

地すべり学会中部支部 10 周年記念シンポジウム

「これからの地すべり対策に向けて」

地すべり技術の継承と将来への決意

(社)日本地すべり学会中部支部

【開催日時】

平成20年10月22日(水)

【開催場所】

長野メトロポリタンホテル

【パネリスト】

- 川上 浩 信州大学名誉教授
- 近藤 浩一 (財)砂防地すべり技術センター専務理事
- 内藤 哲 NPO 法人 長野県地すべり防止工事士会
- 佐藤 知章 長野県 土尻川砂防事務所 所長
- 大場 勝一郎 日本工営株式会社 長野事務所 課長

【コーディネーター】

- 飯沼 達夫 (社)日本地すべり学会中部支部企画部

【パネルディスカッション内容】

- ・長野県における地すべり対策の特徴
- ・地下水：地盤中の水の調査の基本
- ・地下水：水質を利用した事例
- ・すべり面
- ・避難、情報伝達
- ・地すべり防止「応急工事、地下水の集水効果」
- ・技術継承「技術の継承・風化させない技術」
- ・まとめ「将来への期待・決意」

地すべり学会中部支部10周年記念シンポジウム

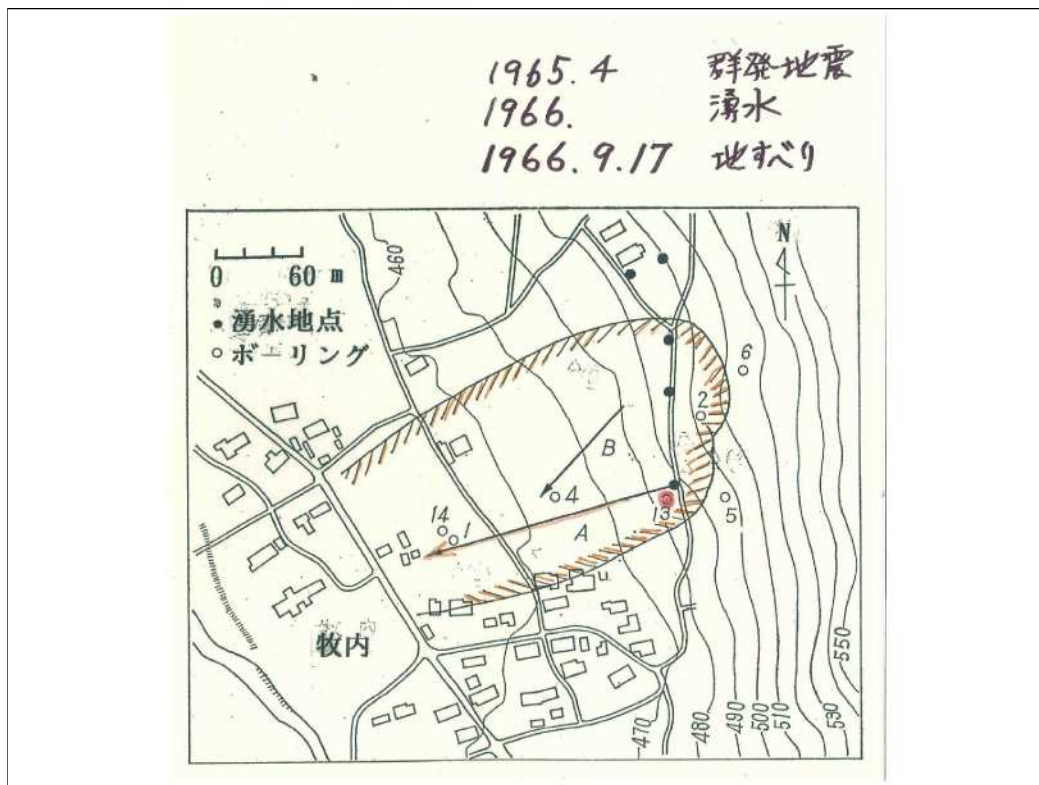
「これからの地すべり対策に向けて」
地すべり技術の継承と将来への決意

(社)日本地すべり学会中部支部

1. 調 査

- ・地下水 地盤中の水の調査の基本
水質を利用した事例

- ・すべり面

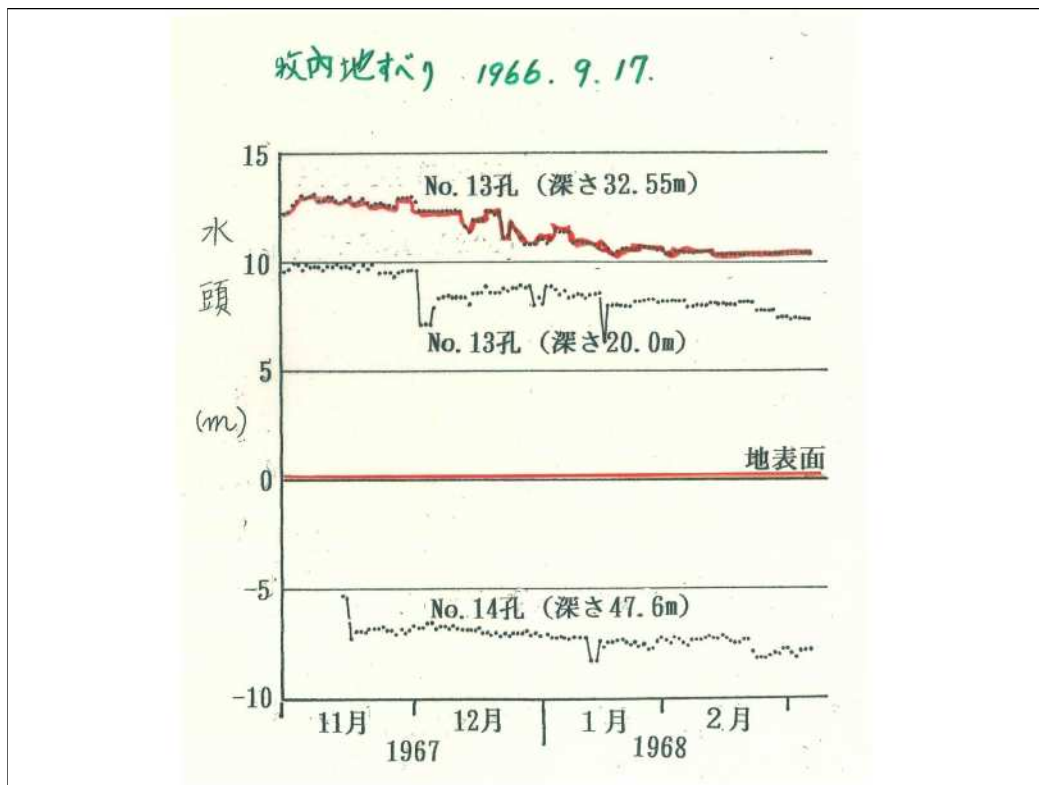


川上先生:地下水1

1. 地すべり地の地下水

図-1 牧内地すべり平面図

1965年8月から始まった松代群発地震に際しては、地震に伴う地殻変動により66年5月より各地で湧水が発生した。牧内においても9月初めから湧水し、9月17日湧水地点を跨ぐ形で地すべりを発生させた。平面図を示すように、幅150m、長さ250mの地すべりである。湧水地点は標高490～500mの等高線沿いに分布しており、地すべりはこれより少し上部に滑落崖を形成している。地元の見撃者の話によれば、地すべりは図中のA、Bの矢印の方向・順序で発生している。A線に沿う断面図では、滑落崖直下で閃緑岩基盤が急崖をなしており、地すべり土塊は古い崩積土である。地すべり後には、滑落崖直下の地表に池が形成されており、閃緑岩基盤に沿って上昇した地下深部の地下水の作用により、地すべりが発生している。



川上先生:地下水2

図-2 牧内地すべり地の地下水水頭

地すべり後1年余を経た1967年11月より翌年2月まで、長水地方事務所が計測した滑落崖直下のNo.13ボーリング孔の孔内水位は、図示のとおり、地表面より13m高い水頭を示している。ボーリング孔から立ち上げたパイプを滑落崖の上まで延ばして、地表より高い水頭を計測している。このNo.13のボーリング孔は、閃緑岩基盤に達しており、深い孔でより高い水頭を計測している。地すべり発生後1年余を経て湧水量が激減した時点においても、高い地下水水頭が存在していた事実から、地下水の働きが推定できる。

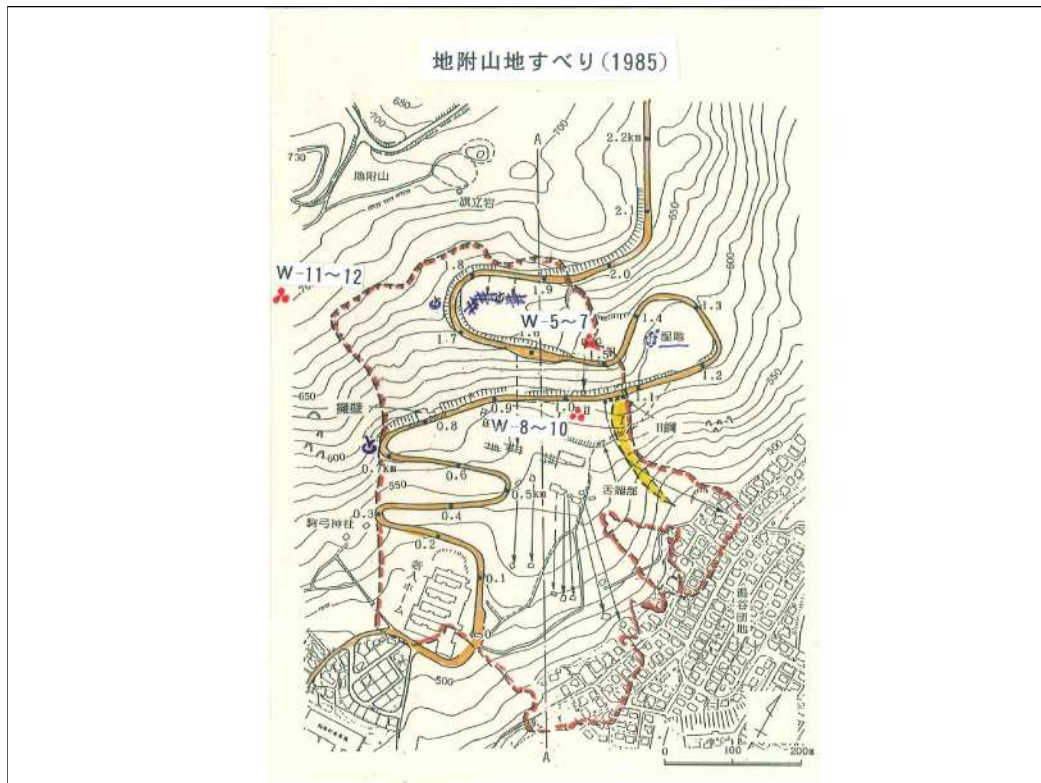
滑落崖の下に地下水ありといわれるが、これは著者の経験にも合致している。



川上先生:地下水3

図-3 地附山地すべり鳥観図

1985年7月26日午後5時ごろ大崩落を起こした長野市地附山地すべりは、長さ250m、幅350m、深さ40～60mの大規模なもので、その崩壊土量は350万 m^3 に達している。その崩土は、山麓の住宅地及び老人ホームを直撃し、死者26名、全壊家屋50戸の被害を生じている。



川上先生:地下水4

図-4 地附山地すべり平面図

この地すべりでは, 大崩落の前から, ヘアピンカーブ内外の3ヶ所で多量の湧水がみられ, 湿地が作られていた. この湧水の直上に滑落崖を作って崩落している.



川上先生:地下水5

図-5 地すべりによる道路の段差

有料道路入り口から 1.5km地点の道路の段差. 大崩落の2日前の状況.



川上先生:地下水6

図-6 0.8km地点の擁壁

大崩落の2日前, 擁壁が押され道路路面は押し上げられている.

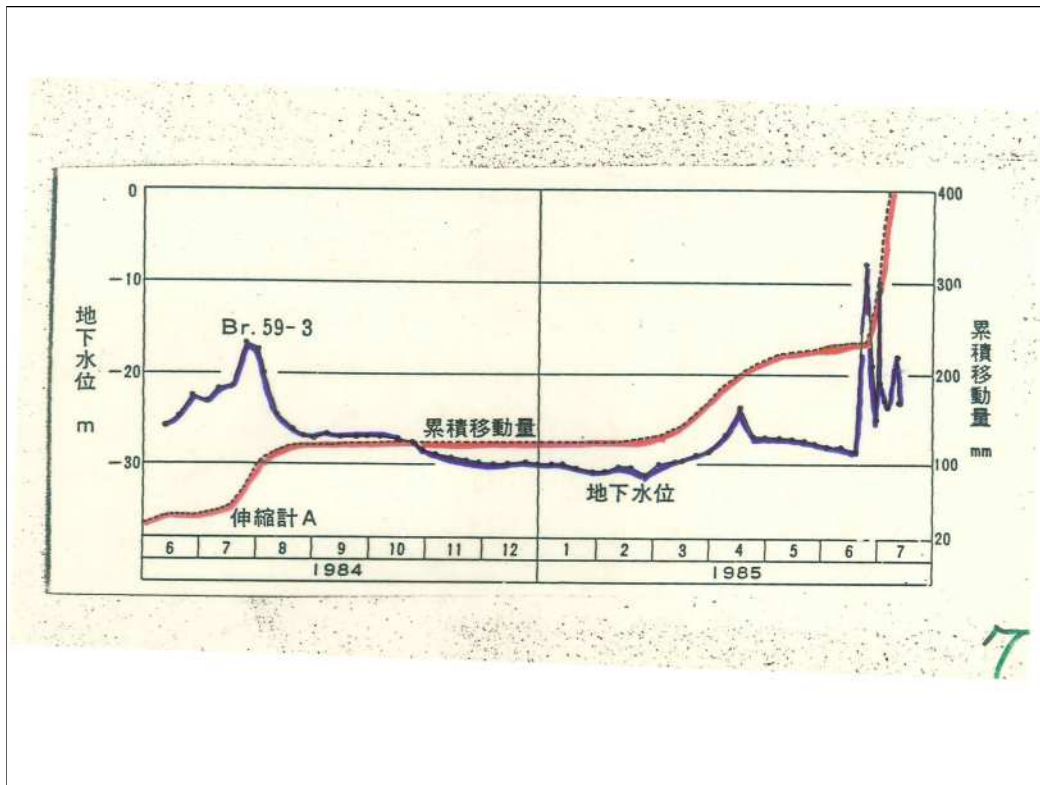


25：1 km付近，大崩落時の状況 その1（上村靖雄氏撮影）

川上先生：地下水7

図ー7 1.0km付近の道路

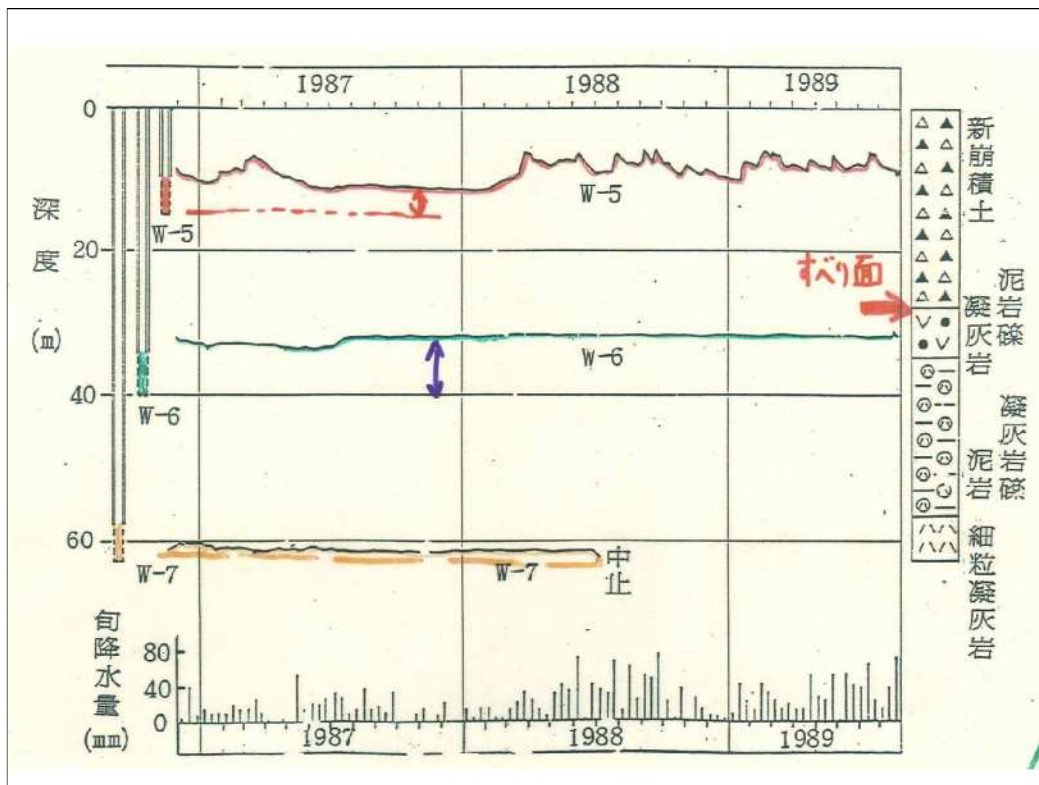
大崩落に巻き込まれた上村靖雄氏は覚悟をきめて，付近の写真を撮ったという。



川上先生:地下水8

図-8 大崩落前の移動と全長多孔管内の孔内水位

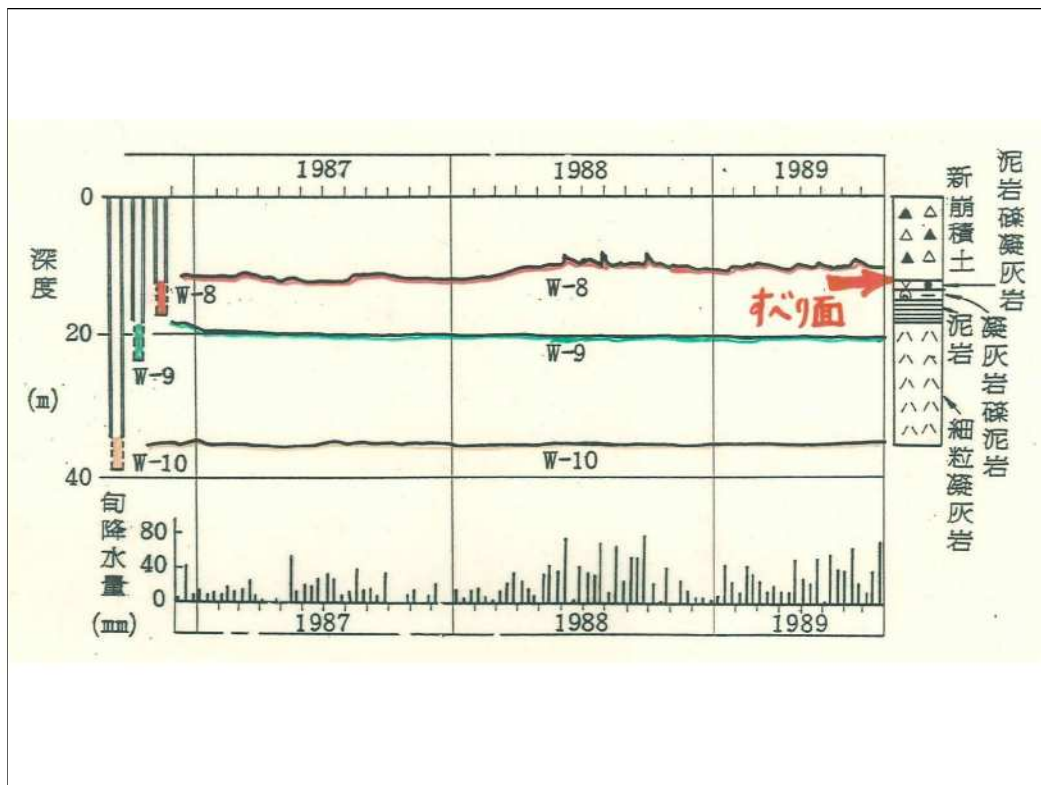
この地すべりの動きは、1981年から始まっているが、特に、1984年の梅雨期、及び1985年の融雪期に活発化し、地下水位も上昇している。



川上先生:地下水9

図-9 地附山地すべり大崩落後の深度別水頭(W-5~7)

大崩落後には、地表への湧水は消失したが、地すべり地内で深度別水頭を計測した。ボーリング孔の先端5mのみを多孔管とし、その上部は無孔管として周囲は粘土でシールした。1か所に1mはなして、深さの異なる3本の孔を削孔し、その水頭を計測した。一番浅いW-5は、降雨にも反応し、浅層地下水の挙動を計測している。W-6は孔底から8mほどの水頭を示している。深いW-7では、孔底のわずかな水を計測しているが、88年に水が消失している。この深度では、間隙水圧が負になったとみられる。ちなみに、この観測地点は、図-8に示す大崩落前のBr.59-3(深さ45m)とほぼ同じ地点である。



川上先生:地下水10

図-10 地附山地すべり大崩落後の深度別水頭(W-8~10)

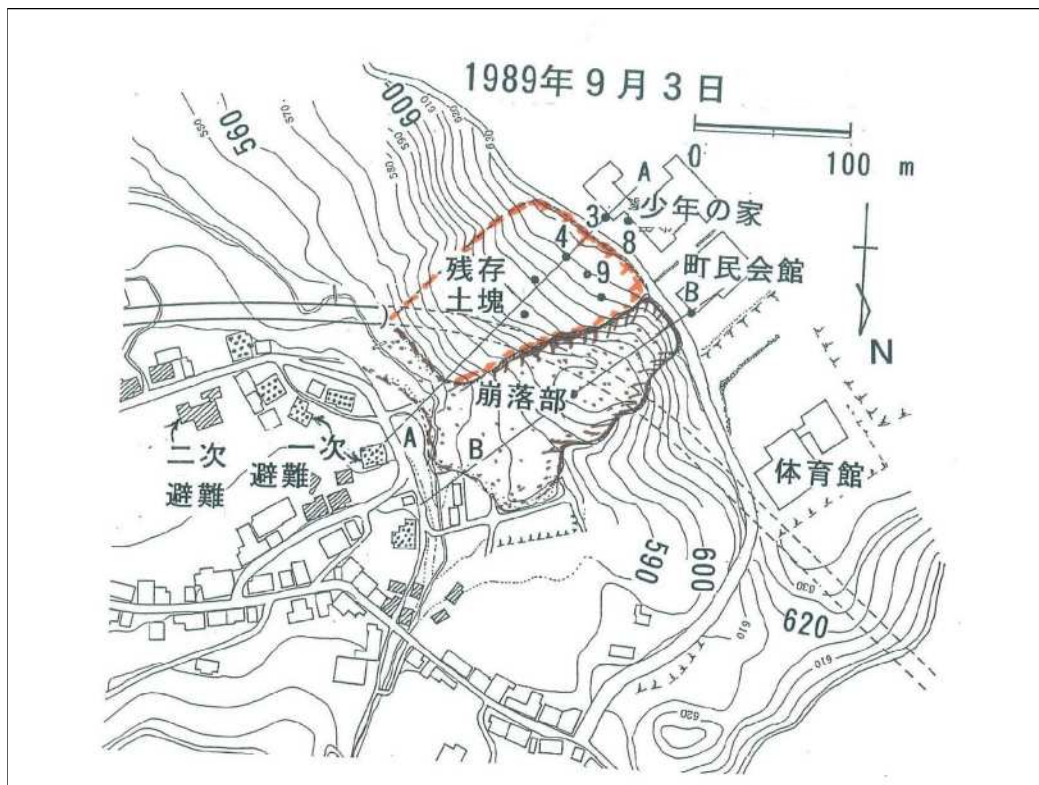
別の地点での計測結果でも, 図-9と同じ傾向がみられる. 大崩落後, 地下水の水頭は消散したが, 水頭は深さによって異なり, 孔底から少し立ち上がる程度の水頭を示す. 各深度で, 小さな正の間隙水圧を示している. 地附山地すべりでは, 大崩落前には深層地下水の水頭が上昇していたが, 大崩落後には地下水が消散して, 全体に間隙水圧ゼロに近い状態になったと見る事ができる.



川上先生:地下水11

図-11 阿南町地すべりの滑落崖

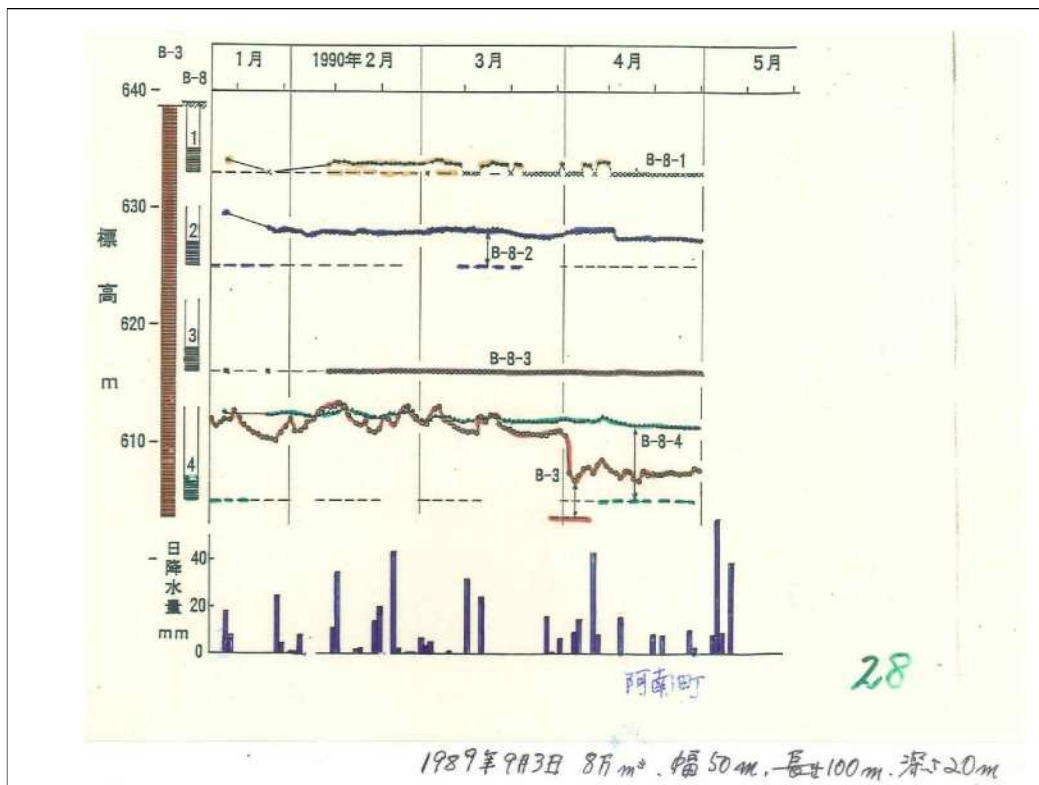
この地すべりは、もともと変状が進行していたところに秋雨前線の停滞による豪雨があり、1989年9月3日、8万 m^3 の土塊が滑動したもので、崩落は幅50m、長さ100m、深さ20mに達している。図示したごとく、地すべり後の滑落崖には、明瞭な断層が認められた。



川上先生:地下水12

図-12 阿南町地すべりの平面図

図示したごとく、道路に沿って滑落崖が生ずるように変状が進行していたが、崩落と共に滑落崖直下より多量の地下水が噴出し、この地下水により崩落土砂は泥状となり、人家の近くまで流下し、さらに工事中のトンネルをも埋めている。崩落土塊の東南側に亀裂のはいったほぼ同じ規模の土塊が残存し、この崩落が心配されたが、その後安定化している。最初の崩落により、滑落崖直下から多量の地下水が噴出したことから、隣接の残存土塊は安定化したものとみられる。



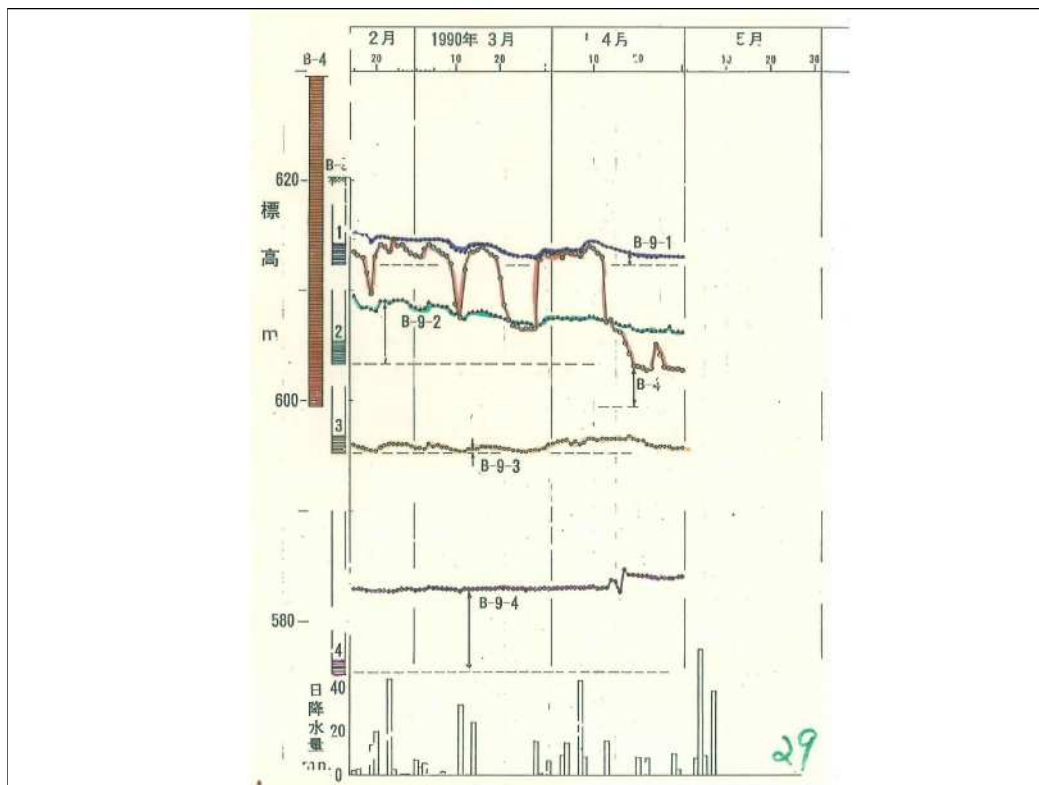
川上先生:地下水13

図-13 阿南町地すべり地での水頭計測結果—その1

一般的な地下水調査法として、垂直なボーリング孔に多孔管を挿入して、その孔内水位を計測することが普及している。しかし、これでは地盤内の地下水の状況は把握出来ない。このことは多くの識者によって指摘されており、ある人は全長多孔管の孔内水位を狂水位と呼び、著者はバカ穴計測といっている。それにも関わらず、これまでこのような不合理な計測方法が普及してきたのは、装置が簡便であることと、これでも近似的に水量の豊富な地層の水頭を反映することがあり、地すべりの移動とも関連性を示すものがあったからであろう。反面、地すべり移動とは関連のない計測結果も多かったはずである。

地下水の水頭は、深度別に計測しなければ意味をもたないが、現状では全長多孔管による水位計測が一般的であることを考えると、全長多孔管内の水位が何を意味するかを調べておくことも必要なことである。

阿南町地すべり地での計測例をここに示す。ここでは深度別水頭は、ボーリング孔の先端2mのみを多孔管で保護し、上部は無孔管として周囲をベントナイトでシールしている。深度別水頭は浅いところでは水頭は0~2mであり、深いところで約8mの水頭を示し、すべて降雨の影響が少なくほぼ一定値を示している。一番深いB-8-4のみが、孔底から7mほどの水頭を示している。これに対し、全長多孔管B-3は、最初はB-8-4と同様な水頭を示し、その後4月初めに5m程の低下を示している。その他、全長多孔管では浅層部の地下水の流入による水位変化がみられる。両者の深度が一致していることが、同様な水頭を示す原因であろう。



川上先生:地下水14

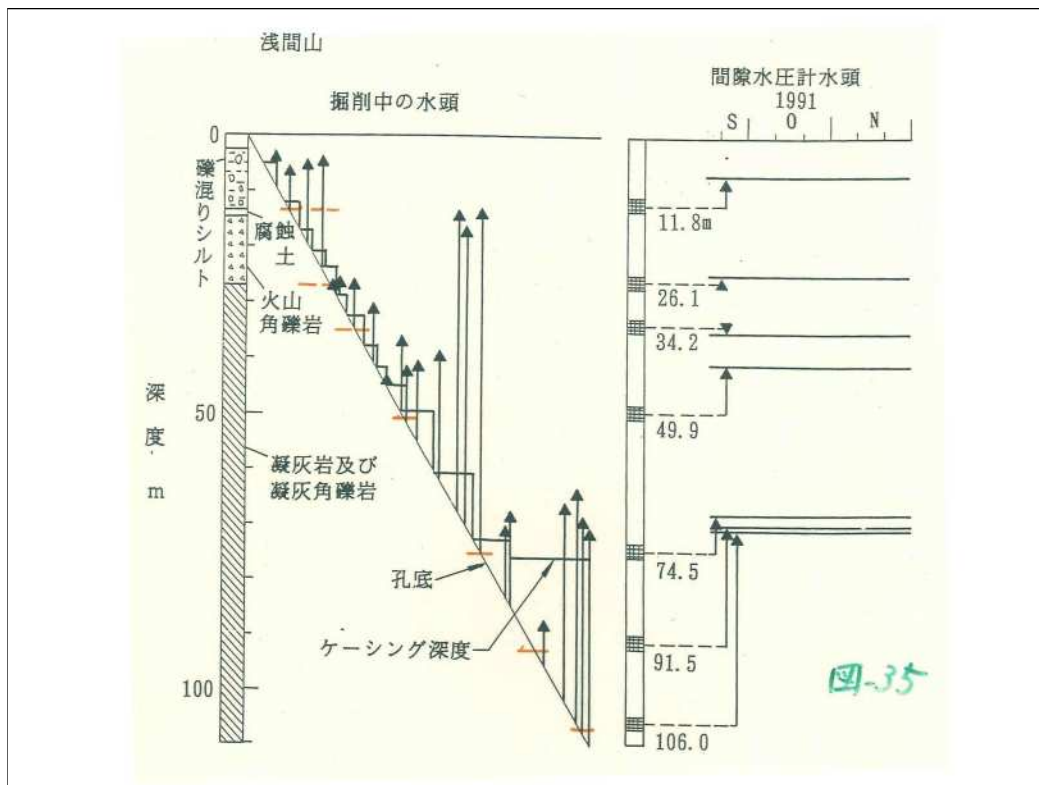
図-14 阿南町地すべりでの水頭計測結果—その2

図には、深度別水頭 B-9-1～4と全長多孔管B-9の計測結果とを対比して示している。B-9-1と3は孔底に近い水頭を示す。B-9-2は孔底から5mの水頭を、B-9-4は孔底か8mほどの水頭を示す。これに対し、全長多孔管は、B-9-1とB-9-2の間の変動を示し、深さが近いB-9-2の水頭に、浅層の流入水の影響が加わっていると見ることができる。

いくつかの地すべり地での、深度別水頭と全長多孔管による水頭の対比結果からは、

1)全長多孔管による水頭は、基本的にその孔底近くの深度の水頭を示していることが多く、常に孔底深度に注意する必要がある。

2)全長多孔管では、降雨による浅層地下水の流入等、地下水の豊富な地層からの流入の影響を受けることが多い。

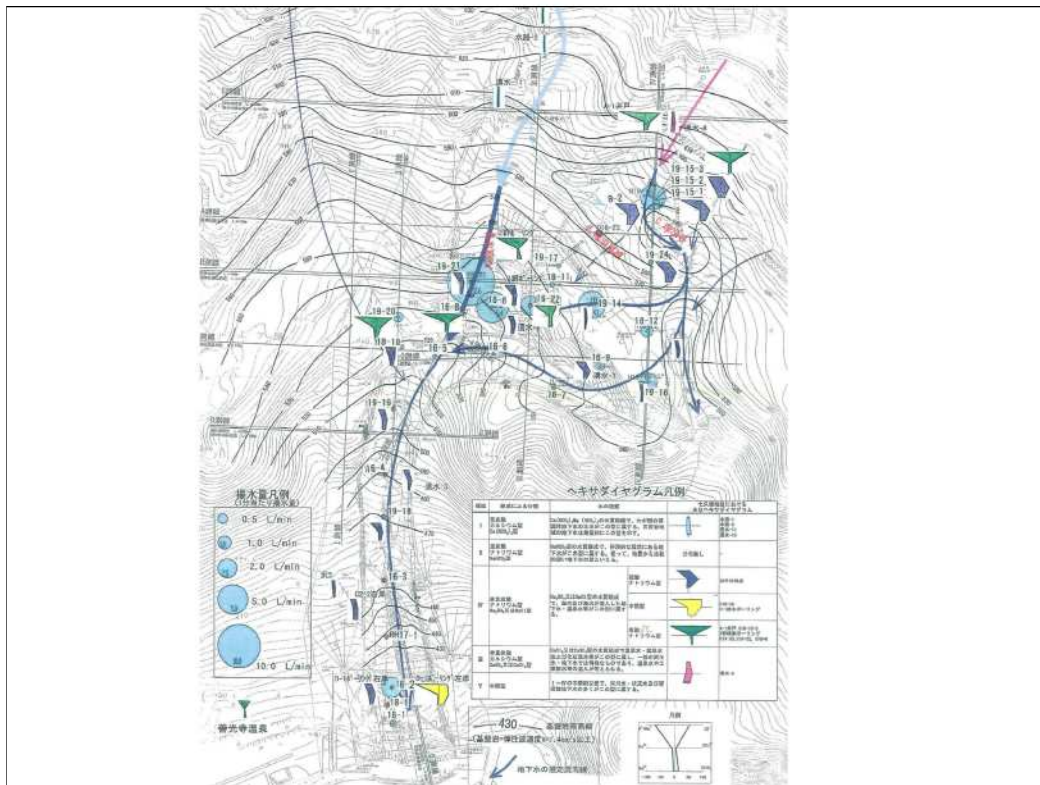


川上先生:地下水15 最終スライド

図-15 浅間山における深いボーリング孔の水頭

図-15 に示すのは、白馬村浅間山で110mの深さに、7個の間隙水圧計を埋設して、深度別水頭を計測した例である。併せて、ボーリング掘削中の水位と比較している。この図では、深さ70m 付近で掘削中に異常に高い水位を示している。その原因は不明である。これ以外の深さにおいては、掘削中の水位と深度別水頭はよい対応を示している。深度70m 以下で深度別水頭が一致しており、ここに厚い滞水層の地下水が存在すると見ることができる。この現場では、間隙水圧計のポーラス・ストーンに代えて、セラミック板を用いているので、深さ34.2m で負の間隙水圧を計測している。

入手し得たデータにより、掘削中の孔内水位と深度別水頭の間係をみていると、掘削中の孔内水位は、一部に異常に高い水位を示すものがあるが、8割方深度別水頭とよく一致している。したがって、ボーリング作業中の孔内水位は、ケーシングの状況、裸孔部分の深さ、孔内水へのベントナイト使用状況等を考えて判断すれば、地下水水頭の重要な情報として役立つものと考えられる。



内藤さん:地下水1

【地すべりと地下水の関係】

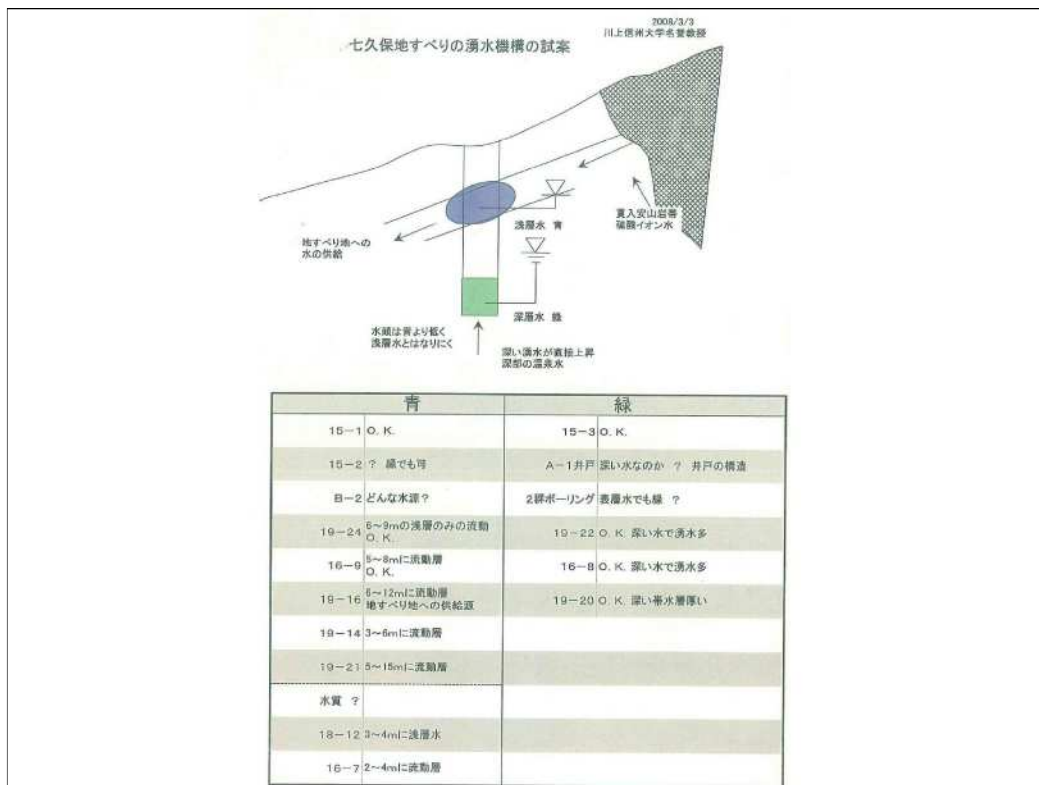
地すべり活動が「地下の基盤地質や地質構造」と大きな関係を持つということは、多くの研究者に提唱され、これを支持する方も多い。

しかし、どこの地すべりに於いても水質を直接、対策に結び付けられるかと言うと、その限りではないように思われる。

基盤地質が一樣であれば、そこに存在する水質は似たようなものとなり、水質の分類が不透明になるためである。

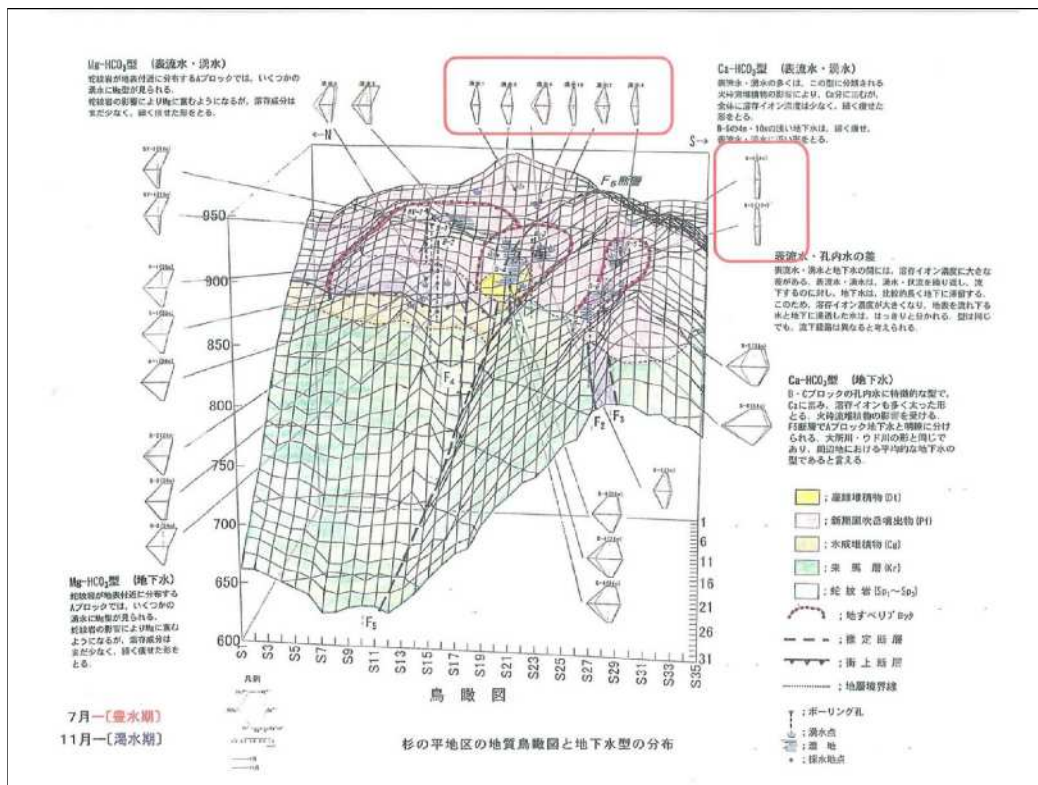
●新第三紀の砂岩・泥岩互層地帯の地すべり地での水質分布例である。含有するアニオンとカチオンをヘキサダイアグラムで示してある。

泥岩に由来すると考えられるものとは別に、全く異なるものが特定の場所に分布している。



内藤さん:地下水2

●地すべり地頭部に存在する貫入岩(安山岩)に由来すると考えられており、地すべり活動との関連性が検討されている。



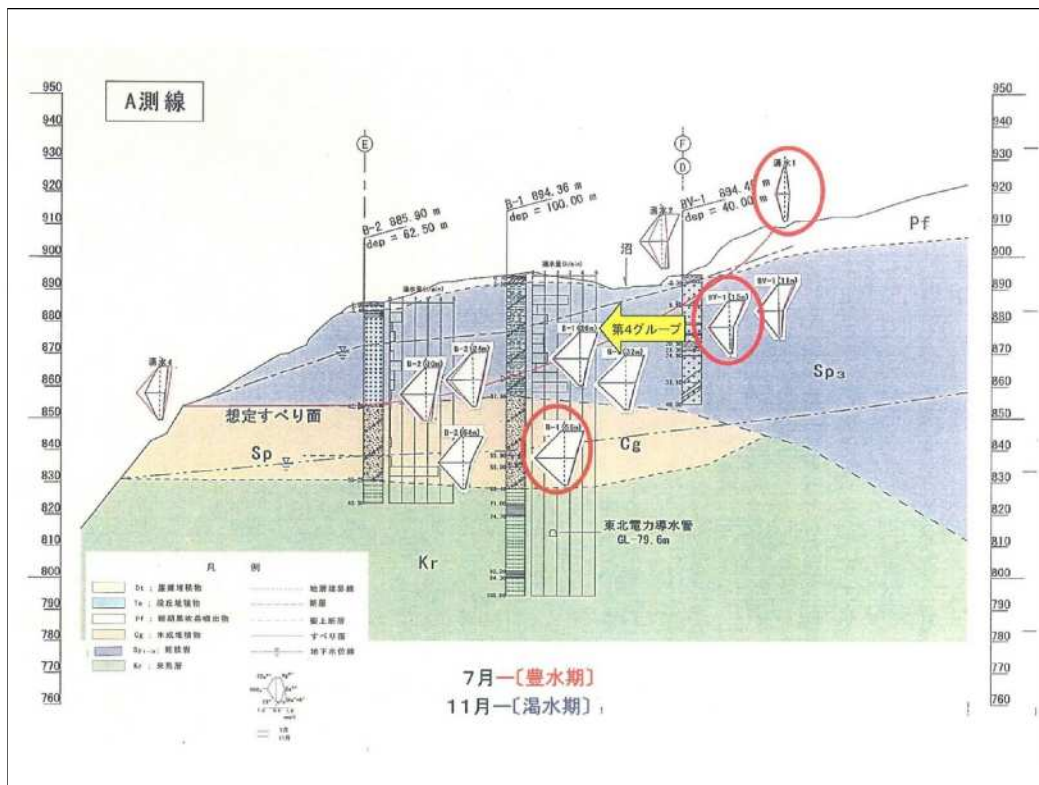
内藤さん:地下水3

【特異な地質構造地において水質を対策に結び付けた例】

●基盤地質は中生代の砂岩・泥岩互層で、アルプス隆起運動に伴う多くの断層が存在する。

基盤岩の上には氷河堆積物と判断される砂礫層があり、これを覆って水平滑動したと判断される蛇紋岩が30mの厚さで存在し、さらに火砕流堆積物が広く薄く覆っている。各地層内より採取した水質は明白に異なり、当地では5種類に分類できた。

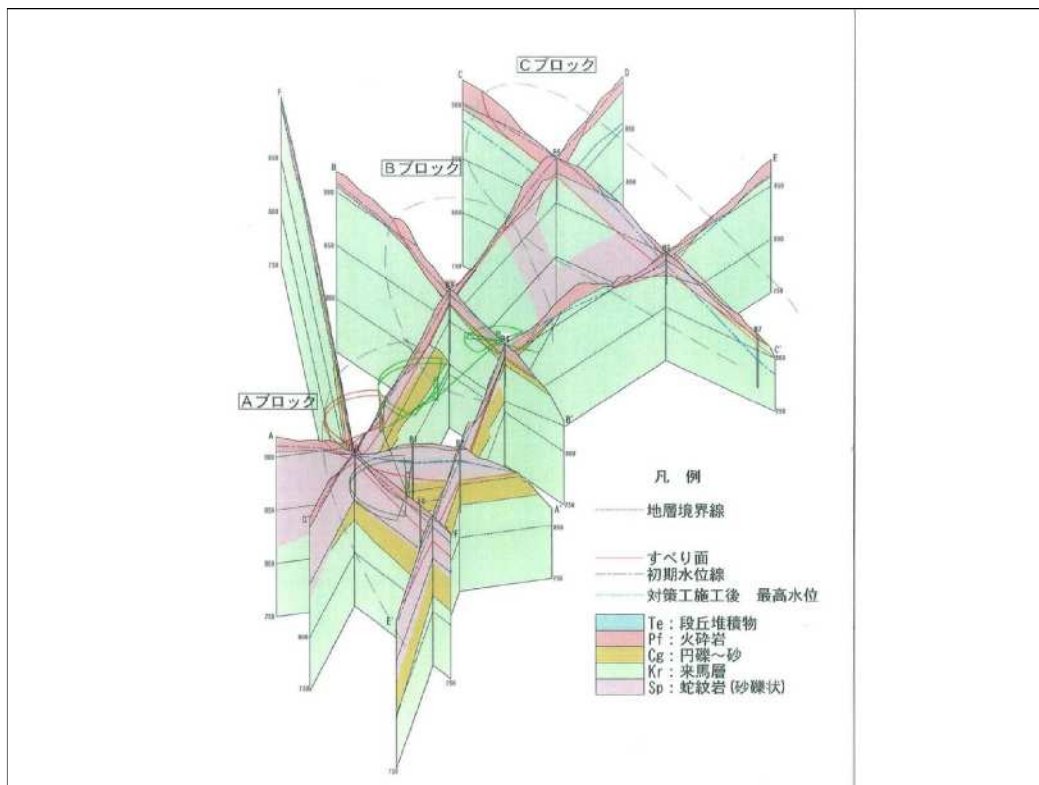
なお、火砕流堆積物から湧出する水には希少種の動植物が生息し、これらの保護も対策工の設計に組み込まざるを得ない状況であった。



内藤さん:地下水4

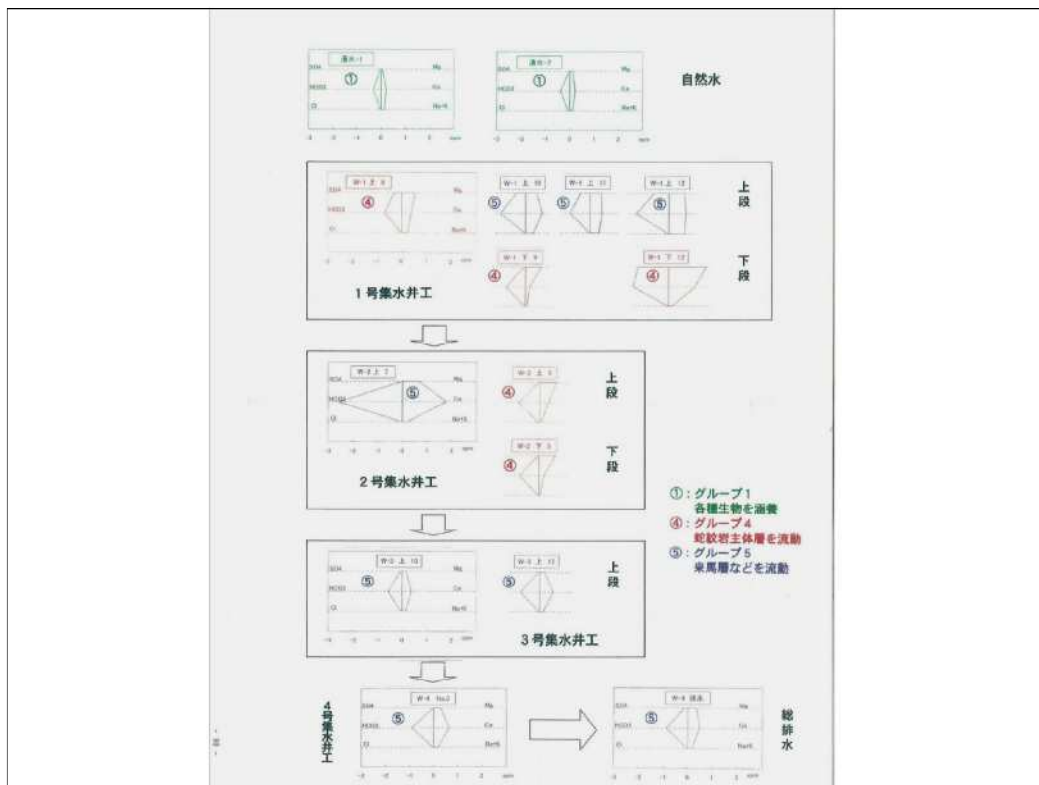
●断面図である。蛇紋岩が地すべり移動土塊となっており、すべり面は氷河堆積物と蛇紋岩層の境界に存在し、孔内傾斜計・パイプ歪計・地表の亀裂で明白に観測された。

地すべり活動に関わる水は、蛇紋岩層中に滞留・流動する水(第4グループと命名)であると判断し、対策工はこの水の排水を目的とし、火砕流堆積物から湧出する水の動向も監視することとした。



内藤さん:地下水5

●対策工は4基の連結した集水井からなり、隣接する安定ブロックの末端に排水される。



内藤さん:地下水6

●各集水井から排出される水質検査により、目的とした第4グループの水が排出されていることが解る。

希少生物が生息する水の湧出量にも変化の無いことを確認している。



内藤さん:すべり面1

【すべり面の観察例】

ボーリングコアの観察で、すべり面を判定してくれと言われることが多い。私は数百件のコア観察の経験で、自信を持って判定できたのは僅かに数件に過ぎない。多くのすべり面は高含水の軟質粘土であることから、加圧掘削されたボーリングコアでは散逸するためである。すべり面の観察例を紹介する。

●凝灰岩地帯の地すべり地において、集水井工の掘削時に観測された例である。明白なすべり面が観察され、展開写真にも示すことが出来た。



内藤さん:すべり面2

●この集水井工では、すべり面の性状を室内試験によって確認することとなり、ブロックサンプリングを行った。

すべり面の一部を保存しながら掘削した時の写真である。

地すべり移動方向に擦過痕が認められる。

川上先生:

2. 地すべり地のすべり面

図-S1 山内町落合地すべりすべり面 その1

1999年深さ9mの集水井内にて、条痕の方向は地すべり方向に一致している。集水井が地すべりブロックの側方に位置するため、せん断面は 11° 傾斜している。



内藤さん:すべり面3

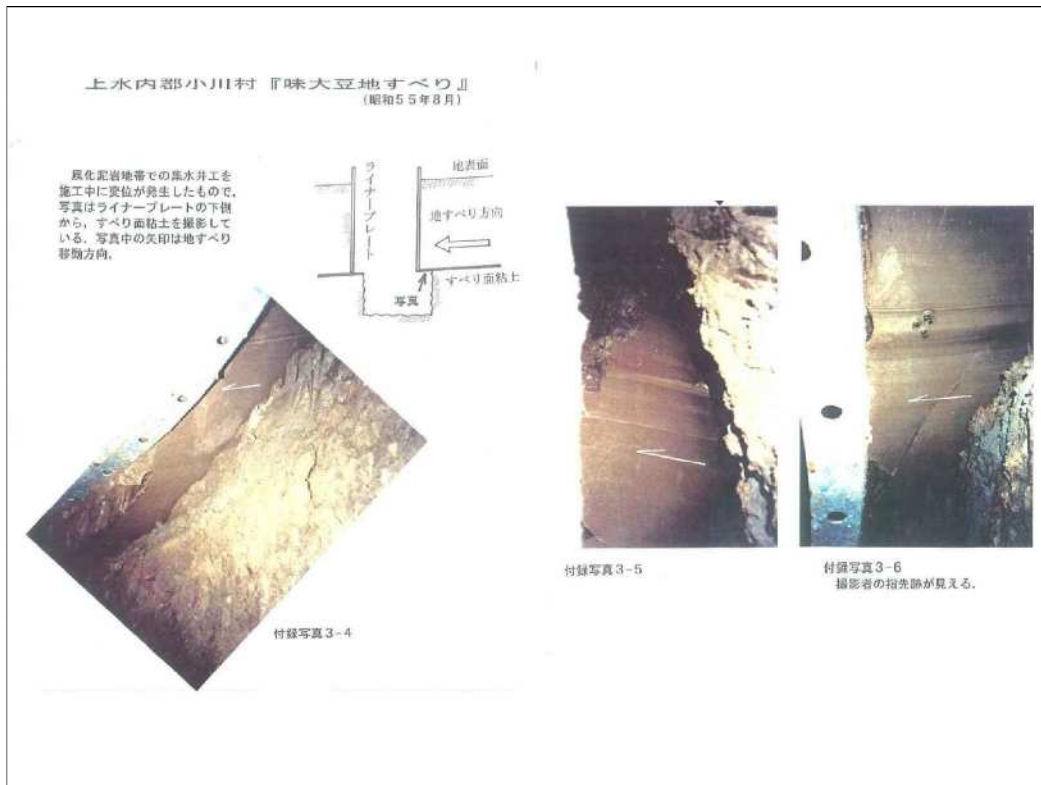
●ブロックサンプリングされた、すべり面を含む土塊である。

すべり面には、移動方向を示す明瞭かつ美しい擦過痕が見てとれる。

川上先生:

図-S2 落合地すべりすべり面 その2

すべり面は粘土粒子から構成されているが、極めて薄く張り付いている。ナイフでこれを剥ぐと凝灰質の砂がみられる。せん断面同志を合わせて、三軸排水試験をした結果では、 $\phi' = 17^\circ$ 、リングせん断では $\phi' = 15^\circ$ の結果を得ている。



内藤さん:すべり面4 最終スライド

●新第三紀泥岩地帯のすべり面である。ライナープレート集水井工の掘削中に地すべり活動があり、ライナープレートが移動することによってすべり面が観察された。

集水井工内から上向きに撮影した写真である。厚さ5mm程度の高含水の軟質粘土で、明瞭な擦過痕と共に、すべり面の感触を確かめた指の跡が見てとれる。