

研究ノート

2011年3月12日長野県北部地震による栄村・中条川上流の土砂災害

Sediment-related disasters in the Nakajo River watershed in Sakae Village, Nagano Prefecture triggered by the earthquakes in Northern Nagano Prefecture on March 12, 2011

平松晋也*¹ 福山泰治郎*¹ 松村和樹*² 池田暁彦*³
 Shinya HIRAMATSU Taijiro FUKUYAMA Kazuki MATSUMURA Akihiko IKEDA
 宮坂正之*⁴ 細川容宏*⁵
 Masayuki MIYASAKA Yoshihiro HOSOKAWA

Abstract

On March 12, 2011, the North Nagano Prefecture Earthquake and subsequent aftershocks triggered several sediment-related disasters, including two large-scale landslides that dammed the Higashi-irisawa River, a left tributary of the Nakajo River in Sakae Village, Nagano Prefecture. The volume of the landslides was about two hundred thousand cubic meters and one million cubic meters. In this report, we summarize the characteristics of the earthquakes, landslides and subsequent debris flow, and emergency works following the disasters. Based on boring surveys of the sediment accumulated on the streambed and other field measurements, we discuss the geological features and the hydrologic response in the borehole and the dammed pond.

Key words : earthquake in Northern Nagano Prefecture, landslides, debris flow

1. はじめに

2011(平成23)年3月12日午前3時59分に、長野・新潟県境付近において、M6.7の地震(最大震度6強)が発生した(震央36°59'6"N, 138°35'48"E)。長野県下水内郡栄村で最大震度6強、新潟県十日町市および津南町で震度6弱を観測した(丸山ほか, 2011)。本震の最大加速度は、K-NET津南(NIG 023, 震源から6km)で803.5 gal(NS, EW, UDの3成分合成値)であった(図-1)。この地震の震源は、十日町断層帯西部の南端に位置する宮野原断層であると考えられている(松多ほか, 2011)。栄村では同日午前4時31分と5時42分に震度6弱、午後11時34分に震度5弱、その他、同日に震度4が14回観測されている。この地震により、長野県栄村、新潟県津南町、十日町市周辺において23件の土砂災害が発生した。土砂災害の内訳は、土石流等6件、地すべり12件、がけ崩れ3件、雪崩2件と報告されている(国土交通省砂防部, 平成23年12月14日時点)。

本報では、長野県栄村の中条川上流で発生した大規模崩壊と土砂流出の実態と、地震発生後の状況について報告するとともに、堆積土塊の安定性や、応急対策工の効果を判断するために、地震発生後に実施した現地調査と地質ボーリングおよび水文観測結果を基に解析を行った。

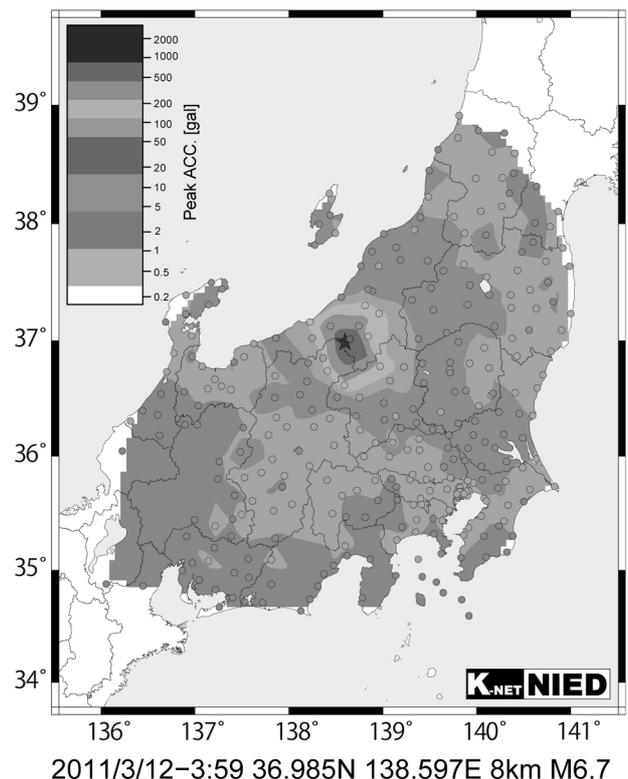


図-1 最大加速度分布(防災科学技術研究所 K-NET)
 Fig. 1 Distribution of peak ground acceleration (K-NET, NIED)

*1 正会員 信州大学農学部 Member, Faculty of Agriculture, Shinshu University (shira@shinshu-u.ac.jp) *2 正会員 京都府立大学大学院生命環境科学研究科 Member, Graduate School of Life and Environmental Sciences, Kyoto Prefectural University. *3 正会員 (一財)砂防・地すべり技術センター Member, Sabo & Landslide Technical Center. *4 長野県北信地方事務所 Hokushin regional office, Nagano Prefecture *5 正会員 長野県建設部砂防課 Member, Department of construction, Nagano Prefecture

2. 崩壊と土砂流出の概要

2.1 崩壊の状況

千曲川水系中条川支流の東入沢川左岸の2カ所で大規模な崩壊が発生した(上流側:幅180m,長さ300m,下流側:幅220m,長さ350m;図-2)。崩壊の発生日は、長野・新潟県境の関田山地北東部の天水山(1088m)から、東南東-南東に連なる稜線の南側斜面に位置する。上流側崩壊・下流側崩壊ともに、尾根末端部が崩落したものである(図-2,写真-1)。上流側崩壊地と下流側崩壊地の崩壊土砂量はそれぞれ約243千m³,約1,072千m³と見積もられている(長野県北信地方事務所・国土防災技術株式会社,2011)。調査地周辺には地すべり地形が多く見られ、上流側崩壊地と下流側崩壊地は、乗落地すべり防止区域(平成5年・林野庁)および土砂流出防備保安林(平成2年指定)内に位置している。

崩壊地下流には、人家16戸、公共施設(温泉宿泊施設)、国道117号線、村道、JR飯山線等が位置している。崩壊地周辺には、新第三紀後期鮮新世~第四紀前期更新世に堆積した火山噴出物を主体とする魚沼層群が分布している(志久見川団体研究グループ,1991)。魚沼層群は礫・砂・シルト・海成砂などからなるが、崩壊地周辺はこのうち最も新しいもので安山岩凝灰角礫岩、火山礫凝灰岩、礫および砂からなる層準(Ut)に該当し(竹内ほか,2000)、現地では凝灰角礫岩を主とした岩相が確認される。また礫は安山岩礫がほとんどである。下流側崩壊地から上流側崩壊地のやや上流部にかけて、安山岩溶岩の層準や貫入岩が確認される。

2.2 土砂流出の状況

地震発生時、上流側崩壊地と下流側崩壊地で崩土が河道に堆積し、湛水した。下流側崩壊地では崩土が河道に最大60mの高さで堆積した。土砂の一部は、積雪を巻き込んで河道を流下し、右支川である西入沢川との合流点から約200m下流まで達した(図-2,写真-2)。地



図-2 地震によって発生した東入沢川沿いの崩壊地と堆積域(電子国土地図に加筆)

Fig.2 Landslides and sediment deposition along Higashi-irisawa River triggered by earthquakes (Digital Japan Web System)



写真-1 地震直後の崩壊と流出土砂の堆積状況(2011年3月13日アジア航測が撮影した画像に加筆)

Photo 1 Landslides and downstream sediment deposition on 13 March, 2011.(Asia Air survey co. ltd.)



写真-2 東入沢川下流から見た下流側崩壊地(向かって右)と河床に堆積した土砂(2011年3月25日撮影)

Photo 2 Landslide in downstream of Higashi-irisawa River and sediment deposition on March 25, 2011

震発生時の崩壊および土石流以降、顕著な土砂流出は、2011年4月4日、5月10日、6月25日に発生した。4月4日には土石流が発生し、東入沢川が西入沢川と合流する付近（温泉宿泊施設横、図-2）で停止した。この時、降雨や地震は観測されていなかったが、3月27日ごろから融雪が進み、河道堆積土砂の下流側表面が崩落したことによると考えられる。5月10日には、融雪と降雨（5月10日～12日の連続雨量70mm）により、下流側崩壊地の崩土上流の湛水が写真-3のように崩土の左岸側から越流し、土石流となり、東入沢川と西入沢川の合流地点から約700m下流まで土砂が到達した（図-2）。また6月25日には日雨量51.5mmの降雨により下流側崩壊地内で小規模崩壊が発生し、河床に堆積していた崩土を河川水が越流した。

3. 地震発生後の対応

3月12日の地震発生後、直ちに被害状況の調査が行われ、栄村全村（秋山地区を除く）に避難指示が出された。同日、栄村を対象に土砂災害警戒情報の暫定基準（通常基準の6割）による運用が開始された（2011年11月11日運用廃止）。応急対策として、3月26日には土石流センサーや監視カメラ、サイレン、回転灯が設置され、



写真-3 2011年5月10日の下流側崩壊地直下の堆積土塊における越流状況（上）と東入沢川下流の状況（下）
Photo 3 Overflowing from the landslide dam in Higashirisawa River on May 10, 2011

警戒避難体制が整備された。また、土砂流出の危険性がある中条川下流に、緊急的に大型土のうによる仮設導流堤が設置された（4月5日）。さらに、流下断面を確保するために、東入沢下流（温泉宿泊施設付近 図-2）の河道堆積土砂が開削された（5月9日）。河道に大量に堆積した土塊の土質、地質、層序、すべり面、岩石の風化・破碎状況などを観察・調査するとともに、掘削中の排水状況等により地下水の状況を把握するために、長野県北信地方事務所により、下流側崩壊地直下の河床に堆積した土塊の中央部でボーリング調査が実施された（6月30日、図-2中○印の地点）。下流側崩壊地直下の湛水池の規模縮小を図るため、湛水池の開削が行われた（写真-4）。開削工事の期間は2011年7月5日～9月30日である。これにより湛水池の水位が約2.5m低下した。今後行われる恒久対策工事は、上流に不安定土砂が残る状態での施工となるため、施工中の安全対策として土石流減勢工（鋼製セルダム）が下流側崩壊地直下の堆積土塊の下流約650mの位置に施工された。

4. 堆積土砂の状況

下流側崩壊地直下の堆積土塊中央部で実施されたボーリング孔の孔口標高は587.19m、掘削深度はGL-65.0mである。また、堆積土塊の強度を調べるために、ボーリング孔掘削時に標準貫入試験が行われた。ボーリング孔にはオールストレーナー加工保孔管を用い、孔内に水位計や伸縮計などが設置されている。堆積土塊の地質区分を示す図-3より、GL-55m付近では腐植物混じりの河床礫が見られ、その上下でコアの性状が明らかに異なることから、移動土塊と旧地表との境界と判断され、ボーリング実施地点での崩積土の厚さは54.5m程度と考えられた。コアを構成する地質は、上位（地表からGL-38.6mまで）は硬質かつ亀裂に富んだ安山岩溶岩か



写真-4 東入沢川下流側崩壊地直下の湛水部と開削状況（2011年10月15日撮影）
Photo 4 Landslide dam after excavation works on October 15, 2011

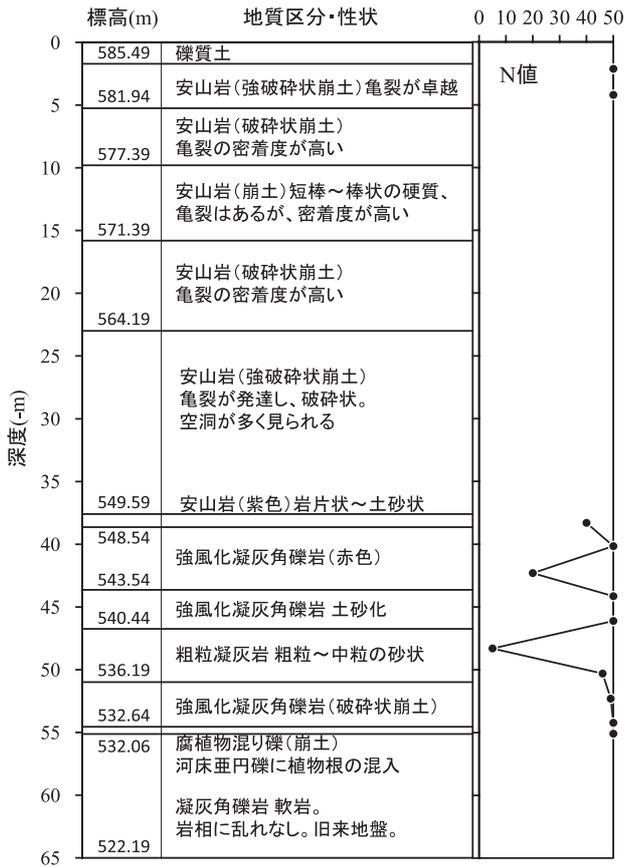


図-3 堆積土砂(ボーリング孔)の地質区分とN値深度分布
Fig.3 Geological feature and vertical distribution of N-value through boring

らなり、下位 (GL-38.6~-54.5 m) は粗粒凝灰岩や凝灰角礫岩からなるやや固結度の低い層準で構成されている。これは、下流側崩壊地の滑落崖で観察される層序と概ね一致しており、崩壊した土塊がその層序を維持した状態で河床に堆積したものと考えられる。標準貫入試験によるN値は40~50以上が多く、堆積土塊は全般に硬く締まった傾向にあることがわかる。

5. 堆積土塊の地下水位および下流側湛水池の水位変動

堆積土塊の安定性を評価するとともに対策計画立案に資することを目的として、長野県北信地方事務所により、東入沢川左岸尾根で降雨量および下流側崩壊地直下のボーリング孔で堆積土塊の地下水位が自動観測された(図-2)。また、堆積土塊上流の湛水池では、埋塞部の安定や現状を把握するために、湛水池水位が自動観測された。雨量、堆積土塊の地下水位、湛水池水位は、いずれも1時間間隔で毎正時に計測されている。観測期間はそれぞれ、雨量:2011年5月18日~10月22日、堆積土塊の地下水位:2011年7月8日~10月24日、湛水池水位:2011年5月18日~8月22日である。雨量、湛水池水位と堆積土塊の地下水位の観測結果を図-4に示す。

湛水池水位と堆積土塊の地下水位は、いずれも降雨に対して鋭敏に反応している。観測期間中、湛水池水位は587.17 m~587.75 m (EL) の範囲を推移し、徐々に低下する傾向にある。前述のように、下流側崩壊地直下の堆積土塊の河道開削が行われ、湛水池の水がよりスムーズ

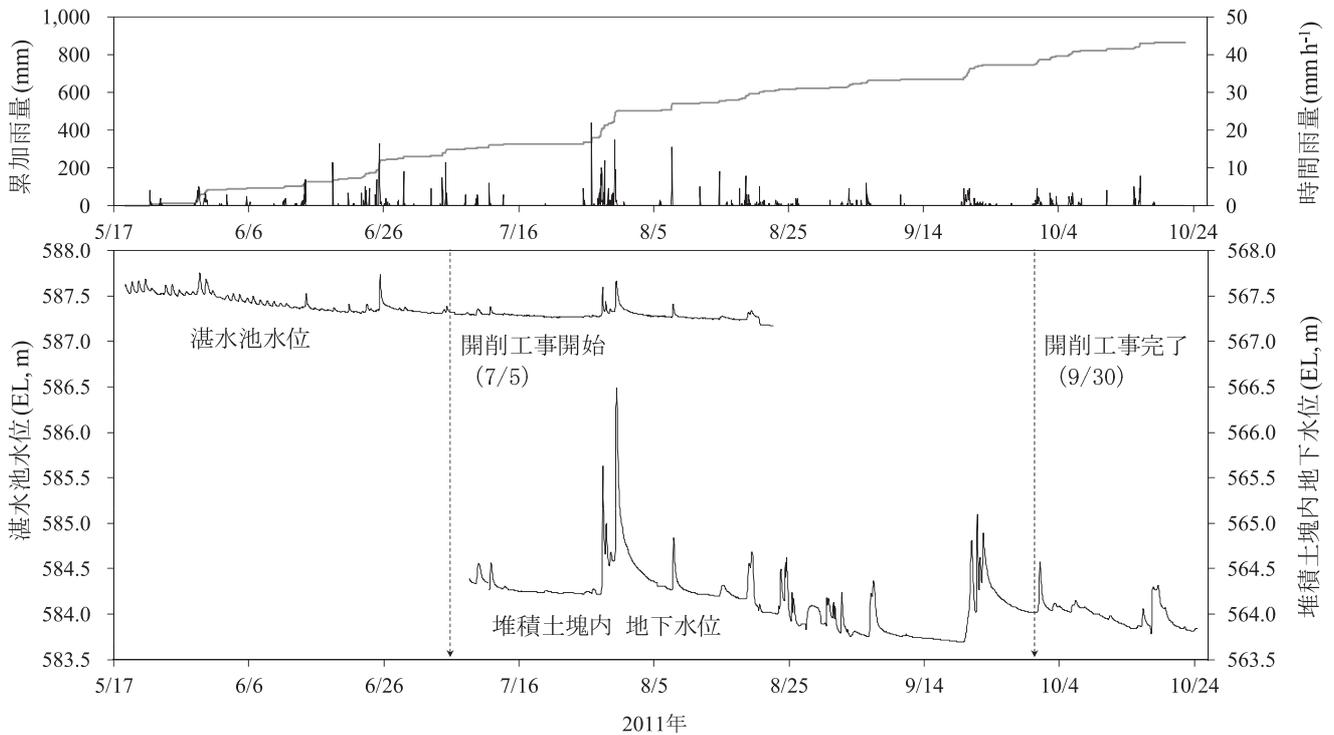


図-4 降雨に対する湛水池水位と堆積土塊の地下水位の応答

Fig.4 Responses of water level at the pond behind the landslide dam and ground water level in deposited sediment to rainfall

に流下するようになった状況から、開削以降、湛水量の急激な増加は発生しにくくなっているものと考えられる。

堆積土塊の地下水位は、図-4に示すように563.69 m～566.49 m (EL) の範囲を推移し、2011年7月25日～7月30日の降雨により連続雨量が174.5 mmに達した7

月30日に最高水位(566.49 m, EL)が観測された。その結果、降雨ピークに対する堆積土塊の地下水位ピークの遅れ時間は、図-5に示すように1～17時間で、図-6～7に示すように降雨強度や地下水位ピーク時刻までの総降雨量の増加とともに短くなっていることがわかる。

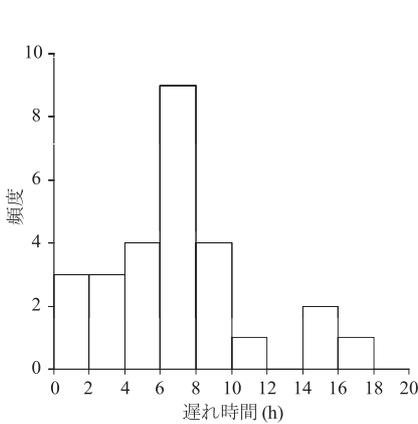


図-5 降雨に対する堆積土塊地下水位ピークの遅れ時間

Fig.5 Lag time for peak rainfall and peak groundwater level in deposited sediment

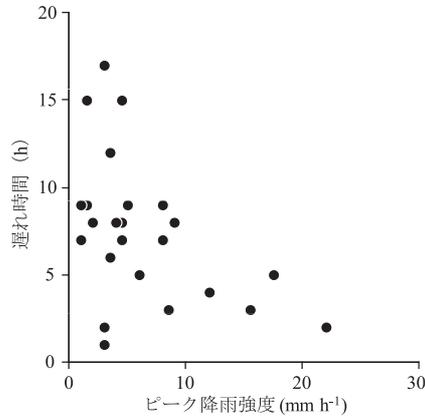


図-6 堆積土塊地下水位ピークの遅れ時間と降雨強度の関係

Fig.6 Relationship between peak rainfall intensity and lag time of peak groundwater level in deposited sediment

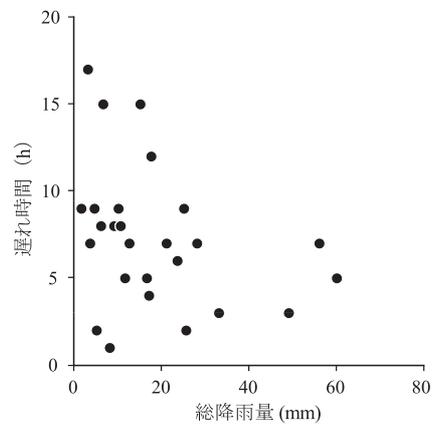


図-7 堆積土塊地下水位ピークの遅れ時間と総降雨量の関係

Fig.7 Relationship between total rainfall and lag time of peak groundwater level in deposited sediment

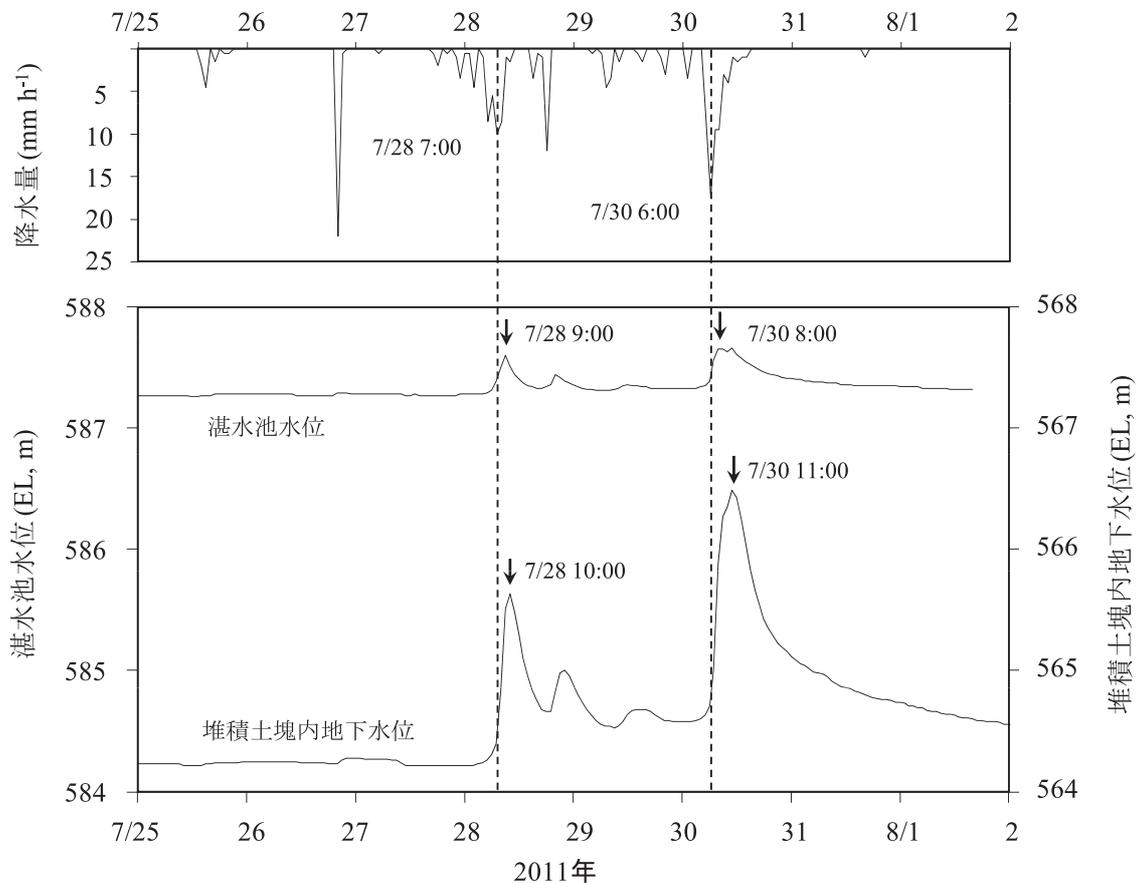


図-8 降雨に対する湛水池水位と堆積土塊の地下水位の反応

Fig.8 Responses of water level at pond and groundwater level in deposited sediment to maximum rainfall event

ここで、遅れ時間は、最大時間雨量の発生時刻から堆積土塊の地下水水位が最大となる時刻までの差として求めた。時間雨量と連続雨量が期間内最大であった7月25日～31日の一連の降雨では、図-8に示すように、7月28日7時の降雨ピーク（10 mm/h）に対して、湛水池水位のピークが降雨ピークの2時間後に、堆積土塊の地下水水位のピークが3時間後に記録された。7月30日6時の降雨ピーク（17.5 mm/h）に対して、湛水池水位のピークが降雨ピークの2時間後に、堆積土塊の地下水水位のピークが5時間後に記録された。堆積土塊地下水水位の無降雨時の低い水位（以後、基底水位と呼ぶ）は、開削工事前と比較して、工事以降、明瞭に低下している。湛水池水位の観測は、2011年8月22日までであるが、閉塞部の河道開削により湛水池の水位が約2.5 m低下した事実が報告されていることから（長野県北信地方事務所・国土防災技術株式会社、2011）、湛水池水位の低下と湛水池の規模縮小にともなって、堆積土塊地下水水位の基底水位が低下したと考えられる。

6. おわりに

本報では、2011年3月12日の長野県北部地震によって長野県栄村の中条川上流で発生した大規模崩壊や土砂流出の実態と、地震発生後の状況について、地震発生後に実施した現地調査と地質ボーリング、水文観測結果を基に取りまとめた。下流側崩壊地直下の河道に堆積した土塊は硬く締まった傾向にあり、比較的安定しているものと判断される。さらに、堆積土塊上流側に形成された湛水池の水位は開削によって低下してきており、湛水量の急激な増加は発生しにくくなっているものと考えられる。また、堆積土塊地下水水位の基底水位も低下傾向にあるが、この要因としては、湛水池水位の低下と湛水池の

規模縮小が挙げられる。これらの状況から、堆積土塊の決壊の危険性は減少傾向にあるものと考えられる。

しかしながら、地震で発生した崩壊地の周辺には亀裂が確認されており、崩壊地内には不安定に残る土砂がある。また、河道開削が行われたが、崩壊地直下や下流の河床には依然として堆積土砂が多量に存在している。日本有数の豪雪地帯であるこの地域では、梅雨や台風による降雨時をはじめとし、融雪期にも注意を払い、拡大崩壊や雪崩、堆積土砂の再移動の発生に対して監視を行っていく必要がある。

本報告は、地震発生後に砂防学会東北地方太平洋沖地震災害調査委員会が実施した現地調査結果に加え、長野県北信地方事務所が実施した調査結果に、解析と検討を加え、取りまとめたものである。貴重な資料を提供して下さい。関係各位に、ここに記して謝意を表します。

引用文献

- 松多信尚・杉戸信彦・廣内大助（2011）：2011年3月12日長野県・新潟県境付近の地震に伴う地表変状（速報），http://www.ajg.or.jp/disaster/files/201103_Nagano-Niigata_eq.pdf（2011年10月15日閲覧）。
- 丸山清輝・中村明・野呂智之・ハスバートル（2011）：平成23年3月12日長野県北部を震源とする地震により発生した斜面災害，砂防学会誌，Vol. 64，No. 2，p. 39-44
- 長野県北信地方事務所・国土防災技術株式会社（2011）：平成23年度災害関連緊急治山事業第2号工事（栄村字中条川-2）報告書1（調査・解析編）。
- 志久見川団体研究グループ（1991）：新潟-長野県境地域の魚沼層群の層序と火山活動，地球科学，Vol. 45，p. 345-362
- 竹内圭史・吉川敏之・釜井俊孝（2000）：松之山温泉地域の地質。地域地質研究報告，5万分の1地質図幅。
(Received 12 April 2012 ; Accepted 27 November 2012)