

銅山川地すべりと強制排水工

新庄営林署大蔵直轄治山事業所 ○徳留 善幸
宇野 勝美

1. まえがき

山形県最上郡大蔵村南山地区で平成8年5月の融雪期に幅1.1km、斜面長1.2km、深度130mにおよぶ大規模な地すべりが発生した。災害発生から1年が経過し、地すべり対策工の施工も進行中である。

ここでは、地すべりの規制条件、誘引としての気象条件を考察し、あわせて対策工として採用した強制排水工について報告する。

2. 地すべり概況

2.1 位置



図. 1 銅山川地すべり位置図

銅山川地すべり地は、山形県の中央部よりやや北よりの山形県大蔵村に位置しており、最上川に流入する一級河川銅山川の右岸で北北西向きの斜面である。

この流域には、建設省直轄豊牧、平根、山形県所管の折渡、升玉、塩等地すべりの密集する地域である。地域は積雪量が3mを越す豪雪地帯で地すべりは一般に融雪期に多く発生している。

2.2 地形

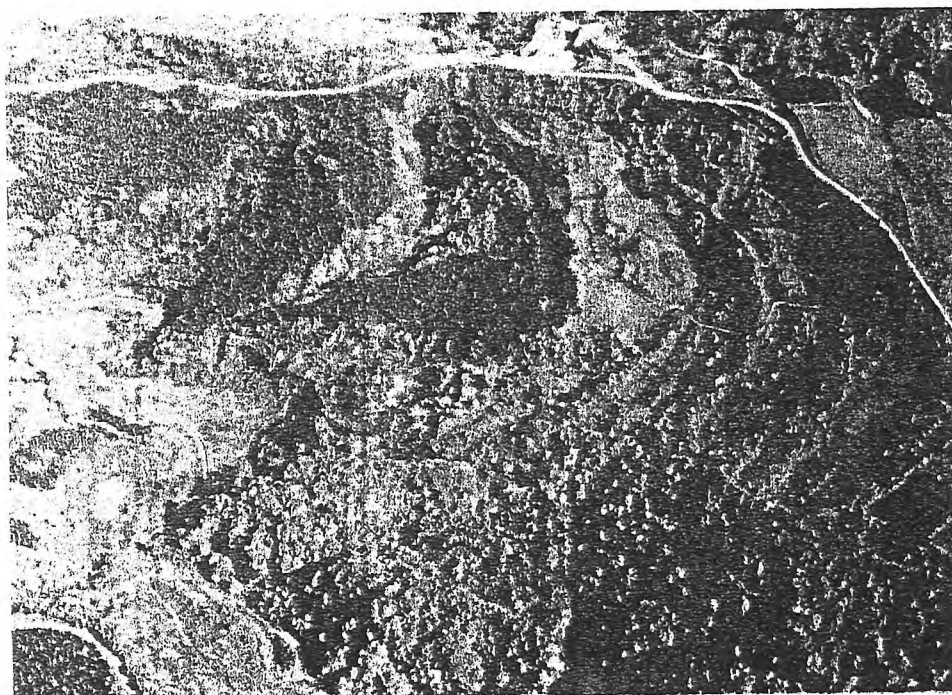


写真. 1 銅山川地すべり地全景

銅山川地すべり地周辺では第四紀更新世に堆積した肘折火砕流堆積物（シラス）がシラス台地となって平坦面を形成し、これの外縁部では侵食を受け急崖を成している。

地すべり冠頭部はシラスが100m以上と厚く堆積した平坦面にあり、ここから地すべり末端部にかけては地表の平均傾斜角は 11° と緩傾斜をなす。一方、地すべり地内の斜面中腹から頭部付近にかけては、陥没状地形が同心円状に配列しており、今回同様の大きな滑動をかつて経験したことがうかがえる。

陥没状地形は斜面上方ほど連続性が良いが、斜面下方のものほど連続性が不明瞭となる。地すべり末端部では、本地区の基盤を成す古口層が5~25mの急崖を形成し露頭している。このため地すべり末端部は地形上解放状態にある。

2.3 地質

本地区を構成するのは、新第三紀中新世の古口層を基盤とし、この上位を同鮮新世の野口層、さらに第四紀更新世の肘折火砕流堆積物が覆っている。

古口層は概ねNS方向で東傾斜10~15°の単斜構造を示すが、砂防ダム（今小屋ダム）上流側では、西傾斜20~40°と、地すべり地外西側で背斜構造が形成されている。

右側壁付近では、地すべり地内と地外でシラス底面で約40mの落差が認められ、右側壁に沿った断層が推定される。言い替えれば右側壁は断層によって規制されていると考えられる。

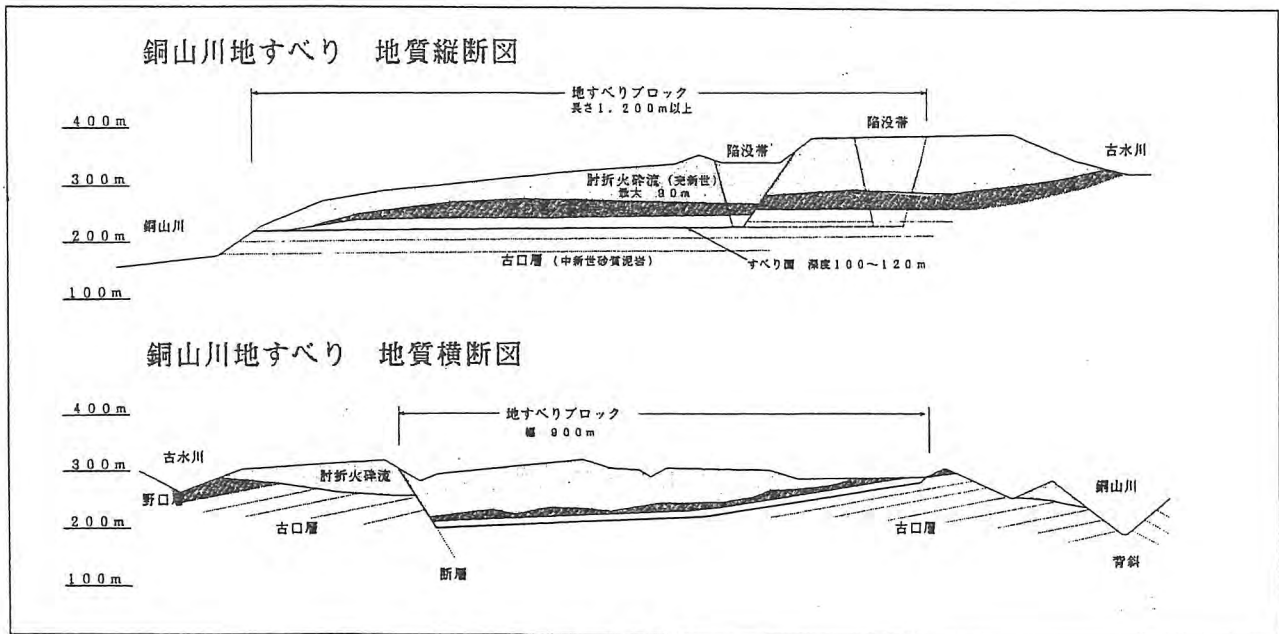


図. 2 地質断面図

シラスは肘折カルデラを供給源とし、約1万年前に噴出したとされる。構造的には、下面は侵食面であるため凹凸が激しく、下位層とは不整合で接している。

シラス堆積前の旧地表面の形状をシラス底面等高線図で示す。

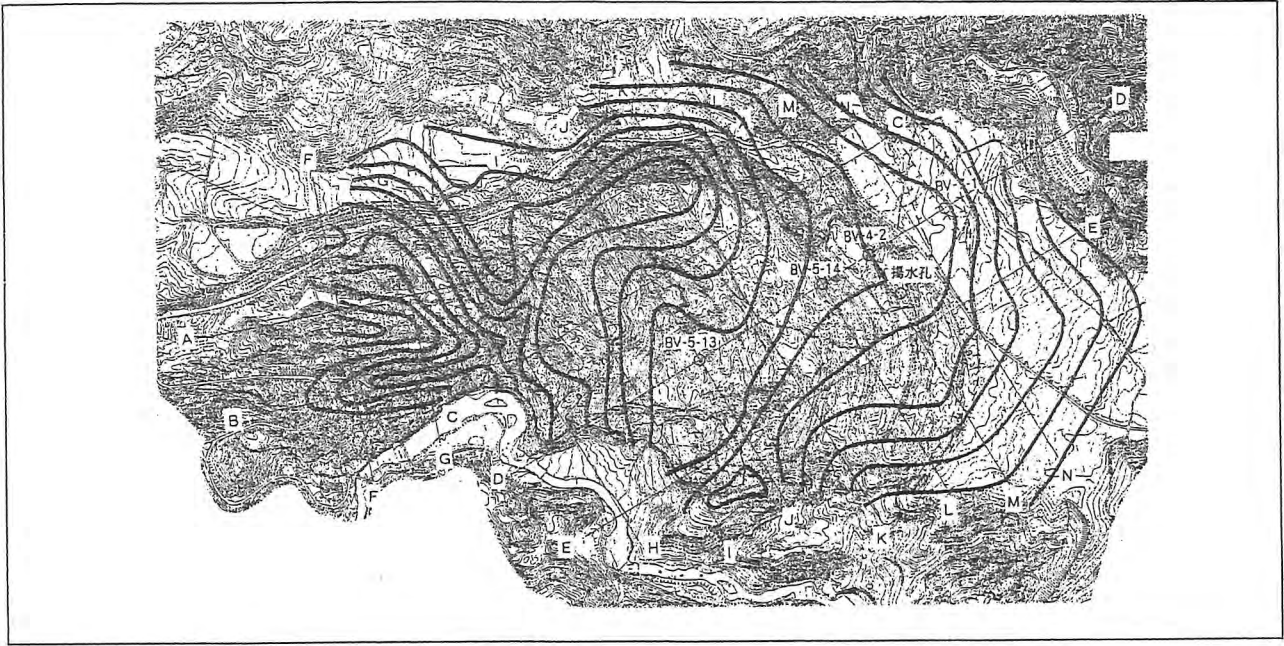


図. 3 シラス底面等厚線図

旧地表面は地すべり頭部付近で特徴的な緩斜面を成し、地表面の斜面頭部から中腹にかけてみられる同心円状の陥没地形に同調するように盆状の構造を形成し、泥水沢・名無沢・沼を横切るように埋没谷を読み取ることができる。

後述の地下水検層結果ではシラス層内に卓越した地下水の賦存が確認されており、シラス底面が盆状の構造をなすことから、この付近つまり地すべり頭部付近で地下水を貯留することになり、地すべり頭部への地下水の涵養源となることが考えられる。

3. 地すべりブロックとすべり面

3.1 移動状況

頭部キレットはシラス台地の平坦面に形成され、陥没地形は幅150m、延長800mにわたり追跡される。陥没帯の東端ではシラスの崩壊地形に包含され、右側壁部への連続が一部不明となる。しかし、M測線と国道の交点付近から国道に沿ってキレットが追跡される。キレットは国道上南側（頭部）ほど早期に発生し、徐々に北側で顕在化するように時間的なズレが生じ、F測線付近では不明瞭となる。

一方、左側壁はシラス崩壊の横断的な連続線として追跡され、E測線付近で銅山川沿いの古口層の露頭部に連続し、この露頭部では明瞭な押ししが500mにわたり泥水沢まで連続する。

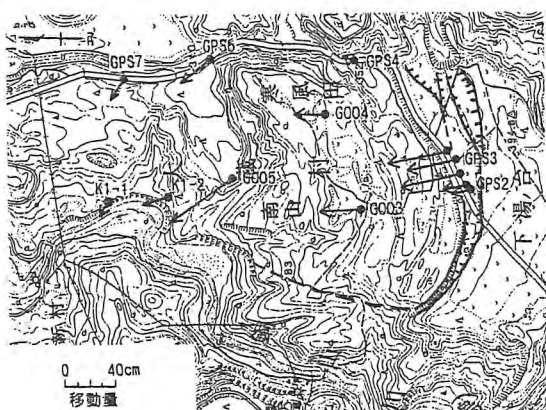


図. 4 移動方向図

地すべりブロック内に設置したGPS・光波測量による移動観測結果は、全体の移動方向が $N5^{\circ}E \sim N10^{\circ}W$ で概ね縦断測線に沿うのに対して、右側壁下流側では $N58^{\circ}W$ と方向を大きく転じる。これは

① 地すべりは右側壁に向かうほど深度が深くなるが、N方向の移動では末端部をみいだすことができず、

② 斜面が銅山川に向かって解放することから、移動方向を転じると考えられる。

すなわち、ほぼN方向へ移動する地すべり主体ゾー

ンと右側壁から末端部にかけての地すべり層準は異なることになる。

このことは主体ゾーンのすべり面が古口層内の風化部、未風化部の層界なのに対し、F測線ではシラス下位の薄層の強風化層底面をすべり面としていることで裏付けられる。

3.2 すべり面

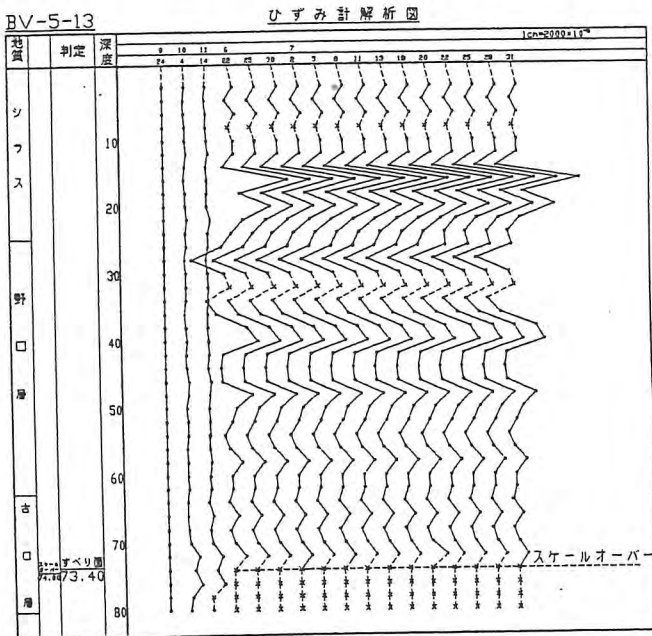


図. 5 ひずみ変動図

地すべり中央部に位置するBV5-13をみるに、地すべり発生直後の観測開始時点で既にGL-74m以深のひずみ計がスケールオーバーとなり、同深度で地すべり測桿による孔曲りも観測されている。

同深度は古口層内の風化部と未風化部の層界 (GL-73.4m) にあたり、古口層未風化部上面がすべり面認識される。

3.3 水文状況

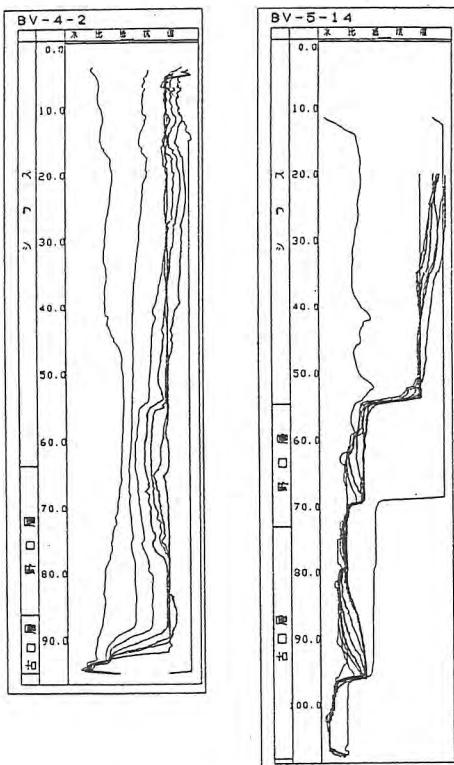


図. 6 地下水検層解析図

旧陥没帯内に位置するBV4-2号孔と陥没帯の下流側に位置するBV5-14号孔で水文状況の違いを地下水検層結果からみしてみる。

陥没帯内のBV4-2号孔は、シラス層内、風化層内 (野口層、古口層) にかけて全層的に層流状の流動形態を示す。

これに対してBV5-14号孔は、シラス層内の地下水の流動形態はBV4-2号孔と同様であるが、風化層内では明瞭な有圧水の流動形態を示す。

このことは陥没帯内では風化層の破碎が進行したことで、シラス層とすべり面がキレツを介して、深度方向で水文的な連続性をもつのに対し、陥没帯下流側ではシラス層とすべり面に水文的な連続性はなく、せん断帯がすべり面方向に連続するためと考えられる。

3.4 すべり面の分布

各測線から判定もしくは推定されるすべり面を三次元的に表現すると図. 8になる。

特長としては、

- ① 地すべりはすべり面の走行方向に移動することから、縦断面上はすべり面傾斜が緩い
- ② すべり面は東へ約10°傾斜することから、左側壁から右側壁にかけて徐々に深くなり、
- ③ 右側壁では断層に規制され、急角度で地表に出現する。
- ④ 地すべり主体ゾーンでは、古口層の風化部と未風化部の層界をすべり面としているが、
- ⑤ 北側（右側壁～末端ゾーン）では極端にシラスの層厚が厚くなり、シラス下位の強風化層下面をすべり面としており、地すべり主体ゾーンとは地すべり層準を異にする。

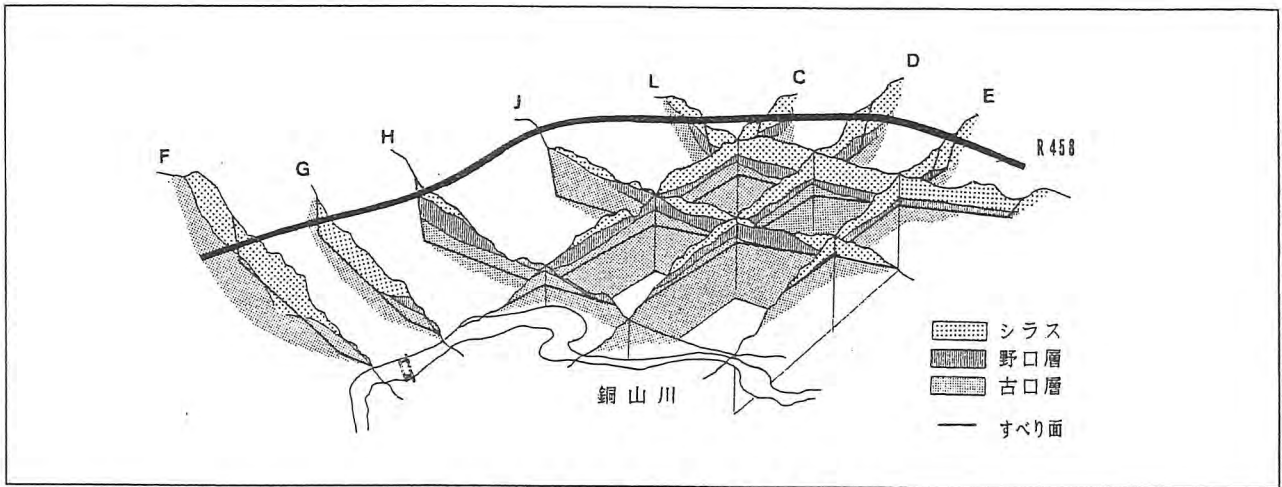


図. 7 すべり面ブロックダイアグラム

4. 地すべり機構

銅山川地すべりは、

- ① すべり面：新第三紀層古口層内の層理面
- ② 右側壁：断層
- ③ 左側壁：地形条件（解放状態）
- ④ 末端部：地形条件（解放状態）

に規制され、

- ⑤ 旧地表面は盆状構造をなし、シラス層を介した地下水供給環境が形成されている。

ここで誘引となる地下水の供給を気象条件から考えると、地すべり発生時期から融雪よることが容易に想像される。

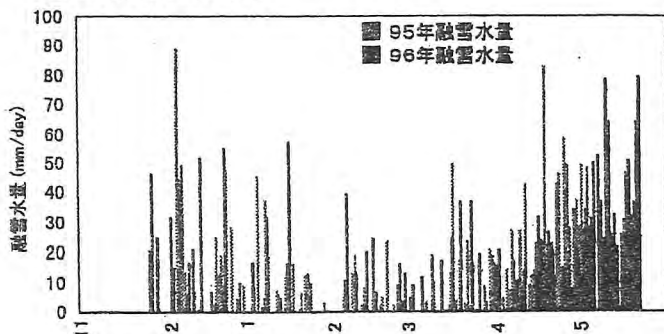


図. 8 融雪水量推定結果

森林総合研究所の浅野ら（1997）によると「1996年は4月以降の融雪最盛期のピークが遅く、融雪水の多い期間が長くまた融雪量も多くなっており末期には日80mm近い融雪水が現れている。供給されたとあろう融雪水の総量は1995年で1696mm、1996年で2116mmと約400mmの差がみられる。」としている。

地形地質・水文的な素因を有する銅山川地すべり地に、平成8年は十数年来の豪雪による融雪の遅れと短期間の融雪による地下水の供給が誘引となり、地すべりが発生したことになる。

5. 強制排水工について

銅山川地すべりは幅約1.1km、斜面長1.2kmに及ぶ大規模地すべりである。

地すべり力は $\Sigma T = 22,500 \text{tf/m}$ と莫大であり、地すべり深度が頭部で130mと極めて深いため、地すべり対策工は排水トンネルに頼らざるを得ない。

しかし、地すべり規模が大きいため地すべり頭部にトンネルが到達するまでには長時間が要するため、落とし込みボーリングあるいは建て上げボーリング工の施工は大幅に遅れることになる。

そこで地下水排除工は以下の方法を計画した。

- ① 大口径ボーリング掘削（ $\phi 300 \text{mm}$ ）を行い、 $\phi 200 \text{mm}$ のスクリーン管を設置する。
- ② ①に高揚程の揚水ポンプを設置し、地下水を強制的に排除する。
- ③ 排水トンネルの到達を待って、揚水ポンプを回収し、トンネルへの落とし込みボーリングを実施し、自然排水を行う。
- ④ 排水トンネルに建て上げ集水ボーリングを追加する。

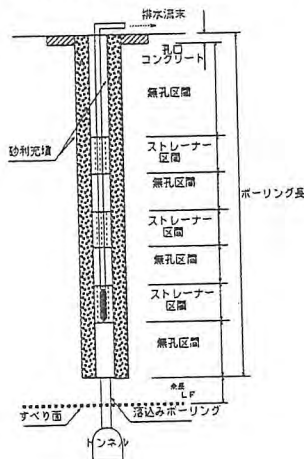


図. 9 強制排水概念図

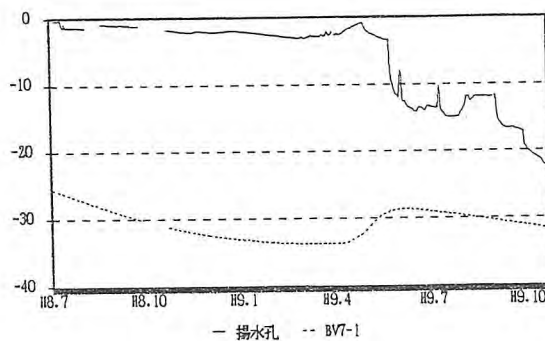


図. 10 強制排水にともなう地下水位の変動

強制排水工は、平成9年5月の融雪期より稼動している。図. 10に示すように、ポンプの稼動により水位が急激に低下しており、水位低下の波及効果の大きいことが確認されている。

6. おわりに

強制排水工は計28基である。現在は排水トンネル工が施工途中であり、加えて排水トンネルからの建て上げ集水ボーリングを施工し、安定度を高めることになる。

今後は強制排水工による地下水排除効果の適切な評価を行い、全体計画の策定に反映させる必要がある。

また、融雪時・豪雨時に地すべりの再活動が懸念されるため、安全で早急な対策を行っていく予定である。

参考文献

- 1) 浅野志穂, 松浦純生, 岡本隆, 竹内美次: 銅山川地すべり変動時の気象特性と運動特性, 第36回地すべり学会研究発表講演集, PP. 60, 1997
- 2) 申潤植: 地すべり工学—理論と実戦—, 山海堂, pp. 417~431, 1989
- 3) 五十嵐一幸, 山科真一: 銅山川地すべりについて, 第36回地すべり学会研究発表講演集, pp. 55~58, 1997
- 4) 山形県: 土地分類基本調査 月山 5万分の1, pp. 35~37, 1993
- 5) 北村信: 新生代東北本州弧地質資料集, 第3巻—その1—No.22, 1986