

## 基 調 講 演

テーマ：平成30年7月豪雨における土砂災害の特徴と  
今後の課題

講 師：広島大学防災・減災研究センター特任教授センター長



### 略 歴

1976(昭和 51)年 3 月	東京大学工学部土木工学科卒業
1976(昭和 51)年 4 月	運輸省入省。港湾技術研究所土質部土性研究室研究官
1991(平成 3)年 3 月	工学博士
1992(平成 4)年 4 月	運輸省港湾技術研究所土質部土性研究室長
2003(平成 15)年 4 月	広島大学大学院工学研究科社会環境システム専攻教授
2018(平成 30)年 9 月	広島大学防災減災研究センターセンター長併任
2019(平成 31)年 4 月より現在	広島大学防災減災研究センターセンター長，特任教授

### 研究活動・著書他

- Cikmit, A.A., Tsuchida, T., Kang, G., Hashimoto, R. and Honda, H.: Particle Size Effect of Basic Oxygen Furnace Steel Slag in Stabilization of Dredged Marine Clay, *Soils and Foundations*, (in print).
- Yamada, Y., Tsuchida, T., Nyan Myint Kyaw, Aoyama, T., Moe Myint Su Hlaing, Hashimoto, R. : Study on physical and mechanical properties for soft to medium clays in Yangon area, - Properties of clays deposit at the sedimentary basins in Myanmar -, *Soils and Foundations*, 2019.(in print)
- Tsuchida, T., Moriwaki, T., Nakai, S. and Athapaththu, AMRG, Investigation of Multiple Slope Failures and Debris flows of 2014 Disaster in Hiroshima, *Soils and foundations*, 59, 1085–1102, 2019.
- 森脇武夫・土田孝・橋本涼太・中井真司・加納誠二，2018年7月豪雨による広島県の土砂災害の特徴（1999年6.29災害と2014年8.20災害との比較），*土木学会論文集 C*，75，4，2019.
- 土田孝，2018年7月の西日本豪雨による土砂災害の特徴，*地盤工学会誌*，Vol.67, No.7, 1-3, 2019.
- 土田孝，森脇武夫，熊本直樹，一井康二，加納誠二，中井真司：2014年広島豪雨災害において土石流が発生した溪流の状況と被害に関する調査，*地盤工学ジャーナル*，Vol.11(1), 33-52, 2016.
- 土田孝，森脇武夫，田中健路，中井真司：2014年8月20日の広島豪雨災害における雨量を用いた土砂災害危険度評価に関する考察，*地盤工学ジャーナル*，Vol.11(1), 53-68, 2016.

### 講演概要等

西日本豪雨における広島県で発生した土砂災害の特徴を一言でいえば，圧倒的に降水量が多い状況での土砂災害だったといえる。この点は，800 mm以上の降雨により地形が改変したと思われるほどの被害が発生した2017年の北九州豪雨と共通するように思われる。広島県内では土砂洪水氾濫が各地で発生した。土砂洪水氾濫は，土石流が発生するほどの豪雨となった後も強い雨が続き，大量の水が溪流内から流下して土石流として流出した直後の不安定な土砂を巻き込んで河道を埋没・閉塞させながら無秩序に流下していく現象と考えられる。その発生メカニズムはまだ十分解明されていないが，北九州豪雨，西日本豪雨と2年続いた大量の降水量をもたらす豪雨が，地球規模の気候変動によって今後も起こる可能性があると考えれば，水工学と地盤工学の研究者が協力して早急に研究を進展させ対策を考える必要がある。

# 2018年7月の西日本豪雨による土砂災害の特徴

Characteristics of Landslide Disasters in 2018 July West Japan Torrential Rainfall

土 田 孝 (つちだ たかし)

広島大学 防災・減災研究センター特任教授 センター長

## 1. はじめに

2018年7月西日本豪雨では、西日本を中心として広い範囲で記録的な大雨となり、11府県で大雨特別警報が発表され、被害が発生した。広島県内では土石流、斜面・山腹崩壊などによる土砂災害と洪水及び内水氾濫が複合的に発生し、死者・行方不明者116名という甚大な被害となった。また、主要交通施設やライフラインが寸断されて日常生活への支障が長期間継続するなど、これまでの土砂災害・洪水災害を超える被害が発生した。広島大学では、本災害の特性により本災害を「相乗型豪雨災害」と呼ぶこととし、相乗型豪雨災害を研究する組織として昨年9月に防災・減災研究センターを発足させた。本稿では、これまでの調査結果をもとに、地盤工学的観点から本災害の特徴と今後の課題を述べる。

## 2. 土石流発生後にも継続した降雨

今回の災害の特徴としては、まず総降雨量が非常に大きかったことが挙げられる。広島県が県内全域に設置している雨量計382か所（欠測26か所）による7月3日から7日までの総雨量は平均388 mm、標準偏差58 mmであった。広島県では降り始めから概ね250 mm以上の豪雨になると土石流が発生するとされているが、今回は県全体が土石流発生レベルの豪雨を受けたといえる。

図-1は、もっとも大きな雨を観測し、周辺で多くの土石流が発生した呉市安浦町の野呂ダムの雨量計による時間雨量と累積雨量（7月3日から）の推移である。広島県内で観測された降雨には、ほとんどの箇所では発生した7月6日午後から7日午前にかけて2つのピークがあり、最初のピークは6日の19時前後、2回目は7日の4時前後であった。野呂川ダムのピーク時の時間雨量は19時から20時に63.0 mm/h、4時から5時にかけて44.0 mm/hであった。これらの最大1時間雨量は、80 mm/hを超えた2014年広島土砂災害と比較すると小さいが、累積雨量は300 mm以下であった2014年広島土砂災害をはるかに上回り、最大であった野呂川ダムの雨量計は615 mmを記録した。1975年に竣工した野呂川ダム（治水ダム）は7月6日22時の時点でダムの水位が洪水時満水位に達する見込みとなり、建設後43年目で初めて異常洪水操作（流入量に相当する量を放流する操作）を余儀なくされた。このことも今回の豪雨の総雨量が尋常ではない規模であったことを示している。

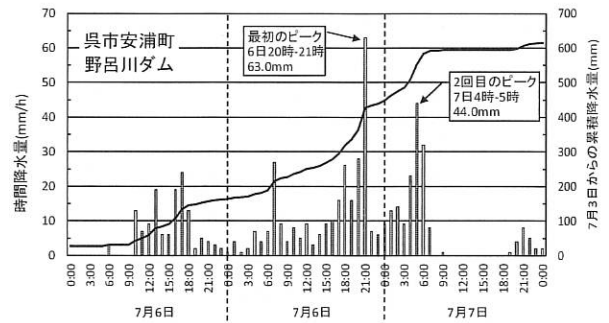


図-1 呉市安浦町野呂川ダムにおける雨量の推移

図-1より、累積雨量が300 mmを超えたのは17時であった。同様の図を本号の「地域ごとの地盤災害の特徴（中国・広島その1）」の図-1（10ページ）にも示しているが、県内各地の土砂災害の発災時間は6日17～22時が多く、いずれも累積雨量が300 mmを超えた時間の前後に土石流による災害が発生した。山陽自動車道では本郷IC～広島東IC間（距離40.8 km）の5か所18渓流で土石流が発生し本線上に土砂が流出したが、多くが20～22時であり発災時の累積雨量は259～318 mmであったとされている。なお、東広島市河内町など一部の土砂災害は2回目の降雨ピーク時に発災している。

以上のように、累計雨量が300 mmに達する前後の時間で土石流が発生し、その後も降雨が継続して累計降雨量が400 mm前後に達したこと、すなわち、土石流発生後も強くまとまった量の降雨が継続した点が特徴といえ、後述する土砂洪水氾濫の発生はこの降雨特性に関係しているのではないかと考えられる。

## 3. 土石流によるインフラ施設の多様な被災

今回の災害のもうひとつの特徴として、土石流の流出がさまざまなインフラ施設に被害を与えたことが挙げられる。広島県における土石流の災害は、これまで斜面に立地する住宅団地における被害が主であったが、今回の災害では、土石流が道路に流出して道路上を移動する現象が多発し、これによって信号待ちをしていた道路利用者が犠牲になった。山陽自動車道、国道2号線、JR山陽本線でも土石流が道路路面や鉄道施設に流出することにより大きな被害が発生した。

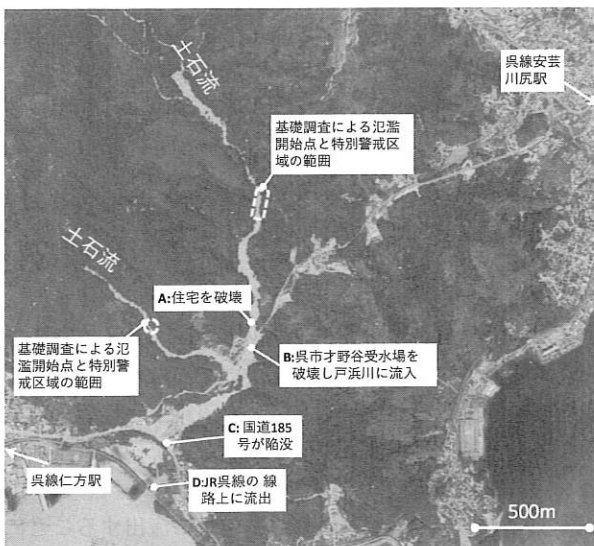
図-2は、土石流がさまざまな施設に被害を及ぼしながら海に流出した例である。呉市川尻町の2つの渓流で発生した土石流が合流し、A地点で住宅を破壊し、B

地点で呉市水道局の受水場を完全に破壊した。さらに、大量の土砂は戸浜川に流出し、C点では国道185号下のカルバートを閉塞させ、その結果道路上に大量の土砂と水が流出し、道路1車線分が陥没した。さらに、流出した土砂は海岸線を走るJR呉線の上を流れて被害を与え、最終的には海に流出した。このように本事例の土石流は源頭部から海までの距離約2kmを流出する過程で住宅、水道施設、道路、鉄道に被害を与えた。特に水道施設の被害の影響は大きく川尻地区では3212世帯が約1か月断水した。土石流による水道施設の被害とそれによる長期間の断水は坂町小屋浦でも発生した。

破壊されたB地点の受水場は、本溪流から発生する土石流による土砂災害警戒区域に位置していたが、氾濫開始点と特別警戒区域からはそれぞれ約500m、400m離れており、土石流によって大きな被害を受けることは予想困難と考えられる。図一2から分かるように、土石流は氾濫開始点の上流から広くかつ深く侵食しながら流下しており、発生土量が基礎調査の予測を大きく上回っていた可能性がある。図一2のように、土石流が溪流から道路や河川に入って長距離を移動し、その過程でさまざまな施設に大きな被害を与えた事例は広島県内で数多く見られた。施設の管理者にとって土石流に対する危険性の予測と対策が今後の課題になると考えられる。

このほかに今回の災害における土石流によるインフラへの被害としては、以下が注目される。

- 山陽自動車道志和トンネルでは、路面に流出した土砂と流木が高速道路のトンネル内に流入し、天然ダムを形成して後続流を1m程度ダムアップし、トンネルの出口まで2000m以上移動する現象が発生した。
- 広島呉道路の盛土部が7月8日早朝に崩壊した。その原因として、山側から流出した土石流が盛土の排水設備を埋没させ、溪流と道路盛土の間に後続の水がダム状に貯留され盛土内に浸透したと推定された。



図一2 呉市川尻町、仁方町の土石流災害（写真：平成30年7月西日本豪雨に関する情報，国土地理院 <http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/H30.taihuugou.html#1>）

- 野呂川ダムでは、ダムに大量の土石流が流入してダムの水位を押し上げ、ダムの洪水調節能力を減少させた。

#### 4. 土石流で発生した土砂量と溪流の基礎調査で算定された土砂量の関係

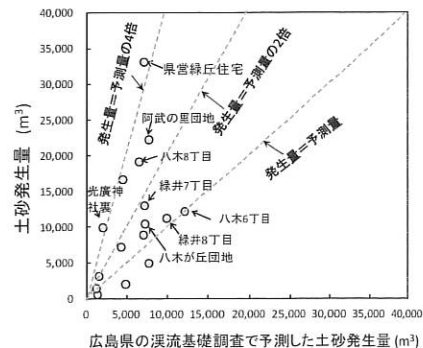
広島県では2014年広島土砂災害に続き、本災害においても山間の住宅団地における土石流災害の犠牲者が数多く発生した。図一3は、2014年広島土砂災害において広島市安佐南区で発生した広島土砂災害で土石流が発生した溪流について、土砂災害特別警戒区域と警戒区域の指定を行うための基礎調査における予測発生土砂量と災害で発生した土砂量の比較である。図のように、16の溪流のうち12の溪流で調査時の予測を上回る土砂が発生し、このうち5つの溪流が想定量の2倍以上、被害がもっとも大きかった県営緑丘住宅上の溪流では発生土砂量は予測の4.6倍であった。

予測土砂量と発生土砂量の違いは、特別警戒区域（レッドゾーン）に指定された範囲と実際に住宅が破壊されるなどの被害が発生した範囲の違いとして表れ、特別警戒区域を大きく外れた範囲で著しい被害が発生した。広島県は2014年災害の被災地のすべての溪流について、被災前後の航空測量データを用いて侵食幅と侵食深を計測した。その結果、侵食深は計算に用いた値と実際の差が小さかったが、侵食幅はそれまで標準的な値としてきた3.5~5.0mよりもはるかに大きく、ほとんどの溪流で10m以上であったことが判明した。図一4は一連の作業から求めた侵食幅と溪流の集水面積との関係である。図より、両者の関係は以下のように求められた。

$$\text{侵食幅 } W(\text{m}) = 10.7 + 53.2 \times (\text{集水面積 } A, \text{ km}^2) \dots (1)$$

2014年以降の広島県による溪流の基礎調査には本式が適用されてきた。

今回の土石流災害で被害が大きかった溪流について、基礎調査時の予測土砂量と発生土砂量との関係を求めると図一5のようになった。呉市天応の土石流の発生量は4~10倍であったが、基礎調査の数字は計算方法改定前の想定土砂量であった。計算式改定前に計算された基礎調査の土砂量は、過小評価であることが改めて確認された。呉市天応と熊野町川角の土石流を除くと、想定土砂量と発生土砂量の関係はほぼ一致しているか、発生土砂量の方が少ない。図一3と比較すると、全体として発生



図一3 2014年広島土砂災害における基礎調査による予測土砂量と実際の発生土砂量の比較（土田ら<sup>2)</sup>）

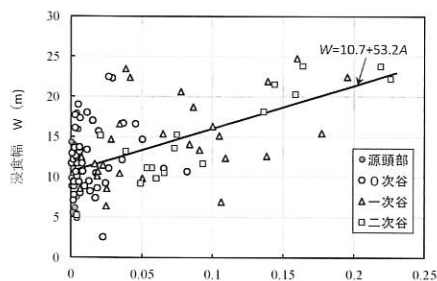


図-4 侵食幅と集水面積の関係を用いた侵食幅と侵食深の測定 (広島県, 2014年広島土砂災害)

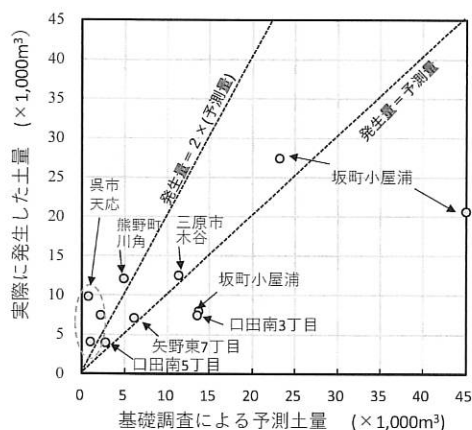


図-5 2018年7月豪雨における基礎調査による想定発生土砂量と実際に発生した土砂量の比較



図-6 熊野町大原ハイツ上の溪流に関する特別警戒区域と警戒区域の指定 (広島県防災 Web)

土砂の見積り精度は向上したといえる。

12名が犠牲になった熊野町大原ハイツの土石流では、基礎調査による想定発生土砂は4868 m<sup>3</sup>であったが、実際には12100 m<sup>3</sup>と2倍以上の土砂が発生した。図-6は、2014年以降の基礎調査に基づく土砂災害警戒区域と特別警戒区域である。図のように土砂の発生を想定した溪流は1本で、特別警戒区域は氾濫開始点の近傍に設定され住宅のある地域は含まれていなかった。図-7に土石流の発生状況を示すが、複数の溪流で発生した土砂が団地内に流入している。図-6と図-7の乖離の原因としては、土石流が発生する溪流の選定と設定した氾濫開始点のずれが考えられる。今回の豪雨は土石流発生後も強い降雨が継続したが、このことが土石流の発生条件や氾濫開始点に影響を与えた可能性がある。これらを検討して基礎調査で設定した土砂災害警戒区域の予測精度を高める必要がある。また、同時に基礎調査の限界を住民に周知し、早めの避難を呼びかけることが重要である。

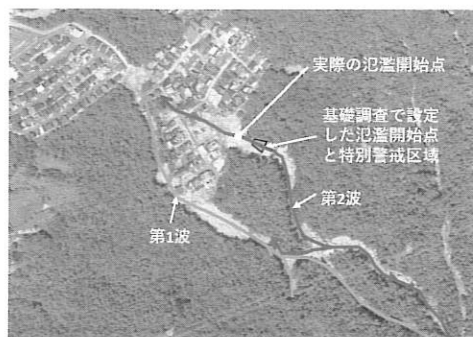


図-7 広島県熊野町大原ハイツの土石流 (写真:平成30年7月西日本豪雨に関する情報, 国土地理院 <http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/H30.taihuu7gou.html#1>)

### 5. まとめと今後の課題

広島県における土砂災害の特徴について述べてきたが、一言でいえば、圧倒的に降水量が多い状況での土砂災害だったといえる。この点は、800 mm以上の降雨により地形が改変したと思われるほどの被害が発生した2017年の北九州豪雨と共通すると思われる。広島県内では土砂洪水氾濫が各地で発生した。土砂洪水氾濫は、土石流が発生するほどの豪雨となった後も強い雨が続き、大量の水が溪流内から流下して土石流として流出した直後の不安定な土砂を巻き込んで河道を埋没・閉塞させながら無秩序に流下していく現象と考えられる。その発生メカニズムはまだ十分解明されていないが、北九州豪雨、西日本豪雨と2年続いた大量の降水量をもたらす豪雨が、地球規模の気候変動によって今後も起こる可能性があると考え、水工学と地盤工学の研究者が協力して早急に研究を進展させ対策を考える必要がある。

土石流災害の対策を考える上で困難な点は、発生源である溪流が私有地であり、発生源対策が難しいことである。多くの溪流では所有が細分化されており、砂防ダムの事業でも用地買収時に所有者の調査に時間を要する場合があるとされている。地盤はそれ自体が災害の原因となり社会に大きな影響を及ぼしうる。気候変動の時代の防災には、私有地も含めた国土全体の公的管理が不可欠であると考えられる。防災の観点から、私有地にも公共が関与できるしくみを構築することが喫緊の課題ではないだろうか。

### 参考文献

- 1) 土木学会中国支部: 2018年7月西日本豪雨災害 調査報告書, 2018, 入手先 <[http://committees.jsce.or.jp/chugoku/system/files/H30%20disaster%20report\\_12.5\\_0.pdf](http://committees.jsce.or.jp/chugoku/system/files/H30%20disaster%20report_12.5_0.pdf)>, (参照 2019.04.11)
- 2) 土田 孝・森脇武夫・熊本直樹・一井康二・加納誠二・中井真司: 2014年広島豪雨災害において土石流が発生した溪流の状況と被害に関する調査, 地盤工学ジャーナル, Vol. 11, No. 1, pp. 33~52, 2016.

(原稿受理 2019.4.19)

# 平成30年7月豪雨での地域ごとの地盤災害の特徴（中国・広島その1）

Regional Characteristics of the Geodisasters: Hiroshima Area, Part1

橋本 涼太 (はしもと りょうた)

広島大学大学院 工学研究科 助教

森脇 武夫 (もりわき たけお)

広島工業大学 教授

土田 孝 (つちだ たかし)

広島大学防災・減災研究センター特任教授 センター長

## 1. はじめに

平成30年6月28日から7月8日にかけて発生した平成30年7月豪雨では広島県全域に多量の降雨があった。筆者らの集計によれば、広島県が管理する雨量計382か所（欠測26）の雨量の平均と標準偏差は3日から6日までの雨量で平均296 mm，標準偏差41 mm，変動係数0.138で，3日から7日までの雨量では平均388 mm，標準偏差58 mm，変動係数0.149であり，県全体に比較的均一に大きな雨量があったことを示している。例として，**図一**に広島市安芸区役所での降雨履歴を示す。ここには，いくつかの土砂災害の発生時刻も合わせて記載している。特徴として7月6日夜と7日未明の2回降雨強度のピークがあったことが挙げられ，多くの土砂災害はこれらの時間帯に発生した。

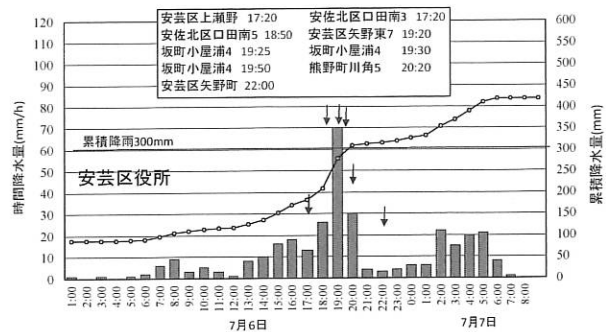
広島県内の土砂災害発生箇所は1242箇所，それによる死者・行方不明者は87名であり<sup>1)</sup>，本豪雨の死者・行方不明者の総数116名の75%に達している。また，2014年の広島土砂災害の75名（災害関連死1名を含む），1999年の6.29豪雨災害の死者・行方不明者32名を大幅に上回り，近年で最も多くの犠牲者を出した災害であった。

今回の西日本豪雨による土砂災害の調査を行った結果から，今後の災害・防災研究のための重要な課題として，道路・鉄道・水道等の社会基盤施設における土石流被害，危険渓流における基礎調査と実際の発生土量及び被害規模の相違，巨石を含む土石流による甚大な住宅被害が挙げられる。本稿では筆者らが調査を実施した災害現場のうち，広島市安芸区県道34号線昭和入口交差点，及び安芸郡熊野町5丁目（**図二**）で発生した土石流による被災事例について述べる。

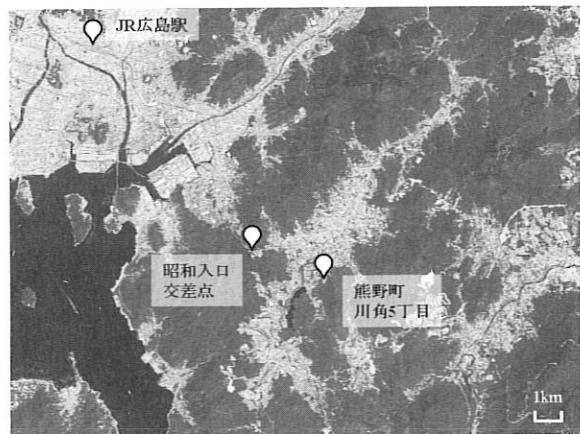
## 2. 広島市安芸区県道34号線昭和入口交差点

### 2.1 調査地の概要

ここでは，7月6日の夜に県道34号線の昭和入口交差点周辺で発生した土石流による道路利用者の被災事例について記す。**図三**に被災地の位置と周辺の道路，河川の配置を示す。本地点は矢野方面，熊野町方面，呉市焼山方面の結節点となっている交差点である。熊野町方面から矢野方面につながる県道34号線が矢野川と昭和入



図一 広島市安芸区役所の降雨履歴と発災時刻



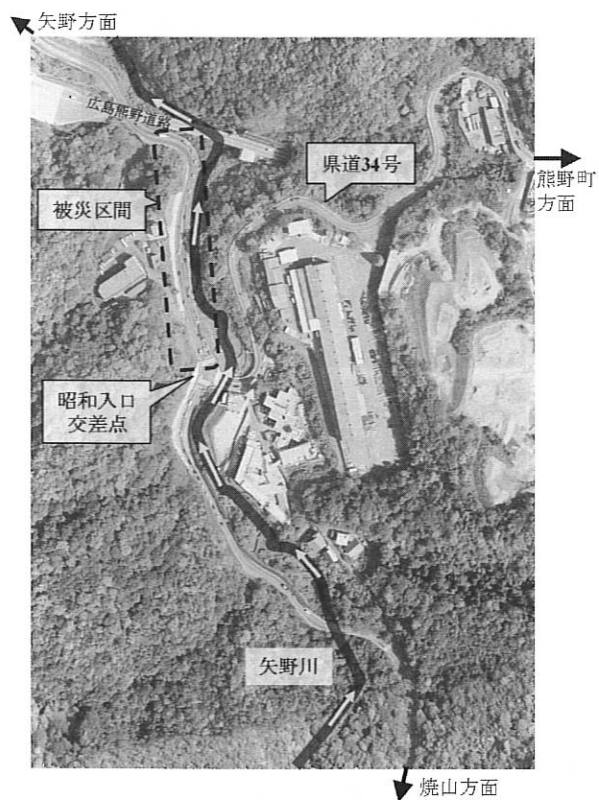
図二 本稿で取り上げる災害現場の位置（国土地理院地図国土電子 Web に加筆）

口交差点にて交差した後，広島熊野道路の高架をくぐり，川と並行して北へ下る複雑な地形条件の場所である。この地域には中生代後期白亜紀セノマニアン期～サントニアン期に形成された花崗岩が分布している<sup>2)</sup>。

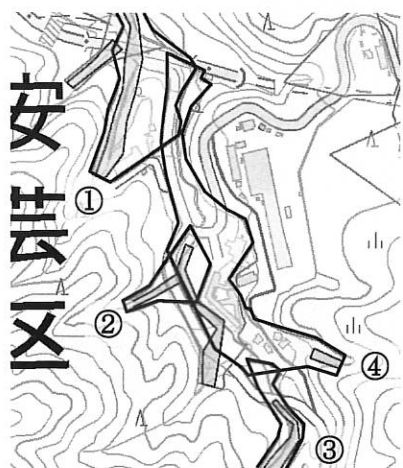
災害発生時点で周辺には6つの渓流について，指定前ではあったが土石流特別警戒区域，警戒区域が広島県から公開されていた（**図四**）。本災害では実際に**図中**の①～④の4つの渓流で土石流が発生した。被災箇所は交差点から広島熊野道路の高架下カーブまでの約200 m，勾配8%程度の下り坂区間であり，7月6日夜に交差点で信号待ちをしていた複数台の車に大量の土砂と流木が濁流とともに流れ込んだ。

### 2.2 被害の状況

写真一は道路上で被災した車両の様子である。道路



図一3 昭和入口交差点周辺の地理的状況（国土地理院地図国土電子 Web に加筆）



図一4 交差点周辺の土石流警戒区域・特別警戒区域（広島県防災 Web に加筆）

は北（写真の奥）に向かって下っているため、複数の車両が土砂、流木によって交差点のある坂の上方から広島熊野道路の高架の方向に押し流された（写真一1 (a)）。その途中で、倒れた電信柱に引っかかっている車両（写真一1 (b)）があった他、カーブのガードレールを突き破り広島熊野道路の高架の桁に挟まっている車もあった（写真一1 (c)）。また、道路は矢野川と並行しているが、川側には陥没が発生し（写真一1 (d)）、河道に転落した車両もあった。なお、本地点では発災当時、通行止め等の規制は行われていなかった。

### 2.3 土砂の流下経路と推定される被災メカニズム

つづいて、車両を襲った土砂の流下経路の全体像を述べる。図一5は、国土地理院が公開している被災後の空



写真一1 道路上の被災状況



図一5 推定される土砂の推定流下経路（国土地理院地図国土電子 Web に加筆）



写真一2 昭和入口交差点から見た矢野川の土砂堆積状況

中写真である。昭和入口交差点周辺には大きく分けて2つの流れがあったと考えられる。1つは溪流②の土砂が焼山方面の道に流出した後、その勾配により交差点へと下る流れであり、もう1つは溪流③④の土砂が矢野川沿いに流下するものである。写真一2は、災害発生直後（7月14日）と土砂撤去後の8月4日に交差点から矢野川の上流を見た様子である。矢野川は昭和入口交差点で道路下に埋設されたカルバートを通して県道と交差しているのであるが、7月14日時点ではカルバートが土砂で閉塞し、深さ5m程度の河道が完全に埋まっていたことが分かる。すなわち、後続の土砂や水が河道から溢流して道路上へと流れ出る土砂洪水氾濫により、交差点から北に下る道路上での被害があったと考えられる。

本地点以外でも山間で中小河川と道路が並走している

箇所では同様のリスクが存在すると考えられ、土石流による直接的な人命・住宅被害だけでなく、構造物を含む微地形を加味した影響評価の重要性を示唆している。また、今回発生した土石流はいずれも指定前の警戒区域・特別警戒区域として公開されていたものの、通常事前通行規制が適用されない、沿道に危険渓流を有する一般道での豪雨時の対応も今後の課題となる。

### 3. 安芸郡熊野町川角5丁目

#### 3.1 調査地の概要

安芸郡熊野町では7月6日の夜から7月7日の朝にかけて、熊野町を取り囲む安芸郡海田町、広島市安芸区、呉市焼山との境界付近で多数の土石流が発生し、死者12名、重傷3名、軽傷1名、計16名の人的被害が出た<sup>3)</sup>。このうち、死者12名はすべて熊野町川角5丁目の大原ハイツにて生じた土石流によるものであり、ここではその調査結果について記す。

本地点は、熊野町南東部に位置する三石山（みついわやま、標高449 m）の西側の谷間に昭和40年代から開発された住宅団地である。周囲の地質は先述の昭和入口交差点周辺と同じく中生代後期白亜紀セノマニアン期～サントニアン期に形成された花崗岩分布域である<sup>2)</sup>。本災害では、7月6日の20時頃にこの三石山の山頂付近から土石流が複数箇所発生し、そのうちの2つが大原ハイツに流入した。ここでの被害の特徴として巨石を含む土石流による深刻な住宅被害が挙げられる。

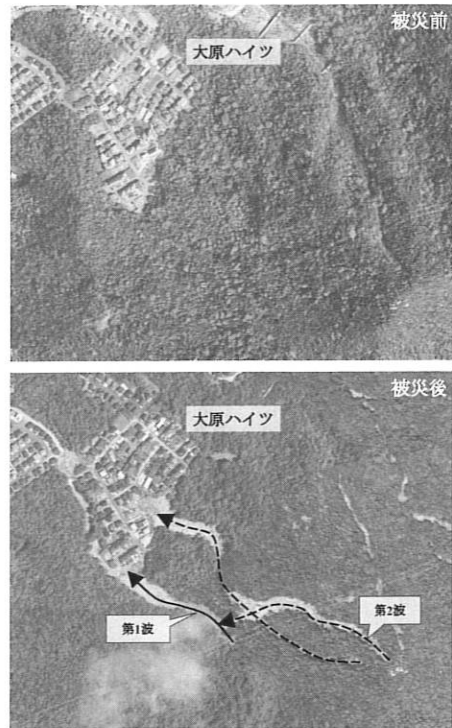
#### 3.2 被害の状況

図一6は、国土地理院が公開している被災前後の空中写真を比較したもので、被災前の写真は平成21年4月、被災後の写真は平成30年7月11日に撮影されたものである。図中には発生した土石流の流下状況の概略も合わせて表示している。まず、南側の渓流からの土石流が住宅地の南側に流れ込み（第1波）、その後、あまり時間をおくことなく北側の土石流が住宅地の中央に流入した（第2波）。詳しくは後述するが第2波は一部尾根を乗り越えて南側の渓流へも流れていた。住宅地に流入した土石流は住宅地の出入り口となっている唯一の道路に流入・堆積したため、土石流が発生した直後から数時間は住宅地から車での避難が不可能になっていた。

写真一3は、北側の渓流の土石流が直撃した最上部の住宅の写真であり、3.5 m×3.5 m×1.5 m程度の巨石が流入し、住宅が全壊している。この他にも、住宅地の上部（山側）では1 m前後の巨石が多数住宅に流入し、被害の拡大につながっていた。

写真一4は、住宅地の直上の渓流の様子を撮影したものであり、3~4°の勾配で土砂が堆積するとともに、1~2 mの巨石も点在していた。写真一5は、土石流が流下した渓流の側方斜面であり、斜面勾配は約37°で、斜面には1~3 m程度の巨石が多数存在していた。

写真一6は、渓流の中間部（住宅地から250 m程上流）であり、やや緩勾配になっている溪床には10 mを超える巨石が多数残っていた。これらは現在も渓流内に存在



図一6 大原ハイツにおける被災前後の比較（国土地理院地図国土電子 Web に加筆）



写真一3 巨石の被害を受けた住宅



写真一4 住宅地直上の北側渓流（下流から）



写真一5 土石流が流下した渓流の側方斜面（右岸）

し、モニタリングが継続されている。巨礫の下には過去の堆積物があり、土石流が繰り返り発生していたことを



写真一六 中間部に残る10m 超級の巨石



写真一七 標高300 m 付近の土石流の合流部

物語っている。

写真一七は、北側の土石流と南側の土石流が合流している標高300 m 付近の様子を示したもので、北側の土石流は上部でやや湾曲しているため、土石流の一部は湾曲に沿って小さな尾根を乗り越えて南側の溪流に流入している。北側の溪流からの土石流が南側の溪流の土石流の堆積物の上に堆積していることから、南側の溪流の土石流が早く発生したと推定される。

### 3.3 警戒区域・特別警戒区域と被害実態の比較

図一七は、土砂災害警戒区域・特別警戒区域と実際に被害が発生した場所（図一六）とを比較したものである。広島県によって指定されている土砂災害警戒区域・特別警戒区域図では、大原ハイツに被害を及ぼすと想定された溪流は二河川支川21（区域番号：I-2-3-61）で、特別警戒区域は土石流によって全壊した最上部の住宅から約60 m 上流で標高250 m 付近までとなっており、この区域で想定される力の最大値は $36.24 \text{ kN/m}^2$ で、土石流の高さは0.70 m と推定されていた。

実際の土石流は想定された特別警戒区域より約100 m 以上下流の住宅を倒壊させ、大きな被害を出している。一方、土石流の流下範囲と警戒区域は比較的一致しており、警戒区域では土砂災害の危険性が高いことが裏付けられた。また、大原ハイツに被害を及ぼす溪流としては二河川支川21しか記載されていないが、実際には住宅地の北側でも小さな土石流が起り、人的被害は出ないが住宅に流入している。南側溪流で発生した土石流も区域図には記載されておらず、想定外の土石流が住宅地に流入していた。なお、区域指定のための基礎調査で想定していた土砂発生量は $4\,868 \text{ m}^3$ であったが、実際に発生した土砂量は $12\,100 \text{ m}^3$ と推定され<sup>4)</sup>、想定約2.5倍の土砂が住宅地に流出し、大きな被害の出る原因



図一七 土石流警戒区域・特別警戒区域と発生状況の比較  
(広島県防災 Web に加筆)

の一つになった。また、上述の通り本サイトでは巨石の流出による家屋の損傷が甚大であり、溪流内に残る岩塊の安定性や砂防施設の設計時の影響評価の重要性を示すものである。

## 4. おわりに

広島県内では過去にも幾度となく豪雨による土砂災害が繰り返されているが、平成30年7月西日本豪雨では県全域に多量の雨が降ったことで、過去に例のない多様な形態の土砂災害が生じた。本稿ではそのごく一部ではあるが、示唆的な事例について報告した。その特徴をまとめると以下の通りである。

- 県道34号線昭和入口交差点では流出した土石流が道路上を流下し車両を襲う事例が見られた。この際、県道と交差する河道の閉塞による土砂洪水氾濫の発生が被害を拡大させたと考えられる。
- 熊野町川角5丁目では巨石を含む土石流による甚大な住宅被害をもたらした。また、基礎調査では想定されていなかった土石流の発生も被害拡大の要因となった。

### 参 考 文 献

- 1) 平成30年7月豪雨による土砂災害の発生状況：広島県、入手先 <<https://www.pref.hiroshima.lg.jp/soshiki/100/hasseijoukyou.html>> (参照 2019.04.02)
- 2) 日本シームレス地質図 V2：国立研究開発法人産業技術総合研究所、入手先 <<https://gbank.gsj.jp/seamless/v2full/>> (参照 2019.04.05)
- 3) 平成30年7月豪雨災害による被害等について（最終報）：広島県、入手先 <<https://www.pref.hiroshima.lg.jp/soshiki/4/higaihousaisyu.html>> (参照 2019.04.05)
- 4) 土砂災害警戒区域等における検討事項，平成30年7月豪雨災害を踏まえた今後の水害・土砂災害対策のあり方検討会（第1回砂防部会）資料4-1：広島県、入手先 <<https://www.pref.hiroshima.lg.jp/soshiki/99/arikatakento.html>> (参照 2019.04.05)

(原稿受理 2019.4.8)



# 平成30年7月豪雨での地域ごとの地盤災害の特徴（中国・広島その2）

## Regional Characteristics of the Geodisasters: Hiroshima Area, Part 2

土 田 孝 (つちだ たかし)

広島大学 防災・減災研究センター長

後 藤 順 治 (ごとう じゅんじ)

西日本高速道路㈱ 中国支社保全サービス事業部 保全第一課長

川 本 暁 (かわもと あきら)

国土交通省中国地方整備局 広島国道事務所 管理第二課長

森 脇 武 夫 (もりわき たけお)

広島工業大学 教授

今 井 卓 也 (いまい たくや)

西日本旅客鉄道㈱ 広島支社 施設課長

橋 本 涼 太 (はしもと りょうた)

広島大学 大学院 工学研究科 助教

### 1. はじめに

広島県における西日本豪雨災害の最大の特徴のひとつは、土砂災害によって交通網とライフラインに大きな被害が発生したことであった。特に、道路、鉄道、上水道などのインフラ施設、ライフライン施設への土石流による被害は、今後の防災研究上重要と考えられる。道路利用者の被害についてはその1で述べた広島市安芸区県道34号昭和入口交差点での災害があったが、広島県内各地で土石流が道路や鉄道施設の上に大量に流出し交通網を寸断させ、上水道施設にも重大な被害をもたらした。また、河川と平行した道路や鉄道における大規模な土砂流出と陥没、大量の土砂が河道を閉塞し土と水が無秩序に流れる土砂洪水氾濫による道路・鉄道施設の被害も今回の災害の特徴といえる。ここでは広島県内における代表的な被災事例について述べる。

### 2. 土石流と陥没による道路の被害

#### 2.1 山陽自動車道における土石流の被害

山陽自動車道の重篤被災箇所は本郷 IC～広島東 IC間（距離40.8 km）で5か所、18溪流で土石流が発生し、本線上に土砂が流出する被害が発生した。災害は6日の20時から7日の7時の間で発生した。発災時の累積雨量は259～318 mmであり、いずれも雨量が規制値に



図一 山陽自動車道志和トンネルの東広島側入口付近で発生した土石流

達して通行を規制した後の発災であった。図一は西条 IC～志和 IC間の志和トンネル東広島側入口付近で6日20時頃に発生した土石流の状況である（流出量推定値は約2 000 m<sup>3</sup>）。土石流の一部と流木はトンネルの入口からトンネル内に流入し、広島側出口に向かって流れた。このとき、流木と土砂がトンネル内で「天然ダム」を形成し、1 m程度の水位を保ったまま広島側出口まで約2 100 mをゆっくりと出口に向かって移動する状況がトンネル内に設置された監視カメラで撮影された（図二）。志和トンネル内は東広島側から広島側にかけて下りの勾配が続いており、本事例は路面が傾斜したトンネルの出入り口付近で土石流が発生する場合、トンネル内への流入と移動を考慮した対策が必要になることを示している。なお、本郷町の本谷トンネルでも6日22時頃



図二 山陽自動車道志和トンネル内を移動する土砂と流木でできた「天然ダム」



図三 山陽自動車道高屋 JCT-河内 IC間の土石流災害

に坑口付近に流木・土砂が流入したがトンネル内への移動はなかった。

図-3は高屋JCT-河内IC間の土石流災害である。図のように平行した2本の渓流から土石流が流出した。被災前後の航空レーザー撮影から求めた土砂流出量の推定値は、それぞれ約3000m<sup>3</sup>であった。この2本の土石流は山陽自動車道に土砂を堆積した後に下流の住宅に流出し被害を及ぼしたが、道路面を移動する現象は見られなかった。

山陽自動車道は発災から約1週間後の7月14日に開通し、主要な交通インフラが途絶していた広島地域の復興に大きく貢献した。早期の交通規制により人的被害が無かったことが早期復旧につながったと考えられる。

### 2.2 広島県道路（クレアライン）の盛土崩壊

広島県道路では主要な降雨が終わって約1日経過した7月8日午前8時頃に盛土造成部が大きく崩壊した。崩壊した土砂は本道路と平行に走っていた国道31号とJR呉線の上に流出し、呉市と広島市を結ぶ3つの交通施設が同時に途絶する結果となった。図-4に崩壊の状況を、図-5に崩壊部の断面図を示す。図のように、崩壊箇所では2車線の供用車線の山側に将来4車線化するための用地として高さ約3m、幅約14mの盛土があり、将来車線用盛土を含む約13000m<sup>3</sup>が崩壊した。また、盛土内には排水用に直径1.5m、長さ79.85mのコルゲートパイプが埋設されており、山側にはその呑口が設置されていた。NEXCO西日本は発災直後に災害復旧に関する検討委員会（委員長は村田秀一山口大学名誉教授）を設置し、崩壊の原因と復旧対策の検討を行った<sup>1)</sup>。

本災害の特徴は、主要な降雨が終わった7日6時から1日以上経過した8日7時5分～8時35分の間に崩壊が起こったことである。NEXCO西日本では累積降雨

が300mmを超えた6日の21時から崩壊を確認した午前8時35分までの間に10回の巡視を行っていたが、崩壊区間の路面上で冠水が報告されていたほかの異常の確認は無かった。調査の結果、6日の19時頃から7日早朝の間に崩壊箇所の山側の渓流で土石流が発生していたことが判明した。図-6に被災前後の航空レーザー撮影によるデータから求めた土砂の動きを示すが、山側の渓流では1200m<sup>3</sup>の侵食量が計算されており、流出土砂の一部が山側と崩壊した道路盛土の間のコルゲートパイプ呑口付近に堆積している。実際に呑口には約3mの厚さで土砂が堆積し完全に閉塞していた。図-7は崩壊の翌日に観察された山側と道路盛土のポケット部における水たまりである。これらより、検討委員会では崩壊のメカニズムは以下のように推定した。

- ①時間雨量最大となった6日19時頃に土石流が発生
- ②流出土砂が渓流斜面と道路盛土間のポケット部に堆積しコルゲートパイプの呑口が閉塞
- ③その後の降雨によりポケット部に表面水が貯留
- ④表面水が盛土内に浸透する。また、貯留容量を超えた表面水は将来車線用盛土の天端を越流し、供用車線を冠水して盛土海側斜面を流下し、法面にガリ侵食を発生させる
- ⑤盛土内の雨水浸透により地下水位が高まり、盛土崩



図-4 広島県道路における盛土の崩壊

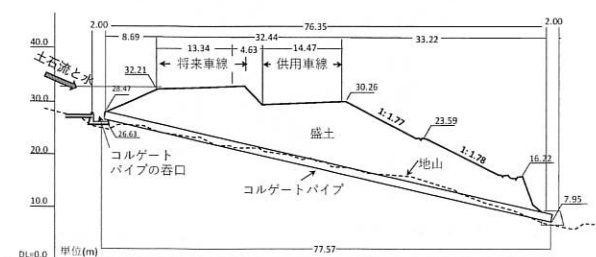


図-5 広島県道路の崩壊箇所の断面図

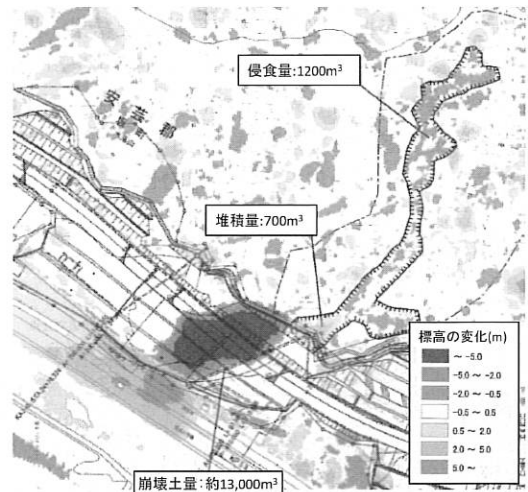


図-6 被災前後の航空レーザー撮影データから求めた被災前後の土砂の動き（被災前の広島県が2014年に撮影したデータを使用）



図-7 崩壊箇所から広島県近傍の道路と渓流間のポケット部に観察されたプール状の水たまり（7月9日）

壊が発生

本事例は土石流の流出が盛土の排水機能を破壊し、降雨から1日以上経過して大きな盛土崩壊をもたらした事例として、同様な箇所に建設されている盛土構造物の土石流対策の必要性を示している。

2.3 国道2号における土石流の被害

広島地域のもっとも重要な道路である国道2号は11か所で寸断されたが、土石流による被害が10か所であった。図一8は東広島市八本松付近の国道2号と国道2号から山陽高速道路志和ICに向かう県道83号付近で発生した土石流を示している。7月6日の19時頃にほぼ同時に6か所の溪流から土石流が発生した。

図一9は国道2号の溝迫交差点に向かう道路(図一8で(A)と表示)の翌9日の状況で、図中の高架道路は国道2号から別れて志和ICに向かう県道83号である。土砂とともに大量の流木が路面上を流出し、流出量は土砂約8000m<sup>3</sup>、流木約3000m<sup>3</sup>であった。この道路の両側は木造一戸建ての住宅団地であるが、敷地が道路面より1m高く盛土していたため、住宅の被害は皆無であった。図一10は、図一9にある高架道路から400m先の国道2号溝迫交差点付近の状況で、大量に流出した土砂により車両が埋まり道路の機能が失われている。

図一8の図中に示して掘削工事(B)の箇所では、2号バイパス建設のため掘削工事が行われていた。ここでは流出した土石流が掘削部を埋めて堆積した結果、掘削箇所の先にある県道83号には土石流が到達しなかった。掘削工事現場の責任者の方の話では、土石流が到達する少し前に異臭を感じ直ちに避難の指示を出して、現場から離れたときに山側から土石流が流出し、掘削部を埋めたということであった。

以上のように、19時前後の道路利用者が多い時間帯



図一8 国道2号八本松付近における土石流災害



図一9 西条バイパスから溝迫交差点に向かう道路の状況

において、溪流から流出した土石流が道路上を数百m移動するという現象が起こったが、人的被害がなかったことは幸いであったといえる。

2.4 河川と平行する国道2号における陥没の被害

今回の豪雨災害では多くの河川において高水位の状態が長期間継続したため、河川と平行する道路の陥没被害が多発した。図一11は広島市安芸区中野東の平原橋付近における国道2号の被災状況である。図一12に地図を示すが、陥没は河川が湾曲して直線に入る箇所の橋梁の両側で、6日21時44分頃、最高水位に近いときに発生した。陥没の規模は護岸から最も深い箇所では3車線分約11mに及んでおり、復旧には14日を要した。同様の陥没は、小規模な都市河川でも多発しており、これまで水工学分野の「侵食」として取り扱われてきたが、地盤工学的な観点からの取り組みも必要であると考えられる。

3. 鉄道における土砂被害

3.1 八本松～瀬野駅間の土石流災害

広島県内の鉄道施設において大きな被害が発生したの



図一10 国道2号溝迫交差点付近の土石流の跡



図一11 広島市安芸区中野東における国道2号の陥没 (中国地方整備局広島国道事務所提供)



図一12 陥没発生箇所

は、山陽本線三原駅～海田市駅間21か所、呉線三原駅～海田市駅間12か所、芸備線備後落合駅～下深川駅間道路野駅間8か所、福塩線府中駅～塩町駅間2か所であり、そのほとんどは土砂流入、盛土・バラスト流出、斜面崩壊であった。

図一13は山陽本線八本松～瀬野駅間で発生した土石流災害であり、図のように線路上に大量の土砂が流出した。図で土砂流出箇所から右に200 mほど離れた地点では溪流からの大量の水が線路を越流し延長約57 mにわたって3 500 m<sup>3</sup>の鉄道盛土が流失した。

### 3.2 本郷～河内駅間沼田川隣接箇所の盛土流出被害

図一14は山陽本線の本郷～河内駅間における線路盛土の流出の状況である。この区間では山陽本線は沼田川及び県道33号と並行している。また、被災箇所は沼田川が右に曲がり直線部分に入った直後に位置しており、この点は2.4で述べた国道2号の陥没箇所と類似している。沼田川の増水によってまず県道33号が完全に流出し、次に山陽本線の盛土が延長約70 m、高さ約10 m、幅約10 mの規模で流出した。本被災箇所は山陽本線における最大の被害となり復旧に86日を要したため、旅客の利用のほか、JR貨物の輸送ネットワークに甚大な影響を生じた。本事例及び2.4の事例のように河川と隣接している基幹的な交通インフラにおいて、増水時の地盤の陥没・流出を防止することは重要な課題であり、現象の解明と対策の検討が必要と考えられる。

### 3.3 瀬野駅、水尻駅における土砂の流入

今回の豪雨により、広島県内では大量の土砂を含む水による土砂洪水氾濫が各地で発生した。土砂洪水氾濫は、土石流が発生した後にさらに大量の水が溪流内から流下し、流出した直後の不安定な土砂を巻き込んで河道を埋没・閉塞させながら無秩序に流下していく現象である。山陽本線瀬野駅は、瀬野川の支川榎ノ山川と瀬野川との合流点から100 mの距離に位置している。榎ノ山川は瀬野川との合流点の300 m上流で河道が閉塞し、6日21時頃から氾濫が始まり、浸水深さは1.0～1.3 mであった<sup>2)</sup>。図一15に瀬野駅に流入・堆積した土砂の状況を示すが、線路上に堆積した土砂の厚さは最大で約1.0 mであった。土砂洪水氾濫による広範囲における埋没は、呉線水尻駅でも発生し、約4 200 m<sup>3</sup>の土砂が堆積した。

## 4. おわりに

本稿で紹介したように、今回の災害では土石流が幹線道路、鉄道に大きな被害を与えた。道路、鉄道以外にも、呉市川尻と坂町小屋浦では土砂災害警戒区域内に設置されていた上水道施設が流下した土石流の被害を受け、1か月以上の断水被害が発生した。今後、重要なインフラにおける土石流対策が課題になると考えられる。また、広範囲にわたり河川が増水したため、河川と隣接した道路や鉄道で陥没・流出が多発した。交通施設に大規模な陥没被害が発生すると復旧に長時間が必要となりその影響は大きい。さらに、土砂洪水氾濫による道路や鉄道施設の埋没も各地で発生した。これらの現象の解明と対策



図一13 八本松～瀬野駅間の土石流災害



図一14 本郷～河内駅間沼田川の増水による盛土陥没



図一15 山陽本線瀬野駅における土砂の流入

の検討が今後の課題になると考えられる。

### 参考文献

- 1) 西日本高速道路㈱：広島呉道路災害復旧に関する検討委員会報告書，2018。
- 2) 土木学会中国支部：2018年7月西日本豪雨災害調査報告書，2018，入手先 <[http://committees.jsce.or.jp/chugoku/system/files/H30%20disaster%20report\\_12.5\\_0.pdf](http://committees.jsce.or.jp/chugoku/system/files/H30%20disaster%20report_12.5_0.pdf)>，(参照 2019.4.11)

(原稿受理 2018.4.12)