

公益社団法人 日本地すべり学会関西支部
現地討論会

山陰地域の斜面防災 論文集



主催 (公社)日本地すべり学会関西支部
後援 島根県・(社)砂防学会・(公社)地盤工学会関西支部・中国支部・
(一社)建設コンサルタンツ協会中国支部

表 2

公益社団法人 日本地すべり学会関西支部
現 地 討 論 会

山陰地域の斜面防災

日 時：平成 24 年 10 月 19 日（金）・20 日（土）

見学地：島根県雲南市前根波西地区地すべり・出雲市唐川地すべり

宿 泊：民宿 きむら荘（出雲市大社町日御碕 649-5, TEL：0853-54-5109）

討論会：民宿 きむら荘

プ ロ グ ラ ム ・ 目 次

第 1 日目：現地見学会

12：30 JR 出雲市駅北口（昼食は各自ご用意ください）

島根県雲南市前根波西地区地すべり・出雲市唐川地すべり踏査

18：30～ 技術交流会（民宿きむら荘）

第 2 日目：現地討論会

8：30～12：00 話題提供及び討論会

（1）話題提供「前根波西地区災害関連緊急地すべりについて」・・・ 1
出雲グリーン（株） 原 忠利

（2）話題提供「島根県出雲市・唐川地区地すべりについて」・・・ 13
（株）竹下技術コンサルタント 小山治香

（3）話題提供「世界遺産「石見銀山」の落石対策」・・・ 29
島根県県央県土整備事務所 田中繁幸
（株）コスモ建設コンサルタント 小村 徹

（4）特別講演「山陰地域の斜面防災：現状と展望」・・・ 34
（株）日本海技術コンサルタンツ 安藤進一

12：00～13：00 昼食

13：00～15：00 パネルディスカッション

司 会 汪 発武（島根大学理工学部）

パネラー 特別講演者と話題提供者ほか

主 催 （公社）日本地すべり学会関西支部

後 援 島根県・（社）砂防学会・（公社）地盤工学会関西支部・中国支部・
（一社）建設コンサルタンツ協会中国支部

(公社)日本地すべり学会関西支部長

釜井俊孝 (京都大学防災研究所)

現地討論会実行委員

委員長 横田修一郎 (島根大学総合理工学部)

委員 汪 発武 (島根大学総合理工学部)

石原一志 (島根県農地整備課)

末峯 章 (京都大学防災研究所・支部事務局)

福岡 浩 (京都大学防災研究所・支部事務局)

表紙写真：左上：昭和 58 年 7 月浜田市中場地区崩壊、右上：前根波西地区地すべり、左下：平成 24 年 8 月 1 日島根県佐田町御幡で発生した地すべり、右下：石見銀山で平成 21 年に発生した落石

《話題提供》

前根波西地区災害関連緊急地すべりの概要

出雲グリーン株式会社 原 忠利

1. はじめに

前根波西地区は、島根県東部の雲南市三刀屋町根波別所地内に位置し、出雲市境にある稗原ダム貯水池に面した北西向きの斜面（図1）である。周辺一帯は、数多くの地すべり防止区域が隣接する地すべり多発地帯である。当地区は、災害発生を契機に地すべり防止区域に指定し、災害関連緊急地すべり事業として採択したところである。



図1 位置図

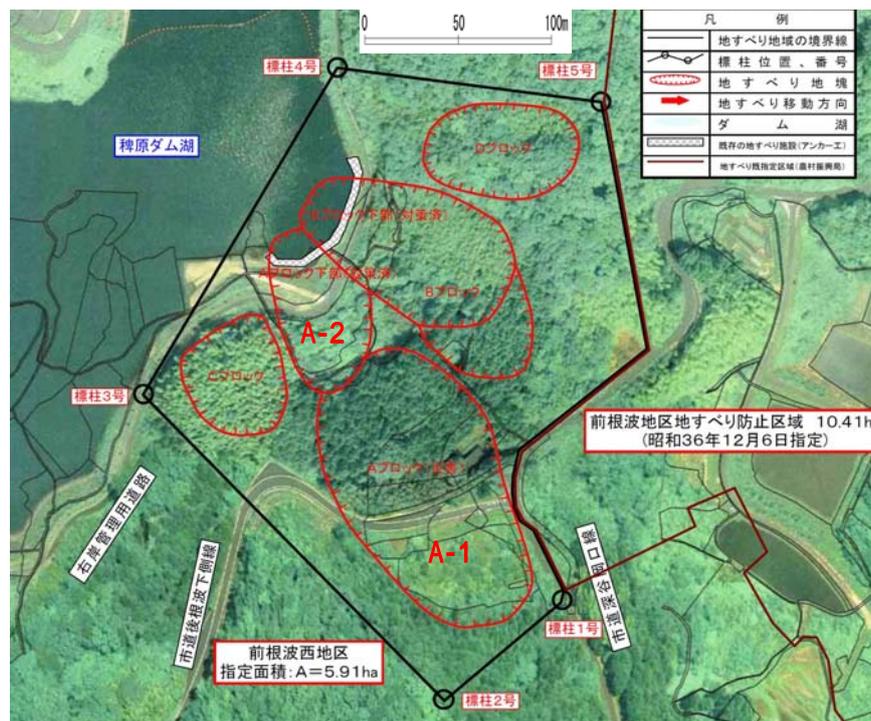


図2 地すべり防止区域概要図

当地は、平成 22 年 6 月中旬～7 月中旬の豪雨により地区中央部（図 2）の地すべりブロック（以下、A ブロック）が活発化（災害発生）し、市道、畑地に段差・亀裂・隆起の現象が生じた。A ブロックは、家屋、農地、市道を有し、その直下には稗原ダム（総貯水量 1,210,000 m³、受益面積 250ha）の貯水池がある。このため、地すべり滑動が活発化した場合、家屋・農地・市道への被害はもとより、稗原ダム貯水池へ地すべり土塊の流入により、周辺地域に甚大な被害をもたらすことが懸念された。

こうした背景で、地すべりの調査解析を踏まえて、災害関連緊急地すべり対策事業及び県単県営地すべり対策事業として順次対策工事が施工中（残工事：付帯工）となっている。

2. 地すべり概要

A ブロックの地すべりは、ダム貯水池に直接影響する下位のブロック（A-2 ブロック）とその上位のブロック（A-1 ブロック）に分離される。このうち、地すべり活動が活発化した上位の A-1 ブロックは、幅約 90m、長さ約 150m、最大層厚約 15m の規模を有している。家屋、農地、市道等に開口亀裂、沈下及び隆起が発生し（写真 2～12）、被害が拡大傾向であったため、市道の通行止め、住民に対して豪雨時の避難勧告、水道埋設管の地上仮配管が実施された。一方、下位の A-2 ブロックは、稗原ダム建設時にグラウンドアンカー工が設置（写真 1,13）されており、今回の豪雨による地すべり滑動は認められていない。



写真 1 A ブロック地すべり全景

[降雨状況]

連続雨量 : 429.0mm / (2010/6/16～7/15)

最大 24 時間雨量 : 101.0mm/24h

最大時間雨量 : 32.0mm/h

活動が活発化した初期には、亀裂の拡大、新たな亀裂の発生を認め被害が拡大傾向であったが、秋季に緩慢な動きとなった。年が変わり翌年の融雪期～梅雨期に一部でやや活発な動きとなった。

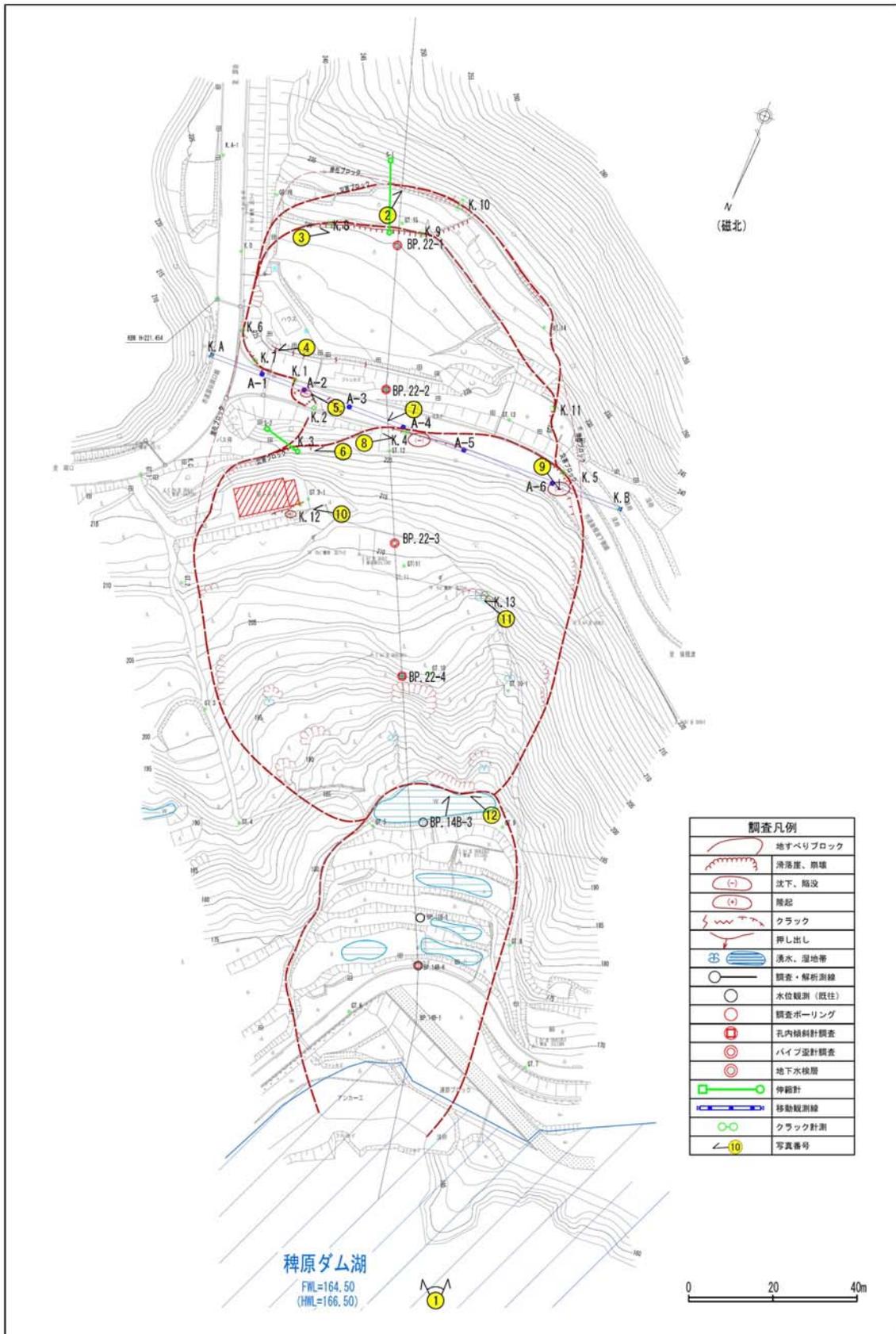


図3 調査平面図



写真2 頭部の段差・クラック



写真3 畑地の段差・クラック



写真4 排水パイプの変形



写真5 押し出し・隆起(パイプは仮設水道管)



写真6 旧道の段差・クラック



写真7 水道管接続部離脱(漏水)



写真8 As 接続部クラック



写真9 路面の段差・クラック



写真10 家屋基礎（犬走り）の沈下



写真11 斜面中間域の段差・クラック



写真12 先端部の変状



写真13 既往アンカー工（A2ブロック）

3. 地形地質概要

前根波西地区は、標高 150～250mの北向き斜面で、東西の急峻な山地と中央部のやや緩くなった複数の凹凸を繰り返す地形であり、斜面を構成する地質の違いに起因している。すなわち、急峻な斜面は主として貫入岩（大森層：玄武岩 Obs）からなり、緩斜面は堆積岩（川合層：砂岩 Kws・泥岩 Kwm・凝灰岩 Kwtf）が分布する。（図4）

A-1 ブロックは、西側背後に標高約 300mの急峻な山地を有し、標高 235～180mで地すべりが発生している。ブロックの西側は急峻な山地に囲まれ集水地形になり、斜面の中腹から下部の旧耕地は、凹凸および階段状地形も見られ地表水は貯留しやすい。

地質は、新第三紀中新統の川合層を大森層が不整合に覆うキャップロック構造となり、これらを第四系の段丘堆積物 Th（A-2 ブロックの一部に分布）および崩積土が覆う。

地すべり斜面内の川合層は、主として砂岩 Kws・泥岩 Kwm よりなり、凝灰岩 kwtf および礫岩の薄相を挟む。構造的には、北～北西方向に緩く傾斜（10～25°）する流れ盤である。川合層（Kws, Kwm, Kwtf）は、いずれも脆い状態でスレーキングを受けやすい。採取したボーリングコアの劣化は著しく、鏡肌（地すべり面）も見受けられる。

一方、大森層は黒色で中硬質な玄武岩（Obs）からなり、柱状節理が発達し、風化は玉ねぎ状構造が発達している。川合層（Kw）をキャップロックとして覆い、堆積岩中に岩盤劣化水を供給しやすい。A-1 ブロックの上部から中間部では、風化により主として礫混じり土～砂質土として分布している。

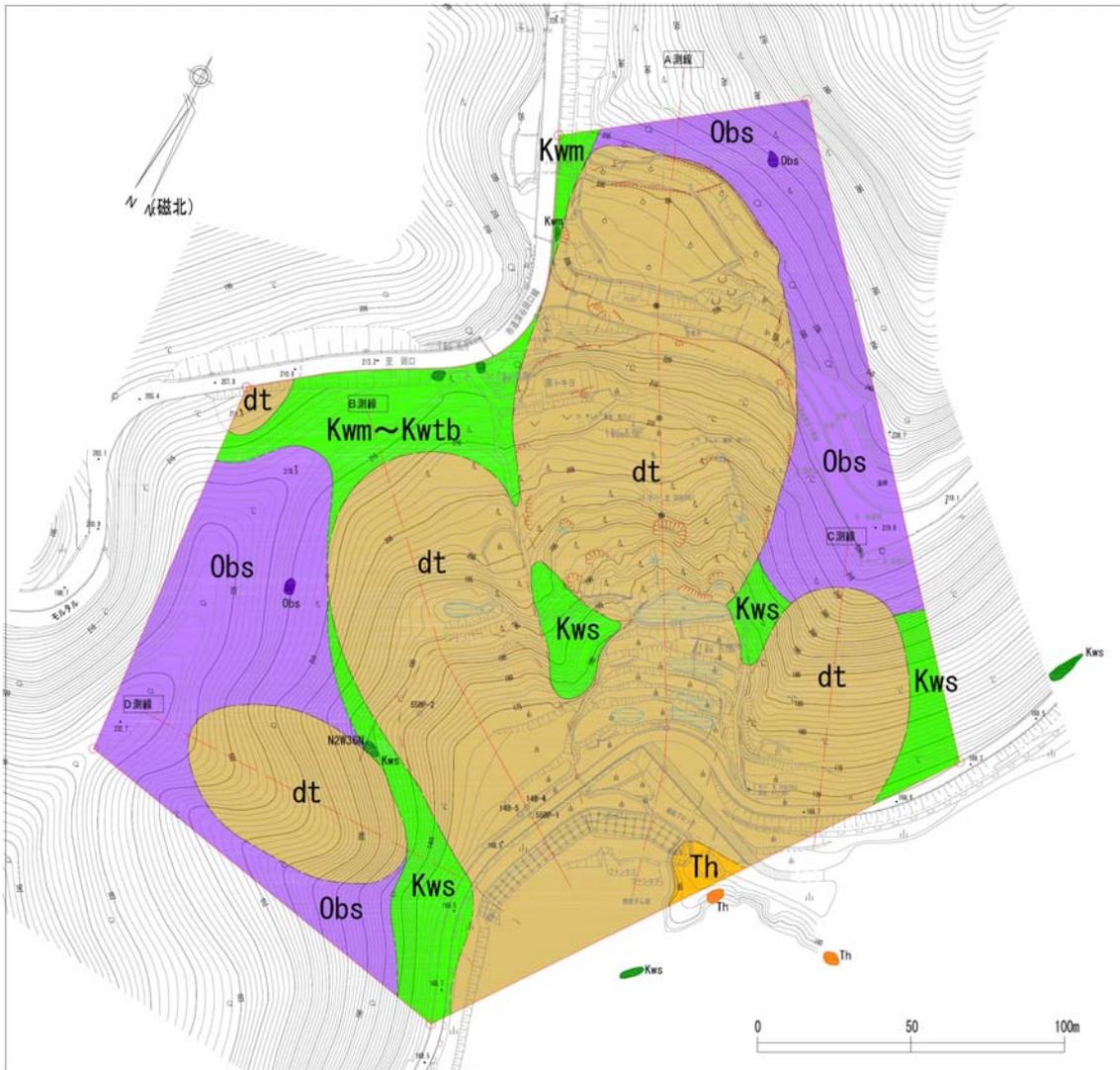


図4 地質平面図

4. 調査結果と対策工法

4-1) 地すべり変動状況

地表における地すべりの動きは、発生時の梅雨期（平成22年6月～7月）に活発に見られるが、秋季には沈静化したため、地盤伸縮計、移動杭、クラック調査地点に明瞭な動きは観測されず、降雨時を中心に潜在変動程度の動きであった。年が変わり翌年の融雪期～梅雨期に一部でやや活発な動きを認めた。（図5）

地中における地すべり変動は、ボーリング孔内に設置したパイプ歪計と孔内傾斜計で確認している。地表変動と同様に活発な動きは認められず、降雨時を中心に潜在変動程度の動きであった。（図6、図7）

尚、対策済みのA-2ブロック内の孔内傾斜計（既往）には地すべり変動を認めなかった。

地下水は、地すべり頭部～中間域に分布する風化玄部岩～風化泥岩層内を中心に潜在～準確定流動層が確認され、降雨に対して即応的に水位が上昇する傾向にある。

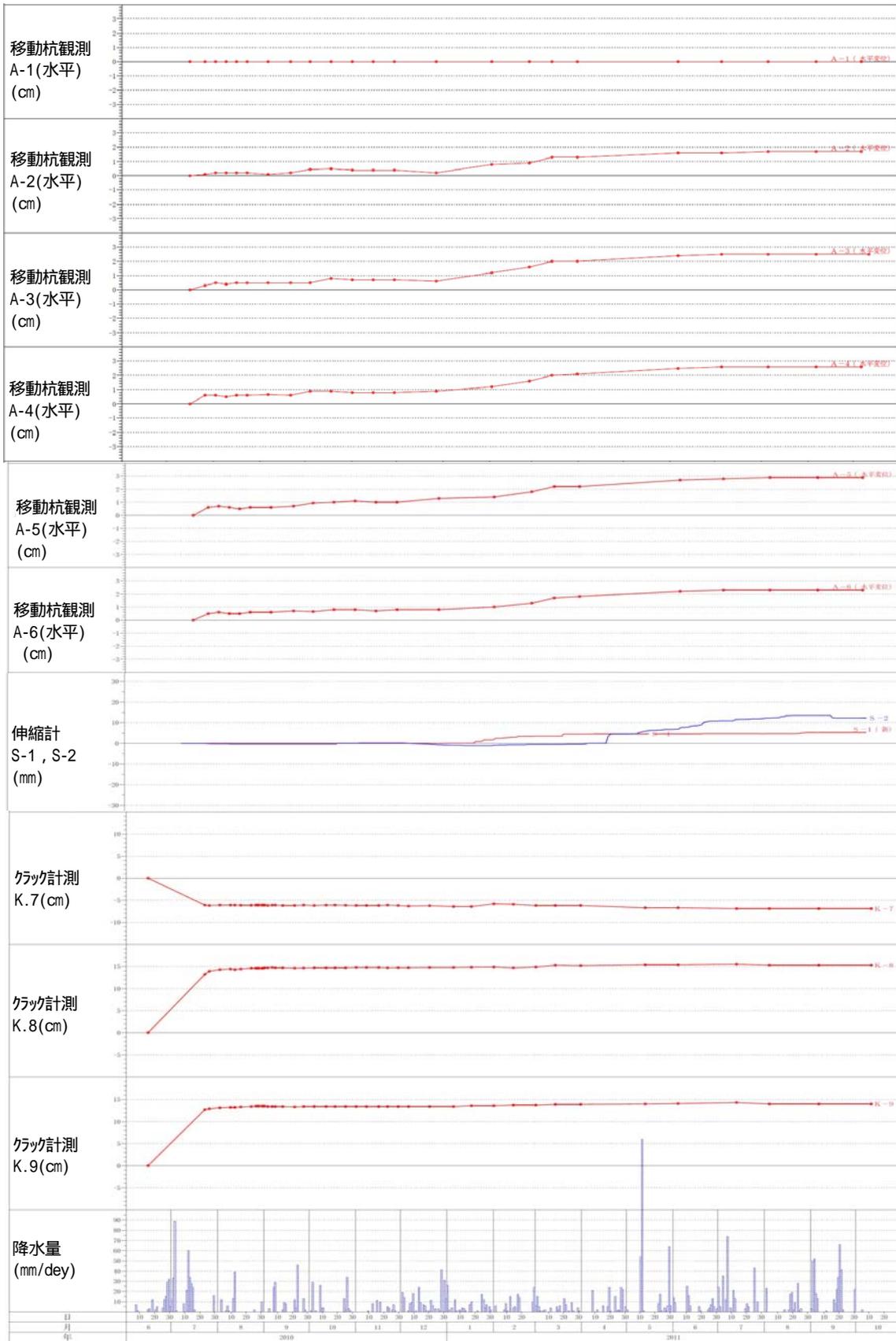


図5 地表変動調査計測図

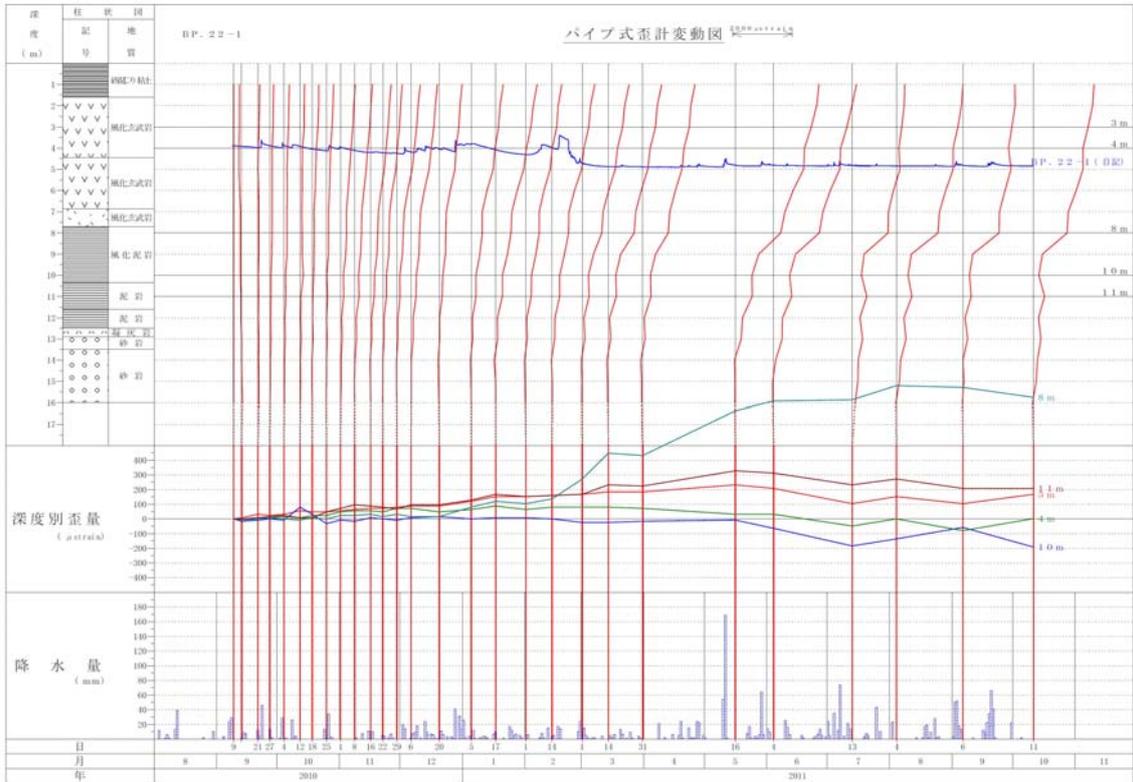


図6 パイプ歪計変動図(BP.22-1地点)

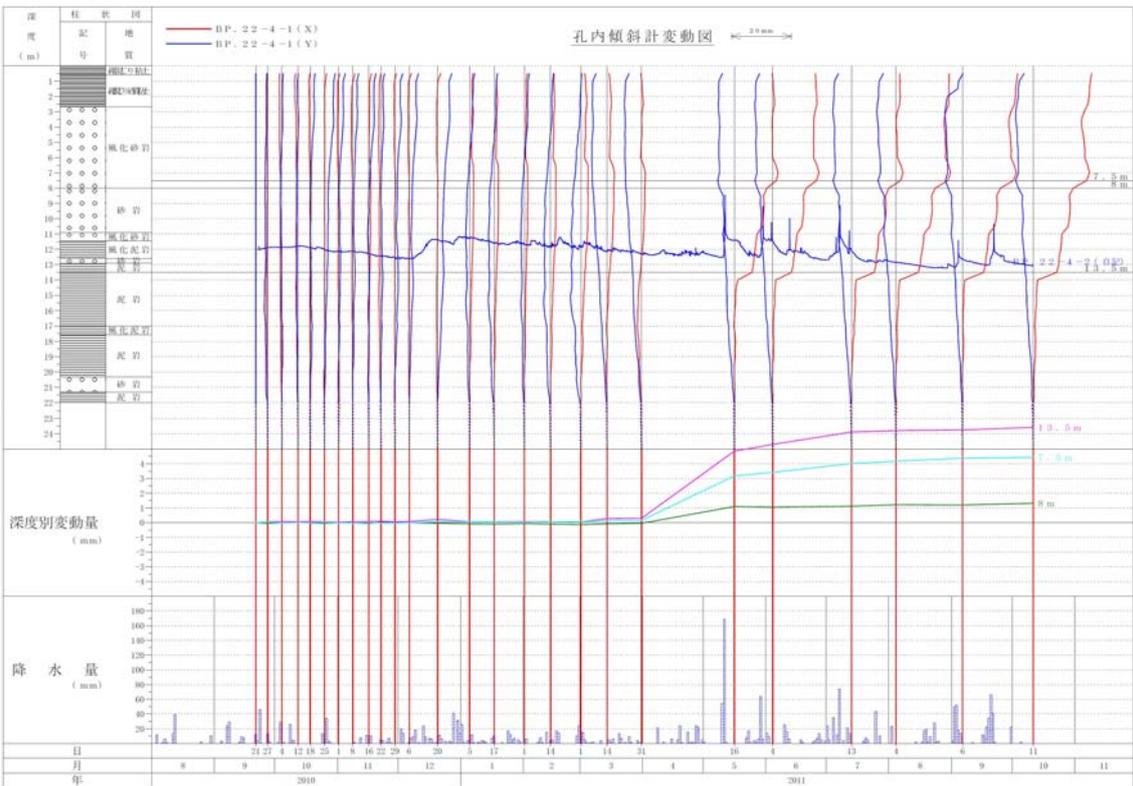


図7 孔内傾斜計変動図(BP.22-4地点)

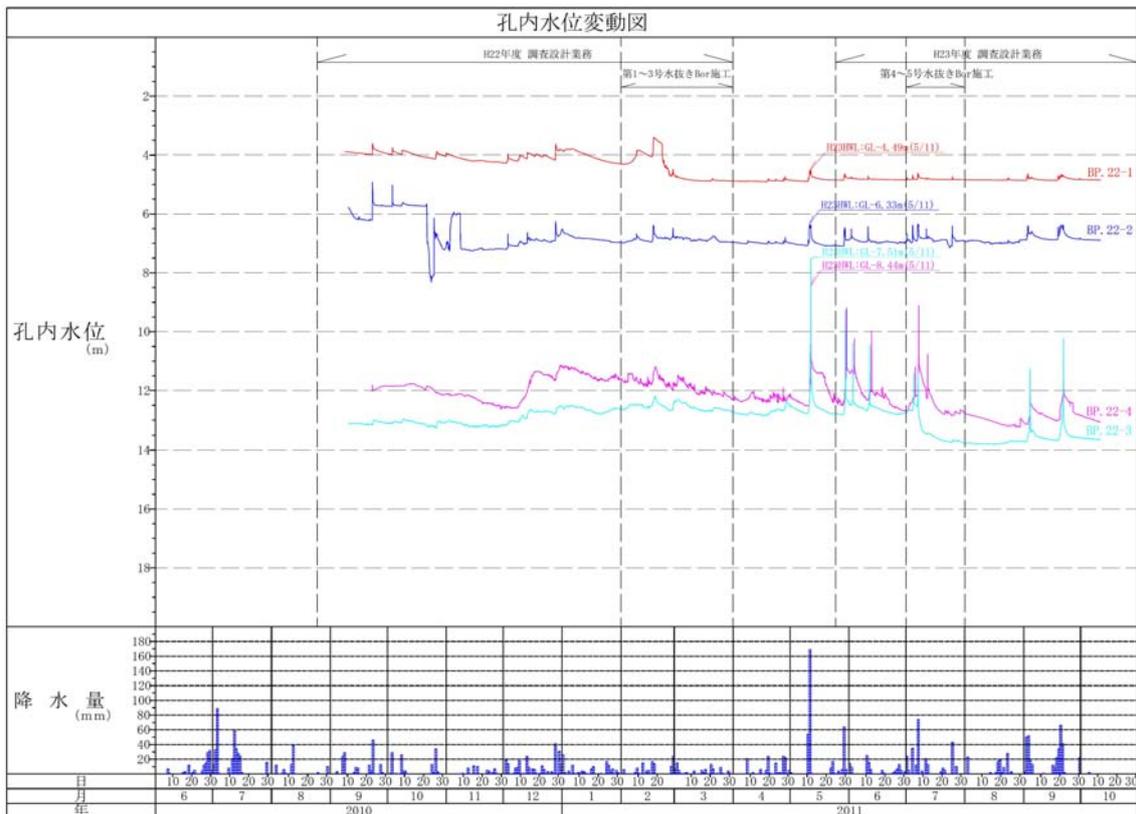


図8 地下水位変動図

4-2) 地すべり形態と発生機構

A-1ブロックは、崩積土と基盤風化層を地すべり土塊とした風化岩すべりタイプに分類され、移動土塊には軟岩 相当の固結度を示す地層を含んでいる。

想定地すべり円弧は、ボーリング地点のすべり面と地表における地すべり被害および微地形と地質構造(分布)から浅層と深層及び上部斜面側と下部斜面側合わせて計5つ設定される。これらの地すべりは、それぞれが相互に関連しながら複雑な運動形態を示す。

A-1ブロックは、長さ約150m内に複数のすべり面が存在する複合型の地すべりで、破碎または風化しやすい岩を主要地すべり土塊とし、移動層のクリープ性変動とキャップロック(大森層玄武岩)からの岩盤劣化水並びに豪雨により、間隙水圧の上昇, 土塊重量の増大とすべり面強度の低下が生じて不安定化すると考えられる。

4-3) 貯水池(ダム建設)の影響の有無

ダム建設時におけるA-2ブロックの地すべり調査孔を利用した地下水位及び孔内傾斜計観測より、A-1ブロック(災害)に対するダム貯水池の影響を評価する。

貯水池に近い既往BP.11B-1孔の地下水位は、ダム建設時より高く貯水による水位の上昇があるが、貯水池からやや離れた既往BP.14B-3孔は、ダム建設の前後でほぼ同様の地下水位分布となっている。貯水池による地下水位への影響は、貯水池からの距離に関係があ

地下水排除工は、水抜きボーリングで対応可能な現場条件であるため、ブロック全域をカバーするようにn=5段配置した。(26m~49m×4孔)



写真 14 水抜きの排水状況

また、抑止工としては地すべり規模から杭工又はアンカー工が適用できるが、施工性、経済性、環境配慮等から合理的な杭工をn=2段配置した。

[1号：36本，2号：45本]，(図11)

杭種は施工性、経済性などから高強度鋼管(SM570相当品)を採用した。

一方、地すべり先端部付近の斜面および法面崩壊防止工として、家屋裏の狭小部へは法枠工，地すべりにより大きく変形している市道のり面へは、フレキシブルな構造のフトンカゴを計画した。

対策工事は順調に進められ、主要対策工はおおむね完成し、現時点では付帯工を残すまでとなっている。

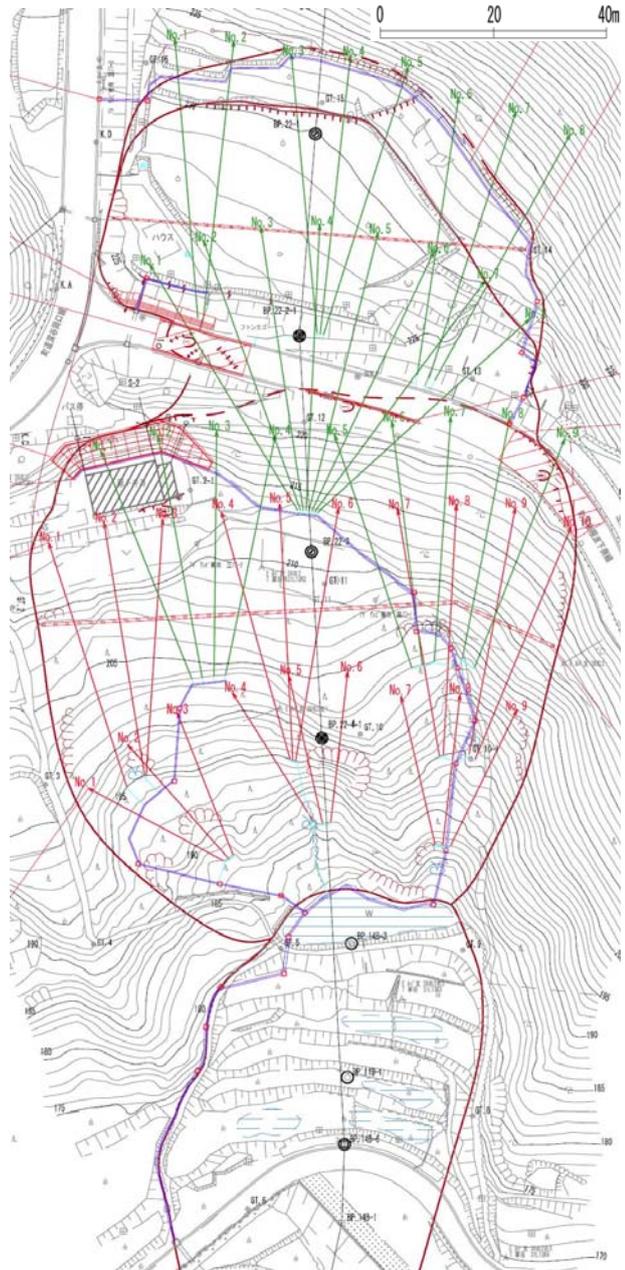


図10 対策工平面図

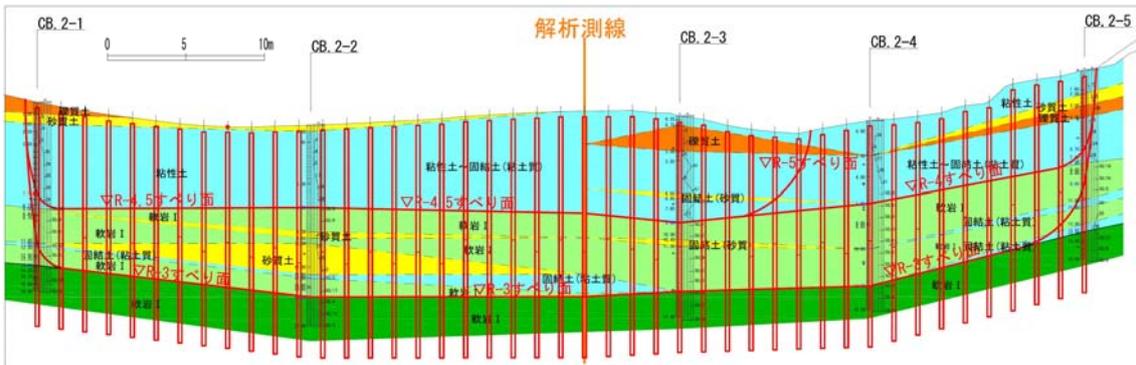


図11 杭工縦断図(2号杭)

5. 終わりに

災害関連緊急地すべりにおいては、短期間での地すべり調査解析が求められるほか、当地区のように地区指定を含めた全体計画は、より多くの技術者・技能者がかかわり、適切でかつ迅速な対応が求められる。

前根波西地区Aブロックの地すべりは、災害発生直後における現地状況把握はもとより、今後の方針（観測・監視・規制・調査・対策・事業展開）を決定する事が重要であった。幸い現地は私の住まいから近く、随時地すべり状況を確認することが可能で、近傍での地すべり調査解析（類似の地すべり）の経験から、当地すべり構造の把握が早い段階で推定できた。そこで、現地踏査及び近傍データより推定した条件において、地すべりの概略検討を先行して行い、地すべり発生直後の対応，災害関連緊急地すべり対策事業採択への対応等が円滑に進み、現在のところ順調に対策工事が進捗している。

今後ともこうした経験を生かし、各現場の事案に適切に対応するとともに求められる地すべり解析の品質向上に努めて参りたいと思います。

最後になりましたが、島根県雲南県土整備事務所の関係各位には貴重なご指導とご助言をいただきました。ここに記してお礼申し上げます。

《話題提供》

島根県出雲市：唐川地区地すべりについて

(株)竹下技術コンサルタント 小山 治香

1. はじめに

唐川2地区では、地すべりに起因する種々の被害を生じており、また平成9年7月の豪雨時には北側側部斜面が大きく崩壊し、6軒の住民が避難している。本地区区内には、13戸の住宅、市道、及び茶畑があり、さらに786戸(平成16年度時点)に配水している貯水槽も設けられている。このような状況より、唐川2地区は平成16年に国土交通省所管の地すべり防止区域に指定され、それ以後調査・観測及び対策工事が実施されている。指定面積は10.4haである。

「唐川2地区地すべり防止区域」は、南北を標高300m程度の山体に挟まれた東向き緩やかな斜面である。斜面末端には、唐川川の支流である鈴谷(りんたに)川が北流しており、鈴谷川が対面する西向き斜面は「唐川地すべり防止区域」となっている。また、唐川2地区地すべり指定地の峠を越えた西側斜面は、「後野地区地すべり防止区域」となっている。

本稿では、唐川2地区における地すべりの現状につき概説する。ただ、今回は重要施設である貯水槽が位置し、地すべり滑動が最も顕著である「貯水槽部測線」を主として紹介する。

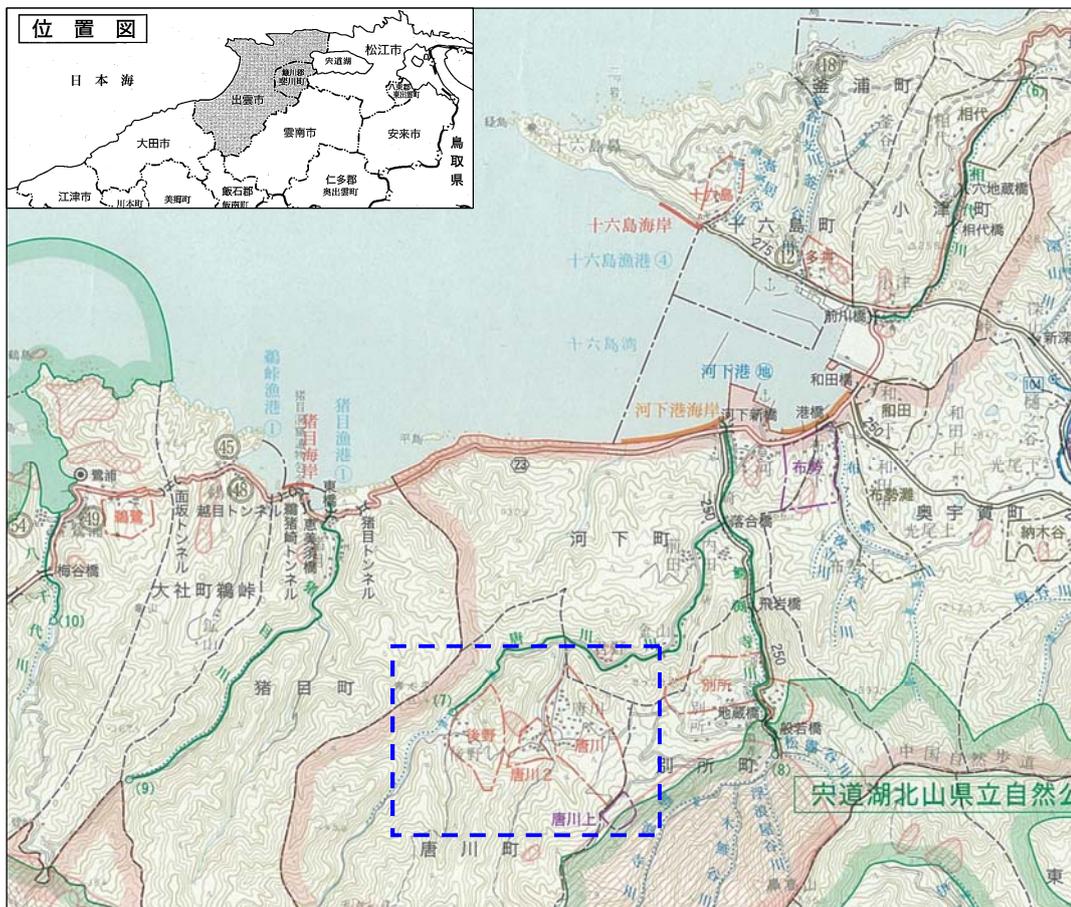


図1. 位置図

2. 地形・地質

2-1. 地形

唐川2地区地すべり防止区域は、斜面下部でやや開いた幅 200m、長さ 400m 程度の斜面で、その勾配は上部約 20°、中央部約 5°、下部約 10°の緩斜面である。指定区域の北側と南側には急勾配をなす山体が地すべり斜面に沿って分布している。この南側の山際には小さな荒れた谷が流下しており、北側の山際は沢地形を成している。

地すべり斜面の末端には鈴谷川が北流し、地すべり斜面は鈴谷川に張り出した凹型緩斜面となっている。

本地すべり防止区域には、他に2つの防止区域が隣接している。即ち、鈴谷川を挟んで東側に「唐川地区地すべり防止区域」、西側には「後野地区地すべり防止区域」があり、ともに地すべりは終息したとされ、地すべり事業は既成している。



図2. 調査地周辺の地形図

2-2. 地質

本調査地域一帯には、新第三紀中新世成相寺層の流紋岩火砕岩（泥質岩を含む）と牛切層の安山岩溶岩が分布している。

唐川2地区地すべり斜面北側の山体には牛切層安山岩が分布し、当山体山裾から南側山体山裾には、成相寺層の凝灰岩、泥岩、及び頁岩が分布している。

調査地域の成相寺層は石膏を胚胎しており、かつて調査地の近くにあった鱈淵（わにぶち）鉱山では当石膏を採掘し、全国でも有数の生産高を誇っていたものである。露頭部の泥岩、頁岩は数 cm 程度に細片化し、また脆弱化している。凝灰岩と泥質岩の境界面の走向・傾斜は、 $N70^{\circ} \sim 85^{\circ}W \cdot 30^{\circ} \sim 60^{\circ}N$ であり、北東方向に傾斜する斜面に対して流れ盤となっている。凝灰岩は風化し、砂質粘土状を成すところが多く、石膏も概ね風化し、白色～淡青灰色の軟質粘土状を呈する。

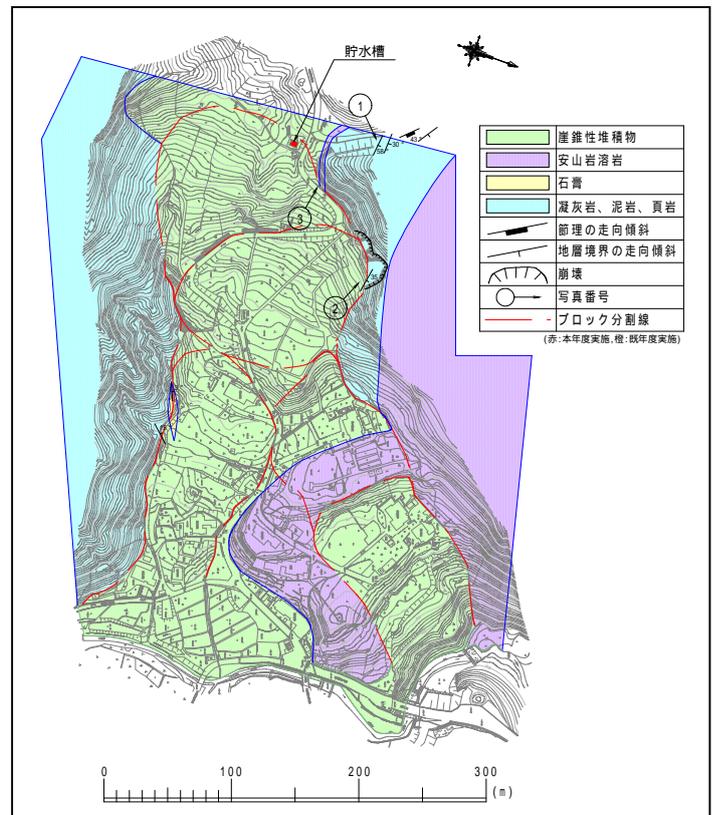


図3. 調査地の地質図



写真1. 頁岩(sh), 凝灰岩(tuff)互層。
地層の走向・傾斜: N82°W, 58°N



写真2. 崩壊面に露出する頁岩
走向・傾斜: N81°W, 35°N



写真3. 牛切層安山岩。
亀裂面より風化し丸味を帯び転石様をなす。

牛切層の安山岩は、自破碎構造が発達し、亀裂に富んでいる。そのため、場所によっては亀裂が開口し、開口部に流入粘土を挟んで、転石状を成しているところもある。成相寺層との境界付近においては風化が進むが、全体的には概ね新鮮である。

風化粘土化した凝灰岩及び泥質岩の存在及び軟質粘土化した石膏の存在は、本調査地における地すべり発生の主たる要因となっている。

調査ボーリング結果によれば、地すべり斜面における成相寺層は深部まで風化し、粘土状化が進んでいる。斜面中程には安山岩が貫入している。各測線の地質断面図を下記に示す。

尚、北側副測線については、後年ボーリング等を追加する予定なので今回は割愛する。

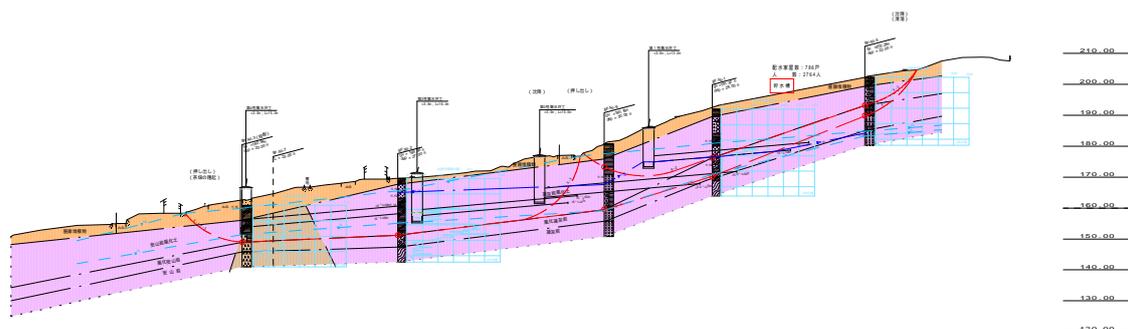


図4. 地質断面図(主測線)

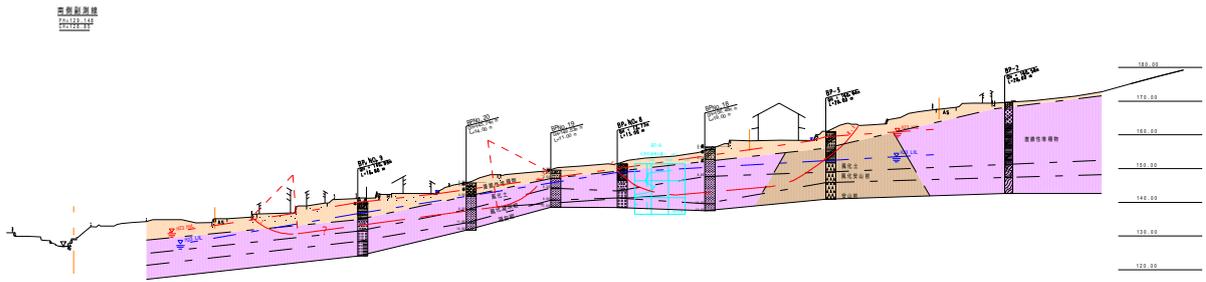


図 5 . 地質断面図(南側副測線)

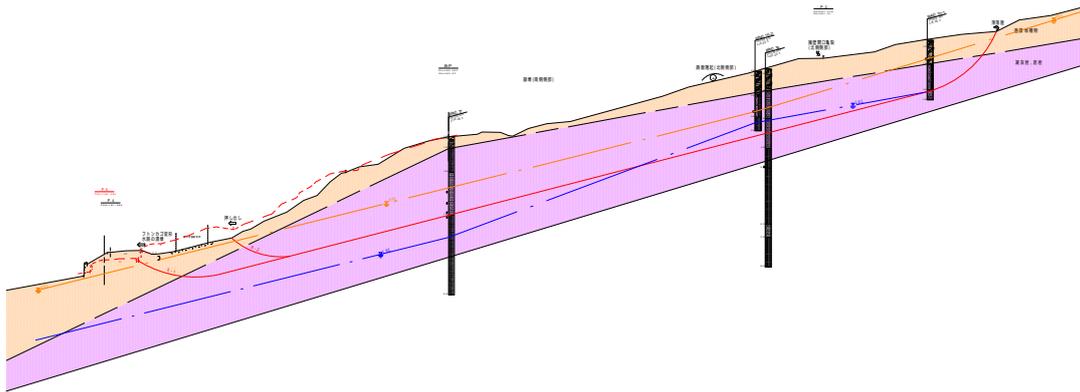


図 6 . 地質断面図(貯水槽部測線)

4 . 調査・観測結果

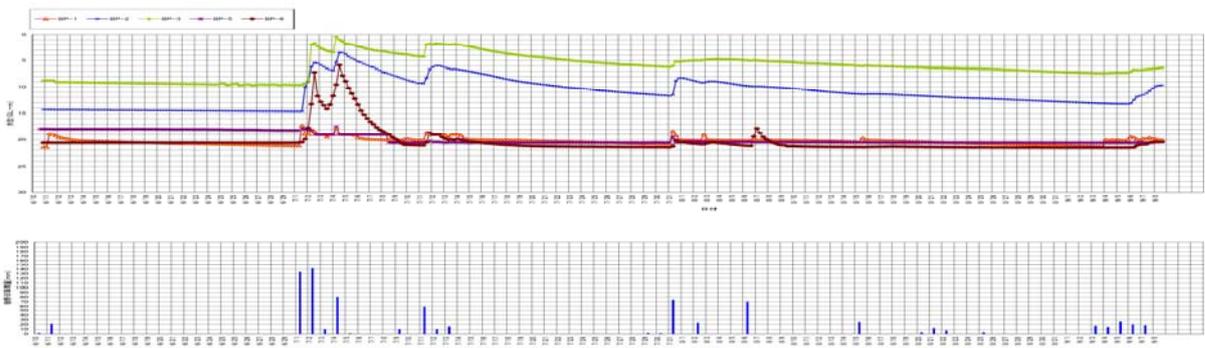
4-1 . 地下水状況

全体的に斜面中央部における平常水位はやや低く、数十ミリ以上の降雨があった場合に、水位が急上昇するのが観測される。それに比べ、南側山裾に位置する南側副測線では、その水位は平常時でもやや高く、数十ミリの降雨で地表面付近にまで上昇する。また、貯水槽付近では、浅い位置にも水位が存在し、上下 2 段水位となっている。

地下水の流れは、斜面上部ではやや小さいが(潜在流動)、斜面中、下部では大きい(潜在～準確定～確定流動)。

各測線における調査時の地下水位変動表を示す。

【主測線(H17 年度観測)】



【南側副測線(H23 年度観測)】



【貯水槽部測線(H22 年度観測)】



図9．地下水位変動表

4-2．地盤傾斜計観測結果

貯水槽付近の地盤の動きを把握するため、貯水槽の近くに地盤傾斜計を設置し、複数年度に渡って傾斜運動の観測を行った。結果は下表に示すように、観測年度及び降雨毎に傾斜方向を若干変えながらも、最終的には貯水槽上部方向への傾斜運動を示している。当傾斜計設置位置付近が測線折れ曲がり箇所での圧縮域となっていると考えられる。

表1．傾斜運動結果一覧表

観測年度	H17 年度	H18 年度	H19 年度
日平均運動量	6.51 ± 0.48 秒	4.59 ± 0.19 秒	1.33 ± 0.04 秒
傾斜運動方向	S4 ° E	S3 ° E	S13 ° W
変動種別	潜在変動	潜在変動	潜在変動

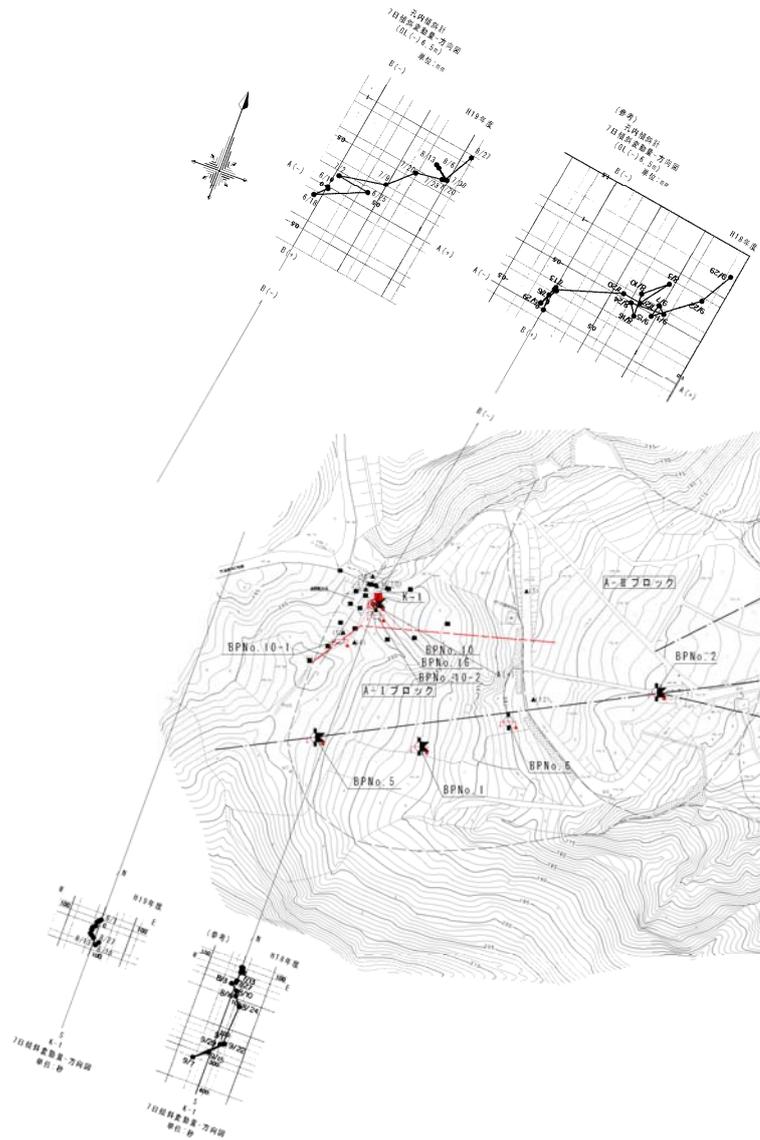
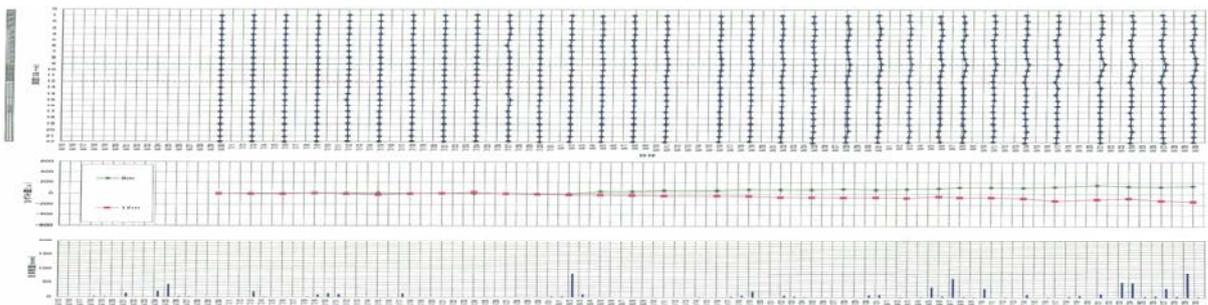


図 10 . 傾斜計変動方向平面図

4-3 . μ ν 歪計 , 孔内傾斜計観測結果

【主測線】

本測線では顕著な歪変動は認められないものの、各観測ポイントで数箇所の弱い累積性のある歪変動（潜在変動）を生じている。地表変状もやや小さいものであることから、緩慢な地すべりを生じているものと考えられる。



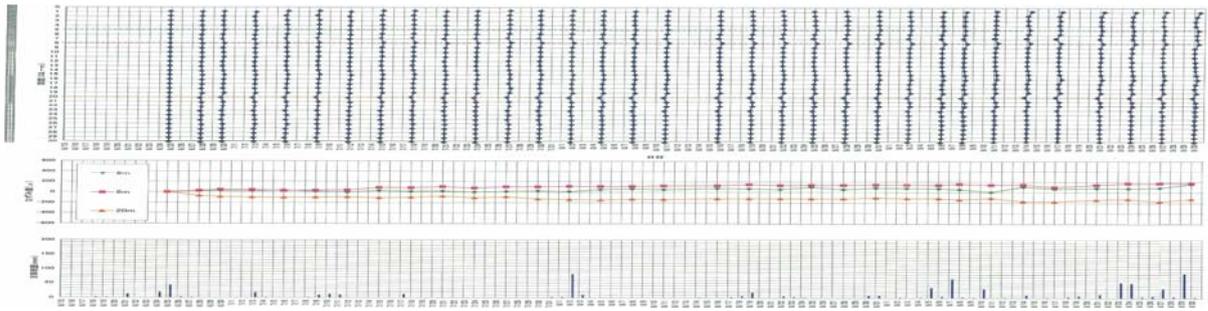


図 11 . 歪変動累積図 (上) BP. 5, (下) BP. 6 (H16 観測)

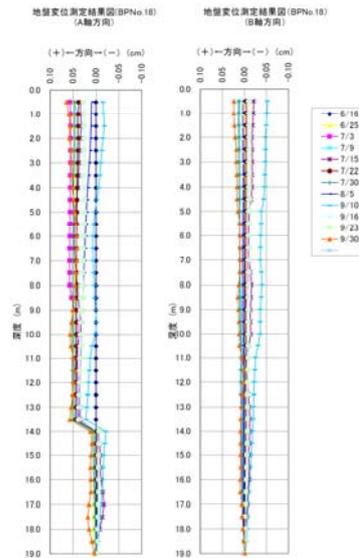


図 12 . 地盤変位測定結果図

【南側副測線】

測線上部に位置する BP.No18 孔での孔内傾斜計観測では、GL(-)13.5m 位置で準確定変動 (変動 B) と判定される歪変動が確認されている。地質的に風化凝灰岩内であり、GL(-)13.40 ~ 13.45m 区間は軟質で幾分攪乱されている。

測線中、下部に位置する BP.No19, BP.No20 孔では現在観測中である。

【貯水槽部測線】

測線上部に位置する BP.No16 孔での孔内傾斜計観測では、GL(-)6.5m 位置に降雨・地下水位上昇に対応して累積する準確定変動 (変動 B) が確認された。変動方向は主測線とほぼ平行する斜面下方である。同位置は凝灰岩風化土内であり、GL(-)6.35 ~ 6.40m は軟質粘土化している。尚、BP.No16 孔では歪の増大により、平成 21 年度の観測時にプローブの挿入が出来なくなっているのが確認された。

測線下部の BP.No17 孔では、GL(-)8m で準確定変動と判定される累積性の歪変動が確認された。当位置は、凝灰岩と泥岩との岩層境界部 [GL(-)7.95m] であり、全体的に軟質粘土化した箇所である。

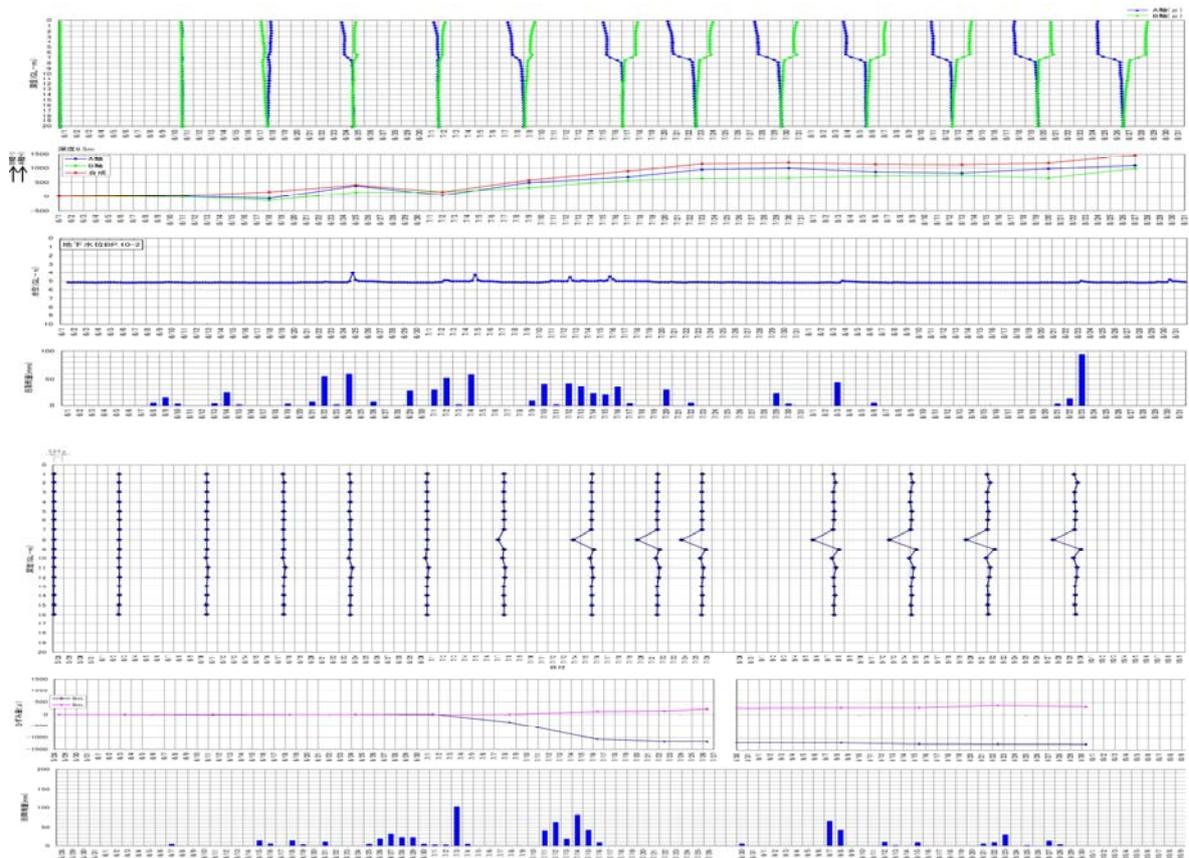


図 13 . (上)地盤変位累計図(BP.No16 , H19 年度観測)
(下)歪変動累計図(BP.17 , H22 年度観測)

5 . 地すべり機構

ここでは、地形変状が著しく、大きな地中歪を生じている貯水槽部測線を取り上げ記すものとする。本ブロック頭部には貯水槽が設けられているが、当貯水槽は 800 戸近くの民家に配水する重要な施設である。このブロックでは今年度より対策工事に着手することになっている。

5-1 . 地すべりの素因・誘因

貯水槽が位置する丘陵斜面上部には、薄い崖錐堆積物の下に成相寺層の凝灰岩及び泥岩が分布している。当凝灰岩及び泥岩は厚い風化帯を形成しており、粘土状～礫混じり粘土状～風化岩となり、これらの風化帯の一部はかなり軟質化している。

また、風化帯の一部には浅層地下水が存在しており、平常時の水位は斜面上部では 5m 余り、斜面中下部では 10m 余りに位置しているが、降雨時には 1～5m 程度上昇するのが観測される。そして、この水位上昇時には、BP.No16 孔の GL(-)6.5m と BP.No17 孔の GL(-)8m に歪変動が観測される(4-3 参照)。

このような地形・地質状況により貯水槽部では、後方の滑落崖より貯水槽方向に向かい、貯水槽のすぐ後で東北東へと折れ、変状するフトンカゴへと抜ける風化岩すべりを生じている。本地すべりの素因は、地形，地質，地下水であり、誘因は降雨である。下図に地すべり発生機構模式図を示す。

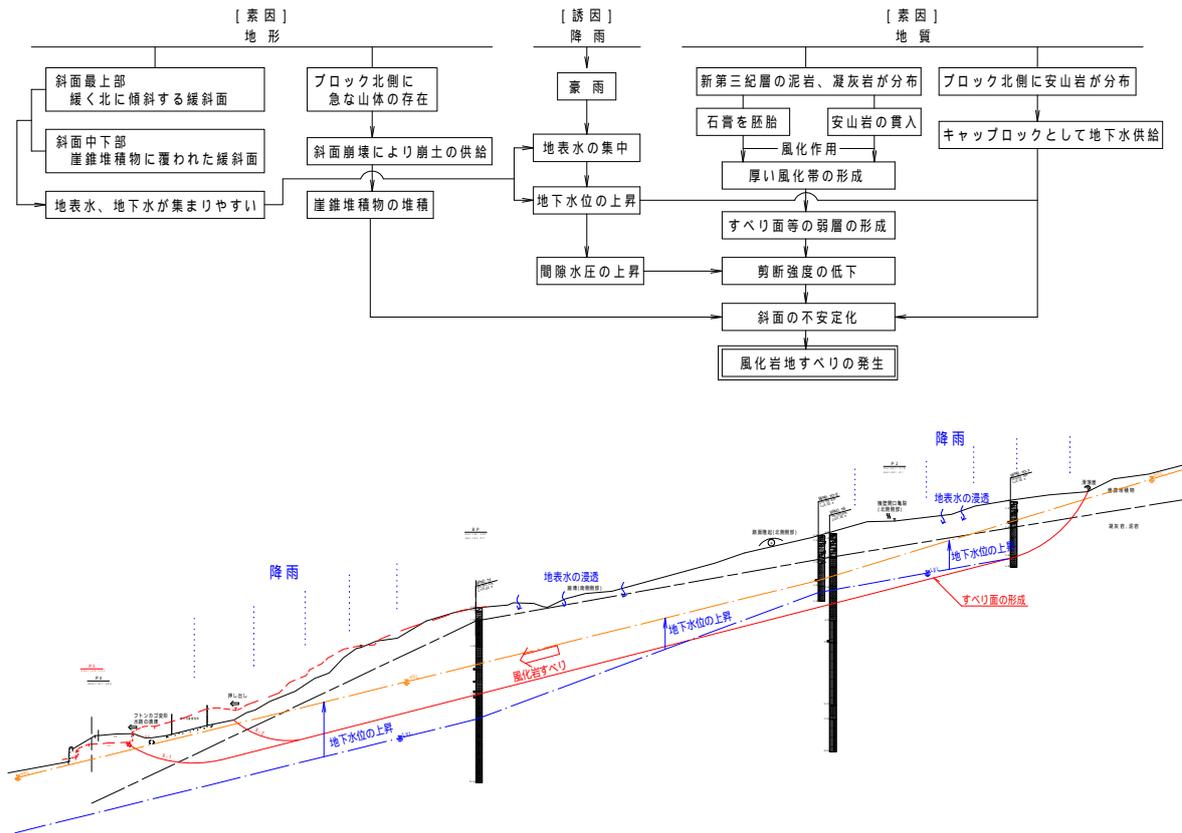


図 14 . 地すべり発生機構模式図

5-2 . すべり面について

歪計観測結果、孔内傾斜計観測結果、コア観察及び地形変状等より、本調査斜面におけるすべり面は、次図に示す2つの複合円弧となる。

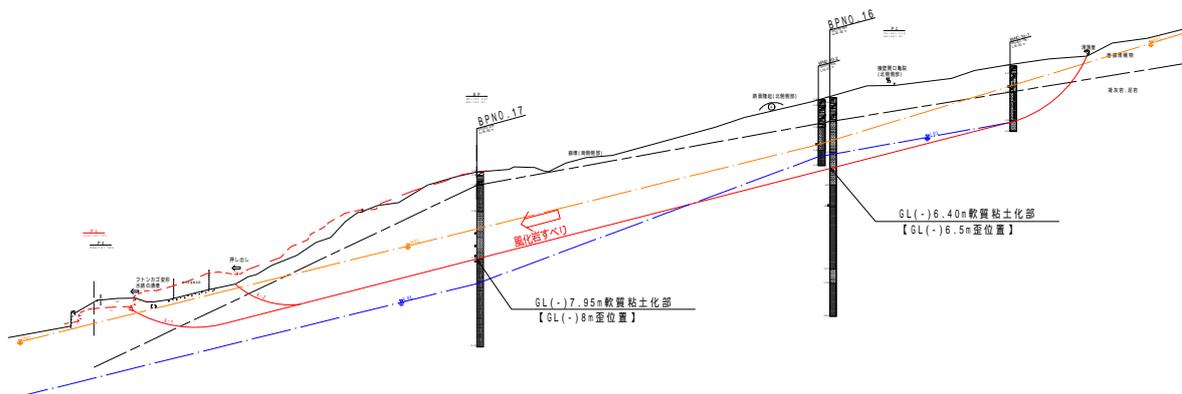


図 15 . 解析断面図



図 16 . コア写真(左)BP.No16 , (右)BP.No17

5-3 . すべり面の土質定数と現状安全率

- ・ すべり面の土質定数

逆算法により決定

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{粘着力} \quad : C=8.00\text{KN/m}^2 \\ \text{内部摩擦角} \quad : \phi=12.96^\circ \\ \text{単位体積重量} \quad : t=18\text{KN/m}^3 \end{array} \right.$$

- ・ 現状安全率

	現状安全率	
	LWL	HWL
R-1	1.227	1.000
R-2	1.199	0.980

降雨量(H22.5.28 ~ H22.9.30) : 814 mm

最大日雨量(H22.7.13) : 102 mm

6 . 対策工案の選定

5章と同様に貯水槽部測線における地すべり対策工の選定結果につき記すものとする。

6-1 . 対策工工種の適否

模式図にて、貯水槽部で生じる地すべりに適する対策工工種を示す。

下図 17,18 より対策工は”横ボーリング工”と”杭工”の組合せとなる、3案の検討を行った。

”横ボーリング工”のみによるもの

”杭工”のみによるもの

”横ボーリング”と”杭工”によるもの

第3号横ボーリング工

$L=(20 \sim 41\text{m}) \times 4 \text{本}=161\text{m}$

横ボーリング工施工後安全率

R-1 : $F_s=1.111$

R-2 : $F_s=1.101$

・杭工

杭仕様

杭種, 杭径, 鋼材厚さ : SKK490, 318.5 mm, 11 mm

杭長, 杭本数 : 12.00m, 17本

杭間隔, 不動層への根入れ長 : 2.00m, 5.00m

鋼材総延長, 総重量 : 204.00m, 17.0t

杭工施工後安全率

R-1 : $F_s > 1.200$

R-2 : $F_s=1.200$ 受働破壊に対する安全率 : $F_s=1.317$

次頁に図19. 計画平面図及び図20. 解析断面図を(横ボーリング工+杭工)を添付する。

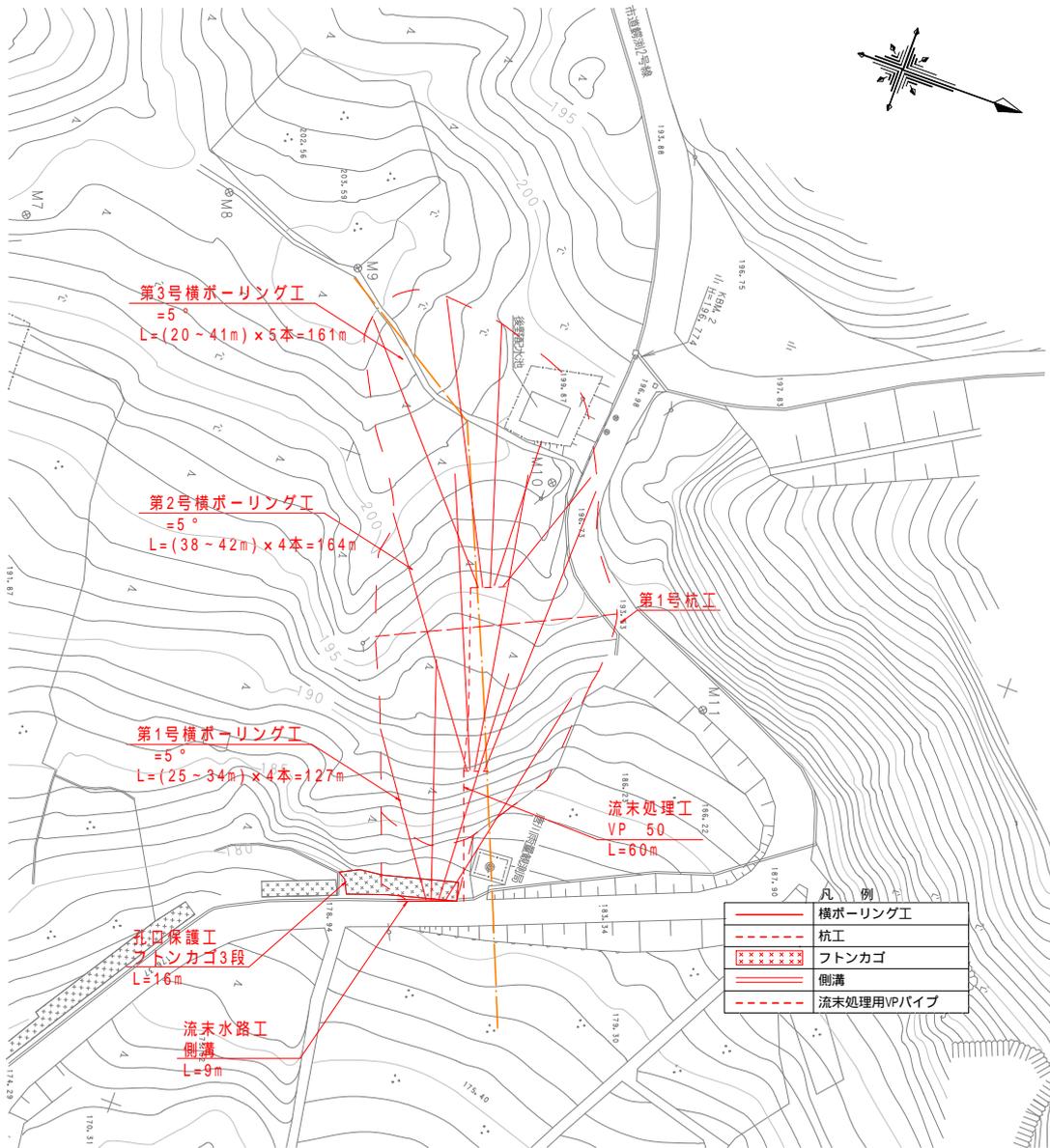


図 19 . 計画平面図

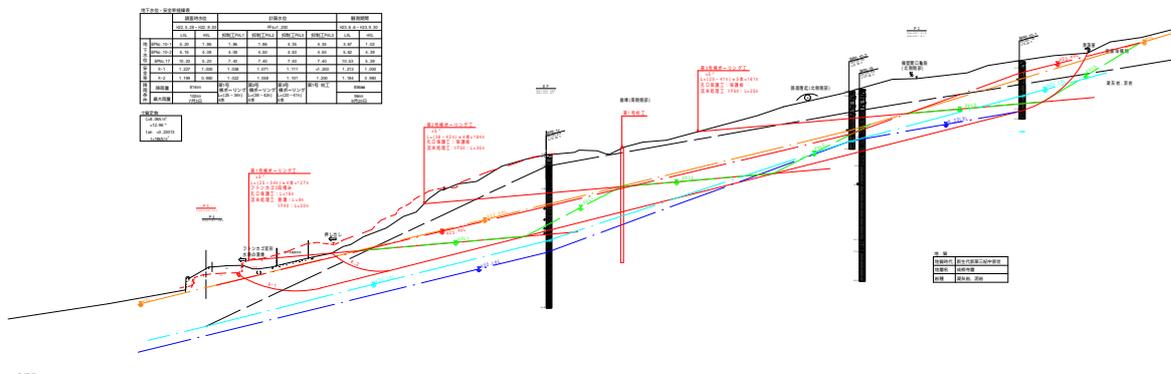


図 20 . 解析断面図(横ボーリング + 杭工)

7. 対策工実施状況

南側副測線は現在調査・観測中であり、今年度に機構解析及び対策工法の選定を行うことになっている。北側副測線では来年度以降に調査・観測を行った上で、機構解析、対策工法の選定を行う予定である。そして、貯水槽部では今年度に横ボーリング工が施工されることになっており、現在準備中である。

【主測線】

主測線における対策工は、4基の集水井と集水井内からの上下2段の集水ボーリングである。これまでに、4基すべての集水井が施工され、第1号、第2号集水井の上段集水ボーリングを除き、他の集水ボーリングは施工済みである。

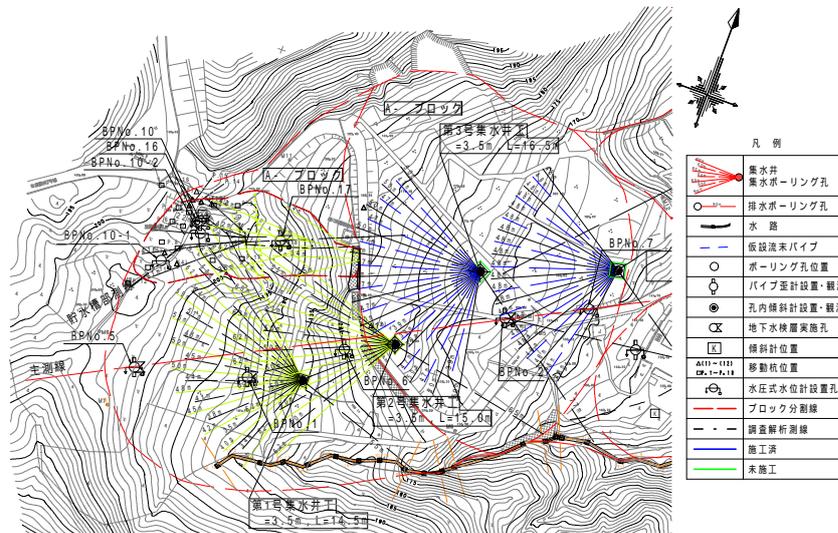


図 21 . 対策工平面図

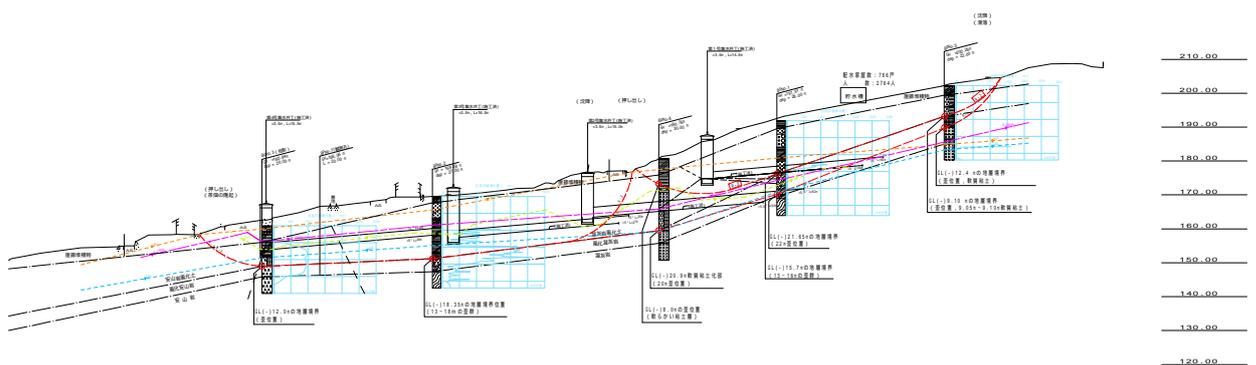


図 22 . 解析断面図

- ・ 第 1 号集水井工
上段集水ボーリングは未施工



- ・ 第 2 号集水井工
上段集水ボーリングは未施工



- ・ 第 3 号集水井工



- ・ 第 4 号集水井工



- ・ 南側山際水路工



写真 16 . 施工済対策工

8 . 今後の課題

【主測線】……………現在実施中の水位観測結果により、対策工事を完了するのか、あるいは更なる対策工が必要であるのか見極める必要がある。

【南側副測線】………今年度実施中の観測結果により、すべり面及び地下水位を確定し、適切なる対

策工を選定する必要がある。

【北側副測線】……来年度以降に調査ボーリング及び各種観測を行い、地すべり機構解析、対策工の選定を行うこととなる。

【貯水槽部側線】…今年度実施予定の横ボーリング工により、どれだけの水位降下を得られるのか、来年度の梅雨期に水位観測を行い、杭工実施の有無、杭断面等の再検討が必要である。

9. おわりに

唐川 2 地区においては、地すべりに起因する被害を多く生じており、特に貯水槽部付近で顕著なため、地元住民からの陳情により地すべり対策事業がスタートした経緯がある。特に地元住民は平成 9 年の斜面崩壊時の避難を身を持って体験しており、また、住民の命綱である貯水槽を守らなければならないとの思いが強く感じられる。

当初、”貯水槽部付近の変状は、後野側(峠を越えた反対側)へ引っ張られて生じているのではないか”との指摘もあり、貯水槽部付近に移動杭を設置し観測を行ったが、そのような結果は得られなかった。そしてその後の地盤傾斜計観測及び孔内傾斜計観測により、斜面下方の北東方向への移動が確認された。

主測線部における対策工事がほぼ完了し、今年度より貯水槽部の対策工事に着手することになる。また、今年度は南側副測線の機構解析を行い、対策工を選定することにもなっている。地元住民の思いに応え、1日も早く地すべり活動が終息することを望むものである。

【参考文献】

- ・大社地域の地質 平成元年 2 月 地質調査所
- ・今市地域の地質 平成 3 年 1 月 地質調査所
- ・孔内傾斜計データ不良の原因に関する実態調査と計測技術の標準化地すべり地における挿入式孔内傾斜計計測マニュアル(案) 平成 20 年 11 月 (法)土木研究者他

《話題提供》

世界遺産「石見銀山」の落石対策

田中繁幸（島根県県央県土整備事務所）・小村 徹（㈱コスモ建設コンサルタント）

1. はじめに

石見銀山遺跡は平成 19 年 7 月にユネスコの世界遺産に登録された。これにより、銀鉱山跡と鉱山町である大森地区と銀山柵内（銀山主要部）への観光客数は大幅に増加した。このうち、銀山柵内の坑道跡である龍源寺間歩は一般公開されており、石見銀山遺跡のなかでも特に人気のある施設である。

そのなかで、龍源寺間歩へのアクセス道である市道銀山線で落石が発生した。発生箇所は要害山中腹斜面であり、ここは土砂流出防備保安林に指定していることから治山事業により落石対策を実施した。そこで、本稿では平成 20 年度から平成 23 年度に実施した治山事業の概要について紹介する。

1.1 世界遺産「石見銀山」の紹介

世界遺産「石見銀山」は島根県のほぼ中央に位置する大田市内で、銀鉱山跡と銀山町や港と港町（図 1 参照）といった区域が指定されている。この銀山は 1526 年に九州博多の豪商神屋寿禎によって発見されて以来、1923 年（大正 12 年）の休山まで約 400

年にわたって採掘されてきた日本を代表する鉱山遺跡である。そして、石見銀山遺跡は、環境に配慮し、自然と共生した鉱山運営を行っていたことが特に評価され、2007 年 7 月に「石見銀山遺跡とその文化的景観」として、国内では 14 件目、鉱山遺跡としてはアジアで初めて世界遺産に登録された。

1.2 「石見銀山」での落石

この世界遺産登録によって石見銀山遺跡を訪れる観光客は急増している。特に、坑道跡のなかで公開されている龍源寺間歩へは、大森地区を訪れた人の約半数近くが入場するなど人気の高い施設となっている。

表1 石見銀山大森地区及び龍源寺間歩観光客入込数

	(人)	
年度	大森地区	内 龍源寺間歩入場者
18	400,000	95,260
19	713,700	363,152
20	813,200	363,814
21	560,200	239,129
22	504,800	196,495
23	498,700	192,516

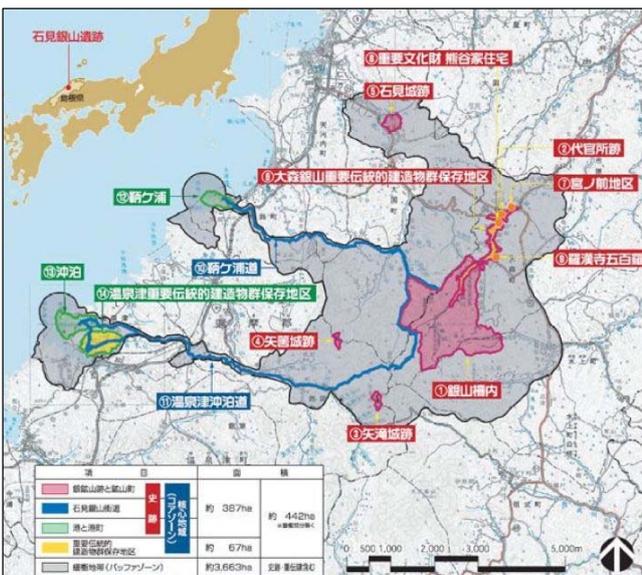


図- 1 石見銀山遺跡の世界遺産指定区域

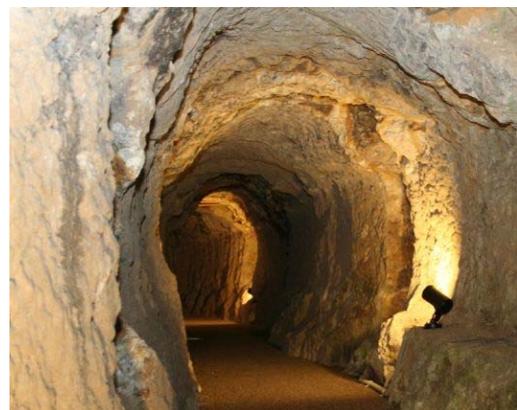


写真-1 龍源寺間歩坑内

このように、龍源寺間歩への来場者が増加するな

市道は一時通行止めとなり市道対岸に迂回路を設置するまで間歩への入場は制限された。

このように、石見銀山の落石は浮石の剥離だけで無く倒木によっても発生している。斜面には同様の危険箇所が多数確認されたことから順次落石対策を行うこととした。この石見銀山で発生した落石の特徴や落石対策の計画について次章に詳細を記述する。

2. 要害山付近の落石の特徴

2.1 地形、地質

落石の発生した要害山周辺の地形は、要害山(標高 414m)と仙山(標高 537m)との狭隘な谷間を銀山川が流れ、その流れに沿って町並みが形成されている。この谷部の標高は200mほどであり 標高差約 200mの急斜面が形成されている。

要害山付近の地質は、新第三紀の久利層を基盤に、都野津層、大江高山溶岩や仙山火山噴出物で覆われている。落石箇所周辺の露頭ではデイサイト溶岩およびデイサイト質火砕岩がみられる。概して急傾斜の斜面が多いため堆積層の分布は少ないが、ズリと思われる堆積物が随所にみられる。

2.2 浮石の分布状況

図-4に要害山南側斜面の落石調査で判明した浮石の分布状況を示した。落石源となる浮石は斜面の上位から下位まで広

く分布しており、崩壊跡地周辺や部分的な遷急線部では浮石化が目立っている。転石は崖錐として一部みられるほか、立木に止まっているものが点在している。浮石の大きさは、節理の発達した露頭が多いことから、大きくても径 2m 程度(写真-5)までであったが、一部凝灰角礫岩の塊で径 4m(写真-6)におよぶ浮石がみられた。

このほかに石見銀山特有の浮石としては、斜面中腹での造成(山城構築や間歩採掘等)により不安定化したと思われる浮石群が散在している。要害山周辺でも一部みられるが、仙山周



図-2 落石発生位置図



写真-2 平成 21 年 1 月 29 日に発生した落石



写真-3 落石発生源である倒木状況



写真-4 平成 22 年 3 月 28 日に発生した落石

が、仙山周辺では数多くの露天掘り跡があり、多くが不安定な浮石群となっている。ただし、仙山周辺の一部には浮石がほとんど見られない斜面があるなど相当に人為的な管理がなされていたことが伺える部分もある。

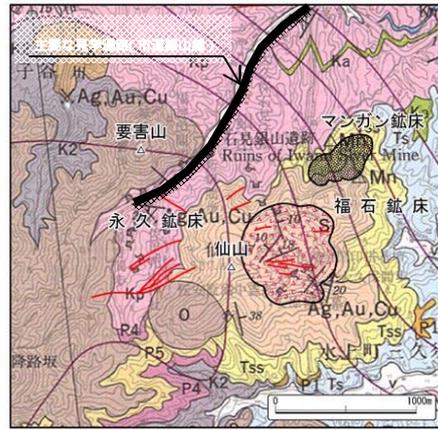
このほかに石見銀山特有の浮石としては、斜面中腹での造成(山城構築や間歩採掘等)により不安定化したと思われる浮石群が散在している。要害山周辺でも一部みられるが、仙山周

2.3 落石の発生原因

近年発生している落石の誘因の一つに、落石発生直後の現地調査結果から、立木の転倒をあげることできると考えている。この落石のほかに、対象斜面では落石事故には至っていない落石がいくつか見られるが、倒木が誘因であると思われる崩壊跡が散見される。特に要害山南側では、森林保全のため古くから森林伐採が禁止されたために、樹齢 100 年を越すケ

ヤキ, エノキ, シラカシ, スダジイなどが多く生えている。そのため、一部には天然更新がみられるなど健全な自然林ではあるものの、倒木が発生しやすい環境となっているようである。このように倒木が起こりやすい環境下で、強風や着雪により根返りを伴う倒木が発生した場合に、小規模な崩壊を伴い落石が発生するものと考えられる。なお、石見銀山内では要害山南側のような大径木のあるエリアは少なく、当エリアは特殊な環境であることいえる。

倒木以外の落石の誘因は、地盤の浸食など経年劣化による不安定化によるものがみられ、自然発生的に発生したと思われる小規模な崩壊跡がみられる。今年に入っても主要な見学道路から離れているが、平常時に



- 0 大江高山溶岩
 - S 仙山火山噴出物
 - Tss 都野津層 (石英砂)
 - Ts 都野津層 (礫岩-泥岩)
 - Kp 久利層 (流紋岩火砕岩および溶岩)
 - よび溶岩)
 - マンガン鉱床
 - 福石鉱床の探掘部分
 - 鉱脈
- 新第三紀-第四紀
後期鮮新世-前期更新世
- 新第三紀
前期-中期中新世

図-3 石見銀山遺跡付近の地質図

(5万分の1地質図幅「温泉津及び江津」(鹿野ほか, 2001)



写真-5 よくみられる浮石群



写真-6 最も大きい浮石 (直径4mを超える)

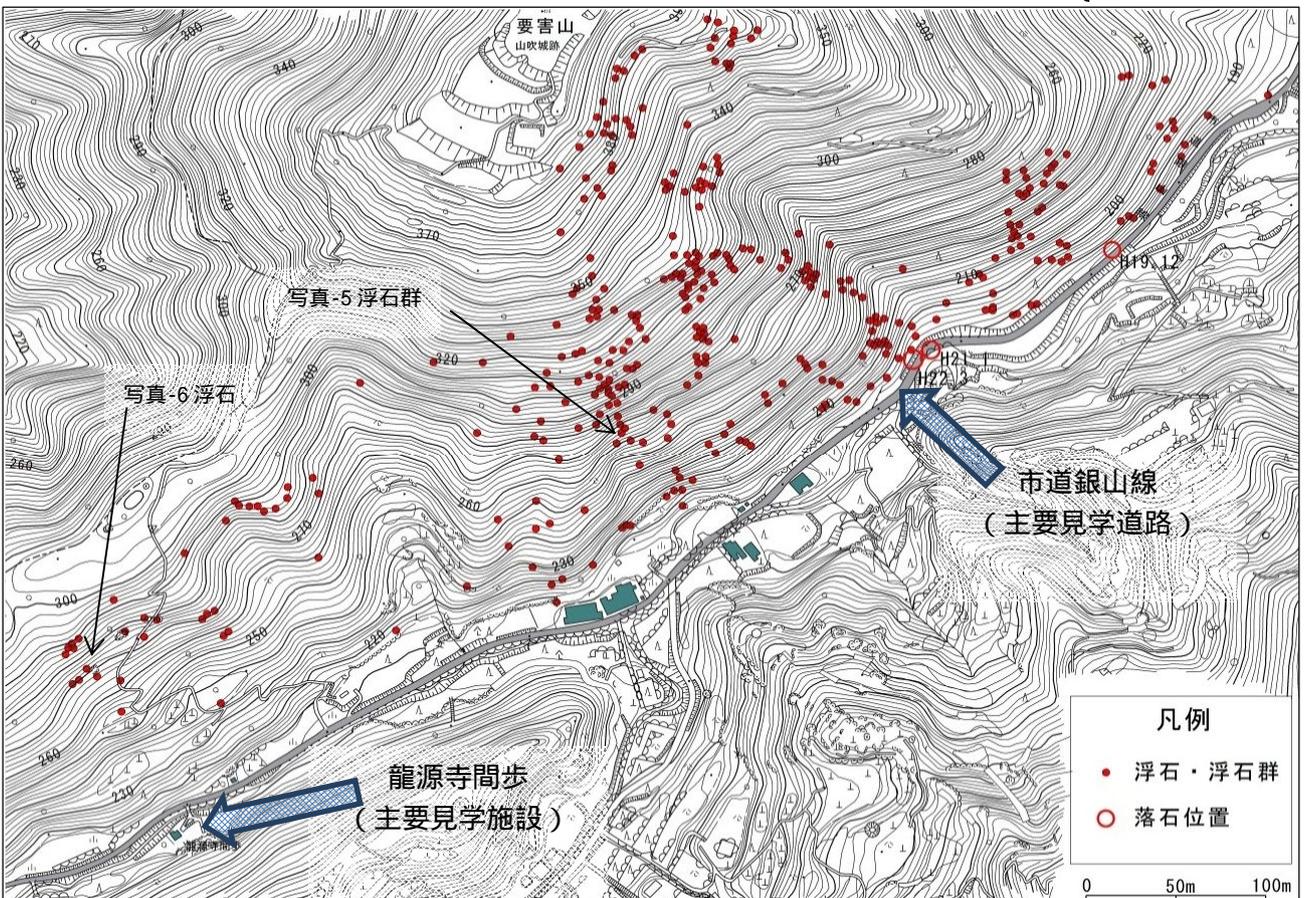


図-4 要害山付近の浮石の分布状況

寺跡の墓地に落石が発生するように、未対策箇所では落石が引き続き発生している。

3. 石見銀山内の落石対策

3.1 要害山南側での落石対策

平成 19 年に道路際で発生した落石により、道路災害防除工事として落石予防工や落石防護工が施工されている。要害山の南側を中心に、この落石防護工等で対応できない浮石が保安林に分布していたため、平成 20 年度から平成 23 年度にかけて、治山事業として落石対策を行っている。こ



写真-7 根返りで発生した転石

こでの落石対策では、対策工事期間中に倒木により落石が発生したため、設計方針の変更により対処してきている。以下に、採用した対策工法を示す。

1)初期の対策工

発生源対策として、ロープ伏工（ロープネット工）や鉄筋挿入工等を採用している。

2)倒木対応の対策工

平成 21 年 1 月（対策工事期間中）に倒木を原因とする落石が発生したことから、発生源が特定できない可能性があるものと判断し、斜面中腹に高エネルギー吸収タイプの落石防護柵を計画した。特に落石の集中している谷地形分では大型の落石防護柵を設置している。

そのほかに、落石の誘因となっている大径木の倒木予防ならびに森林の若返りを目的として、大径木の伐採を計画している。

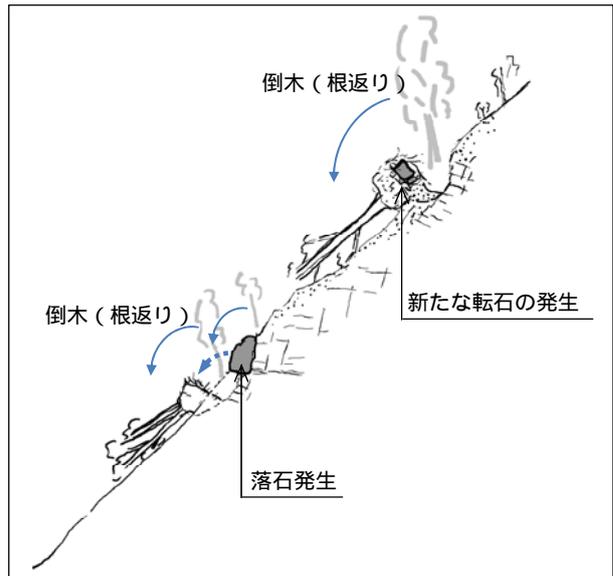


図-5 倒木による落石発生の模式図

3.2 世界遺産内での落石対策

石見銀山遺跡は世界遺産に登録されていることから、落石対策にはいくつかの制約が設けられていた。主な制約は 文化的価値を構成する景観の維持 現状保存の原則であり、景観の維持に関しては、見学道路から落石防護柵等が見えにくいまたは目立たないような配慮が必要となった。また、現状保存の観点から浮石や転石についても、できるだけ除去はしない方針で対策工を選定する必要があった。今回の落石対策ではおおむね満足できた形となったが、この制約条件は一様に安全性の向上が望まれるものではなく、石見銀山遺跡の保存と安全な見学用通路の確保が両立する対策手法が求められているものであり、今後さらに適した対策手法を考えていかなければならないものと感じている。



写真-8 ロープ伏工

4. おわりに

石見銀山遺跡のうち要害山周辺は治山事業によって落石防止が図られつつある。また、文化的景観に配慮した工法を採用したことや、施工期間中の龍源寺間歩への観光制限をすることなく安全に施工できたことは評価できる。

しかし、平成 23 年度に他の遺産指定区域についてさらに、



写真-9 高エネルギー吸収タイプの落石防護柵工

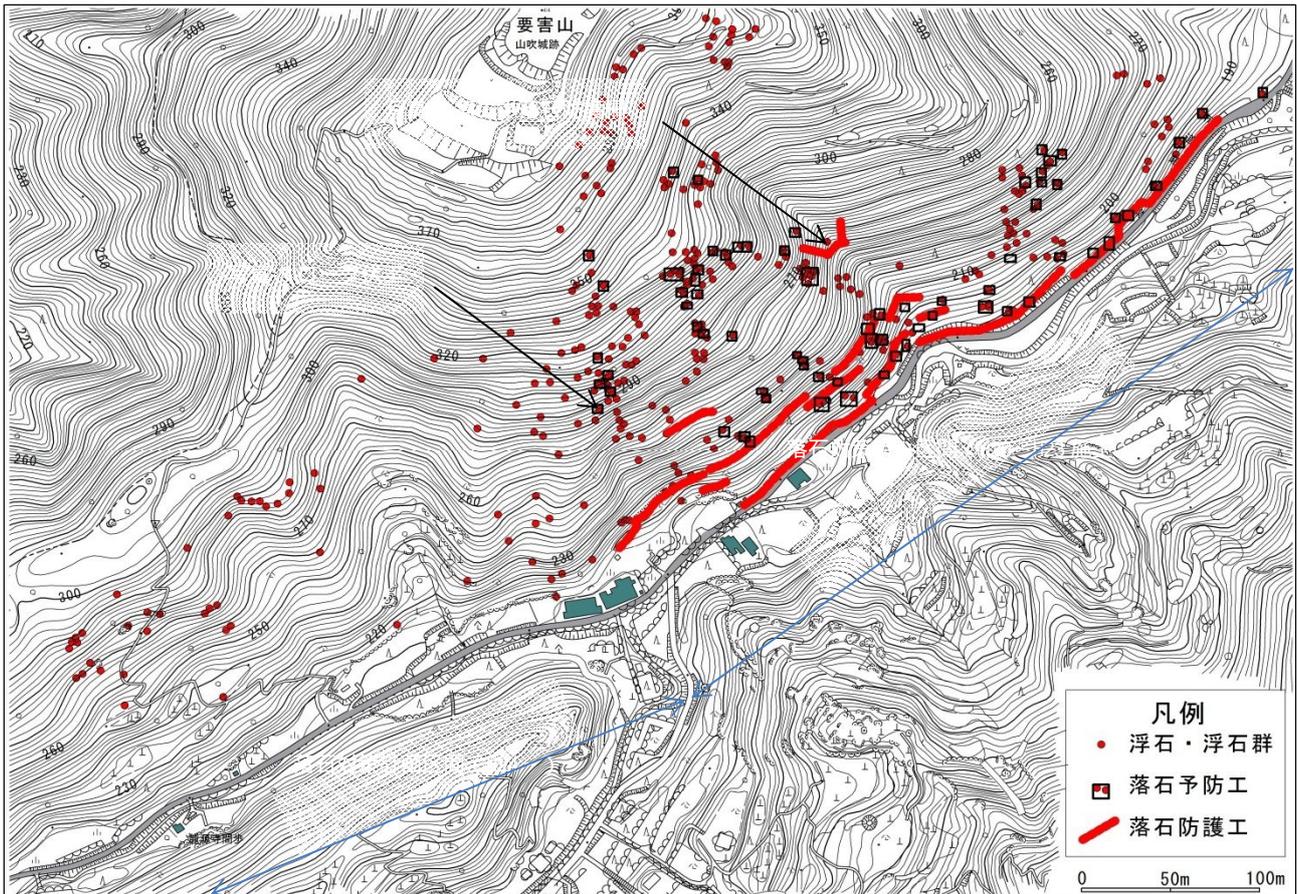


図-6 要害山南側での落石対策

平成 23 年度に他の遺産指定区域についても、落石の危険性を把握する旨指摘があった。このため、観光客等が来訪する範囲や住民の生活圏について危険性の判定を行った。この結果、遺跡指定区域内で 148 箇所にもおよぶ落石による危険箇所が判明した。

今後は、148 箇所の危険地に対し重点的・効果的な落石被害の予防対策を実施するための計画を作成することとしている。そのために、保全対象の重要性を観光客数等で見極め、対策優先度の高い箇所を選定することとした。あわせて、ソフト対策についても検討し、石見銀山地区全域の防災対策を展開していくこととしている。

参考文献

- 1) 石見銀山観光客データ：島根県大田市産業振興部提供資料
- 2) 鹿野和彦・宝田晋治・牧本 博・土谷信之・豊
遙秋(2001)5万分の1地質図幅「温泉津及び江津」及び説明書，地質調査総合センター
- 3) 島根県県央県土整備事務所・(株)コスモ建設コンサルタント(2011)平成23年度県単自然災害防止事業石見銀山地区測量設計業務成果品
- 4) 島根県県央県土整備事務所・(株)コスモ建設コンサルタント(2011)平成23年度県単調査業務石見銀山地区成果品

〈特別講演〉

山陰地域の斜面防災・現状と展望

(株)日本海技術コンサルタンツ 安藤進一

1. 地域住民の防災意識で異なる被害

山陰地域，特に島根県内で発生した斜面災害としては，石西地方を主なる被害地とし，死者・行方不明者 412 名を出した昭和 18 年 9 月 18～20 日の台風による災害(連続雨量 585.7mm，日雨量 289.7mm)をはじめとして，連続雨量 400mm を超える豪雨による災害として，昭和 39 年 7 月 12～19 日の山陰・北陸豪雨災害，昭和 47 年 7 月 9 日～15 日の梅雨前線豪雨災害，昭和 58 年 7 月 20～23 日の梅雨前線豪雨災害，昭和 60 年 6 月 21 日～7 月 14 日の梅雨前線豪雨災害，昭和 63 年 7 月 13～23 日の梅雨前線豪雨災害，平成 9 年 7 月 7～13 日，平成 10 年 8 月 8～10 日の梅雨前線豪雨災害等がある。

災害のたびに行政，大学・研究機関等による調査団が結成され，それぞれに求められた災害発生機構，課題提起，そして復旧・対策工事がなされてきた。復旧・対策工事の完了とともに地域住民の災害に対する意識は，「安全な場所」に切り替えられ，被災当時の危機意識が薄らいでいる。

昭和 40 年 7 月豪雨災害時には出雲市平田町小伊津地区では住民の地すべりに対する意識があり，大規模崩壊の前兆を確認して素早く避難態勢をとったため人的被害が無かった。昭和 58 年 7 月山陰豪雨災害における浜田市穂出町中場地区の山崩れ災害では，地域の被災歴を過信して今まで裏山が崩れたことはなかった。大丈夫だという意識が災いした(死者 15 名)。平成 22 年 7 月松江市恵雲地区がけ崩れでは直径 3m にも及ぶ岩塊が落石防護柵を破壊して民家を直撃した(死者 2 名)。

災害発生斜面には急傾斜面に対して，コンクリート壁に落石防止柵が設置され，災害防止策はとられていた。このことによって住民の心には降雨による裏山の危険を思わせる動機が無くなっていたと思われる。

ハード面による防災が，「雨が降ってもここは大丈夫だ」という意識を芽生えさせて危機意識を弱くしているのが現状と思われる。また，地域の被災歴，言い伝えは大切ではあるが，それを過信して「大丈夫だ」という意識が災いして危機意識を弱くしているのも現実である。

地域とともに一人一人の防災意識が被災の状況を大きく変えた事例と，技術者が地域とともに「自分による自分の命を守る」行動が咄嗟にできる防災態勢

の必要性を技術面から後押しできることが必要と考える。

2 . 昭和 40 年 7 豪雨災害・出雲市平田町小伊津地区地すべり性崩壊

昭和 40 年 7 豪雨災害は、同年 7 月 12 日から 23 日にかけての前線活動によってもたらされた連続雨量 686.0mm，日雨量 250.0mm による災害である。前線活動の終わり頃 7 月 21 日から 22 日の降雨(松江市で 206mm)の後に，出雲市平田町小伊津地区に通ずる新トンネルと旧トンネル間の日本海に面する斜面で地すべり性崩壊が発生した(図-1)。

被害は全壊家屋 9 戸，半壊 3 戸，非住家屋全壊 9 戸，被災者 54 名に及んだが，発生時刻が昼間であったことと，運動の前兆として，22 日の朝，山頂付近に亀裂を確認したが，その動きが急であるにもかかわらず，地区住民が避難態勢をとることができも死傷者は無かった。亀裂確認から発生までの 3~4 時間で地区住民全員への避難情報が伝達され，崩壊に巻き込まれなかったことは，昭和 35 年 2 月 16 日に地すべり防止区域に指定され，地区住民の地すべりに対する意識付けが日常的であり，連絡体制も整っていたことの証と思われる(図-2)。

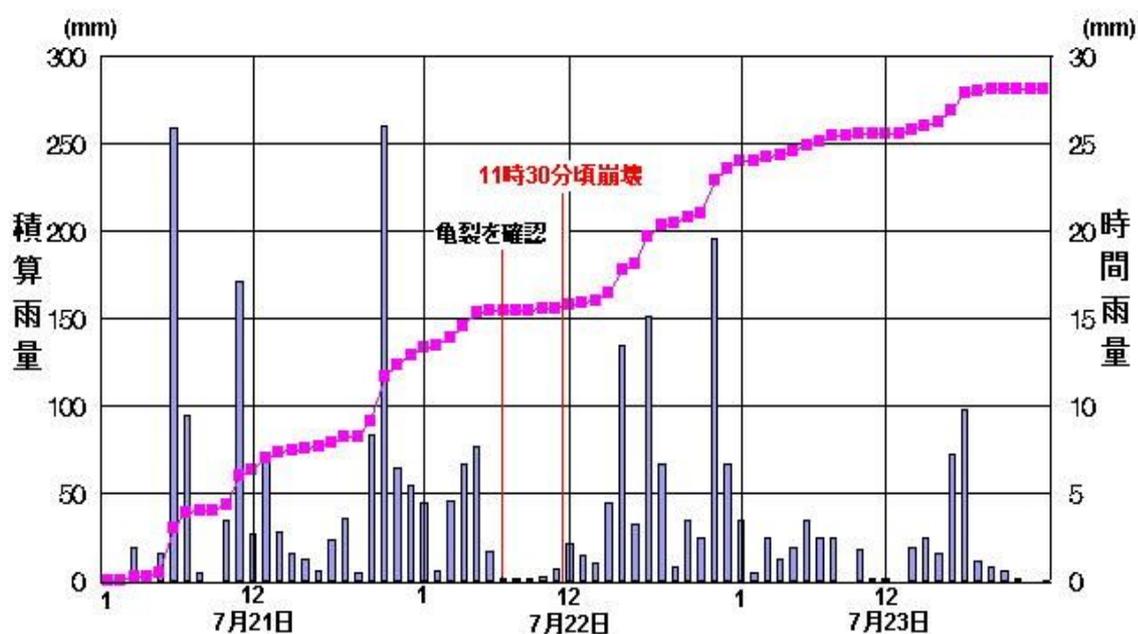


図-1. 昭和 40 年 7 月松江市の降雨状況

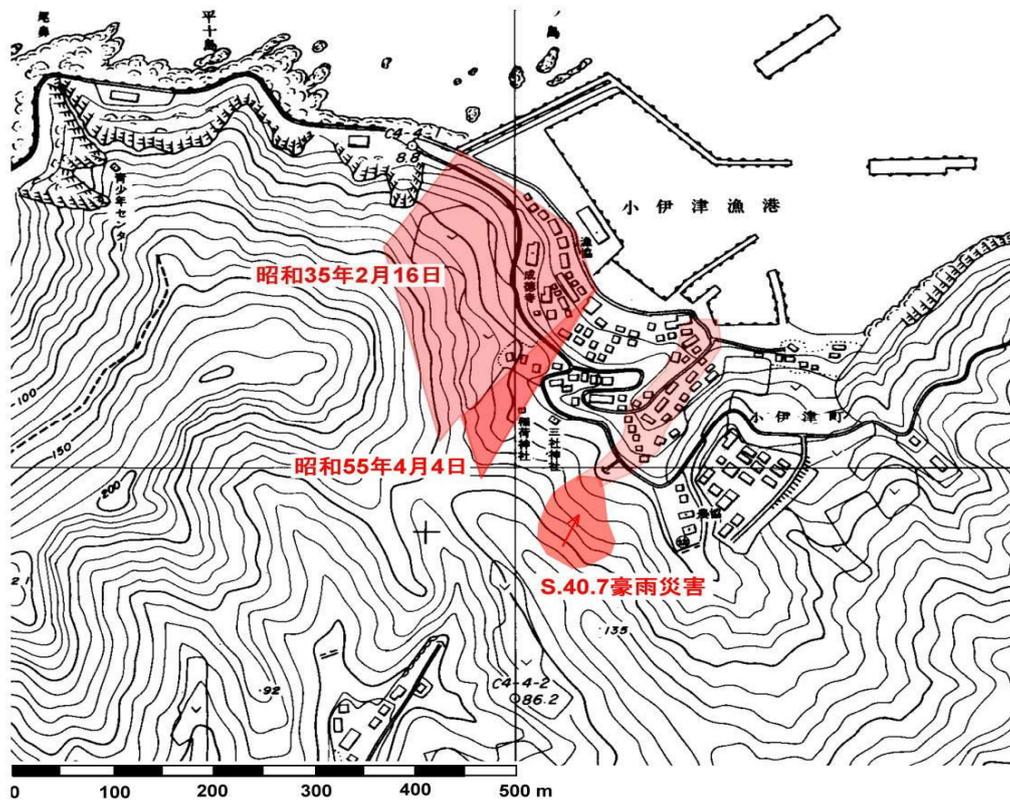


図-2.小伊津地区における災害発生斜面と地すべり防止指定区域

小伊津地区のような急性型地すべりについては、これを防止する工法は、今日まだ知られていないと言わねばならない。急性型地すべりは人命を失う点でも最も危険なものであるが、その被害を最小限にとどめ、人畜の損害を防ぐことは不可能ではない。この型は、降雨の最中に起こったことはほとんど無く、雨が上がってから1両日の間に発生するのが普通であるし、大規模地すべりに発展する前兆が、亀裂その他の現象として現れるから、急性型を予知しうる可能性はきわめて大きい。そこで、こういう知識をもって行動するならば、人命の被害はほとんど完全に防ぎうる。また、急性型地すべりはひとたび起こればその箇所に免疫性ができ、再び同じ現象は起こらないと考えてよい。したがって、ここでは地すべり対策はもはや必要が無く、浮いた土砂礫が降雨の時に流出するのを防止した上で、復旧を中心として対策を立てるのがよい。つまり水害の予防と復旧の工事が中心となり、地すべり対策には重点を置く必要が無いということである（小出，1968）。

2-1.地区の現状

平成23年3月11日の東日本大震災をきっかけに、当地区においても地震、津波に対する危機感を抱き、それに対する地区住民の避難体制を細かくチェックする動きがある。その中で、地震による斜面の安全性、避難路となるべき県道の安全性を確認しておく必要があることに気がつき、これをどのように評価・対策を立てるかについて検討をし始めている。このような動きのある現地の状況を県道沿いに観察した(図-3)。

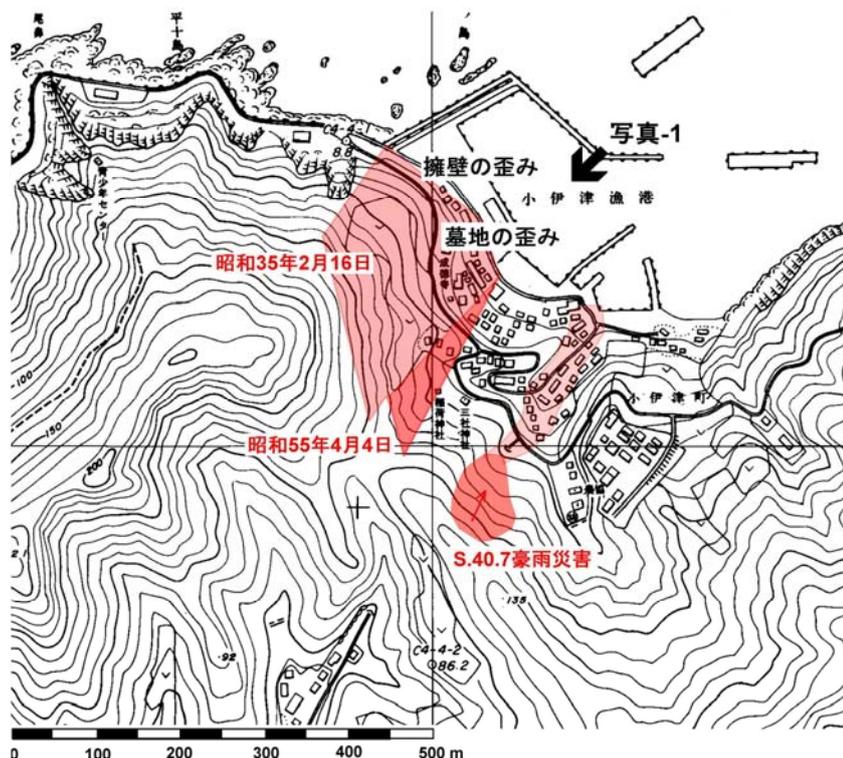


図-3. 小伊津地区における県道付帯構造物・擁壁および墓地の歪み箇所

2-1-1.地すべり防止区域の現状

地すべり対策事業による防止工法は、県道より上で、片法砕工による斜面末端部の押さえ効果と土砂流出防止効果を期待し、横ボーリングによる地下水排除がなされている程度の抑制工を主体としている。効果は十分なものではなく、県道付帯構造物である擁壁には背面からの押し出し力によって開口ずれクラックが発生している(写真-2)。



写真-1 小伊津地区全景



写真-2 擁壁に見られる開口クラック

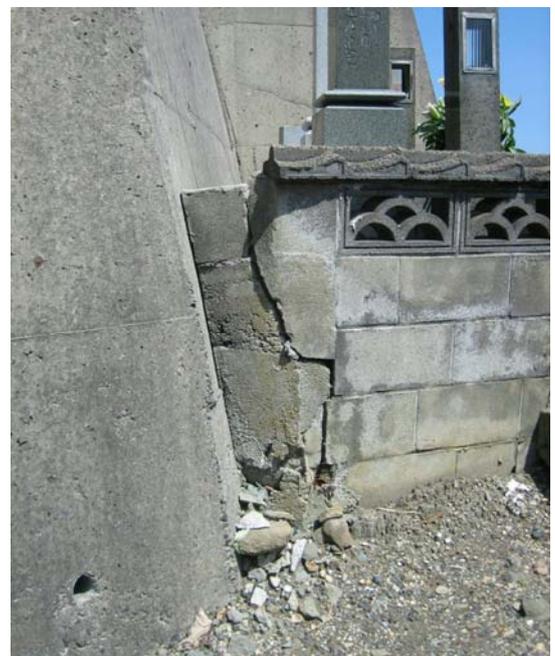


写真-3 墓地の歪み

抑制工だけでは十分な対策になっておらず，地震・津波等による地すべり抵抗力低下が容易に考えられ，比較的避難態勢を整える時間のある降雨に対しては，この県道を避難路として確保できる。しかし，地震時においては，同時に避難路としていた県道を巻き込んだ斜面崩壊の危険性が大きい。さらには，県道の真下にある墓地の現状は，道路基礎擁壁と墓地との境界に明瞭なクラックが存在すると共に，一般的に考えられる地表水の地下浸透が容易な場所で，降雨・地震時ともに災害発生の因子となる(写真-3)。

2-1-2 住民の意識と避難態勢

地すべり対策事業が概成して斜面の安定が確保されて日常生活を安全に暮

らすことができると思ひ込まずに、事業の概成で現れた構造物、あるいは斜面そのものの観察を継続することが大切で、過去の災害が、地すべり防止指定区域外で発生したことも大きく影響していると思われるが、現状を住民全員に災害危険因子として伝えられている。このように、地区内の現状を把握しているから、東日本大震災の被害を我が身に置き換えて、それに対する防災意識が非常に高くなっており、避難経路確保に向けての住民一致した要望をまとめようとしている。

3. 昭和 58 年 7 月山陰豪雨災害・浜田市穂出町中場地区山崩れ

昭和 58 年 7 月 20 日昼過ぎから降り出した雨は、13 時には時間雨量 12.5mm を記録したが、その後小降りになった。21 日の深夜には 10mm 前後の雨となり、ほぼ 1 日中降り続いた。22 日に強い雨が降り出したが朝方には小降りとなった。しかし、9 時から 11 時まで再び強い雨となったが、以後雨はやんだ(図-4)。

13 時頃、地区の裏山、標高 140m の斜面(平均勾配約 40°)が高さ約 60m、幅約 40m の規模で崩壊した。19 戸ある集落のうち 8 戸が直撃を受けて倒壊し、避難していた 19 人が生き埋めとなったが、4 人は直後に救出されているが 15 人の命が奪われた。

この地区は、約 230 年前の天明 3 年(1783 年)7~9 月に、天明大飢饉にして餓死者多数を出し惨状を極めた後に移り住んだと言われ、連帯感の強い地域である。

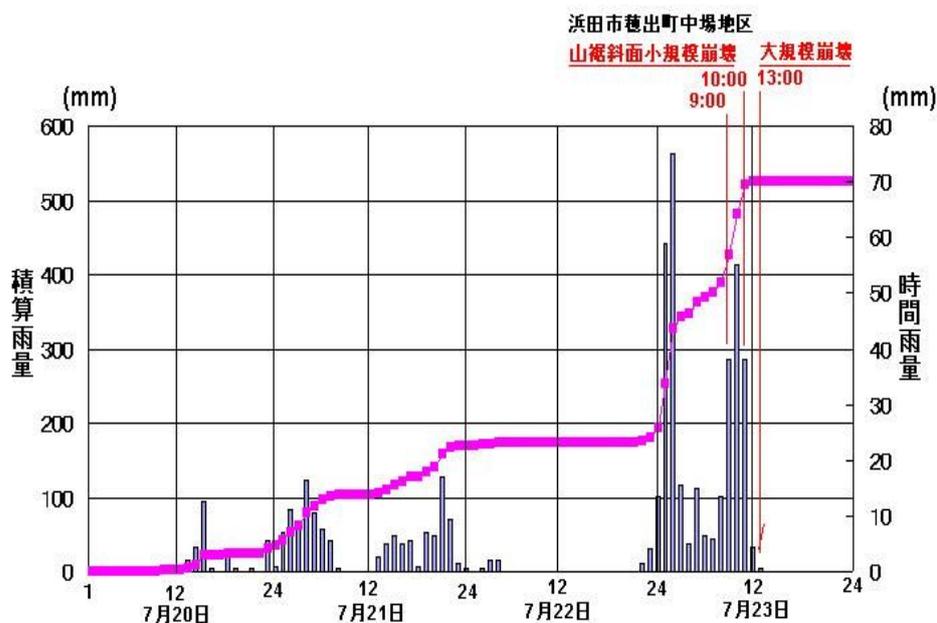


図-4. 浜田市の降雨状況

7月23日午前5時頃、周布川が増水、地区の下流側から氾濫し始めて近くの民家は床下浸水するようになった。この浸水によって住民は近くの児童公民館に避難した。近くの民家は床下浸水するようになった。この浸水によって住民は近くの児童公民館に避難した。8時30分頃に避難していた公民館の裏山が崩れたため、避難していた住民10時頃、さらに上流にある3軒に分散避難した。

この分散避難した家は、昭和18年の水害(昭和18年9月18日~20日の台風災害は洪水による被害が大きかった。主たる被害地は石西地方で、連続雨量585.7mm、日雨量289.7mm)でも大丈夫だったという安心感、思い込みがあったと思われる。斜面崩壊の素因は、NE-SW・NW-SEの走向きを持つ2系統の破碎帯がV字で交差し、地下水が集中し易い地質構造で、崩壊斜面は地質構造・破碎帯に規制された崩壊(図-6,7)。



写真-4 浜田市穂出町中場地区・斜面崩壊
山陰中央新報社による

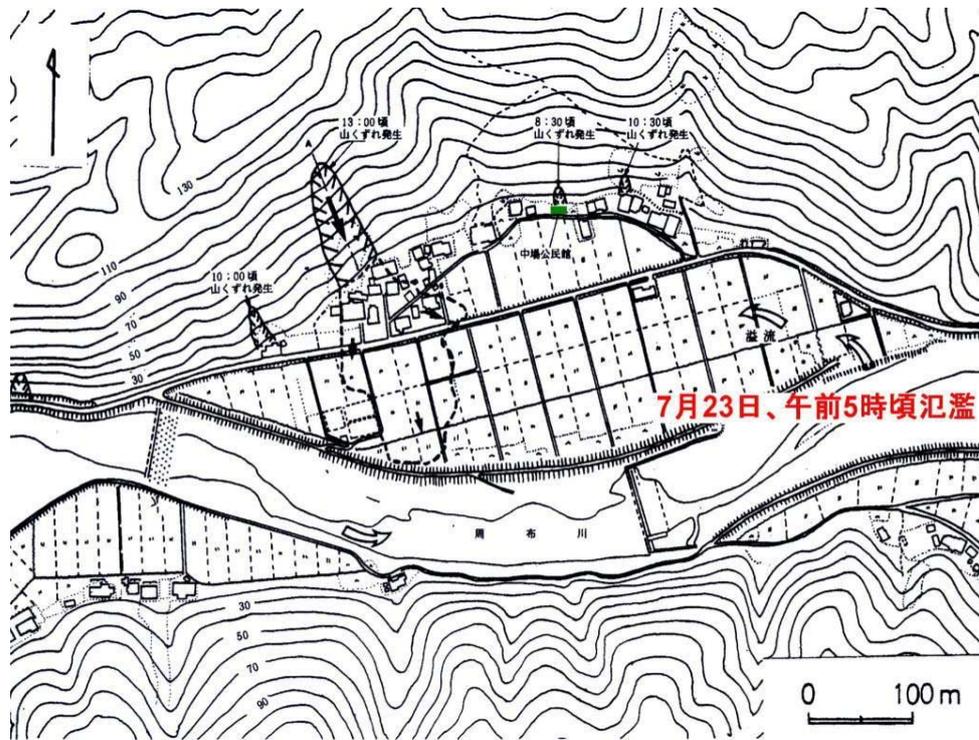


図-5 浜田市穂出町中場地区山崩れ現場位置図(浜田市資料による)

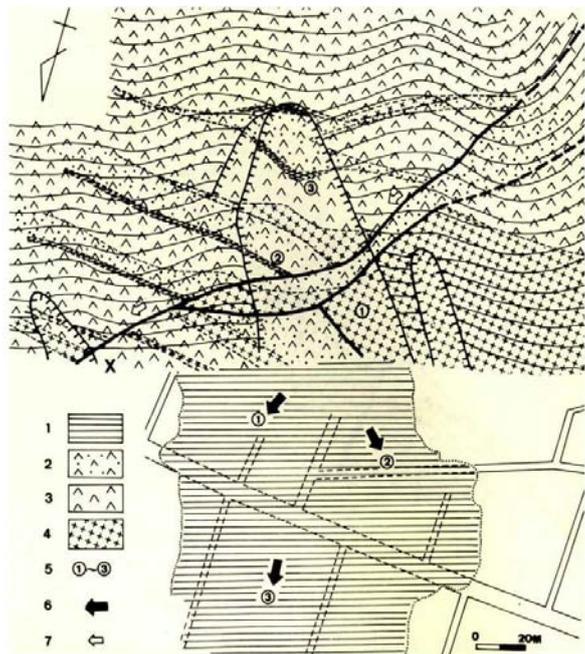


図-6 浜田市中場の大規模崩壊の平面図.

1: 崩積土 2: 鉍化作用を受けた流紋岩 3: 流紋岩 4: 花崗閃緑岩
5: 崩壊した順序 6: 各崩壊時における崩落物の移動方向 7: 推定される地下水の流れの方向

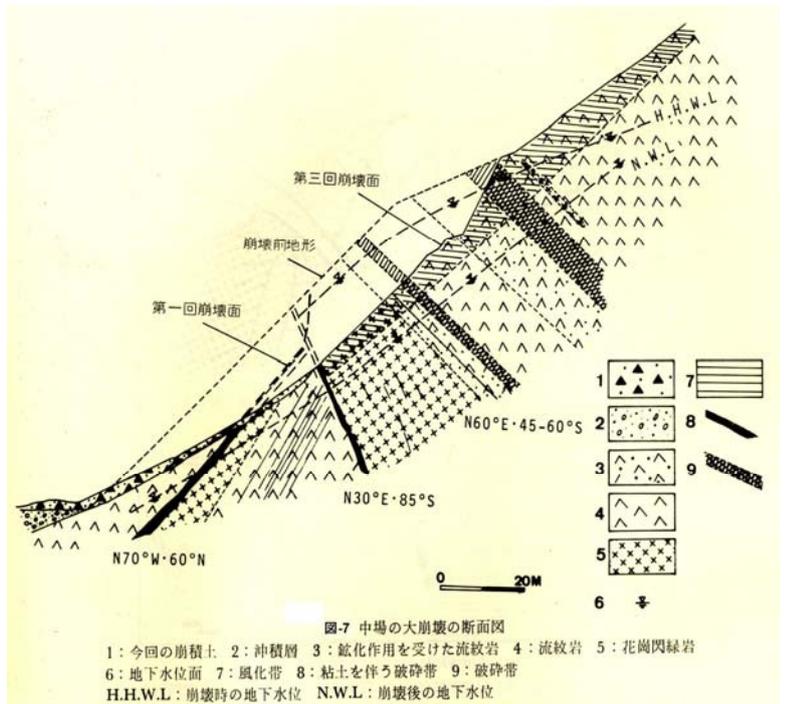


図-7 中場の大崩壊の断面図

1: 今回の崩積土 2: 沖積層 3: 鉍化作用を受けた流紋岩 4: 流紋岩 5: 花崗閃緑岩
6: 地下水位面 7: 風化帯 8: 粘土を伴う破砕帯 9: 破砕帯
H.H.W.L.: 崩壊時の地下水位 N.W.L.: 崩壊後の地下水位

図-6. 崩壊斜面の断面図

図-7. 崩壊斜面の断面図

浜田市の全死者数 22 人，同時に 13 名の死者を出したこの地区は，崩壊規模が他に比べて大きいだけでなく，防災上の警報，ないしは警告の継続期間についてひとつの教訓をなしていると思われる（柴田他，1984）。

3-1 地区の現状

3-1-1. 斜面の現状

崩壊斜面は，植生の復活が活発で，復旧斜面内での新しい崩壊はないが，竹の繁茂が顕著で，崩壊直後の斜面状況に戻りつつある。特に竹の繁茂方向は，崩壊時に求められた地質構造 $N30^{\circ} E \cdot 30^{\circ} S$ ， $N60^{\circ} S \cdot 45 \sim 60^{\circ} S$ の破砕帯伸び方向とほぼ一致している。一般的に言われている竹の植生と地下水流動に相関があるとすれば，今なお地下水流動はそれなりにあると考えられる。平成 24 年 7 の梅雨明けから降雨量が著しく少ない現状においても横ボーリング孔からの排水が確認されている。この排水状況を簡易的に排水量，排水色を記録・観察することで斜面の安全性を判断し，避難の目安にすることも一方法である。斜面頭部は流紋岩の風化帯で，その層相は礫混じり土から礫質土状である。この不安定部分を崩壊面に沿って排土し，不安定土砂を排除とした斜面勾配は 1:1.3 (傾斜角約 38°) である。植生で表面浸食を防止している。(写真-6)この植生部分も樹木が復活(写真-5)している。崩壊部分の斜面にとって不安定土砂と評価される部分は，それより標高の高い斜面にとっては，斜面先端部分の抵抗土塊としての役割を果たしていたと考えられ，排土による強度低下，風化の進行，降雨条件の悪化等の環境変化による斜面の不安定化が考えられ，中場地区の不安定因子である。これについての説明を技術者として積極的に地域に入って防災意識を高めることが大切である。



写真-5. 浜田市穂出町中場地区の全景



写真-6 対策後の全景

3-2. 住民意識と避難態勢

崩壊土砂堆積部分は、建設資材置き場・加工場として活用され、住宅の建設はない。また、住民の高齢化とともに被災記憶の風化が進んでおり、防災態勢の再確認がほとんどなされていない。とりあえず、地すべり防止工事がなされ、斜面の安全性は確保されている地区の公民館を避難場所と考えられているが、水害、土砂災害どちらにも対応できる避難場所は確定されていない。災害復旧工事、防災対策工事が概成している現状を、安心・安全な場としての意識に浸っているのが現状である。

4 . 平成 22 年 7 月松江市恵曇地区がけ崩れ(落石)災害

連続雨量 100mm(7月13日7時~7月15日18時)、時間雨量 25mm/h(7月14日18~19時)の降雨状況で土砂災害警戒情報の基準には達していなかったため警戒情報は発表されていなかった。松江市付近においても15日の夕方には雨が止んでいた。大雨注意報を継続し土砂災害への注意を促していた。風もない静穏な7月16日未明、(2:00頃)崩壊が発生、直径約3Mの岩塊が崩落して住宅を押しつぶし2名の死者を出した。恵曇地区がけ崩れ災害は、急傾斜対策として高さ8mの擁壁工が施工されていたが、直径3mもの岩塊の落石には対応していなかった。(写真-7)

7月15日6:00頃から20時間たって崩壊が発生している(図-8)。崩壊発生場所から被災地までの距離は直近で、土砂の移動時間を必要としないにもかか



写真-7 松江市恵曇地区の落石・崩壊斜面

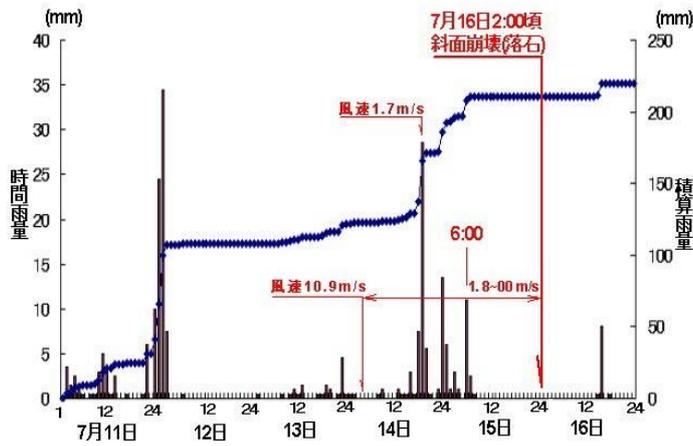


図-8 平成 22 年 7 月 11 日 ~ 16 日における恵曇地区の降雨状況

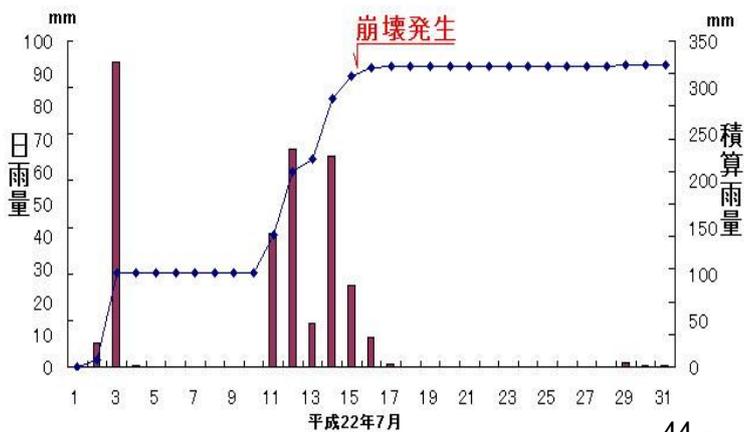


図-9 平成 22 年 7 月の恵曇地区における日雨量

わらず降雨ピークから崩壊発生までの時間が非常に長く，発生時には風もなく静穏な状態であったこと等から，崩壊発生形態は異常なパターンであると考えられる。「島根県松江市恵曇地区がけ崩れ(落石)災害現地調査報告書」(小山内・桂，2010)によれば，「岩塊層に保持された水が脚部から湧出し，粘土質に近い表層脚部が浸食あるいは小崩落したために，脚部固定していた層がなくなり，もともと受け盤状態であった凝灰岩のブロックが浮き上がった状態となって崩落したと考えられる。」とまとめられている。

崩壊発生機構の鍵となっている水，脚部の湧水が土粒子を移動させ，浸食・小規模崩壊させる流速，流水圧がなぜ生じたか。大雨注意報程度の降雨で，しかも降雨ピークから20時間経過していた。降雨につながる地下水運動と地質構造の解明が必要だと考える。崩壊発生の素因の細かい観察・記録が大切である。

4-1. 既存資料(地質・地質構造)

崩壊斜面を構成する地質は流紋岩質火砕岩の分布域である。走向・傾斜は， $N45^{\circ}W \cdot 40^{\circ}N$ の傾向にあり，層理面からすれば，崩壊斜面は受け盤構造になっている。

流紋岩質火砕岩体に発達していると思われる節理面は崩壊面と平面的範囲とそれを規制する北東-南西方に延びる崩壊の側面が考えられる。崩壊箇所付近にほぼ東西方向に伸びる断層があると記される地質図もある(図-11)。



図-10 5万分の の地質図幅「恵曇」(鹿野他，1984)

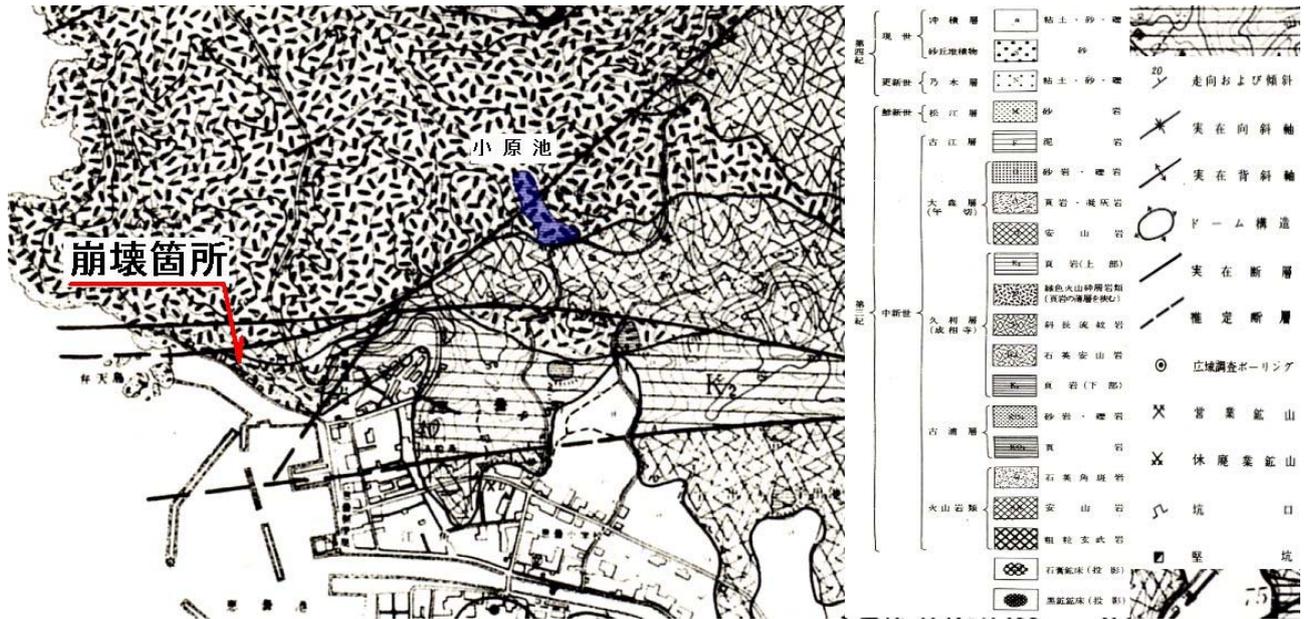


図-11 広域調査「北島根地域」(その1)地質図 B-7-14(金属事業団, 19??)

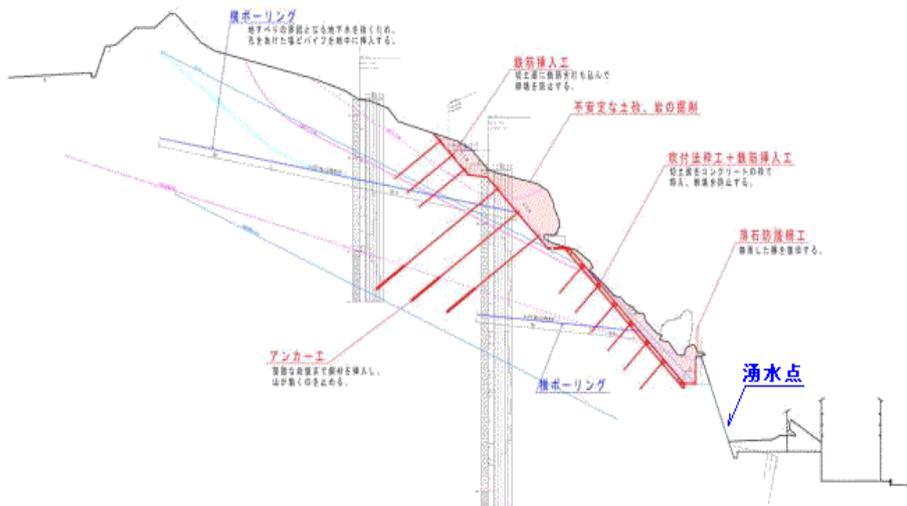


図-12 恵曇地区の対策工断面図(松浦, 2011)

断層は、崩壊斜面から東北東へ直線で約 700m の所にある小原池のほぼ中央を東北に延びている。崩壊斜面の岩層は東西方向で乱されていた可能性もあり、滑落だけではなくトップリング崩壊の可能性も考えられる。対策工断面図には地質情報がなく、崩壊の素因と考えられる地質・地質構造を地質図と対比・確認することができない(図-12)。

大雨警報ではなく注意報程度の降雨状況と降雨ピークと崩壊発生時刻のズレ、

風速は、7月14日、4:00時に風速10m/sの風速が記録された以外は崩壊発生まで1.8~0.0m/sの風で、崩壊発生時刻とされる2:00頃には静穏であった。

このような特異性のある斜面崩壊であれば特に崩壊の素因・誘因を事細かく発生前の状況把握から気象、地形、地質・地質構造等考えられる事項の列挙と相関性についてまとめる必要がある。

4-2 地区の現状

大きな岩塊によって破壊されたのは擁壁頭部(半円状白色部分)けであり、擁壁は安定した状態である。倒壊家屋は整理され、楽しい家族の場が一瞬にして壊された空き地は、対策工事がなされていた斜面だけにより強く空しさを感じる(写真-8)。

崩壊せずに残っている擁壁には、崩壊斜面直下、敷地より約2m付近の水抜き孔に地下水流動痕がはっきりとしている。(写真-9) 流動痕の高さからすると、地下水流動層は敷地より高い位置で、降雨時に湧水があったと思われる。この湧水点を観察することによって、湧水状況、量、色等の変化に気づき、避難する意識付けができたかもしれない。

被災地上方で人為的に平坦面が造成されて地表水の地下浸透が容易になった部分もあるが、道路が建設されて地表水排除が速やかなった部分もある。地表水の流下環境に大きな変化を生じているが、浸透水の集中は流紋岩質火砕岩層の走向・傾斜傾向と地形から、崩壊斜面への地表水・地下水の集中は集水域に連続する構造的流路の存在を導入することが自然のように思う。(写真-9) 構造的流路としては東西方向の節理面、あるいは断層面(図-11)が考えられる(写真-10)。

被災斜面に接する右側斜面においては、既設擁壁より上方に対して直径3m以上もの岩塊を固定する対策を併用した擁壁工が完了している(写真-11)。



写真-8 復旧工事後の斜面



写真-9 擁壁に残る地下水流動痕



写真-10 被災地の縁景



写真-11. 直径 3m 以上の岩塊根固め工



写真-12. 墓地



写真-13 土水路

4-3. 住民意識と避難態勢

落石，がけ崩れに対応した工事が概成したことによる住民の安堵感はこの地域においても同じように，「これで安心だ」という潜在意識となっている。しかし，埋葬形式が土葬であった時代からの墓地が防護施設の直上にある。その斜面脚部は土水路で，集水面積は小さいが地表水が一番集中するところである(写真-12,-13)。

この土水路の側方浸食による小規模崩壊から拡大して墓地斜面の崩壊にもつながりかねない。墓地のある斜面は局所的であるが崩壊物は石塔を含むものとなり破壊力は大きい。

このように対策後の斜面状況を把握して，地区住民に危険因子の存在を知ってもらい，避難態勢を整えておく必要がある。この場所においても，住民の一人一人が，身の回りの流水状況，勢い，量，色等を確認しながら変化がある時は避難する。この態勢を意識付けする必要がある。

5 . 展 望

斜面防災に対して，技術者は災害発生の素因は何か，素因の中でどの因子が誘因に成長するのか。成長を可能にする条件となるもの，そして災害を引き起こす過程がどのようなものであるかを再現できる可能性のある痕をもれなく記録，測定しておく必要がある。そのためには，多くの災害現場の情報を収集し，その情報を当面する災害現場にフィードバックして解析の手がかりにすることが大切である。

調査報告書の現状は，

異常な降雨が有りました。

地下水位の上昇が有りました。

間隙水圧が増加しました。

斜面の崩壊に至りました。

決まり文句を並べるように崩壊メカニズムをまとめているように思われる。恵曇地区の斜面崩壊について私見を述べた大きな理由は，降雨状況と降雨ピークと発生時刻との大きな時間的空間，発生場所の地形，地質・地質構造から特異な崩壊形態と考えるからである。構造的に連絡性があるならば，崩壊斜面での湧水と小原池の水が連続し，ダルシーの法則もあり得るのではないか。



写真-14. 崩壊斜面・擁壁背面の排水



写真-15. 小原池

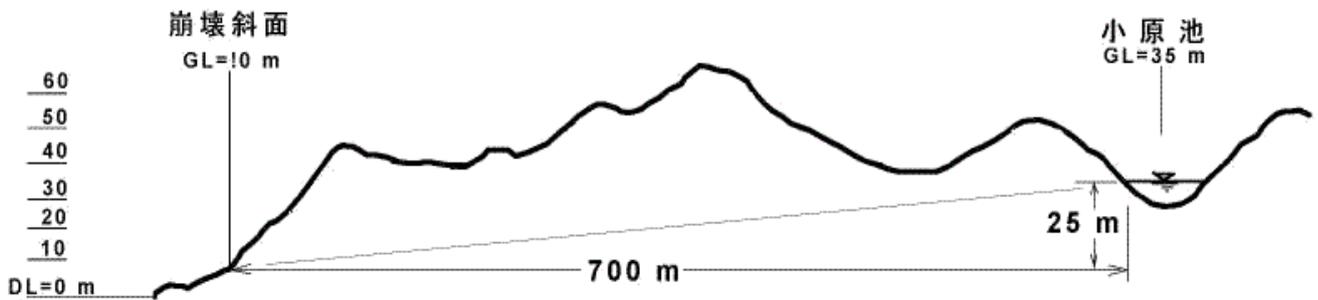


図-13. 崩壊斜面と小原池の距離・標高

崩壊斜面・擁壁背面から毎分 500cc の排水量が確認されることと擁壁には地下水流出の痕跡もあるように、元々ここは地下水の露頭箇所であったが擁壁によって隠されたと考えることもできる。

動水勾配：

$$\begin{aligned} i &= 25/700 \\ &= 3.6 \times 10^{-2} \end{aligned}$$

透水係数：湧水点の痕跡から地下水の流れを有する流路の数値を仮定した。

$$k = 1 \times 10^{-5} \text{ m/min.}$$

地下水流速：

$$\begin{aligned} v &= k \cdot i \\ &= 1 \times 10^{-5} \times 3.6 \times 10^{-2} \\ &= 3.6 \times 10^{-7} \text{ m/min} \end{aligned}$$

影響の到達日数：

$$n = (700/3.8 \times 10^{-2}) / (24 \times 60) = 12.8 \quad \text{約 13 日後}$$

単純な考えではあるが、小原池から崩壊斜面に到達するまで2週間前後の時間的遅れがある可能性もあり、先行降雨量の基準設定についても水文地質的な地質構造に視点を置く必要がある。今後、このような得異なる素因を有する現場に遭遇した場合、情報の獲得がなければ一般的な安定度評価で扱われてしまう。地域性のある斜面状況の情報を斜面防災に携わる技術者が共有して対応することが大切であり、義務だと思う。さらに、対策工事は100パーセントの安心を提供するものではない。不安定因子は残る。不安定因子から避難する手がかりも検討し、避難の手がかりと共にその存在を周知徹底していくことも技術者の役目と考える。

小伊津地区、中場地区、恵曇地区の被害に大きな違いがある。

小伊津地区・・・防災意識の共有。

住民が斜面に対する不安を常に意識して、地すべり防止区域に指定され昭和35年2月16日後も防災への意識が継続され、雨上がりいち早く畑の続く斜面の変状を確認した。それによって地域全体に避難態勢がとられたために人的被害は発生しなかった。

中場地区・・・言い伝えが災いした。

周布川の氾濫から床下浸水という水害を当面の災害と捉えて、「大雨の時は、山裾の高手に避難するのが一番」という言い伝えを守って、避難していた公民館の裏山が崩れたため、より上流側の民家3軒に分散して避難した。しかし、裏山の大規模崩壊に巻き込まれ15名が犠牲となった。崩れた裏山は、急傾斜であるが過去に崩れたことがなく急傾斜地崩壊危険区域にも指定されていなかった。「斜面災害に対する避難、洪水に対する避難」がひとつの言い伝えと思い込み「避難する場所は山手の民家」と言うことになったと思われる。地域にある言い伝えも時によっては仇となった事例である。

恵曇地区・・・対策工事から来る安心感

他の2地区と異なり、大雨注意報程度の降雨状況で7月15日9:00頃より雨は上がっていた。発生時刻も夜中の2:00時頃であった。しかし、その裏を考えると、急傾斜対策工事がなされたことによる安心感が防災への意識を無くさせたと思う。

崩壊形態・被災形態が地域ごとに異なる災害の地域性の中で、斜面防災をどのようにして地域住民、一人一人に根ざすものとするかが大切だと考える。そこ

にまで導く役割も技術者にあるとして考えていかなければならないと思います。対策工事は、変状範囲の仮定に対する対策であって、その変状範囲も変状させる因子も仮定、あるいは現地調査の評価によるものでも推定域を含んでいる。このようにしていくと確定された範囲は無くなってしまう。また、斜面を形成する土相・岩相についても災害発生前と後では違って来る。また工事に伴う変化も考えられる。このことは地下水流路の変化と斜面に作用する形態も違って来る。対策工事後も必ず不安定因子が残る。これを防災技術者が把握して対策工事と不安定因子の存在と不安定化する目安、湧水量・色等観察対象箇所を示して、住民に周知すること、避難の動機付けをすることが第1だ`と思われる。避難勧告がでてもなかなか避難しない人が多いということに対して「自分の身は自分で守ること」のために情報として不安定因子の存在を周知していくことが大切なことだと考える。避難の動機付けと同時に、避難場所・避難経路を確保する必要がある。

たとえば、小伊津地区には1本の県道が集落の上であり、県道より上の斜面が地すべり、下が墓地の崩壊の危険性がある。昭和40年7月豪雨では、異常の発見から避難までの時間的余裕と昼間の避難が人災を免がれる環境であったと考えられ、避難路が障害となった記録はない。しかし、地震・津波災害に対していち早く地区外に避難しようとするためには、県道の安全を確保しなければならない。しかし、県道自体に地すべりによる崩壊の不安定因子が存在しており避難路として確保が保証されない。地震・津波災害への対応を、津波が来る前に避難を完了させれば人命の確保はできる。小伊津地区から三津地区に連絡する県道の海岸部分は、季節によっては波をかぶるほどで常に通行を確保することが困難である(図-14)。

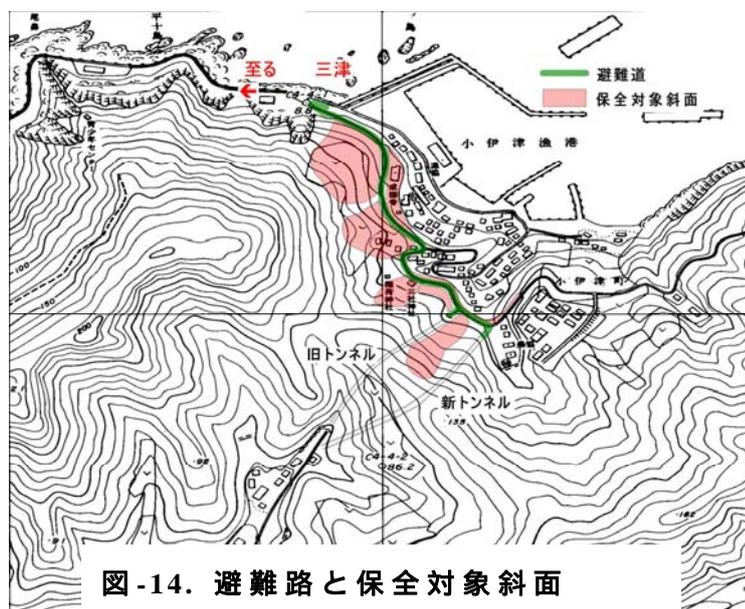


図-14. 避難路と保全対象斜面

したがって、地区内の県道を確保する必要がある。津波到達までの安全確保、地震に耐え得るように県道保全を考える。

そして、効率的避難路として旧トンネルを活用するが、これについても地震災害に対応する安全性の確保が必要。このことは、人的被害を被害の最大とするならば、人的災害に至らない最大限の効率的対策をとることが重要である。つまり、災害原因の内、防止し得る原因に対応する対策をとることで、最小限の被害に押さえることができる計画が必要である。

ハード面での対策には限界があり、防災の究極は、「住民一人一人に自分の命は自分で守る」、「避難という行動を起こさせる」動機付けに必要な情報を地域の事象を用いて広報し、防災意識につなげることである。調査研究の成果も、地域の防災意識に取り入れられて、実践されて初めて活かされるもので、専門家への情報発信だけでは無く、地域に溶け込んで活動、共有する態勢の整備が必要である。そのためには産官学に地域を取り込んだ共同体で進めることが重要である。

参考文献

- 小出 博，1968；島根県の山地災害調査報告書，防災科学技術総合研究報告，第14号，26.
- 榎原茂次・森脇 寛・米谷恒春，1984，1983年7月梅雨前線による島根豪雨災害現地調査報告科学技術庁，国立防災科学技術センター，42-46
- 山内靖喜・三梨 昂・安藤進一，1986；昭和58年(1983年)7月山陰豪雨による斜面崩壊の地質学的問題，地質学論集，第28号，211~220.
- 島根県砂防課，2010，松江市鹿島町恵曇で発生した土砂災害について
- 鹿野和彦・中野 俊，1984；5万分の地質図幅「恵曇」および同説明書，産総研・金属鉱物探鉱促進事業団，広域調査「北島根(その1)」地質図(B-7-41)，昭和2年3月
- 小山内信智・桂 真也，2010年7月23日，国総研砂防研究室；島根県松江市恵曇地区がけ崩れ(落石)災害現地調査報告
- 松浦正敬(松江市長)，平成22年7月の巨石崩落災害について，砂防と治水203号
- 菊井稔宏・池谷 浩・宮瀬将之・垣本 毅，；土砂災害警戒情報の解除タイミングに関する一考察，(財)砂防・地すべり技術センター
- 柴田 徹，清水正喜，八嶋 厚，三村 衛，1984；浜田市の土砂災害の実態と中場崩壊地の土質特性，昭和58年7月山陰豪雨災害の調査研究報告書，88

表 3

(公社)日本地すべり学会関西支部協賛会員名簿

平成24年10月10日現在 27社

(五十音・口数順)

(会社名)	(電話番号)	(口数)
有限会社 太田ジオリサーチ	078-907-3120	3
中央復建コンサルタンツ株式会社 情報マネジメント室	06-6160-1121	3
日本工営株式会社 大阪支店	06-7177-9500	3
アジア航測株式会社 西日本コンサルタント部	06-4801-2250	2
株式会社 荒谷建設コンサルタント 総合技術部	082-292-5481	2
株式会社 宇部建設コンサルタント	0836-72-0392	2
株式会社 エイト日本技術開発	086-252-8917	2
応用地質株式会社 四国支社	089-925-9516	2
河井建設工業株式会社	0868-26-3787	2
川崎地質株式会社 西日本支社	06-6768-1166	2
株式会社 クボタ	06-6648-2322	2
国土防災技術株式会社 大阪支店	06-6136-9911	2
国土防災技術株式会社 高知営業所	088-882-7110	2
株式会社 コスモ建設コンサルタント	0853-72-1171	2
株式会社 四国トライ	088-883-5908	2
株式会社 四国ボーリング工業	0883-52-1621	2
島建コンサルタント株式会社	0853-53-3251	2
株式会社 相愛	088-846-6700	2
株式会社 ダイヤコンサルタント 関西支社	06-6339-9141	2
株式会社 地圏総合コンサルタント 四国支店	0897-33-3123	2
中央開発株式会社 関西支社	06-6386-3691	2
株式会社 東建ジオテック	089-945-3328	2
株式会社 ナイバ	0878-62-5121	2
日本工営株式会社 四国支店	087-811-2660	2
三菱マテリアルテクノ株式会社 大阪支店	06-6358-3017	2
明治コンサルタント株式会社 大阪支店	072-751-1659	2
株式会社 四電技術コンサルタント	087-845-8881	2

山陰地域の斜面防災

(公)日本地すべり学会関西支部

平成二十四年十月