

報 文

551.352/.353 : 551.243 (521.41)

新潟県東頸城郡地すべり調査報告

大和 栄次郎* 安藤 武* 太田 一**

Landslides Observed in the Higashikubiki District, Niigata Prefecture

by

Eijirō Owa, Takeshi Andō & Hajime Ota

Abstract

The Higashikubiki district is famous as the place of landslides. The writers have surveyed these areas geologically, geochemically and geophysically.

The district is composed of Neogene formations, and the landslides have taken place particularly in the areas composed of a black mudstone.

The chemical and physical examination on the mudstone and ground water of this area gave the result that ground water contains sulphate and bicarbonate etc., and that the mudstone alters into pasty clay in process of base exchange *in situ*.

Pasty clay produced by this process seems the initiating cause of landslides in the district.

要 旨

新潟県は地すべり地帯として、日本で有名であり、そのなかでも東頸城郡は、地すべり集中頻発地域として第一の地域である。

今回は、地質・水質調査を主とする12箇所の地すべり地の概況調査のほか、2,3の地すべりに対しては、電り探査・試錐を併用し、やゝ詳しい調査も行なつた。

地域内の地すべり分布を通覧すると、地すべりは、地質上いわゆる黒色泥岩の地域に集中して発生している事実が一驚する。この事実は、黒色泥岩に地すべりのそもそもの素因があることを考えさせる。そうしてその素因の1つとしては、まず次のようなことが考えられる。

黒色泥岩は、例えば海底盆のような海水の流動しにくい平穏なところの堆積物と考えられており、これらの堆積物はいわゆる同時褶曲を行なうのみならず、さらに堆積後の褶曲運動を蒙つており、不安定な地盤となつていゝるものと考えられる。このような根本的な素因に加えて、黒色泥岩はこれを水中に入れると、次第に崩れるが、この場合単に細破するにすぎないもののほかに、鯛状構造を浮きだしつつ、短時間に糊状に泥化するものがあることが明らかにされ、このような岩質上の特性も、

地すべり活動に重要なもう1つの素因となつていゝると考えられる。

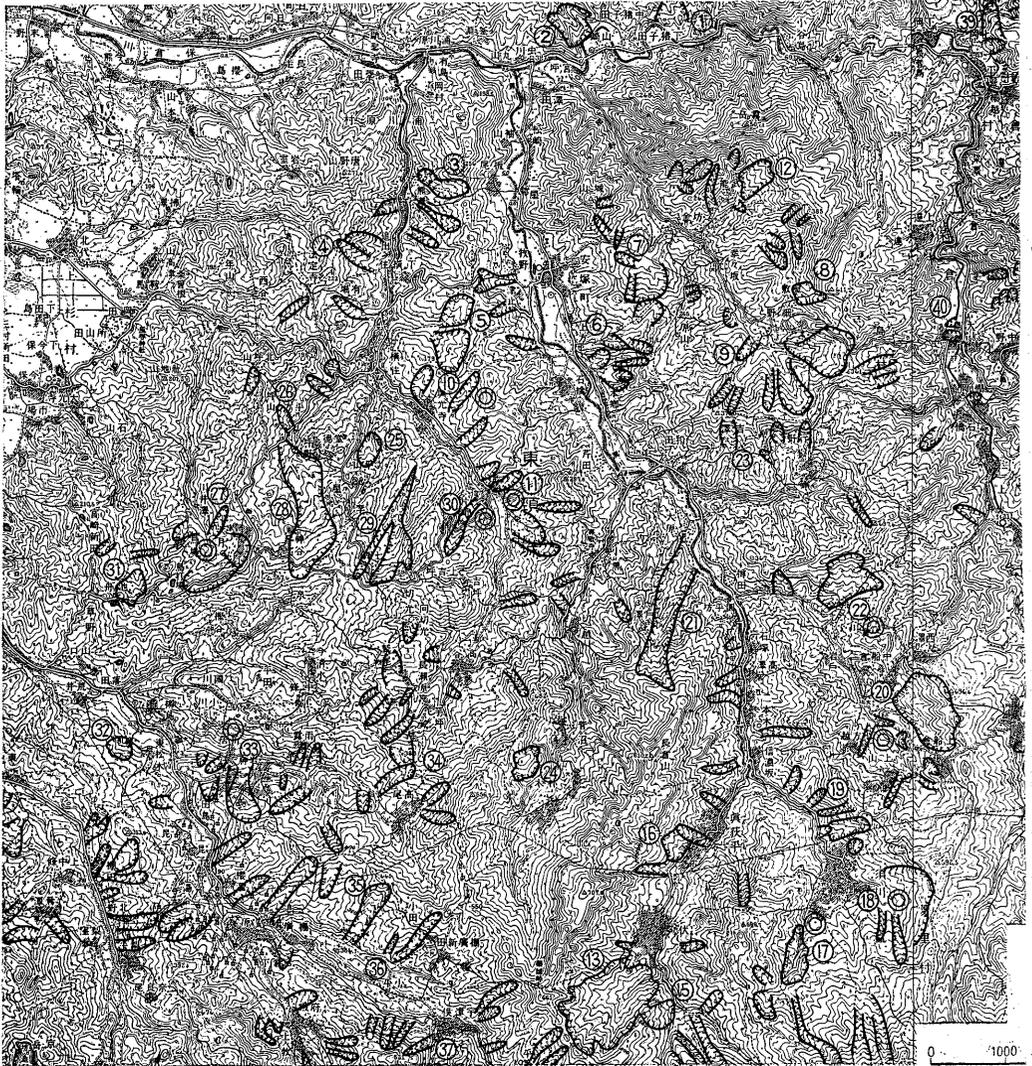
以上のような、黒色泥岩自体がもつている特性に、さらに“水”が加わつて、地すべりの危険が次第に醸成される。すなわち、“水”はかなり電解質であり—これも黒色泥岩の還元性という特殊な堆積環境に多分に関連するものであろうが—このことは泥岩が水の化学作用によつて粘土化していることを考えさせ、また、水が思いがけない高所にまで湧出することは、上向水圧をもつていゝることを考えさせるなど、このような水が地すべりにかなり誘発的に作用していゝるものと思われる。この“水”の問題でいままでに明らかにされたところでは、集水面積からの浸透水のみとは考えられないほど遙かに多量の湧水量を示すが、といつても例えば“ガス水”のように、そう深いところから導かれた水ではないことが水質上わかつていゝる程度で、全般的には未知な点が多い。

また、地すべり地帯の地下構造解明の結果、基盤内に数多くの粘土層の存在が明らかにされ、地すべりとの関連性が注目された。

今後、この地方の地すべりの発生機構を知り、ひいては対策を樹立するためには、黒色泥岩の性質、“水”のあり方、地下粘土層の成因などについて、さらにいゝる考究されねばならないものと考えられる。

* 地質部

** 元所員

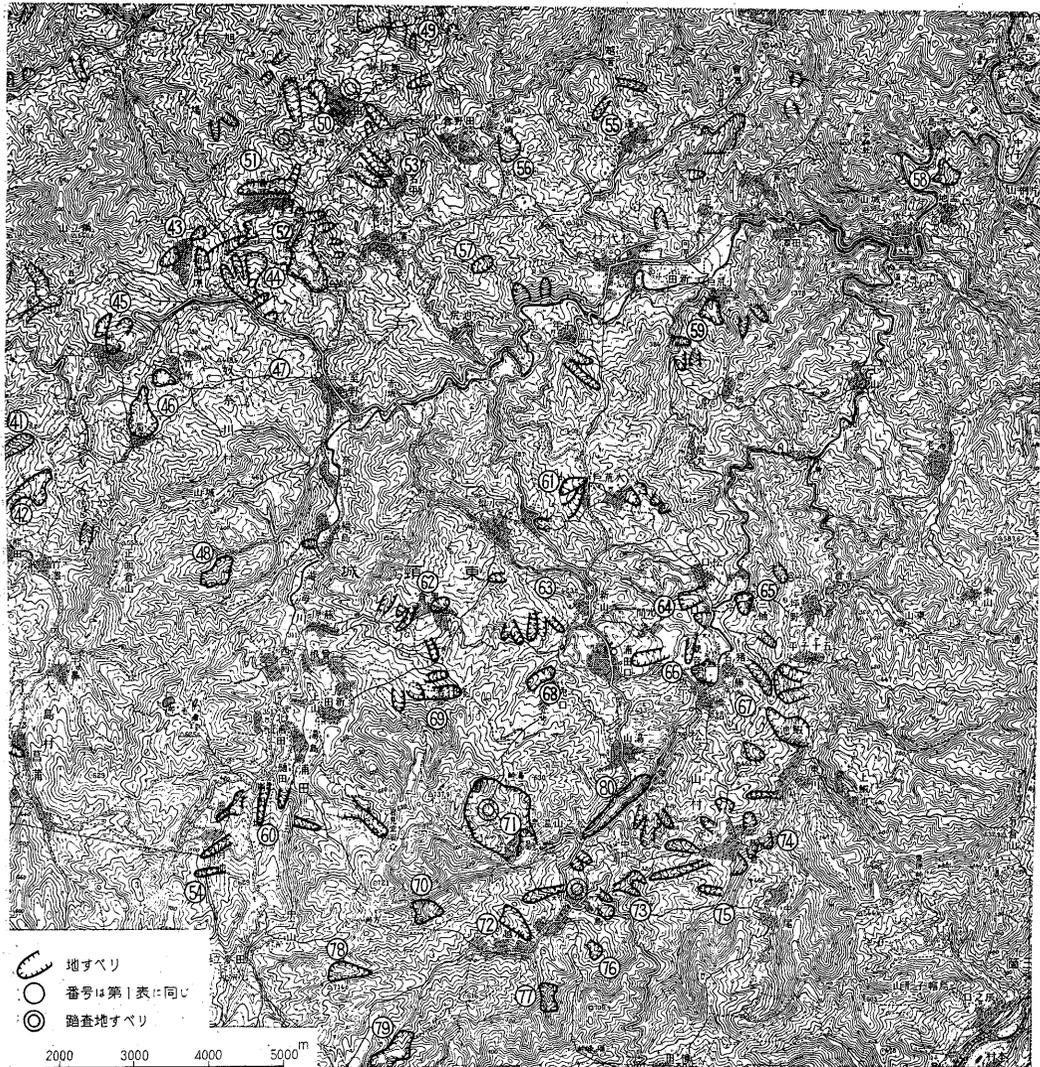


第1図 地す

1. まえがき

地すべりは従来から、地質関係、農林関係、土木関係の人々によつて、調査・研究が行なわれ、いろいろの対策がなされてきた。しかし、眼前の現象面にあまりにとらわれすぎたため、地すべりは山崩れや崖崩れなどと同じように、地表の簡単な現象と考えられてきた。そして、その対策もそれに応じた工法が多く施工されてきたのである。しかしこのような工法は、次々と期待を裏切り、むしろ、これらの工法の失敗を通じて、地すべり現象とはこういうものではなく、もつと異なつた本質があることが想像され、その点で皮肉にも大きな効果があつたといふことができる。このような、いろいろの工法

が試験的に行なわれた過渡的の時期を土台として、最近になつて地すべりに対する知識は一段と飛躍した。すなわち、地すべりは従来とは違つた角度から検討される必要のあることが強調され、こういう意味で小出博による地すべり現象の新しい解釈、高野秀夫を初めとする新潟県土木部を初めとし、徳島県土木部などの実際の施工から生みだされるいろいろの事実と、これらの事実からの地すべり現象に対する新しい理解など、多くの調査研究をあげることができる。これらを総括すると、地すべりの発生は決して偶発的なものでなく、地質的にある条件をもつた所で、ある定まつた条件が満足されたときに発生するものであり、このような条件が次々に解明されつあるのが現状といえる。



べり分布図

筆者らは昭和31年初夏、約20日間にわたつて、日本の地すべり地帯として著名な、新潟県東頸城郡下の地すべり調査を行なつた。調査は安塚町船倉地すべりおよび牧村川井沢地すべりに重点を置き、さらにその四近すなわち浦川原町・松代町・松之山村などの地すべりも概査した。

地すべりを岩盤内に発生する初生的の一次地すべりと地すべり崩土内で発生する二次地すべりとに分けるならば、二次地すべりはかなり簡単な発生機構と考えられるし、また一次地すべりが理解されれば、自ずから二次地すべりも理解されると考えられるので、この調査ではもつぱら一次地すべりの原因究明、およびその対策という点に焦点を置いた。また地すべり現象は、その衝にあたる

もののほかは一般に理解の程度が薄いように思われるので、やゝ蛇足の感はあるが、地すべり現象に対する現在の理解の仕方にも言及して報告書としてとりまとめた。

なお調査にあつて、新潟県を初めとして地元各方面から寄せられた御協力に対して、深謝の意を表する次第である。

また調査の一部、電気探査については、物理探査部の各位ならびに地質部村下敏夫の協力を願ひ、写真関係については、資料課正井義郎の協力を願つた。

2. 地すべりの概要

東頸城郡下の地すべりは、第1図に示した。もちろんこれで郡下の地すべり全部を包含している訳ではな

第1表 地すべり現況表

番号	所在地	被害面積 (町)				番号	所在地	被害面積 (町)			
		山林	耕地	その他	計			山林	耕地	その他	計
1	浦川村大字中猪子田	7.0	4.0	4.0	15.0	42	大島村大字仁上	5.0	7.0	3.0	15.0
2	" "	4.0	3.0		7.0	43	奴奈川村大字木和田原	3.0	1.4	1.0	5.4
3	" 熊 沢		2.6		2.6	44	" 室 野	7.2	1.5	0.5	9.2
4	" 横 住	0.7	3.8	0.7	5.2	45	" 峠	0.1	6.5	1.0	7.6
5	" "	6.0	26.5	7.0	39.5	46	" 室 野		11.0	1.0	12.0
6	" 上 郷	2.5	6.3		8.8	47	" "	0.1	3.9	0.5	4.5
7	" 本 坊	7.0	25.0		32.0	48	" 福 島	0.1	0.4		0.4
8	" 細 野	1.5	5.7		7.2	49	松代町大字萌平	10.0			10.0
9	" "	8.0	22.0		30.0	50*	" 寺 田		7.0		7.0
10*	" 真光寺		12.0		12.0	51*	" 儀 明		6.4	0.1	6.6
11*	" 谷	2.0	9.0	8.0	19.0	52	" "	0.5	12.7	12.6	25.8
12	安塚町大字坊金	24.0	18.0		42.0	53	" 名 平	1.5	4.0	5.5	11.0
13	" 真萩平	22.4	52.5	33.1	108.0	54	" 蓬 平		0.9	0.1	1.0
14	" "	15.0			15.0	55	" 仙 納	0.2	1.8		2.0
15	" "		6.0		6.0	56	" 蒲 生	0.5	1.5		2.0
16	" "	8.8	9.6	1.1	19.5	57	" 草 島	3.0	3.0		6.0
17*	" 須 川	7.0	4.0		11.0	58	" 源 太	8.0	1.0	1.2	10.2
18*	" "	21.0	8.0		29.0	59	松之山村 大字浦田		1.8		1.8
19	" "	0.5	6.5	3.0	10.0	60	" "	0.2	1.5	3.3	5.0
20*	" 上船倉	42.0	13.0		55.0	61	" 大荒戸		4.3	1.0	5.3
21	" 戸 沢	6.0	6.3		12.3	62	" 黒 倉	6.2	25.0		31.2
22*	" 下船倉	7.6	16.6	3.6	27.8	63	" 水 梨	25.0	38.0	12.5	75.5
23	" 行 野	3.0	7.0	0.5	10.5	64	" 松 口	0.1	4.0	0.9	5.0
24	" 朴 木	8.0			8.0	65	" "		3.0		3.0
25	牧村大字平山		4.0		4.0	66	" 観音寺	0.1	1.4		1.5
26*	" 平 方		6.6	0.4	7.0	67	" 猪ノ名	0.4	32.2	0.1	32.7
27*	" 川井沢	14.0	37.0	2.0	53.0	68	" 兎 口	5.0	0.5	1.0	6.5
28	" 神 谷		45.0		45.0	69	" 浦 田	0.6	2.7	0.2	3.5
29*	" 七 森	16.0	17.0	10.0	43.0	70	" 天水越		5.0		5.0
30*	" 片 町	7.0	5.0		12.0	71*	" 湯 本	8.0	3.0	1.0	12.0
31	" 池 舟	2.0	2.0		4.0	72	" 天水越	8.0	2.0		10.0
32	" 松之木	5.0	4.0		9.0	73*	" 天水島	2.0	1.0		3.0
33*	" 岩 神	6.0	12.0	7.0	25.0	74	" 藤 倉		4.0		4.0
34	" 切 光	16.0	4.0		20.0	75	" 中 尾		9.0		9.0
35	" 棚 広		10.0		10.0	76	" 天水島	3.8	0.5		4.3
36	" 棚広新田		11.0		11.0	77	" "	4.5			4.5
37	" 宇津ノ俣	6.0	6.0		12.0	78	" 天水越	14.0			14.0
38	" "	10.0			10.0	79	" "	16.0			16.0
39	大島村大字 岡	7.0	11.4		18.4	80	" 湯 本	13.0			13.0
40	" 大 島	2.0	4.0	1.5	7.5						
41	" 仁 上	5.0			5.0	計		446.1	655.3	128.4	1,229.8

* は今回踏査した地すべりである。

い。これらのうち今回踏査した地すべりは、船倉・須川百山および神代(安塚町)・真光寺・谷・片町(浦川原町)・平方・川井沢・七森・岩神(牧村)・儀明・寺田(松

代町)・上湯・天水島(松之山村)などである。

上湯地すべりが凝灰岩地帯に発生しているのを除けば、残り全部がいわゆる黒色頁岩の地帯に発生している。

ものである。次にそれらの概要を述べる。

2.1 船倉地すべり

中船倉と上船倉の間の50町歩以上の大きな複合地すべり(図版1, 2)と、上船倉^{もまか}地坂の規模は小さいが、その形態がわかり易い地すべり(図版3~5)の2つの地すべりを踏査した。後者に対しては電探、試錐を実施し、やゝ詳しく調査した。

中船倉と上船倉の間の地すべりは歴史が古く、約370年前に、おそらく地すべりのためであろうが、神社の移転が行なわれた記録があり、また約200年前には粗朶^{そだまくら}枕といわれる一種の木杖^{もまか}が、地すべり対策として、施工されたと伝えられている。その後ももちろん断続的にすべり続けたと思われるが、昭和9年6月~7月には1つの谷が全部すべつた大抜けがあり、同12年2月11日には50町歩に及ぶ最も大きい地すべりが発生し、現在まで断続的に、部分的の小すべりが続いている。

この地すべりは、一般にすべりの速度が緩慢であり、亀裂ができ始めてから3~4日後にすべり始めるようである。また、この地すべり地帯の東側部は抜け山地すべりといわれているが(図版1)、これは大正初期に活動した地すべりで、現在は全域が水田となり、すべりはほとんど停止しているといつてよい状態である。しかし、毎年水田の傾動、陥没は著しく(図版6)、はなはだしい部分は年間5m以上も陥没する。傾動・陥没は古い地すべり地帯によくみられることであり、この現象の解明は地すべり現象、とくに地すべり地帯の水のあり方という点で、鍵点を占めるもののように思われる。

上船倉地坂地すべりは、最近では、昭和27年秋活動し、現在でも緩慢ではあるがすべり続けている。そのため一部は耕地とされているが、大部分は荒廃地のまま放置され、今年度から耕地として利用されるようになった(図版5)。27年の活動は最初急激にすべり、その後5日間位すべり続けたということである。その際の滑落崖のさらに奥および側面にも図版3に示したように、古い滑落崖があり、この地すべりも従来から、断続的に活動したものである。第2図に27年地すべりの実測図を示す。平均幅員約50m、長さ400mにも及ぶ帯状であつて、方言で“抜け”といわれる地すべりの別名に相応しい地すべりである。地すべり崩土は破砕泥岩と粘土からなり、その厚さは約20mであつて、図版5に示したように、その末端は川流に侵食され、崩土の移動が絶えず助長されている。

2.2 須川百山地すべり

百山地すべりは図版7, 16に示した。この地すべり地帯には、約50年前と20年前に大活動があり、その後1町歩程度の小さな地すべりが毎年2, 3カ所に発生して

いる。このように継続的にすべる地すべり地帯は、耕地として年間を通じて一定期間使用されるが(無肥料、大豆、小豆が主)、使用後は放置され荒地となり(図版13, 14)、翌年はふたゝび畑作りをするという農耕法がとられている。この地すべりのすべる速度は船倉の速度と比較すると遙かに早いようであり、また、地帯内に亀裂(図版8, 9)の多いのも特徴であり、この亀裂は遂には川谷となり(図版7)、地すべり崩土の運搬を行なうようになる。なお、この地すべりは、いわゆる須川背斜の軸部にあたり、地すべり頭部には天然ガスが噴出し、現在利用されている。

2.3 須川神代地すべり

蛇の腰池(径50mほど円形)附近から発生し、数個の頂点をもつた地すべりが錯雑している。とくに池からEWの方向と、N40°Wの方向にすべっている地すべりが大きな規模をもっている。地すべり地帯内には、滑動以外に水田の陥没がみられる。地すべり末端は川流に洗われ、基盤の暗灰色泥岩が地すべり崩土の下に露出しているが(走向NS、傾斜20°W)、こゝでは5~10cmの凝灰質砂岩の挟みが4層みられる。また末端地帯では、年々3m位慢性的にすべり、水田の畔を年々作り換えるという大きな労力を払い、したがって千枚田(棚田、図版11)による米作が続けられている。

2.4 真光寺中尾地すべり

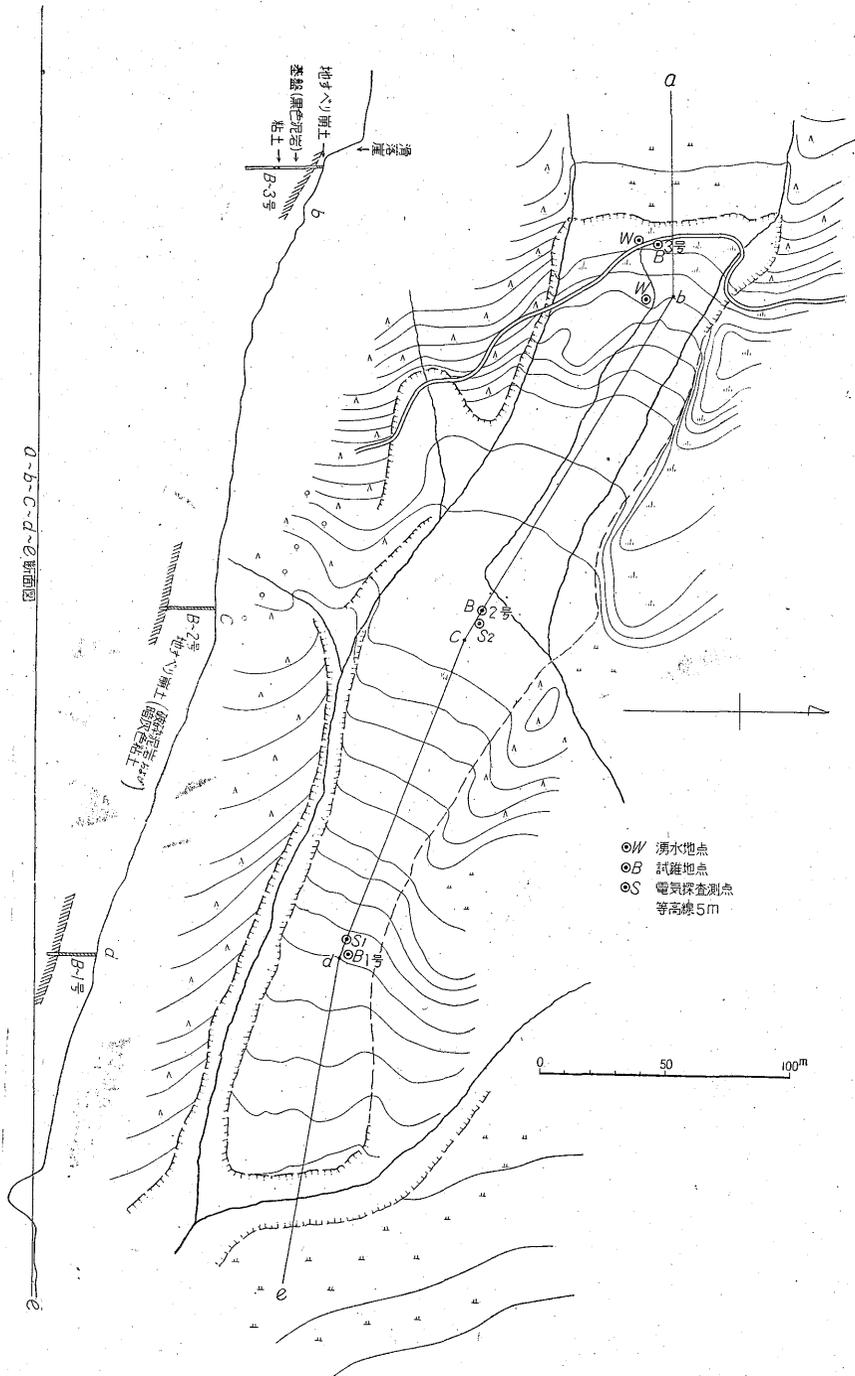
最近の記録では26年12月、28年4月に活動している。28年の活動では、27年に完成した高さ9mのダム1基が地すべり崩土下に埋没された(図版12)。

この地すべりは頭部近くに相当量の湧水があり、中部の傾動地帯の湧水を含め、湧水地点は4カ所に及ぶ。また、典型的な頭部沈下(沈下量約1m)がみられ、沈下部は稜線に近い高所であるにもかかわらず開田され、その用水は背部の滑落崖に横坑を掘進して取水している。この横坑は延長約25mに及ぶが、内部の岩盤中に約5mの破砕泥岩層が挟まれており、こゝからの湧水が利用されている。このように岩盤中に“ザク層”が挟まれているということは、地すべりの本質を理解するうえで充分注意しなければならない。

なお、真光寺には、この中尾地すべりのほか、大門・津^つ暗沢・広見地すべりなどがあり、これらはいずれも少しずつではあるが、年々すべっている。そのうち大門地すべりは25年に大抜けが発生し、その後暗きよ・横孔ボーリング(20~40m・排水量5l/min)などが施工され小康を保っている。

2.5 谷地すべり(図版13)

谷地すべりには昭和初年に活動したものと、15年頃活動したものと2つある。後者の地すべり崩土中には炭化



第2図 地板地すべり実測図

の進んだ埋木があり、その活動の歴史は古いものと思われる。15年頃の活動まで、間欠的にすべっていたが、その後ダム4カ所のほか、暗きよ・開きよ・横孔ボーリングが継続施工され、現在はほぼ停止状態にある。

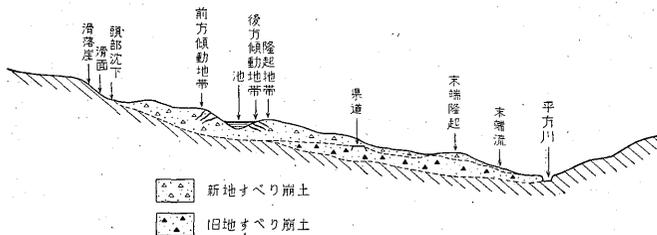
2.6 片町貝石沢地すべり

貝石沢は地すべり崩土中から介化石・泥灰質のパイプ(径1~10cmが多い)が川流に洗いだされて散点するところから名付けられたものと思われるが、現在ではこれらの化石の採集は困難であるし、含化石層の露頭もみあたらない。この地すべりには従来ダム・暗きよ・開きよ

が施工されているが、31年度においても春季に相当すべつている。また、地すべり崩土の露出表面には、白色の硫酸塩が析出し、地すべり地帯の水の水質上の問題で、またあるいは泥岩の塩基置換という点で注意を引く。

2.7 平方地すべり

約50年前に活動したことがあつたようであるが、その後は26年12月1日および27年1月3日に大抜けが発生している。27年には民家3戸が移転を余儀なくされ、砂防ダム・開きよ工事が行なわれ、31年4月までまったく停止状態にあつた。この地すべりの特徴は間欠的に急激にすべることであつて、すべり始めてから1~2日ですべりが止るようである。31年4月の地すべりは、9日から10日にわたつてすべつたもので、やはり急激な動きで、その特徴をよく示した。この地すべりは今回の調査地すべり中、最も生々しいものの1つであつて、図版14に示したように、径1~2mの泥岩がごろごろとそのまゝの状態では露出している。また、この地すべりの規模は、幅120m、長さ500m以上に及ぶもので、その模式的断面は第3図に示したが、階段状に沈下・傾動・



第3図 平方地すべり模式断面図

隆起地帯が交互に連続し、沈下地帯には池が形成され、末端は渠道を覆つてさらに下方まで達している。今回の活動前は、この地すべり地帯一帯は、湧水2カ所をもつ水田地帯であり、水田に亀裂が発見され、警戒されていたものが、融雪期を迎え活動し、災害を引起したものである。基盤上に約10cmの暗灰色粘土がみられ、また、地すべり崩土中には凝灰岩起原の青白色粘土(構成粘土鉱物はモンモリロナイト50%以上と推定される)が少量みられる。従来地すべり粘土については、数mm以下の粘土薄層であつても、この粘土層が地すべりのいわゆる滑剤の役割を果しているということがいわれている。しかし、含水泥岩は押しつぶすと簡単に粘土化する性質をもつており、逆に粘土は地すべり現象の産物ということも考えられるわけである。また、あるいは、この性質がかなり地すべり災害を大きくしていることも考えられ、1つの現象の因果関係を正しく把握することは、地すべり調査においては、とくに注意しなくてはならないように思われる。

2.8 川井沢地すべり(図版15~20および第4図)

調査地すべり中最も大きな地すべりである。記録では安政年間の活動が最も古く、明治36年12月23日大抜けが発生し、その後間欠的にすべつている。最近では24年12月14日県道陥没、26年大抜け、28年鳥打場附近小すべり、30年大抜けなどが数えられる。30年の地すべりは2月19日夜から始まり、20日昼まですべつたもので、約50町歩に及ぶ大地すべりであり、ほとんど地域全体が活動範囲にはいつた。この活動によつて、地すべり末端を流下する桑曾根川上流に施工されていた砂防ダム(第4図)の約3分の1は、図版19に示すように浮き上り破壊されてしまった。その後12月30日、翌31年4月10日から13日にわたつても活動し、小すべりを起し、前年の地すべりの被害による補修箇所が、ふたたび破壊された(図版20)。また、31年度の小すべりでは、岩盤内の一部が泥状ないし糊状となつて流出し、小すべりまで発展したものであり、この糊状の泥の流出現象は26年地すべりにおいても、地すべり頭部の池の中に泥を吹きあげたという事実にも覗かれる。これらの事実は、地すべり全体についていえないにしても、少なくともこの地帯の地すべりは岩盤内の一部が泥化して流出することに、かなりの原因があるものと思われるし、また、地すべり現象では、粘土の含水率の変化による内部摩擦角・粘着力・せん断抵抗などの問題から考えて、例えばこのような意外な面が注意されねばならないように思われる。また、この地すべりのすべり面を

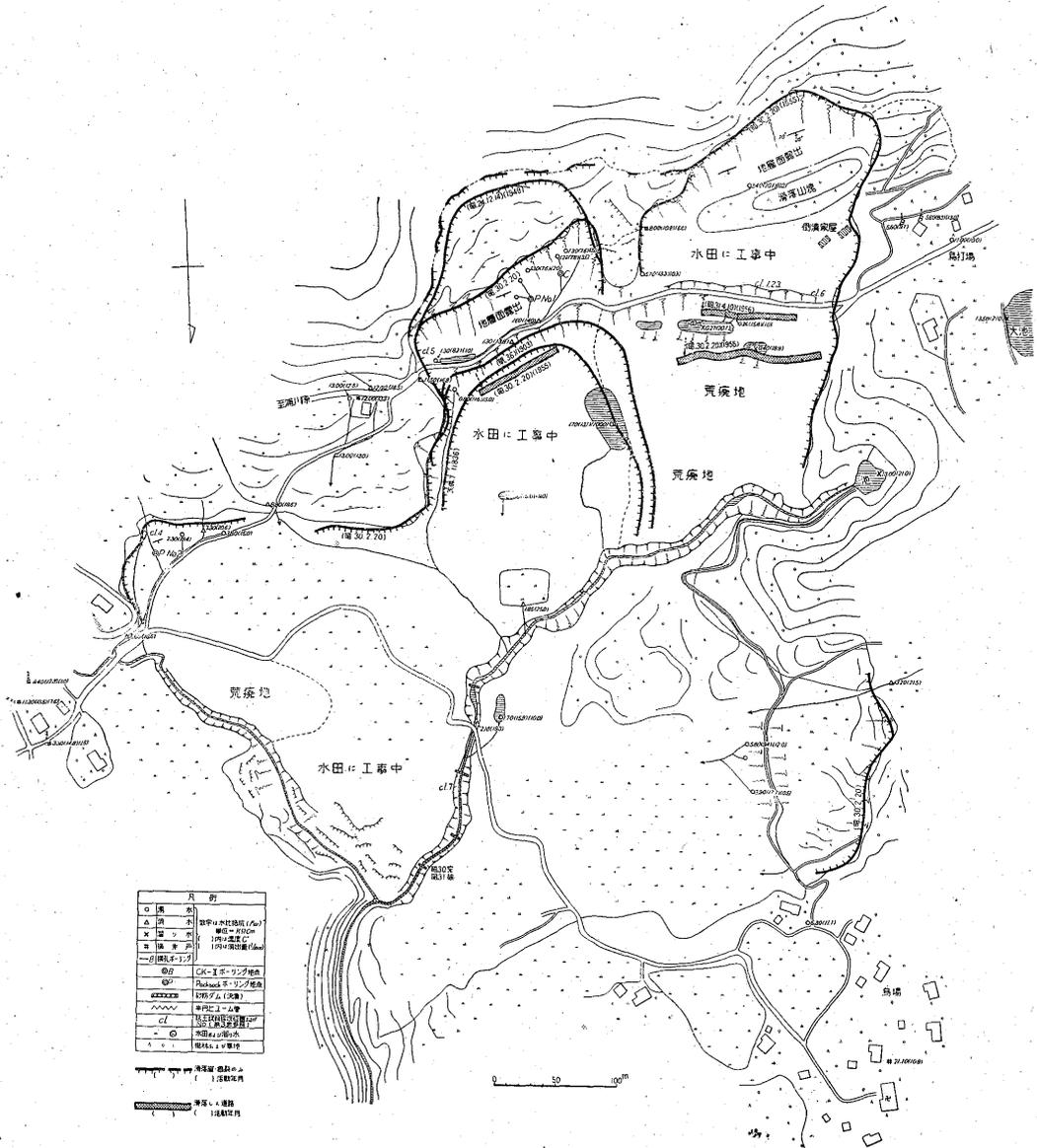
図版18に示したが、すべり面はこの場合層理面であり、いわゆる層すべり型の地すべりである。今回の調査では、地質・水質調査のほか、CK-II小型試験機およびPacksack drillによる試験と簡単な電探を行なつた。

2.9 七森地すべり(図版21)

300~400年前1度すべつたといわれており、最近では昭和25年6月初めにすべり、31年度においても一部分がすべつている。そのほか末端においては0.5~1m程度は毎年融雪期にすべつている。ことに早ばつの翌年は大抜けを起すといわれている。この地すべり地帯の土地利用状況は、1,000~1,500万円の資金投入によつて、約30町歩が開田されているが、残余は依然として荒地のまま放置されている。なお、地すべり崩土層の層厚は県砂防課によつて実施された電探の結果によれば、5~25m、平均15mであり、この結果に基づいて暗きよ排水が行なわれている。

2.10 岩神地すべり

周辺の地質は凝灰質砂岩を挟む暗灰色泥岩からなる。



第4図 川井沢地すべり地帯調査図
(地すべり状況および地すべり地帯水質について、昭和31年7月2日現在)

附近に白山背斜のほか小背斜があり、従来から岩神油田として知られており、現在では日産2kl(深度200~300m)採油している。最近、さらに深所の採油のため、800mのボーリングが行なわれたが失敗に終わっている。これについてはこの地帯が地すべりの頻発している地帯であり、地表の地質構造と地下のそれとの間に食い違いがあり、それが原因となっているのではないかということも考えることができる。

岩神地区の地すべりのうち赤田地すべりは、折居川左岸にあり、昭和16年大抜けを起し、その後29年秋から翌

春にかけても、緩慢ではあるがすべっている。暗きよ・開きよが施工され、横孔ボーリング(最長50m、平均30m)も行なわれている。地すべり崩土中には凝灰岩原の白色粘土が比較的多く、この粘土にはモンモリロナイトがかなり多い。その他附近には、岩神(大正14年から継続工事中)、国川(23、24年ダム施工)・小沢地すべりなどがある。小沢地すべりは昭和25年の大抜け後、年々1m程度継続してすべっている。

2.11 儀明地すべり

この附近は安塚町・牧村と較べて、砂岩が多くなり、

10~20 cm の泥岩・砂岩の互層の部分がみられ、“黑色泥岩層”の下部が露出している。他の塊状泥岩地域と異なり、地層の食い違いがよくわかり、各所に小断層がみられる。このような小断層の存在は、この地すべりがいわゆる層すべり型地すべりでなく、層理面を切つてすべっている地すべり、いわば逆層すべり型式の地すべりを生ずる原因の1つと考えられる。この地すべりのすべり方は、融雪期に20~30cmの移動を示す慢性型である。地すべり頭部地帯で暗きよ排水を行なつており、調査時では排水量36 m³/dayに及んでいた。

なお、このほか儀明部落南方に、豆腐屋の抜けといわれる30年春に抜けた地すべりなどが散在する。また、寺田の横手地すべりは30年に大抜けを起し、現在砂防ダムを施工中である(図版22)。

2.12 上湯地すべり

大正4年と昭和27年の2回の大抜けがあり、おのおの40~50町歩すべっている。地すべりの形態は頭部が広く下部が狭く、下部の方が移動量が大きい。地質は主として凝灰岩からなり、凝灰岩の一部は温泉作用を受けている。この地すべりはいままで述べてきた泥岩地帯の地すべりと異なり、地すべりに伴う崩壊が被害を大きくしている。下流に松之山温泉があるため、砂防ダム・横孔ポーリングによる排水(図版23, 24)が充分行なわれており、そのほか地中浸透量試験・地下水位観測など、いろいろの研究¹⁷⁾が続けられている。なお、排水量は4月の融雪最終期、6~7月の梅雨期、10月の霖雨期、12月の降雪前の多雨期においては早ばつ期の数倍量が測定されている。

松之山温泉附近には、このほかに松之山ホテル入口の地すべり、学校附近のものなどがあるが、これらはいずれも、上湯附近の凝灰岩上部の泥岩層地帯に発生している地すべりである。ホテル入口のものは末端部の道路附近で、凝灰岩起原の灰白色粘土が、丁度“地すべり粘土”のような形(図版25)で露出している。

3. 地すべりと地質

調査地域の地質は第5図に示したが、この地域は油田地帯であるため数多くの調査研究がなされている^{21) 4) 22)}。

地すべりの分布状態と地質を較べてみると、両者はきわめて密接な関係にある。

すなわち地すべりは、ある特定の地層すなわち黑色泥岩層にとくに多く発生している。またいわゆる地すべり地形(図版26, 27)が明瞭に示されている地帯は、“黑色泥岩”の地帯であり、他の岩層から構成される地域には、この特殊な地形が認められない。この差異は極端で

あつて、場合によればこれを地層区分となしうるほどである。

このように地すべりが黑色泥岩層の地帯のみに集中頻発していることは、この黑色泥岩層に地すべりのそもそもの素因が潜んでいるものと考えねばならない。

すなわち、黑色泥岩層の性状と、地すべり発生との関連につき、まず検討する必要がある。

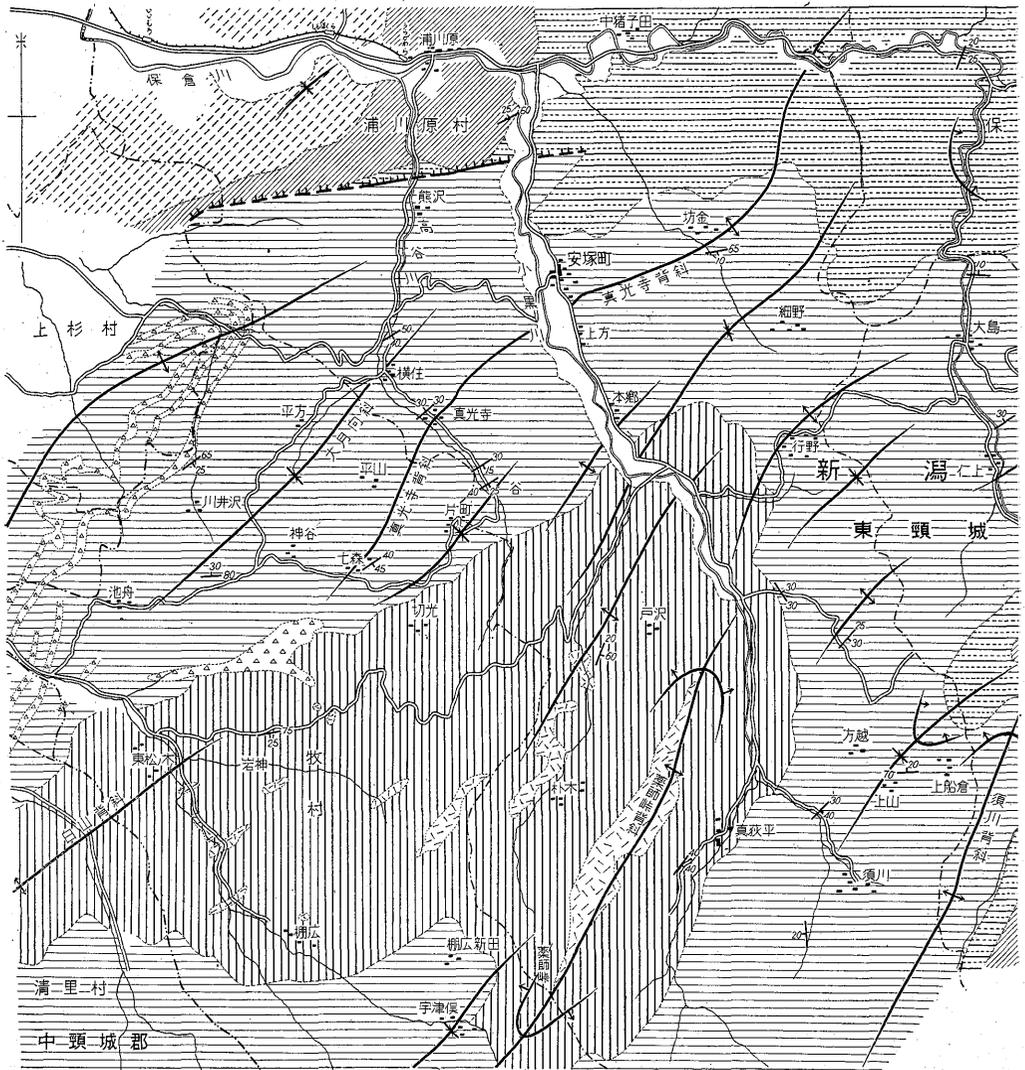
3.1 “黑色泥岩層”の地質的な問題

“黑色泥岩層”は、油田図幅²³⁾において、下部の縞状頁岩と、上部の黑色頁岩・砂岩頁岩互層の3帯に分けられ、互層は椎谷層(中新統)に対比されてきた。その後池辺展生²⁴⁾は、互層中の砂岩を追跡すると黑色泥岩の上部に完全に移化することを確かめ、さらにこれらの岩層から *Umbonium* (*Suchium*) *akitanum* を発見し、これらの地層を下部ないし中部鮮新統と判定し、結局縞状頁岩のみが頸城中新統に属すべきであろうと論じられている。

しかしこれに対して、金原均二²⁵⁾は、その根拠が決定的とは思われないとして、黑色泥岩はやはり従来通り黑色縞状頁岩とともに、寺泊階に属せしめるのが妥当であるとしており、この時代をめぐる論議が多い。

ここで注意すべきことは、黑色泥岩の堆積当時の海況で、これについてはすでに大塚彌之助²⁶⁾、金原均二²⁸⁾によつてもその特異性が注意され、例えば海底盆のような、海水の流動が行なわれにくい所の産物であろうと考えられており、その深度も1,000mを超えるものであろうと想像されている。また今回の調査の採取泥岩中からも有孔虫が多数みだされ、*Cyclammina* sp., *Martiniottiella* sp., *Uvigerina* cf. *bifurcata*, *Robulus* sp., *Textularia* sp., *Sphaeroidina* sp. などが同定された。

これらの岩層の褶曲運動は、魚沼層群が著しい褶曲を受けていることから、中越階初期から魚沼階(更新世初期)後まで行なわれたことは衆知のことである。この運動は最近になつて金原均二²⁸⁾によつて、背斜軸の両側で地層の厚さが異なることなどから、おそらく沈積と褶曲が同時に起つているのであろうと論ぜられているし、また、池辺展生によつては、河岸段丘の分布状態、水準点の高距変化が魚沼層群の地質構造と密接な関係にあることなどから、その余塵ともいべきものが、現世まで行なわれているであろうという推論もなされている。このような褶曲運動、すなわち、いわゆる羽越地向斜の分化・解体を経て造山化する一連の造構運動は、頸城油田として知られているこの地域においても、顕著であり、第5図に示したように、真光寺背斜・葉師峠背斜・松之山ドーム・大日向斜・上達向斜など骨子の大構造のほか白山・須川・大荒戸など数多くの小構造もあり、この地域の地質構造の特性となつている。

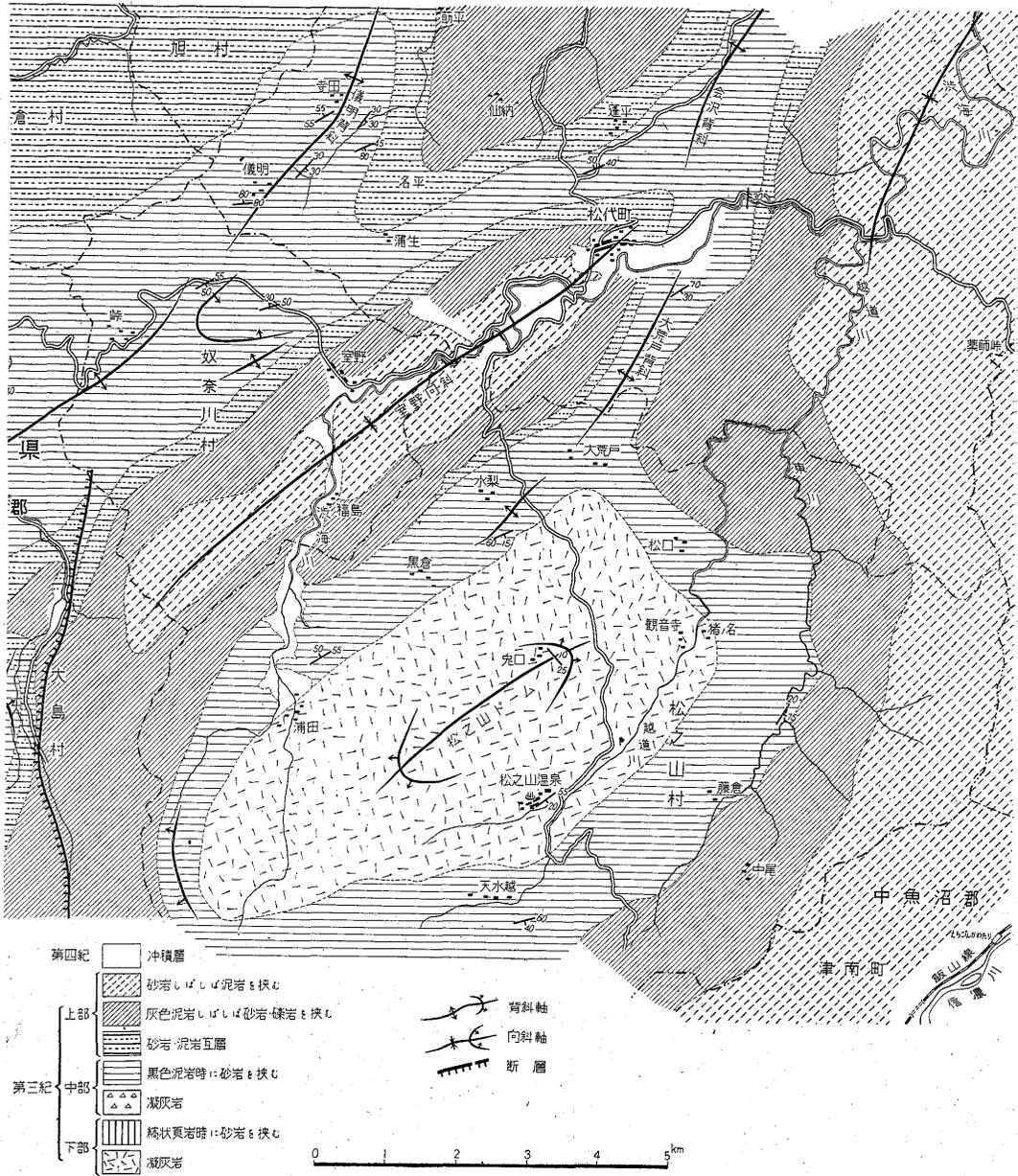


第 5 図 地 域

また今次の調査において、上船倉地すべりあるいは川井沢地すべりの基盤のボーリングの際に、第7図および第8図に示すように、基盤中にも粘土層（あるいは含水軟化泥岩層）が介在しており、さらに従来の石油さく井の場合にも、地下深所で“ザク層”などといわれて、粘土層ないし破碎泥岩層の存在が知られている。これを岩層移動の産物と考え、この地帯の地質構造は、この種の移動によつてさらに複雑化しているものと思われる。

例えばすでに地すべり概要で述べたことであるが、地域南部の岩神油田におけるように、地表地質構造と地下地質構造との間に食い違いが生じ、採油を著しく困難にしているものもそのためと考えられる。またそれと同時に、地すべりが決して地表のみの簡単な現象ではなく、このような黒色泥岩層の堆積時からの根本的性状に伴なう一つの地質現象であり、その根原は遙かに遠い時代までさかのぼらねばならないとの考えも湧いてくる。

すなわち凝結不十分な特殊な堆積層が造構運動によつ



地質図

て、不安定状態におかれ、この不安定状態は堆積層が長い続成作用を受けたこんにちまで、なお続いているものと考えられることである。この不安定状態は、例えば岩層の固結度が低いなどの事実となつて現われ、地すべりの有力な要因であろうことは充分考えられる。

3.2 黒色泥岩の岩質上の問題^{1) 7) 9) 12) 20) 23)}

黒色泥岩は、暗灰色(乾燥時は青ねずみ色)の軟弱な岩石で、風化すれば黄褐色となる。代表的なものの粒度分析の結果は、第2表および第6図に示したが、ときに砂

質となり、また火山生成物と思われる長石・石英・軽石などの粒子を含むこともある。

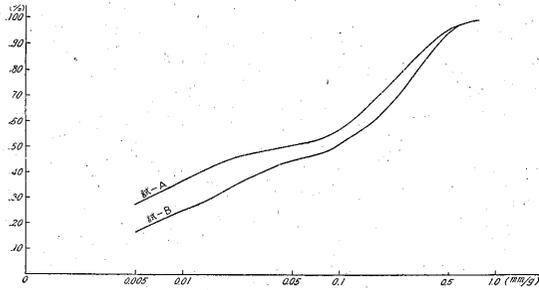
黒色泥岩の岩質のうち、地すべりとの関連において最も重要なことの1つは、泥岩を浸水させると図版 28 A~Jのような鱗状構造を発生する経過をたどつて、容易に糊状化する性質をもっているものがあることである。

泥岩のこのような性質は、泥岩が含水した場合僅かな刺激で容易に粘土となるであろうし、また極端な場合には、すでに述べた川井沢地すべりにおけるように糊状の

第2表 a 粒度分析表

試料	有効径	均等係数	真比重
4.5 m core 試-A	≒0.0015	≒78.66	2.63
2.8 m core 試-B	≒0.0022	≒72.72	2.60

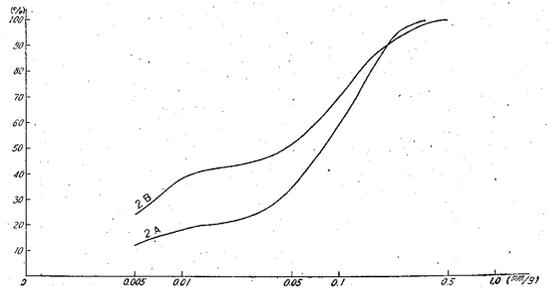
試料	粘土 0.01 mm 以下	微砂 0.01~0.05 mm	細砂 0.05~0.25 mm	粗砂 0.25~2.0 mm	礫 2.0~20.0 mm
試-A	36.5%	14.0%	28.5%	21.0%	0
試-B	25.0%	14.5%	32.5%	28.0%	0



第2表 b 粒度分析表

試料	真比重	有効径	均等係数
2 A	2.70	≒0.0015	≒46.66
2 B	2.63	≒0.003	≒33.33

試料	粘土 0.01 mm 以下	微砂 0.01~0.05 mm	細砂 0.05~0.25 mm	粗砂 0.25~2.0 mm	礫 2.0~20.0 mm
2 A	38.2%	13.8%	42.0%	6.0%	0
2 B	18.2%	17.6%	60.0%	4.2%	0

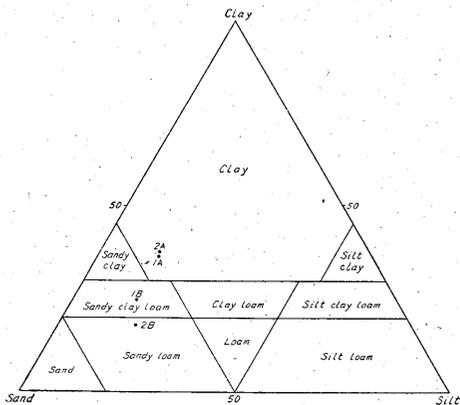


第3表 暗灰色泥岩分析表

No	試料品名	採取場所	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	MgO (%)	CaO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	+H ₂ O (%)	S (%)	Total
1	暗灰色泥岩(鱗状)	地すべり岩盤 試錐コアー	61.06	17.13	6.21	2.31	0.67	1.75	3.02	4.21	1.47	97.83
2	暗灰色泥岩	〃	62.83	15.73	5.77	1.95	1.00	1.85	2.56	3.69	1.59	96.97

註) 105°C で乾燥した試料について分析した。

分析: 山田貞子

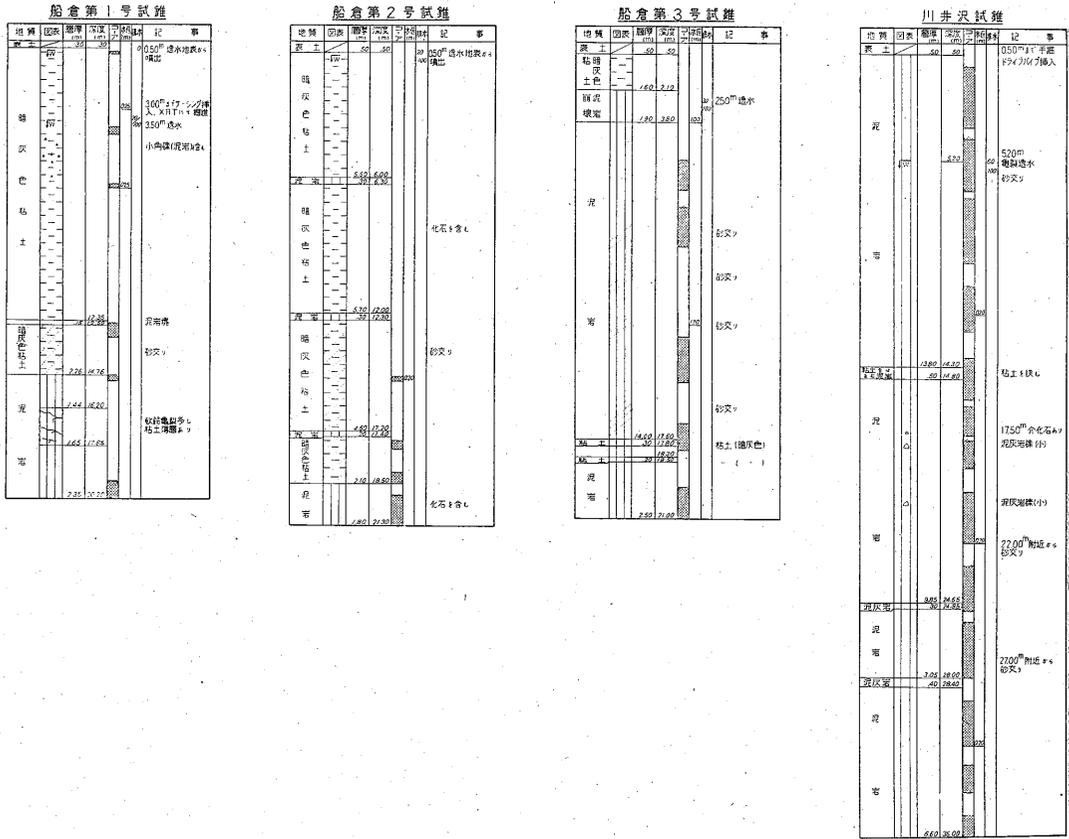


第6図 粒度組成三角図表

泥の噴出となるであろうし、さらにこれは数多くの地すべり地帯にみられる陥没現象とも多少関連しているものと考えられる。一般にこのような泥岩の糊状化の大小は、膨張率・透水性・固結度などに左右されると考えら

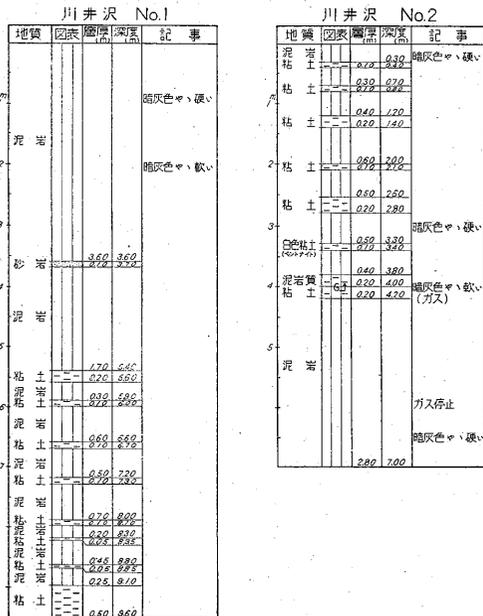
れるが、この場合は固結度が低く、とくに図版28に示したような鱗状組織をもっていることが注意されるというわけである。

鱗状組織は一般に堆積面に平行に、ときに配列を乱してやゝ紡錘形ないしレンズ状のものが重なり合うようになっているものであつて、約30分の浸水で図版28のCに達し約120分で完全に泥化する。浸水当初図版28のAのようにスポットがまず形成され、末期の大きなレンズもこのスポットの大きな集合体であり、当初のスポットが次第に成長したものではない。また一度泥化したものを乾燥し、ふたたび浸水させても、もはやこの鱗状組織が現われないことから考えると、粘土鉱物のいわゆる膨潤現象ではなさそうである。しかし一方においては粘土に関連して第6図に示したように、鱗状組織を示すものと示さないもの間には、粒度組成、とくに含有粘土分にかかなりの差があり、この差が鱗状組織の根本的な原因であるということも考えられるが、分析個数が少ないので断定はできない。



第7図 試錐柱状図

(昭和31年6月25日～7月12日調査, 使用機械 CK-II 小型試錐機)



第8図 試錐柱状図 (使用機械 Packsack drill)

また顕微鏡下でも、鱗状泥岩のこのようなレンズと石基の部分に粒度などの差があるように思われたいし、結核のような核も認めることはできない。また結核は化学成分のうえて特徴あることが多いが、その点でも鱗状泥岩は第3表に示すように、鱗状組織を示さない一般の泥岩と比較して成分上の著しい特異性はもっていない。

以上のような結果から、この鱗状組織の成因として、次の2, 3を考えることができる。

- (1) 粘土粒子を含む混合物が堆積する場合、粘土粒子の特性に基づく特殊な堆積作用が行なわれた。
- (2) (1) のような特殊な堆積物が未固結であるときに、転動あるいは同時変態などを受けた。
- (3) 堆積層が粒子の再配列など行なう続成作用の初期の脱水現象による。

これらのほかいろいろの成因が考えられると思われるが、すでに述べたように、地質および地質構造的には、この泥岩層は特殊な堆積環境と堆積当時からこんにちまで続くと考えられる造構運動の影響を受けていることが特徴であつて、これらを基礎とし、粒度組成を初めとし

て、この鯛状構造の成因については、今後いろいろの角度から検討していきたいと考えている。

4. 地すべりと水

地すべり地帯には湧水が多く、一般に水が豊富であることはよく知られている。しかも、この湧水は降雨とはあまり直接的な関係をもたずに湧出していることが多く、また陸水としてはかなり多量に塩類を含んでいる。そうして、このように塩類の多い水は——地域あるいは個々の地すべりによつてその性質を異にしているが——地すべりとかなり密接な関係にあるとされている。この例としては、長野県茶臼山地すべり、新潟県姫川流域の地すべり・群馬県高崎市の地すべりなどをあげることができる。しかしながら、これらはいずれも密接な関係にあるという程度、あるいは水の及ぼす化学作用を、単に鉱泉風化と呼んだ程度であつて、それ以上深く考究されなかつた。したがつて、地すべり地帯における水の知識は不十分であり、同時にこれは従来の地すべり現象の理解そのものがなお不十分であつたために考究されなかつたということができよう。地すべり対策の焦点が、地すべり地帯の水の処理に向けられつつある現在、この水のいろいろの問題がさらに解明されなければならないものと思われる。

さて、地すべり地帯の水には、降雨・融雪水などのような気象的な水の問題もあるが、これらは地すべりを起す刺激的な誘因と考えられるし、またこの種の水の問題については、多くの報告がなされているので、とくに取りあげなかつた。こゝでは主として地すべり現象に素因的に作用する水の問題にある程度限定して、地質的・化学的にとりあつた。

4.1 調査法

調査の対象とした水の大部分は湧水であるが、地すべり地内の溜り水なども必要に応じて調査した。湧水には自然湧水のほか、横孔ボーリング・暗きよ排水・横井戸（この地域の民家では生活用水として横井戸を利用しているものが多い）などが含まれる。その調査地すべり地帯は約16カ所、調査地点は約150点である。

現地では、主としてコーラウシュブリッジを使用して水比抵抗値を測定して水質を判定し、同時に水温、pHなどの測定を行なつた。また必要に応じて、試薬（規定硝酸銀溶液・塩化バリウム・硫酸カドミウムなど）による主要成分の定性を併用した。水の化学・地質的性質を追求するのに重要な成分は、pH、free CO_2 、 HCO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Cl^- などの陰イオンおよびこれらと結合する陽イオンの状態である。なお、現地における塩類の定性とは別に、代表的な湧水については帰庁後にこれを分析した。水質

ではさらに dis. O_2 、 KMnO_4 消費量なども定量的に検討することが必要であつて、これらは次の機会に考究しに行きたいと思つている。

4.2 地すべり地帯と水質の関連性

この地域の地すべり地帯には、いずれも溶存成分量の多い水が分布し、これらの塩類の多い水は地すべりと密接な関係にあることがその分布から明らかにされた。例えば、牧村の川井沢地すべり地帯では、地すべり地内の湧水は270~2,000 $\Omega\text{-cm}$ の水比抵抗値を示し、その周辺では3,000~8,000 $\Omega\text{-cm}$ を示し、さらにその外側の非地すべり地帯では10,000~20,000 $\Omega\text{-cm}$ の水比抵抗値を示した。また安塚町の船倉地すべり地帯では、地すべり地内で1,500~3,000 $\Omega\text{-cm}$ 、周辺地帯では3,000~6,000 $\Omega\text{-cm}$ 、外側の非地すべり地帯では10,000 $\Omega\text{-cm}$ 以上に達していた。地すべり地帯とこのような特徴的な水分布との関係—地すべり地帯にのみ塩類の多い水が分布すること—は他の地すべり地帯でも常に認められた。

さらに地すべりと水質の関係で重要なことは、地域的に多数の地すべり地帯を調査し、これを対比して観察している間にわかつたことであるが、地すべりの新旧・規模・形態あるいは反復性の強弱などと塩類の多い湧水との関係である。すなわち、新しい地すべり地帯あるいは大規模な地すべり地帯、または比較的短い間隔を置いて地すべり活動を繰り返すような地すべり地帯には、とくに溶存成分量の多い湧水が分布したり、その塩類組成の変化が著しかつたり、またこのような水の湧水量が多かつたり、またあるいは湧水地点が沢山あつたりすることなどが注目されたことである。

この事実から考えると、ある地すべり地帯で水抜きボーリングが行なわれたとき、水質の悪い地点附近は、水質のよい地点附近よりも今後地すべり活動をより引き起こし易いであろうことが推定され、地すべり活動の予知に1つの資料を提供するものと思われる。

これらの点から、このような塩類の多い特徴的な湧水の性質を理解することは、地すべり現象を知る1つの重要な手掛りであると思われる。

4.3 水質とその特徴

調査地域の地すべり地の湧水約20点について主要成分を定量した結果は、第4表に示した通りである。水比抵抗法などによつて水質の概要を調査した結果は、多数なので省略した。

次に水質のこの地域としての特徴を述べる。固形成分の総量は数100 ppmから、多いものは2,000 ppm以上に達している。これらの塩類の種類を、含有量の順で表わすとほぼ次のような関係になる。

(1) 硫酸アルカリ~重炭酸ソーダ~重炭酸石灰~重炭

第 4 表 水 質 分 析 表

No	採 水 地	水温 (°C)	電気伝導度 (μ-mho)	pH	RpH	pH } RpH	free CO ₂	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SiO ₂	主要成分 (塩類として)	備 考
1	牧 村 川井沢	16.0	2,940	7.2	7.4	1.2	20	10	348	806	35	9	—	硫酸アルカリ・重炭酸アルカリ・重炭酸石灰・重炭酸苦土など	川井沢地すべり地帯内の湧水 第4図～A
2	" "	15.0	770	4.6	4.6	0.0	16	14	0	312	41	17	38	硫酸アルカリ・硫酸石灰・硫酸苦土など	川井沢地すべり地帯内の湧水 第4図～B
3	" "	10.7	1,050	3.8	4.0	0.2	25	12	0	318	33	14	—	"	川井沢地すべり地帯に現われた滑落崖の斜面上の湧水, 第4図～C
4	" "	19.3	476	6.7	7.0	0.3	—	12	40	169	19	4	—	硫酸アルカリ・重炭酸石灰など	川井沢地すべり地帯を流れる曾根川の沢水, 地すべり湧水+地表水
5	" 神 谷	12.3	1,050	6.2	6.6	0.4	112	6	210	298	49	19	29	硫酸アルカリ・重炭酸石灰・重炭酸苦土など	神谷地すべり地帯の上部 (県道の側) における湧水
6	" 平 方	12.3	2,560	7.5	8.0	0.5	16	80	452	318	22	8	19	硫酸アルカリ・重炭酸アルカリ・重炭酸石灰・重炭酸苦土・塩化アルカリなど	平方地すべり地帯内の湧水
7	" 上 森	12.0	770	6.4	6.8	0.4	19	22	55	326	39	14	23	硫酸アルカリ・硫酸石灰・重炭酸石灰など	上森地すべり地帯内の暗きよ排水
8	" 岩 神	11.7	144	6.6	7.0	0.4	6	20	40	11	6	1	—	"	岩神の赤田地すべりの上部, 地すべり周辺の水抜きボーリング
9	" "	20.0	227	6.7	7.1	0.4	20	22	134	3	19	5	—	重炭酸アルカリ・重炭酸石灰など	岩神の中央地すべり地帯の暗きよ総排水, 地表水を混ざる
10	安塚町 船 倉	12.7	555	5.6	6.6	1.0	75	12	21	233	32	11	21	硫酸アルカリ・硫酸石灰など	上船倉地すべりの滑落崖の下における湧水
11	" "	19.3	625	7.1	7.4	0.3	9	34	155	136	28	7	7	硫酸アルカリ・重炭酸石灰・重炭酸苦土・塩化アルカリなど	中船倉地すべり地帯内の沢水
12	" "	10.8	232	5.8	6.2	0.4	19	10	12	87	15	5	—	硫酸アルカリ・硫酸石灰など	上船倉と中船倉の中間, 地すべりの周辺にあたる湧水
13	" 須川百山	19.3	513	6.8	7.0	0.2	7	9	55	110	17	4	—	"	百山地すべり地帯内を流れる沢水
14	" "	21.5	770	6.2	6.6	0.4	7	57	15	222	26	8	9	硫酸アルカリ・硫酸石灰・塩化アルカリなど	百山地すべり地帯内の湧水
15	" 須川神代	19.8	476	7.0	7.4	0.4	12	9	116	106	43	8	—	硫酸アルカリ・重炭酸石灰など	神代地帯内の表流水, 地すべり表土の浸出水にあたる
16	浦川原町 谷	14.0	800	7.0	7.4	0.4	18	14	360	270	56	10	—	硫酸アルカリ・重炭酸石灰・重炭酸アルカリ・重炭酸苦土など	谷地すべりの上方 (△298.7 の下部) の湧水
17	" "	—	770	7.6	8.0	0.4	3	16	288	151	15	2	—	硫酸アルカリ・重炭酸アルカリ・重炭酸石灰など	谷地すべり地帯内の水抜きボーリング
18	" 真光寺	12.4	270	6.5	6.8	0.3	—	12	34	86	—	—	—	"	中尾地すべり地帯内の湧水
19	松代町 儀 明	11.8	570	5.0	5.4	0.4	21	10	10	296	28	26	25	硫酸アルカリ・硫酸石灰・硫酸苦土など	儀明の大抜け地すべり, 上方における暗きよ排水
20	" 寺 田	16.0	294	7.4	7.4	0.0	2	10	52	85	19	3	—	硫酸アルカリ・重炭酸石灰など	横手地すべり地帯の沢水, ダム構築地点, 地表水を混ざる

単位: 電気伝導度はマイクロモ, その他は ppm で示す。

新潟県東頸城郡地すべり調査報告 (大和栄次郎・安藤 武・大田 一)

酸苦土～極少量の塩化アルカリなど

- (2) 硫酸アルカリ～重炭酸石灰・苦土
- (3) 硫酸アルカリ～硫酸石灰～重炭酸石灰・苦土
- (4) 硫酸アルカリ～硫酸石灰・苦土
- (5) 重炭酸アルカリ～重炭酸石灰・苦土

以上のように水質は pH, free CO_2 , HCO_3^- および SO_4^{2-} で特徴づけられており、天然ガスを賦存する頸城油田地域の 新第三紀層地帯の湧水であるにもかかわらず、 Cl^- は特別な例を除いては一般に僅少であり、 Cl^- で特徴づけられたいわゆるガス水の影響は受けていない。

水の比抵抗 水の比抵抗は、その電解質の溶存成分の総量とほぼ一定の関係にあり、 $\Omega\text{-cm}$ で表わしたときは負、 $\mu\text{V/cm}$ (micro-mho, $\Omega\text{-cm}$ の逆数 $\times 10^{-6}$) で表わしたときには正の相関関係を示す。この地域では、温度や塩類の種類によつて多少の差はあるが、 $\mu\text{V/cm}$ の値に 0.8 (0.7~0.9) を乗ずるとほぼ溶存成分総量 (ppm) を表わしているものとみなしてまずさしかえない。

したがつてコーラウシュブリッジで水の比抵抗値を測定することによつて、溶存成分量の多寡、ひいてはこのような塩類を含む水の分布状態、地すべりと湧水との関係、地すべり地帯の水理など地すべりと密接な関係をもつ水について、ある程度確認しつつ調査することができる。

pH および RpH とともに比色法 (S.Z.K.) で測定した。この地域の地すべり地帯の水は、pH の変化範囲が広く、最低 3.8 から最高 8.4 の間にあつた。しかし湧水の多くは pH 7.0 以下で、5.6 程度までのものが多い。pH と RpH の差は、主として free CO_2 と関連して示されるものであるが、この地域では多少の例外もあるが 0.3~0.6 程度のものが多かつた。

free CO_2 (遊離炭酸) 水の総酸度から求めた概略のものであるが、地すべり地帯の湧水では 10~25 ppm 程度は普通に含まれ、多い場合には 100 ppm に近い例もある。一般に free CO_2 の比較的多い傾向は明らかに認められた。

HCO_3^- M-アルカリ度から求めた。数 10 ppm から多いものは 400 ppm 前後含有される。主として、重炭酸石灰・苦土あるいは重炭酸ソーダとして含まれる。

Cl^- モール氏法で求めた。なお現地では多数の湧水について規定硝酸銀溶液を用いて定性的に試験した。地すべり地帯の湧水でも、ときとして 60~80 ppm に達する例外も僅かにあつたが、一般に僅少で 10~20 ppm 程度が普通である。ガス水の性質をおびる地下水は、きわめて多量の Cl^- を含むにもかかわらず、地すべり地帯の塩類の多い湧水に Cl^- の少ないことは、これらの湧水

の水理を考察するのに 1 つの重要な指針となる。なおこれらの点に関しては、後に SO_4^{2-} の問題も含めて地すべりの化学的性格の項で述べる。

SO_4^{2-} 硫酸アルカリ、硫酸石灰などとして含まれ、 SO_4^{2-} として数 100 ppm を含み、多いものは 800 ppm 以上に及んでいる。この地域の地すべり地帯の湧水には、一般に SO_4^{2-} が多く、1 つの特徴的な成分である。

陽イオン類 Ca^{2+} は 15~50 ppm 程度含まれ、 Mg^{2+} は Ca^{2+} の $1/2 \sim 1/3$ 程度に含まれる。アルカリ (K^+ , Na^+) は分析結果による陰イオンのミリバールからも算出されるように、主要な陽イオンとして含まれる。

鉄 湧水中に含まれる鉄は、主として重炭酸鉄であり、牧村の片町地すべり、蒲川原町の真光寺地すべりなどではきわめて鉄の多い湧水がみられる。とくに鉄の多い湧水は、 Fe^{2+} から Fe^{3+} への酸化、すなわち不溶性の鉄に移過することによつて、地すべり地帯の水田に赤褐色の水酸化鉄を浮遊あるいは沈殿しているものがある。

硫化水素 (H_2S) 地すべり地帯の湧水には、硫化水素 (H_2S)、または H_2S に依存した水硫化物 (HS^-) が含まれる。牧村の神谷地すべりなど大規模な地すべり地帯には、多量の硫化水素を含む湧水があり、このような湧水は強い硫化水素臭を発している。なおこのような水を放置すると、硫黄を遊離して顕著に白濁する。そのほかに硫化水素臭のないものでも、硝酸銀溶液を加えると赤紫色を呈し、カドミウム塩 (例えば硫酸カドミウム) を加えると黄色の硫化カドミウムを僅かながら沈殿するような湧水は普通である。これも、地すべり地帯の湧水の 1 つの特徴であり、地すべり地帯の地化学作用を暗示するものである。

4.4 地質と水質の関連

地すべり地帯に湧出する、塩類の多い水の成分が、どこからどのようにしてもたらされたものであるかは、地すべり現象のみならず、地質的の面からもきわめて重要な意味をもっている。今次の調査地域は、いわゆる頸城油田地域であつて、天然ガスも胚胎され、地すべり地帯でも天然ガスの露頭はしばしばみられる。地すべり地帯にガス露頭の比較的多いことは、地すべりを地質的あるいは水理的に理解する点でかなり重要な暗示を与える。いわゆるガス水は、多量の塩類を含んでいるが、この塩類には限定された特徴がある。すなわち、多量の塩化物を含み、 Cl^- という安定したもので特徴づけられ、かつその pH は 8.0 内外で天然水としては強アルカリ性である。同時にメタンガスの存在によつて非共存性の SO_4^{2-} は含まれず、また free CO_2 は地化学的に含まれた

い註1)。したがって、地すべり地帯の湧水は、ガス水とは相反する性質をもっており、ガス水とはほとんど関係がない比較的浅い地下水であることが推定される。また水温も深所から導かれたと考えられるような異常温度を示すものもない。

地すべり地帯に湧出する水の特徴的な成分、例えば、free CO₂ は、泥岩中あるいは泥岩から溶出されたある種の有機物が浸透水で酸化分解されて、内部で二次的に生じたものと考えられる。このような活性な CO₂ は、炭酸として母岩に作用し、地すべり母岩中のアルカリ・石灰などの塩基と置換して重炭酸塩として水に溶存するようになる。また SO₄²⁻ は泥岩中の硫化鉄を同じように、酸化分解して溶出された成分と考えることが妥当である。船倉地すべり地帯で試錐によつて採取した泥岩の分析結果では、S として 1.5~1.6%、FeS₂ とすれば 2.7~2.9% 含まれていた。さらに1つの特徴的成分として湧水に含まれる H₂S (または HS⁻) は、硫酸塩がメタンで分解されて二次的に発生したと考えられる。このように内部で二次的に生じた H₂S は、湧水中に認められるが、なお酸化帯から還元帯にはいる附近でふたたび鉄と結合し、コロイド状の硫化鉄として鉱染しているのが認められる。これらの化学反応、塩基置換、イオン交換およびそれらに伴う粘土の生成などについては次回に詳述する考えである。

なお、このような塩類の多い水の湧出点は、地すべり活動によつて移動し、また一般に滑落崖の下部にはその地すべり地帯でもつとも特徴的な湧水がみられる。

湧水の移動は、1つの地すべり地帯で次第に頭部に向かつて移動している傾向があり、これによつて、地すべり地帯は拡大しつつ、最終的には稜線に達するまで繰り返し活動している原因ともなっているようである。

5. 地すべりと粘土

一般に“地すべり粘土”といわれる可塑性の大きいベントナイト質の粘土は、地すべり崩土と基盤との間、あるいは地すべり崩土内にみられる。また、今回のボーリング調査でも明らかにされたが、基盤内にも粘土層が介在している。基盤内の粘土層は、岩盤内に発生する一次地すべりではとくに重要視されねばならない。すなわち、一般に地すべりは、岩盤が拡大的に活動するものであることを考えれば、岩盤内に介在する粘土層の重要性が明らかである。したがって岩盤内の粘土の分布状況と

その生成機構を、地すべり現象に関連して、地質的・化学的に考究して行きたいと思つている。

そのためには、現在すでに生成されて地すべり地内にある“地すべり粘土”の諸性質をも明らかにする必要がある。

さてこの地域の地すべり地にみられる粘土には、泥岩起原のものと凝灰岩起原のものがある。前者は一般に暗灰~青緑色を呈し、後者は白色~帯青白色を呈する。粘土鉱物は主としてモンモリロナイトであるが、その量は数%から多いものは80%内外に及んでいるものと推定される。とくに凝灰岩起原のものは、肉眼的に石英粒を認めることが多く、主としてモンモリロナイトからなり、ベントナイトと呼ばれる可塑性の大きい粘土である。

このベントナイトが地すべりに重要な役割を果していることはすでによく知られていることであつて、その極端なものでは僅かに1mm程度のベントナイト層が滑剤となつていることも報告されている。しかしこの地域の地すべり地帯全般をみた場合には、このようなベントナイトと呼ばれる性質の粘土は僅かであり、また分布は局部的であつて、“地すべり粘土”の大部分は泥岩起原の暗灰色粘土である。この種の泥岩起原の粘土はモンモリロナイトの含有量は少なく、可塑性あるいは流動性ではベントナイトより劣つている。しかしその普遍性という点から考えると、この泥岩起原の粘土あるいはその粘土化作用に地すべりの本質を理解する鍵が隠されているのではないかと考えられる。すなわち、地すべり地帯の泥岩そのものが、少なからず粘土化作用を受けており、岩石としての固結力を失つたものに移過することに地すべりの素因の1つが存在するようである。

この地域では、一般に泥岩より凝灰岩の方が粘土化が進んでいるが、凝灰岩と泥岩の粘土化の程度の差は、岩質の相違、例えば凝灰岩は泥岩より透水性が大きく、化学的作用がより活発に行なわれ易いことなどで理解される。

最も重要な点は、この地域の泥岩、あるいは介在する凝灰岩がなぜこのように容易に、かつ急速に粘土化しやすいかということである。この点は、すでにしばしば述べてきたことであるが、要約すると、粘土となる母岩の塩基置換などの化学作用が容易に行なわれる条件であり、かつ環境に置かれたことである。

次に地すべり粘土について若干の試験を行なつたので、その結果を報告する。

5.1 粘土の呈色反応

パラミン(パラフェニレンジァミン, C₆H₄(NH₂)₂)を

註1) 昭和32年度に実施された古志郡地域の調査で明らかにされたことであるが、石油試掘の廃井あるいは100m内外以上に深く掘られた坑井などの水はCl⁻が多くpHは8.0内外ないし9.0近く、明らかにかん水の傾向をもつていた。

第5表 粘土および泥岩の呈色反応

試料 番号	産地・種別	色 (塩酸処理後)	Mont. % (推定)	螢光 X 線分析			
				Mont.	Q.	Feld	その他
1	川井沢 黄褐色泥岩	淡 灰	10				
2	〃 暗緑色泥岩	淡 褐	10				
3	〃 暗灰色泥岩	暗 褐	—				
4	〃 暗灰色粘土	暗 灰	5	〇〇	〇〇〇	〇〇	Hyd. Halloy. Crist. 〇〇 〇
5	〃 〃	暗 灰	—				
6	〃 灰色粘土	暗 灰	30	〇〇		〇〇〇	Hyd. Halloy. Crist. 〇〇 〇〇
7	〃 灰白色粘土	灰	50				
8	中船倉 暗灰色粘土	暗 灰	—				
9	平方 暗灰褐色粘土	暗 灰	20	〇〇〇	〇〇		Crist. 〇
10	須川 (神代) 黄白色粘土	白	80				
11	岩神 (赤田) 灰色粘土	乳 白	60				
12	松之山 白色粘土	白	20				
13	松之山 (上湯) 灰色変質岩	黄 白	—	〇〇	〇〇〇		Crist. 〇
14	平方 暗灰色泥岩	暗 灰	10	〇〇	〇〇〇	〇〇	Hyd. Halloy. Crist. 〇 〇
15	川井沢 暗灰色泥岩	暗 灰	10				
16	岩神 (赤田) 暗灰色泥岩	暗 灰	—				
17	石畑 暗灰色泥岩	灰	15				
18	山崎 暗灰色泥岩	灰	—				

使用する染色法によつて、モンモリロナイトの含有量を調べた。この染色法によつて、ある程度量的な数字もだすことができるものと考え、純粋に近いモンモリロナイトを5%から50%まで5%置きの標準試料として用意し、同時に呈色反応を行なつて比較してみた。おもな対比事項は、呈紫色反応とその試験管の管壁附着量、および微酸性としたときの呈赤色反応とその沈殿量である。沈殿量については、呈色直後とその後1週間にわたる5回の観測によつて対比した。5回の観測でモンモリロナイト含有量の少ないものには、順位に多少の変動があつた。1週間後には呈赤色反応による沈殿はエメラルドグリーンに変化したが、これは呈赤色反応の鮮明度あるいは沈殿量に正比例するものであつた。この呈色反応の結果は、第5表に示した。白色～淡色の粘土ではモンモリロナイト含有量30～80%と推定され、多いものはほとんどモンモリロナイトからなり、ベントナイトと称すべきものであつた。暗灰色の粘土ではモンモリロナイトの含有量は一般に10%以下であつた。なお、試料の一部を螢光X線分析を行ない、その結果も第5表に示したが、とくに泥岩起原の粘土ではモンモリロナイト以外の粘土鉱物が含まれているようである。今後その検討や純粋なモンモリロナイトの化学成分の検討などが必要である。

5.2 粘土の水分

粘土の含有水分を定量した結果は第6表に示した。湿潤水は、現地で試料をポリエチレンの袋に採取し、帰庁後にその一定量(約20g)を約2週間自然風乾に処理して秤量したものである。—H₂O および灼熱減量は風乾試料について定量した。—H₂Oは130°Cに乾燥したものであり、灼熱減量は多少の有機物などの影響もあるが、ほぼ高温脱水性の結晶水である。これらの含有水量は粘土の物理性および鉱物の性質をある程度示している。

結晶水はOHの形で結晶構造を構成するイオンとみることができ、—H₂Oはモンモリロナイトなどの粘土鉱物に含まれる低温で脱水する水分を示すもので、一般に吸着水とも呼ばれている。最近では、吸着水は単に粘土鉱物粒子の間に、毛管現象で吸着されているもののみでなく、さらに強い結合力をもつて粘土鉱物層格子の間に侵入して結合する水分のあることが推定されている。粘土に含まれる水の問題は難解であるが、いずれにせよOHの形で含まれる結晶水以外の自由水が多く、その量は湿潤水として22%内外から40%近くまで及んでおり、また—H₂Oも多いものは13%、少ないものでも粘土と呼ばれるようなものは4%以上、泥岩の塊状を呈するものでも3%内外に及んでいる。多量の自由水は粘土に粘性を生ぜしめ、可塑性の大きなものとなる。また、外観

第 6 表 含水量分析表

No	試料採取地 (地すべり地名)	試料の種類	湿潤水 (%)	完全風乾試料の水分		
				-H ₂ O	+H ₂ O	Total
1	川井沢地すべり	黄褐色泥岩	16.02	4.85	5.21	10.06
2	〃	黄緑色泥岩	22.41	4.82	5.09	9.91
3	〃	暗灰色泥岩	23.70	3.13	5.83	8.96
4	〃	暗灰色粘土	22.98	5.46	5.39	10.85
5	〃	〃	21.16	4.21	5.77	9.98
6	〃	灰色粘土	26.63	5.41	4.12	9.53
7	〃	灰白色粘土	39.19	7.60	3.21	10.81
8	中船倉地すべり	暗灰色粘土	21.57	4.33	5.51	9.84
9	平方地すべり	暗灰褐色粘土	24.75	6.20	6.38	12.58
10	須川の神代地すべり	白色粘土	30.95	8.03	6.46	14.49
11	岩神の赤田地すべり	灰色粘土	38.12	13.10	6.24	19.34
12	松之山の湯地すべり	黄白色粘土	29.02	6.86	6.68	13.54

備考 No 1 No. 3 の上層に分布する同質岩、地すべり活動前に浸透水によつて酸化されていた層。

2 No. 1 の上層で有機物を含む暗灰色粘土層の下にある層。

3 地すべり泥岩塊、外観は泥岩状を呈し粘土化していない。

4 地すべり面上の粘土、地すべり活動によつて No. 3 が物理的に粘土化したもの。

5 No. 4 とほぼ同質。

6 局部的に存在する灰色粘土。

7 地すべり末端に分布する灰白色粘土。

8 地すべり地内の粘土。

9 平方地すべり地帯の基盤上の粘土。

10 地すべり頭部に分布した白色粘土、凝灰岩原。

11 地すべり地内の粘土。〃

12 地すべり地内に僅かに分布する。〃

がなお泥岩状を呈する崩落岩塊なども相当量の自由水を含み、地すべりの活動前にすでに地すべり特有の風化によつて岩層自身が少なからず粘土化の過程にあつたことを示している。

6. 地すべり地の内部構造

地すべり地の地下構造を知ることは、地すべりの本質・機構などを理解するために、重要であると同時に、排水工を初めとする地すべり対策にとつても、その計画や施工にあつて、欠くことができない。このような目的で、今回の調査に際して、試錐・電探の両調査を実施した。従来、地すべり地の内部探査として、一般には比抵抗法による電探が実施されており、その調査報告も数多い。しかし、また、ボーリングによる実際の結果と比較すると、その結果は必ずしも一致しないということもいわれている。これは地すべり現象の本質あるいは地すべり地の地質を理解しない解析法に、かなりの欠陥があるのではないかとということが考えられると同時に、地す

べり地の特性から電探調査そのものの信頼性にも疑問があるように思われる。この点を明らかにするため、今回とくにボーリングと併用調査を行なつた。次にそのおのおの調査結果の概要を述べる。

6.1 試錐調査

調査には、CK-II 小型試錐機と Packsack drill を使用した。

6.1.1 CK-II 小型試錐機による試錐

使用機械 CK-II 小型試錐機

(ロビン中島 6~8 IP ガソリン発動機)

Longyear ピストンポンプ

(ロビン 3 IP ガソリン発動機)

調査孔数 船倉地すべり 3孔

川井沢地すべり 1孔

総掘進長 97.50 m

各孔の試錐柱状図は第7図に示した。また、それらの作業の概要は次の通りである。

船倉地すべり 1号 (第2図参照)

2号とともに地すべり崩土の地質状況とその厚さを明らかにすることを目的とした。

XRT ケーシングビットで掘進し、深度 50 cm で逸水し、附近の地表から噴水したので、3.00 m までケーシングを挿入した。3.00 m 以下は XRT メタルビットで掘進し、3.50m でふたたび逸水したが、そのまま 6.50m まで掘進した。翌朝ケーシングは約 1.5 cm 地すべり末端の方へずれており、機械を移動しなければならなかった。このように地すべり地帯、ことに末端部の試錐は、絶えず移動するということを念頭において作業を進めなければならない。なお、試錐孔内部の崩壊が激しいので、ロッド揚げを少なくして掘進する必要があり、そのためコアの採取率はきわめて低かった。

船倉地すべり 2号 (第2図参照)

XRT メタルビットで掘進したが、崩壊が1号よりさらに激しいため、送水圧・送水量を増し、15.00m までロッド揚げを行わず掘進し、翌日 21.30 m で完了した。

船倉地すべり 3号 (第2図参照)

3号は滑落崖に近く、岩盤内を掘進することをとくに目的としたものである。XRT ケーシングビットを使用し、2.50 m で約 30% の逸水があつたほか、21 m の予定深度まで崩壊もなく掘進は容易であつた。なお、岩盤の場合は1日当りの平均掘進長は約 9 m である。

川井沢地すべり 1号 (第4図参照)

船倉3号と同じく、基盤内を試錐したもので、50 cm の表土は手掘で、3' のドライパイプを挿入し、以下 XRT ケーシングビットで掘進した。24.65 m、28.0 m で達着した泥灰岩は泥岩より硬く、スピンドル回転を 500 rpm にして掘進した。崩壊もなく、掘進は容易でコアの採取率は 70% であつた。

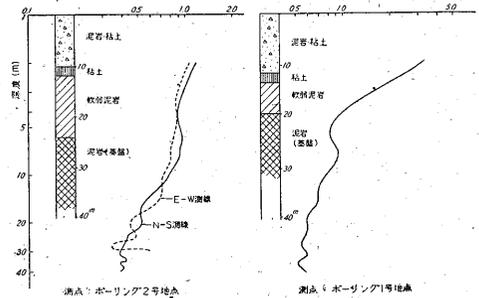
6.1.2 Packsack drill による試錐

川井沢地すべりにおいて、直接基盤から2孔が調査され、その結果は第8図に示した。送水を中断すると、かなり薄い粘土層でも、回転が停止するので、常に送水したため、粘土層は糊状泥となつて溢流し、そのケーシングはできなかつた。また、この機械の性能では、50cm 以上の粘土層は試錐不可能であつた。この試錐調査の結果、岩盤内には粘土層の介在が意外に多いことが、確認されたし、また No. 2 では、試錐中に天然ガスが噴出し、地すべり現象とガスとの関係(例えば地質構造的な問題、あるいは地化学的な問題に関連して)が注意されねばならないことが明らかにされた。

6.2 電探調査

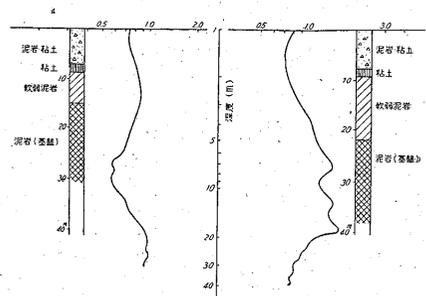
調査地点は、船倉地坂地すべり・須川神代地すべり・川井沢地すべりの3カ所で、比抵抗4極法による垂直探

査を行なつた。船倉地すべりと川井沢地すべりでは、ボーリングと併用調査を行なつたが、川井沢地すべりにおいては、極棒と大地の接触抵抗の異常と考えられるが、あまりいい結果が得られなかつた。船倉地すべりの測点は



第9図 船倉地坂地すべり電気探査比抵抗曲線 (比抵抗 kΩ-cm)

第2図に、また得られた比抵抗曲線は第9図に示したが、すでに述べたボーリングの結果と対比すると、地すべり崩土層の厚さを知るといふ目的においては充分目的が達せられた。しかしこれ以上の目的で、すなわち地下



第10図 須川神代地すべり電気探査比抵抗曲線 (比抵抗 kΩ-cm)

水の水利、基盤内の帯水層・粘土層についての探査ということになると、なかなか困難な問題が多いように思われる。

なお第10図の比抵抗曲線は須川神代のものである。

7. 地すべり現象—地すべり対策の検討

地すべり対策として、砂防ダム工・捷水路工・排水工(地下および地表、図版 20, 22~24)・杭打工・固結法などが従来施工されている。

砂防ダム工は合理的な工法として、盛んに使われていたが、現在ではこの工法に対して批判が多く、次第に用いられなくなつてきた。

この工法は、地すべりが岩盤をすべり面として、地すべり粘土という滑剤の存在によつて、その上部の風化岩

層がすべるといふ考え方から出発している。地すべりがこのように単純な現象でないことはすでに述べた通りである。すなわち、地すべりの原因は、地質的被歪力地帯であるということが第一の根本であり、これに加えて容易に粘土化するような岩層の存在をあげることができる。この岩層が、地下水による化学作用を受けて粘土化し、またその素質が培養され、さらに含水することによってせん断抵抗が低下し、降雨、地震などのようなショックによつて、遂に地すべりが発生するものと考えられる。したがつて、根本の地質条件から考えるときは、地すべりは地震や火山爆発と同様に自然現象という宿命を担っているものであり、その完全な防止は著しく困難な問題である。しかし地すべりはこの根本的原因に次ぐ要因として、上述のように含水量の増加、母岩に対する水の化学作用などをあげることができる。

この水から発生する諸問題を処理することは、困難であろうが決して不可能とは考えられない。そうしてそれは地すべり対策として確実な防止方法でないにしても、われわれの可能な範囲内で、地すべり現象の核心をつく良い対策と考えられる。事実、新潟県砂防課高野秀夫らの着想によつて、横孔ボーリングを行なつて排水をうながし、地すべりを防止する方法¹⁷⁾¹⁸⁾が編みだされて以来、地すべり防止の工法は一変した感がある。

さて地すべり地帯の水は大きく分けると、“地表水”と“地下水”とに2分できる。そのうち地下水は、その量の点からみて、単にその地すべり地帯の地表水が浸透したものでないことは、すでに各地の地すべり地で注目されている。また水質調査の結果からも明らかにされたように、地すべり地帯の湧水はいろいろの塩類を比較的多量に含んでいて、塩基置換という面から考えると、この塩類の多い水の排除が肝要なことと考えられる。地すべり地帯に、天然ガス露頭のあることはすでに述べたことであり、このガス露頭が地質構造に左右されることは衆知のことである。これに反して塩類の多い湧水は、地すべり地帯にかなり普遍的であつて、なかには予想もつかない所に多量の水が湧出するなど、このような水は地質的にかなり複雑なあり方をしていて、しかし、自然現象は一定のルールに支配されることが一般であつて、地すべり地帯の地下水も複雑であつても、そのあり方にルールがあるのではないかと思われる。

このルールの解明は、地すべり現象のあらゆる分野にとつて、今後最も重要視されねばならない問題であり、この解明によつて、排水工法が適切に施工されねばならない。前述の横孔ボーリングはルールの解明に重要な武器であると同時に、逆にルールが解明されることによつ

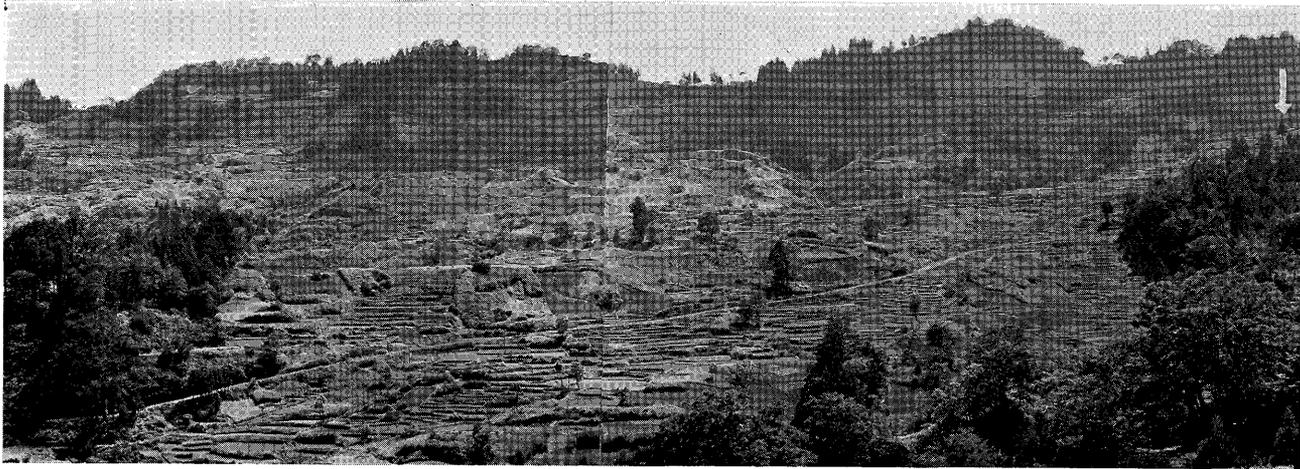
て充分の威力が発揮できるものと考えられる。

(昭和31年6月調査)

文 献

- 1) Hogehtoglar, C. A.: 土の化学的性質, 宇都宮寿夫訳, コロナ社, 1944
- 2) 伊木常誠: 越後国頸城油田西部(第5区), 1905
- 3) 伊木常誠: 越後国頸城油田東部(第6区), 1906
- 4) 池辺展生: 新潟県東頸城油田調査概報, 未発表, 地質調査所, 1941
- 5) 池辺展生: 頸城油田の所謂黒色頁岩累層の地質時代, 石油技術協会誌, Vol. 10, No. 2, 1942
- 6) 池辺展生: 越後油田褶曲運動の現世まで行はれていることについて, 石油技術協会誌, Vol. 10, No. 2, 1942
- 7) 岩崎岩次: 地球化学概説, 大日本図書, 1953
- 8) 金原均二: 新潟油田の地質, 石油技術協会誌, Vol. 15, No. 1, 1950
- 9) 川村一水: 土壤膠質化学, 岩波書店, 1934
- 10) 小出 博: 災害の研究, 林野庁, 1951
- 11) 小出 博: 日本の地ざり, 東洋経済新報社, 1955
- 12) Mason, B. H.: 地球化学概論, 半谷高久訳, みすず書房, 1954
- 13) 村山朔郎外2名: 標準貫入試験結果による地ざり機構の考察, 土木学会誌, Vol. 40, No. 10, 1955
- 14) 村山朔郎外2名: アルミニウム電極による土の電気化学的固結法について, 土木学会誌, Vol. 38, No. 3, 1953
- 15) 村山朔郎・三瀬貞: 電気化学的固結法による地すべり防止工の施工例, 土木学会誌, Vol. 39, No. 11, 1954
- 16) 中村慶三郎: 地ざり及び山崩, 岩波書店, 1944
- 17) 新潟県: 地ざりの観測とその成果について, 1950
- 18) 新潟県: 地ざり現象の研究, 新潟県治水砂防協会, 1952
- 19) 新潟県: 昭和28年度地ざり調査報告書, 新潟県砂防課, 1954
- 20) 小栗捨蔵: 応用コロイド化学, 丸善 K.K., 1949
- 21) 大平成人・中村忠春: 地すべり機構の研究, 農業技研報告, 1956
- 22) 大村一蔵: 越後油田の地質及鉞床, 地質学雑誌, Vol. 35, 1928; Vol. 37, 1930
- 23) 大塚彌之助: 日本群島にみられる沈積輪廻のあるもの, 地理学評論, Vol. 8, No. 12, 1932
- 24) 大塚彌之助: 日本の第三紀地殻変形の研究と今後の問題, 科学, Vol. 10, No. 4, 1940

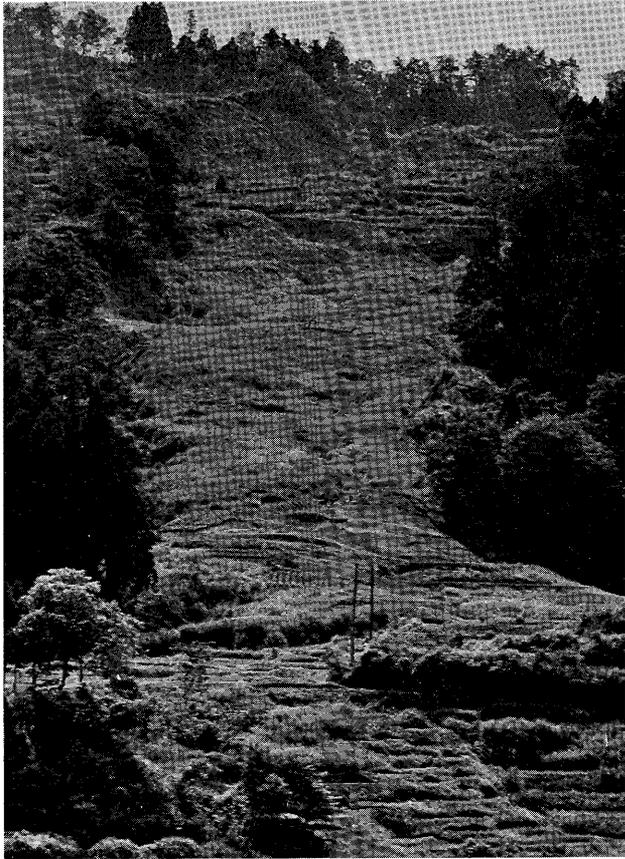
- 25) 高野秀夫：新潟県下の地這りとその対策，土と基礎
董・星基和・加藤涉・三木五三郎訳，丸善 K.K.，1955
- 26) 高野秀夫：地這りの内部構造について，土と基礎
- 27) 谷口敏夫：全国地這り地の概要，経済審議庁，1952
- 28) Terzaghi, K. & Ralph, B. Peck：土質力学，小野
- 29) 渡辺久吉：第三紀時代に於ける日本群島の古地理，地学雑誌，Vol. 50, No. 594, 1938
- 30) 箭内寛治・津金二郎：電気式地下探査法による地這り調査例，土と基礎



↑ 図版1 安塚町船倉地すべり
いくつかの地すべりが、長い年月の間により集まって、このように大地すべり地帯となり、ときには全体(約50町歩)が滑る大活動も起る。
↓は“抜け山”地すべり



← 図版2 安塚町船倉地すべり
図版1の一部の望遠写真である。各所にこのような複雑な地形が隠されている。手前はすでに開田されているが、地域全域が開田されるには多年の年月と資金が投入されねばならない。



図版3 地坂地すべり

手前の滑落崖が今回のものであり、その奥には旧期の滑落崖がみえ、今回のものは“二次地すべり”ということになる。



図版4 地坂地すべり

滑落崖から地すべり末端をみたところ。水田は“頭部沈下”地帯で、向かつて左隅に湧水がある。背景は“地すべり地形”の様相をよく示している。



← 図版 5 安塚町上船倉地坂地すべり

押しだす力とこれを助長する川流の侵食によつて地すべり崩土はどんどん運搬されて行く。そうして狭い日本の国土であつてみれば、こんなところでも春ともなれば耕さねばならない。しかもここには無肥料という大きな恩恵もある。



図版 6 方越地すべり (船倉南東約 1km)

陥没から除かれた上部は、これでもやがて一枚の田圃となるであろう。そうしてこのようにして千枚田ができて行くのである。



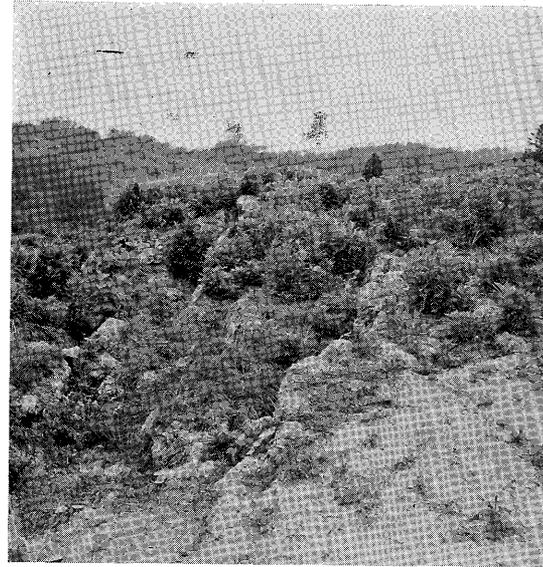
図版 7 安塚町須川百山地すべり

雨裂、亀裂は互いに連絡しあつて川流となり。地すべりを助長し、地すべり崩土の運搬を開始する。地すべり後 4 年目の状態である。



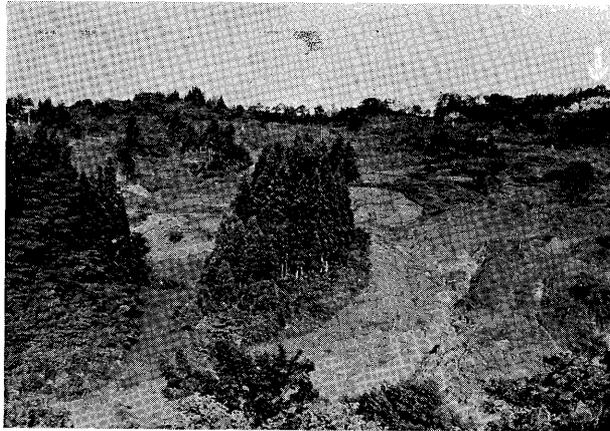
← 図版 8 百山地すべり

地すべり崩土中の亀裂。このような亀裂は、川流の侵食によつて地すべり崩土がすべつたために起る小規模なものである。



← 図版 9 岩神赤田地すべり

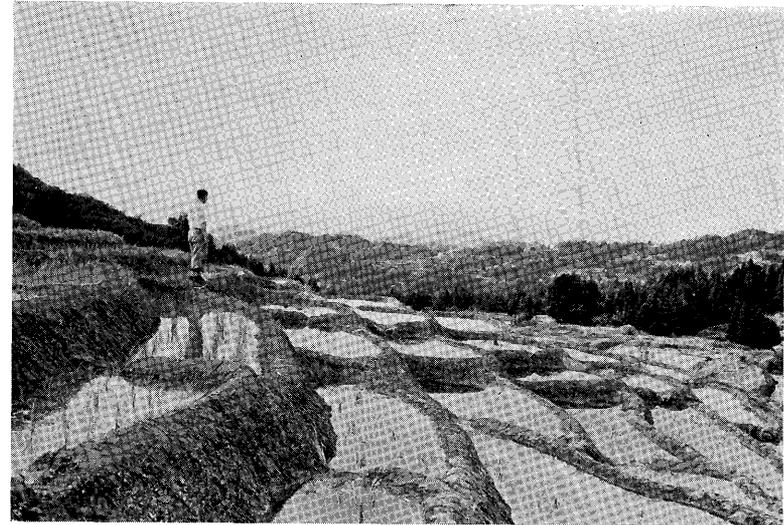
階段状の亀裂、この種の亀裂は地すべり発生当時にできたもので、地すべり機構の解明の手掛りである。



図版 10 安塚町百山地すべり

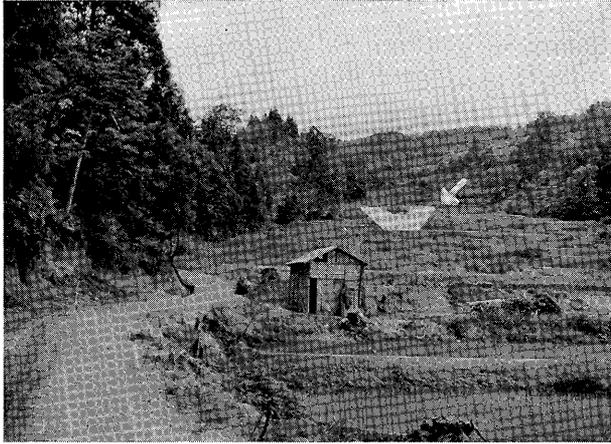
地すべり地帯によくみられる島状不動体。こゝは現在もそして将来も地すべり活動からまずとり除かれるであろう。この地すべりも稜線までが活動範囲にはいつている。

↓は滑落崖



図版 11 安塚町須川神代地すべり

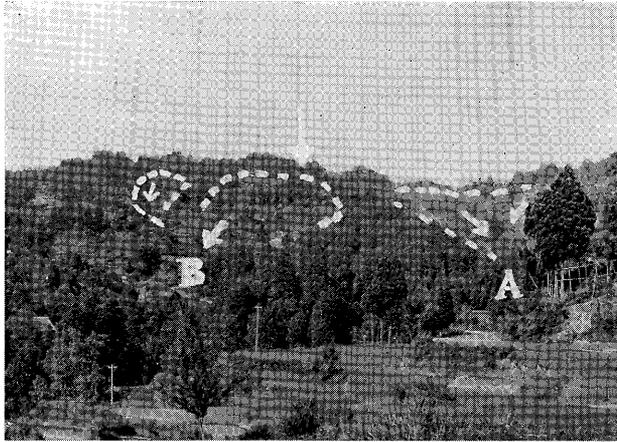
典型的な千枚田。附は地すべりのため破壊され毎年作り変えねばならない。透景は米山。



図版 12 浦川原町真光寺中尾地すべり

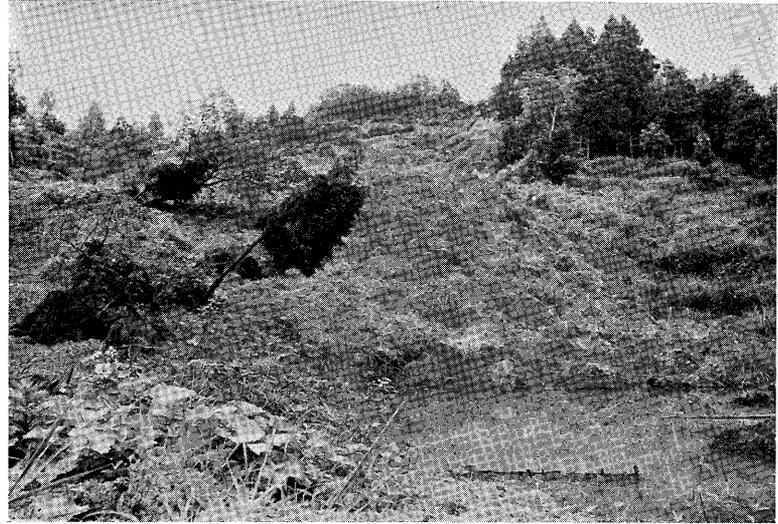
一見何の変態もない地すべり地であるが、完成後まもないダム（高さ 9 m）が埋没されている。下部は開田されており上部はブルドーザーで開田準備中である。

✓ は埋没ダム



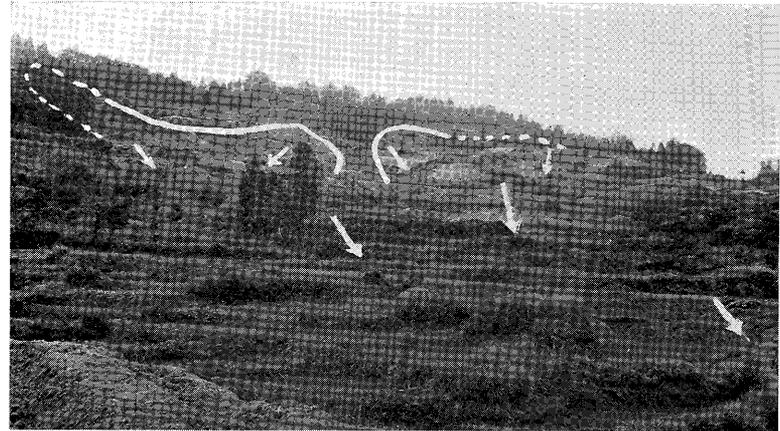
図版 13 浦川原町真光寺谷地すべり

A 地すべりは約 30 年前、B 地すべりは約 15 年前の活動である。↓地帯には上部横孔ボーリング、中部に開きよ。下部に暗きよが施工されている。前景は片町地すべり



図版 14 牧村平方地すべり

一次地すべりの典型的なもの。1~2 m の泥岩塊がごろごろしている。手前の池は中央没陥地帯に生じた池で湧水がある。



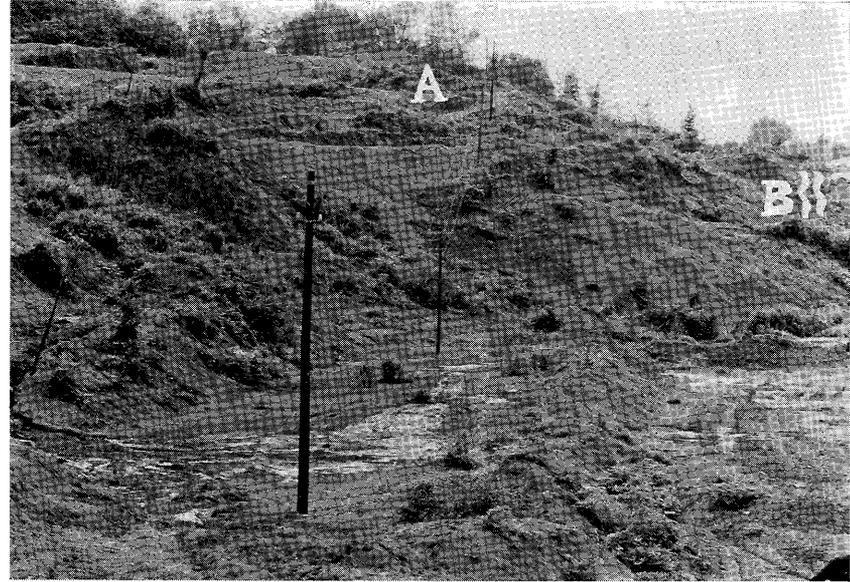
図版 15 牧村川井沢地すべり

地すべり全景約 50 町歩である。内部には小規模ではあるが現在でも地すべり活動があり、災害後完成直後の道路をまた対策工事で破壊している。



図版 16 牧村川井沢地すべり

A: 砂利を敷いた旧路面。B: 昭和30年の災害後の応急路線。
 C: 昭和31年4月の災害後の通路。この沖見地区は、このように地すべりによつて、すべての道路が壊されて、現在では自動車を通ずる道路は1つもなくなった。



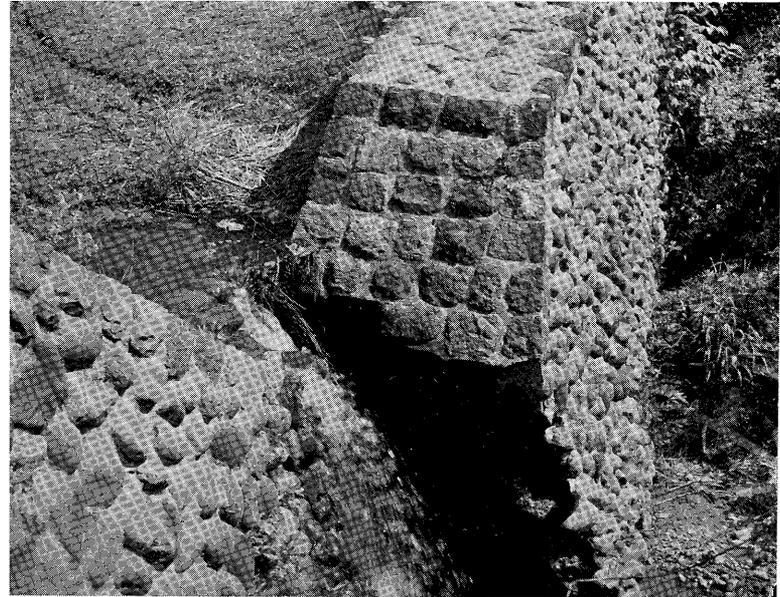
図版 17 牧村川井沢地すべり

道路も電柱も地表のあらゆるものはすべて運び去られてしまう。Aは現在使用道路、Bは運ばれた旧道(第4図参照)。



図版 18 川井沢地すべり

基盤の露出。この面は層理面であり、この地すべりは層すべり型地すべりということになる。



図版 19

これは古志郡下の例であるが、砂防ダムの対岸の袖はこちら側までせまると同町に食い進
いを生じ、やがては転動する。

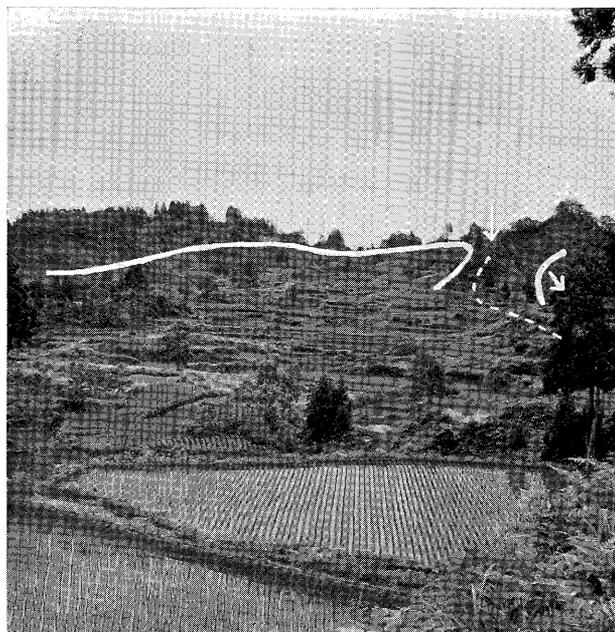


← 図版 20 牧村川井沢地すべり

半円ヒューム管の開きなどはすぐ破壊されてしまう。これだけの水量を放置するわけにも行かず、応急に木材で樋を作り急場をしのいでいる。

図版 21 牧村七森地すべり →

↓は胴背の地すべりによる瘦尾根であるが、不動地帯である。



図版 22 松代町寺田地すべり
すべってくるのを直接ダムで阻止しようとしているようであるが、その効果は疑問である。

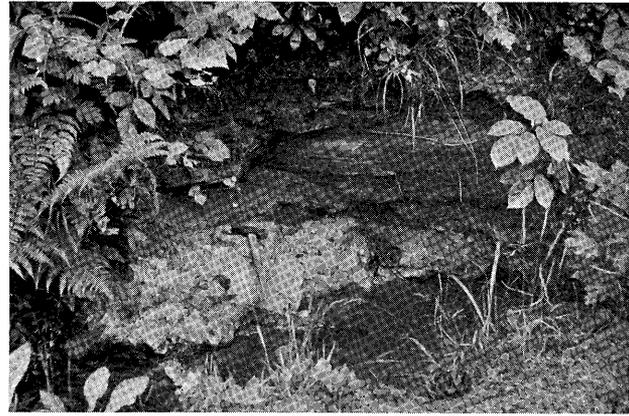


図版 23 松之山上湯地すべり
横孔ボーリング。機械の移動を行わずに、穿孔方向のみ変えて放射状に数カ所ボーリングされる。



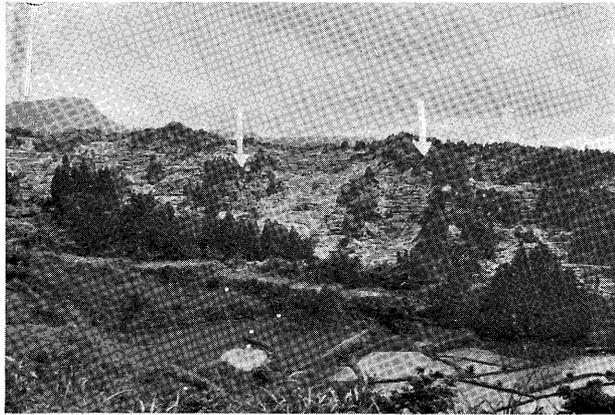
図版 24 松之山上湯地すべり

横孔ボーリング排水の水質調査を行なっている。ここにみえるのは7本であるが、これだけで約 220 l/min の排水量である。



図版 25 松之山ホテル地すべり

いわゆる地すべり粘土である。このように白色系のは凝灰岩源であるし、粘土鉱物はモンモリロナイトである。上部はすべつてきた暗灰色泥岩



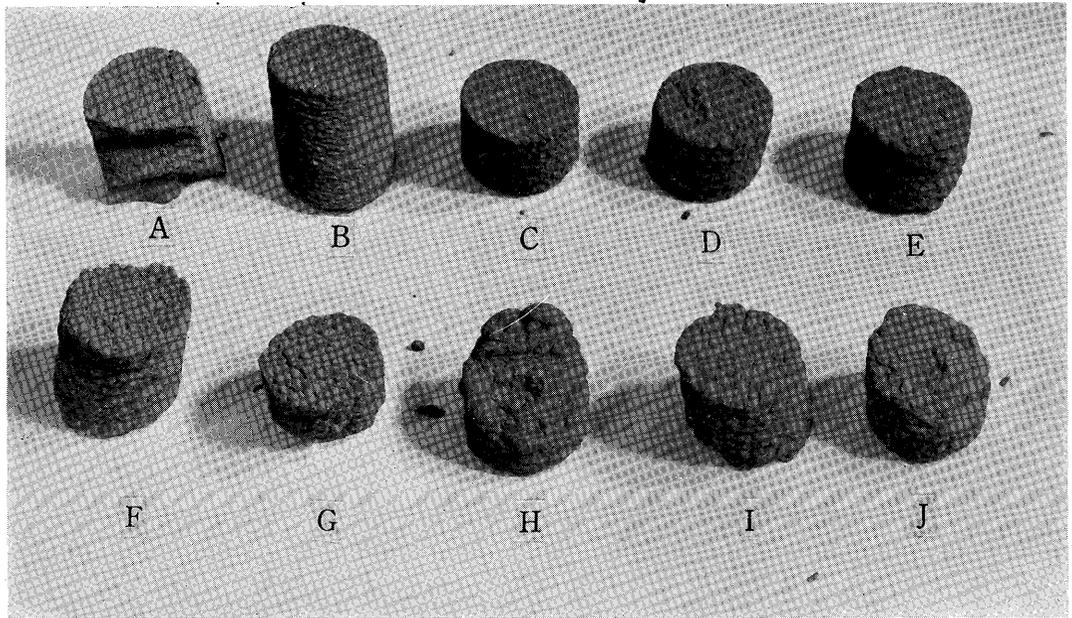
図版 26 安塚町須川地すべり

いわゆる地すべり地形の遠景。稜線まで棚田が発達している。
↓は不動地帯



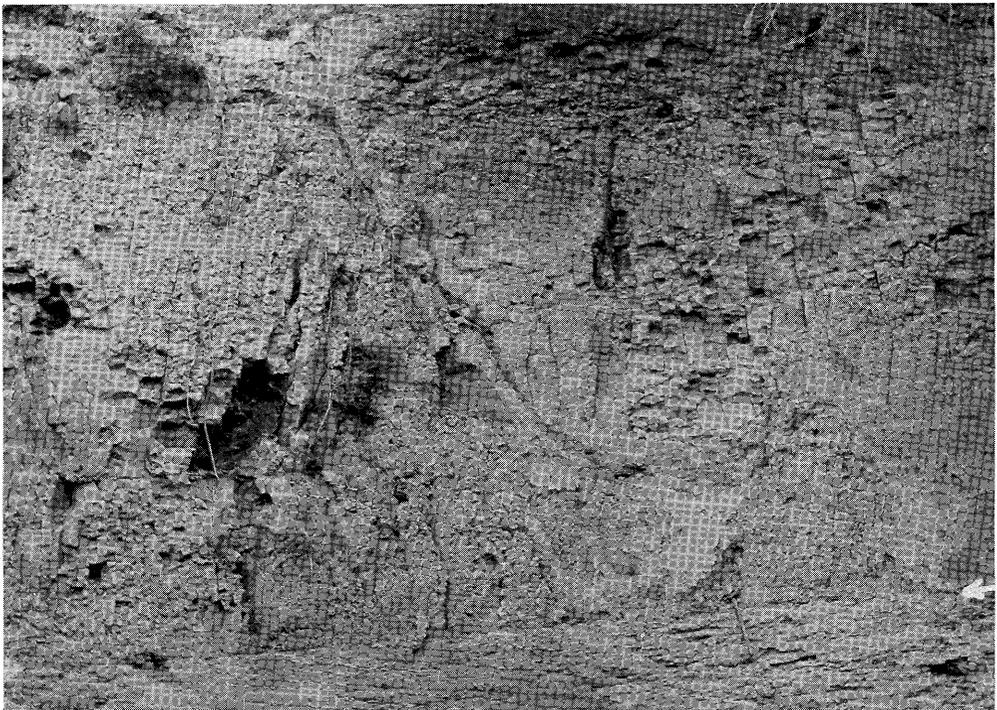
図版 27 安塚町船倉方越地すべり

地すべり地形の近景。棚田は全くの雑段である。一見平穏に見えるが頭部の家屋は傾いているし、危険でもある。↓のような地域は不動地帯となる可能性があるように思われるから、この場合この地帯に転居した方がいいように思われる。



図版 28 餅状泥岩の泥化する過程

A (10分) → B → C (30分) → D → E (40分) → F → G (50分) → H → I → J (60~90分)
 時間は水中に入れてからの大略の経過時間を示す。



図版 29 餅状泥岩の露出状態

特有な割れ目で識別される。下部に近いところに層理面がみられるが(→ ←)、
 これから下部は軽状組織を示さない。