

地すべり地における人的被害リスク評価に関する研究

研究予算：運営費交付金

研究期間：平 29～令 1

担当チーム：地すべりチーム

研究担当者：杉本宏之、竹下航

【要旨】

地すべり災害に対する避難を確実にを行うためには、災害発生の危険性が高まっている時期を特定するための警戒指標が重要である。そこで、平成 29 年度から地すべり災害による人的被害の発生実態及び地すべり災害の警戒指標に関する研究を開始した。本研究では、過去に発生した地すべり災害における避難の状況の調査を行い、ダム流入量を用いた地すべり警戒指標や土砂災害警戒情報の地すべり災害への適用性について検討した。

キーワード：地すべり、地すべり災害、警戒指標、ダム流入量、土砂災害警戒情報

1. はじめに

地すべりは動き始めがゆっくりであることが多いため、地すべりによって生じた変状の発見をトリガーとして避難や対策が行われることが多い。しかし、突発的に発生して急速に崩壊に至る崩壊性地すべりや夜間に発生する地すべりの場合、変状の発見をトリガーとして避難することは難しい。そのため、地すべりに対する避難を確実にを行うためには、災害発生の危険性が高まっている時期を特定するための警戒指標が重要と考えられる。土石流や集中的に発生する急傾斜地崩壊については、避難に関する情報として土砂災害警戒情報があるが、地すべりについては技術的に予測が困難であるために対象とはなっていない。地すべりの発生については、融雪水の影響や降雨の地中浸透のタイムラグ等を考慮する必要があるが、降水量だけで警戒指標とするのは難しい。そのため、融雪水の影響や降雨の地中浸透のタイムラグを考慮する手法として、ダム流入量等の水文指標を用いた評価が試みられている^{1,2,3)}。ダム流入量を用いた警戒指標は、降水量と比較して適用性が高いことが示されているが^{1,2,3)}、最適な警戒基準値が降雨・融雪といった誘因の違いや地域によって異なるということが実用化する上での課題となっている。

そこで、平成 29 年度から、地すべり災害による人的被害の発生実態及び地すべり災害の警戒指標に関する研究を開始した。本研究では、まず、過去に発生した地すべり災害における避難時の状況の調査を行い、避難行動や避難時の状況と被害状況との関係について検討した。次に、地すべり災害について災害発生の危険

性が高まっている状況を示すための警戒指標について、ダム流入量を用いた地すべり警戒指標や土砂災害警戒情報の地すべり災害への適用性について検討した。

2. 地すべり災害の実態調査

2. 1 調査方法

平成 13 年から令和元年に発生した地すべり災害のうち、全壊家屋被害を生じた地すべりは 63 事例であった。そのうち、誘因が地震であった 14 事例、災害報告や既往文献から誘因が特定できない 1 事例を除いた 48 事例（降雨が 45 事例、融雪が 3 事例）を対象として実態調査を行った。調査項目は、人的被害（死者、行方不明者、負傷者）の状況や災害発生時の避難行動の有無、地すべり災害の発生時間帯などとして、災害報告や既往文献、都道府県の担当部局への聞き取りにより調査を行った。

2. 2 調査結果

図-1 に人的被害の状況と災害時の避難行動の調査結果を示す。降雨や融雪を誘因として全壊家屋被害を生じた地すべり 48 事例のうち、人的被害を生じたのは 10 事例、人的被害が生じなかったのは 38 事例であった。また、避難行動があった事例は 26 事例であり、避難行動を実施した事例では、人的被害はなかった。

図-2 に災害発生時間帯と災害時の避難行動の調査結果を示す。降雨や融雪を誘因として全壊家屋被害を生じた地すべり 48 事例のうち、発生時間が不明であった 6 件を除く 42 事例について整理した。人的被害を生じた 10 事例のうち、8 事例は夜間に発生した災害で

あった。また、夜間に発生した災害では、昼間に発生した災害と比較して避難行動がなかった割合が高い結果となった。

地すべり災害の実態調査結果から、避難行動があった事例では、人的被害はなかったものの、夜間に発生する地すべり災害に対しては、避難行動の実施が難しい状況にあることが示唆された。地すべりに対する避難を確実にするためにも、注意を喚起する警戒指標が重要であると考えられる。

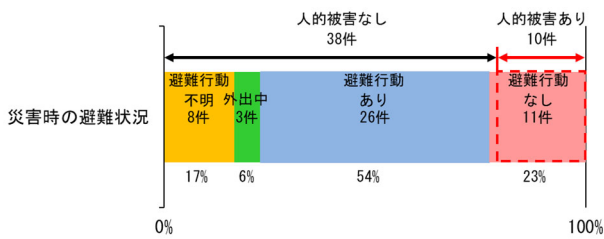


図-1 避難行動の調査結果

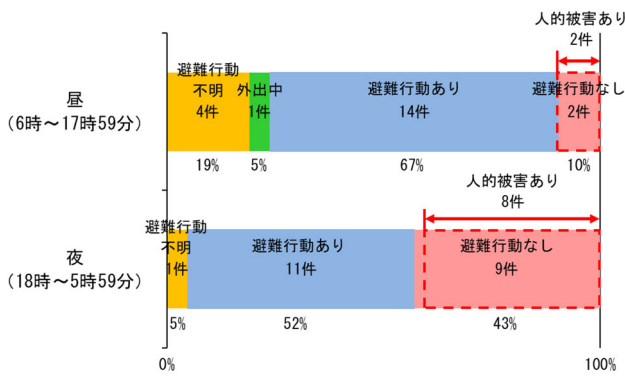


図-2 発生時間の調査結果

3. 地すべり警戒指標の検討

地すべり災害について災害発生の危険性の高まっている状況を示すための警戒指標について、ダム流入量と土砂災害警戒情報について、警戒指標としての適用性を検討した。

3. 1 調査方法

3. 1. 1 ダム流入量を用いた警戒指標

本検討では、表-1 に示す 6 地域（新潟県上越市、新潟県長岡地域、徳島県三好、徳島県那賀・勝浦、奈良県南西部、愛媛県東予東部）を対象とし、地すべり災害の発生日とダム流入量の関係について検討を行った。地すべり災害データは、国土交通省の土砂災害データベースから、対象期間中に発生した地すべり災害のうち、発生時刻の記載のあるものを用いた。ただし、地

震が誘因のものは除いた。また、規模の小さい、がけ崩れのような災害を除外するため、地すべり面積 1,000m²以上の災害を対象⁴⁾とした。ダム流入量は、表-1 に示したダム（ダム流入量：m³/h）の 1 時間毎の観測データを使用した。ダムは、各地域で 1 つずつダムを選定し、それらのダム流入量を指標として用いた。なお、過去の研究では、地域や誘因毎に積算時間の設定が異なることが課題であったことから、複数の積算時間の中から最大値を抽出して、アンサンブル積算流入量として指標を設定することとした。なお、表-1 に示す「イベント件数」とは、一連の降雨により災害が発生した場合は、1 イベントとして集計した件数である。

表-1 検討対象地域及び使用データ

	対象地域・区分 ¹⁾	対象期間	災害件数 ²⁾	イベント件数	水文データ (ダム流入量)
1	新潟県上越地方 (上越市)	2007年6月 ～2012年3月	21件	16	柿崎川ダム
2	新潟県中越地方 (長岡地域)	2008年1月 ～2013年11月	21件	13	刈谷田川ダム
3	徳島県北部 (三好)	2002年1月 ～2011年12月	15件	9	名頃ダム
4	徳島県南部 (那賀・勝浦)	2002年1月 ～2011年12月	2件	2	長安口ダム
5	奈良県南部 (南西部)	2002年1月 ～2011年12月	2件	1	旭ダム
6	愛媛県東予部 (東予東部)	2002年1月 ～2011年12月	8件	3	別子ダム

1) 気象庁の気象警報・注意報の発表区域

2) 対象災害は発生日時、気象状況が明らかな地すべり災害のうち、地すべり面積1000m²以上のもの（誘因が地震のものを除く）

ダム流入量による警戒指標の検討は以下の手順で行った。

- 1) 中谷ほか (2008) ¹⁾ の手法を用いて、毎時のダム流入量の n 時間積算値 X_n ($n=1, 3, 6, 12, 24, 48, 72, 168, 336, 672$) から (1) 式で偏差 E_n を計算した。

$$E_n = (X_n - \mu_n) / \sigma_n \quad (1) \text{ 式}$$

ここで、 E_n は X_n の偏差、 X_n はダム流入量の n 時間積算値、 μ_n は X_n の平均値、 σ_n は X_n の標準偏差である。

- 2) (1) 式で計算した毎時の偏差から地すべり災害が発生した日における日最大の偏差を選び出した (表-2)。
- 3) 10 種類の積算時間から得られた日最大の偏差のうち、最大値をアンサンブル積算流入量とした (表-2 の黒太枠の値)。

表-2 地すべり災害発生日における 10 種類の積算時間の日最大偏差とアンサンブル積算流入量（例）

発生日	1時間積算 流入量偏差 (日最大)	3時間積算 流入量偏差 (日最大)	6時間積算 流入量偏差 (日最大)	12時間積算 流入量偏差 (日最大)	24時間積算 流入量偏差 (日最大)	48時間積算 流入量偏差 (日最大)	72時間積算 流入量偏差 (日最大)	168時間積算 流入量偏差 (日最大)	336時間積算 流入量偏差 (日最大)	672時間積算 流入量偏差 (日最大)	アンサンブル 積算流入量
2010/11/1	0.12	0.02	-0.03	-0.09	-0.22	-0.46	-0.54	-0.15	-0.60	-0.70	0.12
2010/11/3	7.48	7.66	8.71	8.00	6.99	4.31	2.90	1.00	0.28	-0.33	8.71
2010/12/24	2.57	2.86	3.29	3.78	4.66	4.05	3.43	1.85	1.38	0.00	4.66
2011/3/31	1.38	1.17	1.17	1.03	1.01	0.85	0.65	0.34	0.65	0.00	1.38
2011/4/6	2.37	1.99	1.98	1.72	1.41	1.27	1.19	1.21	0.75	0.00	2.37
2011/4/11	2.88	3.19	3.49	3.60	3.18	3.42	3.49	2.68	1.89	0.00	3.60
2011/4/26	2.93	2.75	2.72	2.50	2.55	3.62	3.88	4.24	4.06	3.19	4.24

- 4) 期間中に発生した地すべり災害数の $\alpha\%$ を捕捉する偏差及び解析対象期間中に偏差を超過する時間数を算出し、警戒指標としての適用性について、超過日数を指標として比較した。

3. 1. 2 土砂災害警戒情報

本検討では、表-1 に示す 6 地域を対象とし、地すべり災害の発生日時と土砂災害警戒情報の関係について検討を行った。

土砂災害警戒情報の検討は以下の手順で行った。

- 1) 土砂災害警戒情報は、導入時期が都道府県毎に異なるため、対象地域の導入時期について確認した。
- 2) 国土交通省の土砂災害データベースから、各地域において土砂災害警戒情報導入後に発生した地すべり災害のうち、発生時刻の記載のあるものを使用した。ただし、以下の地すべり災害は除外した。
 - ・地震、融雪が誘因の事例
 - ・地すべり面積が 1,000m² 以下の小規模な事例
 - ・災害発生日の日雨量 10mm 未満、最大時間雨量 5mm 未満の日が発生した事例
- 3) 土砂災害警戒情報は発表履歴を各地方気象台より収集し、各地域での土砂災害警戒情報の発表から解除に至るまでの期間を整理した。
- 4) 各地域における、土砂災害警戒情報による災害の捕捉率を算出した。

3. 2 調査結果

3. 2. 1 ダム流入量を用いた警戒指標

ダム流入量から算出したアンサンブル積算流入量を指標として、地すべり災害の $\alpha\%$ (70%、80%、90%、100%) を捕捉する値を閾値とした場合の、年間における閾値を超過する日数（以下、超過日数という）を表-3 に示す。また、超過日数の比較のため、参考に新潟県長岡市の平成 23 年に発表された気象注意報警報等

表-3 地すべり災害発生捕捉率と超過日数の関係

対象地域	超過日数				イベント 件数
	70%捕捉	80%捕捉	90%捕捉	100%捕捉	
新潟県 上越市	19.4日	22.2日	55.2日	188.9日	16
新潟県 長岡地域	9.7日	17.5日	51.5日	220.2日	13
徳島県 三好	8.1日	10.1日	98.5日	166.8日	9
徳島県 那賀・勝浦	64.7日	64.7日	64.7日	64.7日	2
奈良県 南西部	0.3日	0.3日	0.3日	0.3日	1
愛媛県 東予東部	0.1日	0.1日	4.3日	4.3日	3

表-4 新潟県長岡市における気象注意報警報等の年間における発表日数（平成 23 年）

情報名	発表日数
土砂災害警戒情報	2.6日
大雨警報（土砂災害基準超過）	4.1日
大雨注意報（土砂災害基準超過）	17.2日
なだれ注意報	127.0日

の年間における発表日数を表-4 に示す。

地すべり災害の 80% を捕捉するアンサンブル積算流入量を閾値とした場合の超過日数を地域間で比較すると、イベント件数が多い事例（新潟県上越市、新潟県長岡地域、徳島県三好）では超過日数が 10.1~22.2 日であり、新潟県長岡市における大雨注意報と同等の発表日数で、融雪地すべりも含む地すべり災害の捕捉もできるという結果になった。ただし、イベント件数が少ない事例（徳島県那賀・勝浦、奈良県南西部、愛媛県東予東部）では、超過日数が 0.1~64.7 日と大きくバラつく傾向がみられたため、基準を設定する場合は

注意が必要と考えられる。

3. 2. 2 土砂災害警戒情報

対象とした6地域における地すべり災害の発生と土砂災害警戒情報の関係について検討するため、土砂災害警戒情報による地すべり災害の捕捉率を算出した。6地域のうち、対象とした期間中に土砂災害警戒情報が発表されなかった徳島県那賀・勝浦と愛媛県東予東部を除く4地域について、表-5に各地域における土砂災害警戒情報による地すべり災害の捕捉率を示す。捕捉率は、50%~100%となっており、地震や融雪を起因とする地すべりや降雨がほとんどない日に発生した地すべりを除けば、土砂災害警戒情報によって地すべり災害を概ね捕捉できることが分かった。このことから、降雨起因の地すべり災害に限定されるが、地すべりにも土砂災害警戒情報を活用することが考えられる。

表-5 土砂災害警戒情報による地すべり災害の捕捉率

対象地域	捕捉率
	(上段：捕捉率 下段：土砂災害警戒情報発表件数/災害件数)
新潟県 上越市	50% (3/6)
新潟県 長岡地域	89% (8/9)
徳島県 三好	100% (1/1)
奈良県 南西部	100% (2/2)

4. まとめ

全壊家屋被害を生じた地すべり災害の実態調査によると、避難行動があった事例では、人的被害はなかったものの、夜間に発生する地すべり災害に対しては、避難行動の実施が難しい状況にあることが示唆された。そのため、地すべりについても、災害発生の危険性が高まっている時期を特定し、事前に避難をするための警戒指標が重要と考えられる。

地すべり災害の警戒指標として、6地域で検討を行った結果、ダム流入量をもとに計算したアンサンブル積算流入量と土砂災害警戒情報が指標となる可能性があることが分かった。

ダム流入量を用いた警戒指標では、ダム流入量データから算出するアンサンブル積算流入量を指標とすることにより、大雨警報や大雨注意報と同程度の発表頻

度で降雨・融雪地すべりの発生を捕捉できる警戒指標となる可能性が示された。

土砂災害警戒情報については、災害発生時にほとんど降雨を伴わず、かつ小規模な地すべり災害を除けば、土砂災害警戒情報によって地すべり災害の発生を概ね捕捉できることから、降雨起因の地すべり災害に限定されるが、地すべりにも土砂災害警戒情報を活用することが考えられる。

今後は、今回対象とした地域以外で各指標の適用性を検証する事例を増やしていく必要があると考えている。

謝辞

本研究を行うにあたり、都道府県には、災害実態把握のための調査にご協力を頂いた。ここに記して、感謝の意を申し上げる。

参考文献

- 1) 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、pp22-32、2008
- 2) 北陸地方地すべり注意基準案検討委員会：「北信越地方地すべり注意基準案検討報告書」、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) 建設省土木研究所砂防部地すべり研究室：「既往地すべり災害実態調査」、土木研究所資料、pp. 11-12、1985

RESEARCH ON HUMAN CASUALTY RISK ASSESSMENT IN LANDSLIDE AREA

Research Period : FY2017-2019

Research Team : Erosion and Sediment Control

Research Group (Landslide)

Author : SUGIMOTO Hiroyuki

TAKESHITA Wataru

Abstract : In order to ensure the evacuation from landslide disaster, it is important to use a warning index to identify the time when the risk of disaster occurrence is increasing. Therefore, we started a research on the actual state of human casualty caused by landslide disaster and the warning index of landslide disaster in 2017. We investigated the situation of evacuation in the past landslide disasters. Next, we examined the applicability of Landslide Alert Information and landslide warning index using dam inflow to landslide disasters.

Key words : landslide, landslide disaster, warning index, dam inflow, Landslide Alert Information