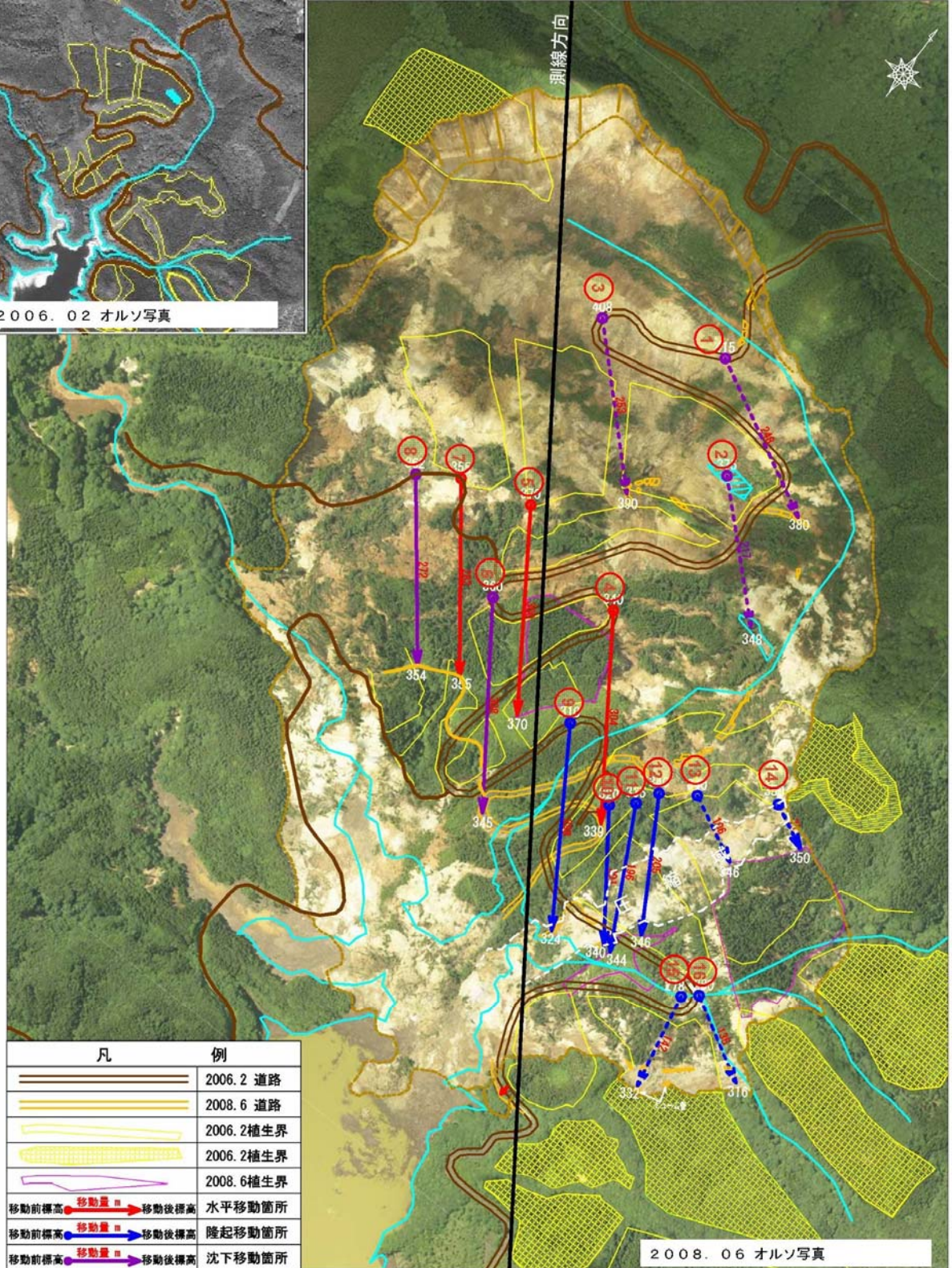


図 1. 4. 4 移動方向推定図

## (1) 移動方向

表 1.4.1 空中写真判読による移動方向，移動距離に示している移動方向は，北を $0^{\circ}$ とした時計回りの方向である。すなわち，東が $90^{\circ}$ ，南が $180^{\circ}$ ，西が $270^{\circ}$ となる。移動方向は概ね $110^{\circ}$ ～ $170^{\circ}$ の範囲内であり，図 1.4.5のローズダイアグラムに示すように， $140^{\circ}$ ～ $149^{\circ}$ が50%と最も多く，次いで $110^{\circ}$ ～ $119^{\circ}$ が25%である。移動方向推定図と比較すると，前者は地すべりの中腹部から末端部にかけての移動方向に概ね一致し，後者は地すべり頭部付近の移動方向に一致する。

以上より，荒砥沢地すべりの地震時の移動方向は，全体として東南東～南南東方向であり，頭部付近では東南東，中腹部以下末端部は南南東方向に移動したと考えられる。

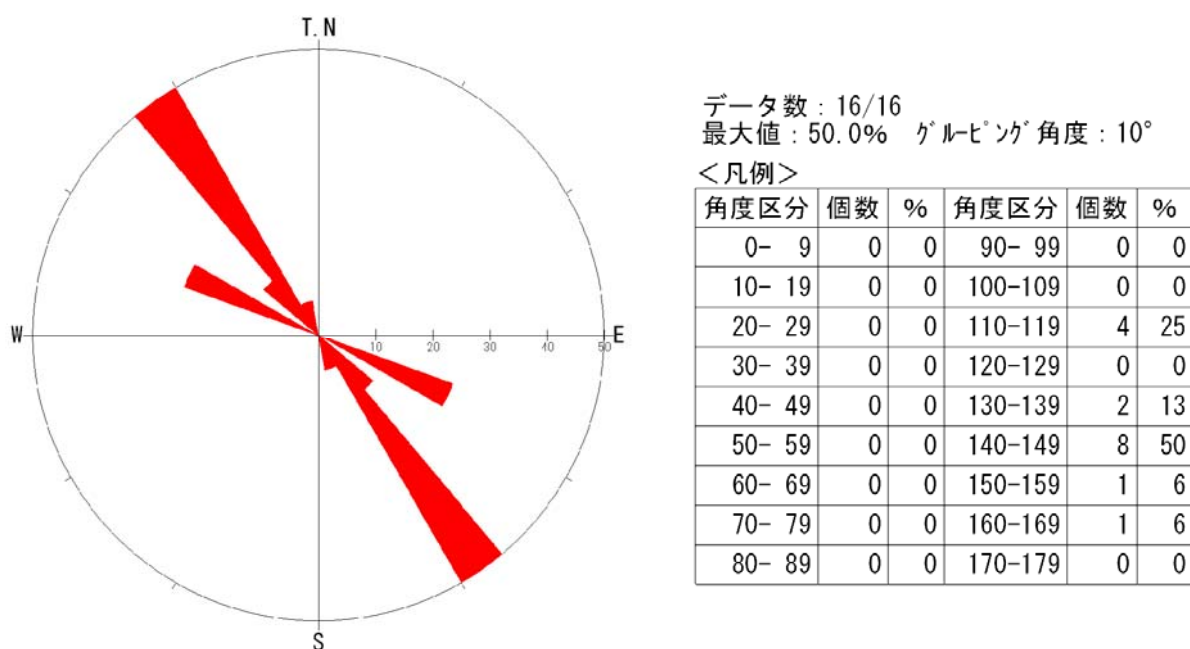


図 1.4.5 移動方向のローズダイアグラム

## (2) 移動量

表 1.4.1 空中写真判読による移動方向，移動距離，図 1.4.4 に示されるように移動量は水平方向，垂直方向ともに地すべり内の位置によって違いが見られ，以下に列挙するような一定の傾向が見られる。

- 地すべり頭部付近の水平移動距離は約 250m であり，20～35m の沈下が見られる。
- 中腹部の移動体の水平移動距離は約 300m であり，概ね水平移動かやや沈下傾向にあるが，最末端部は隆起している。
- 末端部①の水平移動距離は約 200m であり，6～20m 隆起している。
- 末端部②の水平移動距離は約 150m であり，30～50m 隆起している。

#### 1.4.4 地すべり現況に基づく地すべり動態の考察

現況踏査により得られた土塊の変形状況や、地すべり移動体内外における地質分布の違いにより、地すべりの動態について一定の考察が可能である。

##### (1) 第1リッジの傾倒

写真 1.4.1に示すように、第1リッジに見られる層理面（軽石凝灰岩と溶結凝灰岩の層界）は地すべり末端部方向に向かって約 $20^{\circ}$ 傾斜している。当地区の地質構造は概ね水平であることから、第1リッジは地すべり移動方向に向かって傾倒したと考えられる。

リッジの傾倒の要因については

- ・ 前方の陥没帯形成時に前方の脚部の欠損による
- ・ リッジ下ですべり面が階段状になっており、その段差による
- ・ 末端部、中腹部、頭部付近の移動量の差にともなって、地すべり内部で圧縮性的変形が発生している

等が考えられる。

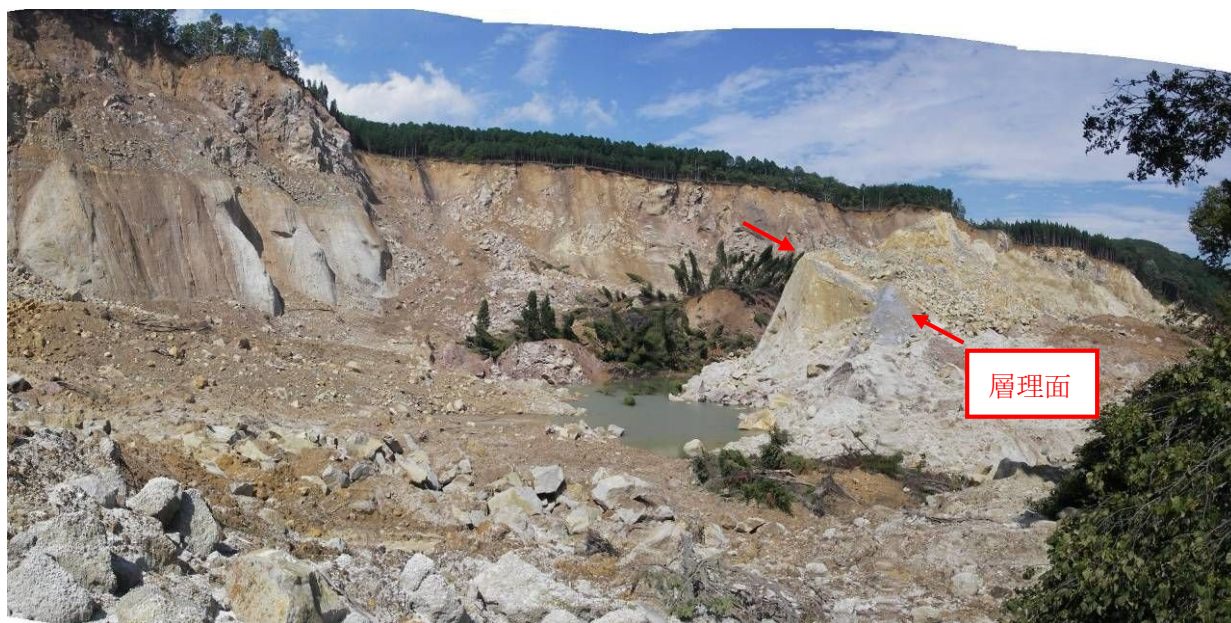


写真 1.4.1 第1リッジの傾倒

##### (2) 道路、立木、堆積構造の傾倒

地すべり末端部付近では、道路路面や立木、砂岩シルト岩の堆積構造の傾倒が各所で認められる。道路路面の傾倒は主に移動体の末端部付近や擾乱帯付近に見られ、概ね北西方向、すなわち地すべり移動方向と逆方向に傾斜している。写真 1.4.2は擾乱帯縁辺部に見られる道路の残骸である。路面の走向傾斜は $NS45^{\circ}W$ であり、概ね地すべり移動方向の逆方向に傾斜している。

写真 1.4.3は擾乱帯と移動体の境界部の林帯である。この一帯の立木は総じて $N60^{\circ}W$ 方向に約 $20^{\circ}$ 傾倒しており、概ね地すべり移動方向の逆方向に傾斜している。

当地区とその周辺の地質構造は概ね水平であるにもかかわらず、地すべり末端部の擾乱帯内に見られる砂岩シルト岩の堆積構造は概ね北西方向に傾斜する傾向にある。一部南東傾斜が見られる場合もあるが、局部的であり、大局的には北西傾斜が卓越する。写真 1.4.2は擾乱帯②に見られる砂岩シルト岩である。ここで確認される堆積構造の走向傾斜は  $N42^{\circ} E14^{\circ} NE$  であり、概ね地すべり移動方向と逆側に傾斜している。

以上の現象はいずれも地すべりの移動方向と逆方向への傾斜を示しており、その様な現象は地すべり末端部に集中する。これが地すべり活動に伴う圧縮により生じた現象だとすれば、山側傾斜のみ確認されるのは説明し難い。すなわち、圧縮による変形であれば、褶曲構造のように対になる逆傾斜の現象も多く見られるはずである。しかし、以上の変形現象は山側傾斜が卓越し、特に砂岩シルト岩の変形は2列の擾乱帯に多数見受けられる。したがって、これらの変形現象は、圧縮によるものではなく、“乗り上げ”によるものと考えられる。



写真 1. 4. 2 道路路面の傾倒



写真 1. 4.3 立木の傾倒



写真 1. 4.4 砂岩シルト岩に見られる堆積構造の傾倒



## 1.5 地すべりブロック区分

荒砥沢地すべりは上述のように最大 300m という大変位を経験しており、その土塊は細分化が進行している。図 1.5.1 地すべりブロック区分図は、空中写真や地すべり現況に基づいて作成した地すべりブロック区分図である。以下に各ブロックについて解説する。

### (1) A ブロック

不動斜面への押し出し現象が明瞭な“擾乱帯②”で構成されるブロックで、北西－南東方向にのびる陥没帯によって南北に区切られる。陥没帯より南側を A-1 ブロック、北側を A-2 ブロックとする。両者とも後背地に林帯が残存しており、一部に明瞭な圧縮現象が見られる。さらに後背地では擾乱帯①に乗り上げられたような押し出しが見られる。先端部では土砂化著しい軽石凝灰岩や破碎した砂岩シルト岩が散在する。

### (2) B ブロック

第 2 リッジと A ブロックの間の区域を B ブロックとする。移動体と北東－南西方向に切る段差亀裂を境界として、その南東部を B-1 ブロック、北西部を B-2 ブロックとする。B-1 ブロックはその東端部が擾乱帯①に相当し、A ブロックへ乗り上げるような押し出しが顕著である。B-1 ブロックには、東西方向の段差亀裂が明瞭に発達しており、これはダム湖へ向かって解放するために形成された小ブロックの頭部と想定される。この小ブロックを B-1-1 ブロック（末端ブロック）とする。

B-2 ブロックも同様に、解放されている南西側へ向かって個別に活動する可能性の高い B-2-1 ブロックと B-2-2 ブロックに細分される。また B-2 ブロックの北西縁部では南北方向で西落ちの段差亀裂が発達しており、これは西方向へ活動する B-3 ブロックの頭部と考えられる。B-3 ブロック内には泥流化著しい B-3-1 ブロックが存在する。なお B ブロックの後背地には陥没帯が形成されており、B ブロック陥没帯と呼称する。

### (3) C ブロック

第 2 リッジを C ブロックとし、その後背地の陥没帯を C ブロック陥没帯とする。

### (4) D ブロック

C ブロックから連続するかのようなリッジが発達するものの、間は谷地形により分断されており、D ブロックとした。東端部は旧谷地形により解放されていることから、独自にやや東よりに移動した可能性が考えられる。

### (5) E ブロック

右側壁の旧地すべり陥没帯堆積物分布域で発生している。荒砥沢地すべりの活動により解放された東側へ向かって活動している。

## 1.5 地すべりブロック区分

荒砥沢地すべりは上述のように最大 300m という大変位を経験しており、その土塊は細分化が進行している。図 1.5.1 地すべりブロック区分図は、空中写真や地すべり現況に基づいて作成した地すべりブロック区分図である。以下に各ブロックについて解説する。

### (1) A ブロック

不動斜面への押し出し現象が明瞭な“擾乱帯②”で構成されるブロックで、北西－南東方向にのびる陥没帯によって南北に区切られる。陥没帯より南側を A-1 ブロック、北側を A-2 ブロックとする。両者とも後背地に林帯が残存しており、一部に明瞭な圧縮現象が見られる。さらに後背地では擾乱帯①に乗り上げられたような押し出しが見られる。先端部では土砂化著しい軽石凝灰岩や破碎した砂岩シルト岩が散在する。

### (2) B ブロック

第 2 リッジと A ブロックの間の区域を B ブロックとする。移動体と北東－南西方向に切る段差亀裂を境界として、その南東部を B-1 ブロック、北西部を B-2 ブロックとする。B-1 ブロックはその東端部が擾乱帯①に相当し、A ブロックへ乗り上げるような押し出しが顕著である。B-1 ブロックには、東西方向の段差亀裂が明瞭に発達しており、これはダム湖へ向かって解放するために形成された小ブロックの頭部と想定される。この小ブロックを B-1-1 ブロック（末端ブロック）とする。

B-2 ブロックも同様に、解放されている南西側へ向かって個別に活動する可能性の高い B-2-1 ブロックと B-2-2 ブロックに細分される。また B-2 ブロックの北西縁部では南北方向で西落ちの段差亀裂が発達しており、これは西方向へ活動する B-3 ブロックの頭部と考えられる。B-3 ブロック内には泥流化著しい B-3-1 ブロックが存在する。なお B ブロックの後背地には陥没帯が形成されており、B ブロック陥没帯と呼称する。

### (3) C ブロック

第 2 リッジを C ブロックとし、その後背地の陥没帯を C ブロック陥没帯とする。

### (4) D ブロック

C ブロックから連続するかのようなリッジが発達するものの、間は谷地形により分断されており、D ブロックとした。東端部は旧谷地形により解放されていることから、独自にやや東よりに移動した可能性が考えられる。

### (5) E ブロック

右側壁の旧地すべり陥没帯堆積物分布域で発生している。荒砥沢地すべりの活動により解放された東側へ向かって活動している。

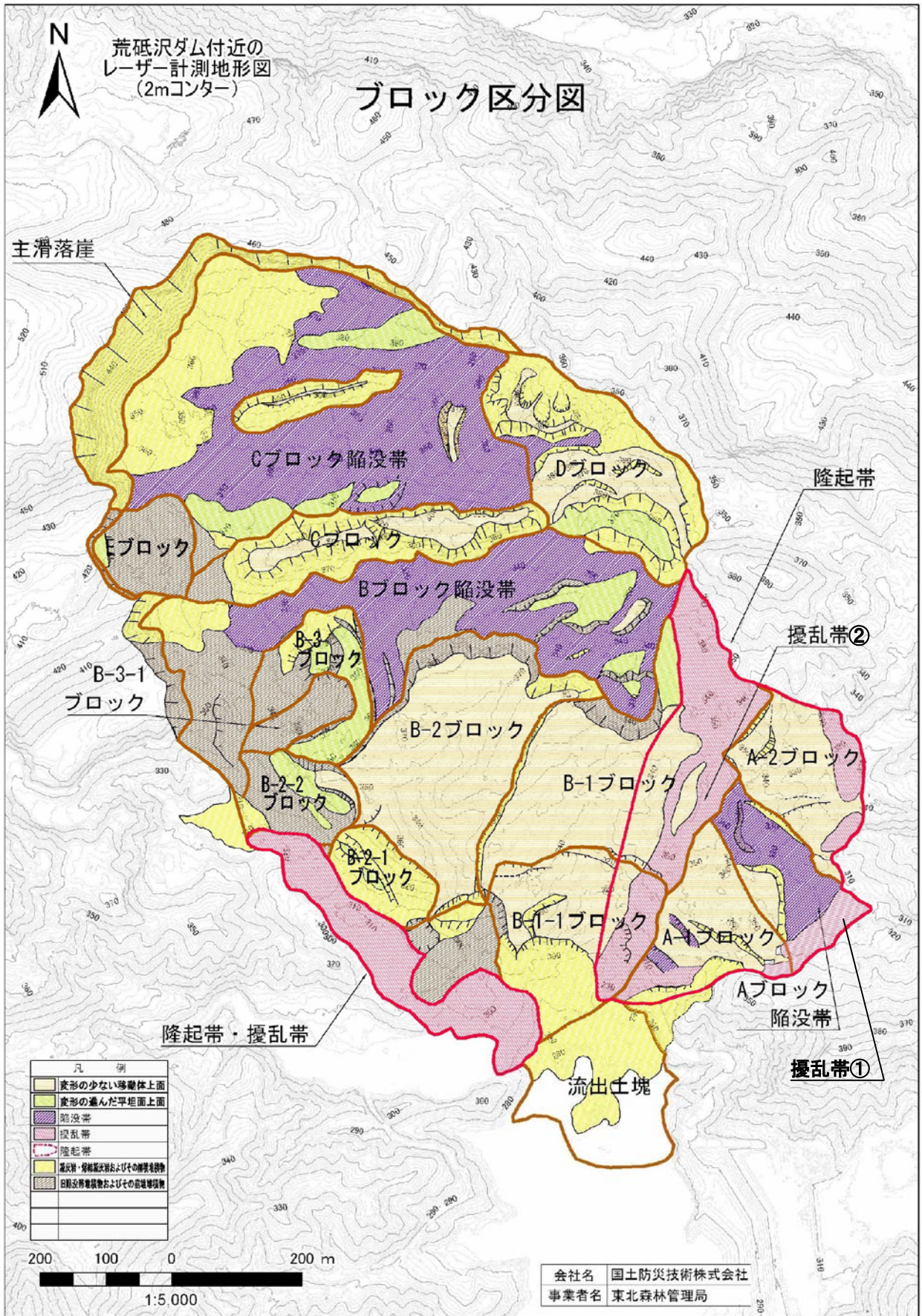


図 1. 5.1 地すべりブロック区分図

## 1.6 地すべり発生機構

### 1.6.1 調査結果概要

荒砥沢地すべりの地すべり発生機構解明のために以下の調査を実施している。

- ① 地すべり機構調査
  - ・ ボーリング調査
  - ・ 地中移動量調査（歪計，孔内傾斜計，水位計）
  - ・ 地下水調査（水質分析）
  - ・ 各種検層（地下水検層，音波検層，P S 検層，B H T V 観測）
- ② 動態観測
  - ・ 地中移動量調査（歪計，孔内傾斜計）
  - ・ G P S 観測
- ③ 現況把握
  - ・ 踏査（地質，現況）
  - ・ 航空レーザ測量
  - ・ 実態調査（自動観測伸縮計，自動観測雨量計，監視カメラ，土石流ワイヤセンサ）
- ④ 土質・力学試験（密度・粒度含水比試験，X線回折試験，すべり面せん断試験，繰り返し中空ねじり試験，繰り返し三軸圧縮試験など）
- ⑤ 機構解析（総合解析，地すべり安定解析，動的変形解析（3d-FEM，DDA））

## (1) 地表動態の概要

### a) GPS観測

地すべり発生後の地表移動量と移動方向を把握するためにGPS観測と移動杭観測を実施した。GPS観測点は地すべりブロック内外に計13点、トータルステーションによる滑落崖直上の観測点が3点である。観測開始日にずれはあるが、平成20年7月上旬に開始し、同年11月下旬を最終として8回観測を行った。観測結果を図1.6.1に示す。

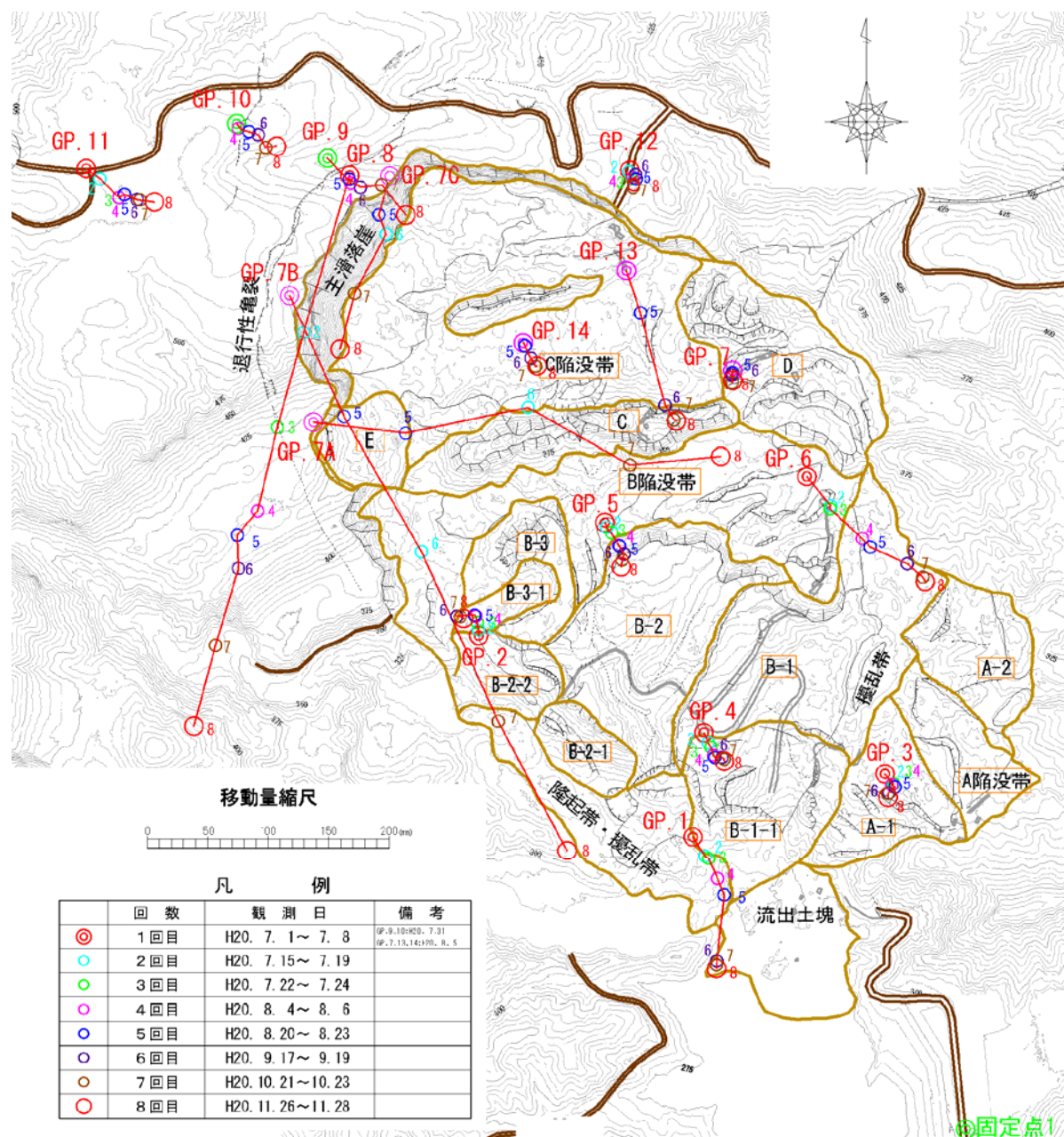


図 1. 6. 1 GPS / TS 変動図

移動体内のGPSは移動量の累積性はそれぞれ認められるものの、その移動方向に一貫性はなく、移動量についても、当初の移動（「1.4.3 空中写真判読による動態」）との整合も認められない。つまり、平成20年6月14日の滑動後は一体的な滑動は示さず、ローカルな地表変位を示しているものと考えられる。

このことは、地震時の地すべり活動によって、地表の起伏量が増大したこと、また、移動土塊の主

体を構成している軽石凝灰岩は粘着力が小さく、もろいといった特徴を有し、降雨や地表水の浸食にも抵抗力がないために、それぞれの位置で浅層、あるいは局所的な破壊が進行していることを示していると考えられる。

### b) 伸縮計観測

全体ブロックの滑落崖の上部には拡大亀裂が確認されている。拡大亀裂の進行により、最大約 150m に達する滑落崖の変形、破壊に至ることが懸念され、自動観測で監視が行われた。図 1.6.2 にその変動図を示す。

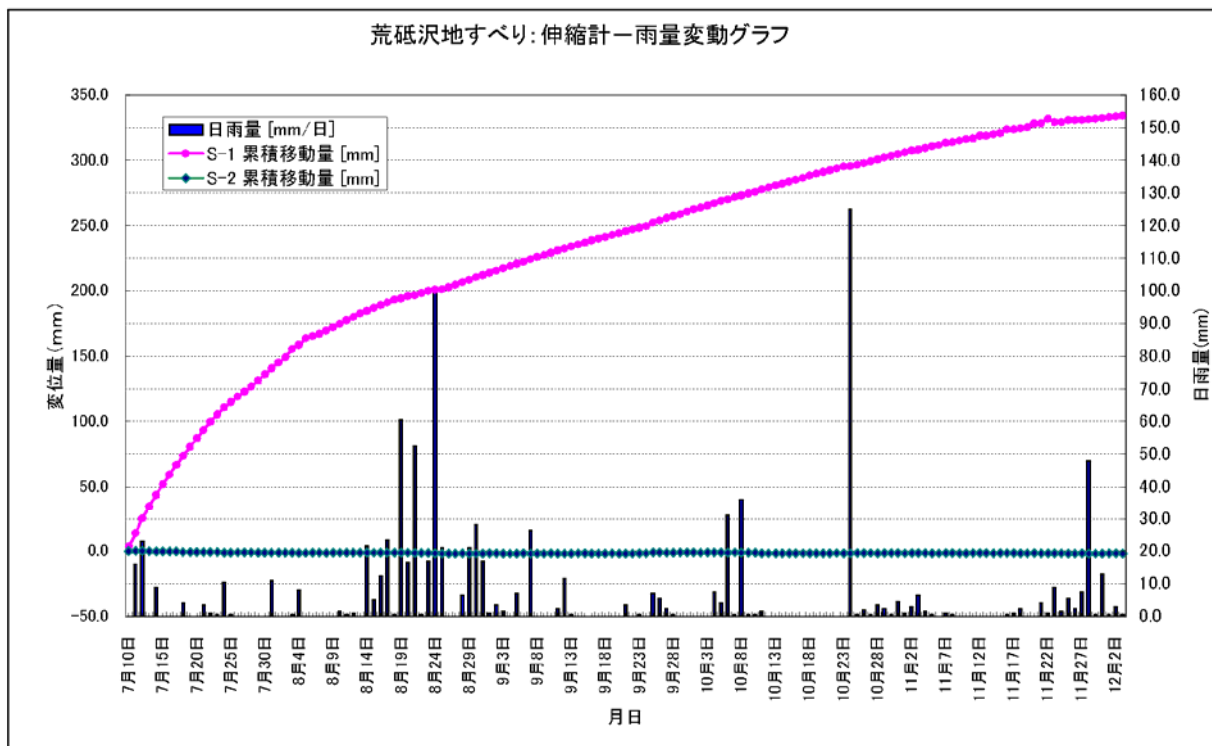


図 1.6.2 伸縮計変動図

7月上旬の観測開始から、8月上旬にかけて、変位速度を少しずつ減速しながら推移し、その後は12月上旬までの間、極端な速度の変化をみせずに変位を継続している。その間に8月24日、10月24日に日雨量 100mm を越す降雨を経験しているが、この時の変位の加速はみられない。

これは、拡大亀裂内側（滑落崖上部）の GP.8 と同じ傾向を示すが、地すべりブロック内のGPSが一貫した変位を示さないことと整合しない結果であることから、拡大亀裂の変位と全体ブロックの一体的な活動は考えにくい。

(2) 地中動態の概要

すべり面の変位を把握するためにボーリング孔に設置したパイプ歪計，孔内傾斜計の観測を実施した。図 1. 6.3に BV-10，図 1. 6.4に BV-13 のパイプ歪計変動図を示す。

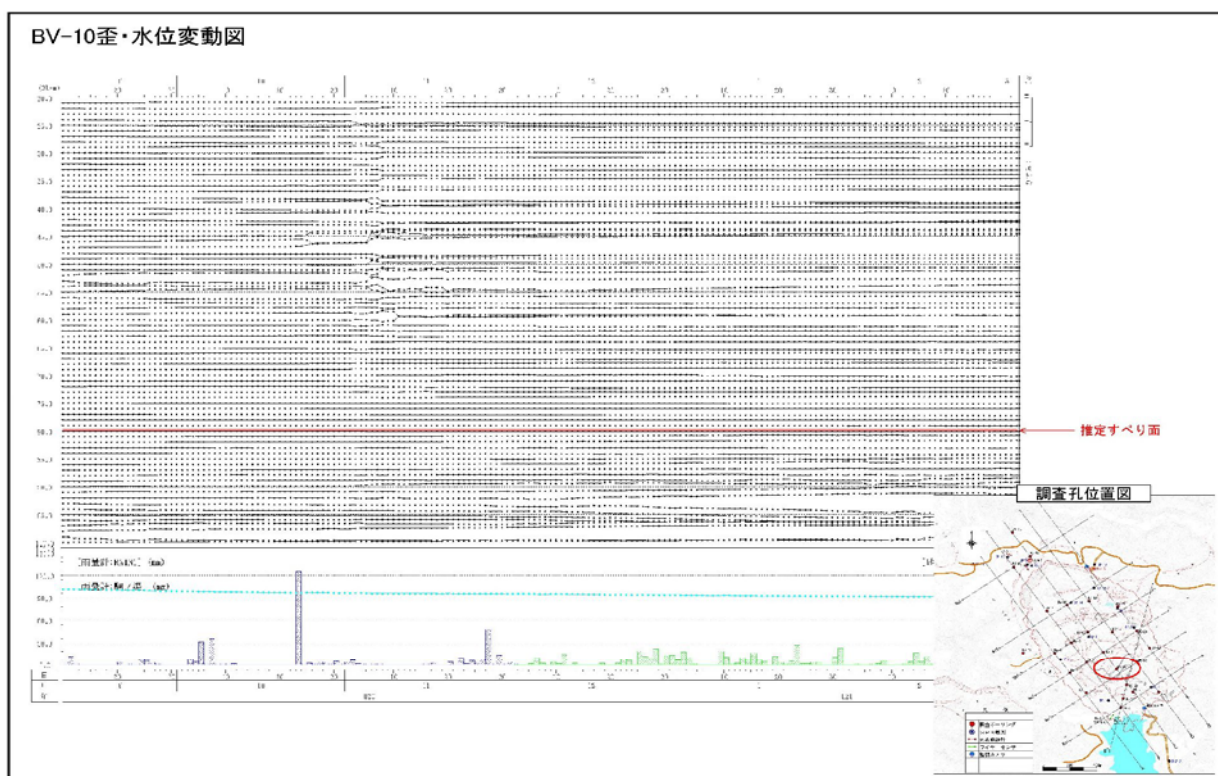


図 1. 6.3 BV-10 パイプひずみ計変動図

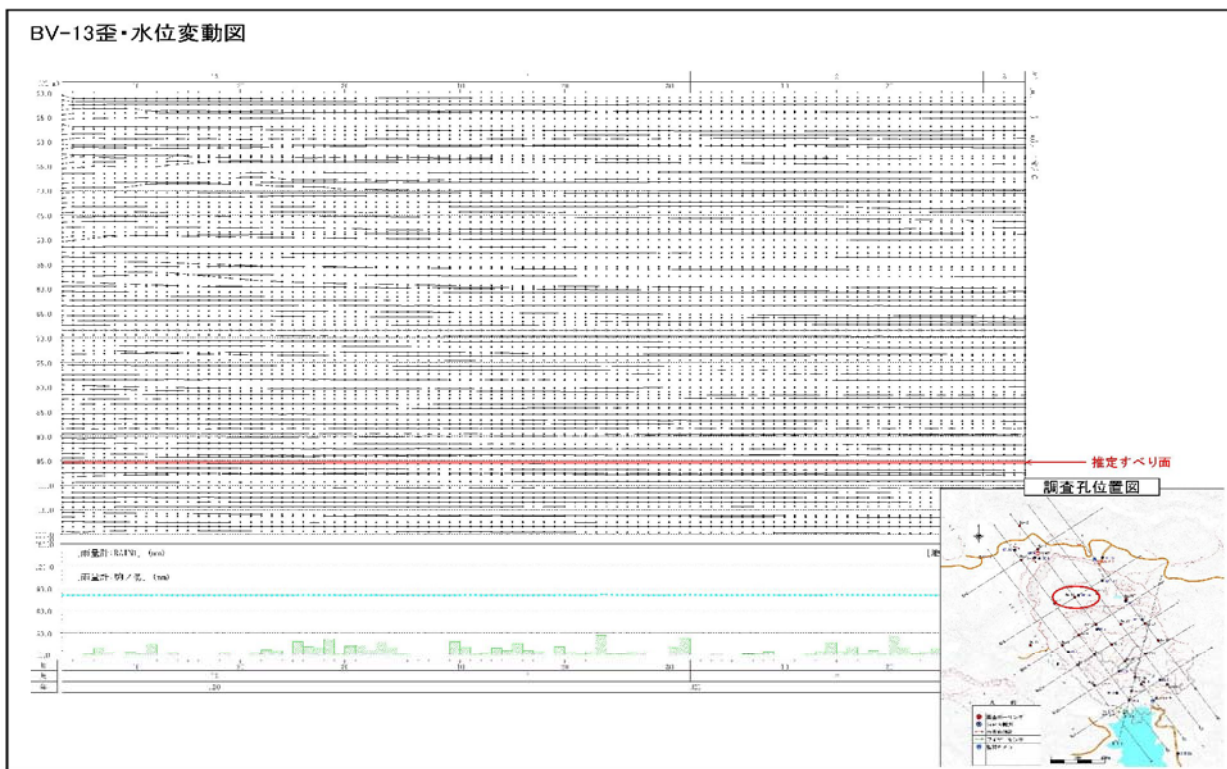


図 1. 6.4 BV-13 パイプひずみ計変動図

BV-10はブロック下部、BV-13はブロック上部に位置した孔である。

BV-10はGL-77.9m（風化砂岩・シルト岩底面）、BV-13はGL-91.15m（強風化軽石凝灰岩、弱風化砂岩・シルト岩層）で明瞭な擦痕をともなうせん断面が確認されている。

それぞれのすべり面付近、あるいはほかの深度においても地すべり活動を示すようなひずみ計の累積傾向は確認されていない。これはほかの孔にも共通であり、全体ブロックでの活動、あるいは各ボーリング孔を取り込んだ小ブロックでの地すべり変動は発生していないとの結論に至る。

地表移動量観測結果、地中移動量観測結果をあわせて考えれば、次のように考えられる。

- ① 地表の変位は確認されるが、変位の一貫性はみられない
- ② すべり面付近での変位、あるいはそれ以外の深度での変位もみられない

観測期間中の地すべり活動は確認されない

### (3) 今後予測

全体ブロックの一体的な地すべり活動は確認されていないことを(2)で示したが、このことは観測期間中に限定した結果であり、今後の地すべり発生、あるいはローカルな斜面破壊や地表浸食などの発生に踏み込んだものではない。

従来、地すべり対策を行う上で、現状の安全率を明確に把握することの困難性が高い。観測期間内にすべり面変位が確認され臨界状態が把握されれば、現状把握の確度が高まるが、地すべり変位が確認されなければ、 $F \geq 1.0$ であることが認識できるだけである。

しかし、臨界状態を把握できなければ、対策上は観測期間内の最危険状態（例えば最高水位）を $F = 1.0$ と仮定して、ここから保全対象の重要性を考慮して目標安全率を設定して、対策工を計画するといった手法がとられている。

ここで、荒砥沢地すべりの場合、すべり面形やすべり面傾斜とせん断抵抗角の関係などから、「荒砥沢地すべりは全体として活動しにくい」といった定性的な概念をいだかせる。

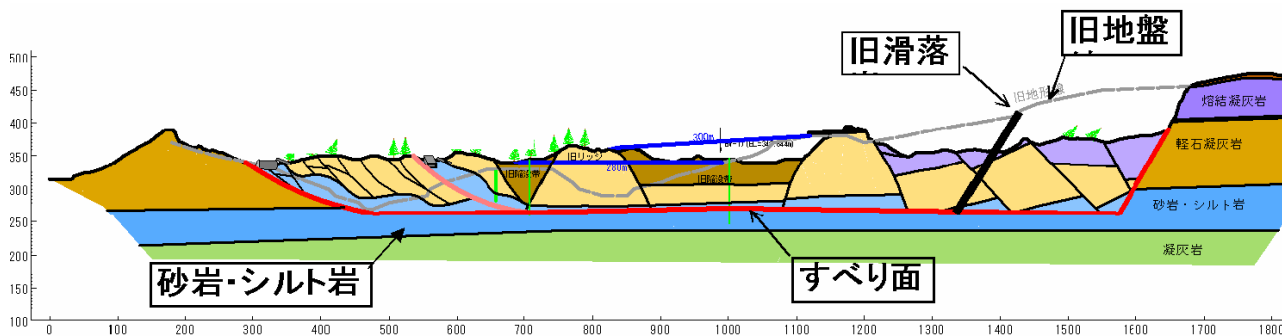


図 1. 6.5 D測線縦断面図



図 1.6.5に示すように、すべり面は砂岩・シルト岩互層内に形成されている。

地すべりブロックの末端部では周辺地形との関係（解放，閉塞）で一部では受け盤構造をなすが，すべり面の主体部分では，砂岩・シルト岩の構造（おおむね N-S 4° E と緩い構造）を反映して，下部では 1~2° の流れ盤，上部では 0~幾分逆傾斜と極めて低角度であり，この構造自体は地すべりが発生しにくい構造である。

一方，ボーリングコアを用いたすべり面の一面せん断試験結果は以下のとおり，せん断抵角  $\phi' = 10^\circ$  と地すべりブロックに対して大きな外力が作用しないと地すべりは発生しにくい。

表 1.6.1 一面せん断試験結果

$c' = 0 \text{ kN/m}^2$ $\phi' = 10^\circ$
---

また，地内にみられるリッジ（ブロック上岩体）と陥没帯（破砕ゾーン）が縦断方向にサンドイッチ状に分布しているが，地すべり外力が地すべりに作用するとしても，移動体の物性が大きく異なることから外力が一様に伝播しにくい。

つまり，

定性的には，全体ブロックは1ブロックとしては活動しにくいといえる。
-----------------------------------

定性的な判断が正解であれば，一般的な地すべり対策工（地下水排除工，排土工，鋼管杭打工など）の必要はなくなるが，この判断にずれがあれば，計画する対策工は過小なものとなり，再度の被災を招くこととなる。とくに荒砥沢地すべりはその規模が大きいことから，判断のずれによっては，実施する対策工に要する予算の差異は膨大となるため，慎重を期する必要がある。

そこで，荒砥沢地すべりでは，現状の安定度に関する判断と将来予測を目的として，次に示す手法を組み合わせる解析を実施した。

- 三次元地震応答解析（3d-FEM）
  - ・ 旧地すべり地形の中ですべりが発生した箇所と未発生箇所の差異の検討
  - ・ 地すべり発生前地形，および発生後地形における地すべり活動性の差異の検討
- 不連続変形解析（DDA）
  - ・ 荒砥沢地すべりに不連続変形法を適用し，動態を再現することで，地すべり滑動と摩擦角，間隙水圧に関する検討
- 近似三次元解析
  - ・ 地震時の旧地すべりの不安定化から地震後の現断面の安定度と現断面の地震時に安定度の検討

## 1.6.2 三次元地震応答解析 (3d-FEM)

### (1) 崩壊前地形による検討

#### a) 広域での解析結果より：

- ・ 北川溶結凝灰岩と下層の軽石凝灰岩から構成されるキャップロック構造縁端部に、大きなせん断応力が発生した。
- ・ また、同様の傾向はせん断ひずみにおいてもみられ、キャップロック構造とせん断応力、せん断ひずみの間に明瞭な相関関係がみられた。

#### b) 点安全率より：

- ・ 旧すべり部分の点安全率は、上流の陥没帯部分より相対的に小さく、かつ地震中に激しく安全率が低下する。
- ・ このことから、荒砥沢地すべりの発生機構として、旧すべり土塊が先に滑動し、上流土塊が不安定化して陥没帯形成に至ったと考えることができる。

#### c) 残留変位より

- ・ 尾根状に残留変位の不動領域が存在し、それは荒砥沢地すべりの滑落崖および頭部すべり面位置と良い一致を示す。
- ・ 不動領域に乗り上げる形で圧縮とせん断を伴う変形がみられ、この方向に繰り返し変形したことにより、頭部すべり面が形成されたと考えられる。
- ・ これら残留変位の傾向とキャップロック構造の因果関係は明らかではない。しかし、変形モードの分布とキャップロック構造の分布が一致することから、両者の相関関係が現れたものと理解することもできる。

#### d) まとめ (崩壊前地形による検討)

- ・ せん断応力、せん断ひずみ、残留変位の分布とキャップロック構造はよく一致し、キャップロック縁端部で大きなせん断力が発生することが確認された。
- ・ 荒砥沢周辺の斜面災害発生箇所は、キャップロック構造に強く支配される、結論づけられる。
- ・ 点安全率の検討より、荒砥沢地すべりでは、旧すべり土塊が先に滑動し、旧滑落崖より上流側の陥没帯がこれを追いかける形ですべりが発生した、ものと推測された。

### (2) 崩壊後地形による検討

#### a) 広域での解析結果より：

- ① キャップロック構造部において、大きなせん断応力、せん断ひずみが発生しており、崩壊後地形でもキャップロック構造の影響は強い

#### b) 点安全率より：

- ① 地震時にはすべり面のほとんどが点安全率 1.0 を切る。
- ② 崩壊後地形であっても再度同規模の地震があった場合、すべり面位置において、せん断破壊が生ずると予測される結果となった。

c) まとめ（崩壊後地形による検討）：

- ① 崩壊前、崩壊後地形において有意な差は確認されず、同規模地震動に対しては崩壊後地形でも滑動する、という結果が得られた。
- ② ただし、この結果は、三次元地震応答解析のみに基づくものであり、現況の荒砥沢地すべりの活動性については、「近似三次元安定解析」でさらに詳細な検討を行うこととする

### 1.6.3 不連続変形解析（DDA）

- ① すべり摩擦角を $5^\circ$ とし、間隙水圧の影響を考慮しないケースでは、地すべりの移動距離は100m程度となり、実際（300m）より200m少なかった。
- ② すべり摩擦角を $5^\circ$ とし、間隙水圧42mに相当する強制滑動力を付加したケースで、実際の移動距離と同等の移動が得られた。
- ③ 地内で観測された最高水位を基に推定した地すべり発生前地下水位は、地すべりの中腹から頭部にかけて70~110mもの水圧を有する。
- ④ 安定解析式を基に、すべり摩擦角と間隙水圧の相互換算式を作成し、70~110mの水圧を摩擦角の低減に反映させたところ、水圧の影響を加味したみかけ摩擦角は地すべり頭部付近でほぼゼロに等しい、と判断された。
- ⑤ 地すべり滑動前は、すべり摩擦角は残留強度である $10^\circ$ 以上のせん断強度を有していたと思われるが、滑動開始後ほどなく残留強度 $10^\circ$ に達し、これに間隙水圧が加わり、みかけの摩擦角は $5^\circ$ 以下まで落ちていたと考えられる。
- ⑥ 上記の結果は、ほぼ水平に近いすべり面傾斜角からいっても妥当と考えられ、荒砥沢地すべりの特に中腹から頭部にかけて、地すべり滑動時の摩擦抵抗は $0\sim 3^\circ$ という非常に小さな値であったと考えるべきである。
- ⑦ 以上の議論で留意すべきは、ここでいう摩擦角は地すべり滑動中の動的摩擦角であるという点である。近似三次元安定解析で用いる摩擦角は、滑動開始時の静的摩擦角であり、両者は区別しなければならない。

### 1.6.4 近似三次元安定解析

- ① 地震前の断面（旧滑落崖ブロック）に今回の地震力（ $kh=0.241$ ）を付加した状態を $F=0.98$ としたときの土質パラメータの組合せは、 $c'/\phi'$ 「21.0/42.2, 22.0/27.2, 23.0/12.0, 23.1/10.0」が考えられる。
- ② この土質パラメータを現断面にあてはめて、移動体の剛性が変化しない場合の水平震度（ $kh=0.321$ ）を付加した場合の安全率は、いずれの場合もぎりぎり、 $F>1.0$ の結果を得る。
- ③ 移動体の剛性の低下の程度は不明であるが、ある程度の剛性の低下は見込まれる。仮に50%の低下があれば、いずれの土質パラメータの場合でも、 $F>1.2$ のである。
- ④ 上記はすべり面形状、あるいは傾斜角と、すべり面粘土の一面せん断試験結果から考えられる「現状では滑動しにくい」とする定性的な判断を定量的に裏付けたことになる。  
つまり、地震で発生した荒砥沢地すべりは滑動により、ブロック自体の安定性が高まったことになる。

## 1.7 緊急対策と恒久対策

前述のとおり、全体ブロックの一体とした滑動は、今回の地震と同規模、同一箇所での地震に対して、ほぼ安定を確保しうる状態である。

したがって、荒砥沢地すべりの対策は、全体ブロックの安定を高める対策（全体ブロックに対する排土工、地下水排除工などの抑制工や、杭打工などの抑止工の導入）の必要性は低く、むしろ、滑落崖の安定化対策、湛水解消対策、土砂流出防止のために地表水の導水、緑化などの対策を主眼とすることになる。

### 1.7.1 当面の対策と中長期の対策

- ① 最大落差 150m に達する滑落崖 → 滑落崖安定化のための排土工
- ② 移動体によりせき止められた谷部 → 湛水解消のための導水工
- ③ 滑落崖や、埋積された谷部からの湧水による湛水 → 同上
- ④ 起伏に富んだ移動体 → 土砂崩壊、土砂流出防止のための山腹工、緑化工
- ⑤ ダム湖に面した末端地すべりブロック → 地すべりを固定するための地すべり対策工

#### (1) 当面の対策

##### a) 湛水解消対策

- ① 末端部東側において移動土塊が沢を閉塞しており、徐々に湛水面積が拡大しており、対策が急がれる。旧溪床と現地表の比高が 5 0 m 以上に達し、水路による導水が困難なことから、ライナープレートを用いた縦坑を足場とした暗渠工により排水を確保する。
- ② ブロック上部の湛水（頭部陥没帯，第一リッジ西側）と中腹部の湛水（第二リッジ南西，第二リッジ南，右側壁）については、水路工で排水する。
- ③ 地すべり右側壁に沿ったヒアヒクラ沢については、堰止め状態の解消とともに、流路を固定して右側壁部の侵食を防止する流路工を施工する。
- ④ 上流部で発生した地すべりにより土砂が流入し、溪床勾配が緩く溪床幅が拡大したシヅミクラ沢については、流路の固定と侵食防止のため、流路工と沈砂機能をもたせた谷止工を施工する。

##### b) 滑落崖の安定化対策

- ① 全体ブロックのすべり面の滑動は確認されていないが、滑落亀裂の変位は収束していない。最大比高 1 5 0 m に達する滑落崖の安定を図るため、比高及び勾配を減じる排土工を施工する。
- ② 排土した土砂は、末端部東側の湛水部での盛土として利用する。

##### c) 末端ブロックの地すべり対策

- ① 末端部でダム湖に面しており、地すべり滑動時に移動土塊が流出した位置にあたる。ダム湖に向けて地形が解放していることから、小ブロックとして滑動しやすい地形条件にある。本ブロックの滑動は後背斜面の不安定化を誘発する可能性が大きいことから、抑止工として杭打工を計画する。
- ② 杭打工にあわせて、抑制工としての盛土工を施工する。

## (2) 中長期の対策方針

当面の対策は早急に必要であるが、この次の段階としては、局所的な斜面破壊や下流域への土砂供給の問題は残る。また、滑落崖の安定化対策は対象土量が膨大であるため現計画をどおりに施工するとすれば数年に渡る施工が必要である。

また、今回の地すべりは大規模な斜面破壊・移動をともなったことから、通常ではみられないような地質的・地形的に特徴的な事象が露出して、それ自体あるいはそれらの影響で、森林・地盤・水環境が大きく変化し、新たな環境が創出されたともいえる。このような環境を保存することで、後世に災害の記憶を伝えるとともに、貴重な事象を環境・防災教育の一環としたいとの声も小さくない。

もちろん、過大な「対策」は不要であるが、単なる「保存」を主として現状で放置することは、次なる災害を引き起こし「安全」を確保できないため本末転倒と言わざるを得ない。

「安全を確保する対策」と「保存」、この一見、異なる方向を向いた事柄を両立させ、バランスのとれた対応が荒砥沢地すべりに求められており、これらの声を対策に反映させることも必要である。

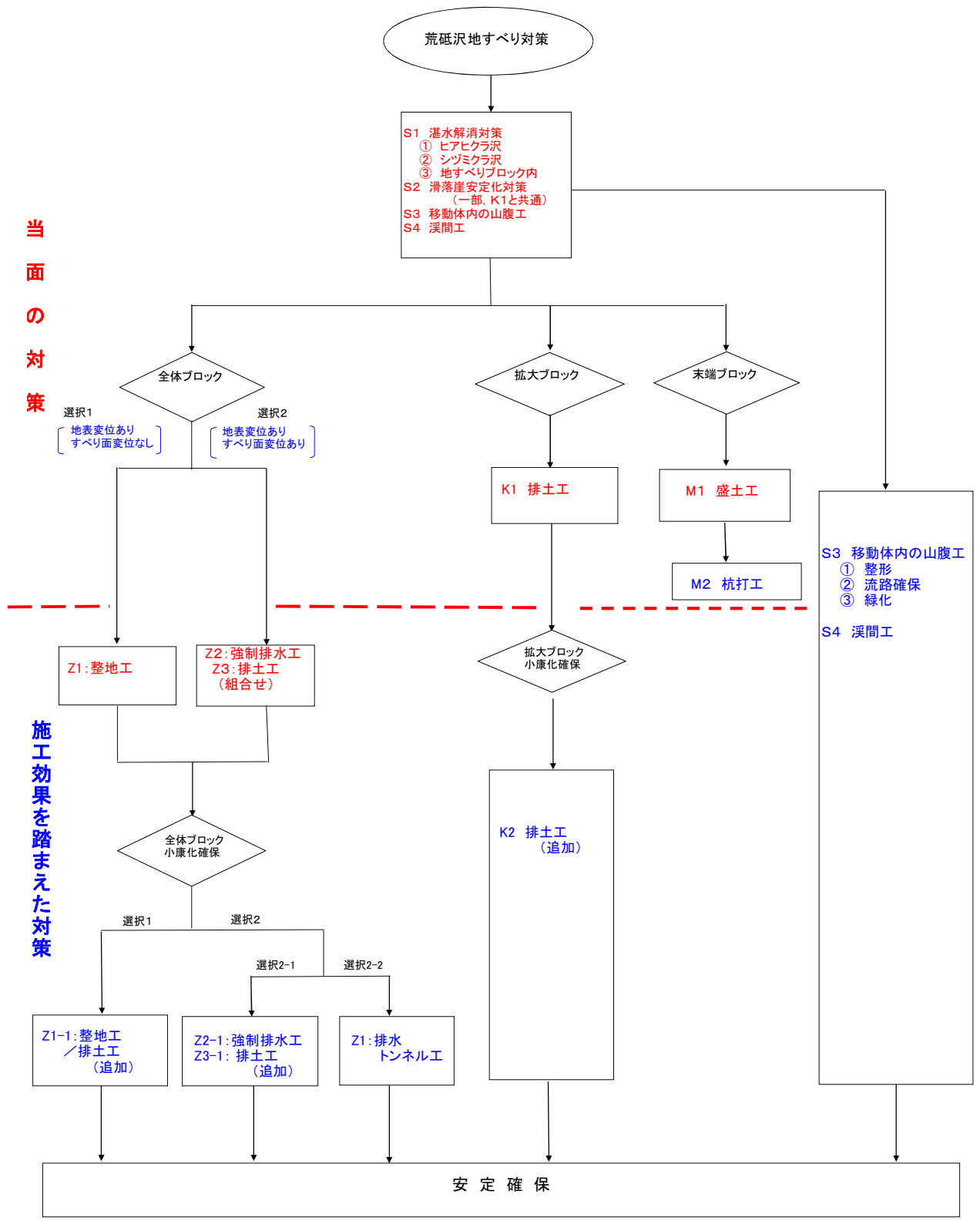


図 1.7.1 対策工計画フロー図

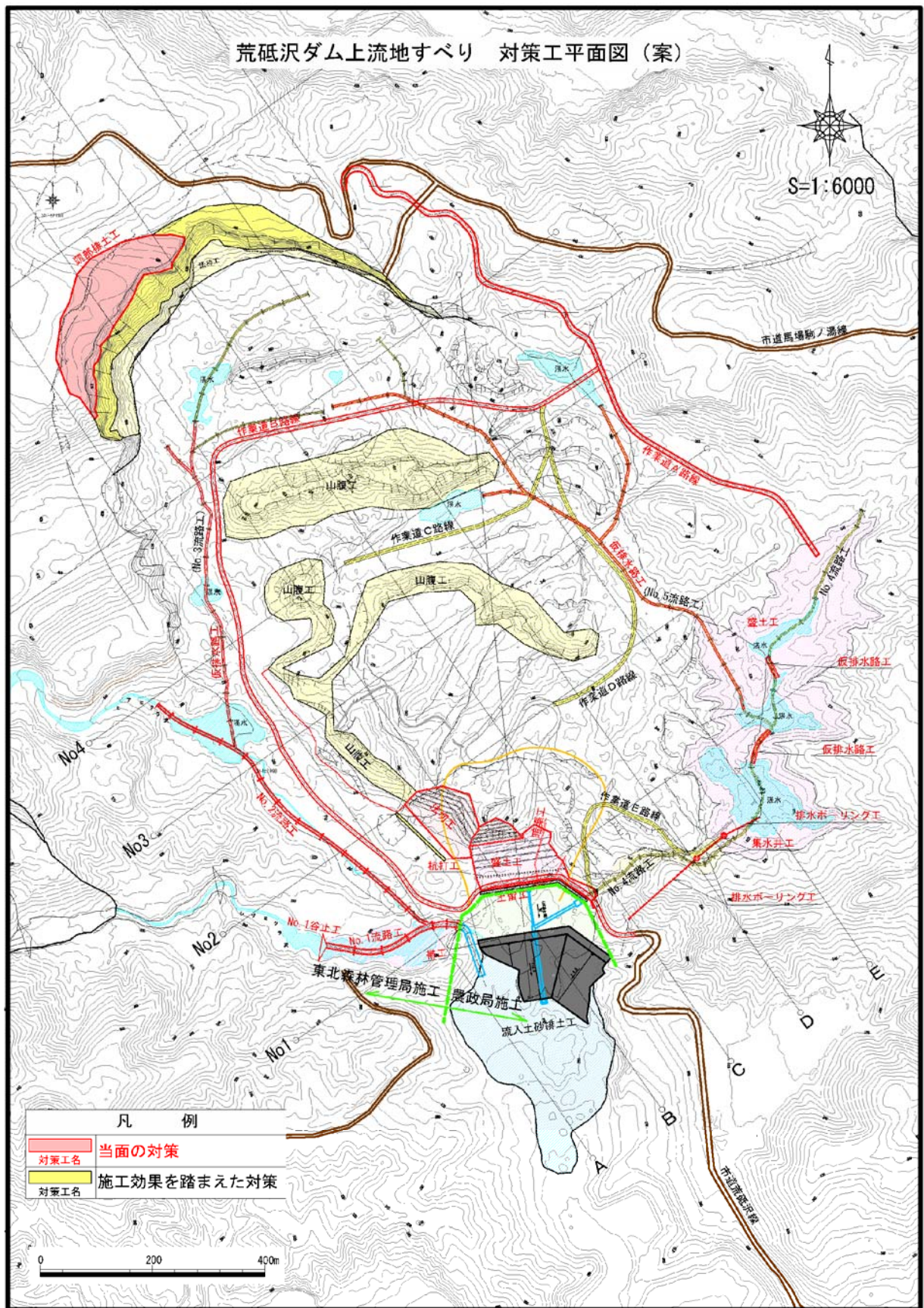


図 1.7.2 対策工計画平面図