

第26回シンポジウム

新潟の地すべり

1998. 5. 8

主	催	地すべり学会新潟支部
共	催	地盤工学会北陸支部
後	援	新潟県新潟県地質調査業協会
		地すべり対策技術協会新潟支部

目 次	
I '98 新潟の地すべり	1
II 新潟県内の地すべり災害の発生率.....	21
III 融雪期に発生した蓮野地すべりの機構と対策.....	27
IV 上平丸八幡地すべりの機構と対策.....	35
V グリーントフ地域における大規模地すべり.....	47

I '98 新潟の地すべり

福 本 安 正

はじめに、

今年は、地すべり等防止法が成立してから40周年になる年にあたる。地すべり等防止法の制定にいたる道程には被災民の悲痛と苦難の長い災害の歴史があった。

地すべり等防止法が成立することにより、地すべり調査・防止技術と防止工法が飛躍的發展すると共に、防止工事が国の責任で全国的に実施され、災害発生を未然に防止できるようになった意義は計り知れないほど大きい。

この地すべり等防止法の主な意義を挙げるとつぎのようになる。

- (1) 既存の法律では適用できない地域を含めて、「地すべり防止区域」の制度のもとで主務大臣が指定し、その管理を都道府県が行うことを定め、国の責任を明らかにした。
- (2) 独自の法に基づいて地すべり防止工事がなされ、地すべり防止施設の基準が定められた。これによって、これまで困難であった地すべり工法と調査の大幅な選択実施が可能になった。
- (3) 地すべり防止のため、地すべりを助長する行為の規制がもうけられた。
- (4) 地すべり防止区域内の住民の生活安定のため、地すべりによる家屋移転に対し住宅金融公庫の融資を可能にし、また農業施設整備などの関連事業にたいし補助を行うこととした。
- (5) 地すべり防止区域の管理に要する費用に対し国の負担責任を明らかにした。

地すべり等防止法制定以前の地すべり防止工事は、建設省関係は砂防事業で、林野庁関係は森林法の保安施設事業、構造改善局関係は28災特例法（昭和28年災）の予防事業で対応してきた。そのため、施工地区に大きな制約があり、防止工法の選択および地すべり調査実施に困難があった。そのうえ地すべり事業費もきわめて少額であった。地すべり等防止法の成立によって、これらの制約は大幅に解決し、今日の段階までに地すべり防止技術を創造発展させ、地域住民の生活を安定させることができたこのことは表－1の防止工事費の急増からも窺い知ることができる。

地すべり等防止法制定以前の地すべり防止工事費と制定後の工事費を比較すると、地すべり等防止法制定前年の1957年度の建設省、林野庁、構造改善局3所管の地すべり工事費は2億百万円であったが、制定5年後は14億6千万円であって7倍となり、10年後には59億7千万円で約30倍となった。

また、新潟県の砂防、治山、農地建設3課の1957年度地すべり防止工事費は、7千8百万円、地すべり等防止法制定10年後の1968年度の地すべり防止工事費は15億2千2百万円で約20倍、20年後の1978年の地すべり防止工事費は91億7千万円で117倍、30年後の1988年度、153億3千4百万円で約197倍になった。これによって地すべり調査を行い、その結果に基づいて防止計画樹立し、的確な地すべり工事を実施してきている。

最近、長い間山村の人家や田畑を破壊し続けてきた地すべり災害が激減してきている。これは地すべり危険地における防止工事の進行と防止と調査技術の発展によるもので

ある。これらを可能にした地すべり等防止法を改めて高く評価することが大切である。

表－１ 地すべり等防止法制定前後の地すべり防止工事費 単位千円

年	建設省	林野庁	構造改善局	合計(全国)
1957	142,500	58,650		201,150
1958	246,472	107,646	67,050	421,168
1959	374,950	137,020	104,368	616,338
1960	501,342	160,945	169,074	831,361
1961	707,940	220,800	312,290	1,241,030
1962	710,449	289,691	460,347	1,460,487
1963	1,020,050	437,210	426,406	1,883,666
1964	1,252,000	699,821	591,796	2,543,617
1965	1,599,500	1,723,526	1,228,371	4,551,397
1966	1,887,000	1,821,913	1,497,559	5,206,472
1967	2,110,000	2,024,843	1,835,798	5,970,641

今年８月２４日から２７日、長岡市において地すべり学会総会並びに第37回研究発表会が開かれることになった。この機会に新潟県における地すべり災害、防止対策の歴史的解明と総括的考察以下のように行った。

１．新潟県の地すべり現況

１－１．地すべり指定地の現況

新潟県の各所管別の地すべり指定地の現況は次のとおりである。この表が示すように、新潟県の地すべり指定地は箇所数にして全国の14.8%、面積にして24.3%を占有している。

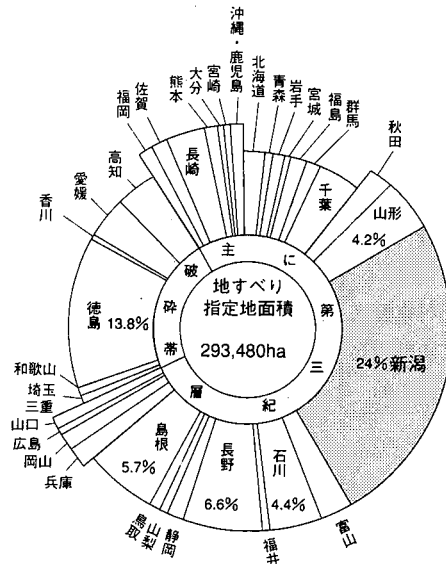
表－２ 新潟県と全国の地すべり指定地

区 分	全 国		新潟県		県比率(%)	
	箇所数	面積(ha)	箇所数	面積(ha)	箇所数	面 積
建設省所管	3,275	112,588	410	22,326	12.5	19.8
林野庁所管	1,690	96,352	282	26,063	16.7	27.0
構造改善局所管	1,844	105,941	318	28,015	17.2	26.4
合 計	6,809	314,881	1,010	76,404	14.8	24.3

砂防便覧9年版[平成9年11月1日現在]

1-2. 各都道府県の地すべり指定地

全国各都道府県の地すべり指定地の面積比を示すと次の図となる。



図一 都道府県別地すべり指定地対比図(1994年3月31日)

1-3. 新潟県の地すべり指定の分布状態

地すべり指定地の分布状態は、県の北部は少なく中越から南西部にかけ密集的に分布している。最も地すべり地が密集分布するのは東頸城・中頸城・西頸城の3郡であって、この3郡が新潟県の地すべり指定地の70%を占めている。なかでも東頸城郡は分布がたかく、表-3が示すように牧村では村の総面積の72.8%が地すべり指定地が占め、安塚町61.5%、松之山町52.4%となっている。過去の地すべり災害も東・中頸城両郡に最も多く発生している。

表-3 東頸城・中頸城郡地域の地すべり指定地の面積占有率

市町村	総面積 (km^2)	地すべり指定地		地すべり面積占有率%
		箇所数	面積(km^2)	
牧村(東頸城郡)	6,135	69	4,468.83	72.84
安塚町(東頸城郡)	7,023	52	4,319.50	61.51
松之山町(東頸城郡)	8,631	35	4,524.36	52.42
松代町(東頸城郡)	9,047	46	3,358.08	37.12
大島町(東頸城郡)	7,164	26	2,299.49	32.10
清里町(中頸城郡)	3,754	23	1,606.36	42.79
板倉町(中頸城郡)	6,651	26	2,252.83	33.87
新井市	17,597	37	2,990.81	17.00

2. 新潟県の地すべり災害

2-1 地すべり災害の歴史

新潟県の地すべり災害は明治以前から数多くの甚大な被害を続けてきました。なかでも、1751年これらのうち主なものを挙げると次の表のようになる。

表-4 封建時代の主要な地すべり災害

天和時代 (1681~1683年)	東頸城郡松之山町新山	部落全戸移転
享保時代 (1716~1735年)	〃 牧村神谷	耕地60ha埋没
宝暦元年 (1751年 4月26日)	西頸城郡名立町	部落全戸海中に崩落, 死者 428 名
宝暦時代 (1751~1763年)	栃尾市中野俣	127 戸移転
天明 3 年 (1783年 6月 1 日)	北魚沼郡守門村東野名	地すべり土砂破間川を堰止める
天保 3 年 (1830~1834年)	東頸城郡松之山町中尾	部落全戸に被害
万延元年 (1860年)	刈羽郡高柳町栃ヶ原	10数戸移転

2-2 封建時代の地すべり

地すべり災害は有史以前から各地に発生していたことは、地すべり地の¹⁴C年代測定によって明らかになってきている。また、第三紀層地すべり地によく見られる「棚田」, 「千枚田」の階段状地形からも農耕が始まる以前から地すべり災害が反復してきた歴史を窺い知ることができる。新潟県板倉町と松之山町においては、地すべりの災害を鎮静するために人を生贄として埋めて祈祷したと伝えられている。

江戸時代の古文書の記録に残された代表的な地すべり災害例を挙げると、

(1) 神谷地すべり(新潟県牧村)

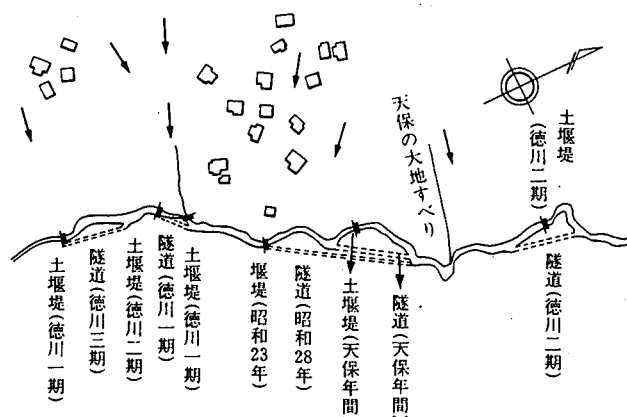
享保年間(1716~1735年)融雪期、大音響とともに移動を開始し、それ以来安政の大地震、1872年(明治5年)の豪雨、1906年(明治39年)地震などのたびに移動を反復し、その移動面積は70haにおよび、戦後も年間約8mの移動を継続してきた。昭和7年県林務課(現治山課)が地すべり地末端を流れる平方川に堰堤工事を築造した。これを砂防課が引継ぎ、排水隧道工等の防止工事を今日まで行っている。

(2) 中尾地すべり(新潟県松之山町)

1830年(天保元年)中尾集落を中尾川に押し流す地すべりが発生し、集落の全人家と共に田畑が壊滅した。地元民は団結して復興に取りくむとともに、住民の自力で地すべり再発防止のための工事を行った。中尾川の対岸岩壁中に捷水隧道を掘削してこの中に水流を通し、河床の洗掘低下による地すべりの誘発を防止するとともに、土堰堤を築造するなど天保時代としては驚異的高度な工法を創造している。また、人家や土蔵の周囲に松丸太による杭打工法を行っている。そしてこれらの工事は明治時代にも引き続き行っている。

表－5 中尾地すべり地の地元民による防止工事

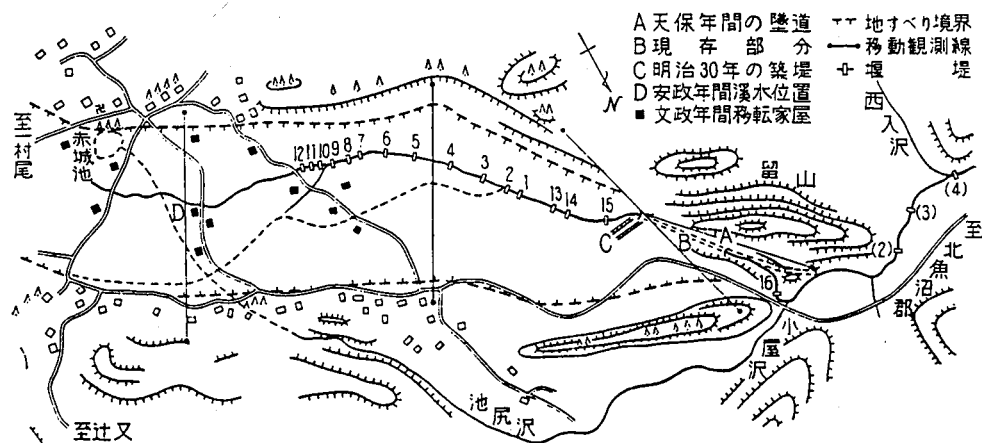
時 代	防 止 工 法
天保年間 第一期工事	捷水隧道 延長120尺
第二期工事	堰堤 高12尺長150尺 捷水隧道 延長50尺
明治年間 第一期工事 (明治25年から)	捷水隧道 延長300尺
第二期工事 (明治32年から)	堰堤 高50尺長100尺 捷水隧道 延長120尺
第三期工事	堰堤 高25尺長50尺



図－2 徳川時代の地すべり防止工事

(3) 後山地すべり地

南魚沼郡大和町後山地すべり地においては天保年間に地すべり地の脚部を流れる後山川を留山（雑朶山）の中腹に隧道358mを掘削して、その取り入れ口に大土堤を築き、水流の瀬廻しを行い、地すべり災害の発生を防止したことが古文書に記されている。この工事の完成より地すべりが小康状態となった。



図－3 後山地すべり地の隧道工事平面図

(4) 二子地すべり

十日町市二子集落においては1817年(文化14年)、会津藩が地すべり防止のため増沢川に土堰堤3基(第1. 2堰堤は高6.5m、長30m、天端幅5m、第3堰堤高5m、長30m、天端幅3m)を築造して、移動を防止している。

以上のように、明治以前から大規模なすぐれた工法が地すべり発生地のある村で行われており、それほどに地すべりは山村民にとって恐怖の災害であった。

3. 戦前の地すべり調査と研究の開始

地すべり調査が科学者により開始されたのは岡田秀男理学士による1900年(明治33年)の

照来地すべり(兵庫県)と神保博士が最初とみられる。岡田は地すべりの調査報告書のなかで緩慢に移動する地すべり地のことを“滑落地”と呼んでおり、当時「地すべり」と言う表現と概念はまだ未成熟であった。同じ頃、地すべりの研究調査として1902年(明治35年)神保小虎博士の「本邦の山崩れ、地割れ及び押し出しの調査事項及び実例の目録」がある。この論文は鉄道局の報告書であるが、地質学雑誌に発表している。

中村慶三郎博士は北陸本線沿線の地すべり調査を行い、地すべりの発生原因と移動状態の観測結果等の研究調査を1929～1934年の地質学雑誌に発表している。

また著書「山崩」の中で宝暦元年に発生した「名立崩れ」について調査するとともに、地すべり地特有の“地すべり地形”に注目すべきことを提起し、調査法が一段と進歩したことをしめしている。当時、地すべりについてはじめて次のような分類が提案されている。

そして、注目すべきことは1930年ころから、それまで「地割れ」、「滑落地」などで行われてきた表現が地質学雑誌の発表表題に「地這り」と記載され定着しはじめたことである。

表－6 当時の山崩・地すべりの分類

山 崩	山 崩	石 崩 土 崩 山津波
	山 這	石 這 土 這
地 這	震 引(ナイビキ) 地 這	

4 新潟県における戦前の地すべり調査

4－1 新潟県林務課(現治山課)の地すべり調査

新潟県林務課(現治山課)の地すべり調査・対策は全国でも早期に開始し、先進的役割を果たしている。1922年(昭和3年)、東京大学諸戸北郎教授によって創刊された「砂防」誌に克明に記されている。諸戸教授はヨーロッパ留学後明治45年から東京大学林学科の第四講座、通称「森林理水及砂防工学」を担当し、治山・砂防工学を確立した。

創刊まもない「砂防」誌に新潟県林務課(現治山課)の課長、技師の論文を発表し、地すべり防止工事について下記の論文に述べている。当時地すべり防止工事は荒廃地復旧工事業により実施しており、これらの論文に地すべり地の地質、地すべり面の土質、地すべり発生の原因について説明しており、昭和初頭にすでに真剣な地すべり調査を開始していることを窺い知ることができる。

砂防第4号 昭和4年(1929年)1月、吉田健一：新潟県荒廃地復旧事業の回顧

高井鍊一：荒廃地這復旧工事床掘作業苦心の記

第13号 昭和5年(1930年)9月、安藤時雄：新潟県の荒廃地復旧工事についての所感

第17号 昭和6年(1931年)5月、新潟県に於ける荒廃地復旧講習会(4月21～25日)

講義内容：砂防工学(13時間) 諸戸北郎

砂防愛護組合と愛林思想(3時間) 林務課長 安藤時雄

地這復旧(3時間) 地方農林技師吉田 健

第18号 昭和6年(1932年)7月、高井鍊一：新潟県山地荒廃地滑の原因状況並びに之が対策に就て

とくに注目すべきことは、昭和5年(1930年)4月21から25日、諸戸北郎教授を招き、砂防工学と地すべりの講習会を開催し、最終日に栃尾市の地すべり工事現場へ実習見学を行っている。当時はまだ日本の地すべり対策技術が未成熟であって、地すべり対策技術と調査が本格的に開始されたのは1931年(昭和6年)亀の瀬地すべり災害(大阪府柏原市)や1933年(昭和8年)北陸本線筒石～名立間の地すべり災害からであった。新潟県の林務課が地すべり防止技術について、すでに先進的見地に立っていたことを知ることができる。

4-2 山林局の新潟県における地すべり調査

山林局(現在の林野庁)は、1937年(昭和12年)から第2期森林治水事業を開始し、1938年から、この事業の中で地すべり発生機構の解明のための専任ボーリング調査班を編成して各県の地すべり地の地下探査を行って防止工法の確立し、地すべり防止事業を実施した。その予算額は表-7のとおりである。予算額は戦時を反映して少額であったとは言え、これが国庫補助による地すべり防止事業の端緒であり、画期的なことであった。地すべりの多い新潟、長野、富山、石川の各県には当時の地すべり防止構造物が今もその跡を留めている。

表-7 地すべり防止事業(山林局)

年 度	面積	事業費 円
1937(昭12)	26	141,160
1938(昭13)	32	159,862
1939(昭14)	37	199,864
1940(昭15)	28	212,234
1941(昭16)	56	334,619
1942(昭17)	128	547,600
1943(昭18)	119	547,552
1944(昭19)	98	315,736
1945(昭20)	42	220,068

昭和12～16年第1期災害防止林業施設事業

昭和17～22年第2期災害防止林業施設事業

ボーリング調査専任者は3人で、利根試錐製作所のR-L50型試錐機を使い、1937年(昭和12年)群馬県水上村宝川試験地に試運転を行って、各県の地すべり地の調査を開始した。

新潟県のボーリング調査は、東頸城郡牧村岩神地すべり地において3地点(深度15m、15m、28m)を1940年(昭和15年)9～12月の間に実施している(担当者森口重男)。

山林局は新潟県における所轄地すべり防止事業として下表の4地区において地すべり調査と防止工事を実施したことが記録されている。

表－8 新潟県における 山林局の地すべり防止事業

事業所名	施 工 地	施工目的	施工期間
小 黒	東頸城郡小黒村	地すべり地	昭和12～21年
根 知	西頸城郡根知村	地すべり地	昭和14～18年
松之山	東頸城郡松之山村	地すべり地	昭和15～16年
牧	東頸城郡牧 村	地すべり地	昭和16～21年

しかし戦争が激化するにしたがって、この事業も事業費の削減、工事資材の欠乏、技術・研究者の徴兵と言ったなかで終戦を迎えることになる。

5 新潟県の戦前の地すべり対策工事

5－1 砂防課所管の地すべり対策

砂防工事の開始は、1921年（大正10年）、中頸城郡矢代村（現新井市）粟立山の崩壊対策として矢代川の支流万内川に砂防堰堤を築造したのが端緒で、1927年（昭和2年）塩沢町鎌倉沢地すべり地の沿岸崩壊対策、1932年から古志郡一帯の地すべり対策、1936年（昭和11年）には東頸城・中頸城両郡の地すべり対策工事を実施し、その施工箇所は1948年11月（昭和23年）までに230箇所であって、万内川（新井市）、太田川流域（長岡市、山古志村）等、数十箇所は堰堤によって防止することができたことが報告されている。

5－2 治山課所管地すべり対策

新潟県林務課が荒廃林地復旧事業（治山事業）として1923年（大正12年）、湯本地すべり地（新潟県松之山町）において、張石水路、石積護岸、編柵水路、石堰堤の施工を開始し、1930年には練積堰堤、床固工、コンクリート水路、暗渠工、鉄線蛇籠暗渠等を施工し、その後も終戦まで水害荒廃林地復旧事業として地すべり防止対策工事を継続している。この湯本地すべり地は地すべり災害が明治初頭から何度も繰り返したため、集落を維持す

昭和年代の主な地すべり災害

災害年月日	発生地	被害状況
昭 2年（1927） 2月14日	能生町大洞	死者12人
昭 4年（1929） 4月 8日	能生町浦本	北陸線10日間不通
昭 9年（1934） 2月	能生町藤崎	北陸線9日間不通、地すべり土量90万m ³
昭 21年（1946） 12月	名立町	北陸線5日間不通、地すべり土量24万m ³
昭 22年（1947） 5月19日	能生町柵口	被害面積200ha、倒壊家屋80戸
昭 32年（1957） 4月20日	津南町樽田	死者18人
昭 32年（1957） 12月13日	妙高高原町地獄谷	死者2人
昭 37年（1962） 3月16日	栃尾市東中野俣	死者6人、倒壊家屋4戸
昭 32年（1962） 12月～	松之山町	被害面積600ha、倒壊・破損家屋296戸
昭 38年（1963） 3月16日	能生町小泊	列車転覆、死者23人、20日間不通
昭 42年（1967） 5月 3日	糸魚川市大所	発電ダム埋没
昭 44年（1969） 4月26日	広神村水沢新田	死者8人、倒壊家屋10戸
昭 45年（1970） 1月22日	小千谷市川井	国鉄高場山トンネル崩壊、飯山線313日間不通
昭 46年（1971） 12月12日	能生町島道	倒壊家屋4戸
昭 47年（1972） 12月31日	妙高高原町新赤倉	死者1人
昭 49年（1974） 3月22日	粟島村内浦	120万m ³ 流出 斜面長300m 幅400m 汀線70m後退
昭 47年（1978） 5月18日	妙高高原町新赤倉	死者13人、倒壊家屋24戸、信越線112日間不通
昭 55年（1980） 12月30日	長岡市濁沢	倒壊家屋12戸
昭 56年（1981） 1月25日	新井市上馬場	倒壊家屋8戸
昭 56年（1981） 4月13日	関川村中束	関川支流藤枝埋没
昭 59年（1984） 5月15日	長岡市蓬平	倒壊家屋
昭 60年（1985） 2月15日	青海町玉ノ木	死者10人、倒壊家屋7戸

るため、戦争末期の1943年（昭和18年）に旧上湯集落（湯本温泉上部で、ここが湯本集落の中心であったが、明治始めより地すべりが反復するため人家が離散し、今では林地となってしまった）の末端を流れる越道川を対岸の山腹（凝灰岩層）に隧道320mを掘削して瀬廻しすることにより、河床洗掘による地すべり誘発防止工事を開始した。戦争で男性がいなくなったため、女性と老人だけで火薬も使わず鑿と槌で掘削を開始し、戦後の1946年に貫通させた。

このほか、栃尾市入塩川等、糸魚川根知等においても地すべり防止工事を行っている。

6. 国鉄の地すべり対策

6-1 国鉄の地すべり災害

国鉄の全国の路線の中で地すべり災害が最も頻繁に頻発・反復したのは北陸本線の富山県境から直江津間であった。富山・新潟県境から直江津間約68kmは日本における地すべり多発地帯であって、古くから地すべり災害を発生してきた。北陸本線は1912年に開通したが、開通以来地すべり災害が反復するため、地すべり危険地帯をトンネルで通過する新路線36kmを4年間の工期をかけて建設して1969年10月開通した。

北陸本線開通以来1969年10月までの57年間の主な列車災害をまとめると表-9のとおりである。北陸本線の糸魚川-直江津間の1969年までの地すべり災害は、列車脱線転覆12件、運休日数166日となっており、北陸本線富山県境～直江津間が全国でもまれに見る地すべり災害の危険地帯であることを物語っている。

表-9 北陸本線の地すべり災害

災害発生年月日 年 月 日	市町村	地 名	地 層	災 害
1900(明33) 12.	能生町	筒石川河口付近	新第三紀 川詰層	工事中線路隆起・移動
1912(明35)	々	々	々	工事中数回次すべり発生
1914(大 2) 12.14	々	々	々	移動・崩壊、運休1日間
1916(大 5) 2.17	々	能生駅より1.7km東	々 名立層	移動・崩壊、運休5日間
1916(大 5) 2.17	々	旧筒石駅	々 川詰層	移動・崩壊、運休2日間
1919(大 8) 7.21	々	能生駅より2.9km東	々 々	移動・崩壊、運休1日間
1919(大 8) 8.	々	浜木浦	々 名立層	崩壊土砂600 [・]
1927(昭 2) 3.	糸魚川市	浦本	々 々	貨物列車転覆、死者1・負傷者4 運休1日間、崩壊土砂1,200 [・]
1929(昭 4) 8.10	能生町	高見崎	々 々	移動・崩壊、運休10日間
1929(昭 4) 8.10	々	浜木浦	々 々	列車転覆、運休10日間
1931(昭 6) 1.19	上越市	旧名立駅より1.7km東	々 々	崩壊、運休1日間
1931(昭 6) 2.27	々	虫生岩戸	々 川詰層	崩壊、運休1日間
1933(昭 8) 12.25	々	鳥ヶ首の東	々 谷浜層	移動・崩壊、運休1日間
1934(昭 9) 2.16	能生町	藤崎	々 々	崩壊、線路500m海中に流出、 崩土1万 [・] 、運休9日間
1938(昭13) 1.23	々	浜木浦	々 名立層	列車転覆、運休10日間
1944(昭19) 7.21	々	木浦	々 々	崩壊土砂1,800 [・] 、線路埋没
1944(昭19) 7.21	々	小泊	々 々	移動・崩壊、運休1日間
1946(昭21) 12.12	々	旧筒石駅	々 川詰層	移動・崩壊、運休4日間
1951(昭26) 11.16	々	名立駅より12.5km東	々 谷浜層	移動・崩壊、運休1日間
1956(昭31) 12.21	々	能生・名立町境	々 名立層	列車転覆、運休1日間
1963(昭38) 3.16	々	小泊	々 々	列車転覆、死傷者23 崩壊土砂15万 [・] 、運休20日間
1969(昭44) 8. 9	青海町	大竹沢	中生層	崩壊、運休8日間
1969(昭44) 9.16	々	々	々	列車転覆、運休4日間

6-2 国鉄の地すべり調査法と対策防止工事（北陸本線、磐越西線）

国鉄は輸送の安全確保のため早くから地すべりに対する調査・研究を行っている。1902年(明治35年)、すでに神保小虎博士は調査論文を鉄道局から報告書としてだしていることを前述した。地すべり調査の内容として、地質調査、移動観測、地下水観測及び対策工事を行った。

(1) 藤崎地すべり（能生町）

1934年(昭和9年)に発生した北陸本線能生町藤崎地すべり災害に対して、第1次調査としてボーリング3孔による地下探査、地表歪計17台設置して移動観測とともに、防止対策樹立のため土質試験を実施し、第2次調査では、地すべり面と地下水調査と地下水の集水排除を兼ねた深井戸(内径1.0m、深さ30m鉄筋コンクリート管)を掘削した。さらに第3次調査として電気探査法と「つぼ掘りによるすべり面推定」を行っている。以上の結果に基づいて縦孔を配置した排水隧道(延長122m)を施工した。

これらの調査法・データ解析法、とりわけボーリングの採取技術と対策工法はまだボーリング調査法や対策工法が確立していない時期にすでに高度な技術を創造している。3孔のボーリング調査柱状図を見ると深度25~35mまで掘削しているが、コアの採取率は良好で、土質の累重状態と孔内水位を綿密詳細に記述している。さらに地すべり面の観測を行うため地すべり測棒をボーリング孔に挿入している。

(2) 筒石駅地すべり（能生町）

また1916年(大正5年)発生した地すべりで北陸本線筒石駅ホームと駅舎が破壊したが、それ以来この地区は災害を反復するため国鉄はボーリングをはじめ諸調査を続け、1938年(昭和13年)調査報告を行っている。北陸本線筒石駅付近の地すべり災害に関する調査論文は次のとおりである。

1. 土木工学 1934年 第3巻第4号、北陸本線能生筒石地すべり概説、佐藤石蔵
2. 土木工学 1934年 第3巻第7号、筒石地すべりの原因に関する一考察、中村慶三郎
3. 土木工学 1935年 第4巻第1号、地滑りの深さに関する実験、野坂孝忠
4. 地質学雑誌 1935年 北陸本線能生・筒石間地すべりの力学的解析、渡辺 貫
5. 土木工学 1936年第5巻第2号、北陸本線筒石・名立地すべり、堀山力熊

ここで注目すべきことは、金沢保線事務所長堀山力熊は筒石地すべり対策工事設計のため安定解析を行っている。この地すべり安定計算は新潟県における最初の試みと推察される。

戦前に蓄積された国鉄の地すべり対策技術と調査研究の成果は戦後に継承され、戦後まもない1948年6月、能生実験所(新潟県能生町)が創立され、地すべりと土質の調査研究を開始した。

(3) 赤崎地すべり (鹿瀬町)

赤崎地すべり地(新潟県鹿瀬町)は、赤崎山の中腹から阿賀野川に向かって移動し、その末端は阿賀野川岸に没したのち中州となって浮上している。この赤崎山麓を横断して走る磐越西線は建設時地すべりのため難航したが、開通後も線路の移動が続き、その累計移動量は50mを越えている。津川保線区は雪解けの3月末に線路の修正移動を毎年恒例のように行ってきた。国鉄は終戦の1945年線路付近にボーリング調査を行い、地すべり面の深さを40mと判定している。1981年以降は建設省直轄としてボーリング等の調査と対策工事が進められている。そのボーリング調査結果によると磐越西線の線路付近の地すべり面の深度は約40mであって、35年以上前に行った国鉄が行った調査結果と一致している。

7. 建設省大河津分水掘削による地すべり災害

新潟平野を信濃川の洪水から守るため、内務省は新潟県分水町大河津地先から寺泊海岸までの約10kmを掘削する工事を1909年(明治42年)に開始し、1925年に完成した。その掘削土量は2,880万 m^3 、1,000万人を要した世紀の大土木工事であった。この分水の河口近くを掘削中、右岸の山腹に1915、1918、1924年の3回にわたって大地すべりが発生した。その地すべり土量は第1回目600万 m^3 、第2回目91.8万 m^3 、第3回目64.8万 m^3 にも達した。地すべりによって対岸川底が18m隆起する大規模なものであった。このため工期が2年も遅延した。掘削しても地すべりによる隆起で再び元の状態に戻り、掘削作業中、斜面上部から地すべり土砂が襲うので「妖怪(ばけもの)丁場」と呼ばれる恐怖の現場であった。地すべり対策工法が開発されていなかった当時としては地すべり地の河川掘削は命懸けであり、多大の犠牲を強いられた。その後、パナマ運河掘削で大地すべり災害を経験した青山士技師が新潟土木出張所長(現在の建設省北陸地方建設局長)に就任し分水復旧緊急工事にあたることになる。

8. 戦後の地すべり防止対策の開始・終戦から地すべり等防止法の成立・地すべり学会創立の過程

戦後の地すべり対策技術と調査の発展を促すうえで重要な役割を演じたのは柵口地すべり災害(能生町)と茶臼山地すべり災害(長野県篠ノ井市)であった。それと共に地すべり等防止法制定を提起する災害でもあった。

8-1 柵口地すべり災害

柵口地すべり災害(新潟県西頸城郡能生町)は、戦後まもない1947年(昭和22年)5月に発生した。この災害は権現岳(1104m)の中腹から地すべりが発生し、200haにおよぶ田畑山林が人家80戸を乗せたままスライドするように移動し、末端部(1.8km下流)を流れる能生川を埋没したうえ対岸山腹に乗り上げた。能生川は堰止められ湖面を呈した。各新聞は一面トップに大きく取り上げ、今世紀最大の地すべり災害として国民の注視を集めた。国民の世論を背景に政府は緊急対策をとることを迫られた。建設省は谷口敏雄技官を派遣して現地調査を行わせ、京都大学も調査に積極的に協力した。

通産省地質調査所は小出博技官を調査に派遣した。小出技官は1か月の現地調査ののち、「柵口地すべり調査報告」を著した。この調査報告書は地すべり発生機構の洞察と考察の精

緻において極めて優れた名著であって、この報告書がその後の地すべり調査と対策技術の発展に大きく貢献することとなった。

新潟県は緊急に地すべり発生機構解明の調査を行い、林務、砂防の両課が対策防止工事を実施した。林務課は柵口地すべり地の北側の湯沢川と南側の桧曽ノ又川に堰堤工30基、谷止工33基、床固工22基、護岸工1,570m等を継続施工し、溪床の洗掘低下による地すべりの誘発を防止し、砂防課は能生川に長大な堰堤を築造した。また、壊滅した柵口集落の住民の生活救済対策が立てられ、直ちに実施に移された。

8-2 戦後地すべり対策工事の開始

柵口地すべり災害は、地すべりの恐ろしさを国民に認識させるとともに、国と県の責任で再発防止の道を拓くことになる。戦前の地すべり地帯の山村では人家の倒壊、田畑、山林の地すべり災害は避けることのできない自然現象と考えられ、公共事業としての救済はなかなか望めなかった。

(1) 建設省は柵口地すべり災害を契機に、科学的調査の必要性を大蔵省に説いて地すべり調査費の支出を認めさせ、1948年度地すべり調査費を1,404,000円計上して、新潟・長野・富山の3県において調査を開始した。これが戦後最初の記念すべき公共事業による調査であり、今日の地すべり調査技術をきり拓くことになった。この調査は建設省河川局砂防課谷口敏雄技官の企画担当のもとに3年間継続した。

谷口技官は、福岡正巳技官の茶臼山地すべり調査研究成果と小出博技官の柵口地すべり調査などの研究を活かして次のような調査方針を創案し、これを直ちに新潟、長野、富山の3県で実施した。地すべり調査方針は次のとおりである。

- (1) 地すべり地に対する既設砂防工事の効果(これまでの砂防、治山工事の地すべり防止に対する効果判定)
- (2) 地すべりの一般調査の設定
- (3) 緊急対策を講ずべき地すべり地における根本調査
- (4) 代表的地すべり地における実験的調査

表-10 地すべり根本調査

調 査 事 項	調 査 内 容	調 査 観 測 法
1. 地すべり地域の地形	(1) 地形測量 (2) 池、沼、湿地、湧水等に対する調査 (3) 溪流の地すべりに対する作用	現地測量及び踏査
2. 地すべり地の地質	(1) 一般調査 (2) 特異性のある地質の探査	現地調査
3. 地すべり状況	(1) 水平、垂直的移動量及び速さの測定 (2) 速度変化を与える原因探査	不動点を基準として地すべり地域内に設けた測点の定期観測
4. 地すべりにおける 土壌の物理的性質	(1) 土壌の透水性及び含水量 (2) 摩擦係数の判定、含水量に依る変化と最悪な場合の値の決定	現地より採集せる土壌の土質試験
5. 地下構造	(1) 地下状況調査 (2) 地すべり面の決定	ボーリング、電探法、人工地震探査法
6. 地下水の調査	地下水面及び地下水の流動状況	電探法による地下水流の発見、地下水一般調査

この調査方針に従って、新潟、長野、富山の3県で調査を実施した。3県による協議会を設立して実施前に調査技術の交流、実施後の検討を行った。その後、この協議会に全国都道府県が参加し、現在毎年開催されている「全国地すべり対策協議会」へと発展することとなった。

3年間の地すべり調査の成果は、(1)地すべり調査技術が向上し、その技術が都道府県へ普及し始めた。(2)各地すべり地の発生機構の解明がなされた。(3)地すべり対策工事を設計施工するためには地すべり調査が不可欠であることが明らかになった。

これを受けて建設省は「国費委託地すべり調査」を1951年から1953年まで対象県を拡大して行うこととなった。

(2) 林野庁は、1953年から新潟、長野、徳島等の各県に国費委託地すべり調査を開始し、これによって全国的な地すべり対策技術の普及と発展の道が拓かれ、技術者および研究者が育まれた。

新潟県林務課(現治山課)は林野庁委託地すべり調査を1953年から開始し、林業試験場が担当した。松之山町湯本に試験地を設けて、地すべり発生機構の解明を行った。

8-3 新潟県の果たした地すべり技術の開拓

新潟県は、長野、富山、徳島等の先進県とともに戦後の地すべり技術の発展に果たした先駆的役割は大きかった。

柵口地すべり災害に対して通産省地質調査所、建設省土木研究所、京都大学等の研究機関が積極的な支援調査を行った。そして、建設省の国庫補助調査費による地すべり調査が1948年から1953年まで続けられたが、新潟県砂防課は独自に地すべり調査と対策技術の開発に県単費を支出して取り組んだ。ボーリング機を購入して県直営で地下探査をはじめ、電気探査、弾性波探査、地下水調査等の諸調査を県内の地すべり地を実施し、地すべりの発生機構の解明と対策工法の樹立を行うとともに調査技術の開発と研究も行った。なかでも地すべり面解明に対するボーリング調査、電気探査、弾性波探査の3調査方法の比較検討等は当時としては画期的な研究であった。これらの研究成果は「国庫委託調査」(1948～1953年)と併せて高野秀夫博士(当時新潟県砂防課調査係長)が克明に報告している。

新潟県砂防課は1948年から県下の地すべり地のボーリング調査を直営で開始した。

また、1950年から県単費による地すべり対策工事を開始し、それとともに工法の開発を行った。1950年、水平ボーリングにより地下水を排水する工法を開発した。この工法は地すべり防止に極めて大きな効果を発揮し、たちまち全国に普及した。

1953年には縦坑排水法を創造したが、それをさらに改良し、集水井工法を開発し(1953年当時は場所打ち鉄筋コンクリート集水井工)、地下水排水機能を高めることができるようになった。

また杭打工法も開発した。砂防課は1953年、松之山町月池地すべり地において杉丸太(径15cm、長5m)による杭打工法を最初に試み、以後、県下数か所の地すべり地で実施した。1955年、この工法を改良して掘削孔に鉄筋籠を挿入してコンクリートを充填した。さらに改良を加え鉄筋籠と砂利を詰めたのちプレパクトコンクリートを注入する工法を創案し

表－１１ 新潟県砂防課の戦後の地すべり対策事業

(単位千円)

種 年 度	地すべり対策費				調 査 費		摘 要
	国庫補助事業		県 単 費 (千円)		国庫補助	県単費	
	箇所	金 額	箇所	金 額	国費委託		
23					2,404		
24					1,800		
25			17	5,000	1,400		
26			8	2,400	900		
27	25	40,000	8	3,000	500		
28	27	40,000	13	2,899	300		
29	34	39,600	7	1,850	—		
30	33	27,306	9	1,031	—		
31	38	31,000	13	2,050	—	200	
32	23	19,500	17	4,671	—	300	
33	25	26,413	18	5,266	300	380	
34	34	35,925	24	4,651	300	300	
35	49	49,690	33	8,341	400	400	
36	58	84,600	44	14,600	400	894	
37	62	134,800	36	19,900	600	1,200	
38	44	166,500	18	12,000	3,000	3,700	
計	452	695,334	262	87,709	12,304	7,374	

た。これは県単地すべり対策費(1959年)によって実験的に成功し、防止効果が大きいことから急速に普及した。その後1960年代前半からコンクリートパイルを使用し、さらに剛性の大きな鋼管杭を使い(1965年前後)、現在の杭打工法を確立した。

８－４ 戦後の国鉄の地すべり調査研究

戦後の国鉄の研究は1946年7月、運輸省内に技術協議会を設置し、その土木専門委員会で土砂崩壊の研究をとりあげた。

1946年12月、北陸本線筒石駅裏山の2回の地すべり災害による駅構内の埋没、信越本線田口－関山間の高築堤崩壊による列車転覆等の大災害が相次ぎ、1948年6月新潟鉄道局の支援をうけ「能生実験所」を開設した。また、1949年1月、施設局と土質研究室を合わせて「土の研究会」を設立した。

能生実験所を拠点にして地すべり地の調査と測量を開始するとともに、1949年から地すべり実験を開始し、地すべり斜面が崩壊に至るクリープ挙動を解明した。これによって地すべり発生を予知・予測する斉藤迪孝博士の「斜面崩壊発生時期の予知理論」を築くのである。この地すべり予知理論により高場山トンネルに発生した地すべりを未然に予知・予

測し、大惨事を免れることができた。

飯山線高場山トンネル(新潟県、越後岩沢ー内ヶ巻間)は1927年完成した。トンネル施工中地すべりで難工した。1937年3月にトンネルに亀裂が発生して以来変形が継続し、何度も補修を重ねた。1970年1月22日1時24分、ついにトンネルの上部山腹より地すべりが発生し、トンネルの下を通る国道もろとも信濃川に崩落した。

国鉄は地すべりによる変状を観測しながら刻々と迫る崩壊に対し、斉藤博士の「予知理論」により崩壊時間を解析し、危険が迫る寸前に列車を停止させた。崩壊6時間前の21日17時時点に崩壊は翌日夜半と判定し、21日24時時点には崩壊は翌日1時30分頃と判定した。実際の崩壊時間とこの理論による解析時間と差はわずか6分と言う極めて精度の高いものであり、予知理論の輝かしい研究成果を発揮した。

9. 地すべり等防止法の成立・・・なぜ地すべり等防止法が制定されたのか

河川法、砂防法、森林法が明治時代に制定され、これらの法律によって災害の防止と国土保全を行ってきた。これが世に言う「防災3法」である。これに加えて地すべり等防止法が1958年に成立したが、この法がどのような必要性和経過で成立するに至ったかについて述べてみよう。

地すべり等防止法の成立当時に「地すべり等防止法の解説と運用」が関係省庁からだされた。それによると地すべり等防止法制定の背景は

(1) 戦前から地すべり災害に苦しんできた農山村民の切実な要求があり、それに加え戦後の度重なる地すべり災害から人命を守ることと、戦後の食料危機から国民を救う農産物の増産のためにも田畑、森林を地すべり災害から守ることが緊急課題であった。地すべり地帯は、土壌が肥沃で農耕地に適し、水稻をはじめ穀類、蔬菜が多収で品質もよく、樹木の成長も良好で農民にとっては大切な農耕地として知られている。そのうえ、地すべり地域の道路、鉄道、河川、用水路、電源開発施設などの公共施設を災害から守ることも緊急な課題であった。

戦後、甚大な被害を与えた地すべり災害として次の地すべりを挙げている。

- | | |
|------------|---|
| 1) 能生谷地すべり | (新潟県能生町柵口)1947年5月19日
被害面積200ha, 被害家屋80戸 |
| 2) 人形山地すべり | (佐賀県山代町)1951年2月16日
被害面積53ha, 被害家屋27戸, 死者3 |
| 3) 石倉山地すべり | (長崎県今福山町)1953年6月26日
被害面積50ha, 被害家屋6戸, 鉄道・国道数百m埋没 |
| 4) 花園村地すべり | (和歌山県有田川流域)1953年7月18日
被害面積600ha, 死者90 |
| 5) 瓜ヶ坂地すべり | (佐賀県肥前町)1953年7月26日
被害面積10.5ha, 崩壊土砂30万 ³ , 埋没家屋7戸, 死者20 |
| 6) 早雲山地すべり | (神奈川県箱根町)1953年7月26日
被害面積7ha, 崩壊土砂70万 ³ , 寺院2棟, 死者10 |

- 7) 樽田地すべり (新潟県津南町)1957年4月20日
倒壊家屋1戸, 死者18
- 8) 伊万里地すべり (佐賀県伊万里市)1957年7月6日
被害面積34ha, 被害家屋21戸, 死者8

(2) 地すべり災害を防止するには既存の法律では対応できないことが明らかになった。
「・・・林野庁は、森林法による保安施設事業として、建設省は、砂防法による砂防事業として、農地局は、28災の特例法による予防事業として、それぞれ地すべり防止事業を進めてきたのであるが、たまたま、昭和32年7月の西九州災害は、各地に地すべりによる惨事を惹起したが、この中には、砂防法では採択できない都市周辺の地すべりがあり、また、農地を主とした地すべりは、28災に係るもの以外は、一般の農地保全事業による外なく、加えて、地すべり対策として必要な、家屋の移転避難の措置等の規定が、砂防法、森林法のもないため・・・」と述べ、「建設大臣、農林大臣が西九州災害地を視察、目のあたりに惨状を見、現地関係者の切々たる訴えを聞かれ、建設、農林両省共同による地すべり防止法策定作業が始まったのである。」と前記”地すべり等防止法の解説と運用”で説明している。

以上が地すべり等防止法が成立した背景である。

10. 地すべり等防止法の成立によってどのような効果が発揮されたか。

地すべり等防止法の成立により、県下の移動中の地すべり地を優先的に一斉に地すべり指定が開始され、それに伴って防止工事が進行した。しかし県内には移動中の地すべり危険地が多かったので防止効果が発揮されるまでには年月を要した。

地すべり等防止法の成立によってどのような効果が発揮されたかについて解明するために防止工事が実施される以前の昭和20年代の県下の地すべり郡別被害状況について、新潟県砂防課が行った1951年（昭和26年）9月15日調査資料を表-10を掲げた。それと共にこの表から地すべり箇所と被害人家の郡別比率を図-5に示した。

表-10 新潟県の地すべり集計表

都 市 別	町村数	箇所数	総 面 積	地 目				被 害 戸 数	摘 要
				田	畑	山 林	その他		
	カ町村	カ所	町歩	町歩	町歩	町歩	町歩	戸	
岩 船 郡	4	9	217.1	23.5	10.5	168.0	15.1	1	
東蒲原郡	3	4	151.0	—	—	151.0	—	—	
中蒲原郡	3	3	98.0	—	—	98.0	—	—	
南蒲原郡	2	3	206.0	7.0	8.0	180.0	11.0	4	
古 志 郡	14	84	854.3	307.2	179.0	266.0	102.1	384	その他学校2
北魚沼郡	6	22	218.0	52.4	25.7	101.2	20.7	58	
中魚沼郡	11	64	1,105.76	321.56	178.1	542.0	64.1	204	その他学校1
南魚沼郡	9	23	220.5	38.2	61.3	—	121.0	12	
三 島 郡	2	2	15.0	1.0	1.0	13.0	—	—	
柏 崎 市	1	1	4.5	—	—	4.5	—	—	
刈 羽 郡	4	12	220.0	86.0	60.0	88.0	4.0	87	
東頸城郡	12	195	1,899.99	641.69	293.09	958.0	7.21	78	
中頸城郡	19	265	1,501.92	358.43	438.0	366.0	339.49	324	
西頸城郡	8	86	2,724.6	444.6	202.2	1,784.0	293.8	305	
佐 渡 郡	3	4	7.6	6.6	—	1.0	—	—	
計	101	759	9,444.67	2,288.18	1,456.89	4,720.7	978.5	1,367	

昭和26. 9. 15調砂防課

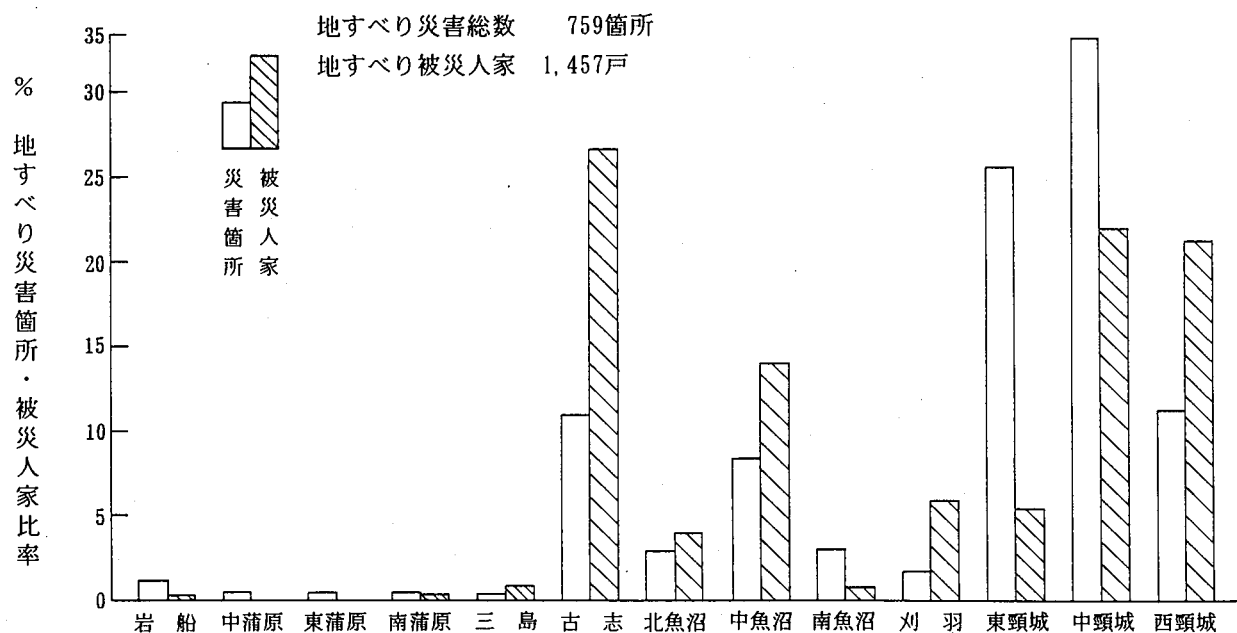


図-5 1951(昭和26年)地すべり災害箇所と被災人家郡別比率

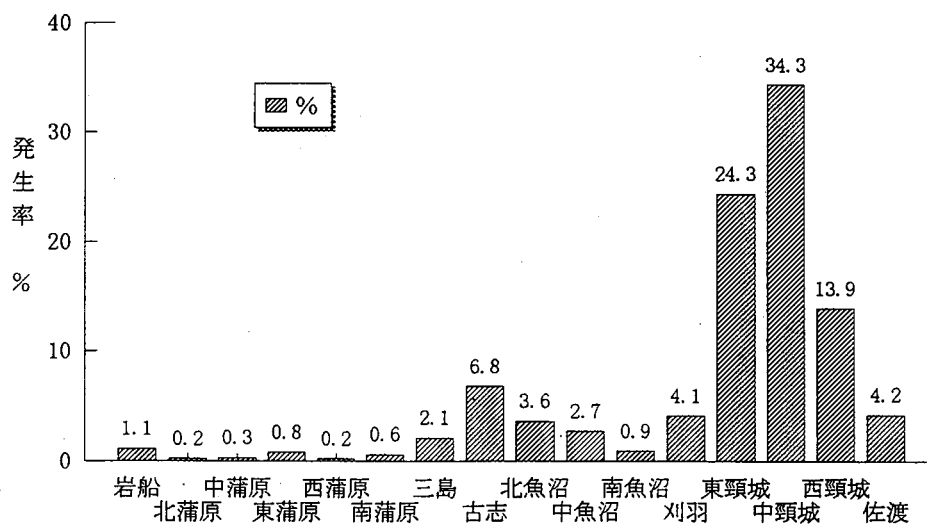


図-6 新潟県の48年間(1949~1996年)の災害郡別発生率

表-10が示すように、当時の地すべり被災家屋が1,459戸であり、地すべり被災地759箇所、9,444haとなっている。そして、人家の被害の最も多いのは古志郡の384戸、次いで中頸城郡324戸、西頸城郡305戸、中魚沼郡204戸、刈羽郡87戸、東頸城郡78戸の順になっている。この表および図-5を一見して気がつくことは被災人家が驚くほど多かったことと、県下の地すべり災害分布状況が現在と大きく相違していることである。

現在の地すべり災害状況と比較するために、1949年から1996年の48年間に発生した総数4,1283県の郡別地すべり災害比率を図-6を掲げた。この図と図-5を比較すると、相違

は明瞭である。つまり、昭和20年代に地すべり災害が多かった古志郡、中魚沼郡、刈羽郡の地すべり災害が顕著に少なくなっていることである。

地すべり災害状況の特徴的相違点は次のことが挙げられる。

- 1) 現在の地すべり災害は全体として顕著に少なくなっている。
- 2) 規模の大きな地すべり災害きわめて少なくなった。
- 3) 災害地の分布が大きく変化した。
- 4) 人家に与える被害が激減した。

以上のことは、次のことから考察することができる。

1962年に発生した松之山地すべりを契機に新潟県は地すべりの被災住宅に移転補助金を支給する「新潟県補助金等交付規則」をつくり、移転、被災人家に補助金を支給した。その実施状況は表-11に示すとおりである。この表が示すように昭和38・39年には50戸を超えていた住宅移転が昭和54、55年には6戸と少なくなり、昭和56年にこの制度を存続できなくなり廃止するに至った。

表-11 年度別・地すべり危険地域住宅移転補助金交付実績状況表

	件 数	補 助 額	摘 要
昭和37年度	39	2,655 千円	1戸当り最高限度額 300千円
昭和38年度	52	4,775	"
昭和39年度	58	8,615	"
昭和40年度	41	9,880	"
昭和41年度	26	6,699	"
昭和42年度	9	2,007	"
昭和43年度	17	4,257	"
昭和44年度	31	8,460	"
昭和45年度	46	13,633	"
昭和46年度	23	8,982	1戸当り最高限度額 500千円に増額
昭和47年度	44	20,520	"
昭和48年度	17	7,910	"
昭和49年度	12	10,300	1戸当り最高限度額 900千円に増額
昭和50年度	7	6,300	"
昭和51年度	12	9,800	"
昭和52年度	11	8,458	1戸当り最高限度額 1,000千円に増額
昭和53年度	15	14,875	"
昭和54年度	6	5,400	"
昭和55年度	6	6,600	1戸当り最高限度額 1,100千円に増額
計	466	153,526	

以上の事実は、地すべり防止工事の進行によって人家の被災が激減し、被害面積が著しく少なくなったことを明にしている。

さらに、地すべり等防止法の成立によって新潟県の地すべり防止工事費は10年後に20倍、

20年後117倍になったことを前述したが、防止工事の進行と防止技術の発展がいかに偉大であるかを物語っている。それと共にそれらを可能にした地すべり等防止法が多くの県民を地すべり災害から救ったことを高く評価することが重要である。

今後の地すべり防止技術と調査技術の発展を願いたい。

Ⅱ 新潟県内の地すべり災害の発生率

—とくに地質との関係について—

(株)キタック 岩 永 伸

1. まえがき

新潟県下では、その地形・地質および気象条件を原因として毎年多くの地すべり災害が発生している。本報文では県内を各地質区に分けたうえ、地すべり発生との関係について述べる。

対象とした地すべり災害は、新潟県土木部砂防課の調査による昭和 56 年から平成 9 年の間のものである。貴重な資料を提供して戴いた同課に厚く謝意を表する。

2. 解析方法

地質区により分けた A～E 地域を、さらに岩質や地質構造により細分し、上記 17 年間の地すべり発生率（災害面積の総計÷地域面積、以下発生率と呼ぶ）をまとめた。また、各地区（地すべり指定地区、未指定地区の場合は各大字）での地すべり発生回数および災害面積の総計を算出した。さらに地すべり発生の最も多い C 地域（姫川以西を除く頸城地方）については、地質構造別にも集計した。なお、面積 0.1ha 未満および人為的な誘因の可能性のある地すべり災害は除外し、同じ年または 2 カ年に亘って同一カ所で地すべりが再発生した場合は、一カ所として広い方の面積を記載した。被災面積については、上記砂防課の資料によったが、その後の調査結果などで一部訂正している。

以上の資料にもとづいて地すべり発生と地質との関係について考察した。

3. 地質の概要

表一 新潟県の地質系統と地すべり地の岩質

地質時代			A, B, E地域とC地域の 関川以東地域		C地域の関川以西地域		D 地 域	
代	紀	世	地 層 名	地すべり 地の岩質	地 層 名	地すべり 地の岩質	地 層 名	地すべり 地の岩質
新 生 代	第四紀	沖積世	沖積層		沖積層			
		洪積世	魚沼層群	砂岩・泥岩 互層（礫岩 挟在）	段丘堆積物			
	第三紀	鮮新世	灰爪層	シルト岩・砂 岩互層	谷浜	シルト岩		
			西山層	泥岩・シル ト岩	名立	シルト岩		
		中新世	椎谷層	泥岩（砂岩 ・泥岩互層）	川結	砂岩（泥岩）		
			寺泊層	泥岩 （炭灰岩）	能生谷層	上部 泥岩 下部 砂岩・泥岩 互層		
			七谷層	硬質頁岩	西所山層	上部 砂岩・ 下部 頁岩互層		
			津川層	炭灰岩	火打山層	上部 砂岩・硬質 下部 頁岩互層		
			相川層群	炭灰岩 （頁岩）				
		古第三紀					太美山層群	安山岩質 火砕岩
	中生代	白亜紀						蛇紋岩
		ジュラ紀					来馬層群	砂岩質岩 互層
		三疊紀						
	古生代	二疊紀					非古 変生 成層	変岩 成類
		石炭紀						

*新潟油田標準層序と西頸城地域との対比には、近年有孔虫分析の結果から、西山層＝能生谷層上部というように一段階づつずらして考えられているむきもあるが、今回の報文では、各層の岩相と物性に着目して、本表のように対比を行った。

**相川層群は佐渡に分布するが、それに相当するものは岩船郡下の岩船層、三川盆地の三川層、魚沼地方の城内層群である。（新潟県地質図説明書 1977）

本県の地質系統と地すべり地の岩質を表－1、地すべり地の分布と地質区分を図－1に示した。

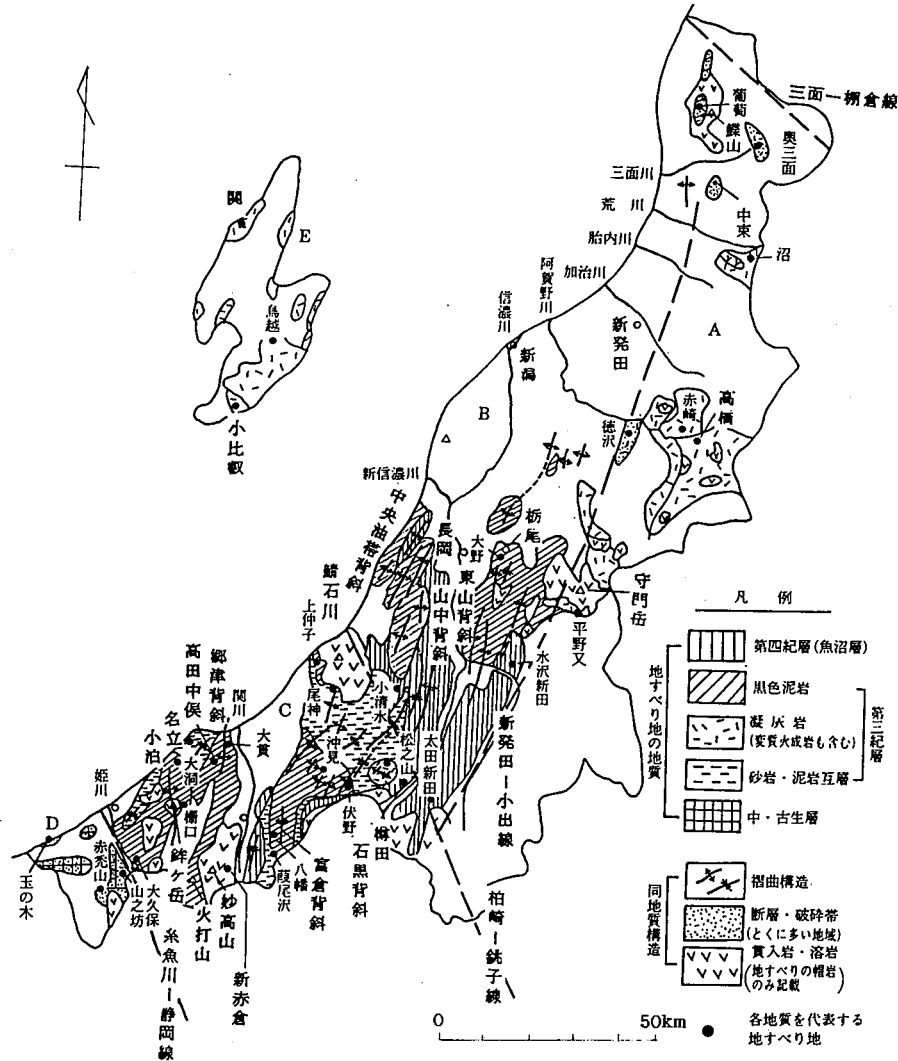


図-1 新潟県の地すべり地の分布と地質区分

4. 地域別の地すべり発生率について

発生率を図－2および表－2にまとめた。表－2によると、発生率はC地域が最も高い。次いでD、B、E、Aの順になる。C地域ではとくに新第三紀層分布地での発生率が高いが、魚沼層群分布地では低い。D地域では蛇紋岩分布地で高いが災害面積 70.81haの大所地すべりなど規模の大きい地すべりが発生したためである。

表－2 昭和56年～平成9年
地すべり災害集計表

地 域	総面積 (ha) A	災害面積 (ha) B	箇所数 C	発生率 B/A (%)	B/C (ha)	A/C (ha)
A.新第三紀層分布地※	109453.53	66.07	61	0.06%	1.08	1794.32
B.新第三紀層分布地	67239.50	195.34	147	0.29%	1.33	457.41
B.魚沼層群分布地	71271.38	131.28	101	0.18%	1.30	705.66
B.合計	138510.88	326.62	248	0.24%	1.32	558.51
C.新第三紀層分布地	74448.77	1111.88	1008	1.49%	1.10	73.86
C.魚沼層群分布地	2268.37	4.81	11	0.21%	0.44	206.22
C.合計	76717.14	1116.69	1019	1.46%	1.10	75.29
D.新第三紀層分布地	1859.64	14.05	6	0.76%	2.34	309.94
D.古第三紀層分布地	2054.19	1.02	2	0.05%	0.51	1027.10
D.中古生層分布地	3636.05	1.02	3	0.03%	0.34	1212.02
D.蛇紋岩分布地	3352.40	101.37	24	3.02%	4.22	139.68
D.合計	10902.28	117.46	35	1.08%	3.36	311.49
E.	51862.37	35.53	43	0.07%	0.83	1206.10
A+B+C+D+E	387446.20	1662.37	1406	0.43%	1.18	275.57

※A地域で花崗岩分布地での地すべりが2カ所あるが、発生率B/Aが極めて小さいので除外した。

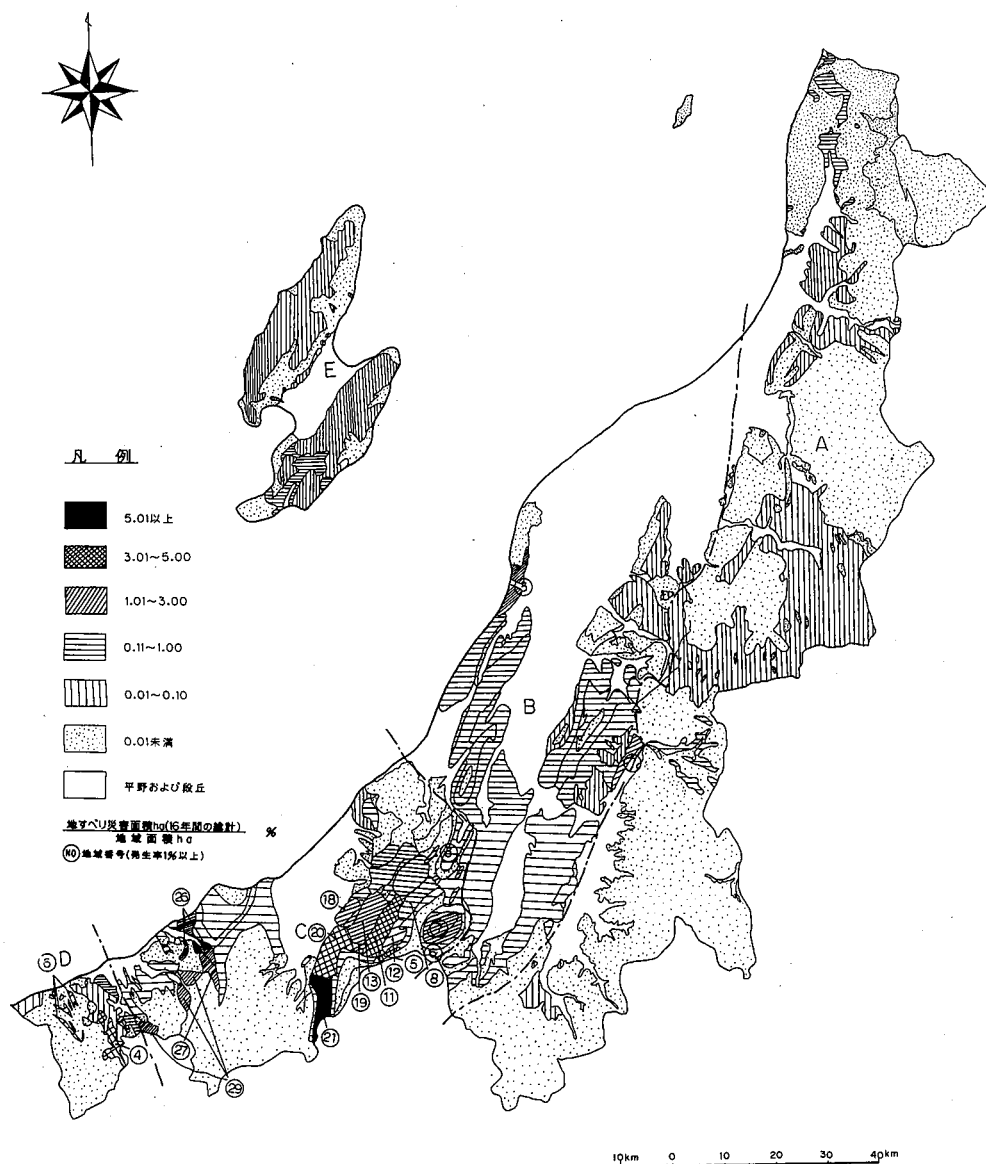


図-2 地すべり災害の発生率分布図
(昭和56年～平成9年)

表-3は細分した各地域のうち、発生率が1%以上の地域をまとめたものである。これらの大半はC地域に属する。同地域では、椎谷・寺泊層のとくに背斜構造が発達したところで発生率が高い。これに対して西山層分布地では、C-3地域の一部とC-5地域のみである。

D地域の蛇紋岩分布地では、前記した大所地すべりが属すD-4地域のほか、D-6地域も含まれることは、蛇紋岩地域で地すべりが発生しやすいことを示している。また、同地域では一般に一カ所当たりの災害面積(B/C)が広い。B地域では、B-3とB-7地域のみが1%以上の発生率を示す。B-3地域は、大河津分水右岸側の面積30haの地すべりによって、発生率が高くなった。B-7地域は破間川左岸側の地すべり多発地帯に属する。

とくに発生率の高いC地域の新第三紀層分布地域については、地質構造別にまとめ表-4に示した。同表によると、とくに背斜構造付近で地すべり災害が多数発生していることが明らかになった。これは背斜軸部付近で引張りによる亀裂や小断層が多数生じているた

表-3 17年間(昭和56年～平成9年)の発生率(面積比が1%以上の地域)

地域	場所	基盤の 地層名	基盤の 地質構造	総面積 (ha) A	16年間の災 害面積(ha) B	箇所数 C	発生率 B/A(%)	A/C (ha)	B/C (ha)
C-21	新井市	椎谷・寺泊層	背斜構造	2747.73	163.74	164	5.96%	16.75	1.00
C-20	坂倉町 清里村	椎谷・寺泊層	背斜構造	3525.54	160.96	140	4.57%	25.18	1.15
D-4	糸魚川市	蛇紋岩		2049.03	87.73	12	4.28%	170.75	7.31
C-19	牧村	椎谷・寺泊層	等斜構造	911.28	29.08	19	3.19%	47.96	1.53
C-11	安塚町 牧村	椎谷・寺泊層	背斜構造 2本	4064.47	129.20	106	3.18%	38.34	1.22
C-26	能生町	能生谷層	背斜及び 等斜構造	2763.37	65.31	45	2.36%	61.41	1.45
C-3	高柳町 大島村	西山・椎谷層	背斜構造	729.45	15.24	15	2.09%	48.63	1.02
C-12	安塚町	椎谷層	向斜構造	834.37	16.92	9	2.03%	92.71	1.88
C-7	松之山町	寺泊層 (凝灰岩)	松之山ドーム	1478.54	29.49	15	1.99%	98.57	1.97
C-13	牧村 安塚町	椎谷・寺泊層	背斜構造	3445.64	68.60	84	1.99%	41.02	0.82
C-5	大島村、安塚町 牧村、清里村	西山層	等斜構造	2555.13	48.03	25	1.88%	102.21	1.92
C-29	糸魚川市	能生谷層	等斜構造	1855.01	30.83	20	1.66%	92.75	1.54
C-18	牧村 三和村	椎谷・寺泊層	背斜構造 向斜構造	1789.24	28.18	38	1.57%	47.09	0.74
C-8	高柳町、大島 村、松代町	椎谷層	背斜構造 2本	3462.76	53.96	59	1.56%	58.69	0.91
C-6	松之山町 松代町	椎谷・寺泊層	松之山ドーム 周辺	3287.98	48.84	45	1.49%	73.07	1.09
B-3	弥彦村、分 水町、寺泊町	椎谷・寺泊 七谷層	背斜構造	2876.86	35.09	6	1.22%	479.48	5.85
B-7	入込瀬村 守門村	七谷層	等斜構造	1442.27	15.65	13	1.09%	110.94	1.20
C-27	能生町	能生谷層	等斜構造	723.63	7.60	3	1.05%	241.21	2.53
D-6	青海町	蛇紋岩		1303.37	13.64	12	1.05%	108.61	1.14

表-4 昭和56年～平成9年
地質構造別集計表(C地域)

地 質 構 造	面積(ha) A	災害面積 (ha) B	箇 所 数			発生率 B/A(%)	B/C (ha)	A/C (ha)
			指定地区内	未指定地	計C			
背斜軸上	3800.95	244.95	182	9	191	6.44%	1.28	19.90
背斜軸近く	2119.10	132.95	132	1	133	6.27%	1.00	15.93
背斜軸上十軸近く	5920.05	377.90	314	10	324	6.38%	1.17	18.27
背斜	7186.19	283.91	235	58	293	3.95%	0.97	24.53
背斜全体	13106.24	661.81	549	68	617	5.05%	1.07	21.24
向斜軸上	317.51	12.93	13	0	13	4.07%	0.99	24.42
向斜軸近く	641.16	21.81	13	2	15	3.40%	1.45	42.74
向斜軸上十軸近く	958.67	34.74	26	2	28	3.62%	1.24	34.24
向斜	4071.53	80.87	72	23	95	1.99%	0.85	42.86
向斜全体	5030.20	115.61	98	25	123	2.30%	0.94	40.90
単斜	3564.75	75.72	41	20	61	2.12%	1.24	58.44
松之山ドーム	1689.23	43.42	37	7	44	2.57%	0.99	38.39
松之山ドーム上	704.61	29.08	13	0	13	4.13%	2.24	54.20
松之山ドーム近く	238.75	2.81	3	0	3	1.18%	0.94	79.58
松之山ドーム全体	2632.59	75.31	53	7	60	2.86%	1.26	43.88
断層	903.45	27.29	38	5	43	3.02%	0.63	21.01
礫岩	1417.49	42.64	36	6	42	3.01%	1.02	33.75
総 計	26654.72	998.38	815	131	946	3.75%	1.06	28.18

注：上記のうち、未指定地は79カ所あり、それぞれの面積は1カ所10haとして計上した。

めや、軸部では翼部に比べて岩質的によりひずみやすく流動しやすいためと推定される。
また、褶曲運動の影響の可能性もある。

C地域の東頸城山地では、地すべりが頻発しているためか、地すべり地形は全体に万遍なく見られる。しかし、上述したように同じ岩質でも地質構造上の位置により発生頻度は異なっている。C地域に比べて地すべりの発生頻度の少ないB地域では、例えば中央油帯背斜（柏崎市付近）のように背斜軸に集中的に地すべり地形が分布している¹⁾（B-6地区、発生率0.15%）。

地質構造については、断層の影響も検討したが、その分布状態が必ずしも明確でない場合が多いので、信頼に値する結果が出なかった。

5. 地すべりの発生頻度について

地すべり多発地帯では、同一カ所またはその近傍で地すべりを頻発することが多い。その発生頻度を調べるため、各地区内に17年間で発生した災害の数と面積の計を算出し、

表-5 昭和56年～平成9年
地区ごとの災害箇所数

地域	1地区あたり災害箇所数					計
	1～3	4～6	7～10	11～15	16～19	
A.新第三紀層分布地	50	0	0	0	0	50
B.新第三紀層分布地	104	3	0	0	0	107
B.魚沼層群分布地	94	0	0	0	0	94
B.合計	198	3	0	0	0	201
C.新第三紀層分布地	326	50	20	7	2	405
C.魚沼層群分布地	9	0	0	0	0	9
C.合計	335	50	20	7	2	414
D.新第三紀層分布地	0	1	0	0	0	1
D.古第三紀層分布地	2	0	0	0	0	2
D.中生層分布地	2	0	0	0	0	2
D.蛇紋岩分布地	14	0	0	0	0	14
D.合計	18	1	0	0	0	19
E.	34	1	0	0	0	35
全地区数	635	55	20	7	2	719

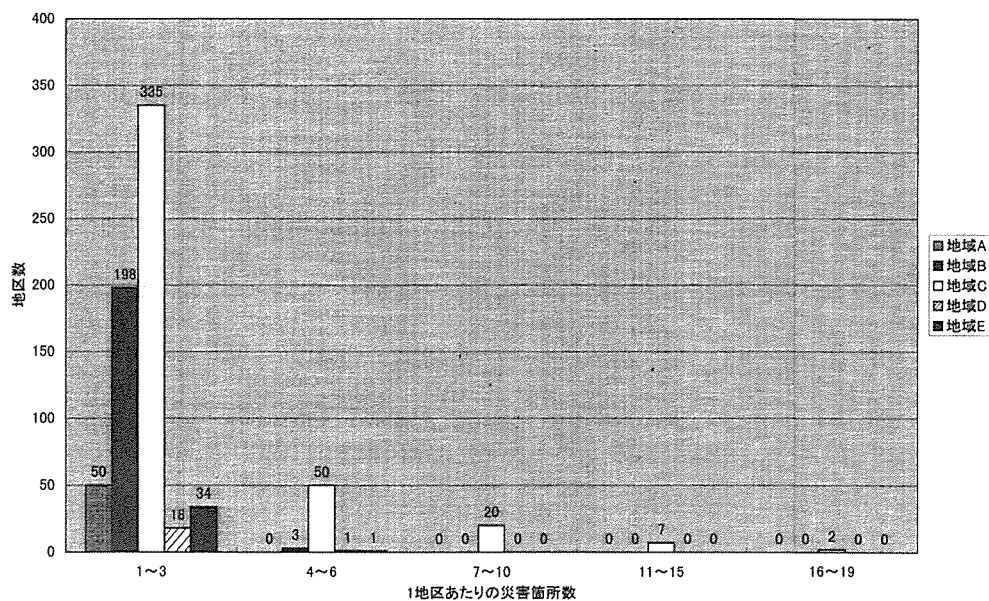
表-6 昭和56年～平成9年
地区ごとの災害面積の総計と地区数

地域	災 害 面 積 (ha)						計
	0.1～0.5	0.51～1.0	1.01～2.0	2.1～5.0	5.1～10	10.1以上	
A.新第三紀層分布地	30	7	7	3	1	2	50
B.新第三紀層分布地	52	16	17	18	4	4	111
B.魚沼層群分布地	50	22	13	5	0	2	92
B.合計	102	38	30	23	4	6	203
C.新第三紀層分布地	128	59	84	90	32	27	420
C.魚沼層群分布地	7	1	1	0	0	0	9
C.合計	135	60	85	90	32	27	429
D.新第三紀層分布地	0	0	0	0	1	0	1
D.古第三紀層分布地	1	1	0	0	0	0	2
D.中生層分布地	1	1	0	0	0	0	2
D.蛇紋岩分布地	3	2	1	5	2	1	14
D.合計	5	4	1	5	3	1	19
E.	21	8	2	3	0	1	35
全地区数	293	117	125	124	40	37	736

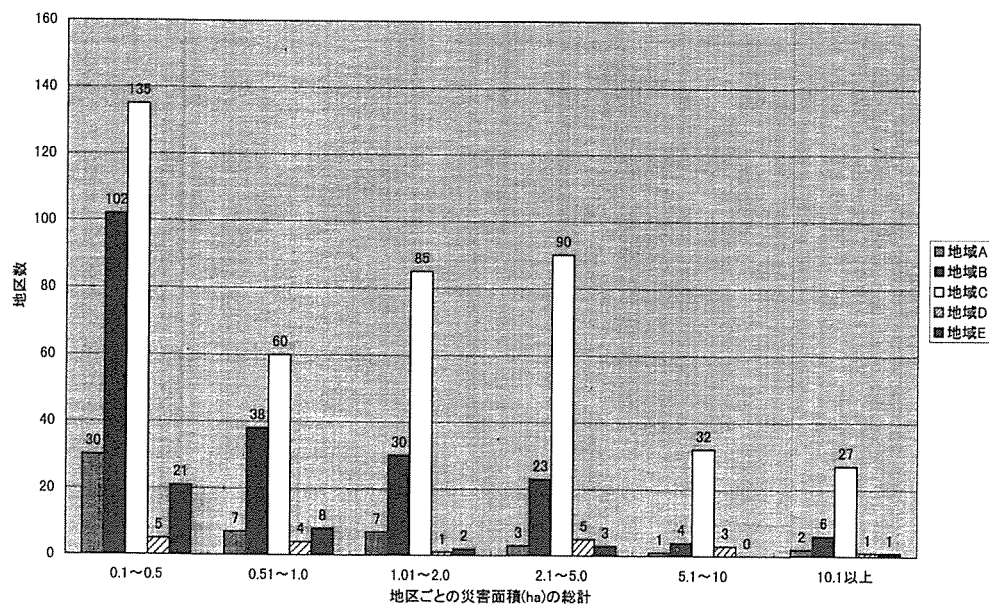
表－５、表－６および図－３、図－４に示した。なお、地区とは各省庁所管の地すべり指定地区をさし、未指定地の場合は大字の範囲とした。また、同一カ所に２回以上地すべりを生じた場合は、その面積を加算している。地区によって（指定）面積が異なるため、必ずしも正確に比較できる資料とはいいがたいが、地域別の傾向を知ることができる。

表－５（図－３）によると、Ａ・Ｂ・Ｄ地域では同一地区で３回以上地すべり災害を受けた所は極めて少ない。これに対して、Ｃ地域の新第三紀層分布地では全体の２０％において３回以上の災害があり、最も多い地区では１９回も被災している（新井市、Ｃ－２１地域の平丸地区）。

表－６（図－４）によると、ＡおよびＢ地域では災害面積０．１～０．５haの地区が過半を占めている。これに対して、発生頻度が高いＣ地域の新第三紀層分布地および発生頻度は低いが平均災害面積が広いＤ地域の蛇紋岩分布地では、１．０ha以上の地区が過半を占めている。



図－３ 昭和56年～平成9年
地区ごとの災害箇所数と地区数



図－４ 昭和56年～平成9年
地区ごとの災害面積の総計と地区数

6. 地層面と地すべり方向との関係

C地域の新第三紀層分布地域について、縮尺 1/1000 ないし 1/50000 の地質図および地形図を用いて、地層面と地すべりとの関係が明らかなものの集計結果を表-7に示す。

表-7 昭和56年～平成9年
地すべり方向別集計表(C地域)

地すべり方向	面積(ha) A	災害面積 (ha) B	箇所数 C	B/C (ha)	B/A (%)	A/C (ha)
受け盤	1800.77	100.15	73	1.37	5.56%	24.67
走向	7648.15	405.50	361	1.12	5.30%	21.19
流れ盤	5146.97	188.80	176	1.07	3.67%	29.24
計	14595.89	694.45	610	1.14	4.76%	23.93

注1. 地層傾斜方向と地すべり方向とのなす角度差が0°～60°のものを流れ盤、61°～120°のものを走向、121°～180°のものを受け盤とした。

注2. 上記のうち、未指定地は16カ所あり、それぞれの面積は1カ所10haとして計上した。

同表によると、走向地すべりが災害面積、箇所数とも多く、流れ盤がこれに次いでいる。これは、褶曲運動による亀裂や小断層に沿った地すべりが多いためと推定される。²⁾

7. まとめ

過去 17 年間に発生した地すべりについて、地質区により地域区分をしたうえ、発生率や地区ごとの災害力所数などを集計し、地すべりの地質規制について考察した。

その結果、C地域の新第三紀層、とくに椎谷・寺泊層分布地では発生率、発生頻度ともに高いことが明らかになった。同分布地では、地すべり地形が万遍なく見られるが、背斜軸付近で発生率が高い。また、走向方向の地すべりが多数発生しており、褶曲による岩質の劣化が地すべり発生の素因と推定される。同分布地に次いでD地域の蛇紋岩分布地で発生率が高く、発生頻度は小さいが大きな地すべりが多い。

今後は各地域ごとの地すべりと地質分布、地質構造との関係を詳細に検討するとともに、地形（とくに地表傾斜）、植生等との関係についても明らかにしていきたい。

参考文献

- 1) 岩松 暉(1975)：新潟県下の地すべりとしゅう曲作用、新潟大学地盤災害研年報、第1号、19-27
- 2) 植村 武(1980)：地すべり考・災害科学総合研究班、研究成果普及版、「自然災害と水—そのひきがねとなる水—」、37-43
- 3) 岩永 伸(1986)：新潟県の地すべりと地質との関係、地質学論集、第28号、123-134

Ⅲ 融雪期に発生した蓮野地すべりの機構と対策

株式会社 日さく 笠原 健児

1. はじめに

新潟県東頸城地域には新第三紀の堆積岩類が広く分布し、全国でも有数の地すべり発生地帯として知られている。とくに降雪期から融雪期にかけて地すべり活動が顕著となり、毎年大小さまざまな地すべり災害が発生している。今回は、平成8年4月に東頸城郡大島村菖蒲地内蓮野地すべり防止区域(構造改善局所管)で発生した大規模地すべり災害の機構と対策について紹介する。

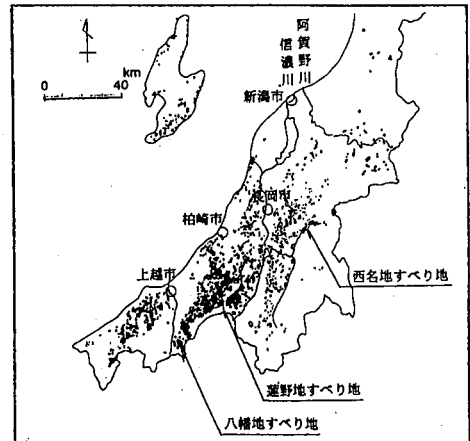


図-1 位置図

2. 地 形

蓮野地すべり防止区域は、保倉川支流堀切川が本流に合流する地点の左岸側に位置し、全体では東側に開いた半円形の斜面からなる。防止区域周辺では、保倉川・堀切川を始めとする河川や主な稜線は南北方向に卓越するものが多く、地層の走向および背斜向斜軸の延長方向とほぼ一致している。防止区域内は、三方を尾根に囲まれて東側に開いた馬蹄形の地形を示し、中央部を溪流が西から東へ流れている。

防止区域内の斜面は地質を反映したケスタ地形となっており、南側斜面が $10^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 傾斜であるのに対し、北側斜面は 20° 前後と南側に比べて急傾斜である。

防止区域内にある水田・畑はすべて天水および斜面からの湧水によって賄われている。湧水は小沢となって斜面を流下し、河床の洗掘が進んでいる。斜面下部ではこれらの洗掘によって形成された谷地形が発達しており、地すべり滑動の誘因のひとつになっている。

3. 地質および地質構造

蓮野地すべり防止区域周辺には新第三紀西山層が分布する。本層は主に厚い塊状泥岩を主体とし、部分的に砂岩泥岩互層と細粒凝灰岩薄層を挟む。塊状泥岩は防止区域の中～南部を占めており、一般に新鮮部で硬質であるものの風化しやすく、露頭ではスレーキングやタマネギ状の亀裂が発達していることが多い。砂岩は防止区域北部の尾根部に分布する。

固結度の低い細～中粒砂岩が優勢で、泥岩とともに $10 \sim 50\text{cm}$ オーダーの互層をなす。露頭では一般に風化しており、赤褐色に酸化しているものが多い。極細粒で乳白色を呈する凝灰岩薄層は、北部斜面中腹に北西～南東方向に帯状に分布する。層厚は 60cm 程度である。

地質構造についてみた場合、当防止区域は奈良立向斜の西翼部に位置しており、北西～南東～北北西～南南東の走向で、東に $20^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 傾斜する単斜構造をなす。したがって、地すべりと地質構造とは流れ盤の関係にある(図-2)。



写真-1 地すべり発生直後(平成8年5月)



写真-2 地すべり対策工事完了後(平成9年11月)

4. 地すべり状況

本地すべりは、平成8年4月15日午後6時頃に発生した。地すべりは標高510m付近直下を冠頭部として大規模に滑動し、押し出した大量の土塊は下方を横切る一級河川堀切川を完全に閉塞させた。その規模は延長700m、幅150m、標高差150mである。

標高510m付近の冠頭部では落差30mの明瞭な滑落崖が形成された。その直下には地すべりの基盤にあたる風化泥岩が露出しており、層理面には明瞭なスリッケンサイド(条痕)が認められた。この風化泥岩は最大で100mにわたって露出していることから、冠頭部付近にあった土塊は層理面をすべり面として100m以上も移動したことになる。

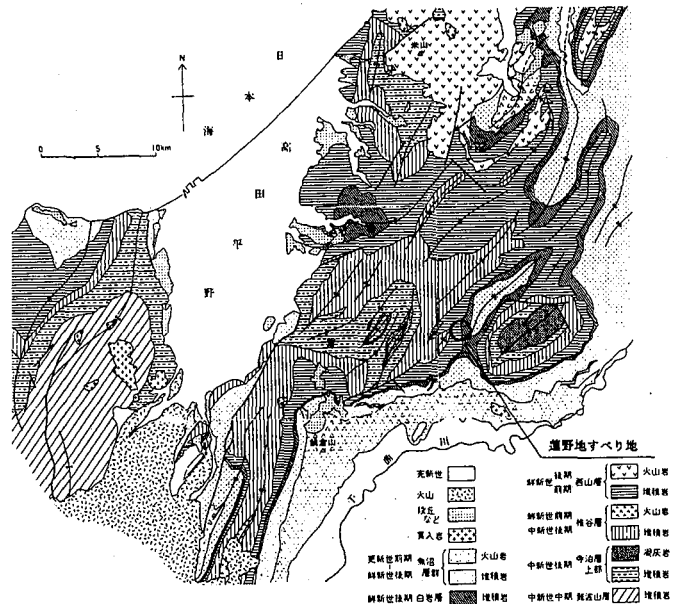


図-2 地質図(文献1)

冠頭滑落崖から連続する側方滑落崖は、地質構造を反映して北側と南側とで明瞭な違いが認められる。北側側方部では受け盤構造であるため、滑落崖の傾斜が $60^{\circ} \sim 70^{\circ}$ と大きく、比高差も20m以上である。滑落崖に露出する酸化した強風化泥岩は、応力開放とスレーキングによってルーズな角礫状を呈しており、ハンマーで容易に砕くことができる。一方、南側側方部では流れ盤構造であるため、主ブロックの滑動による受働土圧の減少に伴って、幅40m、延長50m程度の二次すべりがいくつか認められた。崩積土と基盤の風化泥岩との境界部からはしばしば湧水があり、表流水となってブロック内を流下していた。また、標高450m付近に形成された陥没帯には、冠頭部からの湧水が溜まり、池が形成された。

標高400~450m付近のブロック中部では、原形をほとんどとどめないほど乱された土塊が著しい凹凸をなして堆積した。南側側方部では既設の堰堤工が袖部を残して半分以上欠損し、この状況からも、滑動の激しさがうかがえる。斜面上部から流れ出す表流水は下方ほど流量を増し、小規模な溪流となってブロック内を蛇行しながら流下した。中腹部ではガリ侵食のために小規模な崩壊が発生した。

標高350~400mにかけてのブロック下部では、ブロックを横切る農道が寸断され、北側側方部では5m以上の厚さで崩土が農道上を覆った。さらに末端部では泥流化した土塊が堀切川まで達し、河川は完全に閉塞された。

なお、地形や亀裂の性質・分布状況等から判断して、地すべりブロックを上部からⅠ・Ⅱ・Ⅲブロックの3つに区分した。Ⅰブロックは標高460m付近を冠頭部とする延長180m、Ⅱブロックは標高445m付近を冠頭部とする延長160m、Ⅲブロックは標高425m付近を冠頭部とし堀切川直前まで達する延長350mの規模である。また、南側側方部には落ち残った不安定土塊が認められることから、これをⅣブロックとした。

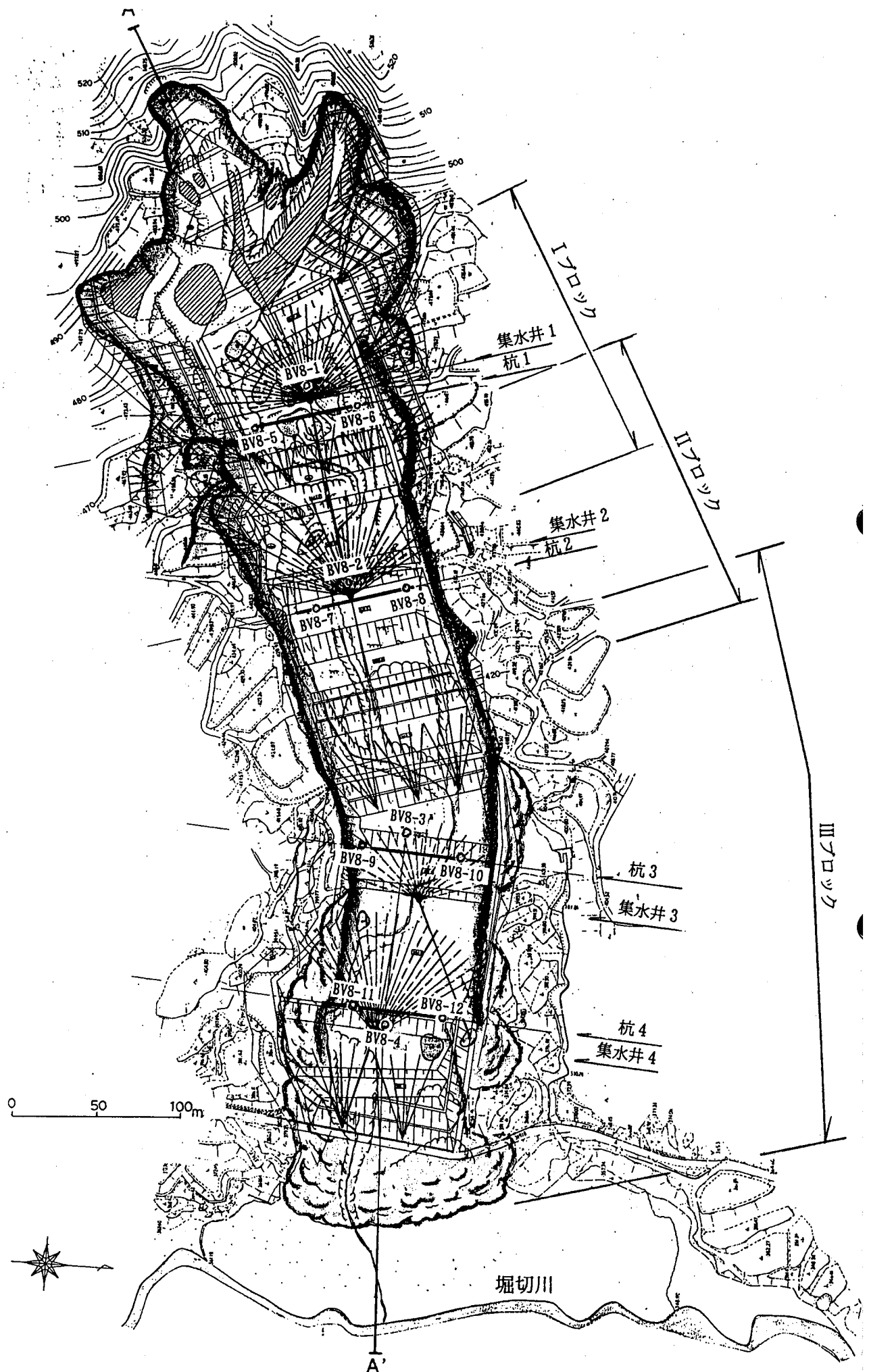


図-3 調査平面図(文献2)

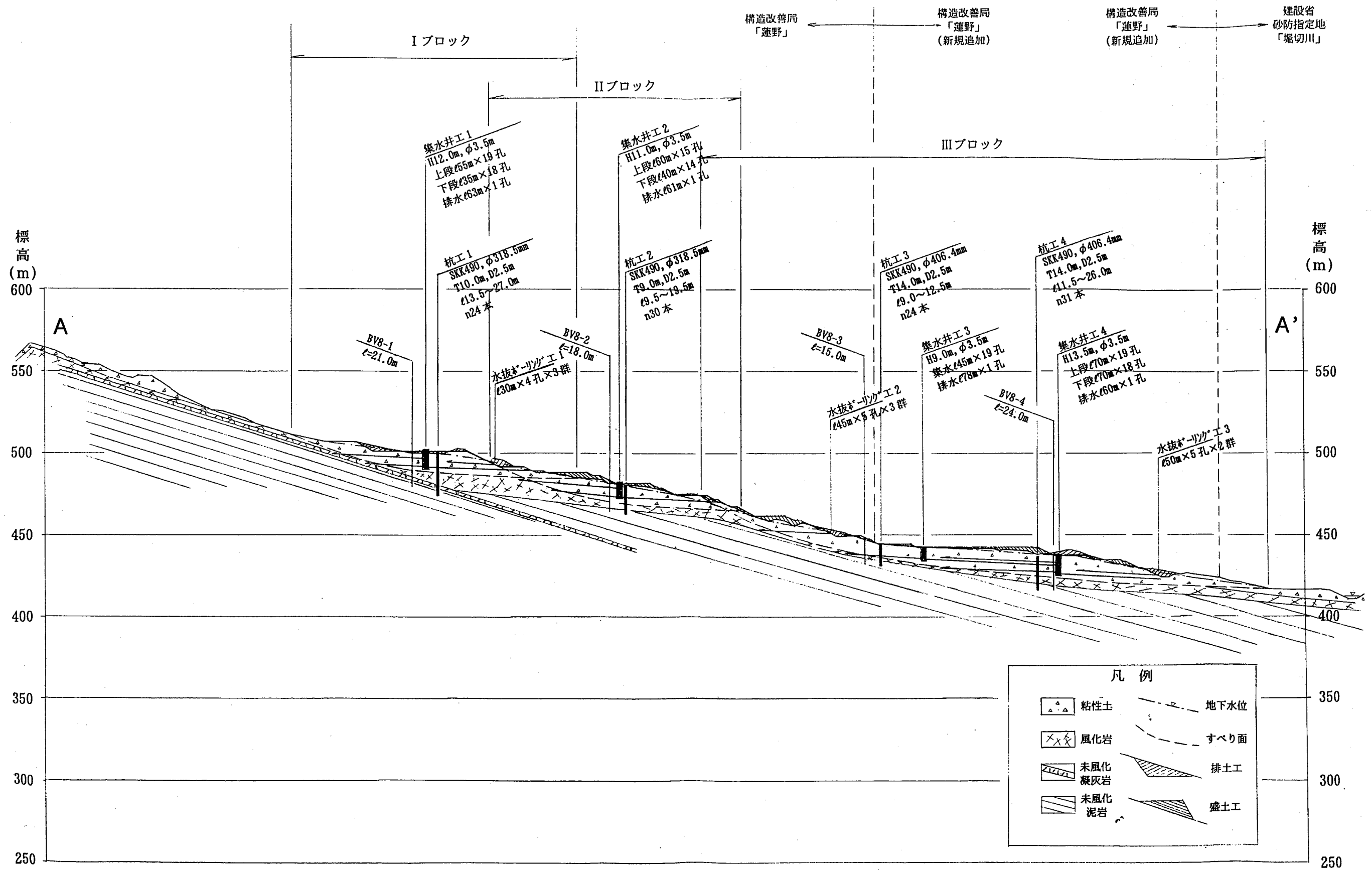


図-4 地質断面図

5. 地すべり発生機構

今回の地すべり発生について、原因や機構について以下にまとめて示す。

(1) 素 因

- ① 砂岩泥岩互層は層理面が発達し、流れ盤構造のために、層理面に沿ってすべり面が形成されやすい。
- ② 軟質な凝灰岩の薄層は、地下水の通り道となり風化が促進されやすい。
- ③ 著しく風化・脆弱化した強風化岩が斜面上部に厚く分布していた。

(2) 誘 因

急激な気温の上昇で融雪が進み、短期間に多量の地下水が地下に浸透し、すべり面に過剰な間隙水圧を作用させた。

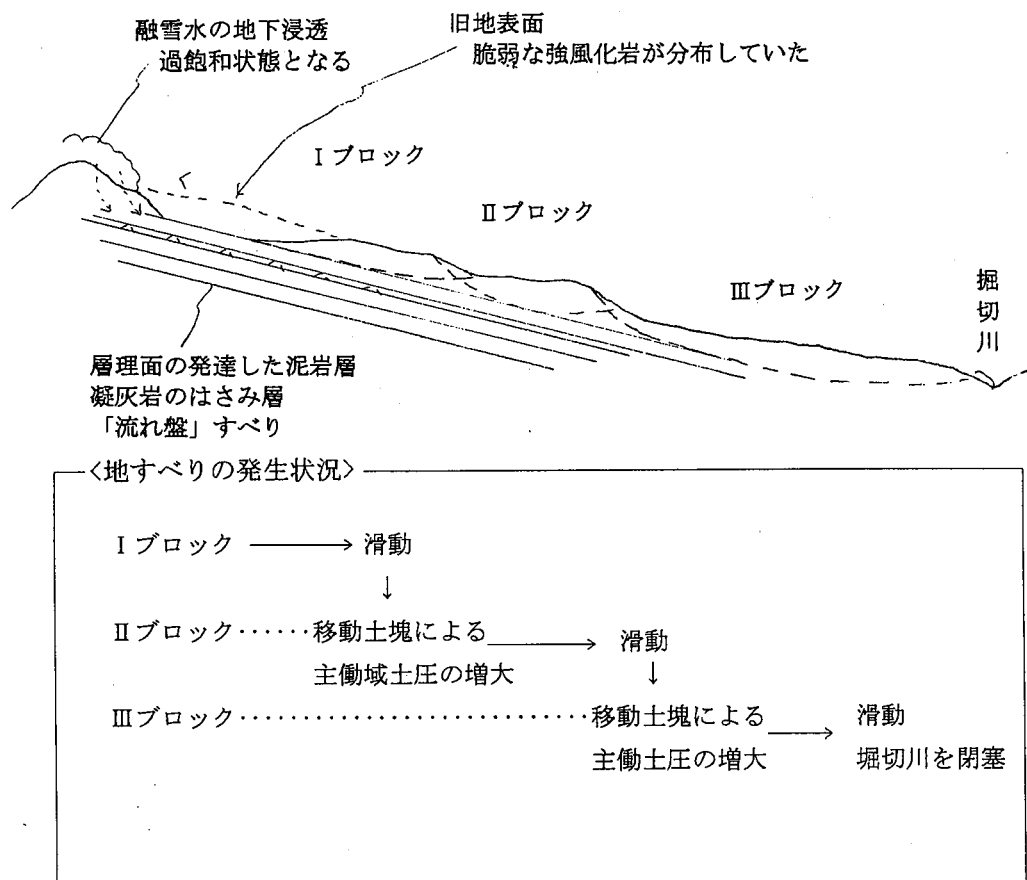


図-5 地すべり発生機構模式図(文献2)

6. 地すべり対策の基本方針

調査ボーリングによる解析結果から、今回の地すべりは融雪水による過剰な地下水供給が主な誘因となって発生し、地すべり斜面内には多量の地下水が賦存、流動していることが明らかとなった。したがって、まずこのような地下水を積極的に排除することが必要であり、地形や地下水の賦存状況に基づき、集水井工や水抜ボーリング工を計画した。また、表流水や流末水による侵食を防止し、すみやかに地すべり地外へ導くため、排水路工を敷設することとした。

一方、土塊の安定と跡地利用を考慮して、著しく荒廃した斜面を整形する排土・盛土工

留意するとともに、土量のバランスを考慮した。また、排土・盛土工によって形成された法面で小規模な円弧すべり・法面崩壊が想定される箇所については、土留工・法止工による法尻の固定をはかった。

さらに、これらの工法のみでは所定の安全率を確保することは困難であることから、杭工による抑止力で補うものとした。ただし、杭工はせん断杭として設計した。

7. 地すべり対策工事効果

平成8年度に災害関連緊急地すべり対策事業として実施された調査結果に基づき、平成9年度に4段の杭工と4基の集水井工、5群の水抜ボーリング工および排土・盛土工などが施工された。集水井工では安定計算における計画地下水位低下量2.0mに対して、最も低下量が小さいBV8-3でも2.0m、最も低下量が多いBV8-4では10m以上も地下水位が低下した(図-6)。これらの工事効果で地すべり斜面の安全率は、目標安全率 $F_s=1.20$ を上回った。

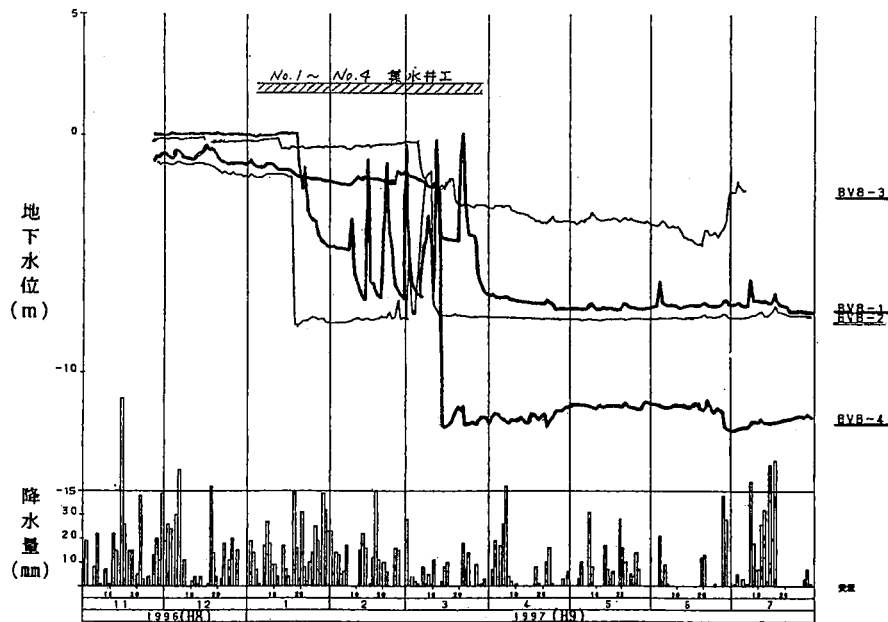


図-6 地下水位変動図

8. おわりに

地すべり発生後2年が経過し、地すべり斜面は棚田から区画整理された美田に生まれ変わろうとしている。今後は、美田を守るために地下水位観測を継続し、対策工事の効果を監視することが必要であろう。

参考文献

1. 竹内圭史・加藤碩一：高田東部地域の地質 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅) 地質調査所,1994.
2. 新潟県東頸城農地事務所：平成8年度 災害関連緊急地すべり対策事業蓮野地区地質調査報告書,1996.
3. 坪川政和・笠原健児：融雪期に発生した大規模地すべりの機構と対策(1) 一新潟県東頸城郡地域蓮野地すべりの事例一,第36回地すべり学会研究発表講演集, pp.67-70,1997.

Ⅳ 上平丸八幡地すべりの機構と対策

—特に蛇香沢地区における20段の抑止杭について—

株式会社 日さく 渡 辺 英 樹

1. はじめに

八幡地すべり防止区域(林野庁所管)は、新潟県新井市の南西部に位置し、大規模な地すべり滑動と数多くの災害の履歴が残っていることで知られている。今回はそのなかでも特に災害が甚大であった蛇香沢地区の地すべり機構と対策について紹介する。

2. 位置と地形

八幡地すべり地は、新潟県南西部新井市の山間部上平丸地内に位置し、新井市街地から南東方向に約15kmの距離にある(図-1)。また、一級河川関川支流平丸川左岸に位置し、新潟・長野県境から西北西方向へ延びる尾根の北側斜面にあたる。下平丸集落から下流側と上平丸集落から上流側の平丸川がV字谷を形成しているのに対して、下平丸と上平丸集落間は兩岸の地すべり斜面から供給される土砂のために河床が上昇し、川幅が広がっている。

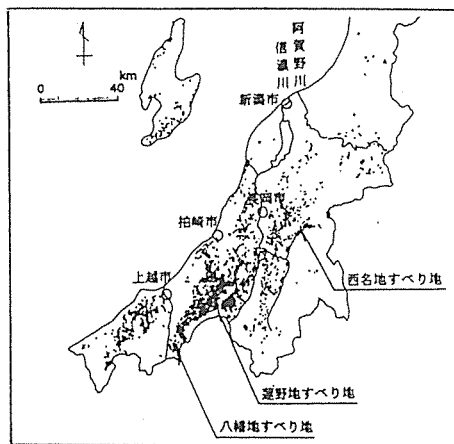


図-1 位置図



写真-1 八幡地すべり防止区域蛇香沢地区を対岸から望む

3. 地質と地質構造

地すべり地の基盤を構成する地質は、新第三紀中新世の寺泊層黒色泥岩を主体とし、灰色砂岩を挟む(図-2)。泥岩は侵食に弱く、含水・乾燥を繰り返すと容易にスレーキングによって細片状に碎ける。一方、砂岩は硬質で侵食に強い。そのために対岸から望むと、砂岩の尾根部と泥岩を主体とする地すべり斜面とが交互に繰り返す特異な地形を見せる。

上平丸と下平丸集落の間付近を通る富倉背斜は、東翼が $60^{\circ}\sim 80^{\circ}$ の急傾斜で、西翼が逆転する特異な形態である。このために地すべり地の地質構造は東へ $70^{\circ}\sim 80^{\circ}$ の急傾斜となっている。また、地すべりと地質構造との関係はほぼ走向すべりである。

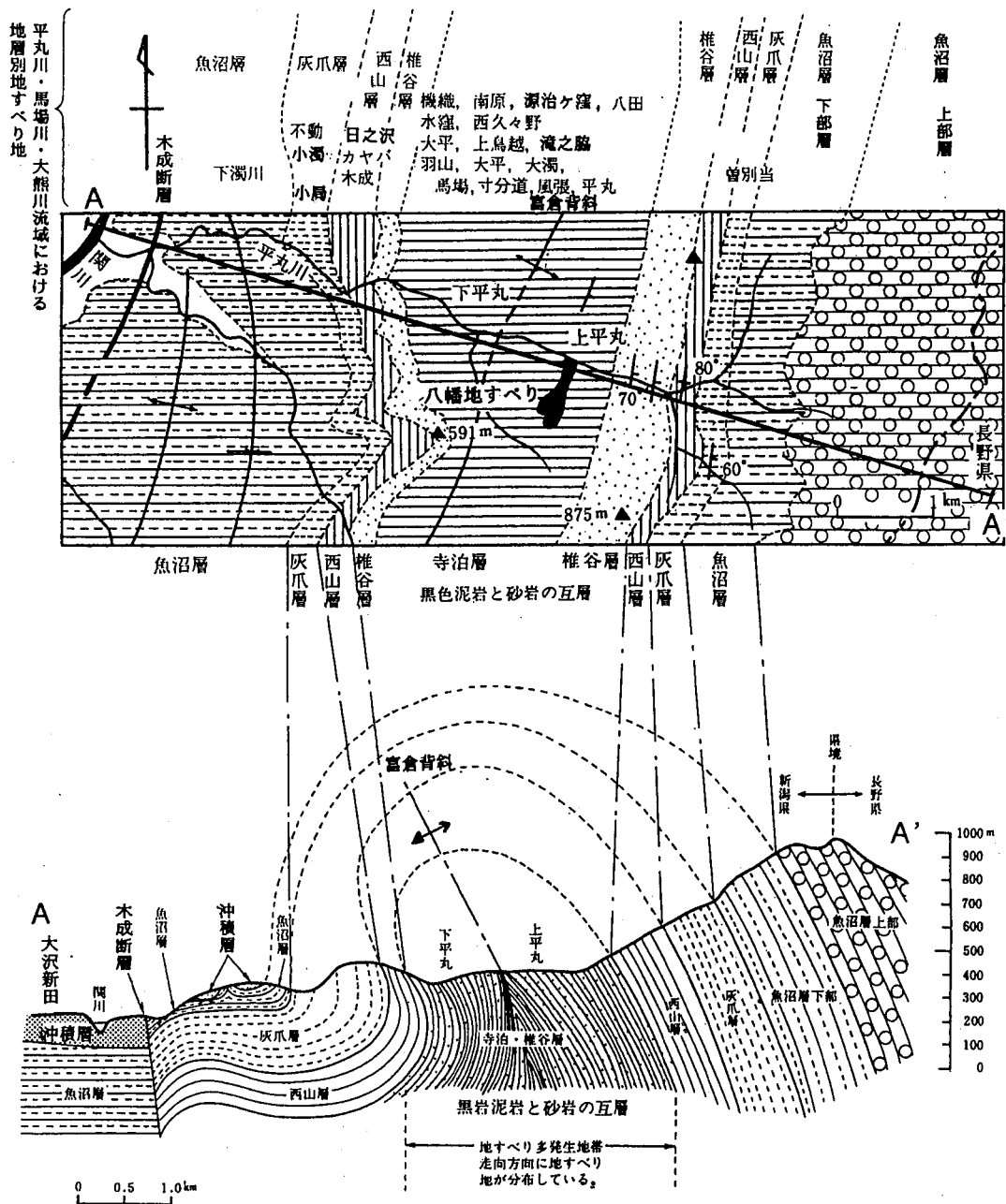


図-2 平丸川流域の地質図および地質断面図(文献5に加筆)

4. 地すべりの規模

地すべり地は西側の蛇香沢地区、東側の十二平地区とその間に位置する小糸地区の3つに区分される。それぞれの規模は次のとおりである。

- ①蛇香沢地区……幅400m,延長1000m,斜面傾斜角 20° ,地すべり層厚10~18m
- ②十二平地区……幅250m,延長700m,斜面傾斜角 16° ,地すべり層厚10~20m
- ③小糸地区……幅250m,延長800m,斜面傾斜角 14° ,地すべり層厚10m

5. 地すべりの履歴

地すべりの履歴は古く、蛇香沢地区では明治時代以降繰り返し地すべりが滑動している。記録が残っている昭和時代に入ってから、ほぼ10年ごとに地すべりが滑動していた。昭和45年4月19日には、蛇香沢中腹から稜線までの土塊が幅100m,延長550mにわたって滑動し、谷止工2基と床固工2基を倒壊させ、27万 m^3 の土砂が平丸川まで押し出した。この大地すべりで平丸川の砂防堰堤、護岸や橋が破壊され、平丸川の湛水によって県道と民家1戸が水没した。その後昭和49年4月7日にも約5000 m^3 の土砂が滑動し、集水井2基が被災した。さらに昭和52年から56年にかけてもほぼ毎年地すべりが活発に滑動を続けた。地表面の移動量は昭和55年頃がピークで、12月24日にはワイヤ式多層移動量計による1日の移動量が最大60mmに達した(図-4)。

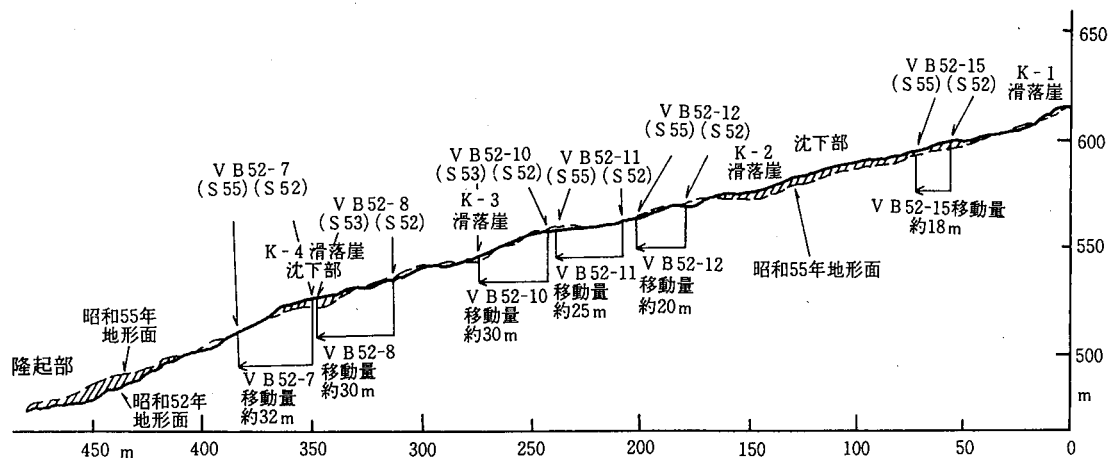


図-3 昭和52年5月から昭和55年4月までの3年間の地表面移動量(文献4)

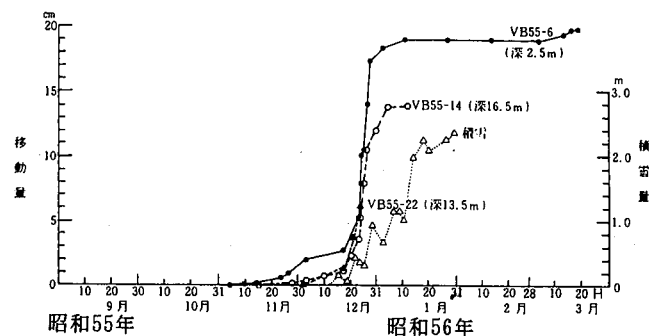


図-4 ワイヤ式多層移動量計累積移動量図(文献3)

6. 地すべりの素因と誘因

① 素 因

地すべり地の基盤を構成する寺泊層の黒色泥岩は、富倉背斜をつくった褶曲運動に伴って岩盤が深部まで破碎されている。これを裏づけるように、昭和45年度調査で蛇香沢地区全域において11測線、合わせて6kmの弾性波探査を実施したところ、P波速度 $V_p=1.8\sim 2.1\text{km/s}$ の未風化泥岩層中に $V_p=1.0\sim 1.4\text{km/s}$ の低速度帯が確認された。この低速度帯は、北北東—南南西方向の富倉背斜に対してほぼ平行のものとこれに直交方向となる北西—南東方向のものが卓越している(図-5)。また、蛇香沢地区はたび重なる地すべりで馬蹄形状～ボトルネック状の谷地形を示しており、地表水や地下水を集めやすい地形になっている。

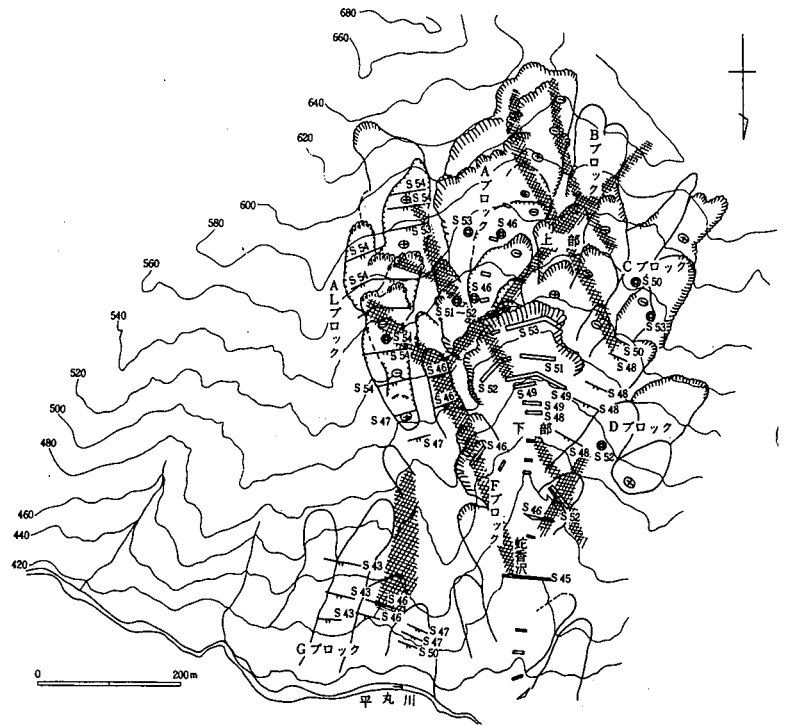


図-5 蛇香沢地区における低速度帯
(網かけ部分)の分布(文献2)

② 誘 因

地すべり発生の時期は3月～4月に集中している。したがって、誘因としては融雪水の作用が最も大きいと考えられる。つまり、3月～4月の融雪期に多量の融雪水が地下に浸透し、すべり面に過剰な間隙水圧を作用させ、地すべりを誘発させると推察される。ただし、これまでの移動量観測結果から、地すべりが滑動を始めるのは11～12月のみぞれ時期であるため、融雪期になってその滑動が一層助長されて大規模な地すべりに発展するのであろう(図-6)。

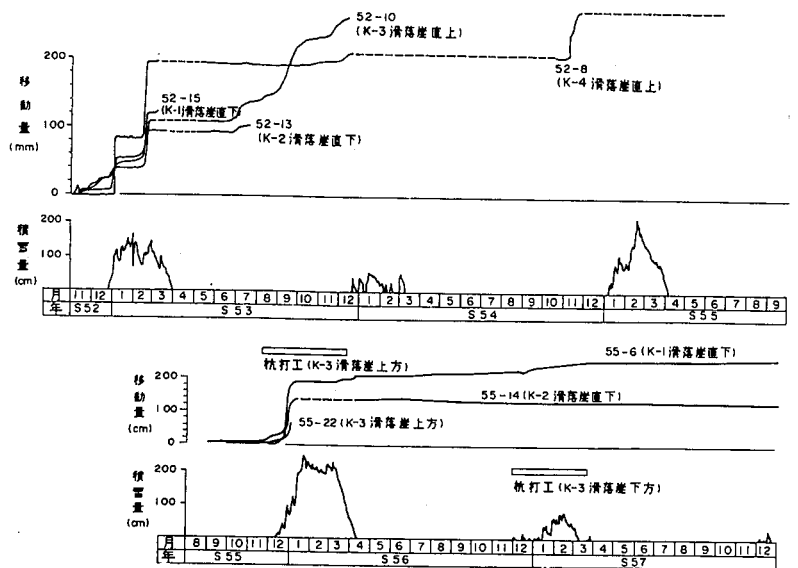


図-6 滑落崖付近の調査ボーリング孔の
累積移動量図(文献3)

7. 地すべり防止対策工事

八幡地すべり地内で最も地すべり滑動が活発な蛇香沢地区では、溪流侵食防止のために昭和11年から44年までに堰堤工、谷止工や床固工が14基施工された。しかし、昭和44年、45年の地すべりで大部分が倒壊した。そこで昭和45年の地すべりの後、末端部に高さ13m、長さ76.5mのコンクリート製堰堤を施工し背後を埋めた結果、斜面下部は大幅に安定した。一方、斜面中～上部は、傾斜角が $20^{\circ} \sim 25^{\circ}$ と地すべり斜面としては急傾斜であるために、昭和54年までに施工した3基の集水井やコルゲート水路などが地すべり滑動で再び被災した。そこで対策工事の基本方針を、抑制工である地下水排除工から抑止杭工中心へと転換した。昭和55年から57年までの3年間に斜面上部から下部に向かって毎年5～7段の抑止杭を施工し、その後平成元年までの10年間に合計20段の抑止杭を完了させた。その結果、毎年メートル単位で滑動していた地すべりが徐々に沈静化し、平成元年以降移動は全く認められなくなった。図-7をみると杭打工の進捗に伴って地表面移動量の大きい部分が杭を施工していない場所に限定されていくのがわかる。なお、施工した杭の総本数は1300本に達した(表-1)。

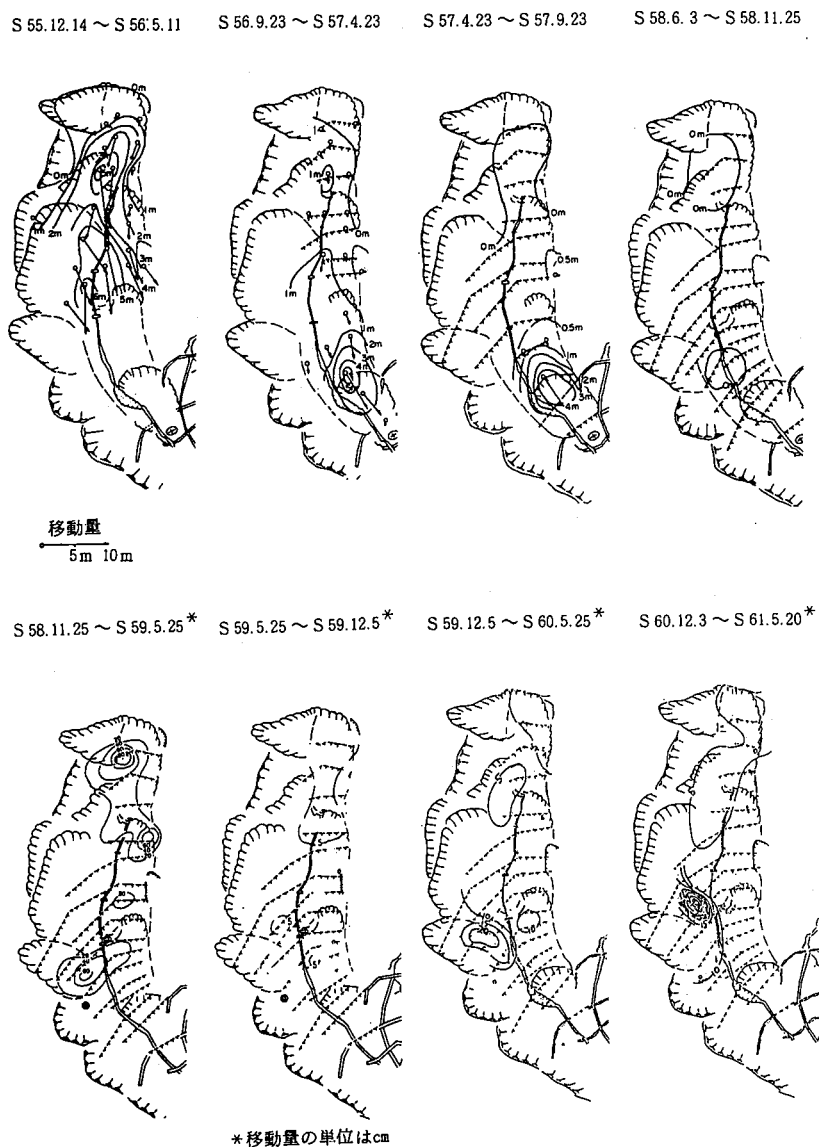


図-7 杭打工事進捗に伴う地表面移動量の変化(文献4)

表-1 蛇香沢地区の治山事業実績(文献5)

単位:千円

年度	工事費	工 期	主 な 工 種 数 量	摘 要
S. 11	5	11.10.30~11.12.24	堰堤工(練積) 3基	
S. 12	11	12.12. 8~13. 1. 3	床固工(練積) 1基・堰堤工(練積) 2基	
S. 13	8	13. 7.11~13.12.17	床固工(練積) 1基	
S. 14	3	14. 8. 1~14.12.31	床固工(練積) 1基	
S. 15	7	15. 7. ~16. 3.31	堰堤工(練積) 1基・床固工(練積) 1基	
S. 39	5,277	39. 6. 3~39.11.27	谷止工(コンクリート) 1基 547.9㎡	
S. 44	3,300	44. 7.30~44.11.29	谷止工(コンクリート) 1基 279.8㎡	
"	15,186	44. 7.28~45. 3.25	谷止工(コンクリート) 1基 1,177.6㎡	
"	4,620	44. 6.19~44.10. 9	谷止工(コンクリート) 1基 420.7㎡	
S. 45	53,791	45. 6.20~45.10.31	堰堤工(コンクリート) 1基 4,460.0㎡	施設災
S. 46	12,379	46. 6.28~47. 3.24	集水井工(ライナープレート) 2基・水路工(堰堤工より平丸川の 間)・渡路工(堰堤工より平丸川の 間)・土留工(コンクリート・片法特)	施設災 資料不明
S. 47	38,229	47. 5. 4~48. 3.25	谷止工(大型ふとん電) 1基 824.0㎡・杭打工(鋼管) 93本 水路工(コルゲートフリューム) 471.0m	
"	4,332	47. 2.21~47. 8.18	水路工(ふとん電) 48.8㎡・土留工(大型ふとん電) 122.0㎡ 渡路工(堰堤工より平丸川の 間)	施設災 資料不明
S. 48	27,704	48. 7.13~49. 3.29	谷止工(大型ふとん電) 1基 189.8㎡・杭打工(鋼管) 32本	
S. 49	52,641	49. 7.25~50. 3.28	土留工(大型ふとん電) 406.0㎡・杭打工(鋼管) 58本 土留工(大型ふとん電) 550.1㎡	
"	19,380	49.10.19~50. 3.17	杭打工(鋼管) 2段、52本	
S. 50	12,140	50. 7.14~51. 3.24	谷止工(コンクリート) 1基 239.6㎡・ 水路工(ふとん電) 35.9㎡・杭打工(鋼管) 2段	
"	35,515	50. 7.31~51. 3.26	水路工(コルゲートフリューム) 367.9㎡ 集水井工(ライナープレート) 1基・杭打工(鋼管) 11本	
S. 51	56,986	51. 8.12~52. 3.25	水路工(ふとん電) 162.0㎡・集水井工(ライナープレート) 1基 杭打工(鋼管) 2段 45本	
S. 52	21,729	52. 7.19~53. 3.25	水路工(ふとん電) 86.8㎡・集水井工(集水井ボーリング) 1,000㎡・暗渠工(横孔ボーリング) 26孔	
"	19,214	52.11.26~53. 3.25	集水井工(ライナープレート) 1基・土留工(コンクリート片法特)	
S. 53	69,918	53. 5.30~54. 3.31	土留工(鋼製) 90.0㎡	
"	19,900	53.10.30~54. 3.25	集水井工(ライナープレート) 2基	
S. 54	108,247	54. 5.29~55. 3.30	杭打工(鋼管) 8段 246本・集水井工(ライナープレート) 1基	
S. 55	38,131	55.10.19~56. 5.14	杭打工(鋼管) 93本	繰越
"	52,122	55.11. 5~56. 5.15	杭打工(鋼管) 121本	
S. 56	101,079	56.10. 6~57. 3.10	杭打工(鋼管) 204本	
"	33,699	56.10.28~57. 3.15	杭打工(鋼管) 87本	
"	89,500	57. 2.27~57.10.27	土留工(鋼製) 87.0㎡・土留工(大型ふとん電) 87.0㎡ 水路工(ふとん電) 67.0㎡	国債
S. 57	148,622	57. 8. 9~58. 3.15	杭打工(鋼管) 216本	
"	44,556	58. 3. 3~59. 9.28	杭打工(鋼管) 69本	国債
S. 58	87,644	58. 7.11~59. 3.15	杭打工(鋼管) 68本・土留工(鋼製) 30.0㎡ 暗渠工(横孔ボーリング) 23孔 1,150m	
S. 59	94,376	59. 8.16~60. 3.15	杭打工(鋼管) 61本 土留工(大型ふとん電) 25.0㎡	
"	33,800	60. 3.26~60.10.26	杭打工(鋼管) 17本・集水井工(コンクリート) 1基 暗渠工(横孔ボーリング) 21孔 707.0㎡	国債
S. 60	39,231	60. 6.27~61. 3.15	集水井工(ライナープレート) 1基 暗渠工(横孔ボーリング) 19孔 950.0㎡	
S. 61	65,948	61. 6.20~62. 2.24	集水井工(ライナープレート) 1基 水路工(コルゲートフリューム) 718.8㎡	
"	26,100	61.12.24~62. 7.11	集水井工(ライナープレート) 1基 土留工(コンクリート・片法特) 33.6㎡	国債
S. 62	23,403	62. 5.14~62. 8.12	土留工(コンクリート・片法特) 3基 96㎡	
"	44,446	62. 9.29~63. 3.26	杭打工(鋼管) 26本・水路工(コルゲートフリューム) 319.4㎡・暗渠工(横孔ボーリング) 480.0m	
"	54,436	62.11.24~63. 7.30	杭打工(鋼管) 2段 50本 暗渠工(横孔ボーリング) 30孔 1,560m	国債
S. 63	34,955	63. 6.30~H1. 2.20	杭打工(鋼管) 24本 水路工(コルゲートフリューム) 108.8m	
H. 1	21,152	1. 8.28~ 2. 3.28	暗渠工(遮水壁) 166.3㎡	
H. 2	68,285	1.10.30~ 2. 3.29	集水井工(ライナープレート) 1基 杭打工(鋼管) 54本	
"	7,293	2. 6.28~ 3. 2.27	水路工(コルゲートフリューム) 136.7m 暗渠工 1.8ha	

注)網かけ部分の工事は地すべりによって被災し、現存しない。

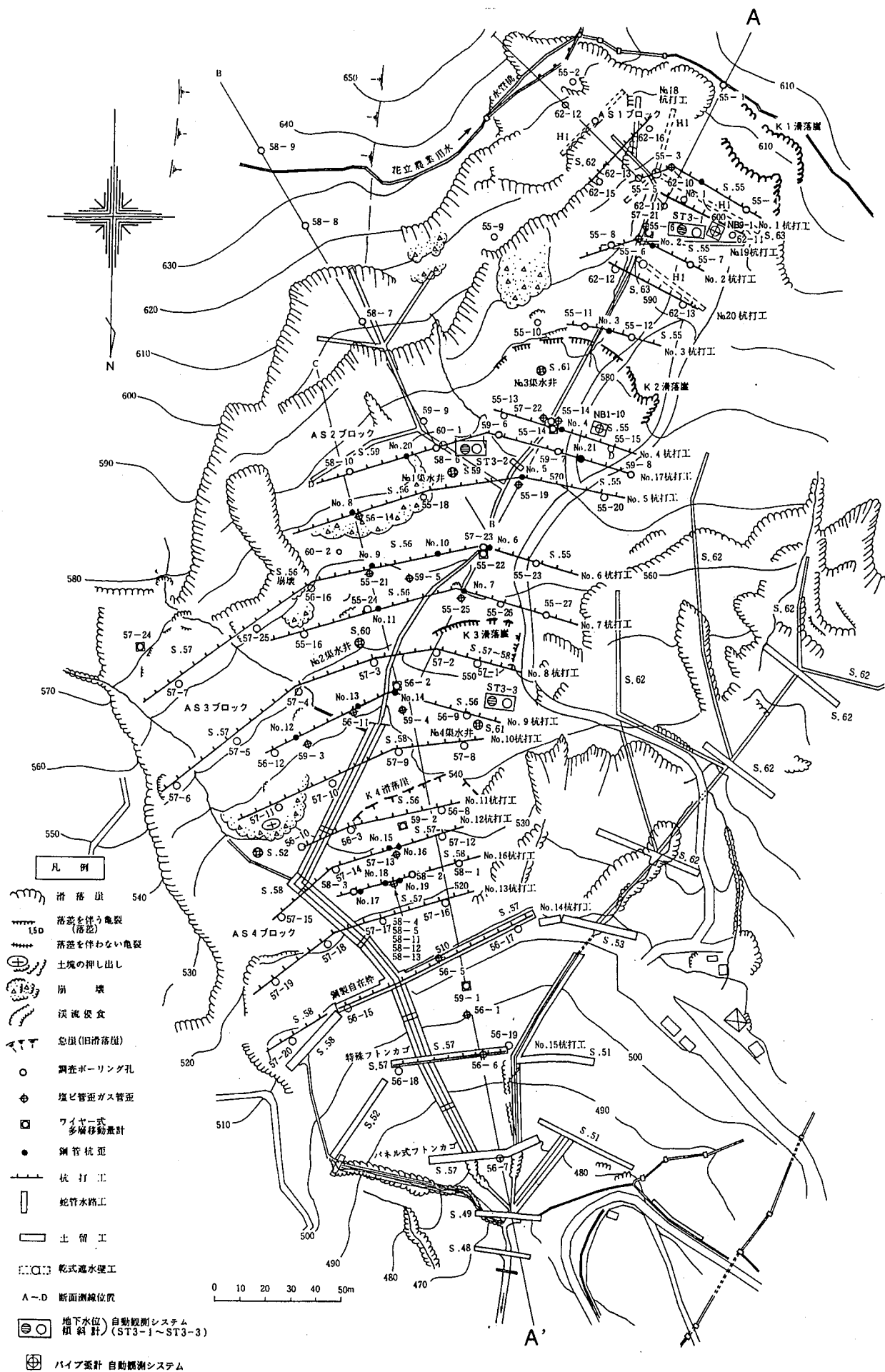


図-8 蛇香沢地区 平面図(文献5)

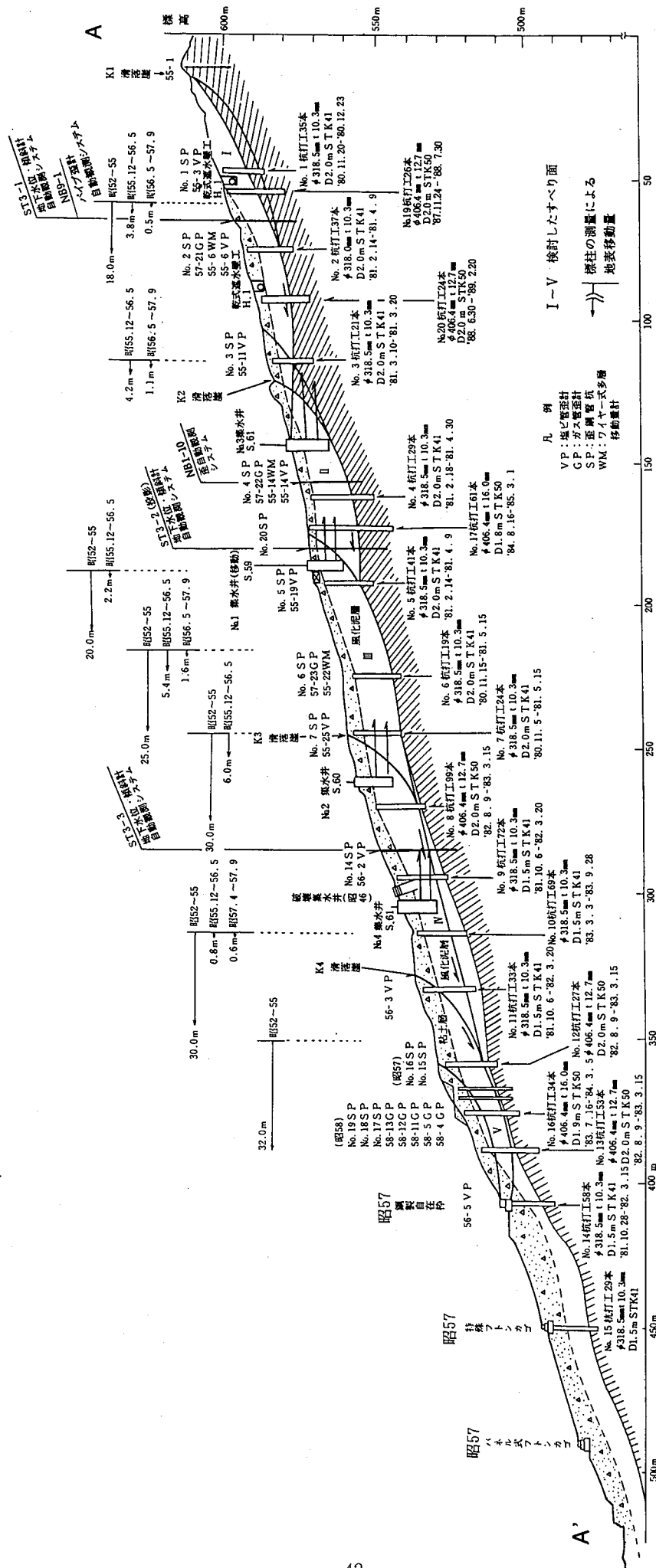


図-9 蛇香沢地区 A-A'地質断面図(文献5)

[illegible]

8. 蛇香沢地区の地すべり監視システム

蛇香沢地区では、平成元年までに20段の杭打工と4基の集水井工および谷止工・土留工・遮水壁工・ボーリング暗渠工・水路工などが施工され、近年は斜面に新たな変状は認められなくなった。そこで、斜面の長期的継続監視のために、冬期間も観測が行える地すべり半自動観測システムを平成3年に設置した。設置場所は斜面上部～中部とし、かつてのK1・K2・K3滑落崖の地すべりに対応する斜面のほぼ中央部とした。平成10年融雪期までは、地すべり滑動によるものと考えられる傾斜量や歪量の累積および地下水位の変化は観測されていない。

① ST3-1(設置当初地下水位：平成3年9月12日：GL-2.85m)

蛇香沢地区上部K1滑落崖の地すべり監視

平成元年度施工の遮水壁のほぼ中間に位置する。

- ・地下水位観測孔 $\ell=20\text{m}$ VP40オールストレーナ
- ・傾斜量観測孔 $\ell=20\text{m}$ 2m毎10ヶ所にセンサ埋設

② ST3-2(設置当初地下水位：平成3年9月12日：GL-8.50m)

蛇香沢地区中部K2側方滑落崖の地すべり監視

昭和59年度施工No.1集水井の集水ボーリング影響圏内にあり、集水ボーリングの効果も監視する。

- ・地下水位観測孔 $\ell=20\text{m}$ VP40ストレーナの6mまで無孔管、6～20mをストレーナ区間とし、ナイスシールで遮水した。
- ・傾斜量観測孔 $\ell=20\text{m}$ 2m毎10ヶ所にセンサ埋設

③ ST3-3(設置当初地下水位：平成3年9月12日：GL-3.20m)

蛇香沢地区中部K3滑落崖の地すべり監視

昭和61年度施工No.4集水井の集水ボーリング影響圏内にあり、集水ボーリングの効果も監視する。

- ・地下水位観測孔 $\ell=20\text{m}$ VP40ストレーナ6mまで無孔管、6～20mをストレーナ区間とし、ナイスシールで遮水した。
- ・傾斜量観測孔 $\ell=20\text{m}$ 2m毎10ヶ所にセンサ埋設

④ NB1-10(平成元年7月設置)

蛇香沢地区中部K2滑落崖の地すべり監視

- ・外コードパイプ歪計観測孔 $\ell=20\text{m}$ 1m毎20ヶ所に歪ゲージ埋設

⑤ NB9-1(平成9年9月設置)

ST3-1傾斜量観測孔が老朽化したためST3-1に隣接して $\ell=20\text{m}$ のパイプ歪計を設置した。

⑥ ST3-4(平成3年12月設置)

蛇香沢地区下部の山崎建設平丸作業所脇に降水量の観測地点を設置した。

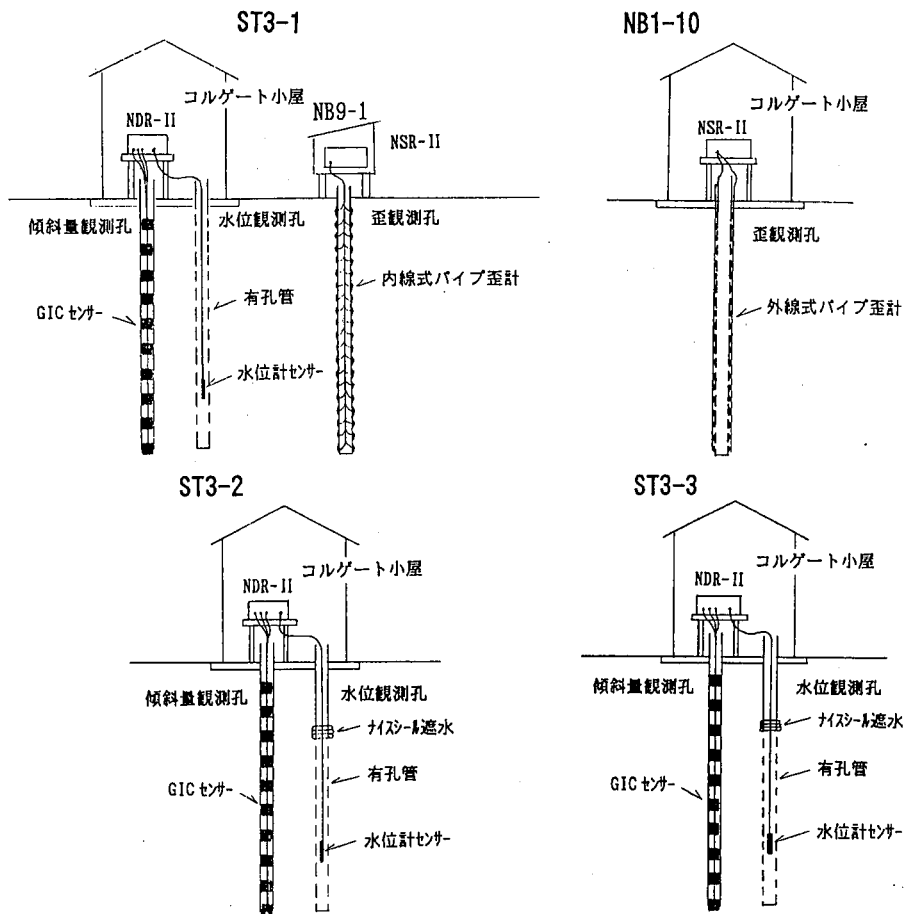


図-10 半自動観測システム概要図(文献7)

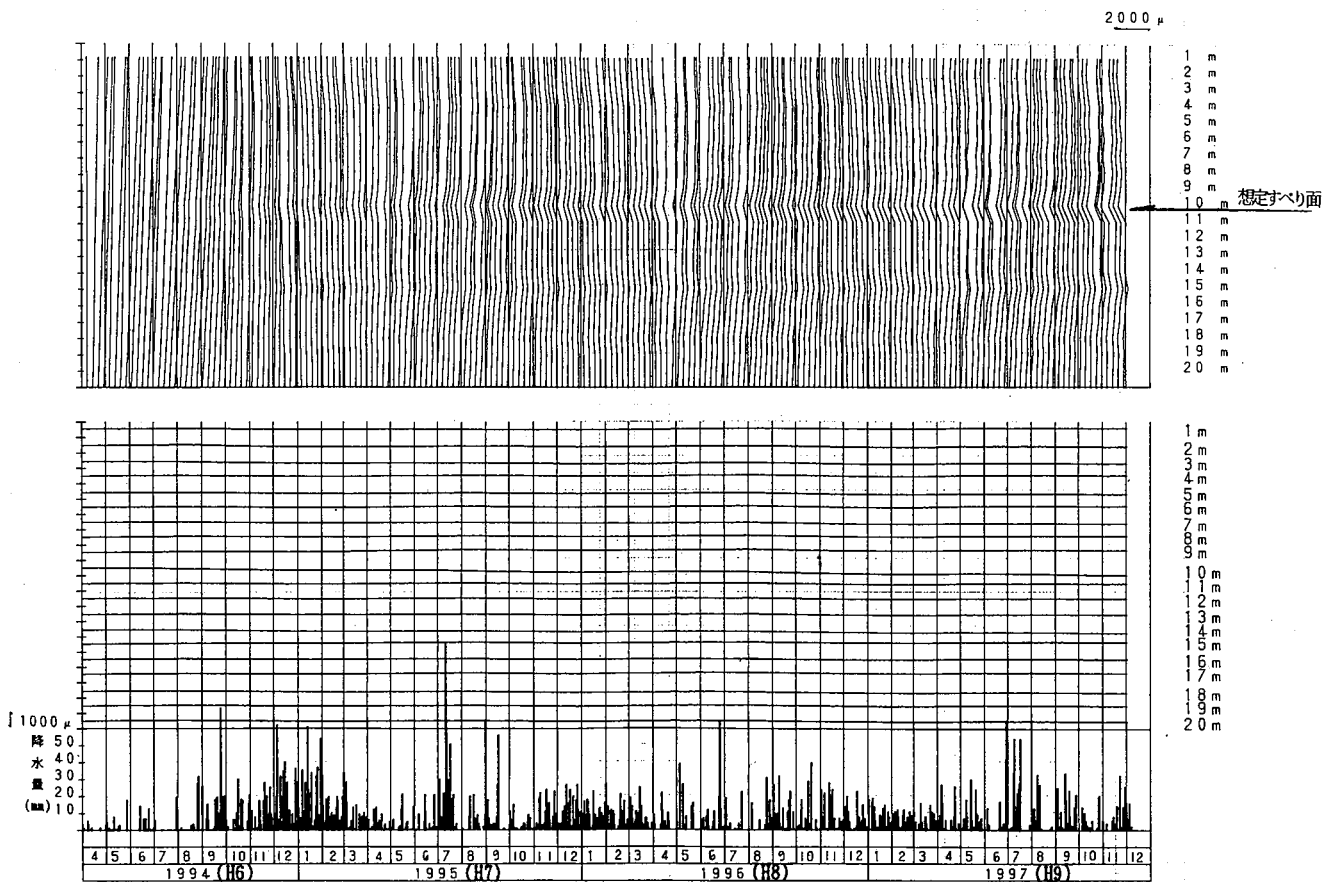


図-11 NB1-10歪量変動図(文献7)

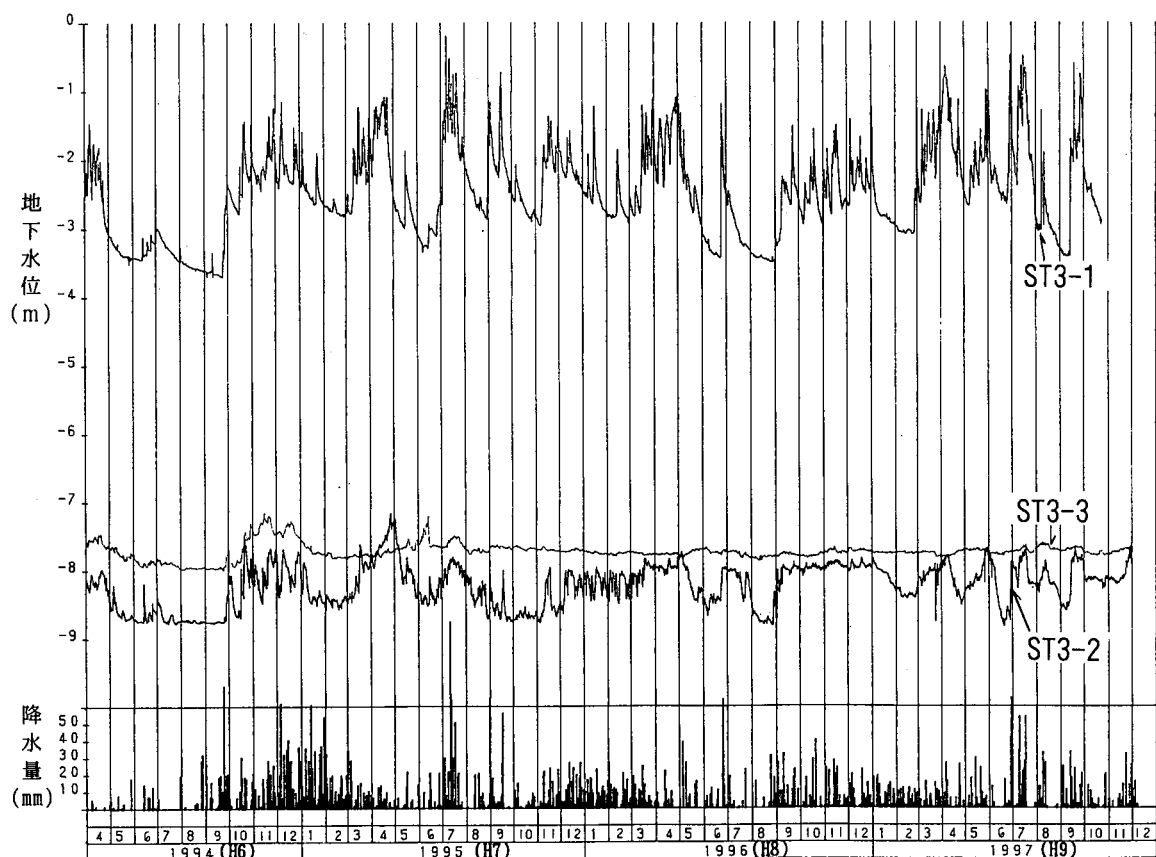


図-12 地下水位変動図(文献7)

9. おわりに

八幡地すべり防止区域蛇香沢地区では、60年もの年月と16億円を超える工事費を費やして、幅400m,延長1000mの地すべり斜面を安定化させることができた。その結果、平成元年以降斜面に新たな変状は認められなくなった。現在、傾斜量・歪量・地下水位および降水量の半自動観測によって地すべり滑動の監視を行っており、引き続き観測を継続する予定である。

参考文献

1. 高浜信行・青木 滋・西田彰一：新潟県新井市平丸地すべり地の地質
—とくに表層地質について,新潟大学地盤災害研究年報,第2号,pp.19-31.1976.
2. 新潟県農林水産部治山課：八幡地すべり地,地すべり調査総括書Ⅲ
—中頸城地域・東頸城地域(1)編,pp.107-121,1980.
3. 新潟県：新潟の地すべり,1984.
4. 新潟県農林水産部治山課・林業試験場：八幡地すべり,1987.
5. 地すべり学会新潟支部：八幡地すべり第19回現地検討会資料,1991.
6. 竹内圭史・加藤碩一：高田東部地域の地質 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅)
地質調査所,1994.
7. 新潟県上越林業事務所：平成9年度 八幡地すべり調査報告書,1998.

V グリーンタフ地域における大規模地すべり —西名地すべり—

明治コンサルタント株式会社 関 場 清 隆

§ 1. はじめに

西名地すべり地は、1968(S43)年に指定された建設省所管の地すべり防止指定地であり、北魚沼郡守門村大字西名地内に位置している(図 1, 2)。面積は 27.10 km^2 である。当地区は、いわゆるグリーンタフ層に属する凝灰岩層の分布域内に位置する。

1-1. 活動履歴

指定区域内では、斜面末端部にあたる西名集落及び山橋付近で地すべり変状が発生している(図 3)。

西名集落内には、国道・村道、人家、集水井等の構造物があり、これらの多くに、軽微な変状が見られる。これらの変状は、地元住民でも十分認知し得ないほどごく緩慢に進行し、5~10年ごとに敷居の矯正や亀裂の充填を行なうとの話であったが、

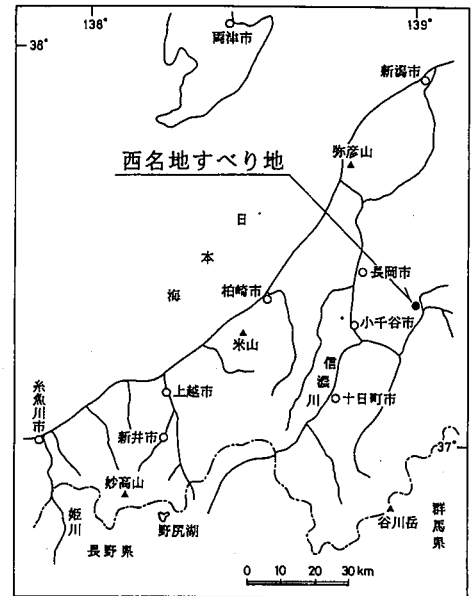


図 1 西名地すべり地位置図

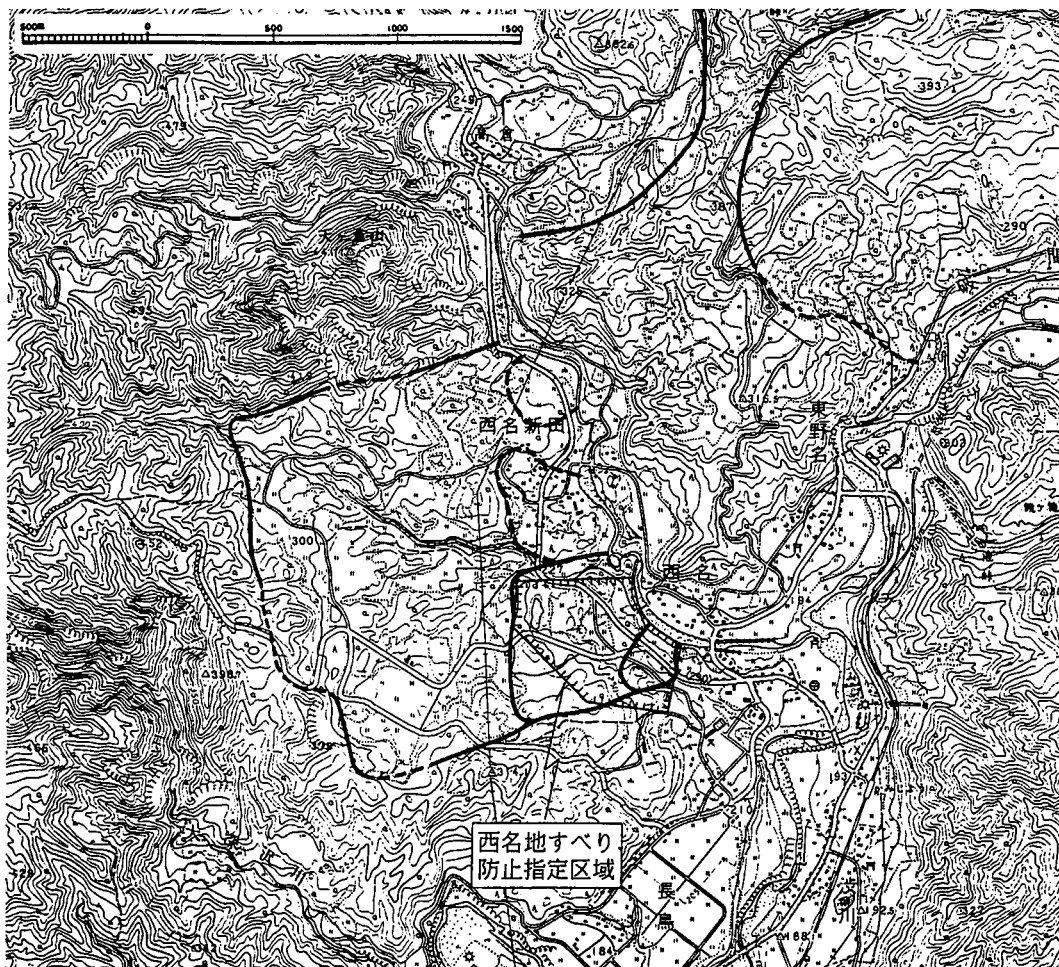


図 2 西名地すべり地形図 国土地理院発行 1:25,000 地形図「穴沢」を使用。西名以外の地すべり地形は、「東野名地すべり(1991年10月, 地すべり学会 新潟県農林水産部治山課編)」を参考にした。

最近は目立った変状はなくな
ってきている。

次に、山橋周辺の変状につ
いて述べる。

かつて西川には、現在の山
橋の約 80m 上流に橋が架けら
れていた。この橋は、橋軸方
向の圧縮力により橋の中央部
が上方へ座屈して危険になっ
たため、1970(S45)年に現在の
位置に移された。

ところが、新しい山橋にも
変状が発生し始め、1974(S49)
年の融雪期に、橋軸方向の圧
縮を示す数々の変状を示し、
大きく変型した。

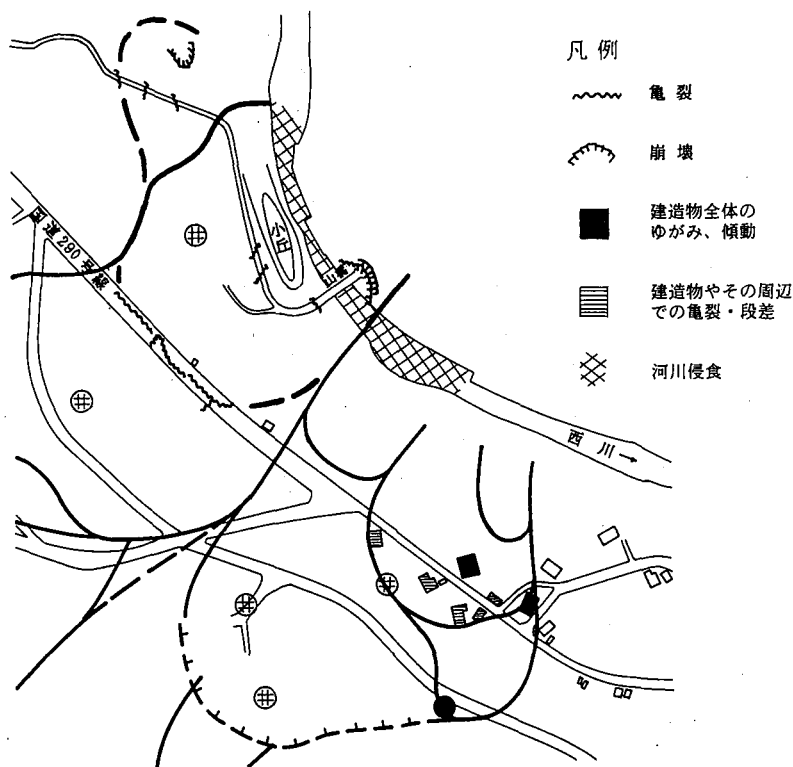


図3 地表で認められる地すべり変状

以後約 20 年にわたり変状

の目立った進行はなかったが、1995(H7)年夏期、集中豪雨による洪水によって西川が下方侵食され、山橋の左岸側アバットを含む護岸部に円弧すべりが発生し、車両通行不能となった。その後、11 月から融雪期にかけて地すべり活動が活発化し、農道や国道にも亀裂・段差を発生させた。

1-2. これまでの経過

これまでに、西名集落付近 (A ブロック) での機構調査と防止工事はおおかた終了した。区域の大部分を占める B ブロックの機構調査は、1994(H6)年に再開し、現在までに 14 箇所でのボーリング調査が行なわれ、継続して調査中である。なお、両ブロックとも調査孔のほとんど全孔を水位観測孔としており、また、一部にパイプ歪計を挿入（さらに一部は半自動観測）し、多くの孔で観測を継続している。

§ 2. 地形

2-1. 全体的な状況

破間川右岸域には、広神村付近から入広瀬村にかけて、比較的緩やかな地形が断続的に連っており、へツリ、東野名、横根等の地すべり地が集中して分布する。これに対し同左岸域では急峻な地形を呈しており、明瞭な違いがある。

西名地すべり地は破間川の右岸域にあり、末端部は西川に接している。西名地すべり防止指定区域を南東端に持つ、およそ 1.5km×1.5km のほぼ正方形の範囲では、かなり緩やかな丘陵地形を呈しており、低い小丘と浅い谷地形が不規則に分布している (図 2)。この範囲も地すべり斜面と考えられるが、このことは、周辺一帯に分布している類似した大規模な緩傾斜地形の多くが地すべり斜面であること、及び、指定区域内の調査結果等から推測できる。

2-2. 指定区域内の状況

指定区域内の地すべりブロック全体の規模は、幅 600m、長さ 700mほどである（図 4）。

地すべり地内は地形的に大きく二つに分けられる。それらを、西名集落（指定区域の南東端）を含む A ブロック、及び、これを除き指定区域の大部分を占める B ブロックと仮称した。

A ブロックは、幅 230m、長さ 250mほどの規模を持つ。地すべり頭部は、離れ山とその背後の弧状凹地で特徴づけられ、末端部は西川に面している。

B ブロックは、長さ約 450m、幅約 350mの規模を持ち、低い丘陵と浅い谷地形が不規則に分布している。ブロックの頭部や側部の境界は、浅い谷地形や谷型の異常地形によって境されることが多い。

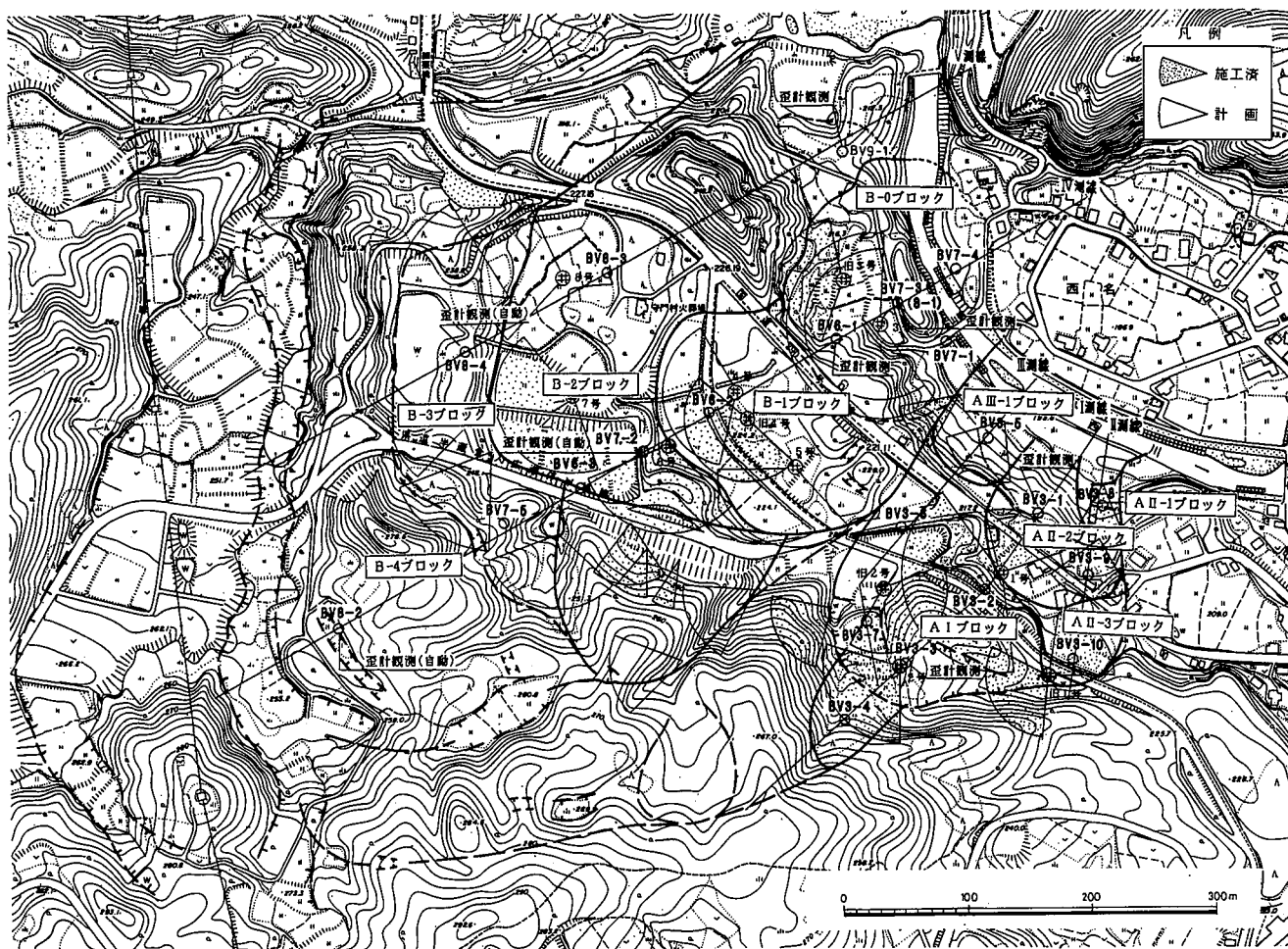


図 4 A・B ブロック内 地すべり平面図（付 対策工）（守門村平面図を使用）

§ 3. 地質

3-1. 基盤地質の全体的な状況

破間川に沿って、新発田-小出構造線が北北東-南南西方向に伸びている。これを境とし、西側（当地すべり地も西側に含まれる）は新第三系・第四系より成るのに対し、東側は古生層や貫入岩体が分布する。

これらの岩相の違いにより、「2-1 項」に示すような地すべり地の分布状況の違いが生じている。

周辺の基盤地質は、新第三系中新統の西名層（七谷層相当）とされている。この層は、主に酸性凝灰岩・凝灰角礫岩・熔岩、泥岩、及びこれらの互層等より成る。凝灰岩の一部は粘土化が著しい。

西名地すべり指定地の大部分の区域での基盤岩は、この西名層の、主に灰白色～淡灰色の酸性凝灰岩

(及び同質凝灰角礫岩)より構成される。また、泥岩や緑色の粘土化した凝灰岩より成ることもある。

これらの層は、西側へ 10~20 度程度で傾斜している。このことは、西名地すべりが基盤の地質構造に對してゆるい受け盤の形態をとっていることを意味する。

一方、付近の所々には流紋岩体がそびえ立っている。また、西川沿いに 2~3 段の河岸段丘が発達する。

3-2. 地質概論

1) 斜面全体の状況

斜面全体の地質状況の概略を図 5 に示した。(指定区域内についてはボーリング調査も行なわれ、地下地質状況もある程度判明しているが、前述の約 1.5km×1.5km の緩傾斜地形の範囲全体の地下については未調査である。)

斜面内の表層地質状況は、大きく分けて地内の北西側半分と南東側半分では異なっている。

地内の北西側半分、及び南東側のうち西川に近接する部分では、ほとんど全てがガラス質粗粒凝灰岩及び同質凝灰角礫岩より成る。これらの多くは、風化して固結度もゆるく、地形的にも地すべりの移動岩塊と判断される。

これに対して、地内の南東側半分では、ほとんど全てが礫質土より成る。

これら、凝灰岩・凝灰角礫岩分布域と礫質土分布域との間には、両者が混在する地帯が存在している。

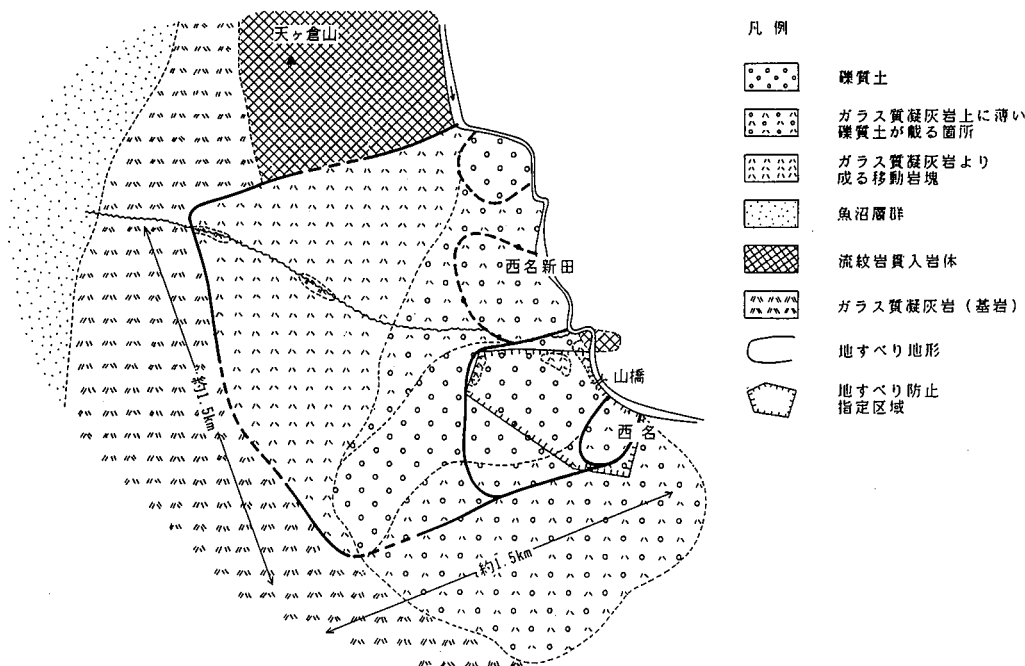


図 5 斜面全体の表層地質概念図

2) 指定区域内の状況

指定区域内の、特に B ブロックについて述べる。B ブロック内では、地形及びボーリング調査結果、歪計観測結果から想定し、斜面内を B-0~4 の五つの地すべりブロックに細分している(図 6)。活動中ブロックの層厚は 30m 前後、初生的と考えられる B-4 ブロックの層厚はおおよそ 35~50m である。

地すべり移動層は、斜面下部では主にガラス質粗粒凝灰岩(一部は緑色細粒凝灰岩)より成る。斜面中~上部では、浅部が礫質土、深部が凝灰岩より成る。

大部分の箇所の基岩はガラス質粗粒凝灰岩より成るが、B ブロック末端部では緑色細粒凝灰岩、A ブロックでは泥岩より成る。

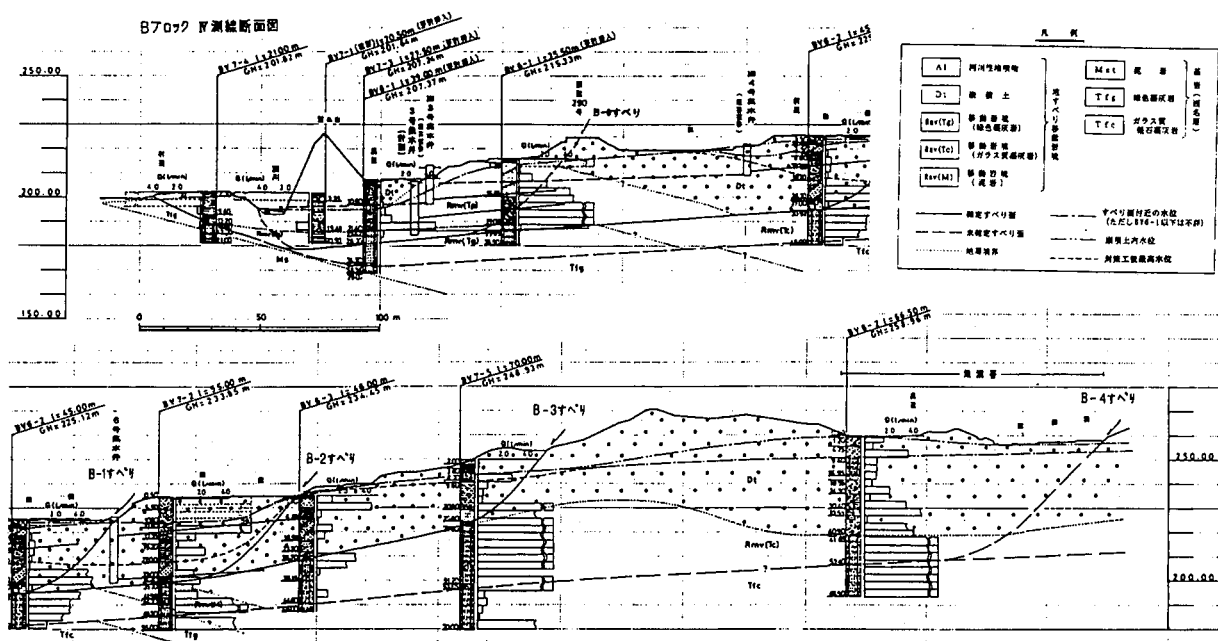


図6 Bブロック IV測線地質縦断面図

ブロック末端は西川付近にある。そのうち左岸側半分(V測線末端部)には、流紋岩の岩体が存在し、地すべり土塊の動きはこの岩体によって堰き止められ西川までは達していない。一方ブロック右岸側半分(IV測線末端部)には、そういった障害物がなく、地すべり土塊は西川を越えて対岸にも分布する。

3-3. 地質各論

1) 礫質土より成る崩積土

この地層は、主に約 1.5km×1.5km の範囲の南東側半分に分布する。B ブロックではその中～上部の地すべり移動層の大部分を占める。層厚は平均 30m、最大 40m を越える。

この礫質土の基質はシルト等の細粒土で構成されている場合が多く、透水性は良くない。ほとんどが酸化色を呈する。礫径は数 mm～数 cm 主体で、最大径は 50cm ほどである。礫の多くは丸みを帯びている。礫種は、チャート・頁岩（古生層起源）、流紋岩（周辺の貫入岩起源）、安山岩（守門岳等の第四紀火山起源）が主体である。

成因としては、何らかの流水の作用を受けた堆積物、あるいはその二次堆積物と判断出来る。

ここで特筆すべきは、安山岩礫の分布である。現在、分布状況について明瞭に分かったわけではないが、①安山岩礫を含むものは、礫質土全体の半分程度の範囲にしか分布しないこと、②分布域もかなり不規則なこと（一概に、ある直線や曲線、あるいは標高によって区分できない）、等が判明している。

また、表層部に腐植土や腐食質粘土を挟む場合がある。これは、一時期沼のような環境にあったことを示していると考えられる。

2) ガラス質粗粒凝灰岩

この凝灰岩は、主に細粒～中粒砂サイズのガラス片より成り、その他の成分はほとんど含まれていない。X 線分析によると、未変質の火山ガラスが大量に残存し、粘土化も全く進行していない（表 1）。凝灰岩礫岩（角礫の一部は真珠岩）となることも多い。灰白色～帯緑淡灰色を呈し、風化すると乳灰白色

となる。透水性は良い。

また、同質のシルトサイズの凝灰岩も存在する（薄い層状～不規則なスジ状に挟在）。

3) 緑色細粒凝灰岩

粘土サイズのガラス片や無色鉱物、粘土鉱物等より成る。緑灰色を呈する。径 1～数 cm の軽石片を大量に含むことも多い。透水性は非常に悪い。

B-0 ブロックの移動層下部やその真下の基岩を構成する。

すべり粘土化帯では、著しく粘土化し、粘性も非常に強く、高含水である。数多くの潜在亀裂が存在し、亀裂面はしばしば鏡肌となる。一部では岩片混じりとなる。

また、すべり面付近ではガラス片のモンモリロナイト化が進行している。X線分析結果によると、モンモリロナイトの含有量は全体的に多いが特にすべり面付近で多く含まれ、すべり面の形成とモンモリロナイト化作用が大いに

関係があることが示されている（表 1）。

4) 泥岩

暗灰色を呈し、しばしば粘土化する。主に A ブロック移動岩塊やその基岩を構成する。

§ 4. 地下水状況

各孔で行なった簡易揚水試験結果から、地すべり斜面内には大量の地下水が賦存していることが分かる（図 6）。斜面内は全体的に地下水位が高く、水位は地表付近（一部は地表面上）にある。これは、すべり面に膨大な地下水圧が作用していることを示している。

また、B-2 ブロック頭部付近では、地下水位が急に変化している。指定区域内の全域にわたり、B-2 ブロック頭部付近のすべり面下に、地下水を堰き止める何らかの面が存在し、その上方斜面の地下水位を上昇させていることが想定される。

§ 5. 歪計観測結果

地内には、計 9 孔（8 ケ所）にパイプ歪計挿入孔がある。代表的な孔の観測結果を抜粋して図 7 に示す。1995(H7)年夏期以降、B-0 ブロック内で以下のような変動が見られた。

すなわち、同年夏期、集中豪雨による洪水によって西川が下方侵食され、それがもとで山橋のアバット付近の護岸部が破壊された。その後、同年 12 月～翌 96 年 4 月頃には地すべり活動が活発化し、BV7-1、

表 1 土質試験結果の抜粋

孔番		BV8-1			BV8-2	
採取深度 (m)	上端	22.35	27.00	36.50	12.25	60.25
	下端	24.30	32.85	37.57	13.65	64.75
試料数		2	5	2	2	2
試料の 特徴	分類	地すべり 移動岩塊	すべり面 付近	基岩	地すべり 移動岩塊	基岩
	岩質名	緑色細粒凝灰岩			ガラス質粗粒凝灰岩	
	色調	淡緑灰	淡緑灰、濃 緑灰、黒灰	淡緑灰	乳灰白	淡緑灰、 淡灰
物理 試験	湿潤密度 (g/cm ³)	約 1.6	1.6～1.8	1.6～1.7	1.6～1.7	1.5～1.7
	自然含水比 (%)	53～55	44～65	54～57	42～44	17～42
コン シス テ ン シー 特 性	液性限界 (%)	120～142	122～148	124～132	NP	NP
	塑性限界 (%)	53～54	50～61	54～57		
	塑性指数 (%)	66～89	68～97	68～78		
X 線 分 析	モンモリロナイト	++++	++++++	++++		
	石英		++		+	+++
	クリスタライト	+++		++		
	長石類	+	++	++++	+	+
	火山ガラス	+++	+	+	++++	++++
リ ン グ 剪 断 試 験	内部摩擦角(°)	5.6			31.3	
	粘着力 (tf/m ²)	2.03			0.00	
	内部摩擦角(°)	4.0			21.5	
	粘着力 (tf/m ²)	2.03			0.00	

7-3 孔で非常に大きな歪累積が見られた。その上方に位置する BV6-1 孔でも、同時期に変動が見られたが、その歪累積量は BV7-1, 7-3 孔の数分の 1 であった。この時期の最後 (3 月頃) には、国道や農道にも、亀裂・段差の発生、あるいは既存の亀裂・段差の成長が見られた。さらに、1997(H9)年度に入ってから、BV7-1, 7-3 孔ではほとんど活動していないにもかかわらず、BV6-1 孔では歪が累積している。

また、BV7-2, 8-4 孔では、測定誤差軽減のため自動観測を行なっている。主に融雪期に、地すべり性と考えられる若干の歪の変動が認められる。

BV8-2 孔でも自動観測を行なっているが、今のところ歪変動は見られない。

§ 6. 地すべり機構

6-1. 土塊の移動状況の特徴

「§ 5」に述べたような、地表に現われた変状の位置・時期や歪計変動状況を見ると、1995(H7)年以降の変動は B-0 ブロック末端の小丘部から開始し、それが斜面上部に波及したと考えられる。また、1991(H3)年から観測を継続している A ブロック内の歪計観測結果 (色々な深度で、累積したりしなかったりを繰り返す) も合わせて考えると、様々な箇所、活動が活発な時期とそうでない時期とが数ヶ月～数十年程度のサイクルで繰り返す様子が想像される。すなわち、“土塊が数十～数百 m ほどの単位で分離しており、ある時期にはある土塊が動き、別な時期には別な土塊が動いている”、といった活動状況である。その結果、低い小山と浅い谷地形とが連続するような現在のような地形が形成されたのであろう。

6-2. 地すべり活動と地質との関係

現在得られている資料では、地すべりブロック内で、活動が活発と言える範囲は、A ブロック内及び B ブロック末端部である。特に、ここ数年間に限ってみると、B ブロック末端部で激しい地すべり活動が発生している。

一方基盤地質は、A ブロック内は泥岩、B ブロック末端部は主に緑色

細粒凝灰岩、その他の地区はガラス質凝灰岩である (図 8)。そして、地すべり活動が活発な範囲は、泥岩あるいは緑色細粒凝灰岩を基盤に持つ地区とほぼ一致している。一方、ガラス質凝灰岩を基盤に持つ範囲では、現在のところ地すべり活動は不活発である。

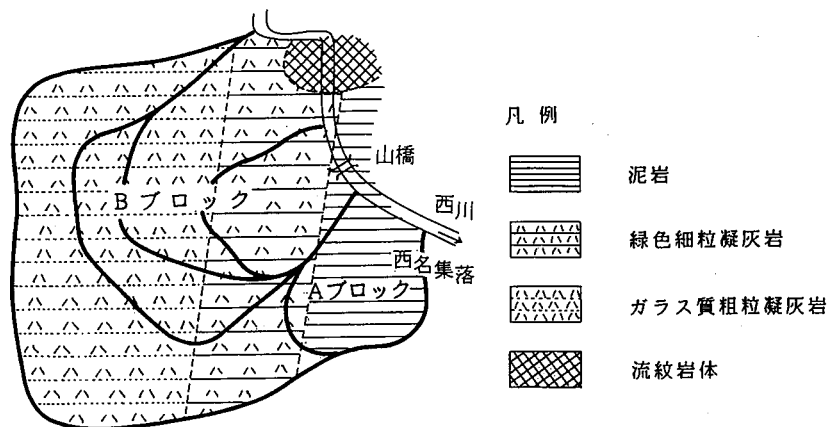


図 8 基盤地質模式平面図

6-3. 地すべり活動の要因

考えられる地すべり活動の主な素因を列挙する。

- 1) 粘土化し可塑性を帯びやすい泥岩及び緑色細粒凝灰岩を基岩に持つこと。
- 2) 斜面上部がガラス質粗粒凝灰岩より成り、これがキャップブロックの役割を果たしていること。
- 3) 過去の地すべり土塊 (あるいは礫質土等) の存在。

1) 泥岩及び緑色細粒凝灰岩は、容易に粘土化しやすく、可塑性を帯びやすい。特に緑色細粒凝灰岩は、モンモリロナイト等の粘土鉱物を大量に含んでおり膨潤性も高いので、この性質が顕著に現われる。

2) ガラス質粗粒凝灰岩は、粗糲で、膨大な地下水を含んでいる。この凝灰岩が、1.5km×1.5km の斜面上方を取り囲むように分布し、なおかつこの範囲のおおよそ上半部もこの凝灰岩より構成されている。この凝灰岩がキャップロック（すなわち地下水の供給源、あるいは荷重としての役割）として上記の泥岩や緑色細粒凝灰岩に作用する。

3) そして、以上のような要因により発生した地すべりの移動土塊が、斜面に膨大な厚さで残存していることも、現在の地すべり活動の要因となっている。（これが地すべり移動土塊でないとしても、礫質土等の締まりの悪い土塊が存在していること自体が地すべり活動の要因となろう）。この大規模な地すべりが一次すべりとなり、二次、三次すべりとして現在の地すべり活動が発生していることが想定される。

次に、地すべり活動の誘因について述べる。

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none">1) 斜面内に存在する膨大な量の地下水。2) 西川による斜面末端削剥。 |
|--|

1) 各孔の水位の状況からも、斜面内には地下水が豊富であり、すべり面付近には常時大きな圧力水頭が作用していることが分かる。B-2 すべり頭部には特に大きな水圧が作用している。また、B-4 すべり頭部には浅い谷が直線上に伸びていて、集水地形を成し、ここに集水された地下水が地すべりに対して大きな影響を及ぼしていることが推定される。

2) 西川による斜面末端の削剥も、地すべり活動の重要な要因である。実際、1995(H7)年夏期の洪水により、西川の河床が低下した数ヶ月後、地すべり活動が活発化している。

また、「6-1 項」に述べた地すべりの活動状況から推察すると、A ブロック(のほぼ全体)や B ブロック末端部の地すべり活動が活発化することも、斜面全体の地すべり活動の誘因になっている可能性がある。

§ 7. 地すべり防止工

前項に述べた地すべり機構から、地すべり防止工の基本は、まず地下水対策にあると考えられる。

工種として集水井工が採用され、1992(H3)年度以降現在までに、A ブロックで 2 基、B ブロックで 3 基施工されている。B ブロックでは、さらに 3 基の施工計画がある。

西川の河川侵食を防止することも重要である。押さえ盛土を兼ねて西川の河床を上昇させることも防止工として非常に有効であるが、地形的に不可能に近い。

§ 8. 96 年度討論会における意見

ここでは、1996(H8)年度に行なわれた、「地すべり学会新潟支部 第 24 回現地検討会」における主な意見と、それに対する現時点での解答を示す。

- 1) B-4 ブロックの頭部に南北に伸びる谷状地形の成因は？ 地下水の供給源となっていないか？

地すべり性の地形と考えられるが、未解決である。今年度、谷の中で調査ボーリングを予定している。

2) B-2 ブロック頭部の地下水の堰き止め面の分布、成因は？

①隣接するV測線での調査結果、②B-2 ブロック頭部に設置した集水井による地下水位低下の範囲が、この堰き止め面をほとんど越えていないこと（図 6）、等により、地下水堰き止め面の存在の確実性は上がっており、分布も分かってきた。しかし、成因や機構は現在でも不明のままである。

3) 上部と下部とで異なった岩質中にすべり面が形成されているが、その地すべり活動の機構は？ 各々の地すべりは一体のものか？

「§5」や「§6.6-1」に述べたように、地表に現われた変状の位置・時期や歪計変動状況から、現在、地すべりの活動状況についてわかりかけてきた状態である。今後、さらに観測を積み重ね、活動状況を明確にしていきたい。

4) 地盤がユニット化すると地表水が入りやすくなる。西川の河川水が地すべりブロック内に流入していないか？

地すべり移動層内の地下水位は、斜面全体にわたって高く、ほとんど地表付近にあることが多い。しかし、斜面末端のガラス質粗粒凝灰岩分布域に入ると水位が低下し、西川の水面と同等となる。すなわち、「斜面上方のガラス質粗粒凝灰岩中から膨大な量の地下水が供給されるが、礫質土中では透水性が良くないため高い水頭を保っている。それが、斜面末端部のガラス質粗粒凝灰岩中に入ると、透水性が良いため地下水の速度が速くなり、最終水位である西川の水面に規制されるようになる」、と想定できる。

§ 9. おわりに

前項に述べたとおり、地すべり機構解析上、数々の問題がある。

また、前項に述べた点とも関連して、次のような問題も残されている。

- ・指定区域の外側は確実に地すべりなのか？ そうであるなら、その形成過程、地すべり機構は？
- ・指定区域内の地すべり機構についても、もう少し詰めて考える必要がある。（例えば、ガラス質凝灰岩中にすべり面が形成されるメカニズムは？ *etc*）

以後、これらの解決に向けて調査・観測を行なっていきたいと考える。

《参考文献》

- ・地すべり学会 新潟支部 第24回 現地検討会資料 「西名地すべり」
- ・平成8,9年度 西名地すべり調査報告書
- ・平成8,9年度 西名地すべり観測報告書

新潟県土木部砂防課 編
新潟県小千谷土木事務所
新潟県小千谷土木事務所