

土砂災害被害と降雨確率規模、災害発生頻度の関係

林 真一郎・内田太郎・蒲原潤一

1. はじめに

過去の災害の実態について把握し、その特徴を知ることは言うまでもなく防災技術の高度化のための根幹的な要素である。実際、これまで、国土交通省砂防部、国土技術政策総合研究所でも、土砂災害（土石流・地すべり・がけ崩れ）に関する様々な情報・データを蓄積し、様々な施策の立案、技術開発に活用してきている。しかしながら、土砂災害の頻度に関する検討は必ずしも多くはない。一方、土砂災害やそれを引き起こす土砂移動現象の発生頻度は、対策の事業評価を行う上でも、最も根幹的な情報の1つである。

そこで、本稿では、これまで蓄積された土砂災害データに基づいて、①人的被害が生じた土石流災害を引き起こした降雨確率規模に関する分析、②土砂災害の土砂移動現象としての規模・社会的影響と発生頻度の関係の検討結果について報告する。

2. 人的被害が生じた土石流災害を引き起こした降雨確率規模に関する分析・考察

2.1 背景

砂防や河川の分野では、災害と降雨の関係を調べ、災害を引き起こす規模の降雨の発生頻度から災害の頻度を類推する手法が広く用いられている。土石流災害においても、土石流災害を引き起こした降雨と同程度の降雨が発生する頻度をもとに、土石流災害の発生頻度が類推されてきている。そこで、国土交通省で収集している災害報告から得られたデータに基づき、人的被害が生じた土石流災害を引き起こした降雨確率規模に関する分析を行った。

2.2 分析対象及び手法

ここでは、国土交通省で収集した平成13年～平成21年の9年分の全国の土石流災害の災害報告1,475件のうち、死者・行方不明者の発生した災

害（44件）であり、かつ、24時間雨量に関する情報がある30件を分析対象とした。本検討に用いた降雨確率規模については、土木研究所のアメダス降雨確率解析プログラム¹⁾により、災害発生箇所²⁾の最寄りの降雨確率規模の算出が可能なアメダス観測所を用いて、災害報告に記載の雨量の降雨確率規模を算出した。

2.3 結果及び考察

図-1に、死者・行方不明者の発生した土石流災害を引き起こした降雨の最大24時間雨量の超過確率と災害件数の関係を示す。ここでは、土石流対策等の規模の想定に広く用いられている24時間雨量について検討した。約6割の災害の最大24時間雨量は、100年超過確率（＝超過確率0.01）の降雨量より小さかった。また、20年超過確率（＝超過確率0.05）以下の事例が7例（約2割）あった。

次に、ある規模の降雨が生じた場合に、その降雨が死者・行方不明者を生じる土石流災害を引き起こす確率について検討する。ここでは簡易に、ある超過確率より規模の大きい降雨で発生した死者・行方不明者が生じた土石流災害の件数（＝積算災害件数）を最大24時間雨量の超過確率（例えば、100年超過確率のとき0.01）で除した値を、ある規模以上の降雨が生じた場合の死者・行方不明者を生じる土石流災害を引き起こす確率として検討した（図-2、紫の線）。この確率は、当該規模の降雨の超過確率、当該規模の降雨の発生件数と相関があると考えられるため、ある超過確率の規模の降雨1件が死者・行方不明者を生じる土石流災害を引き起こしやすさを相対的に示している。降雨規模が20年超過確率（＝超過確率0.05）より小さい場合でも死者・行方不明者が生じた土石流災害の7例があったが、発生確率は相対的に低く、20年超過確率を超えると急激に発生確率が上昇し、降雨規模の増大にともない、発生確率が単調に増加した。

土石流対策等の規模の想定に24時間雨量が広く用いられているものの、土石流の発生は短時間

A study on relationship between damage caused by sediment disaster and return period of rainfall, frequency occurrence of sediment disaster

の降雨強度など様々な降雨指標が影響すると考えられる。そこで、図-2に、死者・行方不明者が生じた土石流災害の最大1時間雨量の超過確率を算出し、最大1時間雨量の超過確率と発生確率の関係を示した（青の線）。さらに、最大1時間雨量と最大24時間雨量の超過確率を比較し、超過確率が小さい方（超過確率年が大きい方）の超過確率と発生確率の関係を併記した（赤の線）。いずれの指標についても、最大24時間雨量の場合と同様に、降雨規模の増大にともない、発生確率が単調に増加する傾向を示した。ただし、最大1時間雨量の場合、最大24時間雨量と比較して、超過確率の低下による頻度の増加の割合は小さかった。

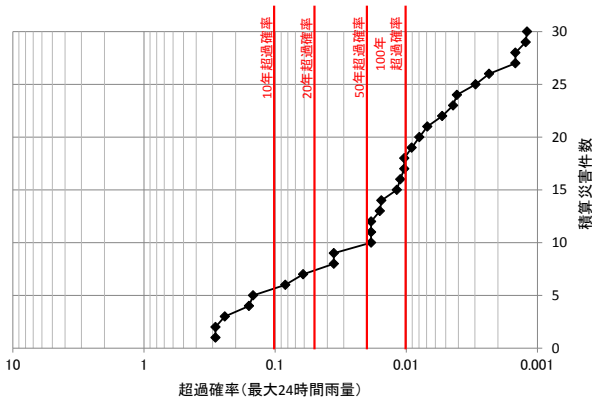


図-1 最大24時間雨量の超過確率と災害件数の関係

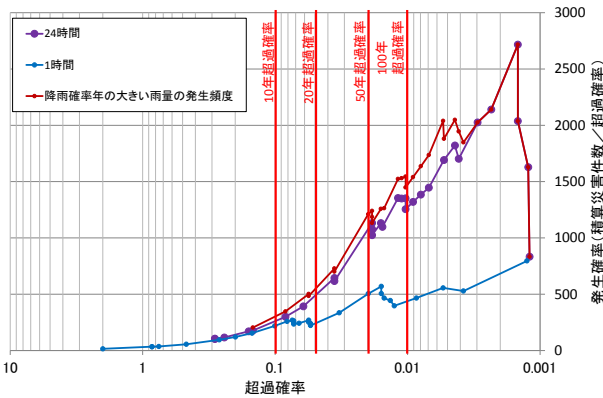


図-2 最大24時間雨量、最大1時間雨量、降雨確率年の大きい雨量の超過確率と発生確率の関係

3. 土石流災害の土石移動現象としての規模・社会的影響と災害発生頻度の関係

3.1 背景

台風の「大きさ」や「強さ」、地震の震度など台風・地震等による自然災害や人為的な事故の規模・社会的影響を表現する手法が、広くに活用さ

れている。国土技術政策総合研究所砂防研究室では、既往の検討を踏まえ、土石流災害全般の規模・社会的影響を表現する手法について検討を行ってきた。

手法を検討する上で大きく3つの課題があった。

課題1: 土石流災害は、がけ崩れ、土石流、地すべり、深層崩壊等の多様な土石移動形態に起因すること、また、地域の気候等の誘因、地形・地質等の素因が土石移動形態に大きく影響するため、土石移動形態の違い、地域間の比較が難しい。

課題2: 同一土石移動形態であっても、規模の幅が広い。また、単発の大規模崩壊、小規模ながけ崩れ・土石流の同時多発のように発生数の幅も広く、評価範囲の設定が難しい。

課題3: 土石流災害の被害は局所的な場合が多く、人口密度、対策施設の整備状況等の場所の条件に被害が強く依存し、土石移動形態だけでなく、被害についても評価する必要がある。

そこで、課題1～3を踏まえ、土石流災害全般の規模・社会的影響を表現する手法を考える上では、「土石移動形態・規模及び評価範囲によらず自然現象としての土石移動現象の規模を評価する指標」（課題1、2に対応）と「被害に関する指標」（課題3に対応）を用いて評価を行う必要があると考え、検討を行ってきた。

土石移動形態・規模及び評価範囲によらず自然現象としての土石移動現象の規模を評価する指標として、内田ら²⁾の「土石移動マグニチュード」（式(1)）を用いた。

$$M = \log \left(\sum_{i=1}^n (V_i \times H_i) \right) \quad \text{式(1)}$$

ここで、 M : 土石移動マグニチュード、 V : 土石量 (m^3)、 H : 比高 (m)、 n : 土石流災害の数。

続いて、被害に関する指標としては、小嶋ら³⁾の「被害レベル」を用いた（式(2)）。なお、被害レベルは、過去のいくつかの災害について、対応した県の職員に対して実施したアンケート結果から、被害と被害から受けた印象について、回帰式（詳細は文献3）に譲る）を作成したものである。

$$D = 0.69 \times \log(x_1) + 0.16 \times \log(x_2 + x_3 + x_4/3) + 1.07 \quad \text{式(2)}$$

ここで、 D : 被害レベル、 x_1 : 死者・行方不明者数、 x_2 : 負傷者数、 x_3 : 全壊家屋数、 x_4 : 半壊・一部損壊家屋数、第1項、第2項の括弧内が0の場合は、第1項の括弧に0.3、第2項の括弧に0.1を代入する。被害が無い場合、被害レベルは0.55になる。

3.2 土砂移動マグニチュード・被害レベルの算出

上記の2つの指標を用いて、1972年～1997年の日本のがけ崩れ災害10,686件のうち9,454件⁴⁾、近年の日本、韓国（共同研究として韓国山林科学院から資料提供を受けた）、アジア地域（文献等から情報を得た）での大規模災害について評価を行った。

図-3に土砂移動マグニチュードと被害レベル関係を示した。図-3から、土砂移動形態別、地域別・国別によるプロットの分離が見られず、課題1をある程度克服できているものと考えられる。また、単発の土砂災害と同時多発した土砂災害に着目した場合においても、プロットの分離は見られず、課題2についてもある程度解決できていると考えられる。課題3については、都市域で発生した（例えば、2011年のソウルの災害）や中山間地域であっても集落の比較的近くで生じた災害（例えば、2003年の集川の災害）は同程度の土砂移動マグニチュードの災害の中では、被害レベルは高く、一方、山地でかつ集落から比較的是離れた地点で生じた発生した深層崩壊（例えば、栗平、

赤谷、長殿、北股、熊野）は、土砂移動マグニチュードは高いものの、被害レベルは低かった。このように、土砂移動マグニチュードと被害レベルの間に相関性は見られず、土砂移動マグニチュードと被害レベルを組み合わせる手法は、土砂災害全般の規模・社会的影響を表現する手法として、適切な手法であると考えられる。

今回の検討において、2つの指標を統合し、簡便な表現手法として土砂災害スケールを提案する。土砂災害スケールは、図-3の整理結果を、土砂移動マグニチュード (M) と被害レベル (D) に基づいて、5段階 (Category I～V) に分割したものである (図-3参照)。区分の定義は以下のとおりである。

Category I: $M < 4.0$ かつ $D < 1.0$

Category II: $4.0 \leq M < 6.0$

または $1.0 \leq D < 1.5$

Category III: $6.0 \leq M < 8.0$

または $1.5 \leq D < 2.0$

Category IV: $8.0 \leq M < 10.0$

または $2.0 \leq D < 2.5$

Category V: $10.0 < M$ または $2.5 < D$

(※ただし、上位カテゴリーとの重複部分は除かれる)

3.3 土砂災害の規模と災害発生頻度の関係

図-4に、土砂移動マグニチュード、被害レベルと災害の発生頻度の関係を示す。ここでの発生頻

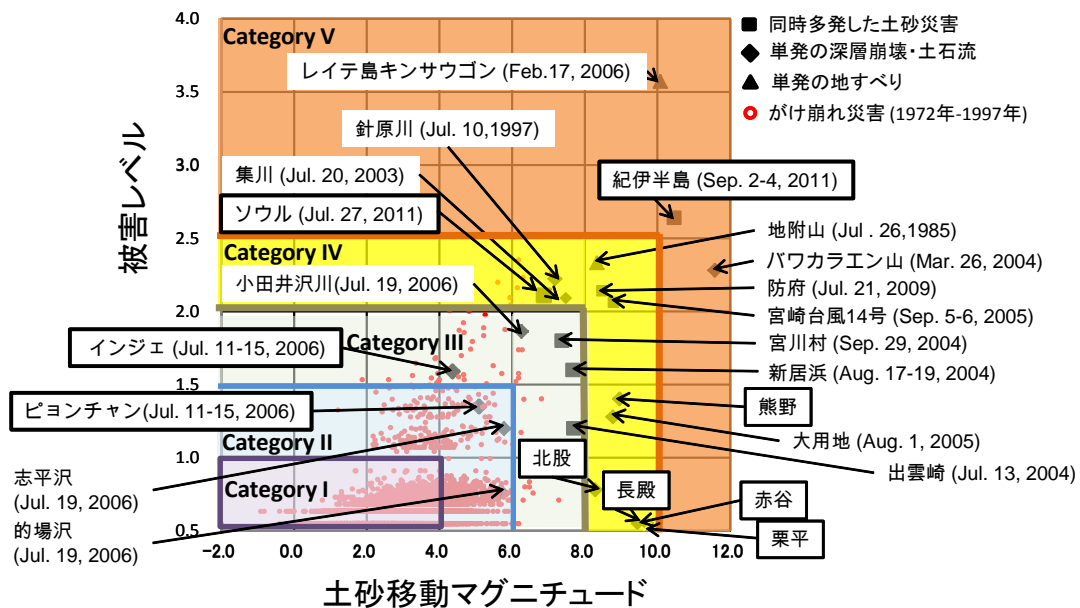


図-3 過去の土砂災害の土砂移動マグニチュードと被害レベルの関係及び土砂災害スケール

度は災害の件数である。図より、土砂移動マグニチュード、被害レベルのそれぞれの指標でみた場合、規模が増大するに従い、発生頻度がオーダーで小さくなるのが分かる。

さらに、土砂災害スケールのカテゴリと災害の発生頻度の関係について、図-5に示す。土砂災害スケールのカテゴリが1変化することにより、発生頻度が約10倍変化する。以上の結果は、土砂災害は土砂移動現象としての規模および社会的な影響の観点から見て、小さいものと大きいものでは、4オーダー程度差があることがわかった。

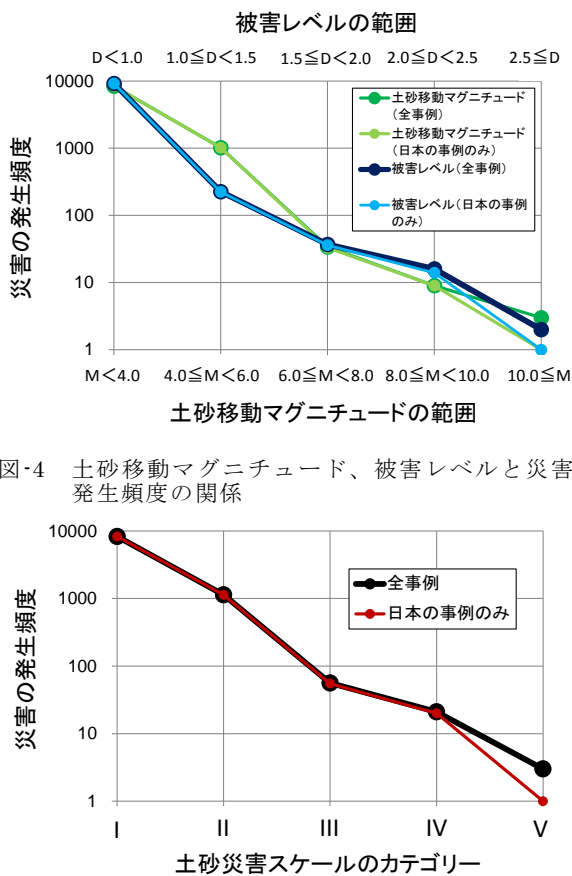


図-4 土砂移動マグニチュード、被害レベルと災害の発生頻度の関係

図-5 土砂災害スケールのカテゴリと災害の発生頻度の関係

また、今回提案した土砂災害スケールを用いることにより、簡便に発生頻度を定量化できる可能性が考えられる。

4. まとめ

本稿では、これまで蓄積された土砂災害データに基づいて、①土石流災害を引き起こした降雨確率規模、②土砂災害の土砂移動現象としての規模・社会的影響と災害発生頻度の関係について検討を実施した。その結果、土石流災害を引き起こす降雨の発生確率、土砂災害規模と災害発生頻度の関係などの情報が新たに得られた。すなわち、災害に関するデータを長期間蓄積することにより、大規模な土砂災害に関する詳細な調査では得難い、土砂災害の発生頻度・確率に関する情報が得られることを示した。今後は、より多くの事例収集を行い、土砂災害の規模・社会的影響の確率評価手法について、検討を実施していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 独立行政法人土木研究所水工研究グループ水理水文チーム：アメダス降雨確率解析プログラム <http://www.pwri.go.jp/jpn/seika/amedas/top.htm>
- 2) 内田太郎、國友優、寺田秀樹、小川紀一郎、松田昌之：土砂災害の規模の表現手法に関する一考察、砂防学会誌、57(6)、pp.51～55、2005.
- 3) 小嶋伸一、小山内信智、西本晴男、小川紀一郎、松田昌之：土砂災害の被害イメージのアンケート調査による被害指標の検討、砂防学会誌、62(3)、pp.47～54、2009.
- 4) 門間敬一、千田容嗣、海老原和重：がけ崩れ災害実態について、土木研究所資料、No.3651、1999.

林 真一郎



国土交通省国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センター砂防研究室 研究官
Shin-ichiro HAYASHI

内田太郎



国土交通省国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センター砂防研究室 主任研究官、博（農）
Dr. Taro UCHIDA

蒲原潤一



国土交通省国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センター砂防研究室長
Jun'ichi KANBARA