澄川地すべりの発生機構について －澄川地すべり調査結果と対策工の概要－

Failure Mechanism of Sumikawa Landslide: Results of Sumikawa Landslide Investigation
and Outline of Landslide Control Works

小川内 良 人* 山 崎 勉* 山 崎 孝 成*
Yoshito OGAWAUCHI Tsutomu YAMAZAKI Takanari YAMASAKI
菊 池 章** 小 原 喜 幸*** 保 坂 金 雄****
Akira KIKUCHI Yoshiyuki OBARA Kaneo HOSAKA

Abstract

In May 1997, a large-scale landslide (called the Sumikawa Landslide) occurred behind the Sumikawa hot spring located on the northeast side of Yakeyama volcano. A steam explosion and mudflow occurred in connection with the landslide. The landslide is about 650 m long, 150 to 350 m wide and 50 to 70 m deep in the main part. This landslide can be divided into three sliding blocks. The landslide occurred in the Hachimantai hydrothermal alteration zone.

The bedrock of the landslide area is composed of tuff to tuff breccia (Tobe Formation) which was formed in the Miocene Tertiary Period. Quaternary strata composed of tuff (Sumikawa tuff) and andesite lava (Yakeyama volcanic products) cover these tertiary strata. A slip surface is formed on the altered Sumikawa tuff that contains abundant montmorillonite. Borehole temperature tends to increase near the slip surface. Below the slip surface, the borehole temperature reached 70 to 100 degrees. The groundwater of the landslide area runs through the fissured andesite lava which covers the altered tuff and indicates pH 7.7~8.4. Before the landslide, hot springs of Sumikawa area indicated pH 2.1.

A primary cause of the landslide is assumed to be the existence of the clay-like tuff created by the hydrothermal alteration and the concave shape of the bed rock.

キーワード：地すべり，熱水変質，水質分析，X線回析

1. はじめに

澄川地すべりは、鹿角市八幡平宇熊沢国有林 135 林班に位置し、末端には今回被災した澄川温泉がある。地すべりは、平成 9 年 5 月 4 日頃から前兆現象がみられ、10 日未明に滑動が始まった⁹⁾。11 日午前 8 時過ぎに大規模な地すべり崩壊が発生し、これが土石流となって下流域を襲い、澄川温泉、赤川温泉の宿泊施設 16 棟が全壊するとともに、国道 341 号赤川橋が埋没した。

地すべりの規模は、斜面長 650 m、幅 150~350 m、すべり面深度 50~70 m、活動面積約 0.17 km²、地すべり土塊量約 600 万 m³ である。

当地すべりは八幡平北部地熱帯に位置し、地すべり地内ではモンモリロナイトや緑泥石などの鉱物が検出される。また、ボーリング掘削中、安山岩層を貫通して変質凝灰岩層に達すると温度が急上昇し、70~100℃を超える場合もある。末端崩壊地内の地表では、100℃前後の噴気が多数認められる。

本報文は、秋田営林局が実施した地すべり機構調査結果に基づき、地すべり機構を解明し対策工法を検討した結果をまとめたものである。対策工の検討にあたっては、澄川地区土砂災害対策検討委員会が組織され慎重な検討が行われた。Fig. 1 に調査ボーリング位置、澄川温泉および地すべりブロック区分を示す。

なお、発生後から平成 10 年 6 月末までの移動量調査では、地すべり変動はほとんど観測されていない。現在、自動観測システムにより継続観測されている。また、排土工と鋼管杭を主体とする地すべり対策工事、澄川の流

* 国土防災技術株式会社
** 林野庁監査室
*** 秋田営林局
**** 秋田営林局鹿角営林署

Fig.1 澄川地すべり調査平面図

路工，赤川の治山ダムなどの工事が急ピッチで進められている。

2. 地形・地質概要

2.1 地形

調査地は，焼山火山の北東山麓斜面に位置する。滑動前の航空写真（平成元年5月撮影）を利用した判読では，調査地周辺の標高850，900，950，1,000m付近にそれぞれ緩斜面が識別された。緩斜面の上方側には馬蹄型の急斜面，下方側には急斜面と崩壊地形があり，地すべり地形の特徴を示す。

今回滑動した地区には，標高900m付近の下部緩斜面と950m付近の上部緩斜面がある。このうち，下部

緩斜面の上方側は凹地となっており，緩斜面の30年生カラマツには，山側に傾斜したことによるS字状の幹曲りが2段認められ，今回の滑動前にも回転運動を伴う地すべりが生じていたと推定される。

2.2 地質

澄川周辺の地質は，新第三紀中新統の遠部層¹⁾を基盤とし，これを覆う第四紀の澄川凝灰岩および焼山火山群噴出物の曾利ノ滝溶岩²⁾から構成される。

調査地内の地質構造は，新第三紀層が冠頭部で北傾斜，末端で南傾斜となる。また，新第三紀層上面の形状は，今回滑動したブロックの中央付近が最も深くなる盆状を呈している。この上位に節理や亀裂が発達した硬質の安山岩溶岩が覆うキャップロック構造となる（Fig.2）。

Fig. 2 地すべり断面図 (E 測線)

今回滑動した地すべり左側壁の安山岩層には、NW-SE 方向の節理が発達する。特に上部緩斜面と下部緩斜面の間において、安山岩に破碎された断層が形成されていて、破碎部には熱水変質による鉱物が生成されている。

3. 地すべりブロック区分およびすべり面の判定

3.1 地すべり移動形態

滑動後の特徴的な地表面現象は、①上部緩斜面の回転運動（沈下量は最大 40 m）、②上部緩斜面の陥没地形と山側落ち亀裂群、③下部緩斜面の陥没地形と回転運動、④末端隆起（最大 20 m）部の崩壊である（Fig. 2）。滑動前後の航空写真を対比（遊歩道・沢地形・植林地）した結果、地すべりの水平移動量は 50～60 m と推定される。

地すべり地中腹には、上部緩斜面頭部の沈下に対する斜面下方への押し出しや隆起現象が認められず、地すべりは上部緩斜面と下部緩斜面がほぼ一体となって活動したと判断される。しかしながら、下部緩斜面の移動方向および亀裂の分布状況、上記③の状況や今回の滑動前にも下部緩斜面で回転運動が推定されることなどから、両者は別々の運動形態を示していることも考えられる。

3.2 地すべりブロック区分

当地すべりは移動形態、すべり面形および地表の亀裂から、Fig. 1 のように大きく 3 ブロックに区分できる。それぞれの特徴を Fig. 3 に示す。

A-1 ブロックは、地すべり地全体の中央部を大きく占め、変質凝灰岩上面をすべり面とする。A-2 ブロックは、A-1 ブロック上方で安山岩の強変質岩上面をすべり面とする。B ブロックは、A ブロックの末端崩壊である。

Fig. 3 ブロック区分表

ブロック名		A-1 ブロック (下部緩斜面)	A-2 ブロック (上部緩斜面)	B ブロック (末端崩壊)
すべり面	すべり面形態	凹形	椅子形	凹形
	斜面長さ (m)	380	180	200
	深度 (m)	70	60	10
すべり面形	平均傾斜 (°)	12	20	18
	断面幅 (m)	320	120	320
地質	移動土塊 基岩	安山岩類 変質凝灰岩	安山岩類 変質安山岩	安山岩・凝灰岩 変質凝灰岩
地下水条件	地下水位との関係	有圧地下水 すべり面直上	有圧地下水 すべり面直上	不明
移動方向	移動方向	N 38° E	N 18° E	N 38° E

3.3 すべり面の判定

地すべり機構調査結果から、次のようにすべり面を判定した。ただし、調査期間中、地すべりが再活動していないため、地中変位計などでの確認はできなかった。

(1) A-1 および B ブロック

変質凝灰岩上面付近で、①モンモリロナイトのピーク値の検出、②岩石の pH および含有鉱物の検出値の変化、③有圧水の検出、④層界に認められる擦痕などから、変質凝灰岩上面をすべり面と判断した。

(2) A-2 ブロック

変質凝灰岩上面付近では有圧水や擦痕は認められないものの、強変質安山岩上面付近において有圧水や擦痕、ガス噴出も認められることから、変質安山岩上面をすべり面と判断した。

Fig. 4 地質柱状図 (E 測線)

(1) すべり面直上を掘削中の温度

(2) すべり面直下を掘削中の温度

Fig. 5 ボーリング掘削中のすべり面上下における等温線図

Fig. 6 検出鉱物の強度および pH, 水温分布図

4. 地すべり機構調査

4.1 調査ボーリング

地すべり地内の地質は、下位から変質凝灰岩、安山岩（溶岩・凝灰角礫岩を含む）、転石混じり土に大きく区分される（Fig. 4）。

変質凝灰岩は白色～淡緑灰色を呈し、当地すべりの基盤をなす。主に軽石を含む凝灰角礫岩を原岩とし、末端崩壊地内では最上部が温泉余土化している。地すべり地内では、本層の上位に緑灰色～黄色を呈する風化凝灰岩（澄川凝灰岩）および凝灰質角礫岩が分布する。

安山岩は、風化の程度や層厚が側方へ変化が著しく、全体に弱い変質を受けいる。A-1ブロックでは、安山岩最下部が破碎状ないし粘性土状を呈し、下位の変質凝灰岩との層界に擦痕が認められることもある。A-2ブロックでは、強変質の安山岩とその上位の弱変質の安山岩に区分される。強変質安山岩直上は、破碎状を呈していて擦痕やガス噴出が認められた。

4.2 温度分布

調査ボーリング中に蒸気が噴出する恐れがあるため、安全対策として作業前後に深度5m毎の水温を測定した。また、地表面では蒸気や温泉水を直接測定した。

Fig. 5は、ボーリング掘削中、すべり面付近の直上と直下を測定した際の等温線図である。すべり面を貫通すると高温になる傾向があり、高温帯が2カ所認められる。

A-1, Bブロックのすべり面直上の安山岩および凝

Fig. 7 地下水検層解析図 (BV-9-10)

灰角礫岩中の温度は17～60℃、直下の変質凝灰岩では60～100℃以上となり、Bブロック直下に高温帯が認められる。A-2ブロックでは、すべり面の直上の安山岩中は18～60℃で、直下の強変質安山岩中では50～80℃になる。

代表的な温度の垂直分布を Fig. 6 に示す。

Fig. 8 水質分析結果

4.3 地下水調査

4.3.1 地下水検層

地下水検層はBV-9-2, 3, 10は掘削完了後に、それ以外は毎日のボーリング掘削区間毎に実施し、前日の掘削区間をケーシングで止水して実施した(ステップ検層)。

地下水流動層は、変質凝灰岩上面付近 (BV-9-3, 10, 14, 16, 20, 21, 23, 24, 26) と、変質凝灰岩上面の上位2~3m付近の破碎が著しく地層が擾乱された区域 (BV-9-6, 8, 11, 15, 19, 25, 28) および亀裂の多い安山岩層下部で認められ (有圧水)、安山岩層下部には地下水が多量に賦存していることが判明した。Fig. 7は、変質凝灰岩を掘削後に保孔管を設置して検層した結果である。変質凝灰岩の上面には擦痕があり、この付近に顕著な地下水の流動層が認められる。

4.3.2 水質分析結果

水質分析は現地ではpH・温度・導電率を測定し、室内で陰イオン (HCO₃⁻・Cl⁻・SO₄²⁻)、陽イオン (Mg²⁺・Ca²⁺・Na⁺・K⁺) について分析した。重炭酸イオン以外は、イオンクロマトにより濃度分析した。

水質分析結果をヘキサダイアグラムとトリリニアダ

ダイアグラムで示す (Fig. 8)。図中の澄川温泉の資料は与良 (1973) を引用している。

地すべり周辺の湧水および孔内水の水質は、①低温で中性の水、②弱アルカリ性の水、③酸性の水の3系統に区分される。

滑落崖直下、滑落崖上方斜面および池のそれぞれの水は、水温8~10℃ (8/13)、pH 7.0~7.7で溶存イオンが少なく、降水起源の自由地下水 (低温・中性水) である。

すべり面付近で採水した孔内水 (BV-9-6: 深度36m, BV-9-20: 深度51m) では溶存イオンが増加し、硫酸イオンや重炭酸イオン、カルシウムイオンが多くなる。

A-2ブロック (BV-9-20) ではpH 7.9となり、A-1ブロック中央から左側壁および末端 (BV-9-10, 16, 18, 24, 末端①, ②) にかけては、pH 7.7~8.4となり弱アルカリ性に変化する。一方、A-1ブロック右側壁付近 (BV-9-6) では、弱アルカリの水に酸性水が混合してpH 7.1に変化する。

災害前の澄川温泉は、pH 2.1の硫酸性温泉⁶⁾であった

Fig.9 地すべり機構模式図 (E 測線)

が、災害後はこの泉質の温泉水は検出されず、これに近い泉質は、西側に隣接する旧地すべり地内の“泥火山”のみである。また、澄川沿岸の硬質凝灰岩から湧出している温泉水は、pH 3.4~4.4 の酸性水であり硫酸イオン濃度も地すべり地内に比べて高いことから、地すべり地内の温泉水とは別系統の温泉水と考えられる。

4.4 X線回析 (熱水変質)

熱水変質状況を把握するために、A-1ブロックのBV-9-5, 9, 14, 15, 16, 17, 18, 24号孔から試料を採取し、日本電子製 JDX-8020型 X線回析装置で分析した。

主な鉱物は、Ca-モンモリロナイト・Na-モンモリロナイト・絹雲母・モンモリロナイト-緑泥石混合層・緑泥石・カオリナイト・明礬石・方解石・黄鉄鉱などが検出された。Fig.6に代表的な鉱物と温度分布図を示す。

回析結果より岩石のpHと検出される鉱物の種類・強度には、次のような変化が認められた。

- ①岩石のpHは、変質凝灰岩上面付近を境に上下で相対的な値が変化する。安山岩中では、pH 4.1~8.2で7.0~8.0間を示すことが多い。変質凝灰岩中では、pH 7.1~8.9で8.0以上の値が多い。
- ②安山岩中では、絹雲母が連続して検出されることが多いが、これより下位では検出されず、かつ、酸性環境で形成される明礬石が産出する。
- ③変質凝灰岩上面付近では、モンモリロナイトのピーク値が高くなる(600~1,900)。
- ④変質凝灰岩中では、石英のピーク値が高くなる(600~4,300)。
- ⑤これらの鉱物の検出値が大きく変化する深度は、変質凝灰岩上面付近である。また、温度分布も同様の傾向を示した。

5. 地すべりの発生機構

調査結果を総括して Fig.9に地すべり発生機構を模式的に示す。澄川地すべりの発生には、融雪水、熱水変質作用、水文地質状況が強く影響していると考えられる。以下に、地すべり発生の誘因と素因を考察する。

5.1 地すべりの誘因

融雪は4月から既に始まっており、5月に入ると1日当たり40~70mmの融雪水が供給され、5月8日は融雪水と降雨とで合計約170mm程度に相当すると推定されている³⁾。

調査結果より①変質凝灰岩上面および変質安山岩上面には有圧水が確認されている、②頭部滑落崖には大量の地下水(融雪水・降雨水起源)が湧出している、③滑落崖上方から地表水が大量に流入していることなどから、これらの地下水が地すべりの誘因となった可能性が高い。

しかし、水質分析によればアルカリ性や酸性の温泉水も供給されていることから、必ずしも上記の地下水だけではなく、熱水も地すべり発生に影響を与えていた可能性も否定できない。

5.2 地すべりの素因

(1)熱水変質作用

モンモリロナイトは変質凝灰岩中でピーク値が高く、安山岩中では低くなっている。これは第四紀層が地熱に対して帽岩となっている⁶⁾ことから、両者で熱水変質作用が異なっていることに起因していると考えられる。

熱水変質で形成されたモンモリロナイトが、安山岩中から供給された地下水により変質凝灰岩上面の土質強度が低下して、すべり面が形成されたものと考えられる。

(2)水文地質構造

第三紀層上面の形状が盆状となり、この上位に硬質の

安山岩が覆うキャップブロック構造が形成されている。安山岩は、縦方向の節理が発達して透水性に富むが、下位の変質凝灰岩は難透水層となっており、安山岩中に地下水が賦存されやすい水文地質構造となっている。

以上のことから当地すべりにおいては、安山岩と新第三紀層凝灰岩との熱水変質作用の相違→変質凝灰岩上面付近にモンモリロナイトが集中→安山岩の節理を通して地下水が変質凝灰岩上面に流入→層界付近の土質強度低下→融雪水の浸透→地すべり発生、といった発生機構が考えられる。

6. 対策工法の検討結果

6.1 安定解析結果

今回の活動では、A-1ブロックとA-2ブロックとが分離して移動した形跡はないが、今後、A-1ブロックが単独で滑動することも考慮する必要がある。そのため、Aブロック（A-1とA-2ブロックとの一体すべり）およびA-1ブロックの2つのブロックに対して、C,D,E,Fの4測線を用いて、Lambe-Whitman（ランブ・フィットマン）²⁾による近似三次元安定解析法により安定解析を試みた。

地すべりが50m程度滑動していること、末端崩壊のすべり面粘土で実施したリングせん断試験値（ $c' = 4.2 \text{ kN/m}^2$, $\phi' = 6.31^\circ$ ）、既存の第三紀層地すべりの残留強度（ $\phi' = 3.3 \sim 16.2^\circ$ ）⁴⁾等を勘案し、すべり面は既に残留強度に達していると考えられるので、粘着力 $c' = 0.0 \text{ kN/m}^2$ とし、逆算法により内部摩擦角 ϕ' を算出した。

・決定設計せん断強度定数

①Aブロック一体すべり

粘着力 $c' = 0.0 \text{ kN/m}^2$

内部摩擦角 $\phi' = 7.9^\circ$ ($\tan \phi' = 0.14$)

②A-1ブロックすべり

粘着力 $c' = 0.0 \text{ kN/m}^2$

内部摩擦角 $\phi' = 8.5^\circ$ ($\tan \phi' = 0.15$)

6.2 対策工法の検討

6.2.1 Aブロック

Aブロック一体の地すべり接線分力の総和 ΣT は、約 60,000 kN/m（E測線）と巨大である。また、すべり面

付近より下位の温度が高く、水蒸気あるいはガスが噴出する可能性もあることから、地中に作業員が入ることが極めて危険であることに加え、高温の基盤内でコンクリート構造物が長期間、安定的に効果を発揮するか疑問である。このため、集水井やトンネルなどの地下水排除工およびアンカー工は施工困難であると判断した。

よって、作業の安全確保、経済比較から、冠頭部の排土工と斜面中腹の盛土工、大口径の鋼管杭工（ $\phi 800 \text{ mm}$ ）を主とする工法とし、補助的に地表からの長尺ボーリングによる地下水排除工を組み合わせた対策工計画とした。

6.2.2 Bブロック

本ブロックの地すべり土塊の大半は既に流出していることから、対策工は後方への拡大防止を目的とした。滑落崖直下に土留工を配置し、これを基礎とした不安定土塊の法切工と斜面緑化工を計画した。ただし、周辺一体は水蒸気が噴出する地熱帯であることから、澄川の護岸工の施工も含めて、盛土工並びに排土工を行う区域にはあらかじめ「ガス抜き工」を施工する計画である。

7. 謝 辞

本調査の実施に当たり、澄川地区土砂災害対策検討委員会の皆様から終始ご指導・ご助言をいただいた。また、鹿角市並びに地元各位から現地調査に当たり各般のご協力をいただいた。ここに深謝を申し上げる次第である。

引用文献

- 1) 河野義礼・上村不二雄：5万分の1地質図八幡平，地質調査所，1964
- 2) Lambe T. W., Whitman R. V. : Soil Mechanics, Jhon Wiley & Sons. Inc. pp. 370, 1969
- 3) 松浦純生・浅野志穂・岡本隆・朴三奎：八幡平地すべりの発生メカニズム，平成10年度砂防学会研究発表会概要集，pp. 38, 1998
- 4) 申潤植：地すべり工学－最新のトピックス－，山海堂，pp. 35, 1995.
- 5) 塚本齊：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，No. 515, pp. 53-67, 1997
- 6) 与良三男・脇田健治・本田朔郎：秋田県大沼地熱地帯の探査，地熱，Vol. 10, No. 4, pp. 27-44, 1973
(原稿受理日 平成10年6月9日)

地すべり構造と広域場からみた澄川地すべり

「地すべり」Vol. 35, No. 2 (通巻第 134 号) pp. 1~10, 1998 年 (平成 10 年) 9 月

大八木規夫, 池田浩子

1997 年 5 月 11 日八幡平澄川温泉に発生した地すべりは、「澄川左岸」大規模地すべり地形内部の 2 つの旧二次地すべりが一体となって再活動したものであった。この移動体は第四紀焼山火山の安山岩溶岩の一肥厚部にあたり、すべり面は主にこの溶岩と下位の新第三系火砕岩類あるいは先焼山カルデラ堆積物との境界付近に認められる。これより、溶岩流の流下時の谷地形 (現在は埋没谷) が地すべり発生場を先導したと考えられる。

焼山火山体の周囲には円弧状に大小の地すべり地形が分布し、それらは火山体の下位に伏在している先焼山カルデラの推定輪郭線上に配置されている。また、火山体は下底部にも凸型の断面形をもつことから、火山体の先焼山カルデラ堆積物への沈下と、これに伴うこの堆積物の側方流動が推定され、これが上述の地すべり地形の分布の一要因になったと考える。八幡平東部の前森山や茶臼岳などの第四紀火山体周辺に分布している巨大な地すべり地形群が直径 11~12 km の環状範囲に入ることは、これらの第四紀火山体の下位にも火山性の環状構造が存在し、地すべり地形の形成に関係したことを示唆している。

澄川地すべり発生前の地すべり地形と地すべり変動

「地すべり」Vol. 35, No. 2 (通巻 134 号) pp. 11~19, 1998 年 (平成 10 年) 9 月

井口 隆

1997 年 5 月に発生した鹿角市八幡平澄川地すべりは、過去に変動した地すべりの再滑動である。また、秋田焼山火山の山麓に生じた、大規模地すべり地形の移動体内に、二次的に生じた地すべりである。澄川地すべりを含めた秋田焼山から八幡平火山一帯には、巨大・大規模地すべり地形が多数分布しており、その移動体の一部が火山噴気の変質作用のために滑動し、地すべり災害を発生させてきた。

澄川地すべりは、表層部の変動量が比較的小さいのに対し、内部の地層が絞り出されて遠方まで到達するスクイーズ型の変動を起こした。

過去の地すべり滑動の痕跡である地すべり地形の分布を表わした地すべり地形分布図は、地すべりに関する研究の資料としてだけでなく、これから起きる地すべり発生場所の予測など広く防災行政にも活用できる資料として、幅広い活用が期待される。

アメダス等のデータによる八幡平澄川地すべり発生前の積雪層外流出量の推定とその生起確率

「地すべり」Vol. 35, No. 2 (通巻 134 号) pp. 20~28, 1998 年 (平成 10 年) 9 月

松浦純生, 浅野志穂, 岡本 隆, 竹内美次, 中村三郎

秋田県八幡平で発生した、大規模な地すべり発生前の融雪水の動態を明らかにすることを目的として、気象庁のアメダス等のデータを用いて熱収支法による融雪水量の推定を試みた。さらに、過去 19 年間の融雪期における融雪水量を算出し、無積雪期における降雨量と比較して年最大日量を求め、これらの結果をもとに確率年最大日量等を計算した。

秋田県澄川地すべり、鹿児島県針原川土石流における高速長距離土塊移動のメカニズムについて

「地すべり」Vol. 35, No. 2 (通巻 134 号) pp. 29~37, 1998 年 (平成 10 年) 9 月

佐々恭二, 福岡 浩, 汪 発武

平成 9 年 5 月の秋田県八幡平澄川地すべりおよび平成 9 年 7 月の鹿児島県出水市針原川の土石流の現場よりサンプルを採取し、応力制御リングせん断試験機を用いて、すべり面の応力とせん断変位を再現する試験を行った結果、せん断により粒子破碎を起こしやすい安山岩質の岩屑または砂礫層において非排水せん断、非排水載荷が生じたと考えることにより、この両者の高速運動を無理なく説明できることが分かった。

澄川地すべりの発生機構について

—澄川地すべり調査結果と対策工の概要—

「地すべり」Vol. 35, No. 2 (通巻 134 号) pp. 38~45, 1998 年 (平成 10 年) 9 月

小川内良人, 山崎 勉, 山崎孝成, 菊地 章, 小原喜幸, 保坂金雄

1997 年 5 月、八幡平熱水変質地帯に発生した澄川地すべりは、地すべり発生と同時に水蒸気爆発と土石流が発生した特異な地すべりである。すべり面は、モンモリロナイトを多量に含む変質した第四系の澄川凝灰岩上面に形成されている。ボーリングの孔内温度は、すべり面に近づくにしたがって上昇し、すべり面以深では 100 度に達する。地すべり地内の地下水は弱アルカリ性を示し、埋没した澄川温泉の酸性泉とは際だった違いを見せている。澄川凝灰岩を覆う焼山火山噴出物には、キレツの発達した安山岩溶岩が分布し、地下水の通路となっている。地すべり発生の素因は、変質して粘土化した澄川凝灰岩の存在と、基盤が円弧すべりを発生しやすい凹面型を呈していたことである。

1997 年 5 月 11 日秋田県鹿角市八幡平で発生した澄川地すべり・土石流の発生時系列と発生形態

「地すべり」Vol. 35, No. 2 (通巻 134 号) pp. 46~53, 1998 年 (平成 10 年) 9 月

佐々木隆司, 石井 学, 南 哲行, 山田 孝

澄川地すべり・土石流災害では、大規模な地すべりが発端となり、引き続いて土石流及び水蒸気噴出・爆発が発生しており、これら諸現象が 5 月 11 日午前 8 時前後の短い時間で発生したという興味ある特徴を有している。しかしながら、土石流を発生させた地すべりの発生形態や、地すべり・土石流がどのようなプロセスで発生したかについては未知な点が多い。本論では、澄川地すべり・土石流災害の発生時系列及び発生形態を明らかにした。