

# 平成25年山形・新潟豪雨に伴う土砂災害調査

FIELD SURVEY OF SEDIMENT DISASTERS DUE TO HEAVY RAINFALL  
IN YAMAGATA AND NIIGATA PREFECTURES IN 2013

里見 知昭<sup>1</sup>・佐藤 優樹<sup>2</sup>・高橋 弘<sup>3</sup>

Tomoaki SATOMI, Yuki SATO and Hiroshi TAKAHASHI

<sup>1</sup> 東北大学大学院環境科学研究科（〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉6-6-20）

E-mail: satomi@mail.kankyo.tohoku.ac.jp

<sup>2</sup> 東北大学大学院環境科学研究科（〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉6-6-20）

E-mail: fy12014@mail.kankyo.tohoku.ac.jp

<sup>3</sup> 東北大学大学院環境科学研究科（〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉6-6-20）

E-mail: htaka@mail.kankyo.tohoku.ac.jp

*Key Words:* sediment disaster, heavy rainfall, field survey

## 1. はじめに

わが国では、梅雨期や台風襲来期の大雨に伴う土砂災害が多発している。また、短時間で局所的に降る集中豪雨も多く発生しており、大規模な土砂災害発生の懸念も高まっている。国土交通省砂防部の報告<sup>1)</sup>によると、平成25年（2013年）は7月末から10月に土砂災害が多く発生し、1年間の発生件数は941件と過去10年間（平成15年から平成24年）の平均値よりも下回ったものの、人的・物的被害は過去10年間の平均値を上回った。つまり、平成25年の土砂災害は1度の災害に伴う被害規模が大きかつたと考えられる。例えば、7月中旬から8月上旬の大雨に伴う土砂災害は全国の広い地域で発生し、土砂災害発生件数は238件と短期間に集中した。

本論文では、7月中旬から8月上旬の大雨に伴って土砂災害が発生した山形県中南部（西村山郡朝日町、南陽市）および新潟県長岡市を対象に（図-1を参照）、土砂災害が発生した直後の8月上旬に現地調査し、その調査結果について降雨情報および崩壊土砂のサンプリング結果を加味して考察する。さらに、土砂災害発生から約8ヶ月経過した平成26年4月中旬に再度現場を訪れ、災害復旧の状況を調査した。この調査結果も併せて報告する。

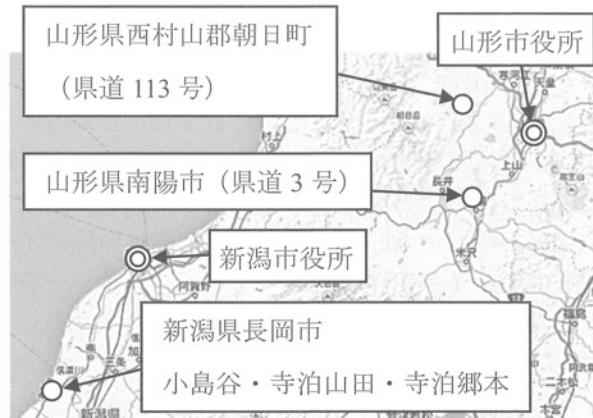


図-1 調査地点（Google map に加筆）

## 2. 山形県での調査結果および考察

### (1) 西村山郡朝日町（県道113号）

山形県県土整備部砂防・災害対策課へのヒヤリングによると、写真-1に示す斜面の具体的な崩壊の日時および時間帯は不明である。山形県朝日町建設水道課へのヒヤリングによると、7月18日7時48分にパトロールしたときには、写真-1と同じように崩落していたとのことである。この斜面は急傾斜地崩壊危険区域および土砂災害（特別）警戒区域のいずれにも指定されていない。ただし、数年前から土砂

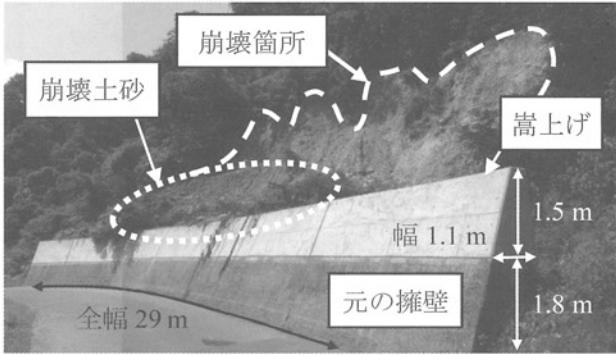


写真-1 朝日町（県道113号）の崩壊現場

崩落が発生しており、平成24年に擁壁をかさ上げしパトロールを強化していることである。したがって、対象斜面は崩壊の可能性が高いと考えられる。なお、崩壊土砂は道路に流出しなかったものの、写真-1に示すように斜面に向かって左側の擁壁は崩壊土砂でほとんど満たされていた。

本研究では、雨量指標として時間雨量および土壤雨量指数を用いた。時間雨量は直近の60分間に降った雨量と定義し、土壤雨量指数の計算方法は文献2)に従った。雨量データは、対象斜面から直線距離で約8kmと最も近い山形地方気象台（左沢）<sup>3)</sup>の1994年8月1日からの約20年間分の10分間雨量データを用いた。降雨状況は10km以内であれば変わらないという報告<sup>4)</sup>に基づくと、左沢の観測データを使用しても問題はないと考えられる。しかし、近年は狭い範囲に短時間で強い雨が降る局地的な大雨が観測されている。つまり、対象斜面と左沢観測気象台の直線距離が10km以内でも、それぞれの降雨イベントは異なる可能性がある。そこで、レーダー解析雨量画像（1時間雨量）<sup>5)</sup>を用いて、両地点の雨量強度の時間変化を調べた。その結果、雨量強度の分布とその変遷に違いが見られなかったことから、左沢観測気象台で測定された雨量を対象斜面に対する雨量として解釈しても問題ないと判断した。

図-2に崩壊前後と思われる日時の時間雨量と土壤雨量指数の経時変化を示す。図-2より、朝日町がパトロールした7月18日7時48分の土壤雨量指数は第2位（2002年7月11日、123.41mm）を超えており、したがって、今回の降雨イベントによって土砂災害は発生しやすい状況にあったと考えられる。

崩壊土砂の状態を把握するため、コアサンプリング（内径5cm、高さ5.1cmのステンレス製容器を使用）を行った。サンプリング場所は擁壁と斜面の間の地点である。崩壊土砂を三角座標で分類すると砂礫質細粒土（FSG）（平均粒径 $D_{50}=0.051\text{ mm}$ 、均等係数 $U_c=24.5$ 、曲率係数 $U'_c=1.0$ ）に分類され、そ

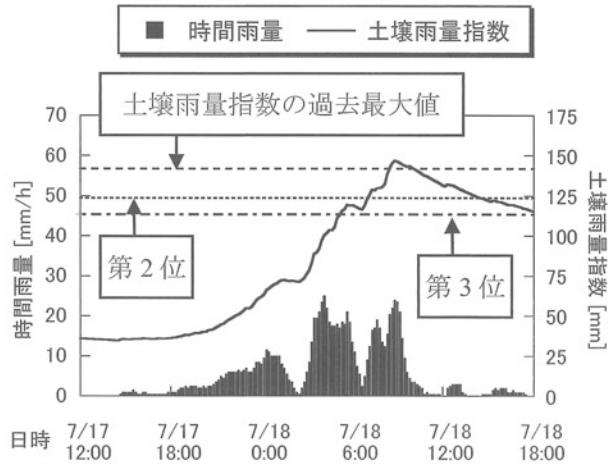


図-2 時間雨量と土壤雨量指数の経時変化（左沢）

表-1 崩壊土砂の基本的性質

湿潤密度 $\rho_t$	[kg/m <sup>3</sup> ]	1,583
含水比 $w$	[%]	48.1
土粒子密度 $\rho_s$	[kg/m <sup>3</sup> ]	2,580
間隙比 $e$	[-]	1.41
飽和度 $S_r$	[%]	88.0

の基本物性を表-1に示す。5万分の1都道府県土地分類基本調査（荒砥）<sup>6)</sup>によると、対象斜面の表層地質は固結堆積物（珪質泥岩）であり、風化すると尖った小片にくずれやすい特徴がある。一方、崩壊土砂に含まれる水は擁壁があるために排出されにくく、表-1に示すように土砂の飽和度が高く、緩い状態で堆積していることが分かった。

昨年の調査から約8ヶ月経過した現場は、土砂や岩石の崩落が進んでおり、積もった雪の上に土砂が堆積していた。降雨や融雪によって土砂崩落が発生したと解釈でき、調査時にも土砂が少しずつ崩落する様子が確認された。また、崩壊土砂は擁壁にほとんど貯まっているため、今後さらに崩壊する可能性があることを考慮すると、擁壁高の確保や土砂の除去などの対策が必要になると考えられる。

## (2) 南陽市（県道3号）

斜面の崩壊状況を写真-2に示す。崩壊規模は横幅が24m、高さは約12mである。崩壊日は7月18日、時間帯は0時から10時45分の間で発生した（ヒヤリングより）。この斜面は急傾斜地崩壊危険区域および土砂災害（特別）警戒区域のいずれにも指定されていない。

時間雨量および土壤雨量指数の計算に使用した10分間雨量データは、対象斜面から直線距離で約9kmと最も近い山形地方気象台（長井）<sup>3)</sup>の1994年6月

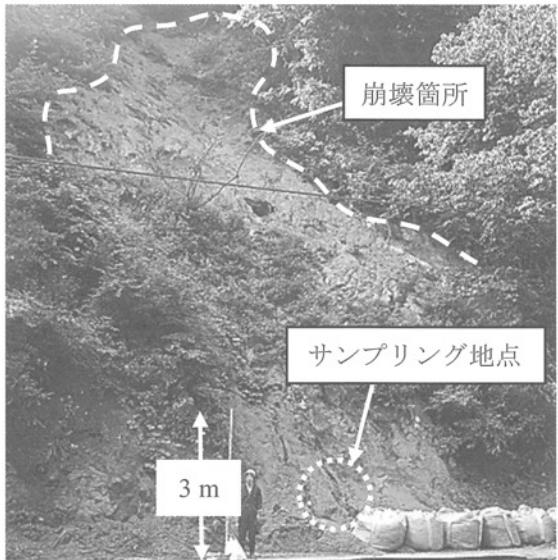


写真-2 南陽市（県道3号）の崩壊現場

表-2 崩壊土砂の基本的性質

湿潤密度 $\rho_t$	[kg/m <sup>3</sup> ]	1,536
含水比 $w$	[%]	13.9
土粒子密度 $\rho_s$	[kg/m <sup>3</sup> ]	2,679
間隙比 $e$	[-]	0.99
飽和度 $S_f$	[%]	37.7

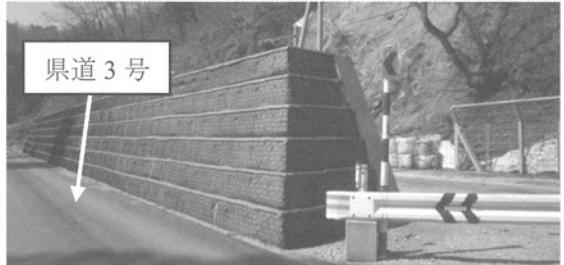


写真-3 南陽市（県道3号）の復旧状況

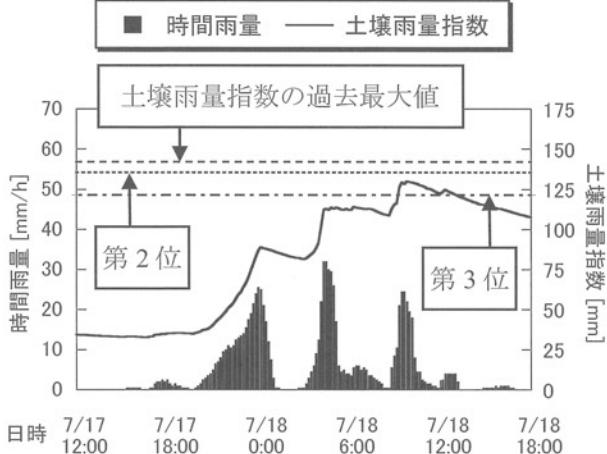


図-3 時間雨量と土壤雨量指数の経時変化 (長井)

12日からの約20年間分のデータである。レーダー解析雨量画像<sup>5)</sup>を用いて、対象斜面と長井観測気象台の雨量強度の時間変化を調べた。その結果、対象斜面の雨量強度は同じ時刻の長井観測気象台よりも小さかった。これは、雨量強度の分布が西から東方向に移動し、対象斜面が長井観測気象台よりも東側に位置するため、同時刻の雨量強度に違いが見られたと考えられる。なお、両地点の7月17日12時から7月19日0時までの累積雨量はほとんど同じであることが確認された<sup>5)</sup>。図-3に崩壊前後の時間雨量と土壤雨量指数の経時変化を示す。図-3より、今回の降雨イベントは過去20年間の最大値を超えたものの、第3位を超えた時刻(9時20分)は崩壊推定時の範囲内にあり、また4時20分に最大時間雨量32mm/hを記録した。この雨量は過去第1位から第3位に記録した最大時間雨量よりも多い。したがって、短時間に降った強い雨の影響を受けて

斜面崩壊が発生したと考えられる。

崩壊土砂のコアサンプリングは写真-2に示す場所で行った。崩壊土砂は細粒分質砂質礫 (GFS) ( $D_{50} = 2.765\text{ mm}$ ,  $U_c = 77.7$ ,  $U_e = 1.1$ ) に分類され、その基本物性を表-2に示す。5万分散の1都道府県土地分類基本調査 (赤湯・上山)<sup>6)</sup>によると、対象斜面の表層地質は深成岩 (花崗岩質岩石) である。表-2に示すように崩壊土砂の飽和度は低かった。これは、崩壊土砂は粗粒分が多く排水しやすいためであると考えられる。ここで、Creagerによる粒径  $D_{20}$  と透水係数の関係<sup>7)</sup>を用いた近似式から透水係数を推定すると、 $2.6 \times 10^{-5}\text{ m/sec}$ であった。この値は朝日町の推定透水係数と比べて2倍大きかった。つまり、対象斜面は雨水が比較的浸透しやすく、崩壊が発生したと考えられる。したがって、図-3のように地質の違いを考慮しない雨量指数を用いて崩壊の危険度を精度良く評価できない可能性があると考えられる。

崩壊から約8ヶ月後経過した現場の様子を写真-3に示す。写真-3に示すように、擁壁 (高さ3m、底版幅2.9m、全幅37.2m) が斜面のり先から12m離れて設置されていた。この斜面が今後崩壊する可能性があることを想定したものと解釈される。今回の調査でも崩壊土砂が斜面のり先に堆積しており、土砂が少しづつ崩落する様子も確認された。

### 3. 新潟県での調査結果および考察

#### (1) 長岡市小島谷

斜面の崩壊状況を写真-4に示す。対象斜面は急傾斜地崩壊危険区域および土砂災害（特別）警戒区域に指定されていない。しかし、近隣斜面に林野庁が

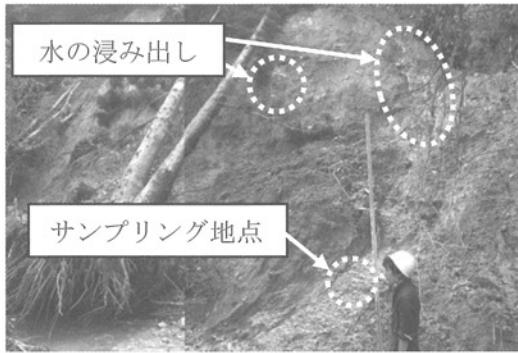


写真-4 長岡市小島谷の崩壊現場

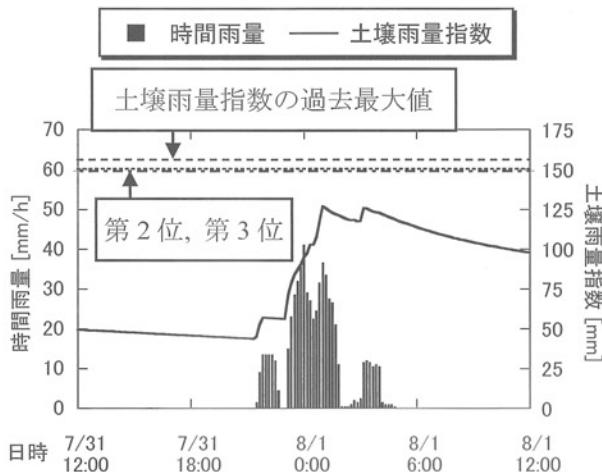


図-4 時間雨量と土壤雨量指数の経時変化 (寺泊)

指定した「山腹崩壊危険箇所」がある。写真-4に示すように、崩壊斜面上部の地表面から水が浸み出していた。したがって、この斜面には地盤内大間隙(パイプ)が存在し、パイプが崩壊に影響を与えたのではないかと考えられる<sup>8)</sup>。

時間雨量および土壤雨量指数の計算に使用した雨量データは、新潟地方気象台(寺泊、現場から直線距離で約8km)<sup>3)</sup>の1994年8月1日からの約20年間分の10分間雨量データである。崩壊日および時間帯は不明であるが、近隣で発生した斜面崩壊が8月1日であったことから、対象斜面の崩壊日も同じ日であると推測している(ヒヤリングより)。図-4に崩壊前後の時間雨量と土壤雨量指数の経時変化を示す。レーダー解析雨量画像<sup>9)</sup>を用いて、対象斜面および寺泊観測気象台の雨量強度の時間変化を調べた。その結果、両地点ともに同じ時刻の雨量強度は変わらなかった。また、7月31日0時から8月2日0時までの累積雨量はほとんど同じであった<sup>9)</sup>。したがって、気象台で測定された雨量を対象斜面の雨量であると解釈することにした。図-4に示すように、今回の降雨イベントは過去20年間の第3位を超えていた。しかし、雨の降り始めから土壤雨量指数が

表-3 崩壊土砂の基本的性質

湿潤密度 $\rho_t$	[kg/m <sup>3</sup> ]	1,574
含水比 $w$	[%]	63.9
土粒子密度 $\rho_s$	[kg/m <sup>3</sup> ]	2,674
間隙比 $e$	[ $-$ ]	1.78
飽和度 $S_r$	[%]	95.7

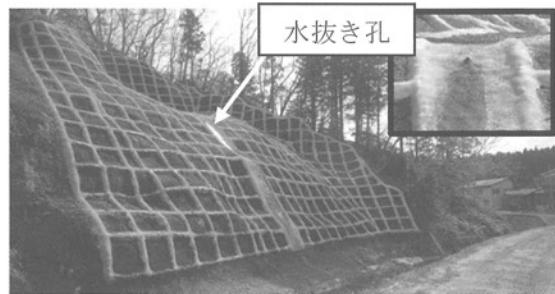


写真-5 長岡市小島谷の復旧状況

最大値を示すまでに要した時間は第3位の降雨イベントよりも短かったことから、短時間かつ局的な大雨が斜面崩壊の一因であると考えられる。

崩壊土砂のコアサンプリングは写真-4に示す場所で行った。崩壊土砂は砂質細粒土(FS) ( $D_{50} = 0.022$  mm,  $U_c = 15.4$ ,  $U'_c = 0.9$ )に分類され、その基本物性を表-3に示す。対象斜面の表層地質は半固結堆積物(砂・シルト・泥)である<sup>6)</sup>。Creagerによる透水係数の推定値は  $2.6 \times 10^{-8}$  m/sec であり、斜面の透水性は低いと推測される。しかし、写真-4に示すように水の浸み出しが多数確認されたことから、水みちの閉塞によって斜面内の間隙水圧が上昇し、斜面が不安定となった可能性があると考えられる<sup>10)</sup>。表-3に示すように、崩壊土砂は地表面からの浸出水のために緩く、飽和度は高かった。

約8ヶ月後経過した斜面は、写真-5に示すように簡易吹付のり枠工法による対策が行われていた。また水抜き孔もあり、直近6日間は無降雨状態であったものの、排水している様子が確認された。

## (2) 長岡市寺泊山田

斜面の崩壊状況を写真-6に示す。崩壊幅は約30m、高さは約40mであり、急傾斜地崩壊危険区域および土砂災害(特別)警戒区域に指定されている。また、地すべり危険箇所(国土交通省)にも指定されている。今回の崩壊により死者1名をもたらした。崩壊土砂のコアサンプリングは写真-6に示す場所で行った。崩壊土砂は砂礫質細粒土(FSG) ( $D_{50} = 0.066$  mm,  $U_c = 31.5$ ,  $U'_c = 0.9$ )に分類され、その基本物性を表-4に示す。対象斜面の表層地質は砂岩・

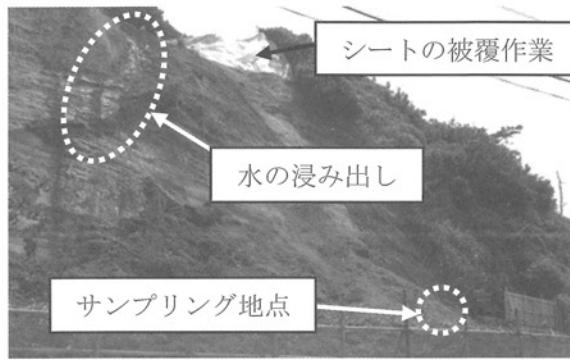


写真-6 長岡市寺泊山田の崩壊現場

表-4 崩壊土砂の基本的性質

湿潤密度 $\rho_t$	[kg/m <sup>3</sup> ]	1,650
含水比 $w$	[%]	38.3
土粒子密度 $\rho_s$	[kg/m <sup>3</sup> ]	2,636
間隙比 $e$	[-]	1.22
飽和度 $S_r$	[%]	82.8

泥岩互層であり、崩壊地の記号が記されていた<sup>6)</sup>。表-4に示すように水が地表面から浸み出していたために堆積土砂は緩く、飽和度は高かった。

雨量指標の計算には、寺泊観測気象台の10分間雨量データ（観測気象台と崩壊現場の直線距離は約6km）<sup>3)</sup>を用いた。レーダー解析雨量画像<sup>9)</sup>より、対象斜面および観測気象台の雨量強度の時間変化を調べた結果、両地点ともに同じ時刻の雨量強度は変わらなかった。新潟県土木部砂防課へのヒヤリングによると、崩壊日時は8月1日の1時45分頃である。長岡市には8月1日0時36分に土砂災害警戒情報（新潟県・新潟地方気象台共同発表）が発表された<sup>9)</sup>。図-4より、今回の崩壊は土壤雨量指数の最大値を過ぎてから45分後に発生し、最大時間雨量が41mm/hを記録してから105分後に崩壊が発生していた。今回の結果にもとづくと、一連の降雨（前後に24時間以上の無降雨期間がある場合の降雨）に対する最大値が土砂災害発生の基準として設定できる可能性があると考えられる。また、崩壊現場付近の道路には「時間雨量25mm、連続雨量100mm」になると通行止めという規制案内板があったことからも、崩壊の危険性は十分に高かったと解釈される。

土砂災害発生から8ヶ月経過した状況は、写真-7に示すように斜面上部からモルタル吹付けによる対策が進行中であった。また、吹付けが完了していない地表面からは水が浸み出していた。

### (3) 長岡市寺泊郷本

崩壊状況を写真-8に示す。崩壊の幅は約50m、長

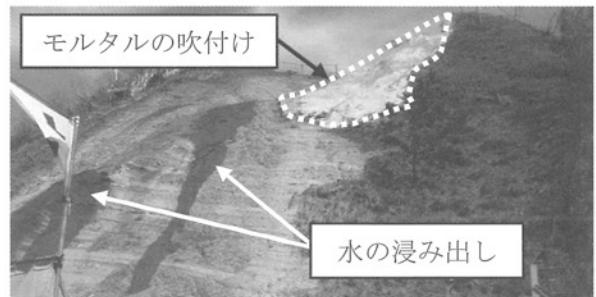


写真-7 長岡市寺泊山田の復旧状況

表-5 崩壊土砂の基本的性質

湿潤密度 $\rho_t$	[kg/m <sup>3</sup> ]	1,699
含水比 $w$	[%]	53.1
土粒子密度 $\rho_s$	[kg/m <sup>3</sup> ]	2,639
間隙比 $e$	[-]	1.38
飽和度 $S_r$	[%]	101.7

さは約80mである。崩壊土砂のサンプリングは写真-8に示す場所で行った。崩壊土砂は礫混じり砂質細粒土(FS-G) ( $D_{50}=0.039\text{ mm}$ ,  $U_c=26.3$ ,  $U'_c=0.7$ )に分類され、その基本物性を表-5に示す。表-5より、飽和度は100%を超えており、土砂は飽和状態であると考えられる。対象斜面の表層地質は固結堆積物（砂岩・泥岩互層）であり、崩壊地の記号が記されていた<sup>6)</sup>。この現場は急傾斜地崩壊危険区域および土砂災害（特別）警戒区域に指定されていないが、地すべり危険箇所（国土交通省）に指定されている。

雨量指標の計算には、寺泊観測気象台の10分間雨量データ（観測気象台と崩壊現場の直線距離は約4km）<sup>3)</sup>を用いた。崩壊日は8月1日であり、時間帯は不明である。レーダー解析雨量画像<sup>9)</sup>より、対象斜面と寺泊観測気象台の雨量強度の時間変化を調べた。その結果、崩壊現場の8月1日0時から1時までの1時間雨量が、寺泊観測気象台で計測された雨量の約1.7倍であった。図-4に示すように、気象台

のデータを用いた場合は過去第3位を超えたものの、レーダー解析雨量を用いて対象斜面における土壤雨量指数を計算すると、第3位を超えることが分かった。したがって、今回の大規模な崩壊は短時間かつ局所的な大雨が一因であると考えられる。

土砂災害発生から約8ヶ月経過した現場は、道路に堆積していた土砂が撤去されていた。しかし、土砂崩落の状況は8ヶ月前とほとんど変わっておらず、土のうによる応急復旧で対応していた。また、調査時の直近6日間は無降雨状態であったものの、水が地表面から浸み出していた。したがって、この斜面にはパイプ流が存在すると考えられる。

#### 4. 全地点の調査結果に基づく考察

今回の調査結果をもとに、降雨イベントおよび斜面の状況と土砂災害発生の関係について考察する。

土壤雨量指数が過去第3位を超えると災害発生の危険性が高まった。さらに、最大時間雨量が30mm/hを超えるような強い雨が降ると、災害発生の危険性が高くなる傾向が確認された。しかし、対象斜面から最も近い気象台で観測された雨量を用いて土壤雨量指数を計算すると、過去第3位を超えない場合でも土砂災害が発生する場所（寺泊郷本）があった。そこで、レーダー解析雨量を用いると、今回の土壤雨量指数は第3位を超えることが推測された。つまり、対象斜面の雨量を精度良く観測し、災害発生の危険度を評価することが重要であると考えられる。

南陽市の調査斜面のように、表層部が砂質土の場合には透水性は高くなるため、雨量が比較的少ない状況でも崩壊する危険性は高くなると考えられる。そして、表層地質が泥岩や砂岩・泥岩互層で構成されている場合やパイプ流が存在する場合も、斜面崩壊が発生する危険性は高くなると推測される。

#### 5. むすび

本論文では、平成25年7月中旬から8月上旬の大雨によって山形県中南部および新潟県長岡市で発生した土砂災害について調査し、降雨情報および崩壊土砂のサンプリング結果を加味して考察した。また、災害発生から約8ヶ月後の状況も併せて示した。その結果、今回記録した降雨イベントによって斜面崩壊が発生する危険性は十分に高かったと推測することができた。

降雨に対する崩壊危険度を精度良く評価するためには、雨量データのみに限らず地盤内の水分変動を

把握することも重要であり、著者らの研究グループが試みている<sup>11)</sup>。しかし、全ての斜面にこの評価方法を適用することは困難である。今後は雨量指標に斜面の地盤特性を容易に反映させた評価方法の構築にも取り組んでいきたいと考えている。

**謝辞：**本研究に際して、山形県県土整備部砂防・災害対策課、山形県朝日町建設水道課、新潟県土木部砂防課の関係各位にご協力を頂きました。ここに記して謝意を表します。

#### 参考文献

- 1) 国土交通省：平成25年の土砂災害  
[http://www.mlit.go.jp/river/sabo/jirei/h25dosha/H25dosya\\_saigai\\_matome3.31.pdf](http://www.mlit.go.jp/river/sabo/jirei/h25dosha/H25dosya_saigai_matome3.31.pdf) (2014.04.24 アクセス).
- 2) 岡田憲治：土壤雨量指数、測候時報、気象庁、第69巻、5号、pp.83-84、2002.
- 3) 気象庁：過去の気象データ観測  
<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index>
- 4) 建設省土木研究所：土石流の警戒・避難基準雨量の設定に関する研究、土木研究所資料、pp.9-11、1985.
- 5) 山形地方気象台：低気圧による大雨、災害時気象資料（平成25年7月19日）  
[http://www.jma-net.go.jp/yamagata/saigai\\_shiryou/saigai\\_ji\\_shiryou\\_20130719.pdf](http://www.jma-net.go.jp/yamagata/saigai_shiryou/saigai_ji_shiryou_20130719.pdf) (2014.04.17 アクセス).
- 6) 国土交通省：5万分の1都道府県土地分類基本調査  
[http://nrb-www.mlit.go.jp/kokjo/inspect/landclassification/land/l\\_national\\_map\\_5-1.html](http://nrb-www.mlit.go.jp/kokjo/inspect/landclassification/land/l_national_map_5-1.html) (2014.04.21 アクセス).
- 7) Creager, W.P., Justin J.D. and Hinds J.: Chap. 16 Soil tests and their utilization, Engineering for dams Vol.III, Earth, Rock-fill, Steel and Timber Dams, John Wiley and Sons, pp 645-654, 1944.
- 8) 北原曜：森林土層中の水移動におけるパイプ孔隙の特性に関する研究、森林総研研報、Vol.367、pp.63-115、1995.
- 9) 新潟地方気象台：平成25年7月31日から8月1日の大雨に関する新潟県気象速報（平成25年8月2日）  
<http://www.jma-net.go.jp/niigata/menu/sokuhou/20130801.pdf> (2014.04.17 アクセス).
- 10) 内田太郎、水山高久：パイプ流が斜面の安全率の変化に及ぼす影響に関する数値計算を用いた考察、砂防学会誌、Vol.55、No.2、pp.14-23、2002.
- 11) 里見知昭、酒匂一成、安川郁夫、深川良一：主成分分析を用いた降雨に対する重要文化財後背斜面のリアルタイム崩壊危険度評価、土木学会論文集C、Vol.65、No.2、pp.564-578、2009.

(2014.5.9受付)