

博士論文

市街化区域・用途地域のみが氾濫域となる河川の流域治水の在り方に関する研究
(STUDY ON APPROACH OF INTEGRATED BASIN FLOOD MANAGEMENT IN RIVER WHERE ONLY
URBANIZED AREAS ARE FLOOD-PRONE AREAS)

2025 年 5 月

天野 卓三

山口大学大学院創成科学研究科

目 次

第1章 序論	1
1.1 研究背景	1
1.1.1 流域治水の推進	1
1.1.2 特定都市河川制度の拡充	2
1.2 研究目的	4
1.2.1 特定都市河川制度の適用と課題	5
1.2.2 河川・下水道整備が氾濫に与える影響評価	6
1.3 本論文の構成	7
参考文献	8
第2章 特定都市河川制度の適用と課題	9
2.1 治水対策の経緯	9
2.1.1 総合治水対策	10
2.1.2 今後の治水対策のあり方	11
2.1.3 流域治水対策	13
2.2 計算モデルと適用性	15
2.2.1 貯留関数モデルの概要	15
2.2.2 氾濫解析モデルの概要	23
2.3 本川流域の概要と治水対策	30
2.3.1 本川流域の概要	30
2.3.2 本川の治水計画	31
2.3.3 本川流域の氾濫解析モデル	34
2.3.4 治水計画の妥当性	46
2.4 流域水害対策計画と本川流域の課題	48
2.4.1 流域水害対策計画の概要	48
2.4.2 計画論上の課題	49
2.4.3 流域対策の課題	53
2.5 第2章まとめ	62
参考文献	63
第3章 河川・下水道整備が氾濫に与える影響評価	64
3.1 検証対象洪水と整備内容	64
3.1.1 検討対象洪水	64
3.1.2 整備内容	65
3.2 整備効果の検証	67
3.2.1 検証ケース	67
3.2.2 整備の影響と効果	67
3.3 背水影響の評価	79
3.3.1 評価地点の概要	79
3.3.2 背水影響の評価	80

3.4 排水ポンプの運用検証	84
3.4.1 検証ケース	84
3.4.2 ポンプ停止基準の検証	85
3.5 第3章まとめ	107
参考文献	107
 第4章 結論	 108
 謝辞	 110

第1章 序論

1.1 研究背景

1.1.1 流域治水の推進

近年、全国各地での水災害が激甚化・頻発化、気候変動の影響による降雨量や洪水発生頻度の増加が懸念される中、平成30年7月豪雨や令和元年東日本台風、令和2年7月豪雨など、近年甚大な水害が全国各地で頻発していることに加え、今後、気候変動により更なる降雨量の増大や水害の頻発化・激甚化が懸念されている。このことから、国土交通省では、施設能力を超過する洪水が発生することを前提に、社会全体で洪水に備える水防災意識社会の再構築を一步進め、気候変動の影響や社会状況の変化などを踏まえ、あらゆる関係者が協働して流域全体で行う、「流域治水」への転換を推進し、防災・減災が主流となる社会を目指す施策を展開している。

流域治水に関しては、国土交通大臣から社会資本整備審議会会長に対して、「気候変動を踏まえた水災害対策のあり方について ～あらゆる関係者が流域全体で行う持続可能な「流域治水」への転換～」が諮問され、令和2年7月に答申がとりまとめられた。

また、河川整備基本方針・河川整備計画等の治水計画を「気候変動による降雨量の増加などを考慮したもの」に見直し、図-1.1.1、表-1.1.1に示すとおり、集水域と河川区域のみならず、氾濫域も含めて一つの流域として捉え、地域の特性に応じ、①氾濫をできるだけ防ぐ対策、②被害対象を減少させるための対策、③被害の軽減・早期復旧・復興のための対策をハード・ソフト一体で多層的に進めるものとしている。



図-1.1.1 流域治水の概念図（出典：「流域治水」の基本的な考え方¹⁻¹⁾）

表-1.1.1 流域治水概念の一覧表

項目	対象区域	内容	関係機関
① 氾濫をできるだけ防ぐ対策	集水域	[雨水貯留機能の拡大] ・雨水貯留浸透施設の整備 ・田んぼやため池等の高度利用	県，市 企業，住民
	河川区域	[流水の貯留] ・利水ダム等，貯留水を事前に放流し洪水調節に活用 (事前放流)	国，県，市 利水者
		・土地利用と一体となった遊水機能の向上	国，県，市
		[持続可能な河道の流下能力の維持・向上] ・河床掘削，引堤，砂防堰堤，雨水排水施設等の整備	国，県，市
		[氾濫水を減らす] ・「粘り強い堤防」を目指した堤防強化等	国，県
② 被害対象を減少させるための対策	集水域 氾濫域	[リスクの低いエリアへ誘導・住まい方の工夫] ・土地利用規制，誘導，移転促進，不動産取引時の水害リスク情報提供，金融による誘導の検討	市，企業 住民
		[氾濫範囲を減らす] ・二線堤の整備，自然堤防の保全	国，県，市
③ 被害の軽減・早期復旧・復興のための対策	氾濫域	[土地のリスク情報の充実] ・水害リスク情報の空白地帯解消，多段型水害リスク情報を発信	国，県
		[避難体制を強化する] ・長期予測の技術開発，リアルタイム浸水・決壊把握	国，県，市
		[経済被害の最小化] ・工場や建築物の浸水対策，BCP(事業継続計画)の策定	企業，住民
		[住まい方の工夫] ・不動産取引時の水害リスク情報提供，金融商品を通じた浸水対策の促進	企業，住民
		[被災自治体の支援体制充実] ・官民連携による TEC-FORCE の体制強化	国，企業
		[氾濫水を早く排除する] ・排水門等の整備，排水強化	国，県，市等

出典：「流域治水」の基本的な考え方¹⁻¹⁾より整理

1.1.2 特定都市河川制度の拡充

ハード・ソフト一体の水災害対策「流域治水」の本格的実践に向けて，特定都市河川浸水被害対策法に基づく特定都市河川を全国の河川に拡大し，ハード整備の加速に加え，国・都道府県・市町村・企業等のあらゆる関係者の協働による水害リスクを踏まえたまちづくり・住まいづくり，流域における貯留・浸透機能の向上等を推進するため，特定都市河川の指定要件(表-1.1.2参照)が緩和され，都市部のみならず全国の河川に対象が拡大した，「特定都市河川浸水被害対策法等の一部を改正する法律」(令和3年法律第31号，通称「流域治水関連法」，令和3年5月10日公布，同年11月1日施行)が整備された。

なお，特定都市河川流域において浸水被害対策を総合的に推進し，浸水被害の防止・軽減を図るために，流域水害対策協議会等における協議を踏まえ，河川管理者や地方公共団体等が共同して流域水害対策計画を策定しており，令和7年3月末時点における流域水害対策計画の策定状況は表-1.1.3のとおりである。

表-1.1.2 特定都市河川の指定要件

指定要件		改正前	改正後
A	都市部を流れる河川	市街化率が概ね5割以上	市街化区域等の人口・資産が集積した区域を流れる河川
B	流域において著しい浸水被害が発生し、又はそのおそれがある	過去の実績または想定される年平均水害被害額が10億円以上	水防法第14条第1項・第2項の各号に該当する洪水浸水想定区域図の指定対象となる河川
C	河道又は洪水調節ダムの整備による浸水被害の防止が市街化の進展又は自然的条件の特殊性により困難	河道又は洪水調節ダムの整備による浸水被害の防止が市街化の進展により困難なこと	次のいずれかに該当 ①可住地の市街化率が概ね5割 ②接続する河川の背水影響や排水制限が想定される ③地形（狭窄部・天井川）や地質により対策が困難

表-1.1.3 流域水害対策計画策定状況表(令和7年3月末時点)

No.	水系名	河川名	策定日	策定主体
1	鶴見川	鶴見川	H19.3.14	関東地方整備局、東京都、神奈川県 横浜市、川崎市、町田市、稲城市
2	庄内川	新川	R3.12.21	愛知県、名古屋市、一宮市、春日井市、犬山市、江南市、小牧市、稲沢市、岩倉市、清須市、北名古屋市、あま市、豊山町、大口町、扶桑町、大治町
3	淀川	寝屋川	H26.8.5	大阪府、大阪市、守口市、枚方市、八尾市、寝屋川市、大東市、柏原市、門真市、藤井寺市、東大阪市、四條畷市、交野市
4	巴川	巴川	R3.7.6	静岡県、静岡市
5	境川	境川	H30.10.5	愛知県、名古屋市、刈谷市、豊田市、安城市、東海市、大府市、知立市、豊明市、日進市、みよし市、東郷町、東浦町
6	猿渡川	猿渡川		
7	引地川	引地川	H27.6.5	神奈川県、藤沢市、茅ヶ崎市、大和市、海老名市、座間市、綾瀬市
8	大和川	大和川	R4.5.27	近畿地方整備局、奈良県、奈良市、大和高田市、大和郡山市、天理市、橿原市、桜井市、御所市、生駒市、香芝市、葛城市、宇陀市、平群町、三郷町、斑鳩町、安堵町、川西町、三宅町、田原本町、高取町、明日香村、上牧町、王寺町、広陵町、河合町、大淀町
9	江の川	江の川	R6.3.25	中国地方整備局、広島県、広島市、三次市、安芸高田市、北広島市
10	本川	本川	R5.3.31	広島県、竹原市
11	肱川	都谷川	R5.12.19	四国地方整備局、愛媛県、大洲市
12	雲出川	中村川 波瀬川 赤川	R6.6.4	中部地方整備局、三重県、津市、松阪市
13	石狩川	千歳川	R6.7.26	北海道開発局、北海道、江別市、千歳市、恵庭市、北広島市、南幌市、長沼町
14	鳴瀬川	吉田川	R6.11.18	東北地方整備局、宮城県、仙台市、東松島市、大崎市、富谷市、松島町、利府町、大和町、大郷町、大衡村、色麻町
15	高城川	高城川		
16	最上川	石子沢川	R7.3.26	東北地方整備局、山形県、山辺町、中山町
17	利根川	中川 綾瀬川	R7.3.26	関東地方整備局、茨城県、埼玉県、東京都、五霞町、さいたま市、熊谷市、川口市、行田市、加須市、春日部市、羽生市、鴻巣市、上尾市、草加市、越谷市、桶川市、久喜市、北本市、八潮市、三郷市、蓮田市、幸手市、吉川市、白岡市、伊奈町、宮代町、杉戸町、松伏町、足立区、葛飾区、江戸川区
18	六角川	六角川	R7.3.28	九州地方整備局、佐賀県、武雄市、嬉野市
19	稲荷川	稲荷川	R7.3.31	鹿児島県、鹿児島市、姶良市

※国土交通省Webサイトより整理¹⁻²⁾

1.2 研究目的

流域治水の推進に向け、特定都市河川の指定要件が緩和された。都市部のみならず全国の河川への拡充が行われる中、前項の表-1.1.3に示した大和川以降の河川が法改正後に指定した河川で、流域水害対策計画を策定している河川であるが、広島県の本川水系本川のような氾濫域が市街化され、下水道排水区となっている比較的小さな河川の指定が今後も想定される。

よって、本研究では、今後、「市街化区域・用途地域のみが氾濫域となる河川」の指定を鑑み、このような特定都市河川流域における流域治水の在り方と方向性を見出すことを目的として、本川水系本川を事例に、2項目に関して研究を行った。なお、本研究で論じる河川とは、図-1.2.1に示すように下流市街地(市街化区域、用途地域)に氾濫域が広がる一方、中上流域に耕地(市街化調整区域、用途地域外)の氾濫域を抱える流域ではなく、図-1.2.2に示すように下流市街地(市街化区域、用途地域)に氾濫域が広がるのみで、中上流域の氾濫域で流出抑制対策が困難な河川を対象としている。

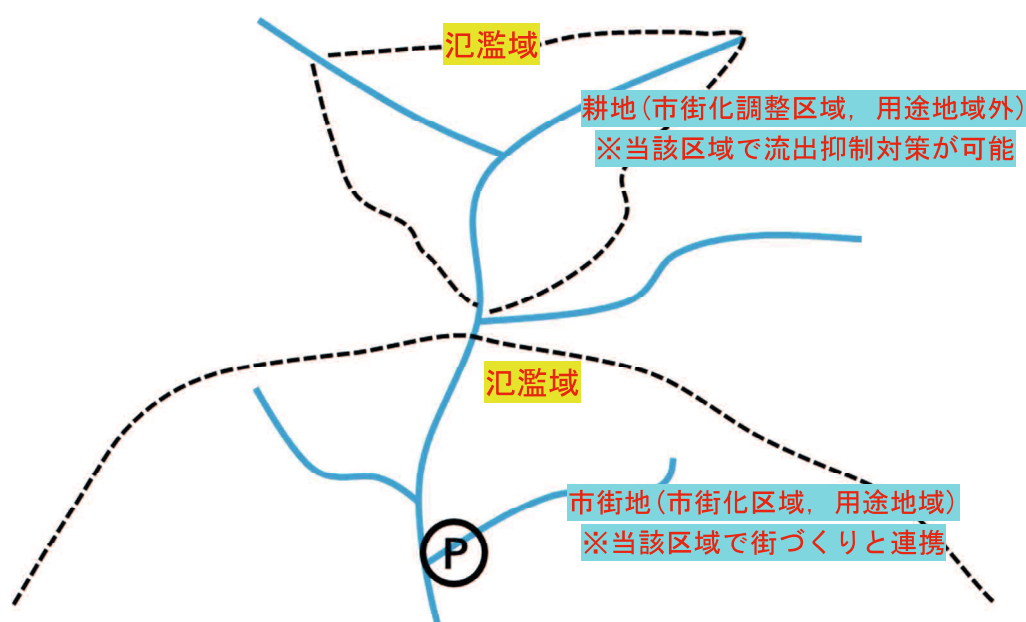


図-1.2.1 中上流域にも氾濫域を有する河川

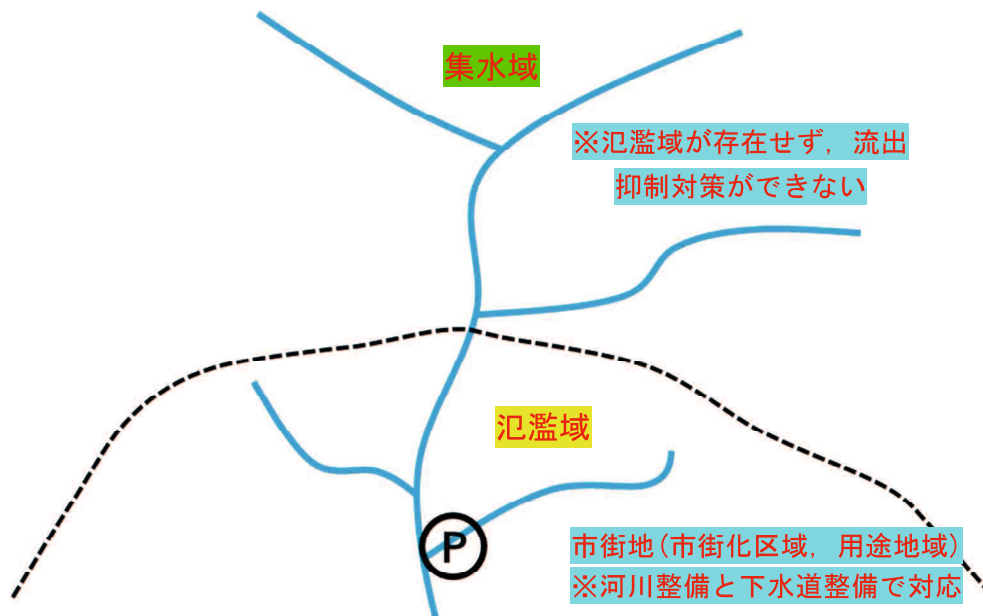


図-1.2.2 市街化区域・用途地域のみが氾濫域となる河川

1.2.1 特定都市河川制度の適用と課題

竹原市街地を流下する二級河川本川水系は、平成30年7月豪雨による洪水及び令和3年7月洪水において、河川及び内水の氾濫により甚大な浸水被害が発生したことから、浸水被害軽減のための河川整備や内水対策を実施するとともに、法的枠組みのもとで、流域一体となった浸水対策に取り組み、早期に地域の安全性の向上を図る必要があった。以上を踏まえ、「特定都市河川浸水被害対策法等の一部を改正する法律」(令和3年法律第31号、通称「流域治水関連法」、令和3年5月10日公布、同年11月1日施行)に基づき、令和4年7月25日に二級河川本川水系本川について、特定都市河川に指定した¹⁻³⁾。これは中国地方で初、二級河川としては同法の施行後、全国初の指定である。

本川水系の場合、大河川や比較的流域の大きな中小河川のように中上流域に耕地を抱え、下流部に都市部を抱える流域特性ではなく、流域面積が小さく、氾濫域は下流部の市街地のみとなっており、浸水被害が生じる区域も当該区域であり、浸水被害が発生している市街地部で浸水対策を行う必要がある特性を有している。

流域治水の概念として、島谷¹⁻⁴⁾らは、「流域治水は流域すべての場所を対象に、水を遅らせ、浸透能力を高め、水を貯留し、降雨遮断のための緑を増やし、氾濫流も制御するなどの新たな原理を導入した治水対策」としている。また、三好¹⁻⁵⁾は流域を「自治体連合」と捉え、流域治水に対する自治体の役割を示している。市街地部での対策は、流域治水の実践に向けて、北島¹⁻⁶⁾らが雨水貯留施設の効果を検証し、山田¹⁻⁷⁾らが都市計画分野の課題として、大河川流域における河川整備と都市計画の関係性を示し、中野¹⁻⁸⁾らは建築や土地利用の観点から水害対策を論じており、治水対策や土地利用の観点から課題を整理している。しかし、河川と都市域(下水道排水区)の関係性を整理した文献は少ない。

また、流域治水の実践は「中上流域の耕地」と捉え、佐藤¹⁻⁹⁾は農地の役割に着目し、石渡¹⁻¹⁰⁾らは流域治水の実践による経済的評価、村井¹⁻¹¹⁾らは集団移転候補地として居住地の地理的特性に着目した流域の分類を行っている。つまり、中上流域に氾濫域を有さない本川のような河川に対する文献はほとんどないのが現状である。

よって、流域面積が小さく、法河川区域全体が都市計画法上の用途地域(本川周辺は主として住居系)に指定されている本川水系本川において、このような河川が抱える土地利用に関する課題や、河川整備や流域対策の目標規模、目標を達成するための河川・流域の整備内容の整合性など、特定都市河川制度の適用に関しては課題が山積している。なお、広島県内においても、東広島市街地を流下する黒瀬川流域や福山市街地の芦田川中下流域など、同様の土地利用形態の流域が多く、今後、特定都市河川の指定を行う際には、同様の課題が生じると想定される。

一方、昨今、注目されている田んぼダムやため池貯留などのハード整備は、河川水位の上昇や氾濫に対して、少なからず効果を発現できる施策の一つである。特に田んぼダムでは早崎¹⁻¹²⁾らは、令和2年7月豪雨で甚大な被害を受けた球磨川中流部(球磨盆地)の左岸流域・氾濫域を対象に農地を広域的に水田貯留施設とした場合の治水効果を評価している。評価対象は、氾濫平野エリアと支川扇状地エリアに分類し、効果の違いを分析するとともに支川扇状地エリアの水田貯留施設は、本支川合流付近の浸水軽減に寄与するが、氾濫平野エリアの水田貯留施設は、周辺の浸水深を増加させ、支川ピークを僅かに上昇させる傾向があり、流域治水において水田貯留施設を配置する際には、その配置による機能の違いを戦略的に考慮する必要があると結論付けている。また、宮津¹⁻¹³⁾らは、栃木県杣井木川流域を対象に田んぼダムの適用限界に関する評価を実施しており、赤穂¹⁻¹⁴⁾らは田んぼダムの治水効果を効率的かつ精度良く評価するための新しい解析手法を提案している。しかし、田んぼダムから河川に流下する水路が下水道排水区となっている地域での内外水一体型氾濫モデルを用いた河川への影響を評価する文献は少ない。

以上より、現在直面している本川水系本川を事例に、市街化区域・用途地域のみが氾濫域となる

河川を特定都市河川流域に指定した場合の流域水害対策計画策定に関する課題，ソフト対策，ハード対策の両面からの適用性に関する課題の一考察を行い，今後指定される類似河川の一助とする．

1.2.2 河川・下水道整備が氾濫に与える影響評価

二級河川本川水系本川では，令和5年3月に本川水害対策計画を策定，同計画における目標降雨規模を平成30年7月豪雨規模としている．流域面積が小さく，氾濫域のほとんどが用途地域に指定されている本川流域での特定都市河川流域への適用と課題を踏まえると，段階的な河川・下水道の整備が河川水位の上昇や氾濫に与える影響を把握しながら，河川・下水道の将来ビジョンに基づいた計画とする必要があることから，具体的・定量的な評価を行う必要がある．

流域治水に関しては，福岡¹⁻¹⁵⁾が本支川一体としての治水を考え，治水対策の進め方に多様性を持たせるものとしており，段階的な計画において河川の治水効果，氾濫リスクの評価を行い，流域治水を進めることが今後の重要な課題と問題提起している．この問題提起の一環として，見上¹⁻¹⁶⁾らは，小流域の流出解析と本・支川一体の洪水流解析による縦断水面形と流量の評価を行っている．しかし，既往文献においては，大河川や比較的流域の大きな中小河川の中上流部の耕地部において，瀧¹⁻¹⁷⁾らは本来，遊水機能を有する霞堤の治水機能の評価方法および流域治水計画における位置付けを考察し，中村¹⁻¹⁸⁾らは千葉県一宮川流域における流域治水に関する取組と展開と題し，中上流部の流出抑制施策を論じている．さらに，中西¹⁻¹⁹⁾らは既設ダムの貯留能力を評価することにより，下流域への流出抑制施策を論じている．

全国的には「特定都市河川浸水被害対策法等の一部を改正する法律」(令和3年法律第31号．通称「流域治水関連法」，令和3年5月10日公布，同年11月1日施行)に基づき，令和4年5月に大和川流域水害対策計画が策定されている．大和川の場合，目標降雨規模を昭和57年8月降雨とするなど，実績降雨を対象とした整備水準としては，本川流域と同様の考え方であるが，下水道管理者が行う特定都市下水道の整備¹⁻²⁰⁾に関しては，既往計画で実施中とされている下水道浸水被害軽減総合計画に従い整備を行うこととしている．

これまでの特定都市河川においては，本川流域のように流域面積(6.8km²)が小さく，法河川区域全体が都市計画法上の用途地域(本川周辺は主として住居系)に指定されている河川がなく，大流域(大和川712km²)を対象としているため，ほとんどが中上流部の耕地に対する流出抑制施策に関する検討であり，下水道排水区における整備が氾濫に与える影響等に関する文献は報告されていないのが現状である．言い換えれば，既往の特定都市河川流域は下水道等の内水対策による影響が小さい流域であったと言える．

これらを踏まえ，河川・下水道の将来ビジョンに基づいた計画の段階的な評価を実施する一環として，河川整備や下水道整備が河川水位や氾濫に与える影響と効果を定量的に評価し，ポンプ排水における課題を整理するとともに，対応策の提案を行った．

1.3 本論文の構成

本論文は、本章を含め第1章～第4章で構成されている。各章の繋がりを図-1.3.1 に示す。また、各章の内容は、以下に示すとおりである。

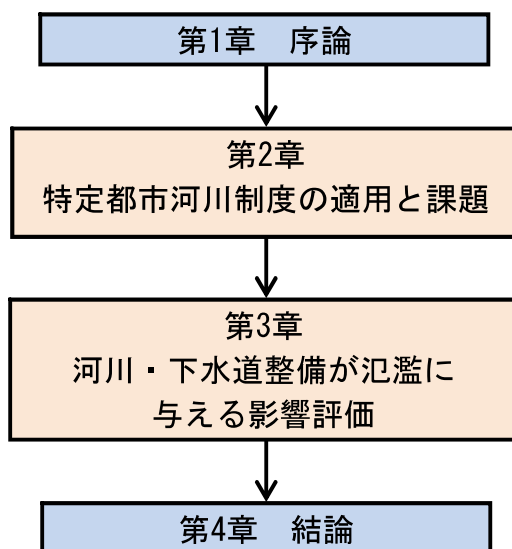


図-1.3.1 本論文の構成

第2章では、治水対策の経緯と流域治水関連法案を踏まえ、本川流域を事例に「市街化区域・用途地域のみが氾濫域となる河川」における特定都市河川流域における流域水害対策計画策定に向けた課題等を整理するとともに、ソフト対策、ハード対策の両面からの特定都市河川制度の適用性を考察する。

また、第3章では第2章を踏まえ、内外水一体型氾濫解析モデルを活用し、流域水害対策計画に位置付けられる河川整備・下水道整備(内水対策)の効果検証、各種整備による河川水位に与える影響と他地域への影響評価、課題に対する対応策を提案し、市街地を抱える特有の課題を整理したうえで、流域治水に関する考え方、方向性を提案する。

以上を踏まえ、第4章では各章の結果をとりまとめ、研究の総論とする。

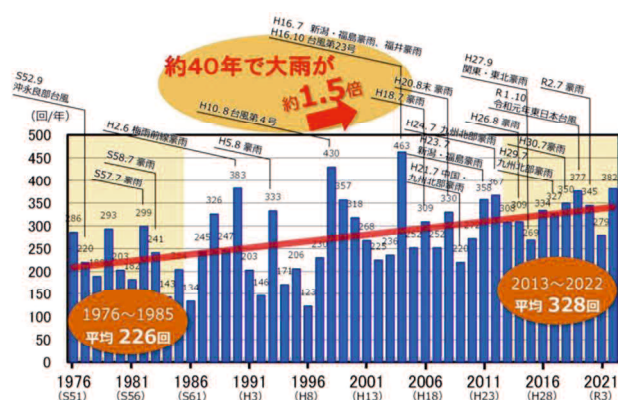
参考文献

- 1-1) 国土交通省：「流域治水」の基本的な考え方，
https://www.mlit.go.jp/river/kasen/suisin/pdf/01_kangaekata.pdf
- 1-2) 国土交通省：特定都市河川の取組状況，
<https://www.mlit.go.jp/river/kasen/tokuteitoshikasen/portal.html>
- 1-3) 広島県：本川水系の特定都市河川指定，2021.
<https://www.pref.hiroshima.lg.jp/soshiki/99/tokuteitoshi-001.html>
- 1-4) 島谷幸宏，皆川朋子：流域治水から国土の再編へ，河川技術論文集，第27巻，2021.
- 1-5) 三好 規正：気候変動時代における実効的な流域治水と自治体の役割，自治総研通巻519号，2022.
- 1-6) 北島響，川池健司，山野井一輝：「流域治水」に向けた都市域の氾濫解析による雨水貯留ポテンシャルの評価，土木学会論文集，第78巻2号，pp.811-816，2022.
- 1-7) 山田拓実，大津山堅介，廣井悠，加藤孝明：河川と都市の治水対策の連携に着目した流域治水の実現に関する都市計画分野の課題整理 —大阪府安威川流域を対象としたケーススタディ—，都市計画論文集，第57巻3号，2022.
- 1-8) 中野卓，木内望：都市の洪水対策に向けた建築・土地利用マネジメントの展開とその評価-2019～2022年における流域治水関連施策の展開への着目-，都市計画論文集，Vol.58，No.3，2023.
- 1-9) 佐藤政良：流域治水における農地の位置と役割，水文・水資源学会誌第35巻第1号，2022.
- 1-10) 石渡裕明，和田裕行，松田浩一，堀合孝博，平川了治，岡安徹也，岡部真人：流域治水における土地利用規制等の施策評価に資するマクロ経済成長モデルの活用について，河川技術論文集，第28巻，2022.
- 1-11) 村井智也，知花武佳，渡部哲史：居住地の地理的特性に着目した流域の類型化 -流域治水の方策検討に向けて-，河川技術論文集，第27巻，2021.
- 1-12) 早崎水彩，前川勝人，佐伯絵美，瀧健太郎：二次元不定流モデルを用いた水田貯留施設の持つ洪水調整機能の広域評価，土木学会論文集，第78巻2号，pp.547-552，2022.
- 1-13) 宮津進，松下時生，岩村祐暉，吉川夏樹：田んぼダムの適用限界に関する一考察，土木学会論文集，第76巻2号，pp. 805-810，2020.
- 1-14) 赤穂良輔，宅野智紀，松井大生，前野詩朗：流域治水に向けた田んぼダムの効率的解析法の提案と現地適用，土木学会論文集，第80巻16号，23-16073，2024.
- 1-15) 福岡捷二：近年の洪水災害を踏まえた流域治水を考える，河川技術論文集，第28巻，2022.
- 1-16) 見上哲章，水草浩一，西澤洋行，安達孝実，福岡捷二：利根川上流域の本・支川を一体とした洪水流解析 — 流域治水への活用に向けて —，水工学論文集，第77巻2号，pp.427-pp.432，2021
- 1-17) 瀧健太郎，中村亮太，原田守啓，田中耕司：霞堤の治水機能の評価方法および流域治水計画における位置付けに関する一考察，河川技術論文集，第28巻，2022.
- 1-18) 中村大介，角井政則，岡安徹也，朝日向猛，竹内康彦，加藤孝明：千葉県一宮川流域における流域治水に関する取組と展開に関する一考察，河川技術論文集，第27巻，2021.
- 1-19) 中西一宏，和泉征良，久保裕基，永谷言，小島裕之，角哲也：流域の貯留能力を踏まえた流域治水方策に関する研究，河川技術論文集，第28巻，2022.
- 1-20) 国土交通省近畿地方整備局・奈良県他：大和川流域洪水対策計画，p.37，2022.

第2章 特定都市河川制度の適用と課題

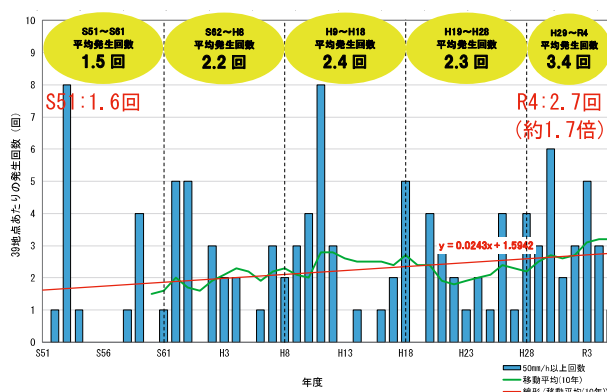
2.1 治水対策の経緯

国土交通省がとりまとめた「流域治水」の基本的な考え方¹⁻¹⁾では、近年、毎年のように全国各地で自然災害が頻発し、図-2.1.1に示すとおり、時間雨量50mmを超える短時間強雨の発生件数の増加、気候変動の影響による水害の更なる頻発・激甚化が懸念されている。また、本川水系が位置する広島県のアメダス観測所を対象に過去48年間における時間雨量50mm以上の発生回数を整理した結果、観測所数が少ないため各年でばらつきはあるものの10ヵ年移動平均に対する回帰曲線より時間雨量50mm以上の発生回数は、図-2.1.2に示すとおり、昭和51年から令和4年に至るまでに約1.7倍増加していることが確認でき、広島県においても同様の傾向を示している。



(全国アメダス観測所1,300地点あたり)

図-2.1.1 50mm以上の年間発生回数(全国¹⁻¹⁾)



(広島県アメダス観測所39地点あたり)

図-2.1.2 50mm以上の年間発生回数(広島県)

国土交通省がとりまとめた「流域治水」の基本的な考え方¹⁻¹⁾では、このような状況を受け、令和元年度における我が国の水害被害額は暫定値でおよそ2兆1500億円に達し、昭和36年の統計開始以来最大を記録しており、単一の水害による被害も昨年の東日本台風による被害額が約1兆8600億円と平成30年7月豪雨による被害額の約1兆2,150億円を上回る統計開始以降過去最大の被害額となっていることが示されている。前章で示したとおり、こうした状況に対処するため、国が最も力を入れて進めているのが「流域治水」への取り組みである。

なお、我が国の治水対策は、昭和50年代以降、都市部では「総合治水」を掲げ、「都市型水害を低減するために、雨水は可能な限り河川に出さない」という概念の元、河川整備や下水道整備といった従来の対策と併せ、雨水の貯留・浸透対策や土石流対策などが順次実施されてきた。一方、「流域治水」は「総合治水」を更に強化して、気候変動に対応した水害対策への転換を図るもので、雨水の氾濫による被害を氾濫域だけにとどまらない流域全体の問題と捉え、国、自治体、民間企業、地域住民が一緒になってハード・ソフト両面の対策を実践するという概念が「流域治水」の基本である。

しかし、基本的な施策は概ね同等であり、「流域全体での取り組み」が実践されず、管理主体がそれぞれに事業を進めた場合、「総合治水」≒「流域治水」となることが明確であるため、管理主体が連携することが重要不可欠と言える。

本項では、治水対策の経緯と管理主体が連携すべく整備された「流域治水関連法案」をとりまとめた。

2.1.1 総合治水対策

これまでの治水対策の考え方として、「総合治水対策」がある。この取組は都市域において「都市化に伴う流出の増大に対し、河川改修が追い付かず、河川で安全に流下させることが困難な状況」が発生していることを契機に、河川管理者と自治体が連携し、水害の軽減を図るため、河川や下水道の整備に加え、公園や学校への浸透施設の設置や水害の危険性を周知するための浸水想定区域図の公表などハード対策とソフト対策を組み合わせた「総合的な治水対策＝総合治水」を推進するものである。なお、平成12年12月、「流域での対応を含む効果的な治水の在り方について」の河川審議会中間答申²⁻¹⁾がなされ、平成15年には「特定都市河川浸水被害対策法」(平成15年法律第77号)が整備された。本法は「特定都市河川浸水被害対策法等の一部を改正する法律」の前身である。

以下、表-2.1.1に「総合治水」に係る答申等、図-2.1.3に総合治水の概念図を示す。

表-2.1.1 「総合治水」に係る答申等の経緯

答申等	内容
S52：河川審議会中間答申	- 総合的な治水対策の推進方策はいかにあるべきか →総合治水対策を強力に推進 →総合治水対策の施策として、次の事項を強力に推進、必要な制度を確立 ※保水、遊水機能の確保、洪水氾濫予想区域等の設定・公示、緊急整備目標の設定、土地利用方式、建築方式の設定、住民への情報伝達 等 → 関係部局、関係各省及び地方公共団体との協議体制を整備
S55：建設事務次官通達	- 総合治水対策の推進について →総合治水対策特定河川に係わる河川改修事業を積極的に推進 →河川改修事業並びに河川流域における適正な保水・遊水・機能の維持、確保等についての方針及び対策等を内容とする流域整備計画を策定し、これに基づき諸対策を実施 →適正な土地利用の誘導と緊急時の水防、避難等に資するため、洪水による浸水実績を公表 →流域住民に治水上の問題についての理解と協力を求める働きかけを実施
H15：法制定	- 特定都市河川浸水被害対策法制定 →治水対策について、流域対策を含めて実施するための仕組みを構築



図-2.1.3 総合治水の概念図 (総合治水対策のプログラム評価に関する検討会資料²⁻²⁾)

2.1.2 今後の治水対策のあり方

治水対策として、総合治水対策の概念は都市河川で整理されているが、山地河川を含め、浸水被害等の増大に対する課題を解決するための有効な対策として、多目的ダム建設と河川改修を主体とする河川事業が全国で精力的に進められてきたが、ダム事業は、一般に予算や事業期間がかかり、地元や環境に与える影響が大きい場合があり、近年の財政逼迫等の社会情勢の変化に伴って従来の治水・利水対策の見直しが行われた。

平成20年当時、人口減少、少子高齢化、莫大な財政赤字という三つの大きな不安要因に直面し、「できるだけダムにたよらない治水」への政策転換を進めるとの考えがあった。この考えに基づき、今後の治水対策について検討を行う際には、幅広い治水対策案の立案手法、新たな評価軸、総合的な評価の考え方等が示された。

具体的には、「今後の治水対策のあり方に関する有識者会議」が平成21年12月に発足し、12回に及ぶ討議を重ね、平成22年9月「中間とりまとめ」^{2・3)}を公表している。なお、中間とりまとめ以降、平成28年8月の第36回会議まで継続審議されている。中間とりまとめでは、今後の治水対策の方向性が示されており、財政面等の社会情勢の変化のほか、河川整備の進め方として、「河川整備の長期的な目標としては、河川整備基本方針において計画高水流量等が設定されているが、その長期的な目標が達成されるまでの具体的な事業に関しては、河川整備基本方針と整合性のとれた中期的な整備目標を持つ河川整備計画が定められ、その目標に対する治水安全度の確保と災害軽減を図るための事業が実施される。その過程において、事業の進捗に伴う段階的効果の発現を評価し、必要に応じて見直しを行うものとされている。また、事業の遂行が財政上の理由等で大幅に遅れるおそれもあることから、財政事情を勘案して実現可能な事業内容を適切に検討し、その見直しも含めて事業の効果を評価することが重要である。その際には、治水安全度に関する指標を住民にわかりやすく提示し、理解を深めるよう努めることが重要である。」とされている。

このことから、河川計画の基本となり、水系ごとに治水、利水、河川環境の観点から、将来の河川のあるべき姿や河川整備の方針を定める河川整備基本方針は、「中間とりまとめ」に基づき、治水代替案、利水代替案の検討を実施し、河川整備の方針を整理している。特に治水代替案の検討項目では「河川を中心とした対策」の12項目、「流域を中心とした対策」の14項目の合計26項目が示され、計画段階評価を行う上で用いられている。

ただし、河川整備基本方針策定時には、「流域を中心とした対策」の14項目を検討するものの、「河川を中心とした対策」と比較して、河道のピーク流量の低減効果が少なく、河川管理者と関係機関が設定している計画規模、計画降雨量の考え方が異なるなどから、河川整備基本方針に位置付けられている事例が少ない。今後、「流域治水」を推進するうえでは、治水対策の1つとして位置付けが必要となると考えられる。

以上を踏まえ、「今後の治水対策のあり方について 中間とりまとめ 平成22年9月 今後の治水対策のあり方に関する有識者会議」の治水に係る概要を表-2.1.2にとりまとめた。

表-2.1.2 治水代替案26項目

方策			方策の概要
河川を中心とした対策	1	ダム(新規)	河川を横過して流水を貯留することを目的とした構造物。河道のピーク流量を低減。
	2	ダムの有効活用	既設ダムの洪水調節機能を向上し、河道のピーク流量を低減。
	3	遊水地	洪水の一部を貯留する施設。河道のピーク流量を低減。
	4	放水路	放水路により洪水の一部を分流。河道のピーク流量を低減。
	5	河道の掘削	河道の掘削により河道断面積を拡大。河道流下能力を向上。
	6	引堤	堤防を居住地側に移設し、河道を拡大。河道流下能力を向上。
	7	堤防のかさ上げ	堤防の高さを上げ、河道断面積を拡大。河道流下能力を向上。
	8	河道内樹木の伐採	河道に繁茂した樹木を伐採。河道流下能力を向上。
	9	決壊しない堤防	決壊しない堤防整備。避難時間を増加。
	10	決壊しづらい堤防	決壊しづらい堤防整備。避難時間を増加。
	11	高規格堤防	通常堤防より居住地側の堤防幅を拡大。洪水時避難地として活用。
	12	排水機場	排水機場により内水を河道に排水。内水被害を軽減。
流域を中心とした対策	13	雨水貯留施設	雨水貯留施設を設置。河道のピーク流量が低減される場合がある。
	14	雨水浸透施設	雨水浸透施設を設置。河道のピーク流量が低減される場合がある。
	15	遊水機能を有する土地の保全	遊水機能を有する土地を保全。河道のピーク流量が低減される場合がある。
	16	部分的に低い堤防の存置	部分的に高さの低い堤防を存置。河道のピーク流量が低減される場合がある。
	17	霞堤の存置	霞堤により洪水の一部を貯留。河道のピーク流量が低減される場合がある。
	18	輪中堤	輪中堤により洪水氾濫から防御。
	19	二線堤	堤防の居住地側に堤防を設置。堤防決壊時の氾濫拡大抑制。
	20	樹林帯等	堤防の居住地側に帯状の樹林を設置。堤防決壊時の氾濫拡大抑制。
	21	宅地のかさ上げ・ピロティ建築等	住宅の地盤をかさ上げ。ピロティ建築。浸水被害を軽減。
	22	土地利用規制	災害危険区域等を設定し、土地利用を規制。資産集中等を抑制し、被害を軽減。
	23	水田等の保全(機能向上)	水田等の保全により雨水貯留・浸透の機能を保全。水田治水機能の保持・向上。
	24	森林の保全	森林保全により雨水浸透の機能を保全。
	25	洪水の予測情報の提供等	洪水の予測・情報提供により被害の軽減。
	26	水害保険等	水害保険により被害額の補填が可能。

2.1.3 流域治水対策

(1)流域治水の概要

流域治水対策とは、近年の気候変動の影響による水災害の激甚化・頻発化等を踏まえ、堤防整備、ダム建設・再生などの対策をより一層加速するとともに、集水域(雨水が河川に流入する地域)から氾濫域(河川等の氾濫により浸水が想定される地域)の流域に関わるあらゆる関係者が協働して水災害対策を行う考え方である。ただし、これまでの治水対策に示したとおり、総合治水対策や今後の治水対策のあり方における「流域を中心とした対策」と大きく変わるものではなく、図-2.1.4のように基本高水ピーク流量を「河川を中心とした対策」で対応するものとなっている。現在、気候変動を考慮した河川整備基本方針等の見直しが進められているが、「河川を中心とした対策」は、多大な時間と費用を要するため、ハード整備を実施することを前提として、当面の気候変動による流出量の増大に対する対策、または、河川での対策が完了するまでの早期治水安全度向上施策を「流域を中心とした対策」で対応することが現実的である。

なお、流域治水対策のイメージ図においては、気候変動による流出量の増大を「流域を中心とした対策」として記載しているが、後述する二級河川本川水系のような氾濫域のほとんどが市街化区域、用途地域に指定されている都道府県管理の都市河川の場合、多大な費用が必要であり、かつ、背後地への社会的影響が大きいことから、基本高水ピーク流量までの対策が追い付いていない現状がある。このような状況下において、気候変動による流出量の増大を「流域を中心とした対策」とすることは、非現実的であり、基本高水ピーク流量への対応に「河川を中心とした対策」を見込み、本来の流域治水対策とすべきと考えられる。

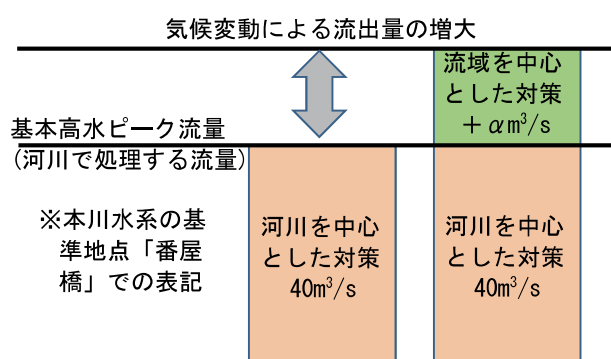


図-2.1.4 流域治水対策のイメージ図

(2)流域治水関連法の概要

(1)に示した流域治水対策を強力に推進していくために施行された法律が、「特定都市河川浸水被害対策法等の一部を改正する法律」であり、法的枠組みの整備が必要となるため、表-2.1.3に示す9法律を改正²⁴⁾している。

改正点として、流域治水を更に推進するため、特定都市河川の指定要件が緩和され、大都市部のみならず対象となる河川が拡大された。また、本川流域のように法河川区域全体が都市計画法上の用途地域に指定されている特定都市河川流域にとって、特に着目したい項目は、特定都市河川浸水被害対策法の「貯留機能保全区域制度の創設」、「浸水被害防止区域制度の創設」、ならびに、下水道法「計画降雨の下水道事業計画への位置づけ」、都市計画法の「開発の原則禁止の区域に浸水被害防止区域を追加」である。その理由としては、これまでの都市計画法に基づく街づくりと浸水対策に係る土地利用規制の関連性が重要となるためである。以上、治水対策の経緯と各種法案、な

らびに，後述する本川流域における特定都市河川指定までを図-2.1.5に示す．

表-2.1.3 各法律の変更点の概要

法律名	変更点
特定都市河川法	・特定都市河川の指定要件の見直し ・流域水害対策計画の充実，協議会制度の創設 ・地方公共団体や民間事業者による雨水貯留浸透施設の整備促進 ・<u>貯留機能保全区域制度の創設</u> ・<u>浸水被害防止区域制度の創設</u>
河川法	・利水ダム等の事前放流に係る協議会制度の創設 ・国土交通大臣による権限代行対象の拡充
下水道法	・<u>計画降雨の下水道事業計画への位置付け</u> ・民間による雨水貯留浸透施設整備に係る計画認定制度の創設 ・樋門等操作規則の策定制度の創設
水防法	・洪水浸水想定区域の指定に係る対象河川拡大等 ・要配慮者利用施設の利用者に係る避難確保措置の見直し
土砂災害法	・要配慮者利用施設の利用者に係る避難確保措置の見直し
都市計画法	・<u>開発の原則禁止の区域に浸水被害防止区域を追加</u> ・一団地の都市安全確保拠点施設制度の創設 ・地区レベルの防災性を向上させるための地区計画制度の拡充
防災集団移転措置法	・エリア要件の拡充，事業の担い手の拡充 ・住宅団地の整備対象の拡充
都市緑地法	・特別緑地保全地区の緑地の指定要件の追加 ・緑地における雨水貯留浸透施設の整備等を「流域水害対策計画」に記載する場合の都市緑地法の特例（手続の迅速化）
建築基準法	・浸水被害防止区域内における建築規制の追加

※特定都市河川法：特定都市河川浸水被害対策法

※土砂災害法：土砂災害警戒区域における土砂災害防止対策の推進に関する法律

※防災集団移転措置法：防災のための集団移転促進事業に係る国の財政上の特別措置等に関する法律

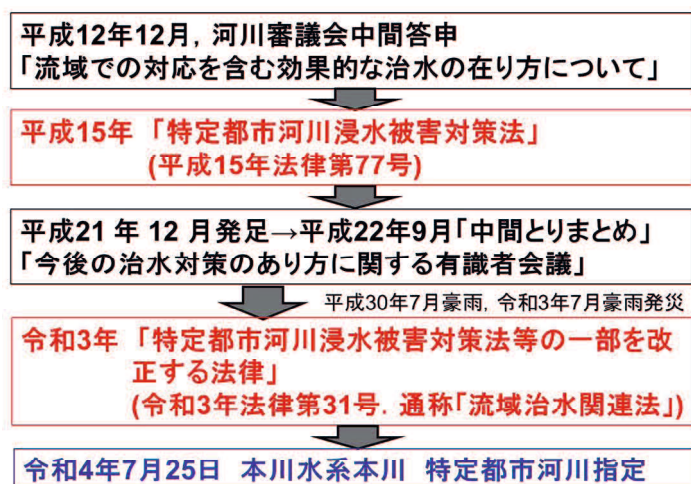


図-2.1.5 治水対策の経緯と本川流域の指定

2.2 計算モデルと適用性

本研究では、二級河川本川水系をモデル河川として、市街化区域・用途地域のみが氾濫域となる河川の流域治水の在り方について、論じるものである。この場合、河川と氾濫域である下水道排水区からの流出量を一体として取り扱う必要があり、流出量を境界条件として氾濫解析を行うことにより、河川と下水道の整備に対する影響を把握する必要がある。

具体的には第3章に河川と下水道の整備に対する影響量を示すものとするが、第2章においても氾濫解析結果を示すため、本項ではモデルの概要を示すとともに他水系での適用実績等を踏まえ、モデルの妥当性を論じるものとする。なお、境界条件となる流出量を貯留関数モデル、氾濫解析として氾濫域を平面二次元解析モデルで解析するものとする。

2.2.1 貯留関数モデルの概要

貯留関数法は、貯留高と流出高との間に比較的簡易な式で非線形性を表現した手法である。また、山地流域の流域貯留や低平地部の緩勾配河道の河道内貯留を考慮できる手法である。運動方程式は、洪水流出が表面流であるとして、「Manningの流れの式」より流域または河道の貯留量 S をその流出量 Q の指数型関数とし、以下のような運動方程式で表現される。

流域又は河道内貯留の概念図を図-2.2.1に示す。

$$S = Kq^P \quad (2-1)$$

ここで、 S ：貯留高(mm/hr)、 q ：流出高(mm/hr)

K, P ：流域又は河道定数

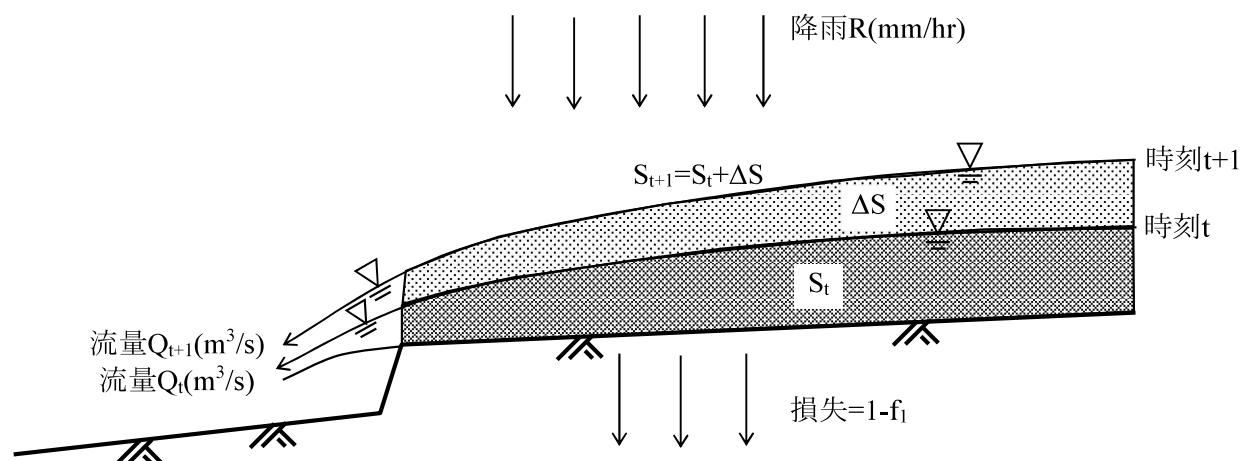


図-2.2.1 流域又は河道内貯留の概念図

また、流域の貯留量に対する連続の方程式は以下のように表すことができる。

$$R - q = S \quad (2-2)$$

$$\Delta R - \Delta q = \Delta S \quad (2-3)$$

ここで、 R ：流域平均雨量(mm/hr)

さらに，(2-1)式と(2-3)式を組合せることにより，流域流出量を算出することができる．ただし，(2-4)式は代数的に解けないため，通常，収束計算を行う．

$$R(t+1-Tl) - \frac{q(t+1)+q(t)}{2} = S(t+1) - S(t) = K(q(t+1)^P - q(t)^P) \quad (2-4)$$

ここで， Tl ：遅滞時間

流出高(mm/hr)より，流量(m^3/s)への次元変換は，以下のとおりであり，貯留関数法の概念図を図-2.2.2に示す．

$$Q = \frac{1}{3.6} \times A \times q \times f_1 \quad (2-5)$$

ここで， Q ：流量(m^3/s)， f_1 ：一次流出率

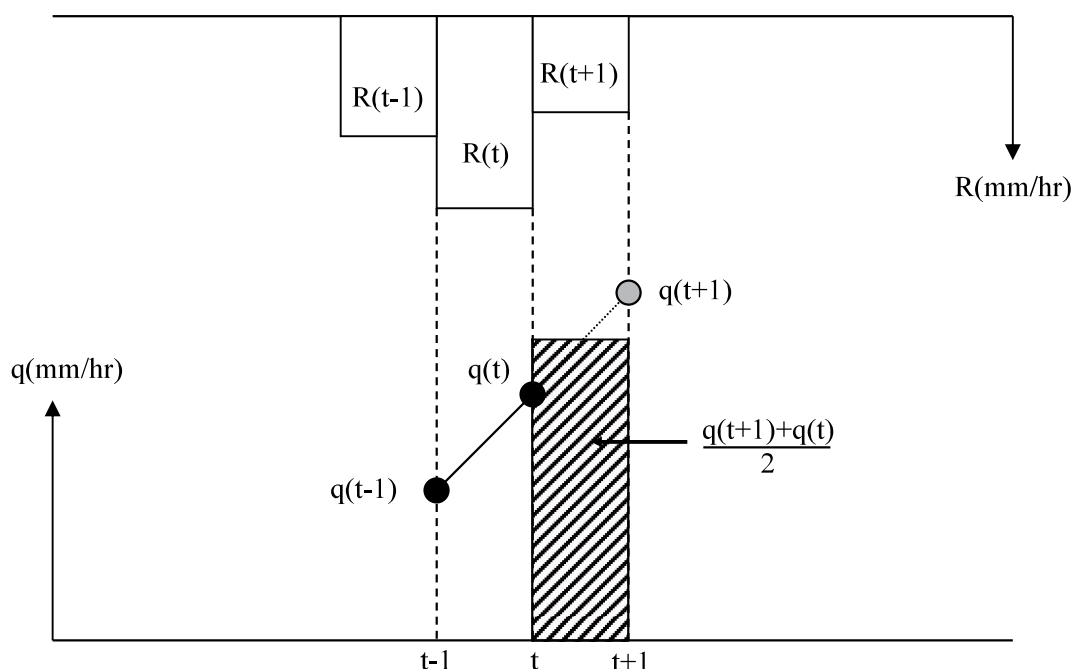


図-2.2.2 貯留関数法の概念図

貯留関数法では，流出率 f は流域平均雨量 R にかかる係数ではなく，流域面積 A にかかる係数であると考える．すなわち，降雨初期には $f=f_1$ (一次流出率) として， $f_1 \times A$ の面積 (流出域) だけで流出が発生するとし，累加雨量が R_{sa} (飽和雨量) を超えると f_{sa} (飽和流出率=1) となって，残りの $(1-f_1) \times A$ の部分 (浸透域) から R_{sa} 以降の降雨によって流出が発生する．

流出域と浸透域の概念図を図-2.2.3に示す．

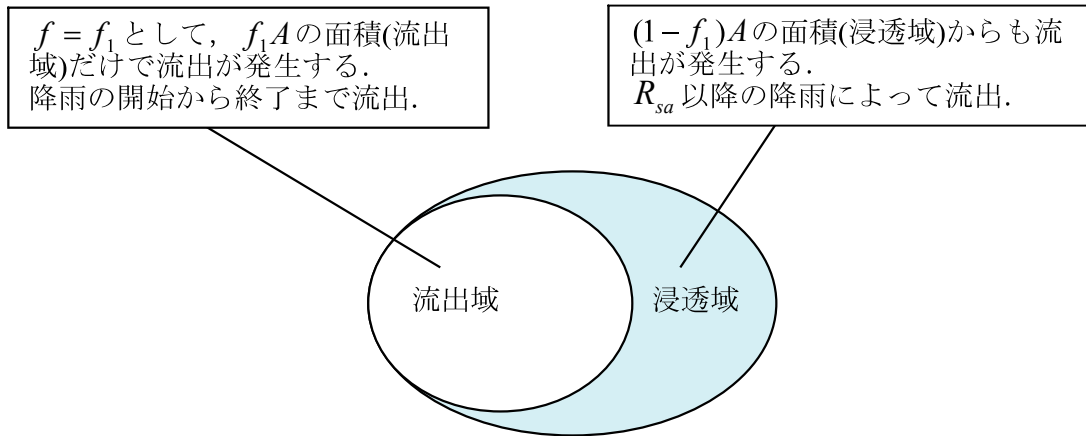


図-2.2.3 流出域と浸透域の概念図

(1)流域分割ならびに河道分割

流域分割については、分割する流域が大き過ぎると流域内の地形や地質条件が適切に考慮されない場合や、河道が長くなることによる河道流下の影響(流域平均雨量の時間ずれ等)が現れるため、流域の貯留関数に無理が生じる。このため、一定精度を確保する目的から降雨の観測精度(1時間)に相当する流域分割の大きさとして、約100km²を目安として分割することが望ましいとされている。

また、河道分割は、流域分割に対応して必要となる河道群を設定するものである。

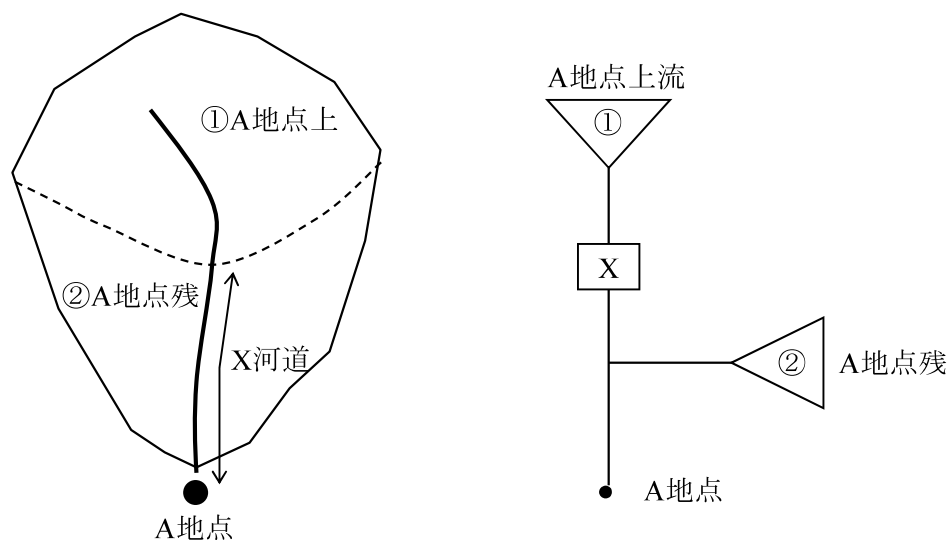


図-2.2.4 流出モデル

(2)流域定数K,P,PI

貯留関数法はいわゆる集中型モデルであり、K,P,PIは一般に洪水規模(降雨強度)によって、多少変化するものと考えられている。流域定数の設定手法は、以下の手法が代表的である。

■リザーブ定数による方法

$$K = 43.4CI^{-1/3}L^{1/3} \quad (2-6)$$

$$P = \frac{1}{3} \quad (2-7)$$

ここに、 C ：流域粗度、 I ：流域の平均勾配、 L ：流路延長(km)

※流域定数Pの根拠

リザーブ定数による方法においては、洪水流を層流と仮定し、ニュートン粘性法則に従っている。

$$Q = ch^3 \quad (2-7.1)$$

$$h = \left(\frac{1}{c}\right)^{1/3} Q^{1/3} \quad \text{つまり、} S = KQ^{1/3} \Rightarrow P = \frac{1}{3} \quad (2-7.2)$$

■等価粗度を用いた方法

$$K = 7.35 \left(\frac{NL}{I^{1/2}} \right)^{0.6} \quad (2-8)$$

$$P = 0.6 \quad (2-9)$$

ここに、 N ：等価粗度係数、 I ：流域の平均勾配、 L ：流路延長(km)

※流域定数Pの根拠

等価粗度を用いる方法においては、洪水流を乱流と仮定し、マンニングの法則に従っている。

$$V = \frac{1}{n} i^{1/2} R^{2/3} \quad (2-9.1)$$

$$Q = AV = \frac{A}{n} i^{1/2} R^{2/3} \quad (2-9.2)$$

ここで、 $s \doteq B$, $A = Bh$ より

$$R = \frac{A}{s} \doteq h \quad (2-9.3)$$

$$Q = \frac{B}{n} i^{1/2} h^{5/3} \quad (2-9.4)$$

$$h = \left(\frac{n}{Bi^{1/2}} \right)^{3/5} Q^{3/5} \quad \text{つまり、} S = KQ^{3/5} \Rightarrow P = 0.6 \quad (2-9.5)$$

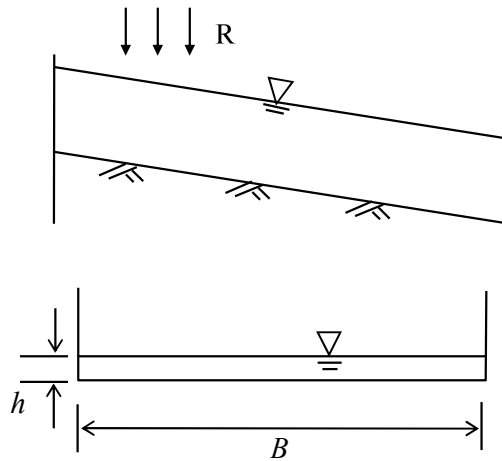


図-2.2.5 マニングの法則

■山地河川の経験式による方法(遅滞時間 T_l)

$$T_l = 0.047L - 0.56 \quad (L > 11.9\text{km}) \quad (2-10)$$

$$T_l = 0.0 \quad (L \leq 11.9\text{km}) \quad (2-11)$$

ここに、 L : 流域最遠点から懸案地点までの距離(km)

(3)その他定数

一次流出率 f_1 や飽和雨量 R_{sa} 等は流域固有のものではなく、洪水時の湿潤状況等、各洪水によって流出状況が異なるため、洪水ごとに設定する必要がある。よって、定数解析において、洪水毎に算定するのが一般的である。

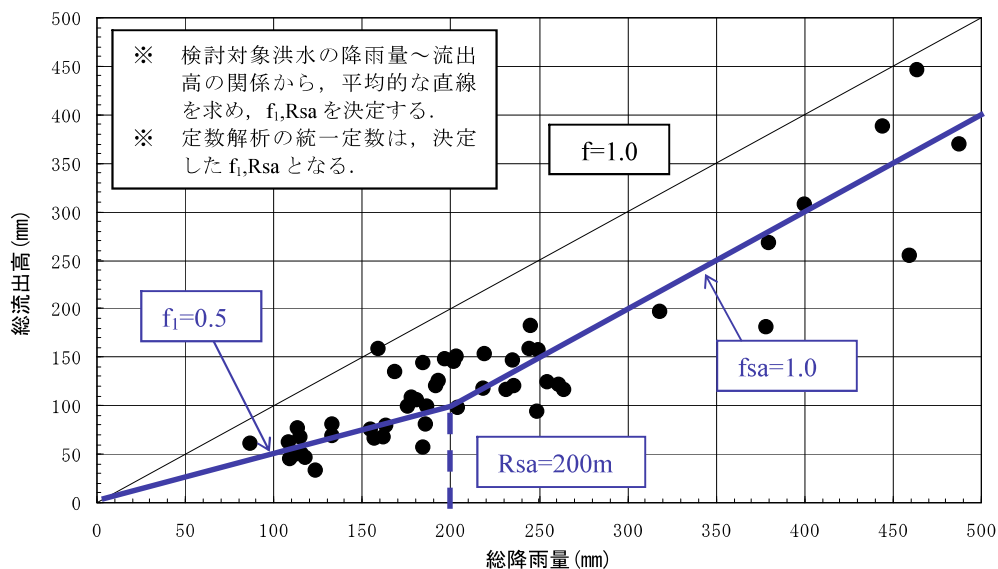


図-2.2.6 一次流出率 f_1 ，飽和雨量 R_{sa} の決定手法(例)

(4)河道定数K,P, T_l

河道の貯留関数は、流域流出量の算定の場合と同様に以下のような運動方程式で表現される。河道内貯留の概念図を図-2.2.7に示す。

$$S = KQ^P - TlQ \quad (2-12)$$

ここで、 K, P は河道定数、 Tl は河道の遅滞時間

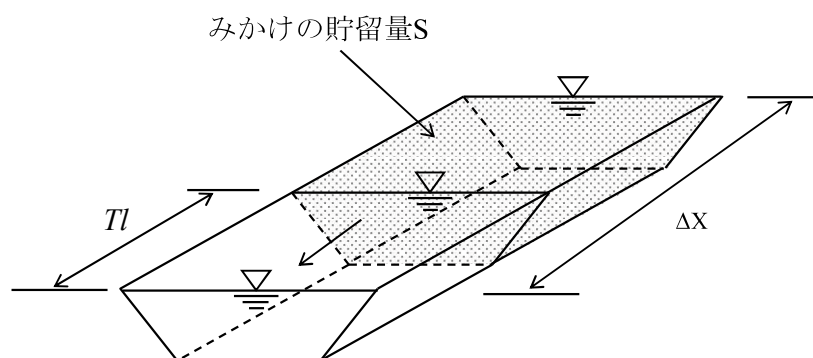


図-2.2.7 河道内貯留の概念図

河道定数 K, P は河道断面を用いた不等流計算などにより、任意の流量 Q に対する貯留量との関係から決定される。河道貯留関数による河道下流端流量の算出は、時々刻々の河道貯留を見込みながらその時点での河道上流端からの流量の変化を計算しているものである。このため、実際の流量ハイドロの遅れを見込んでいるわけではない。よって、その効果を別途加える必要があり、流域流出量の場合と同じく遅滞時間に相当する時間ステップだけデータをずらすことにより、時間ずらしを行った河道上流端流量に対し河道貯留効果の計算を行い、河道下流端流量を算出している。この遅滞時間のことを特に Tl_z と表記しているが、基本的には河道の遅滞時間 Tl と同じ値を用いている。

河道定数の設定手法は、以下の手法が代表的である。

■ $S \sim Q$ ループ解析による方法

前述したとおり、河道定数 K, P は河道断面を用いた不等流計算などにより、任意の流量 Q に対する貯留量との関係から決定される。よって、貯留量と流出量の関係を両対数紙上にプロットし、最小二乗法により定数 K, P を設定する。

$$S = KQ^P - TlQ \div K'Q^{P'} \quad (2-13)$$

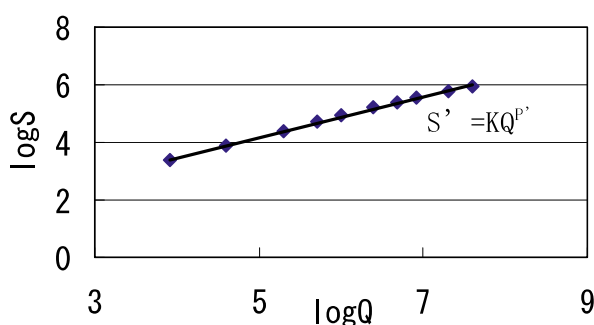


図-2.2.8 河道定数の設定

■経験式による方法(遅滞時間 Tl)

$$Tl = 7.36 \times 10^{-4} LI^{-1/2} \quad (2-14)$$

ここに、 L : 河道延長、 I : 河道平均勾配

※貯留関数河道と遅らせ河道の選定

貯留関数法においては、河道の貯留効果を見込む場合(貯留関数河道という)と、前述した Tl_2 のみを見込む場合(遅らせ河道という)がある。これは、河道の貯留効果(貯留量と流量の関係)を考慮して、判断する必要がある。

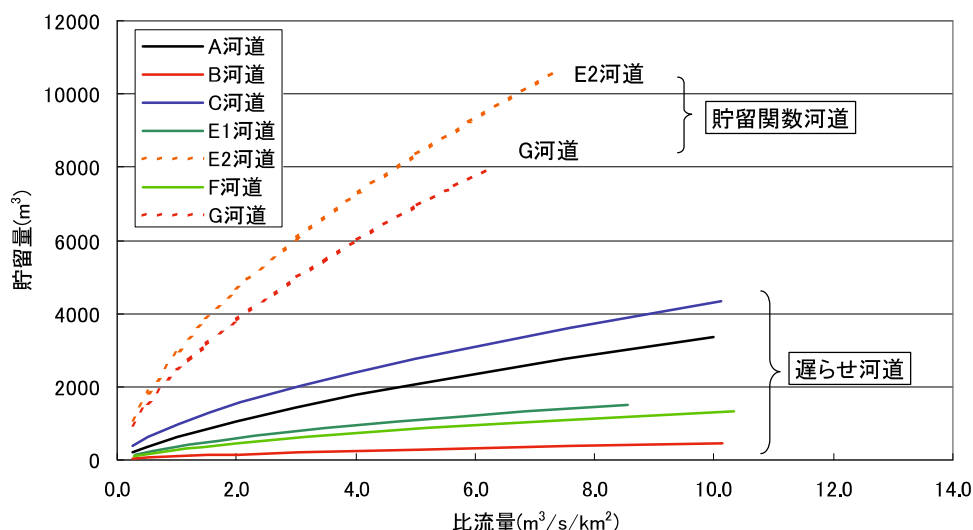


図-2.2.9 貯留関数河道と遅らせ河道の区分

(5)定数解析

貯留関数モデルの検証計算(定数解析)は、一般的に比較的規模の大きい複数の洪水を対象に流出計算を行い、実測のハイドログラフとの比較、検証、修正を繰り返すことにより、モデル定数を設定するものである。表-2.2.1に各種定数の性質を示す。

表-2.2.1 各種定数の性質一覧

定数	変化	ピーク流量	波形	ピーク時刻	特徴
K	大	小さくなる	なだらかとなる	遅くなる	波形の全体的な一致に適する。
	小	大きくなる	尖鋭となる	早くなる	
P	大	小さくなる	なだらかとなる	遅くなる	波形の全体的な一致に適する。
	小	大きくなる	尖鋭となる	早くなる	
Tl	大	変化なし	変化なし	遅くなる	ピーク生起時刻の一致に適する。
	小	変化なし	変化なし	早くなる	
f l	大	やや大きくなる	やや大きくなる	やや早くなる	ハイドロの立上り部を一致させるのに適する。
	小	やや小さくなる	やや小さくなる	やや遅くなる	
Rsa	大	やや小さくなる	やや小さくなる	やや遅くなる	流域の湿潤状態の差異を表現するのに適する。
	小	やや大きくなる	やや大きくなる	やや早くなる	

(6)貯留関数モデルの適用性

本研究で用いる貯留関数モデルは、国土交通省管轄の一級河川や広島県などの二級河川における河川整備基本方針、河川整備計画の流出解析手法として、幅広く用いているモデルである。

また、図-2.2.10に示すとおり、他水系でも数多く用いているものであり、実績流量に対して計算流量が概ね再現できるモデルであると考えられ、本研究の流出量の算定に用いるものモデルとして、貯留関数モデルは妥当である。

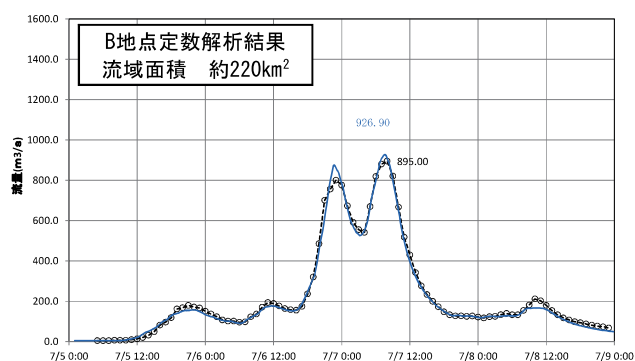
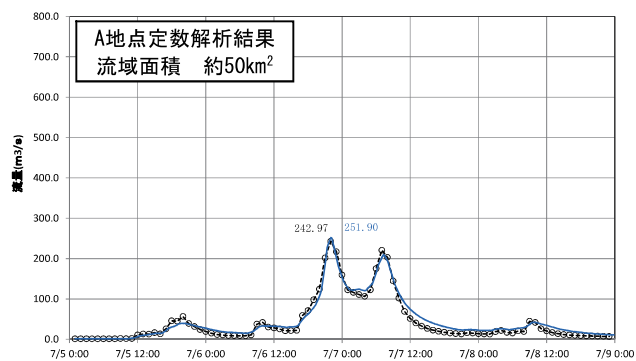
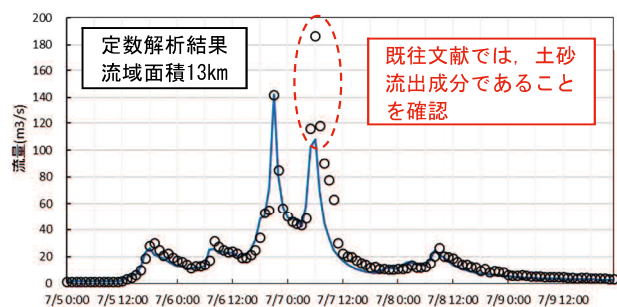


図-2.2.10(1) 貯留関数モデルの妥当性(X水系の事例_平成30年7月豪雨)



平成30年7月豪雨では、土砂や流木の流出が野呂川ダムおよびダム下流側の河川氾濫に与えた影響を考察した結果を報告している。

- ・野呂川ダム、野呂川、中畑川は土砂や流木の堆積が主な被災原因
- ・野呂川ダムへの流入量(2山目)は、土砂流出成分と降雨流出成分に分類し、流入量を算定
- ・貯留関数モデルでは、降雨成分のみを同定

図-2.2.10(2) 貯留関数モデルの妥当性(野呂川水系野呂川ダム_平成30年7月豪雨)²⁻⁵⁾

2.2.2 氾濫解析モデルの概要

氾濫解析モデルは、河川(河道)・下水道(水路)とはん濫原を一体とした平面二次元不定流モデルを用いるものとする。本モデルは湾曲している河道の流れを表現できるほか、広い範囲で越水が発生しており、河道・堤防・堤内地を二次元モデルと設定し、越水も含めて全体を流れとして解析することができ、洪水浸水想定区域図等の解析で用いられるモデルである。

二次元不定流解析モデルの計算フローは図-2.2.11に示すとおりであり、計算時間間隔は、計算が安定する範囲で最大の計算時間間隔を設定するものとし、他河川事例を含めて、計算が安定する計算時間間隔(0.1秒)を採用している。

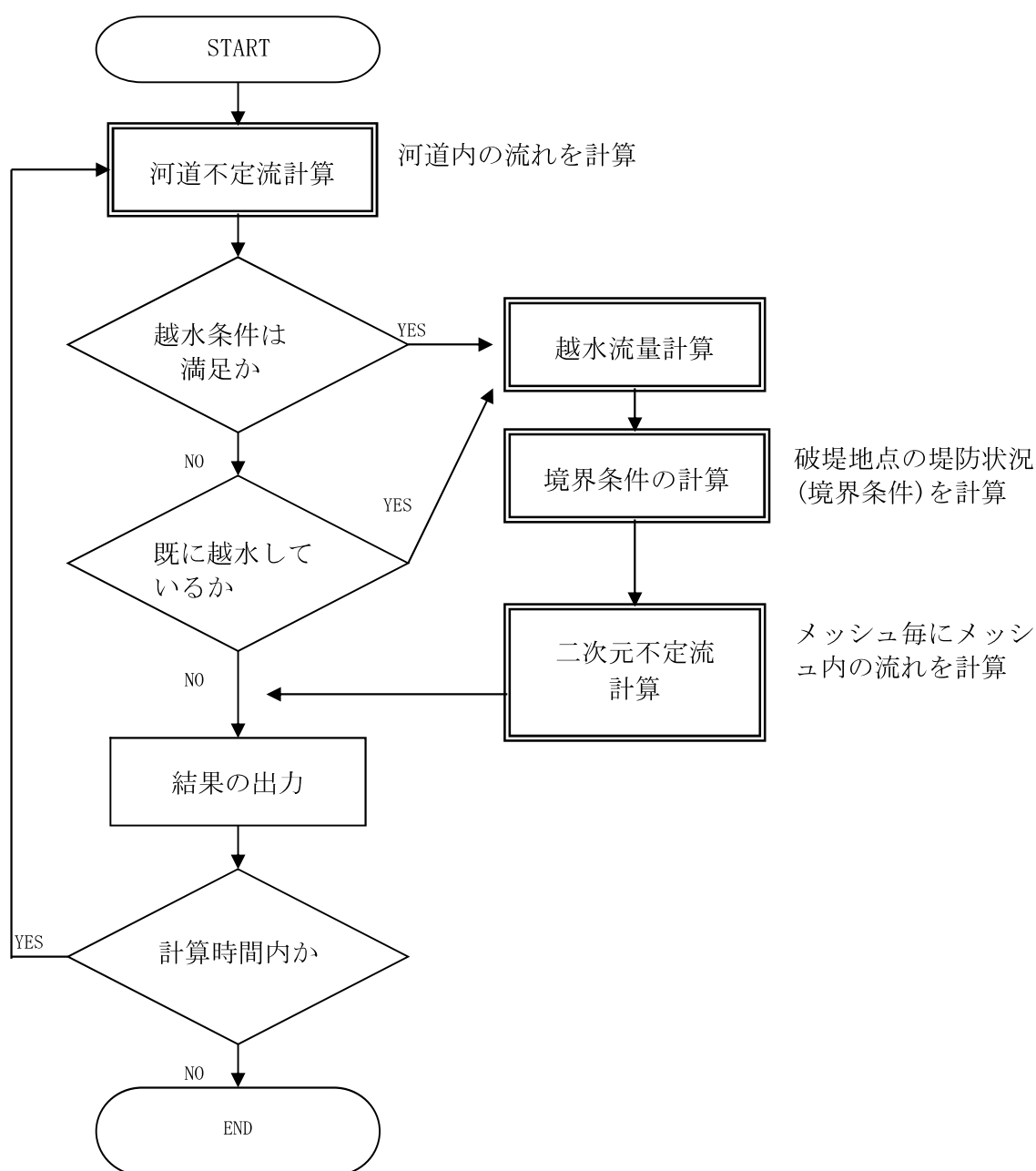


図-2.2.11 平面二次元不定流計算フロー

(2) 氾濫解析手法

氾濫解析は、「氾濫シミュレーション・マニュアル(案)ーシミュレーションの手引き及び新モデルの検証，建設省土木研究所，平成8年2月」²⁻⁶⁾に準拠し，以下のとおりとした。

■河道追跡モデル

河道の一次元不定流解析の基礎式は以下のとおりである。

$$\text{運動式：} -I_0 + \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{a}{2g} \cdot \frac{\partial v^2}{\partial x} + \frac{f'}{2g} \cdot \frac{v^2}{R} + \frac{1}{g} \cdot \frac{\partial v}{\partial t} = 0 \quad (2-15)$$

$$\text{連続式：} \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q \quad (2-16)$$

ここに， I_0 ：河床勾配

h ：水深(m)

v ：平均流速(m/s)

α ：エネルギー補正係数

q ：横流入量(m³/s/m)

g ：重力の加速度(9.8m/s²)

f' ：マニング式では $f'=2gn^2/R^{1/3}$

A ：流水断面積(m²)

Q ：流量(= $A \cdot v$ m³/s)

R ：径深(m)

X ：距離(m)

t ：時間(sec)

■横越流量計算モデル

正面越流量 Q_B は(2-17)式により求めるものとする。横越流量，または，溢水量は河床勾配(I)による係数を乗じたものとなる。

$$\left. \begin{aligned} \frac{h_2}{h_1} < \frac{2}{3} \text{ のとき } Q_B &= 0.35h_1B\sqrt{2gh_1} && \text{(完全越流)} \\ \frac{h_2}{h_1} \geq \frac{2}{3} \text{ のとき } Q_B &= 0.91h_1B\sqrt{2g(h_1-h_2)} && \text{(潜り越流)} \end{aligned} \right\} \quad (2-17)$$

ただし， h_1 ， h_2 ：河道又はメッシュの水深

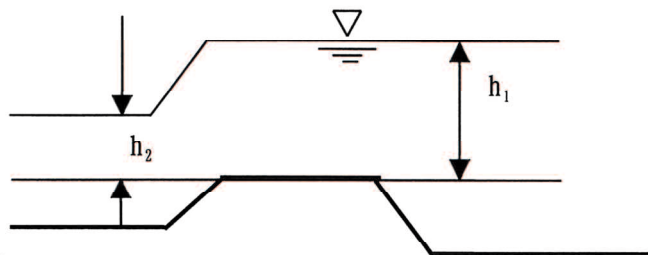


図-2.2.12 横越流模式図

(2-17)式より求まる Q_B は、河道洪水追跡においては単位長さ当りの横流入(出)量 q に、また、氾濫流の追跡では流量フラックス M 、 N に改め、流れの連続性を表現する。

■氾濫流追跡モデル

(2-18)、(2-19)式に示される二次元平面流れの式、及び(2-20)式の連続条件を用いる。

- ・ x 方向運動量式

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(uM) + \frac{\partial}{\partial y}(vM) = -gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{1}{\rho} \tau_{bx} \quad (2-18)$$

- ・ y 方向運動量式

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(uN) + \frac{\partial}{\partial y}(vN) = -gh \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{1}{\rho} \tau_{by} \quad (2-19)$$

- ・ 連続式

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \quad (2-20)$$

なお、氾濫流追跡モデルにおいては計算上、取り扱いに注意を要する問題として氾濫流の段落ち、段上がり、及び氾濫水の先端の問題がある。これらはそれぞれ以下のように対処する。

- ・ 段落ち

隣り合うメッシュの地盤高が著しく異なる場合、水深が浅いときには水面が不連続となるため、流量フラックスを次式のように段落ち流れにより求める。

$$|N_{j+1/2,J}| \text{ or } |M_{i-1/2,J+1/2}| = \alpha \cdot h_{i-1/2,j+1/2} \sqrt{g \cdot h_{i-1/2,j+1/2}} = \alpha \cdot g^{1/2} \cdot h_{i-1/2,j+1/2}^{3/2} \quad (\alpha : 0.35) \quad (2-21)$$

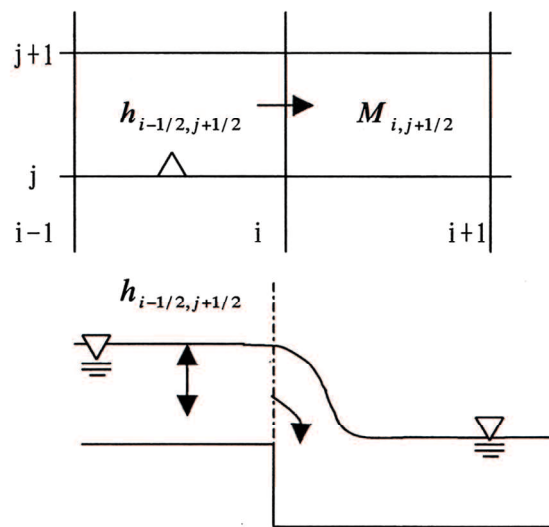


図-2.2.13 段落ち流の概念図

絶対値は水位や地盤の高低等の状態により流れの方向を定めるため、符号を考慮することを意味している。

- ・段上がり処理

地盤高の低い格子の水が次第に湛水して、それよりも高い地盤にまで増水して溢水するような場合は段上がり条件となる。この場合、水面は連続であるが差分計算では不都合が生じやすい。これは水深の比が大きいために運動量式の非線形項が氾濫部の解を発散させることによるものである。

この場合には地盤高の高い方から測った水深を用い、メッシュ間の水面勾配から流量フラックスを計算した。

$$M_{i,j+1/2} = \frac{(h_{i-1/2,j+1/2} + h_{i+1/2,j+1/2})^{5/3} \cdot (|H_{i-1/2,j+1/2} - H_{i+1/2,j+1/2}| / \Delta x)^{1/2}}{2^{5/3} \cdot n} \quad (2-22)$$

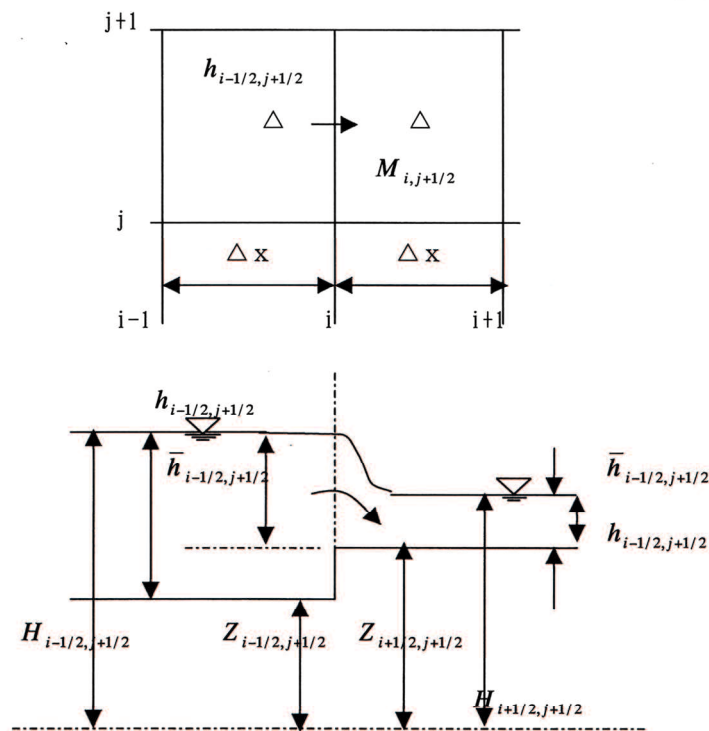


図-2.2.14 段上がり流の概念図

$$\text{ここに, } \bar{h}_{i+1/2,j+1/2} = H_{i+1/2,j+1/2} - |Z_{i-1/2,j+1/2} - Z_{i+1/2,j+1/2}|$$

ただし、簡略式を多用すると慣性項が考慮されないため、氾濫水の動きが無秩序になりやすいことに注意を要する。

- ・氾濫水の先端処理

本研究では、氾濫水の先端条件は下記のように扱う。

- 堤内地における氾濫水の挙動を、数値計算によって巨視的に追跡するものであるため、氾濫水の全体の挙動に大きな影響を持つとは考えられない先端部の取り扱いについては、複雑な方法を採用することは計算法全体から見れば、精粗のバランスを欠き好ましい方法とはいえない。したがって、ある微小な水深の基準値(ε)を 0.001m に採る。
- 周囲の水位より地盤では、前回の時間ステップで、その格子の水深が ε になっていれば流入・流出フラックスはないものとする。

- 水深が ε 以下の格子から流出するフラックスが計算された場合は、この流量フラックスを 0 とおく.
- 計算された水深が負の場合にはこれを 0 とおく.

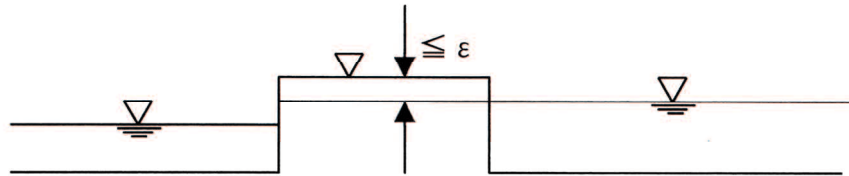


図-2.2.15 先端距離

■計算時間間隔の設定

計算が安定する範囲で最大の計算時間間隔を設定するため、異なる計算時間間隔で計算を行い、安定していた時間を採用する。本研究においても、内外水一体型氾濫解析モデルでは0.1秒を採用した。

(3)平面二次元不定流計算モデルの適用性

本研究で用いる平面二次元不定流計算モデルの考え方は、前項で示したとおりであるが、本川の場合、流量観測所がなく、水位観測所も1観測所のみであることから、貯留関数モデルの流量再現結果の妥当性も氾濫解析による浸水域の再現性に依存することになる。

以上より、平面二次元不定流計算モデルの適用性は、本研究の確度を確認する重要な要素となるため、河道モデルと連結して氾濫現象を確認している他流域での検証結果を示すものとする。なお、貯留関数モデルと同様に、当該モデルは国土交通省管轄の一級河川や広島県などの二級河川における河川整備基本方針、河川整備計画で幅広く用いているモデルであり、洪水浸水想定区域図、費用対効果分析などに活用されている。また、河川水位や浸水範囲、浸水深の実績に対して計算値が概ね再現できるモデルであると考えられ、平面二次元不定流計算モデルとしては妥当である。

■野呂川水系野呂川の再現計算

平面二次元不定流計算モデルを用いた既往文献として、著者ら²⁻⁵⁾は野呂川流域の氾濫モデル(平面二次元不定流計算モデル)を構築している。当該モデルは本川モデルと同様に計算格子(メッシュ)間隔を10mとし、各河川の被災状況を踏まえ、野呂川は土砂堆積を踏まえた河道、中畑川は橋梁地点の流木による障害を踏まえた河道を設定し、野呂川ダムで検証した7月7日5:00を条件として、河川に流出した土砂等の影響の有無(堆積前、堆積後)河道を設定している。さらに、流域内に存在する排水ポンプ施設2箇所(月見公園ポンプ場：5.83m³/s、浦尻ポンプ場：5m³/s)の運用を設定し、中畑川3箇所の堤防決壊時間は、地元住民への聞き取り調査結果を採用している。

その結果、貯留関数モデルによる流量計算と平面二次元不定流計算(氾濫計算)を実施し、図-2.2.15に示すとおり、氾濫範囲、浸水深、河道内水位と痕跡水位が一致することを確認している。

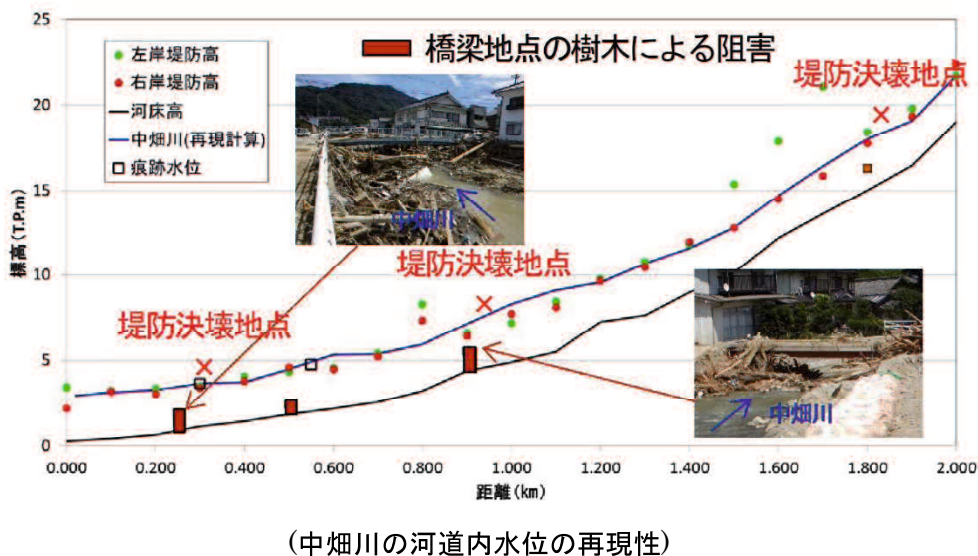
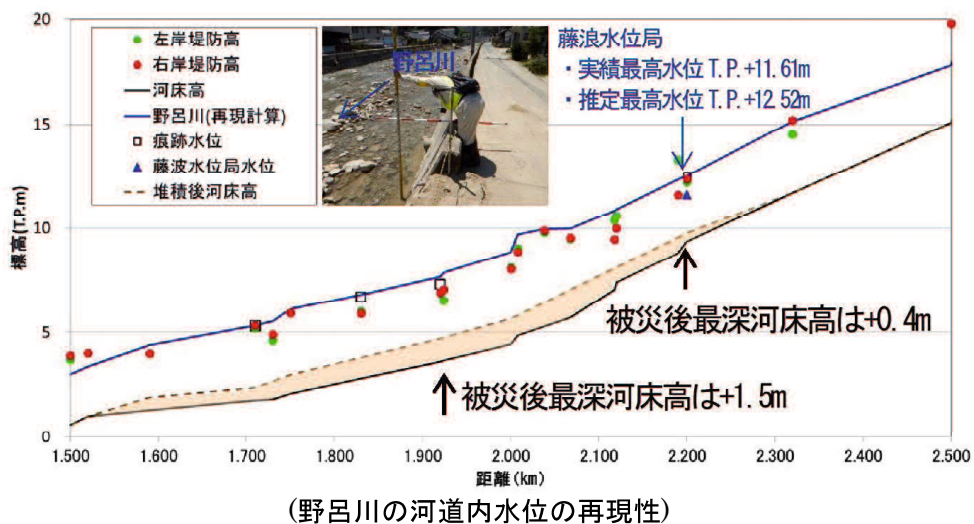
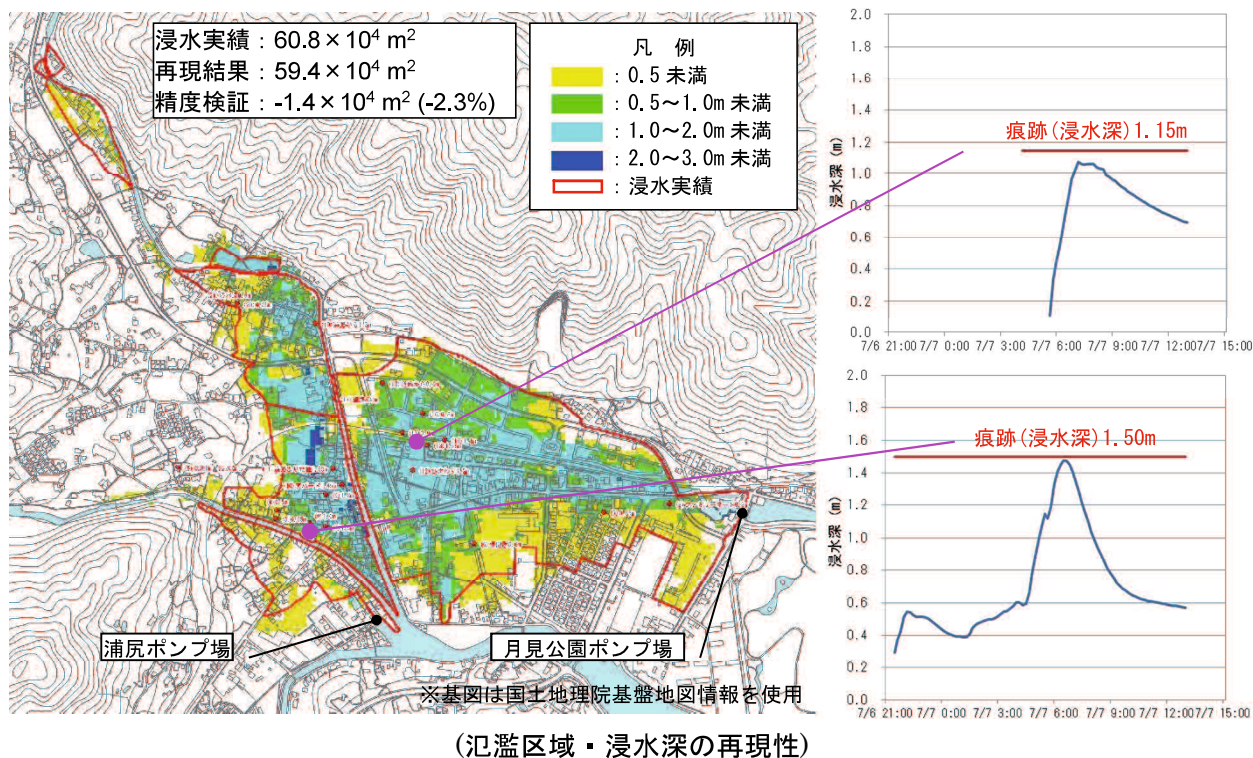


図-2.2.15 平面二次元不定流計算モデルの妥当性(野呂川水系野呂川ダム_平成30年7月豪雨)²⁻⁹⁾

■その他流域での再現計算

広島県では平成30年7月豪雨を踏まえ、他河川でも数多く、内外水被害に対する平面二次元不定流計算モデル(内外水一体型氾濫解析モデル)を構築している。本事例をもとに、河川整備計画の変更を行い、排水機場の整備を行っている河川も多い。

本川モデルでは氾濫原が1ブロックとなっているが、他河川では河川中流部、河川下流端に2箇所の排水機場があり、内外水位の実績水位をもとに同定を行っている。その結果、野呂川水系と同様に、貯留関数モデルによる流量計算と平面二次元不定流計算(氾濫計算)を実施し、図-2.2.16に示すとおり、排水機場内水位の実績値と計算値が概ね一致することを確認している。なお、氾濫区域に関して概ね整合が図られているが、浸水深や浸水範囲は不確定要素が多く、氾濫現象を再現しながら排水機場の内水位が一致していることを示すものである。

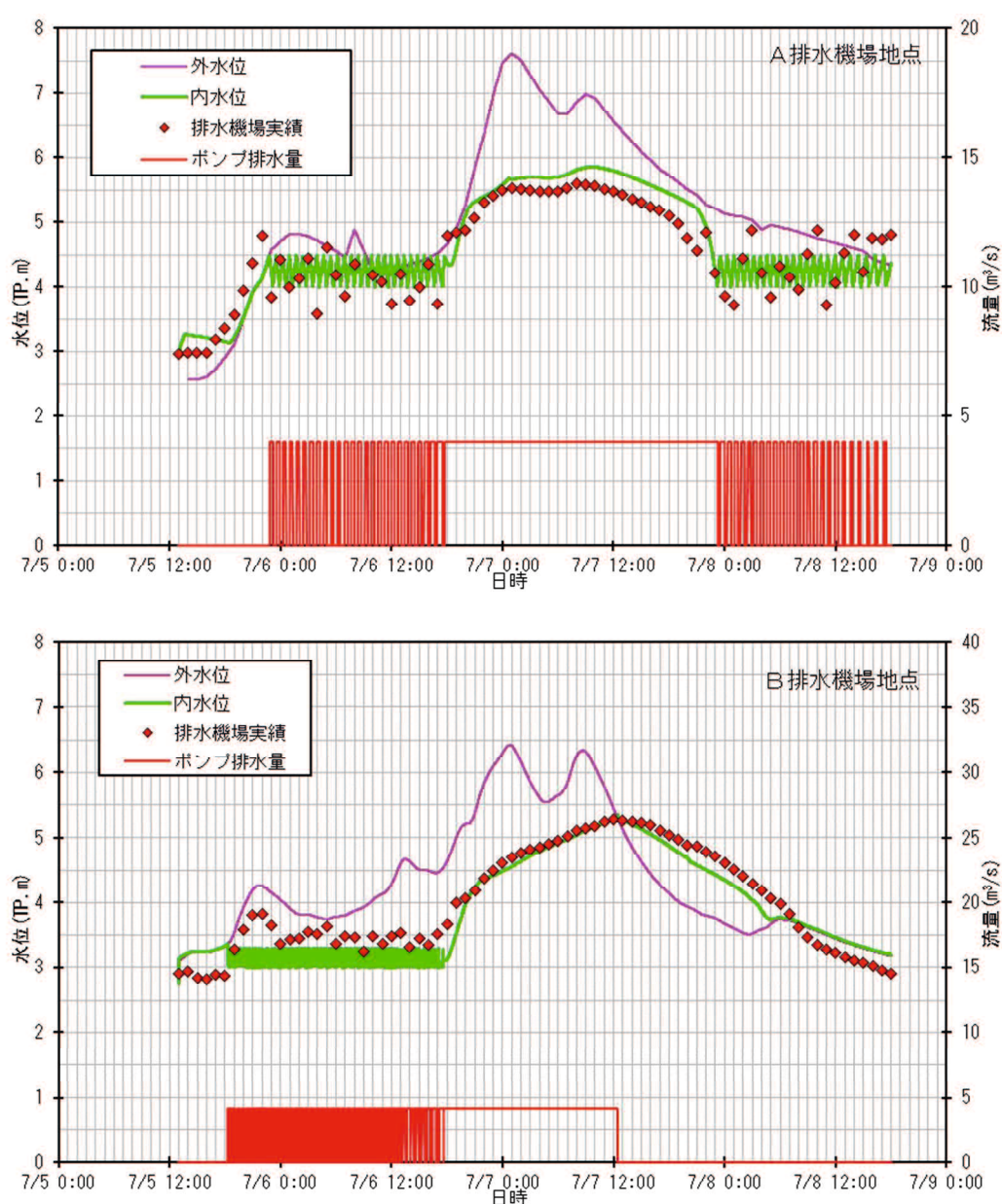


図-2.2.16 平面二次元不定流計算モデルの妥当性(他河川事例の内水位_平成30年7月豪雨)

2.3 本川流域の概要と治水対策

2.3.1 本川流域の概要

本川は図-2.3.1に示すとおり、広島県沿岸部のほぼ中央に位置する流域面積6.8km²、流路延長2.3kmの二級河川である。その流れは、竹原市城山(標高351.0m)に発し、途中、支川高下谷川、田ノ浦川を合流しながら隣接する二級河川賀茂川と平行するように南流し、竹原市街地を貫流しながら瀬戸内海に注いでいる²⁻⁷⁾。

本川流域の特性として、山地を除く氾濫原ではその6割以上が宅地となっており、本川左右岸の氾濫原は下水道排水区²⁻⁸⁾でもある。下水道排水区の内訳は、流域内では右岸側が中通排水区、左岸側が本川排水区であり、下水道整備により流域外となった区域ではあるが、右岸側下流部は中央排水区となっている。中通排水区、本川排水区の流出先は本川となっており、中通排水区が自然流下の水路、本川排水区が排水機場による強制排水である。特に、中通排水区の現状は、雨水排水路がいくつもの水路と合流・分流を繰り返し、一部は流域外の中央排水区へ流下している特性がある。また、中通排水区の主要な排水路は本川へ自然流下しているため、本川水位が上昇すると背水影響を受けて流入できず、結果的に中央排水区への流下が顕著になる特性も有している。以上より、本川の河川流量は下水道排水区の流出量に大きな影響を受け、内水域では本川の河川水位の影響により、内水氾濫の常襲地帯となっている。

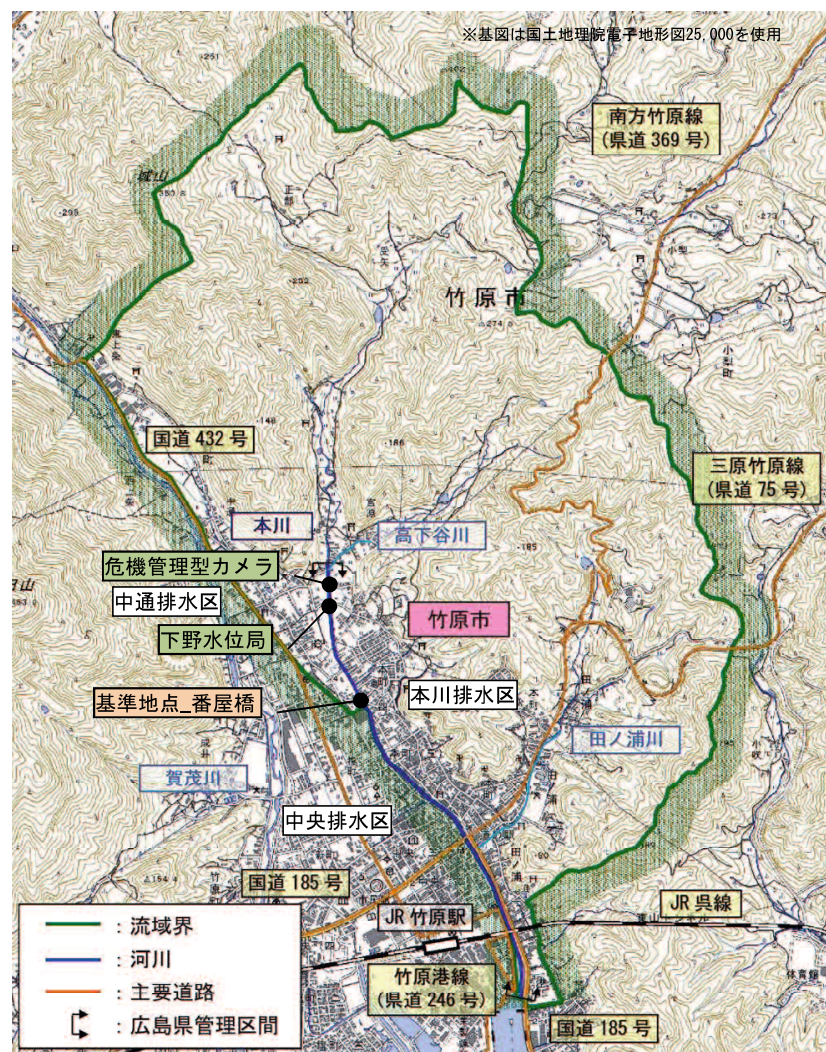


図-2.3.1 本川水系の流域概要図²⁻⁷⁾

2.3.2 本川の治水計画

(1)河川整備基本方針の概要

本川流域の関係自治体は竹原市のみであるが、竹原の塩田は昭和35年に塩田整備法で廃止されるまで300余年、竹原の経済・政治・文化に大きな影響を与え、豊かな経済力を背景に花開いた町人文化の面影は本川流域の町並みに残り、それらの区域は昭和57年に「町並み保存地区(国選定重要伝統的建造物群保存地区)」に選定され、歴史ある地域となっている。

これらの歴史的な町並みが残る本川流域においては、氾濫原において都市化が進み、洪水被害や高潮被害が頻発したため、本川水系としては、平成18年5月に「本川水系河川整備基本方針」を、平成19年2月に「本川水系河川整備計画」を策定し、防潮水門の整備、高潮堤防の整備など、治水施設の整備を早急に実施することとし、本川流域の治水安全度を向上してきた。

しかしながら、平成30年7月豪雨により266戸、令和3年7月の豪雨により256戸の甚大な家屋浸水被害が発生した。外水対策としては、再度災害防止の観点から河道掘削、橋梁架替等の抜本的な河川改修を行うこととしているが、本川からの溢水・越水を防止しても、内水氾濫が発生することから、流域一体となった取り組みを実施し、早期に地域の安全性の向上を図る必要があり、令和3年11月1日に施行された「特定都市河川浸水被害対策法等の一部を改正する法律」（令和3年法律第31号。通称「流域治水関連法」）の新たな法的枠組みのもと流域治水対策を加速させることを目的として、令和4年7月25日に、施行後二級河川で全国初となる特定都市河川及び特定都市河川流域の指定を行った。

このような状況下において、河川整備基本方針、河川整備計画の見直し検討が実施され、令和5年3月に本川水系河川整備基本方針(変更)、本川水系河川整備計画(変更)が策定された。

本川の治水計画は、図-2.3.2に示すとおり、計画規模50年確率規模、基準地点番屋橋における基本高水ピーク流量を $40\text{m}^3/\text{s}$ とし、流域治水対策により内水域で $10\text{m}^3/\text{s}$ の流出抑制を行ったうえで、河川で処理する流量を $30\text{m}^3/\text{s}$ としている。なお、本川には洪水調節施設による調節がなく、河川で処理する流量＝計画高水流量である。つまり、本報告の本川水系本川においては、前述した図-2.1.4に示す「流域を中心とした対策」を河川整備基本方針で考慮し、河川・流域の双方で目標となる所定の治水安全度を確保する計画である。(図-2.3.3参照)

この場合、「流域での対策」と「河川での対策」の整合性が重要となり、氾濫域が下水道排水区である本川流域では、下水道計画と河川の治水計画の整合性が重要であると言い換えることができる。

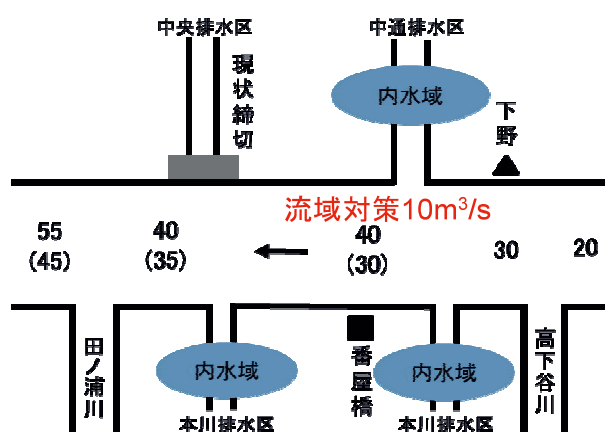


図-2.3.2 本川水系の流量配分図²⁻⁹⁾

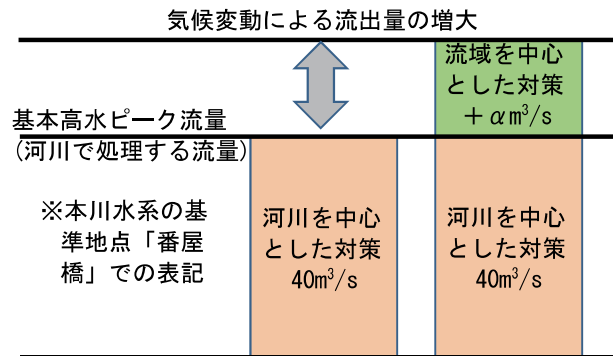


図-2.3.3(1) 流域治水対策のイメージ図

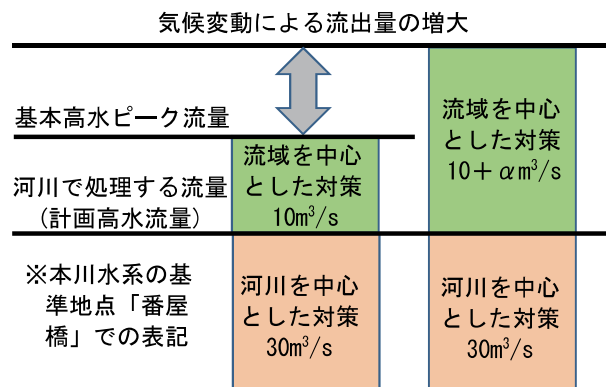


図-2.3.3(2) 流域治水対策のイメージ図(本川水系本川)²⁻⁹⁾

(2)本川流域の貯留関数モデル

本川水系河川整備基本方針²⁻¹⁰⁾では、洪水流出特性の検討で設定した貯留関数モデル及び統一定数を用いて、計画対象降雨群17洪水の流出計算を実施し、基準地点番屋橋において、基本高水ピーク流量 $40 \text{ m}^3/\text{s}$ 、計画高水流量 $30 \text{ m}^3/\text{s}$ と設定している。

表-2.3.1に基本高水算定のための諸検討結果を示し、本川水系の貯留関数モデルにおける流出モデル図を図-2.3.4に、定数解析結果による貯留関数定数を表-2.3.2～2.3.3に示す。

表-2.3.1 基本高水算定のための諸検討結果一覧

	本川（河口：1/50）		
洪水到達時間	1hr		
計画降雨の作成方法	I型引伸ばし，III型引伸ばし		
計画降雨継続時間	24hr		
確率雨量	時間	確率雨量(mm)	決定手法
	1	55	Gumbel
	24	237	SqrtEt
I型引伸ばし(	昭和51年～令和3年を対象期間とし、本川全流域平均雨量(24時間雨量)が118.5mm(計画降雨量の1/2_2倍棄却を想定)以上の17洪水を一次選定洪水群とした。引伸ばし後の短時間雨量(1hr)が1/150確率(計画規模の3倍)以上となる場合はIII型へ移行(1洪水)		
III型引伸ばし	洪水到達時間内を計画降雨量の55mmまで引伸ばし、残りの23hr雨量を24hr雨量が237mmとなるように引伸ばす。その際、引伸ばし後の波形を確認し、1時間55mm以上の降雨が発生した場合は、その洪水を棄却する。		
計画対象降雨群	計画対象降雨群 17洪水(I型：16洪水，III型：1洪水)		
有効降雨定数(流域定数)	$K'=K \times 0.65$ ， $P=0.6$ ， $f1=0.4$ ， $Rsa=150 \text{ mm}$		
河道定数	河道モデル無		

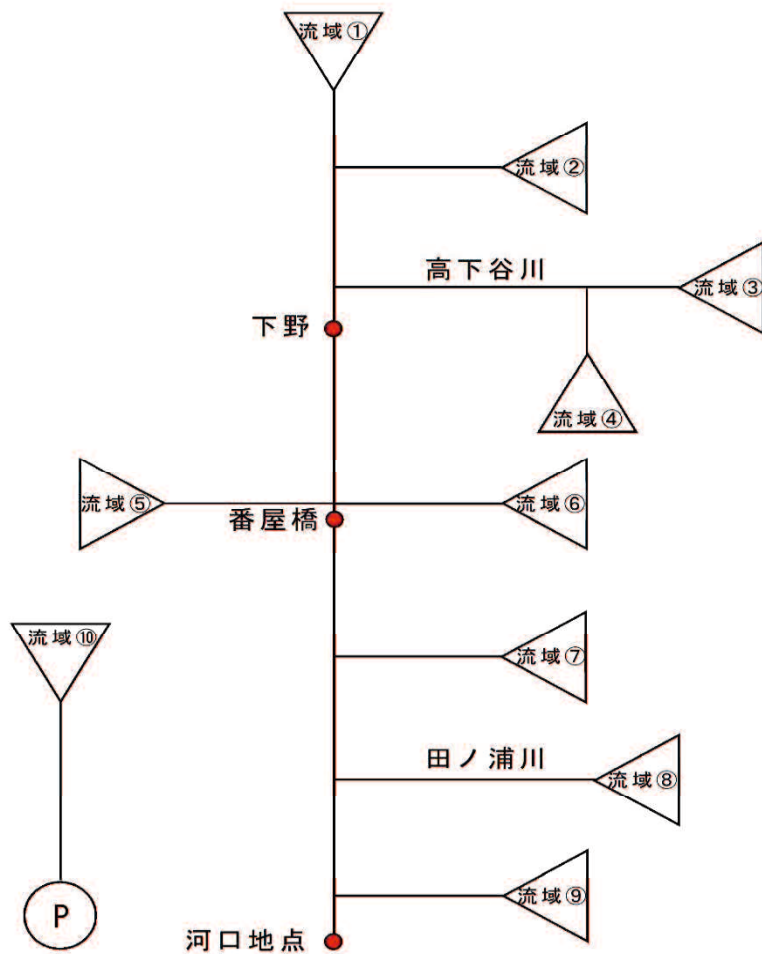


図-2.3.4 本川水系河川整備基本方針の流出モデル図

表-2.3.2 初期定数の設定(等価粗度法)

流域名	流域面積	標高		流路延長 (km)	流路勾配	等価粗度	流域定数		
	(km ²)	上流 (T.P.m)	下流 (T.P.m)				K	P	TI(hr)
①本川上流域	1.46	404	80	1.359	1/4	1.0539	14.02	0.60	0.0
②残流域1	0.79	349	10	1.717	1/5	1.1184	17.69	0.60	0.0
③高下谷川上流域	0.61	284	42	1.245	1/5	0.9988	13.69	0.60	0.0
④高下谷川下流域	0.32	223	7.3	1.250	1/6	1.0755	14.87	0.60	0.0
⑤中通排水区域	0.90	305	2.6	2.511	1/8	0.9731	23.70	0.60	0.0
⑥残流域2	0.37	110	2.7	0.931	1/9	0.7731	11.53	0.60	0.0
⑦残流域3	0.35	86	2.5	1.048	1/13	0.5289	11.02	0.60	0.0
⑧田ノ浦川	1.85	307	2.9	2.556	1/8	0.9455	23.63	0.60	0.0
⑨残流域4	0.14	94	2.3	0.872	1/10	0.3246	6.78	0.60	0.0
⑩中央排水区域	1.00	5	1.5	2.350	1/671	0.1811	31.03	0.60	0.0

表-2.3.3 定数解析による確認結果

洪水名	Kの倍率 (α)	P	Rsa (mm)	f1	TI (hr)
平成21年7月25日	0.65	0.6	100	0.25	0.0
平成22年7月14日	0.65	0.6	200	0.40	0.0
平成28年6月21日	0.65	0.6	130	0.40	0.0
平成28年6月23日	0.65	0.6	150	0.40	0.0
平成30年7月7日	0.65	0.6	350	0.30	0.0
令和3年7月8日	0.65	0.6	150	0.30	0.0
令和3年8月15日	1.00	0.6	200	0.50	0.0
統一定数採用値	0.65	0.6	150	0.40	0.0

2.3.3 本川流域の氾濫解析モデル

(1)内外水一体型氾濫解析モデルの構築

流域治水の根本である「流域全体での治水」を本川水系は実現していると言えるが、内水地帯での浸水状況、河川への流入量を定量的に整理し、治水計画の妥当性を確認する必要がある。よって、このような本川の治水計画の妥当性について、本川流域で甚大な被害が発生した平成30年7月豪雨による洪水、令和3年7月洪水の本川・内水域水路を組み込んだ内外水一体型モデルによる氾濫シミュレーションを実施した。

表-2.3.4 令和3年7月洪水の氾濫シミュレーション検討条件

項目	内容	備考
対象河川	本川 高下谷川 内水河川	本川のみでなく、浸水要因メカニズムを分析するため、以下の河川・水路をモデル化し検討 ・土砂堆積のあった高下谷川 ・内水域の水路をモデル化して設定
氾濫モデル	平面二次元不定流計算 (10mメッシュ)	・メッシュサイズ 家屋メッシュ及び道路メッシュを浸水範囲としてとらえることが可能な10mメッシュを設定 ・地盤高モデル 基盤地図情報のDEMを使用して5mメッシュ標高の平均値を作成し、4メッシュ平均を10mメッシュとして設定(図-2.3.5参照) ・土地利用データ 国土地理院の土地利用細分化メッシュを基に設定(図-2.3.6参照) ・粗度係数の設定 土地利用の分布に基づき設定(図-2.3.7参照) ・建物占有率の設定 国土地理院の基盤地図情報に基づき設定(図-2.3.8参照) ・盛土・ボックスカルバートの設定 未設定(JR呉線、河口・沿岸部の護岸パラペットが必要であるが、実績で浸水していないため)
河道モデル	一次元不定流計算 (0k000～2k300)	・本川0k000～2k300 ・高下谷川ほか、河川、水路断面
対象洪水	令和3年7月洪水	・流出計算による再現流量 (危機管理型カメラ画像を用いた水位ハイドロを用いて、不等流HQ式より算出した流量) ※水位局上流での氾濫が発生しているため、氾濫解析後の通過流量により検証 (図-2.3.9～図-2.3.10参照)
出発水位	令和3年7月実績潮位	・竹原港
氾濫条件	越水氾濫	・概ね掘込河道のため越水のみとした

表-2.3.5 平成30年7月豪雨の氾濫シミュレーション検討条件(令和3年7月洪水との相違点)

項目	内容	備考
対象洪水	平成30年7月豪雨	・流出計算による再現流量 ※危機管理型カメラがないため、流出計算を実施し、その流出量に応じた氾濫解析結果で再現流量を設定(図-2.3.11参照)
出発水位	平成30年7月実績潮位	・竹原港

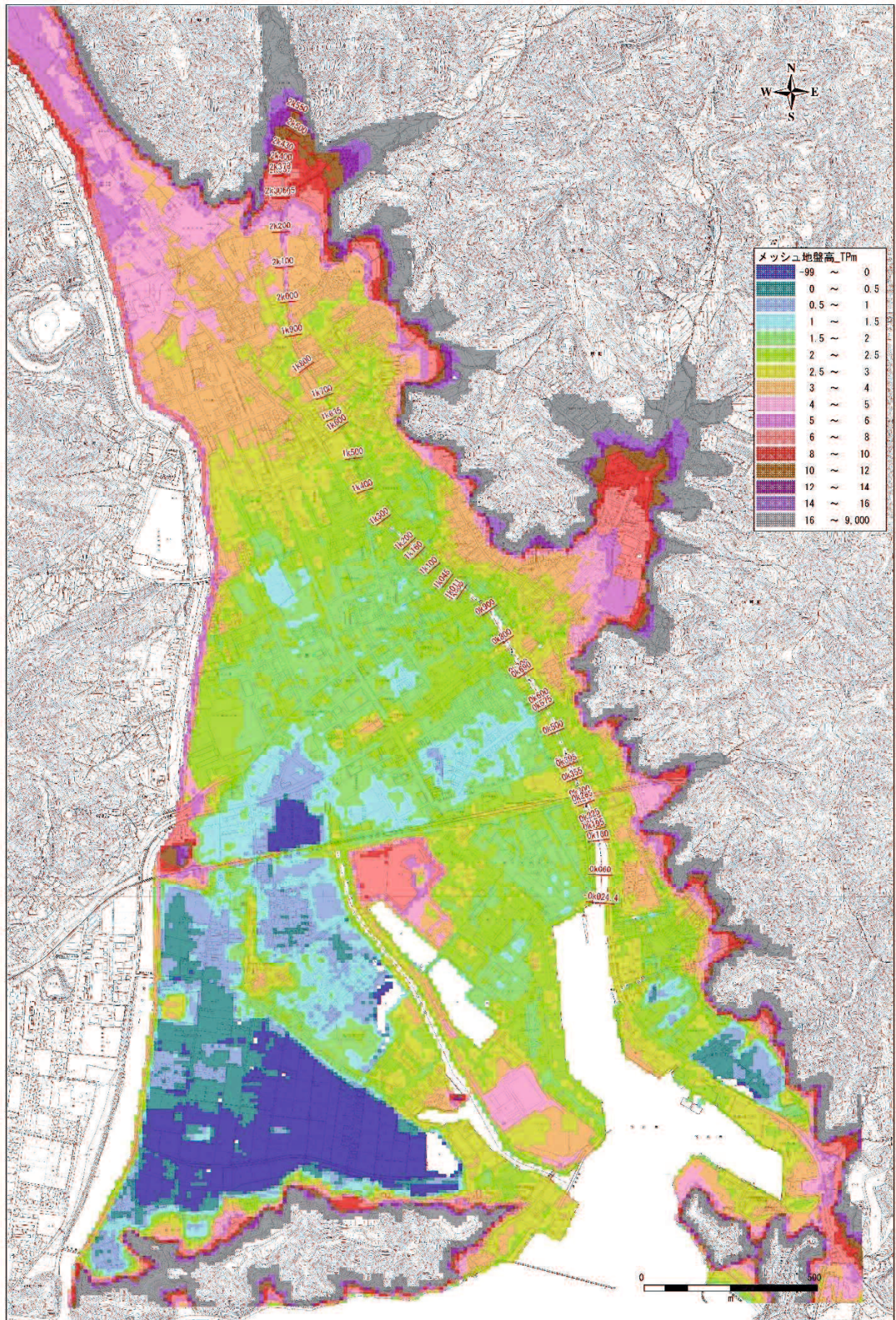
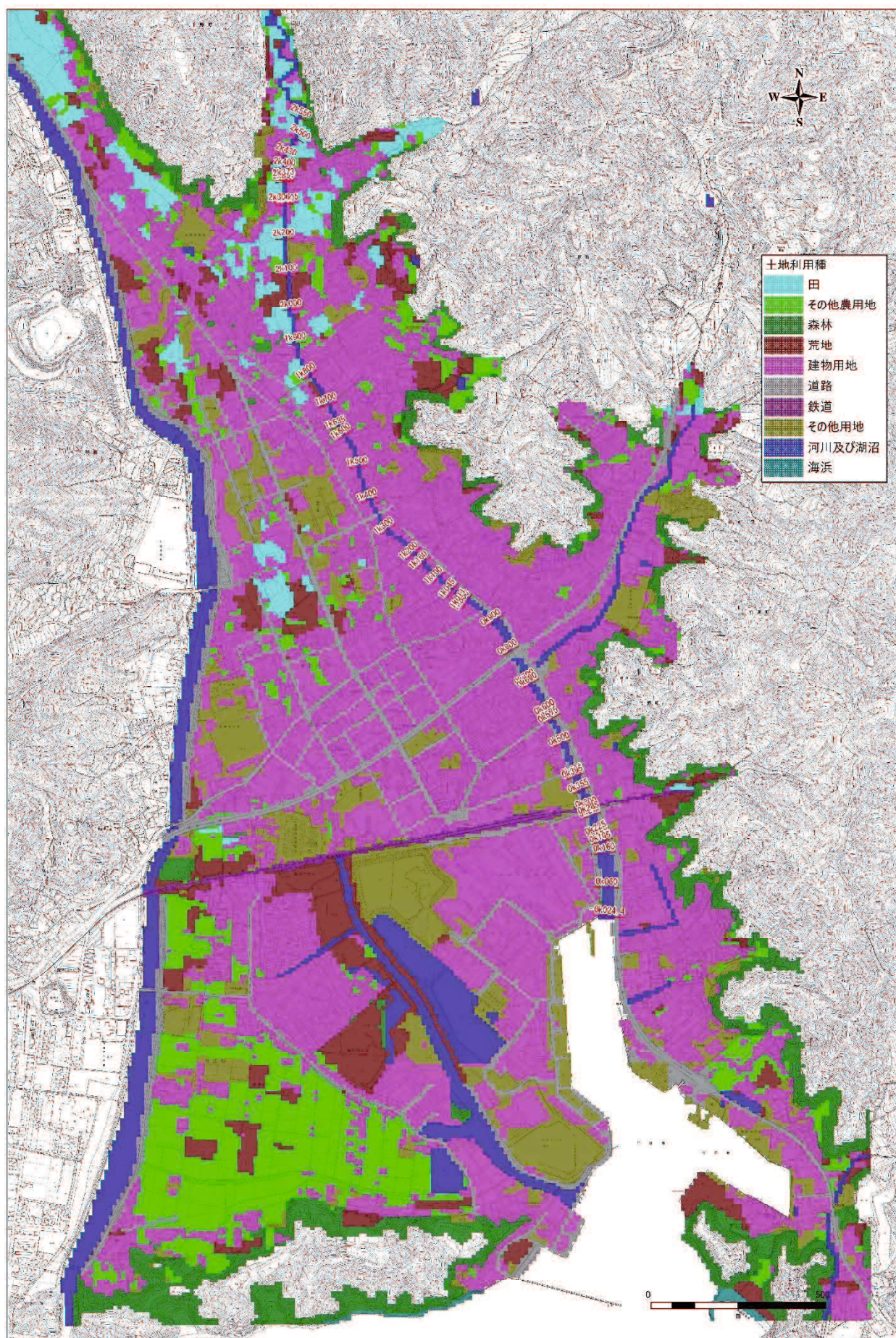


図-2.3.5 本川地盤高図



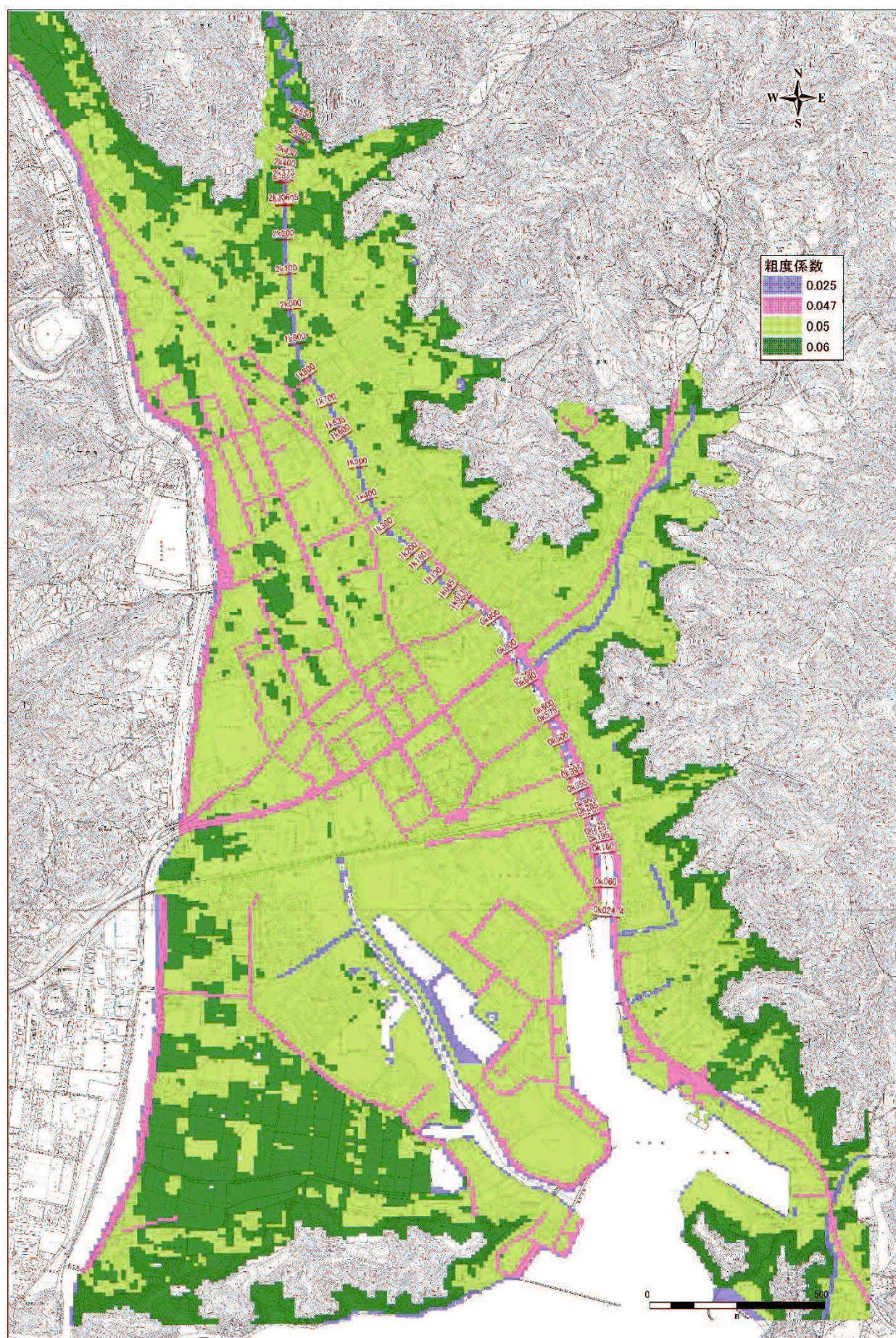


図-2.3.7 底面粗度設定図

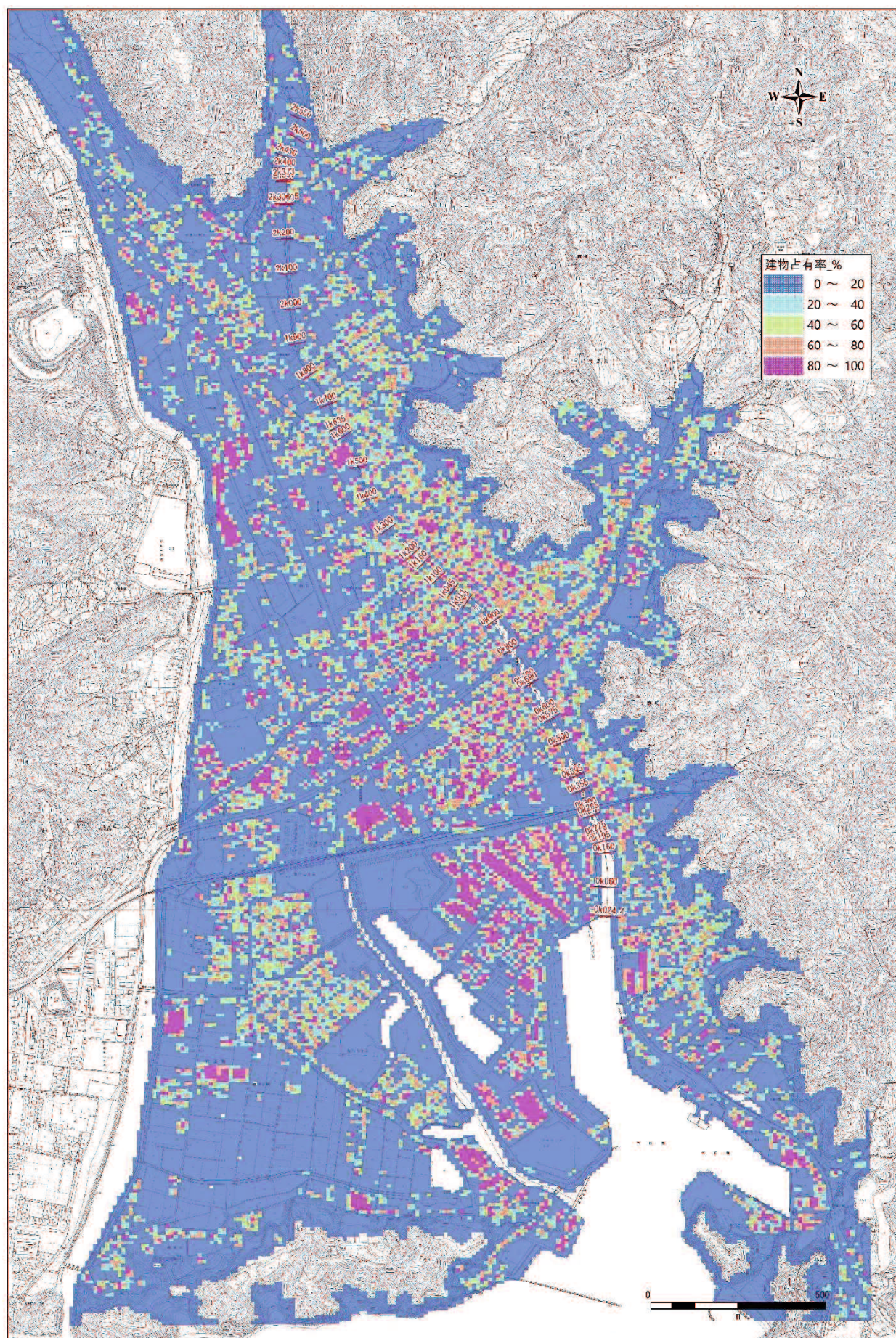


図-2.3.8 建物占有率設定図

上流端条件として用いる流量ハイドログラフは、令和3年7月洪水に関しては図-2.3.9(1)に示す河川カメラにより河川水位を把握し、図-2.3.9(2)に示す概ねの実績流量を不等流計算HQ式より推定し、貯留関数モデルで流出量を設定した。なお、下流端条件は実績潮位である。

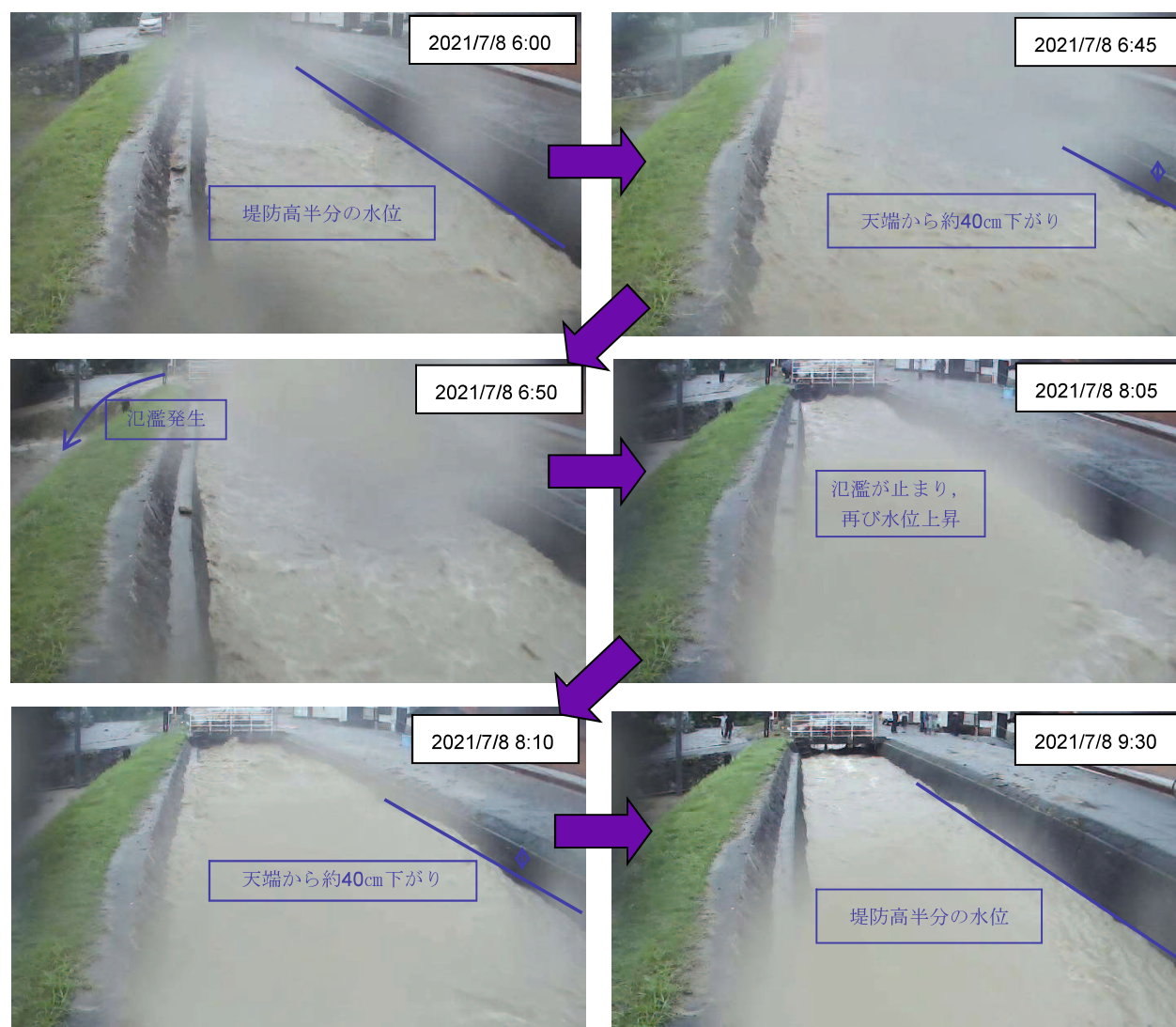


図-2.3.9(1) 危機管理型カメラの映像による河川水位の推定

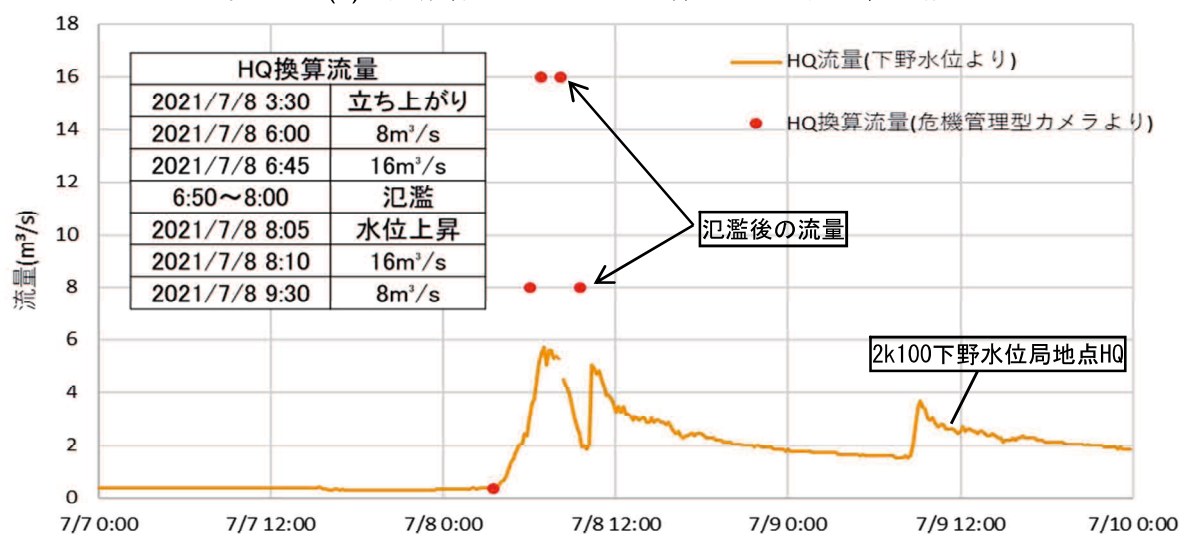


図-2.3.9(2) 令和3年7月洪水の推定流量

貯留関数モデルで流出量の設定は、推定した実績流量を真値として、図-2.3.10に示すとおり、貯留関数モデルの個別定数を算定した。また、平成30年7月豪雨に関しては、河川カメラ設置前であり、水位状況を確認することができないため、1山目の水位データを活用し、令和3年7月洪水と同様に不等流計算HQ式を用いて流量ハイドログラフを作成したうえで、図-2.3.11に示すとおり、貯留関数モデルを用いて、個別定数を算定した。

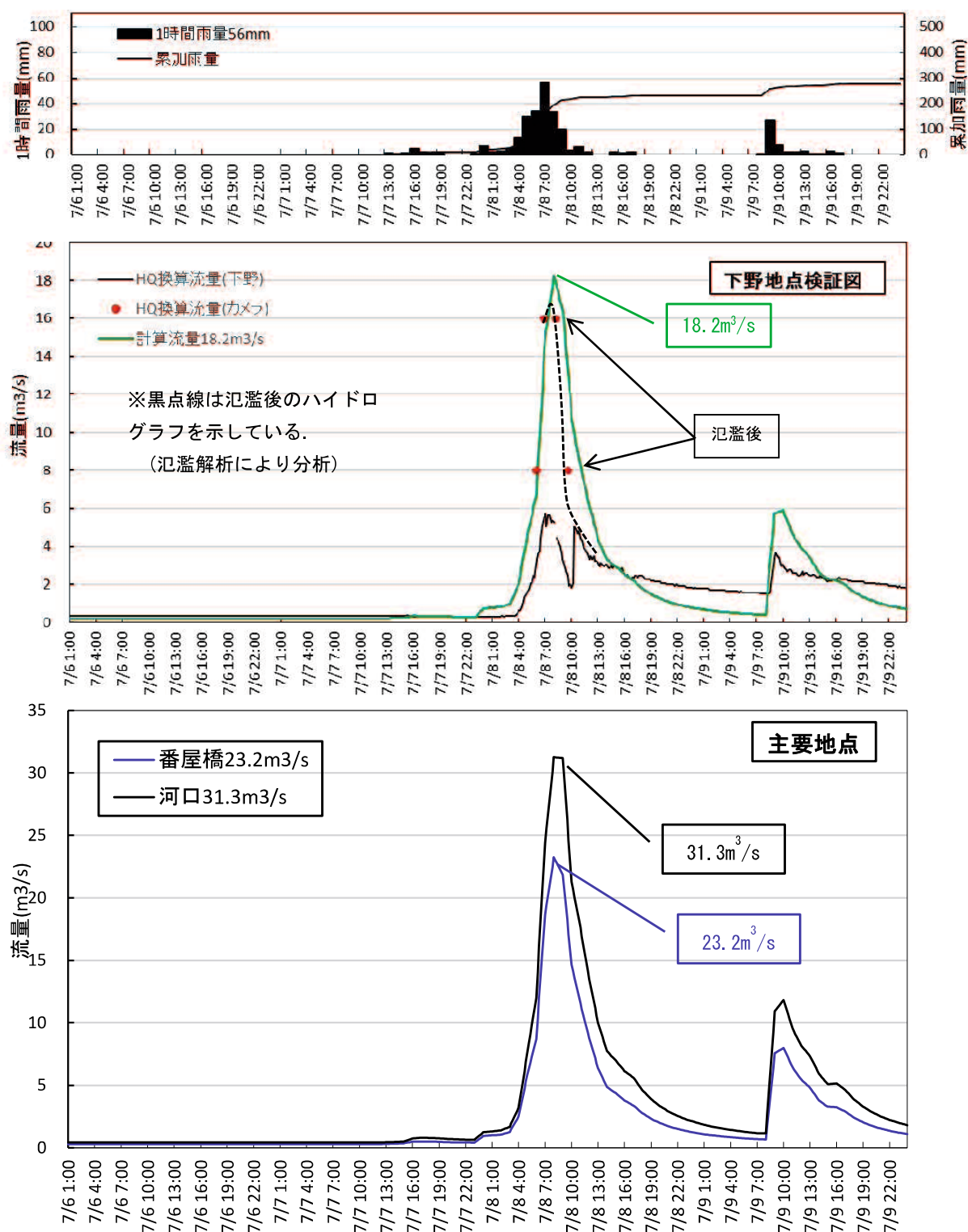


図-2.3.10 下野観測所の貯留関数モデルによる推定ハイドログラフ(令和3年7月洪水)

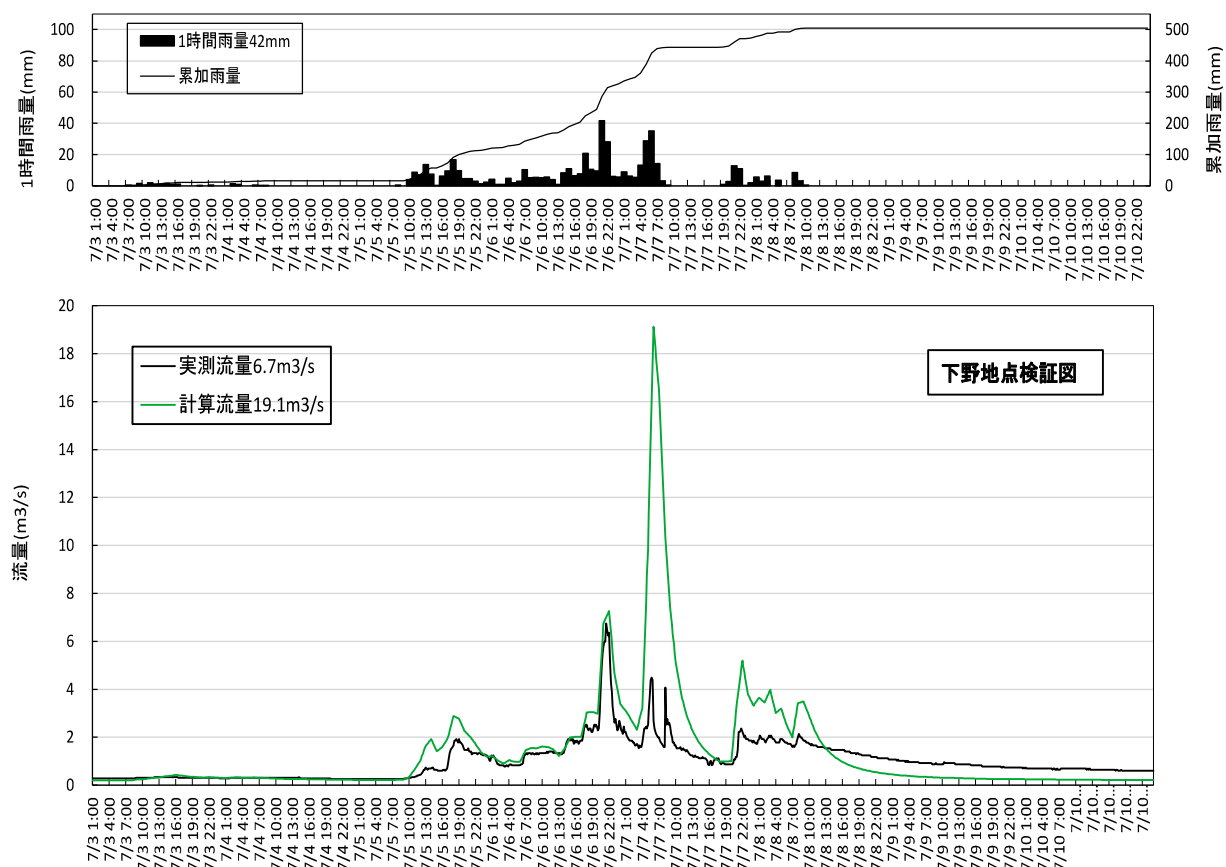


図-2.3.11 下野観測所の貯留関数モデルによる推定ハイドログラフ(平成30年7月豪雨)

(2)本川モデルの妥当性検証

■各種条件の設定

解析モデルは、図-2.3.12に示す内外水一体型の氾濫解析モデルとした。本モデルは河川からの溢水・越水氾濫、水路からの内水氾濫のほか、高下谷川の土砂流出による河道閉塞、橋梁桁下阻害による堰上げなど、浸水要因となった事象をモデル化している。

また、本モデルは各河川・水路の上流端条件として、検証対象洪水の流域別流量ハイドログラフを設定し、本川や支川高下谷川、田ノ浦川の河川ほか、本川に流入する下水道排水区の主要水路(B～F水路)、中通排水区から分水される流域外の中央排水区の主要水路(A水路)をモデル化したものであり、各水路の上流端に流量を与えることで、河川の背水の影響も踏まえた水路からの氾濫、つまり、内水氾濫も解析可能なモデルとした。なお、流域別流量ハイドログラフは、流出計算手法である貯留関数法や合理式を用いて、降雨から流量ハイドログラフを作成し、流域面積比率で再分割することにより、支川や水路の流量条件とした。

■モデルの妥当性検証

図-2.3.13(1)に令和3年7月洪水実績、図-2.3.13(2)に平成30年7月豪雨実績の氾濫シミュレーション結果を示す。本モデルは令和3年7月洪水の浸水実績を踏まえ、浸水実績範囲や氾濫地点などを実績と一致させることで、モデルの妥当性を確認した。なお、注目すべき点は各排水区の状態である。中央排水区は一部水路が未完成であることを除き、流末に中央第2雨水排水ポンプ場が完成しており、既往最大規模である平成30年7月豪雨による洪水でも浸水被害がほとんど発生していない。一方、未整備区間である中通排水区、本川排水区は、浸水被害が発生しており、特に氾濫原が狭くなっている本川排水区の被害が甚大である。(中通排水区は中央排水区に流下するため被害が軽減)

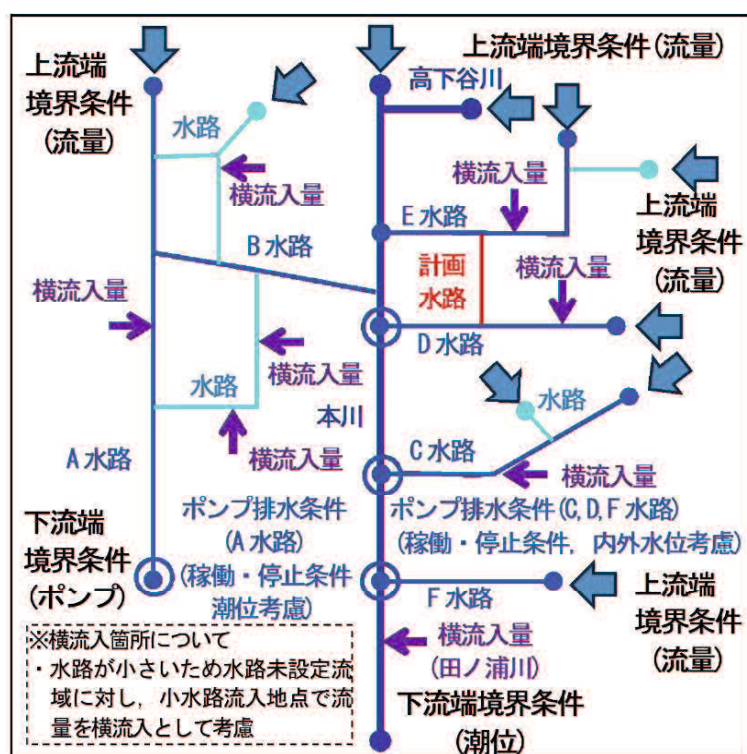


図-2.3.12(1) 本川水系内外水一体型氾濫解析モデル(模式図)

【河道モデル】 本川, 高下谷川, 田ノ浦川, 主要水路 (A~E水路)

【水路モデル】 接続水路 (水色)

【氾濫原モデル】

⇒ 平面二次元不定流モデル

⇒ 本川右岸側 ※A水路 中央排水区 (概成_黒枠)

→ 中央第2雨水排水ポンプ場 (7年確率で $11.47\text{m}^3/\text{s}$)

※B水路 中通排水区 (未整備)

→ 本川に自然流下

⇒ 本川左岸側 (本川排水区) ※C, E水路 ポンプ ($0.167 \sim 0.5\text{m}^3/\text{s}$)

※D水路 自然流下 (FG有)

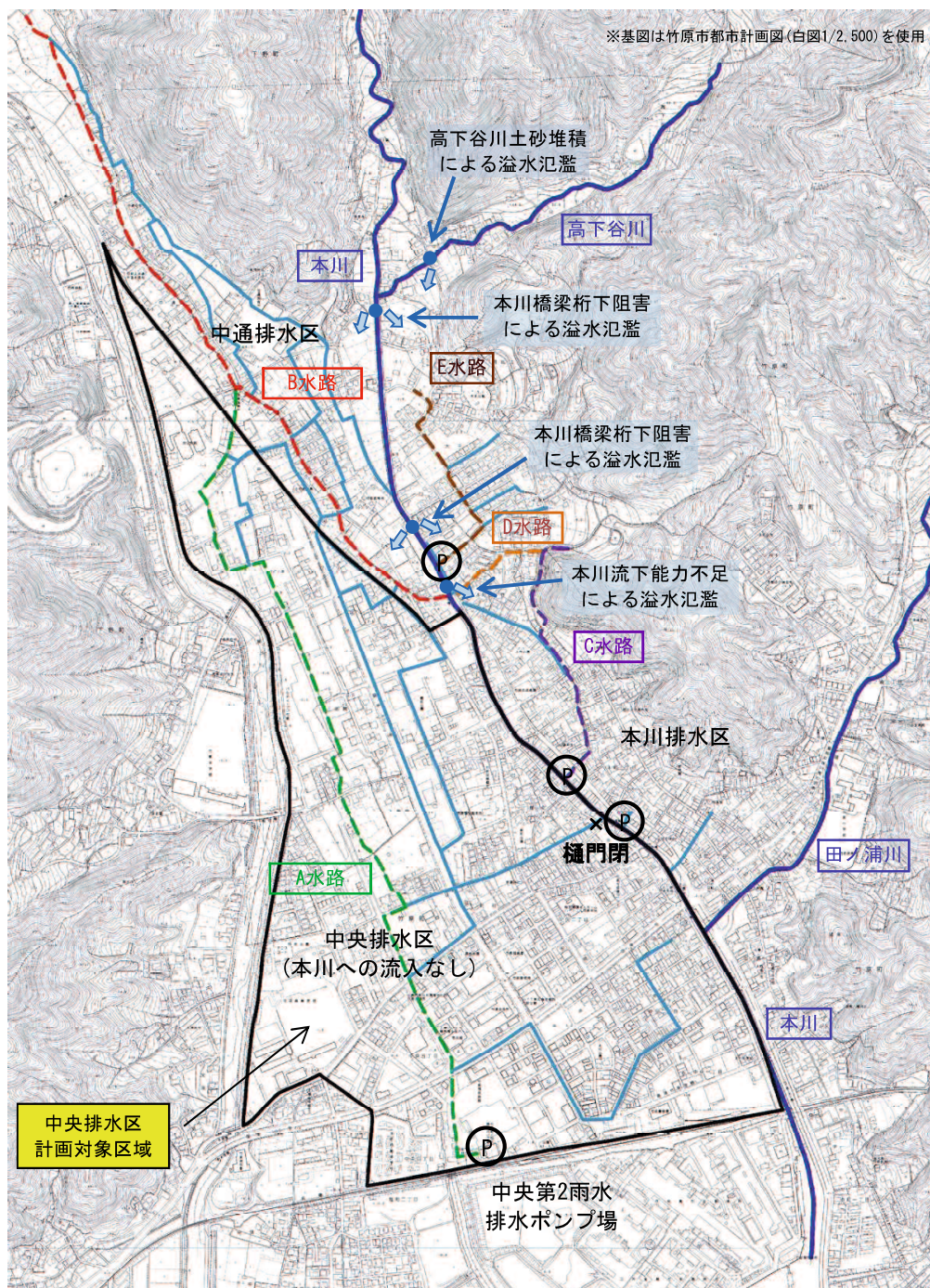


図-2.3.12(2) 本川水系内外水一体型氾濫解析モデル²⁻¹¹⁾

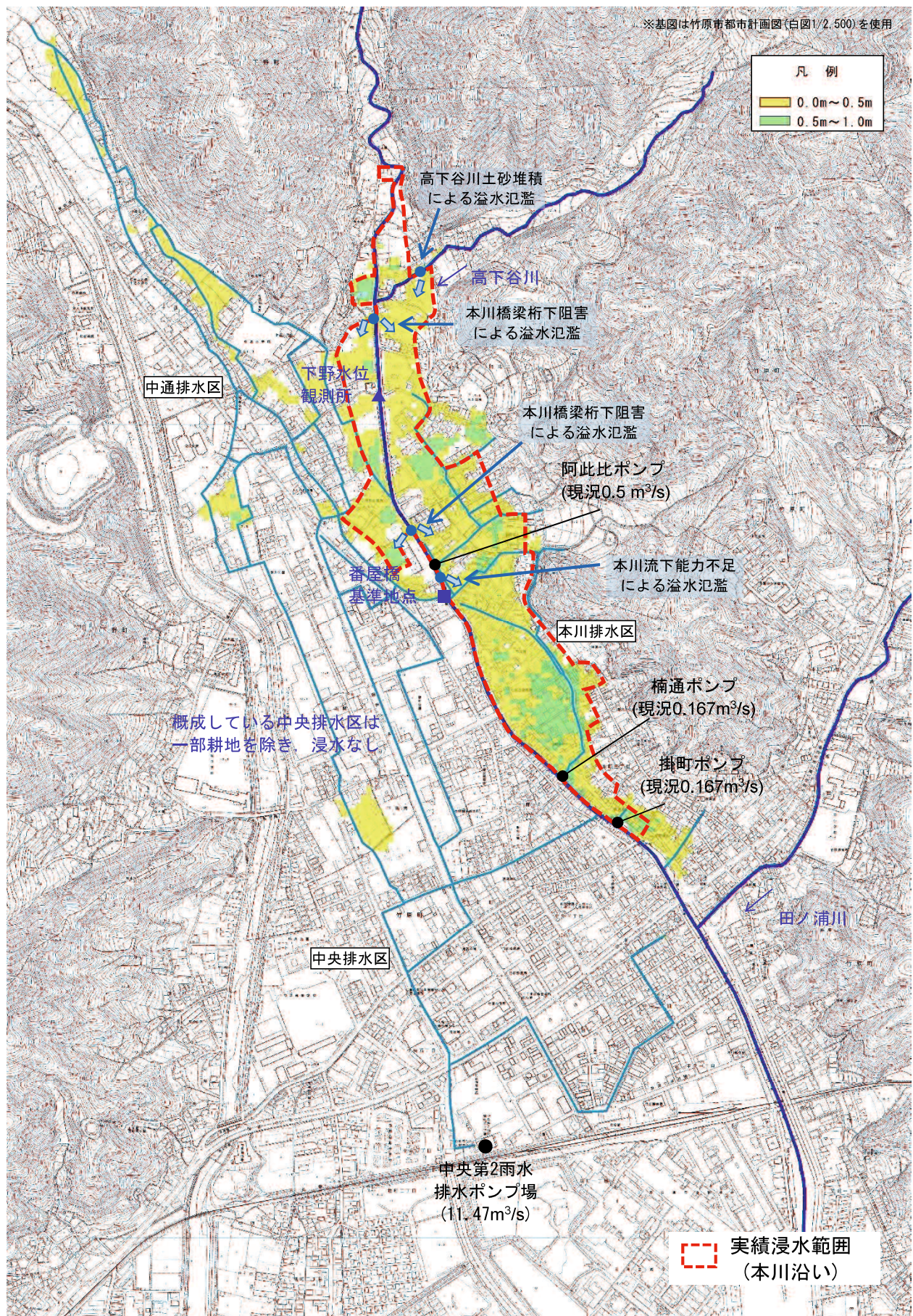


図-2.3.13(1) 氾濫シミュレーション結果(実績_R3.7洪水)²⁻¹²⁾

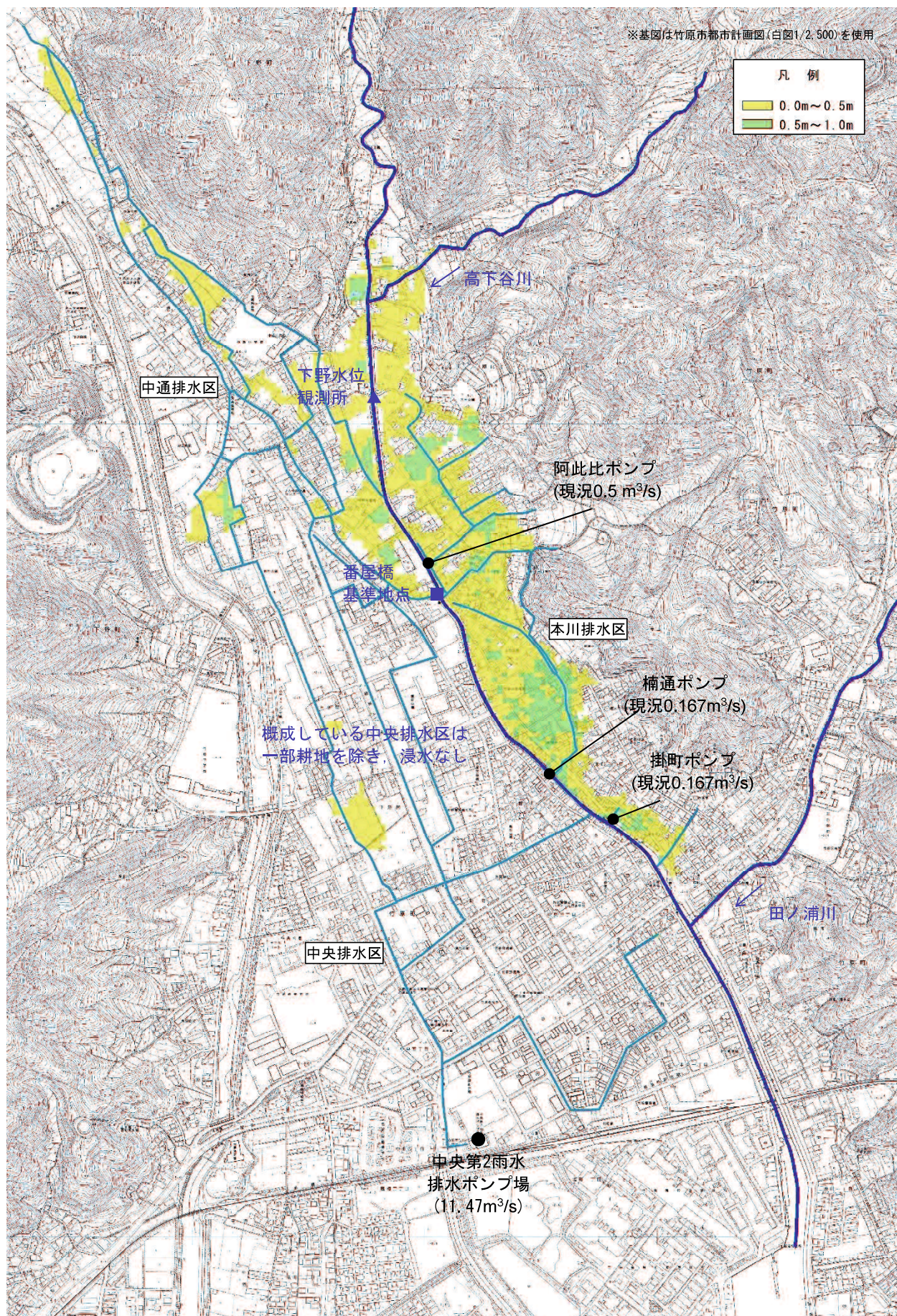


図-2.3.13(2) 氾濫シミュレーション結果(実績_H30.7豪雨)²⁻¹²⁾

2.3.4 治水計画の妥当性

平成30年7月豪雨、令和3年7月洪水の内外水一体型氾濫解析モデルによる解析の結果、実績浸水範囲に概ね整合が図れる結果を得ている。貯留関数モデルによる流出計算と平面二次元不定流計算モデルによる氾濫解析を組み合わせた他河川事例を踏まえると、実績浸水範囲が概ね再現できていれば、流出計算も含め、河道内水位等も再現できていると考えられる。

また、基準地点番屋橋地点の流量は、令和3年7月洪水が $23.2\text{m}^3/\text{s}$ に対し、平成30年7月洪水が $25.2\text{m}^3/\text{s}$ と平成30年7月豪雨が既往最大であることが示され、河口地点においてもそれぞれ $31.3\text{m}^3/\text{s}$ 、 $36.0\text{m}^3/\text{s}$ と同様の結果が得られた。

以上より、今後の検討は平成30年7月豪雨を対象に論ずるものとする。

平成30年7月豪雨の浸水メカニズムを把握するため、高下谷川の土砂流出、河川からの溢水・越水を防止する河川改修後(橋梁の架替え含む)の氾濫解析を実施し、図-2.3.14に示す。この結果、河川改修実施後においても内水域においては内水氾濫が残る結果となっている。つまり、内水域の流出量は本川へ全量流入できず、本川の治水計画をこれまでの治水計画のように「河川を中心とした対策」で行った場合、水路等(内水域)の氾濫量や外水位が高いために流入できない流量(図-2.3.2に示す $10\text{m}^3/\text{s}$)も含めた計画高水流量(図-2.3.2に示す $40\text{m}^3/\text{s}$)をもとに河川改修を行うことになる。その結果として、河川としては図-2.3.2に示す $30\text{m}^3/\text{s}$ 以上の流下能力が確保され、50年確率以上の治水安全度を有することとなる。一方で、河川を大きくしても内水氾濫は防げない現状がある。

以上より、氾濫原全域が下水道区域であり、かつ、河川のための整備では実態として浸水被害が防止できない本川流域では、下水道整備と連携し、流域全体で治水対策を検討する必要がある流域であることがわかる。また、特定都市河川として、流域治水を推進すべき流域でもある。

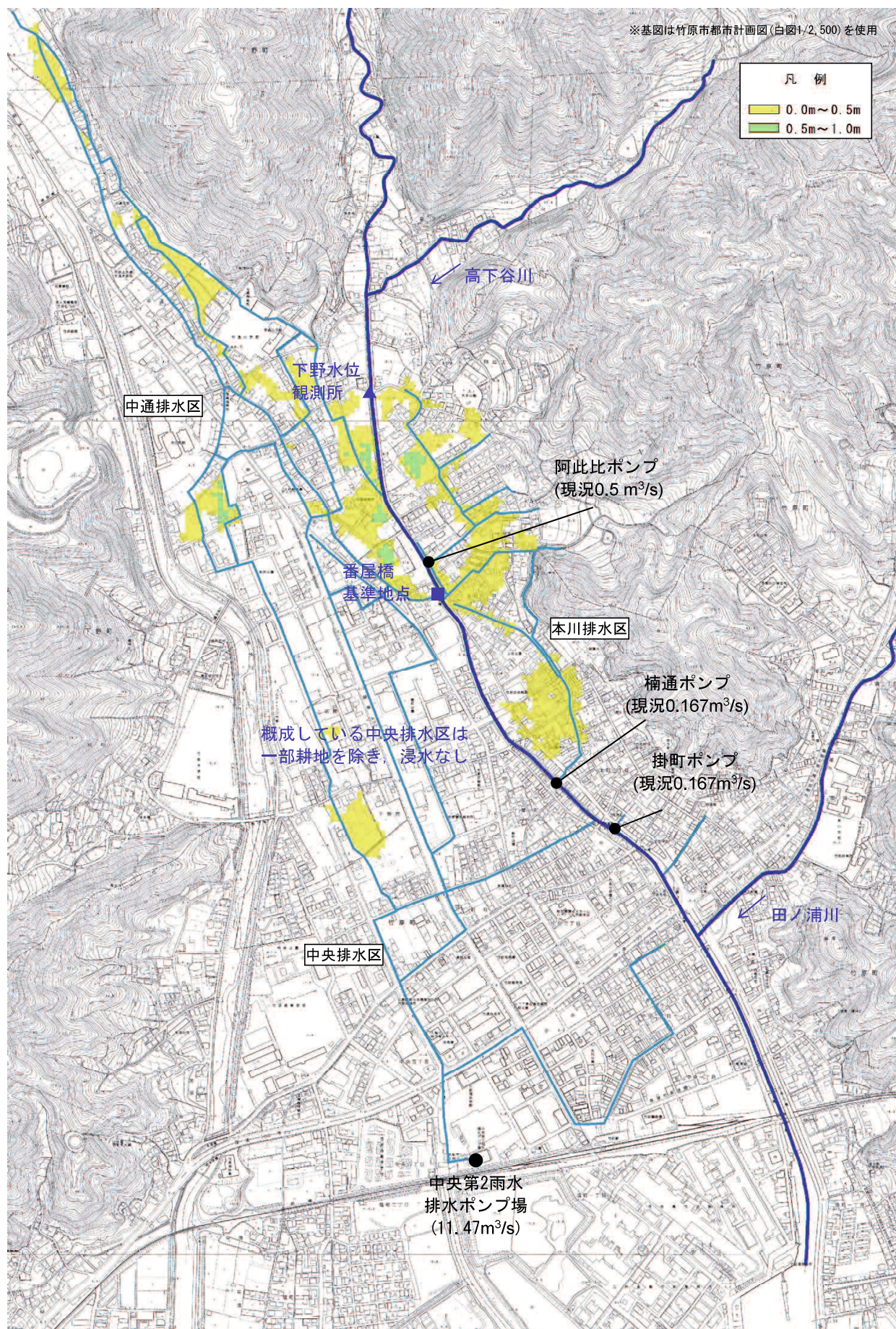


図-2.3.14 氾濫シミュレーション結果(河川改修後_H30.7豪雨)

2.4 流域水害対策計画と本川流域の課題

2.4.1 流域水害対策計画の概要

流域水害対策計画は「特定都市河川浸水被害対策法」に基づき、河川・下水道管理者、地方公共団体及び流域住民等が連携して、総合的な浸水被害対策に取り組む計画である。本計画に定める事項は、図-2.4.1に示すとおり、計画期間、都市浸水の発生を防ぐべき目標となる降雨(計画対象降雨)、都市浸水想定(現況の評価)等である。

流域全体で治水対策を検討する必要がある本川流域の浸水被害対策基本方針は、河川への流出特性や氾濫原特性を考慮し、以下に示す取り組みにより、計画対象降雨や計画を上回る降雨に対して、流域内住民等の安全確保に努める必要がある。

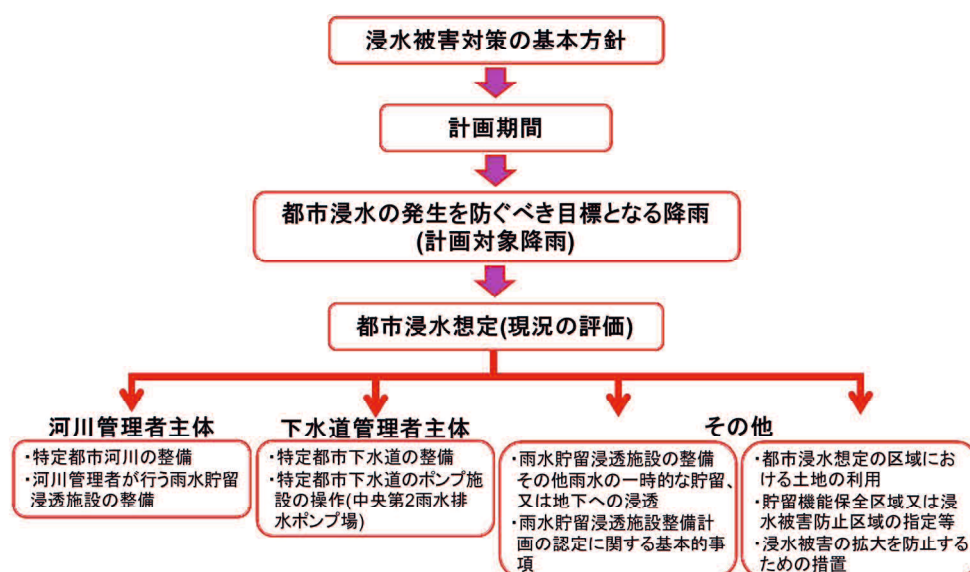


図-2.4.1 流域水害対策計画に定める事項

- 1) 本川流域の自然環境、歴史的背景を踏まえながら、下水道施設の有効利用、雨水貯留浸透施設の整備やポンプ施設の新設・増設に取り組むことで流出量を抑制するとともに、沿川の土地が元々有する洪水や雨水を一時的に滞留・貯留させる機能の保全を図るため、貯留機能保全区域の指定について検討する。
- 2) 支川氾濫や内水により浸水が想定される区域において、水害リスク(浸水深や浸水頻度等)や竹原市の景観計画、まちづくり計画などを考慮のうえ、土地利用規制(浸水被害防止区域の指定)を活用し、住宅・要配慮者施設等建築時の安全性の事前確認や移転制度の利用等により流域内住民等の安全の確保を図る。

2.4.2 計画論上の課題

本川流域の場合、流域特性(山地と市街地)、既往洪水の浸水域(市街地)より、流域での対策は浸水被害の発生している市街地部で実施することになり、前述の1)～2)の一般的な浸水被害対策基本方針に沿った考え方では、その実施に当たって、大きな課題を有している河川であると考えられ、本項では、それぞれの課題を整理した。

(1)計画期間

特定都市河川浸水被害対策法の施行通知においては、『効果を発現させるために必要な期間、概ね20～30年間程度を一つの目安とする』としている。

一方、表-2.4.1に示すとおり、本川流域においては、河川整備計画を概ね20年と設定しており、河川整備計画目標規模を「平成30年7月豪雨による洪水、令和3年7月洪水による河川からの溢水・越水を防止し、流域対策により内水氾濫による床上浸水を防止する」としている。つまり、河川整備計画において、流域治水の考え方を取り入れ、流域(内水域)の対策も踏まえた20年間の整備内容としているため、流域水害対策計画では、河川整備計画で示した流域対策以上の施策が必要となる。

以上より、流域水害対策計画の計画期間は、河川整備計画よりも長期間とする。または、同期間とした場合でも「更なる浸水被害軽減施策」を行う必要がある。さらに、河川整備計画目標以上の浸水被害軽減策を位置付けに関しては、計画対象降雨、各種対策の設定について、河川整備基本方針や下水道計画を見据えながら、整合性に留意した対応が必要不可欠となる。

表-2.4.1 計画期間の設定

名称	期間	目標
河川整備計画	概ね 20 年	床上防止対策 (河川改修, 流域対策)
流域水害対策計画	概ね 20～30 年	河川整備計画以上 (更なる被害軽減策)

(2)計画対象降雨

流域水害対策計画の計画対象降雨は、流域のあらゆる関係者の協働により「流域治水」を推進するうえで、目標となる降雨を設定する。ただし、本川流域の場合、河川や下水道の将来計画を見据えた計画でなければならないため、本川水系の将来規模(河川整備基本方針)、河川整備計画規模がある一方、下水道事業規模を比較しながら設定する必要がある。さらには、本川や本川に流入する支川、下水道排水区水路など、整備水準も異なるため、整合性を踏まえた、本川流域が目指す水害対策の計画対象降雨を設定する必要がある。

表-2.4.2に示すとおり、下水道計画は、河川の計画と比べ確率規模が小さく、一見流出量も小さいと思われるが、合理式により流出量を算定する下水道計画では、各枝線の流域が小さいため洪水到達時間が短く、その結果、降雨強度が大きな値となり、枝線毎の流出量が大きくなる。さらに、流末においても河川と比較して洪水到達時間が短いため、降雨強度、流出量ともに大きくなる。一方、河川の流出量は、洪水到達時間が長い河川全流域の計画降雨を用いた検討であり、さらに、既存の水位観測所における実績水位をもとに貯留関数法によるモデル定数を設定し、本川流域の流出特性を反映したものとなっている。

表-2.4.2 河川と下水道の計画規模と流出量

項目	河川	下水道
計画規模	50年確率 (平成30年7月豪雨)	7年確率
流出量	4.81m ³ /s【9.59m ³ /s】 (3.10m ³ /s【6.68m ³ /s】)	11.47m ³ /s

※河川下段のカッコ書き()は、河川整備計画目標と流出量、流出量の裸書きは中央排水区の流出量、カッコ書き【 】は上流中通排水区を含めた流出量である。

洪水到達時間と降雨強度の関係に関する事例を表-2.4.3に示す。

広島地区の50年確率規模と7年確率規模の降雨強度式を用いて、洪水到達時間を河川60分、下水道10分と設定した場合、降雨強度は50年確率<7年確率という結果となる。下水道計画の枝線・幹線では、このように洪水到達時間が短い場合の降雨強度を用いて合理式により流出量を算定するため、流量規模も河川50年確率<下水道7年確率となる。流出ボリュームを比較すると、下水道計画の合理式は、河川の50年確率や実績降雨(特に平成30年7月など長期間の降雨)と比較して小さくなっており、ピーク流量と氾濫ボリュームが相反している結果となる傾向がある。

計画規模と流出量が不整合に見えるが、河川管理者、下水道管理者の考え方の違いによって、確率規模と対象とする流量規模は異なると考えるべきであり、平成30年7月豪雨による洪水の氾濫シミュレーションにおいて、概ね整備が完了している中央排水区内で浸水被害が発生していない検証結果の裏付けでもある。

表-2.4.3 洪水到達時間と降雨強度の関係

分類	確率年	降雨強度式	洪水到達時間	降雨強度
河川	50年	$626.814/(\sqrt{t} + 1.243)$	60分	69.73mm/hr
下水道	7年	$394.604/t^{0.519}$	10分	119.44mm/hr

※広島地区の降雨強度式を使用

以上より、本川流域が目指す水害対策の計画対象降雨を設定に関しては、河川の計画論、下水道の計画論を踏まえた考え方を表-2.4.4に示し、流域水害対策計画策定においては、以下の検討を進めたい。計画対象降雨、河川・下水道整備内容を決定する必要がある。

- ・河川整備水準である50年確率規模に必要な内水域の整備内容(流出抑制策)を明確にする。
- ・下水道整備水準である7年確率規模に必要な下水道排水区の整備内容を明確にする。
- ・河川整備水準、下水道整備水準の流出量や整備内容を踏まえ、河川・下水道の整備内容の整合性について再整理し、大小関係を明確にする。
- ・河川や下水道の将来計画を見据えた整備内容を踏まえ、段階整備として採用可能な計画対象降雨を設定し、流域水害対策計画を策定する。(本川流域は平成30年7月実施)

表-2.4.4 計画対象降雨と整備水準の課題

計画対象 降雨規模		ピーク 流量	総流出量	整備水準の課題	評価
H30.7実績 (河川整備計画)	河川整備計画目 標規模と同等を 設定する案	小	中	・実績ベースの <u>統一した考え方</u> で設定可能 ・流域対策は、更なる 浸水被害軽減策策	設定可能
50年確率 (河川整備基本方針)	河川整備基本方 針目標規模と同等を設定する案	中	大	・流量規模の大小より、 <u>下水道は段階整備が可能</u> ・流域対策により更なる 浸水被害軽減策	設定可能
7年確率 (下水道)	下水道目標規模 と同等を設定する案	大	小	・流量規模の大小より、 <u>本川にとっては超過洪水</u> となり、河 川整備に課題あり ・整備期間内での対応 も困難	設定不可能
50年確率 (河川) 7年確率 (下水道)	内外水対策を河 川・下水道の計 画のもと別々に 進める案	中 大	大 小	・内外水の整備水準が 異なるため、 <u>整合性 が得られない</u> ・整備期間内での対応 も困難	設定不可能

※ピーク流量・総流出量の「大中小」はH30.7実績、50年確率(河川)、7年確率(下水道)の3波形の相対評価を示したもの

(3)土地利用規制に関する事項

本川流域は全区域が竹原市となっており、前述のとおり、氾濫原の大部分が下水道排水区であり、都市計画区域において区域区分が未指定の区域(以降、非線引き区域と記す)であるものの、用途地域に指定されている。着目点である下水道法「計画降雨の下水道事業計画への位置づけ」は、前述の「計画対象降雨」で示したとおりであるが、本項では土地利用に着目したい。

非線引き区域は市街化区域や市街化調整区域よりも制限が緩く、比較的に土地利用に自由度があるが、本川流域の場合、市街化区域と同じように用途地域が指定されている。(ここでは市街化区域と同等と扱う)

貯留機能保全区域とは、河川沿いの低地や窪地など、河川の氾濫により侵入した水や雨水を一時的に貯留する機能を有する土地で、土地の所有者の同意を得た上で指定できる区域である。また、浸水被害防止区域とは、流域水害対策計画で定めた計画対象降雨が生じた場合に想定される洪水が発生した際に、住民等の生命・身体に著しい危害が生じる土地において、住民の生命・身体を保護するために開発規制、建築規制を措置する区域であり、都市計画法において、浸水被害防止区域は開発の原則禁止の区域(レッドゾーン)に追加された。

つまり、図-2.4.2、図-2.4.3に示すように氾濫原の大部分が用途地域となっている本川流域において、現在、耕地などで浸水している区域を「貯留機能保全区域」、平成30年7月豪雨などで氾濫している区域を「浸水被害防止区域(レッドゾーン)」に指定する場合、「計画的に市街地を形成する地域」と「浸水に対する土地利用規制を設ける地域」で相反することになり、地域住民・企業との合意形成の観点から、複合的な指定は著しく困難である。

また、竹原市では平成30年3月に「竹原市立地適正化計画」を策定²⁻¹³⁾しており、本川右岸側の氾

濫原(竹原市中心地)を都市機能誘導区域, それを含む左右岸のほとんどが居住誘導区域に指定されていることも複合的な指定に関する着目すべき点である. このような土地利用規制に関しては, 土砂災害法のレッドゾーン設定の場合, 逆線引きを行い市街化区域を市街化調整区域とする手法²⁻¹⁴⁾が採用されてきた事例は多いが, 山際の一部を変更している.

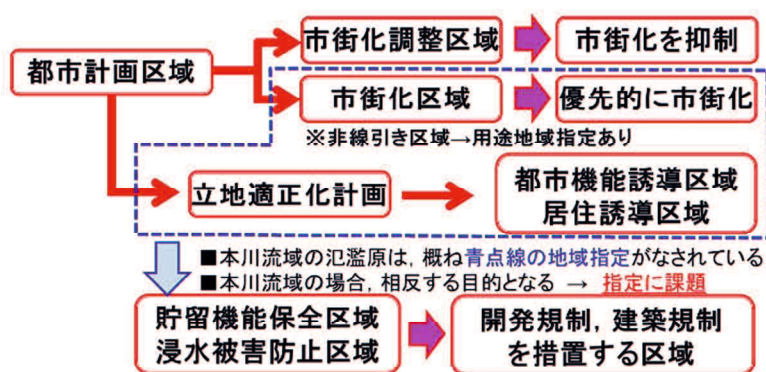


図-2.4.2 本川流域の法的課題



図-2.4.3 本川流域の土地利用と河川の関係

一方, 本川流域ではどのような対応ができるのか, 立地適正化計画の課題もあるが, 用途地域に関して図-2.4.4に示す整理を行う必要がある. (本川は概ね掘込河道であり, 浸水深や氾濫水の流速が大きいいため, 浸水被害防止区域の指定は見送ることも可能であり, ここでは, 貯留機能保全区域について考察を行う.)

1つの方法は, 逆線引きの方式のように上流部から用途地域を除外し, かつ, 立地適正化計画の見直しを行い, 貯留機能を有する土地を貯留機能保全区域と指定したうえで, 貯留効果を有する土地以外の区域も用途地域外とするものである. この手法は, 当該区域に下水道整備が進み, 家屋などの土地利用がなされている場合の課題が多く, 住民・企業との合意形成を図るべく, 一帯とした街づくりに関する考え方を整理しておく必要がある. もう1つの方法は, 調整地等を建設し, 貯留施設として位置付ける方法である. 調整地等の建設は, 河川管理者が行う雨水貯留浸透施設の整備, 下水道管理者が行う特定都市下水道の整備, 河川管理者及び下水道管理者以外の者が行う雨水貯留浸透施設の整備, その他浸水被害の防止を図るための雨水の一時的な貯留又は地下への浸透が考えられる. この場合, 貯留機能保全区域の指定は必要ない. そのため, 現時点で用途地域として公共サービスを得ていた区域に対して用途地域等の指定を除外し, 周辺地域との公共サービスに差異が生

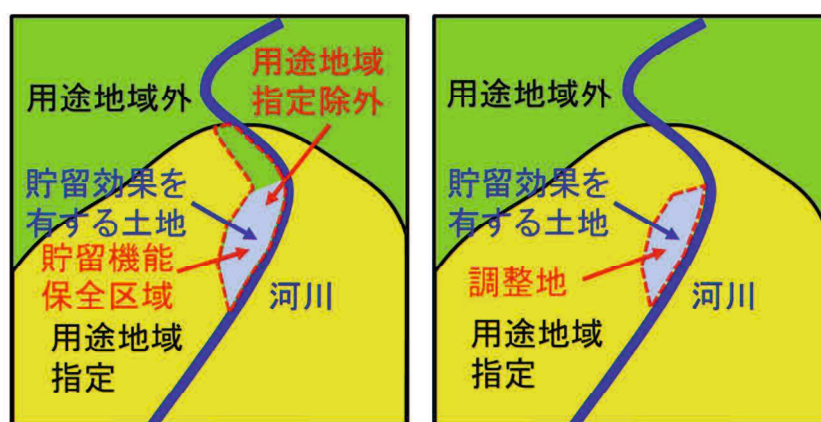
じる「民地」として区域指定する方法よりも、用地買収により調整地(貯留浸透施設)として「官地」とする方が補償も得られ、合意形成が得られやすいと考えられる。

ただし、本川の場合、歴史的美観地区もあるためこのような施策が有効と考えられるが、他河川の流域では状況が異なることが十分考えられる。ここで示した施策は一つの方法であるが、貯留機能保全区域の指定、調整地等の建設、その他地役権の設定など、土地利用方法に関しては表-2.4.5に示すとおり、幅広い視点での柔軟な検討が必要である。

表-2.4.5 土地利用形態別の対応策と合意形成(市街化区域・用途地域の場合)

現状土地利用	対応策	考え方
農地	・ 貯留機能保全区域	・ 市街化を進める地域への土地利用規制は相反する施策であり、整理が必要
	・ 調整地	・ 用地買収であり、現状が農地であることから、合意形成も可能
市街地	・ 地下調整地	・ 市街化された地域(住宅地)での調整地建設は合意形成に課題 ・ 可能性として、公共施設や駐車場等に地下調整地の建設を推奨

このような本川の課題は、今後、本川と同様の土地利用形態、つまり、流域面積・流路延長が小さく、市街化区域の指定や非線引き区域であっても用途地域の指定を行っている都市河川では共通の課題である。



【指定の除外】

【調整地等の建設】

図-2.4.4 本川流域での対応策(案)

2.4.3 流域対策の課題

前述のとおり、本研究で論じる対象河川は、大河川や比較的流域規模の大きな中小河川のように中上流域に耕地(市街化調整区域、用途地域外)の氾濫域を抱える流域ではなく、下流市街地(市街化区域、用途地域)に氾濫域が広がるのみで、中上流域の氾濫域で流出抑制対策が困難な河川を対象としている。つまり、流出抑制が必要となる下流市街地(市街化区域、用途地域)以外での対策としては、田んぼダムやため池貯留等が考えられるため、下流市街地への流出抑制施策として、田んぼダムやため池貯留の効果を検証した。

(1)田んぼダムの評価

本川流域の場合、現地形が耕地であり、竹原市街地への氾濫を軽減することが可能な箇所、つまり、貯留機能保全区域に指定すべき箇所は、用途地域の指定、立地適正化計画における居住誘導区域の指定など、土地利用に関する各種指定がなされている。前項においては、立地適正化計画の見直しによる対応が治水対策に有効であるが、貯留機能保全区域の指定、調整地等の建設など、土地利用方法に関して幅広い視点での検討を進め、地域住民・企業との合意形成を図りつつ、対応方法を検討する必要があると課題を示した。本項では図-2.4.5 に示すこれらの土地利用指定がなされていない中通排水区上流域の耕地を選定し、田んぼダムの影響と効果を検証した。田んぼダム規模は当該箇所で最大限活用した場合を想定して 0.07km^2 と設定し、中通排水区流域 0.9km^2 に対して約 8%の面積としている。

なお、田んぼダムの手引き²⁻¹⁵⁾では、許容湛水深 30cm 程度を標準としているため、総雨量 300mm 程度の平成 30 年 7 月実績を対象とし、田んぼダムの調節機能として、降雨を全量貯留する方式を採用した。その他方式として、降雨の一部を排水しながら調節する方式もあるが、田んぼダムの調節機能を最大限見込む場合の検証を行うものとした。

また、比較対象として、本川流域水害対策計画に示されている整備後の都市浸水想定区域図²⁻¹⁶⁾、つまり、河川整備状況(河川整備計画)と下水道整備状況(大王地区+楠通地区)の組み合わせに田んぼダムを追加している。



図-2.4.5 田んぼダム検証地点位置図

内外水一体型氾濫解析モデルを用いて、氾濫シミュレーションを実施し、田んぼダムの有無による本川水位と B 水路合流量の関係図を図-2.4.6 に示す。田んぼダムの効果が本川の水位・流量低減に寄与するか否かを示した図であるが、本川水位として約 1mm、B 水路合流量では約 $0.1\text{m}^3/\text{s}$ の効果しか得られない。これらの結果から、本川のように流域が小さく、下水道排水区を集水域にもち、

かつ、河川から支川(水路)に逆流するような特性を有する河川においては、田んぼダムの河川に対する効果が限定的であり、流域流出抑制施策としては大きな効果が得られていないことが確認できた。

一方、田んぼダムに約 30cm の湛水深で貯留し、中通排水区(B 水路)の流出抑制は実施されていることから、河川への効果は限定的だとしても B 水路周辺の氾濫に対する効果は得られていると考えられるため、図-2.4.7 に氾濫シミュレーション結果を示す。なお、図-2.4.7(1)は本川流域水害対策計画に示されている整備後の都市浸水想定区域図と同条件下の解析結果であるが、特定都市河川流域外(中央排水区内)の浸水も表示している。田んぼダムの有無による浸水範囲より、図-2.4.7(2)に示すピンク色破線区域等、田んぼダム下流域の水路沿いの浸水が部分的に減少しているが、田んぼダムの効果を明確にするため、図-2.4.8 に田んぼダムの有無で 1cm 以上の浸水軽減効果が得られている範囲を示す。田んぼダムの効果は本川左岸側(本川排水区)には得られず、中通排水区、中央排水区の一部に浸水軽減効果が確認できる。なお、その効果は最大で 36.4cm、影響面積は約 4ha である。

以上より、既往文献のように中上流部の広大な農地を用いた検証であれば流出抑制対策になる可能性を有しているが、本川のように都市化が進み、河川に隣接する耕地が限られる場合は、河川に流出する以前の農業用水路(下水道幹線)の氾濫抑制に寄与するものの、本川への効果が限定的となる。よって、河川のみならず、下水道幹線、主要水路をモデル化し、内外水の氾濫現象を一体化したモデルで氾濫状況を確認し、下水道排水区への効果、河川への効果を評価・分析する必要がある、内外水を個別に解析すると各施策の効果を過大評価する、または、浸水を助長する施策となる可能性がある。

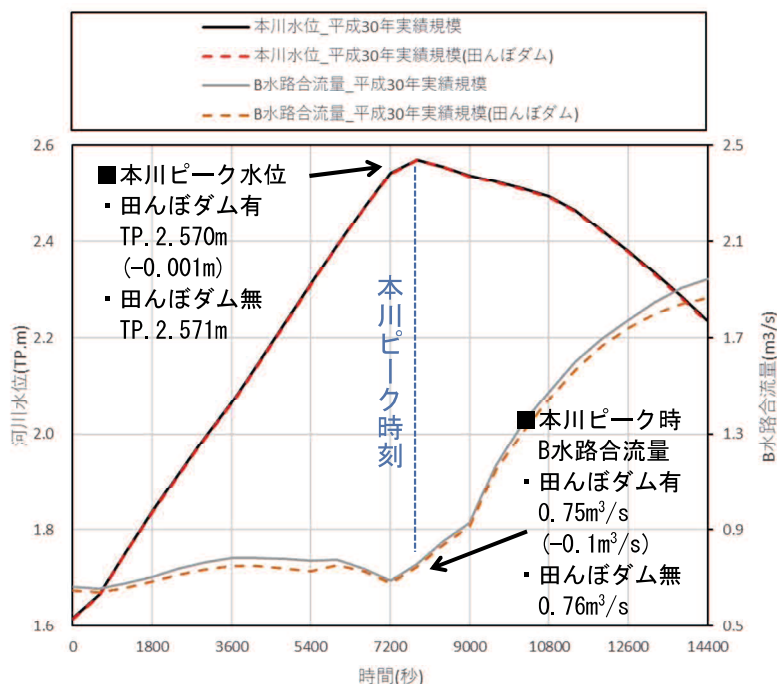


図-2.4.6 本川水位とB水路合流量(田んぼダムの有無)

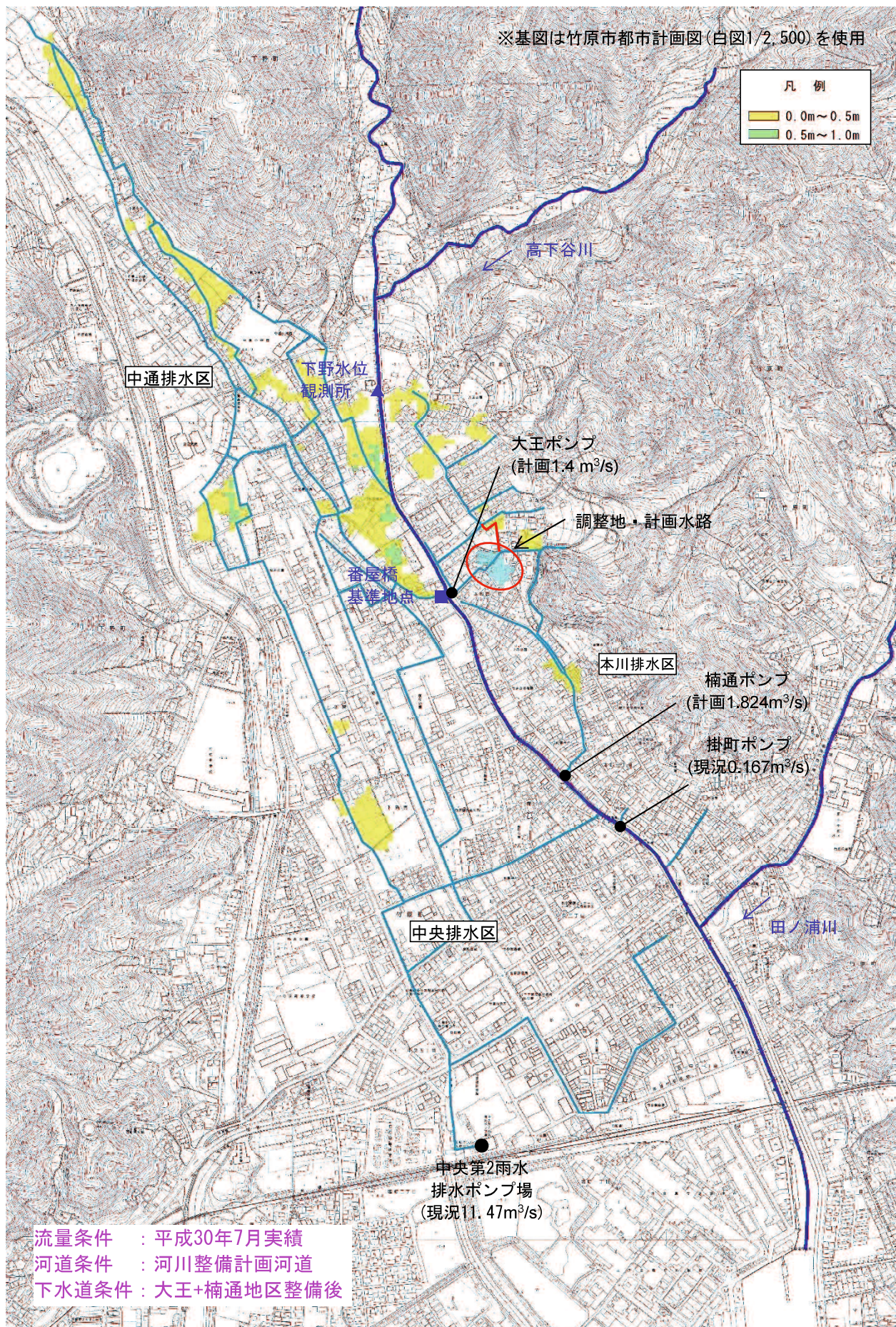


図-2.4.7(1) 氾濫解析シミュレーション結果(田んぼダムなし)

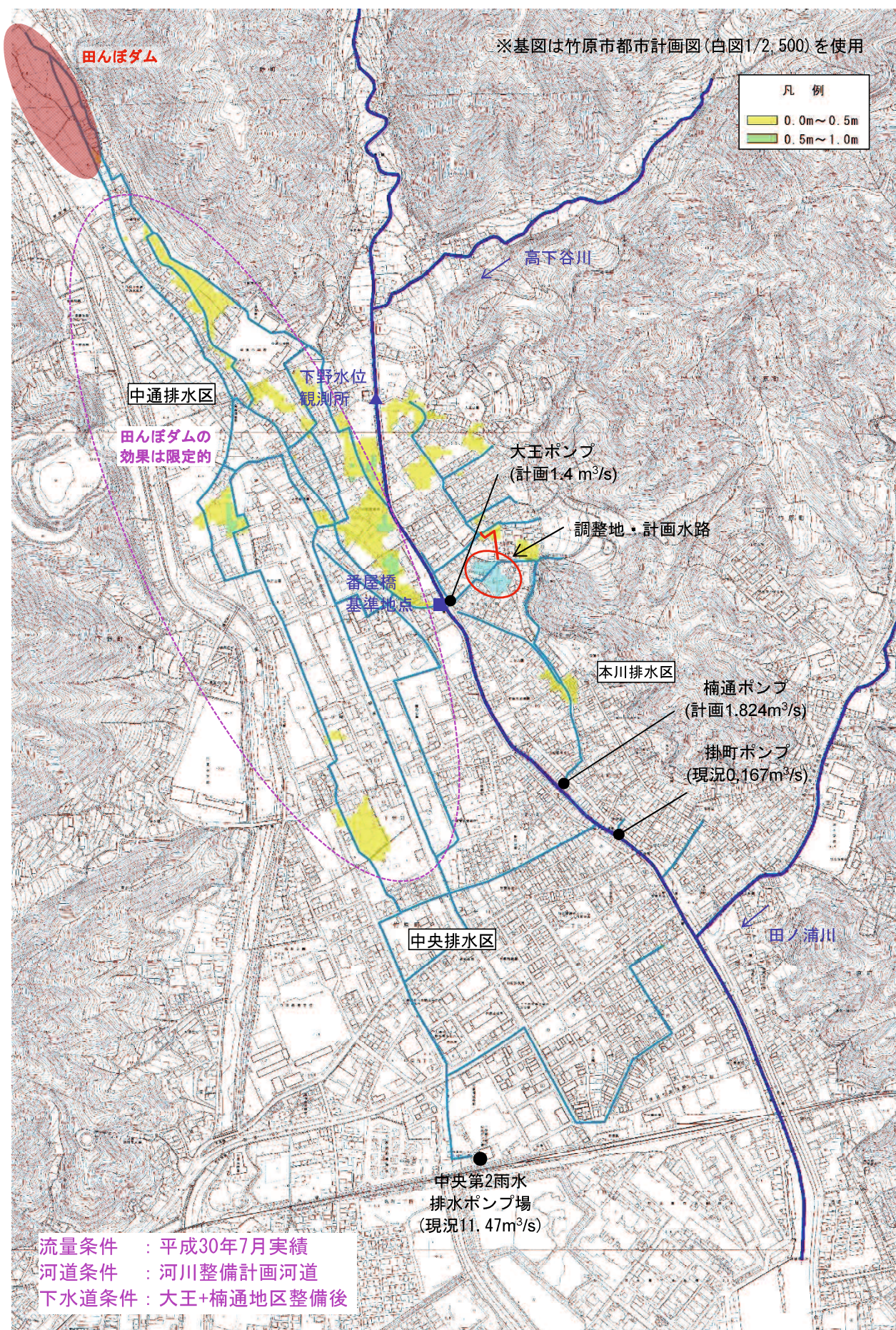


図-2.4.7(2) 氾濫解析シミュレーション結果(田んぼダムあり)

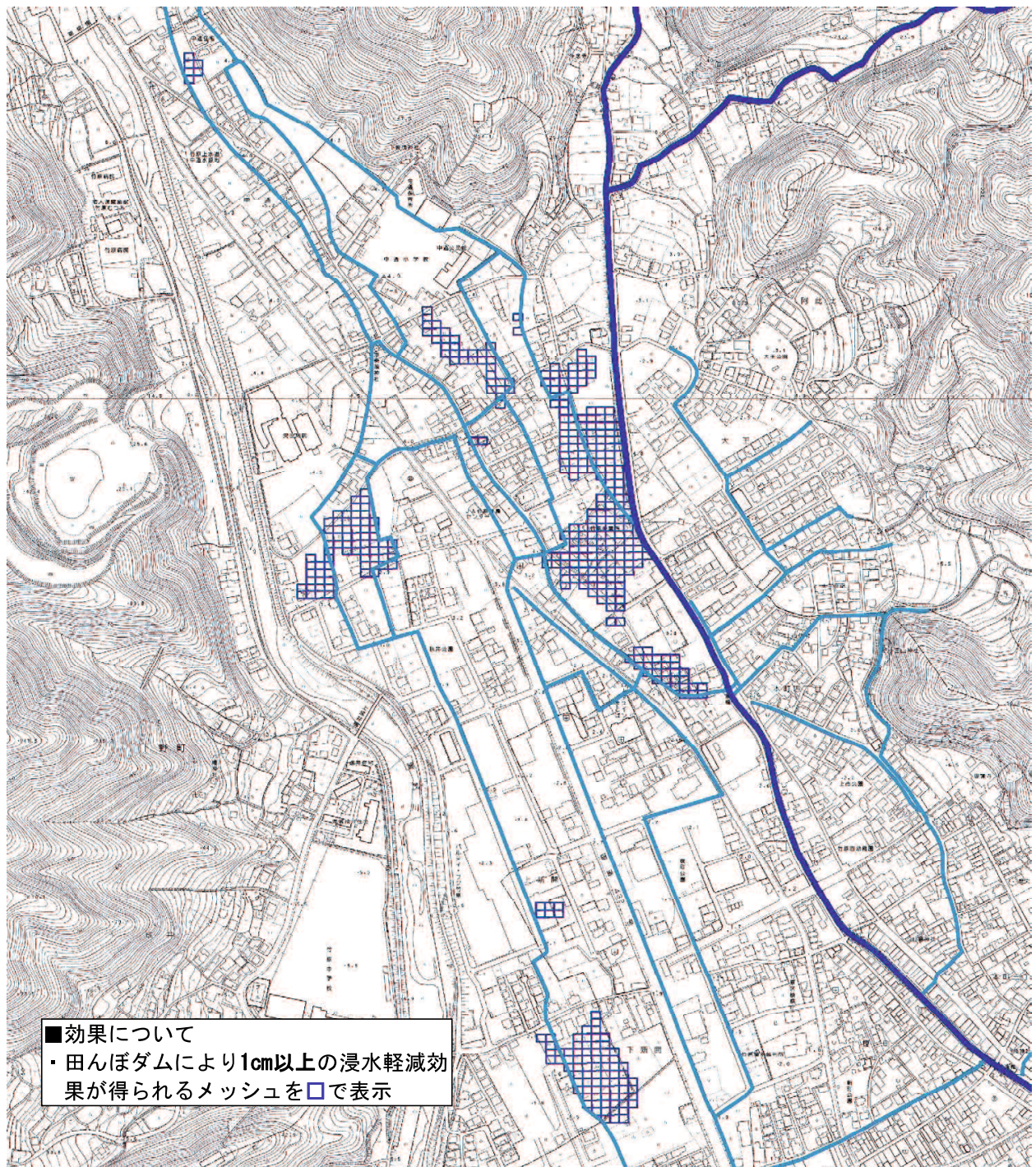


図-2.4.8 田んぼダムによる浸水軽減効果範囲図

(2)ため池貯留の検証

下流市街地(市街化区域、用地地域)への流出抑制施策として、集水域で可能となる対策の一つにため池貯留が考えられる。ため池台帳²⁻¹⁷⁾によれば、本川流域の場合、20箇所のため池が存在するが内8箇所は廃止ため池、現状で形状がなく貯留が困難であるため池となっており、表-2.4.6、図-2.4.9に示す合計12箇所のため池貯留が利用可能となる。

本来、ため池貯留の前提条件として低水管理、いわゆる事前放流が必要条件となるが、本項では流出抑制施策の可能性を検証する目的として、有効貯水容量すべてが活用可能である場合の洪水調節計算を実施し、流出抑制施策としての可能性を検証した。

なお、本川の治水計画で示した流域ごとのため池を合計した流域面積から得られる流量ハイドログラフ、合計有効貯水容量をもとに検証を行った。また、ため池の放流能力は斜樋(バルブ放流能力)となるが、基底流量を放流能力と設定した。対象洪水は田んぼダム同様に令和3年7月洪水よりもピーク流量、総流出高とも大きい平成30年7月豪雨である。

表-2.4.6 活用可能なため池一覧表

流域 番号	ため池 番号	名称	流域面積 (km ²)	有効貯水量 (m ³)	既往洪水流出量(m ³ /s)	
					H30.7	R3.7
①	209	森房池	1.459	2,550	9.183	8.667
	210	平田池				
	218	畝井池				
	273	瀬戸池				
②	270	新池	0.242	1,170	1.259	1.242
	271	大田池				
	272	宮原上谷池				
③	267	ノブソ池	0.614	3,720	3.926	3.687
	268	正ヶ谷池				
④(③)	269	大池				
⑦	265	下阿此比池	0.007	390	0.047	0.034
⑧	280	水戸の池	0.020	110	0.079	0.073

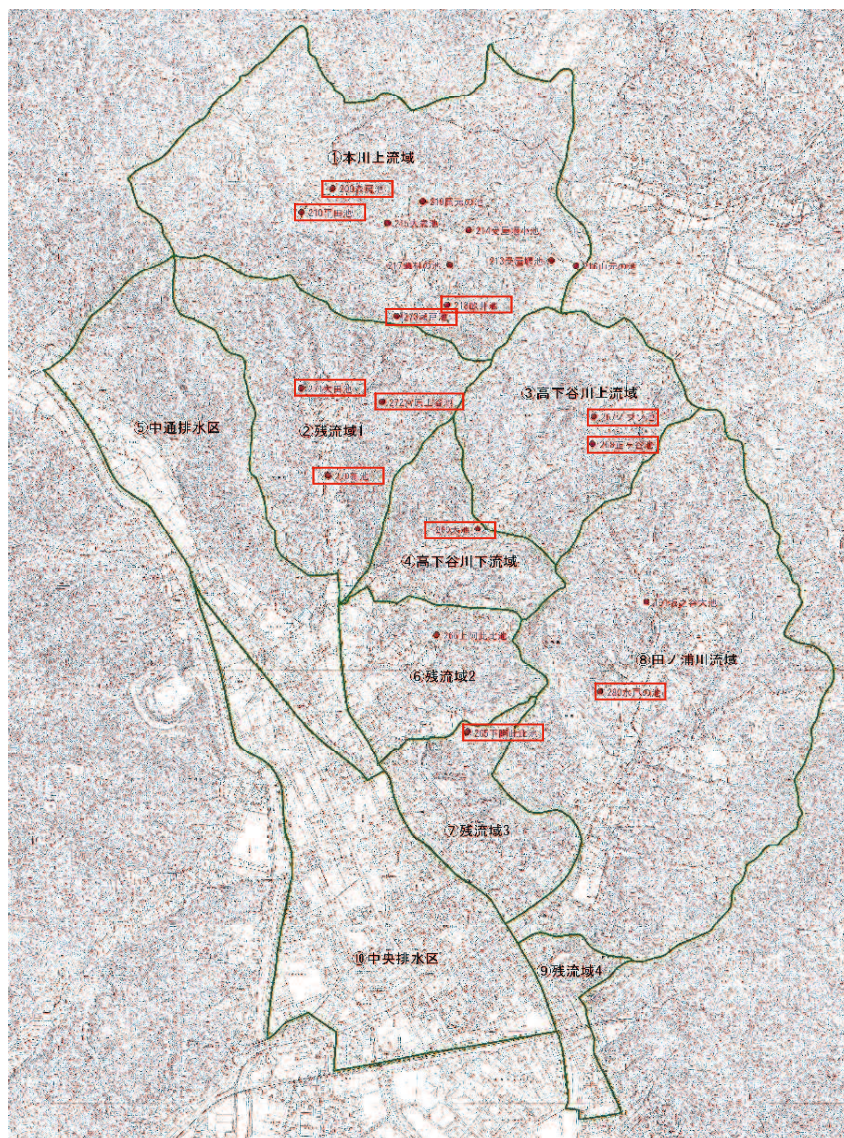


図-2.4.9 本川流域におけるため池位置図(赤枠が利用可能なため池)

各流域の流量ハイドログラフをもとに、ため池の有効貯水容量まで洪水調節を行うものとした洪水調節計算をした結果を図-2.4.10に示す。ため池貯留の効果が平成30年7月豪雨のピーク時である7月7日未明時点では洪水調節効果はなく、最も調節効果のある流域⑦(下阿此比池)においても本川ピーク時の水位・流量低減に寄与するまでには至らない。

これらの結果から、集水域での対策として候補となるため池貯留においても、平成30年7月豪雨のような長雨には対応できない、つまり、流域流出抑制施策としては大きな効果が得られていないことが確認できた。

以上より、ため池貯留等の集水域における対策は、流出抑制施策にならず、下流市街地(市街化区域、用途地域)において、河川整備と下水道整備がハード対策の主なメニューとなることが想定される。

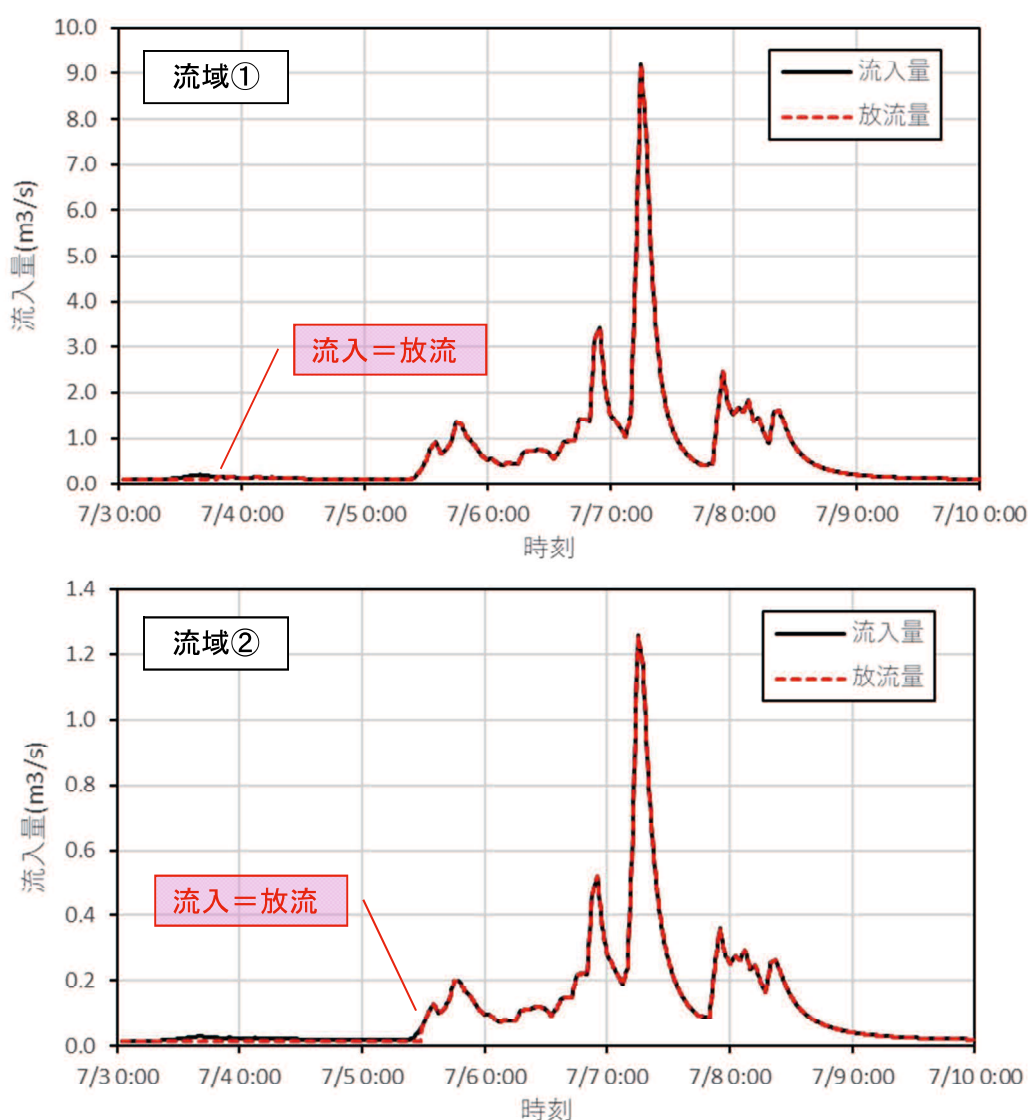


図-2.4.10(1) ため池の洪水調節図

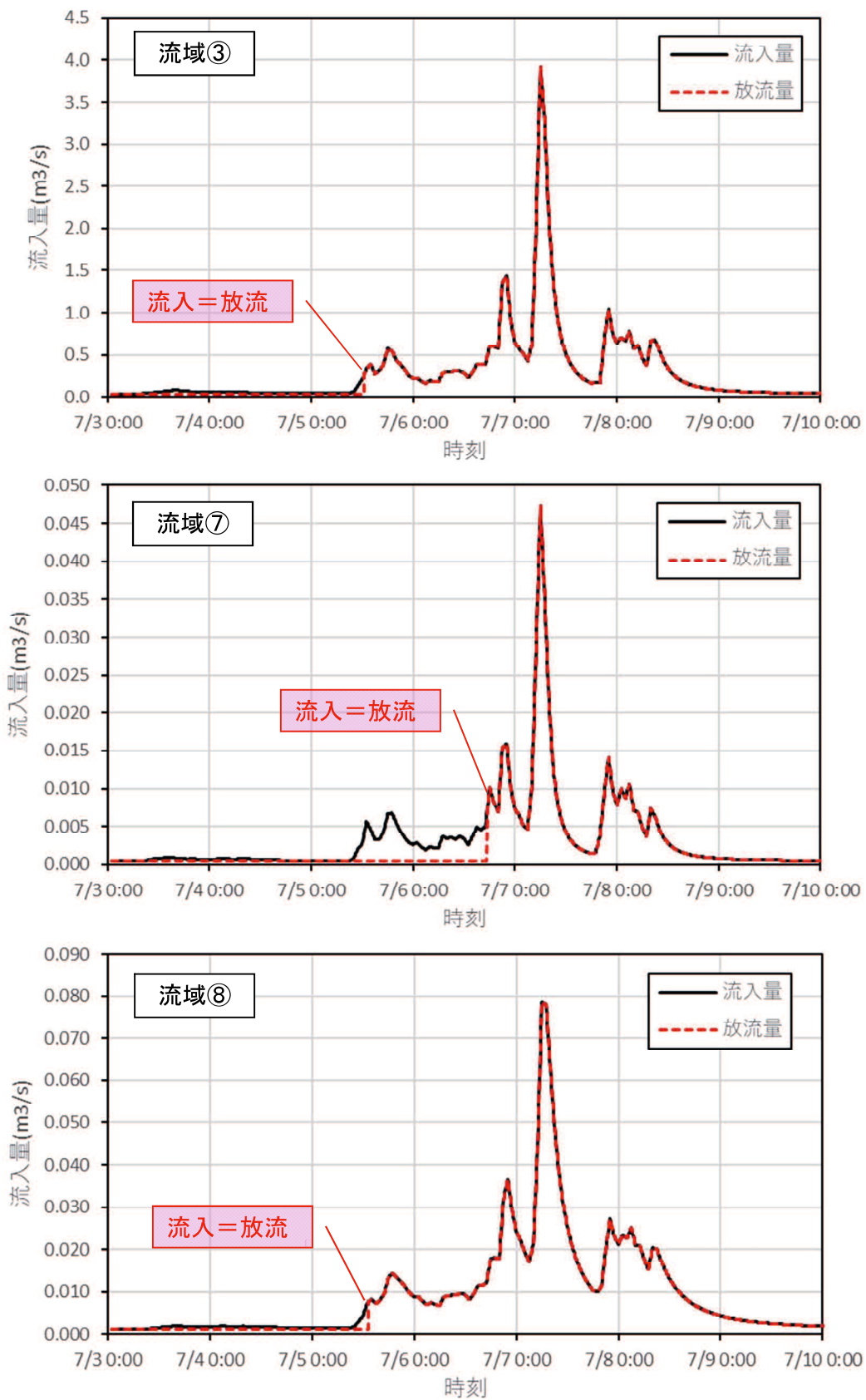


図-2.4.10(1) ため池の洪水調節図

2.5 第2章まとめ

広島県では法的枠組みのもと、流域一体となった浸水被害軽減に取り組み、早期に地域の安全性の向上を図るため、令和4年7月25日に本川水系本川について、特定都市河川に指定した。

本川水系は、流域面積6.8km²、流路延長2.3kmの小さな河川であり、氾濫原の全域が非線引き区域ではあるが、用途地域に指定されており、かつ、下水道排水区の流末処理先が本川となっていることから、河川と内水域が一体となった整備を行う必要がある。

本章ではこのような特定都市河川の指定が増加すること鑑み、特定都市河川制度の適用と課題について整理を行った。そのまとめを以下に示す。

- 1) 本川の治水計画は、流域治水対策により内水域での流出抑制を取り入れ、基本高水流量≠河川で処理する流量(計画高水流量)としている。
- 2) 河川整備基本方針、河川整備計画において、内水域の対策を考慮した河川整備水準を設定しており、流域水害対策計画策定においては、計画期間、計画対象降雨、河川・下水道整備内容をそれぞれの将来ビジョンに基づいた計画とする必要がある。
- 3) 流域治水を更に推進するため、法的枠組みの整備が実施されているが、氾濫原のほとんどが用途地域(非線引き区域)、かつ、立地適正化計画において、都市機能誘導区域、居住誘導区域に指定されている流域では、用途地域や立地適正化計画の見直しによる対応も治水対策に有効である。なお、貯留機能保全区域の指定、調整地等の建設など、土地利用方法に関して幅広い視点での検討を進め、地域住民・企業との合意形成を図りつつ、対応方法を検討する必要がある。
- 4) ハード整備(流域流出抑制施策)は、中上流域の市街化調整区域、または、用途地域外の氾濫域がほとんどない集水域における田んぼダムやため池貯留の効果はほとんどなく、内水常襲地帯となっている下流市街地(市街化区域、用途地域)での対策に限定される。
- 5) 以上より、河川整備と下水道整備が主なメニューとなるため、それぞれの整備が氾濫に与える影響を分析しておく必要がある。

参考文献

- 2-1) 国土交通省：流域での対応を含む効果的な治水の在り方について（中間答申），河川審議会，2000. https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/past_shinngikai/shinngi_kai/shingi/CT_01.html
- 2-2) 総合治水対策のプログラム評価に関する検討会：総合治水対策の仕組みと現状・効果，2003. https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/past_shinngikai/gaiyou/seisaku/sougouchisui/pdf/2_2genjou.pdf
- 2-3) 今後の治水対策のあり方に関する有識者会議：今後の治水対策のあり方について 中間とりまとめ，2010. https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/tisuinoarikata/220927arikata.pdf
- 2-4) 国土交通省：特定都市河川浸水被害対策法等の一部を改正する法律の施行(6ヶ月以内施行分)について，2021.
- 2-5) 天野 卓三, 朝位 孝二, 白水 元, 高夫 章光, 山本 泰督：平成30年7月豪雨における土砂等の流出が野呂川ダムと河川氾濫に与えた影響，土木学会論文集，第75 巻 1 号，p. 200-207，2019.
- 2-6) 建設省土木研究所：氾濫シミュレーション・マニュアル(案)ーシミュレーションの手引き及び新モデルの検証，1996.
- 2-7) 広島県・竹原市：本川流域水害対策計画，総説及びpp. 1-2, 図-1.1, 2023.
- 2-8) 竹原市：竹原市公共下水道事業における社会資本総合整備計画，2021.
- 2-9) 広島県・竹原市：本川流域水害対策計画，p. 13, 図-1.13, 2023.
- 2-10) 広島県：二級河川本川水系河川整備基本方針，2023.
- 2-11) 広島県・竹原市：本川流域水害対策計画，p. 7, 図-1.8, 2023.
- 2-12) 広島県・竹原市：本川流域水害対策計画，p. 12, 図-1.12(1), 2023.
- 2-13) 竹原市：竹原市立地適正化計画，2018.
- 2-14) 広島県：市街化区域内の土砂災害特別警戒区域を市街化調整区域に編入する取組方針，2021.
- 2-15) 農林水産省：「田んぼダム」の手引き，p.30, 2022.
- 2-16) 広島県・竹原市：本川流域水害対策計画，p. 21, 図-3.1, 2023.
- 2-17) 竹原市：ため池台帳，2022.

第3章 河川・下水道整備が氾濫に与える影響評価

第2章では、流域面積が小さく、氾濫域のほとんどが用途地域に指定されている本川流域を事例に、特定都市河川制度の適用と課題をソフト対策、ハード対策の両面から整理した。その概要として、本川水系の治水計画は、本川に流出する下水道排水区では内水氾濫により全量が本川に流下しないため、内水域(用途地域)での氾濫を流出抑制として見込んでおり、段階的な河川・下水道の整備が河川水位の上昇や氾濫に与える影響を把握しながら、河川・下水道の将来ビジョンに基づいた計画とする必要があるとした。また、下流市街地(市街化区域、用途地域)以外の地域での流出抑制対策となる田んぼダムやため池貯留は本川への効果が得られず、河川や下水道の整備が主となるメニューであることから、定量的な分析が必要であると結論付けた。

流域治水に関しては、福岡¹⁻¹⁵⁾が本支川一体としての治水を考え、治水対策の進め方に多様性を持たせるものとしており、段階的な計画において河川の治水効果、氾濫リスクの評価を行い、流域治水を進めることが今後の重要な課題と問題提起しているが、下水道排水区における整備が氾濫に与える影響等に関する文献は報告されていないのが現状である。言い換えれば、既往の特定都市河川流域は下水道等の内水対策による影響が小さい流域であったと言える。

これらを踏まえ、本章では、河川・下水道の将来ビジョンに基づいた計画の段階的な評価を実施する一環として、河川整備や下水道整備が河川水位や氾濫に与える影響と効果を定量的に検証した。

3.1 検証対象洪水と整備内容

3.1.1 検討対象洪水

対象とする洪水は、本川流域水害対策計画、本川水系河川整備計画の目標規模である平成30年7月豪雨実績、河川の将来ビジョン(本川水系河川整備基本方針)である計画規模50年確率規模相当流量(平成22年7月型洪水)、ならびに、下水道の将来ビジョン(竹原市雨水排水計画)である計画規模7年確率規模相当流量(整備済である中央排水区の比流量)の3波形とした。なお、本川流域における下水道排水区は、本川法河川区域内の右岸側が中通排水区、左岸側が本川排水区とされており、7年確率規模を目標としているが、具体的な整備内容等、下水道雨水排水計画の認可を得るまでには至っていない。

検証は、本川水系内外水一体型氾濫解析モデル²⁻¹¹⁾を用いるものとし、各流域・水路の上流端条件として、第2章に示した手法と同様に、各対象洪水ハイドログラフを設定した。図-3.1.1に示す検証対象ハイドログラフは、下水道排水区を含む本川全流域流出量が全量、本川の河口まで到達した場合の流量を示している。また、ピーク流量、24時間総流出量は表-3.1.1に示すとおりである。流量算定方法は、平成30年7月実績、河川計画の50年確率規模が貯留関数法による流出計算結果、下水道計画7年確率規模は中央集中型モデルハイドログラフとしているため、24時間(1,440分)での評価としている。

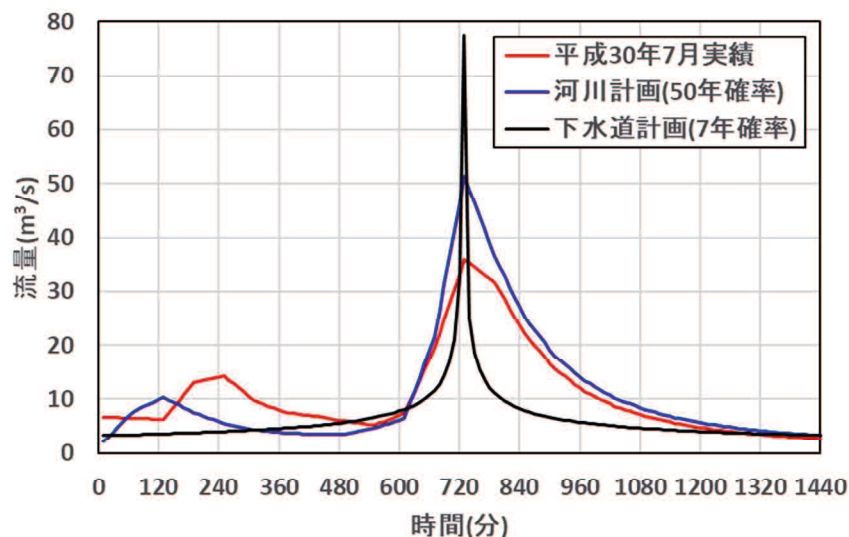


図-3.1.1 検証対象ハイドログラフ

表-3.1.1 ピーク流量と24時間総流出量の関係

検証対象規模	ピーク流量 (m³/s)	24時間総流出量 (m³)
H30.7実績(流域水害対策計画)	36.0	137,500
50年確率(河川の将来ビジョン)	51.4	142,000
7年確率(下水道の将来ビジョン)	77.6	82,800

3.1.2 整備内容

対象とする河川や下水道の整備内容は、表-3.1.2、図-3.1.3に示すとおりであり、河川の段階的整備内容(図-3.1.2参照)と本川流域水害対策計画に位置付けられるポンプ場、調整地(雨水貯留施設)、計画水路³⁻¹⁾を内水域の対策として下水道整備と仮定した。

表-3.1.2 整備内容一覧表

対象区域	整備内容
河川 (河道整備)	■現況河道 ■河川整備計画河道(流域水害対策計画)→平成30年7月豪雨が計画高水位で流下 ■河川整備基本方針河道(将来ビジョン)→50年確率規模相当流量が計画高水位で流下
下水道 (流域対策)	■現況(現況ポンプのみ) ■大王地区(大王ポンプ、調整地、計画水路) →調整地：計画水深2m、計画容量6,000m³、計画水路：既設水路を連結 ■楠通地区(楠通ポンプ)

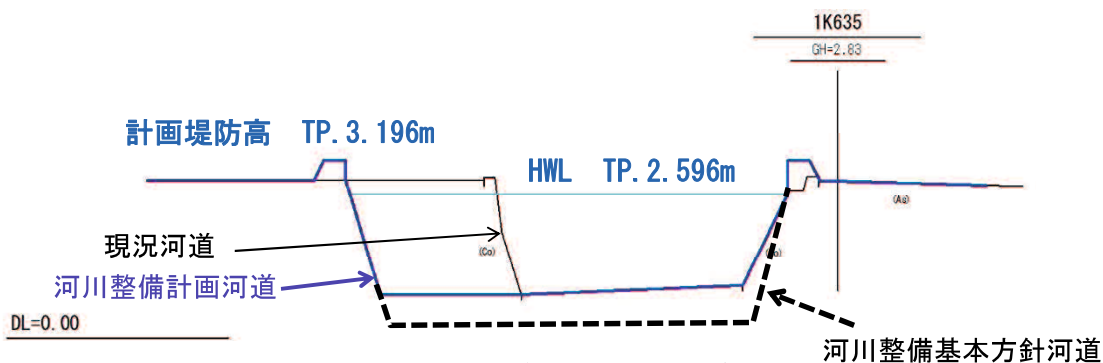


図-3.1.2 番屋橋(B水路合流地点の計画横断面図)

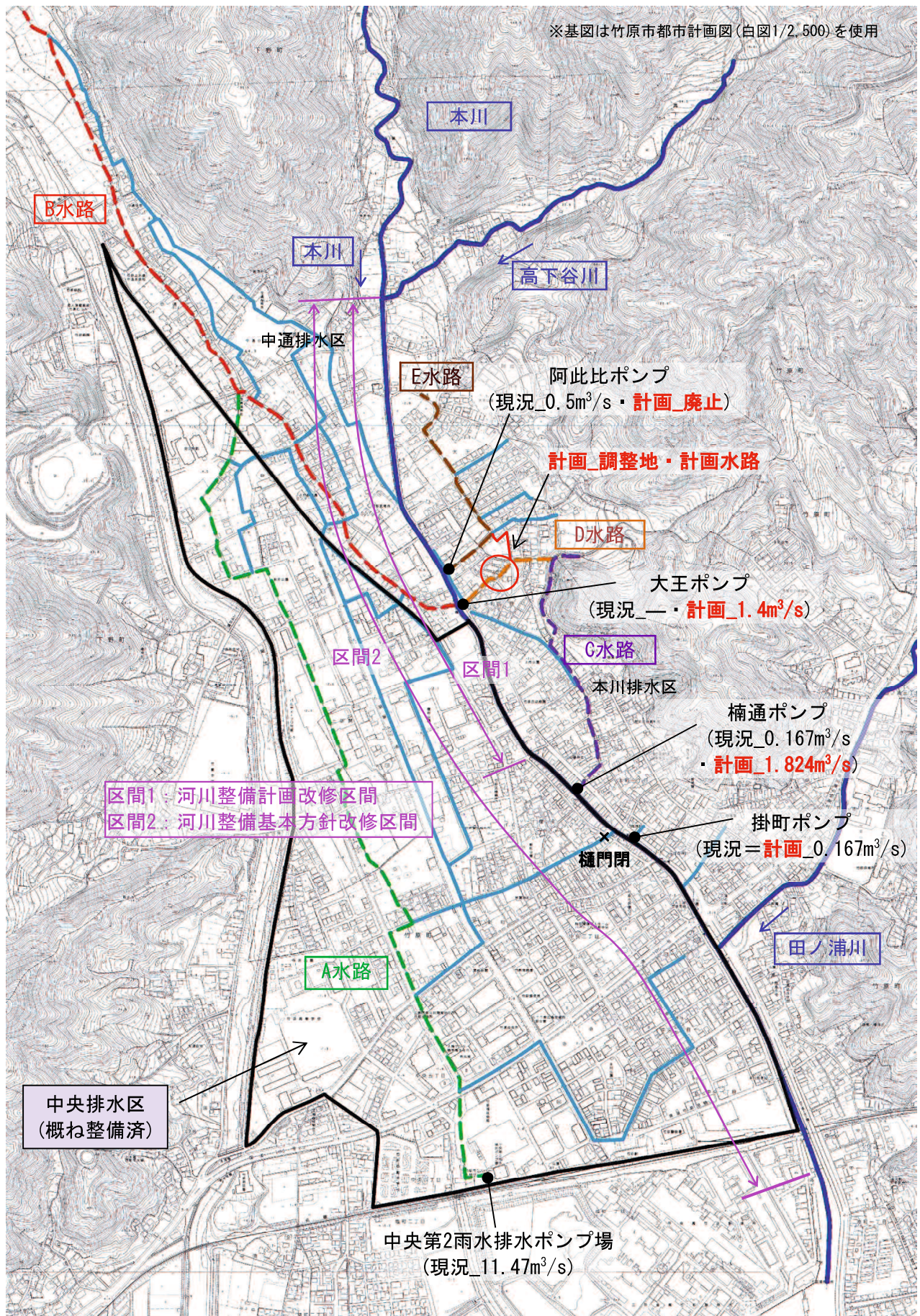


図-3.1.3 河川・下水道の整備内容位置図

3.2 整備効果の検証

3.2.1 検証ケース

河川・下水道の整備効果を検証するため、検証対象洪水の3波形に対し、表-3.1.2、図-3.1.2、図-3.1.3に示した河川の整備状況3ケース(現況、河川整備計画、河川整備基本方針)と下水道の整備状況3ケース(現況、大王地区、大王地区+楠通地区)を組み合わせ、合計27ケースの氾濫解析を実施した。なお、本川流域水害対策計画に示されている都市浸水想定区域図³⁻²⁾は、洪水波形が平成30年7月豪雨であり、整備前は河川整備状況(現況)と下水道整備状況(現況)の組み合わせ、整備後は河川整備状況(河川整備計画)と下水道整備状況(大王地区+楠通地区)の組み合わせであり、特定都市河川流域外となる中央排水区における浸水範囲は含まれていない。

3.2.2 整備の影響と効果

検証27ケースの浸水範囲を整理し、河川・下水道の整備内容別に浸水面積を整理することにより、整備の影響と効果を確認した。図-3.2.1に平成30年7月豪雨規模の浸水面積の減少効果を示し、図-3.2.2に河川の将来ビジョンである50年確率規模、図-3.2.3に下水道河川の将来ビジョンである7年確率規模の結果を示す。

平成30年7月豪雨規模、50年確率規模の場合(総流出量が多い場合)、河川からの溢水が生じているケースでは下水道整備の効果が得られず、河川の整備効果が大きいことが分かる。一方で、7年確率規模の場合、河川からの溢水の影響に係わらず、概ね同等の下水道整備の効果が得られている。この要因として、以下の事項が考えられる。

- 1) 総流出量が多い場合、河川からの溢水量も大きく、下水道の対策が内水域の流出量に対する対策にならず、河川からの溢水量を調整地に貯留したり、ポンプ排水する対策となっている。
- 2) 総流出量が少ない場合、河川からの溢水が一時的で、溢水量も小さく、下水道の対策が本来の目的である内水域の流出量に対する対策となっているため、下水道整備別の河川整備効果に差異が生じない。

以上を踏まえ、実績波形の降雨引伸ばしで得られる50年確率規模など、河川の計画で用いられる実波形に近い降雨では、下水道排水区を抱える河川においても河川整備の効果が大きく、優先的に河川整備が必要である。つまり、外水位を低下させることが下水道整備効果に寄与することが明らかである。

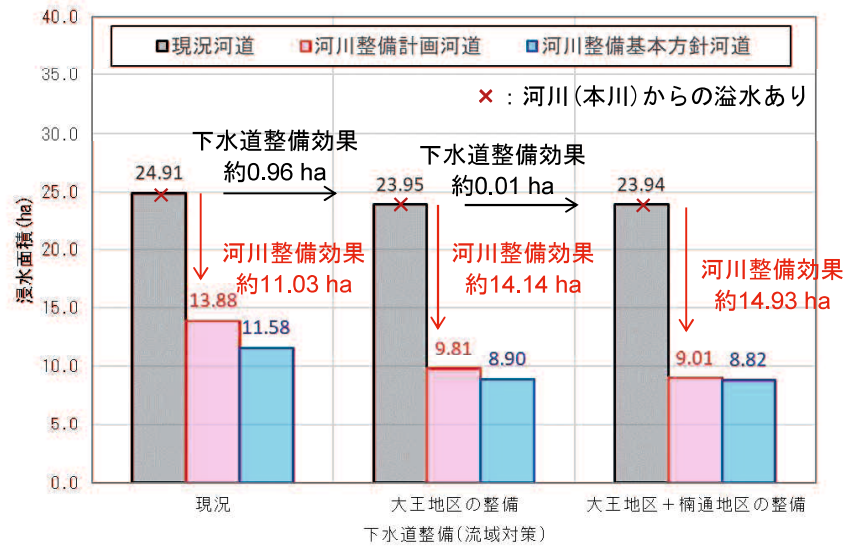


図-3.2.1 河川・下水道の整備内容位置図(平成30年7月豪雨規模)

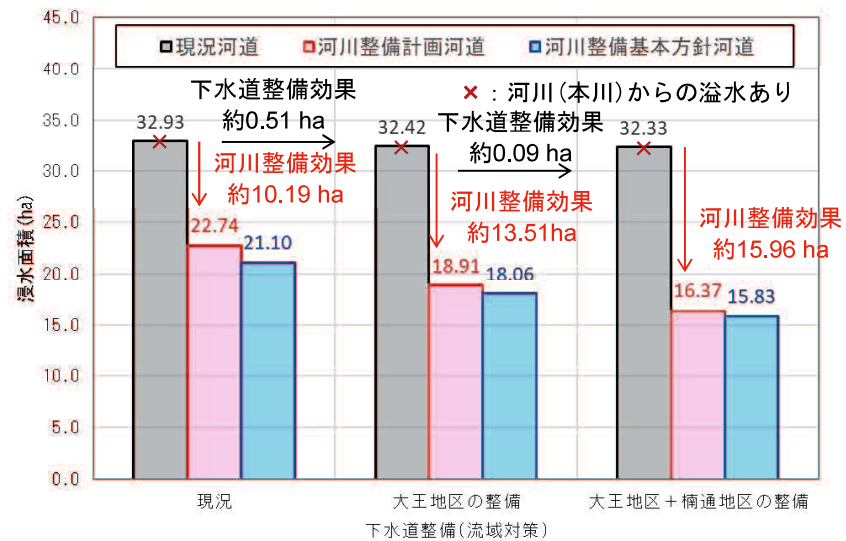


図-3.2.2 浸水面積の減少効果(50年確率規模)

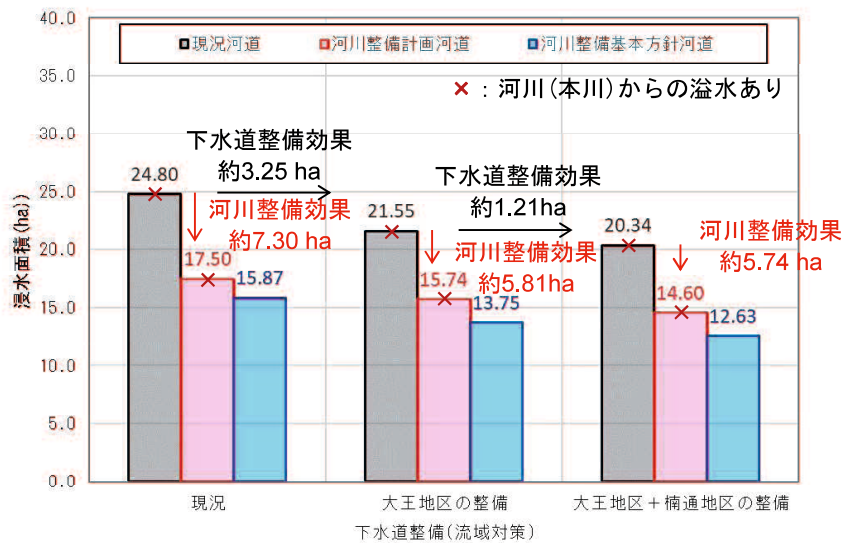


図-3.2.3 浸水面積の減少効果(7年確率規模)

また、図-3.2.4(1)に平成30年7月豪雨規模における氾濫解析結果(現況河道)、図-3.2.4(2)に河川整備計画河道、図-3.2.4(3)に河川整備基本方針河道の結果を示し、図-3.2.5(1)に河川の将来ビジョンである50年確率規模における氾濫解析結果(現況河道)、図-3.2.5(2)に河川整備計画河道、図-3.2.5(3)に河川整備基本方針河道の結果を示し、図-3.2.6(1)に下水道の将来ビジョンである7年確率規模における氾濫解析結果(現況河道)、図-3.2.6(2)に河川整備計画河道、図-3.2.6(3)に河川整備基本方針河道の結果を示す。

なお、これらの氾濫解析結果は下水道整備完了後(大王+楠通地区整備後)としている。

氾濫シミュレーション結果から着目する点として、大王地区調整地の貯留状況である。50年確率規模の場合、河川整備計画河道では河川水位が高いことから、大王ポンプ規模が不足し、水路水位の上昇によって、計画水深の2m以上の貯留が発生、調整地から溢水している。一方、河川整備基本方針河道完成後では、河川水位の低下により、水路水位が低下し、計画水深以下となっている。7年確率規模の場合は、逆に水深が1m以下となっており、効果的な貯留が得られていない。言い換えれば、下水道計画におけるハイドログラフで調整地規模、越流開始水位を設定した場合、平成30年7月豪雨のような実績規模には調整地が対応できないことを示している。

また、番屋橋地点付近で流入してくる中通排水区B水路(本川右岸側流域)の氾濫も特徴的である。50年確率規模の場合、河川整備状況によって、中央排水区を含め、本川右岸流域全体の氾濫区域が異なっているのに対し、7年確率規模の場合、本川合流点付近の氾濫区域を除き、中央排水区などの氾濫区域が変わらない結果となっている。これは、50年確率規模では本川の背水影響を受ける時間が長く、一方、7年確率規模ではピーク流量が大きいものの、ピーク時間が短いため、本川の背水影響を受ける時間帯が短く、水路の流下能力不足による氾濫であることを示している。

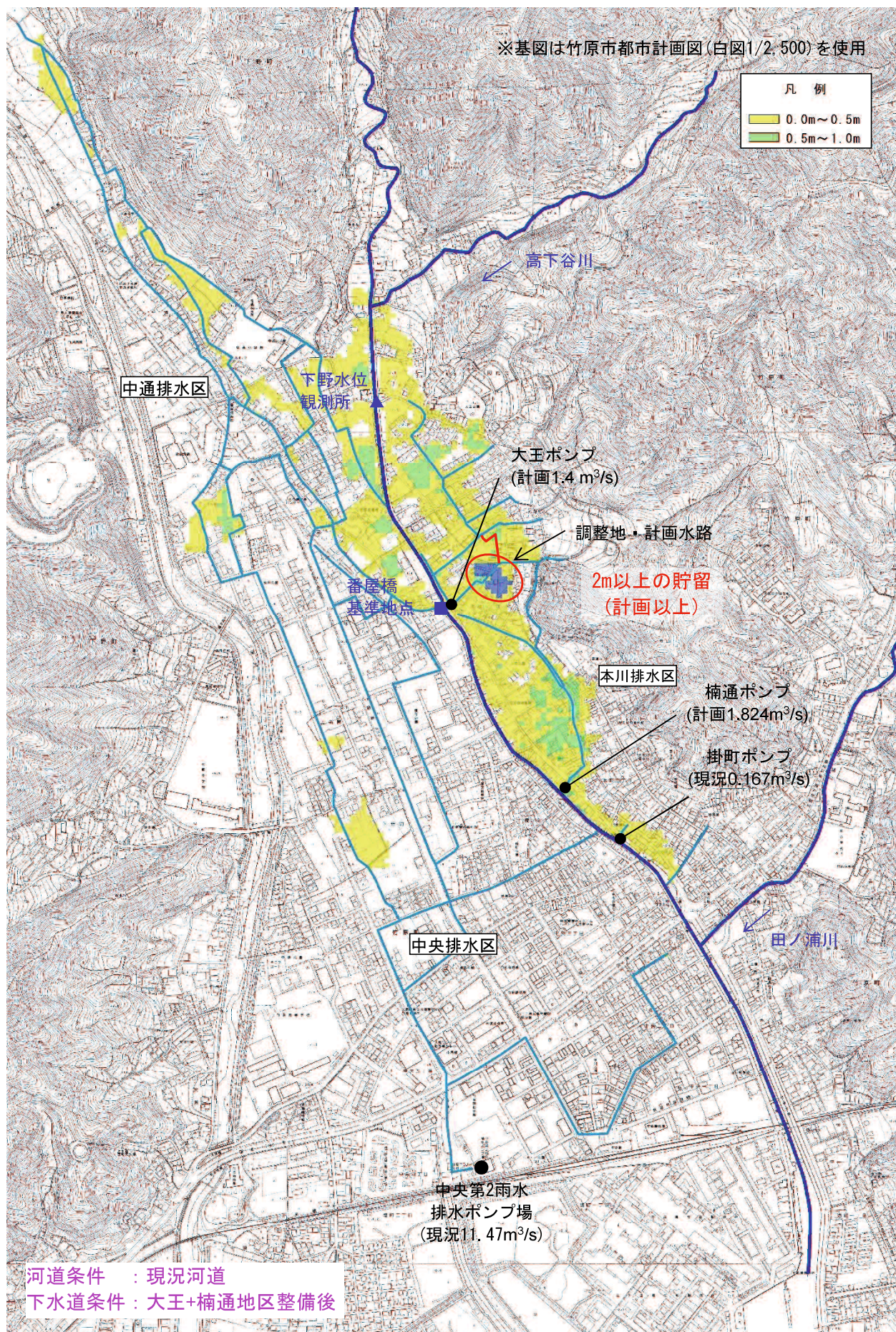


図-3.2.4(1) 氾濫解析シミュレーション結果(平成30年7月豪雨規模_現況河道)

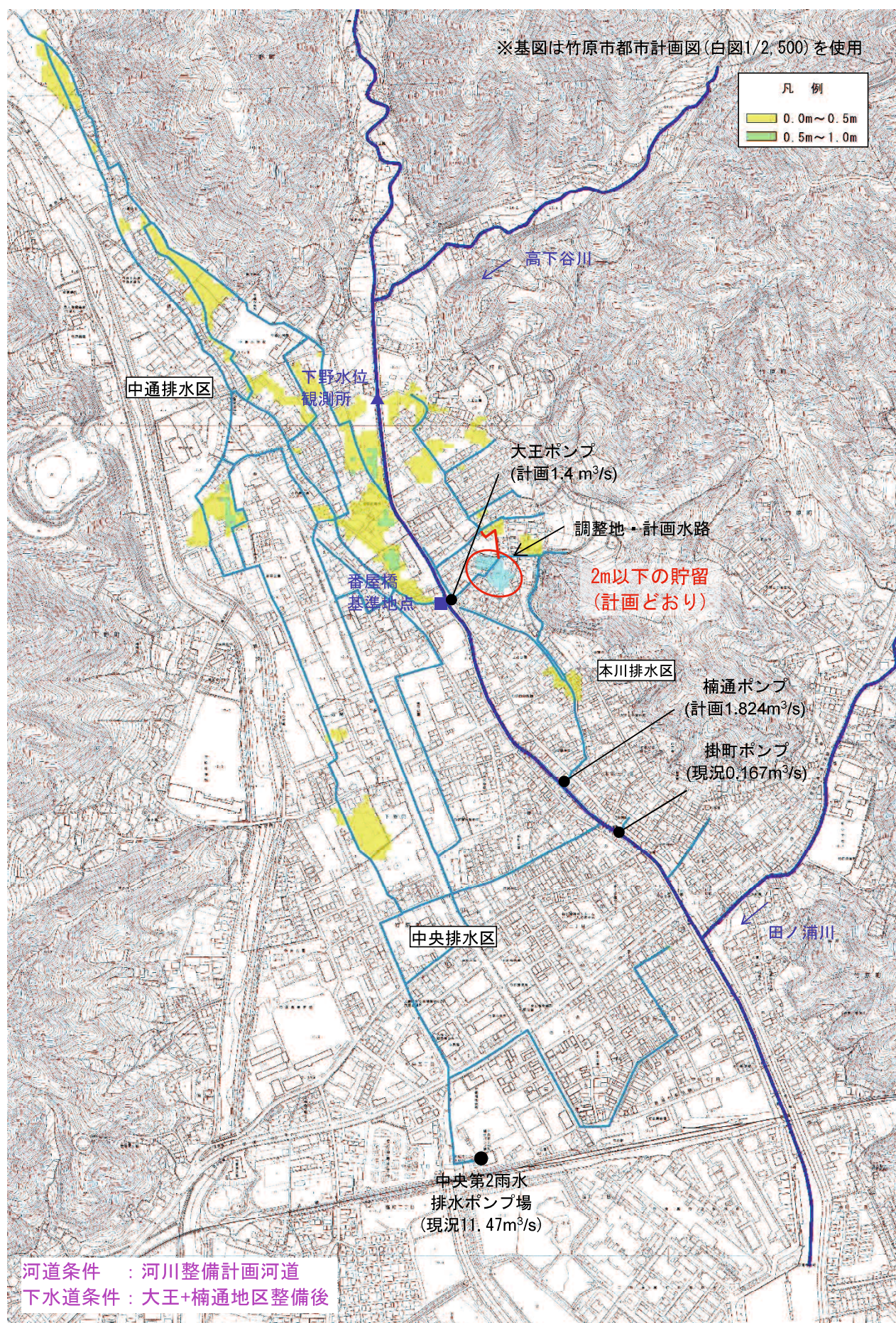


図-3.2.4(2) 氾濫解析シミュレーション結果(平成30年7月豪雨規模_河川整備計画河道)

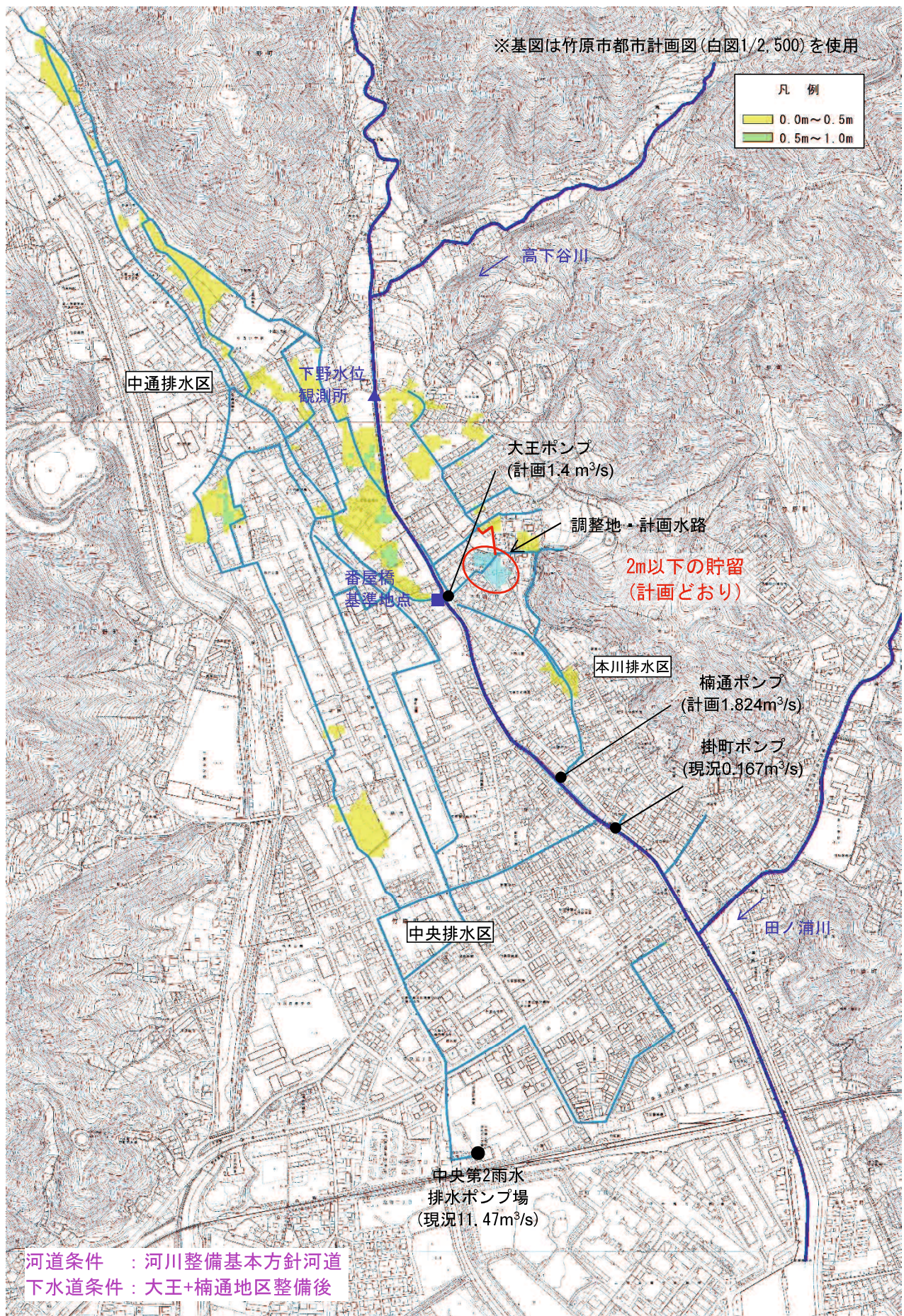


図-3.2.4(3) 氾濫解析シミュレーション結果(平成30年7月豪雨規模_河川整備基本方針河道)

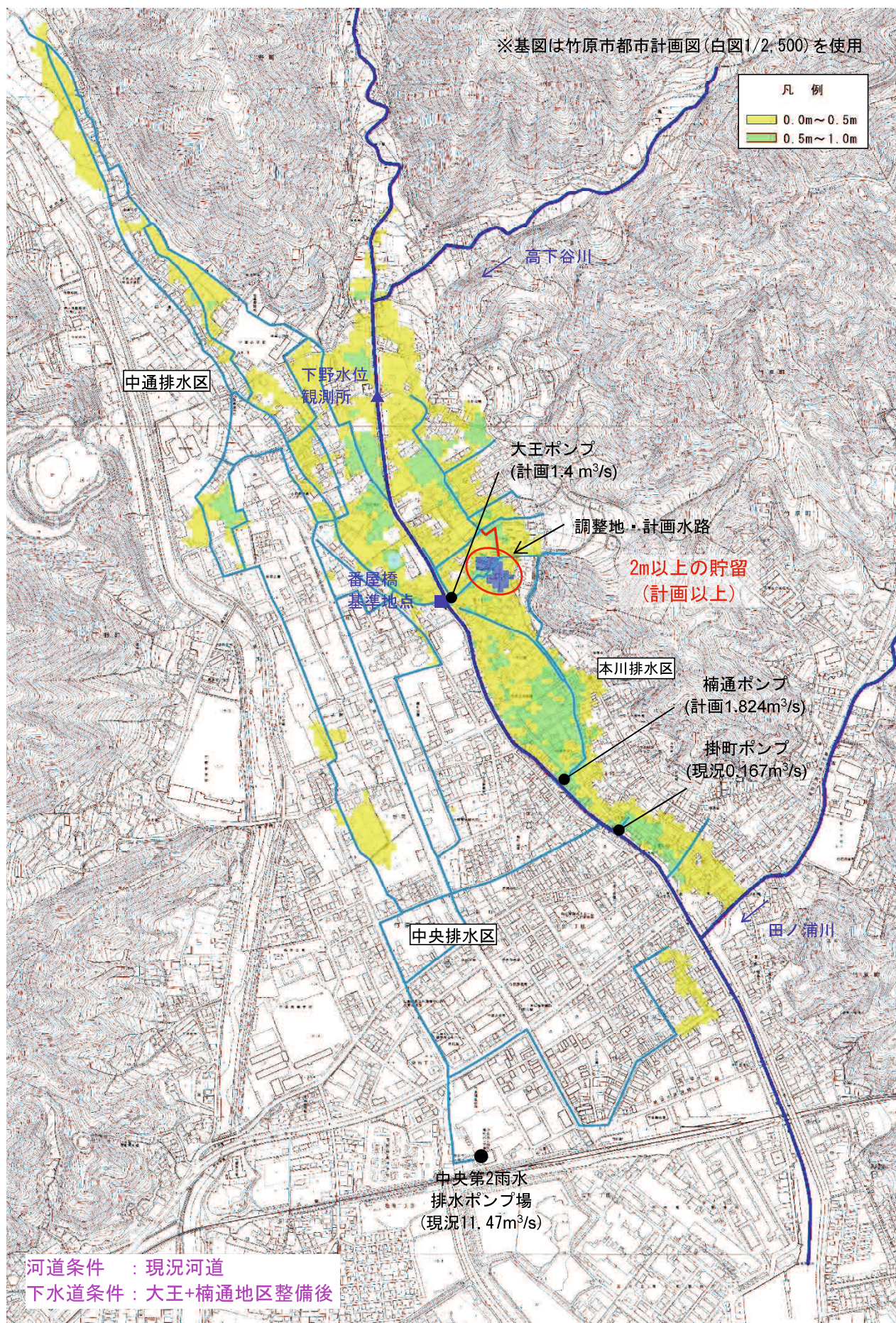


図-3.2.5(1) 氾濫解析シミュレーション結果(50年確率規模_現況河道)

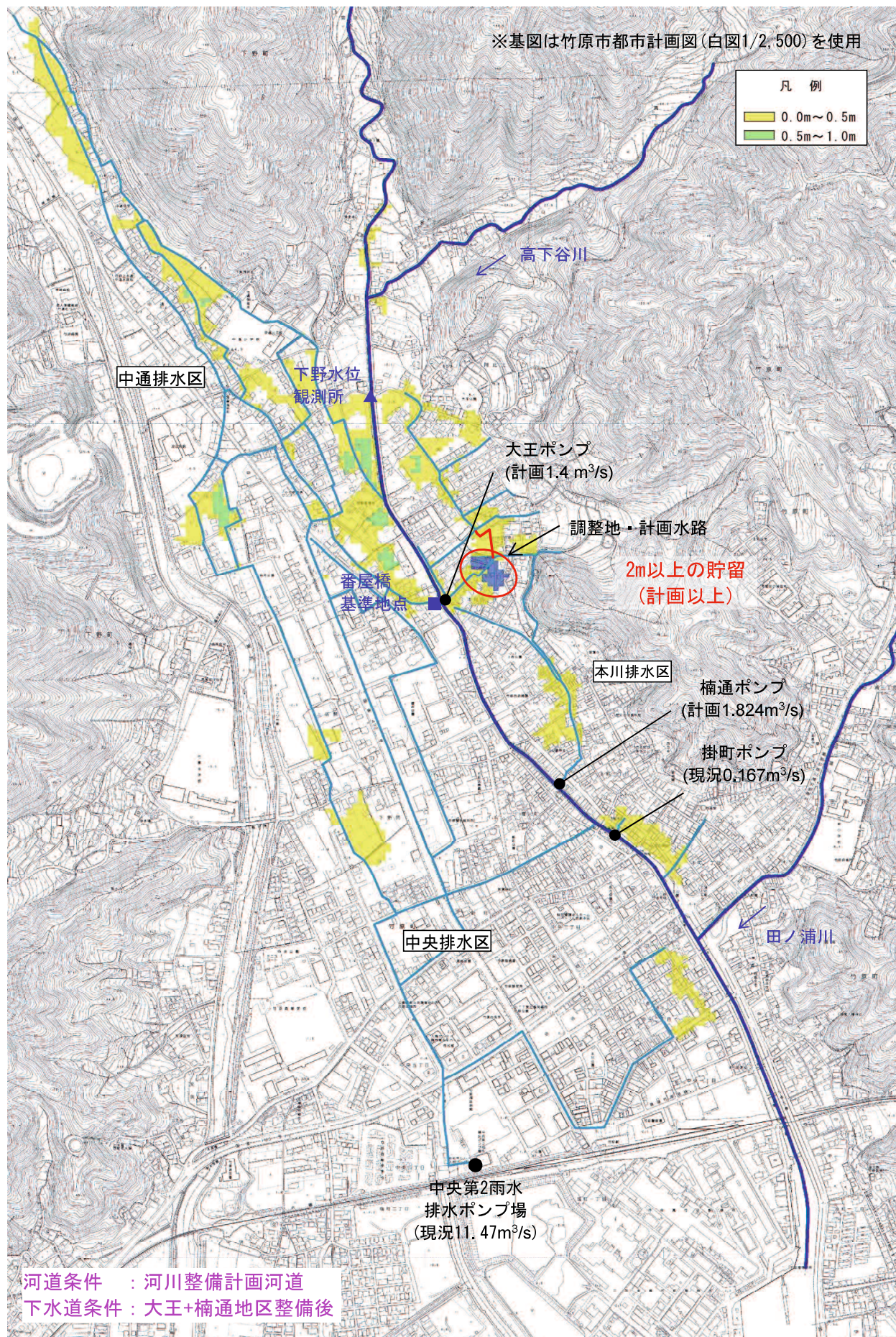


図-3.2.5(2) 氾濫解析シミュレーション結果(50年確率規模_河川整備計画河道)

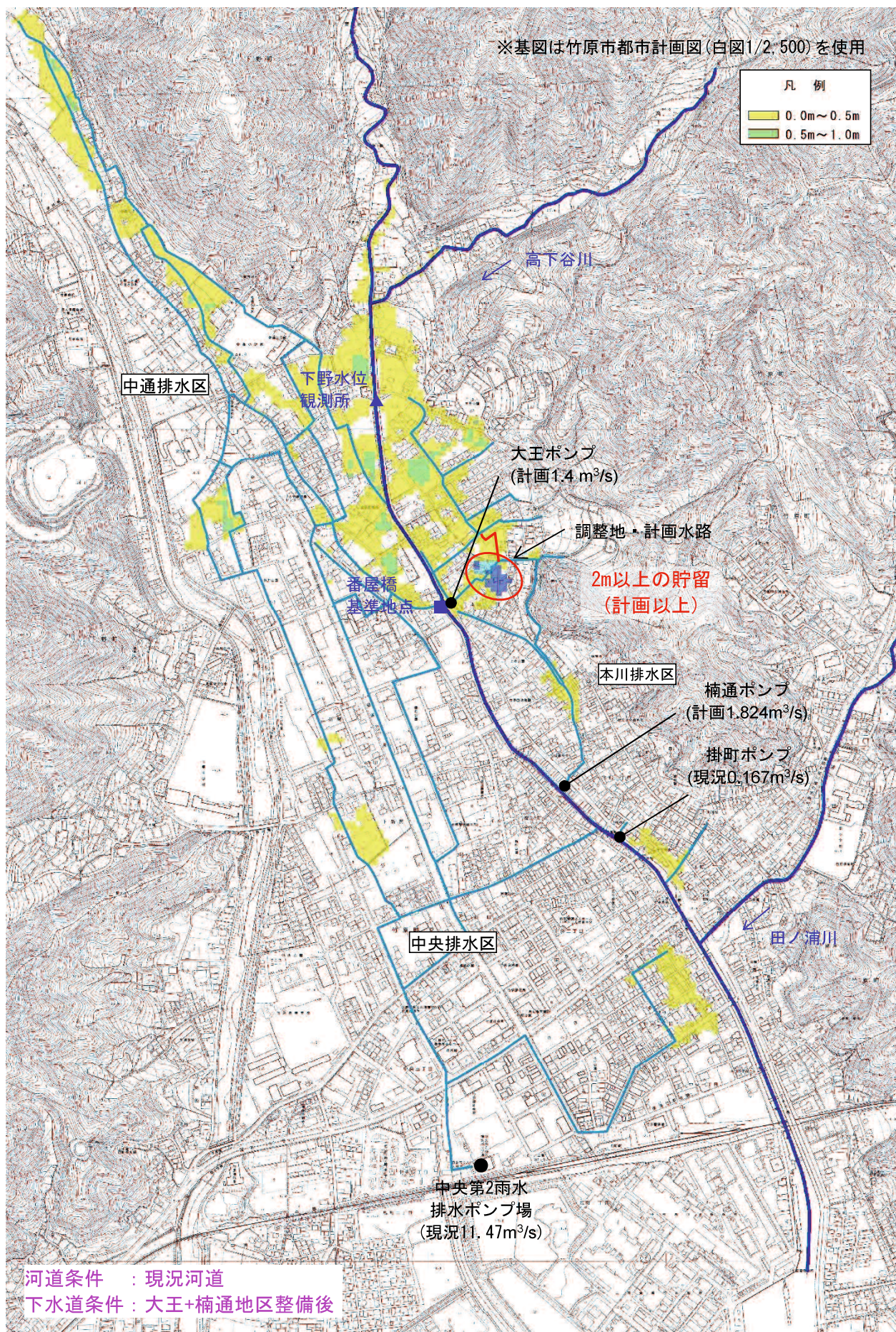


図-3.2.6(1) 氾濫解析シミュレーション結果(7年確率規模_現況河道)

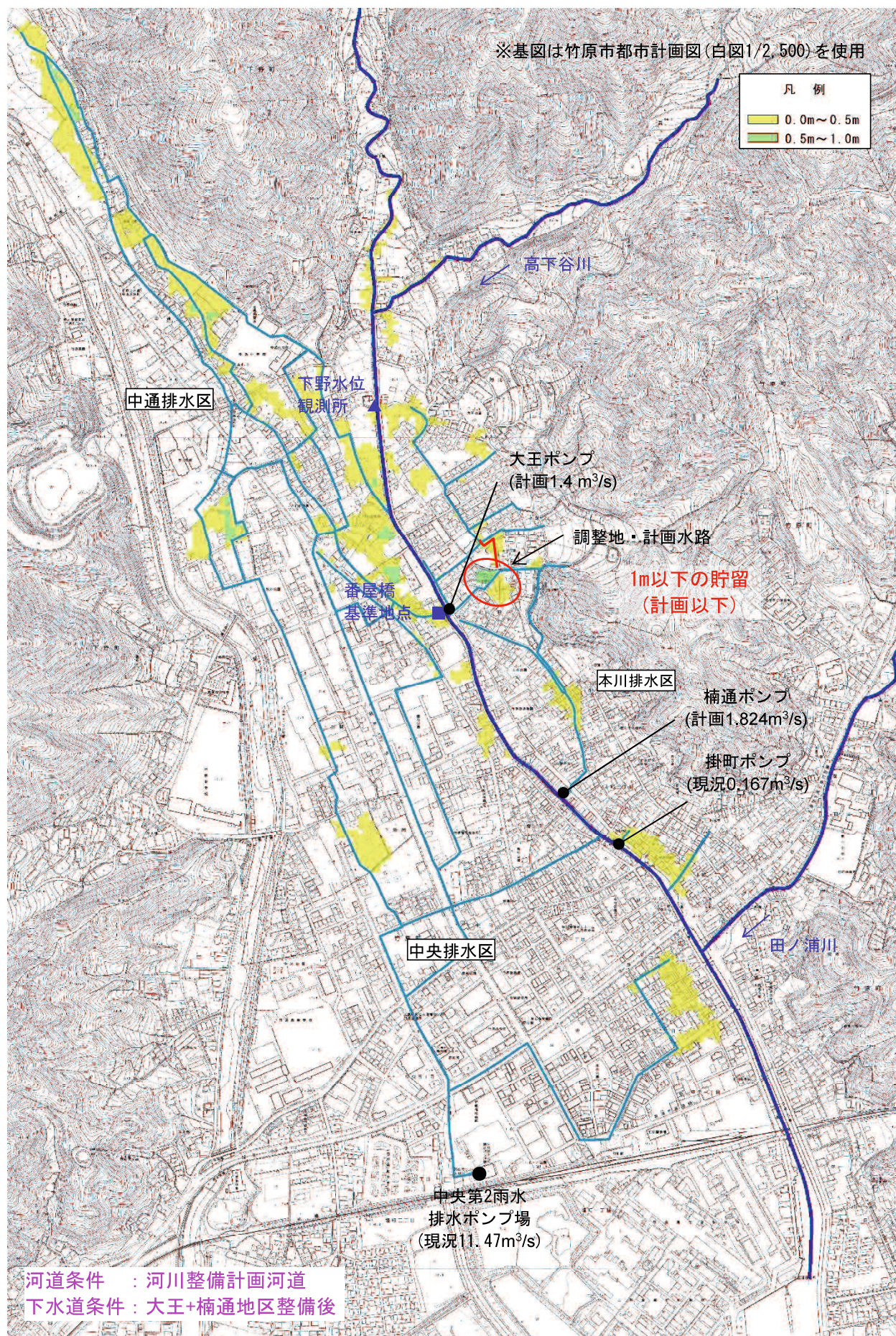


図-3.2.6(2) 氾濫解析シミュレーション結果(7年確率規模_河川整備計画河道)

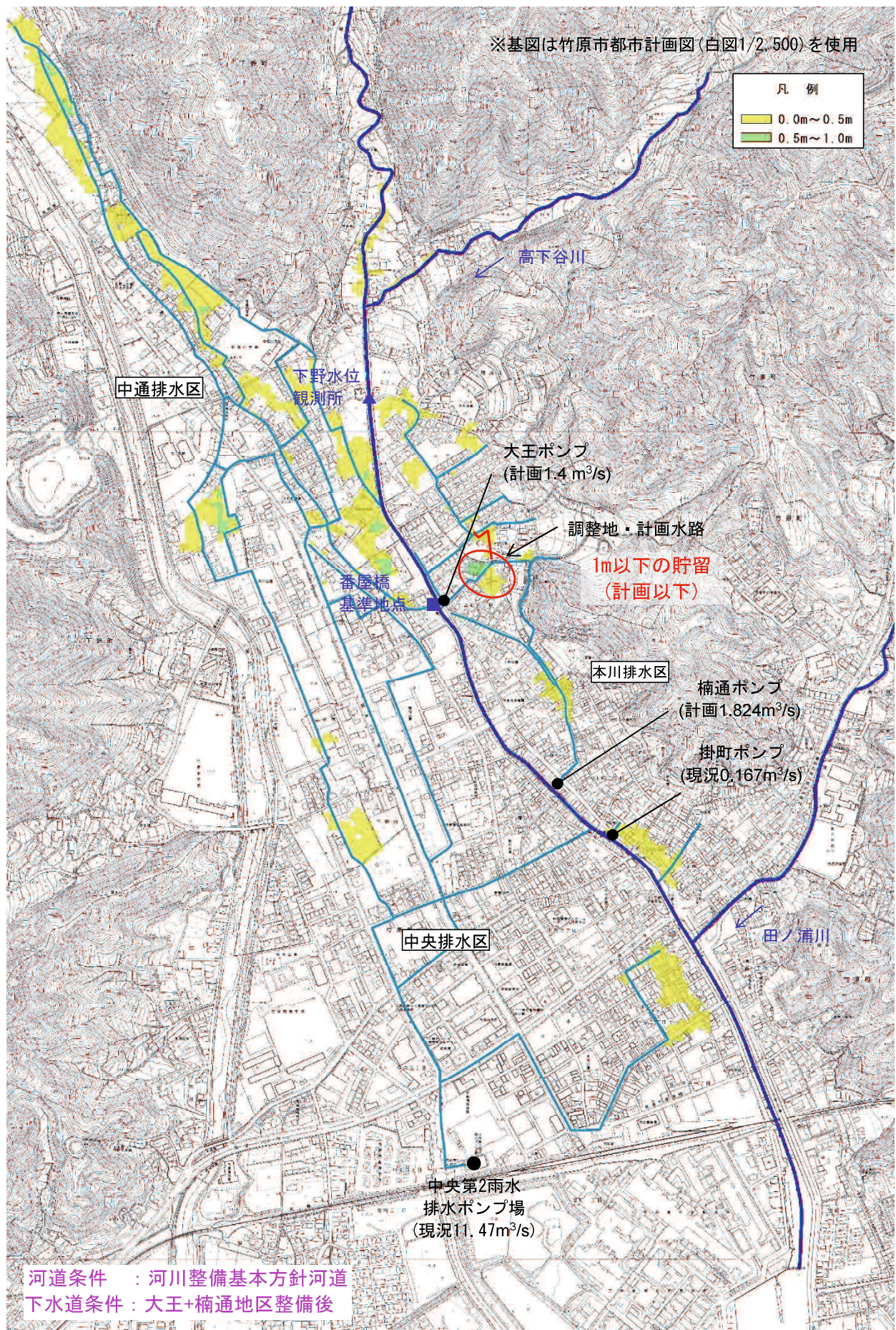


図-3.2.6(3) 氾濫解析シミュレーション結果(7年確率規模_河川整備基本方針河道)

3.3 背水影響の評価

3.3.1 評価地点の概要

氾濫シミュレーション結果より、番屋橋地点付近で流入してくる中通排水区B水路(本川右岸側流域)の氾濫が特徴的であることは、前述のとおりであるが、河川の整備や本川排水区(本川左岸側流域)の整備内容によって、整備を行っていない区域の氾濫状況が変化している、または、波形条件によっては変化が見られないとの特性が得られている。

この要因は、唯一、自然流下してくる中通排水区B水路と本川水位との関係において、本川水位が高い場合にはB水路への背水影響として、本川流量が逆流していることが想定される。

以上から、図-3.3.1に示すB水路合流地点における本川水位とB水路の関係を整理することにより、洪水規模別、河川の整備状況別、下水道の整備状況別の背水影響の評価を行った。



図-3.3.1(1) B水路合流地点位置図



図-3.3.1(2) B水路合流地点の空撮状況

3.3.2 背水影響の評価

河川からの洪水が発生し、下水道整備による影響が小さい現況河道の条件を除く河道条件2ケース、洪水波形3ケース、下水道整備内容3ケースの合計18ケースについて、B水路合流点における本川水位グラフ、B水路合流量を整理した。

表-3.3.1に下水道整備に伴う河川水位の変化を示し、図-3.3.2に本川水位上昇量を比較した。水位上昇量とは現況ポンプ施設から下水道整備により本川水位がどの程度上昇しているかを示しており、特に、大王ポンプ $1.4\text{m}^3/\text{s}$ 、楠通ポンプ $1.824\text{m}^3/\text{s}$ の影響量である。B水路合流点付近で排水する大王地区整備後では、最大4cm程度の水位上昇が発生し、約500m下流の楠通地区の整備後では最大5cm程度と大王地区整備後からの水位上昇量は1cm程度の上昇となっている。これは、楠通ポンプ排水地点の水位上昇が評価地点までに通減しているものと考えられる。なお、河道状況別にみると河川整備計画河道規模相当の平成30年7月豪雨では河川整備による水位上昇の抑制効果が得られ、河川整備基本方針以上のピーク流量となっている下水道の7年確率規模の場合は河道状況による変化が見られない結果である。

以上より、本来、自然流下している水路に対し、下水道整備と定義しているポンプによる強制排水を行う場合、内水域流出量を河川に全量排水することなく、流域流出抑制施策と定義することが多いが、実現象としては自然流下時に背水影響によって河川に流入できない状況下で強制的に排水することにより河川水位を上昇させ、流域流出抑制施策にはならず、自然流下する他地域に負荷が生じることに注意が必要である。

表-3.3.1 下水道整備に伴う河川水位の変化(unit : TP.m)

検証対象規模	現況ポンプ	大王地区整備後	楠通地区整備後
H30.7実績 (流域水害対策計画)	2.531 2.101	2.562 2.107	2.571 2.113
50年確率 (河川の将来ビジョン)	2.922 2.595	2.958 2.620	2.974 2.636
7年確率 (下水道の将来ビジョン)	2.944 2.674	2.982 2.710	2.996 2.725

※上段：河川整備計画河道，下段：河川整備基本方針河道

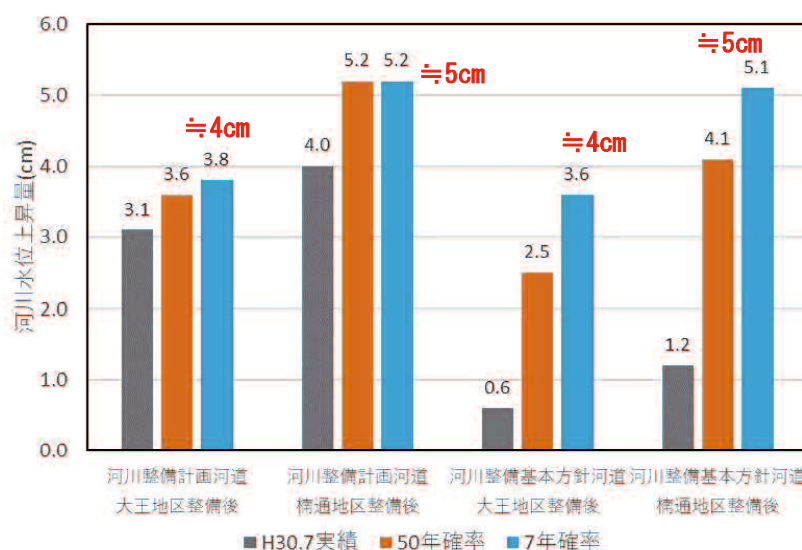


図-3.3.2 本川水位の上昇量比較図

これらの背水影響による自然流下困難な河川(水路)の現象を捉えるため、表-3.3.2に河川整備計画河道におけるB水路への逆流量を示す。また、図-3.3.3に河川整備計画河道における本川水位とB水路合流量の関係図、図-3.3.4に河川整備基本方針河道における本川水位とB水路合流量の関係図を示す。平成30年7月実績では河川整備計画河道完成後、下水道整備に係わず、本川からB水路への逆流は発生しない。一方、流量規模が大きくなる50年確率規模、7年確率規模流量の河川整備計画河道では、本川水位が高く、50年確率規模で2,169～3,180秒(36～53分)、7年確率規模で652～795秒(11～13分)の逆流が発生している。この逆流時間は各波形の流出ボリュームに影響しているが、この逆流現象が前述した氾濫区域の変化要因である。また、50年確率規模の場合、河川整備状況や下水道整備状況で氾濫区域が全域にわたって異なっているのに対し、7年確率規模の場合、逆流時間が短く、逆流量も小さいため、B水路合流点付近以外の氾濫区域が変わらない結果の裏付けである。

さらに、図-3.3.3、図-3.3.4より、河川水位の上昇に伴い、B水路の合流量は減少し、河川水位の逡減部に合流量が増加する現象が確認できる。つまり、河川流量、河川水位は支川や水路の処理計画(自然排水、強制排水)によって変化し、増加・減少が発生する。大河川の場合、その影響が小さいと考えられるが、本川のような河川で、大部分が下水道排水区となっている河川では、下水道整備の影響量が河川水位5cmであっても、氾濫区域に大きな影響を与えることになる。また、今後、下水道整備では7年確率規模流量に対し、幹線・枝線の整備を実施することとなるが、ピーク流出量が大きく、本川の背水影響よりも自己流で氾濫している水路能力が向上し、氾濫が軽減することとなるため、河川への排水地点(ポンプ場等)への影響、それに伴う河川への影響を的確に把握したうえで、河川・下水道整備の整合に留意した流域治水対策を推進する必要がある。

また、将来の整備が完了した場合は課題とならないが、河川の整備水準が低い状態で下水道整備を実施した場合、自然流下している地域への逆流量が増加し、氾濫リスクが増大するため、河川整備と下水道整備の段階的な整備順序、暫定的なポンプ場操作規程の設定など、総合的に判断する必要がある。

表-3.3.2 B水路への逆流量(河川整備計画河道)

検証対象規模	現況ポンプ	大王地区整備後	楠通地区整備後
H30.7実績 (流域水害対策計画)	0 0	0 0	0 0
50年確率 (河川の将来ビジョン)	769 2,169	1,487 2,942	1,838 3,180
7年確率 (下水道の将来ビジョン)	392 652	565 753	648 795

※上段：逆流ボリューム(unit : m³)、下段：逆流時間(unit : sec)

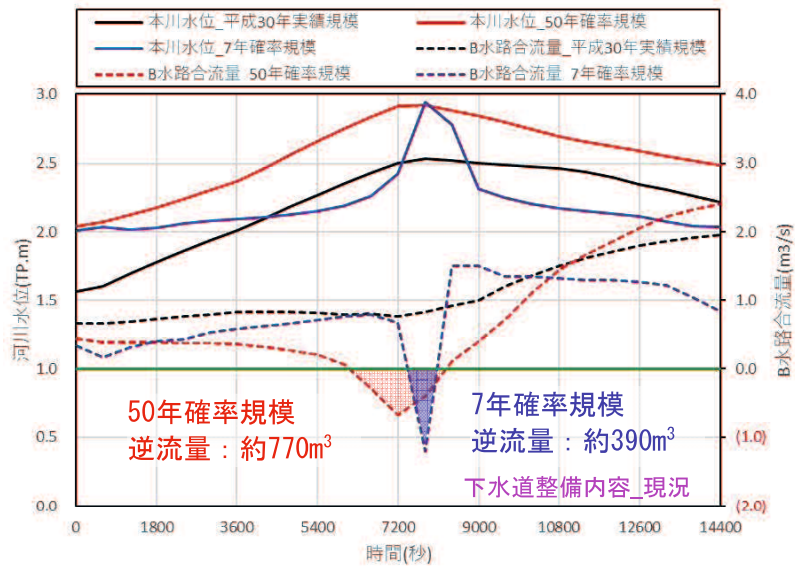


図-3.3.3(1) 本川水位とB水路合流量(河川整備計画河道_現況ポンプ規模)

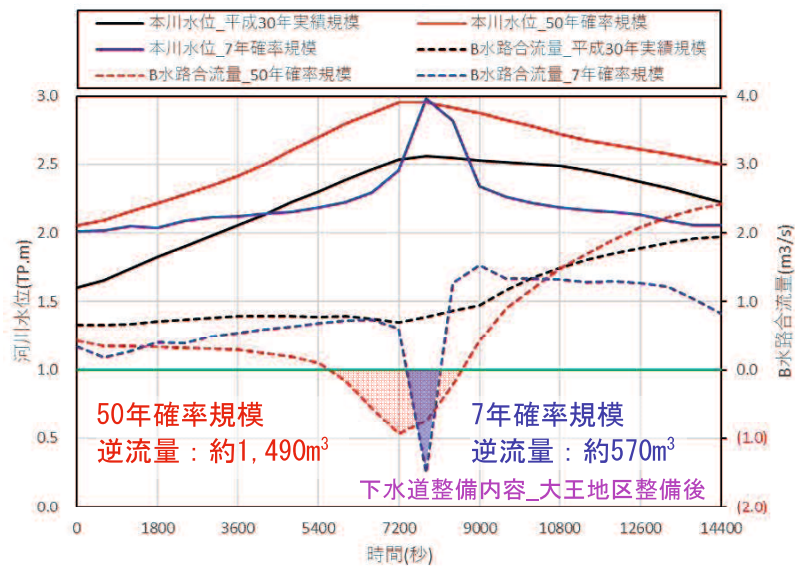


図-3.3.3(2) 本川水位とB水路合流量(河川整備計画河道_大王地区整備後)

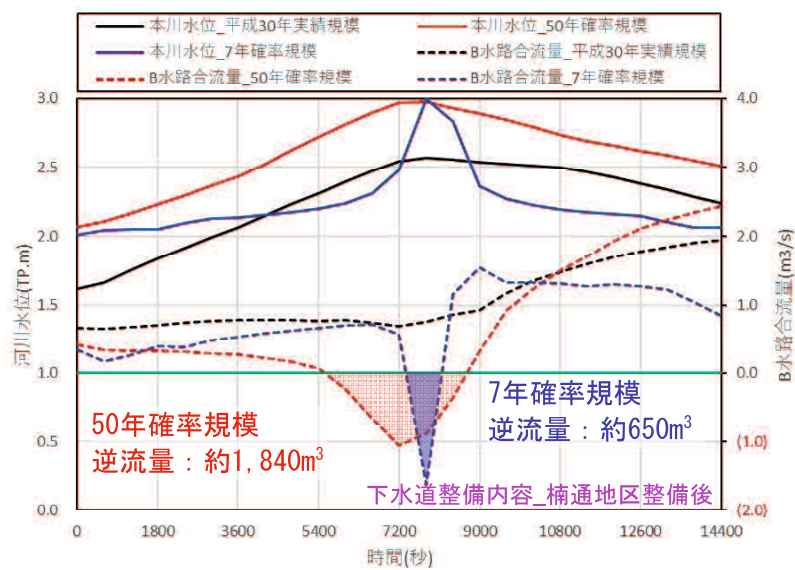


図-3.3.3(3) 本川水位とB水路合流量(河川整備計画河道_大王地区+楠通地区整備後)

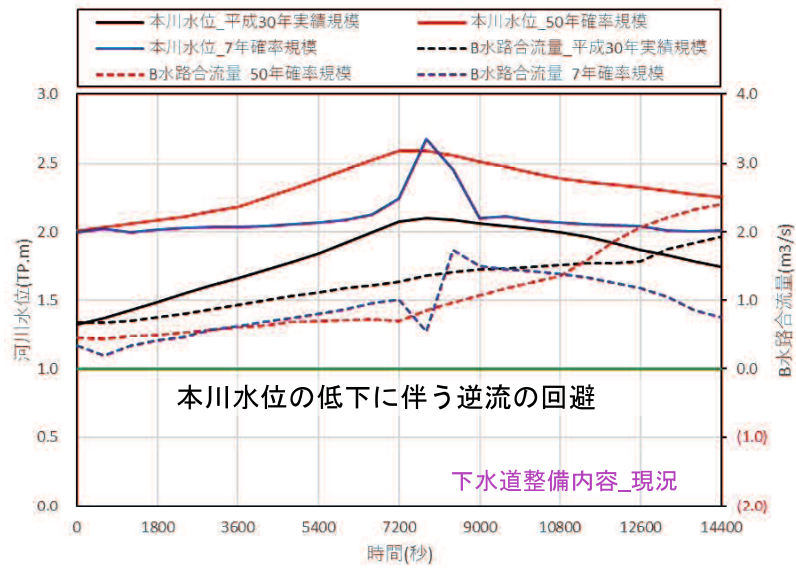


図-3.3.4(1) 本川水位とB水路合流量(河川整備基本方針河道_現況ポンプ規模)

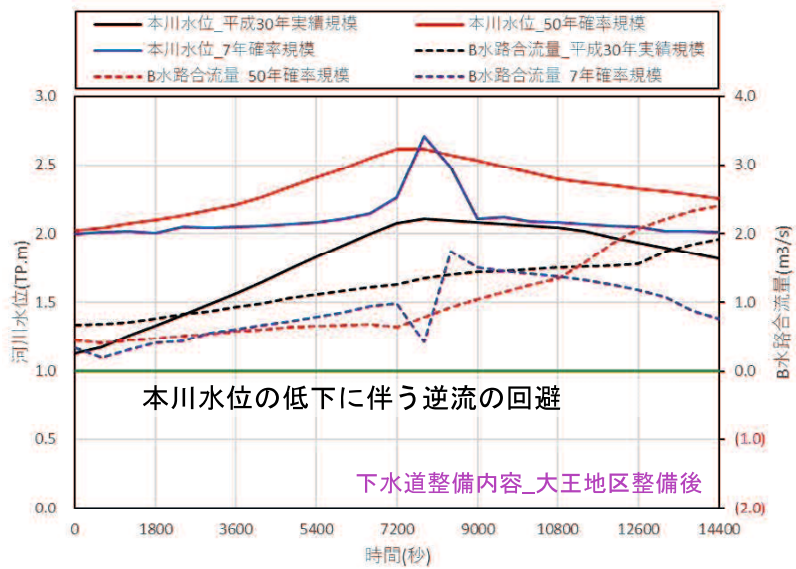


図-3.3.4(2) 本川水位とB水路合流量(河川整備基本方針河道_大王地区整備後)

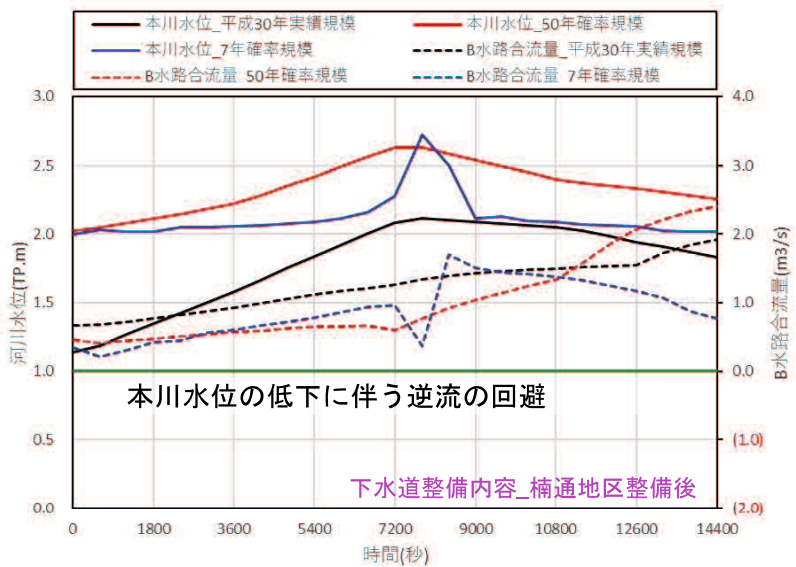


図-3.3.4(3) 本川水位とB水路合流量 (河川整備基本方針河道_大王地区+楠通地区整備後)

3.4 排水ポンプの運用検証

前項において、河道整備と下水道整備(ポンプ排水)の連携においては、将来河道の整備が完了した場合は課題とならないが、河川の整備水準が低い状態で下水道整備を実施した場合、自然流下している地域への逆流流量が増加し、氾濫リスクが増大するため、「河川整備と下水道整備の段階的な整備順序、暫定的なポンプ場操作規程の設定など、総合的に判断する必要がある」とした。

具体的には本川左岸流域である本川排水区の大王地区、楠通地区のポンプ能力を増強した場合、本川右岸流域である中通排水区の主水路(B水路)に逆流し、中通排水区流域で浸水被害を助長させる可能性があることを示した。

- 平成30年7月豪雨では、ポンプ排水によるB水路への逆流は発生していない。
- 河川の将来ビジョンである50年確率規模ではポンプ排水によるB水路への逆流が大きく、右岸側(中通排水区)の浸水を助長している。
- 下水道の将来ビジョンである7年確率ではポンプ排水によるB水路への逆流はあるものの、時間が短く、右岸側(中通排水区)の浸水を助長していない。

以上を踏まえ、河道の整備段階における超過洪水に対し、右岸側の助長を解消するためのポンプ停止基準を検証した。なお、この際、左右岸の浸水リスク評価を実施するものとした。

3.4.1 検証ケース

本検証は、右岸側への浸水の助長を防止するためのポンプ排水基準であるため、検証対象洪水は50年確率規模とし、河川の整備状況は河川整備計画河道(50年確率規模は超過洪水)、下水道の整備状況は大王地区整備後、大王地区+楠通地区整備後の2ケースとした。

また、中通排水区(B水路)への逆流が発生している時間帯の本川水位は番屋橋地点においてTP.2.7m～TP.2.8m程度となっていることから、図-3.4.1に示す河川整備計画河道の計画高水位(HWL)程度のTP.2.6m～TP.2.9mの間で10cmピッチに停止水位を設定し、再度、本川水位が当該水位を下回った場合はポンプを稼働するものとした。表-3.4.1に検証ケースの条件を示す。

表-3.4.1 ポンプ停止基準検証ケースの設定

項 目	検証ケース
検証対象洪水	50年確率規模
河川の整備状況	河川整備計画河道
下水道の整備状況	ケース1：大王地区整備後(調整地、計画水路含む) ケース2：大王地区+楠通地区整備後

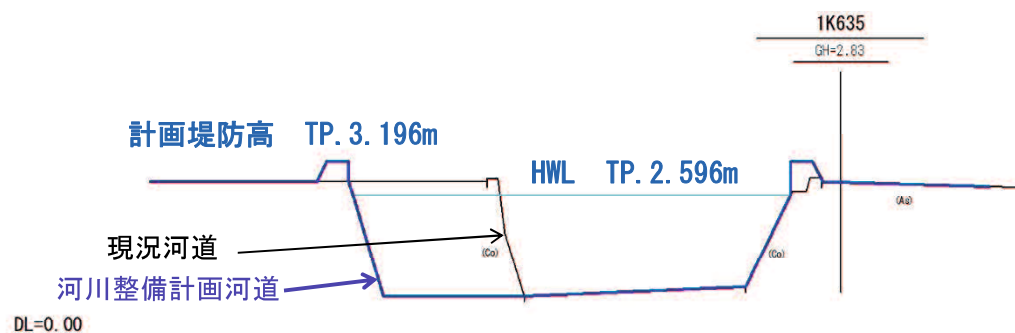


図-3.4.1 番屋橋(B水路合流地点)の計画横断面図

3.4.2 ポンプ停止基準の検証

(1) ポンプ停止影響の評価

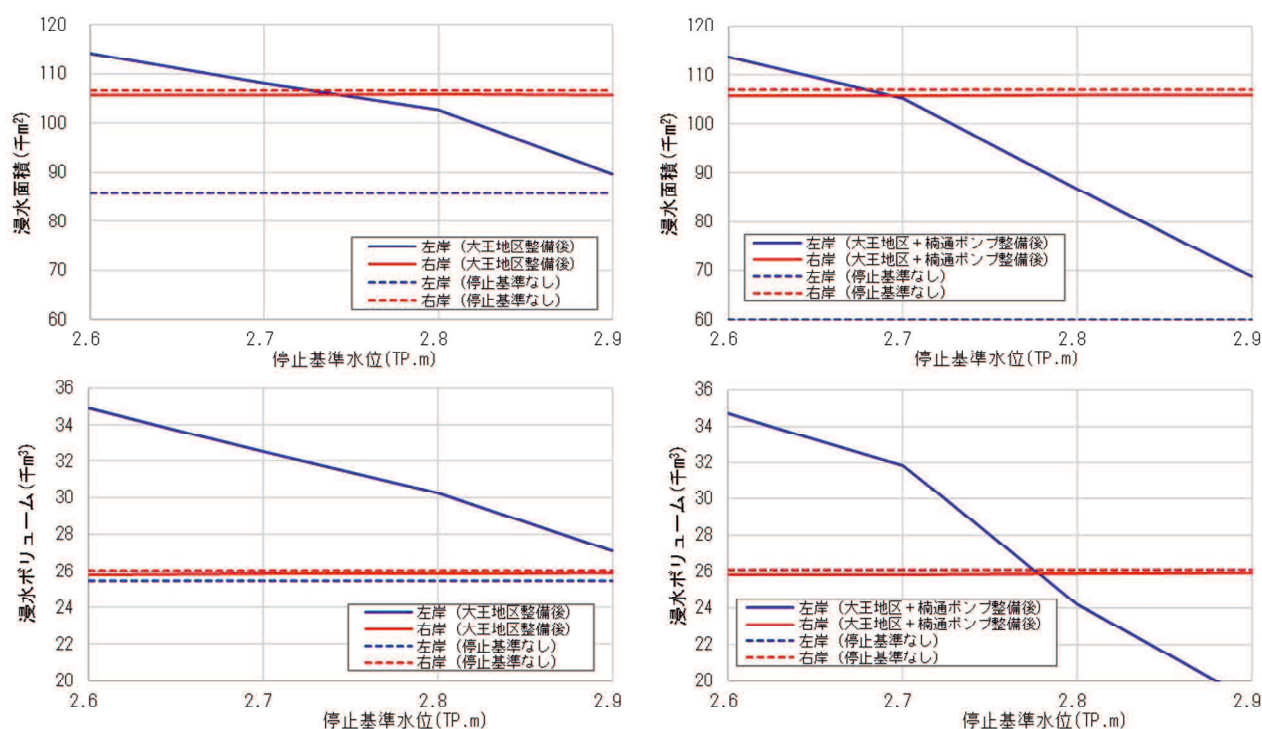
前項に示したポンプ停止水位を考慮した氾濫解析を実施し、各ケースの浸水面積や浸水ボリュームの整理を行った。表-3.4.2、図-3.4.2に検証ケース別の浸水面積・浸水ボリュームの図表を示し、図-3.4.3に大王地区整備後の氾濫解析結果を、図-3.4.4に大王地区+楠通地区整備後の氾濫解析結果を示す。

表-3.4.2(1) 検証ケース別の浸水面積・浸水ボリューム一覧表(停止基準なし)

検討ケース	浸水面積(千 m ²)		浸水ボリューム(千 m ³)	
	左岸	右岸	左岸	右岸
現況ポンプ	121.39	105.99	33.33	25.85
大王地区整備後	85.77	106.52	25.47	26.03
大王地区+楠通地区整備後	59.89	107.06	16.48	26.12

表-3.4.2(2) 検証ケース別の浸水面積・浸水ボリューム一覧表(停止基準別)

下水道整備状況	停止基準 (TP.m)	浸水面積(千 m ²)		浸水ボリューム(千 m ³)	
		左岸	右岸	左岸	右岸
大王地区整備後	2.6	114.12	105.77	34.91	25.80
	2.7	108.13	105.77	32.53	25.82
	2.8	102.67	105.88	30.24	25.84
	2.9	89.62	105.77	27.10	25.89
大王地区+楠通地区整備後	2.6	113.69	105.77	34.70	25.80
	2.7	105.13	105.77	31.82	25.82
	2.8	86.74	105.88	24.18	25.85
	2.9	68.88	105.88	18.94	25.91



【大王地区整備後】

【大王地区+楠通地区整備後】

図-3.4.2 検証ケース別の浸水面積・浸水ボリューム図

表-3.4.2, 図-3.4.2の検証ケース別の浸水面積・浸水ボリュームの図表や図-3.4.3や図-3.4.4の氾濫解析結果より, 表-3.4.3に検証ケース別の浸水面積・浸水ボリュームの現況ポンプからの増加量, 床上浸水の有無を整理し, 以下の分析を行った.

※全データで大王調整地のメッシュは集計から除外している.

- ・浸水を助長している本川右岸側(中通排水区)の浸水面積は, 左岸側(本川排水区)のポンプ停止基準を設定しない場合の浸水リスク(浸水助長)に対し, 設定した場合では現況ポンプ程度の浸水面積まで低減している.
- ・一方, 浸水ボリュームは, 停止水位を低くするとポンプ整備を行っている左岸側(本川排水区)の浸水ボリュームを大きくしており, 整備を行ったにもかかわらず浸水を助長する結果となっている. 逆に停止基準を高くすると右岸側(中通排水区)の浸水を助長する結果となるため, 浸水リスクの左右岸バランスが求められる.
- ・右岸側(中通排水区)の浸水面積に関しては, ポンプ停止水位別で大きな差異はないが, 左岸側(本川排水区)の差異が大きいため, 土地利用を考慮した設定が必要である.
- ・なお, 本検討のポンプ停止水位は平成30年7月豪雨規模の最大河川水位よりも高く設定しているため, 河川整備計画目標規模や流域水害対策計画規模における整備目標(床上防止)に影響を与えるものではないが, 床上浸水の有無に着目すると, 右岸側に床上浸水が発生していない一方で, ポンプ停止水位を設定することにより, 左岸側の床上浸水が残る結果となっている.

表-3.4.3(1) 浸水面積・浸水ボリューム・床上浸水の有無比較(大王地区整備後)

検討ケース	ポンプ 停止基準 (TP.m)	浸水面積 (km^2)		現況ポンプとの差		浸水ボリューム (km^3)		現況ポンプとの差		床上浸水の有無	
		左岸	右岸	左岸	右岸	左岸	右岸	左岸	右岸	左岸	右岸
現況ポンプ	なし	121.39	105.99	—	—	33.33	25.85	—	—	有	無
大王地区整備後	なし	85.77	106.52	-35.61	0.53	25.47	26.03	-7.86	0.18	有	無
大王地区整備後	2.6	114.12	105.77	-7.27	-0.21	34.91	25.80	1.58	-0.04	有	無
	2.7	108.13	105.77	-13.26	-0.21	32.53	25.82	-0.80	-0.03	有	無
	2.8	102.67	105.88	-18.72	-0.11	30.24	25.84	-3.09	-0.01	有	無
	2.9	89.62	105.77	-31.76	-0.21	27.10	25.89	-6.23	0.04	有	無

※現況ポンプとの差は, マイナス値が浸水軽減量, プラス値が浸水増加量(浸水助長)

※黄色網掛けは, 現況ポンプよりも浸水を助長しているケース

表-3.4.3(2) 浸水面積・浸水ボリューム・床上浸水の有無比較(大王地区+楠通地区整備後)

検討ケース	ポンプ 停止基準 (TP.m)	浸水面積 (km^2)		現況ポンプとの差		浸水ボリューム (km^3)		現況ポンプとの差		床上浸水の有無	
		左岸	右岸	左岸	右岸	左岸	右岸	左岸	右岸	左岸	右岸
現況ポンプ	なし	121.39	105.99	—	—	33.33	25.85	—	—	有	無
大王地区+楠通地区整備後	なし	59.89	107.06	-61.50	1.07	16.48	26.12	-16.85	0.28	無	無
大王地区+楠通地区整備後	2.6	113.69	105.77	-7.70	-0.21	34.70	25.80	1.37	-0.05	有	無
	2.7	105.13	105.77	-16.26	-0.21	31.82	25.82	-1.51	-0.03	有	無
	2.8	86.74	105.88	-34.65	-0.11	24.18	25.85	-9.15	0.00	有	無
	2.9	68.88	105.88	-52.51	-0.11	18.94	25.91	-14.39	0.07	無	無

※現況ポンプとの差は, マイナス値が浸水軽減量, プラス値が浸水増加量(浸水助長)

※黄色網掛けは, 現況ポンプよりも浸水を助長しているケース

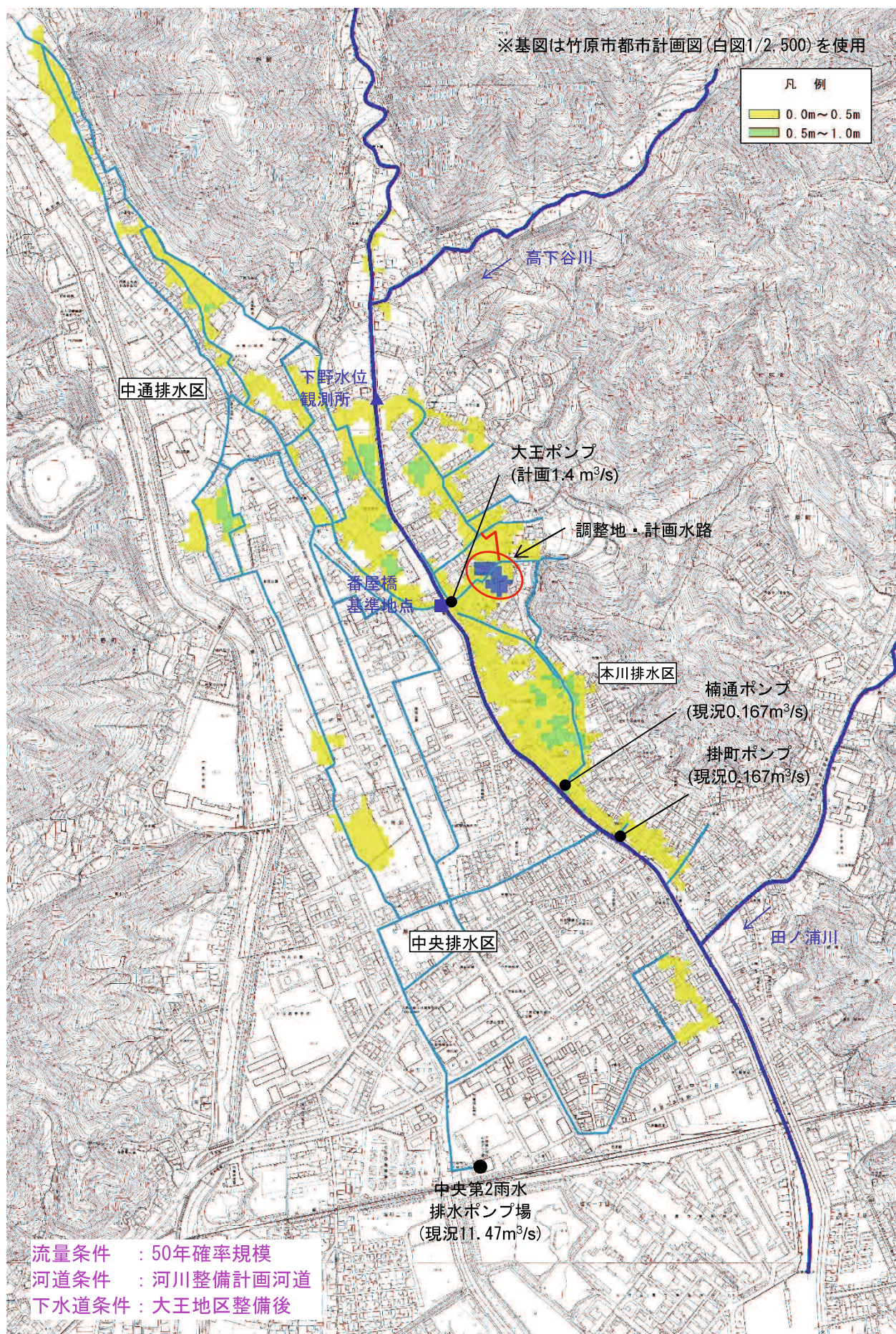


図-3.4.3(1) 氾濫解析シミュレーション結果(ポンプ停止水位TP.2.6m)

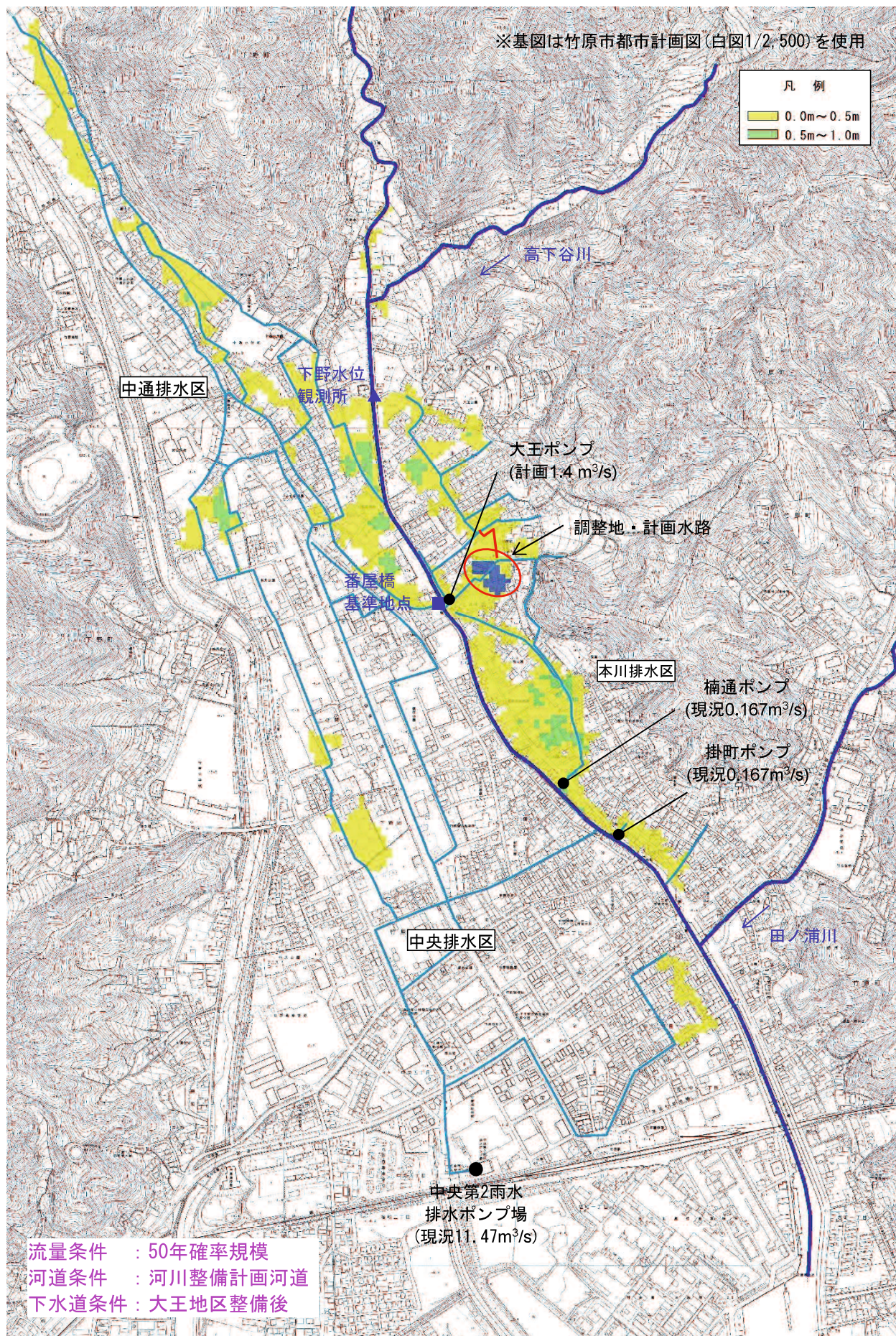


図-3.4.3(2) 氾濫解析シミュレーション結果(ポンプ停止水位TP.2.7m)

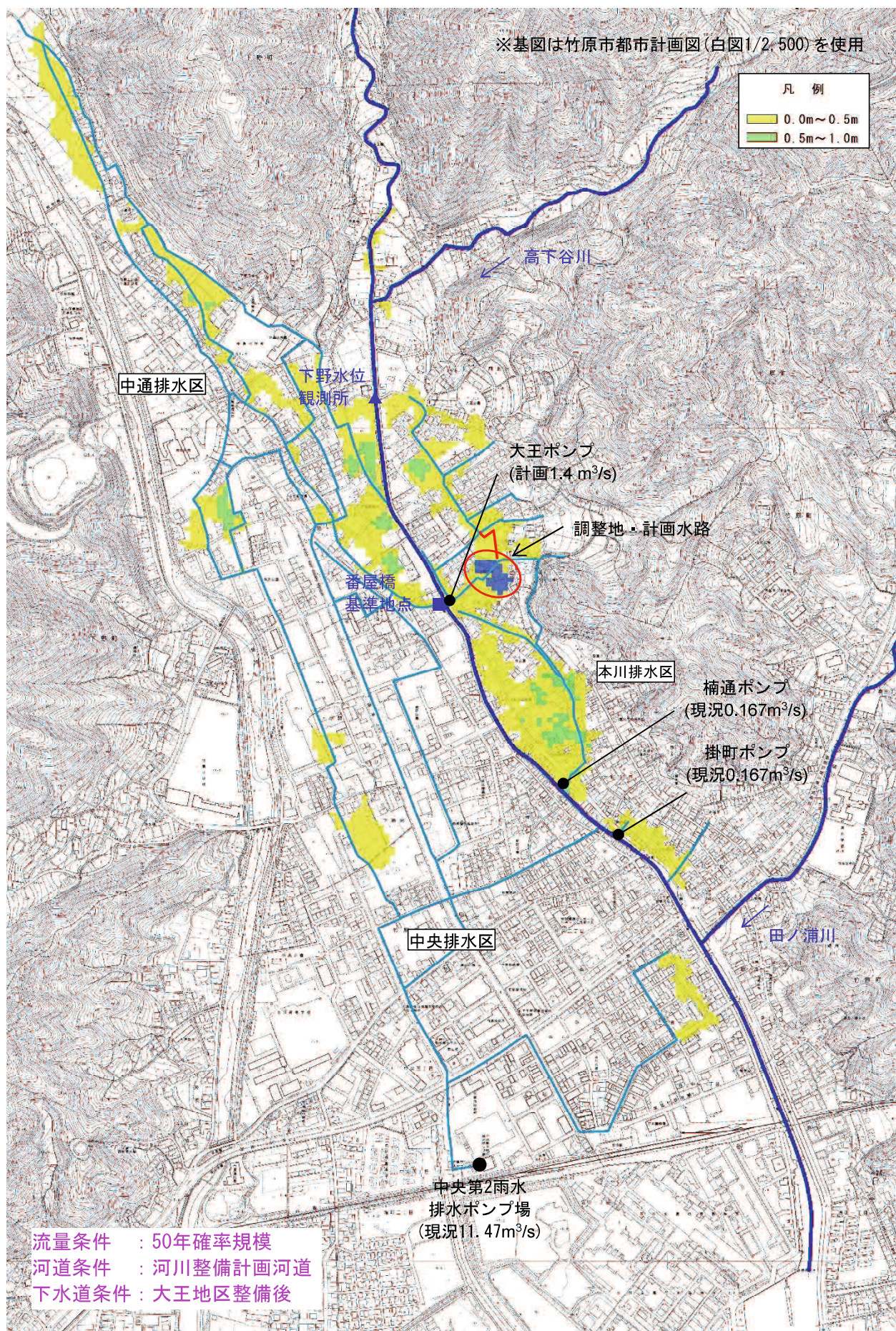


図-3.4.3(3) 氾濫解析シミュレーション結果(ポンプ停止水位TP.2.8m)

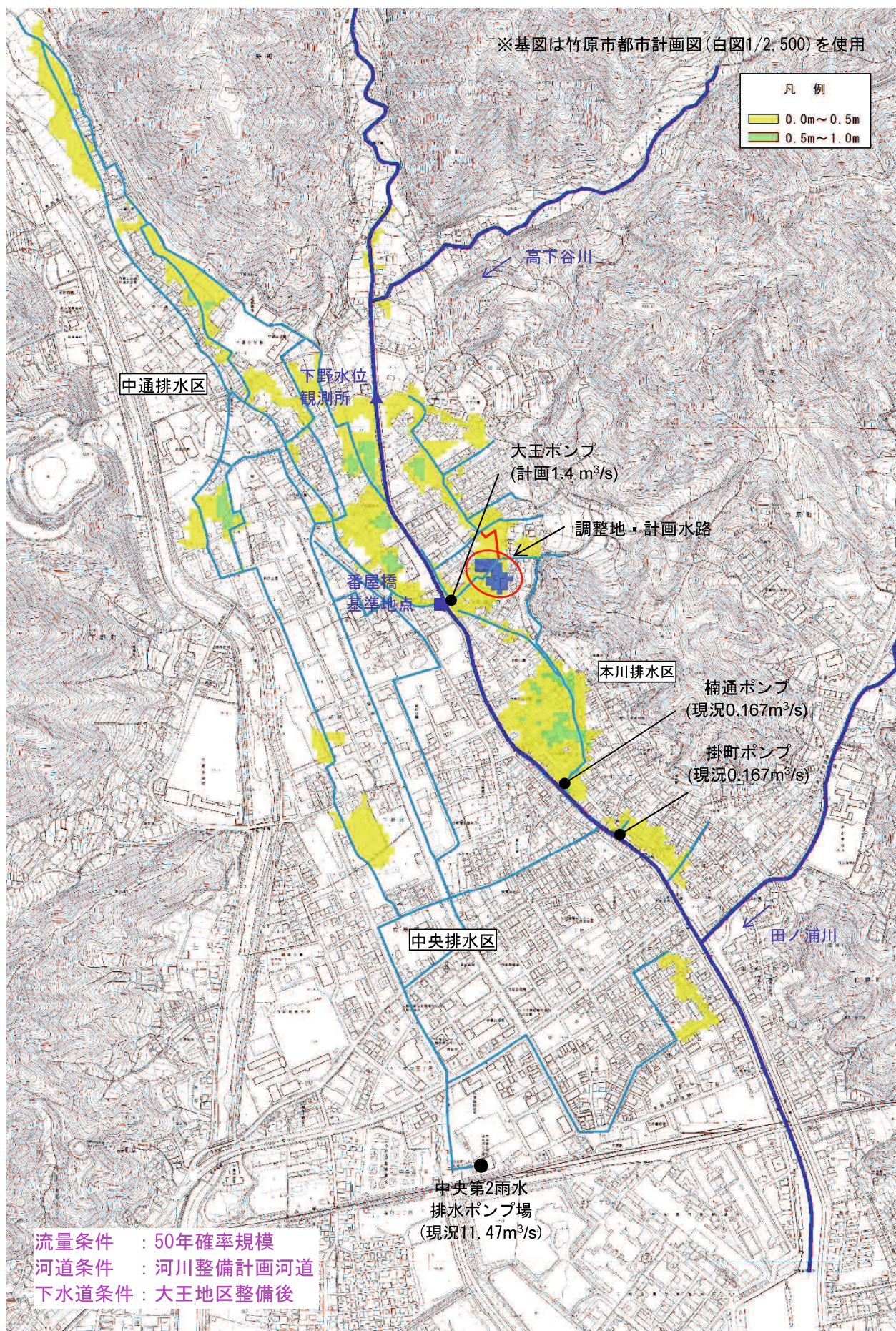


図-3.4.3(4) 氾濫解析シミュレーション結果(ポンプ停止水位TP.2.9m)

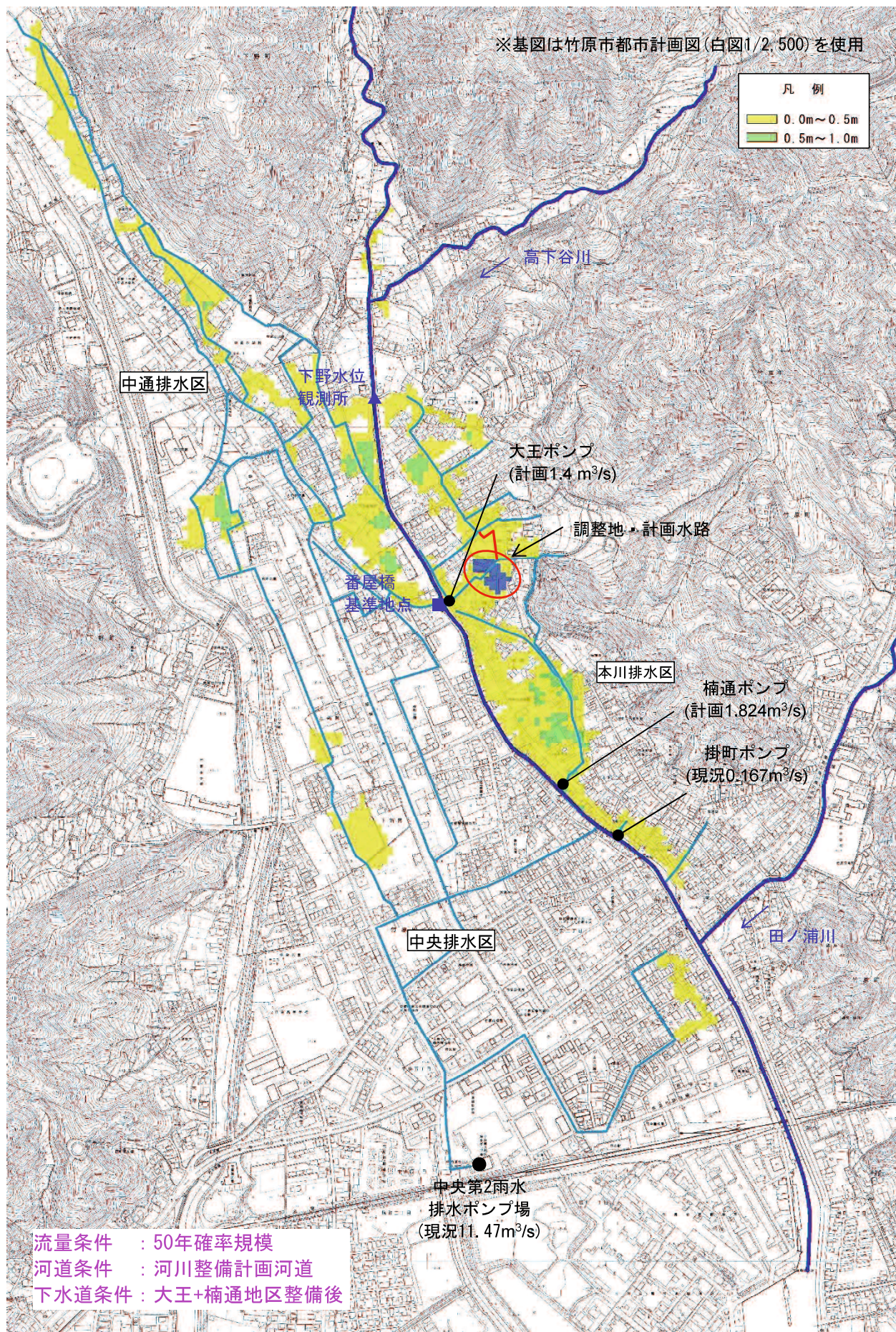


図-3.4.4(1) 氾濫解析シミュレーション結果(ポンプ停止水位TP.2.6m)

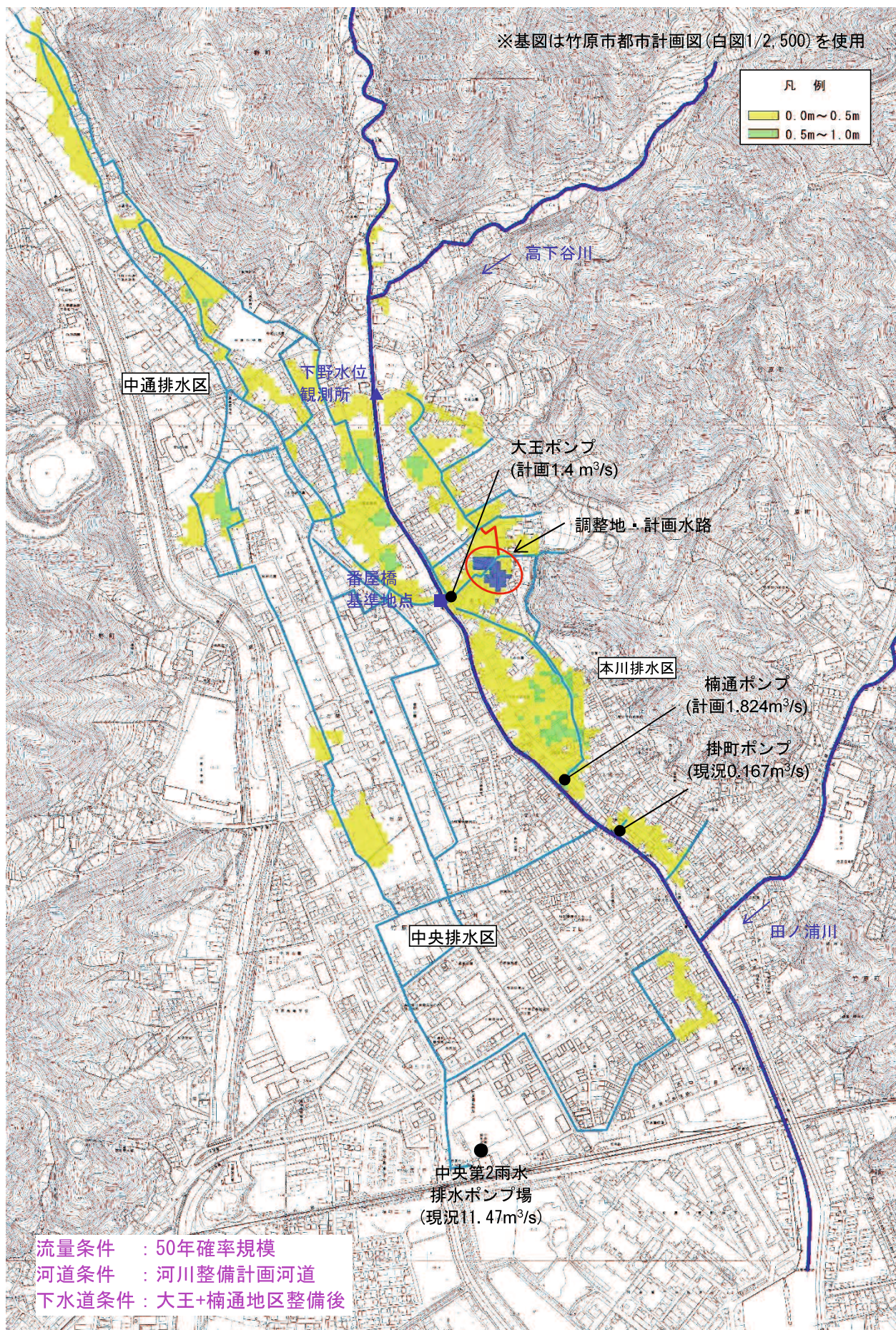


図-3.4.4(2) 氾濫解析シミュレーション結果(ポンプ停止水位TP.2.7m)

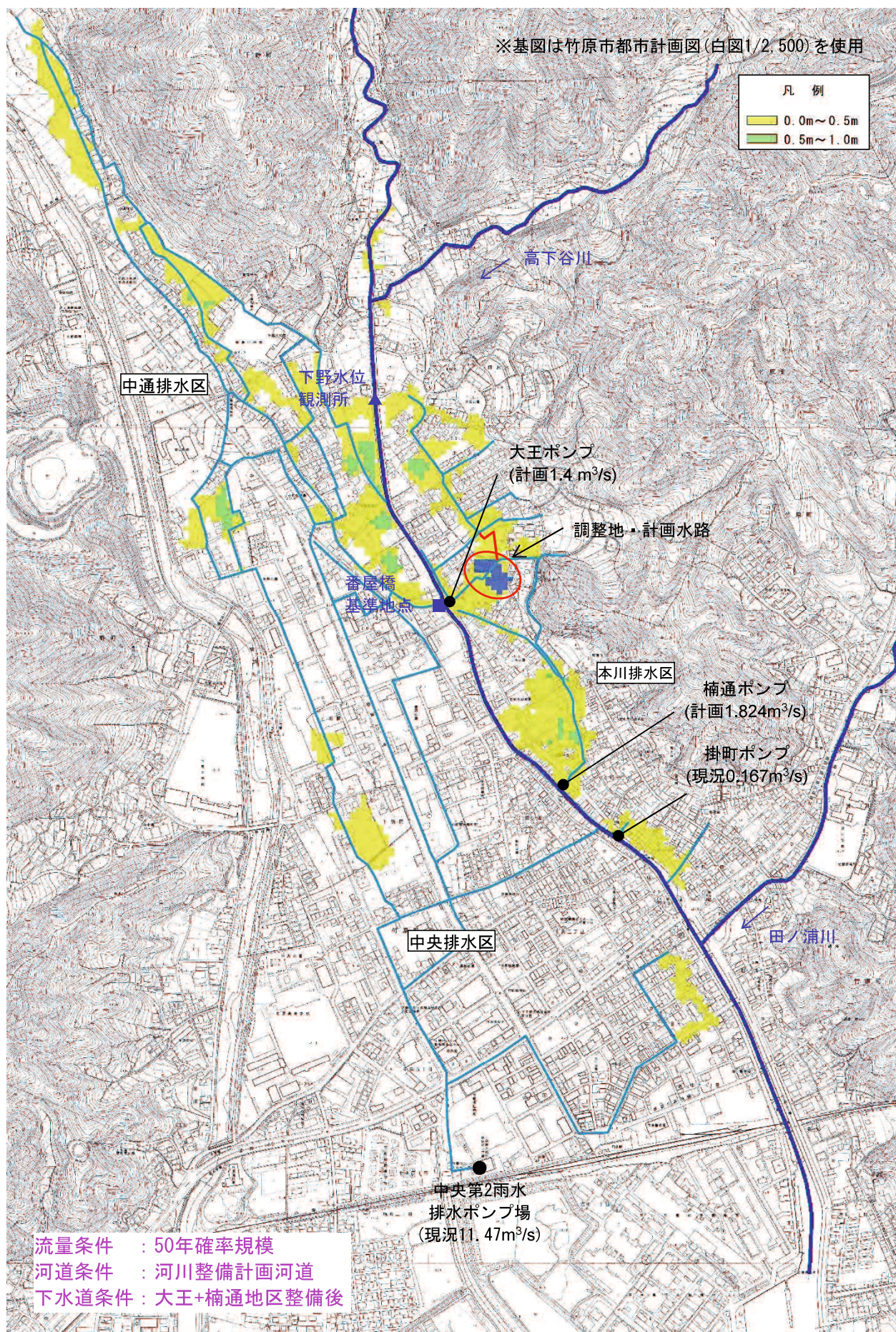


図-3.4.4(3) 氾濫解析シミュレーション結果(ポンプ停止水位TP.2.8m)

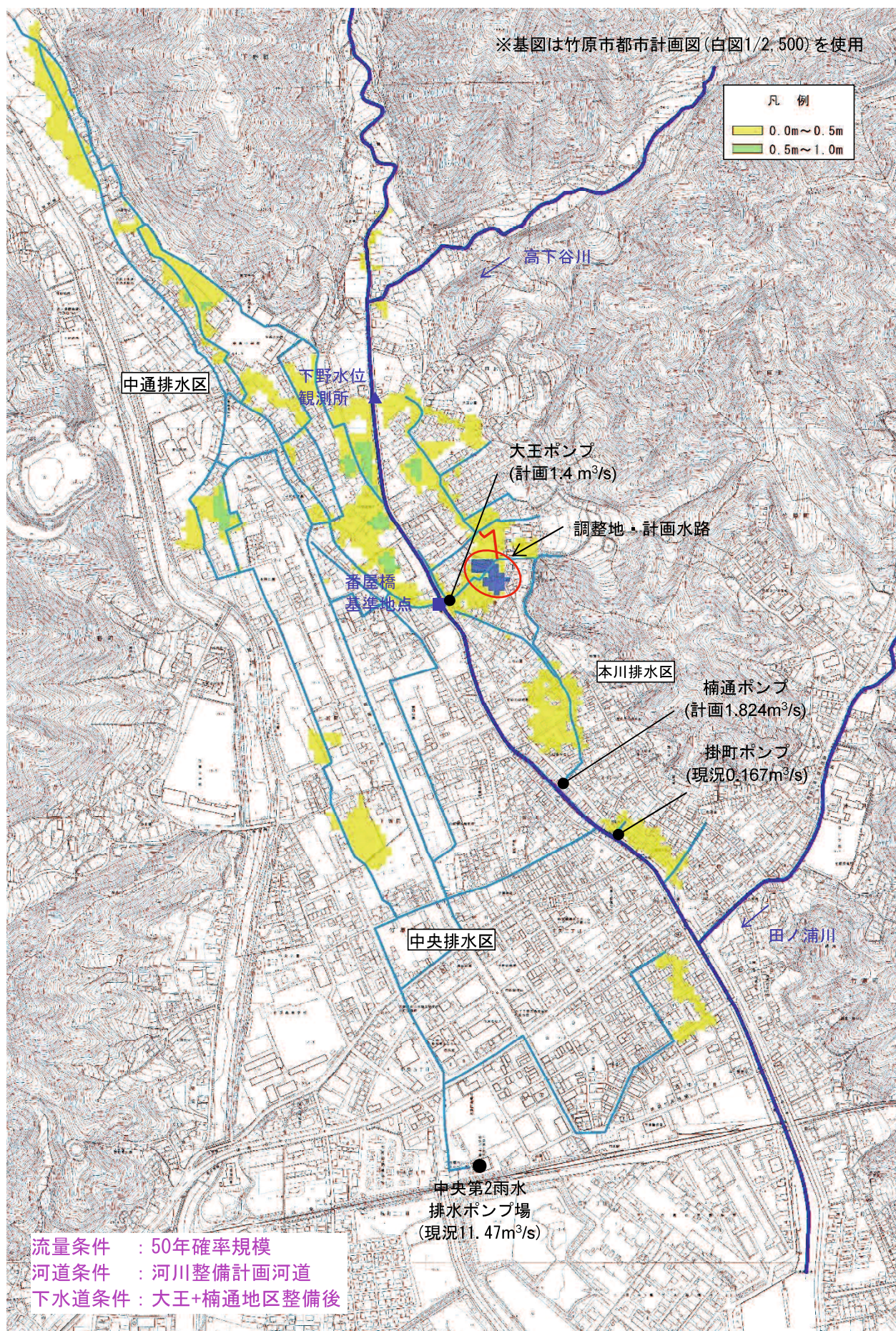


図-3.4.4(4) 氾濫解析シミュレーション結果(ポンプ停止水位TP.2.9m)

(2)ポンプ停止基準の設定

前項に示したポンプ停止水位を考慮した氾濫解析結果より、浸水が減少している箇所(効果)、浸水が増加している箇所(助長)をメッシュごとに色付けし、面的に分析結果が妥当か否かを確認したうえで、ポンプ停止基準を設定した。

図-3.4.5に右岸側の中通排水区の浸水リスク図(現況ポンプからの浸水軽減量)を示し、図-3.4.6に大王地区整備後、図-3.4.7に大王地区+楠通地区整備後の整備効果検証図を示す。なお、10mメッシュの浸水深の差分が $\pm 0.001\text{m}$ 以下(1mm以下)の場合は、浸水深の確からしさを考慮し、除外した。

【ポンプ停止基準の考え方】

- ・内水ポンプの停止基準は、一般論として「排水先の河川に負荷が生じる場合は停止」が基本であり、築堤河川の場合は破堤の危険性を回避するため「HWLでの停止」、本川のような掘込河道では堤防高、つまり、「氾濫開始水位での停止」が一般的である。
- ・ポンプ停止基準の設定目的を「浸水の助長回避」とする場合、大王地区整備後、大王地区+楠通地区整備後において、浸水面積、浸水ボリュームともに「浸水の助長」が発生していないTP.2.7m程度でポンプ停止が望ましい。
- ・一方、河川整備計画や流域水害対策計画の目標である「床上防止」を目的とする場合、大王地区+楠通地区の整備後を対象に、ポンプ停止基準なしと同水準が得られるポンプ停止基準の設定はTP.2.9mとする案も考えられる。
- ・以上より、ポンプ停止基準は以下の地域特性を踏まえた設定が望ましい。

→本川の場合、本川左岸側(本川排水区)に町並み保存地区があり、古い町並みの様相を呈しているが、内水常襲地帯となっており、現況においても右岸側(中通排水区)よりも被害ポテンシャルが高い。(浸水リスクが高い)

→本川右岸側(中通排水区)は、南側中央排水区の整備も概成し、大きな浸水被害とはなっていない。よって、河川整備により床上浸水防止が可能となっている。

→以上より、現状～河川整備後において浸水被害リスクが異なる地域であり、本川流域水害対策計画の下水道整備は浸水リスクの高い本川左岸側(本川排水区)に集中している。

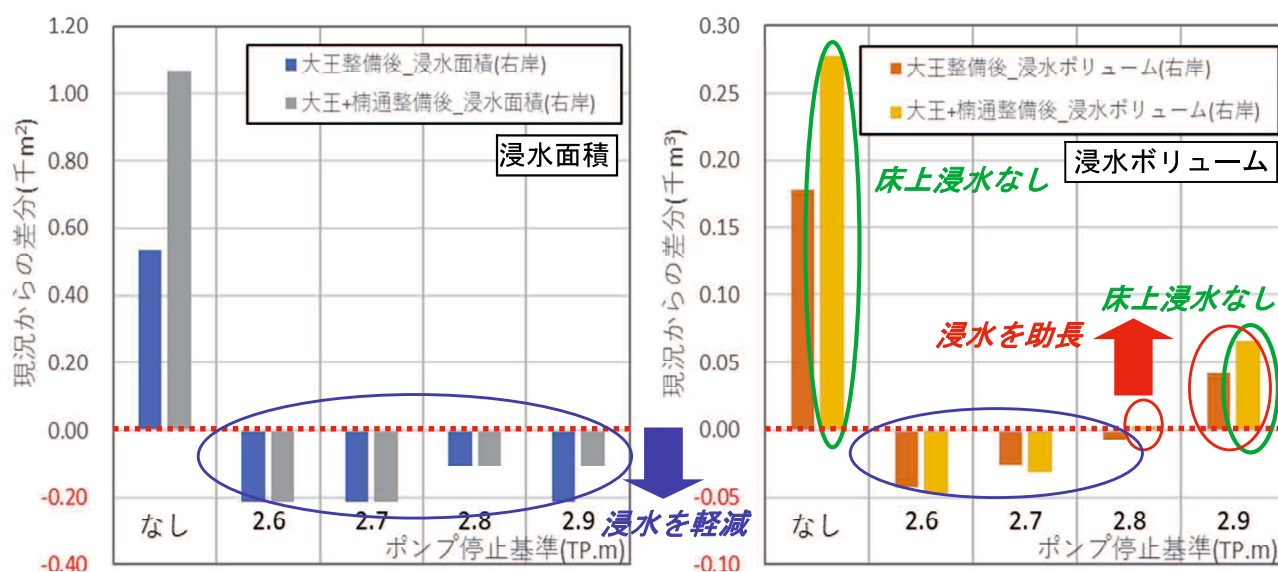


図-3.4.5 右岸側の中通排水区の浸水リスク図(現況ポンプからの浸水軽減量)

【ポンプ停止基準の設定】

- ・ポンプ停止基準の設定に関しては、以下の2ケースが存在する。

- ① 少なくとも左岸側のポンプ整備により、右岸側の浸水を助長させることは左右岸バランスの観点からも回避すべきと考える案(TP.2.7m)
- ② 竹原市の土地利用、現行の浸水被害ポテンシャルの差異を考慮し、ある一定の浸水助長を許容したうえで、浸水リスクを同等とするべきと考える案(TP.2.9m)

[ポンプ停止基準TP.2.7mとする場合]

- ・超過洪水を想定したポンプ停止基準に関しては、左右岸ともに浸水を助長させることを許容せず、ポンプ停止基準をTP.2.7mとする。

(本川河川整備計画河道のHWLに対し、+10cmでポンプを停止)

[ポンプ停止基準TP.2.9mとする場合]

- ・ポンプ停止基準の設定にあたり、浸水面積が減少し、かつ、超過洪水時に町並み保存地区の「床上防止」を重視し、ポンプ停止基準をTP.2.9mとする。
- ・表-3.4.4に示す平均浸水深とした場合、現況ポンプ規模から全ケースで平均浸水深は増加している傾向を示しているが、TP.2.9mでの停止基準とした場合、平均浸水深の増加量が左右岸で大差がなく、左右岸バランスが図れているとも言える。

表-3.4.4 浸水面積・平均浸水深・床上浸水の有無比較(大王地区+楠通地区整備後)

検討ケース	ポンプ停止基準 (TP.m)	浸水面積 (千m ²)		現況ポンプとの差		平均浸水深 (cm)		現況ポンプとの差		床上浸水の有無	
		左岸	右岸	左岸	右岸	左岸	右岸	左岸	右岸	左岸	右岸
現況ポンプ	なし	121.39	105.99	—	—	25.67	22.80	—	—	有	無
大王地区+楠通地区整備後	なし	59.89	107.06	-61.50	1.07	25.73	22.82	0.06	0.01	無	無
大王地区+楠通地区整備後	2.6	113.69	105.77	-7.70	-0.21	28.54	22.81	2.87	0.00	有	無
	2.7	105.13	105.77	-16.26	-0.21	28.30	22.82	2.63	0.02	有	無
	2.8	86.74	105.88	-34.65	-0.11	26.07	22.83	0.40	0.03	有	無
	2.9	68.88	105.88	-52.51	-0.11	25.71	22.88	0.04	0.08	無	無

※現況ポンプとの差は、マイナス値が浸水軽減量、プラス値が浸水増加量(浸水助長)

※黄色網掛けは、現況ポンプよりも浸水を助長しているケース(平均浸水深の欄は浸水深ボリュームで評価)

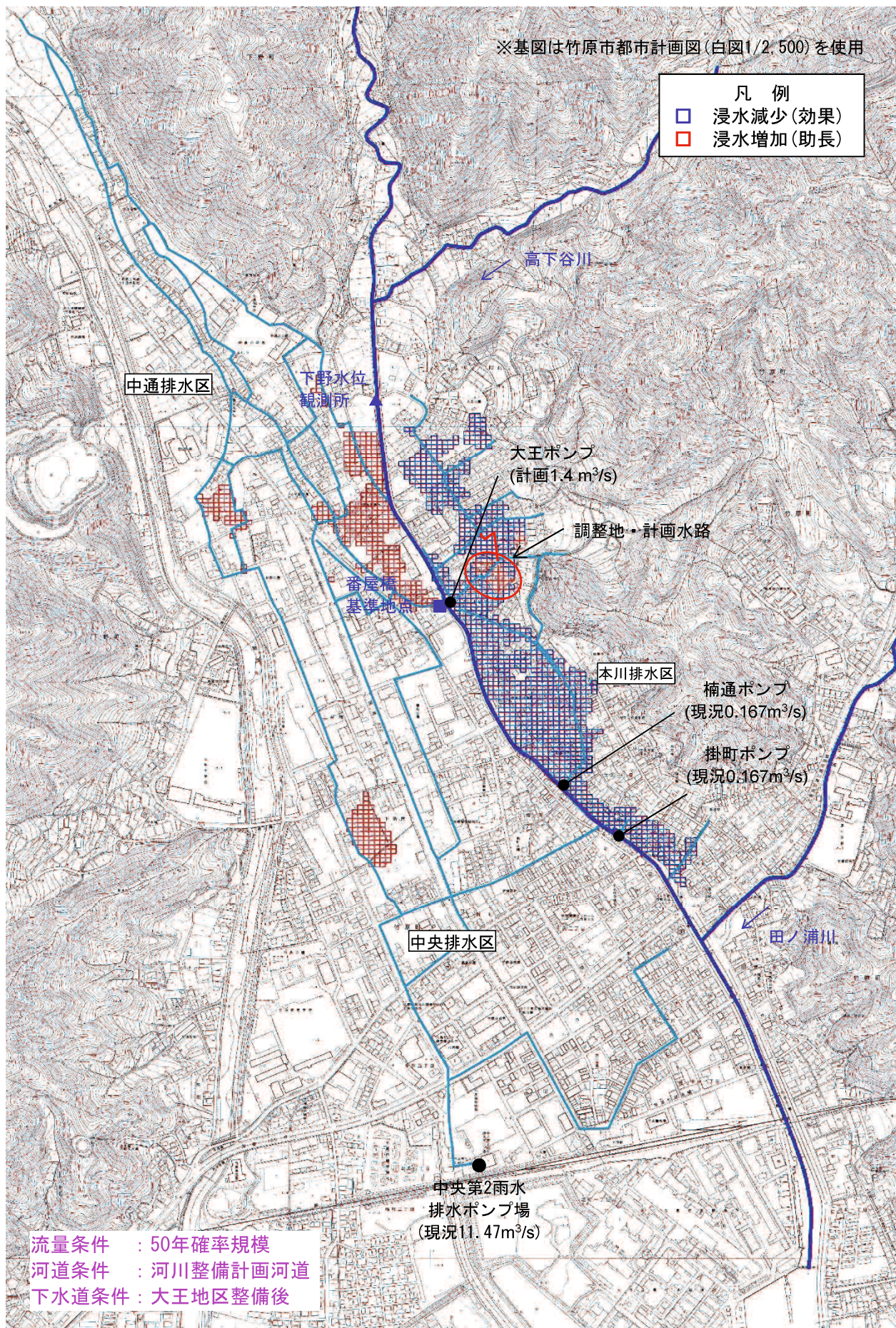


図-3.4.6(1) 整備効果の検証図(ポンプ停止基準なし)

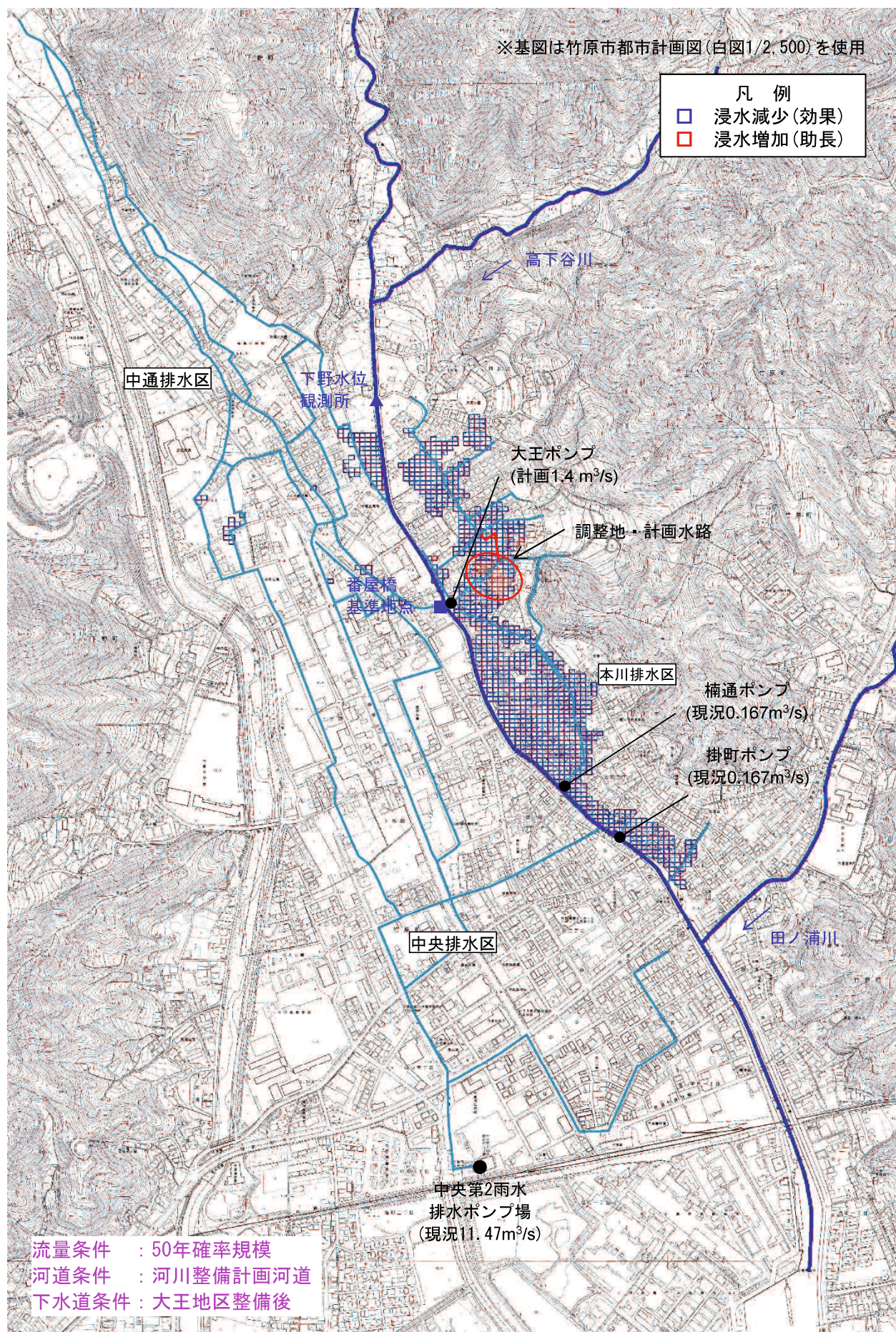


図-3.4.6(2) 整備効果の検証図(ポンプ停止水位TP.2.6m)

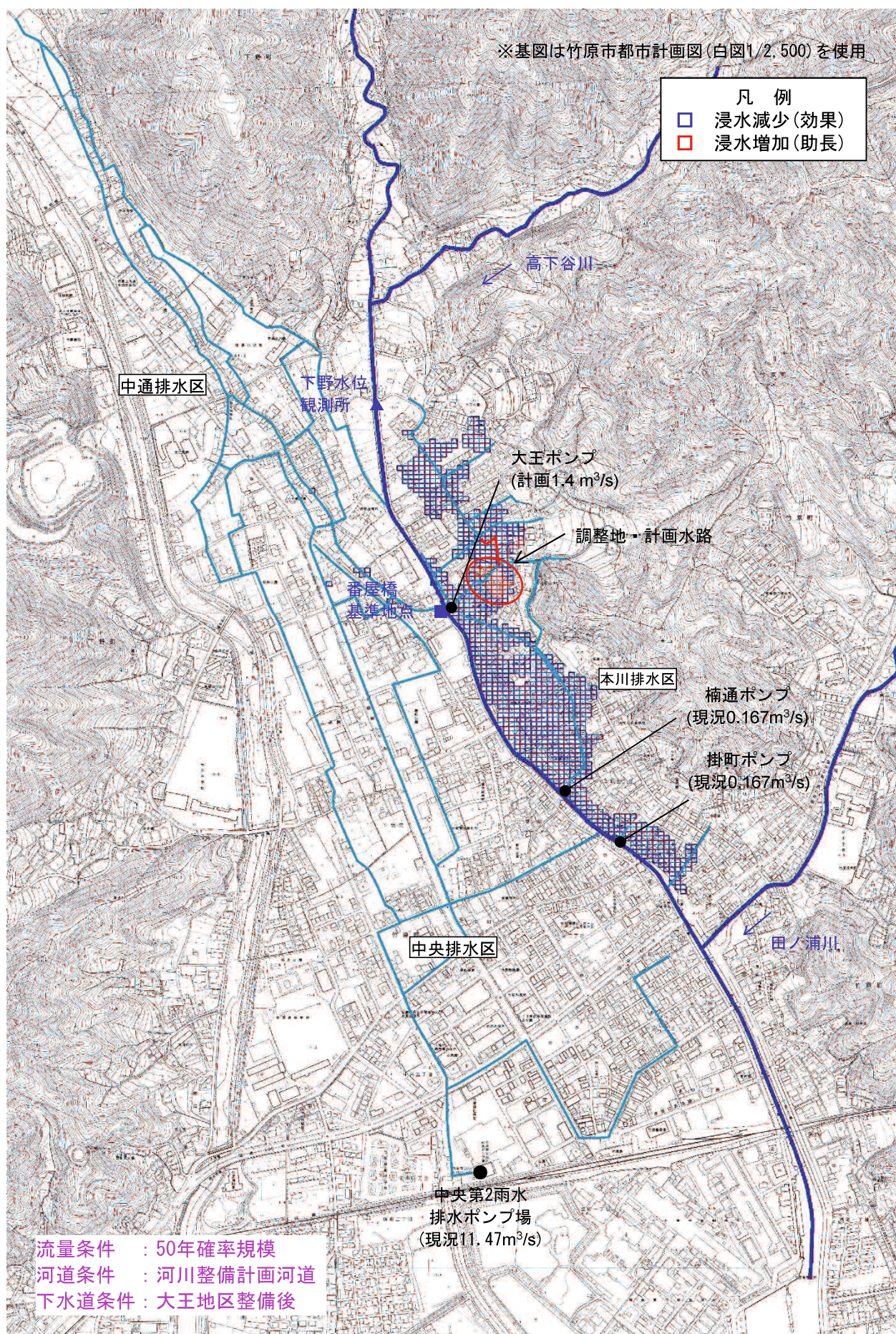


図-3.4.6(3) 整備効果の検証図(ポンプ停止水位TP.2.7m)

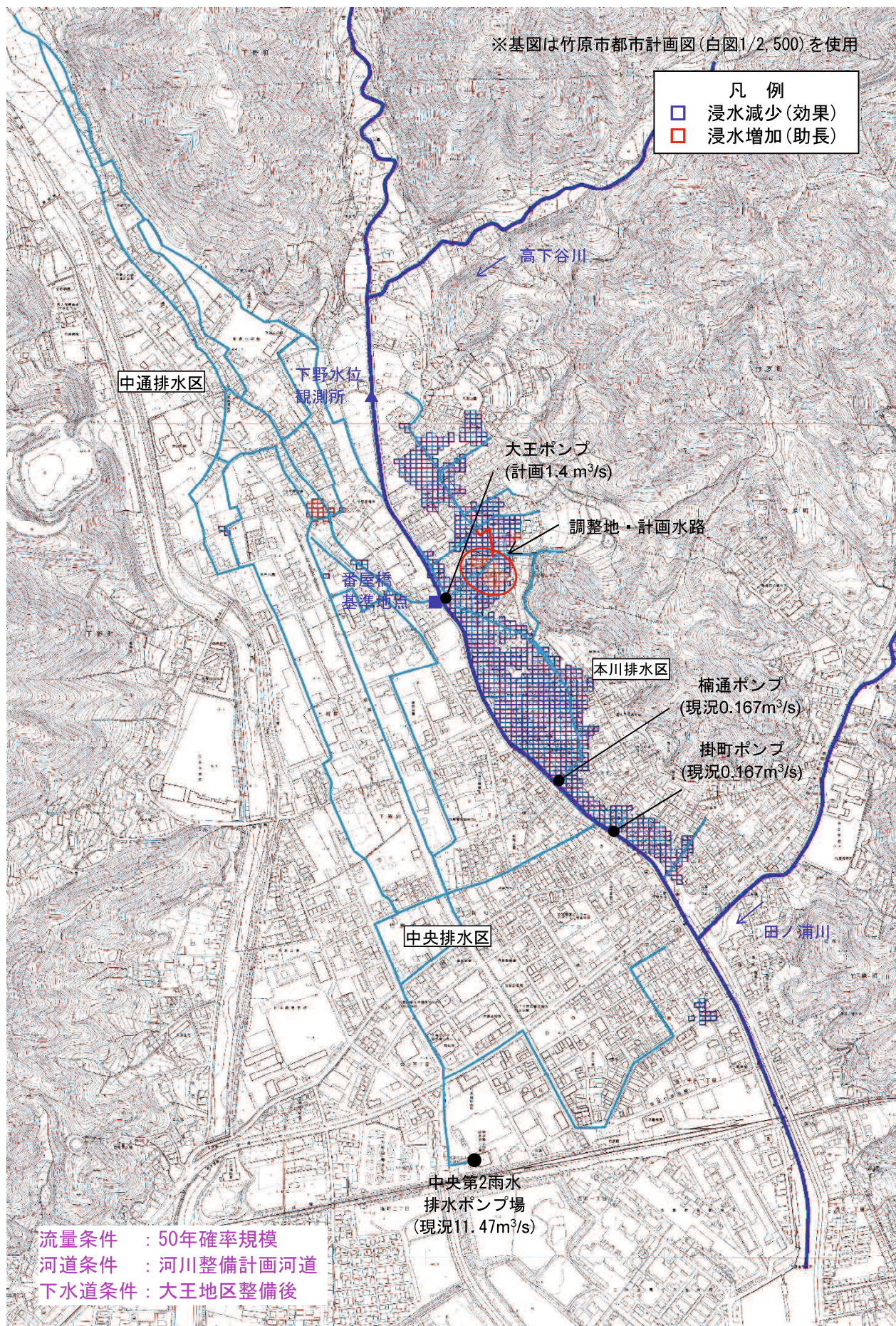


図-3.4.6(4) 整備効果の検証図(ポンプ停止水位TP.2.8m)

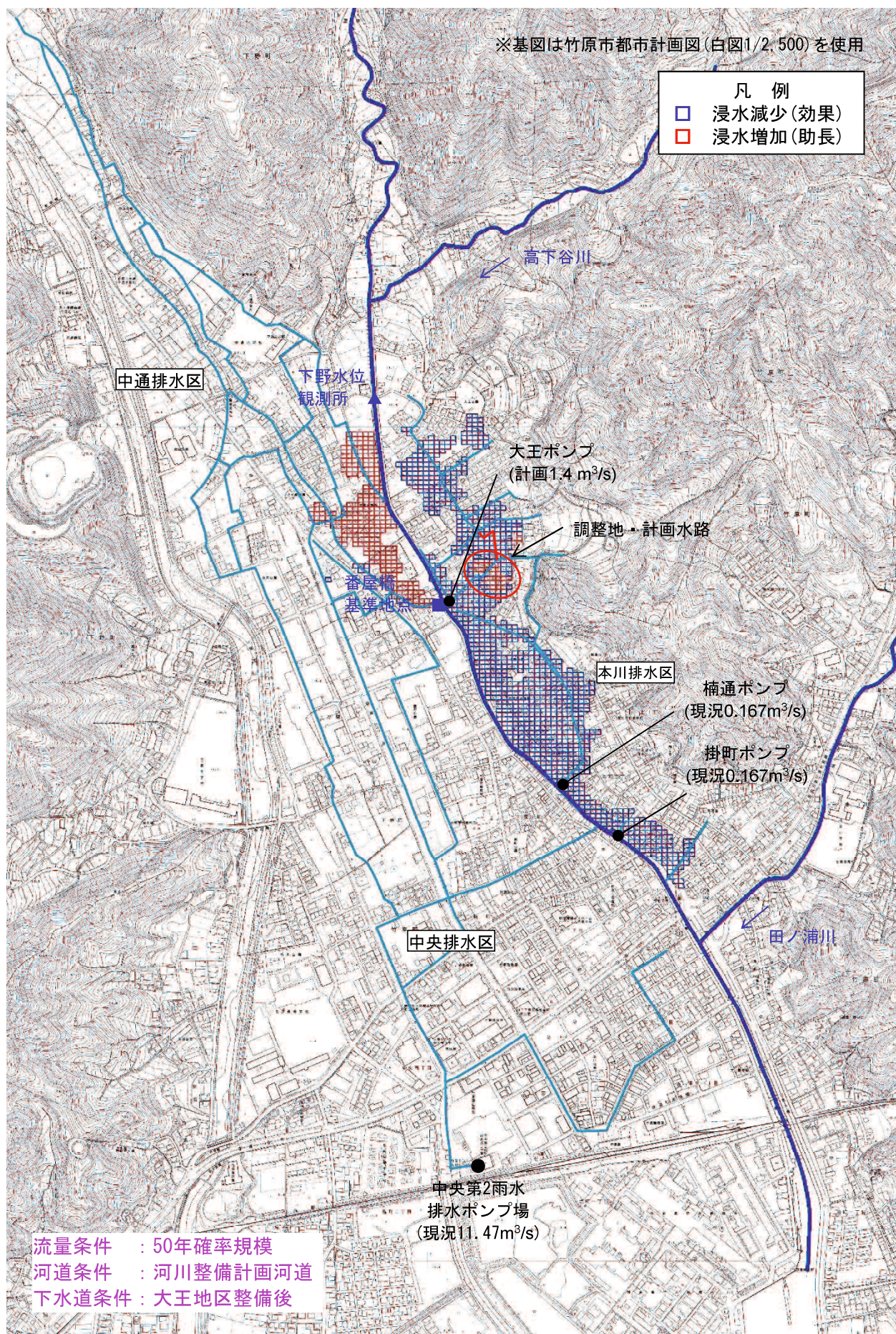


図-3.4.6(5) 整備効果の検証図(ポンプ停止水位TP.2.9m)

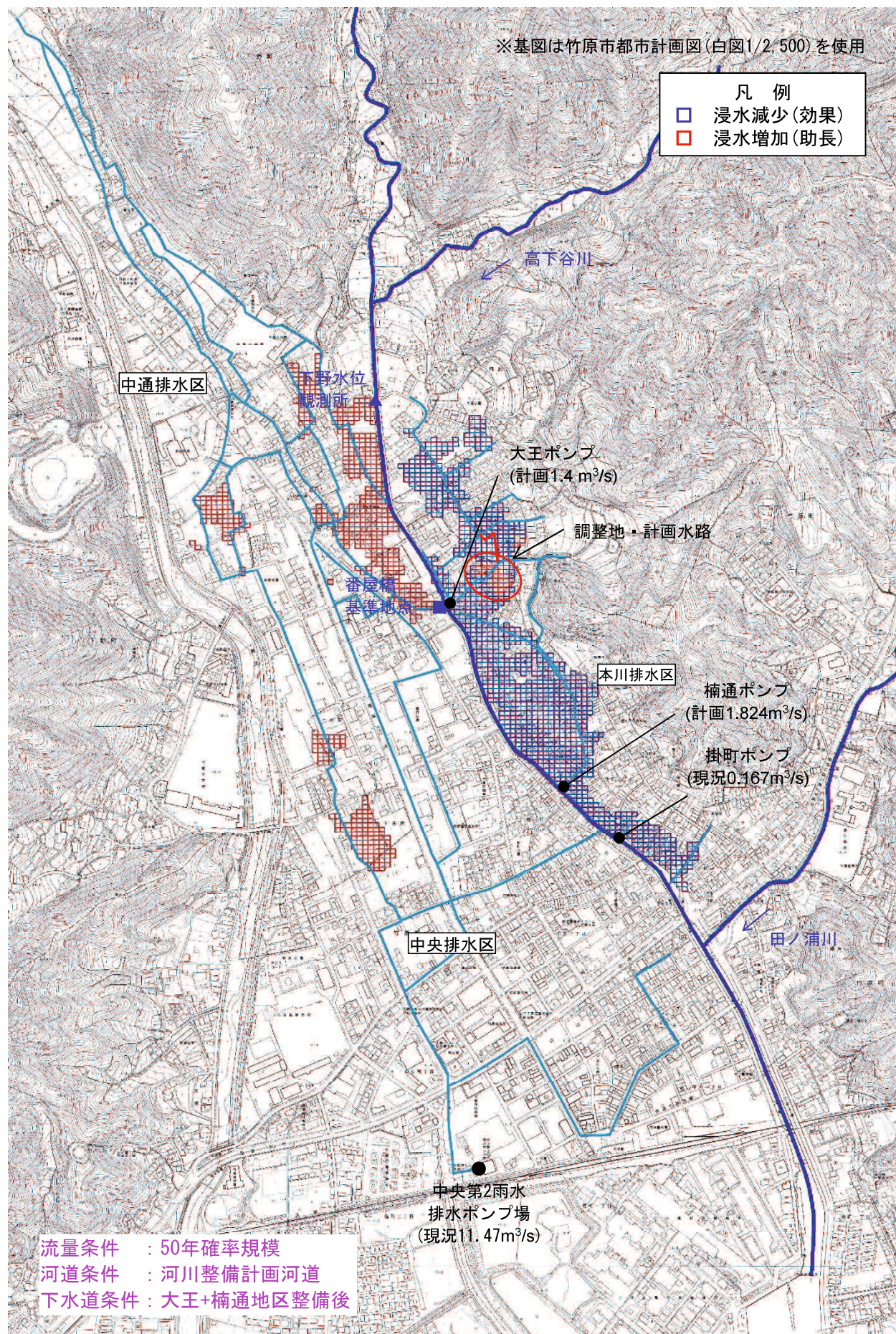


図-3.4.7(1) 整備効果の検証図(ポンプ停止基準なし)

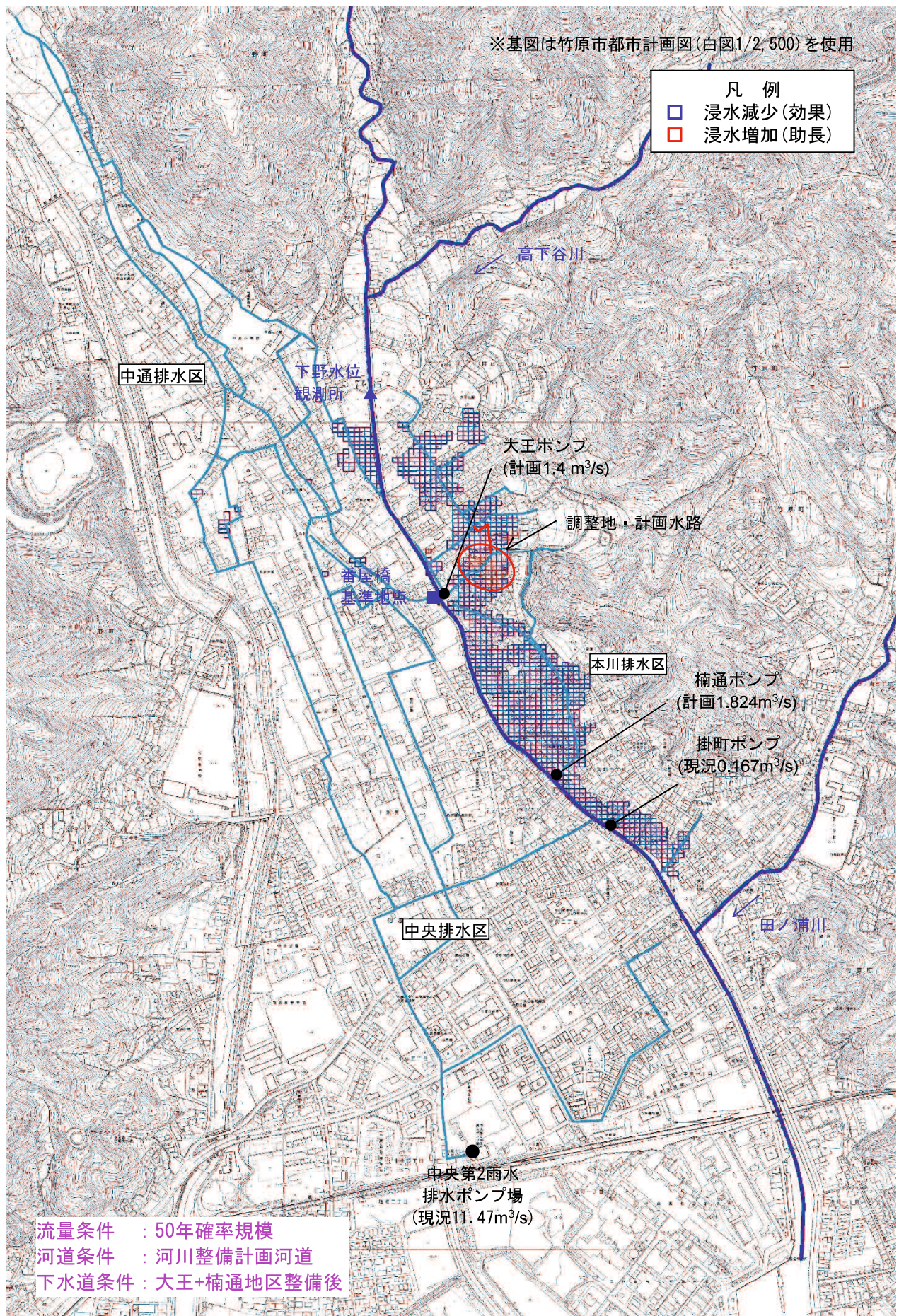


図-3.4.7(2) 整備効果の検証図(ポンプ停止水位TP.2.6m)

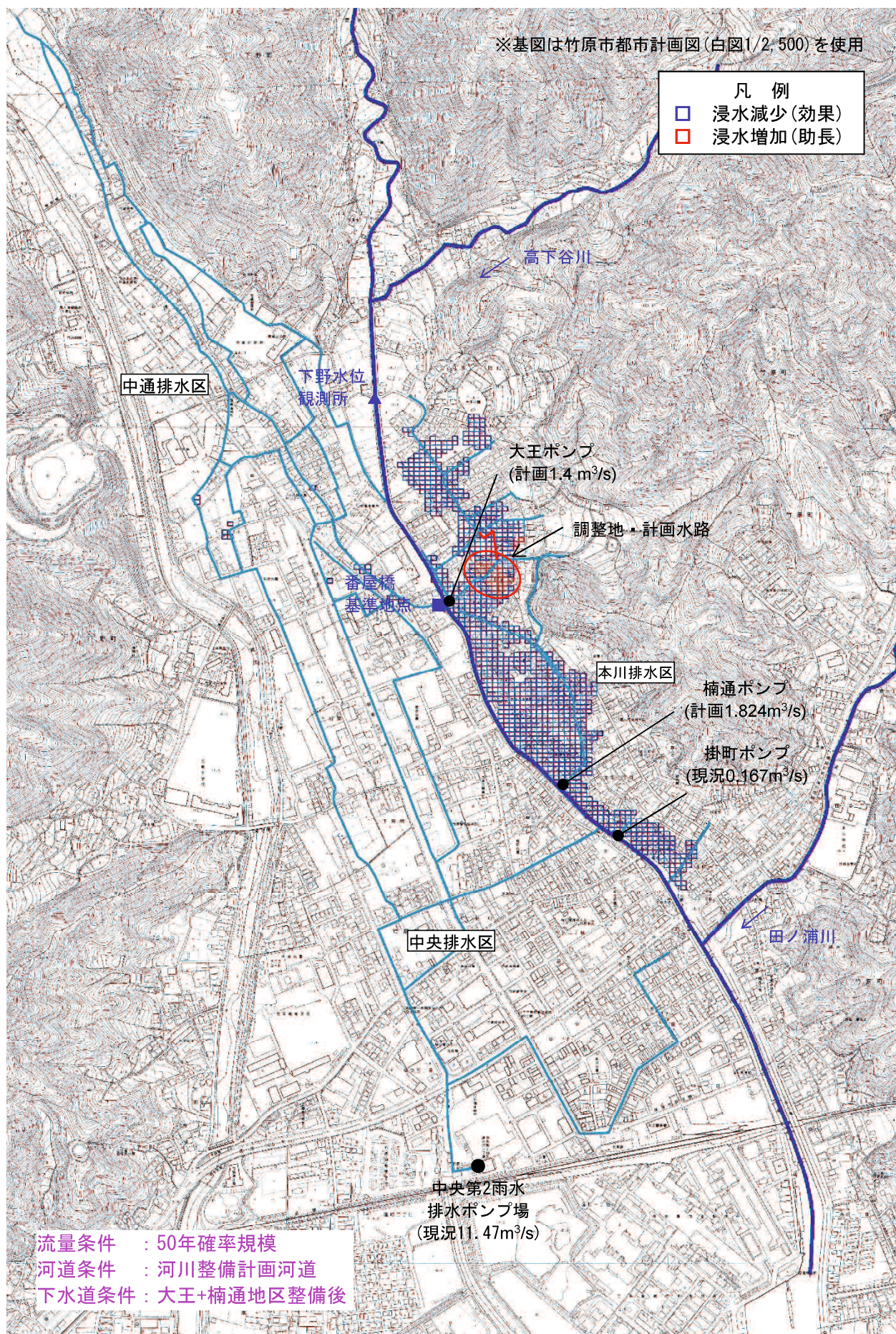


図-3.4.7(3) 整備効果の検証図(ポンプ停止水位TP.2.7m)

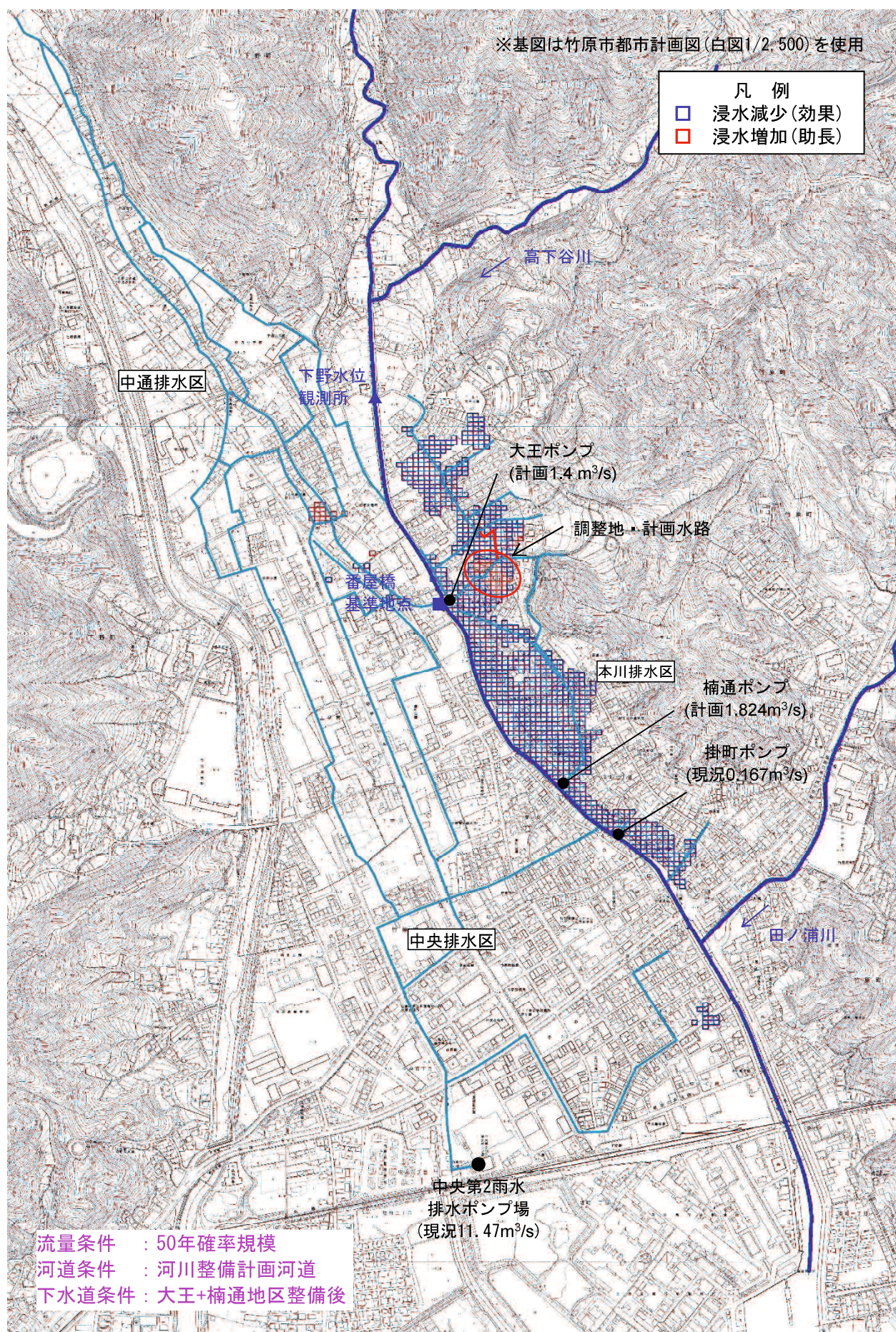


図-3.4.7(4) 整備効果の検証図(ポンプ停止水位TP.2.8m)

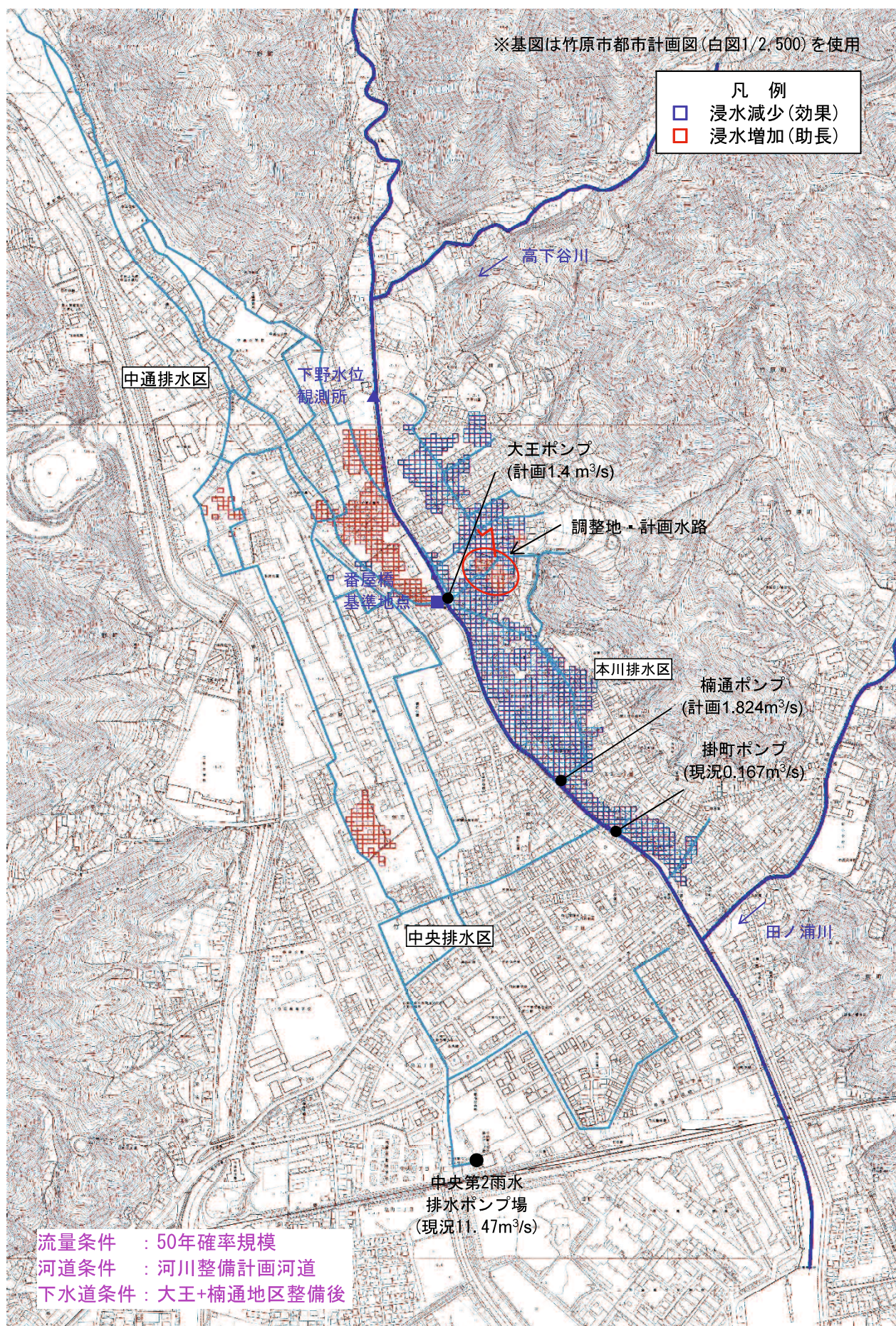


図-3.4.7(5) 整備効果の検証図(ポンプ停止水位TP.2.9m)

3.5 第3章まとめ

広島県では、令和5年3月に本川流域水害対策計画を策定しているが、本論文では流域面積が小さく、氾濫域のほとんどが用途地域に指定されている本川流域では、河川・下水道の将来ビジョンに基づいた計画とする必要があると問題提起した。また、段階的な河川・下水道の整備が河川水位の上昇や氾濫に与える影響を把握しながら、計画を進める必要があるため、本章では、河川の整備、下水道の整備等の治水対策が本川水位や氾濫に与える影響と効果を定量的に検証した。

その主要な論点を以下に示す。

- 1) 下水道排水区を抱える本川流域のような河川では、現行の氾濫メカニズムにおいて、本川と支川(水路)が順流・逆流を繰り返し、下水道排水区の流出量が河川に全量流下していないため、自然と流域流出抑制となっている。
- 2) 1)より、本川のような下水道排水区を抱える河川では、基本高水ピーク流量＝河川に到達する流量ではなく、河川整備基本方針、河川整備計画において、下水道整備(対策)を考慮した河川整備規模(計画高水流量)を設定することの妥当性が確認された。
- 3) 現状の「氾濫によって自然と流域流出抑制となる流域」(内水常襲地帯)では下水道整備などの内水対策は、河川への効果が限定的となる、または、逆に河川水位を上昇させる可能性を有し、流域流出抑制対策にならない。
- 4) 河川の整備水準が低い状態で下水道整備を実施した場合、自然流下している地域の氾濫リスクが増大する可能性があり、段階的な整備順序の設定、暫定的なポンプ場操作規程の設定など、流域治水対策を総合的に判断する必要がある。
- 5) 以上を踏まえ、ポンプ停止基準は、左右岸ともに浸水を助長させることなく、かつ、左右岸の浸水リスクが同等となる適正な水位を設定する必要がある、ポンプ停止基準を「番屋橋地点(B水路合流点)において、計画高水位+0.1mのTP.2.7m程度とすることが望ましい。」とした。ただし、土地利用状況等に配慮して「床上浸水の防止」を重視する場合、「TP.2.9m」とすることも一案であることも示した。

なお、広島県や竹原市では令和5年3月に本川流域水害対策計画の策定を終え、令和5年度～令和6年度には河川・下水道の整備水準の整合性、段階的な流域全体の治水安全度の確認を行うとともに、広島県では他流域への適用検討も実施している。本川流域と同様の氾濫現象が生じる河川は全国に多数あると想定されるため、本章のとりまとめ結果は他河川の検討の一助となると考えられ、あらゆる視点から更なる検討を進め、定量的な評価を行い、今後も情報提供を行う予定である。

最後に、本川のような流域(集水域)の特性を有する河川では、河川のみならず、下水道幹線、主要水路をモデル化し、氾濫現象を確認したうえで、その効果を評価・分析する必要がある、流域治水の推進と同時に、河川の計画水準も実態に即した精査が必要である。

参考文献

- 3-1) 広島県・竹原市：本川流域水害対策計画，pp.27-28，2023.
- 3-2) 広島県・竹原市：本川流域水害対策計画，p.21，図-3.1，2023.

第4章 結論

近年の水災害による甚大な被害を受けて、施設能力を超過する洪水が発生することを前提に、気候変動の影響や社会状況の変化などを踏まえ、あらゆる関係者が協働して流域全体で行う「流域治水への転換」を推進されている。令和3年11月1日に施行された「特定都市河川浸水被害対策法等の一部を改正する法律」（令和3年法律第31号、通称「流域治水関連法」）では指定要件が緩和されたため、新たな法的枠組みのもと流域治水対策を加速させることを目的として、広島県が管理する二級河川本川水系では、令和4年7月25日に施行後二級河川で全国初となる特定都市河川及び特定都市河川流域の指定を行った。

本川流域は流域全体が用途地域に指定され、市街化が進む都市を流れる河川であり、都市域である氾濫域において、流域流出抑制対策(流域治水)を実施する必要がある。中上流域に氾濫域を有し、下流域に都市域が広がる河川とは異なる流域治水の取り組みが必要と考えられる。以上より、このような河川の特定都市河川制度の適用と課題を把握するとともに、河川整備と下水道整備の影響量を定量的に把握することで、流域治水の在り方と方向性を示した。

具体的な各章の結論は以下のとおりである。

第2章では、特定都市河川制度の適用と課題を整理した。

「流域治水対策」は集水域(雨水が河川に流入する地域)から氾濫域(河川等の氾濫により浸水が想定される地域)の流域に関わるあらゆる関係者が協働して水災害対策を行う考え方であるが、これまでの治水対策(総合治水対策や今後の治水対策のあり方)における「流域を中心とした対策」と大きく変わるものではなく、これまでの治水対策を再整理したものと言える。ただし、これまでと大きく異なるものとして、法的枠組みのもと治水対策が実施可能な「特定都市河川」に関する指定要件が緩和され、中小河川においても特定都市河川の指定が可能となったことである。

一方、本川流域のような氾濫原のほとんどが市街化区域や用途地域に指定されている河川では、流域特性(山地と市街地)、既往洪水の浸水域(市街地)より、流域での対策は浸水被害の発生している市街地部で実施することになり、一般的な大河川の浸水被害対策基本方針に沿った考え方では、その実施に当たって、大きな課題を有していると考えられ、以下の事項に関する流域特性に応じた整理が必要である。

- ・河川計画と下水道計画の整合を図り、河川整備基本方針、河川整備計画において、内水域の対策を考慮した河川整備水準を設定し、それぞれの将来ビジョンに基づいた計画が必要
- ・氾濫原のほとんどが用途地域(非線引き区域)、かつ、立地適正化計画において、都市機能誘導区域、居住誘導区域に指定されている流域では、貯留機能保全区域の指定、調整地等の建設など、土地利用方法に関して幅広い視点での検討を進め、地域住民・企業との合意形成を図りつつ、対応方法を検討することが必要
- ・ハード整備(流域流出抑制施策)は、中上流域の市街化調整区域、または、用途地域外の氾濫域がほとんどない集水域における田んぼダムやため池貯留の効果はほとんどなく、内水常襲地帯となっている下流市街地(市街化区域、用途地域)での対策に限定される。
- ・以上より、河川整備と下水道整備が主なメニューとなるため、それぞれの整備が氾濫に与える影響を分析しておく必要がある。

第3章では、第2章で整理した特定都市河川の河川・下水道整備が氾濫に与える影響を整理し、流域治水の在り方と方向性を整理した。

本川流域を対象に、河川・下水道の将来ビジョンに基づいた計画の段階的な評価を実施する一環として、河川整備や下水道整備が河川水位や氾濫に与える影響と効果を定量的に検証し、流域面積が小さく、氾濫域のほとんどが用途地域に指定されている本川流域のような河川の流域治水の在り方や方向性を示した。

特に、河川と内水域(下水道)となると、管轄が違うこと、目標の考え方が違うこともあり、排水機場の整備が他流域に影響を与えるなどの検証はなされていないのが現状であり、本論文では、流域治水を進めるにあたり、本川のような河川は5cm程度の水位上昇が他地域の浸水を助長することを示し、これまで問題視されていない課題を提起するものである。

- ・ 現行の氾濫メカニズムにおいて、本川と支川(水路)が順流・逆流を繰り返し、下水道排水区の流出量が河川に全量流下していない河川では、自然と流域流出抑制となっている。
- ・ 下水道排水区を抱える河川では、基本高水ピーク流量＝河川に到達する流量ではなく、河川整備基本方針、河川整備計画において、下水道整備(対策)を考慮した河川整備規模(計画高水流量)を設定することが望ましい。
- ・ 現状の「氾濫によって自然と流域流出抑制となる流域」(内水常襲地帯)では下水道整備などの内水対策は、河川への効果が限定的となる、または、逆に河川水位を上昇させる可能性を有し、流域流出抑制対策にならない。
- ・ 河川の治水計画において、基本高水ピーク流量を設定した場合、内水氾濫とポンプ排水の関係など、実態の流出現象との乖離が生じ、河川整備が過大となる可能性がある。
- ・ 河川の整備水準が低い状況下で下水道整備を実施した場合、自然流下している地域の氾濫リスクが増大する可能性があり、段階的な整備順序の設定、暫定的なポンプ場操作規程の設定など、流域治水対策を総合的に判断する必要がある。
- ・ 以上を踏まえ、左右岸ともに浸水を助長させることのないポンプ停止基準を「番屋橋地点(B水路合流点)において、計画高水位+0.1mのTP.2.7m程度とすることが望ましい。」とした。ただし、「床上浸水」に対して重視する場合、「TP.2.9m」とすることも一案であることも示した。

また、今後の展望として、本川のような氾濫域のほとんどが用途地域に指定されている河川の特定都市河川指定に関する事項は、以下のとおりである。

- ・ 大河川とは異なる氾濫原形態を有する河川特有の流域治水の在り方や方向性を示したが、大河川では流域治水を中上流域の氾濫域における流出抑制対策の観点が強く、遊水地など河川を中心とした対応を「流域治水」と扱っていると考えられ、その対応が困難な流域では、本来の「流域治水」の実践に向けた考え方が整理できたと言える。
- ・ 今後、指定要件が緩和されたこと受け、本川流域と同様の氾濫現象が生じる河川(都市域を抱え、氾濫原が市街化区域や用途地域に指定されている河川)は全国に多数あると想定されるため、他河川の今後の考え方の一助となると考えられる。よって、さらにあらゆる視点から検討を進め、継続的に河川、下水道整備の定量的な評価を行い、今後も「流域治水」の在り方や方向性を確認する予定である。
- ・ 最後に、特定都市河川の指定に関しては、国・都道府県・市町村の動きが重要となる。特に、宅地等以外の土地で行う1,000m²以上の雨水浸透阻害行為(土地からの流出雨水量を増加させるおそれのある行為)に対し、都道府県知事等の許可を受け、流出雨水量を増大させないようにするための対策工事(雨水貯留浸透施設の設置)が義務付けられるため、自治体の取り組み内容が重要となる。

謝 辞

本論文は、社会人ドクターとして、博士後期課程の3年間の研究成果をまとめたものです。本研究を進めるにあたって、お世話になった方々に、この場を借りてお礼申し上げます。

私は平成10年3月に山口大学大学院社会建設工学科の前期課程を修了し、平成10年4月に中電技術コンサルタント株式会社に入社しました。途中、平成14年度には国土交通省国土技術政策総合研究所の水害研究室に駐在するなど、河川計画分野に約20年、携わっておりました。

平成30年4月、会社の理解を得て、社会人ドクターとして同年10月の入学を目指す中、記憶に新しい平成30年7月豪雨が発生しました。コンサルタントの河川技術者である私は7月末の入学試験(口頭試験)の準備ができず、主査の山口大学大学院創成科学研究科・教授・朝位孝二先生には、多大なご迷惑をおかけしたことを覚えています。

また、入学したものの平成30年7月豪雨では地元である広島県や岡山県で甚大な被害が発生し、災害対応に追われる日々が続き、研究に時間を費やす余裕すらない状況でした。このような中、朝位先生からは「実務に即した研究テーマ」のご助言をいただき、研究が進まない状況下でも私を研究室に温かく迎え、今日に至るまで丁寧かつ熱心にご指導していただきました。至らない点が多かった私に対して、休学期間を含む6年間、ご自身が忙しい中にありながらも大変な熱意をもってご指導して下さったことは、本当に感謝してもしきれません。この6年間の経験は今後の社会人生活の大きな糧になると確信しております。ここに深い感謝の意を示します。

さらに、平成30年7月豪雨でも問題となった野村ダムや野呂川ダムの緊急放流に係る「事前放流」をテーマとしてスタートしたと同時に、令和元年に発生した新型コロナウイルスは、新たに人類に定着しそうな勢いで感染拡大し、緊急事態宣言や大学への立ち入り禁止など、研究を進めるには壁となる事態が次々と襲いました。結果として、入学して2年半が経過した令和3年4月から3年間、休学することとなりました。その間、平成30年7月豪雨の対応が収束しかけた令和3年度、令和3年7月洪水、令和3年8月洪水など、広島県の三津大川水系、本川水系では平成30年7月豪雨と同規模の被害が発生しました。

コロナ下において、事前放流に必要とされる長期予測雨量精度の向上施策としてAI技術を活用した補正に関する研究を行う上で、台風性・前線性で降雨予測の傾向が異なり、AI技術が精度向上に寄与しないことが明らかとなり、研究としての成果が得られず、朝位先生や会社の上長には多大なご迷惑をおかけし、さらには、長期の休学を余儀なくされたこと、お詫び申し上げます。

転機となったのが、令和3年7月に被災した本川水系です。実務を進める中で本川のような河川の特定都市河川流域への適用に関しては疑問に思う内容が多々あり、今後、このような河川の指定に対して一助となるよう、方向転換しました。しかし、全国的にも本川のような流域(氾濫原が市街化区域、用途地域に指定され、浸水区域で流域流出抑制対策が求められる流域)の指定はなく、平成30年7月豪雨、ならびに、令和3年7月洪水による本川流域の災害に係る対応を頂いた方々、ならびに、広島県河川整備基本方針等検討委員会、本川流域水害対策協議会等でご指導・ご助言を頂いた各委員・構成員の方々には、ここに記して感謝の意を表します。また、特定都市河川の指定に関し、ご尽力いただいた国土交通省、広島県、竹原市の担当部局に対し、感謝の意を表します。

最後に、家族です。土日仕事や大学研究で家を空けることが多く、特にまだ小さい息子と娘には我慢させたことが多いかと思います。ここまで温かく見守り、励まし、応援してくれたこと、心より感謝します。