

# 河川整備基金助成事業

「平成25年7, 8月の山口・島根豪雨  
による災害調査」

助成番号：25 - 1251 - 001  
山口大学大学院理工学研究科  
羽田野袈裟義

平成 25 年度

## 目次

1. はじめに	1
2. 被害の概要	2
2. 1 被害の状況	2
2. 2 過去の災害との比較	3
3. 災害時の降雨状況	
3. 1 気象状況	5
3. 2 降雨状況	8
3. 3 確率年	12
4. 河川災害	15
4. 1 河川災害の概要	15
4. 2 山口県阿武川の被災状況	16
4. 3 山口県須佐川の被災状況	31
4. 4 山口県田万川の被災状況	40
4. 5 阿武川ダムの洪水調節効果	43
5. 津和野町名賀川流域の土砂・流木氾濫災害	51
5. 1 はじめに	51
5. 2 降雨特性	52
5. 3 降雨－流出の時系列	52
5. 4 津和野町における被害の概要	52
5. 5 那賀川の河道と流出特性	53
5. 6 流木氾濫の調査	54
5. 7 おわりに	55
6. 行政対応と避難行動	58
6. 1 島根県津和野町での避難行動	58
6. 2 島根県津和野町での行政対応	62
6. 3 山口県須佐川流域での避難行動	68
7. まとめ	82

## 1. はじめに

平成 25 年 7 月 28 日の山口・島根の県境部の豪雨による災害は、一帯に洪水災害や山腹土砂崩壊に起因した甚大な土砂災害をもたらした。この水害では、河川の増水により河川を横断する堰や橋梁、特に鉄道橋よびその周辺で護岸の被害が目立った。また、河道内に設置された多数の堰や樋門・樋管が氾濫被害を助長したと考えられる。さらに、中山間地の集落への限られたアクセス道路は河川沿いに配置されており、それらが豪雨地域の至る所で寸断されて孤立集落が発生した。多くの道路は急ピッチで復旧されたが、鉄道は J R 山口線の 3 橋梁の流失や土石流によるトンネル埋塞などで山口線や山陰本線の一部区間においてなお不通でバスの代行運転を余儀なくされている。

本報告は、河川工学，砂防学，土砂水理，防災学を専門とする研究者が集まり，中山間地や地方小都市における豪雨災害の特性に着目して被害状況を調査すると共に、今後の豪雨災害対策のあり方を検討した結果を取りまとめたものである。調査は、被害が大きかった阿武川流域，田万川流域および須佐川流域を中心に行い，以下の 5 つの視点に着目して実施した。1)災害の契機となった気象条件の特性（第 3 章），2)河川の洪水氾濫被害の特性（第 4 章），3)土砂・流木氾濫被害の特性（第 5 章），4)河川構造物やダムの設置，管理状況と洪水への影響や防御効果（第 4 章），5)行政機関，流域住民，NPO 等の対応や警戒・避難の状況（第 6 章）等の調査研究にあたった。メンバーとその分担は表 1-1 に示す通りである。

表 1-1 調査団メンバーおよび分担

	氏名	所属	調査担当	執筆担当 の章，節
団長	羽田野袈裟義	山口大学	河川災害・総括	1, 7
団員・幹事	赤松良久	山口大学	河川災害	2, 4.1
団員	前野詩朗	岡山大学	河川災害	4.1
団員	橋本晴行	九州大学	土砂・流木災害	5
団員	浅田純作	松江工業高等専門学校	避難行動	6.1
団員	三石真也	山口大学	ダムの効果	4.4
団員	瀧本浩一	山口大学	行政対応	6.2
団員	朝位孝二	山口大学	降雨特性	2, 3
団員	二瓶泰雄	東京理科大学	河川災害	4.2, 4.3
団員	赤堀良介	愛知工業大学	河川災害	4.1
団員	神谷大介	琉球大学	避難行動	6.3
団員	永野博之	(株)八千代エンジニアリング	河川災害，土砂災害	4.1, 5
団員	大槻順朗	東京理科大学	河川災害	4.2, 4.3
研究協力者	池松伸也	九州大学	土砂・流木災害	

研究協力者	楠窪正和	九州大学	土砂・流木災害	
研究協力者	渡邊学歩	山口大学	避難行動	
研究協力者	高村紀彰	山口大学	河川災害	
研究協力者	上鶴翔悟	山口大学	河川災害	

## 2. 被害の概要

### 2. 1 被害の状況

今回の豪雨によりもたらされた山口・島根県下の被害状況を表2-1および表2-2に示す。これらのデータは、山口県および島根県のWebサイト<sup>1),2)</sup>にて公表されている資料を整理したものである。被害は、人的被害、住家被害に加え、断水や停電、交通機関、道路などのライフラインの途絶による被害も発生している。山口県では山口市、萩市、阿武町の広範囲に人的被害と住家被害が見られる。一方で、島根県では山口県との県境に近い津和野町に被害が集中している。

今回の豪雨で起こった災害で、自然現象から見て特徴的あるいは特に影響の大きい災害として、山口市阿東地区におけるJR山口線の3橋梁の流失、津和野市の高津川水系名賀川およびその沿川における土石流で発生した土砂礫埋塞・埋没、萩市の国道191号の須佐トンネルで付近の氾濫した河川水がトンネル内を大量に流れトンネル出口の道路で大規模な崩壊を起こしたことなどが挙げられる。また山陰本線は須佐～宇田郷間の須佐トンネルと大刈トンネルが土石流で埋もれた。これらにより山口線、山陰本線、三江線、大糸線は一部区間で今なお不通でバスやタクシーの代行運転が行なわれている。その他、河川の蛇行部では増水した河川の表層部の速い流れが堤防を越えて堤内地を直進して流下物を伴って流れたのち河川に戻ることが至る所で発生した。

表 2-1 人的被害・住家被害状況

被害項目	分類	被災地区								全合計
		山口県				島根県				
		山口市	萩市	阿武町	県合計	津和野町	益田市	吉賀町	県合計	
(1)人的被害(人)	死者	0	2	0	2	0	0	0	0	2
	行方不明者	0	1	0	1	1	0	0	1	2
	負傷者	2	5	3	10	1	0	0	1	11
(2)住家被害(棟)	全壊	9	36	2	47	2	0	0	2	49
	半壊	0	66	0	66	0	0	0	0	66
	一部破損	0	65	0	65	0	0	0	0	65
	床上浸水	78	572	15	665	18	0	0	18	683
	床下浸水	192	382	20	594	93	2	4	99	693
(3)避難勧告	世帯数(世帯)	868	3,556	73	4,497	1,859	599	96	2,554	7,051
	人数(人)	1,959	7,683	128	9,770	4,165	1,462	226	5,853	15,623

表 2-2 ライフライン等被害状況

	山口県 (8月6日17:00時点)	島根県 (8月5日13:00時点)
①水道	山口市:1224世帯(うち81世帯は8/5復旧済) 萩市:1200世帯(うち900世帯は8/1復旧済) 阿武町:90世帯(うち90世帯8/2復旧済)	津和野町:27戸
②電気	山口市, 萩市, 阿武町, 柳井市:9350戸 (全戸7/30復旧済)	津和野町:10戸
③電話	山口市:約270加入(8/3機能回復済) 萩市:約500加入	なし
④道路関係	【通行規制】県管理道23箇所(全面通行止め18箇所, 片側交互通行5箇所) 国道9号2箇所(うち7/28規制解除, 7/29片側交互通行), 国道191号線1箇所(8/5片側交互通行)	【通行規制】6路線11箇所(全面通行止め9箇所, 大型車・片側交互通行2箇所) 現在:全面通行止め2路線2箇所, 片側通行規制1路線1箇所
⑤交通機関	【JR山口線】通常運行(新山口駅-地福駅), 終日運転見合わせ(地福駅-益田駅), バスによる代行輸送(地福駅-益田) 〈被災状況〉橋梁流出3箇所, その他崩土, 倒木等	【JR山陰本線】終日運転見合わせ(益田駅-奈古駅), タクシーによる代行輸送(宇田郷駅-奈古駅), バスによる代行輸送(益田駅-須佐駅), バスによる代行輸送を検討中(須佐駅-宇田郷駅) 〈被災状況〉その他崩土等, 土石流(大刈トンネル, 須佐トンネル), 橋梁沈下(須佐橋梁)

## 2. 2 過去の災害との比較

山口県北部から島根県西部にかけては昭和 58 年 (1983 年) 7 月にも日本海に停滞していた梅雨前線の南下によって豪雨による甚大な被害が生じている<sup>3)</sup>。表 2-3 には昭和 58 年 7 月豪雨, 昭和 47 年 7 月豪雨による災害の結果を比較のために示している。人的, 家屋の被害は, 昭和 58 年 7 月豪雨, 昭和 47 年 7 月豪雨に比べると小さく, 豪雨の規模にもよるが, 住民の防災意識の向上, 的確な情報伝達等による効果とも思われる。

表 2-3 人命及び家屋の被害<sup>1),2),3)</sup>

		平成 25 年 7 月 28 日 豪雨	昭和 58 年 7 月 豪雨	昭和 47 年 7 月 豪雨
人	死者	2 人	108 人(103 人)	94 人
	行方不明者	2 人 (1 人)	4 人 (4 人)	6 人
家屋	全壊	49 棟 (2 棟)	1,042 棟 (1,010 棟)	1,261 棟
	半壊	66 棟	864 棟 (849 棟)	4,044 棟
	床上浸水	683 棟 (18 棟)	8,096 棟 (7,741 棟)	24,297 棟
	床下浸水	693 棟 (99 棟)	8,725 棟 (7,353 棟)	75,026 棟

注) カッコ内は, 内数で島根県での数値である。

### 参考文献

1) 山口県: 7 月 28 日の大雨による被害状況等について

[http://www.pref.yamaguchi.lg.jp/press/201308/025463\\_f1.pdf](http://www.pref.yamaguchi.lg.jp/press/201308/025463_f1.pdf)

- 2) 島根県：7月28日の大雨による被害について  
<http://www3.pref.shimane.jp/houdou/files/81CAD1DB-45CE-4AE2-8FD5-F58E9409A35C.pdf>
- 3) 大原資生，三浦哲彦，会田忠義，村田秀一，松田博：道路・鉄道災害，昭和 58.7 豪雨災害調査研究，pp.87-98，1984.

### 3. 災害時の降雨状況

#### 3. 1 気象状況

7月28日の日本付近では大気の状態が不安定であったことに加え、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み、山口県付近で大雨が発生しやすい状況となった<sup>1)</sup>。図3-1に当日の午前3時から正午までの地上天気図と衛星写真を示す<sup>1)</sup>。

大陸と日本海に低気圧があり、太平洋側に高気圧が存在している。これらは停滞しており、大きな動きを示していない。また渤海沿岸を中心として停滞前線が中国大陸から朝鮮半島にかけて延びている。等気圧線に沿って太平洋側から流れ込んだ暖かい湿った空気と前線に向かって流れ込んだ大陸側の空気が収束し、対馬海峡付近で、梅雨前線で見られる湿舌に相当する上昇気流を発生させていたものと思われる。

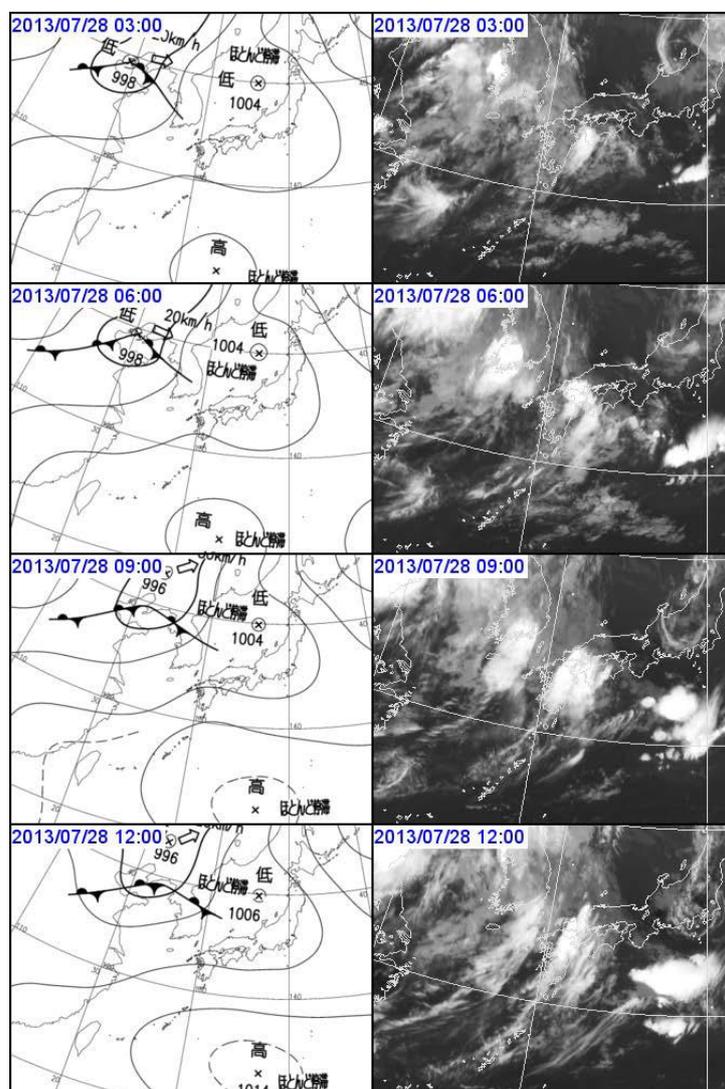


図3-1 天気図および気象衛星画像<sup>1)</sup>

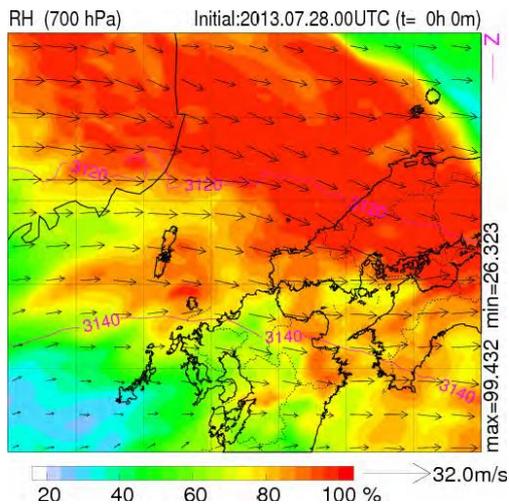


図 3-2 28 日 9 時の 700hPa の相対湿度(%) と水平風の分布<sup>2)</sup>

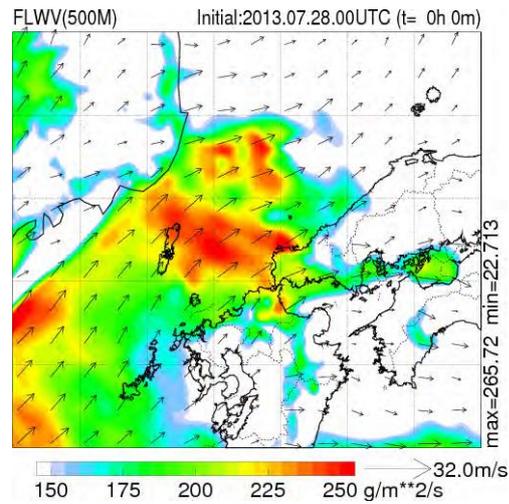
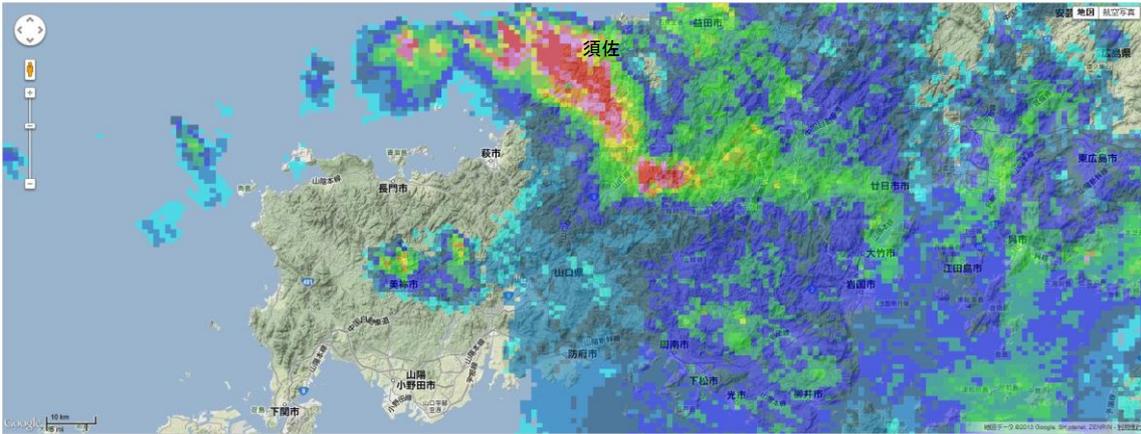


図 3-3 28 日 9 時の高度 500m の水蒸気流入量と水平風の分布<sup>2)</sup>

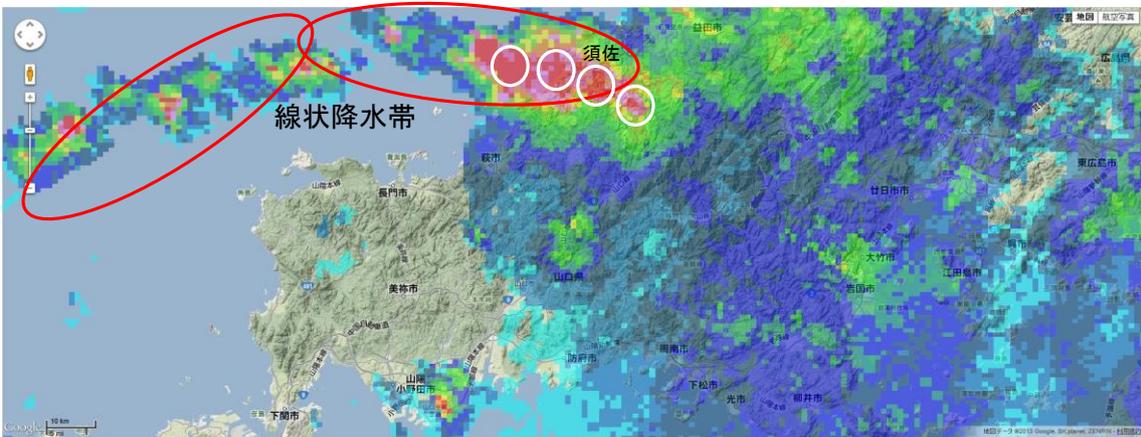
図 3-2 は 28 日 9 時の 700hPa (高度約 3,100m) の相対湿度と水平風の分布, 図 3-3 は同時刻の高度 500m の水蒸気流入量と水平風の分布を示したものである<sup>2)</sup>. 図 3-2 より相対湿度が 80%以上の領域が朝鮮半島から山口県山陰側にかけて延びている. これは湿舌に対応する上空の湿った領域である. 図 3-3 より水蒸気が対馬海峡を通過していることが分かる. 湿舌に対応する上空の湿った領域の南側で太平洋側から流れ込んだ湿った空気が積乱雲を作り大雨が発生したものと推測される.

図 3-4 は 7 月 28 日午前 10 時, 午前 11 時および正午のレーダーエコー強度を示したものである<sup>3)</sup>. 午前 10 時には須佐と山口市で強いエコー強度が見られる. 11 時には長門市沖から須佐にかけて線状に強いエコー強度が見られる. これは線状降水帯とよばれる分布で, 狭い範囲で積乱雲が次々に発生しており, 強い降雨をもたらす. 図中の須佐近辺の○は連続的な積乱雲による強い雨の領域を示している. バックビルディング形成とよばれる現象が発生したことが須佐での豪雨となったものと思われる<sup>2)</sup>.

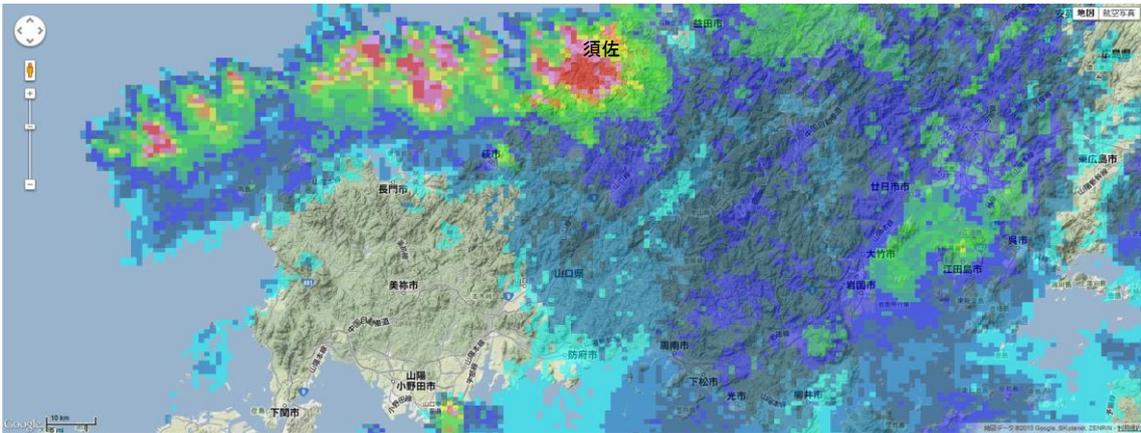
正午では須佐に強いエコー強度が見られる. 須佐の正午の正時時間雨量では 137.5mm を観測しており, 強い降雨が須佐に集中していた時間帯であったことがわかる.



(1) 28日 午前10時



(2) 28日 午前11時



(3) 28日 正午

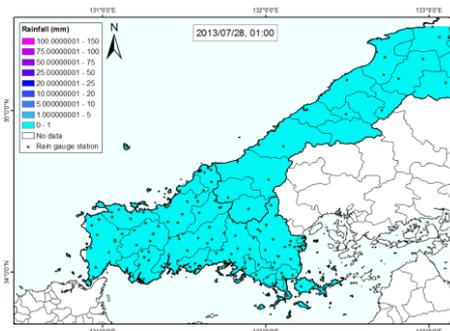
降水量、レーダーエコー強度 (単位mm)														
-0	0-1	1-2	2-4	4-8	8-12	12-16	16-24	24-32	32-40	40-48	48-56	56-64	64-80	80-

図 3-4 レーダーエコー強度<sup>3)</sup>

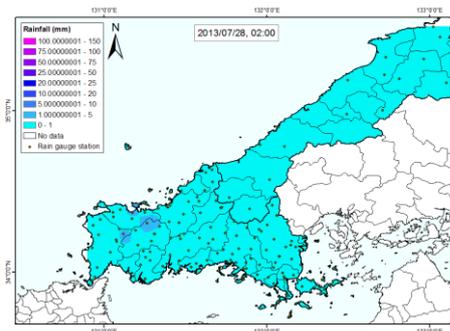
### 3. 2 降雨状況

#### 3. 2. 1 地上雨量計による降雨分布

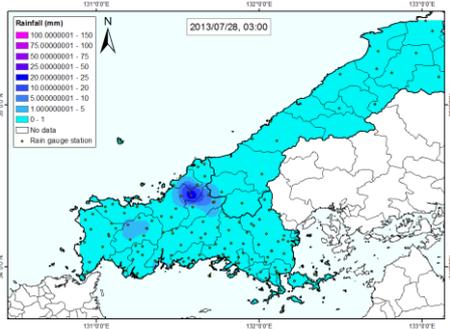
図3-5に山口県と島根県に設置されている地上雨量計の実測<sup>4),5),6)</sup>から作図した、各正時間雨量の平面分布(雨量コンター)を示す。正時間雨量とは、その正時の一時間前からの雨量で、例えば1時の正時間雨量であれば0時から1時の間に降った雨量を表す。



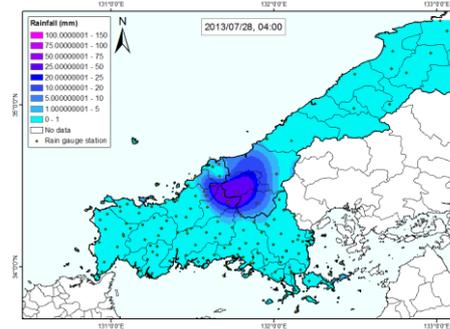
(1) 1時の雨量分布



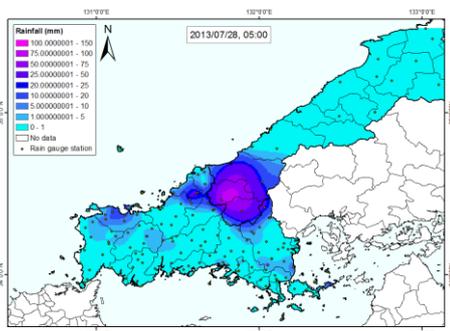
(2) 2時の雨量分布



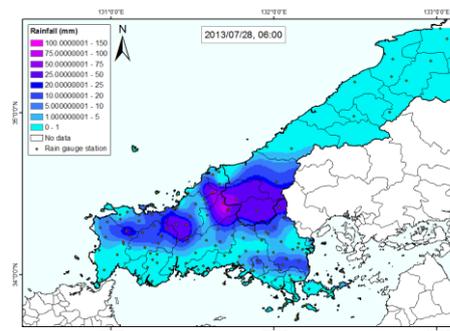
(3) 3時の雨量分布



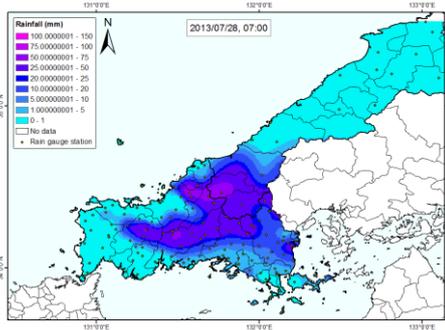
(4) 4時の雨量分布



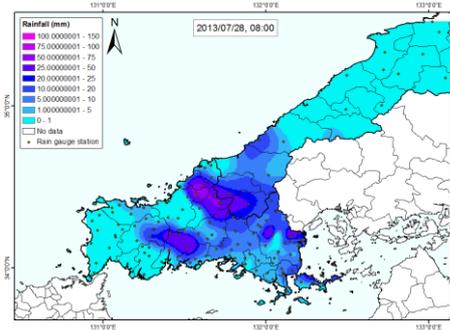
(5) 5時の雨量分布



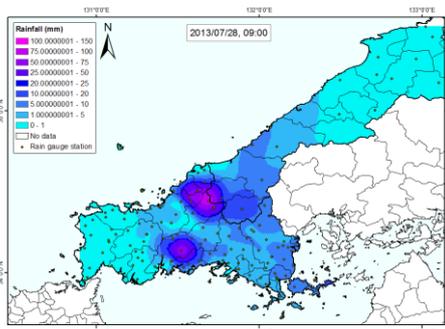
(6) 6時の雨量分布



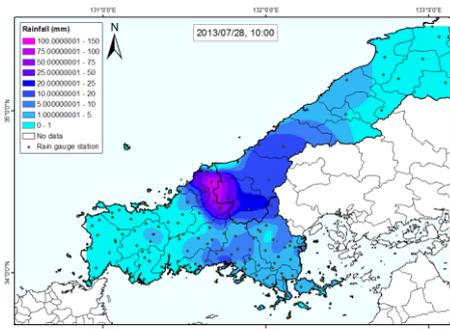
(7) 7時の雨量分布



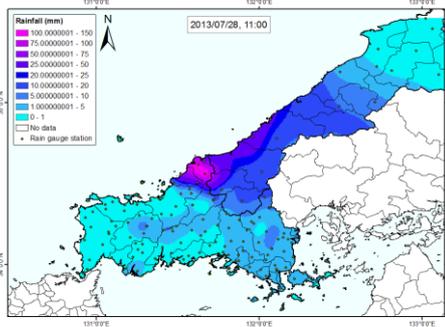
(8) 8時の雨量分布



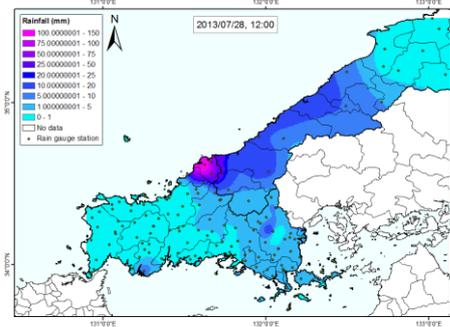
(9) 9時の雨量分布



(10) 10時の雨量分布



(11) 11時の雨量分布



(12) 12時の雨量分布

図 3-5 正時時間雨量平面分布の時系列

3時の時間雨量では萩市むつみを中心に降雨があった。むつみ近傍の時間雨量は20mm程度であった。4時の時間雨量では徳佐、津和野を中心に時間雨量35mm～45mmの豪雨があった。5時には豪雨の中心が島根県側に移ったが、6時には再び、徳佐、津和野を中心とする豪雨となった。阿東地区の十種ヶ峰で78mm、朝早橋で73mmの時間雨量を記録した。また萩市西部でも強い雨域が見られる。7時には阿東地区周辺および山口市周辺で強い雨域が見られる。8時、9時においても阿東地区および山口市を中心とする二つの強い雨域が確認される。9時には十種ヶ峰で92mmの時間雨量が観測された。10時には強い雨域は

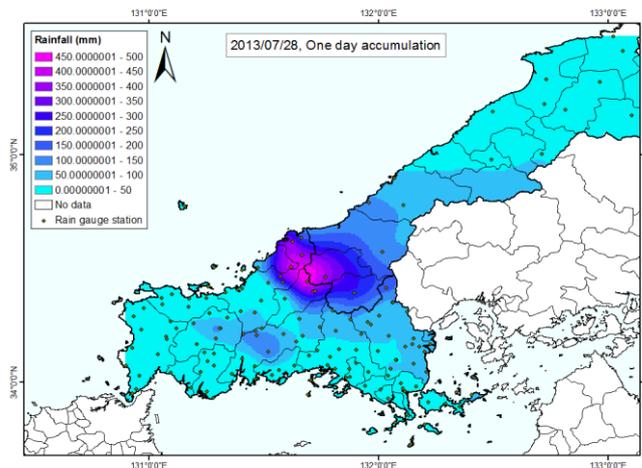


図 3-6 7月28日の累積雨量平面分布

徳佐，須佐付近に移動している．田万川上流部の千疋では100mmの時間雨量が観測された．11時，12時には強い雨域は須佐沿岸部に移動している．特に須佐では12時の時間雨量は137.5mmとなり，記録的な豪雨となった．

図 3-6 は7月28日の累積雨量の平面分布である．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．

### 3. 2. 2 代表的な地点での時間雨量の時系列

今回の豪雨で阿武川，田万川，須佐川およびその支川で大きな被害が発生した．これらの河川の代表的な雨量観測所<sup>6)</sup>（阿武川では朝早橋，田万川では千疋，須佐川では須佐；図 3-7 は各観測所の位置を示す．）の時間雨量の時系列を図 3-8 に示す．

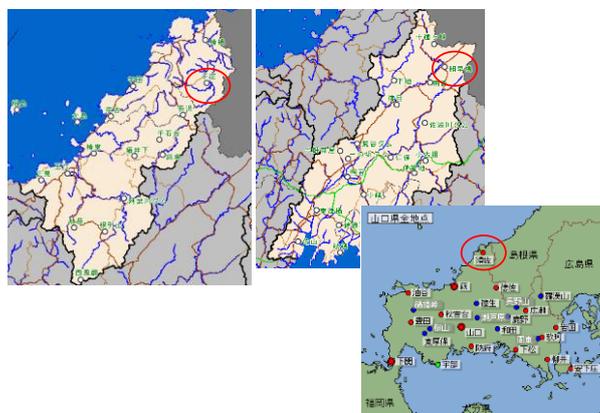
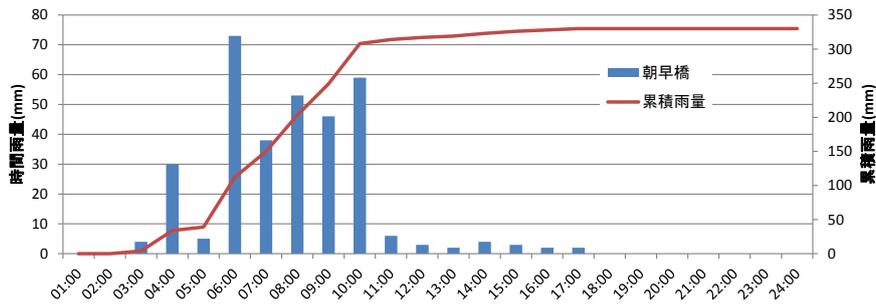
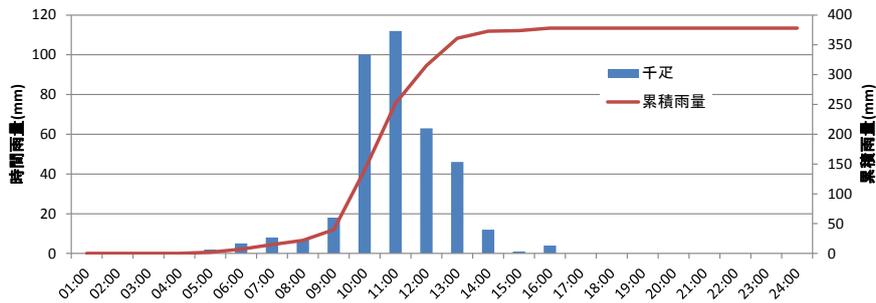


図 3-7 雨量観測所の位置

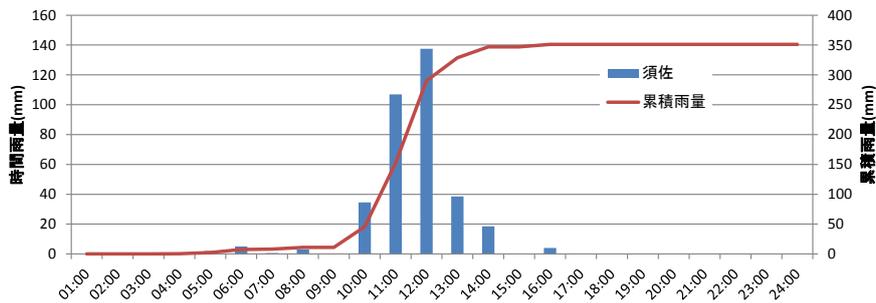
図面は山口県土木防災情報システム HP，気象庁 HP から抜粋



朝早橋



千疋



須佐

図 3-8 時間雨量の時系列

朝早橋では4時の時間雨量が30mmで、6時の時間雨量が73mmであった。その後は40mm～60mm程度の時間雨量で推移したが、11時以降は降雨が治まり、累積雨量は330mmであった。千疋では9時以降に降雨が強くなり、10時には100mmの時間雨量となった。また11時の時間雨量が112mmと二時間にわたり時間雨量100mmを越える豪雨が続いた。15時以降、降雨は治まった。累積雨量は378mmであった。須佐では千疋と同様10時から降雨が始まった。11時の時間雨量は107mm、12時の時間雨量は137.5mmとなり、累積雨量は351mmであった。

### 3. 3 確率年

正時ではなく、任意時刻での最大時間雨量では須佐で 12 時 04 分に 138.5mm、山口で 8 時 13 分に 143.0mm を記録した。山口では 1966 年から、須佐では 1976 年から統計が開始されているが、いずれも統計開始年から最大の雨量である。

図 3-9 に統計開始年以降の年最大時間雨量を示す。(財)国土技術研究センターから公開されている水文統計ユーティリティ<sup>7)</sup>を用いて、100 年再起確率雨量と 200 年再起確率雨量を統計開始年から 2012 年までのデータ<sup>4)</sup>から求めた。それらも図中に示している。評価手法によって再起確率雨量の結果は若干異なるが、最も適合性のよかった石原・高瀬法の結果を示している。

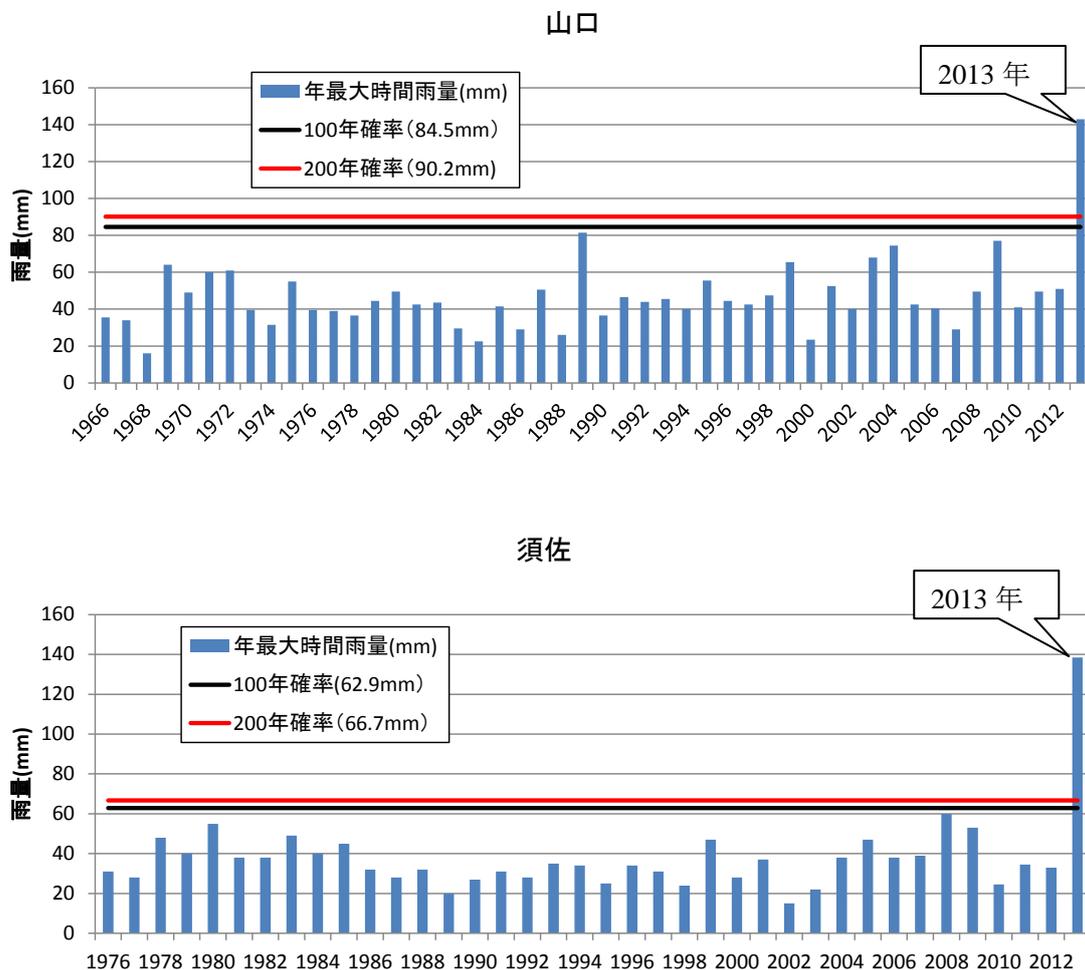


図 3-9 年最大時間雨量

山口および須佐において今回の最大時間雨量は 200 年確率を遙かに超えた、非常にまれな豪雨であった。特に須佐では 200 年確率の 2 倍強の降雨である。

図 3-10 に統計開始年からの年最大日雨量を示す。今回の日雨量は山口で 254.5mm、須佐で 351mm である。この値は山口では統計開始年から 3 位、須佐では 1 位である。図 3-9 と同様、石原・高瀬法で算定した 100 年確率日雨量と 200 年確率日雨量を示している。

統計開始から山口の最大の日雨量は 1972 年の 297mm であり 80 年程度の再起確率である。今回の 254.5mm は 30 年程度の再起確率であった。時間雨量は 200 年確率を遙かに超える規模であったが日雨量は 30 年確率程度で、短時間の激しい雨であったことが窺える。

一方、須佐では日雨量も 200 年確率を遙かに超える規模であるが、28 日の降雨時間は 5 時間程度であることから、10 時～12 時の降雨がいかに激しかったが窺える。

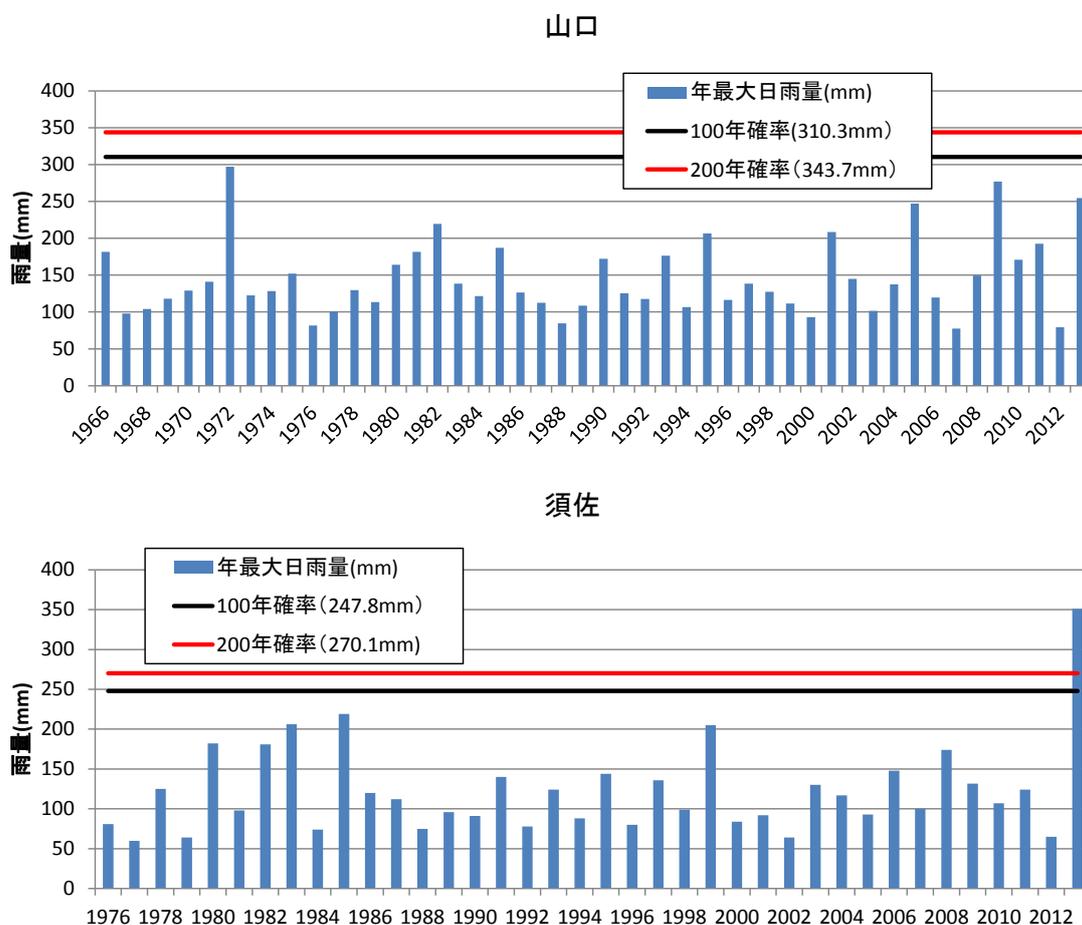


図 3-10 年最大日雨量

参考文献

- 1) 下関地方气象台：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－，<http://www.jma-net.go.jp/shimonoseki/doc/20130728-yamaguchi.pdf>, 2013.
- 2) 気象研究所：平成 25 年 7 月 28 日の山口・島根の大雨発生要因について，

[http://www.jma.go.jp/jma/press/1308/06b/20130806\\_Yamaguchi-Shimane-heavy\\_rainfall.pdf](http://www.jma.go.jp/jma/press/1308/06b/20130806_Yamaguchi-Shimane-heavy_rainfall.pdf), 2013.

- 3) デジタル台風 : <http://agora.ex.nii.ac.jp/digital-typhoon/radar/google-maps/>.
- 4) 気象庁過去の気象データ検索 : <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>
- 5) 国土交通省川の防災情報 : <http://www.river.go.jp/nrpc0302gDisp.do?areaCode=87>
- 6) 山口県土木防災情報システム : <http://y-bousai.pref.yamaguchi.jp/>
- 7) (財) 国土技術研究センター : 河川計画シミュレータ水文統計ユーティリティ

## 4. 河川災害

### 4. 1 河川被災状況の概要

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4-1)。図4-2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赤、超えていない地点を緑で示したものである。被害が発生した上記4河川のすべてにおいて氾濫危険水位を超過していることがわかる。



図4-1 被災流域

図4-3は、氾濫危険水位を超えた地点における水位と降雨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ではなくその上流域における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



図4-2 河川水位の状況

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時にかけての長時間にわたる降水があり、そのため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。

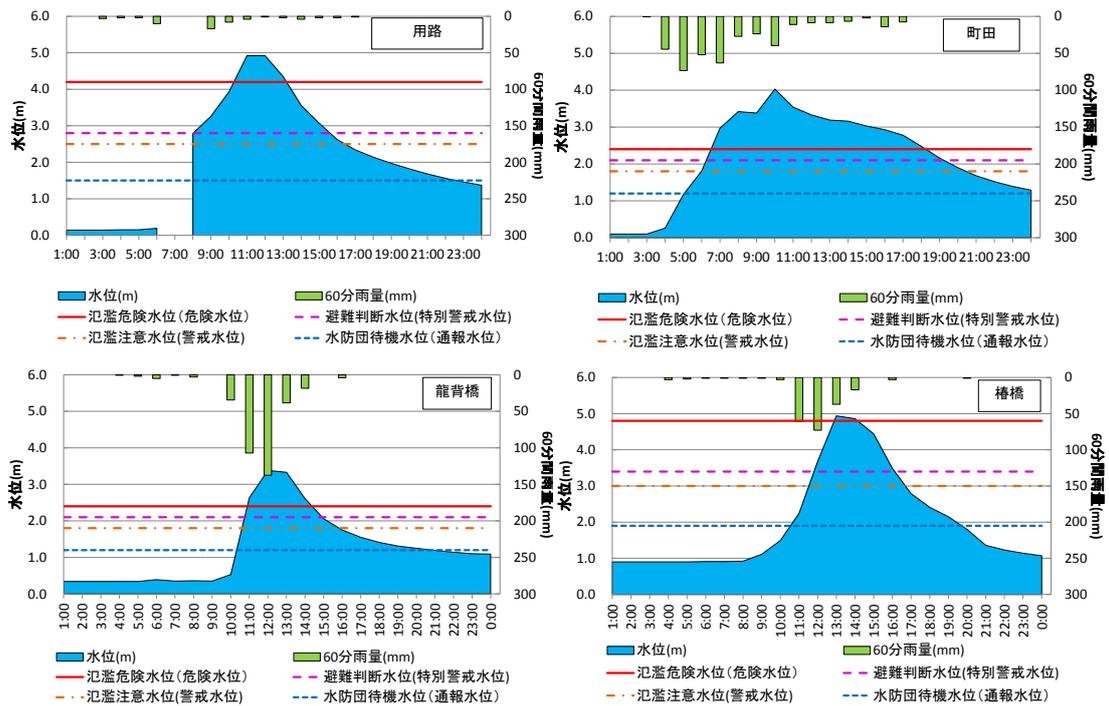


図 4-3 被害発生流域内の雨量・水位観測所における雨量・水位の時系列変化

## 4. 2 山口県阿武川の被災状況

### 4. 2. 1 阿武川の被災状況調査

阿武川ダム上流域では、阿武川、蔵目喜（ぞうめき）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 4-3 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いる。このことから、阿武川ダムの上流域では多くの地点

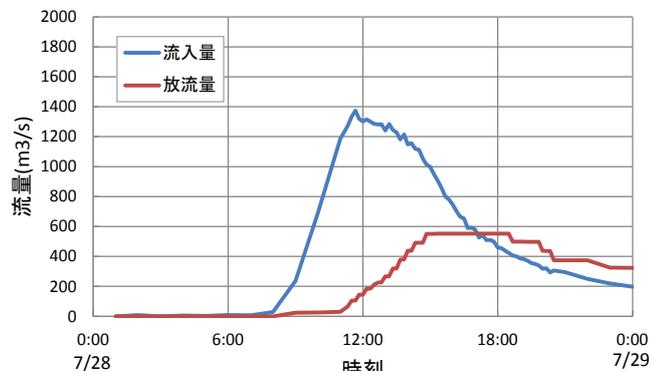


図 4-4 阿武川ダムの流入量・流出量の時系列変化

で堤防を越水して氾濫が起こっていたことが推察される。一方で阿武川ダム下流域の水位計測地点には氾濫危険水位を越す地点は見られず（図 4-2）、ダムによるピークカットの効果が認められる。図 4-4 に示す 7 月 28 日の阿武川ダムへの流入量と放流量の時系列変化から、最大で  $1,276\text{m}^3/\text{s}$  のピークカットが行われたことがわかる。

被害が発生した阿武川ダム上流域における現地状況の概要を図 4-5 に示す。図中写真①は、阿武川と左支川篠目（しのめ）川との合流点の災害当日 12:20 頃の状況である。阿武川本川では既に洪水が発生しており、水位が上昇していた。阿武川と篠目川は丁字型に合流しており、写真撮影時の篠目川の流速は遅かった。合流点の形状と阿武川本川の水位に

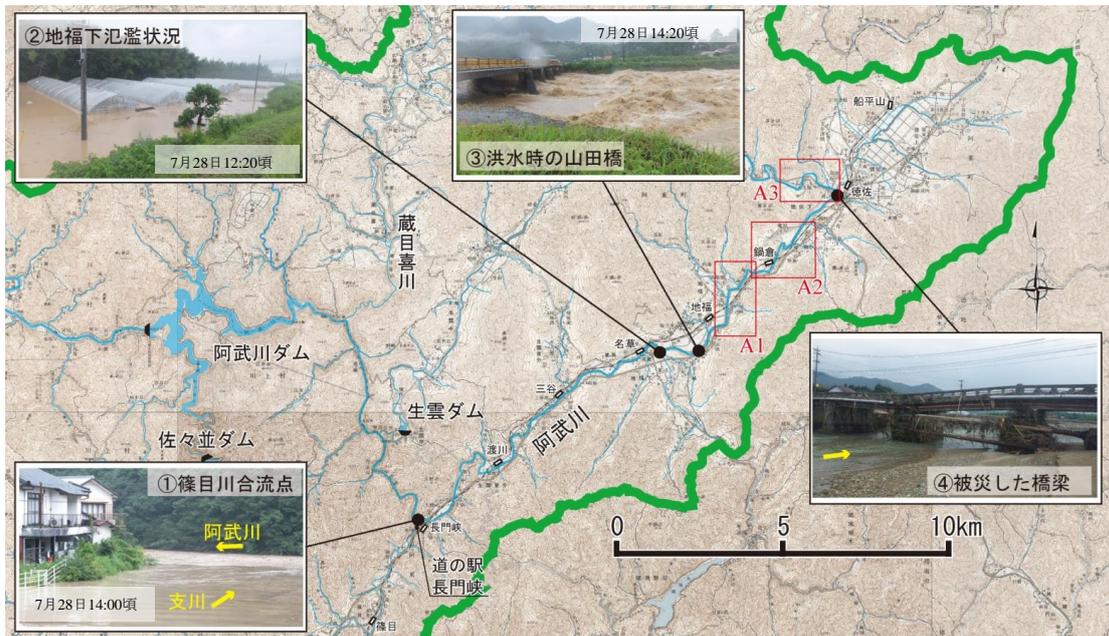


図 4-5 阿武川ダム上流現地状況図

よって、篠目川で背水が発生していたと考えられる。写真②は、地福下における災害当日 14:00 頃の状況であり、河道沿いに広がる農地一帯が冠水していた。写真③は、山田橋における災害当日 14:20 頃の状況であり、河道内はほぼ満水状態で山田橋直下流の右岸側は大きく侵食されていた。写真④は、徳佐地区における被災橋梁の状況 (7/30 撮影) であり、洪水により流下してきた倒木や草が橋脚や橋台に補足されていることがわかる。これらの状況を概観するに、上流ほど洪水による被害規模が著しい

ことが窺え、上流域での集中的な豪雨の影響が被害状況に表れている。以降では、上流域に位置し、特に被害が著しかった地福～徳佐地区を 3 区間 (図中、A1～A3 と示す箇所) に分割し、各区間の被災状況について詳細を報告する。

#### (1) 用路地区 (図 4-5 中の A1)

用路地区においては JR の橋梁の流失が発生した (図 4-6 中の写真①)。橋脚は完全に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 4-6 中の写真②に示すように右岸側に 1.7m 程度の痕跡水位が見られた。右岸側では図中に示すように堤内地で氾濫流が生じ、鉄道盛土を越流し、下流法面が崩壊することで、写真③のように線路下部の砂礫が流失したと考えられる。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) 鍋倉地区 (図 4-5 中の A2)

被災地区の上流側で阿武川が Z 字を描くように鋭く蛇行している。このため、元々流れにくい状況であったことがわかる。図 4-7 中の写真①の氾濫開始地点では完全に水が堤防を越水しており、看板の 1m 以上の高さまで流された草本が補足されていた。蛇行部の氾濫開始地点で氾濫した流れが田畑の低地部分を這うように流下し、表土を浸食して (写真②)、りんご園に被害を及ぼし人家を破壊し (写真③)、鉄橋の下流側で本流に合流していた。

また、この地点においても氾濫水が阿武川に戻る位置付近にある JR 橋梁が落橋した (写真④)。この橋脚も用路地区と同様に橋脚の根本からせん断破壊しており、相当大きな流体力が作用したことがわかる。橋梁の右岸橋台裏を越流し迂回流が生じることで、石積の橋台保護工も流失していた。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、道路橋は流失しなかった。



図 4-6 用路地区 (A1) の被災状況

### (3) 大久保地区 (図 4-5 中の A3)

阿武川と国道 315 号の共用護岸の崩壊箇所は図 4-8 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から窺えた。崩壊箇所上流部の水田におかれたトラック (写真③) 等からもこの一帯に図 4-8 中の青い矢印で示すような氾濫流が生じていたと考えられる。さらに、道路

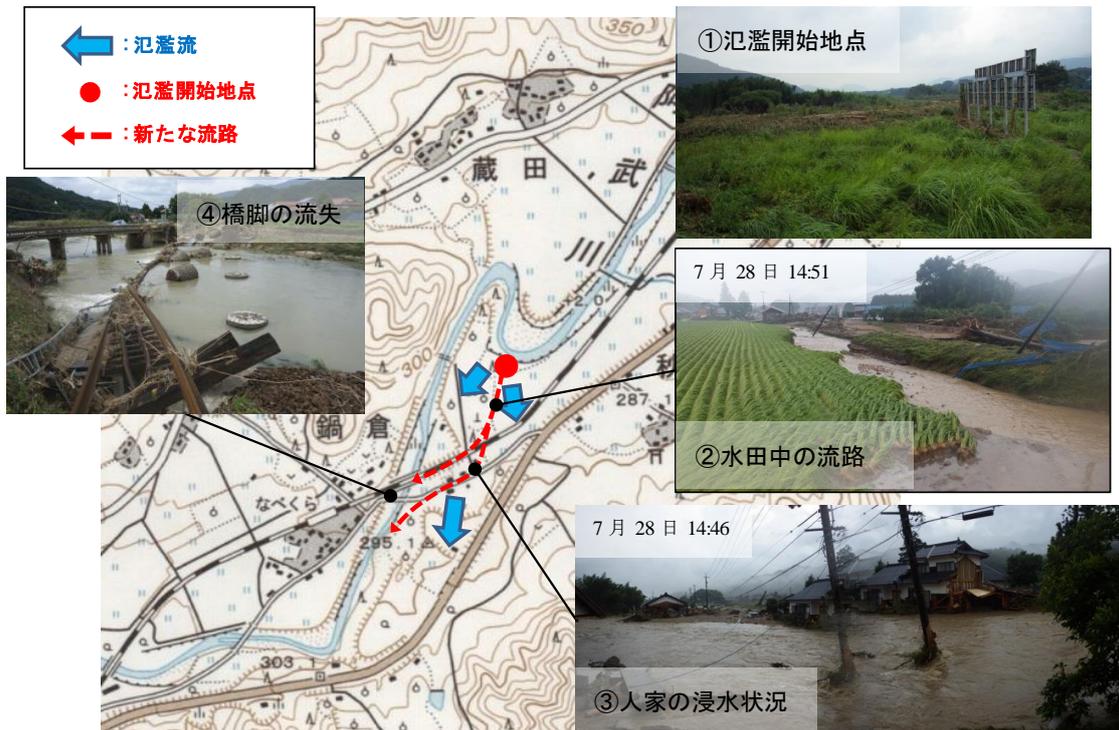


図 4-7 鍋倉地区 (A2) の被災状況



図 4-8 大久保地区 (A3) の被災状況

上を流れた氾濫水が丁度河川に戻る部分で、写真④に示すような円形の洗掘部分が見られた。二つの流れの合流部での渦による洗掘も考えられるが、詳細は不明である。

#### 4. 2. 2 阿武川の氾濫シミュレーション

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する。

##### (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 A1～3 地区を対象として、IRIC の Nays2DFlood を用いて流れの検討を行った<sup>1)</sup>。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。また、粗度係数は 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。図 4-8 に A1～3 地区それぞれに上流端で与えたハイドログラフを示す。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と、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。各地点の計算結果を以下に示す。

##### (2) 用路地区 (A1) の氾濫計算結果

図 4-9 (b) に阿武川 A1 におけるピーク流量時 (7 月 28 日 12:45) の流速ベクトルと流速の絶対値のコンターを示す。この地点においては JR の橋梁前で河道が狭くなっているために流速が増加し 6m/s を超える速い流れとなっていることがわかる。このように加速された流れが橋脚の破壊の一因になったと考えられる。また、図 4-9 (a) に阿武川の A1 におけるピーク流量時の水深コンターを示す。先に述べたように現地調査から得られた痕跡水位から右岸側の地点での浸水深が 1.7m 程度であった。この再現計算においては右岸側にはほとんど氾濫が起こっていない。また、実際の右岸側の氾濫域は計算結果より広域であり、図中の青線で囲まれた部分においても浸水深 1m 以上の痕跡水位がみられた。これは実際には堰の上流部の右岸から流入する支流の影響が大きかったものの、計算では支流の影響を考慮していないためであると考えられる。

##### (3) 鍋倉地区 (A2) の氾濫計算結果

図 4-10 (a), (b) に阿武川 A2 におけるピーク流量時 (7 月 28 日 12:25) の流速ベクトルと

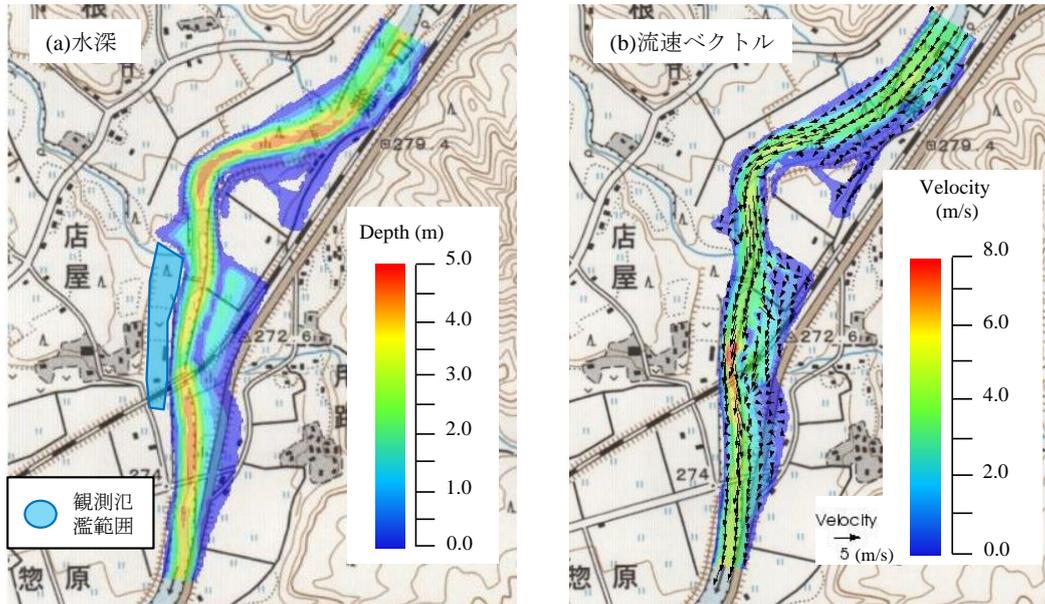


図 4-9 阿武川の A1 における (a) 流速ベクトルと (b) 水深コンターの計算結果

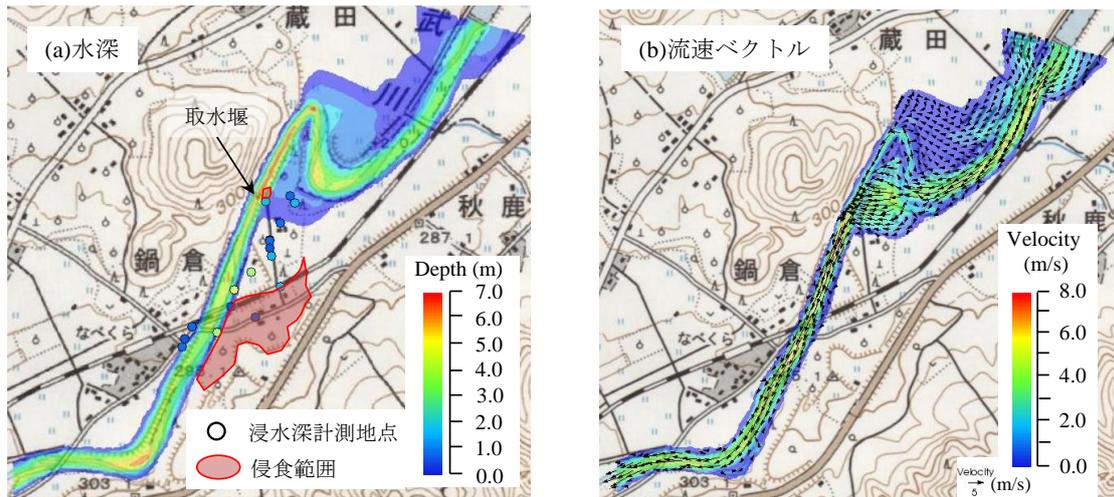


図 4-10 阿武川の A2 における (a) 流速ベクトルと (b) 水深コンターの計算結果

水深コンターを示す。図 4-10(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であり、計算結果の凡例と同様の色で表している。計算では蛇行部での越水は再現されているものの、下流側の大きく表土が侵食した部分までは氾濫水が達していない。実際には用水路を通して、下流の侵食部まで水があふれたと考えられるが、10m メッシュデータを用いた本計算では再現不可能であった。また、実測の浸水深からもわかるように実際には計算結果より広範囲に氾濫が起こっており、流量が過小評価されている可能性もある。また、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、この地点においても崩壊した JR の橋梁付近では流速が増大していることがわか

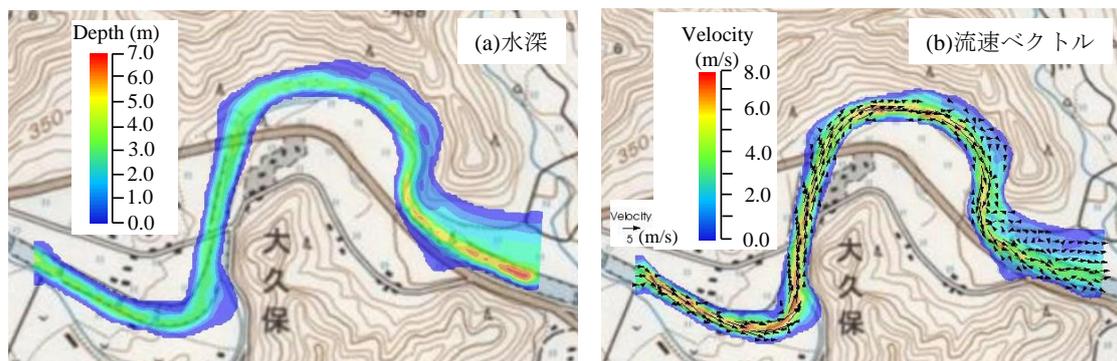


図 4-11 阿武川の A3 における (a) 流速ベクトルと (b) 水深コンターの計算結果

る。さらに、橋梁付近では水深が 5m 以上にまで達しており、橋梁が桁部分まで完全に水没した上に、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。

#### (4) 大久保地区 (A3) の氾濫計算結果

図 4-11 (a), (b) に阿武川 A3 におけるピーク流量時 (7月28日 11:55) の流速ベクトルと水深コンターを示す。図 4-7 に示された国道の崩落部分は狭窄部からの流速 7m/s を超える非常に速い流れが護岸面に当たっていることがわかる。この流れによって堤防の破壊および国道部分の侵食が進んだものと考えられる。また、本計算では図 4-7 の写真②の 1m 以上の痕跡水位の見られた部分に、氾濫は見られなかった。

### 4. 2. 3 阿武川の氾濫原流路形成に関する河床変動計算

#### (1) 計算概要

前節では、阿武川上流域に位置する地福～徳佐地区を 3 区間に分類し、それぞれの被災状況に関して数値計算を用いた流況の検討を行っている。これらの計算では固定床条件で計算が行われており、現地の被災状況に大きく影響を与えた河道形成機構に関する検討が行われていなかった。そこで本稿では新たに河床変動モデル阿武川 A2 とされた鍋倉地区における Z 字型の蛇行を有する区間に適用する事で、出水期間中の流路の変遷を検討する事を試みた。ここでは上流側の蛇行の頂点部から越流した流れにより、周辺の人家、果樹園、鉄橋等が被災した。本稿における計算では、この蛇行頂点からの流路の形成機構に関して検討を行った。

計算モデルとして、iRIC ソフトウェア<sup>1)</sup>に含まれる 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の岩崎理樹氏の提供による)。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>2)</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。

## (2) 計算条件

本稿における計算区間を対象とした格子生成に際しては、国土地理院の10mメッシュ標高データと、山口県から提供された横断測量結果を合成したものをを用いた。流下方向に約1500m, 横断方向に約750mの矩形区間を設定し, 計算格子として格子数を流下方向に約300, 横断方向に150とする正方格子を作成した。格子の1辺の長さは5m程度となる。このように作成された計算格子の各点での標高をコンター図として図4-12に示す。河道形状の詳細を検討するにあたっては十分な解像度とは言えないが, 被災前の河道周辺の標高データを入手する有効な手だてが無いため, 今回は上記のような手法を用いた。

流入端は, 上記の矩形の領域の, 最上流部分の低水路と重なる部分に設定した。ここに図4-13に示したハイドログラフ (山口県による提供) による流量を与えた。流出に関しては計算区間下流端からの自由流出とした。

河床材料に関しては, 粒径は2mmの単一粒径とした。浮遊砂は考慮せず, 掃流砂としての土砂移動のみ考慮した。また低水路部分は固定床とし, 計算の安定度を優先した。従って, 河床変動計算に関しては, 低水路部以外, すなわち越流の影響下において生じた変動のみを解析の対象とした。

## (3) 計算結果

### a) 流路形成

図4-14は計算開始からの河道形成の状況を水深のコンター図として示したものである。結果より, 計算開始から6時間ほどでZ字の頂点部分からの越流が生じ, 流路の短絡化が発生した後, 流量のピーク付近の計算開始10時間では明確なショートカットが生じた。図4-7に示された氾濫流の状況を一部良好に再現していると考えられるが, 図4-7では「新たな流路」として示された河床変動の状況が再現されていない。しかしながら, 図4-12に示されたショートカット周辺の地形を見ると, Z字の上流側頂点から, 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, 今回用いた地形に対する計算結

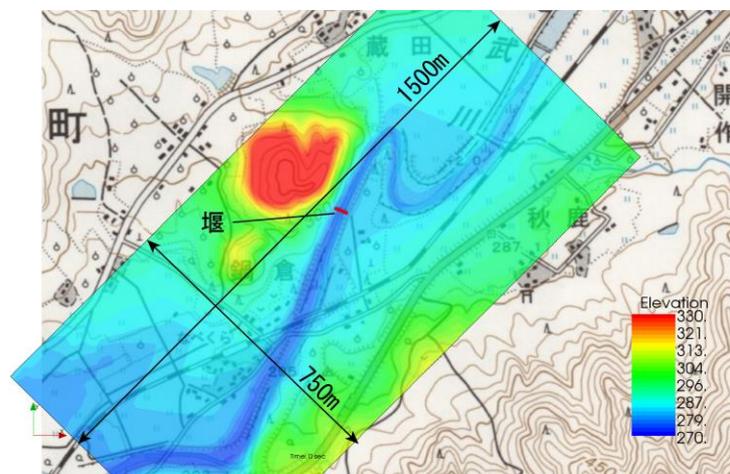


図4-12 計算領域と対象区間の標高

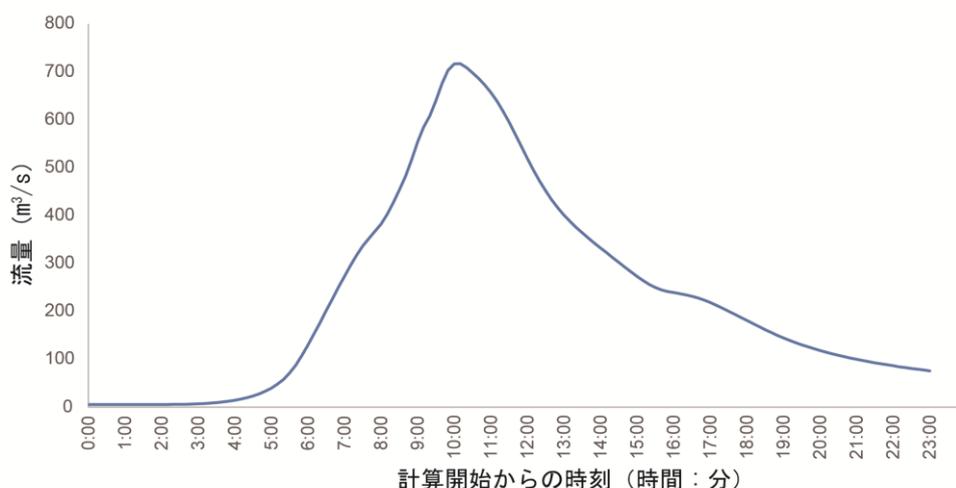


図4-13 流入ハイドログラフ

果としては妥当であると考えられる。むしろ、図4-7における新流路のルートは、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地形以外の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、図4-7と図4-12の比較から、新たな流路の形成が土地利用の境界と重なっている事が確認でき、果樹園と水田の間に存在した境界が、新水路の形成に重要な役割を果たした事が推測される。図4-15は流量ピーク付近の時間帯（計算開始10時間）における流速の強度を示したコンター図であるが、図4-14の水深コンター図の同時刻の結果と比較した場合、水深コンターに存在している元々の流路の部分が、流速から見るとほとんど静水域として存在しており、主流となる流路はショートカット部分に移行していることが分かる。このショートカットの開始位置は、前述の土地利用の境界線上に存在し、強い掃流力を有する水衝部でのショートカットが、この何らかの地質的な脆弱性を有する土地利用の境界と重なった事で、洗掘等の現象が進行していったと推測される。

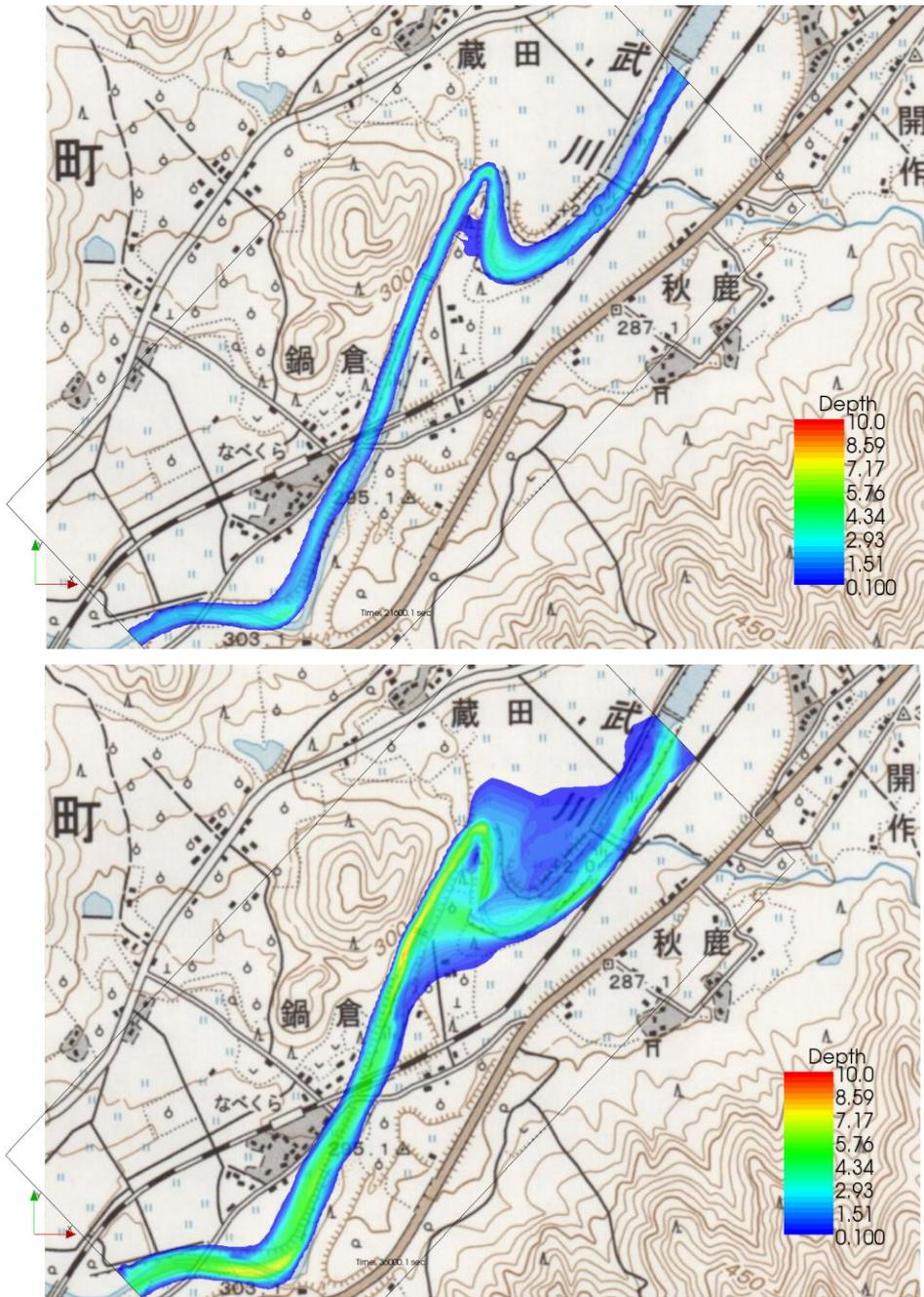


図4-14 水深コンター図，上：計算開始6時間，下：計算開始10時間



図4 - 15 流速のコンター図，計算開始10時間

#### b) 用水路の影響

3.1節での検討結果から，土地境界での脆弱性が新水路の形成に影響を与えたことが推測された．ここではその脆弱性を探る一つの試みとして，土地利用境界および線路沿いに周辺より2mほど標高を下げた水路状の窪みを設定し，それによる河床変動への影響を考察した．この際，2.3節で示した計算格子よりもメッシュのサイズを細かくし（約2.5m×2.5m），土地利用境界と近傍の線路上に2～3メッシュの幅をとりながら，元の計算格子の標高よりも2m低い値を入力した．

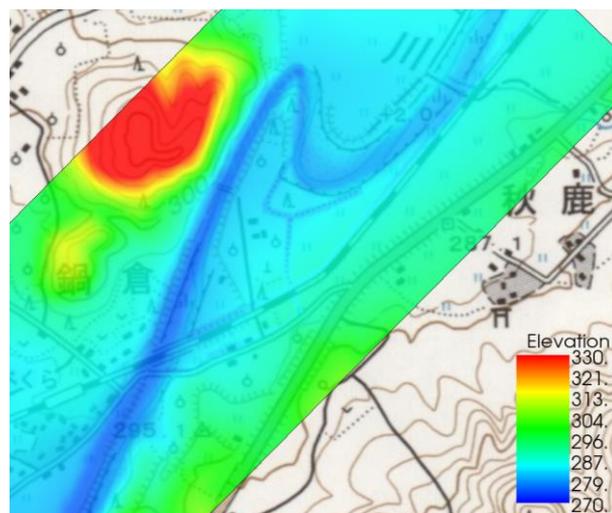


図4-16 土地利用境界での水路を考慮した計算格子における標高コンター，境界部分に周辺よりも標高が低い部分が水路状に存在する

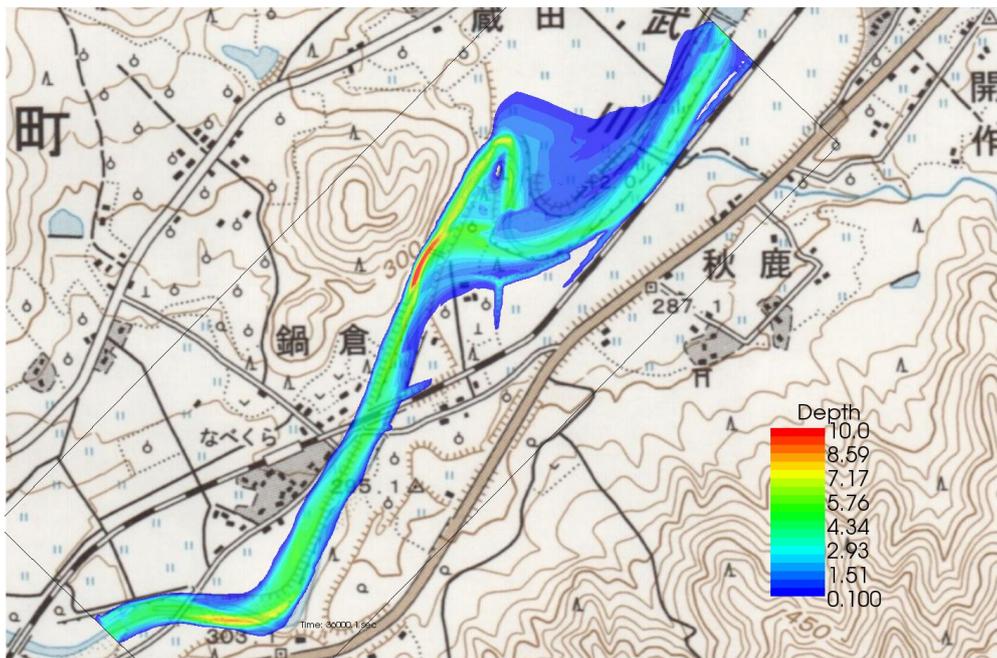


図4-17 流量ピーク時（計算開始10時間後）における水深コンター図  
（図4-16に示した格子での計算結果）

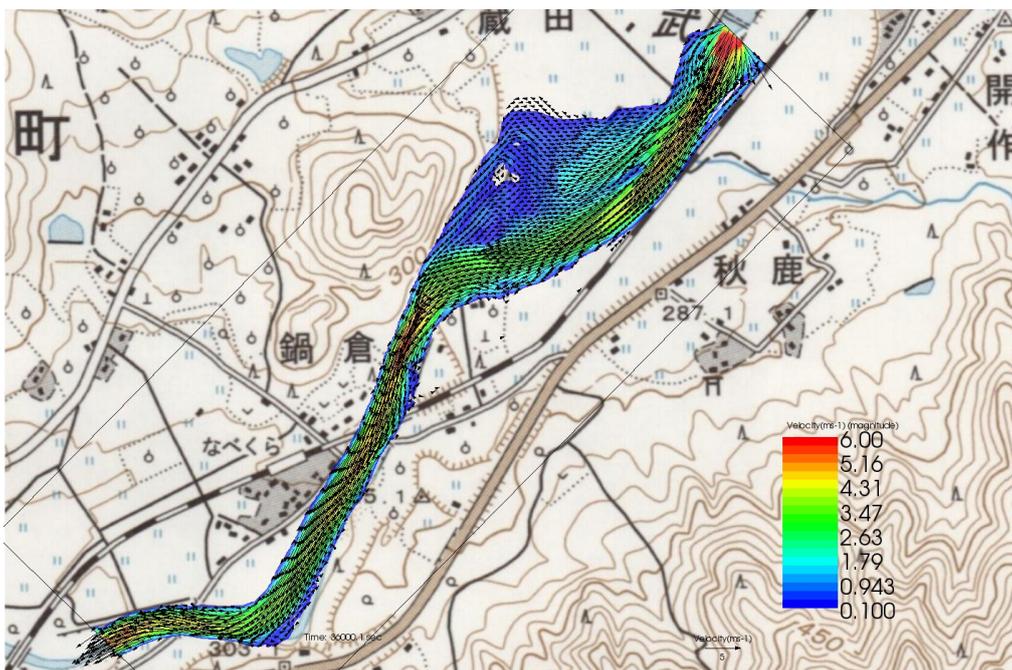


図4-18 流量ピーク時（計算開始10時間後）における流速のコンター図およびベクトル図  
（図4-16に示した格子での計算結果）

図4-16は新たに作成した計算格子における該地点での標高を示したものである。水田と果樹園の境界と線路沿いに一定の幅で、周囲よりも標高の低い流路状の地形が存在していることがわかる。

図4-17は、土地利用境界での水路状の地形を考慮した場合の計算結果を、流量ピークで

ある計算開始10時間後における水深コンター図として示したものである。図4-14下に示した水路状の地形を考慮しない場合の計算結果と比較した場合、わずかに水路部分への浸水が認められるが、それを切欠とした大規模な河岸侵食のような現象は確認されなかった。

図4-18は同様に流量ピーク時の流速のコンター図とベクトルを示したものであるが、境界上の水路と直交する方向に主流域の流速が生じており、水衝部での流れが直接的に水路の洗掘に働く様子は見られなかった。これらの結果から、土地境界での新流路の形成においては、用水路の存在のみでは十分でなく、本計算でのメッシュでは解像できない局所的な現象が先行することで洗掘の呼び水となったことが推測される。また、あるいは逆に、今回の計算で考慮されなかった土砂粒径の空間的な分布といった、土地利用自体に関連した面的条件が影響を有していることも考えられ、今後の検討が必要と考えられる。

### c) 堰の影響

写真4-1は、図4-12 に赤く存在が示された堰の様子である。本稿での計算対象区間においてこの堰の影響が懸念された事から、簡単ではあるが前述のモデルを用いて検討を行った。計算条件は先の検討と同じに設定されているが、この堰周辺に関しての河床の標高を、低水路岸から2mほど下がった位置、すなわち元の河床から3～5mほど高い位置（標高約280m程度）に修正した。出水時の流況や浮遊物の堆積状況が不明である事から、この条件については便宜的なものである。

図4-19は、堰の影響を考慮した場合について、水深をコンターで、流速をベクトルで示したものであり、図4-20は、堰の影響を考慮しなかった場合について同様の結果を示したものである。結果を比較すると、計算開始から7時間の時点では、堰がある場合はわずかにその周辺でベクトルが乱れ、浸水域も広がっている事が分かるが、ピーク流量の時間である10時間の時点では、その影響は埋没し、堰の有無による明瞭な差が見られなくなった。このことから、堰の影響は存在するが、その影響範囲は蛇行部周辺の限られた範囲に留まり、図4-7の新たな流路の形成のような、対象地域の河床変動の大勢に影響を与えてはいない事が推測される。



写真4-1 蛇行部下流側の堰

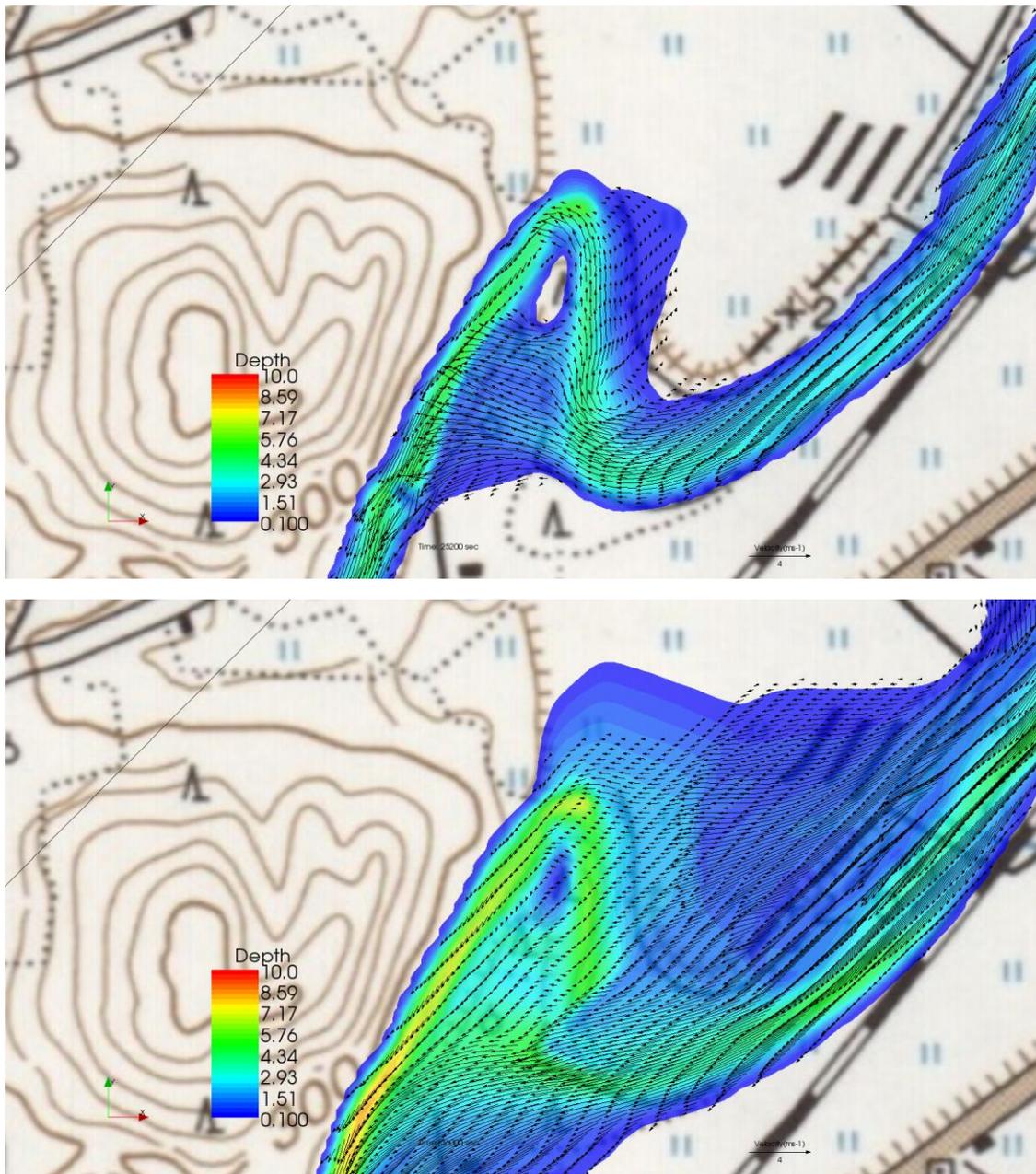


図4-19 堰の影響を考慮した蛇行部周辺での水深コンター図および流速ベクトル  
 上：計算開始7時間，下：計算開始10時間

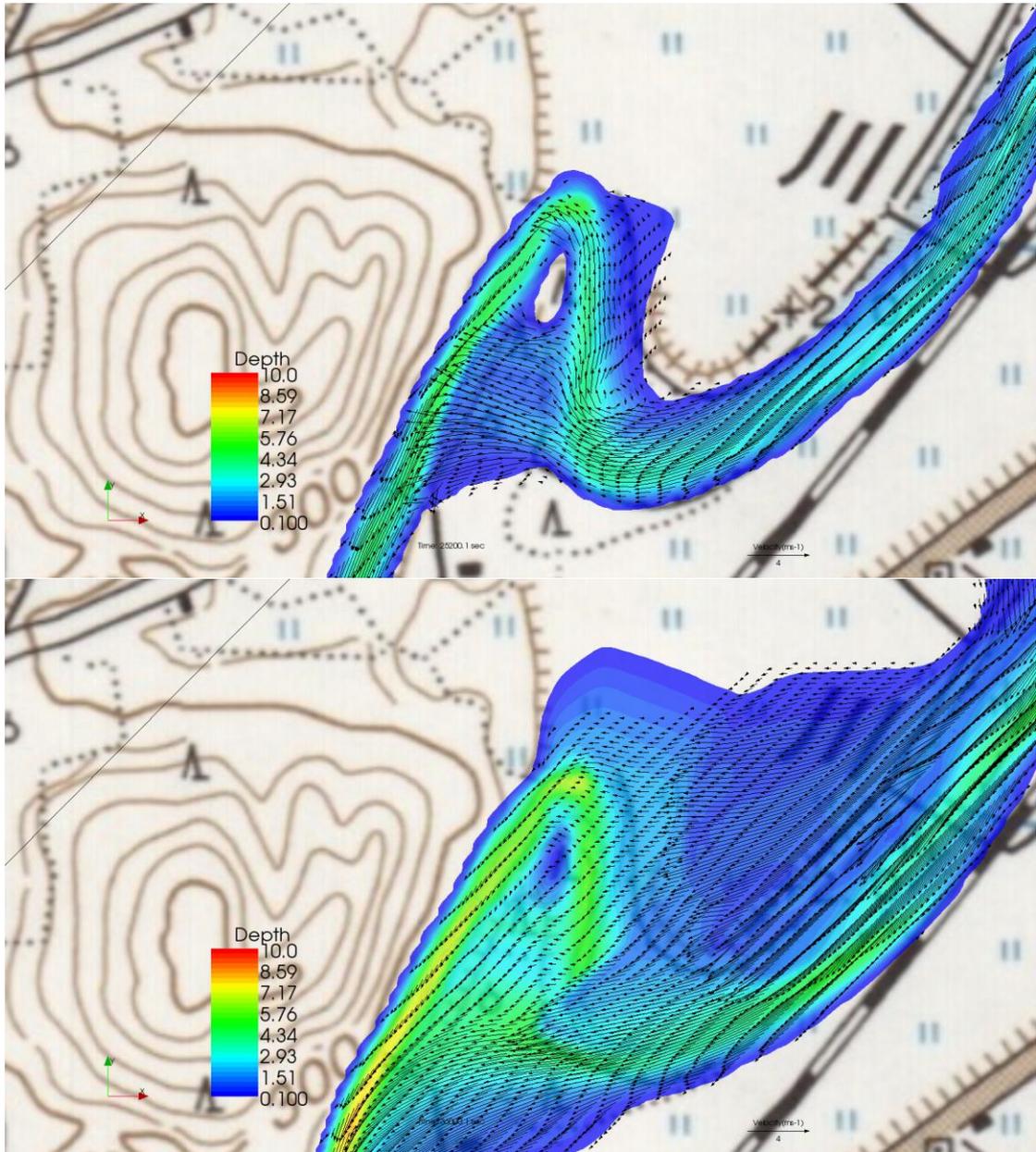


図4-20 堰の影響を考慮しない蛇行部周辺での水深コンター図および流速ベクトル  
 上：計算開始7時間，下：計算開始10時間

c) まとめ

河床変動計算モデルを用いて、鍋倉地区の蛇行部に置ける流路形成機構の検討を行った。結果として、新しく形成された流路の成立には、土地利用状況の境界と元々の流路の水衝部が重なったことによること、蛇行部下流川の堰の影響は狭い範囲に留まること、などが推測された。

#### 4. 3 山口県須佐川の被災状況

##### 4. 3. 1 はじめに

2013年、我が国では局所的な集中豪雨や台風の影響により、各地で洪水、氾濫、土石流被害が発生した<sup>3),4)</sup>。2013年7月28日には山口・島根豪雨の発生により山口県萩市から島根県津和野町にかけての県境付近において時間雨量100mmを超える降雨が生じ（山口県須佐観測所, 137.5mm/hour）、死者・行方不明者4名、床上浸水683戸を伴う氾濫被害が生じた。特に氾濫被害の大きかった地区としては、山口県萩市須佐地区（須佐川）、山口県山口市阿東地区（阿武川）、島根県津和野町（津和野川）などが挙げられる<sup>5),6)</sup>。

本研究では、上記被災地のうち山口県萩市須佐地区の被災状況についての調査・検討について報告する。当該地区は過疎地域であり<sup>7)</sup>、山地部の谷あい形成された狭い平地に比較的高密度に住宅が分布する、という地形特性を持っている。同じく過疎地の狭隘低平地において発生した2010年奄美豪雨水害等の事例と併せ<sup>8)</sup>、今後、高頻度化が懸念される異常豪雨に対し、災害弱者が多く居住する過疎地における今後の対応を検討する際に、本豪雨災害は重要な検討事例になると考えられる。

そこで本研究では、現地調査ならびに数値解析結果に基づいて、氾濫被害の発生メカニズムの検討を行った。まず、氾濫をもたらした降雨の状況と被災地の地形、地域特性について概略を述べる。次に、現地調査結果より、浸水深分布、護岸の決壊・損傷、越流状況、ヒアリング調査結果について述べる。さらに、本水害の特性を考慮した、降雨流出・一次元河道・二次元氾濫シミュレーションをカップリングした洪水氾濫シミュレーション結果について検討し、洪水氾濫に関して総合的な考察を行う。

##### 4. 3. 2 研究サイトおよび水害の概要

研究対象地は山口県の北部に位置する萩市の北東部、島根県との県境付近に位置する須佐地区および本地区を貫流する須佐川である（図4-21）。須佐川は流域面積約13.5km<sup>2</sup>、延長約8.2kmの二級河川である。流域の大部分は山地である。須佐地区は幅約500m、長さ約1500mの平地上に形成されている。周囲を標高100m程度の山地に囲まれ、須佐地区を東西に横断するように国道191号線およびJR山陰本線が通っている。過疎地としては比較的高密度に住宅が分布しており、国道191号線以北の古くからの漁村集落では特に高密度となっている。

被災当日の気象状況ならびに警報、避難勧告に関する状況を整理する。図4-22は2013年7月28日気象庁須佐観測所における時間・累積雨量と須佐川龍背橋観測所での10分間隔の観測水位を示す。気象庁須佐観測所の観測結果では、降雨は10:00から強まるとともに急激に強度を増し、11:00までの1時間に107mm、12:00までの1時間ではピークとなる137.5mmを観測した。その後、降雨強度は急激に低下し、14:10には降り止んでいる。河川水位については、

雨が降りだした10:00直後から急激に上昇し、11:00には氾濫危険水位を突破、12:20にピークとなった。

気象警報および避難情報の発令等については、同日4:48に気象庁より大雨洪水警報が当該地域に発令され、11:00に避難勧告が発令された。

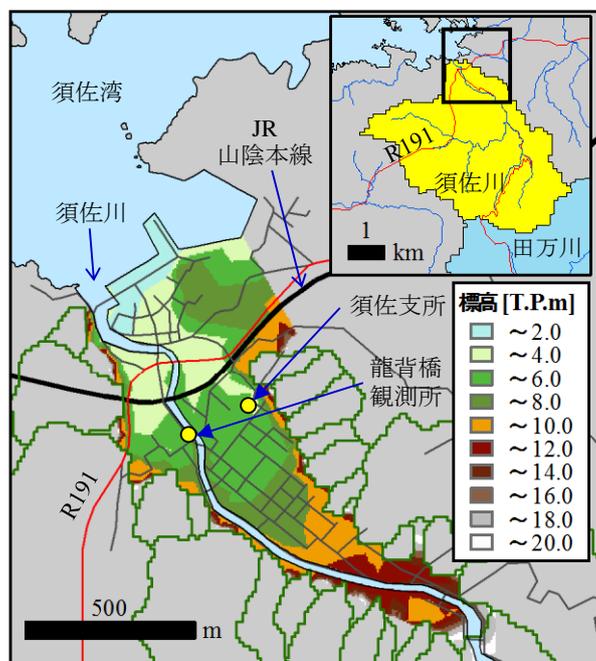


図 4-21 研究サイト

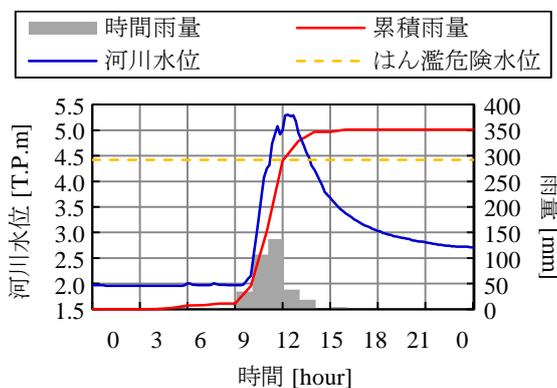


図 4-22 観測雨量（須佐）及び観測河川水位（龍背橋）の時間変化

なお、本水害をもたらした降雨の発生要因としては、梅雨前線南縁上空に存在する非常に湿った空気（湿舌）が当地に集中的に侵入することにより連続的に発生した積乱雲群（バックビルディング形成と呼ばれる）により生じたとされる<sup>9)</sup>。これは、昭和58年7月23日に発生し当地にも被害を及ぼした山陰豪雨と発生要因が類似する<sup>10)</sup>。

### 4. 3. 3 現地調査内容

本研究の遂行にあたり、2回の現地調査を実施した。調査範囲は氾濫被害が甚大であった河口から約1.5kmまでの平地部であり、調査は1回目を2013年8月5、6日、2回目を同年8月27～29日に行い、1回目に概況調査、浸水高・地盤高調査、2回目に浸水高調査、堤防被災・越流調査、ヒアリング調査を実施した。

浸水高・地盤高調査では、氾濫域の合計55点において、家屋や河岸等に残る痕跡水位を計測した。絶対標高の計測にはVRS方式RTK-GPS（Trimble R4及びR6、米Trimble社製、標高推定精度：4cm程度、以下、RTK-GPS）を用いた。堤防被災・越流調査では、河川の両岸にお



図 4-23 須佐川の氾濫状況とハザードマップの比較

いてRTK-GPSを用いて天端高や痕跡水位を計測した。合わせて、護岸の種類を目視で確認し、破堤や堤体損傷がある場合には、破堤幅や溢水部の標高など、氾濫量推算に必要な諸元の計測を行った。ヒアリング調査については、氾濫域の住民11名を戸別訪問し、被災時の氾濫状況、避難状況、復興に関して聞き取りを実施した。

#### 4. 3. 4 現地調査結果

図4-23は観測により計測した実績浸水深を既存のハザードマップ<sup>1)</sup>上にプロットしたものを示す。ここでは、浸水の痕跡やヒアリングから想定された流向も合わせて示している。これより、本洪水による浸水被害は流域の低平地のほぼ全域に及んでいることが分かる。特に大規模な破堤が生じたJR山陰本線橋梁の下流左岸側で浸水深が大きく、2mを超えている(図4-23上写真)。その他、龍背橋下流右岸側の須佐支所付近及び港橋右岸側の漁村集落で浸水深が1mを超えている。

図4-24は実績浸水深とハザードマップ上の想定浸水深とを比較したものを示す。図中の青色ハッチ部分は、ハザードマップにおける想定水深の範囲を示し、区分けは図4-23と合わせている。これを見ると、本洪水においては、浸水深が想定されたものよりも全般的に大きい結果となっており、想定浸水深の小さな領域でより顕著である。ハザードマップ作成にあたり検討された条件について詳細は不明であるが、想定を上回る浸水深を上回ったのは、流域全体の降雨強度が極めて大きく、かつ、想定された破堤箇所(図4-23印)が実際の破堤箇所と異なっていることも要因の一つであると考えられる。

現地の様子をより詳細に見ると、左岸側の氾濫域においては、洪水痕跡が残るフェンスが山側から川側に向かって倒されている様子が確認された(図4-23上写真)。これは、小流域からの氾濫水によって倒されたと考えられ、破堤や越流による外水氾濫のみならず内水氾濫水による影響も大きかったものと推察される。

図4-25は左右岸の堤防天端高と左右岸の痕跡水位の縦断分布を、護岸破堤位置および護岸の種類とともに示す。ここでは、護岸のタイプをコンクリートで表面が仕上げられた「コン

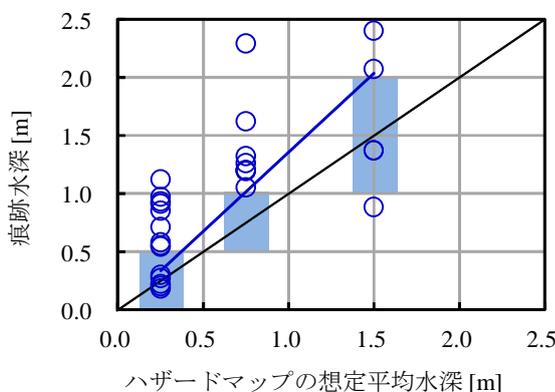


図 4-24 ハザードマップによる想定浸水深と観測浸水深の比較

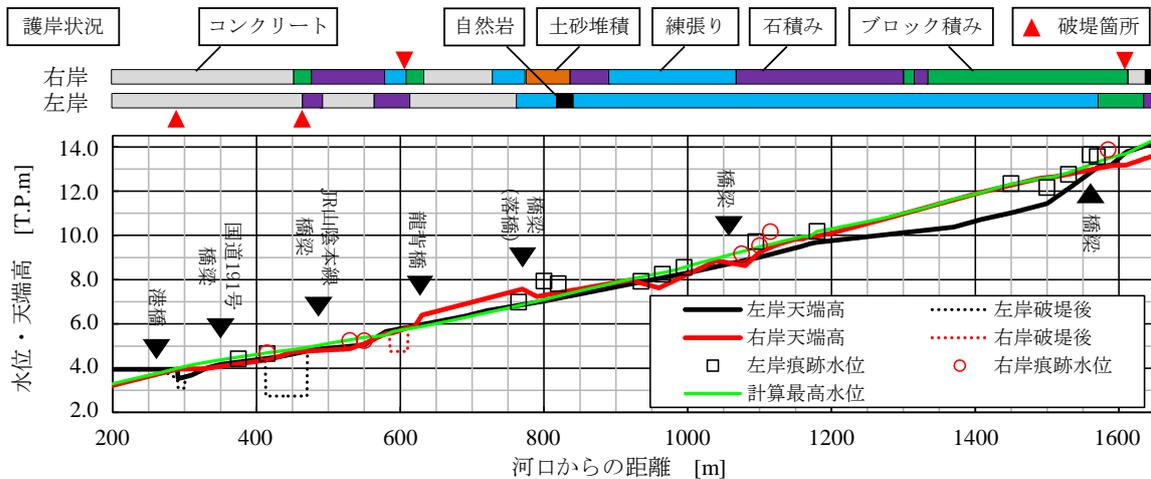


図 4-25 左右岸天端高と痕跡水位，計算最高水位の縦断分布

クリート護岸」，いわゆる間知ブロック等のコンクリートブロックが積まれた「ブロック積み」，石を混ぜたコンクリートパネルを表面に貼り付けた「練張り」，さらに「石積み」（空石積み，練石積みを分けない）の4つのタイプと，護岸の全面に「土砂堆積」している場合，「自然岩」が露出している場合に大別して示している．また，後述する数値計算結果による最高水位も図示する．これより，本洪水においては，多くの区間で水位が天端高付近まで上昇し，外水氾濫が生じていることが分かる．特に橋の近傍では天端高と痕跡水位の差（すなわち越流水深）が1mに達する．橋梁には大量の流木が捕捉されており，うちひとつは落橋していた．これらの状況から，橋梁と捕捉物により水位の上昇が起こっていたと推察される．橋梁の影響のない地点では，天端高と痕跡水位の差は概ね10～70cm程度であった．

本水害では図4-23および図4-25に示すように，主に4箇所破堤に至っている．これらの図を合わせてみると，今回決壊した箇所は強度が相対的に低いと思われる石積み護岸箇所などでは必ずしもなく，河川の外岸側等の局所的に強い流体力が作用する箇所に見られる．特に破堤の規模が大きかったJR山陰本線橋梁下流付近（図4-23，中段左の写真）では，幅約50mにわたってコンクリート護岸を含む堤防が決壊した．決壊地点背後には大量の流木が流入し，背後の浸水深は2mに達した．この地点は，強い流体力が作用する外岸側で，橋脚の背後でもあり，護岸基礎を洗掘する二次流が発生しやすく，破堤を引き起こす要因となりうる条件が重なっている．ヒアリング結果によれば，過去にも破堤が起きた箇所であり，護岸の補強が行われていたようであるが，再び破堤に至る結果となっている．また，破堤地点には直線区間や内岸側で起きたものもあった（図4-23，上部中央の写真）．これらの地点では，痕跡水位や後述のシミュレーションの結果，堤内から堤外へ氾濫水が流れた可能性が高く，それによる裏込め土の洗掘が破堤の要因である可能性が示唆される．

ヒアリング調査では合計11名の住民から回答を得た．避難について，須佐地区に居住して

いない1名を除き、全員が指定の避難所に避難することなく自宅にとどまり鉛直避難していたということが分かった。その理由としては、「雨の降り出しから浸水までが早すぎて、すでに避難所に避難できる状態ではなかった」という声が多かった。また、避難や隣人の救助に際しても、「建物の間の流れが大きかったため、助けようにも助けられない状況になった」ということが発生していたようである。これは、本洪水の極めて強い降雨と比較的大きな地形勾配、さらに住宅が比較的高密度にあるという特徴を強く反映していると考えられる。住民の防災意識としては、毎年防災訓練が行われているとのことであった。同じく甚大な出水被害が生じた隣接する旧田万川町では昨年より始まったとのことであり、日常的な備えは比較的なされている地域であったと推察される。また、多くの住民は避難していない一方で、地域の民生委員の誘導により災害弱者の積極的避難がなされていたことも日頃の防災意識によるものと考えられる。しかしながら、水防活動については、「川への通用口に誰が止水板をはめるのか河川改修を境に曖昧になって開いたままになっていた」など、治水事業後の情報の共有不足が水防活動に影響したこともあったようである。

#### 4. 3. 5 洪水氾濫シミュレーション

氾濫時の状況を時空間的に把握するため、流出解析、一次元洪水流解析ならびに二次元氾濫解析を実施した。解析には、MIKE by DHI（デンマーク水理・環境研究所製）を用いた。本ソフトウェアに含まれるMIKE FLOODモジュールを用いて、流出・一次元洪水流解析を行うMIKE11モジュールと二次元氾濫解析を行うMIKE21モジュールをカップリングして同時解析を行った。計算対象期間は2013年7月28日 0:00～24:00である。

現地調査により、本研究対象地においては、内水氾濫による氾濫の程度が大きいと推察されたことから、小流域から氾濫域への直接流出過程を解くことを重視し、流域全体を流出解析の対象となる流域部、河道解析を行う河道部、氾濫計算を行う氾濫部に分割した。流出解析においては、MIKE11・RRモジュールに含まれるURBANモデルを用い、須佐観測所の10分間雨量に対する流出流量の時間変化を得た。本モデルは流域面積、流出時間遅れ等をパラメータとしたモデルである。一次元洪水流解析においては、断面形にはRTK-GPSを用いた現地測量結果を用い、粗度係数については $0.065\sim 0.042$  [ $m^{-1/3}s$ ]を上流から区間毎に分布を持たせて設定し、下流端水位については痕跡水位を参照し、常時+1.5 [T.P.m]を与えた。二次元洪水流解析においては、 $5m\times 10m$ の長方形計算格子を設定し、実測地盤高および基盤地図情報10mメッシュ標高を用いて内挿補間し各計算格子に標高値を与えた。堤内地の粗度係数については一律に $0.142$  [ $m^{-1/3}s$ ]を与えた。河道部と氾濫部の結合部の設定条件としては、双方のモデルの水位、河道兩岸の天端高、本間の越流公式に従い、流入出計算が行われるよう設定した。計算時間間隔は1秒とした。各パラメータについては、観測データがある龍背橋の水位時間変化や、堤防上の越流水深、堤内地の痕跡水位を再現できるよう調整した。4箇所の破堤の影響については、破堤時刻を12:00～12:30と仮定し、河道部と氾濫部の結合部の

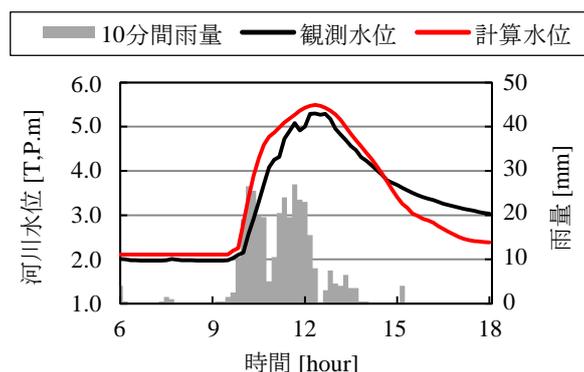


図 4-26 龍背橋水位観測所における観測水位と計算水位の比較

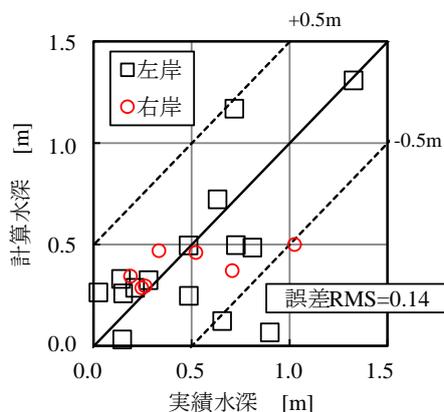


図 4-27 堤防天端上の越流水深に関する実測値と計算値の比較

標高が時間的に変化するようにして考慮した。

図4-26は龍背橋水位観測所における観測水位と計算水位の時系列変化を示す。この結果より、増水期とピーク水位付近では計算精度は概ね良好であるものと考えられる。ただし、減水期については、計算値が観測値を大きく下回っている。これは、龍背橋水位観測所下流に位置するJR山陰本線橋梁付近において、家屋等のがれきが河道内に流入し河道を一部せき止めた影響であると推定され、それは、出水前後における平水時の実測水位差（約0.6m上昇）にも現れている。図4-27は堤防天端上における越流水深に関する実測値と計算値を比較している。これより、両者の関係にはばらつきは見られるものの、両者の差のRMS値は0.14mである。これより、一部のデータを除いて、概ね良好に越流水深を再現できているものと考えられる。また、堤内地における浸水深の実測値と計算値の相関図を図4-28に示す。これより、本計算の推定精度は概ね±0.5mの範囲に収まっており、計算値と実測値の差のRMS値は0.38mとなった。ただし、左岸側に関しては、計算値は過小評価していることが分かる。この左岸側では、上流域の外水氾濫水が国道191号線のトンネルを通じて堤内地に流入しているが<sup>6)</sup>、その影響により左岸側のみ浸水深を過小評価した可能性があり、今後より詳細な検討が必要である。

解析期間における氾濫域の水収支を図4-29に示す。ここでは、氾濫域（堤内地）でやりとりされるボリュームとしては、直接降雨や堤内地に隣接した小流域からの流入（内水）、河

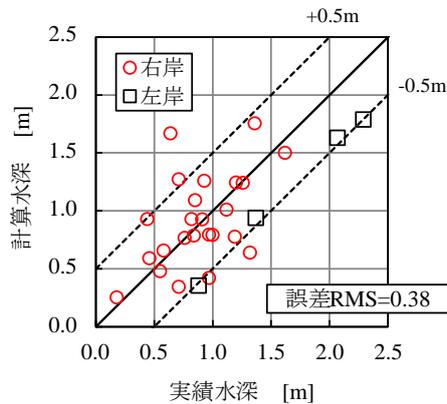


図 4-28 堤内地の浸水深の実測値と計算値の比較

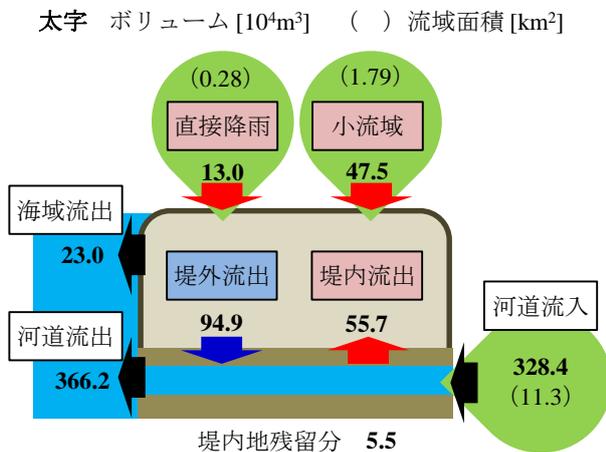


図 4-29 計算結果による氾濫域の水収支

からの堤内流入（外水），氾濫域から河道に戻る成分（堤外流出）や海域への直接流出などを考慮している。これより，大規模破堤や広範囲にわたる堤防越水に伴う外水氾濫（ $=55.7 \times 10^4 \text{m}^3$ ）とともに，内水氾濫量（ $=60.5 \times 10^4 \text{m}^3$ ）が大きいことが分かる。それに対応して，堤外流出のボリュームも相対的に大きい。より詳細に見るために，左岸・右岸ごとの単位幅あたりの外水流入・内水流出量の縦断分布を図4-30に示す。ここでは，堤内への流入を正，堤外への流出を負として示している。これを見ると，破堤発生地点においても堤内への流入量は堤外への流出量に比べて大きくないことが分かる。特に河口から300m付近においては，堤外への流出量が大きくなっている。このことは，この地点での護岸の決壊に影響を与えた可能性が示唆される。次に，破堤が発生したにも関わらず外水氾濫量が小さくなった要因を検討するため，最も大規模な破堤が発生したJR山陰本線下流の破堤地点の堤内外の水位の時系変化を検討すると（図4-31），破堤に至ると想定される12時から13時ごろにはすでに堤内地の水位は内水氾濫によって高くなっており，堤外地との水位差が小さい。そのため，河道から堤内地への流入量は小さく抑制されたものと考えられる。また，前述するよう

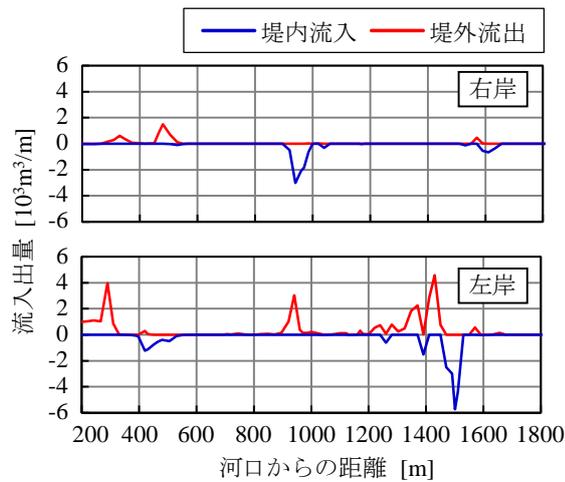


図 4-30 堤内流入・堤外流出量の縦断分布（洪水全体の総量）

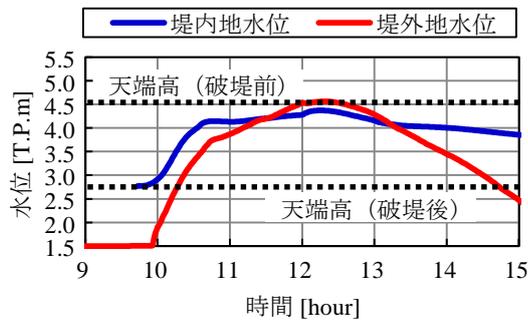


図 4-31 破堤地点の堤内外における計算水位

に、実際には堤内地側の浸水深はさらに50cm程度高かったことから、破堤による外水氾濫量はさらに小さく抑制されたか、逆に堤外に流出した可能性が考えられる。

#### 4. 3. 6 結論

本研究では、2013年7月28日山口・島根豪雨により、氾濫し甚大な浸水被害をもたらした、山口県萩市・須佐川及び須佐地区において氾濫メカニズムの解明を目的とした現地調査、数値解析を実施した。本洪水による浸水深は事前の想定を大きく上回り、最大浸水深は2mに達した。合計4箇所破堤が生じ、最も被害が大きかった地点では破堤幅が50mに達した。現地観測に基づく洪水氾濫シミュレーション結果より、本洪水では破堤が生じたにも関わらず、外水氾濫量は内水氾濫量に比べ相対的には小さい結果となり、本洪水災害においては、極めて強い降雨に起因した内水氾濫が外水氾濫ともに強い影響をもたらしたと考えられる。

#### 4. 4 山口県田万川の被災状況

流域面積 122km<sup>2</sup>、流路延長 28.9km の田万川では、堤防決壊・欠損、護岸崩壊、橋梁流出、浸水、家屋損壊などの被害が多く箇所で生じた。田万川中流部における調査結果を図 4-32 と表 4-1 に示す。ここでは、同図に示すように、被害が集中していた田万川・高岩橋（中小川地区）から原中川・上小川地区における調査を行った（2013/8/5, 6 実施）。原中川（流路延長 4.0km）には、宇谷川（同 1.5km）、市丸川（同 1.7km）、大江後川（同 1.6km）が合流している。原中川合流点から上流側の田万川本川よりも原中川の被害が大きいことが確認された。そのため、このような調査範囲を選定した。図表中の被災形態としては、「堤防決壊」、「堤防欠損」、「護岸崩壊」に分類した。「堤防欠損」とは堤防の一部が壊れたものの、表のり面の護岸が破損せず堤体高さ（護岸高さ）を確保しているものであり、大部分は堤体盛土の流出が生じたケースである。なお、本先遣調査では、全ての堤防・護岸被害を正確に捉えられたわけではなく、調査範囲内には図表中に示したもの以外にも被害が発生した場所があるものと思われる。

右岸側の橋梁が流出した高岩橋（調査範囲の下流端）は、右岸側の堤防が決壊し（Stn.R1）、その上流側では大規模な護岸崩壊と河岸侵食が発生し、周囲の家屋が孤立した。この被災



図 4-32 田万川中流部での堤防・護岸の被災マップ（地点名の R は右岸，L は左岸を示す）

表 4-1 堤防・護岸の被災状況の詳細（田万川中流部，地点名の R は右岸，L は左岸を示す）

地点名	外岸 or 内岸	被災形態	長さ L[m]	越流水深[m]	備考
R1	外岸	堤防決壊	—	—	高岩橋右岸側流出
R2	外岸	護岸崩壊	—	—	河岸侵食発生，家屋孤立
L1	内岸	堤防決壊	19.5	1.6	堤内地からの越流あり
L2	内岸	堤防決壊	11.5	0.8	護岸の切れ目
L3	内岸	堤防決壊	84.5	0.9	護岸の切れ目
R3	外岸	護岸崩壊	—	—	路面陥没，天端・堤体土流出，家屋半壊(1)
R4	外岸	護岸崩壊	約80	1.7	天端・堤体土流出，家屋半壊(1)，全壊(1)
L4	内岸	堤防決壊	47.5	—	裏のり面の侵食量大
R5	内岸	護岸崩壊	15.5	1.1	表のり面上部・天端流出，道路崩壊
R6	外岸	堤防決壊	77	0.4	護岸：コンクリートブロック
L5	内岸	堤防欠損	28	0.9	堤体土流出，道路崩壊
L6	外岸	堤防欠損	—	—	堤体土流出・侵食，氾濫量大
R7	内岸	堤防決壊	71	—	支川合流部
L7	外岸	堤防欠損	66.5	—	堤体土流出
R8	外岸	堤防欠損	56	—	天端・堤体土流出，道路崩壊
L8	内岸	堤防欠損	—	—	堤体土流出，堤内地からの越流あり
L9	外岸	堤防決壊	—	—	コンクリート張り護岸が前面へ倒壊
L10	内岸	堤防決壊	23	—	大江後川からの氾濫水が越流した模様
L11	外岸	堤防欠損	—	—	護岸背面へ倒壊，堤体土流出・侵食

箇所は外岸側に相当し，強い流れによる河岸侵食や越流，それに伴う堤防や護岸の崩壊が生じたものと思われる．一方，この地点よりもやや上流側では，内岸側に相当する左岸側の3箇所（Stn.L1～L3）において堤防決壊が生じた．本対象エリア全体において，河道からの越流が確認されており，Stn.L1～L3においても0.8～1.6mの越流水深が観測された．また，浸水範囲は，大雑把には河川と県道14号をはさむエリアであり，県道14号付近においても約2mの浸水深が観測された．そのため，流況としては，河道部が低水路，氾濫域が高水敷の“複断面河道”流れとなっていたものと推測される．越流状況としては，Stn.L2とL3は河道内から越流していたが，Stn.L1では河道部に戻る向きの越流が確認された．越流状況は異なるものの，これらの地点では，越流決壊した可能性が極めて高い．また，決壊地点の護岸状況としては，三面コンクリート張り（Stn.L1）や石積み護岸と土堤部分の混在（Stn.L2，L3）と様々であるが，コンクリート張り護岸でも決壊したことが分かる．

上流部へ行くと越流水深は減るが，Stn.R3付近やStn.L6付近では浸水被害が集中していた．Stn.R3では，護岸崩壊やその背後の道路崩壊・陥没が発生した．また，合わせて，堤体土が流出したため，家屋の地盤が侵食され，家屋倒壊の被害が生じた（図4-33）．Stn.L6付近では，市丸川や大江後川が合流しており，合流点付近で多くの堤防決壊・欠損が生じ，背後には30cmを越える石が氾濫し，堆積した（図4-33）．

対象エリアにおける被災形態は，堤防決壊9箇所，堤防欠損6箇所，護岸崩壊4箇所であり，これらのうち内岸側での被災が9箇所と約半分になっている．全ての箇所で越流が確認され



図 4-33 被災状況の様子（田万川）

ており，被災要因は，越流によるものが主と考えられるが，前述したように，越流状況が河道内から溢れるばかりでないため，今後，越流状況と被災形態を加味して，被災要因を検討する必要がある．

#### 4. 5 阿武川ダムの洪水調節効果

##### 4. 5. 1 阿武川流域における降雨の状況

阿武川は、水源を権現山（標高 653m）に発し、途中蔵目喜川、生雲川、佐々並川などの支川を合流して萩市に至り、派川橋本川を分派して日本海に流入する流域面積 694.8km<sup>2</sup>、流路延長 82.2km の山口県日本海側における最大の河川である（図 4-34 参照）。

戦後において乱伐による山林の荒廃のため、萩市ならびに沿川では毎年のように甚大な洪水被害を被ってきた。このため、洪水調節の他、不特定用水の確保、発電を目的とした阿武川ダムが昭和 42 年に事業着手され、昭和 50 年に完成している。

今回の豪雨においては、山口県庁の観測したデータ<sup>12)</sup>によれば、島根県境付近に位置する流域の北東側、すなわち阿武川水系阿武川本川、生雲川、蔵目喜川の上流域に多くの降水が見られた。雨量観測所別に総雨量について比較すれば、十種ヶ峰 470mm、朝早橋 330mm、千石台 305mm、鈴倉 238mm などが顕著であり、その他の流域の中下流部の観測所では、最高でも福井下の 55mm と概ね 50mm 以下の降雨状況であった。阿武川流域における総雨量の等雨量線図を図 4-35 に示す。

阿武川ダムの洪水調節計画は、流域を区分し、各区分流域の洪水波をラショナル式  $Q=0.2778frA$  を用いて計算し、さらに河道流下時間を考慮して合成して策定されている。目標とする治水安全度は、100 年生起確率降雨であり、岩井法により計画降雨は、吉部 300.4mm、徳佐 293.9mm、篠生 312.7mm と算出されている<sup>13)</sup>。今回の豪雨は上流域の降雨は大きいものの、流域平均雨量は 136mm であり、阿武川ダムの洪水調節計画に比べて概ね 1/3 程度の降雨に留まった。図 4-36 に阿武川ダム洪水調節計画における流域分割図を示す。また、図 4-37 に阿武川計画流量配分図を示す。

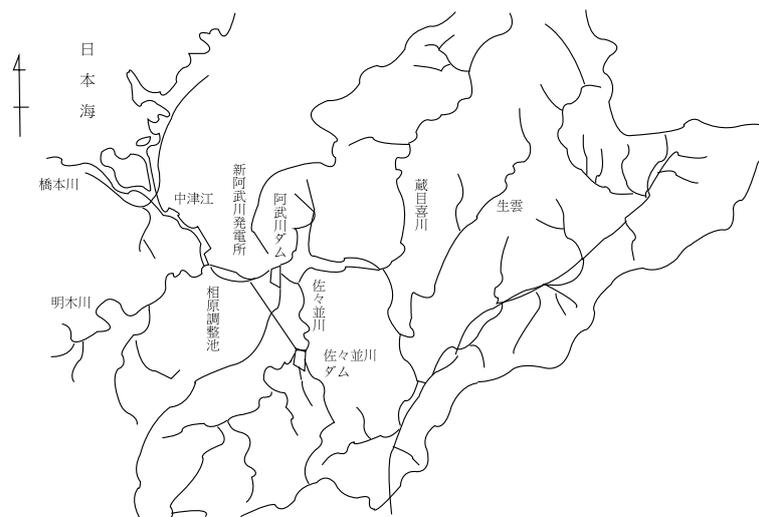


図 4-34 阿武川流域図

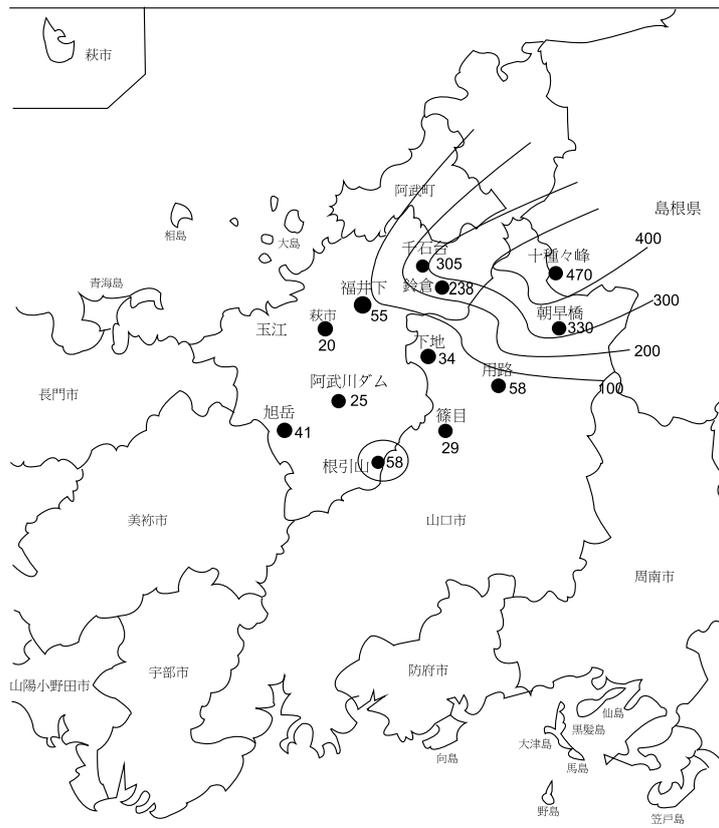


図 4-35 等雨量線図

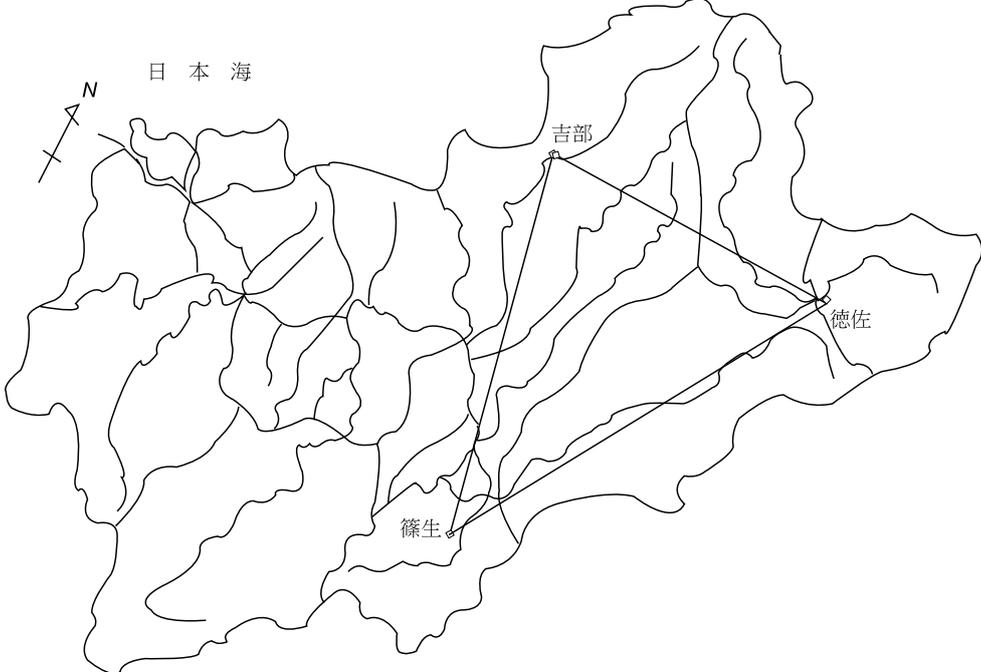


図 4-36 流域分割図

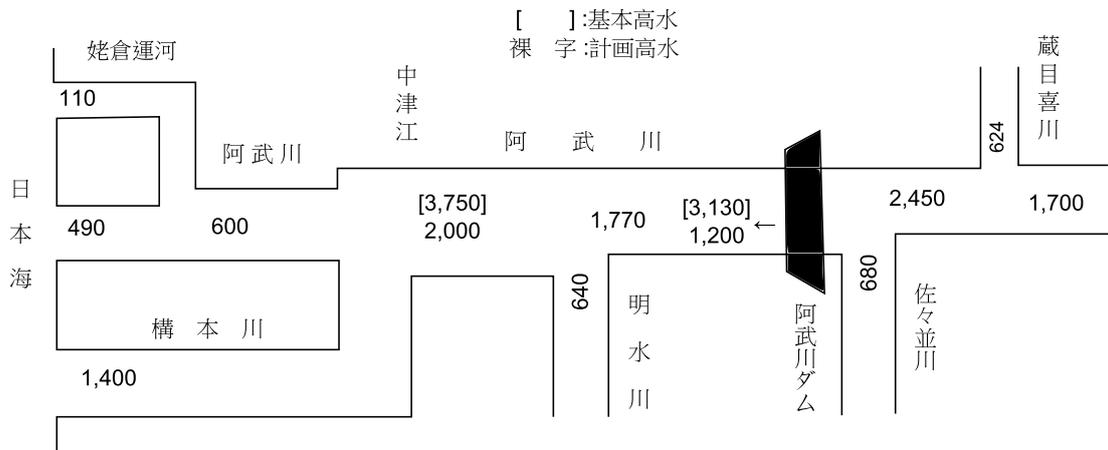


図 4-37 阿武川計画流量配分図

#### 4. 5. 2 阿武川ダムの洪水調節手法

##### (1) 阿武川ダムの操作規則

阿武川ダムの洪水調節計画は、図 4-38 に示すとおりであり、ダム地点の最大洪水量  $3,130\text{m}^3/\text{s}$  を  $1,930\text{m}^3/\text{s}$  洪水調節して最大  $1,200\text{m}^3/\text{s}$  放流することにより、下流の基準点である中津江地点で基本高水流量  $3,750\text{m}^3/\text{s}$  を  $2,000\text{m}^3/\text{s}$  に洪水調節する。

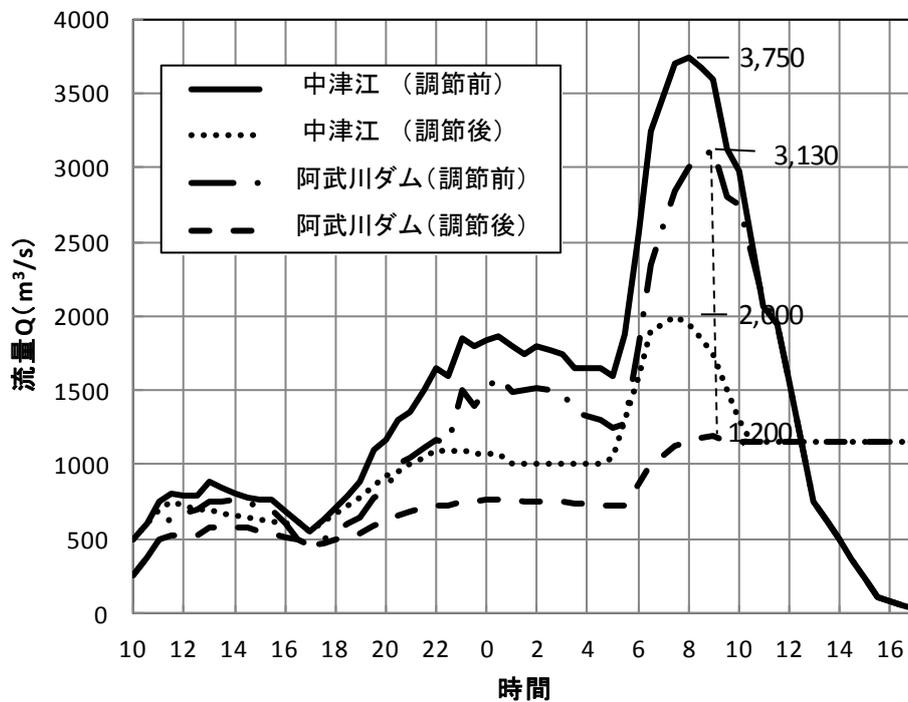


図 4-38 阿武川ダム洪水調節図

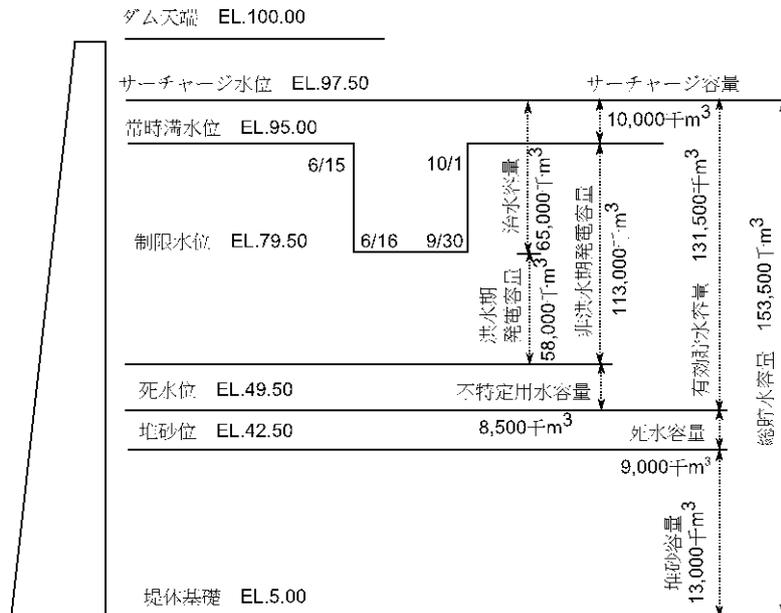


図 4-39 阿武川ダム貯水池容量配分図

このため、洪水期（6月16日から9月30日まで）において、65,000 千 m<sup>3</sup> の治水容量が確保されている。図 4-39 に阿武川ダムの貯水池容量配分図を示す。

阿武川ダムの洪水調節における具体的な操作方法は、阿武川ダム操作規則<sup>3)</sup>により定められている。すなわち、洪水期には制限水位以下に水位を保ち、治水容量を確保して洪水調節を行う。流入量が 500 m<sup>3</sup>/s に至るまでは流入相当量を放流し（洪水調節は行わない）、流入量が 500 m<sup>3</sup>/s 以上の際には流入量に応じて式 (4-1) から求められる流量の放流を行う。流入量が最大に達した後は、流入量が毎秒式 (4-1) により算定した量と等しくなるまで当該算式により算定した量の流水の放流を行うことと規定されており、いわゆる一定率一定量方式の洪水調節手法が採用されている。

$$\text{放流量} = 0.266 \times (\text{流入量} - 500) + 500 \quad (5-1)$$

一定率一定量方式の洪水調節手法を採用した理由は、萩市内阿武川（分派後）や中津江地点上流において、未改修区間が存在することから、これらの区間においてもダムによる洪水調節効果のある程度発現させることを考慮したことによる。

## (2) 洪水時に実施された洪水調節

山口県庁の公表しているダム操作状況のデータ<sup>12)</sup>によれば、今回の洪水における阿武川ダムへの流入量、下流への放流量は、図 4-40 に示すとおりである。具体的には、最大流入量 1,381 m<sup>3</sup>/s を観測し、この時 105 m<sup>3</sup>/s を下流に放流し、ピーク時の洪水調節流量は、1,276 m<sup>3</sup>/s である。また、洪水ピーク後の最大放流量は、552 m<sup>3</sup>/s である。

洪水流入直前である7月28日5時における阿武川ダムの迎洪水位は74.62mである。これは図4-40に示す洪水期制限水位79.5mと比べても約5m低い。ダムの貯水位が制限水位より低い利水容量内に位置する時に洪水が襲来した場合のダム放流量のあり方については、我が国のダム操作規則においては、一般的に具体的な規定がなく、ダム管理職員の判断に任されている。

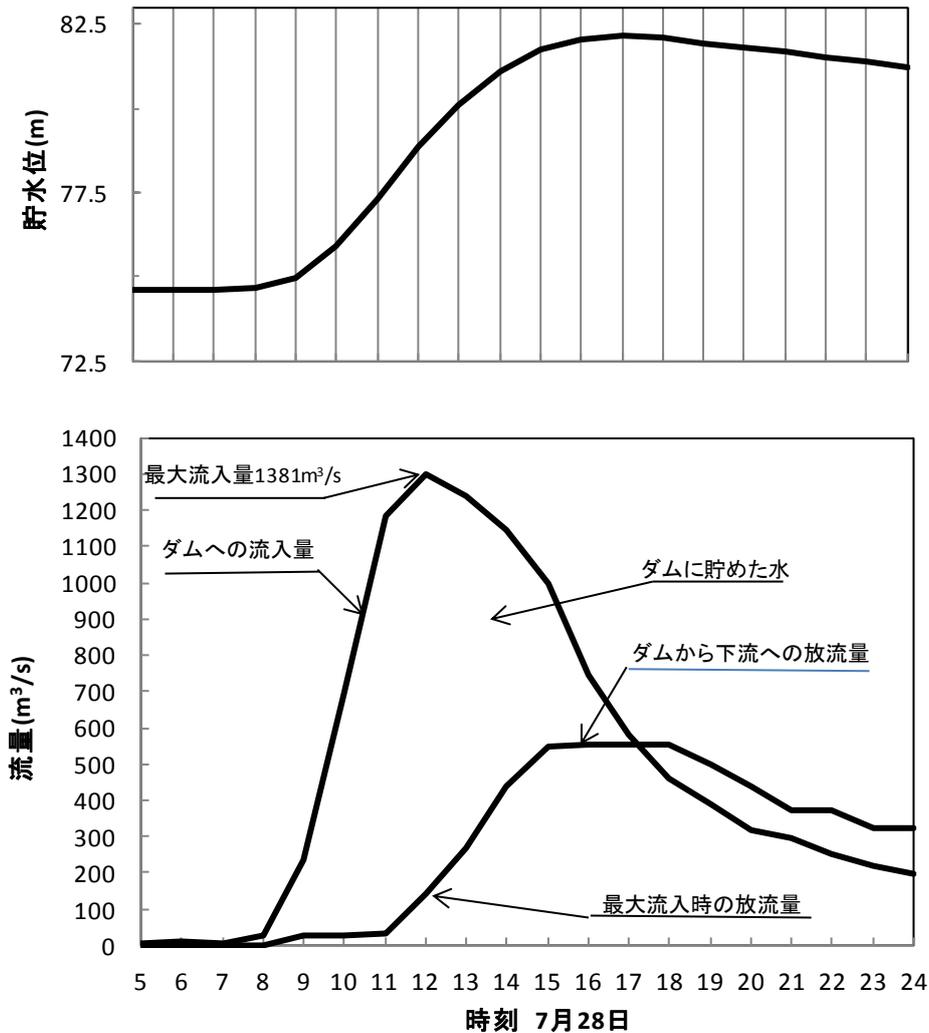


図 4-40 阿武川ダム洪水調節

28日13時には貯水位は、80.12mと洪水期制限水位を超え、治水容量内に流水が貯留される状況となった。この時点でのダム流入量は、 $1,241 \text{ m}^3/\text{s}$ であることから、式(4-1)に基づき、ダム下流への放流量は  $697 \text{ m}^3/\text{s}$ と算出される。実際の操作においては、前述したように放流量は  $266 \text{ m}^3/\text{s}$ であり、結果として大量の流水をダムに貯留している。この理由は、ダムの放流を行う際には、その危害を防止するため、操作規則第25条により必要に応じて関係機関に通知するとともに、一般に周知させるために必要な措置をとらなければな

らないと定められていることによる。具体的には、関係機関への周知、ダム下流に設置された警報所のサイレンを吹鳴して一般への周知を図ること、下流河川における河川利用者の有無を確認することを目的としたパトロールに合計3時間を要することから、放流量の増大が制限されたものである。阿武川ダムの治水容量設定においては、この影響を緩和することなどを目的として、算出された必要治水容量に15%の余裕を持たせている<sup>13)</sup>。

阿武川ダム操作規則<sup>14)</sup>

(放流に関する通知等)

第25条 所長は、ダムによって貯留された流水の放流を行うことによって流水の状況に著しい変化を生ずると認める場合において、これによって生ずる危害を防止するため必要があると認めるときは、特定多目的ダム法(昭和32年法律第35号)第32条の規定に準じて、関係機関に通知するとともに、一般に周知させるため必要な措置をとらなければならない。

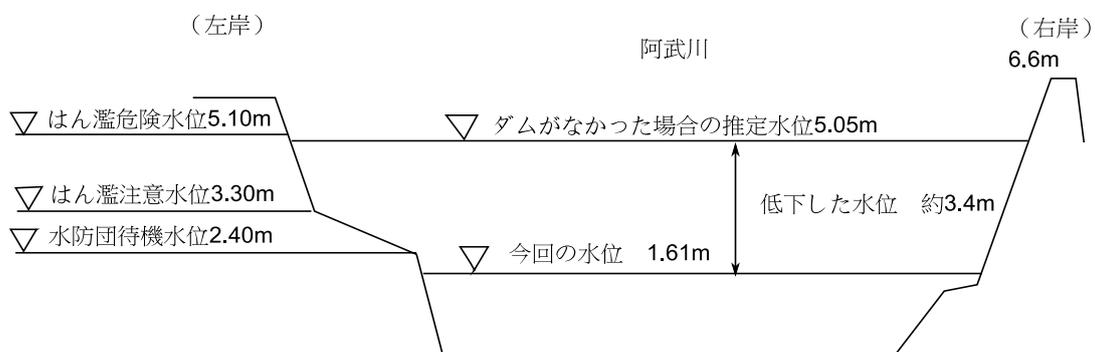


図 4-41 H25.7 洪水による阿武川ダムの水位低下効果

#### 4. 5. 3 阿武川ダムの洪水調節効果

前節に述べた洪水調節の結果、下流基準点の中津江地点においては、図 4-41 に示すように、約 3.4m の水位低下効果を発揮していると考えられる。もし阿武川ダムがなければ、洪水ピーク時の水位は、5.05m に達していたものと推定した。これは氾濫危険水位 5.10m にあと 5cm と迫る水位であり、沿川住民に対して避難勧告等の発令が相当の確率で実施されたものと推定される。ダムにより最大 1,136 m<sup>3</sup>/s 洪水調節を行ったことにより、ピーク時水位は水防団待機水位 2.40m を下回る 1.61m に留まっている<sup>15)</sup>。この結果、阿武川ダム下流の河川区間においては、洪水被害は発生していない。一方、第4章及び第8章において述べたように、阿武川ダム上流においては、家屋全壊や鉄道橋流出を含む激甚な被害が発生している。なおダムの最高貯水位は、82.13m(時間単位データ)であり、治水容量の空き容量は、50 百万 m<sup>3</sup> 以上であった。以上の計算においては、阿武川ダム、中津江地点のピーク流量発生時刻の差を洪水到達時間と考え、ダムに貯留した水量を中津江地点の流

量に加算した。計算は10分単位で行っている。

今回の洪水をもたらした降雨は、5.1に述べたように、局所的なゲリラ豪雨が観測されたものの、総雨量が約136mmとダムの治水計画に比べて小さかった。また阿武川ダムが人口・資産の集積している萩市に比較的近い上流本川に位置し、その集水面積が523 km<sup>2</sup>と流域面積の約75%を占めていることから、今回の洪水に対して絶大な効果を発揮したものと考えられる。氾濫ポテンシャルの大きい都市部の直上流本川に位置するダムは、局所的なゲリラ豪雨に対して洪水調節の強みを発揮しやすいことが理解できる。

今回の豪雨は、降雨継続時間が約24時間であったが、近年全国各地で甚大な洪水被害が発生していることに鑑みれば、今後さらに規模の大きな降雨が発生することも予想される。ダムの迎洪水位が低い状況で、大規模な洪水が発生した際にも円滑に洪水調節操作に移行することは、全国のダムに共通する大きな課題であり、ダム管理技術者の経験に頼らない科学的な手法、例えば水位放流方式<sup>16)</sup>の活用などが期待される場所である。

#### 参考文献

- 1) iRIC Project ホームページ<http://i-ric.org/ja/>.
- 2) 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.
- 3) 土木学会水工学委員会山形水害調査団：平成25年度7月山形豪雨災害調査報告（速報），<http://committees.jsce.or.jp/report/system/files/201307yamagata.pdf>.
- 4) 土木学会水工学委員会秋田・岩手水害調査団：平成25年8月秋田・岩手豪雨災害調査報告（速報），<http://committees.jsce.or.jp/report/system/files/20130809akita.pdf>.
- 5) 土木学会水工学委員会山口・島根水害調査団：平成25年度7月28日山口・島根豪雨災害調査報告（速報），<http://committees.jsce.or.jp/report/system/files/201307yamaguchi-shimane.pdf>.
- 6) 土木学会中国支部：平成25年7月山口・島根豪雨災害調査報告書，土木学会中国支部，2013.
- 7) 萩市，萩市過疎地域自立促進計画（平成22年度～平成27年度），[http://www.city.hagi.lg.jp/uploaded/life/30988\\_39991\\_misc.pdf](http://www.city.hagi.lg.jp/uploaded/life/30988_39991_misc.pdf), 2010.
- 8) 田井明・橋本彰博・押川英夫・小松利光：2010年10月奄美大島豪雨時の住用川流域の洪水と住民行動に関する調査，河川技術論文集，第17巻，pp.473-478, 2011.
- 9) 気象庁：報道発表資料（平成25年8月6日）平成25年7月28日の山口・島根の大雨発生要因について ～巨大な積乱雲と強い上昇気流～，2013.
- 10) 角屋睦：昭和58年7月山陰豪雨災害，京大防災研究所年報，vol.27A, pp.45-50, 1984.
- 11) 萩市，須佐川洪水ハザードマップ（須佐地区）H19.10, [http://www.city.hagi.lg.jp/soshiki/detail.html?lif\\_id=24752](http://www.city.hagi.lg.jp/soshiki/detail.html?lif_id=24752), 2007.

- 12) 山口県土木防災情報システム：山口県庁土木建築部河川課 HP，  
<http://y-bousai.pref.yamaguchi.lg.jp/>
- 13) 阿武川総合開発事業史：山口県土木建築部河川開発課，pp.25-46，1976.4.
- 14) 阿武川ダム操作規則：山口県規則第 20 号，1976.3.
- 15) 阿武川ダム洪水調節効果（速報）記者発表資料：山口県土木建築部河川課，2013.7.
- 16) 今村瑞穂：ダム貯水池における洪水調節の工学的特性の分析と改善に関する研究，九州大学博士論文，1998.

## 5. 津和野町名賀川流域の土砂・流木氾濫災害

### 5. 1 はじめに

2013年7月28日、島根県津和野町では、津和野川流域において洪水氾濫による浸水被害が、その支川の名賀川流域においては土砂災害や洪水氾濫災害が発生した<sup>1)</sup>。名賀川流域では、上流域の多数の溪流において崩壊・土石流が発生するとともに、崩壊土砂と流木が名賀川に流れ込み、流木・土砂を伴った洪水流が下流へと流下した。途中、洪水流は、河道の線形や橋梁などによって流下を阻害され、周辺の田畑に氾濫した。氾濫した流木は田畑の地形的な特性に影響されて堆積し、群を形成したり、個々に停止したりした。また橋梁の設置箇所においては大量の流木が捕捉されて堆積し、ひいては河道閉塞を引き起こした。名賀川に沿った県道13号萩津和野線を中心に道路決壊や崖崩れも随所で発生し、孤立集落が多数発生した。

著者らは、2013年10月、11月に現地を数回訪れ現地調査を行った。本章においては、名賀川流域について、災害の経緯を明らかにするとともに、氾濫・堆積した土砂・流木の特性を述べたものである。



図 5-1 津和野川および名賀川流域における被害状況

## 5. 2 降雨特性

図 5-1 は津和野川および名賀川流域における被害状況を示したものである。同図には流域内の雨量観測点 2 箇所、水位観測点 1 箇所の位置も示している。また、図 5-2 は 7 月 28 日の時間雨量と累加雨量を示したものである<sup>2)</sup>。

津和野町では 7 月 28 日午前 3 時ごろから強烈な雨が降り始めた。市街地の津和野雨量観測点では、4 時～5 時の間に最大時間雨量 66mm を記録するとともに 10 時までに 50mm 前後の強い雨が継続した。さらに、その後も 17 時まで降雨が続いた。総雨量は 393mm に達した。一方、名賀川流域の名賀観測点では、5 時～6 時の間に最大時間雨量 92mm を記録するとともに 10 時まで 60mm 前後の強い雨が継続した。総雨量は 411mm にも達した。

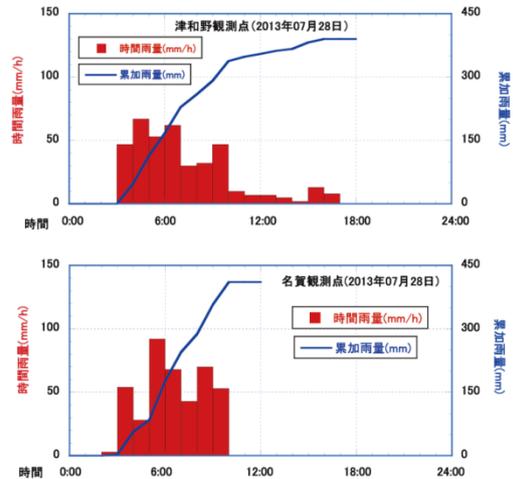


図 5-2 2013 年 7 月 28 日津和野、名賀観測点の降雨状況

## 5. 3 降雨一流出の時系列

図 5-3 は 2013 年 7 月 28 日に名賀で観測された時間雨量と町田で観測された水位の関係を表している<sup>2), 3)</sup>。降雨が始まってから 1 時間後に水位が上昇し始め、6 時 30 分に氾濫危険水位に達し、降雨が終了する 10 時に最高位を迎えた。これに対応して下流の鷺原地区では 6 時前後に氾濫による浸水被害が始まったといわれている。

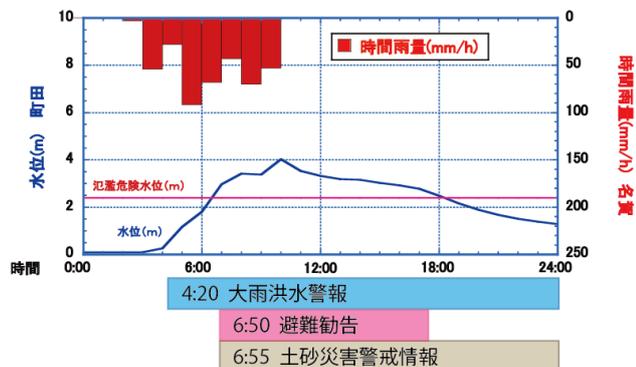


図 5-3 降雨・水位の時系列

## 5. 4 津和野町における被害の概要

名賀川では、崩壊・土石流が発生した溪流との合流地点を中心に住宅に氾濫被害が発生した。斜面崩壊と田畑における流木氾濫が多くみられた。津和野川本川は、名賀川との合流点付近およびその上流において河川氾濫を生じ、付近の住宅に浸水被害を与えている。表 5-1、表 5-2 は被害状況をまとめたものである<sup>4), 5)</sup>。被害の中でも床下浸水の被害が多く、

表 5-1 津和野町における被害状況

津和野町 被害状況		
人的被害	行方不明者	1名
	重傷者	1名
住家被害	全壊	5棟
	半壊	8棟
	床上浸水	7棟
	床下浸水	93棟
避難勧告	世帯数	1859世帯
	人数	4165人

避難勧告も町民の約半数 4165 人に出されている。また、高峯、名賀、笹山では孤立世帯も出ており防災ヘリによる救出活動なども行われた。

表 5-2 津和野町における孤立世帯数

津和野町内 孤立世帯数		
地区名	世帯数	人数
高峯	13	28
名賀	49	108
笹山	32	81
合計	94	217

### 5. 5 名賀川の河道と流出特性

図 5-4 は名賀川流域の平面図とその縦断面図を表したものである。河道 C<sub>0</sub> から O<sub>1</sub> までの区間において右岸側 42 箇所、左岸側 39 箇所に斜面崩壊箇所を目視で確認することができた。洪水流は護岸や河川沿いの県道 13 号線の路肩を侵食した。また、橋梁や JR 路線が流失するとともに、橋脚に捕捉された流木群が氾濫や河道の流路変動を助長した。また、氾濫した流木は田畑に流れ込み、堆積した。

#### 5. 5. 1 河道の特性

調査地点 A~B (図 5-4) における平均河床勾配は  $\theta=1.4^\circ$  ( $I=2.4/100$ ) であった。合流点 C<sub>0</sub> から上流 5km ~7km 地点に崩壊・土石流が流下した 4 つの溪流 O<sub>1</sub>, O<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, O<sub>4</sub> が存在する。それらの平均勾配はそれぞれ  $\theta=19^\circ$  ( $I=35/100$ ),  $\theta=11^\circ$  ( $I=19/100$ ),  $\theta=29^\circ$  ( $I=56/100$ ),  $\theta=20^\circ$  ( $I=36/100$ ) であった。豪雨時にはこれらの溪流から大量の土砂や流木が名賀川に流れ込んだ。溪流が名賀川に合流する地点では勾配が急減しており、そのため、この付近で大量の土砂および一部の流木が氾濫堆積した。一方、残りの多くの流木は洪水流とともに下流に流下した。

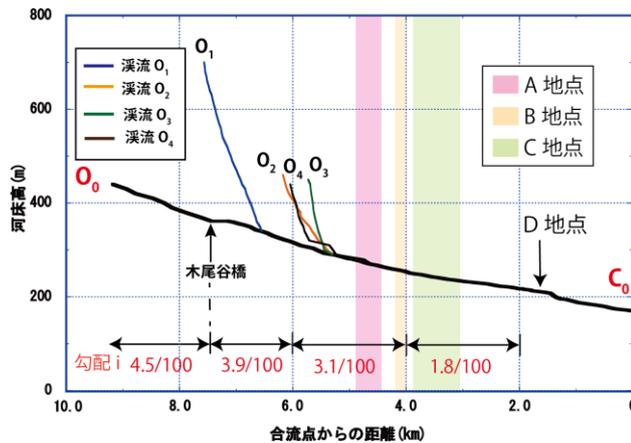


図 5-4 名賀川流域の平面図 (上図) およびその縦断面図 (下図)



図 5-5 ピーク流量評価の対象河道  
(上流から下流を望む)

### 5. 5. 2 ピーク流量

図 5-5 は、等流と近似される A 地点の河道区間において痕跡水位から洪水流のピーク流量を求めた河道断面の状況を示している。図 5-6 は、評価された洪水ピーク流量とマンニング粗度係数  $n$  との関係を表したものである。溪流から河川に流れ込んだ土砂や流木を考慮して、粗度係数を  $n=0.03 \sim 0.04$  と仮定すると、名賀川の A 地点の河道区間におけるピーク流量は  $Q_p=300\text{m}^3/\text{s}$  程度と推測される。

### 5. 6 流木氾濫の調査

現地調査においては、田畑に個別にバラバラで氾濫堆積した流木（図 5-7(a)）と、群を形成して堆積した流木とが観察された。さらに、後者は橋梁に捕捉堆積した流木群（図 5-7(b)）と田畑に氾濫堆積した流木群（図 5-7(c)）とに区別された。

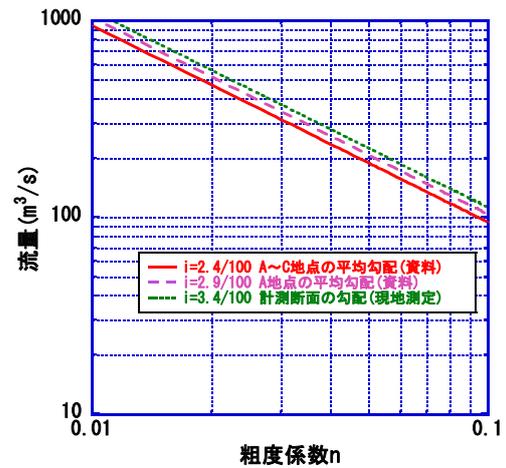


図 5-6 ピーク流量と粗度係数の関係



(a) 田畑に個別バラバラで氾濫堆積した流木



(b) 橋梁に捕捉され群を形成した流木



(c) 田畑に氾濫堆積し群を形成した流木

図 5-7 流木の捕捉、氾濫堆積の状況

### 5. 6. 1 個別に氾濫堆積した流木

図 5-8 は、個別に氾濫堆積した流木の長さや直径の関係をあらわしている。B 地点も C 地点も、個別に氾濫堆積した流木は、それらの相関がほとんどないことが分かる。

図 5-9, 10 は、個別に氾濫堆積した流木について、その長さや直径の頻度分布をそれぞれ表したものである。B 地点においては、長さは 0.3m~2.1m、直径は 7cm~18cm の流木の頻度が最も高かった。

### 5. 6. 2 群を形成して堆積した流木

図 5-11 は、田畑において群を形成して氾濫堆積した流木について、その長さや直径の相関を調べたものである。また、図 5-12 は、個々の流木群から抽出した最長流木の長さや直径の相関関係を調べたものである。河道内の橋梁に捕捉された流木群はその平均長さ 9.0m、平均直径 25cm であったのに対して、河道外に氾濫堆積した流木群はその平均長さ 6.7m、平均直径 23cm であった。また田畑において個別にバラバラで氾濫堆積した流木の平均長さ 2.5m、平均直径 14cm であった。このことから、河道内に捕捉された流木群内の流木が最もスケールが大きく、田畑など河道外に氾濫堆積した流木が最もスケールが小さいことが分かる。

図 5-13 は、流木群のみかけ体積と実質体積との関係を示したものである。平均的に見て流木の実績率  $C^*=0.2$  程度であったことが分かる。

最後に、河道内の構造物として橋梁に捕捉された流木について調べた。流木の長さスケールと橋梁のスケールすなわち橋梁の長さおよび河道から橋桁までの高さと比較した(図 5-14)。図 5-15 は流木の長さや橋梁の長さや高さを比較したものである。また図 5-16 は流木の長さや河道から橋桁までの高さや高さを比較したものである。橋梁に捕捉された流木の長さは、河道から橋桁までの高さよりは長く、橋梁の長さよりは若干短いか同程度のものではあったことが分かる。

## 5. 7 おわりに

2013 年 7 月 28 日早朝において、津和野町名賀川流域において総雨量 411mm、最大時間雨量 92mm の記録的な豪雨が発生した。その結果、上流域の勾配  $\theta=11^\circ\sim 29^\circ$  の溪流において崩壊・土石流が多数発生し、平均勾配  $\theta=1.4^\circ$  ( $I=2.4/100$ ) の本川に大量の土砂・流木を流入させた。溪流が名賀川に合流する地点では勾配が急減しており、そのため、この付近で大量の土砂および一部の流木が堆積した。一方、残りの多くの流木は洪水流とともに下流に流下した。流木と土砂を含有した洪水流はピーク流量  $Q_p=300\text{m}^3/\text{s}$  と推測された。途中河道線形や橋梁地点において流木が河道閉塞を起こし、氾濫を引き起こした。個々に

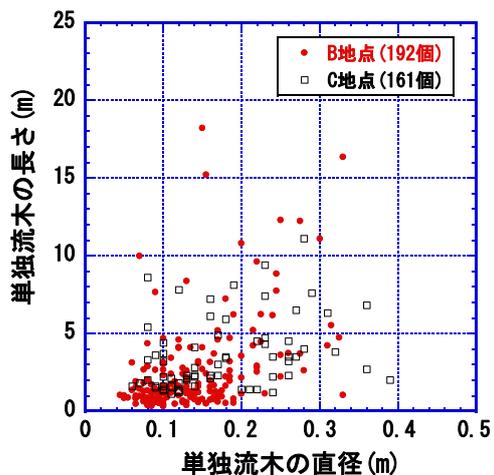


図 5-8 田畑に個別バラバラで氾濫堆積した流木の長さ と直径の相関関係

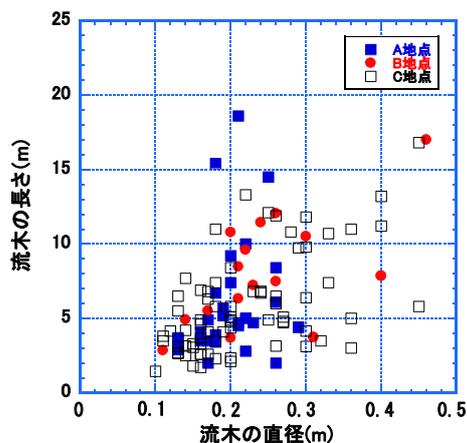


図 5-11 田畑に氾濫堆積し群を形成した流木の長さ と直径の相関関係

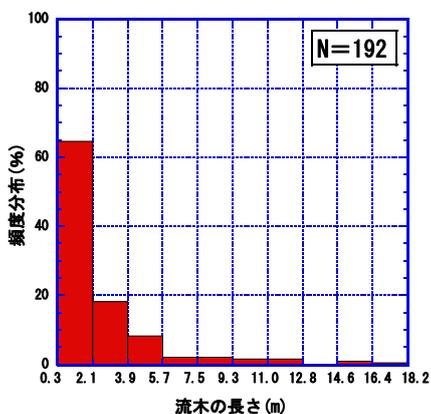


図 5-9 田畑に個別バラバラで氾濫堆積した流木の長さの頻度分布 (B 地点)

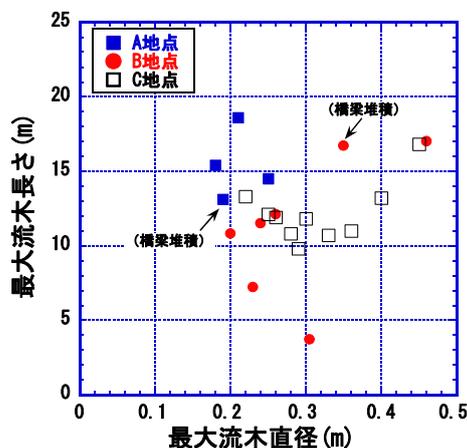


図 5-12 各流木群内から抽出された最長流木の長さ と直径の相関関係

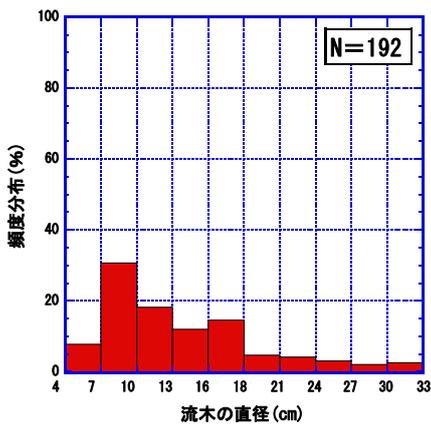


図 5-10 田畑に個別バラバラで氾濫堆積した流木の直径の頻度分布 (B 地点)

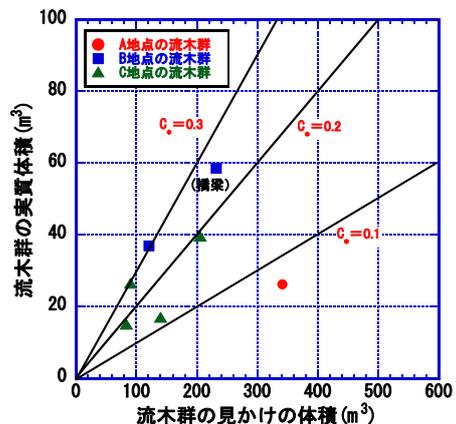


図 5-13 流木群のみかけ体積と実質体積との関係

氾濫・停止した流木の多くは長さ 2m 以下直径 10cm~20cm であった。流木群はその形成により 2 種類に分類した。また、河道内に捕捉された流木群は田畑に氾濫した流木群よりも流木のスケールと流木群の見かけの体積が大きいことが分かった。

**謝辞** 本調査に際し、九州大学大学院工学府の M.I. Rusyda 氏、および九州大学工学部の赤野久志氏、M.F. Maricar 氏に多大な助力を受けた。また、島根県、津和野町、益田広域消防組合から災害資料の提供を受けた。現地調査に際しては住民の方々から多大な協力を受けた。ここに記して謝意を表します。

#### 参考文献

- 1) 公益社団法人土木学会中国支部：平成 25 年 7 月山口・島根豪雨災害調査報告書，2013.
- 2) 気象庁：気象統計情報，<http://www.jma.go.jp/jma/menu/report.html>, 2013.
- 3) 国土交通省：川の防災情報，<http://www.river.go.jp/>, 2013.
- 4) 津和野町役場：平成 25 年 7 月 28 日の大雨による被害状況，2013.
- 5) 島根県防災部防災危機管理課：7 月 28 日の大雨について，2013.

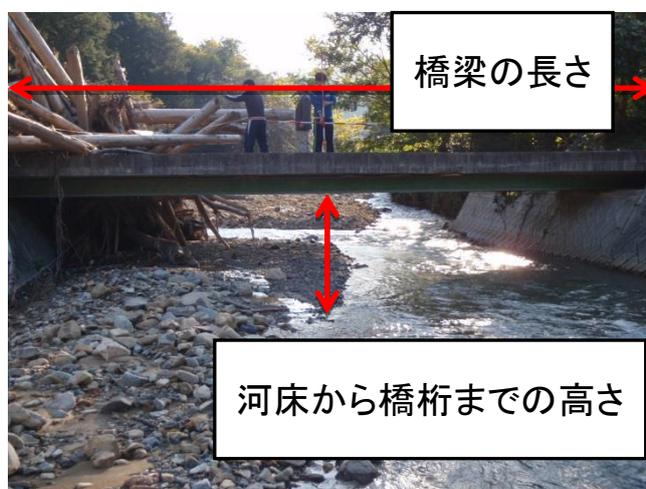


図 5-14 橋梁地点における各物理量の定義

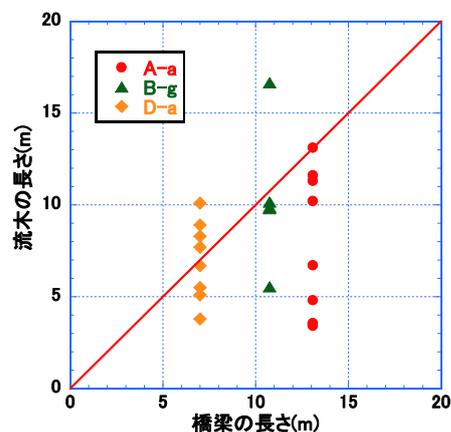


図 5-15 橋梁に捕捉された流木の長さとの比較

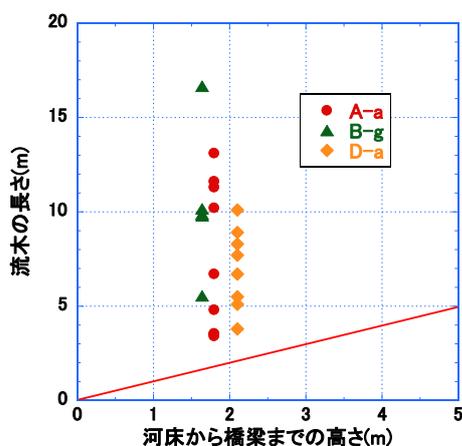


図 5-16 橋梁に捕捉された流木の長さとの比較

## 6. 行政対応と避難行動

### 6. 1 島根県津和野町での避難行動

#### 6. 1. 1 被害状況概要

本章では、豪雨災害当日7月28日の島根県鹿足郡津和野町における住民の避難に関して報告する。津和野町は、急傾斜地や土石流危険溪流等が多数存在する中山間地域に小さな集落が点在するという地形的・地理的な特徴を持ち、高齢化が進行している。今回の災害では、そのような津和野町において、短時間で記録的な豪雨となったことで、一部の集落が孤立し避難途中で行方不明者がでるなど、避難に関する問題が発生している。

また、今回の災害では、報道番組や天気予報などで『記録的短時間大雨情報』『これまでに経験したことのないような大雨』、『直ちに命を守る行動を』、『8月30日から発表を始める「特別警報」に相当する』等、様々な表現で情報が発信されている。そこで、今回の調査では災害情報に着目し、津和野町において当日の災害情報の伝達や理解の状況を踏まえながら避難行動に関する住民ヒアリングを行った。

#### 6. 1. 2 津和野住民の避難状況

7月28日の島根県津和野町における避難勧告の発令状況と避難所への避難状況を表6-1に示す。

表 6-1 避難勧告の発令状況と避難所への避難状況（津和野町役場調べ）

避難勧告発令日時	避難勧告			避難所への避難状況			
	避難勧告発令地区	世帯数(世帯)	人数(人)	避難所名	避難者数(人)	避難所への避難率(%)	
7月28日	6:50	鷺原	221	439	なごみの里	80	18.2
		中座	143	310	津和野中学校	65	13.9
		町田	76	158			
		森村	264	554	津和野小学校	40	7.2
		後田	515	1,078	津和野町民センター(体育館)	120	14.7
					津和野共存病院	39	
		直地	52	162	直地児童館	48	29.6
		邑輝	36	77	畑迫体育館	3	1.0
		部栄	58	124			
		内美	41	107			
		田二穂	57	129	喜時雨集会所	20	15.5
		高峯	62	154	名賀地域センター	4	2.6
		名賀	45	104	田代・徳次自治会館	8	7.7
		10:55	新地	13	31	日原山村開発センター	3
12:10	山下	42	98	川尻集会所	11	11.2	
	池村	139	393	池河地区コミュニティセンター	141	22.0	
	河村	95	247				
17:30全解除		1,859	4,165		582	14.0	

※高峯と名賀の一部の方は、孤立した状況もあり津和野町民センターへ避難。

※その他、避難勧告隣接地区においても5地区47名が各地区の避難所に避難した。

これによると、7月28日の最初の避難勧告が6時50分に12地区1570世帯（3396人）を対象に発令され、その後10時55分に1地区13世帯（31人）を追加、12時10分には3地区276世帯（736人）が追加された。最終的に16地区1853世帯（4165人）が避難勧告の対象となり、それは町の全人口（H22国勢調査 8427人）の50.5%に相当する。

次に、避難状況についてであるが、表6-1は町が把握できた避難所への最終的な避難者数であり、時間的な推移は確認できない。表6-1によると、避難勧告の対象区域では、13カ所の避難所へ582人が避難し、避難率は14.0%となっている。

### 6. 1. 3 住民ヒアリング調査

#### (1) 調査概要

今回の災害調査において、住民ヒアリング調査を実施した。調査概要を表6-2に示す。

回答者の属性について、性別では男性15人、女性17人、年齢では50歳未満が6人、50～60歳が5人、60～70歳が9人、70歳以上が12人となっている。

#### (2) 調査結果

ここでは、主な質問の集計結果について記す。

##### ① 自宅の被害状況（有効回答32人）

■床上浸水以上1人 ■床下浸水 7人

■自宅の建物被害無し24人

ただし、建物被害は無くても、車や田が流されたり、倉庫が壊れたりするなどヒアリング対象者は全員何らかの被害を受けている。

##### ② 避難の有無（避難勧告対象地域 有効回答23人）

■避難した 6人（26.1%） ■避難しなかった 17人（73.9%）

ただし、28日の避難勧告解除時刻（17:30）までに避難所に避難したのは2人。他、町外の親戚宅1人、高台にある近所の家1人、翌日の救助による避難2人。

##### ③ 避難勧告取得の有無（避難勧告対象地域 有効回答24人）

■避難勧告が取得できた 10人（41.7%） ■取得できなかった 14人（58.3%）

取得手段は、CATV 6人、消防・警察から 2人、防災無線 1人、組長から 1人。

取得時刻については、警察から夕方聞いた1名以外は全員午前中に取得。

##### ④ ハザードマップを見たことがあるか（有効回答27人）

表6-2 住民ヒアリング調査概要

調査日時	2013年9月5日
調査地域	津和野町 11地区 避難勧告対象地区 8地区 対象外 3地区
調査人数	計 32人 避難勧告対象地区 25人 対象外 7人



写真6-1 ヒアリング調査の様様

- 津和野町全区域をみた 7人 (25.9%)
- 自宅周辺をみた 2人 (7.4%)
- 見ていない 6人 (22.2%)
- ハザードマップの存在を知らない 12人 (44.4%)

#### 6. 1. 4 住民ヒアリング調査から見えてきた課題

##### (1) 避難情報の伝達

ヒアリング調査によると、避難勧告対象地域で約6割の回答者が避難情報を取得できていないことがわかった。その要因はいくつか考えられる。町が行った避難勧告の情報伝達は、CATV 契約世帯の各家に設置してある告知端末と屋外スピーカーを利用した音声による告知放送であった。取得できた10人中6人はCATVからであるが、CATVは有料であるため、全世帯が加入しているわけではない。また、屋外スピーカーによる放送も激しい豪雨で音声が聞き消され、情報が取得できたのは1人だけであった。当日は、テレビやインターネット等でも避難勧告の情報が発信されているが、対象区域の多くは停電で電化製品が使えない状況であった。

今回の災害のように、あちらこちらで発生した土砂崩れや道路冠水のため広報車が走れない状況では、最終的に徒歩による口頭伝達が必要になり、そのための体制整備が課題となる。ヒアリング調査で当日の消防団や自主防災組織の活動について伺ったが、行方不明者の捜索等で手一杯だったそうである。

##### (2) 自主防災組織

現在津和野町では、自主防災組織が4つあり、7地区をカバーしている。その7地区の世帯数が489世帯のため、自主防災組織の組織率は、

$$\text{組織率} = 489 \text{ 世帯} / 3411 \text{ 世帯 (津和野町全世帯数)} = 14.3\%$$

であり、全国平均 (H24.4.1 現在 77.4%)<sup>1)</sup> や島根県平均 (H24.4.1 現在 59.5%) と比べるとかなり低い値となっている。

ヒアリング調査では、消防団・水防団を含め過去に自主防災組織の活動に参加したことがある人は2人 (2/32人=6.3%) だけであった。今後は、組織率・参加率の向上に加え、活動内容の充実など課題は多いといえよう。

##### (3) 避難行動

6. 1. 3 (2) で述べたように避難した者は6人 (26.1%) で避難しなかった者が17人 (73.9%) であったが、避難した6人のうち翌日救助されて避難所に行った2人を避難していない方にカウントすると、約8割が避難していなかったことになる。避難の意志決定に関してヒアリング調査によると、個人が避難勧告を取得したときには既に道路が冠水し避難できる状況でなかった人が1名いたが、避難しなかった人のほとんどが危機感があったものの実際に避難を決意するまでには至らなかったことがわかった。

その要因として、前日や当日に発信された警報等の気象情報や災害情報が正しく伝わっていない（自らがおかれている状況が正しく認識できない）ことや日頃の防災教育の問題等が考えられる。ヒアリング調査では、ハザードマップを見たことがあるかとの問いに対し、およそ7割の人が見ていない、もしくはその存在を知らなかった。

#### （４）災害情報の表現

今回の災害では、ニュース番組や天気予報などで『記録的短時間大雨情報』『これまでに経験したことのないような大雨』『直ちに命を守る行動を』『8月30日から発表を始める「特別警報」に相当する』等、様々な表現で注意喚起が行われた。ヒアリング調査では、これらの表現に対する感想を伺った。その結果、ほとんどの人が表現の違いがわからない、気をつけようとは思いますが実際にどのような行動をとればいいのかわからない、といった意見であった。

ヒアリング調査で、「今後『特別警報』が発令された場合、避難するか」との問いに対し、直ちに避難すると答えた者が1人、考えた上で避難するが2人だけであった。また、別の質問で、「まだ避難勧告が発令されていない状況で、気象庁からの『特別警報』で『ただちに命を守る行動をとってください。』と言われた場合、あなたは何をしますか」との問いでは、自主的に避難すると回答した者が3人、避難の準備が3人で、何をすればいいのかわからないと思っている人がほとんどであった。また、そもそも『特別警報』の意味を知らない人がかなりいることがわかった。

『特別警報』と従来の警報との表現の違いによる混乱や『特別警報』が新しく作られたことで従来の警報や注意報が軽んじられることが危惧されているが、今回の調査では、警報の表現の違いは住民にとって「伝わらず」・「意識されず」といった些細な状態に残念ながら留まっていることがわかった。

### 6. 1. 5 まとめ

ハザードマップが配布され、気象情報や災害情報のネット配信やメール配信サービスも盛んに行われるようになった。そうした中、気象庁では8月30日から『特別警報』の運用が開始された。防災の体制やシステムが進化していく一方で、地方の過疎地の集落ではそうした進化について行けず、もっと根本的なところに問題を抱えていることが今回の調査を通じて明らかになった。津和野町役場には防災専門の部署がないなど、防災においても都市と地方の格差は開いており、地域の実情に応じた対応が必要と考えられる。

## 6. 2. 島根県津和野町での行政対応

### 6. 2. 1 はじめに

本章では今回の豪雨災害時における島根県津和野町の対応を主に調査を行ったので速報として報告する。なお、行政対応の報告は他の被害調査とは異なり、災害直後から人命救助、行方不明者の捜索などの応急対応および復旧の業務が現在も継続されているため、行政職員に対しての詳細なヒアリングができていない。また、行政側も今夏の豪雨災害時における対応の振り返りも行っている時期ではないので、浮かび上がった課題に対する検証も本報告では間に合わないことを冒頭に述べておく。

### 6. 2. 2 津和野町の対応

#### (1) 津和野町役場と支所との位置関係および役場の概要

津和野町は平成17年に旧日原町と旧津和野町が合併した町である。図6-1に示す通り本庁舎は旧日原町役場に置かれ、旧津和野町役場は支所としての機能を持つ津和野庁舎となっている。また、両庁舎間には中山間が広がり、ひとたび河川の浸水や土砂災害が発生

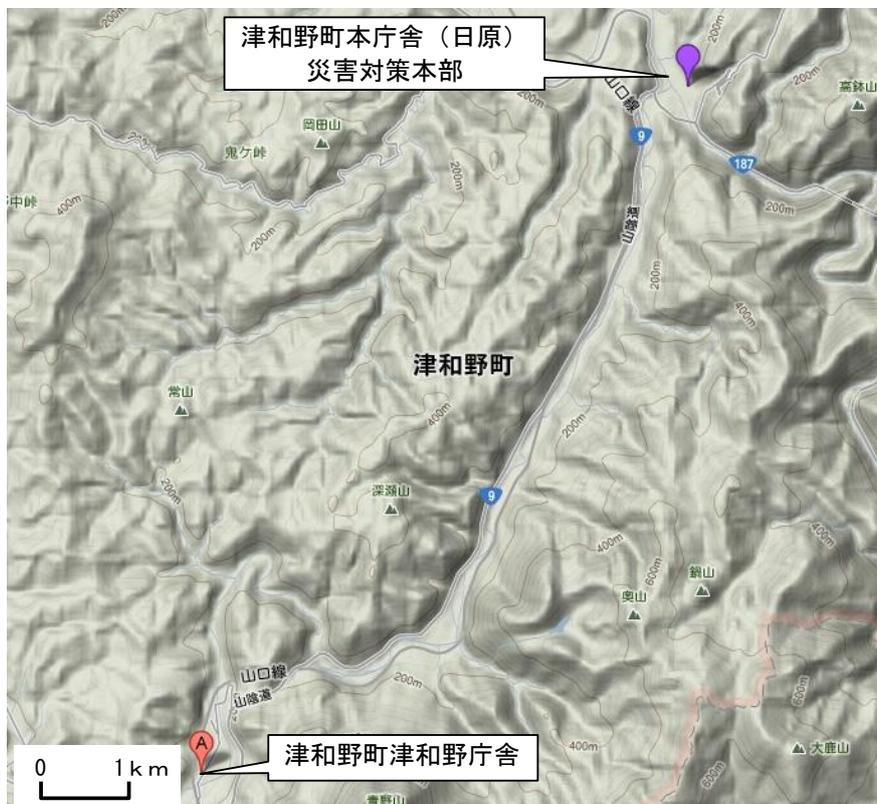


図6-1 津和野町本庁舎と津和野町津和野庁舎との位置関係 (出典：google マップ)

すれば両者は寸断される潜在的な危険性を有している。

また、町職員については平均年齢が41.8歳（平成24年4月1日現在）となっており<sup>2)</sup>、今から30年前の昭和58年にこの地域でも被害を出した山陰豪雨災害の経験、記憶を有している職員は少ない。災害時には津和野本庁舎（日原）に災害対策本部が設置され、町長が本部長を務め、津和野庁舎では教育長が責任者として対応を行うことになっている。

## （2）初動対応の時間的な流れ

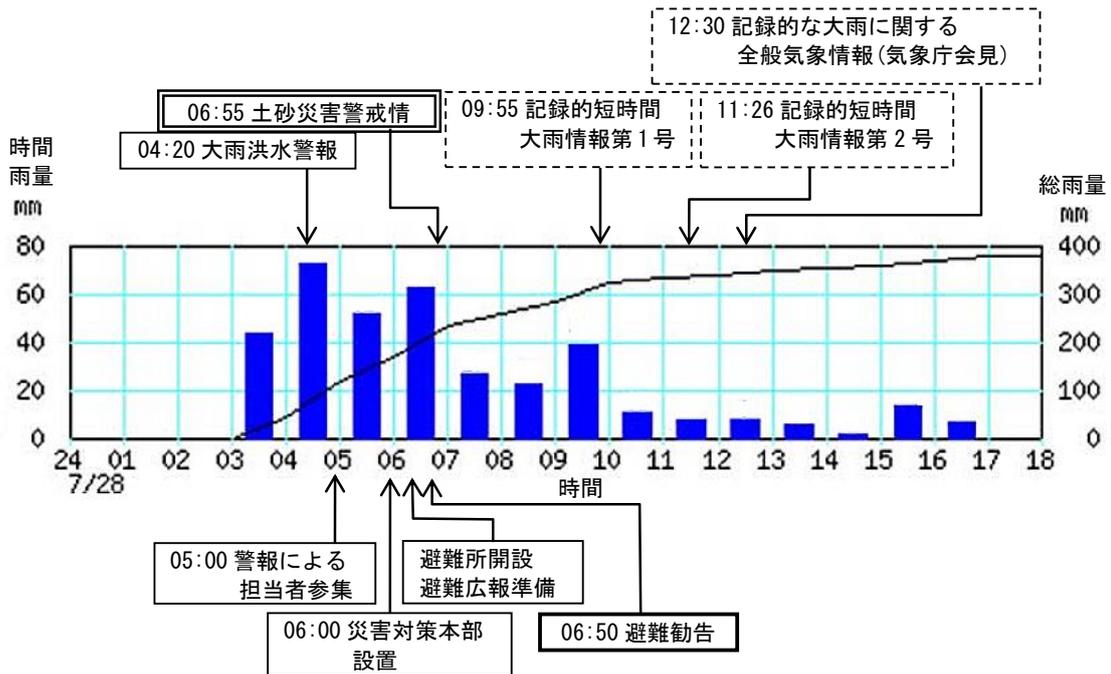


図 6-2 気象情報、雨量<sup>3)</sup>と津和野町の対応との関係

図 6-2 に津和野町の災害当日の7月28日の対応と雨量との関係を示す。雨は3時台より強く降り始め、4時20分に松江地方気象台が大雨（浸水害）、洪水警報を発令し、これを受けて5時に防災担当者を含め関係部署の担当者が参集をしている。その後、引き続き強い降雨が継続していたため、6時に災害対策本部を設置している。この後、各部署では避難所の開設や避難勧告発令に向けた広報の準備を行っている。特に避難所に関しては、明け方であったので、避難勧告を発令する前に避難所となる公民館や学校等の開設、職員の派遣が必要となる。大雨の中、職員による準備を経て、6時50分に1,859世帯（4,165人）に対して避難勧告が発令された。この直後に自治体の避難勧告等の目安となる土砂災害警戒情報が松江地方気象台・島根県より出されている。早朝の短期集中豪雨の中、担当職員が参集してから避難勧告まで2時間以内での対応となっている。また、土砂災害警戒情報が出る前に避難勧告発令に至っている点からも大雨と早朝という悪条件の中で、行政の迅速な対応がなされたといえる。

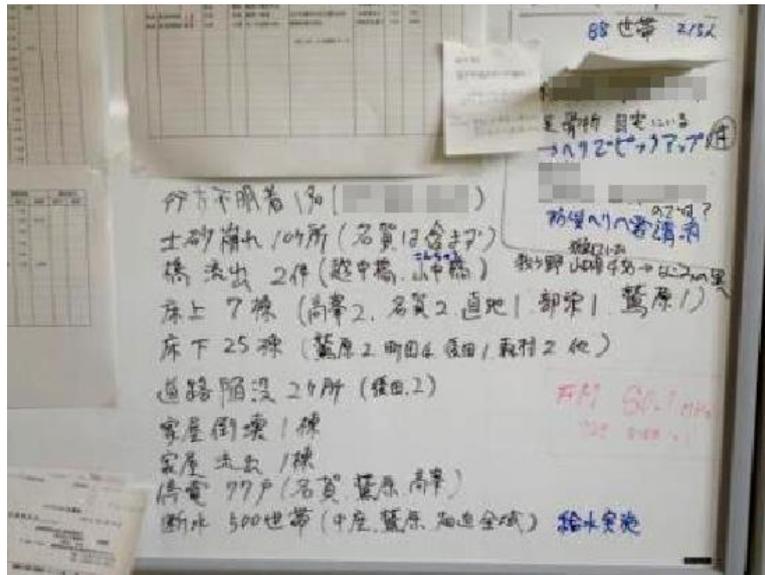


写真 6-2 災害対策本部に出ていた 29 日午前中の被害情報（人名部分モザイク処理済み）

## （2）29 日午前中の時点で町が把握していた被害

災害後翌日までに町が把握していた被害情報について述べる。写真 6-2 に被災翌日 29 日午前の時点での町の災害対策本部において記載されていた被害状況を示す。この時点では津和野町の市街地は、津和野川の越水による部分的な浸水であり、観光地周辺の鯉が泳ぐ水路と床下浸水 25 件、床上浸水が 7 件の被害の報告があった。また、名賀地区は、名賀川の氾濫で道路が寸断されたため、この時点では立ち入り出来ない状況であった。その後道路の復旧により把握できた被害状況は 15 軒の家屋が土石流で被災したが、母屋の倒壊はなく、土砂が家屋に流入する状況であり、主に納屋・車庫・自動車が土石で埋まっているケースが大半であったことを町が把握していた。

## （3）臨時災害放送局の開局

今回の大きな災害の中、7 月 28 日に津和野町は総務省中国総合通信局に対して臨時災害放送局（FM 放送）開局の申請を行っている。この申請に対して、7 月 29 日付で免許の交付がなされ、7 月 29 日の午前 9 時頃から放送を開始した。臨時災害放送局とは、放送法第 8 条に規定する「臨時かつ一時の目的のための放送」のうち、放送法施行規則第 7 条第 2 項第 2 号に規定する「暴風、豪雨、洪水、地震、大規模な火事その他による災害が発生した場合に、その被害を軽減するために役立つこと」を目的とする放送局のことである<sup>4)</sup>。申請は口頭でよく、免許の付与と周波数の割当が行われるものである。今回津和野町で開局した放送の周波数は 80.1MHz、空中線電力は 100W で「災害対策情報」や「道路交通情報など生活関連情報」を津和野町名賀地区の一部へ提供をした。その際、名賀地区への電波を通すために津和野町鷺原道の駅津和野温泉なごみの里から 1km 西方の県道 13 号線路上に仮設の送信所を設置している。

ここで、過去の災害時における臨時災害放送局の開局についてみると、地震災害や火山噴火の場合では、発災から最短で4日以降であり、また今回のような豪雨時において臨時災害放送局の迅速な設置はあまり例がない。このような迅速な臨時災害放送局の開局申請も町の防災担当者の災害対応に対する意識・知識と迅速な判断、対応がなされたからであるといえる。

#### (4) 災害ボランティアセンター設置までの動き

災害ボランティアセンター設置に向けて、7月29日に津和野町役場災害対策本部において福祉課担当者と津和野町から依頼を受けて山口県防府市から支援に入ったNPO法人ぼうぼうネット事務局との間で協議が行われ、地域防災計画記載のボランティアセンター設置の項目を確認後、社会福祉協議会が災害ボランティアセンターを設置、運営することを決定した。しかし、被災対象地域が旧津和野町に集中していることから津和野町社会福祉協議会津和野支所を窓口として、災害ボランティアセンターを立ち上げることとして、同支所で再検討を行った。検討内容は、現地確認により得られた被災状況として床下・床上浸水の状況、家屋とその敷地内へ流入した土砂量等の把握を行い、災害ボランティアの募集の規模、呼びかける範囲（町内、県内、県外）、災害ボランティアセンターに従事する社協職員も含めた既存の人数を検討した。なお、29日の時点では被災集落までの道路が寸断されていたこともあり（写真6-3参照）、道路の復旧が済むまでの間は災害ボランティアの募集はしないこととした。その後、道路の復旧後の7月31日に災害ボランティアセンターが正式に設置され、ボランティアの募集が開始された。



写真 6-3 住宅への道がなくなり災害ボランティアを投入できない状況

#### (5) 日頃の職員訓練について

津和野町では、平成 24 年度に町長を含めた津和野町職員、町消防、島根県西部県民センター、国土交通省浜田河川国道事務所等の参加による豪雨災害時の初動を想定した災害図上訓練を行っていた。この研修は防災部署において昭和 58 年山陰豪雨災害を経験した職員が減少していることから、町職員の意識、対応力が低下していることに危惧して企画・実施されたものである。訓練では、昭和 57 年発生 of 長崎豪雨災害の降雨想定で行い、多くの課題出しを行い、その課題をうけて体制の見直しを行っていたところである。今回の災害後に津和野町に隣接する自治体の吉賀町の防災担当者に聞いたところ、災害当日、津和野町は周辺地域で最も早く災害対策本部を設置し、また早期に避難勧告も発令したので、驚いたと証言していた。



写真 6-4 筆者が平成 24 年度に実施した津和野町職員に対する豪雨災害対応図上訓練の様子

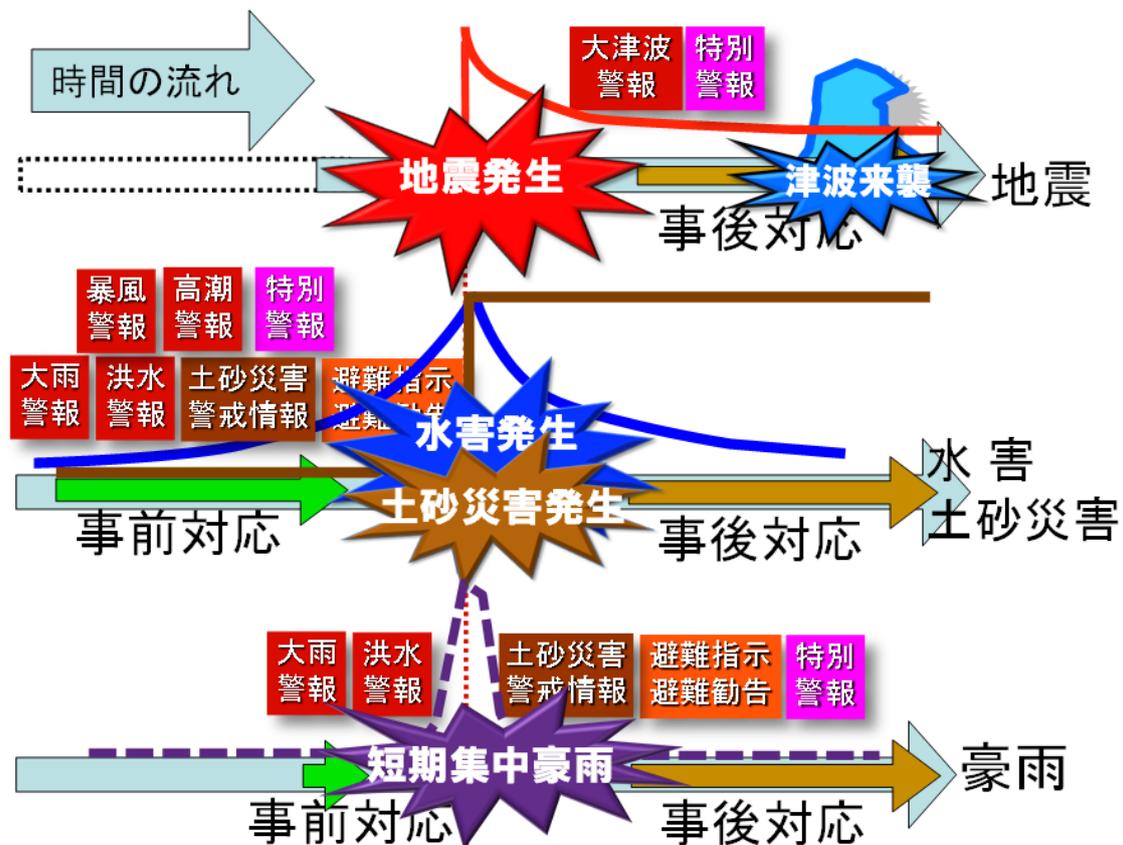


図 6-3 時間の流れで見た災害別の災害の発生と対応のちがい

### 6. 2. 3 集中豪雨に対する行政対応

一般的に、短期集中型の豪雨のような場合、降雨開始から発災までの時間が短く、行政の初動対応には困難が伴うことが予想される。今回の豪雨において津和野町では比較的早く災害本部が設置されたが、対応が後手に回ってしまう自治体もあり得るであろう。しかも今回のように勤務時間外、職員在庁時間外の発災では、図 6-3 中段のような通常の台風接近や前線活動による長雨の対応と異なり、前もって段階を踏む準備的な体制がとりにくい。むしろ図 6-3 の下段のように地震時と同様に早い速度で災害事象が進展していくため、災害発生後に後追いで対応になってしまう可能性がある。時間外での対応を考えれば、地震災害よりも今回のような豪雨災害の方が土砂災害、大規模浸水のため、より参集が困難となるという深刻な問題をも有しているといえる。これらのことから、行政の災害対応力の強化だけではなく、短期集中豪雨時の自主的緊急避難などの住民の防災力の向上も必要である。すなわち、行政は災害時の「応急対応」の強化のための事業とあわせて、行政および住民の災害発生前の準備・啓発としての「予防」を充実する事業を創出していく必要があるといえる。

## 6. 3 山口県須佐川流域での避難行動

### 6. 3. 1 はじめに

2010年奄美大島豪雨災害、2011年紀伊半島豪雨災害等、過疎地域や小規模河川における豪雨災害が頻発している。また近年、一雨で累積雨量1000mmや時間雨量が100mmを越す計画規模以上の豪雨が多発している<sup>5)</sup>。1時間降水量50mm以上の年間発生回数は、1976-1986年で平均160回、1987-1997年で平均177回、1998-2008年で平均239回と増加しており、洪水や土砂災害が発生する確率の増加を示唆している<sup>6)</sup>。

これらに対し、国土交通省「気候変動に対応した治水対策検討小委員会」<sup>7)</sup>は、特に中小規模河川において、気候変化による外力変化の把握だけでなく、社会システムの脆弱性を災害リスクとして評価し、その対応には地域と一体となった取り組みの必要性を述べている。災害リスクマネジメントにおいて、自助・共助・公助の役割や機能は7:2:1とされているように、自助・共助の重要性は高い。これはハード整備による対応の限界を認識した上でのソフト対策の必要性を指摘したものでもあり、地域防災力の向上が特に人的被害の軽減において重要である。また、災害の局地性と市町村合併による基礎自治体の広域化、さらには過疎地域における逼迫した財政や人員削減等により、適切な避難勧告等の発令が困難な状況にある<sup>8)</sup>。これらに対し、よりきめ細かな防災への備えのために、災害対策基本法の改定により、地区防災計画の策定が進められるようになった<sup>9)</sup>。

豪雨災害に対して命を守る行動は避難である。そしてこれを促すための公助としての情報に、避難勧告・指示がある。本稿では、2013年山口・島根豪雨災害における萩市須佐地区を対象として、防災行政および住民の対応について、特に避難行動に着目して分析する。その上で、地区防災計画の策定支援に対し、この災害における課題を明確にすると共に、適切な支援方を検討する。

### 6. 3. 2 対象地域と災害の概要

#### (1) 萩市須佐地区の概要と地域防災計画

萩市は2005年に7市町村の合併により現在の市域となった。須佐地区は旧須佐町であり、人口2465人、高齢化率は39.5%（2010年10月現在）と極めて高く、過疎高齢化が進行している。須佐地区には萩市須佐総合事務所が設置されており、萩市役所から約35kmの距離がある。須佐の市街地は図6-4に示すように須佐川近傍の低地にあり、市街地の約半分が浸水想定区域内にある<sup>10)</sup>。

市町村の地域防災計画における避難勧告等の発令基準は、多くの場合、気象や河川の情報を基に総合的に判断ことになっているが、萩市では表6-3のように客観的な基準を基に設定されている。

須佐地区（旧須佐町）は1983年7月の山陰水害により死者4名の経験があり、隣接する萩市田万地区（旧田万町）も死者1名をだしている<sup>11)</sup>。山陰水害は主として島根県の被害が大きかったことより、萩市地域防災計画においてこの事に関する記載はない。これは合併による影響も考えられる。災害予防計画の河川に関する項においては、「近年は大規模な災害をみないものの整備を要するものが多く、その整備にあたっては、治水と共に利水を考慮して進める。」と記載されている。つまり、山陰水害の経験を踏まえた災害文化の継承には至っておらず、逆に被害が減少してきている事を認識させる内容となっている。

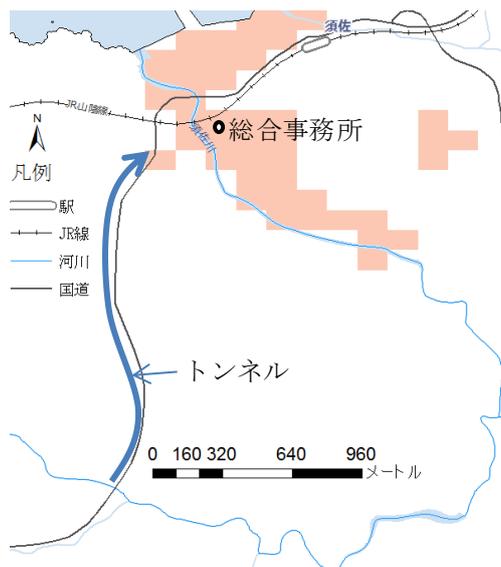


図 6-4 須佐地区

表 6-3 萩市地域防災計画における避難勧告等基準

	風水害	土砂災害
避難準備情報	①30mm/hr 以上 ②累積雨量 100mm/hr 以上 ③氾濫注意水位(警戒水位)	
避難勧告	④50mm/hr 以上 ⑤累積雨量 100mm/hr 以上 ⑥警戒水位かつ水位上昇 ⑦特別警戒水位かつ水位上昇	土砂災害の前兆を認めたとき
避難指示	⑧100mm/hr 以上 ⑨累積雨量 150mm/hr 以上 ⑩警戒水位かつ水位上昇 ⑪特別警戒水位かつ水位上昇 ⑫河川堤防決壊	土砂災害が発生したとき

## (2) 災害の概要

2013年7月28日の日降水量が、萩市須佐で351.0mmとなり、7月の月降水量平年値を超える雨量が観測された。特に、12時04分までの1時間に138.5mmを記録し、観測点における観測史上1位を更新した<sup>12)</sup>。降水量を図6-5に示す。この雨に伴い、気象庁より出された主な情報を表6-4に纏める。夜中から朝にかけて気象情報が出され、7時27分に土砂災害警戒情報、9時26分には須佐地区に隣接する萩市むつみ地区で記録的短時間大雨が発表されている。須佐地区では10時前から雨が強まり、水位も9時50分には0.48mであったものが30分後には1.30mまで上昇している。図6-6に示すように、10時40分には2.08mとなり、警戒水位1.80mを越え、特別警戒水位2.10mに近い水位となっていた。須佐地区の住家における床上浸水304棟、床下浸水225棟と甚大な被害をもたらした。

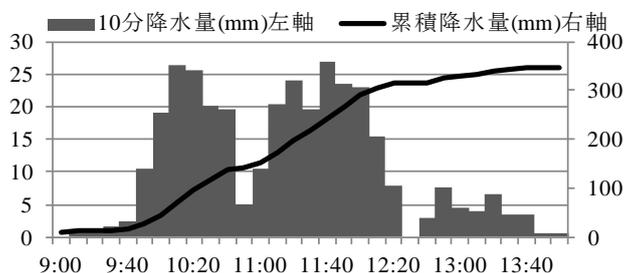


図6-5 須佐における降水量の推移

表6-4 主な気象情報<sup>12)</sup>

時間	情報
4:06	山口県気象情報 1
4:48	警報(浸水・洪水)
5:23	山口県気象情報 2
6:36	警報(浸水・土砂)
7:27	土砂災害警戒情報
8:10	山口県気象情報 3
9:26	萩市むつみ付近で約 100mm
9:40	山口県気象情報 4
10:24	須佐付近約 100mm, 田万川付近約 100mm
10:50	田万川付近約 100mm(10:30), 須佐 121mm (10:40)
11:12	山口県気象情報 5
11:20	記録的な大雨に関する山口県気象情報, 特別警報相当

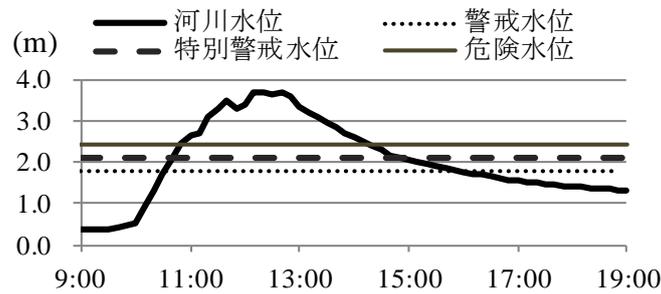


図 6-6 水位の変化(龍背橋)

### 6. 3. 3 防災行政の対応

萩市において実施されている防災メールの内容をもとに、行政から住民への主な情報提供を表 6-5 に示す。今回の雨に対する最初の情報は 2 時 59 分に大雨と洪水に関する注意報発表に関する情報であった。その後、4 時 49 分に気象警報の発表が伝えられ、5 時 4 分には職員向けに総合事務所長判断で配備体制をとることが案内されている。その後、土砂災害警戒情報や記録的短時間大雨に関する情報が発信されている。これらに加え、例えば 7 時 18 分の土砂災害警戒情報には、取るべき措置として、「崖の近くなど土砂災害の発生しやすい地区にお住まいの方は、早めの避難を心がけるとともに、市町から発表される避難勧告などの情報に注意してください」と伝えられている。8 時 21 分においても、表 6-5 に示すように、垂直避難等の情報まで伝えられている。避難勧告は 7 時 55 分にむつみ地区、11 時に須佐地区に発令されているが、このことはメールで伝えられていない。取るべき措置まで丁寧に伝えている一方で、避難勧告という伝達しなければならない情報が伝えられていない。なお、災害対策本部は 8 時に設置されている。また、表中の土砂災害警戒レベルとは山口県土砂災害警戒情報における 4 段階のレベルを意味し、レベル 4 は土砂災害発生のおそれを意味し、最も高い危険度を表している。

表 6-5 萩市防災メールの主な内容

時間	内容
2:59	気象注意報
4:49	気象警報
5:04	[職員限定]むつみ地区で 30mm/hr. 市内各地を昼前にかけて断続的に強い雨雲が通過。総合事務所は所属長判断で配備。
7:18	土砂災害警戒情報
8:21	土砂災害警戒情報[とるべき措置]土砂災害の発生しやすい地区居住者は早めの避難を心がけ、避難勧告などの情報に注意。2 階以上の部屋や斜面から離れた部屋に移動。
8:26	土砂災害警戒レベル 4。2 階で過ごすなど命を守る行動。
11:08	記録的短時間大雨。山間部や河川周辺の方は 2 階に避難。

表 6-6 発令基準に達した時刻

	時刻
避難準備情報	①10:00 (34.5mm/hr) ②10:30 (累積 117.5mm) ③10:40 (水位 2.08m)
避難勧告	④10:00 (60.5mm/hr) ⑤10:30 (累積 117.5mm) ⑥10:40 (水位 2.08m) ⑦10:50 (水位 2.46m)
避難指示	⑧10:10 (104mm/hr) ⑨11:00 (累積 152.5mm) ⑩10:40 (水位 2.08m) ⑪10:50 (水位 2.46m) ⑫不明

表 6-7 主な調査項目

項目	内容
属性	年齢・性別・自主防災組織等参加・被災経験等
家庭での備え	防災気象情報の知識、避難判断基準、備蓄、防災マップ等
被災時	自宅被害、避難の有無と理由等
8月の避難勧告	避難の有無と理由
その他	今後の備え等

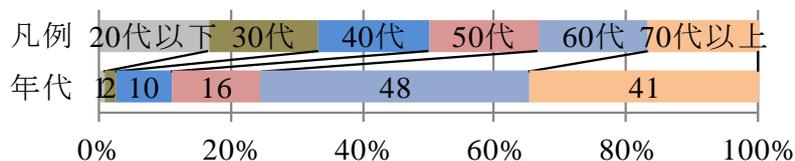


図 6-7 回答者年齢

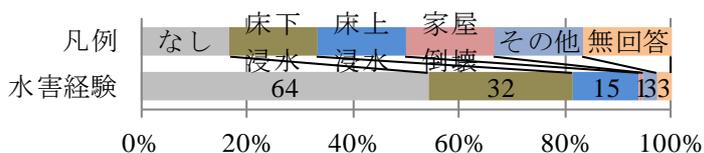


図 6-8 過去の被害経験

表 6-3 の基準を満たした時間は図 6-5 および図 6-6 より、表 6-6 として纏めることが出来る。なお、表中の①～⑫の番号は表 6-3 に対応している。避難指示は発令されなかったが、避難勧告が発令された 11 時の時点で避難指示発令基準を超えていることが分かる。なお、総合事務所は 10 時 40 分に河川水位が特別警戒水位を上回ったことを確認し、避難勧告を発令した。

以上より、避難勧告等の発令基準は雨量と水位によって定められているが、実際には水位のみで判断されていた。少なくとも、雨量で判断がなされていたならば、10 時には意思決定が出来た。さらに、隣接する同市むつみ地区に避難勧告が発令され、累積雨量 200mm を越える雨が降っている事を行政は住民に対して伝えている。このことを鑑みれば、もう少し早い判断は可能であったと考えられる。

### 6. 3. 4 住民の対応

#### (1) アンケート調査の概要と基礎集計結果

2013 年 10 月に各戸配布、郵送回収によるアンケート調査を実施した。配布数は 400、回収数は 118 であり、回収率は約 30% である。主な調査項目を表 6-7、回答者属性を図 6-7 に示す。高齢化が進行している地域であり、回答者の約 7 割が 60 代以上である。高齢者が多いこともあり、図 6-8 示すように、半数近くの人が何らかの水害経験を有しており、この多くは 1983 年の山陰水害である。

何をきっかけに避難するかについて、基準を決定した時期を図 6-9、その内容を図 6-10 に示す。これより、7 月の水害前に避難基準を決定していた人は 3 割にも満たず、約 7 割は避難指示・勧告といった行政からの情報を元に判断すると回答している。

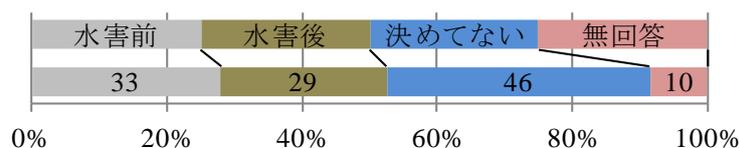


図 6-9 避難基準の決定

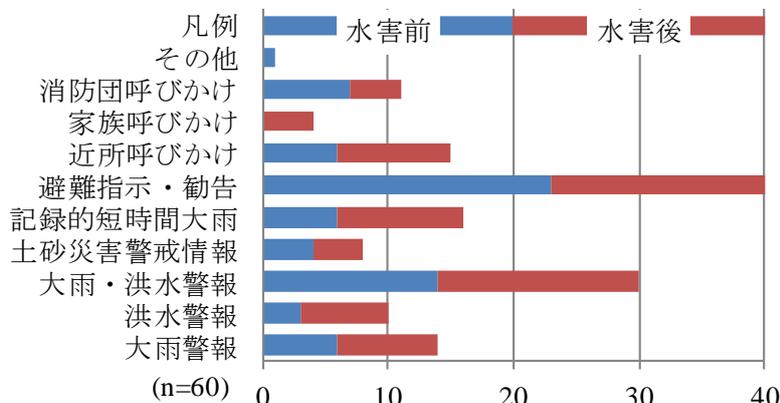


図 6-10 避難基準の内容

## (2) 豪雨災害時の対応

### ・災害情報の取得に関する考察

避難勧告等を判断基準にしている人が多い中、災害当時、自宅およびその周辺にいた人86人中、避難勧告を認知していた人は22人であり、約1/4の住民にしか伝わっていなかった。次に多い大雨・洪水警報についても同様に1/4しか認知していなかった。避難勧告は防災行政無線を用いて放送されるため、豪雨災害の時には聞こえないということは他の災害事例でもしばしば言われることである。しかし、気象警報についてはテレビ等で容易に取得可能であることより、住民は積極的に情報を得る努力をしていなかったと考えられる。

### ・避難の判断に関する考察

避難の有無を図6-11に示す。これより、7割以上の方が避難していない。避難した人のきっかけを図6-12に示す。この図は列が回答者を表し、網掛け部が避難のきっかけとして回答した内容である。図中の勧告は「避難勧告を知ったから」、家族は「家族に言われたから」、隣人は「近所の方に言われたから」、状況は「雨や自宅周辺を見て危険だと思ったから」を意味する。なお、選択肢には「消防団等からの呼びかけ」、「大雨警報等気象情報を知ったから」があったが、誰も選択していない。これより、図6-10では避難の基準として「避難指示・勧告」および「大雨・洪水警報」を回答していたにもかかわらず、避難勧告のみで避難した人は2、気象警報は0であった。最も多い回答は自宅周辺の状況を見て判断したであった。

図6-13に示すように、2割以上の方が避難そのものを考えていなかった。避難を考えた人に着目し、過去の水害経験が関係しているかを図6-14に示す。これより、床上浸水以上の経験がある方は避難する傾向が強いものの、床下浸水まででは避難を促す経験になっていないことが分かる。

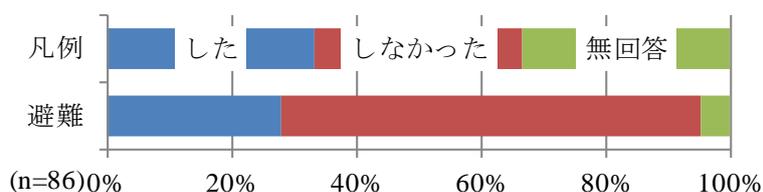


図 6-11 避難の有無

回答	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	v	w
勧告	■	■	■																				
家族	■																						
隣人																							
状況	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

図 6-12 避難のきっかけ

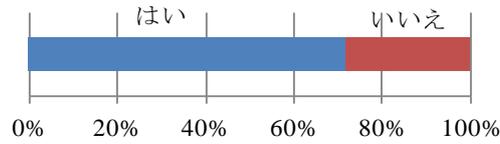


図 6-13 避難を考えたか

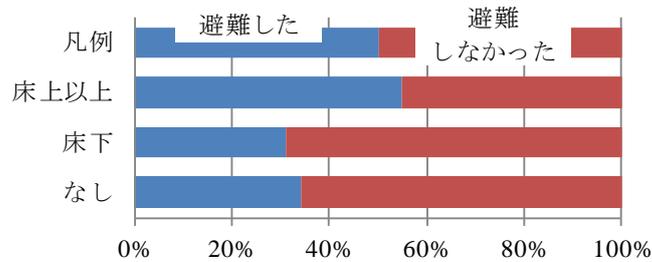


図 6-14 過去の水害経験と避難の有無

・避難のタイミングに関する考察

避難した人が何時に避難したかを図 6-15 に示す。これより、半数近くは 11 時の避難勧告が発令される前に避難していることが分かる。この結果は図 6-12 より、周囲の状況より避難を判断していることから理解できる。しかし、図 6-6 より 10 時 40 で警戒水位を越えていることより、外水氾濫の前に避難していることになる。これについて、大槻ら<sup>13)</sup>は現地調査と洪水氾濫シミュレーションより、図 6-16 のように内水氾濫が先行していたことを示している。ヒアリングによると、図 6-4 のトンネルの南入口付近において、土砂が河川に堆積したことにより、トンネル内を水が流れたということであった。このため、内水氾濫が先行したと考えられる。また、図 6-17 に示すように、避難した人の殆どは水深 30cm 以上の状況で避難しており、危険な避難行動であったといえる。

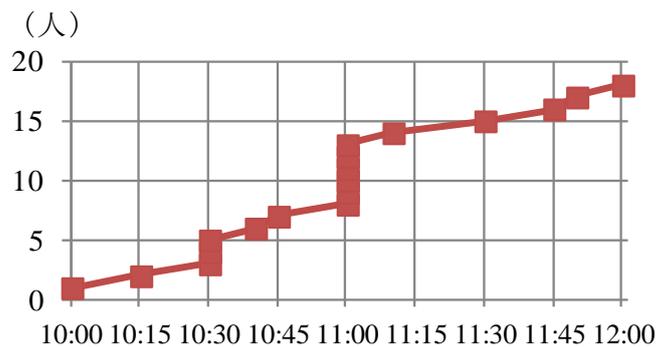


図 6-2-12 避難のタイミング

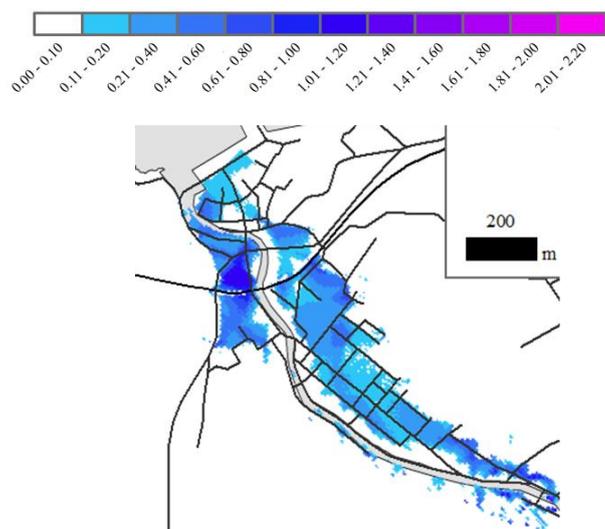


図 6-16 10 時半の浸水の状況<sup>13)</sup>

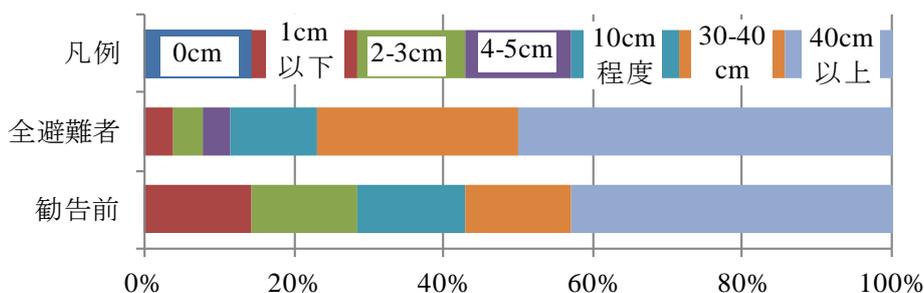


図 6-17 避難時の道路の水深

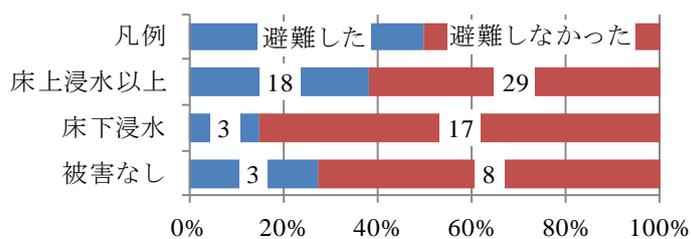


図 6-18 自宅被害と避難の関係

・ 自宅被害と避難の関係と避難しない理由

自宅の被災状況と避難の関係を図 6-18 に示す。これより、床上浸水以上という危険な状況であっても避難しなかった人が多数いることがわかる。この内、3 人は平屋に住んでおり、極めて危険な状況であったといえる。

避難しなかった人の内、「気付くのが遅かった」と回答している人は、自宅被害無しで 8 人中 2 人、床下浸水で 17 人中 9 人、床上浸水で 29 人中 13 人であった。図 6-5 より雨の降り始めは 9 時過ぎからであり、強まってきたのは 9 時半を過ぎてからである。図 6-16 のように 10 時半には 1m 近くまで浸水している箇所もあり、浸水被害が急速に広がってきたこ

と分かる。この結果、周囲の状況で避難を判断した人は避難のタイミングを逸したといえる。

・8月25日の避難勧告への対応

須佐地区では8月25日の雨でも避難勧告が発令されている。7月と8月での避難の関係を表6-8に示す。8月に避難した人は、7月の水害で自宅が床上浸水もしくは床下浸水かつ車が被災した方であった。

7月は避難して8月は避難しなかった17人の内、7月に床上浸水だった方は11人である。この内2名は8月の水害時には入院等により自宅に居なかった。他の9人の避難しなかった理由は、5人が「避難する必要が無いと思った」、2人が「自宅が安全だと思った」と回答している。また、7月に避難して8月に避難しなかった17人の内、7月に被害を受けていなかった方は全員8月には避難をしておらず、「自宅が安全だと思った」と回答している。7月の水害において4カ所破堤しており、堤防の応急対策は施されているものの、防災力はかなり低下している。このことが住民には理解されておらず、過去の災害で大丈夫だった場所は次も大丈夫だという安心材料として意思決定に利用されたと考えられる。

表 6-8 7月・8月の避難の有無

		8月	
		避難した	避難しなかった
7月	避難した	5	17
	避難しなかった	4	49

6. 3. 5 地区防災計画を想定した避難支援の検討

須佐地区は、山がちな地形における河口部の小さな平地に密集して住宅が建てられている。このような地形は全国各地に存在している。そこに豪雨が降ったとき、急激な河川の水位上昇がもたらされることは想定でき、須佐地区においてはトンネルによって内水氾濫が先行した。これらを踏まえた上で、以下に地域の課題と避難支援の方策を示す。

(1) 2013年水害より得られた地域の課題

①ハザードマップと避難場所

ハザードマップに示された浸水想定は外水氾濫を想定したものであり、左岸の浸水深が大きくなっている。7月の災害は内水も関係しているが、左岸の浸水深の方が大きい<sup>13)</sup>。しかしながら、左岸には水害時の避難場所が指定されていない。

②被災経験の継承

須佐地区は山陰水害でも被災した地域であるが、そのことが地域防災計画にも書かれていない。また、自主防災組織があり、活動は行われているが、水害に対しては備えられていなかった。木造家屋が密集した地域であるため、主としてバケツリレー等の消火訓練が行われていた。

③高齢者が多い地域

高齢化率が約40%と極めて高く、避難行動要支援者となりうる人が多い地域であり、避

難に要する時間も長くなる。このことを想定した避難準備情報であり、基準は設定されていたものの運用はされなかった。

#### ④ 急速な浸水

7月の災害は、雨の降り始めから浸水までの時間が極めて短かった水害であった。この原因に河川上流部での土砂による閉塞が指摘されたが、ヒアリング調査より、これは以前も起こった現象である。

### (2) 人的被害軽減のための避難支援方策

#### ① ハザードマップと避難場所

左岸には避難場所が指定されていない。この地域の JR は盛土になっており、JR より上下流を往来するためには河川に隣接する道路を通らなければならない。この危険性を回避するため、河川両岸および JR より上下流域に避難場所を指定すべきである。JR より上流地区には小学校、下流地域には歴史民俗資料館があり、共に RC 造 2 階建てである。十分に避難場所として利用可能であり、避難の安全性を確保するためには新たな設置場所として指定すべきだと考えられる。また、実際に開設された避難場所は図 6-4 の総合事務所に隣接する公民館である。アンケート調査の自由記述では、公民館のような低い所に避難したくないという意見が複数あった。実際には、河川右岸の中学校も避難場所となっており、適切な避難場所の選定と案内が必要だと考えられる。

#### ② 被災経験の伝承

数多くの被災地で言われることであるが、過去の経験を地域の中で繋いでいく仕組みは重要である。また、河川上流部における河道閉塞は過去にも起こっていることであり、これについては同じ災害を繰り返さないという災害対策基本法の理念からも改善すべき事項である。

#### ③ 高齢社会における豪雨災害時の避難情報

課題③と④に関連する事項であり、高齢社会は避難に要する時間が長くなり、豪雨災害は急激な浸水をもたらす。高齢者の中には自ら避難することが出来ない人も多数おり、今回のアンケートでも「寝たきりの高齢者の介護」や「屋外歩行困難」を理由に避難しなかった方もいた。これらに対応するためには、早めの避難準備情報の発表が必要だと考えられる。現行の水位を基にした避難準備情報では、表 6-6 および図 6-16 より、7月災害に対して発表したとしても 10 時 40 分となり、安全な避難を行うための十分な時間を確保することは困難である。特に、7月災害は休日に発生しており、公的支援として包括支援センター等の職員が避難支援にあたるためには長時間を要する。このため、より早期の避難開始が求められる。

山口県土木防災情報システムにおいて須佐川の水位観測および気象庁の須佐観測点における 10 分降水量のデータが入手可能であった 2009～2013 年の 5 年間で対象に各基準の発生回数を表 6-9 に示す。河川情報を基にした場合、現行の通報水位を超過したのは 5 年で

10回であり、警戒水を超過したのは本研究で対象にした2013年7月と8月の2回である。通報水位基準であれば、平均2回/年であり、7月災害に当てはめれば10時20分となる。また、気象情報を基にした場合、10分雨量5mmでは平均するとほぼ毎月発表することになる。時間雨量50mm/hr相当の10分雨量であれば、年5回程度である。この雨量を7月の災害に当てはめれば9時50分となり、避難勧告が発令される1時間以上前に出すことになる。年間5回は多いと考えることも出来るが、避難準備情報は、健全者は避難の準備を始める時刻、避難行動要支援者とその支援者は避難を開始する時刻であり、基準に達した時刻はその情報を伝え始める時刻である。実際に避難の支援を考えるならば、年間5回程度の訓練がなされると考えることもできる。

また、豪雨災害の形態は異なるが、2009年台風18号に対し三重県尾鷲市では台風接近の前日から高齢者への電話連絡を行っている。市域の殆どが土砂災害警戒区域にあることや伊勢湾台風の経験から、徹底した昼間避難を推進し、そのための防災教育や住民との対話を行っている。2010年奄美大島豪雨災害を経験した龍郷町では5mmの雨で防災担当者は役場参集を行っている。つまり、平時からの行政と住民とのリスクコミュニケーションにより、最悪の状況に備える社会の仕組み作りが必要だと考える。須佐地区の防災力向上のためには、7月の災害の結果や表6-10で示した客観的事実をもとに、災害時に伝える情報のタイミングと内容について、住民と行政がコミュニケーションを図る事が必要だと考えられる。これが地区防災計画における地域の課題の明確化と対応策の検討に位置づけられると共に、行政等の役割でもある。

### 6. 3. 6 おわりに

本研究では2013年山口・島根豪雨災害における萩市須佐地区を対象として避難行動について分析した。防災行政の視点からは、基準に示された雨量を基に判断がなされていれば、1時間以上早く避難勧告を出すことが可能であったことを示した。住民は避難勧告を基に避難すると回答しているが、実際には周囲の状況を見て判断していた。浸水が始まってからの避難は危険であり、特に垂直避難が不可能な平屋の居住者は早期避難が必要である。須佐川のような山がちな地形にある小規模急流河川では、急速に水位が上昇するため、このことを行政は住民に対して周知しておく必要がある。高齢者は避難に要する時間が長いため、避難準備情報の発表は必要不可欠だと考えられる。今後の水害に備えるためには、避難に必要な時間を明らかにした上で、避難準備情報の発表基準を決めなければならない。基準を引き下げることは表6-10に示すように発表回数を増やすことになるが、リスクを軽減することに繋がる。このことを豪雨災害に対するリスクコミュニケーションとして実施すると共に、須佐地区の地区防災計画として活用する必要がある。また、8月の避難勧告発令時の住民の避難行動より、過去に安全だった場所は次も安全であると判断されることが示された。被災後の堤防の機能は低下しており、より早期の避難が必要であるため、応

急復旧段階におけるリスクコミュニケーションも必要であるといえる。

#### 参考文献

- 1) 「自主防災組織」について：奈良県庁ホームページ，<http://www.pref.nara.jp/22630.htm>
- 2) 津和野町の給与・定員管理の状況 平成 24 年度，津和野町ホームページ  
<http://www.town.tsuwano.lg.jp/>.
- 3) 気象速報 平成 25 年 7 月 28 日の島根県西部の大雨について，松江地方気象台.
- 4) イーガブ，<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S25/S25HO132.html>.
- 5) 辻本哲朗：豪雨・洪水災害の減災に向けて，技報堂，2006.
- 6) 気象庁：気候変動監視レポート 2008，2009.
- 7) 国土交通省河川課：気候変動に対応した治水対策検討小委員会資料，2008.
- 8) 神谷大介，赤松良久，板持直希，竹林洋史，二瓶泰雄：小規模集落における豪雨災害  
に対する課題と支援方策～奄美大島豪雨災害を事例として～，土木学会論文集 G(環  
境)，第 68 巻，第 5 号，pp.I\_305-I\_312，2012.
- 9) 内閣府：地区防災計画ガイドライン（パブリックコメント案），2014.
- 10) 萩市：須佐川(須佐地区)洪水避難地図，2007.
- 11) 広島県：昭和 58 年 7 月豪雨災害-広島・島根県災害を中心として-，1983.
- 12) 気象庁：災害時気象速報平成 25 年 7 月 28 日の島根県と山口県の大雨，2013.
- 13) 大槻順朗，二瓶泰雄，赤松良久：2013 年 7 月山口・島根豪雨による須佐川における被  
災状況調査と解析，土木学会論文集 B1(水工学)，Vol.70，No.4，pp.I\_1447-I\_1452，2014.

## 7. まとめ

平成 25 年 7 月 28 日の山口・島根の県境部の豪雨による災害で、被害が大きかった阿武川流域、田万川流域、須佐川流域および津和野川流域を中心に 1)災害の契機となった気象条件の特性、2)河川の洪水氾濫被害の特性、3)土砂・流木氾濫被害の特性、4)河川構造物やダムを設置、管理状況と洪水への影響や防御効果、5)行政機関、流域住民、NPO 等の対応や警戒・避難の状況について調査結果を述べた。以下にそれぞれの項目についてのまとめを示す。

1)7 月 28 日には日本付近の大気の状態が不安定であったことに加え、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み、山口・島根の県境部で大雨が降りやすい状態であった。1 時間最大雨量は萩市須佐で 12 時 04 分に 138.5mm、山口で 8 時 13 分に 143.0mm を記録した。統計解析の結果によると、これらはいずれも 200 年再起確率雨量を大幅に超えている。一方、28 日の日最大雨量は須佐で 351mm、山口で 254.5mm であり、須佐では 200 年再起確率雨量を越えたのに対して山口では 30 年確率程度の雨であった。

2)被災箇所流量の流量ハイドログラフは集中豪雨における流域と豪雨域の関係の特徴を改めて浮き彫りにした。JR の橋梁が流失した阿武川の用路地点では降雨は殆どなかったが上流域の豪雨のため氾濫危険水位を約 3 時間にわたって超えた。津和野川流域は長時間にわたって豪雨域と重なったため、約 11 時間にわたって氾濫危険水位を超えた。須佐川も流域全体が豪雨域と重なり、約 3 時間にわたって氾濫危険水位を超えた。また、中山間地を屈曲して流れる箇所の至る所で破堤や護岸崩壊の災害が見られた。鍋倉地区では阿武川が鋭く屈曲する位置で氾濫し、氾濫流が一部の農地を浸食する被害が発生した。須佐では外水だけでなく内水による被害が大きかったことも明らかにされた。

3)今回の災害では、山地に多量の雨が降ったために、特に津和野川支流の名賀川流域で大量の土砂生産があり、河道埋塞のため沿川の農地の多くが土砂で埋没した。土砂の河道埋塞は名賀川が津和野川と合流する地点でも生じ、氾濫を助長した。また、斜面崩壊で鉄道が被害を受けた。

4)今回の豪雨時の阿武川ダムの調節によりその下流の基準点である中津江地点では推定でピークの水位を 5.05m から 1.61m へと大幅に下げ下流の洪水被害を防止している。ただ、ダム操作の開始には下流地域への通知やパトロールに時間を要したため放流量に制限がかかった。また、阿武川ダム地点で流域平均の総雨量が 136mm と小さく、流域の大きいダムがゲリラ豪雨に対して有効であることを示した。

5)行政機関、流域住民、NPO 等の対応や警戒・避難の状況等の調査研究により、気象情報や災害情報のネット配信が進むなど防災の体制やシステムが進化していく中で特に中山間地では住民がそのような進化について行けていないこと、小さな市町村の防災部署に防災専門職員を配置できないという体制の貧弱、緊急を伴う豪雨災害への職員の勤務時間外の対応力強化、防災の鍵を握る自助力の向上などの必要性が浮かび上がってきた。

次に、今回の災害の調査研究を振り返って教訓として示唆されたことを述べ、次いで今後の河川災害の減災に向けた提言を述べる。災害リスクマネジメントにおいて、自助・共助・公助の役割や機能は 7:2:1 と言われているように自助・共助の重要性が高い。その意味で自然災害に関しては災害の種類に応じてその自然現象としての災害発生の仕組みと避難指示の意味を理解し的確に対応することが極めて重要である。昨今の豪雨災害をみるとこれが何処で起きてても不思議でない。この認識をもつことが重要であるが、人は皆、災害は自分に降りかかってくることはないだろうと思いがちである。したがって、自然災害に関わる自然現象と防災のノウハウを持ち合わせた技術者は専門外の人達に自然災害の防災・減災の啓発（意識・ノウハウ）に努め、防災行政担当者や地域住民に自然災害発生の仕組みを伝授し、多くの人々が災害から身を守るすべを知ることに協力することが望まれる。市町村では防災への人的対応が遅れており、この改善が急務である。

豪雨災害に関しては、前述のように異常降雨は梅雨時期には何処で起きてても不思議でない現実がある。まずこの認識が重要である。また流域の概念、そして河川災害では流域面積が雨量と同等に重要であることの認識の定着が必要である。専門外の人を対象とする講義や講演などで上流域の雨の重要性を示し、理系のセンスを持つ人々への講演では合理式を示して、この地点ではこれくらいの流量があっても不思議でない、などの論調で説明することも有効であろう。場合によっては等流の水深の見積もりも可能であろう。また、今回の集中豪雨では流域の広い阿武川ダムが洪水災害防止で効力を発揮した。このようなことを伝えることも重要であろう。

土木技術の改善・向上に関して述べる。まず、防災行動に直結する情報提示として、流域区分図と等雨量線図の重ね書きデータの提示が望まれる。ゲリラ豪雨対策として、流域面積が狭い小支川や溪流では霞堤を積極的に採用することが効果的である。最近では耕作放棄地が増えているためこれは難しくないのであろう。中山間地では谷口一帯に 10m 程度の間隔で植林して流木防備林を整備することが効果を生むであろう。また、次代の土木技術者のモチベーション保持と土木ファンをつくるため土木の学生に災害ボランティアを呼びかけることも必要であろう。これはインターンシップと位置づけると効果的であろう。

謝辞：本調査研究にあたり、パシフィックコンサルタンツ（株）、アジア航測（株）、日本工営（株）、（株）建設技術研究所、（株）建設環境研究所のご協力を頂いた。また、国土交通省中国地方整備局山口河川国道事務所、山口県河川課、阿武川ダム管理事務所、山口県砂防課、島根県津和野土木事務所、津和野町役場、山口市役所、J R 西日本から貴重な資料を提供頂いた。記して深甚の謝意を表します。