

第22回シンポジウム

# 地すべり事業の21世紀への提言

1994. 5. 13

主 催 地すべり学会新潟支部  
土質工学会北陸支部  
後 援 新潟県地質調査業協会  
地すべり対策技術協会新潟支部  
新 潟 県

---

目 次

---

移動する地すべりに対する調査法と対策工	
活動の激しい地すべりに対する調査と対策-----	3
これからの地すべりへの取り組み	
地迂り学会シンポジウム話題-----	27
融雪期における地すべり地内の地下水の挙動-----	29

---

# 序

当支部では毎年シンポジウムを開催しており、今年で22回を数えることになりました。

今までのシンポジウムでは、地すべりの安定解析、計測技術、対策工の効果、雪や地下水との関係等、地すべり防止技術の研究発表、討論が盛んに行われ、その成果は著しいものがあります。

その結果、新潟県だけでなく全国にわたって地すべり問題を扱うときの貴重な知見を与えるとともに、地すべり防止対策に大きく貢献してきたものと確信しております。

今回のシンポジウムでは新しい企画として、出席者参加方式の意見討論会、今後の地すべり対策を考えるパネルディスカッションを試みますが、活発な意見交換がなされ、その成果が今後の地すべり対策工法の発展に役立てられることを期待しております。

地すべり学会新潟支部長

土質工学会北陸支部長

小川正二

# 移動する地すべりに対する 調査法と対策工

# 活動の激しい地すべりに対する調査と対策

————— 青ぬけ地すべりを例として —————

○古川昭夫\* 吉住安夫\*\*  
竹内三郎\*\*\* 難波忠則\*\*\*

## 1 はじめに

新潟県内における活動の激しい地すべりとしては、沖見地すべりがよく知られている。八幡地すべりも過去に激しい活動を繰り返したが、長年にわたる意欲的な防止工事によって現在は地すべり活動がほぼ終息するに至っている。県内の地すべりの圧倒的な部分は、新第三紀の堆積岩を基盤岩とする地域で発生しているが、上記の地すべりはいずれもこの新第三紀層の分布地域で発生した地すべりである。

県内の西部にはこのタイプの地すべりとは別の、主に蛇紋岩を基盤とする地域で発生している地すべりが分布する。ここに紹介する「青ぬけ地すべり」はこのタイプに属するもので、地すべりの規模と活動の激しさの点では上記の沖見、八幡の各地すべりに匹敵するものである。

この地すべり地の調査は昭和60年に建設省所管の地すべり防止区域に指定されてから本格的に開始され、現在も各ブロック毎の機構調査を継続実施している。これまでの調査によって地すべり発生機構の外郭が漸く明らかになり、その結果に基づいて防止計画の基本方針を策定し、現在はこの方針に沿って、機構調査と並行して第一段階の工事を進めている。防止工事の完成にはなお多くの時間が必要であり、また技術的に解決しなければならない問題も残されているが、ここでは活動の激しい地すべりに対する対策（計画）事例として、当地区の現段階の防止計画を紹介する。

なお平成5年度の地すべり学会新潟支部現地検討会が、平成5年9月当地区でおこなわれ、地すべり機構に対して幅広い角度から討論がおこなわれた。本稿は上記現地検討会資料をもとに、地すべり対策計画を中心にまとめた。

## 2 地すべりの概要

地すべり地の指定面積は 70.79haである。平面図を図-1に示す。

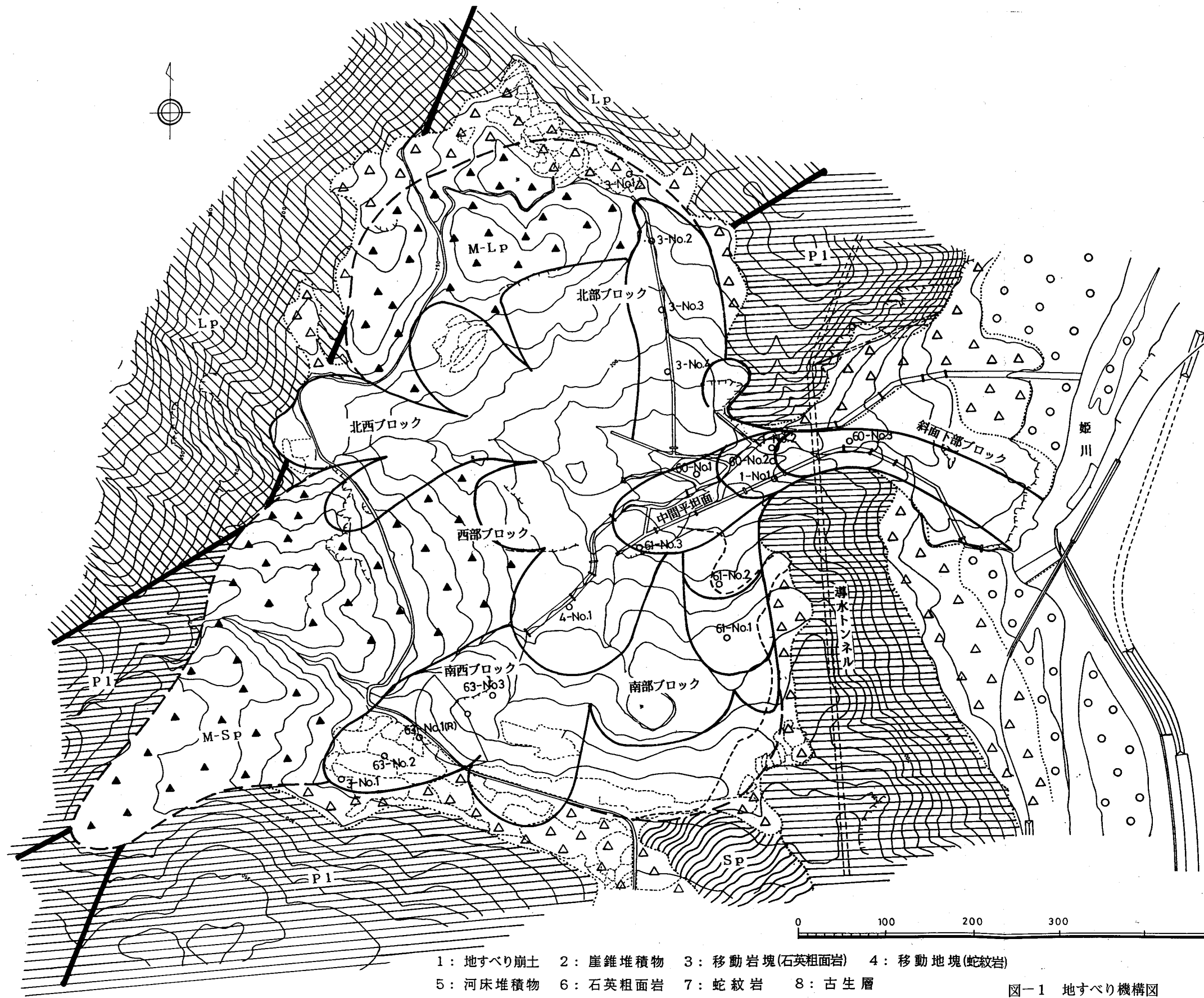
指定地は糸魚川—静岡構造線の西側約 2kmの地点にあり、飛騨外縁構造帯に属する地域である。基盤岩は蛇紋岩、石英粗面岩（および同質凝灰岩）、非変成古生層から構成される。

地すべり地西縁に北北東—南南西方向に延びる連続性のある断層と、地すべり地を胴切りする北東—南西方向の2本の平行する推定断層が走っている。

\* 明治コンサルタント(株)

\*\* 新潟県土木部砂防課

\*\*\* 新潟県糸魚川土木事務所



- 凡例
- 1: [Blank box symbol]
  - 2: [Triangle symbol]
  - 3: [Triangle with M-Lp symbol]
  - 4: [Triangle with M-Sp symbol]
  - 5: [Circle symbol]
  - 6: [Diagonal line symbol]
  - 7: [Wavy line symbol]
  - 8: [Horizontal line symbol]

1: 地すべり崩土 2: 崖錐堆積物 3: 移動岩塊(石英粗面岩) 4: 移動地塊(蛇紋岩)  
 5: 河床堆積物 6: 石英粗面岩 7: 蛇紋岩 8: 古生層

図-1 地すべり機構図

当地区の初生地すべりは、基盤岩の岩質と造構運動に伴う岩質の劣化が複合して影響した結果発生したものと考えられる。周辺の地すべり分布が蛇紋岩分布地に重なっている事実を考慮すると、蛇紋岩の岩質がより大きく作用した可能性が強い。

現在の地すべり地は、中間に位置する狭窄地形に大きく規制され、この狭窄部付近を境として大きく2つのブロック群に大別することができる。狭窄部の斜面上部には大小の地すべりブロックが扇状に分布し、これらの地すべりが扇の要にあたる狭窄部に向かって押し出し、ここに集中した移動土塊は、狭窄部付近を頭部とする新たな地すべりブロックを形成して、再び斜面下方の姫川に向かって押し出している。

狭窄部付近に広がる平坦面を中間平坦面と呼び、この平坦面の上部に扇状に分布するブロック群を斜面上部ブロック群、平坦面付近を頭部として姫川に押し出している地すべりを斜面下部ブロックと称する。なお斜面上部ブロック群は北部、北西、西部、南西、南部の5つの大ブロックに大別される。一方斜面下部ブロックは中間平坦面付近を頭部として、ほぼ単一の活動単位で姫川河床に押し出し、土塊の先端は姫川本流に達している。斜面下部ブロックの頭部位置は一定しておらず、各年度によって異なり、中間平坦面末端付近を頭部として活動する場合と、地すべり頭部が中間平坦面の上方にまで拡大する場合が繰返されている。

### 3 地すべり斜面の地下地質構成

南西ブロックー中間平坦面ー斜面下部ブロックを結ぶ東西測線に沿った、地すべり方向の地質断面を図-2に示す。

斜面下部ブロックの中～下部付近は地すべりの動きが活発なため、最も深いすべり面は確認していない。平面図から求めた河床幅および河床標高を考慮すると、最も深いすべり面は深度約20～35mに、傾斜角約10度で直線状に連続する。

基盤岩は、斜面最上部・最下部の一部に非変成古生層が出現するが、その他は破碎・劣化の著しい蛇紋岩から構成される。

地すべり土塊は、蛇紋岩の大小の礫と蛇紋岩起源の粘性土が不規則に混合した土性を呈し、礫径は数mm大から数十cm大が一般的であるが、最大数mに達する巨礫も不規則に混入する。

斜面上部ブロックの1つ、北部ブロックの南北方向断面を図-3に示す。

北部ブロックの最も深いすべり面は深度15～25m付近に、傾斜角10度で直線状に連続する。

北部域周辺には石英粗面岩質凝灰岩が分布するが、ボーリング調査によると地すべり斜面内の基盤岩は、石英粗面岩質凝灰岩と蛇紋岩から構成される。

基盤の岩質を反映して北部ブロックの地すべり土塊は、石英粗面岩質凝灰岩起源の粘性土が大半を占め、他のブロックと様相を異にしている。

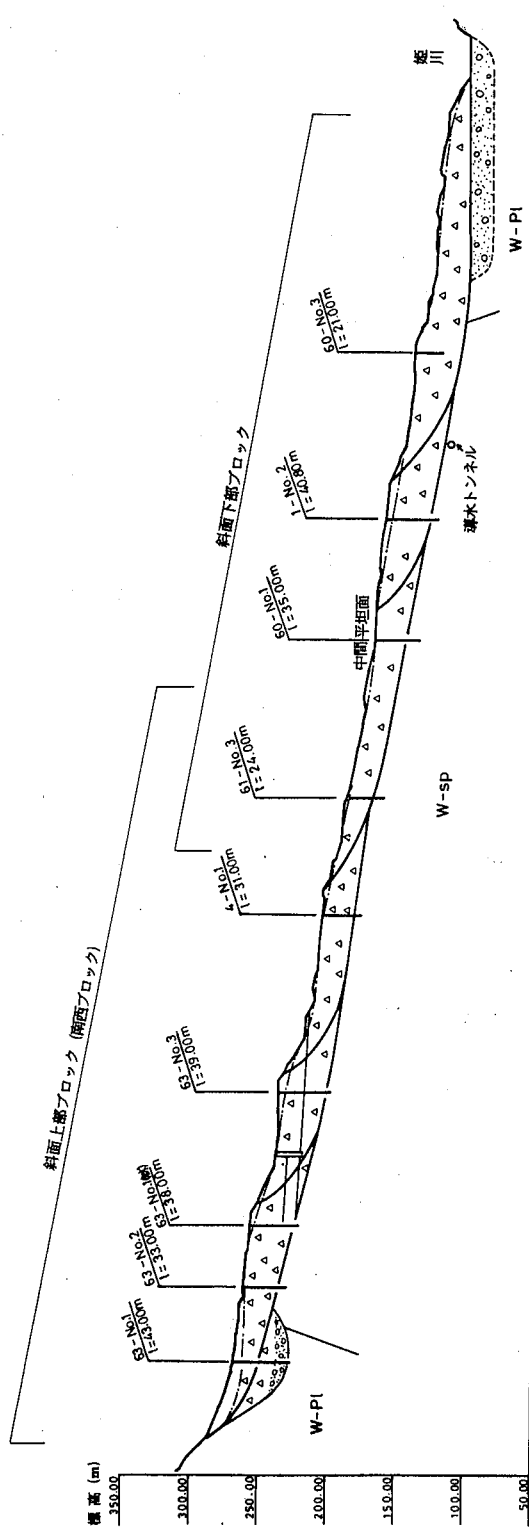


図-2 斜面下部ブロック地質断面図

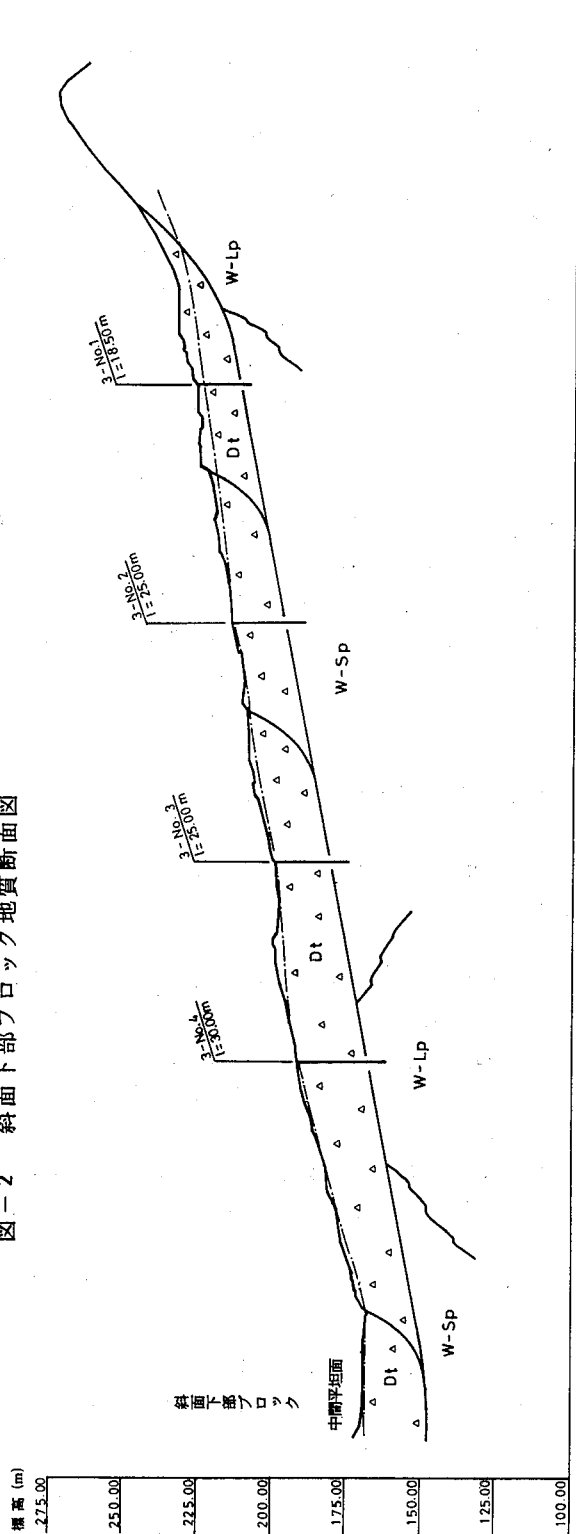


図-3 北部ブロック地質断面図



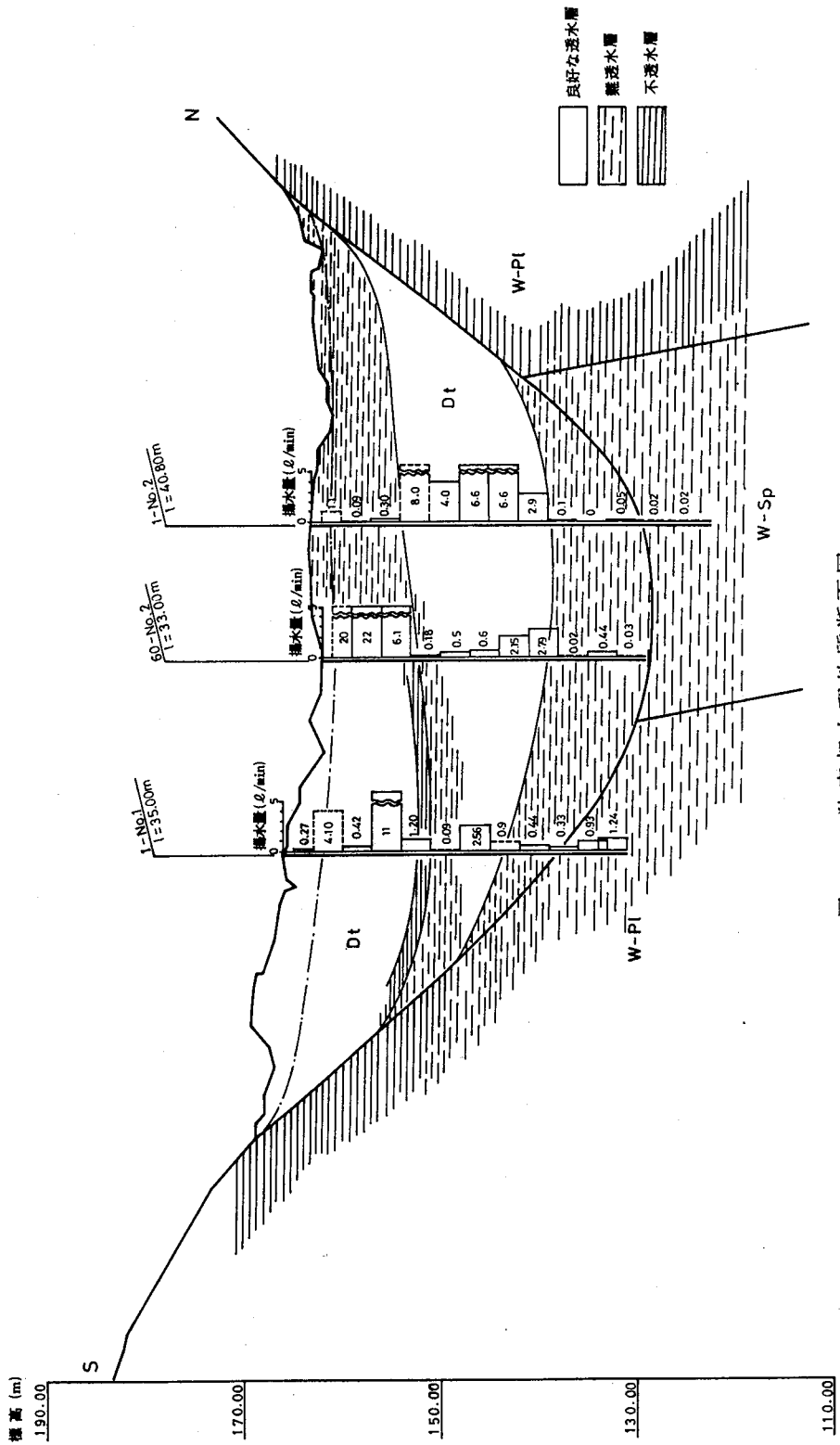


图-4 狭窄部水理地質断面図

#### 4 地すべり土塊の移動状況

地すべりの移動状況を確認するため、地表に設置した移動杭の測量を定期的におこなっている。この他地中変位量を把握するため伸縮計内挿型パイプヒズミ計、差動伸縮計、伸縮計を設置し自記記録方式により観測をおこなってきた。観測記録の代表的なものを図(図-5～図-9)に示す。

観測結果によると近年の地すべり活動の特徴は以下の3点にまとめることができる。

第一は、当地すべりは現在激しく活動中の地すべりであるが、移動量の平面分布をみると、2年間の累積移動量が1m以上に達する活動の激しい地域は、斜面下部ブロック、中間平坦面および斜面上部ブロック群の末端部周辺に集中する。そしてこの活動の激しい区域の外郭に、比較的緩慢に活動している領域が分布している。

第二は、地すべりが2層以上のすべり面に沿って発生していることである。現在まで地中変位観測を実施してきたブロックは、斜面下部ブロック、斜面上部ブロック群のうち北部ブロックおよび南西ブロックの3地区であるが、いずれも2層以上のすべり面に沿って活動していることが確認された。また複数のすべり面のうち、深度10m以浅の浅層すべり面に沿った動きが最も激しいことが共通している。ちなみに調査を実施した斜面では、最も深いすべり面の深さは概ね15～35mの範囲であり、この深いすべり面の傾斜角がいずれも約10度である。

第三は、表層および浅層地下水処理が完了したブロックで、浅いすべり面に沿った激しい活動が大幅に緩和されたことである。斜面上部ブロック群の一つ、北部ブロック内の水路工(暗渠工を含む)が1992年に完成した。このブロックでは工事施工前に、深度約5m付近に連続するすべり面で年間数メートルの激しい活動を繰返してきたが、工事後この動きは年間数十センチメートルに減少し、明瞭な変化が現れた。

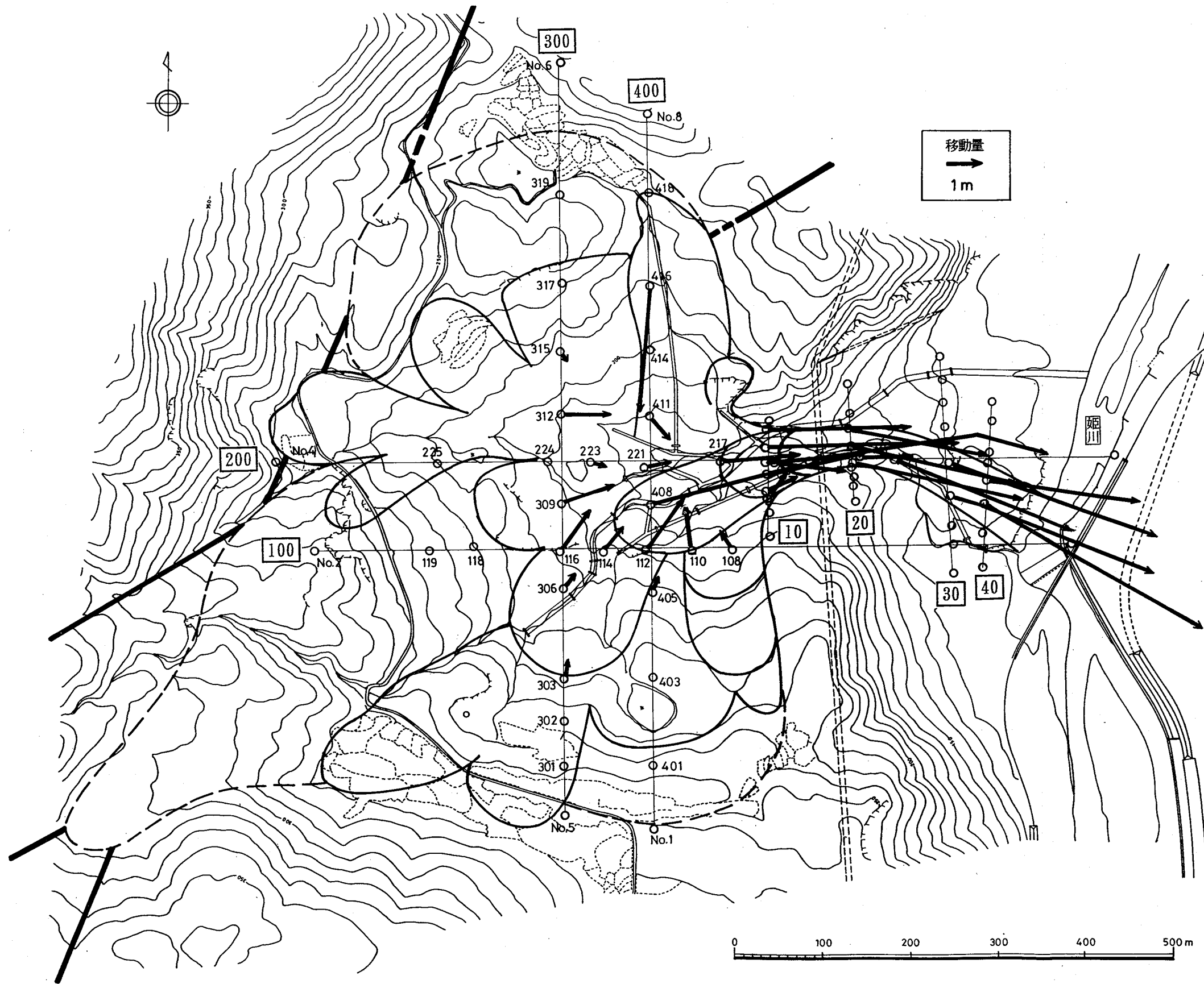
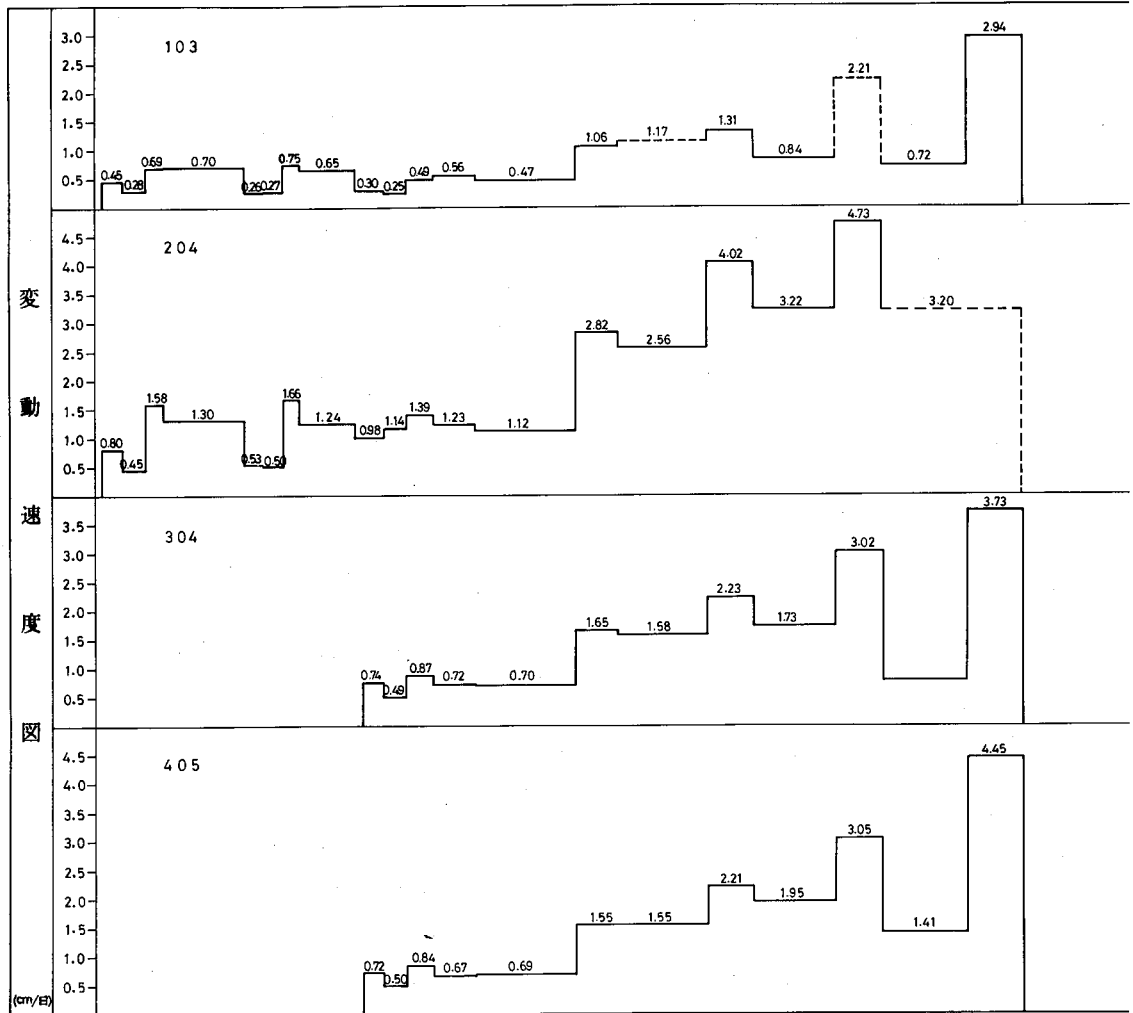
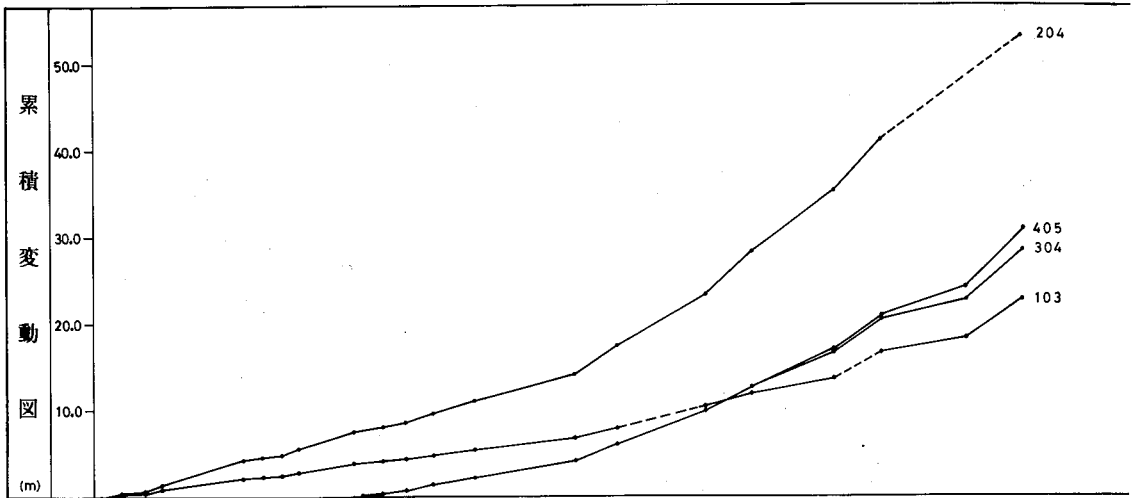


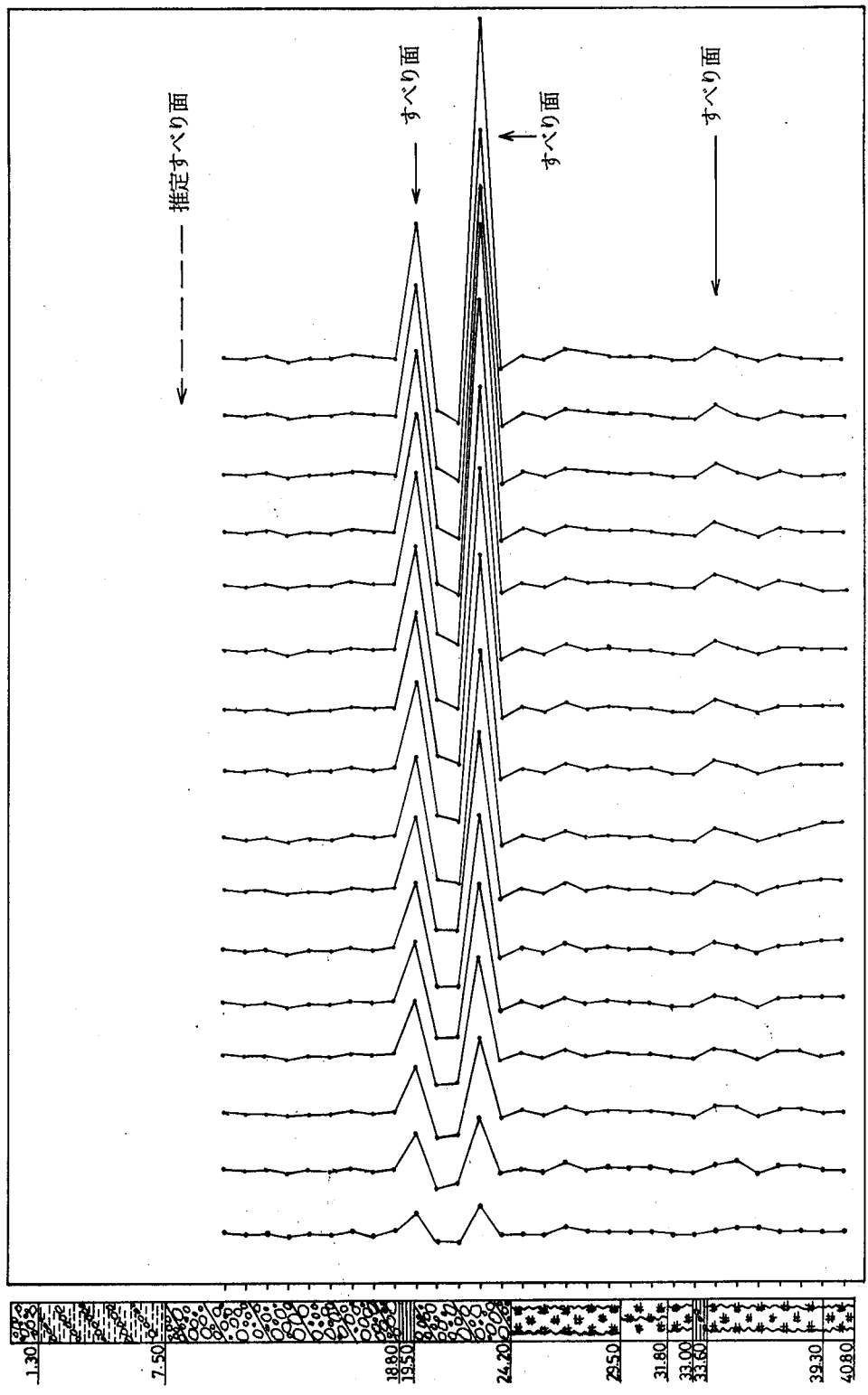
図-5 移動杭累積変位図('91.8.5~'93.4.25)



月	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4
年	1986				1987				1988				1989				1990				1991				1992				1993					

图-6 移动杭累积变动图 (10~40测线)

1000.μ



日	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
年・月	1989・7															

図一7 パイプ歪計によるすべり面判定図(1-No.2)

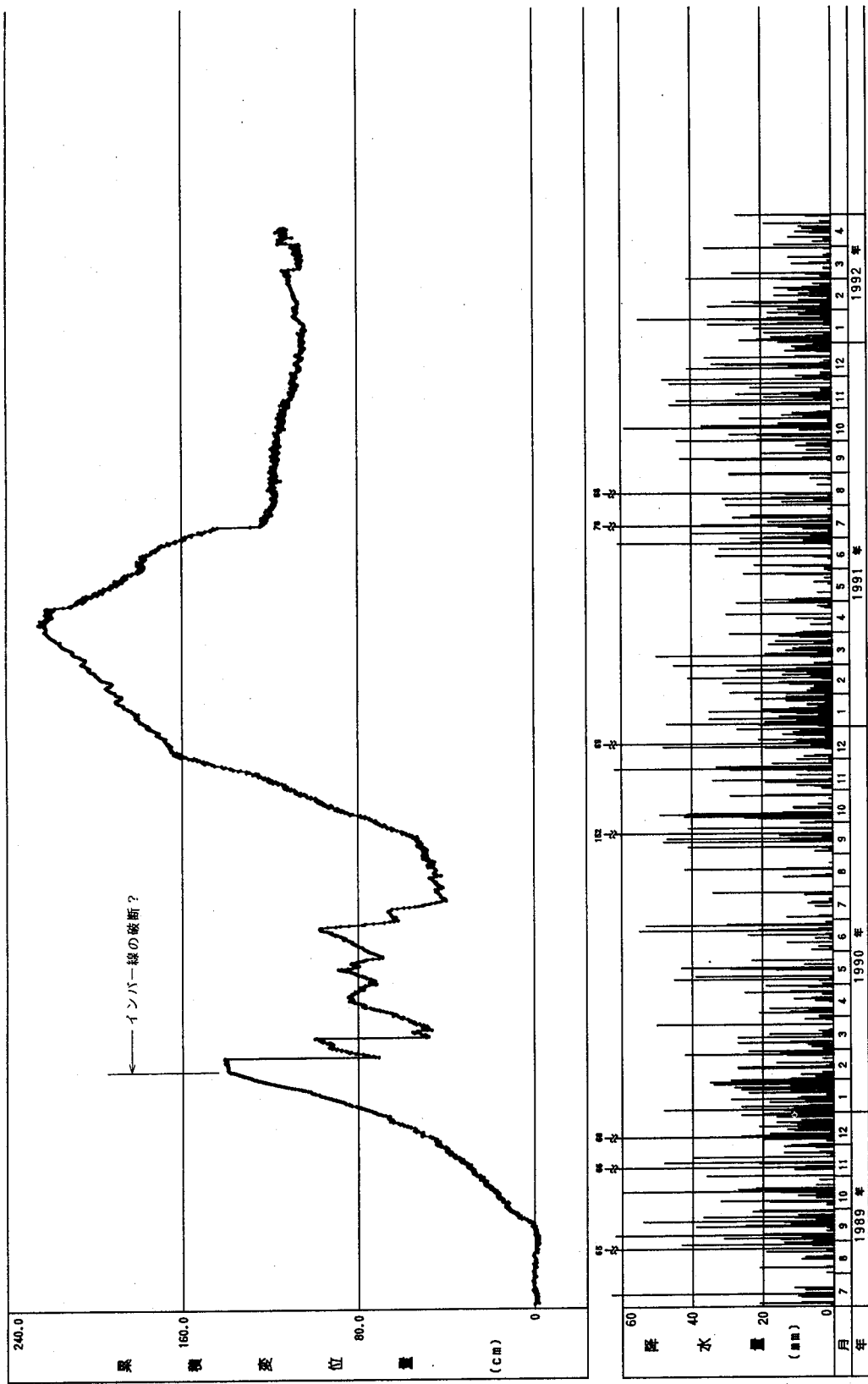


図-8 伸縮計累積変動図 (1-No.2)

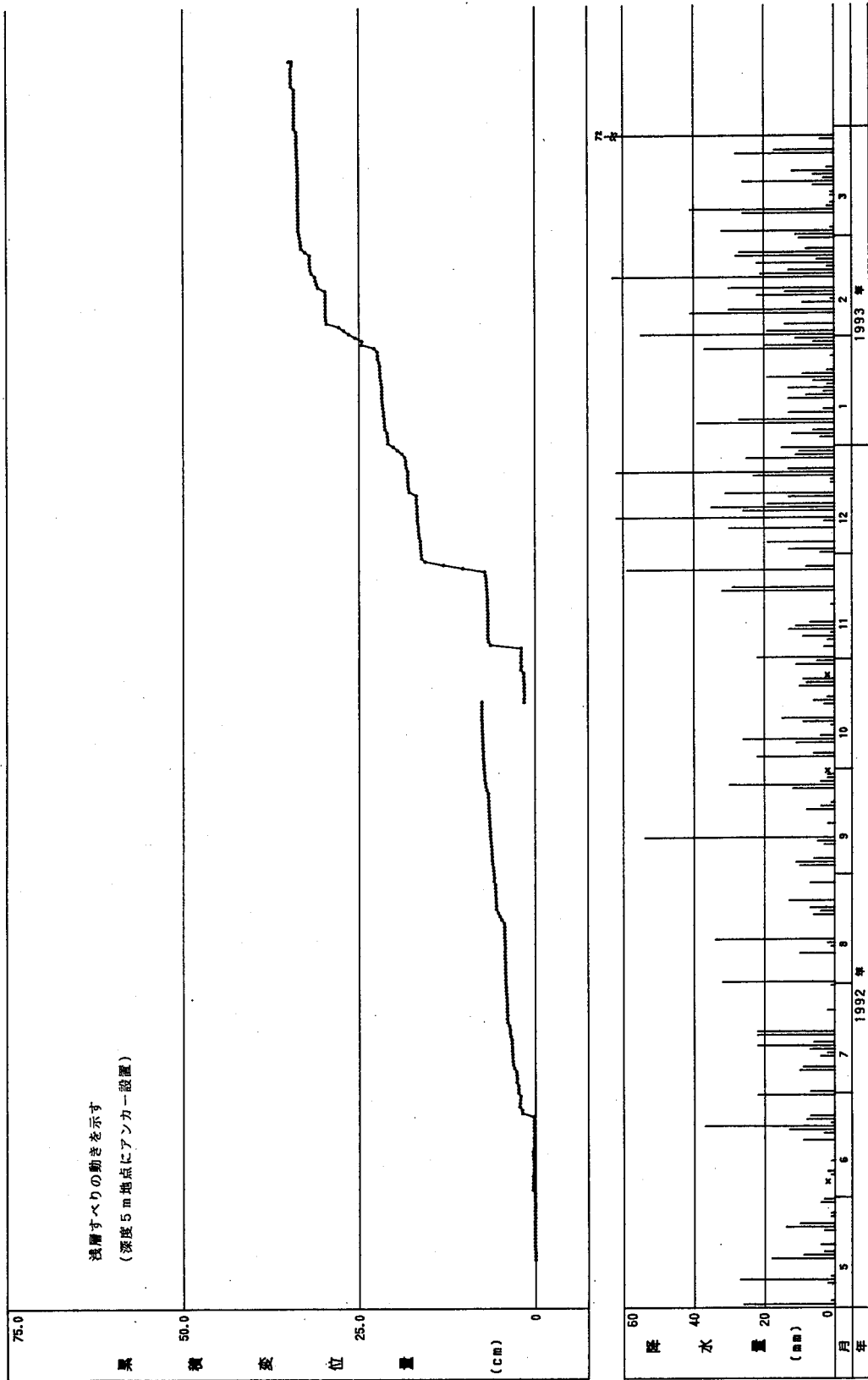


図-9 伸縮計累積変動図(3-No.4)

## 5 地すべり要因

((斜面上部ブロック群の要因))

- ① 斜面下部ブロックの活動によって、押え荷重として作用している領域の土塊が斜面下方に移動するため、押え荷重が除去される形になること。
- ② 斜面上方から供給される地表水および地下水が全てブロック内に流入する形となっていること。

((斜面下部ブロックの要因))

- ① 姫川河床が近年 2m以上低下していることと、姫川による地すべり末端部の浸食が活発なこと。
- ② 狭窄部付近に集中する地表水および地下水によって、頭部付近のすべり面に高い水圧が作用していること。
- ③ 斜面上部ブロック群の活動によって、地すべり頭部となる中間平坦面付近に大量の土塊が供給され、絶えず不安定な断面形状が形づくられること。

上記の地すべり要因を対比すると、斜面上部ブロック群および斜面下部ブロックの各々の活動が、相互に地すべり要因として作用していることが特徴である。すなわち斜面下部ブロックの活動が、斜面上部ブロック群の活動要因となり、さらにこの上部ブロック群の動きがまた斜面下部ブロックの動きを激化させる要因として作用する。近年の地すべり活動には、このような相互作用の関係がみられる。このような相互関係は、姫川河床の低下が直接の要因となって形成されたものと判断する。河床の低下に伴い斜面下部ブロックの活動が激化し、これが引き金となって活動域が斜面上部まで波及拡大し、現在のように相互に作用する活動形態が形成されるに至ったものと推察する。なお歴史的にみると、現在は活動域拡大の一過程にあると判断する。

以上の地すべり要因に対する考察は、主に最も深いすべりに対するものである。

浅層の激しい地すべり活動の要因については、上記の要因の他に大量の表層地下水が複合して作用している結果と判断している。調査に着手した時点では、地すべり地内を流下する溪流は河道が固定されておらず、地表水が自由にブロック内に流入し、この結果中間平坦面一帯と北部ブロック頭部付近には一面に広がる湿地が形成されていた。このような地表水および表層地下水が、浅層の激しい地すべり活動の要因となっていると判断する。



## 6 地すべり防止計画

### 6-1 計画の検討経過

当初「狭窄部付近を中心とした防止工事で、活動の激しい斜面下部ブロックを短期間に安定化させる」という要請に基づいて斜面下部ブロックを主な対象とした調査(予備調査に相当する)が実施され、要請に沿って以下の計画案を立案した。

((当初計画案の骨子))

- ① 姫川による土塊の浸食を防止するとともに、低下した河床を積極的に上昇させる。工種としては消波ブロック護岸、姫川本流の床止工等を検討した。
- ② 狭窄部付近で集中的に深層地下水排除をおこなう。移動土塊内での工事が不可能なため、不動地盤内に排水トンネルあるいは集水井を施工し、集水ボーリングによって集水する計画案について検討した。
- ③ 河床部から狭窄部にかけて大規模なおさえ盛土によって抑止力を付加する。

しかし上記計画案は調査の結果から以下の問題点も明らかとなった。

((当初計画案の問題点))

- ① 工事完成までは年単位の一定期間を要するため、工事完成に至る間に先行工事が被災する危険性が高い。
- ② 上記工事が完成した場合も、斜面上部ブロック群の活動が一定期間継続することが予想される。このため斜面上部ブロック群に対する別途工事計画が必要となる。

### 6-2 活動の激しい地すべりの対策計画立案の問題点

前項で述べた当初計画案に残された問題点は、大規模でかつ活動の激しい地すべりの対策計画を立案する場合、共通して遭遇する問題である。地すべりの規模が大きくなりかつ活動が激しい場合、計画工事量は必然的に大規模なものとなり、全ての工事を完成させるためには年単位の期間を要する。この結果工事完成以前に先行した工事が被災する危険性が生じる。このような事例は地すべり防止事業に携わる技術者が多くの現場で体験してきたところで、前述の沖見地すべり、八幡地すべりの経験は中でも先駆的で代表的なものである。

沖見地すべりは長年に亘って活動を続けてきた地すべりで、近年の調査結果から第一段階として地すべり頭部で地下水排除工を施工して地すべりの移動速度を低下させた後、第二段階、第三段階で地すべり地内の工事に着手し、地すべり活動を停止させる方針を確立し、現在対策が進められている。これは新たな試みであり、その結果が注目される。

一方八幡地すべりは全体として杭打工を主体としながら、第一段階は杭打工を斜面内に順次施工することで、活動域を局所化させるとともに移動量を減少させ、第二段階で抑制工によって活動を

鎮静化させる方式がとられている。

上記の2地区では採用されている工種に違いはあるが、激しく活動をつつける地すべり斜面全体を完全に鎮静化させるまでの計画を、段階を追った長期的な方針として確立していることが共通している。このような実績、経験から当地区計画立案に当たって、以下の2点を重視した。

第一に、活動単位となっている各ブロックについて、個別の地すべり機構を明らかにするとともに、斜面内の各ブロックがどのような相関関係を保ちながら地すべり活動が継続しているのか解明すること。

第二に、計画作成に当たっては、全体計画の中で個々の工種によって達成すべき目標をはっきりさせるとともに、各工種をどの段階で実施することが最も効果的か、地すべり機構と工種の双方の特性を考慮して、計画全体の中で位置づけること。

1) 以上の検討の結果、当初の調査結果に基づいて「狭窄部付近を中心とした防止工事」を直ちに実行することは危険が多いと判断し、次項に述べる新たな計画を作成した。

### 6-3 防止計画の基本方針

調査結果を踏え防止計画の基本方針を次表のように策定した。

表-1 防止計画の基本方針

段階区分	目標	防止工事の内容
第1段階	激しい活動を大幅に緩和する	① 全域の地表水・浅層地下水を処理し、速やかに活動域外に排除する。 ② 姫川による地すべり末端部の浸食を抑制する。
第2段階	活動を完全に停止させる	① 各ブロック毎に、地すべり誘因となっている因子を除去する。 ② 斜面下部ブロックの中～下部に大規模な押さえ盛土を施工する。
第3段階	所定の安定度を確保する	③ 狭窄部周辺の深層地下水を集中的に排除する。 ④ 各ブロック毎に、必要に応じて抑止力を付加する。 ⑤ 末端部に恒久的な護岸工を整備する。 ⑥ 全域に恒久的な水路工を整備する。

防止計画の基本方針では近年の激しい地すべり活動を大幅に緩和することを第1段階の目標とし、次の段階で地すべりを完全に停止させ、次に斜面安定度を所定の安全率まで高める。このように防止計画を段階的に進めることとし、各段階の目標と主な工事内容を表のように整理した。なお各段階の具体的な工事内容は、前段階の工事効果とその時点の地すべり状況を見極めて決定することとし、第1段階では地すべり地内全域の地表水・浅層地下水を速やかに排除するため、主な幹線水路を整備すること、姫川の河床低下に伴う活動激化を解消するため、姫川本流に床止工を施工することを計画し、現在工事を進めている。

なお計画の各段階目標が達成されているかどうか確認することが重要となるため、第一段階の工事と平行して、地すべり土塊の移動状況を継続的に観測ための施設を機構調査の実施に合わせて順次設置している。

#### 6-4 既設工事の実績を踏まえた検討

現在までに完成した第一段階工事(水路工)を図に示す。この間の水路工計画に当たっては以下の点に配慮した。

- ① 表層水を速やかに活動域外に導くため、水路を可能な限り地すべりブロックの外部に新設した。
- ② 水路が完成した後も、地すべり活動が継続することが予想されるため、水路構造の決定に当たっては、多少の地盤変形が発生しても水路としての機能が直ちに失われることがないこと、被災した場合も補修が容易な構造であること、の2点を考慮し、蛇籠構造、布団籠構造を基本とし、底背面に防水シートを敷設した。
- ③ 浅層地下水を排除するため、可能な限り暗渠工を併設した。

これまでの水路工の施工によって現れた地すべり地内の変化の主な点は以下のとおりである。

- ① ブロック内全域の地表水処理の完成した北部ブロックでは、地表の湿地状態が解消されるとともに、地すべりの移動速度が大幅に減少した。
- ② 幹線水路を施工した中間平坦面周辺～斜面下部ブロックでも、同様に地表の湿地状態が解消した。水路工施工前のデータがないため、地すべり活動の変化を明確に確認していないが、春先に水路工の一部が損傷した際、復旧工事完了までの期間地すべり移動速度が増加することが確認された。

以上のような変化を考慮すると、第一段階の工事として計画した地表水・浅層地下水処理を全域で完成させることによって、斜面上部ブロック群では第一段階の目標を達成できる可能性が生まれている。また移動速度の大きい斜面下部ブロックについては、第一段階で計画している姫川による浸食を抑制するための対策の必要性もはっきりしてきた。

なおこの間の工事の問題点としてはっきりしてきた点は以下のとおりである。

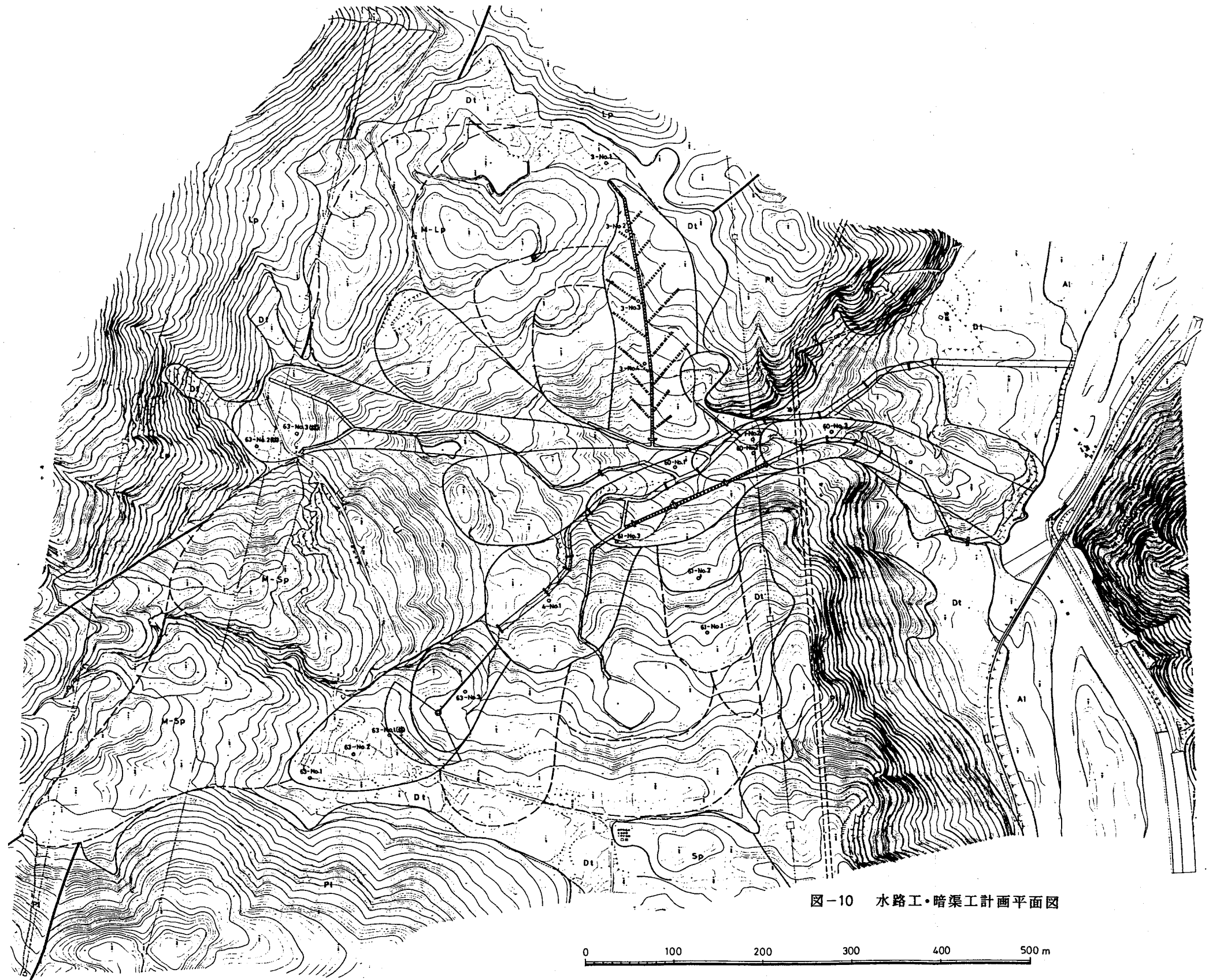


图-10 水路工・暗渠工計画平面図

- ① 水路工が地すべりブロックの縁辺を横切る特定の区間で、春先に被災を繰返してきた。この区間の水路構造の検討が求められている。
- ② 地すべりが複数のすべり面に沿って発生しているため、各すべり面毎の移動状況を継続的に観測する方法の工夫が求められている。

## 7 あとがき

本格的な地すべり対策が開始されて8年が経過した。この間多くの技術者がこの地すべりに携わってきた。移動速度が速い、移動域が広い、すべり面が深い等の特徴を重ねもつ青ぬけ地すべりは、関わってきた多くの技術者にとって初めての体験であった。多くの討論を重ねて現在まで到達した。この報告を作成するに当たり、この地すべりに携わってきた全ての担当者に心から感謝したい。

防止工事は緒についたところである。第一段階の見通しが出てきた。しかし第二段階、第三段階の計画の具体化は今後の課題である。

今後の計画を効果的に進めるため、皆様のご批判、ご指導をお願いします。また討論を通じ活動の激しい地すべりに対する防止技術が一步でも前進することを願うものです。

### (参考文献)

- 1) 昭和61～平成 4年度 青ぬけ地すべり 地すべり防止調査報告書 新潟県糸魚川土木事務所
- 2) 昭和63～平成 4年度 青ぬけ地すべり 地すべり防止観測報告書 新潟県糸魚川土木事務所
- 3) 地すべり学会 新潟支部「第18回現地検討会 沖見」(1990.10)
- 4) 地すべり学会 新潟支部「第19回現地検討会 八幡地すべり」(1991.9)
- 5) 地すべり学会 新潟支部「第21回現地検討会 青ぬけ地すべり」(1993.9)

これからの地すべりへの  
取 り 組 み

# 地氾り学会シンポジウム話題

## 発言要旨

入広瀬村長 須佐昭三

- 。 入広瀬の地氾り防止区域は全村域の 0.03 %である。

区分	地区	面積	備考
建設省	横根、芋鞘、穴沢	3.36 km <sup>2</sup>	
林野庁	田小屋、十二越、山ノ神、東野名	1.37 km <sup>2</sup>	
構造改善局	平野又、折板、芹谷内	3.54 km <sup>2</sup>	
計	—	8.27 km <sup>2</sup>	

- 。 防災工事と併行して実施された圃場整備事業で、地域が安定した。

「田毎の月」以上の水田も小区画であるが整然と美田に整備され、中山間地域に見られる農地放棄は見当たらない。

- 。 集落内農地の放棄は集落の灯を消すことになる。即ち、集落維持のための農地の整備は、国土の保全事業でもある。

いうならば、地氾り防災対策の最大の手法は、農地の基盤整備事業であるともいえる。

- 。 中山間地域には、畑地の耕作放棄地、近接する原野等の未利用地区が存在する。

生産性に見込みなく放棄された畑地(桑園等)は、林地としての再生も見込めず、地域崩壊をもたらす原因ともなり得る。

このためにも、土地再利用再生に向けての地域集落の取り組みに理解を示してほしい。

例示 都市との交流のためのレクリエーション施設の整備、農村公園の整備事業等々

同時に当該区域の地汙り災害防止事業等について市町村等の当該事業の実施計画に併せて積極的な支援を要望したい。

即ち、地域村落の維持、再生を賭けて推進したいとする活性化事業の展開に、地汙り防止事業のご協力、ご支援をお願いしたい。

- 。 入広瀬村では、平成5年度地汙り防止区域内で、地下320mの地点より毎分3,700ℓ、泉温37℃の温泉開発に成功した。地汙り等の地質調査等の過程では全く予測せざる温泉開発の成功である。
- 。 地下水集水施設に湧出する良質の多量の水を、水道用水に供給して戴くこととしている。
- 。 地域集落に近接する比較的急流砂防河川等に建設されている床固工堰提等の落差を利用して、小規模な自家水力発電(公共用施設に利用するもの)事業、即ち、ハイドロバレー構想の具体化等が計画されるに際し、ご支援とご理解をお願いしたい。



## 融雪期における地すべり地内の地下水の挙動

青木 滋\*・佐藤 修\*

### 1. まえがき

新潟県のような積雪地域においては、融雪期における地すべり発生頻度の高い事が、従来から知られている。これは、多量の融雪水が地下に浸透し、地すべり地内の地下水に変化を与え、その変化が地すべり発生につながるためと考えられているが、そのメカニズムについては、まだ十分に明らかになっていない。この事は、積雪期、融雪期における観測の困難さと関係がある。

筆者らが、1980年頃から観測を開始する時点において、これらの観測データがほとんど皆無にひとしかった事をみてもわかる。以下、筆者らによる観測結果を中心に、地すべり地内の地下水について考察する。

### 2. 山古志村虫亀地区の観測

1980年4月に発生した虫亀地すべり地滑落崖直下のボーリング孔を使用して、1982年5月より、水位（水圧水位）、水温、水質の観測を行った。水質は、深さ5mの水を、自動採水器によって約17時間ごとに採水した試料を分析した。

#### 1) 地下5m深の水質の変化<sup>1)</sup>

1982年5月から6月の22日間で、図-1、2のような変化がみとめられた。この期間は、融雪水、降水の影響がない時期であるが、期間中に、電導度（導電率EC）の低い水と高い水が交互にあらわれた。図-3、4のECとアニオン、カチオンの組成変化の関係からみてわかるように、水位が変動しないのに、5mの深さのところに水質の異なる水が交互にあらわれる事を意味している。

#### 2) ボーリング孔内の水質の垂直変化

深さ5mのところに、比較的濃度の低い水が存在した時、ボーリング孔内の水を層別に採水して各イオンの分布を図-5に示した。各曲線によってかこまれた空間が、各イオンの存在量を示し、黒丸の線と縦軸にかこまれた空間は、それぞれ全カチオン、全アニオンに相当する。

これによると、この孔内は、浅層にECの低い（2.21～2.43ms/cm） $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Ca}^{++}$ 、 $\text{Mg}^{++}$ を主成分とする塩類濃度の低い水と、深層にECの高い（5.09～5.13ms/cm）

\* 新潟大学積雪地域災害研究センター

$\text{Cl}^-$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{Na}^+$  を主成分とする塩類濃度の高い水が存在する事がわかる。

### 3) 水の起源

(1) 浅層水：硫酸イオン  $\text{SO}_4^{2-}$  は、地すべり地の表層で生成される。虫亀地すべり地の泥岩には、空気により容易に酸化される微粒の黄鉄鋼が含まれており、酸性条件下で鉄酸化細菌も存在するので、泥岩の一部で活発な硫酸が生成されていると予想される。

(2) 深層水：NaCl濃度の高い水は、人間活動によって表層から混入したものではない。当地には、 $\text{Cl}^-$  を供給するような火山活動は、知られておらず、ガス・石油の付随水は、高濃度の NaCl を含むことが知られており、 $\text{I}^-$  の含量も高く、深層水から分離したガスに濃度の高い  $\text{CO}_2$  を含んでいるので、この水は、ガス・石油塩水に由来するものと考えられる。

### 4) 長期観測結果<sup>2)</sup>

結果を図-6に示す。水位変化はほとんどみとめられなかったが、深さ5mの位置の水質変化が4回みとめられる。ECが高くなったときは、深層水が上昇した事を意味し、降水との関係は不明だが、2層の境が、何らかの原因で上下する変動を示す動きをしている事が推定される。

なお、11月12日からの水位の急低下は、近接集水井による排水がすすんだためで、冬期間の観測は、融雪水が機器の収納容器に入り、失敗であった。

## 3. 長岡市濁沢地区の観測<sup>2)</sup>

上記の観測にあたって、計器類にも種々問題のある事がわかったので、1981年の正月に地すべりが発生した濁沢地すべり地において、県の小屋と井戸（深さ18m）を借りて、デジタル記録・演算システムによる地下水位、EC、水温の測定を、1983年12月27日から約5ヶ月間行った。水温とECは、7.5m、10m、18mの深さで測定した。

### 1) 観測結果（図-7）

水位は、12月末の深さ6mから低下を続け、2月初めに、10m以下に低下しすべてのセンサが地下水面上に露出し、測定不能になった。3月18日頃には、水位センサの位置が（8.25m）まで水位が上昇した。

水位の上昇は滑らかでなく、時々短期間に急上昇する事をくり返して、全体として水位が上昇している。また、4月初めまでの水位の上昇期には深い方のECが（一部水温も）上昇し、深層水が上昇しているとみなせる。その後の水位横ばい期には、ECも水温も、ほぼ横ばいを続け、水位の下降期には、浅いところの水温が上昇する。横ばい期の解釈は

まだ不確定要素を含んでいるが、融雪期の地下水位上昇が、融雪水の直接浸透によるものでない事は確かである。

#### 4. 地すべり地地下水の湧出状況

##### 1) 安定期における湧水<sup>3)</sup>

山古志村一帯の湧水、(自然湧水、集水井排水、横穴ボーリング排水など)の地すべり非発生期の水質をみると、不動地をのぞいて、大半が、硫酸イオンで特徴づけられる浅層水であった。不動地のそれは、電解質濃度の低い水である。

##### 2) 地すべり発生時の湧水<sup>4) 5)</sup>

虫亀地すべりなど、地すべり発生直後の地内の湧水は、電解質濃度の高い硫酸ナトリウムを主成分とする水がみられ、中位の付近では、NaClの濃度の高い水がみられた。これは浅層水と深層水の混合水と考えられる(図-8)。

#### 5. 地すべり地地下水の流動状況

以上の結果をまとめると次の通りである。

1) 地すべり地地内の地下水は、水質の異なる2層の水が存在する。

2) 浅層水は、常時、地表に湧出し、流動的な地下水で、深層水は、地表に流出しにくい停滞水である。

3) 融雪期などには、地すべり地外における融雪水の浸透によって、深層水の水圧がたかまり、すべり面に対して揚圧力が働く。地すべり発生時には、深層水が地表に流出する。

4) 融雪水等の浸透は、地すべり地地内では、ほとんど発生せず、滑落崖上方の亀裂を通して行われる(Nの存在から)。融雪水の直接浸透という形ではなく、浸透による裂か水の圧力伝播により、深層水の水圧をたかめる。(この点では、小川(1988)<sup>6)</sup>の意見と一致する)。

5) 今後は、滑落崖上方の亀裂内と、下方の地すべり地内の地下水変動の比較観測を行う必要がある。

6) 地すべりによって深層水が排出され、ある期間をへて深層水が貯留され、水圧がたかまると、再び地すべりが発生する可能性がある。これが地すべりの周期性であろう。この点をたしかめるのに、地下水のトリチウム濃度の測定も有効である。

7) 地すべり防止対策として、亀裂内排水(アスファルトパイプなどによる)を積極的に施工し、地下水の排水工は、深層水を対象とする事がのぞましい<sup>7)</sup>(効果は、排水

のECの測定で判断できる)。

#### 文献

- 1) 佐藤修・青木滋・鈴木幸治(1983)：虫亀地すべり地の地下水のアニオンの起源  
新大災害研年報, 5号, p.33 -42.
- 2) 佐藤修・青木滋・吉田昭治・中川隆夫・鈴木幸治(1987)：地すべり地地下水の  
自動観測システムの開発, 新大災害研年報, 9号, p.115 -143.
- 3) 佐藤修・青木滋・矢沢茂伸・鈴木幸治(1984)：虫亀地すべり地周辺の湧水の水  
質, 新大災害研年報, 6号, p.63-72.
- 4) 佐藤修(1981)：地すべり地の陸水の水質1, 虫亀・高倉地すべり, 新大災害研  
年報, 3号, p.47-58.
- 5) 佐藤修(1982)：地すべり地の陸水の水質2, 濁沢, 上馬場地すべり, 新大災害  
研年報, 4号, p.77-86.
- 6) 小川正二(1988)：雪と地すべり, 「雪と地すべりについて」(16回シンポジ  
ウム, 地すべり学会新潟支部, 土質工学会北陸支部, p.1 - 6.)
- 7) 青木滋・佐藤修(1984)：地すべり地の地下水に関する最近の話題, “ちかすい”  
日本地下水学会, p.209 -211.

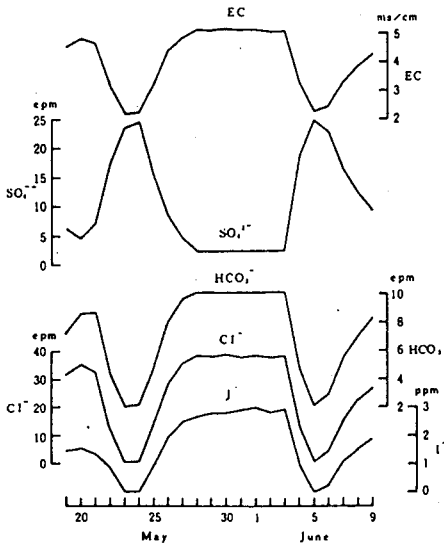


図-1 虫亀地すべり地地下5mの地下水のアニオン組成変化

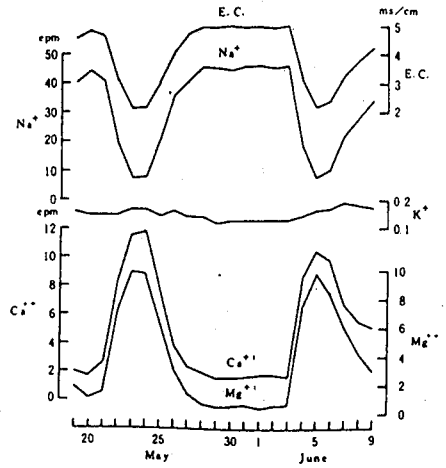


図-2 虫亀地すべり地地下5mの地下水のカチオン組成変化

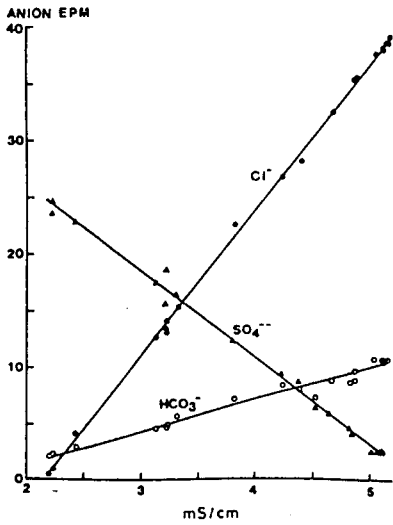


図-3 虫亀地すべり地地下水のアニオンと導電率

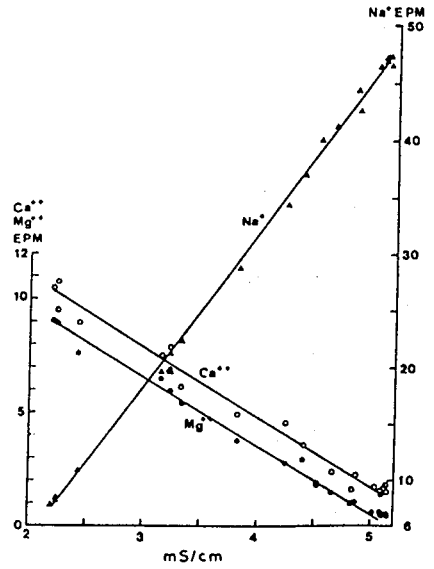


図-4 虫亀地すべり地地下水のカチオン濃度と導電率

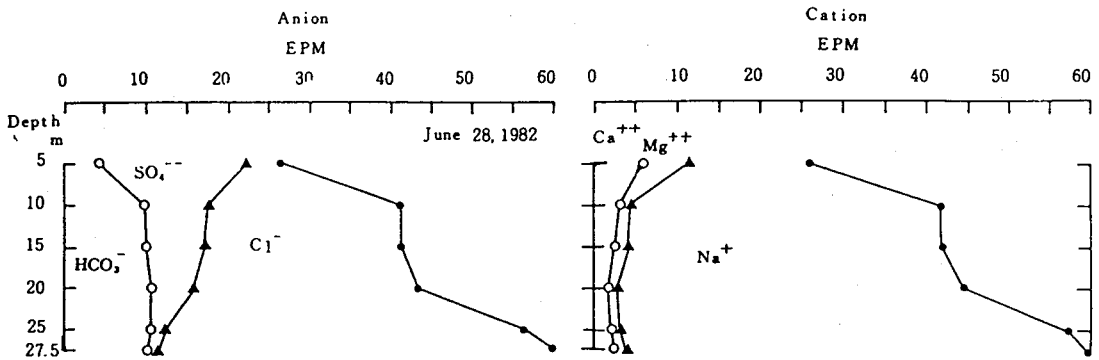
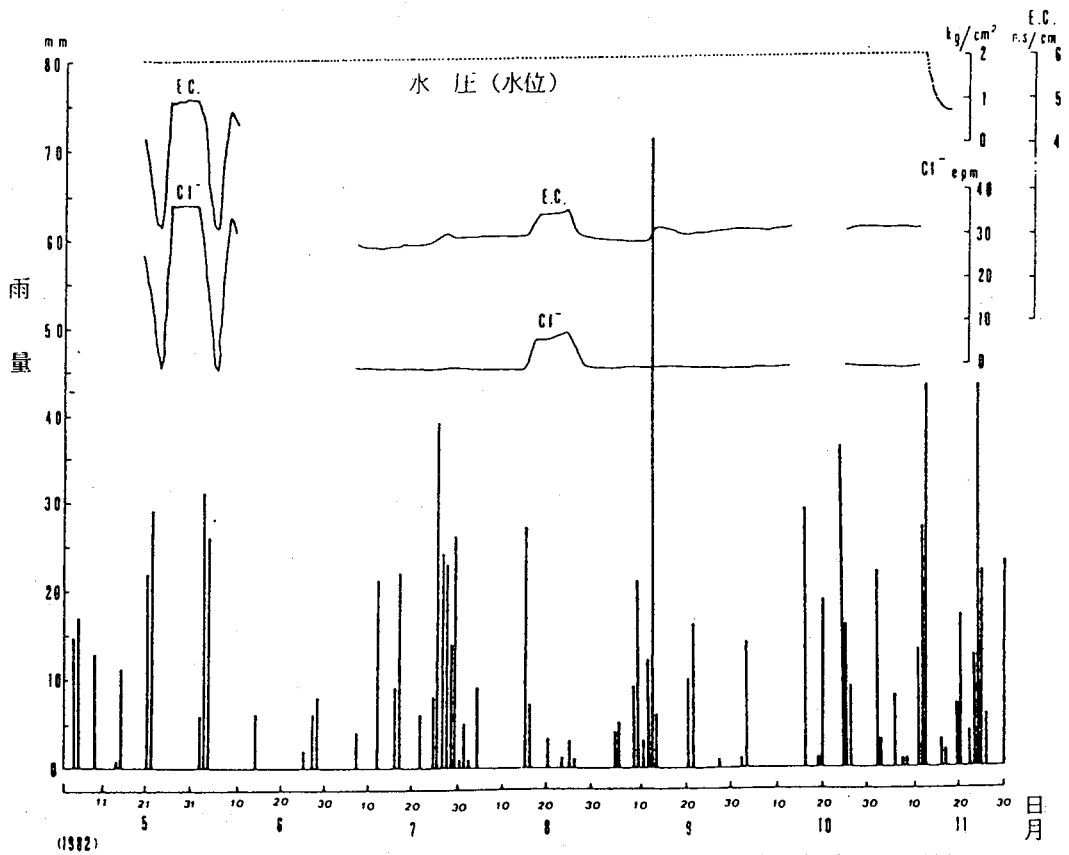
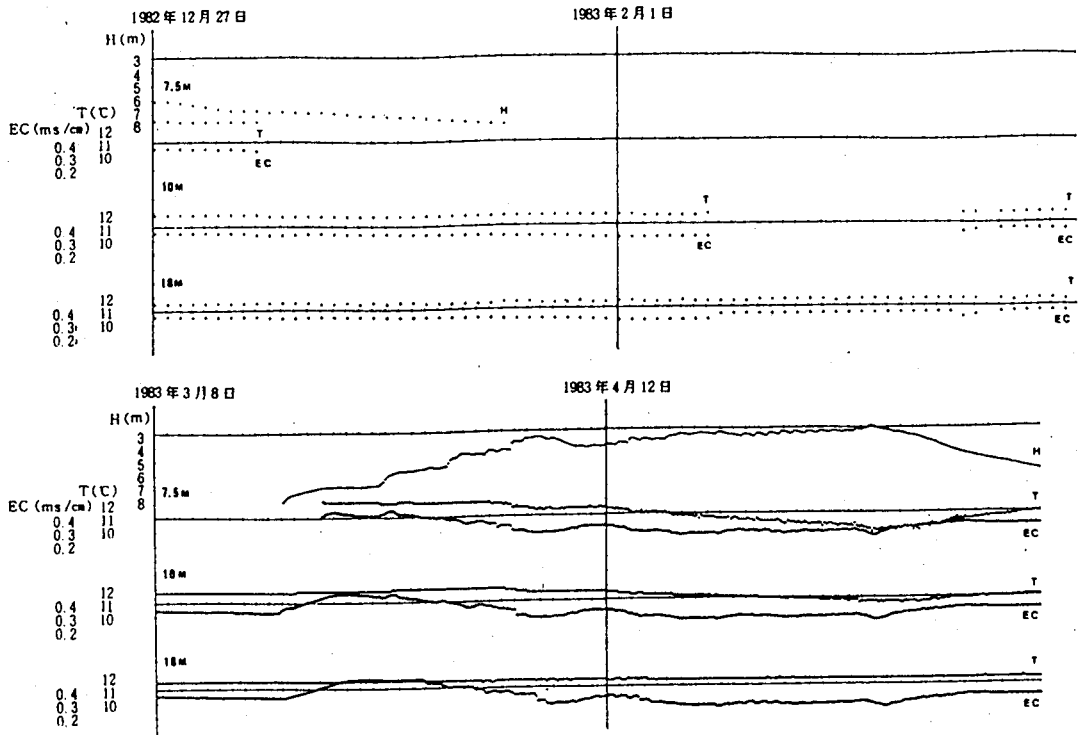


図-5 ボーリング孔内水のアニオン、カチオンの垂直分布



アナログ記録計による観測結果 (新潟県長岡市虫亀地すべり地)

図-6



☒ - 7 デジタル記録・演算システムによる観測結果（新潟県長岡市濁沢地すべり地）  
 $H$ : 水位 (m),  $T$ : 水温 (°C),  $EC$ : 電導度 (mS/cm)

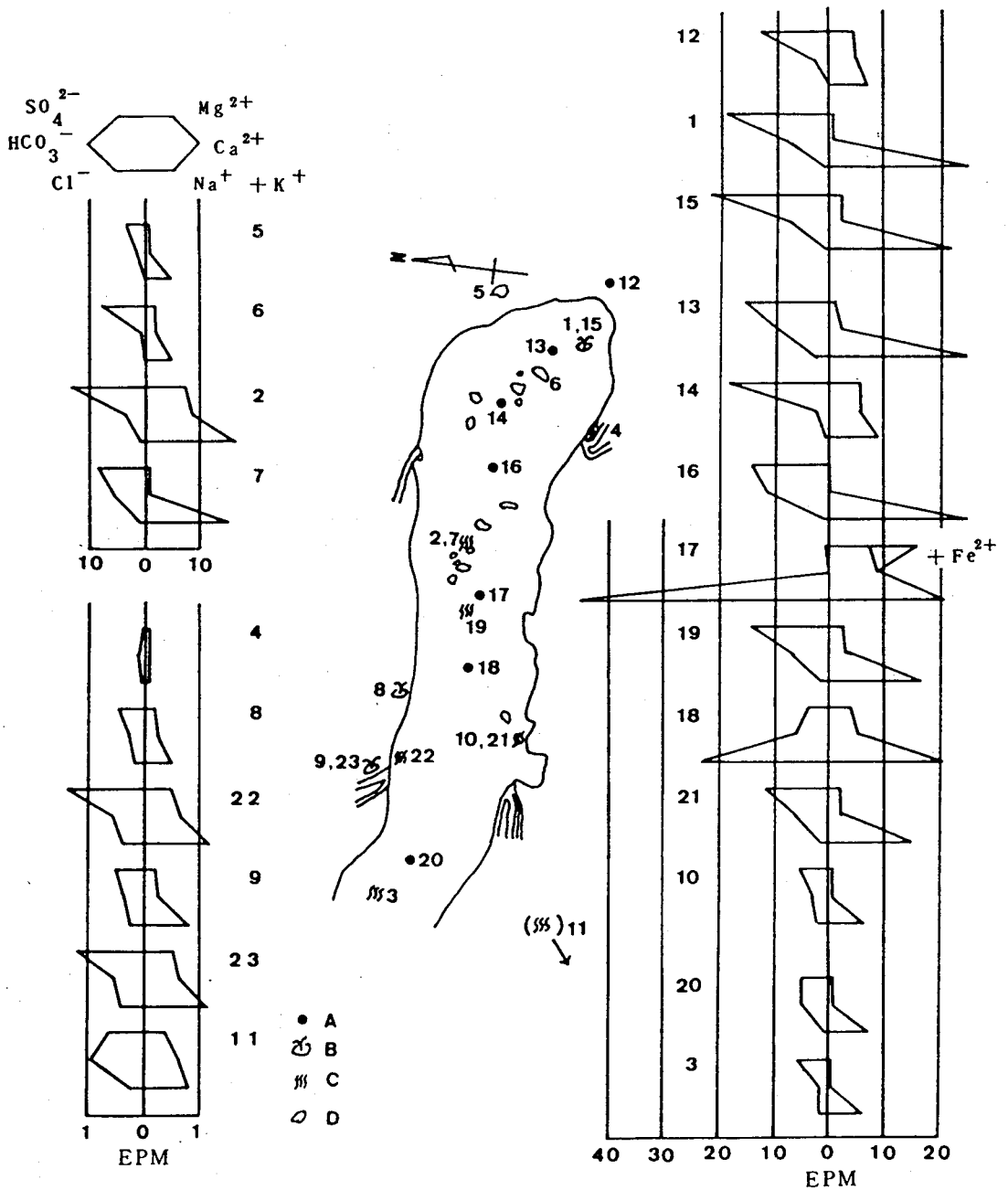


図 8

虫亀地すべり地の採水位置と水質のヘキサダイアグラム

A. ボーリング孔 B. 湧水 C. 表流水 D. 池



1. 動きの大きい地すべり地での、活動をとめるにあたっての  
 応急的手段（恒久的構造物設置まで間的手段）
  
2. 上記の地すべり地での、調査方法（調査計画）  
 （ボーリング孔の破壊する現状と観測方法）
  
3. よりよい対策をするために、調査コンサルタントと事業  
 発注行政側の考え方及び意見の交換、調整のやり方

1. 「 移動する地すべりに対する調査法と対策工 」

司 会	大 手 開 発 (株)	柿 崎 竹 男 氏
パネリスト	(株) 日 さ く	白 石 秀 一 氏
	(株) キ タ ッ ク	伊 藤 克 己 氏
	明治コンサルタント (株)	古 川 昭 夫 氏
	上 越 土 木 事 務 所	
	( 柿 崎 川 分 所 )	水 沢 登 氏
	上 越 林 業 事 務 所	長 清 氏
	農 業 試 験 所	五 位 野 操 氏

2. パネルディスカッション 「 これからの地すべりへの取組み 」

司 会	砂 防 課 長	保 科 幸 二 氏
話題提供者	新 潟 大 学 教 授	青 木 滋 氏
	入 広 瀬 村 村 長	須 佐 昭 三 氏
	地すべり対策技術協会	
	新 潟 支 部 長	熊 谷 忍 氏
	(株) 時 空 映 像	窪 田 美 砂 氏

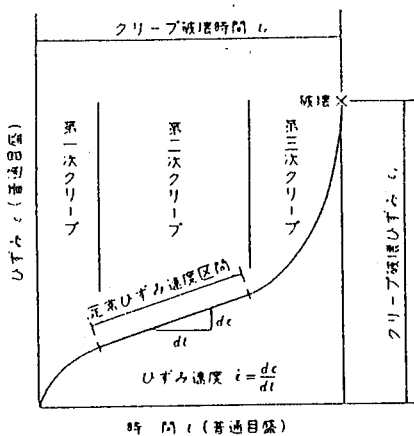
# 地盤の変動と地すべり予測

地すべり対策技術協会新潟支部

熊谷 忍

飯山線・高場山トンネルの滑落予測（1970. 昭45年1月）

地表徴候からの予測



地下徴候からの予測

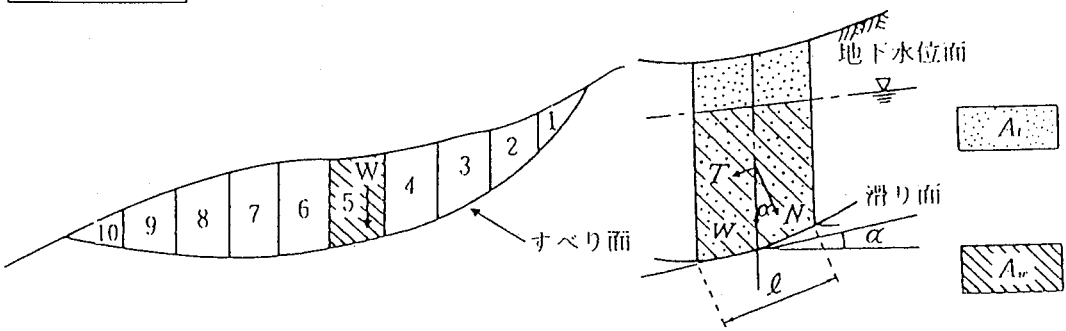
地すべり予防へ

ハイテクセンサーの開発とニューメディアの結合

地すべりの原因

- 素因
- 要因

斜面の安定解析



- 土粒子間の間隙水圧
- 自由面地下水
- 亀裂間隙の間隙水圧
- 被圧地下水

(蓬平地すべりの例)

(三洲沢地すべりの例)

# 地すべり地の観測

地下水位の変化と地すべり、地盤の動き

(上平丸地すべりの例)

地表に徴候（亀裂など）が現れる前に防止対策がとれる

観測網の充実

データの検討

## 地すべり情報センター

