

1978年5月18日妙高災害(1)—斜面崩壊について

青木 滋^{*1} 藤田至則^{*1} 霜鳥重雄^{*2}
島津光夫^{*3} 吉村尚久^{*3} 高浜信行^{*1}
早川嘉一^{*2} 北野 康^{*4} 鈴木幸治^{*1}

Cause of landslide occurred at Mt. Myōkō on 18th May, 1978

by

Shigeru AOKI, Yukinori FUJITA, Shigeo SHIMOTORI, Mitsuo SHIMAZU,
Takahisa YOSHIMURA, Nobuyuki TAKAHAMA, Kaichi HAYAKAWA, Yasushi
KITANO and Kōji SUZUKI

(Abstract)

- 1) At about 6:20 a.m. on 18th May, 1978, the slope area of 1.3 ha, located at 1,600 m above the sea level, was suddenly broken and a mass of about 200,000m³ were滑入した into the valley of river Shirotagiri-gawa (Loc. 1 in Fig. 1).
- 2) The broken slope consisted mainly of surface materials which can be subdivided into permeable talus deposits and buried river deposits. These deposits had covered the steep slope and channel which are composed of altered andesitic tuff breccia, as shown in Figs, 11, 19 and 20.
- 3) The groundwater of landslide site can be subdivided into two types; one is shallow water in buried river deposits (A₂-type) and another is fissure water involved in altered bed rock (A₁-type) as shown in Figs. 8 and 20. The tritium content in both types of water is nearly the same as that of recent rain water.
- 4) The surface materials seem to have been moved sometimes in the past, and as a result of such occasional movement, the crack which coincides with slide surface would be originated in the talus deposits, as shown in Fig. 1 of plate III and in Fig. 17.
- 5) It is strongly suggested that the infiltration of large amount of water, which was supplied from rapid snow melting at unusual high temperature in that season, might increased the pore water pressure in the surface deposits to break the above-mentioned unstable state of slope, and the landslide was brought about in succession.

I まえがき

昭和53(1978)年5月18日、新潟県中頸城郡妙高火山(標高2,445.9m)の白田切川(南地獄谷)上流右岸側の斜面の崩壊に起因する土石流が発生し、下流域に大きな被害をもたらした。筆者らは、災害直後

*1 新潟大学積雪地域災害研究センター

*2 新潟大学農学部

*3 新潟大学理学部

*4 名古屋大学水圈科学研究所

から調査に入り、主として斜面崩壊の原因の検討をすすめてきた。

崩壊の原因を究明するためには、(1) 崩壊箇所がとくに他の斜面とくらべて崩壊しやすい原因が内在していたかどうか(素因)、(2) 崩壊機構からみて、崩壊発生に大きく影響した環境因子は何か(誘因)などの検討が必要である。とくに、南地獄谷では、上流の泉源付近で温泉変質をうけた土塊の地すべりが、過去にしばしば生じたことが知られているが(山下、1973)、今回の崩壊は、従来の場合と異なった箇所において生じたことが注目されている。

筆者らは、上記のことを念頭において、白田切川上流域および崩壊地の地形、地質、地下水条件を精査し、これらの結果をもとに、共同研究者の研究結果を参考にしながら原因の考察を行った。

なお、考察にあたっては、各自の意見を交換し、討論を重ねたが、細部にわたって一致した見解に達したわけではないことを明記しておく。

野外調査にあたっては、妙高高原町当局、高田営林署の関係各位および、地元教員研究グループに御便宜と御協力をいただいた。また、崩壊原因については、東海大学杉山隆二氏、高野技術事務所高野秀夫氏、新潟県庁湊元光春氏より貴重な御意見をいただき、地下水のトリチウム分析については、学習院大学木越研究室の御協力をいただいた。調査費の一部は、文部省科学研究費(自然災害突発災害特別研究)を使用した。本文中の図の作成には、沢田ヨミ氏、山崎比佐子氏の御協力をいただいた。

ここに上記の方々に深く感謝する次第である。

なお、気象関係、土質関係、土石流および被害関係については、別報告を参照していただきたい*。

II 崩壊の発生経過と規模

今回崩壊した箇所は、妙高火山の外輪山のひとつ赤倉山(標高2,141.1m)の東側斜面で、標高は約1,600mである(図-1)。ここには、昭和44年に作られた作業用仮設道路(以下林道とよぶ)がとおっ

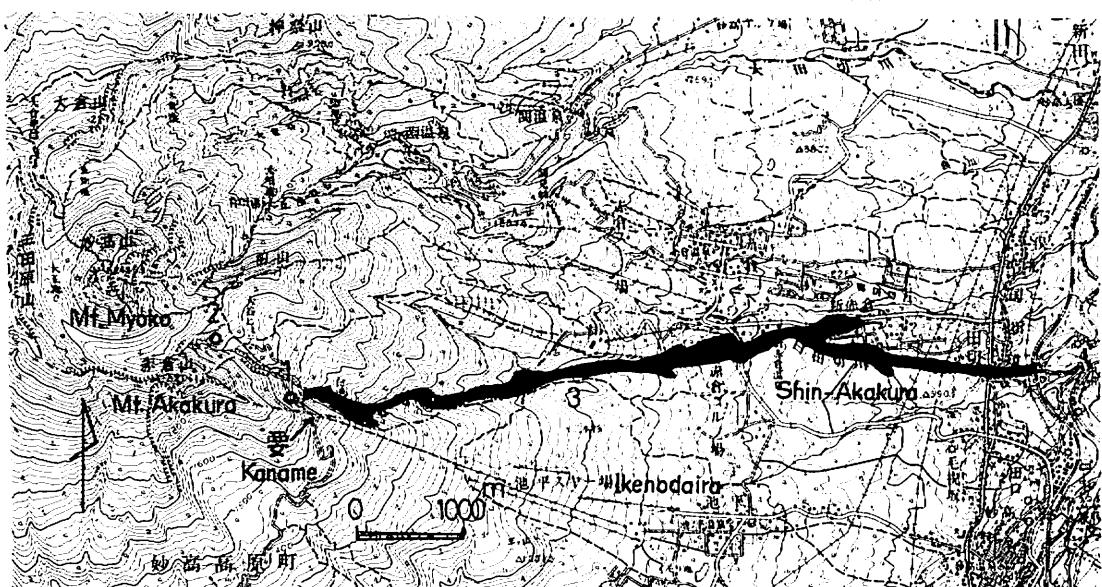


図-1 崩壊箇所位置図

1 昭和53年5月18日崩壊箇所、2 昭和46年12月31日崩壊箇所、3 今回の土石流分布
(この地図は国土地理院発行の5万分の1地形図(妙高山)を使用したものである)

* 突発災害特別研究報告書

ており、通称要地点とよばれる屈曲点から約180m上流側の地点で崩壊した（図版-I-1, 2, 4）。現地のききとりおよび崩壊直後の写真等から、今回の崩壊は、3回に区分される（図-2, 3）。

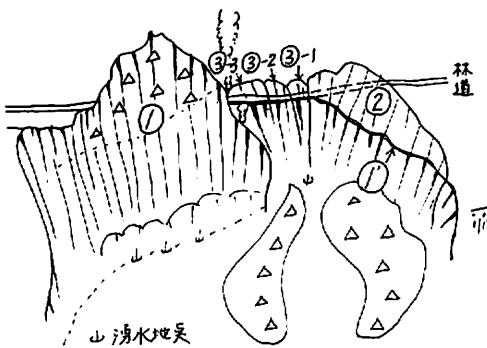


図-2 南地獄谷上流の要(かなめ)地点における崩壊過程見取図（茅原原図）

- ① 一次崩壊(5月18日午前6時20分)の初期崩壊
- ①' 一次崩壊(5月18日午前6時20分)の継続崩壊
- ② 二次崩壊(5月18日午後1時40分)
- ③-1 三次崩壊(5月19日午前5時頃)
- ③-2, -3 それ以後の崩壊(午後1~3時, 6時)

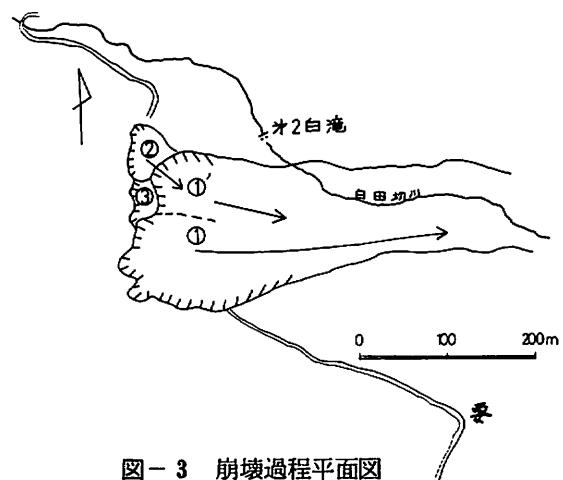


図-3 崩壊過程平面図

①～③は、図-2参照、矢印は流出方向

5月18日午前6時20分頃に発生した第1次崩壊^{*1}は、図-2, 3の①および①'で示されるもので、最初に①部分、次いでほとんど連続的に①'部分が崩落した。図-2に示した崩落面下の残土^{*2}は、主として①部分から由来したものである。一次崩壊の際、①部分の両側では、道路の肩から崩落しており、この部分の道路（林道）そのものは残存していた（図版-I-4）。

5月18日午後1時40分頃の崩壊は、①に隣接する②部分が崩落したものである。この際も中間部の道路は残っていた。

翌5月19日朝、③-1部分の小崩落、その後③-2, ③-3といったように小崩落が連続し、最終的な崩壊地の形状が定まったものである。従って第1次土石流に関連する崩壊は、①および①'部分であり、第2次土石流に関連する崩壊は、②部分であった。

最終的な崩壊斜面の大きさは、幅約200m、斜面長は平均80m、1次崩壊面積は、1.32ha、2次崩壊面積は、0.25haで合計1.57haである。

崩壊地の斜面勾配は、崩壊前1次崩壊地で36~38°、2次崩壊地で40°程度であったものが、崩落後50~54°となっている。とくに1次崩壊斜面下部が急勾配になっている。

崩壊土量については、現地の測量結果（図-4）と、崩壊前の空中写真からの地形推定から、第1次の

*1 谷岡（1978）は、新赤倉温泉の宿泊客がきいたという音と、白田切川の河川水が一時とまったという話から、午前2時30分から午前4時にかけて崩壊し、現場でダムアップが生じたとしている。筆者らもこのような話をきき、崩壊現地の調査前には、一時期同じような考えをもったことがある。しかし、現地で報道陣にもお願いしてこの種の証言（とくに水がとまった話）を集めましたが、どうしても確かな証言はえられず、また、崩壊箇所の調査では、ダムアップの証拠はみつからず、大崩壊がただちに土石流と結びついたと考えられるので、1次崩壊の時刻を土石流の速度と白妙橋付近の通過時刻から、6時20分頃と推定した。

*2 木が立っている。

崩壊土量は $176,000 m^3$, 第2次の崩壊土量は $25,000 m^3$ で、合計 $201,000 m^3$ と推定される（霜鳥・早川による）。なお、この崩壊量については、政府調査団、新潟県砂防課は、約29万 m^3 と推定している。

III 崩壊地周辺の地形・地質・

地下水の概要

今回の崩壊地を中心にして、第1白滝^{*}より上流、泉源地帯付近までの白田切川上流（南地獄谷）沿いの地形・地質・地下水の概要について述べる。

1. 地形

南地獄谷は、外輪山斜面（図-5のI）を下刻し、ほぼ東西に流下し、狭谷を形成している。左岸側には、前山（南側斜面の円弧状の急斜面（旧滑落崖））よりNW-S E方向のゆるやかな斜面（図-5のII）が発達し、数条の浅い谷で開析されている。この斜面には、後述する泥流または旧土石流堆積物が分布している。

南地獄谷の右岸側は、要地点（1,590m）から西方にのび、図上の2,018m地点（要山）から、第2白滝付近まで東方にのびる尾根にかこまれた巾広い支谷状の凹型斜面（図-5のIII）と赤倉山北側の斜面（図-5のIV）に大別される。今回の崩壊箇所は、前者に属する。空中写真によると凹型斜面には、東西に走る直線状の筋が2本観察され、小さな渓流である。

2. 地質

この付近の地質は、早津（1972, 1975）によって報告されているが、図-6に

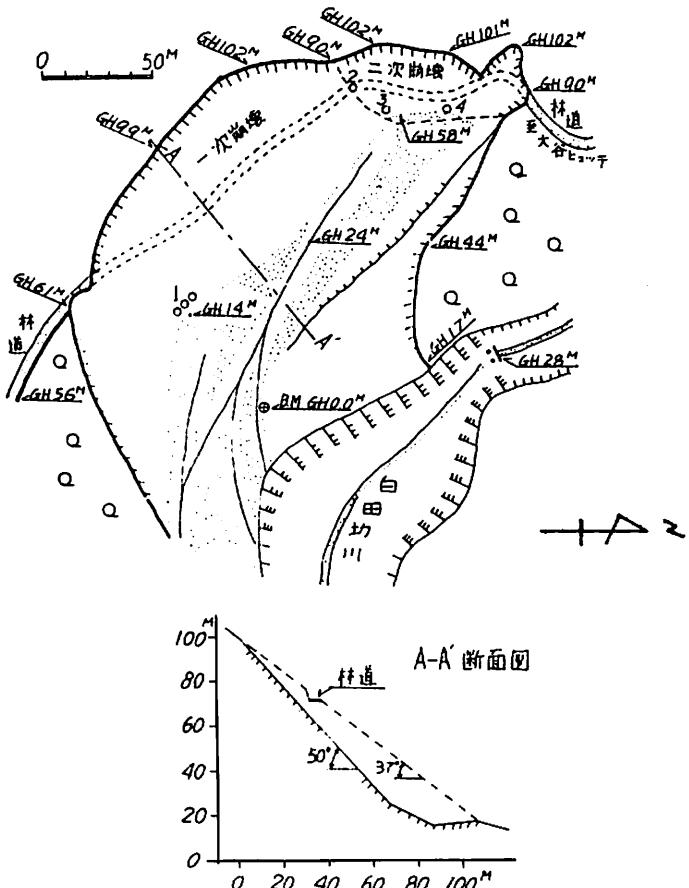


図-4 崩壊地平面図、断面図（霜鳥・早川による）

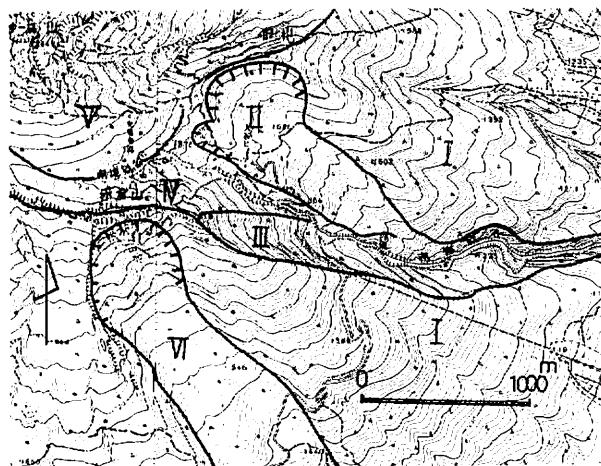


図-5 白田切川上流の地形区分

I 外輪山斜面, II 崩壊及び崩土斜面, III, IV 白田切川河谷斜面, V 中央火口丘, VI 爆裂火口と噴出物斜面
(この地図は、国土地理院発行の2万5千分の1地形図（赤倉、妙高山）を使用したものである)

* 国土地理院発行5万分の1、2万5千分の1に記されている白滝をここでは仮に第1白滝とよび、崩壊地付近の滝を第2白滝とよんでおく。

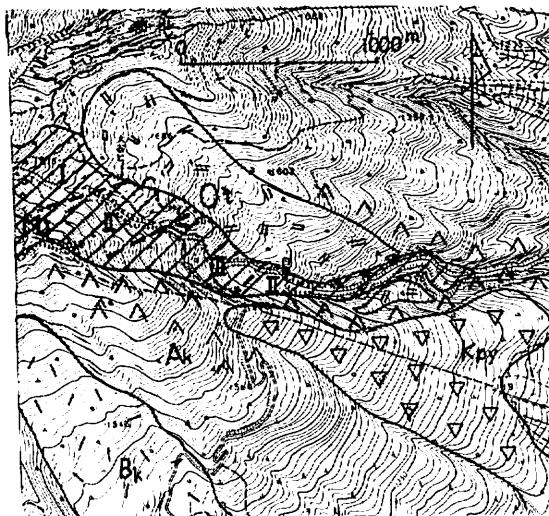


図-6 白田切川上流域地質図

MJ：南地獄谷熔岩類，Ak：赤倉山熔岩類，Kpy：要火碎流，Bk：爆裂火口土石流，Ot：大谷泥流変質分帶　I：明ばん石帶，II：カオリン帶，III：モンモリロナイト帶

示したように、下位より南地獄谷熔岩類、赤倉山熔岩類、要火碎流、大谷泥流、新期火山灰層および崖錐堆積物から構成されている。ただし、図-6では、新期火山灰層および崖錐堆積物を省略している。

a. 南地獄谷熔岩類

南地獄谷沿いに露出し、黒色の輝石安山岩熔岩および同質の火碎岩より成り、最上部には、火山礫凝灰岩、凝灰角礫岩がみられる。第2白滝を構成している岩石は、この熔岩流の一部である。走向は、N 65°E～N 22°Eで、22～36°Eの傾斜を示す。

なお、南地獄谷熔岩流は、現在の妙高火山体以前の活動によるものと考えられている。

b. 赤倉山熔岩類

妙高外輪山を構成するもの一部で、角閃石安山岩熔岩および同質火碎岩よりなり、最下部に雜色凝灰角礫岩をともなう。南地獄谷熔岩類を不整合で被っている。

c. 要火碎流堆積物

赤倉山熔岩類を被い、角閃石安山岩の岩片を充てんする白色の軽石質砂から成る。上位は褐色ローム層で被われ、要付近では、15mの厚さを示す。最末期の外輪山噴出物と考えられている。

なお、調査地域では、赤倉山熔岩類および要火碎流堆積物は、ともに南地獄谷右岸側にのみ分布している。

d. 大谷泥流堆積物（古期泥流堆積物）

大谷ヒュッテから第1白滝にかけて南地獄谷の左岸側斜面（図-5のⅡ地区）に分布し、角閃石安山岩の岩塊を多量に含む土石流成の堆積物である。まれに木片を含有していることがある。この堆積物は、前にもべたように、前山南側斜面の滑落崖の形成と関係がある崩積土層と考えられる。厚さは20mと推定される。

e. 新期火山灰層

上記の地層を被って中央火口丘の噴出物とされている新期火山灰層が分布する。主に降下軽石堆積物およびローム層より成り、厚さは約2mである。火山灰層の上部に3枚の黒色腐植土層が観察され、¹⁴Cによる年代測定では、4,990±110年の値が報告されている（妙高団体研究グループ、1969）。

f. 崖錐堆積物

大小の安山岩角礫より成り、図-6では省略してあるが、調査地域では、主として、南地獄谷右岸側、あるいは、図-5のⅢ地区の南側斜面に発達し、林道上方の凹型斜面は、空中写真によると崖錐堆積物で埋積しているものと考えられる。これらの堆積物は、南側の尾根ぞいに分布する赤倉山熔岩類の新鮮な熔岩の崩壊によってもたらされたもので、後述するように崩壊地にも、崩壊前に崖錐堆積物が存在していた。

3. 岩石の変質

南地獄谷上流には噴気孔があり、温泉の泉源となっている。この付近は、温泉にともなう変質作用によ

って岩石が著しく変質しているので、X線分析によって変質状況を調査した。

なお、変質現象は、変質をおこす熱水溶液の浸透しにくい塊状の熔岩では、あらわれ方が弱く、部分的に脈状に変質することが多いが、火碎岩では、熱水溶液が広く浸透して一様な変質をもたらすことが多い。

調査地域は、変質鉱物によって、明ばん石帶、カオリン帶、モンモリロナイト帯に分帶される（図-6）。このような変質分帶は、岩手県松川や九州の大岳地熱地帯に広く認められるタイプで、酸性の熱水溶液による変質作用を反映したものである。分帶は、溶液の化学的性質の変化によって生じたものである。

a. 明ばん石帶

南地獄谷の噴気孔を含めて、大谷ヒュッテ付近までがこの帶に属する。明ばん石と α クリストバライトを主な産物とし、黄鉄鉱と少量のカオリンおよび硫黄をともなう。岩石は著しく変質して、非常にもろくなっている。この変質作用は、硫酸酸性の熱水溶液（温泉）によるもので、地表では石英が生じていないので、100°C以下で変質したものと考えられる。

b. カオリン帶

明ばん石帶の外側（南側）に発達し、“林道”が南地獄谷を渡る付近までがこの帶に属する。カオリン鉱物（主にハロイサイト）、モンモリロナイト、黄鉄鉱、 α クリストバライトが主要変質鉱物で、場所によって硫黄をともなう。この変質作用は、酸性～弱酸性の熱水溶液による変質作用である。

c. モンモリロナイト帶

モンモリロナイト、黄鉄鉱、 α クリストバライトを主とし、石膏や方解石を伴う。この変質作用は、弱酸性の熱水溶液によるものである。カオリン帶のさらに外側に位置し、要付近までの地域に露出する南地獄谷熔岩類はこの帶に属する。

上記の分帶によると、今回の崩壊地は、モンモリロナイト帶に属し、とくに崩壊斜面の凝灰角礫岩または角礫凝灰岩は、白田切川沿いの熔岩流とくらべて変質作用のあらわれ方が顕著に異なり、その基質部分はすべて変質し、モンモリロナイトを主とする粘土化が著しい。

また、赤倉山熔岩類は、南地獄谷熔岩類にくらべて、変質が進んでおらず、とくに崩壊地～要間から赤倉山にかけて分布する熔岩は新鮮で、不規則な柱状節理が発達している。

4. 地下水

妙高山一帯の地下水については、山麓部の水理地質調査が農林省によって行われた他（馬場、1965），くわしい調査は未だ行われていない。

崩壊地を中心として、白田切川沿いの地下水の存在状態を地質との関係でまとめてみると、次のとおりである（図-7）。なお、崩壊地については後でのべる。

a. 基岩類の地下水

南地獄谷熔岩類の角礫凝灰岩の穴状の割れ目や（図-7 No.4），赤倉山熔岩類の熔岩の割れ目あるいは熔岩層の基底（図-7のNo.8）から湧出している。

b. 大谷泥流の地下水

今回の崩壊地と第1白滝間の白田切川

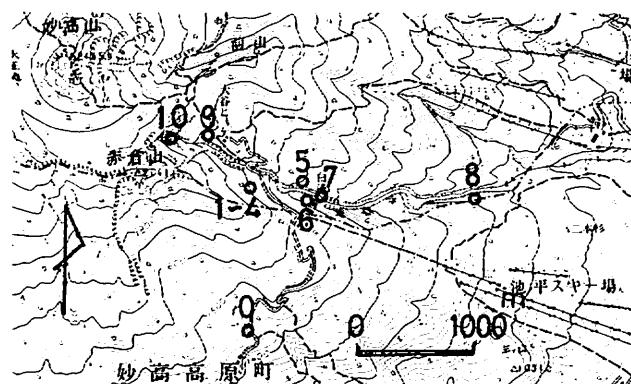


図-7 採水地点

（この地図は、国土地理院発行の5万分の1地形図（妙高山）を使用したものである）

左岸側において数箇所から湧出している（図-7のNo.5）。地下水は、泥流の下部あるいは基岩の南地獄谷熔岩類との境界付近から湧出する。

c. 崩壊斜面の地下水

崩壊斜面の白田切川右岸側の崖錐斜面下部から湧出する（図-7のNo.6）。赤倉山南側の爆裂火口内（図-5のⅥ地区）より流下する表流水も、湧出点は確認できなかったが、火口内の崖錐からの湧出水と考えられる。

d. カルデラ内部の地下水

温泉（図-7のNo.10）と大谷ヒュッテ付近の湧水（図-7のNo.9）がまとめられたが、後者については、地質との関係は不明である。

表-1に上記の地下水および白田切川の表流水（図-7のNo.7）の現地測定結果と水質分析結果及びトリチウム濃度を示した。

図-8に示したヘキサダイヤグラムによると、温泉源、河川水をのぞくこの付近の地下水は、A型、B型に大別され、A型はA₁型、A₂型に区分される。これらの型と上記の地質との関係は次のとおりである。

A₁型：大谷泥流の地下水

A₂型：崖錐堆積物の地下水

B型：基岩（赤倉山熔岩類）の地下水、大谷ヒュッテ下の地質不明の湧水

これらの型は、地下水系の差を示すといわれている（永井、1968）。A₁型、A₂型の差については、今後更に検討する必要があるが、A₂型は、比較的浅層の地下水と考えられる。

トリチウム濃度は、河川水で43.3 T.U.、崩壊地をのぞく地下水で、33.1～47.2 T.U.を示し、場所または地下水系による差はみとめられず、現在の雨水のトリチウム濃度（40～50 T.U.）^{*1}とも大差がない。このことから、この付近の地下水は、降雪雨水の浸透によるかん養が多く行われているものと考えられる。

III 崩壊箇所の状況

1. 崩壊後の状況

1) 地形・地質（図-9～11）

崩壊後の地形は、図-9と図-10に示したように、全体として菱型をしており、地形的に、崩壊斜面（1次、2次）、旧支谷底、残土堆積域に区別できる。

a. 1次崩壊面^{*2}

図-10のa部分で、平均傾斜50°の平滑な面を形成し、斜面下部は急傾斜になり、一部でえぐられているところもある（図-10の①部分、図版-II-3、4）。表面には、急激な土塊の崩落を示す細い直線的な条線が、斜面の最大傾斜方向に多数みとめられる（図版-II-4）。この斜面の上部には角礫を含む黒色の崖錐堆積物が残存しているが、崩壊斜面の大部分は、南地獄谷熔岩類に属する黄緑色の角礫凝灰岩が露出し、一部に熔岩の薄層がはさまれている。斜面下部は緑色を呈し、モンモリロナイトを含む角礫凝灰岩の変質したものである。

1次崩壊面は、NW-S Eに直線的にのびているので、断層面の可能性も検討したが、後述する旧支谷

*1 学習院大木越研究室の御教示による。

*2 前記の3次崩壊面も含む。

表-1 地下水・表流水分析結果

No.	野外測定結果 ¹							室内分析結果 ²										
	測定採水点 (地質)	水温 ℃	P H	電気導度 $\mu\Omega/cm$	湧出量 $\ell/\text{分}$	測定期年月日	気温 ℃	P H	HCO ₃	SiO ₂	C L	Ca	Mg	Na	K	SO ₄ mg/ ℓ	トリチウム ^{*3} 濃度 T. U.	備考
0	爆裂火口下 (崖錐)	6.8	6.6 ~ 7.0	75	不明	53.7.13	23.8	6.6	3.0	33	1.0	14.0	2.0	4.4	0.73	36	33.1 ± 4.0	
1	1次崩壊地 (基岩)	6.5	5.1	106	42	"	24.4	4.8	0	42	0.87	19.0	3.2	5.7	1.3	78	55.3 ± 6.9	
2	2次崩壊地 (基岩)	8.0	6.8	30	14	"	19.5	6.6	5.0	24	0.82	4.6	0.74	1.9	0.91	13	32.1 ± 4.0	
3	" (旧支谷堆積物)	16.5	7.0	39	3	"	19.0	6.6	3.9	23	0.95	4.6	0.76	1.9	0.98	13	34.8 ± 4.3	
4	" (")	17.5	4.8	66	4	"	19.5	4.3	0	27	0.82	6.1	1.4	2.3	0.77	18	29.2 ± 3.7	
5	白田切川左岸 (大谷泥流)	19.1	6.8	155	11	53.7.14	29.0	6.6	4.1	39	1.1	17.0	4.6	7.1	1.2	80	39.0 ± 5.0	
6	白田切川右岸 (崖錐)	14.7	7.0	47	不明	"	21.4	6.4	4.7	42	1.2	8.3	1.7	4.0	1.5	33	43.7 ± 5.0	
7	第1白滝 (河川水)	22.8	4.0	810	-	"	28.7	3.0	0	63	3.1	68.0	16.0	17.0	4.5	520	43.3 ± 5.5	白濁
8	白田切川右岸 (赤倉山熔岩)	13.0	7.0	395	20	53.7.15	28.0	6.8	12.0	36	1.8	2.8	0.88	3.2	1.7	11	47.2 ± 6.0	
9	大谷ヒュッテ下 (不明)	-	-	-	-	53.7.13	-	5.8	5.4	34	1.0	6.3	1.7	2.6	0.87	25	-	
10	白田切川上流 (源泉)	-	-	-	-	"	-	6.5	500.0	160	4.4	120.0	26.0	96.0	34.0	230	-	硫黄臭

*1 新潟大学災害研による。

*2 名古屋大学水圈科学研究所による。

*3 学習院大学木越研究室による。

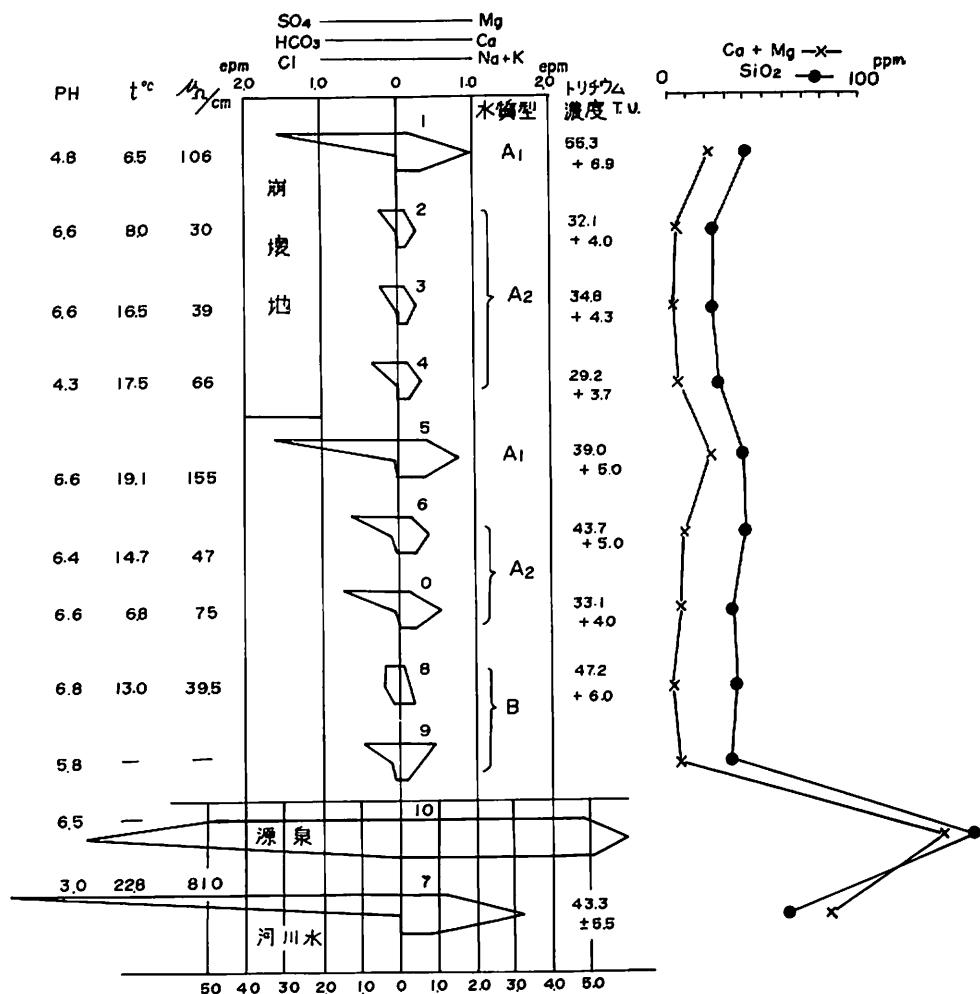


図-8 湧水・河川水・源泉(温泉)の水質を示すヘキサダイアグラムと主要分析値

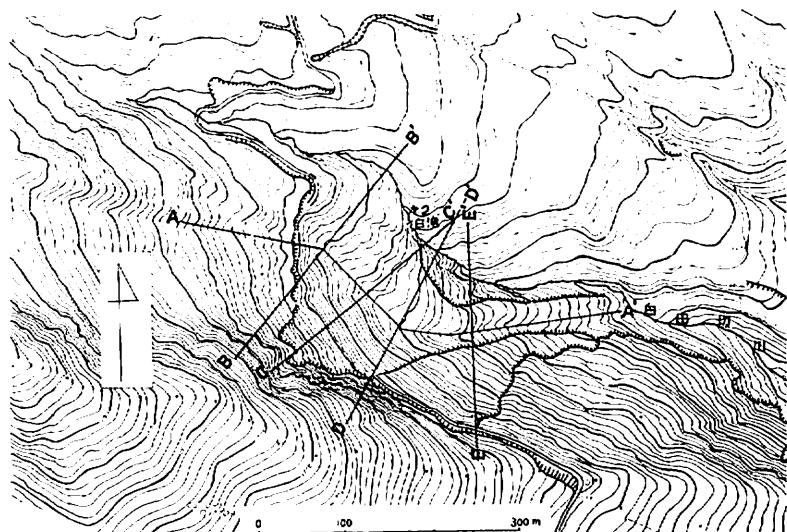


図-9 崩壊箇所の地形図
(原図は、林野庁作成の3千分の1を使用した)

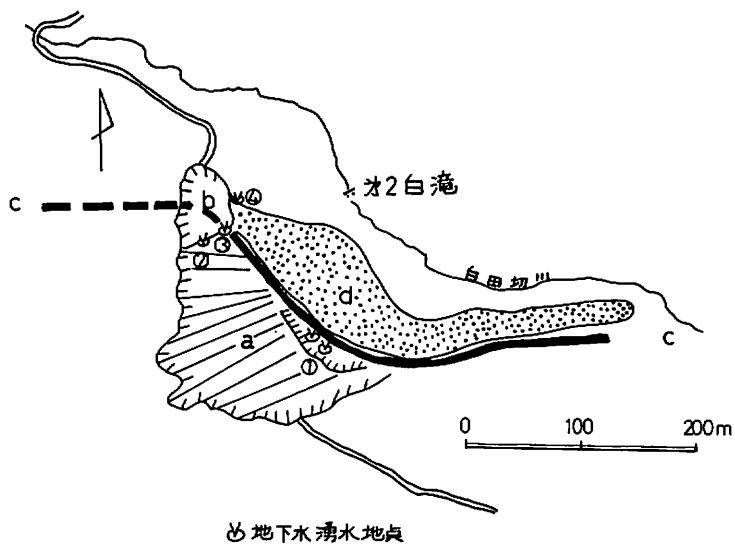


図-10 崩壊箇所の地形区分図

a : 1次崩壊面 , b : 2次崩壊面 , c : 旧支谷底 , d : 残土堆積域

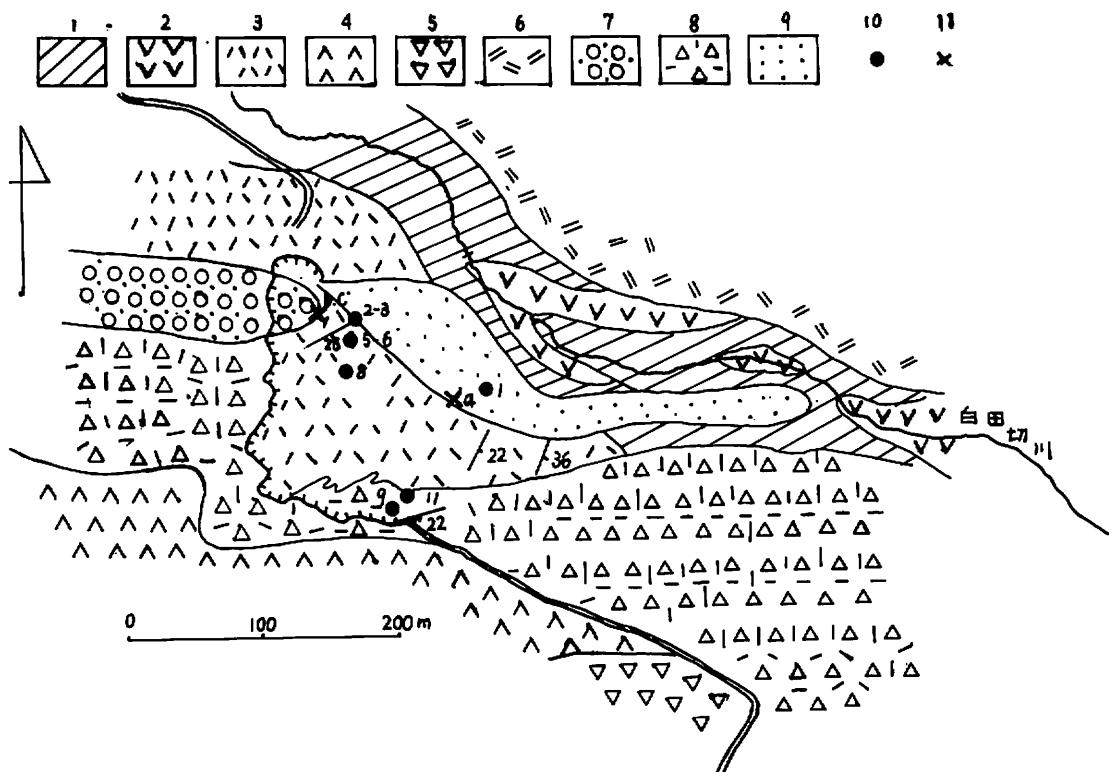


図-11 崩壊箇所の地質図

1～3：南地獄谷熔岩類（1：火山角礫岩, 2：熔岩, 3：角礫凝灰岩）, 4：赤倉山熔岩類, 5：要火碎流, 6：大谷泥流, 7：旧支谷堆積物, 8：崖錐堆積物, 9：崩壊残土, 10：土質試験試料採取点(川上), 11：粒度分析用試料採取地(霜鳥・早川)

底に分布する基岩（角礫凝灰岩）との境に破碎部または、不連続部が観察されず、旧支谷の浸食斜面と考えられる。

b. 2次崩壊面

崩壊斜面の北西部（図-10の b部分）で崩壊面は、平滑でなく、1次崩壊面にみられた条線もみられない。図-12、図版-III-2に示したように谷状に浸食された基岩（南地獄谷熔岩類に属する緑色変質角礫凝灰岩）を被って、角閃石安山岩の巨角礫（最大径 2 m）を含む褐色角礫土が露出し、角礫の淘汰はよくない（図-13）。この堆積物は、旧支谷を埋積した土石流性の堆積物と考えられ、1次崩壊面上部に残存している崖錐堆積物よりも古いと思われる。この旧支谷埋積物の両側には、小渓谷が西方にのび、前述した崩壊地上方の凹型斜面（図-5のⅢ）にみられる直線状の小渓流につながっている。

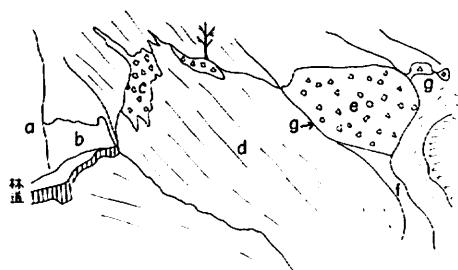


図-12 崩壊箇所のスケッチ（図版III-2参照）

- a : 赤倉山熔岩類（熔岩）
- b : " (成層火山礫凝灰岩)
- c : 残存崖錐堆積物
- d : 1次崩壊面（南地獄谷熔岩類の角礫凝灰岩）
- e : 2次崩壊面（旧支谷埋積物）
- f : 旧支谷底（緑色変質凝灰岩）
- g : 緑色変質凝灰岩

c. 旧支谷底

2次崩壊面から東南方向へのび、1次崩壊面の直下で東方に向きをかえる溝状の凹地を旧支谷底とよぶ（図-10-c）。図-14は、崩壊地の地形断面図を示したが、これらのうち、A-A'は、旧支谷底に沿ったものである。現地測定によると2次崩壊面直下では 40° と急傾斜をなし、1次崩壊面下でやや傾斜をゆるめ（ 20° ）再び急傾斜で白田切川と合流し、平均勾配は 20° である。旧支谷底には、表面がやや粘土化した緑色角礫凝灰岩、凝灰角礫岩（南地獄谷熔岩類）がほぼ連続的に露出し、表面はきわめて平滑である。基岩の走向、傾斜は、上流側でN 65° E、 25° E、1次崩壊面直下でN 25° E、 22° E、

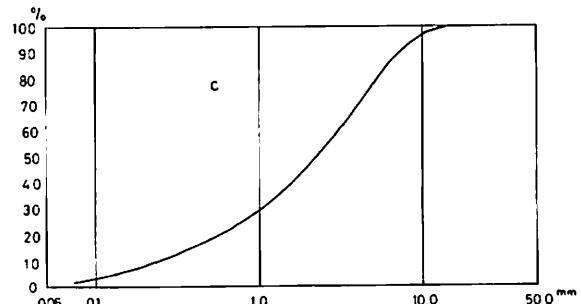
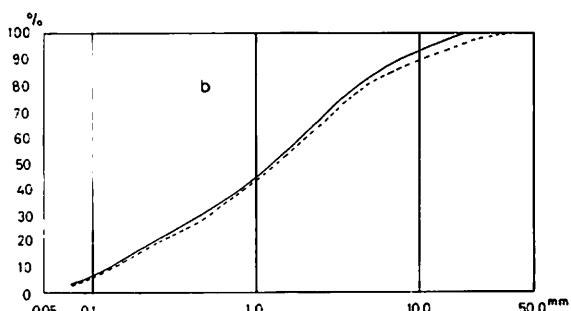
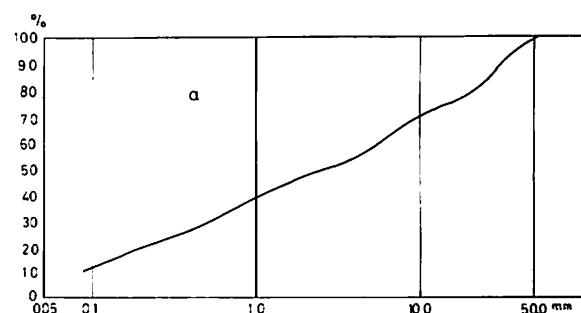


図-13 粒度分析結果（霜鳥・早川による）

- a : 崩壊残土（図-11の a 地点），但し上限は採取した最大粒径まで
- b : 旧支谷堆積物（図-11の b 地点），実線は上限 19.1 cm まで、点線は採取最大粒径まで， $w = 41.9\%$
- c : 青緑色変質粘土（図-11の c 地点） $w = 41.5\%$

その下流でN 22° E 36° Eを示し、旧支谷底の傾斜は、基岩の傾斜ときわめて調和的である。

d. 残土堆積域

旧支谷底と白田切川にはさまれた舌状の高まりを示す地域(図-10-d)で、前にものべたように、主として、1次崩壊による土砂の残土で粒度粗成は図-13のaに示した。堆積量は、約12,000 m³と推定される。

なお、崩壊箇所の土質試験結果(表-2)については、川上ら(1978)が報告している。それによると、崖錐堆積物の細粒部は砂質で、基盤変質土は、砂質からシルト質で、そ性図上では、ロームと同様な土性を有しているという。

2) 地下水

崩壊地の地下水は、1次崩壊面下部の湧水(図-10のNo.1)と、2次崩壊面からの湧水(図-10のNo.2, 3, 4)がみとめられ、これらの湧水は崩壊後に露出した旧支谷底に沿って東へ流下している。

No.1では、緑色の変質基岩から湧出し、湧出箇所は数ヶ所で、パイプ状の湧出口がみられる。この湧出口は、水頭の低下を示す位置の変化がみとめられ、最も高い湧出口のあとは、旧支谷底から約4m上位であった。2次崩壊面の湧水は、前述の旧支谷堆積物と基岩の境から湧出するもの(図-10のNo.3, 4、図版II-2)と、境に近接した基岩の割れ目から湧出するもの(図-4のNo.2)がみとめられた。

湧出量は、昭和53年7月13日現在で、No.1が毎分約40ℓ、2次崩壊面が毎分約20ℓ、計毎分約60ℓと測定されたが、湧出口のあとや目撃者の話から判断すると、崩壊直後はもっと多かったと考えられる*。

地下水の水質分析結果およびトリチウム濃度は、表-1に示した。水質については、図-8のヘキサダイアグラムから、2型の地下水系に大別され、それぞれ、1次崩壊斜面の湧水と、2次崩壊面の湧水に対応する。前者は、後者にくらべて水温が低く、pHがより酸性で、電気電導度が大きく、SO₄²⁻、SiO₂⁻、Ca+Mgの含有量が多い。前にのべた白田切川流域の地下水とくらべると、大谷泥流の地下水の型(A₁型)に類似する。2次崩壊面の地下水は、一部変質のいちじるしい基岩上の湧水で酸性を示すもの(No.4)があるが、水質型は、いずれも類似し、白田切川流域の崖錐堆積物の地下水(A₂型)に類似する。

トリチウム濃度は、1次崩壊面の湧水と2次崩壊面の湧水で若干の差はみとめられるが、現在の雨水のトリチウム濃度と大差がない。

以上のことから、この崩壊箇所の地下水は、2次崩壊面上方の図-5のⅢ地区の降雪雨水をかん養源と

* 農林水産省、建設省の政府調査団は、毎分約500ℓの湧水量を報告している。

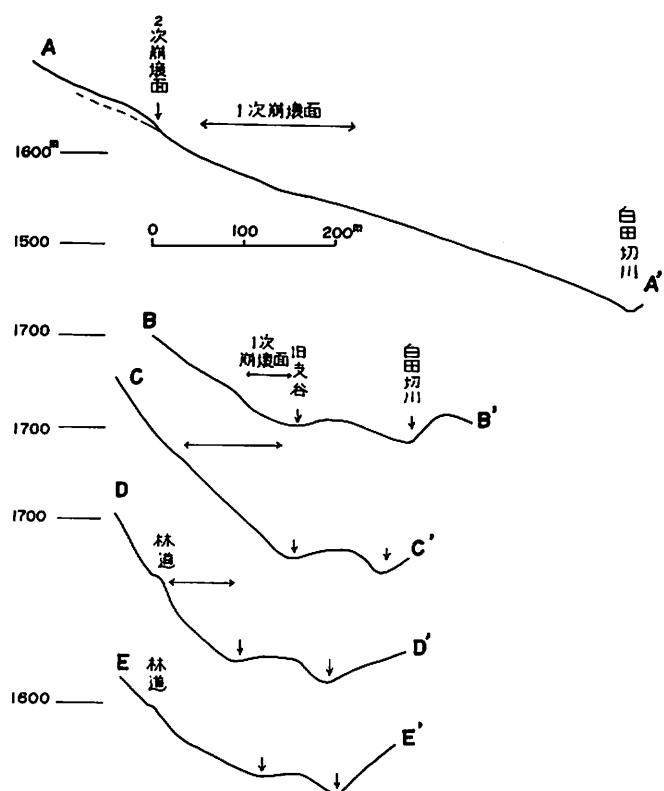


図-14 崩壊箇所地形断面図
断面線は図-9参照

表-2 妙高災害斜面土質一覧（川上ら、1978による）

試料番号	0	1	1'	2	3	4	5	5'	6	8	9	9'
採取場所	区域外	滑落崖直下	ホテル街付近	滑落崖	滑落崖	右端道路直下	滑落崖	滑落崖	滑落崖	滑落崖	滑落崖	滑落崖
色	黒灰色	茶褐色	暗褐色	淡灰色	青色	黄褐色	黄褐色	淡綠色	淡綠色	茶褐色	茶褐色	暗褐色
種別		泥流土	泥流土	基盤土	基盤土		基盤土	基盤土	基盤土	基盤土	崖錐	崖錐
比重 Gs	2.82	2.68	2.72	2.66	2.70	2.74	2.77	2.72	2.62	2.65	2.68	2.60
自然含水比 %	41.3	44.7	—	37.6	60.7	60.4	48.9	59.3	42.6	54.7	—	50.3
湿潤密度 γ_g/cm^3	1.76	1.71	—	1.82	1.61	1.61	1.66	1.59	1.79	1.61	—	1.64
乾燥密度 γ_d/cm^3	1.25	1.18	—	1.32	1.00	1.00	1.11	1.00	1.25	1.04	—	1.09
間隙比 e	1.26	1.26	—	1.01	1.69	1.73	1.49	1.73	1.09	1.55	—	1.39
飽和度 Sr %	92.3	95.0	—	98.9	96.9	95.6	91.0	93.4	102.4	93.3	—	94.1
液性限界 w_L	56	72	44	72	66	100	82	72	76	98	77	96
塑性限界 w_P	37	47	26	37	47	60	50	50	43	40	46	56
塑性指数 I _P	19	25	18	35	19	40	32	22	33	58	31	40
最大粒径 d_{max}	0.84	50	25	38	38	2.0	2.0	19	50	38	70	50
礫分 %	0	22	18	25	14	0	0	5	27	11	38	49
砂分 %	19	27	43	41	28	57	70	49	53	26	37	29
シルト分 %		30	15	14	34	25	18	28	10	25	14	11
粘土分 %		21	24	20	24	18	12	18	10	38	11	11
備考	臭氣あり 温泉変質 する前の崩 積土	泥流にな る前の崩 積土	臭氣あり 下流泥流 土	No.3の下 層の青色 変色土	滑落崖表 層たまね ぎ状灰色 のコーン を含む	No.3に類 似	やや赤味 をおびて いる 固い	赤味少 ない	赤味多 い 一部青色 変色土含 む 小石 が多い	砂分多 い やや赤味 をおびて いる	滑落崖上 部残留表 土	No.9の表 土層直下

試料土の採取位置は、図-11平面図中に示した。

し、崖錐堆積物および旧支谷埋積物に浸透し、旧支谷沿いに流動する比較的浅い地下水と、1次崩壊面下部の変質基岩の割れ目にふ存する地下水に大別できる。

2. 崩壊前の状況

昭和37年9月および昭和49年9月の空中写真(図-15)によると、1次崩壊面のところは、要から要山まで西北方にのびる尾根の安山岩の崩壊によってもたらされた崖錐が前記の旧支谷を被って分布している(図-16の①、②)。また、要付近の白田切川右岸斜面にも崖錐(図-16の④)が分布し、この部分と、今回の崩壊地との間に、崖錐の崩壊あとがみられる(図-16の③)。2次崩壊面付近は、西からのびる尾根状の地形を呈し、1次崩壊面にあった崖錐に被われている。

図-17、図版-III-1は、昭和52年7月の状況を示しているが、1次崩壊面付近は、半円すい状の崖錐地形を示しており、イタドリ等の小かん木が生えている。2次崩壊面の部分は、喬木性のダケカンバの生えている尾根状地形を示している。

巾員3.6mの林道は、この箇所で昭和44年に設置され、それ以前は、旧登山道が崖錐斜面を横切っていた。池の平、妙高温泉に給湯するための温泉パイプは、図-18に示すように林道沿いに埋設されていた。

崖錐部分では路面から70cmの深さにコンクリートでまいた内径200mmの塩ビ管が、その上流側では、砂でまいた内径125mmの塩ビ管が埋設されていた。

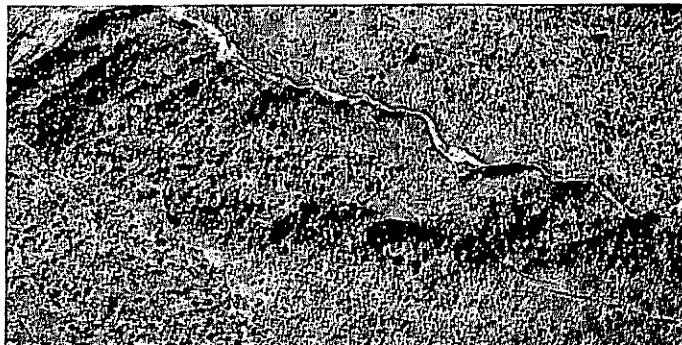


図-15 a 昭和37年9月12日の空中写真（林野庁）



図-15 b 昭和49年9月29日の空中写真（国土地理院）

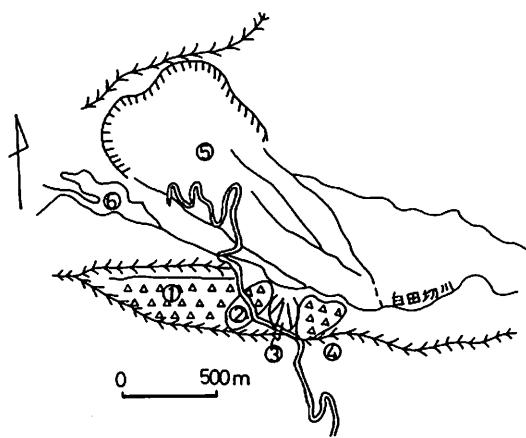


図-16 崩壊前の空中写真より読みとれる現地の状況

- ①：旧支谷を埋積した崖錐（東西方向に直線状の谷が走っている），②・④：崖錐，③：崖錐が崩壊したあと，⑤：旧崩壊斜面（大谷泥流），
⑥：荒廃地

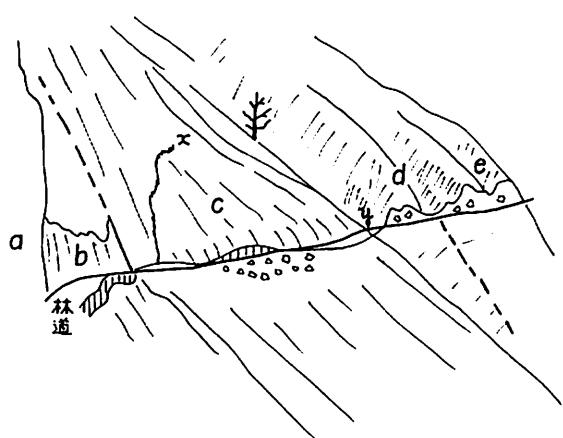


図-17 崩壊前の斜面状況（図版III-1参照）

- a : 赤倉熔岩類（熔岩）, b : 赤倉熔岩類（火山疊凝灰岩）, c : 崖錐, d : 旧支谷埋積物, e : 南地獄谷熔岩類（変質角疊凝灰岩）
x : 古亀裂

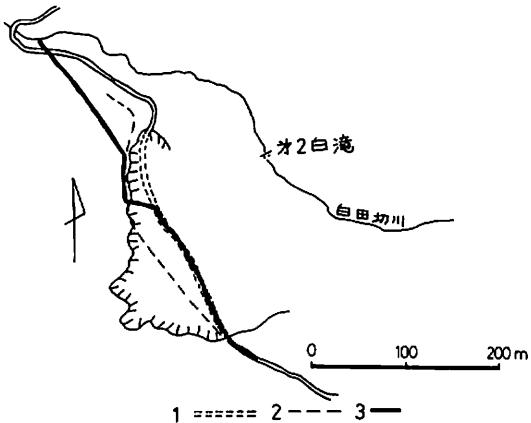


図-18 崩壊前の状況

1：林道，2：旧登山道，3：温泉パイプ

崩壊前には、図-17の γ 付近に湧水があり、林道下に布設した管によって下方に流出していた。崖錐下端部において再び湧出し、旧支谷の基岩上を流下していた。また、崖錐下部斜面には湿润斜面に多いヤナギの木が多かったという。

IV 崩壊の原因

1. 素因（内因）

1) 地形・地質・地下水条件

崩壊地の調査結果から、崩壊斜面の地形・地質・地下水条件をまとめると、次のとおりである。

a. 崩壊斜面の地質は、基岩（南地獄谷熔岩類の角礫凝灰岩）とそれを被う表層堆積物よりなっている。

b. 表層堆積物は、1次崩壊面上に分布している崖錐堆積物と、2次崩壊面に分布する旧支谷堆積物にわけられる。

c. 旧支谷堆積物は、2次崩壊面から南東にのび、1次崩壊面脚部付近で東方に走る平均傾斜 20° の旧支谷を埋積し、崖錐堆積物は、それをおおう形で分布していた。

d. 基岩の角礫凝灰岩は、変質し、表面は、モンモリロナイトを主とする粘土化がいちじるしかった。上記の地盤構成を復元すると、図-19に示すとおりである。

e. 地下水は、崩壊斜面上方の凹地の降雪雨水をかん養源とし、旧支谷沿いに流入する浅層地下水と、1次崩壊面下部の変質基岩の割れ目から土塊に流入する地下水が存在していた。

f. 浅層地下水は、崩壊土塊内に水みちをつくって旧支谷沿いに流下し、1次崩壊面下で割れ目の地下水と合流していた。

以上の状況をまとめると、図-20に示すとおりである。

このように、崩壊斜面は、表層堆積物の基底が、東側に傾斜し、基岩の表層に粘土が存在し、1次崩壊面下に地下水が集中しやすいなど、きわめて不安定な構造または条件をそなえていたことが指摘できる。

2) 崩壊斜面の長期的変化

(1) 地形図による検討

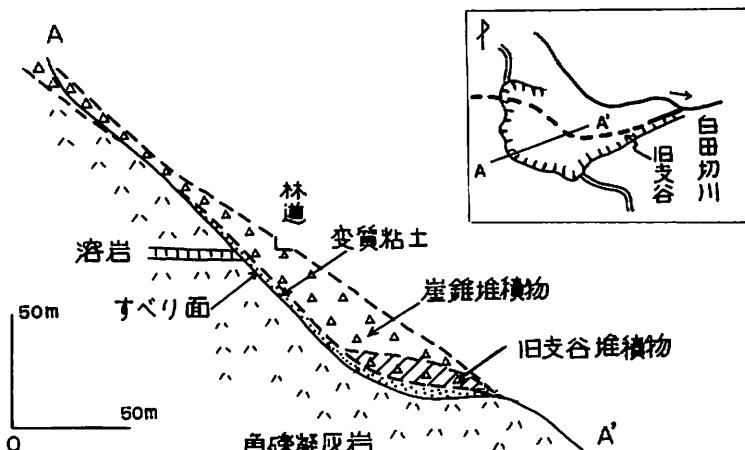


図-19 崩壊前の崩壊斜面の地質断面図

右上は、要付近の平面図

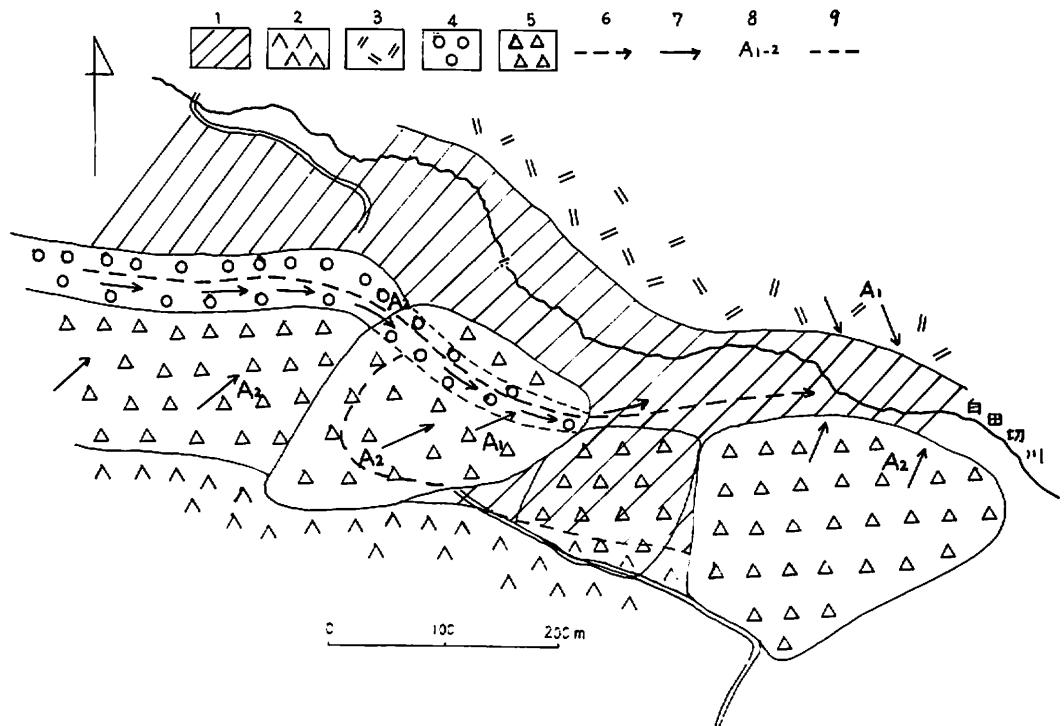


図-20 崩壊前の地質・地下水条件

1：南地獄谷熔岩類，2：赤倉山熔岩類，3：大谷泥流堆積物，4：旧支谷堆積物，5：崖錐堆積物(ただし1次崩壊地東側隣接部はきわめて薄い)，6：旧支谷，7：地下水流动方向，8：水質型，9：古亀裂

図-21には、明治44年（1:50,000）、昭和5年（1:25,000）、昭和48年（1:25,000）の国土地理院発行の地形図を示した。細部の状況はよくわからないが、昭和5年の図中には、要から現在の崩壊地の間に崩壊の記号が記されており、図-16の③の箇所の崩壊あとにほぼ一致している。

2) 高野氏の資料による検討

元新潟県庁砂防課職員、元土木研究所新潟試験所長の高野秀夫氏により、昭和44年に新潟県下の地すべり分布図が作成された。それによると、今回の崩壊箇所は、現活動地形として記されている（図-22）。この付近には、2箇所の活動地形が記されており、東側のものは、図-16の③で、西側のものは、今回の1次崩壊箇所であったという。

昭和27年新潟県発行の「地すべり現象の研究」22頁にこの箇所の様子が高野氏によって次のように記述されている。「新潟県の湯本付近には、この種の地すべり^{*}があり、温泉パイプは毎年破壊せられて、その修理に腐心している。」すなわち、1次崩壊面の崖錐上の旧登山路に沿って深さ50~60cmに木管の温泉パイプが埋められており、下流側がもちあがるような土塊の動きで、ジョイントがはずれ、しばしば修理していた。高野氏は、この斜面が地すべり性の動きをしていると判断し、図示したという。

3) 昭和52年7月22日の写真による検討

図版Ⅲ-1の写真は、上越市城北中学校の黒田一武氏の撮影したものである。この写真によると、崖錐斜面に亀裂状の裸地が走っている（図-17のx）。この線は、図版Ⅲ-2に示した1次崩壊面の滑落線と

* 温泉地すべり

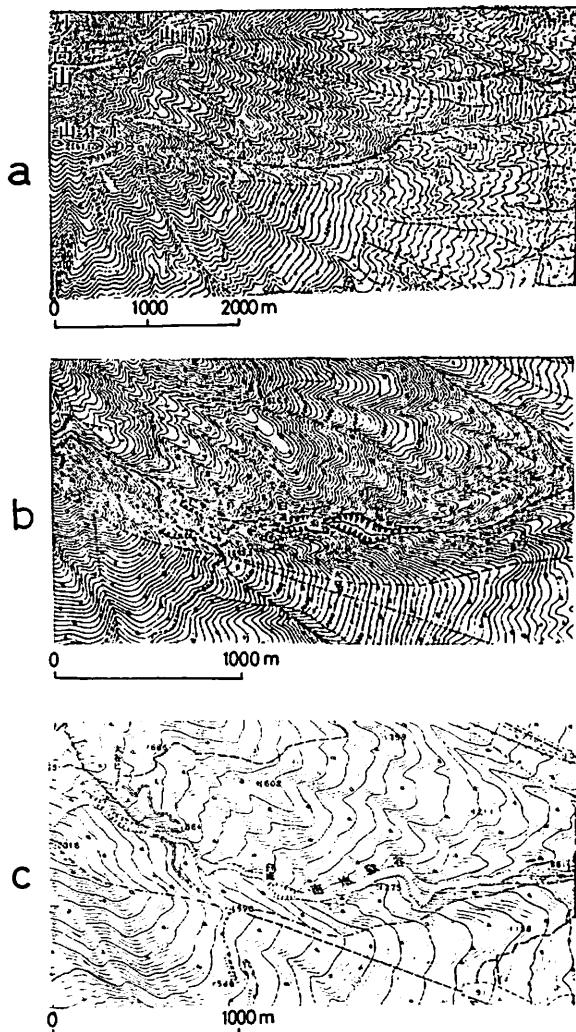


図-21 地形図の変遷

a : 明治44年 , b : 昭和5年 , c : 昭和48年
 (この地図は、国土地理院発行の5万分の1地形図
 (妙高山)と2万5千分の1地形図(赤倉)を使用したものである)

を通過して、1次崩壊面下に地下水が集中しやすい構造をもっていた。

b. 昭和初期またはそれ以前に、1次崩壊地隣接部の崖錐が崩壊し、1次崩壊地下流側の旧支谷堆積物とともに流出した。

c. 1次崩壊地の土塊は、非常にゆっくりと間欠的に動いていた可能性があり、これらの動きによって崖錐に古亀裂が発生した。

2. 崩壊の機構

今回の崩壊のうち、主要な崩壊は、第1次崩壊であり、18日午後に発生した第2次崩壊は、1次崩壊後に残存していた不安定土塊の再崩壊と考えられる。ここでは、主として、1次崩壊の機構について検討す

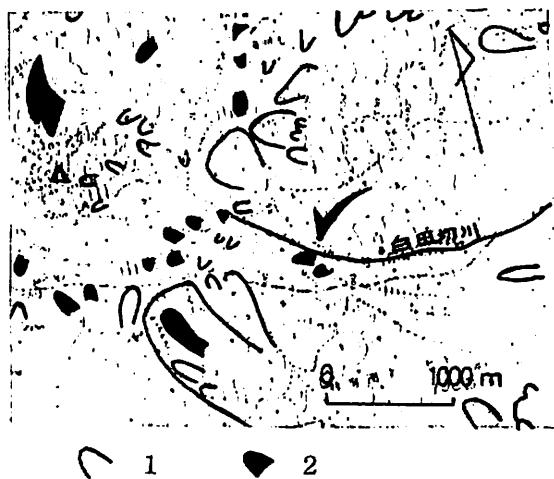


図-22 高野氏による地すべり分布図

1 : 旧活動地形 , 2 : 現活動地形

今回の崩壊地は矢印で示したところ

ほぼ一致すること、また、この亀裂につながる上流側斜面の亀裂と林道を横切る亀裂をみとめた人がいること（信州大斎藤氏のききとりによる）等から、崩壊土塊の動きによって形成された亀裂と判断される（以下、古亀裂という）。

なお、この裸地を山菜とりのふみあととする意見もあるが、この付近では、山菜は、この斜面の下端付近及び白田切川対岸に多いという話や上記の理由で、筆者らは亀裂と考えている。

以上をまとめてみると、今回の崩壊斜面の素因は、次のとおりである。

a. 表層に粘土をもつ基岩上に、不安定な形で表層堆積物がおおい、崩壊面下の旧支谷の水みち

る。

a. 今回の1次崩壊は、基岩の崩壊ではなく、基岩をおおって分布していた表層堆積物の崩壊であった。崩壊は、急激に発生し、基岩表層部の変質粘土もけずりとったと考えられる。1次崩壊は、旧支谷沿いの土塊の動きから始まり、崖錐の急激な崩落に発展していった可能性が大きい。

b. 前記のような不安定な構造をもつ表層堆積物が、崩壊を起すためには、飽和土塊に震動等による衝撃が加わったか^{*1}、または、土塊中の地下水位(圧)の上昇により有効応力の減少に伴なう土塊のせん断強度の低下が生じた場合が考えられる。前者の場合、この付近には、当日前後に大きな地震の発生の記録がないので、ここでは考えられない。

c. 地下水位(圧)上昇^{*2}による土塊のすべり、崩壊は従来、多くの事例で知られており、川上らによる土塊の安定計算によってもその可能性が指摘されている。

d. 土石流に転化するような急激かつ大規模な崩壊の発生機構には、次のような見解が示されている。

i 浸透水の増加により土塊下端からの地下水流出量が増加し、下端部の土砂流出により不安定な構造をもつ土塊の安定条件が一気にくずれ、東へ傾斜している古支谷上を崩壊流下した。

ii 長年の水みちの形成で、土塊細粒部の脱落による下端部の間隙比が増大し、浸透水の増加によって土塊が沈下し、この衝撃によって間隙水圧の急激な上昇を生じ液状化が発生して大崩壊に至った（佐々・武居、1971）。

iii 崩壊前に土塊が動き、水みちがふさがれ、土塊内部の間隙水圧が上昇し、土塊下端から水が吹き出して洗掘し、安定条件が失われて大崩壊に至った。^{*3}

上記の見解のうち、i、iiは、1次崩壊がほとんど一気に発生したという考え方で、iiiでは、大崩壊前に、土塊の移動（先く移動）があったという考えになる。

e. 大崩壊前に先く移動または前兆現象があったかどうかは、i 新赤倉温泉宿泊客がきいたという当日午前2時30分～4時と5時の鈍い響をもった音（5月21日日付、朝日新聞、新潟版）と、ii 後でのべる当日夜中から、午前6時頃の間に発生した池ノ平温泉の分岐湯槽における湯量の減少と湯温の低下等がある。

これらが大崩壊の前兆現象かどうかは確定できないが、もし、上述の土塊の先く移動に関連があるならば、素因の項でのべた1次崩壊地の崖錐斜面に存在した古亀裂を境として移動したことは十分考えられる。

3. 誘因（外因）

以上のような崩壊機構から、今回の1次崩壊について、土塊の安定条件に影響を与えた浸透水の増加に関係する外的誘因および、その他の誘因について検討する。

1) 気象条件

新潟県上越市にある高田測候所によると、上越地方では、春先の気温が低く、3、4月の時期には山地の雪は、例年より大量に残っていた。災害直後もこの付近の積雪は1m前後であった。

4月下旬より5月に入って次第に気温も上昇し、5月中旬になって、とくに12日から17日まで晴天が続いた、最高気温も24℃～25℃と高く、とくに16、17日には、27℃、29℃に達したという。17日夜半から降雨があったが、高田では0.5mmと記録されている。

*1 たとえば、昭和43年5月16日、十勝冲地震における青森県三戸郡五戸町の斜面崩壊

*2 土塊中の地下水位(圧)は、1次崩壊斜面下部の地下水湧出口のあとから十分考えられる。

*3 過去何回か大崩壊を目撃された高野氏の御教示による。

中俣によれば、崩壊前の気象条件で、冬の積雪は例年よりやや多く（290cm），融雪のおくれが特徴といわれている。とくに気温との関係で4月27日以降は例年になくわめて異常な融雪であったと指摘している。融雪水量も、災害発生頃には、1日最大1.5万トンと推定されている。

これらのことと、崩壊地の地質・地下水条件から、崩壊地の土塊に多量の融雪水に起因する地下水が流入し、土塊中の地下水位(圧)が上昇したことは、十分考えられる要因である。とくに旧支谷を流れる地下水は、斜面上方の約20ha以上の凹型斜面の融雪水から供給され、土塊中への流入量は1次崩壊地の崖錐からの浸透量よりもかなり多かったと推定される。ただし、崖錐への融雪水の浸透には、前記の古亀裂の存在が無視できない。

2) 林道

昭和44年に施工された林道が土塊の安定条件に与えた影響は、a. 林道の切りとり排土による土塊全体の不安定化、b. 林道の盛土の崩壊による土塊全体の崩壊、c. 林道に発生した亀裂による浸透量の増加などの要因が考えられる。

aについては、土塊の全体の規模と林道の排土量からみてこの可能性はうすく、とくに不安定土塊の下端をきっていない点で問題が少ないのである。

bについては、豪雨時の斜面崩壊例でよく知られている^{*1}が、ここでは盛土がわずかしか存在せず、施工中に残土を要まで運んで捨土したとの証言もあるので、この要因による崩壊誘発の可能性は少ない。

cについては、昭和53年5月20日付読売新聞および昭和53年5月25日付新潟日報が、崩壊前の林道の亀裂についての3名の目撃者談を掲載している。すなわち、5月7日と1年前のもので、谷側の路肩沿い巾10~15cm、長さ30mの亀裂あるいは、巾2m長さ50mの陥没の存在を指摘しているが、これについて、妙高温泉土地会社と高田営林署が反論している。位置が不正確ではあるが、道路に平行な路肩沿いの亀裂は、全くなかったとはいえない。^{*2}そして、これらの亀裂は、深さはあまり深くなかったと思われるが、前に述べた林道を横切る古亀裂と共に、崖錐堆積物への融雪水の浸透量増加に寄与した可能性は否定できない。

3) 温泉パイプ

崩壊前に温泉パイプが破断し、大量の漏湯が斜面を流下浸透し、崩壊要因になったという考えについて検討する。

妙高土地温泉会社におけるききとりによると、池の平温泉及び妙高温泉にある分岐湯槽において、湯温、湯量を毎日午前8時30分~9時に測定し、管理日誌に記録されている。これによると、昭和53年1月1日から崩壊前日までに湯温または湯量に異常をみとめて出動した回数は、1月2回、2月2回、3月1回、4月4回、5月2回の計12回で、これらのうち、分岐湯槽の故障1件をのぞくすべての原因は、源泉での雪崩、降雨に伴なう湯口の土砂詰りであり、本管破損は、昭和46年12月の地すべりと今回の崩壊によるもの2件であった。昭和53年5月12日~5月17日（崩壊前日）の午前9時までは、湯温60~61℃、湯量も正常で、それ以後、18日の崩壊までの様子は不明である。

一方、矢島ほか（1978）は、池の平温泉の宿泊所24軒に対してききこみを行った結果、災害前夜8時頃給湯が停止していた宿泊所3軒、減少または停止が5軒、不明13軒、異常なし3軒であったと報告している。

*1 たとえば昭和51年9月、台風17号豪雨による小豆島災害（公文富士夫ほか、1979）

*2 新潟大学中俣三郎は、雪圧によって林道の亀裂発生の可能性を指摘している。

池の平温泉管理組合理事 Y 氏^{*1}は、自宅内にある分岐湯槽^{*2}で、長い間毎日午前 6 時と午後 9 時に湯温を測定し記録しているが、災害前日 5 月 17 日午後 9 時および入浴した午後 11 時に異常がなく、5 月 18 日午前 6 時前（5 時 55 分頃）に、湯量が半減し、湯温の低下を確認している。なお同氏は、はじめ泉源の異常と考えたという。

池の平の共同浴場では、前日午後 12 時頃まで異常がなかったという。

以上、Y 氏及び共同浴場の例から、温泉給湯の異常は、17 日午後 12 時から 18 日午前 6 時頃の間（大崩壊前）に生じている。

しかし、この異常が、本管の異常によるものか、過去しばしば発生していた泉源における異常によるものかは確定できない。

もし、本管の異常によるものならば、矢島ほか（1978）が述べているように、5 月 17 日午後 8 時頃、林道切土部分の崩壊による落石が埋設パイプを破断させたとは考えにくい。むしろ、崩壊の機構の項でのべたように、大崩壊前 18 日午前 1 時頃～5 時頃^{*3}の間に、崖錐の古亀裂を境として土塊の先く移動が発生し、温泉パイプに異常が生じたと考えた方が説明しやすい。この場合、温泉パイプからの漏湯が、林道上の亀裂から流入し、土塊中の浸透量増加あるいは、すべり面の弱化に寄与した可能性は否定できない。

3. まとめ

以上の諸検討から今回の 1 次崩壊の発生原因をまとめると次のとおりである。

1) 素 因

- 崩壊斜面は、傾斜した変質基岩（旧支谷）上に 2 種類の表層堆積物がおおい、地下水が斜面下部に集中しやすく、崩壊に対しては、きわめて不安定な条件をもった箇所である。
- 昭和初期頃あるいはそれ以前の隣接崖錐の崩壊によって崩壊斜面の不安定化が促進された。
- 少なくとも昭和 27 年頃以降、土塊は間欠的な動きを示しており、その結果として、1 次崩壊斜面にすべり面と一致する亀裂が発生したと思われる。

2) 誘 因

- 崩壊に至った直接的な主要誘因は、崩壊前の例年にはない異常融雪水の浸透により、上記の亀裂の弱化をまねき、土塊中の地下水が増加したためと考えざるを得ない。また、大崩壊前 18 日午前 1 時～5 時頃の間に、前記亀裂を境として土塊の先く的移動があった可能性があり、このため地下水の流出がとまり、土塊中の間隙水圧の異常な上昇をもたらし、大崩壊に至ったものと考えられる。
- 温泉の源泉に異常がなかったならば、崩壊箇所の温泉パイプに、崩壊前 18 日午前 1 時～5 時頃に上記の先く的移動による異常が発生し、その結果の漏湯が浸透量増加及び崩壊の促進に寄与した可能性は否定できない。
- 林道については、林道建設による土塊の不安定化、盛土の崩壊による要因は少ないが、道路の亀裂等から、融雪水の浸透を容易にさせたという可能性は存在する。

*1 読売新聞新潟支局多田記者の御教示による。

*2 先述の分岐湯槽の下流側にある。

*3 崩壊地の本管に異常がでると、約 40～50 分おくれで池の平温泉に給湯の異常がでるという。

V あ と が き

ここでのべた事柄は、崩壊前のとぼしい資料、崩壊後に現地にのこされた資料にもとづく推定であって、今後は、類似の条件をもった箇所における各種の観測によって推論が実証されなければならない。

さらに、今後の問題のひとつとして、妙高山地域において、類似の条件をもつ危険箇所を指摘する必要がある。また、今回の崩壊箇所のような危険箇所に事前の検討なしに林道や温泉パイプを設置し、かつ、土塊の動きに関する観測等を実施しなかったことは、今後の防災問題を考える上で、大きな反省点として指摘しなければならない。

本報告が、災害予測あるいは災害の未然防止に役立つことを願うとともに、今回の災害で亡くなられた方々の御冥福を心から御祈りする次第である。

文 献

- 青木 滋・高浜信行・島津光夫・吉村尚久・斎藤 豊・霜鳥重雄・北野 康・鈴木幸治(1978)：昭和53年5月18日妙高灾害(1)-崩壊地の地質・地下水条件と崩壊-, 第15回自然災害科学総合シンポジウム講演論文集, 103~106.
- 馬場一雄(1965)：妙高山麓の水理地質(1), 新潟応用地質研究会誌, 12, 1~31.
- 茅原一也・植村 武・小林巖雄・歌代 勤・藤田至則(1978)：昭和53年5月18日妙高灾害(2)-土石流の流下形態-, 第15回自然災害科学総合シンポジウム講演論文集, 107~110.
- 早津賛二(1972)：妙高火山群-黒姫・妙高火山の形成史を中心として-II, 地球科学, 26-3, 91~103.
- (1975)：妙高火山・第IV期の活動とその噴出物-妙高火山群の地質記載・その1-, 第四紀研究, 14, 1~13.
- (1978)：妙高火山の形成史と泥流, 地理, 23-10, 68~77.
- 川上 浩・阿部広史(1978)：妙高灾害斜面の土質状況と安定性, 昭和53年度自然災害科学中部地区シンポジウム講演概要集, 27~30.
- 公文富士夫・池田 碩・天野 滋・志岐常正・飯田義正(1979)：1976年9月, 台風17号豪雨による小豆島での災害について, 地球科学, 33-1, 26~42.
- 守屋喜久夫・柴原俊昭(1978)：妙高高原における土石流災害の地質地形学的研究, 日大理工学部一般教育教室彙報, 1~10.
- 妙高団体研究グループ(1969)：妙高火山の形成史と山麓の水理地質, 新潟大高田分校紀要, 14, 241~273.
- 永井 茂(1968)：目でみる水質表示法, 地質ニュース, 163, 20~27.
- 中俣三郎(1978)：妙高土石流災害に対する積雪面よりの検討, 昭和53年度日本雪氷学会予稿集,
- 農林水産省・建設省(1978)：昭和53年5月18日妙高高原町における土砂災害調査報告書, 1~8, (とう写印刷).
- 佐々恭二・武居有恒(1971)：鉛直方向側面破壊の検討II. その実例, 地すべり, 14-3, 7~14.
- 白石一夫(1978)：妙高高原町に発生した土石流災害について, 地すべり, 15-2, 40~42.
- 谷岡誠一(1978)：妙高高原の土石流災害, 地理, 23-10, 78~86.
- 山下 宏(1973)：妙高温泉地すべりとこれに伴う山津波の発生当時の目撃者の話から, 地すべり, 9-3, 22~26.
- 矢島基臣・松野操平・鈴木 哲・鶴飼恵三(1978)：5.18妙高灾害の緊急調査報告(1)土石流頭部で発生した斜面崩壊の原因, 第15回自然災害科学総合シンポジウム講演論文集, 95~98.