

水位観測結果の地すべり災害警戒指標としての活用

藤平 大・鳥海貴裕・杉本宏之・桂 真也・石井靖雄

1. はじめに

土砂災害のうち、土石流と急傾斜地の崩壊については降水量を指標とし、市町村が避難勧告を発令する等の対応がとられている。頻発する豪雨などに起因する土砂災害から人命を守るためには、土砂災害の恐れが高まったときに、住民に対して「命を守る行動」を促す取り組みが重要である。そのためには、危険箇所の把握に加えて、災害発生危険性の高まっている時期の特定を行い、監視強化や警戒避難行動を行うことが必要である。

地すべり災害については、他の土砂災害と比較して降水量との相関が低い場合がある。特に、多雪地における地すべりについては、一般的な傾向として、融雪期に地下水位が上昇し、消雪直後に年最高水位を記録する傾向があり、融雪水により地すべりが多発すると考えられている¹⁾。このため、地すべり地内での地下水位変動等を観測することは地すべり活動を予測するうえで極めて重要である。しかし、すべての地すべり地の地すべり面に作用する地下水位を観測し、地すべり発生の可能性を評価することは、経済性の観点などにより、現実には困難である。

一方、雪解けにより、ダム流入量や溪流水位が上昇することは、経験的によく知られている。ダム流入量や溪流水位は、上流域の融雪量の増加に対応するものと考えられ、広域的な地すべり発生の危険度を示す指標として活用できる可能性がある。

中谷ら²⁾は、降雨量以外の水文指標としてダム流入量を用いた広域地域（例えば、新潟県中越地方、上越地方といった地域ブロック単位）ごとに、地すべり発生の危険性を評価する方法を検討している。その検討によれば、ダム流入量の偏差を指標として用いることにより、地すべり災害の7割を比較的短期間の警戒日数を設けることにより捕捉できるとの結果を得ている。そして、この指標

の基準値を超えた時を目安に地すべり巡視活動を開始し、監視強化や必要に応じて警戒避難行動を行うことを提案している。本稿では、精度向上のために、ダム地点以外に観測地点を増やすことが可能であるかを検討するため、溪流水位等も対象とし、地すべりの警戒指標としての活用の可能性を検討した。これは、今後、より狭い地域（例えば、近傍の観測点標高よりも高い標高地域）にお

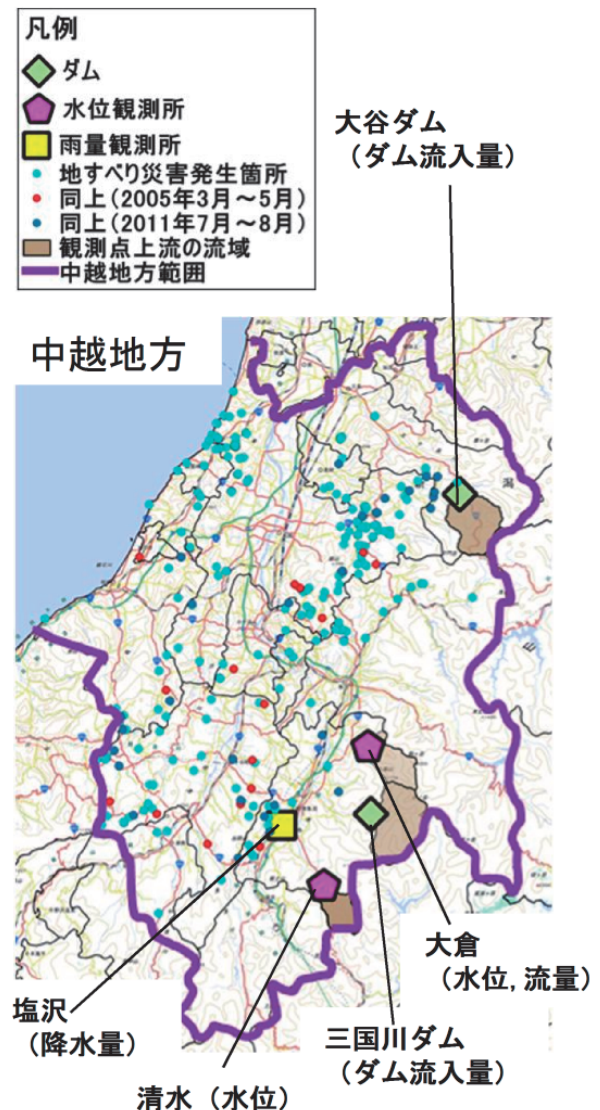


図-1 分析に利用した水文観測点の位置（地すべり災害発生箇所は2003年12月1日～2013年11月30日に発生したものを表示）

表-1 観測点及び流域の特徴

観測点名	流域面積 (km ²)	最高標高 (m)	観測点標高 (E.Lm)	流域の地質
三国川ダム	76.2	2085	394.0	深成岩類
大谷ダム	56.2	1350	184.1	火山岩類
大倉水位観測所	37.2	2076	237.3	付加コンプレックス
清水水位観測所	28.0	1900	576.5	深成岩類
塩沢雨量観測所	-	-	-	-

いて、地すべり発生の危険度を評価し、捕捉率の向上や基準値を超過する日数が減少する可能性³⁾の検討を視野に入れている。

2. 調査方法

2.1 検討対象地域概要

調査は図-1に示す新潟県中越地方を対象地域とし、対象期間を2003年12月1日～2013年11月30日とし、地すべり災害の発生時刻と溪流水位、流量との関係について分析を行った。地すべり災害データ（発生件数と発生時刻）は国土交通省砂防部が取りまとめたデータを用いた。ただし、地震が誘因のものは除いた。用いた溪流水位・流量は、図-1、表-1に示した観測所での溪流水位、流量、ダム流入量及び時間降水量である。大倉水位観測所については、水位－流量関係に基づき、観測水位から流量に換算し、2002年1月1日～2011年12月31日のデータを用いた。各観測所は、上流にダムや導水路等が無い箇所や欠測等の少ない箇所を選定し、1時間毎のデータを使用した。

2.2 調査手法

調査では、降水やダム、溪流への流入と地すべり災害が発生するまでの間には、時間の遅れ（地すべり性の変位が継続して災害と認識される規模

まで拡大するまでの時間や巡視等によりその現象を発見するまでの時間）が生じる^{2),5)}ことを考慮し、一定の継続時間(N時間)における各観測データ（溪流水位、流量、ダム流入量、降水量）の積算値を求め、それぞれの偏差を求めた。次いで、観測データごとに、年平均超過日数Dが最少となるD_{min}を求めた。

具体的には以下の通りである。

- (1) 観測データのN時間積算値（N=1, 3, 6, 12, 24, 48, 72, 168, 336, 672）ごとに式(1)により偏差を計算した。

$$E(X_n) = \frac{X_n \cdot \mu}{\sigma} \quad \text{-----式 (1)}$$

ここで、E(X_n)はX_nの偏差、X_nはN時間積算値、μはX_nの平均値、σはX_nの標準偏差である。

- (2) 各観測データの積算N時間ごとに、期間中に発生した地すべり災害が70%捕捉できる偏差σ₇₀、及びそれを超過する年平均日数Dを算出した。
- (3) 観測データごとに、10種類の積算時間Nから得られた年平均超過日数Dの中で最小の値D_{min}となるものを選定した。地すべり災害捕捉率目標値70%については、既往の研究結果^{2),3),4)}をふまえて目安として設定した。

表-2 70%捕捉偏差と偏差日数

観測データ	超過日数が最小となる積算時間 N _{min}	70%捕捉偏差 σ ₇₀	最小超過日数 D _{min} (日/年)
三国川ダム流入量	48時間	0.83	55
大谷ダム流入量	72時間	0.36	64
清水水位	48時間	0.47	80
大倉水位	48時間	1.16	48
大倉流量	48時間	0.94	51
塩沢降水量	12時間	-0.36	153

(4) 渓流水位、流量の適用性については、最小超過日数 D_{min} を求め、相互に比較した。また、偏差の経時変化と地すべり発生状況を整理し、傾向を比較考察した。

3. 渓流水位、流量等の比較結果

表-2に、超過日数が最小となる積算時間、その積算時間 N_{min} において70%捕捉できる偏差 σ_{70} 、最少超過日数 D_{min} を示す。最小超過日数 D_{min} を比較すると、最も短いものが大倉観測所（渓流水位）の48日/年で、最も長いものが塩沢観測所（降水量）の153日/年となっている。三国川ダムと大谷ダムのダム流入量はそれぞれ55、64日/年、清水観測所と大倉観測所の渓流水位はそれぞれ80、48日/年、大倉観測所の渓流流量は51日/年、塩沢観測所の降水量は153日/年となり、渓流水位、流量は48～80日/年であり、ダム流入量の55～64

日/年と大きく異なる値とはなっていない。それに比べると降水量は極めて長い。なお、大倉観測所の水位と流量における最小超過日数はそれぞれ48、51日/年であり大きな違いはないといえる。

4. 水位、流量等の警戒指標としての特性

図-2に融雪期（2005年3月～5月）の偏差の経時変化と地すべり発生を示す。渓流水位、流量及びダム流入量の偏差が大きく上昇を始めた4月6日以降、これらの偏差が大きくなる時期に地すべりが発生しており、地すべり災害の警戒指標として適用できる可能性が考えられる。

全観測所中で、大倉観測所における水位48時間積算値に基づく偏差による最小超過日数 D_{min} が最少（48日）かつ、70%捕捉偏差が1.16と、最も高い偏差を示した。

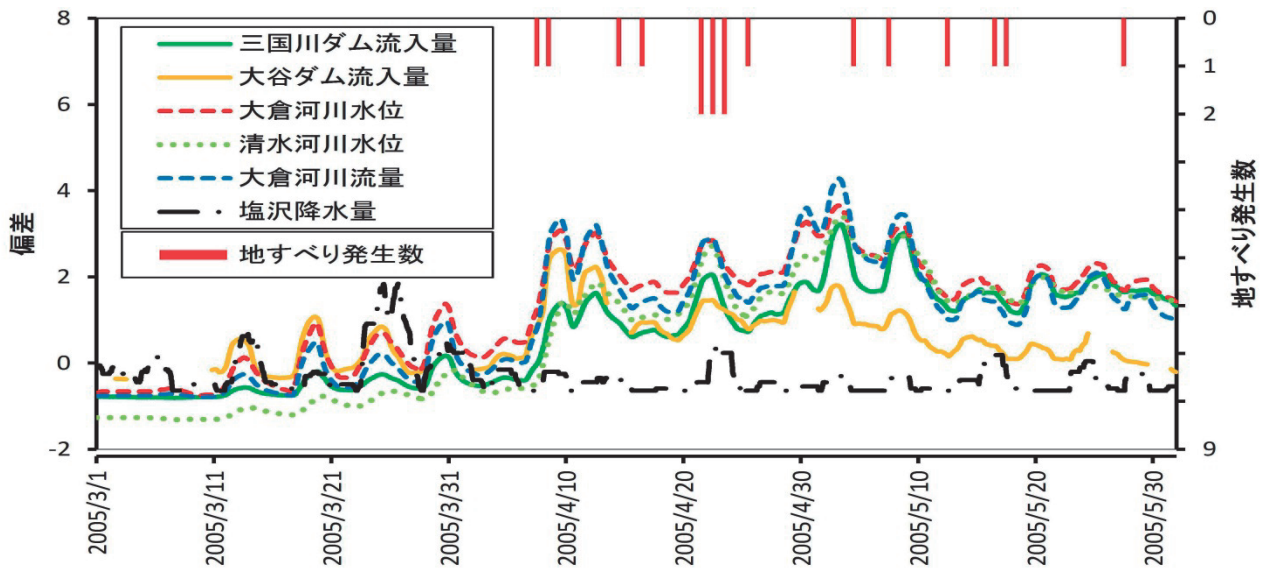


図-2 48時間積算値における偏差の経時変化と地すべりの関係 (2005年3月～5月)

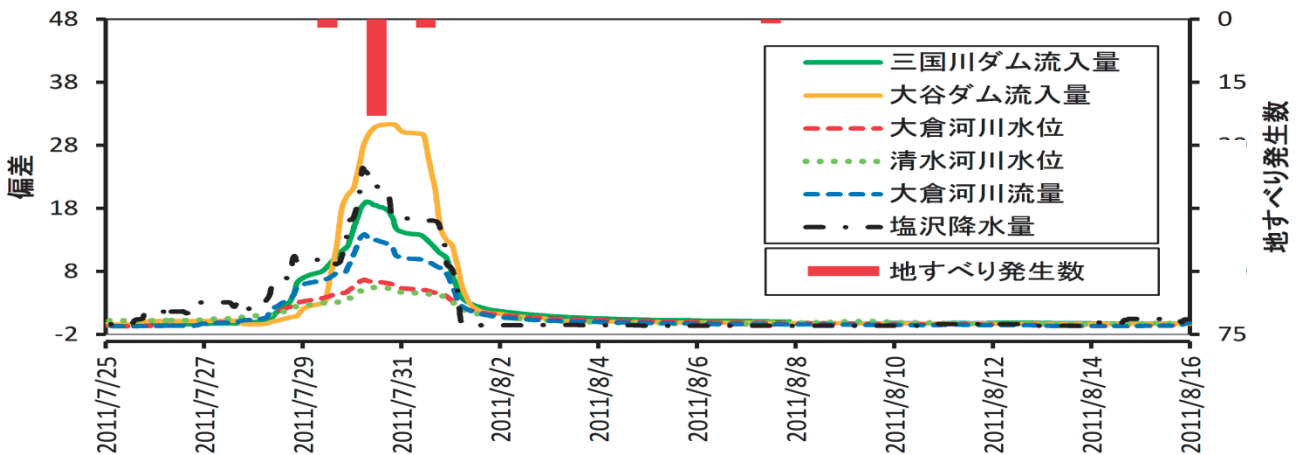


図-3 48時間積算値における偏差の経時変化と地すべりの関係 (2011年7月25日～8月16日)

一般に、融雪量は気温の影響を受け、気温は標高に依存する。大谷ダム（標高184.1m、流域最高標高1,350m）と三国川ダム（標高394.0m、流域最高標高2,085m）を比較すると、4月前半までは大谷ダムが大きい偏差を示すが、4月後半から逆転している。これは流域の標高が異なる（大谷ダムの流域最高標高の方が低い）ことによる融雪時期の違いが理由と考えられる。このように標高に着目すると、融雪による地すべりを効果的に捕捉できる可能性がある。例えば、図-1に赤丸で表示した2005年3～5月の間に発生した地すべり災害発生17箇所は、標高200m以上の箇所で12件発生しており、通年の全災害発生箇所では標高200m未満が約50%超を占めることを考慮すると、この時期には、標高200m以上の高標高地域において地すべりが多く発生していた傾向が認められる。

図-3に梅雨期の例（2011年7～8月）を示す。7月26日～30日頃の大きなピークは、平成23年7月新潟・福島豪雨である。これにより、調査対象地域において、7月29日～31日に27件の地すべり災害が発生している。渓流水位、流量及びダム流入量の偏差は、融雪期と同様に適用性があるものと考えられる。また、非融雪期の地すべり災害に対しては、降水量にも適用性があると考えられる。

5. まとめ

中越地方を対象に分析を行い、渓流水位もダム流入量と同様に、積雪・融雪期も含めて通年で、広域的な地すべり災害の発生危険度の高まりを示す可能性が示された。今後は、調査対象観測地点

を追加し、地すべり災害の発生標高と、各観測点の観測標高及び流域内最高標高との関係から、より短い最少超過日数 D_{min} となる各観測所の評価範囲の設定を検討する。また、取水などの影響を受けない渓流水位地点が近傍に確保困難な地域においては、別の指標による検討を行う予定である。

謝 辞

本研究を行うにあたり観測データのご提供など、国土交通省北陸地方整備局及び新潟県には多大なるご協力を賜りました。深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 松浦純生（2004）積雪地帯における降水の到達過程と地下水及び地すべりの挙動（その3） - 地表面到達水量と地下水変動の関係（後）、地下水変動と地すべりの挙動 -、地すべり技術、Vol.3、pp.12
- 2) 中谷洋明、丸井英明、向井啓司、片山弘憲：北陸地方における地すべり発生に関する広域水文指標の検討、日本地すべり学会誌、Vol.44、No.5、pp.22～32、2008
- 3) 杉本宏之、石井靖雄、坂野弘太郎、武士俊也、中谷洋明、山影修司：融雪地すべり発生と流量指標の関係について、平成26年度砂防学会研究発表会概要集、pp.B-8～B-9、2014
- 4) 鳥海貴裕、杉本宏之、桂真也、石井靖雄：地すべり災害発生に関わる広域水文指標としての河川水位データの適用について、平成27年度砂防学会研究発表会概要集、pp.A-300～A-301、2015
- 5) 佐藤壽則、白井秀一、伊藤俊方：積雪期における新潟県内の第三紀層地すべりの運動特性、日本地すべり学会、Vol.41、No.1、pp.37～42、2004

藤平 大



土木研究所土砂管理
研究グループ地すべり
チーム 総括主任
研究員
Masaru TOHEI

鳥海貴裕



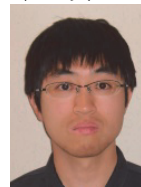
土木研究所土砂管理
研究グループ地すべり
チーム 交流研究
員
Takahiro TORIUMI

杉本宏之



研究当時 土木研
究所土砂管理研究
グループ地すべり
チーム主任研究
員、現 国土交通
省水管理・国土保
全局砂防部砂防計
画課地震・火山砂
防室課長補佐
Hiroyuki
SUGIMOTO

桂 真也



研究当時 土木研
究所土砂管理研究
グループ雪崩・地すべり
研究所センター研
究員、博士（農学）、
現 国立大学法人北
海道大学農学研究院
基盤研究部門 森林
科学分野
Dr.Shin'ya KATSURA

石井靖雄



土木研究所土砂管理
研究グループ地すべり
チーム 上席研究
員、博士（農学）
Dr.Yasuo ISHII