2014 年 7 月 18 日

2014 年 7 月 9 日に発生した長野県南木曽町の土石流災害の誘因となった降雨イベントの特徴

京都大学大学院 農学研究科 山地保全学分野
小杉賢一朗・水山高久

1. はじめに

長野県南木曽町では，台風 8 号の影響を受けた豪雨によって，7 月 9 日 17:40 頃に梨子沢（なしざわ）と呼ばれる木曽川の支流で土石流が発生した。災害が起こった当日は昼過ぎまで晴れており，雨の降り始めは土石流発生の約 2 時間前であった。このように，土石流は不意を突く形で発生しており，南木曽町に避難勧告が出されたのは，土石流発生から 10 分後の 17:50 であった。また，土砂災害警戒情報が発表されたのは，さらに 25 分を経過した 18:15 であった。

新聞等による報道では,「バケツをひっくり返したような雨」や「前も見えないような白い雨」といった，当時の雨を表現する住民の言葉が紹介されており，強度が強い雨であったことが窺える（産経新聞デジタル，2014；日刊スポーツデジタル，2014）。その一方で,「今回の雨はザーッと降っただけ」や「連日のように降っていた夕立とあまり変わらない印象だった」といった証言も見られ（毎日新聞デジタル，2014），土石流の誘因となることが予想できるほど異常な降雨イベントであったのかは，必ずしも定かで無い。

ここでは，今回の降雨イベントの特徴を，既往降雨イベントとの比較に基づいて分析した。さらに，土砂災害に対する早期の警戒・避難に役立つ情報を提供する手段の一つとして，異常降雨イベントの発生を予見する方法について検討した。

2. 災害発生時の降雨の状況

図-1 には，土石流が発生した梨子沢流域ならびに降雨観測所（気象庁の南木曽観測所および国土交通省の三留野，蘭観測所）の位置を示した。これらの観測所における 10 分間雨量は図-2 に示したとおりである。何れの観測所でも 7/9 3:00 以降は降雨が一端休止していたが，15:30 過ぎに再開し，短時間のうちに強度を増していることがわかる。最大 10 分間雨量は，蘭で 23 mm と最も多く，次いで南木曽の 17 mm となっている。

15:30 から土石流が発生する 17:40 までの積算雨量は，土石流発生流域に最寄りの南木曽で 84 mm に達したが，三留野，蘭に比べれば少なかった。また，土石流発生までの 1 時間（16:40～17:40）の雨量は南木曽で 70 mm に達したが，この値も蘭の 97 mm に比べて少なかった。

このように，土石流発生流域に最寄りの観測所（南木曽）の雨量は，近隣の観測所に比べて若干少ない傾向にあった。また気象庁の統計によると，南木曽観測所における既往最大 1 時間雨量は 89 mm，最大 10 分間雨量は

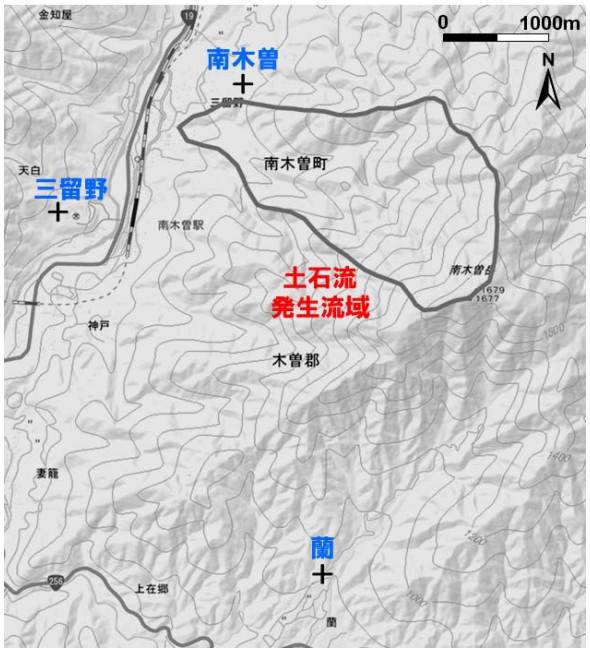

図-1　土石流発生流域と降雨観測所の位置（国土地理院地図に加筆）

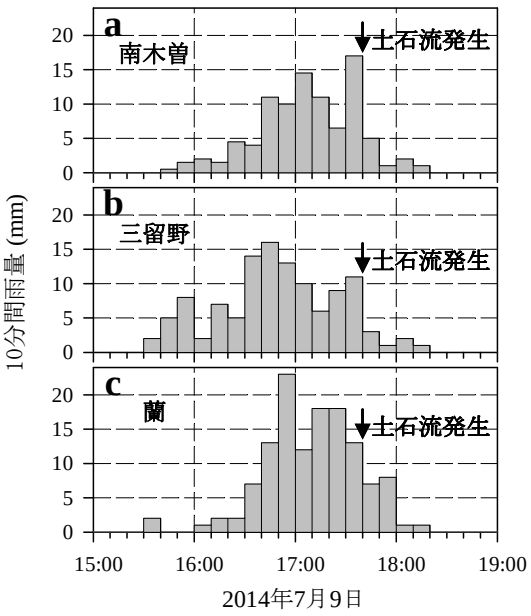

図-2　10分間雨量の時系列

18 mm であり，今回の降雨イベントでは既往最大値を上回る値を記録したわけではなかった。

3. 既往降雨イベントとの比較

3.1 時間雨量・積算雨量・先行雨量

30 年前の 1984 年まで遡り，その期間に発生した主な降雨イベントについて，南木曽で観測された時間雨量（正時の値）と積算雨量を，今回のイベント（以下，H26 イベントと呼ぶ）と比較した（図-3）。また，各イベントの諸元を表-1 にまとめた。ここでは，24 時間以上の無降雨期間によって降雨イベントを区切っており，H26 イベントは 2014/7/6 18:00 に開始したことになる。図-3d では，降雨開始から土石流発生までのデータを示しており，土石流発生時の積算雨量は 194 mm であった。

図-3a に示した H16 イベントは，前述の既往最大 1 時間雨量を観測したイベントであり，かなりの集中豪雨であったといえる。積算雨量は比較的少ないが，終盤には H26 イベントに匹敵する値にまで上昇していた。H12 イベント（図-3b）では，時間雨量のピークは小さいものの比較的短時間にまとまった量の雨が降り，積算雨量は H26 イベントよりも 85 mm ほど多くなった。H18 イベント（図-3c）では，時間雨量のピークはさらに小さいが，降雨の継続時間が長く，積算雨量はさらに多くなった。表-1 中に示した S60 イベント（図は省略）は，降雨継続時間が極めて長く，積算雨量は H26 イベントの 2.7 倍に達したが，時間雨量のピークは小さかった。

各イベントに先行する 2 日間の雨量（表-1）は，H26 イベントで最も多かったことがわかる。ただし，H16，H18，S60 イベントでは，H26 イベントよりも先行雨量が顕著に大きくなる期間が存在した。

以上のように，時間雨量，積算雨量，先行雨量の各々を指標とした場合

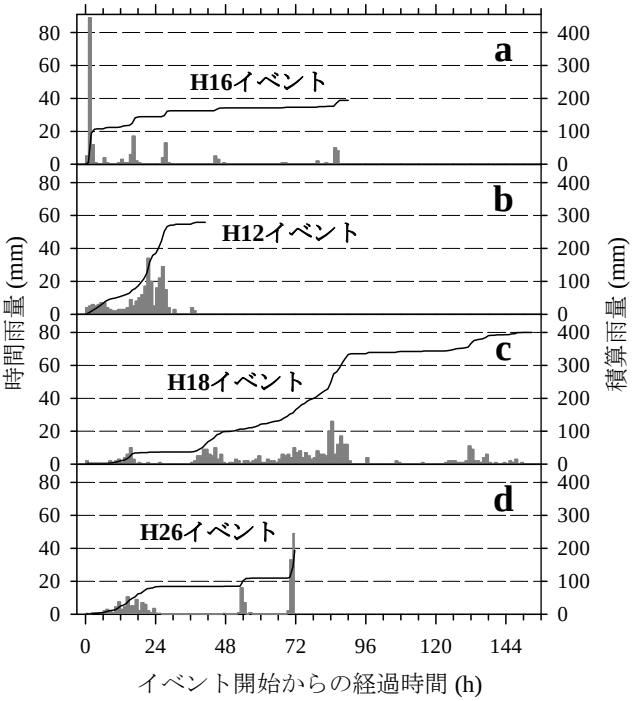

図-3 主要降雨イベントの時間雨量と積算雨量

表-1 主要降雨イベントの諸元

項目	単位	H16	H12	H18	S60	H26
開始年		2004	2000	2006	1985	2014
開始月日		9/4	9/11	7/15	6/27	7/6
最大時間雨量	mm	89	34	26	23	49
積算雨量	mm	194	279	400	527	194
継続時間	h	87	38	150	262	72
先行2日間雨量	mm	0	0	3	37	51
先行3日間雨量	mm	40	28	33	106	64
先行5日間雨量	mm	98	34	38	204	66
先行1週間雨量	mm	106	34	82	283	68
先行2週間雨量	mm	224	62	170	342	110

には，H26イベントの特殊性は検出されず，既往降雨イベントを上回る異常な降雨イベントであったとは結論づけられなかった。

3.2 スネーク曲線

土砂災害警戒情報発表の基準には，横軸を土壌雨量指数，縦軸を時間雨量としたスネーク曲線が用いられることが多い。そこで，1984/1/1 1:00 から H26 イベント開始直前までの約 30 年間の時間雨量データ（南木曽観測所）を用いて土壌雨量指数を計算し，既往のスネーク曲線を描いてみた（図-4 の灰色丸印）。図中の太い実線は既往スネーク曲線の最大値を結んだものであり，この境界線の右上の領域にスネーク曲線が入ると既往最大値を超過したことになる。

図-4a～c では，H16，H12，H18 イベントのスネーク曲線を黒色丸印で示しているが，いずれも境界線まで上昇しており，H26 イベント開始直前までの既往最大値の一部を形成したイベントであったことがわかる。図-4d には H26 イベントのスネーク曲線を示した。土石流が発生した時刻になると，スネーク曲線は境界線を僅かに超えて既往最大値超過を示す領域に侵入していることがわかる。

土砂災害の警戒・避難には，横軸を半減期の長い実効雨量，縦軸を半減期の短い実効雨量としたスネーク曲線が活用されることも多い。図-5 は，図-4 と同様の解析を，「横軸を半減期 51 h の実効雨量，縦軸を半減期 0.9 h の実効雨量としたスネーク曲線」を用いて行った結果である。図-5d をみると，土石流発生時にはスネーク曲線が境界線を顕著に超過しており，既往最大値超過が発生したことが明らかである。このような解析を，横軸実

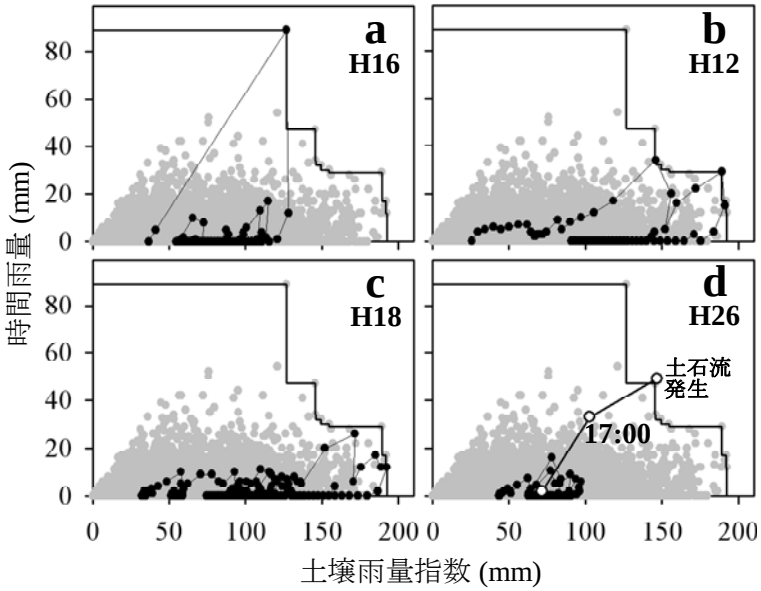

図-4 既往スネーク曲線（灰色）と （a）H16,（b）H12,（c）H18,（d）H26イベントのスネーク曲線（黒色）

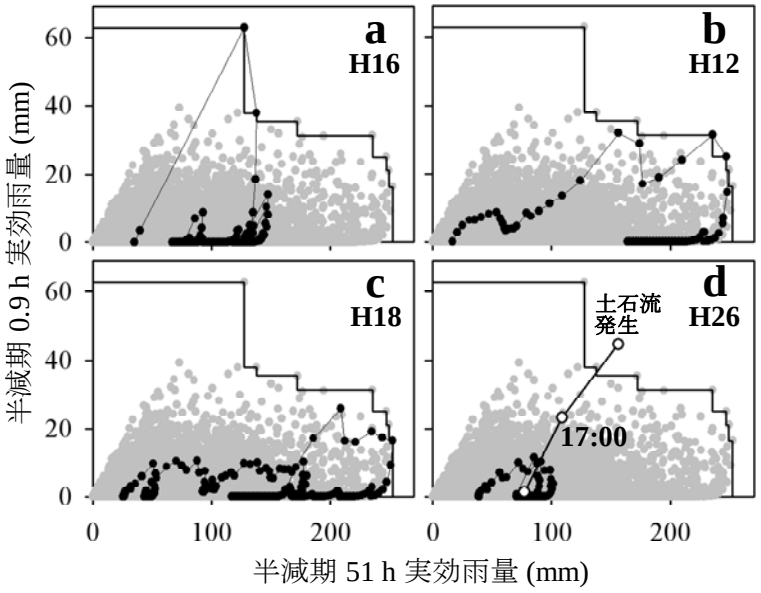

図-5 既往スネーク曲線（灰色）と （a）H16,（b）H12,（c）H18,（d）H26イベントのスネーク曲線（黒色）

効雨量の半減期と縦軸実効雨量の半減期を変化させて，様々な組合せで行ったところ，横軸半減期が 13～173 h，縦軸半減期が 0.1～2.0 h の範囲にあるときに，H26 イベントの土石流発生時において既往最大値超過が検出されることがわかった。

H26 イベントでは，先行 2 日間の雨量が多く（表-1），さらにイベント開始以降に累積 100 mm を超える降雨があった（図-3d）ところに，既往最大値には及ばないが，かなりの強度の雨が降った。本節の解析では，縦軸と

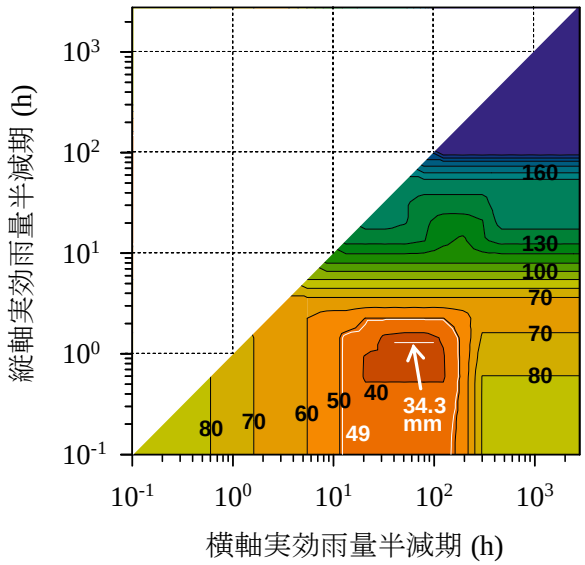

図-6　7月9日17時において今後の1時間にスネーク曲線が既往最大値を超過するのに必要となる雨量（横軸と縦軸に示した半減期を持つ実効雨量の組合せでスネーク曲線を描いた場合のそれぞれについて，必要となる雨量をコンターで示している。）

横軸の雨量指標を適切に設定したスネーク曲線を用いることによって，この特殊性が「既往最大値超過」として検出され，既往降雨イベントを上回る異常な降雨イベントであったことが明らかとなった。

4. 異常降雨イベント発生の予見

図-4d，5dでは，7/9 17:00に既往範囲内にあったスネーク曲線が，その後，土石流発生までに降った49 mmの雨で既往最大値を超過している。このように与えられた雨量を用いて既往最大値超過の有無を算出する代わりに，「7/9 17:00の時点において，今後1時間にどれだけの雨が降ったら既往最大値を超過するのか」を計算してみた。その結果，図-4dの場合は47.1 mm，図-5dの場合は35.6 mmの値が得られた。

このような計算を，横軸実効雨量の半減期と縦軸実効雨量の半減期を変化させて，様々な組合せのスネーク曲線で行った結果を図-6に示した。横軸半減期40～100 hかつ縦軸半減期1.3 hの部分で34.3 mmの値が得られ，最も少ない雨量で既往最大値超過が発生する組合せとなっていた。そして，実際にこれを上回る49 mmの雨が降り，土石流が発生したのである。

H26イベントで土石流発生の直接の誘因となった降雨（図-2a）のように，急激に発達する雲によりもたらされる集中豪雨の予報は難しく，今回の土石流の発生予測は困難であったのは事実である。ただし3.2節で検討したように，H26イベントでは，先行雨量，ならびにイベント開始以降の累積雨量の影響も大きかったと考えられる。そしてこれらの影響を考慮した図-6の解析を行うことによって，17:00の時点では，34 mmという特別に大きくはない時間雨量によって，過去30年間に一度も経験したことのない異常降雨イベントになることが予見できていたことになる。

勿論，一部の雨量指標の組合せにおける異常性が，必ずしも土砂災害の発生に直結するわけではなく，図-6の結果を直ちに警戒・避難の実施に結びつけることは難しいであろう。しかしながら図-6に示した異常降雨イベント発生の予見方法は，土砂災害発生に備えるための分り易い情報を提供する手段の一つとして有効なものと考えられる。

謝辞

用いた雨量データは，気象庁気象観測データベースおよび国土交通省水文水質データベースからダウンロードして利用させていただきました。

引用文献

毎日新聞デジタル（2014）：長野土石流：いつもの夕立、一転･･･避難勧告、発生10分後，2014年7月10日配信，http://mainichi.jp/select/news/20140710k0000e040200000c.html，2014年7月14日アクセス

日刊スポーツデジタル（2014）：家ごと流され男児死亡 台風8号，2014年7月10日配信，http://www.nikkansports.com/general/news/p-gn-tp0-20140710-1331805.html，2014年7月14日アクセス

産経新聞デジタル(2014):長野土石流災害 線路橋脚や民家押し流す 住民「こんな被害は初めて」,2014年7月10日配信,http://sankei.jp.msn.com/affairs/news/140710/dst14071000160001-n1.htm，2014年7月14日アクセス

注意事項

以上の結果は暫定的なもので，今後の解析により変わる可能性があります。上記内容の全てまたは一部を引用される場合は，事前に連絡をお願いします。

Copyright (C) 2014, Lab. of Erosion Control, Graduate School of Agriculture, Kyoto University, All Rights Reserved.