## 報文

# 2012年3月新潟県上越市で発生した融雪地すべりの特徴

木村 誇\* 畠田和弘\*\* 丸山清輝\*\*\* 野呂智之\*\*\*\* 中村 明\*\*\*\*\*

# 1. はじめに

2012年3月7日に新潟県上越市板倉区国川地区 で発生した地すべり(以下、国川地すべりとす る)は、発生斜面直下の沖積扇状地上に広がる水 田地帯に達した後も、地すべり土塊が周囲に拡 散・停止することなく末端部がおよそ250mにわ たって前進を続けた。その結果、民家など11棟 を全半壊する被害を及ぼした。また、土塊末端部 の移動が継続したため、周辺の集落21世帯83名 が2ヶ月以上の避難を余儀なくされた。本報告で は、このように大きな被害をもたらした国川地す べりの主な特徴を把握するために、地すべり発生 箇所の地質および地形、地すべりの規模、地すべ りの発生から移動土塊がおおむね停止するまでの 状況、発生前後の気象条件についてまとめたもの を報告する。

## 2. 地すべりの概要

## 2.1 発生箇所の地質および地形

地すべりは新潟県上越市板倉区国川地区にある 山麓部の傾斜12~13°(tan θ = 0.21~0.23)の 緩勾配斜面で発生した(図·1)。発生斜面とその 周辺の地質は(図·2)、須川層と呼ばれる新第三 紀(後期中新世-前期鮮新世)の塊状泥岩と猿橋 層と呼ばれる前期更新世の礫岩を主体とした層か ら成っており、それらの地質境界には北東方向の 走向をもつ木成断層が分布している<sup>1)</sup>。発生斜面 を含む周辺の山体は、1987年頃より砂利採取場 としての利用が始まったため、現在の地形は人為 的に改変されている。採取事業が開始される以前 の地形(図·3)を見ると、木成断層の走向におお むね沿うかたちで急崖地形が発達していることか ら、発生箇所周辺の斜面は古い地すべり地形の土 塊部分にあたり、今回の地すべりは、その土塊の



図・1 国川地すべりの位置(国土地理院・基盤地図情報10mメッシュデータをもとに作成)

Characteristics of the Snowmelt-induced Landslide Occurred on March 2012, Joetsu City, Niigata Prefecture



図-2 国川地すべり周辺の地質分布 (産業技術総合研究所・シームレス地質図をもとに作成)



図-3 地すべり発生箇所の旧地形図(1985年)

一部が再滑動したものだと推察される。

地すべり土塊が移動した水田は、完新世以降に 発達した関川の支流河川の扇状地堆積物上にあり (図-2)、被災した集落までの区間の傾斜は3~4° ( $\tan \theta = 0.05 \sim 0.07$ )である。

#### 2.2 地すべりの規模

地すべりの規模は幅約150m、長さ約500mあ り、崩壊土砂量は約750,000m<sup>3</sup>と推定された。土 塊末端部の移動距離は約250mとされているが、 この値には移動土塊が水田上を滑走しながら前方 へと押し出した雪塊の幅も含まれている。末端部 の周辺に形成された雪塊の幅は約20mに及ぶこと から、実質的な土塊の移動距離は約230mであり、 地すべり斜面長と移動距離との比は0.46となった。 これらの値は現行の土砂災害防止法における地す べりの警戒区域の範囲<sup>2)</sup>を超えない。しかしなが ら、過去に日本国内で降雨や融雪によって発生し た地すべりのうち、移動距離が200mを超えたも のは全体の20%未満しかないという報告<sup>3)</sup>からは、 相対的に移動距離の長い地すべりだったと言える。

地すべりの到達距離の大きさを表す指標の一つ である**等価摩擦係数**<sup>\*\*</sup>(H/L)については、比 高Hが約115m、斜面長Lが約730mより0.16と見 積もられた。Crominas<sup>4)</sup>が示した崩壊土砂量と H/Lとの関係式( $H/L=0.7220\times10^{-0.0806Lvol}$ ,  $R^2=0.800$ ; Lvolは崩壊土砂量の自然対数値)か らは、750,000m<sup>3</sup>の地すべりのH/Lは0.24と予 測される。実際と同じ比高でこの値が満たされる のは斜面長479mのときである。したがって、国 川地すべりの到達距離は、崩壊土砂の規模から予 想される値を大きく上回るものであったことがわ かる。

## 2.3 地すべりの発生と土塊の移動状況

地すべりの発生は、7日午前に起こった地すべ り頭部斜面および砂利採取作業道上への亀裂に よって最初に確認された。発生時の亀裂の落差は 5cm程度であったが、7日夕刻には約10m、8日に



写真-1 地すべり頭部の滑落崖(3月8日)



写真-2\* 水田上の積雪が隆起しはじめる(3月8日)

\*\*土木用語解説:等価摩擦係数



写真-3\* 土塊が水田に到達する前の状況(3月8日)



写真-5\* 土塊の末端部が家屋へ到達(3月10日)

は約30mにまで達した(写真-1)。発生当初、土 塊の末端部は斜面下方の水田にまで到達していな かったものの、8日午後には山脚部で土塊の荷重

表・1	地すべり	土塊末端部の	の移動状況
-----	------	--------	-------

期間	移動状況	
3月7日	地すべり頭部の滑落	
3月8日午後~9日	地すべり土塊が斜面から水田へと 移動 推定:10-15 m/hour	
3月10~12日	末端部が家屋に到達、家屋を壊し ながら移動 移動杭観測データ:5-20 m/day	
3月13~15日	末端部が破壊した家屋とともに県 道に到達 移動杭観測データ:2-7 m/day	
3月16~19日	移動は継続するも日ごとに減速 GPSデータ:36-756 mm/day	
3月20日~	末端部の移動がほぼ停止する GPSデータ:0.2-1.8 mm/day (31日まで)	



写真-4\* 集落に接近する地すべり土塊(3月9日)



写真-6\* 破壊した家屋とともに県道へ到達(3月16日)

による積雪の隆起が確認されるようになったため (写真-2,3)、この頃に土塊の末端部が水田に到 達したと推測される。土塊の移動はその後も続き (写真・4)、10日未明には末端部の雪塊が家屋に到 達した(写真-5)。家屋へ到達した後も土塊の移 動は継続したため、末端部では雪塊や破壊された 家屋の一部が、県道や用水路へと乗り上げ、これ らを破損させた(写真-6)。表-1には、発生から 移動土塊がおおむね停止するまでの状況と末端部 の移動速度をまとめた。土塊末端部は8日午後4 時頃に水田上に到達し、9日午前2時頃までに約 150m移動した。よって、この期間の移動速度は 毎時10-15mに達したものと推定される。末端 部が家屋に到達した10日以降も土塊の移動は継 続したが、移動速度は大きく低下し、20日以降 には0.2~1.8mm/dayにまで減速した。

## 3. 地すべり発生時の気象条件

## 3.1 上越地域の今冬の積雪量

国川地すべりの主な誘因は斜面への融雪水の供 給であったと考えられる。そこで、上越地域にあ

\* 写真-2から6は新潟県砂防課より提供

観測所	高田	関山
観測期間	52年間 (1961-2011)	32年間 (1981-2011)
年最大積雪深(cm)	$135 \\ (15 - 324)$	$218 \\ (56 - 362)$
総降雪量 (cm)	$\begin{array}{c} 619 \\ (111-1494) \end{array}$	$1174 \\ (554\!-\!1886)$
2011年度最大積雪深 (cm)	222	347
2011 年 度 総 降 雪 量 (cm)	654	1368

表・2 上越地域で記録された降雪量および積雪深

る気象庁観測所の記録<sup>5)</sup>をもとに、例年の降雪量 および積雪深と今冬の値を比較した。表-2には、 高田および関山観測所(図-1)における2010年 度までの年最大積雪深と総降雪量の平均値(括弧 内は既往の最小値と最大値)と2011年度の記録 を示した。今冬の最大積雪深は両観測所で過去の 平均値の約1.6倍の積雪があった。一方で、今冬 の総降雪量は両観測所とも過去の平均値の1.1倍 程度に止まっていた。したがって今冬は、総降雪 量としては例年並みであった一方で、過去の平均 値を大きく上回る積雪があったと言える。



※折れ線は積雪深の推移(右軸)を、縦棒は積雪深の日変動(左軸、前日より

### 3.2 地すべり発生前後での積雪深と気温の変化

地すべり発生前後の積雪深および気温の変化から融雪量の変動を検討した。図-4に示した2012 年2月1日から3月10日の積雪深の推移を見ると、 2月中にも積雪深の断続的な減少が見られたが、 新たな降雪による積雪深の増加と交互に表れてい たことから、積雪深の減少は、融雪のみによるも のではなく、積雪のしまりによるものを含んでい



図-5 2012年2月から3月にかけての気温変化と推定融雪量

図-4 2012年2月から3月にかけての積雪深の推移

ると考えられる。そのため、積雪深の減少量をそ のまま融雪量に換算すると、特に2月中の融雪量 が過大評価になる可能性が高い。

正確な融雪量の算定には、積雪面での熱収支の 観測が必要になるが、それに代わる簡便な手法と して、融雪係数を用いて気温から融雪量を推定す る方法がある<sup>6)</sup>。融雪係数 $K_{\rm m}$  (mm・day<sup>-1</sup>・ $\mathbb{C}^{-1}$ ) は以下のように定義される<sup>7)</sup>。

 $M = K_{\rm m} \ (T - T_0)$ 

与式における*M*(mm・day<sup>-1</sup>)は水換算の日融 雪量、T ( $\mathbb{C}$ ) は日平均気温、 $T_0$  ( $\mathbb{C}$ ) は融雪 がはじまる平均の気温である。太田<sup>8)</sup>は気温、相 対湿度、風速などの融雪量に影響する気象要素が 緯度に依存した傾向があることを考慮し、等緯度 地域ごとの気温と融雪量との関係を算定している。 それによれば、北緯34°および北緯38°におけ る気温と融雪量との関係を示した曲線から、融雪 量が正の値になる気温の閾値、すなわち Toとし て0.45および0.30が、気温が0~10℃までの区間 の勾配、すなわちKmとして3.63および4.45が得 られる<sup>8)</sup>。上越地域は北緯36~37°の緯度帯にあ るため、ここでは北緯34°と北緯38°の関係式 における融雪係数と閾値気温の平均値(K<sub>m</sub>= 4.04、T<sub>0</sub>=0.38)を用いて融雪量の推定を試み た。

高田では、2月23日と3月5日から7日にかけて 平均気温が5℃以上を記録した(図・5)。関山での 気温変化もこれと類似しており、平均気温が5℃ 以上になったのは2月23日、3月5日から6日で あった(図・5)。2月23日の融雪量は、高田で 21mm、関山で24mmと推定された(図・5)。3月 5日から7日にかけて、高田では19~26 mm/day の融雪が、関山では14~25mm/dayの融雪があっ たと推定された(図・5)。その結果、2月から地す べりが発生した3月7日までの積算融雪量は高田 で206mm、関山で133mmに達していた(図・5)。 3.3 融雪にともなう河川水位の変化

融雪係数を用いて推定した融雪量の変動が実際の融雪水の流出とも整合性の高いものかどうかを 検討するため、近傍にある水文観測所の記録<sup>9)</sup>を もとに、同期間における水位の変動を調べた。図 -7には、高田および二子島観測所(図・1)におけ る平成24年2月1日から3月10日の水位を示した。 2箇所の観測所に共通して、2月23日から25日に



図-6 2012年2月から3月にかけての水位の変化

かけてと3月5日以降の2度に渡り、平水位を超え る水位の上昇が見られた。両期間とも、気温の上 昇に伴う融雪量の増加があった期間と対応する。

3月5日以降について詳しくみると、5日午前か ら水位の急激な上昇が始まり、6日夜半にピーク を迎えていた。その後は水位低下が進んでいたも のの、10日までの5日間以上に渡って平水位を超 える水位が継続していた。図・6にも示した通り、 この期間には高田で11mm/dayの降雨が2日あっ たため(6日および9日)、この水位上昇はすべて 融雪水の流出によるものではないが、融雪係数を 用いて推定した融雪量の増減と水位の変動はよく 対応していた。したがって、山地斜面への融雪水 の供給も2月下旬以降の気温上昇に伴って急増し、 今回の地すべりの発生につながったものと考えら れる。

## 4. まとめ

本報告では、新潟県上越市で発生した国川地す べりについて、地すべり発生箇所の地質および地 形、地すべりの規模、地すべりの発生から移動土 塊がおおむね停止するまでの状況、発生前後の気 象条件を整理した。国川地すべりは旧地すべり地 形の一部が再滑動したものであり、相対的に見て 移動距離が長い地すべりであった。移動土塊は傾 斜3~4°の水田上を、ピーク時には時速10~ 15mの速さで移動していた。今冬の上越地域では、 例年を大きく上回る積雪があり、それが2月下旬 から気温上昇に伴って急激に融けたことで、地す べり発生直前に近傍の河川の水位が急増していた ことが確認された。今後は、国川地すべりの発生 機構について、素因と誘因の両面からさらなる検 討を加える必要がある。

## 謝 辞

本報告を執筆するにあたって、新潟県砂防課に は、旧地形図幅、ラジコンヘリ撮影の斜め写真な らびにGPSと観測杭測量による地すべり土塊の 移動量データを提供していただいた。ここに記し て感謝の意を表します。

#### 参考文献

- 竹内圭史、加藤碵一:高田東部地域の地質、地域地 質研究報告(5万分の1地質図幅)、地質調査所、 67p、1994
- 国土交通省ホームページ:土砂災害防止法(土砂 災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進 に関する法律)、http://www.mlit.go.jp/river/sabo /linksinpou.htm、2012年4月10日閲覧



独立行政法人土木研 究所土砂管理研究グ ループ雪崩・地すべ り研究センター専門 研究員 Takashi KIMURA





独立行政法人土木研 究所土砂管理研究グ ループ雪崩・地すべ り研究センター総括 主任研究員、博 (学) Dr Kivoteru MARUYAMA



独立行政法人土木研 究所土砂管理研究グ ループ雪崩・地すべ り研究センター所長 (上席研究員) Tomoyuki NORO



日本工営株式会社 (前独立行政法人土 木研究所土砂管理研 究グループ雪崩・地 すべり研究センター 交流研究員) Akira NAKAMURA

- 3) 臼杵伸浩、田中義成、水山高久:移動距離の長い 地すべりの実態、砂防学会誌、第57巻、第5号、 pp.47~52、2005
- 4) Crominas, J.: The angle of reach as a mobility index for small and large landslides, Canadian Geotechnical Journal, vol.33, pp.260-271, 1996
- 気象庁ホームページ:気象統計情報、 http://www.jma.go.jp/jma/menu/report.html、 2012年4月10日閲覧
- 長谷美達雄、太田岳史: 4.1.2 融雪係数、(社)日本雪氷学会監修「雪と氷の事典(第4章 融雪)」、 pp.142~147、朝倉書店、2005
- 融雪懇談会/融雪係数に関する談話会:融雪係数 に関する談話会報告、雪氷、第57巻、第3号、 pp.291~303、1995
- 8) 太田岳史:日本各地の融雪係数を算出してみた. 結果は?、融雪係数に関する談話会資料、日本雪 氷学会融雪懇談会、pp.80~85、1995
- 国土交通省ホームページ:水文水質データベース、 http://www1.river.go.jp/、2012年4月10日閲覧