

2019 年度（第 55 回）水工学に関する夏期研修会講義集

水工学シリーズ 19-A-8

2018 年西日本豪雨による 河川災害の概要と課題

岡山大学 教授

前野詩朗

土木学会

水工学委員会・海岸工学委員会

2019 年 9 月

Characteristics of River Disasters Caused by West Japan Torrential Rain in July 2018

Shiro MAENO

近年、全国各地で地球温暖化の影響と考えられる豪雨災害が頻発している。例えば、2012 年 7 月九州北部豪雨災害、2013 年 7 月山口・島根豪雨災害、2014 年 8 月広島豪雨災害、2015 年 9 月関東・東北豪雨災害、2016 年 8 月北海道・東北豪雨災害、2017 年 7 月九州北部豪雨災害、2018 年 7 月西日本豪雨災害などが挙げられる。これらの水害の特徴として、3 つの点が挙げられる。第 1 番目に何れも多く犠牲者を伴う大規模災害であったこと、次に数年という短期間で繰り返されるようになったこと、さらに東北、北海道等どちらかというと水害は少ないと考えられてきた地域が被災するようになったことである。このように、全国各地のどこで豪雨災害が起きてもおかしくない状況が顕在化している状況下で、梅雨前線の停滞による 2018 年西日本豪雨により、主に広島県、岡山県、愛媛県で多数の犠牲者がでる大災害が発生した。

本報告では、3 県で発生した洪水被害の概要を述べるとともに、岡山県で多くの犠牲者が発生した高梁川水系の被災状況を紹介しますとともに、数値シミュレーションにより、氾濫過程を明らかにする。

2.1 降雨の概要^{1), 2)}

図 2.1 は、西日本における 2018 年 6 月 28 日から 7 月 8 日の期間降水量分布を示している。図より、西日本の広い範囲で 500 mm～1,800 mm を上回る大雨であったことが分かる。アメダス観測所等（約 1,300 地点）における 48 時間降水量は 125 地点で観測史上最大を更新した。これらの観測地点は西日本に広く分布しており、このうち、統計期間が 30 年以上ある 97 地点で年超過確率を算出したところ、岡山県で 16 地点中 13 地点、広島県で 19 地点中 18 地点、愛媛県で 10 地点中 9 地点において再現期間が 100 年を上回る規模の洪水であった。本豪雨をもたらした背景要因として、気象庁は「地球温暖化に伴う水蒸気量の増加の寄与があった」として、初めて個別災害について気候変動の影響に言及した。

今次豪雨により、西日本各地で同時多発的に河川の氾濫、内水氾濫、土石流等が発生し、死者行方不明 224 人、住家の全半壊等 21,460 棟、住家浸水 30,439 棟の甚大な被害が発生した。堤防決壊は、37 箇所（国管理河川 2 箇所、都道府県管理河川 35 箇所、内岡山県 10 河川 16 箇所、広島県 12 河川 16 箇所）で堤防が決壊した。

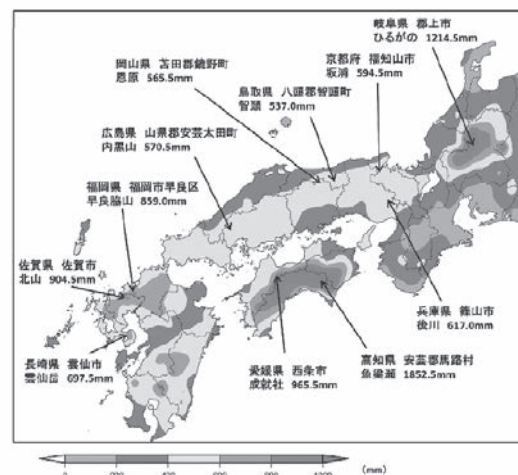


図 2.1 期間降水量分布図(6 月 28 日~7 月 8 日)¹⁾

岡山県では、高梁川水系小田川とその3支川においてバックウォーター現象の影響を受けた水位上昇に伴う越水等により8箇所が決壊した。また、高梁川の中流域では右支川成羽川との合流点付近とその下流が軒並み浸水被害を受けた。さらに、旭川水系旭川の放水路である百間川の左支川の砂川が決壊し、2,246棟が浸水した。

広島県を流れる大屋川や総頭川などの複数の河川で、上流で発生した土砂災害の土砂が河道に流入し、河川の下流部で土砂と洪水が氾濫する土砂・洪水氾濫が発生した。また、太田川水系三篠川では橋梁の橋脚が流失した。その他にも、沼田川水系沼田川では複数箇所から越水し、複数の支川で8箇所決壊が生じ、3,824棟が浸水した。

国土交通省が所管するダムのうち、213ダムで洪水調節が実施され、8ダムでサーチャージ水位を上回ることが予測されたため異常洪水時防災操作が実施された。このうち、愛媛県の肱川では、野村ダムと鹿野川ダムで同操作が実施され、ダム直下流で数名の犠牲者が出た。また、肱川の県管理区間の下流付近の菅田地区では、無堤区間や霞堤箇所からの溢水により361棟が浸水した。さらに、右支川矢落川が合流する大洲盆地及びその下流の国管理区間ではすべての暫定堤防箇所でも越流し、東大洲では二線堤からも越流し3,114棟が浸水した。

3. 倉敷市真備地区の被災状況と氾濫シナリオの検討

岡山県西部を流れる高梁川は、中国山地を源として南流する幹川流路延長111 km、流域面積2,670 km²の一級河川である。図3.1に示す河口から約13 km付近で流路延長77.9 km、流域面積は479 km²の右支川小田川と合流し、倉敷平野を南流し、水島灘に注ぐ。高梁川と小田川が合流する地点の下流は大きく湾曲していることに加えて、兩岸が山付きで狭窄部となっており、洪水時には高梁川の水位が上昇し、河床勾配が緩やかな小田川がバックウォーター現象の影響を受けて数キロに渡って水位上昇するため、過去幾度となく洪水被害を受けてきた。

平成30年7月5日～7日にかけて西日本一帯に停滞した梅雨前線豪雨により、3日間雨量は高梁川上流域で400 mmを超え、倉敷市で300 mm程度²⁾の大雨となり、小田川及びその支川の末政川、高馬川、真谷川の複数箇所でも堤防が決壊した。真備町では町の面積の約1/3の1,200 haの地域が最大で5 m程度浸水し、多くの方が犠牲となった。図3.1中の赤破線で示す今次洪水で浸水した地域を以下では「真備地区」と呼ぶ。本研究では、現地調査、聞き取り調査に加えて、国土交通省高梁川水系小田川堤防調査委員会資料⁵⁾、岡山県平成30年7月豪雨災害検証委員会資料³⁾等を用いて堤防の決壊状況や浸水状況等を明らかにする。また、河道の洪水流と決壊箇所からの氾濫流を同時に解く包括型氾濫解析モデルを用いて、氾濫シナリオを検討した。解析では、最初に、決壊を生じさせない条件で解析を行い、氾濫開始時刻の推定を行った。次に、決壊させた条件で解析を行い、氾濫水の挙動を明らかにするとともに、解析により得られる浸水深と現地調査結果を比較し、想定した氾濫シナリオによる浸水過程の再現性について検討した。

3.1 降雨、水位、流量の状況

3.1.1 降雨の状況^{3),4),6)}

図3.2は7月5日から7月7日までの3日間累積降雨量を示している。また、図3.3は同期間の高梁川流域の上流部の代表地点における時間降雨量と累積雨量を示している。これらの図より、累加雨量は流域の上流部の県北西部で350 mmから400 mm程度で、県南の倉敷市で300 mm程度²⁾の大雨であったことがわかる。高梁川上流に位置する新見と高梁川の右支川成羽川上流の東城では、7月5日の昼頃から降り始め、夕方にかけて時間20 mm前後の比較強い雨が降り続き、累積雨量が100 mmから150 mm程度に達した。その後、6日

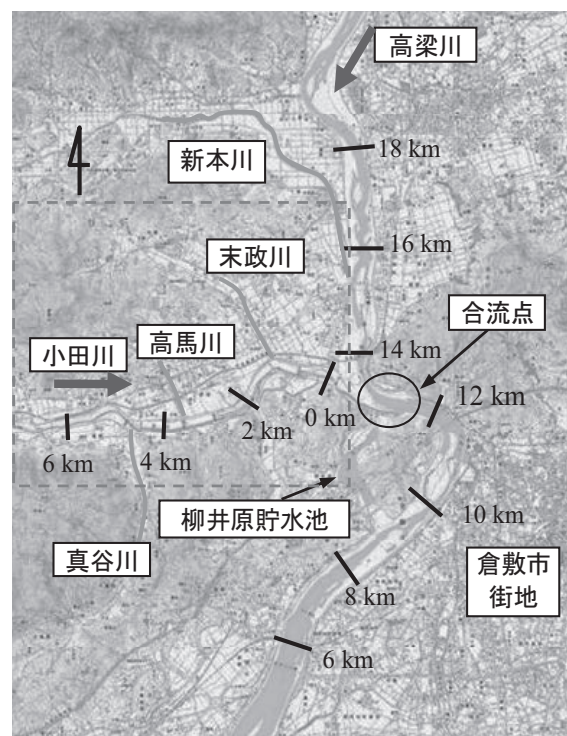


図 3.1 高梁川、小田川合流部の概要

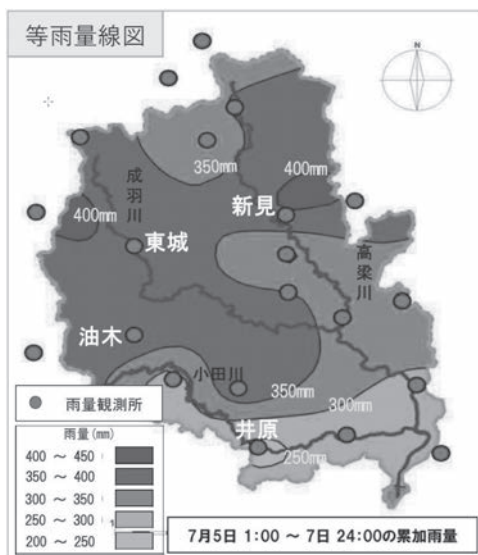


図 3.2 高梁川流域の期間降水量²⁾

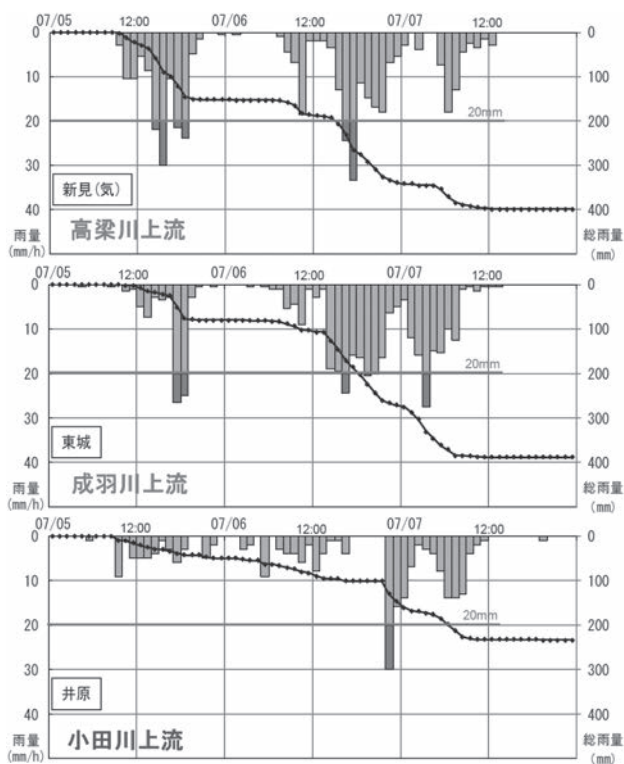


図 3.3 高梁川流域上流地点の降雨の状況²⁾

の朝にかけて一旦小康状態となるが、6 日の午後から再び活発に降り始め、時間 20 mm 前後の雨が夜の 10 時頃まで降り続いた。夜中の 12 時頃からやや小康状態になるが、その後再び時間 20 mm 程度の降雨となり、7 月 7 日の昼までの累積降雨は 400mm 程度に達した。一方小田川の上流の井原では、7 月 5 日の昼頃から 6 日の昼頃にかけて時間 5 mm～10 mm 程度の雨が長時間降り続き、累積降雨量が 100 mm 程度に達した後、6 日の夜 10 時頃から 7 日の昼頃まで活発に降り、累積降雨量は 230 mm 程度となった。

3.1.2 水位の状況^{4),6)}

図 3.4 は高梁川と小田川の水位観測所の位置及び水位のピ

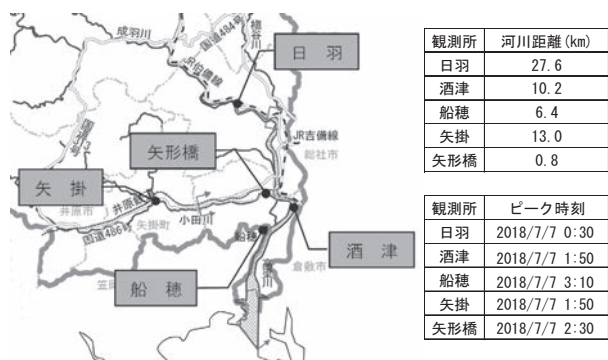


図 3.4 水位観測所の位置と水位のピーク時刻⁴⁾

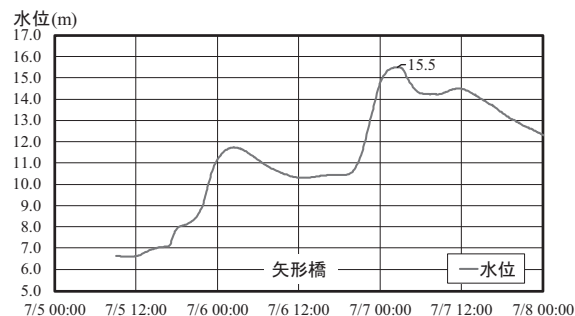
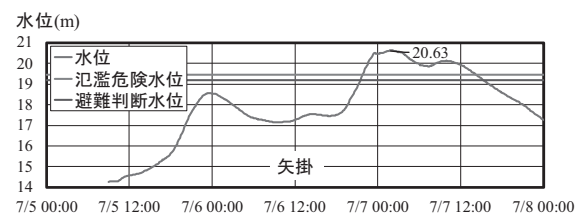
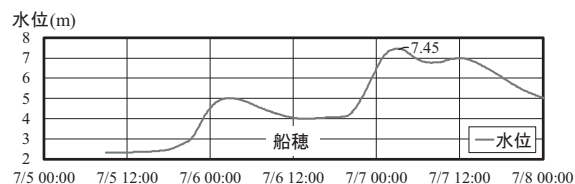
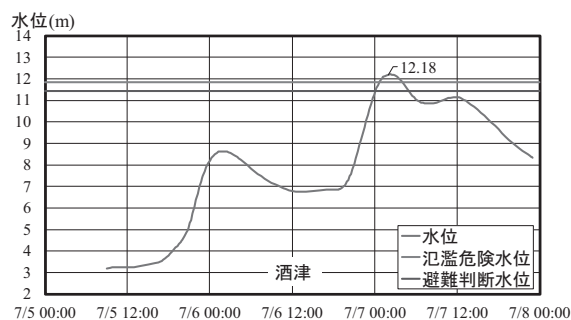
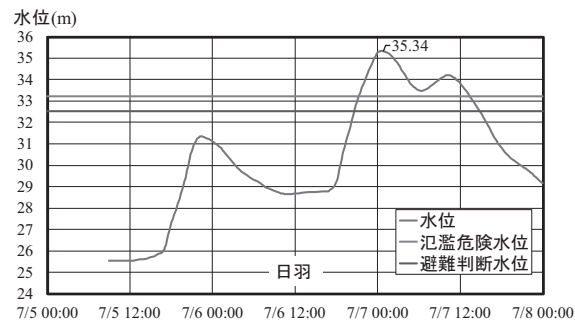


図 3.5 観測所の水位の経時変化 (水位：TP)

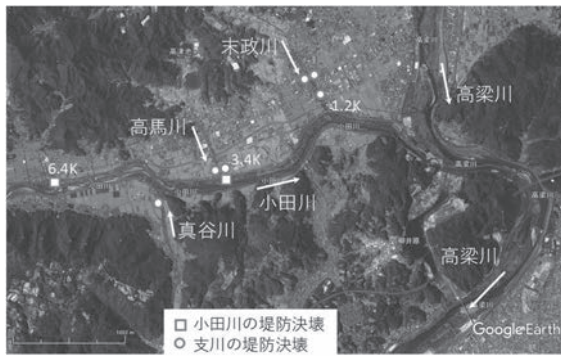


図 3.6 小田川とその支川の堤防決壊箇所
(Google Earth に加筆)

表 3.1 堤防決壊箇所の被災要因と推定被災時刻

被災河川の地点	被災した堤防の縦断距離	被災の主要因	被災の推定日時
小田川 3.4km 左岸	約 100m	越水	7/7(土)2時30分～3時30分頃
小田川 6.4km 左岸	約 50m	越水	7/7(土)0～2時頃
末政川 0.4km 左岸	約 40m	溢水	7/7(土)6～7時頃
末政川 0.7km 左岸	約 110m	越水	7/7(土)6～7時頃
末政川 0.7km 右岸	約 150m	越水	7/7(土)0時頃
高馬川 0.1km 右岸	約 55m	越水	7/6(金)23～24時頃
高馬川 0.0km 左岸	約 20m	越水	7月7日3時前後
真谷川 0.5km 左岸	約 75m	越水	7/7(土)0～2時頃

注) 被災距離と主要因は、国土交通省小田川堤防調査委員会資料に基づく。被災の推定日時は、住民への聞き取り調査や、報道に基づく。

ーク時刻を示している。また、図 3.5 は各水位観測所の水位の経時変化を示している。高梁川と小田川の合流点から十数キロメートル上流に位置する日羽観測所では、上流域の降雨に連動するように水位も上昇している。まず、7月5日の降雨により同日の午後から水位が上昇するが、その後雨が小康状態となったため水位も一旦低下した。しかし、7月6日の降雨により、18時頃から水位が急激に上昇し続け、3時間で3.76 m も上昇した。その後もかなりの勢いで水位が上昇し、21時過ぎに氾濫危険水位 33.22 m を超えた。7月7日の0時30分頃ピーク水位となり、氾濫危険水位を2m 以上上回る 35.34 m を記録した。ピークを迎えた後、一旦2m 程度水位は下がるが、降雨に連動して再び水位が上昇し7日の10時頃3つめのピークを迎えた。この間17時間程度継続して氾濫危険水位を超えた。

小田川について見ると、合流点から十数キロメートル上流に位置する矢掛観測所も、日羽と同様に7月5日の午後から水位が上昇するが、6日の昼には一旦水位が下がる。しかし、19時頃から再び上昇し始め、22時前にかかなりの勢いで氾濫危険水位 19.46 m を超えた。ピークは7月7日の1時50分頃で 20.63 m に達した。矢掛も日羽と同様に氾濫危険水位を17時間程度継続して超えた。矢掛の2波目のピークが扁平な形をしているが、これは、同地区の小田川3箇所と支川1箇所ですべて堤防が決壊した結果によるものと考えられる。仮に決壊が無かったとすると、水位のピークはもう少し早い時刻に現れたと推定される。高梁川との合流点に近い小田川の矢形橋の水位のピークは7月7日の2時30分頃で、下流の酒津のピーク時刻1時50分よりも遅くなっているが、これは、合流点における高梁川の水位上昇によるバックウォーターの影響を受けて水位が下がり難かったことが原因と考えられる。

3.1.3 流量の状況^{1),2),6)}

今次洪水における高梁川の日羽と酒津の推定流量はそれぞれ 6,960 m³/s と 8,900 m³/s である。また、小田川の矢掛における推定流量は、1,250 m³/s であった。小田川については、矢形橋における計画高水流量 2,300 m³/s に対して整備計画の目標流量は 1,500 m³/s であり、矢掛の流量に支川の流量を加えても整備計画流量を若干下回ったと考えられる。一方、高梁川については、船穂の計画高水流量 13,400 m³/s に対して、整備計画の目標流量は 8,000 m³/s である。酒津から船穂までの間に支川はないため整備計画流量を 10%程度上回った洪水であったことがわかる。このことより、高梁川の流量がかなり多くなり、合流点で高梁川の水位上昇が生じ、バックウォーターの影響が河床勾配の緩やかな小田川へ及んだことが推察される。

3.2 現地調査結果及び考察

本節では、各決壊箇所の決壊状況の調査、痕跡水位調査、及び氾濫域の浸水深調査、現地での聞き取り調査を実施した。以下に調査結果得られた被災状況と知見を述べる。

3.2.1 被害の概要

図 3.6 に示す真備地区では小田川の 3.4 km 左岸と 6.4 km 左岸の堤防が決壊した。また、小田川の支川である末政川 0.4 km 左岸と 0.7 km 左右岸、高馬川 0 km 付近の左右岸、および真谷川 0.5 km 付近の左岸が決壊した。このように限られた範囲の中で合計 8 箇所もの堤防が決壊したことは近年ほとんど例がなく、真備地区では真備町全域(約 4,400 ha)の約 27%の範囲(約 1,200 ha)で大規模な浸水が生じ、甚大な浸水被害を受けた。岡山県の人的被害の合計は死者行方不明者を合わせて 64 名で、そのうち倉敷市真備地区が 51 名と突出している。真備地区では大規模な浸水により、60 代以上の方が数多く亡くなり、地区全体の 9 割を占めた。また、自宅で亡くなった方は 44 人と非常に多く、垂直避

難も出来なかったことが特徴である³⁾。表 3.1 は、著者らの聞き取り調査、国土交通省小田川堤防調査委員会資料及び新聞報道等による決壊の主要因や推定された発生日時を示している。基本的には堤防の越流が決壊の主要因であることがわかる。また、殆どの決壊は、7月6日の深夜に発生しており、高馬川0km右岸と末政川0.7km右岸が他の箇所よりやや早く決壊したと推察される。末政川左岸の2箇所については住民証言等により7月7日の朝方の6時から7時頃と推察された。

3.2.2 決壊箇所の被災状況と決壊要因

(1) 小田川 3.4 km 左岸と高馬川の被災状況

図 3.7 は小田川 3.4 km 左岸の決壊状況を示している。また、図 3.8 は高馬川右岸の決壊状況を示している。この箇所では、小田川の左岸が約 100m、高馬川の右岸が約 55m、左岸が約 20 m 決壊した。図 3.9 は、住民が避難する際に右岸堤内地から堤防上へ移動し、その直後に決壊に遭遇した状況がドライブレコーダーに記録された映像である。図より、7月6日の深夜 12 時前に既に決壊していたことがわかる。決壊箇所に遭遇する直前のドライブレコーダーの映像によると、右岸堤内地は浸水していなかったため、決壊直後の状況の貴重な映像といえる。また、この時点で、小田川左岸堤防と高馬川左岸堤防上を数台の車が行き来しており、小田川と高馬川の合流点付近の決壊は、高馬川右岸から始まったことがわかった。さらに決壊しているにも拘らず数台の車が行き来していたことより、危険な情報が住民に伝わっていなかったことがわかる。決壊箇所には堤内地側へ下る小道があり、周辺よりやや堤防が低かったことが堤防調査委員会⁵⁾により示されている。小田川の 3.4km 左岸については、高馬川の右岸が決壊してから 2 時間 30 分程度経過したときに決壊箇所を越流し、堤内地側の堤防が削られて堤防天端のアスファルト舗装が滑落している状況を報道の映像が捉えていたため越水が決壊の主要因であると判断できた。図 3.10 は高馬川の痕跡調査結果を示している。図より、痕跡水位は合流点から 900m 付近まではほぼ水平であることがわかる。自己流による流れだけであれば、ほぼ河床勾配に沿った痕跡となるため、小田川のバックウォーターの影響を受けたと判断される。また、上流側の痕跡水位は堤防天端より低く、越水は自己流によるものではないこともわかる。

(2) 小田川 6.4km 左岸の被災状況

図 3.11 は、小田川 6.4 km 左岸の決壊状況を示している。この箇所の被災前の状況を図 3.12 に示す。この箇所には高馬川右岸とは逆に堤外地への坂路があり、周辺の堤防天端高よりもやや低かったことが堤防調査委員会により示されている。堤防天端には裏法側にバック堤と考えられる盛土があるが盛土幅が薄く、越流により盛土が容易に侵食されたもの



図 3.7 小田川 3.4 km 左岸の堤防決壊状況



図 3.8 高馬川右岸の堤防決壊状況



図 3.9 高馬川右岸の決壊直後の状況

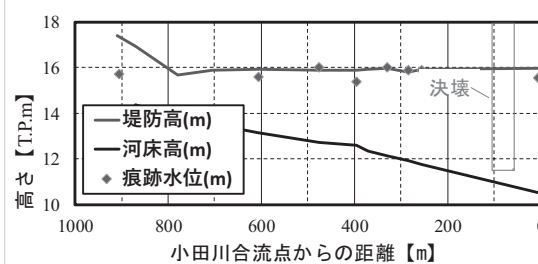


図 3.10 高馬川の痕跡水位



図 3.11 小田川 6.4 km 左岸の決壊状況



図 3.12 小田川 6.4 km 左岸の被災前の状況
(Google ストリートビューに加筆)



図 3.13 末政川 0.4 km 付近の兩岸決壊箇所の状況



図 3.14 末政川 0.4 km 付近の被災状況と陸閘



図 3.15 末政川 0.7 km 付近の兩岸決壊箇所の状況



図 3.16 末政川 0.7 km 付近の被災前の状況
(Google ストリートビューに加筆)

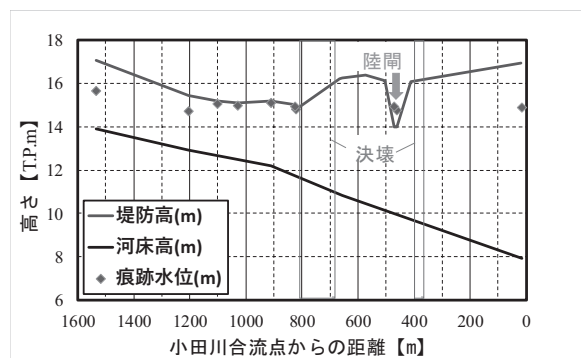


図 3.17 末政川の痕跡水位

と推察される。なお、住民証言によると決壊時刻は7月7日の0時から2時と推察される。

(3) 末政川の被災状況

図 3.13 は末政川 0.4 km 左岸の決壊状況を示している。この箇所には図 3.14 に示すように川を横断する有井橋が架かっている。道路面の高さは堤防天端より 2 m 程度低く、洪水時に橋の部分から溢れないように陸閘が設置されており、ゲートを設置するための溝もあったが、今次洪水では陸閘箇所にゲートが設置されることはなく、図 3.14 に示すように橋の部分から溢れた水が道路を伝って堤防背後を侵食した。橋の下流側のガードパイプに引っかかっていたゴミの痕跡およびガードパイプが上流側に向かって傾いていたことから、上流側に向かう強い流れがあったことが伺えた。同様に溢れた水が左岸側の下流側裏法を侵食したため、図 3.13 に示す橋梁下流の左岸が決壊したと考えられる。この箇所の決壊時刻は7月7日の午前6時から7時頃と推察された⁴⁾。

図 3.15 は末政川 0.7 km 付近の兩岸が決壊した箇所の状況である。図 3.16 は決壊箇所上流端付近の被災前の状況を示している。川沿いの住民証言によると、7月6日の夜11時30分頃の爆発音（高梁川の左支川の新本川の左岸堤内地にある朝日アルミの工場の浸水による爆発）により目が覚めて外に出て末政川をみると、満杯で流れていて、右岸堤を越流しており、左岸堤も少しだけ越流していた。避難の必要性を感じて約30分後に避難所へ向かうため外に出ると右岸側が決壊して川の水位がやや下がっていたとのことであった。図 3.16 に示すように、この箇所にあった橋梁が流失していることがわかる。この橋梁は右岸側に引き込まれるように落橋していたため、この地点で、末政川の自己流と小田川のバックウォーターの影響が合わさって満杯状態となり、橋桁によりせき上げられた水が越流して堤防が決壊するに至ったと考えられる。

一方、左岸の決壊は、住民証言によると7日の明け方の6時から7時頃であったことがわかっている。このように左岸側の決壊が数時間遅れて発生した要因は以下のように考えることができる。まず、6日の深夜の右岸の決壊によ



図 3.18 真谷川 0.5 km 左岸の決壊状況



図 3.19 真谷川 0 km 右岸の半壊状況

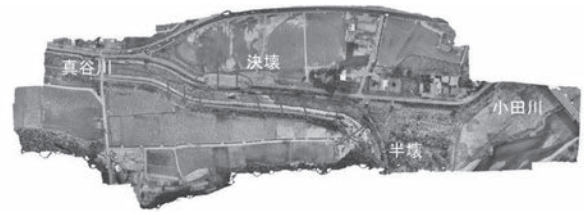


図 3.20 真谷川の越流の状況（赤色の箇所は堤防の決壊）

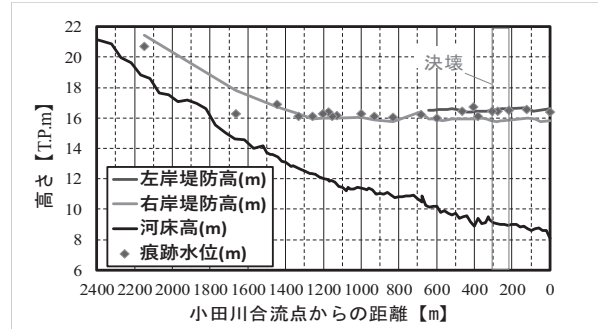


図 3.21 真谷川の痕跡水位

り右岸堤内地へかなりの水が流入した。これにより末政川の水位はやや低下し、左岸から越水しなくなったが、7日の3時前後の小田川左岸 3.4 km の決壊により、大量の水が小田川左岸と高馬川左岸と末政川右岸に囲まれた堤内地に流入した。その後、7日の明け方になって末政川の右岸側堤内地水位が末政川 0.7 km 付近の右岸堤防を越流する程に上昇し、更に左岸堤防を越流したため同箇所の左岸が決壊した。右岸決壊箇所の上流側の堤防天端には、堤外地から堤内地へ越流した痕跡と、逆に堤内地から堤外地へ越流した両方の痕跡が見られた。これは、上記のようなメカニズムで両岸が決壊するに至ったことを裏付けていると考えられる。図 3.17 は末政川の痕跡水位と堤防の高さを示している。高馬川と同様にバックウォーターの影響を受けて水位が上昇していることがわかる。

(4) 真谷川の被災状況

図 3.18 は真谷川 0.5 km 付近の左岸の決壊状況である。真谷川では右岸の 0 km 付近も図 3.19 に示すように堤防上部が完全に欠損していた。この箇所では、決壊した左岸堤防の方が右岸堤防よりも 50 cm 程度高かったにも拘らず左岸堤防が決壊した。このように堤防が高い方が決壊するという被災要因は、図 3.20 に示す現地調査による越流水が流れた方向から以下のように推察される。7月6日の夜に小田川の水位が上昇し、真谷川右岸が越流し始め、0 km 付近の右岸堤防が最初に損壊（以降半壊）する、その後、小田川の水位が更に上昇し、半壊箇所から右岸堤内地にかなりの水が流入するとともにバックウォーターの影響を受けて右岸堤からも越流し続ける。しかし、右岸堤内地が山に囲まれた狭い地域であったため、比較的短時間で堤内地側が満杯になり、さらに小田川の水位が左岸堤を超えるほどに上昇したため左岸が決壊したと考えられる。図 3.21 に示すように、痕跡水位が合流部からほぼ水平となっており、他の支川と同様にバックウォーターの影響により水位が上昇したと考えられる。図に示すように、痕跡水位は右岸堤防をかなり上回る状況であったにも拘らず右岸堤防が完全な決壊に至らなかったのは、堤防天端高と堤内地盤高との比高差が左岸側と比べて小さかったことと、堤内地側の湛水面積が小さかったために、越流開始後、外水位と内水位の差が比較的短時間で小さくなったことが原因と考えられる。

3.2.3 浸水深の調査結果とハザードマップについて

図 3.22 は、真備地区の浸水深の調査結果を示している。浸水深コンターは、佐山⁹⁾らと同様に現地調査より得られた浸水位の点データを用いて ArcGIS10.3 の Natural Neighbor 内挿法より浸水位コンターを作成し、更に DEM による標高データを差し引くことで得られたものである。図より、浸水深が 5 m を上回る箇所も広域に存在することがわかる。倉敷市の WEB サイトで公開されている同地区の洪水・土砂災害ハザードマップと見比べると、浸水範囲、浸水深ともに概ね一致していた。このようになり精度良いハザードマップが開示されていたにも拘らず多くの住民が亡くなった理由として、住民が危険性を十分理解していなかったことが考えられる。また、犠牲者が多かったもう一つの要因として、浸水深が図 3.23 に示すように 5 m 程度になると、2 階の天井近くまで浸水するため、高齢者や要支援者が垂直避難も出来なかった状況があったことがあげられる。

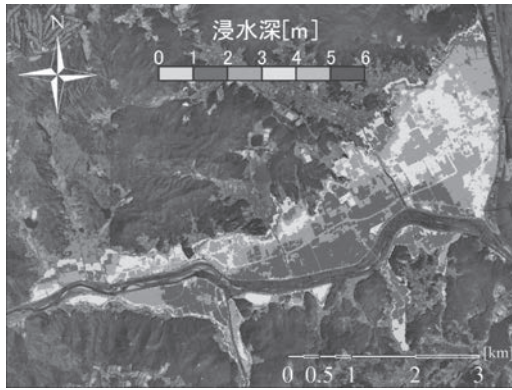


図 3.22 真備地区の浸水深分布

岡山県の災害検証委員会が実施した住民アンケート³⁾によると、約80%近くの住民がハザードマップを見たことがなかった、あるいは見たことはあるが内容までは覚えていなかったと回答しており、ハザードマップの住民への周知方法を改善する必要がある。一方、真備地区の中でも一部の地域では、自主防災組織が有機的に機能して、住民や要配慮者が速やかに避難できた地区もあった。

3.2.4 避難情報等の発令状況

表 3.2 は、倉敷市真備地区における避難情報等の発令状況である。合流地点より高梁川の十数キロメートル上流にある日羽水位観測所の水位上昇を受けて、7月6日の22時に真備町全体に避難勧告が発令されていたが、小田川北側の末政川や高馬川の右岸では、避難指示が発令された6日の1時30分には既に決壊していたことが住民証言などにより分かっている。避難勧告や避難指示を受けて避難した住民も多くいたが、逆に、正常性バイアスのため避難しなかった住民もかなりいた。末政川左岸側堤内地での大規模浸水は、堤防が決壊したと推定される7日の6時～7時頃であり、決壊数時間前の7日の1時30分に避難指示が発令された後であったにも拘らず多くの犠牲者が出た。これは、末政川の右岸が決壊したことで、左岸側は決壊しないだろうと安心してしまった住民も少なからずいたことが証言から分かっており、両岸が決壊することもあり得ることを今後の教訓とする必要がある。

3.3 解析の概要

3.3.1 解析領域と解析メッシュ

本研究では、河道および堤内地を含む全域を三角形非構造格子で分割し、平面二次元浅水流方程式を基礎式として、洪水流、堤防からの越流による浸水、堤防決壊箇所からの流入、建物を含む堤内地における氾濫流を同一モデルで包括的に取り扱う”包括型氾濫解析モデル”⁴⁾を用いて検討を行った。解析領域を図3.24に示す。高梁川は上流端を日羽観測所(27.6 km)、下流端を船穂観測所(6.4 km)とし、小田川は矢掛観測所(13.0 km)を上流端とした。堤内地側は、現地調査から推



図 3.23 浸水深 5m 程度の状況

表 3.2 倉敷市真備地区の避難情報等の発令状況

日 時	避難情報等の種類
7/6(金) 21 時 45 分	高梁川氾濫危険情報(日羽水位等による)
22 時 00 分	避難勧告(真備町全域)
22 時 20 分	小田川氾濫危険情報(矢掛水位等による)
22 時 40 分	倉敷市大雨特別警報
23 時 45 分	避難指示(小田川南側)
7/7(土) 1 時 30 分	避難指示(小田川北側)

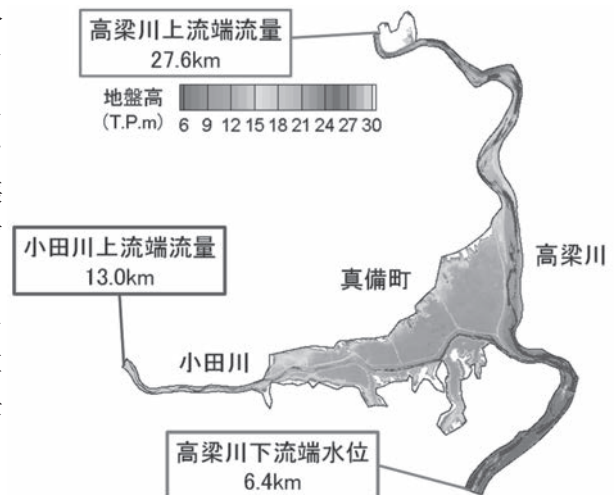


図 3.24 解析領域

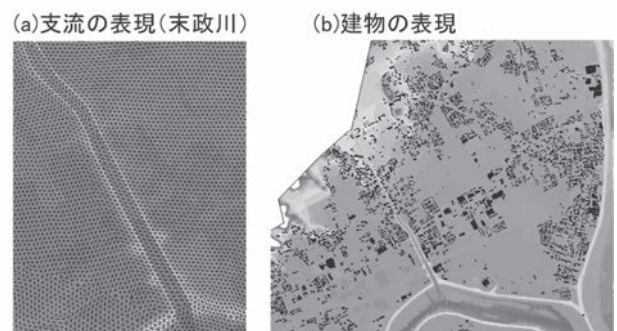


図 2.25 地物の表現



図 3.26 粗度分布

定された氾濫域を含む形で設定した。また、小田川支川の末政川、高馬川、真谷川、高梁川支川の新本川（図-1 参照）についても図 3.25(a)の末政川のメッシュに示すように全て二次元格子で表現した。更に、建物の取扱方法として、国土地理院が公開している基盤地図情報の建築物の外周線データ¹⁰⁾より作成したポリゴン（建物ポリゴン）を作成し、建物ポリゴンを含有する計算格子に、赤穂ら⁹⁾により提案された半透過建物モデルを適用した（図 2.25(b)）。計算格子サイズは、約 10m とし、計算格子数は 649,669 である。

3.3.2 解析条件

地盤高は、堤内地および河道内高水敷には、2013 年の国土地理院の 5m メッシュ標高データ¹⁰⁾、河道低水路については 2011 年の定期縦横断測量データをそれぞれ用いて作成した。ただし、堤防天端高については、5 m メッシュ標高データのみを使用した場合過小となる可能性があるため、高梁川及び小田川については定期縦横断測量データ、支川については RTK-GPS を用いた測量データをそれぞれ併用して作成した。

解析に用いた粗度係数分布を図 3.26 に示す。堤外地の粗度係数は、国土交通省が計画洪水の準 2 次元不等流計算に使用した値を参考とし、更に洪水発生時の粗度分布がより詳細に表現できるように、樹林帯を航空写真から判別し、縦断痕跡水位および矢形橋観測所、酒津観測所で得られたピーク水位と概ね一致するように調整した。また、堤内地の粗度係数は、地物については詳細に表現しているので、道路や耕作地に相当する 0.025 を一律に与えた。

図 3.27 に高梁川および小田川に与えた上流端流量と下流端水位を示す。上流端流量は、国土交通省の 2017 年度の H-Q 式を用いて算出された値を用いた。また、図 3.28 に支川の上流端流量を示す。支川の上流端流量は、佐山らが RRI モデル¹¹⁾を用いて算出した流量ハイドロを用いた。

本研究では、堤防が決壊し始める時刻を設定するために、まず上記境界条件のもと、堤防を決壊させない解析を行い、図 3.29 に示す決壊箇所 8 ヶ所と真谷川右岸の半壊箇所（図 3.20）を合わせた 9 ヶ所の各堤防損壊箇所について、水位変動から堤防越流時刻を推定した。以降、本論文では上記 9 カ所をまとめて堤防決壊と呼ぶ。堤防決壊は、浸水想定区域図作成マニュアル¹²⁾によると、最終決壊幅の半分の天端高を瞬時に下げて、その後 1 時間で上下流方向に決壊幅を徐々に拡大させることとなっている。しかし、今次洪水では決壊幅が数十メートルから百メートルに及んでおり、どの位置から決壊させるのかや決壊の拡大速度が不明であったため、簡単のために該当箇所の地盤高を堤防決壊後の地盤高と同じ程度の高さになるように線形に減少させることで表現した。決壊に要する時間は、樋門箇所における内外水位の観測値と解析水位の比較による試行の結果、30 分とした。ただし、小田川 3.4km 左岸における堤防決壊

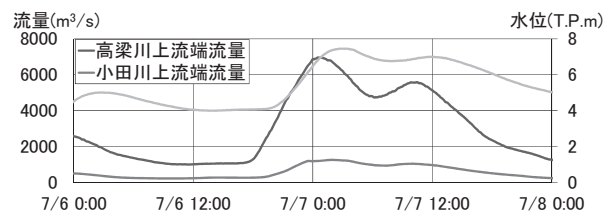


図 3.27 高梁川および小田川の境界条件

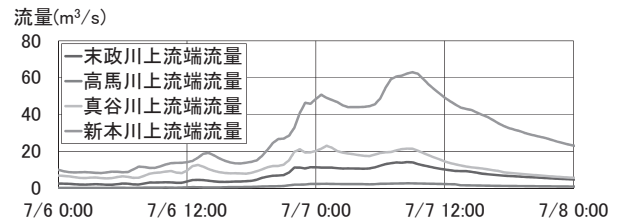


図 3.28 支流の境界条件

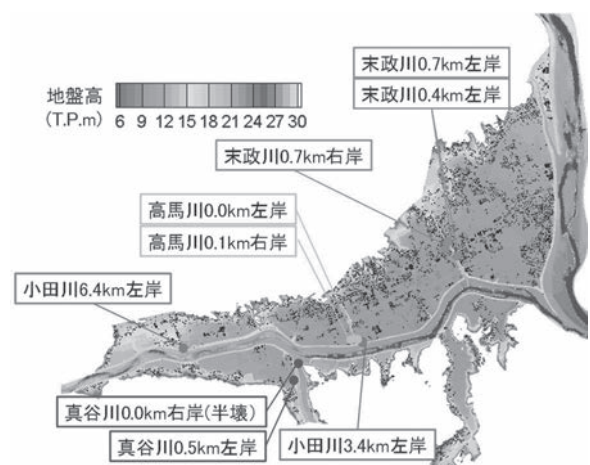


図 3.29 堤防決壊箇所(但し、真谷川右岸は半壊)

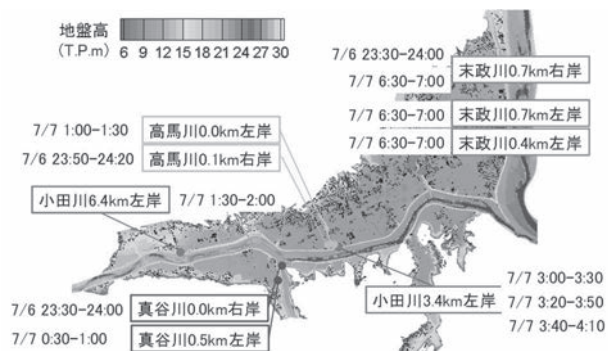


図 3.30 堤防損壊条件

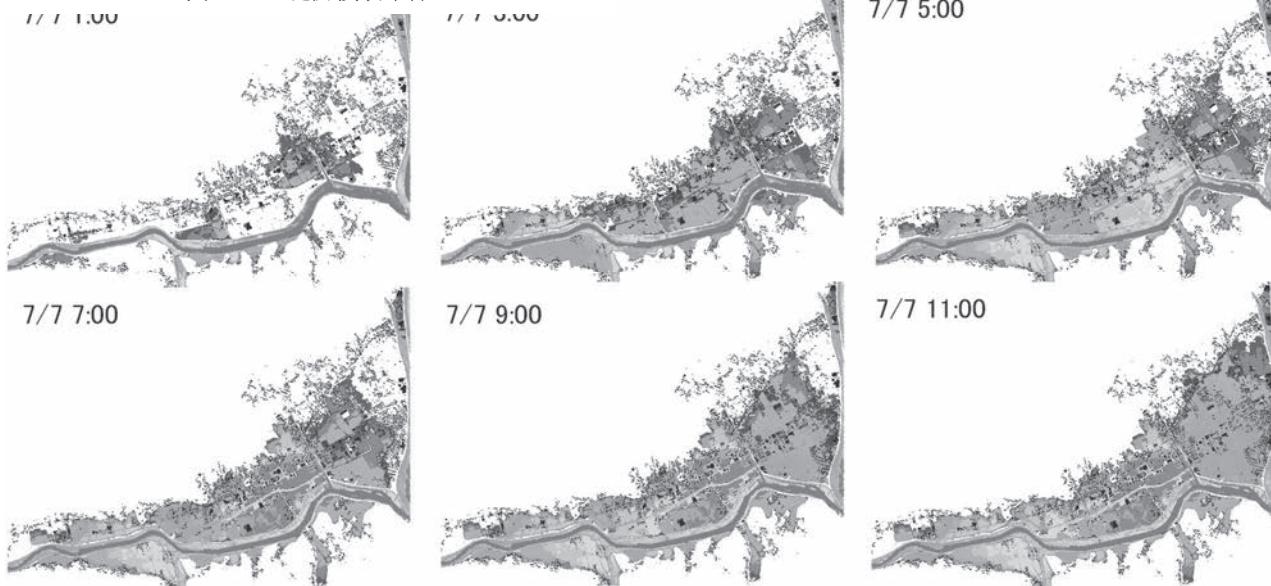


図 3.31 浸水深の時間変化

は決壊幅が約 100m と他の決壊箇所と比較し大きいので、3 分割し計 90 分かけて決壊させる条件とした。

3.3.3 解析結果及び考察

(1) 決壊の有無による氾濫シナリオの検討

堤防を決壊させない条件における解析結果から得られた各堤防決壊箇所の水位が堤防を越える時刻及び表 3.1 で示した推定決壊時刻を用いて各決壊時刻を図 3.30 のように設定した。

図 3.31 に真備町市街地における浸水深コンターの時間変化を示す。図より以下のことがわかる。

7 月 6 日 23 時頃から、末政川 0.4 km 付近の有井橋における陸閘から浸水し始める。また、真谷川 0.0 km 右岸、高馬川 0.1 km 右岸、小田川 3.0 km 付近の右岸においても越水による浸水が生じている。7 月 7 日 1 時ごろには、高馬川 0.1 km 右岸、末政川 0.7 km 右岸の堤防決壊により、小田川左岸側の浸水域が大きく広がり始める。また、真谷川 0.0 km 右岸の堤防半壊と、小田川右岸 3.0 km 付近の越水による浸水により、小田川右岸側の堤内地では浸水深 3 m 以上となった。7 月 7 日 1 時から 3 時にかけて、小田川 6.4 km 左岸における堤防決壊によって、上流域での浸水域が大きく広がっている。また、真谷川 0.5 km 左岸の堤防決壊が生じるとともに、小田川右岸堤防の複数箇所でも越水が発生し、小田川右岸側の浸水域が大きく広がっている。7 月 7 日 3 時から 7 時にかけては、小田川 3.4 km 左岸の堤防決壊によって、末政川と高馬川に挟まれた堤内地の浸水深が急激に上昇し、5 時には 4 m 以上、7 時には 5 m 以上の浸水深まで到達している。

(2) 領域ごとの最大浸水深の観測値との比較

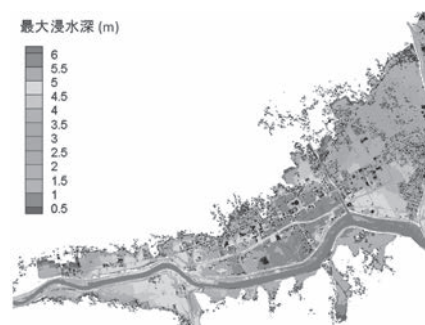


図 3.32 最大浸水深分布

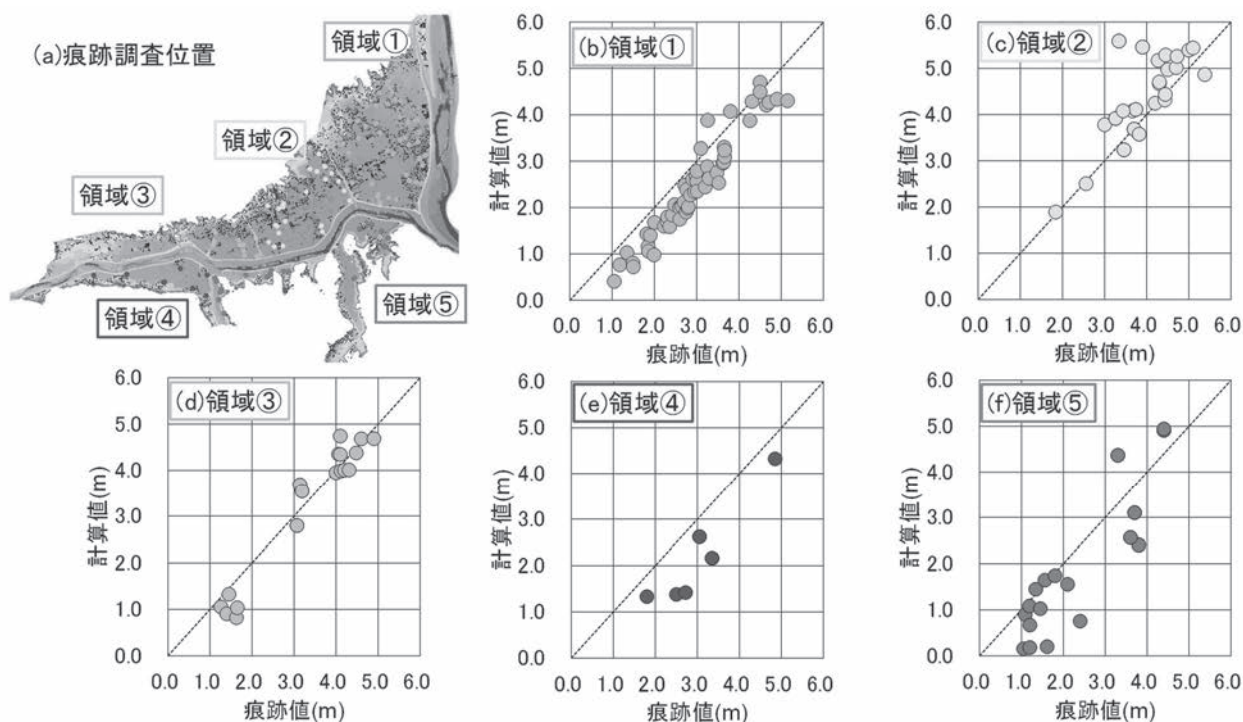


図 3.33 最大浸水深（計算値）と痕跡値の比較

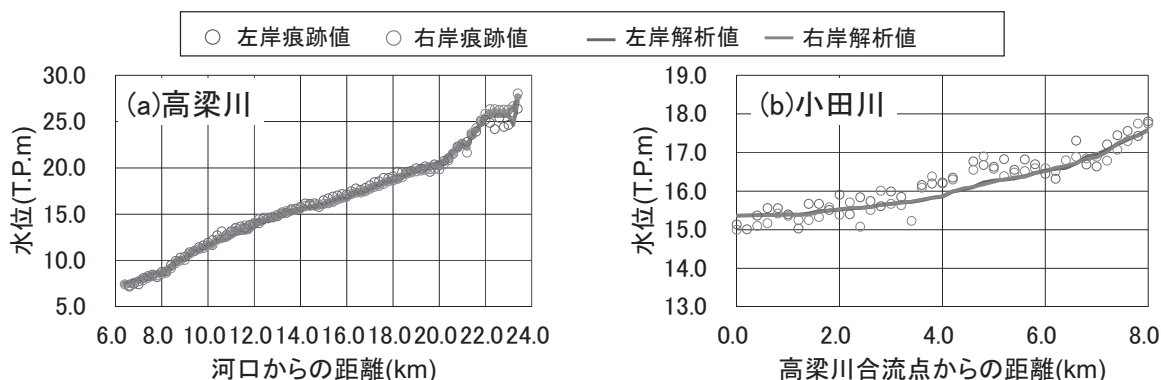


図 3.34 高梁川および小田川の縦断水位分布の比較

図 3.32 に最大浸水深分布，図 3.33 に 5 つの領域ごとの最大浸水深と痕跡値との比較を示す．図より全体的には概ね良好な再現性を確認することができる．各領域の再現性については，まず，領域①はやや過小，領域②はやや過大となっている．これは，末政川 0.7 km の両岸決壊箇所における堤防決壊速度の再現性や，決壊箇所周辺の建物流出による影響を考慮していないことが原因であると考えられ，今後さらなる検討が必要であると考えられる．また，領域④と⑤はやや過小となっている．領域④については，後述の図 3.34 に示すように，小田川 5 km 付近の真谷川と合流する箇所の解析水位が痕跡水位よりも低かったため，領域④への氾濫量が過小評価となったと考えられる．領域⑤については小田川右岸側の浸水は越水のみによるものであり，堤防天端高の再現性に大きく依存する．本研究では，200 m 毎の縦断測量データおよび 5 m メッシュの LP データより内挿したものの再現性が十分ではなかったことが原因であると考えられる．小田川 5 km 付近とその右岸側堤内側に位置する領域⑤は過小評価となっている．

(3) 痕跡水位，水位観測所水位の比較

図 3.34 に高梁川および小田川の縦断痕跡値と解析より得られた最大水位の比較を示す．高梁川については概ね解析結果と痕跡値は一致しており，解析結果の妥当性を確認できる．一方，小田川についても，概ね良好な再現性が確認できるものの，3 km から 6 km にかけて解析値は数十 cm 程度過小となっている．これは，解析メッシュに与える河床高を 200 m 間隔の横断測量データを内挿して与えたことや，国土地理院のデータが発災直前のものでなかったことなどにより詳細な地形が十分表現出来なかったことが要因の一つと考えられる．また，図 3.35 (a) に示す各水位観測所及び樋門における観測水位の時間変化との比較を (b) - (g) にそれぞれ示す．各水位観測所ともに堤防決壊させた解析結

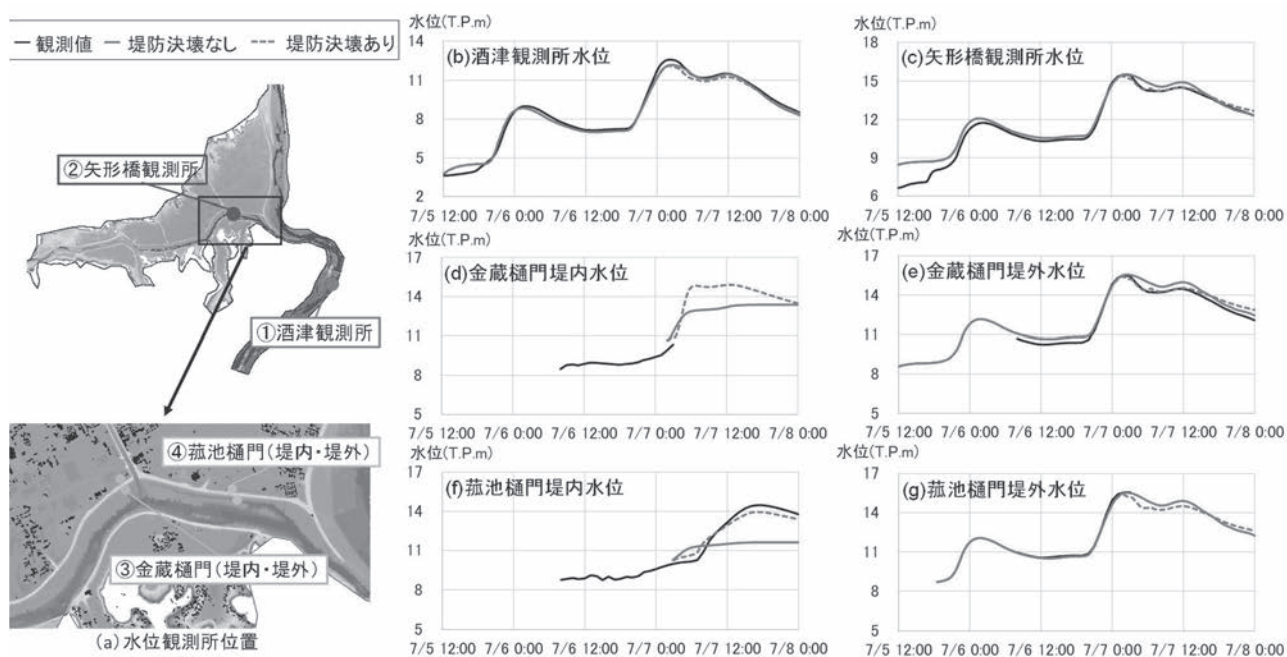


図 3.35 水位の時間変化の比較

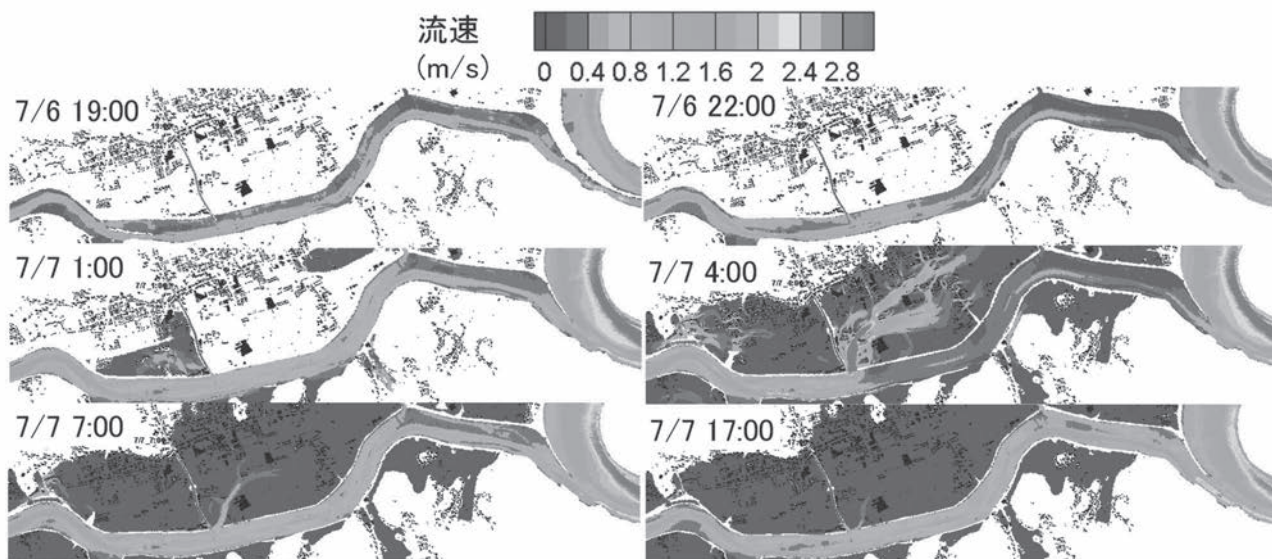


図 3.36 合流部におけるバックウォーターの状況

果は、観測値と概ね一致しており、洪水流解析に用いた図 3.31 の堤防の決壊時刻や決壊条件は概ね妥当であったと考えられる。なお、金蔵樋門の内水位と菰池樋門の外水位は途中から浸水により欠測となっているが、水位の立ち上がりやピーク付近の水位は決壊させた結果と良く一致している。

(4) 合流部におけるバックウォーターの状況

図 3.36 に合流部周辺における流速コンターの時間変化を示す。7 月 6 日の 19 時頃には小田川の流速は 1 m/s 以下となり、バックウォーターが発生していることが確認できる。その後、流速が回復する 7 月 7 日 17 時頃まで同様の流速分布となっており、少なくとも 22 時間程度はバックウォーターによる水位上昇が発生していたと考えられる。

(5) 末政川の堤防決壊シナリオに関する検討

末政川の堤防決壊部周辺の水位および流速ベクトルの時間変化を図 3.37 に示す。7 月 6 日 21 時頃には小田川の水位上昇に伴うバックウォーターが発生し、流速及び水面勾配は殆どなくなり小田川と末政川の水位が一致する。その後、堤防 0.7 km 左岸が決壊したことで、7 日の 1 時頃には末政川で逆流が生じていることが分かる。これは有井橋下流側のガードパイプが上流側に傾いていたことを裏付けるものである。その後、明け方にかけて小田川 3.4 km 左岸の堤防決壊により大量の水が浸水したことによって、末政川右岸側の堤内地水位が急激に上昇し、7 時頃に堤内地水位

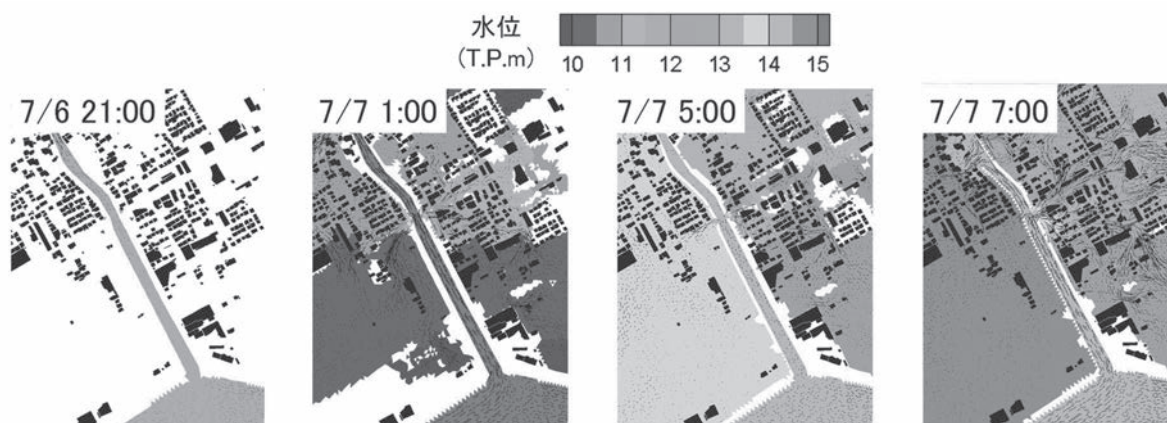


図 3.37 末政川の堤防決壊シナリオに関する検討

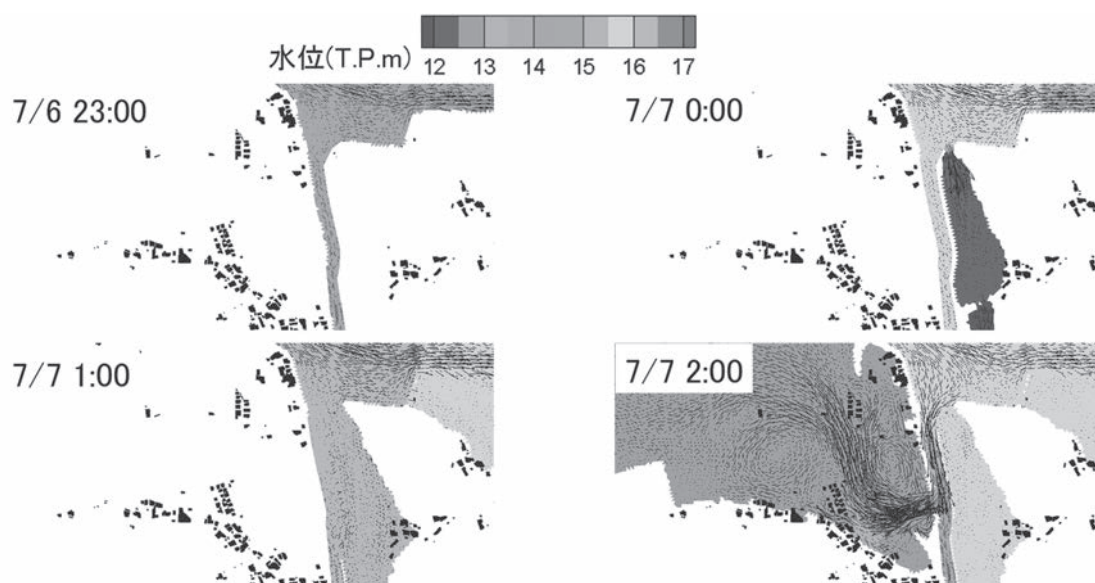


図 3.38 真谷川の堤防決壊シナリオに関する検討

が末政川の水位よりも高くなることで、末政川への流入が発生し、その結果、末政川左岸堤防の越流が生じたため決壊に至ったと考えられる。

(6) 真谷川の堤防決壊シナリオに関する検討

真谷川堤防決壊位置周辺の水位および流速ベクトルの時間変化を図 3.39 に示す。7 月 7 日 0 時ごろから真谷川右岸 0km 付近の堤防半壊により、右岸堤内地への浸水が発生し、7 月 7 日の 1 時頃に右岸側堤内地の水位が真谷川右岸堤防の天端高を越えて、右岸堤内地から真谷川へ流入している。真谷川において、堤防天端高が低い右岸側が決壊しないで左岸堤防が決壊した要因として、真谷川右岸堤防は、堤内地との比高差が左岸側よりも小さかったことに加えて、堤内地の浸水面積が小さかったことで越流開始後堤内地と堤外地の水位差が短時間で小さくなったため堤防決壊に至らなかったと考えられる。一方、右岸側からの氾濫水の戻りが生じることで真谷川水位がさらに上昇し、結果として左岸側堤防が決壊したと考えられる。これらの解析結果が示す状況は、図 3.20 で示した真谷川の越流状況の調査結果と一致する。

4. 高梁川中流域の被災状況および数値解析による氾濫状況の検討

図 4.1 の下図に示す区間の多数箇所浸水被害が生じた^{2), 3), 13)}。この区間は、高梁川の河口から 41.3km の地点の高梁市落合町阿部地区で右支川成羽川と合流し、その後、国道 180 号線と JR 伯備線とほぼ並行するように南流する地区である。この地域では 1972 年の 7 月にも梅雨前線による大雨により浸水被害を受けた。

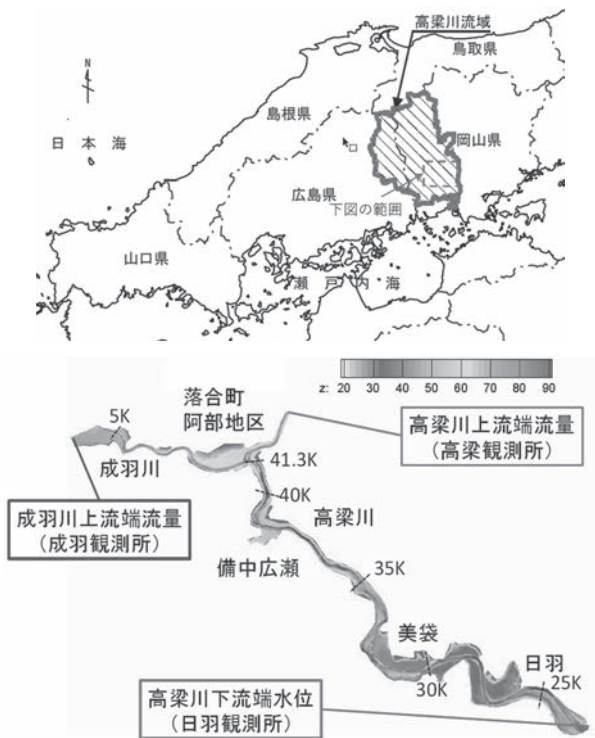


図 4.1 梁川中流域の概略図 (z: 標高)

表 4.1 流量と発生時刻⁵⁾ (ダム地点は放流量)

観測所	発生日時	最大流量(m ³ /s)
河本ダム	7月6日 23時20分	747
新成羽ダム	7月6日 22時30分	2,074
高梁	7月6日 22時40分	3,289
成羽	7月6日 23時20分	3,300
日羽	7月7日 0時30分	6,960

本章では、図 4.1 に示す高梁川と成羽川における被害状況を報告するとともに、図に示す区間を対象として洪水氾濫シミュレーションを行い、被災のメカニズムを検証する。また、高梁川との合流点付近に位置する落合町阿部地区では、浸水の危険が予測される場合に県道を横断する陸閘が閉鎖されることになっていたが、今次洪水では閉鎖されなかったため、陸閘の閉鎖の有無による浸水被害の違いを合わせて検討する³⁾。

4.1 洪水の状況

表 4.1 は高梁川と成羽川の主要な観測所における流量 (岡山県提供の速報値であり今後変更される可能性がある) を示している。図 4.2 に観測所の配置状況を示している。また、図 4.3 は 2009 年に岡山県が策定した高梁川水系中上流ブロック河川整備計画¹⁴⁾の流量配分図を抜粋したものである。高梁と日羽地点の流量は、整備目標流量を両地点ともかなり上回り、それぞれ 589 m³/s と 2,060 m³/s 多かった。また、高梁と成羽のピーク流量の発生時刻は 20 分程度の差しかなく、ほぼ同時刻にピークを持つ洪水が合流したことになる。洪水比流量で見ると、高梁 3.4 m³/s/km²、日羽 3.5 m³/s/km² に対して、成羽 4.0 m³/s/km² であり、流域面積比で見ると成羽川流域からの出水がやや多かったことが分かる。

図 4.4 と図 4.5 は、河本ダムと新成羽川ダムの操作状況を示している。流入量についてみると、両ダムとも 7 月 5 日の降雨により一旦流入流量は増加するが、その後降雨が小康状態になったため流量は減少する。しかし、7 月 6 日の午後から夜にかけて降り続いた雨により急激に流入量が増加し、両ダムとも 23 時 30 分頃にピークを迎える。その後の降雨の減少に伴い流入量も減少するが 7 月 7 日の明け方に降った雨により両ダムとも再度流量が増加する。一方、放

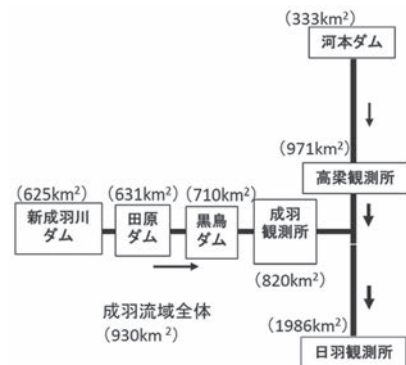


図 4.2 高梁川と成羽川の主要観測所の配置状況と流域面積¹⁴⁾

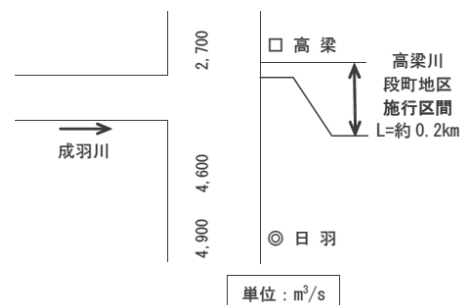


図 4.3 高梁川整備計画目標流量配分図 (一部抜粋)

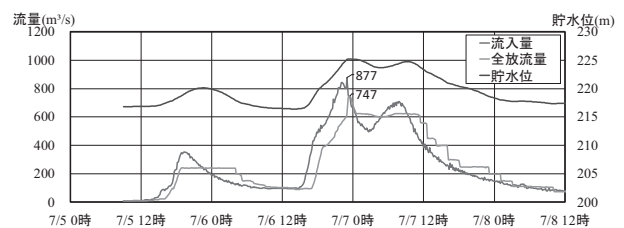


図 4.4 河本ダムの操作状況³⁾

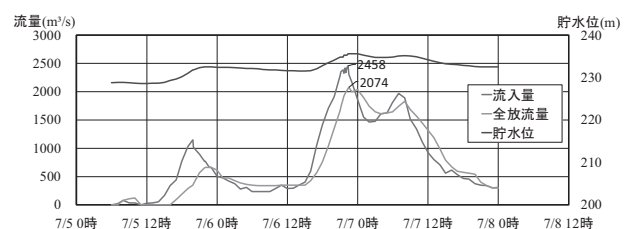


図 4.5 新成羽川ダムの操作状況 (中国電力(株) 提供)

流量について見ると、河本ダムでは、遅延放流を実施していたが、流入量の急激な増加に伴い、7月6日の23時30分から7日の0時30分までの間に異常洪水時防災操作が実施されたが、ピーク流量は130m³/s程度カットされた。なお、今次洪水で岡山県下のダムで異常洪水時防災操作が実施されたのは河本ダムだけである。新成羽川ダムは中国電力(株)が有する利水専用ダムで治水容量は持たないが、遅延放流が実施されピーク流量は380m³/s程度カットされた。これらの上流ダムの操作状況を勘案すると、今次洪水においてはダム下流の洪水被害を助長するような過放流はなかったものと考えられる。岡山県の検証委員会³⁾においてもダム操作により下流地点の水位が低下した事が示されている。

図4.6に示す高梁、成羽、広瀬、日羽観測所の水位変化より、何れの箇所も7月6日の夜に水位が急激に上昇しており、氾濫危険水位をかなりの勢いで超えていることが分かる。特に、広瀬観測所では、7月6日の夕刻から急激に水位が上昇し、17時に5.75mであった水位が19時には氾濫危険水位8.0mを超えて、22時には12.89mに達した。実に5時間で7.14mという凄まじい勢いで水位が上昇し、22時過ぎに水位観測所が破壊され、その後欠測となった。上流に位置する高梁と成羽のピーク水位が11時30分頃であるから、欠測後も広瀬の水位は更に上昇したと考えられる。

4.2 被災状況

(1) 浸水範囲

図4.7は、図4.1に示した範囲における今次洪水の浸水実績図である。図中の赤い箇所が浸水範囲を示している。図より、成羽川と高梁川の合流点付近から下流の日羽地区にかけて軒並み浸水していることが分かる。これらの浸水地域は1972年洪水の浸水実績図の浸水箇所とほぼ一致していた。1972年の水害を受けて河川の護岸工事が実施され、河積が不足している箇所等ではパラペットウォールが設置されるなどの河川改修が実施されていたにも拘わらず、今次洪水で、1972年洪水と同程度浸水したことを考慮すると今次洪水の方が流量規模が大きかったことが伺える。

(2) 浸水深調査結果

ここでは、被害の大きかった日羽、美袋、広瀬、落合町阿部地区について浸水深の調査結果を述べる。図4.8は各調査箇所毎の浸水深を示している。また、図では浸水深が比較的大きかった箇所を明示した。高梁川と成羽川の合流点より下流の高梁川沿いで4m程度の浸水が発生し、最大浸水深は4.5mであった。落合町阿部地区では成羽川との合流点より上流の高梁川に架かる落合橋付近から溢れた水が落合町阿部地区に浸水した。

図4.9から図4.12は高梁川沿いに平行している国道180号線と伯備線の浸水状況を示している。図4.9に示す日羽の国道では、7月6日の夜に道路が冠水したため通行規制をしていた警備員と立ち往生していた住民ら14人が流されて2名の方が亡くなった。これらの高梁川沿いの地域は図4.12に示すように殆どの箇所が掘り込み河道であるが、堤防をかなり越水したため、あたかも国道や伯備線が高水敷のようになって流下したことが伺えた。広瀬地区の住民証言による

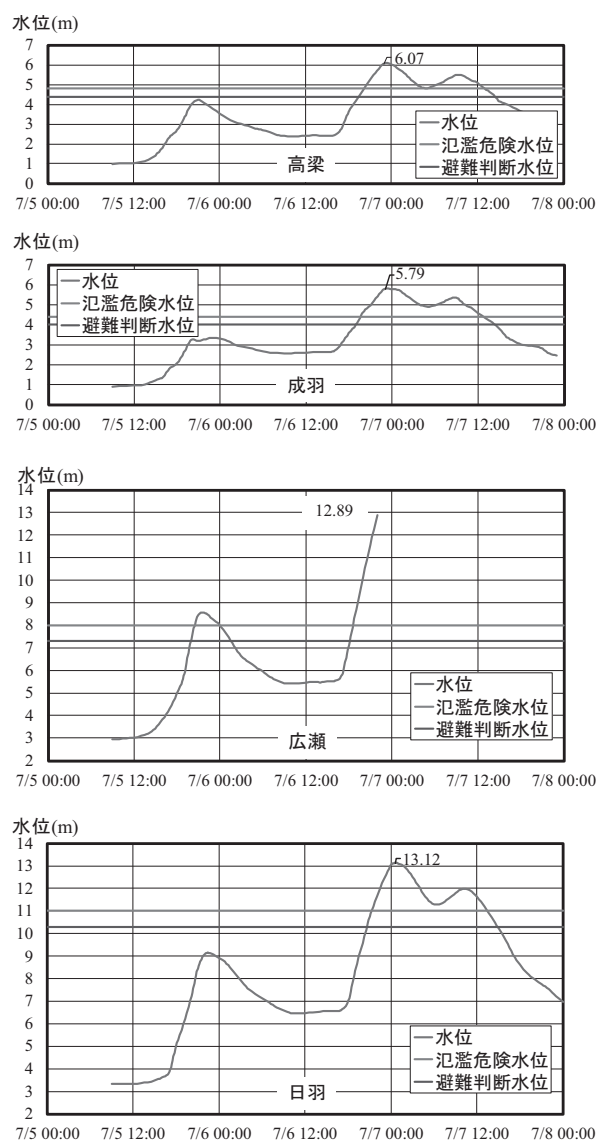


図4.6 観測所における水位変化



図4.7 2018年7月豪雨浸水実績¹⁵⁾(赤色)



図 4.8 浸水深



図 4.9 日羽の国道 180 号線の浸水状況



図 4.10 日羽と美袋間の伯備線の浸水状況



図 4.11 備中広瀬駅付近の伯備線の浸水状況



図 4.12 備中広瀬駅付近の国道 180 号線の浸水状況



図 4.13 日羽の浸水深 3.9 m の状況



図 4.14 落合町(榎)阿部地区の浸水深 2.8 m の状況



図 4.15 落合町阿部地区の陸閘の状況

と、1972 年の洪水時にも越水により住宅が浸水したが、今次洪水の方が水位は 2～3 m 高いとのことであった。このように、主要な国道と鉄道が寸断されることは避難や救助の妨げになるのみならず、早期の復興を妨げることになるため、今後の高梁川の整備にあたっては、主要な導線をいかに確保するかが課題である。

図 4.13 は、日羽の浸水状況を示している。浸水深が 4 m 程度の地域では 2 階まで浸水しており、高梁川と小田川の合流点である真備地区と変わらない程の浸水となり犠牲者も出た。図 4.14 は落合町阿部地区の浸水状況を示している。同地区では最大で 3m 程度浸水した。同地区への浸水を防ぐために図 4.15 に示すような陸閘が設置されており、高梁川

の水位が高くなり浸水の危険がある場合には図の矢印で示すように道路を横断して遮水壁が閉鎖されることになっていたが、今次洪水では閉鎖されなかった³⁾。陸閘から 30 メートル程度阿部地区側にあるコンビニの屋上に避難した住民の証言によると、7 月 6 日の夜の浸水により、付近に取り残された住民 10 名程度がやっとのことでコンビニの屋上に逃げたが、その後、高梁川の右岸堤が越水し始めてコンビニが水没しかけたため命の危険を感じたとのことであった。また、成羽川 4.5 km 付近左岸の落合町福地地区にある特別養護老人ホームホテルの里では、新成羽川ダムの放流により浸水の危険性があると事前に判断した職員が入所者全員を 2 階に避難させたため、施設の 1 階部分は浸水したが、犠牲者は出なかった。

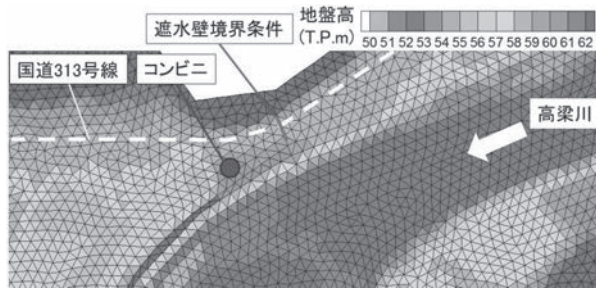


図 4.16 遮水壁の境界条件設定箇所

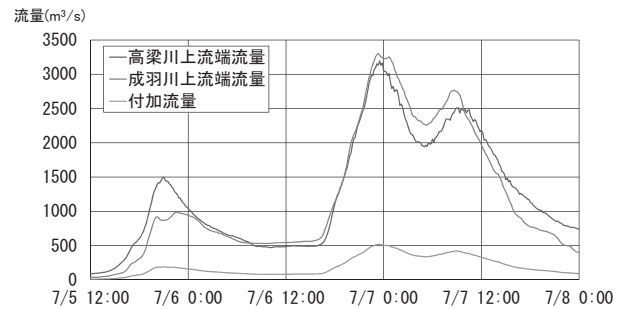


図 4.17 流量ハイドログラフ

4. 洪水氾濫シミュレーション

(1) 解析の概要

解析には、赤穂らの三角形非構造格子を用いた平面二次元洪水氾濫解析モデルを使用した。モデルの詳細については、文献⁹⁾等を参照されたい。

解析範囲は、図 4.1 に示す、日羽観測所が位置する高梁川 27km 付近から、高梁観測所のある高梁川 43.5km 付近の区間と、成羽川の 0km から成羽観測所のある 6.5km 付近までの区間とした。格子サイズは成羽川合流部付近および落合から広瀬間で約 5m、その他の領域では約 10m とした。計算格子数は 280,137 である。

地盤高には国土地理院の 5m メッシュ標高データ¹⁰⁾を用いて内挿した。また、図 4.15 に示した落合町阿部地区の陸間については、遮水壁が閉鎖している場合についても検討を行った。閉鎖している場合は、図 4.16 に示す該当位置の三角形の辺に標高 60.8 T.P. m の直立壁境界条件を与え、水位が遮水壁高さを上回った場合は本間の越流公式より越流量を算出した。また、粗度係数については、最大浸水深及び広瀬観測所での水位と概ね一致するように調整し、それぞれ氾濫域を 0.06、河道内を 0.031 とした。

下流端水位は図 4.6 に示した日羽の水位を与えた。上流端流量は、図 4.17 に示す流量を高梁川と成羽川に与えた。ただし、2 箇所の上流端のピーク流量の総和 6,472 m³/s よりも、下流端位置である日羽観測所でのピーク流量の方が 518 m³/s ほど多くなっており、その差は 8% 程度と比較的大きい。これは、解析区間に支川が数多くあり、各支川からの総流入量が多かったためと考えられる。解析では、この差を考慮しないと下流側の浸水域が過小となると考えられたが、支川毎の流量が不明であったため境界条件として与えることが困難であった。そこで、本解析ではこの差による影響を簡易的に考慮するために、“付加流量”として河道内のメッシュに一律に与えることとした。具体的には、まず、両上流端流量を総和した流量ハイドロと相似な波形でピーク流量が 518 m³/s となる付加流量ハイドロ（図-19 の緑線）を作成し、各時刻で水深が 0 ではない河道内格子(Wet 格子)の総和面積で除した単位面積あたりの付加流量を求め、Wet 格子の連続式にソース項として与えた。

上記の方法では、下流側へ行くほど付加流量の影響による河道の水位上昇が大きくなる。本解析のように、支川流量が不明で、かつ縦断方向に長い区間における複数箇所の浸水氾濫を同時に検討する場合において有効であると考えられる。また、各支川におけるバックウォーターによる浸水が発生した場合は、支川周辺の氾濫域が過小となる可能性はあるものの、支川毎の流量は本川流量と比較して非常に小さいため、その影響は小さいと考えられる。

(2) 再現性の検討

図 4.18 に解析範囲全体の最大浸水深分布を示す。図 4.7 に示した浸水域の実績範囲と比較し、概ね良好な再現性が確認できる。また、図 4.19 に示す現地調査位置における痕跡値と解析より得られた最大浸水深の比較を図 4.20 に示す。なお、図 4.19 中に示した地区ごとに色分けしてプロットしている。最大浸水深についても、各地区とも良好な再現性が示された。

図 4.21 に広瀬観測所における水位の時間変化の比較を示す。7 月 6 日の夕方からの異常な水位上昇がよく再現されており、解析の妥当性を確認できる。また、解析結果によると、広瀬の水位ピークは 7 月 7 日の 0 時頃となっており、表 4.1 で示した高梁、成羽観測所のピークよりもやや遅いことが分かる。

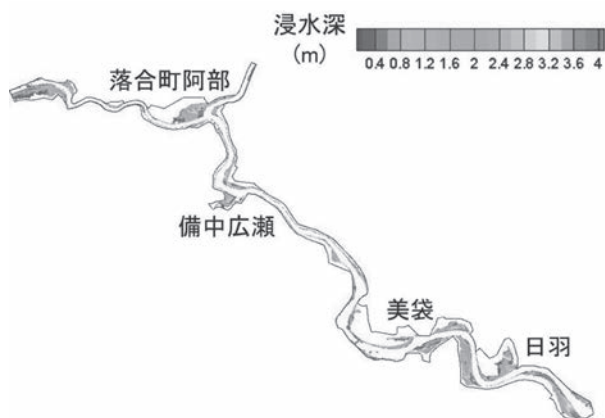


図 4.18 最大浸水深分布

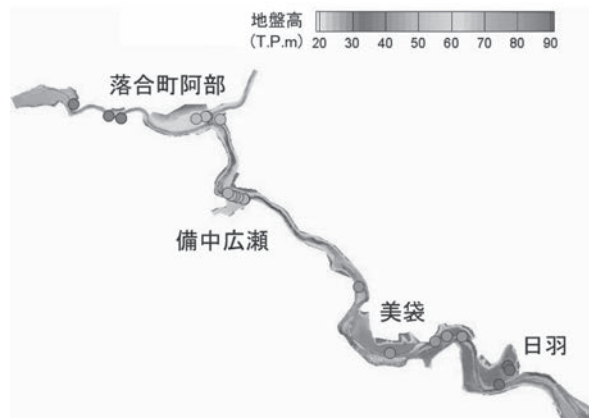


図 4.19 痕跡調査位置

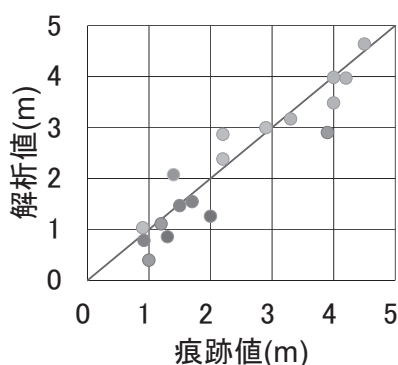


図 4.20 最大浸水深と痕跡値の比較（遮水壁閉鎖無）

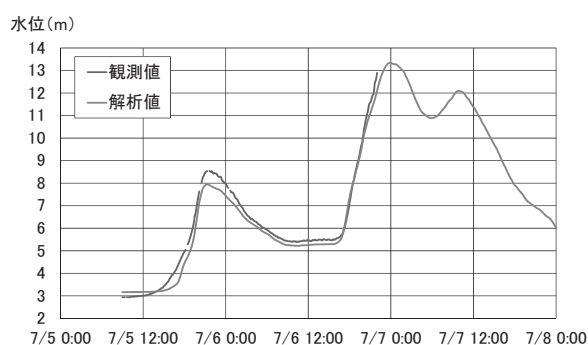


図 4.21 広瀬観測所における水位の時間変動の比較

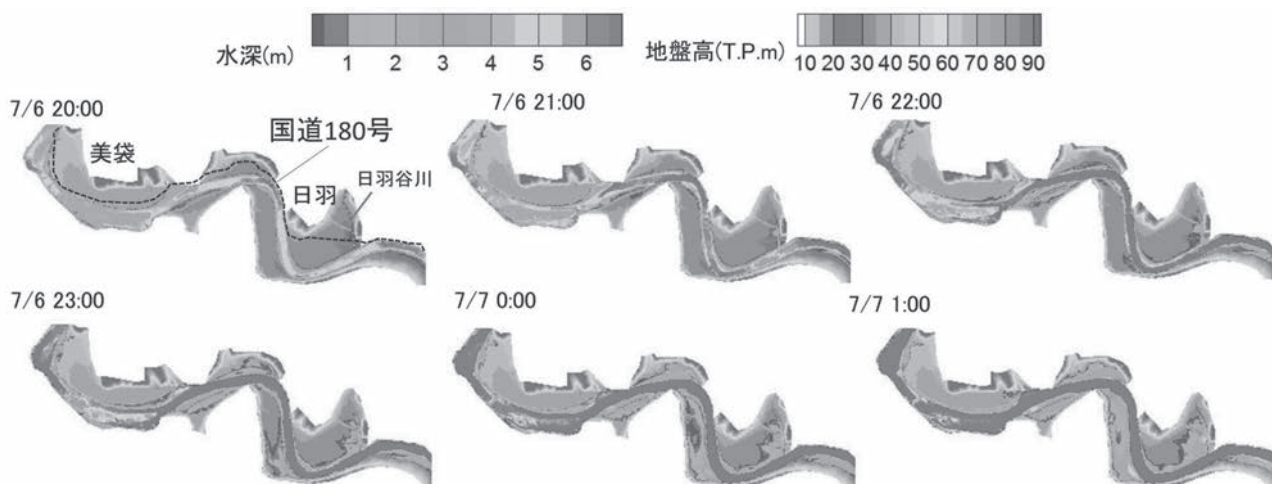


図 4.22 美袋から日羽における水深コンターの時間変化

(3) 氾濫解析結果による氾濫状況の検討

図 4.22 に美袋から日羽における水深コンターの時間変化を示す。7 月 6 日の 20 時頃から日羽谷川のバックウォーターの影響と考えられる浸水が発生している。美袋と日羽の間では左岸側を並行している国道 180 号が冠水する様子も確認することができ、堤内地で最大浸水深が 5 m 程度に達する箇所も見受けられる。

図 4.23 に広瀬地区周辺における水深コンターの時間変化、また、図 4.24 に広瀬地区周辺における流速コンターの時間変化を示す。7 月 6 日の 20 時頃から、左岸側の広瀬地区では湾曲部上流からの越流による浸水が発生し、右岸側の玉川町玉地区では右支川の玉川のバックウォーター現象と考えられる水位上昇により、堤防から溢れて浸水が発生している。また、7 月 7 日の 0 時頃では、広瀬地区内の水深は 3 m 程度、流速は 2 m/s 程度出ており、堤防の決壊等が発生していないにも拘わらず非常に激しい流れが住宅街で生じている。

図 4.25 に落合町阿部地区周辺の水深の時間変化を示す。7 月 6 日の 19 時頃から高梁川に架かる落合橋周辺から左右岸で浸水が発生し始め、右岸川では 21 時ごろから閉鎖していない陸閘（図 4.16）が位置する道路を通して、阿部地区の

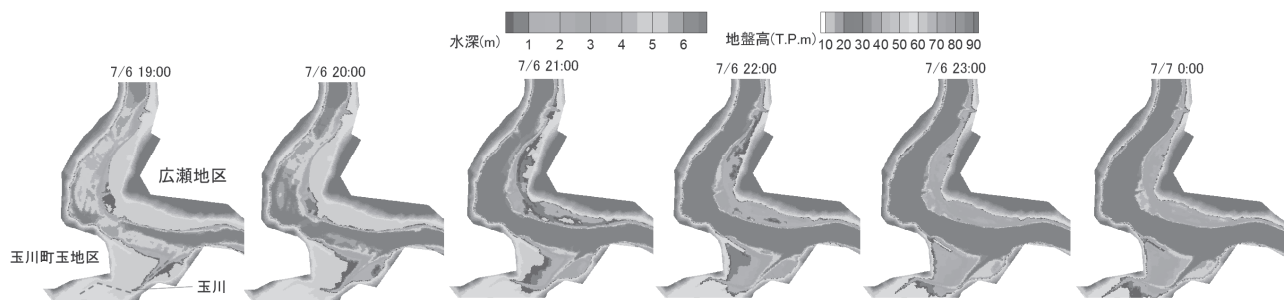


図 4.23 広瀬地区周辺における水深コンターの時間変化

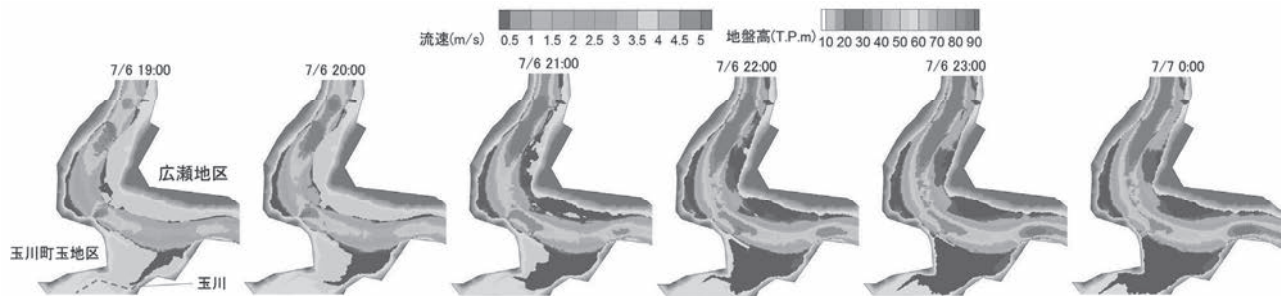


図 4.24 広瀬地区周辺における流速コンターの時間変化

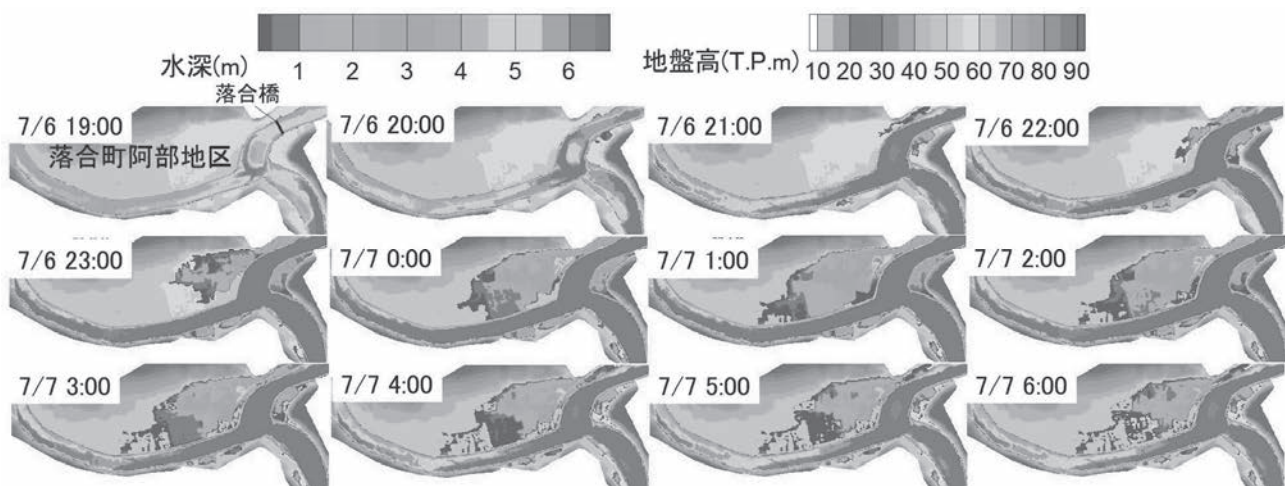


図 4.25 落合町阿部地区周辺における水深コンターの時間変化（遮水壁閉鎖無）

市街地へ流入している。7月7日の1時ごろに最も浸水域が広がり、市街地中心部では3 m 程度の浸水が見られた。また、7月7日の6時頃には浸水域が半分程度になるまで水が引いていることが確認できる。また、陸閘周辺における流速ベクトルの時間変化を図4.26に示す。1.0 m/s から2.5 m/s 程度の早い流れが陸閘を通過して、市街地へ流れ込んでいることが分かる。これは、7月6日の22時前に道路を阿部地区の市街地に向かって濁流が流れており、コンビニから山側に避難出来なかったという証言と一致する。また、7月6日の23時頃から高梁川右岸本堤も越流しているのが分かる。これも、同時刻に本堤を越流したという目撃者の証言と一致する。

(4) 陸閘の閉鎖の有無が氾濫状況に及ぼす影響の検討

図には掲載していないが、上述した落合町阿部地区の遮水壁を閉鎖した場合の水深の時間変化によると市街地への浸水時刻を1時間程度遅らせることができており、また浸水域についても低減させられる可能性が示唆された。一方、今次洪水では陸閘の天端を超える洪水であったため、遮水壁を閉鎖することで市街地への浸水を遅らせることは出来るが、逆に河川の水位が下がっても氾濫水が市街地へ停滞し、浸水時間が長期化することが明らかとなった。従って、陸閘を越流する場合には減水期の適切な時期に陸閘を開門する操作が必要となる。

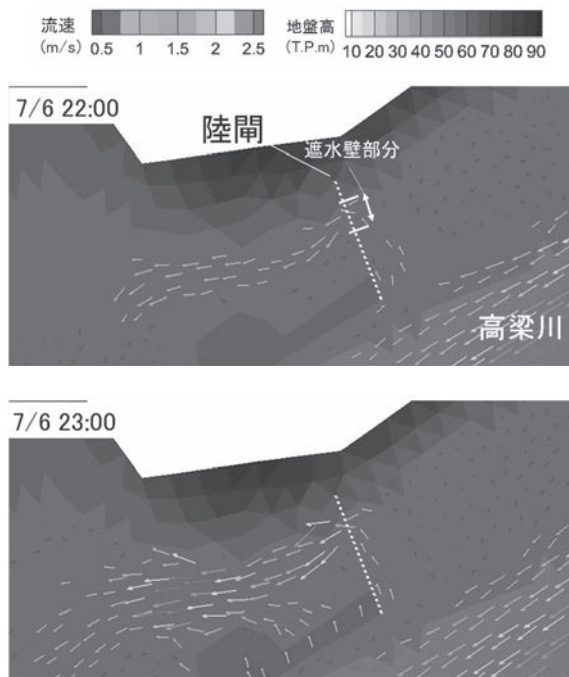


図 4.26 陸閘周辺における流速ベクトルの時間変化
(遮水壁閉鎖無)

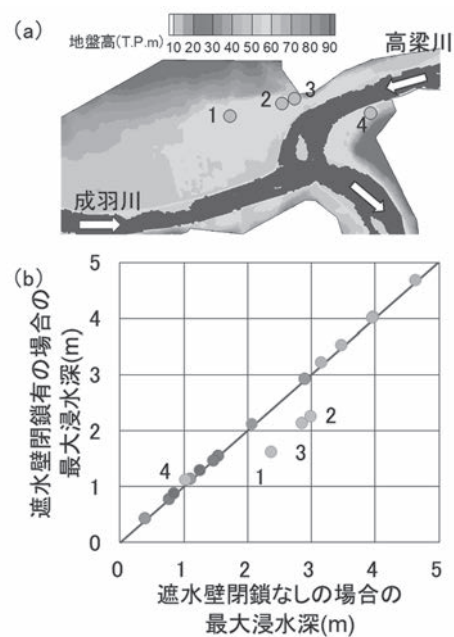


図 4.27 遮水壁閉鎖の有無による最大浸水深の比較
(a) 落合町阿部地区周辺の観測位置、
(b) 各観測位置(図-21)における最大浸水深の比較

図 4.27 に遮水壁閉鎖の有無による最大浸水深の比較を示す。高梁川右岸側の 1, 2, 3 の位置における最大浸水深は、陸閘の閉鎖により浸水深が約 80 cm 低下することが確認できた。一方、左岸側の 4 の位置では、7 cm 程度ではあるがわずかに浸水深が大きくなっている。また、その他の地区の浸水への影響は非常に小さいことが示された。これは、落合町阿部地区での氾濫水のボリュームが、河道を流れる洪水のボリュームと比較し、非常に小さいことが原因と考えられる。

5. 今次洪水の課題

平成 30 年 7 月豪雨は西日本一帯で広域的かつ大規模な被害をもたらした。以下に得られた課題と提言を記す。

・事前に被害予測ができるか。

真備地区の小田川の 3 支川は何れも重要水防箇所に指定されていなかった。事前に危険箇所を抽出できるしくみを早急に構築する必要がある。そのために、従来の 200m 間隔の縦横断データでは十分ではないため、LP, ALB, UAV を用いて、大河川のみならず被災ポテンシャルの高い中小河川の河道の土砂堆積状況や樹木の繁茂状況を面的に捉えてデータベースとして整備するとともに、堤防天端をベクトルデータベースとして整備して公開する必要がある。また、レーダー雨量やアンサンブル気象・洪水予測技術の向上を図る必要がある。

・水害外力の増加にどう対応するか。

地球温暖化に伴う極端気象を考えると、洪水流を河道に閉じ込めるのではなくて、霞堤や遊水地などの施設を積極的に活用した治水対策が望まれる。

治水ダムだけでなく利水専用ダムについても、事前放流など運用の見直しや再開発を行い、水系全体の洪水調節容量を増やすことや、複数のダムの連携により治水効果を高める方策を検討する必要がある。

・様々な被災形態にどう対応するか。

本川と支川の合流点におけるバックウォーター現象による水位上昇が複数の河川で発生し、多数箇所で堤防が決壊した。本川と支川の合流部ではバックウォーターの影響が及ぶ範囲の堤防を強化する必要がある。土砂・洪水氾濫や流木・洪水氾濫などの被害が想定される河川については、通常の河道整備に加えて、砂防施設や河道内で流木や土砂を捕捉・貯留できる「貯木池」「遊砂池」などの複合的な治水施設により防御する必要がある。

・被災状況をいかに把握するか。避難情報をいかに的確に出せるか。いかに避難に結びつけるか。

堤防決壊を伴う大規模な浸水に対しては、河川水位のモニタリングに加えて、通報やカメラ情報なども含めて氾濫

域の浸水に関連する情報を効率的に活用してリアルタイムで被災状況を把握する技術開発が必要である。

単に静的な情報であるハザードマップを開示するだけでなく、動的な分かり易い手法を取り入れるなどして周知・活用するための方策を講じる必要がある。また、ハザードは各地区、個人で異なるので、マイハザードマップ、マイタイムライン、避難カードなどの活用を促進して防災へ繋げる必要がある。

単に避難勧告や避難指示という言葉だけでなく、具体的にどのような危険が迫っているのか、どの程度の被害が予測されているのかなど、きめ細かい情報を提供することで住民の避難に繋げる必要がある。

・連携が取れているか。

河川は上流から下流へと連続しており、管理区間を越えて一元的に河川を俯瞰し、被害を予測できる仕組みを構築する必要がある。避難情報の発令においては、当該市町村の水位や被災状況等だけでなく、隣接および上流市町村の情報を収集して、氾濫危険水位をどのような勢いで超えるのか等を総合的に勘案して早めに判断すべきである。

6. おわりに

真備地区では、避難の遅れで多数の犠牲者が出た、今次洪水を受けて開催された中央防災会議の平成30年7月豪雨による水害・土砂災害からの避難に関するワーキンググループの報告¹⁶⁾では、「住民が自らの命は自らが守る意識を持って自らの判断で避難行動を取り、行政はそれを全力で支援するという住民主体の防災意識の高い社会の構築について、社会で共有すべきである」と提言している。まさに、住民は自分の命や家族の命は自分で守るのが原則であり、このために普段から自分が住んでいる地域の災害リスクや避難行動についてハザードマップなどを活用して把握しておくことが重要である。また、地域毎に自主防災組織を立ち上げて、常日頃から要配慮者の避難支援などを含めた避難訓練を実施し、いざという時に的確な避難行動が取れるようにしておく必要がある。

参考文献

- 1) 気象庁「平成30年7月豪雨」及び7月中旬以降の記録的な高温の特徴と要因について、2018.8.
- 2) 国土交通省社会資本整備審議会：大規模広域豪雨を踏まえた水害対策のあり方について～複合的な災害にも多層的に備える緊急対策～、2018.12.
- 3) 岡山県危機管理課：岡山県「平成30年7月豪雨」災害検証委員会資料、<http://www.pref.okayama.jp/page/574750.html>.
- 4) 広島県平成30年7月豪雨を踏まえた今後の水害・土砂災害対策のあり方検討会資料。
- 5) 国土交通省高梁川水系小田川堤防調査委員会資料、<http://www.cgr.mlit.go.jp/emergency/odagawateibochosa.htm>.
- 6) 国土交通省「明日の高梁川を語る会」資料、http://www.cgr.mlit.go.jp/okakawa/kouhou/seibi/takahasi/taka_seibi_index.html, 2019.2.
- 7) Nihei, Y., Shinohara, A., Ohta, K., Maeno, S., Akoh, R., Akamatsu, Y., Komuro, T., Kataoka, T., Onomura, S., and Kaneko, R.: Flood Inundation in Oda River due to the Western Japan Heavy Rain in 2018, Journal of Disaster Research (accepted).
- 8) 佐山敬洋，寶馨：平成27年9月関東・東北豪雨に伴う鬼怒川氾濫の浸水深分布推定，土木学会論文集B1（水工学），Vol.72, No.4, pp.11171-11176, 2016.
- 9) 赤穂良輔，石川忠晴，畠山峻一，小島崇，都丸真人，中村恭志：岩手県釜石市街地における2011年東北地方太平洋沖地震津波の氾濫解析，土木学会論文集B1，Vol.71, 16-27, 2015.
- 10) 国土地理院：基盤地図情報ダウンロードサービス、<https://fgd.gsi.go.jp/download/menu.php>.
- 11) Sayama, T., Ozawa, G., Kawakami, T., Nabesaka, S., Fukumi, K.: Rainfall-Runoff-Inundation Analysis of Pakistan Flood 2010 at the Kabul River Basin, Hydrological Sciences Journal, 57(2), pp.298-312, 2012.
- 12) 国土交通省：浸水想定区域図作成マニュアル（改訂版），2014.3.
- 13) 国土交通省平成30年7月豪雨関連情報：中国地方整備局管内の出水概況，<http://www.cgr.mlit.go.jp/emergency/syussui.htm>.
- 14) 岡山県河川課：一級河川高梁川水系中上流ブロック河川整備計画，岡山県，2014年5月。
- 15) 岡山県危機管理課：岡山県における浸水実績（美袋・日羽地区，高梁・成羽地区）<http://www.pref.okayama.jp/page/558986.html>.
- 16) 中央防災審議会：平成30年7月豪雨を踏まえた水害・土砂災害からの避難のあり方について，http://www.bousai.go.jp/fusuigai/suigai_dosyaworking/index.html.