

財団法人 砂防・地すべり技術センター 伊藤英之[○], 白杵伸浩, 酒井敦章
秋田大学教育学部 林信太郎
アジア航測(株)防災部 千葉達朗

1.はじめに

1997年5月11日08:00頃, 秋田県澄川温泉において大規模地すべりおよび水蒸気爆発が発生した。これらに伴い赤川沿いに岩屑なだれおよび土石流が流下し, 澄川温泉, 赤川温泉及び国道341号が埋没した。筆者らのグループは今回発生した複合災害について, すでに土砂移動現象の記載(千葉ほか, 1997), 爆発のメカニズム(林ほか, 1997)について随時報告を行ってきた。今回の講演では, 特に地すべりに付随して発生した岩屑なだれの運動機構および土石流の発生について考察してみたい。

2.災害の概要

図.1に今回の災害の概要を示す。地すべりの前兆は約1週間から確認され, 澄川温泉の飲料水の汚濁化, 私道の亀裂などが認められた。当時八幡平地域は完全に融雪期であり, また5月7日からは日雨量114mmを記録する大雨が観測された。8日には東北電力のケーブル切断事故があり, 9日には温泉の異常湧出が認められた。10日には地すべりによる家屋への被害が深刻となり, 11日朝のクライマックスを迎えた。5月11日午前7:00頃, 鹿角市長を始めとする視察団が澄川温泉に到着, 旅館が地すべり土塊によって破壊されているのを確認, 危険を感じ避難を開始した。同日8:00頃赤川橋まで到着した直後, 澄川温泉方向で水蒸気爆発の噴煙を視認し, 8:02頃, 土石流の赤川橋通過を確認した。

3.発生した土砂移動現象とその特徴

今回の一連の災害においては, 複数の現象が重なって発生しているのが特徴である。図.2に垂直航空写真から判読した地形分類図(千葉他, 1997)を示す。土砂の流出形態は航空写真より判断して3つ認められる。

- 地すべり土塊: 上段ブロックの主滑落崖の幅は約250m, 最大落差約60mで北方向に滑動している。下段ブロックは幅約400mで北東方向に滑動している。下段ブロックの末端部は末端崩壊しているため, 地すべり特有の移動土塊による盛り上がりが残されていない。
- 流出土砂: 地すべり土塊の末端から河道沿いに分布し, 一部斜面に乗り上げて堆積している温泉余土から構成されている岩屑なだれ堆積物と, 小礫や材木片を多く含む土石流堆積物の2種類が認められる。また岩屑なだれ堆積物中には流山地形も認められる。岩屑なだれ堆積物および土石流堆積物はそれぞれ千葉ほか(1997)のflow-a, flow-bに対比される。岩屑なだれは澄川温泉より約1.4kmまで, また土石流は約2km流下し, 赤川1号砂防ダム付近にまで到達した。
- 水蒸気爆発堆積物: 水蒸気爆発に伴って発生した噴石, 火山灰およびサージ堆積物。火山灰は岩屑なだれ堆積物を直接覆っている。林他(1997)による爆発のエネルギーは 2.5×10^9 Jと推定されている。

4.岩屑なだれと土石流

4.1 岩屑なだれの運動メカニズム

今回発生した岩屑なだれは, 緩勾配を高速で流下し, 流山地形を残すという特徴を有している。このような流れは1984年御岳崩れ(芦田・江頭, 1985)と性格が酷似している。よって, 芦田・江頭(1985)の方法を今回の岩屑なだれに適用した。土塊が水に飽和しているとき, 土塊の運動は次式により表される。

$$\frac{U_f}{\sqrt{gh_f}} = \left\{ \frac{U_{f0}^2}{gh_f} e^{2ax/h_f} - \frac{b}{a} (1 - e^{2ax/h_f}) \right\}^{1/2} \quad (1)$$

ここに U_f : 崩土の移動速度, U_{f0} : 飽面をいくつかの斜面毎に折れ線で近似したとき, 各斜面における上流端の移動速度である。現地調査より土塊の最大移動距離は約1.4kmであるので, 土塊の内部摩擦角 ϕ は 17° となり, この時の移動速度を求めると図.3のようになる。すなわち, 岩屑なだれの最大流動速度は約30m/secで次第に減速し, 赤川橋付近において停止したものと考えられる。

4.2 土石流堆積物の特徴

現地調査より, 岩屑なだれは層厚20mにも及び, 堆積物は崩壊斜面を構成している黄褐色土, 温泉余土から構成され, 岩屑なだれ堆積物には内部構造が完全に破壊されない程度のせん断を被っている部分も認められる。また岩屑なだれ堆積物中には家屋片が混入することがないのに対し, 土石流堆積物中には家屋片や温泉余土ブロックが多量に取り込まれている。また層位学的事実から岩屑なだれが最初に発生し, そのあと土石流が岩屑なだれ堆積物を浸食しながら流下したことが明白である。

5. 地すべり・水蒸気爆発、岩屑なだれおよび土石流の発生順序

千木良・千葉(投稿中)は、地すべりに残された状痕、堆積構造等から地すべり挙動復元モデルを提唱した。これによると地すべりは上位ブロックからスランプⅠ、スランプⅡに分類され、スランプⅠの移動によりスランプⅡが押し出され、スランプⅡの末端部が岩屑なだれとして流下した。またスランプⅡが噴気孔を閉塞したため水蒸気爆発が発生したとしている。スランプⅡの末端部の流動の状況は、秋田放送により撮影されたVTRにも記録されており、また末端部を構成する地質が岩屑なだれ堆積物と同質の温泉余土であることから、スランプⅡの末端部が岩屑なだれとして流下した可能性は高い。その後地すべりの主活動に伴い水蒸気爆発及び土石流が発生した。すなわち地すべり→岩屑なだれ→水蒸気爆発→土石流という発生順序であったと推測される。

6. 水蒸気爆発に伴って発生した土石流

土石流の発生には十分な河床材料と水の供給が必要となる。災害が発生した5月11日には降雨が観測されておらず、土石流の発生に寄与した水の供給過程が問題となる。塚本(1997)は土石流発生メカニズムとして、岩屑なだれに先行した崩壊に起因する別の土砂流出を想定しているが、赤川温泉家屋を押しつぶし建物内に流入している堆積物は明らかに岩屑なだれであることから、岩屑なだれに先行した土砂流出を想定することは困難であると考えられる。また丸山(1997)は地すべりの主滑動以前に山崩れが発生し天然ダムを形成、地すべりの主滑動によって破壊されて土石流が発生したとしているが、山崩れの発生と土石流発生までの時間は極めて短く数分～数10分であり、このわずかな時間内に高さ20mを越える天然ダムが形成することは不可能であり、さらに澄川の流量から考えても天然ダムをつくるだけの水量があるとは考えにくい。一方、5月9日には、澄川温泉裏の枯渇した温泉の自噴が見られ、5月11日07:45頃撮影された秋田放送のVTRには、斜面崩壊土砂から立ち上る湯気が撮影されている。また、東北大学の地震計観測によると、11日4:00頃より長周期微動が観測され、7:32頃長周期微動の活動のピークを迎えている(浜口他,1997)。さらに「間欠泉のような水柱」の目撃証言(林ほか,1997)から、土石流発生に関与した水は水蒸気爆発に起因した熱水の活動であった可能性が高い。すなわち地すべり発生をきっかけとして、既存噴気孔の閉塞により熱水だまり中の内圧の増加、引き続き地すべりにより蒸気だまり上部の地層が剥ぎ取られた結果、熱水だまりが急激に減圧され、平衡破綻型の水蒸気爆発が発生(林他,1997)、熱水だまりから大量の熱水が吸い上げられ噴出、澄川の河川水と混合し土石流となって流下した可能性が示唆される。

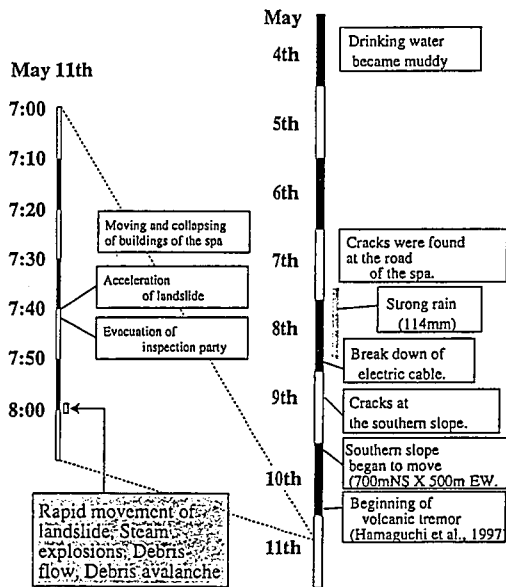


図.1 災害の時系列変化

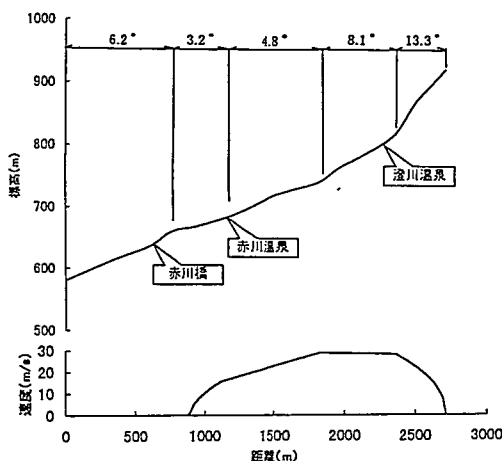


図.2 航空写真判読による地形分類図(千葉他,1997)

図.3 岩屑なだれの推定流下速度($\phi=17^\circ$)

