

Natural Disaster Research Report No.34

REPORT ON THE DISASTER BY THE MAY, 1997 SUMIKAWA LANDSLIDE
AND DEBRIS FLOWS AT KAZUNO CITY, AKITA PREFECTURE

主 要 灾 害 調 査

第 34 号

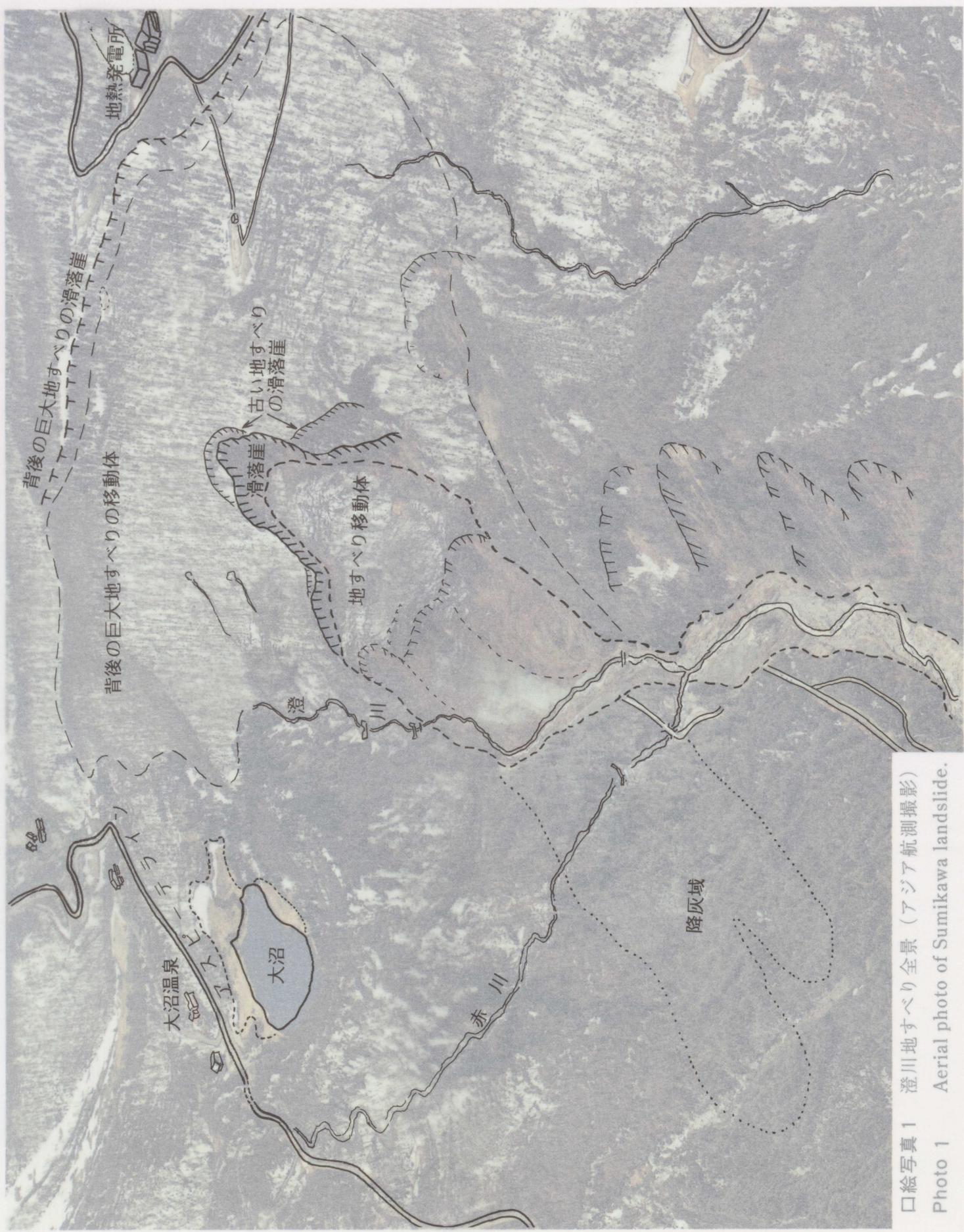
1997年5月秋田県鹿角市澄川地すべり・土石流災害調査報告

平成10年3月

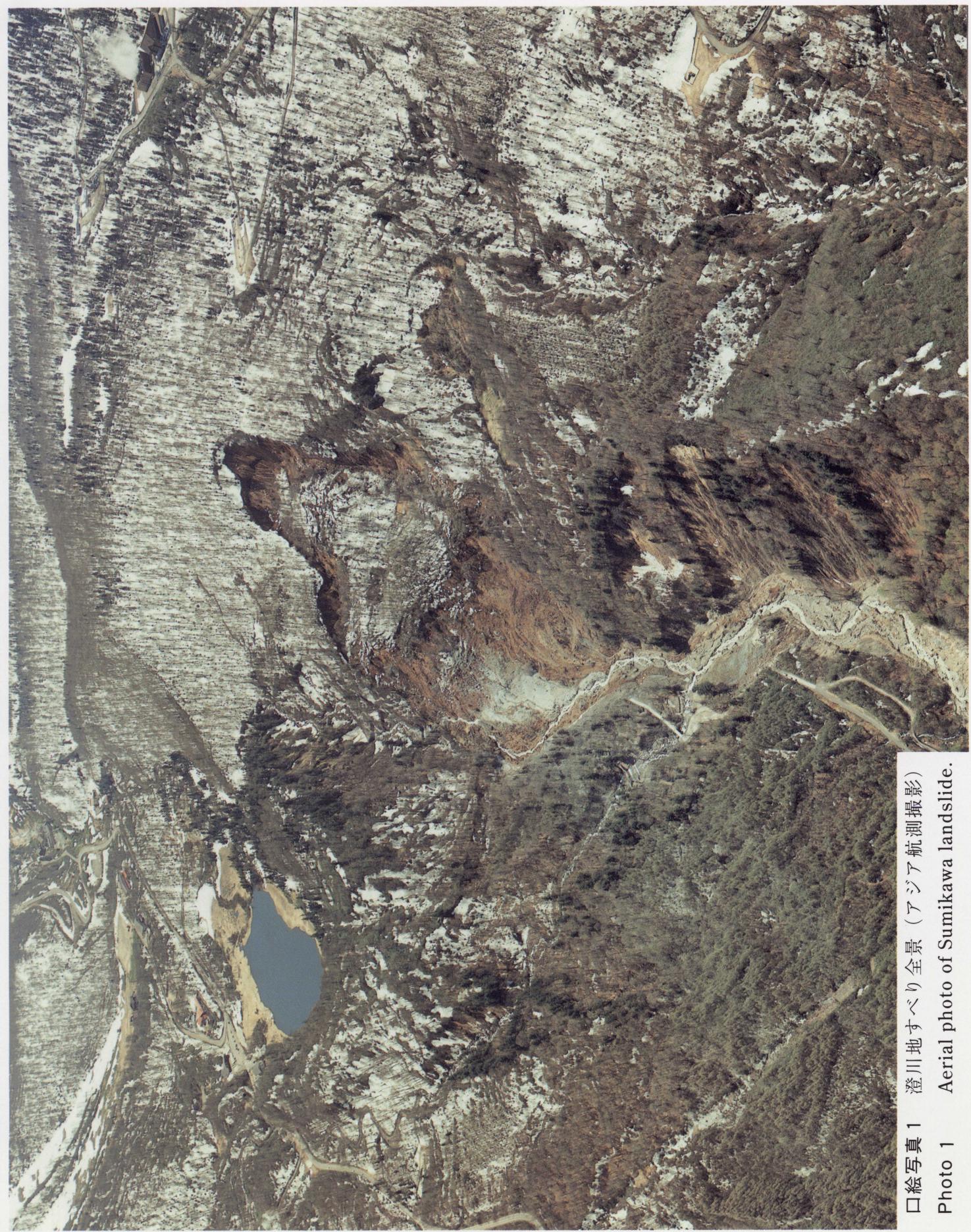
科 学 技 術 序

防 災 科 学 技 術 研 究 所

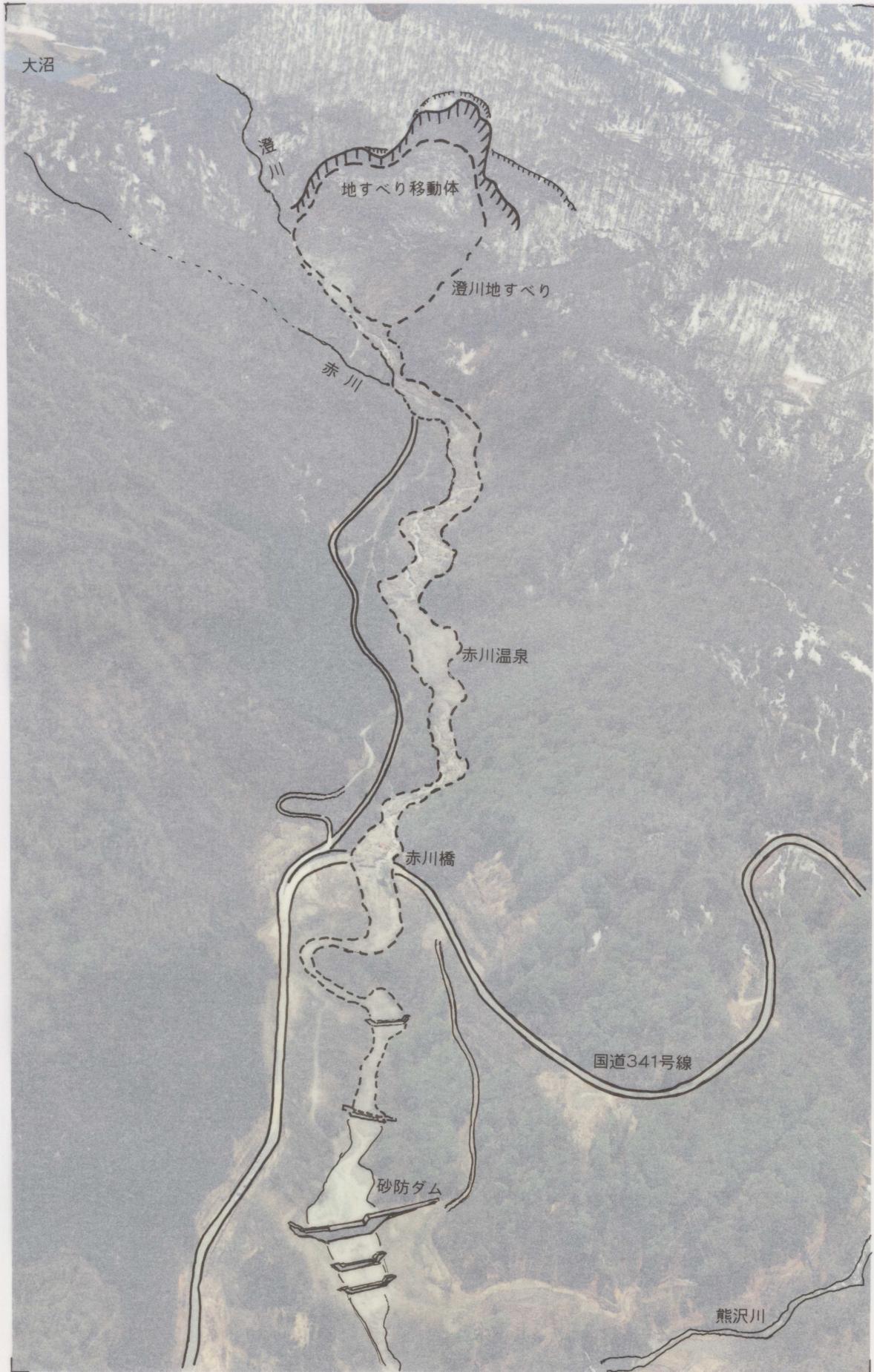
*Published by The National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention
Science and Technology Agency, Japan
March 1998*



口絵写真1 澄川地すべり全景（アジア航測撮影）
Photo 1 Aerial photo of Sumikawa landslide.



口絵写真 1 澄川地すべり全景（アジア航測撮影）
Photo 1 Aerial photo of Sumikawa landslide.



口絵写真2 澄川地すべり・土石流災害地全景（アジア航測撮影）

Photo 2 Aerial photo of Sumikawa landslide and debris flow.



口絵写真 2 澄川地すべり・土石流災害地全景（アジア航測撮影）
Photo 2 Aerial photo of Sumikawa landslide and debris flow.

1997年5月秋田県鹿角市澄川地すべり・土石流災害調査報告

田中耕平*・井口 隆**

Report on the Disaster by the May, 1997 Sumikawa Landslide and Debris Flows at Kazuno City, Akita Prefecture

by

Kohei TANAKA * and Takashi INOKUCHI **

Abstract

The backside of the slope at Sumikawa Hot Spring, located at Hachimantai, Kazuno City, Akita Prefecture, collapsed at about 8 o'clock a.m. on May 11, 1997. The landslide was about 350 m in width and about 700 m in length. Earth and debris from the landslide destroyed 9 houses at the hot spring, fell into the Sumikawa river and then became a debris flow. This flow, in turn, hit 7 houses at the Akagawa Hot Spring about 1 km downstream and was stopped by the Sabo Dam about 2 km downstream. Fortunately, no death or injury resulted from the disaster. This was due to successfully emergency evacuation procedures.

Several facts were made clear by our survey. The direct triggers were heavy rainfall and melting snow. But an other major factor was hydrothermal alteration. As such, the Sumikawa landslide is referred to as a "hot spring type". Some researchers have said that debris flows are triggered by phreatic eruptions. But it is our belief that these eruptions occur as the result of landslide and are not directly related with debris flows. The debris flow in this case is similar to the debris avalanche phenomena. This landslide occurred at a geographical position which had been indicated on the "Landslide Distribution Map" published by our institute.

* 防災科学技術研究所 防災総合研究部 地表変動防災研究室長

** 防災科学技術研究所 防災総合研究部 主任研究官

目 次

1. はじめに	(田中耕平)	3
2. 発生の状況	(田中耕平)	3
2. 1 発生場所 .....	.....	3
2. 2 経過 .....	.....	3
2. 3 降雨・融雪 .....	.....	5
3. 澄川地すべり	(田中耕平)	6
3. 1 形態と運動 .....	.....	6
3. 2 すべり面 .....	.....	11
3. 3 温泉変質 .....	.....	12
4. 岩屑なだれ	(田中耕平)	13
5. 水蒸気爆発	(田中耕平)	17
6. 澄川地すべり周辺の地すべり地形	(井口 隆)	18
6. 1 発生前の地すべり地形 .....	.....	18
6. 2 澄川地すべり周辺の火山斜面における地すべり地形の分布とその特徴 .....	.....	20
6. 3 地すべり地形斜面での既往地すべり災害 .....	.....	22
6. 4 「地すべり地形分布図」とその防災的意義 .....	.....	25
7. 火山性地すべり災害事例とその防災対策	(井口 隆)	26
7. 1 火山性地すべり発生の背景 .....	.....	26
7. 2 既往火山性地すべり災害事例 .....	.....	27
7. 3 火山性地すべり災害と防災対策 .....	.....	34
8. 避難活動と防災対策への教訓	(井口 隆)	35
8. 1 前兆の検知と地元の対応 .....	.....	35
8. 2 行政機関の対応と避難警戒体制 .....	.....	36
8. 3 今回の災害から得られた教訓 .....	.....	37
9. まとめ	(田中耕平)	38
引用文献 .....	.....	39
参考資料 .....	.....	40

1. はじめに

平成9年5月11日午前8時頃、秋田県鹿角市八幡平の旅館「澄川温泉」の南側斜面が、幅約350メートル、奥行き約700メートルにわたって崩れ、同温泉の建物9棟を押し流した。土砂はその後土石流となって下流に流れ、約1km離れた旅館「赤川温泉」の建物7棟を押しつぶし、崩壊発生現場から約2km下流の砂防堰堤で止まった。幸いにして緊急避難が功を奏して、この地すべりならびに土石流によって人的被害は発生しなかった。

この地すべりならびに土石流の特徴としては、温泉変質が地すべりの発生に大きく関与している温泉地すべりであることや、水蒸気爆発を引き金として土石流が発生した可能性があること、土石流と言われているが、実際には岩屑なだれに近い現象であること、防災科学技術研究所から発行されている「地すべり地形分布図」にその存在が記載されている場所での発生であること、ならびに緊急避難が成功し、人的被害を出さずにすんだことなどがあげられる。

防災科学技術研究所はこの災害に対して、平成9年5月21日から24日と平成9年6月16日から18日に主要災害調査を行ったのでその結果をここに報告する。

2. 発生の状況

2. 1 発生場所

澄川地すべりは秋田県鹿角市の中でも最南端に位置し、東側の岩手県との県境、南側の田沢湖町との市町村界はそれぞれ澄川地すべりから約5km、約2kmの場所を通っている。また、この場所は十和田八幡平国立公園に隣接しているが、国立公園の指定地からは外れている。

交通は八幡平アスピーテラインと国道341号線の交点より国道を約1km南に行くと土石流に襲われた赤川橋があり、この橋の付近で国道と分かれる車道を赤川沿いにさらに南の上流側に進むと約300メートルで赤川温泉、さらに約1kmで澄川温泉がある。

地形的には秋田焼山火山の北東部に位置するが、西側にはすぐ八幡平火山があり、秋田焼山火山と八幡平火山の間の谷地形に沿って、日本海に注ぐ米代川の支流の熊沢川、さらにその支流の赤川に注ぐ澄川が北に向かって流れしており、地すべり地はその澄川に面している。この辺り一帯には多くの温泉があり、澄川地すべり地末端においても旅館「澄川温泉」が営業していた（図2. 1）。

地質概説としては下部に新第三紀のグリーンタフ層が厚く分布しており、その上位にはカルデラを埋める形で堆積した第四紀の湖沼堆積物が焼山の地下にあり、特に西側で厚くなる傾向がある。さらにその上には焼山火山や八幡平火山の火山噴出物が厚く被っている（新エネルギー総合開発機構、1988、内田・光畑、1995など）。

2. 2 経過

「澄川温泉」の経営者（阿部博明氏）ならびに鹿角市役所の職員、警察官（藤沢彰氏）などに発生の状況についての聞き取り調査をおこなった。その結果を要約して以下に示す。

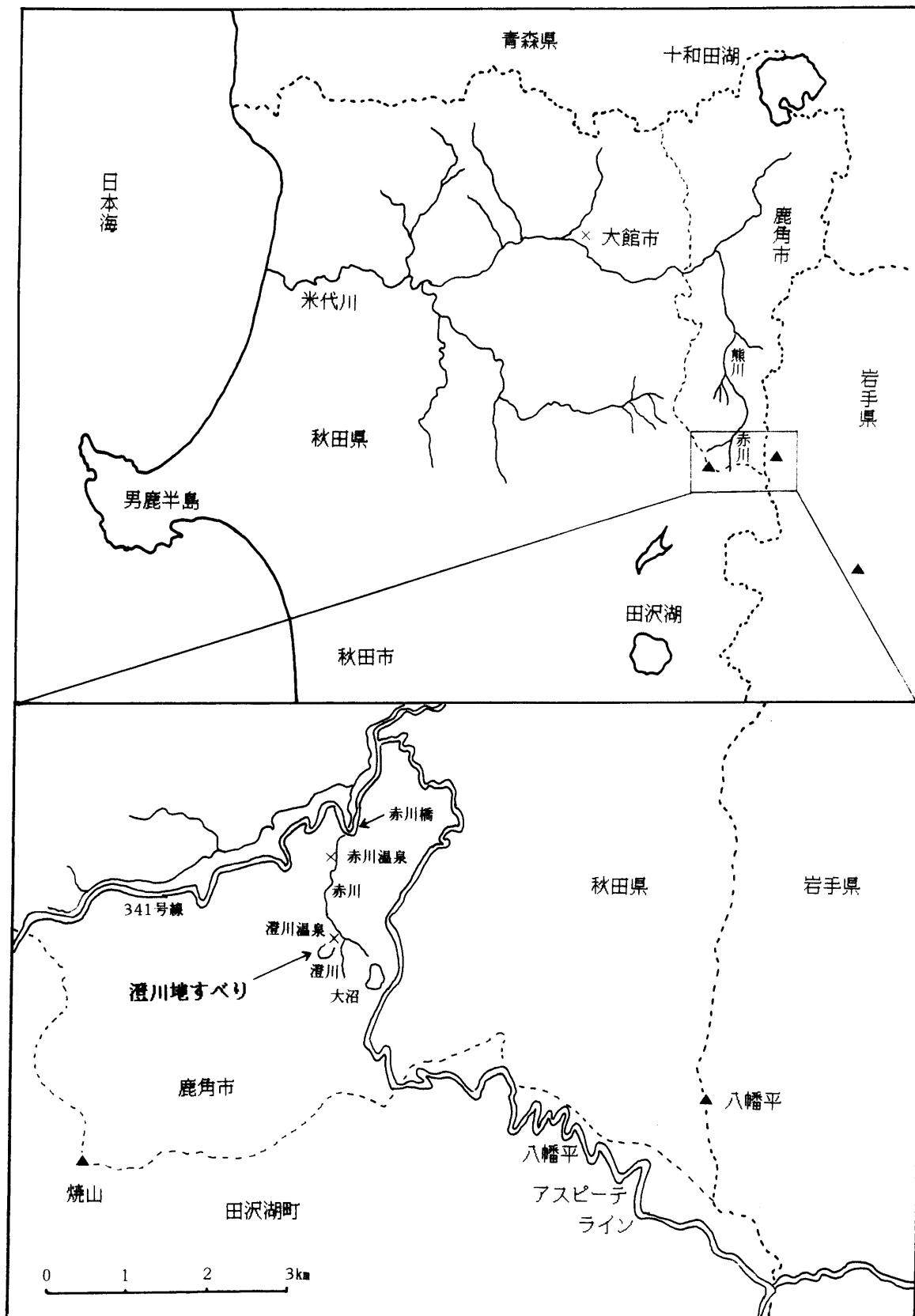


図2.1 位置図

Fig. 2.1 Index map

- 5月3日（土） 澄川温泉の裏山から取水している飲料水が濁る。
- 4日（日） 山を見回るが、変状は認められず。
- 8日（木） 雨が降る（約110mm）。12:00～13:00 山側にあった露天風呂が土砂を被る。
- 9日（金） 朝、旅館前の歩道に亀裂を発見、一番奥の建物である湯治場に山が押してくる。泥火山から湯が出始める。
- 10日（土） 9:00 地質調査会社に調べてもらい、大きな範囲で亀裂が入っていることが判明。15:30～16:00 温泉と川の間に川に平行に亀裂が入り、それが落ちる。16:45 災害警戒本部設置、16:49 澄川温泉に避難勧告、17:02 赤川温泉に避難勧告、18:55 銭川温泉に避難勧告。
- 11日（日） 7:00～8:00 市長一行が現場視察。山が動いているのを目撃し、危険を感じて澄川温泉より退去（7:40頃）。
- 8:00頃 ドンと音がして、山より高く水蒸気が上がる。1分弱して土石流が赤川橋を通過。

以上は地上にいた目撃者の証言から発生状況をまとめたものであるが、これとは別に11日前午前8時10分頃、現場上空をヘリコプターで飛んでいた秋田航空の機長と整備士が水蒸気爆発を目撃していた。それによれば「ヘリが現場上空を旋回中、澄川温泉の東北東で間欠泉のような約5,60メートルの高さの白い煙が突然、立ちのぼって消えた。5,6秒後、再び高さ100～120メートルの白い煙が同じ場所からあがり、煙の東側を飛ぶと灰混じりの白い雨が降った。5分後同じ場所を飛行すると煙は収まっていた。」（読売新聞5月13日朝刊）などの証言が得られている。

2.3 降雨・融雪

本地すべりの下流に気象庁のアメダス観測所（八幡平、標高578m）があり、この観測点での地すべり発生前の降水データを図2.2に示す。地すべりの直接の原因は5月8日の110mmの降雨と見られる。しかし、すでに5月3日頃から飲料水が濁るなどの地すべりの兆しはあった。この時期にこの地域では、まだ1m程度の雪が残っており、融雪水が地下に浸透して、ちょうど先行降雨の役割をしていたと見られる。松浦等（1997）の計算によれば、3月から5月

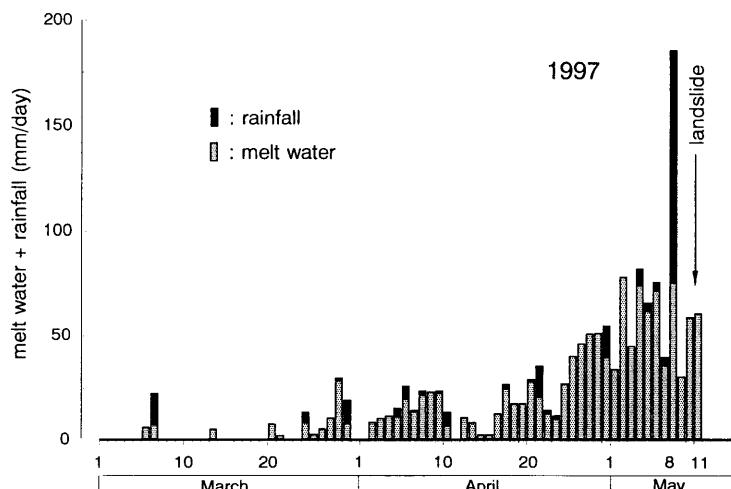


図2.2 地すべり発生前の計算融雪水量と降雨量
(松浦ほか、1997)

Fig. 2.2 Calculated amount of melted snow and rainfall before landslide (Matsuura and others, 1997)

の地すべり発生までの融雪水の量は図2. 2のようになり、4月になってから、ほぼ毎日融雪水が発生し、4月後半から急激にその量が増え、5月になると1日あたり40～70mmの量が供給されていたと見積もられている。特に8日は110mmの降雨が加わり、全体として190mmに相当する量が推定され、これが地すべり発生の原因になったと考えられる(図2. 2)。

3. 澄川地すべり

3. 1 形態と運動

この地すべりは後述するごとく1984年に国立防災科学技術センター（現在の防災科学技術研究所）から発行された地すべり地形分布図にその存在が記載されていることからもわかるように、初生地すべりではなく過去に活動した地すべりの再動である。そのため外形や移動土塊の形態には、過去の地すべりの活動と今回の地すべりの活動によってできたものがオーバーラップしているので、それを別けて考える必要がある。

この地すべりでまず目につくことは、図3. 1、写真3. 1に示すように、滑落崖で囲まれた地すべりの外形が、単純な馬蹄形をしていないことである。それは大きな馬蹄形の上にさらにもう1つの小さな馬蹄形をかさねたような外形をしている。もし地下で単純な弧状のすべり面で地すべりがすべっているならば、外形も単純な馬蹄形をしているはずである。このためこの外形から考えられることは、深いすべり面をもつ地すべり（以後地すべり下部と呼ぶ）と、さらに山側に比較的浅いすべり面をもつもう1つの地すべり（以後地すべり上部と呼ぶ）が連続していて、恐らくは地すべり下部のすべりが発生した結果、支えがなくなる形で地すべり上部のすべりが発生したと考えられる。1971年の空中写真（国土地理院撮影、縮尺4万分の1）にすでにこの構造が認められていることから、これは今回新たに発生したものではない。

全体として移動土塊をみてみると外形に対応した形態をしていて、4つの部分に分けることができる。まず地すべり下部の馬蹄形に対応するようにslumpで後方回転をした土塊（第1ブロック），次に地すべり上部の馬蹄形に対応しすべり落ちてきた土塊（第2ブロック），地すべり右岸側と左岸側でそれぞれ滑落崖から落ちてきて小さなブロック（右岸側を第3ブロック、左岸側を第4ブロックと呼ぶ）に4大別することができる。しかもその回転した第1ブロックの土塊と後続の第2ブロックの土塊の間は低くなり谷状の地形となっている。その谷状の地形は地すべり下部の馬蹄形の滑落崖と対応する弧状を描いている。第1ブロックの中ほどから第3、4ブロックにかけては、slumpの後方回転のためヒンジラインが形成されている。そのヒンジラインの方向はN45°Wで地すべり全体の伸びの方向（N10°E）に直交していない。過去の移動ではこのヒンジラインを形成するようなslumpが起き、ヒンジラインより下方が谷に向かってすべり落ちたと考えられる。しかし今回の移動ではslumpの動きは大きくなく、全体として谷側に平行移動する動きの方がまさっていたと考えられる。その理由としては前述した第1ブロックと第2ブロックの間の谷状地形の部分に大きな変動が認められず、移動土塊は一連の構造をしているためである。

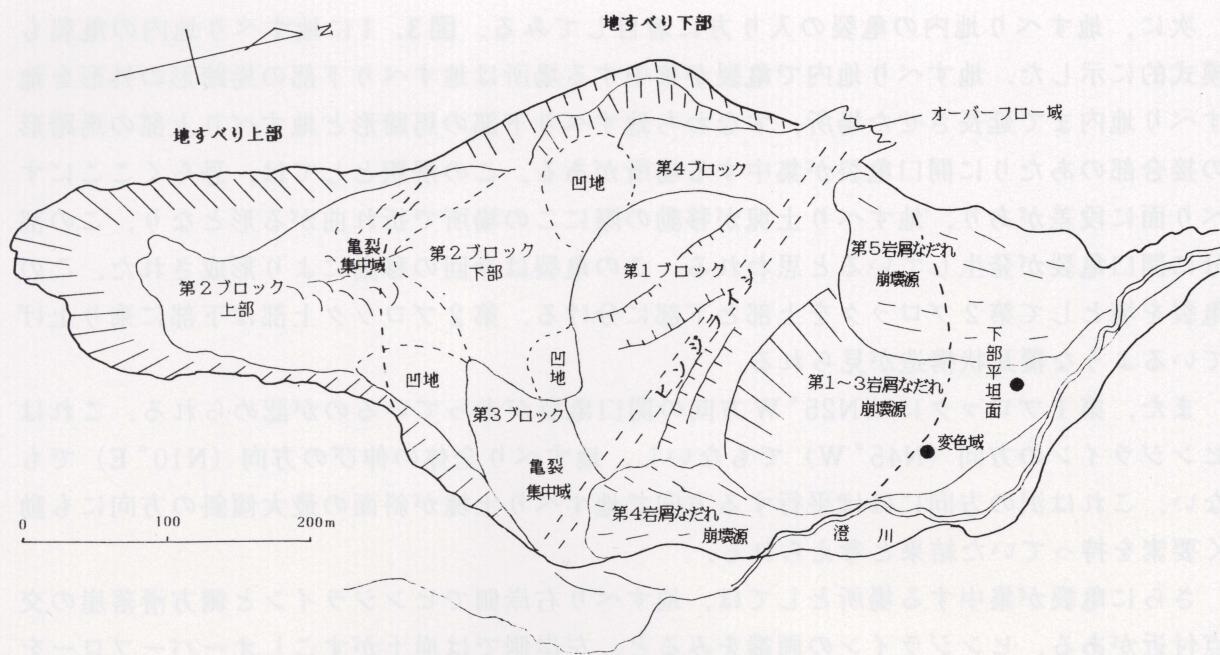


図3.1 澄川地すべりの形態（黒丸は推定された水蒸気爆発地点）

Fig. 3.1 Shape of Sumikawa landslide (Solid circles show presumed points of phreatic eruptions)



写真3.1 澄川地すべりの垂直空中写真（1997年5月12日アジア航測撮影）

Phot. 3.1 Vertical air photograph of Sumikawa landslide (Asia Air Survey Co., Ltd.)

次に、地すべり地内の亀裂の入り方に着目してみる。図3. 1に地すべり地内の亀裂も模式的に示した。地すべり地内で亀裂が集中する場所は地すべり下部の馬蹄形の外形を地すべり地内まで延長させた場所、すなわち地すべり下部の馬蹄形と地すべり上部の馬蹄形の接合部のあたりに開口亀裂が集中する場所がある。この解釈としては、恐らくここにすべり面に段差があり、地すべり土塊が移動の際にこの場所で折れ曲がる形となり、この部分に開口亀裂が発生していると思われる。この亀裂は今回の移動により形成された。この亀裂を境として第2ブロックを上部と下部に分ける。第2ブロック上部は下部に乗り上げているような覆瓦状構造が見られる。

また、第1ブロックにはN25°W方向の開口亀裂が走っているのが認められる。これはヒンジラインの方向(N45°W)でもないし、地すべり全体の伸びの方向(N10°E)でもない。これは沢の方向にほぼ平行する方向で地すべり土塊が斜面の最大傾斜の方向にも動く要素を持っていた結果と考えられる。

さらに亀裂が集中する場所としては、地すべり右岸側でヒンジラインと側方滑落崖の交点付近がある。ヒンジラインの両端をみると、左岸側では崩土がすこしオーバーフローをしているが、右岸側ではそのような現象はみえず、そのかわりにこの部分に開口亀裂が発達している。この解釈としては、今回の地すべりによる移動がslump的な回転的要素よりも地すべりの左岸側への要素を含む平行移動の結果であると考えられる。地すべり下部のヒンジラインより上の左岸側滑落崖で発生している小規模な滑落もヒンジラインが下方に移動した結果、その部分の押さえがなくなり、滑落崖が崩壊したと思われる。

またヒンジラインの両端で二次すべりが発生している(写真3. 2)。この理由としては、ヒンジラインの両端は、後方回転している第1ブロックの崩土ではなく、それぞれ後方の側方滑落崖から落ちてきた崩土で構成される別のブロックで、第1ブロックがすべてしたことによりこの両端が不安定となり二次的なすべりを発生させたと考えられる。この二次すべりの上には水蒸気爆発の噴出物はのっていない。

ひとたび地すべりが起き、移動土塊が形成されれば、その移動土塊は下の基盤とは別の地質単元となり、それ独自の性質をもつという考え方(Oyagi, 1987)にたてば、今回の土塊の移動が一見すればslump的な動きに見えるが、実際は地すべりの伸びの方向へのtranslational slideが主体であるということも理解できる。

同様なことは地すべり下部と上部との関係にも言える。恐らく過去の移動では地すべり下部はslumpを起こし、その結果地すべり上部が下部の土塊の空白部を埋める形ですべり落ちていると見られる。両者がこの関係ならば、当然下部と上部の間にはなんらかの不連続があるはずである。地形的にはその部分に凹地が形成されており、発生前の地図によればその凹地に沿って沢が流れていた。しかし現地調査で確認したところによれば今回の移動では両者の間には特別な変動は認められず、一体として移動している。このことからも今回のすべりは、過去に形成された土塊が1つのユニットとして移動したと考えられる。

現場での聞き取りによれば、地すべり土塊の地表での移動は図3. 2に示すように8日に露天風呂に土砂が流入して、9日には湯治場の後ろの斜面が押ってきて、10日には沢に土砂が流入した。この状況は地すべりの変動が左岸側から右岸側に向けて進行していった



写真3. 2 地すべり末端域（変色域と第5岩屑なだれ崩壊源）

Phot. 3. 2 Foot area of landslide (Altered area and source area of 5th debris avalanche)

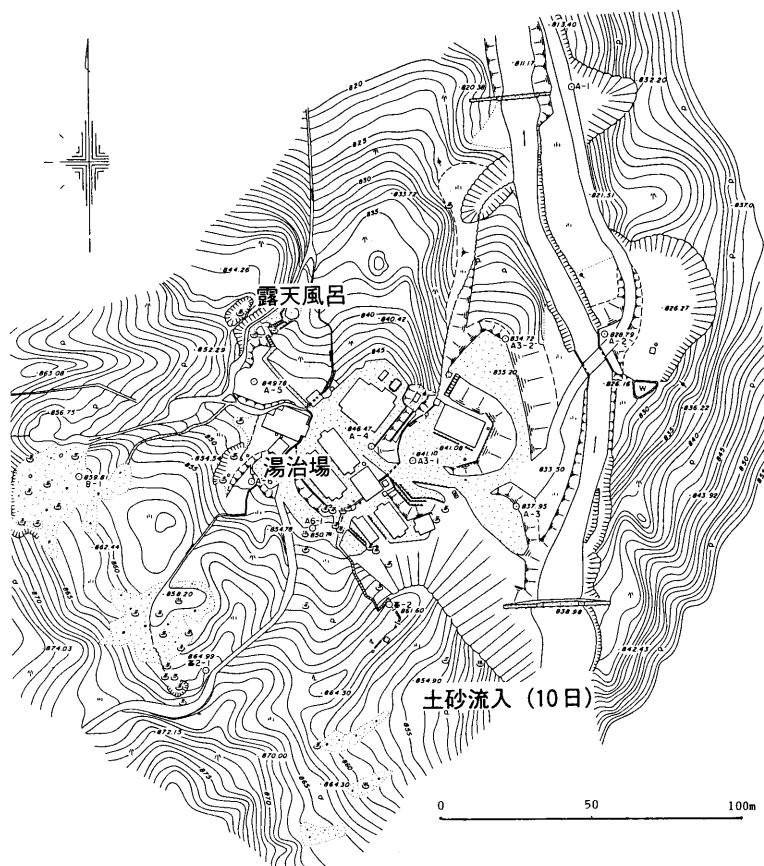


図3. 2 澄川温泉建物配置図

Fig. 3. 2 Distribution map of houses at Sumikawa Hot Spring

ことを物語っている。空中写真の雪の残り方を見ると第2ブロックは第1ブロックの左岸側に向かって偏って移動しているように見える。これは移動土塊が直線的な移動をしたのではなく、やや湾曲するようなコースで移動したと考えられる。すなわち地すべり下部のslumpで最も深くなった場所に第2ブロックの先端が移動しており、第1ブロックには地すべりの方向への平行移動的要素ばかりでなく、時計まわりの方向への水平的な回転の要素も加わって、左岸側から変動が始まったものと思われる。

地すべり下部の馬蹄形の末端に比較的平坦な地形面が存在する（写真3.3）。一般にslumpが発生した時、地表面とすべり面の理想的な交線の形は円ないしは橢円となるはずである。地すべり下部の馬蹄形の滑落崖をそのまま引き延ばして円を想定した時、その円より外側で、沢との間にこの平坦面は分布する。このため、この平坦面は不動地である可能性がある。すべり面の位置は今後のボーリング調査等によって明らかにされるであろうが、1つの考え方としてはこの平坦面と円構造の境がすべり面の末端になっている可能性がある。別な考え方としては沢の位置とあまり違わない場所にすべり面があるとするものである。しかし、この場合には対岸にもっと崩土が乗り上げるはずである。

現在、「澄川温泉」の建物は流されて存在しないので、どこにどの建物が建っていたのかを判別するのは困難であるが、おそらく全部の建物がこの平坦面の上に乗っていたと考えられる。



写真3.3 地すべり下部の平坦面から見る対岸（水蒸気爆発により枯れた樹木）

Phot. 3.3 Opposite bank viewed from flat plain of foot area(Trees on bank were killed by phreatic eruptions)

3. 2 すべり面

地すべり上部の主滑落崖の状況を写真3. 4, 3. 5に示す。滑落崖下部に緑色の凝灰岩が存在しており、地すべりの移動を示す擦痕が認められる。この状態から判断すると少なくとも地すべり上部ではすべり面は緑色の凝灰岩と新期の火山碎屑岩層との境ないしは緑色の凝灰岩の中に存在しているであろう。地すべり下部においては、すべり面がどこにあるか、あるいは温泉変質がどこまで進んでいるのかは現在のところ明らかではないが、温泉変質とすべり面の間に何らかの関係を見つけだすことが、今後のボーリング調査等に期待される。

この地すべりの発生は5月8日の降雨と融雪が直接の原因と見られるが、地すべり末端部における温泉変質による岩石の脆弱化や、澄川の下刻など地すべり末端部での支持力の低下があげられる。これらのことからこの地すべりはいわゆる温泉地すべり（小出, 1955）の範疇に入るであろうが、すべり面が緑色の凝灰岩層の表面ないしはその内部にありそうなことや、融雪期の地すべりであることなどから、東北日本海側に多発する第三紀層地すべりの特徴も併せ持っている。



写真3. 4 主滑落崖（高さは左下の人物と比較）

Phot. 3. 4 Main scarp (with man for scale)

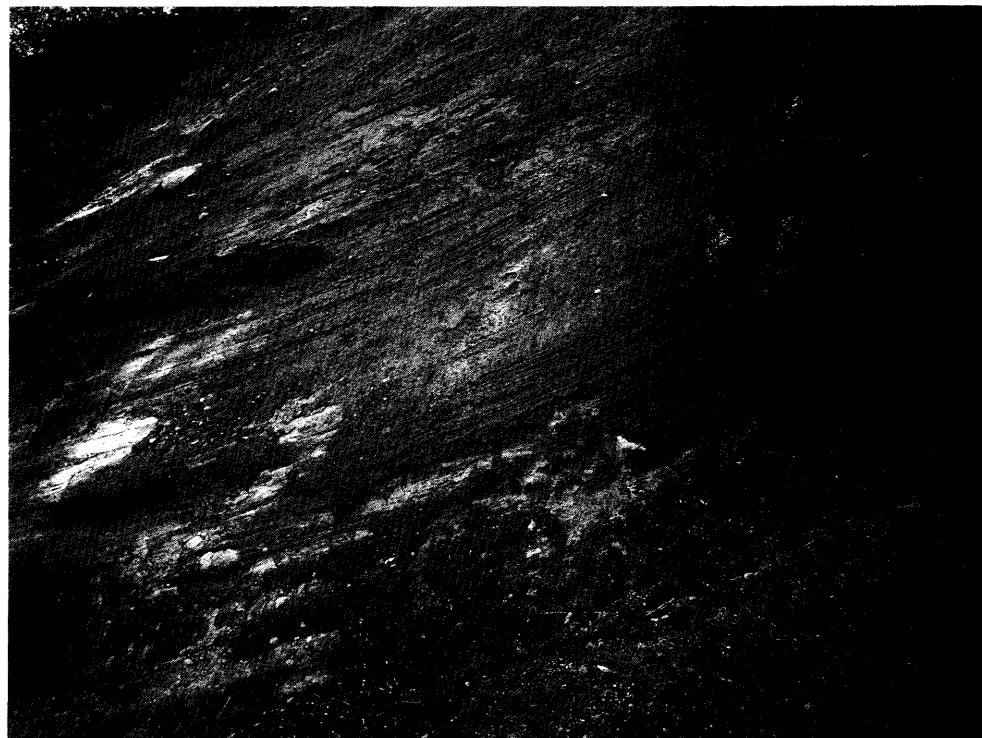


写真 3. 5 主滑落崖の右岸側に見られる擦痕
Phot. 3. 5 Striations on right bank of main scarp

3. 3 温泉変質

地すべり末端部の温泉変質の状態などを調べるために、X線回折分析をおこなった。試料は水蒸気爆発の噴出物、地すべり末端部の変質域、地すべり上部の滑落崖の緑色の凝灰岩である。試料の処理は和田（1966）の方法により、また使用した分析機器は理学電気（株）製のGeigerflexで、30KV, 15mAの条件で行った。その結果を表3. 1に示す。水蒸気爆発の噴出物の試料では3試料ともスメクタイトが卓越している。またモルデン沸石もみられる。これに対して地すべり末端部の変質域の試料からはスメクタイトが検出されるものもあるが、カオリナイトが検出されるものや、両者が検出されるものがある。滑落崖の試料からは、 α -クリストバライトや鱗珪石、雲母系鉱物が検出された。

地すべりとの関係で見れば、地すべりのすべり面にスメクタイト系の鉱物が分布することは、一般的なことで、地下に広くスメクタイト系の粘土があれば、地すべりの発生は容易であると考えられる。いずれにしても今後のボーリング調査の結果とコアの粘土鉱物分析の結果が待たれる。

表 3. 1 地表採取試料のX線回折分析
Table 3. 1 X-ray diffraction analysis of ground samples

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
石英	○	○	○	○		◎		○				○
クリストバライト	○				○		○	○	○	○	○	○
鱗珪石	◎	△			○		○	○		○	○	
スメクタイト		○	○	○	○	○						
カオリナイト	○	△	△			○			○			
ハロイサイト							○					
セリサイト							○	○	○	○	○	
モルデン沸石	△	○	○	○								
方解石		○										
黄鉄鉱	○	△	△	○		○						○

上表中の 2, 3, 4,
〃 1, 5, 6, 7, 8, 9 水蒸気爆発の噴出物
〃 10, 11, 12, 地すべり末端部の変値域岩石
地すべり上部の滑落崖の岩石

4. 岩屑なだれ

地すべり崩土は地すべり前面の澄川に流れ込んだ後、土石流となって約2kmを流れ下ったといわれている。しかしながら、現場の観察からすると土石流というよりは岩屑なだれといった方が適切と思われる。堆積の状況は、小規模な流れ山といえるような高まりがあり、そのような場所では土塊は原構造をよく残しており、その土塊と周辺部の間は明瞭に境界線を引くことができる。また、崩土が乗り上げた場所では長野県西部地震の際の御岳崩れで見られたような縞状構造がみられるなど岩屑なだれの特徴が認められる。しかし岩屑なだれというにはあまりにも崩土が粘土化している点や最初から水分が多かったと見られる点、下流域ではほとんど土石流的な様相を呈している点など典型的な岩屑なだれといえない面もある。

この岩屑なだれには全部で5つの流れが認められる(図4. 1)。第1の流れは地すべりの発生ですべり落ちた崩土の主体によって形成された流れで、大きな体積で先頭を走り、谷壁に波打った痕跡を残しており、その高さは高いところで現在の谷底から5mを越えているが、下流に行くと1m以下となる(写真4. 1)。その構成物は谷の中ではほとんど認められないが、谷からオーバーフローした場所で見ることができる。それは水分に富んだ灰色の泥ないしは粘土状で岩屑という感じではない。澄川温泉の住居の残骸や生活用品が多く含まれている。谷壁では構成物は厚く堆積せず、2, 3cmの厚さの泥で薄くコーティングされているにすぎない。この中にも澄川温泉の住居の生活用品の破片が見られる。下流に行くに従い谷壁の痕跡が低くなり、谷のなかに堆積が見られることの解釈としては、この第1の流れの構成物が下流に到達するまでに、谷壁のコーティングやオーバーフローした場所での堆積により消費され残らなかったとみるか、下流に行くに従い構成物の性質が変化していくって土石流的になったと見るかの2つであろう。現場での観察によれば後者

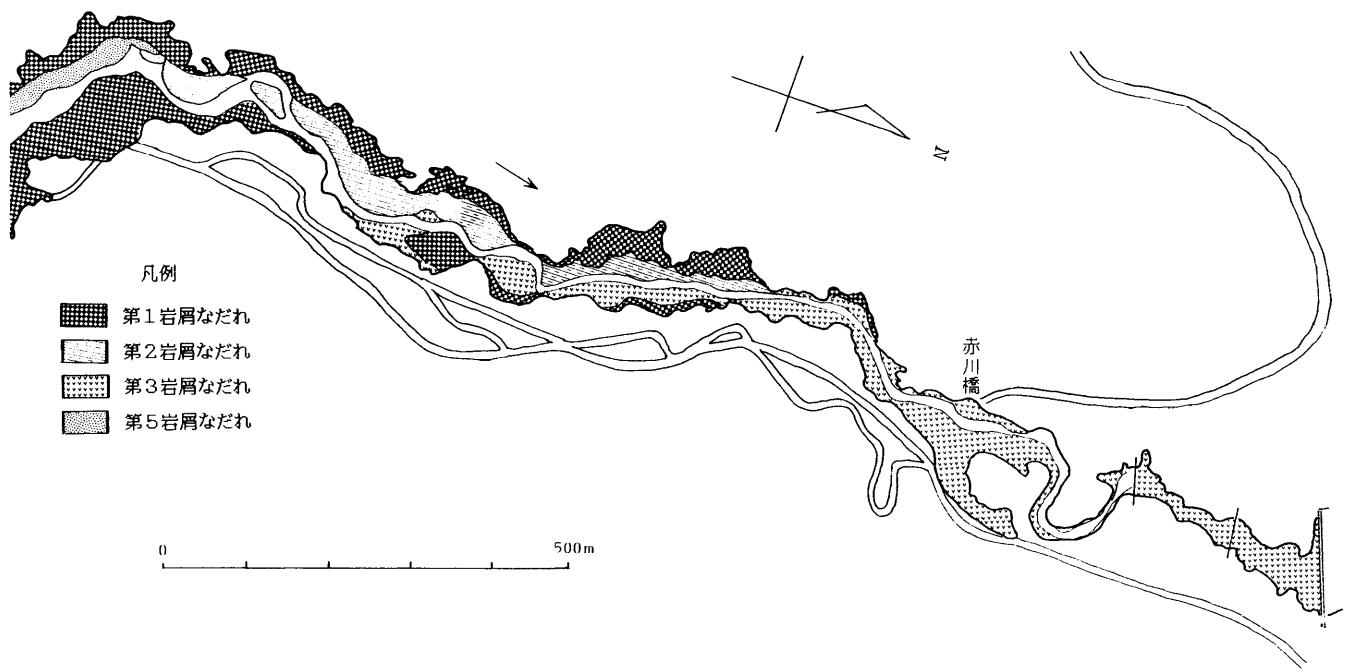


図4.1 岩屑なだれの堆積状況
Fig. 4.1 Accumulation of debris avalanches



写真4.1 谷壁に波打った痕跡を残す第1岩屑なだれの流下痕
Phot. 4.1 Trace of first debris avalanche on valley wall

の可能性が大きいように見える。このように流れの性質が変わっていった大きな理由は沢での水の付加があるが、そればかりでなく構成物の中に含まれている水が構成物の破碎とともに分離してくる現象があるように見える。

第2の流れは第1の流れに後続していたかあるいは第1の流れと2層構造をなして下部に存在していたと見られる流れで、青灰色の変質した粘土が主体で、上流域から中流域の谷の中を埋めている（写真4. 2）。堆積の状況は岩屑なだれの特徴を備えており、小規模な流れ山が認められる。川が開析した断面を見ると流れ山の場所では土塊は原構造をよく残している（写真4. 3）。第1の流れによって形成された谷壁の痕跡のように左右に大きく振れながら流下した形跡はほとんどなく、谷筋に沿って流下し、堆積しているように見える。第1の流れが土石流化し始めた赤川橋のあたりでも、第2の流れと見られる青灰色の粘土の固まりが下部に認められる。これは第1の流れが土石流化しても、構成物の性質が異なるため第2の流れはそのままの状態で残ったものと考えられる。

第3の流れは赤川温泉があった場所より200メートルくらい上流から認められる流れで極端に水分が多く、第2の流れの上に分布している。この流れはこの場所より上流では認められず、このあたりからはじめて出現するようにみえる。しかも、この流れが下流に行くに従い、第1の流れと一体になり、土石流化したように見える（写真4. 4）。それは崩土の中に含まれていた水分が表面に滲み出してきた流れのように見える。

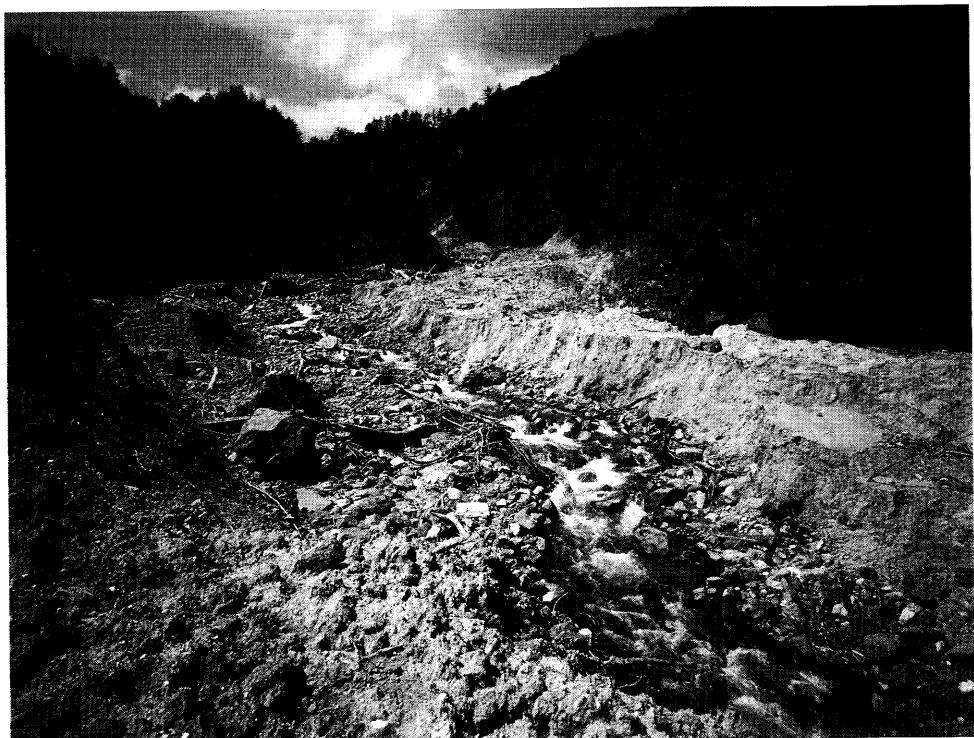


写真4. 2 谷を埋めた第2岩屑なだれ堆積物

Phot. 4. 2 Accumulated material of second debris avalanche in valley



写真4.3 川によって開析された第2岩屑なだれの流れ山の断面（中心に岩塊がある）

Phot. 4.3 Profile of second debris avalanche dissected by river (There is a boulder in the hummock)



写真4.4 土石流のように見える第3岩屑なだれ（赤川橋付近）

Phot. 4.4 Third debris avalanche resembling a debris flow (around Akagawa bridge)

この第1から第3までの流れは、地すべりの主たる部分の崩壊によって発生した一連の現象とみられる。これに対して、第4と第5の流れはこの一連の流れが終結した後に発生している。

第4の流れは、地すべりの構造のところで述べた第3ブロックの前面が崩れたもので、地すべりの主たる部分の崩壊に比べればその規模は小さい。崩土は地すべりの右岸側を流れる澄川に沿って流下し、赤川との合流付近まで流れている。この崩土の上には水蒸気爆発の灰はのっていない。

第5の流れは、おなじく地すべり構造のところで述べた第4ブロックの前面が崩れたものでやはり規模は小さい。しかし、崩土は第1ブロック下部の左岸側半分を覆い、その後澄川へと流れて、第4の流れより200メートルくらい下流まで到達しているが、崩壊源で覆った面積が広いわりには流れ出した量は少ない。第4と第5の流れの前後関係は、直接両者は接していないが、第4の流れの堆積物は相対的に高い位置にあるが、第5のながれの堆積物はすでに前の流れの堆積物が流れ去り低くなっていた澄川の底を流れている。第5の流れの堆積物の上にも水蒸気爆発の火山灰はのっていない。

5. 水蒸気爆発

この地すべりの特徴の1つとして、地すべりの活動と前後して水蒸気爆発が起きていることがあげられる。このため地すべりの活動と水蒸気爆発の関係が発生当初から問題になっていた。それは水蒸気爆発を引き金として地すべりが発生した可能性、あるいは水蒸気爆発によって岩屑などが誘発された可能性の指摘である。

この問題を見るためには時間の前後関係からみる必要があるが、まずは水蒸気爆発の場所である。空中写真から判断すると、2筋の降灰の跡並びに地すべり末端の地形から図3.1の黒丸で示す場所で起きたと解釈される。次に回数と発生時刻であるが、これについては2回ないしは3回、発生時刻は11日の午前7時58分から8時01分の間（塚本, 1997）と見られている。地すべりの活動は8日頃から始まり、10日には大きな範囲で亀裂が入っていることが判明し、11日の午前7時40分頃には、市長の一行が山が動いているのを目撃し、危険を感じて澄川温泉より退去している。この時間関係からすれば、水蒸気爆発が発生するかなり以前から地すべりの活動は始まっている、水蒸気爆発は地すべりの結果と考える方が素直であろう。

次に、水蒸気爆発を引き金として岩屑などが発生した可能性については、もし水蒸気爆発を引き金として岩屑などが発生したとすれば、水蒸気爆発の爆裂口を起点とする崩壊地形が存在するはずである。しかし空中写真判読の結果では、そのような地形はなく、地すべりの末端としての形状の中に水蒸気爆発の爆裂口があるように見える。しかも地すべりの崩土は、発生直後に地すべりの末端から沢の中に堆積した形跡はなく、沢に入った崩土はそのまま沢を流れ下っていったと解釈される。さらに現場の状況から判断すると、水蒸気爆発がなくても岩屑などが発生したと考えられる。その理由としては、市長の一行の目撃証言やパイロットの撮影した写真の解析（塚本, 1997）などから崩土の落下速度がかなり早かったと見られる点や地すべりの末端から沢までの比高が下流側では大きい点

並びに流出土量は 10^6 m^3 クラスと見積もられる点などがあげられる。北海道南西沖地震の際の奥尻島の幌内川岩屑なだれのケースでは崩壊土量は少なく、 10^5 m^3 クラスと考えられるが、それでも岩屑なだれが発生し、約300m流れ下っている（雨宮ほか, 1997）。

また、この岩屑なだれは東北大学理学部付属地震・噴火予知研究観測センターの秋田焼山観測点の地震計にその振動が記録された（浜口ほか, 1997, 中道・浜口, 1997）。

6. 澄川地すべり周辺の地すべり地形

1997年5月の鹿角市澄川地すべりは、過去に地すべりを起こした経歴を持つ斜面が再滑動したものである。これは当研究所発行の地すべり地形分布図上に澄川地すべりの範囲が地すべり地形として図示されていたことで明らかにされた。幸い今回の災害では地すべりの前兆を早めに検知出来たため人的被害を未然に防ぐことが出来たが、防災上の観点から言えば、このように明瞭な地すべり地形を呈する場所には旅館などの観光施設は建るべきではなかったともいえる。

本章では、今後も起こりうる同様の地すべり災害を未然に防止するために、澄川地すべり発生前の地すべり地形と今回の地すべり変動の関係について検証すると共に、澄川地すべり周辺の焼山・八幡平火山に分布する多数の巨大～大規模地すべりの特徴について、地すべり地形分布図に基づいて若干述べてみたい。また、当研究所で発行してきた「地すべり地形分布図」の防災的意義についてもふれたい。

6. 1 発生前の地すべり地形

澄川地すべりは秋田焼山の東側山麓、澄川に面する東北向きの斜面上に生じた。図6.1に示す様に、澄川の左岸、澄川温泉の建物群を末端に含む幅350m、奥行700mの範囲が今回の地すべりの変動域である。図6.2にこの付近の地すべり地形分布図（清水ほか, 1984）を示したが、澄川地すべりの起きた範囲とほとんど重なる位置に、細破線で囲まれた幅350m、奥行650mの地すべり地形が図示されている（図中S）。「地すべり地形」とは過去に滑動した地すべりによって生じた地形的痕跡である。澄川地すべりが起きたのと同じ範囲に地すべり地形が存在していた事から、5月に起きた澄川地すべりは、既に一度滑動を起こしていた過去の地すべりが再滑動したものである。地すべり地形分布図「八幡平」は、1971年に撮影された4万分の1モノクロ空中写真の実体視地形判読によって作成したもので、1984年に当研究所の前身である国立防災科学技術センターによって発行された。このことから、澄川地すべりは1971年より以前に既に変動を生じていた。

図6.3に澄川地すべり変動前後の地形図を重ねあわせて立体的に見えるように作成した図（ステレオグラム）を示した。この図を実体視することによっても、過去の地すべり地形と重なる場所で今回の地すべりが発生したこと、その変動の規模・変動状況が分かる。

地すべり地形分布図「八幡平」は同時に、澄川地すべりがより大きな地すべりの移動体内に生じた二次的な地すべりであることも示している。地すべり地形分布図では、一体として地すべり運動を起こしたと判読される地すべりの変動範囲をひと括りに「単位地すべり」と呼んでおり、その範囲は図6.3の左側に示すように、奥行650m、幅350mの範囲である。

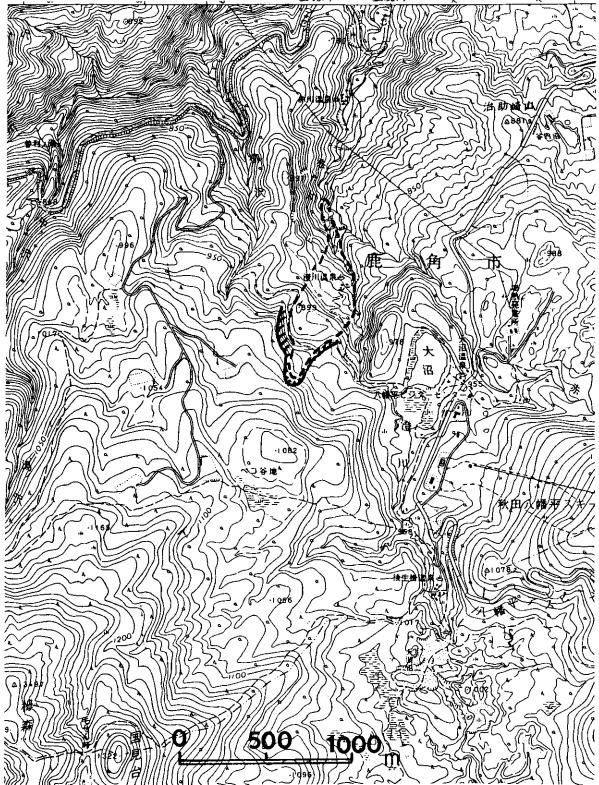


図6. 1 鹿角市澄川地すべりの変動範囲（国土地理院1/25,000地形図「八幡平」使用）。

Fig. 6. 1 Topographic map of the Sumikawa landslide area. (GSI,1/25000 Topographic map, Hachimantai)



図6. 2 澄川地すべり付近の地すべり地形分布図拡大図。(国立防災科学技術センター発行地すべり地形分布図「八幡平」)

Fig. 6. 2 Landslide Distribution Map of the Sumikawa landslide area. (Shimizu et.al.1984)

り」として太い破線を用いて輪郭構造を図示しているが、澄川地すべりに関わる単位地すべりは、図6. 1上にAの記号で示すように、標高1100m付近に滑落崖を持ち、末端部が赤川左岸に達する幅1.8km、奥行1 kmに及ぶ大規模な地すべり地形である。この範囲が地すべり地形であることは、斜面上を切る連続的な崖の存在（滑落崖）、その下位に変動を示唆する起伏を呈する移動体の存在、さらにこの移動体が河谷を対岸の斜面に押しやったことを示す谷の屈曲など総合的な地形判読によって判読される。この大規模地すべり地形は、後述する様に、焼山の山麓に多数分布している巨大～大規模地すべり地形の一つである。こういった地すべり移動体の内部に生じた二次的な滑りによって作られた地すべり地形は、単位地すべりの発生後に生じた内部構造として細破線を用いて図示している。地すべり地形分布図「八幡平」には比較的新鮮で明瞭な二つの二次地すべり地形を図示しているが、この内の一つが（図6. 2, S），今回地すべり変動を起こした澄川地すべりである。澄川地すべりの場合、単位地すべりの末端部が澄川の下刻によって部分的に不安定になったことと、温泉噴気活動による地層内部で進行した変質によって生じたと考えられる。

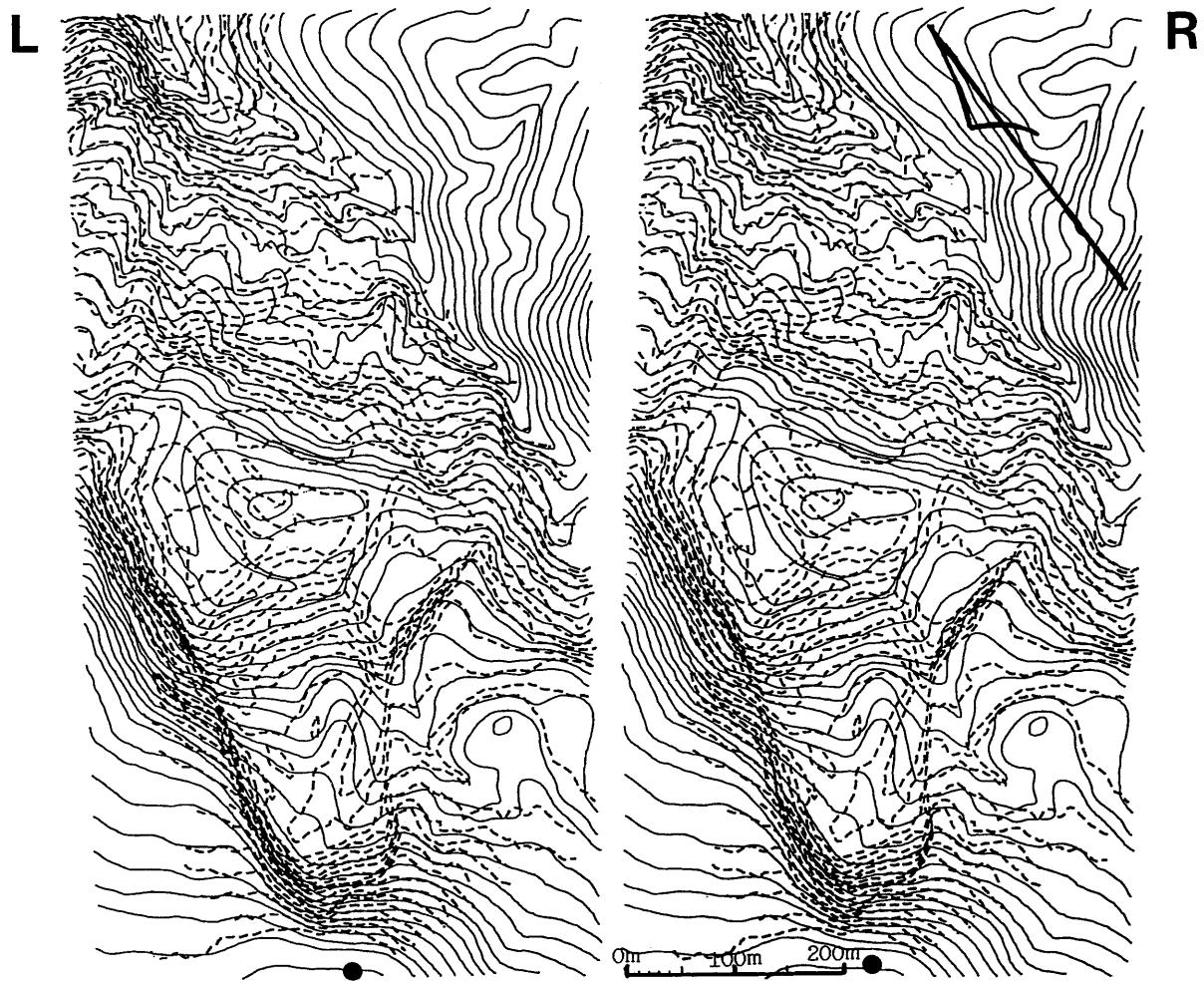


図6.3 澄川地すべり発生前後の実体視地形図（等高線データは星野ほか（1997）による。

実線：地すべり発生前の地形，破線：地すべり発生後の地形）

Fig. 6.3 Stereo-pair map of Sumikawa landslide.

(Contour data are based on Hoshino and Asai (1997), Solid line shows features before landslide, dashed line shows those after.)

6.2 澄川地すべり周辺の火山斜面における地すべり地形の分布とその特徴

八幡平から秋田焼山にかけての地域は、巨大地すべりの巣ともいえる様に巨大～大規模地すべりが多数分布する地域である。図6.4に澄川地すべり発生域を含む秋田焼山から八幡平にかけての範囲の地すべり地形分布図を示した。この図に示されるように、大きいものでは、幅・奥行きが数kmに達する巨大地すべりをはじめ、幅が数百m以上の地すべり地形が数十個ほど分布している。この地域は八幡平火山、岩手山、秋田焼山、秋田駒ヶ岳、森吉山などの火山が集中し、仙岩地熱地域と呼ばれる様に、各所で数多くの温泉が湧き、噴気地帯が分布しました地熱発電の盛んな地域である。



図 6・4 八幡平・秋田焼山周辺の地すべり地形分布 H:八幡平山頂, Y:秋田焼山山頂, S:澄川地すべり, F:蒸ノ湯地すべり
(国立防災科学技術センター発行地すべり地形分布図「八幡平」)

Fig. 6. 4 Landslide Distribution Map of Mt Yakeyama and Mt Hachimantai (Shimizu et al., 1984)
H:Summit of Hachimantai, Y : Summit of Yakeyama, S : Sumikawa landslide, F : Fukenoyu landslide

澄川地すべりを起こした焼山火山周辺での大規模地すべり地形分布を見ると、①山頂部とその付近においては地すべり地形の分布はほとんど見られないのに対し、山頂から離れた山麓裾野付近には地すべり地形が集中する。②焼山の山麓部でも特に南麓～東麓部にかけて多く分布している。③山麓東部での地すべり移動体は、火山の山麓を切って流れる河川をはさんで八幡平火山の地すべり地形の移動体とぶつかり合うような関係にある。また焼山火山南側の山腹においては、山腹中段より下に滑落崖がかなり開析されたやや古い時代の巨大地すべりが分布するのに加え、山体の末端部を流れる河川に面して数多くの大規模地すべりが分布している。この二段の地すべり地形分布は、滑落崖の開析程度から見て、上部の巨大地すべりの方が古く、下部の方はやや若い時代に滑動したと推定される。

焼山火山の山頂付近では少なく山麓部に地すべりが多く分布する理由としては、山麓部では比較的薄い溶岩層におおわれているため、その下位にある堆積岩をすべり面とするキヤップロックタイプの地すべりが起こりやすいことと、山麓を切る河川の下刻作用によって不安定化が進行しやすいうことによる為と推定される。それに対し、山頂付近では、火山岩が厚く堆積していることと、河谷の方向が山頂から放射状に向いていることなどから地すべりは発生しにくいと考えられる。他の火山においても火山岩が薄く堆積する山麓部に地すべりが多発する傾向が認められる。

一方、八幡平火山には秋田焼山火山よりはるかに規模の大きな地すべりが多数分布している。またその中にはかなり新鮮な滑落崖を有する地すべり地形も認められ、中にはかなり山頂の近くまで切り込んでいるものも存在する。火山毎のこのような差異は、基盤も含めた火山体の構造や火山活動の様相などによるものと考えられる。

6. 3 地すべり地形斜面での既往地すべり災害

今回の澄川地すべり災害と同様に過去の地すべり活動によって形成された地すべり地形を呈する斜面が再度滑動を起こし災害をもたらした事例は数多く見られる。澄川地すべりは発生前に地すべり地形分布図上に地すべり地形として図示されていた地すべり災害であったが、ここで紹介するのは災害後の地形判読によって、元から地すべり地形を呈していた斜面で起きた地すべりであったことが明らかにされた災害事例である。以下これらのうちの数例を紹介し、今後の地すべり災害発生予測に生かしてゆきたい。

[事例 1] 1985年7月長野市地附山地すべり

死者26名全壊家屋50戸という大規模な災害となった長野市の地附山地すべりは、数年前よりいろいろな前兆現象が認められた。しかし、前兆が発生する以前に撮影された空中写真でも斜面の変動を示唆する地形的な痕跡が認められている。大八木ら(1986)の調査報告書によると、地附山山頂周辺の山腹には幾つかの線状凸地と線状凹地の組み合わせた地形や崖地形が認められ、また斜面下部には地すべり地形が認められていた(図6.5)。線状凸地と線状凹地の組み合せは山腹の重力的な変形によって生じたと考えられる。地附山山頂部が相対的に沈降しその周りの山腹がはらみ出す様に変形が進行していた。実際の地すべりは図6.5にZ-A-Dで示される崖を滑落崖とし、Z-WとD-Hを側方崖として発生した。崖地形は最近の研究でも、地すべりに発達する可能性が指摘されている。

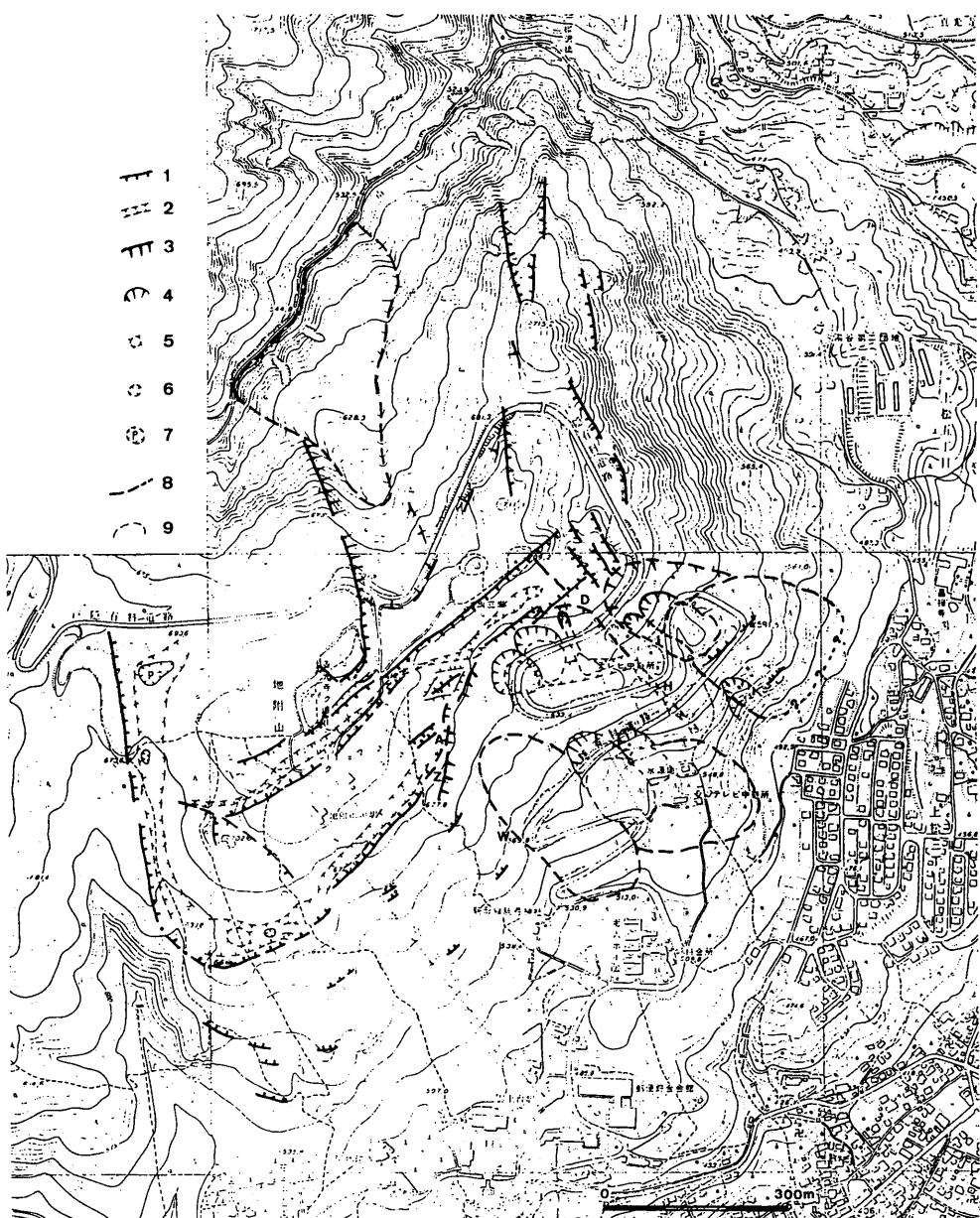


図6. 5 地附山地すべり発生前変動地形判読図（大八木ほか, 1986）

Fig. 6. 5 Landslide topography around Jizukiyama landslide. (Oyagi et al., 1986)

[事例 2] 1982年8月奈良県西吉野村和田地すべり

1982年8月4日、台風10号による豪雨のため奈良県西吉野村和田地区にある丹生川に面した斜面で幅200m、奥行き190mの範囲が地すべりを起こし(図6.6)、住宅1棟、倉庫1棟を押し潰した。すべり落ちた地すべり土塊は丹生川を堰止めた。この結果、対岸に氾濫した河川の水によって全壊8棟、半壊7棟、床上浸水26戸の被害を出した。この西吉野村和田地すべりは、災害後の調査によって明瞭な地すべり地形の移動体の一部が再滑動したものであることが確認された(米谷ほか, 1983)。図6.6にdで示したのが古い地すべりの滑落崖で、その斜面下に破線で囲った範囲に移動体が残存していた。当時2度に分かれてすべった部分は図中にA, Bで示した2つのブロックで、これは過去の地すべり変動の移動体の一部である。

以上2例の他にも地すべり地形を呈していた斜面で発生した地すべりは、北海道豊浜地すべり、樽田地すべりなどが知られている(羽田野・大八木 1986)。地すべりは繰り返し発生する事例が多い現象であり、一般的に地すべり地形を呈する斜面は地すべり発生の危険度が高い斜面である。また山腹に生じた小崖地形の多くは、斜面内部において地すべりの前駆的な運動が始まっている可能性があり、そういう斜面に対する警戒も必要である。このようなことから地すべり地形の分布を明らかにすることは斜面防災上きわめて有益なことである。次節では地すべり地形の分布を示した「地すべり地形分布図」について述べる。

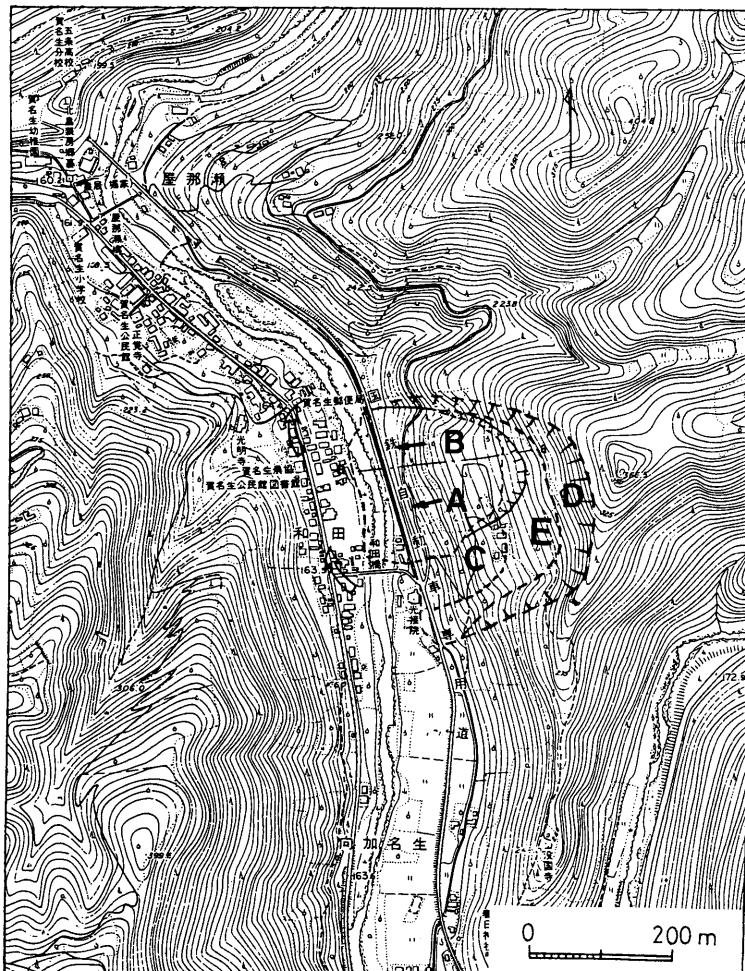


図6.6 西吉野村和田地すべり周辺の地すべり地形図
(米谷ほか, 1976)

A:第1回目の崩壊区域,
B:第2回目の崩壊区域,
C:未崩壊滑動区域
D:古い地すべりの滑落崖
E:古い地すべりの移動体

Fig. 6.6 Landslide topography around Wada landslide.
(Yonetani et al., 1976)

6. 4 「地すべり地形分布図」とその防災的意義

防災科学技術研究所ではその前身の国立防災科学技術センター時代から地すべり地形分布図の発行を行なってきたが、今回の澄川地すべりを災害前に図示していたことで、改めてその防災的意義が見直された。ここでは地すべり地形分布図の概要を紹介し、地すべり地形分布図の防災的意義を再確認したい。

「地すべり地形」は、地すべり運動により生じた地形の総称である。地すべりが生じた斜面では不動域と滑動域の境界に崖が形成されると同時に、土塊のすべり運動によって陥没、隆起、亀裂などの地すべり特有の地形が形成される。このように地すべり地においては地すべり発生前とは大きく地形が変貌し、これが侵食によって失われるまで地形的痕跡として長い期間斜面上に残される（図6.7）。この様な地形を空中写真等を用いて判読することにより、どういったタイプの地すべり運動がどこに、どの程度の規模で起こったのか、周りの地すべりとの前後関係はどうかなどを明らかにすることができる。

「地すべり地形分布図」はこういった地すべり運動によって生じた地すべり地形の分布を平面図上に分かりやすく書き表わした地形学図で、過去および現在滑動中の地すべりによって形成された地すべり地形がどこにどのように分布しているかを示している。地すべり地形分布図によって、今までに地すべり運動が生じた場所を客観的に知ることが出来る。

地すべり地形分布図は第一義的に、各種の地すべり研究を推進するための基礎資料としての意義を持つ。地すべりがどういった地形・地質・植生の場所に多く分布しているのか、地すべりの形態や規模にはどのような特徴があるのか、地すべりの発達過程を追跡する手がかりを見出せないか、などの研究目的に利用できるよう、広域にわたって同一の基準でできる限り正確な地形判読により、分布図を作成している。

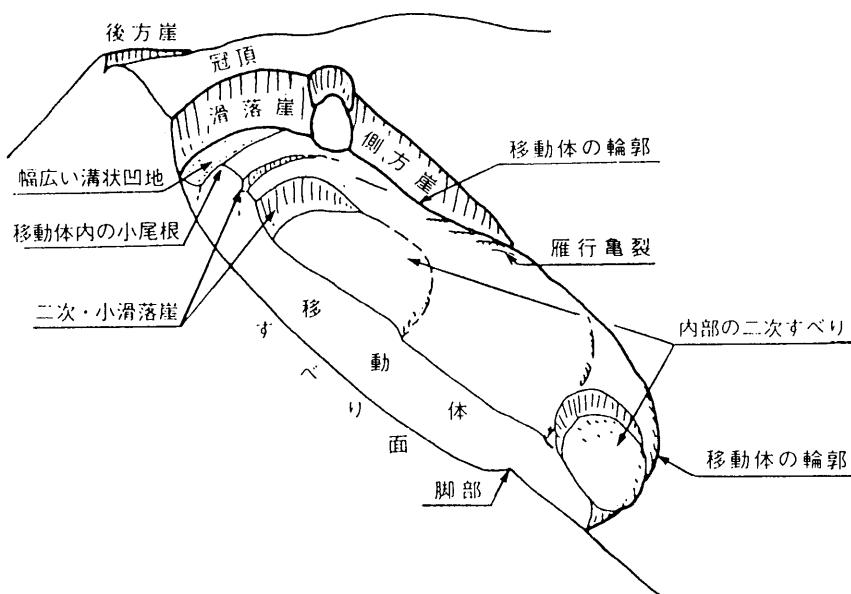


図6.7 地すべり地形模式図

Fig. 6.7 Schematic figure of landslide topography.

他方、地すべり地形分布図は研究の基礎資料としてだけではなく、防災行政にも活用できる防災的意義を持つ図もある。それは地すべりは同じ斜面で繰り返し発生することが多い現象だからである。発生する地すべりの9割以上が既存の地すべりの再滑動もしくは既存の地すべり地形の拡大によって起こると言われている。今回発生した八幡平澄川地すべりの場合も「地すべり地形分布図」上に図示されていた様に以前にすべった経歴を持っていた。そういったことから、過去に発生した地すべりの痕跡である地すべり地形の分布を明らかに出来れば、将来地すべりが発生する危険度が相対的に高い箇所や範囲が分かり、防災対策や開発計画策定にあたっての基礎資料として活用することができる。地すべり地形が存在する斜面上やその直下には住まない方が良いし、道路・ダム・橋梁などの建設も避けた方が良い。またたとえ建設を行なう場合でも、あらかじめ適切な対策を講じておくことが可能となる。このように地すべり地形分布図はある意味で活断層図と似たような防災的意義を持つ図面である。

地すべり地形分布図の現時点での判読方法と図示方式では、単に地すべり地形の分布とその形態を表わすに留まっており、個々の地すべりの危険度や、もしそれが滑動を起こした場合の影響範囲を表わしたものではない。そういった意味で、本図はハザードマップと呼べる段階にはないが、それに繋がる情報を有した図として、今後さらに情報を付加していく意義があるものと考えている。

防災科学技術研究所ではこの地すべり地形分布図を研究資料として発行し、関係機関に配布している。配布先は主として大学・国立研究機関・公的な図書館などであるが、上記のような防災的意義を持つことから、図郭内に含まれる関係自治体等にも出来るだけ送付している。また残部がある限り利用希望に応じて送付している。最近の実績では道路建設や森林開発に関する機関およびそこから仕事を請け負っているコンサルタント会社などに送付してきた。防災科学技術研究所では今後もこの地すべり地形分布図をさらに広い範囲の発行を行なうと同時に、より高度な活用を目指して研究を続けていきたい。

7. 火山性地すべり災害事例と防災対策

7. 1 火山性地すべり発生の背景

日本列島には多くの火山が分布しており、そこでは斜面災害の発生頻度が他の地域に比べて高い。それは新しい火山体では地形的に急峻であると同時に、地質的にも火山碎屑岩など脆弱な岩石から構成されるという素因を持っているためである。また地震活動や火山活動・噴気活動など地すべりの誘因となる現象が活発に起こっている事も大きな要因である。澄川地すべりは秋田焼山火山体の山麓に生じた地すべりで、その発生要因は火山性の噴気変質作用による支持力の低下と推定される。このように火山地域には他の地域では見られない特有の地すべり災害が多発する。本章では、温泉や変質地帯の近くで起きた幾つかの火山性地すべり災害の事例を紹介すると共に、今回の災害との類似点・相違点等について検証し、今後の火山地域での土砂災害防止に役立てたい。

7. 2 既往火山性地すべり災害事例

火山性地すべりは火山変質帯・火山噴気の活発な地域などでしばしば発生する。表7.1に示したようにこれまでにも多くの土砂災害が火山地域で発生してきたが、このうち今回と同じような火山噴気による変質が発生要因になったと考えられる地すべりの事例が数多く見られる（表中に○で示した災害事例）。日本では霧島火山・妙高火山・箱根火山・仙岩火山地域などで火山性地すべりが頻発してきた。ここではそれらのうちの幾つかの事例について紹介したい。

表7. 1 日本の第四紀火山体における土砂災害発生年表

（○印は噴気等の変質作用が要因となった火山性地すべり災害）

Table 7. 1 List of landslide disasters in volcanic regions in Japan.

火 山 / 場 所	発生年月日	現 象 の 種 類	長期的要因	短 期 的 要 因	死 者
赤城山／三夜沢	818/	崩壊→岩屑流	?	地震	多数
八ヶ岳／大月川	888/	崩壊→岩屑流	?	?	多数
水口山（別府）	1596/ 9/ 4	崩壊→岩屑流	?	地震（大雨？）	多数
駒ヶ岳／クリミ坂	1640/ 7/ 31	崩壊→岩屑流	?	火山噴火 (融雪?)	700名
荒島岳／？	1726/ 4/ 20	斜面崩壊？	?	火山活動？	470名
渡島大島／西岳	1741/ 8/ 23	山体崩壊津波	?	火山活動	1475名
雲仙岳／眉山	1792/ 5/ 21	崩壊→岩屑流	溶岩円頂丘	溶岩円頂丘？	15000
恵山／般若華	1846/	泥流、土石流	?	地震 (M6.9)	多数
立山／蔦くずれ	1858/ 2/ 26	崩壊	?	水蒸気爆発	多数
磐梯山／小磐梯	1888/ 7/ 15	崩壊→岩屑流	火山体の構造？	?	461名
霧島／韓国岳	M30年代？	崩壊	?	爆裂	1名
有珠山／	1910/ 7/ 10	泥流	?	雨	6名
○箱根／大涌谷	1910/	地すべり	火山変質	？雨 (3日前)	17名
白馬大池／稗田山	1911/ 8/ 9	崩壊	?	地震	?
箱根外輪／根府川	1923/ 9/ 1	崩壊→岩屑流	?	火碎流 + 積雪	144名
十勝岳／十勝川	1926/ 5/ 24	泥流	?	融雪	2名
白馬大池／	1936/ 5/ 23	(山津波)	火山変質？	?	16名
磐梯山／川上温泉	1938/ 5/ 15	崩壊、土石流	岩屑の堆積	大雨 カリン台風	多数
○霧島／硫黄谷	1942/ 8/ 24	地すべり	火山変質？	大雨 (865mm)	36名
赤城山／	1947/ 9/ 15	崩壊／土石流	開析谷の発達	地下水	9名
○霧島／霧島温泉	1949/ 8/ 16	地すべり	火山変質？	融雪 & 雨？	—
○箱根／早雲山	1953/ 7/ 26	地すべり	火山変質	大雨 (台風)	4名
磐梯／1888カルデラ壁	1954/ 4/ 3	カルデラ崩落	急崖、火山変質	諫早豪雨	多数
○霧島／新湯温泉	1954/ 8/ 18	地すべり	火山変質	融雪？	2名
○多良岳／	1957/07/25	崩壊／土石流	?	大雨	1名
○妙高／南地獄谷	1957/12/13	地すべり	?	十勝沖地震	—
○鶴見岳／別府明磐	1966/ 6/ 6	地すべり	火山変質	大雨	—
十和田／	1968/ 5/ 16	崩壊→泥流	潜在軽石層	大雨	8名
○霧島／手洗温泉	1971/8/3~5	地すべり	火山変質	融雪？	7名
○妙高／南地獄谷	1971/12/31	地すべり	火山変質	?	22名
○八幡平／蒸の湯	1973/ 5/ 12	地すべり	火山変質	大雨	9名
桜島／野尻川ほか	1974/ 6/ 17	土石流	火山灰の堆積	?	13名
始良／牛根麓	1975/ 6/ 16	崩壊	カルデラ壁	大雨 (前線性)	3名
岩木山／百沢	1975/ 8/ 6	土石流	崖錐堆積	大雨	12名
始良／竜ヶ水	1977/ 6/ 24	崩壊	カルデラ壁	地震	—
伊豆／見高入谷	1978/ 1/ 14	崩壊	潜在軽石層	融雪	15名
妙高／白田切川	1978/ 5/ 18	崩壊、土石流	崖錐堆積	?	—
有珠山／	1978/10/24	泥流	降灰	雨	—
富士山／須走り	1980/ 8/ 14	落石	?	大雨 (台風)	—
四阿山／宇原川	1981/ 8/ 23	崩壊→土石流	崖錐の堆積	火山性地震	—
三宅島／大路池	1983/10/ 4	崩壊	急崖	直下型地震	—
御嶽山／伝上川	1984/ 9/ 14	崩壊→岩屑流	潜在軽石層	直下型地震	—
御嶽山／松越	1984/ 9/ 14	崩壊	潜在軽石層	直下型地震	—
御嶽山／御岳高原	1984/ 9/ 14	崩壊	潜在軽石層	?	—
桜島／野尻川ほか	1980年代	泥流／土石流	火山灰の堆積	雨	3名
大雪山／層雲峠	1987/ 6/ 9	落石	溶結凝灰岩の崖	?	—
阿蘇山／根子岳	1990/ 7/ 2	崩壊、土石流	火山灰層の堆積	雨	—
雲仙／水無川ほか	1991/ 5~9	土石流	火山灰の堆積	雨	—
始良／竜ヶ水ほか	1993/ 8/ 6	崩壊／土石流	カルデラ壁	豪雨	—
白馬大池／蒲原沢	1996/12/ 6	崩壊→土石流	前年の崩壊跡	融雪	14名
○秋田焼山／澄川	1997/ 5/ 11	地すべり	火山変質	融雪	—

[事例1] 箱根早雲山須之沢地すべり土石流

1953年7月26日の朝10時過ぎ、箱根火山の早雲山の東斜面を刻む須之沢の谷の標高1000m付近に地すべりが発生し、それが須之沢沿いに土石流化して押し出し、寺院（道了別院）において死者10名、負傷者16名を出した。被害を受けた道了別院は谷底から比高20m程度小高くなった尾根状の部分に建てられていた。しかしここは過去の地すべりの崩壊土砂のうえに建てられたもので、谷は寺院の少し上流側で右に屈曲しており、土石流の主流は谷に沿って流下したもの、その一部が左岸側に乗り上げて、寺院の建て物を破壊した。寺院付近に堆積した土石流堆積物の厚さは3～5mに達した。

須之沢は箱根火山の中央火口丘の一つである早雲山の爆裂火口跡から開析されて出来た谷である。地すべりはこの谷の谷頭部に近い標高約1150mから1000m付近にかけての急斜面で発生した。この付近には水蒸気を噴出する噴気孔が数ヶ所あり、尾根をはさんですぐ西側の大湧谷とで一つの噴気変質地帯を形成している。過去に何度（約830年前、約400年前）か地すべりを起こし崩れた経歴を持つ場所である。

1953年の地すべりは梅雨が開けた数日後に発生している。この年の梅雨は例年より長く続き、雨量も多かったとされている。梅雨末期の23日間の総雨量は626mmに達している。発生前には大湧谷での噴気はやや活発であったらしいが、これが噴気活動自体が活発化していたことによるのか、雨量が多いために見た目の水蒸気量が多くたためかは分からぬ。発生の数日前くらいからは、雷鳴のような響きが聞こえていたと言う証言があり、その時点で既に地すべりの動きが始まっていたと思われる。前日および前々日には小規模な地すべりが頻発していた模様で、小規模な温泉余土の流出があった。

発生の3日後に調査を行なった岸上・小坂(1955)の報告によると、流下した流れは青灰色の火山性粘土を主体とする『粘土流』と、安山岩の岩塊と泥土からなる『岩石流』の2つに分けられる（図7.1）。粘土流とされているものは青灰色粘土を主体とする流れと報告されており、今回の澄川地すべりから流下した岩屑流の堆積物と類似している。岸上・小坂(1955)は粘土流堆積物の温度（15cm深）を測定しているが、流下後3日後にも関わらず半数以上の地点で50度℃以上の温度を示しており、流下時にはかなりの高温であったと推定されている。このためこれらの堆積物は噴気帶にかなり近い所から由来したと考えられる。

羽田野は、この斜面の長期的な不安定化の要因として崖錐堆積物の成長に伴う斜面上方への載荷と噴気変質の進行による強度の低下を上げ、過去830年前と400年前に同じ場所で起きていることから、この場所での地すべりの再来周期として400年程度と述べている。岸上・小坂(1955)によると地すべり粘土鉱物はスメクタイトであった。地すべり土塊の主体は崩壊跡に溜った崖錐堆積物と噴気によって変質した変質火山岩である。

今回の澄川地すべり災害との類似点として、①地すべりで始まった運動が土石流的な運動を伴ない、下流にまで被害を及ぼしたこと、②また、流動的な運動の堆積物が少なくとも岩塊を含む土石流的な堆積物と青灰色粘土を主体とする粘土流的な堆積物の二つに分けられる点をあげることができる。しかし早雲山では地すべり土塊の大部分が流下したのに対し、澄川地すべりでは8割以上の土塊が残存していることなどの相違点も見られる。

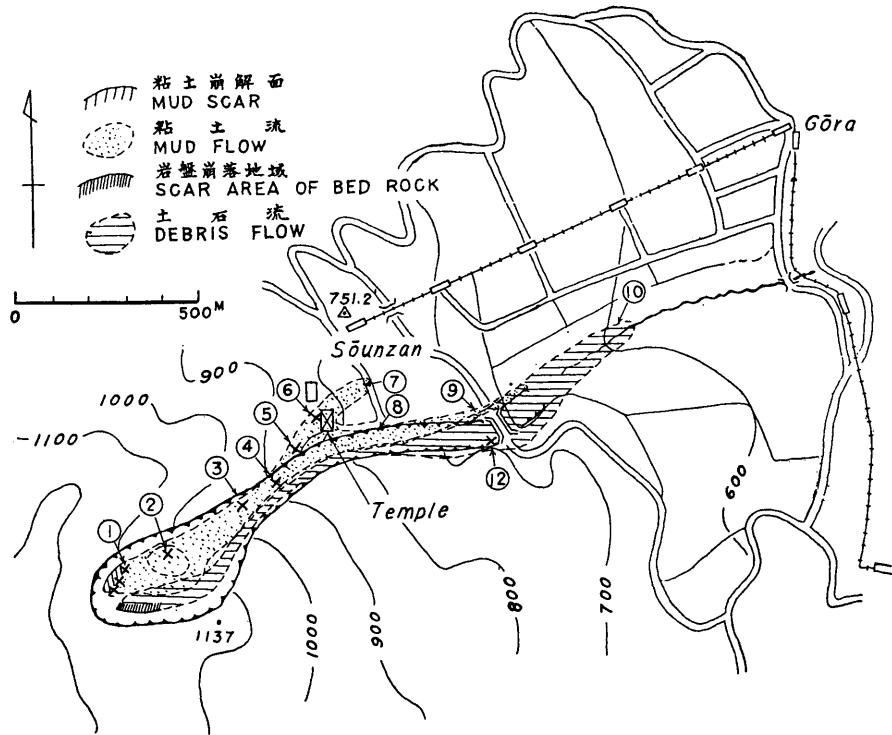


図 7. 1 箱根早雲山地すべり平面図 (岸上・小坂, 1954)

Fig. 7. 1 Landslide and debris flow on Mt.Soun. (Kishigami and Osaka, 1954)

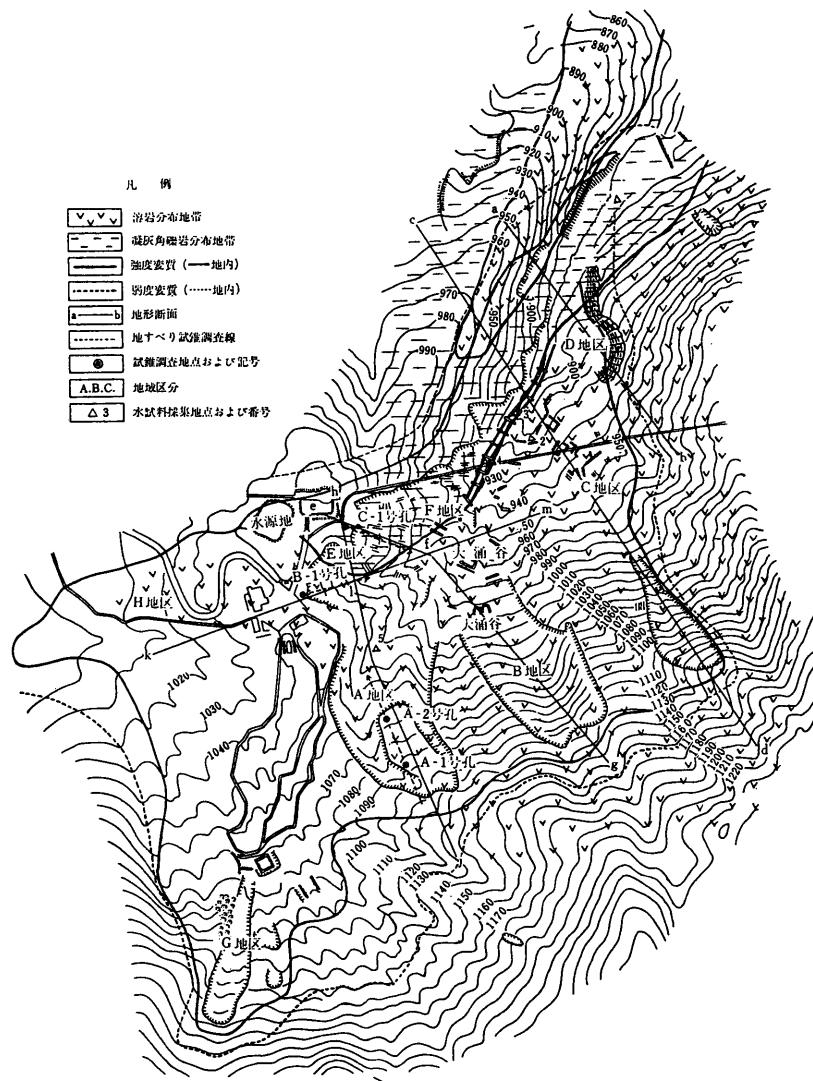
[事例 2] 大湧谷火山性地すべり

箱根火山の中央火口丘の一つである早雲山の前述した須之沢の尾根を隔てて西側の大湧谷は箱根火山の代表的な噴気変質地帯であり、過去に何度も火山性地すべりを発生させてきた。記録に残るものでは1910年、1935年、1948年、1950年などがある。1910年の地すべりではかなりの規模の土砂が大湧谷を埋め、天然ダムを作り、それが決壊したため宮の下、塔の沢、湯元などに大きな被害をもたらした。

大湧谷は箱根火山の中央火口丘の一つである早雲山の北東の谷の中の大湧谷変質地帯と呼ばれ、約38haの広がりを持った強変質帯を有している。この地域は1950年の大湧谷の地すべり、1953年の早雲山の地すべりを契機として、特調費による火山性地すべりの調査地域として3年間にわたり調査が行なわれ、詳しい報告書が出された。

その時の報告書（国立防災科学技術センター, 1965）によると、大湧谷の噴気は硫化水素を含んで、これによる変質作用により広い範囲で変質が進み、その上部の斜面等で地すべり活動が生じている（図7. 2）。

観光地でもあるこの地域ではガス抜き工法による対策工事が行なわれ、噴気を抜き温度を下げるなどして地すべりの発生を抑制しており、最近では地すべりの活動は平静を保っている。



ったと考えた。この水蒸気爆発によって南北400m、東西200mにわたって高温砂泥を噴出し、大小10数個のクレーターが生じた（図7.3）。クレーターのうち最大のものは径20m、深さ5mにも達している。

著者が1995年に霧島火山の火山性地すべり調査のために訪れた時にも、地すべり地形を呈する斜面の下部において、パイプから高温の蒸気が高圧で勢いよく吹き出しているのが見られ（写真7.1），現在でも噴気活動が活発に続いている地帯であることを示している。

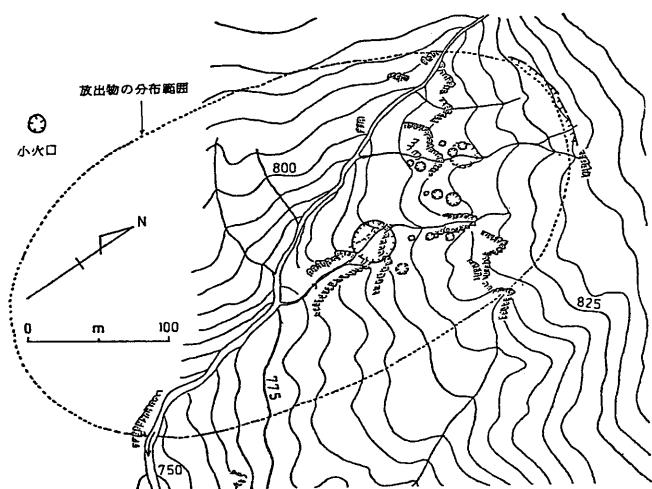


図7.3 霧島手洗温泉地すべりと水蒸気爆発
(露木ほか, 1980)

Fig. 7.3 Landslide and steam eruption at Tearai hot-spa.



写真7.1 霧島手洗温泉地すべり地と蒸気の噴出状況
Photo 7.1 Tearai hot-spa landslide.

[事例 4] 八幡平蒸ノ湯温泉の地すべり

1973年5月12日朝、八幡平蒸ノ湯温泉近くの山腹に幅110m、奥行き340mの範囲に地すべりが発生し、湯の沢に向かってすべり落ちた（橋，1974）。このため、地すべり斜面の下に建てられていた蒸ノ湯温泉の建物のうち、右岸側にあった湯治小屋など16棟を埋積した（図7. 4）。幸い、地すべりの発生が残雪期の営業を始める前ということもあって人的な被害は生じなかった。

地すべり発生場所は、今回の澄川地すべりが発生した現場から南東に約2.5km離れた蒸ノ湯温泉の源泉に面した斜面である。ここは八幡平火山の蒸ノ湯からトロコ温泉にかけて広がる巨大地すべりの冠頂に近い斜面である（図6. 4参照）。地すべり斜面の直下では噴気が噴き出しており、湯治小屋などが建てられていた。そのため、地すべり斜面の不安定化にこの噴気による変質作用が関与した可能性が考えられる。澄川地すべり調査の後に訪れたときも、地すべり斜面下部では水蒸気の噴出が認められた（写真7. 2）。

発生場所が澄川地すべりに近く、また発生時期も同じ様に融雪期であることから、噴気による変質作用で斜面の強度が次第に低下していたところに、融雪による地下水位の上昇が誘因となって地すべりが発生したと考えられる。

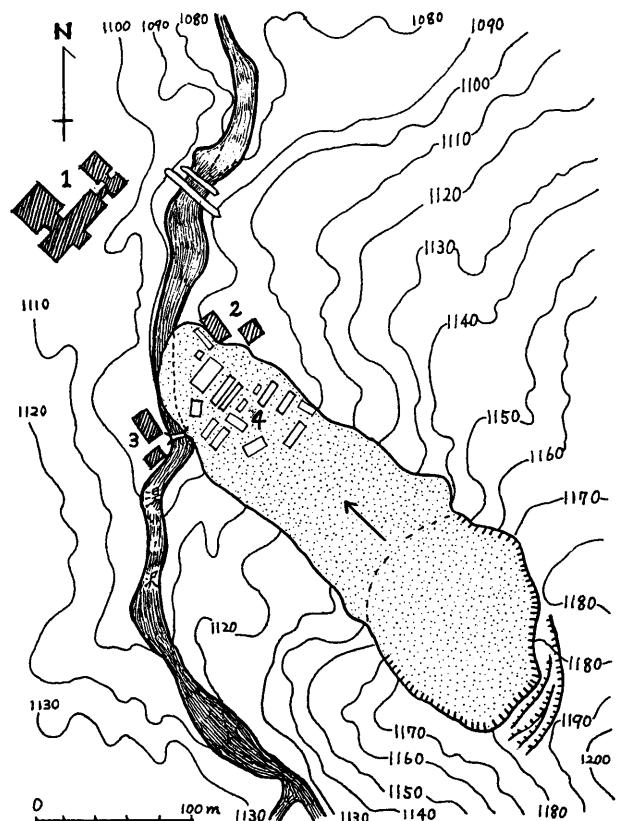


図7. 4 八幡平蒸ノ湯温泉地すべり平面図（橋，1974）

Fig. 7. 4 Landslide disaster at Fukenoyu hot-spa (Tachibana, 1974)



写真7. 2 八幡平蒸ノ湯温泉地すべり全景

Photo 7. 2 Fukenoyu hot-spa landslide

[事例 5] 妙高火山地獄谷地すべりと白田切川土石流災害

1978年5月18日早朝、妙高火山の赤倉山山腹1550m付近の斜面に崩壊が発生し、直下を流れる白田切川に流れ込んだ。崩壊土砂は火山体を深く刻む白田切川に沿って土石流となって流下した。土石流は山麓の緩斜面において川から氾濫して広がり、スキー場の旅館、ロッジ、別荘などを破壊して10名の命を奪った（図7. 5）。

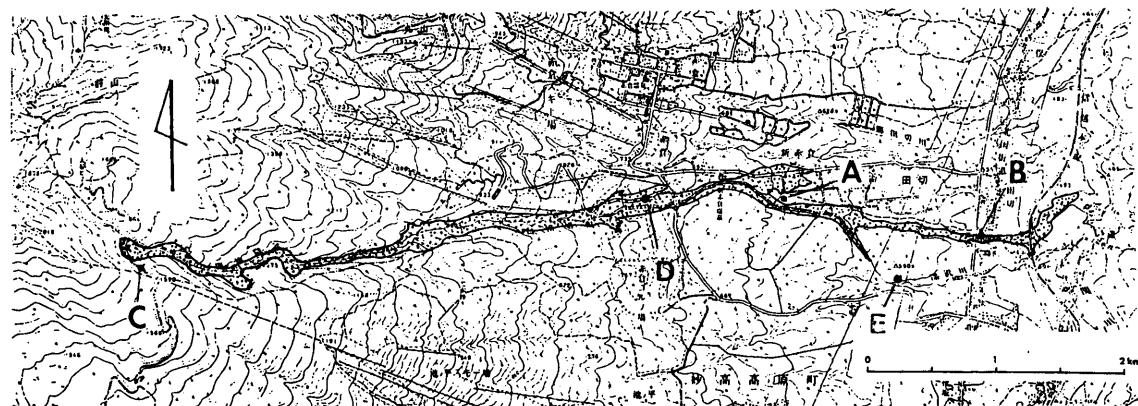


図7. 5 1978年妙高土石流災害図（早津、1985）

Fig. 7. 5 Debris flow disaster at Myoko in 1978. (Hayatsu, 1985)

崩壊の発生した地点は妙高火山の南東側の山腹で、傾斜40°の急斜面をなし、斜面上部から供給された崖錐が覆っている斜面である。この崩壊地点から約2km上流には南地獄谷の名で呼ばれる噴気変質地帯があり、しばしば火山性地すべりを発生させて来た。特に1957年や1971年12月の地すべりでは人的被害を生じている。南地獄谷程ではないが、1978年の崩壊地点でも崖錐堆積物の下部には変質した溶岩が分布しており、崖錐層との透水性の違いから、地下水が生じやすくなっていた可能性が考えられる。

発生日前に気温が上昇し、融雪量も増大したと推定されていることから、山腹崩壊の直接の誘因は融雪水の浸透による地下水の上昇とされている。

7.3 火山性地すべり災害と防災対策

以上5件の災害事例はいずれも火山体の噴気変質地帯で発生した火山性地すべりである。地すべり発生に関わる長期的な不安定化要因は何れも熱水変質作用による支持力の低下であるが、発生の直接の引き金となった「直前の誘因」としては降雨もしくは融雪などによるものが多い。他の事例も含めてこういった火山性地すべりの発生時期は融雪期、梅雨末期などに集中しており、地下水位の上昇によって発生すると考えられる。こういった火山性地すべりは発生場所の地形的状況によっては長距離を流下するため被害が広範囲に及ぶ場合がある。

噴気変質地帯においては噴気が常時出ているため植生が乏しく、周囲より温度が高いなど外見的にも周囲とは異なるため、火山体においてどこに噴気変質地帯が分布しているかは、地表調査でもリモートセンシング調査でも比較的容易に確認できる。そのような場所とその周辺の斜面において地すべり地形・崩壊地形の有無は空中写真等で確認出来る。また亀裂・断裊などの前兆の監視などによってこのような場所での地すべり予測は可能である。このように火山性地すべりの危険個所は他のタイプの土砂移動現象に比べ比較的容易に予測できる。

このような火山性地すべりが発生する可能性の高い火山としては、火山周辺に温泉が多く噴出し、噴気変質帶が活発な以下に示す様な火山である。北海道では十勝、大雪、ニセコ、恵山などの火山。東北地方では恐山、八甲田山、八幡平、秋田焼山、栗駒山、蔵王、吾妻山などの火山。関東・中部では、那須、高原、箱根、天城、草津白根、妙高などの火山、また九州では霧島、鶴見・由布、九重連山、雲仙などをあげることが出来る。

火山噴気地帯は温泉の泉源として利用されている場合が多く、その近くに温泉旅館・湯治場などの観光施設が立地している場合が見受けられる。こういった場所にはできるだけ施設や建物を作らないようにする必要がある。既に建てられている場合には、移動計や傾斜計などによる地すべり警報装置の設置や地下水位の測定、定期的な巡回による異変の察知などによる何らかの監視システムが不可欠である。火山噴気地帯の下流域は土石流等の危険性が高いことから、防災上特に警戒しておく必要がある。河床から比較的高い位置に建っていても早雲山の被災寺院のような例もある。火山の噴気帶はしばしばその場所を移動させることがあり、それに対する留意も必要である。噴気を抜くためのボーリングなど対策や地下水の排除なども必要に応じて行なう様にする。このタイプの地すべりの発生

時期としては、融雪期や長雨の続く梅雨末期が多いことから、この時期の警戒が必要である。

以前は東北地方など積雪地域の温泉地では冬季間営業を休む例が多く見られた。しかし、近年は道路の除雪区間の延長や近隣でのスキー場の開設などによって通年営業する温泉が増えてきた。戦前の磐梯山の噴火温泉、蒸の湯温泉地すべりなどでは休業期間中に地すべり・斜面崩壊が発生したことから、人的被害を出さずにすんだ。今回の澄川温泉でも昨年までは冬季間休業していたが今年から通年営業を始めたばかりであった。これまで地すべりが起きてても比較的災害事例の少なかった積雪地域の温泉地においても、今後は積雪期や融雪期の地すべり災害の被害が増大する可能性がある。

8. 避難活動と防災対策への教訓

澄川温泉で発生した地すべり・土石流災害では建物・道路・橋梁などに大きな被害が出たが、幸いなことに人的な被害は生じていない。全壊家屋数16棟や延長約2kmにも及ぶ土石流の被災範囲の広さから見て、地すべり・土石流災害としてはある意味で奇跡的とも言える。今回の災害調査では避難が成功し、人的被害を出さなかった要因を出来るだけ正確に掴えることを目的に、短時間ではあったが何人かの関係者からの聞き取り調査を行った。

本章ではそれらに基づき避難に至る経過を若干述べて、今後の土砂災害に対する避難体制への教訓を引き出すことを試みたい。ここで述べる避難事例は、豪雨が迫っている場合や地震の余震が続いている場合など、土砂災害の誘因に対しての予防的な避難ではなく、具体的に斜面の変状を検知したような切迫した場合における避難体制についてである。

8. 1 前兆の検知と地元の対応

今回の一連の地すべり変動の進行の中で最初に前兆的な現象に気付いたのは、澄川温泉の経営者の阿部博明氏である。阿部氏はその父親が約50年ほど前にこの地で温泉旅館を始められた方で、その2代目として長年この付近の山のことを熟知しておられた。

5月3日の夜、出張先から帰った阿部氏は温泉で用いている飲料水の濁りに気付かれた。澄川温泉では温泉裏の森林の中にある3か所の湧水からパイプで水を引いていたが、そのうちの真ん中から引いていた水が濁っていた。出張前の5月1日にはこのような濁りは認められなかったそうである。翌日の4日に阿部氏は山の斜面を見て回り、中央の湧水点が茶色く濁り、湧水量も普段より増していることを確認した。濁りのない他の2か所の湧水が今回の澄川地すべりの変動範囲の外にあったのと違い、濁りが認められたこの湧水地点は地すべり変動域の中にあった。濁った湧水点からの取水を止め他の湧水点に切り替えるため、5日と6日の両日にパイプを付け替える作業などを行った。この時には積雪が残っていたこともあり、斜面上部における亀裂などの異常には気付かれなかったそうである。

その後、澄川温泉周辺では変状が続いて発生した。5月8日には露天風呂に土砂が流入した。露天風呂は澄川温泉の中で一番山側にあり、背後の急な斜面から土砂が崩れ落ちた

ものと考えられる。この夜7時半～8時頃に停電があった。

5月9日には温泉から大沼に通じる遊歩道に亀裂が入り、段差が生じているのが見つかっている。また一番山側に建てられていた宿泊棟の裏の崖が、もともと1m以上離れていたのが、建物の壁を押すほどに迫ってきた。このため、この棟にいた宿泊客を他の棟の部屋に移ってもらっている。またそれまで止まっていた温泉裏にある泥火山から湯が出はじめた。これらの一連の変状を見て、阿部氏は地すべり変動を疑い、専門業者による調査を要請した。これは阿部氏が地元で土建業も経営されていて地すべり現場の工事も幾つか手掛けられた経験があり、地すべりに対する知識を持っていたことによると思われる。

専門の業者による地すべり調査は翌10日朝から昼過ぎにかけて行われた。これにより旅館周辺だけからは捉えられなかった地すべり変動域全体の状況を把握することが出来た。この調査が早い段階で適切に行われ、規模の大きな地すべりであるという認識が得られたことが、避難勧告を澄川温泉だけでなく下流の赤川温泉、銭川温泉など広い範囲にまで広げることが出来た一因でもあり、結果的に、後手にならない的確な対応を取ることが出来たといえる。

9日夜半までに起きた数々の変状から危険が迫っていることを感じた阿部氏は、10日の早朝、消防署・市役所に連絡を取った。

8.2 行政機関の対応と避難警戒体制

澄川温泉の阿部氏から変状の連絡を受けた行政の対応もすばやく適切であった。市のまとめた資料によると、阿部氏は10日の午前7時ころに消防署および市の建設課に連絡を取ったとされているが、市役所の総務課では、午前9時頃に消防本部より連絡を受け、10時30分より14時まで総務課長以下6名で現地視察を行っている。視察の結果を受けて市に「災害警戒対策室」を設置した。

その後も現地には市の係員が詰め、変動状況等について市役所と無線連絡を取り続けた。16時前頃に、温泉旅館の東方の小尾根上にあった神社付近の澄川に面した南斜面が崩れ始め、川に流れ込んだ崩壊土砂が小規模な土石流となって、堰堤まで流下した。崩れた箇所はその後も連続的に上方に拡大を続けた。この様に緊迫した事態を受け、澄川温泉では自主的な避難を始めた。一方、このような事態の連絡を受けた鹿角市役所では総務課長の判断に基づいて16時49分に澄川温泉に対する避難勧告が出された。鹿角市は引き続き17時11分に赤川温泉、18時55分に銭川温泉に対する避難勧告が次々と出した。

鹿角市の総務課長への聞き取り調査によると、鹿角市では日頃から避難勧告を出すにあたって、その都度市長の判断を仰ぐのではなく、現場の担当者の判断により出すように市長から指示を受けていた。これは、避難の必要性が差し迫っている場合に時期を逸することなく避難勧告を出せるようにとの配慮からである。緊急の場合には市長の判断待ちではなく（連絡を待たずに）担当者の現場での判断に基づいて勧告を出す様に事前の権限委任が口頭で申し渡されていた。

地すべり発生後の対応も適切であった。地すべり・土石流の発生後も県・市・警察・消防などの各機関は連携を保ちつつ適切な対応を取った。現地に災害対策現地本部を設置し、

現地に監視カメラとワイヤーセンサーを設置し、国道の立ち入り規制などの警戒体制を県・市・警察・消防の連携により、24時間体制で2次災害の防止に努めた。全ての構成機関に対しての細かい聞き取り調査はできなかったが、調査時の現地対策本部の様子などから、各機関の役割分担や互いの連携などかなりうまくいっていることが感じられた。

現地に監視カメラとワイヤーセンサーを設置し、24時間体制で警戒にあたるなど、2次災害の防止に努めた。2次災害の防止にあたっては関係機関の連携の必要性が感じられた。

8. 3 今回の災害から得られた教訓

澄川地すべり災害において避難がうまくいった要因をまとめると、以下の2点が大きな要因であったと言える。

- ① 地すべり地内で温泉旅館の実質的な経営者であった阿部社長が地すべりの前兆的な変位にいち早く気付き、地すべりによる変動の全体像の把握に努めた。阿部氏は古くから現場の状況をよく知っている方で、長らく地元で土木建設会社を経営していることもあり、地すべり現場の経験もあった。古くから地元の状況をよく知っている方の的確な判断と関係機関への連絡。
- ② 連絡を受けた鹿角市役所をはじめ消防・警察など関係機関の対応が素早く適切であり、時機を得た避難勧告を出した。鹿角市総務課の対応は、連絡を受けて直ちに現地に課員を派遣している。数度にわたり現地へ課員を派遣するなど現地の状況を的確に把握し、それに基づいて避難勧告を出した。避難勧告を現場担当者の判断で出すように委任していた市長の指示があったことも良かった。

以上のように、日頃から身近な山や斜面の状況をよく熟知している地元の住民による異常事態の早期の検知に加え、市町村・警察・消防など防災に関する公的機関の避難勧告等の適切な対応がとれたこと。この二つの要素がうまく機能したことが今回の災害で人的被害を出さずにすんだ最大の要因であるといえる。そのどちらが欠けても的確な避難は出来なかつたであろう。このような二つの要素は、避難が成功したこれまでの土砂災害事例に共通して見られる。

その斜面が切迫した状態にあるかどうかは長らくその地に住む住民が最も敏感に感じることができる。そして異常な状況にあるという情報が公の機関や責任ある立場の人に伝えられ、避難勧告等を含めた適切な対応を決断し、指示がなければ人的災害を防ぐことは難しい。たとえ個人的な避難はあっても、多くの住民を避難に導くことは難しいであろう。

地すべりの前兆に関して一般的に述べると、規模の大きな地すべりや斜面崩壊が何の前触れもなく突然発生することは極めて稀である。大規模な地すべり・崩壊が発生する為にはその変動範囲のほぼ全域に渡るような破壊面ないしすべり面が形成される必要があるが、地震などで一瞬に形成される場合を除けば、広範囲にわたって破壊面が形成されるためにはある程度の時間が必要である。このような破壊面が斜面内部のある範囲に生じ始めた場合、地中では地層の破壊による破壊音や地下水の異常が起こる。また同時に斜面の表面には亀裂の発生、斜面下部でのはらみだし、小規模な崩壊の発生などの変形や破壊が起

きる場合が多い。また、鳴動などの異常音や変な匂い、湧水の濁りや量の変化などが生じる事もある。このような前兆的変動を敏感に捉えることにより、壊滅的な被害を及ぼす地すべり災害から身を守ることが出来る。

避難に関して若干述べると、今回の災害の様にある程度広い範囲に及ぶ土砂災害に対しては、住民各人が個別に対応しても人的被害を完全に防ぐことは難しい。そのため、判断機能と情報伝達を有する機関などが介在することが不可欠である。

例えば、1982年8月に発生した西吉野村の和田地すべりでは、地すべり地の裏に住む消防団員が道路上に生じた微小な亀裂を発見し、消防団に連絡した。その後の亀裂の拡大から消防団長の判断で和田地区の住民に対し避難の呼び掛けを行っている。このように切迫した場合には避難の呼び掛けは必ずしも市町村長である必要はない。これまでの避難成功例を見ても、住民自治会、消防団、学校長などが避難成功に大きな役割を果たしたという事例を見る事が出来る。日常からこのような防災に対する一定の知識を有し、しかも住民などに影響力を行使出来る立場の人や組織しておくことも、防災上不可欠である。

9.まとめ

崩壊源の形態から判断すると、この地すべりは2つの地すべりが複合している。その運動形態は、下部がslumpで上部がtranslational slideとみられ、下部のslumpが発生し、支えが無くなった結果、上部のtranslational slideが発生した可能性が高い。1971年の空中写真にすでにこの構造が写っているので、今回の活動は既存地すべりの再活動ととらえられる

地すべりの移動土塊はこの構造に対応した4つのブロックに分けられる。主体は下部のslumpに対応する第1ブロックと上部のtranslational slideに対応する第2ブロックであるが、slumpに引きずられるように下部の両方の側方滑落崖からもたらされた第3ブロック（右岸側）と第4ブロック（左岸側）が第1ブロックの両側にある。

slumpのため後方回転が起きているので、第3ブロックから第1ブロックを通って第4ブロックにかけてヒンジラインが形成されている。その方向はN45°Wで地すべりの伸びの方向(N10°E)に直交していない。その理由としては、このヒンジラインの方向はこの地域の断裂系の方向と調和しており、断裂系による構造規制の可能性が高い。

地すべりの移動土塊の下部は崩土となって澄川に入り、岩屑なだれとして澄川から赤川を流れ下っている。岩屑なだれはその岩相から5つの流れに分けられる。

第1から第3までが一連のもので、第4と第5はすこし時間が経つてから発生した。第4と第5の岩屑なだれは第3と第4のブロックの下部の崩れが原因である。

水蒸気爆発の発生は前後関係から見て、地すべりの結果と見られるし、全体の状況からして岩屑なだれの引き金になっているとは考えられない。

澄川地すべりは防災科学技術研究所から発行されている「地すべり地形分布図」に単位地すべりの発生後に生じた二次地すべりとして記載されているその場所で、ほぼ同じ規模で発生している。このことから「地すべり地形分布図」の防災的意義が改めて認識された。また、過去の火山性地すべり災害を概観し、そこから導かれる防災対策についても考えた。

引用文献

- 1) 雨宮和夫・田中耕平・田近 淳 (1997) : 第36回地すべり学会研究発表講演集, pp. 197-200.
- 2) 遠藤秀典・高橋正明 (1997) : 秋田県澄川温泉における地すべりと水蒸気爆発・岩屑なだれ堆積物, 地質ニュース, 第515号, pp. 53-67.
- 3) 浜口博之・田中 聰・植木貞人・中道治久 (1997) : 秋田焼山・澄川温泉の水蒸気爆発の前駆的微動活動, 日本火山学会1997年秋季大会講演要旨, p. 61.
- 4) 早津賢二(1985) : 妙高火山群—その地質と活動史, 第一法規, 349p.
星野 実・浅井健一 (1997) : 1997年5月八幡平澄川地すべり (速報), 国土地理院, No. 88, pp. 28-40.
- 5) 岸上冬彦・小坂丈予 (1955) : 1953年7月26日の早雲山山津波の調査, 東大震研彙報, Vol.33, pp.153-161.
- 6) 小出 博 (1955) : 日本の地すべり, 東洋経済新報社, 259p.
- 7) 国立防災科学技術センター (1965) : 火山性地すべりの発生機構および予知に関する研究 (第1報), 防災科学技術研究所報告, No. 1, 56p.
- 8) 松浦純生・浅野志穂・岡本 隆・竹内美次・中村三郎 (1997) : 八幡平地すべり発生前の融雪・降雨特性, 第36回地すべり学会研究発表講演集, pp. 419-420.
- 9) 中道治久・浜口博之 (1997): 秋田焼山・澄川温泉水蒸気爆発に伴う長周期地震動の解析, 日本火山学会1997年秋季大会講演要旨, p. 62.
- 10) 大八木則夫・田中耕平・福圓輝旗 (1986) : 1985年7月26日長野県地附山地すべりによる災害の調査報告, 国立防災科学技術センター主要災害調査, 第26号, 45p.
- 11) Oyagi,N (1987) : Structure of landslides, 5th International Conference and field Workshop on landslides, Christchurch.
- 12) 塚本 斎 (1997) : 秋田県澄川温泉における地すべりと水蒸気爆発に伴う土砂災害の発生プロセス, 地質ニュース, 第515号, pp. 53-67.
- 13) 露木利貞・金田良則・小林哲夫 (1980) : 火山地域にみられる地盤災害とその評価 (1), 鹿児島大学理学部紀要 (地学・生物学), No. 13, pp. 91-103.
- 14) 清水文健・大八木則夫・井口 隆 (1984) : 地すべり地形分布図「八幡平」, 国立防災科学技術センター研究資料No.85.
- 15) 新エネルギー総合開発機構 (1988) : 昭和61年度地熱探査技術等検証調査 仙岩地域 3000m級胱性坑井調査報告書.
- 16) 須藤 茂 (1985) : 仙岩地熱地域中心部地質図, 地質調査所.
- 17) 内田利弘・光畑祐司 (1995) : 澄川地熱地区におけるMT法データの2次元解析とその解釈, 地質調査所報告 第282号, pp. 17-49.
- 18) 和田光史 (1966) : 粘土鉱物の同定および定量法, 日本土壤肥料学雑誌, 第37巻, 第1号, pp. 9-17.
- 19) 米谷恒春・森脇 寛・清水文健 (1983) : 1982年台風第10号と直後の低気圧による三重県一志郡の土石流災害および奈良県西吉野村和田地すべり災害調査報告, 国立防災科学技術センター主要災害調査第22号, 70p.

参考資料

秋田県八幡平地すべり災害関連航空写真撮影状況

撮影機関	撮影日	撮影縮尺	カラーorモノクロ	災害前or後	標定図番号等	備考
アジア航測	1987年9月13日	1/15000	モノクロ	前	62-194	
	1997年5月12日	1/5000	カラー	後		
	"	1/10000	カラー	後		
	"	胴体斜め撮影	カラー	後		
	"	手持ち斜め撮影	カラー	後		
朝日航洋	1997年5月12日	1/8000	カラー	後		建設省版権
	"	1/8000	カラー	後		秋田県版権
	"	斜め	カラー	後		建設省版権
国際航業	1982年	1/8000	モノクロ	前		
	1989年6月11日	1/12500	カラー	前		
	1997年5月12日	1/8000	カラー	後		
	"	斜め		後		
	1997年6月13日	1/8000	カラー	後		
バスコ	1996年9月12日	1/20000		前		
	1997年5月12日	1/8000	カラー	後		
国土地理院	1976年9月26日～10月8日	1/15000	カラー	前	C TO-76-4	
	1976年8月27日～10月23日	1/10000	カラー	前	C TO-76-2	
林野庁	1990年6月14日, 7月28日	1/16000	モノクロ	前	90-32	
	1990年7月28日, 8月4日 10月3日, 16日	1/16000	モノクロ	前	90-32	
	1993年8月31日, 9月22日	1/16000	モノクロ	前	90-34	下流域の撮影は無し

調査者 アジア航測株式会社

主要災害調査報告既刊一覧

- 第 19 号 1981年 8月台風第15号による長野県須坂土石流災害調査報告, 54p. 昭和57年3月発行
- 第 20 号 1981年 8月24日台風第15号による小貝川破堤水害調査報告, 125p. 昭和58年2月発行
- 第 21 号 1982年 7月豪雨(57.7)による長崎地区災害調査報告, 133p. 昭和59年3月発行
- 第 22 号 1982年台風第10号と直後の低気圧による三重県一志郡の土石流災害および奈良県西吉野村和田地すべり災害調査報告, 70p. 昭和58年3月発行
- 第 23 号 昭和58年(1983年)日本海中部地震による災害現地調査報告, 164p. 昭和59年2月発行
- 第 24 号 1983年 7月梅雨前線による島根豪雨災害現地調査報告, 85p. 昭和59年8月発行
- 第 25 号 昭和59年(1984年)長野県西部地震災害調査報告, 141p. 昭和60年3月発行
- 第 26 号 1985年 7月26日長野市地附山地すべりによる災害の調査報告, 45p. 昭和61年3月発行
- 第 27 号 1986年 8月5日台風10号の豪雨による関東・東北地方の水害調査報告, 155p. 昭和62年3月発行
- 第 28 号 昭和61年(1986年)伊豆大島噴火災害調査報告, 64p. 昭和62年3月発行
- 第 29 号 千葉県東方沖地震災害調査報告, 49p. 昭和63年3月発行
- 第 30 号 1988年集中豪雨災害調査報告—島根・広島地区, 114p. 昭和63年10月発行
- 第 31 号 1990年(平成2年)7月豪雨による九州地方の洪水・土砂災害調査報告, 126p. 平成3年3月発行
- 第 32 号 平成5年8月豪雨による鹿児島災害調査報告, 195p. 平成7年3月発行
- 第 33 号 1994年北海道東方沖地震災害調査報告, 63p. 平成7年3月発行

平成 10 年 3 月 30 日 印刷
平成 10 年 3 月 31 日 発行

編集兼
発行者 防災科学技術研究所
茨城県つくば市天王台 3-1
電話 (0298) 51-1611 〒305-0006

印刷所 アサヒビジネス株式会社
茨城県つくば市竹園 2-11-6

NATIONAL RESEARCH INSTITUTE FOR EARTH SCIENCE
AND DISASTER PREVENTION

3-1, TENNODAI, TSUKUBA, IBARAKI, 305-0006 JAPAN
TEL. 0298-51-1611, FAX. 0298-51-1622