

地すべり学会 新潟支部
第21回 現地検討会 資料
1993.9.16～9.17

青ぬけ地すべり

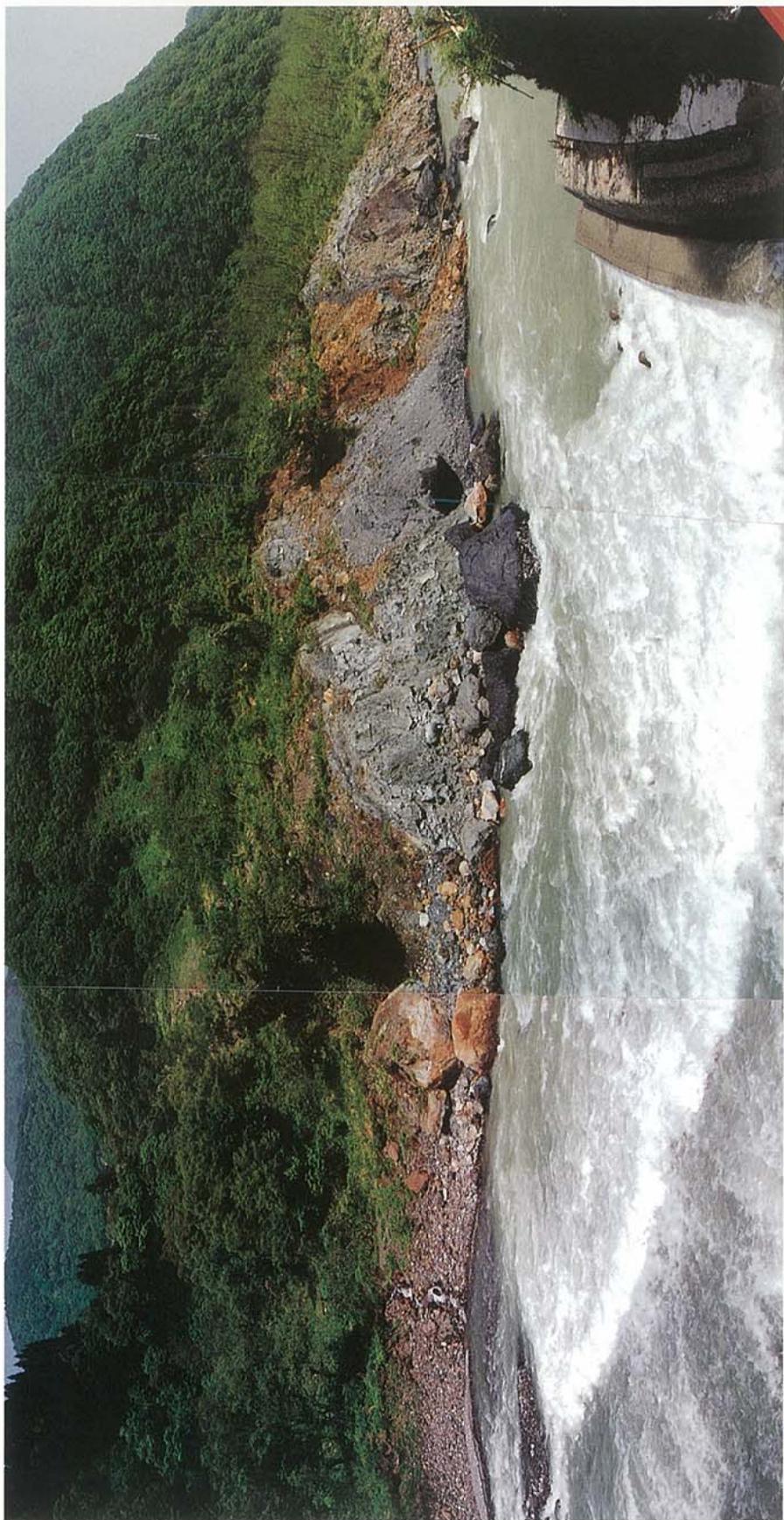
構造線沿いの活動中の地すべり



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
新潟県地質調査業協会
地すべり対策技術協会新潟支部



全 景



末端部の浸食状況（姫川右岸より）



南西ブロック全景



北部ブロックの状況（水路工施工前）

序

このたび、第21回地すべり現地検討会を建設省所管「青ぬけ地すべり」地区においてとり行うこととなりました。

同地すべり地は糸魚川―静岡構造線の西側に当り、一級河川姫川水系左岸側に面した蛇紋岩の破碎帯に属しており、活動の激しい地すべりが各所に見られます。

四国地方に見られます中央構造線沿いの破碎帯地すべりと同一ではありませんが、県内で比較的多く見られる第三紀層の地すべりとはまた違った土質的素因があり、地すべり末端部が狭く姫川に毎年膨大な土砂を押し出しているこの地すべり地において、新潟県土木部により防止対策が行われています。

いまだ地すべり活動が停止していませんので、活発なご意見をいただければ幸いですし、破碎岩の多い地すべり地の対策工法として参考にさせていただければと思います。

なお、本検討会を行うにあたりご協力いただいた新潟県土木部砂防課、同糸魚川土木事務所、(株)後藤組および明治コンサルタント(株)の関係各位に心から感謝の意を表します。

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

目 次

□絵写真

1 地すべり地の概要	1
1-1 位置	1
1-2 地形	3
1-3 基盤地質	3
1-4 地すべりブロックの分布	6
2 地すべり活動の記録	9
3 地すべり斜面の地下地質構成と水理特性	10
3-1 狭窄部の地下地質構成と水理特性	10
3-2 斜面下部ブロックの地下地質構成	14
3-3 斜面上部ブロックの地下地質構成	14
4 地すべり土塊の移動状況	19
4-1 移動杭観測による地表変位量	19
4-2 伸縮計内挿型パイプヒズミ計による地中変位量	28
4-3 差動伸縮計および伸縮計による地中変位量	33
5 地すべり機構について	37
5-1 地すべり活動の特徴	37
5-2 地すべり要因	38
6 地すべり防止計画	39
6-1 計画の検討経過	39
6-2 防止計画の基本方針	41
6-3 既設防止工事と現段階	42
7 まとめ	45

1 地すべり地の概要

青ぬけ地すべりは昭和60年(1985年)に指定された建設省所管の地すべり防止指定地であり、指定面積は 70.79haである。

防止事業は昭和60年(1985年)に開始され、その後継続的に機構調査と防止工事が進められ、現在も調査・工事が進行中である。

当地区の地すべりは、年間移動量が数mと激しい活動が続いていること、移動域が広範囲にわたっていること等規模と活動の激しさの点で県内有数の地すべり地の一つである。

これまでの調査で、全域の地すべり機構の外郭が把握され、現在は各ブロック毎の詳細調査に着手した段階である。

これまでの調査を踏まえ防止計画を検討した結果、地すべり地全体の安定化を図る工事を短期間に施工することは困難であり、防止工事を段階的に進めることを内容とした基本計画を作成し、この基本計画に沿って工事を進めているところである。現在はこの計画の第一段階として、活動の激しい地域の地すべり活動を大幅に緩和することを目的とした防止工事を全域で進めている。

1-1 位置

青ぬけ地すべりは糸魚川市街地の南約 9km、姫川の左岸に隣接して位置する。周辺の姫川左岸域には北から菅沼、青ぬけ、前川、夏中、平山(野口)、小滝、山之坊、坂巻、大所の各地すべりが南北に連なって分布する。

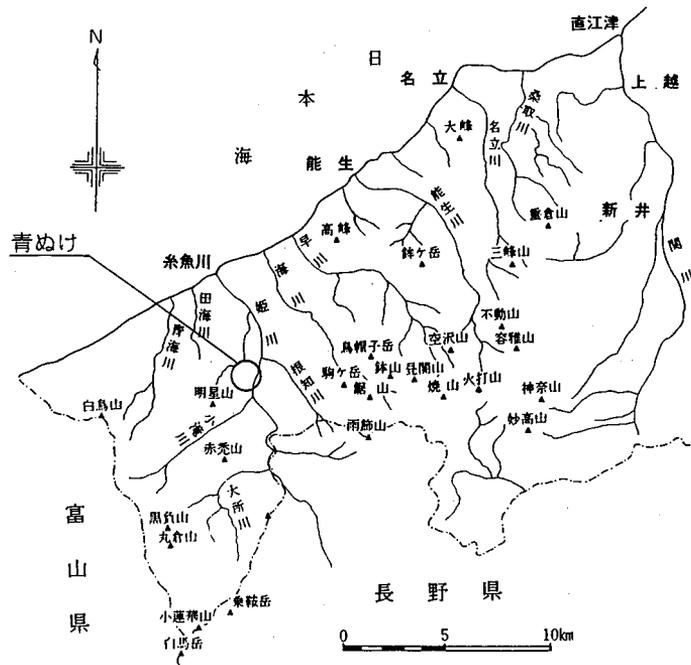


図-1 位置図

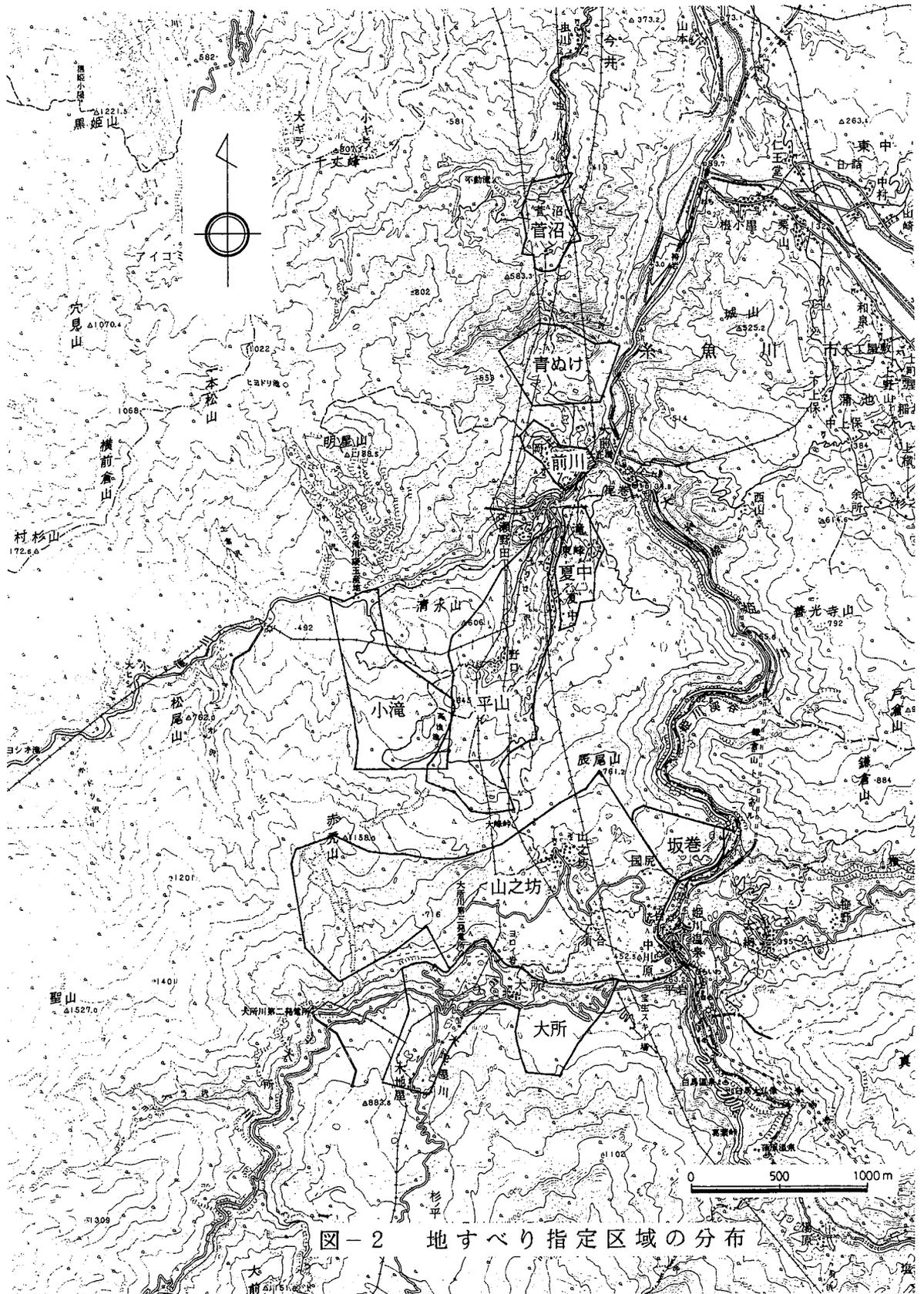


図-2 地すべり指定区域の分布

1-2 地形

当地域周辺の姫川は、河床標高約100m付近を比較的緩やかな河床勾配で北に向かって流下する。姫川兩岸は標高差300～400mの著しく急峻な斜面に囲まれているが、左岸域全体を俯瞰すると、急峻な斜面の背後には、標高200～500mの緩斜面地形が南北方向に断続的に分布しており、この緩斜面の地域が姫川左岸の地すべり防止区域群の分布とほぼ一致する。

なおこれらの地すべり群は、その殆どが地すべりの末端部を姫川の支流によって開析されているのに対して、当地すべりは姫川左岸の急崖を切り裂いたような狭いV字状の谷に向かって地すべり土塊が押し出し、ここに集まった土塊はV字状の狭窄部を通して直接姫川本流にまで達している。このように当地すべりは、姫川左岸の急崖に形成された狭いV字状の狭窄地形が、地すべりの形態、および地すべりの機構を特徴づけている。なお地すべり土塊が通過する狭窄部の幅は約60mである。

1-3 基盤地質

地すべり地周辺の基盤地質図を図-3に示す。

地すべり地は糸魚川-静岡構造線の西側約2kmの地点にあり、飛騨外縁構造帯に含まれる地域である。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。

なお地すべり地西縁には、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。

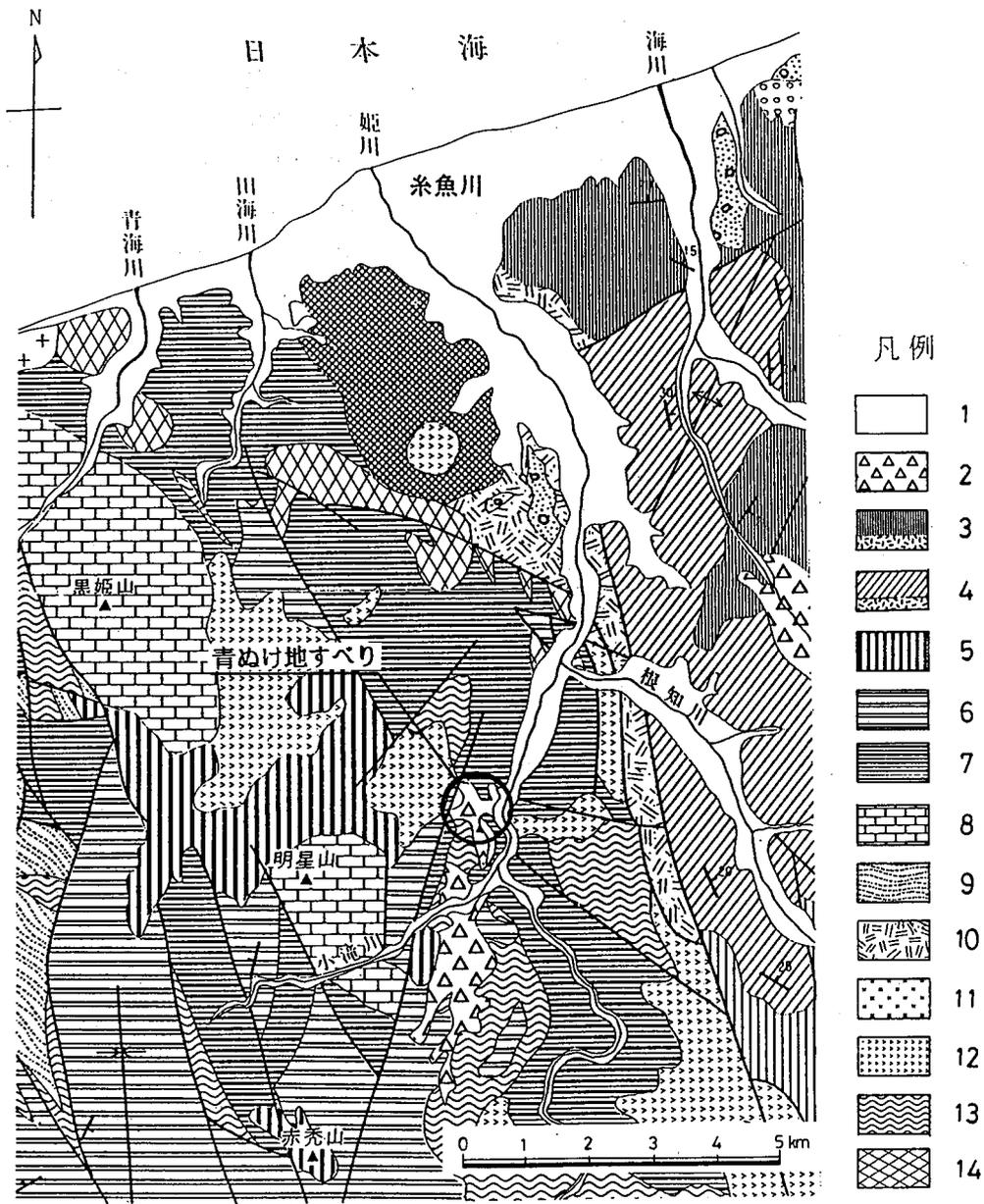
ここで当地区の初生地すべり発生の地質的因子と判断される事項を整理すると以下の2項目となる。

第1は、基盤岩の岩質の問題である。青ぬけ地すべりの中心は蛇紋岩と石英粗面岩質凝灰岩を基盤とする地域で発生している。また姫川左岸の地すべり分布を地質図に重ね合わせると、ほぼ蛇紋岩分布域に一致する。蛇紋岩および石英粗面岩質凝灰岩は、含水に伴い粘土化変質が顕著なことが知られている。このような蛇紋岩および石英粗面岩質凝灰岩の岩質の特徴が、地すべり発生の大きな因子となったと推察する。

第2は、地すべり地周辺に集中分布する断層の存在である。斜交する断層群が地すべり地周辺に集中して分布しており、これらの断層群が周辺地盤の破碎・劣化を促すと同時に、地盤そのものを地塊状に分割し、初生地すべりの外郭を形成する役割を果たしたと推察する。なお姫川左岸のV字状の狭窄部で実施したボーリングによると、この地点の基盤岩が破碎した蛇紋岩で構成されていることが確認され、この狭窄地形が東西系の断層によって形造られたことを物語っている。

上記2点を考慮すると、当地すべりの形成には、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ていると考えられる。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、前者の影響がより大きく作用している可能性が強く、当地すべり地を初生地すべり発生の地質的要因から特徴づけると「造構運動による地盤劣化の影響を受けた蛇紋岩地すべり」と云えよう。



新潟県治山課・牧山忠彦(1979)をもとに編集

- 1: 沖積層 2: 沖積層(岩屑堆積物) 3: 名立層 4: 能谷層 5: 太美山層群
 6: 来馬層 7: 非変成古生層 8: 古生層(石灰層) 9: 古生層(変成岩類)
 10: 安山岩 11: 石英閃緑ひん岩 12: 石英粗面岩 13: 蛇紋岩 14: 玄武岩

図-3 基盤地質図

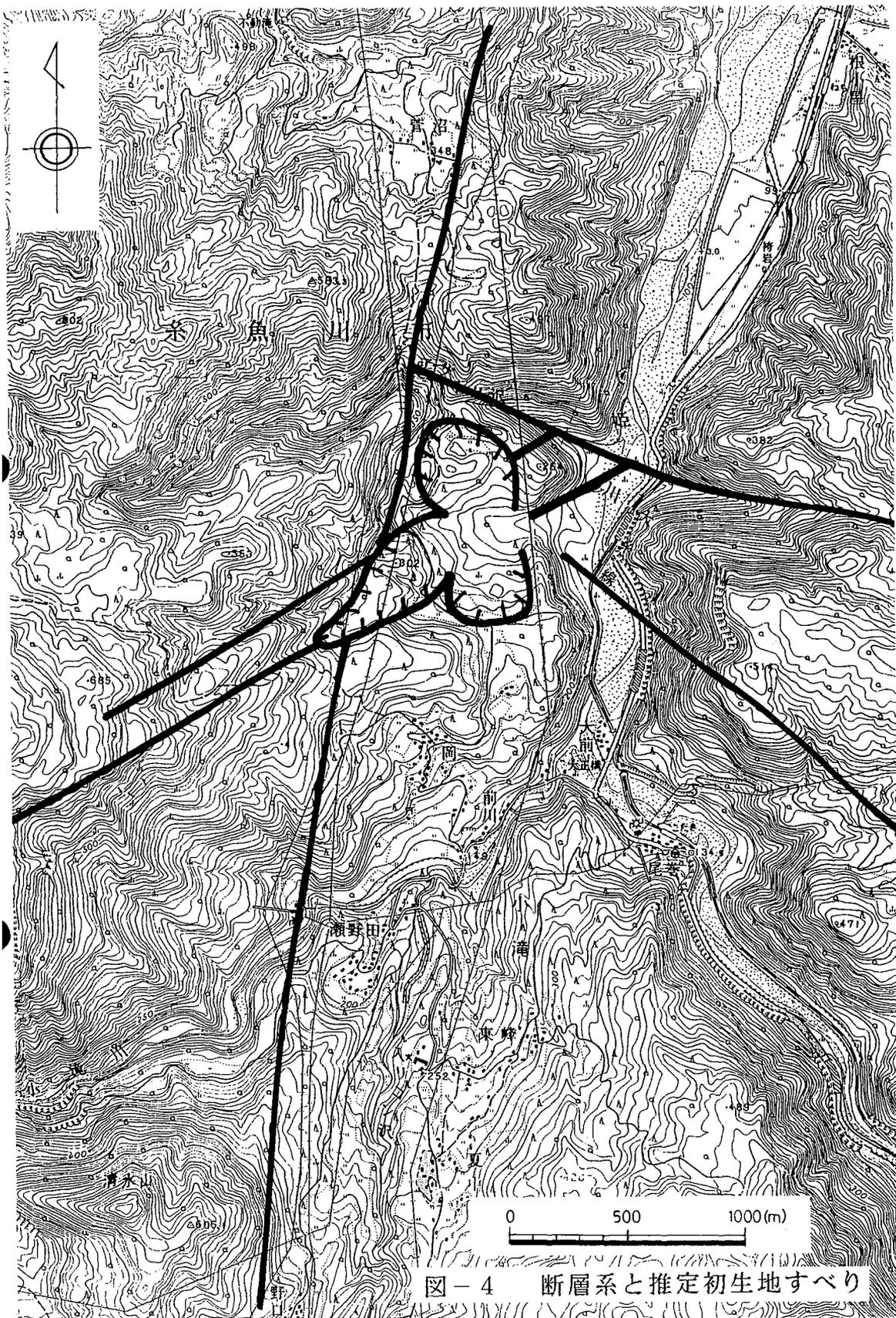


図-4 断層系と推定初生地すべり

1-4 地すべりブロックの分布

地形からみると、当地すべりの形態は中間に位置する狭窄地形に大きく規制されている。この狭窄部を境として、平面的および断面的に大きく 2つに区分することができる。

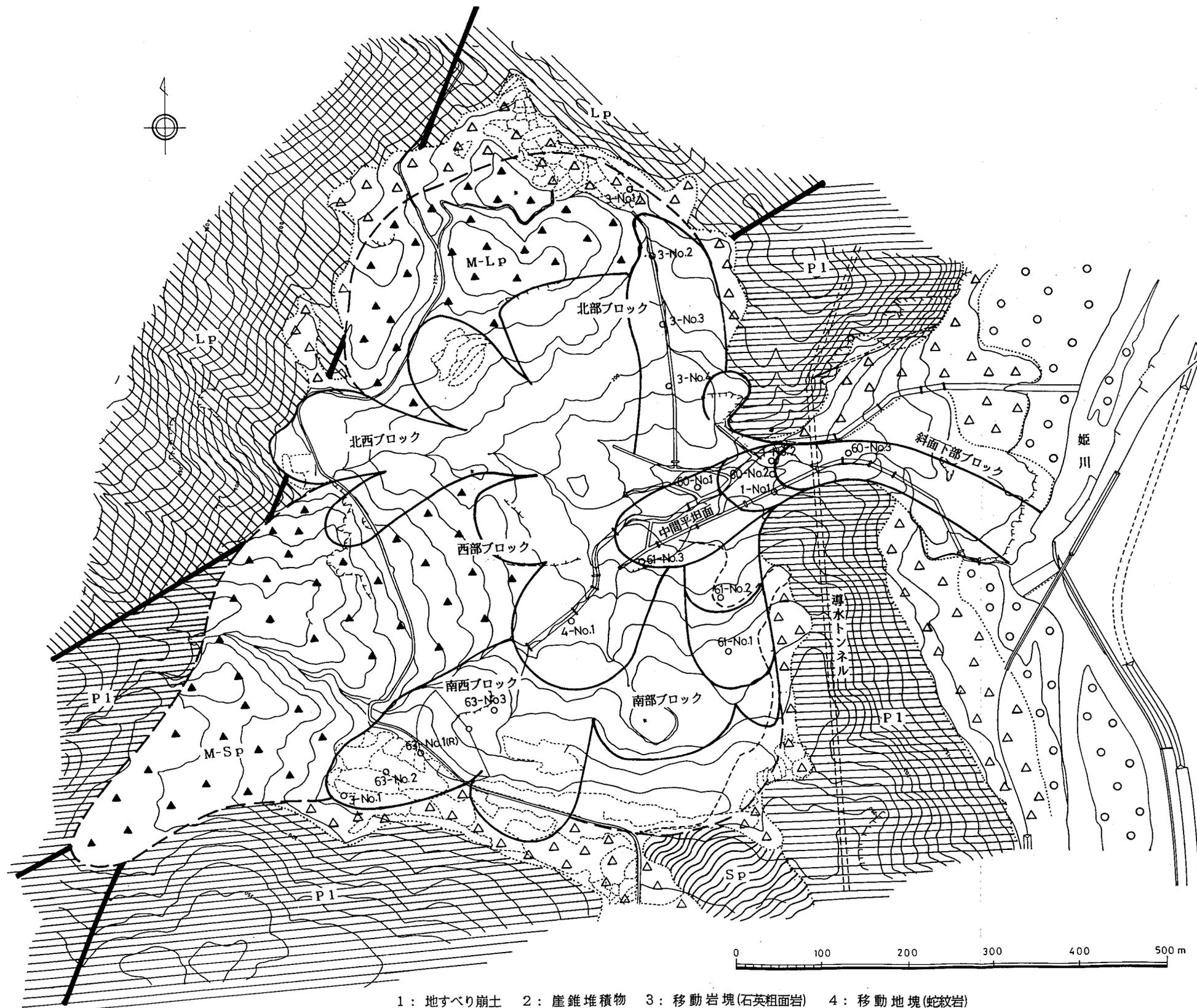
平面的にみると、狭窄部の斜面上部には大小の地すべりブロックが扇状に分布し、これらの地すべりが扇の要にあたる狭窄部に向かって押し出し、ここに集中した移動土塊は、狭窄部付近を頭部とする新たな地すべりブロックを形成して、再び斜面下方の姫川に向かって押し出している。

斜面の断面形状をみても、狭窄部周辺の緩傾斜面を境として上部斜面と下部斜面に大別される。

以上のような地すべりブロックの分布形態を踏まえて、本稿では狭窄部付近の平坦面(以下中間平坦面と呼ぶ)を境として、斜面上部の扇状に分布するブロック群を斜面上部ブロック群と称し、中間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。

なお前述のように、斜面上部ブロック群は大小多数の地すべりブロックから構成されるが、分布域と推定初生地すべりブロックを考慮すると、概ね 5つの大きなブロック(北部、北西、西部、南西、南部)に包括区分することができる。(図-5参照)

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、土塊の先端は右岸に迫るところまで達している。しかしこの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り返されている。



- 凡例
- 1: [Blank box]
 - 2: [Box with two triangles]
 - 3: [Box with two triangles and 'M-Lp']
 - 4: [Box with two triangles and 'M-Sp']
 - 5: [Box with four circles]
 - 6: [Box with diagonal lines and 'Lp']
 - 7: [Box with wavy lines and 'Sp']
 - 8: [Box with horizontal lines and 'P1']

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-5 地すべり機構図

2 地すべり活動の記録

既存資料をもとに、地すべり活動の履歴をたどってみる。

(1) 狭窄部の地下には、昭和20年代に施工された半径約 6mの発電用導水トンネルが通っている。トンネルの施工記録によると、斜面下部ブロックは施工当時から激しい活動を繰り返していたことが記録されている。このトンネルの施工に先だって弾性波探査等の調査が実施され、この調査結果にもとづいてトンネル位置が決定された。工事は破碎した蛇紋岩の地山に遭遇し、掘削に困難をきたし、トンネル断面を円形にする等の努力の末ようやく完成した。導水トンネルは現在まで地すべりによる被害を受けず、正常に機能している。

最近のすべり面調査によると、斜面下部ブロックの最も深いすべり面は深度 33.6m(1-No.2)であり、トンネル天端の上部約 3mのところを位置する。当時の調査結果の正確さに驚嘆するばかりである。

(2) 昭和20年代に撮影された航空写真を検討すると、地すべりの外郭は現在とほぼ同じ位置に連続しており、現在の活動域は当時と比べ大きく変化していないことを示している。しかし当時の写真によると、斜面下部ブロックの末端は現在と比べ大幅に西側にあり、現在のように右岸近くまで押し出したのが昭和20年代以降であることがわかる。

(3) 斜面上部ブロック群の一つ、南部ブロック内は20～50年生程の杉林となっている。このブロックの末端付近では、先端が屈曲した杉の立木が数多く認められる。しかし屈曲の認められる立木の分布範囲はブロックの末端周辺に限定され、斜面中～上部では屈曲した立木は認められない。この立木の変形状況からここ数十年間の地すべり活動の激しかった区域を推定すると、南部ブロックの斜面下部に限定できる。

3 地すべり斜面の地下地質構成と水理特性

3-1 狭窄部の地下地質構成と水理特性

県内の地すべり調査で採用されている簡易揚水試験の結果は、主に地下水を多量に賦存している区間を特定する手段として用いられている。なおこの試験では揚水後の回復水位を一定時間観測することが規定されている。ところでこの水位回復試験の結果に着目し、各試験区間の最終安定水位を確認できるなら、この水位はその試験区間の地下水頭を示すことになる。このような方法で求めた各区間の地下水頭を、掘削全区間にわたって比較照合すると、水頭の異なる帯水層を識別区分することができる。

以上の考え方にもとづいて、狭窄部付近で実施した試験結果から帯水層を区分した。図-6、図-7参照。

試験結果には、観測時間内で安定水位に達しない場合も含まれるが、水位回復曲線を検討すると概略的な最終水位を推定することが可能である。2か所の解析例では水頭の異なる1～2層の帯水層を判別できる。この結果から狭窄部横断方向の帯水層分布を想定し図-8に示す。

帯水層に区分した区間はいずれも多量の揚水量が記録されており、礫質土を主体とした透水性の高い土相を呈しているものと推察する。

なお移動観測によって、狭窄部は数層のすべり面に沿って活動していることを確認している。最も深いすべり面は深度 34～35mであり、ほぼ船底型に連続する。またこの深層すべり面以浅には最低2層の浅層すべり面が確認できる。

このすべり面位置と帯水層区分を対比すると、帯水層境界は概ね浅層のすべり面の位置に一致し、浅層すべり面が難透水層を形成していることを示している。

1-NO.1

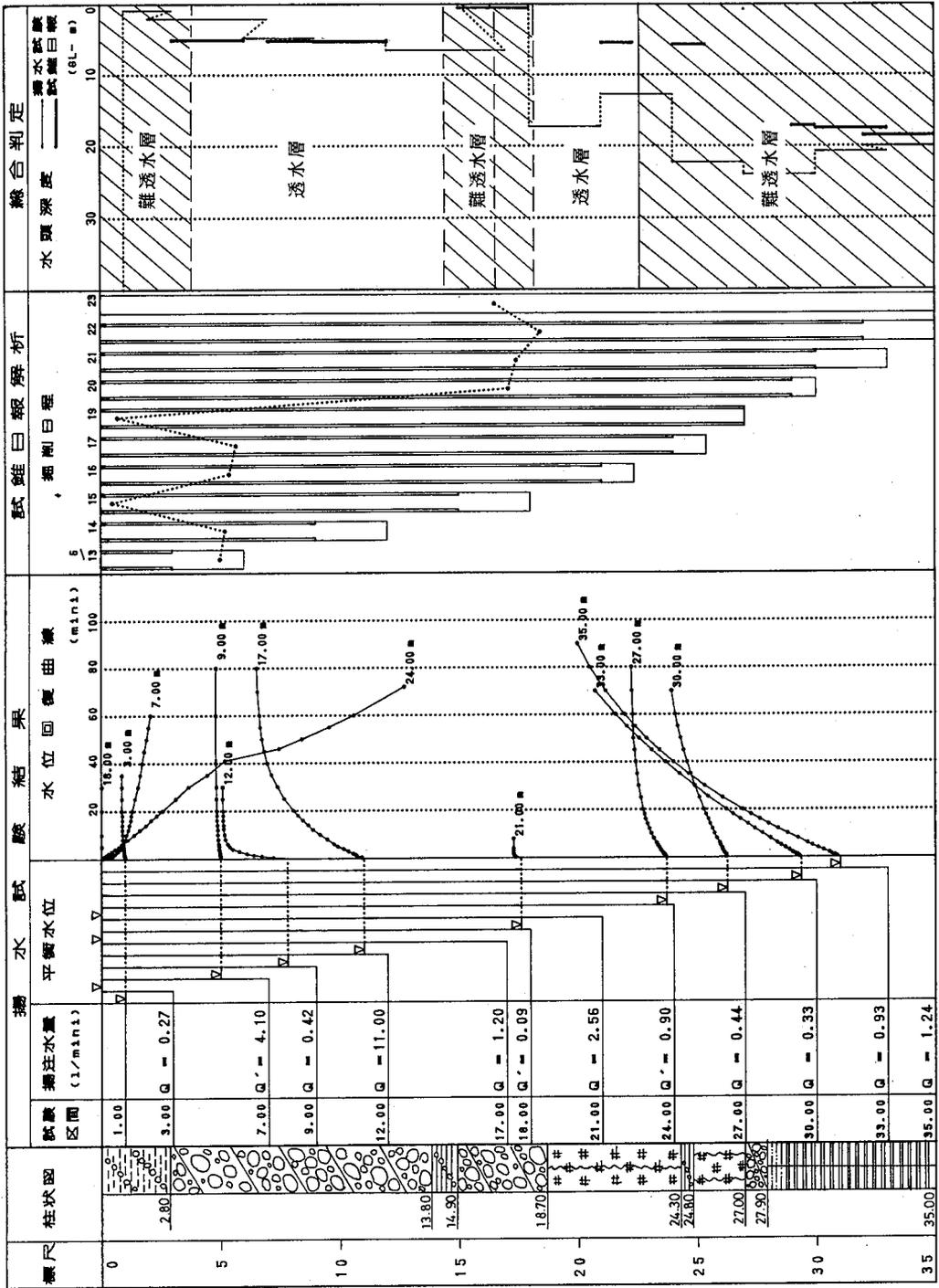


図-6 狭窄部付近の帯水層判定図 (1-NO.1 地点)

1-NO.2

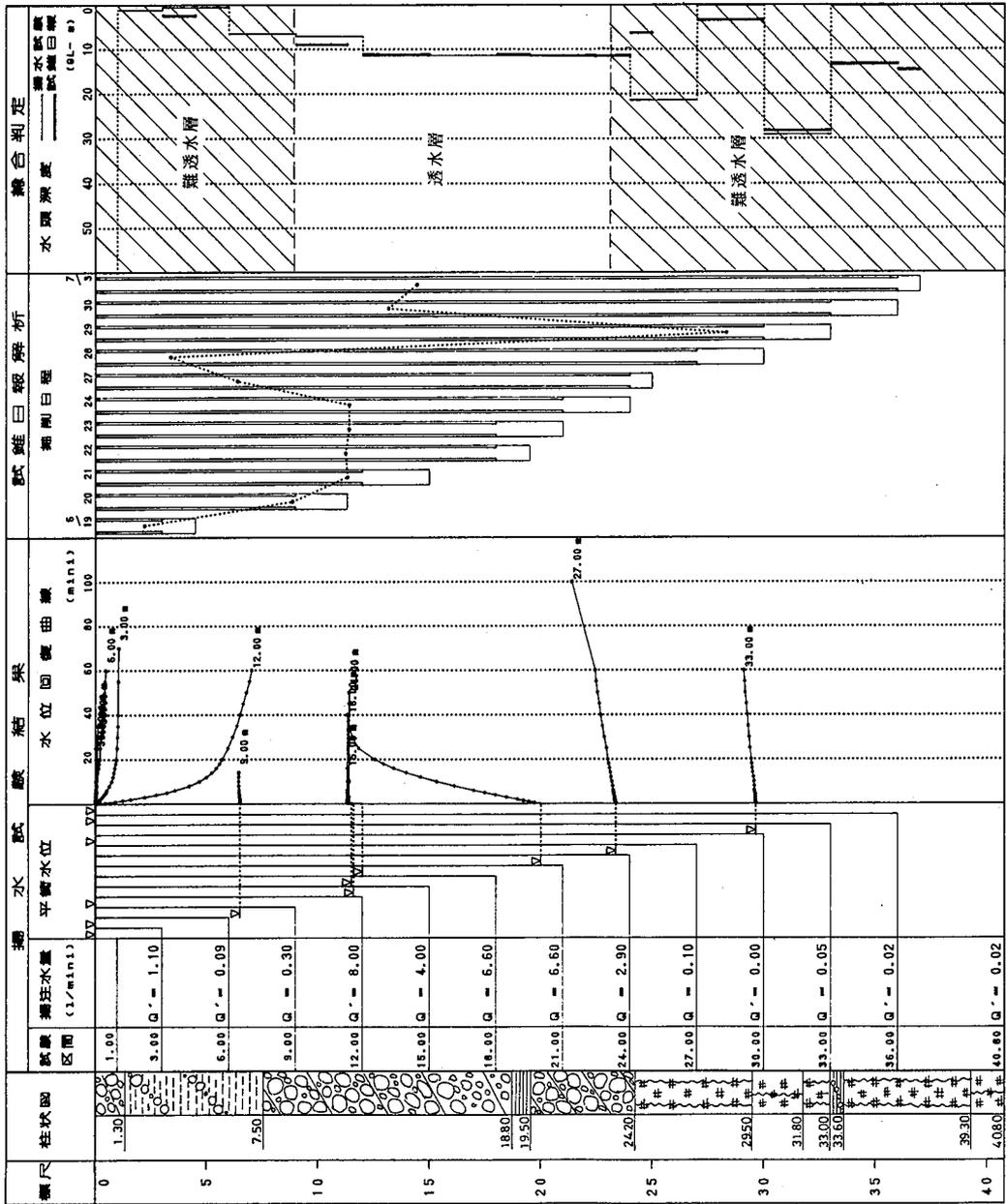
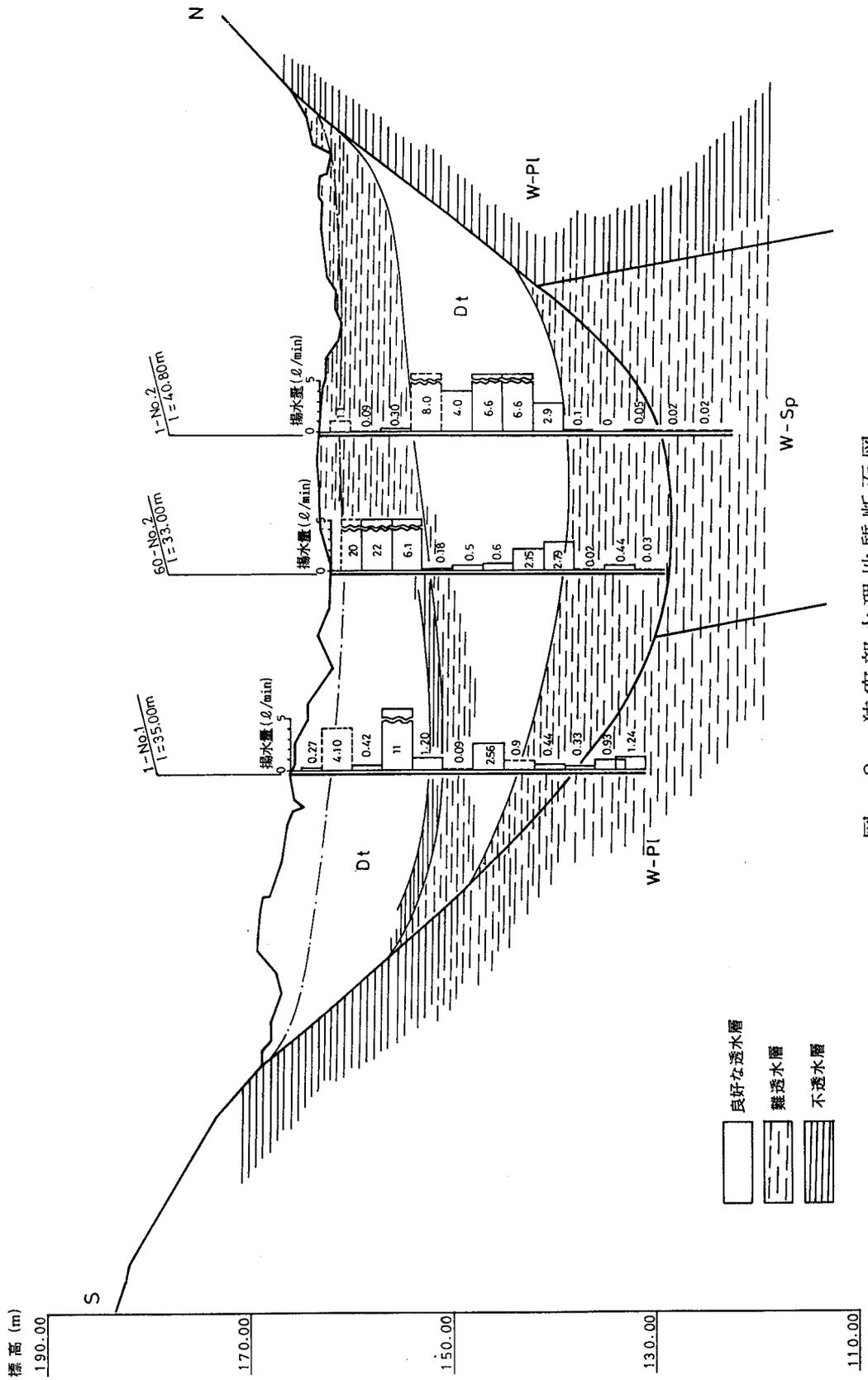


図-7 狭窄部付近の帯水層判定図 (1-No.2地点)



図一八 狭窄部水理地質断面図

3-2 斜面下部ブロックの地下地質構成

南西ブロック中間平坦面－斜面下部ブロックを結ぶ東西側線に沿った、地すべり方向の地質断面を図-9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。

ところでボーリング調査の結果南西ブロック斜面最上部付近に基盤の凹地が確認された。この凹地は河川性の堆積物で埋められ、この上位を崩土層が覆っている。地形図を参照すると、西側の斜面上方から南西ブロック頭部を通り、南部の小滝川方向に至る古い河道が推察でき、基盤の凹地形とこれを埋める堆積物は、この古い河川によって形成されたものと考えられる。

地すべりの末端は移動土塊が姫川の河川堆積物を覆う形で河床に押し出している。河床部に押し出した土塊の延長は約150mである。

なお地すべり土塊は、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。礫の混入比率は、概ね70～90%程度であるが、すべり面付近では粘土分の比率が高くなり、礫分は20～40%程度まで減少する。

調査孔内で観測した水位を断面図に破線で示した。この水位線は浅層の不圧型の地下水頭に対応するものと判断する。揚水試験データに基づく前述の方法によって帯水層を区分すると、各調査地点とも2～4層の帯水層が判別できる。帯水層と判定した区間では数l/min.～数十l/min.の揚水量が記録されている。これらの帯水層の縦断方向の連続性は必ずしも明瞭でないが、狭窄部にみられたように、浅いすべり面と判断される粘性土優勢層で帯水層が分断され、すべり面が難透水層を形成していると推察する。

3-3 斜面上部ブロックの地下地質構成

斜面上部ブロックの機構調査は、前項の南西ブロック、北部ブロックおよび南部ブロックの一部で実施している。北部ブロックの南北方向断面を図-10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。他のブロックの地すべり土塊は全般に礫質土を主体

としているのに対して、当ブロックでは礫混じり粘性土を主体としている。

このような地すべり土塊の土性を反映して、当ブロック内の揚水試験では表層部を除いて全般に揚水量は少なく、前述の方法による帯水層区分でも、表層を除いて明瞭な帯水層を区分できない。

計器による移動観測によれば、当ブロックも数層のすべり面が確認される。最も浅層のものは深度約 5m付近に連続し、このすべり面が近年(1992年 暗渠工の完成)まで激しい活動を繰り返してきた。

なお当ブロックの末端は斜面下部ブロックによって胴切りされ、末端部に押し出した土塊は斜面下部ブロックに合流して、再び直交する姫川河床方向に活動している。

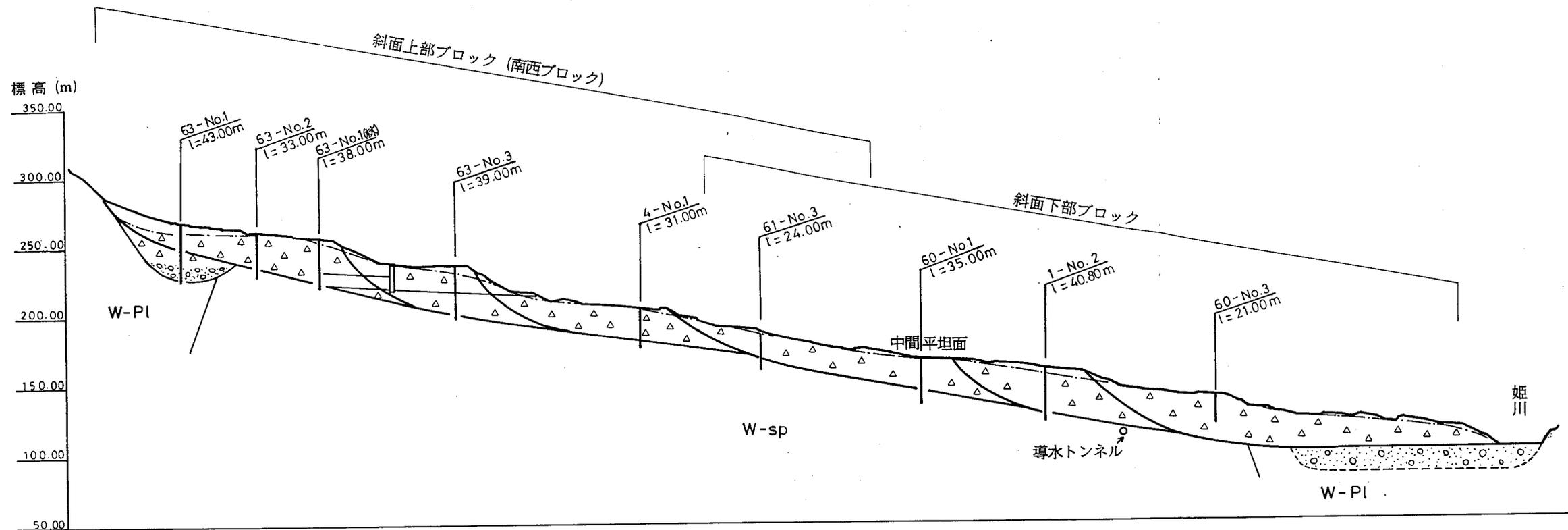


図-9 斜面下部ブロック地質断面図

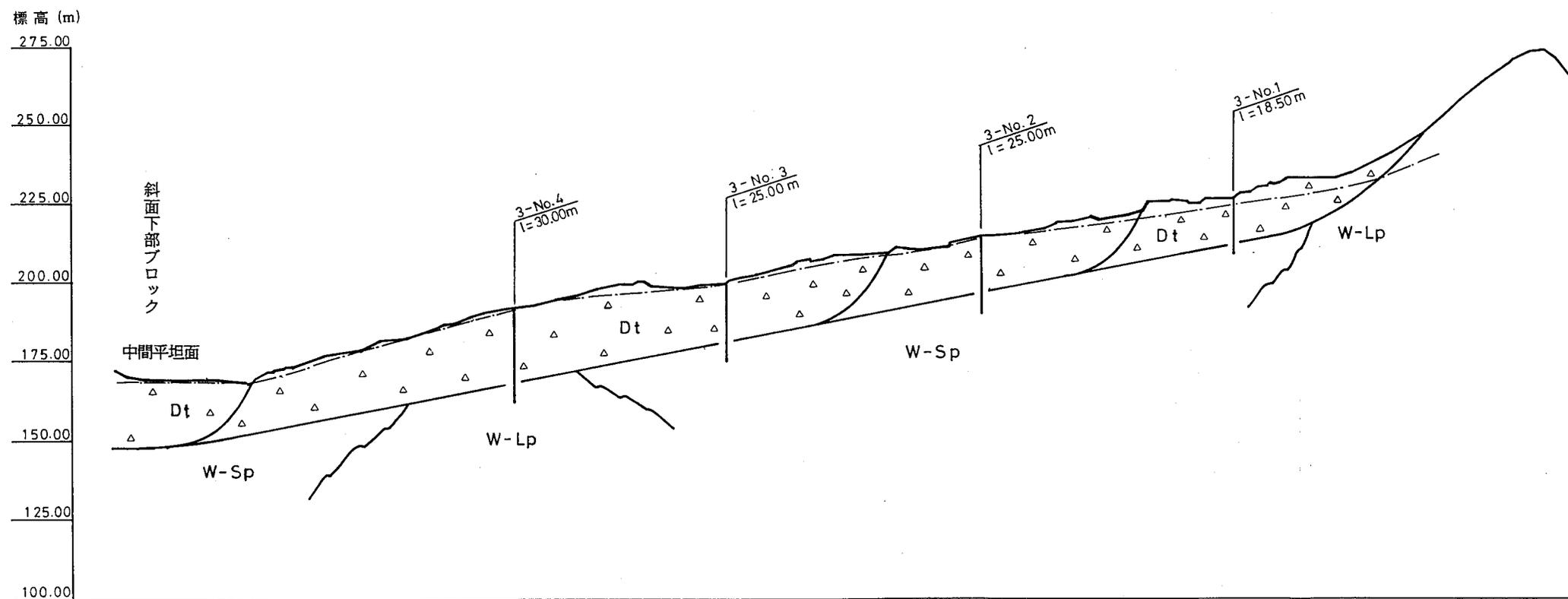


図-10 北部ブロック地質断面図

4 地すべり土塊の移動状況

地すべり土塊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る観測をおこなってきた。

観測記録と記録から判定される地すべり移動状況を紹介する。

4-1 移動杭観測による地表変位量

観測杭は平面図に示すように全域を対象とした100, 200, 300, 400の4本の測線と、斜面下部ブロックを対象とした10, 20, 30, 40の4本の測線の、合計8本の測線に沿って実施している。観測方法は、国道148号線沿いに設置されている建設省基準点を起点として、各観測点の平面座標値と標高値を測量によって定期的に観測し、各観測値の差から移動量と移動方向を求める方法を採用している。

観測は10, 20測線は昭和61年(1986年)6月から、30, 40測線は昭和63年(1988年)5月から、また100~400測線は平成3年(1991年)12月から開始し、年間2~5回の間隔で実施している。

各測線の移動状況を比較するため、平成3年4月を基準とした累積移動量と移動方向を平面図にベクトルで示す。図-11 参照。

また各観測点の累積移動量と期間移動速度の経時変化を図-12~図-16に示す。

地域的な活動分布に着目すると、以下の3点が特徴として指摘できる。

((地域的な活動分布の特徴))

- ① 斜面下部ブロックで最も激しい活動が発生し、中間平坦面一帯もほぼ同程度の活動域となっている。この地域の7年間(1986~1993)の累積移動量は、20mから最大50mに達する。
なお斜面下部ブロック内の移動量を斜面の上部・中部・下部で比較すると、斜面上部(10測線)で最も小さく、中腹部(20測線)で最大となり、末端付近(30, 40測線)ではこの中間の移動量となる。
- ② 斜面上部ブロックは、全般的に移動量は小さいが、北部ブロックのみ例外的に活発な活動が認められる。平成3年~平成4年の8か月間の累積移動量は4mに達する。しかし第1段階の工事が完了した昨年秋以降、活動は大幅に緩和した。
- ③ 北部ブロックを除く他の斜面上部ブロックは、全般に移動量は小さいが、各ブロック内の移動分布を詳細に比較すると、中間平坦面に隣接するブロック末端部で移動量はやや大きめの値を示し、斜面上方にかけて移動量は順次減少する。

次に活動の経時的変化に着目すると、大局的に以下の特徴が指摘できる。

((活動の経時変化))

- ① 各観測点とも規則的な季節変化を繰り返して活動している。年間の動きをみると、全ての観測点で、秋～春にかけての積雪期～融雪期で活動が激しく、無雪期間で活動が弱まっている。
- ② 斜面下部ブロックの移動速度図をみると、1989年12月を境に各地点とも活動が活発化し、その後も徐々に移動速度が速くなる傾向がみられる。
- ③ 斜面上部ブロックの観測は平成3年(1991年)から開始したため、観測期間が短く経時変化を識別し難いが、ほぼ規則的な活動を継続しており顕著な変化はない。

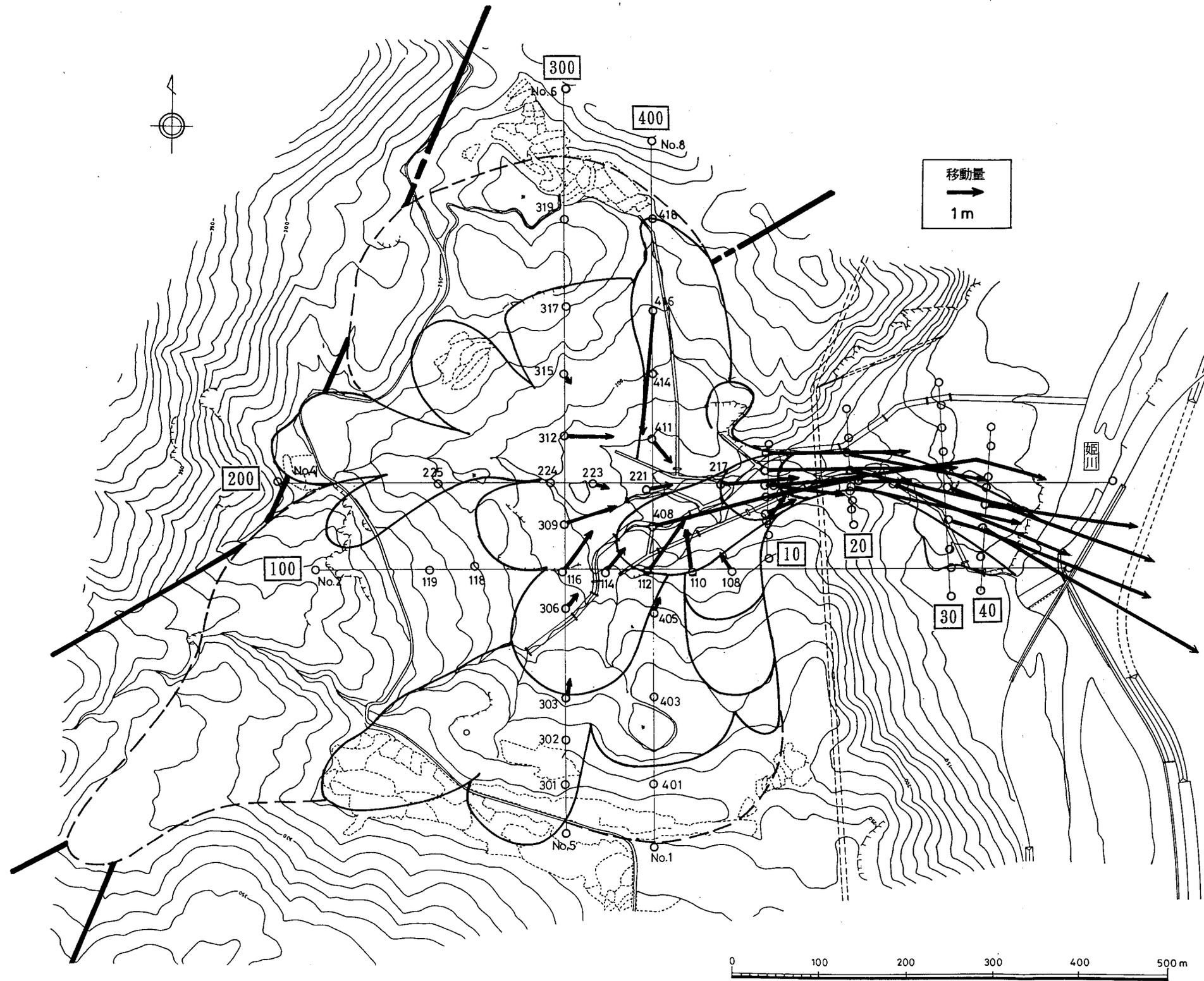
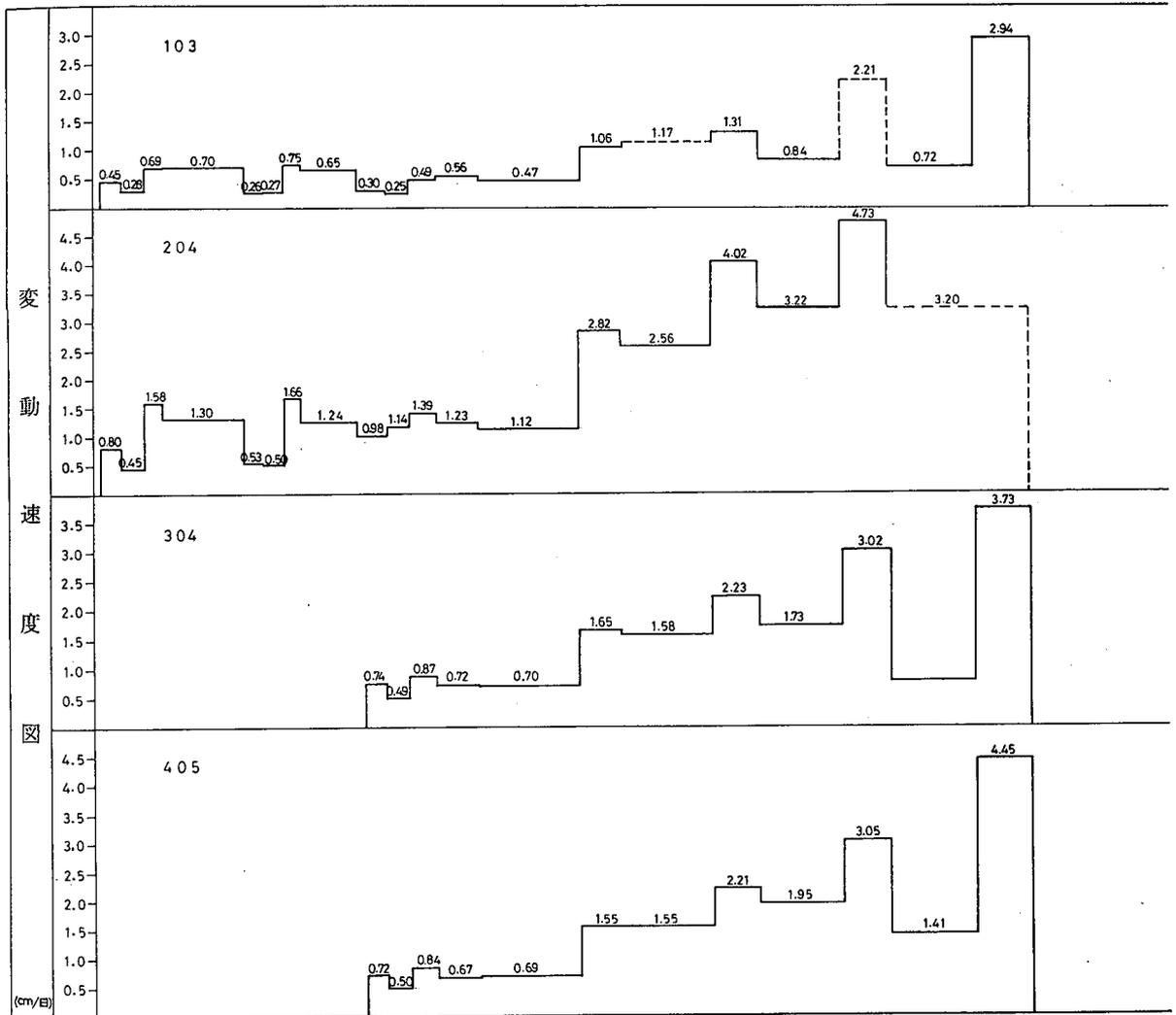
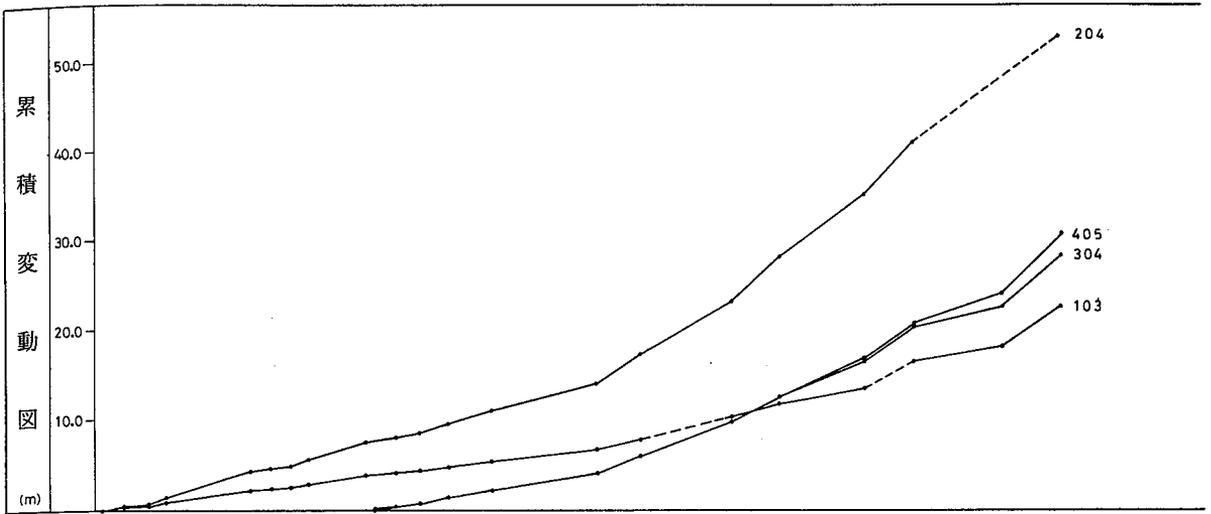


図-11 移動杭累積変位図('91.8.5~'93.4.25)



(測線) 100

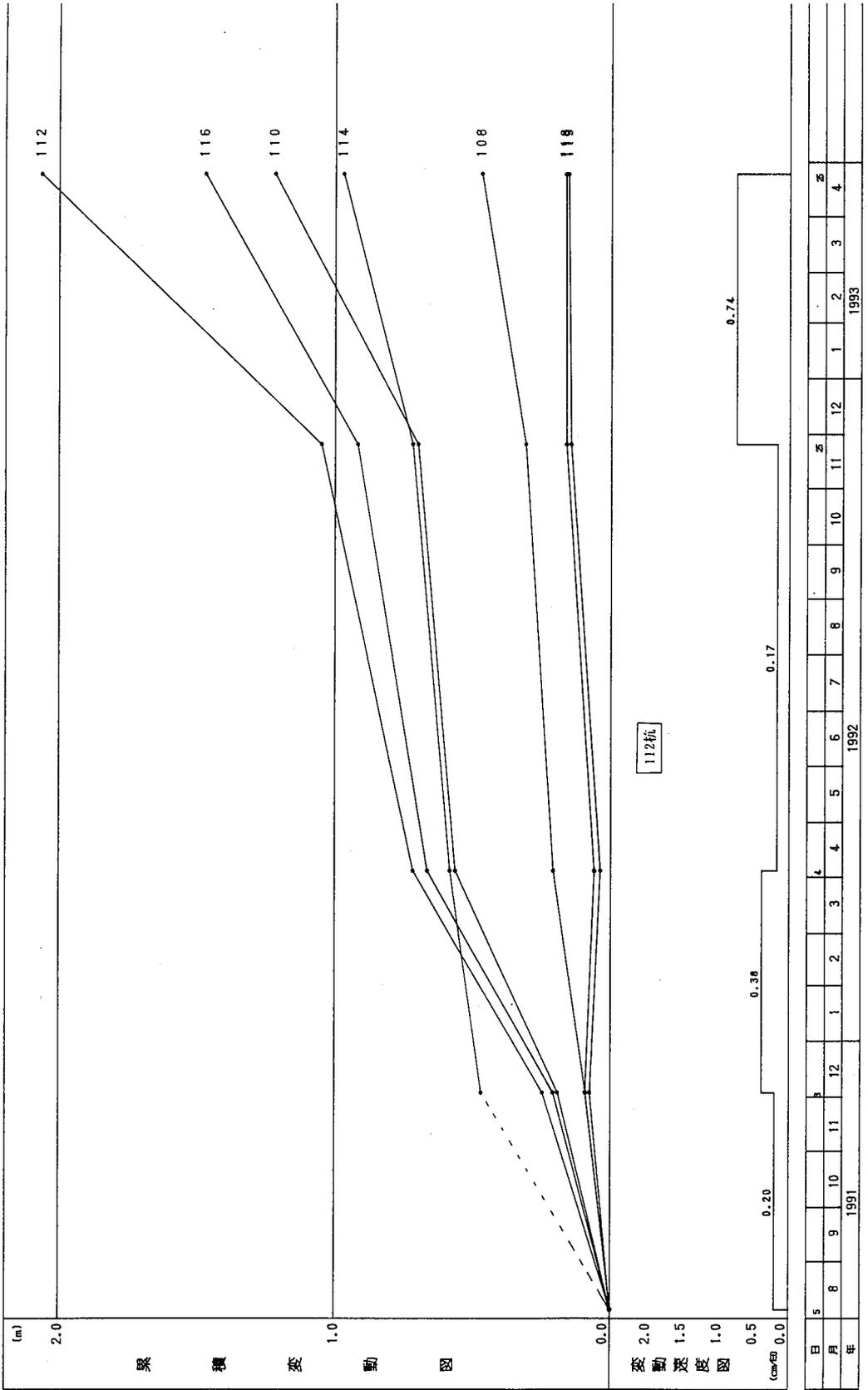


図-13 移動杭累積変動図(100測線)

(測 線) 2 0 0

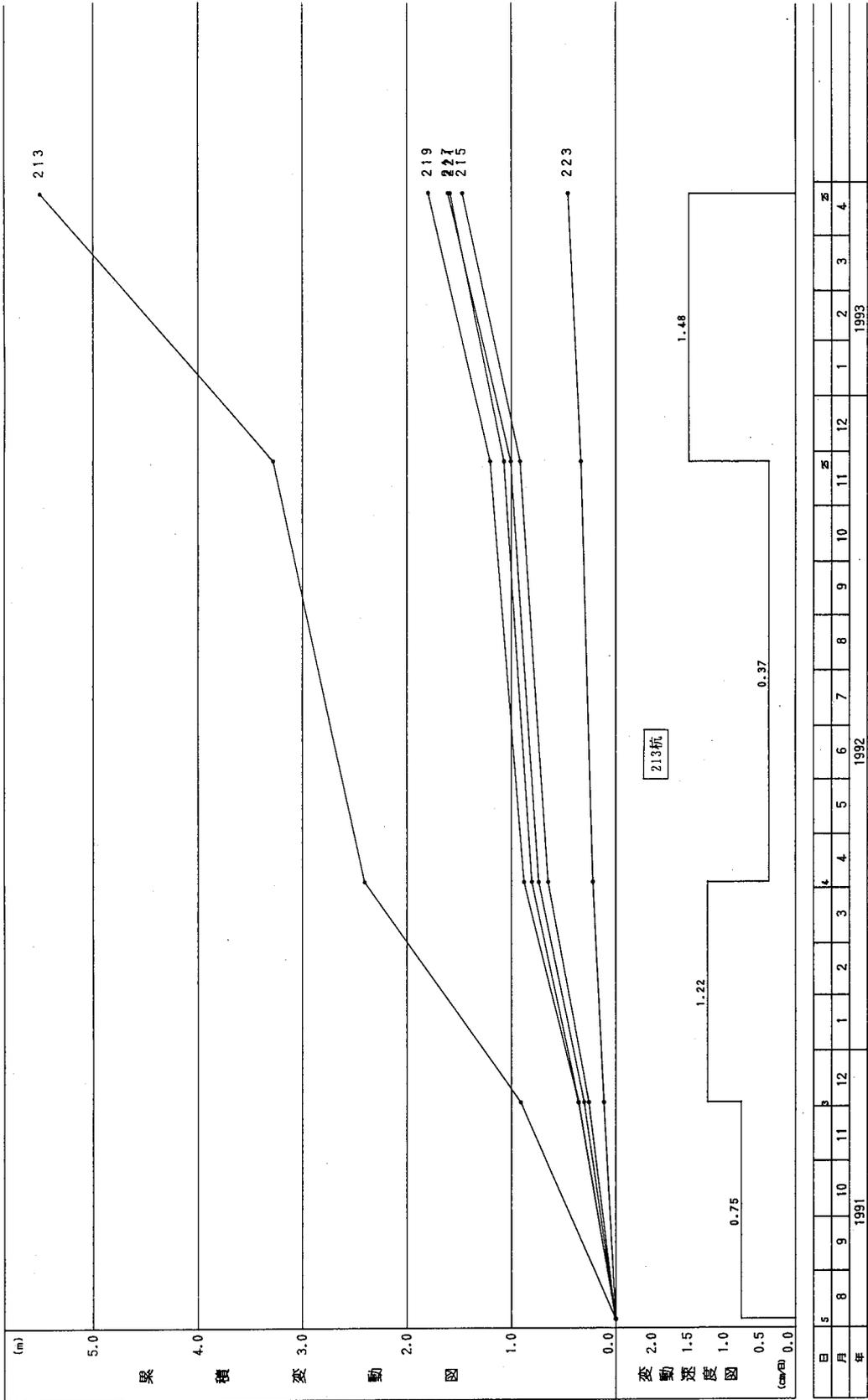
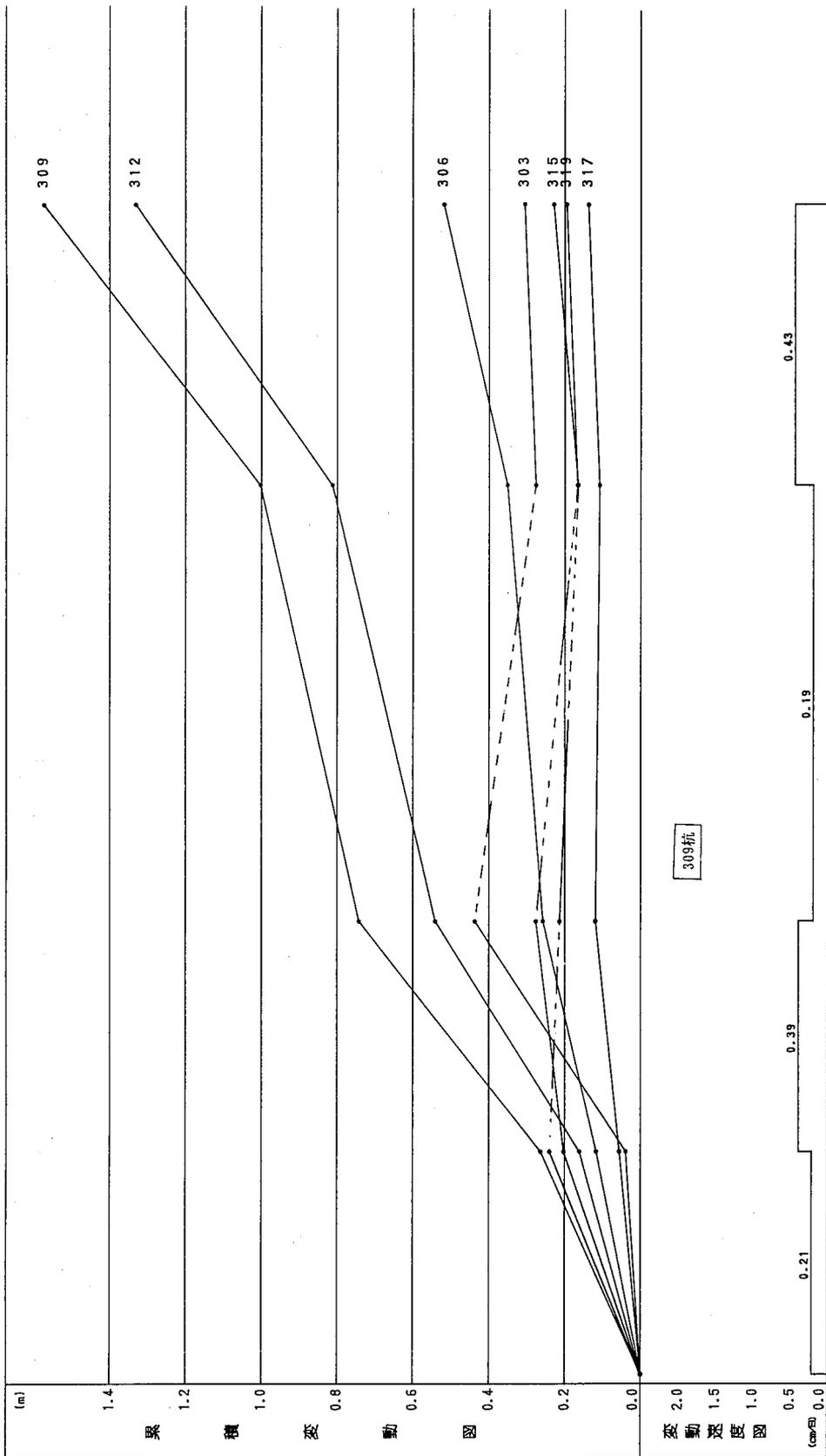


図-14 移動杭累積變動図(200測線)

(測線) 300



日	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	
月																									
年	1991												1992				1993								

図-15 移動杭累積変動図(300測線)

(測線) 400

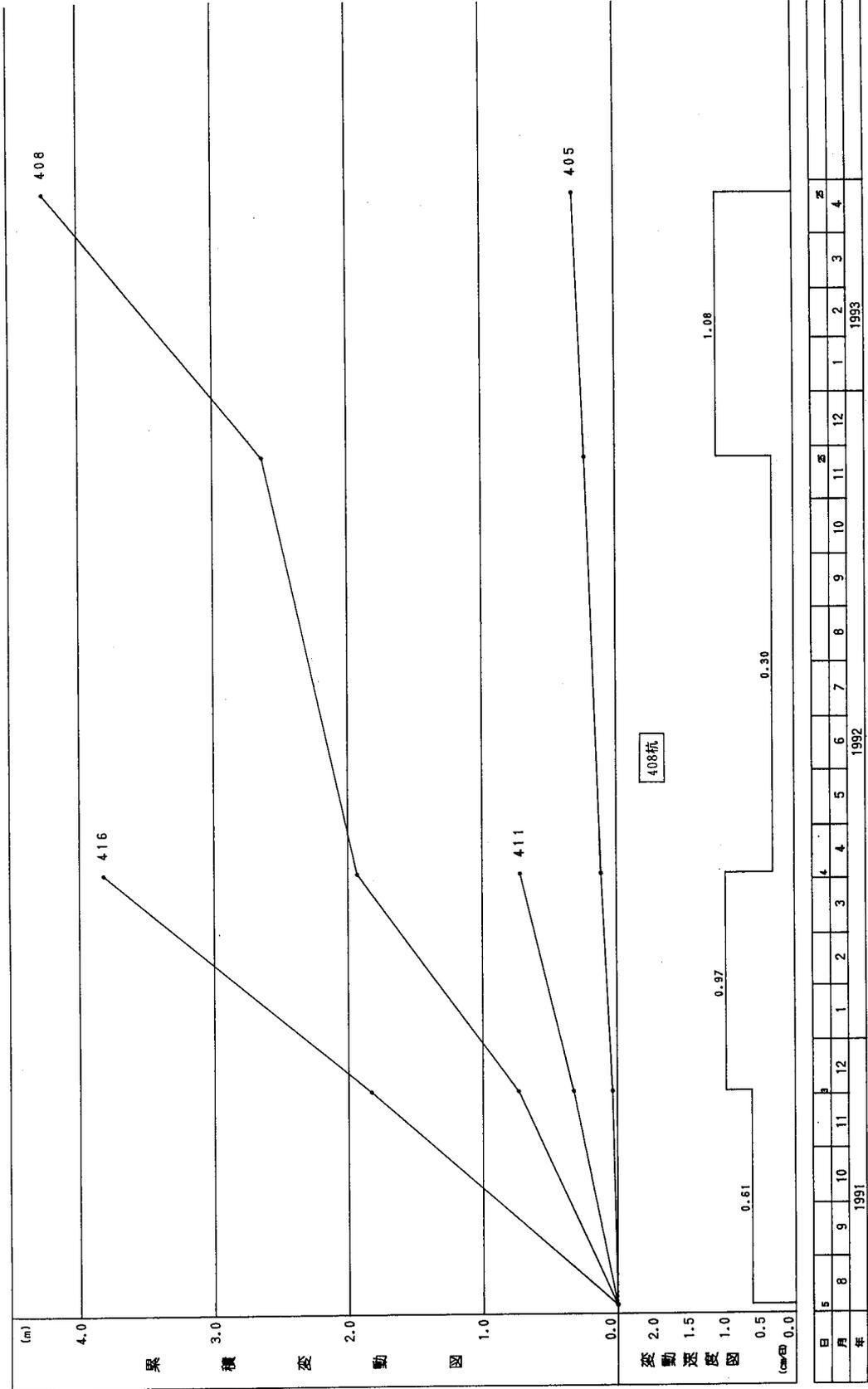


図-16 移動杭累積変動図(400測線)

4-2 伸縮計内挿型パイプヒズミ計による地中変位量

狭窄部付近の 1-No.2地点に、地すべり土塊の地中変位を知る目的でパイプヒズミ計の内部に伸縮計を挿入して設置した。観測期間は平成元年から平成 3年(1991年)春までである。

この計器観測は、パイプヒズミ計によってすべり面深度と各すべり面の動きの相対的な関係を把握し、伸縮計によって長期的な総移動量を把握することを目的として設置したものである。

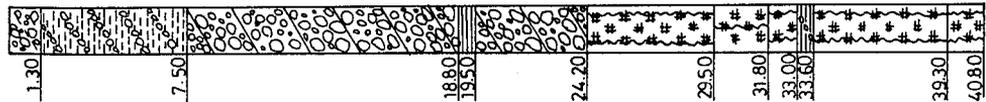
観測結果を図-17、図-18に示す。

パイプヒズミ計は設置後16日目にケーブルが切断され、測定不能となった。15日間の観測結果によると、ボーリングで確認した地質構成と対応した3箇所地すべりに起因する変動が発生している。深度20、23mでかなり激しい変動(160~270 μ /day)が認められるとともに、深度34mで相対的に緩やかな変動が発生している。なお観測は深度11m以深で実施したが、コードの切断状況とボーリングの結果を考慮すると、観測深度以浅(深度7m付近)でより激しい地すべり活動が発生した可能性が強い。

伸縮計は設置7ヶ月で不規則な動きを始めている。原因はすべり面とすべり面の間中部でインバー線が破断したためと判断する。

破断以前の連続記録をみると、変動速度が微妙に変化していることが確認できる。期間内の平均変動速度は約 1.1cm/dayで、近接する移動杭(103)の速度とほぼ同じ値である。しかし累積図の勾配から各時点毎の速度を算出すると、約 0.6~2.5cm/dayの範囲で変化し、土塊の移動速度が一定したものでないことを示している。

1000μ



← 推定すべり面

すべり面

すべり面

すべり面

日

19

18

17

16

15

14

13

12

11

10

9

8

7

6

5

1989・7

年・月

1989・7

図-17 パイプ歪計によるすべり面判定図(1-No.2)

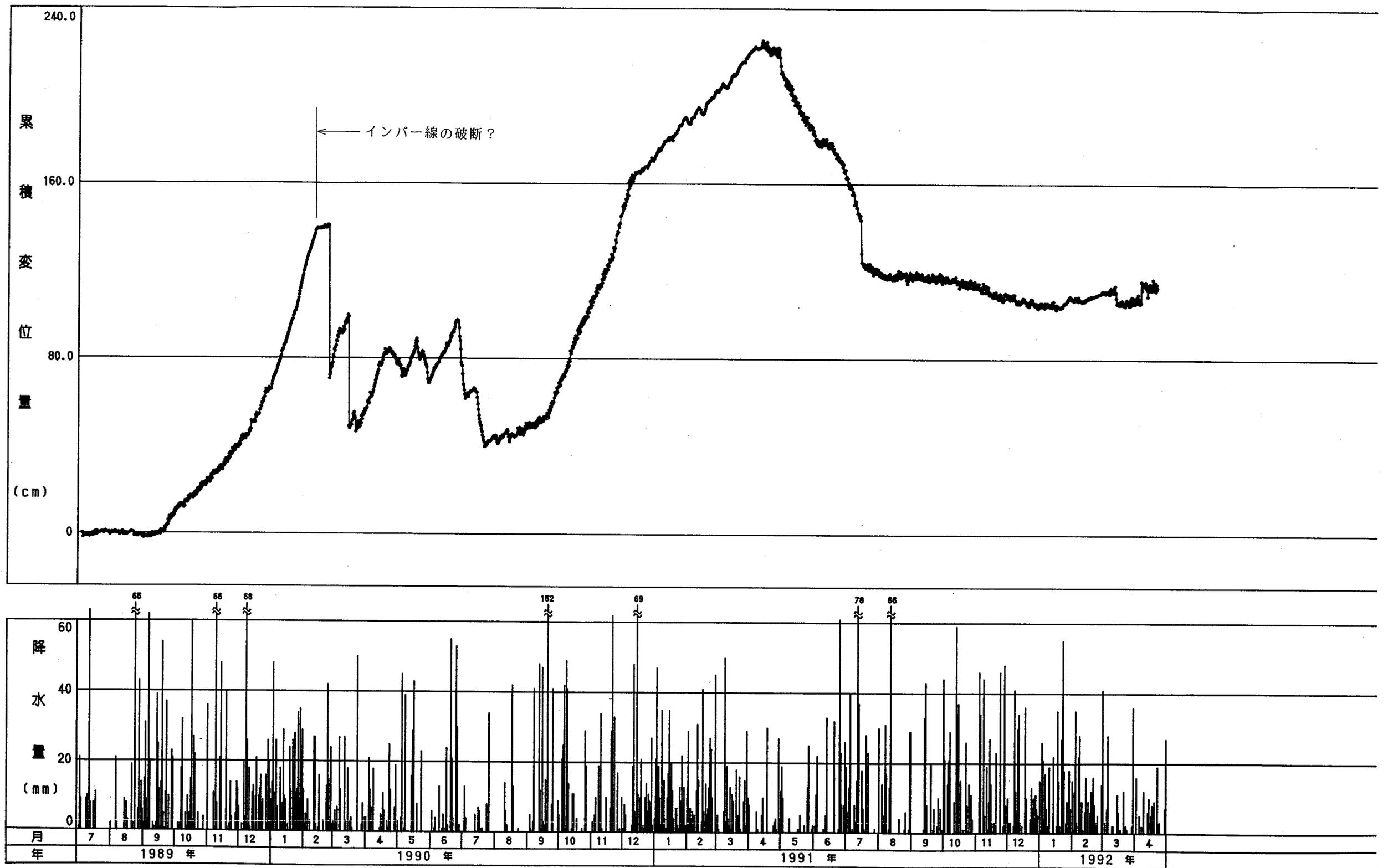


図-18 伸縮計累積変動図(1-No.2)

4-3 差動伸縮計および伸縮計による地中変位量

北部ブロックの 3-No. 4地点に差動伸縮計と伸縮計を、また南西ブロックの 4-No. 1地点に差動伸縮計を設置し、地中変位の観測を実施している。観測開始は夫々平成 3年、4年である。

観測記録を図-19、図-20、図-21に示す。

なお 3-No. 4地点の伸縮計は、浅層(深度 5m以浅)の動きを把握するため平成 4年(1992年)に追加設置したものである。

北部ブロック、3-No. 4地点の差動伸縮計の記録は、深度 4m以深の動きを示している。

平成 3年(1991年)10月以降の動きをみると、深度 11, 23, 27m地点で1~2.5cm程度の累積変動が、みられる。同じ期間この観測点に近接する移動杭(416)で、数mの移動量が観測されている。従ってこの地表で観測された動きは、主に 4m以浅の表層で発生したことになり、深層のすべり面の動きは相対的に小さいことを示している。

なお前述のように、このブロック内では平成 4年秋に暗渠工・水路工が完成している。工事完成後の表層の動きを伸縮計の記録からみると、6ヵ月間の累積移動量は50cm以下に減少している。工事の完成によって表層の動きが大幅に緩和したことが考えられる。

斜面下部ブロックの動きが南西ブロック方向に拡大する傾向がみられるため、平成 4年度に南西ブロック 4-No. 1地点に計器を新設した。4ヵ月間の記録をみると、深層すべり面位置に相当する深度29mで約 1mmの微変動が認められる。今後の観測結果によって結論することとなるが、南西ブロックの不安定域が斜面中腹付近まで拡大している可能性がある。なお同じ観測期間内で、浅層の動きは認められない。

50mm

3-No.4

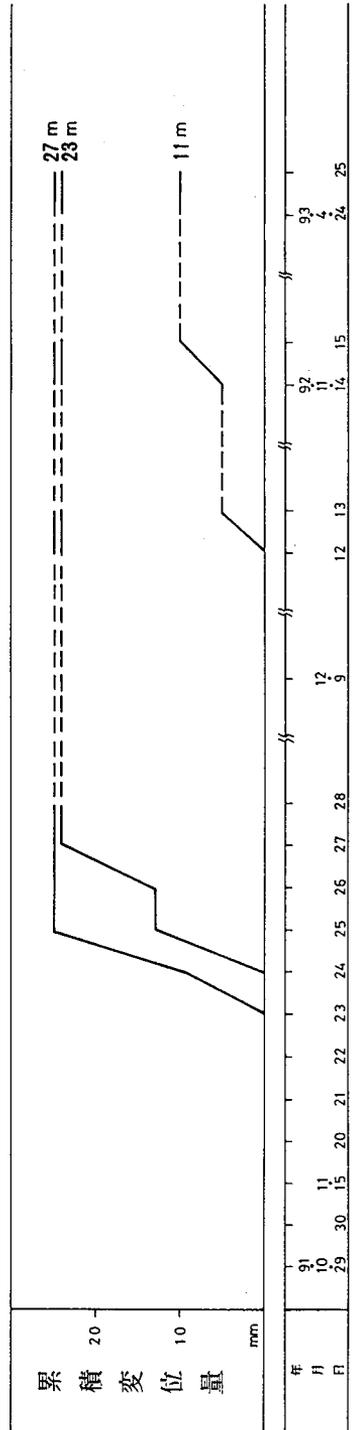
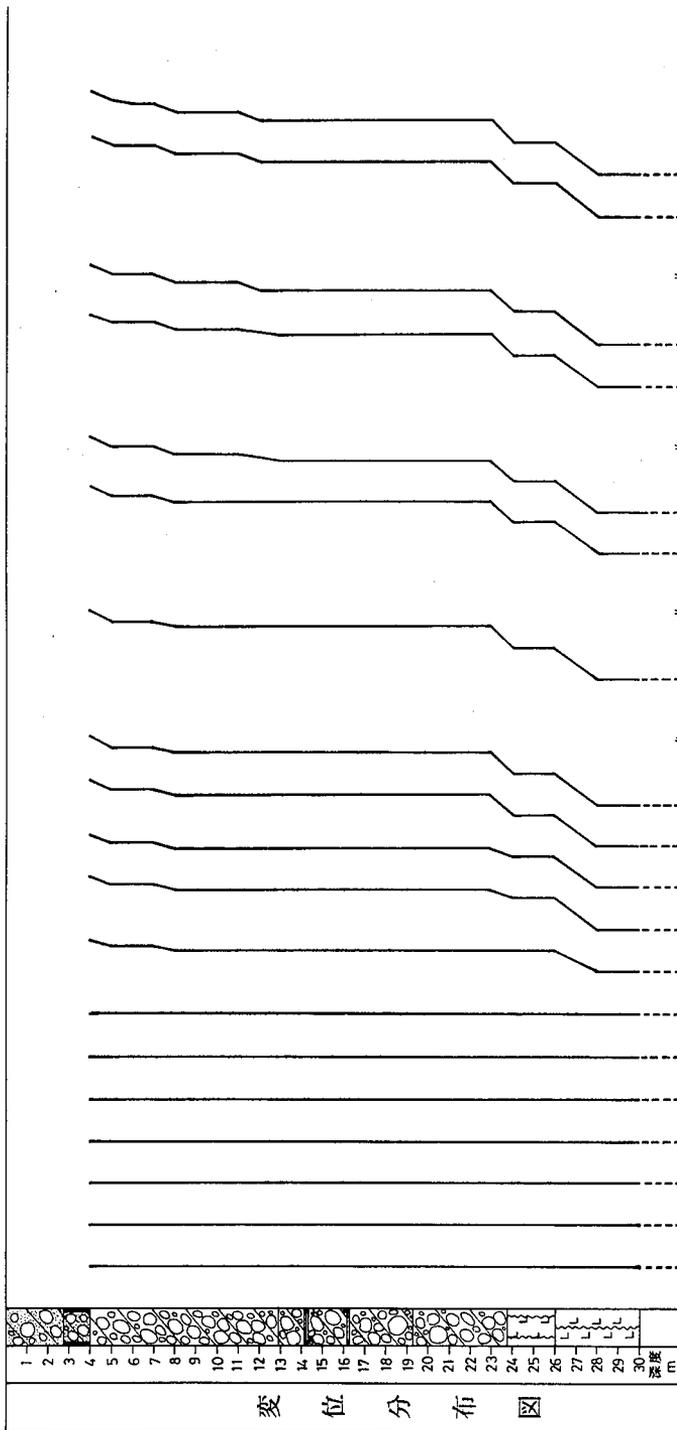


图-19 差動伸縮計累積変動図 (3-No.4)

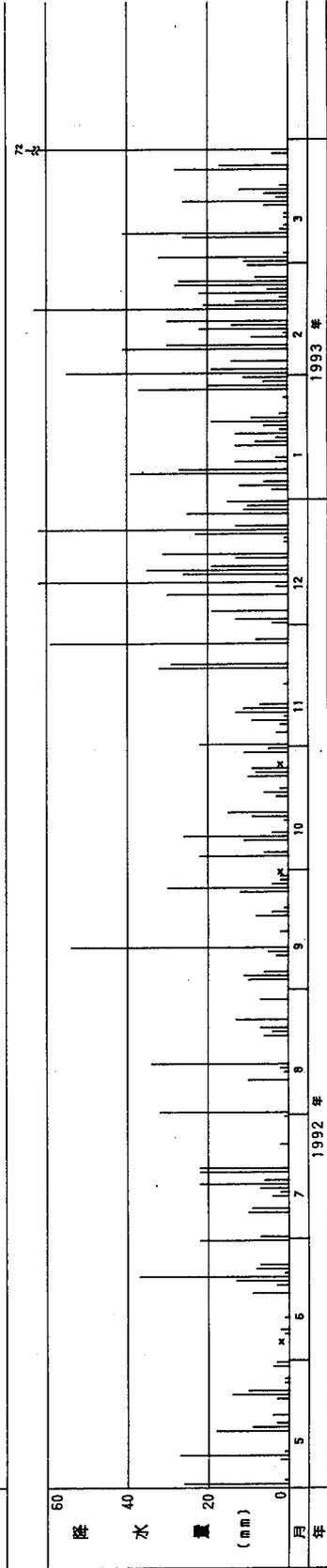
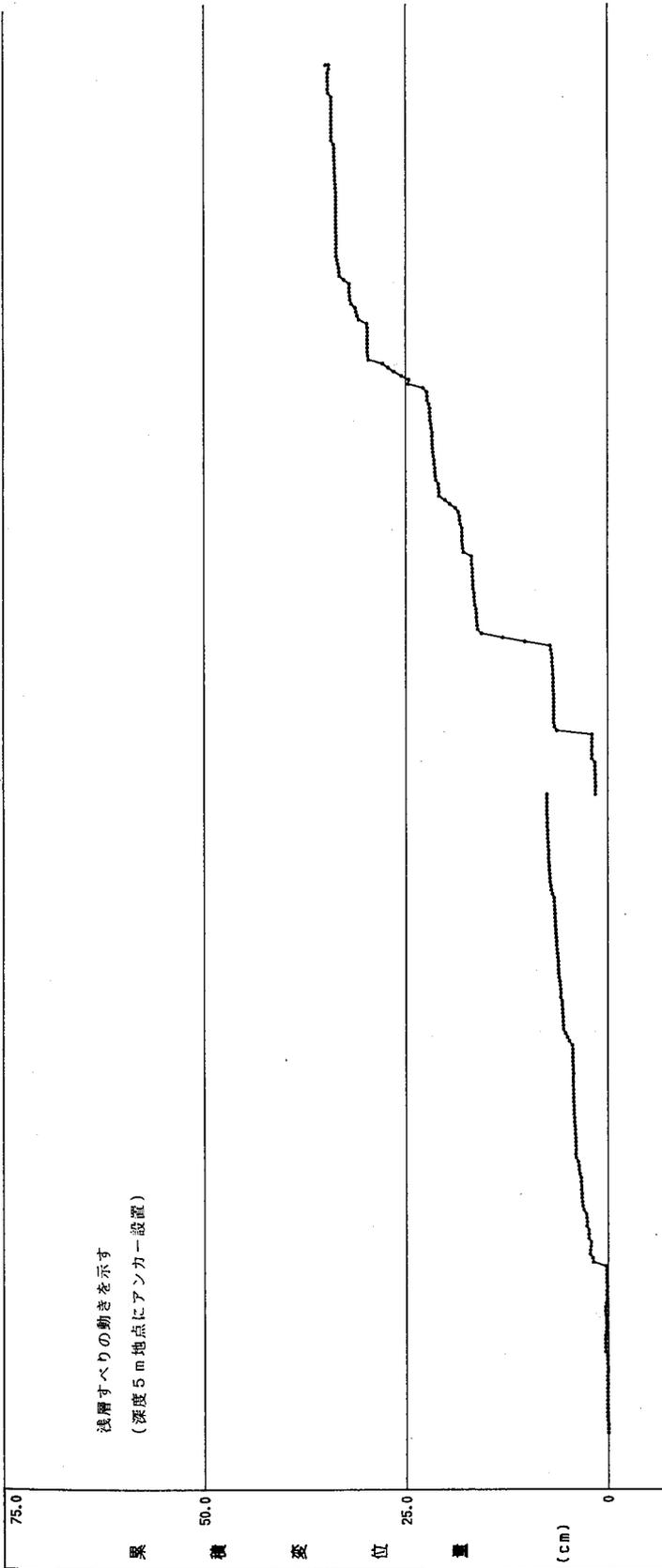


図-20 伸縮計累積変動図(3-No.4)

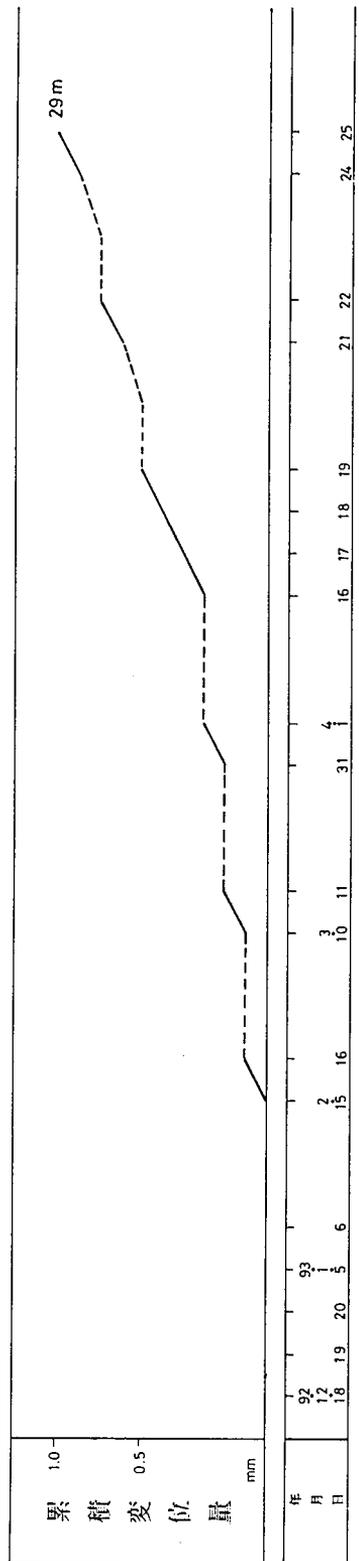
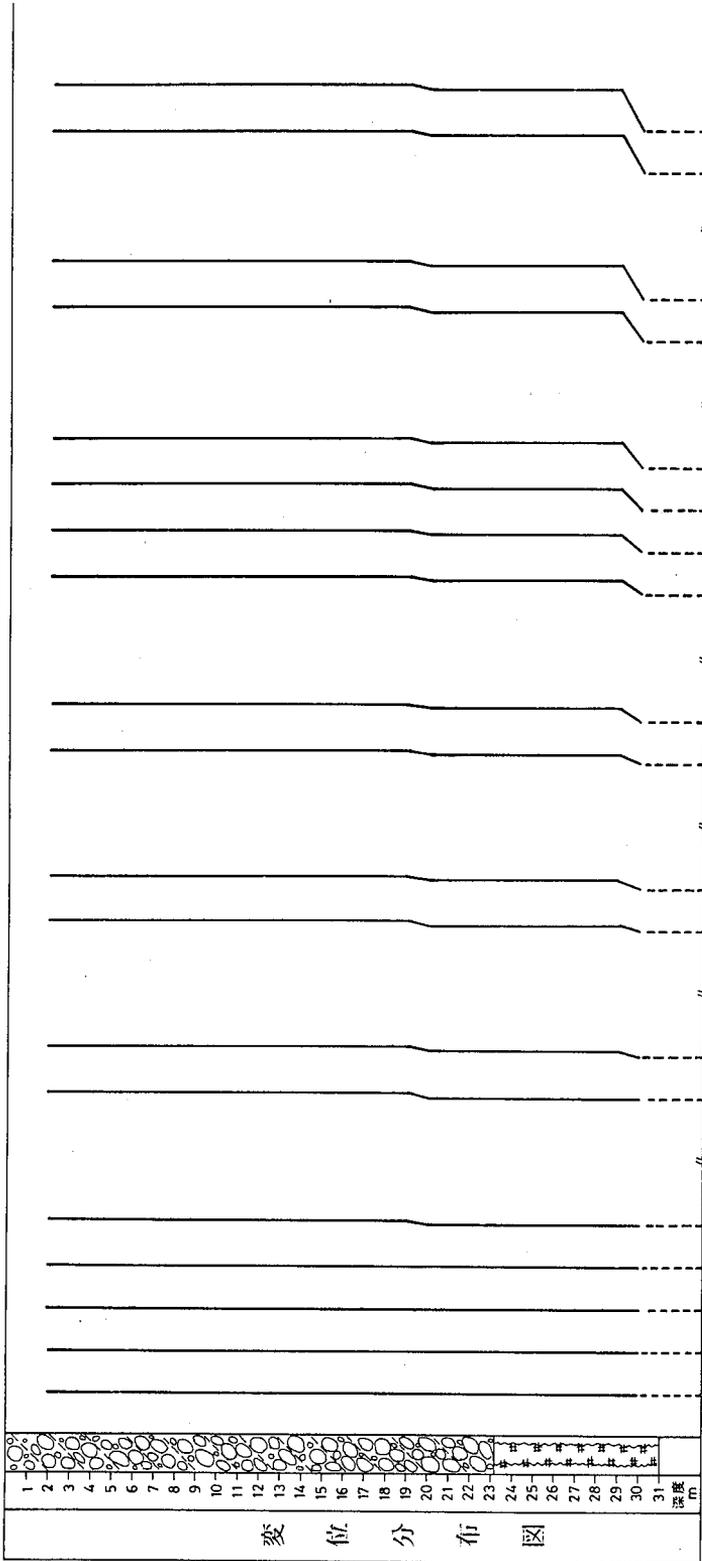


図-21 差動伸縮計累積変動図 (4-№.1)

5 地すべり機構について

5-1 地すべり活動の特徴

地すべり活動の特徴を、地形との関係、地質との関係、運動形態の3つの面から総括する。

まず地形の面で地すべりを特徴づけているのは、前述した古生層の急崖斜面を切り裂いた形に形成されている狭窄地形である。本稿ではこの狭窄地形を境に、斜面上部ブロック群、中間平坦面、斜面下部ブロックに大別した。

現在活動中の二次地すべりに着目した場合、斜面上部ブロック群はその発生区に当たり斜面下部ブロックは土塊の流下域に相当する。発生区から押し出した土塊は狭窄地形に規制されて中間平坦面付近で合流し、再び新たな活動ブロックを形成して姫川河床に押し出している。

一方この狭窄地形は地表水および地下水の流下経路も規制して、二次すべり、特に斜面下部すべり発生の大きな要因となっている。狭窄部の背後には40km²程度の集水域が広がっており、この区域の地表水および地下水はすべてこの狭窄部に集中している。狭窄部の地質断面を参照すると、すべり面以下の基岩は蛇紋岩を除き古生層は全般に難透水層を形成しており、ここに集中した地表水および地下水は、地すべり土塊と同様にすべり面以浅の同じ断面を通過して流下していることとなる。

次に基盤地質の面から地すべりの特徴を検討する。

まず地形的な特徴となっている狭窄地形の形成過程を考えると、地質的な要素が大きく作用している。狭窄部の両岸斜面は岩質の堅固な古生層で構成され、この狭窄部に東西系の断層が通過している。ボーリングによって狭窄部の基岩に破碎した蛇紋岩が確認されている。このように岩質の堅固な古生層中を断層が通るため、断層に沿った地盤の劣化部で浸食が進行し、断層による破碎を免れた両翼の古生層地盤が急角度の狭窄地形を形づくったものと考えられる。

また先に記載したように当地域の初生地すべりの外郭形状も、この地域を通る南北系およびこれと斜交する断層群によって形づくられている。このように当地すべりの平面形状を規制する要素として、断層が大きく作用している。

なお前述のように、周辺の地すべり分布を地質図に重ね合わせると、蛇紋岩分布域に地すべり地が集中している。このような大局的な分布の特徴からみると、地すべりの形成に基盤の地質構成一ここでは蛇紋岩の岩質が深く関わっていたことが推察できる。

このようなことから、当地すべり地を初生地すべり発生の地質的要因から特徴づけると「造構運動による地盤劣化の影響を受けた蛇紋岩地すべり」とするのが妥当と考える。

次に二次すべりの運動形態の面から地すべりをみると、以下の特徴が指摘できる。

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。これらの地区では、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ている。またこれらの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激しいことが、これらの地区で共通して確認される。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約10度で共通していることも特記される。

5-2 地すべり要因

前項まで断片的に記載した地すべり要因と判断される事項を、斜面上部ブロック群、斜面下部ブロックに大別して総括する。

((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程度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夫々の活動が、互いに地すべり要因として作用していることが特徴である。すなわち斜面下部地すべりの活動が、斜面上部地すべりの要因となって地すべりを引き起こし、この動きがまた斜面下部地すべり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。

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。

なお先に紹介した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

当初の計画では地形の特徴を活かし、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で安定化させることを目標とした計画案が検討された。

この時点の計画案では、斜面下部ブロックの地すべり要因を考慮し、以下の3点を中心とした工事計画を検討した。

((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。

しかし上記計画案には以下の問題点が挙げられた。

((当初計画案の問題点))

- ① 工事完成までは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に対する別途工事計画が必要となる。

以上の計画および問題点について、様々な角度からの検討を慎重に繰り返した。その結果上記計画を直ちに実施することは危険性が高く、適切でないとの結論に達した。

6-2 防止計画の基本方針

地すべりを短期間で安定化させることは困難と判断し、防止工事を段階的に進め、確実に全域の安定化を進める基本方針を採用することとした。現在策定している基本計画の骨旨を次表に示す。

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	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 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 狭窄部周辺の深層地下水を排除する。 ③ 各ブロック毎に、必要に応じて抑止力を付加する。
第3段階	所定の安定度を確保する	<ul style="list-style-type: none"> ④ 末端部に恒久的な護岸工を整備する。 ⑤ 全域に恒久的な水路工を整備する。

上記のように、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、かつ斜面安定度を所定の安全率まで高めることを計画の基本として工事をすすめている。

なお現在も地すべり機構調査を継続実施中であり、第2段階、第3段階の工事計画の詳細および施工順位は確定していない。

また上記の方針に沿って防止工事を進めるためには、各段階の目標が達成されているかどうか確認することが必要となる。このため工事の進行と平行して、地すべり土塊の変動状況を、長期にわたって継続的に観測することが必要であり、このための観測施設を機構調査の実施に合わせて順次設置して観測をおこなっている。

6-3 既設防止工事と現段階

現在は基本方針に示した第1段階の工事として、地すべり活動の激しい地域を優先して水路工および暗渠工を施工中である。現在までに施工を完了した区域は、斜面下部ブロックと斜面上部ブロックの内、南西ブロックと北部ブロックの2ブロックである。既設および計画されている水路工、暗渠工を図-22、図-23に示す。

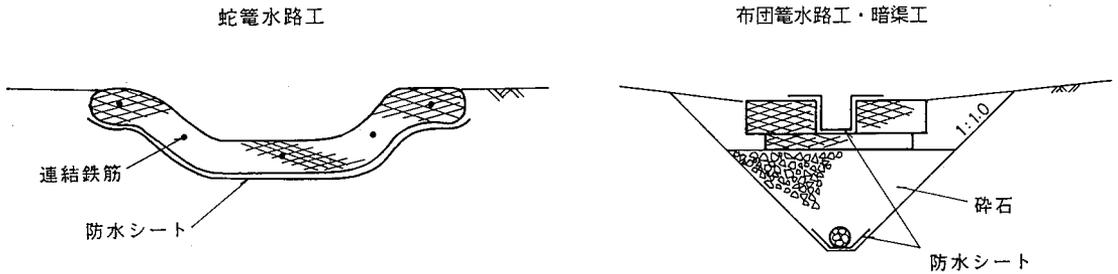


図-22 水路工・暗渠工模式断面図

この間に施工を完了した工事の特徴をまとめると以下の通りである。

((既設防止工事の特徴))

- 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。



图-23 水路工・暗渠工計画平面図

これまでの水路工、暗渠工の施工によって中間平坦面、北部ブロック頭部の湿地状態が改良されると同時に、前述のように北部ブロックの地すべり活動に顕著な変化がみられた。以下その内容を整理する。

工事は平成 2年(1990年)に斜面下部から開始され、平成 4年(1992年)に斜面最上部まで完成した。移動杭観測によれば、工事の完成前の平成 4年(1992年)まで、頭部付近で年間4m近い移動量(400側線 416杭)が記録されている。工事完成後(平成 4年～平成 5年春)の動きを差動伸縮計と浅層(5m以浅)に設置した伸縮計の記録から読み取ると、地表の年間累積移動量は約50cm程度まで減少している。今後の動きを見極める必要があるが、かなり明瞭な変化といえる。

この変化が、既設水路工、暗渠工による工事効果であることが確認されるなら、現在進めている防止計画の第1段階の目的が、このブロックで初めて達成されるとになるため、今後の観測結果に注目している。

この北部ブロックの観測結果から、他の斜面上部ブロックについても同様の工事効果を期待して計画を検討している。

なお姫川による浸食を抑制するための工法についても検討を進めているところであり、第1段階の工事として近く施工する予定である。

7 まとめ

以上紹介してきたように、当地すべりは平面的に特異な形状を示していること。浅層すべり面に沿って激しい移動が続いているとともに、深層すべり面に沿って緩慢な動きが継続していること。移動域が広範囲にわたっていること。等の特徴をもった地すべり地である。

現在は地すべり機構の外郭を把握し、防止工事も緒についた段階である。防止工事完全実施のためにはなお多くの未解明の部分を残している。

今後の地すべり防止工事を効果的に進めるため、また地すべり発生の解明と防止技術の発展のためにも積極的な御意見、御批判をいただければ幸いである。

(文責:明治コンサルタント(株)新潟支店 古川昭夫)

(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

社団法人 新潟県地質調査業協会会員名簿

事務局 〒950 新潟市鳥屋野4丁目7番22号新潟県地質会館
TEL (025) 285-3145 FAX (025) 285-3336

5. 4. 1

会 員 名	代 表 者	住 所	電 話 番 号	F A X 番 号
旭 調 査 設 計 (株)	奥田 優	新潟市八千代1-4-31	(025) 245-8345	(025) 245-8349
大手開発(株)新潟営業所	小滝 帝治	〃 上所中2-15-10	(025) 283-2081	(025) 283-2082
応用地質(株)新潟支店	安藤 廉	〃 紫竹7-27-35	(025) 274-5656	(025) 271-6765
開 発 技 建 (株)	斎藤 申吾	〃 文京町22-21	(025) 265-2261	(025) 267-8912
梶谷エンジニア(株)新潟営業所	大塚 光治	〃 新島町通1-1977-2 ロイヤル礎205号	(025) 228-3520	(025) 225-2009
川崎地質(株)新潟支店	高橋 廣	〃 米山5-1-25 小林ビル	(025) 241-6294	(025) 241-6226
(株)キタック	中山 輝也	〃 平島1-13-6	(025) 231-2201	(025) 267-2171
基礎地盤コンサルタント(株) 新潟事務所	笠原貢太郎	〃 沼垂東1-9-18	(025) 243-2711	(025) 243-2712
(株)興和	福田 正	〃 学校町通2-5295	(025) 222-1911	(025) 222-7733
国土防災技術(株)新潟支店	荒井 五郎	〃 坂井1035-1	(025) 260-2245	(025) 260-7522
三 祐 (株) 新 潟 支 店	田中 晴男	新潟市上所上1-16-8 上所ビル3F	(025) 285-0301	(025) 285-0302
サンコーコンサルタント(株) 新潟支店	渡辺 浩	〃 寺尾上4-2-18 そうご電器ビル	(025) 260-3141	(025) 268-4950
(株)新協地質	篠崎 寿輔	〃 紫竹4-13-1	(025) 244-7866	(025) 244-1673
(株)新研基礎コンサルタント	児玉 芳彦	〃 山ニツ309-1	(025) 286-7188	(025) 287-0096
(株)大東設計コンサルタント 新潟支店	安孫子忠志	〃 花園2-1-16 三和ビル301号	(025) 246-1320	(025) 247-3740
大日本コンサルタント(株) 新潟事務所	佐藤 淳	〃 米山4-1-23 堅田ビル	(025) 241-0114	(025) 244-7328
(株)ダイヤコンサルタント 新潟営業所	池田 龍一	〃 礎町通5ノ町2264 高政ビル	(025) 222-4336	(025) 243-7050
中央開発(株)北陸支店	吉岡 良三	〃 堀之内南3-1-21 ユタカビル内	(025) 283-0211	(025) 283-0212
利根コンサルタント(株) 新潟営業所	須藤 貞美	〃 寄居町704-5 平久ビル	(025) 229-4098	(025) 229-4097
東邦地水(株)長岡営業所	小玉 章	長岡市千歳1-3-37	(0258) 33-2846	(0258) 33-2863
(株)日さく新潟支店	岩井 省吾	新潟市上木戸1-10-1	(025) 273-6301	(025) 271-1110
日特建設(株)新潟支店	木村 隆夫	〃 南出来島1-10-1 ヴィラサザン2F	(025) 285-2231	(025) 285-2229
日本基礎技術(株)新潟支店	荒木 靖夫	〃 寺山3-6-18	(025) 271-6311	(025) 271-7778
日本物理探鉱(株)新潟事務所	池田 幸夫	〃 神道寺3-10-37	(025) 241-2960	(025) 241-2959
北 陸 鑿 泉 (株)	田井儀四郎	〃 弁天1-1-15	(025) 244-5222	(025) 244-5223
(株)村尾技建	村尾 建治	〃 女池1433-11	(025) 284-6100	(025) 283-0368
明治コンサルタント(株) 新潟支店	平 信行	〃 小針4-2-11	(025) 265-1122	(025) 265-1126
ライト工業(株)新潟支店	黒坂 健二	〃 弁天3-3-19	(025) 247-8251	(025) 247-8254

地すべり対策技術協会新潟支部会員名簿

会員20社

会 社 名	代 表 者	郵便 番号	住 所	電 話 番 号
新 潟 支 部	熊谷 忍	951	新潟市学校町通 2-5295 (興和ビル)	025-222-1911
大手開発(株)新潟営業所	小滝 帝治	950	新潟市上所中 2-15-10	025-283-2081
応用地質(株)新潟支店	安藤 廉	950	新潟市紫竹 7-27-35	025-274-5656
株式会社キタック	中山 輝也	950-21	新潟市平島 1-13-16	025-231-2201
北日本ブロック工業(株)	諸橋 運治	950	新潟市南笹口 1-12-12 (フクダ南笹口ビル)	025-244-4131
株式会社 興 和	福田 正	951	新潟市学校町通 2-5295	025-222-1911
国土防災技術(株)新潟支店	荒井 五郎	950-21	新潟市坂井 1035-1	025-260-2245
サンコーコンサルタント(株)新潟支店	渡辺 浩	950-21	新潟市寺尾上 4-2-18 (そうごう電器ビル)	025-260-3141
新越開発株式会社	穴澤 繁男	946-01	北魚沼郡広神村大字 下田 351-32	02579-9-3232
(株)新協地質	篠崎 寿輔	950	新潟市紫竹 4-13-1	025-244-7866
(株)ダイヤコンサルタント新潟営業所	稲波 知夫	951	新潟市礎町通 5ノ町 2264 (高政ビル)	025-222-4336
中央開発(株)北陸支店	吉岡 良三	950	新潟市堀之内 3-1-21 (ユタカビル)	025-283-0211
東邦地下工機(株)新潟営業所	片山 浩明	950	新潟市女池 1443	025-284-5164
利根コンサルタント(株)新潟営業所	須藤 貞美	951	新潟市寄居町 704-5 (平久ビル)	025-229-4098
(株)日さく新潟支店	若井 省吾	950	新潟市中木戸 5-1	025-273-6301
日特建設(株)新潟支店	木村 隆夫	950	新潟市南出来島 1丁目 10-1 (ビィラサザン 2F)	025-285-2231
日本基礎技術(株)新潟支店	荒木 靖夫	950	新潟市寺山 3-6-18	025-271-6311
日本物理探鉱(株)新潟事務所	池田 幸夫	950	新潟市神道寺 3-10-37	025-241-2960
株式会社 村 尾 技 建	村尾 建治	950	新潟市女池 1433-11	025-284-6100
明治コンサルタント(株)新潟支店	平 信行	950-21	新潟市小針 4-2-11	025-265-1122
ライト工業(株)新潟支店	黒坂 健二	950	新潟市弁天 3-3-19	025-247-8251

青ぬけ地すべり

1993・9

編 集	新潟県土木部砂防課
発 行	地すべり学会新潟支部
印 刷	株式会社 文 久 堂
