

# 上秋津区域の治山対策に関する技術検討会（第1回）

## 資料-2

1. 地形地質概要
2. 既往災害履歴
3. 7月28日崩壊の状況
  - 3.1. これまでの崩壊経緯
  - 3.2. 7月28日崩壊の状況
  - 3.3. 観測結果
  - 3.4. 土塊の移動状況
4. 調査地の地すべり機構
  - 4.1. 地すべりの規模
  - 4.2. 降雨・地下水位・移動量の関係
  - 4.3. 三次元浸透流解析

令和元年 10月29日  
近畿中国森林管理局

# 1. 地形地質概要

## (1) 地形

対象地周辺の地形分類図を図 1.1 に、地すべり地形分布図を図 1.2 に示す。

田辺市の地形は大きく山地・丘陵地、台地・扇状地、低地の 3 つに分けられる。山地・丘陵地は田辺市中央部以北に分布し、その南側に丘陵地が広い面積を占めている。低地は左会津川、右会津川流域に細長く広がり、中心市街地は砂州の上に形成されている。台地・扇状地は山地・丘陵地と低地との狭い範囲に分布している。

対象地は中起伏山地である三星山地に位置し、三星山から南方向にのびる稜線の東側、標高 200~350m 程度の山腹斜面である。対象地上部の稜線付近は比較的緩斜面が発達している。



図 1.1 地形分類図

地すべり地形分布図データベース（(独)防災科学技術研究所）によると、対象地は後方に滑落崖がある斜面移動体と判定されている。さらに、調査箇所上部の稜線には、後方崖がみられる。

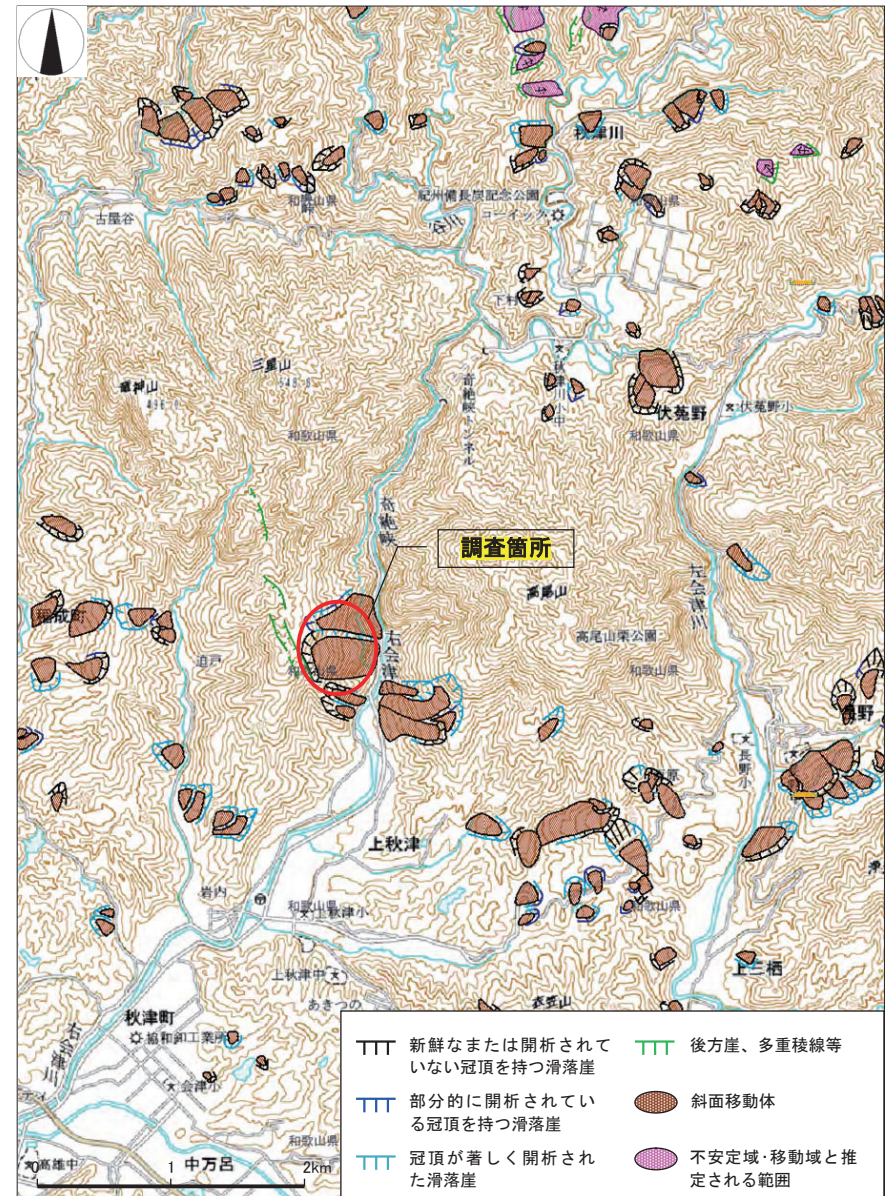


図 1.2 地すべり地形分布図

(独)防災科学技術研究所ホームページ 地すべり地形分布図データベースを基に作成

(2) 地質

調査地の地質は、四万十帯古第三系音無川帯である。

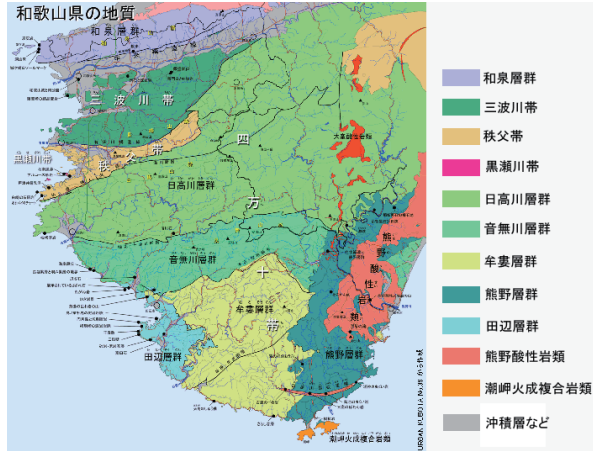


図 1.3 和歌山県の地質図

表 1.1 地質層序表

地質時代	地質層	年代
新第三紀	新鮮新世	1万年前
	更新新世	160万年前
	中新世	500万年前
中生代	漸新世	2300万年前
	白亜紀	2000万年前
	侏羅紀	1億4000万年前
古生代	三疊紀	2億4000万年前
	ペルム紀	2億6000万年前
	石炭紀	2億8000万年前
	デボン紀	4億4000万年前
	シルル紀	4億3000万年前
	オルビス紀	4億1000万年前
	カンブリア紀	5億7000万年前
	先カンブリア時代	

調査地は、音無川層群羽六累層上部層と下部層の境界付近に位置する。

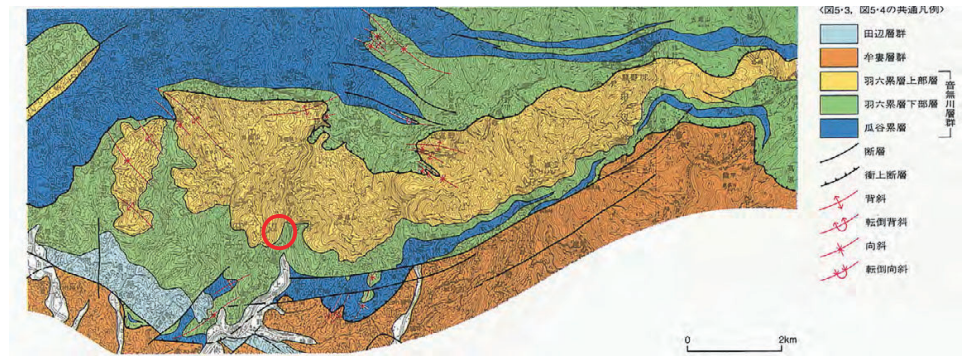


図 1.5 調査地周辺の地質図\* 赤丸が調査地  
\*中屋志津男 (2006) 紀伊半島四万十帯絶峡地域の古第三系音無川付加体の屈曲構造, 地球科学, 60, 2, 113-129

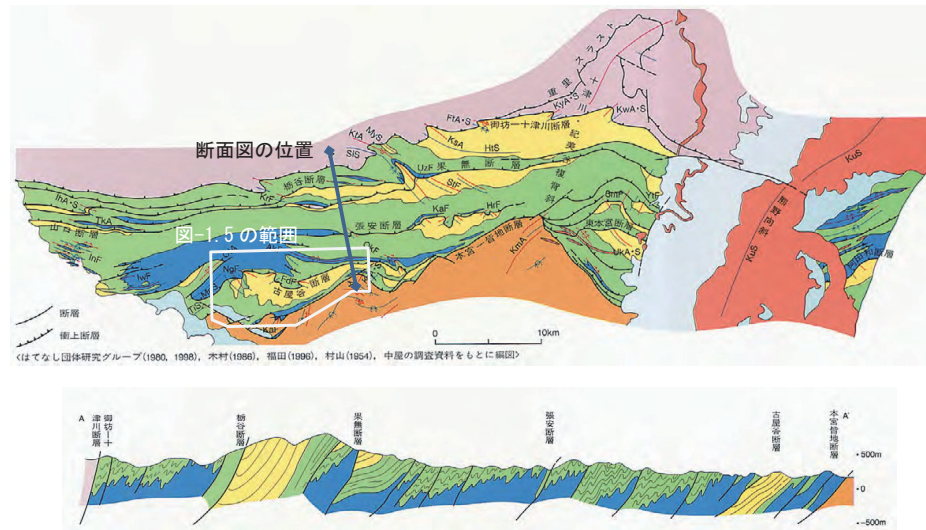
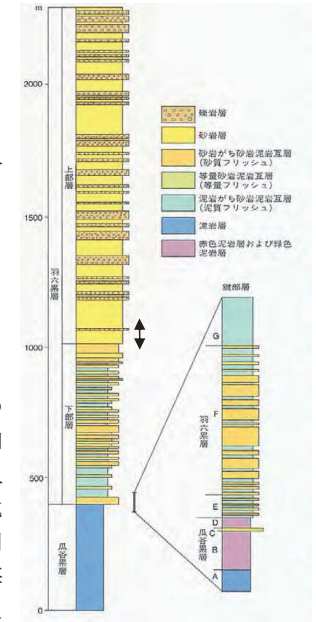


図 1.4 紀伊半島音無川帯の地質図と地質断面図 旧発電所裏溪流部

羽六累層は、フレッシュ型砂岩泥岩互層、砂岩および礫岩からなる。さらに羽六累層は、主に泥がちないし等量フレッシュからなる下部層と、砂質フレッシュ、砂岩層および礫岩層を主とする上部層に区分される。羽六累層下部層は、厚さ数～10 数mの等量ないし砂質フレッシュに始まり、泥質フレッシュが重なる上方薄層・細粒化を示す地層と、砂質フレッシュに始まり、泥質フレッシュが重なる上方薄層・細粒化を示す地層からなる。羽六累層上部層は、厚さ数～10 数mの砂岩層・砂質フレッシュに始まり、泥質フレッシュが重なる上方薄層・細粒化を示す地層、あるいは厚層の礫岩層・成層砂岩に始まり、等量ないし泥質フレッシュが重なる上方薄層・細粒化を示す地層を繰り返しながら、全体として上方に粗粒・厚層化している。最上部には、泥基質の礫岩や泥岩を伴う厚い礫岩層が発達する。羽六累層は、上方に細粒・薄層化を示す地層を繰り返しながら、全体として上方に粗粒・厚層化する岩相をしている。羽六累層の堆積深度は、生痕化石群集から半深海と推定されている (Nakazawa et al, 1980)。羽六累層の堆積環境は、大陸斜面下部から海溝付近に形成された海底扇状地堆積物で、最上部の厚い礫岩層はチャンネル堆積物と考えられている。



## 2. 既往災害履歴

### (1) 周辺地域における既往災害

田辺市地域防災計画（田辺市防災会議、2012 年）を基に、調査箇所を含む田辺市（旧田辺市地域）が被災した風水害の発生時期、気象状況、被害状況等について、表 2.1 に示す。

明治 22 年 8 月 18 日の豪雨災害以降、田辺市に大きな被害をもたらした風水害は、台風による暴風雨と前線による集中豪雨が多い。災害の間隔は 1～十数年である。

昭和 40 年代までは浸水家屋が 1000 件を超えるような大きな被害が発生している。市域の大部分を占めている丘陵地や山地では、豪雨のたびに自然斜面や人工斜面の山崩れ、土砂崩れなどの土砂災害が多く起こっている。また、山間部に多くの集落がある田辺市では、各集落を結ぶ道路整備が多く行われて利便性が向上した反面、近年豪雨時に道路損壊等の災害箇所が多くみられる。

昭和 60 年以降は、それほどの大きな洪水被害は発生していなかったが、平成 21 年 7 月の豪雨や平成 23 年台風 12 号では死者が発生するなど、近年大きな災害が発生している。

特に平成 23 年 9 月 2-4 日の台風 12 号では、死者 8 名、行方不明 1 名、全壊 90 戸、半壊 236 戸、一部損壊 85 戸、熊野川氾濫等、甚大な被害を被っている。

### (2) 調査対象地における既往災害履歴

明治 22 年大水害（事項詳述）以降の調査対象地における災害履歴は以下のとおりである。

表 1.1 田辺市における既往災害履歴

年月日	気象条件	気象状況				河川状況	被害状況	
		総雨量 (mm)	日雨量 (mm)	時間最大 雨量	その他		床上 浸水	床下 浸水
明治22年8月18～20日	暴風雨	1,295.4	901.7	168.0		左会津川小泉堤防決壊		死者 297, 負傷者 23, 流出家屋 761
明治26年8月16日	暴風豪雨	277.0				小泉堤防決壊	500	
昭和6年9月18日	暴風雨	202.0					浸水 400	
昭和9年9月21日	室戸台風				最大風速25.1m/s			家屋全壊 3, 家屋半壊 6, 非家全壊 43, 非家半壊 30, 行方不明 4, 家屋全壊 41,
昭和25年9月3日	ジェーン台風	308.2 (9/1-3)			最大風速34m/s			130 家屋半壊 35, 非家全壊 69, 非家半壊 64
昭和26年10月15日	ルース台風	145.0			最大風速25～27m/s		100	高波により道路決壊
昭和27年6月23日	ダイナ台風	409.5			最大風速31m/s	左会津川水位2.4m		
昭和28年9月25日	台風13号	114.9			最大風速29.1m/s 瞬間最大風速 41.7m/s(潮岬)		49 1,809 非住家浸水 82	家屋全壊 26, 家屋半壊 115, 家屋流失 30, 損壊 1,665, 道路損壊 27, 堤防決壊 2
昭和33年8月25日	台風17号	83.9(近野)			瞬間最大風速45m/s		698 975	主として日置川町の被害 家屋全壊 26, 家屋半壊 104, 家屋流失 29, 損壊 254, 道路損壊 169, 橋梁流失 59, 堤防 23, 山崩れ 165
昭和34年8月12～13日	集中豪雨						2 65	家屋全壊 2, 家屋半壊 2, 山崩れ 2
昭和34年9月23～26日	伊勢湾台風	140.0			瞬間最大風速48.5m/s		11 110	家屋半壊 1, 負傷者 3
昭和36年6月25日	集中豪雨	152.0						56 家屋一部損壊 2
昭和36年9月14～16日	第2室戸台風	126.5			25m/s 瞬間最大風速 56.7m/s(和歌山)			家屋半壊 273, 家屋流失 20, 災害救助法発動
昭和37年7月1～2日	集中豪雨	238.4					227 2,181	家屋全壊 6, 家屋半壊 9, 橋梁被害
昭和42年7月10日	台風7号						170 897	家屋全半壊 4
昭和47年6月12日	集中豪雨	174.0	94.0	55.0		新庄町名喜里川 稲成町荒光川堤防決壊 7		家屋全壊 2, 家屋半壊 1, 山崩れ 16, 堤防決壊 9, 橋梁流失 1
昭和49年7月7日	集中豪雨	442.0	287.0	100.0		道路堤防決壊 51	285 138	住宅損壊 8, 山崩れ等 40, 災害対策本部設置
昭和50年8月22日	台風6号	199.0	189.0	22.0	瞬間最大風速31.5m/s			浸水 10 道路陥没 1
昭和63年9月24～	集中豪雨	276.5	198.0	54.0				88
平成元年9月3日						芳養川 荒光川 堤防侵食3箇所		3
平成2年9月19日	台風19号	329.0	197.0	54.0				116 道路冠水
平成2年9月30日	台風20号	165.0	137.0	41.0	瞬間最大風速10m/s			道路冠水, 山崩れ 2
平成2年10月8日	台風21号	45.0	7.0	4.0	瞬間最大風速7m/s			特に被害なし
平成2年11月30日	台風28号	41.0	31.0	6.0	瞬間最大風速25m/s			特に被害なし
平成4年4月28日	前線による豪雨	213.0	122.0	40.0				3 座くずれ 1
平成4年5月11日	前線による豪雨	101.0	83.0	11.0				家屋半壊 1 家屋部分損壊 2 座くずれ
平成5年6月26日	前線による豪雨	30.0	30.0	13.0				土砂崩れ 1
平成5年6月30日	前線による豪雨	289.0	36.0	7.0		芳養川侵食		
平成5年7月5日	前線による豪雨	289.0	38.0	7.0		荒光川侵食		
平成5年9月7日	台風14号	225.0	71.0	54.0				特に被害なし
平成6年9月29日	台風26号	105.0	102.0	21.0	瞬間最大風速 8.4m/s			土砂崩れ 2
平成7年7月3～4日	梅雨前線による豪雨	221.0	117.0	36.0				道路損壊 41, 水路損壊 4, 池決壊 2, 頭首工 1, 山崩れ 1
平成7年10月1～2日	集中豪雨	162.0	157.0	63.0			1 59	
平成10年9月21～24日	台風7号及び集中豪雨	201.5	110.5	53 (消防署) 100 (中芳養)	最大瞬間風速 51m/s			11 負傷者 7, 家屋全壊 2, 家屋半壊 24, 家屋部分損壊 246, 道路損壊 12, 河川損壊 2
平成21年7月6～7日	豪雨		414 (岩内) 270.5 (消防署)	66 (岩内) 46 (消防署)		左会津川水位(高山寺)5.07m	45 133	死者 1, 軽傷者 1, 家屋全壊 2, 一部破損 7
平成23年9月2日～4日	台風12号	1998 (大杉)	920 (大杉)	66 (大杉)		熊野川本流氾濫(本宮地域)	336 292	死者8行方不明者1全壊90半壊236一部損壊85

引用資料：田辺市地域防災計画資料編(平成 24 年度修正)、田辺市、2012 年

(3) 明治 22 年右会津川周辺の土砂災害

(いさばうネット <https://isabou.net/knowhow/colum-rekishi/colum57.asp> より引用)

明治 22 年 (1889) 8 月 18 から 19 日にかけての豪雨 (日雨量 902mm, 時間雨量 168mm, 時間雨量は 1982 年の長崎水害まで日本最大) は、紀伊半島でも和歌山県中部 (西牟婁郡, 日高郡) から奈良県南部 (宇智吉野郡) にかけて極めて多くの山崩れが発生し、急峻な河谷が閉塞され、各地に天然ダムが形成された。これらの天然ダムのほとんどは、豪雨時、または数日後に決壊して段波洪水が発生し、下流域を襲った。

図 2.1 に秋津川・富田川流域の水害激甚地の町村別犠牲者数 (明治大水害誌編集委員会, 1989) を示す。これらの土砂移動・天然ダムの決壊洪水によって、1000 人以上が犠牲者となり、犠牲者は会津川 (旧田辺町) と富田川 (旧上富田町) 流域に集中している。

会津川 (秋津川) では、中流部の 2 箇所 (右会津川・高尾山, 19 日 18 時に天然ダム形成, 3 時間後に決壊, 左会津川・横山, 20 日 4 時に天然ダム形成, 5 時間後に決壊) で天然ダムが形成・決壊し、下流部の田辺市 (田辺町) の市街地を土石流・洪水が襲い、死者 320 名に達する激甚な被害が発生した。

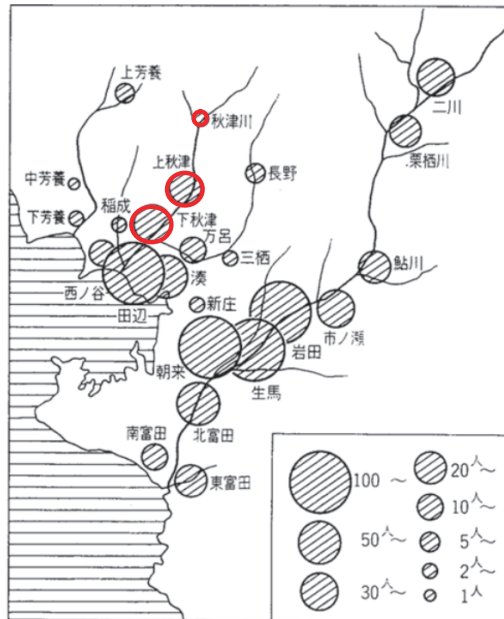


図 2.1 秋津川・富田川流域の水害激甚地の町村別犠牲者数 (明治大水害誌編集委員会, 1989)

写真 明治大水害記念碑と碑文→  
(田辺市民総合センター前の会津児童公園内に建立)



田辺市の大洪水の主要原因は、豪雨時に生じた右会津川の「高尾地区」と左会津川の「横山地区」の天然ダムの形成・決壊である。

田辺市上秋津の右会川右岸高尾山の山麓斜面 (調査対象地対岸) において、8 月 19 日 18 時頃、長さ 720m、幅 540m の範囲の大規模な地すべり性崩壊 (深層崩壊) が発生した。右会津川の右岸側斜面 (調査対象地側) においても大規模崩壊が発生し、崩壊土砂による挟み撃ちとなって、天然ダム (高さ 15m, 湛水量 19 万 m<sup>3</sup> 程度) が形成された (図 2.2 参照)。

この天然ダムは 3 時間後の 21 時頃に決壊し、多量の土砂を巻き込んで、田辺市の市街地付近まで流下し、田畑・道路・人家を埋没させ、多数の犠牲者を出した。

図 2.2 西牟婁郡秋津三ヶ村洪水災害之絵図 (榎本全部作; 上会津愛郷会蔵) →  
絵地図師・榎本全部が描いた右会津川 (秋津川) 流域の土砂災害・洪水氾濫分布図。  
①旧田辺市街地  
②左向谷 (デレーク堰堤と呼ばれる巨石積堰堤などが存在する溪流)  
③高尾山の大规模崩壊地 (深層崩壊)  
右会津川の左岸側、右岸側にも少し規模の小さな崩壊地が認められる。



## (2)調査対象地における土砂災害と対策の経緯

近年の調査対象地における土砂災害・対策の経緯は以下のとおりである。

<<平成 23 年 4 月頃>>

主要地方道田辺龍神線の田辺市上秋津地区において、山側道路擁壁（井桁、ブロック積、練石積）に約 100mにわたってハラミや亀裂が発生し、一部に路面隆起や擁壁脚部の水路工にも変状が見られた。道路擁壁上部斜面には、アンカー工+吹付け法枠工による法面对策が施工されており、一部のアンカー工が被災していた。

<<平成 23 年 7 月下旬～10 月>>

同年 7 月台風 6 号の降雨により隣接する吹き付け斜面にて崩壊が発生し、応急対策として仮設防護柵+押え盛土工が施工された（主要地方道）。

<<平成 23 年 10 月～>>

旧発電所裏溪流部において応急対策工としてリングネット工、恒久対策として H23 谷止工が施工された。複数のクラックが発生した左岸斜面においてボーリング調査等の地すべり調査を実施した。

<<平成 24～28 年>>

旧発電所裏溪流部右岸斜面において調査ボーリング、孔内傾斜計設置観測等を実施。右会津川にほぼ直交する方向の大規模な地すべりブロック（Aブロック）の存在を確認すると共に、旧発電所裏溪流部の溪岸崩壊はAブロックの活動に誘発されたものと推定。

<<平成 29 年>>

林野庁近畿中国森林管理局による民有林直轄治山事業が導入され、南側溪流右岸の山腹工が施工される。

<<平成 30 年 2 月 5 日>>

末端付近で再崩壊が発生、和歌山県による応急仮設工（大型土嚢）が施工される。

<<平成 30 年 6 月 20 日>>

2 月 5 日崩壊の北側で小崩壊が発生。

<<平成 30 年 7 月 7 日>>

7 月 4 日地すべりブロック南側（南側のボーリング暗渠の斜面上部付近）で落石が発生。斜面下部にて落石が停止し、道路までは至らなかった。

<<平成 30 年 7 月 7 日>>

2 月 5 日崩壊の拡大崩壊が発生。近畿中国森林管理局による応急対策工（鋼製柵工）が施工される。地すべりブロックに対しては応急対策水抜きボーリング工が施工される。

<<令和元年 7 月 28 日>>

拡大崩壊により崩壊土砂が県道に到達し、以降県道は通行止となっている。近畿中国森林管理局による応急対策工（大型土嚢ほか）が施工中。現在に至る。

### 3. 7月28日崩壊の状況

#### 3.1. これまでの崩壊経緯

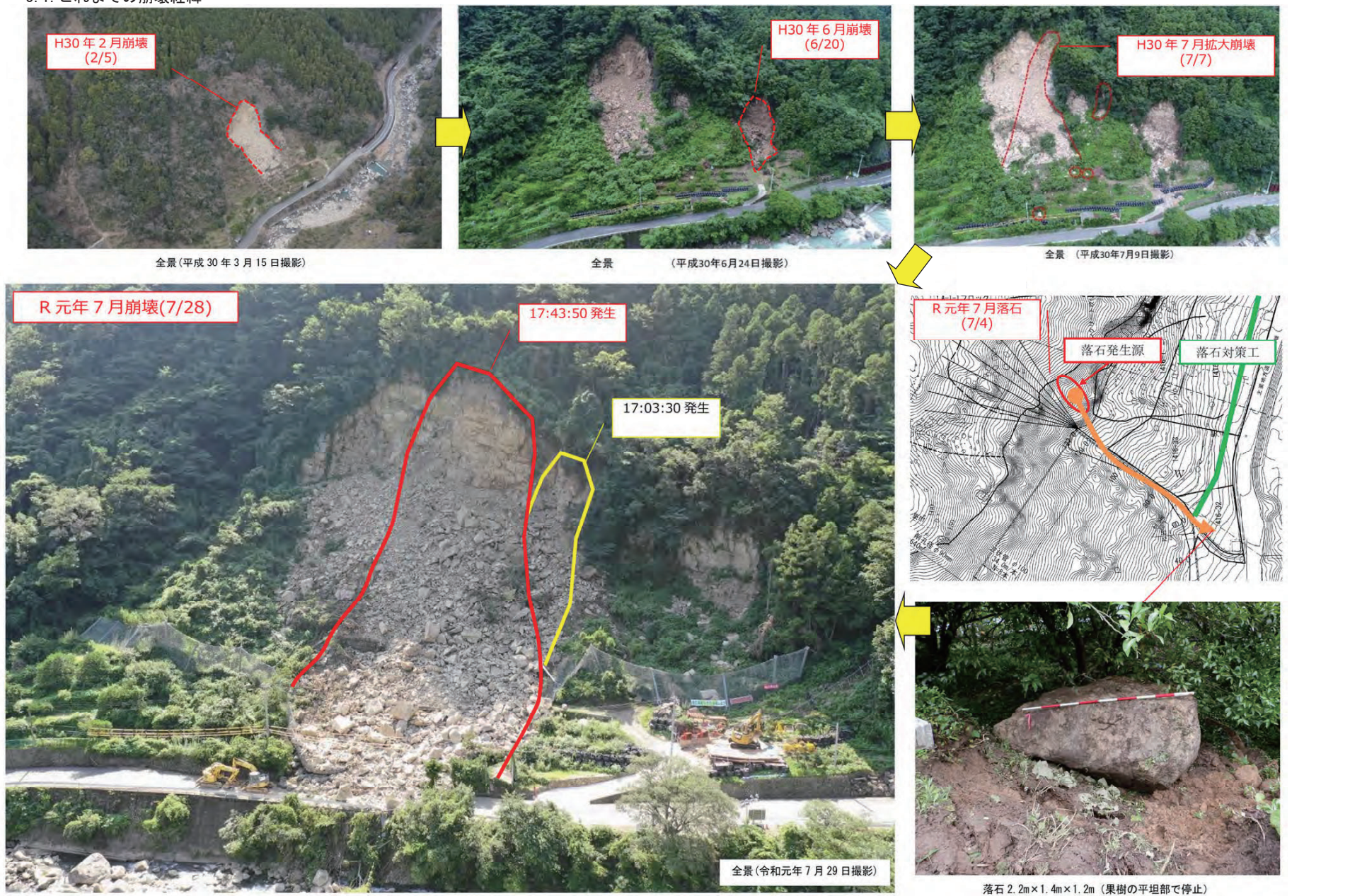
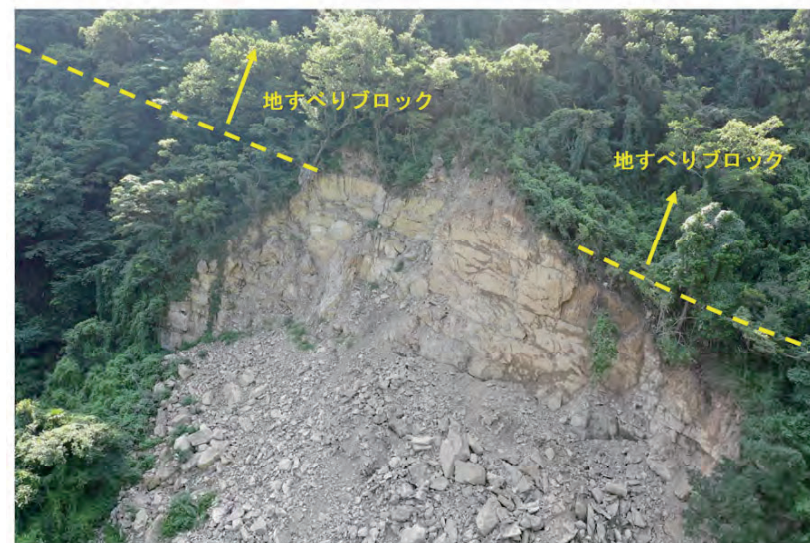
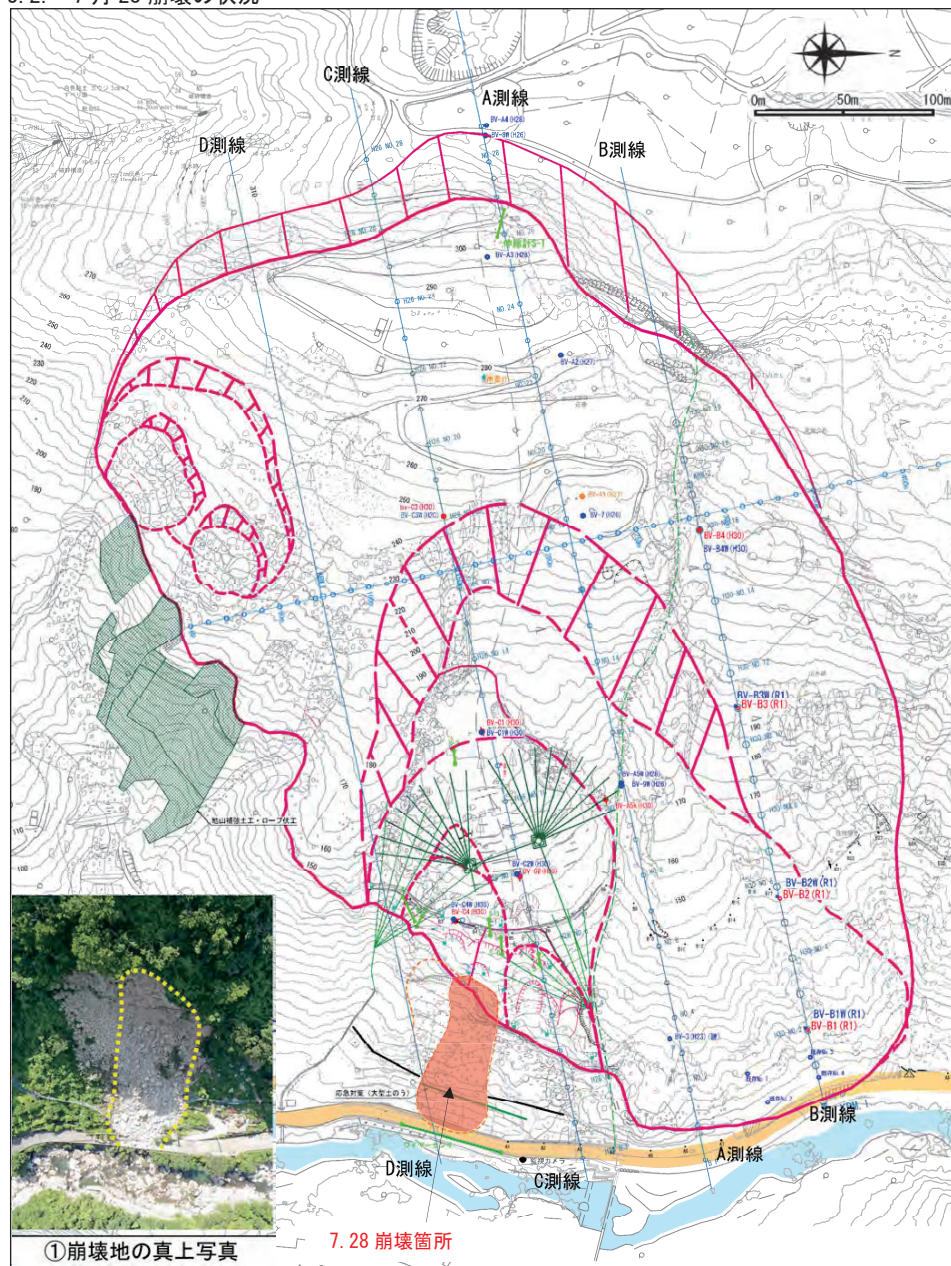


図 3.1.1 崩壊の履歴(H30年以降)

3.2. 7月28日崩壊の状況



②崩壊地急崖部の状況：斜面上部にはAブロックのすべり面が位置する。



③今回崩壊に伴い発生した滑落崖（クラック）：60cmの深さまでポールが貫入。

図 3.2.1 R1.7.28 発生 崩壊状況(1)





④崩壊箇所近景：崩壊土砂は砂岩主体の角状礫及び巨石から構成される。



⑤破損したタンポバリアー：倒伏したものの減勢効果は発揮したものと推定。



⑥県道に到達した巨石：大きなもので2.0m×1.6m×1.6m程度。



⑦ガードレールを破損した崩壊土砂：タンポバリアーにより減勢されたため2級河川右会津川には到達しなかった。

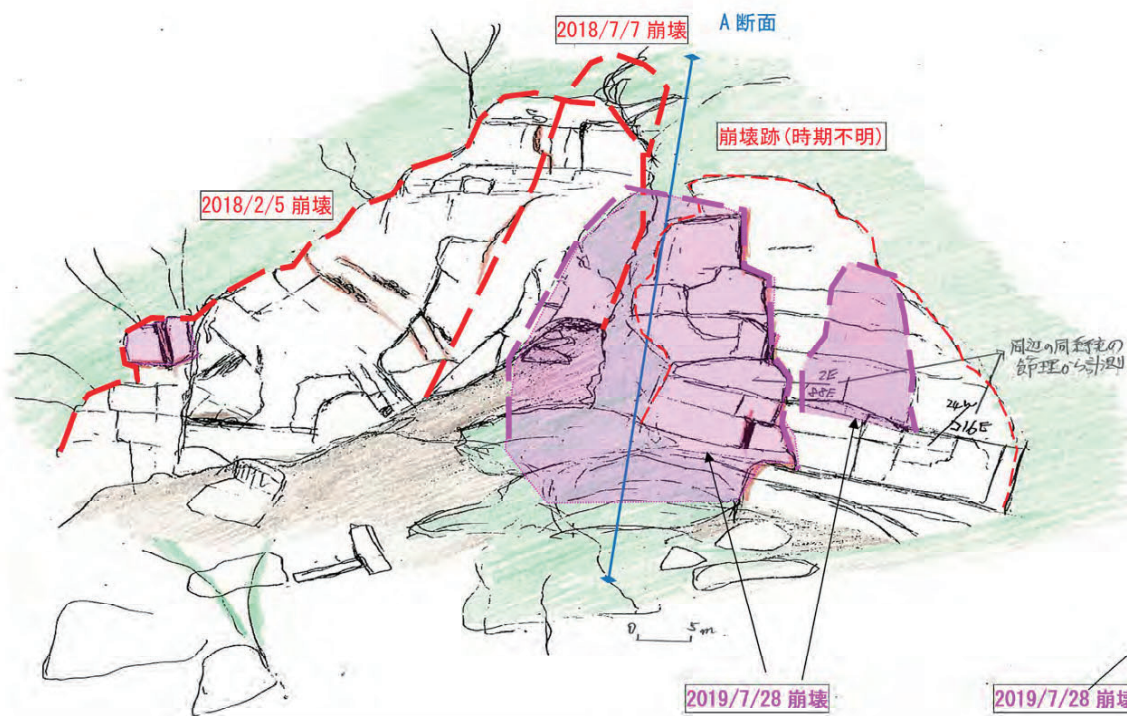
図 3. 2. 2 R1. 7. 28 発生 崩壊状況 (2)



18.2.5 崩壊箇所の全景 (18.7.13 撮影)



開口亀裂箇所の拡大



A断面図  
(イメージ)



崩壊地周辺の状況

- ・崩壊箇所の周辺には高角度 (N2° E, 88° E) と低角度 (N24°W, 16°E) の節理が発達している。高角度の節理に開口(隙間)が複数認められる。
- ・高角度の節理と低角度の節理の組合せに岩盤のゆるみが崩壊機構の素因として考えられる。
- ・19.7.28 崩壊箇所 (ピンクで塗色) は、18.7.7 崩壊箇所の右側にあたり、高角度の開口亀裂が崩壊に影響したものと推察される。

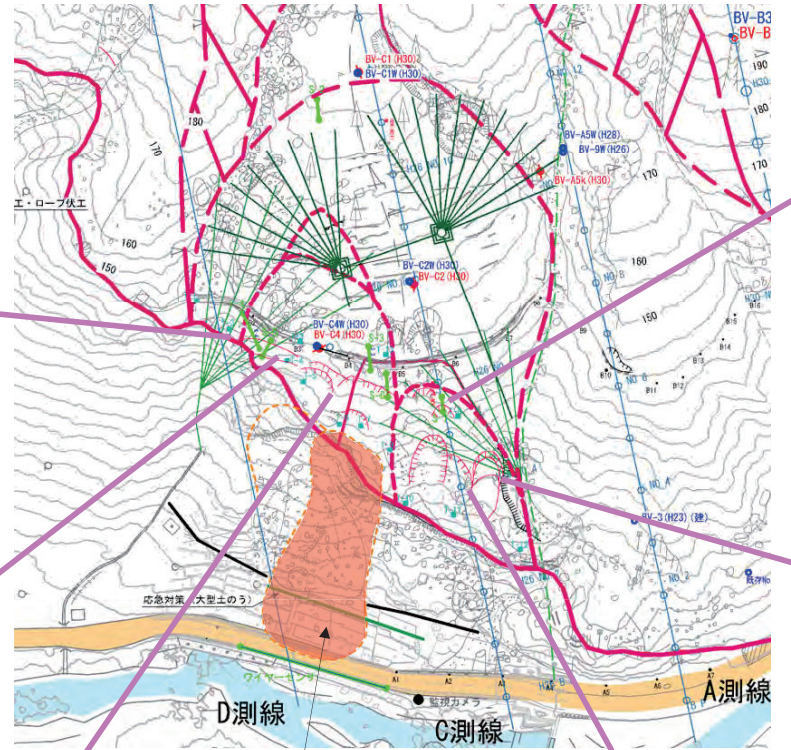
図 3.2.3 R1.7.28 発生 崩壊状況(3)



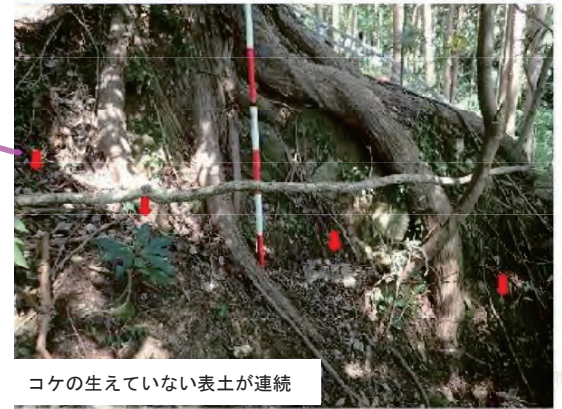
斜面下方が沈下



斜面下方が沈下



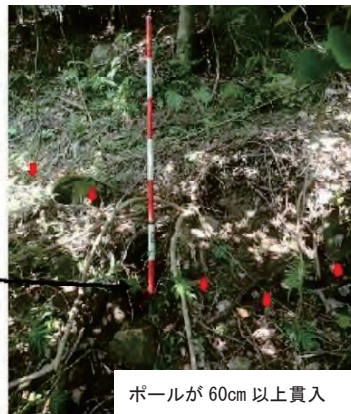
7.28 崩壊箇所



コケの生えていない表土が連続



斜面下方が沈下、亀裂が連続

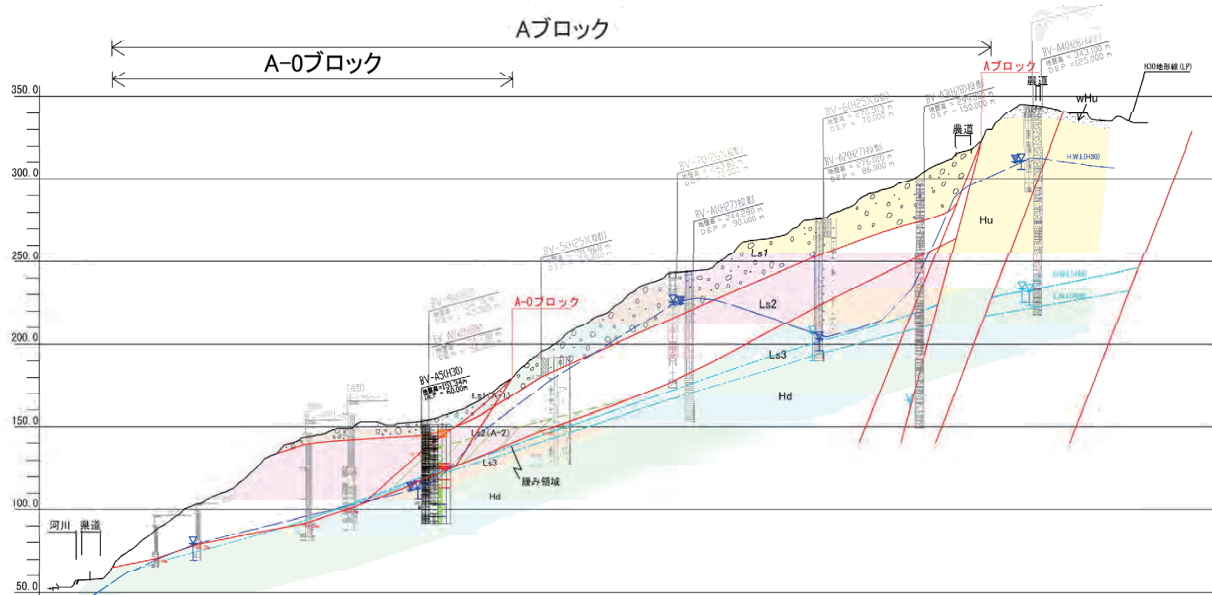


ポールが60cm以上貫入



図 3.2.4 崩壊発生後の背後斜面の状況

# A測線



# C測線

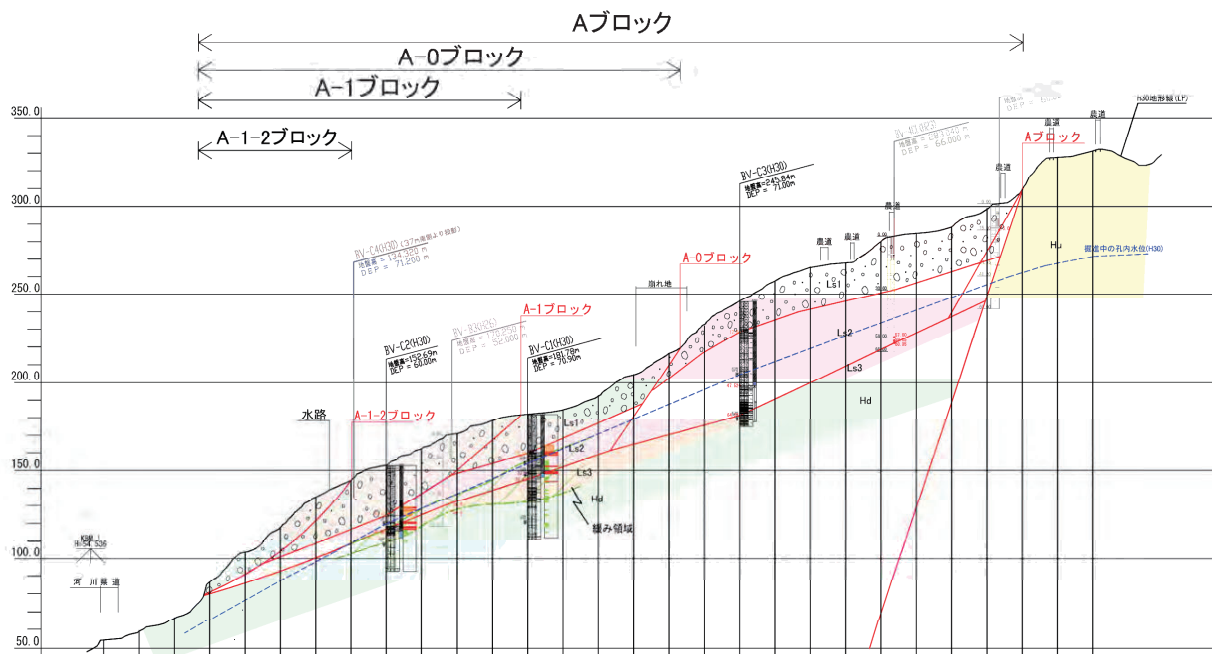


図 3.2.5 A, C 測線の断面図

### 3.3. 観測結果

#### 地表面伸縮計観測結果

- ・ 8月の台風10号以降、変位速度が増加していた。
- ・ 9月中旬以降は、S-1、S-5を除いて、変位の累積はほとんど認められない。

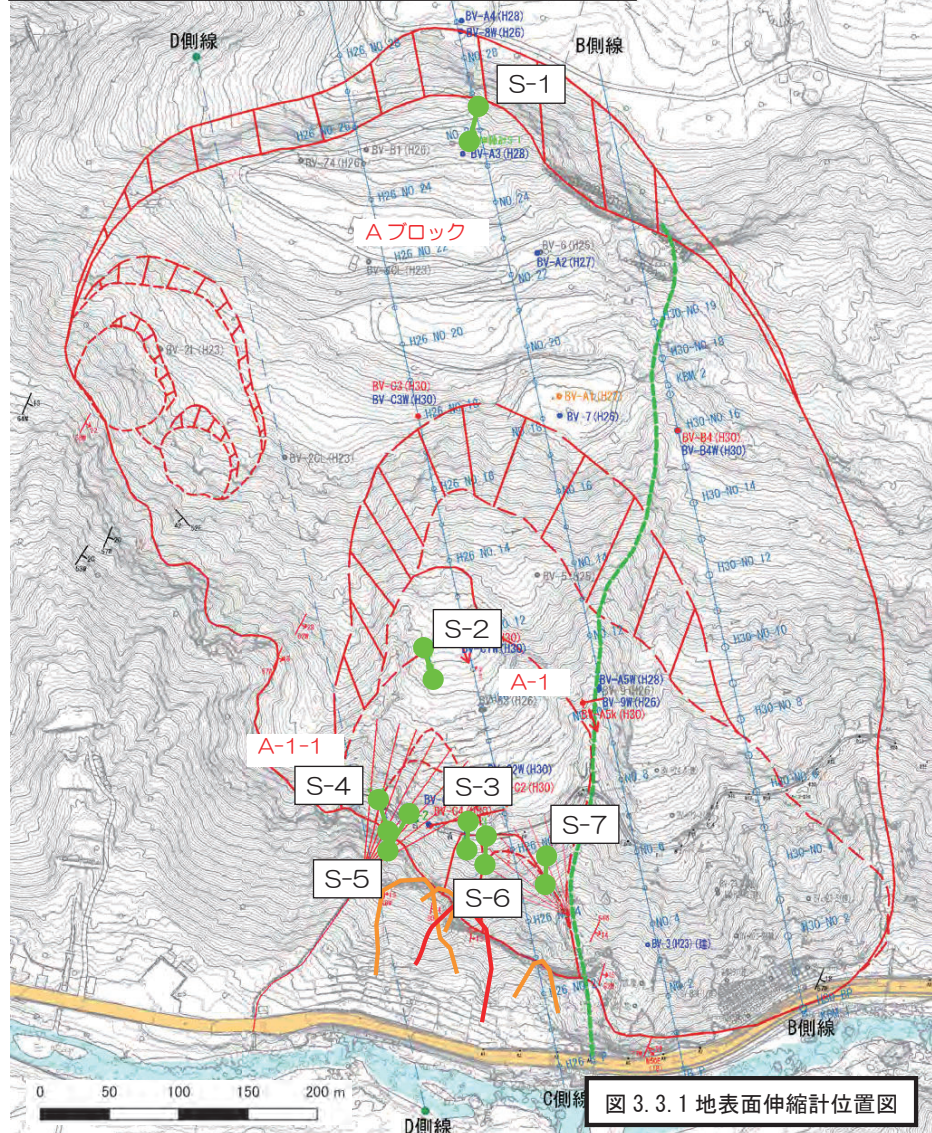


図 3.3.1 地表面伸縮計位置図

#### 孔内傾斜計観測結果

- ・ 1孔に複数の深度で変位方向の異なる変動が認められる。
- ・ BV-C4では、深度0~15mにおいて道路方向へのクリープ変形が認められる。
- ・ BV-C3およびBV-C4では、8/1の観測以降、変位速度の増加が認められる。

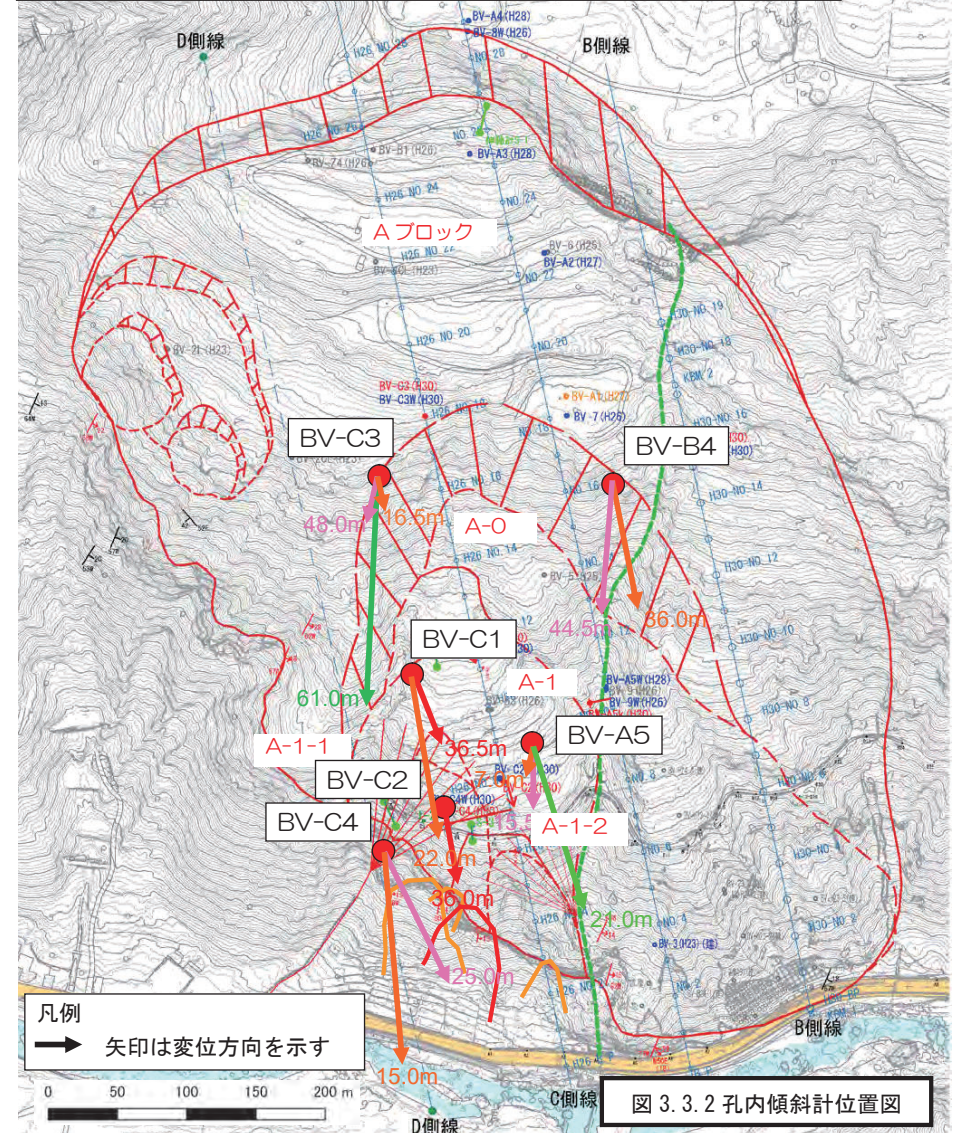


図 3.3.2 孔内傾斜計位置図

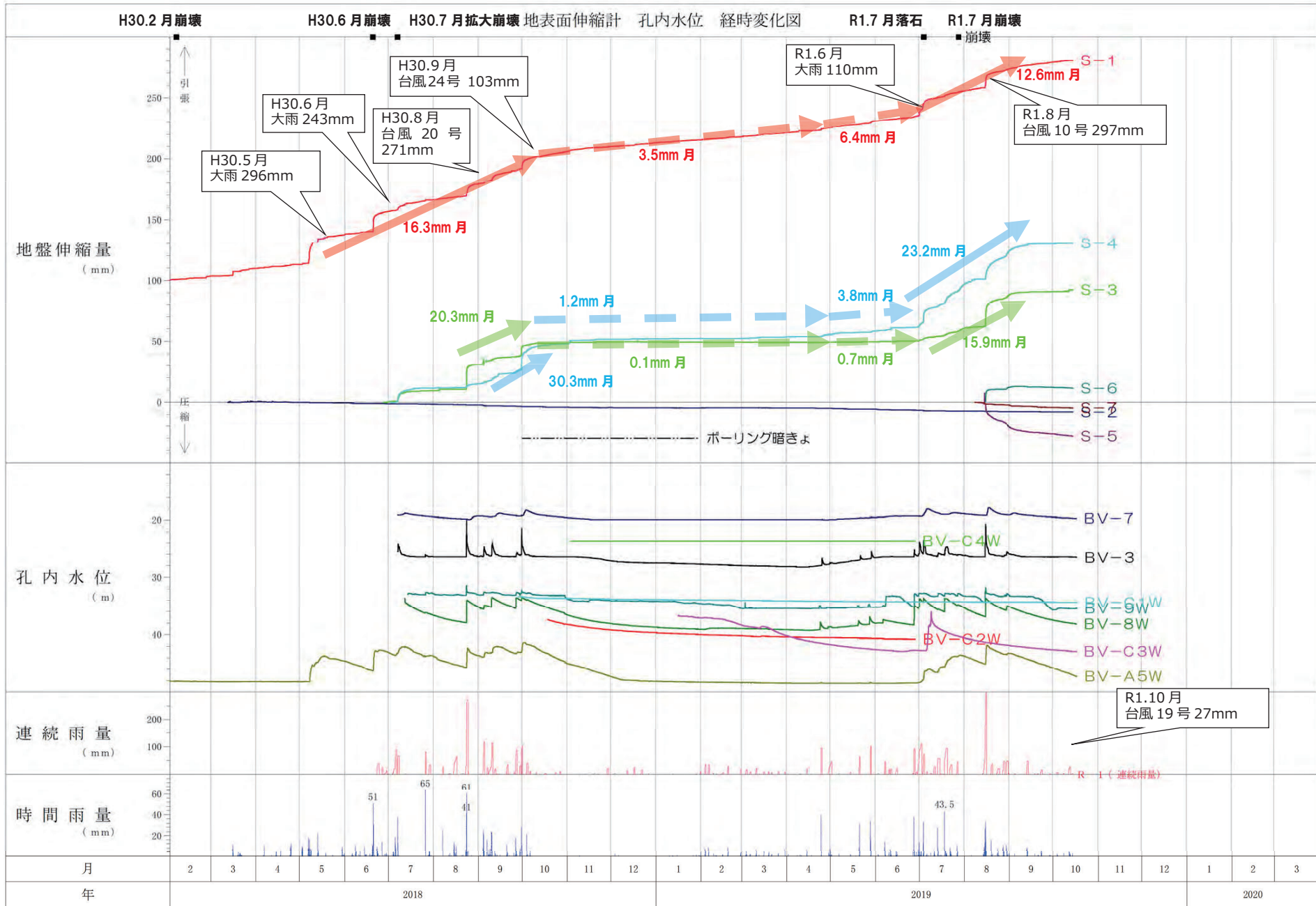


図 3.3.3 地表面伸縮計および地下水位計

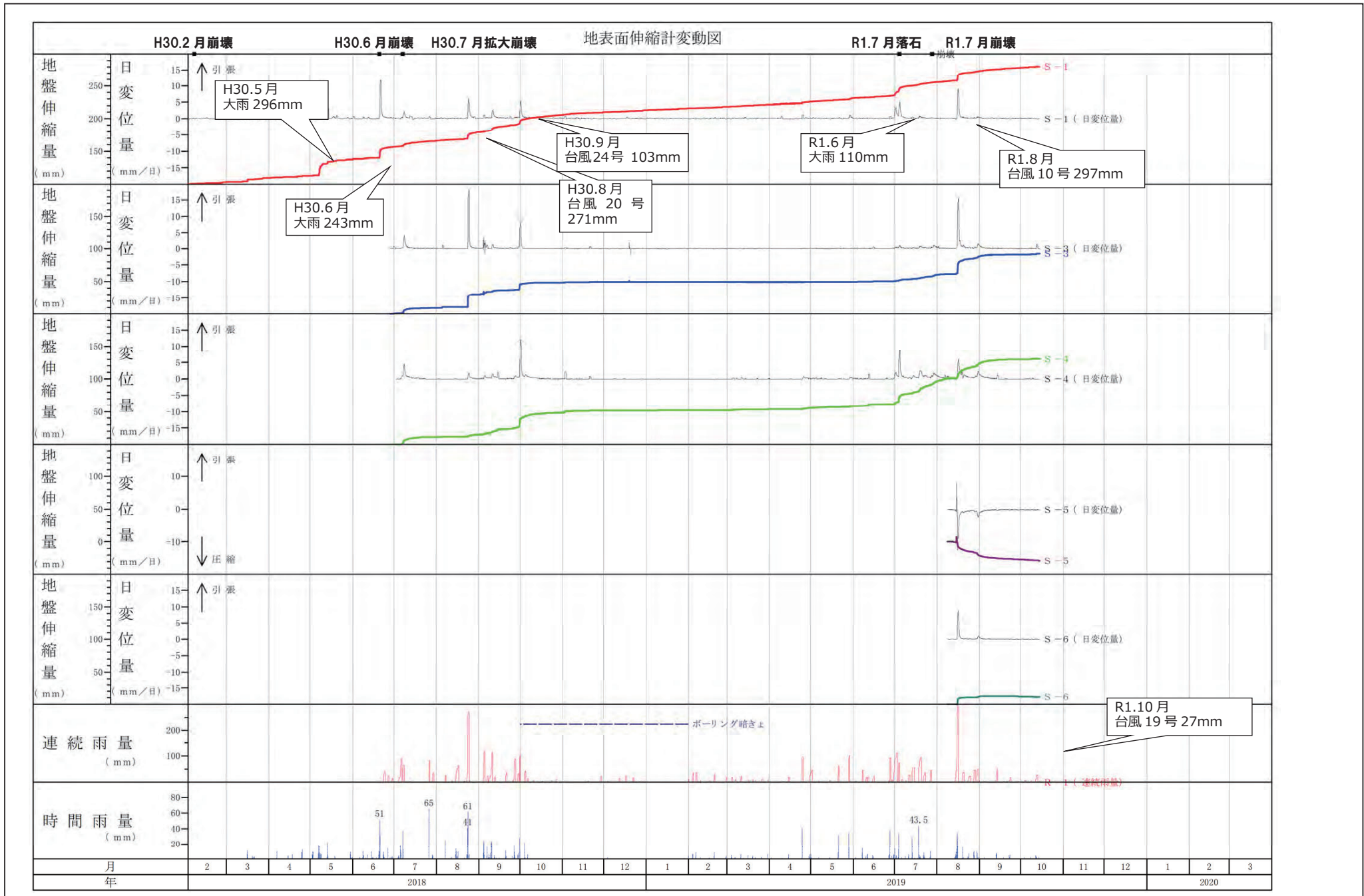
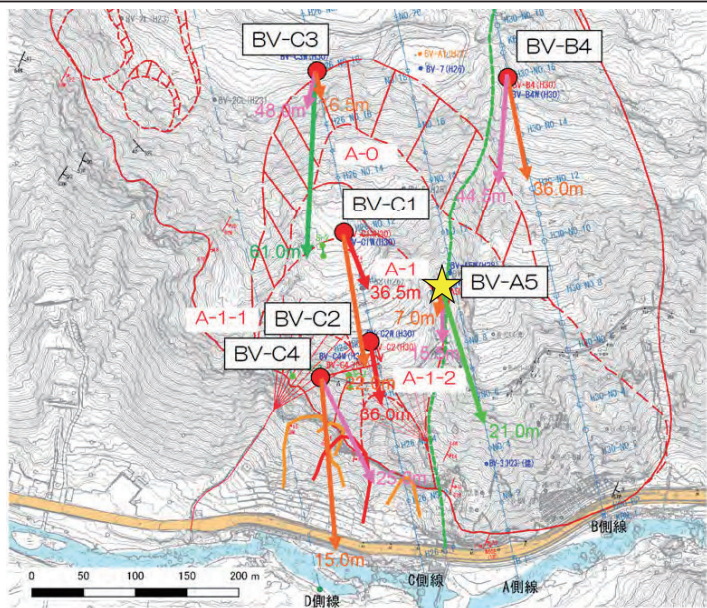
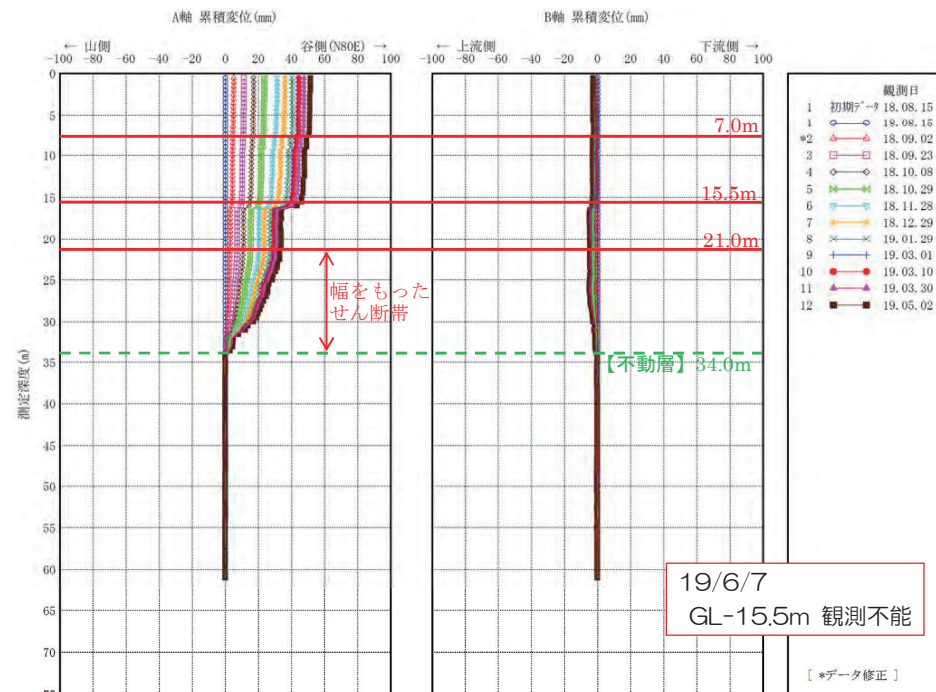


図 3.3.4 地表面伸縮計

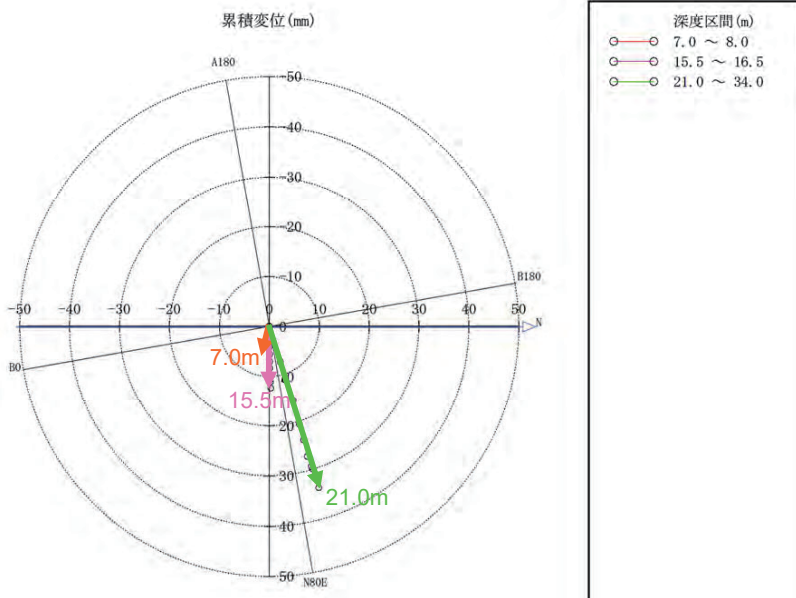
観測孔位置図



累積変化図



傾斜方向図(平面変位ベクトル図)



経時変化図

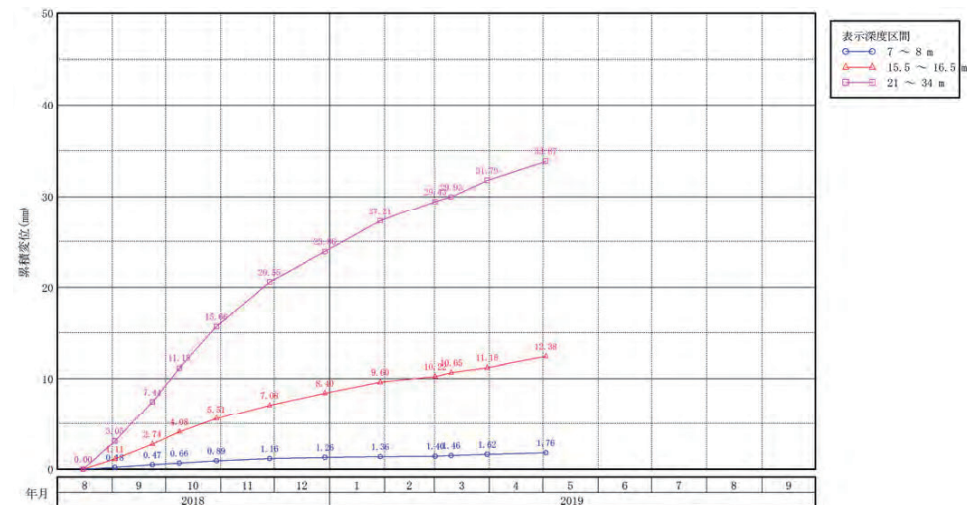
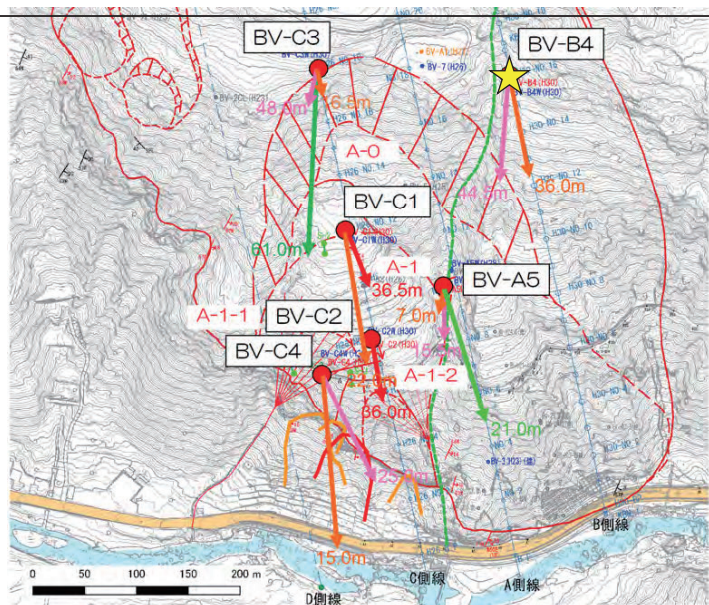


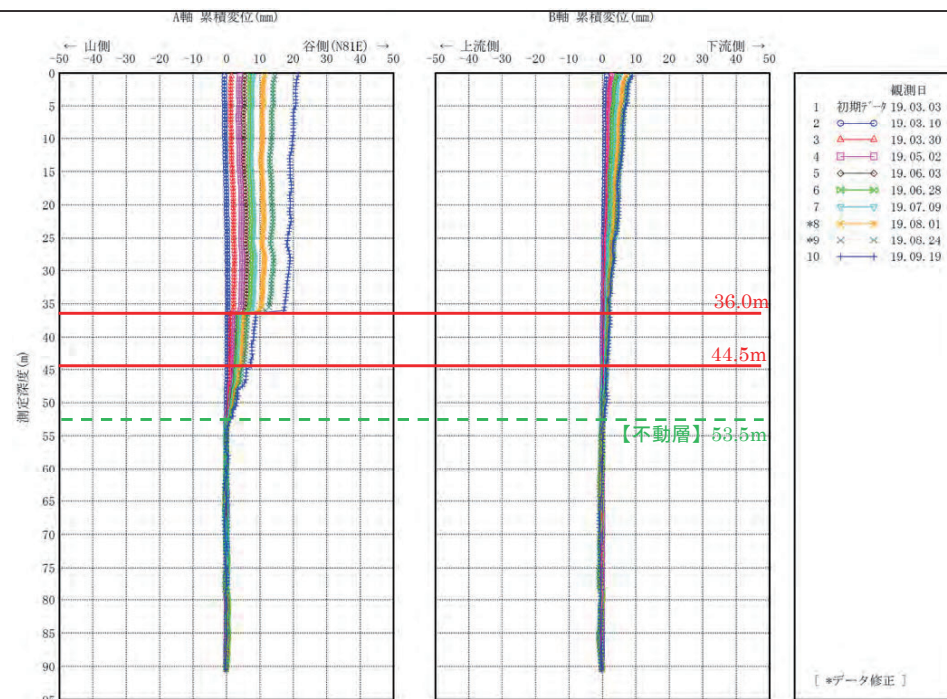
図 3.3.5 孔内傾斜計観測結果 BV-A5



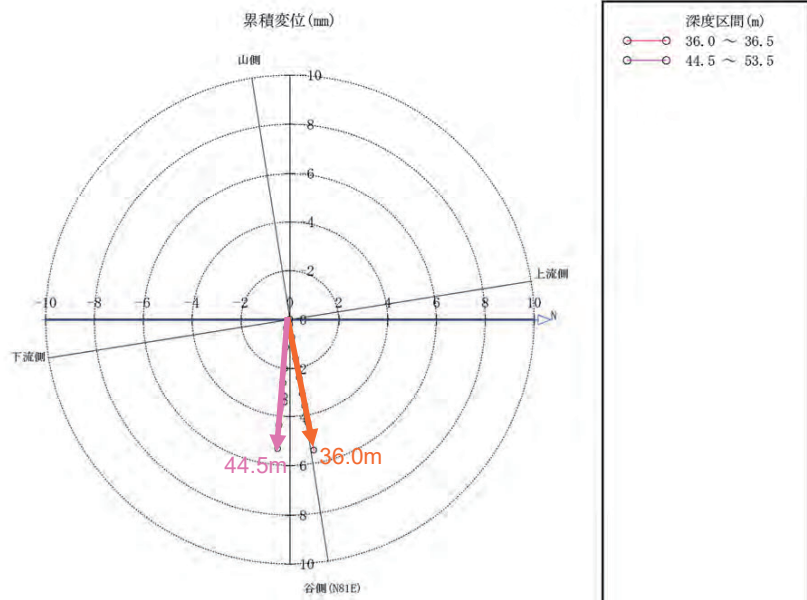
観測孔位置図



累積変化図



傾斜方向図(平面変位ベクトル図)



経時変化図

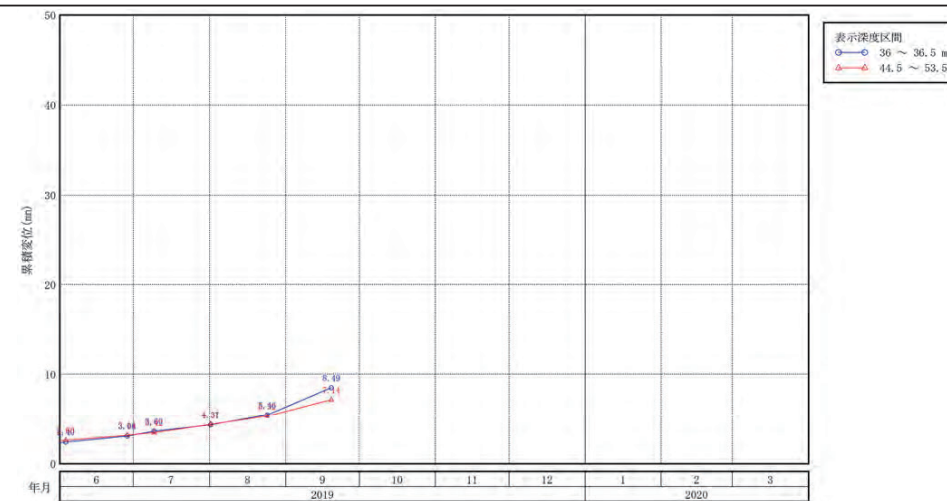
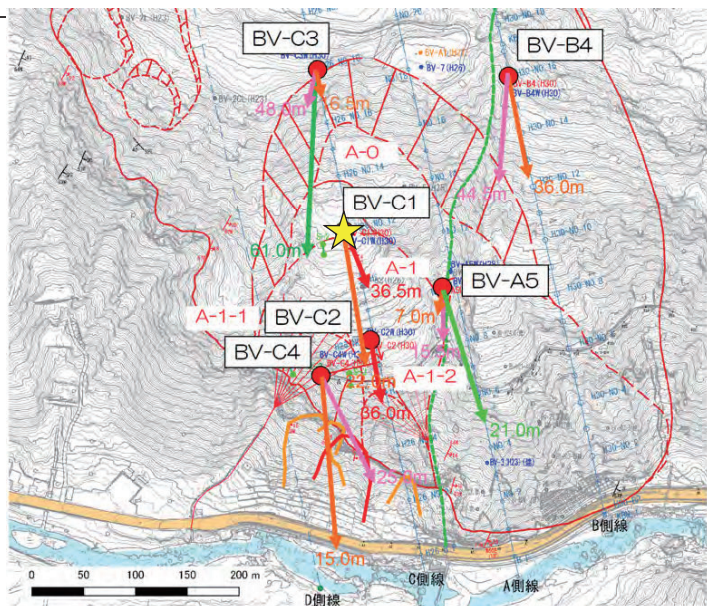
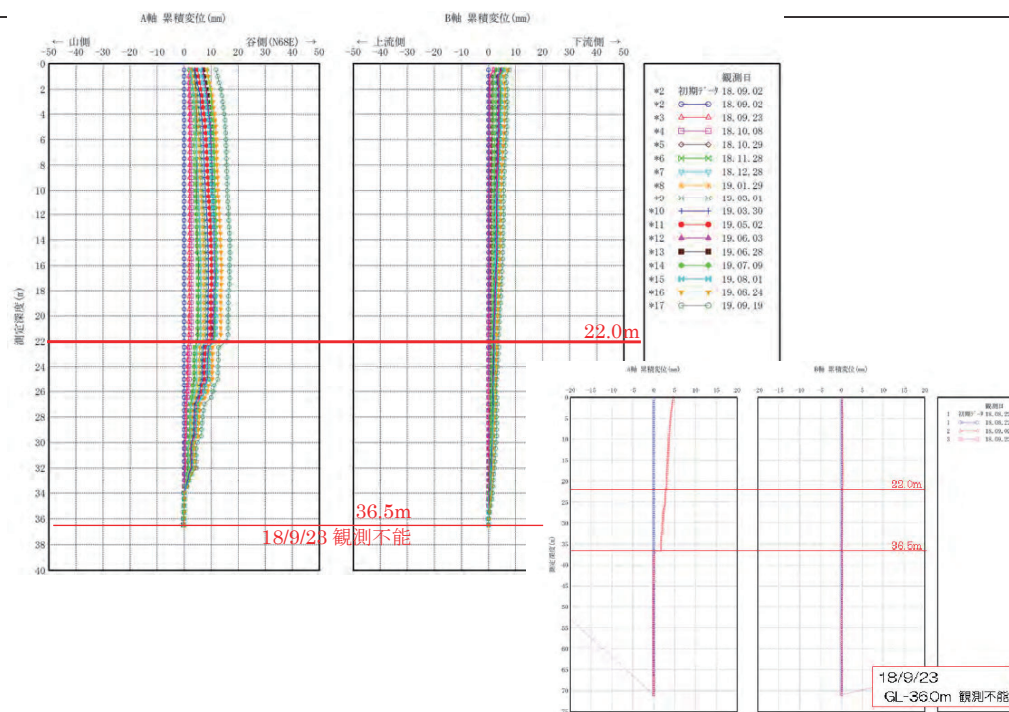


図 3.3.6 孔内傾斜計観測結果 BV-B4

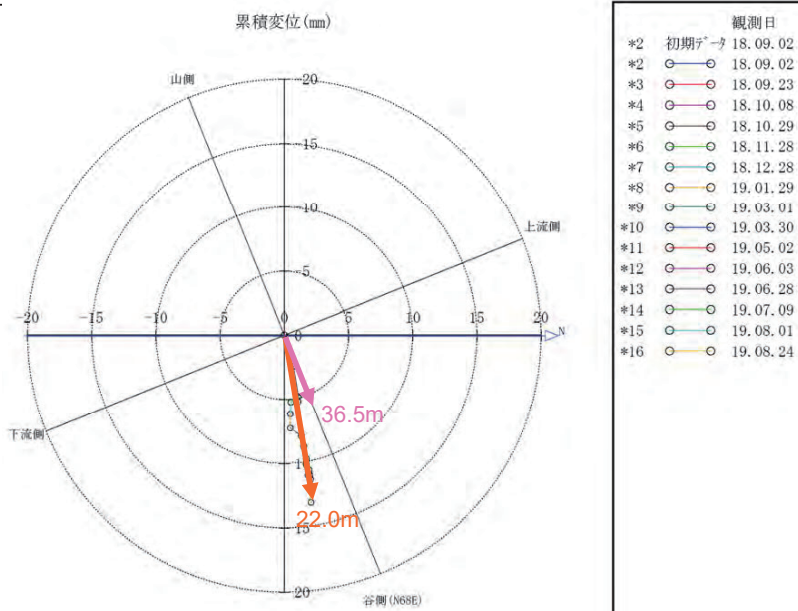
観測孔位置図



累積変化図



傾斜方向図(平面変位ベクトル図)



経時変化図

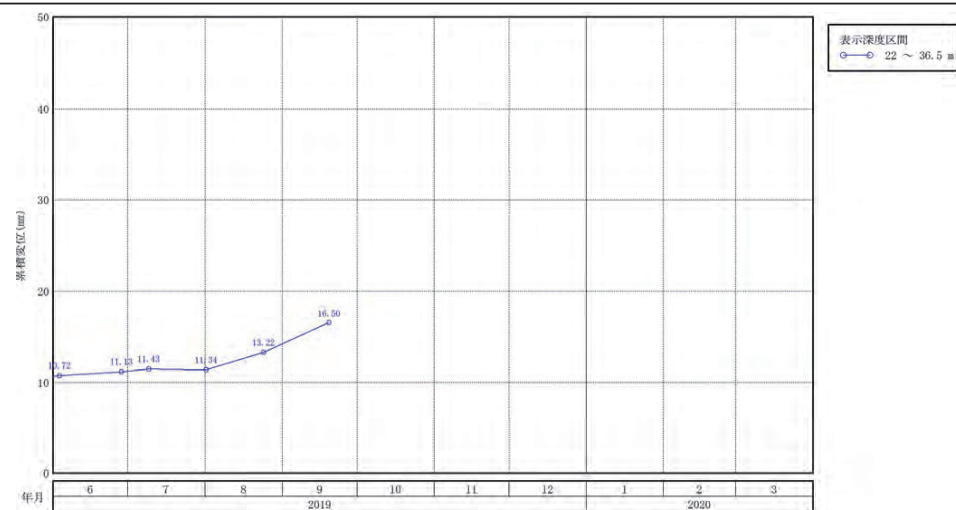
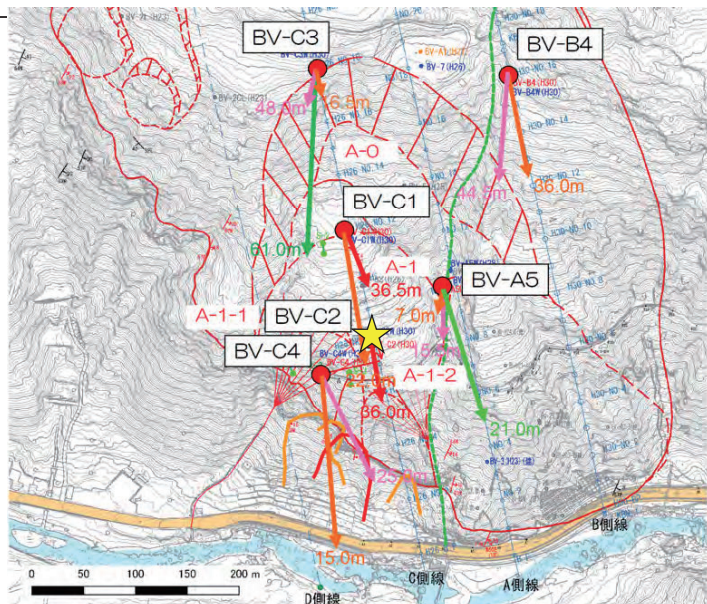
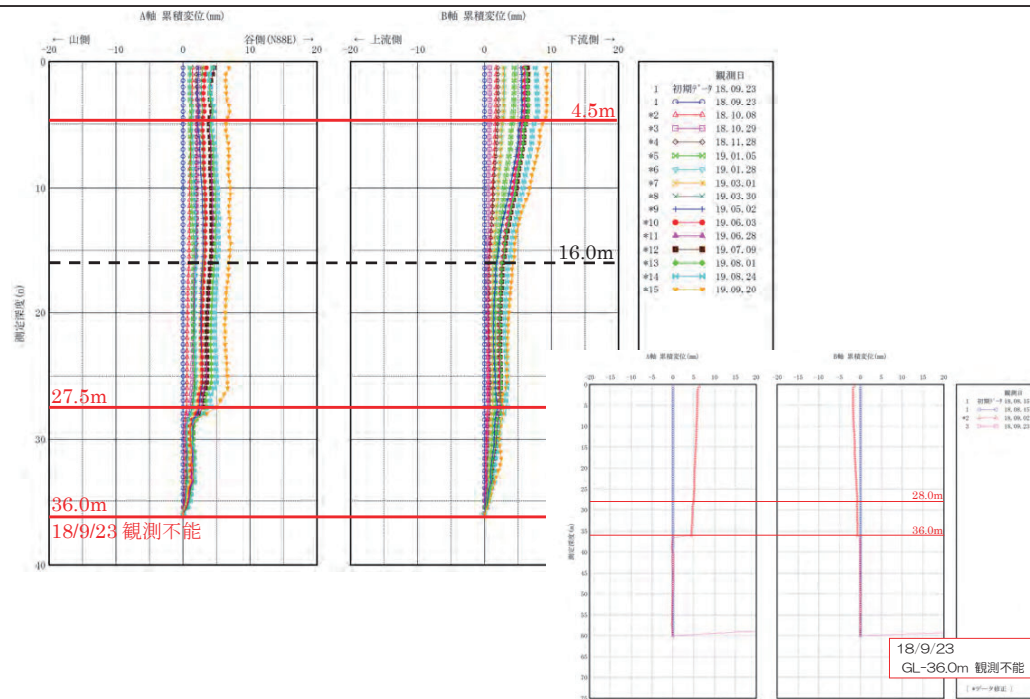


図 3.3.7 孔内傾斜計観測結果 BV-C1

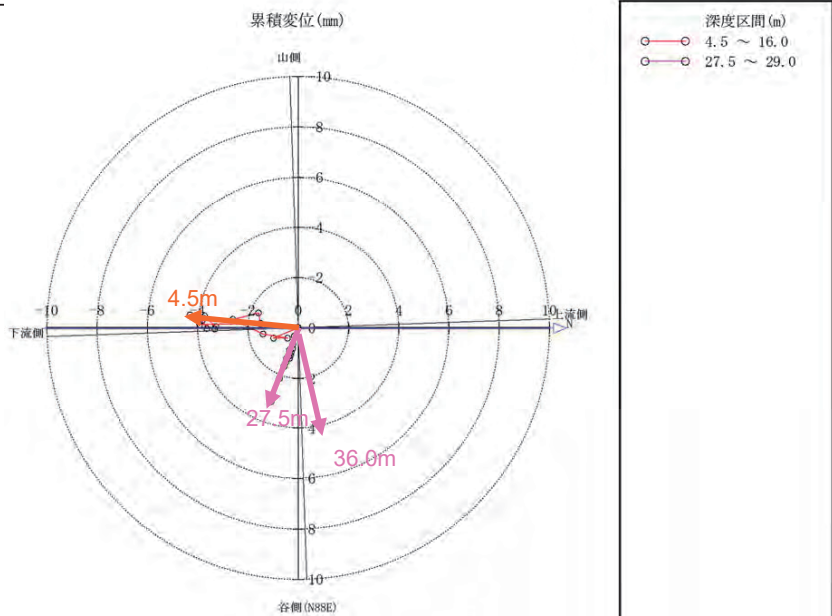
観測孔位置図



累積変化図



傾斜方向図(平面変位ベクトル図)



経時変化図

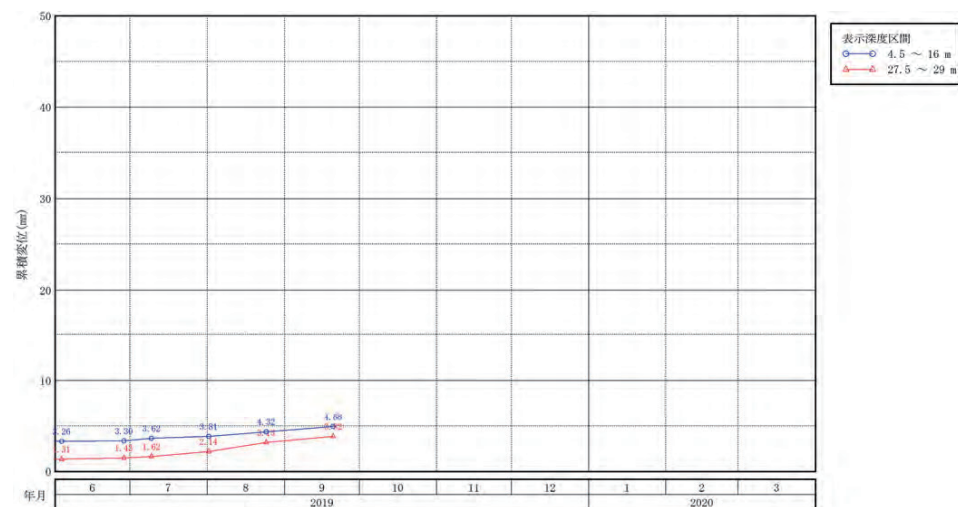
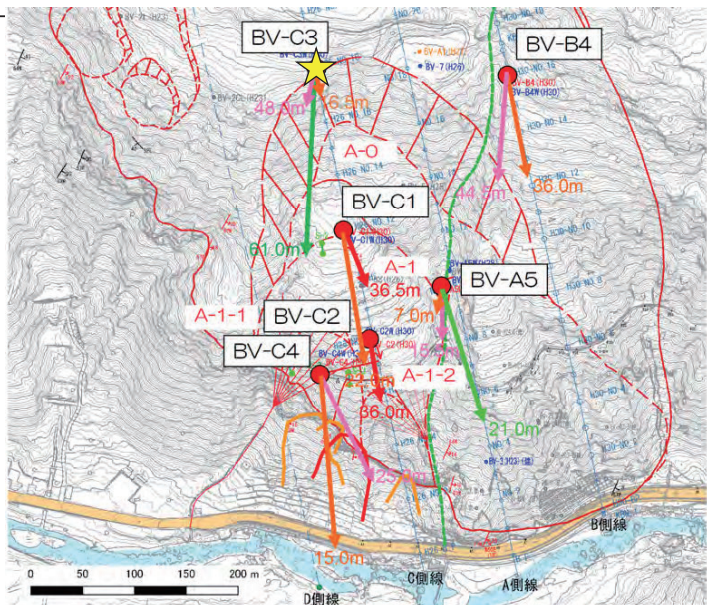
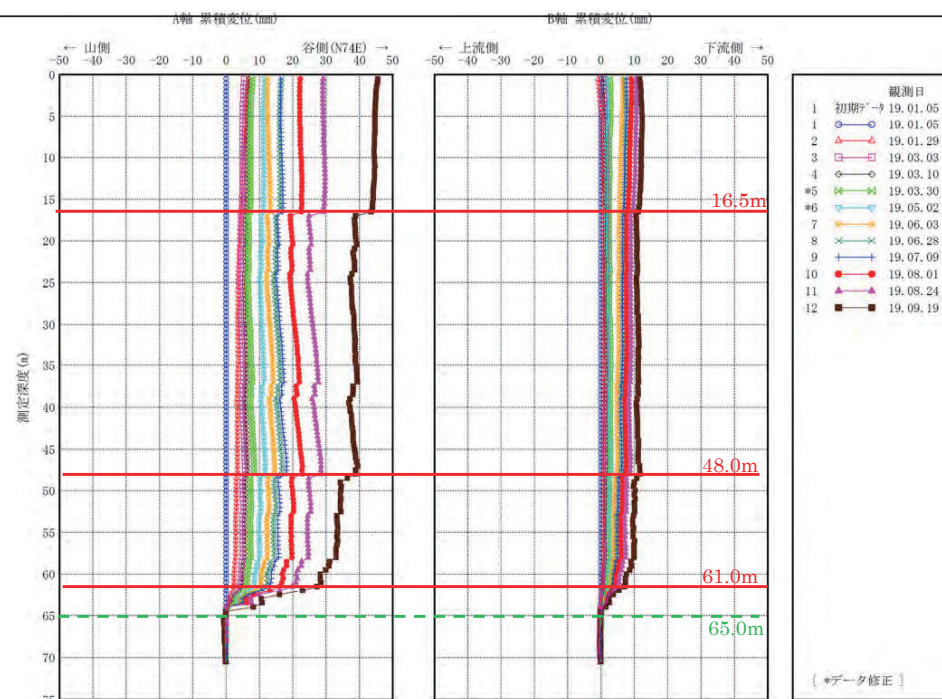


図 3.3.8 孔内傾斜計観測結果 BV-C2

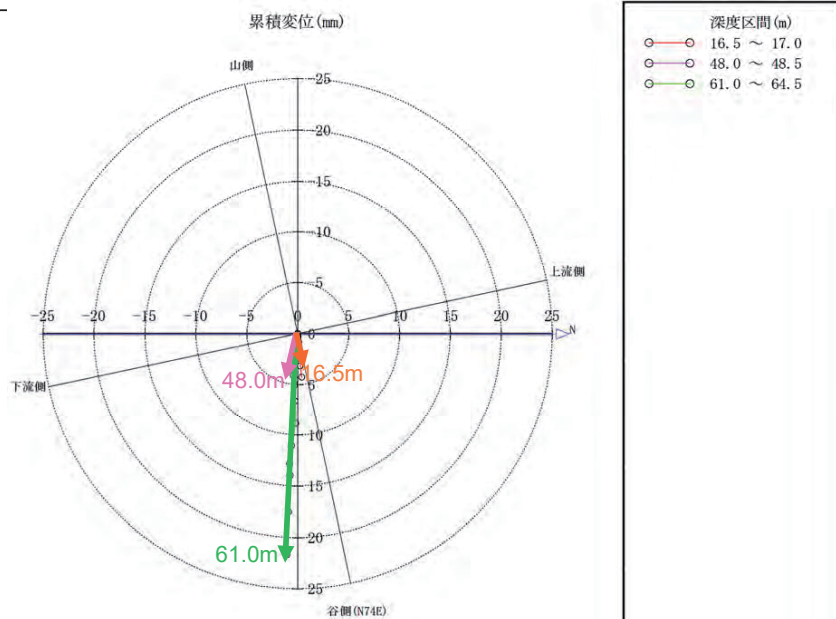
観測孔位置図



累積変化図



傾斜方向図(平面変位ベクトル図)



経時変化図

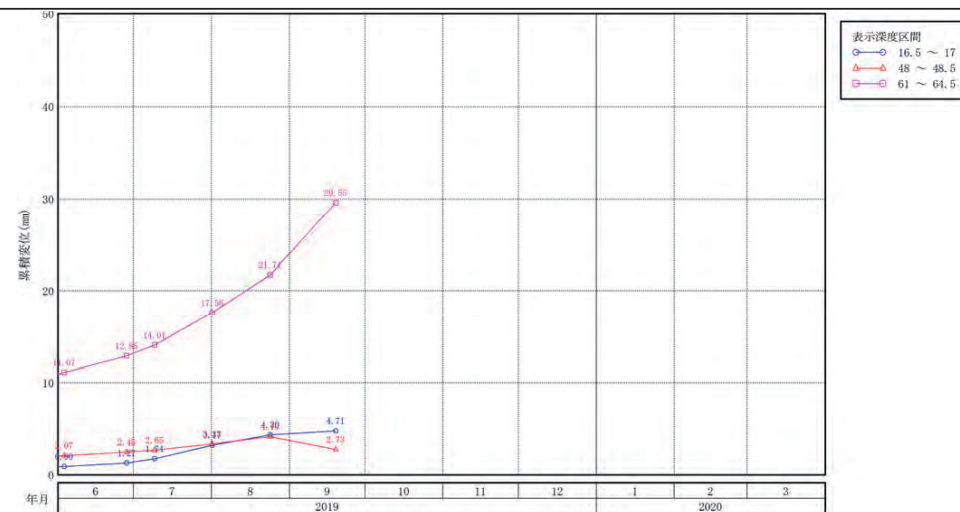
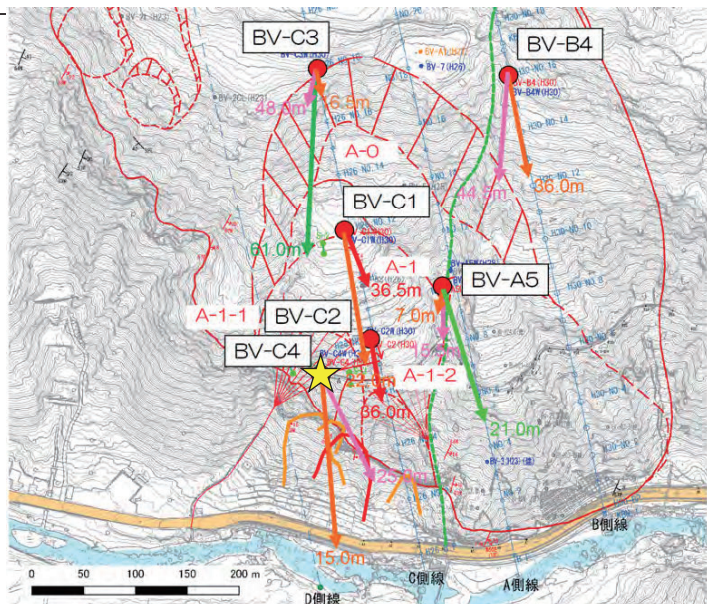
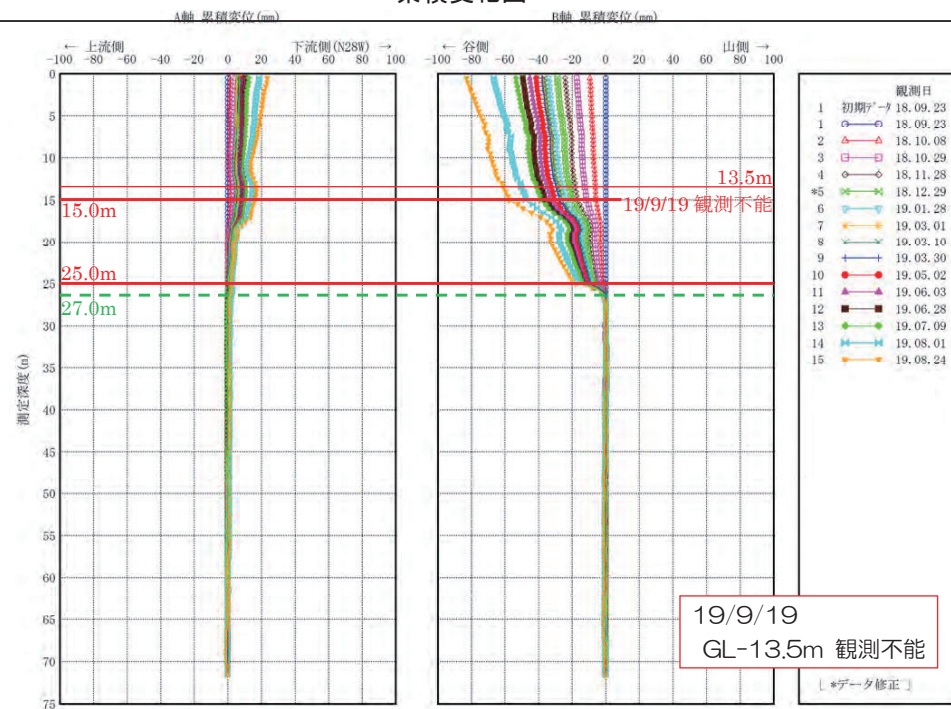


図 3.3.9 孔内傾斜計観測結果 BV-C3

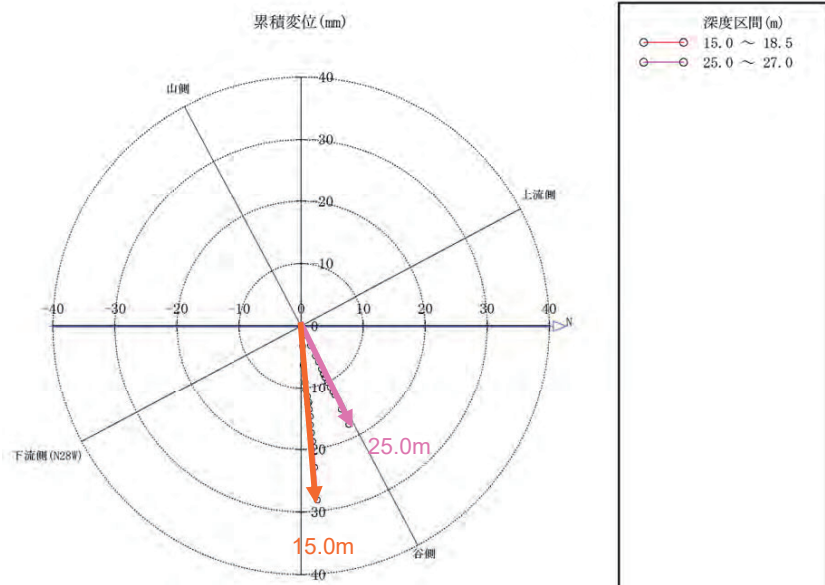
観測孔位置図



累積変化図



傾斜方向図 (平面変位ベクトル図)



経時変化図

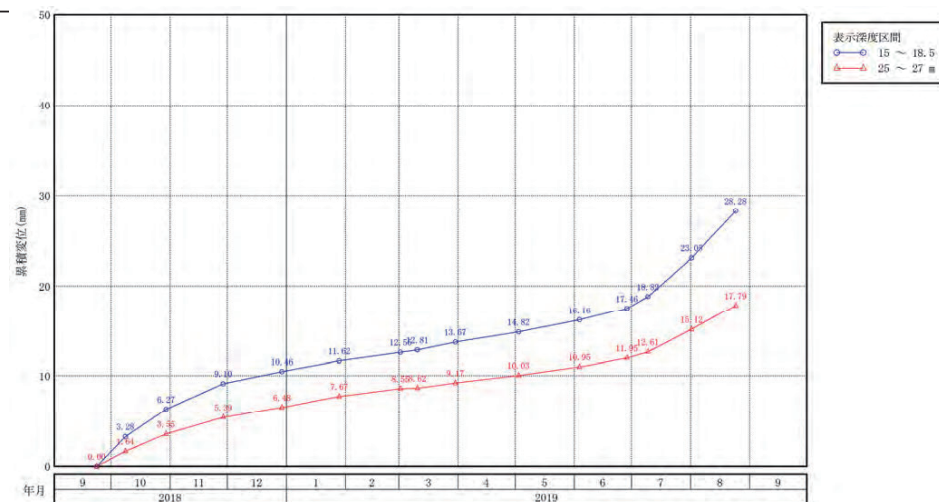


図 3.3.10 孔内傾斜計観測結果 BV-C4

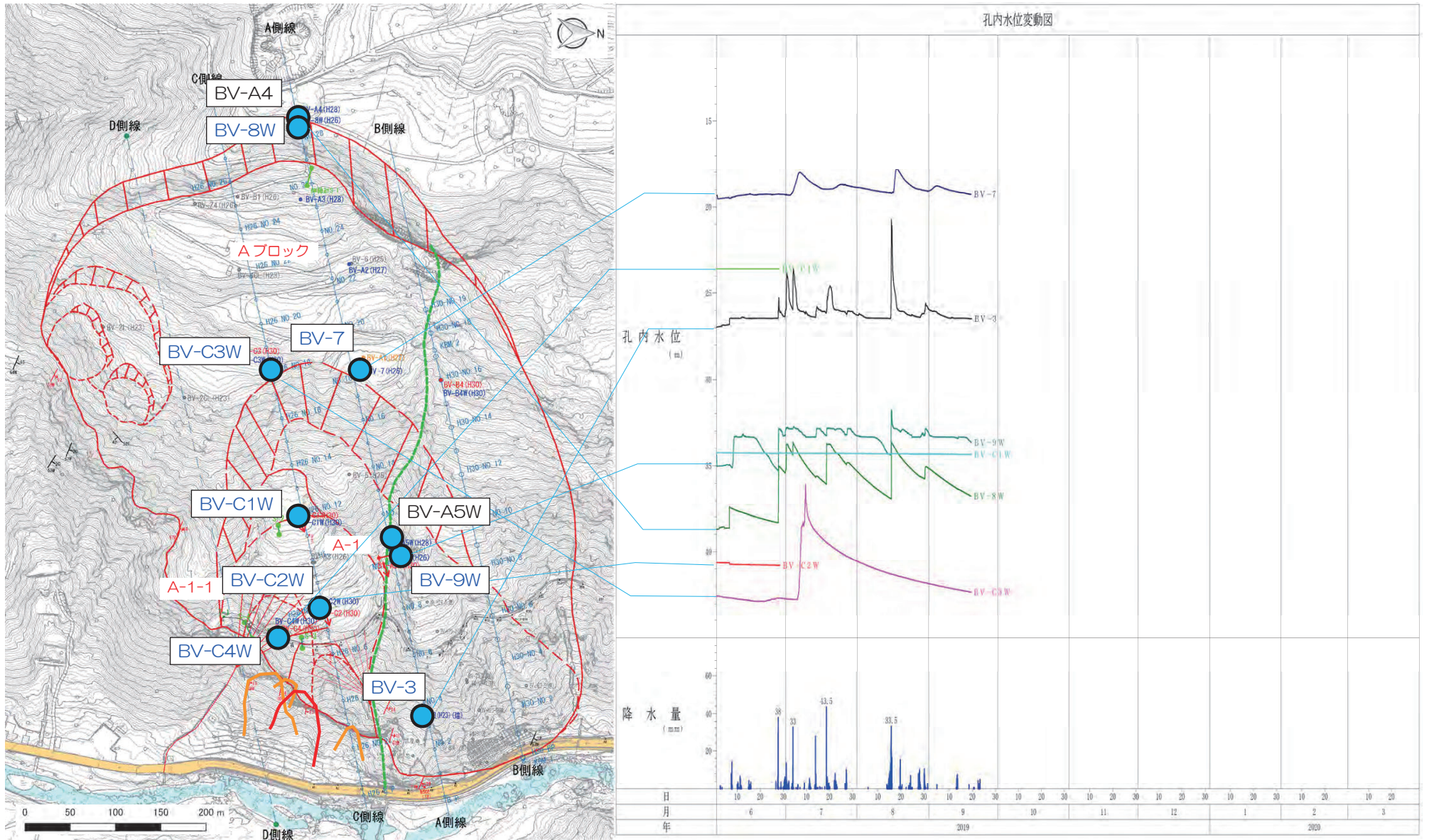


図 3.3.11 地下水位変動図(浅部)

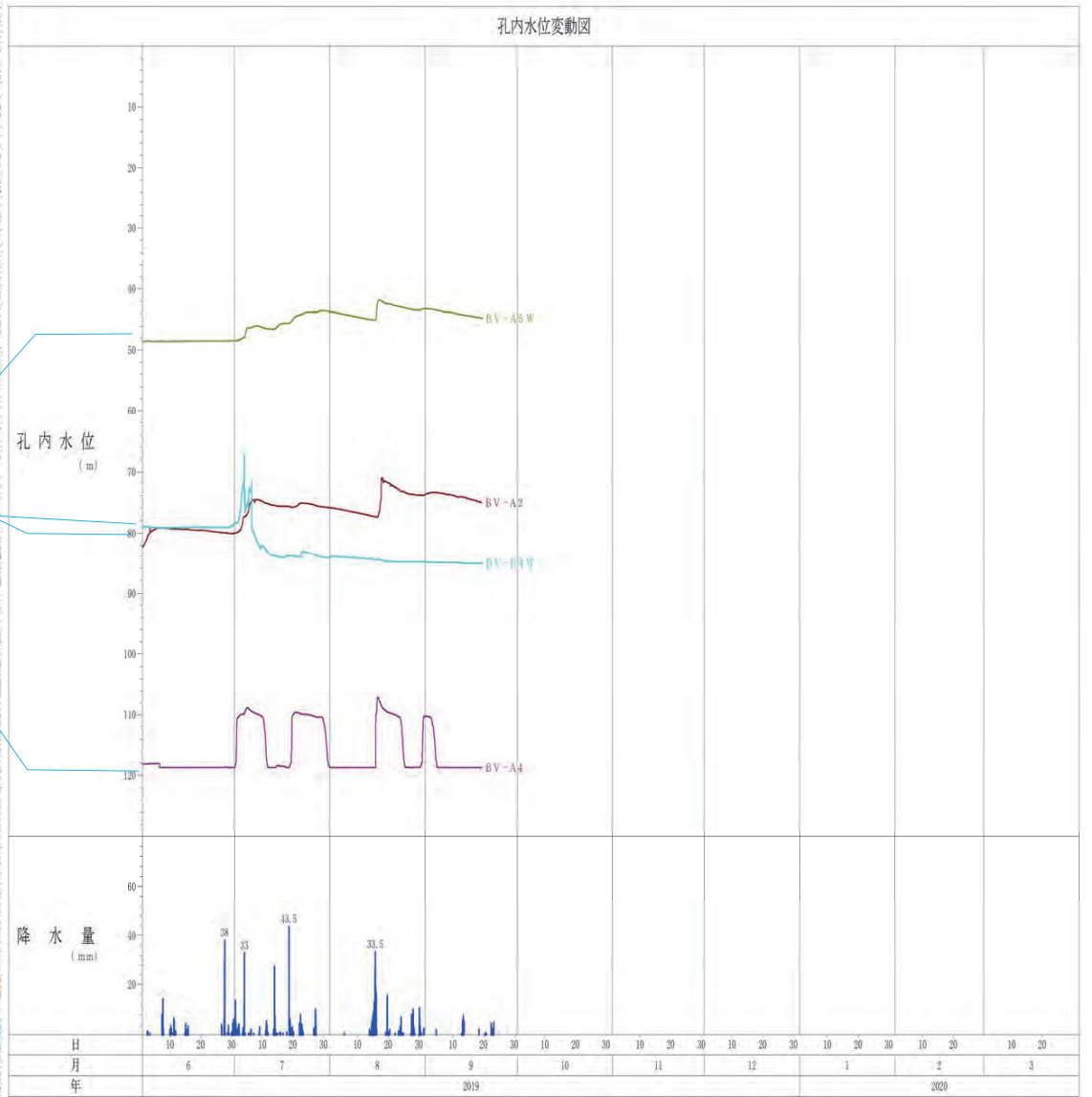
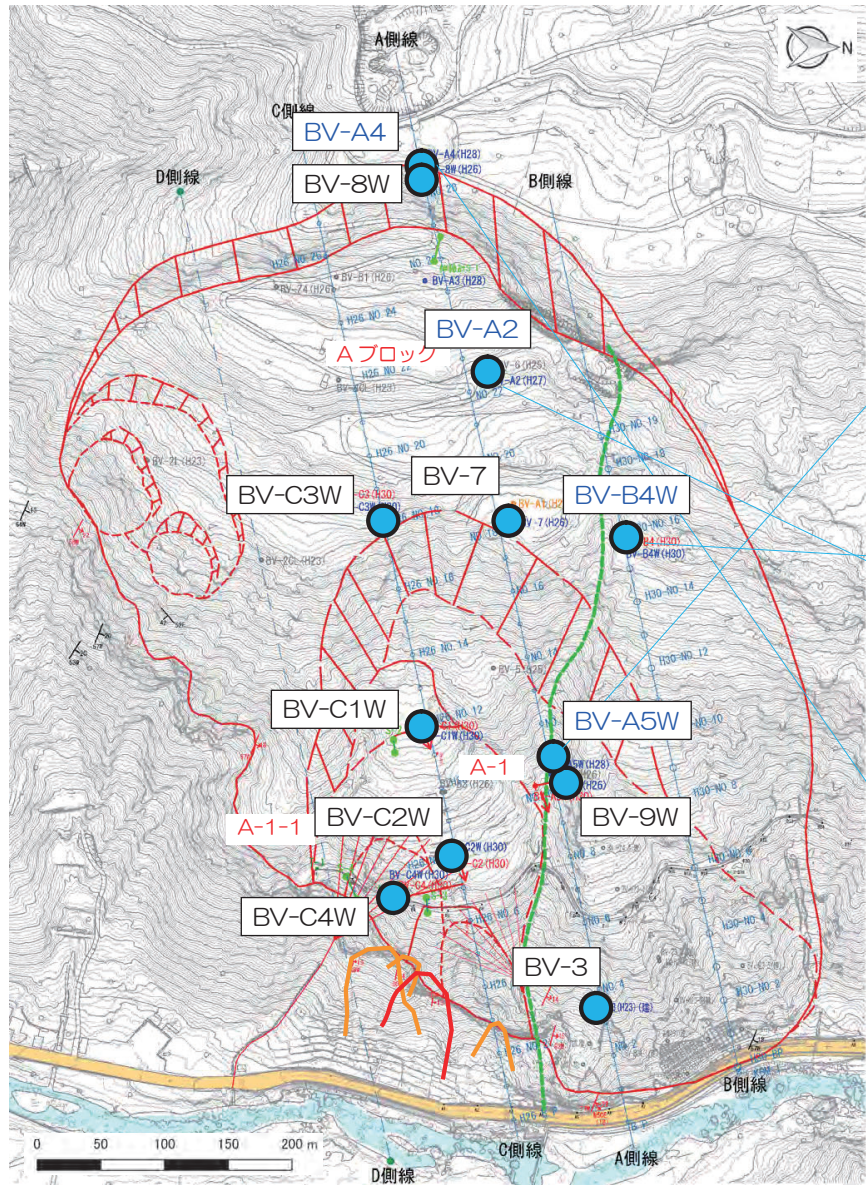
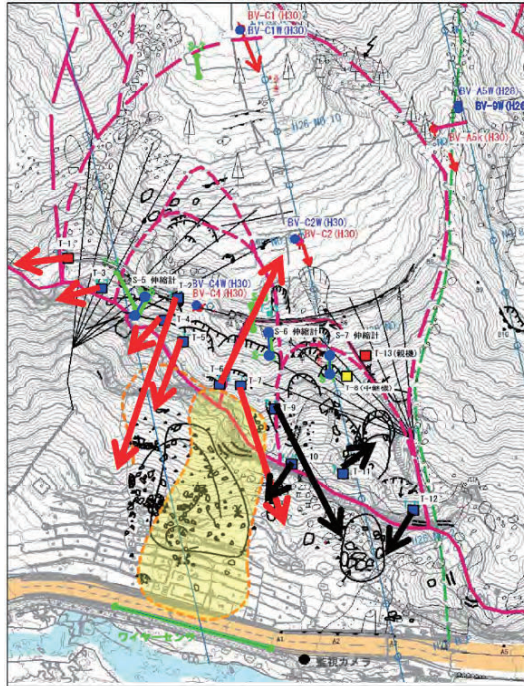
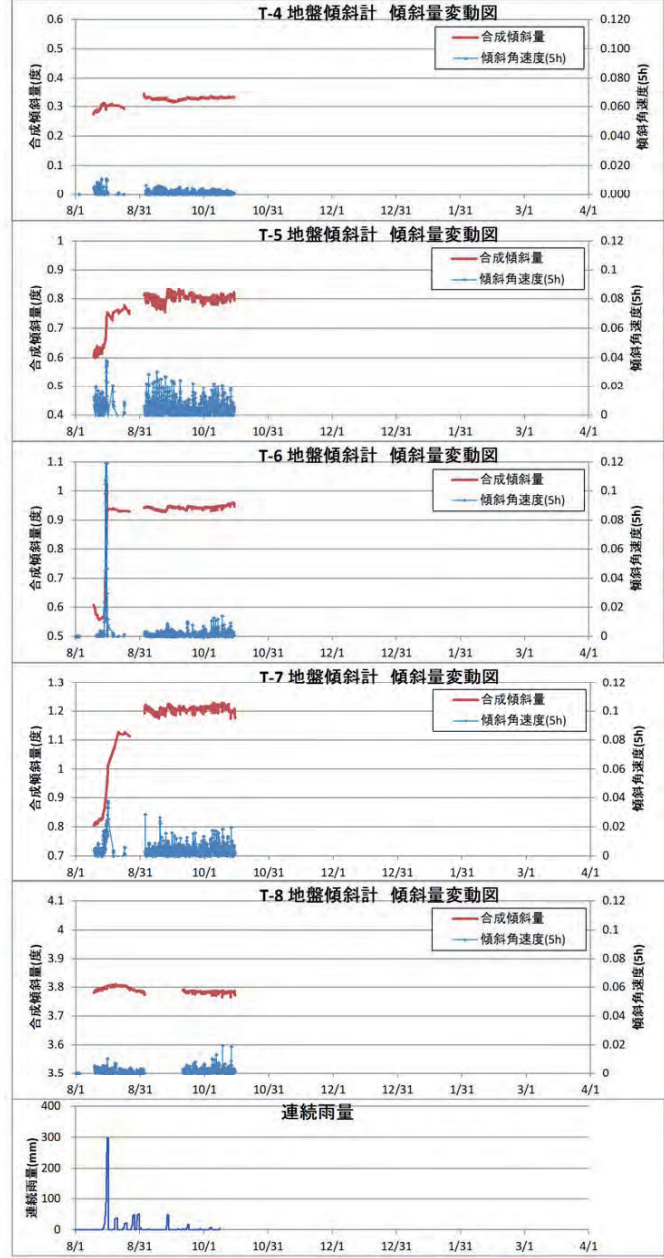
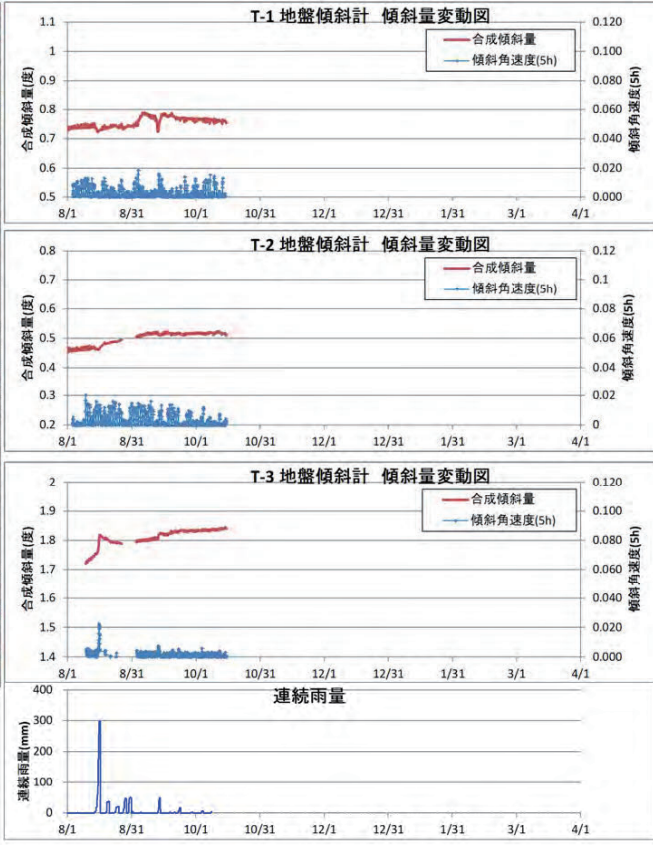


図 3. 3. 12 地下水位変動図(深部)



**地盤傾斜計観測結果**

- ・8月中旬の大雨(297mm)により、T-5、T-6、T-7で変動量の増加が生じている。
- ・平面的な傾斜方向は地形の最大傾斜方向を示しており、T-6およびT-11が山側に傾斜している。
- ・T-3、T-6、T-10、T-11、T-12では、緩慢だが傾斜量の累積傾向がみられる。



**管理基準値の推奨値**

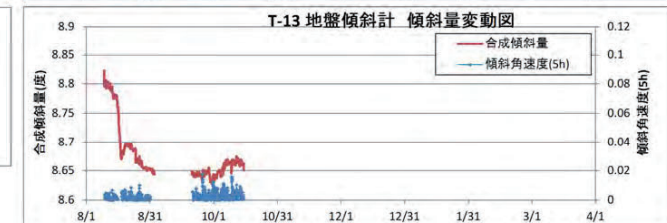
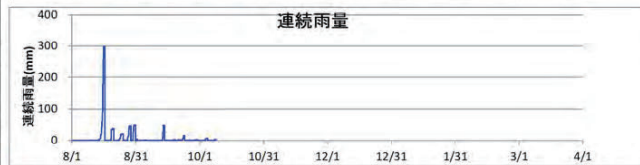
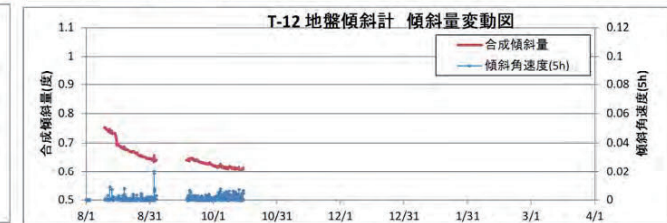
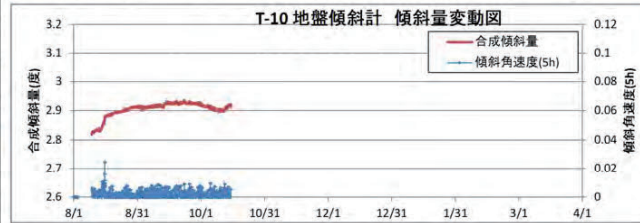
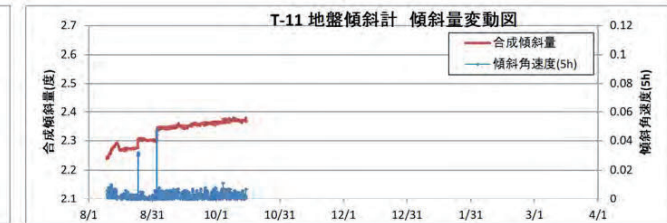
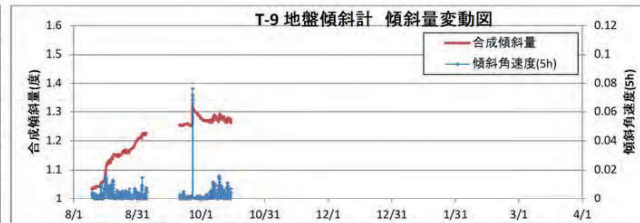
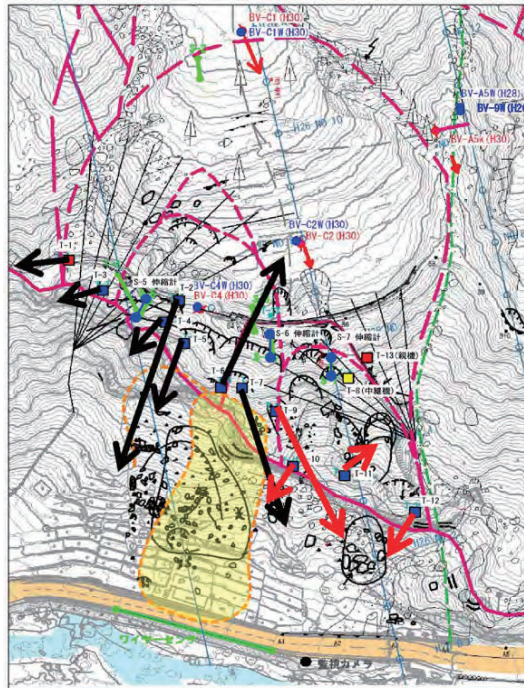
以上の考え方を整理し、現在弊社では下表の管理基準値を設定し推奨しています。

中央開発(株)ウェブサイトより

警戒レベル	傾斜角速度	崩壊または最安定化までの残余時間	対応	備考
警戒レベル3	1.0°/1時間	最短36分	即避難	いずれのレベルも瞬間的な速度ではなく、明瞭な累積が確認された場合に限る
警戒レベル2	0.1°/1時間	最短1時間	避難準備	
警戒レベル1	0.05°/5時間	最短5時間	注意警戒	

図 3.3.13 地盤傾斜計(T1~T8)





### 管理基準値の推奨値

以上の考え方を整理し、現在弊社では下表の管理基準値を設定し推奨しています。

中央開発(株)ウェブサイトよ

警戒レベル	傾斜角速度	崩壊または最安定化までの残余時間	対応	備考
警戒レベル3	1.0°/1時間	最短36分	即避難	いずれのレベルも瞬間的な
警戒レベル2	0.1°/1時間	最短1時間	避難準備	速度ではなく、明瞭な累積が確認された場合に限る
警戒レベル1	0.05°/5時間	最短5時間	注意警戒	

図 3.3.14 地盤傾斜計(T9~T13)

### 3.4. 土塊の移動状況

#### 【干渉 SAR 解析(平成 20~22 年)】

干渉 SAR 解析は、下図のイメージのように 2 回の観測で生じる位相差から地表変位を把握するための解析方法である。干渉 SAR 解析結果は位相差に色を割り当てることによって干渉縞として表され、縞の色の变化から地表変位を把握する。干渉 SAR 解析の結果、下図のように衛星から遠ざかる地表変位を確認した。

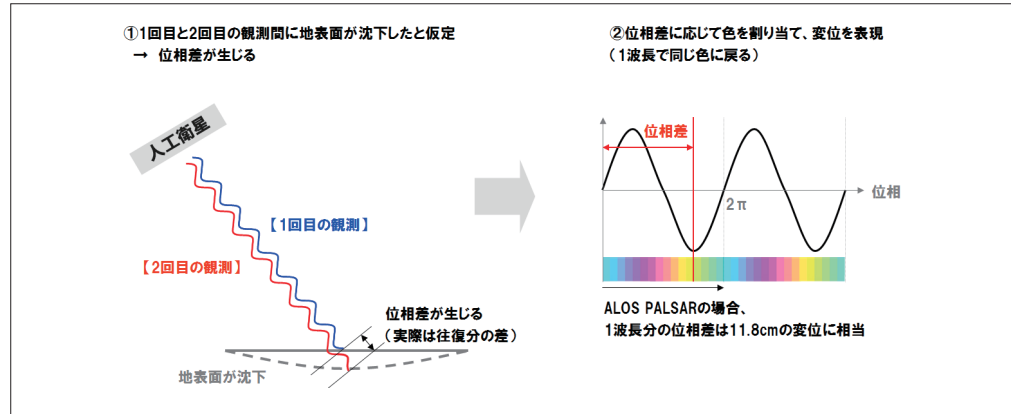
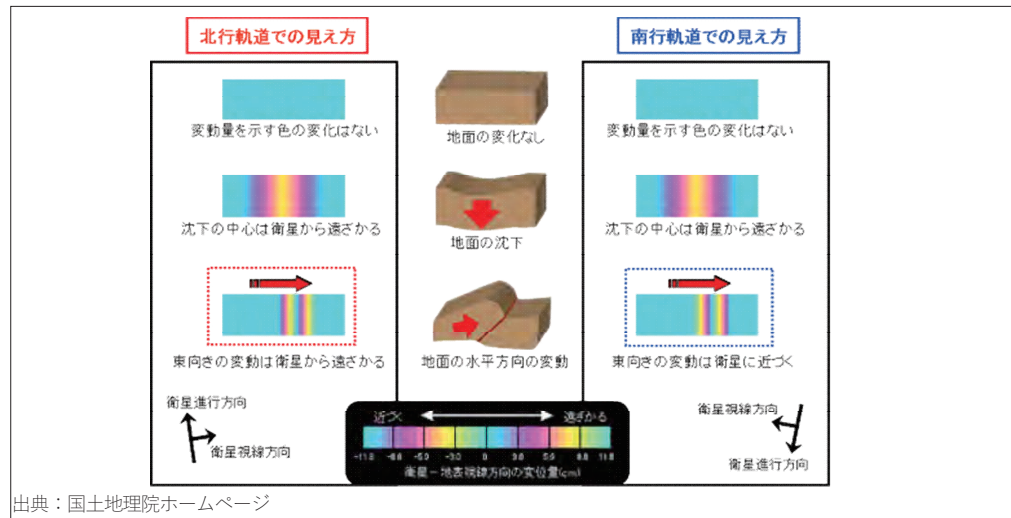


図 3.4.1 干渉 SAR 解析の基本原理イメージ



出典：国土地理院ホームページ

図 3.4.2 干渉 SAR 解析結果の見え方

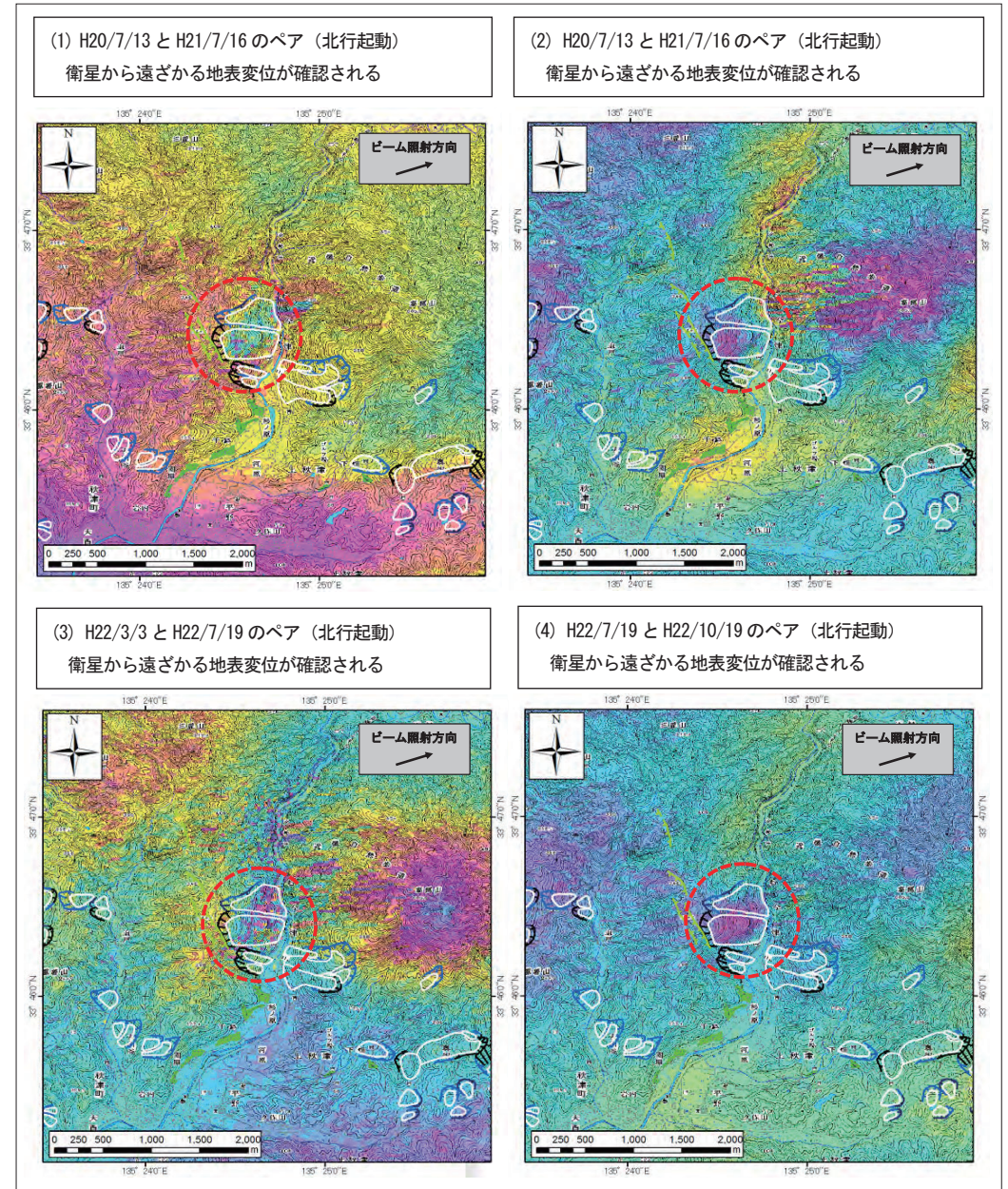
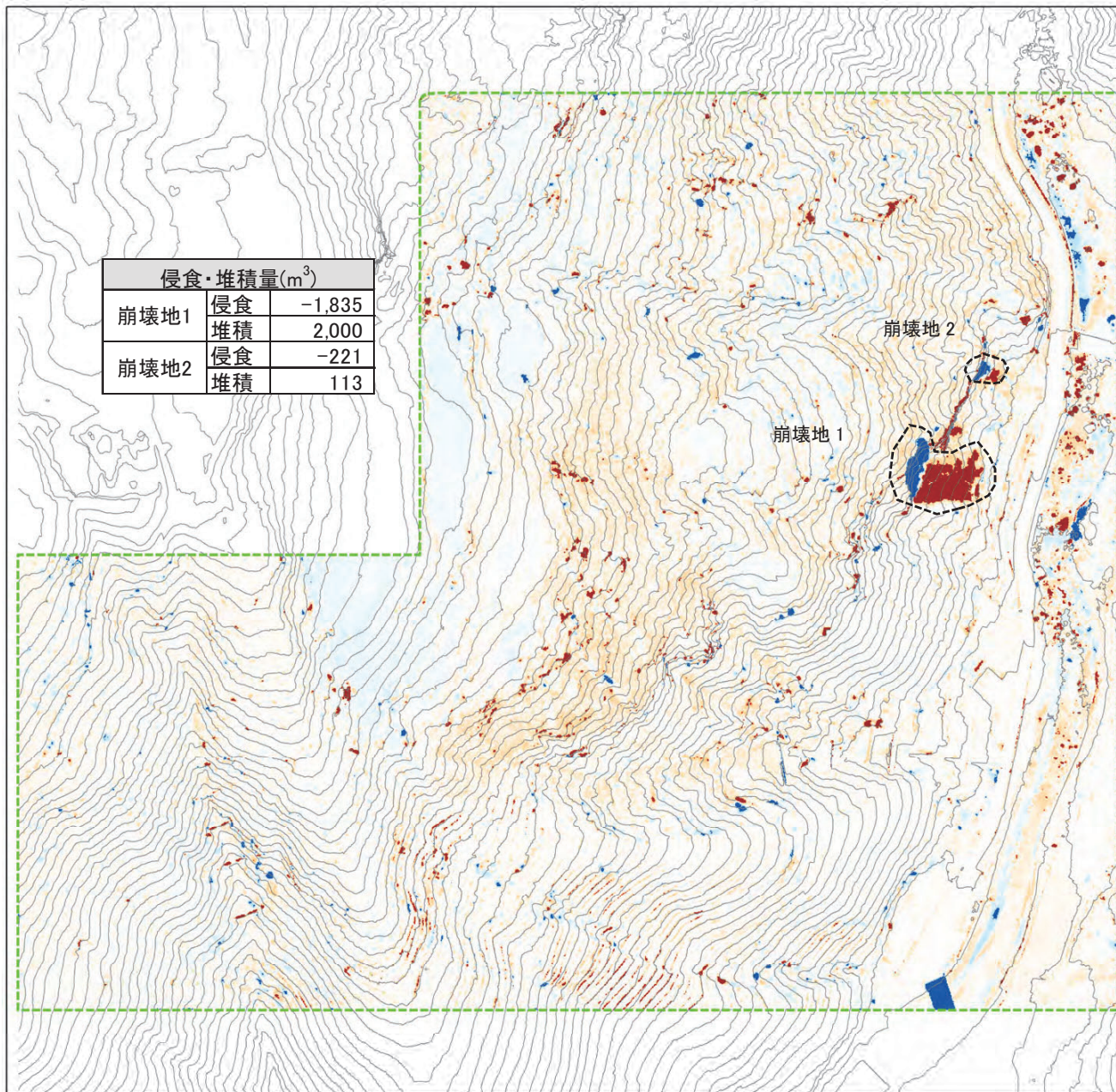


図 3.4.3 干渉 SAR 解析結果(国土技術政策総合研究所資料より引用)

【平成 30 年崩壊による土砂移動量】



【差分図】  
 使用データ  
 計測日(LP):平成 25 年 12 月 8 日  
 計測日(LP):平成 30 年 12 月 14 日

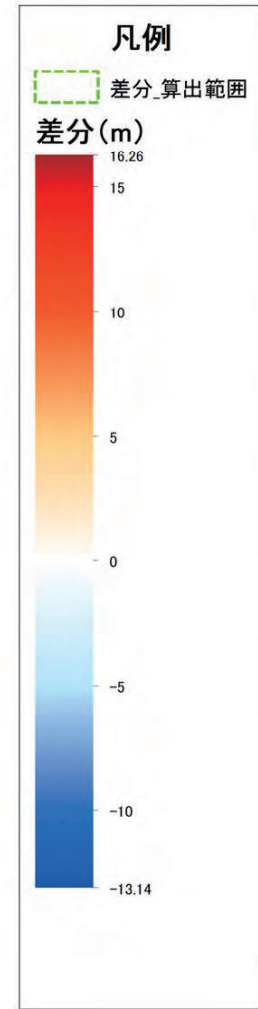


図 3. 4. 4 差分図 (平成 30 年と平成 25 年)

【令和元年 7 月 28 日崩壊による土砂移動量】

差分解析結果

使用データ

計測日(LP 計測): 平成 30 年 12 月 14 日

計測日(UAV 計測): 令和元年 9 月 27 日

- ・令和元年 7 月 28 日崩壊箇所周辺について差分解析を実施。
- ・崩壊発生源では、十数メートル標高が低くなっており、最大で 18m 程度低くなっている。発生源下の堆積エリアでは 2~5m の範囲で広く堆積している。部分的に 5m 以上の堆積域があり、最大で 8m 程度の堆積となっている。

差分解析による崩落・侵食量および堆積量は以下のとおりである。

【崩落・侵食量 (m<sup>3</sup>, 差分マイナス分)】 3624m<sup>3</sup>

【堆積量 (m<sup>3</sup>, 差分プラス分)】 4498m<sup>3</sup>

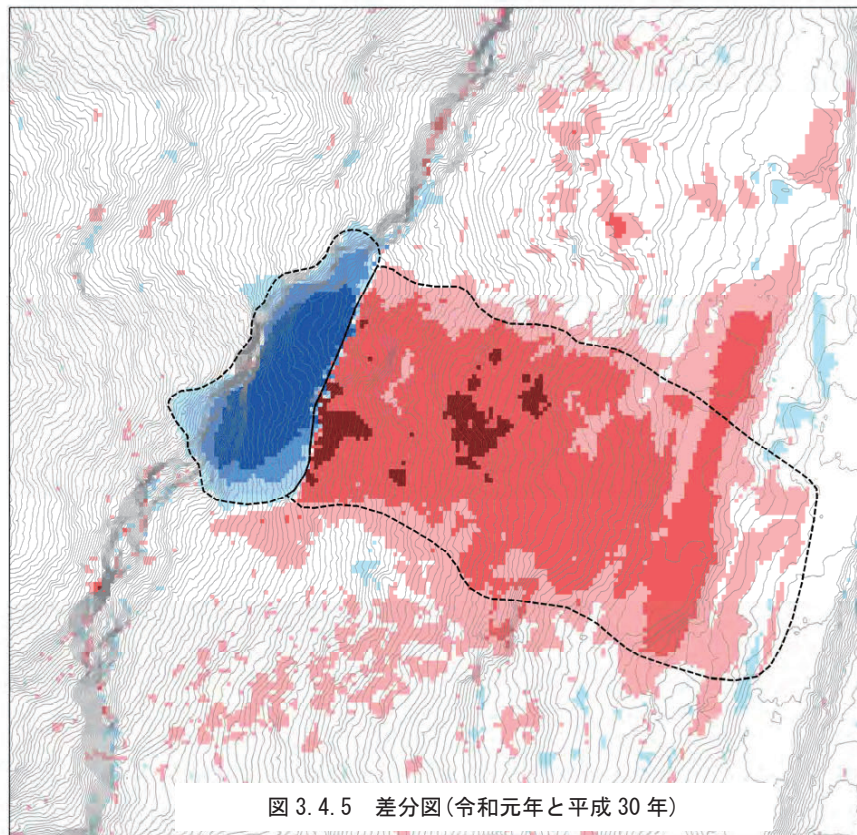


図 3.4.5 差分図(令和元年と平成 30 年)



図 3.4.6 崩壊地写真(参考図)

4. 調査地の地すべり機構  
4.1 地すべりの規模

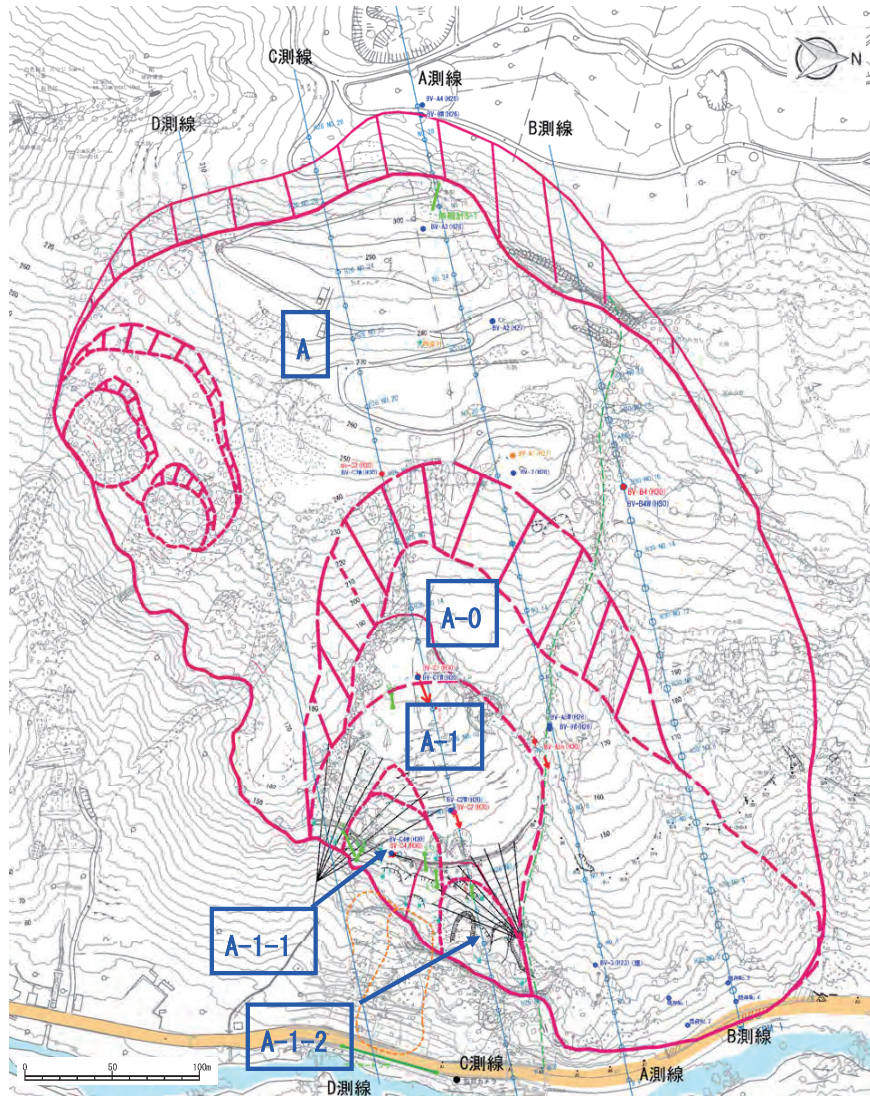


図 4.1.1 平面図

(1) 地すべりの範囲

現地踏査により、段差地形や沢地形等および現地観測結果を根拠に、地すべりブロックの区分を行った。ブロックの区分及び規模は表 4.1.1 に示したとおりである。

表 4.1.1 ブロック名および形状

ブロック名	平面形状		断面形状	移動土塊量
	幅 (m)	長さ (m)	深さ (m)	体積 $V$ (m <sup>3</sup> )
A (A-0 を含む)	340	550	64	12,000,000
A-0	200	300	54	3,240,000
A-1	150	200	36	1,080,000
A-1-1	100	100	25	250,000
A-1-2	50	75	28	105,000

1) A ブロック

・A 測線 主断面方向の長さ：幅  $W=340$ m、長さ  $L=550$ m、深さ  $D=64$ m

- ① 頭部：地形判読、滑落崖および道路の変状の状況、伸縮計 S-1 の結果より判断。
- ② 側部：地形判読、コンクリート擁壁の変状、観測結果
- ③ 末端部：地形判読、すべり面(現地踏査)、岩盤の押し出し

2) A-0 ブロック

・C 測線 主断面方向の長さ：幅  $W=200$ m、長さ  $L=300$ m、深さ  $D=54$ m

- ① 頭部：地形判読、滑落崖の状況より判断。
- ② 側部：地形判読、水路の浮き上がり、擁壁の押し出し
- ③ 末端部：地形判読、すべり面(現地踏査)、岩盤の押し出し

3) A-1 ブロック

・C 測線 主断面方向の長さ：幅  $W=150$ m、長さ  $L=200$ m、深さ  $D=36$ m

- ① 頭部：地形判読
- ② 側部：地形判読、すべり面(現地踏査)、擁壁の押し出し
- ③ 末端部：地形判読、すべり面(現地踏査)、岩盤の押し出し

4) A-1-1 ブロック

・主断面方向の長さ：幅  $W=100$ m、長さ  $L=100$ m、深さ  $D=25$ m

- ① 頭部：地形判読
- ② 側部：地形判読、クラック
- ③ 末端部：地形判読、すべり面(現地踏査)

5) A-1-2 ブロック

・C 測線 主断面方向の長さ：幅  $W=50$ m、長さ  $L=75$ m、深さ  $D=28$ m

- ① 頭部：地形判読、緩み領域、観測結果
- ② 側部：地形判読、緩み領域
- ③ 末端部：地形判読、すべり面(現地踏査)



P.1 頭部滑落崖に設置した伸縮計



P.2 コンクリート擁壁（水平方向クラック）



P.3 水路の浮き上がり



P.4 岩盤の押し出し状況



P.5 クラック



P.6 擁壁の押し出し

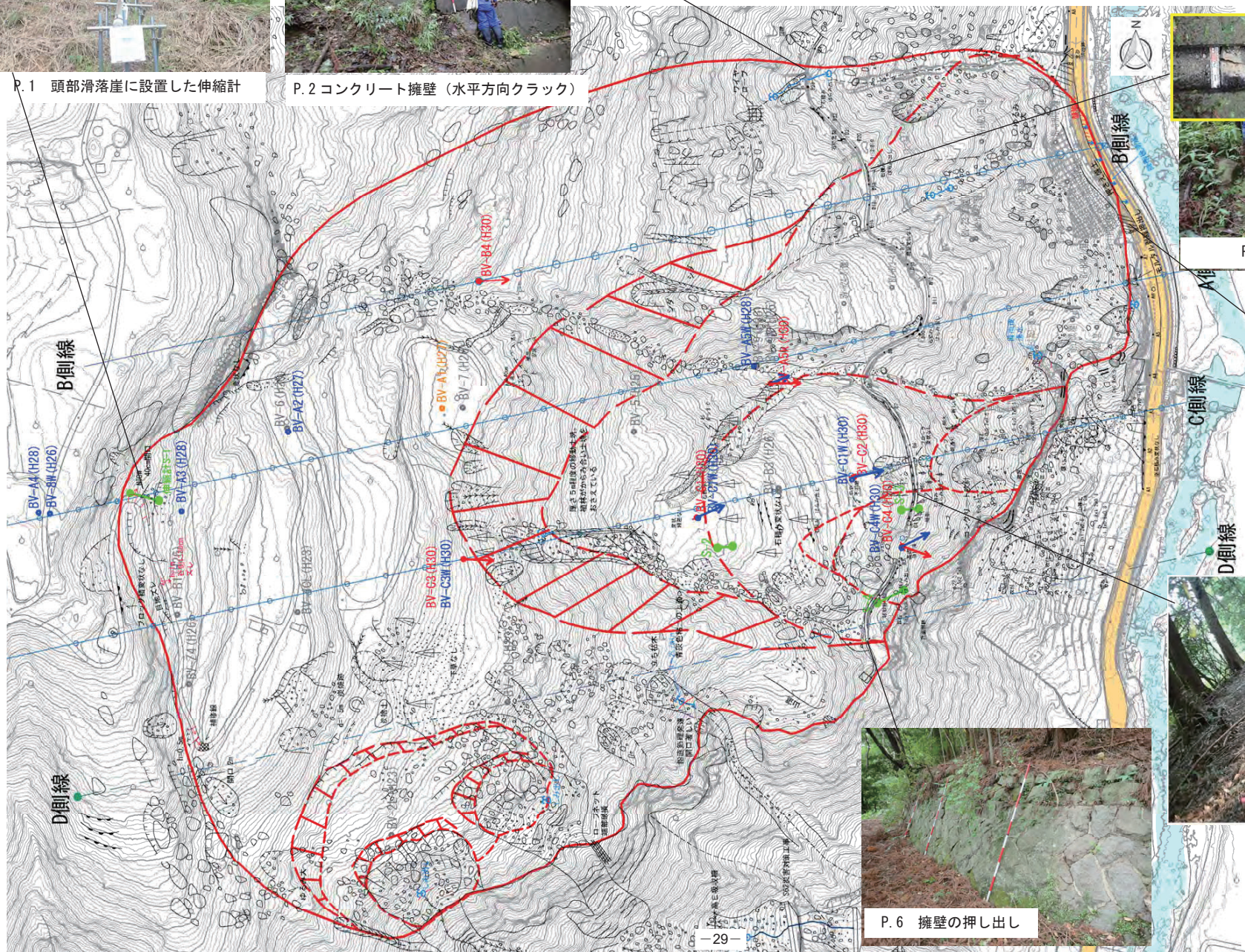
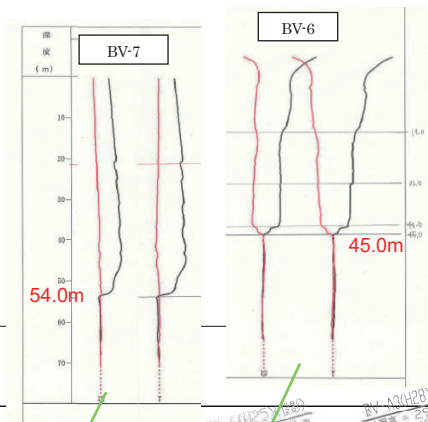
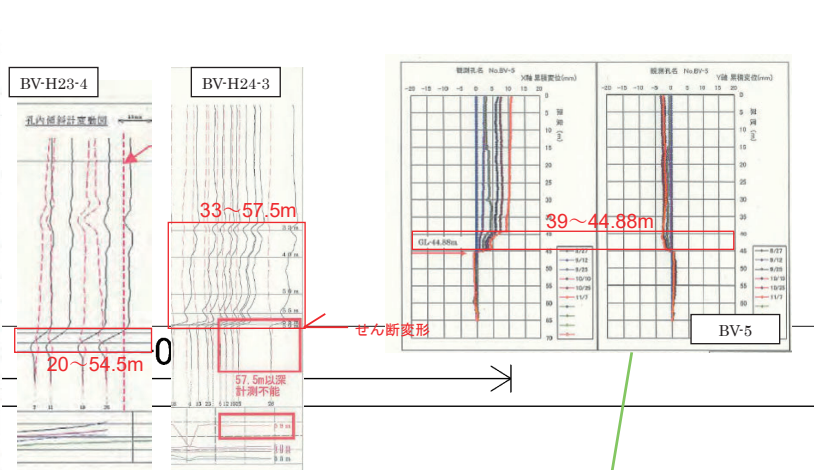
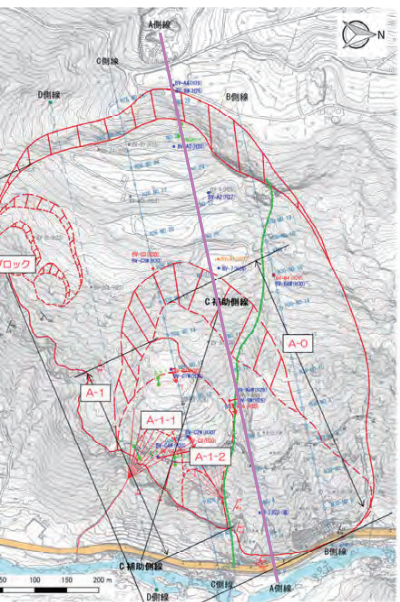
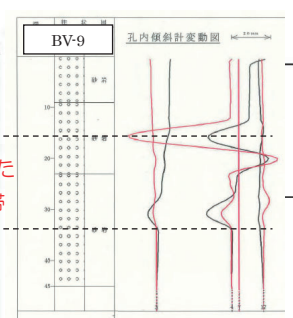
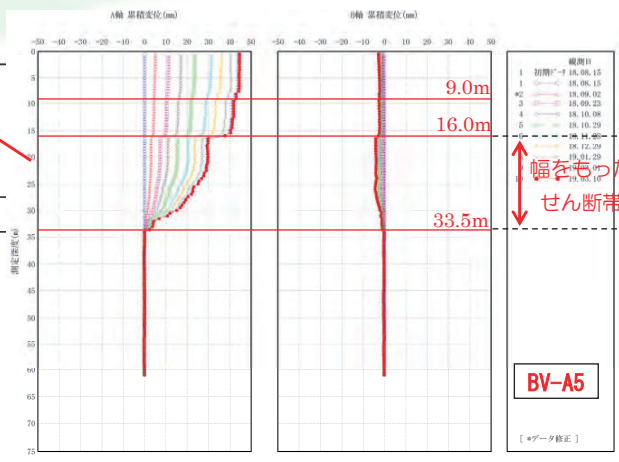
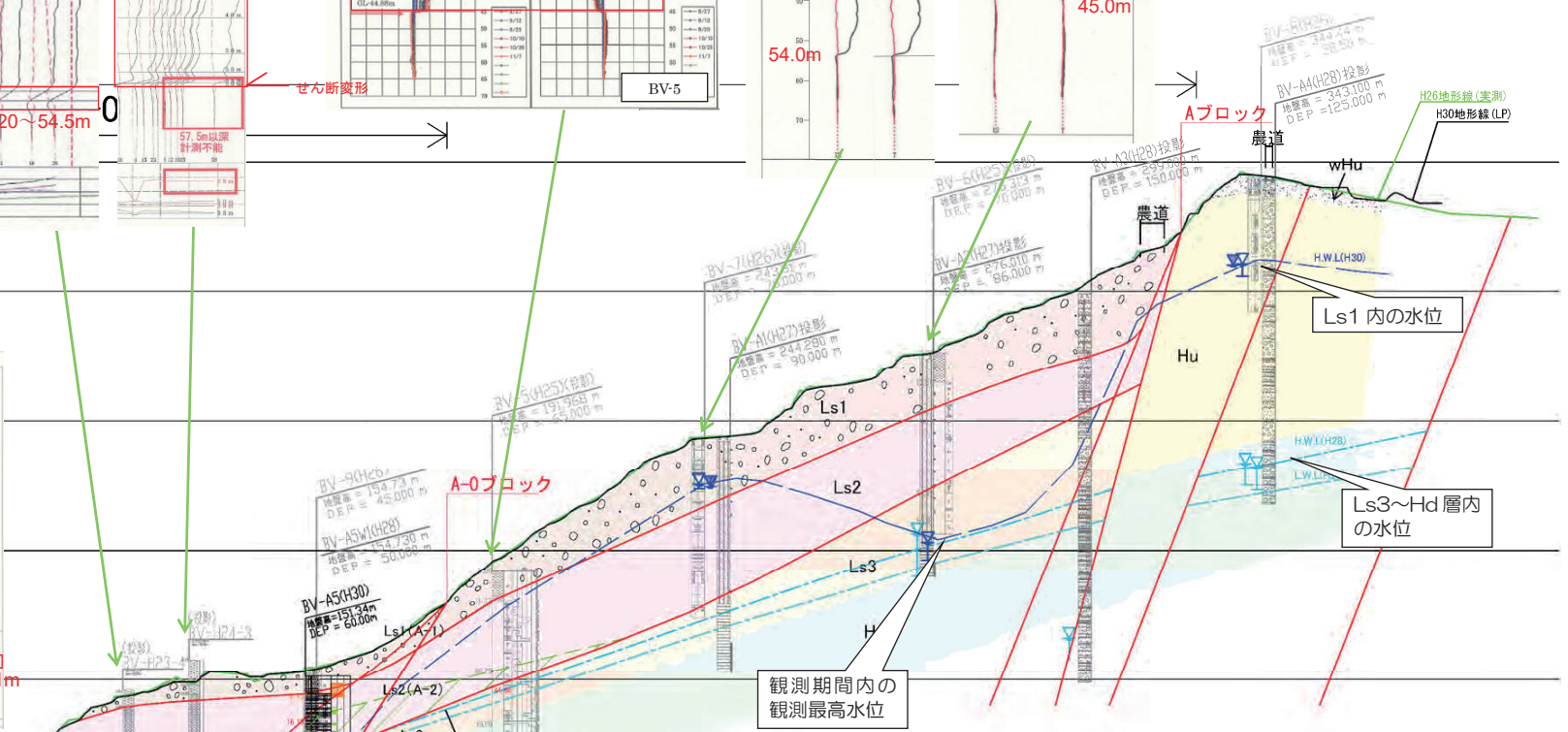
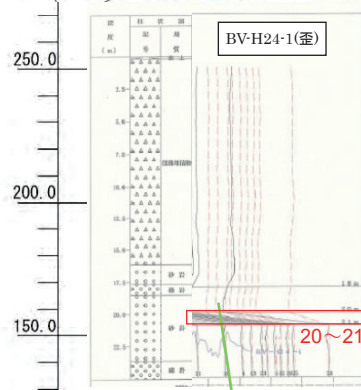


図 4.1.2 ブロック輪郭根拠図



# A 測線



BV-9 観測時(H26)も同様の深度で変位が認められる

図 4.1.3 A 測線断面図

# C 測線

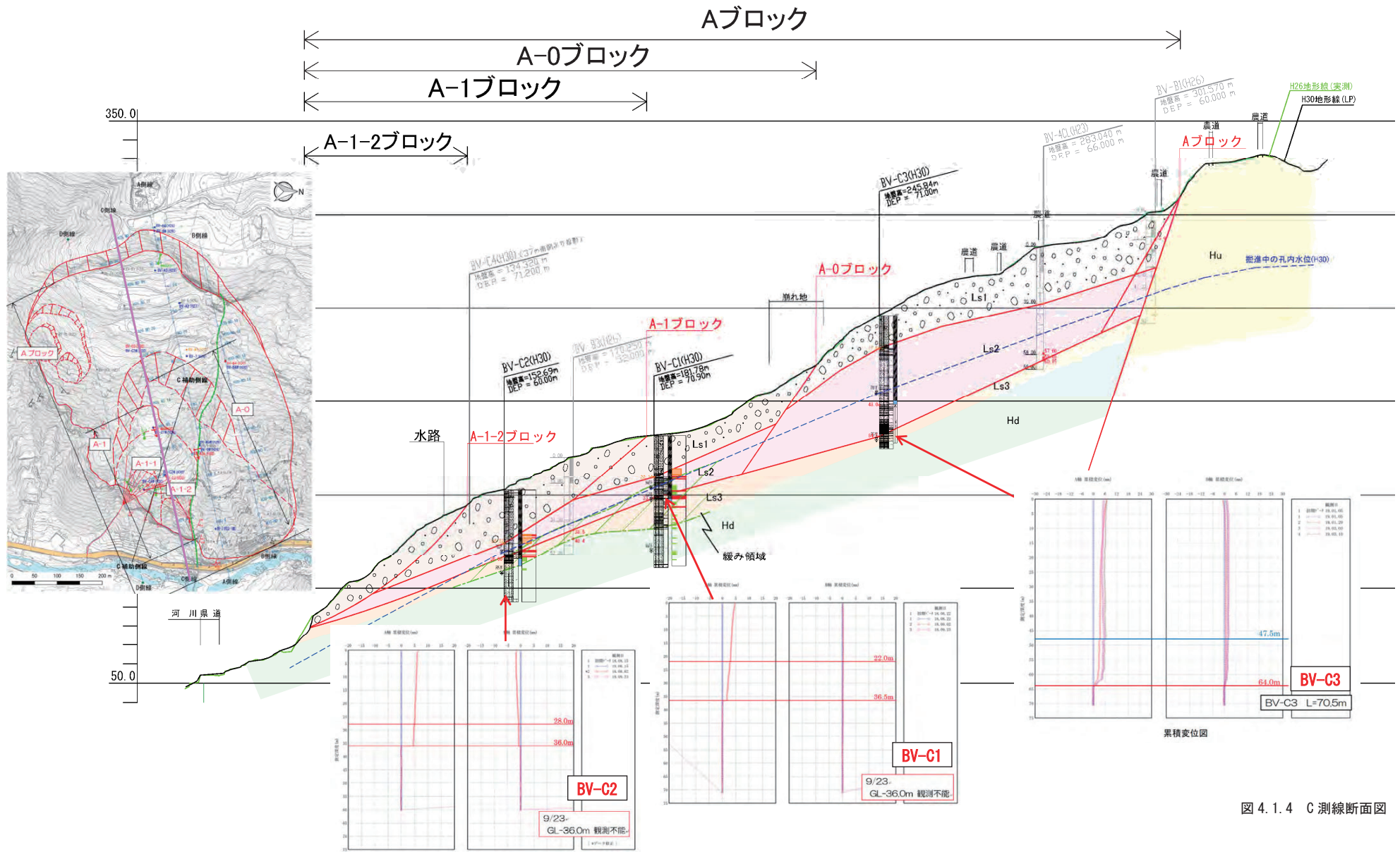


図 4. 1. 4 C 測線断面図



#### 4.2. 降雨・地下水位・移動量の関係

地表面伸縮計の移動量は降雨と明瞭な関係を示している。変動量が特に顕著な大雨について検証した。

##### 降雨

- ・連続雨量 80mm、時間雨量 32mm を超えた場合に変動量の増加が認められる。

##### 地下水位

- ・BV-3 および BV-8W が特に移動量との相関がよく、BV-3 は GL-28m、BV-8W は GL-38m を上回った際に変動量の増加が認められる。

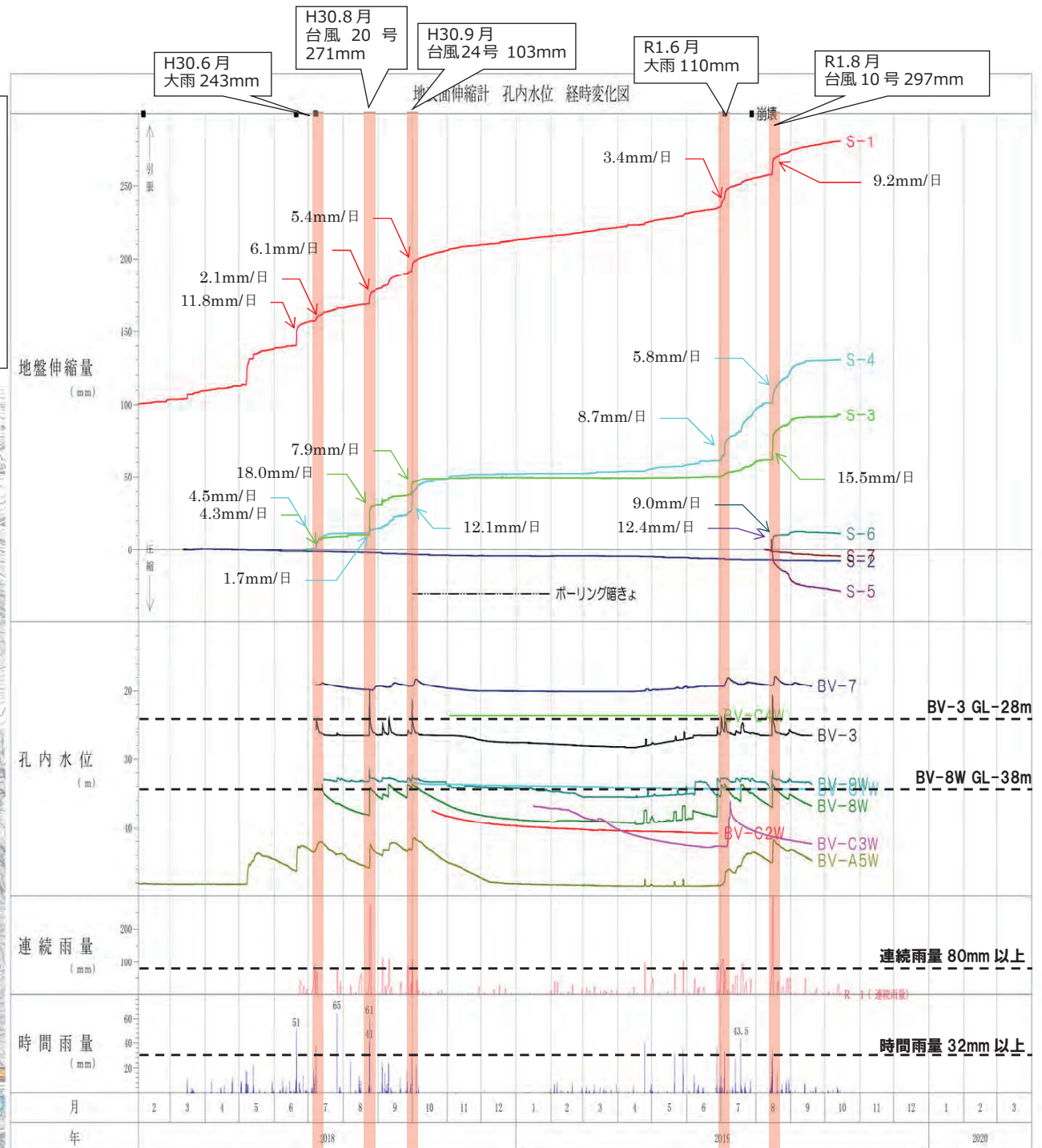
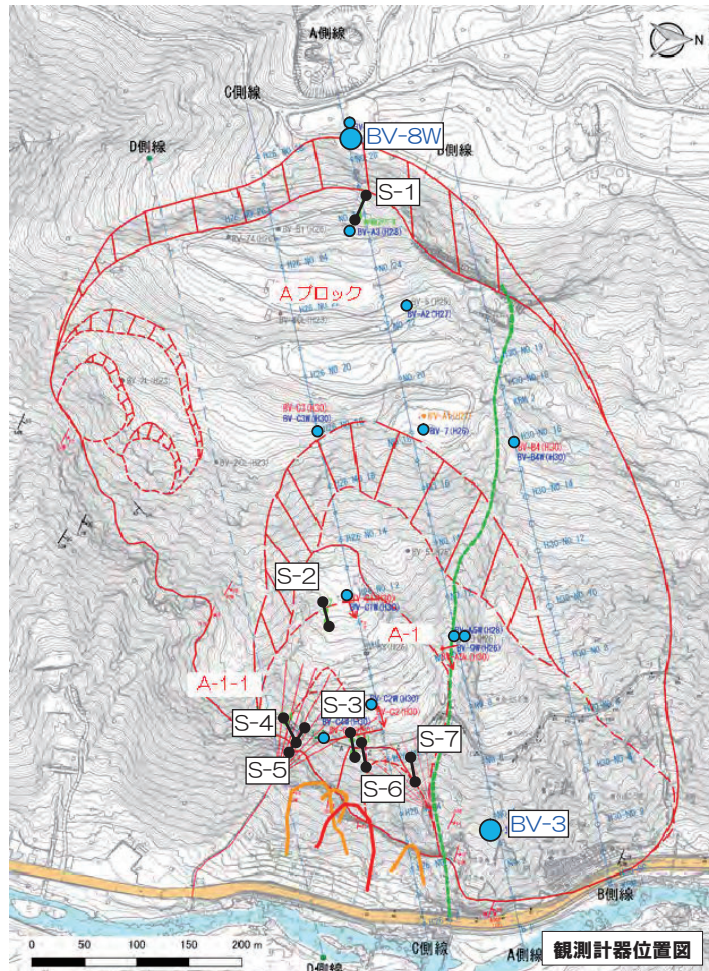


図 4.2.1 降雨・地下水位・移動量の関係

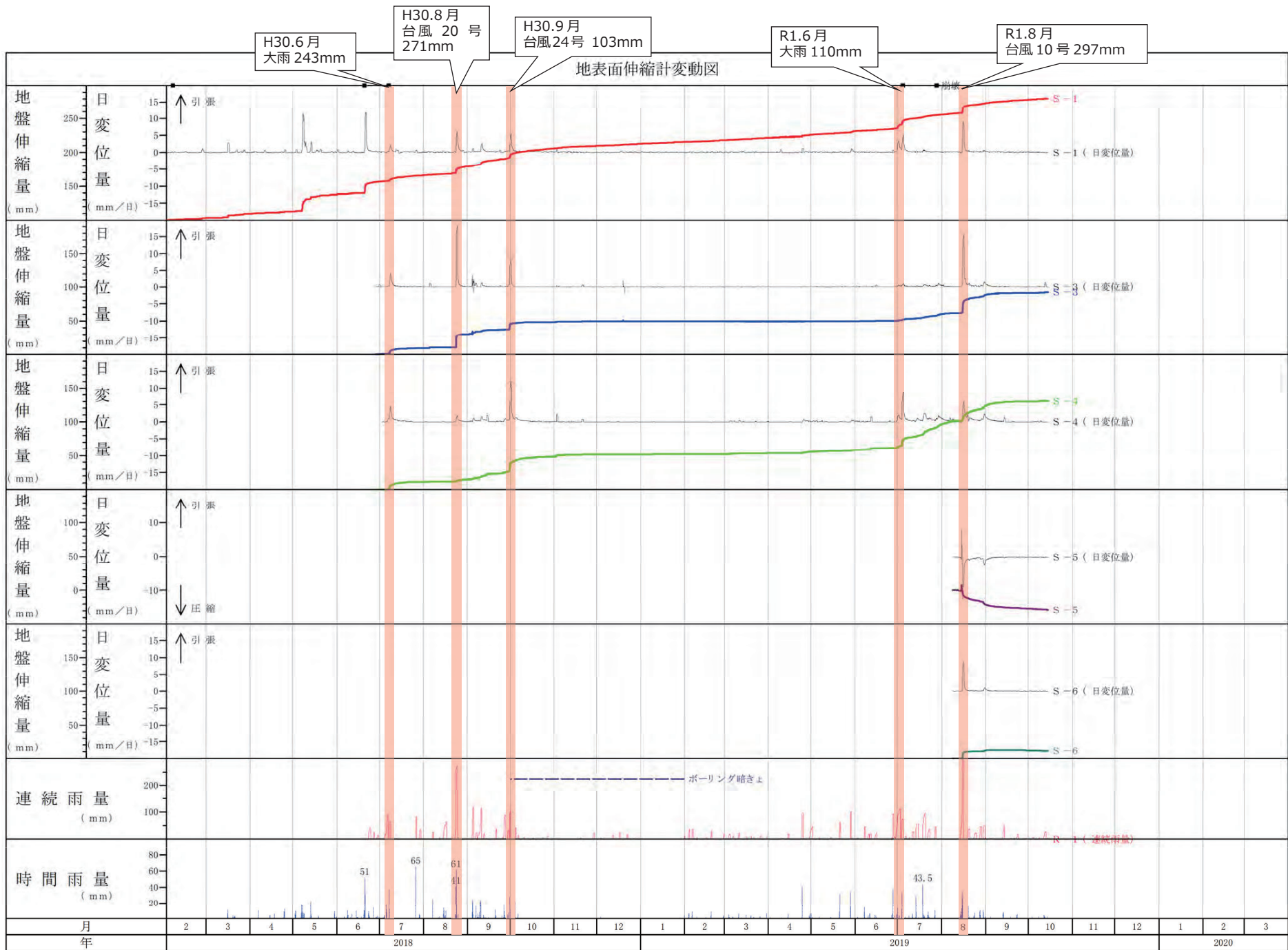


図 4.2.2 移動量と変位速度

地表面伸縮計観測結果(平成 30 年 8 月台風 20 号)

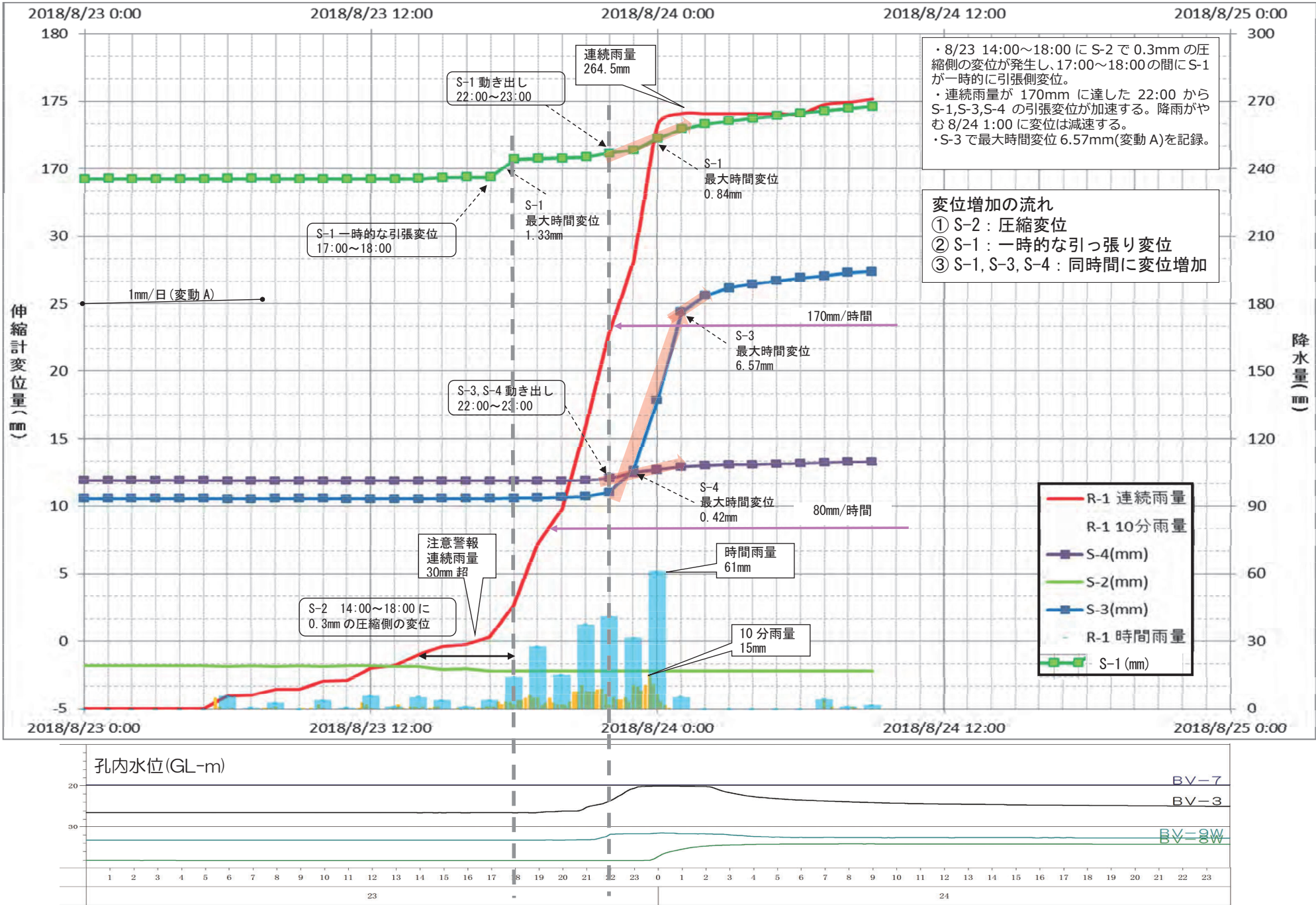


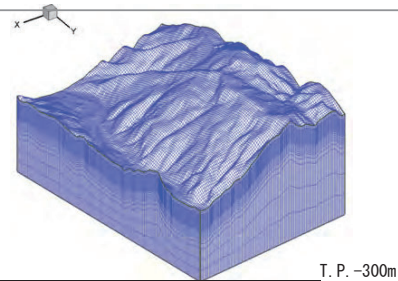
図 4. 2. 3 平成 30 年台風 20 号における伸縮計の動き出し

### 4.3 3次元浸透流解析

対象地では、既往検討にて業務対象地の地下水現象を再現し、効果的な集水井戸の配置案を検討することを目的として、3次元浸透流解析を実施している。図 4.3.1 に再現計算による 2011 年 9 月豪雨の地下水位ピーク時の地下水位コンター図を、図 4.3.2 に水位上昇が確認された期間内の、地すべり構造体における水位上昇量を示す。2011 年 9 月豪雨によって地すべり構造体の中部から末端部で豪雨後の水位上昇量が大きくなっている。最大で 14m 程度の上昇が予測されている。これら結果から崩壊が発生した時期では、地すべり中部から末端部にかけ地下水位が高い状況であり、これが崩壊の一因となったことが予測される。

#### 【解析条件】

- ・解析手法: GETFLOWS
- ・平面メッシュ: 10×10m(94×136=1,278 格子)
- ・深度方向: 33 分割、地すべり構造が確認されている GL-100m までは、5m 間隔に分割している。



	地質	記号	特徴	透水特性と透水係数	マニング粗度係数	有効間隙率	透水係数(cm/s)
大気	-	atm			-	-	-
地表	森林土壌	surf_forest			0.4	-	-
	河道	surf_river			0.04	-	-
地下	森林土壌	forestsoil	有機物に富み、間隙率が大きい		-	0.3	$1 \times 10^{-2}$
	河床堆積物	rd			-	0.15	$1 \times 10^{-3}$
	土石流堆積物	fd			-	0.15	$1 \times 10^{-3}$
	崖崩堆積物	dt			-	0.15	$1 \times 10^{-3}$
	移動土塊1	Ls1	層状構造が失われるほど礫状化(岩屑化)した移動土塊	攪乱した基質を細粒分が充填し、排水性が低い。試験値 $k \approx 1 \times 10^{-2} \sim 1 \times 10^{-4}$ cm/sec	-	0.05	$1 \times 10^{-3}$
	移動土塊2	Ls2	層状構造を残す移動土塊。動態観測により確認される変形領域の下端面 L2-1,2,3,4	鉛直方向の開口亀裂が発達(全透水)する。亀裂が少ない箇所は排水性が低い。亀裂の連結により層としての排水性は良い。下面に難透水の破砕帯を挟む。透水係数 $k \approx 1 \times 10^{-1} \sim 1 \times 10^{-4}$ cm/sec	-	0.05	$1 \times 10^{-2}$
	すべり面	Ls2_下端			-	0.03	$1 \times 10^{-4}$
	移動土塊2	Ls2'	層状構造を残す移動土塊。動態観測により確認される変形領域の下端面 Ls2-5,6	鉛直方向の開口亀裂が発達(全透水)する。亀裂が少ない箇所は排水性が低い。亀裂の連結により層としての排水性は良い。下面に難透水の破砕帯を挟む。透水係数 $k \approx 1 \times 10^{-1} \sim 1 \times 10^{-4}$ cm/sec	-	0.05	$1 \times 10^{-2}$
	ゆるみ領域	Ls3	変形を受けた形跡を残す領域	鉛直方向の亀裂が発達する。Ls2層に比べると亀裂の開口量は少ない。透水係数 $k \approx 1 \times 10^{-1} \sim 1 \times 10^{-4}$ cm/sec	-	0.05	$1 \times 10^{-3}$
	風化帯	weathered			-	0.1	$1 \times 10^{-3}$
	羽六累層上部層	Hu	塊状の砂岩優勢層		-	0.05	$5 \times 10^{-3}$
羽六累層下部層	Hd	砂岩・泥岩の互層	亀裂が少なく透水性は低い	-	0.03	$1 \times 10^{-5}$	

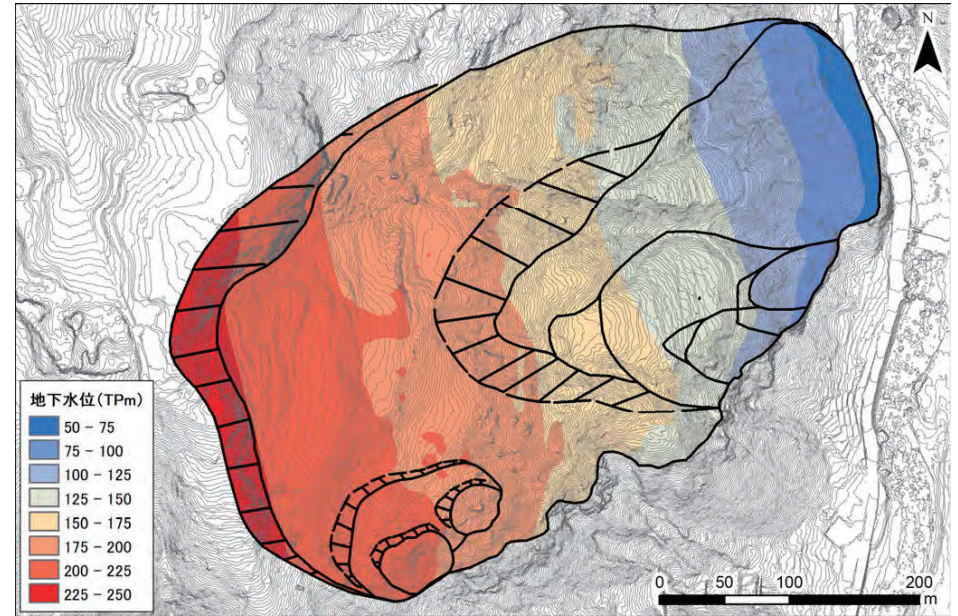


図 4.3.1 再現計算(2011年9月豪雨水位ピーク時)における地下水位(自由地下水面)コンター図

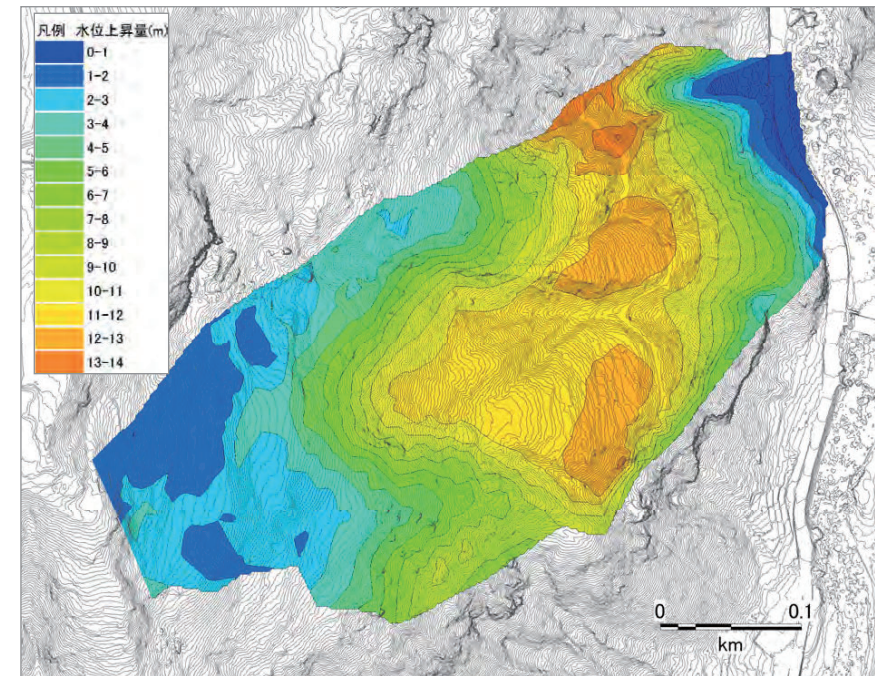


図 4.3.2 再現計算(2011年9月豪雨)の地下水位の上昇期間における地すべりブロック内の地下水位の上昇量