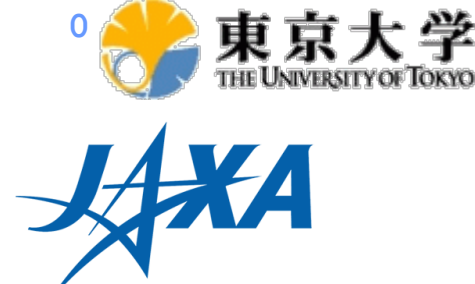
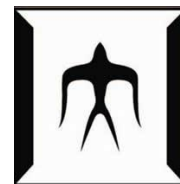




東北大学



平成30年7月豪雨に関する資料 分析 第1報修正版 (高梁川・肱川に着目)

2018年7月31日

芳村圭¹・中村晋一郎²・渡部哲史³・鳩野美佐子⁴・鼎信次郎⁵・平林由希子⁶・
山本晃輔⁷・竹島滉¹・武藤裕花³・伊藤悠一郎²・石塚悠太¹・神谷秀明¹・山田真史³・
池内寛明¹・吉田奈津妃⁵・井田寛子¹・日比野研志¹・木口雅司¹・山崎大¹・
可知美佐子⁷・沖理子⁷・沖大幹¹

1:東京大学生産技術研究所, 2: 名古屋大学, 3: 東京大学大学院工学系研究科,
4: 東北大学, 5: 東京工業大学, 6: 芝浦工業大学, 7: 宇宙航空研究開発機構

第1報からの修正内容

- ◆ それぞれのページで文献やデータの引用元を明記した上で、引用リストのページ(スライド55枚目)を作成した。
- ◆ それに伴い、修正が必要な箇所は修正したが、内容に関して大きな変更はない。

本資料分析の要点

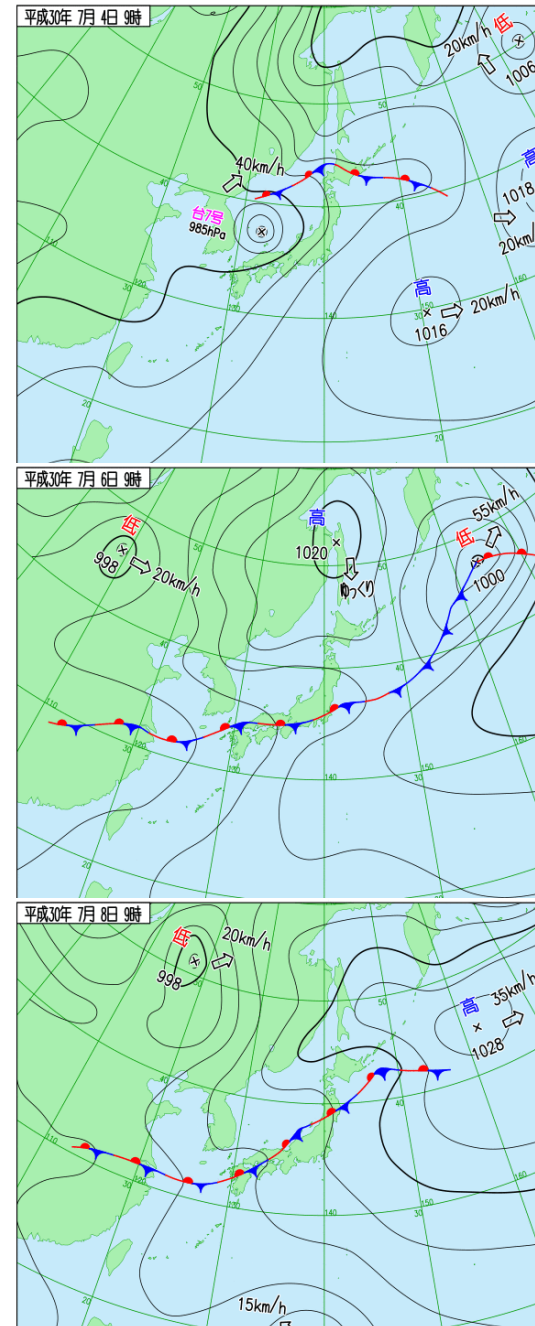
- ◆ 日本海に抜けて温帯低気圧となった台風7号、勢力の強い太平洋高気圧、オホーツク海高気圧等の影響により、2018年7月5日から8日にかけて、西日本全体に大量の降水をもたらした。
- ◆ 瞬間的な降水強度ではさほど統計的に珍しいものではないものの、24時間継続雨量において、一部の流域では数百年に一度の規模の降水をもたらした。西日本の多数の地域で洪水氾濫・土石流被害をもたらした。
- ◆ 本分析では、特に大きな氾濫が発生した高梁川(岡山県)・肱川(愛媛県)に着目し、資料分析を行った。
- ◆ 高梁川では、小田川との合流地点近辺にて、7月7日0時ごろより、小田川左岸堤防が決壊したことを中心に、真備町の約9km²が浸水した。その結果、数十人の死者が出た。
- ◆ 肱川では、矢落川との合流地点近辺にて、7月7日9時ごろより、合流点付近の暫々定堤防からの越水等により、大洲市の約6km²が浸水した。氾濫による直接的な死者は出なかった。
 - ※ 加えて肱川では、上流の野村ダムの下流の西予市野村地区にて河川氾濫が発生した。その結果、数名の死者が出た。
- ◆ 本分析では、主に上記の2つの河川氾濫について、状況と原因を分析し、死者数との関係について考察を行った。
- ◆ また、東大が試験開発している氾濫予測システムにおいて、上記2つの氾濫の危険性を24時間以上前から予測することが可能であることを示した。



1. 気象概況

気象概況

- 6月29日に日本の南海上で発生した台風7号は、7月4日に日本海で温帯低気圧に変わった。台風7号によりすでに非常に湿った空気が供給されているところに、7月5日以降は西日本に前線が停滞。前線の南側には多量の水蒸気が流れ込む状態が続いた。
- 日本の南東海上には勢力の強い太平洋高気圧があり、高気圧の縁を周って流れ込む湿った空気が前線の活動を活発化した。
- 前線は8日にかけて居座り、西日本から東海地方にかけて長時間、広範囲に渡り活発な雨雲が流れ込み続けた。



(気象庁)

参考

http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/2018/20180713/jyun_sok_uji20180628-0708.pdf

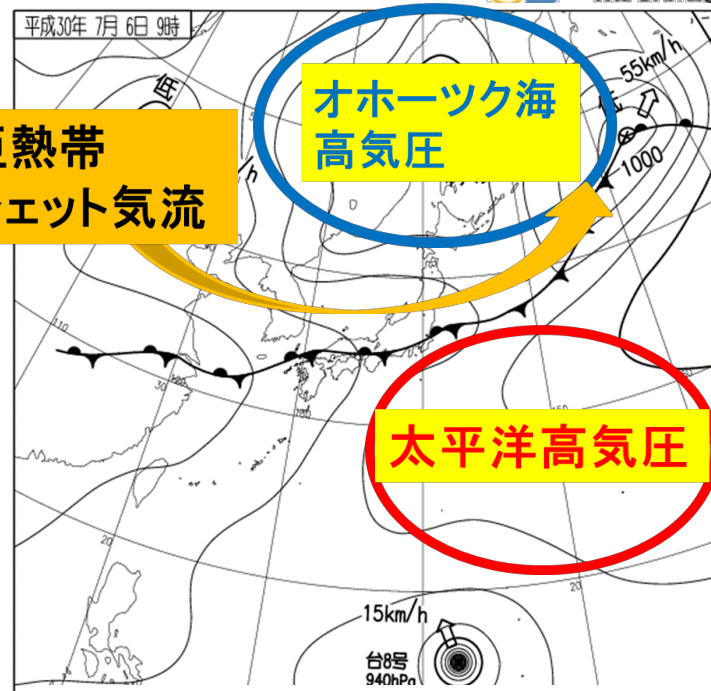
停滞の理由

- 前線が停滞したことが大雨を長引かせた。
- この理由としては、台風7号から変わった温帯低気圧が日本海を抜けた後、日本の北側でオホーツク海高気圧が強まり、南側の太平洋高気圧との間で南北の温度傾度が高くなった。この間で前線が活発化した。さらには上空の亜熱帯ジェット気流が日本の東で北に蛇行し、前線が停滞する状態が持続した。
- 7月上旬の海面水温は日本海や日本の東海上で、平年と比べて 2°C 前後高く、海上からの暖かい水蒸気が雨雲を発達させた一要因と言える。

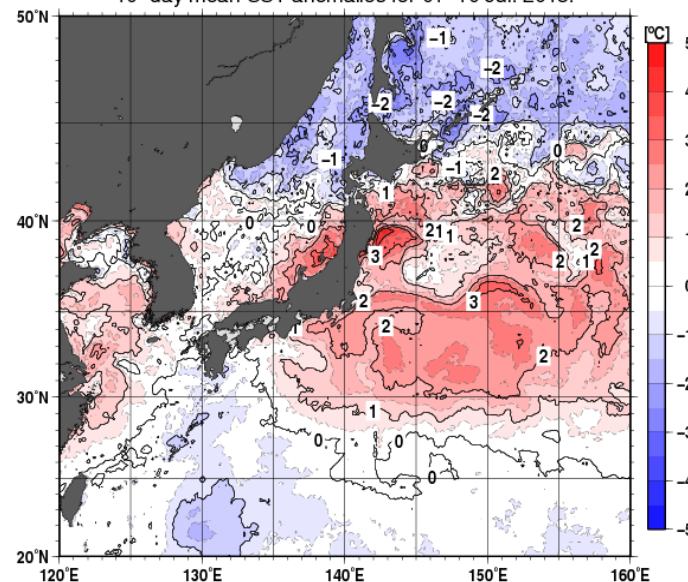
亜熱帯
ジェット気流

オホーツク海
高気圧

太平洋高気圧



10-day mean SST anomalies for 01–10 Jul. 2018.



(気象庁)

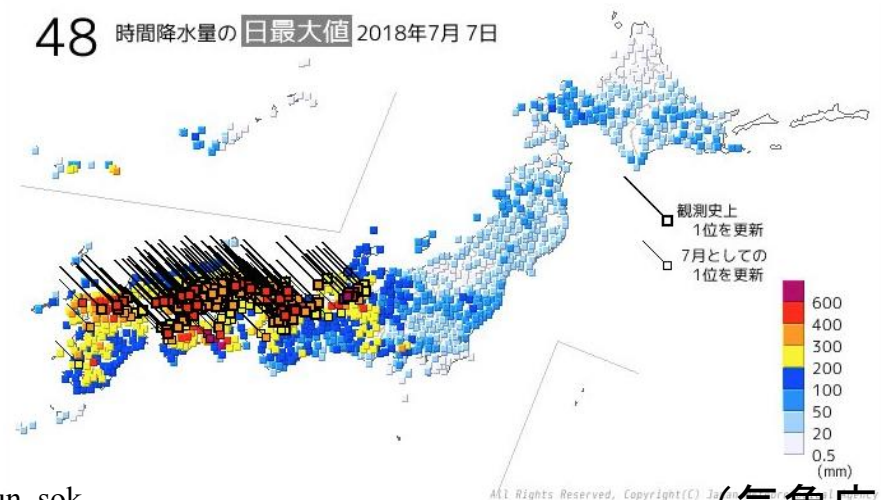
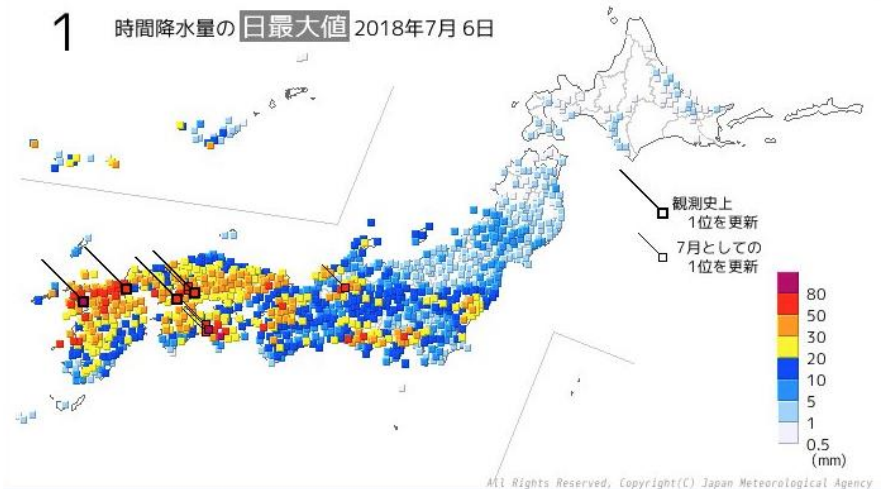
参考

http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/2018/20180713/jyun_sok

uji20180628-0708.pdf

雨量

- 時間雨量としては極端に多くなかったが、48時間雨量は全国の123地点、72時間雨量は119地点で観測以来最も多くなり、広い範囲で長い時間大雨となったことが分かる。
- 降り始めからの積算雨量(6月28日～7月8日)は、四国地方で1800ミリ以上、東海地方で1200ミリ以上となるなど7月の月降水量平年の2～4倍に達した。全国で最も多くなったのは、高知県安芸郡馬路村魚梁瀬で1852.5ミリ。



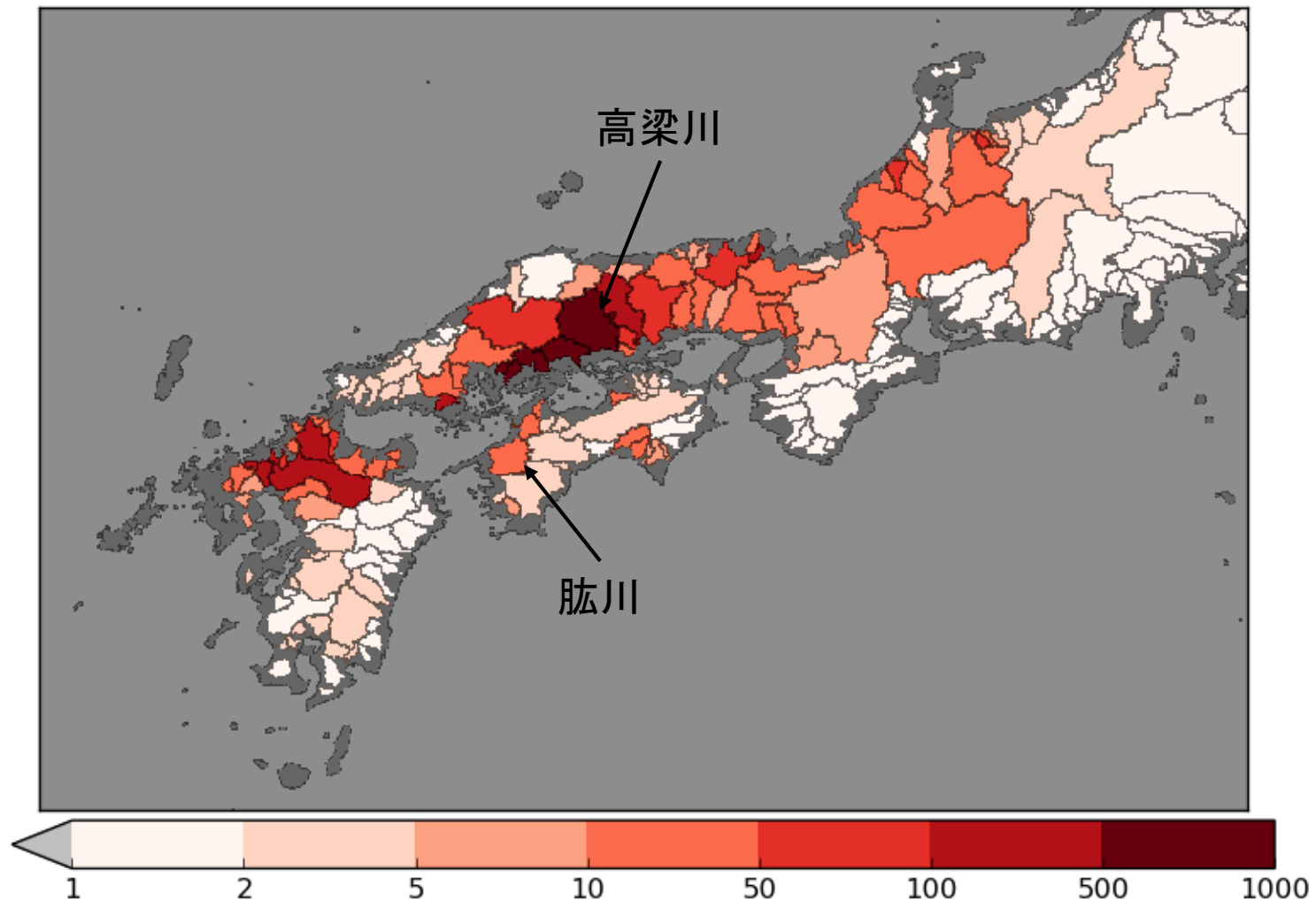
(気象庁)

参考

http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/2018/20180713/jyun_sok

<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/2018/20180628-0708.pdf>

流域平均24時間最大雨量の水系別再起年数



大被害のあった高梁川・肱川での降水の再起年数

流域平均24時間最大降水量再起年数

	7月1日	7月2日	7月3日	7月4日	7月5日	7月6日	7月7日
川辺 (高梁川)	1	1	1	3.2	62.0	1416.8	1.8
瀬ノ下 (筑後川)	1	1.0	1.0	1.0	22.1	85.3	1
荒瀬 (肱川)	1	1.0	1.0	1.0	3.4	128.6	9.2

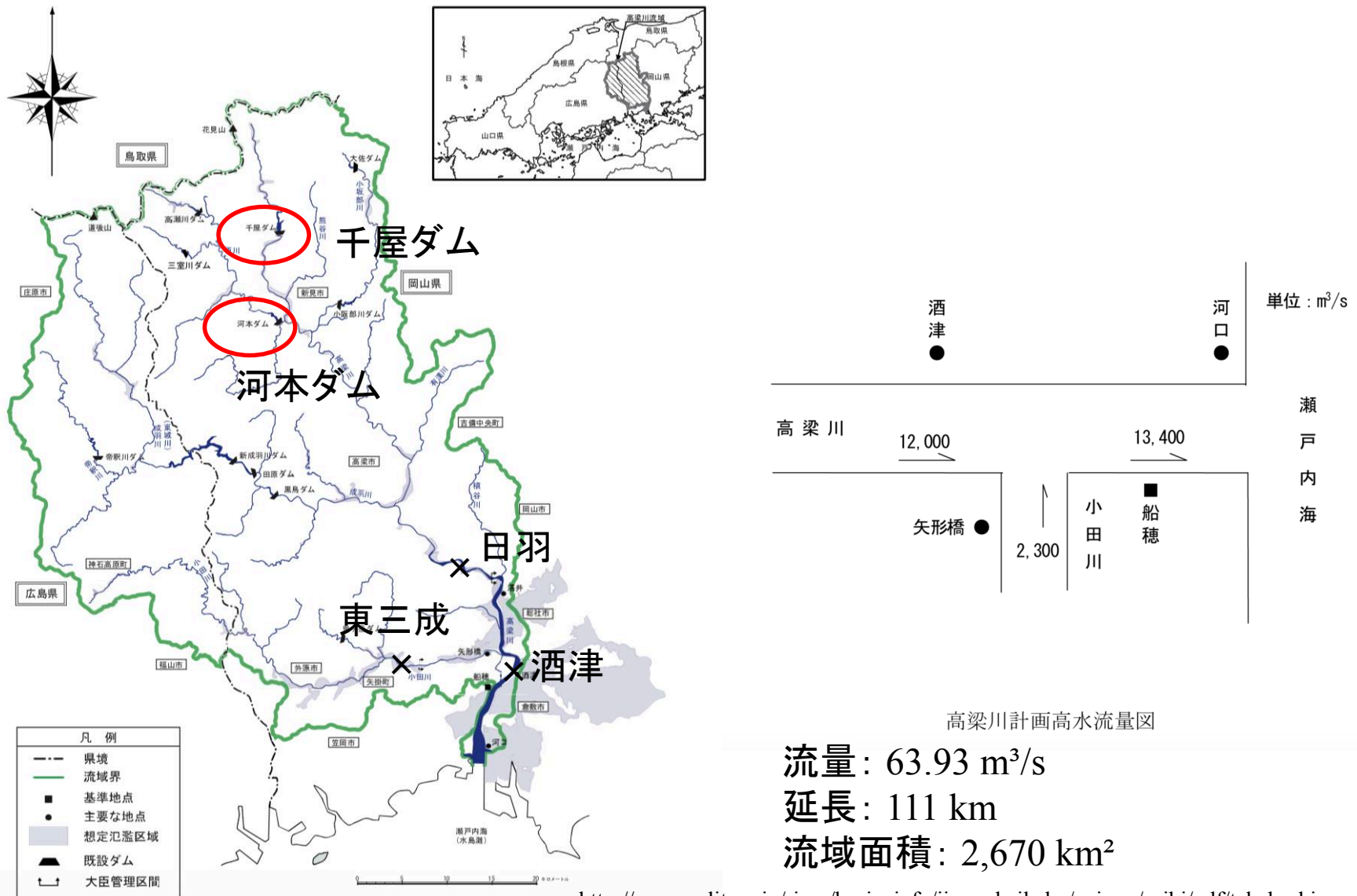
流域平均48時間最大降水量再起年数

	7月1日	7月2日	7月3日	7月4日	7月5日	7月6日	7月7日
川辺 (高梁川)	1	1.0	2.3	203	2161.3	148.7	3.4
瀬ノ下 (筑後川)	1.0	1.0	1.0	13.4	40.0	11.7	1.4
荒瀬 (肱川)	1.0	1.0	1.0	4.5	144.1	126.1	1.0



2. 河川水文状況

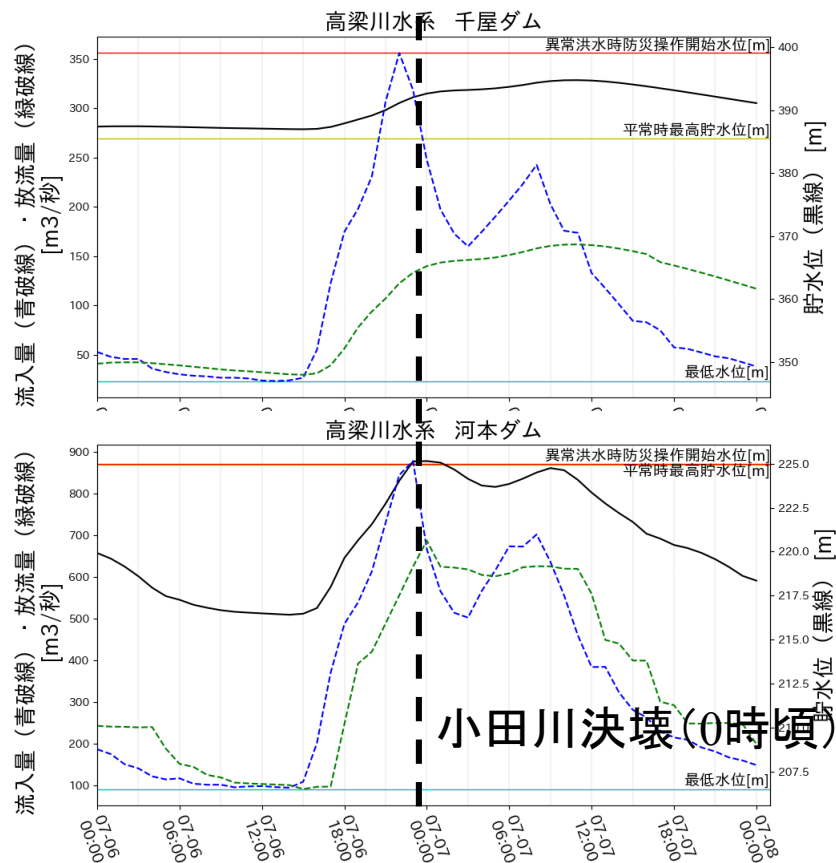
高梁川水系



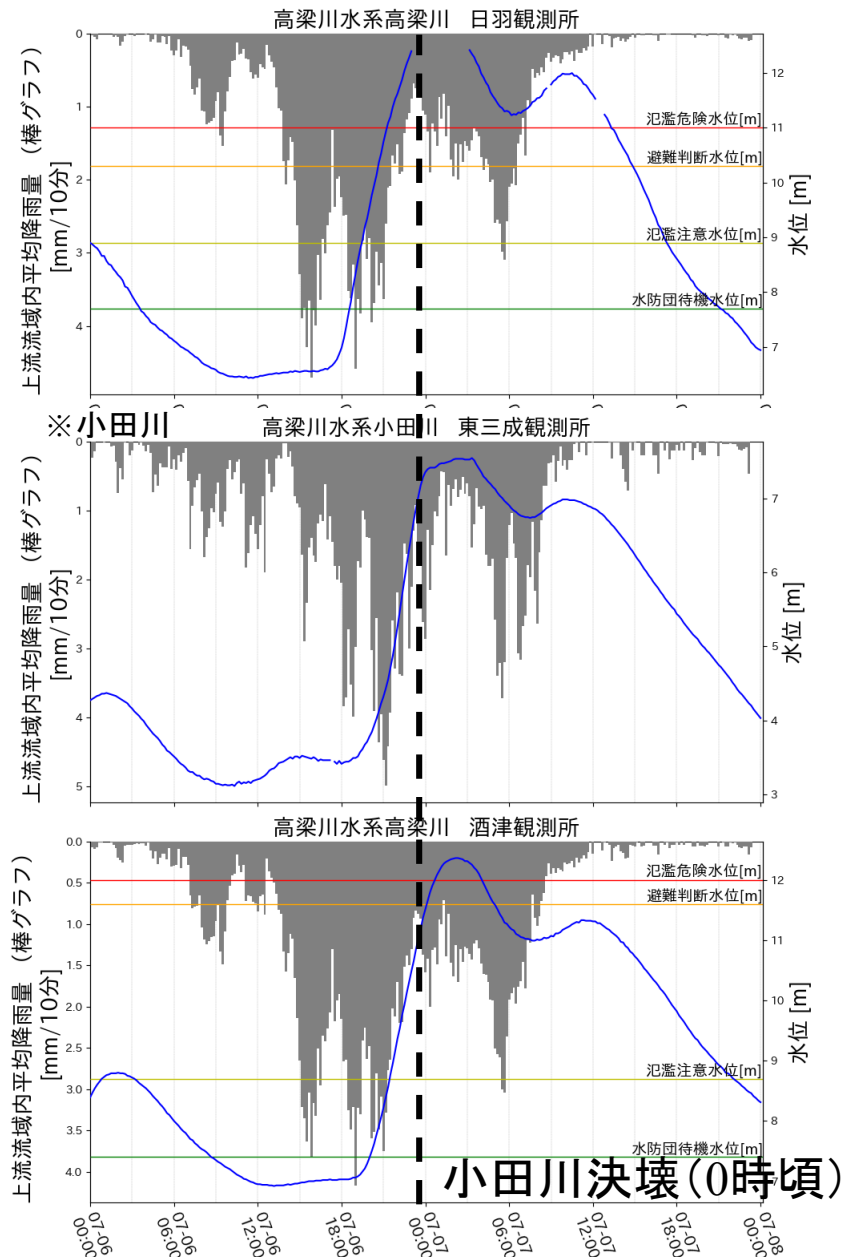


高梁川実況ハイドログラフ

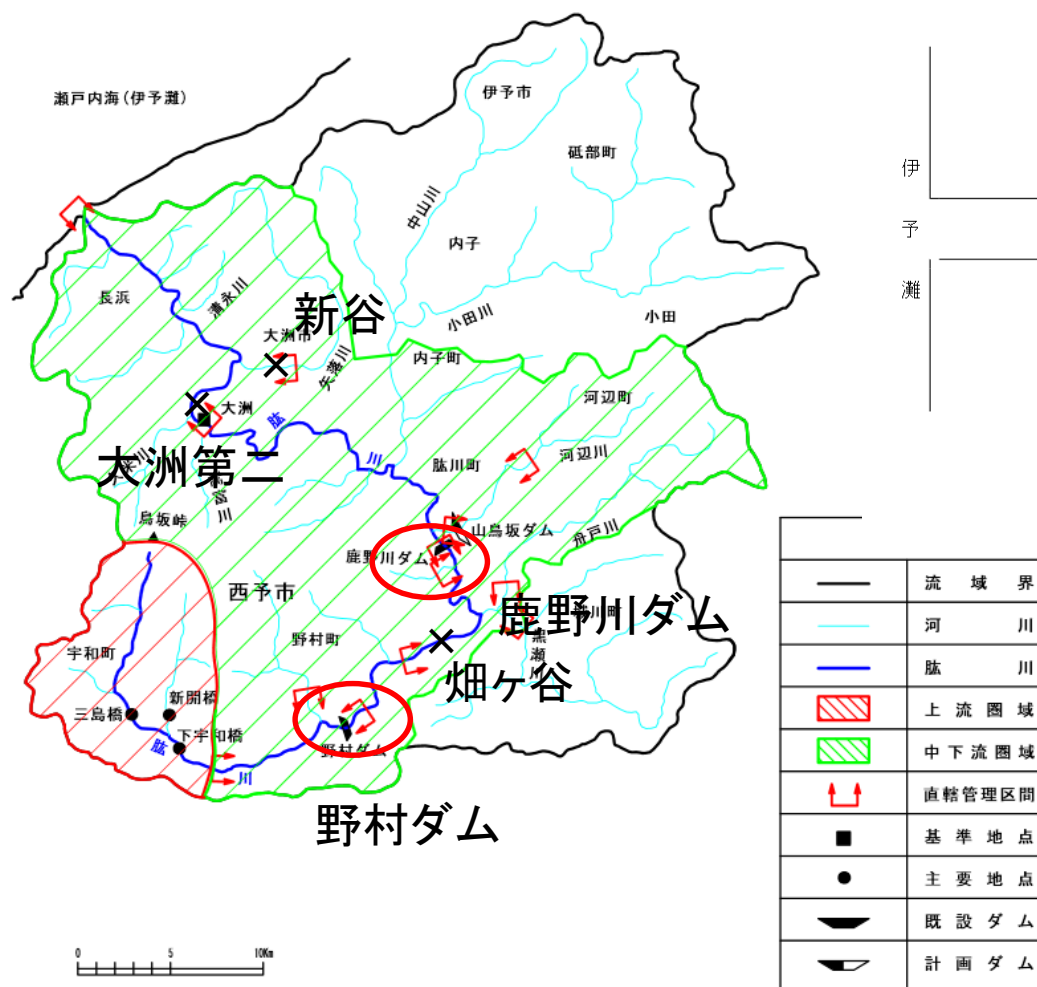
東京大学
THE UNIVERSITY OF TOKYO



- 雨量のピークは6日15時頃と20時頃。
- 小田川左岸の決壊は同日24時頃。
- 東三成の水位が酒津の水位に追従している(酒津での水位が下がるまで東三成の水位が下がらない)ことから、小田川(及びその支川)でのバックウォーター発生が示唆される。



肱川水系



※肱川水系河川整備計画【中下流圏域】は平成16年5月に策定

图-1: 肱川水系流域图

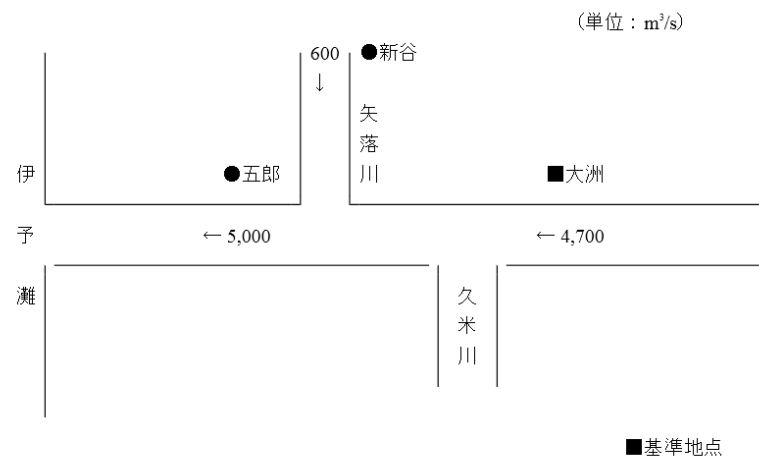


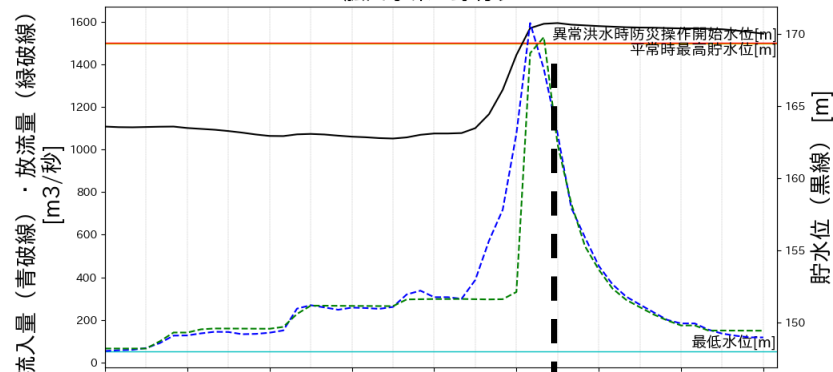
図-3 肱川計画高水流量図

流量: 38.62 m³/s
流域面積: 1,210 km²
延長: 103 km

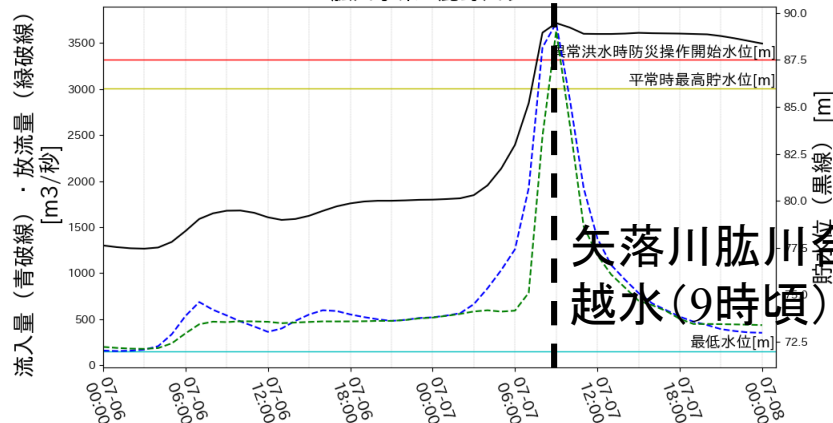


肱川実況ハイドログラフ

肱川水系 野村ダム

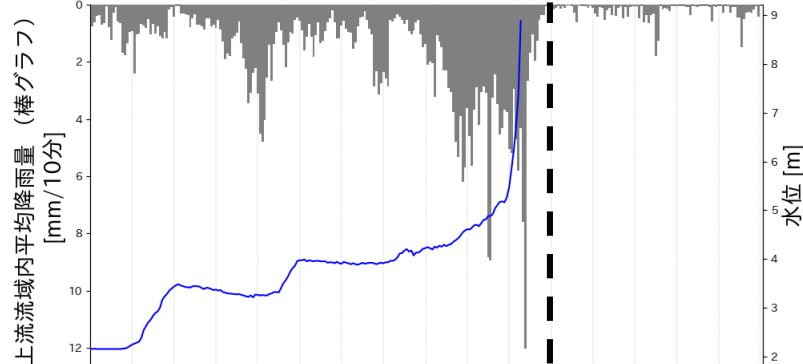


肱川水系 鹿野川ダム

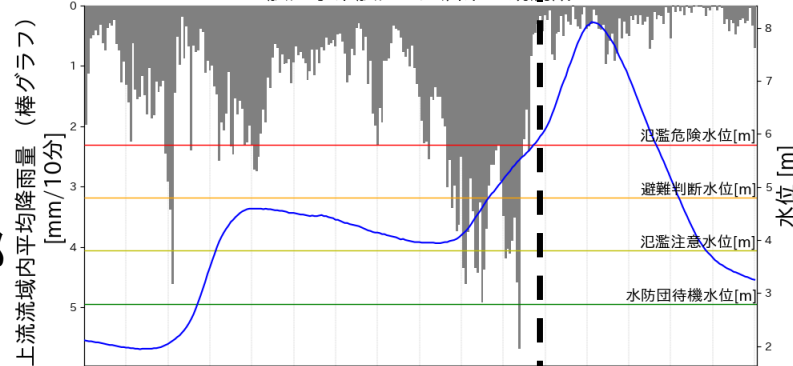


矢落川肱川合流部
越水(9時頃)

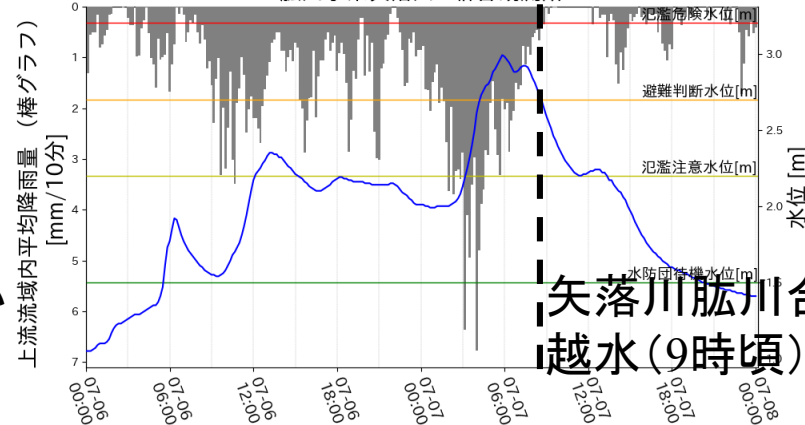
肱川水系肱川 畑ヶ谷観測所



肱川水系肱川 大洲第二観測所



肱川水系矢落川 新谷観測所



矢落川肱川合流部
越水(9時頃)

- 雨量のピークは7日3時～5時頃。
- 東大洲地区の暫々定堤防からの越水が確認されたのは8:59。
- 肱川の大洲第二では12時過ぎまで水位が上昇しているが、矢落川新谷では氾濫発生前から水位が減少に転じていることから、矢落川へのバックウォーターは発生していない



3. 予警報状況

P40以降の予測可能性の項にて使用。ここでは、実績データのみを表示。



高梁川(小田川)予警報(1/5)

小田川(高梁川)	イベント	気象庁			倉敷市	その他の行政
		指定河川洪水予報	警報：岡山県	警報：倉敷市		
2018-07-05 10:33			岡山県に洪水注意報	倉敷市に洪水注意報 倉敷市に大雨注意報		
2018-07-05 14:00	気象庁による、西日本と東日本における8日頃にかけての大雨について、厳重な警戒呼びかけ https://www.jma.go.jp/jma/press/1807/05b/kaisetsu2018070514.pdf					
2018-07-05 14:19			岡山県に大雨警報			
2018-07-05 15:39			岡山県に洪水警報			
2018-07-05 18:30				倉敷市に大雨警報		
2018-07-05 19:40				倉敷市に洪水警報		
2018-07-05 23:00					倉敷市災害対策本部設置	
2018-7-06 10:30	気象庁会見、今後の大雨特別警報を発表する可能性に言及(2014年7月沖縄の台風8号以来の事例) http://www.jma.go.jp/jma/press/1807/06a/kaisetsu2018070610.pdf					
2018-07-06 11:30					「避難準備・高齢者等避難開始」発令	
2018-07-06 17:50						奈義町124世帯 298人に避難勧告
2018-07-06 18:00						美咲町1035世帯 2464人に避難勧告
2018-07-06 18:25						美咲市6019世帯 12464人に避難準備・高齢者等避難開始
2018-07-06 18:30					吉岡川・倉敷川水系に「避難準備・高齢者等避難開始」を発令	



高梁川(小田川)予警報(2/5)

小田川(高梁川)	イベント	気象庁			倉敷市	その他の行政
		指定河川洪水予報	警報：岡山県	警報：倉敷市		
2018-07-06 18:55						岡山市2139世帯 4981人に避難勧告
2018-07-06 18:55						津山市に避難勧告
2018-07-06 19:20						勝央市に避難準備・高齢者等避難開始
2018-07-06 19:40:00			岡山県に大雨特別警報 広島県に大雨特別警報			
2018-07-06 20:05						井原市620世帯 1500人に避難準備・高齢者等避難開始
2018-07-06 21:00						高梁市に避難勧告
2018-07-06 21:05						浅口市に避難準備・高齢者等避難開始



高梁川(小田川)予警報(3/5)

小田川(高梁川)	イベント	気象庁			倉敷市	その他の行政
		指定河川洪水予報	警報：岡山県	警報：倉敷市		
2018-07-06 21:50:51		【指定河川洪水予報】小田川の矢掛水位観測所(小田郡矢掛町)では、6日22時頃に、避難勧告等の発令の目安となる「氾濫危険水位(レベル4)」に到達する見込みです。				早島町1世帯4人に避難指示(緊急)
2018-07-06 22:00					真備全域に避難勧告	
2018-07-06 22:20:22		小田川の矢掛水位観測所(小田郡矢掛町)では、6日21時50分頃に、避難勧告等の発令の目安となる「氾濫危険水位(レベル4)」に到達しました。				
2018-07-06 22:26						玉野市に避難勧告



高梁川(小田川)予警報(4/5)

小田川(高梁川)	イベント	気象庁			倉敷市	その他の行政
		指定河川洪水予報	警報：岡山県	警報：倉敷市		
2018-07-06 22:30						岡山市2139世帯 4981人に避難勧告 里庄市4476世帯 11169人に避難勧告
2018-07-06 22:31						鏡野市4世帯7人 に避難勧告
2018-07-06 22:40				【大雨特別警報】 北部、岡山地域、 倉敷地域、井笠地 域、高梁地域に特 別警報を発表して います。		
2018-07-06 22:54						高梁市に避難勧 告
2018-07-06 22:54						新見市に避難勧 告
2018-07-06 23:05						
2018-07-06 23:45					真備地区、小田川の南側に避難 指示	
2018-07-07 0:30						津山市に避難勧 告



高梁川(小田川)予警報(5/5)

小田川(高梁川)	イベント	気象庁			倉敷市	その他の行政
		指定河川洪水予報	警報：岡山県	警報：倉敷市		
2018-07-07 0:30:41	小田川氾濫発生情報	小田川では、倉敷市真備町箭田付近において氾濫が発生しました。(レベル5)				
2018-07-07 1:30					真備地区・小田川の北側に避難指示	
2018-07-07 1:30					足守川水系に避難勧告	
2018-07-07 4:00					【*土砂災害】広江7丁目コスモタウン広江団地、くすのき団地、広江6丁目広江スカイタウンに避難指示(緊急)	
2018-07-07 15:10			岡山県に大雨警報	倉敷市に大雨警報		



肱川予警報(1/5)

肱川	イベント	気象庁			大洲市	西予市
		指定河川洪水予報	警報等： 愛媛県	警報等： 大洲市		
	気象庁による、西日本と東日本における8日頃にかけての大雨について、厳重な警戒呼びかけ					
2018-07-06 3:20			愛媛県に洪水 警報			
2018-07-06 4:25						
2018-07-06 4:49				大洲市に大雨警 報		
2018-07-06 8:43					浸水の危険性が高いため、大 川地区、菅田地区に避難勧告 を発表	
2018-07-06 9:05					柚木、久米、只越、五郎の各 地区に避難準備情報を発表	
2018-07-06 9:55		大洲第二水位観測所（大 洲市）では、6日09時30分 頃に、「氾濫注意水位 （レベル2）」に到達し、 今後、水位はさらに上昇 する見込みです				
2018-7-06 10:30	気象庁会見、今後の大雨特別警報を発表する可能性に言及（2014年7月沖縄の台風8号以来の事例） http://www.jma.go.jp/jma/press/1807/06a/kaisetsu2018070610.pdf					
2018-07-06 11:33		大洲第二水位観測所（大 洲市）では、当分の間、 「氾濫注意水位（レベル 2）」を超える水位が続 く見込みです				
		大洲第二水位観測所（大 洲市）では、当分の間、 「氾濫注意水位（レベル 2）」を超える水位が続				



肱川予警報(2/5)

2018-07-06 17:35		大洲第二水位観測所 (大洲市)では、当分の間、「氾濫注意水位 (レベル2)」を超える水位が続く見込みです				
2018-07-07 2:32				大洲市に洪水警報		
2018-07-07 3:40						西予市宇和旧町地区に避難勧告
2018-07-07 5:10						西予市野村地区に避難指示
2018-07-07 5:20		大洲第二水位観測所 (大洲市)では、7日05時00分頃に、避難準備・高齢者等避難開始等の発令の目安となる「避難判断水位(レベル3)」に到達しました				
2018-07-07 6:30					大和、上老松、沖浦、長浜の各地区に避難勧告	



肱川予警報(3/5)

2018-07-07 7:30					大洲市災害対策本部から以下の地域に避難指示が発令（菅田・大川・大洲地区全域・菅田・久米地区・久米地区只越1区・久米地区只越2区・五郎地区・肱南地区・沖浦地区）。	
2018-07-07 8:35		大洲第二水位観測所（大洲市）では、7日08時20分頃に、避難勧告等の発令の目安となる「氾濫危険水位（レベル4）」に到達しました			大洲市災害対策本部から以下の地域に避難指示が発令（八多喜、南久米、平、平野、新谷、柳沢、肱北、三善、上須成、菅田、出海、大和、櫛生、須沢、白滝、豊茂、長浜）。	
2018-07-07 9:21	阿蔵地区暫定断面堤防(左岸)付近において氾濫	肱川では、阿蔵地区暫定断面堤防(左岸)付近において氾濫が発生しました。（レベル5）				



肱川予警報(4/5)

2018-07-07 11:40	東大洲暫定堤防（右岸）、豊中暫定堤防（左岸）、八多喜暫定堤防（右岸）、出石暫定堤防（左岸）、春賀暫定堤防（右岸）、白滝暫定堤防（右岸）付近において氾濫	阿蔵地区暫定断面堤防（左岸）、東大洲暫定堤防（右岸）、豊中暫定堤防（左岸）、八多喜暫定堤防（右岸）、出石暫定堤防（左岸）、春賀暫定堤防（右岸）、白滝暫定堤防（右岸）付近において氾濫が発生しました。（レベル5）				
2018/07/07 18:30:00		大洲第二水位観測所（大洲市）では、7日18時00分頃に、避難勧告等の発令の目安となる「氾濫危険水位（レベル4）」を下回り、今後、水位は下降する見込みです				
2018-07-07 19:45		大洲第二水位観測所（大洲市）では、7日19時20分頃に、避難準備・高齢者等避難開始等の発令の目安となる「避難判断水位（レベル3）」を下回り、今後、水位は下降する見込みです				
2018-07-07 21:47			愛媛県に洪水注意報	大洲市に洪水注意報		



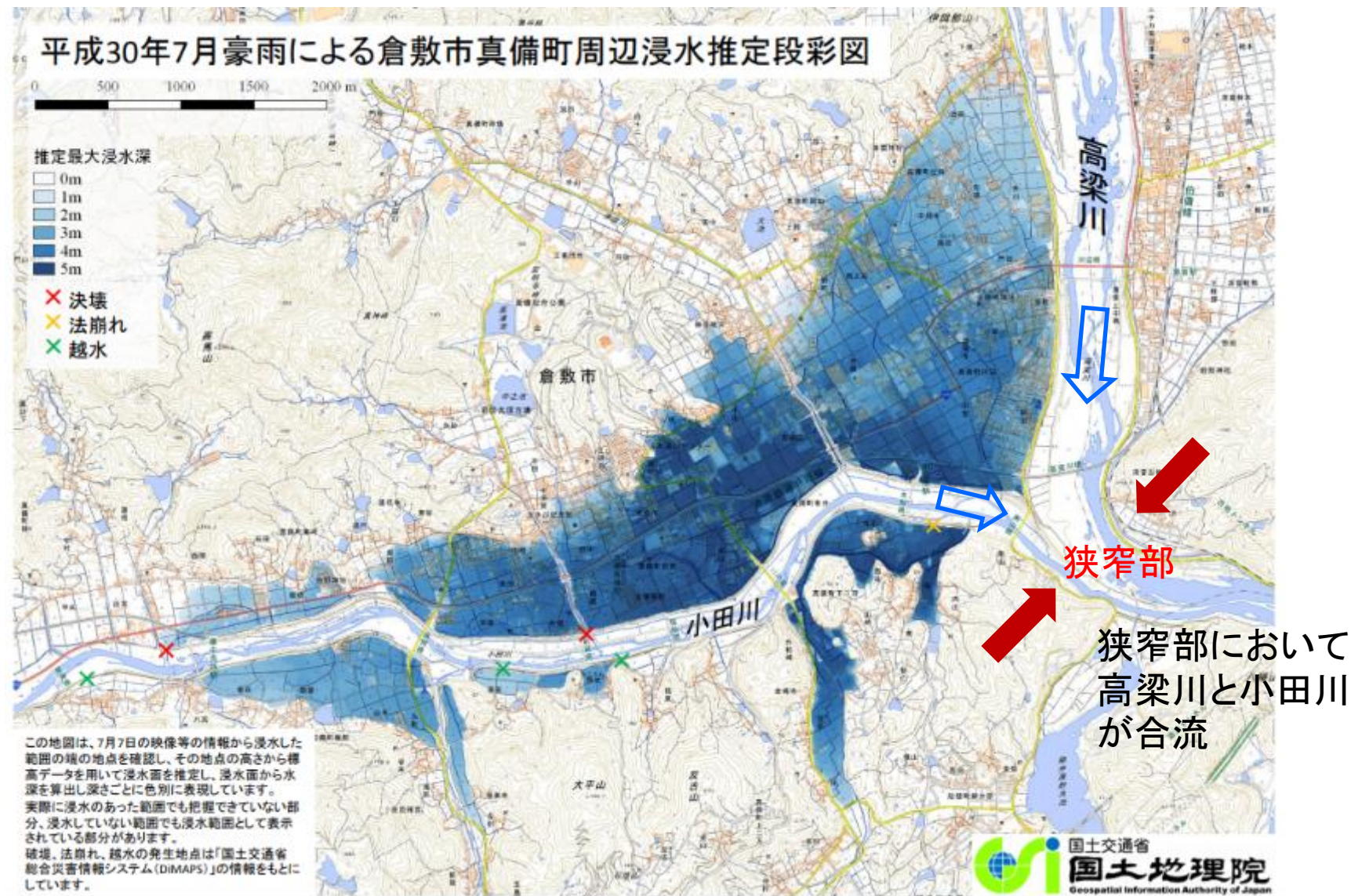
肱川予警報(5/5)

2018-07-07 23:36		大洲第二水位観測所 (大洲市)では、7日 23時00分頃に、「氾濫 注意水位(レベル 2)」を下回りました				
2018-07-08 1:22			愛媛県に大雨警 報			
2018-07-08 3:59			愛媛県に洪水警 報			
2018-07-08 5:50			愛媛県に大雨特 別警報			
2018-07-08 6:32				大洲市に洪水警 報		
2018-07-08 10:01		大洲第二水位観測所 (大洲市)では、当分 の間、「氾濫注意水位 (レベル2)」を超え る水位が続く見込みで す				
2018-07-08 13:56		大洲第二水位観測所 (大洲市)では、8日 13時30分頃に、「氾濫 注意水位(レベル 2)」を下回りました				
2018-07-08 10:10						* 宇和町岩木へ避難指 示(土砂災害のおそ れ)
2018-07-08 14:50				大洲市に洪水注 意報		



4. 浸水被害状況

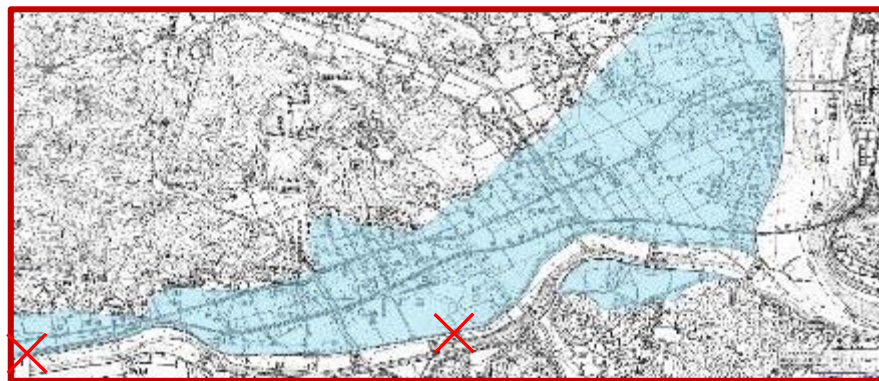
浸水状況(真備町・高梁川・小田川)



真備町の過去の水害の浸水域

過去の洪水イベントにおける浸水域(左岸のみ)の比較. 背景は1998年時点の地形図
今回(2018)の浸水域は1893(明治26)年洪水と同等であったことが分かる.

2018年洪水



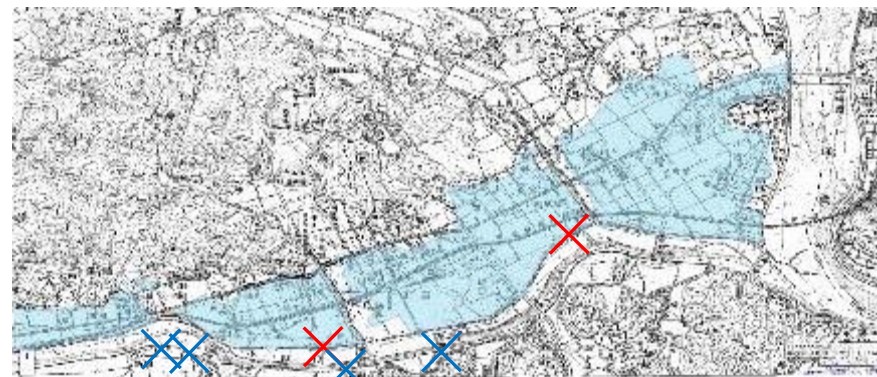
1893年洪水



1972年洪水



1976年洪水



×: 左岸破堤
×: 右岸破堤

出典

2018年浸水域および破堤地点: 国土交通省より作成
過去の浸水域および破堤地点: 内田(2011)より作成
背景地形図: 今昔マップ

浸水域内の土地利用の変遷

2018年浸水域: 国土交通省より作成
背景地形図: 今昔マップ

1970年頃までは水田を中心とした土地利用. その後急激に市街化.

1897年

※青: 2018年浸水域



1925年



1965年



1981年



この間に
2回の水害

1998年

翌年に井原鉄道開通



2010年





浸水域内の土地利用基本計画

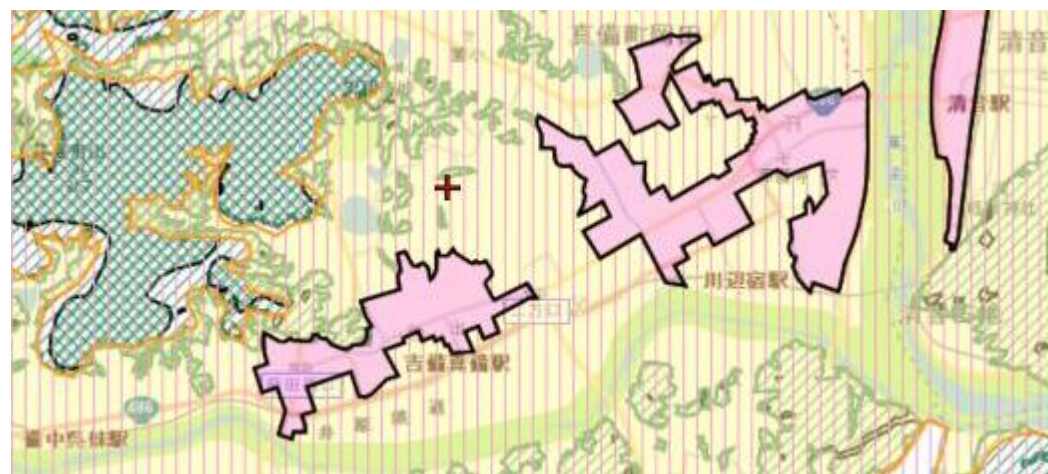
2018年浸水域: 国土交通省より作成
背景地形図: 今昔マップ
土地利用計画: 倉敷市統合型GIS

1971年に都市計画区域を設定。
浸水域内は市街化区域, 市街化調整区域が混在。

2018年洪水の浸水域
地形図は1998年時点



土地利用基本計画

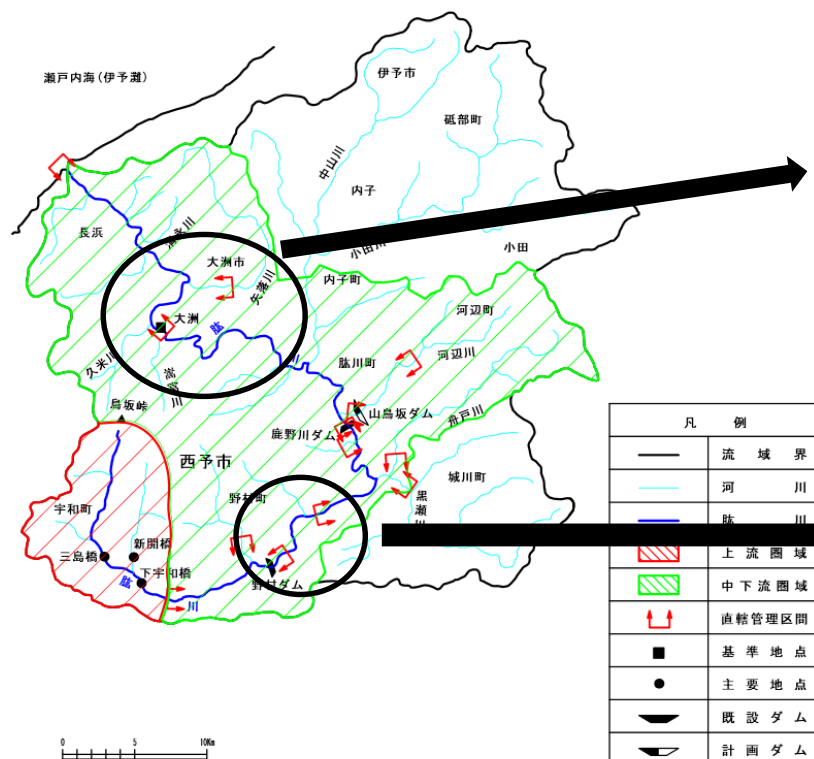


- 都市地域
 - 都市地域
 - 市街化区域
 - 市街化調整区域
 - その他用途地域
- 農業地域
 - 農業地域
- 森林地域
 - 森林地域
 - 国有林
 - 地域森林計画対象民有林
 - 保安林

(出典: 倉敷市)

浸水状況(肱川)

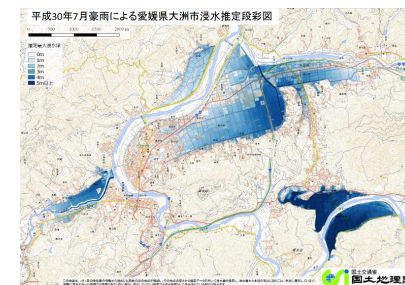
💧 肱川の浸水状況は、西予市野村町(上流)と大洲市(中・下流)で傾向が異なる。



※肱川水系河川整備計画【中下流圏域】は平成16年5月に策定

図- 1: 肱川水系流域図

大洲市(中・下流部)
国土地理院による浸水推定段彩図公開

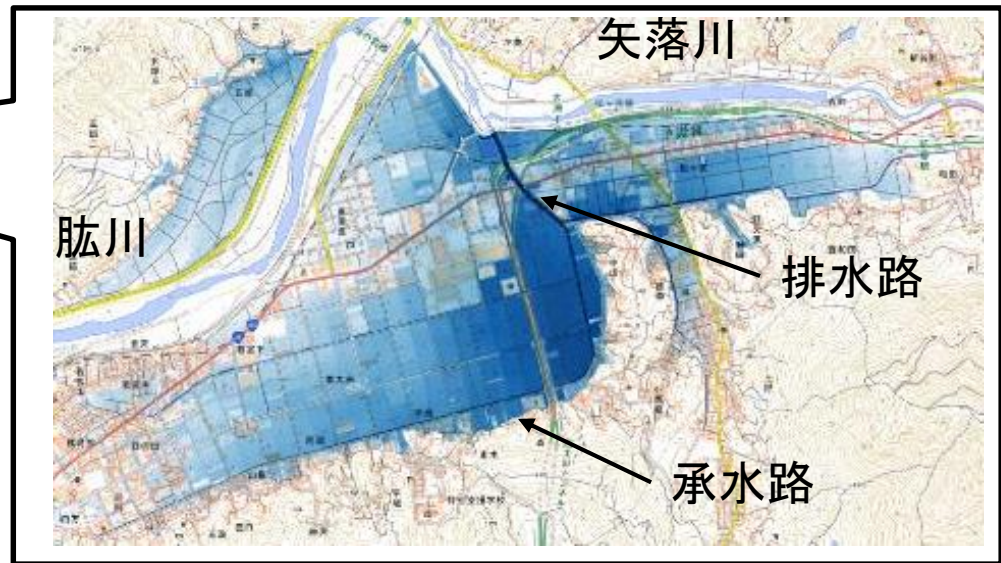
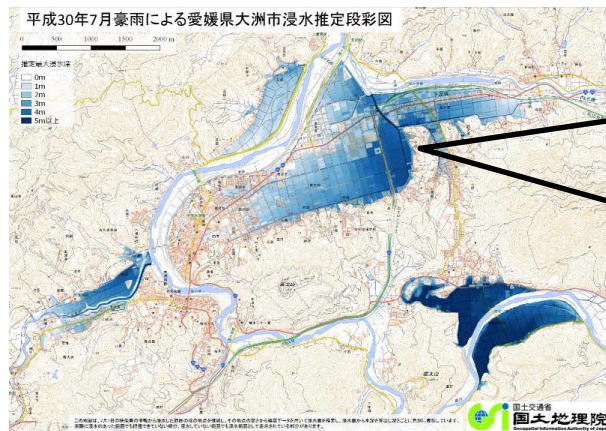


西予市野村町(上流部)
浸水被害の詳細不明. 報道では「肱川がはん濫し浸水被害が出た西予市野村町野村では、多くの建物が2階まで水につかり中には5.46メートルに達した住宅もあった」(「愛大が現地調査“浸水5m超も”」NHK NEWS WEB 7月12日9時26分)

浸水状況(肱川・大洲市)



浸水状況(肱川・大洲市)



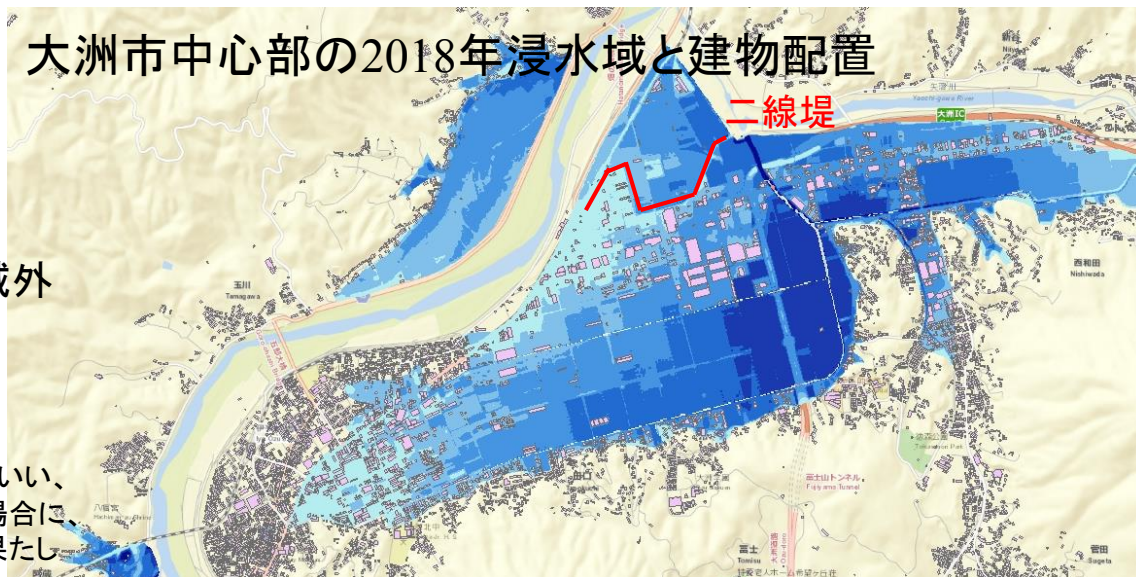
- 💧 肱川と矢落川の合流点付近から南に延びている排水路を中心に、東西2つの灌漑地区になっている。この水路周辺の浸水深が大きい
- 💧 水田と山の間に承水路という排水路があり(西側が分かりやすい。山からの流出が水田に入らないようにする役割)、この周辺での浸水深も大きくなっている。

大洲市中心地の浸水域と用途図

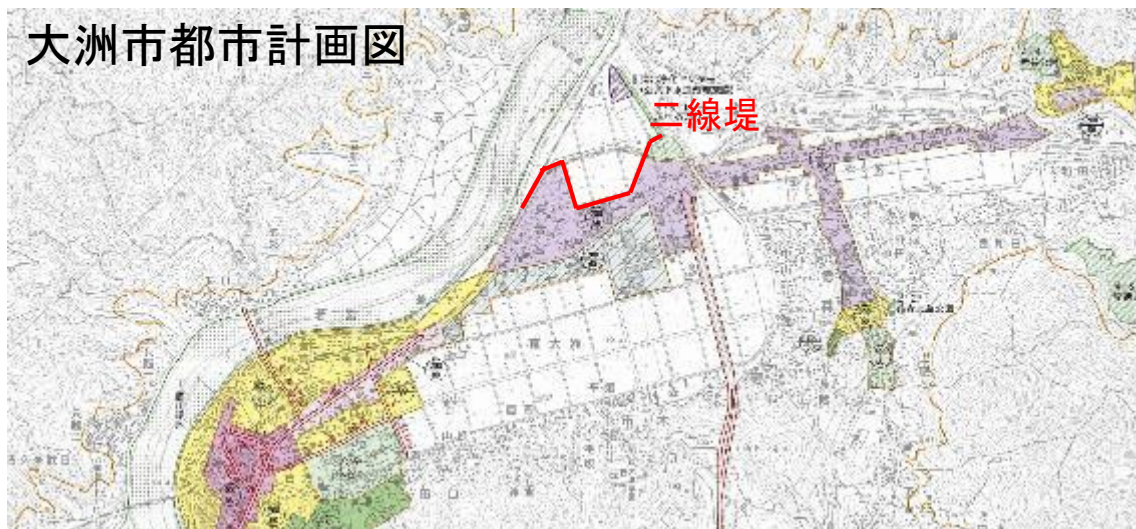
- 狭窄部地点に二線堤※を設置
 二線堤を境に用途地区が切り替え
 →二線堤背後は主に工業地域
 →浸水深の高いエリアは都市計画区域外
 →水害を意識した土地利用
 →今回は住居・商業地域まで浸水

※二線堤:本堤背後の堤内地に築造される堤防のことをいい、控え堤、二番堤ともいわれます。万一、本堤が破堤した場合に、洪水氾濫の拡大を防ぎ被害を最小限にとどめる役割を果たします。(国土交通省HPより引用)

大洲市中心部の2018年浸水域と建物配置

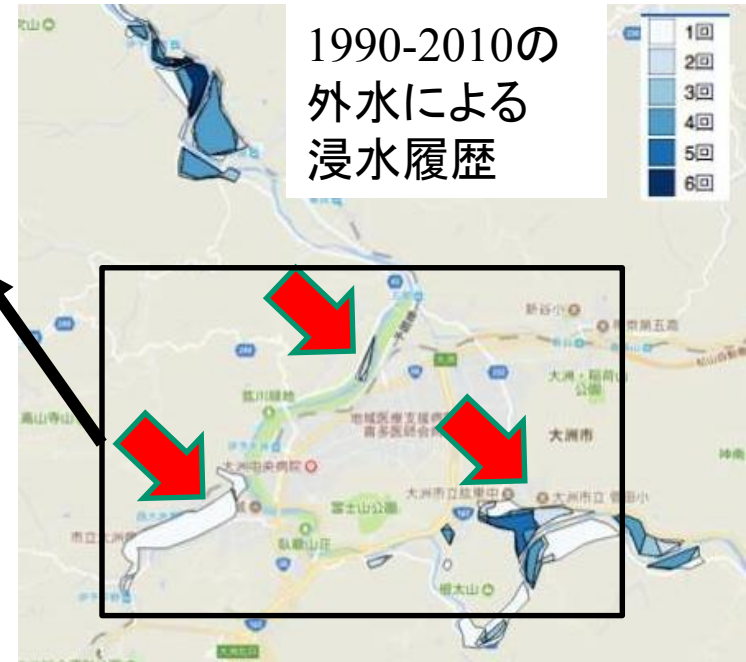


大洲市都市計画図



凡 例	
	市 町 界
	都 市 計 画 区 域 (非 線 引 き)
形 態 規 制	
用 途	第一種住居地域
	第二種住居地域
地 域	第一種住居地域
	準住居地域
地 域	近隣商業地域
	商業地域
	準工業地域
地 域	工業地域
	用途地域の指定のない都市計画区域

大洲市における過去の水害



梯ら(2014)のデータを基に、
googleマップ上に浸水回数を表示

- 大洲市で今回氾濫が発生した箇所は、規模は今回よりも小さいものの、過去何度か浸水被害が発生している、いわゆる水害常襲地であった。
- 水害常襲地に関する調査(武藤ら, 投稿準備中)においても、住民が危険性を一定程度認識している可能性が示唆されていた

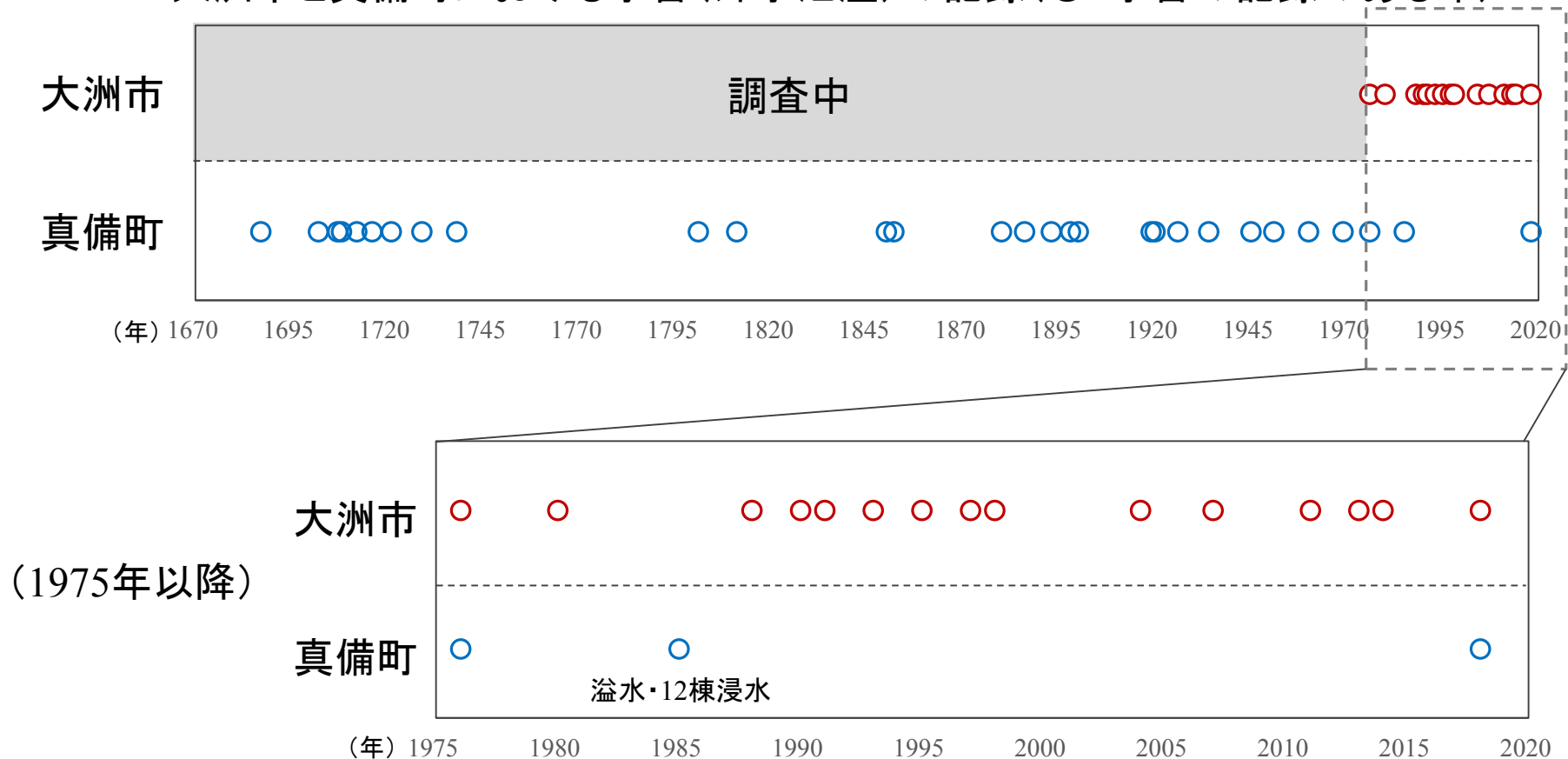
真備町と大洲市における過去の水害³⁵

真備町、大洲市とも狭窄部上流で本川と支川が合流する代表的な水害常襲地。

真備町では近世より水害を繰り返してきた。

大洲市では1976年以降15回、真備町では3回の外水氾濫。ただし、真備町の外水氾濫のうち1986年は浸水12棟のみ。真備町では1976年以來の大規模浸水であったことが分かる。

大洲市と真備町における水害(外水氾濫)の記録(○:水害の記録のある年)



データ出典: 真備町史(1979), 水害統計一般資産等水害統計基本表(1976~2016, 2018)



真備町と大洲の建物被害の比較

浸水面積、浸水量はほぼ同等であるが、浸水した建物の床面積は2倍異なる

真備の建物の約8割は1-2mの浸水深に分布。一方、大洲は0-3mにほぼ均等に分布、且つ浸水深2-3mの地域は工場等の大型施設

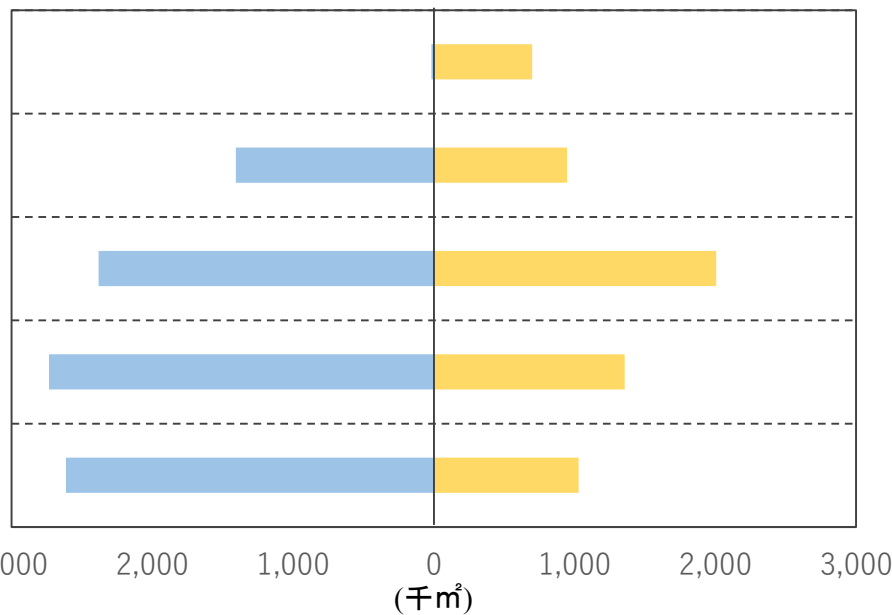
→ 水害に対する土地利用が浸水深ごとの被害分布に表れていると考えられる

	倉敷市真備町	大洲市中心部(前掲浸水図より菅田町を除く)	算出方法
浸水面積	9.2 km ²	6.0 km ²	※ 国土地理院の推定浸水彩段図より算定
浸水量	1,471 万m ³	1,371 万m ³	※ 浸水図と国土地理院の基盤地図情報より算定
浸水建物床面積	976,637 m ²	488,757 m ²	※ 浸水図と国土地理院の基盤地図情報より算定

浸水面積の分布

真備

大洲

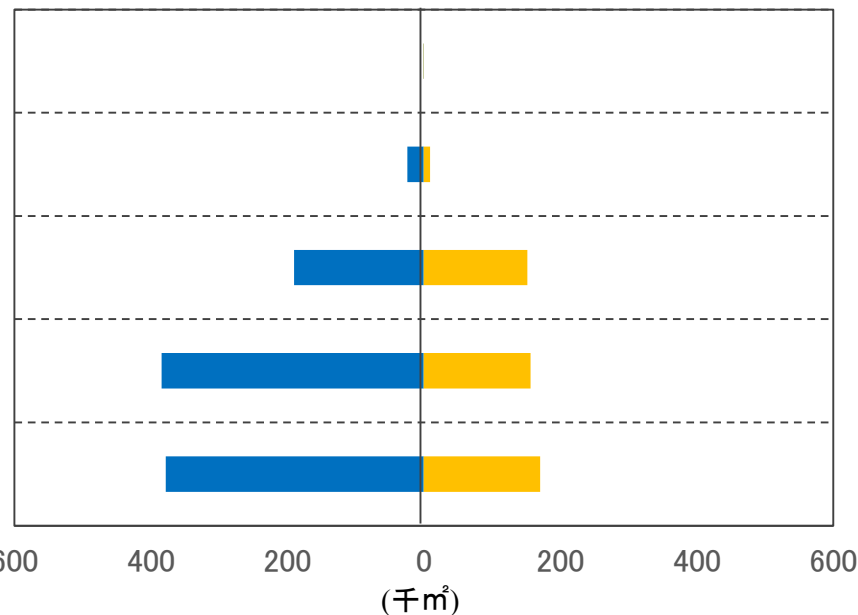


浸水した建物の床面積の分布

真備

大洲

浸水深
(m)



肱川における被害の違いについて

- 肱川については、西予市野村町(上流)と大洲市(中・下流)で被害の傾向が異なる。
- 大洲市の浸水範囲は西予市野村町よりも大きいですが、両市の死亡者数は同程度である(大洲市4名, 西予市5名. 大洲市の2名は土砂災害による犠牲者と考えられている)
- 野村町では洪水浸水想定区域が策定されていないという報道があり, (「肱川氾濫野村町の浸水想定なし」, NHK NEWS 7月17日19時40分)住民の間での危険認識が高くなかった可能性がある。その一方で, 大洲市(肱川町除く)では危険性の認識が窺える事例が報道されている(参考「【大洲・三善地区】公民館に避難の住民ら、危機察知し高台へ」, 愛媛新聞ONLINE 7月21日)。大洲市で今回氾濫が発生した箇所(暫定断面堤防)は, 規模は今回よりも小さいものの, 過去何度か浸水被害が発生している, いわゆる水害常襲地であった。



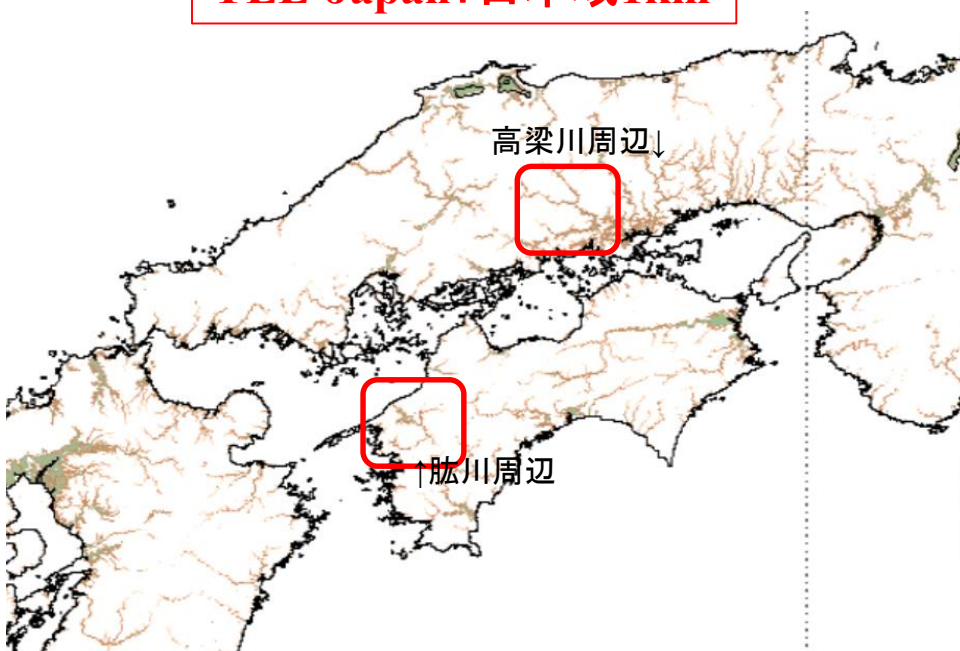
5. 東大生研試験的予警報システムの評価

YEE-Japan (1km)による準リアルタイム解析

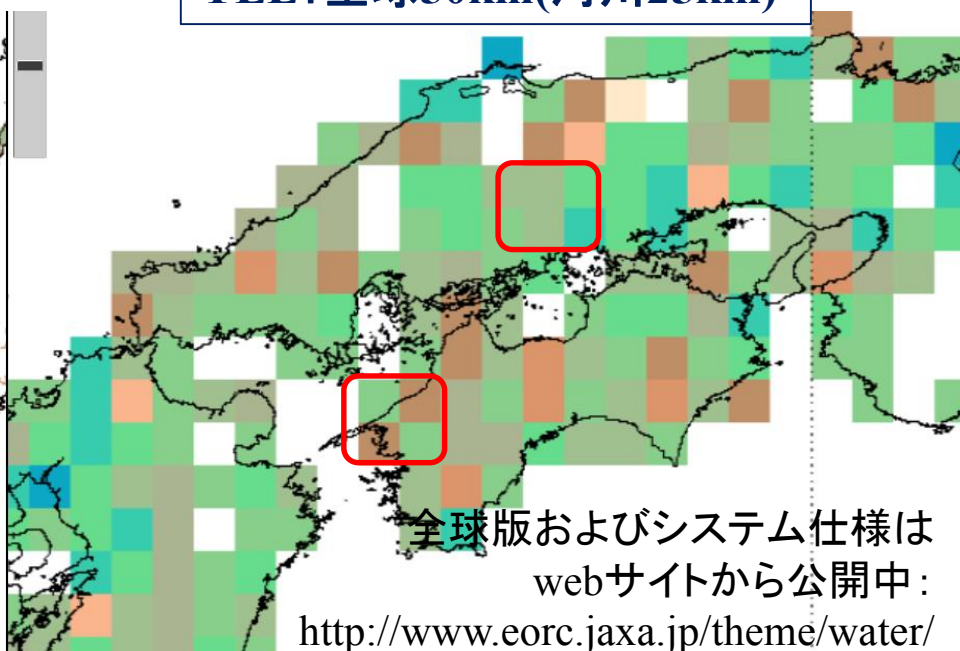
- JAXA/EORCと共同開発を行っているYEE-Japan は、Yesterday's Earth at EORC(YEE)をベースに開発された領域高解像度の陸面シミュレーションモデルであり、氾濫面積や河川流量を1km解像度で準リアルタイムに出力することが可能。気象庁数値予報データMSM-GPVを入力値として、H30西日本豪雨を対象とした河川流量や氾濫面積などの解析を行った。

2018/7/7/0:00におけるYEE-Japan/YEEの氾濫面積の比較

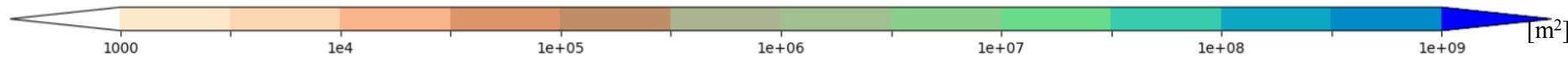
YEE-Japan: 日本域1km



YEE: 全球50km(河川25km)

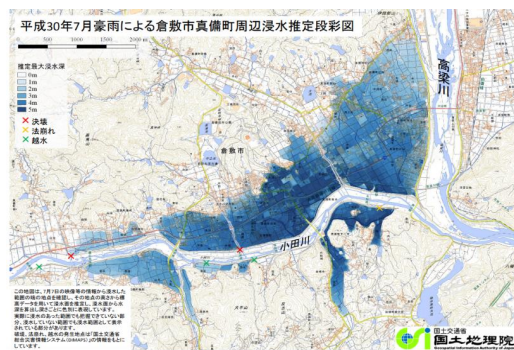


全球版およびシステム仕様は
webサイトから公開中:
<http://www.eorc.jaxa.jp/theme/water/>



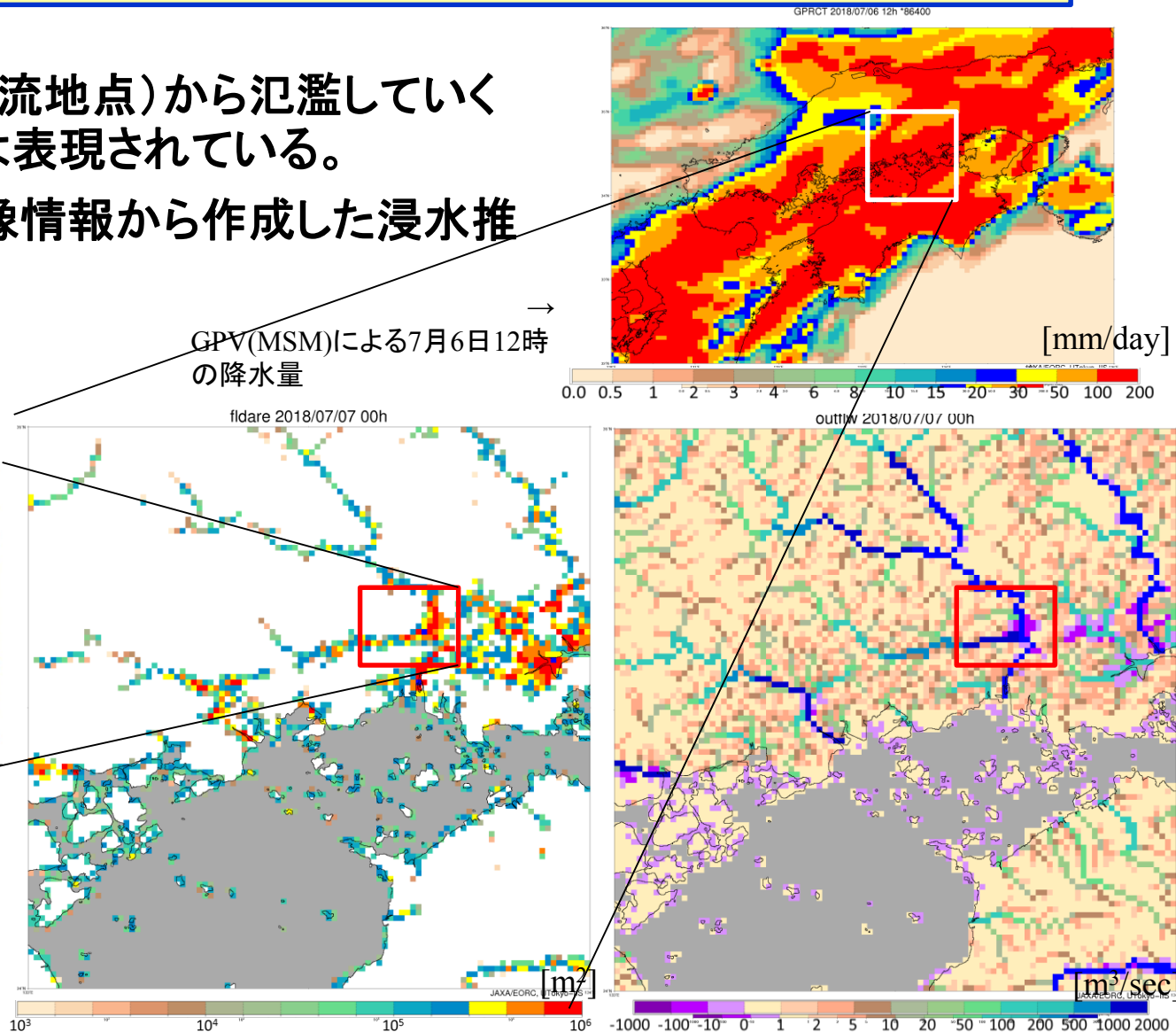
高梁川・小田川

- 💧 狭窄部(河川の合流地点)から氾濫していく様子が大まかには表現されている。
- 💧 国土地理院が映像情報から作成した浸水推定域ともよく合致。



↑国土地理院による7/7の浸水推定図

→
YEE-Japanによる7月7日0:00の氾濫面積(左)と河川流量(右)



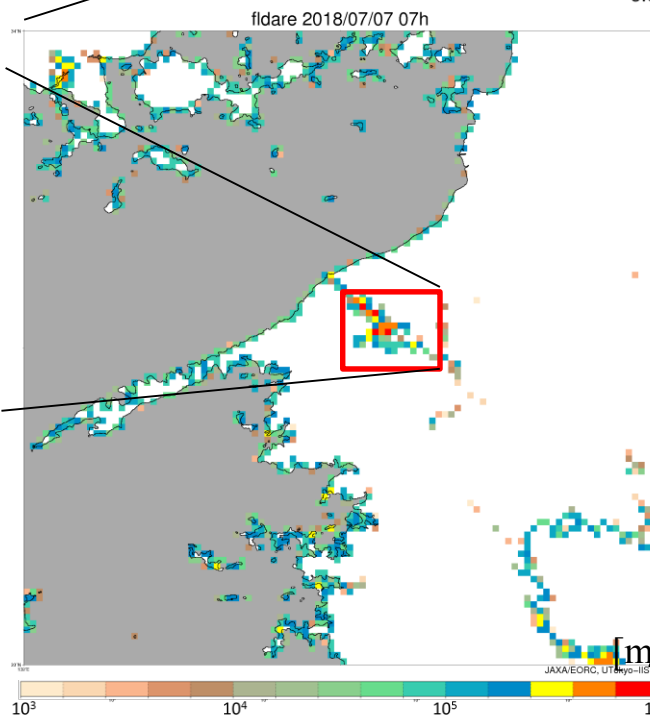
肱川

- 国土地理院が映像情報から作成した浸水推定域ともよく合致。
- 合流部の直上流で大きな浸水が起こっている様子も、ある程度表現できているといえる。

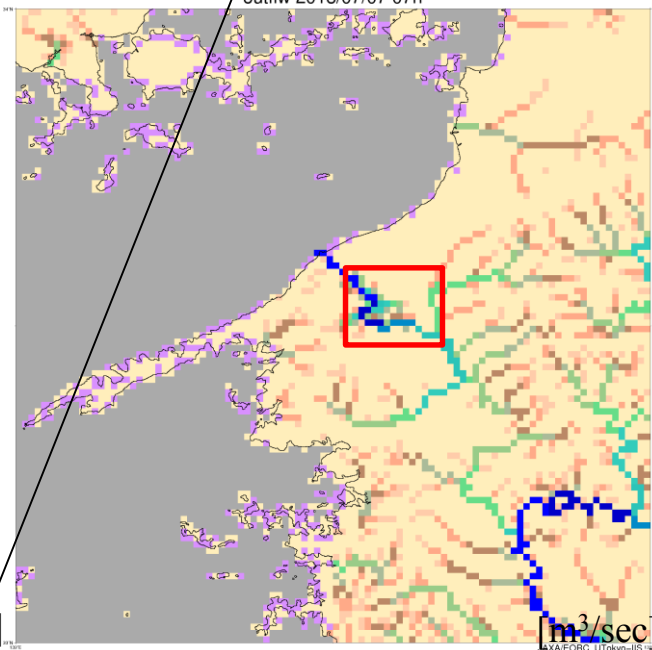
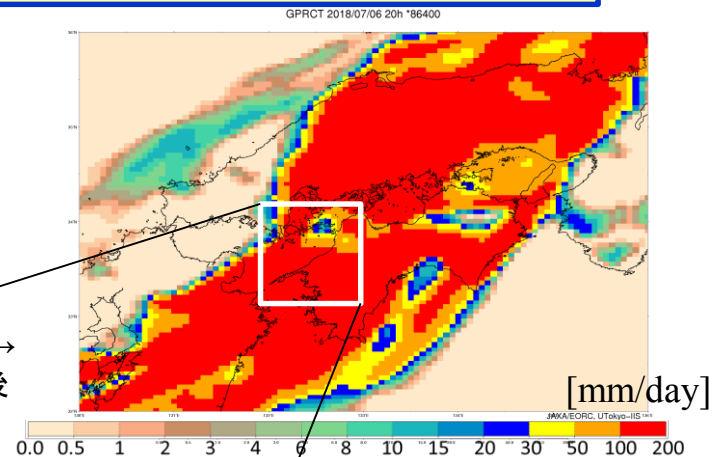


↑国土地理院による7/7の浸水推定図

→
YEE-Japanによる7月7日午前7時の氾濫面積(左)と河川流量(右)の変化



GPV(MSM)による7月6日午後8時の降水量

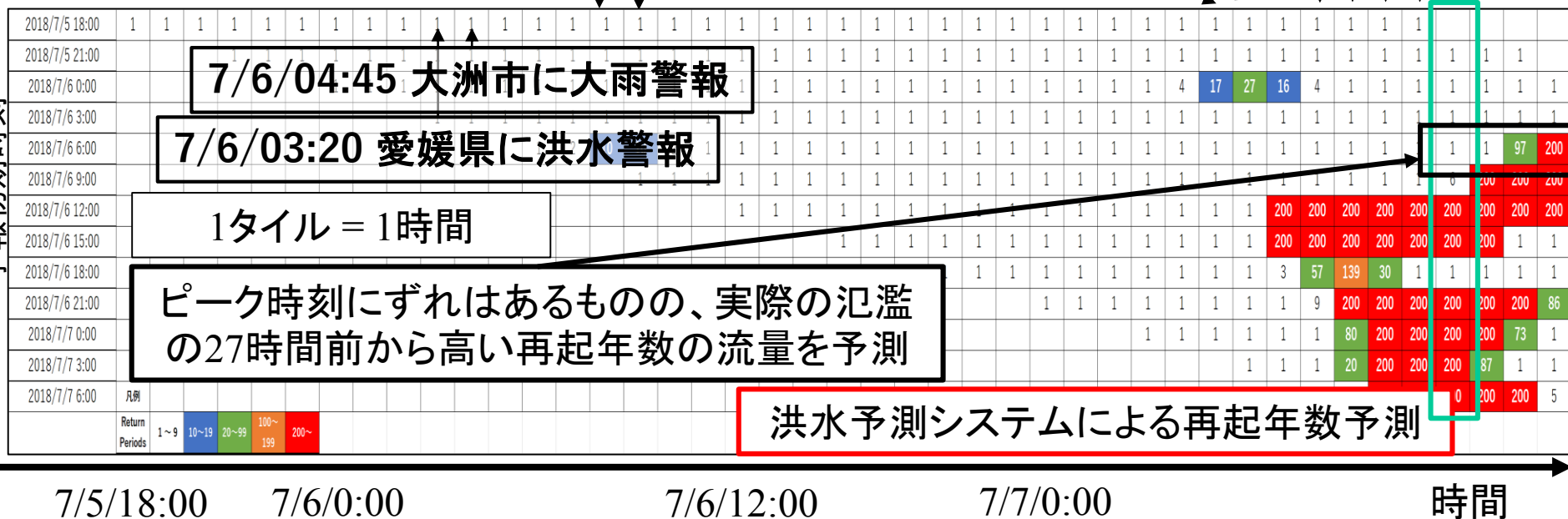


TDJPN (5km) による予測



7/7/09:21 阿蔵地区で氾濫発生

洪水予測システムによる再起年数予測



時間

7/6/05:10 西予市野村地区に避難勧告
7/7/05:20 避難判断水位に到達

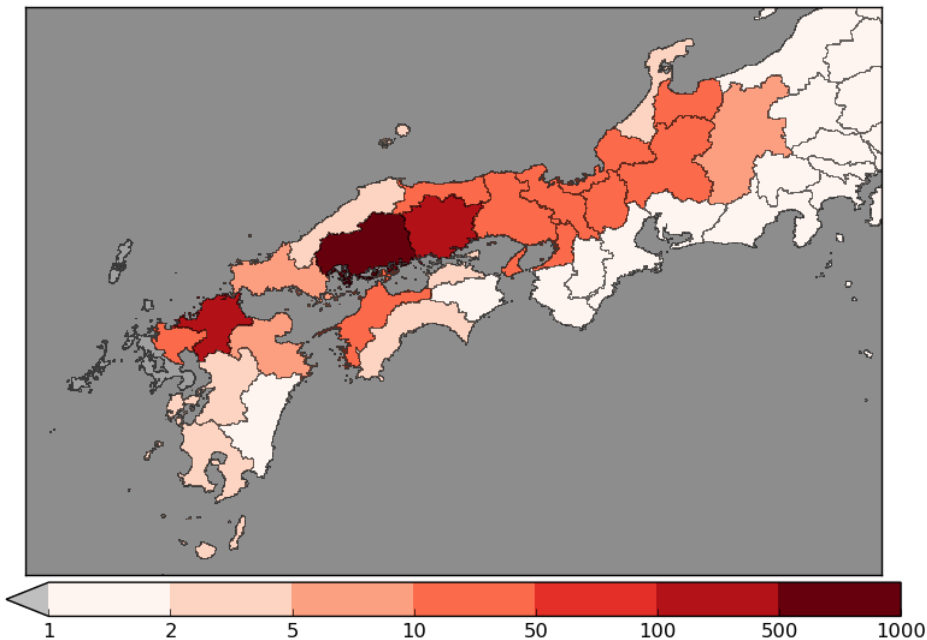
洪水予測システムによる再起年予測

時間



6. 考察・問題提起

県別での人身被害と降水再起年数に関する考察



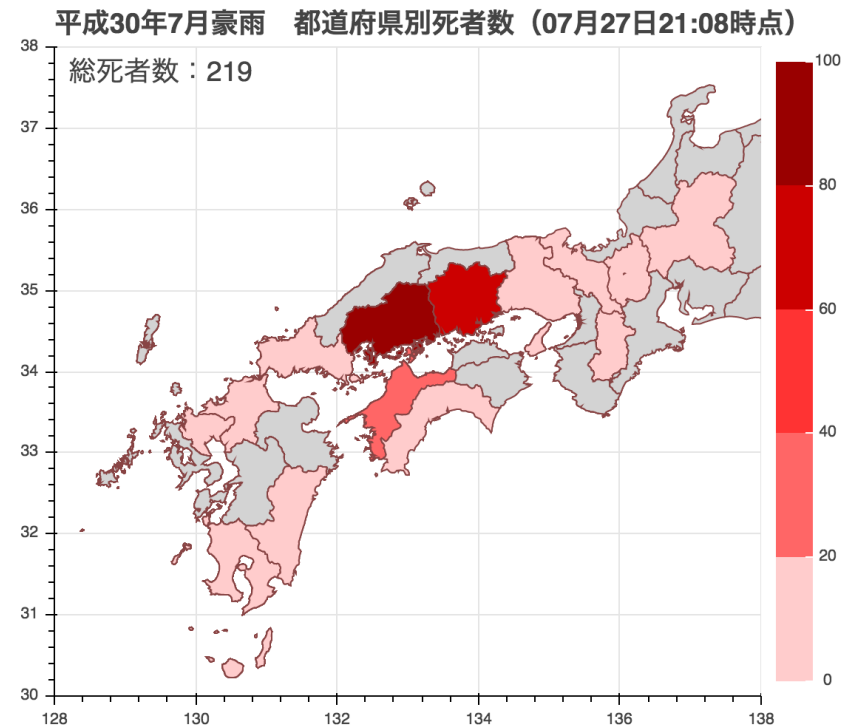
県平均最大24時間雨量の再起年数

データ元: Hatono et al., in prep

AMeDAS, 気象庁

水文水質データベース, 国土交通省

全国市区町村界データ, ESRI

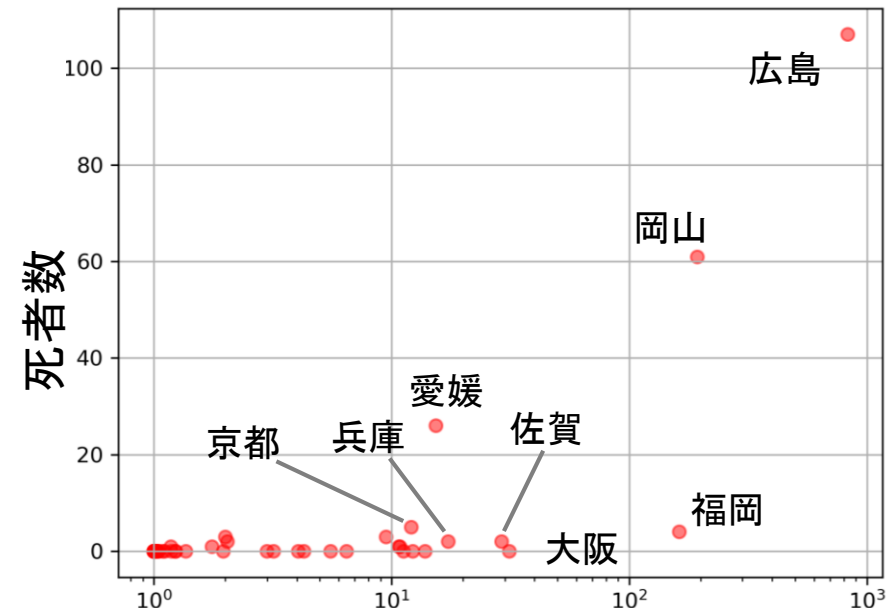
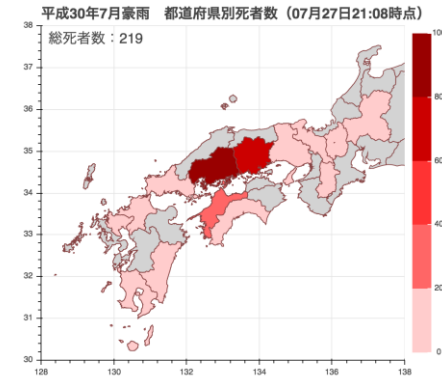
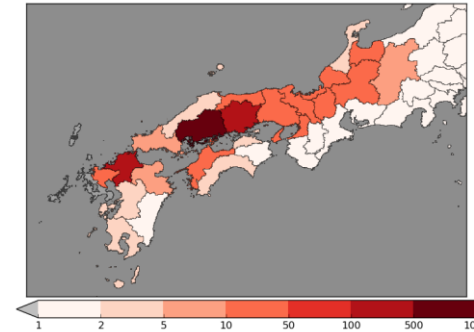


情報元: 総務省消防庁

平成30年7月豪雨による被害状況及び消防
機関等の対応状況(第44報 H30.7.27更新)

県別での人身被害と降水再起年数に関する考察

- 死因によらず、死者数を県別にみたものと、県ごとに平均した24時間降水の再起年数の分布はよく似ていた。統計的にどれくらい珍しい雨が降ったかということ(いわゆる「外力」の規模)が死者数の多さに関係しているということは、直感的にもイメージしやすい。
- 外力規模と死者数に関係性が見えたとしても、ダムや堤防、予警報などの水害防護が無効ということではない。各県が同程度の防護レベルであるため見えてくる関係と言える。これまでの防護施策によって、外力規模と死者数の関係がどう変わってきているのか、検討することが重要。
- 一方、降水規模を伝達する際には、「歴代一位」などの表現は抑えて、再起年数のような、過去の標準からみてどの程度珍しいのかの指標を示しての注意喚起のほうがより効果的かもしれない。



県平均最大24時間雨量の再起年数

真備町での死者数が多くなった理由の考察

- 土地利用に関する考察は別掲(P28・29)。
- 水害履歴に関する考察は別掲(P35)。
- 氾濫発生が夜間だった。
 - 0時頃に大規模な氾濫が発生。22時に避難勧告、23時頃より避難指示が出された。(ただし、同日19時台には大雨特別警報、20時台には指定河川洪水予報レベル4が発令している。)
- 大雨による轟音などにより避難指示が十分聞き取れなかった可能性がある。
- 破堤から浸水、そして浸水位上昇の時間が極めて短かった可能性がある。
 - 破堤を伴っているため、浸水が急かつ多量だったことに加えて、浸水した地域では小田川に向かって建物の間口を開いた家屋が多かったことも被害が拡大した理由の一つと考えられる。(参考: 日経アーキテクチュア7/20記事

<https://tech.nikkeibp.co.jp/atcl/nxt/column/18/00372/071700027/>)

「ただし書き操作」に関する考察

- 各地のダムは、これまで、異常洪水時防災操作（いわゆる「ただし書き操作」＝ダムの決壊を防ぐために流入量と放出量を同じにする操作）を回避するために、高いレベルの経験的技術を駆使してきた。
- 今回は降雨継続時間が長かったため、鹿野川・野村ダムでただし書き操作が実施された。ただし書き操作の直前まではダムへの流入量の多くを貯水して下流への放流を減らし、河川流量のピークを抑えていた。そのため、ただし書き操作の実施前後における、ダムから河川への放出量の時間当たりの変化が非常に大きくなった。（野村ダムでは、朝6時まで $300\text{m}^3/\text{秒}$ 、6時20分には $440\text{m}^3/\text{秒}$ 、6時40分には $1400\text{m}^3/\text{秒}$ ）
- ダムがただし書き操作を実施するタイミングを早めて、徐々に放流量を増やすようにすれば良かったのか？その場合、急激な変化は回避できる反面、結果的にただし書き操作をしないで済む降雨に関しても、浸水被害を引き起こす可能性がある。住民の合意を得られるような操作を検討する必要がある。

浸水域内の土地利用の違いに関する考察

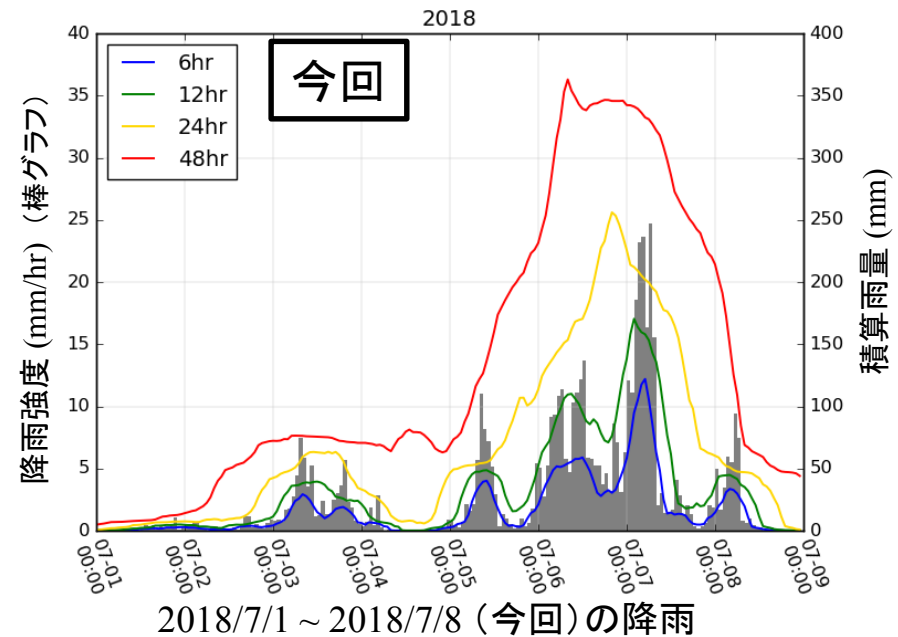
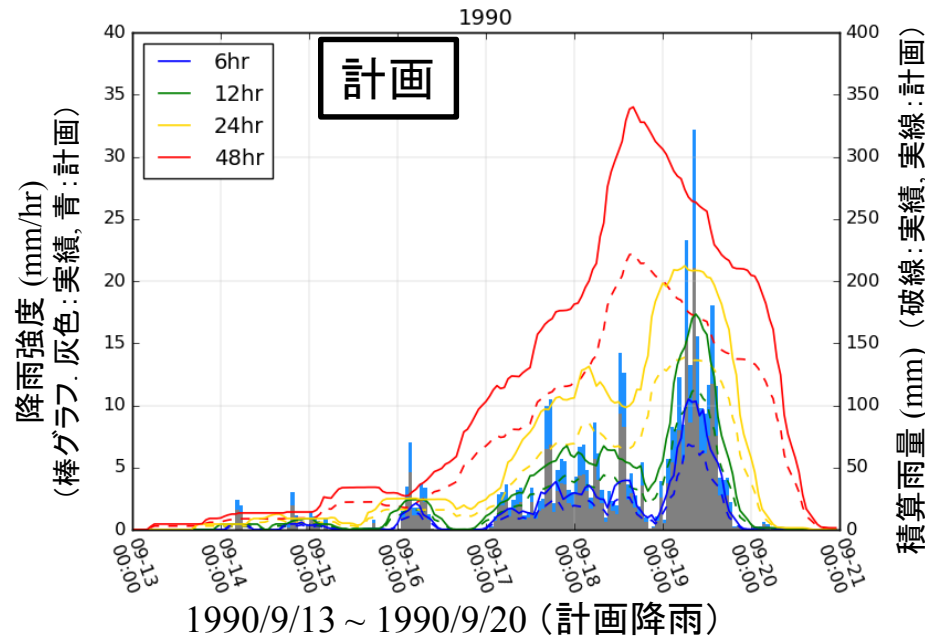
- ◆ 今回大規模に浸水した倉敷市真備町、大洲市中心部とも本川と支川が合流する狭窄部上流部に位置している。(注: 肱川では大洲市中心部と西予市野村町で浸水被害が発生しているが、ここでは大洲市中心部のみを考える)
- ◆ 両地域とも歴史的に水害を繰り返す「水害常襲地」である。
- ◆ 真備町の浸水域は1893(明治26)年洪水と同等であり、1976(昭和51)年以來の大規模な浸水であった。浸水域内は1970年代以降に市街化が進んだため多くの住民にとって初めての大規模浸水であったと考えられる。また浸水域内は市街化区域と市街化調整区域が混在している。
- ◆ 大洲市は1976年以降、15回の浸水被害を経験しており、二線堤を設置し、その南北で用途地域を切り替えるなど、水害への意識の高さが伺える。
- ◆ 両地域の浸水面積、浸水量はほぼ同等であるが、浸水した建物の床面積は2倍異なる。
- ◆ 真備で浸水した建物の約8割は1-2mの浸水深に分布しているが、大洲は0-3mにほぼ均等に分布し、且つ浸水深2-3mの地域は工場等の大型施設が立地している。土地利用の違いが浸水被害の特徴に現れていると考えられる。
- ◆ 治水整備に合わせて、水害被害の軽減を目指した土地利用計画の必要性が改めて示唆される。

肱川での計画降水継続時間に関する問題提起

- 肱川はハイドログラフと降水ピークのずれが短く、下流の大洲第二観測所でも6時間程度。
- 肱川の計画降雨継続時間は48時間であるが、それでは、それより短時間での統計的に珍しい非常に大きな降水を見逃しがちである(竹島・芳村、投稿中)。実際計画降雨の6時間、12時間、24時間積算雨量は100年確率値を下回っている可能性が高い。こういった短時間雨量の影響を調べ、計画に反映していく必要があるのでは。(理由の詳細は次項)



肱川での計画降水継続時間に関する問題提起



- 計画降雨の6時間、12時間、24時間雨量は、それぞれ再起年数100年に対応する雨量を有意に下回っている。すなわち、100年洪水に耐えうるとされる計画のはずが、短時間降雨に関しては条件を満たしていない。
- 今回の降雨は、偶然ながら計画降雨と波形がよく似ているが、雨量の絶対量は、6時間・24時間・48時間で上回っている。しかし、6・12・24時間の降雨では100年に1度の規模の降水量には達していない。従って、100年に一度の洪水に対して防護するという計画が完了していた場合、守られてしかるべき降水規模であった。しかし、現実には改修途上であるため、そういった河川に関する計画降水は、今後、学術面・実用面からのさらなる検討が望まれる

表: T時間最大積算雨量(T=6,12,24,48)

(1) 1990/9/13~1990/9/20の引き伸ばし降雨 (計画降雨)

(2) 2018/7/1~2018/7/8の降雨

(3)~(5) 100年確率値(それぞれ一般化極値分布, Gumbel分布, 三変数Weibull分布.)

	6時間	12時間	24時間	48時間
(1) 1990年9月	105.0 mm	173.4 mm	212.2 mm	340.0 mm
(2) 2018年7月	122.0 mm	170.4 mm	256.0 mm	363.0 mm
(3) GEV	144.5 mm	213.5 mm	275.0 mm	335.0 mm
(4) Gumbel	154.6 mm	224.2 mm	300.1 mm	379.6 mm
(5) Weibull3	141.3 mm	207.5 mm	270.2 mm	332.1 mm

我が国の洪水予警報に関する問題提起

- 我が国では、世界的に見ても、極めて高いレベルの水位観測網システムを有している。(かつリアルタイムデータを一般に公開している)
- 国交省・気象庁の指定河川洪水予報では、現状把握とともに、数時間先(実質的には1-2時間先)の水位を予測して各種の警報を発令している。
- しかしながら、現状として、豪雨のさなか、あるいは河川増水のさなかの警報となることが多く、余裕をもった避難につながっていないことも多い。
- (天気予報のように)十数時間、できれば数日先の洪水予測が可能となれば、被害軽減に役立つであろう。(P42-45に24-40時間程度の予測可能性を示した関連資料)

引用リスト

1. 気象概況

- * 気象庁(2018): 平成30年7月豪雨(前線及び台風第7号による大雨等), 平成30年7月13日発表
- * 気象庁: AMeDAS
- * 国土交通省: 水文水質データベース(オンラインデータ、2018年7月20日までに取得)
- * ESRIジャパン: 全国市区町村界データ
- * Yamazaki, D. et al. (2009): Deriving a global river network map and its sub-grid topographic characteristics from a fine-resolution flow direction map, Hydrology and Earth System Science, vol.13, pp2241-2251

2. 河川水文状況

- * 国土交通省河川局(2007): 高梁川水系河川整備基本方針、平成19年8月策定
- * 愛媛県(2008): 肱川水系(上流圏域)河川整備計画、平成20年9月策定
- * 国土交通省河川局(2003): 肱川水系河川整備基本方針、平成15年10月策定
- * 国土交通省(2018): 水文水質データベース(オンラインデータ、2018年7月20日までに取得)

3. 予警報状況

- * 北本朝展(2015): フローとストックのシームレスな統合に基づく気象庁防災情報XMLの利活用、JpGU2015, M-GI37.
- * 気象庁予報部(2018): 西日本と東日本における8日頃にかけての大雨について、2018年7月5日報道資料
- * 気象庁予報部(2018): 西日本と東日本における記録的な大雨について、2018年7月6日報道資料

4. 浸水被害状況

- * 国土地理院(2018): 平成30年7月豪雨による倉敷市真備町周辺浸水推定彩段図 <http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/H30.taihuu7gou.html>.
- * 国土地理院(2018): 平成30年7月豪雨による愛媛県大洲市浸水推定彩段図, <http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/H30.taihuu7gou.html>.
- * 国土交通省(2018): <平成30年7月豪雨関連> 高梁川水系 小田川の堤防決壊箇所の緊急対策工事の進捗状況について, <http://www.mlit.go.jp/common/001244975.pdf>.
- * 内田和子(2011): 岡山県小田川流域における水害予防組合の活動, 水利科学, 55巻, 3号, p.40-55.
- * 今昔マップ on the web: <http://ktgis.net/kjmapw/note.html>
- * 倉敷市統合型GIS: <http://www.gis.pref.okayama.jp/kurashiki/Portal>
- * NHK NEWS WEB: 愛大が現地調査“浸水5m超も、7月12日9時26分
- * 梯滋郎・中村晋一郎・沖大幹・沖一雄(2014): 日本の水害常襲地の分布とその特性, 土木学会論文集B1(水工学) Vol.70, No.4, I_1489-I_1494.
- * NHK NEWS WEB: 肱川氾濫野村町の浸水想定なし, 7月17日19時40分
- * 愛媛新聞ONLINE: 【大洲・三善地区】公民館に避難の住民ら、危機察知し高台へ, 7月21日
- * 大洲市(2015): 大洲市都市計画用途地域図(平成27年11月現在), <http://www.city.ozu.chime.jp/uploaded/attachment/16173.pdf>.
- * 真備町史編集委員会(1979): 真備町史, 真備町.
- * 国土交通省: 一般資産等水害統計基本表, 水害統計(1976~2016, 2018).

5. 東大生研試験的予警報システムの評価

- * Hibino, K., et al. (2018): High resolution monitoring system of hydrological cycle in Japan, 8th GEWEX open conference, C-49.
- * 石塚悠太(2018): シームレス洪水予測システムの構築に向けて: 全球及び高解像度領域予測システムの開発と検証、東京大学工学系研究科修士論文

6. 考察・問題提起

- * 総務省消防庁(2018): 平成30年7月豪雨による被害状況及び消防機関等の対応状況(第44報 H30.7.27更新) <http://www.fdma.go.jp/bn/2018/detail/1052.html>
- * 日経アーキテクチュア(2018): 岡山・真備洪水、闇夜に渦巻く濁流の恐ろしさ、2018年7月20日 <https://tech.nikkeibp.co.jp/atcl/nxt/column/18/00372/071700027/>



(参考) 肱川水系 大洲観測所

●大洲観測所

肱川水系の基準地点

上流流域面積: 984.0km²

(水系面積: 1,210km²)

●河川整備計画

計画規模: 1/100

計画降雨量: 340mm/2日

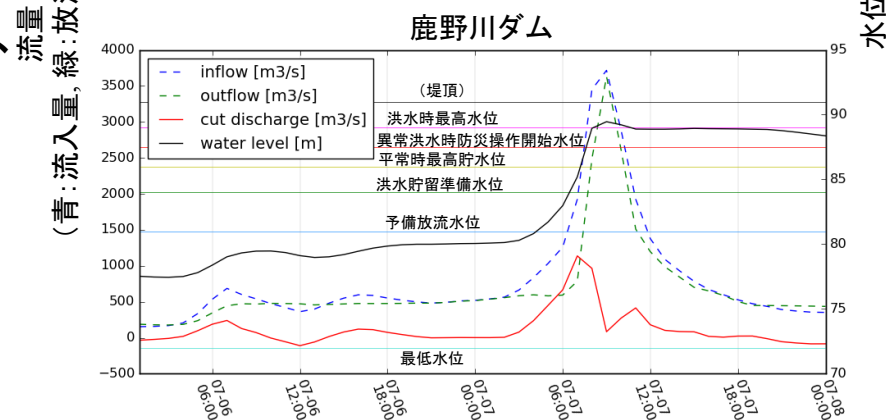
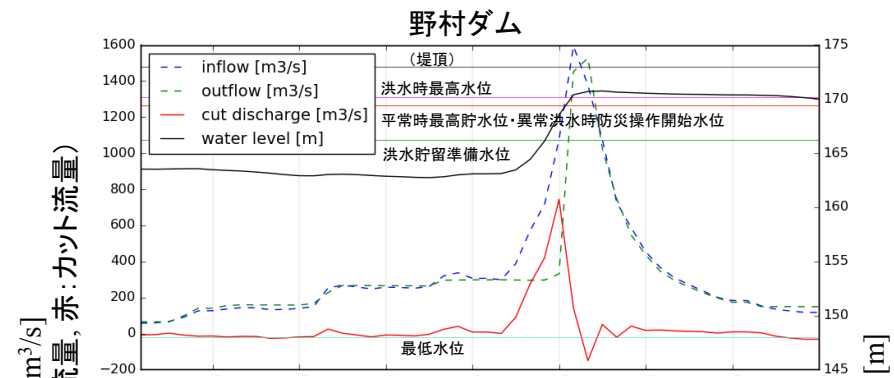
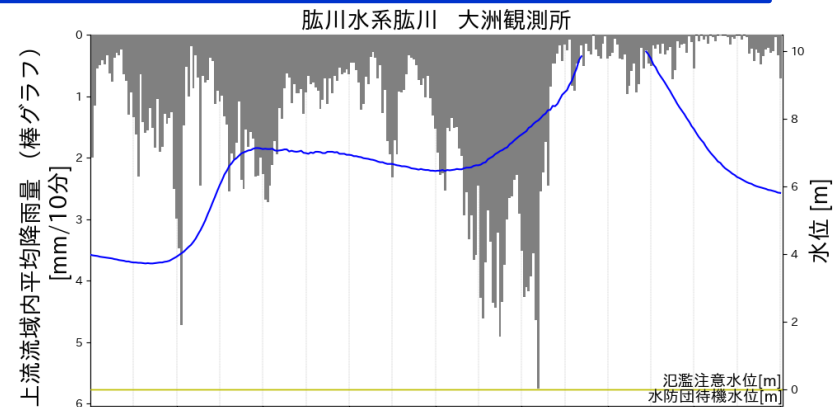
基本高水流量: 6,300m³/s

計画高水流量: 4,700m³/s

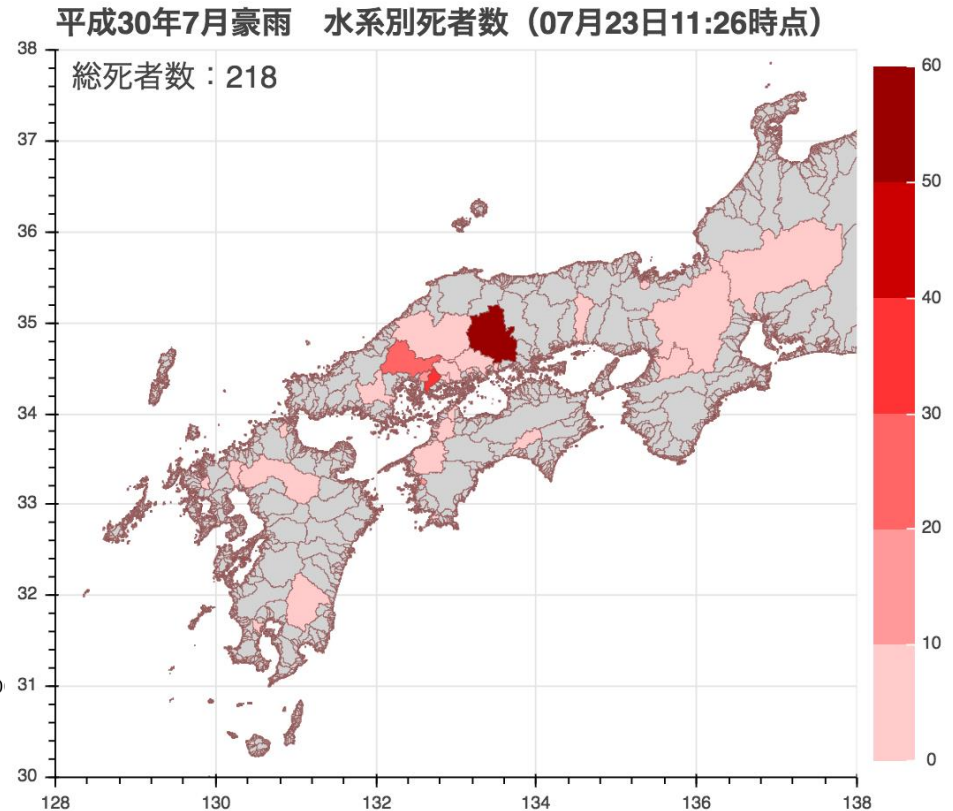
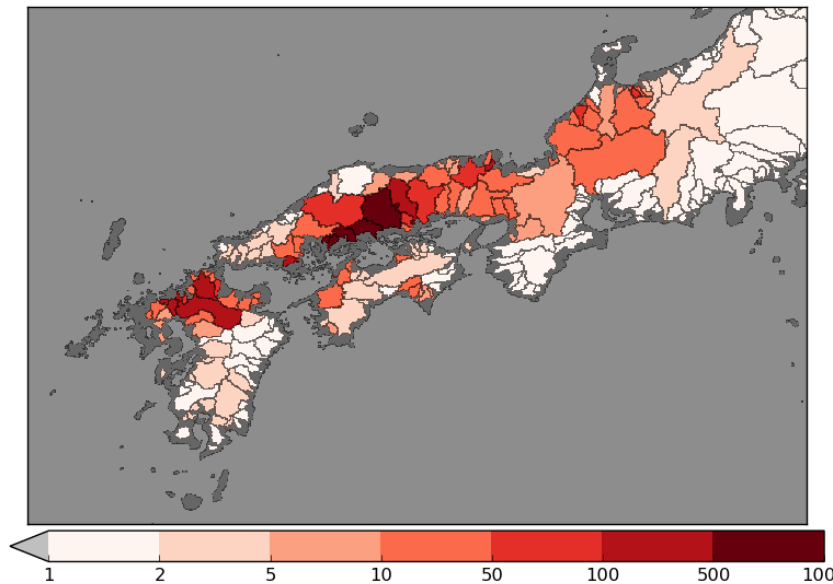
・計画では、基本高水のうち1,600m³/sを野村ダム、鹿野川ダム、その他洪水調節施設で調節(肱川水系河川整備基本方針 基本高水等に関する資料(案), 2003)

・大洲観測所の上流流域降雨が最大となる頃、各ダムで2~3時間の間、数百~1,000m³/s程度カット(溢水数時間前)

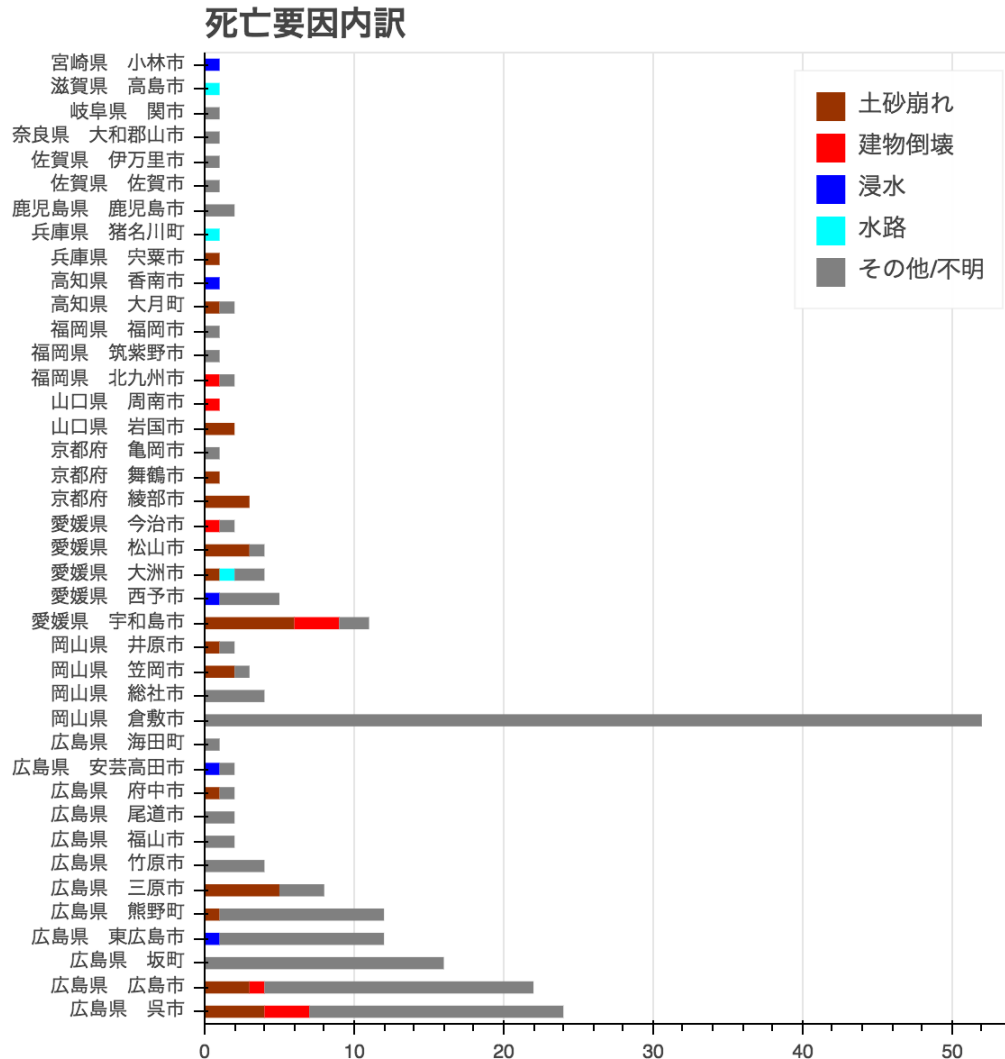
・洪水調節容量(洪水時)は確保していた。野村ダムの治水容量は本来350万m³だが、600万m³を事前に確保。しかしそれを超える流入のため一気に飽和。



(参考) 水系別人身被害と降水再起年数



(参考)死亡要因内訳



総務省消防庁資料(平成30年7月豪雨による被害状況及び消防機関等の対応状況(第44報 H30.7.27更新))より再集計

(参考)洪水予測システムの構成

気象入力(大気条件): 気象庁メソ予報モデルGPV

モデル: MATSIRO (Takata et al., 2003), CaMa-Flood (Yamazaki et al., 2011)

- MATSIROは熱・水収支を解き土壌水分や流出量を求める。
CaMa-Floodは流出量を河川として水平移動させる。

時空間解像度: 1-h/5km

予報時間: 39時間

予報頻度: 8回/日 (00,03,06,09,12,15,18,21 UTC)

出力変数: 土壌水分・蒸発散量・水位・氾濫域面積・河川流量 etc.

予測初期条件: レーダー観測降水量を入力とした結果を用いる

(参考) 肱川でのダム操作規則変更の影響

平成8年(1996年)にダム操作規則を変更。中小規模洪水での被害軽減により重きをおいた操作規則となった。(大洪水への効果が限定的になることは合意の上)

<http://www.skr.mlit.go.jp/yamatosawa/whatsnew/pdf/20051118.pdf>

仮に、より大洪水の被害軽減に重きをおいて、野村ダムにおいて流入量が $800\text{m}^3/\text{秒}$ になるまで洪水調節(ダム貯留)を行わないとする場合、ただし書き操作に移るのは流入ピーク(7時40分)より後の8時30分になり(実績では6時20分から)、最大放出量は実績の約 $1800\text{m}^3/\text{秒}$ (7時50分時点)から約 $1300\text{m}^3/\text{秒}$ (8時40分時点)に減らすことができる。

鹿野川ダムでも同様に、 $1500\text{m}^3/\text{秒}$ になるまで洪水調節を行わない場合、10時10分にただし書き操作移行(実績では7時50分から)、最大放出量は実績約 $3700\text{m}^3/\text{秒}$ (8時50分時点)から約 $2700\text{m}^3/\text{秒}$ (10時10分時点)に減らすことができる。(ただし流入に変化がない場合)

当然、降水が中小規模に終わった場合、ダムの効果はなくなるし、何 $\text{m}^3/\text{秒}$ で放出するのがベストかは、あくまでも結果論。しかし、前もって降水が大規模になることがわかるならば、そのような柔軟運用(降水予測に応じて、ダム貯留開始のタイミングを変更する)も可能になるかもしれない。

