

# 氾濫解析について

モデル地区 (佐用町久崎地区) における

避難行動の安全性の確認

河川整備による効果の確認

# 氾濫解析について

## 解析の目的

避難行動の安全性の確認（水深と流速の再現）

河川整備による効果の確認

## 解析で留意すべき項目

区域	中山間地域の特徴	水理的な状況	水理解析で留意すべき項目
河道特性	川幅が狭い	高流速が連続する	常流・射流が混在する流れを表現する必要がある
	河床勾配が急である		
	蛇行している	左右岸での水位差が大きい	湾曲部における内湾部外湾部の流れを表現する必要がある
氾濫域特性	部分的に地盤勾配の急な箇所がある	局地的な高流速の発生がある	常流・射流が混在する流れを表現する必要がある
	狭い地域に盛土・家屋等の障害物がある	建物の影響や道路による流れがある	盛土形状の表現 家屋等の死水域の設定

# 氾濫解析について

## 解析手法

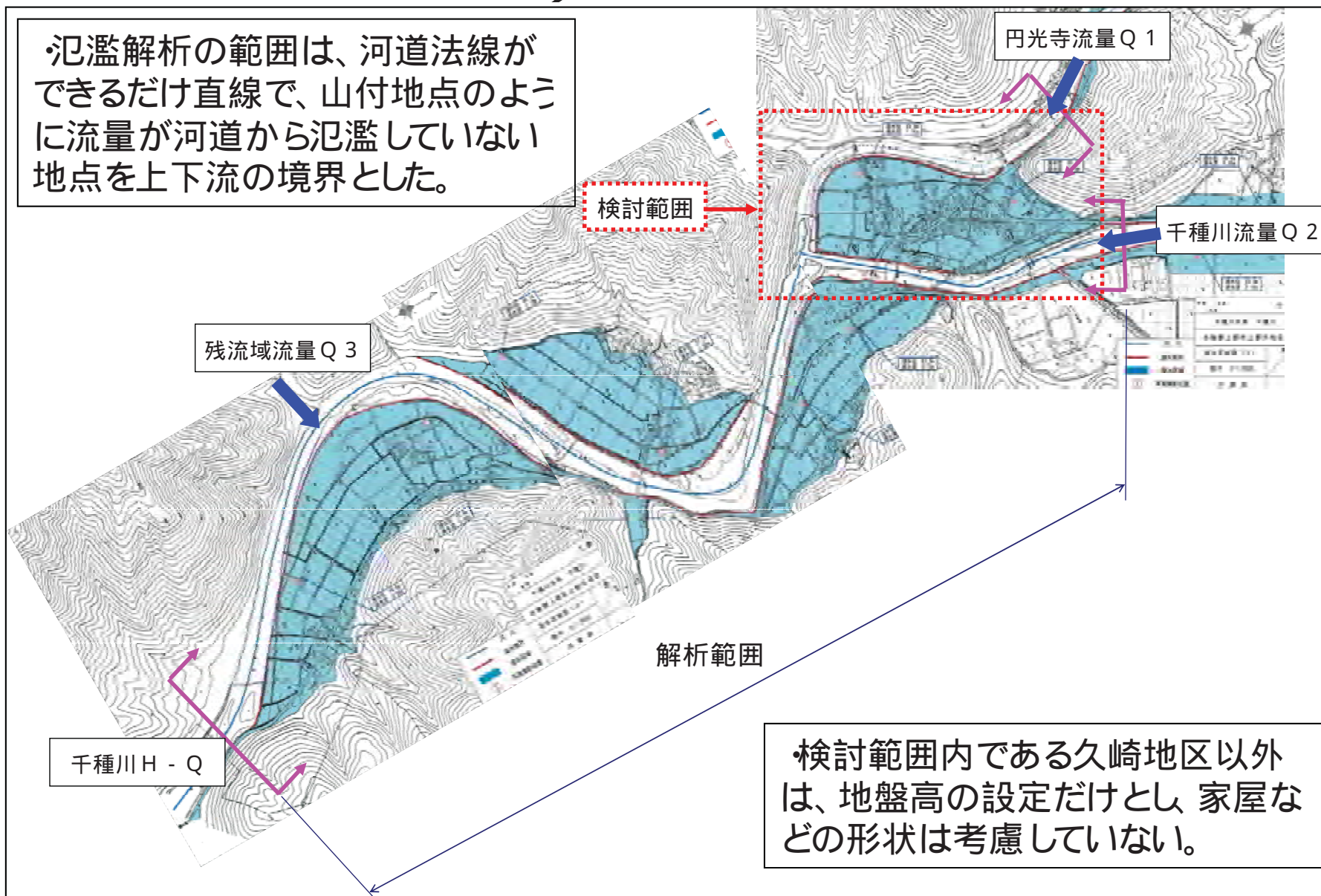
- ・「水理解析で留意すべき項目」に対応できる以下の手法とする

項目	内容	特徴
氾濫解析モデル	河道とはん濫原を一体とした、二次元不定流モデル	・湾曲している河道の流れを表現できる。 ・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る。
メッシュ分割	三角メッシュ	・河道の湾曲や、家屋連坦地区の地形など、複雑な形状変化を表現できる。 ・格子の大きさの変化には比較的安定的に対応できる。
数値解析手法	有限体積法 (FDS法)	・時系列的な洪水波形を用いて解析を行うため、河道の堰地点や越水の流入地点などで、洪水初期に水面形が急変するような、常流・射流が混在する流れを表現できる。

# 氾濫解析について

## 解析範囲 久崎地区

・氾濫解析の範囲は、河道法線ができるだけ直線で、山付地点のように流量が河道から氾濫していない地点を上下流の境界とした。



検討範囲内である久崎地区以外は、地盤高の設定だけとし、家屋などの形状は考慮していない。

# 氾濫解析について

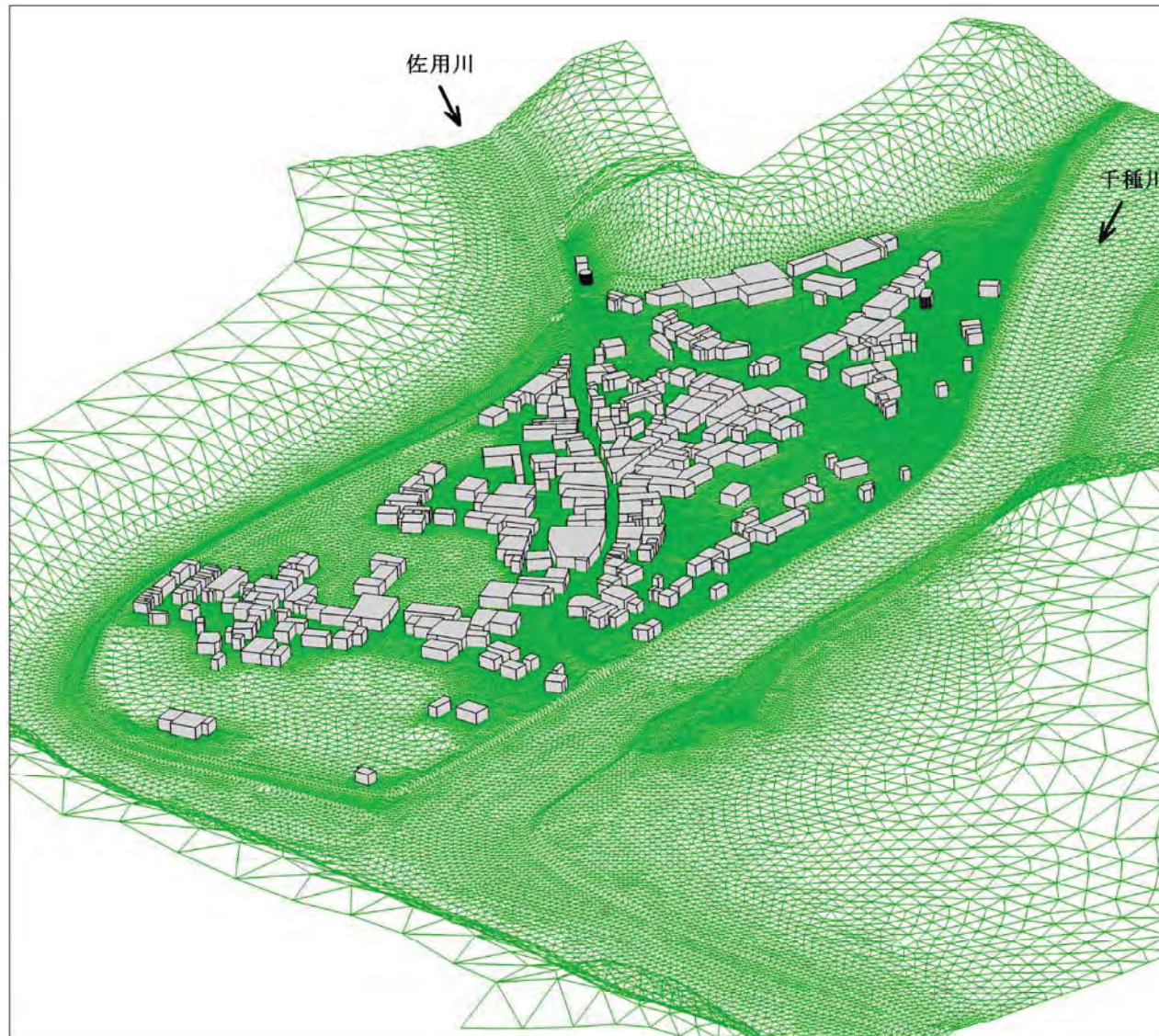
## 与条件の整理 久崎地区)

対象洪水 :平成21年8月 台風9号 (円光寺地点 :最大流量 約1,400m<sup>3</sup>/s)

項目	条件設定
河道条件	佐用川、千種川 現況河道横断 (平成17年度)
氾濫原条件	・LPデータを用いてメッシュ地盤高を設定
境界条件	(1)佐用川流量境界Q1 佐用川流量は円光寺地点における実績水位からH-Q関係式を用いて換算した流量を用いる。  (2)千種川流量境界Q2 千種川流量は実績雨量より算定された、推定流量を用いる。  (3)千種川水位境界H-Q 解析範囲の下流端である、千種川28k300断面のH-Q関係式を用い、解析で得られる流量から水位に換算し境界条件として与える。

# 氾濫解析について

## 氾濫解析モデル図

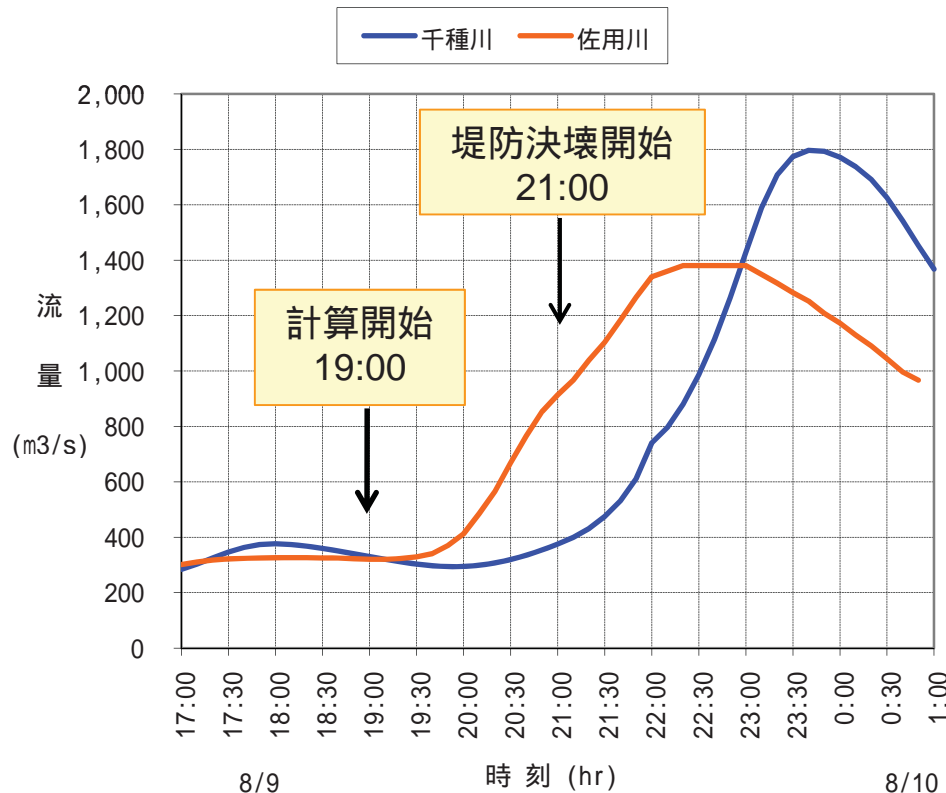


・河道とはん濫原を一体としたメッシュ分割  
・三角メッシュにより微地形を表現  
・メッシュサイズは、最小で1m、堤防付近で5mとし、氾濫原の外周付近では40～50mとし、その間はスムーズに変化させている。

注) 灰色の立体は、モデルに設定した家屋である。以降に示す氾濫解析結果の表示では、四方を囲った白抜き表示とした。

# 氾濫解析について

## 氾濫解析条件



## 氾濫解析に用いた上流端流量ハイドロ

### (1)対象洪水

平成21年8月台風第9号

(円光寺地点 最大流量 約1,400m<sup>3</sup>/s )

### (2)計算開始時刻

洪水立ち上がり前の19:00を計算開始時刻とした。

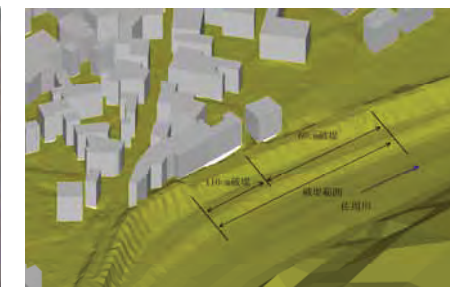
### (3)破堤のさせ方

現地写真や航空写真より破堤幅約110m、最大高さ約1.1mの破堤形状を設定した。

解析上越水が始まる21:00を堤防決壊開始時刻とし、20分かけて堤防高から堤防決壊敷高に変化させた。



現地写真



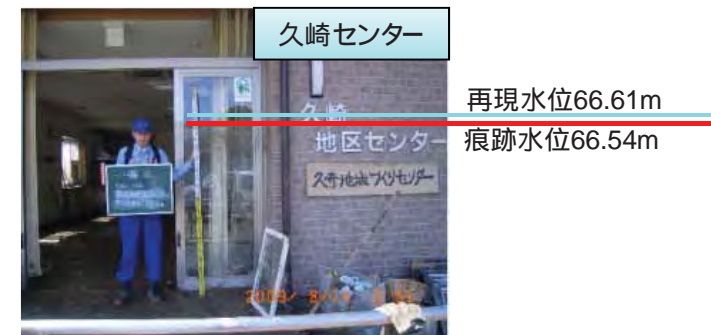
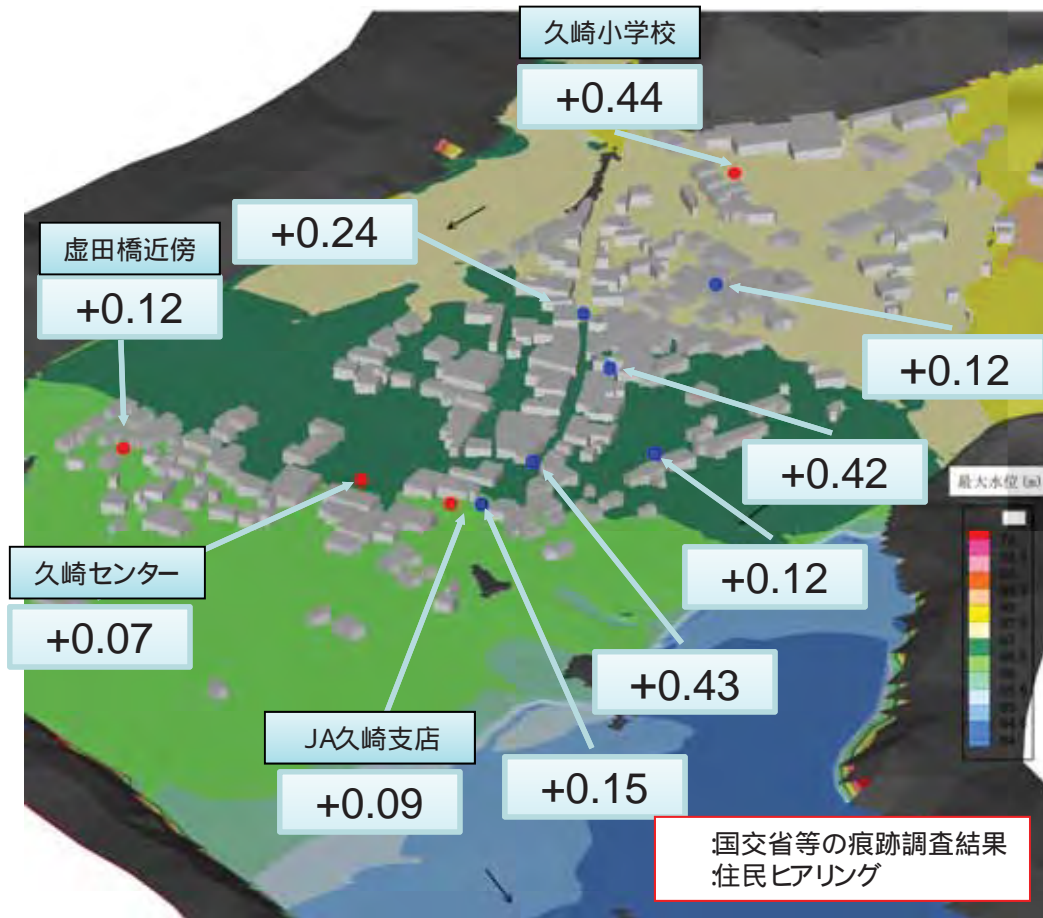
堤防決壊の形状

# 氾濫解析について

## 氾濫解析モデルの妥当性

再現計算結果による最大浸水位図に、痕跡調査位置及び解析結果との水位差を示した。

計算値と観測値には平均して20cm程度の差が見られるものの、全体的に計算結果は調査結果から妥当といえる。



痕跡水位と再現計算値との関係

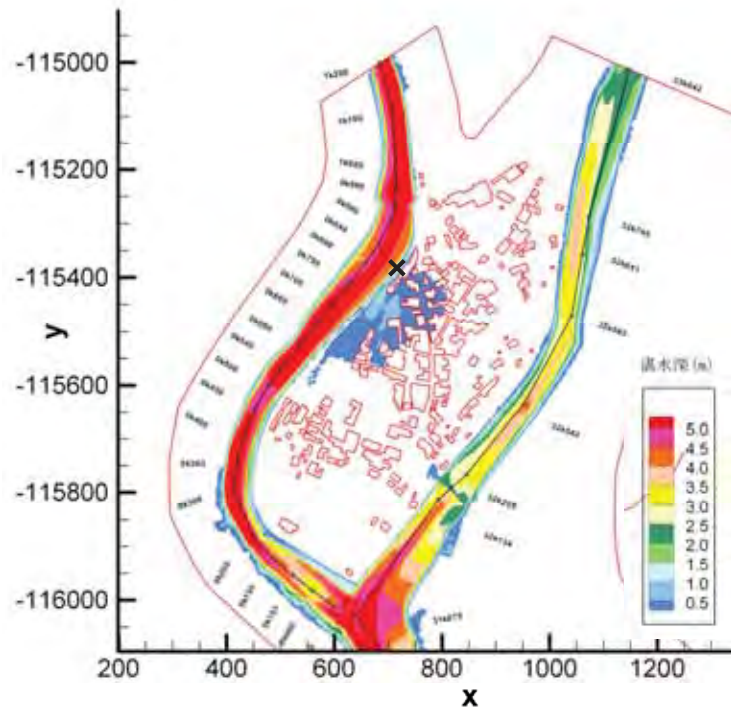


# 氾濫解析について

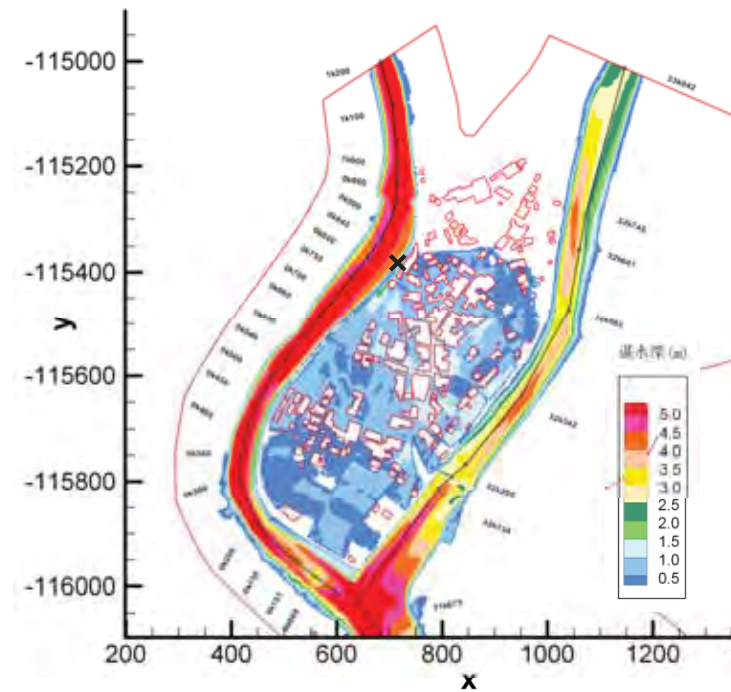
## 氾濫解析結果 浸水区域の広がり)

氾濫解析による浸水区域の広がりを示す。

堤防決壊により地形に沿って下流側に向かって浸水が広がり  
堤防決壊開始後30分以内で、久崎地区のほぼ全域が浸水する。



堤防決壊開始10分後



堤防決壊開始30分後

浸水深図

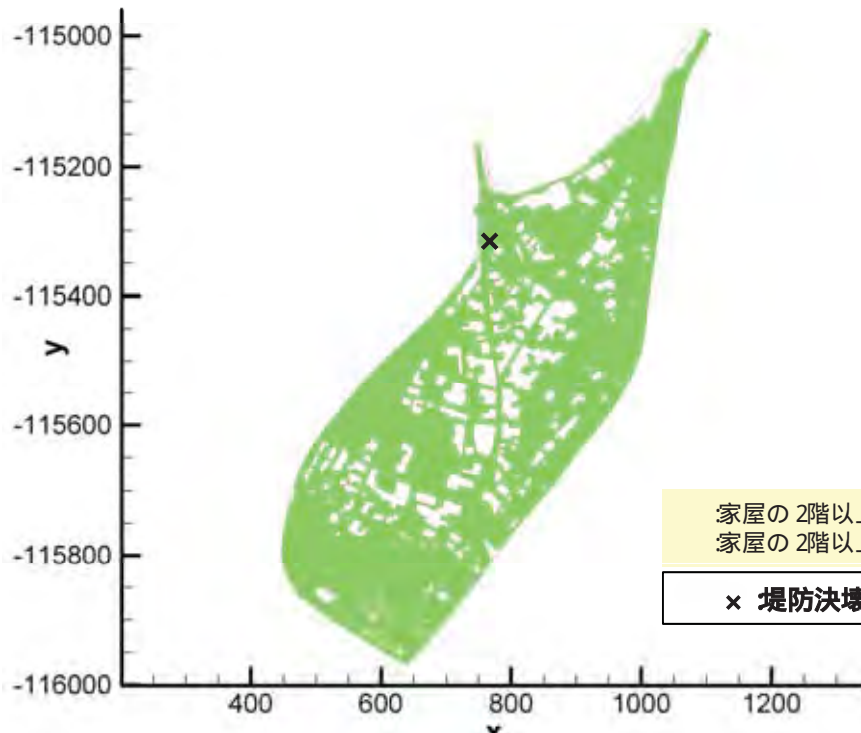
x 堤防決壊位置

# 氾濫解析について

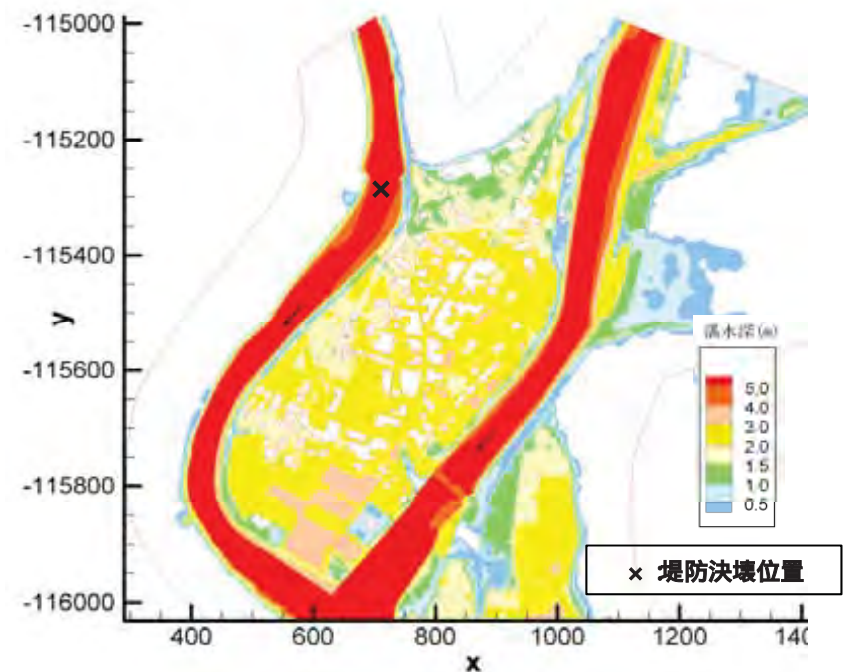
## 氾濫解析結果 家屋浸水状況

氾濫解析結果の最大浸水深より、2階以上の浸水の可能性がないかどうかを示した。

最大浸水深図をみると、久崎地区一帯が2～3m程度の浸水深となっていることから、住宅地では2階以上の浸水の可能性はない。



家屋浸水状況図 (2階以上)



最大浸水深図

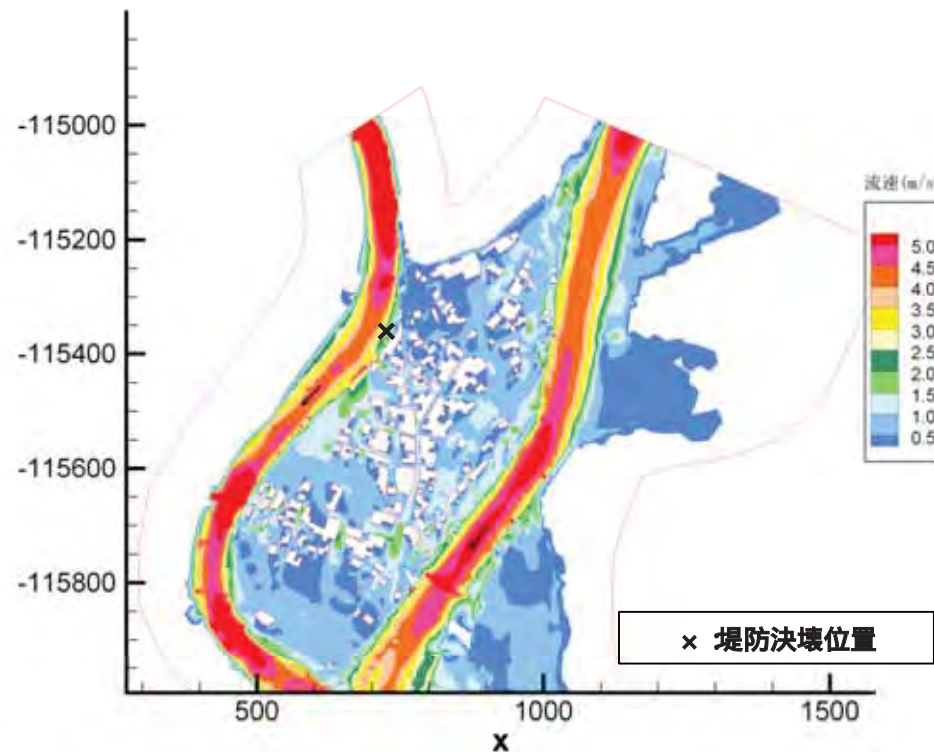
注) 一般的な二階建ての木造家屋について、地盤から一階壁高が3.35mより、これ以下であれば、2階以上の浸水の可能性はないとした。

# 氾濫解析について

## 氾濫解析結果 最大流速分布 )

氾濫解析による最大流速分布を図に示す。

- ・堤防決壊地点近傍で4m/s程度、住宅地で1m/s程度の流速が発生している。
- ・家屋と家屋の境界や道路において、流速が1.5m/s程度と早くなっている。



最大流速分布図

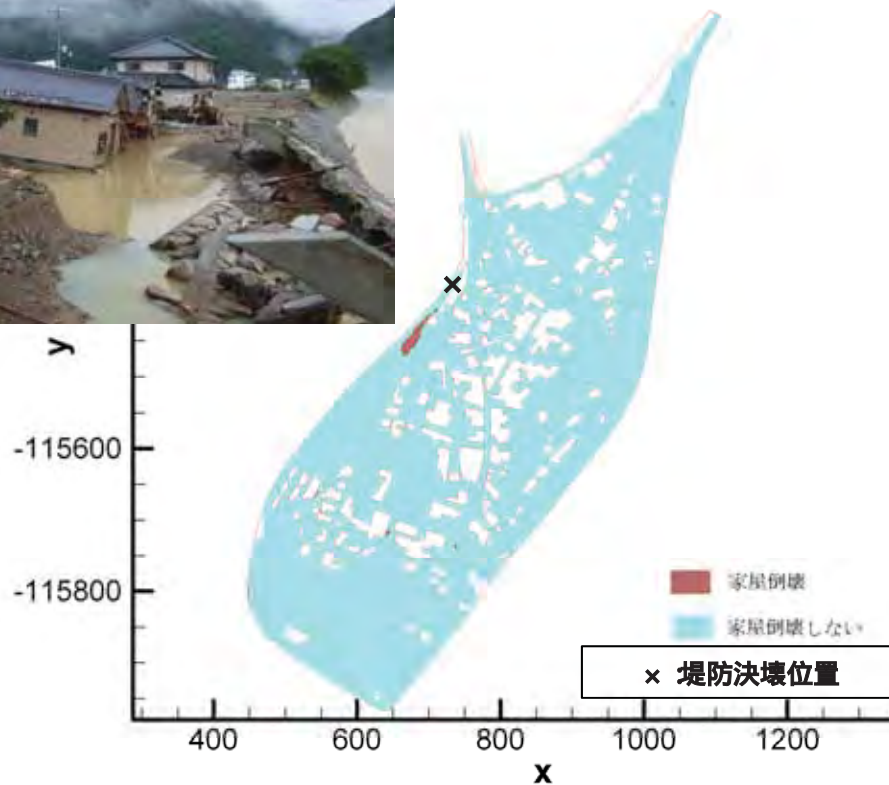
# 氾濫解析について

## 氾濫解析結果 木造家屋倒壊危険度分布

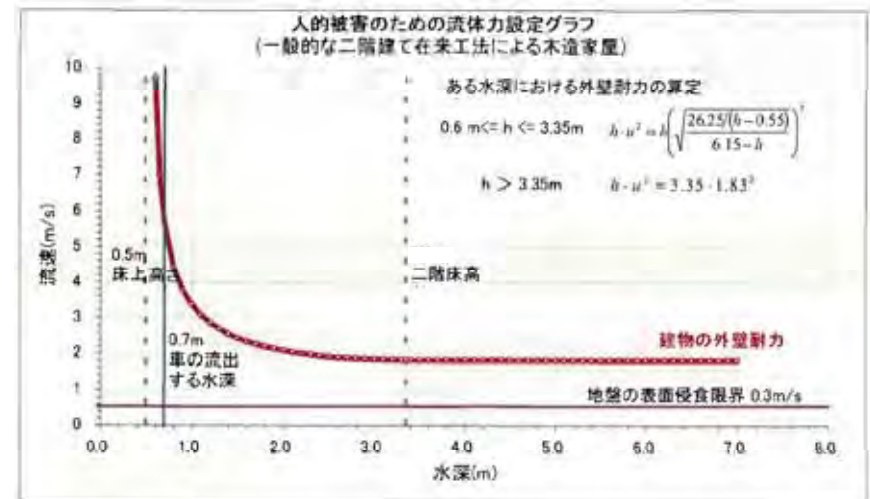
氾濫解析結果の流体力と木造家屋倒壊との関係より、木造家屋倒壊の危険性があるかどうかを示した。

堤防決壊地点近傍で木造家屋倒壊の危険性がみられる。

堤防決壊付近の家屋倒壊状況



木造家屋倒壊危険度分布図



■モデルケースの家屋諸元(一般的な二階建て木造家屋)  
建物幅=9.1m 建物重量=約54tf 全高=6.88m 地盤から一階壁高=3.35m

■滑動限界  
家屋の底面摩擦抵抗力と洪水流による抵抗力※の比較より算定。抵抗力は全水没しない条件で有効である。ここでは、家屋の基礎による抵抗は期待していない。

■外壁耐力  
家屋の柱のほぞのせん断耐力(すぎ相当:せん断強度=24kgf/cm<sup>2</sup>)と洪水流による抵抗力※の比較より算定。せん断耐力は一階壁高までを対象としている。

※出典:  
「中川一ら、洪水氾濫による木造家屋の流出危険度評価に関する研究 土木学会第40回年次学術講演会 1985」

木造家屋倒壊危険度曲線

# 氾濫解析について (避難行動の安全性の確認)

## 佐用町久崎地区ヒアリング結果

### 避難時の歩行が困難になった方の状況



# 氾濫解析について (避難行動の安全性の確認)

## 佐用町久崎地区ヒアリング結果

避難時に浸水により危険を感じたものの歩行できた方の状況



# 氾濫解析について (避難行動の安全性の確認)

## 避難困難を表す指標

➤ 氾濫流の危険性を表す指標として、「1.単位幅比力<sup>注1)</sup>」や「2.歩行避難困難度<sup>注2)</sup>」がある。今回は「2.歩行避難困難度」を用いて整理した。

No	性別	年代	避難の有無	避難所	歩行困難状況	危険を感じたときの浸水深 (cm) :	危険を感じたときの浸水深時の流速 (はん濫計算結果) (m/s) :
	男性	40歳代	避難するために歩いていたが。途中、危険を感じて自宅に戻った	自宅の2階	避難時に歩行困難な状況になった	60cm程度	1.16
	女性	80歳代	避難した	久崎小学校	避難時に浸水により危険を感じたものの歩行できた	足首程度 (15cm程度)	0.06
	女性	60歳代	避難した	久崎小学校	避難時に浸水により危険を感じたものの歩行できた	すね程度 (30cm程度)	0.26
	女性	70歳代	避難した	久崎駅 久崎小学校	避難時に浸水により危険を感じたものの歩行できた	膝程度 (50cm程度)	0.03
	女性	60歳代	避難した	久崎小学校	避難時に浸水により危険を感じたものの歩行できた	膝程度 (50cm程度)	0.13
	男性	60歳代	浸水により危険を感じ電柱に登った	電柱	避難時に歩行困難な状況になった	膝程度 (50cm程度)	1.14

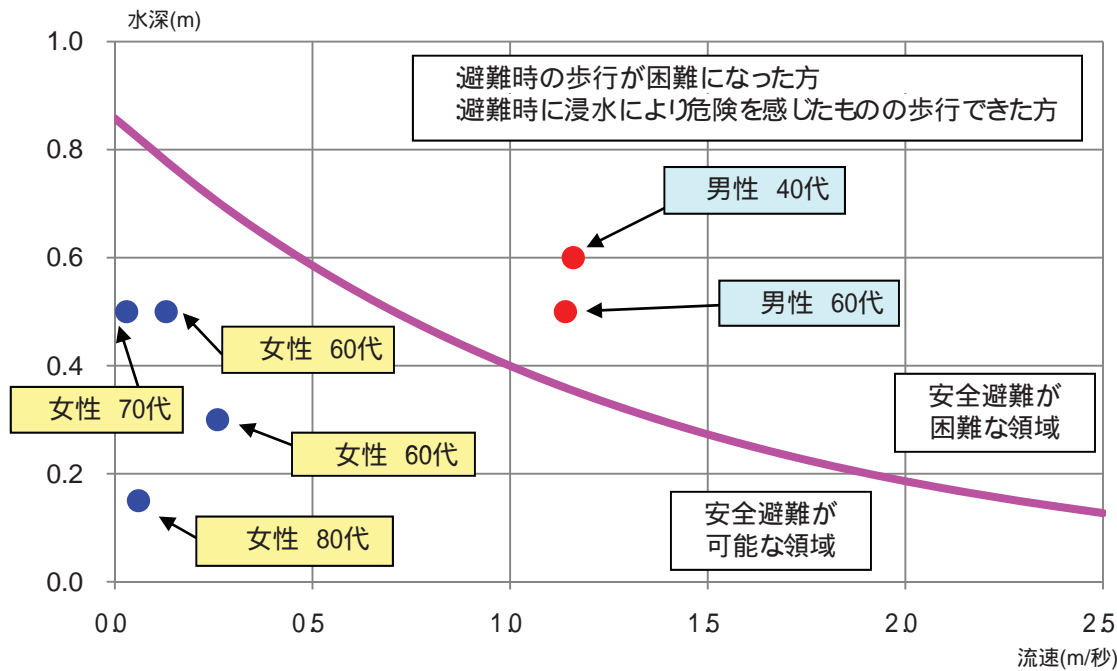
注1) : 生体計測技術による地下空間浸水時の災害時要援護者避難に関する研究」石垣泰輔

注2) : 利根川の洪水」須賀堯三監修・利根川研究会編、1995、山海堂

# 氾濫解析について (避難行動の安全性の確認)

## ヒアリング結果による避難行動

➤久崎地区の住民ヒアリング結果とはん濫解析結果の水理量 (水深、流速) を歩行避難困難度図に示した。



## 歩行避難困難度図

出典：利根川の洪水 須賀堯三監修・利根川研究会編、1995、山海堂  
注)水中歩行実験を踏まえ、水中での歩行について安全に避難できるかどうかの目安を示したもの。実際の避難時にはこれより小さい水理量と見ておく必要がある。

同じ水位でも、場所の違いにより流速が異なることから避難が困難になることが実際の避難時にも確認された。



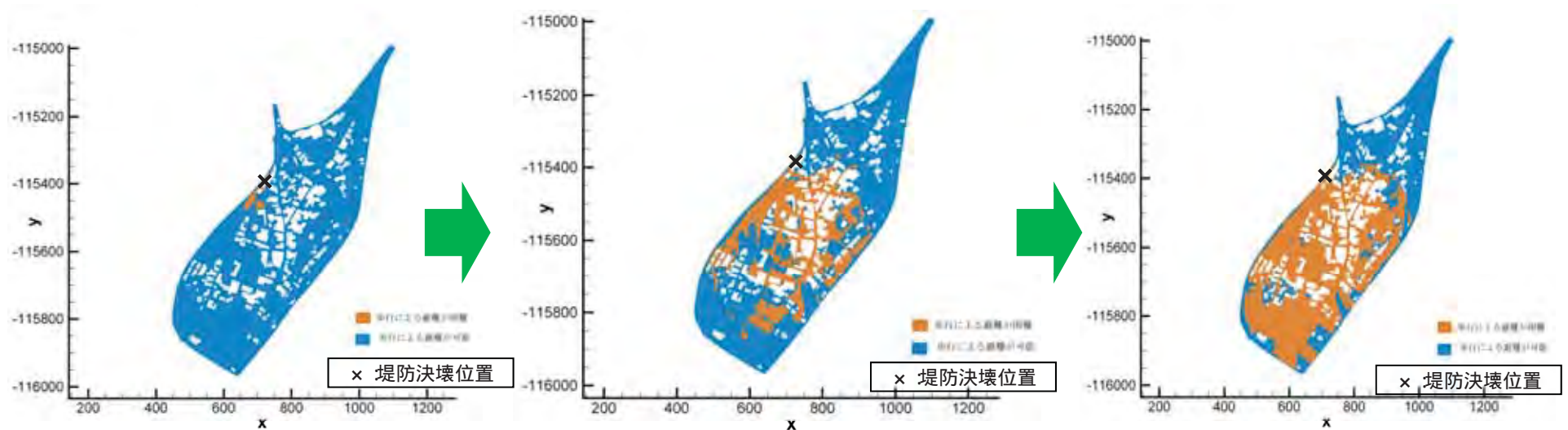
避難時の危険度を表現するためには、水深だけでなく、流速も重要である。



# 氾濫解析について (避難行動の安全性の確認)

## 歩行避難困難度の時系列図

堤防決壊開始後30分で主要な道路は歩行による避難が困難となり、堤防決壊開始40分で集落のほぼ全域で歩行による避難が困難となる。



堤防決壊開始後10分

堤防決壊開始後30分

堤防決壊開始後40分

歩行による避難が困難  
歩行による避難が可能

注) 越流開始と同時に堤防決壊を開始し、破堤開始後20分で最終決壊形状となるよう想定している。

# 氾濫解析について（避難行動の安全性の確認）

## 解析結果の考察

- 久崎地区において、浸水深の時系列変化、歩行避難困難度分布、木造家屋倒壊危険性分布、2階以上の浸水可能性分布を整理した結果、以下の事が分かった。
  - 堤防が決壊すると、30分以内で主要な道路が歩行避難困難となり、40分以内で久崎地区のほぼ全域が浸水し歩行避難困難となる。
  - 流体力をみると、堤防決壊付近を除き木造家屋倒壊の危険性はない。
  - 最大浸水深をみると、住宅地では2階以上の浸水の可能性はない。

- ✓ 堤防決壊後30分で歩行避難困難となり、木造家屋の倒壊の危険性があるような地区では、浸水が始まる前に早めの避難が必要である。
- ✓ やむなく浸水が始まったときに避難する場合は、近くの高所や自宅の2階に避難することも選択肢に含めて考える。

# 氾濫解析について (避難行動の安全性の確認)

## 避難活用情報

3つの指標について確認することが重要である。

木造家屋倒壊の危険性

・自宅にいても安全かどうかを確認する指標の1つ

2階以上の浸水の可能性

・自宅の2階にいても安全かどうかを確認する指標の1つ

歩行避難困難度の広がり及び分布状況

・避難時期と避難ルート安全性を確認する指標の1つ

# 氾濫解析について (避難行動の安全性の確認)

## 避難活用情報

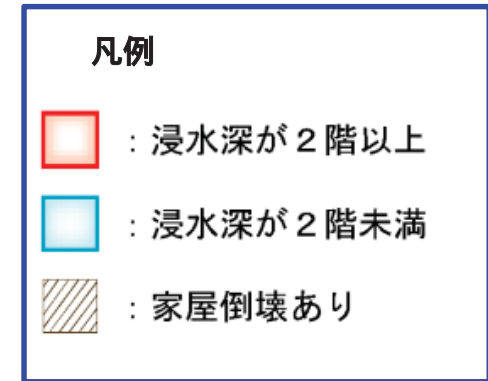
複数の要素を盛り込んだ

避難活用情報の提供

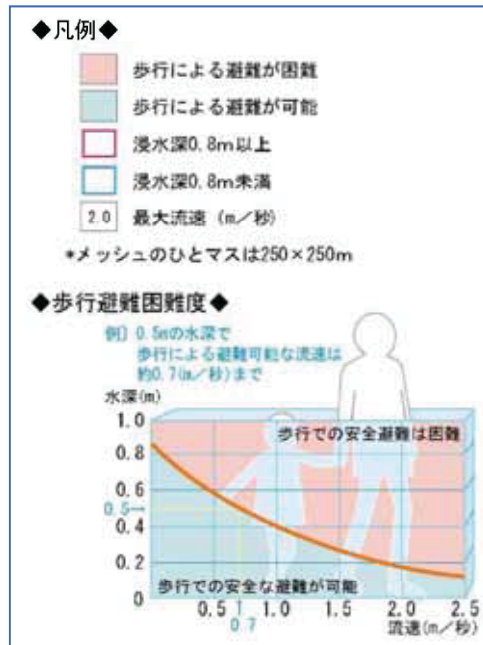
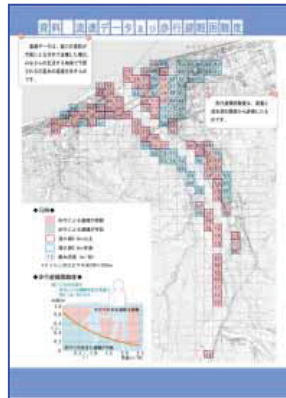
姫川洪水ハザードマップには、「歩行避難困難度」と「はん濫の広がり」を示した資料が作成されている。

これらに加えて、「木造家屋倒壊の危険性」と「2階以上の浸水深の可能性」の資料は有効である。

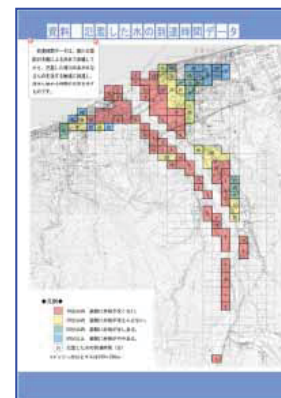
右記に示した凡例の資料を加えて、3つの資料を避難活用情報として作成する。



2階に避難が可能かどうかを示した例



流速データと歩行避難困難度の関係を示した例



洪水到達時間データを示した例

出典：姫川洪水ハザードマップ 平成13年3月 糸魚川市、青海町

# 氾濫解析について（河川整備による効果の確認）

## 解析の目的

佐用町久崎地区について構築した氾濫解析モデルを用いて、水害防備林による河川整備の効果を検証する。

## 解析項目

・堤内側に水害防備林を整備した場合の効果

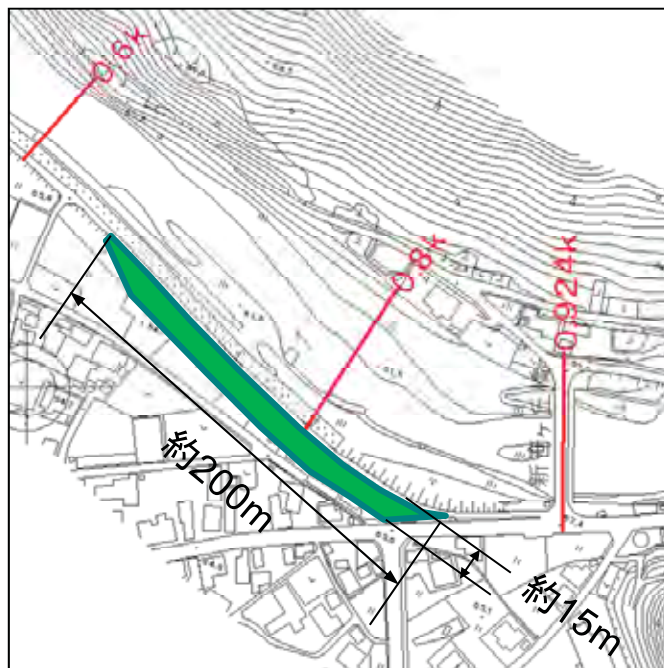
# 氾濫解析について (河川整備による効果の確認)

## 水害防備林のモデル化

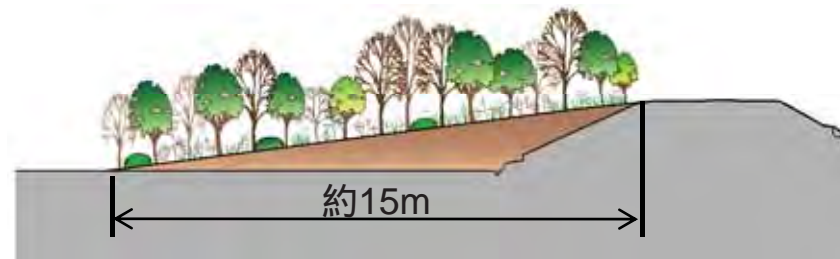
佐用川における今回 (平成21年度台風第9号災害) 破堤した箇所  
で水衝部ともなっている新笹ヶ丘橋下流左岸の堤内側に水害防備  
林を設け、越流量の減水効果を検証する。

・水害防備林範囲 延長 約200m、幅 約 15m

・水害防備林密度 約0.25 (近傍の竹林密生度と直径を参考)

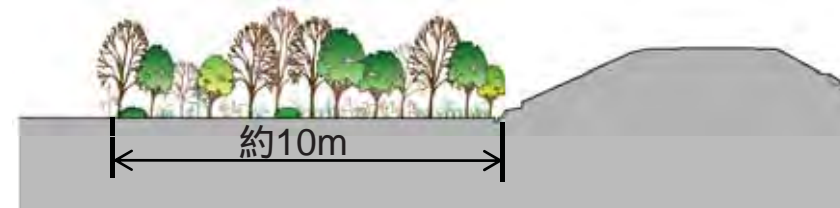


平面図 (水害防備林設定範囲)



横断図 (水害防備林設定範囲)

今後、堤防決壊時に堤内地盤に水害防備林があった  
場合の解析を実施し、減水効果を検証する予定である。



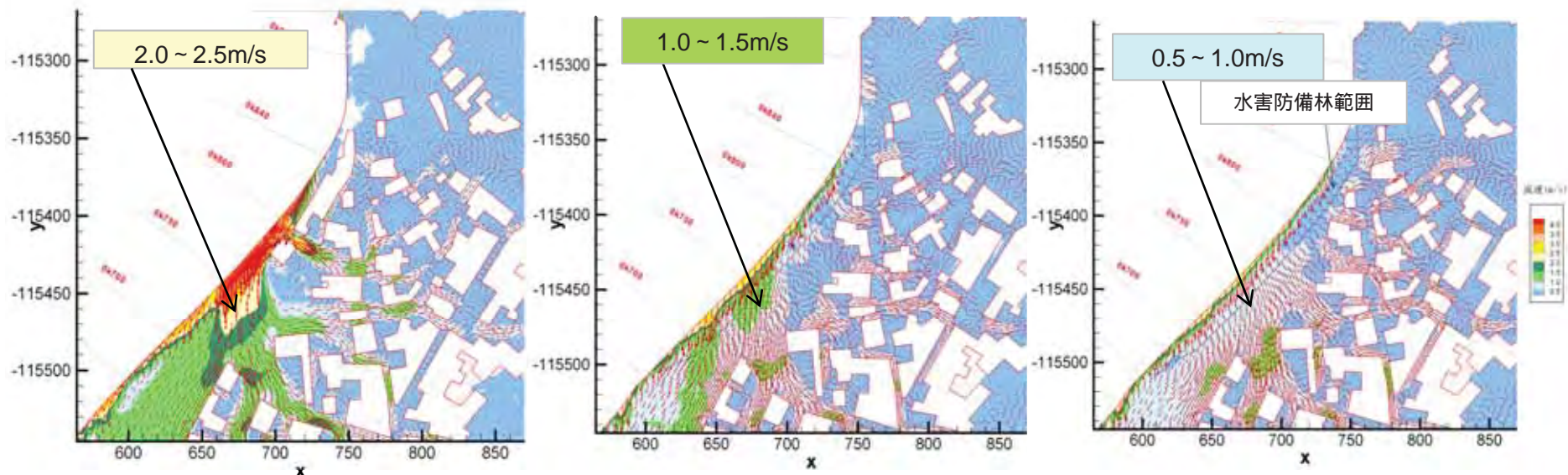
堤内地盤に水害防備林を整備した場合

# 氾濫解析について (河川整備による効果の確認)

## 解析結果

実績再現結果 (堤防決壊あり)と、水害防備林無し (越流あり)、水害防備林有り (越流あり)の3ケースの氾濫解析結果について、堤防近傍における最大流速の低減効果を比較した。

➤ 堤防法尻部では、堤防決壊した場合2.0 ~ 2.5m/sの流速だったものが、越流のみの場合1.0 ~ 1.5m/sとなり、さらに水害防備林を整備すると0.5 ~ 1.0m/s程度に流速を低減させる効果がある。



実績再現結果  
(堤防決壊あり)

水害防備林無し  
(越流あり)

水害防備林有り  
(越流あり)

最大流速分布差 (水害防備林による流速低減効果)