

2020. 12. 2

建設技術展示館

第15期リニューアルオープン特別講演

令和元年台風19号豪雨災害から学ぶ 河川災害の特徴と課題

利根川の痕跡水位

清水義彦（群馬大学理工学府）

土木学会水工学委員会「令和元年台風19号豪雨災害調査団」の内容も一部参照しています。



新聞報道の見出し

- * 計画運休
- * 6 ダム緊急放流
- * 想定超え 氾濫拡大
- * 新幹線120両水浸し
- * 避難か待機か自治体苦悩
- * 早朝の決壊 避難できず
- * 氾濫発生情報出せず
- * 浸水と断水ダブルパンチ
- * 避難長期化
- * 荒川増水
250万人避難「方法ない」



新聞報道の見出し

- * 豪雨 広範囲で
- * 堤防決壊同時多発
- * 越水破堤
- * 強大な台風増加の恐れ
温暖化影響
- * 治水能力超える雨
- * 「ハード対策」頼み限界
- * 堤防・ダム対策に限界
- * 備えたが想定超える被害
- * 治水対策見直し急務

本日の話題

- ✓ 同時多発の河川破堤，どのくらいの規模か
- ✓ 直轄河川の被害と課題
千曲川，荒川，久慈川・那珂川
- ✓ 中小河川の被害と課題
栃木県秋山川，永野川
- ✓ 洪水インパクトを河道はどう受けたか。
(被災から今後の河川管理へ)
- ✓ 利根川は大丈夫か
(台風19号から見た利根川の評価)
- ✓ 最後に (まとめ，流域治水)

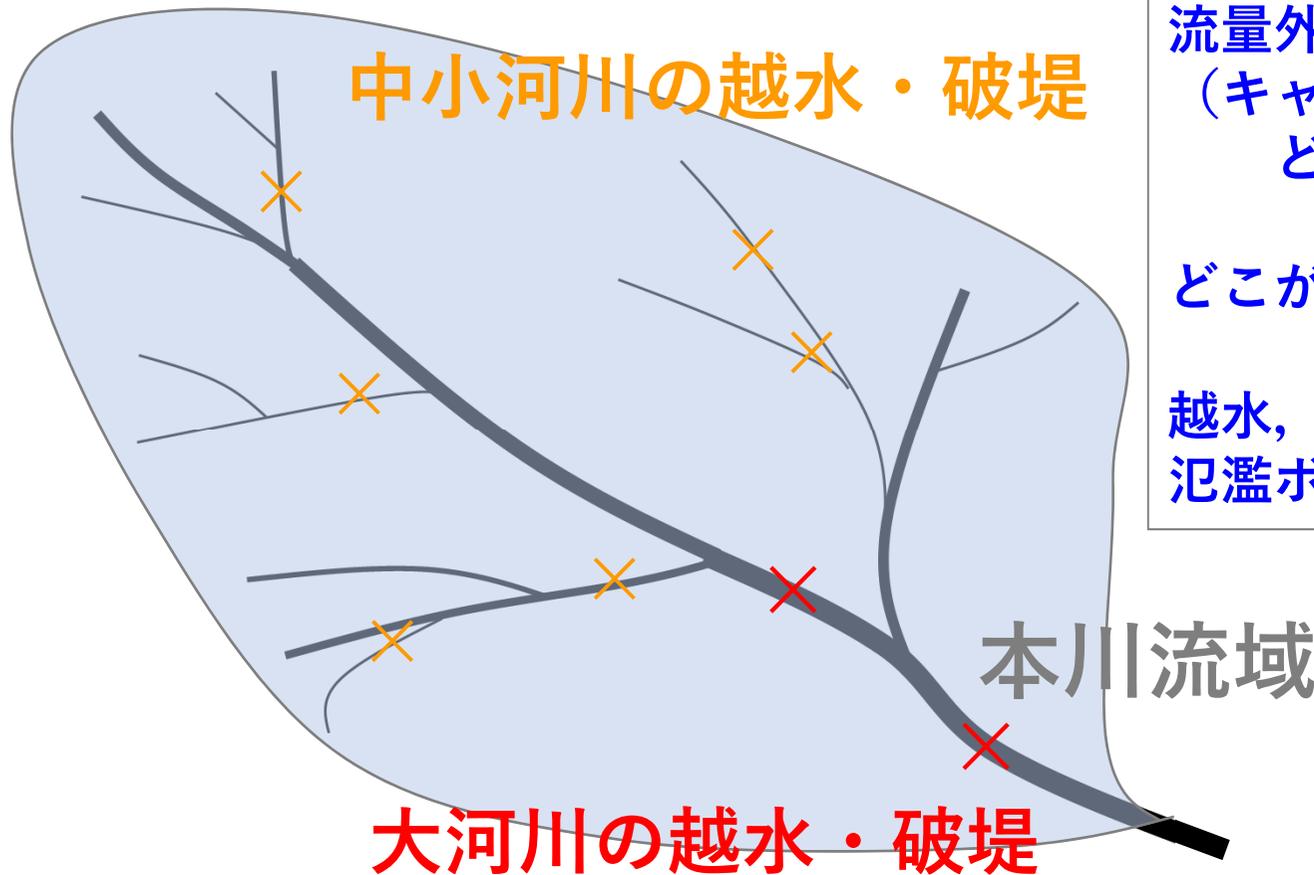
国管理 7 河川 1 2 カ所, 県管理 1 2 8 か所で堤防決壊 (11/9国交省資料)

速報会時点での着眼点

流量外力と河道流下能力
(キャパシティを
どれだけ超えたのか)

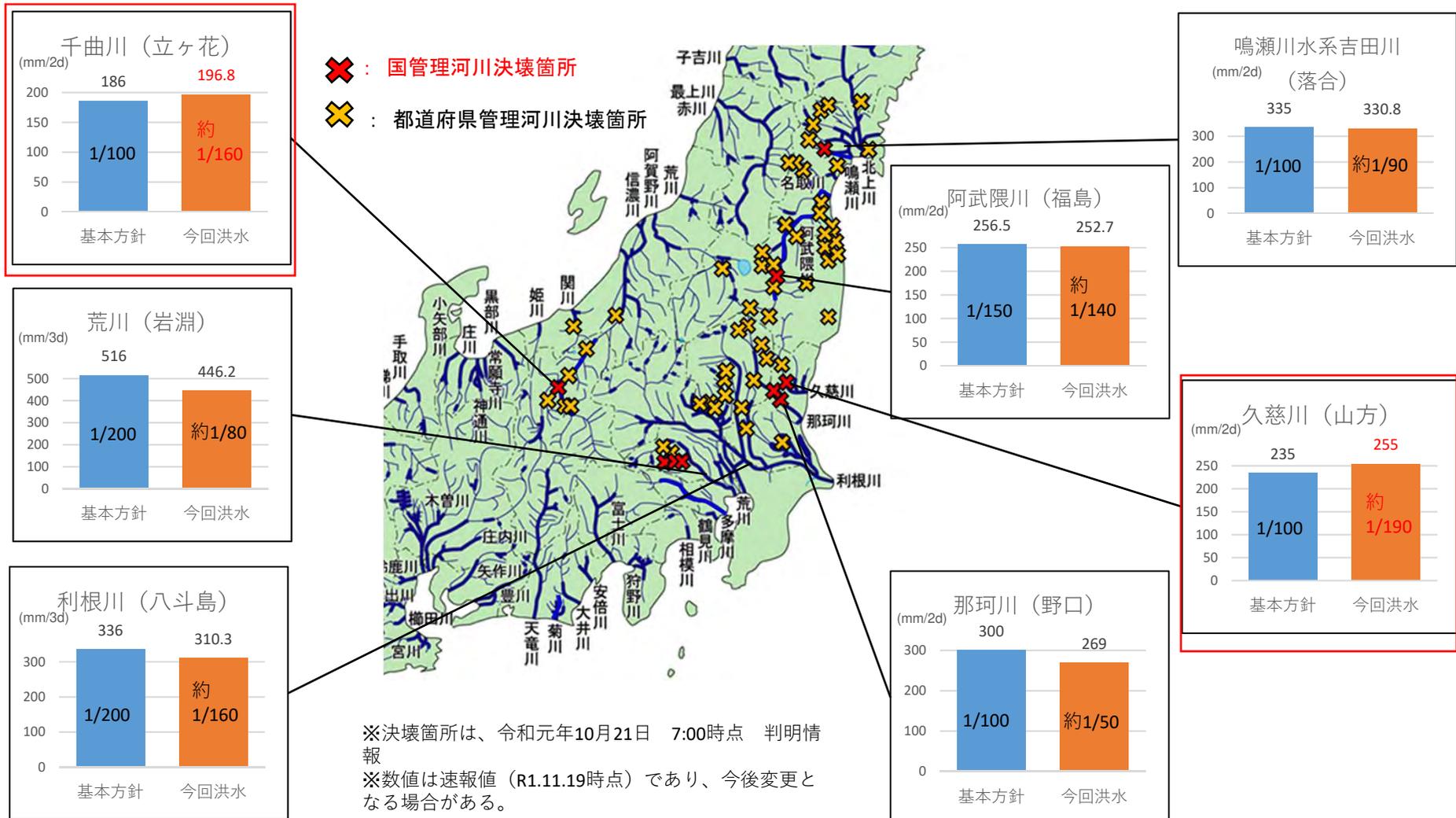
どこが弱点になるか。

越水, 破堤のメカニズム
氾濫ボリュームは?



大河川（国管理河川）の破堤氾濫

大河川（国管理河川）の降雨外力の規模



(気候変動を踏まえた水災害対策検討小委員会 (第1回) 2019.11.22資料より)

令和元年東日本台風による国管理河川の状況(降雨、流量)

- 主な河川における基準地点上流域平均雨量は、河川整備基本方針の対象雨量を超過又は迫る雨量となった。
- 流量は、観測史上最大又は2位を記録し、河川整備計画の目標を超過又は迫る流量となった。
- 阿武隈川では、基本方針の流量を超過した。



※数値は、速報値(R2.1時点)であり、今後変更となる場合がある。
 ※流量はダム・氾濫戻し。雨量は、対象降雨の継続時間の基準地点上流域の平均雨量。

現況流下能力(現況体力)はどのくらいか
 (気候変動を踏まえた水災害対策検討小委員会(第2回)2020.2.13資料より)



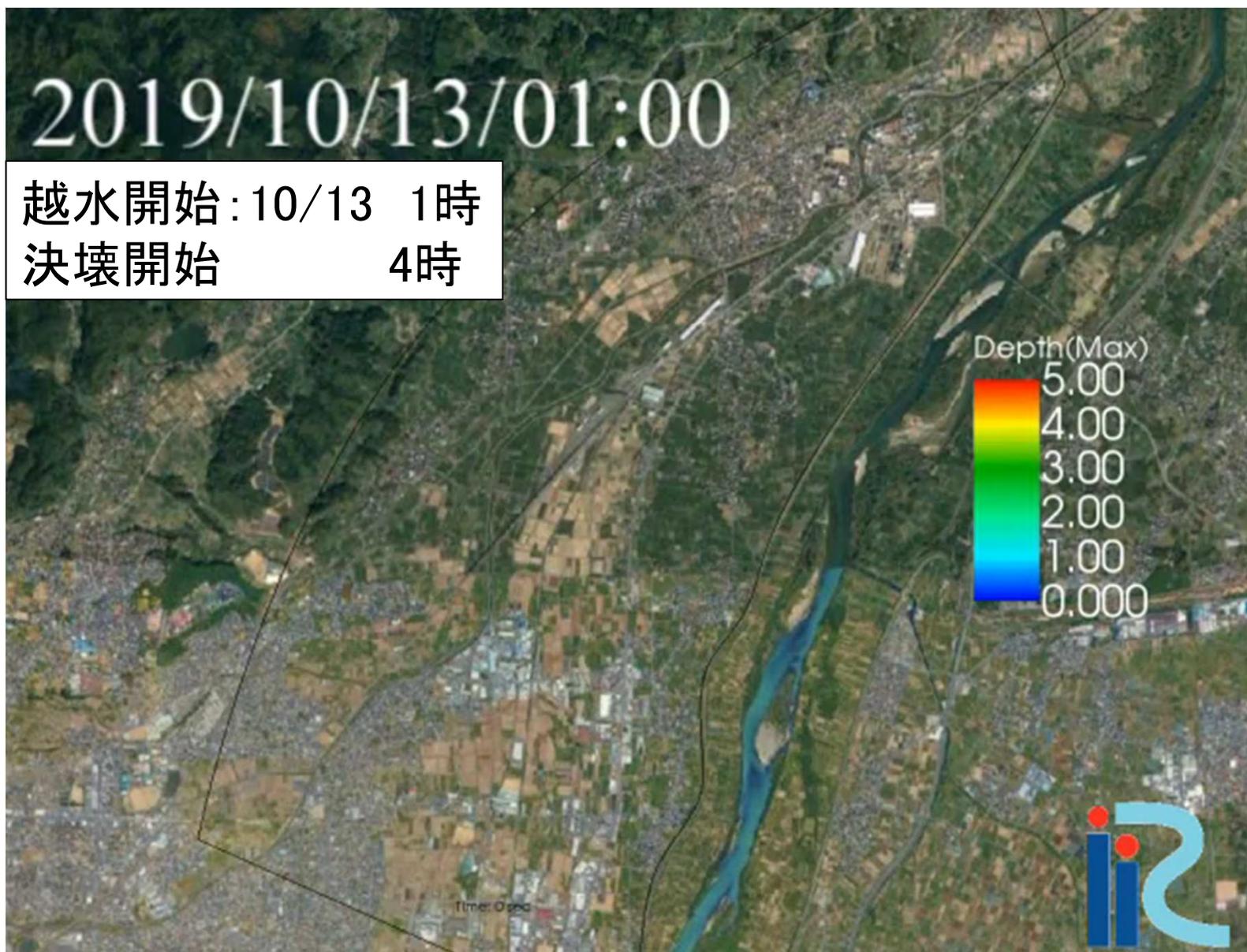
13日午前8時15分長野市穂保（産経新聞）



千曲川 氾濫シミュレーション

2019/10/13/01:00

越水開始: 10/13 1時
決壊開始 4時

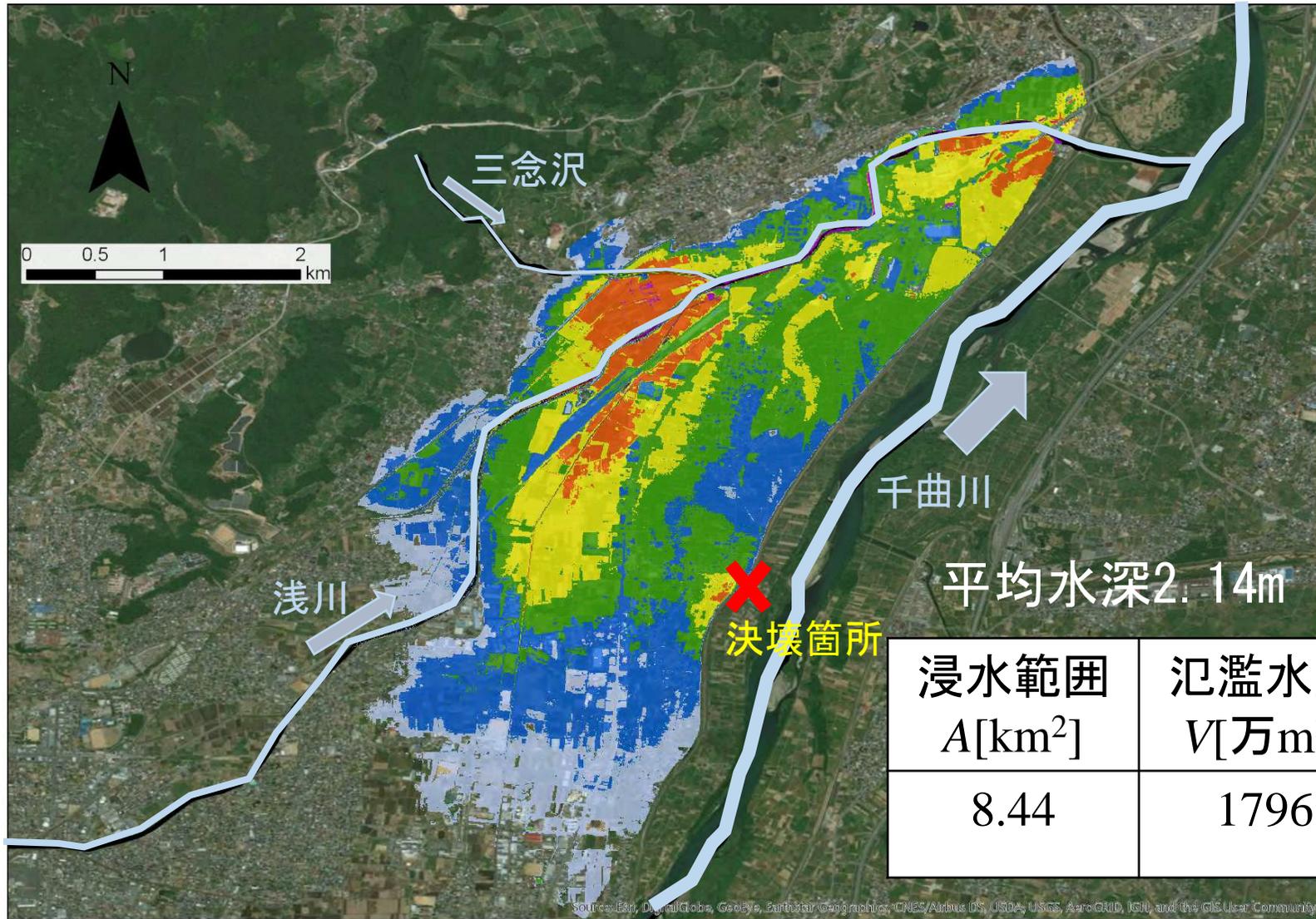


(東京理科大学・二瓶泰雄)

千曲川の破堤

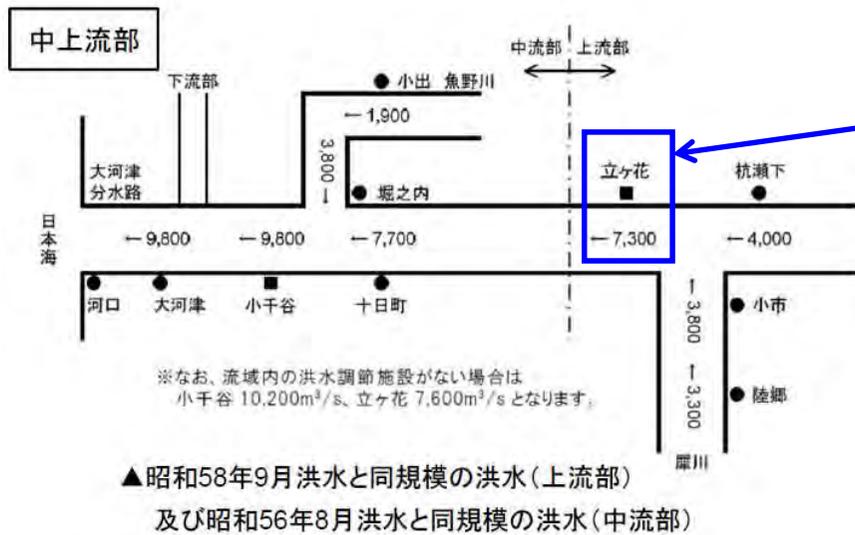
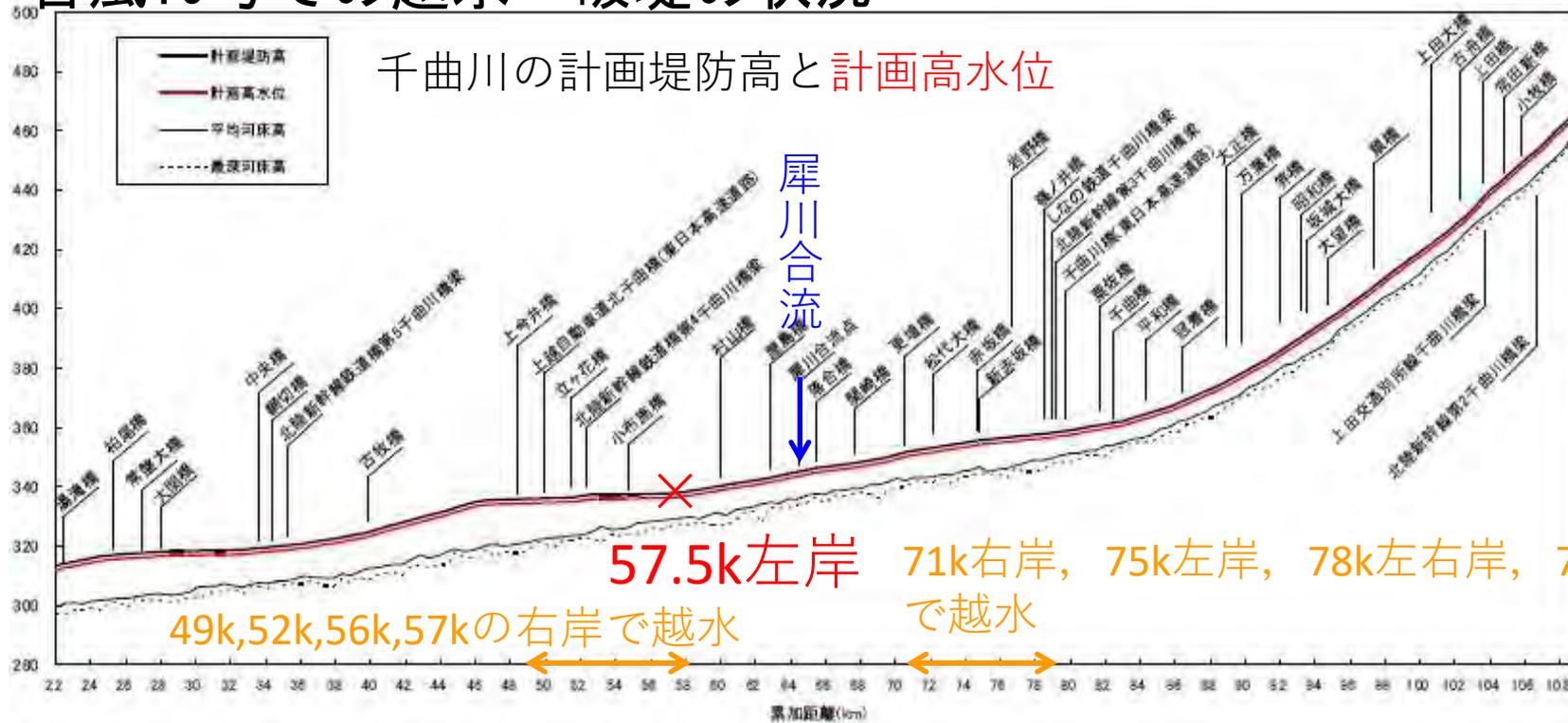


洪水痕跡測定結果（浸水深マップ）と氾濫ボリューム



(東京理科大学・二瓶泰雄)

台風19号での越水・破堤の状況



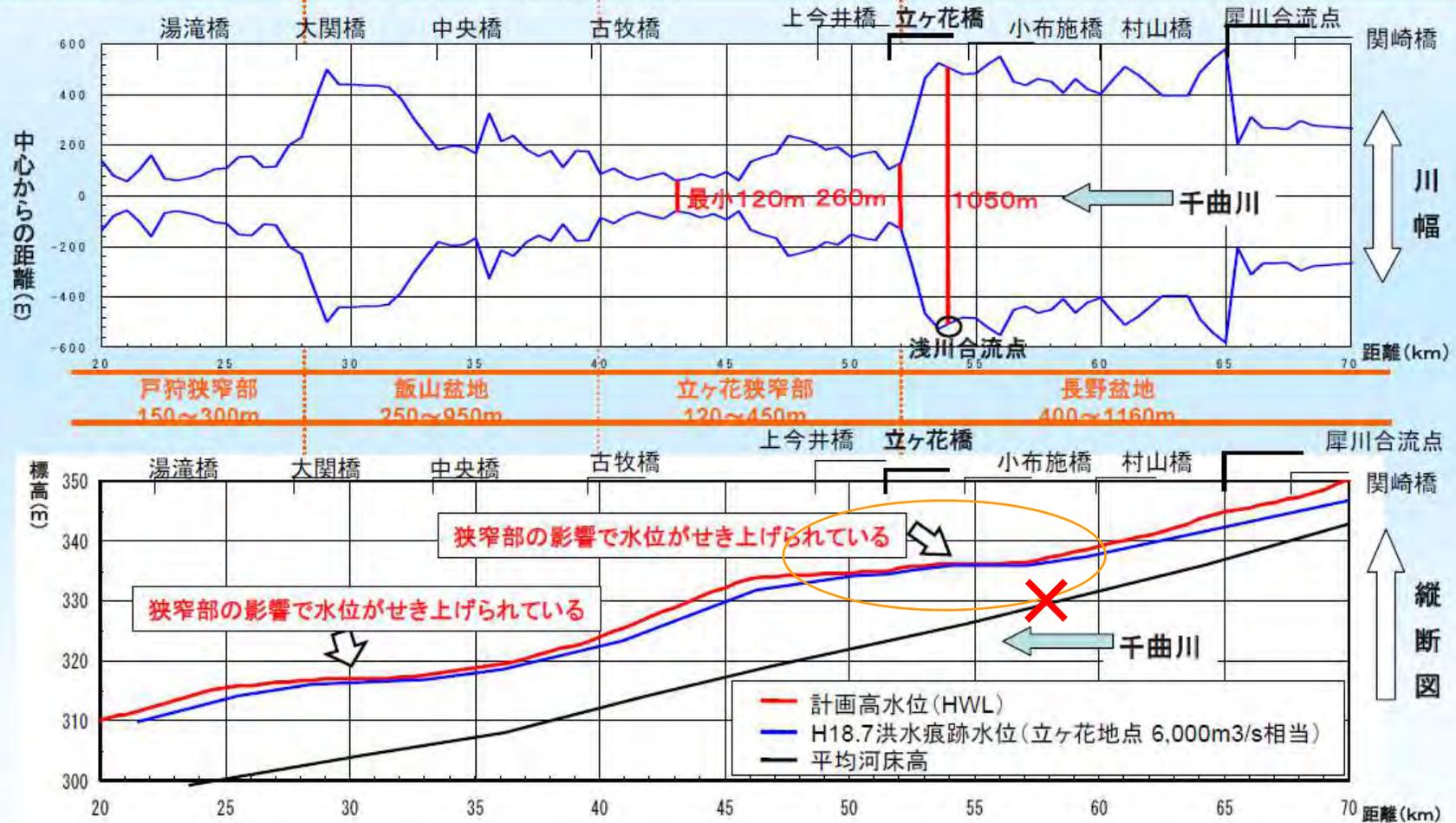
立ヶ花
計画高水流量9000m³/s
整備計画流量7300m³/s

現況体力（現況流下能力）は？
天端満杯流量の規模は？

基礎体力（整備計画相当）の診断が重要

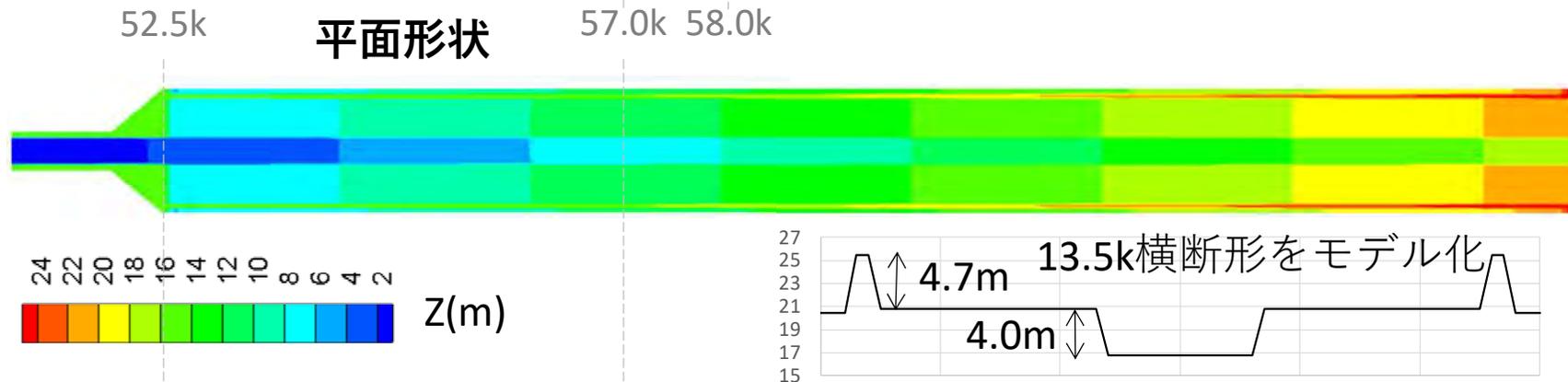
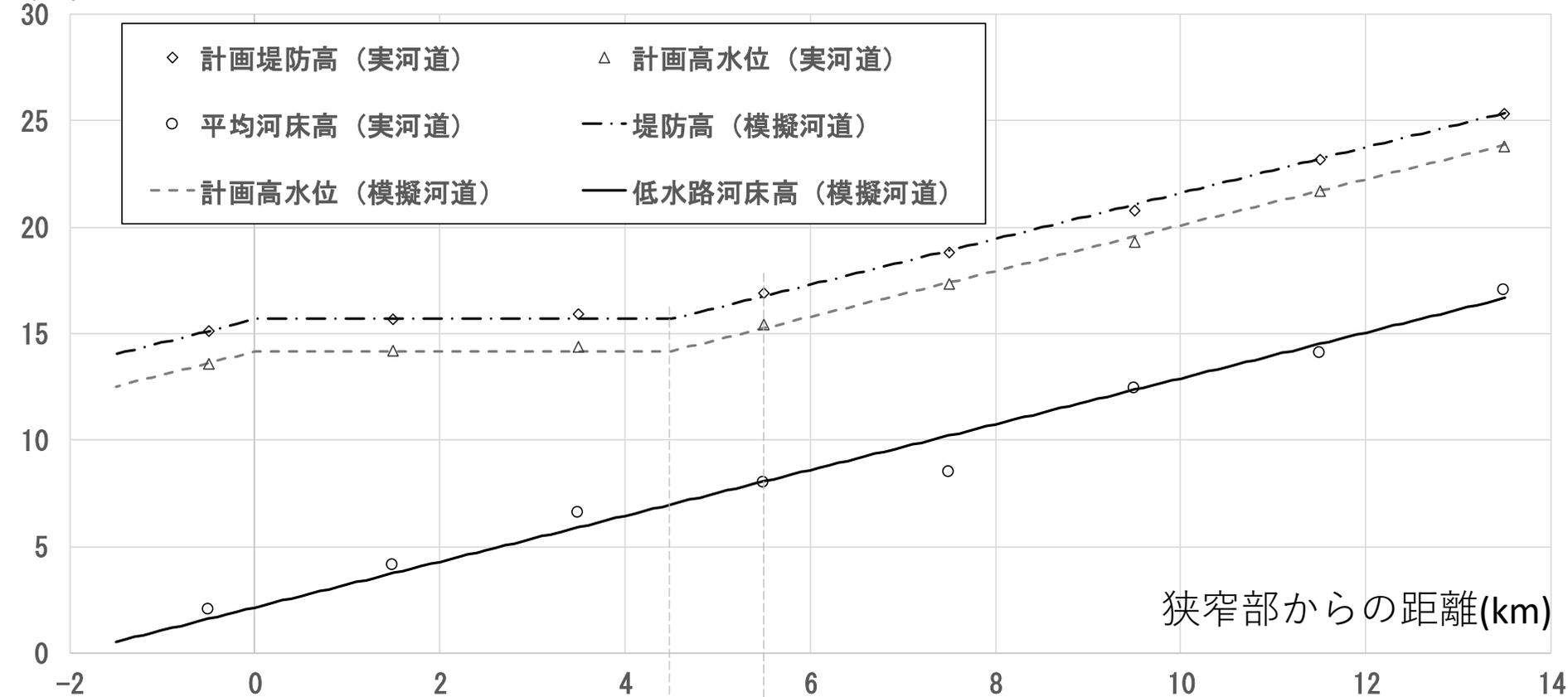
①流下能力の不足（狭窄部対策）

- H18年7月洪水では、狭窄部の上流で**計画高水位(HWL)まで水位が上昇**。
- 立ヶ花狭窄部上流で破堤した場合、人口・資産が集中する長野市街地まで被災。狭窄部の上流での被災リスクが大きい。



H18.7洪水規模（6000m³/s）でHWL相当（現況体力）

千曲川の大胆な模擬河道の縦断形状 (標高値は基準を下げて表示)



狭窄部からの距離(km)

平面形状

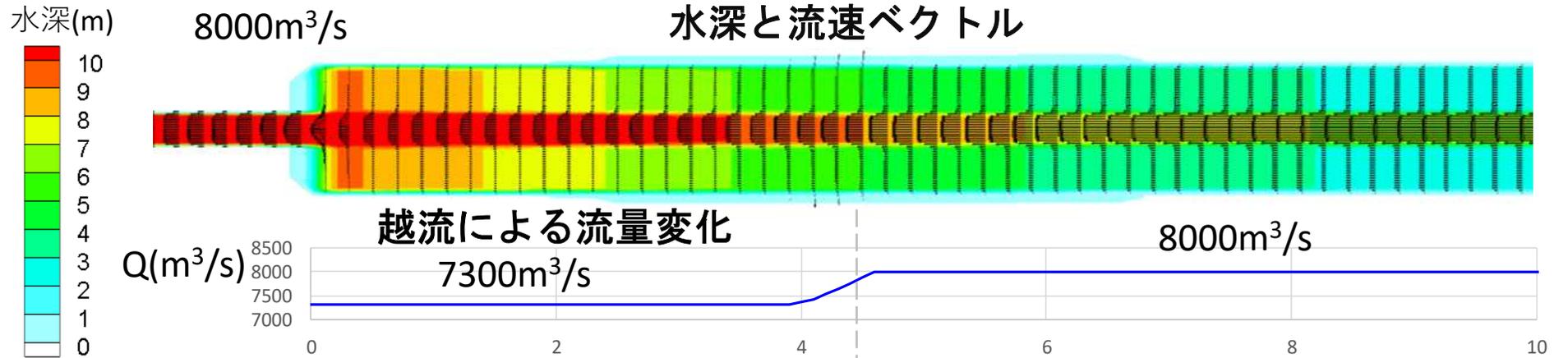
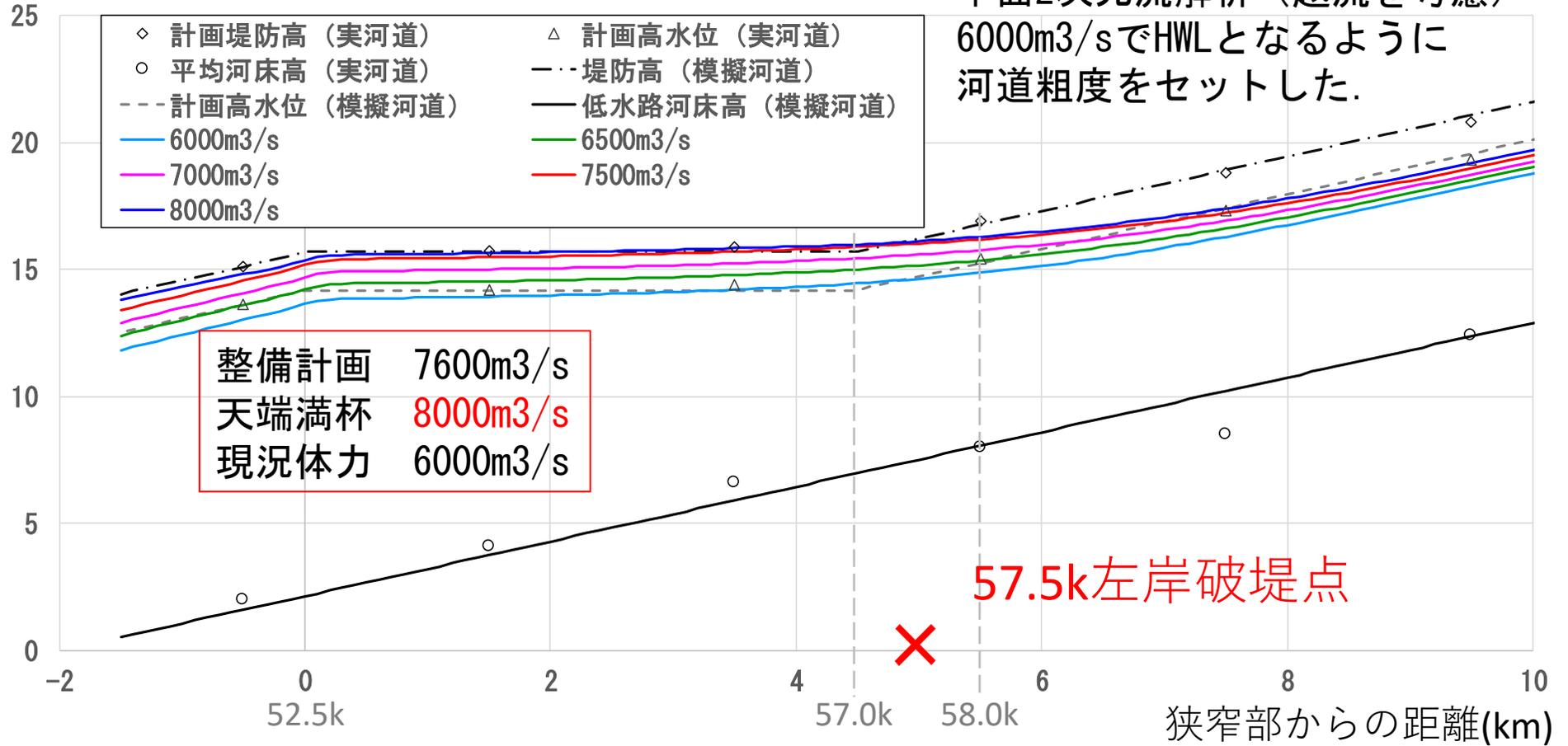
13.5k横断形をモデル化

Z(m)

模擬河道での推算結果 (6000m³/s~8000m³/s)

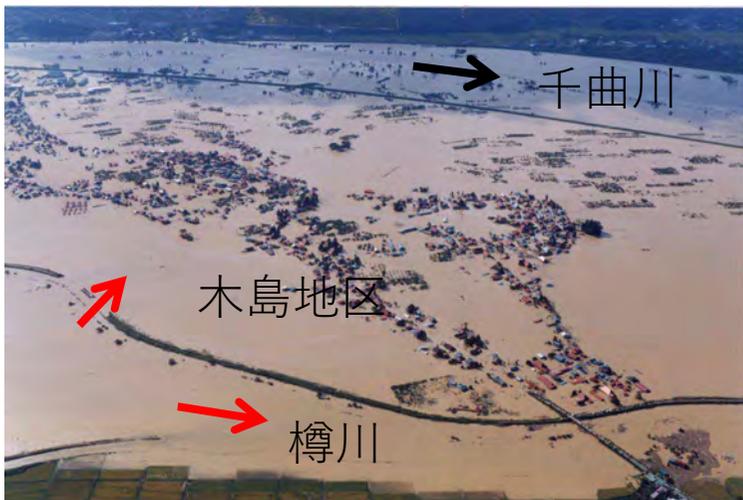
平面2次元流解析 (越流を考慮)

6000m³/sでHWLとなるように河道粗度をセットした。

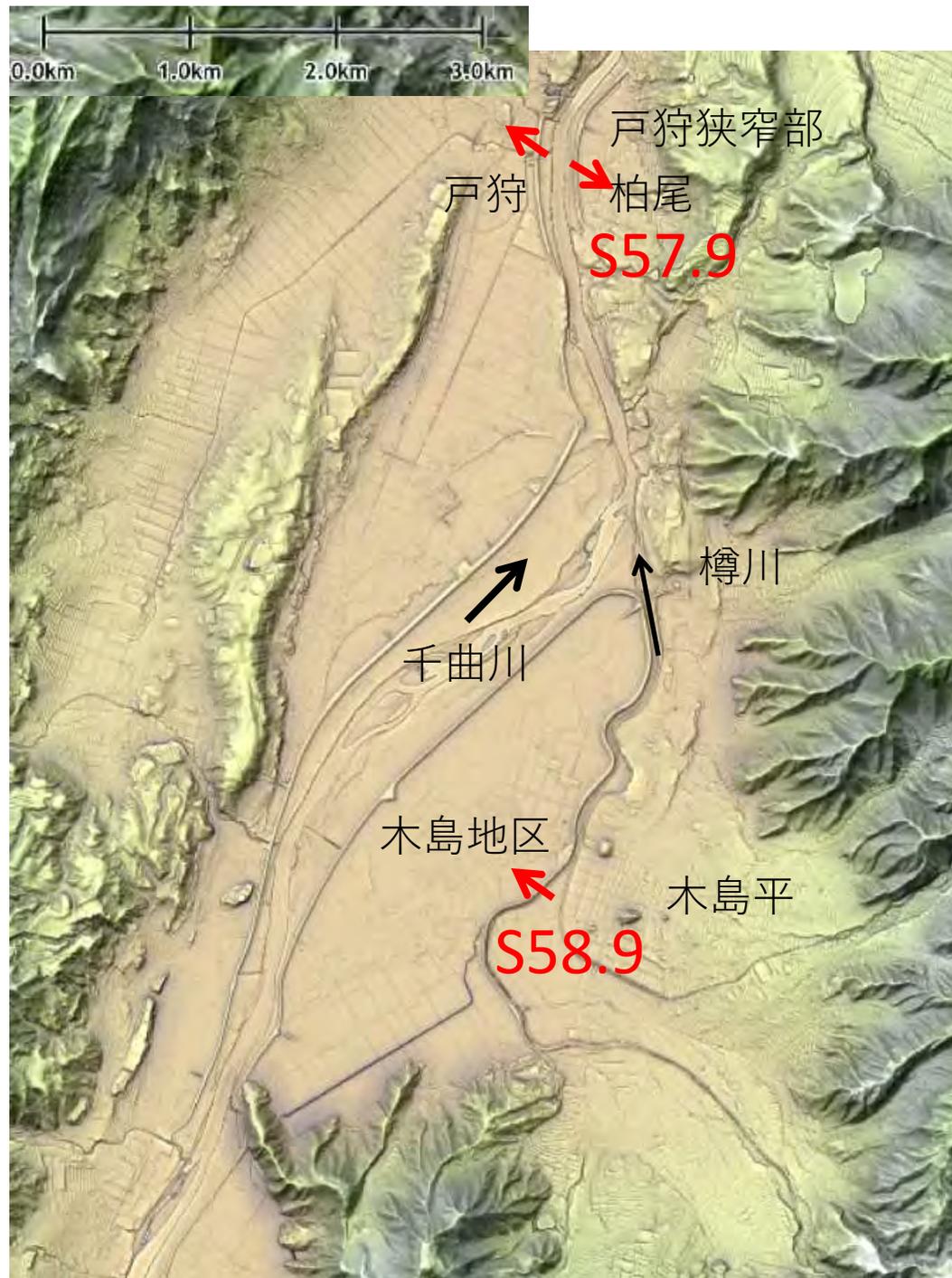


千曲川・戸狩狭窄部の洪水氾濫

昭和57年9月の洪水



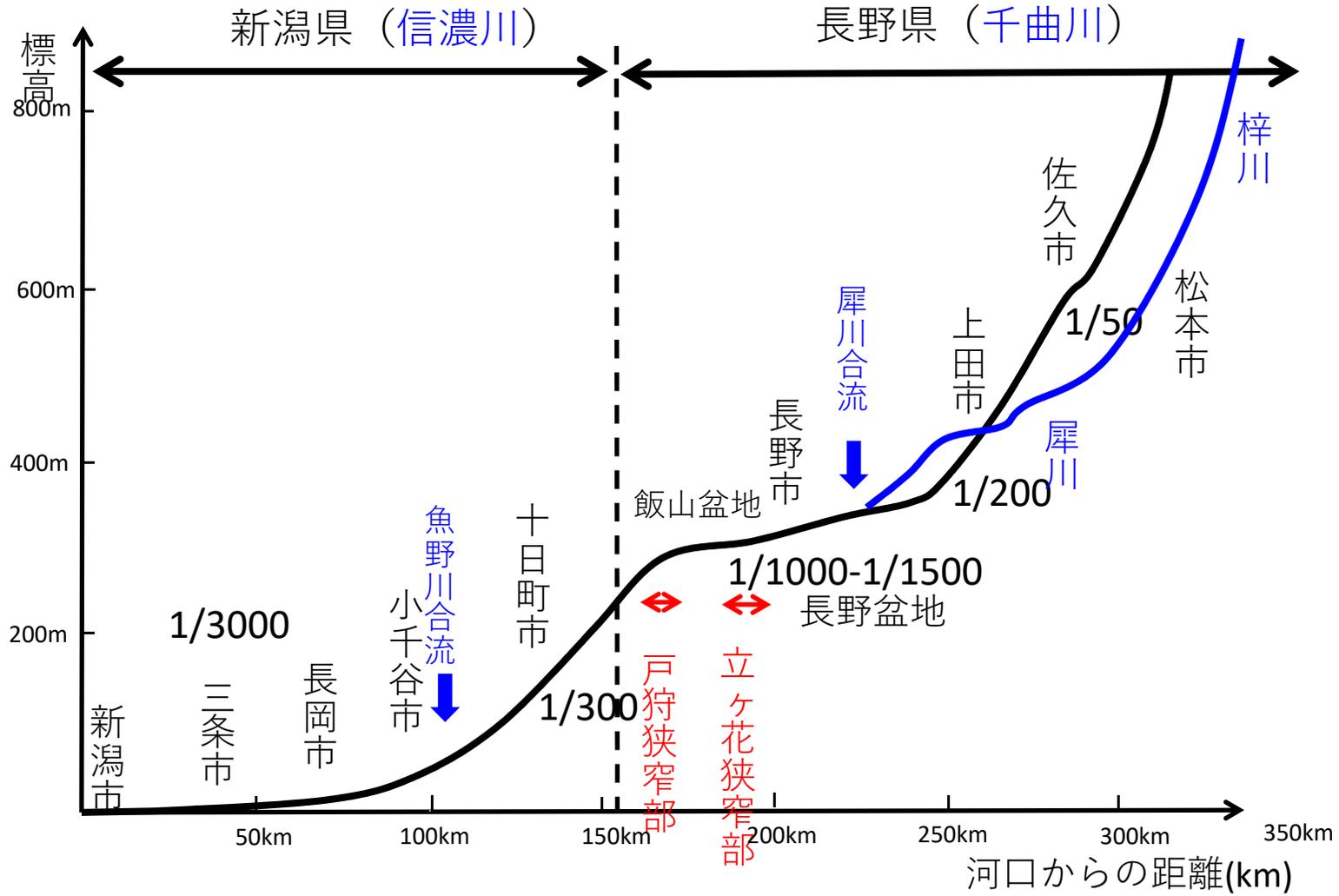
昭和58年9月の洪水



昭和58年 千曲川本川堤防の決壊（飯山市常盤地区）

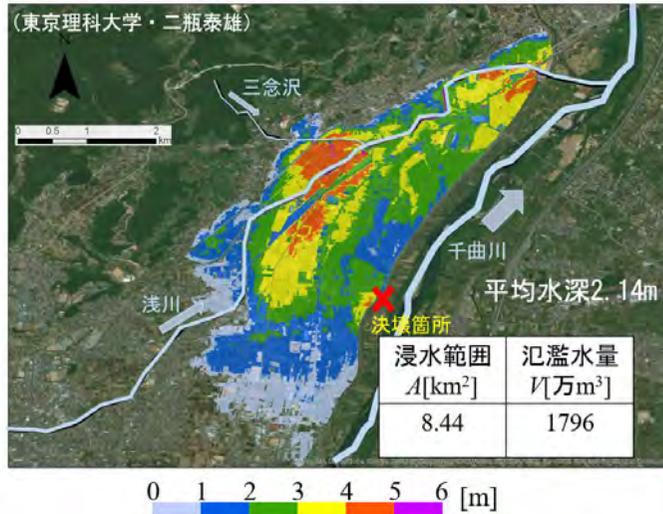


信濃川の河床高の縦断分布



整備計画，整備計画から基本方針へどうつながるか

千曲川の破堤



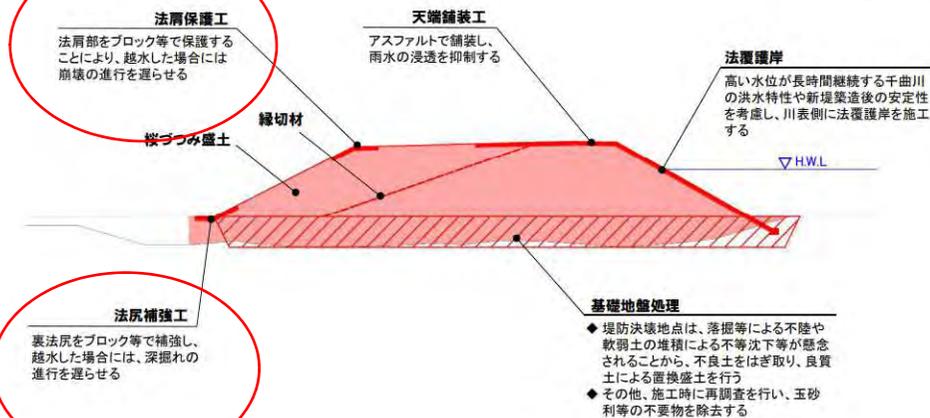
破堤で平均水深2.14m,
越水だけであれば平均水深は？

(3)本復旧工法(案)

国土交通省
北陸地方整備局

【横断模式図】

越水しても「ねばり強さ」



危機管理型ハード対策

※天端舗装工は、道路等の関係者と調整しながら決定する。
施工にあたっては、環境面に配慮し覆土等も検討する。
詳細な構造等については、現地調査等を行ったうえで詳細設計を実施し精査する必要がある。

現況体力 6000m³/s
 整備計画 7600m³/s (1/30)
 天端満杯 (例えば 8000m³/s)

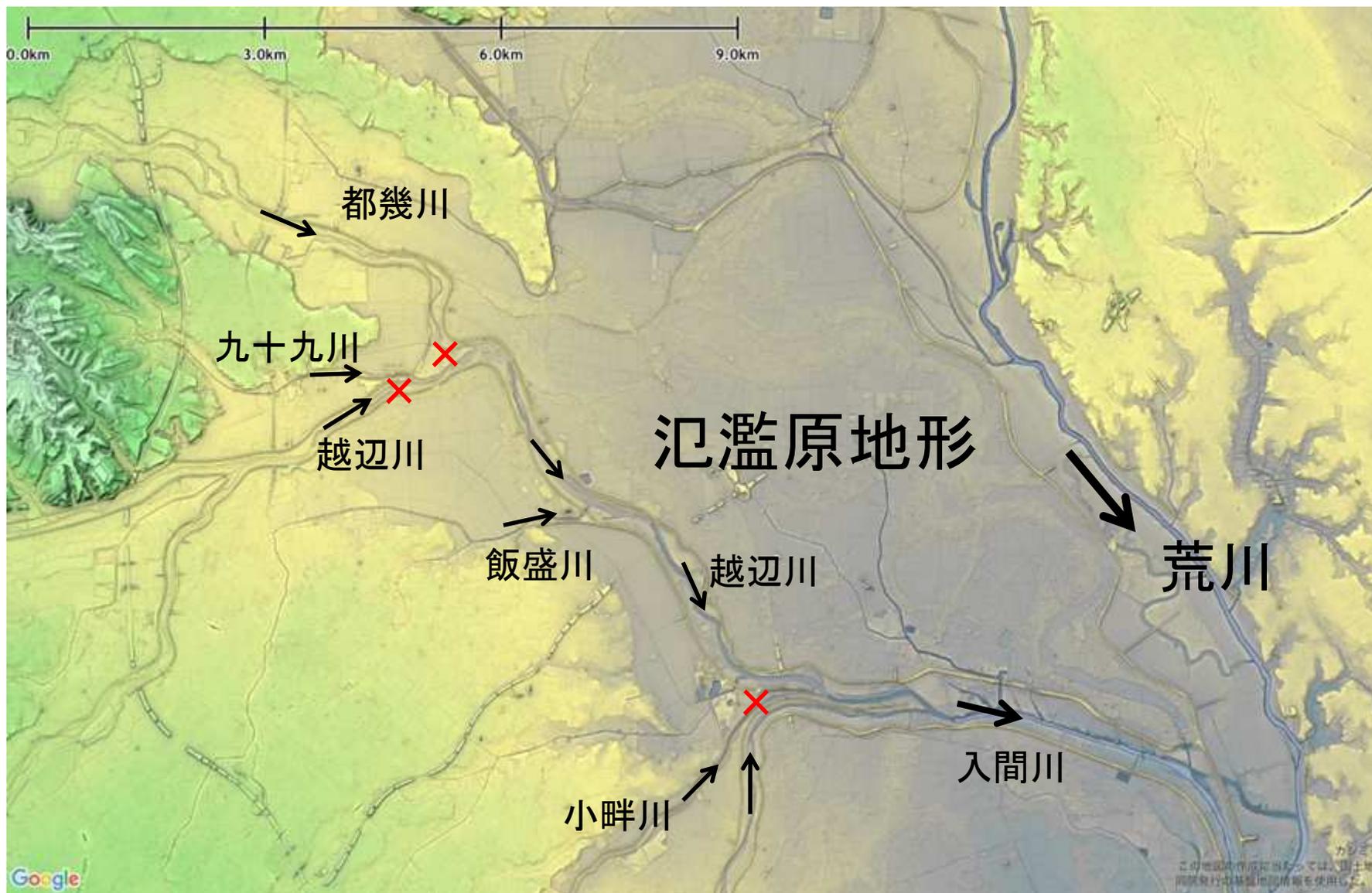
今次出水9600m³/s
 (氾濫戻し) (国交省試算)



台風19号によるピーク水位は
 信濃川中流区間でも観測史上1位
 となる地点がでた。

荒川水系入間川流域の氾濫

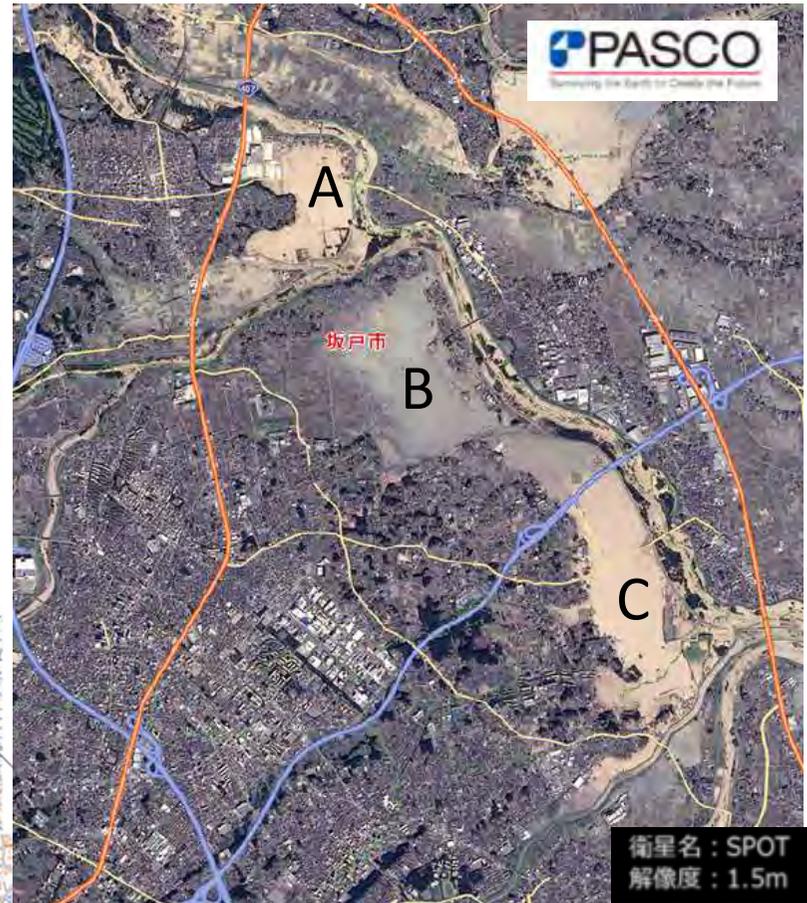
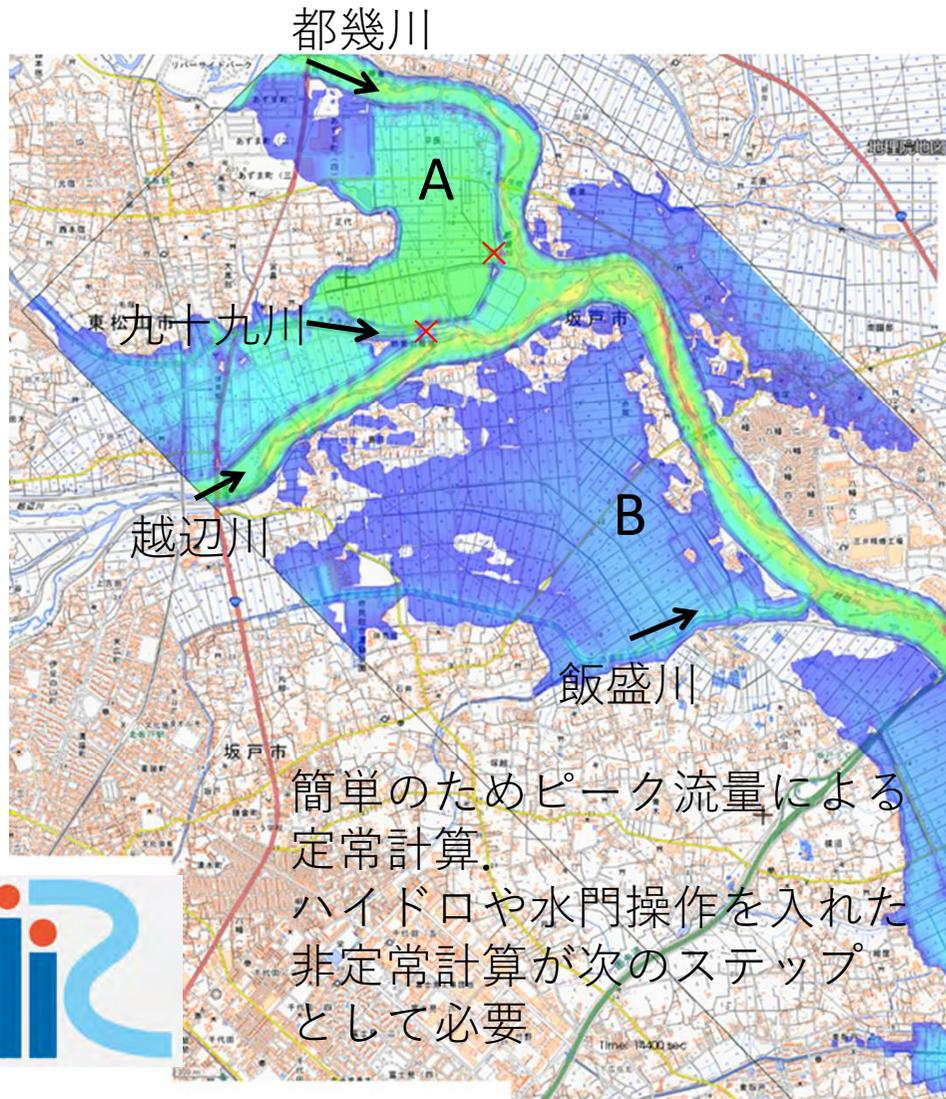
河川合流点での破堤事例



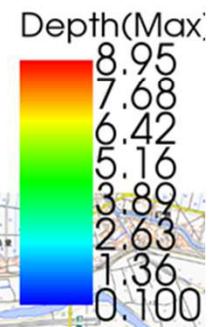
カシミール3Dを使用



荒川水系入間川流域 氾濫シミュレーション（計画規模）



簡単のためピーク流量による
定常計算。
ハイドロや水門操作を入れた
非定常計算が次のステップ
として必要。

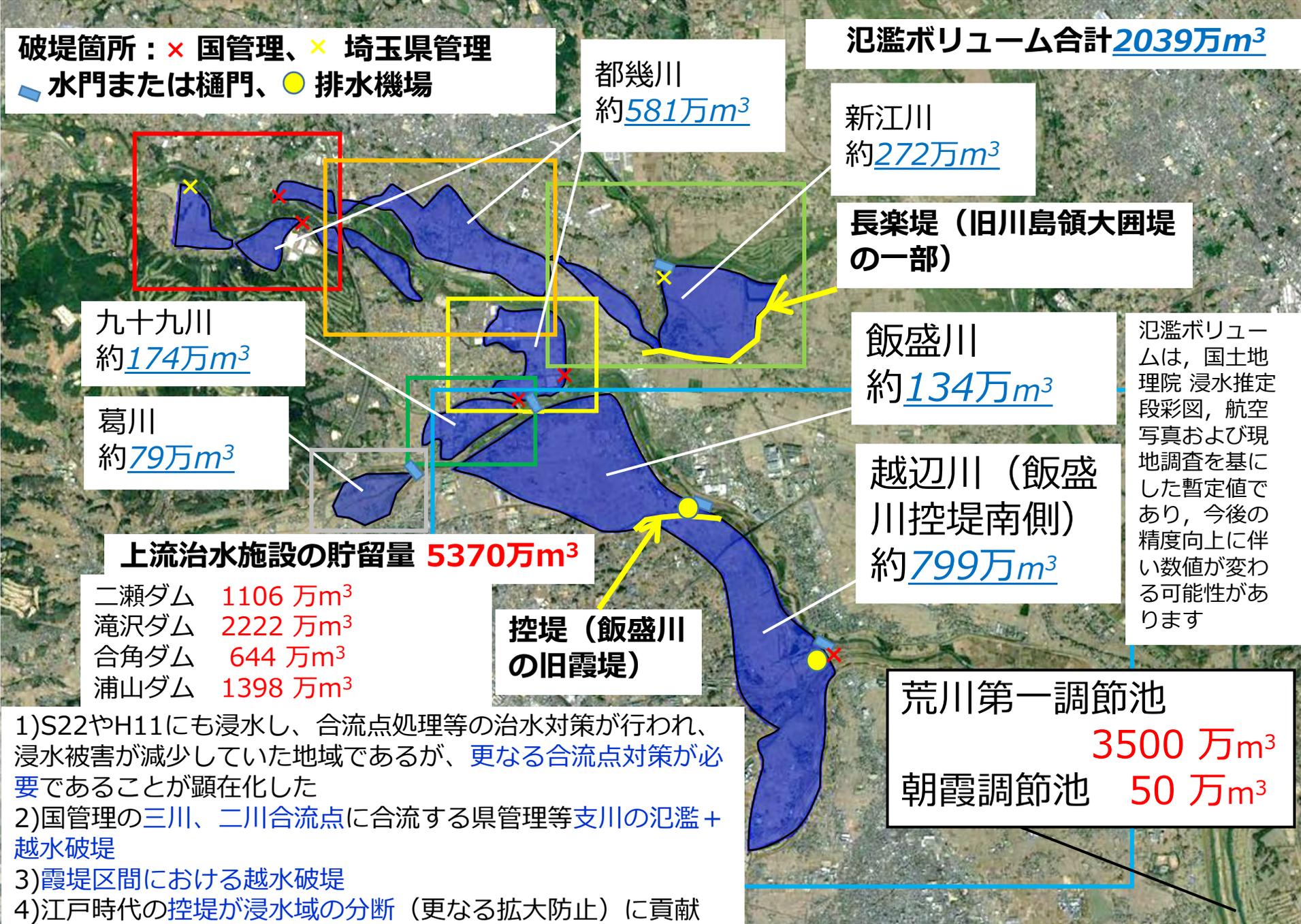


入間川流域の氾濫

氾濫域と治水施設の貯留量比較 (埼玉大 田中規夫)

破堤箇所：× 国管理、× 埼玉県管理
 水門または樋門、● 排水機場

氾濫ボリューム合計 **2039万m³**



氾濫ボリュームは、国土地理院 浸水推定段彩図、航空写真および現地調査を基にした暫定値であり、今後の精度向上に伴い数値が変わる可能性があります

- 1) S22やH11にも浸水し、合流点処理等の治水対策が行われ、浸水被害が減少していた地域であるが、更なる合流点対策が必要であることが顕在化した
- 2) 国管理の三川、二川合流点に合流する県管理等支川の氾濫+越水破堤
- 3) 霞堤区間における越水破堤
- 4) 江戸時代の控堤が浸水域の分断 (更なる拡大防止) に貢献

河道・狭隘氾濫原の洪水管理をどうするか（久慈川）

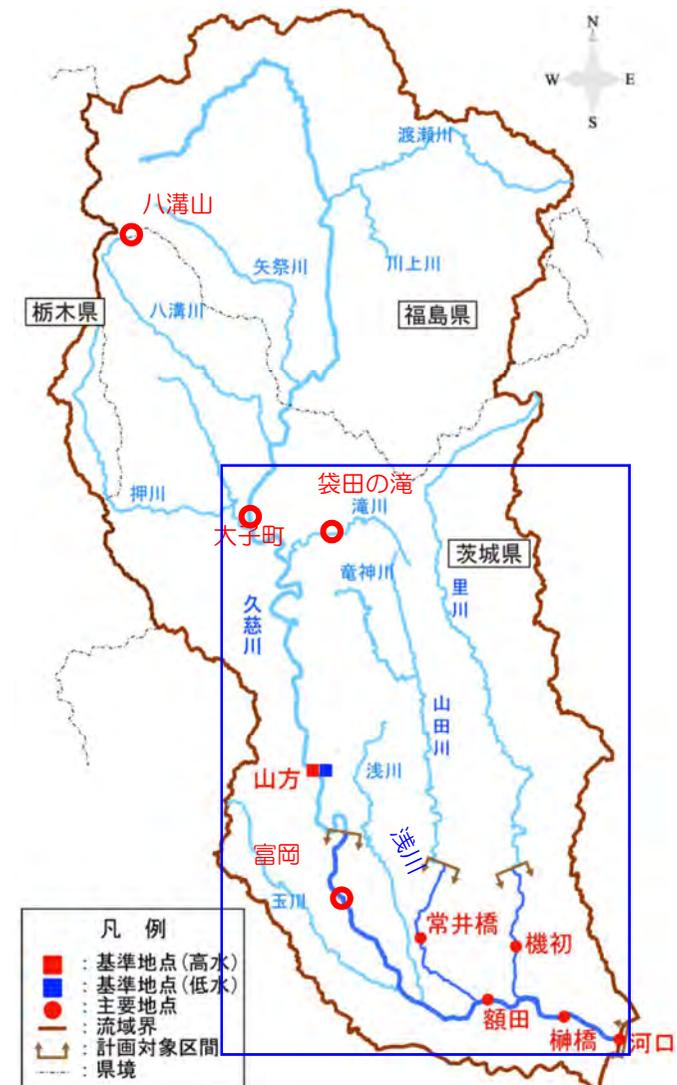
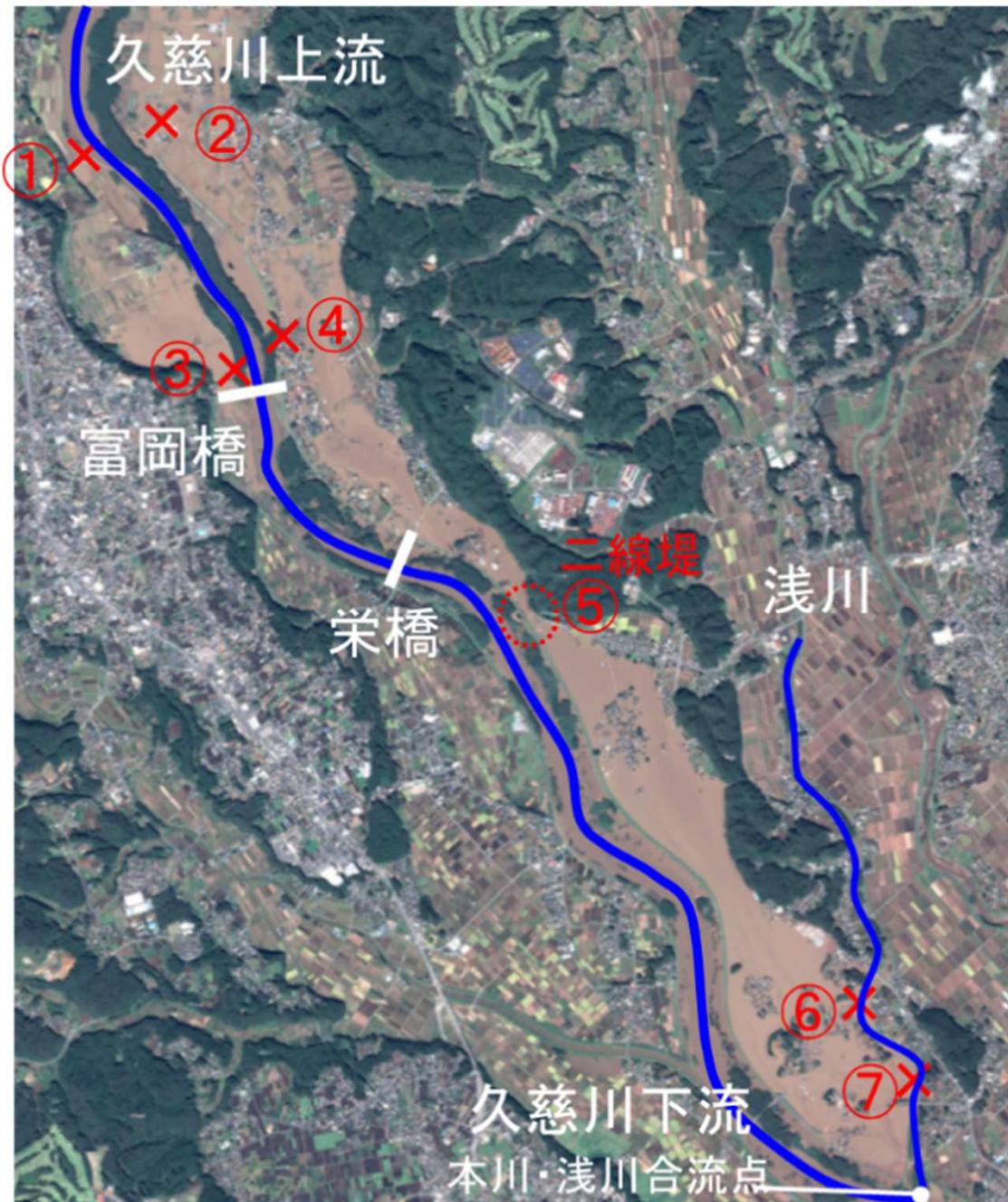
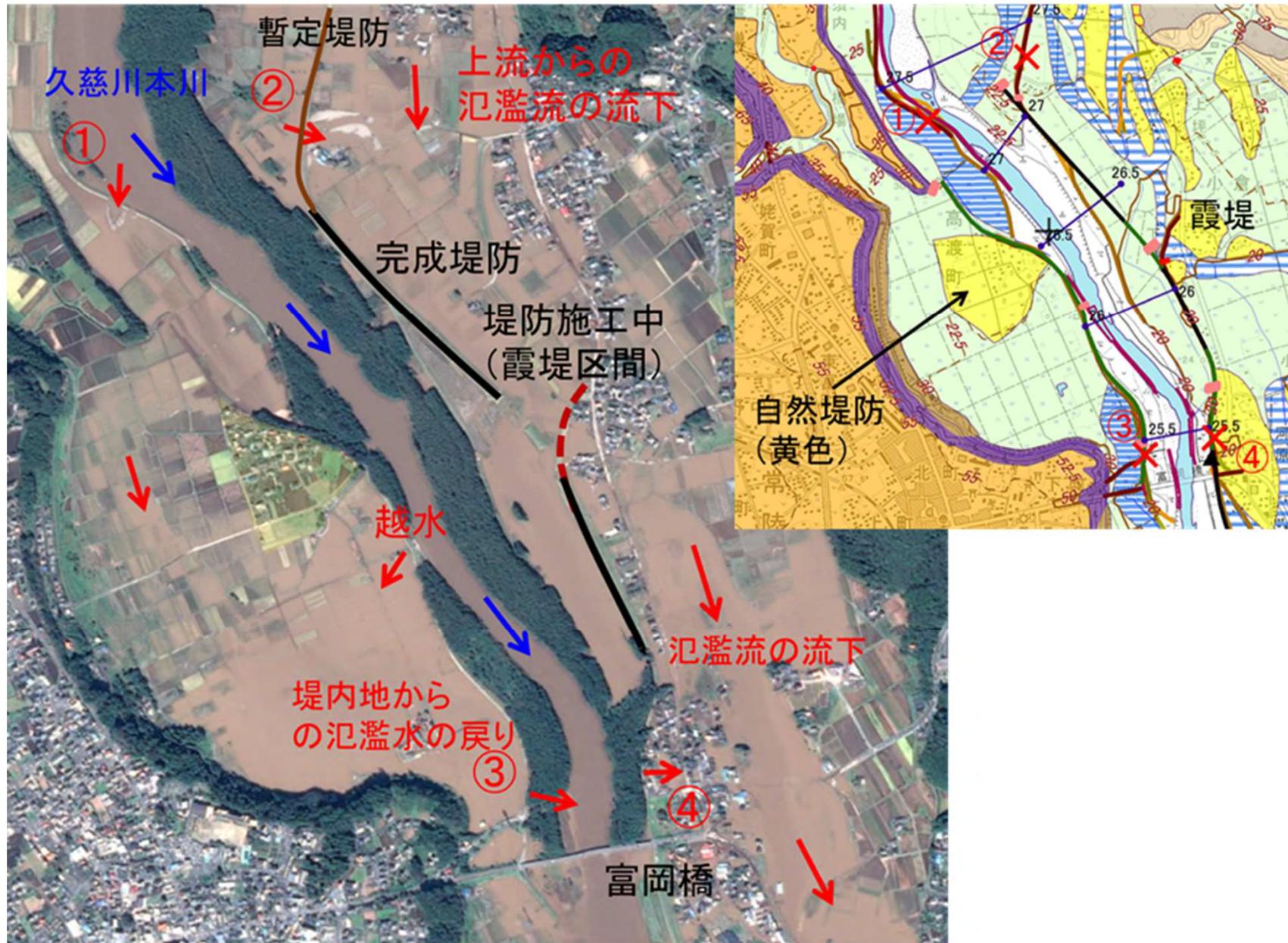
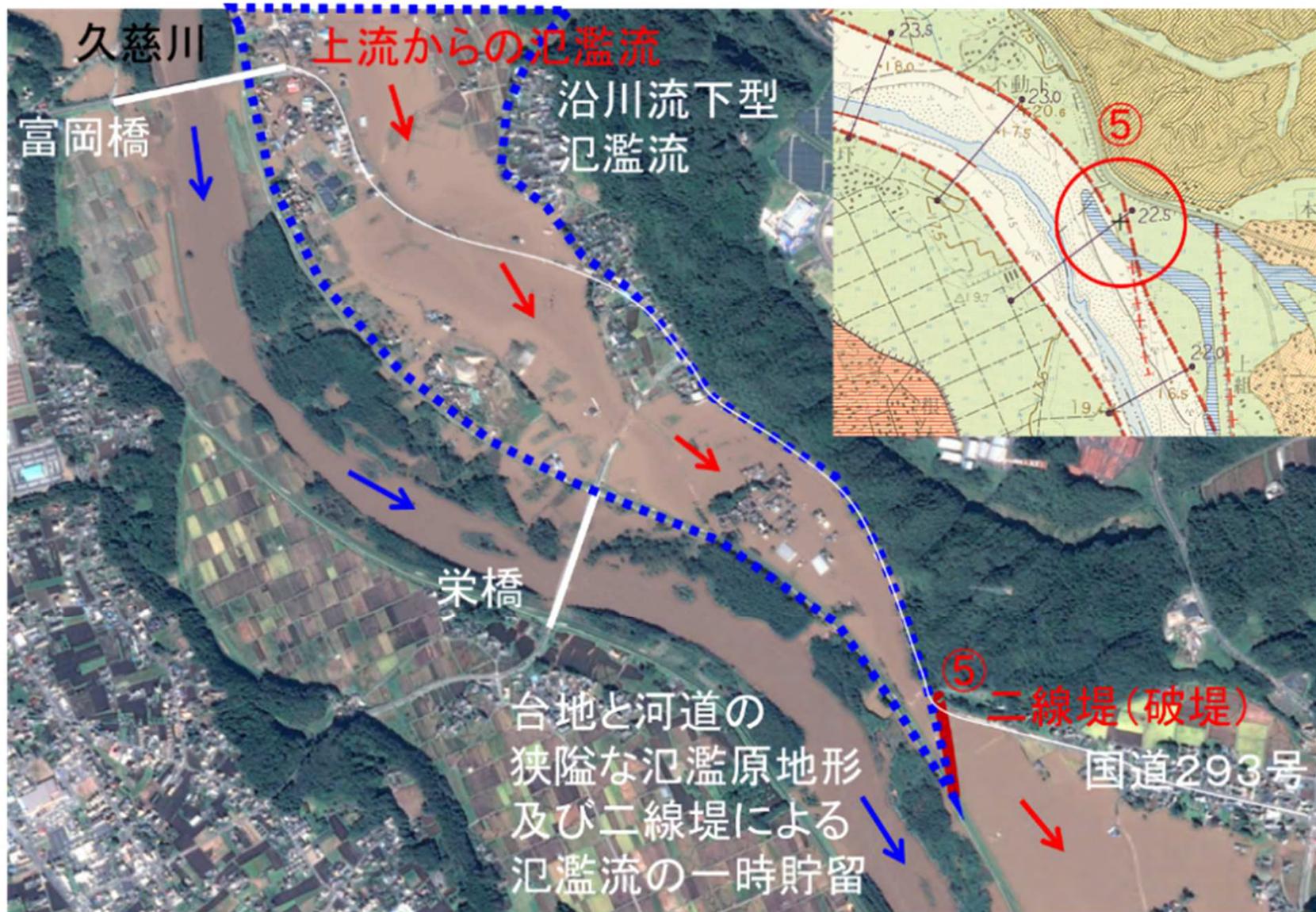


图2.5.1 久慈川流域図と主要地点名







堤外地の侵食地形
(ヘッドカット)

(久慈川)

②

緊急復旧後



(久慈川)



久慈川 二線堤防（旧堤）の決壊



(久慈川)

(愛媛大 森脇 亮)



図2.5.5 二線堤の破堤状況



図2.5.7 陸閘付近 (13日9:39)

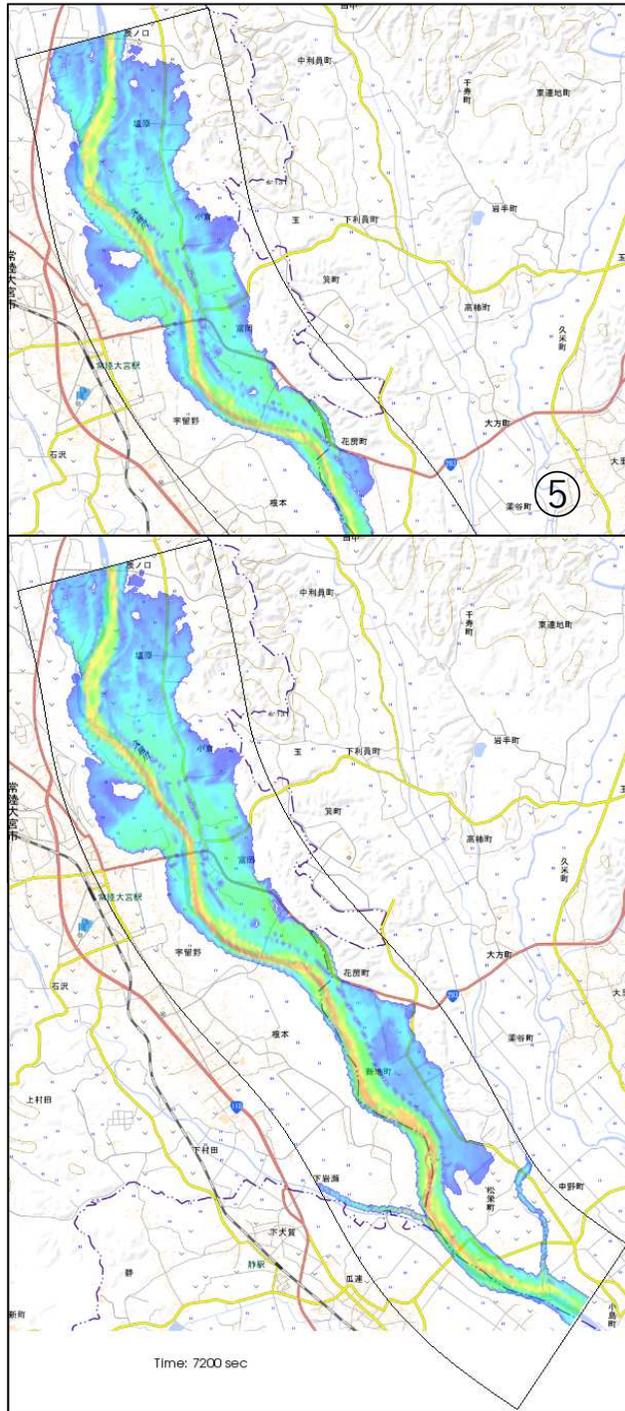
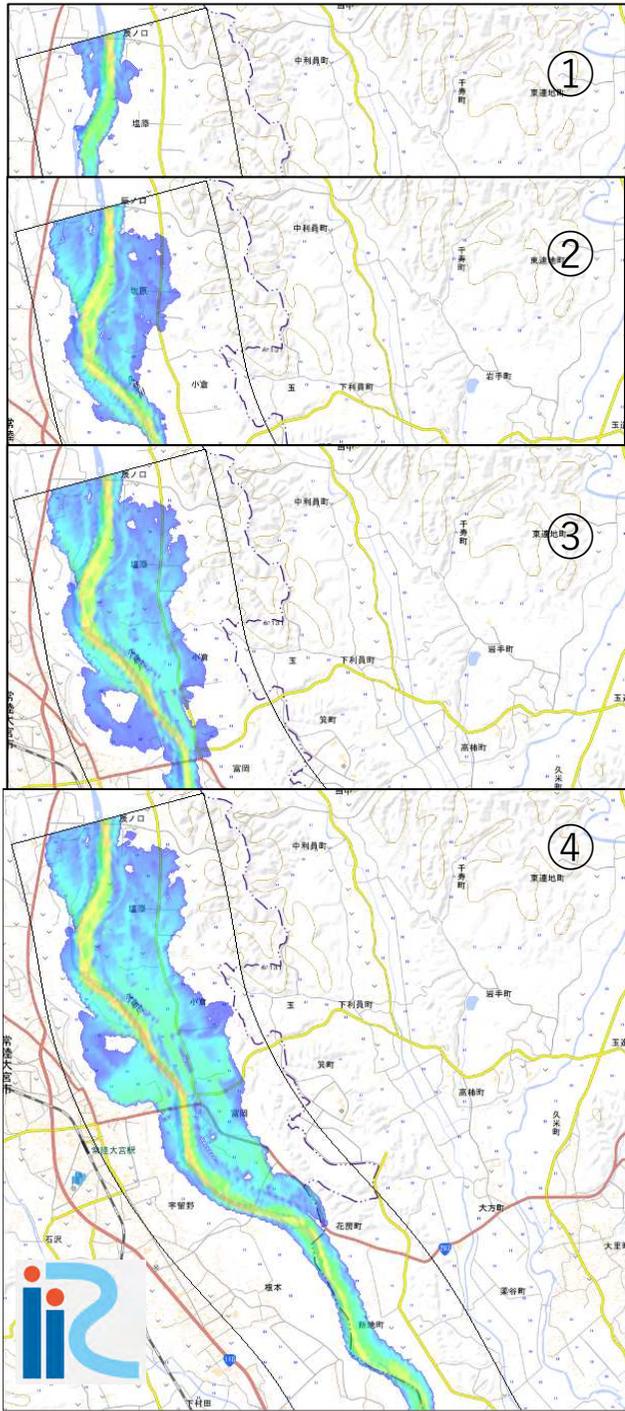


図2.5.6 10月13日8時頃の二線堤

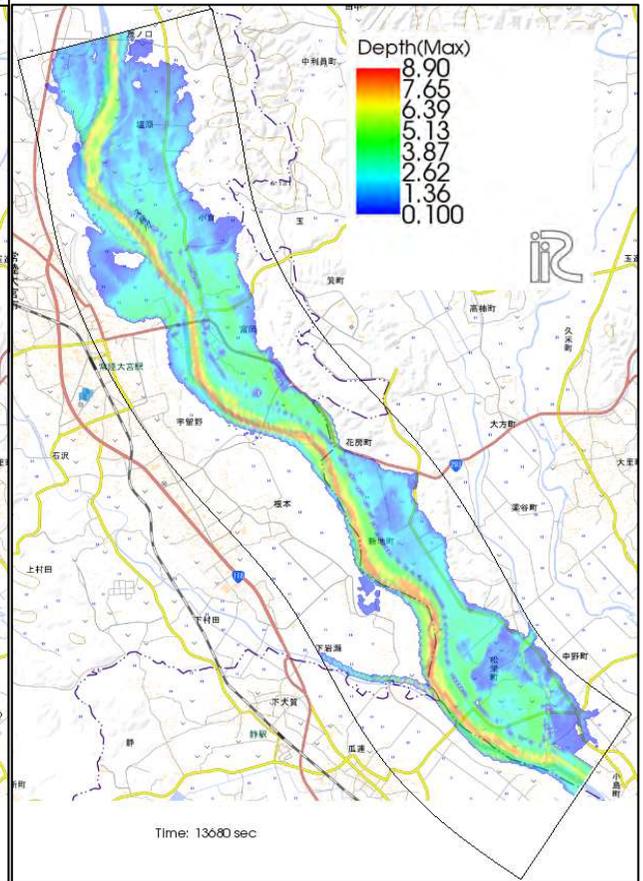
(久慈川)

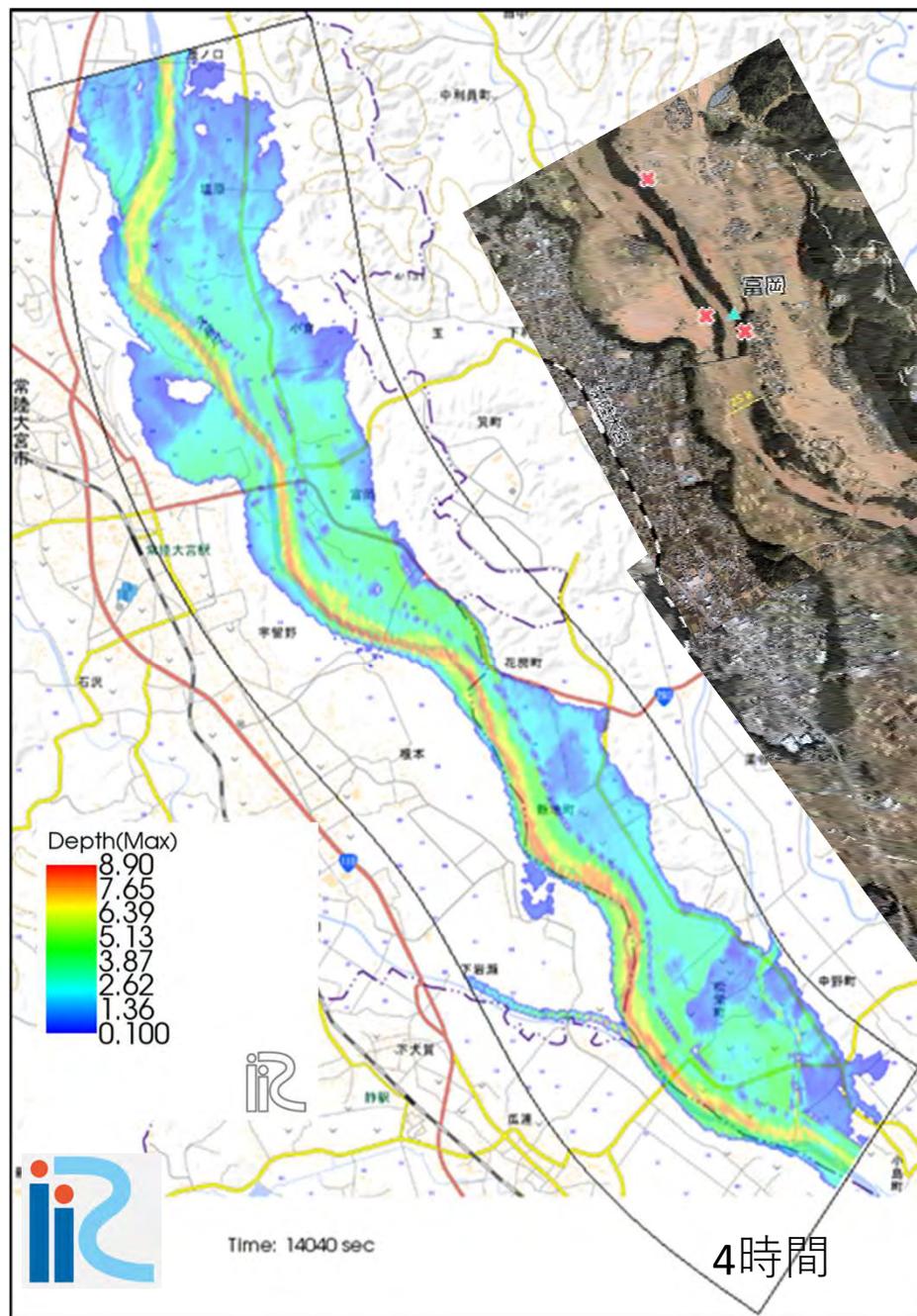
氾濫流の戻りによる支川堤防の破堤





山方(基準地点)
 河川整備計画の目標流量
 (昭和61年8月洪水と同規模
 の 3,000 m³/s)
 計画高水流量
 4,000 m³/s
 5,500 m³/s 定常流入の場合





河道・狭隘氾濫原の管理
をどうするか

堤防で河道を締め切ることが
良いことか？

かすみ堤
遊水地
輪中
水害防備林

計画と危機管理
をどのレベルで
セットするか？

もし、二線堤上流側で受けた氾濫流を河道にもどしたら、下流ではどうなるか。



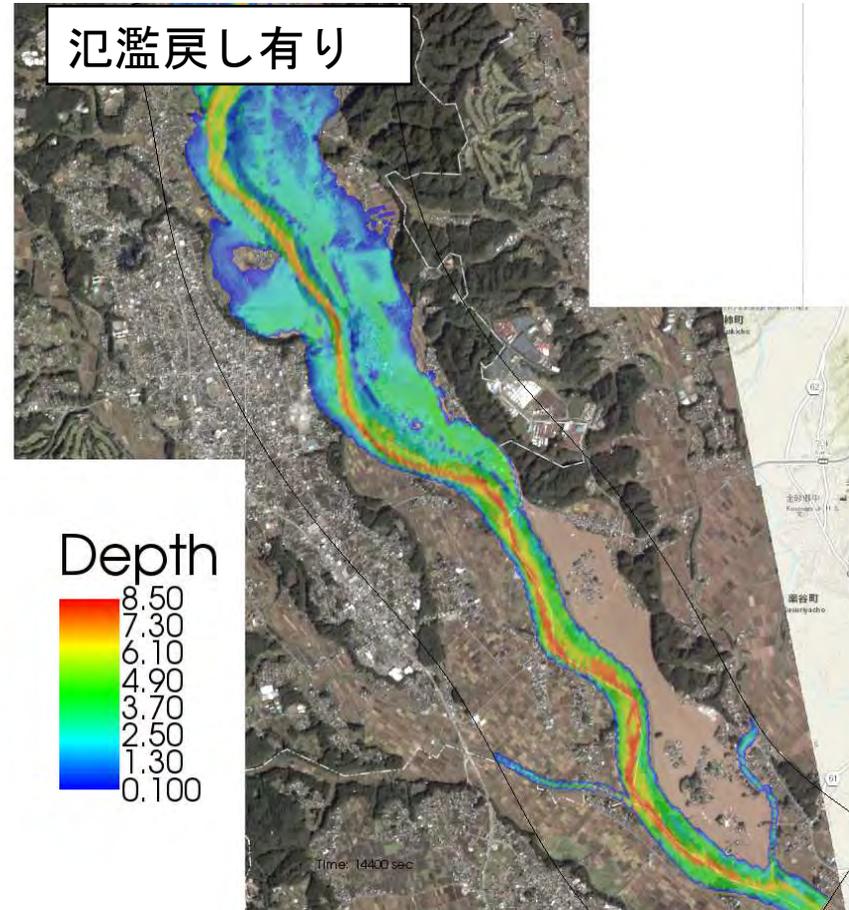
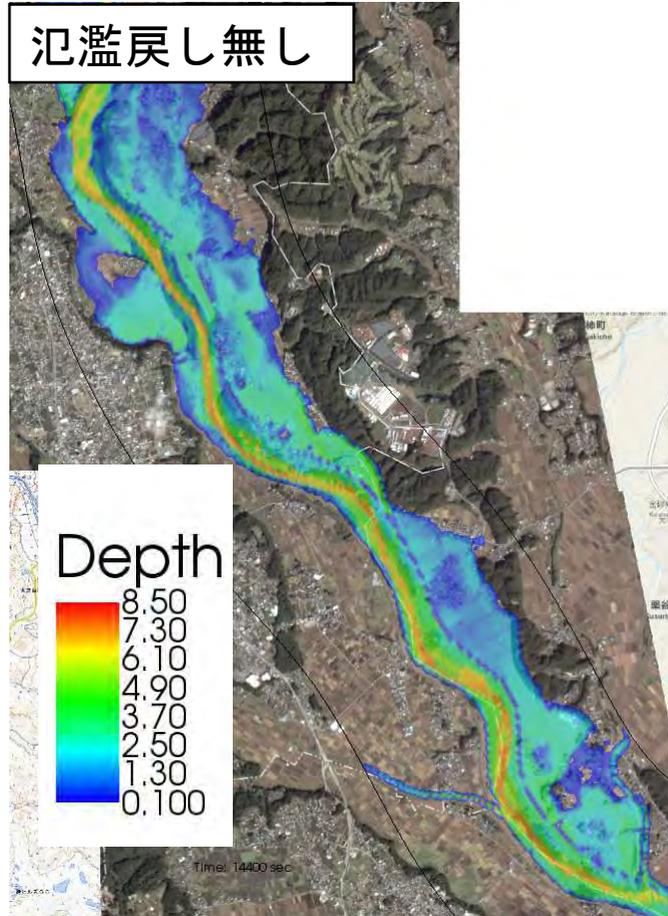
二線堤より上流は山付き



氾濫流による二線堤防（旧堤）の決壊
（国土地理院による）

本川堤防を下げて、かすみ堤を再現した想定

(久慈川)



治水は下流から.

現場では久慈川の整備を着実に進めてきた. その中で受けたH19洪水.
河道の整備とともに氾濫原の管理も重要.

(粗度係数等の設定の問題, 水害防備林の影響など考慮していないので今後の精査は必要で
ここでは精度のあるシミュレーションをしていない)

氾濫原を堤防で囲む治水方式。これは着実に安全度を上げてきた。

一方で氾濫に備える、かすみ堤のあり方も、古くて新しい議論。

土地利用形態が変わってきた中、1つ1つの社会的制約条件をどう乗り越えるか。流域治水？

那珂川

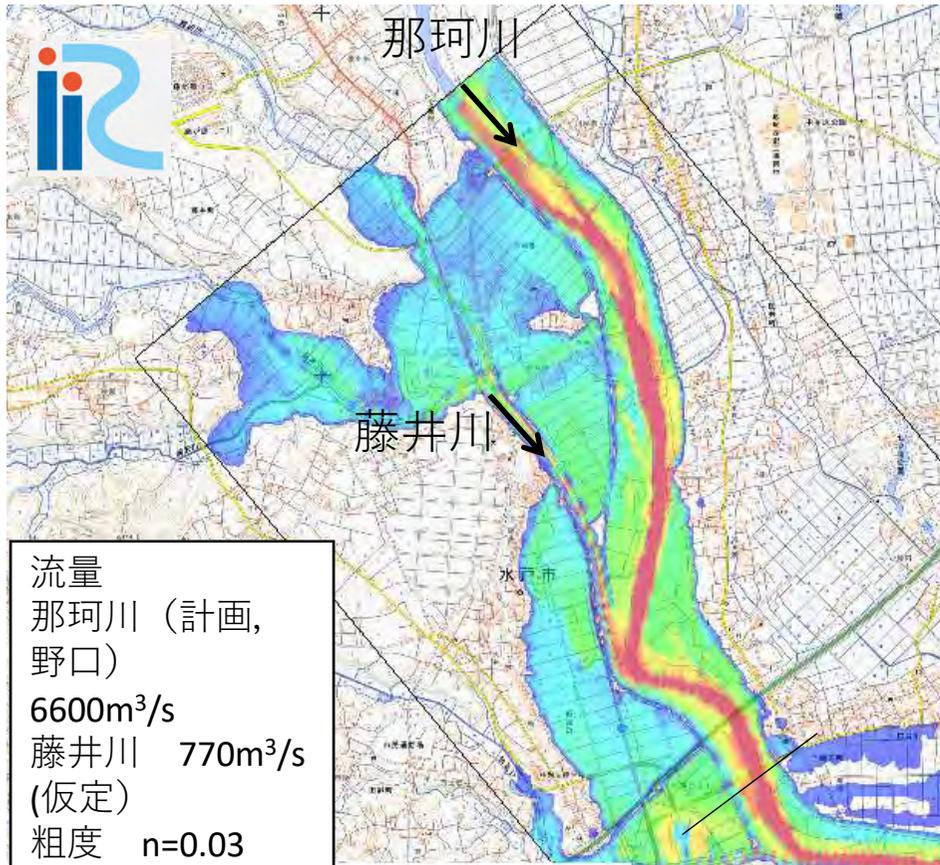
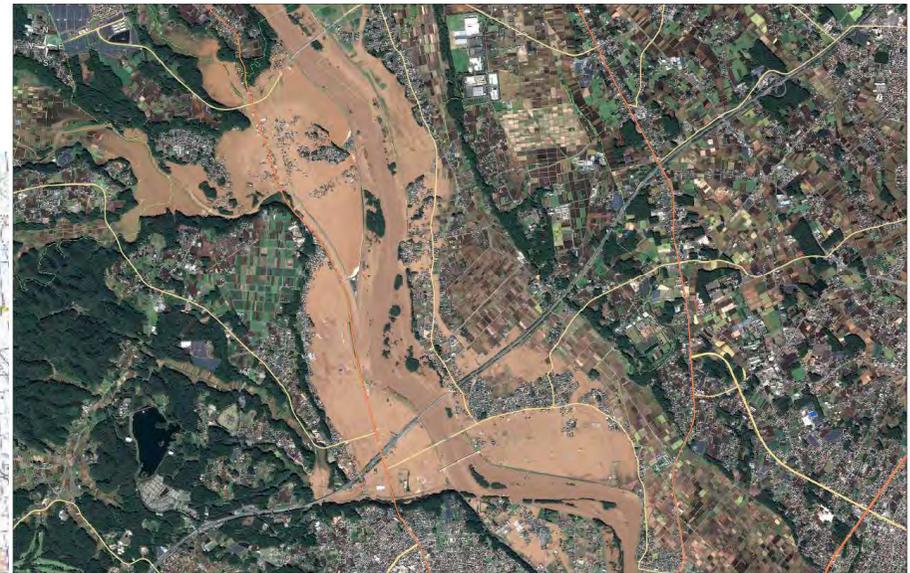
PASCO
Powering the Pacific's Clean Energy Future

台風19号 茨城県（水戸北IC）周辺 2019年10月13日10時54分観測

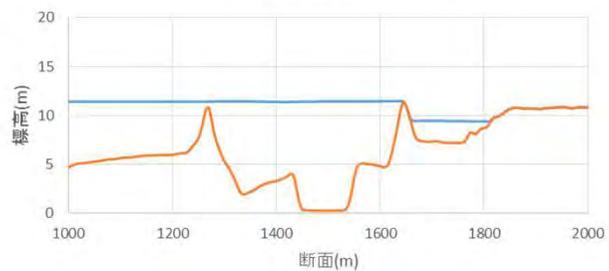
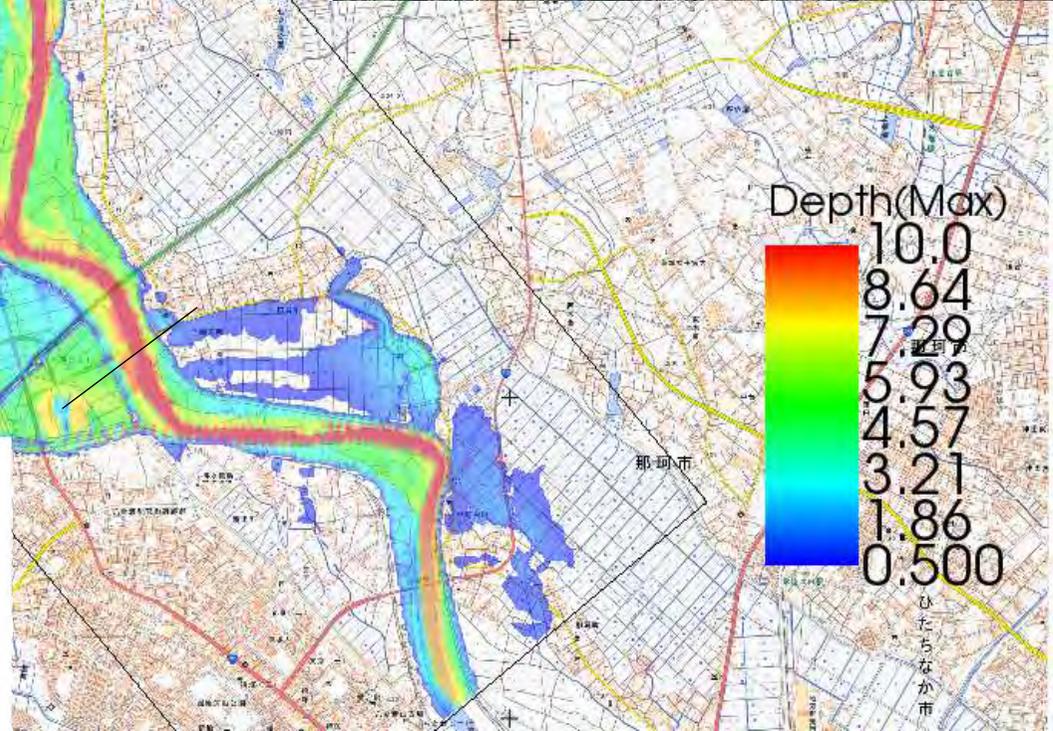


本川・支川の越水のみ

那珂川・藤井川の越水シミュレーション



流量
 那珂川 (計画,
 野口)
 6600m³/s
 藤井川 770m³/s
 (仮定)
 粗度 n=0.03
 破堤なし



中小河川の被災について

中小河川の氾濫事例



堤防決壊地点上流の天端



裏法面の侵食跡



Google Earth

(栃木県秋山川の氾濫)

赤坂町右岸側の決壊地点

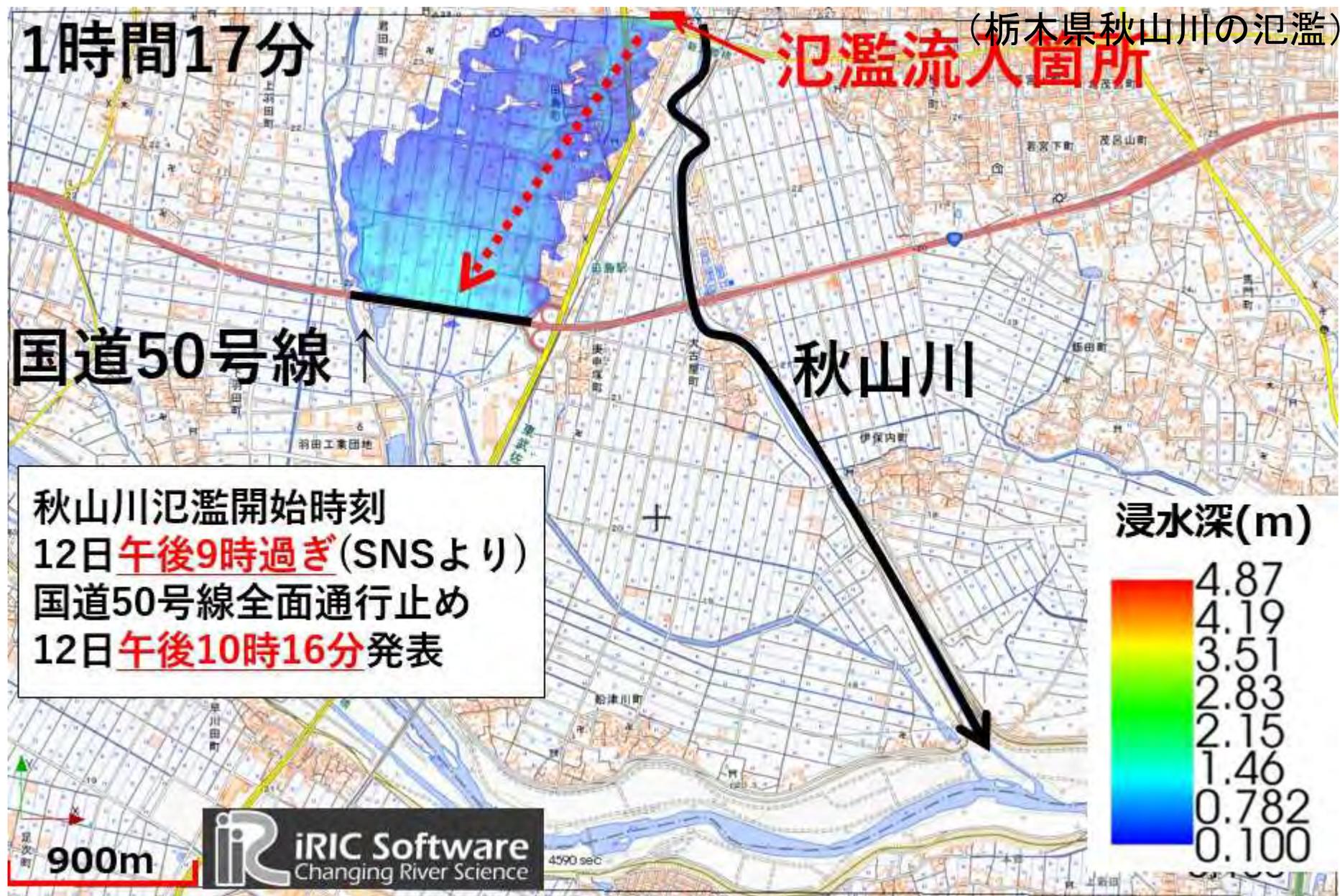


(毎日新聞記事より)

(栃木県秋山川の氾濫)



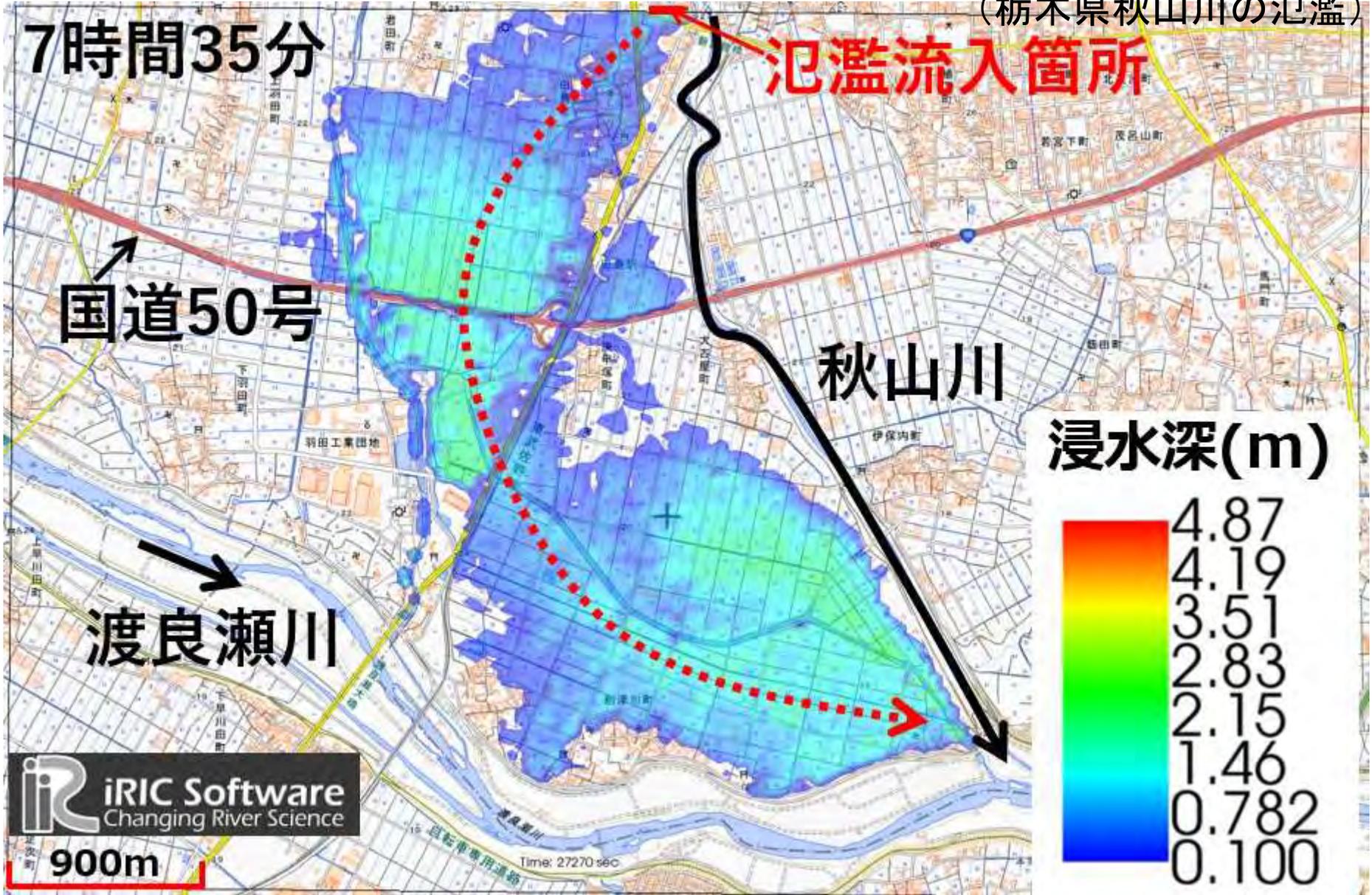




氾濫流量は $150\text{m}^3/\text{s}$ 一定、粗度係数は一律0.035として設定
 国土地理院数値地図情報5mメッシュ、iRIC Nays2D floodを使用

(清水義彦)

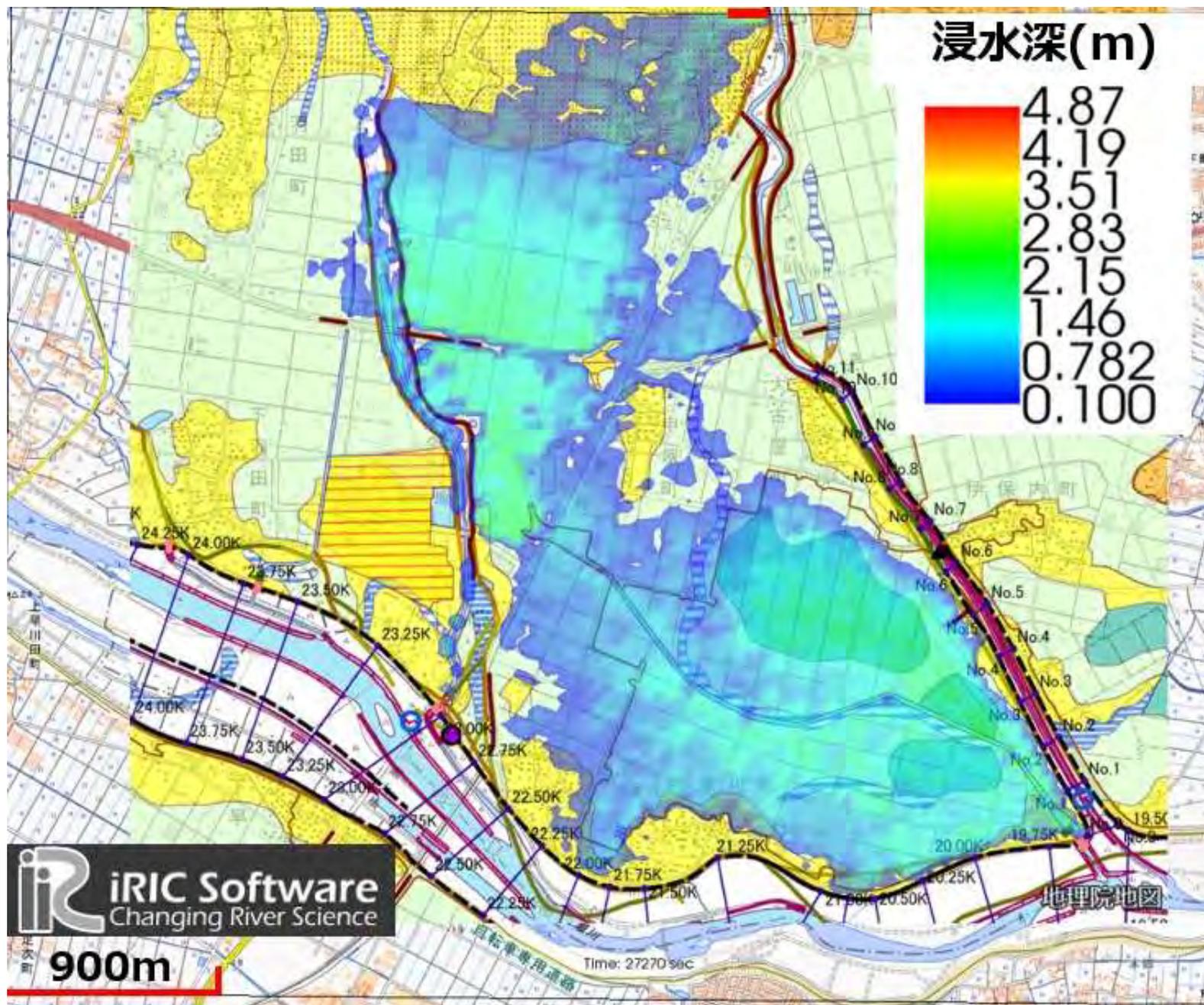
(栃木県秋山川の氾濫)



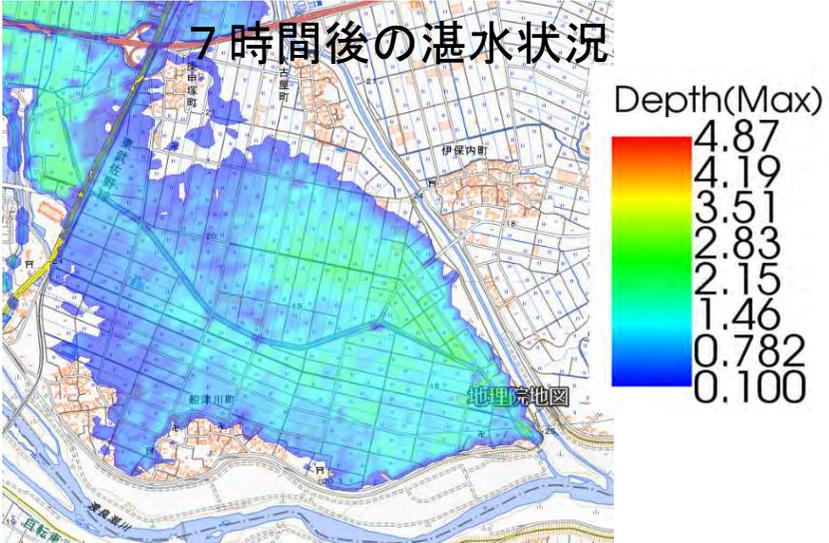
東武佐野線「渡瀬-田島駅間」に秋山川の流下物が大量に線路内へ堆積、氾濫水より線路碎石の流出箇所で不通
(清水義彦)

氾濫平野と自然堤防の分布と土地利用形態

(栃木県秋山川の氾濫)



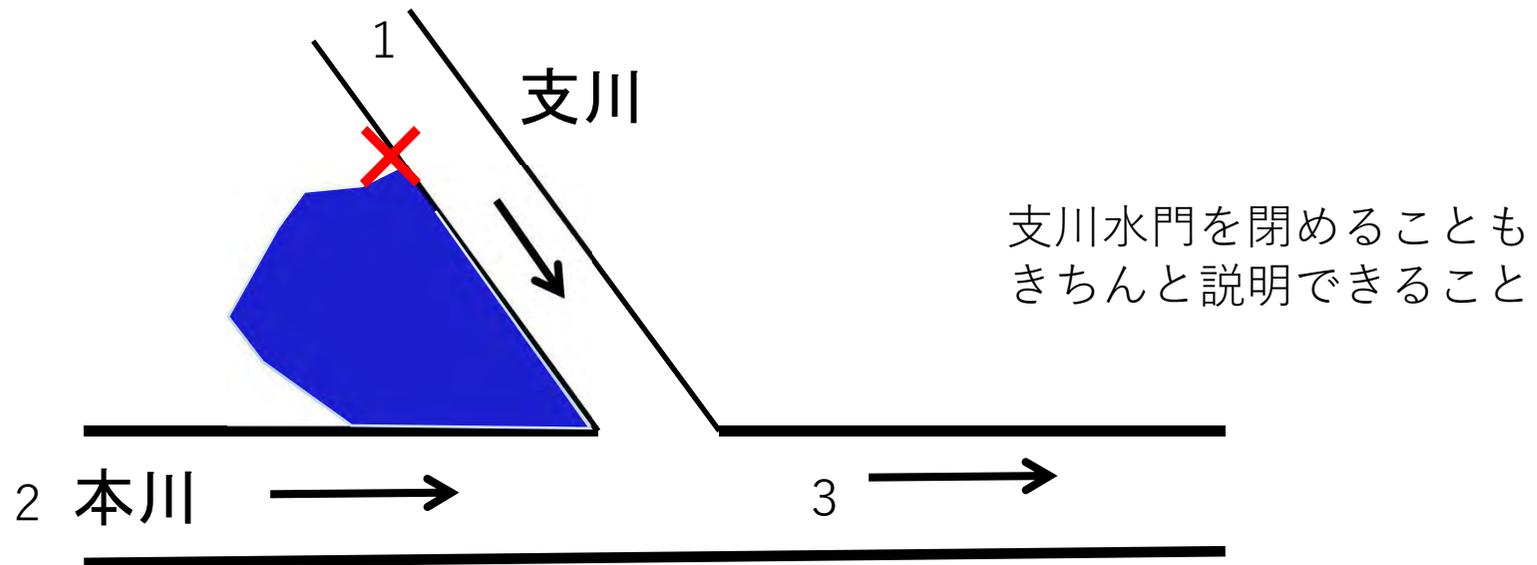
(栃木県秋山川の氾濫)



菊沢川樋管からの
排水シミュレーション
(排水開始10時間後湛水の
相対比較)



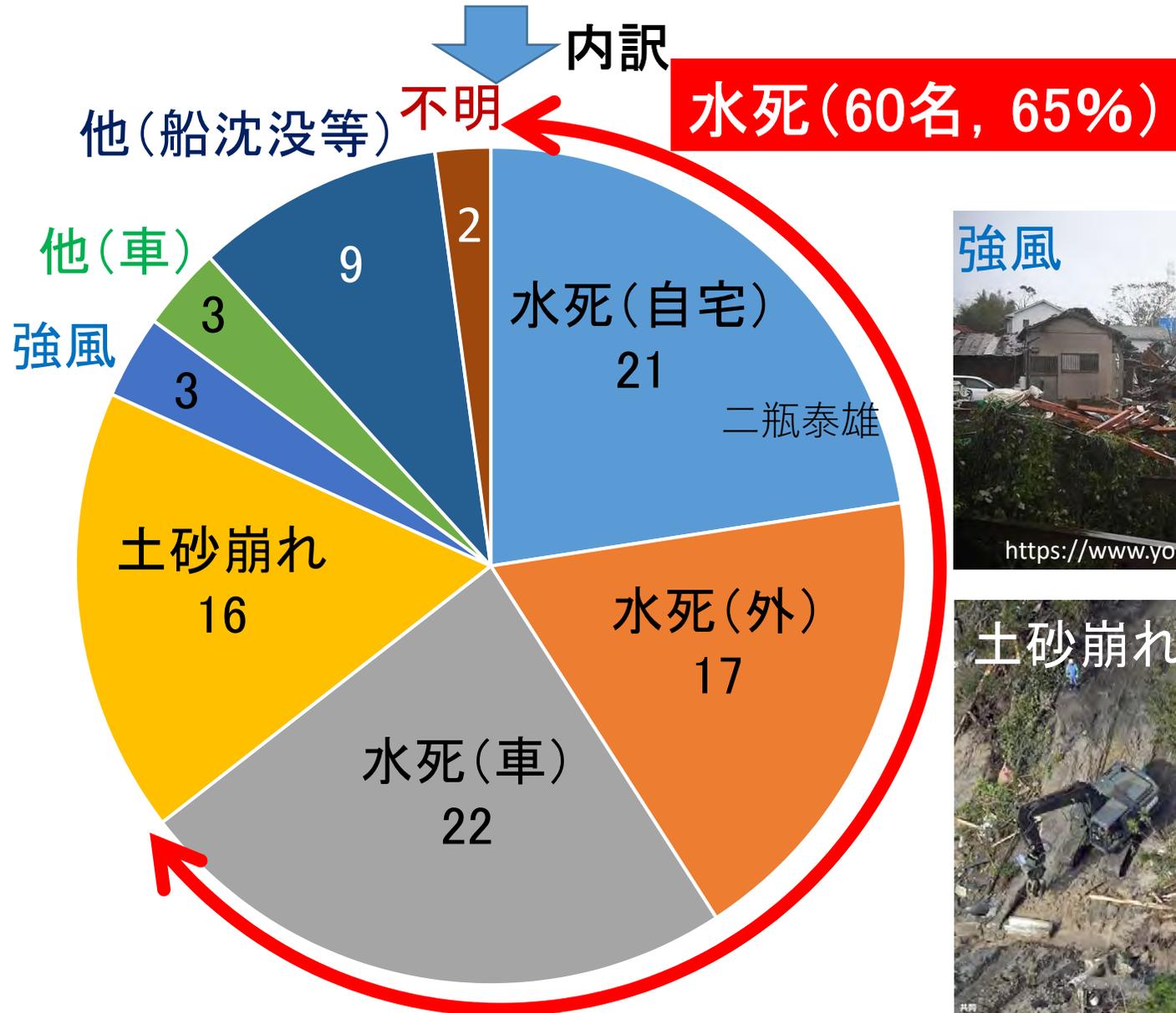
「川の合流点は危うい」という見方



- ・ 氾濫した水の逃げ場所ない。排水に時間がかかる。
- ・ 延長の長い支川の整備の遅れ
- ・ 支川はバックウォーターを受けて流れにくくなる
- ・ $2 + 1 = 3$ を実現できているか。
- ・ $2 + 0 = 2$
(同時ピークで見ているか，時間差ピークで見ているか)

台風19号の人的被害の概要

死者93名, 行方不明者3名 (東京理科大学 二瓶泰雄)



ドライブレコーダー（栃木県足利市出流川周辺）



水深30-40cm程，流速：1m/s

（東京理科大学 二瓶泰雄）

栃木市永野川の破堤氾濫

(氾濫流の流下は川筋から離れ、
他の河川に流れ込みながら
流下した)

(JR鉄道橋梁直上流の右岸で破堤)



永野川右岸破堤地点



栃木市永野川の氾濫

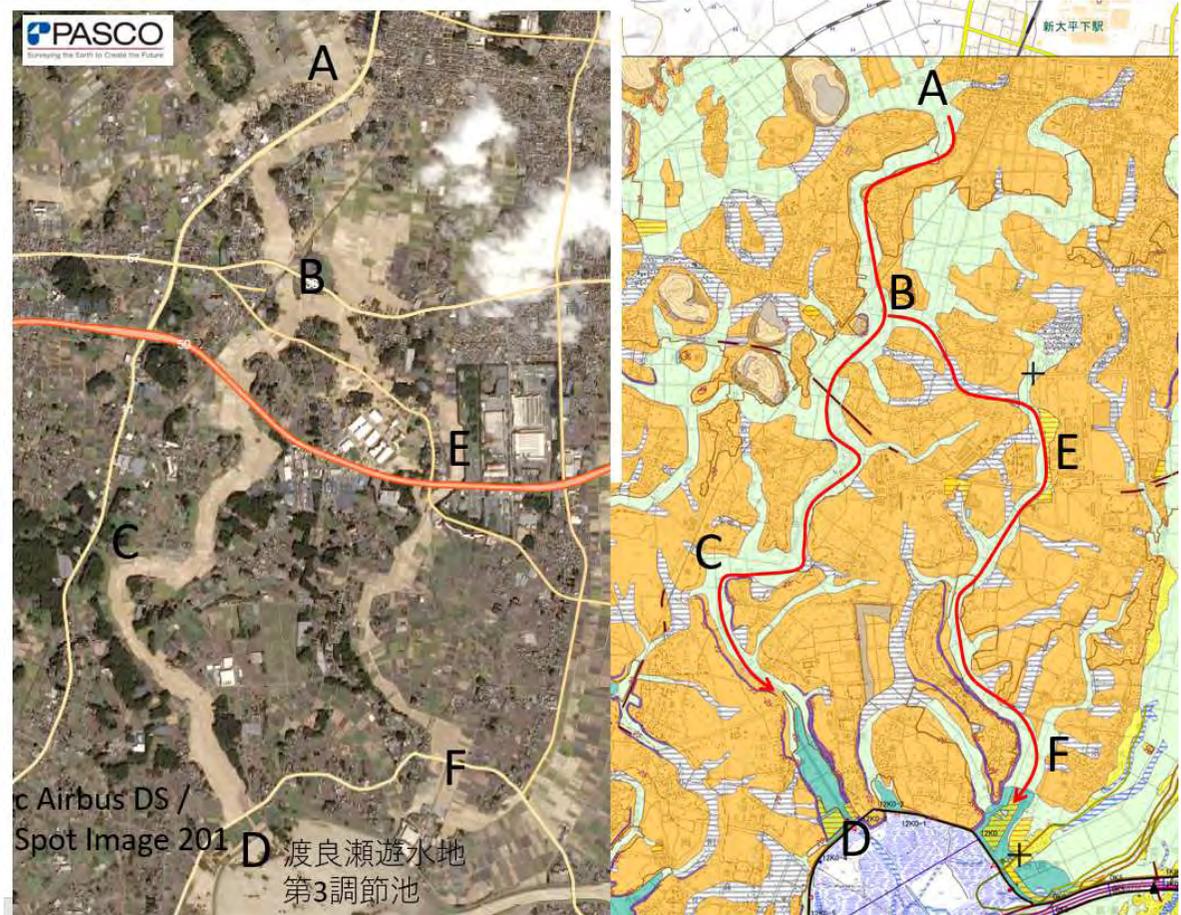
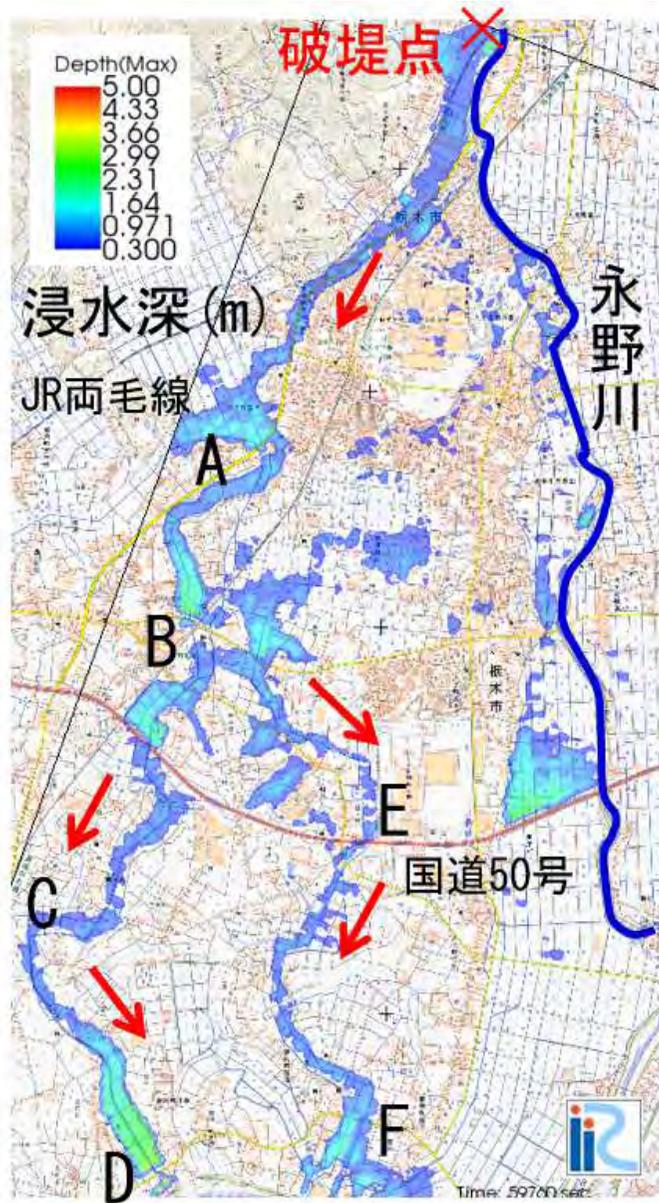


栃木市大平町



栃木市永野川の氾濫

氾濫シミュレーションによる最大浸水深
と衛星写真，治水地形分類図との比較



氾濫流は，道路，田畑，水路を10数km流下しながら，
他の河川（静和川，江川）に流れ込む

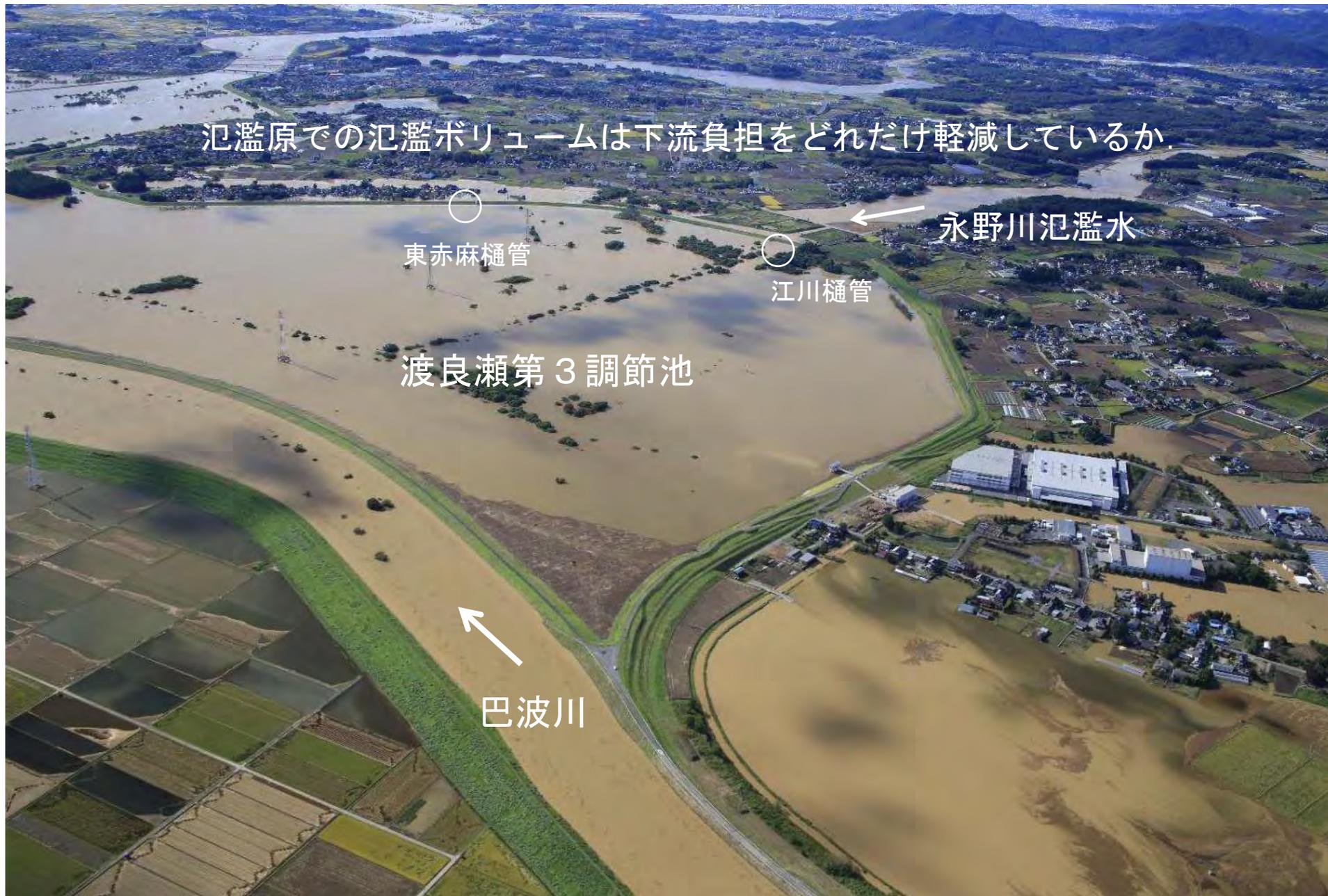
栃木市永野川の氾濫



10月13日13時頃撮影

平成31年1月7日撮影

提供：利根川上流河川事務所



台風19号の外力に、中小河川は追いつけるか。

(京大防災研 佐山敬洋)

台風19号の流量規模の評価

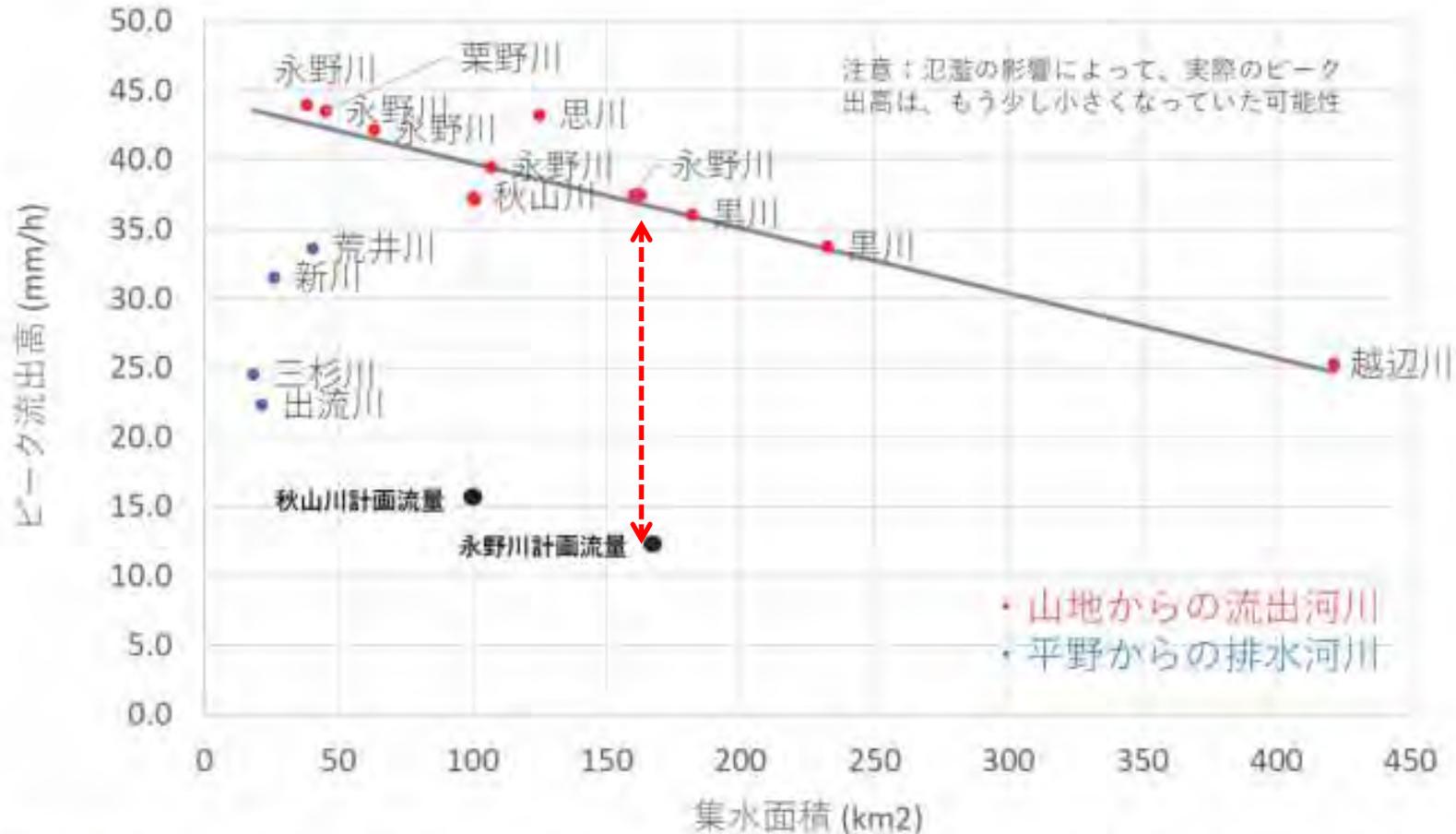


図 1.3.7 栃木県管理河川の堤防決壊地点における集水面積と推定ピーク流出高の関係：赤印は山地からの流出河川を、青印は上流部に山地流域が無い河川を表す。参考として秋山川および永野川の計画流量を流出高に換算した結果を黒印で示す。

$$\text{ピーク流出高 (mm/h)} = \frac{\text{その地点の計算流量}}{\text{その地点での流域面積 (km}^2\text{)}} \times 3.6$$

洪水インパクトを河道はどう受けたか.
(被災から今後の河川管理へ)

千曲川上田地区の河岸侵食による橋梁被災

- 千曲川左岸104k付近の堤防が延長約300mにわたり欠損した。(図-2、図-3)
- また、千曲川橋梁（上田電鉄）左岸側橋台が被災をうけ落橋した。(図-2)

千曲川河岸侵食被災



図-1 台風第19号出水前の状況



図-2 2019.10.14撮影



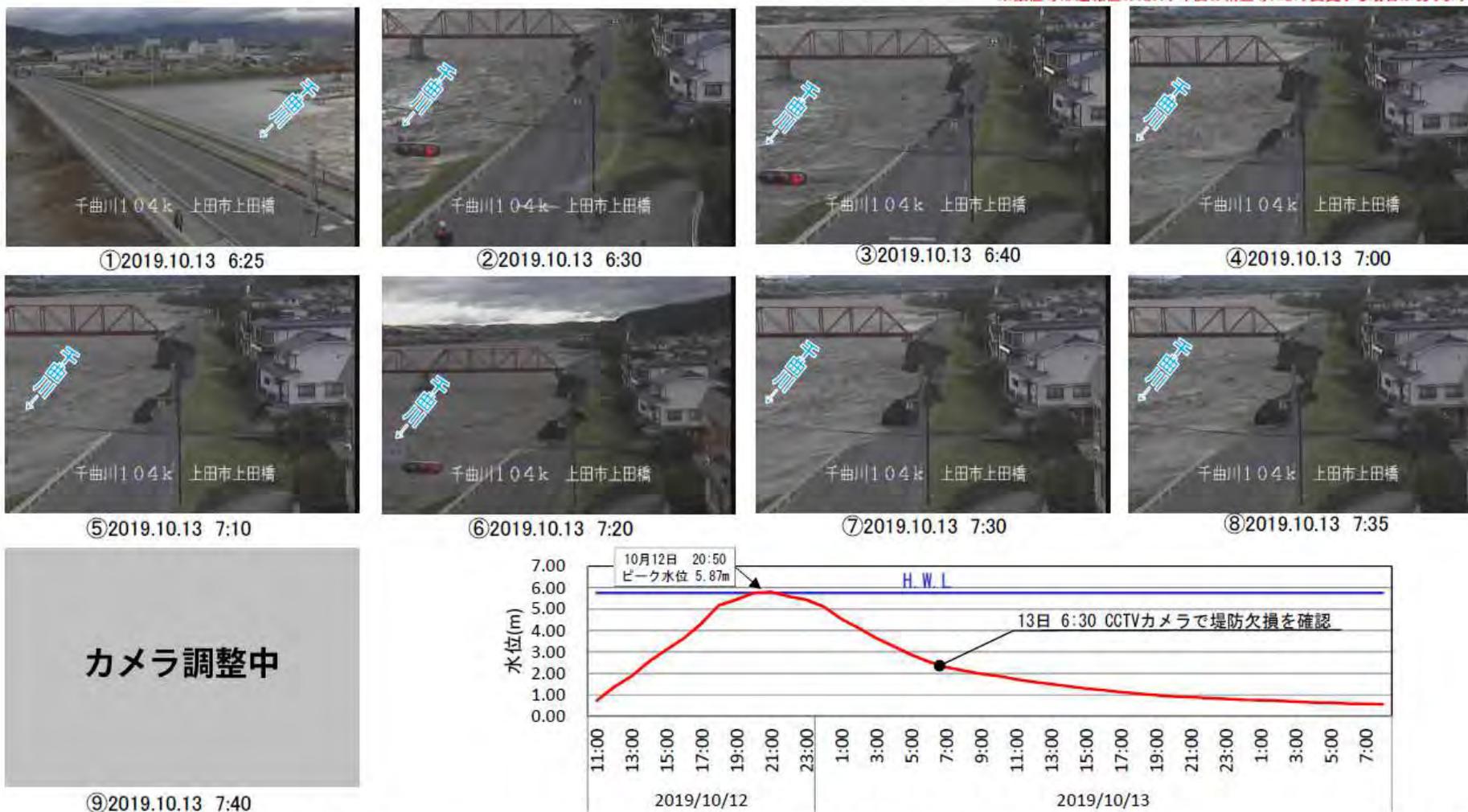
図-3 2019.10.14撮影

河岸侵食は流量ハイドロの低減期に生じる

- 堤防欠損は10月13日6時30分にCCTVカメラで確認したが、欠損が発生した時間は不明である。
- 堤防欠損を確認した10月13日6:30から30分程度の経過で欠損幅が約2倍に広がっている。(図-1)
- 当該箇所の約4km上流にある生田水位観測所の最高水位は12日20時50分で、堤防欠損を確認(13日6時30分)した時間は洪水の減水期であった。(図-2)

千曲川河岸侵食被災

※数値等は速報値のため、今後の精査等により変更する場合があります。



カメラ調整中

図-1 堤防欠損の時系列変化

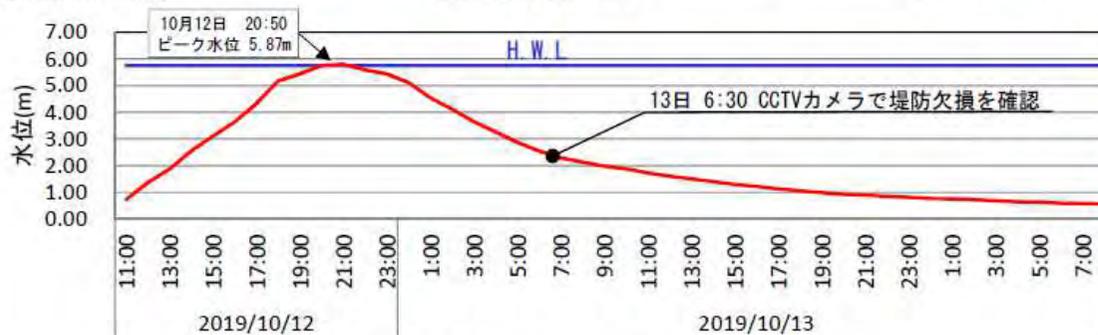


図-2 生田観測所水位ハイドロと堤防欠損確認時間

上田市諏訪形での堤防欠損

千曲川河岸侵食被災

- 千曲川左岸104k付近堤防欠損地点周辺は、今回の出水を受け砂州の移動など河道が大きく変化した。
- 特に、滞筋は位相が左右岸で逆転するような大きな変化となり、平成年代で水衝部ではなかった箇所が現在水衝部となっている。

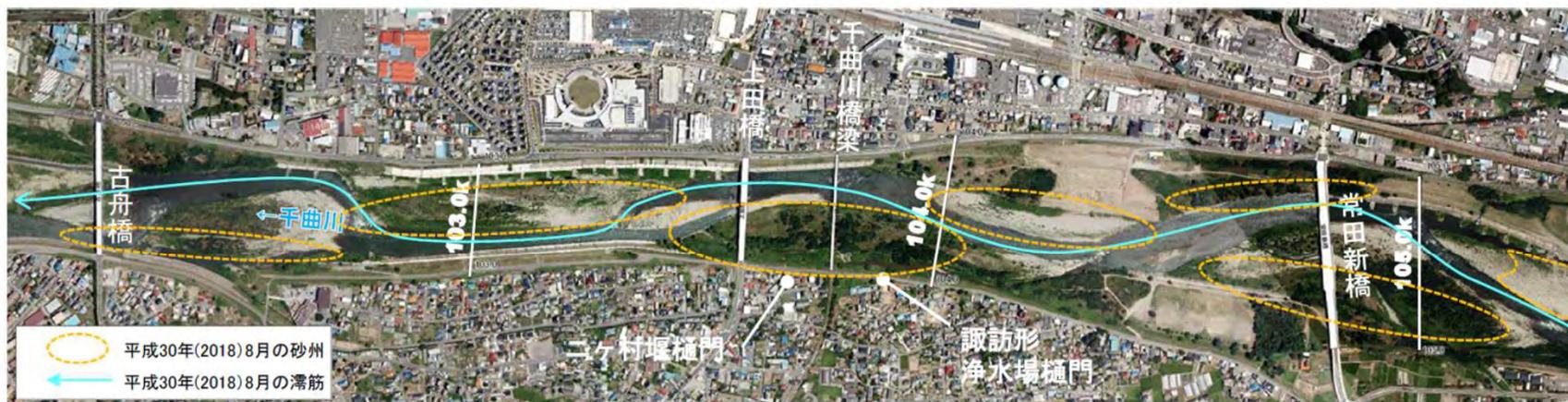


図-1 出水前(2018.8撮影)

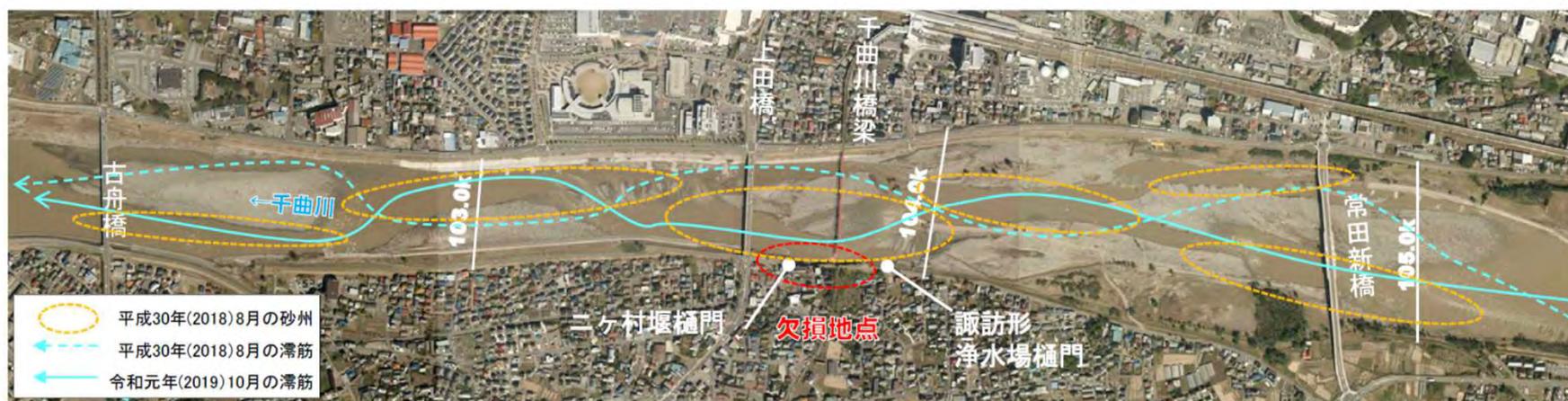
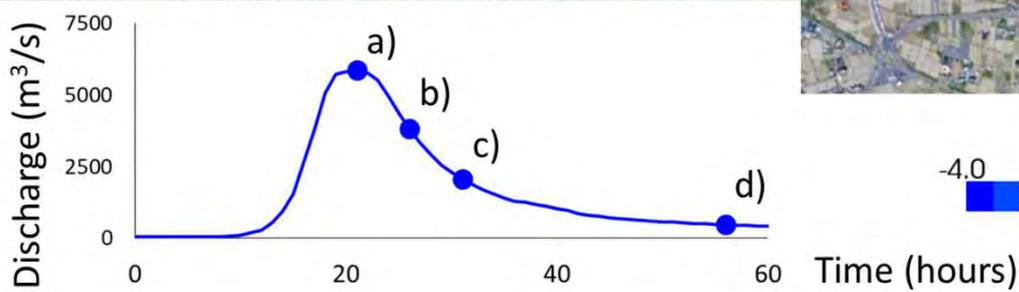
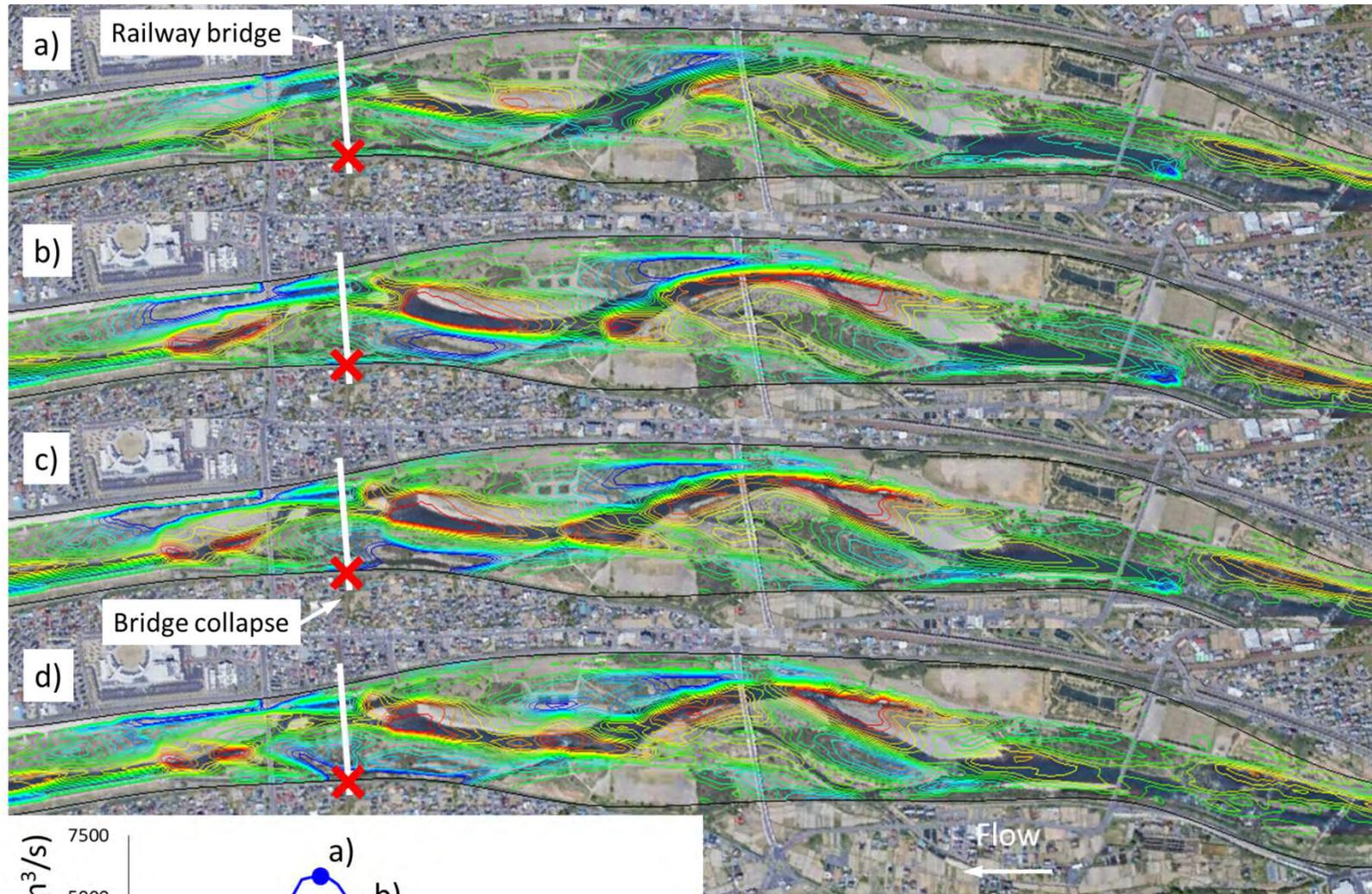


図-2 出水後(2019.10.16撮影)

計算された河床変動過程



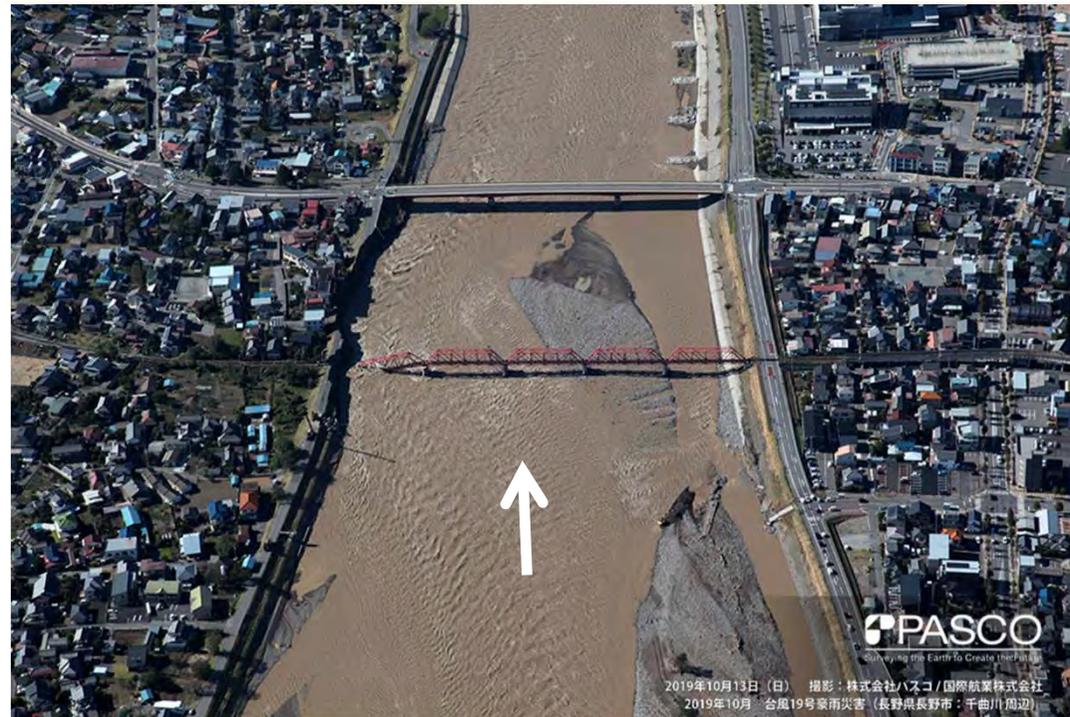
千曲川河岸侵食被災

被災機構の解明とともに、被災を免れたことも考察することが大切

河川管理の重要性

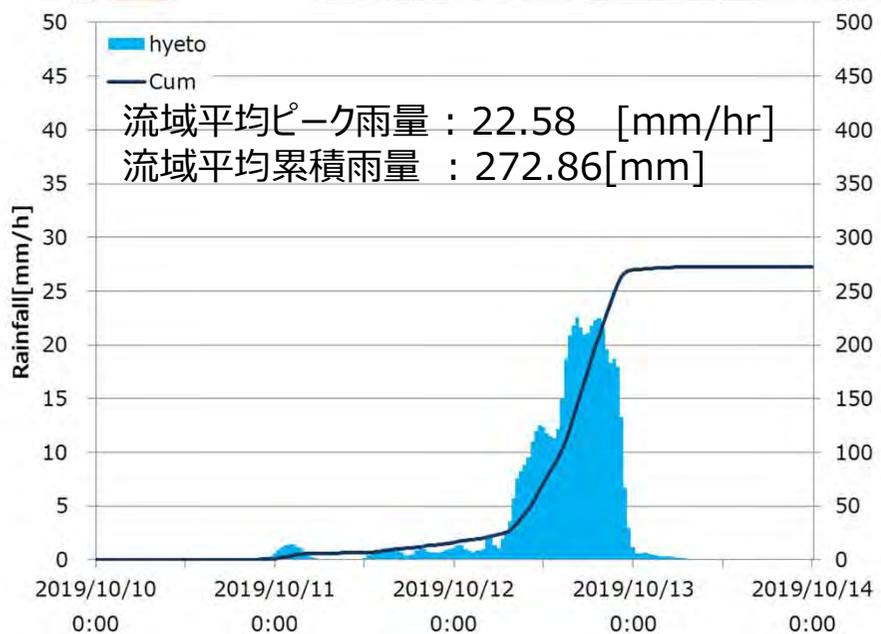
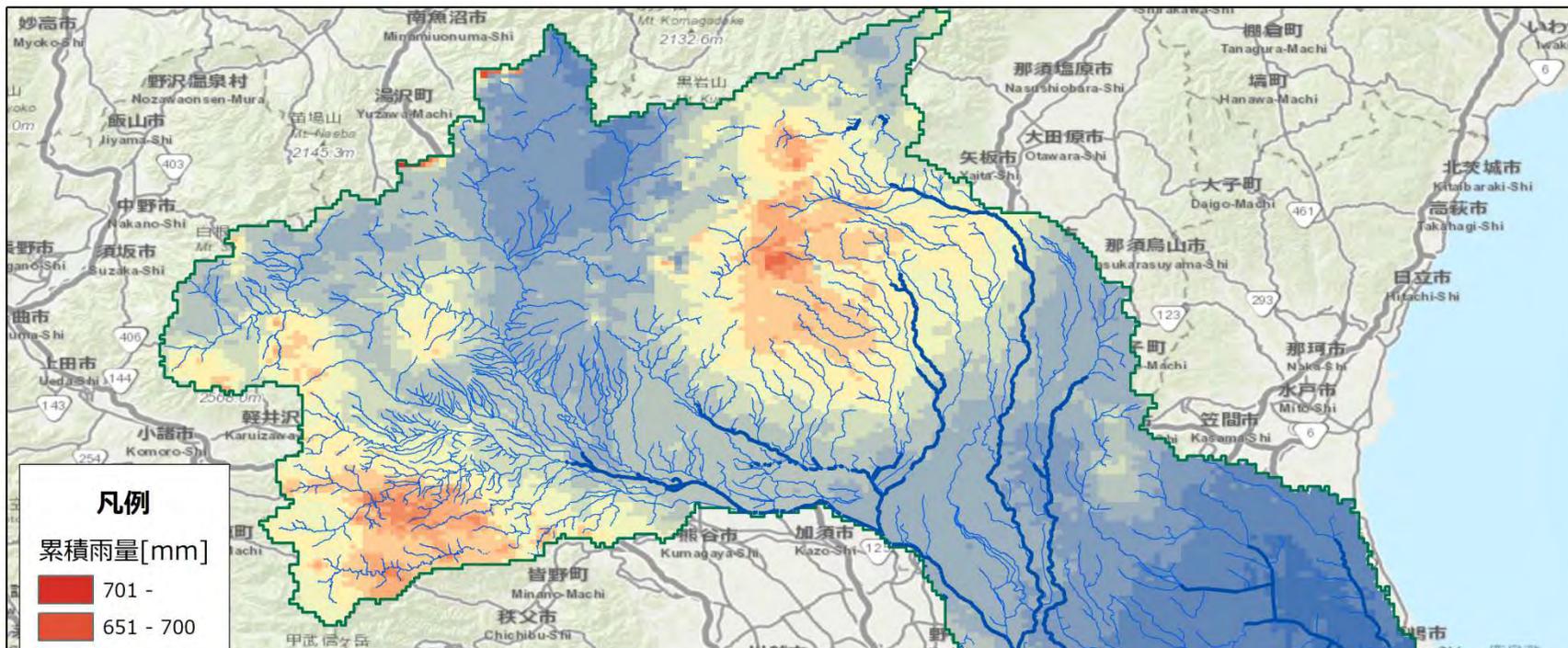


水制，護岸はどう機能したか？



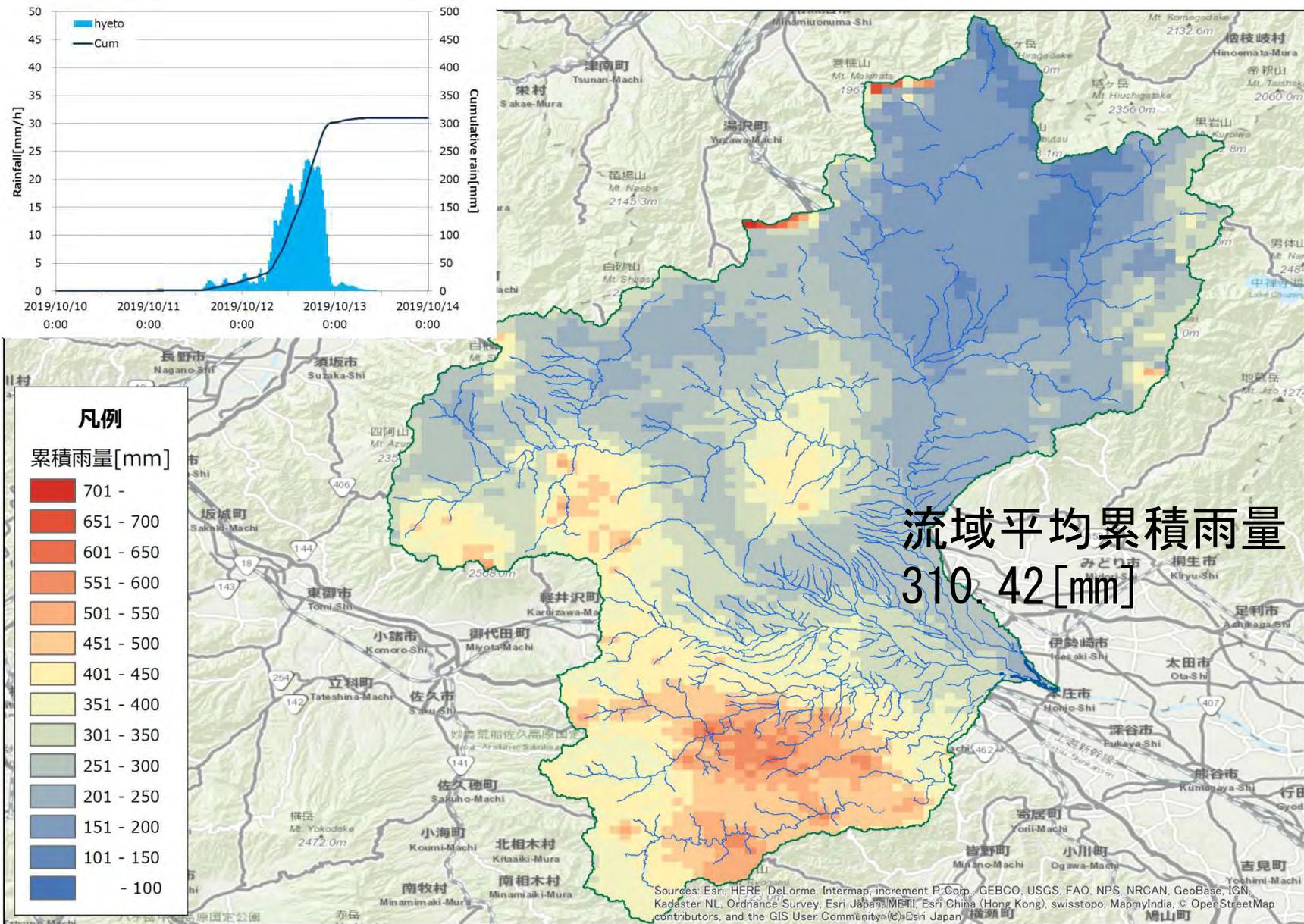
利根川は大丈夫か
(台風19号から見た利根川の評価)

利根川流域の累積雨量



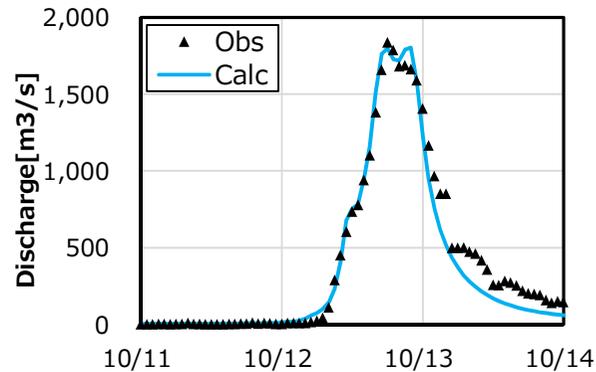
(三井共同建設コンサルタント 阿部紫織)

利根川八斗島上流域の累積雨量分布



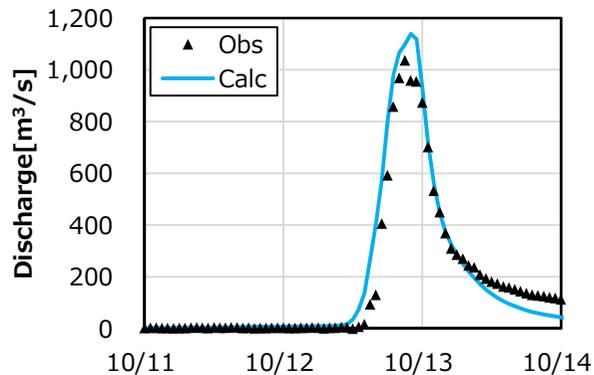
1947年のカスリーン台風による降雨規模(308.6mm)と同程度

降雨流出氾濫モデル(RRIモデル)による 利根川本川上流域の洪水流出の推定 (試算)

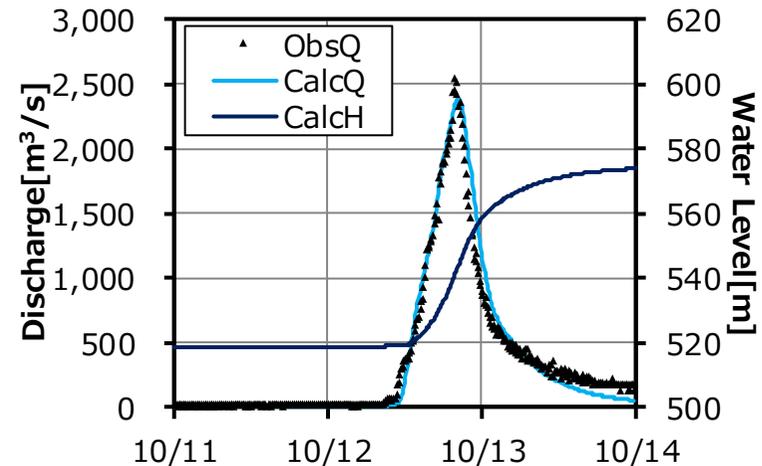


RRIモデルによる洪水流量の推定を行った。
(H27関東東北豪雨での八斗島上流域、
ダム流入量での検証からパラメータ決定、
台風19号でも同様のパラメータとした)

台風19号再現計算の**下久保ダム**流入量ハイドログラフ



台風19号再現計算の**菌原ダム**流入量ハイドログラフ



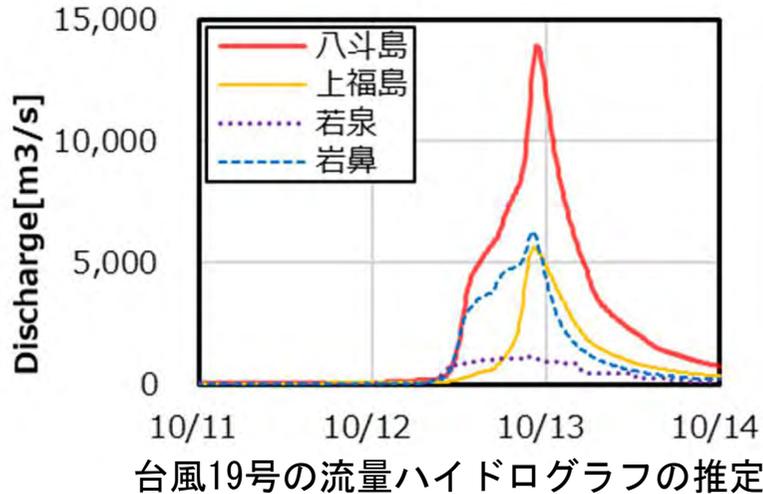
台風19号での**ハッ場ダム**流入量と貯水位の推定

阿部紫織・清水義彦・浅沼順・佐山敬洋:

令和元年台風19号による利根川上流域の洪水外力の推定と治水課題の考察, 河川技術論文集第26巻, 2020年6月



利根川



✓ 今次出水において試験湛水中であったハッ場ダムは八斗島水位観測所における洪水流量の約17%の流量低減に寄与したことが推定された。

✓ 八斗島における推定実績流量13,925m³/sに下流支川合流を考慮すると整備計画河道目標流量を上回ることが推定された。

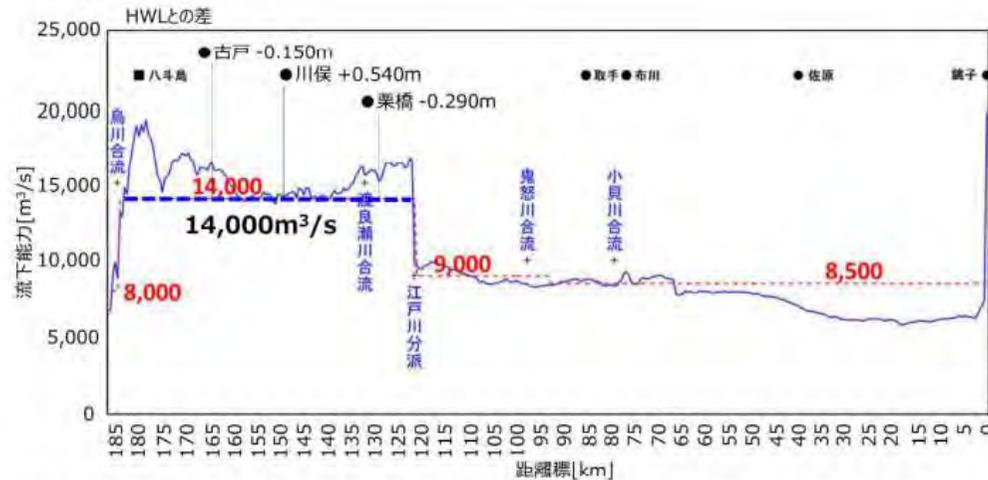
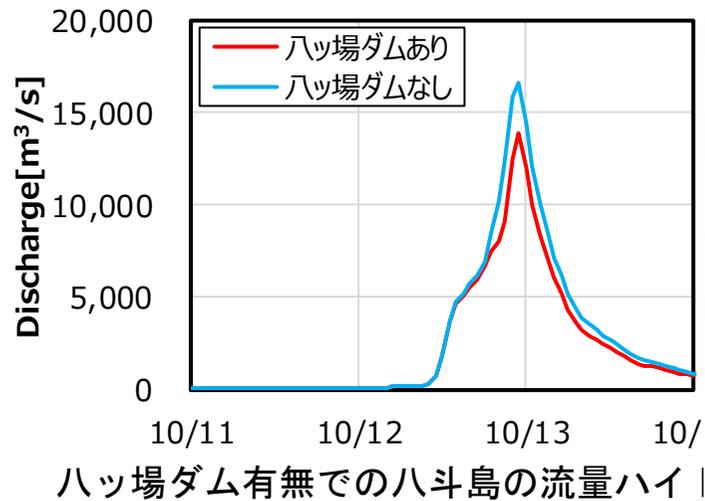
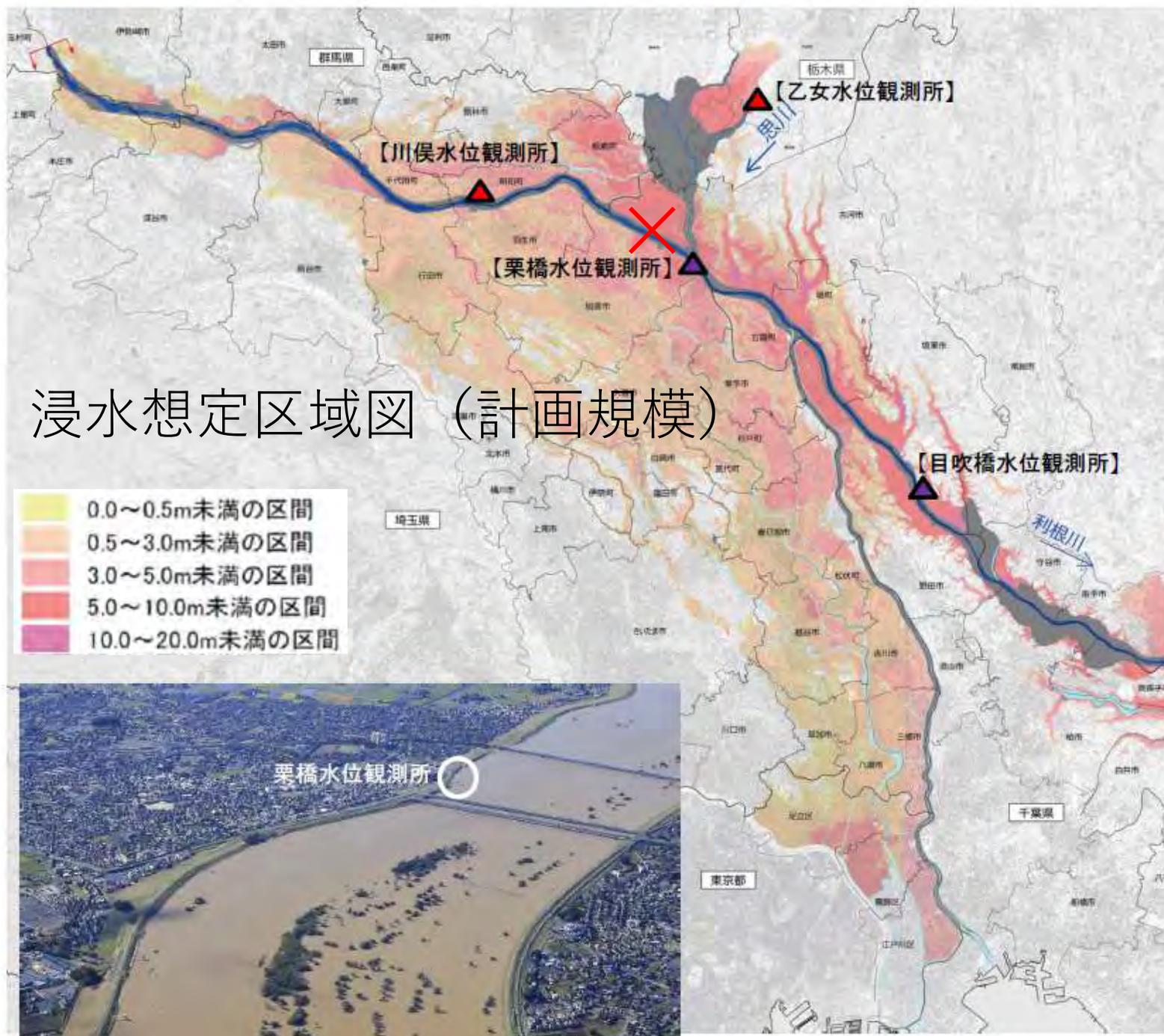


図2. 1. 12 HWLと実績ピーク水位の差と現況流下能力(利根川・江戸川河川整備計画に加筆)

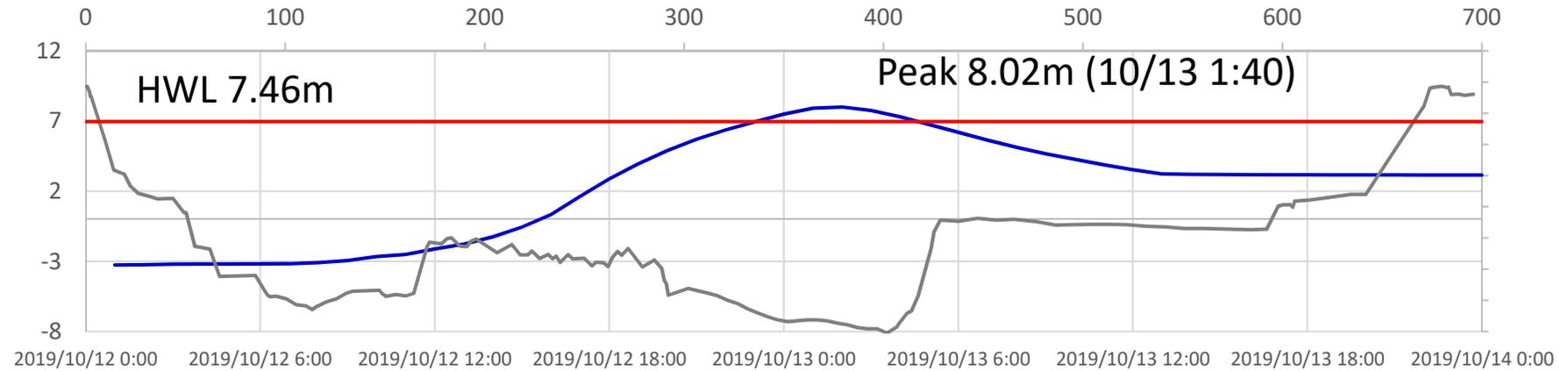
ハッ場ダムにより、八斗島水位観測地点で2942m³/sの洪水調節が試算された

(三井共同建設コンサルタント 阿部紫織,
群馬大 清水義彦, 筑波大 浅沼順, 京大防災研 佐山敬洋)

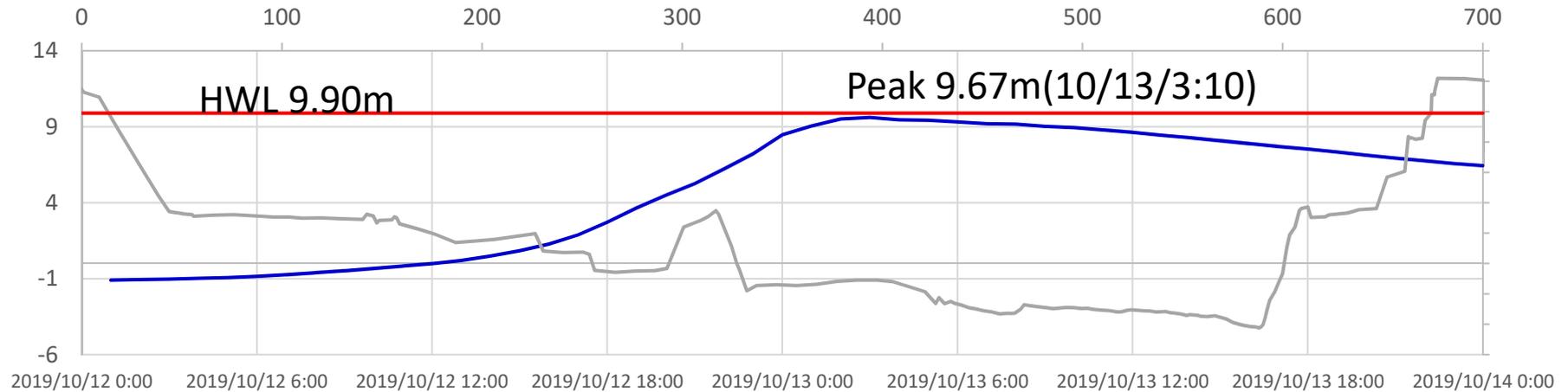


利根川の水位ハイドログラフ

川俣



栗橋



2019.10.13 05:59:32

利根川水系 利根川 左岸142.7k



板倉町飯野 谷田川排水機場屋上

(利根川上流河川事務所)

川俣水位観測所付近 洪水痕跡



水位ハイドログラフ (栗橋)



台風第19号による利根川の出水において埼玉県加須市が01:00に避難指示を出し、約9,000人が避難し、そのうち約8,000人が広域避難(通常の避難先ではなく大規模浸水を想定した広域避難先への避難)を行った。

広域避難指示区域内における避難の割合



国管理 7 河川 1 2 カ所, 県管理 1 2 8 カ所で堤防決壊

大河川の破堤・越水

中小河川の破堤・越水

流量外力と河道流下能力
(キャパシティーをどれだけ超えたのか)
HWLと天端満杯流量
それを超える流量

被災しなかった
大河川は本当に安全か?
連発した越水, 破堤した
中小河川は今後,
どう耐えるのか

合流部
狭窄部
バックウォーター
支川氾濫

河道貯留

見える課題

河道システム

河道の器

堤防

貯留施設

計画論

+ 氾濫原の管理
(危機管理)

河川整備計画 = 少なくとも整備計画レベルまでは
気候変動を踏まえると 早急に達成すべき (基礎体力)
河川整備基本方針までの道筋をどうつけるか?

中小河川では
流下能力確保
+
流域貯留

+ 気候変動 流域治水がどのように被害軽減を担うのか

入間川流域緊急治水対策プロジェクト【中間とりまとめ】

～地域が連携し、多重防御治水により、社会経済被害の最小化を目指す～

川越市 東松山市 坂戸市 川島町 埼玉県 気象庁熊谷地方气象台 荒川上流河川事務所

令和元年台風第19号において甚大な被害が発生した荒川水系入間川流域における今後の治水対策の方向性として、関係機関が連携し「**入間川流域緊急治水対策プロジェクト【中間とりまとめ】**」をとりまとめました。引き続き、具体化に向けた検討を行ってまいります。

① 多重防御治水の推進（関東流治水システムの踏襲）

現状 (before)

- 直轄ダム、遊水地なし
- 主に河道で洪水を処理

関東管内で決壊が生じた河川の共通点

今後 (after)

- 河道の流下能力の向上、遊水機能の確保・向上、土地利用・住まい方の工夫を組み合わせ対応

【参考】『多重防御治水』とは
地域と連携し、

- ①河道の流下能力の向上による、あふれさせない対策
 - ②遊水機能の確保・向上による、計画的に流域にためる対策
 - ③土地利用・住まい方の工夫による、家屋浸水を発生させない対策
- が三位一体となって社会経済被害の最小化を目指す治水対策

河道

1

河道の流下能力の向上

- 河道内の土砂掘削、樹木伐採による水位低減
- 堤防整備（掘削土を活用）

流域

三位一体の対策

2

遊水機能の確保・向上

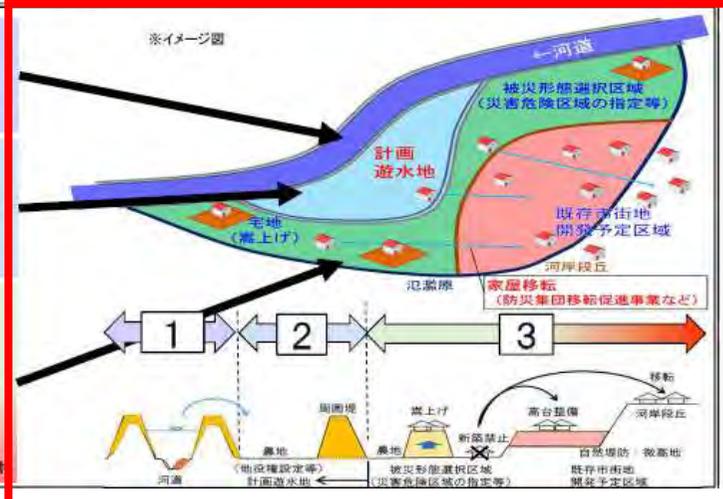
- 地形や現状の土地利用等を考慮した遊水地の整備
- ※外水（国管理河川・県管理河川など）、内水の両方に対応する遊水地（仮称）ハイブリッド型遊水地を検討

3

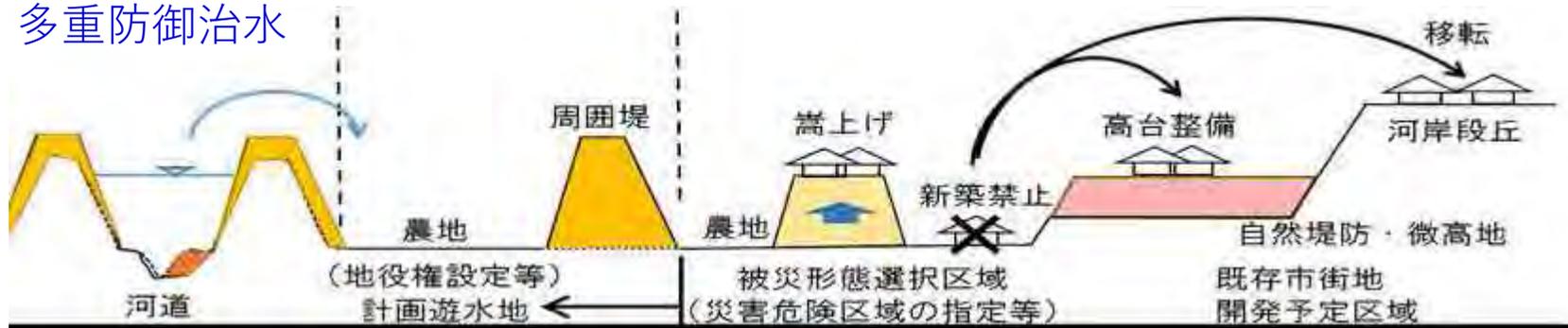
土地利用・住まい方の工夫

- 浸水が想定される区域の土地利用制限（災害危険区域の設定等）
- 家屋移転、住宅の嵩上げ（防災集団移転促進事業等）
- 高台整備（避難場所等に活用）
- 土地利用に応じた内水対策の検討

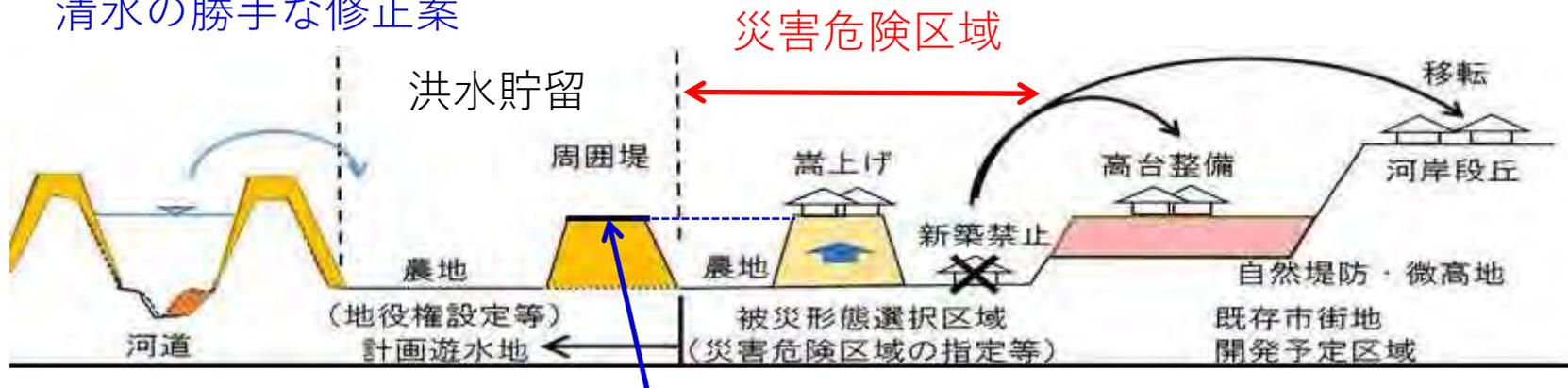
※各地域の特性に合わせてメニューを検討



緊急治水対策プロジェクトの提案
多重防御治水



清水の勝手な修正案



耐越水堤防？

氾濫水は氾濫ブロック内で処理
流域治水

ご清聴ありがとうございました.