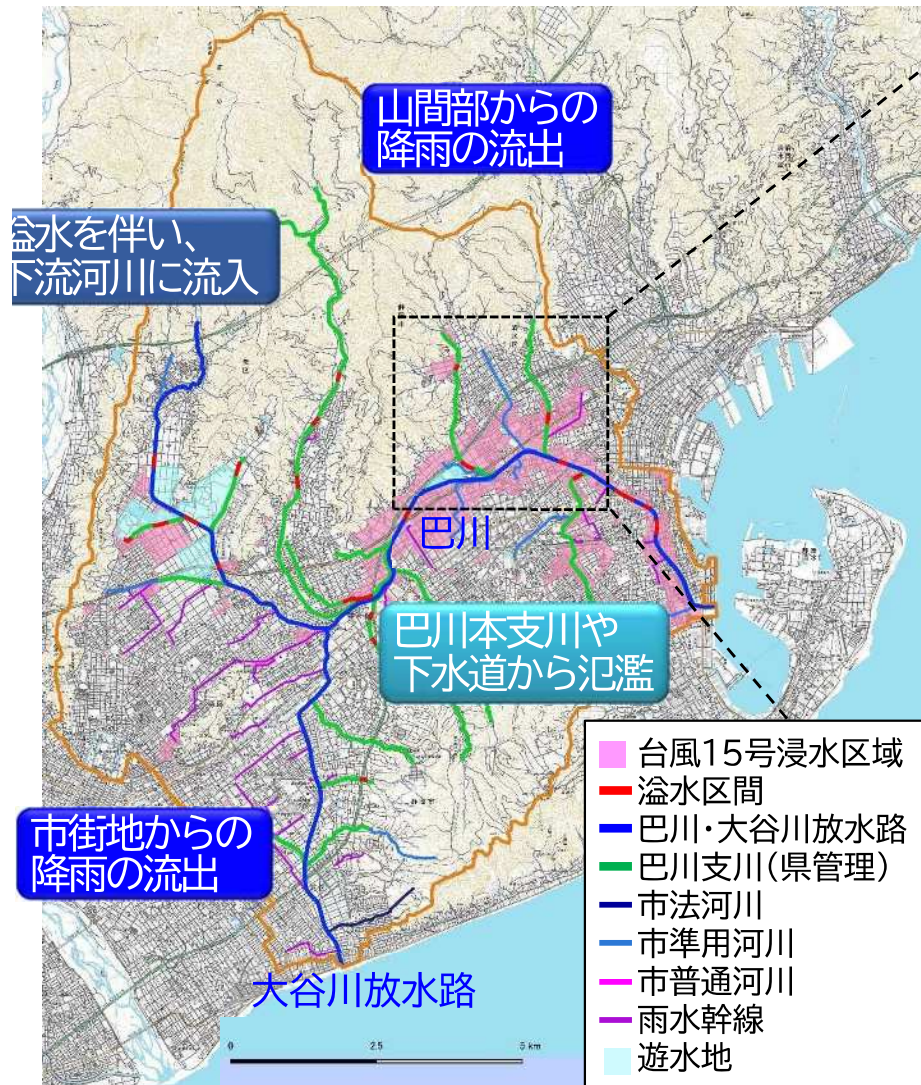


# 3. 水位・氾濫域予測モデル

# 巴川流域における既往洪水の浸水要因

- 令和4年台風15号では、**県管理区間等からの外水氾濫と、支川・下水道等の内水氾濫の複合的な要因で**浸水被害が発生
- 巴川の複雑な氾濫特性を水位・氾濫域予測モデルで表現することが必要

## ■ 巴川流域の特性



## ■ 令和4年度台風15号の浸水要因

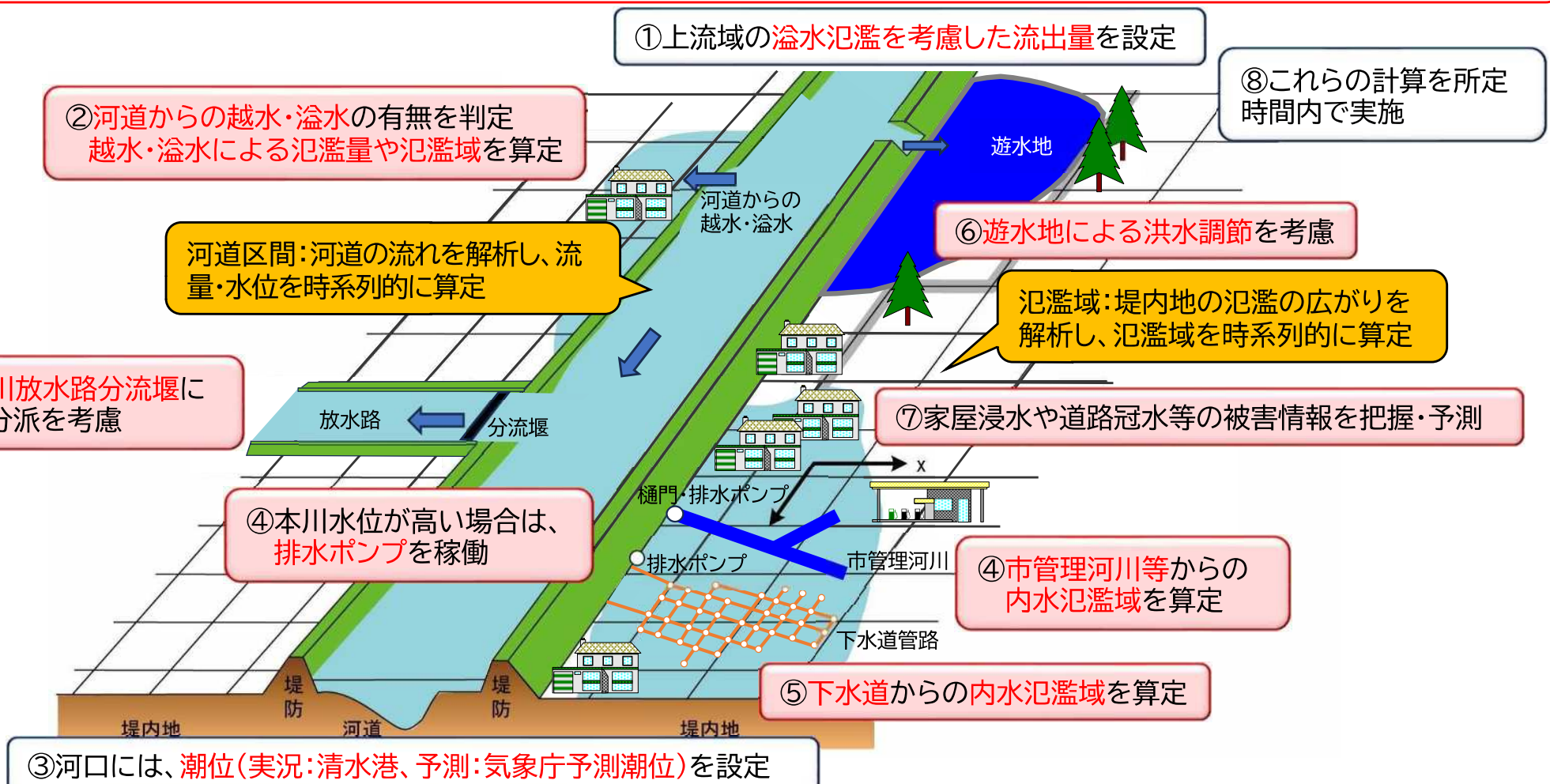


# 水位・氾濫域予測モデルの要件設定

- 巴川流域の複雑な氾濫特性を踏まえ、以下に示す要件が水位・氾濫域予測モデルに求められる

## 水位・氾濫域予測モデルの要件

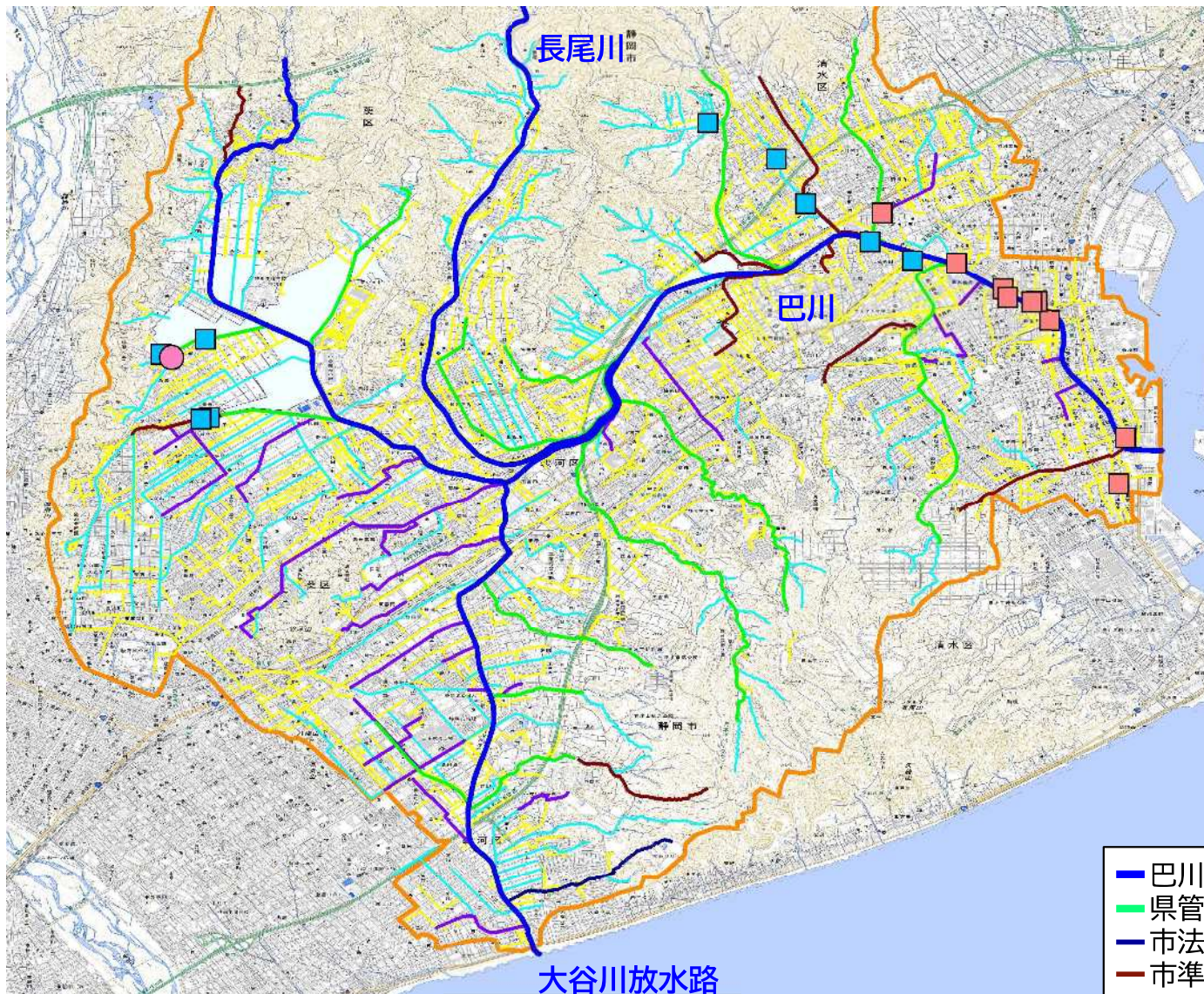
- ① 溢水を伴いながら下流河川に到達する流量の算定
- ② 河道形状をもとに、溢水・越水判定や水位・氾濫域等の算定
- ③ 潮位変動による河川水位・流量の変化を考慮
- ④ 市管理河川等からの内水氾濫現象を考慮
- ⑤ 排水不良による下水道からの内水氾濫現象を考慮
- ⑥ 複数の遊水地や大谷川放水路等の洪水調節施設の効果を考慮
- ⑦ 家屋浸水や道路冠水等の被害情報の正確な把握・予測
- ⑧ リアルタイム運用を見据えた高速計算



# 巴川流域における雨水排水ポンプの設置状況

- 巴川流域には、排水ポンプが多数設置されている

● 静岡県(河川管理者)のポンプ施設    ■ 静岡市(下水道部局)のポンプ施設    ■ 静岡市(河川部局)のポンプ施設

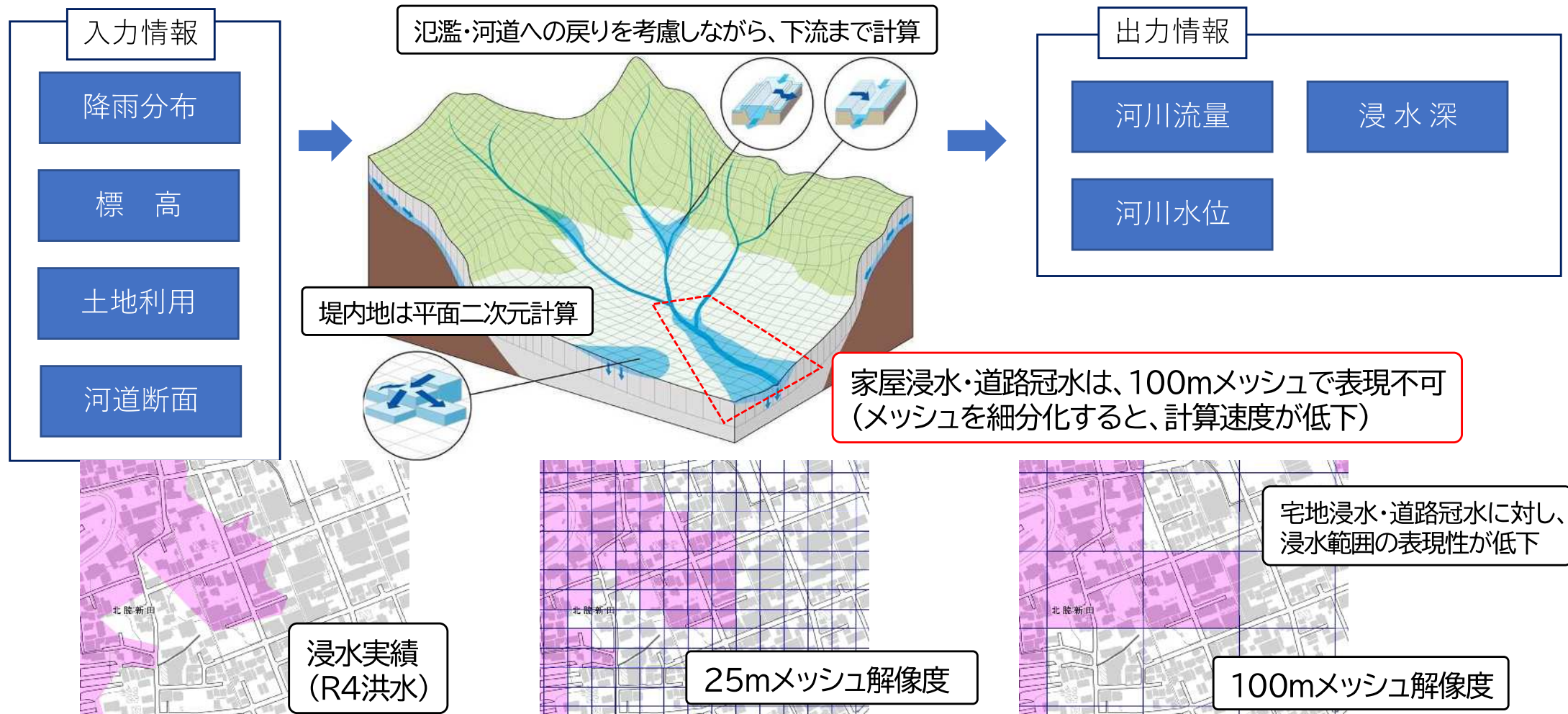


No	所管	施設名	放流先河川名
1	下水道	江尻小地下滞水地排水ポンプ	(二)巴川
2	下水道	清開ポンプ場(合流地区)	中田川
3	下水道	築地ポンプ場(合流地区)	(二)巴川
4	下水道	浜田ポンプ場(合流地区)	(二)巴川
5	下水道	銀座第一マンホールポンプ	(二)巴川
6	下水道	銀座第二マンホールポンプ	(二)巴川
7	下水道	入江マンホールポンプ	(二)巴川
8	下水道	花の木雨水ポンプ所	(二)巴川
9	下水道	高橋雨水ポンプ場	(二)山原川
10	河川(県)	七曲川逆流防止樋門	(二)七曲川
11	河川(市)	渋川ポンプ施設 (川岸町排水ポンプ)	(二)巴川
12	河川(市)	北脇新田排水ポンプ施設	(二)巴川
13	河川(市)	光福寺沢ポンプ施設	(普)山ノ神川
14	河川(市)	観山地区排水ポンプ施設	(二)七曲川
15	河川(市)	唐瀬地区排水ポンプ施設	麻機遊水地
16	河川(市)	城北1号ポンプ施設	(準)安東川
17	河川(市)	城北2号ポンプ施設	(準)安東川
18	河川(市)	押切南遊水池ポンプ施設	(準)和田川
19	河川(市)	押切北調整池ポンプ施設	(普)壺町田川

■ 巴川・長尾川・大谷川放水路    ■ 市普通河川  
■ 県管理河川(上記以外)    ■ 雨水幹線  
■ 市法河川    ■ 下水道(Φ600mm以上)  
■ 市準用河川    ■ 流域界  
 遊水地

# RRIモデルの巴川流域への適用性

- 「中小河川洪水予測モデル構築マニュアル」(以下、「マニュアル」という)では、主に流出現象を対象に、RRIモデルを適用する旨が記載されている(氾濫現象に対する記載は無い)
- RRIモデル(公開版)は、**市管理河川や下水道からの内水氾濫の表現が困難**
- 全流域を同一のメッシュサイズで解析するため、**メッシュサイズを小さくすると計算速度が大幅に低下**
- 100m程度のメッシュサイズでは、**川幅が狭く密に存在する市管理河川等の地形の表現が困難**

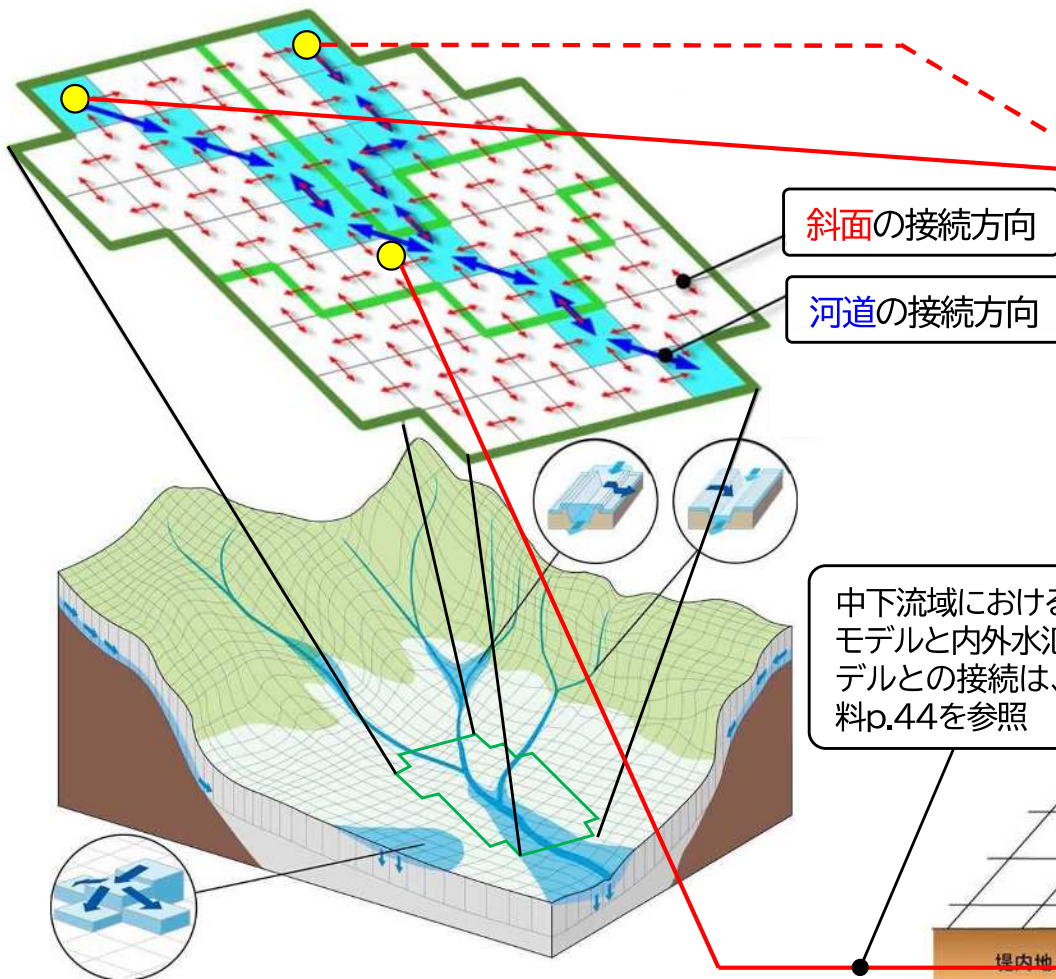


# 水位・氾濫域予測モデルの構成

- 巴川流域の特性を踏まえ、2種類のモデルを構築
  - ✓ 全流域を対象としたRRIモデル(上流域での溢水氾濫による流量低減を考慮)
  - ✓ 中下流域を対象とした内水・外水氾濫モデル(巴川の浸水要因を正確に表現)

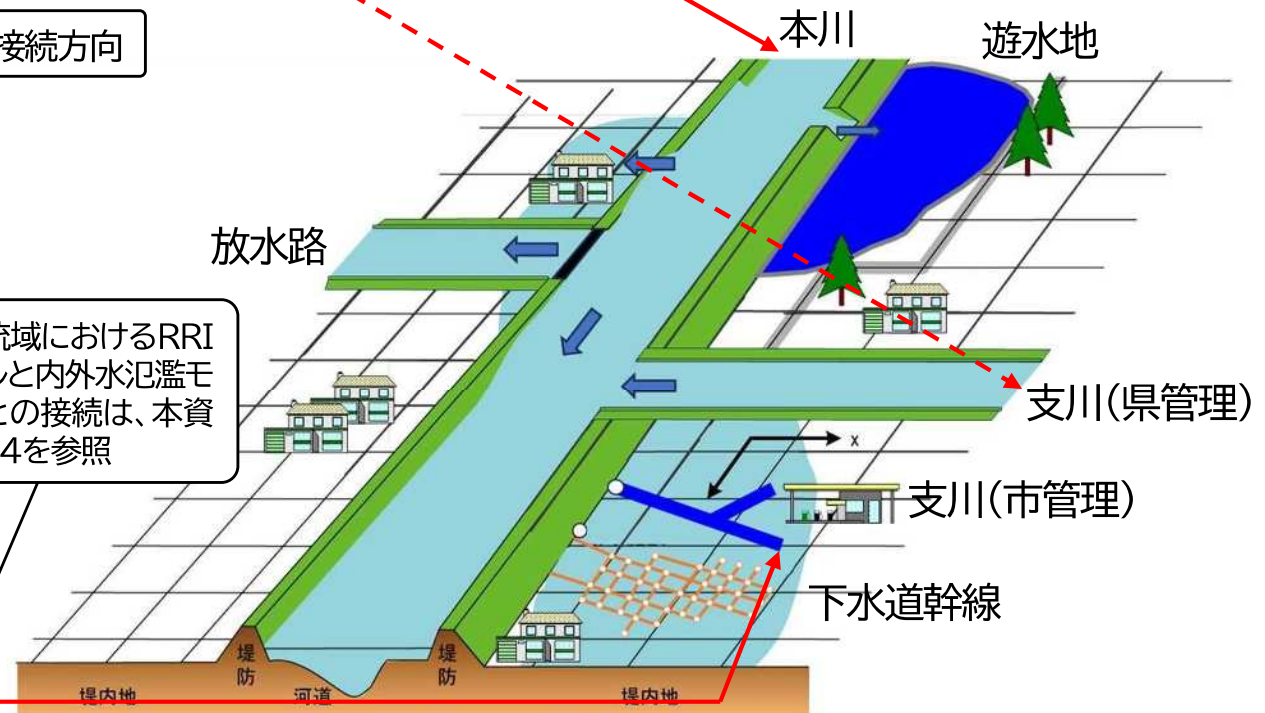
## ■「RRIモデル」のイメージ

- 小流域毎に流出量を算定し、内外水氾濫モデルの境界条件として設定



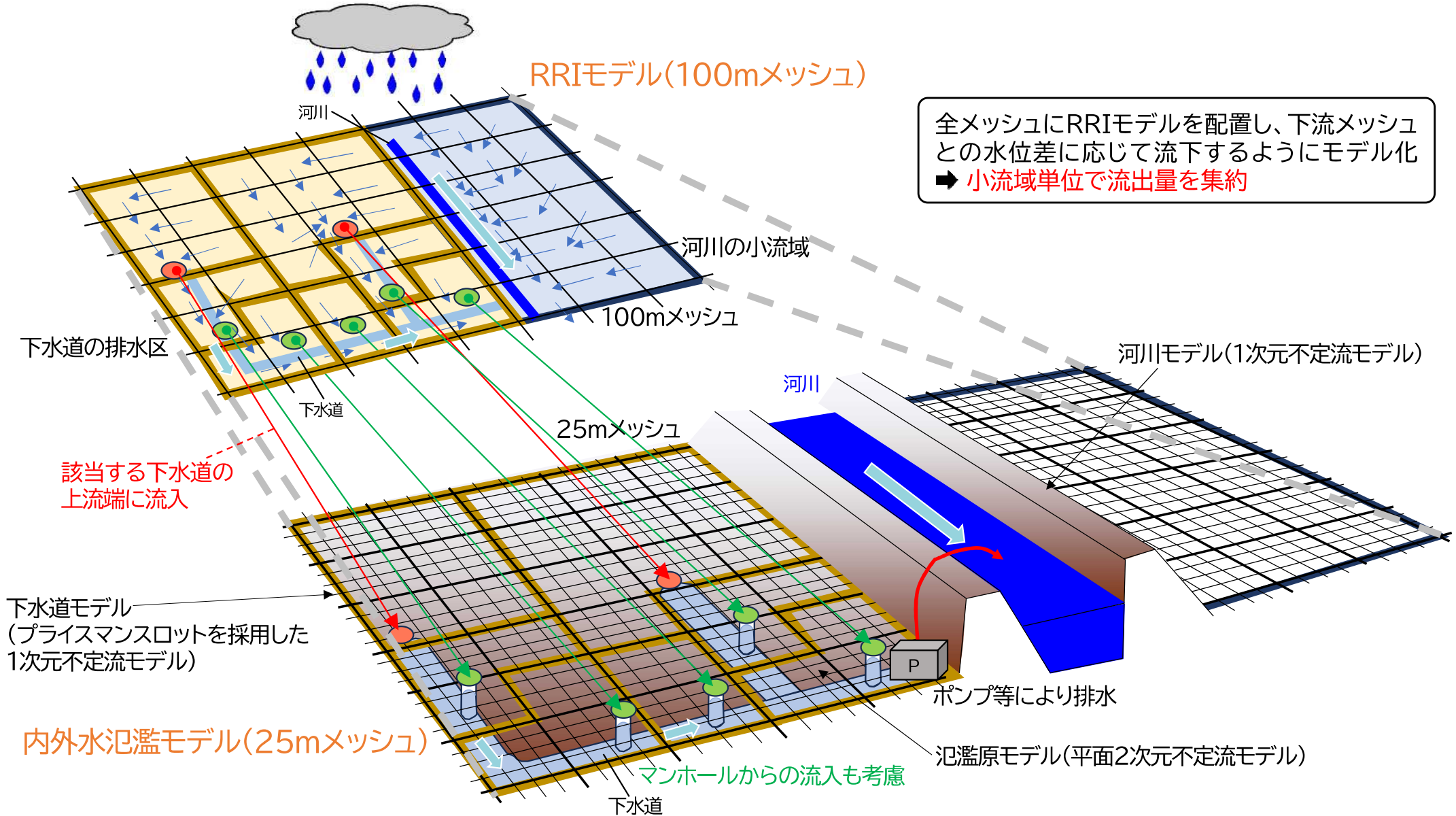
## ■「内外水氾濫モデル」のイメージ

- 本支川の合流、放水路への分派、遊水地・雨水貯留施設による洪水調節、下水道を考慮し、内水・外水氾濫を一体的に計算
- RRIモデルの流出量を境界条件として引き継ぐ



# 中下流域のRRIと内外水氾濫モデルの接続方法

- RRIモデルにより算定した流出量(河川の小流域や下水道の排水区単位で算定)を内外水氾濫モデルの境界条件として設定



# 水位・氾濫域予測モデルの手法選定(案)

- 「マニュアル」に準拠し、全流域を対象としたRRIモデル(100mメッシュ)を構築
- 内外水氾濫モデルは、モデル要件を踏まえ、**巴川流域の氾濫特性の表現が可能で、計算速度が高速な静岡型モデル**を選定し、中下流域を対象に構築(家屋浸水等を正確に判定するため、25mメッシュを採用)

## ■「内外水氾濫モデル」の候補

モデル名	特徴	外水 氾濫	内水氾濫		計算速度	選定 (案)
			支川	下水道		
RRI (公開版)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・流出から氾濫まで一体的な解析が可能な公開モデルで、水位・氾濫域予測への適用実績が豊富(氾濫解析に実地形を考慮させるためには工夫が必要)</li> <li>・樋門等の閉鎖による支川や下水道の内水氾濫現象を対象とした解析は不可</li> <li>・流出から氾濫まで同一のメッシュサイズで解析するため、メッシュサイズを小さくすると計算速度が大幅に低下</li> </ul>	○	△	×	遅	
MIKE URBAN	<ul style="list-style-type: none"> <li>・静岡市内水ハザードマップの作成等に使用</li> <li>・下水道管路網を対象とした詳細な解析が可能</li> <li>・水位・氾濫域予測への適用実績が少</li> <li>・メッシュサイズが小さいと計算速度が大幅に低下</li> </ul>	○	○	○	遅	
Dio VISTA	<ul style="list-style-type: none"> <li>・流域治水の検討等に使用されているが、水位・氾濫域予測への適用実績は少</li> <li>・下水道からの氾濫現象を対象とした解析は不可</li> </ul>	○	○	×	速	
静岡型 モデル	<ul style="list-style-type: none"> <li>・河道モデル(一次元不定流)と氾濫モデル(平面二次元不定流)を連成した河道と氾濫の一体モデル</li> <li>・各種流出モデルとの接続や下水道からの氾濫を考慮した解析が可能</li> <li>・測量断面で河道水位・流量を計算し、実地形に即した溢水・越水を判定</li> <li>・詳細なメッシュサイズでも、ホットスタート機能※1や領域逐次設定機能※2により、予測計算の高速化が可能</li> </ul>	○	○	○	速	○

※1 ホットスタート機能: 過去の計算結果(水位や氾濫量等)を引き継いで、最新の計算を実施する機能である。洪水期間の途中からの計算が可能のため、計算期間を限定することで、計算時間の大幅な短縮が可能となる。

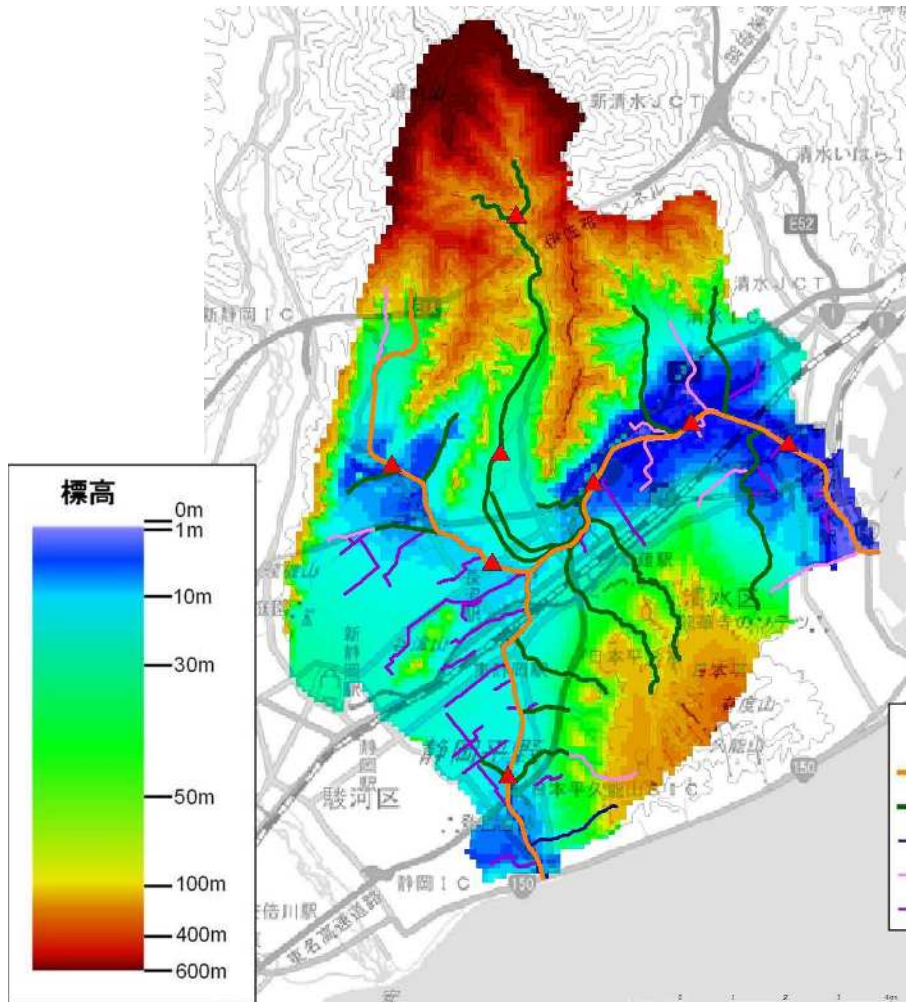
※2 領域逐次設定機能: 解析で得られた時々刻々の氾濫領域に応じて、計算領域を自動的に拡大・縮小することで、計算量を適切に設定し、計算時間の大幅な短縮が可能となる。



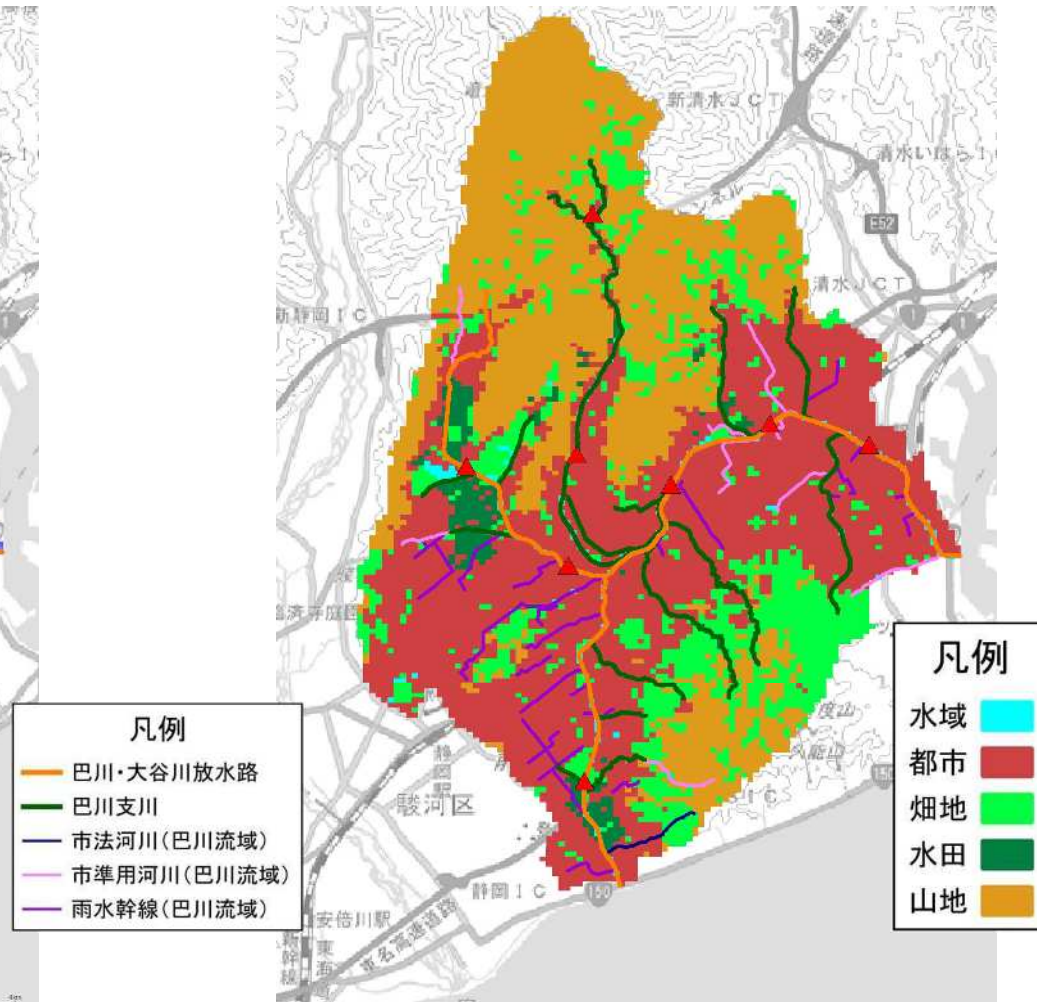
# RRIモデルの構築方針

- VIRTUAL SHIZUOKAの標高データ(3次元点群データ)を活用し、メッシュ地盤高データ(100mメッシュ)を作成
- メッシュ標高データから表面流向(流出計算時のメッシュ間の流れの向き)を設定
- 国土数値情報の土地利用細分メッシュデータをもとに流域内の土地利用を設定し、パラメータ区分に活用

## ■メッシュ地盤高の整理(100mメッシュ)



## ■土地利用分類の整理(100mメッシュ)



## 内外水氾濫モデルの構築方針【モデル構成】

- 県管理河川や市管理河川、下水道(Φ600mm以上を対象)を適切にモデル化
- 予測精度や計算時間を確認し、リアルタイム運用に向けてモデル構成を最適化
- 家屋浸水や道路冠水を正確に判定するため、氾濫計算モデルのメッシュサイズは25m

## ■モデル構成

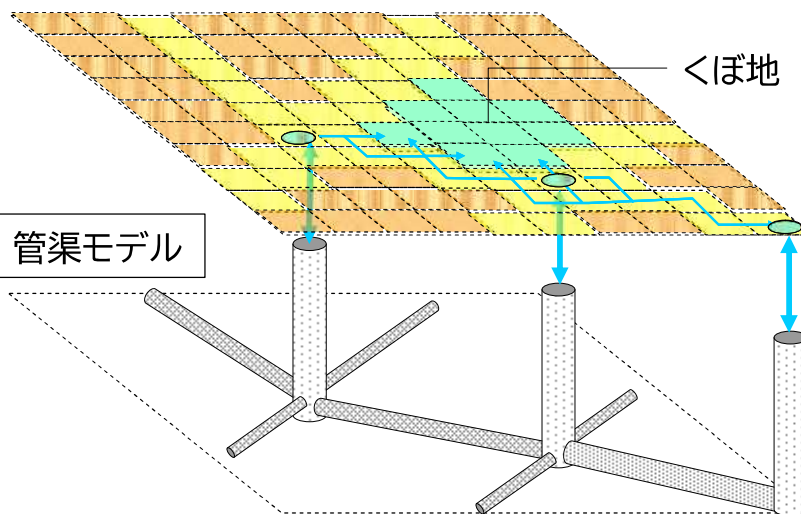
## 【河川モデル:1次元不定流モデル】

- ・県管理河川:測量断面を河道測線(100m~200mピッチ)毎に設定し、水位・流量を算定
- ・市管理河川、雨水幹線(開水路):測量断面もしくは矩形開水路を設定し、水位・流量を算定
- ・下水道(管渠):プライスマンロット・モデルを採用し、開水路状態~満管状態まで一連で計算

## 【氾濫原モデル:平面2次元不定流モデル】

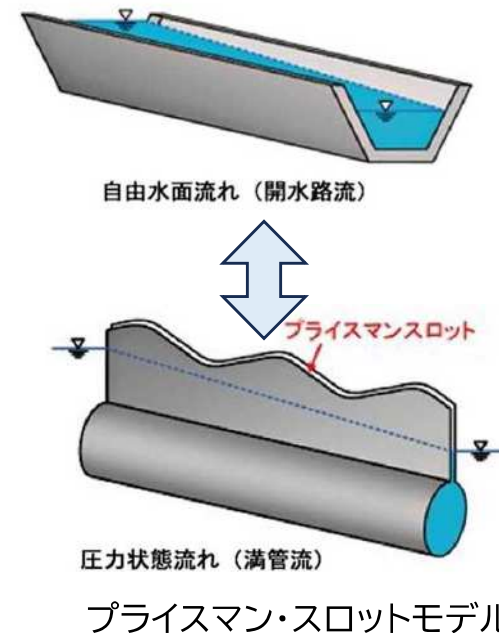
- ・地盤高や土地利用に基づく粗度係数を25mメッシュで設定
- ・主要道路(国道、高速道路)、鉄道(JR、私鉄)等の連続盛土構造物を考慮

氾濫原モデル(二次元)



管渠モデル

氾濫原モデルと管渠モデルの連携



自由水面流れ(開水路流)

プライスマンスロット

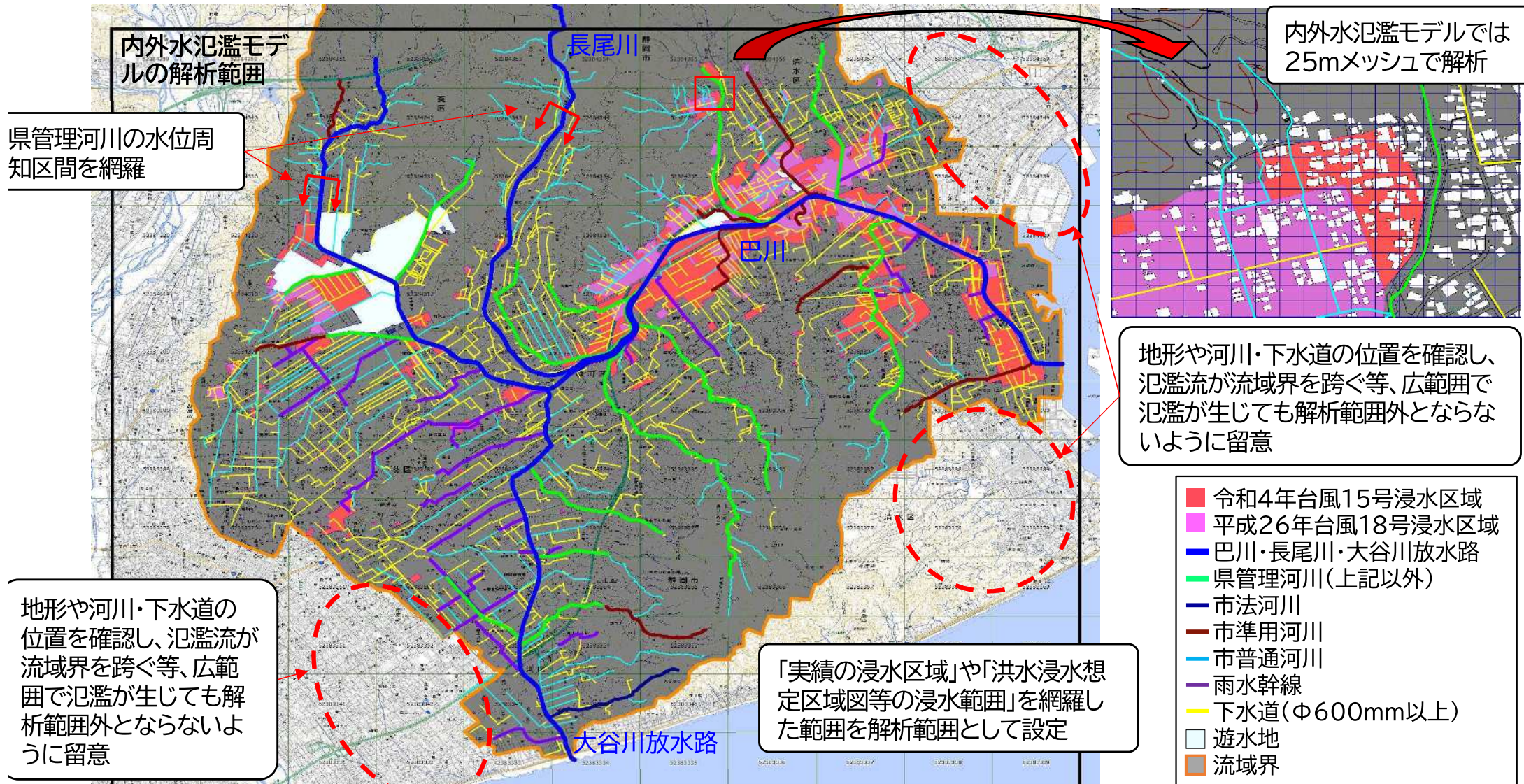
圧力状態流れ(満管流)

プライスマン・スロットモデル

# 内外水氾濫モデルの構築方針【解析範囲】

● 以下を確認し、内外水氾濫モデルの解析範囲を設定

- ①地形、②流域界、③河川・下水道の位置、④実績の浸水区域、⑤洪水浸水想定区域図(巴川本支川)、⑥都市浸水想定区域図、⑦洪水・内水ハザードマップ



内外水氾濫モデルでは  
25mメッシュで解析

県管理河川の水周  
知区間を網羅

地形や河川・下水道の位置を確認し、  
氾濫流が流域界を跨ぐ等、広範囲で  
氾濫が生じても解析範囲外とならない  
ように留意

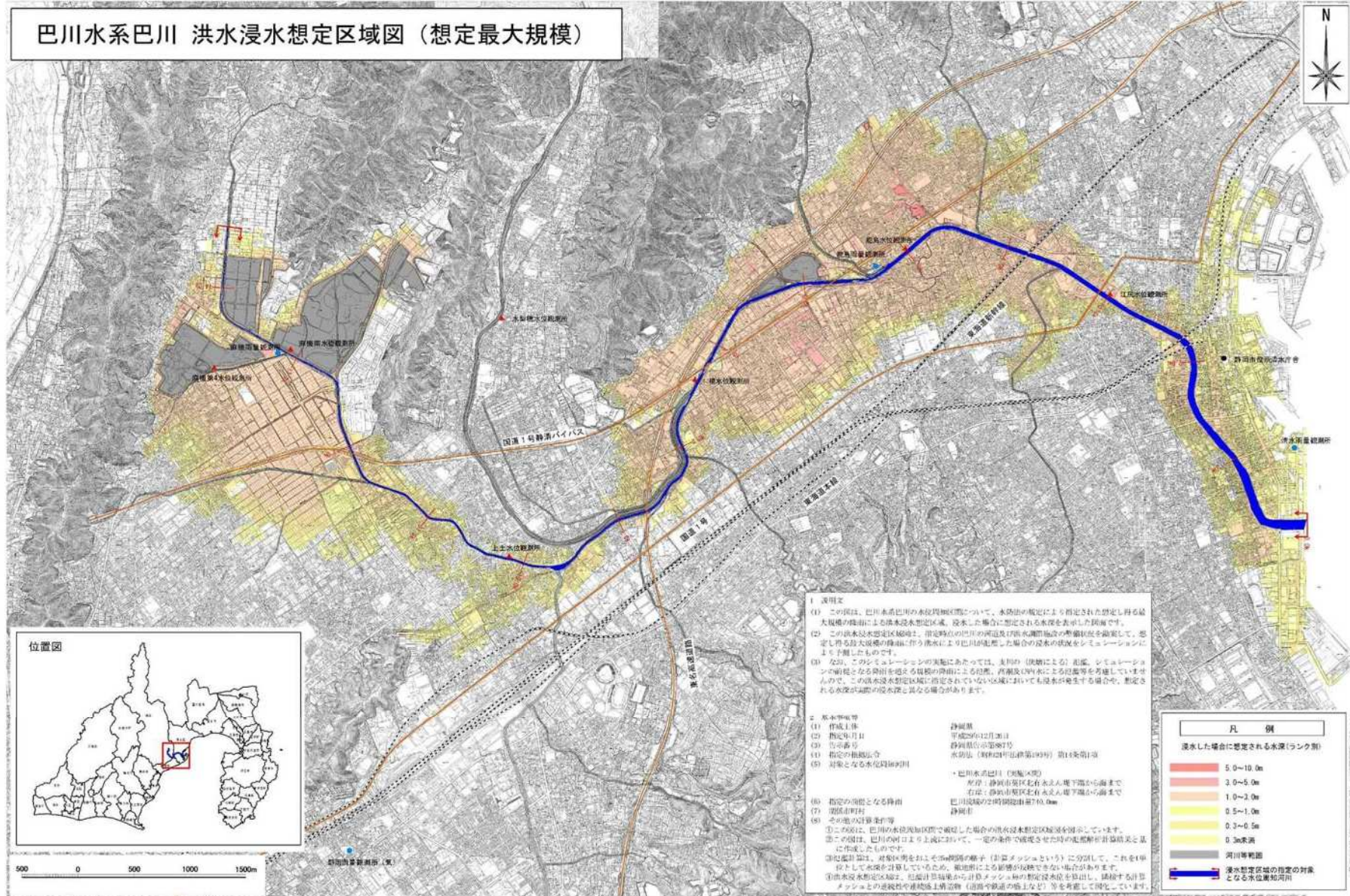
地形や河川・下水道の  
位置を確認し、氾濫流が  
流域界を跨ぐ等、広範  
囲で氾濫が生じても解  
析範囲外とならないよ  
うに留意

「実績の浸水区域」や「洪水浸水想  
定区域図等の浸水範囲」を網羅し  
た範囲を解析範囲として設定

- 令和4年台風15号浸水区域
- 平成26年台風18号浸水区域
- 巴川・長尾川・大谷川放水路
- 県管理河川(上記以外)
- 市法河川
- 市準用河川
- 市普通河川
- 雨水幹線
- 下水道(φ600mm以上)
- 遊水地
- 流域界

# 【参考】洪水浸水想定区域図(巴川:想定最大規模)

## ● 巴川を対象とした想定最大規模の浸水状況

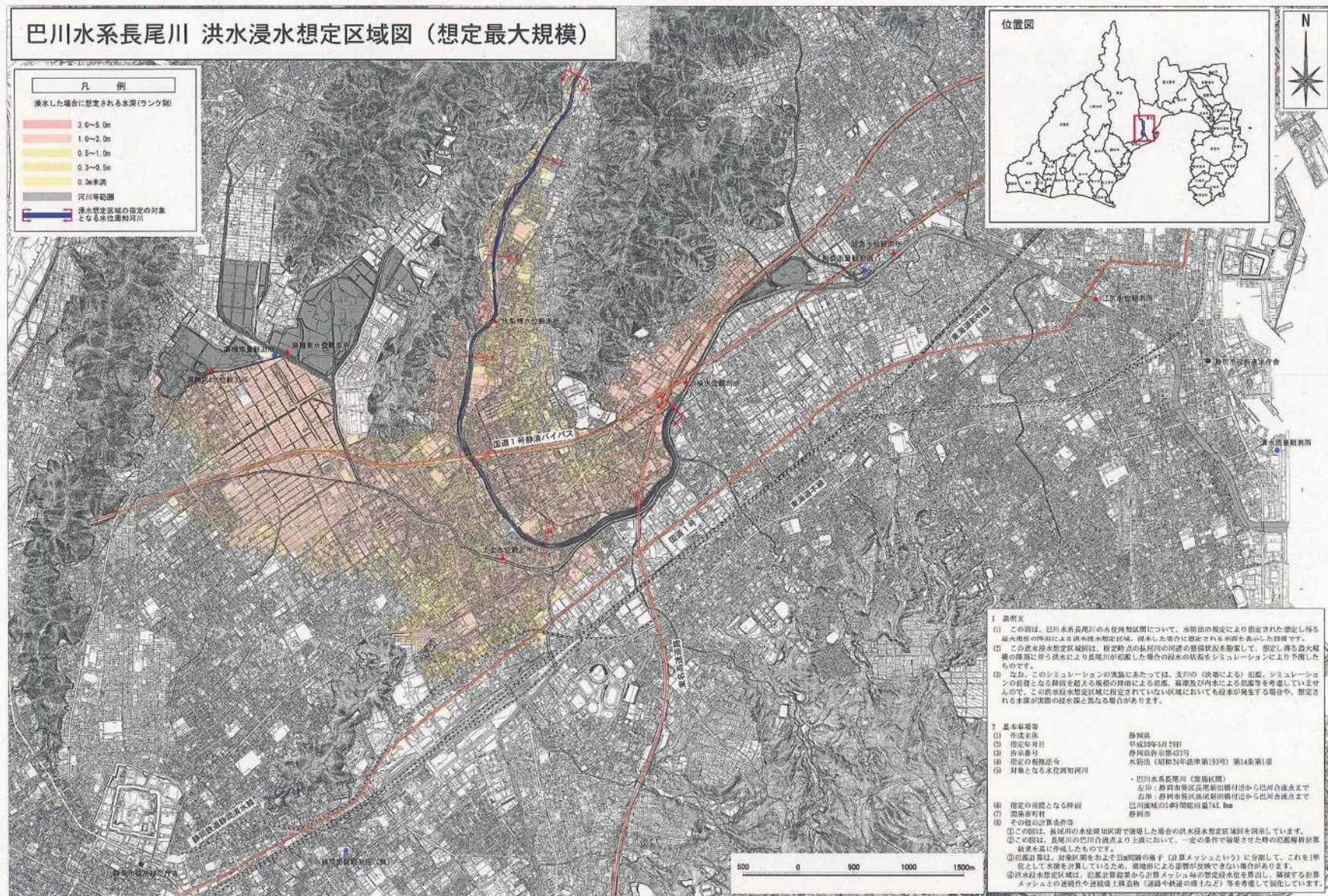


この地図は、国土地理院長の承認を得て、同院発行の基礎地図情報を使用したものである。(承認番号 平29情使、第990号)

この地図は、静岡市長の承認を得て、同市発行の地形図を複製したものである。(承認番号 28静都都計画 第3631号)

## 【参考】洪水浸水想定区域図(長尾川:想定最大規模)

- 長尾川を対象とした想定最大規模の浸水状況

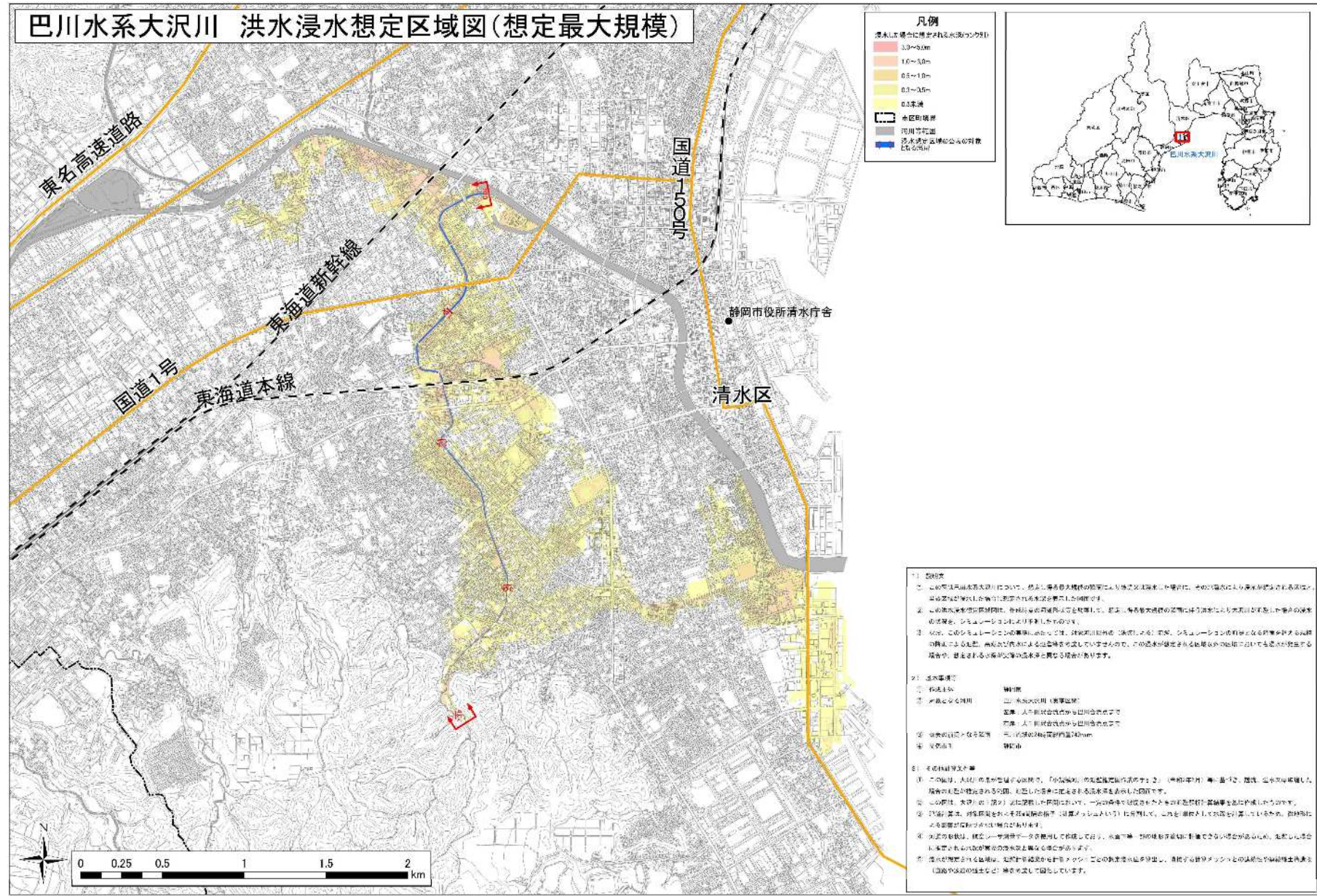


この地図は、国土地理院長の承認を得て、同院発行の基盤地図情報を使用したものである。(承認番号 平29情使、第990号)

この地図は、静岡市長の承認を得て、同市発行の地形図を複製したものである。(承認番号 28総経部都計画 第3631号)

# 【参考】洪水浸水想定区域図(大沢川:想定最大規模)

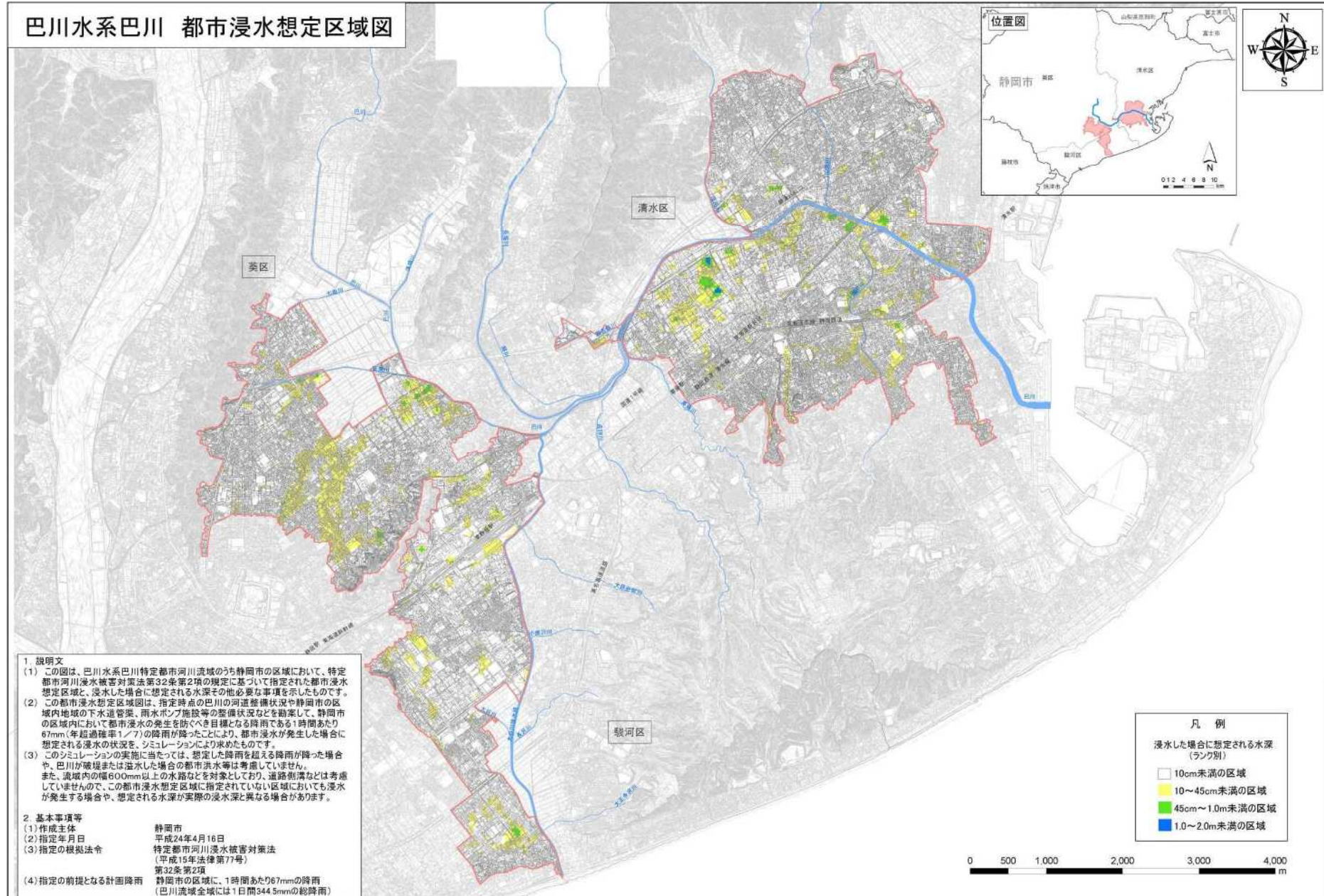
## ● 大沢川を対象とした想定最大規模の浸水状況



この地図の作成に当たっては、国土地理院の承認を得て、同院発行の基盤地図情報を使用した。[測位法に基づく国土地理院承認(使用)R3.01s.406]  
 ※A4用紙(横)41.0cm、A3用紙(縦)59.4cm

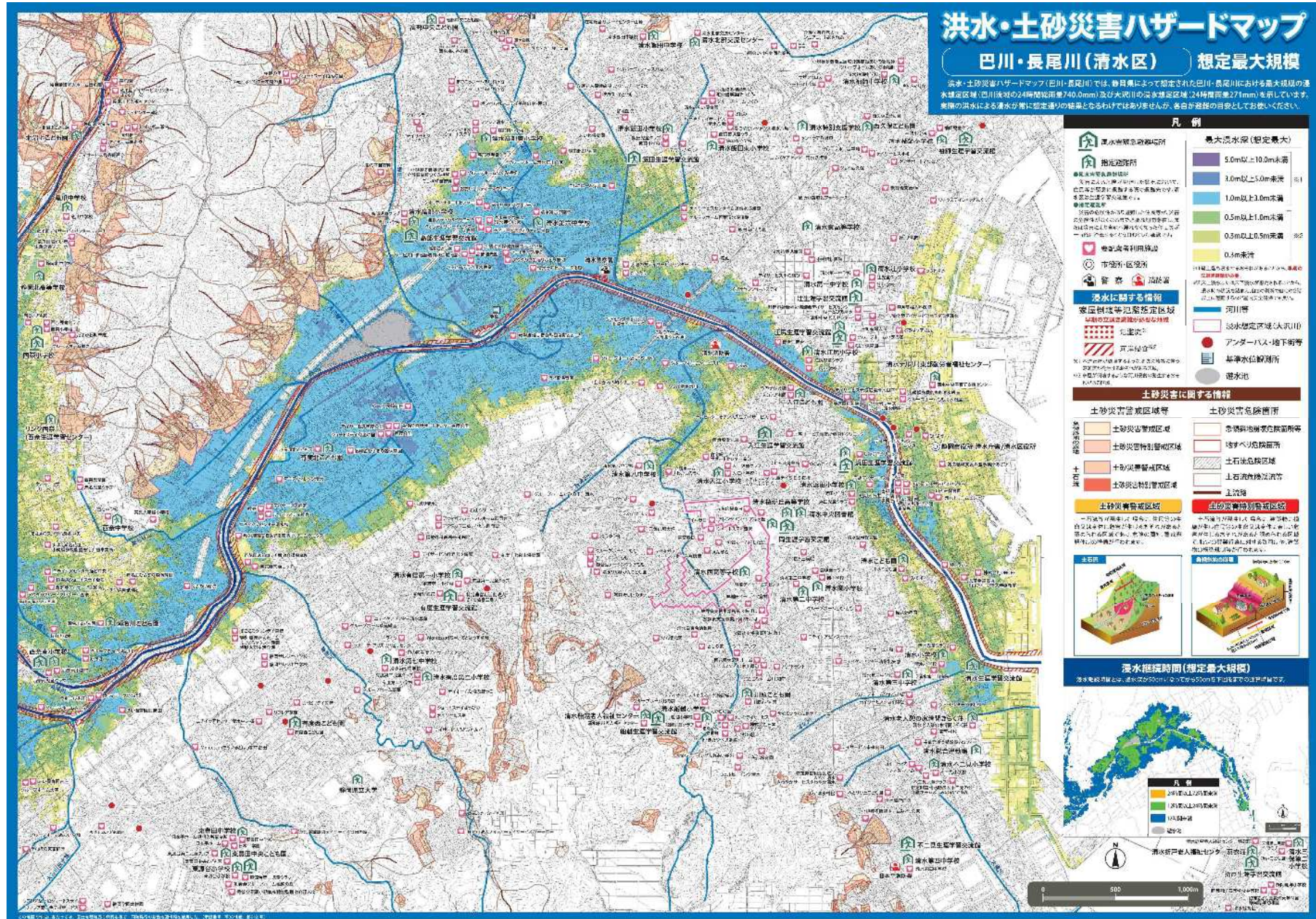
# 【参考】都市浸水想定区域図(巴川)

- 流域内の市管理河川やΦ600mm以上の下水道等を対象とした年超過確率1/7規模の浸水状況



## 【参考】洪水ハザードマップ(清水区)

- 巴川・長尾川を対象とした想定最大規模の浸水状況と重要施設(避難所等)を重ねて表示





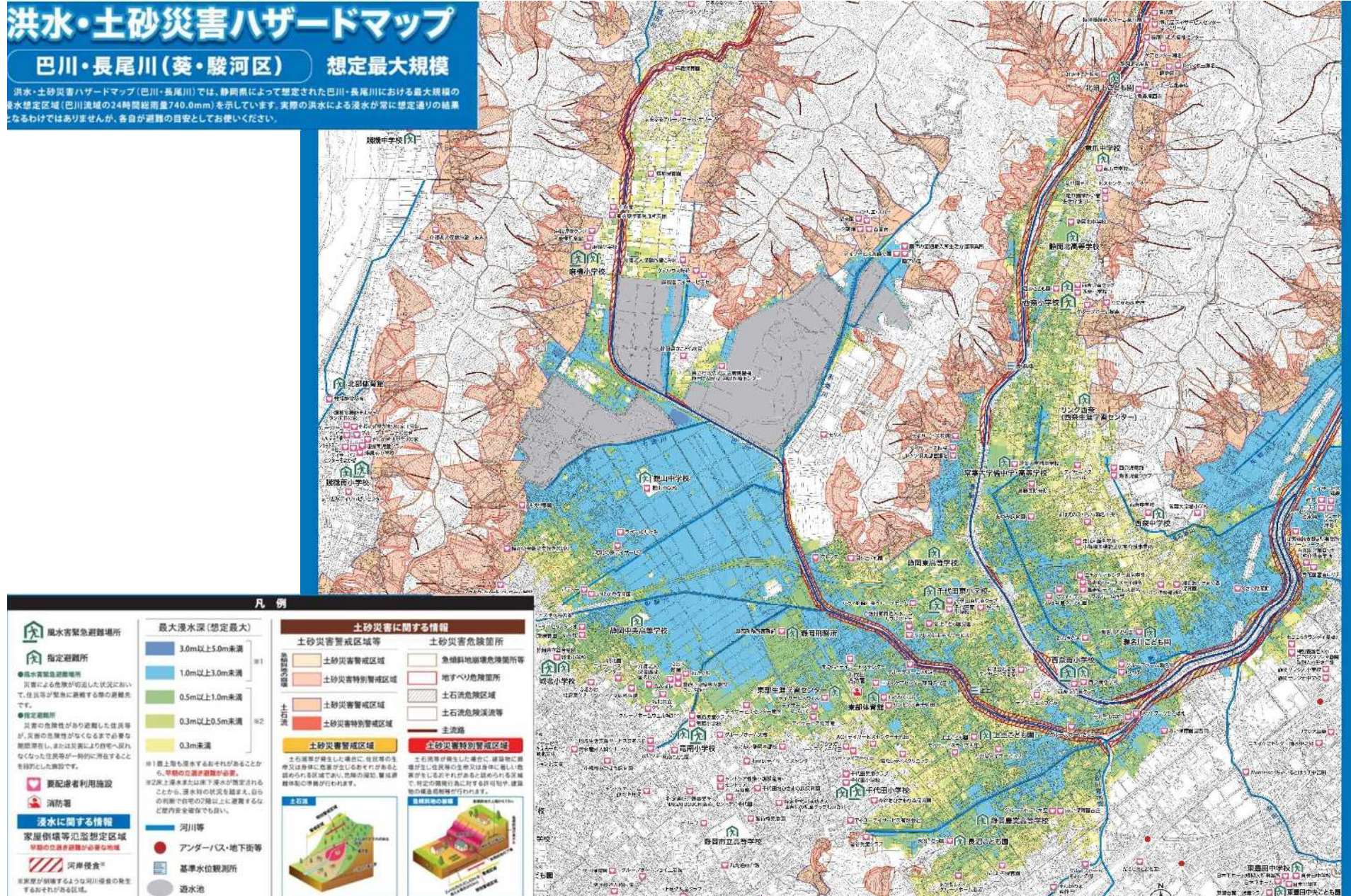
# 【参考】洪水ハザードマップ(葵・駿河区)

- 巴川・長尾川を対象とした想定最大規模の浸水状況と重要施設(避難所等)を重ねて表示

## 洪水・土砂災害ハザードマップ

### 巴川・長尾川(葵・駿河区) 想定最大規模

洪水・土砂災害ハザードマップ(巴川・長尾川)では、静岡県によって想定された巴川・長尾川における最大規模の浸水想定区域(巴川流域の24時間総雨量740.0mm)を示しています。実際の洪水による浸水が常に想定通りの結果となるわけではありませんが、各自が避難の目安としてお使いください。

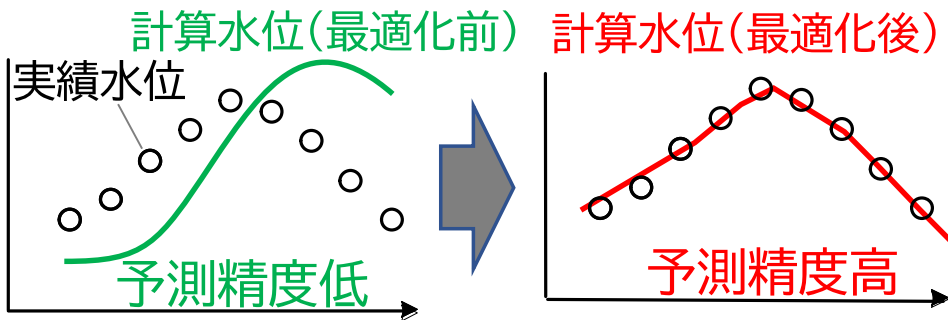
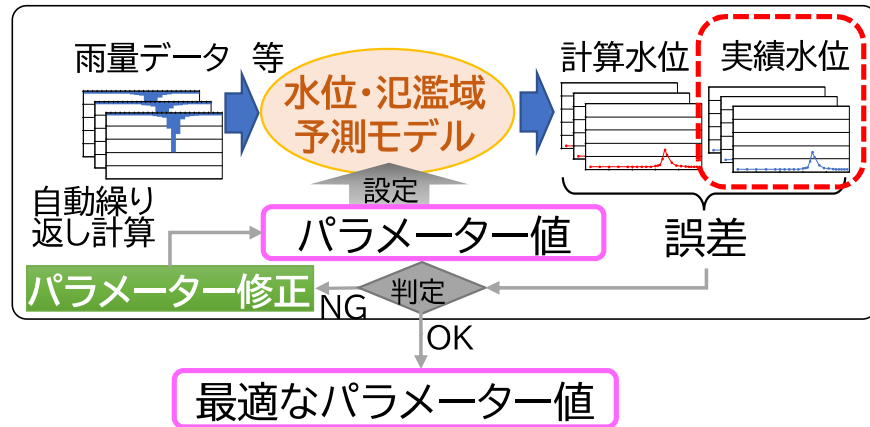


凡例																					
風水害緊急避難場所	最大浸水深(想定最大)																				
指定避難所	3.0m以上5.0m未満																				
風水害緊急避難場所	1.0m以上3.0m未満																				
災害による危険が軽減した状況において、住民が緊急に避難する際の避難先です。	0.5m以上1.0m未満																				
指定避難所	0.3m以上0.5m未満																				
災害の危険性が回避された住民等が、災害の危険性がなくなるまで必要な期間居住し、または災害により自宅へ戻れなくなった住民等が一時的に滞在することを目的とした施設です。	0.3m未満																				
要配慮者利用施設																					
消防署																					
浸水に関する情報																					
家屋倒壊等氾濫想定区域																					
早期の立ち寄り避難が必要な地域																					
河岸侵食*																					
※崩壊が顕著するような河川横断の発生するおそれがある区域。																					
河川等																					
アンダーパス・地下街等																					
基準水位観測所																					
遊水池																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">土砂災害に関する情報</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>土砂災害警戒区域等</td> <td>土砂災害危険箇所</td> </tr> <tr> <td>土砂災害警戒区域</td> <td>急傾斜地崩壊危険箇所等</td> </tr> <tr> <td>土砂災害特別警戒区域</td> <td>地すべり危険箇所</td> </tr> <tr> <td>土砂災害警戒区域</td> <td>土石流危険区域</td> </tr> <tr> <td>土砂災害特別警戒区域</td> <td>土石流危険渓流等</td> </tr> <tr> <td>土砂災害警戒区域</td> <td>主流路</td> </tr> <tr> <td>土砂災害特別警戒区域</td> <td></td> </tr> <tr> <td>土砂災害発生した場合に、住民等の生命又は財産に被害が生じるおそれがある区域のため、警戒区域として、避難の勧告、警戒区域の立入り規制が行われます。</td> <td>土砂災害発生した場合に、住民等の生命又は財産に被害が生じるおそれがある区域で、特定の危険行為に対する許可制等、建築物の構造規制が行われます。</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		土砂災害に関する情報		土砂災害警戒区域等	土砂災害危険箇所	土砂災害警戒区域	急傾斜地崩壊危険箇所等	土砂災害特別警戒区域	地すべり危険箇所	土砂災害警戒区域	土石流危険区域	土砂災害特別警戒区域	土石流危険渓流等	土砂災害警戒区域	主流路	土砂災害特別警戒区域		土砂災害発生した場合に、住民等の生命又は財産に被害が生じるおそれがある区域のため、警戒区域として、避難の勧告、警戒区域の立入り規制が行われます。	土砂災害発生した場合に、住民等の生命又は財産に被害が生じるおそれがある区域で、特定の危険行為に対する許可制等、建築物の構造規制が行われます。		
土砂災害に関する情報																					
土砂災害警戒区域等	土砂災害危険箇所																				
土砂災害警戒区域	急傾斜地崩壊危険箇所等																				
土砂災害特別警戒区域	地すべり危険箇所																				
土砂災害警戒区域	土石流危険区域																				
土砂災害特別警戒区域	土石流危険渓流等																				
土砂災害警戒区域	主流路																				
土砂災害特別警戒区域																					
土砂災害発生した場合に、住民等の生命又は財産に被害が生じるおそれがある区域のため、警戒区域として、避難の勧告、警戒区域の立入り規制が行われます。	土砂災害発生した場合に、住民等の生命又は財産に被害が生じるおそれがある区域で、特定の危険行為に対する許可制等、建築物の構造規制が行われます。																				

# 水位・氾濫域予測モデルのパラメータチューニング

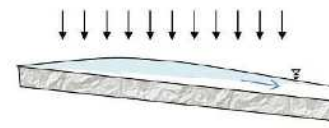
- 近年の大規模洪水における実績水位データを検証データとして、パラメータチューニングを実施(「マニュアル」に記載されている「SCE-UA法(大域的探索手法)」を採用)
- SCE-UA法でチューニングするパラメータは、「マニュアル」に記載されているRRIの各パラメータと内外水氾濫解析モデルの河道粗度係数を対象

## SCE-UA法によるモデルパラメータ最適化

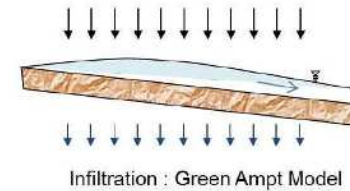


## 対象パラメータ

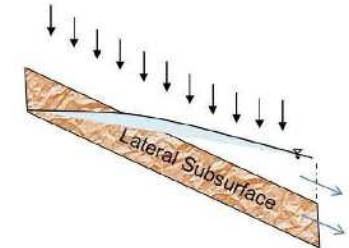
(A) 表面流のみ  
【都市】



(B) 表面流 + 鉛直浸透流  
【水田、畑地】



(C) 表面流 + 中間流  
【山地】



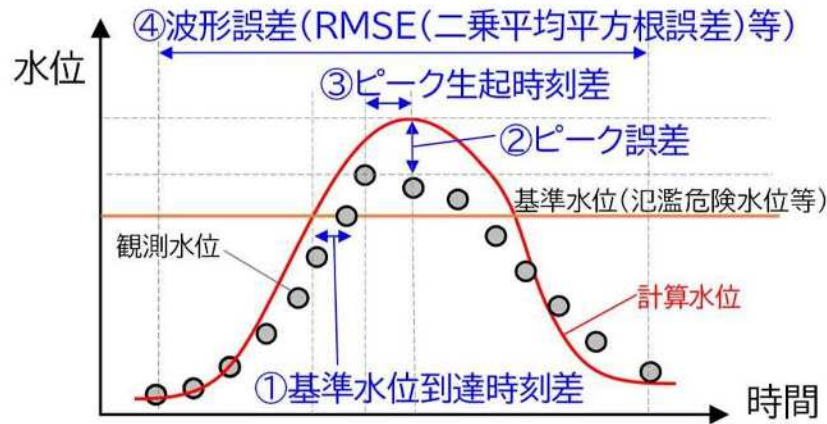
最適化対象	初期値	最小値	最大値	(A) 都市	(B) 水田畑地	(C) 山地
河道粗度係数	0.03	0.015	0.05	○	○	○
斜面粗度係数	0.2	0.015	0.4	○	○	○
土層厚	1.0	0.5	2.0		○	
飽和空隙率	0.3	0.1	0.6			○
飽和透水係数 $\alpha$	2	1	3			○
不飽和空隙率 $\beta$	2.5	1	10			○

# 水位・氾濫域予測モデルの精度検証方針

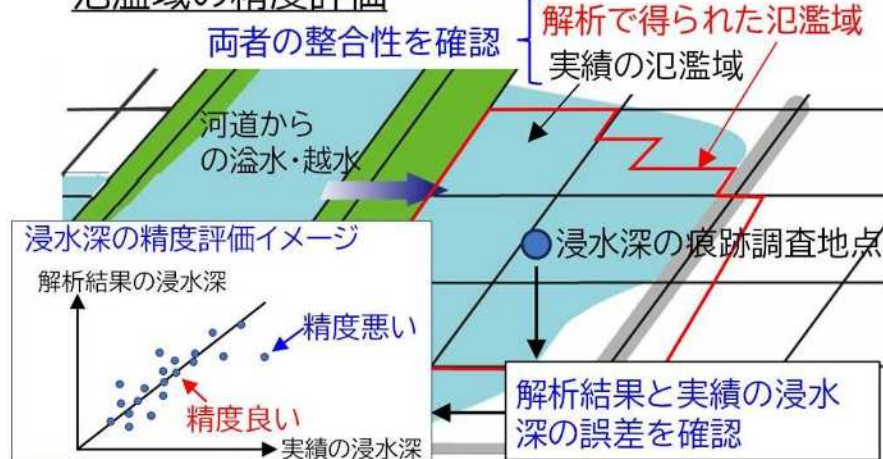
- 最適化したパラメータによる予測計算結果に対し、定量的な精度評価を実施
  - ✓ 水位: 「洪水予測システムのチェックリスト」(国総研)を参考に、複数の誤差指標で評価
  - ✓ 氾濫域: 実績氾濫域との比較、実績浸水深との整合の確認

## ■ 水位・氾濫域の精度評価

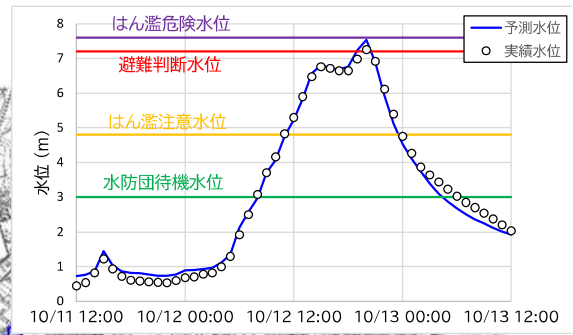
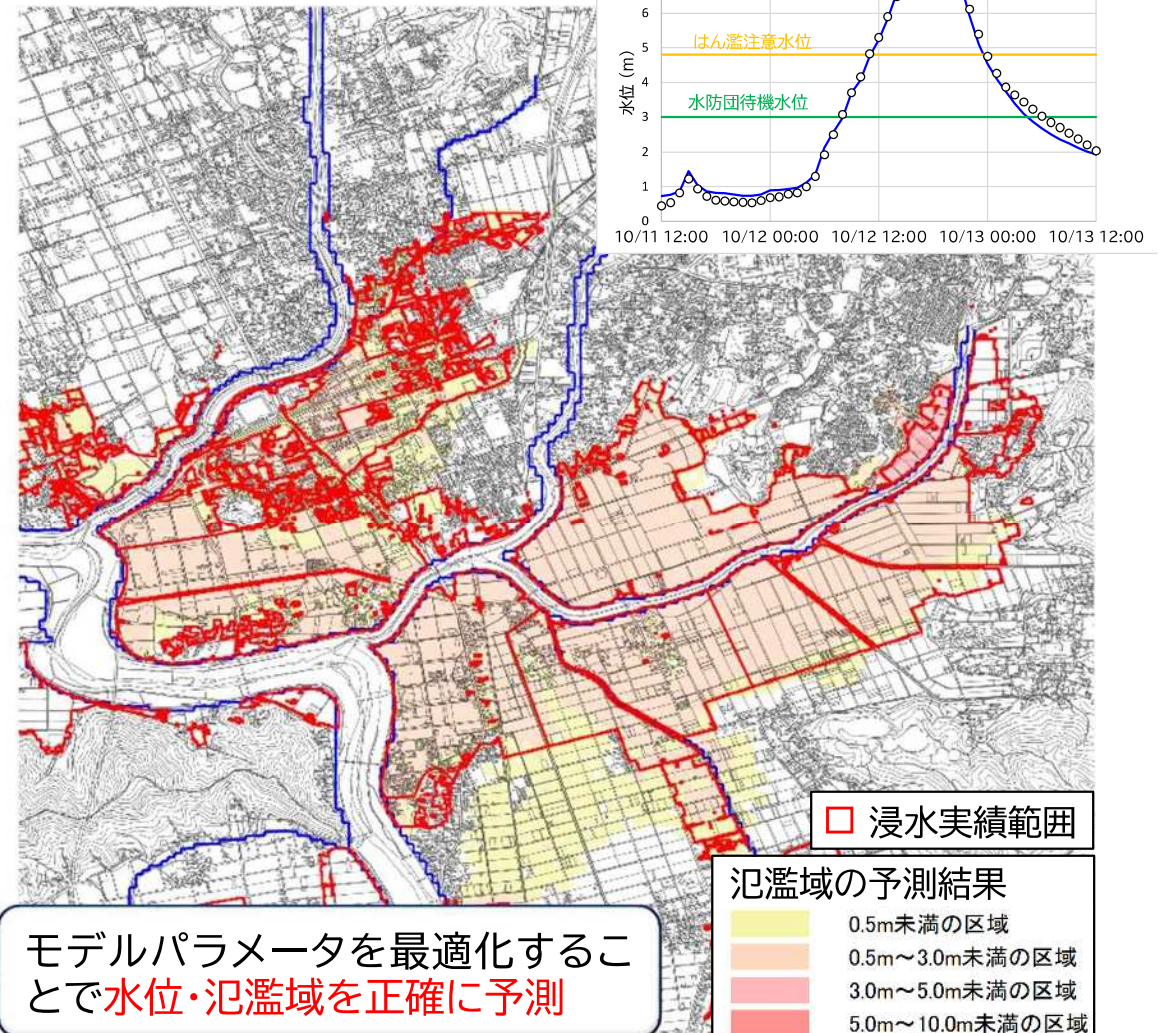
### 水位の精度評価



### 氾濫域の精度評価



## ■ 水位・氾濫域の精度評価イメージ

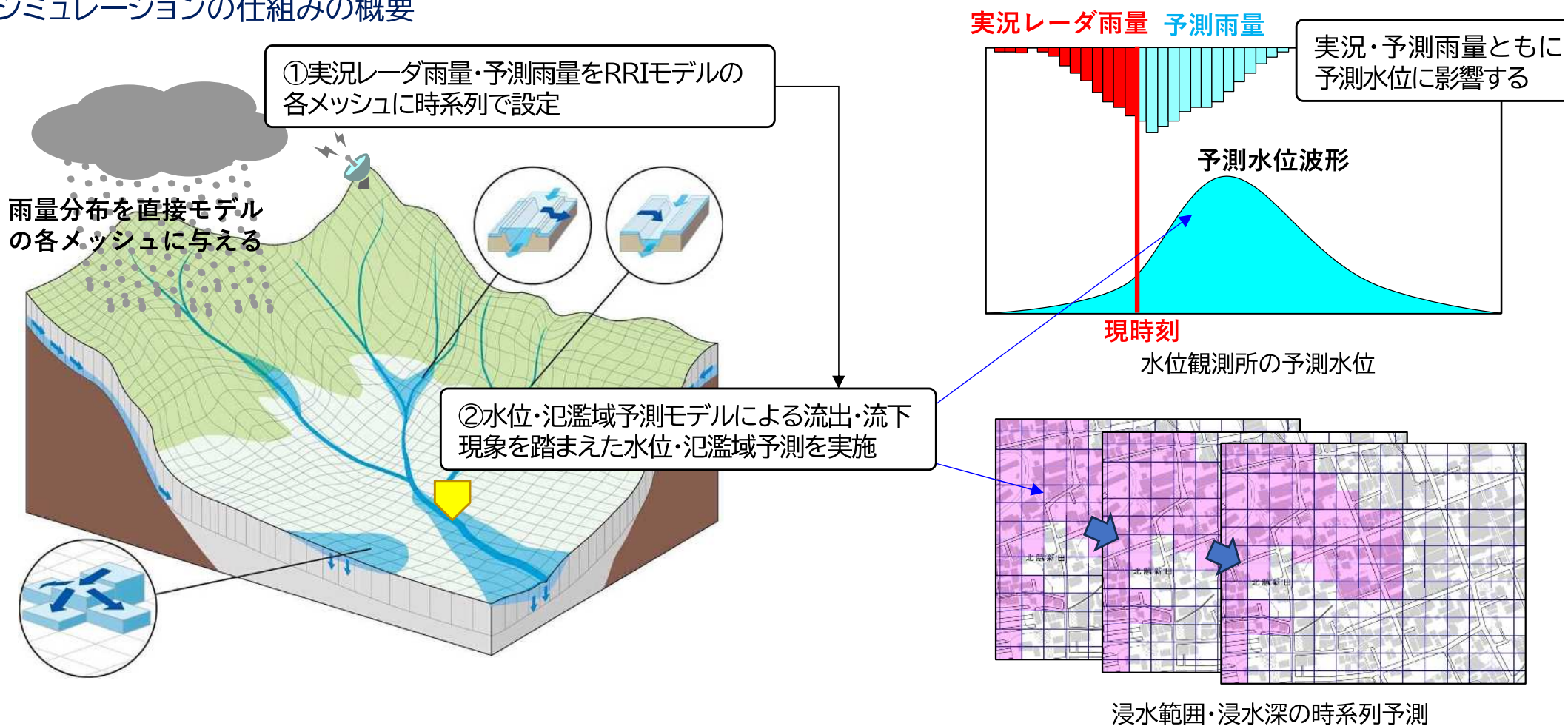


# 実況レーダ雨量・予測雨量のモデルへの取り込み

- 予測計算においては、予測モデルの入力値(境界条件)として、実況レーダ雨量・予測雨量を与え、将来の水位・氾濫域のシミュレーションを実施
- 水位・氾濫域を高精度に予測(最大15時間先まで※)するため、**精度の高い実況レーダ雨量・予測雨量データをシミュレーションに取り込むことが重要**

※ 15時間先まで予測することで、大雨となる時間帯(翌朝等)や場所の見込みを前日の夕方時点で把握可能

## ■シミュレーションの仕組みの概要

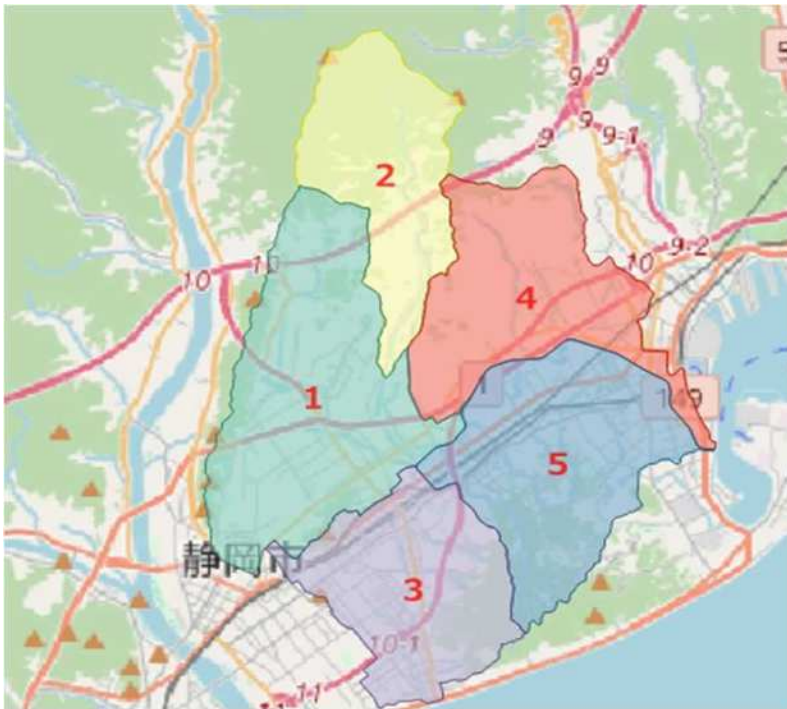


# 実況レーダ雨量・予測雨量の精度評価方法

- 地上雨量で補正された気象庁の解析雨量を真値とし、各種プロダクト(実況レーダ雨量・予測雨量)と比較することで精度を評価
- 上記の精度評価結果や各種プロダクトの特徴をもとに、水位・氾濫域予測モデルに与える最適な降雨データを選定

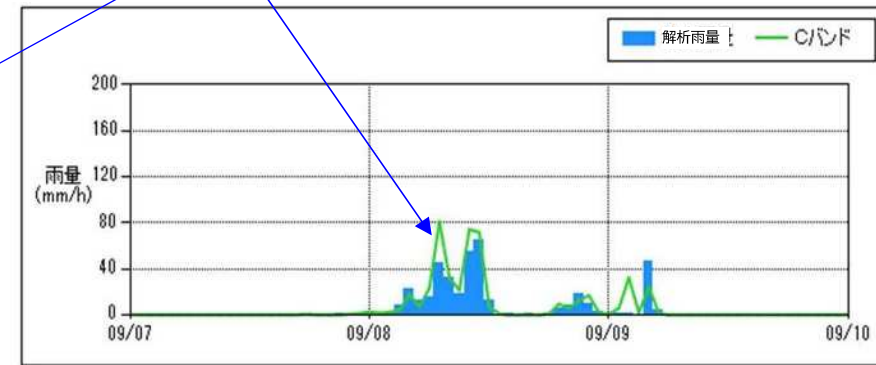
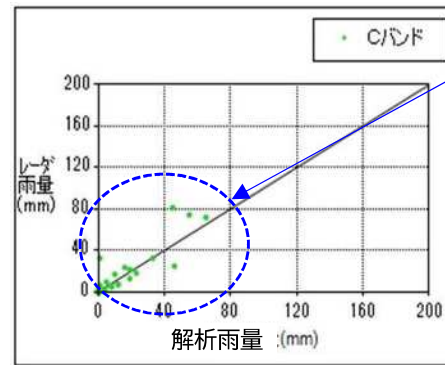
## 精度評価方法

巴川流域を5つの流域に分割し、小流域毎に気象庁解析雨量との相関係数、総雨量比を算定することで、各種プロダクト(実況レーダ雨量・予測雨量)の精度を評価



流域1、2、4:山地からの主要河川毎の流出域  
 流域3 :放水路の集水域(市街地がメイン)  
 流域5 :緩傾斜丘陵(日本平)からの流出域と低平地

### 各種プロダクトのバラツキとボリュームを評価



解析雨量と実況レーダ雨量・予測雨量の相関分析・雨量時系列比較(上記はCバンドオンラインの例)

相関係数  $r$  (1.0に近いほど精度が高い)

総雨量比  $s$  (1.0に近いほど精度が高い)

$$r = \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})(x_i - \bar{x})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}}$$

$x_i$  : 解析雨量  
 $\bar{x}$  : 解析雨量の平均値  
 $y_i$  : レーダ雨量  
 $\bar{y}$  : レーダ雨量の平均値

$$s = \frac{\sum_{i=1}^N y_i}{\sum_{i=1}^N x_i}$$

$x_i$  : 解析雨量  
 $y_i$  : レーダ雨量

# 実況レーダ雨量・予測雨量のモデルへの適用候補

- 一般的に入手可能な各種実況レーダ雨量・予測雨量の配信諸元を整理
- 予測雨量はプロダクト毎に予測先行時間が異なるため、組み合わせて適用する必要あり

区分	降雨データ	メッシュサイズ	配信頻度	実況	予測先行時間			
					10～50分先	1時間先	2～6時間先	7～15時間先
実況雨量	解析雨量(気) <sup>※</sup>	1km	30分	○	—	—	—	—
	Cバンドオンライン(国)	1km	5分	○	—	—	—	—
	XRAIN(国)	250m	1分	○	—	—	—	—
	高解像度降水ナウキャスト(気)	250m	5分	○	—	—	—	—
予測雨量	高解像度降水ナウキャスト(気)	250m	5分	—	○	○	—	—
	降水短時間予報(気)	1km	30分	—	—	○	○	—
	降水15時間予報(気)	5km	1時間	—	—	—	—	○
	速報版降水短時間予報(気)	1km	10分	—	—	○	○	—
	民間予測	1km	1時間	—	—	○	○	○

気:気象庁、国:国土交通省

※:レーダ雨量を地上雨量で補正したメッシュ雨量で地上雨量との整合が図れた精度が高い雨量データ

# 実況レーダ雨量・予測雨量のデータ存在状況

- 各種実況レーダ雨量・予測雨量のデータ存在状況

区分	降雨データ	H26.10.6	R1.10.12	R4.9.23	R5.6.2
実況雨量	解析雨量(気)	○	○	○	○
	Cバンドオンライン(国)	○	○	○	○
	XRAIN(国)	—	○	○	○
	高解像度降水ナウキャスト(気)	—	○	○	○
予測雨量	高解像度降水ナウキャスト(気)	—	○	○	○
	降水短時間予報(気)	○	○	○	○
	降水15時間予報(気)	—	○	○	○
	速報版降水短時間予報(気)	—	購入手続き中	購入手続き中	購入手続き中
	民間予測	—	—	提供依頼中	提供依頼中

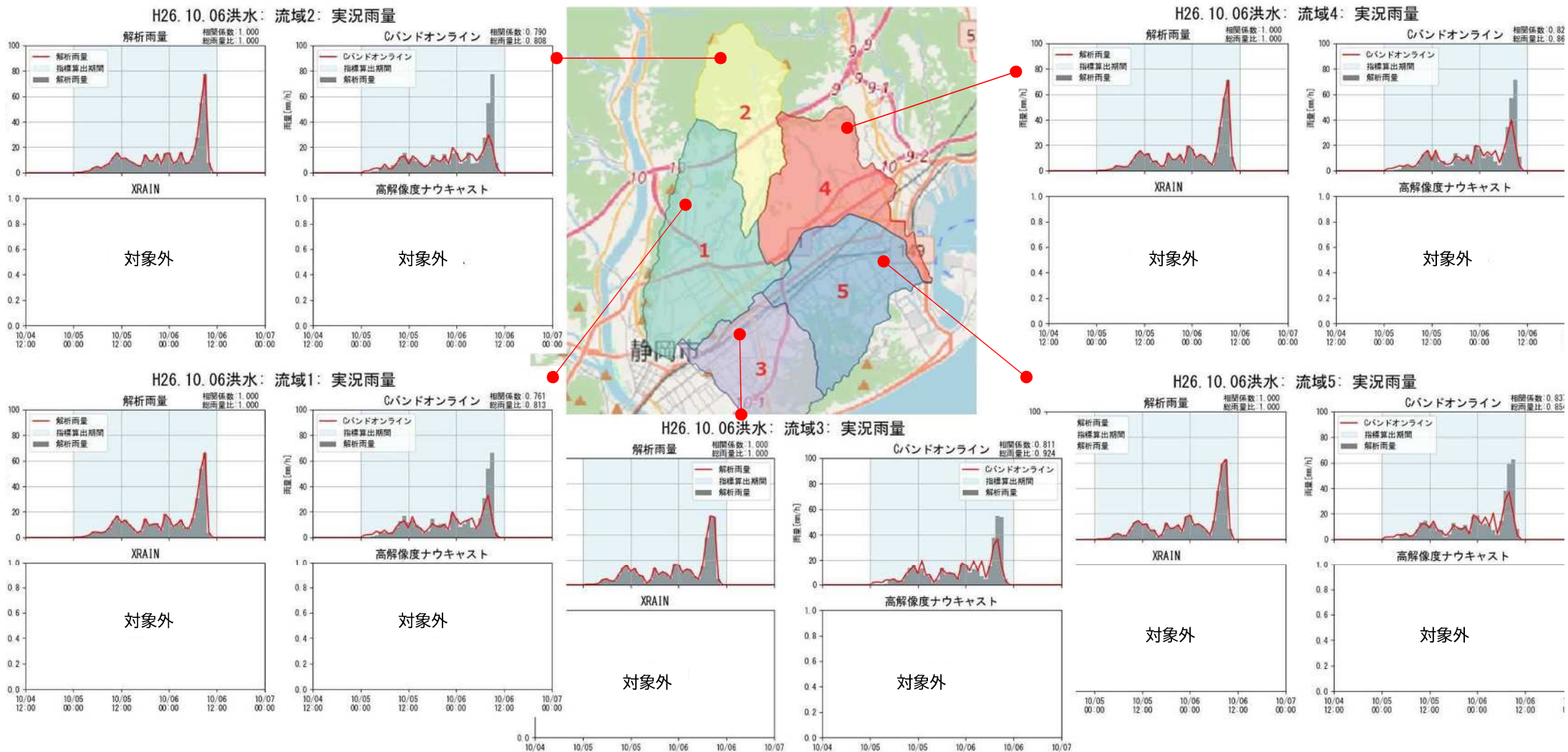
気:気象庁、 国:国土交通省

○:収集済み、—:対象期間外

# 実況レーダ雨量の精度評価(H26.10洪水)

- 実況レーダ雨量の精度について、気象庁解析雨量を真値として、各プロダクトの比較検証を実施
  - ✓ Cバンドオンラインはピーク付近で解析雨量に対して雨量強度が小さい

## 実況レーダ雨量の精度検証(H26.10洪水)

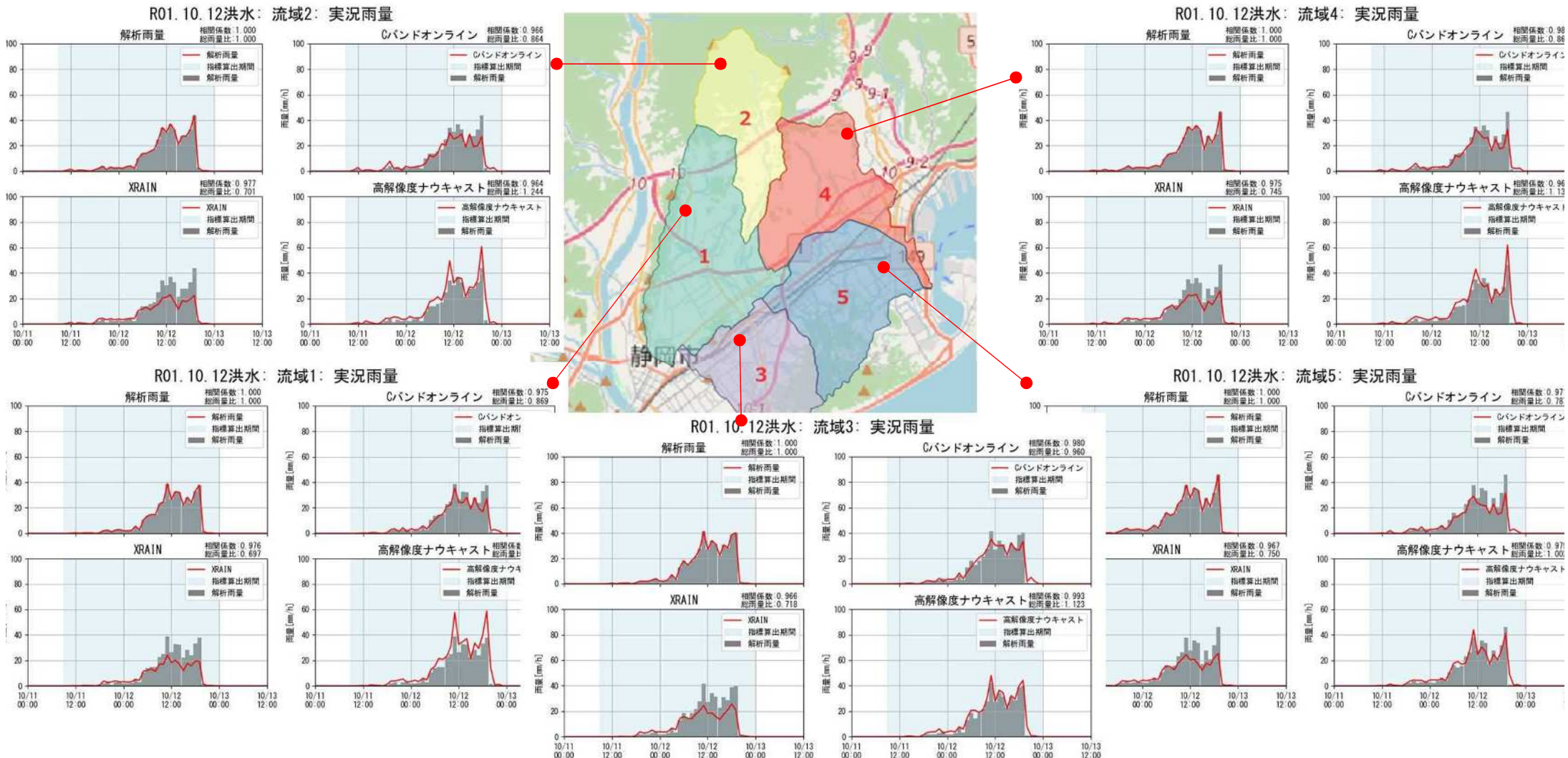




# 実況レーダ雨量の精度評価(R1.10洪水)

- 実況レーダ雨量の精度について、気象庁解析雨量を真値として、各プロダクトの比較検証を実施
  - ✓ Cバンドオンライン、XRAINは、ピーク付近で解析雨量に対して雨量強度が小さい
  - ✓ 高解像度降水ナウキャストは、ピーク付近の強い雨量も捉えている

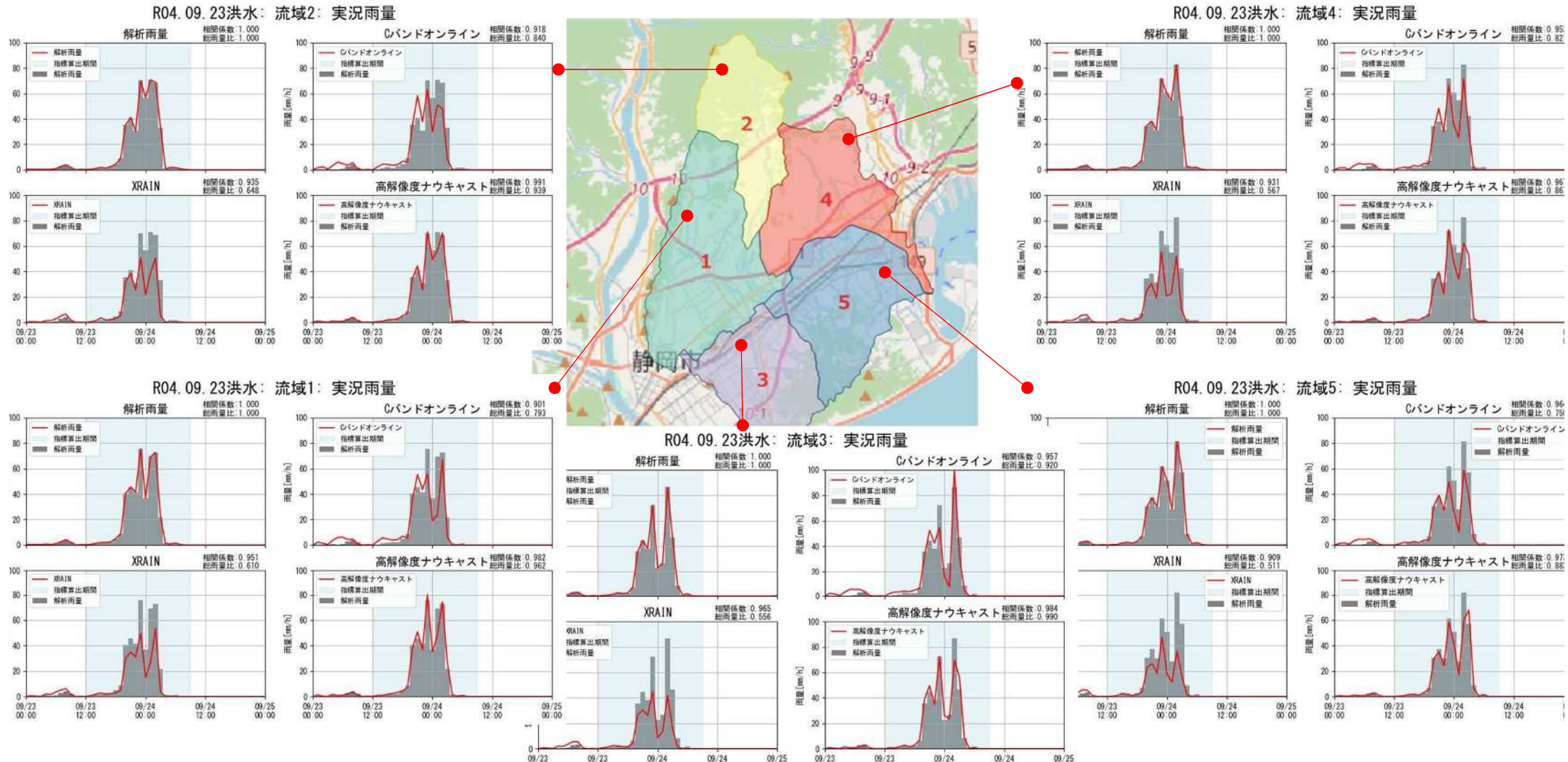
## 実況レーダ雨量の精度検証(R1.10洪水)



# 実況レーダ雨量の精度評価(R4.9洪水)

- 実況レーダ雨量の精度について、気象庁解析雨量を真値として、各プロダクトの比較検証を実施
  - ✓ いずれのプロダクトもピーク付近で雨量強度がやや過少であるが、XRRAINは特に雨量が小さい
  - ✓ Cバンドオンラインは、流域3において、ピーク付近の強い雨量も捉えている

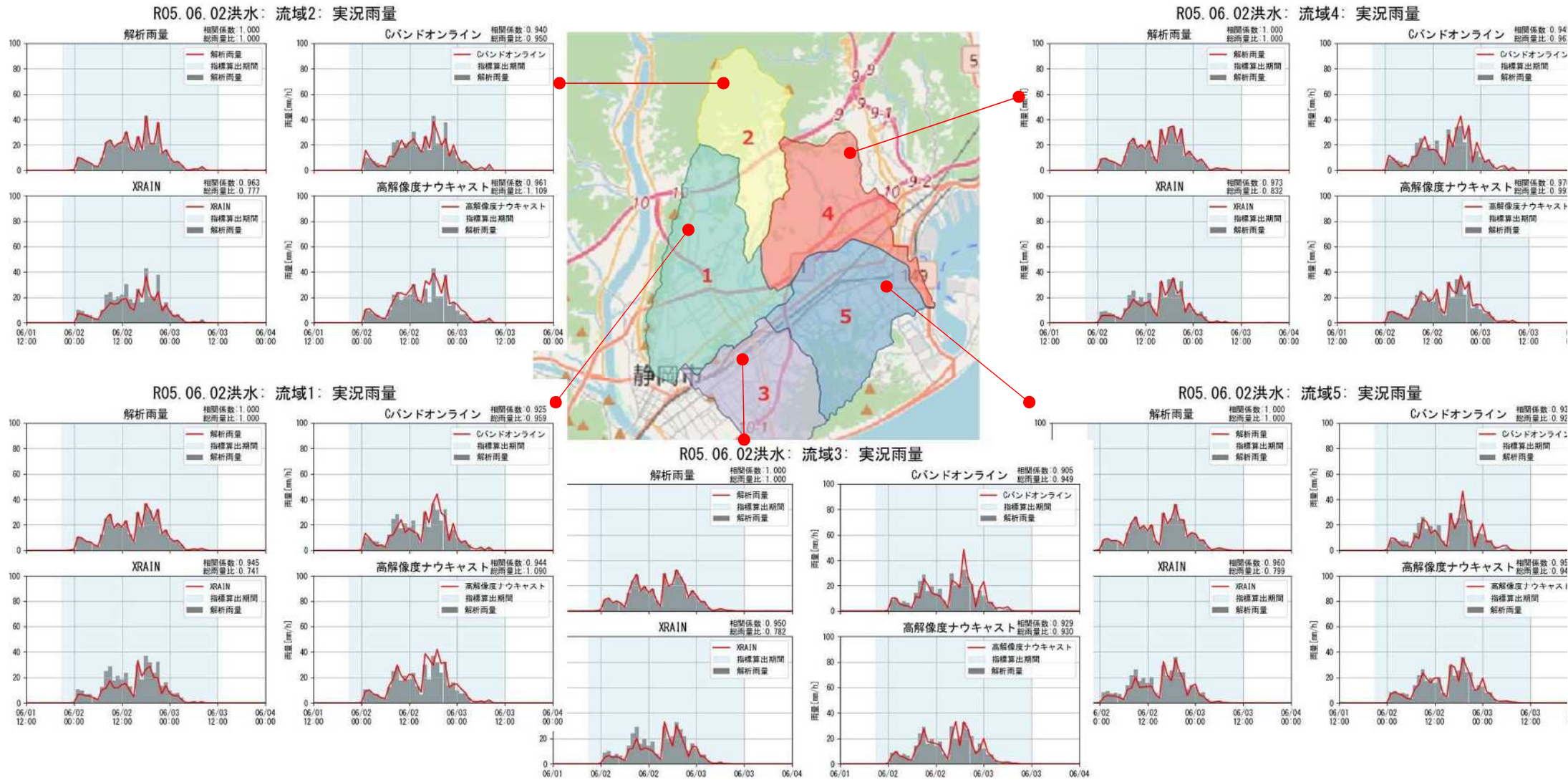
## 実況レーダ雨量の精度検証(R4.9洪水)



# 実況レーダ雨量の精度評価(R5.6洪水)

- 実況レーダ雨量の精度について、気象庁解析雨量を真値として、各プロダクトの比較検証を実施
  - ✓ いずれのプロダクトも解析雨量と概ね一致しており精度は良好

## 実況レーダ雨量の精度検証(R5.6洪水)



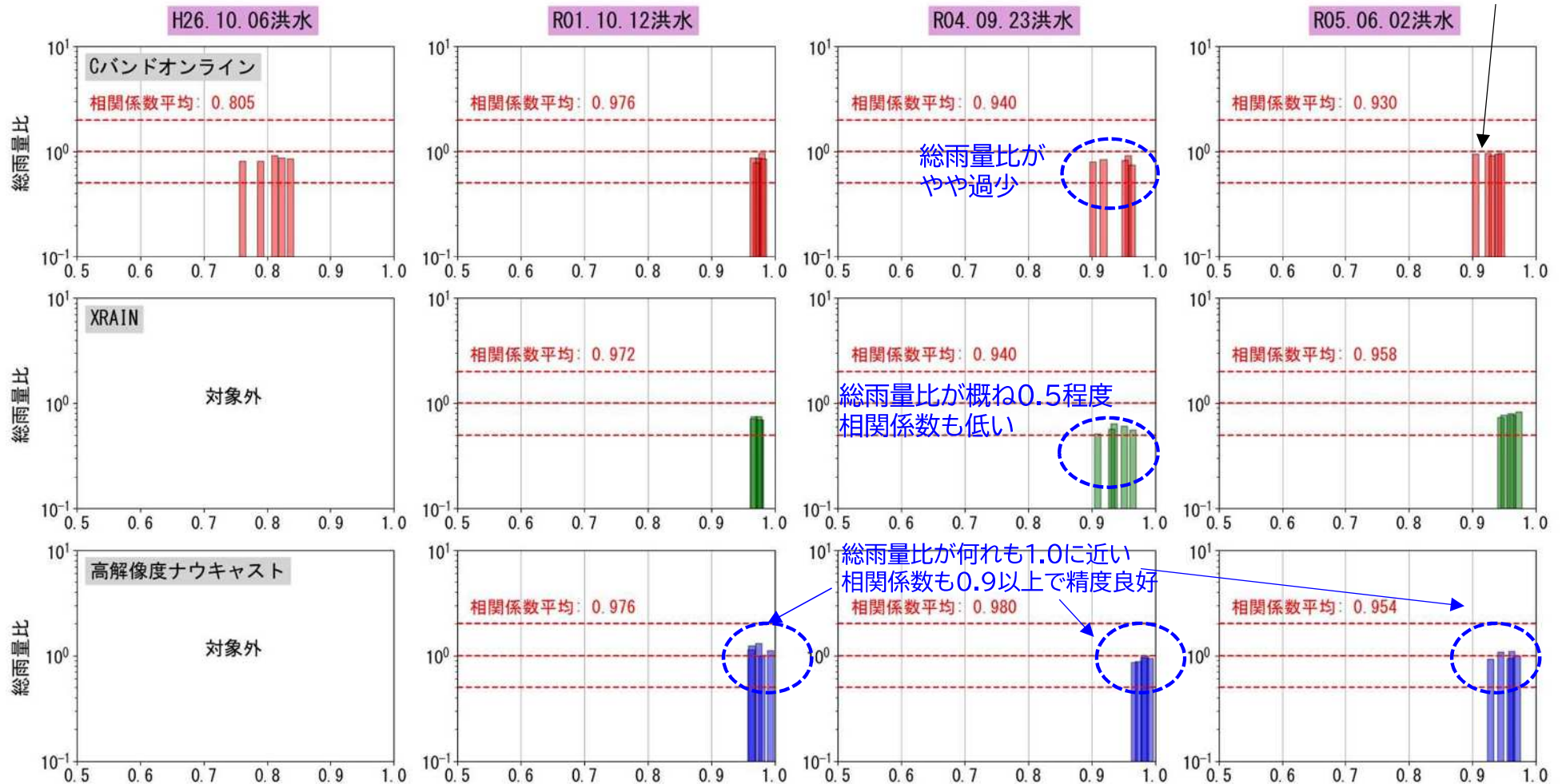
# 実況レーダ雨量の精度評価

- 各実況レーダ雨量プロダクトの精度について、相関係数・総雨量比で評価

## ■ 実況レーダ雨量の相関係数・総雨量比

どの降雨に対しても、総雨量比、相関係数が良好な「高解像度降水ナウキャスト」の精度が最も高いと判定

凡例  
棒の数: 小流域別  
棒の高さ: 総雨量比  
棒の横位置: 相関係数



# 実況レーダ雨量の選定

- 実況レーダ雨量については、配信頻度、時空間解像度、精度の観点から、「高解像度降水ナウキャスト」を採用
- 「Cバンドオンライン」は、次点候補として取得

## ■実況レーダ雨量の選定

選定基準	評価の視点	解析雨量	Cバンド オンライン	XRAIN	高解像度降水 ナウキャスト
配信頻度	流域面積が小さいため、短期間の降雨変化に反応が早い降雨データを優先する	× (30分)	○ (5分)	◎ (1分)	○ (5分)
雨量時間単位	時間単位が小さいものを優先する。	△ (1時間雨量)	○ (5分雨量)	◎ (1分雨量)	○ (5分雨量)
空間解像度	空間解像度が高いものを優先する。	○ (1km)	○ (1km)	◎ (250m)	◎ (250m)
雨量精度	解析雨量と比較して、総雨量比と相関係数の精度が高いものを優先する。	◎	○	× (総雨量比が過少)	◎
評価		更新間隔が長く(配信頻度が30分)、時々刻々変化する降雨の状況の反映が遅れるため不採用	高解像度ナウキャストと比較して、空間解像度や雨量精度が劣るが、 <b>次点候補として取得</b>	雨量精度は、水位・氾濫域予測の精度に直結するため不採用	<b>採用</b>

◎:適用が望ましい事項   ○:適用しても概ね問題ない事項   △:適用しても大きな問題は生じない事項   ×:適用が望ましくない事項

# 予測雨量(先行時間毎)の状況(1時間先)

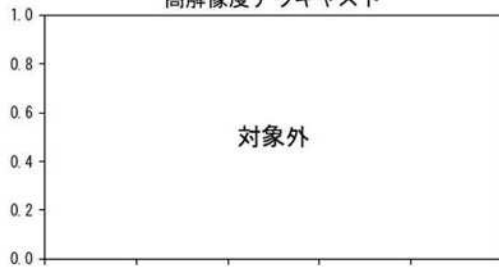
- 気象庁解析雨量(実況レーダ雨量)を真値として、1時間先の予測雨量を比較検証
  - ✓ 高解像度降水ナウキャストの方が、1時間先の予測雨量の精度が高い

## ■ 1時間先の予測雨量の状況

### H26.10洪水

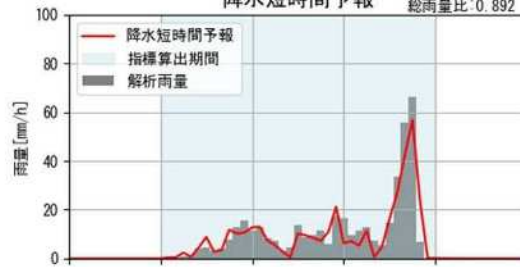
H26. 10. 06洪水：全流域：予測先行時間1h

高解像度ナウキャスト



降水短時間予報

相関係数: 0.936  
総雨量比: 0.892



### R1.10洪水

R01. 10. 12洪水：全流域：予測先行時間1h

高解像度ナウキャスト



降水短時間予報

相関係数: 0.902  
総雨量比: 1.036

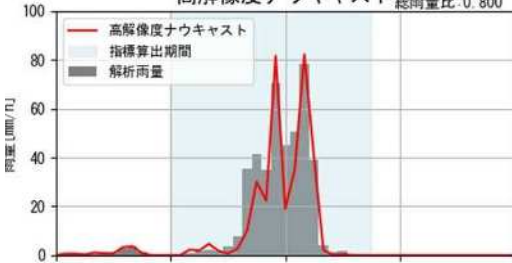


### R4.9洪水

R04. 09. 23洪水：全流域：予測先行時間1h

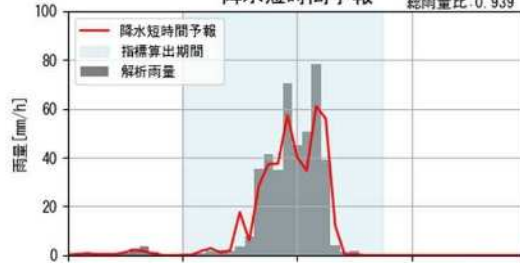
高解像度ナウキャスト

相関係数: 0.935  
総雨量比: 0.800



降水短時間予報

相関係数: 0.954  
総雨量比: 0.939

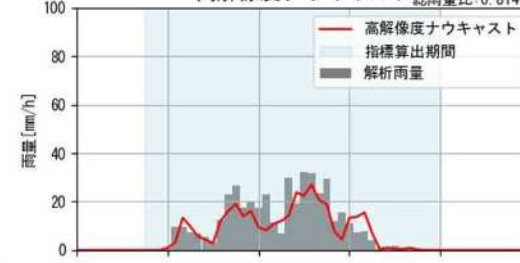


### R5.6洪水

R05. 06. 02洪水：全流域：予測先行時間1h

高解像度ナウキャスト

相関係数: 0.863  
総雨量比: 0.814



降水短時間予報

相関係数: 0.891  
総雨量比: 1.045



# 予測雨量(先行時間毎)の状況(3時間先)

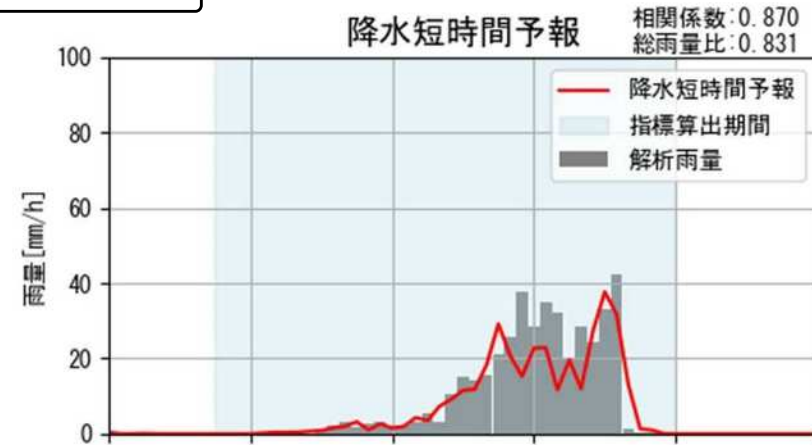
- 気象庁解析雨量(実況レーダ雨量)を真値として、3時間先の予測雨量を比較検証
  - ✓ 降水短時間予報は、降雨ピーク付近で降雨量が過少になる傾向がある

## ■3時間先の予測雨量の状況

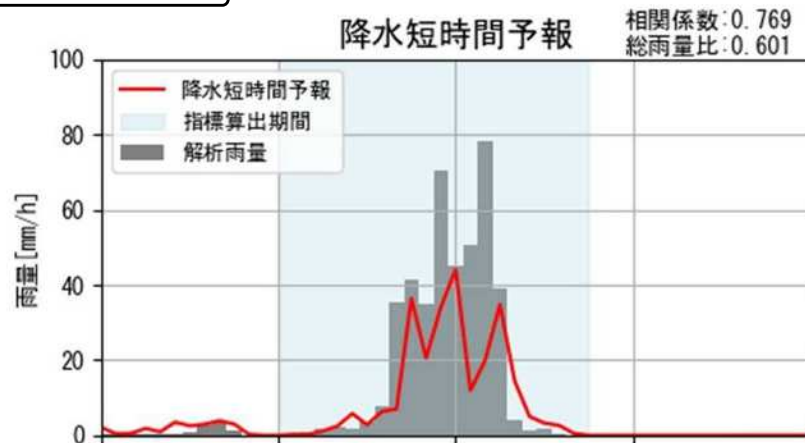
H26.10洪水



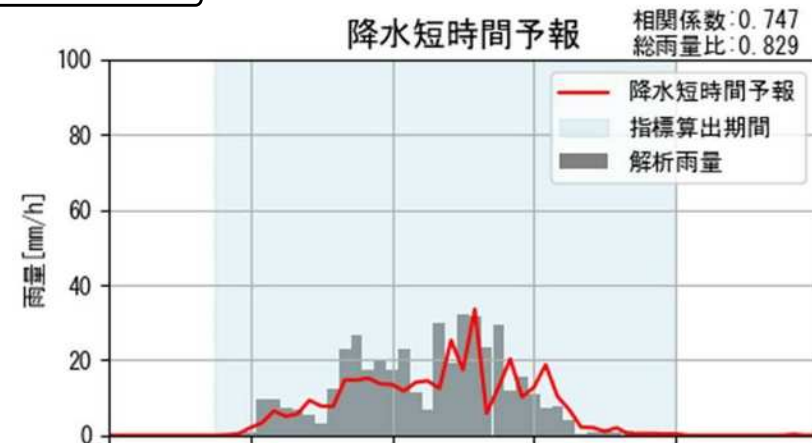
R1.10洪水



R4.9洪水



R5.6洪水

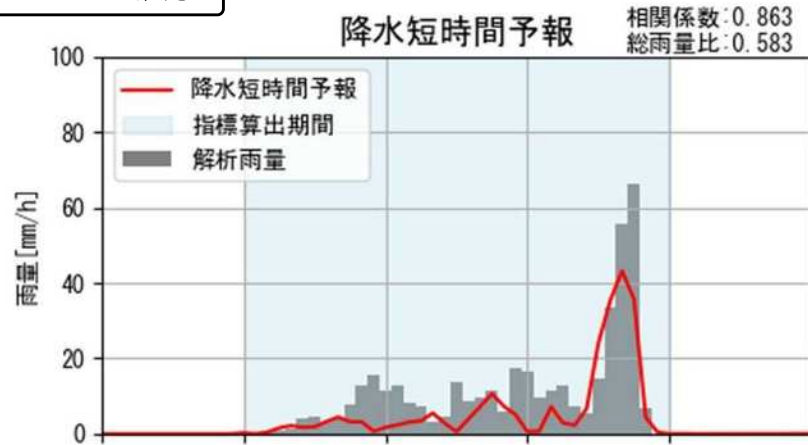


# 予測雨量(先行時間毎)の状況(6時間先)

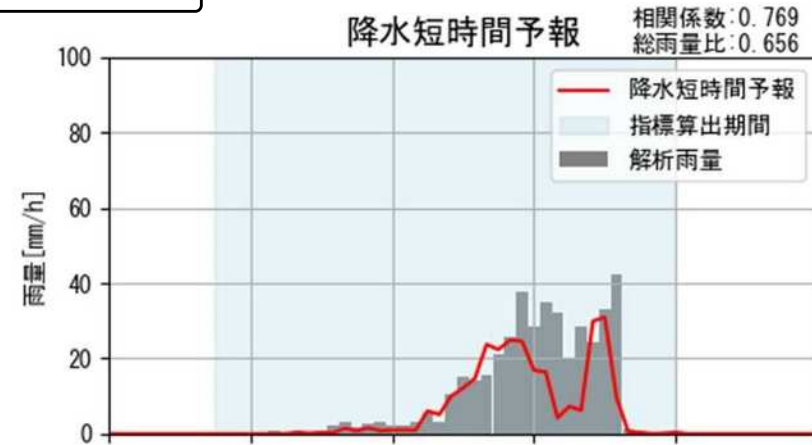
- 気象庁解析雨量(実況レーダ雨量)を真値として、6時間先の予測雨量を比較検証
  - ✓ 降水短時間予報は、降雨ピーク付近で降雨量が過少になる傾向があり、R4.9洪水はその傾向が顕著

## ■6時間先の予測雨量の状況

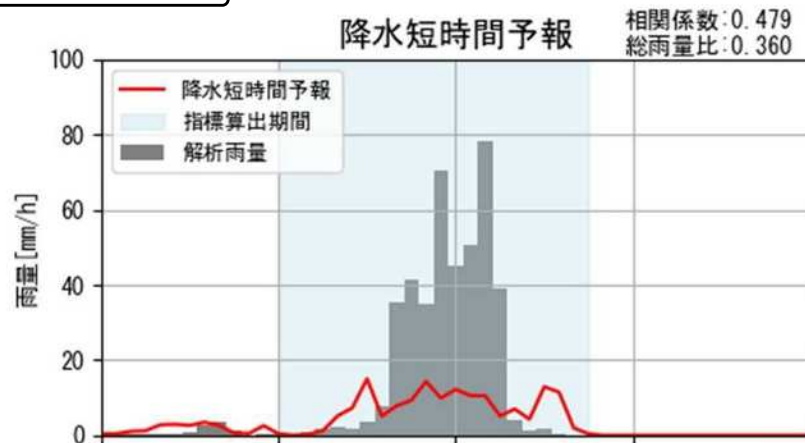
H26.10洪水



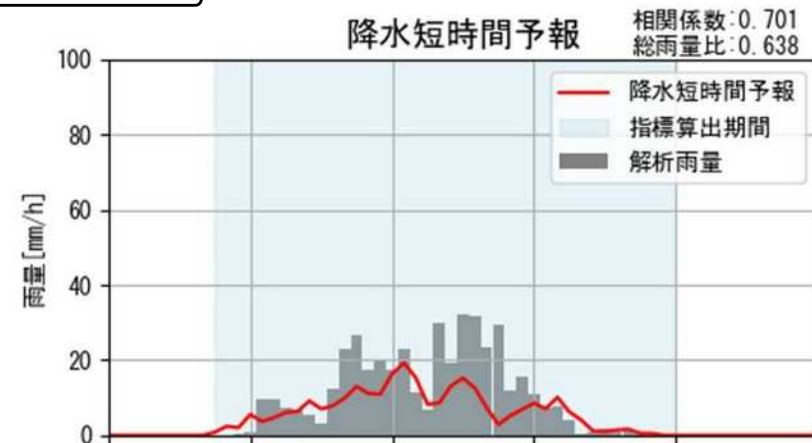
R1.10洪水



R4.9洪水



R5.6洪水





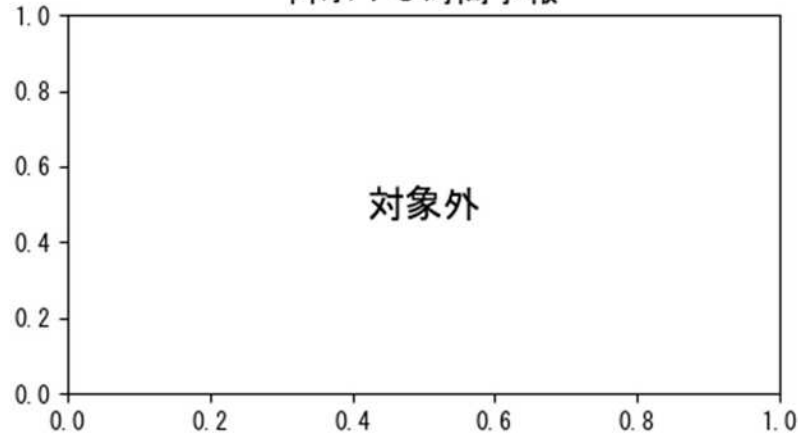
# 予測雨量(先行時間毎)の状況(9時間先)

- 気象庁解析雨量(実況レーダ雨量)を真値として、9時間先の予測雨量を比較検証
  - ✓ 降水15時間予報は洪水によって予測精度のばらつきが大きく、R4.9洪水は降雨量が過小傾向

## 9時間先の予測雨量の状況

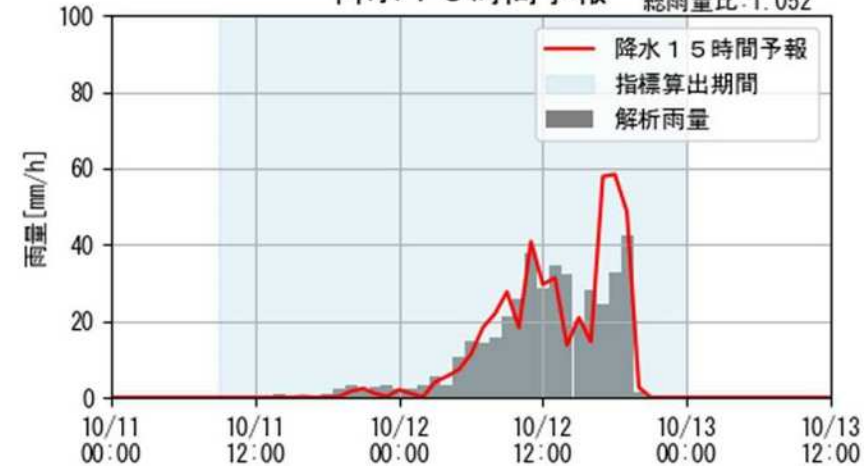
H26.10洪水

降水 15 時間予報



R1.10洪水

降水 15 時間予報 相関係数:0.876  
総雨量比:1.052



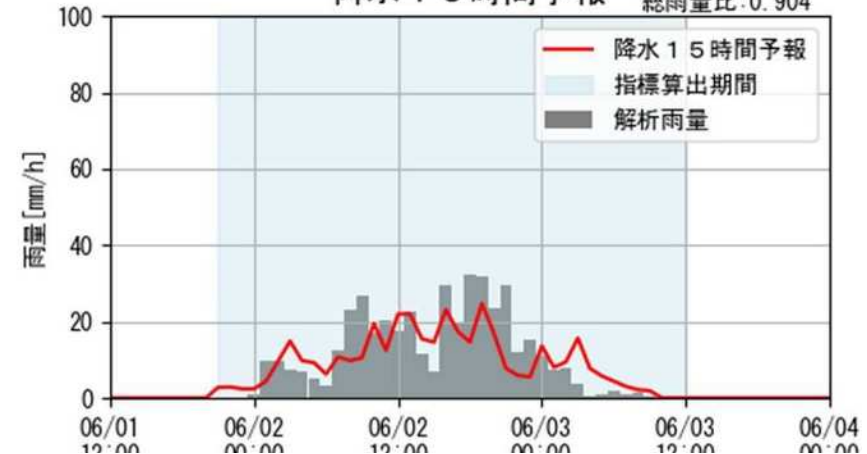
R4.9洪水

降水 15 時間予報 相関係数:0.594  
総雨量比:0.596



R5.6洪水

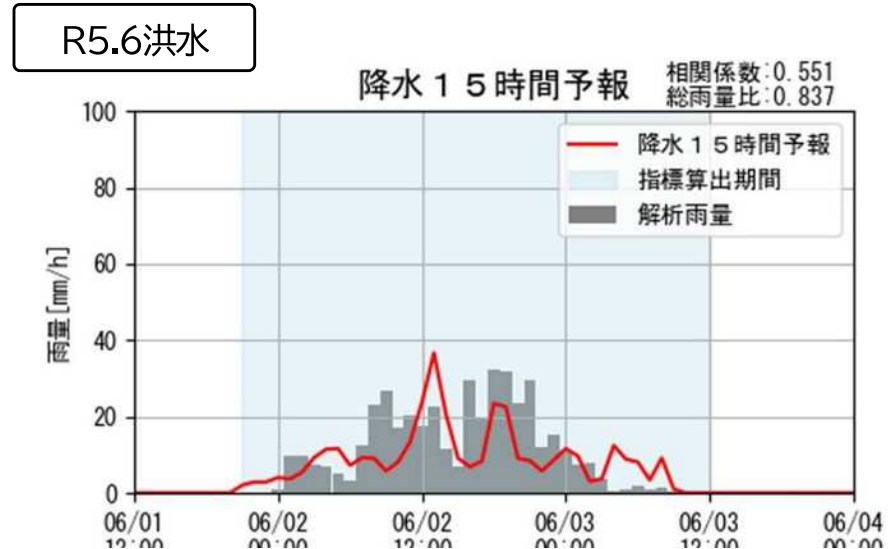
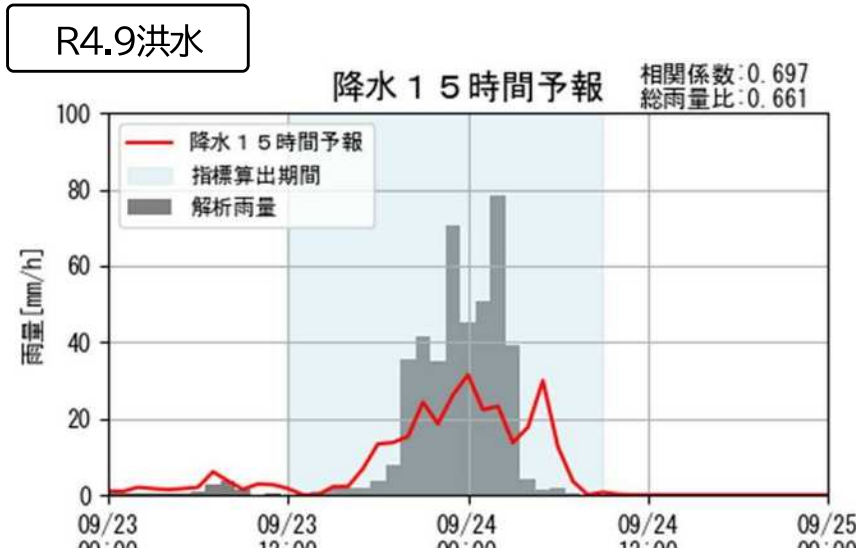
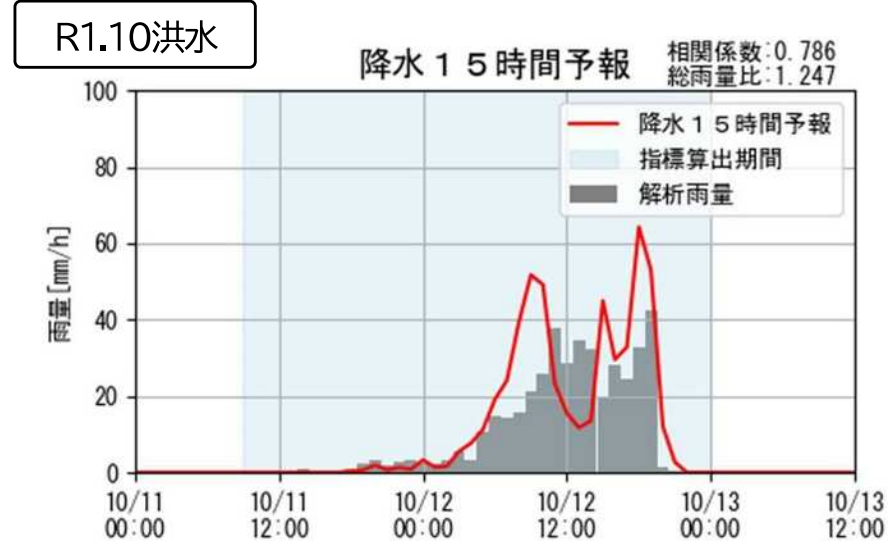
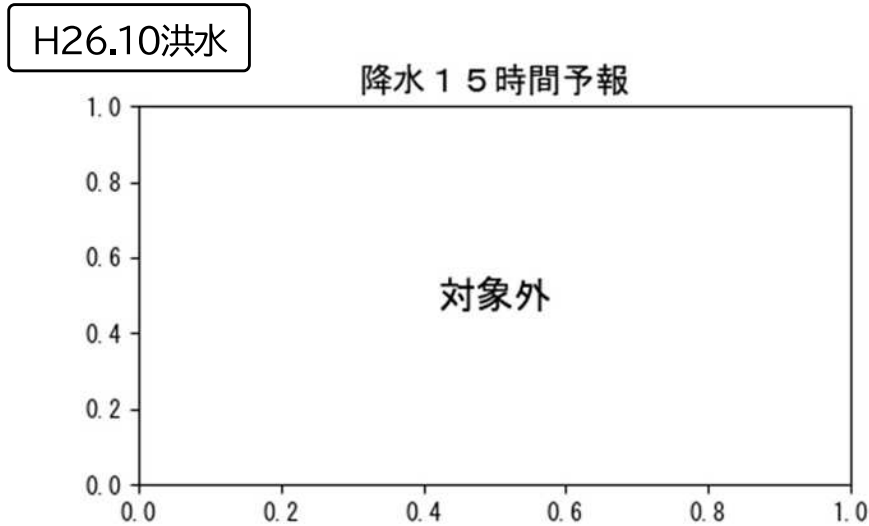
降水 15 時間予報 相関係数:0.722  
総雨量比:0.904



# 予測雨量(先行時間毎)の状況(12時間先)

- 気象庁解析雨量(実況レーダ雨量)を真値として、12時間先の予測雨量を比較検証
  - ✓ 降水15時間予報は洪水によって予測精度のばらつきが大きく、R4.9洪水は降雨量が過小傾向

## 12時間先の予測雨量の状況



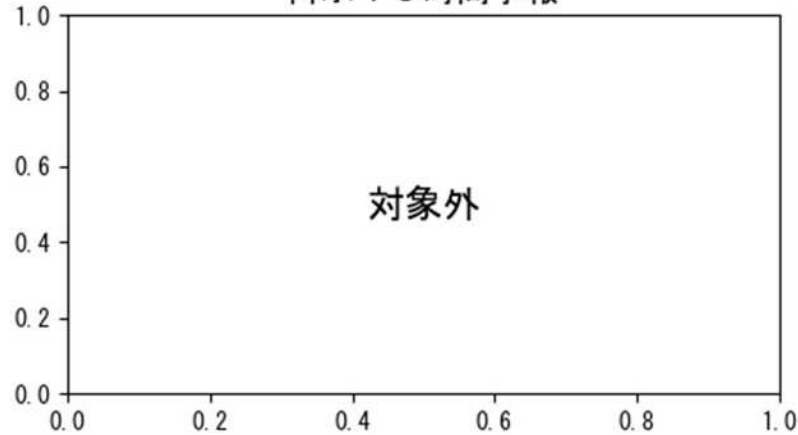
# 予測雨量(先行時間毎)の状況(15時間先)

- 気象庁解析雨量(実況レーダ雨量)を真値として、15時間先の予測雨量を比較検証
  - ✓ 降水15時間予報は洪水によって予測精度のばらつきが大きく、R4.9洪水は降雨量が過小傾向

## 15時間先の予測雨量の状況

H26.10洪水

降水 15 時間予報



R1.10洪水

降水 15 時間予報

相関係数:0.731  
総雨量比:1.339



R4.9洪水

降水 15 時間予報

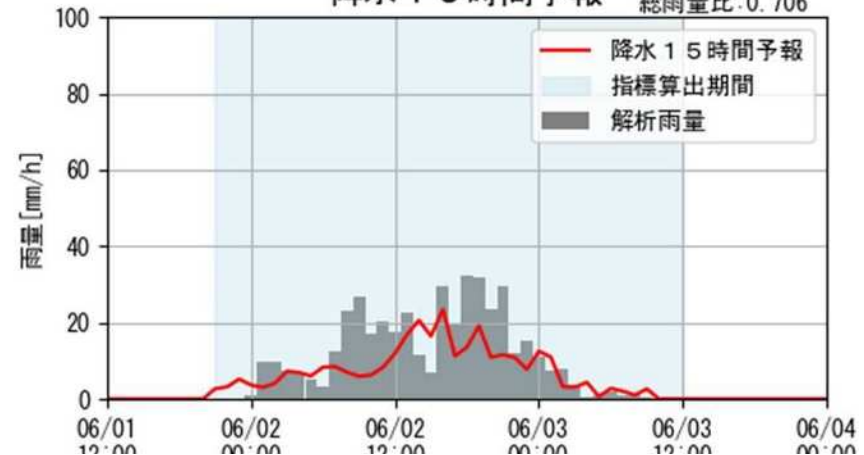
相関係数:0.479  
総雨量比:0.815



R5.6洪水

降水 15 時間予報

相関係数:0.705  
総雨量比:0.706



# 予測雨量と実況レーダ雨量の比較(1時間先)

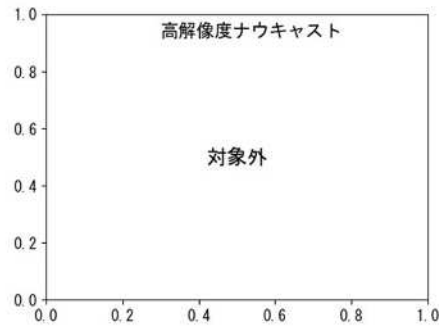
- 予測雨量と実況レーダ雨量を、予測時間先毎に比較
  - ✓ 高解像度降水ナウキャストと降水短時間予報は同程度の精度である

## ■ 予測雨量と実況レーダ雨量の比較

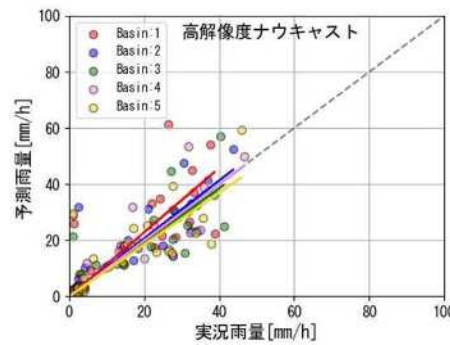
高解像度ナウキャスト  
1時間先

降水短時間予報  
1時間先

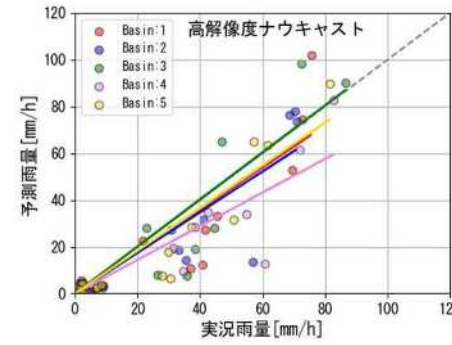
H26. 10. 06洪水



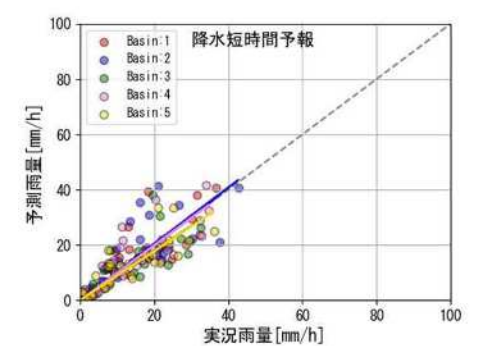
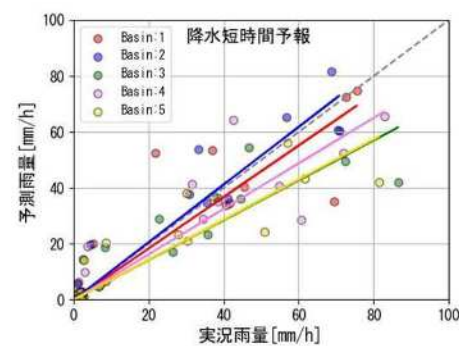
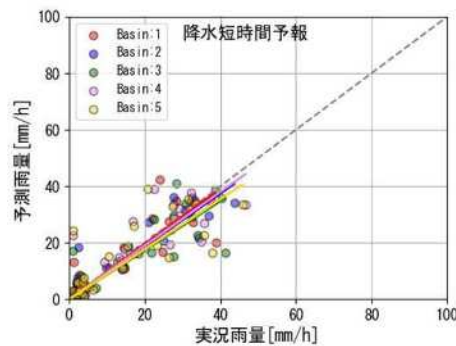
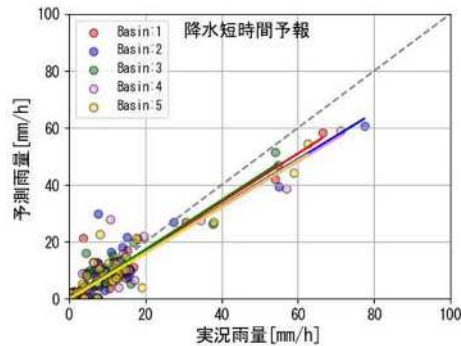
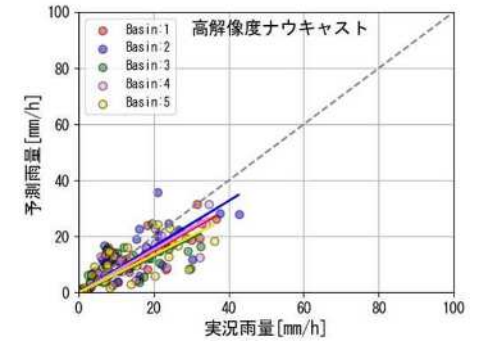
R01. 10. 12洪水



R04. 09. 23洪水



R05. 06. 02洪水



# 予測雨量と実況レーダ雨量の比較(2~6時間先)

- 予測雨量と実況レーダ雨量を、予測時間毎に比較
  - ✓ 降水短時間予報は2時間先でも降雨強度が大きいときにやや過少予測傾向にある
  - ✓ 3時間先~6時間先は精度が徐々に低下

## 予測雨量と実況レーダ雨量の比較

降水短時間予報

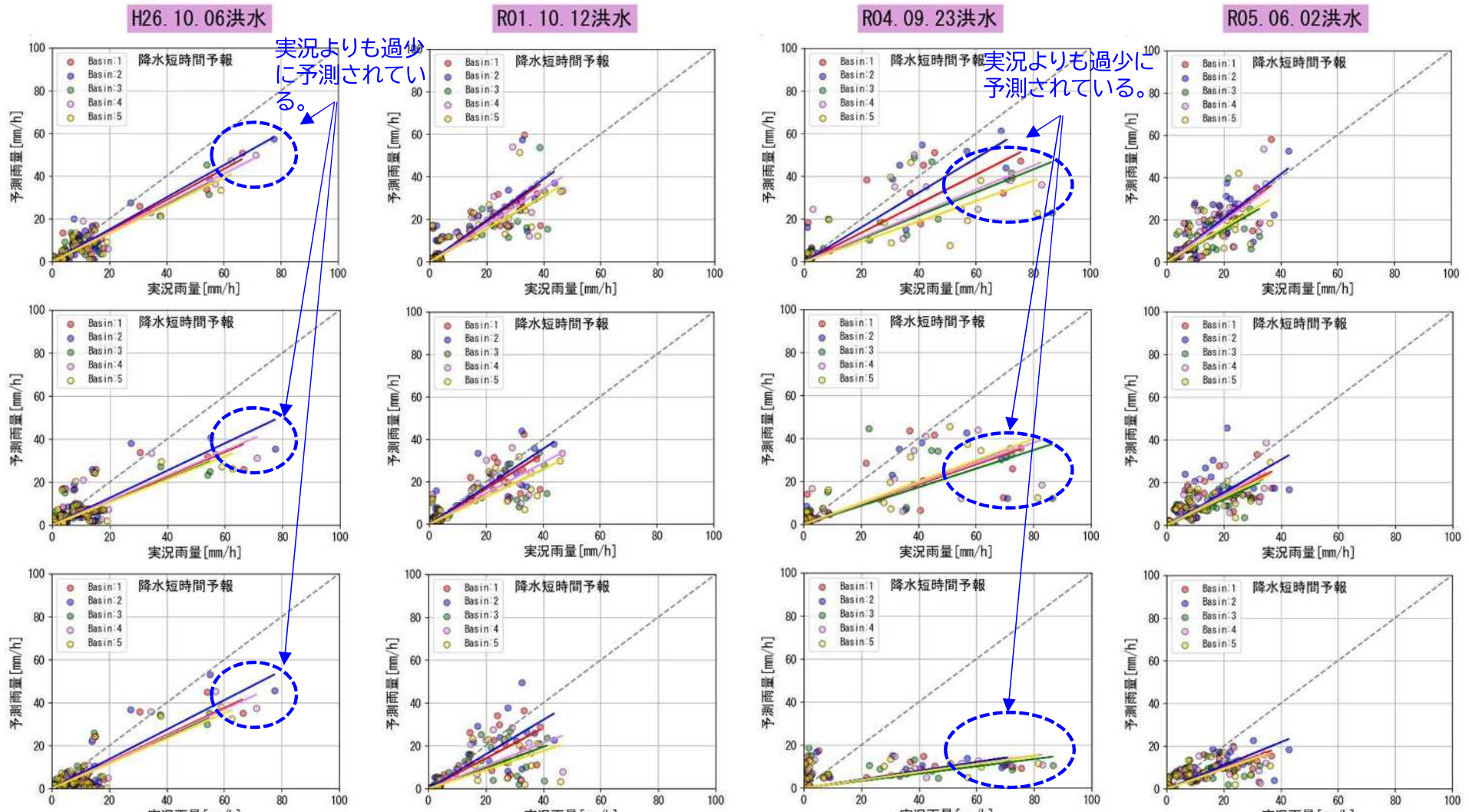
2時間先

降水短時間予報

3時間先

降水短時間予報

6時間先



# 予測雨量と実況レーダ雨量の比較(7~15時間先)

- 予測雨量と実況レーダ雨量を、予測時間先毎に比較
  - ✓ 降水15時間予報は、相関が低く、R4.9.23洪水は過小傾向にある

## ■ 予測雨量と実況レーダ雨量の比較

降水15時間予報

9時間先

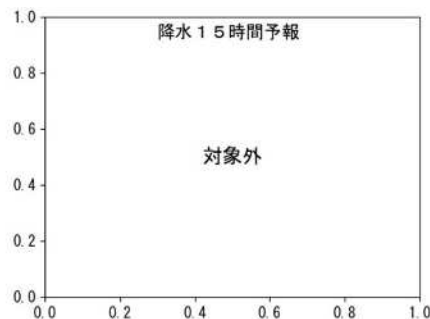
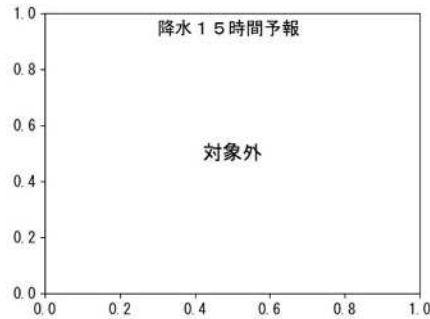
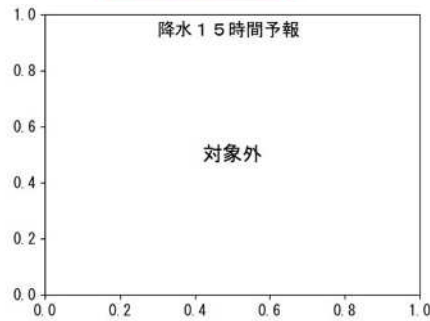
降水15時間予報

12時間先

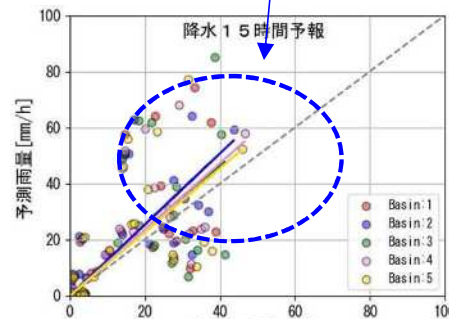
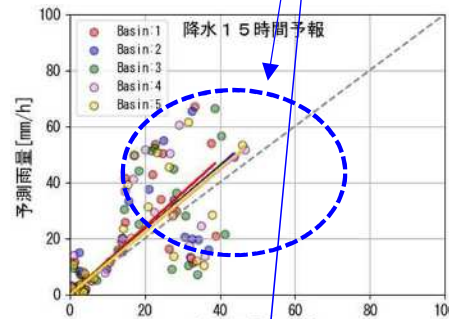
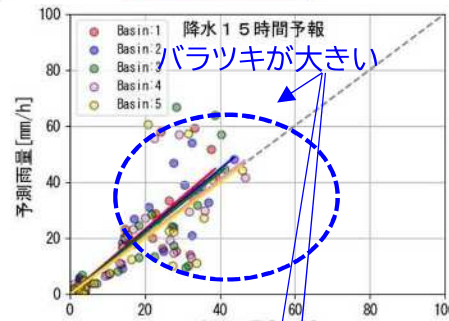
降水15時間予報

15時間先

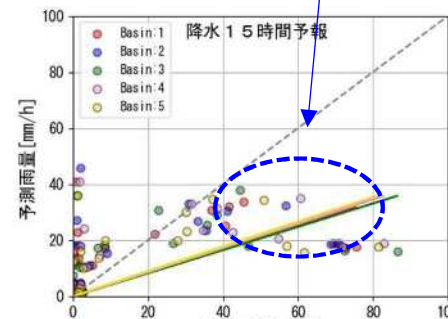
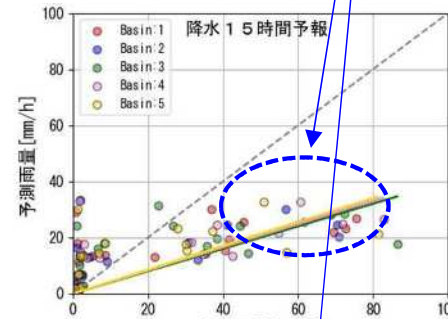
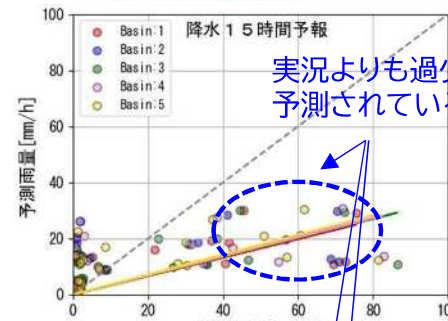
H26. 10. 06洪水



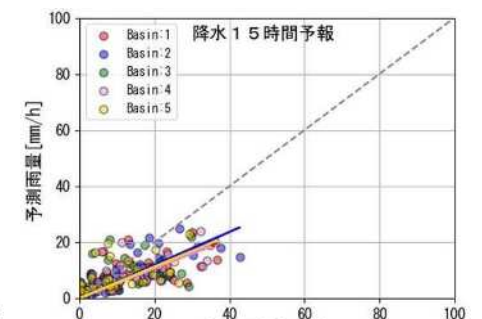
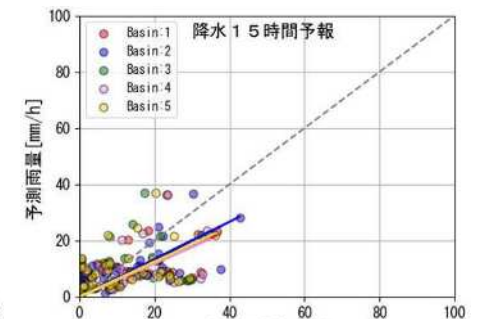
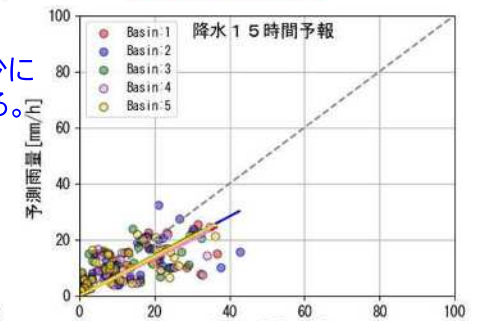
R01. 10. 12洪水



R04. 09. 23洪水



R05. 06. 02洪水



# 予測雨量の精度評価(1時間先)

- 予測雨量の精度を予測時間先毎に検証
  - ✓ 降雨波形全体で比較すると、高解像度降水ナウキャストと降水短時間予報は同程度の精度
  - ✓ 高解像度降水ナウキャストは、R1洪水やR4洪水のピーク時の降雨を捉えられており(p67参照)、1時間先までの精度は高いと考えられる

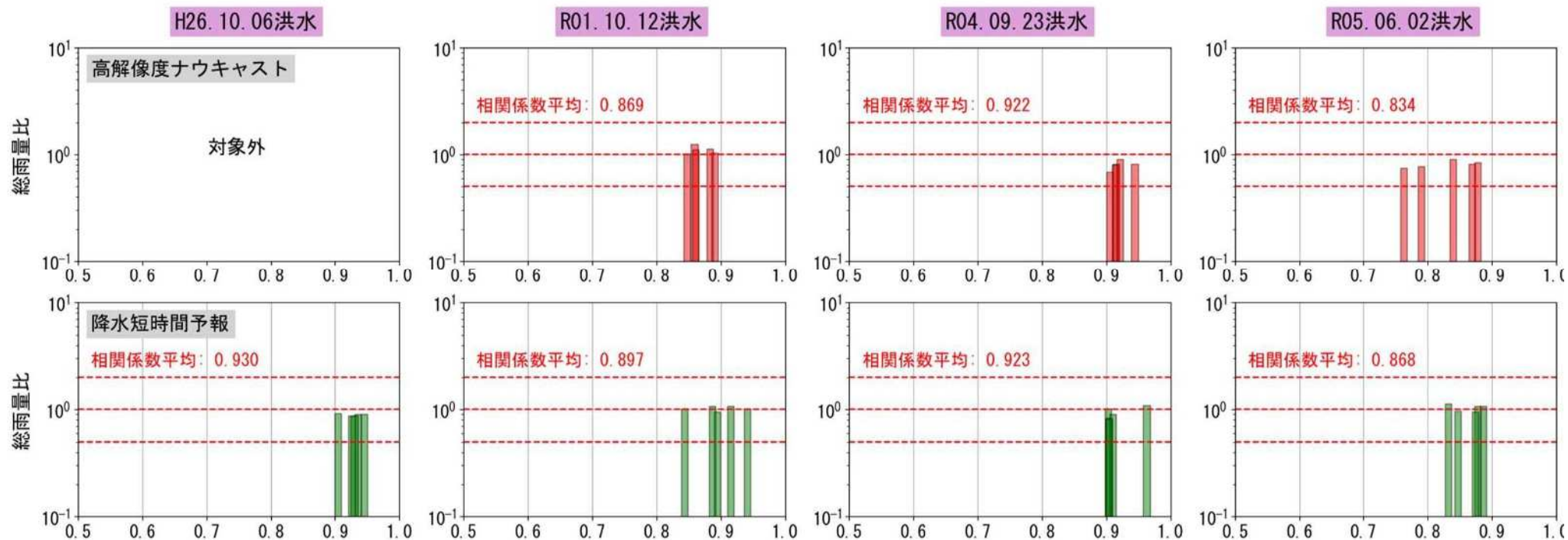
## 予測雨量の精度検証

高解像度ナウキャスト

1時間先

降水短時間予報

1時間先



# 予測雨量の精度評価(2~6時間先)

- 予測雨量の精度を予測時間先毎に検証
  - ✓ 降水短時間予報は2時間先まで比較的精度良好
  - ✓ 3時間先~6時間先は精度が徐々に低下

## ■ 予測雨量の精度検証

降水短時間予報

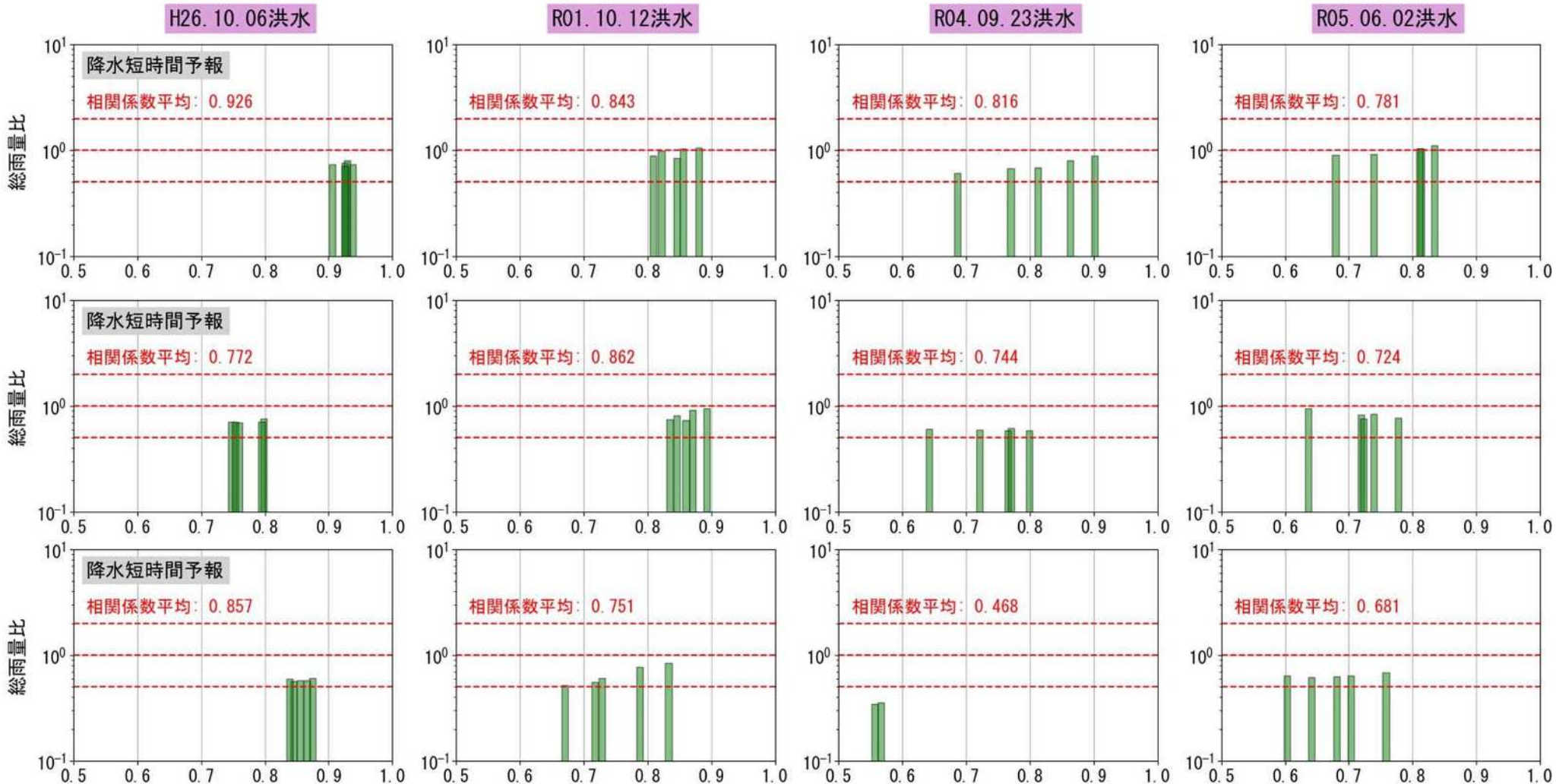
2時間先

降水短時間予報

3時間先

降水短時間予報

6時間先





# 予測雨量の精度評価(7~15時間先)

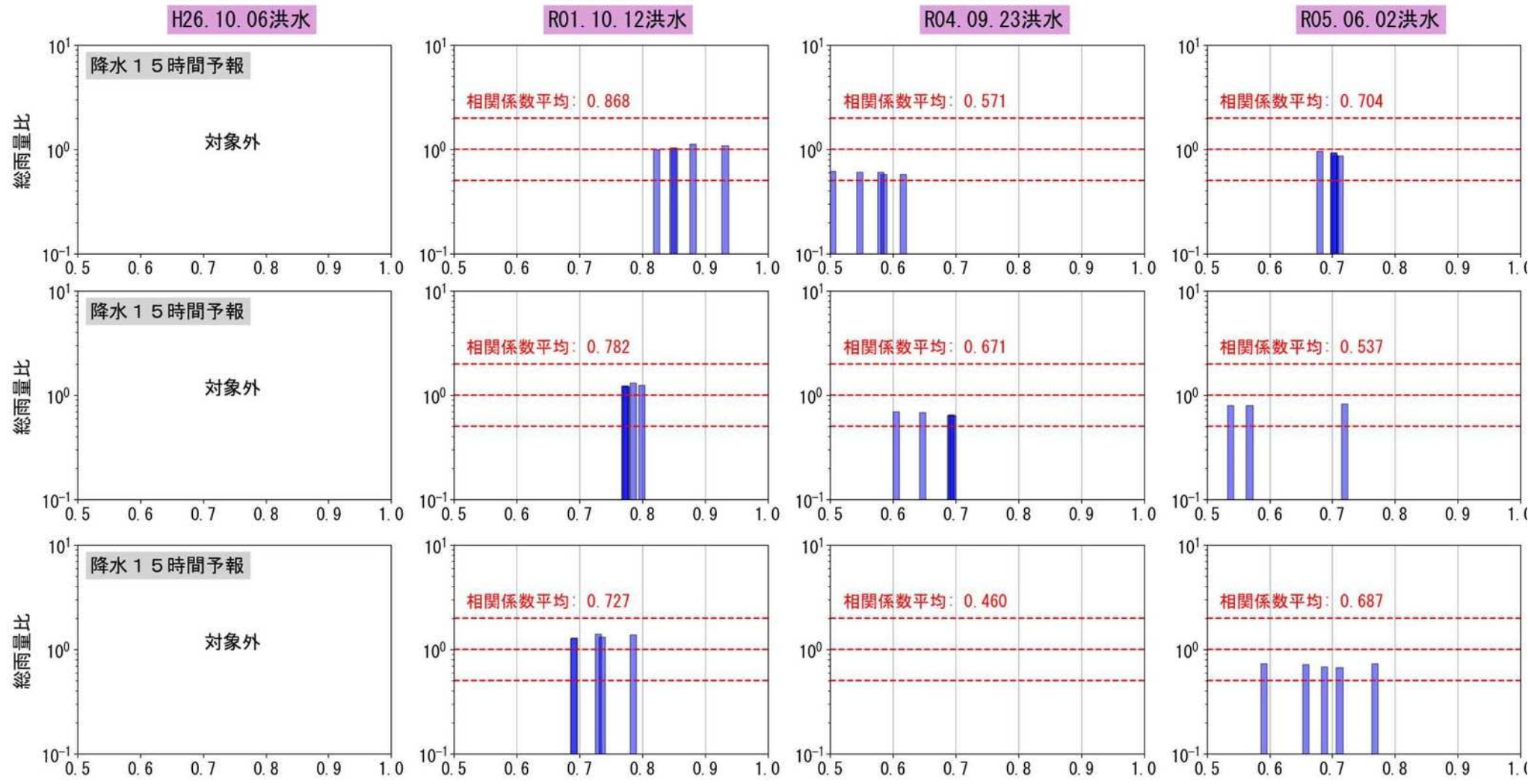
- 予測雨量の精度を予測時間先毎に検証
  - ✓ 降水15時間予報は総雨量比は概ね1.0に近く良好であるが、相関が低い

## ■ 予測雨量の精度検証

降水15時間予報  
9時間先

降水15時間予報  
12時間先

降水15時間予報  
15時間先



# 予測雨量の選定(今後の検討)

- 予測雨量について、速報版降水短時間予報や民間予測も評価に追加して、配信頻度、時空間解像度、精度等の観点から、今後選定

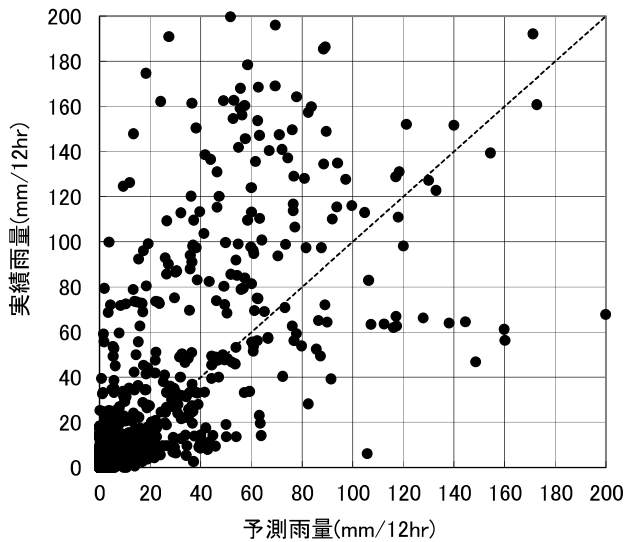
## ■ 予測雨量の選定

選定基準	評価の視点	高解像度降水 ナウキャスト	降水短時間 予報	速報版降水 短時間予報	降水15時間 予報	民間予測
予測先時間	プロダクト毎に同じ予測先時間があるもので比較	1時間先まで	1~6時間先	1~6時間先	7~15時間先	1~78時間先
配信頻度	予測の更新頻度が早い降雨データを優先する	(5分)	(30分)	(10分)	(1時間)	(1時間)
配信遅れ	配信までのタイムラグが短いものを優先	(5分)	(20分)	(10分)	(20分)	(確認中)
雨量時間単位	時間単位が小さいものを優先する。	(5分)	(1時間)	(1時間)	(1時間)	(1時間)
空間解像度	空間解像度が高いものを優先する。	(250m)	(1km)	(1km)	(5km)	(1km)
予測雨量精度	解析雨量と比較して、総雨量比と相関係数の精度が高いものを優先する。					
評価				今後検討		

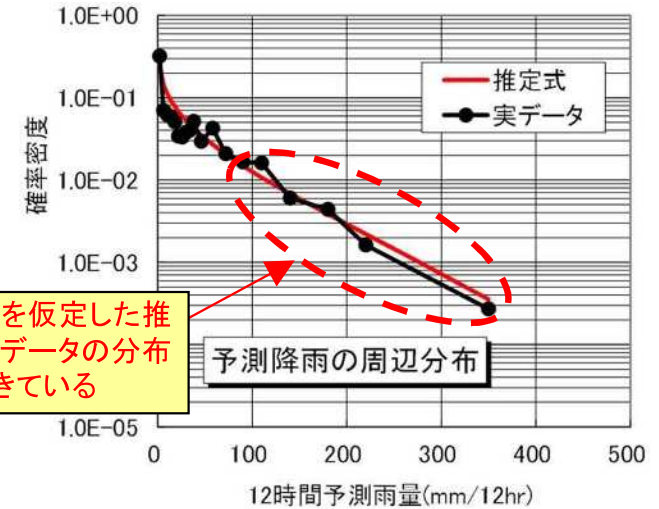
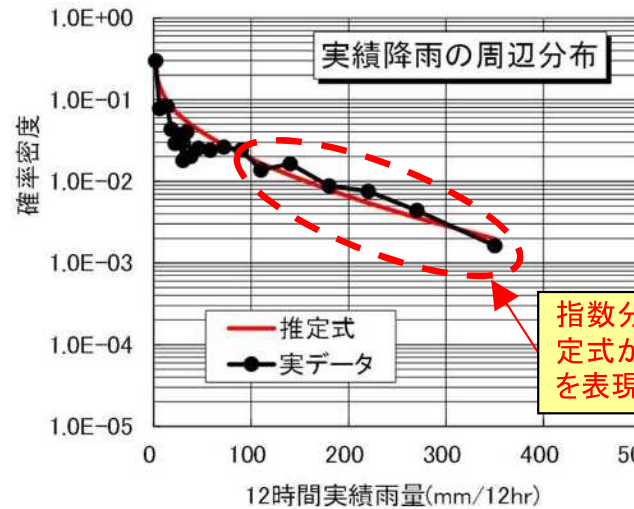
# 予測雨量の誤差に関する検討方針(今後の検討)①

- 予測雨量誤差を過去の降雨データから統計的に解析し、リアルタイムの水位・氾濫域予測への適用方法を検討

実績雨量と予測雨量の発生頻度分布を指数分布で近似(12時間雨量の例)



実績雨量と予測雨量の関係



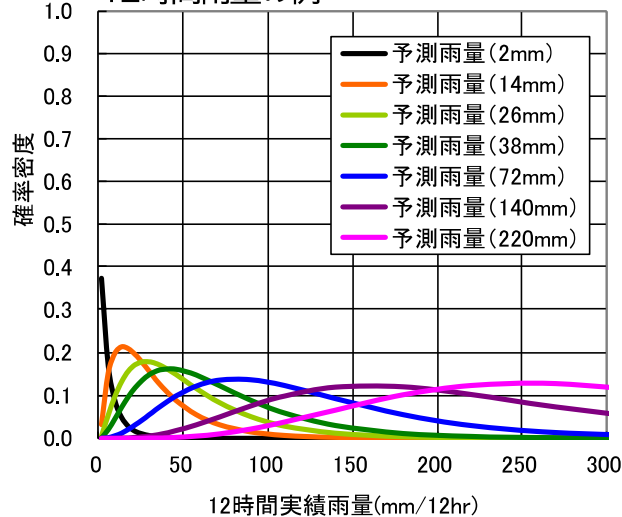
指数分布を仮定した推定式が実データの分布を表現できている

指数分布(周辺分布)

$$f_R(R) = \frac{1}{\sigma_R} \exp\left\{-\frac{R}{\sigma_R}\right\} \quad f_r(r) = \frac{1}{\sigma_r} \exp\left\{-\frac{r}{\sigma_r}\right\}$$

R: 実績雨量、r: 予測雨量、 $\sigma_R$ : 実績雨量の尺度母数、 $\sigma_r$ : 予測雨量の尺度母数

12時間雨量の例



実績雨量と予測雨量の相関係数等から二次元指数分布(条件付き確率分布)を作成

条件付き確率分布

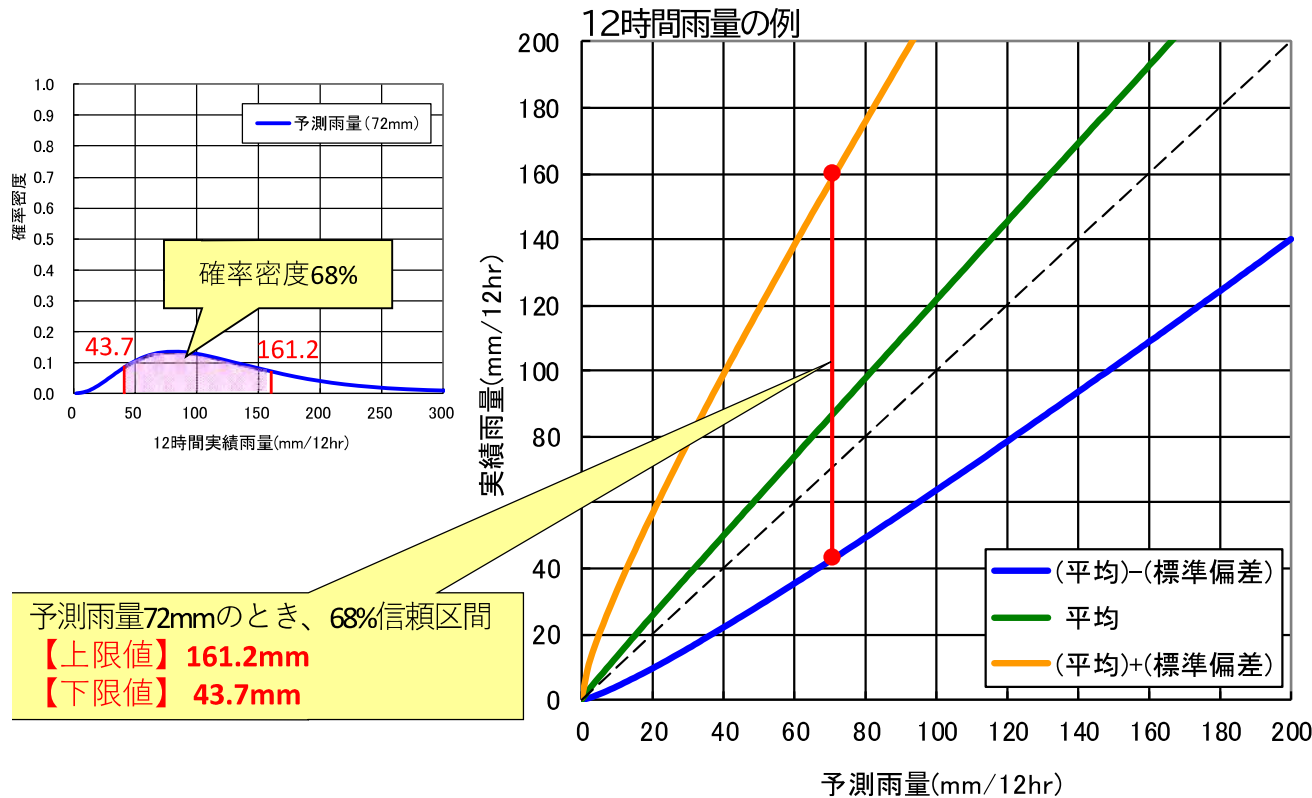
$$f(R | r) = \frac{1}{\sigma_R(1-\rho)} \exp\left\{-\frac{R}{\sigma_R(1-\rho)} - \frac{\rho r}{\sigma_r(1-\rho)}\right\} I_0\left(\frac{2\sqrt{\rho}}{1-\rho} \sqrt{\frac{Rr}{\sigma_R\sigma_r}}\right)$$

R: 実績雨量、r: 予測雨量、 $\sigma_R$ : 実績雨量の尺度母数、 $\sigma_r$ : 予測雨量の尺度母数、 $\rho$ : 相関係数( $0 \leq \rho < 1$ )  
 $I_n(x)$ : 第1種0次の変形ベッセル関数

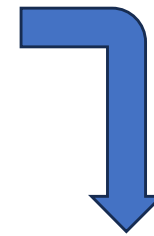
# 予測雨量の誤差に関する検討方針(今後の検討)②

- 予測雨量誤差を過去の降雨データから統計的に解析し、リアルタイムの水位・氾濫域予測への適用方法を検討

予測雨量のレンジ別の実績雨量の発生頻度分布、ならびに予測雨量の信頼区間を推定



予測雨量72mmのとき、68%信頼区間  
【上限値】161.2mm  
【下限値】43.7mm



統計的に算定された予測雨量の誤差を踏まえて

- ✓ システムでの予測雨量幅の表示
- ✓ 水位・氾濫域予測システムへの適用

などについて検討を行う。

