

姫川流域の地すべり

来海沢地すべり地

山之坊地すべり地



—赤 禿 山 の 崩 壊—

1978. 9.

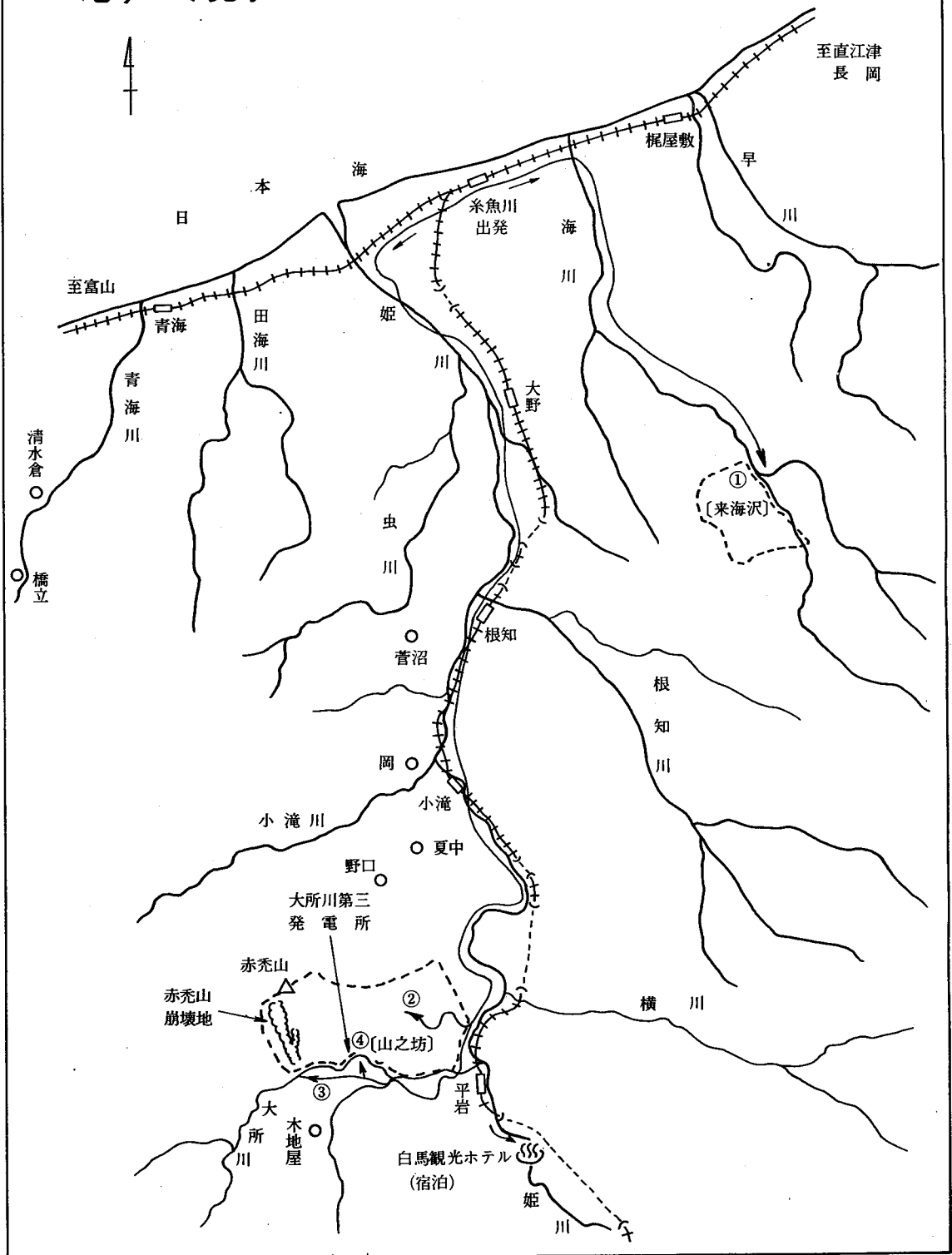
地すべり学会新潟支部
土質工学会北陸支部

目 次

I	姫川流域の地質	3
II	来海沢地すべり	6
III	山之坊地すべり	
1.	山之坊部落周辺の地すべり	21
2.	大所川第三発電所の地すべり 災害状況と対策工事	29

表紙写真 山之坊地すべり地の崩壊防止工事（大所川より赤禿山腹を望む）

地すべり見学地案内図



I 姫川流域の地質について (説明要旨)

新潟大学理学部 茅 原 一 也

1 地質の構成と物性

姫川流域は一大構造線である糸魚川-静岡線の西側地域を占め、その地質構造は複雑を極める。分布する地質は、結晶片岩、非変成古生層、来馬層 (中生層) 及び蛇紋岩が主体をなすが、大所川以南では、白馬大池-風吹大池火山噴出物が広く古期岩類を被っている。

古生層の物性は来馬層の状況と比較してかなり異なり、来馬層に見られる二種類の破碎面の発達はきわめて貧弱である。岩石物性という点から見ると、個々の岩塊の平均延性度および延性度較差の上では、来馬層のそれと大差ないと考えられるが、岩性全体としての強度は、おそらく来馬層よりかなり大きく、そのため来馬層がブロッキ-になり勝ちなのに対して、マッシーブな状態を保ち、相対的に崩壊しにくい地塊を構成している様である。

来馬層はかなり固結の進んだ堆積岩であって、いわゆる平均延性度は低く、そのため比較的脆性破壊を生じ易いことが容易に推察される。更に、来馬層中の最も卓越した岩相である砂岩・泥岩互層についてみると、おそらくその延性度較差は低~中程度であると思われるので、この点からは、Slide 型の崩壊が予想される。

一方、来馬層の内部には二種類の断層面が著しく発達している。これらは、共に来馬層の褶曲によって発生したものとして説明できるが、両者が組合って来馬層全体を種々の大きさのブロックに分割しており、容易に崩落して岩塊の押し出しを作っている。これらの断列系が見事に発達している大所川流域などでは典型的なtoppling による岩体の崩壊が観察される。

蛇紋岩は、姫川西岸に沿って生じた断層帯および破碎帯に貫入してきた超塩基性岩が貫入後も断層運動を蒙り、著しく変形を受けて形成されたもので、その結果として岩質は、葉片状化、粘土化が著しく原岩のあとをとどめるところが少ない。従って、蛇紋岩分布地帯では、ずい所で大規模なcreep 型の地すべりが観察される。

2 構造特性

(1) 姫川以西の構造特性

本地域の地質構造は、黒負山断層により大きく2分される。この断層のNE側 (青海一小滝帯) では、非変成古生層・結晶片岩・来馬層は、大きくみてNW-SE方向の帯状構造をもち、断層系は同じくNW方向ないしNS方向である。しかもこれらの断層に規制された蛇紋岩体の貫入が著しい特徴となっている。

これに反し、黒負山断層のSW側 (朝日岳-白馬岳帯) では、準片岩~千枚岩が広く露出し、

その構造はEW～NE E方向でいわゆる飛騨外縁帯の一般構造と調和的である。

青海一小滝帯における断層は、ほとんど例外なく太小中の破碎帯を伴っており、崩災はこれに起因することが多いのが特徴である。断層には、これに規制されて貫入した蛇紋岩を伴うものと蛇紋岩を伴わないものと2種が区別される。結晶片岩と古生層あるいは中生層とを境する断層に沿っては、例外なしに蛇紋岩が貫入している。これらの蛇紋岩は崩災の発生場所として極めて重要である。

- (2) いわゆる“糸魚川―静岡構造線”は単なる一本の断層線では表わし得ず、未解決の問題がある。

3 崩災の種類・分布と地質構造規制

(1) 断層破碎地すべり

崩壊性地すべりであって、その代表例は赤禿山南斜面の地すべりおよび黒負山北斜面の地すべりである。そのほか、断層破碎帯に基因する崩壊は大所川、小滝川の各所に存在する。

(2) 蛇紋岩地帯地すべり

蛇紋岩自体の動くものと、表層堆積物が主として動くものとがある。前者の例は、山の坊・野口・岡などの地すべりで、後者の例は夏中・木地屋などの地すべりである。

(3) 結晶片岩地帯地すべり

緑泥石絹雲母片岩など滑動性の片岩地帯に発生している。〈例〉青海川中流橋立付近

(4) 火山地帯土石流

浦川がその典型であるが、従来土石流堆積物とされたものには若干問題がある。

(5) 中生層礫岩地帯土石流

〈例〉外波川

(6) 中生層地すべり

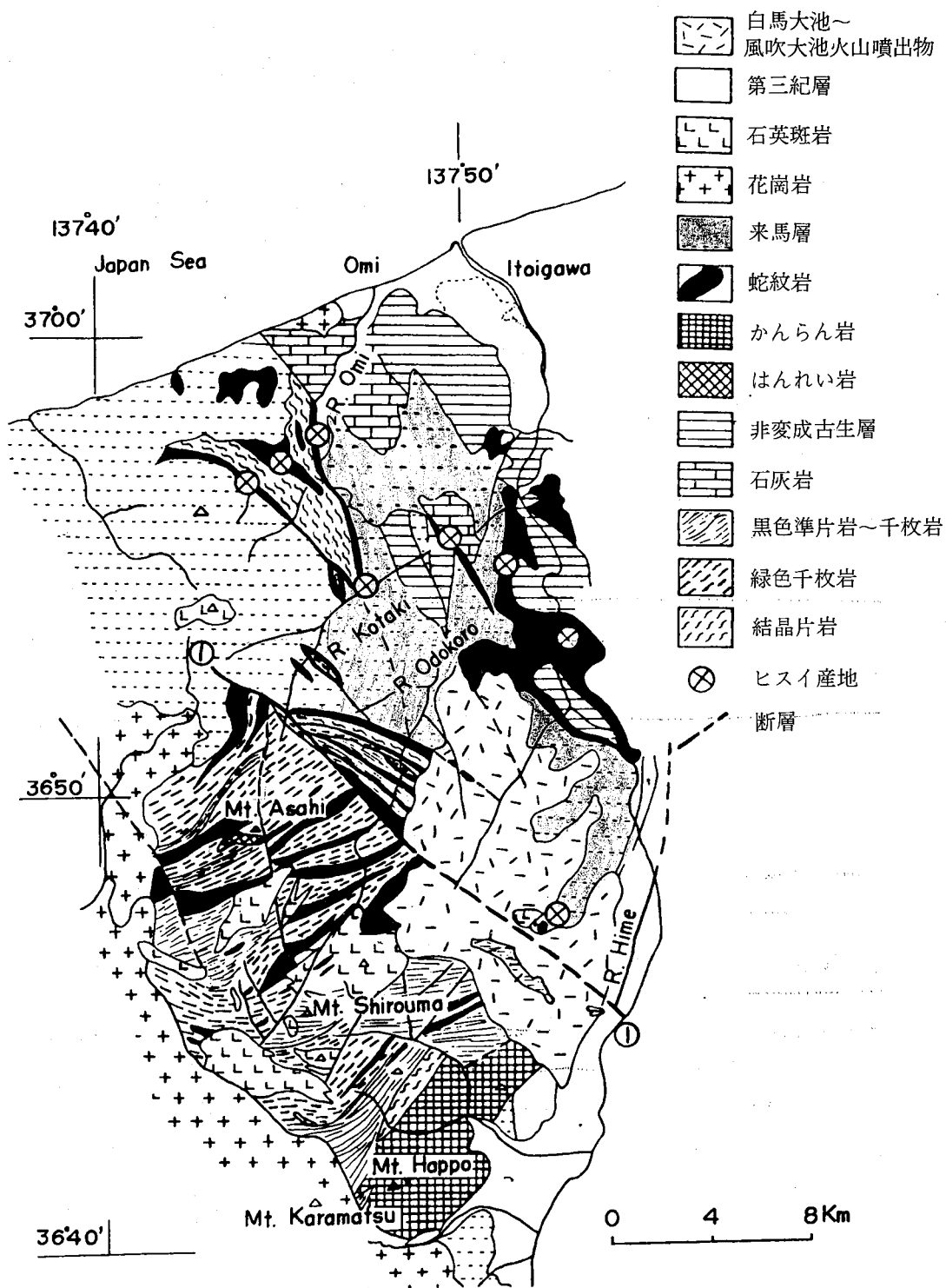
〈例〉親不知海岸

(7) 常時崩壊地

姫川本流沿いに各所に存在する。蒲原温泉附近のものは、温泉変質帯に起因する。その他、国道沿いに発生するものは急斜面崖錐堆積物の崩壊である。

(8) 第三紀層地帯地すべり

省 略



図一 姫川流域地質図 (茅原1975)

Ⅱ 来海沢地すべり

新潟県治山課防災係
新潟県糸魚川林業事務所
国土防災技術・新潟支店

1 位 置

来海沢地すべり地（糸魚川市大字来海沢）は、海川の上流8kmの左岸に位置している。

「地すべり指定地区名「治山課所管」「真木」、面積388.8ha、地すべり地は、来海沢部落と真木部落にまたがっている」

2 過去の地すべり災害

来海沢部落の成立は古く、古文書からの推定すると7世紀頃にはすでに部落を形成していたとされている。しかし、地すべり災害に関する記録はすくない。最も古い記録によると、

- (1) 寛永5年（1628年）、西来海沢に地すべりが発生、その被害のため「分米」14石7斗2升2合の上納を割り引いてもらった。
- (2) 寛文3年（1662年）、東来海沢に地すべり発生「分米」1石1斗6升2合の上納米の割引き。
- (3) 延宝7年（1679年）、東来海沢に地すべり発生、その被害33石3斗3升。

註：「分米」とは耕地の等級反別に見積られた予想収穫高。上田1反歩の分米は1石5斗であった。

などが記されている。

3 最近の地すべり災害

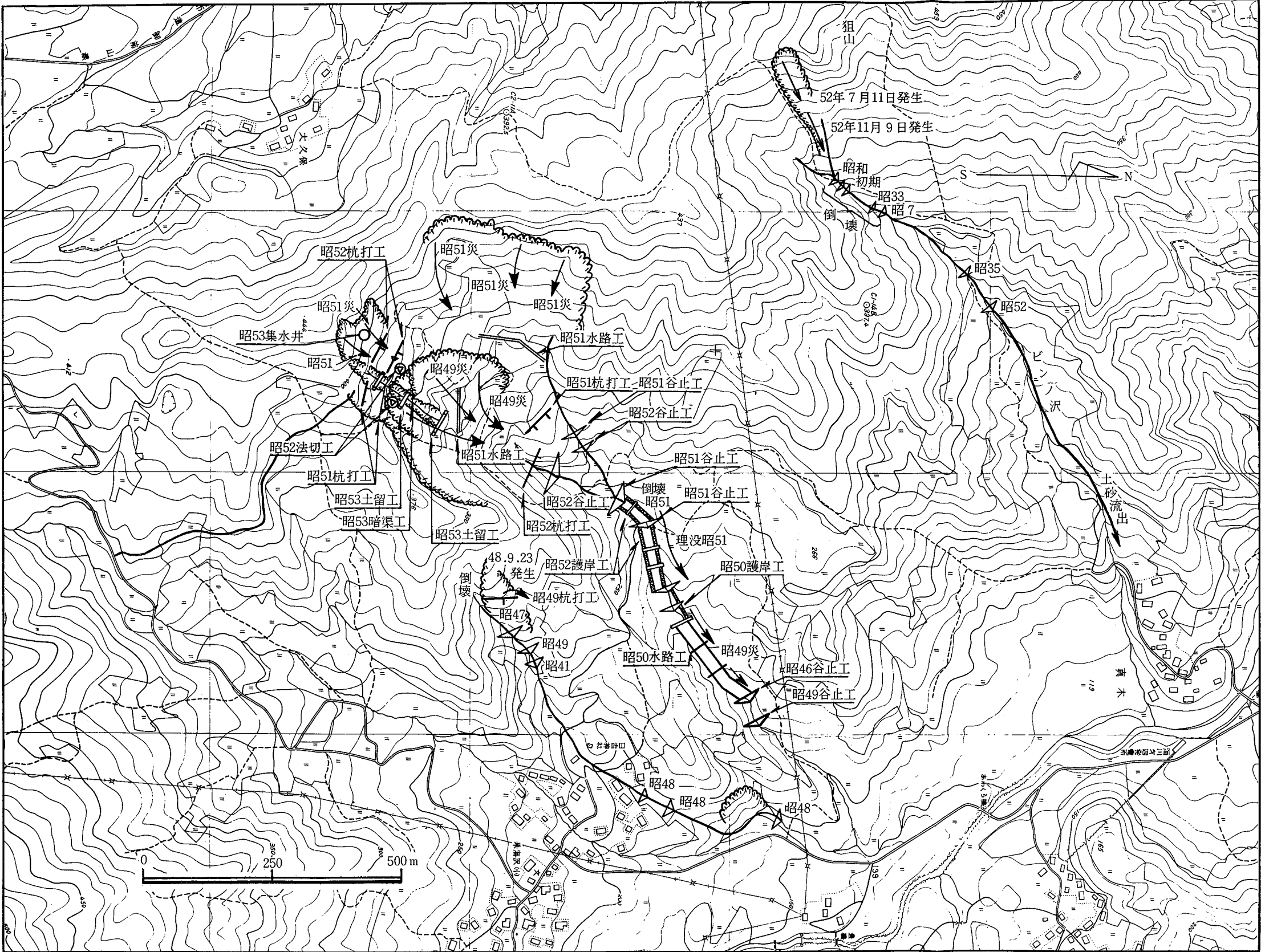
- ① 昭和49年（1974年）4月10日発生、谷止工10基倒壊、水田1.3ha、山林4.2ha 被災
- ② 昭和50年（1975年）3月発生、流出土砂 5,000m³
- ③ 昭和51年（1976年）8月14日発生（集中豪雨）、谷止工1基倒壊、流出土砂10万m³

4 地すべり地の地質

当調査地海川流域は新第三系が広く分布し海川の西方は姫川を挟み、中世層～古世層から成っているが、姫川東は先第三系が全く姿を消し、新第三系の堆積の場となっている。特に姫川以東の新第三系は、南は長野積成盆地、東は新潟積成盆地と続く1つの地質堆積区を形成している。それらの層序は長野さらに新潟のそれとは異った地質区分を必要としている。

海川流域を中心とした新第三系は、下位より、火打山層、西飛山層、能生谷層、川詰層、名立層、谷浜層と名付けられる。これらを日本の標準層序並びに、長野、新潟堆積盆地とに対比させ

来海地すべり地平面図



ると表－1の通りになる。

海川中流，すなわち来海沢地すべり地付近に分布するのは，このうち名立層～能生谷層であり，新潟標準層序による西山層～椎谷層である。

表－1 新潟油田とフォッサマグナ地域との対比

時代	フォッサマグナ (長野県)	フォッサマグナ北端 (西頸城)	新潟標準層序
鮮新世	柵層	谷浜層	灰爪層
		名立層	西山層
		川詰層	
中新世	小川層	能生谷層	上部 推谷層
			下部 寺泊層
新世	青木層	久比西飛山層	上部 七谷層
			下部 津川層
世	別所層	岐層 火打山層	上部
	内村層		中部 岩船層
		群	下部

〈地質記載〉

調査地に分布する地層は斜面下部では塊状のいわゆる黒色泥岩を主とし，しばしば厚さ10数cmの砂岩を挟む特徴を有している。しかし，上部では非常に砂質になり，ときに厚い砂岩層ないし，粗粒の半固結砂岩を挟むようになる。

泥岩は，それ自体全く塊状無層理であり，特徴的な玉ねぎ状風化が露頭にしばしば観察されるが，多くは，細片状の風化を示している。これらは亀裂面に沿って剥離するか，あるいは，泥岩の内部組織にヘアークラックが存在する性質のためであり，この現象は沢を除く露頭では例外なく観察される。また本来暗灰色を呈する泥岩は亀裂面に沿って赤褐色化している。



写真－1 昭和49年4月10日地すべり発生
谷止工(10基)倒壊，これにより300m下流まで土砂が決出した

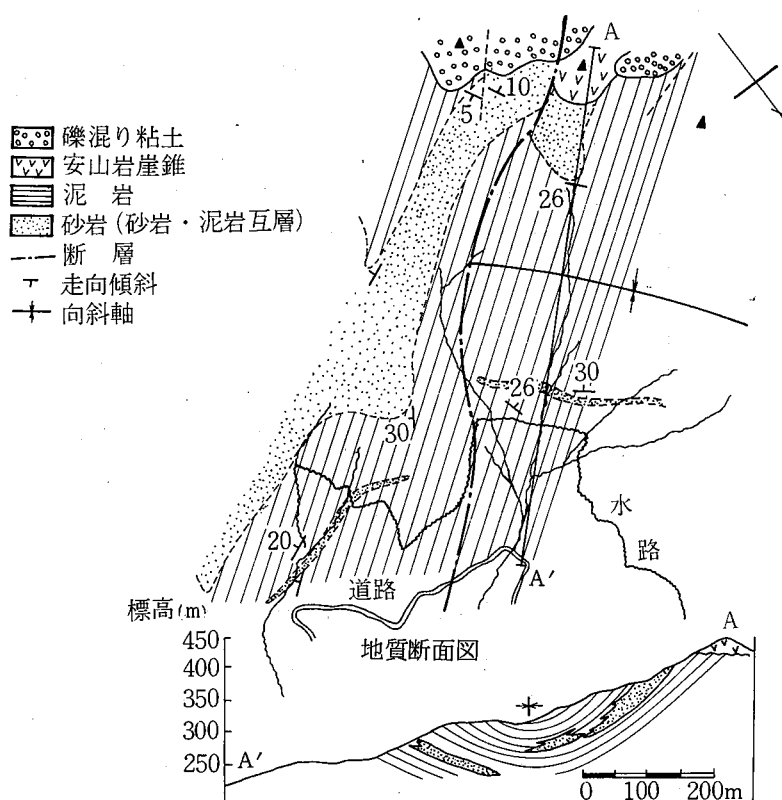


図-2 地質図

泥岩中には砂岩の同時礫、或は、苦灰質ノジュールを多産する。

典型的な砂岩優勢の露頭は斜面上部に見られる。灰色～灰白色を示す中粒砂岩を主とし、泥岩中に挟まれて分布し、明瞭な層理を示すことが多く、砂岩単層でなく、砂岩と泥岩の互層を主体とするものである。滑落崖の露頭では本層上部には厚さ数10cmのやや凝灰質の半固結粗粒砂を挟み、その部分で同じ半固結の貝化石を含む泥岩と互層する。これらは断層で断ち切れ、連続性に乏しい。

また本層も苦灰質ノジュールをしばしば挟む。写真1に示すように斜面中部の露頭には本層の層理面をすべり面として十塊が滑動し、平板状の滑落崖を形成している。層理面はN46°W, 26°Nを示し、これは付近の地質構造を反映している。

更に斜面最上部には、安山岩崖錐あるいは礫混り粘土が泥岩を不整合に被う。地すべり斜面上には多くの安山岩礫が地表で目撃される。したがって斜面最上部には安山岩がさらに広く分布していたものと推察される。これらの安山岩礫は、安山岩崖錐、あるいは礫混り粘土よりもたらされたものと言える。

これらはいずれも2次的な堆積物であり、過去の土石流化の名残りとも思える。生成年代は少なくとも、下位の泥岩の陸化後であり、恐らく第四紀洪積世の可能性が強い。即ち現在、海川上流に高地を形成している安山岩体を後背地とし、下方に崩落したのが安山岩崖錐堆積物であり、

更に現在の様に地すべり発生により形成されたものが、礫混り粘土層、すなわち地すべり崩積土であるとなることが出来る。

その後の地形解析作用により、安山岩崖錐は後背地との連絡を断たれ、現在は山頂にのみ分布する。

〈地質構造〉

本地域の地質構造は、断層、褶曲により乱され、すこぶる複雑である。地すべり斜面北東部での滑落崖ではE W～N50° Eの走向を持ち、南へ20～30°程度傾く単斜構造を取る。また、中央部ではN46° W26° Nを示すが、更に斜面下部ではN40° E20° Sの走向傾斜を示す。

これは調査地中央部N E—S W方向に断層が走り、更にS E—N W方向に向斜軸が存在する為である。すなわち断層以東は南落ちの単斜構造、以西は中央部に向斜軸を持つ褶曲構造を呈している。

5 調査結果

調査はボーリング調査及び弾性波探査が実施されている。調査位置は次の平面図に示すとおりである。

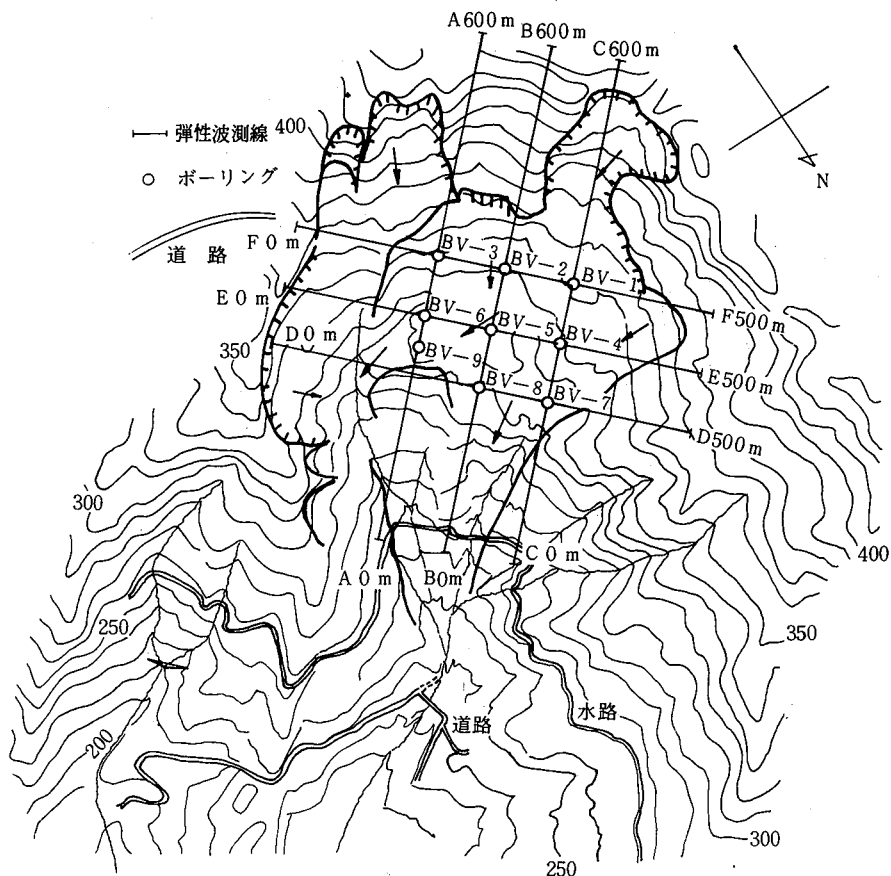
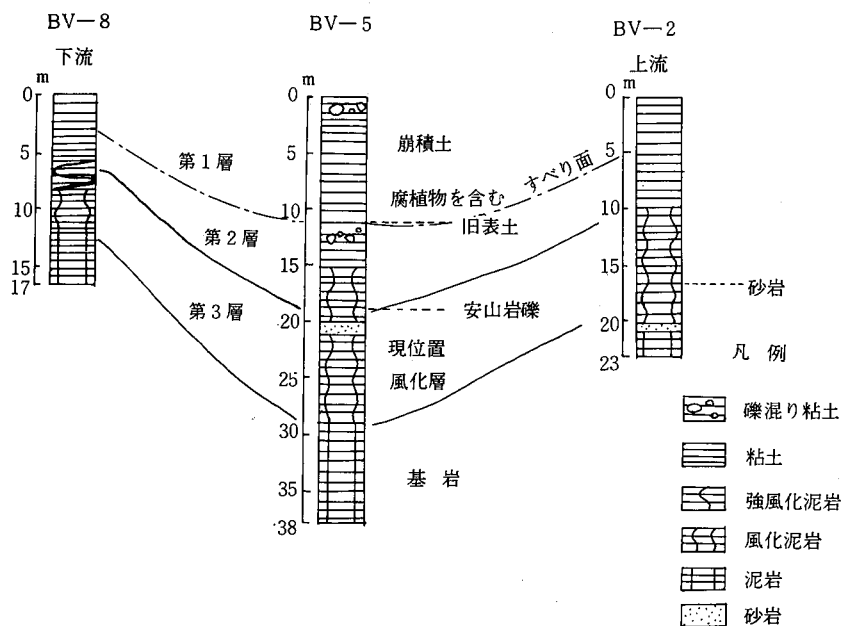


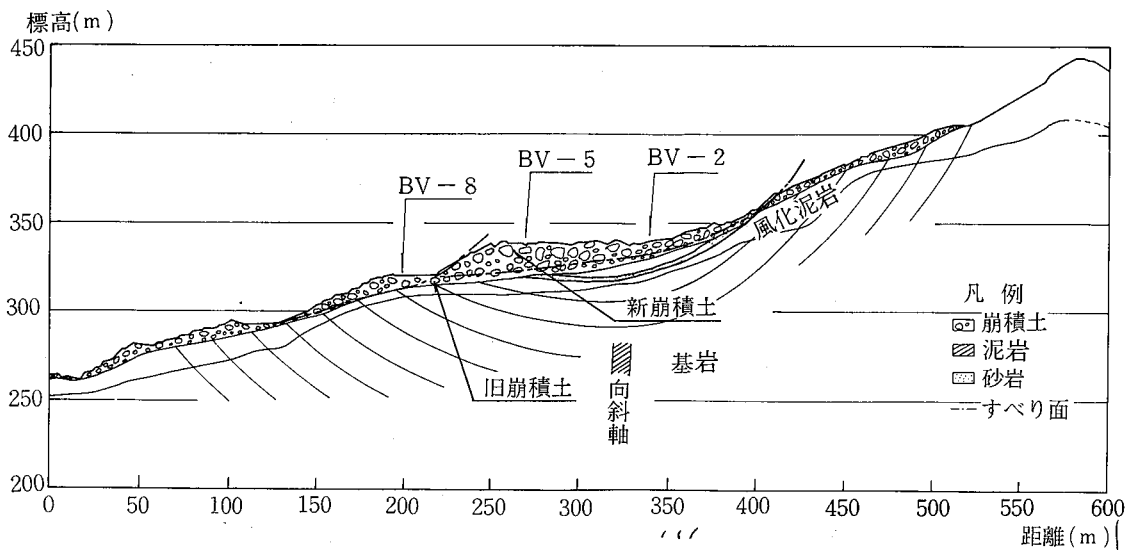
図-3 調査平面図

(1) ボーリング調査

調査主測線はB測線を採用した。調査結果は次のとおりである。

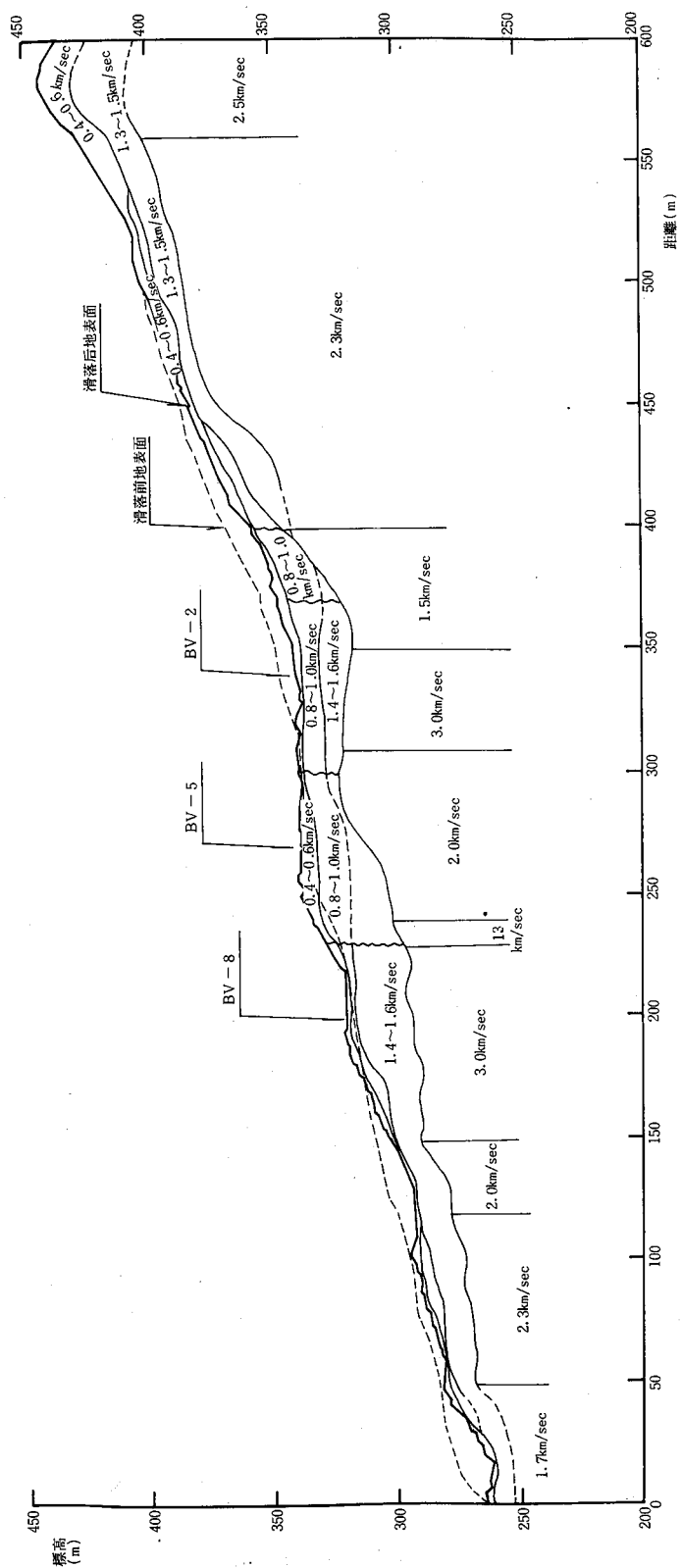


第1層は、粘土～礫混り粘土層であり、新期～旧期の地すべり崩積土とされる。斜面中央部に厚く堆積しており、新期すべり面は本層中にある。第2層以下は基岩であり、地すべりに対し不動層とされる。また本層中の砂岩層（層厚1.0～2.0m）は鍵層として追跡される。



図－4 地層想定断面図

ボーリング結果により、BV-5付近の中央部に粘土層（礫混り粘土層）が最も厚く堆積している。BV-5号孔とBV-8号孔の基岩面標高はほぼ同じであり、BV-5号孔付近は崩積土の“たまり”が存在する。



图—5 速度层断面图

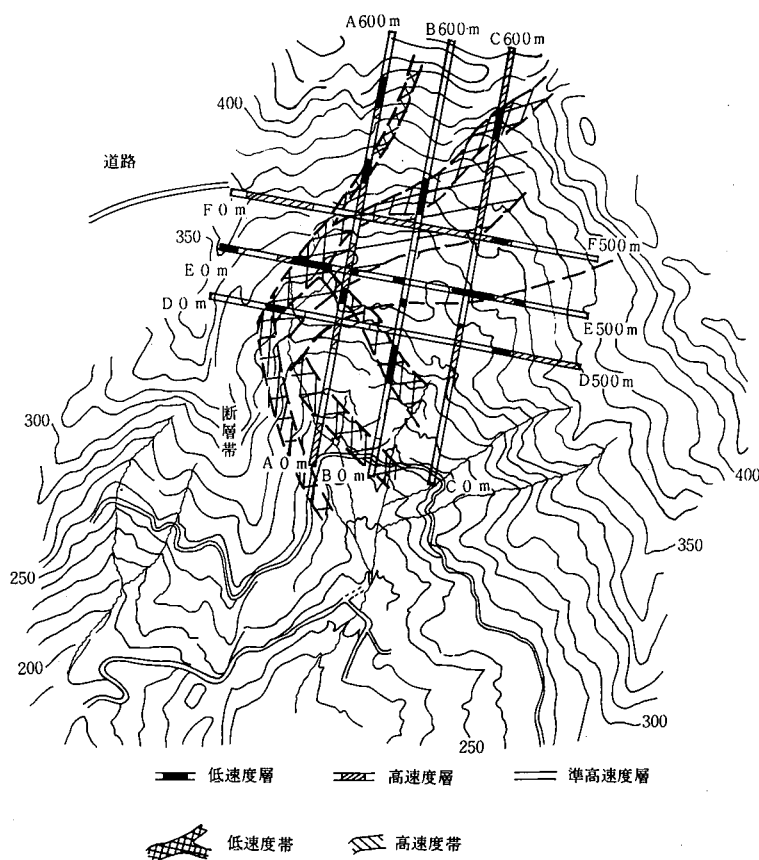
(2) 弾性波探査

弾性波探査は調査地縦断方向に3測線、横断方向に3測線が設けられている。結果は次のとおりである。

速度層区分	伝播速度	対 応 地 質
第1速度層	0.4~0.6km/sec	表土, 崩積土, 層厚0~5m
第2速度層	0.8~1.0km/sec	崩積土, 地すべり移動層, 層厚10~15m
第3速度層	1.2~1.6km/sec	現位置風化層又は古移動層
	1.4~1.6km/sec	層厚 10~25m
	1.3~1.5km/sec	最大 30~40m
第4速度層	1.1~1.7km/sec	低速度帯
	2.0~3.5km/sec	基岩層

次の図は弾性波基岩面の速度層の分布である。基岩面速度層は多くの低速度帯が分布しており, 基岩の破碎状況がうかがわれる。

また, 低速度帯の連続は明瞭な方向性を持つ。それは地層の走向とほぼ一致し, 断層帯によって断ち切られている。



図—6 弾性波探査測線図

6 地すべり機構についての考察

(1) 素 因

- ① 構造的破碎，海川下流に発達する褶曲軸翼部にあり，地層は少なからず破断を受けている。
 - ② 分布する地層は能生谷層上部であり，岩質的に地すべりを発生させやすい。
 - ③ 以上の要因を含め調査地付近には，榎，川島，釜沢などの地すべり地が分布しており，地形，地質的にも地すべりを発生させやすいと思われる。
 - ④ 調査地内にはSW－NE方向に沿う断層が予想され，弾性波探査によっても多くの破断帯が存在する。
 - ⑤ 更に調査地には褶曲軸が存在し，大構造中での小構造破碎を被っている。
 - ⑥ 調査地中～上部に砂岩が分布し，中～下流部には泥岩が分布する。これらの分布は褶曲軸に規制されている。
 - ⑨ すなわち，地すべりの発生に大きな影響を与える地層の分布状況が断層及び褶曲に規制されている。
 - ⑧ 砂岩，あるいは砂岩上面の地層の層界に沿っての地下水経路が予想される。
 - ⑨ 向斜軸及び断層帯に沿い泥が発達し，旧崩積土は向斜軸上に旧崩積土が厚く堆積していた。
- 以上の地すべりの要因群を含め，地すべりの誘因から見た発生機構の考察を試みる。

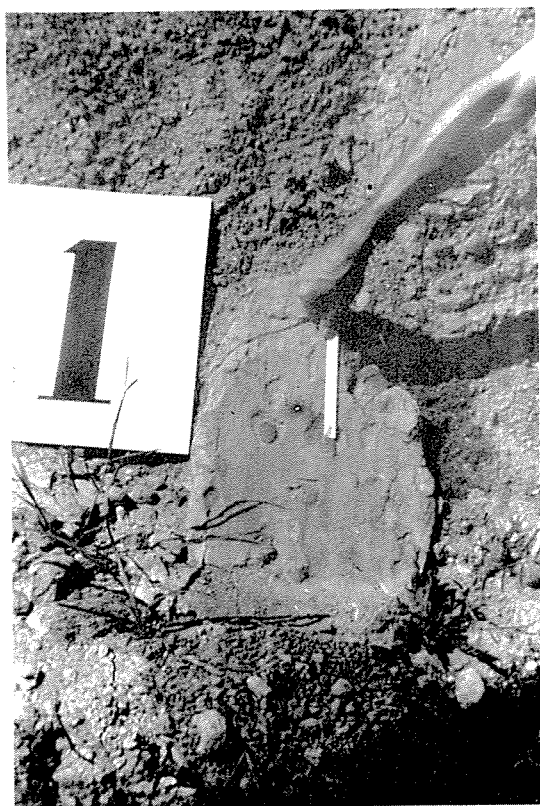
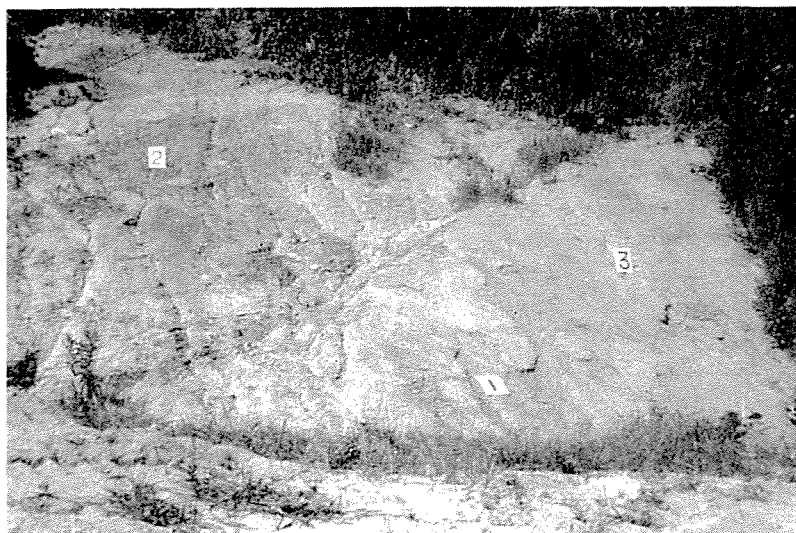
(2) 誘 因

- ① 昭和49年度に発生した地すべりにより，斜面下部が不安定化した。
- ② 旧崩積土が斜面中部に厚く発達しており，末端部の流出により，斜面中腹まで不安定な状態にあった。
- ③ 斜面上部からの地下水が，崩積土中に侵入し，土質強度の低下を招いた。（地すべり発生時，斜面末端部に大量の湧水が観察された。）
- ④ 昭和51年8月14日，集中豪雨により，すべり面に余剰の間隙水圧が生じた事が予想される。土質強度の低下は，すべり面全体に及び，蓄積されたヒズミを開放した。
- ⑤ 地すべりは，斜面上部では基岩上面をすべり面としている。
- ⑥ つまり，斜面下部での滑動の衝撃を引き金として，斜面中・上部に波及し，更に地すべりは西方奥に及んでいる。

7 地すべり対策工事一覧表

施工年度	地すべり防止工事	工 事 額 (円)
1974年 (昭49年)	杭打工 (鋼管パイル) 53.0本 谷止工 (コンクリート) 1.0基 1,095.8m ³ 床固工 (コンクリート) 1.0基 427.2m ³ 谷止工 (コンクリート) 2.0基 3,134.9m ³ 調査ボーリング 126.0m	98,139,000
1975年 (昭50年)	谷止工 (コンクリート) 1.0基 護岸工 (片法樁) 水路工 (三面張) 調査ボーリング	76,506,000
1976年 (昭51年)	水路工 (板柵) 252.0m 谷止工 (コンクリート, 特殊フトン籠) 3.0基 3,311.2m ³ 杭打工 (鋼管パイル) 19.0本 調査ボーリング, 航空図化	105,257,000
1977年 (昭52年)	護岸工 (フトン籠) 171.0m 谷止工 (コンクリート) 1.0基 1,444.3m ³ 法切工 39,000m ³ 杭打工 (鋼管パイル) 90.0本 調査ボーリング, 測量委託	103,646,000
1978年 (昭53年)	上留工 (鋼製自在樁, 特殊フトン籠) 3.0基 集水井 (ライナープレート) 1.0基 18.0m 調査ボーリング	59,900,000
計		443,448,000

写真一 2 地すべり面露頭全景



写真一 3 写真〔2〕部分で移動土塊により
すべり面上のノジュールが約3
cm移動した跡

Ⅲ 山之坊地すべり地

山之坊地すべり防止区域は、赤禿山～辰尾山の南斜面一円で、面積679ha を占める。指定地内で現在進行中の地すべり的な変状として、

- (1) 山之坊部落（広義）周辺の地すべりおよび地すべり的な変動（沈下など）
- (2) 東北電力大所川第三発電所の地山の押し出し（creep 型地すべり）
- (3) 国動 148 号線の道路、護岸工の変状（creep 型地すべり）
- (4) 大所川沿い急崖の斜面崩壊（対岸でのcreep 型地すべりと関連）
- (5) 赤禿山南斜面の山腹崩壊

があげられる。上記のうち、(1)～(3)は緩慢ではあるが慢性的な動きで、道路・人家・構造物・植生林などに実害を生じており、(4)、(5)については、大所川－姫川水系の砂防上に大きな問題となっている。地すべり・崩壊の機構の解明と防止対策は緊急の課題である。

Ⅲ－１ 山之坊地すべり（狭義）について

明治コンサルタント新潟支店

ここでは、前記(1)についての調査結果をとりまとめる。

1 地すべり的な変状の特徴

現在変状が進行中の地区は、次の 5 地区である。（ここ 100 ～ 200 年間ほどの変化も、ほぼ下記に一致すると思われる。）

- (1) 山之坊部落（狭義。以下同じ）後背山地
傾斜計・パイプ歪計に感知される変状、地表での変状は不明瞭
- (2) 山之坊部落周辺地
家屋土台の不等沈下（10～20年ごとに家起し）。畑地の陥没（1～2 m / 50年）。道路の段差（毎年発生－修復の繰り返し）。
- (3) 旧山之坊小学校付近
整地したグラウンドが全体として（山側へ）ゆるく傾斜（山際で沈下?）
- (4) 須合部落北方
道路の段差・変形・側方移動。立木の屈曲。ドス池の矮小化など

(5) 国尻部落西・南西

道路の段差・立木の傾倒など。

これらのうち、(4)の変状は第三紀層すべりで見られる粘稠型・creep 型の地すべりと共通点が多いが、(2)・(3)の変状はやや特殊な機構によるように思われる。

2 地 形

図-8に示したように、現在の牛巻沢を中心として、須合～山之坊付近から姫川方向へ、旧地すべり地形と思われる大きなU字型低地が存在する。

また地域の西部は、相対的に平坦地となっているが、小さな凹地（陥没地？）が多い。

3 地 質 概 要

東南および北西の姫川沿いに古生層、西部の赤秀山一帯に中生層（来馬層）が分布、両者の間に蛇紋岩の大岩体が貫入した形をとり、地すべり地となっている緩斜面一円では、表層部を厚く未固結の砂礫が覆っている。

○古生層-----非常に堅硬な砂岩・粘板岩。一部チャート、千枚岩。地すべり地内には出現せず。

また地すべりに関与せず。

○来馬層-----堅硬な砂岩・頁岩（粘板岩）など。節理・亀裂の発達が著しく、岩片化・細片化すむ。ボーリングコアでも砂礫状にしか採取されない。破碎の原因として、①蛇紋岩貫入時あるいはそれ以後の造構造運動によるもの（ブロック化）、②蛇紋岩の滑動によって近接した、あるいは上位に載った本層が擾乱を受けたもの（岩片化？）。ほかに、豊富な地下水流による風化の促進で、細片化・細粒化もすすんでいると思われる。

○蛇紋岩-----一部はかんらん岩（調査ボーリングでは深さ30～60m以深の深部で硬質帯として出現している）。狭義の蛇紋岩は葉片化・軟質化が進んでおり鏡肌状の破碎面が発達していることが多い（地すべり地帯の一部では暗青色の蛇紋粘土が存在する）。これらの超塩基性岩中にきわめて硬質なはんれい岩や曹長岩が存在するが、その産状・分布は十分明らかではない。

○崩 土-----地すべり地およびその西方相対的平坦地を最大厚さ20～30mで覆う。主として来馬層由来の岩片（角礫）を多量に混入した礫混り粘土・砂礫など。地すべり地に接した西方平坦地では、数10cmの厚さの炭質粘土層をはさみ、これらの崩土を堆積させた崩壊や土石流の発生期内にも、比較的静穏な環境も存在したと想像される。

4 地下水の状況

崩土および来馬層の分布地では、沢水などの地表水が存在しない。ボーリングによる揚水試験でも、崩土層では（地下水面は深いものの）透水係数 $K=10^{-7} \sim 10^{-6} \text{ cm/sec}$ オーダーを示す。したがって地下水は豊富に貯留され、また流動していると考えられる。山之坊（狭義）部落周辺



では、井戸・湧水など、地下水の豊富な家屋に沈下などの変状が目立っている。

5 地すべりの機構

1 節で区分した各地区ごとに運動の形態や機構を異にする。

(1) 山之坊部落北西後背山地

谷底の広い沢状地形平均傾斜 20° ，幅60 m，長さ200 m程度の斜面。崩土層厚15 m前後。基岩は破碎質な来馬層。蛇紋岩との接触部付近にあたる。地下水面は崩土層の下部にあって地下水流一部で豊富。地表には変状が現われていないが、パイプ歪計では崩土層最下部付近で潜在的な変動を記録。地すべりの誘因は、地下水以外に考えにくい。ブロック中央の集水井工は、降雨時には多量の地下水を排除し、ブロックの不安定化を防止していると考えられるが、平時のブロックの安定化には至っていないとされている。

(2) 山之坊部落周辺地

今年度調査対象地区。変状の形態・地形（ゆるい）・地質（きわめて礫質）などからみて、いわゆる円弧すべりなどの考えでは解釈しにくい。南西方の平坦地や大峰峠付近に多数存在する凹地（陥没地？）と同様な機構（不明だが、地すべりとは無縁と思われる）で変状（この場合は沈下）が進行するものか？ 例えば、豊富な地下水流による細粒分脱落→側面支持力の減少→沈下など。

(3) 旧山之坊小学校付近

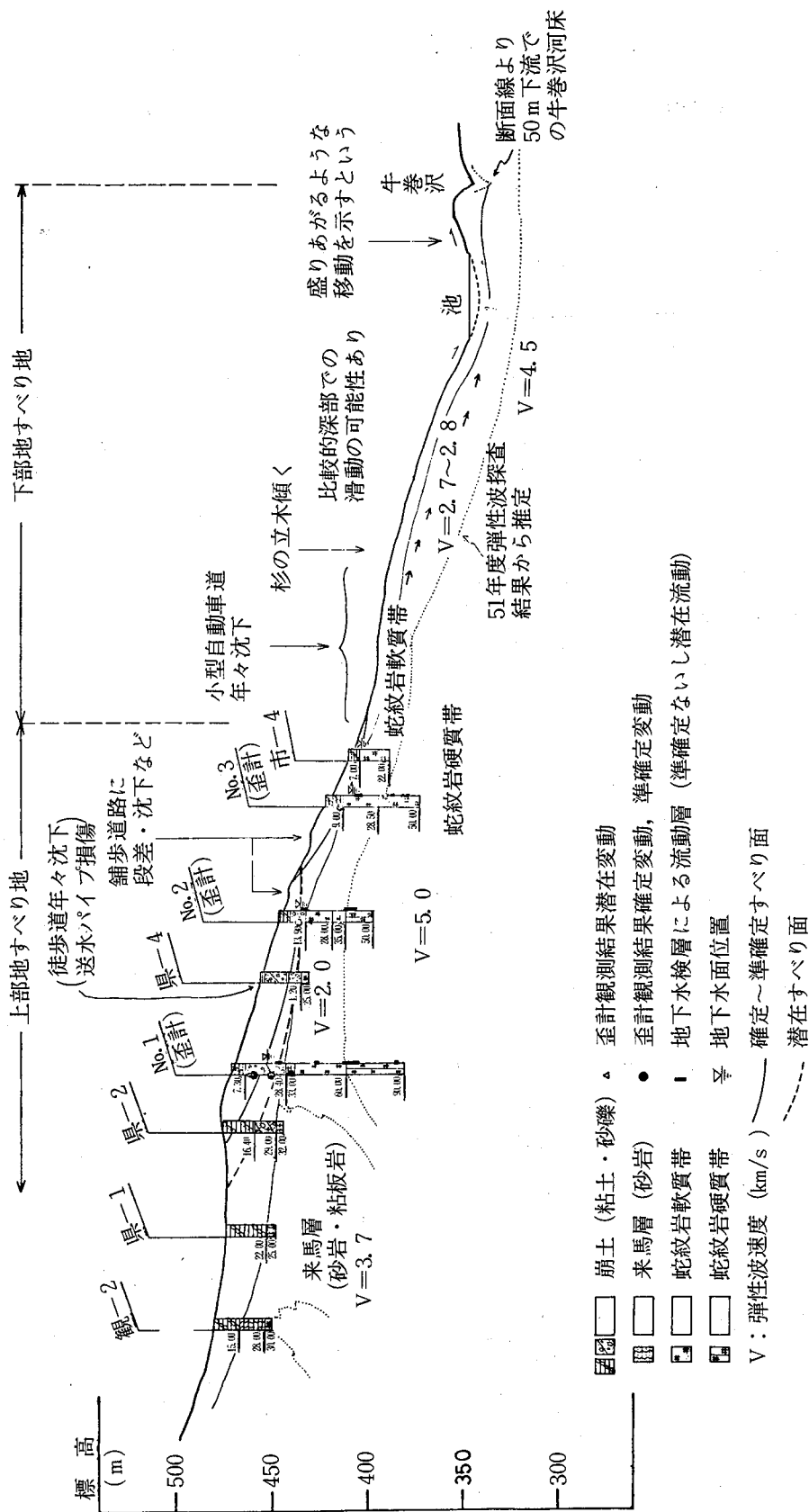
未調査地。機構不明だが、(2)の場合と同様な考え方が成り立つものと思われる。

(4) 須合部落北方

西部の相対的平坦地から東方牛巻沢に達する長さ500 m程度の大斜面。変状発生域は上部で幅300 m以上を有するが、下部ではドス池へ収斂するようにみえる。地形的にいくつかのブロックに分割することは難しいが、変状が最も顕著に現われている地区。この地区の頭部～最上部付近以西（上方）は基岩は来馬層、それ以东（下方）は蛇紋岩で、崩土層は上方で厚く（20 m以上）、下方につれて薄くなる（5 m前後あるいはそれ以下）。調査の進んだ上半部地区では、崩土層と蛇紋岩の境界付近に確定変動・準確定変動が認められ、断続または慢性的な動きが記録されている。崩土層の中・上部は来馬層の砂岩・頁岩礫を多量に含んだ暗茶灰色の砂礫（粘土混入）であるが、すべり面付近は、蛇紋岩礫を多量に含んだ暗緑色の砂礫（粘土混入）で、蛇紋岩自体が地すべりを起こしたことを暗示している。地下水面は崩土層の下部～最下部付近（すべり面の直上付近）と深いが、地下水検層では、この付近が顕著な流動層となっている。頭部あるいはその上方の相対的平坦地は、厚い崩土と破碎質な来馬層が分布して地下水貯留区となり、移動地へ豊富な地下水を供給しているものと考えられる。

一方、下半部地区では、顕著な変状を薄い崩土層の動きだけでは説明しにくく、蛇紋岩内部の滑動を考えねばなるまい。末端部の牛巻沢は洗掘・小崩壊が著しいが、浅く（ドス池とほぼ同標高）、地すべりの直接的な誘因とはなっていない。

すべり面深度が深く、基岩の風化蛇紋岩も安定した岩盤とは考えにくいこと、また移動区域が



図一9 推定地質断面図 (須合部落北方地区)

広汎にわたることなどから、抑止工を採用しがたく、地すべり地頭部での地下水排除を主体とした抑制工が実施されている。

(5) 国尻部落西・南西方

調査が進んでいない。弾性波探査結果だけからみると、崩土層厚は数m程度で、蛇紋岩新鮮岩（かんらん岩か。V＝4.4km/S）も深度10m程度に出現すると推定されている。地域全体で変状が発生しているというよりは、局部的であって、浅い崩土層内の局部的なすべり、または(2)に掲げたような沈下現象かと思われる。

結 語

山之坊地すべりは、いわゆる“破碎帯すべり”とされ、旧期においては大規模なslide型（主として来馬層）、creep型（主として蛇紋岩）の活動があったと思われるが、現在変状を発生させている地区は、旧期のすべりに比較すれば小規模で、その意味する内容や機構は、各地区によって異なっている。推定を含めてあえて分類するならば次表のようになる。

表－2 地 す べ り 地 分 類

地 区	形 態	すべり面	地下水状況	地すべりの地質的素因	現在の地すべりの誘因
山之坊 後背山地	creep 軽微	崩土層と来馬層 の境界	流動局部で活発 深い。	破碎質な来馬層 軟質な崩土層	強雨時等の地下 水増加
山之坊 部落内	沈下(?) やや顕著	(基岩直上?)	流動局部で活発 浅い。	旧期地すべり (崩壊)による 透水性大な砂礫	常時また強雨時 の地下水流(細 粒分洗い流し)
旧山之坊 小グラウ ンド	沈下(?) 軽微	(基岩直上?)	流動きわめて大 浅い?	同 上	同 上
須合北方 上部地区	creep 顕著	崩土層と蛇紋岩 の境界、円弧す べり	頭部に顕著な貯 留区。局部で流 動活発。深い。	軟質化蛇紋岩～ 蛇紋岩粘土	強雨時等の地下 水増加
須合北方 下部地区	creep 顕著	蛇紋岩内のすべ り?	? 地下水面は浅い か	軟質化蛇紋岩	同 上
国尻西・ 南西方	creep ? 沈下? 軽微	?	? 地下水面は浅い か	?	?

蛇紋岩の貫入を“破碎帯”に特有の現象とし、また現在沈下(?)と思われる現象も、破碎質な来馬層の旧期地すべりに由来する砂礫層の存在に原因していると思えば、現在の地すべり的な変状のすべては「破碎帯すべり」と一括することができる。

現在の地すべりの誘因は、上表のようにすべて地下水に帰すことができ、抑止工法が当地では一般に困難であることを考慮すると、防止工法として、深層地下水排除を基本とすることになる。

なお、これまでの調査結果から、次の諸点が今後の重要課題として残されている。

- (1) 数百年以前より現在に至る各種の変状は、比較的緩慢な慢性的ないし断続的な動きであり、重大災害に至らずにすんできたが、将来においても、緩慢な運動を長期に継続するのみであるのか、あるいは豪雨等を契機として急激な移動を惹き起こすものか。
- (2) 須合北方地区では、移動地の頭部付近で4基の集水井戸が施工され、各々相当量の地下水排除に成功しているが、変状の度合いは低下したと目されるものの、完全な終息に至っていない。地下水が地すべりに関与することは間違いないと思われるが、具体的にどのように関与するか
の機構が明らかではない（特に蛇紋岩内の滑動地区や沈下（？）現象を生じている地区で）。
対策工事として地下水面を低下させることで十分かどうか。

Ⅲ－２ 大所川第三発電所の地すべり 災害状況と対策工事

東北電力株式会社新潟支店土木課

１ 第三発電所建設の経緯

大所川第３発電所の水源となる大所川は急峻な中部山岳地帯北アルプス連峰の北西に源を発し、溪流、小支流を合せ峽合を形成しつつ北東流して、平岩地点において姫川に合流します。

その流程は約15kmであり、多雨、多雪な一大貯水池とも称すべきブナの原始林におおわれた約120㎢の集水面積を有しています。

この大所川の利用計画については、既に30余年前よりあったもので、中央電気株式会社当時の昭和13年に最大出力 8,795kwの発電所建設認可をうけており、その後、日本発送電、東北電力と継承されて来たものであります。

当地方は青海に電気化学工業、直江津、高田には信越化学、日曹、大セル等の大工場が集中しており、電力需要は年々増大しており需要地に近い大所川水系の開発計画が再びとり上げられ、その計画も旧計画とは大幅に変更された大容量３発電所の建設工事が東北電力によって昭和32年6月第二発電所を手始めに着手されたのであります。

この第二発電所は大所川中流部より取水する水路式発電所で、昭和35年5月より最大出力26,000kw、年間発生電力量 135,685MWH を以て運転を開始しました。この水系の最大の発電所であります。

第一発電所は第二発電所にひきつづいて昭和35年11月工事に着手したこの水系最上流部に位置した発電所であります。この発電所は支流、溪流合せて4ヶ所から取水し、最大出力13,500kw、年間発生電力量67,824MWH を以て、昭和37年10月発電開始しました。この水系2番目の規模であります。

第三発電所は、第二発電所の放流と大所川本流の残留水の取水する計画で、昭和37年2月着工同年10月完成、最大出力 9,000kw、年間発生電力量45,879MWH で発電開始したもので、大所川最下流に位置する系統最少規模の発電所であります。

この第三発電所の完成によって、当時第三発電所配電盤室より第一、第二各発電所は遠方監視制御され、この2発電所は無人化されました。その後全社的自動化計画の進展に伴ない、昭和49年2月から糸魚川制御所で集中制御されております。

以上3発電所の概要を記載しましたが、当時、当社が誇る尖鋭建設技術陣とメーカー最新技術の結集によって、大容量無人発電所が当社最南端に誕生したものであります。

この反面、土木工事においては我が国でも著名な軟弱地質帯であることと、豪雨、多雨地帯、超

僻地であるため工事施工過程において多くの障害にぶつかり、又、労務者不足になやまされるなど当時の関係者の労苦が忍ばれます。

表－３ 大所川系，発電設備概要

項目 \ 所名	大所川 第一	大所川 第二	大所川 第三
認可最大出力	13,500kw	26,000kw	9,000kw
有効落差	247.9 m	318.7 m	83.1 m
最大使用水量	6.6m ³ / S	10.0m ³ / S	13.0m ³ / S
水車最大出力	14,100kw	28,000kw	9,400kw
発電機容量	17,000 K V A	32,000 K V A	11,000 K V A
主変圧器容量	〃	〃	〃
送電々圧回線	154 K V × 1	154 K V × 1	154 K V × 2
竣工年度	昭和37年	昭和35年	昭和37年

２ 第三発電所の地すべり災害の経過

大所川第三発電所背面（発電所裏山，大所部落より望む北西の山）地すべりは建設工事中にも頻繁に起り当時の工事関係者が大変苦勞したと聞く。又，部落の古老に云わせると「昔からこの附近は相当動いていた」とも伝えられる。

従って，建設時点では当然判っていた事であるが，技術工法をもって防止し得るものとして経済的に最も有利なこの地点を選んだと思われる。

この第三発電所は昭和37年2月着工，同年10月25日に運転開始したものであるが，その翌年より水圧鉄管の変形，トンネル内，各擁壁，建物等の亀裂となって地すべりの影響が現われて来た。

今日まで被害に応じた対策工事が進められて来たが，地すべり移動量年平均 100 mm前後と，なお続いている。

３ 地すべり防止工事

運開以降この地すべりに対し，各部損傷ヶ所の観測，移動量の測定，湧水量の測定，基準点偏位測量等の観測，調査的対策をはじめ，破損ヶ所の修理，すべり防止工事等の直接的対策も実施して来た。

今日までのこれら対策工事の主要なものを列挙すると，

(1) 土木工事

地すべりは，すべり面に沿って，これより上部の土塊を滑動させようとする力が何らかの原因によって，すべり面の抵抗力より大きくなり均衡が破れたとき発生すると云われ，従ってこれを防止するためには，このすべり面に沿って生ずる滑動力を減少させるが，あるいはこの面に沿っての抵抗力を増大させるかに基づいた対策が必要となる。

この見地から，

a，抑止工

地すべり斜面（発電所背面）における抵抗力の不足を補って滑動力に打ち勝つ抵抗力を与えるための擁壁設置工事……建設時設置，その後39，40年その補強を実施した。

b，斜面の段切工

地すべり斜面の荷重を減じて，滑動力を減殺するための段切り……建設時施工，その後同じ目的で斜面上部のこぶ状塊（5,000㎡）を除去し斜面の安定を図る。

c，浸透水防止工

発電所背面の地表水のうち，地下へ浸透するおそれのあるものはすべて石張，張コンクリートによって排除……建設時実施。

d，地下水処理工

浸透水防止工によって，地表水の浸透を防ぐと共に擁壁背後にグラウト工を行った……建設時施工，41，42年には発電所下流に80mの水抜横坑を上流に30.5mの水抜横坑を掘り相当量の湧水を排除している。

その後，水路，鉄管等の工作物に障害が見られる時点から，

a，水圧鉄管の補強

昭和39年11月，特に変形著しいNo.17号管上流部は，鉄板を切り取り，山型鋼補強材を挿入，鉄管を二重化した。

このような施工をしても毎年その部分において変曲，亀裂等発生。昭和41年度以降毎年春点検，秋修繕を実施し今日に至っている。

b，導水路修繕

通加距離 1,400mより水槽までの間 535 mの水路円周各所に巾3%～8%の亀裂が生じ隔年毎に修繕を行なって来た。

(2) 建築，電気工事

建築，電気関係対策は，すべりを停める様な直接的工事ではなく，保安上に基づいた防衛的なものであることは止むを得ない。

a，配電盤室撤去工事

昭和42年，地盤移動に伴う各部亀裂，落石等発電所周辺に発生，勤務員安全上の見地より，本館最上部に位する配電盤室の移動を決意，同年11月その工事を完了した。

内容は，発電所対岸山頂平地部（154 K V電気設備所在）に監視所を新設，本館配電盤室内の所在設備を新設監視所と本館キュービクル室内に分散，設置，配電盤室を撤去した。

この時点より当所運転員全員は監視所に移転し安全を確保，当系3発電所はここより運転制御監視され今日に至っている。

b，キュービクル室内機器移設

昭和42年配電盤室より移動した設備（発電機ベンチボード盤2面，電器盤8面，所内Tr整流器，ABCキュービクル）が早くも地すべりのためキュービクル室が押しられたため傾斜し危険となった。

よって同室内安全場所（上流側）に移転した。

c, 配開装置移設

地すべりは毎年100%程度の移動で止まる処を知らず、遂にキュービクル室を破壊し始めた。このキュービクル室は本館を押しこのまま放置すると本館の破損を招くものと判断、昭和47年9月、キュービクル室内の全機器を発電機室へ移転しキュービクル室を撤去、全工事は同年12月5日完了した。

これによって当発電所は本館だけの他に類のない発電所となった。

4 地すべりの移動量測定結果

(1) 移動量について

当所では、昭和46年7月以来、地すべり移動量を測定し、その動向を予知し工作物被害対策を講ずる目的のため実施して来た。

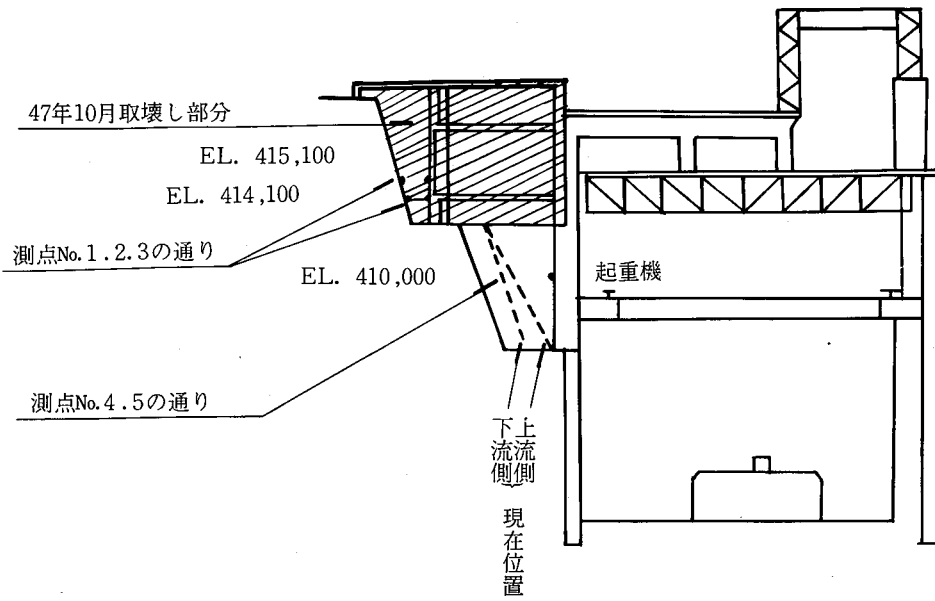
図-10は測点を示したものであり、表-4は移動量の記録である。

表-4 第三発電所移動量測定記録

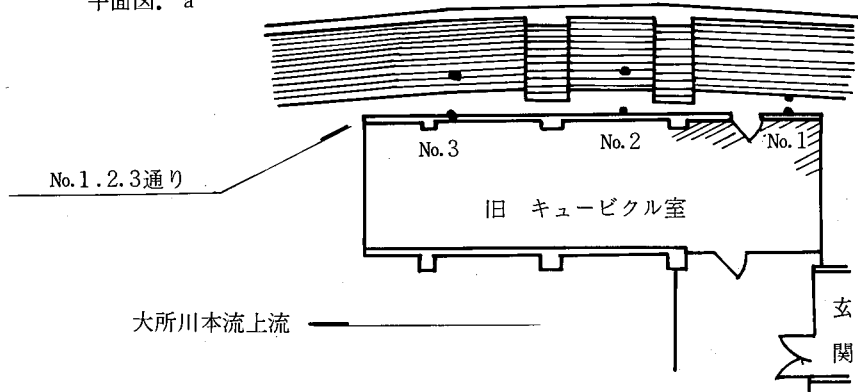
年 月 日	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5
46. 6 .15	新 設	—	—	—	—
7 . 1	—	863	—	—	—
17	17	858	987	1,238	682
28	23	853	986	1,234	681
8 .14	30	—	975	1,228	675
18	32	842	973	1,227	675
24	34	840. ^s	969	1,223. ^s	673. ^s
9 . 7	39	833	962	1,220	671. ^s
14	43	830	958. ^s	1,218	670. ^s
25	48	824	951	1,212	666. ^s
10 . 7	50	821	949	1,210	666
17	53	818	946	1,206	663
27	57	816	943	1,204	662
11 . 6	59	812	940	1,203	662
30		807	938	1,200	659
12 . 9		804	934	1,198	658. ^s
47. 1 . 6		796	928	1,192	655
19		795	928	1,191	655
2 . 4		789	923	1,187	651
3 . 6		783	917	1,182	648
28		776	911	1,176	645
4 .24		768	904	1,169	641
5 .15	新設 352	760	892	1,162	635
20	350	759	890	1,162	635
6 .14	350	754	888	1,155	629
7 . 4	346	746	882	1,152	629
20	339	741	879	1,149	627
8 .19	325	733	872	1,139	623
9 . 1	327	731	870	1,138	622
11	328	728	867	1,137	622

No. 1 の昭和46年11月30日～昭和47年4月24日の間は、それまでの測点は観測不可能と成ったため中止し、昭和47年5月15日測点を新設して観測を再開した。

断面図



平面図. a



平面図. b

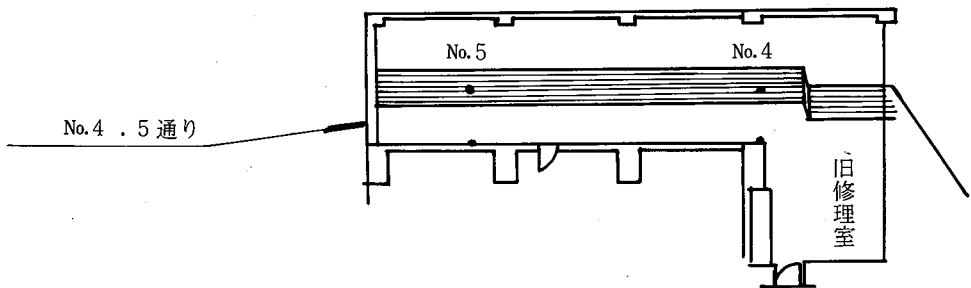


図-10 地すべり移動測定点

この結果、昭46年7月17日より昭47年7月20日の1年間の移動量は表-5の如くなり、測定2.3 (E. L415.1m) より測定4.5 (E. L410.0m) の移動量は少ない。換言すれば高い部分の方が多い事となるが、測定4.5点は既に本館建物と擁壁下部が一体となっているので本館建物で喰い止めていると思われる。

又、測点2が測点3よりも、測点4が測点5よりも移動量が大きく、従って上部 (E. L415.1m)、下部 (E. L410.0m) 共に本川下流側の移動量が大きくなっている。これは昭47年11月撤去したキュービクル室の損壊状況から見ても立証出来る。

(図-10、平面図aの斜線標示部分の破損がひどかった。)

表-5 過去一年間の地すべり移動量 (mm)

測定年月日 \ 測点	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5
昭46.7.17	—	858	987	1,238	682
昭47.7.20	—	741	879	1,149	627
年移動量		117	108	89	55
日平均移動量		0.32	0.29	0.24	0.15

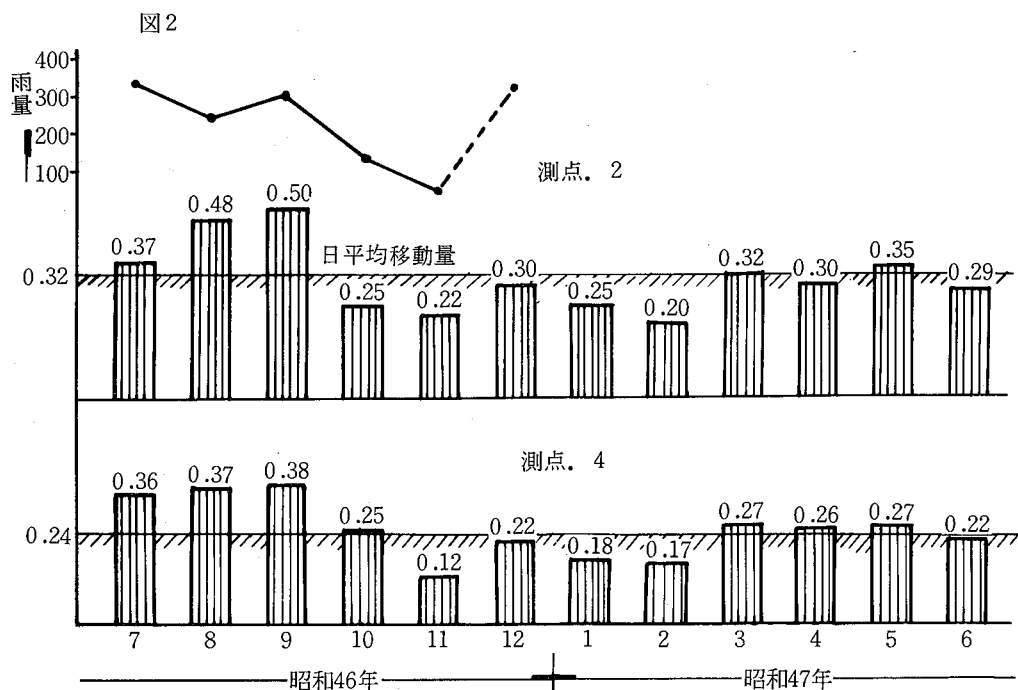


図-11 月別、日平均移動量

次に移動量が季節や降雨に関係があるものかどうかを調べたものが図-11である。これによると日平均移動量（表-5）を上まわっている月は7・8・9月の夏期で降雨量も300mm前後と比較的多い月となっている。そして、3・4・5月の融雪期はほぼ平均並みに推移している。（降雨量と河川流量の相関あり、旧河原ぞいの地下水影響も注目）そして積雪期の1・2・12月や降雨の少ない10・11月などは小さくなっている。

1年間の測定実績だけで結論はむづかしいが、今までの結果を集約すると、

I 地すべりは発電所、山側を総体的に圧しているが下流側が大きく、年100mm内外の移動となっている。

II 1日平均移動量は下流側測点で0.24、0.32mmである。

III 月別、日平均移動量は下流側測点2で0.20~0.50mm、同測点4で0.12~0.38mmである。

IV 移動量の多い月は、降雨期や融雪期で冬期積雪期は少ない。

上記各項については、予想はしていたものの、本調査結果から数値的にも立証されたこととなりこれからも保守運転上の日常行動には一層の注意が必要である。

5 地すべり発生機構

地すべりの障害を防止するための各種の対策工事が進められて来たが、なお今日発電所周辺において年平均100mm前後移動している事については、前項各項で説明したが、この強大なエネルギーの発源である、地すべりの範囲について説明を加える。

過去における国土防災の調査結果……航空写真、導水トンネルのクラック、水圧鉄管のちぢみ、発電所本館の破損状況等の考察から……では、この地すべりは現在直接被害の出ている発電所周辺だけの活動でなく、東、西の沢にはさまれた通称「トドミネ」と称する頂で囲まれた面積約38ヘクタールに及ぶ広大な面積の活動であると結論づけている。次頁図-13の斜線範囲内。

この範囲内については、又次の如く裏付説明がなされている。

- a, 地形図の等高線が非常に不規則であること。
- b, 航空写真やこの範囲を遠望しても第一次滑落崖が明瞭である。
- c, 周辺部は山林であっても用水附近の緩傾斜地では棚田が開かれており、又その形跡がある。
- d, 調査区域内の所々に、二次すべりによる滑落崖があり、冠頭部に大規模の一次滑落崖がある。
- e, 頭部（ふつう移動層の滑落崖に近い部分をいう）には顕著なクラックが多くみられ、その中でも3ツは高さ巾4~5mの亀裂が存在している。
- f, 調査地区の頂部から下方末端に向っての断面地形をみると波形をしている。
- g, 調査地附近には過去において、地すべり、山くずれを生じた個所が3ヶ所顕著にみられる。

又、地質的には弱線地帯で岩質は硬質の砂岩、頁岩及び蛇紋岩より成り立っており、調査地内には露頭が少く、詳細な地質分布ならびに構造は不明であるが、地すべり地域は丁度、蛇紋岩の分布範囲内であり、地すべり地を東西に区分する小溪が蛇紋岩の層界と考えられる。……以上、「大所川第三発電所地すべりについて」高田保修所土木係小冊子より抜粋。

この調査結果に基づき、ボーリング調査、電気探査、調査区域移動量観測、地下水観測等、本

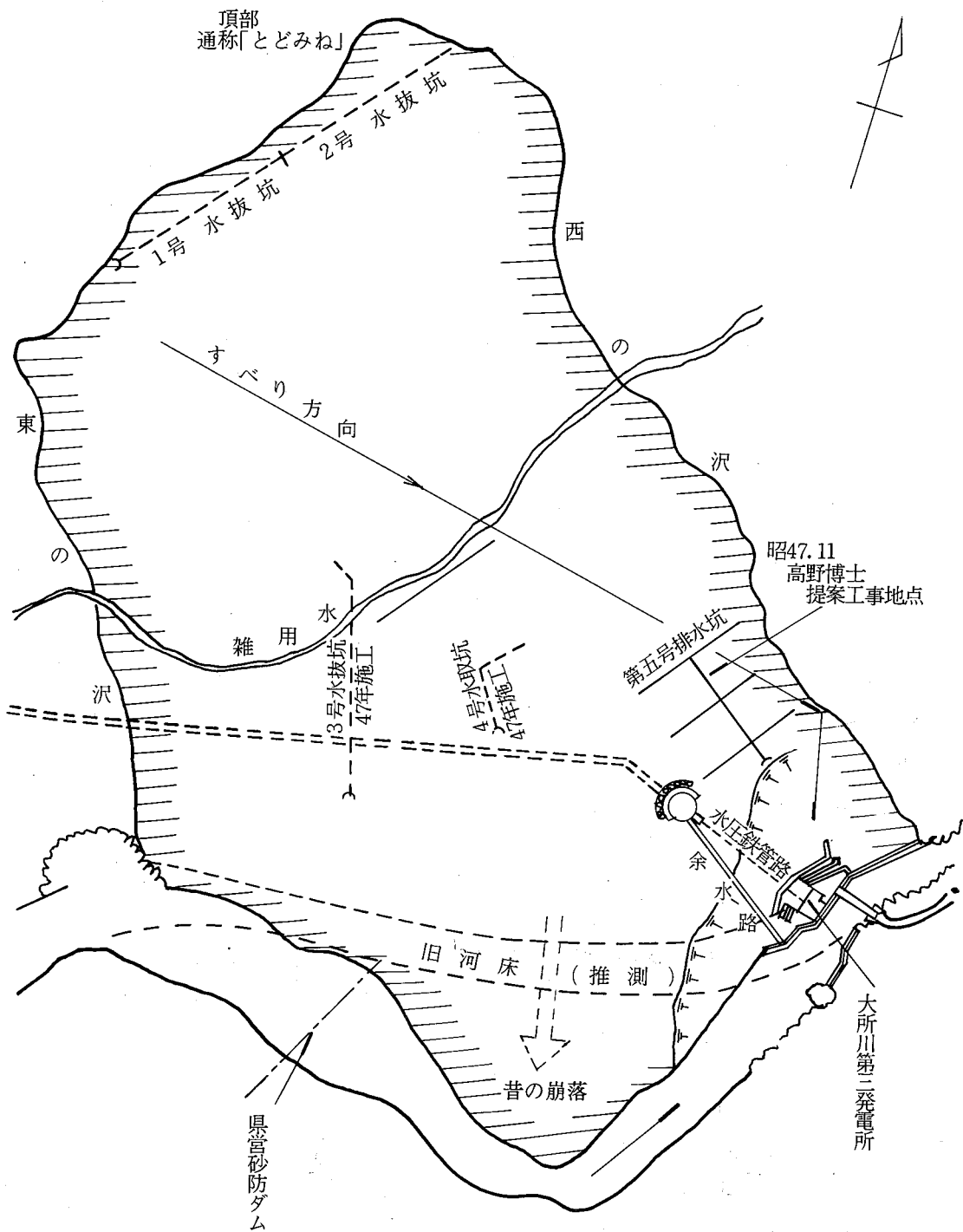


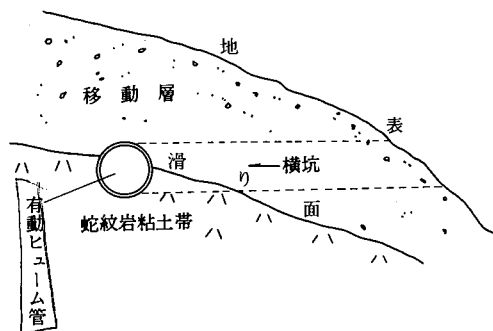
図-12 地すべり範囲説明図

格調査が行なわれたが、この結果、前記、地下水調査やボーリング調査から、この地すべりは蛇紋岩と砂岩との層界附近から供給される地下深部の地下水が主因である事が結論づけられた。

6 地すべり防止工事

地すべりの主因をなす地下水については降雨など外部から供給されるもの、自然に地層内を流れているもの等があり、降雨の影響については当時は明らかでなかったが（当所の調査結果では3-1記載の通り影響あり）いづれにしても、地すべり面に地下水が滑剤となっていることは確かで、そのためには、この地下水を何等かの方法で外部へ排出せんと実施しているのが現在続けられて居る水抜横坑設置工事である。

この内容について融れると、下図の様に地表より横坑を掘りつつすべり面を探索、滑り面に到達した箇所



達した箇所横坑を左右に拡げ、滑り面の地下水をこの横坑によって吸出しようとするものであり、横坑の深度やその位置についてはボーリング検層、その他の調査で決定されたものである。

図-13 水抜横坑設置図

今日までに実施した内容を次頁図-14によって説明すると、

- | | |
|--------------------|----------------|
| 一号水抜横坑（図左上） | 昭和46年度施工完了 |
| 二号 〃 （ 〃 ） | 〃 47年 〃 |
| 三号 〃 （図中央） | 〃 〃 施工, 48年度継続 |
| 四号 〃 （ 〃 ） | 〃 〃 〃 〃 |

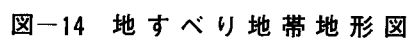
の四地点で着々進捗して居り、現実一号横坑出口からは100ℓ/minの水が噴出しているが、二号横坑は浸透水程度でその量は極めて少ない。

又、本年度実施した三、四号横坑については、滑り面が発見出来ず、又、地下水も見あたらないため、去る11月地質学の専門家である高野博士を招き現場調査をして戴いた処、次の様な事が明らかにされた。

- (1) 第三号、第四号横坑地質調査から、地すべりは図-12矢印の方向に生じて居り、そのすべり面は平坦ではない。
- (2) 今後はすべりの方向を明確に調査し、すべり面に沿って隧道の掘進をすべきである。
- (3) 第三横坑、堀さくの結果、確実にこの附近が活動していることが判明したが、仮にこの附近における排水効果が現われたとしても、これが発電所の被害防止に影響を及ぼすには、かなりの時間が必要である。
- (4) 発電所の被害は一日も猶予できない状況から速効的な対策工事が必要である。このためには、

写図 伊井春雄

写図 伊井春雄



水槽と東側溪流との中間附近を対象とした排水工事を施工し、速効的な防止工事に切替える必要がある。

以上で特に博士は上記(4)の見地から第五号隧道の掘さくを提案され、更に工事に際しては地下水溜りに遭遇する可能性があって、危険性も高いので先進ボーリングを行なって、掘進むことが望ましい。との安全面を指摘された。

この調査結果に基づき、現在第五号横坑推進のためのボーリング調査が行なわれて居り、昭和48年度はこの地点の工事が主体となるであろう。

7 発電所の保安対策

以上、地すべりの発生原因、範囲、移動量、各種対策工事について記載したが、本年度実施の配開装置移設とキュービクル室の撤去によって当面の機器保安対策と本館破損防止対策は完了したものの、次頁図-15のA点においては、年間50～90mmの移動（表-4参照）が続いて居り、余断は許されない。

ここで本館並びに水圧鉄管の状況を考察すると、

- 起重機より上部の山側本館建物壁のキレツ、破損はキュービクル室の撤去によって、これ以上進行しない。
- 発電機室、本館山側壁は損傷が見られない。
- 水車室、補機室は全然異常が見られない。
- 水圧鉄管は17号管附近で著しい歪が生じ毎年補修を実施して居り、今後も続きそうである。
- 起重機軌道に障害が出たので昭和45年軌幅修正を実施したが、現在小康状態にある。

之等の事から鉄管17号管附近と発電機室壁を結ぶすべり面が予想される。（図-15の点線）

このすべり面予想線によったすべりが生じているとすれば、水車発電機は従来と同じく今後も障害は出ないものと判断してよい。

然し起重機と水圧鉄管は前項詳記した地すべり防止工事が成功しない限り、今後も破損障害が存続し数年後には運転の継続さえ危ぶまれるのではないかと憂慮している。

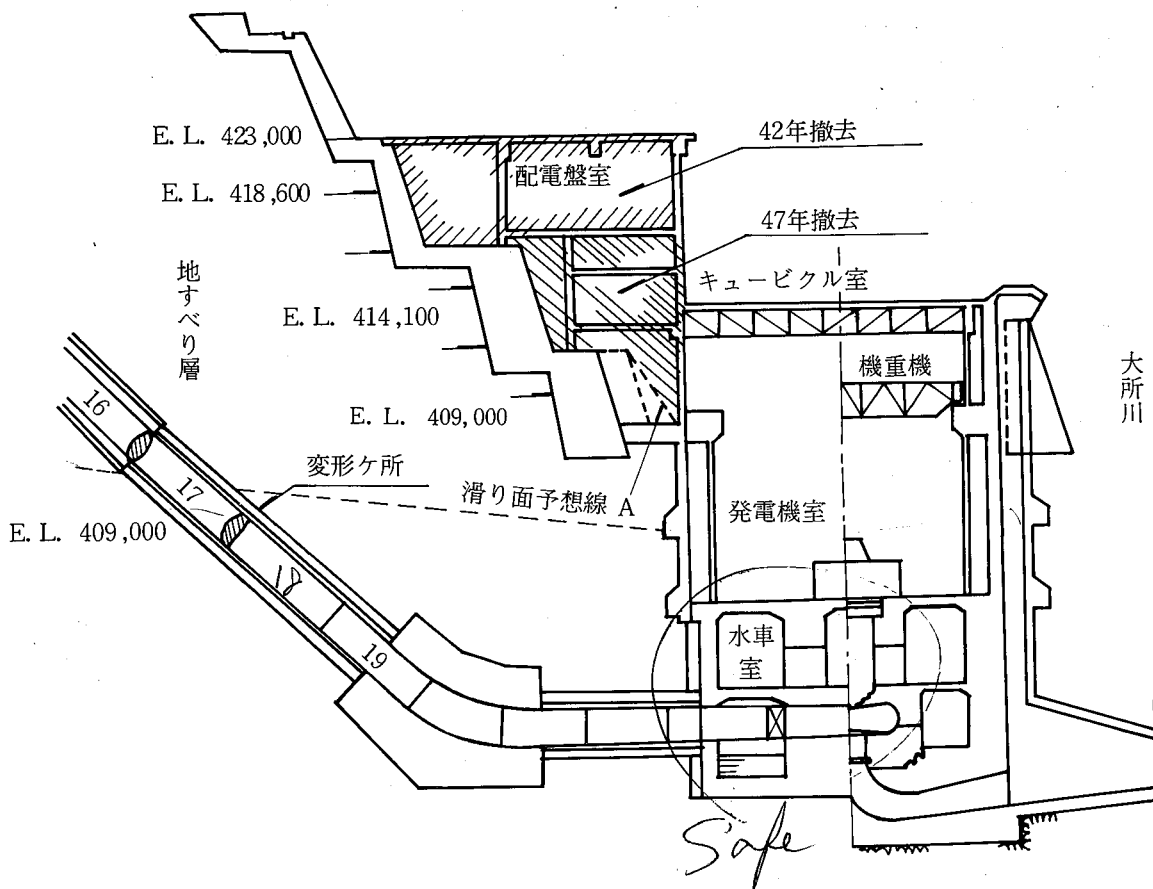
特に、表-3に示した測点4.5位置すなわち図-15のA点は、すでに擁壁と本館とが接触している部分もあり、早急にこの擁壁除去が必要である。

本格対策である水抜横坑工事は、広大な面積の中で最も効果的な場所を選定し近代工法を以て実施したとしても短時日に完成出来るものでもなく、さして速効は期待する方が無理である。

よって、今後もこの工事とは別に発電所周辺防衛工事も怠ってはならない。

当所もこの観点から尚一層観測点検に努め、情報を提供し改修方向を見出し、当発電所永続安泰運転を希うものである。

図-16「被害状況図」は昭和46年11月当所において調査した発電所本館周辺被害（亀裂；隆起）状況である。



図一15 大所川第三発電所断面図

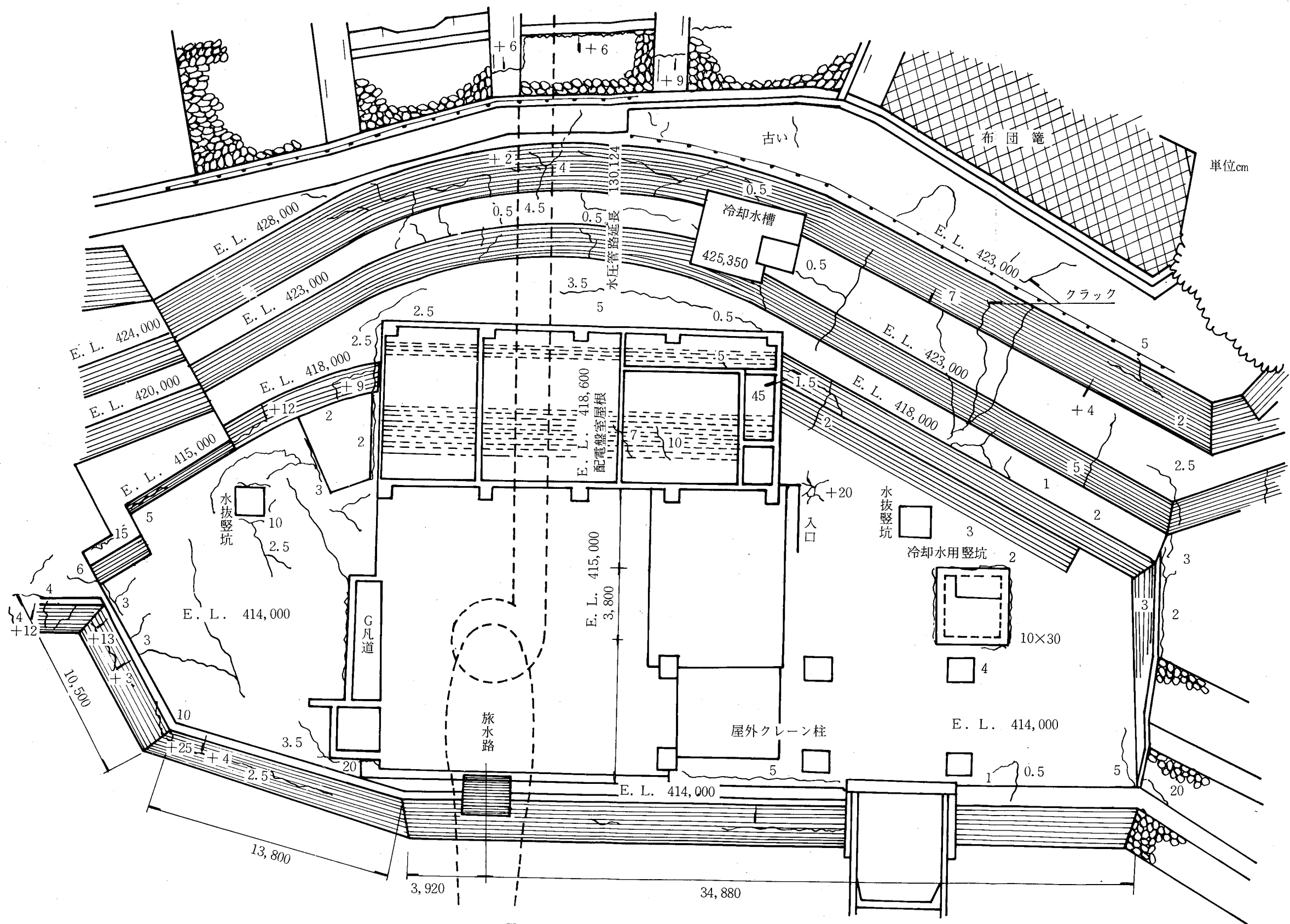


図 - 16 被害状況図 (平面図)

姫川流域の地すべり

昭和53年9月

編集・発行 地すべり学会新潟支部
土質工学会北陸支部

印刷 株式会社 文久堂

新潟市礎町六 TEL代28-3085
