

# 2013年7月の山口・島根豪雨災害における阿武川の被災状況に関する検討

A STUDY ON DISASTER SITUATIONS OF ABU RIVER AT YAMAGUCHI-SHIMANE HEAVY RAIN IN JULY 2013

赤松良久<sup>1</sup>・上鶴翔悟<sup>2</sup>・高村紀彰<sup>3</sup>・永野博之<sup>4</sup>・赤堀良介<sup>5</sup>・羽田野袈裟義<sup>6</sup>・前野詩朗<sup>7</sup>・三石真也<sup>8</sup>・朝位孝二<sup>1</sup>

Yoshihisa AKAMATSU, Shogo KAMITSURU, Yoshiaki TAKAMURA, Hiroyuki NAGANAO, Ryosuke, AKAHORI, Kesayoshi HADANO, Shiro MAENO, Shinya MISTUISHI and Koji ASAI

<sup>1</sup>正会員 博(工) 山口大学大学院准教授 理工学研究科社会建設工学専攻  
(〒755-8611 山口県宇部市常盤台2-16-1)

<sup>2</sup>学生会員 工学 山口大学大学院生 理工学研究科社会建設工学専攻  
(〒755-8611山口県宇部市常盤台2-16-1)

<sup>3</sup>非会員 工修 中電技術コンサルタント(株)  
(〒734-8510 広島市南区出汐二丁目3番30号)

<sup>4</sup>正会員 博(工) 八千代エンジニアリング(株) 名古屋支店  
(〒460-0003 愛知県名古屋市中区錦3-10-33)

<sup>5</sup>正会員 Ph.D. 愛知工業大学准教授 工学部都市環境学科土木工学専攻  
(〒470-0392 愛知県豊田市八草町八千草1247)

<sup>6</sup>フェロー会員 工博 山口大学大学院教授 理工学研究科社会建設工学専攻  
(〒755-8611 山口県宇部市常盤台2-16-1)

<sup>7</sup>フェロー員 工博 岡山大学大学院教授 環境生命科学研究科社会基盤環境学専攻  
(〒700-8530 岡山市北区津島中3-1-1)

<sup>8</sup>正会員 博(工) 山口大学大学院教授 理工学研究科環境共生系専攻  
(〒755-8611 山口県宇部市常盤台2-16-1)

Unprecedented heavy rainfall occurred in Yamaguchi and Shimane Prefectures on July 2013. These regions suffered severe damage brought by floods during the rainfall. In order to investigate the characteristics of the damage and the mechanisms of land erosion by the floods, post-disaster survey and numerical simulation were conducted for Abu River in Yamaguchi along which three railway bridges were washed out and soil in agricultural lands was intensively eroded. The results of the field observations and the two-dimensional flow analysis indicate that the overflow at a meandering point of the river caused land erosion, and the strong flows were induced at the points where one of the railway bridges was washed out.

**Key Words :** heavy rainfall, flooding, bank erosion, numerical simulation, Abu River

## 1. はじめに

山口県・島根県における2013年7月28日の豪雨は、広範囲における洪水被害や、山腹の崩壊に起因した甚大な土砂災害をもたらした。被災地域は県境に位置する中山間地である。また、集落への限られたアクセス道路は、山際の河川沿いに位置しており、それらが寸断されるこ

とで、孤立集落が発生した。著者らは、災害当日より被災地に入り、河道内の洪水流下状況や氾濫の様子、災害直後の痕跡状況などについて調査を行ってきた。洪水被害が発生した地域において特徴的であったのは、河岸・農地・鉄道盛土の侵食による被害が著しいことであった。都市部に比べて、コンクリートやアスファルトによる土地の被覆が少なく、木造家屋の多い中山間地においては、河道内の護岸や堤防の侵食のみならず、氾濫流による後

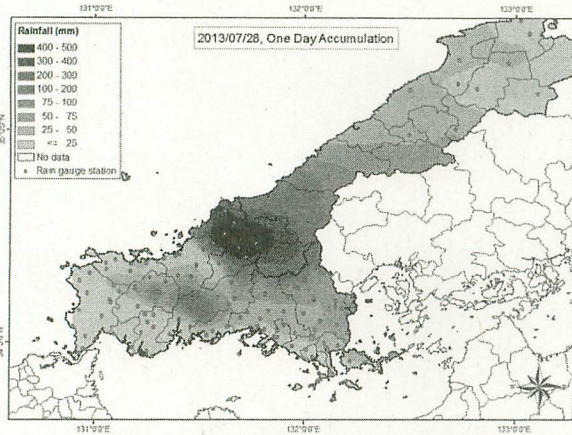


図-1 7月28日の累積雨量平面分布

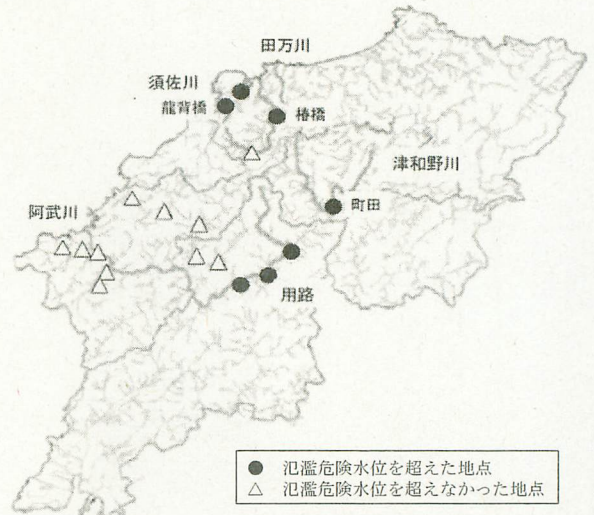


図-2 被災流域近傍の観測地点

背地（農地等）の侵食への対策を行うことが重要である<sup>1)</sup>。しかしながら、洪水氾濫被害は、浸水深や氾濫域に着目して議論されることが多く<sup>2),3)</sup>、後背地の侵食については未だ不明な点が多い。また、中山間地における豪雨災害の水理的な検討は都市域に比べて少ない。

本研究は、このたびの災害における降雨・河川水位の特性を調べるとともに、特に河道内や後背地において侵食被害が著しかった山口県阿武川流域を対象に、現地調査および数値解析を通じて、その被災特性について調査・検討したものである。

## 2. 2013年7月28日の山口・島根豪雨の概況

### (1) 降雨特性

7月28日の日本付近は大気の状態が非常に不安定であったことに加えて、対馬海峡から山陰方面に向かって暖かく湿った空気が流れ込んだことにより、山口県付近で大雨が発生しやすい状況となった。山口県付近では、発達した雨雲が次々と流れ込み、28日朝から昼過ぎにかけて北部や中部の一部で猛烈な雨となった。須佐（萩市）で28日12時20分までの3時間に7月の月降水量の平年値（281.6ミリ）を上回る301.5ミリを観測したことに加え、それまでの日降水量の最大値、日最大1時間降水量の値を更新し、徳佐（山口市）においても日最大1時間雨量を更新した。島根県においても津和野町森村で最大1時間降水量および最大24時間降水量の観測史上最大値を更新するなど被災地域では記録的な大雨となった<sup>4),5)</sup>。図-1に7月28日の累積雨量の平面分布を示す。山口と島根の県境の徳佐、津和野、須佐を中心に大雨となった事が示されている。これらの地域の日雨量はそれぞれ、324mm、381mm、351mmである。また、山口市中心部においても累積雨量が高くなっている。

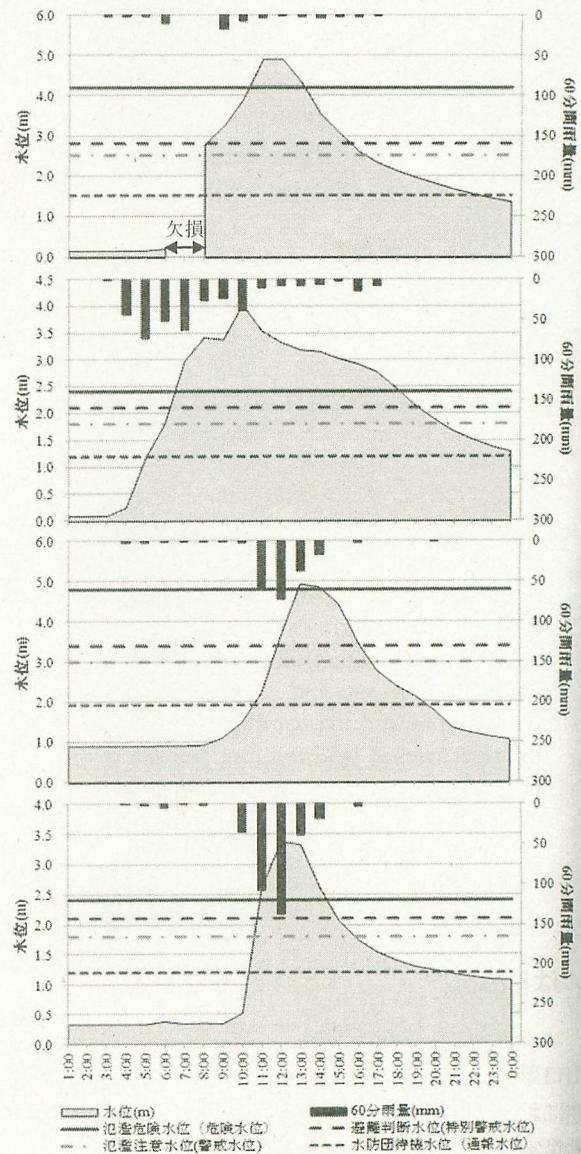


図-3 被害発生流域内の雨量・水位観測所における雨量・河川水位の時系列変化

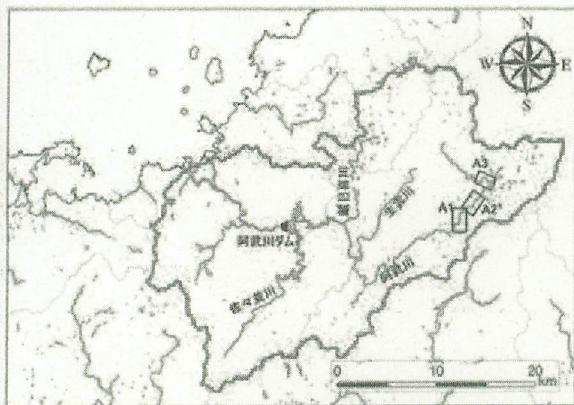


図-4 阿武川の流域図

## (2) 河川水位特性

本豪雨における被害発生流域は、山口県下では阿武川流域、田万川流域、須佐川流域（いずれも二級河川）、島根県では一級河川高津川の左支川である津和野川流域の4流域に大別される。図-2はそれらの流域周辺の山口県・島根県の水位計設置個所のうち氾濫危険水位を超えた地点を●、超えなかった地点を△で示したものである。図-3は、今回の豪雨により被害が発生した流域内の雨量・水位観測所における雨量・河川水位の時系列変化を示している。阿武川では用路、津和野川では町田、須佐川では龍背橋、田万川では椿橋地点でのデータを用いた。阿武川の用路以外は雨量と水位の時系列変化が概ね対応する。一方、用路は雨量が他地点と比較して著しく小さい。加えて雨量と水位の時系列変化が対応しない。このことから、用路における水位上昇は、当該地点の降雨よりも、上流域での降雨による洪水の流下によるものであることがわかる。また、津和野川の町田地点では時間雨量では最大でも70mm程度であったものの、4時～18時にわたる降水により長時間にわたって氾濫危険水位を超える状態が続いた。さらに、須佐川の龍背橋および田万川の椿橋地点では11時～14時の集中豪雨によって、急激に水位が上昇し氾濫危険水位を超えたことがわかる。田万川以外の3地点では、ピーク水位は氾濫危険水位を概ね1.0m程度上回ったことがわかる。

## 3. 阿武川の被災状況

図-4に阿武川の流域図を示す。阿武川ダム上流域では、阿武川、蔵目喜川、生雲川において、護岸崩壊、堤防浸食、橋梁流出などの甚大な被害が発生した。図-3に示したとおり、阿武川流域の用路地点においては氾濫危険水位を大きく超過しており、阿武川ダムの上流域では多くの地点で堤防を越水して氾濫が生じた。一方で阿武川ダム下流域の水位計測地点のうち氾濫危険水位を越す地点は見られず（図-2）、ダムによる最大で1,276m<sup>3</sup>/sのピークカットの効果が見られた。ここでは、阿武川ダムの上



図-5 用路地区 (A1) の被災状況

流域のA1～A3 地点（図-4）における被災状況に着目する。

### (1) 用路地区 (A1)

用路地区においてはJRの橋梁の流失が発生した（図-5中の写真①）。橋脚はせん断破壊をしているが、せん断面に鉄筋は確認出来なかった。橋脚が流失する時刻までに上流側がかなり堰上げられたものと考えられ、水位上昇により橋梁が水没し、自重が減少した上、橋梁部分への流木の集積などにより相当な流体力が作用したことが橋脚流失の要因と考えられる。図-5中の写真②に示すように右岸側の堤防天端の上方1.7m程度の位置に痕跡水位が見られた。右岸側では図中の矢印に示すように堤内地の氾濫流が鉄道盛土を越流し、盛土下流側の法面が崩壊することで、線路下部のバラストが流失した（図-5中の写真③）と考えられる。また、氾濫流の痕跡が確認された右岸側では支流の流入が見られ、この支流からの氾濫水も本川からの氾濫水と合流したと推察される。

### (2) 銅倉地区 (A2)

被災地区の上流側で阿武川がZ字を描くように大きく蛇行しており、元々の特性として検討対象である河川区間では流下能力が高くない状況であったことがわかる。図-6中の氾濫流の開始地点では完全に水が堤防を越し、

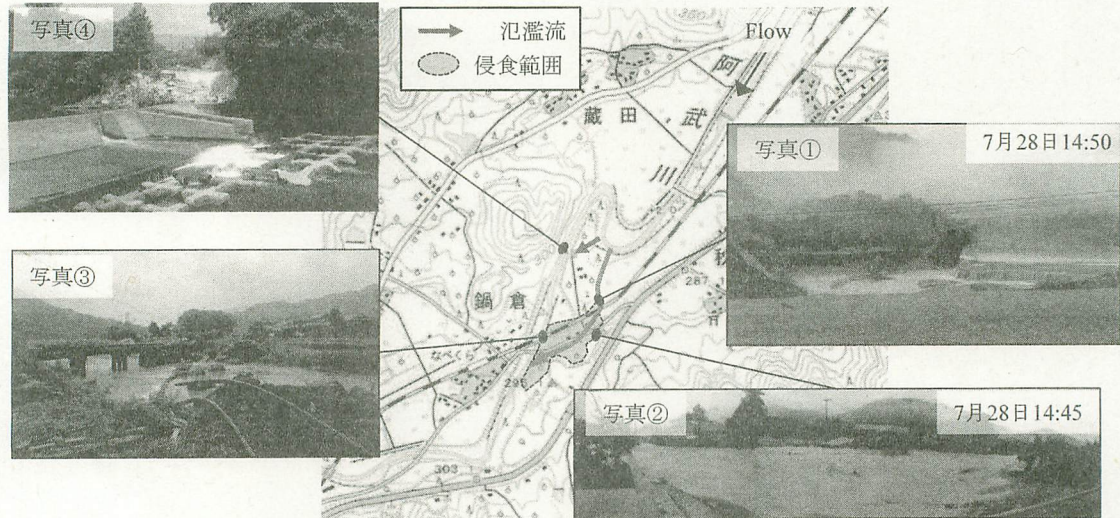


図-6 鍋倉地区 (A2) の被災状況

氾濫した流れが田畑の低地部分を刻むように流下したほか (図-6中の写真①), 図中の灰色の範囲では氾濫流が地表を侵食し (図-6中の写真②), 鉄橋の下流側では本流に合流する流路を形成している. また, この地点においても氾濫水が阿武川に戻る付近にあるJR 橋梁が落橋した (図-6中の写真③). この橋台も用路地区と同様に橋脚の根本から剪断破壊しており, 相当大的な流体力が作用したことがわかる. JR 橋梁のすぐ下流にも道路橋があるが, 右岸から二つ目の橋脚が沈下していたものの, 道路橋は流失することはなかった. さらに, 図-6中の写真④に示されるように堰の部分では, 周りより高くなっている川の蛇行部に囲まれたリンゴ園を通過した氾濫流が河川に戻る際に表土の侵食が起こっていることがわかる.

### (3) 大久保地区 (A3)

阿武川と国道315号の共用護岸の崩壊箇所は図-7中の写真①に示すように広範囲にわたるものであった. これは河道の湾曲した狭窄部からの流れが丁度衝突する部分であったため, 護岸全面の局所洗掘によって護岸が崩壊するとともに, 強い流れによって側岸の道路盛土の侵食が進んだものと考えられる. また, 狭窄箇所上流側でせき上げられた水が, 国道上を1m以上の水深で流下したことが写真②から伺えた. この一帯に図-7中の矢印で示すような氾濫流が生じていたと考えられる.

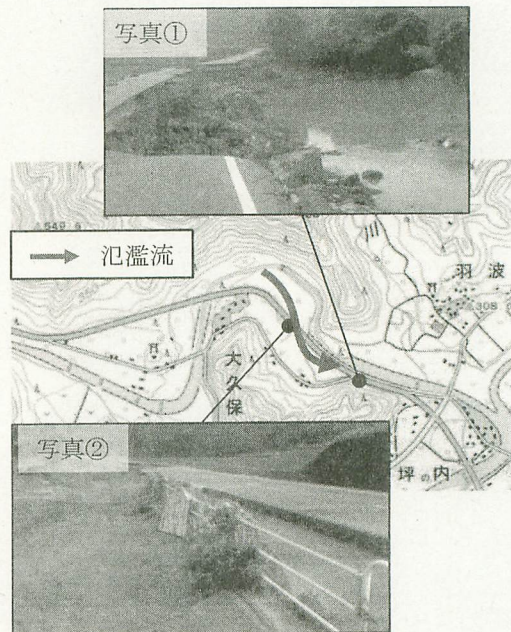


図-7 大久保地区 (A3) の被災状況

## 4. 阿武川の被災再現シミュレーション

本調査で対象とする被災地域のうち, 阿武川流域の代表的な個所の被害特性について, 数値計算を用いた再現シミュレーションを通じて検討した.

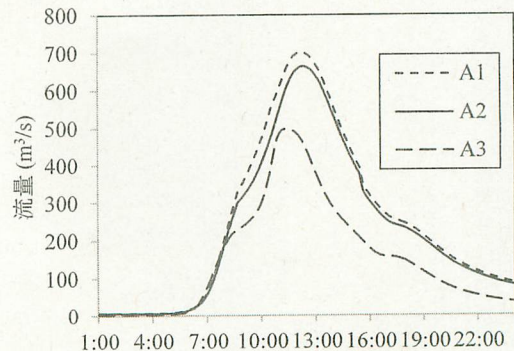


図-8 計算に用いたハイドログラフ

### (1) 再現シミュレーションの概要

再現シミュレーションは前述のA2地区を対象として行った. 計算モデルとして, iRICソフトウェア<sup>6)</sup>に含ま

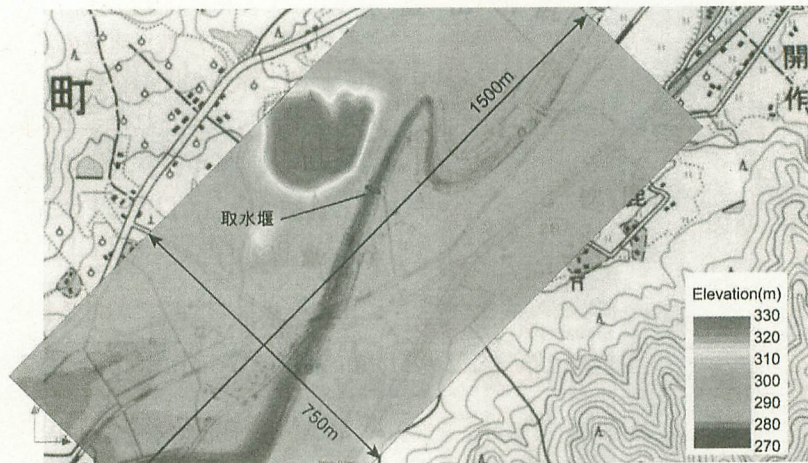


図-9 鍋倉地区 (A2) を対象とした河床変動計算における計算領域と標高

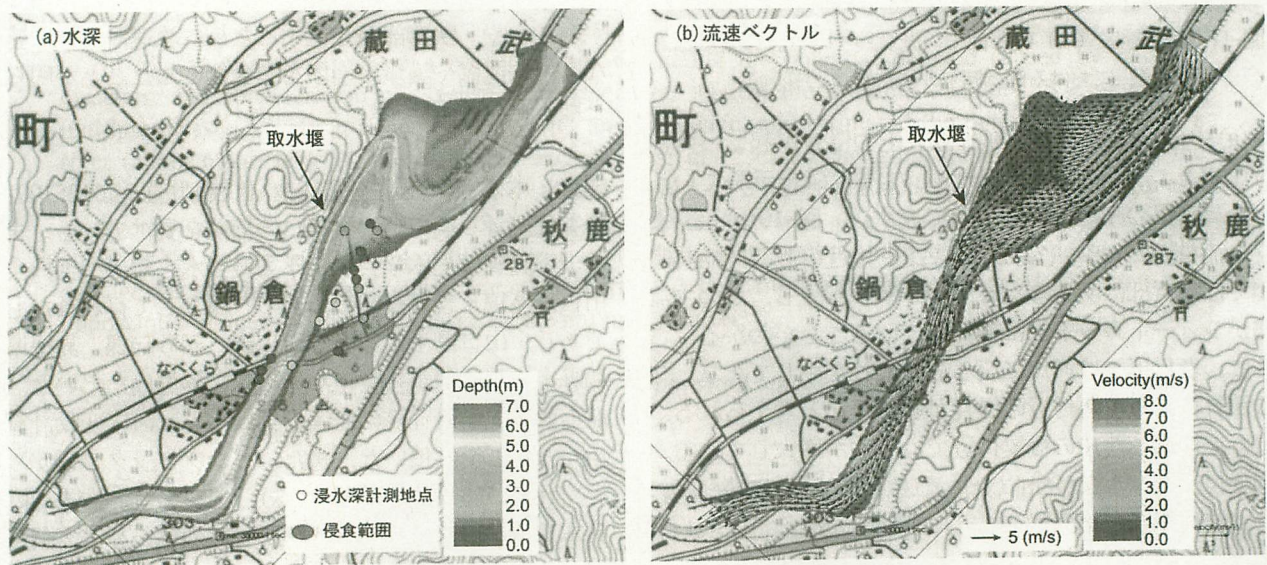


図-10 阿武川のA2における(a)水深コンターと(b)流速ベクトルの計算結果

れるNays2D Floodソルバーを基本とした平面二次元河床変動モデルを用いた(北海道大学工学研究院, 岩崎理樹氏提供)。なお, 二次流モデルは, 水深平均の主流方向渦度方程式を解くことで, 二次流の発達・減衰の影響を考慮したモデルに改良している<sup>7)</sup>。これにより, 河床変動計算中の高周波の発達を抑制し, 安定した河床変動計算の実施を可能としている。地形データは, 災害前の河川横断測量成果(山口県土木建築部提供)より作成したメッシュデータを用いた。氾濫原については, 国土地理院公表の10mメッシュデータを用いた。計算領域には, 流下方向に約1500m, 横断方向に約750mの矩形区間を設定し, メッシュサイズ5mの正方格子を作成した(図-9)。河床材料は2mmの単一粒径とし, 掃流砂のみ考慮した。また低水路部分は固定床, それ以外を移動床とし, 氾濫流による河床変動のみ対象とした。粗度係数は領域全体で0.030とした。上流端の境界条件として, 7月28日1時00分から7月29日0時00分までの流量推算値(山口県土木建築部提供)を与えた。ここでは, 図-8に示したハイ

ドログラフのうち, A2地区のものを上流端で与えた。この推算流量は, 河道と氾濫域のそれぞれで横断面を作成し, 河道のみを洪水が流下する場合, 河道と氾濫域を洪水が流下する場合について, 貯留高 $S$ と流出量 $Q$ の間の関係式を組み合わせた2段 $S-Q$ を用いたモデルにより算出されている。同モデルによる流量の算出にあたっては災害当日の実績降雨が与えられ, 氾濫が生じていない断面において, 計算水位と実績水位との比較より検証がなされている。さらに, 氾濫域を考慮した場合と考慮しない場合の計算結果から, 氾濫の戻り流について検討されており, 阿武川ダム上流域について行った不等流計算水位と実績水位との比較により検証がなされている。以下の数値解析で与えた流量は, 氾濫戻り流を考慮した各計算区間上流端地点の流量である。

## (2) 鍋倉地区 (A2) の氾濫計算結果

図-10(a), (b)に阿武川A2におけるピーク流量時(7月28日12:25)の水深コンターと流速ベクトルを示す。図-

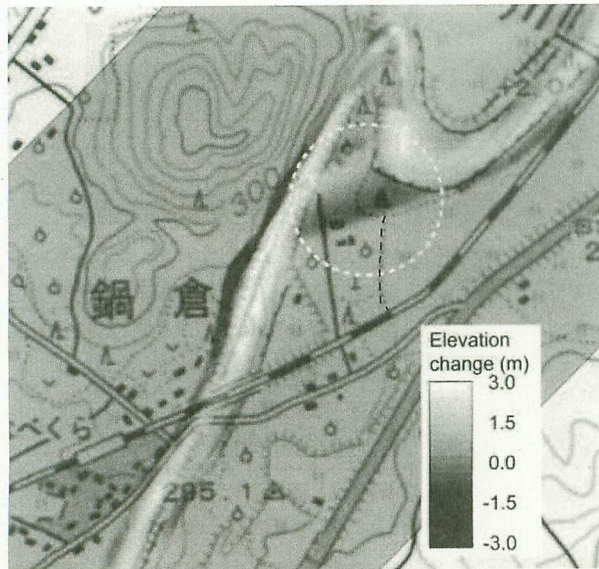


図-11 鍋倉地区 (A2) 蛇行部での計算終了時 (計算開始23時間後) における開始時刻からの標高の変動量

10(a) 中の赤枠で囲んだ部分は表土の侵食が起こった部分を表し、丸印は実際に計測した浸水深を示している (計算結果の凡例と同様の色で表す)。図-10(a), (b) より、流量のピーク (7月28日12:25) 付近の計算開始10時間では蛇行部に明確なショートカットが生じ、かつ主流路がショートカット部に移行していることがわかる。さらに、堰付近では河川に戻る速い流れが生じており、この流れによって堰付近の侵食が起こったと考えられる。また、崩壊したJRの橋梁付近では流速が増大している。橋梁付近では水深が5m以上、流速が6m/s近くに達しており、流体抵抗が増大することによって、橋梁が崩壊したことが推察される。

次に流路形成に関して詳細に結果を示す。図-11は同時刻における計算開始時点からの標高の変動量をコンター図として示したものであり、点線の枠内が蛇行頂点からの越流箇所を示している。変動量は土砂の粒径の設定に依存することから定量的な議論は難しいが、定性的には蛇行頂点からの越流と重なる箇所では標高の低下が見られ、ショートカットを流れた氾濫流によって、新たに流路が形成されたことがわかる。これは図-6に示された蛇行の頂点からの2本の氾濫流の状況を一部再現していると考えられるが、今回の計算では図-6中の灰色の侵食範囲に向かう流路形成の状況が再現されなかった。ただし、図-9に示されたショートカット周辺の標高と図-10の流路の状況を比較すると、蛇行頂点から、元々標高の低いところに沿うようにショートカットが進行している事が確認でき、今回用いた地形データを前提とした計算としては、本シミュレーションの結果は妥当であると考えられる。むしろ、図-6における侵食域に向けた氾濫流のルートは、地形データ上は標高が高くなる方向に向かって形成されているため、今回の計算条件に含まれな

かった別の要因が流路形成に影響していたと考えられる。これに関しては、被災直後の現地踏査から、新たな流路が果樹園と水田の間に存在した用水路 (図-11中の黒点線) に沿って形成されたことが確認されており、この用水路が流路形成に影響したと推測される。

## 5. 結論

山口と島根の県境における日雨量350mmに達する豪雨は広範囲にわたり洪水被害や崩壊に起因した甚大な土砂災害をもたらした。被害の大きかった山口県の阿武川流域を対象として現地調査および氾濫解析を行った。簡易な数値シミュレーションを用いて、阿武川の代表的な区間における被災特性、原因に着目した結果、それらの区間では急激な蛇行が存在するために越水氾濫が起りやすいことや、狭窄部が存在するために流速が非常に速くなり、鉄道橋や護岸の崩壊を引き起こしたことが明らかとなった。

謝辞：本研究は河川整備基金 (課題番号：251251001、研究代表者：羽田野袈裟義) の補助を受けている。また、本災害調査は土木学会水工学委員会水害対策小委員会の山口・島根水害調査団の調査の一環として行われたものである。山口県土木建築部河川課、同砂防課、島根県津和野土木事務所から貴重な資料をご提供いただいた。北海道大学工学研究院の岩崎理樹氏からは河床変動計算ソルバーをご提供頂いた。また、パシフィックコンサルタンツ (株)、建設技術研究所 (株)、アジア航測株式 (株)、日本工営 (株)、建設環境研究所 (株) の協力を得て調査を行った。記して謝意を表す。

## 参考文献

- 1) 今尾昭夫：中山間部における豪雨災害と災害復旧，農業土木論文集，Vol.54，pp.321-318，1986。
- 2) 細山田得三：7.13新潟豪雨災害での住宅区域の氾濫流解析，水工学論文集，Vol.49，pp.589-594，2005。
- 3) 川池 健司，中川 一，市川 温，丸山 寛起：平成18年7月豪雨による松江市内の都市水害に関する数値解析的検討，水工学論文集，Vol.51，pp.535-540，2007。
- 4) 下関地方気象台：災害時気象資料-平成25年7月28日の山口県の大雨について-，平成25年9月2日。
- 5) 7月28日の大雨による被害について (最終報) <http://www3.pref.shimane.jp/houdou/files/E7BBEDDF-C32B-4A71-A3A0-1662770531CB.pdf>
- 6) IRIC研究会：<http://i-ric.org/ja/>
- 7) 岩崎理樹，清水康行，木村一郎：二次流モデルが自由砂州計算に与える影響，土木学会論文集B1(水工学)，Vol.69，No.3，pp.147-163，2013。

(2014. 4. 3受付)