

## 平成30年7月豪雨による土砂災害発生 の推定時刻における土壌雨量指数

石澤友浩\*・檀上 徹\*

### Soil Water Index at Estimated Times of Occurrence of Sediment Disasters Triggered by the Heavy Rain Event of July 2018

Tomohiro ISHIZAWA and Toru DANJO

*\*Storm, Flood and Landslide Research Division,  
National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, Japan  
ishizawa@bosai.go.jp, t.danjo@bosai.go.jp*

#### Abstract

The July 2018 heavy rain triggered a large number of sediment disasters. This paper reports on a study conducted to analyze evaluations of landslide triggers. In the study, a hearing survey was conducted on the timing of occurrence of the sediment disasters caused by the Heavy Rain Event of July 2018, and a rainfall analysis was made by using Japan Meteorological Agency's analyzed rainfall data. An analysis of the disasters at the 20 sites (slope failures and debris flows) examined for the purposes of the study revealed that many of those disasters occurred when the soil water index during the study period (June 28, 2018 to the estimated time of occurrence of a sediment disaster) was maximized. The analysis also indicated that sediment disasters tended to occur when hourly rainfall was relatively low and the soil water index was large.

**Key words:** Sediment disaster, Heavy rain, Rainfall index, Estimated time of occurrence, Alert level

#### 1. はじめに

「平成30年7月豪雨」では、梅雨前線と台風7号の影響で、2018年6月28日から7月8日かけて全国的に広い範囲で断続的な雨が降り、各地で記録的な豪雨が発生し、1府10県に特別警報が発表された。内閣府の被害状況調査(2019年1月9日時点)<sup>1)</sup>によると、「平成30年7月豪雨」により、1道2府29県で2,581件の土砂災害が発生した。我が国では、年間約1,000件もの土砂災害が発生しているが、今回の豪雨のみでその2倍以上の土砂災害が発生しており、多大な被害が生じたことがわかる。

降雨による土砂災害は斜面の地形、地質等の素因と降雨量、降雨強度等の誘因に基づいた評価が求められている。誘因に関する評価は、未だにその

評価方法は明確になっておらず、過去の被害記録を用いた経験則を利用している。土砂災害の発生時刻に関する指標の1つとして短時間雨量と土壌雨量指数によるスネークラインを用いた手法が挙げられる(例えば<sup>2)</sup>)。この手法は過去の雨量観測記録(多くは地上雨量計による観測記録)と崩壊発生の有無から経験的に崩壊発生の危険度を求めているため、災害発生地点と地上雨量計の観測点が離れていることや崩壊時間が明確でないこと等の理由から、災害発生時刻における雨量を正確に評価できていない。そのため、災害発生地点における高分解能の雨量観測記録を用いて検討し、土砂災害警戒基準を見直す必要がある。また、土砂災害の避難情報に関して、避難に必要な十分な時間の確保や、避難情報の解除のタイミング

\* 国立研究開発法人 防災科学技術研究所 水・土砂防災研究部門

等の問題に関する知見は不足しており、土砂災害の警戒基準値を超えてから災害発生までの雨量の推移や発生のタイミングに関する検討が必要である。

そこで、本稿では、平成30年7月豪雨で発生した土砂災害のうち、聞き取り調査等により災害発生時刻が推定できた20事例について、気象庁解析雨量より算出した土壌雨量指数の時間変化を報告する。

## 2. 平成30年7月豪雨の降雨状況

図1に、気象庁解析雨量による2018/06/28～07/08の11日間における6、24時間の最大雨量および11日間積算雨量の分布を示す。同図より、西日本地域の広範囲で豪雨が発生していたことがわかる。気象庁の報告<sup>3)</sup>によると、同期間の総降雨量は、四国地方で1,800 mm、中部地方で1,200 mm、九州地方で900 mm、近畿地方で600 mm、中国地方で500 mmを超えている。総降雨量が1,000 mm以上を超えたアメダス観測点は、高知県(魚梁瀬:1,852.5 mm、本山:1,694.0 mm、大柘:1,364.5 mm、鳥形山:1,303.0 mm、池川:1,191.5 mm)、徳島県(木頭:1,365.5 mm)、岐阜県(ひるがの:1,214.5 mm、永滝:1,193.5 mm)、長野県(御嶽山:1,111.5 mm)であった。一方、この豪雨で発生した土砂災害の発生件数は広島県(1,242箇所)、愛媛県(406箇所)、山口県(184箇所)、高知県(126箇所)、兵庫県(73箇所)、岡山(56箇所)で特に多くの土砂災害が発生した。上述した総降雨量では高知県と徳島県が高い値を記録していたが、土砂災害発生件数では広島県と岡山県で多く発生しており、土砂災害の発生件数の多さが積算雨量の分布と必ずしも一致しないことがわかる。これは、土砂災害の発生には地形や地質等の素因条件と降雨量や降雨強度等の誘因条件の両者が関与していることが考えられるが、本稿では後者の誘因条件に着目し、土砂災害発生までの土壌雨量指数の時間変化を分析した。

## 3. 土砂災害発生の推定時刻

平成30年7月豪雨で発生した土砂災害の発生時刻や発見された時刻(以後、「土砂災害発生の推定時刻」と表記する。)について、現地での聞き取り調査や報道資料調査等に基づき収集した。その結果、表1に示す20事例に土砂災害発生の推定時刻の情報が得られた。表中の推定時刻は被災者や災害発生

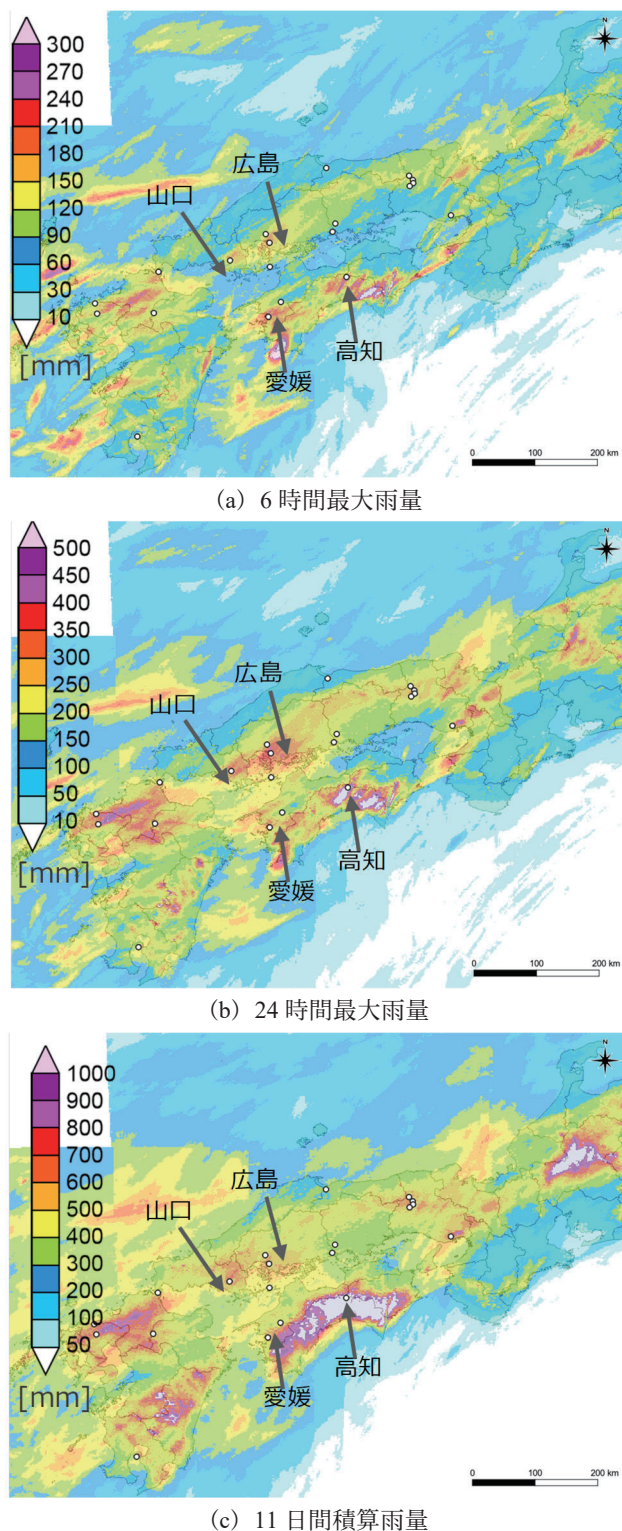


図1 気象庁解析雨量による11日間の6、24時間最大雨量、11日間積算雨量の分布

Fig. 1 Distribution maps of accumulated rainfall (Rainfall analysis provided by Japan Meteorological Agency (JMA)). (a) 6 hours rainfall. (b) 24-hours rainfall. (c) 11days of accumulated rainfall.

表 1 土砂災害発生時の推定時刻の一覧

Table 1 List of sediment disasters with an estimated time of occurrence at 20 sites during the heavy rain event of July 2018.

	土砂災害発生時の推定時刻	場所	分類	土砂災害危険箇所	土壌雨量指数	
					注意報	警報
Loc.01	2018/7/6 7:40	福岡県北九州市門司区奥田	崖崩れ	周辺に土石流危険渓流、急傾斜危険箇所	106	131
Loc.02	2018/7/6 13:00	佐賀県唐津市巖木町牧瀬	崖崩れ	土石流危険渓流	118	148
Loc.03	2018/7/6 15:20	佐賀県唐津市浜玉町淵上	土石流	周辺に土石流危険渓流、急傾斜危険箇所	105	132
Loc.04	2018/7/6 16:00	兵庫県神戸市北区山田町	崖崩れ	急傾斜地崩壊危険箇所	97	135
Loc.05	2018/7/6 19:00	広島県広島市安芸区	土石流	土石流危険区域	98	129
Loc.06	2018/7/6 23:30	岡山県井原市西江原町	崖崩れ	急傾斜地崩壊危険箇所	88	109
Loc.07	2018/7/7 0:00	大分県日田市友田	崖崩れ	周辺に土石流危険渓流、急傾斜危険箇所	108	135
Loc.08	2018/7/7 0:50	愛媛県松山市上怒和	土石流	土石流危険渓流	95	136
Loc.09	2018/7/7 1:30	兵庫県宍粟市波賀町谷	崖崩れ	雪崩危険箇所 急傾斜危険箇所	129	172
Loc.10	2018/7/7 2:55	山口県周南市樋口小成川	崖崩れ	急傾斜地崩壊危険箇所	102	120
Loc.11	2018/7/7 3:00	高知県大長岡郡大豊町立川	崖崩れ	周辺に急傾斜危険箇所	183	255
Loc.12	2018/7/7 3:30	兵庫県宍粟市一宮町公文	土石流	-	126	168
Loc.13	2018/7/7 3:35	広島県広島市安佐北口田南	土石流	急傾斜地崩壊危険区域 土石流危険箇所	88	116
Loc.14	2018/7/7 4:30	岡山県笠岡市茂平	崖崩れ	-	81	101
Loc.15	2018/7/7 5:00	兵庫県宍粟市一宮町河原田	土石流	急傾斜地崩壊危険箇所	135	180
Loc.16	2018/7/7 5:00	愛媛県大洲市肱川町山鳥坂	崖崩れ	急傾斜地崩壊危険箇所	100	144
Loc.17	2018/7/7 7:00	愛媛県宇和島市吉田町浅川	土石流	土石流危険区域	89	128
Loc.18	2018/7/7 16:40	鹿児島県鹿児島市古里町	崖崩れ	周辺に急傾斜危険箇所	111	155
Loc.19	2018/7/7 20:30	兵庫県宍粟市波賀町戸倉	崖崩れ	周辺に急傾斜危険箇所	137	183
Loc.20	2018/7/10 1:40	鳥取県米子市青木	崖崩れ	周辺に急傾斜危険箇所	95	112

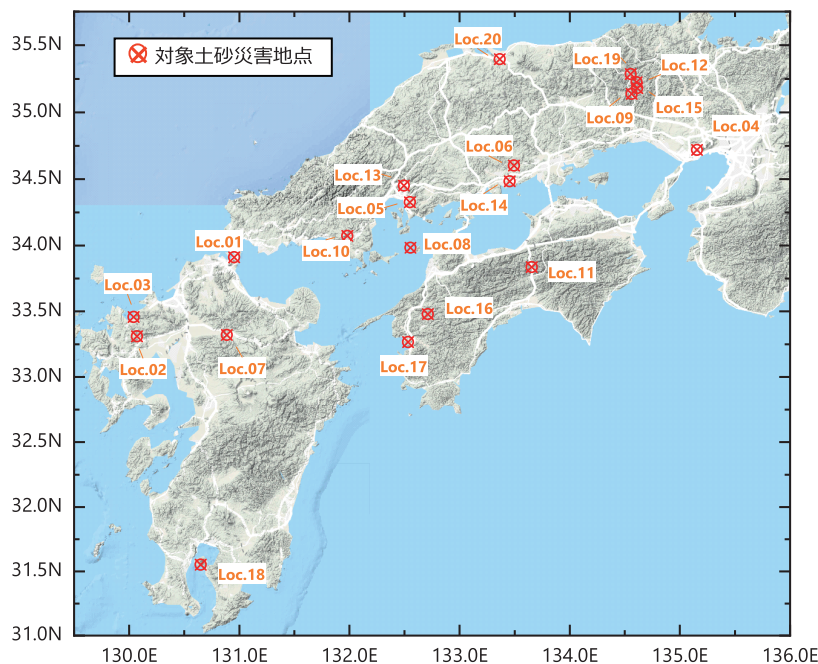


図 2 土砂災害発生時の推定時刻が明らかになった地点

Fig. 2 Location of sediment disasters with an estimated time of occurrence at 20 sites during the heavy rain event of July 2018.

箇所の周辺の住民の方々からの情報であるが、発生した時刻と発見した時刻を含めて推定時刻として整理している。本来ならば、土砂災害の発生した時刻で整理するべきだが、緊迫した状況において正確に時刻を記憶することが難しいことや、情報提供者の目撃場所においても時刻は異なる。しかし、本稿の推定時刻は、既に土砂災害が発生していることを意味し、土砂災害の誘因となった降雨期間を絞り込むことができる。

表1、図2に今回の調査で土砂災害発生時の推定時刻が明らかになった分析対象地点を示している。表1は土砂災害発生時の推定時刻、場所(崩壊影響範囲の中心位置)、崩壊タイプ、土壌雨量指数の注意報と警報値<sup>4)</sup>を示している。これらの地点の多くは、土砂災害危険箇所内か、50 m 範囲内に土砂災害危険箇所が存在する場所であった。20事例の分析対象地点は土砂の崩壊規模は様々であるが、斜面崩壊と土石流の2つに分類した結果、斜面崩壊が13事例、土石流が7事例であった。

本稿では、土砂災害発生時の推定時刻を土砂災害が発生した時刻と仮定し、推定時刻までの雨量記録を用いて、後述する分析を試みた。

#### 4. 雨量分析

本稿では気象庁の解析雨量<sup>5)</sup>を用いた。気象庁の解析雨量はレーダ観測と地上の雨量計を組み合わせることで1時間の降水量分布を1 km 四方で解析したものである。雨量分析は、各土砂災害発生場所において2018年6月28日から推定時刻までの解析雨量を用

いて、3つの雨量指標(時間雨量  $RI$ 、積算雨量  $AR$ 、土壌雨量指数  $SWI$ <sup>5)</sup>)を算出した。

#### 5. 聞き取り調査と雨量分析事例

聞き取り調査では、多くの情報を得ることができた。愛媛県宇和島市吉田町(Loc.17)では、7日7時頃に、「ドーン、バリバリ」という音が聞こえ、振り返ると土砂が崩れており、その5～10分後には、60メートル程離れた場所で、再び土砂が崩れたという目撃談があった。

兵庫県宍粟市波賀町戸倉の道谷牧場の下流で発生した土砂災害(Loc.19)では、周辺地域において7月7日20時頃に停電が発生した。情報提供者が、20時30分頃に牛舎を確認しに行ったところ、崩落した土砂が県道を塞ぎ下流の道谷川の対岸まで埋め尽くし、河道閉塞が生じていた。また、他の情報提供者からは7月7日20時頃には県道を通過した話などもあり、土砂災害発生時の推定時刻を7月7日20時30分とした。一方、同市内の波賀町谷(Loc.9)では、7月7日1時頃に避難活動の呼びかけをした家屋が30分後には斜面崩壊の流下土砂により家屋が倒壊していた。波賀町谷(Loc.9)と波賀町戸倉(Loc.19)は約15 km 離れているが、土砂災害発生時の推定時刻は19時間も異なる場合もあった。

鳥取県米子市(Loc.20)では、7月8日以降にまとまった雨が降っていないが7月10日1時30分頃には斜面崩壊が発生した。2日以上無降雨状態でも土砂が崩壊する事例があることがわかった。

ここで、雨量の分析事例として、愛媛県大洲市

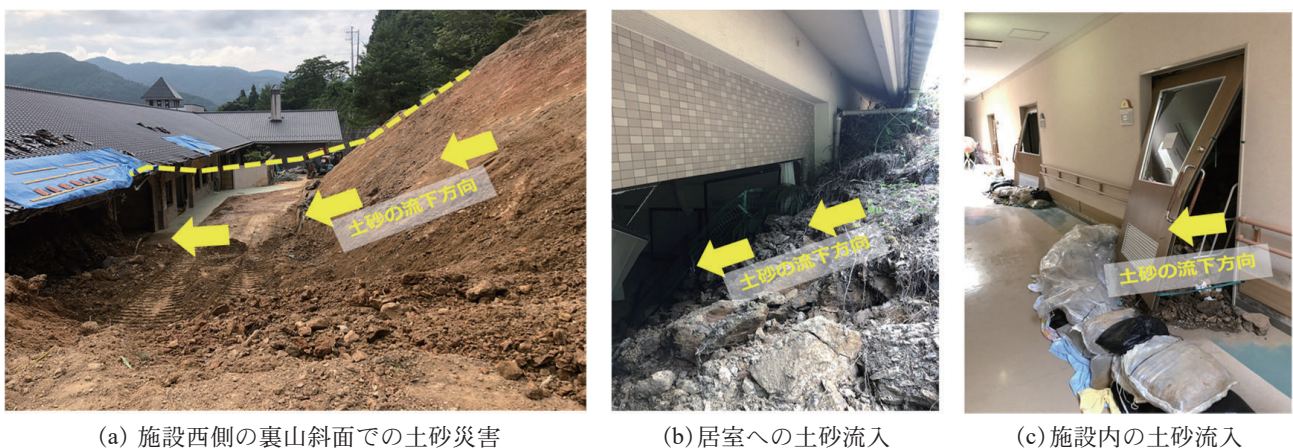


図3 愛媛県大洲市(Loc.16)での土砂災害の被害状況

Fig. 3 Damage situation by a sediment disaster (Loc.16) at Ozu-shi, Ehime. (a) landslide in the west side slope of a building. (b) damaged building in landslide. (c) sediment flowing into the building.

の特別養護老人ホーム「かわかみ荘」での土砂災害 (Loc.16) について紹介する。山腹に位置するかわかみ荘では、豪雨の続いた 7 月 7 日午前 5 時頃に施設西側の裏山斜面が高さ 30 m、幅 30 m にわたって崩れ、居室 7 室や浴室などに土砂が流入し、居室に流出した土砂はドアを突き破って廊下にまで達した (図 3 参照)。聞き取り調査によると、当時、施設内には計 50 人の利用者がいたが、西側の居室にいた 8 人は土砂災害発生 の 2 時間前までに職員が別の部屋に避難させており全員無事であった。また、斜面崩壊の被害を聞いた勤務外の職員は、自宅からかわかみ荘の下流の河辺川を通過し 5 時半から 6 時には施設に到着できていたが、河辺川が午前 8 時頃には氾濫していたため、施設外への避難は困難な状況であった。

図 4 に愛媛県大洲市 (Loc.16) における雨量分析の結果を示す。雨量データは、6 月 28 日から 7 月 8 日までの気象庁解析雨量を用い、時間雨量、積算雨量、土壌雨量指数を算出した。同図の時間雨量より、7 月 7 日夜半から強い雨が降っていることがわかり、土砂災害が発生した時刻には激しい雨が降っていたことがわかる。また、7 月 7 日 7 時過ぎには強い雨もなくなっていることから、職員が施設外への避難行動を検討したことも推察できる。同図の土壌雨量指数に着目すると、7 月 7 日 2 時頃には、気象庁の土壌雨量指数の警報基準値を超え、土壌雨量指数は土砂災害発生 の推定時刻まで上昇し続けて、それまでの最大値に達していることがわかる。

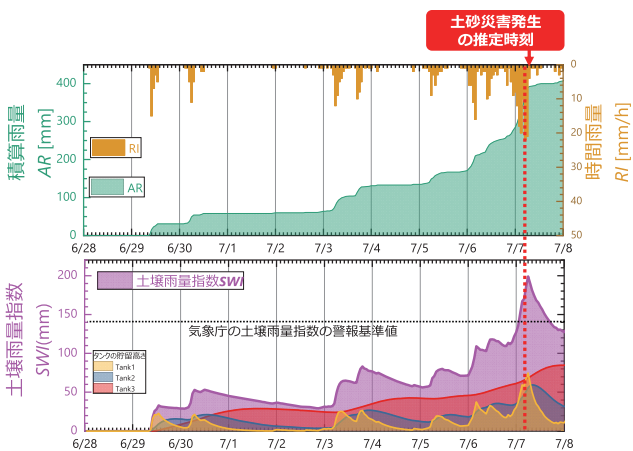


図 4 愛媛県大洲市 (Loc.16) における雨量分析結果 (時間雨量 RI, 積算雨量 AR, 土壌雨量指数 SWI)  
 Fig. 4 Time histories of hourly rainfall RI, accumulated rainfall AR and the soil water index SWI at Loc.16.

## 6. 推定時刻における土壌雨量指数

20 箇所の対象土砂災害箇所について、雨量分析を実施した。図 5 に 6 月 28 日から土砂災害発生 の推定時刻までの積算雨量を斜面崩壊と土石流に分類した結果を示す。崩壊した地域が異なるため総雨量は異なるが、対象とした土砂災害は総雨量 250 mm 以上で崩壊したことがわかる。

図 6 に推定時刻における土壌雨量指数を示す。7 月 10 日に無降雨状態で発生した鳥取の土砂災害 (Loc.20) を除き、19 事例は土砂災害発生 の推定時刻までに土壌雨量指数が 140 mm 以上に達している。また、図中の塗り潰し記号は、土砂災害発生時の土壌雨量指数が期間内 (6 月 28 日から推定時刻まで) の最大値から減少した値で崩壊したケースを示している。最大値以降に土砂災害が発生したケースは、斜面崩壊の 4 事例で見られ、残りの 16 事例は土壌雨量指数がそれまでの期間の最大値で崩壊した。

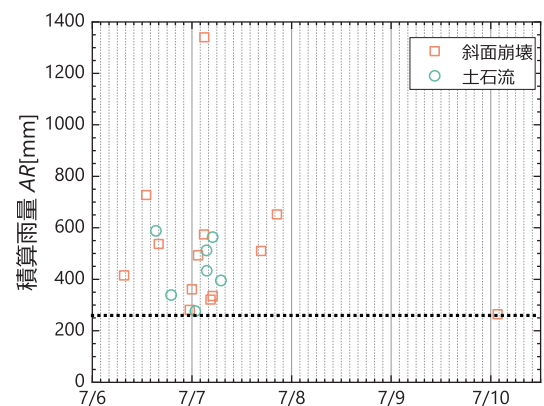


図 5 土砂災害発生 の推定時刻における積算雨量 (6 月 28 日～各災害発生時まで)  
 Fig. 5 Accumulated rainfall from 0:00 on June 28 to the estimated time of occurrence of sediment disaster.

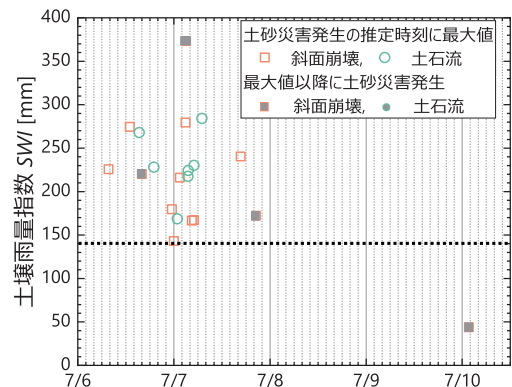


図 6 土砂災害発生 の推定時刻における土壌雨量指数  
 Fig. 6 Soil water index SWI at the estimated time of occurrence of sediment disaster.

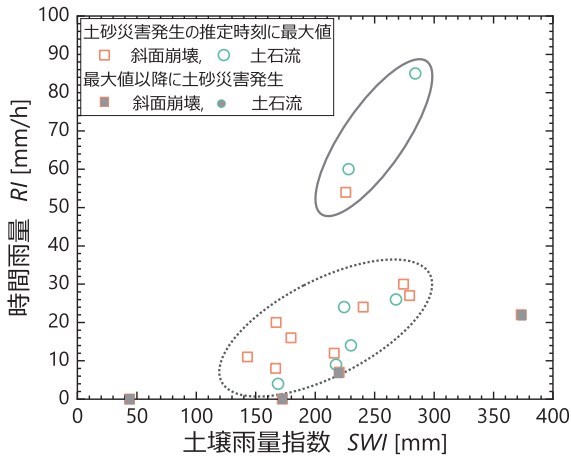


図7 土砂災害発生に推定時刻における土壌雨量指数  $SWI$  と時間雨量  $RI$

Fig. 7 Relationship between soil water index  $SWI$  and 1-hour rainfall  $RI$  at the estimated time of occurrence of sediment disaster.

図7に土砂災害発生に推定時刻における土壌雨量指数と時間雨量の関係を示し、図中には崩壊分類と図6で示した推定時刻での土壌雨量指数の分類も示している。同図は、気象庁の土砂災害警戒判定メッシュ情報の判定に用いられる短時間雨量と土壌雨量指数の土砂災害発生時における関係を示している。推定時刻において、図中の破線で示した3事例は、土壌雨量指数が大きく、時間雨量も高い条件で発生している。一方、図中の実線で示した13事例では、時間雨量が比較的小さく、土壌雨量指数が比較的高い状態で発生している。また、土壌雨量指数が大きく低下した時点で土砂災害が発生した4事例は、時間雨量が比較的低い状態で発生している。

図8に「気象庁の土壌雨量指数の警報基準値」と「土砂災害発生に推定時刻における土壌雨量指数」の変化量  $\Delta SWI$  と、両者の到達時刻の時間差  $\Delta T$  の関係を示す。本稿で対象とした土砂災害の全ては6月28日からの降雨により気象庁の警報基準値を1度は超えており、そのうち18事例は警報基準値を超えた値で土砂災害が発生した。また、16事例は警報基準値を超えてから2～18時間以内に土砂災害が発生しており、土石流は警報基準値を超えて4～14時間以内に発生している。一方、土壌雨量指数が最大値以降に発生した土砂災害は、警報基準値を超えてから18～60時間経過し、災害が発生している。

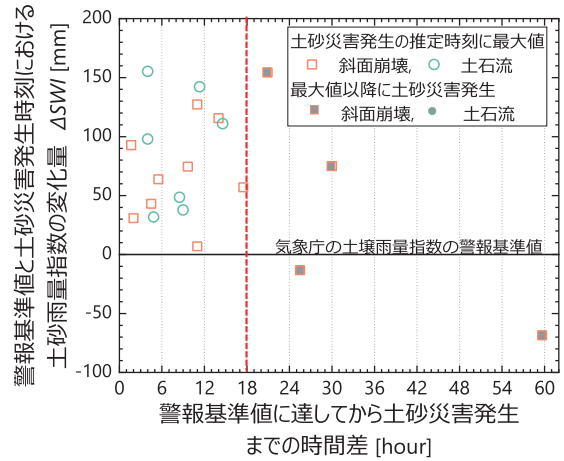


図8 警報基準値に達してから災害発生に推定時刻までの時間差  $\Delta T$  と警報基準値と土壌雨量指数の変化量  $\Delta SWI$

Fig. 8 Variation of soil water index  $\Delta SWI$  and time difference  $\Delta T$  between the time when the alert level is reached and the estimated time of occurrence of sediment disaster.

図9に警報基準値に達してから土砂災害発生に推定時刻までの時間差  $\Delta T$  で正規化した積算雨量の変化量  $\Delta AR/\Delta T$  と土壌雨量指数の変化量  $\Delta SWI$  の関係を示す。 $\Delta AR$  は、警報基準値に達してから推定時刻までの積算雨量の変化量を示しており、正規化した積算雨量  $\Delta AR/\Delta T$  は値が大きいほど雨量強度の強い雨が継続したことを意味する。また、図中に崩壊分類と土壌雨量指数の分類も示している。 $\Delta AR/\Delta T$  が約60 mm/hの高知県での災害事例(Loc.11)と、土壌雨量指数が大きく低下した時点での災害事例(図中の塗潰し記号)を除けば、ばらつきはあるが両者に正の相関関係が見られる。図7では崩壊時の雨量強度と土壌雨量指数の関係であったが、図9は警報基準を超えてからの土砂災害までの雨量強度と土壌雨量指数の推移を示している。これらの図より、土壌雨量指数が大きく低下した時点で土砂災害が発生している場合は一様ではない。一方、土壌雨量指数がそれまでの期間の最大値で土砂災害が発生した事例の多くは、雨量強度が比較的小さく、土壌雨量指数の変化量も大きい条件下で土砂災害が発生していることから、断続的な豪雨における土砂災害の発生誘因の特徴であると推察できる。また、斜面崩壊と土石流を分類して整理したが、対象事例が少ないこともあり、明瞭な差異は見られなかった。

短期的な集中豪雨ではなく断続的な豪雨であった

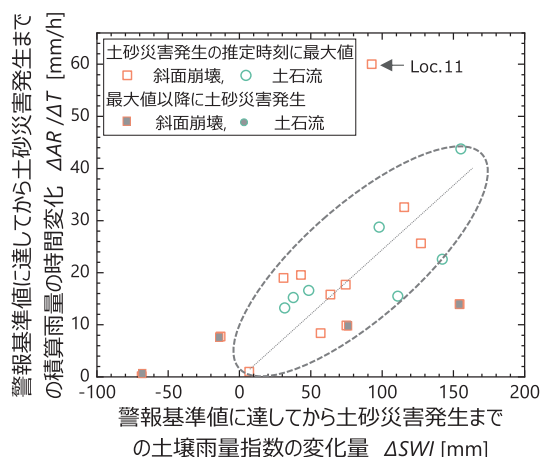


図 9 警報基準値に達してから土砂災害発生時の推定時刻までの時間差  $\Delta T$  で正規化した積算雨量の時間平均  $\Delta AR/\Delta T$  と土壌雨量指数の変化量  $\Delta SWI$

Fig. 9 Normalized values of accumulated rainfall  $\Delta AR/\Delta T$  versus soil water index  $\Delta SWI$  from the reached time of alert level to estimated time of occurrence of sediment disaster.

「平成 30 年 7 月豪雨」で発生した 20 事例の土砂災害において、対象とした土砂災害の 80% は、警報基準値を超えてから 2 ～ 18 時間以内に土砂災害が発生した。しかし、2 時間程度では避難に必要な十分な時間の確保ができていないことも考えられ、警報基準値の見直しが必要な地域もある。また、警報基準値を下回った時点で発生した事例や、超えてから約 60 時間経過した場合に発生した事例もあり、避難情報の解除の判断基準は今後の課題である。さらに今後は、地形・地質条件や斜面崩壊機構等の分析を加え、土砂災害の発生条件を分析する必要がある。

## 7. まとめ

平成 30 年 7 月豪雨の被害調査より土砂災害の発生時刻を推定し、気象庁解析雨量を用いた雨量分析から、対象事例は少ないが以下の知見を得た。

土砂災害の発生件数の多さは積算雨量の分布と必ずしも一致しない。

- 1) 土壌雨量指数がそれまでの期間の最大値で土砂災害が発生する事例が多い。
- 2) 断続的な豪雨における土砂災害の発生誘因として、雨量強度が比較的小さく、土壌雨量指数の

変化量が大きき条件下であることが推察できる。

- 3) 土壌雨量指数の警報基準値を超え、降雨が継続した場合、多くの土砂災害が発生した。本稿で対象とした土砂災害の 80% は、警報基準値を超えてからも土壌雨量指数が減少することなく上昇し続け、約 18 時間以内に土砂災害が発生した。

## 謝辞

本稿では、気象庁の解析雨量を使用した。また、土砂災害発生時の推定時刻に関する聞き取り調査では被災地域の方々にご尽力を頂いた。防災科学技術研究所の木村誇氏には図 1 の雨量分布図の提供や本研究に関するご助言を頂いた。ここに記して関係各位に謝辞を示します。最後になりましたが、今回の豪雨が起因する災害で亡くなられた皆様のご冥福をお祈りするとともに、被災された皆様のご健康および被災地域の早期復興をお祈りいたします。

## 参考文献

- 1) 内閣府 (2019) : 平成 30 年 7 月豪雨による被害状況等について (平成 31 年 1 月 9 日 17 時現在), [http://www.bousai.go.jp/updates/h30typhoon7/pdf/310109\\_1700\\_h30typhoon7\\_01.pdf](http://www.bousai.go.jp/updates/h30typhoon7/pdf/310109_1700_h30typhoon7_01.pdf).
- 2) Okada, K., Makihara, Y., Shimpo, A., Nagata, K., Kunitsugu, M., and Saito, K. (2001): Soil water index, Tenki, Vol. 47, 36–41.
- 3) 気象庁 (2018) : 平成 30 年 7 月豪雨について, [https://www.jma.go.jp/jma/press/1807/09b/20180709\\_sankou.pdf](https://www.jma.go.jp/jma/press/1807/09b/20180709_sankou.pdf).
- 4) 気象庁 (2019) : 警報・注意報発表基準一覧表, <https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/kijun/index.html>
- 5) 気象庁 (2019) : 解析雨量, <https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/kurashi/kaiseki.html>
- 6) Ishihara, Y. and S. Kobatake (1979): Runoff Model for Flood Forecasting, Bull.D.P.R.I., Kyoto Univ., **29**, 27-43.

(2019 年 6 月 6 日原稿受付,  
2019 年 7 月 25 日改稿受付,  
2019 年 7 月 25 日原稿受理)

## 要 旨

平成30年7月豪雨では短期的な集中豪雨ではなく断続的な豪雨により2,581件の土砂災害が発生した。本稿では、土砂災害に関する誘因の評価を分析するために、平成30年7月豪雨での土砂災害の発生時間に関する聞き取り調査や気象庁解析雨量を用いた雨量分析を実施し、推定した土砂災害の発生時刻と雨量分析による雨量指標の時間変化について分析した。20箇所の土砂災害を分析した結果、土壌雨量指数が期間内最大値で土砂災害が発生する事例が多いことを示した。さらに、土壌雨量指数の警報基準値に着目したところ、本稿で対象とした土砂災害の80%は、警報基準値を超えてからも土壌雨量指数が上昇し続けた場合、約18時間以内に土砂災害が発生したことを示した。

**キーワード：**土砂災害，豪雨，雨量指標，発生時間，警報基準値