

福島県会津地方における第三紀層地すべりの地質特性

安藤 武*・大久保 太治*・橋本 尚幸**

On the Geological Characters of Landslides in
the Aizu District, Fukushima Prefecture

By

Takeshi ANDO, Taiji OKUBO

&

Naoyuki HASHIMOTO

Abstract

Dense landslides are found in the Aizu district, where so-called "green tuff system" of Neogene Tertiary crops out. The landslides in this district can be defined loosely as "Green tuff type" ones. The authors investigated the interrelationships between landslides and geologic conditions such as rock facies, geologic structure, sliding horizon, etc.

1) Slides are classified into four types firstly; in reference to rock facies (1) mainly consist of tuffaceous mudstone, (2) mudstone and tuff, (3) rhyolitic tuff, (4) alternation of mudstone, tuff, sandstone and conglomerate.

2) Most landslides are closely related to fault, folding axis and sheared zone. Therefore, the landslides in the district are affected not only by rock facies but also by geologic structure.

3) Ruptures are closely related to some clay that consists of zeolite or zeolite bearing montmorillonite changed from tuff, and other which has peculiar composition of montmorillonite, illite and chlorite, from mudstone.

4) Underground profiles which were compiled from the data by drilling, seismic and electric prospectings of the main landslides are illustrated as figures.

1. ま え が き

第三紀層地すべりの地質学的研究の一環として、福島県会津地方の地すべり地域を対象として取りあげた。この地域は羽越褶曲帯の縁辺部に位置し、構成岩類として、緑色凝灰岩類および凝灰質堆積岩類が卓越している。この研究では、地質構造と地すべりとの関係、地すべり層準の性質、地すべり地区の地下構造や風化機構などを明らかにし、「グリーン・タフ型」地すべりの地質特性を検討することを目的とする。

調査に際しては、福島県砂防課・耕地課および森林土木課の協力をいただき、また喜多方建設事務所・喜多方林業事務所および会津若松農地事務所からは防止事業関係の資料の提供をうけ、またいろいろ便宜をはかってい

ただいた。これらの関係機関の各位に対して、ここに深甚の謝意を表する。

2. 地質と地すべり

2.1 地質と地すべりの分布

福島県下で地すべりの分布する地域は県北西部の会津地方・県中央部の中通り地帯および大平洋岸の浜通り地帯に大別されるが、地すべりの大多数は会津地方、とくに会津盆地北西部の新第三系地域で発生している。会津地方における地すべりの歴史は古く、かつ規模の大きなものが多い。また豪雨時には大小多数の崩壊をおこしている。これらを一括して会津地すべり群と呼ぶことができる。

調査地は喜多方市・熱塩加納村・山都町および西会津町にわたる喜多方市街北西方の丘陵地域である。調査地域の地質と地すべりの分布状況は第1図のとおりであ

* 応用地質部

** 技術部

る。この地域は羽越褶曲帯の縁辺部に相当し、いわゆるグリーン・タフ地域の一部を占める。この地域の地すべり群は、新潟・山形両地方と地質的に関連する裏日本の第三紀層地すべりであるが、この地域は1つの独立した地質構造区を形成している。古生層とこれを貫く花崗閃緑岩が基盤として分布し、新第三系がこれらを広く覆っている。新第三系の層序はかなり複雑で、かついちじるしく層相変化に富んでいる。また火山活動や地殻変動が激しかった地域である。

このため各々の地すべりは、互いに類似性に乏しく、それぞれの構成岩相や地下構造が多様性に富んでいる。一般的に、緑色凝灰岩および凝灰質の砂岩・泥岩が多く、第三紀層地すべりの「グリーン・タフ型」とみなされる。

2.2 層序および岩相

地質層序は第1表に示すとおりである。

この地域の層序は鈴木敬治ら(1951・1968)によってほぼ確立されている。新第三系から第四系最下部層までは、下位の山郷層群と上位の山都層群に大別される。山郷層群は下位から利田層(黒岩層)・萩野層(五枚沢層)・縄沢層(二の沢層)・譲峠層・塩坪層に、また山都層群は下位から藤峠層・和泉層および七折坂層に細分される。山郷層群は中新世中期～後期の海成層で、萩野層・五枚沢層・縄沢層および二の沢層の大部分は緑色凝灰岩からなり、その他の地層もかなりの凝灰岩を挟在する。山都層群は中新世後期～洪積世前期の堆積層とされており、最下部を除きほとんど陸成層とみなされる。地すべりはいずれの層準にも分布し、岩相および構造の特徴を反映したものが発生している。一般的な岩相は次のとおりである。

(1) 利田層および黒岩層

両者は層序的にはほぼ対比される地層であるが、会津盆地の両縁山地では利田層、北縁山地では黒岩層と呼んでいる。利田層はおもに成層した暗灰色泥岩・アルコーズ質砂岩および礫岩からなり火山砕屑岩は少ない。下部には古生層の礫を含んだ基底礫岩層や粗粒～中粒の砂岩層が発達している。上部に向かって砂岩・泥岩に移り変わり、最上部の暗灰色泥岩は厚さ100m前後に達する部分もある。基盤岩を不整合におおっている新第三系最下位の地層であるため層厚および層相の変化がいちじるしい。黒岩層は主として砂岩・泥岩の互層からなり、しばしば緑色凝灰岩をはさむ。

この緑色凝灰岩はところにより厚く発達し、また流紋岩や安山岩の礫を含む礫岩層を挟有することがある。

(2) 萩野凝灰岩層および五枚沢川凝灰岩層

軽石および火山礫を含んだ緑色凝灰岩・角礫質凝灰岩

および砂質凝灰岩を主とし、流紋岩の熔岩および砂岩・泥岩の薄層を挟有する。

(3) 縄沢層および二の沢層

縄沢層は従来二の沢層として扱われていたものを含めている。緑色の斑点を示す軽石質凝灰岩・火山礫凝灰岩・細粒凝灰岩・砂質凝灰岩・砂岩および黒色泥岩からなる。岩相および層厚の変化がいちじるしい。

上部はおもに砂岩または砂岩泥岩互層からなり、中部はおもに凝灰岩類からなり、下部は黒色泥岩・砂岩・砂質凝灰岩および軽石質凝灰岩からなる。新村から滝坂にかけて局地的に、新村泥岩層と呼ばれるかなり厚い泥岩層が発達する。山都町沼の平付近を標式地とする二の沢層はおもに砂岩・泥岩・凝灰岩の互層からなる。凝灰岩類がとくに優勢となる部分があるが、これは円田凝灰角礫岩と呼ばれている。二の沢層には沼の平地すべりなどが発生している。

(4) 与内畑層

五枚沢川筋に標式的に発達するが分布は与内畑付近の狭い範囲に限られている。層理の発達した暗灰色泥岩を主とし凝灰岩を挟有する。東方に向かって急激に岩相が変化し、凝灰岩層や砂岩層をはさむようになり、二の沢層下部に移行するといわれている。与内畑層には石膏鉱床(与内畑鉱山)が胚胎され、また与内畑地すべり・板の沢地すべりなどが発生している。

(5) 譲峠層

おもに硬質頁岩・黒色泥岩からなり凝灰岩や砂岩の薄層を挟有する。本層は岩相や化石から、女川階にほぼ対比されている。

(6) 塩坪層および戸中凝灰岩

下部から主として砂岩・泥岩の互層、砂岩・泥岩・礫岩・凝灰岩の互層および中粒砂岩からなる。戸中凝灰岩は多量の軽石を含む凝灰岩および角礫凝灰岩からなり、ときに泥岩および砂岩の薄層を挟有する。戸中凝灰岩は譲峠層および塩坪層と指交関係にある。

(7) 藤峠層



















おもに礫岩・砂岩・泥岩の互層からなり、しばしば凝灰岩および亜炭の薄層を挟有する。最下部に池の原砂岩層と呼ばれる石英質粗粒砂岩が発達する。本層からは多くの植物化石を産出するが、最下部からは浅海性の貝化石が発見されている。

(8) 和泉層

おもに礫岩・礫質砂岩・砂岩・泥岩の互層からなり亜炭を挟有する。下部には石英安山岩質凝灰岩が発達する。陸生植物や淡水性植物を多産し、鮮新世～洪積世の湖沼性堆積層とみなされる。

第1表 地質の概要
General description of geology

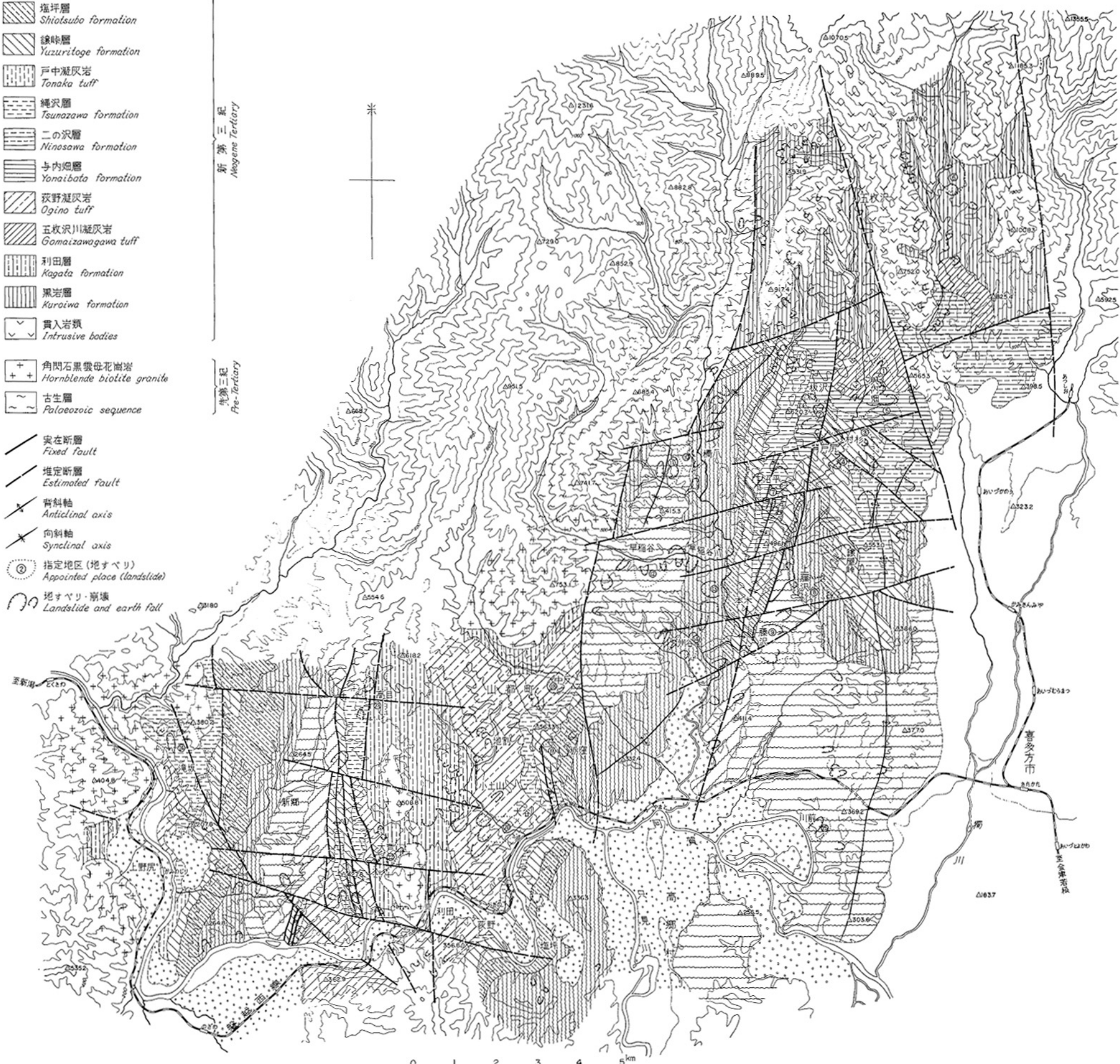
時代	地層名	岩相	
第四紀	沖積世	沖積層	礫・砂・粘土
		軽石層	軽石質砂
	洪積世	後期 段丘堆積物	礫・砂・泥
		前期 七折坂層	軟質の礫岩(砂岩・泥岩を挟む)・軽石質～砂質の凝灰岩
新第三紀	鮮新世	和泉層	礫岩・礫質砂岩・砂岩・泥岩の互層状, しばしば凝灰岩・亜炭を挟在する。
		藤峠層	主として砂岩・泥岩・礫岩の互層状。凝灰岩・亜炭の薄層を挟在する。最下部に石英質粗粒砂岩が発達する。
	中世	後期 塩坪層 (戸中凝灰岩)	砂岩・泥岩・礫岩・凝灰岩の互層状。上部は中粒砂岩が卓越する。
		讓峠層	黒色泥岩・暗灰色硬質頁岩・凝灰岩
	新世	中期 繩沢層←西部 北部→二の沢層	主に砂岩・砂質泥岩・泥岩・凝灰岩。凝灰岩類(細粒凝灰岩～凝灰角礫岩)がとくに優勢となる部分あり。
		萩野凝灰岩層←→五枚沢川凝灰岩層 (与内畑層)	主に軽石質綠色凝灰岩・凝灰角礫岩・砂質凝灰岩。砂岩・泥岩を挟在する。流紋岩熔岩をはさむ。
		利田層←→黒岩層	礫岩・砂岩・暗灰色泥岩・砂泥互層。黒岩層ではしばしば綠色凝灰岩をはさむ。
先第三紀	古生層および花崗岩閃緑	硬質砂岩・粘板岩・チャート, および角閃石黒雲母花崗閃緑岩	

-  冲積層
Alluvial deposits
-  軽石層・段丘堆積物
Pumiceous and terrace deposits
-  七折坂層
Nanaorizaka formation
-  和泉層
Izumi formation
-  藤峠層
Fujitoge formation
-  塩坪層
Shiotsubo formation
-  鎌峠層
Yuzuritoge formation
-  戸中凝灰岩
Tonaka tuff
-  縄沢層
Tsunazawa formation
-  二の沢層
Ninosawa formation
-  与内畑層
Yonabata formation
-  萩野凝灰岩
Ogino tuff
-  五枚沢川凝灰岩
Gomaizawagawa tuff
-  利田層
Kagata formation
-  黒岩層
Kuroiwa formation
-  貫入岩類
Intrusive bodies
-  角閃石黒雲母花崗岩
Hornblende biotite granite
-  古生層
Palaeozoic sequence

第四紀
Quaternary

新第三紀
Neogene Tertiary

先第三紀
Pre-Tertiary



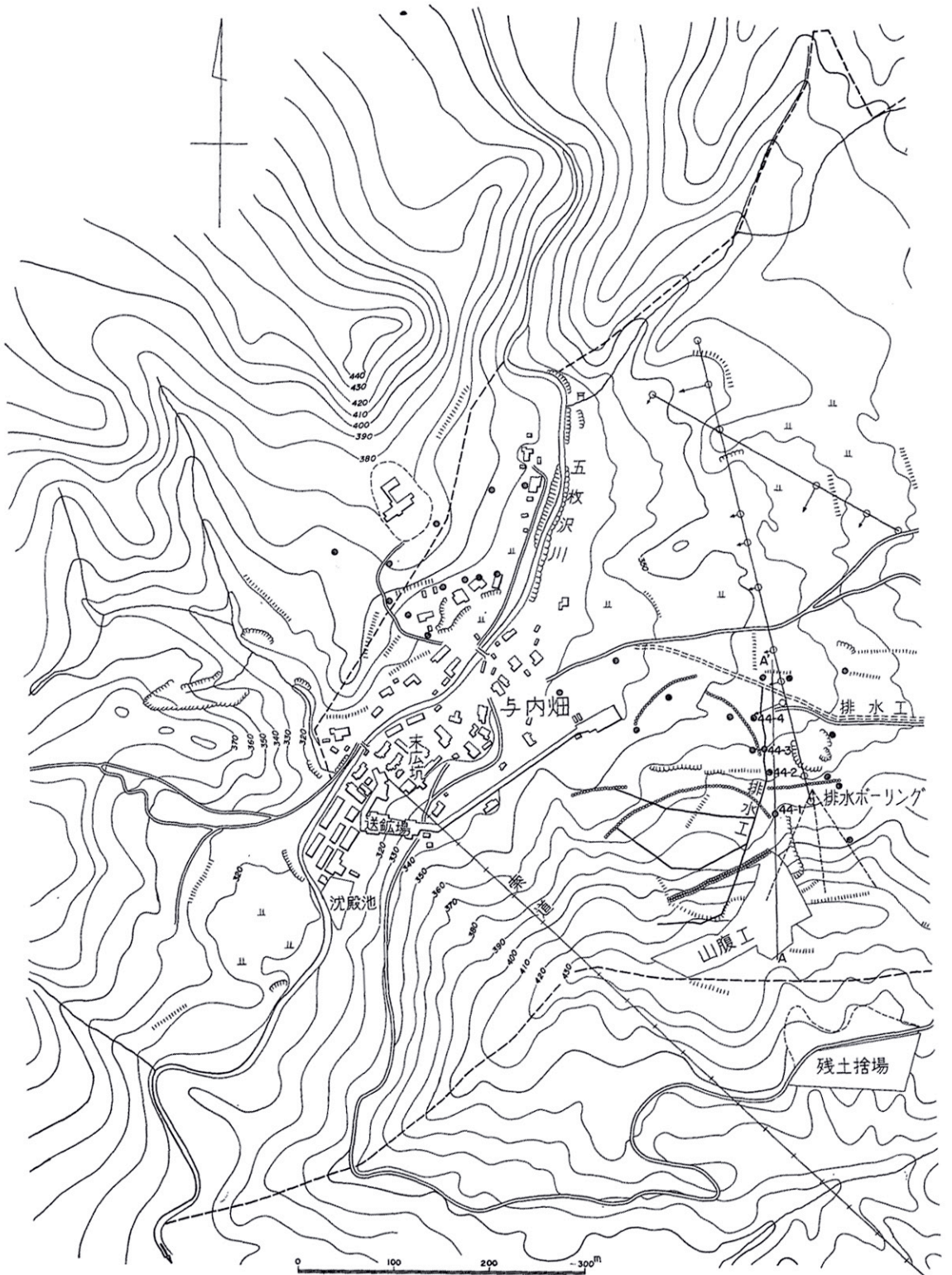
第1図 地質と地すべり分布

Distribution of landslides are connected with geology in the Aizu district

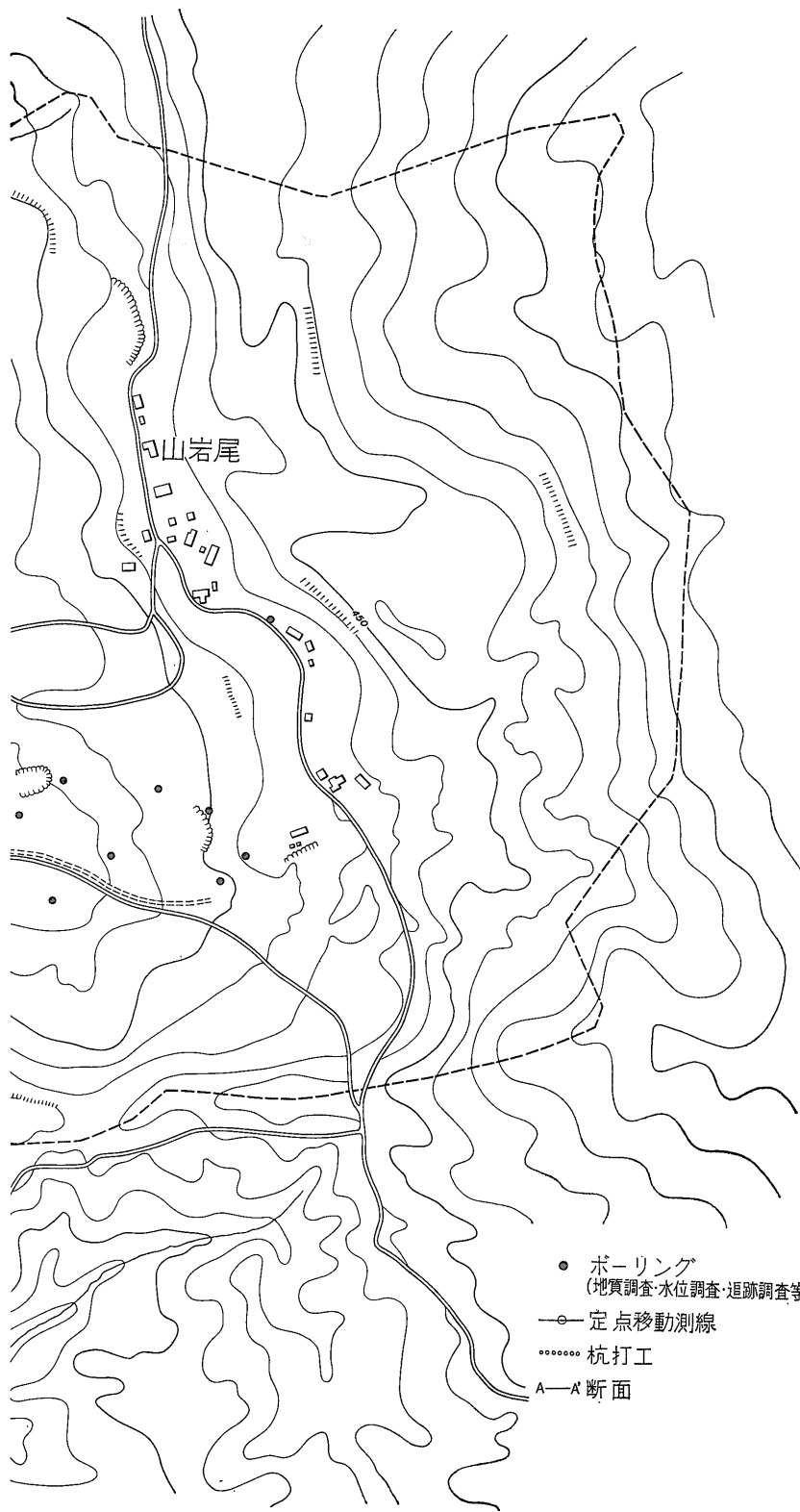
- (9) 七折坂層
おもに砂岩・泥岩をはさむ軟質の礫岩層からなる。上部には石英安山岩質凝灰岩が発達する。
- (10) 貫入岩類そのほか
新第三系を貫く流紋岩・石英安山岩・安山岩および玄武岩の岩脈あるいは不規則な火山岩体が処々に分布する。とくに会津盆地北縁山地には流紋岩(日中・三の倉山・二の倉山流紋岩など)や安山岩(高森山安山岩な

第2表 会津地すべり群一覧表
Summarized landslides in Aizu district

区分	地すべり			指定面積 ha	所管	水系	地すべり層準 (主要部分)	地すべり地区の岩質
	No.	名称	所在地					
会津地すべり群	1	与内畑	熱塩加納村	91.6	建設	五枚沢川	与内畑層	泥岩(石膏を伴う)
	2	板の沢	"		林野	"	"	泥岩・凝灰岩
	3	村杉	"	36.6	建設	"	譲峠層	泥岩
	4	脊戸尻	"	70.1	"	"	"	
	5	塩の沢	"	48.3	"	"	与内畑層・二の沢層	
	6	黒岩	"	48.3	"	御川	黒岩層	
	7	沼の平	山都町	39.8	"	五枚沢川	二の沢層	泥岩・凝灰岩
	8	上藤沢	"		"	"	譲峠層	
	9	藤沢	"	58.8	"	"	和泉層	泥岩・凝灰質砂岩・亜炭
	10	撫木(東部)	"	22.7	"	一の戸川	和泉層・藤峠層	泥岩・砂質泥岩・砂岩
	11	撫木(西部)	"		林野	"	和泉層	礫岩・凝灰岩・亜炭
	12	早稲谷	"	27.5	農地	"	"	
	13	本木	"		建設	"	藤峠層	
	14	州谷	"	21.4	農地	"	"	
	15	大谷地	"	40.0	"	"	"	
	16	立寄地	"	29.3	"	"	"	
	17	北橋	"	20.3	"	"	"	
	18	中反	"			宮古川	萩野層	
	19	栃窪	高郷村		林野	"	譲峠層・塩坪層	主として泥岩
	20	大谷	"	88.2	農地	"	萩野層	
	21	小土山	"	60.5	"	"	利田層	
	22	大芦	"	18.9	"	"	"	
	23	高目	西会津町	50.3	"	"	利田層・縄沢層	北部地区 緑色凝灰岩 南部地区 凝灰岩・砂岩 ・砂質泥岩・礫岩
	24	滝坂	"	147.0	建設	阿賀川	萩野層・縄沢層	主として緑色凝灰岩、一部に泥岩
	25	川前	喜多方市	36.0	農地	"	和泉層	



第2図 与内畑地
Yonaihata



区 平 面 図
landslide area

ど)の大きい塊状岩体が分布する。只見川・阿賀川流域には数段の段丘堆積物およびこれをおおう第四紀の軽石層・軽石質火山灰層などが割合に広く分布する。なお処処に崖錐堆積物が発達している。

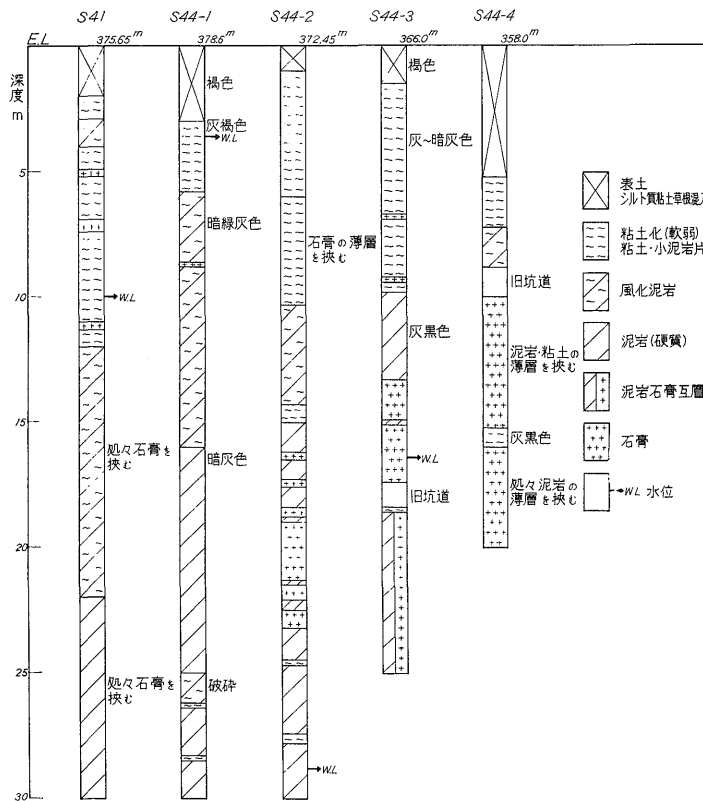
2.3 地質構造

前記の利田層や黒岩層の堆積が始まった時期から堆積盆地として発達しはじめた地域のものであり、全般的に海進が及ぶようになって海成層が堆積している。堆積の初期から流紋岩ないし石英安山岩の火山活動が活発で、萩野凝灰岩層・五枚沢川凝灰岩層・戸中凝灰岩などで代表される厚い緑色凝灰岩が堆積している。火山活動の際には局地的な隆起・傾動・陥没などの運動が行なわれ、このため層厚および層相にいちじるしい変化が生じているものとみなされる。また新第三系の堆積過程には褶曲や断層などの造構造運動が強く行なわれたものと推定される。この地域では、褶曲・断層構造は地形にも比較的良好に反映しており、山稜を構成している背斜構造と、河谷や低地を形成している向斜構造はほぼ南北に雁行配列している。示差侵食の結果として硬い岩質の部分は割合

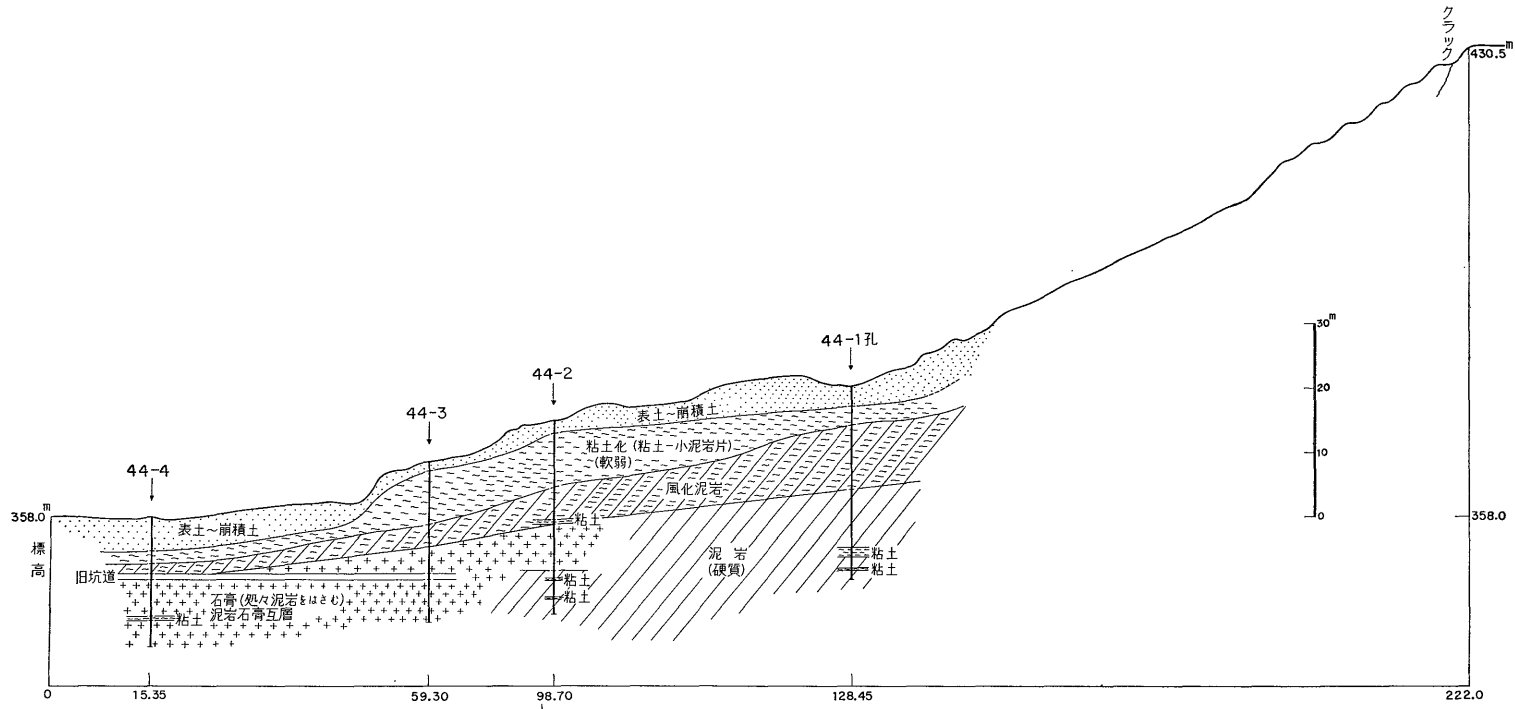
に急峻な地形をなしている。数段の河岸段丘の発達や先行谷の形成は第四紀の隆起運動を暗示している。褶曲構造・断層の分布・第四紀の隆起・侵食地形の発達などは地すべりと密接な関係にあるといえる。

3. 地すべりの各論

阿賀川支流の一の戸川および五枚沢川の流域に分布する地すべり群と高郷村から西会津町新郷地区の丘陵地帯に分布する地すべり群とに分けられる。この地域には第三紀層地すべりが多発しており、防止対策が必要とみなされている地すべりのみでも、第2表に示すように約25箇所に及び、このほかの小規模な地すべりや今後地すべりが発生するおそれがあると考えられる箇所も含めると相当な数に達する。この地域の地すべりは地質構造および地すべり層準の違いによって、種々の地下構造を形成しており、また、地形・地下水・降雨などの条件によっていろいろな状態で発生している。地質構造との関連・地すべり層準の岩質・風化の状況・地下構造の特徴などを理解するため、対策事業のボーリング・弾性波探査・



第3図 与内畑地すべりのボーリング柱状図
Boring profiles in the Yonaihata landslide area



第4図 与内畑地すべり断面図(A-A')
 Cross-section of the Yonaihata landslide (drill holes 44-1, 2, 3 and 4)

福島県会津地方における第三紀層地すべりの地質特性 (安藤武・大久保太治・橋本尚幸)

電気探査などの資料をも参照して、代表的な地すべりに
ついてつぎに記載する。

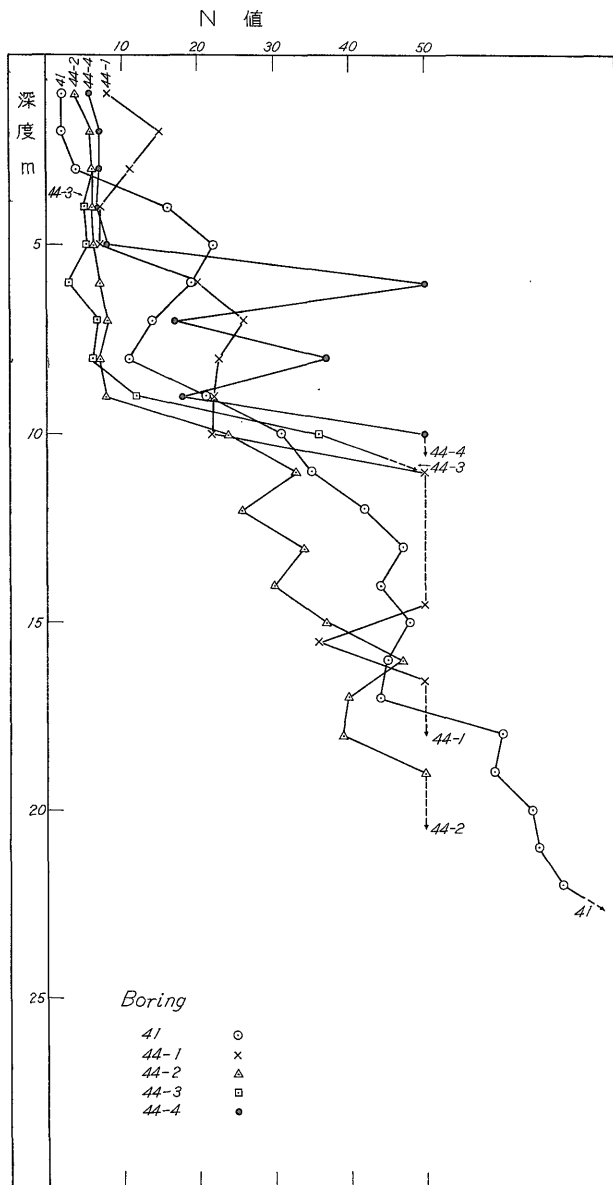
3.1 与内畑地すべり

(1) 概 要

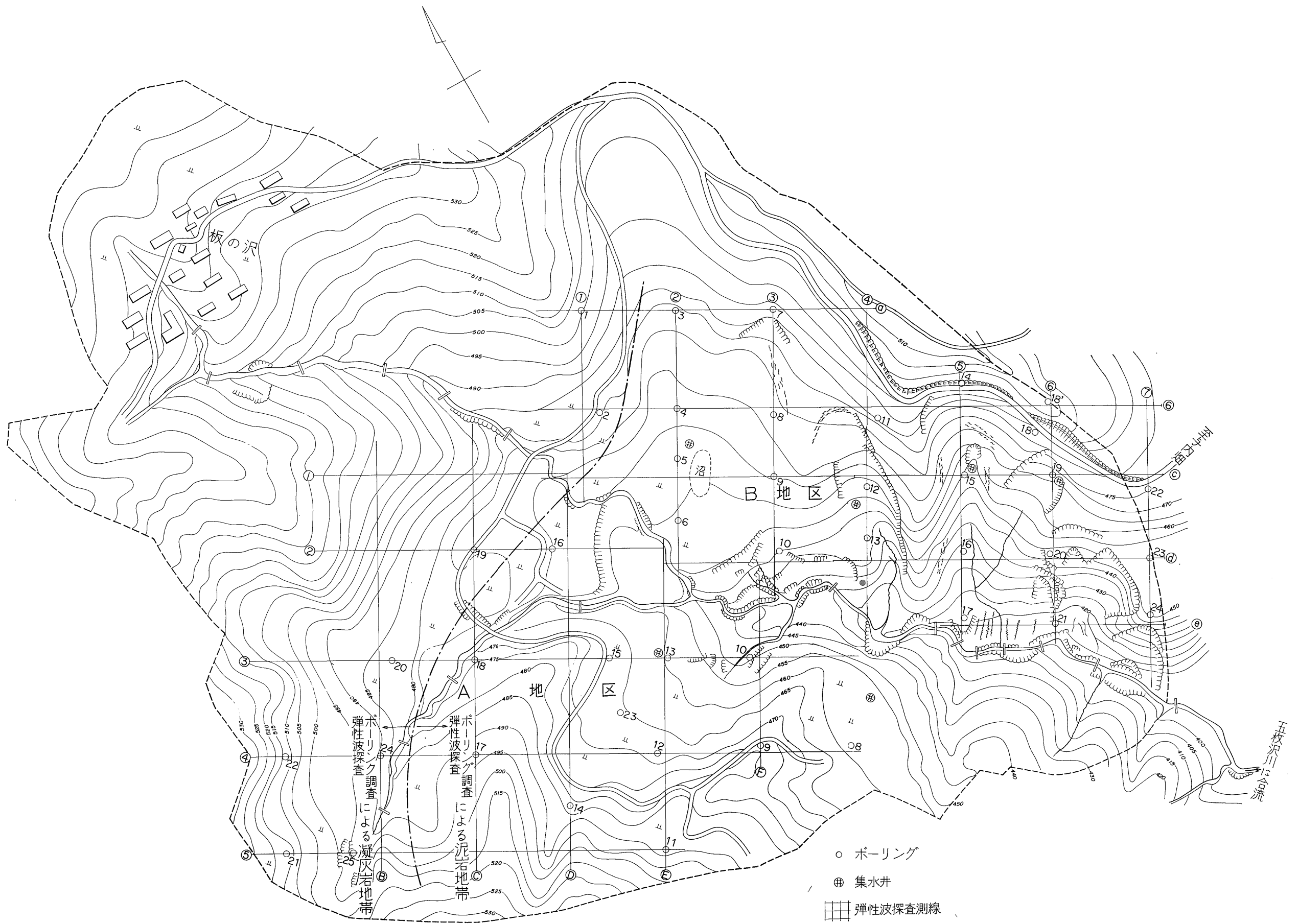
熱塩加納村にあり、与内畑と山岩尾の集落を含めた地区
で発生しており、なお指定地区内には石膏を産出する
与内畑鉱山がある。地すべり地区は全体的にすりばち状
の地形をなしているが、地区内には地すべり輪廻による

複雑な微地形が発達している。地すべりは回転すべりが
集合した連続的な性格をもっている。第 2 図に与内畑地
すべり地区の概要を示す。この地区では昭和34年ごろから
県によって調査および対策工事が継続実施されて、ボー
リング調査・すべり面調査・地下水追跡調査・水位観
測・移動観測などが行なわれ、また杭打工・排水路工な
どが施工されている。

(2) 地質および地下構造



第 5 図 与内畑地すべりの N 値測定
Variated diagrams of N-values in the Yonaihata landslide
(drill holes 41, 44-1, 2, 3 and 4)



第6図 板の沢地区平面図
 Fig. 6. Itanosawa landslide area.

この地区は中新統の五枚沢川凝灰岩層および与内畑層で構成されているが、滑動している部分は主として与内畑層に属する。地すべり層準はおもに暗灰色ないし灰黒色の泥岩からなり石膏を挟有している。石膏の交代作用とともに泥岩中には微細な硫化鉄がかなり 鉱染している。この泥岩は目立って軟岩および粘土に風化されやすい。この地区の原岩と風化との関係はほぼ次のようである (第3図参照)。

第1層 (表土層) ……褐色～茶褐色を呈するシルト質粘土で草根・小岩片などが混入する。厚さは数mである。

第2層 (粘土化層) ……茶灰色～灰色～暗灰色を呈する。粘土質と泥岩の小岩片で構成される軟弱な層である。表土層と粘土化層を合わせた厚さは地すべり斜面で一般に10～15mである。これは主要な地すべり母体では崩積層に相当するものとみなされる。

第3層 (風化泥岩) ……軟岩状あるいは破碎状泥岩の部分で粘土の薄層を挟有する。風化泥岩中には潜在すべり面が存在し、岩盤すべりをおこすおそれがある。

第4層 (泥岩) ……地すべりの基岩でほぼ安定している部分とみなされるが亜風化の軟質部を挟有する。多量の石膏を含んだ部分がある。

第4図は地すべり地区南側斜面 (A—A') の断面図で、地すべりの地下構造を概念的に示した。第5図に示

したN値測定の場合によると、深さ10m付近まで、ときには20m付近まで軟弱化している。

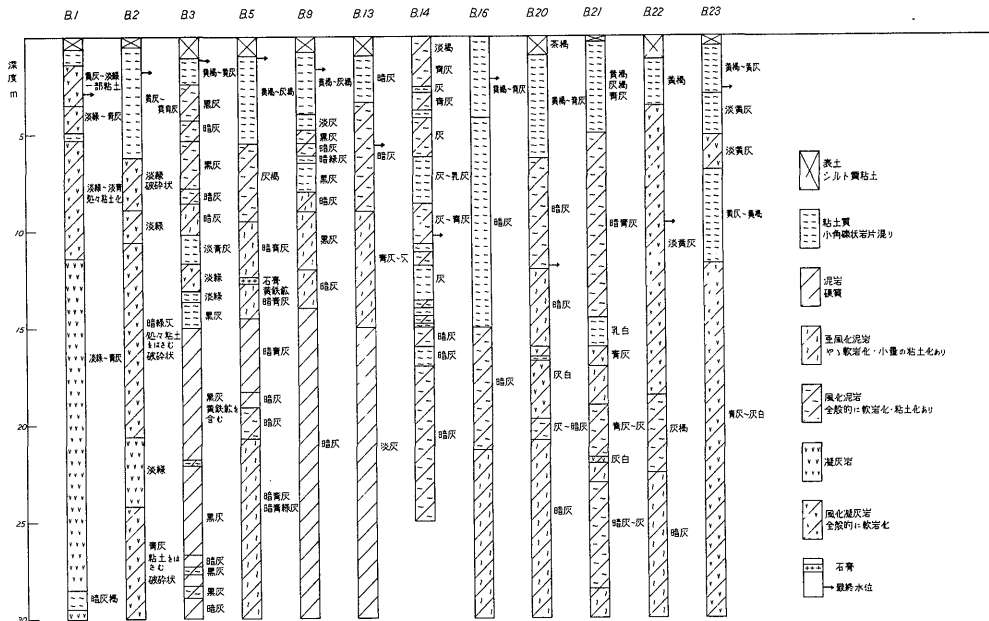
3.2 板の沢地すべり

(1) 概要

熱塩加納村字板の沢にあり、五枚沢川に流入する支溪の両岸で発生している。第6図に板の沢地すべり地区の概要を示す。右岸および左岸上流部ではわずかな動きが認められる程度で水田または荒地となっている部分が多い。左岸下流部は雑木林または植林地の急斜面であり、昭和42年8月の羽越水害時には地すべり崩壊をおこした。左岸地区には急斜面にかこまれた低平な凹地地すべりによる最近の地割れおよび滑落崖が認められる。回転すべりと崩壊が集合した複合的な地すべりの性格をもっている。昭和41年ごろから地質および地下構造調査のため多数のボーリングや弾性波探査が行なわれている。このほか歪計・傾斜計・標柱による移動観測、水位観測・揚水試験・水質試験・土質試験などが総合的に実施されている。これらにもとづいた対策として水抜工・杭打工・侵食防止工などが施工されている。

(2) 地質および地下構造

この地区は中新統の与内畑層および二の沢層からなるが、地すべりを生じているところは主として与内畑層に属する。地すべり層準は暗灰色～灰黒色の泥岩と緑色凝灰岩からなり、ともに鉱化作用による少量の石膏と硫化



第7図 板の沢地区 (B地区) のボーリング柱状図
Boring profiles in the Itanosawa landslide area (B area)

鉄とを鉱染している。緑色凝灰岩は指定地区の西側で卓越し、なお東側のBV22—23—24地帯にも分布するが、地すべりの主要部分はほとんど泥岩で構成される。緑色凝灰岩に挟まれる泥岩の卓越した地帯で地すべりの発達がいちじるしい。地すべり地区の地質条件として、推定断層の存在・破碎帯の分布および岩質が強く影響しているものと考えられる。

ボーリング調査でみられる風化帯は、多少の漸移関係または不連続関係にあるが、ほぼ次のような4層構造に分けられる(第7図および第8図参照)。

表土層および崩積土層(A層)……小さな岩片を含む軟弱なシルト質粘土からなる。黒色・暗褐色・茶褐色・黄褐色・黄灰色・灰色・暗灰色などを呈し色相の変化がいちじるしい。

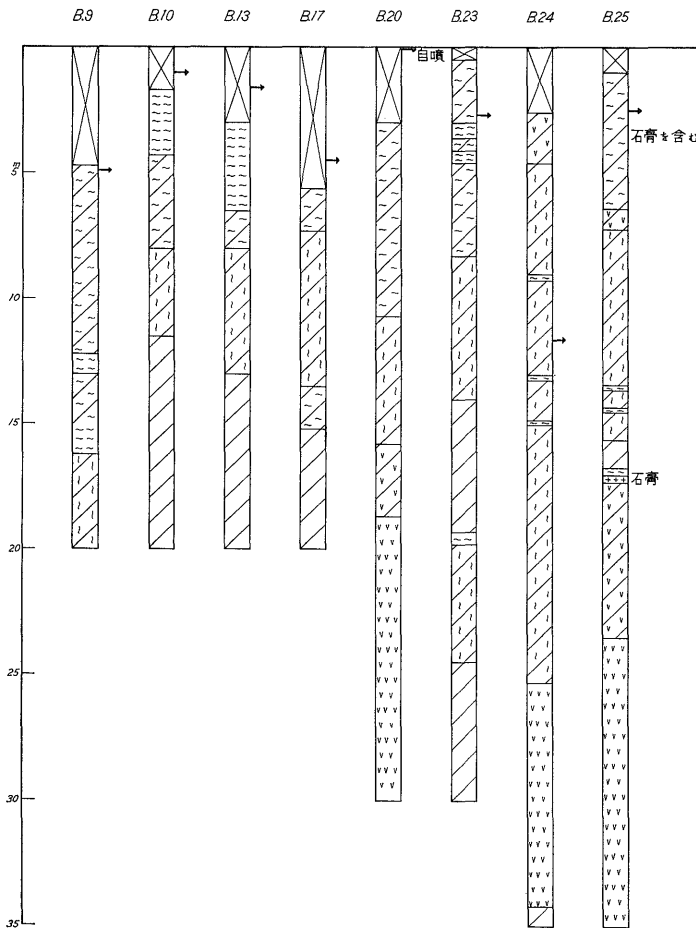
上部風化帯(B層)……暗灰色あるいは灰黒色の風化

泥岩および黄灰色・淡緑色あるいは青灰色の風化凝灰岩からなる。全般的に軟岩となり粘土化した部分を含む。

下部風化帯(C層)……亜風化泥岩および亜風化凝灰岩からなる。やや軟岩化しており部分的にわずかに粘土化した薄層を伴う。

基岩(D層)……泥岩および凝灰岩の安定部とみなされる硬質岩であるが、局部的に軟岩化した薄層を挟む。

弾性波探査およびボーリング調査による地下構造解析の模式断面を第9図・10図および11図に示した。不安定な風化帯が厚く発達している。弾性波探査では4層構造ないし5層構造に解析されるが、速度層区分と岩相の性質との関係は第3表のとおりである。基岩のP波速度は、ボーリング調査と対比すると、泥岩地帯で1.6~1.8 km/sec、凝灰岩地帯で2.3~2.5 km/secとして現われている。基岩には1.0 km/sec程度の低速度帯が処々に存在す



第8図 板の沢地区(A地区)のボーリング柱状図
Boring profiles in the Itanosawa landslide area (A area)

第3表 板の沢地区の弾性波速度

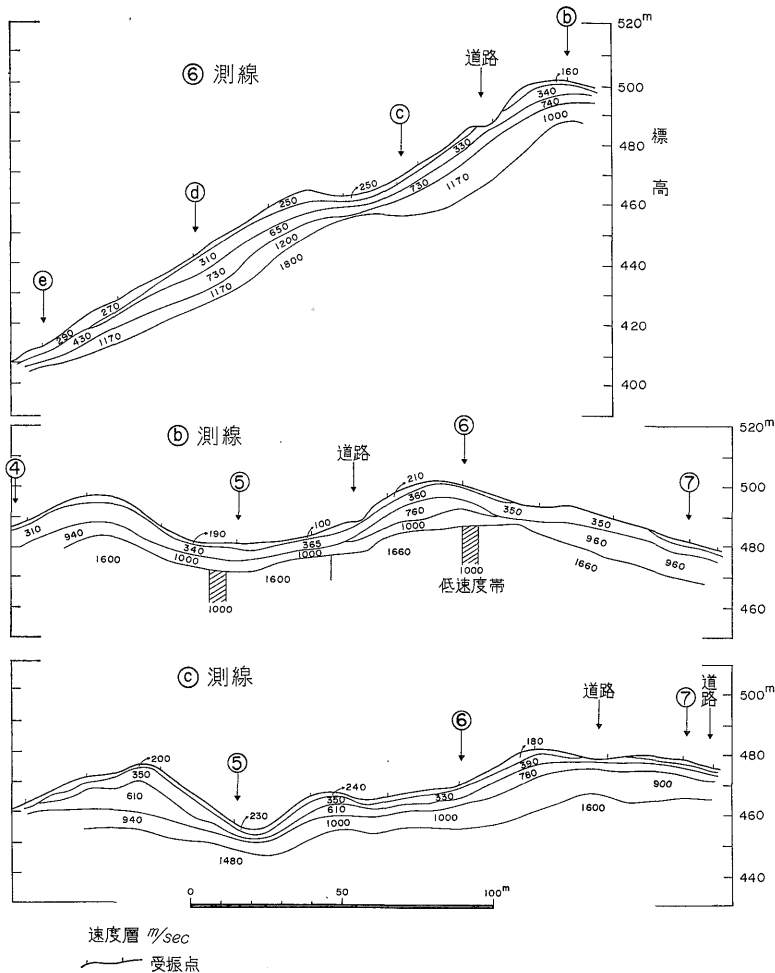
Divisions by P-wave velocities in the Itanosawa area

速度層区分	P波速度 m/sec.	備考
第1層	120~250	表土層~崩積層
第2層	310~360	崩積層~擾乱層
第3層	610~740	上部風化帯……いちじるしい風化層
第4層	900~1,200	下部風化帯……風化岩
第5層	1,600~2,500	基岩……泥岩地帯は1,600~1,800, 凝灰岩地帯は2,300~2,500

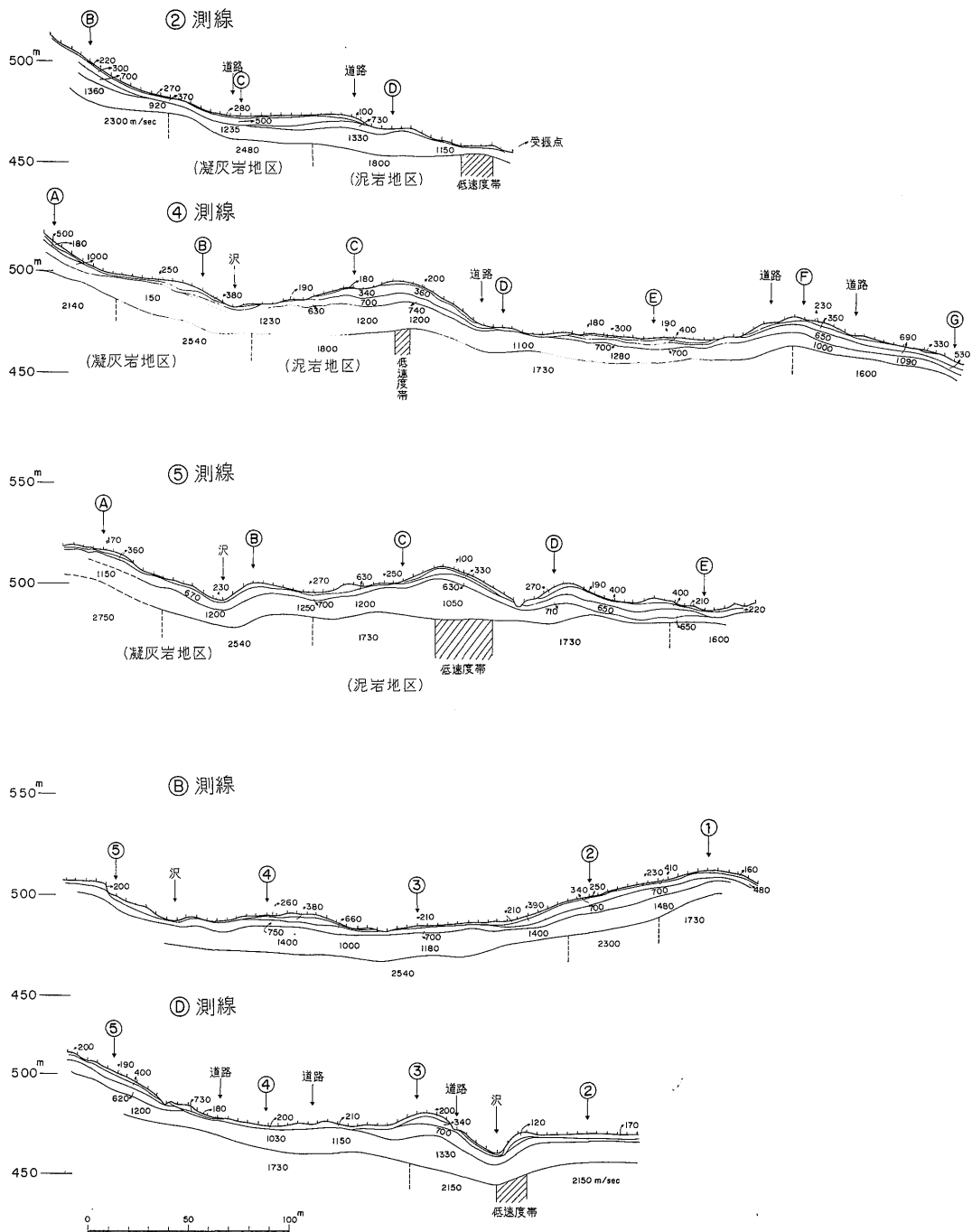
る。

3.3 沼の平地すべり

山都町字沼の平の集落部で発生している。古くから滑動している著名な地すべりの一つであり、昭和29年ごろから調査と対策が継続されている。第13図は沼の平地すべり地区の概要を示す。沼の平地区は中新統の与内畑層・二の沢層および譲峠層で構成されているが、地すべりはおもに二の沢層で発生している。第12図はボーリング調査による地すべり層準と風化の特徴を示したものであり、第14図には地すべり地内の地質断面を模式的に示した。斜面に分布する崩積土は厚く、また基岩の風化がいちじるしい。断層を境とした北側(上部)は泥岩と凝灰岩との互層からなり、南側(下部)は主として凝灰岩



第10図 板の沢地区(B地区)の弾性波探査解析図
Assumed diagrams of underground profiles by seismic prospecting in the Itanosawa landslide (B area, 6, b and c line)



第11図 板の沢地区 (A地区) の弾性波探査解析図
 Assumed diagrams of underground profiles by seismic prospecting in the
 Itanosawa landslide (A area, 2, 4, 5, B and D line).

からなる。

地すべり地帯の中央部では南北性の背斜軸と東西性の断層とがほぼ直交している。地質・地形的にみた地すべり地帯の生成および発達には、断層および背斜軸と密接な関係にあり、造構造運動と地すべりの関係が注目される。

3.4 村杉地すべり

熱塩加納村字村杉にあり、地すべり層準は譲峠層に属する。ボーリング調査(第15図参照)によると、ほとんど泥岩のみで構成され、深層風化がいちじるしい。滑動をくり返すおそれが大きい泥岩様式の地すべりである。この地すべり地帯は、数本の断層にはさまれており、造構造運動ともなって強く擾乱・破碎された地帯に発達したものとみなされる。

3.5 藤沢地すべり

山都町字藤沢にあり、一の戸川と五枚沢川との合流点の東側山地で発生している。第16図には藤沢地すべり地区の概要を示す。地すべり地区には大きな頭部滑落崖が生成されており、処々に亀裂が生じている。地すべり層準は淡水性の和泉層に属し、泥岩・砂質泥岩・凝灰質砂岩

の互層からなり、亜炭層を挟有する。ボーリング調査(第17図参照)によると、この地区では厚さ0.8~1.5mの不純な亜炭層が挟在するほか、泥岩中には炭化植物および0.1~0.4mの薄い凝灰質砂岩層を処々にはさんでいる。第18図には地すべりの地下構造を模式的に示す。互層様式の地すべりであり、崩積層の浅い回転すべり、層理面による平面すべりおよび後退性複合すべりからなるものとみなされる。

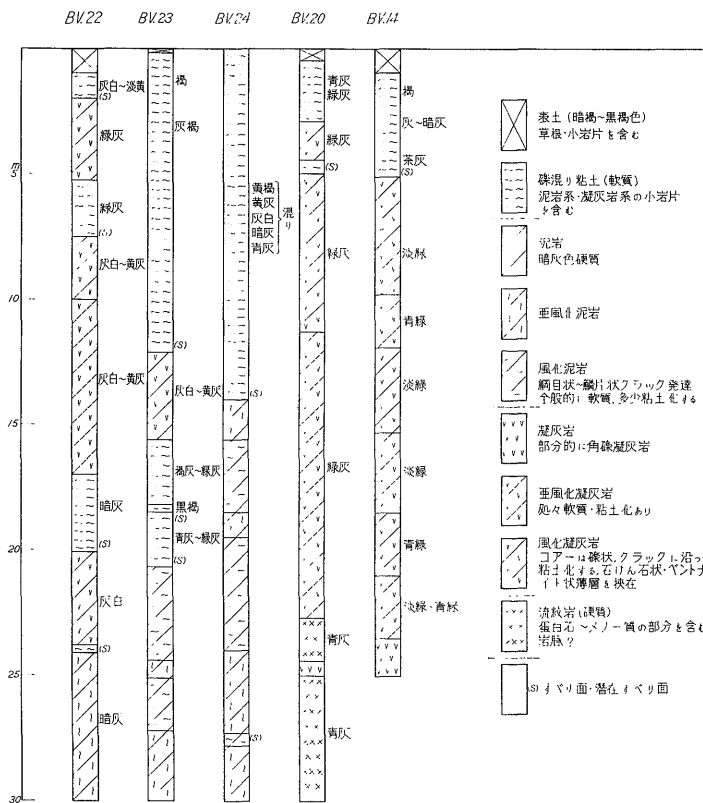
3.6 撫木地すべり

(1) 概要

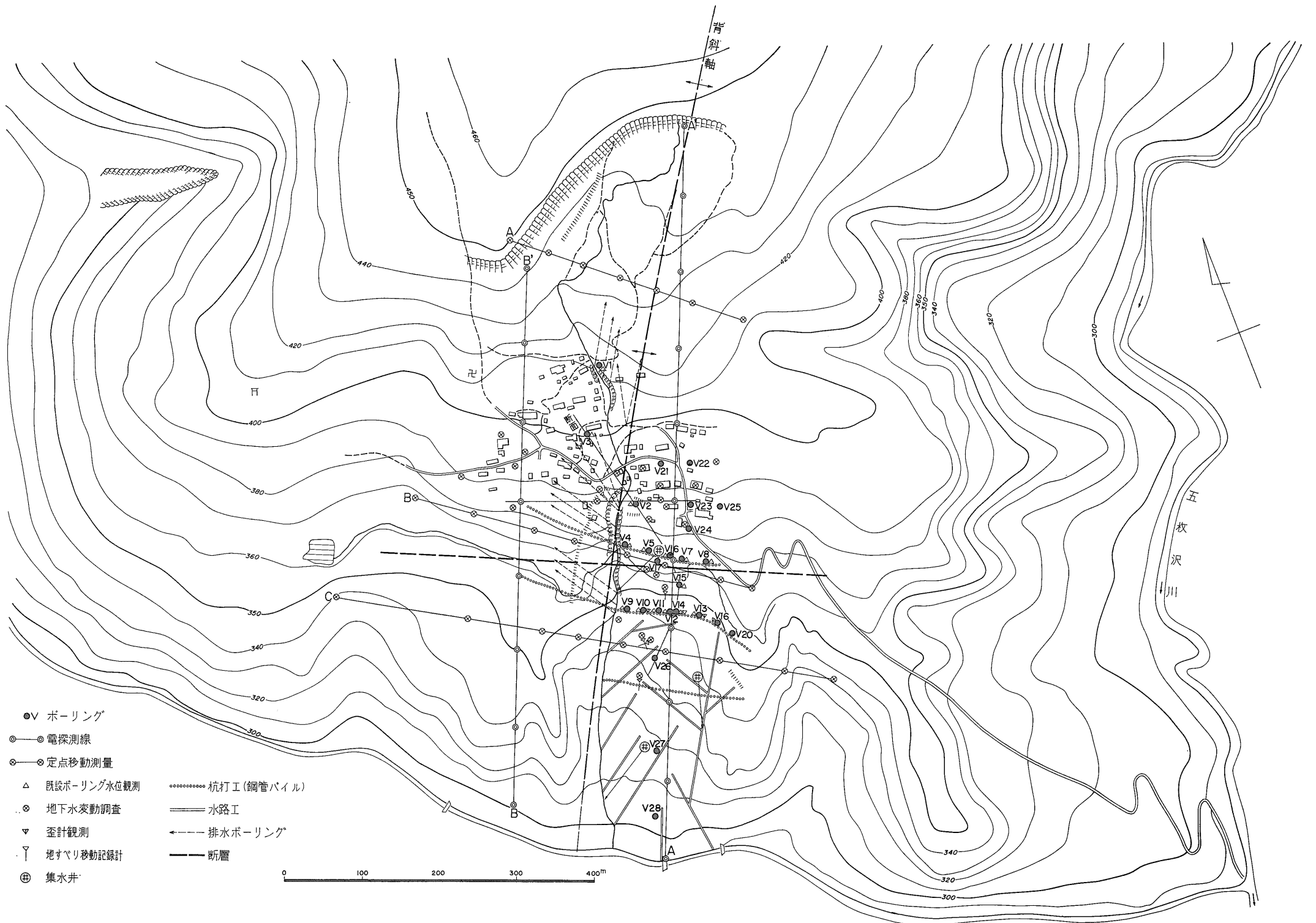
山都町字撫木にあり、指定地区は陵線を境として西側の林野庁所管と東側の建設省所管とに分けられている。ここでは林野庁所管地区について検討した。地すべりは一の戸川支溪の沼の沢に向かって滑動しており、地区内には多数の亀裂や小さい滑落崖が生じている。

対策事業に関連してボーリング調査・弾性波探査・水文調査・移動量調査などが実施されている。第19図には林野庁指定の撫木地すべり地区の概要を示す。

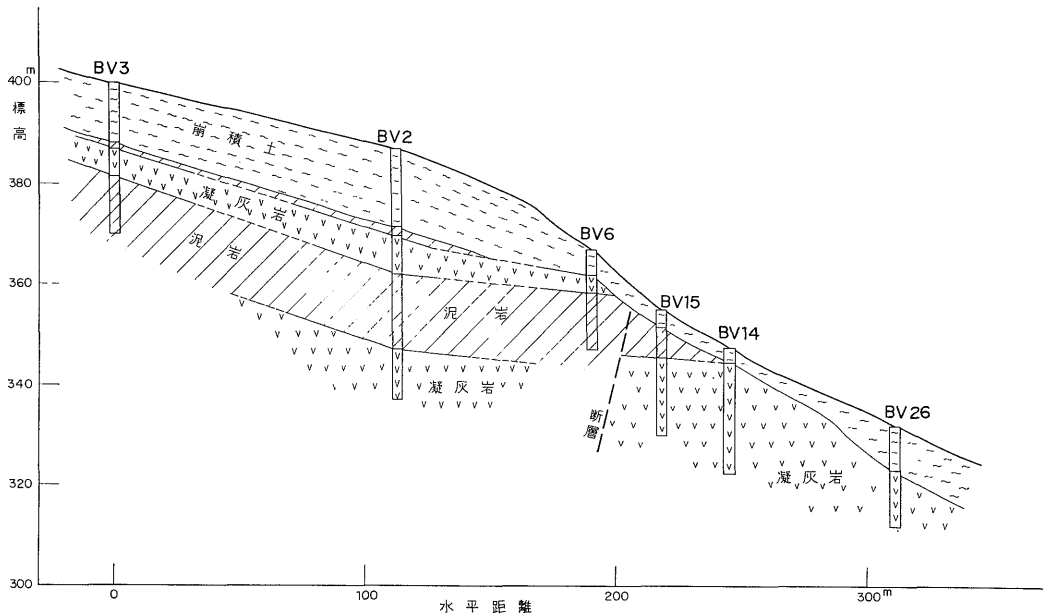
(2) 地質および地下構造



第12図 沼の平地区のボーリング柱状図
Boring profiles in the Numanotaira landslide area



第13図 沼の平地区平面図
Numanotaira landslide area



第14図 沼の平地質断面図 (BV3-BV 26 線) 水平:垂直=1:2
Cross-section of the Numanotaira landslide (drill holes BV 3, 2, 6, 15, 14 and 16)

この地区は第1図に示した位置にあり、新第三系分布の縁辺部に近く、北西山地には基盤の古生層が広く分布する。古生層と新第三系は断層によって接しているとみなされている。この付近の新第三系は藤峠層と和泉層で構成されるが、地すべり地区は主として和泉層に属する。地すべり地区の一般的な走向傾斜はNNE-SSW, 10°±NWであり、地層の傾斜方向ないし走向方向にすべっている。地すべり層準は凝灰質の泥岩・砂質泥岩・砂岩・礫岩および凝灰岩の細かい互層からなり、随所に亜炭の薄層を挟有する。第20図はボーリング結果の概要を示す。岩相の特徴は次のようである。

泥岩……凝灰質泥岩であるが、砂・礫および炭化した木の葉を薄く随所に挟んでいる。砂質泥岩ないし砂泥細互層になることが多い。

砂岩……凝灰質砂岩で細粒・中粒および粗粒のものがある。ときに小礫を含んでおり、また炭化した木片および木の葉を含むことが多い。

礫岩……流紋岩質の礫が多いが古生層のチャート・粘板岩などの礫も含まれる。礫の大きさは1～5cm程度のものが多い。礫岩層は泥質礫岩・礫質砂岩・砂質礫岩など岩相変化に富んでいる。

凝灰岩……軽石が多く含まれる。

亜炭……枝葉の原形をとどめており、葉片状にはがれやすく、砂および泥を多く含んでいる。

第4表 撫木地区の弾性波速度

Division by P-wave velocities in the Kaburagi area

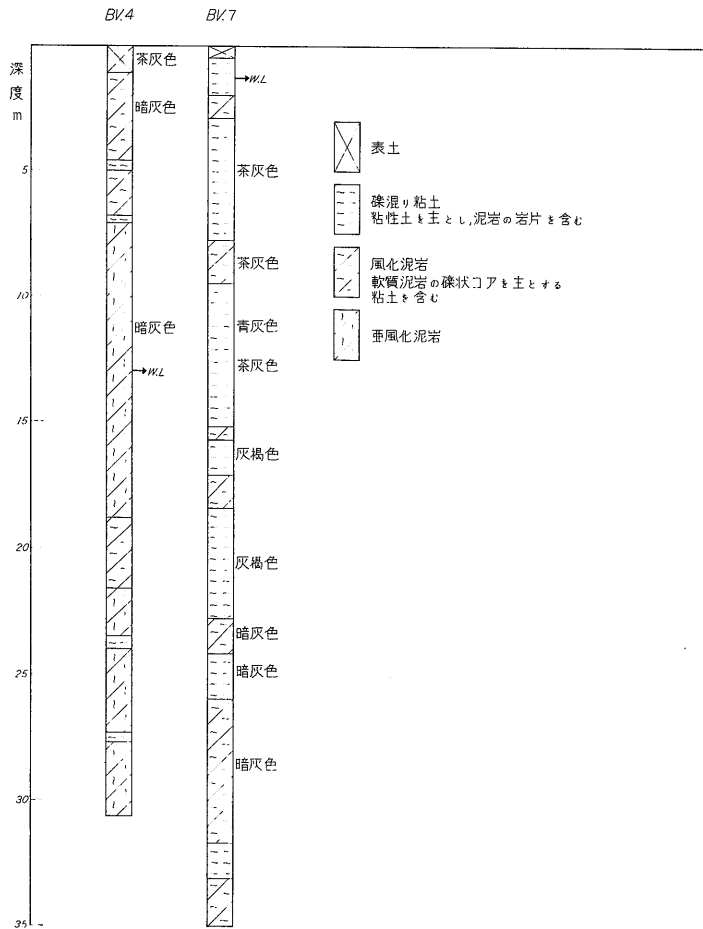
速度層区分	弾性波速度 m/sec.	備考	厚さ
第1層	140～250	表土	0～3
第2層	320～500	地すべり崩積土(上部)	0～7
第3層	900～1,000	“(下部)	0～11
第4層	1,300	風化帯	3～18
第5層	1,730～1,960	基岩	

第21図には弾性波探査およびボーリング調査による地すべりの地下構造を模式的に示す。広く崩積土におおわれ、また風化帯がいちじるしく発達する。互層様式の地すべりで潜在すべり面が多く、連続的に発生した平面すべりと部分的な回転すべりによるものとみなされる。弾性波探査による速度層区分を第4表に示す。基岩は1,730～1,960m/sec, 風化帯は1,430 m/sec, 地すべり擾乱層・崩積層および表土は1,000 m/sec以下であり、弾性波探査の速度層とボーリング調査による風化帯とは割合によく対比される。基岩中には破碎帯とみなされる低速度帯が多く認められる。

3.7 柄窪地すべり

(1) 概要

高郷村字柄窪の集落を含んだ地帯で発生している。地



第15図 村杉地区のボーリング柱状図
Boring profiles in the Murasugi landslide area

すべりは沢の谷頭付近に位置し、この地区内の沢に面した斜面は急である。なお、頭部には楕円形(270m×130m)の沼が存在し、この地すべり地区は複雑な地形を示す。対策事業に関連したボーリング調査・電気探査・移動量調査・水文調査などが行なわれている。対策として集水井・谷止工などが施工されている。柳窪地すべり地区の概要は第22図に示す。

(2) 地質および地下構造

この地区の地質は譲峠層と塩坪層からなる。一般的な走向傾斜はほぼNS, 20~40°Eであるが、部分的にかなり擾乱しており、走向傾斜の変化が目立っている。部分的に凝灰質砂岩が分布するが、地すべり層準はほとんど譲峠層の凝灰質泥岩で構成される。第23図はボーリング調査の概要を示す。暗灰色~淡灰色の泥岩を主とするが、部分的に黒色泥岩を挟有する泥岩様式の地すべりであ

る。ボーリング孔では一般に地下水位が10~20mでやや深く、なおボーリング過程での逸水が目立っている。ストレンゲージによるすべり面調査では歪みが累積し、潜在すべり面と推定されるものが風化岩盤中に多く存在する。集水井の排水量はきわめて大きい。

第24図はボーリング調査および電気探査による地下構造の模式断面である。風化帯の厚さは20~40mで風化がいちじるしい。この風化帯には多くの潜在すべり面が認められ、さらに地下水が多い。地すべり地区の崩積土はかなり侵食されているが、外因によって、回転すべりと平面すべりが重なった複合すべり、あるいは急な地形による拡大崩壊が発生しやすい構造を有しているといえる。

電気探査(L-10型, ウェンナー四極法)では5層構造に区分されるが、比抵抗値とボーリング結果とはかな

りよく対応している。

第1層……比較的高比抵抗値を示し、平均して 50～60 Ω-m 程度である。厚さは1～2mで表土にほぼ相当する。

第2層……比較的低比抵抗値を示し、平均して 20Ω-m 前後である。厚さは一般には1m前後であるが、3mをこし、ときに7m前後のところがある。崩積土あるいは強く粘土化している部分とみなされる。

第3層……第2層より高く平均 30～50 Ω-m の中へ高比抵抗値を示す。ところによって非常に高い比抵抗値を示す。第3層は20～40mの厚さに達し風化岩に相当する。

第4層……第3層間に 10～20 Ω-m、平均 12Ω-m 前後の比抵抗値を示す部分がある。強い風化岩に相当するものと思われる。

第5層……非常に低い比抵抗値を示す。安定した基岩に相当するものとみなされる。

3.8 高目地すべり

(1) 概要

西会津町大字新郷字高目にあり、指定地区は南北約 1,120mに及んでいるが、地すべりの発生は集落付近の南部と津田池以北の北部との2つに分けられる。第26図は高目地区地すべりの概要である。北部区域は笠川の谷頭に位置するが、南部区域は丘陵性の緩やかな地形を示す。北部では崩壊性地すべりが発生し、この崩積物が南西に向かってすべっている。南部では南北約 500 m、東西約 300 mの水田を主とした地帯が緩慢な陥没現象をおこしている。南部区域では崩積物の分布、形態および地すべりの状況が断面図などに示したような特異な性質をおびている。

対策事業に関連してボーリング調査・電気探査および水文調査などが実施されている。

(2) 地質および地下構造

高目地区の地質はおもに利田層と縄沢層からなる。地区内には、津田池を切る南北性の推定断層とこれにほぼ直交する東西性の推定断層とが存在する。地すべりはほぼ断層線上の地帯に発達している。第25図にボーリング結果を示し、第27図にはボーリングおよび電気探査による地下構造の断面を模式的に示した。

北部区域は風化の進んだ緑色凝灰岩からなるが、この風化帯が崩壊をおこし、凝灰岩の崩積物が分解しつつ斜面にそってすべり出している。滑動している崩積層は、沢に向かう方向の長さ約 300 m、幅約 220mの範囲を占め、その厚さは中央部で17m程度である。この地区の凝灰岩は後のべるようないちじるしい沸石化作用を受けているため脆弱で崩れやすい性質をおびている。また、沸石化した凝灰岩の崩積物は水によって粘土化しやすい。

地すべり先端の川床には硬い古生層が露出している。

南部区域は凝灰岩・凝灰質砂岩・シルトおよび礫岩の互層からなる。地すべりとみなされる崩積物は南北約 500m、東西約 230mの範囲に分布し、B V 9地点付近では厚さが41mに達する。この崩積層はA断面およびC断面に示したような状態であり、盆地に堆積したような形態をなしており、地形的に滑動する要素が少なく、おもに緩慢な沈下の様相を示している。このような崩積物が推定される断層線の交叉部に発達していることが注目される。崩積物はいちじるしく礫質のものであり、礫岩層に由来する円礫～亜円礫および角礫凝灰岩に由来する流紋岩の硬質角礫などが多く含まれる。礫の大きさは後者では 1～5 cm 程度のものが多いが、前者では最大約 60 cm に達する。また、この崩積物は玉石状の部分・円礫の多い部分・円礫と角礫の多い部分、また、マトリックスとしては砂質の部分・泥を含む部分などさまざまな様相を呈する。

電気探査では5層構造に分けられるが、比抵抗値とボーリング結果を対応するとほぼ次のようである。

第1層……種々の値をもつが比較的高比抵抗値を示す。ほぼ表土に相当する。

第2層および第3層……砂礫質の崩積層上部は 50 Ω-m 以上、より締まった崩積層下部は 10～50 Ω-m を示す。

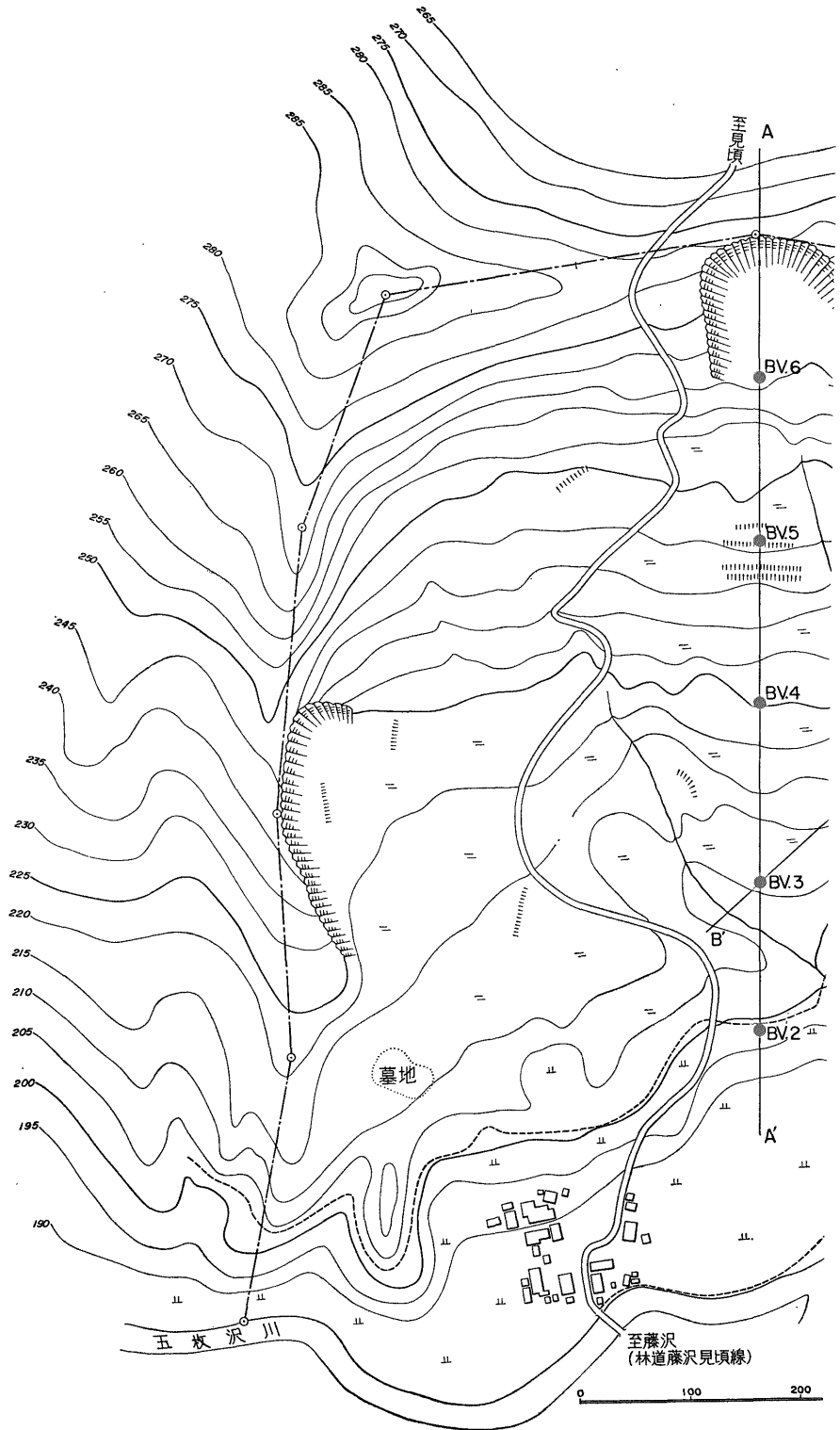
第4層……緑色凝灰岩の風化部は 50 Ω-m 以上の高い比抵抗値を示す。

第5層……基岩とみなされる部分は 0～10 Ω-m の非常に低い比抵抗値を示す。

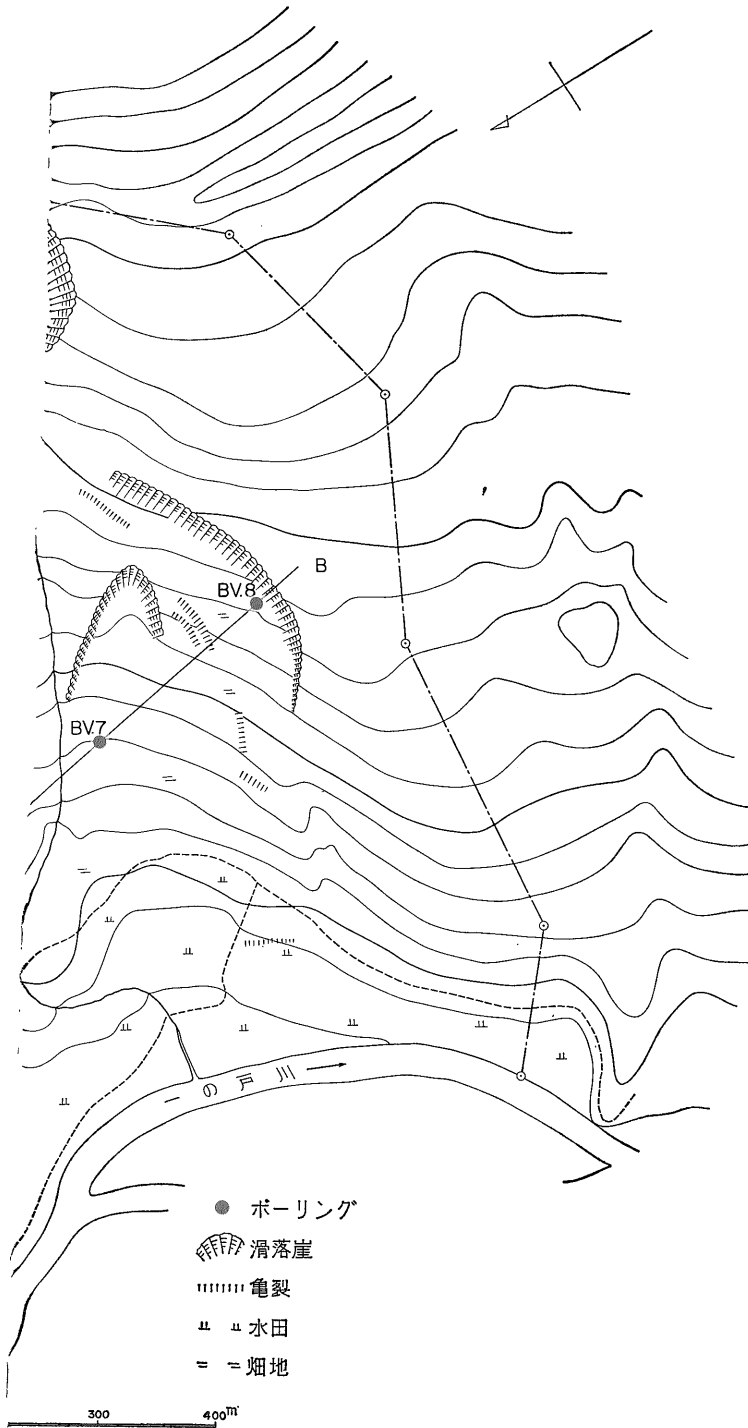
3.9 滝坂地すべり

(1) 概要

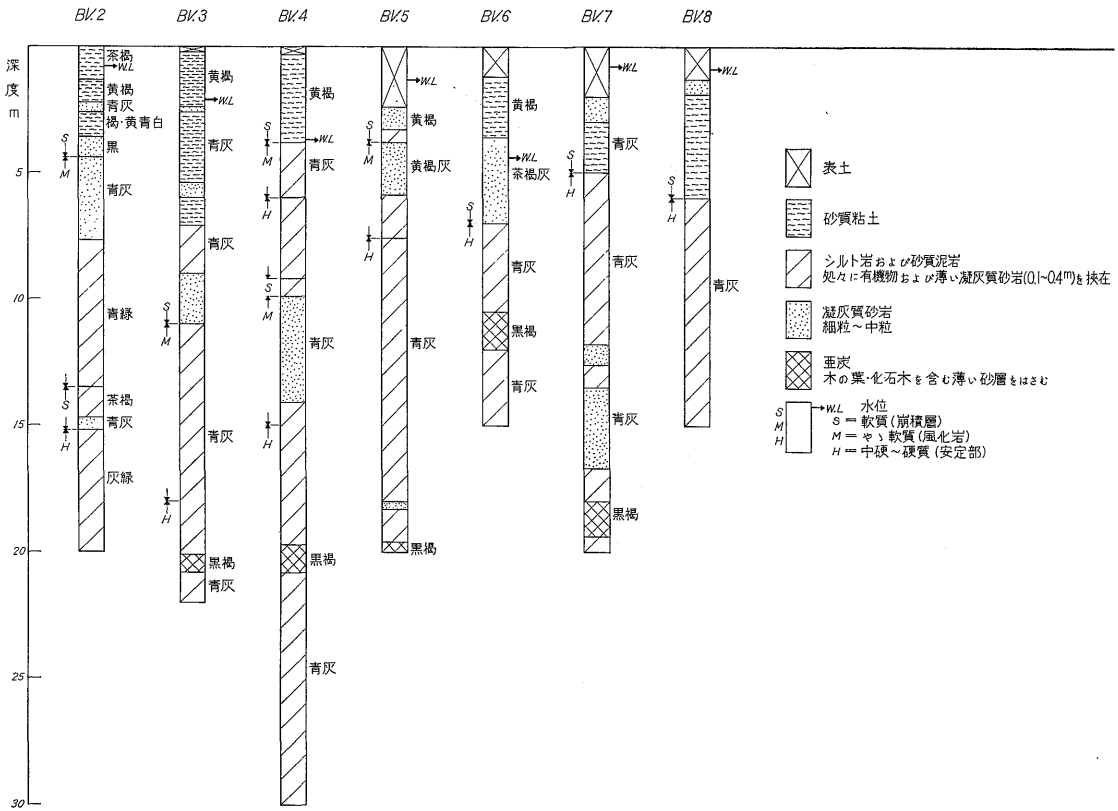
西会津町大字滝坂にあり、指定面積は147 haにおよぶ大きい地すべりである。過去に、数回の崩壊性地すべりをおこした記録があり、現在でも部分的に緩慢な動きを行なっている。地すべりによって生じた崩落崖・沼地・亀裂などが存在して複雑な微地形を呈している。第28図に滝坂地すべりの概要を示す。この地すべりは常盤地区・松坂地区・袖の沢地区・湯出野沢地区および引牧地区に分けられている。つぎのように大きな滑動が度々知られている。1888年に松坂南部に発生して耕地を荒廃させたもの、1905年に常盤地区一帯が阿賀川にすべり出し、多数の人家を破壊したもの、1949年に松坂一帯がふたたび大きくすべり出し、南北 800 m以上、幅最大 150 mにわたる地盤が動揺し、上部では地割れ・陥没・隆起がおこり、下部では泥流を生じたものなどである。滝坂地すべりは一般に規模が大きく、処々で発生するおそれがある。また、常盤地区の地すべり末端は阿賀川の浸食を受



第16図 藤沢地区
Fujisawa landslide



平面図
area



第17図 藤沢地区のボーリング柱状図
Boring profiles in the Fujisawa landslide area

けやすい。滝坂地すべりの地質的背景および地下構造は注目に値する第三紀層地すべりである。

この地区では昭和34年度よりボーリング調査・弾性波探査・電気探査・移動量調査・水文調査・土質試験などによる地すべり調査および対策工事が継続的に行なわれている。調査結果や地すべりの考察については、福島県の総合調査報告書・地すべり研究13号(1969)などに記載されている。ここでは地質特性の概要についてのべる。

(2) 地 質

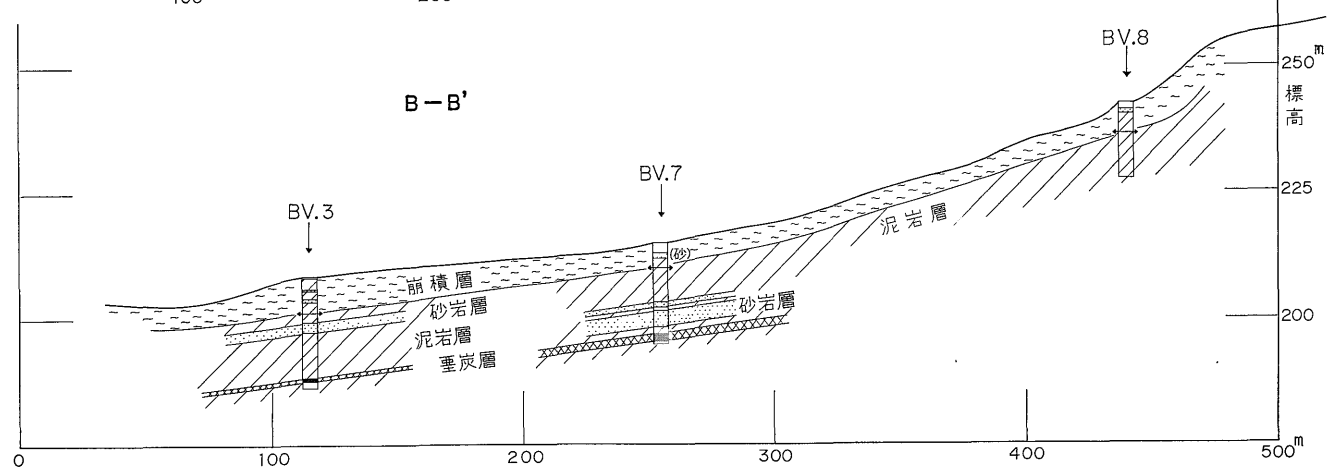
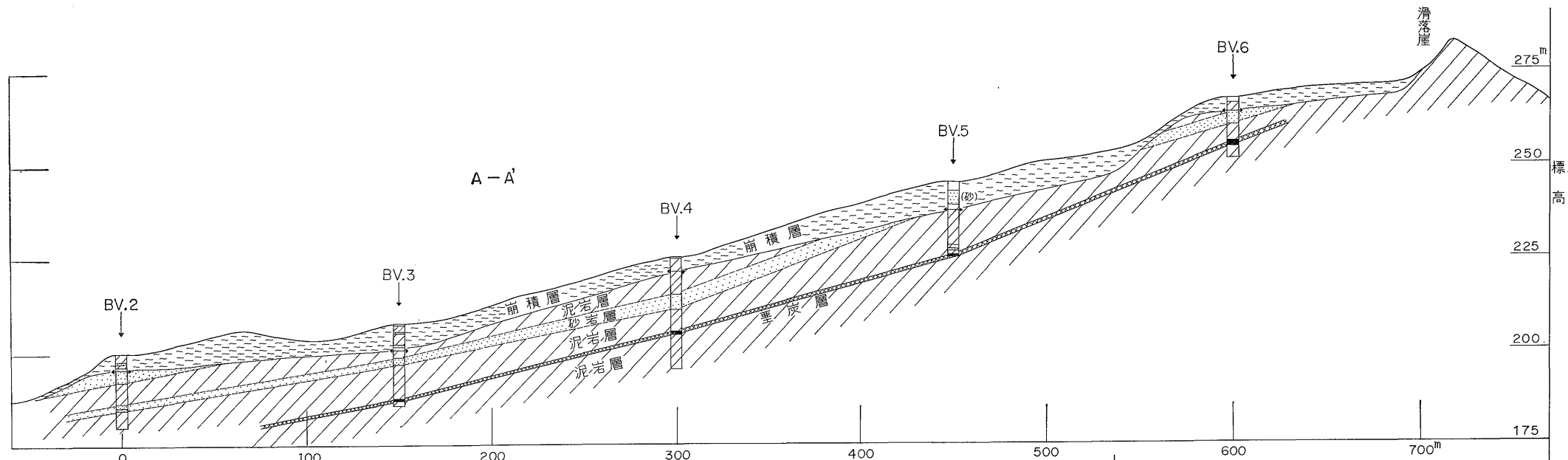
この地すべり地域の地質は花崗閃緑岩とこれをおおう新第三系(萩野層および縄沢層)からなり、松坂地区の一部には玄武岩が分布する。地すべりに関連する主要な岩相について次に略述する。

花崗閃緑岩……調査範囲内における花崗閃緑岩の分布は第1図のとおりであるが、地域内では門ヶ沢の中流以西および湯出野沢の左岸山腹に露出する。松坂地区のBV9・10および11地点では深度40m前後で硬い花崗閃緑岩に逢着している。引牧地区のBV6地点では深度43m、

常盤地区のBV1地点では深度63m付近で風化花崗岩に逢着している。岩相は粗粒の角閃石黒雲母花崗閃緑岩である。花崗閃緑岩とこれをおおう緑色凝灰岩との間には、いわゆる「マサ」と呼ばれる風化花崗岩がみられる。その厚さは不規則であるが、松坂地区では8~15mに達している。マサの下半部はかなり締まっているが、上半部はルーズである。このマサ層は滞水層となるものであり、風化および地すべりに大きな影響を与えるものと思われる。

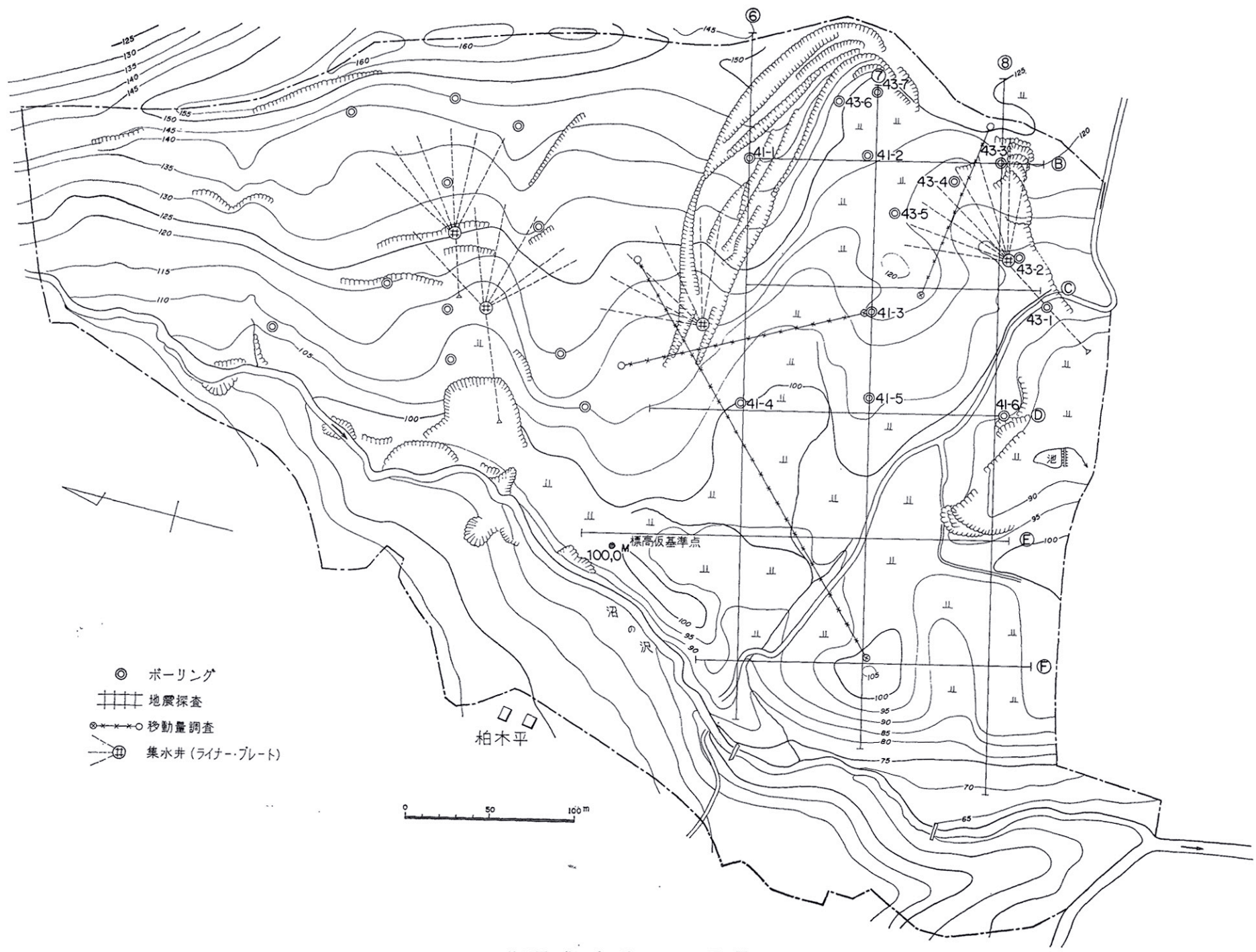
緑色凝灰岩……おもに流紋岩質の軽石質凝灰岩からなり、部分的に角礫質凝灰岩が存在する。一般にいちじるしく軟岩化しており、深層風化の発達が目される。とくに風化のいちじるしい部分ではソープストン状あるいはベントナイト状になっている。緑色凝灰岩は沸石化作用を受けており、ボーリング資料や地下構造断面図に示したとおり主要な地すべり母体となっている。

泥岩……縄沢層の新村泥岩が主要なものである。この泥岩は袖の沢一帯および引牧東部に分布し、暗灰色ないし黒色を呈し、板状層理が発達する。袖の沢地区のBV2



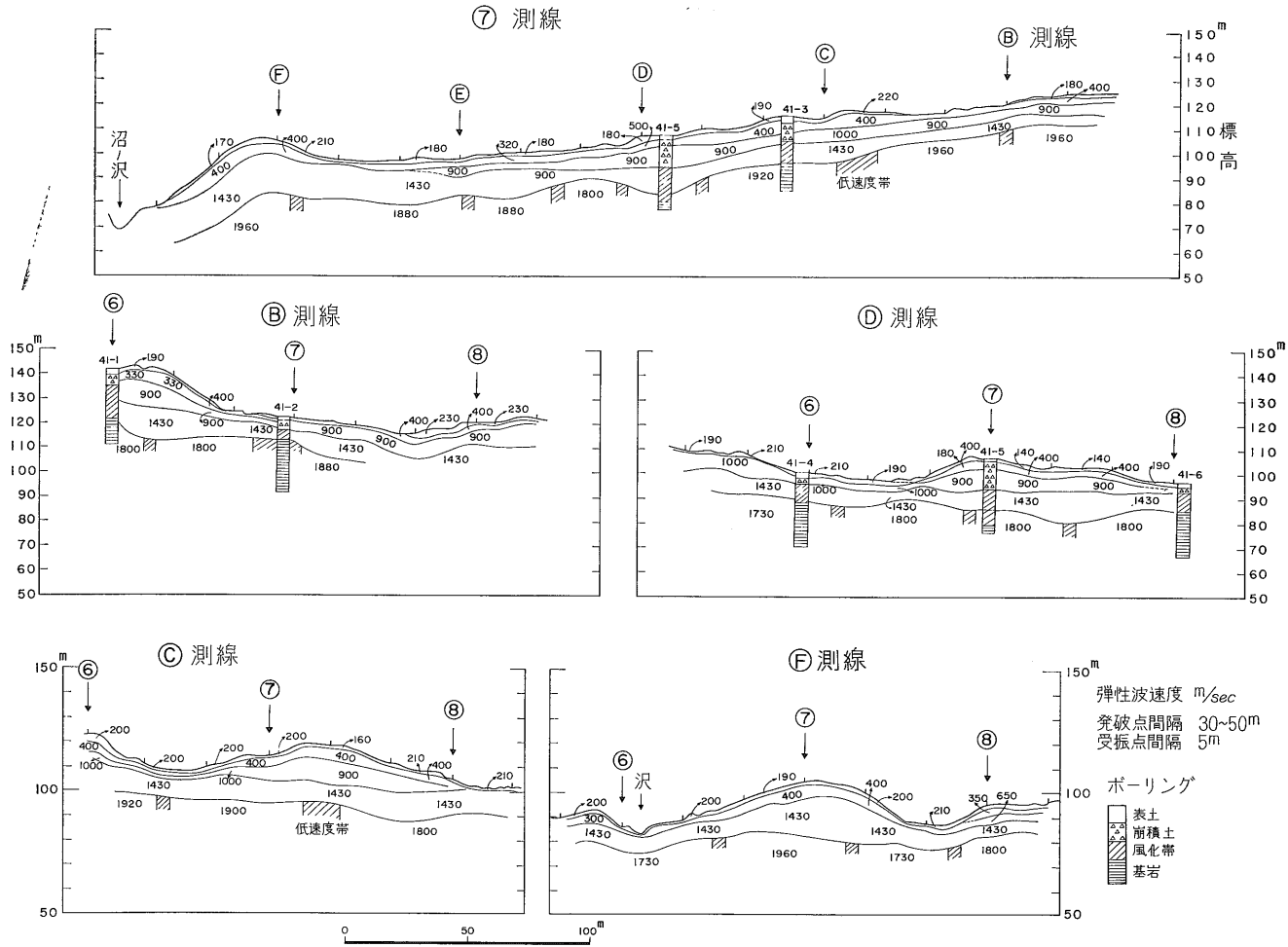
- 崩積層 (粘土・砂質粘土・砂)
- 泥岩 (処々に有機物薄い凝灰質砂岩・砂質泥岩と挟在)
- 凝灰質砂岩 (細粒~中粒)
- 亜炭層 (木の葉・化石木を含む・薄い砂層を挟む)

第18図 藤沢地すべり断面図
 Cross-section of the Fujisawa landslide (drill holes BV 6, 5, 4 and 3 line, BV 8, 7 and 3 line)

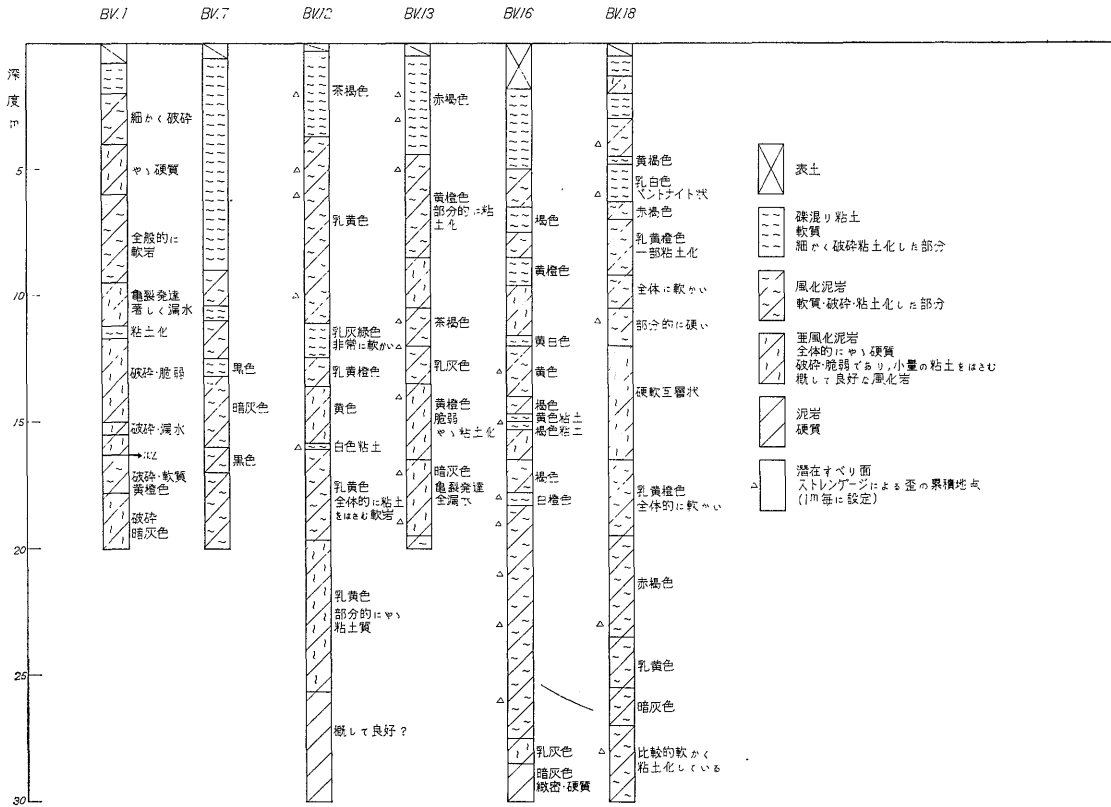


- ◎ ボーリング
- |||| 地震探査
- ◎×××○ 移動量調査
- ◎××× 集水井 (ライナー・プレート)

第19図 撫木地区平面図
Kaburagi landslide area



第21図 撫木地区の地下構造断面図
 Assumed diagrams of underground profiles by seismic prospecting and drill, Kaburagi land.lide area

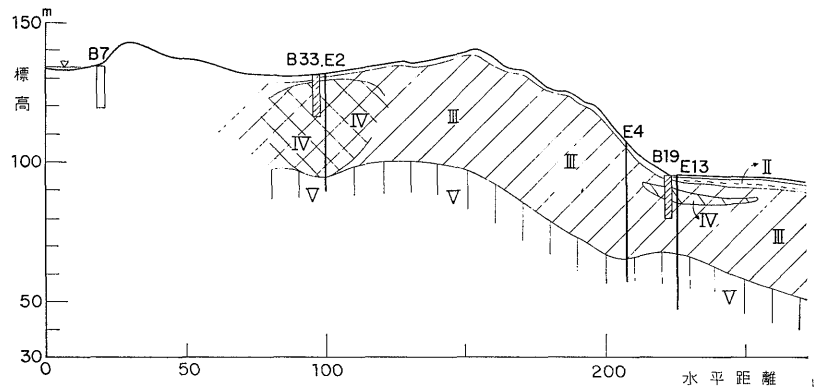


第23図 栴窟地区のボーリング柱状図
Boring profiles in the Tochikubo landslide area

地点では凝灰岩をおおい厚さ約60mの泥岩層が分布する。この泥岩は軟質ないし破砕片状に風化している。玄武岩……斑状構造をもった灰黒色のかんらん石玄武岩である。柱状節理が発達している。松坂地区の地すべり頭部に規模の小さい岩体として分布する。

(3) 地下構造

第29図はボーリング調査の概要であり、第30図は松坂地区における地下構造の模式断面である。第31図は袖の沢一常盤地区における第2測線の弾性波探査を示したものであり、第32図はほぼこれに相当する袖の沢一大石線



第24図 栴窟地区の地下
Assumed diagrams of underground

第5表 滝坂地区の弾性波速度
Division by P-wave velocities in the Takisaka area

速度層区分	弾性波速度 km/sec.	備考
第1層	0.3~0.4	表土
第2層	0.8~1.0	崩土および上部風化帯
第3層	1.5~2.0	下部風化帯
第4層	2.7	新第三系基盤および風化花崗閃緑岩(マサ状の砂層)
第5層	5.3	花崗閃緑岩

の地質断面である。これらの図に示されているように、この地区の地すべりの地下構造は複雑であるのみならず第三紀層地すべりとしては特異なものである。地区内には多数の断層および断層破砕帯の存在が推定されているが、これらの断層が崩壊・陥没・隆起などを伴った地すべりと結びついた活断層であるか否かは、地すべりの構造的な原因を究明する上から注目に値する。岩質的な要因は、沸石化(モルデン沸石)で特徴づけられている凝灰岩が風化されやすいことである。県で調べた粘土のX線回折結果によると、地すべり匍行地の地表付近の粘土ではモンモリロナイトの示性線が強く現われ、ボーリングコア(BV 15の7.1~8.3m, 16.5~16.8m, BH 3の200m付近など)の粘土ではモンモリロナイトは認められず沸石が強く検出されている。弾性波探査による速度層と区分との関係は第5表のとおりである。

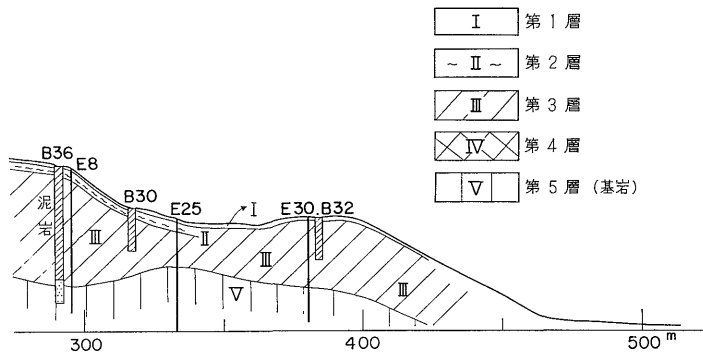
4. 地すべりの考察

4.1 第三紀層地すべりの分類と特徴

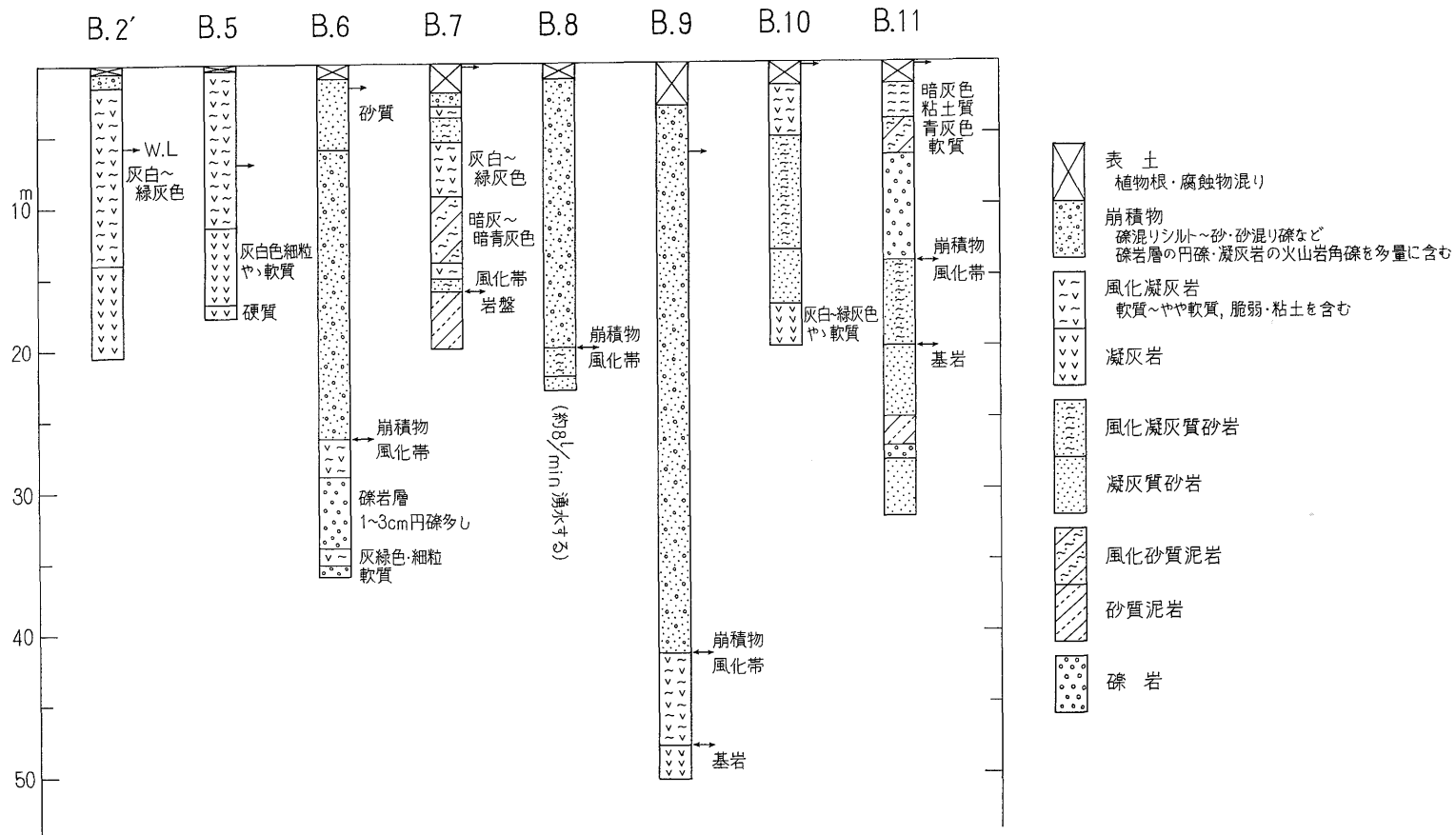
第三紀層地すべりは、地質との関連において含油第三系型・グリーン・タフ型および夾炭第三系型に大別することができる。これらは堆積環境にもとづく構造と層相、岩

相と風化との関係およびすべり面の生成などによって地すべりの構造を異にしている。夾炭第三系型は北西九州のいわゆる北松炭田地域、北海道の炭田地域などで発生しているものである。含油第三系型およびグリーン・タフ型はいわゆるグリーン・タフ変動地域に分布するものであり、北海道南西部-東北地方-北陸地方にかけた裏日本で多発している。含油第三系型は新潟県頸城地方の寺泊層・椎谷層、山形地方の古口層・草薙層、秋田地方の女川層・船川層など中新世の地層で代表され、おもに黒色泥岩あるいは硬質頁岩中に発生する地すべりである。なお鮮新世の砂岩・泥岩中に発生するものもある。この種の地すべりはときに規模の大きい周期性の崩壊性地すべりをおこすが、一般に浅い回転すべりを繰り返している継続型が多い。グリーン・タフ型は緑色凝灰岩類が卓越した地域の地すべりであり、凝灰質泥岩様式、泥岩と凝灰岩からなる泥岩-凝灰岩様式、主として凝灰岩からなる凝灰岩様式および凝灰岩・泥岩・砂岩・礫岩の互層が卓越した互層様式に岩質の上から区分される。グリーン・タフ型の地すべりには規模の大きいものが存在し、回転すべり・平面すべり・地塊すべり・崩壊およびこれらが複合した複雑な地すべりなどさまざまな形態をとる。なお、これらの地すべりは岩質のみならず地質構造および

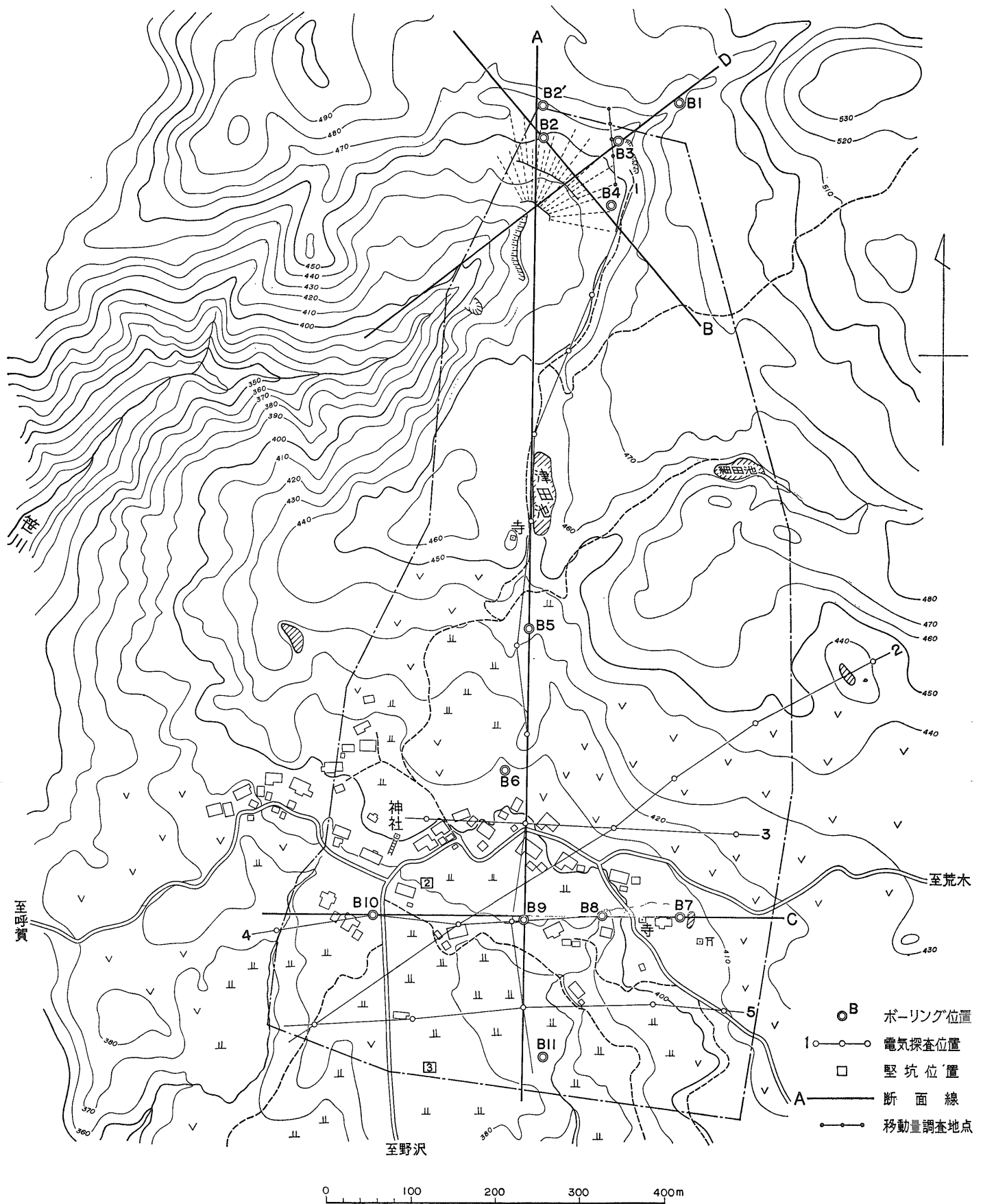
	型 (Type)	様式 (Sub-type)
第三紀層地すべり Tertiary landslides	含油第三系型 Oil tertiary type	黒色泥岩様式 硬質頁岩様式 砂岩-泥岩様式
	グリーン・タフ型 Green tuff type	凝灰質泥岩様式 泥岩-凝灰岩様式 凝灰岩様式 互層様式
	夾炭第三系型 Coal tertiary type	夾炭新第三系型 夾炭古第三系型



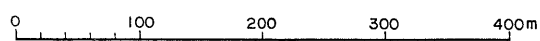
構造推定断面図
profiles by drill and electric survey



第25図 高目地区のボーリング柱状図
Boring profiles in the Takame landslide area



- B ボーリング位置
- 1—○—○— 電気探査位置
- 堅坑位置
- A — 断面線
- 移動量調査地点



第26図 高目地区平面図
Takame landslide area

造構造運動との関係が密接であるとみなされた。

それぞれの地すべりについて、地すべり層準をミクロ的にみるときわめて複雑であるが、地すべり母体の地質構成をマクロ的に分けると、第三紀層地すべりは次のように要約される。

4.2 地すべりの地下構造

ボーリング調査・弾性波探査および電気探査などによる地下構造の特徴は、9カ所の例をあげて、その一部を各論に示した。地質構造・地すべり層準および風化に関連した地下構造の解明は、発生機構および対策の基本的な重要課題である。グリーン・タフ型の地すべりは、さまざまな地下構造を有するため、それぞれの地すべりの地下構造を十分に把握する必要がある。ついですべり面・地下水の状態・内部ひずみ・移動量・土質力学的性質などを測定あるいは試験し、最終段階として地すべりの予知・安定条件などが検討されねばならない。

4.3 地質構造と地すべり

地層の傾斜と地形斜面との関係から地すべりは、地層の走向方向にすべっている Strike 型と地層の傾斜方向にすべっている Dip 型がおもであるが、ときに地層の傾斜と反対方向にすべっている Anti-dip 型のものがある。一般に、規模の大きいすべりは Dip 型ないし Strike 型である。しかし、凝灰岩様式ないし泥岩-凝灰岩様式の地すべりでは、地層の走向や傾斜とほとんど関係がないものがある。

断層と地すべりの関係では、斜面上の断層線下位で発生しているもの、平行断層または交叉断層線にはさまれた地区で発生しているもの、あるいは断層線上で発生しているものが多い。褶曲と地すべりの関係では、背斜軸部や撓曲部に発達している地すべりが多い。これらの部分は地層が擾乱され、また地下水がしみ込みやすいため地すべりが発生しやすいものと解される。破碎帯という概念はかなりあいまいなものであるが、地質調査や弾性波探査による破碎帯の存在は注目される。基岩の破碎帯は、各論でその一部を示したように、弾性波探査では低速度層として捕えられることが多い。最近の調査では、第三紀層地すべり全般で、基岩の破碎構造がかなりよく知られるようになってきた。地層傾斜・断層・背斜軸および破碎帯は地すべりの発達あるいは発生輪廻の構造因子として大きな役割をなしているといえる。

4.4 造構造運動と地すべり

先行谷の形成や河岸段丘の発達からみて、この地域は第四紀における隆起を示唆している。地塊構造運動としての隆起は新第三系に不安定な状態を与え、また侵食地形を進展させている。断層・褶曲などに現われる造構造

運動は、地すべり発達の決定的な原因とみなすことはできないにしても、わずかながら現世まで引きつがれており、要因の一つとして地すべりに影響をおよぼしているのではなからうか。とくに、現世における地殻変動は断層運動などを伴い、地すべり地区を生成した原因の一つとみなされるようなものがある。しかし、活断層と地すべりの関係については決定的なことをつかみがたい。

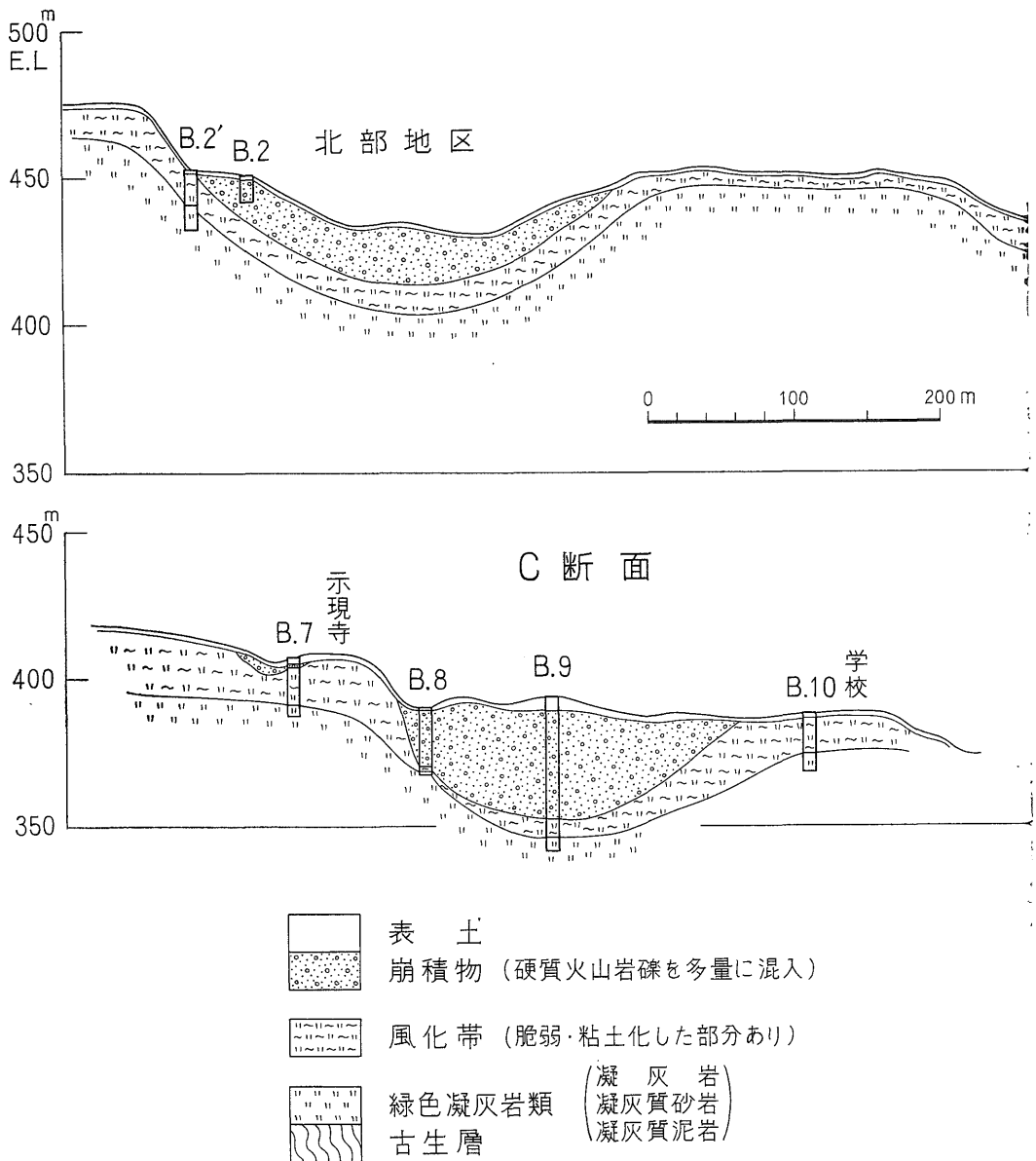
滝坂地すべり (3.9) では総合調査の結果として、断層破碎帯の運動が隆起・陥没あるいは崩壊性滑落崖の発生に結びついており、これが地すべりの構造的な原因の一つであろうと推定されている。高目地すべり (3.8) の南部地域では、単に堆積したとは考えがたい状態で、砂礫の卓越した厚い崩積物が発達している。地質調査の結果からは、中央部を切る南北性および東西性の断層が推定され、断層運動によっていちじるしくもまれた部分が特異な地すべりに発達しているのではないかと考察される。沼の平地すべり (3.3) では、地すべり地帯の中央部で東西性の断層と南北性の背斜軸とがほぼ直交している。造構造運動によってもまれた地帯が地すべりに発展しているようである。

このほか、会津地すべり群の地すべりには造構造運動と関連があり、断層運動と破碎帯の存在などを無視して、地すべり地区の生成を考えられないようなものが多い。グリーン・タフ型の地すべりでは、造構造運動と地すべりとの関係を検討するのに適したものがあるが、相関関係の問題点はなお今後の研究課題として残されている。

4.5 地すべり層準

会津地すべり群の地すべりの層準は第2表および各論に示したとおり、地すべりを生じている岩相はさまざま、変化に富んでいる。地すべり地区を構成している地層の性状と風化の特徴は、地すべり層準を規制するものとも重要な事柄である。この地域の地すべり層準には、おもに凝灰質泥岩で構成されているもの、泥岩と凝灰岩で構成されているもの、おもに凝灰岩で構成されているものおよび泥岩・砂岩・礫岩および凝灰岩の互層構造のものがあり、鮮新世の地層では亜炭を挟有するものがある。地質時代の鈹化作用および変質作用を受けたものがある。なおこの地域では珪化・石膏の沈殿・硫化鉄の鈹染・沸石化および緑泥石化などが地すべり層準で認められる。

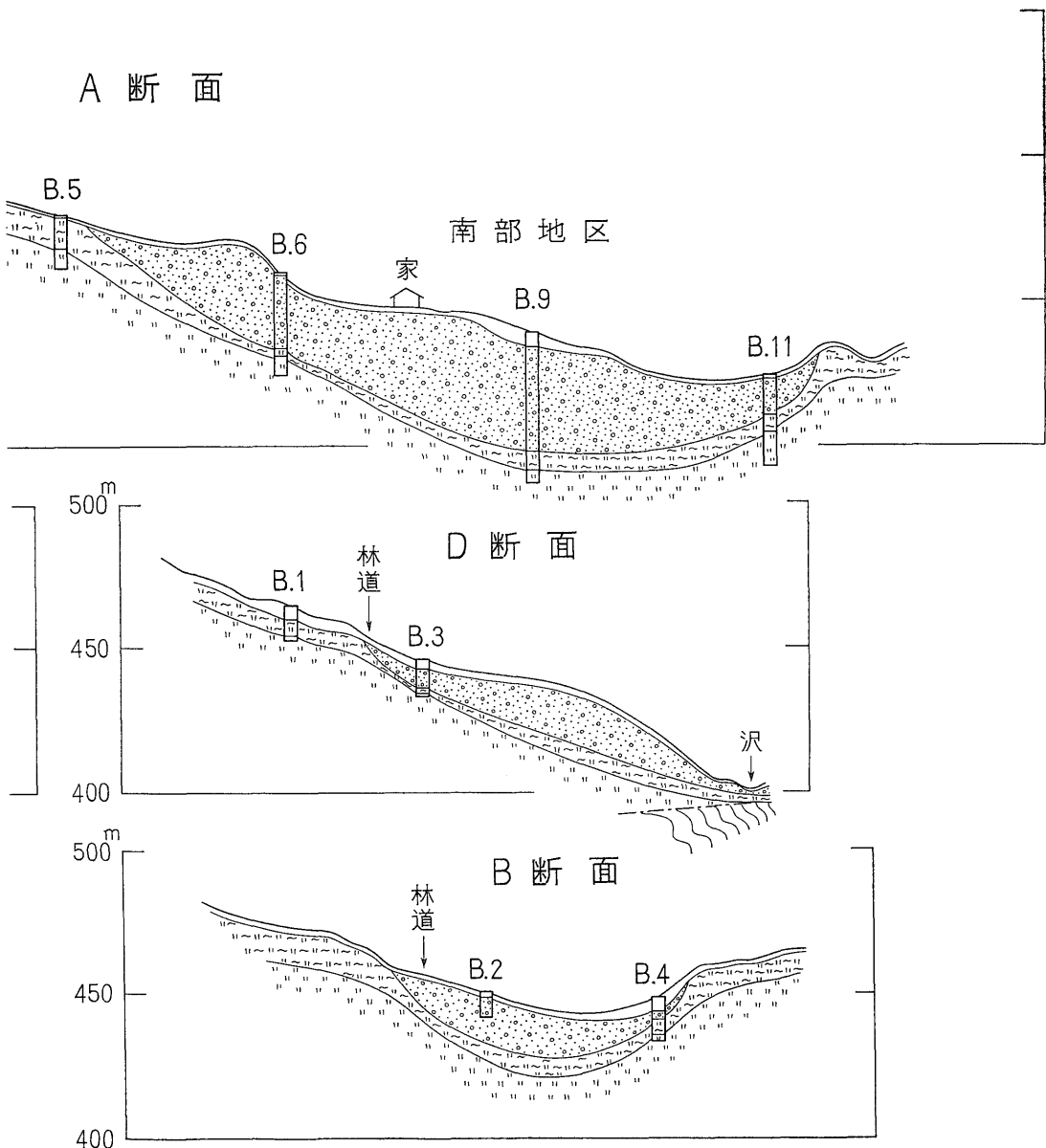
浅海性-瀬海性-淡水性への移行に伴う地層の堆積環境と層相は、地すべりの発生機構に影響を与えている。なお、地すべり層準としての堆積構造は、層相による風化の不均質をもたらし、風化岩盤内にすべり面を生



第27図 高目地区の地
Assumed diagrams of underground profiles by drill

じて1次地すべりの要因を形成する。岩質による崩積土の相違は2次地すべりの性格に土の力学的性質として現われる。地すべりを現象面から分類することはかなり困難であるが、この地域では浅い回転すべりが集合した連続的地すべりないし複合地すべり、地すべりが退行的に発達している平面すべりないし複雑な地塊すべり、陥没性の地すべり、目立った崩落崖を生じる崩壊性地すべり

り、豪雨時に発生する岩屑すべり・土石流などが認められる。地すべりの規模は、斜面の小さな崩れから100ha前後におよぶものまで存在する。地すべりの規模は、地すべり層準の層相および風化程度のほかに地形的要因と造構運動とが密接な関係にある。地域的な地すべり層準の対比と特徴の解析は地すべりの研究として興味を持たれる。



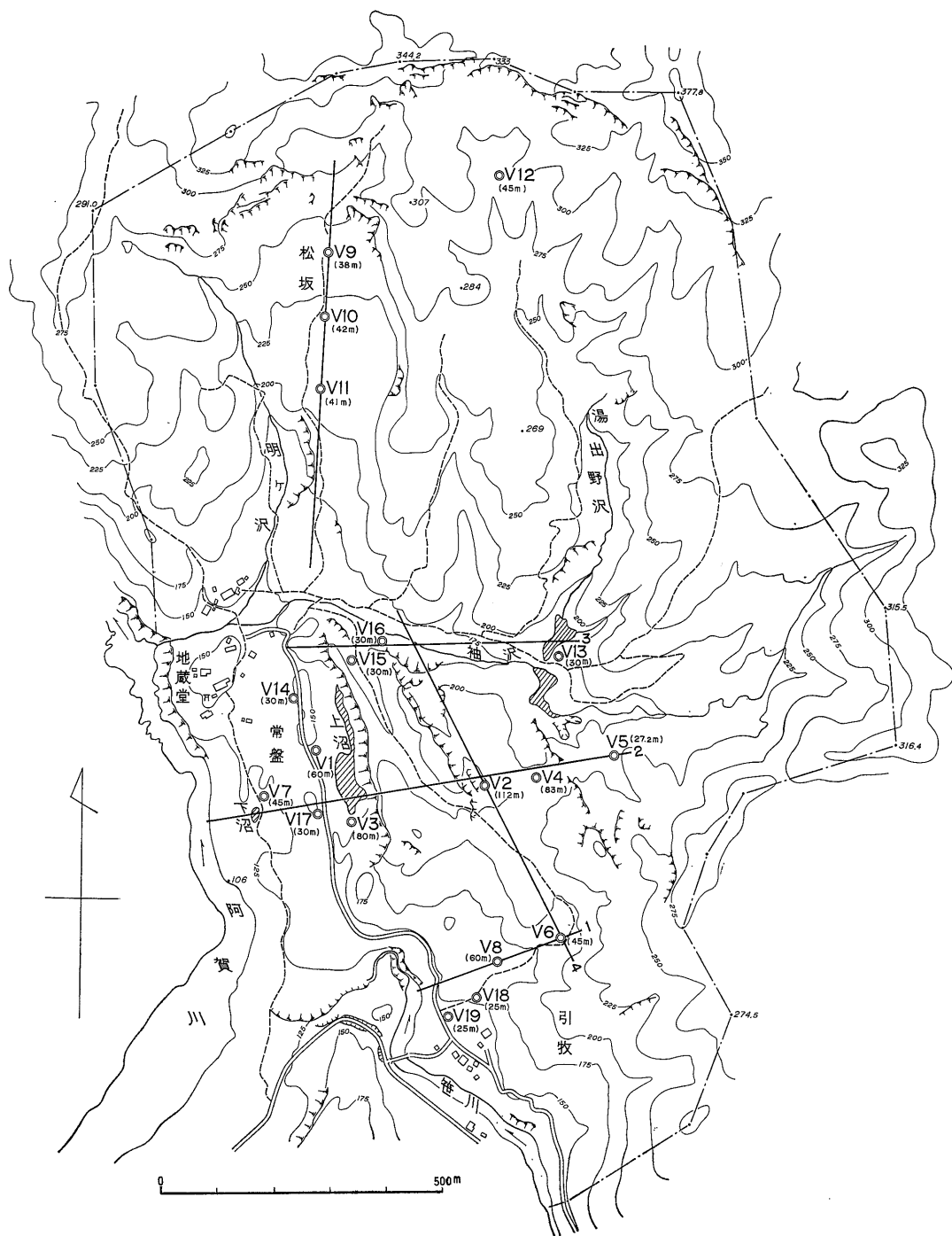
下構造断面図
and electric survey (A, B, C and D section)

4.6 地すべり地区の粘土鉱物

広域調査の採取試料から Guigerflex による粉末回折線を得た。地すべりの基岩・風化岩・崩積土・押し出し粘土などの代表的な試料について検討した。第33図～第35図にX線回折のパターンを示す。結果を要約するとつぎのようである。

- (1) 緑色凝灰岩の沸石およびモンモリロナイト

高目地区において、地すべり崩壊跡の基岩から採取した白色細粒の凝灰岩(軟質の塊状岩)からはモルデン沸石の示性線が強く検出された(第33図参照)。これは、ほとんどモルデン沸石のみからなっている。滝坂地すべり地区の白色風化凝灰岩からはモンモリロナイトとモルデン沸石が検出され、含沸石ベントナイトの性質を示した。なお、ボーリングコアによる凝灰岩系の粘土はほと



第28図 滝坂地区平面図
Takisaka landslide area

袖ヶ沢地区

常盤地区

引牧地区

松坂地区

湯出野地区

BV.2

BV.4

BV.15

BV.1

BV.3

BV.7

BV.14

BV.17

BV.6

BV.8

BV.9

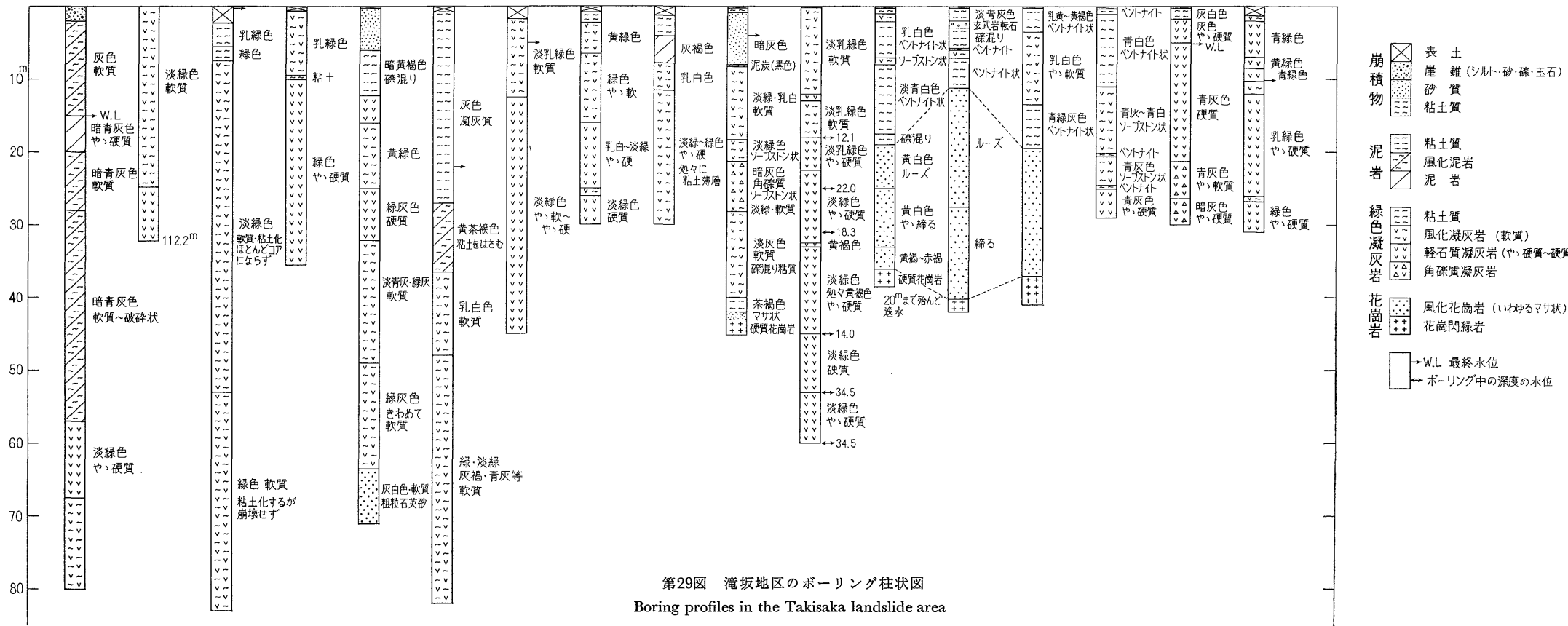
BV.10

BV.11

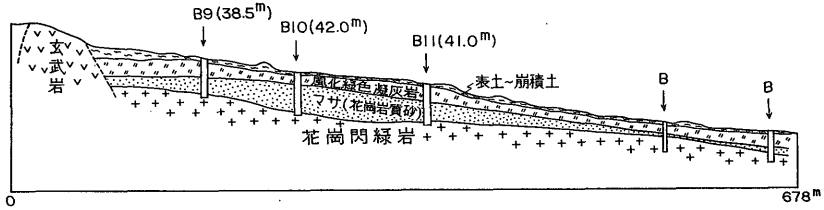
BV.12

BV.13

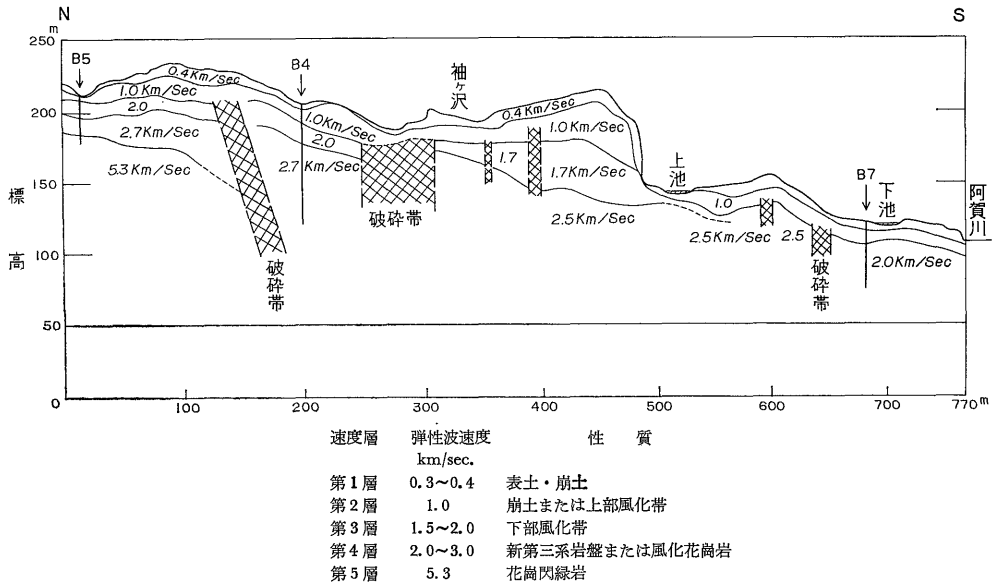
BV.16



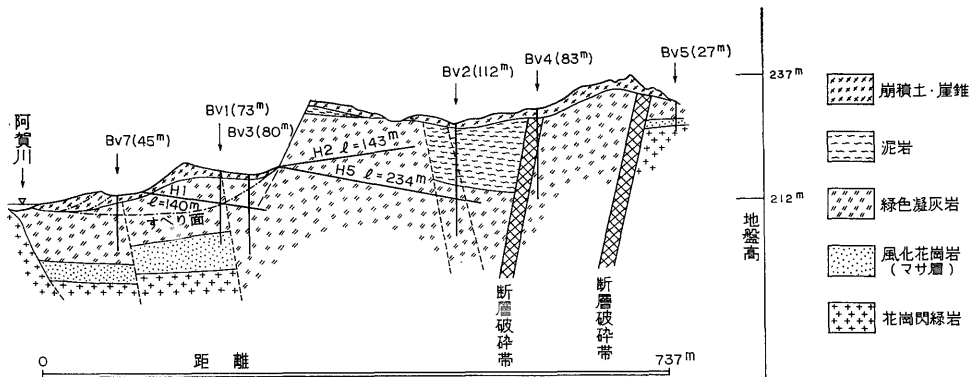
福島県会津地方における第三紀層地すべりの地質特性 (安藤武・大久保太治・橋本尚幸)



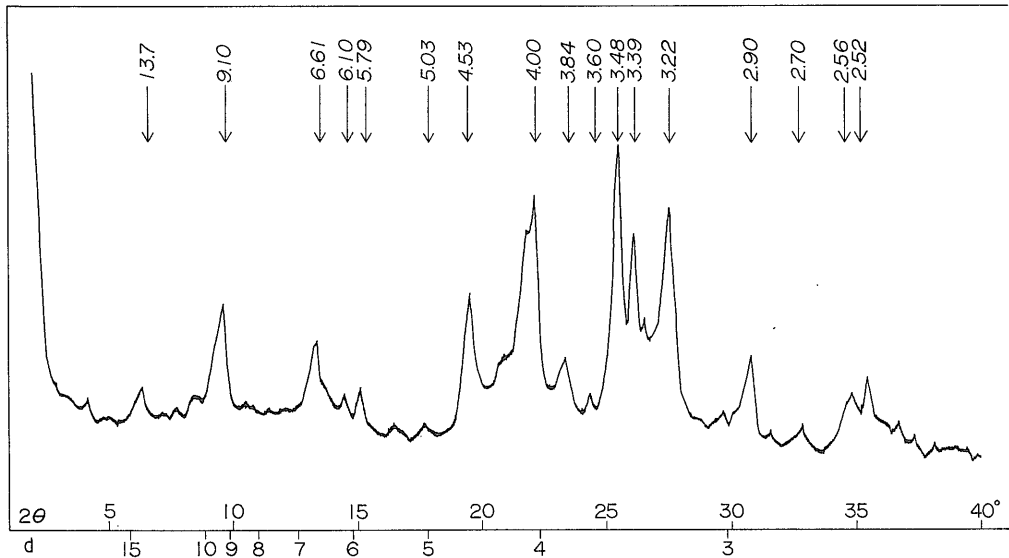
第30図 滝坂地すべり松坂地区断面図
Assumed diagrams of underground profiles by drill, Matuzaka area, Takisaka landslide



第31図 滝坂地すべり弾性波探査解析図(測線 No. 2)
Diagrams of underground profiles by seismic prospecting in the Takisaka landslide area (No. 2 line)



第32図 滝坂地すべり袖の沢一大石線推定地質断面図
Assumed geological section diagram by drill and seismic prospecting, Sodegasawa-Oishi line, Takisaka landslide



第33図 変質緑色凝灰岩のX線パターン (Mordenite)
 Representative X-ray pattern of altered green tuff (mordenite)
 (測定条件 35 kV, 15 mA, TC8) 試料採取地 福島県西会津町大字新郷字高目

んど沸石であることが知られている。会津地方の緑色凝灰岩はモルデン沸石による沸石化作用を強く受けていることが注目される。

(2) 泥岩類のモンモリロナイト・クロライトおよびイライト

板の沢地区の暗灰色泥岩 (基盤の塊状泥岩、与内畑層) およびこれらの風化土では、モンモリロナイトおよびイライトの示性線が強く検出された。黒岩地区の押し出し粘土 (灰色～灰白色、原岩は黒岩層) ではイライトおよびクロライトのピークを検出したが、とくにイライトの示性線が強く現われた。撫木地区の地すべり粘土 (原岩は和泉層) ではイライトおよびクロライトの示性線が強く現われた。泥岩類はおもにモンモリロナイト・イライトおよびクロライトを粘土鉱物として含有するが、これらの組合せや量は地層によってかなり相違している。

5. 風化機構と地すべり

地すべり地区における風化は、地すべり層準の層相および地すべりの構造要素に支配されて異状に進行している。ここでは、地すべり地区における風化機構の特徴についてのべた。風化機構は地質学的な構造、これにもとづく水の浸透機構、岩質の特性および風化を促進する物理・化学的要因が複雑にからみあったものであり、かつ

それぞれの境界領域にまたがるような問題が多い。このため、とり扱いにくいものであるが、風化機構と地すべりとの関係は重要な課題であるといえる。

会津地方の与内畑・板の沢などの地すべりでは、泥岩中に石膏とともに微細な硫化鉄を2次的に鉱染している部分がある。また、鮮新世の和泉層や藤峠層の地すべりでは亜炭層を挟有する。一般的に、暗灰色～黒色の泥岩は堆積時にすでに微細な硫化鉄 (黄鉄鉱・白鉄鉱など) を含有し、0.5%前後ないし数%の硫黄分が含まれる。岩石組成として、泥岩にはモンモリロナイト・イライト・クロライトなどの粘土鉱物が多く含まれ、石英・長石のほかに、ときに沸石や方解石なども含まれる。風化の段階で、硫化鉄などの分解によって、硫酸塩を溶出する岩石は軟岩化および粘土化しやすく、また周囲にも風化の影響を与えて砂岩層を軟弱化し、ときには薄い夾みの凝灰岩層をベントナイト化する。

会津地すべり群地域の緑色凝灰岩は沸石化作用を受けており、高目地区・滝坂地区などの地すべりではモルデン沸石の存在が確認された。沸石化作用を強く受けた凝灰岩は割合に脆弱であり、なお一度崩れると水を含んで地すべり粘土になりやすい。また、風化凝灰岩中の割目は沸石による可塑性の粘土でみだされた状態になる。堆積岩としての性質および地質時代の変質作用に、岩質からみた風化と地すべりの大きな素因が存在する。

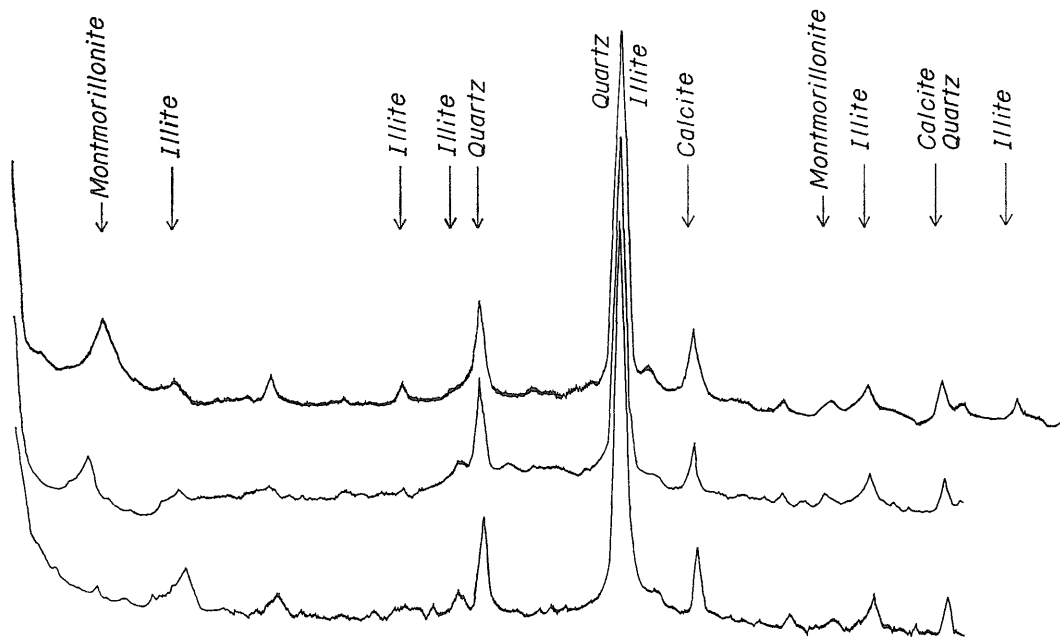
板の沢地区

Itanosawa area

(水 簾)
elutriated

(EG 処理)
glycolated

(焼成)
200 °C



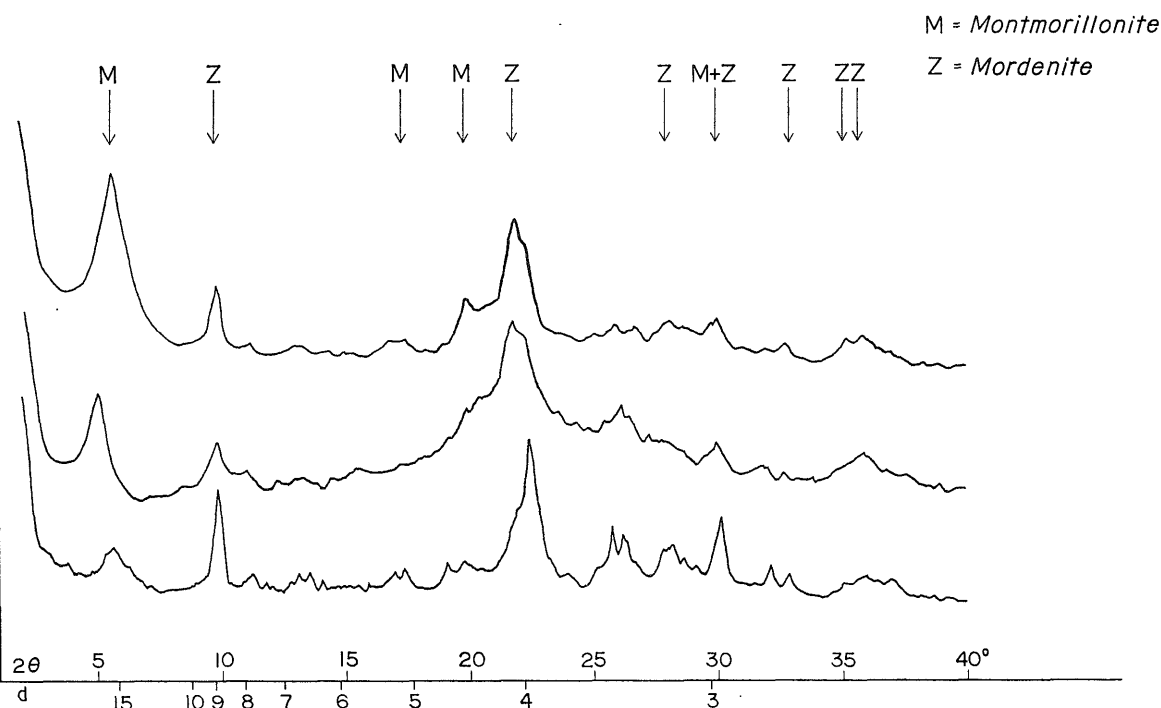
滝坂地区

Takisaka area

(水 簾)
elutriated

(EG 処理)
glycolated

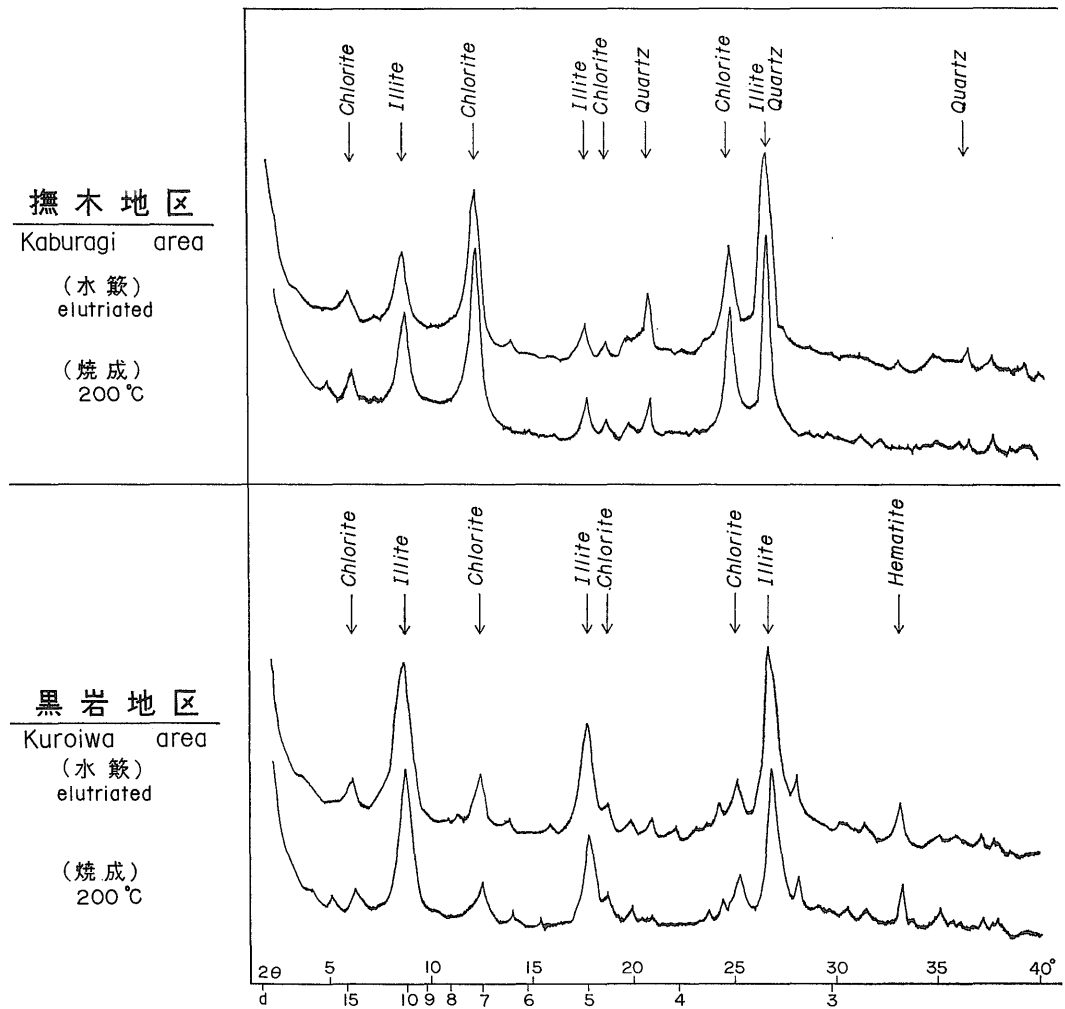
(HCl 処理)
HCl treated



第34図 X 線 回 折 図

Representative X-ray patterns (Itanosawa and Takisaka area)

測定条件 35 kVP. 15 mA. TC8.



第35図 X 線 回 折 図
Representative X-ray patterns (Kaburagi and Kuroiwa area)
測定条件 35 kVP. 15 mA. TC 8.

(1) 風化作用

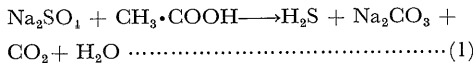
風化作用はよく知られているように物理的風化と化学的風化とに大別されるが、両者はかなり密接な関係にある。物理的風化はおもに岩石が大小の塊状・片状に碎かれることであり、第三紀層地すべりあるいは結晶片岩型地すべりなどそれぞれの型と様式で、岩石の構造要素によって生成される岩片の形状は特徴的である。とくに、地すべり地区における厚い風化帯の発達や地すべり粘土の生成はおもに化学的風化として理解されねばならないようである。化学的風化は水の炭酸酸度および土壌バクテリア類の増殖がきわめて重要な因子として考えられる。

風化の発達は水の浸透と岩質によって大きく規制され、両者の相互作用によって風化は進行する。水の浸透をもたらすものは断層・破碎帯・節理・層理・片理・劈開および岩石の透水性であるが、大きな関係をもつものは、第三紀層地すべりでは断層・破碎帯および層理であり、結晶片岩型地すべりでは節理・層理・片理および劈開であるといえる。なお、岩盤地すべりとして一度崩れると、崩積層における水の浸透およびあり方はきわめて複雑になる。水が浸透ないし拡散浸潤する構造的な背景は重要視されねばならない。

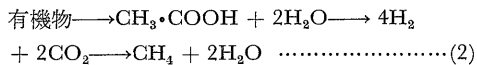
(2) バクテリア類の増殖と風化

化学的風化は、土壌バクテリア類の増殖作用を伴っ

たもので、加速的に進みやすい傾向がみられる。とくに、硫酸塩還元バクテリアの増殖と風化との関係は地すべり地区でもっとも注目される。可塑性の大きい地すべり粘土が生成される原因の一つである。地すべり地内で溶出される硫酸塩は不安定な成分であり、容易に還元分解される。分解を促進するものは硫酸塩還元バクテリアであるが、これは嫌気性バクテリアの一種で硫酸塩を還元して硫化物をつくる。このバクテリアの増殖には、硫酸塩が供給されること、酸素の供給がきわめて不十分であること、および還元剤となる物質の存在が必要な条件とされる。なお、 Mg^{2+} や Fe^{2+} など共存イオンの存在、自然界の共存バクテリアの助棲作用、土の粒度組成などが発育を促す条件とみなされている。増殖母体の粒度組成にある程度の制限を受けるが、粘土質ないしシルト質のような状態では発育しやすい。一般的に、地すべり地区はこれらの条件および環境を満している。模式反応は次のようであり、 H_2S および CO_2 を発生するが、 CO_2 は水に炭酸酸度を与える。



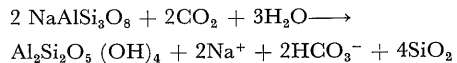
地すべり地では、部分的なすべり・陥没・隆起などに関連して、沼や湿地を形成しやすいことは一般に知られているが、これらの場所ではメタンガスの発生をみることがある。植生などに由来する有機物は、低級脂肪酸の過程を経て、最終的にはメタン醗酵バクテリアの作用を受けて CH_4 と CO_2 とに分解されることが知られている。模式的には次のように表わされるが、分解機構については CH_3 基の炭素が CH_4 に、 $COOH$ 基の炭素が、 CO_2 になるという説、また直接の脱炭酸によって CH_4 を生成するという説などがある。



(3) 炭酸酸度と風化

水に炭酸酸度 ($H_2O + CO_2 \rightleftharpoons H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$) を与えるものは、[1] 空気中の炭酸ガスが天水に溶解した酸度、[2] 土壌バクテリア類の増殖による炭酸酸度、[3] 硫酸塩鉱物の分解による炭酸酸度がおもなものである。[1] は一般的なものではおもに表層部で作用し、[3] は共存鉱物として方解石を含有しあるいは方解石の細脈を伴った岩石の風化で知られる。[2] は地すべり一般、とくに第三紀層地すべりでは普遍的に認められる。粘土鉱物が風化による分解・変質の段階で生成されるのは H^+ イオンの働きによる。いちじるしい例外として、硫化鉄の分解による硫酸酸性になることがあるが、一般的にはおもに炭酸酸度による。

曹長石が炭酸酸度によって分解し、粘土鉱物を生成する反応は模式的には次のように表わされる。



解離状態に近いと考えられている長石分子は、結晶構造が破壊されてアルミナと珪酸とに遊離しやすく、これは速かに水和結合して含水珪酸礬土を構成する。一般に、造岩鉱物に H^+ が作用し、 $Na^+ \cdot K^+ \cdot Ca^{2+} \cdot Mg^{2+} \cdot Fe^{2+}$ などが遊離し、一方では水分子が置換しあるいは吸着してゆくものとみなされる。

第三紀層地すべりで、2次的に生成される粘土鉱物はおもにモンモリロナイトおよびカオリン族である。原岩を構成する粘土鉱物でも H^+ が作用する状態では水分子の吸着が増大する。とくに、泥岩中の酸性凝灰岩がモンモリロナイトに変化しやすいことは注目される。ときに、厚さ数 cm の凝灰岩層がベントナイトになり、さらに、すべり面となっているような例などが知られている。

御荷鉢緑色岩類地帯では、千枚岩質緑色岩の主要造岩鉱物である緑泥石が膨張性クロライトに変わっており、地すべり粘土として多量に存在する。これは、X線分析の E・G 処理で 1.0 ~ 1.5 Å 膨張し、低温加熱処理で消滅する 15 Å 粘土鉱物となっている。また、緑泥石の回折線は $7.2 \text{ \AA} > 14.5 \text{ \AA}$ のものが $14.5 \text{ \AA} > 7.2 \text{ \AA}$ の状態に変わっている。

三波川南縁帯(高知県本山町地域)の石灰質の緑色片岩では、緑色片岩が地すべり粘土として 25 Å 混合層粘土鉱物に変質しているのが知られた。この 25 Å 粘土鉱物は、規則性のイライト-クロライト混合層鉱物あるいはイライト-モンモリロナイト混合層鉱物である。これは、E・G 処理および低温加熱処理によって変化する風化粘土の性質を示す。強い風化作用とその条件は注目される。

(4) 水質の特徴

自然湧水・横坑排水・集水井などによる地すべり地帯の地下水の水質は、水のあり方や風化に関連して注目される。第三紀層地すべりについては、きわめて多くの分析資料が得られているが、それぞれの地区における溶存成分の特徴および水質組成の多様性などは広く関係者に知られている。陸水として、きわめて硫酸塩の多い地下水および重炭酸塩の多い地下水がある。また炭酸塩では、 $Ca^{2+} \cdot Mg^{2+}$ を主とした炭酸塩硬度型および Na^+ を主とした炭酸アルカリ型などの地下水が存在する。

第三紀層地すべり一般に、地すべり対策として排水工事が行なわれているが、地すべり地区で排出される地下

水では、鉄分の多い水や硫化水素を含んだ水が多く知られている。ときに、強い硫化水素臭を感じることもあり、また定性的に水硫化イオン(HS^-)の存在が多くの湧水で認められる。ボーリングの排水槽あるいは排水路では、ときに多量の鉄バクテリアが繁殖していることがある。鉄バクテリアは第1鉄化合物を体の表面または体内に沈殿させる分裂菌類であり、多くの種類が知られている。地すべり地区で普通にみられるものは *Lepthothrix* である。顕微鏡下で細長い糸状コロニー (短桿菌を納めた鞘は長さ数 $100\ \mu$) を容易に検出できるが、肉眼的には灰白～灰褐～赤褐色の綿状をなしている。炭酸酸性で鉄分を含む水に好んで繁殖する。ときに、白色の湯綿状を呈する硫黄バクテリアをみることがある。これは硫化水素を栄養源として繁殖するバクテリアである。溶存成分量・水質組成・バクテリアの繁殖など水質の特徴および水質変化の条件を解析することは、風化機構を研究する一つの課題である。

主 な 文 献

- 鈴木敬治 (1951) : 会津盆地西方地域の地質, 地質雑, vol. 57, no. 672, 673
鈴木敬治 (1964) : 福島県5万分の1地質図幅同説明書「会津地方」, 福島県

- 鈴木敬治・他5名 (1968) : 5万分の1地質図幅「野沢」同説明書, 福島県
東北農政局計画部 (1964) : 東北管内地すべり防止事業調査報告書
鈴木敬治・他2名 (1967) : 新潟地震にさいして福島県会津地方に発生した災害と地質, 土と基礎, vol. 15, no. 10
土田 満・山崎寛治 (1969) : 滝坂地すべり対策工事, 地すべり研究第13集, 全国地すべり対策協議会
安藤 武 (1963) : 地すべりにおける泥岩の風化機構, 応用地質, vol. 4, no. 1
安藤 武 (1967) : 最近の地すべりとその研究, 地質ニュース, no. 159, 160
安藤 武・大久保太治 (1970) : 徳島県西部結晶片岩地域の地すべり, 地調月報, vol. 21, no. 7
Committee on Landslide Investigation (1958): Landslides and Engineering Practice, NAS-NRE Publication, 544.

そのほか、対策工事の報告書および地すべり一般の資料は省略した。