

## 平成 27 年 9 月関東・東北豪雨による栃木県の林道被害分析

松岡佑典<sup>1</sup>・林崎美穂<sup>1</sup>・有賀一広<sup>1</sup>

1 宇都宮大学農学部

**要旨**：平成 27 年 9 月関東・東北豪雨によって栃木県内の民有林林道 140 路線，195 箇所において被害が発生した。本研究では排水施設の大きさや種類が林道被害へ与える影響を検討するため，林道排水施設設置基準(5)をもとに安全率を計算した。現地調査は大きな被害が確認された鹿沼市の横根線と日光市の赤井原線，西沢線の 3 路線を対象に行った。調査路線の被害箇所は横根線，赤井原線で 2 箇所，西沢線で 7 箇所，計 11 箇所であった。そのうち西沢林道の 1 箇所を除く 10 箇所では流出した土石や丸太による排水施設の閉塞が原因であった。被災後に排水施設を変更した 3 箇所の安全率は暗渠で 4.17，開渠で 1.62，6.05 と基準を上回っており，他の排水施設も含めて基準を下回っている箇所は無かった。ただし，本解析では流出率に林地・浸透能中として 0.55 を用いたが，皆伐が行われた裸地と仮定して 1.00 を用いると，安全率が開渠の基準 1.2 未満が 1 箇所，暗渠の基準 2.0 未満が 2 箇所となった。今後，雨量の増加やそれに伴う土石流出量の増加，また，木材自給率 50% 目指した木材生産量の増加による林地残材の増加により林道被害の増加が予測されるため，今後の森林整備等による林内環境の変化を見据えた排水施設の改良等の林道整備が重要となる。

**キーワード**：排水施設，閉塞，土石，丸太，安全率

### Analysis on forest road damages in Tochigi prefecture caused by heavy rainfalls of Kanto and Tohoku regions in September, 2015

Yusuke MATSUOKA<sup>1</sup>, Miho HAYASHIZAKI<sup>1</sup>, Kazuhiro ARUGA<sup>1</sup>

1 Fac. of Agric., Utsunomiya Univ., Utsunomiya 321-8505

**Abstract**: 195 damages in 140 forest roads occurred in private and communal forests of Tochigi prefecture due to heavy rainfalls of Kanto and Tohoku regions in September, 2015. In order to examine effects of sizes and materials of drainage facilities on forest road damages, safety factors were estimated based on forest road drainage facilities establishment standards (5). Site investigations were conducted on three forest roads such as Yokone in Kanuma city, Akaibara and Nishizawa in Nikko city where big damages occurred. Yokone and Akaibara had two damages, respectively whereas Nishizawa had seven damages, totaling 11 damages of which 10 damages excluding a damage on Nishizawa were caused by drainage facilities choked by debris flow such as mud, rock, and logs. According to three drainage facilities changed after the damages, safety factors of an underground drain was 4.17 and those of two open ditches were 1.62 and 6.05, respectively. Those safety factors and safety factors of other drainage facilities all met criteria. In the estimation, 0.55 was used as the runoff rate with the standard forest. However, safety factor of an open ditch was under 1.2 of criteria and safety factors of two underground drain was under 2.0 of criteria when 1.00 was used as bare lands after clearcutting. It must be important to improve drainage facilities of forest roads according to forest environment changes by forest operations in the future when the increased forest road damages are projected because heavy rainfalls, subsequently debris flow increases and logging residues increases due to increased log production to achieve the 50% self-sufficiency rate of timber.

**Key-word**: drainage facility, chock, mud and rock, log, safety factor

#### I はじめに

平成 27 年 9 月関東・東北豪雨は 2015 年 9 月 7 日に発生した台風 18 号や前線の影響で記録的な大雨をもたらした。栃木県内で最も多くの雨量が観測された日光市今

市観測所では，最大 60 分雨量は 60.5mm，9 月 8 日から 10 日の 3 日間の総雨量は 633.5mm を記録した(図-1)。平成 27 年 9 月関東・東北豪雨によって栃木県内の民有林林道 140 路線，195 箇所において被害が発生した(6)。

林道被害が確認された市町において災害が発生した期間の日雨量は 100mm を越えていた(2)。

被災路線数は鹿沼市が最も多く全体の 39.7%で 58 本、次に日光市が 27.4%で 40 本と他の市町に比べて多くの路線で被害が発生した(表-1)。一方、被害箇所は日光市が最も多く全体の 35.1%で 71 箇所、次に鹿沼市が 31.7%で 64 箇所であった。また、日光市の被害総額が被害箇所数に大きな差がない鹿沼市と比べて大きかった。鹿沼市は森林組合などの自力復旧が主であった一方、日光市は林道災害復旧事業が多かったことから、被害総額が大きかったことが分かる。

平成 27 年 9 月関東・東北豪雨による林道被害について栃木県庁への聞き取りにより、損壊した林道の主な要因として、山地から流出した土石が排水施設呑口を塞ぎ、そのまま土石や雨水が林道へ流入したことによる路体の損壊が挙げられた。そこで本研究では、排水施設の大きさや種類が林道被害へ与える影響を検討するため、林道排水施設設置基準(5)をもとに安全率を計算した。

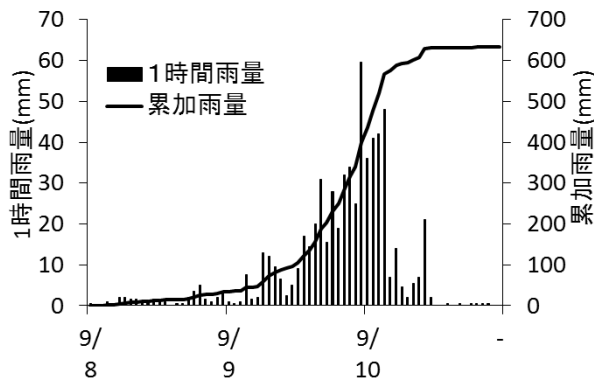


図-1. 雨量

Fig. 1 Rainfall

表-1. 林道被害

Table. 1 Forest road damage

市町	路線	箇所	額(千円)
日光	40	71	453,300
鹿沼	58	64	92,950
宇都宮	16	23	60,000
栃木	6	9	42,200
塩谷	10	15	38,450
那須塩原	3	3	12,600
矢板	6	9	12,300
佐野	1	1	2,000
合計	140	195	695,800

## II 調査概要

現地調査は栃木県西環境森林事務所林道災害復旧事業資料(7)において大きな被害が確認された鹿沼市の横根線と日光市の赤井原線、西沢線の3路線を対象に行った。現地調査では、林道における排水施設的位置をGPSで特定しながら排水施設の大きさや種類を記録した。排水施設の大きさはポールとメジャーを用いて測定した。GPSより取得した排水施設的位置データを元に排水施設位置マップを作成し、国土地理院基盤地図情報の5mメッシュDEMデータを用いて集水面積をGISで算出した。これらの情報から林道排水施設設置基準(5)を用いて、安全率を計算した。

$$f_s = \frac{Q_{\max}}{Q} \quad (1)$$

$$Q = \frac{1}{360} \times f \times i \times A \quad (2)$$

$$v = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2} \quad (3)$$

$$Q_{\max} = v \times a \quad (4)$$

$f_s$  : 安全率,  $Q_{\max}$  : 最大流量( $m^3/s$ ),  $Q$  : 計画流出量( $m^3/s$ ),  $f$  : 流出率,  $i$  : 降雨強度( $mm/hr$ ),  $A$  : 集水面積( $ha$ ),  $n$  : 粗度係数,  $R$  : 径深( $m$ ),  $I$  : 勾配,  $a$  : 通水断面積( $m^2$ )

安全率は開渠の場合は 1.2 以上、暗渠の場合は 2.0 以上が求められる。粗度係数  $n$  はコンクリート管を 0.015、コルゲートパイプを 0.030、流出率  $f$  は集水域を林地・浸透能中として 0.55 に設定した。降雨強度  $i$  は各林道最寄観測所の平成 27 年 9 月関東・東北豪雨の最大 1 時間雨量を用いた(横根線-鹿沼観測所: 54.5  $mm/h$ , 赤井原線-今市観測所: 60.5  $mm/h$ , 西沢線-五十里観測所: 60.0  $mm/h$ )。なお、林道の排水施設の設計においては降雨確率年は 10 年を標準とするが、アメダス確率降雨量計算プログラム(1)によると降雨継続 1 時間での 10 年確率降雨量は鹿沼観測所: 50.7  $mm/h$ , 今市観測所: 52.2  $mm/h$ , 五十里観測所: 40.9  $mm/h$  である。

また、アジア航測(株)が”H20 年渡良瀬川流域及び鬼怒川流域航空レーザ計測業務”で 2009/6/2~2010/3/20 の期間に計測した 1 m メッシュ DEM データと(株)パスコが”H23 鬼怒川流域レーザ計測業務”で 2011/10/29~2011/11/1 の期間に計測した 1 m メッシュデータが得られたため(3)、CS 立体図作成手順(4)を用いて被災前の CS 立体図を作成した。西沢林道については(株)パスコが”日光砂防災害協定航空レーザ計測”で 2015/10/14~2015/10/27 の期間に計測した 1 m メッシュ DEM データが得られたため(3)、被災前後の地形の変化より流出

した土石量を推計した。具体的には排水施設上流の谷に GIS により 20m 間隔で横断面を作成し、被災前後の横断面の差分を用いて平均断面法により流出した土石量を推計した。

### III 結果と考察

**1. 被害概要** 調査路線の被害箇所は横根線、赤井原線で2箇所、西沢線で7箇所、計 11 箇所であった(表-2)。また、排水施設は横根線で14箇所、赤井原線で9箇所、西沢線で14箇所であった。そのうち、排水施設の損壊は横根線で0箇所、赤井原線で1箇所、西沢線で2箇所確認された。また、損壊の原因となった排水施設の閉塞は横根線では1箇所、赤井原線、西沢線では2箇所確認された。

表-2. 調査路線

Table. 2 Study road

名称	損壊箇所	排水施設	排水施設損壊箇所	排水施設閉塞箇所
横根線	2	14	0	1
赤井原線	2	9	1	2
西沢線	7	14	2	2
合計	11	37	3	5

横根線被害の1箇所は上流に治山ダムが設置されている沢において(図-2)、治山ダムを越流した土石が45m<sup>3</sup>の集水枿を埋め、φ1300のヒューム管が閉塞、越流した土石が路面へ流出し、路体が損壊を受けたものである。さらに土砂は路面を流下し、下流のヘアピンカーブ下の路線の切土擁壁へ流れ込み、切土擁壁を押し出したものがもう1箇所の被害であった。したがって、横根線被害の2箇所は暗渠への土石流出、閉塞が原因である。

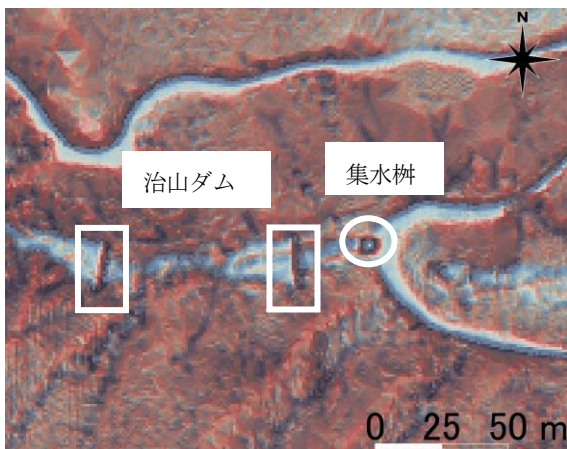


図-2. 横根林道

Fig. 2 Yokone forest road

現在、集水枿、暗渠の土砂は取り除かれ、路体は復旧、盛土法面には種子散布工が施されている。

赤井原線被害の1箇所は沢の上流から流出した土石が暗渠ごと路体を押し流したものである。φ800のヒューム管が設置されていたが、被災後はH1100×B1100のボックスカルバートに変更され、呑口には山側をフトン箆擁壁、路体側をコンクリートブロック積みで構成される集水枿が新設された。2箇所目はH1400×B2000とH3600×B1500のボックスカルバートが設置され、上流には谷止工が施されていたが、その上流において間伐や皆伐が行われていたため、土石とともに丸太が谷止工を越えて流出、路体を100mに渡り損壊させたものである(図-3)。暗渠の土石や丸太は取り除かれ、土石や丸太が路面に流れ込んだ箇所にはフトン箆が新設された。赤井原線被害の2箇所も暗渠への土石や丸太の流出、閉塞が原因である。

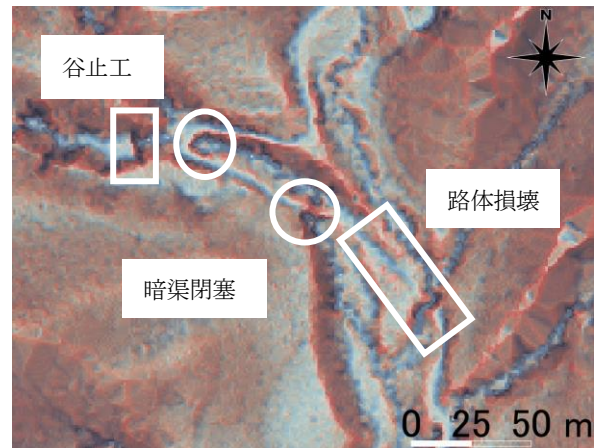


図-3. 赤井原林道

Fig. 3 Akaibara forest road

西沢線被害の1箇所目は、林道と並行して流れる沢が、屈曲部で水勢により直進し、路体を消失させたものであった。被災した箇所には護岸としてカゴ枠工が施工された。2, 3箇所目はφ600のハウエル管が暗渠として施設されていたが、土石により集水枿と暗渠が閉塞、越流した土石が路体、盛土法面および下の路線の路体を損壊したものである。復旧後はH550×B500の開渠が設置され、呑口には133.2m<sup>3</sup>の集水枿が新設された。ただし、被災前後の1mメッシュDEMデータより11,418m<sup>3</sup>の土砂が流出したと推計され、133.2m<sup>3</sup>の集水枿もすでに残容量は2.5m<sup>3</sup>となっていた。

4, 5箇所目はφ500のハウエル管の設置場所が路体ごと崩壊した場所で、その土砂が下流の路線の集水枿、暗渠を閉塞、路面に流れ込んだことにより損壊した(図-

4)。4,474m<sup>3</sup>の土砂が流出したと推計された。ハウエル管はH500×B400の開渠に変更され、法面は修復され、閉塞した集水樹と暗渠の土砂は取り除かれた。6、7箇所目は上流の集水樹と暗渠が閉塞したことによって土石が路面へ流入し、路面を長距離に渡って土砂が流れたことにより路体と盛土法面が損壊したものである。現在は2箇所とも復旧し、張芝工が施工されている。

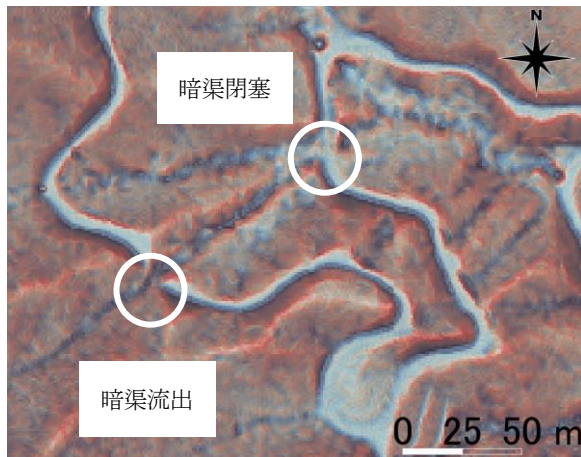


図-4. 西沢林道  
Fig. 4 Nishizawa forest road

**2. 安全率** 調査時において一部閉塞していたために排水施設の大きさを正確に計測できなかった13箇所を除いて計算した通水断面積と安全率の関係を図-5に示す。なお、安全率の低いところを示すため図-5の安全率は10までを表示している。赤井原線1箇所目はφ800のヒューム管がH1100×B1100のボックスカルバートに変更され、安全率は4.17であった。西沢線2、3箇所目はφ600のハウエル管がH550×B500の開渠に変更され、安全率は2.29、4、5箇所目はφ500のハウエル管がH500×B400の開渠に変更され、安全率は6.05であった。変更箇所は変更前の勾配等計測できないため、正確な安全率を計算することができないが、現状、復旧した排水施設が適切に設置されていることが確認された。

今回は流出率を林地・浸透能中として0.55を用いたが、今後、主伐期を迎えた森林において皆伐が行われると仮定して、流出率を裸地として1.00を用いると、安全率が開渠の基準1.2未満が1箇所、暗渠の基準2.0未満が2箇所となった。また、昨今、100年に1度と言われる豪雨災害が増えていることから(アメダス確率降雨量計算プログラムによると降雨継続1時間での100年確率降雨量は鹿沼観測所:79.0mm/h、今市観測所:83.3mm/h、五十里観測所:72.6mm/h)、今後、雨量の増加やそれに伴う土石流出量の増加、また、木材自給率50%目指した

木材生産量の増加による林地残材の増加により、林道施設被害の増加が予測されるため、今後の森林整備等による林内環境の変化を見据えた排水施設の改良等の林道整備が重要となる。

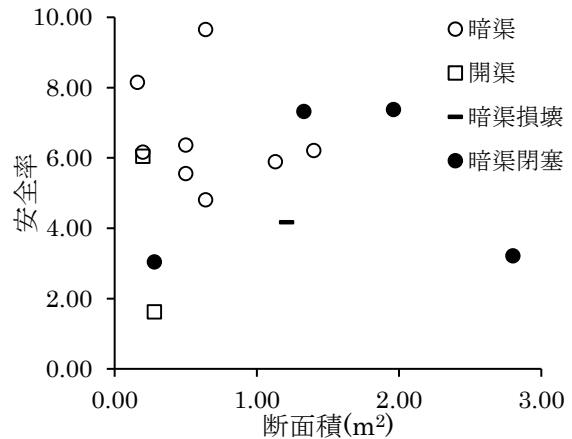


図-5. 通水断面積と安全率  
Fig. 5 Drainage area and safety factor

本研究は平成30年度高橋産業経済研究財団の助成を受けたものである。調査資料をご提供いただいた栃木県環境森林部森林整備課および栃木県西環境森林事務所に感謝いたします。

#### 引用文献

- (1) 土木研究所: アメダス確率降雨量計算プログラム. オンライン <https://www.pwri.go.jp/jpn/results/offer/amedas/top.htm>. (2019年12月25日参照)
- (2) 気象庁: 過去の気象データ. オンライン [http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/select/prefecture.php?prec\\_no=41&block\\_no=&year=&month=&day=&view=](http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/select/prefecture.php?prec_no=41&block_no=&year=&month=&day=&view=). (2019年10月20日参照)
- (3) 国土交通省関東地方整備局. オンライン <http://www.ktr.mlit.go.jp/river/index.html>. (2019年10月20日参照)
- (4) 長野県森林整備加速化・林業再生協議会路網部会 (2014)「長野県型立体地形図=CS立体図」を用いた林内路網の路網配置検討手順. オンライン <http://www.rincon.or.jp/sinrinseibikasokukaringyosaiseikyogikai/>. (2019年10月20日参照)
- (5) 日本林道協会(2002)林道必携(技術編). 日本林道協会, 東京, 136-143
- (6) 栃木県環境森林部森林整備課(2015)被災林道一覧
- (7) 栃木県西環境森林事務所(2015)林道災害復旧事業資料