

細越地すべり

活動中のベントナイト質地すべりの地下水排除



■主催／地すべり学会新潟支部

■共催／地盤工学会北陸支部

■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

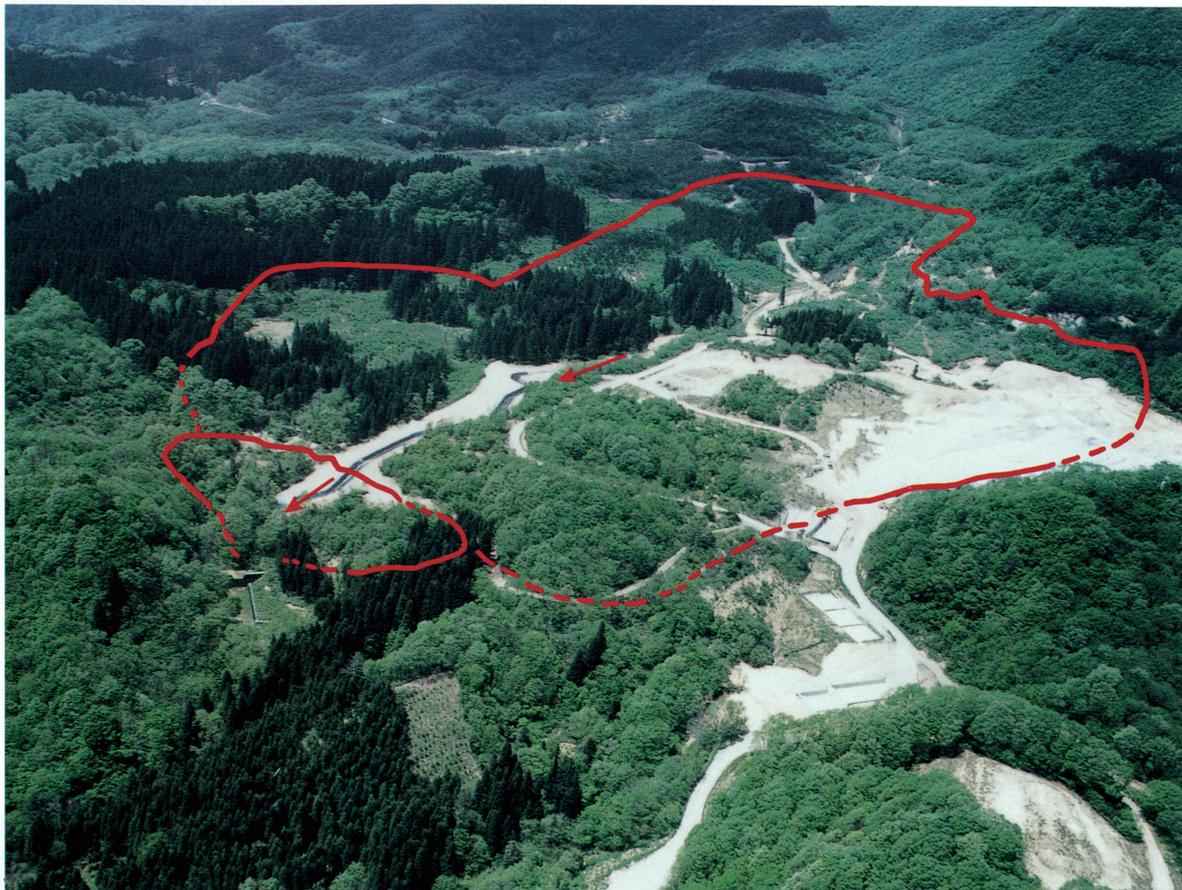


写真-1 新谷川上流方向の上空より撮影。右手の斜面は笠菅山に続く（表紙写真参照）。



写真-2 新谷川下流方向の上空より撮影。杉林や湿地が見られる。



写真-3 頭部滑落崖の状況。流紋岩転石を主体とする旧期崩壊堆積物が見られる。崖の高さは約5m(平成33年4月撮影)。



写真-4 頭部の亀裂により赤松沢沿いの水路が被害を受けた状況。奥は写真-3の滑落崖へ連続する。亀裂より左手は不動地(平成3年4月撮影)。



写真-5 A区域南西側部の亀裂。直線的に連続している(平成元年4月撮影)。



写真-6 C区域上部斜面に見られる真珠岩の露頭。全体的に変質が著しい。



写真一七 末端斜面のE区域の状況。
ベントナイト状の粘土が露出しており全体的に泥ねい化している(平成33年4月撮影)。

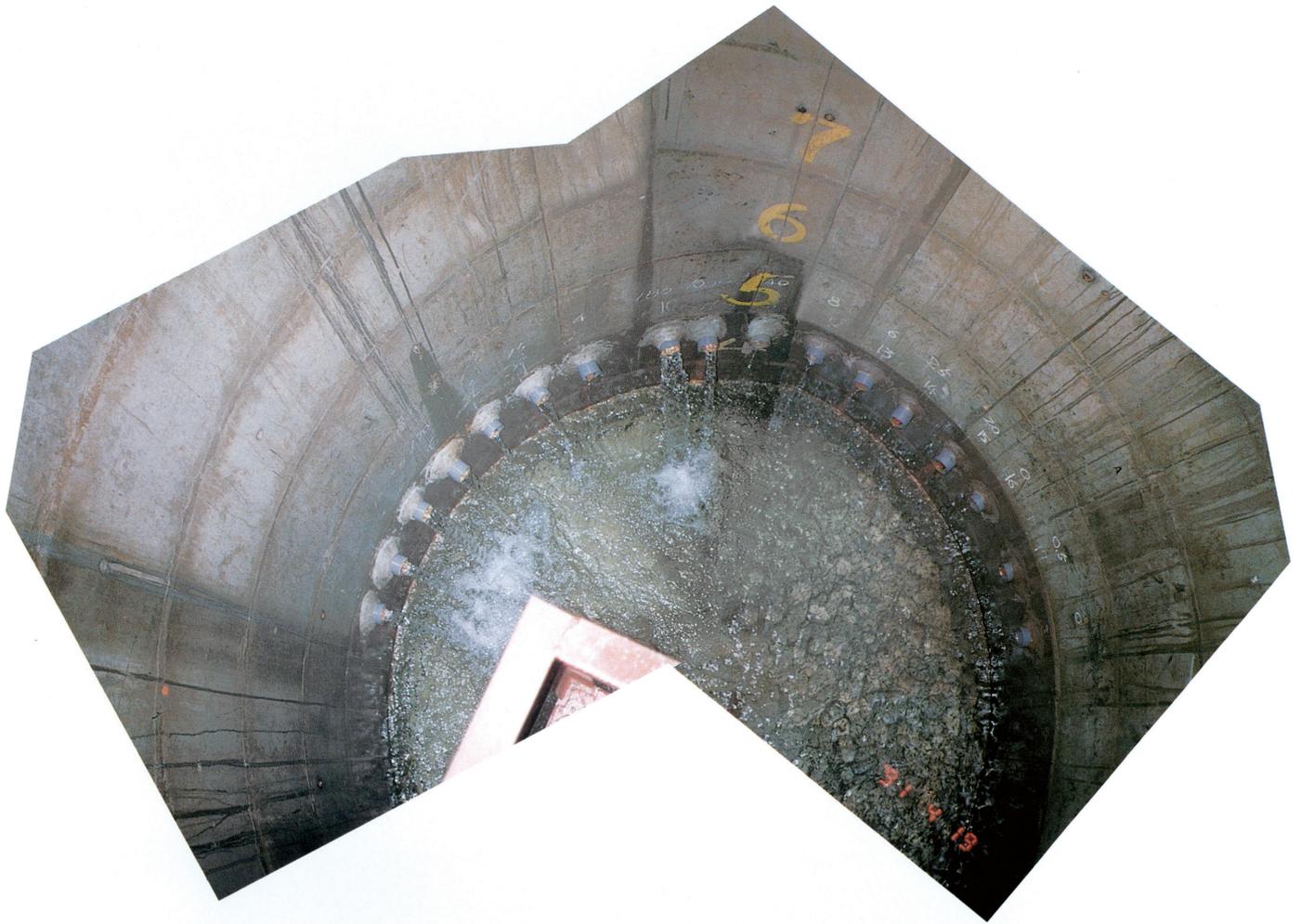


写真-8 No.4号集水井内の集水状況。集水総量750ℓ/min（平成3年4月）。
豪雨時には1200ℓ/minとなった。



写真-9 No.6号集水井からの排水口の1つ。約300ℓ/min（平成9年5月）。

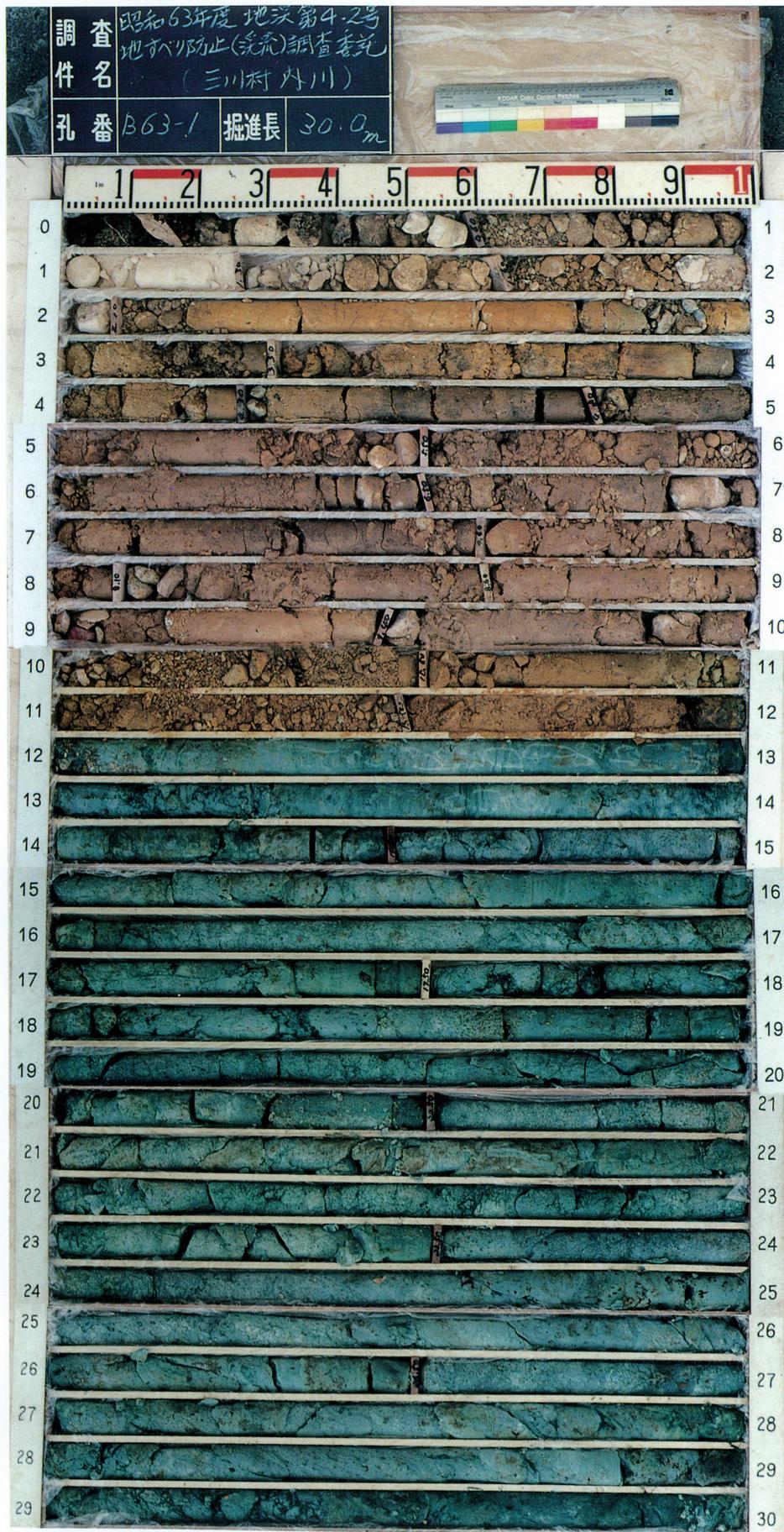


写真-10 BV.63-1号孔 コア写真

深度11.9m以浅は流紋岩角礫を多く含む粘土で、以深は全体的に変質した真珠岩である。
歪計の観測結果から、この地質の境界面(深度11.9m)がすべり面と判定される。

目 次

ページ

口 絵 写 真

1 . 地区の概要	-----	1
1 . 1 位置と概要	-----	1
1 . 2 周辺の地形	-----	1
1 . 3 周辺の地質	-----	3
1) 地質分布	-----	3
2) 地質構造	-----	3
2 . 地形・地質	-----	5
2 . 1 地 形	-----	5
2 . 2 地 質	-----	6
2 . 3 地質構造	-----	7
3 . 地すべり状況	-----	15
3 . 1 地すべり歴	-----	15
3 . 2 各区域ごとの状況	-----	16
4 . 試験観測結果	-----	17
4 . 1 土質特性	-----	17
4 . 2 地下水位	-----	19
4 . 3 地下水検層	-----	23
4 . 4 水質特性	-----	24
4 . 5 高密度電気探査	-----	29
4 . 6 移動特性	-----	31
5 . 地すべり発生機構解析	-----	38
6 . 地すべり防止工事	-----	39
7 . まとめ	-----	43

1. 地区の概要

1. 1 位置と概要

細越地区は、新潟市の東南東方向約35km、津川町の北東方向約 9kmの東蒲原郡三川村大字内川地内に位置する（図-1 参照）。阿賀野川支流の新谷川の右岸側斜面にあたり、同川を挟んだ対岸に県道新発田津川線が通っている。地区内は約 5～ 7° の緩やかな斜面で、杉の植林が多く、林道も整備されている。

基盤地質は新第三紀中新世の真珠岩、流紋岩であり、同岩は広い範囲で熱水変質しており、特に浅部は灰白～青灰色のいわゆるベントナイト状に粘土化している。

昭和58年頃に変状が発見され、その後地すべり滑動が活発化したため昭和62年から本格的に調査、観測を開始した。当初、著しい滑動が観測されたが、昭和63年からの地下水排除工を主体とした防止工事により移動量は徐々に減少している。しかしながら、現在も融雪期に滑動が続いており、調査および防止工事を継続して行っている。地すべり防止指定地の概要は以下のとおりである。

- 所 管 : 林野庁
- 指定地区名 : 細 越
- 指定面積 : 184.18ha
- 指定年月日 : 昭和63年6月23日

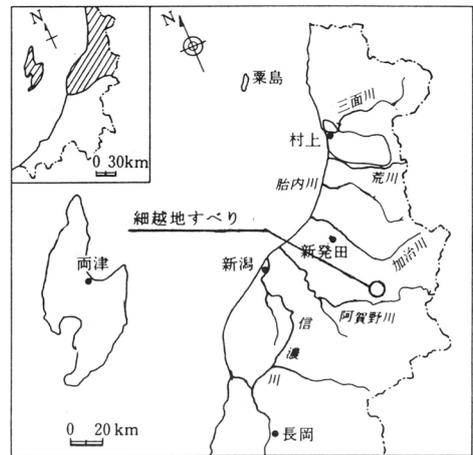


図-1 位置図

1. 2 周辺の地形

図-2 に示すとおり、地区は新潟平野の東方に位置し、大局的には山地、丘陵部の西部にあたる。北東方には大日岳（標高2128m）を主峰とする飯豊山地が位置し、西方には標高 950m程度の五頭山地の山々が北北東-南南西に連続している。地区はこの両山地から連続する尾根に挟まれた谷部に位置しており、五頭山地の東麓にあたる。この谷部に位置する新谷川は直交する方向の支流を集め南西へ流れ、西流する阿賀野川へ注いでいる。五頭山地から連続する尾根に標高約609mの笠菅山

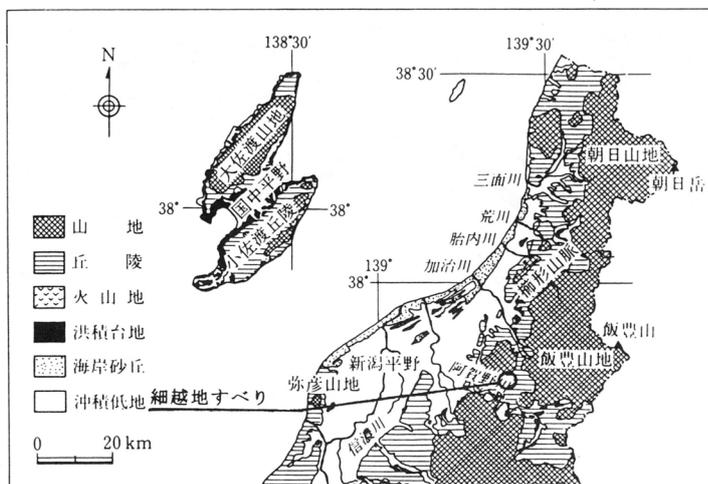


図-2 新潟県北部・佐渡の地形
 (高野・歌代, 1976に一部加筆)
 [新潟県地学ガイド: コロナ社より]

が位置しており、当地区はその南東麓斜面にあたる。斜面は比較的なだらであるが、貫入岩や溶岩のつくる突起状の地形が点在しているのが特徴である。

図-3は細越地すべりとその周辺地域を示した案内図である。図に示すとおり、地すべり防止指定地が点在している。



図-3 細越地すべりとその周辺地域 S=1:60,000 (津川林業事務所管内図より)

1. 3 周辺の地質

1) 地質分布

当地区の西方～南西方および北東方には、古生層および先第三紀の貫入岩類が分布するが、その他は主に新第三紀中新世の堆積岩、火山岩、貫入岩類で構成されている。当地区付近には、新谷層（新潟県標準層序七谷層相当層）の流紋岩・真珠岩・泥岩が分布し、新第三紀の貫入岩によって貫かれている。調査地の北西側には赤谷断層（坊城ほか，1969）を境に津川層の凝灰岩および流紋岩が分布する。

図-4 に新潟県北部・佐渡の地質図を、図-5 に細越地すべり地区周辺の地質図を示した。

2) 地質構造

赤谷断層は当地区以北では南北方向に、以南では北東-南西方向に通っており、東西の地層を大きく分断している。「日本の活断層」（東京大学出版会）によれば、赤谷断層は活断層ではないが、西方の同断層と同方向の、月岡断層、村松断層は确实度 I（活断層であることが確実なもの）、沼越峠断層は确实度 II（活断層であると推定されるもの）と記載されている（図-4 参照）。また、赤谷断層の東側では新谷川の左岸側で北西-南東方向の断層が顕著である。

構造としては、地区周辺に赤谷断層に向かう半盆状構造があるとされている。図-5 に示すとおり、北西に開いた弧状に地質分布が見られ、北西側は赤谷断層で分布が途切れている。この弧状の中心部に地層が傾斜する構造が半盆状構造である。当地区においても南西および北西傾斜が主体であり、ほぼ対応している。

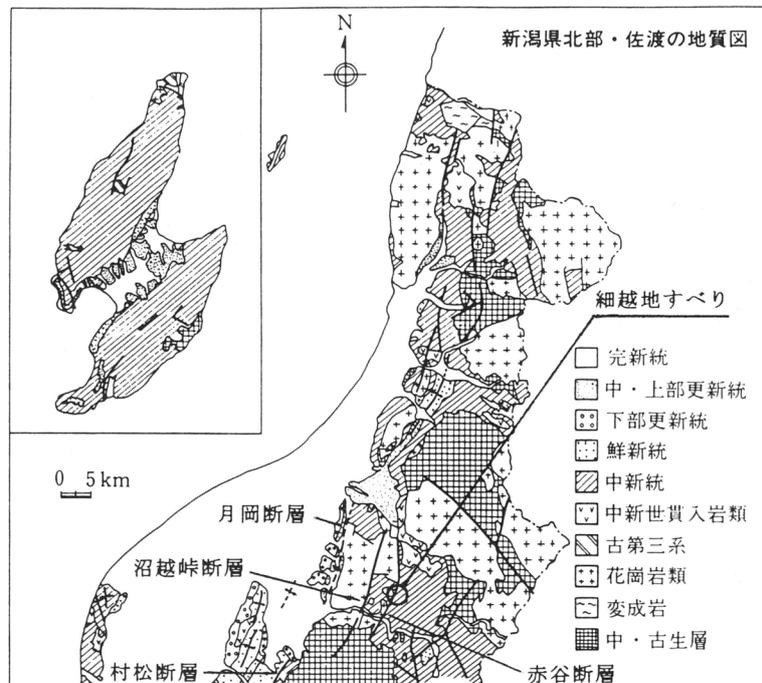
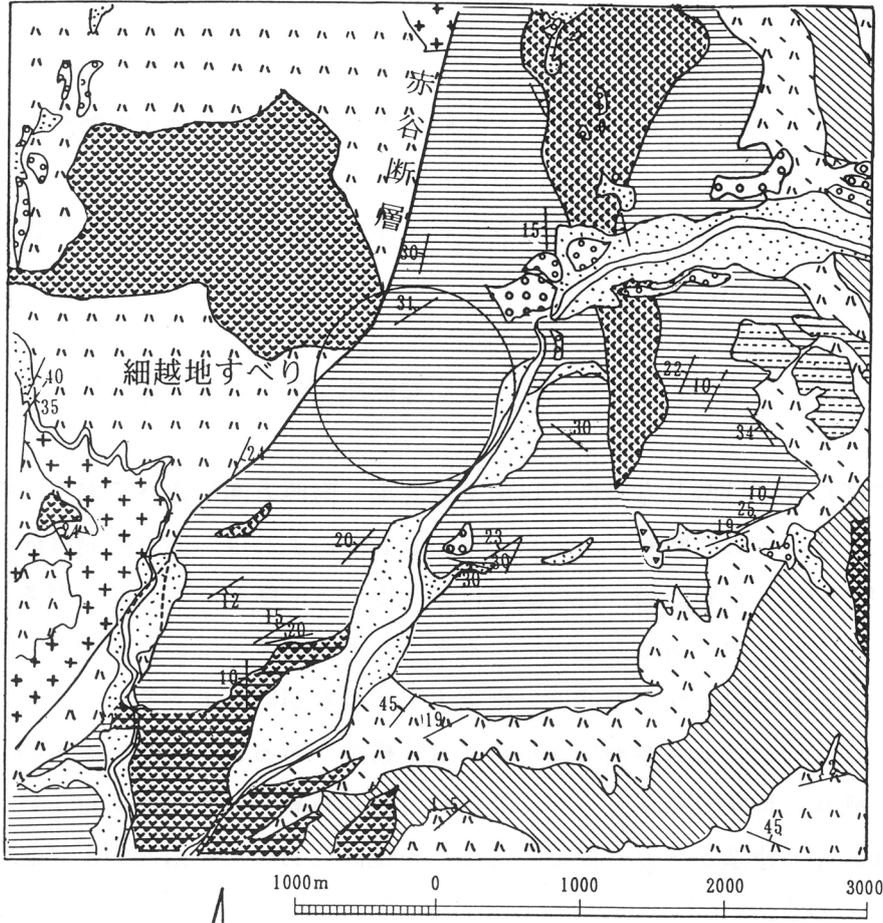


図-4 新潟県北部・佐渡の地質図（新潟県，1989を一部修正）

〔新潟県地学ガイド：コロナ社より〕



出典：土地分類基本調査図（新潟県，1983）

凡例

- | | | | |
|----------|---|-----------|---|
| 第四紀 沖積世 | <ul style="list-style-type: none"> 氾濫原堆積物 段丘堆積物 | 新第三紀 中新世 | <ul style="list-style-type: none"> 流紋岩（熔岩，貫入岩） 流紋岩質軽石凝灰岩，砂質，泥質凝灰岩 |
| 第四紀 更新世 | <ul style="list-style-type: none"> 段丘堆積物 赤色土 | 新第三紀 古第三紀 | <ul style="list-style-type: none"> 流紋岩（貫入岩） |
| 新第三紀 中新世 | <ul style="list-style-type: none"> 玄武岩（熔岩，貫入岩） 砂岩，頁岩，流紋岩質凝灰岩 流紋岩（熔岩，貫入岩） 流紋岩質軽石凝灰岩，砂質，泥質凝灰岩 流紋岩（熔岩，貫入岩） 砂岩，頁岩，流紋岩質凝灰岩 | 中生代 白亜紀 | <ul style="list-style-type: none"> 花崗岩（貫入岩） |
- 断層
 30 走向傾斜



半盆状構造説明図
（第四紀層、貫入岩を取り除いた図）

図-5 細越地すべり地区周辺の地質図

2. 地形・地質

2.1 地形

明瞭な断層地形を示す赤谷断層を境に、地形が大きく二分される。北西部（斜面上部）では、笠菅山へ続く比較的急な勾配の斜面が形成されており、山腹には古い崩壊地形がみられる。一方、南東部（斜面下部）では平均地表傾斜が約 $5\sim 7^\circ$ の緩傾斜となっており、地すべりによると思われる分離小丘や不規則な凹凸が形成されている。北側（地すべり側部）には貫入岩が北西-南東方向のやせ尾根をつくって突起している。地すべり地の周辺の流紋岩、泥岩は、浸食により残丘状の地形を形成している。

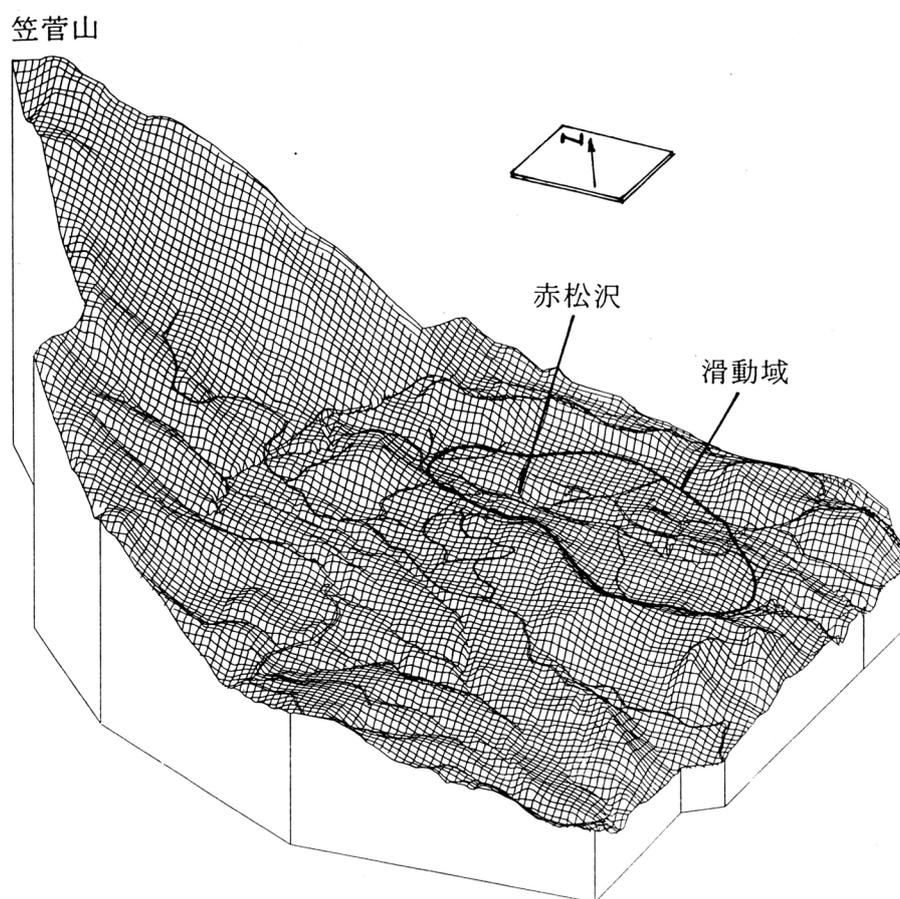


図-6 3次元地形モデル図（ワイヤーフレーム）

… 立体感を出すため高さを2倍に誇張して図示 …

2.2 地質分布

本調査地に分布する地質は、下位より津川層、新谷層、新第三紀貫入岩および被覆層よりなる。

表-1 に地質構成を一覧した。以下に各層について述べる。

なお、本地区の地すべりは明瞭なブロックに区分することが困難であるが、移動状況の違いや地すべり防止区域界などからA～Eの5区域に分けて以下説明する（図-7 区域区分図 参照）。

表-1 地質構成表

地質時代	地層名	地質名	記号	記事	
第四紀	沖積層 被覆層	現河床堆積物	○ a ○	流紋岩・凝灰岩等の円礫～亜円礫が主体である。 礫径は数cm～数10cm大。	
		崖錐性堆積物	▲ d t ▲	流紋岩礫を主体とするルーズな堆積物。凝灰質粘土で充填されている。	
		地すべり崩土	ℓ d	流紋岩・真珠岩の岩塊を含むベントナイト質粘土からなる。	
		旧期崩壊堆積物	△ ○ d △	流紋岩礫を主体とし、部分的に凝灰質粘土をブロック状に取り込む。	
第三紀	中新世	貫入岩	斜長流紋岩	L p	斜長石の斑晶を含む褐色の塊状の流紋岩である。
		新谷層	泥岩	A m	凝灰質の褐色泥岩で砂質の部分も見られる。部分的に葉理やクラックが発達する。
	流紋岩溶岩 ガラス質 流紋岩溶岩 真珠岩溶岩		A ℓ	地すべり地内の基岩はほとんど変質しており、流紋岩、真珠岩の特定が困難である。まれに新鮮な流紋岩を挟む。斜長石を含む。 地すべり地周辺の流紋岩は硬質であり、小丘を作って分布する。	
	津川層	流紋岩	T ℓ	流理にそった空隙の見られる淡灰白色の流紋岩で鉱物は目立たない。	

(1) 津川層

本地区に分布する津川層は流紋岩を主体とし、赤谷断層の北西側（斜面上部）に分布する。淡灰白～褐色の緻密な流紋岩である。

(2) 新谷層

主に流紋岩、ガラス質流紋岩、真珠岩、泥岩よりなる。流紋岩は、斜長石を含む比較的緻密な灰色の溶岩で、流理に平行な節理がみられる。地区東方および赤松沢下流右岸のみで新鮮な岩盤が見られ、突起状の小丘を形成している。まれに、硬質部が脈状～層状に分布している。地すべり地の

基盤のほとんどは熱水変質によりベントナイト化している。そのなかでセッケン状の光沢を帯びた青灰色のところの原岩は、ガラス質流紋岩溶岩、真珠岩溶岩と推定される。新鮮な真珠岩はA区域東部の滑落崖などでまれに見られる。流紋岩との境界は漸移的である。真珠岩、ガラス質流紋岩、流紋岩の順に変質が進行しやすい。

泥岩は凝灰質なものを主体とし、砂質部分を挟む。調査地南西部（赤松沢右岸側）で確認される。

(3) 貫入岩類（斜長流紋岩）

調査地の北東部に分布し、やせ尾根をつくって露頭している。褐色の塊状流紋岩で、斜長石を含む。C区域において、急崖下に転石が多くみられる。

(4) 被覆層

地すべり崩土は本地区内に広く分布する。A、B区域では主に礫まじり凝灰質粘土によって構成される。礫は津川層の流紋岩が主でまれに凝灰岩を含む。一方、その他の区域においては、ベントナイト化した淡灰色の真珠岩、ガラス質流紋岩起源の粘土が主で、一部泥ねい化している。

赤谷断層付近では上方斜面からの旧期崩壊堆積物が分布しており、主に津川層起源の流紋岩礫を多く含む粘土によって構成される。

また、流紋岩礫を主体とする崖錐堆積物が小分布している。

新谷川付近では、現河床堆積物が分布しており、流紋岩、凝灰岩などの円～亜円礫を含む粘土質砂によって構成されている。

2.3 地質構造

新谷層の泥岩の走向、傾斜はN50°W, 20~40°Wである。また、新谷層の真珠岩溶岩の主な亀裂の走向・傾斜はC区域内でN7~15°E, 40~44°Wである。既存の資料によると、本地区付近を中心として赤谷断層を取り囲むような半盆状構造が記載されており（図-5参照）。断層も比較的集中している地域である。本地区においては、走向はまちまちであるものの傾斜は西向きであり、半盆状構造を反映しているものと思われる。よって、本地区の構造は地すべりに対し受け盤～走向方向である。

ただし、E区域南東方、C区域東方などでは、流紋岩溶岩の亀裂の走向、傾斜はEW, 80°NおよびN60~80°E, 70°Wとなっており、上部斜面とやや異なる構造である。

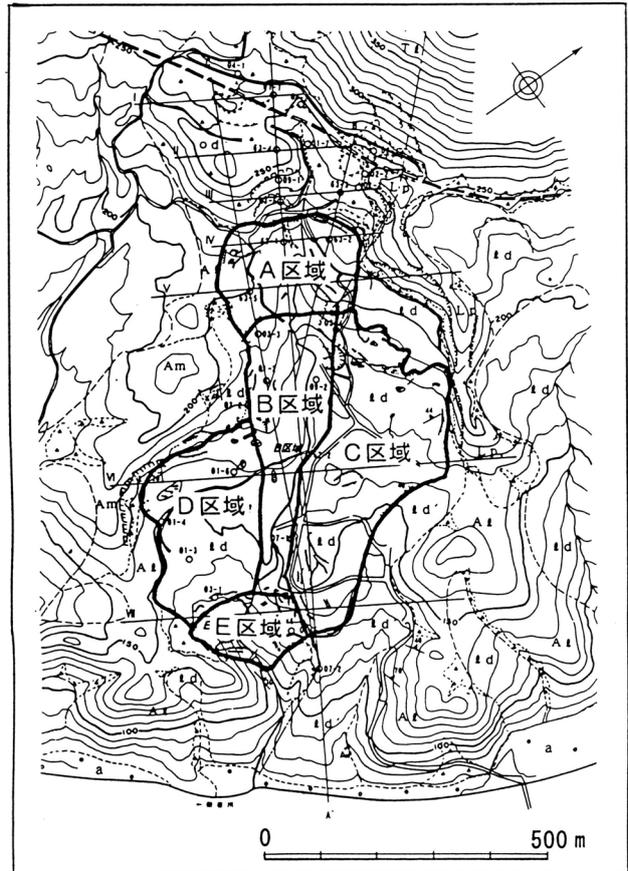


図-7 区域区分図

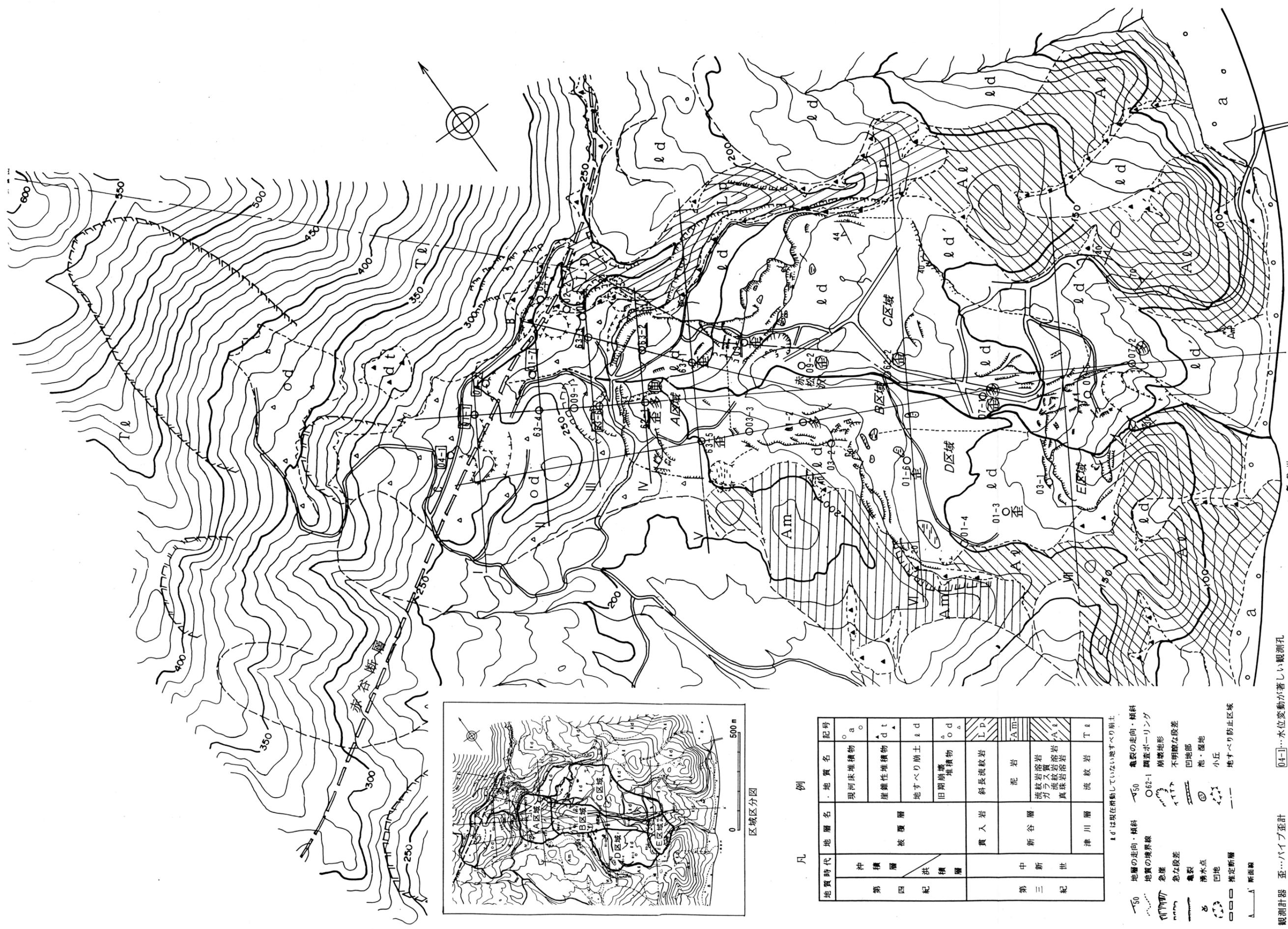
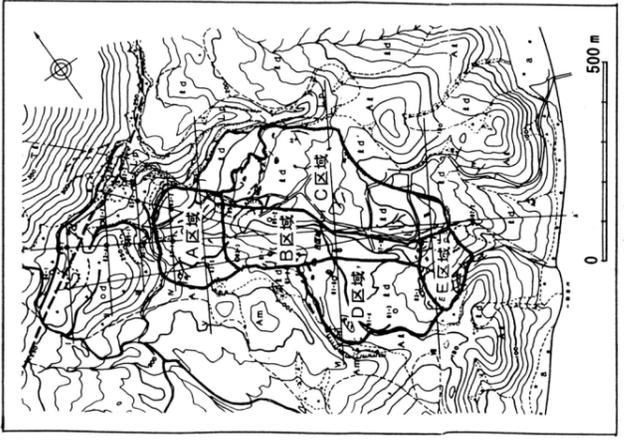


図-8 地質平面図 (S=1:5000) 0 300 m
 新谷川



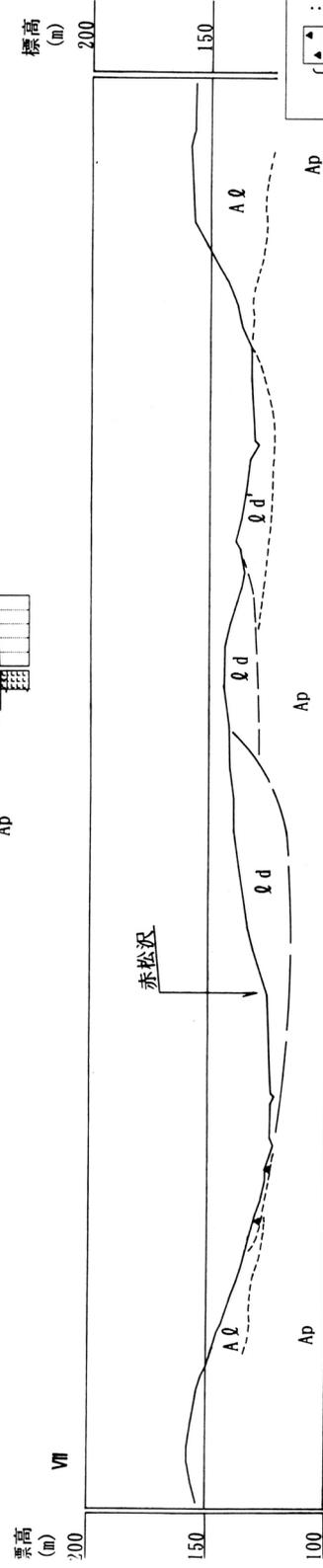
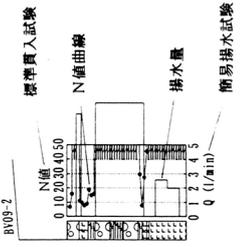
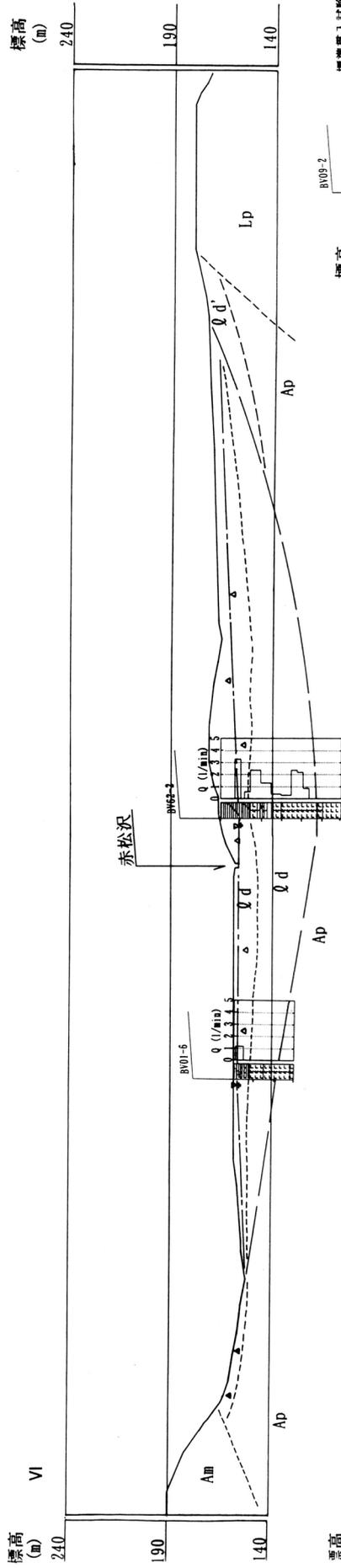
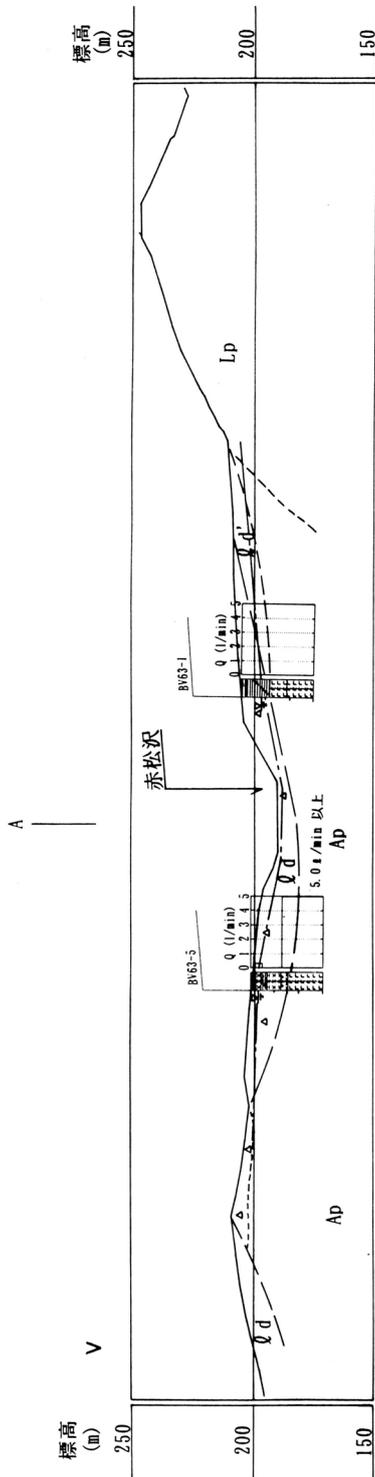
凡例

地質時代	地層名	地質名	記号
第四紀	沖積層	現河床堆積物	o a
		産錐性堆積物	△ dt
		地すべり崩土	ld
第三紀	中新世	旧期崩落堆積物	△ dd
		斜長流紋岩	LD
		貫入岩	Am
中新世	新谷層	泥岩	Am
		流紋岩 溶岩 侵入岩 流紋岩 方解岩 真珠岩	LD Am Am Am Am Am
		津川層	Td

- ldは現在滑動していない地すべり崩土
- 50 地層の走向・傾斜
 - 50 地層の境界線
 - 〇62-1 調査ポイント
 - 〇62-2 崩壊地形
 - 〇62-3 不明瞭な段差
 - 〇62-4 凹地部
 - 〇62-5 池・湿地
 - 〇62-6 小丘
 - 〇62-7 地すべり防止区域
 - A-A' 断面線

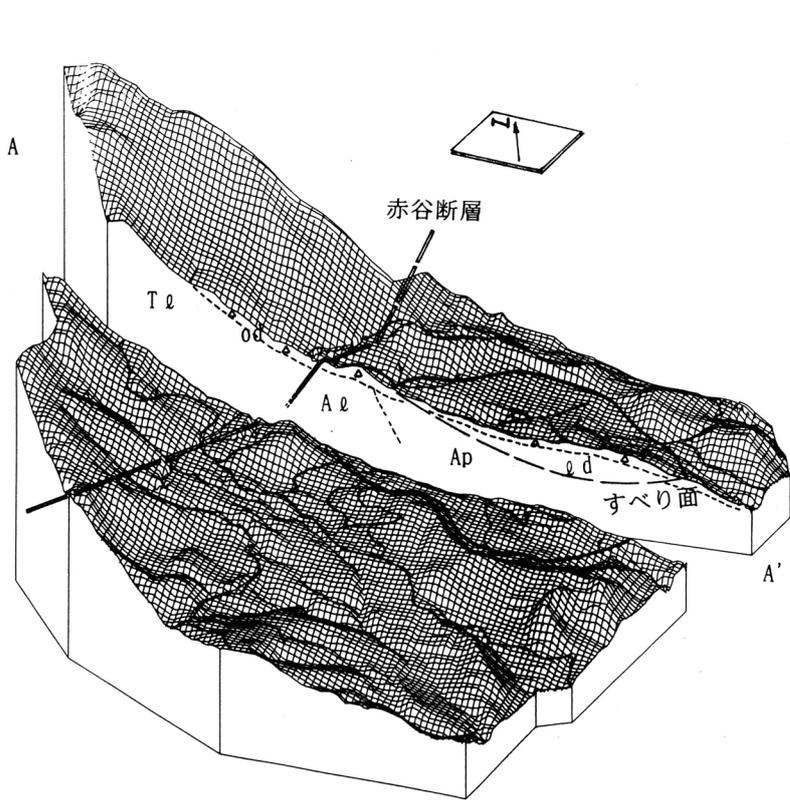
観測計器 至…パイプ歪計
 多…多層移動量計
 伸…孔内伸縮計
 〇は現在観測中、その他は破損

〇4-1…水位変動が著しい観測孔
 62-3…水位変動がほぼ一定である観測孔
 その他は地下水位がやや変動する



▲	崖錐堆積物	例
△	地すべり崩土 (滑動中, 礫質)	
□	"	(滑動中, 真珠岩質)
○	"	
◇	貫入岩 (斜長流紋岩)	
▽	新谷層 (泥岩)	
△	" (流紋岩)	
○	" (真珠岩)	
◇	津川層 (流紋岩)	
▽	"	

図-10 地質横断面図 S=1:2,000



凡 例

地質時代	地層名	地質名	記号
第四紀 沖積層	被覆層	現河床堆積物	o a o
		崖麓性堆積物	△ d △
		地すべり崩土	f d
		旧期崩壊堆積物	△ o d △
第三紀 新世	貫入岩	斜長流紋岩	L p
		泥岩	A m
	新谷層	流紋岩 溶岩 ガラス質 流紋岩 溶岩 真珠岩 溶岩	A t
		津川層	流紋岩

図-11 3次元地形モデル（ワイヤーフレーム）縦断面図

… 立体感を出すため高さを2倍に誇張して図示 : 断面位置は図-8参照 …

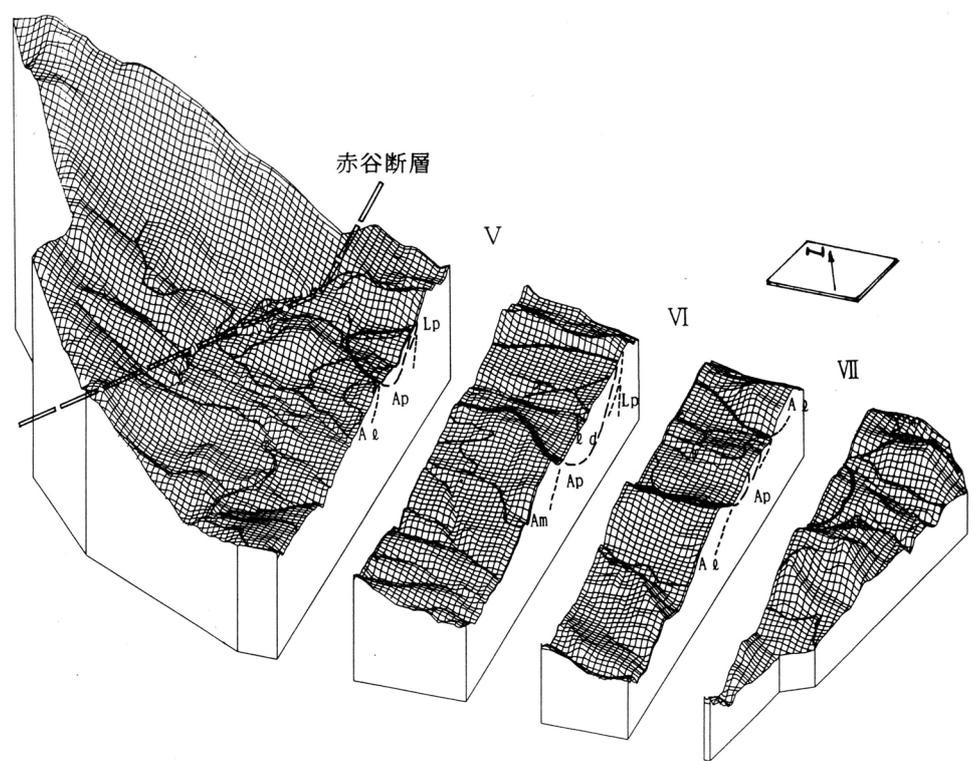


図-12 3次元地形モデル（ワイヤーフレーム）横断面図

… 立体感を出すため高さを2倍に誇張して図示 : 断面位置は図-8参照 …

3 地すべり状況

3.1 地すべり歴

当地区における地すべり歴を以下の表-2に一覧する。

表 - 2 地すべり歴一覧表

年	地すべり状況
昭和58年頃	A区域北東部，C区域頭部において，付近の住民により亀裂が発見された。
昭和62年	本格的な調査の開始。B区域では，南西側部の杉の傾倒が著しく，伐採された。
昭和63年	A区域では不明瞭だった北東側の亀裂が12月には明瞭となった。 B区域の上部斜面南西側で，年末から平成元年の融雪期にかけて亀裂が拡大。 D区域では，12月に，かつての滑落崖にそった新たな最大落差1mの亀裂が発生
平成元年	A区域では4月までに，頭部や側部の亀裂が拡大し，新たな亀裂も多く，継続してみられたため，全体的に滑動したと思われる。11月から平成2年4月にかけて，A区域頭部付近で新たな亀裂が発生し，下部で亀裂の拡大が見られた。 C区域では平成元年春にかけて変状範囲が上方に拡大し林道直下まで達した。 D区域のかつての滑落崖にそった新たな最大落差1mの亀裂は，春および，初冬から平成2年春にかけて，やや拡大傾向がみられた。 E区域は，泥ねい化しており，春および初冬から平成2年春にかけて顕著な流動的な滑動がみられた。
平成2年	7月，12月に，A区域頭部付近で新たな小亀裂がみられた。 B区域南西部の上部斜面において，それまで変状がみられなかった赤松沢よりの斜面が8月～12月にかけて変状しはじめ，杉の傾倒がみられた。 E地区では，春にかけて沢ぞいの変状が拡大し，亀裂が増加した。同時期にC，E区域境界部付近の作業用道路を横切って，陥没帯が発生した。
平成3年	融雪期，梅雨期においても新たな変状は見られなかった。
平成4年	融雪期にA区域で新たな小亀裂がみられた。C区域およびE区域の沢ぞいの箇所は，緩慢な滑動により，わずかながら地形に変化が生じた。
平成5年	融雪期，梅雨期においても新たな変状は見られなかった。
平成6年	融雪期にA区域頭部付近で新たな小亀裂がわずかに見られた。
平成7年	融雪期に著しい変状が発生。A区域付近で亀裂が拡大，新たな小亀裂が見られた その他，C区域，B区域南西部の亀裂が増加した。 同時期にC，E区域の境界部付近の作業用道路を横切って，陥没帯が発生した。
平成8年	融雪期にわずかながら変状が見られた。A区域頭部付近で亀裂が拡大し，新たな小亀裂が見られた。昭和63年施工のNo.3集水井内に著しい変状が発見された。
平成9年	A区域頭部で亀裂が拡大し，C区域北西側側部で明瞭な亀裂が見られた。

3. 2 各地域ごとの状況

(1) A区域

頭部の滑落崖，頭部，側部などで降雪期，融雪期などに著しい変状が見られる他，区域全域で亀裂が見られる。主に厚い旧期崩壊堆積物をのせて滑動しているため，亀裂は深く，乾いているものが多い。

全体的にはやや赤松沢寄りの下方斜面にむかって滑動している。

(2) B区域

上部斜面南西側部の直線的な亀裂が顕著で，杉が傾倒したため伐採されている。中部斜面の急勾配の箇所には亀裂が多く見られ，湧水や湿地も見られる。

沢ぞいでは屈曲部において，左岸側で急勾配の箇所で崩壊が見られるが，その他の箇所では変状は全く見られない。

(3) C区域（地すべり防止区域外）

頭部の滑落崖では部分的に崩壊が背後に拡大し，樹木の傾倒が見られる。湧水や湿地が多く見られ，一部で青灰色のベントナイトが流れ出している箇所もみられる。

(4) D区域

頭部滑落崖はB区域から連続している。西方には泥岩が急崖をなして連続しており，その裾部に亀裂が発生している。平成元年以降は顕著な亀裂の拡大は見られない。西部に池や湿地が見られる。

(5) E区域

赤松沢の付近では，沢への引張亀裂が多くみられる。全体的に馬蹄形に崩れだしている箇所が多く，断続的に小規模な移動を繰り返している。

赤松沢右岸側には湿地が多く，泥ねい化し樹木の傾倒や埋没が著しい。ベントナイト質粘土は沢へ流出していると思われ，降雨時には沢はやや白濁する。しかしながら，現在のところ谷止工への大規模な土砂の流入は見られない。

区域や箇所ごとの移動方向，移動量がやや異なるものの，明瞭なブロックの境界はみられず，A～E区域全体が同時期にほぼ一体となって滑動している。地形勾配の大きい上部斜面のA区域，および下部斜面のE区域で移動量が比較的大きいのが特徴である。

4. 試験観測結果

4. 1 土質特性

土質試験結果を表-3に一覧した。露頭から採取した試料（強風化真珠岩質粘土）とボーリングコア試料（弱風化真珠岩）を比較すると、露頭の試料はシルト，粘土分を合わせると95%であり，細粒分が多い。これに対しコア試料のシルト，粘土分は71.1%であり，露頭の試料よりはやや少ない。

露頭（強風化真珠岩質粘土）のすべり面付近から採取した試料においては，含水比が120.5%と非常に多い値となっている。

リングせん断試験の結果は， $C_r = 0.11 \text{ kgf/cm}^2$ ， $\phi_r = 6.6^\circ$ と比較的小さい値となった（試験：長岡技大，和田 正氏）。

X線分析の結果を図-13のX線チャートに示した。風化岩（ガラス質流紋岩，真珠岩）には比較的深部まで膨潤性の高いモンモリロナイトやクリストバライトなどの変質鉱物を多量に含んでおり，すべり面を形成する大きな素因となっていると考えられる。

表-3 土質試験結果一覧表

採取試料		C区域北東側 側部	B V. 62-1号孔
深 度 m		露 頭	37.5~38.0
地 質		強風化真珠岩	弱風化真珠岩
日本統一土質分類		(CH)	(CH)
粒 度 特 性	礫分 (2~75mm) %	0	8.1
	砂分 (75 μ m~2mm) %	5.0	20.8
	シルト分 (5~75 μ m) %	44.0	21.1
	粘土分 (5 μ m未満) %	51.0	50.0
	最大粒径 mm	0.425	19.1
コ シ ン シ 特 性 ス テ ン	液性限界 W_L %	122.5	309.0
	塑性限界 W_P %	38.2	32.4
	塑性指数 I_P	84.3	276.6
土粒子の密度 $\rho_n \text{ g/cm}^3$		2.557	2.709
自然含水比 W_n %		69.5	36.27
すべり面付近の含水比 %		120.5	—
三角座標分類		細粒土 F	細粒土 F
リ セ ン グ 断	残 留 強 度	$C_r \text{ (kgf/cm}^2)$	0.11
		$\phi_r \text{ (}^\circ)$	6.6

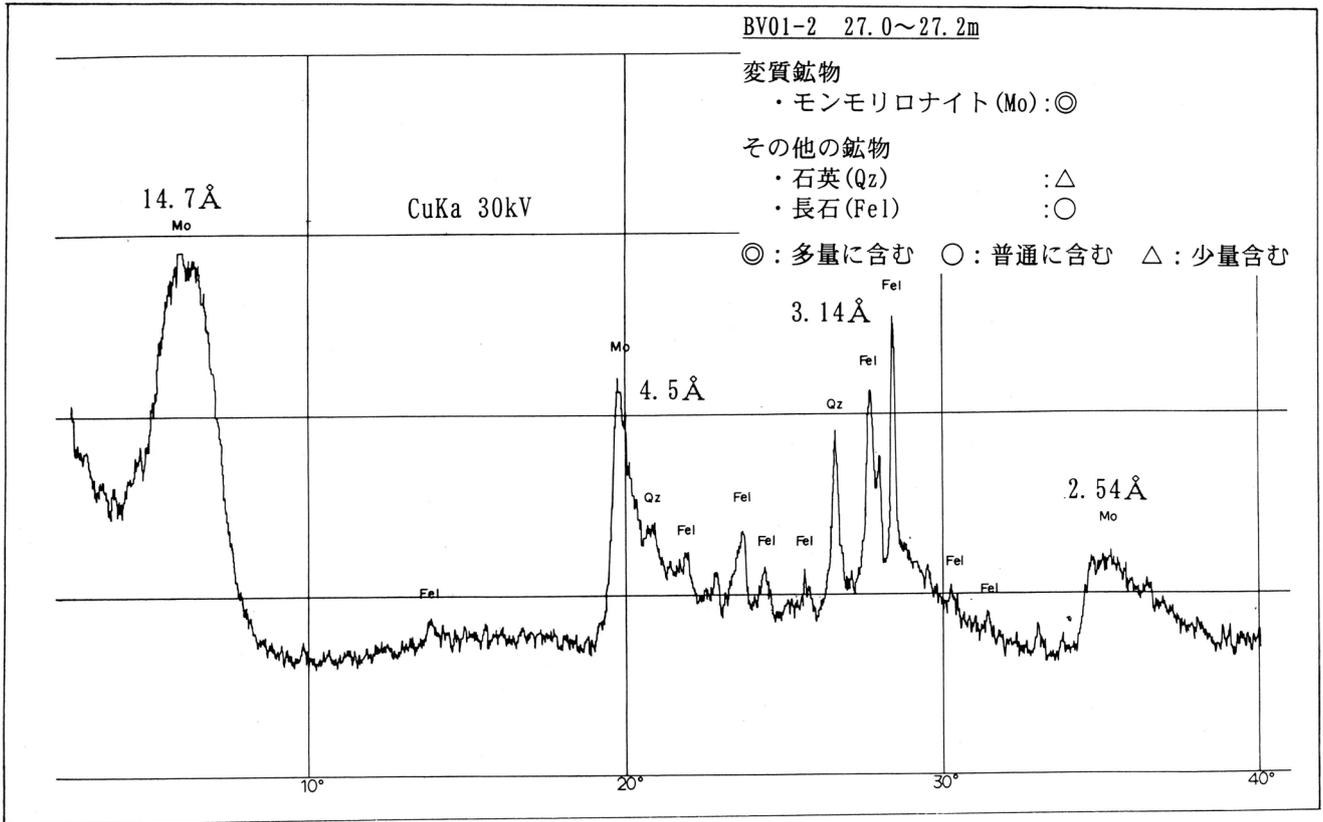


図-13 a X線チャート (BV. 01-2号孔 深度27.0~27.2m)

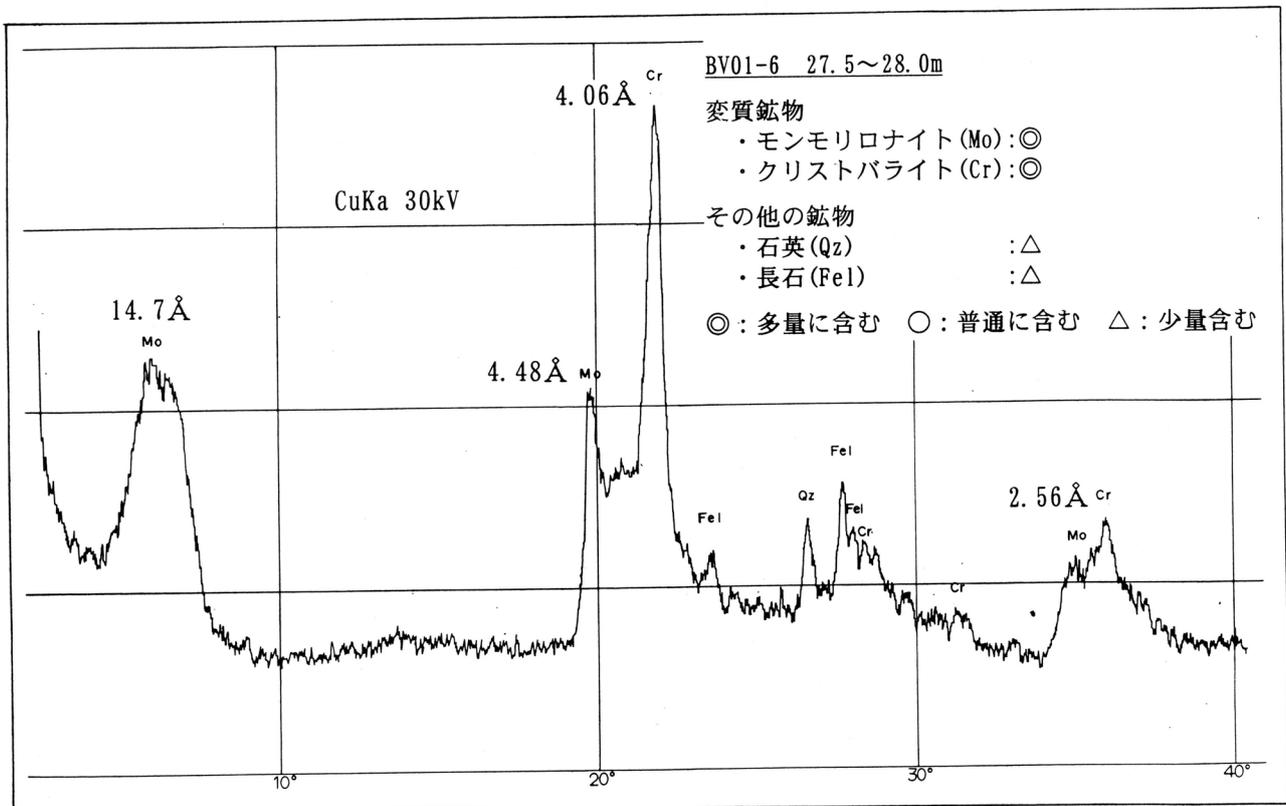


図-13 b X線チャート (BV. 01-6号孔 深度27.5~28.0m)

4. 2 地下水位

地下水位変動の著しい観測孔と、変動がほとんどなく地下水位が一定である観測孔がほぼ特定できる。以下、それぞれについて説明を加える。

地下水位変動が著しい観測孔 …図-8で孔番号を□で囲んで示した…
→ 赤松沢最上流部付近（滑動域より上方の斜面）
（BV63-6号孔，BV01-1号孔，BV01-7号孔，BV04-1号孔，BV04-2号孔）

集中的な降雨の際に水位変動する。

地形遷急線、断層付近にあたり、降水が集まりやすい箇所、厚い崩壊堆積物（流紋岩転石群）が分布する箇所に位置する。よって、上方の崩壊地形（凹型斜面）にそって流動し、集まってきた地下水が透水性のよい旧期崩壊堆積物内を流下するために降雨の影響を受けやすいものと思われる。

図-14は BV63-6号孔，BV01-1号孔，BV01-7号孔，BV04-2号孔の水位変動図である。降雨や融雪に敏感に反応し、水位上昇のピークが明瞭に現れている。ただし、図に示すとおり、集水ボーリングの増工後は、周囲の観測孔の水位上昇時のピークが低く抑えられる傾向が見られ、施工効果が得られたと判定される。

地下水位がほぼ一定である観測孔 …図-8で孔番号に下線を引いて示した…
→ A区域上部斜面，赤松沢から離れた上方斜面
（BV62-1号孔，BV63-2号孔，BV63-3号孔，BV02-3号孔，BV03-4号孔）

降雨などの影響をまったく受けず、非常に安定したほぼ一定の水位である。

図-15は BV63-2号孔の水位変動図である。基岩面の付近に水位があり、帯水層が比較的薄い箇所であると思われる。

地下水位がやや変動する観測孔 は以下の3孔である。

BV62-2号孔： B区域中部斜面だが、沢ぞいに位置するため降水の影響を受けやすいものと考えられる。

BV63-4号孔： 地すべり地の上方斜面の亀裂質な流紋岩部にあたり、降雨の影響を受け、緩やかな水位変動が見られる。

BV01-2号孔： B区域の上部斜面に位置し、平成3年11月までは自噴していたが、その後水抜きボーリングの効果により5m程度水位低下した。図-13は BV01-2号孔の水位変動図である。降雨と大きな関連は見られないが、孔口-5m程度で小刻みに変動している。

その他の観測孔は地下水位がほぼ一定だが、まれに、降雨の影響などで微少な水位上昇が見られる。

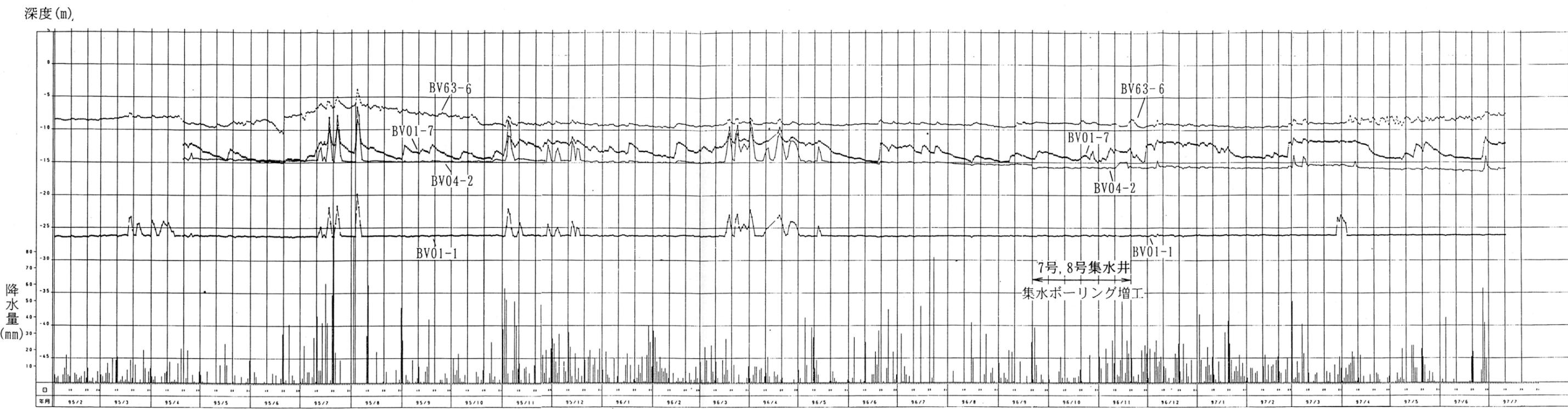


図-14a 地下水観測結果図 (赤松沢最上流部付近)

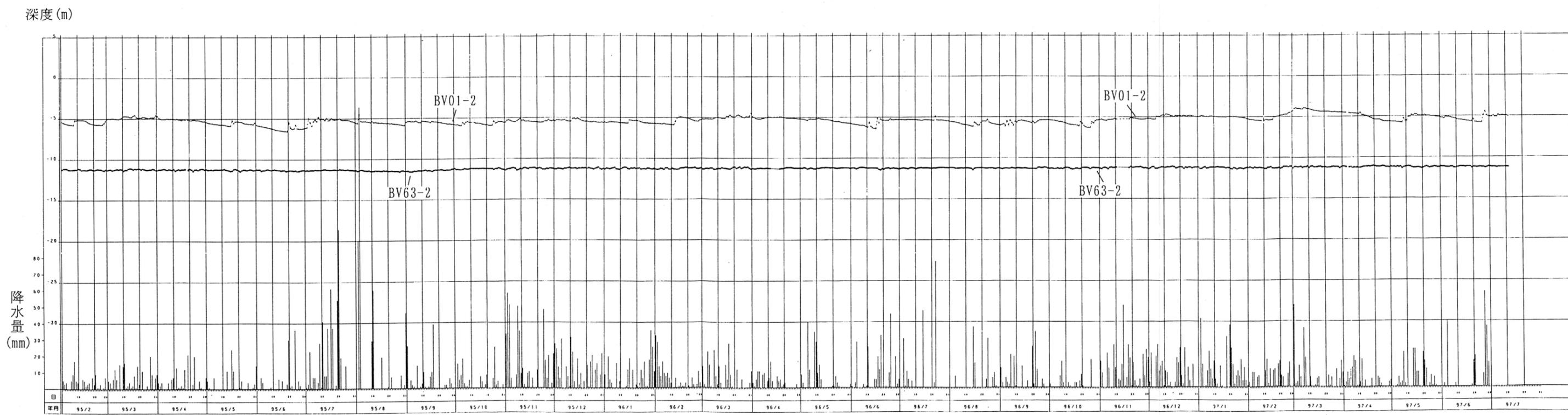


図-14b地下水観測結果図 (A区域・B区域)

4. 3 地下水検層

図-15はA区域の上部斜面に位置するBV. 63-2号孔における地下水検層の結果図である。旧期崩壊堆積物である流紋岩の転石を主体とする層と、その下位の真珠岩との境界部付近に、著しい比抵抗値の回復が見られる。簡易揚水試験の結果からも 4.67 l/min もの揚水量が得られていることから、地下水の流動が著しいものと考えられる。

A区域の上部斜面においてはこの地質の境界（たとえばBV. 63-2号孔では深度16.5m）がすべり面であると判定される。

ボーリング番号： BV63-2

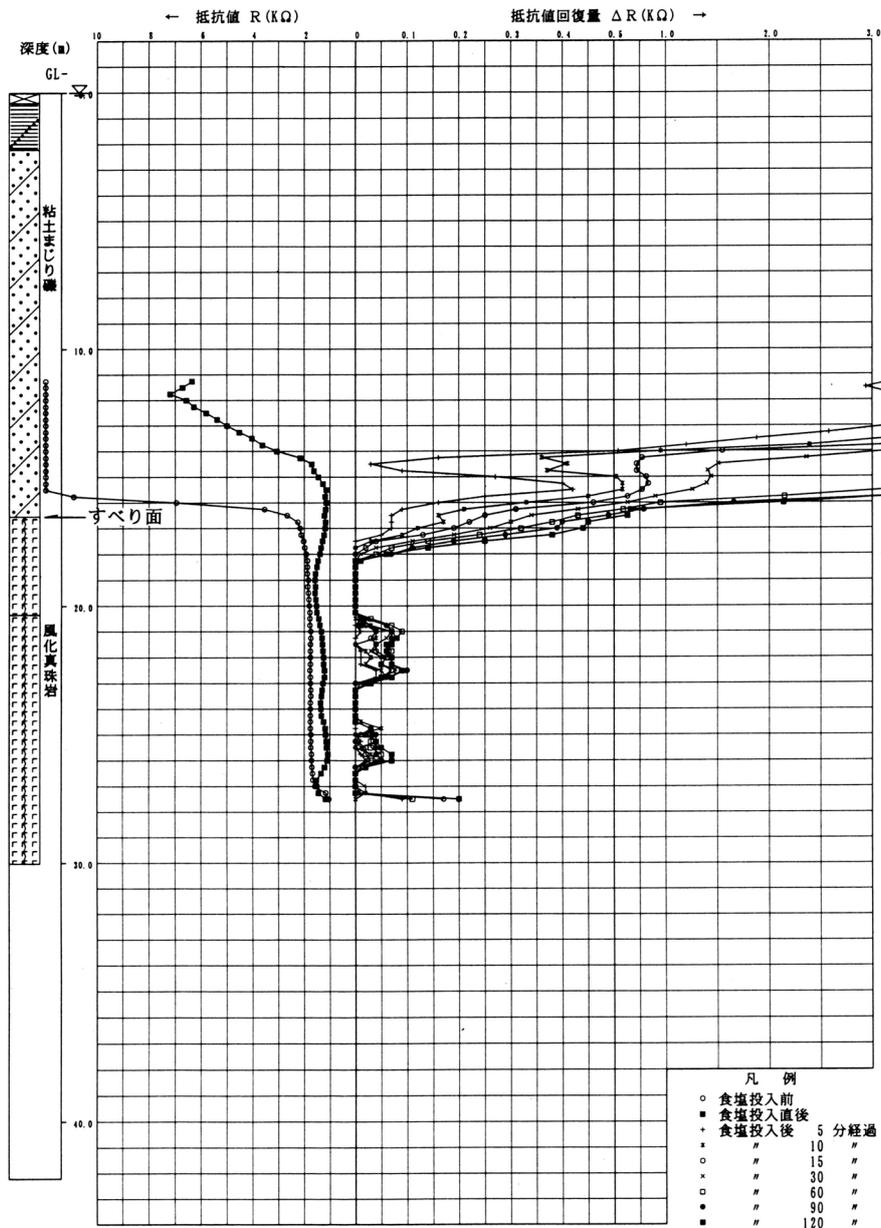


図-15 地下水検層図 (BV. 63-2号孔)

4. 4 水質特性

(1) 水温, 電気電導度, PH

平成元年度夏の測定結果によると水温は一般に8.0℃~10.0℃を示し, 比較的低温である。電気電導度の逆数は水比抵抗値として表される。よって, ここでは水比抵抗値も合わせて表記する。電気電導度は全体的に低く, 30~100 $\mu\text{s/cm}$ (水比抵抗値…10000~33000 $\Omega \cdot \text{cm}$) を示すところが多い。A区域頭部の63-3号孔のように522 $\mu\text{s/cm}$ (水比抵抗値…1916 $\Omega \cdot \text{cm}$) と高い値を示すところもある。一般に地下水は流動するにしたがって溶存成分を多く含むようになり, 電気電導度が高くなるが, 本地区の場合はスポット状に高いところがあるのが特徴的である。例えば前記の63-3号孔のほか, 2-2, 3-3号孔, 水抜 (B区域赤松沢右岸) などである。

調査ボーリングの結果によると, これらの地点は簡易揚水試験による揚水量が少なく, 地下水検層の結果, 地下水の流動はほとんどみられない。

PHは5.4~11.8と幅広く変化しているが, 6~8を示すものが大半である。

PHと水比抵抗 (電気電導度の逆数) の関係を図-16に示す。一般に後述するキーダイアグラムのII型の水はPHが大きく, 水比抵抗が小さいく, 停滞した地下水であることを示している。I型の水も類似した傾向がある。III, IV型の水はほとんどPH, 水比抵抗ともに低い。集水井の排水はすべて10月よりも4月の方が水比抵抗が高く, 融雪水が混入していることを示している。

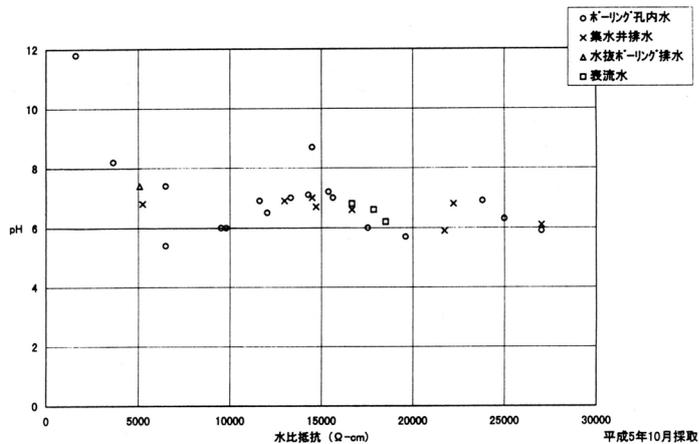


図-16 a 水比抵抗値とPHの関係 (平成5年度10月採取)

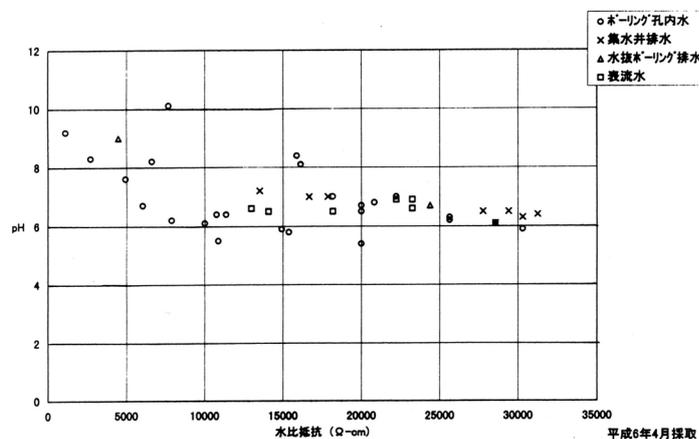


図-16 b 水比抵抗値とPHの関係 (平成6年度4月採取)

(2) キーダイヤグラム

図-17は本地区の水質組成を図上にプロットした結果である。

ダイヤグラムによる水質組成は次の4グループに区分できる。

I. $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 型

重炭酸石灰、苦土を主成分にする水で一般に表流水や自由の地下水がこれに属する。

II. CaSO_3 型

重炭酸ソーダ・カリを主成分とする水で一般に被圧地下水とした停滞性のものが属する。

III. CaSO_4 または CaCl_2 型

永久硬度によって生じたもので、火山性の水、鉱山の酸性廃水などに見られる。

IV. Na_2SO_4 または NaCl 型

塩化アルカリ、硫酸アルカリを主成分とする水で海水の混入した水や、化石塩水、温泉水などが属する。

IVの型に属するものが最も多く、赤谷断層付近からほぼ地区全域に分布する。わずかだが温泉水などの影響を受けている可能性もある。特に表流水が全てIV型に属しているのが特徴的である。

これに次いでII型の水が多く、赤谷断層付近やA区域頭部付近に分布する。II型はA区域頭部の集水井No.4付近やB区域の頭部、D区域の中央部付近に点在する。I型は上部斜面の赤谷断層付近の一部、すなわち集水井No.8付近にわずかに分布するのみである。

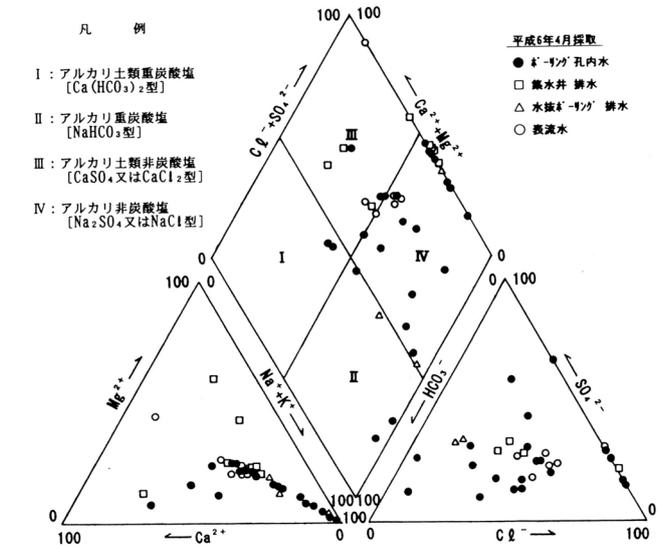
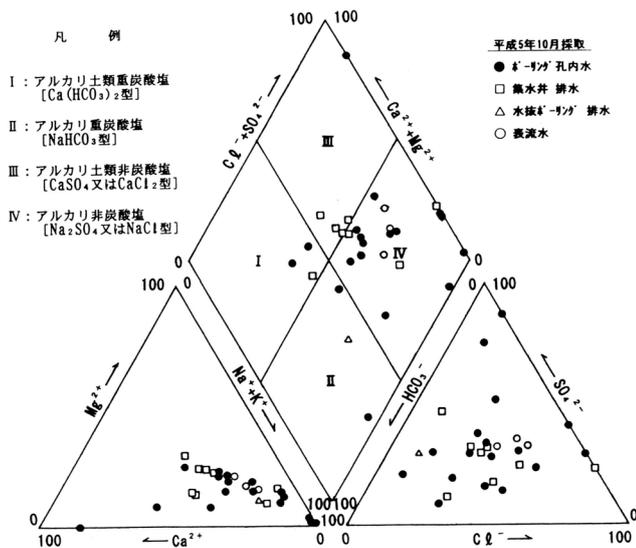


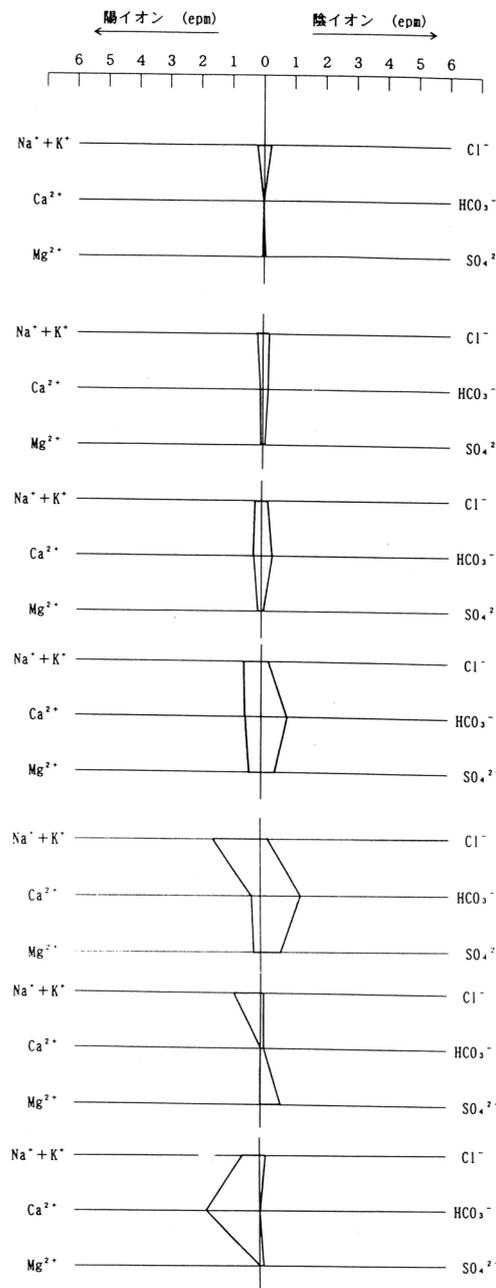
図-17a キーダイヤグラム (平成 5年度10月採取)

図-17b キーダイヤグラム (平成 6年度 4月 採取)

(3) ヘキサダイアグラム

本地区についてまとめに結果を、図-18の水質調査結果図に示したが、本地区の水質はほぼ次の7つのタイプに大別することができる。

- ① 全体に溶存成分が少なく、他のイオンに比べ、 $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ 、 Cl^- イオンがやや多いもの。大半の水がこのタイプに属し、キーダイアグラムのⅢ型およびⅣ型の水である。
- ② 全体的に溶存成分が少ないが、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 HCO_3^- 、 SO_4^{2-} がやや多くなり、ほぼ図形が長方形を呈するもの。
- ③ 全体的に溶存成分は少ないが、 Ca^{2+} および HCO_3^- イオンがやや多く、紡錘型のもの。
- ④ 全体に溶存成分がやや多く、とくに HCO_3^- や SO_4^{2-} イオンが多いもの。やや③に似ているが、これよりも溶存成分が多い。キーダイアグラムのⅠ型およびⅢ型の水である。
- ⑤ 溶存成分がやや多く、とくに HCO_3^- と $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ イオンが多いもの。キーダイアグラムのⅡ型の水である。
- ⑥ $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ と SO_4^{2-} イオンがやや多く、 Ca^{2+} および HCO_3^- イオンがほとんどないもの、Ⅳ型の地下水である。
- ⑦ Ca^{2+} イオンが多く、 $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ イオンがやや多いもの。Ⅲ型の地下水である。



調査の結果から、地下水の供給源や流路をほぼ知ることができる。すなわちスポット的に63-3号孔や3-3、2-2号孔のような地下水が分布するが、全体的には赤谷断層付近や上部斜面の旧期崩壊堆積物から浸透した水が流下している。集水井の排水について季節別の変化をみると、一般に豊水期と推定される4月よりも渇水期の10月の方が溶存成分が多い。これは4月に融雪水の影響を受けているためと思われる。とくにNo. 6集水井は渇水期の10月では溶存成分が多いが、融雪期には少なくなる。赤谷断層付近の地下水と4-2号孔付近など旧期崩壊堆積物中の地下水が混じっている可能性がある。

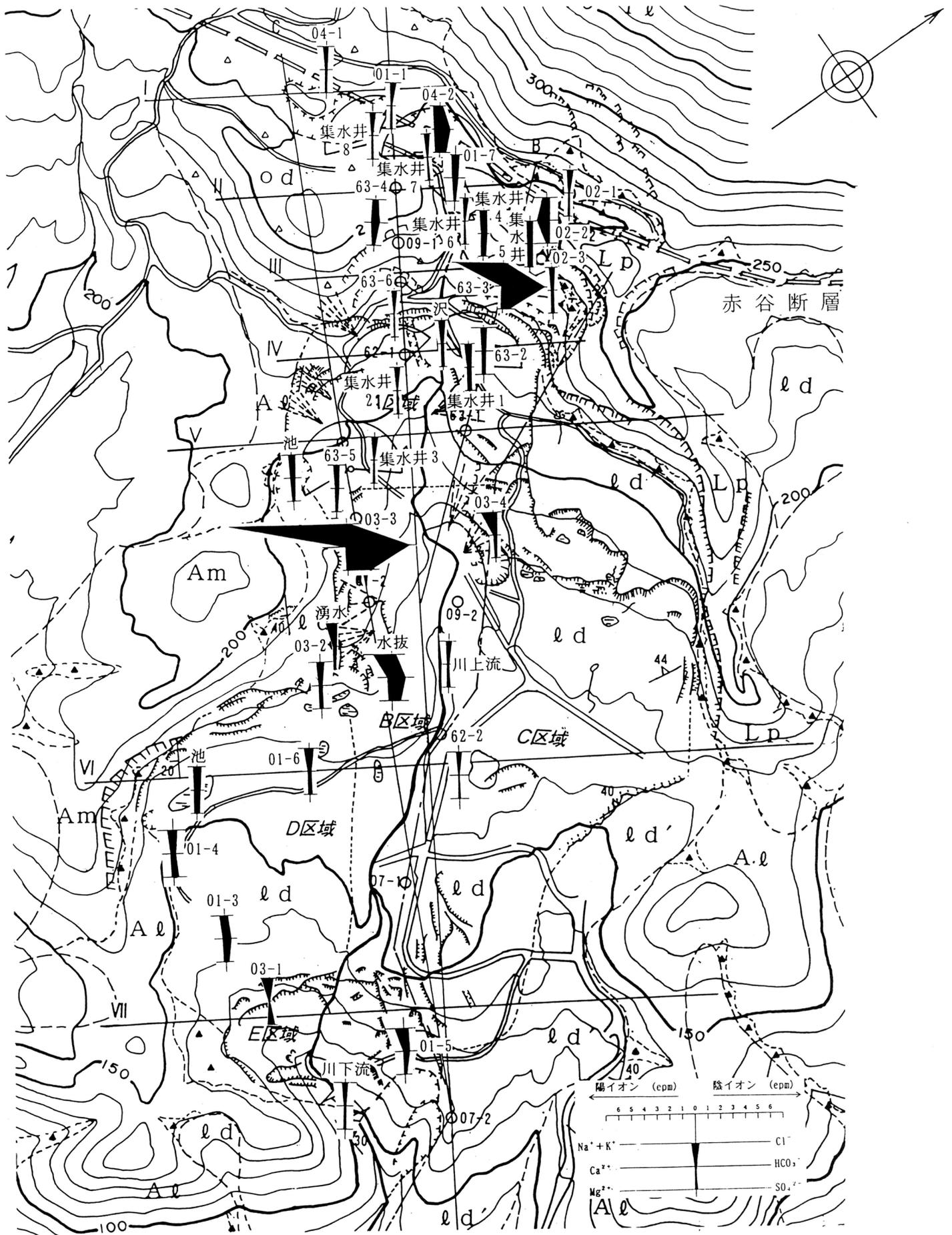


図-18 水質調査結果図 (ヘキサダイアグラム)

S=1:5,000

平成6年4月採取

(4) $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ と HCO_3^- との関係

Na^+ イオンは土壤コロイドへの吸着力が弱いので地下水と土壤とのイオン交換において放出されやすく、地下水は流動するにしたがって、 Na^+ 成分を増加する傾向がみられる。また、地層成分と地下水の間のイオン交換反応で、炭酸が増加するにつれて、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} イオンに Na^+ イオンが置き換わって増加する。 K^+ イオンは一般に淡水中には主成分としてはごくわずかしが含まれていない。その主な起源は、岩石、土壤にあるとされている。 HCO_3^- イオンは岩石、土壤の炭酸塩は溶けて CO_2 と反応して生じる。

以上のことから Na^+ 、 K^+ 、 HCO_3^- イオンは、地下水の地層中における時間の長さを示す指標となる。本地区における $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ イオンと HCO_3^- イオンの関係を図-19に示す。イオン量の多い水はキーダイヤグラムのⅡ型あるいはⅡ型に近いⅣ型に属し、停滞している水と推定される。

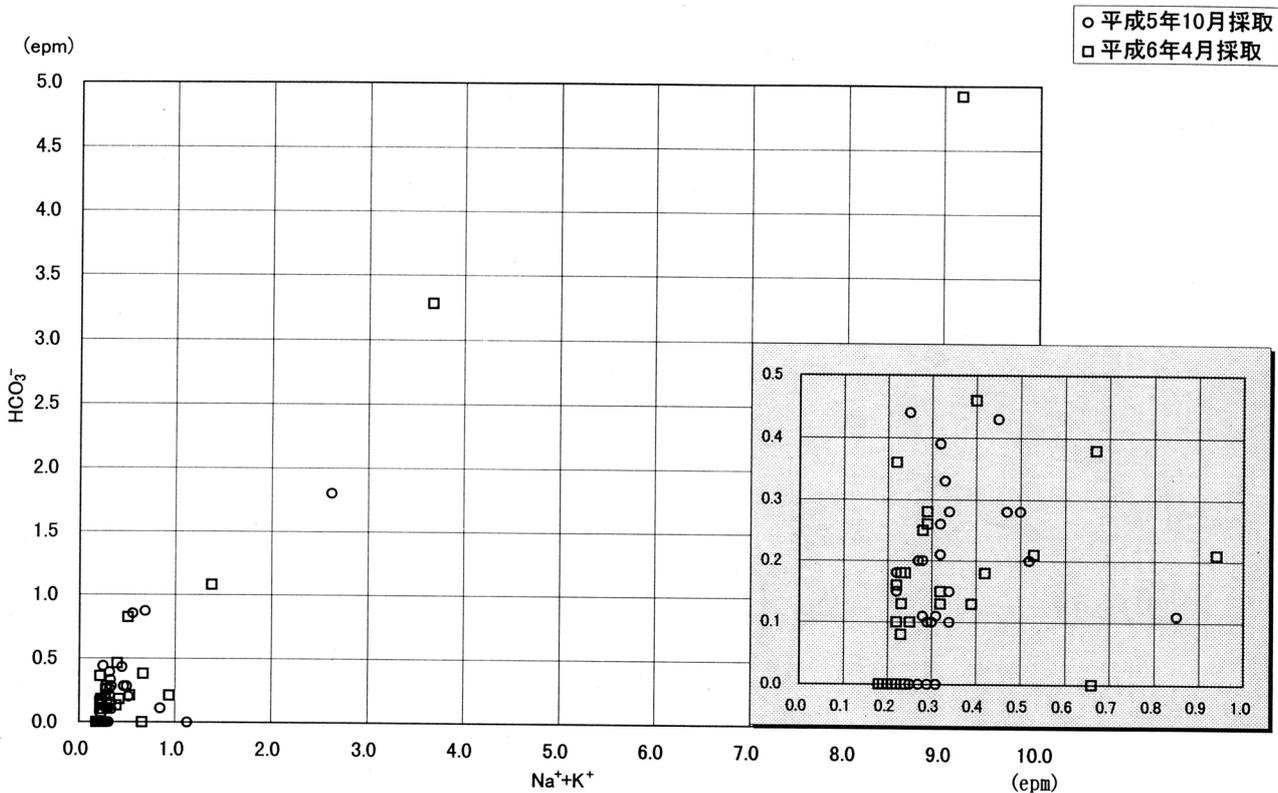


図-19 $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ と HCO_3^- との関係

4. 5 高密度電気探査

ボーリング調査時の簡易揚水試験結果などから、難透水性を有する基盤（真珠岩、流紋岩）と旧期崩壊堆積物との境界部に地下水の流動層が存在するという結果が得られた。その境界面を広範囲に調査し、地下水流路を推定することを目的として、高密度電気探査法を行った。

測線配置は、図- 8 で示す I ~ IV の 4 測線（295m × 4）である。電極間隔は2.5mピッチとした。

調査から得られた比抵抗値を4区分し、地質区分を重ねて、図-20の断面図に示した。なお、詳細については付図の比抵抗断面図（カラー）を参照されたい。以下、調査結果について述べる。

a. 比抵抗値について

- ・旧期崩壊堆積物 ルーズな堆積物であり空隙も多いことから、比抵抗値は高い。
砂利の一般値※（100~1000Ω・m）にほぼ近い値と思われる。
- ・真珠岩 変質粘土化が著しいため、比抵抗値は低い。
泥岩の一般値※（1~100Ω・m）や粘土の一般値（0.8~100Ω・m）にほぼ近い値と思われる。
- ・流紋岩 新鮮部は緻密であるため、比抵抗値は比較的高く、風化変質部は比抵抗値が低くなっているものと思われる。
新鮮部は安山岩の一般値※（100~10000Ω・m）に近い値であると思われる。

※比抵抗の一般値は「土と基礎の物理探査」（土質工学会編）を参考とした。

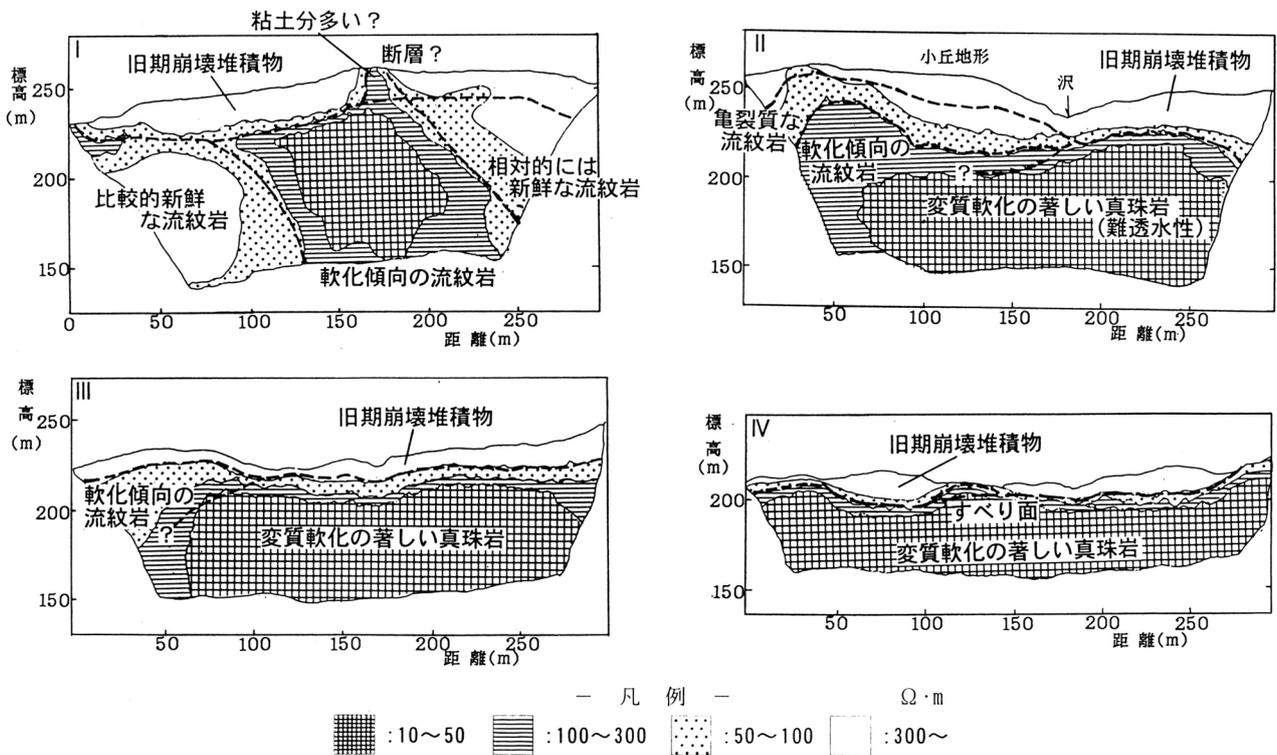


図-20 比抵抗断面図

b. 真珠岩分布域について

・地質について

旧期崩壊堆積物と真珠岩の境界部は比抵抗値の差が大きいため、ボーリング結果と対比しながら、比抵抗断面図から地質境界が推定される。約 $100\Omega \cdot m$ がほぼ境界と考えられる。真珠岩は深部まで変質粘土化が著しいと考えられ、ほぼ $10\Omega \cdot m$ 以下となっている。

・地下水について

旧期崩壊堆積物と真珠岩の境界部は地下水帯の下限に相当すると考えられる。図-21は比抵抗値 $100\Omega \cdot m$ の等高線図である。この面が難透水層の上面であると考えると、この面の沢状地形が地下水流動範囲の可能性が最も高い。

図中に地下水追跡調査の結果を合わせて示した。調査はBV. 01-7号孔に食塩を $1000kg$ 投入して、周辺の観測孔、集水井、湧水などで塩分濃度を追跡する手法を用いた。図で示すとおり、沢ぞいから地すべり地内にかけて地下水が拡散されているという、大まかな地下水流路が捕らえられた。その結果は、当初の赤松沢最上流部の地下水排除計画に反映した。

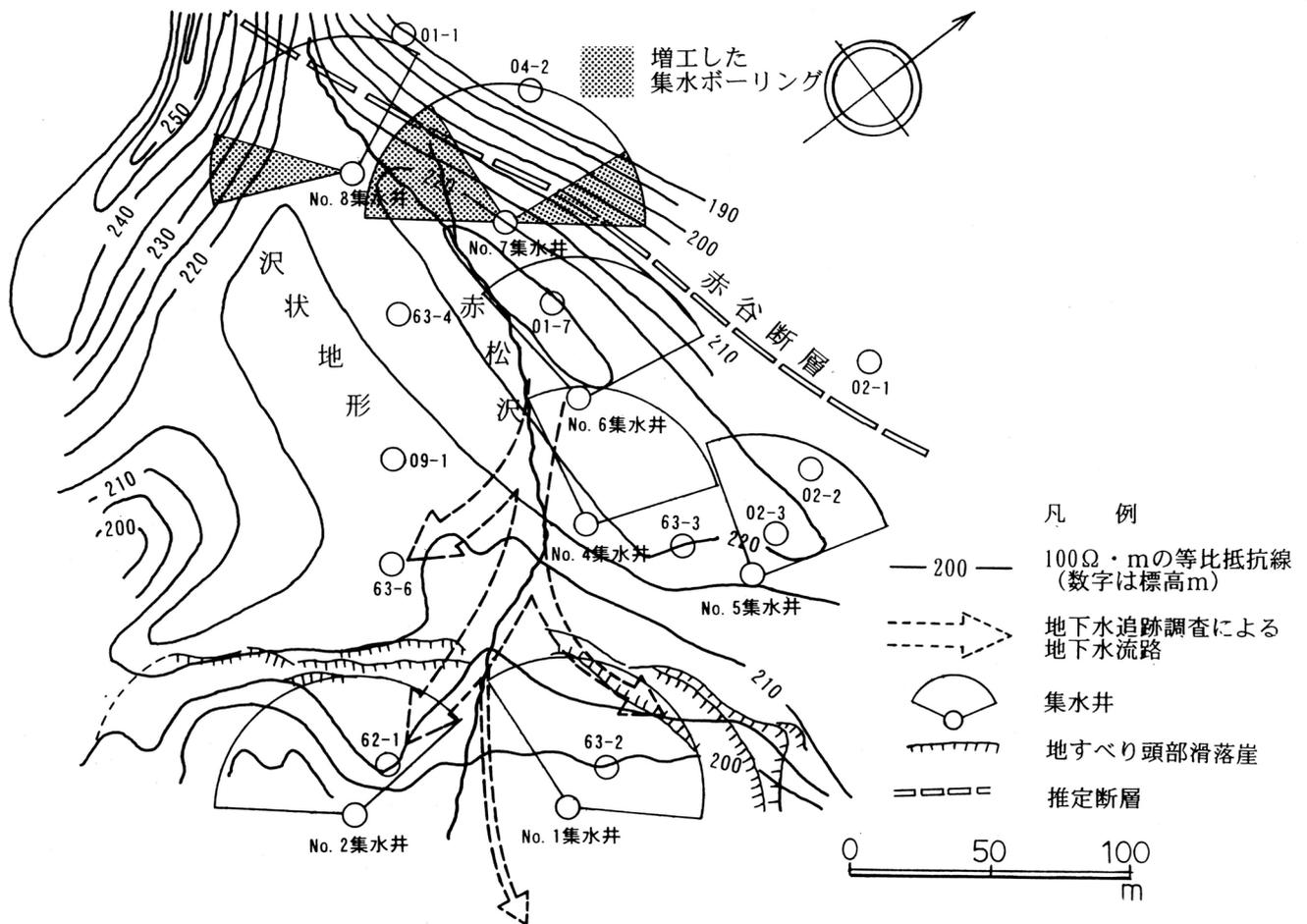


図-21 100 Ω・mの等比抵抗線図

c. 流紋岩分布域について

・ 地質について

新鮮な流紋岩と旧期崩壊堆積物の比抵抗値が近い値であることから、境界部においてはその判別が難しい。

I 測線において、流紋岩の風化部（比抵抗値20～70Ω・m程度、付図では黄色）と思われる粘土化ゾーンが地表部付近に見られる。その成因については、断層による破碎および粘土化、尾根状の地形の埋没、などが考えられる。

・ 地下水について

成因は不明であるが、I 測線において、前述の地表部付近に見られる粘土化ゾーンは相対的に比抵抗値が低くなっていることから、このゾーンは難透水性であると考えられ、地下水の分水嶺となっていると推定される。

4. 6 移動特性

(1) 移動杭

A, B 区域の 2 測線（12地点）には昭和63年6月に、C 区域の（2地点）には平成元年 9月に移動杭を設置した。D, E 区域の 2 測線（15地点）には平成元年 9月に設置した。また、C 区域の下方斜面の 2 測線（8地点）には平成7年10月に設置した。

図-22は平成 5 年 4 月～平成 9 年 4 月の水平移動量とその方向を示した図である。また、図-23～図-24は移動量が大きい箇所の水平移動量と沈下量の経時変化を示したものである。

これらの図から、移動量の違いはあるものの、A～Eの全区域がほぼ同時期に同様の滑動をしていることが読み取れる。以下、各区域に分けて説明する。

①A～C 区域

観測を開始した昭和63年 6 月から平成元年 3 月にかけて、連続して比較的大きな地表面の移動がみられた。その後、平成元年11月までは、ほとんど大きな動きは見られなかった。しかしながら、平成元年12月～平成 2 年 4 月、平成 2 年12月～平成 3 年 4 月にかけては再び顕著な移動となった。

その後平成 6 年末までは比較的小さい変動であったが、平成 6 年降雪期～平成7年融雪期にかけて、再び著しい変動（最大8.9mm/日）がみられた。また、平成 8 年および平成 9 年の融雪期にも変動（平成 8 年…最大4.9mm/日、平成 9 年…最大3.9mm/日）がみられた。

A 区域は赤松沢方向に集まるように移動している。B 区域の上部斜面は斜面下方のやや東よりに移動し、下部斜面は沢と平行に斜面下方に移動している。C 区域の上部斜面は沢と平行に斜面下方に移動しているが、下部斜面は赤松沢とは逆の、やや東よりに移動している。

融雪期における水平移動量は、No. 11 地点で以下のとおりである。

表 - 4 融雪期における水平移動量 (No. 11 地点)

観測期間	累計移動量 m	日移動量mm/日
昭和63年 12月～平成元年 3月	1.38	12.9
平成元年 " " 2年 4月	0.95	8.5
" 2年 " " 3年 "	2.61	21.4
" 3年 " " 4年 "	0.16	1.4
" 4年 " " 5年 "	0.20	1.3
" 5年 11月 " 6年 "	0.45	3.3
" 6年 10月 " 7年 "	1.15	8.9
" 7年 8月 " 8年 "	0.96	4.9
" 8年 12月 " 9年 "	0.50	3.9

②D区域

赤松沢に向かって移動しているが、その移動量は他の区域と比較すると少ない。

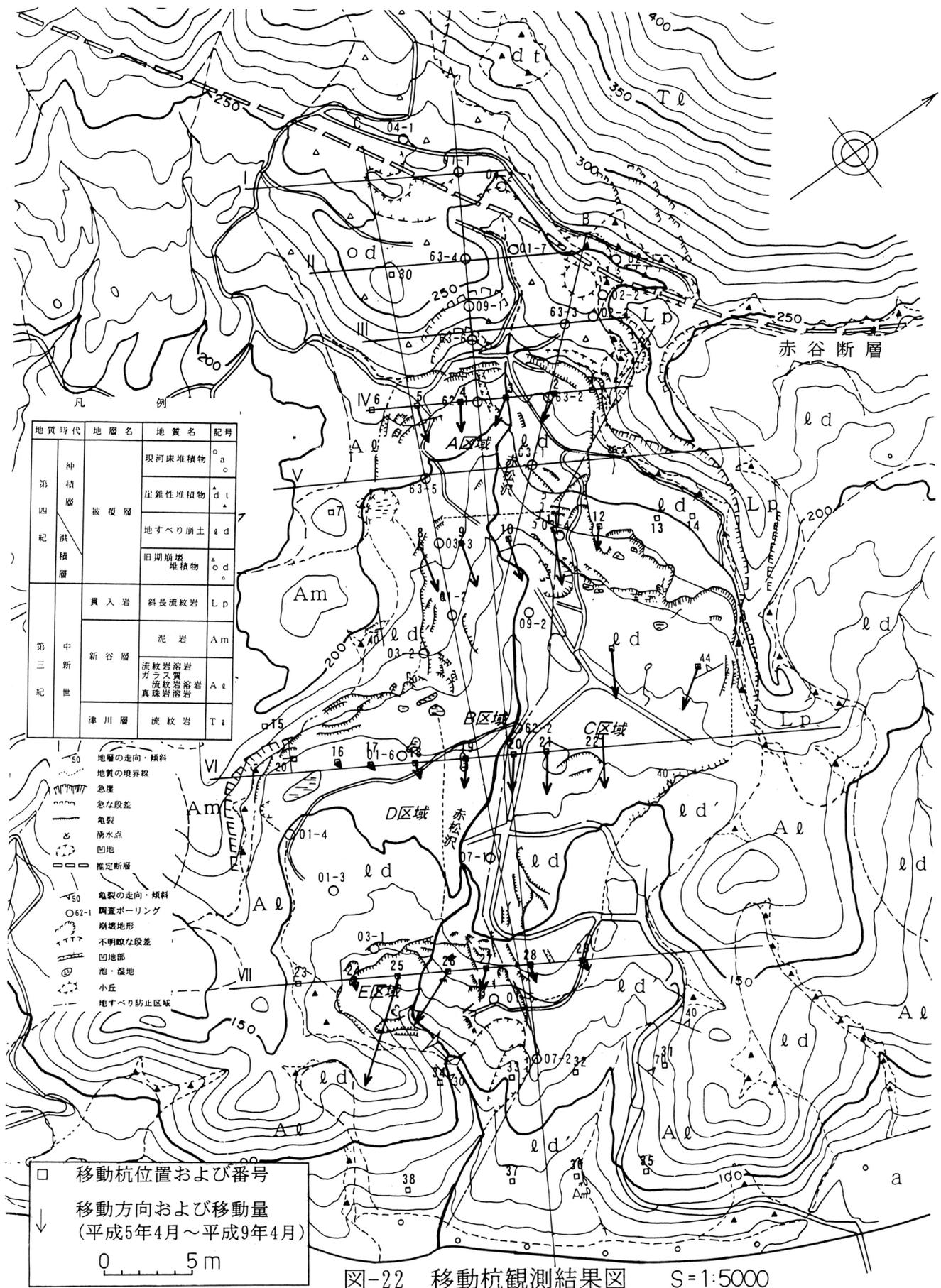
③E区域

No. 25地点で移動量が最大となるが、この地点は斜面形状に支配され局所的に大きな動きが現れている可能性が高いため、No. 26地点の変動をこの区域の代表的なものとして取り挙げる。

平成 2年12月～平成 3年 4月に顕著な移動があり、その水平移動量はNo. 26地点で3.15m（日移動量は25.0mm/日）であった。

その後、平成7年融雪期に再び著しい変動がみられた。その水平移動量は比較的多く1.88m（日移動量は11.1mm/日）であった。

A～C区域同様、平成 8年および平成 9年の融雪期にやや変動がみられた。



地質時代	地層名	地質名	記号
第四紀 沖積層	被覆層	現河床堆積物	o a
		圧縮性堆積物	d t
		地すべり崩土	l d
		旧期崩壊堆積物	o d
第三紀 中新世	真入岩	斜長流紋岩	L p
		泥岩	Am
	新谷層	流紋岩溶岩 ガラス質溶岩 真珠岩溶岩	A a
		津川層	流紋岩

- 50 地層の走向・傾斜
- 地質の境界線
- 急崖
- 急な段差
- 亀裂
- 湧水点
- 凹地
- 推定断層
- 亀裂の走向・傾斜
- 調査ボーリング
- 崩壊地形
- 不明瞭な段差
- 凹地部
- 池・窪地
- 小丘
- 地すべり防止区域

□ 移動杭位置および番号
 ↓ 移動方向および移動量
 (平成5年4月～平成9年4月)
 0 5 m

図-22 移動杭観測結果図 S=1:5000

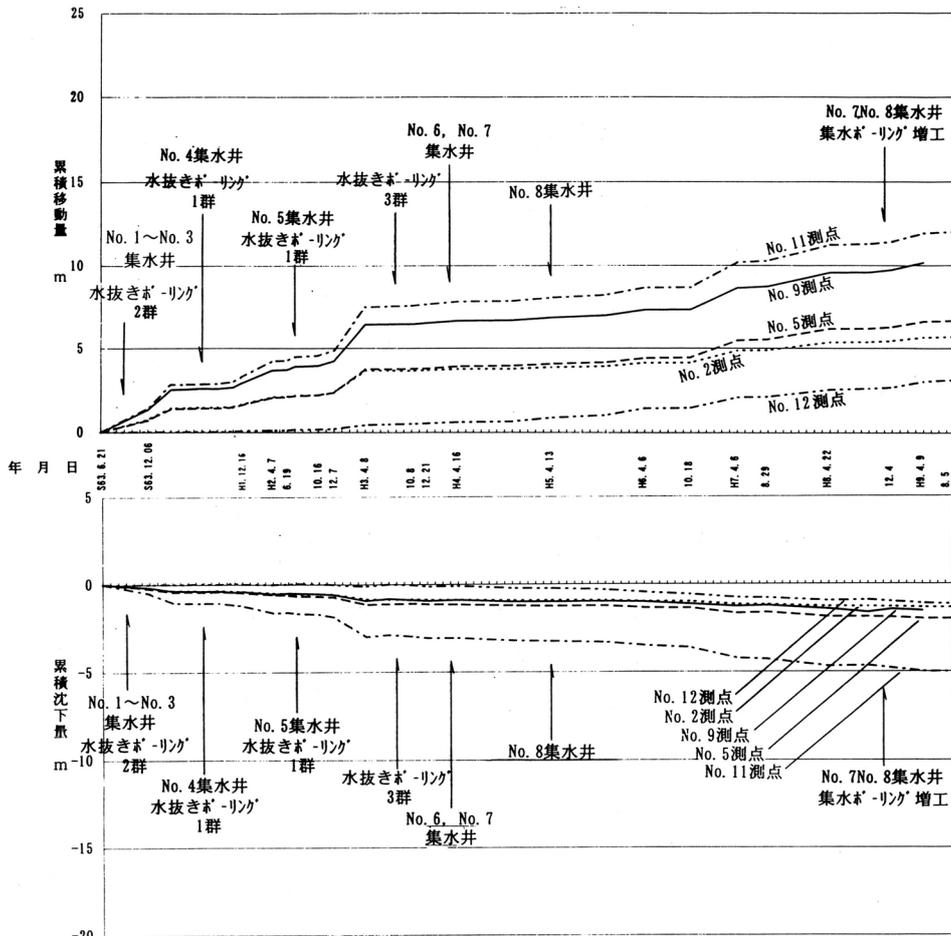


図-23 水平変動図および沈下変動図 (A, B区域)

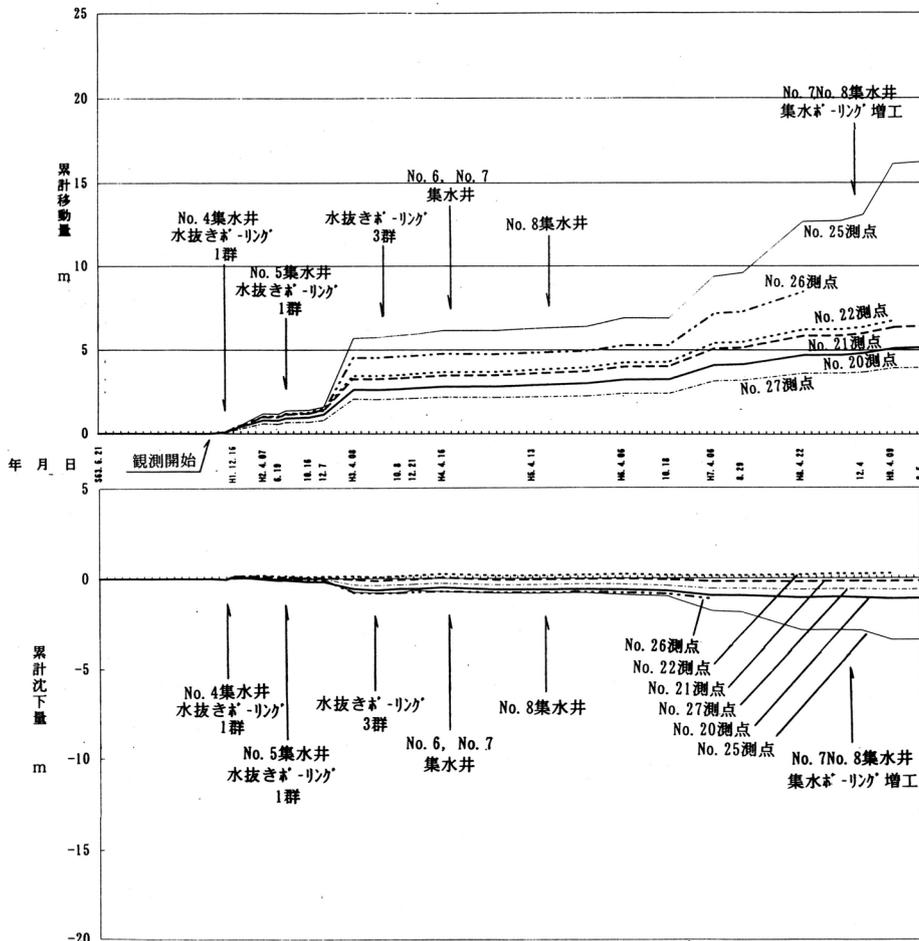


図-24 水平変動図および沈下変動図 (B, C, D, E区域)

(2) 多層移動量計観測

多層移動量計の変動図を図-25に示す。BV62-1号孔およびBV01-2号孔に多層移動量計を平成元年4月25日に設置し、観測を行った。平成2年4月にワイヤーが著しく孔内に引かれ始め、それ以降は断続的に引張られ続けた。とくに平成2年11月から平成3年4月にかけては、BV62-1号孔が2.07m、BV01-2号孔が1.76mの伸びとなり、顕著な変動であった。すべり面深度はBV62-1号孔で7~8m間、BV01-2号孔で29~30m間であった。

その後、平成4年12月まではほとんど変動が見られなかったものの、平成4年11月~平成5年3月にかけてBV62-1号孔が15cm、BV01-2号孔が10cmの変動がみられ、さらに平成6年12月~平成7年4月にはBV62-1号孔が34cm、BV01-2号孔が33cmの著しい変動がみられ、BV01-2号孔は観測不能となった。この変動図のグラフ形状は図-23、図-24の移動杭観測における変動図のグラフ形状と非常に良く対応する。

BV62-1号孔に設置した多層移動量計は、現在、孔内伸縮計として自動観測に切り替えている。観測結果は、平成8年12月7日から平成9年4月18日に連続的にワイヤーが引かれており、その合計は7.2mmであった。この結果から、顕著な移動時期は12月~4月であり、断続的でなくこの期間に連続的に滑動していることが判明した。

赤松沢中流部のBV07-1号孔、およびB地区下部斜面のBV07-2号孔に設置した多層移動量計は現在のところ変動は見られない。ただし、BV07-1号孔に設置した孔内伸縮計の自動観測では、平成9年3月20日から平成9年4月11日にはわずかであるが連続的にワイヤーがたるんでおり（地表部の沈下傾向）、その合計は1.5mmであった。

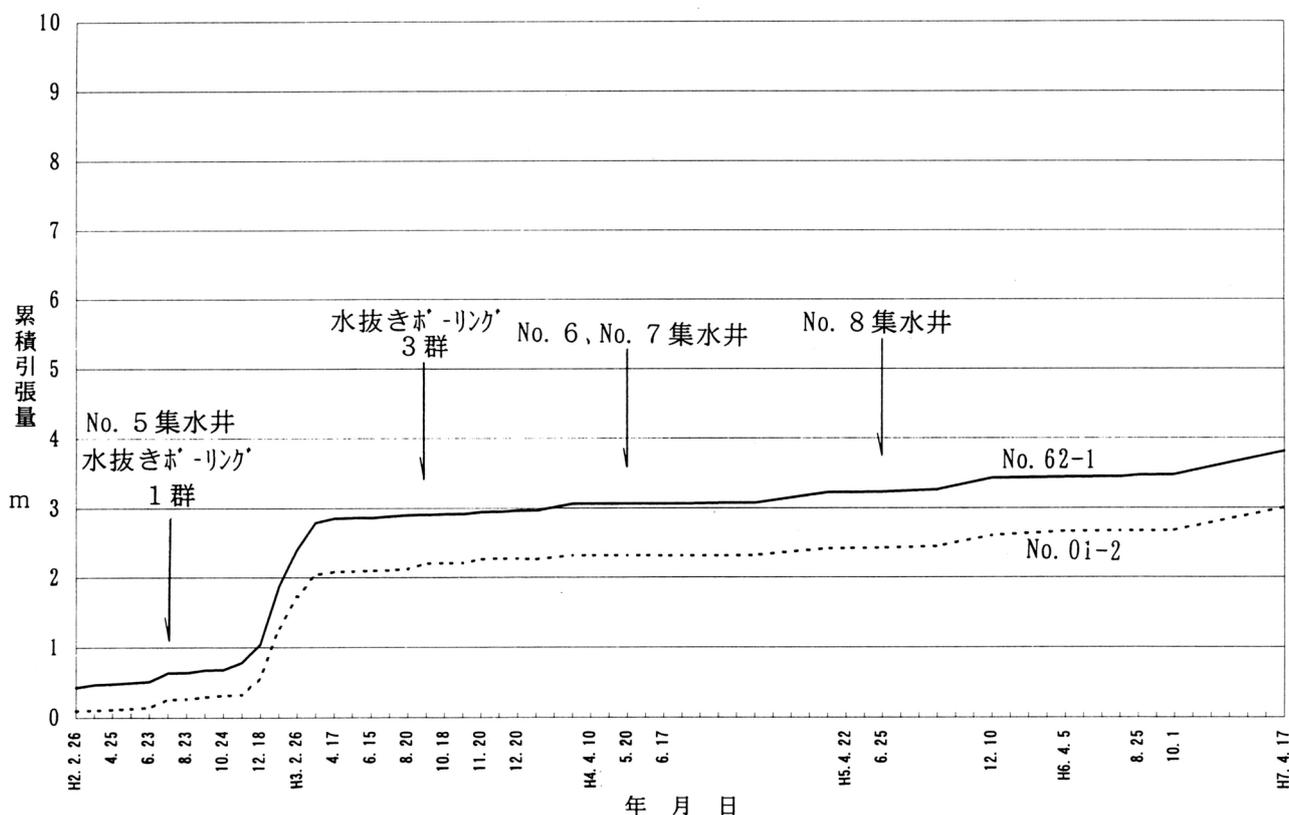


図-25 多層移動量計変動図

(3) 歪計観測結果

図-26はそれぞれA区域のBV62-1号孔, BV63-1号孔, BV63-5号孔に設置した歪計の変動図である。なお, 昭和63年度調査のBV63-1号孔, BV63-5号孔については鋼管歪計とした。

図で明らかなようにそれぞれ深度6~7m, 深度12m, 深度16mに明らかな歪みの累積が見られた。その後, 歪計は断線により観測不能となったが, 主測線上のBV62-1号孔のみは前述のように新たに多層移動量計を設置し, 深度6~7mより深いすべり面がないことを確認している。

その他, B区域のBV03-4号孔では深度5mおよび深度13m, E区域のBV63-5号孔では深度10m, でそれぞれ歪みの累積が見られた。また, D区域のBV01-3号孔では深度24m, BV01-6号孔では深度20mでそれぞれわずかながら歪みの累積が見られた。

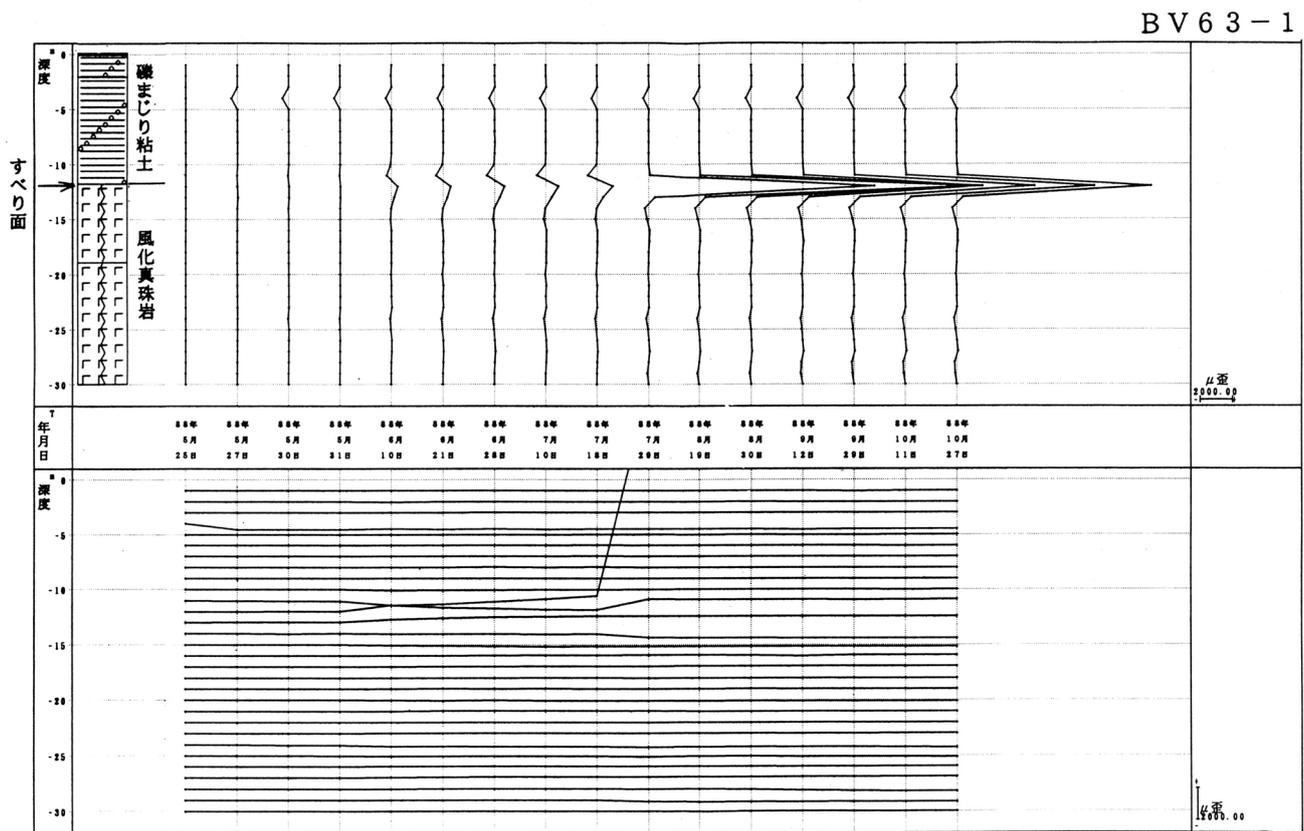


図-26 a 歪計変動図 (BV62-1号孔) 1987 (昭和62) 年 9月~12月観測

BV62-1

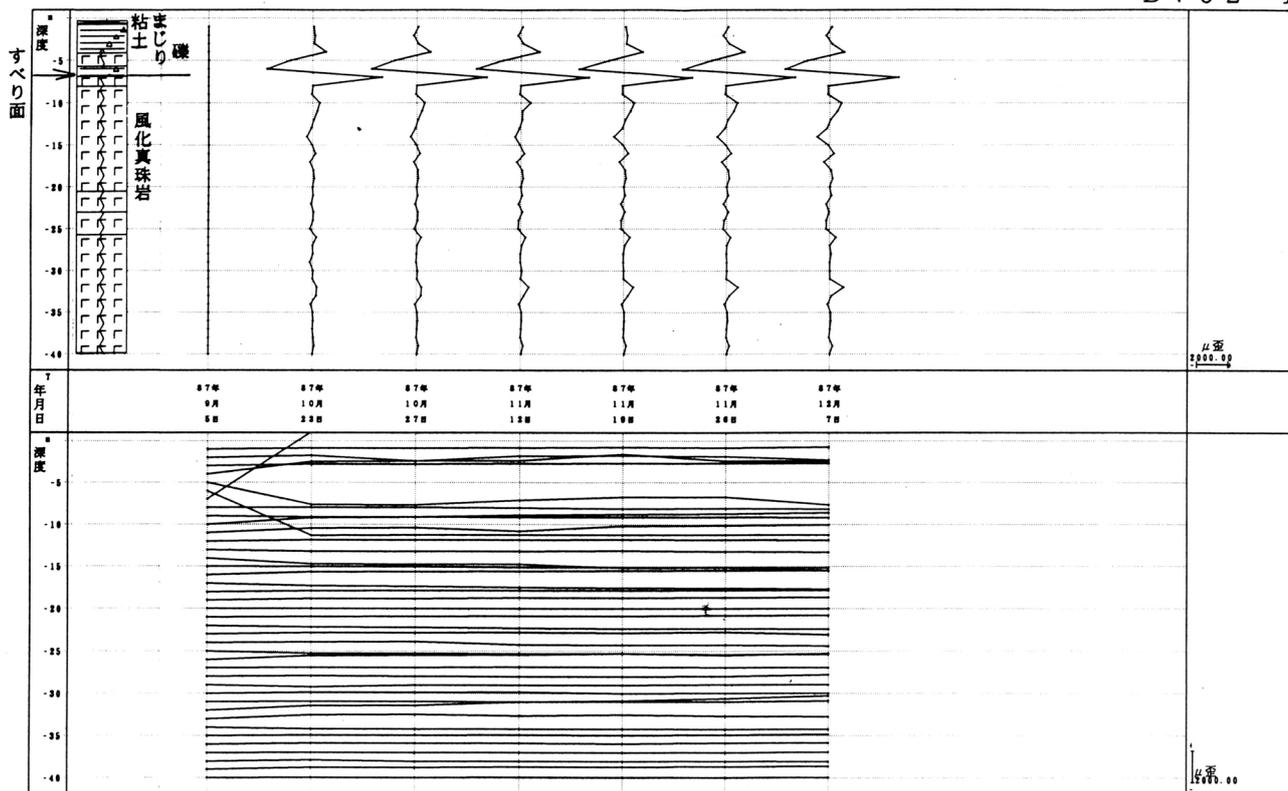


図-26b 歪計変動図 (BV63-1号孔) 1988 (昭和63) 年 5月~10月観測

BV63-5

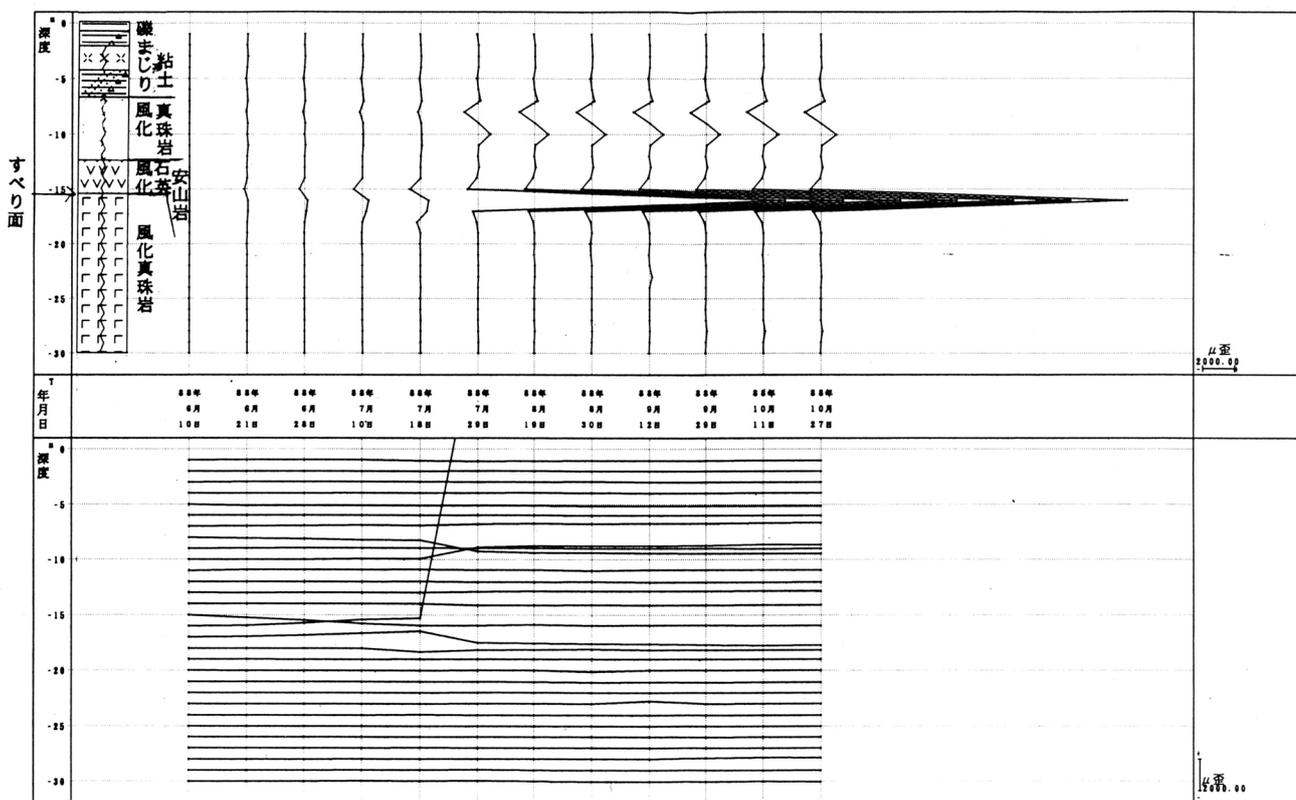


図-26c 歪計変動図 (BV63-5号孔) 1988 (昭和63) 年 6月~10月観測

5. 地すべり発生機構解析

前述のように、A～E区域は移動量がやや異なるものの、移動時期が一致しており、ほぼ一体となって滑動している。よって、本地すべりは基岩面の凹凸に影響されながら、氷河のような形態で滑動しているものと推定される。

比較的地形勾配の急なA区域、およびE区域で移動量が比較的大きい。A区域の滑動は、B～E区域を押している可能性が高い。その理由として、D区域の移動量が比較的小さいことが挙げられる。これは、D区域がA区域の下方からややはずれた斜面に位置しており、泥岩の小丘の陰となり推進力が弱められるためと考えられる。

E区域では、赤松沢による浸食が作用していると思われる。谷止工には粘土が堆積しているため、細粒のベントナイト質粘土が沢水とともに流下し、とくに細粒分はコロイド状となって、新谷川まで達している可能性がある。

以上から、A区域の滑動が主な推進力となっているが、E区域の浸食の影響も考えられる。すなわち、地すべり地内において、上部斜面が滑動すると下部斜面が押し出す、押し出すと浸食され、下部斜面が上部斜面を引く、というメカニズムを繰り返していると考えられる。

A区域の推進力は融雪期に滑動が著しいことから、地下水が最も大きな誘因となっていると思われる。とくにA区域には透水性の大きい旧期崩壊堆積物が広く分布していることが、上方斜面からの地下水をすべり面に導く要因になっていると思われる。

以上の内容も含め、以下素因、誘因について列記する。

<素 因>

- 1) 地質構造的に、赤谷断層に北西部を規制された半盆状構造（三川陥没盆地）内に位置し、基盤地質は初生的に極度の応力集中を受けて劣化していると考えられる。
- 2) 地すべり地の上方斜面には崩壊地形が存在し、集水地形である凹形斜面となっている。この凹形斜面および赤谷断層から地下水が供給されている。
- 3) 地すべり地の上方斜面およびA区域には、透水性の大きい旧期崩壊堆積物が広く分布しており、斜面ぞいに供給された多量の地下水を速やかにすべり面付近に供給する役割をしている。
- 4) 基岩の流紋岩や真珠岩が熱水変質・地下水浸透により、膨潤性の高い粘土鉱物であるモンモリロナイトを多量に含んで軟質化し、すべり面を形成しやすい条件を有している。

<誘 因>

- 1) 主に融雪期などの連続的で多量の地下水の供給により、すべり面に加わる水圧の上昇やすべり面粘土の軟質化が進行するものと思われる。
- 2) 下部斜面に位置するE区域では、赤松沢の浸食により末端斜面の土砂が流出し、斜面全体を不安定化させている。

6. 地すべり防止工事

(1) 防止工事の方針

融雪期の滑動が著しいことから、地すべり地への地下水の流入が最も直接的な要因であると判断された。よって、滑動を緩和～停止させることを目的とし、地下水排除工を主体とした工事を行う方針とした。

これらの方針に基づき、A区域および地すべり地の上方斜面を中心に調査を行い、その結果を踏まえ、地下水排除工を赤松沢の上流部へ向け展開してきた。その理由は以下のとおりである。

- ①地すべりが発見された当初から、A区域での変状が最も顕著で、滑動性が高い。
- ②地すべり地に供給される有害な地下水は赤松沢上流部から供給されていると判断された。

地形的に緩斜面部が多いことから集水井を主体とした対策を行い、斜面勾配が急な箇所のみ横孔ボーリングを施工した。地下水排除工における総排水量は約1500～2300 ℓ/minにおよび、滑動は徐々に緩慢となった（図-23, 24参照）。このことから、この時点でB区域における水路の整備を行った。

しかしながら、平成7年の融雪期に顕著な滑動があり、地下水観測の結果、融雪期や集中豪雨時に地下水位の上昇ピークが見られた。よって、多量に地下水が供給される時期においては、地すべりに有害な地下水量に対し地下水排除が不十分であると判断し、既設の集水井の集水ボーリングの増工を行った。

(2) 高密度電気探査結果を用いた防止工事について

高密度電気探査の結果に基づき、地下水流路と思われる赤松沢最上流部右岸に向け、集水井（No. 7, No. 8号集水井）の集水ボーリングの増工を行った（図-21参照）。

◎ 増工した集水ボーリングの集水量

7号集水井…

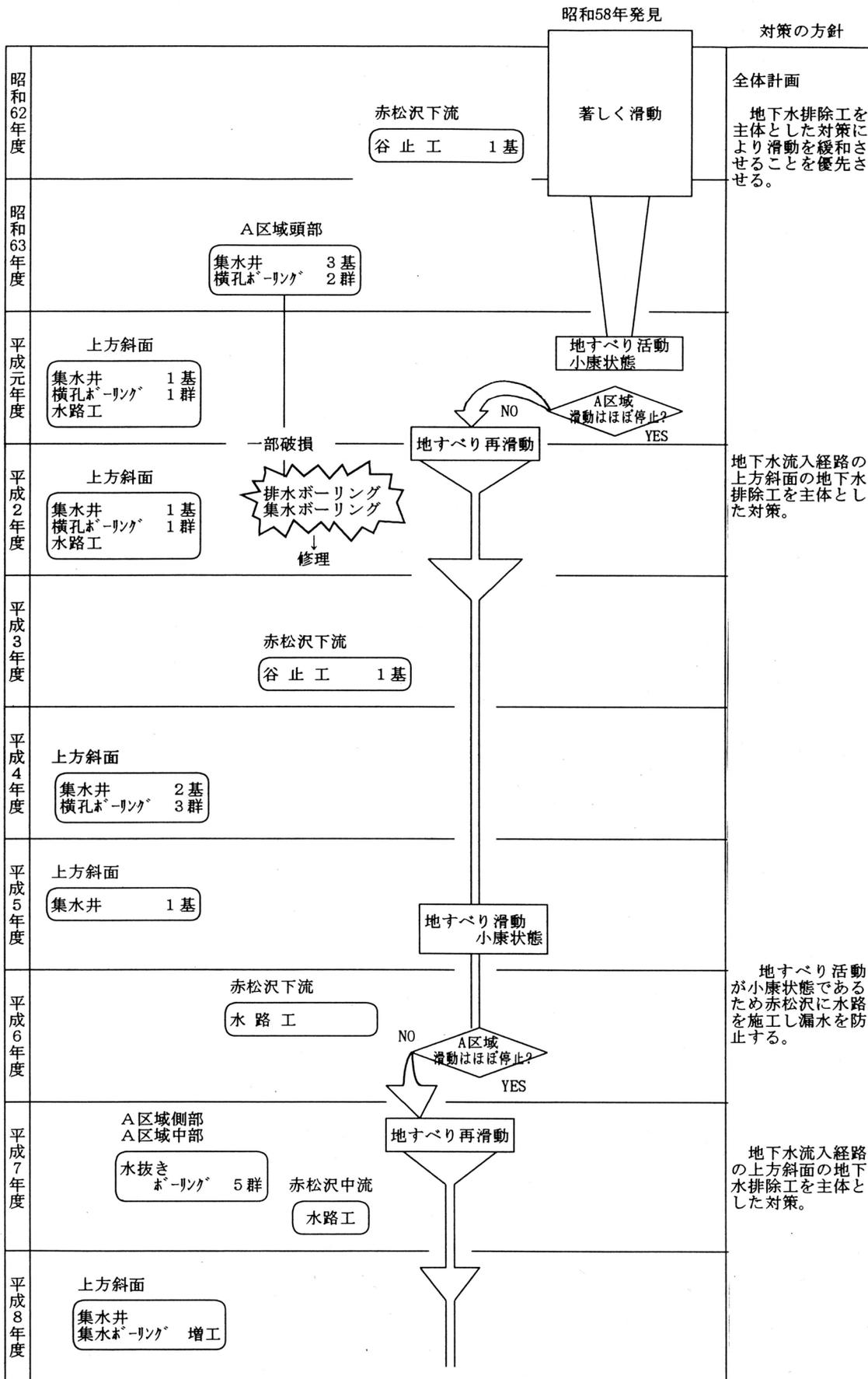
上段	7本	323 ℓ/min
下段	11本	797 ℓ/min

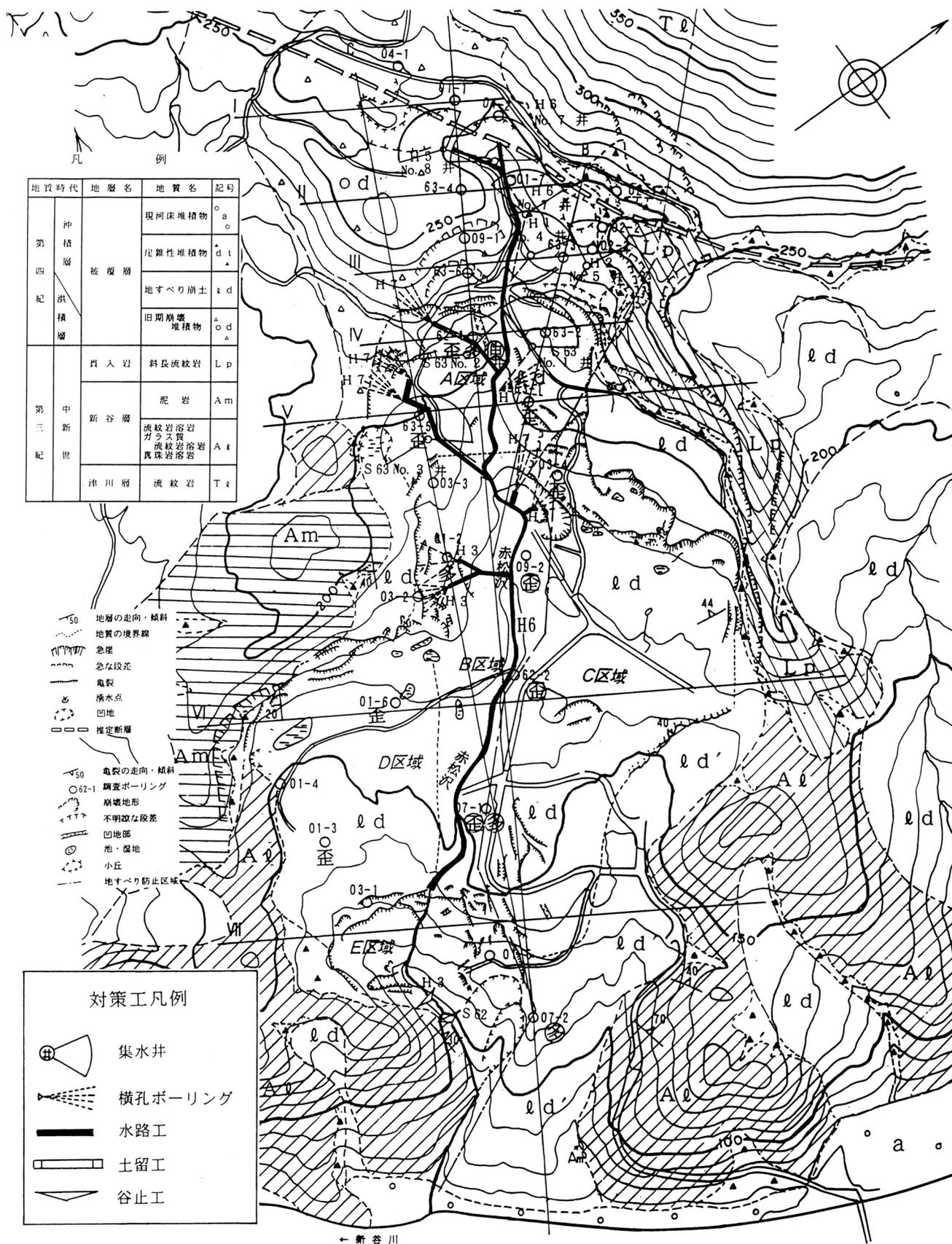
8号集水井…	5本	110 ℓ/min
--------	----	-----------

合計 1230 ℓ/min

新たに、合わせて1230 ℓ/minの排水量が追加され、地区内の地下水排除量は約2700～3500 ℓ/minとなった。その効果により現在のところ、地すべり地の上方斜面の水位変動幅が抑えられ（地下水位上昇ピークのカット）、地すべり地内の移動は徐々に緩慢になりつつある。

図-27 地すべり滑動の状況および防止工の経緯





地質時代	地層名	地質名	記号
第四紀	沖積層 被覆層	現河床堆積物	o a
		圧縮性堆積物	d t
		地すべり崩土	t d
		旧期崩壊堆積物	o d
第三紀	中新世	貫入岩	斜長流紋岩 L p
		泥岩	A m
	新谷層	流紋岩溶岩	A t
		ガラス質溶岩	A t
		真珠岩溶岩	A t
津川層	流紋岩	T t	

- 50 地層の走向・傾斜
- 地質の境界線
- 急崖
- 急な段差
- 亀裂
- 湧水点
- 凹地
- 推定断層
- 50 亀裂の走向・傾斜
- 62-1 調査ボーリング
- 崩壊地形
- 不明瞭な段差
- 凹地部
- 池・湿地
- 小丘
- 地すべり防止区域

- 対策工凡例
- 集水井
 - 横孔ボーリング
 - 水路工
 - 土留工
 - 谷止工

図-28 対策工平面図 (S=1:5000) 0 300m

表- 5 防止工事一覧表

年度	集水井工	横孔ボーリング工	流路工, 水路工	谷止工	事業費 千円
昭和62				コンクリート 1基	16,545
昭和63	コンクリートブロック 3基 (No. 1~3号井)	2群 (50m×8孔) 400m			80,875
平成1	コンクリートブロック 1基 (No. 4号井)	1群 (50m×2孔) 100m	水路工 (コルゲートチューブ) 331.2m 暗渠工 303.2m		98,453
平成2	コンクリートブロック 1基 (No. 5号井) 修繕… 集, 排水ボーリング (No. 1~2号井)	1群 (50m×2孔) 100m			71,835
平成3		3群 (50m×14孔) 700m	掘割水路 150m 暗渠工 88m	鋼製枠 1基 護岸工 30m	56,974
平成4	コンクリートブロック 2基 (No. 6~7号井)				67,485
平成5	コンクリートブロック 1基 (No. 8号井)				45,751
平成6			流路工 87.6m		23,407
平成7		5群 (50m×22孔) (70m×2孔) 1240m	流路工 156m 水路工 322.8m		92,514
平成8	集水ボーリング (No. 6~7号井) 23孔		掘割水路 201.9m		49,365
総計					603,204

(3) 今後の防止工事の方針

高密度電気探査の結果から、赤松沢最上流部右岸の小丘部付近では、基岩の溝状地形が埋没しており、地下水流路となっている。赤松沢中流部において、移動層中に局所的に亀裂質な流紋岩溶岩の層を挟んでおり、地下水の供給経路になっている。また、D、E区域には西方向からの地下水の供給が考えられる。よって、これらの推定される地下水流路に向け、さらに地下水排除工を施工し、上方斜面で排除しきれなかった地下水を排除する。

E区域については沢に向かって変状が著しいため、谷止工2基、土水路(D区域)などの防止工事を行ってきた。泥ねい化が著しい区域であり、施工しにくいものの、全体の推進力となっている箇所の一つと考えられるため、土砂の流出を防ぐ工事をさらに進める。

7. まとめ

当地区の基岩であるガラス質流紋岩～真珠岩は変質が著しく、膨潤性の高い粘土鉱物であるモンモリロナイトを多く含むことから、水を含むことにより極端に軟質化する性質を有する。それに加え、地すべり地の上方斜面が集水地形であること、断層が存在すること、透水性の大きい旧期崩壊堆積物が地すべり地の上方斜面～A区域を広く被うことなど、地下水が供給されやすい条件を有している。これらの要因が相互に関係しながら、地すべり滑動が継続している地すべりである。

地下水はほとんどの箇所では溶存成分が少ないのが特徴であり、全体的には地すべり地の上方斜面から供給された地下水が著しく流動していると思われ、部分的に停滞している箇所がある程度である。

これらのことから、これまで行ってきた地すべり地の上方斜面での地下水排除工は的確な対策であったと判定され、施工効果により滑動は徐々に緩慢になりつつあるが、現在もまだ融雪期を中心に滑動は継続している。

今後、より効果的な地すべり防止工事を実現していくうえで、解明すべき課題としては、以下の点が挙げられる。

- ・ リングせん断試験の結果、残留強度は $C_r = 0.11 \text{ kgf/cm}^2$ 、 $\phi_r = 6.6^\circ$ であった。このような非常に小さいすべり面強度を有する地すべり機構を解明する。
- ・ A～Eの各区域が一体となって滑動しているものの、A区域の滑動量、沈下量と比較して、地すべりの末端部が不明瞭で、隆起している箇所はほとんど見られず、沢への大規模な土砂の押し出しも見られないため、末端部の位置が不明確である。よって、その滑動のメカニズムを解明する。
- ・ 地下水は溶存成分の少ないタイプのものでほとんどであるが、スポット的に溶存成分の多い箇所が存在する。地すべりの誘因となっている地下水の流入経路をさらに解明する。

《 参考文献 》

- | | |
|--|-------------|
| ・ 昭和62～平成8年度 細越地区 調査報告書 | 新潟県津川林業事務所 |
| ・ 地すべり調査総括書 V 1981 | 新潟県農林水産部治山課 |
| ・ 土地分類基本調査 津川 1983 | 新潟県農地部 |
| ・ 新潟県地質図 1:200,000 1989 | 新潟県 |
| ・ 日本の地質4 「中部地方I」 1988 | 共立出版 |
| ・ [新編]日本の活断層 1991 | 東京大学出版会 |
| ・ 新潟県の地すべり; 地すべり技術 Vol. 19, No. 2 1992 | 地すべり対策技術協会 |
| ・ 新潟県地学のガイド (下) 1995 | コロナ社 |
| ・ 土質基礎工学ライブラリー「土と基礎の物理探査」 | 土質工学会 |

社団法人 新潟県地質調査業協会会員名簿

事務局 〒950 新潟市笹口1丁目20-5 ファイ・ビル3F

TEL (025)248-3511(代)

FAX (025)248-3513

会員28社 9. 9. 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	新潟市幸西1-1-11	(025) 245-8345	(025) 245-8349
大手開発(株)新潟営業所	成田 直弘	〃 上所中2-15-10	(025) 283-2081	(025) 283-2082
応用地質(株)北信越支社	洪水 雅良	〃 紫竹7-27-35	(025) 274-5656	(025) 271-6765
開 発 技 建 (株)	大家 健	〃 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)北陸支店	高橋 廣	〃 紫竹山440-22	(025) 241-6294	(025) 241-6226
(株)キタック	中山 輝也	〃 新光町10-2	(025) 281-1111	(025) 281-0001
基礎地盤コンサルタント(株)新潟事務所	石川 亨	〃 弁天橋通1-2-34	(025) 243-2711	(025) 243-2712
(株)興和	五十嵐 武	〃 学校町通2-5295	(025) 222-1911	(025) 222-7733
国土防災技術(株)新潟支店	宮嶋 寛治	〃 坂井1035-1	(025) 260-2245	(025) 260-7522
三 祐 (株) 新 潟 支 店	田中 晴男	〃 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	加藤 眞二	〃 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	椎谷政之助	〃 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	宮崎 輝雄	〃 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支店	池田 龍一	〃 西小針台4-1-23	(025) 234-2110	(025) 234-2111
中央開発(株)北陸支店	吉岡 良三	〃 堀之内南3-1-21 北陽ビル	(025) 283-0211	(025) 283-0212
利根コンサルタント(株)新潟支店	須藤 貞美	〃 寄居町704-5 平久ビル	(025) 229-4098	(025) 229-4097
東邦地水(株)新潟事務所	木滑栄太郎	〃 関屋新田通2-96-10	(025) 230-3741	(025) 230-3730
(株)日さく新潟支店	住吉 功	〃 上木戸1-10-1	(025) 273-6301	(025) 271-1110
日特建設(株)新潟支店	滝澤 紀夫	〃 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	塩崎 善樹	〃 寺山3-6-18	(025) 271-6311	(025) 271-7778
日本物理探査(株)北陸支店	池田 幸夫	〃 神道寺3-10-37	(025) 241-2960	(025) 241-2959
北 陸 鑿 泉 (株)	永井 基之	〃 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	〃 青山1-1-22	(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

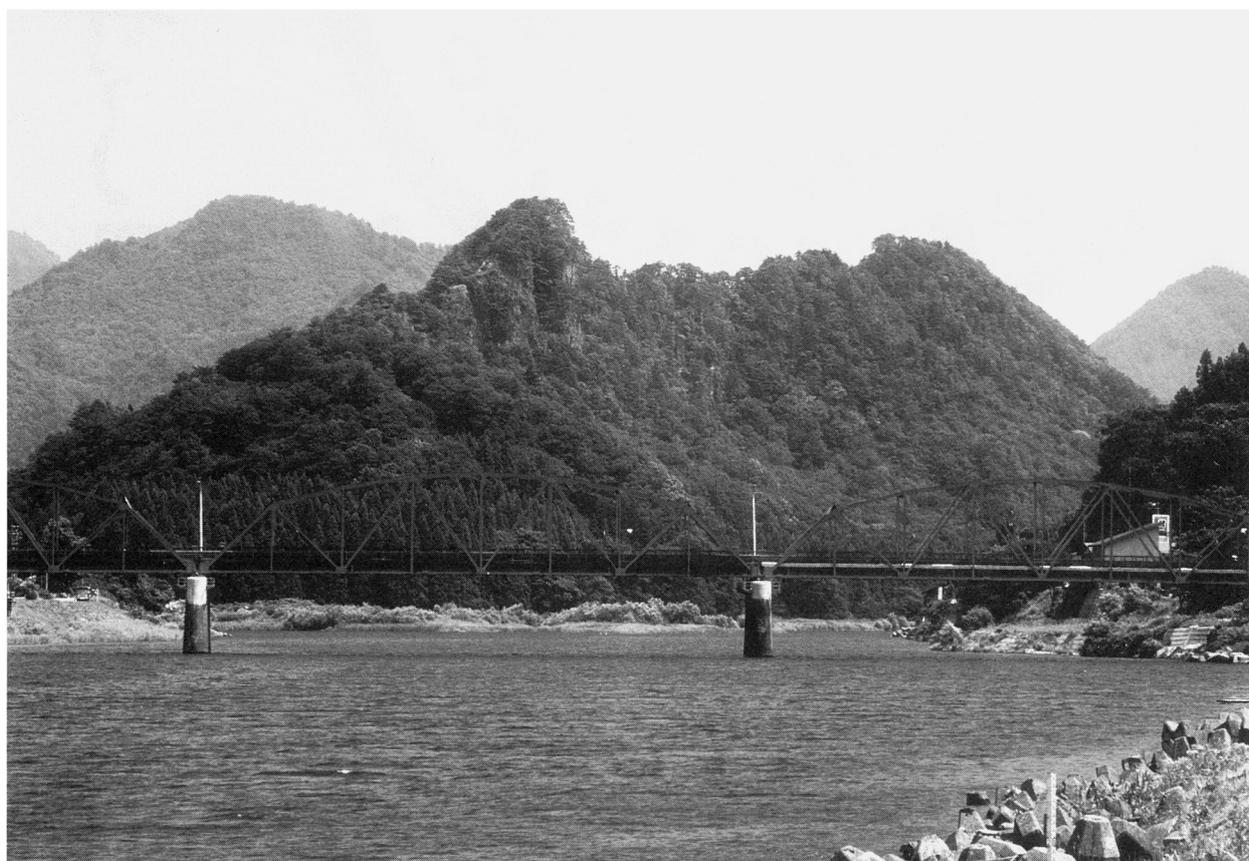
社団法人 地すべり対策技術協会新潟県支部会員名簿

会員23社 9. 9. 1

会 社 名	代 表 者	〒	住 所	電 話 番 号	F A X 番 号
新 潟 支 部	五十嵐 武	951	新潟市学校町通 2-5295 (興和ビル)	(025) 222-1911	(025) 222-7733
(株) アドヴァンス	諸橋 通夫	950	新潟市南笹口 1-12-12 (フクダ南笹口ビル)	(025) 244-4131	(025) 244-5251
大手開発(株)新潟営業所	成田 直弘	950	新潟市上所中 2-15-10	(025) 283-2081	(025) 283-2082
応用地質(株)北信越支社	洪水 雅良	950	新潟市紫竹 7-27-35	(025) 274-5656	(025) 271-6765
川崎地質(株)北陸支店	高橋 廣	950	新潟市紫竹山 440-22	(025) 241-6294	(025) 241-6226
(株) キ タ ッ ク	中山 輝也	950	新潟市新光町 10-2	(025) 281-1111	(025) 281-0001
グリーン産業(株)	荒川 義信	950	新潟市神通寺 2-2-10	(025) 242-2711	(025) 242-2700
(株) 興 和	五十嵐 武	951	新潟市学校町通 2-5295	(025) 222-1911	(025) 222-7733
国土防災技術(株)新潟支店	宮嶋 寛治	950-21	新潟市坂井 1035-1	(025) 260-2245	(025) 260-7522
サンコーコンサルタント(株) 新潟支店	加藤 眞二	950-21	新潟市寺尾上 4-2-18 (そうご電器ビル)	(025) 260-3141	(025) 268-4950
新 越 開 発 (株)	穴澤 繁男	946-01	北魚沼郡広神村大字 下田 351-32	(02579) 9-3232	(02579) 9-2118
(株) 新 協 地 質	篠崎 寿輔	950	新潟市紫竹 4-13-1	(025) 244-7866	(025) 244-1673
(株)ダイヤコンサルタント 新潟支店	池田 龍一	950-21	新潟西小針台 1丁目 4-21	(025) 234-2110	(025) 234-2111
中央開発(株)北陸支店	吉岡 良三	950	新潟市堀之内南 3-1-21 (北陽ビル)	(025) 283-0211	(025) 283-0212
東邦地下工機(株) 新潟営業所	河内 弘志	950	新潟市女池 1443	(025) 284-5164	(025) 284-5168
利根コンサルタント(株) 新潟支店	須藤 貞美	951	新潟市寄居町 704-5 (平久ビル)	(025) 229-4098	(025) 229-4097
(株)日さく新潟支店	住吉 功	950	新潟市上木戸 1-10-1	(025) 273-6301	(025) 271-1110
日特建設(株)新潟支店	滝澤 紀夫	950	新潟市南出来島 1丁目 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	塩崎 善樹	950	新潟市寺山 3-6-18	(025) 271-6311	(025) 271-7778
緑 物 産 (株) 北陸支店	小林 幸一	950-21	新潟市平島 1丁目 13-6	(025) 267-7700	(025) 233-6500
(株) 村 尾 技 建	村尾 建治	950	新潟市女池 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	950-21	新潟市青山 1丁目 1-22	(025) 265-1122	(025) 265-1126
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	(025) 247-8254
ラサ建設(株)新潟営業所	細川 誠	940	長岡市笹崎 2-4-14	(0258) 36-0284	(0258) 36-0717

祝

第25回地すべり現地検討会



阿賀野川より麒麟山を望む（提供：津川町役場）

社団法人 **新潟県建設業協会** **津川支部**

〒959-44 東蒲原郡津川町大字津川3273-1

TEL 02549 (2) 2513

FAX 02549 (2) 3764

支部長 **巴 山 来 学**

細越地すべり

1997.9

編 集	新潟県農林水産部治山課
発 行	地すべり学会新潟支部
印 刷	株式会社 文 久 堂
