



# テーマVI スーパー台風被害予測システムの開発

---

令和3年11月11日（木）

テーマVI 研究責任者  
立川 康人

## 新たなハザード予測システムの開発

高潮・高波ハザード予測システム

長時間/広域洪水予測システム

## 新たなハザード予測情報の提供

避難情報等の発出を支援するための  
長時間予測情報の提供

治水施設の機能を最大限活用する  
ための長時間予測情報の提供

テーマI, II, VII へ

## 治水施設の最大利用技術の開発

危機管理型水門管理システム

統合ダム防災支援システム

逃げ遅れゼロ、社会経済被害最小化の実現

### コア技術

- 長時間予測を実現するアンサンブル高潮・高波予測システムと詳細沿岸域浸水予測システム
- 長時間予測を実現するアンサンブル河川流量・水位予測システム
- 広域を俯瞰する150m高分解能の全国河川流量・水位予測システム

### 新たな予測情報による「逃げ遅れゼロ」の実現

- 72時間前の高潮・高波、流量・水位の確率予測情報
- 最悪シナリオの予測情報
- 予測情報が存在しない中小河川を含む日本全国の河川流量・水位予測情報

### 新たな予測情報による「治水能力」の拡大

- ダム貯水池の事前放流による治水容量の増大
- ダム群の最適統合操作

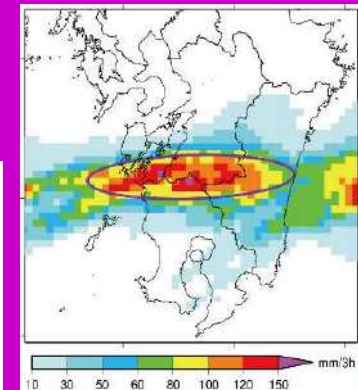
- 長距離LPWA通信を用いた水門開閉状況一元監視技術
- 遠隔からの無動力水門閉鎖技術

# 警戒レベルと防災気象情報－SIPでの取り組みとの関係

3

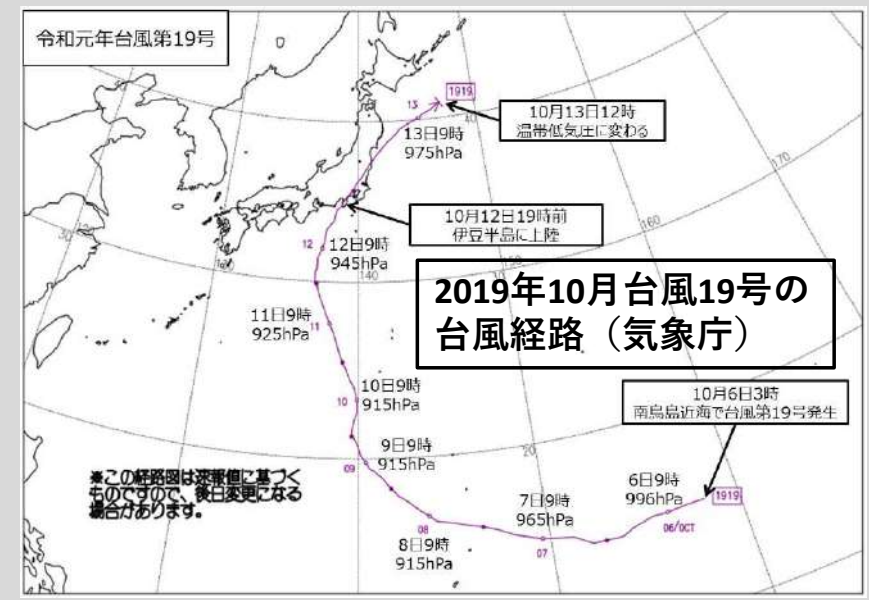
| 警戒レベル | 状況           | 行動を促す情報(避難情報等)      | 気象状況(気象情報)        | 防災気象情報(洪水)                       | (高潮)                                          |
|-------|--------------|---------------------|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------------------|
| 5     | 災害発生または切迫    | 緊急安全確保(市町村長が発令)     | 数十年に一度の大雨(特別警報相当) | 水位情報がある大河川<br>氾濫発生情報(水位情報をもとに発令) | 大雨特別警報(浸水害)<br>洪水キキクル(洪水警報の危険度分布)<br>高潮氾濫発生情報 |
| 4     | 災害のおそれ高い     | 避難指示(市町村長が発令)       | (特別警報相当)          | 氾濫危険情報(水位情報をもとに発令)               | 洪水キキクル(洪水警報の危険度分布)<br>高潮特別警報、高潮警報             |
| 3     | 災害のおそれあり     | 高齢者等避難(市町村長が発令)     | 大雨の概ね3～6時間前(警報相当) | 氾濫警戒情報(水位情報をもとに発令)               | 洪水警報(洪水キキクル(洪水警報の危険度分布)をもとに発令)<br>高潮注意報       |
| 2     | 気象状況悪化       | 大雨、洪水、高潮注意報(気象庁が発表) | 大雨の数時間～半日前(注意報相当) | 氾濫注意情報(水位情報をもとに発令)               | 洪水注意報(洪水キキクル(洪水警報の危険度分布)をもとに発令)<br>高潮注意報      |
| 1     | 今後気象状況悪化のおそれ | 早期注意情報(気象庁が発表)      | 大雨の約1日～数日前        |                                  |                                               |

SIPテーマ5(清水ら)  
令和2年7月豪雨の球磨川流域における線状降水帯の検出



SIPテーマ6  
長時間アンサンブル気象予測情報を用いた

- ハザード予測システムの開発(高潮・高波、洪水)
- 治水施設の最大利用技術の開発(ダム、水門)



避難情報に関するガイドライン(内閣府、2021年5月)、気象業務はいま(気象庁、2021年6月)

# 警戒レベルと防災気象情報－SIPでの取り組みとの関係

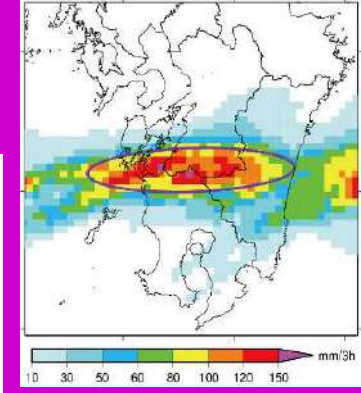
4

| 警戒レベル | 状況           | 行動を促す情報(避難情報等)      | 気象状況(気象情報)        | 防災気象情報(洪水)                       | (高潮)                                  |
|-------|--------------|---------------------|-------------------|----------------------------------|---------------------------------------|
| 5     | 災害発生または切迫    | 緊急安全確保(市町村長が発令)     | 数十年に一度の大雨(特別警報相当) | 水位情報がある大河川<br>氾濫発生情報(水位情報をもとに発令) | 水位情報がない中小河川<br>大雨特別警報(浸水害の発生情報をもとに発令) |
| 4     | 災害のおそれ高い     | 避難指示(市町村長が発令)       | (特別警報相当)          | 氾濫警戒情報(水位情報をもとに発令)               | 洪水キキクル(洪水警報の危険度分布)                    |
| 3     | 災害のおそれあり     | 高齢者等避難(市町村長が発令)     | 大雨の概ね3～6時間前(警報相当) | 氾濫警戒情報(水位情報をもとに発令)               | 洪水警報(洪水警報の危険度分布)をもとに発令)               |
| 2     | 気象状況悪化       | 大雨、洪水、高潮注意報(気象庁が発表) | 大雨の数時間～半日前(注意報相当) | 氾濫注意情報(水位情報をもとに発令)               | 洪水注意報(洪水警報の危険度分布)をもとに発令)              |
| 1     | 今後気象状況悪化のおそれ | 早期注意情報(気象庁が発表)      | 大雨の約1日～数日前        |                                  | 高潮注意報                                 |

テーマ5

テーマ6

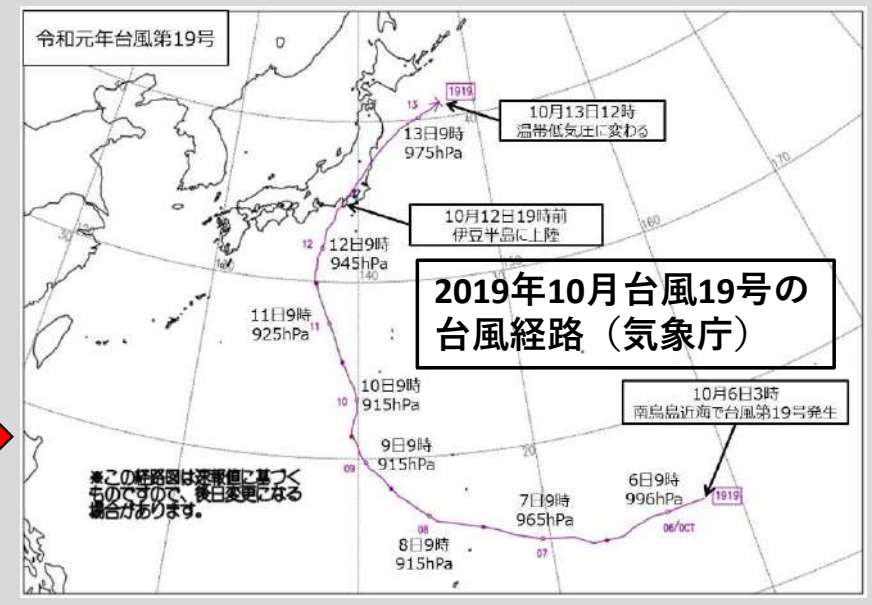
SIPテーマ5(清水ら)  
令和2年7月豪雨の球磨川流域における線状降水帯の検出



SIPテーマ6  
長時間アンサンブル気象予測情報を用いた

■ハザード予測システムの開発(高潮・高波、洪水)

■治水施設の最大利用技術の開発(ダム、水門)

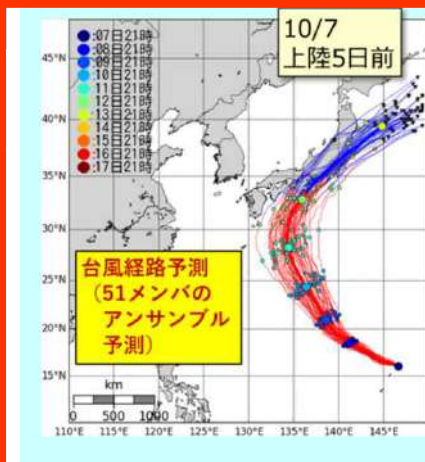


避難情報に関するガイドライン(内閣府、2021年5月)、気象業務はいま(気象庁、2021年6月)



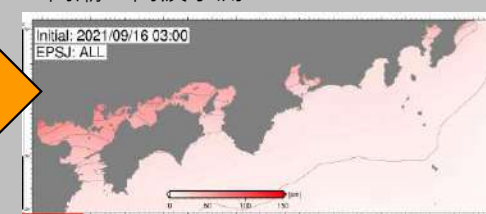
# 警戒レベルと防災気象情報－SIPテーマ6の取り組みとの関係

| 警戒レベル | 状況           | 行動を促す情報(避難情報等)      | 気象状況(気象情報)        | 防災気象情報(洪水について)                                                 |                                   |
|-------|--------------|---------------------|-------------------|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
|       |              |                     |                   | 水位情報がある河川、大河川                                                  | 水位情報がない河川、中小河川                    |
| 5     | 災害発生または切迫    | 緊急安全確保(市町村長が発令)     | 数十年に一度の大雨(特別警報相当) | 氾濫発生情報(水位情報をもとに発令)                                             | 大雨特別警報(浸水害)<br>洪水キキクル(洪水警報の危険度分布) |
| 4     | 災害のおそれ高い     | 避難指示(市町村長が発令)       | (特別警報相当)          | 氾濫危険情報(水位情報をもとに発令)                                             | 洪水キキクル(洪水警報の危険度分布)                |
| 3     | 災害のおそれあり     | 高齢者等避難(市町村長が発令)     | 大雨の概ね3～6時間前(警報相当) | 氾濫警戒情報(水位情報をもとに発令)                                             | 洪水警報(洪水キキクル(洪水警報の危険度分布)をもとに発令)    |
| 2     | 気象状況悪化       | 大雨、洪水、高潮注意報(気象庁が発表) | 大雨の数時間～半日前(注意報相当) | 氾濫注意情報(水位情報をもとに発令)                                             | 洪水注意報(洪水キキクル(洪水警報の危険度分布)をもとに発令)   |
| 1     | 今後気象状況悪化のおそれ | 早期注意情報(気象庁が発表)      | 大雨の約1日～数日前        | <div data-bbox="772 1133 1220 1268" data-label="Image"> </div> |                                   |



2019年10月台風19号のアンサンブル予測 (ECMWF, 図は日本気象協会作成)

72時間先の三大湾のアンサンブル高潮・高波予測

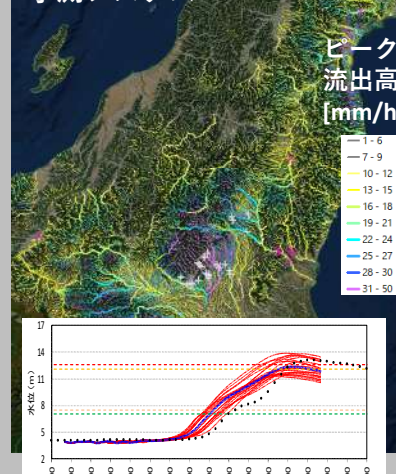


(テーマ6サブテーマ2洪水予測) 全国の中小河川の水位・流量を対象として6時間先予測および24時間先アンサンブル予測を150m空間分解能で実現  
⇒ (SIPテーマ7) 市町村への避難指示発令支援

⇒ (SIPテーマ6サブテーマ2, 3) ダムおよび水門の高度管理に予測情報を利用する。

(SIPテーマ6サブテーマ1, 2高潮・高波予測、洪水予測) 台風予測情報を用いて72時間先の高潮・高波、洪水のアンサンブル予測を実現  
⇒ (SIPテーマ6サブテーマ2, 3) ダムおよび水門の高度管理に予測情報を利用する。

全国の河川の6時間先150m空間分解能の水位・流量予測システム



72時間先のアンサンブル水位流量予測

# 高潮・高波ハザード予測システムの開発

6

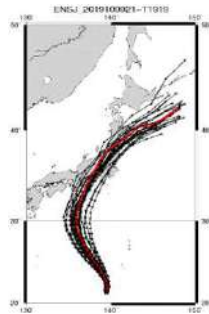
**現状** 長時間予測に伴う不確実性を考慮した、アンサンブル気象予測による高潮・高波・浸水予測情報が無い

## リアルタイム高潮・高波浸水予測システム

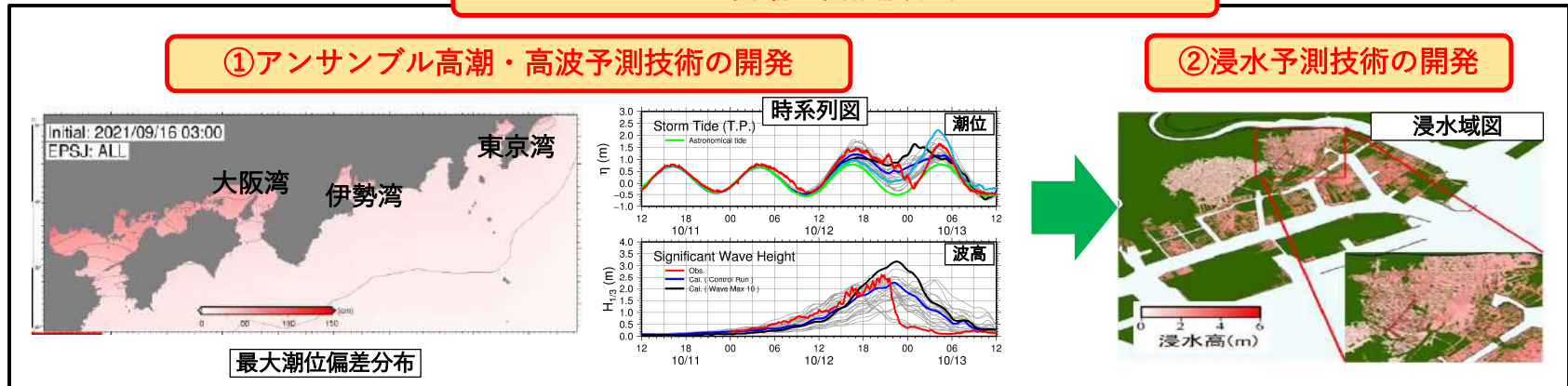
### ①アンサンブル高潮・高波予測技術の開発

### ②浸水予測技術の開発

長時間アンサンブル  
気象予測情報と観測情報



台風経路



5 日前 27メンバー

3 日前

39時間前 21メンバー 24時間前

週間アンサンブル (132時間先まで予測)

メソアンサンブル (39時間先まで予測)

上陸

**SIP** プロトタイプシステム開発を達成し、実装に向けて三大湾を同時に解析対象とする予測システムを開発中！

#### ① 見逃しゼロ

コア技術：最悪の高潮・高波予測情報を含むアンサンブル高潮・高波予測技術（アンサンブル数を27個から51個へ）

#### ② 避難や施設操作のリードタイムを確保（長時間予測）

コア技術：72時間先予測を実現するアンサンブル高潮・高波予測技術（72時間先予測、6時間毎逐次更新の情報提供）

#### ③ 我が事に感じるリスク情報の提供（全体俯瞰の面的情報、高分解能の浸水予測）

コア技術：身近な場所の高解像度リアルタイム浸水予測技術（海域270m⇒陸域3.3m）

三大湾におけるリアルタイム高潮・高波浸水予測システムを展開し、人的損失ゼロ、浸水被害軽減を実現する

# 高潮・高波ハザード予測システムの開発：4年次の**技術目標**と**社会実装目標**

## 技術目標1 高潮・高波予測の解析領域の拡大

現行システム

Before

※現行システムでは同時に複数の海域を解析とすることは考えていなかった。

三大湾を対象とした試運用  
(伊勢湾の追加開発)

- 令和3年度開発は三大湾を網羅する新たな計算領域を設定し、三大湾全ての**詳細計算**を再構築する。これによって、実装後の実運用が容易となる。
- ポストSIPを視野に、運用し易い、三大湾を網羅する計算領域に変更開発する。

令和3年度のシステム開発

After

- 全海域を再構築
- 一体解析運用

大阪湾・伊勢湾・東京湾周辺海域  
迷走台風 2020年 台風14号

## 技術目標2 週間アンサンブルメンバー数の増加 (27→51)

現行システム

Before

【27メンバー】  
令和4年3月で  
配信終了

※現行システム：台風2012号

メンバー数増加対応 (27→51)

- メンバー数増加によって**台風コースのばらつきを、より精度高く、予測することが可能となる**。最大潮位・最大波高の、「見逃しゼロ」の確度が増加する。
- 台風2014号のように**台風進路予報の予報円が大きく、予報円の片側に外れていった場合でも、メンバー数の増加によって、可能性を検知することができ、「見逃しゼロ」を達成することができる**。

After

【51メンバー】  
令和3年3月下旬から  
配信開始

※配信サンプルから作成



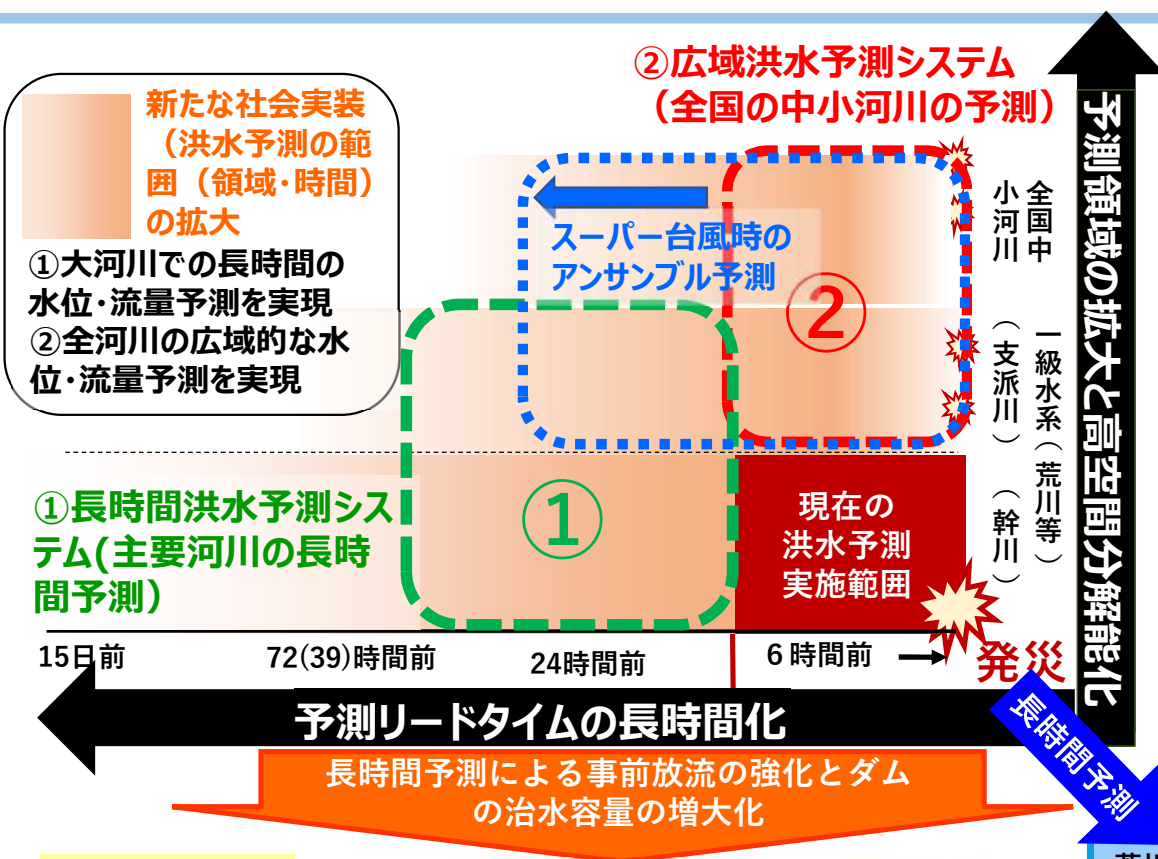
※提供する情報については、社会実装先と協議しながら、現場が必要とする情報を模索する。

- 社会実装目標：**
- 1 高潮・高波ハザード予測システムの導入先の検討
  - 2 予測情報の活用リテラシーの向上（不確実性のある予測情報の利用方法）
  - 3 必要に応じた水防法、気象業務法の改正等

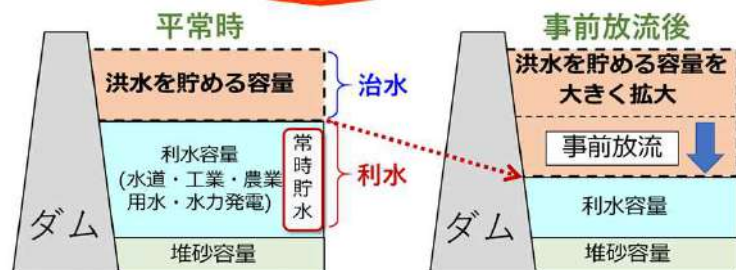


# 長時間/広域洪水予測システム・統合ダム防災支援システムの開発

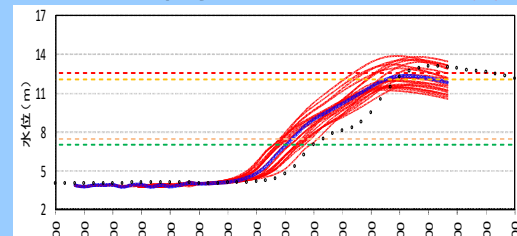
8



- 統合ダム防災支援システムを開発
- ダム群最適放流操作を実現(事前放流、連携操作)

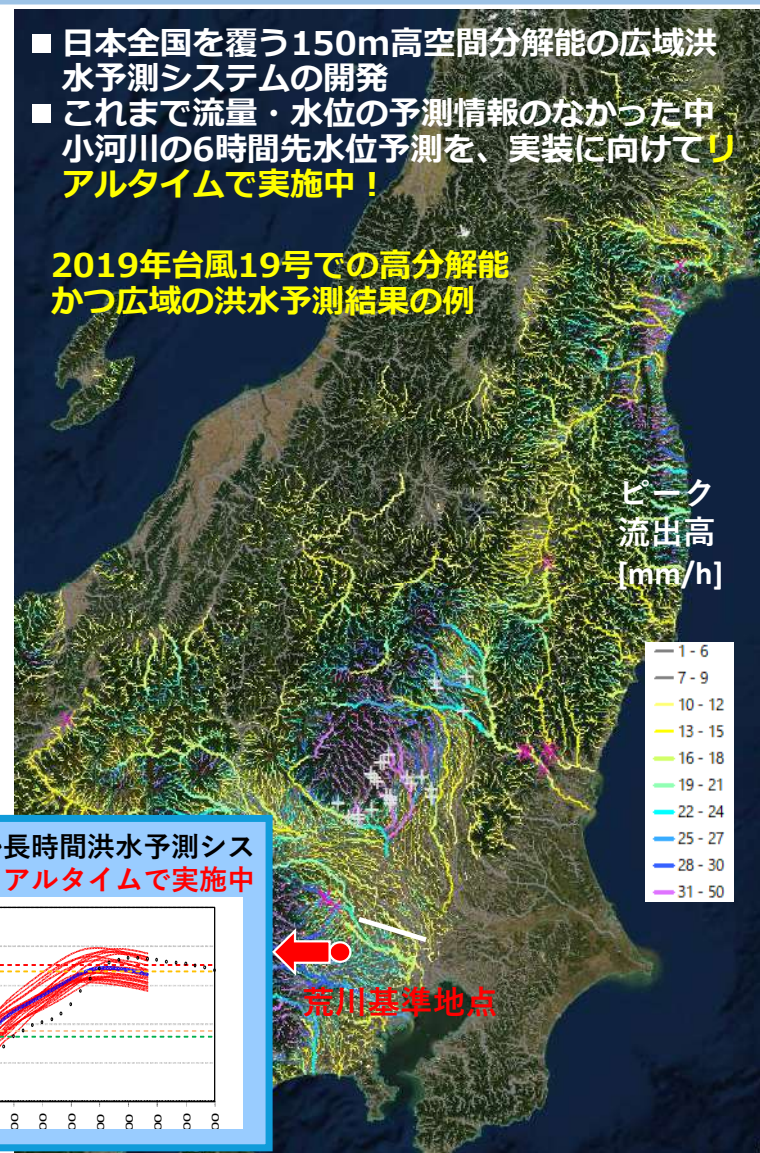


荒川流域のアンサンブル長時間洪水予測システムによる水位予測をリアルタイムで実施中



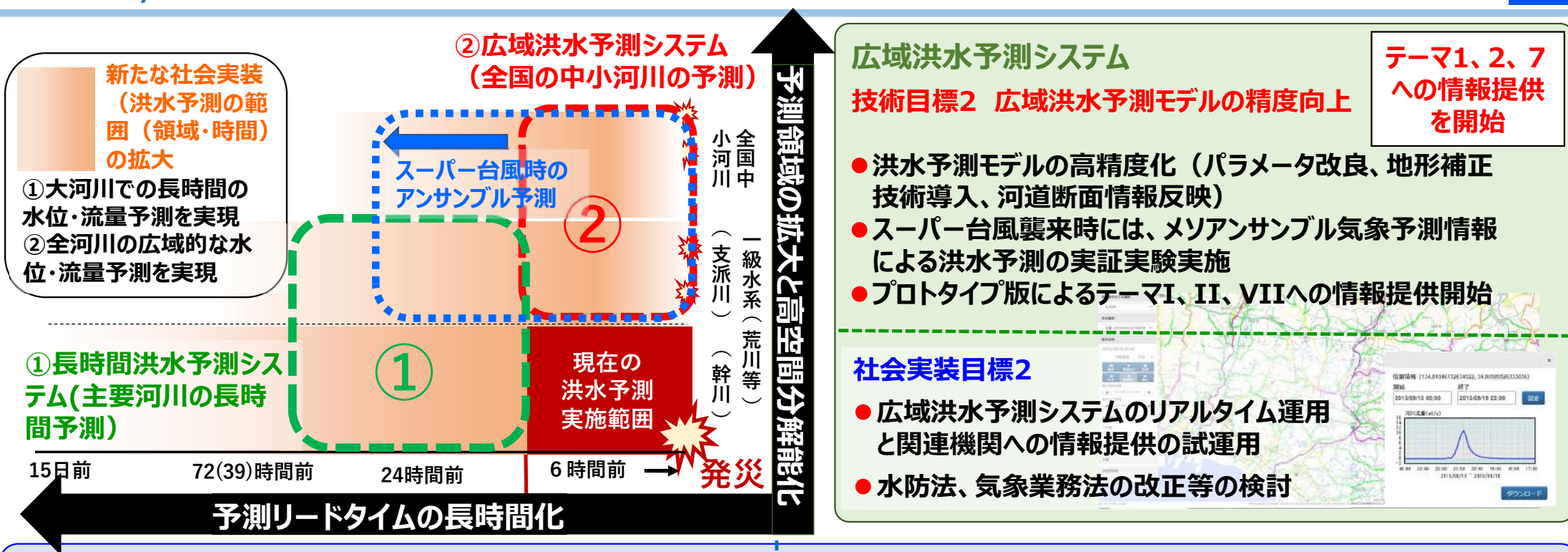
- 日本全国を覆う150m高空間分解能の広域洪水予測システムの開発
- これまで流量・水位の予測情報のなかった中小河川の6時間先水位予測を、実装に向けてリアルタイムで実施中！

2019年台風19号での高空間分解能かつ広域の洪水予測結果の例





# 長時間/広域洪水予測システム開発：4年次の**技術目標**と**社会実装目標**



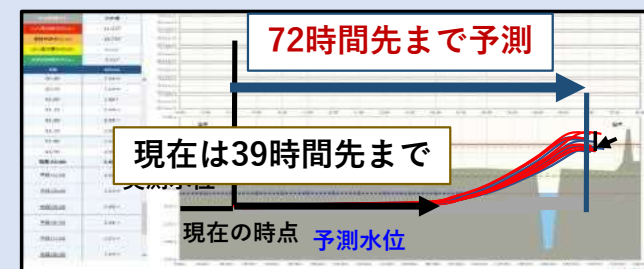
## 長時間洪水予測システム

### 技術目標1 長時間洪水予測モデルの継続的改良

- 洪水予測モデルの高精度化（幹川と支川の合流部の結合方法の改善）
- 自治体の実働計画を踏まえた予測の**長時間化（39→72時間）**
- オンライン表示システム開発（アンサンブル予測結果のリアルタイムweb表示化）

## 社会実装目標1

- 長時間洪水予測システムのリアルタイム運用と関連機関への情報提供の試運用
- アンサンブル予測情報の活用方法の明確化



## 技術目標1 ダム流域への正確な流入量予測⇒長時間アンサンブル降雨予測の適用

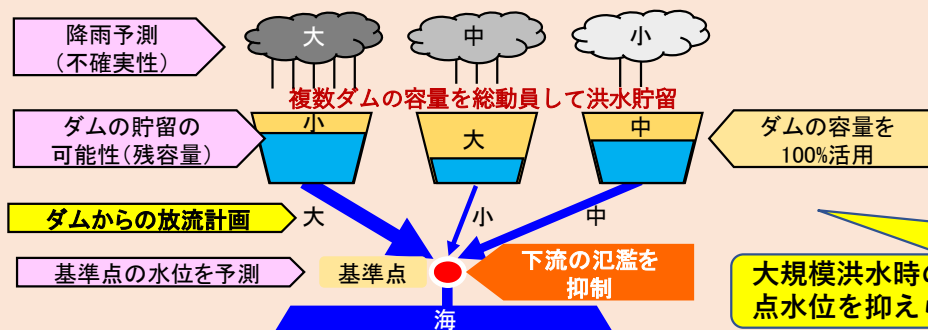
- 木津川ダム群、新成羽川ダム他のプロトタイプによる精度検証、改良
- 荒川ダム群、電力ダムのプロトタイプ構築

2020年台風10号発生前に8日先の豪雨を予測！



## 技術目標2 ダム群最適操作による治水効果の拡大⇒高速演算技術による最適化

- 木津川上流ダム群プロトタイプによる検証

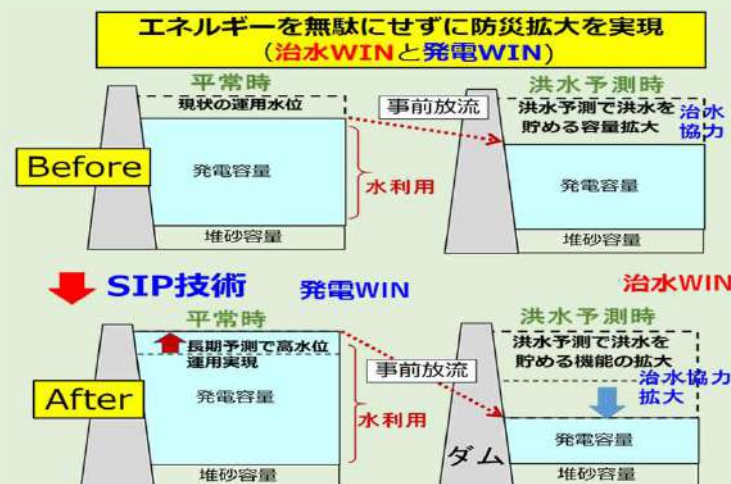


## 社会実装目標1 早期の事前放流開始

- 木津川ダム群、新成羽川ダム、一庫ダム他のプロトタイプによる試行
- 操作ルールについて国交省と協議

## 社会実装目標2 洪水調節能力の最大化かつ多目的ダム・電力ダムの発電量の増大

- 電力ダムのプロトタイプ構築



大規模洪水時の複数ダムの最後の危機管理操作。膨大な放流操作の組合せの中から、下流基準地点水位を抑えられる最適操作を短時間で探索して提示



# 危機管理型水門管理システムの開発

## ■スーパー台風襲来時に求められる危機管理

目的その1 水門等の確実な閉鎖(蟻の一穴をつくらない)による氾濫の防止

目的その2 水門等の開閉情報の首長への集約による避難情報の的確な発令

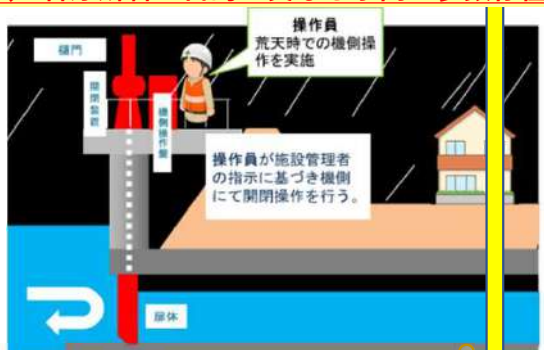
### 背景

大阪湾の高潮浸水区域と水門位置図



◆50機関の約800の水門が存在

◆4省庁所管の目的異なる水門が多数存在



「蟻の一穴」とならないよう非常時には確実に水門を閉じなければならない。

### 現状



### SIP



### 課題

①低コスト・堅牢性の確保、②省庁連携の取組が必須



多様な管理者間の情報集約(開閉情報)ができていない！！

浸水を防ぐためには閉じる必要がある水門・陸閘でも、大きさ・構造、設置目的(所管省庁)は様々。





# 危機管理型水門管理システム開発：4年次の**技術目標**と**社会実装目標**

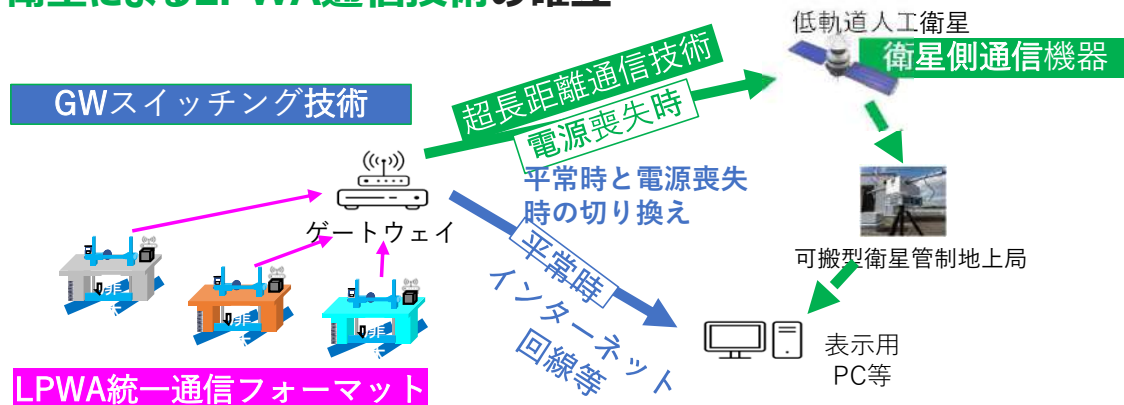
12

## 技術目標1：電源喪失時の水門・陸閘等の開閉状況一元監視

## 技術目標2：電源喪失時における水門自重閉鎖

### コア技術

- ①低コストで実現する**LPWA統一通信フォーマットの規格化**
- ②平常時・電源喪失時のゲートウェイ（GW）スイッチング技術の確立
- ③衛星による**LPWA通信技術**の確立

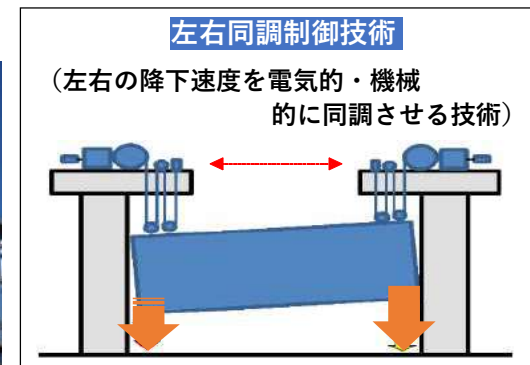
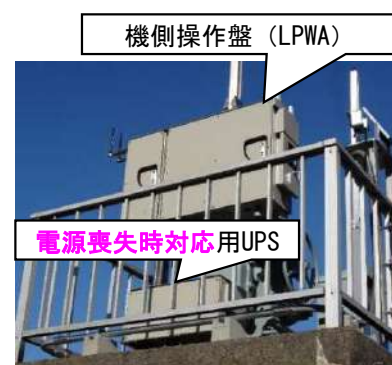


### 4年次の技術目標

- LPWA統一通信フォーマットによる水門一元監視システムを3大湾にて試行運用し一元監視技術を確立。
- 省電力LPWA通信における超長距離通信(400km超)と宇宙環境での耐性を有する専用デバイス開発により、衛星によるLPWA通信技術の基礎技術を確立。

### コア技術

- ①電源喪失時の**遠隔操作による自重閉鎖切替え技術**の確立
- ②**大型水門の左右同調制御技術**の開発



### 4年次の技術目標

- **小型水門**の実証実験を継続し、電源喪失時の遠隔操作による自重閉鎖切替え技術を確立。
- **大型水門**の自重閉鎖システムを構築するため、ワイヤロープウィンチ式大型水門の改造試設計を実施。

**技術の2本柱を前提に、技術基準類(予算措置の根拠)を策定することで社会実装を加速**

**社会実装目標：関係省庁横断の技術基準・ガイドライン等の策定**

## テーマVI スーパー台風被害予測システムの開発

### 高潮・高波ハザード予測システムの開発

令和3年11月11日（木）

岡安 徹也



# 研究開発により実現したい目標

## ① 《見逃し0（ゼロ）》

アンサンブル予報を用いて最大51通りの台風コースの高潮・高波・浸水を予測計算し、住民や施設管理者等に対して、最悪の高潮・高波を含む「幅のある浸水予測」情報を提供することにより、情報利用者が高潮・高波の防災リスクを正しく認識することを可能とする、「リスクの見逃し」のゼロを実現。また、アンサンブル予報の時空間内挿、観測値によるデータ同化により、予測精度の向上を図る。

**技術目標1** ⇒ アンサンブル気象予報を活用した予測モデルの構築  
予測精度向上を図るための時空間内挿・データ同化技術の導入

## ② 《リードタイムの確保》

6時間毎に更新されるアンサンブル予報の活用により72時間先の予測情報を提供し、避難や施設操作のリードタイムを確保する。

**技術目標2** ⇒ 72時間先予測、6時間毎逐次更新の情報提供

## ③ 《我が事に感じるリスク情報をいち早く提供》

住民や施設管理者、店舗・イベント業者等に対して、台風接近時に、自分の居る場所に関する高解像度の高潮・高波・浸水の情報を、台風位置情報の発表後1時間以内に逐次更新提供することにより、情報利用者が適切な防災対応を取ることができ、被災者や施設の被災を軽減する。

**技術目標3** ⇒ いつのタイミングに・どこで・誰が ピンポイント情報を提供  
高空間分解能（3.3m格子）の浸水予測、計算高速化

東京湾・伊勢湾・大阪湾におけるリアルタイム高潮・高波浸水予測システムを  
全国展開することで、**人的損失ゼロ、浸水被害軽減の実現が最終目標**



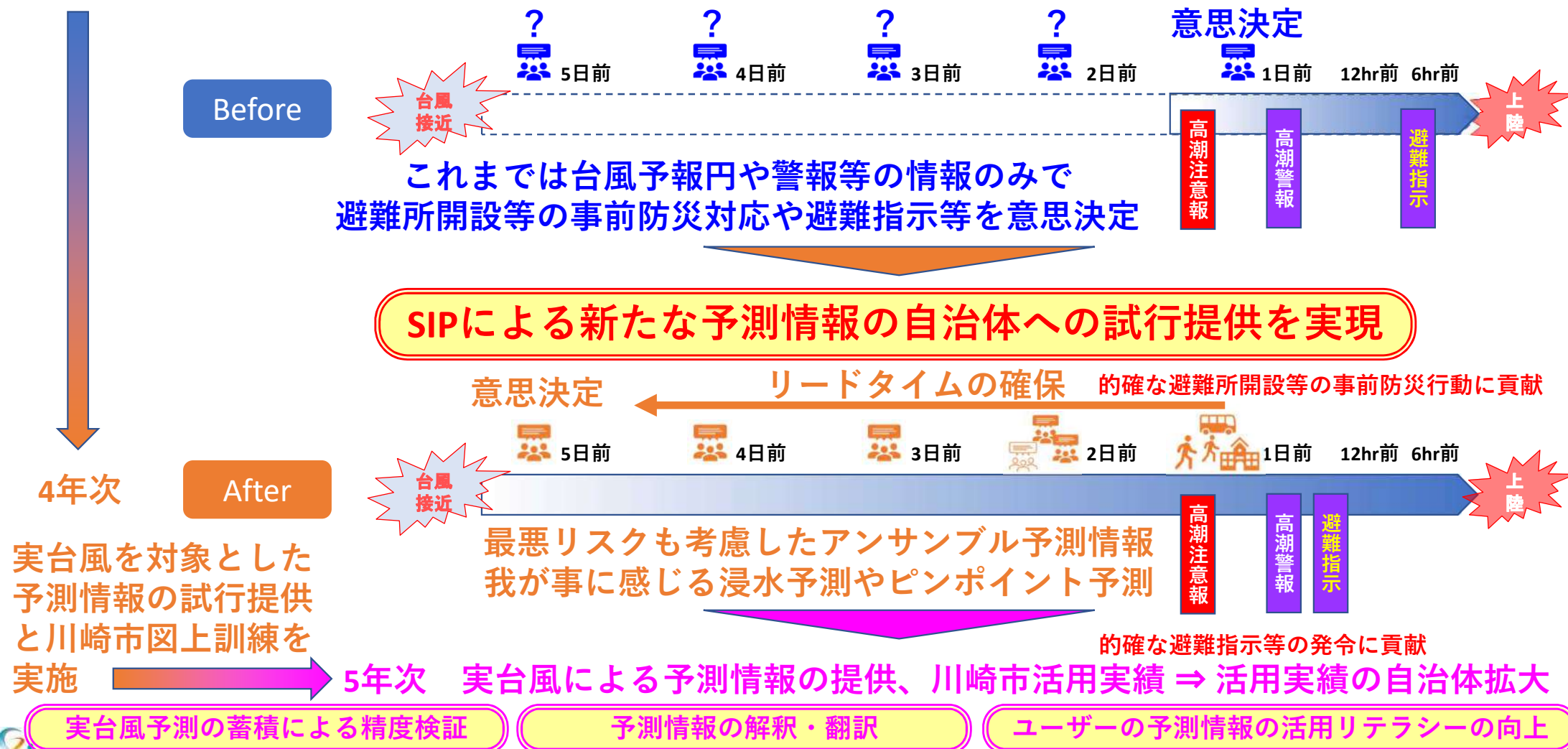
# 研究開発により実現したい目標

サブテーマ1：高潮・高波ハザード予測システム開発

評価項目  
A③④B③

2

初年次 長時間予測に伴う不確実性を考慮したアンサンブル気象予測による高潮・高波・浸水予測情報が無い



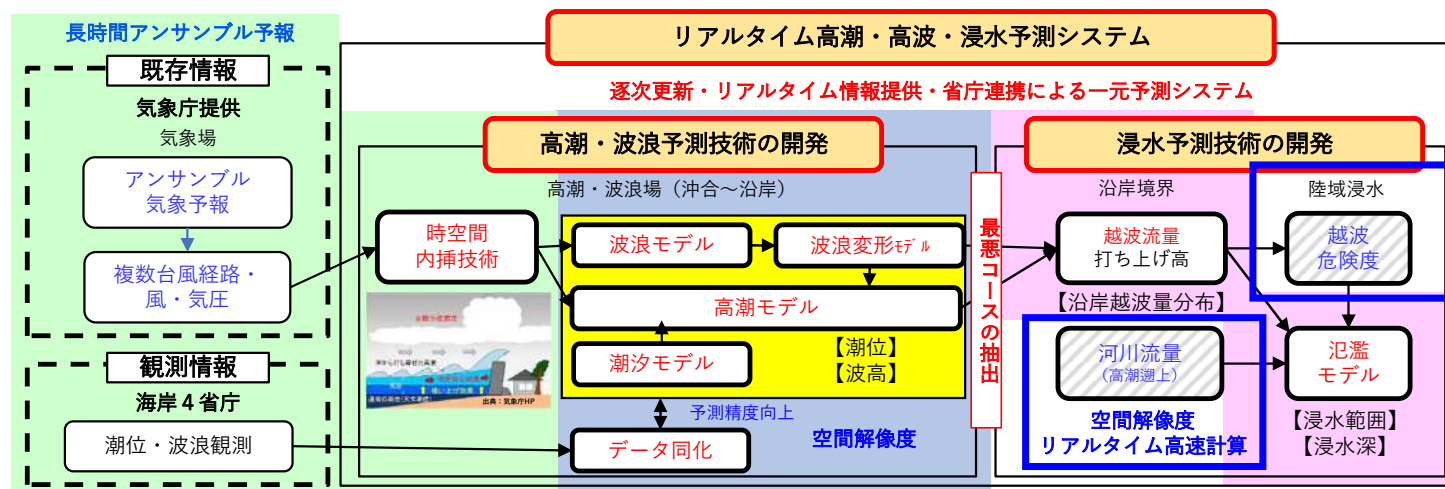
# 4年次のシステム開発目標

サブテーマ1：高潮・高波ハザード予測システム開発

評価項目  
A③④

3

3年次までの  
プロトタイプシステム



週間アンサンブルメンバー数 27  
12時間毎予測 (1日2回)

令和2年度に開発・運用した  
【プロトタイプシステム】



4年次追加予算で開発済み

4年次開発済み  
高潮河川遡上 越波危険度

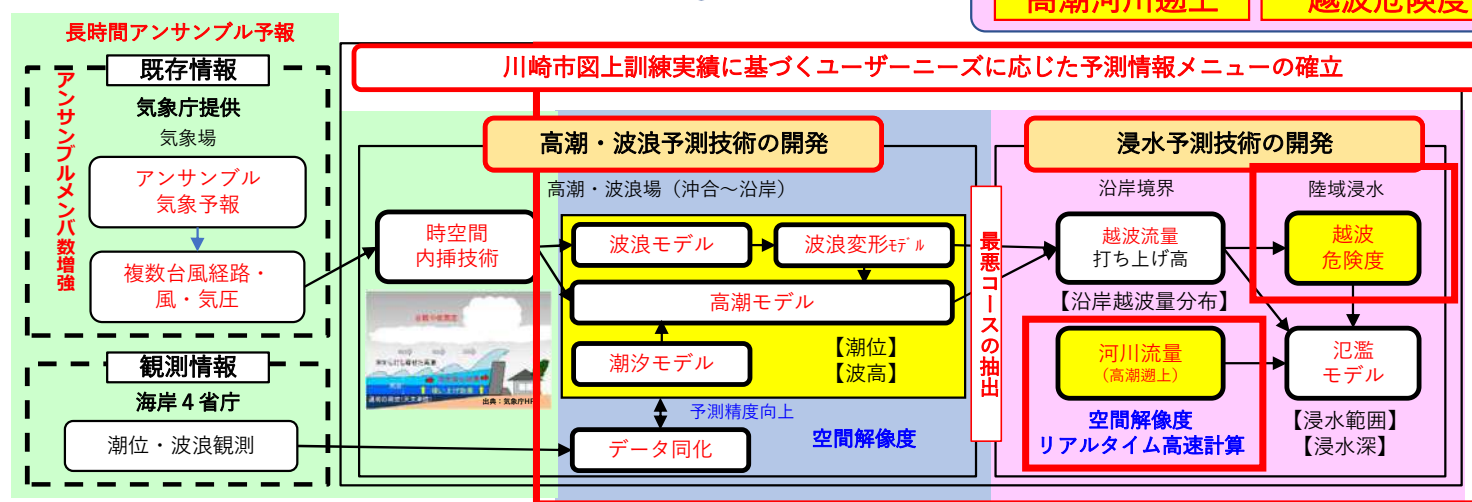
①高潮・波浪予測の解析領域の拡大

②週間アンサンブルメンバー数の増加 (27→51)

週間アンサンブルメンバー数 51  
6時間毎予測 (1日4回)  
(目標3時間後出力)



最終年次以降  
社会実装に向けたシステム



# 技術目標 1 (4年次追加) 解析領域の拡大

サブテーマ1：高潮・高波ハザード予測システム開発

評価項目  
A③⑤B⑧

4

【令和3年台風5号,8号,9号,10号,14号,16号に対し、リアルタイム高潮予測試行を実施】

Before

【令和2年度】3年次

- 簡易計算: 瀬戸内海、関東沿岸
- 詳細計算: 大阪湾、東京湾

解析領域の拡大と  
詳細計算領域の追加

【令和3年度】4年次(昨年次との差分)

- 簡易計算: 瀬戸内海～関東沿岸(広域に拡大)
- 詳細計算: 大阪湾、伊勢湾・三河湾(新設)、東京湾

※ 伊勢湾・三河湾の詳細計算は、現在構築中につき、領域はイメージである。

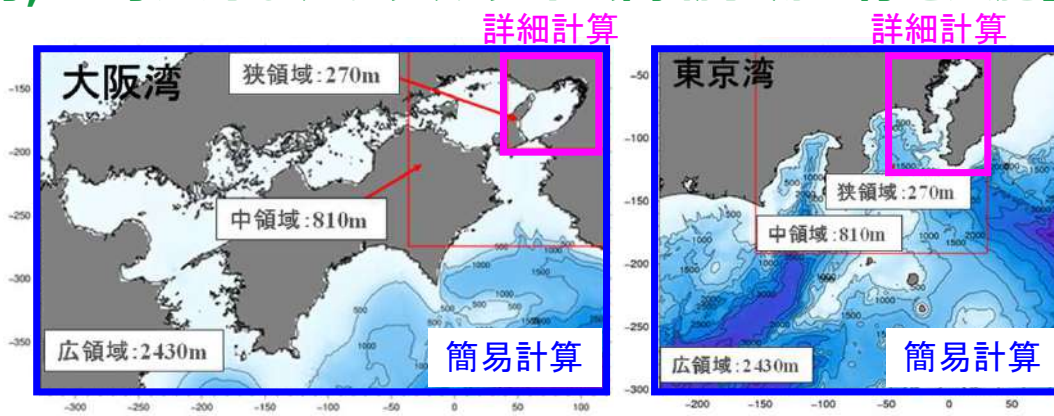
After

【簡易計算】

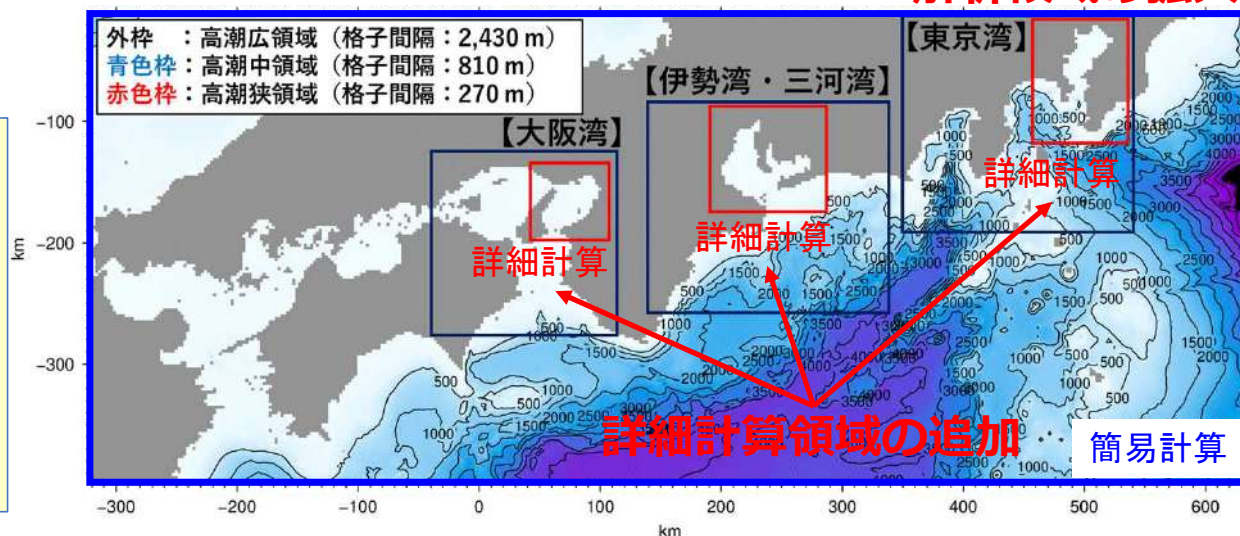
計算範囲を広く取って、どこで大きな高潮や高波が発生するか全体俯瞰の観点からの今後の台風の動向の目途をつける。

【詳細計算】

計算負荷の制約からより高解像度の計算領域を三大湾に限定し、三大湾の中のどこで、いつ、どの程度の大きな高潮や高波が発生するかをピンポイントで高精度に計算する。



解析領域の拡大





# 技術目標 1 (4年次追加) 解析領域の拡大

サブテーマ1：高潮・高波ハザード予測システム開発

評価項目  
A③B⑧

5

解析領域の拡大に期待する効果

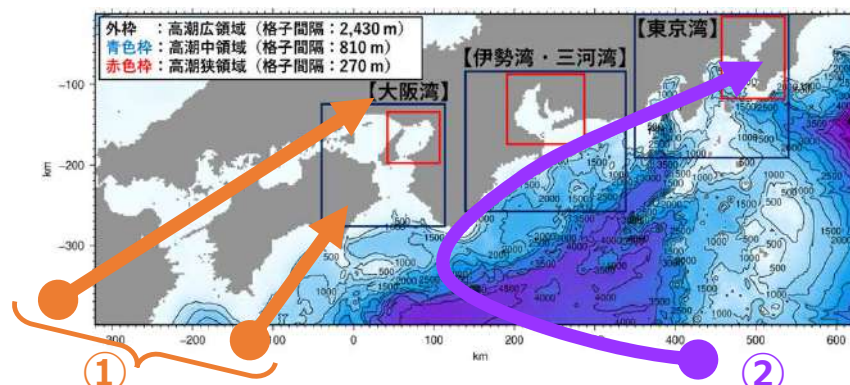
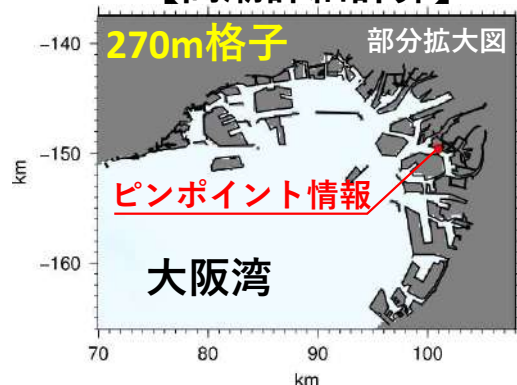


複数台風や迷走台風への対応を実現

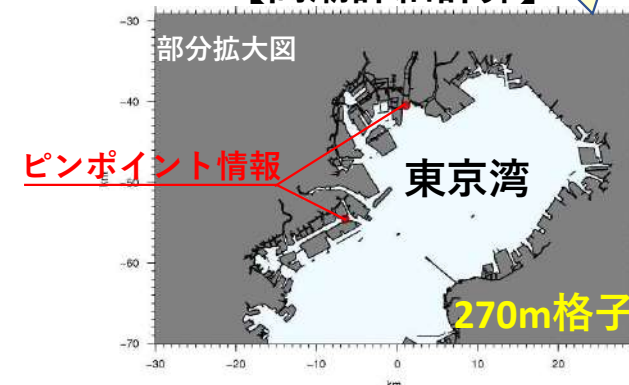
台風経路に応じた  
高分解能の詳細計算

- ① 複数の台風が接近した場合にもその影響を考慮可能
- ② 迷走台風や変則的な動きをする台風を追跡可能

【高潮詳細計算】

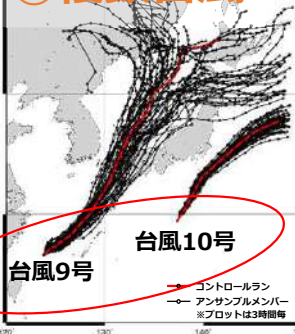


【高潮詳細計算】



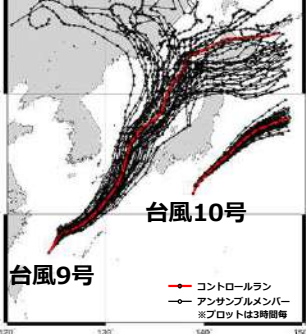
初期時刻 令和3年8月7日9時  
週間アンサンブル51メンバー

① 複数台風



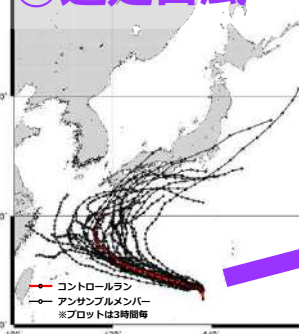
初期時刻 令和3年8月7日21時  
週間アンサンブル51メンバー

台風10号



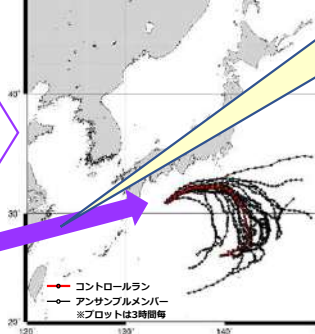
初期時刻 令和2年10月5日21時  
週間アンサンブル27メンバー

② 迷走台風



初期時刻 令和2年10月9日21時  
週間アンサンブル27メンバー

迷走台風



大きく変化する  
予測経路をシー  
ムレスに追跡

台風9号と台風  
10号の影響を  
同時に考慮

台風経路イメージ

# 技術目標 1 (4年次追加) 週間アンサンブルメンバー数の増強 (27⇒51)

サブテーマ1：高潮・高波ハザード予測システム開発

評価項目  
A③⑤⑦

6

【令和3年台風5号,8号,9号,10号,14号,16号に対し、リアルタイム高潮予測試行を実施】

Before

After

アンサンブルメンバー数の増強による予測プロダクトイメージ

【令和2年 台風第14号】

<高潮>  
27メンバー、関東南岸エリア  
予測回数：1日2回（自動）

【台風2014号】最大潮位偏差予測  
初期時刻：2020/10/08 09:00 [ENSJ]



<波浪>  
27メンバー、東京湾  
予測回数：1日2回（自動）

【台風2014号】最大波高予測  
初期時刻：2020/10/06 09:00 [ENSJ]

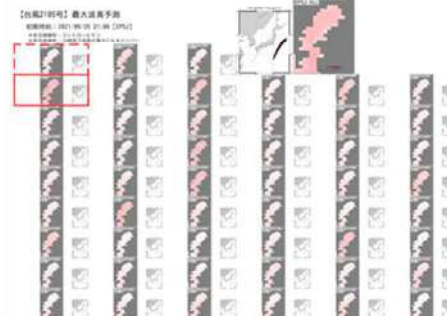


【令和3年 台風第5号】

<高潮>  
51メンバー、領域拡大  
予測回数：1日4回（手動）



<波浪>  
51メンバー、東京湾  
予測回数：1日4回（手動）

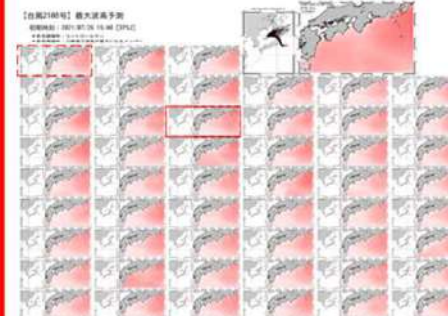


【令和3年 台風第8号】

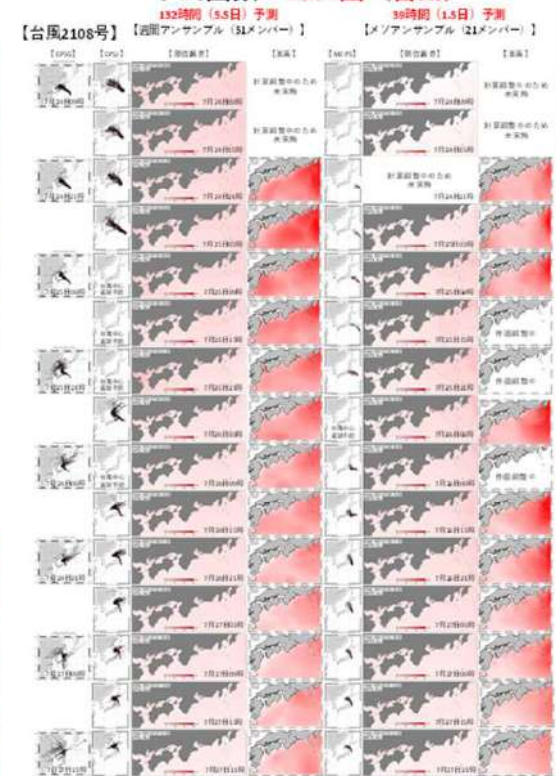
<高潮>  
51メンバー、領域拡大  
予測回数：1日4回（自動）



<波浪>  
51メンバー、領域拡大  
予測回数：1日4回（自動）



<高潮 & 波浪> 予測実施一覧  
51メンバー、領域拡大  
予測回数：1日4回（自動）



試行運用を通じ、手動から

自動出力にシステムを改良



# 技術目標 1 見逃しゼロ

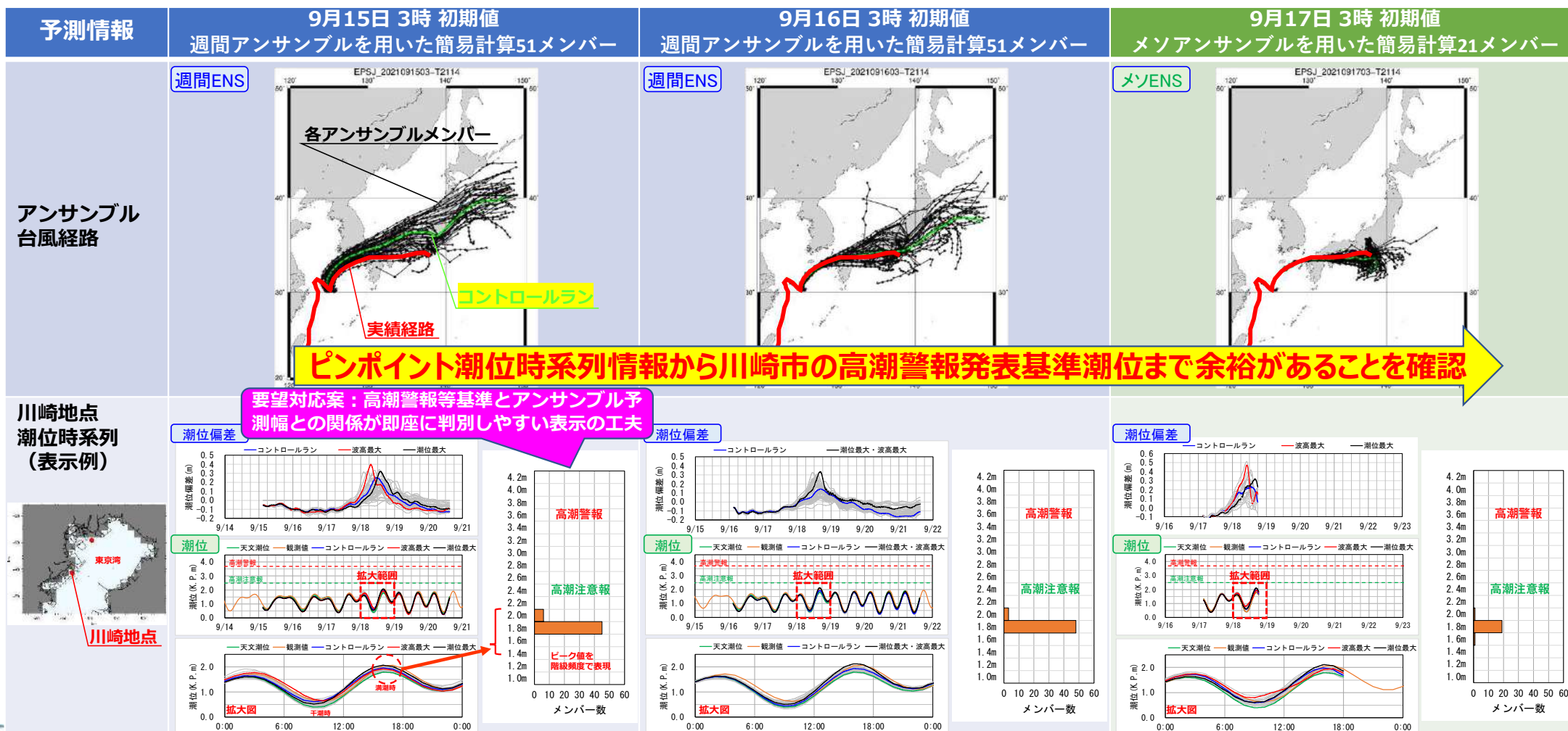
サブテーマ1：高潮・高波ハザード予測システム開発

評価項目  
A③⑤⑦B⑧

7

## 【令和3年台風14号の予測情報】

## 川崎市からのプロダクト仕様の要望⇒活用リテラシーの向上





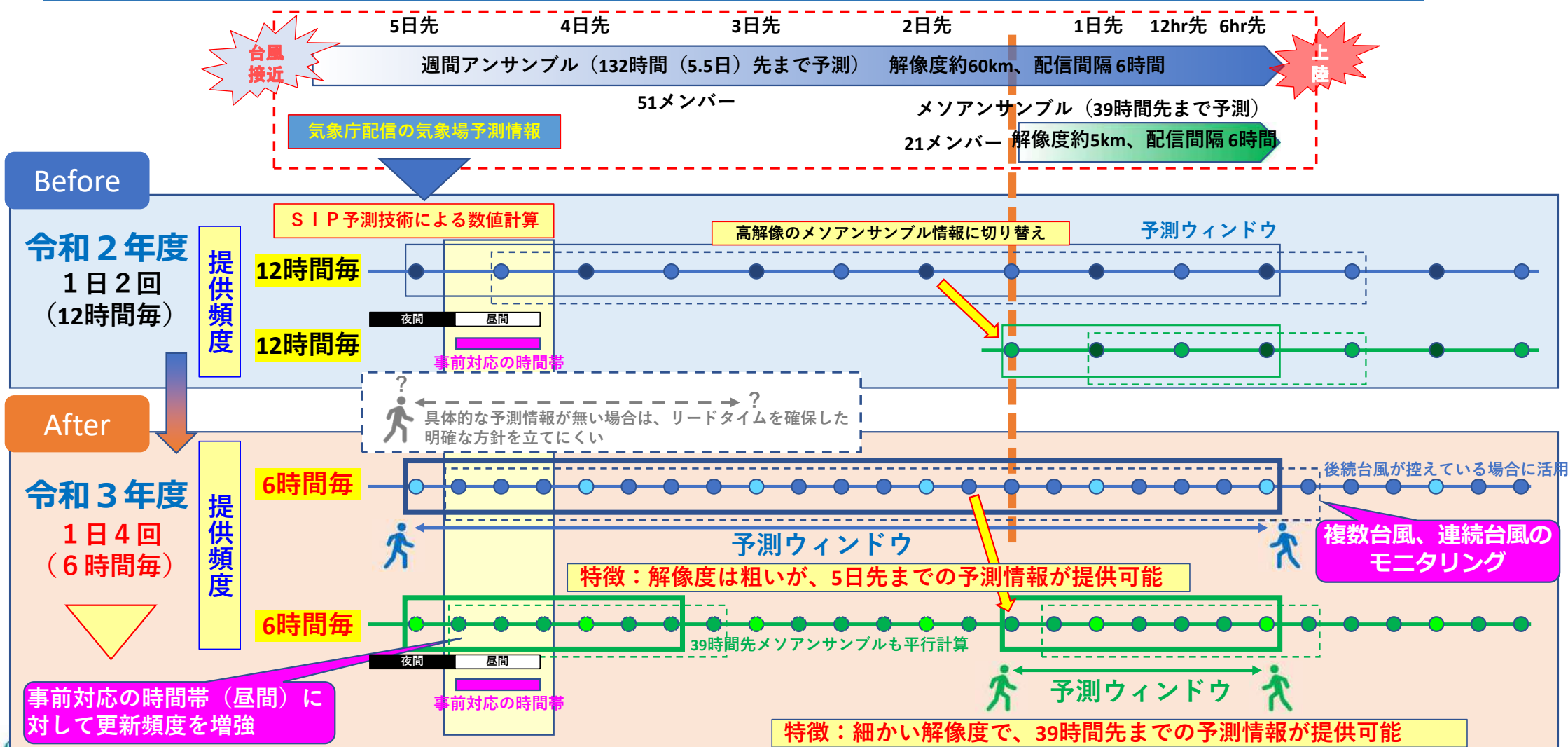
## 技術目標 2 72時間先予測・6時間毎逐次更新の情報提供

サブテーマ1：高潮・高波ハザード予測システム開発

評価項目  
A③⑤

8

12時間毎更新⇒6時間毎更新 効果：事前対応の時間帯（昼間）に対して更新頻度を増強



## 技術目標3 高分解能（3.3m）の浸水予測によるピンポイント情報の提供・高速化

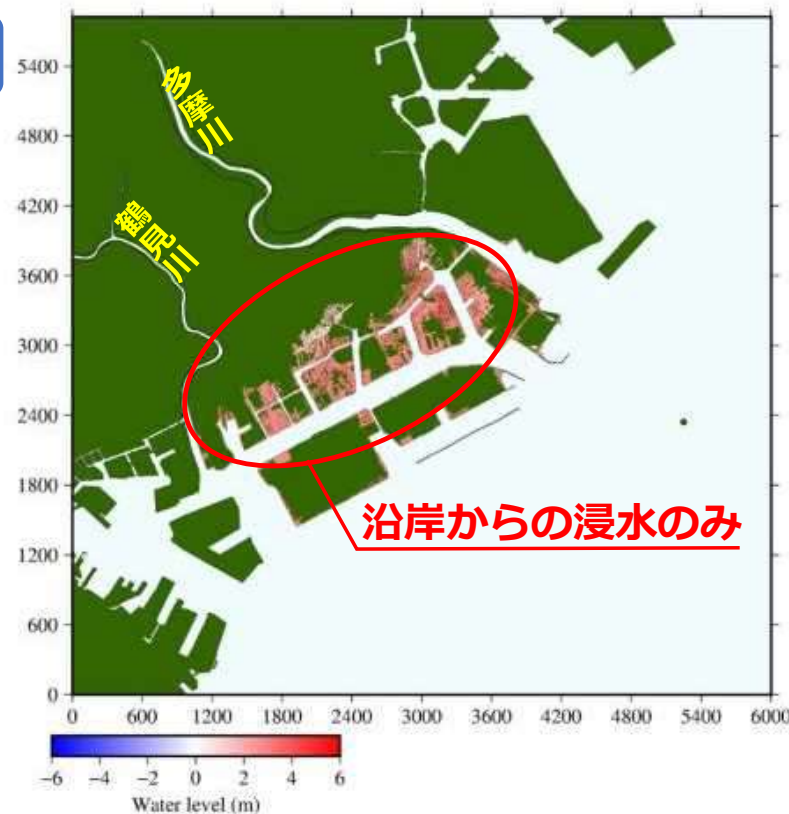
評価項目  
A③

9

## 高潮河川遡上モデルの実装

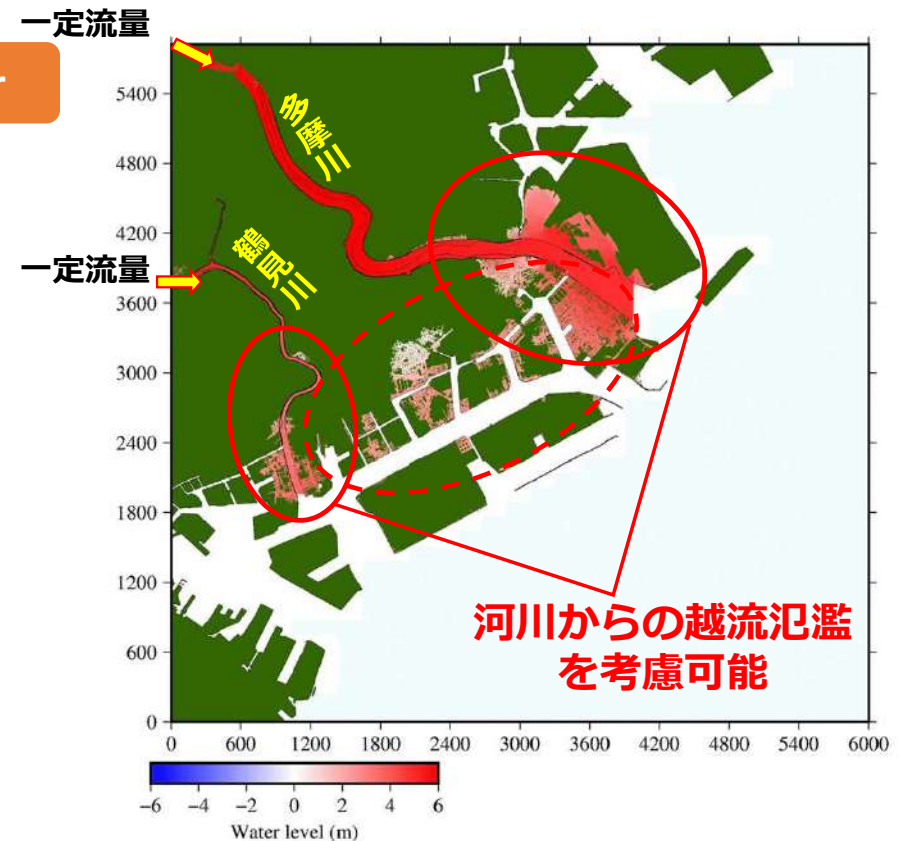
代表的な河川に一定流量を与えることで河道内の高潮河川遡上現象をモデル化し、  
高潮と河川流（洪水時）の複合生起現象を考慮可能

Before



高潮河川遡上無し

After



高潮河川遡上有り

# 技術目標の達成度と今後の見込み（総括表）

## ■技術目標の進捗状況と4年次見込み、5年次見込み

| 設定目標                | 技術目標                            | 現時点の達成度                                                                                                                                                                       | 4年次見込み                                                                                                                                                                              | 終了時見込み                                                                                                                                                                             |
|---------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ①見逃しゼロ              | アンサンブル予報の活用(ENS)                | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 週間ENS：51メンバー※</li> <li>● メソENS：21メンバー</li> </ul>                                                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 週間ENS：51メンバー※</li> <li>● メソENS：21メンバー</li> </ul>                                                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 週間ENS：51メンバー</li> <li>● メソENS：21メンバー</li> <li>● ユーザーニーズに応じた出力仕様</li> </ul>                                                                |
|                     | 時空間内挿技術                         | ● 実装済み                                                                                                                                                                        | (引き続き改良)                                                                                                                                                                            | ● 継続的な予測の精度向上                                                                                                                                                                      |
|                     | データ同化技術                         | ● プロトタイプ実装済み                                                                                                                                                                  | ● 継続的な予測精度の向上                                                                                                                                                                       | ● 継続的な予測精度の向上                                                                                                                                                                      |
| ②リードタイムの確保          | 予測時間<br>目標72時間先予測               | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 週間ENS：132時間先</li> <li>● メソENS：39時間先</li> </ul>                                                                                       | ● 同左                                                                                                                                                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 技術目標達成</li> <li>● ユーザーニーズに応じた出力仕様</li> </ul>                                                                                              |
|                     | 予測頻度<br>目標6時間毎                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 海域：1日4回予測</li> <li>● 陸域：動作検証</li> </ul>                                                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 海域：6時間毎</li> <li>● 陸域：6時間毎</li> </ul>                                                                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 技術目標達成</li> <li>● ユーザーニーズに応じた出力仕様</li> </ul>                                                                                              |
| ③我が事に感じるリスク情報提供     | 高分解能（3.3m）<br>の浸水予測             | ● 高潮河川遡上モデルの実装                                                                                                                                                                | ● 継続的なシステム検証                                                                                                                                                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 河川遡上を考慮した浸水予測</li> <li>● ユーザーニーズに応じた出力仕様</li> </ul>                                                                                       |
|                     | 高速化                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 半自動処理</li> <li>● 海域：所要7時間</li> <li>● 陸域：10m格子(スパコン:768並列)<br/>実12時間⇒計算約10分</li> <li>● 3.3m格子(スパコン:768並列)<br/>実12時間⇒計算約30分</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 引き続き自動処理化</li> <li>● 海域：所要3時間※</li> <li>● 陸域：10m格子(WS:128並列)<br/>実12時間⇒計算約2時間目標</li> <li>● 3.3m格子(WS:128並列)<br/>実12時間⇒計算約24時間目標</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 完全自動化（統合）</li> <li>● 海域：所要3時間</li> <li>● 陸域：10m格子(WS:128並列)<br/>実12時間⇒計算約1時間目標</li> <li>● 3.3m格子(WS:128並列)<br/>実12時間⇒計算約12時間目標</li> </ul> |
| 実台風に対する事前予測実績       | 大阪湾<br>伊勢湾<br>三河湾（4年次追加）<br>東京湾 | <ul style="list-style-type: none"> <li>● R2年台風10号,12号,14号</li> <li>● R3年台風5号,8号,9号,10号,14号,16号</li> <li>● 提供先：国交省・川崎市・江戸川区・愛知県・大阪府・兵庫県</li> </ul>                             | ● システムの安定化、性能向上を目指し、実台風のリアルタイム予測検証を継続的に実施予定                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                    |
| データ連携状況             | テーマⅠ(SIP4D)<br>テーマⅦ(IDR4M)      | <ul style="list-style-type: none"> <li>● SIP4Dアカウント取得済み</li> <li>● 加古川地点の予測情報提供済み</li> </ul>                                                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>● SIP4D⇒IDR4M等具体的な活用方法の検討</li> <li>● データフォーマット等協議予定</li> </ul>                                                                               | ● 継続的なテーマ間連携                                                                                                                                                                       |
| 外部システムレビューR3.8.17開催 | システム構成・機能・<br>入出力の検証等           | ● システム試行提供サイト構築済み                                                                                                                                                             | ● データ利用者のニーズに応じた入出力仕様を引き続き検討                                                                                                                                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>● データ利用者のニーズに応じた入出力仕様</li> <li>● SIP後システム構成、検証方法</li> </ul>                                                                                 |

※ R3.3以降、週間アンサンブル/広領域の気象庁アンサンブルメンバー数を27→51に増強



台風接近

5日先 4日先 3日先 2日先 1日先 12hr先 6hr先

週間アンサンブル（132時間（5.5日）先まで予測） 解像度約60km、配信間隔6時間

51メンバー

メソアンサンブル（39時間先まで予測） 21メンバー 解像度約5km、配信間隔6時間

上陸

気象庁配信の気象場予測情報

SIP予測技術による数値計算

高解像度のメソアンサンブル情報に切り替え

6時間毎

後続台風が控えている場合の対応

6時間毎

((先行) 台風への対応)

提供頻度

リードタイムの確保

**STP予測情報プロダクト**

詳細計算 コントロールラン・潮位最大・波高最大の3メンバー

**台風経路**

**【簡易計算解像度】**  
 高潮 2,430m格子  
 波浪 緯度経度1.5分（約2,780m格子）  
 外枠：高潮広領域（格子間隔：2,430m）  
 青色枠：高潮中領域（格子間隔：810m）  
 赤色枠：高潮狭領域（格子間隔：270m）

**【詳細計算解像度】**  
 高潮 270m格子  
 波浪 270m格子

伊勢湾・三河湾（東京湾）  
 大阪湾

**越波危険度**

メソアンサンプル  
 週間アンサンプル

**高潮・波浪平面図**

**高潮・波浪平面図**

メソアンサンプルを用いた簡易計算21メンバー  
 週間アンサンプルを用いた簡易計算51メンバー

**時系列図**

**波高**

アンサンプル予測情報の翻訳

閾値と予測幅との関係を頻度分布図に変換することでリスクを視覚的に把握

**浸水域図**

**潮位**

高潮警報  
 高潮注意報

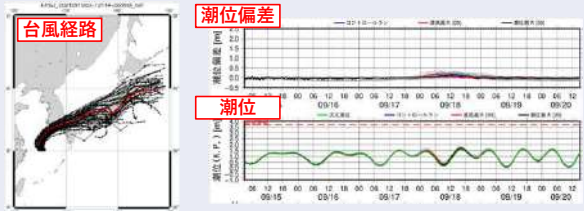
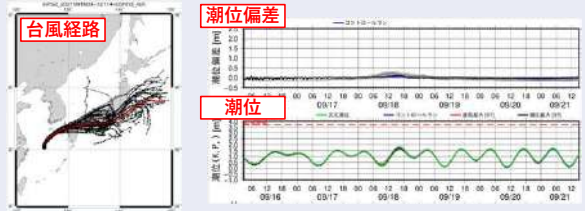
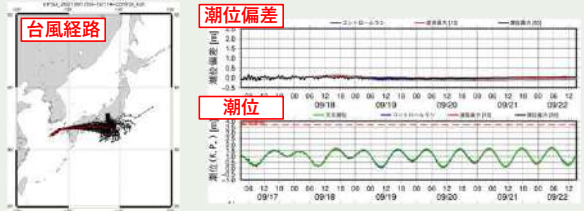
0 10 20 30 40 50 60  
 メンバー数

**我が事を感じる  
 リスク情報**

**見逃し0（ゼロ）**

## 令和3年台風14号に対する川崎市の活用実績

## 台風の進路が定まらないことから3日前からの行動

| 行動日                         | 9月15日 3日前                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 9月16日 2日前                                                                                                                                                                            | 9月17日 1日前                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 項目                          | ステージⅠ<br>基本方針                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | ステージⅡ<br>部局間の調整                                                                                                                                                                      | ステージⅢ<br>防災行動の実行                                                                                                                                                                      |
| 意思決定の粒度                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 台風進路予測がオホーツクで停滞後、17日に温帯低気圧になり、勢力を維持したまま本州に接近する予報であり、関東には雨よりも風に注意した方が良いとの予報であった。</li> <li>➢ 各局区に気象情報を情報共有し、<b>港湾局には、SIP予測の潮位等から翻訳し、高潮発生の可能性は低いと情報提供した。</b></li> </ul>                                                                                                                                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 台風進路の予報が変わり、台風のまゝ関東に接近する予報となったことから雨量が前日より大幅に変わり、雨と風の警戒を各局区に情報提供した。</li> <li>➢ <b>SIP予測情報の越波、潮位等を確認し、港湾局に対して高潮の可能性が低いと情報提供した。</b></li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 横浜気象台の台風説明会で、関東に接近し、大雨及び高波に警戒が必要との説明であったため、各区局に気象情報を提供するとともに必要な対応をとるようにお願いした。</li> <li>➢ <b>SIP予測情報の越波、潮位等から高潮の可能性が低いことを確認した。</b></li> </ul> |
| SIP予測情報<br>(主に確認した出力情報)     |                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                   |                                                                                                   |
| 自治体ユーザー<br>(災害対応部局)<br>コメント | <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 専門的な知識が乏しいため、翻訳しやすいよう予測情報に対してコメントのほか、高潮ハザードエリア等も赤色濃淡の1色ではなく別の色での表現であれば視覚的に理解しやすい。</li> <li>➢ 危険度(小中大)がわかるようなものであれば、スピード感を持って他局にも説明もしやすく、理解もされやすい<br/>→安全アラートみたいなイメージがよいかもしれない</li> <li>➢ 情報が多く、整理にも専門的な知識と時間がかかるので、コメントや川崎市エリアの切り抜きなどがあれば、必要なものが必要な部局に対して提供できるようになる。</li> <li>➢ 潮位、波高等図に警報発令レベル実線があるのは、危険度レベルがわかるのは良い</li> </ul> |                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                       |

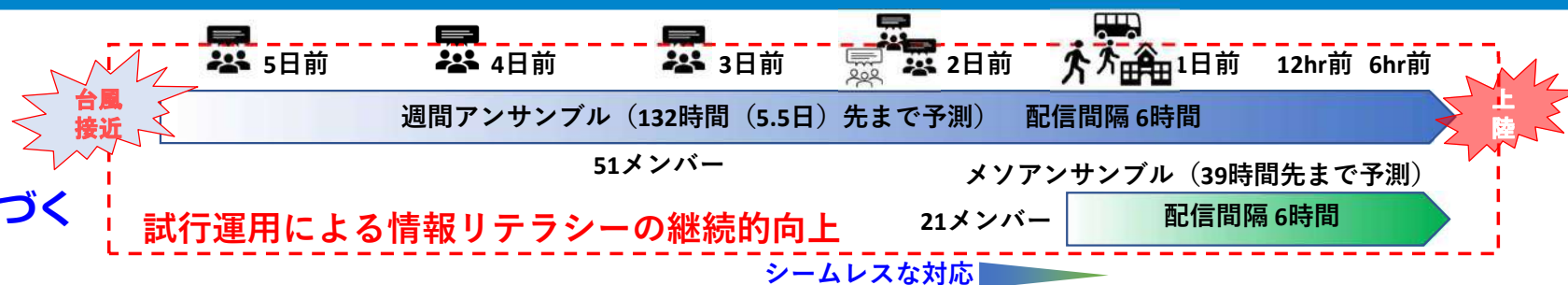
# 社会実装の展開 タイムライン（防災行動計画）におけるSIP予測情報の活用

サブテーマ1：高潮・高波ハザード予測システム開発

評価項目  
A③⑤ B②④⑤⑥⑧

13

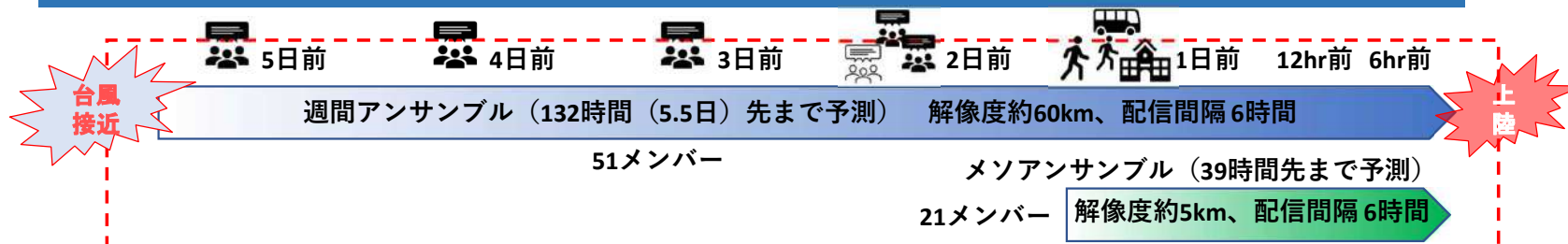
## 川崎市図上訓練結果に基づく タイムラインのステージ



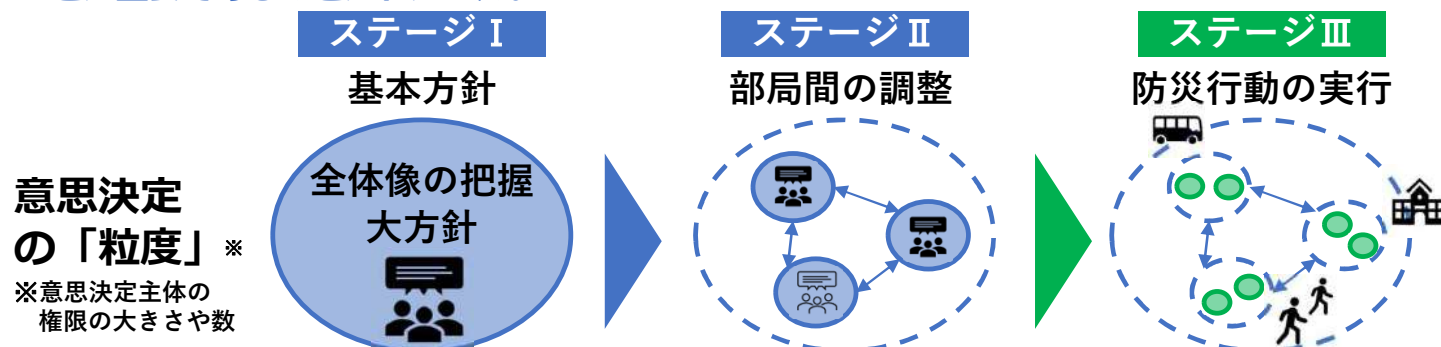
| 項目                 | ステージⅠ<br>基本方針                                                                                                                          | ステージⅡ<br>部局間の調整                                                                                                                                           | ステージⅢ<br>防災行動の実行                                                                                                                                                                                                        |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 意思決定の粒度            | <ul style="list-style-type: none"> <li>災害警戒本部等設置可能性の判断</li> <li>災害時対応、平常時業務の災害対応に対する事前準備の必要性</li> <li>タイムラインの調整</li> </ul>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>避難所開設・バス車両避難・計画運休・ゴミ収集やイベント中止等判断と新たな波及連鎖の想像及び緊急輸送等代替活動の検討</li> <li>関係区局間の連携と事前調整</li> </ul>                        | <div>避難指示<br/>高齢者等避難</div> <ul style="list-style-type: none"> <li>防潮扉の閉鎖</li> <li>避難所開設</li> <li>各種浸水対策</li> <li>事後対応への情報収集と準備</li> </ul>                                                                               |
| 予測情報の確度<br>（確からしさ） | <ul style="list-style-type: none"> <li>台風経路の振れ幅は大（迷走台風の場合は、さらに大）</li> <li>移動速度、中心気圧減衰規模も不確定</li> </ul>                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>台風経路の振れ幅は中（相対的に経路は収束）</li> <li>移動速度、中心気圧減衰傾向も収束傾向</li> </ul>                                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>台風経路は絞られる</li> <li>越波・浸水の可能性の確からしさは相対的に高まる</li> </ul>                                                                                                                            |
| 意思決定に活用したいSIP予測情報  | <ul style="list-style-type: none"> <li>台風経路（直撃の可能性）</li> <li>直撃コース（最悪コース）の場合の外力の規模感（潮位・波高・浸水）</li> </ul> <p>⇒どの程度、本気で準備を進めるかの判断に活用</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>最悪コースの外力の規模（潮位・波高・越波・浸水）</li> <li>越波・浸水の可能性のあるメンバー数</li> </ul> <p>⇒最悪を想定した準備（見逃しゼロ対応）と台風コースがずれる場合（空振りを想定対応）の準備</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>最悪コースの外力の規模（潮位・波高・越波・浸水）：最新情報</li> <li>越波・浸水の可能性のあるメンバー数：最新情報</li> </ul> <p>⇒越波・浸水の可能性をメンバー数で判断</p> <p>⇒最悪コースの外力の規模で意思決定（見逃しゼロ対応）</p> <p>⇒但し、最悪とならない空振りの場合の対応（撤収判断）も合わせて意思決定</p> |



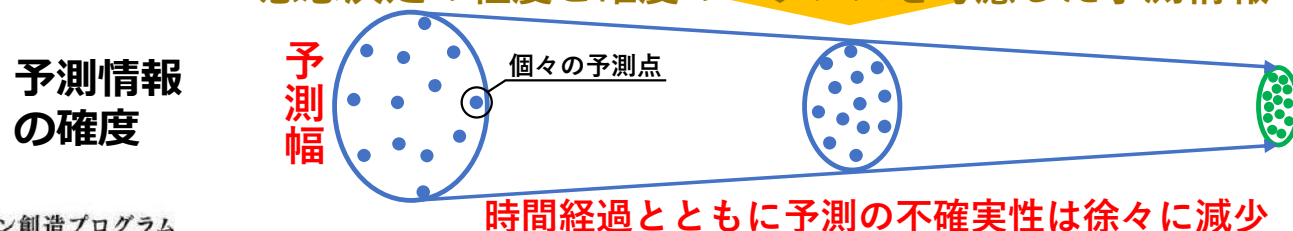
### 意思決定の粒度と予測情報の確度を考慮したユーザー目線の情報提供

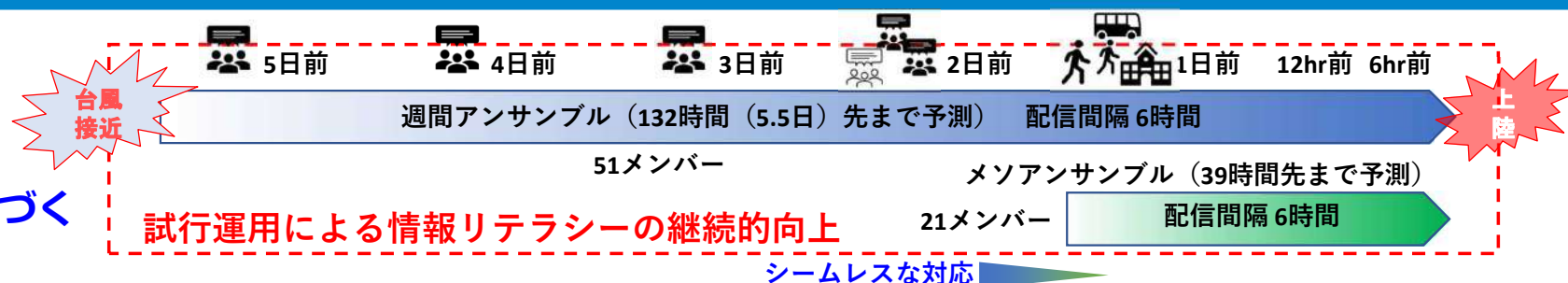


- 川崎市図上訓練を通じ、**I**：予測情報の不確実性が高い3日から2日前までは全体像の把握、**II**：方向性の共有や部局間の調整、**III**：予測情報の確度が高まる1～2日前からは具体的な防災行動に向けた情報活用等、予測情報を提供する際に、**防災対応に係わる意思決定の「粒度」**のメリハリを意識することが重要であることがわかった。



### 意思決定の粒度と確度のバランスを考慮した予測情報（要検討中）



川崎市図上訓練結果に基づく  
タイムラインのステージ

| 項目               |                                                                                                     | ステージⅠ<br>基本方針                                               | ステージⅡ<br>部局間の調整                                         | 避難指示<br>高齢者等避難                    | ステージⅢ<br>防災行動の実行 |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------|------------------|
| 課<br>題           | 予測情報提供者                                                                                             | 予測情報の作成、予測情報提供の責任範囲                                         |                                                         |                                   |                  |
|                  |                                                                                                     | 不確実性を考慮した翻訳・解釈<br>（最悪コース発生の可能性）                             | 地域に応じた翻訳・解釈<br>（最悪コースのピンポイント浸水予測と<br>実現象の差異の説明：解析未考慮事項） | 事後対策に向けた翻訳・解釈<br>（最悪とならない空振りの可能性） |                  |
|                  | 自治体ユーザー<br>（危機管理室）                                                                                  | 予測情報の不確実性へのリテラシーの向上                                         | 情報リテラシーの向上（想像力）                                         | 予測情報の不確実へのリテラシーの向上                |                  |
|                  |                                                                                                     | 予測情報の不確実性を踏まえた全体俯瞰                                          | 予測情報の個別対応への落とし込み                                        | 予測情報の不確実性を理解した上での<br>意思決定         |                  |
|                  | 自治体ユーザー<br>（災害対応部局）                                                                                 | 予測情報の受け取り側の情報リテラシー向上、予測情報利用条件の理解度の向上策（提供の前提条件）⇒災害対応への活用     |                                                         |                                   |                  |
|                  | 自治体ユーザー<br>（一般部局）                                                                                   | 同 上                                                         |                                                         |                                   |                  |
|                  | エンドユーザー<br>（事業者等）                                                                                   | 予測情報の受け取り側の情報リテラシー向上、予測情報利用条件の理解度の向上策（提供の前提条件）⇒条件付きで特定の者へ提供 |                                                         |                                   |                  |
| エンドユーザー<br>（住民等） | 【予測情報の提供に向けて検討すべき事項（課題）】<br>・ 現行気象業務法及び水防法の制約と提供に向けての責任範囲、提供側・受け取り側の情報リテラシーの段階的向上の必要性<br>⇒今直ぐの提供は困難 |                                                             |                                                         |                                   |                  |

※順次ユーザーの予測情報へのリテラシーの向上を図り、防災対応への活用展開（クローズ情報からオープン情報へ）を拡大

①自治体ユーザー（危機管理室）⇒②自治体ユーザー（危機管理部局）⇒③自治体ユーザー（一般部局）⇒④エンドユーザー（事業者等）⇒⑤エンドユーザー（住民等）

# 社会実装の展開 タイムライン（防災行動計画）におけるSIP予測情報の活用

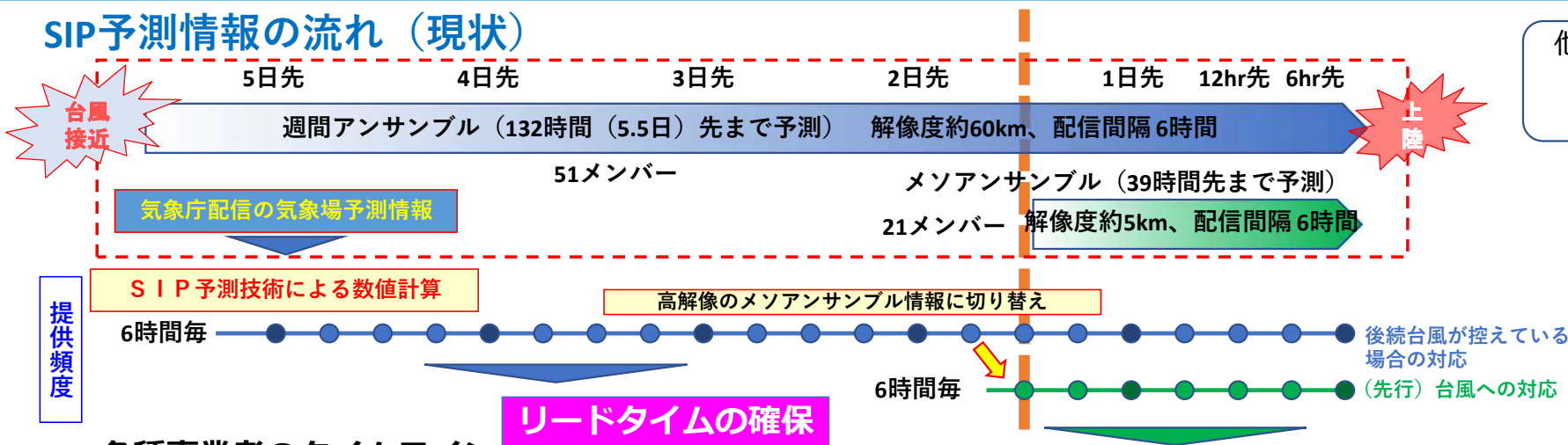
サブテーマ1：高潮・高波ハザード予測システム開発

評価項目

A③④⑤B②③④⑤⑥⑧

16

## SIP予測情報の流れ（現状）

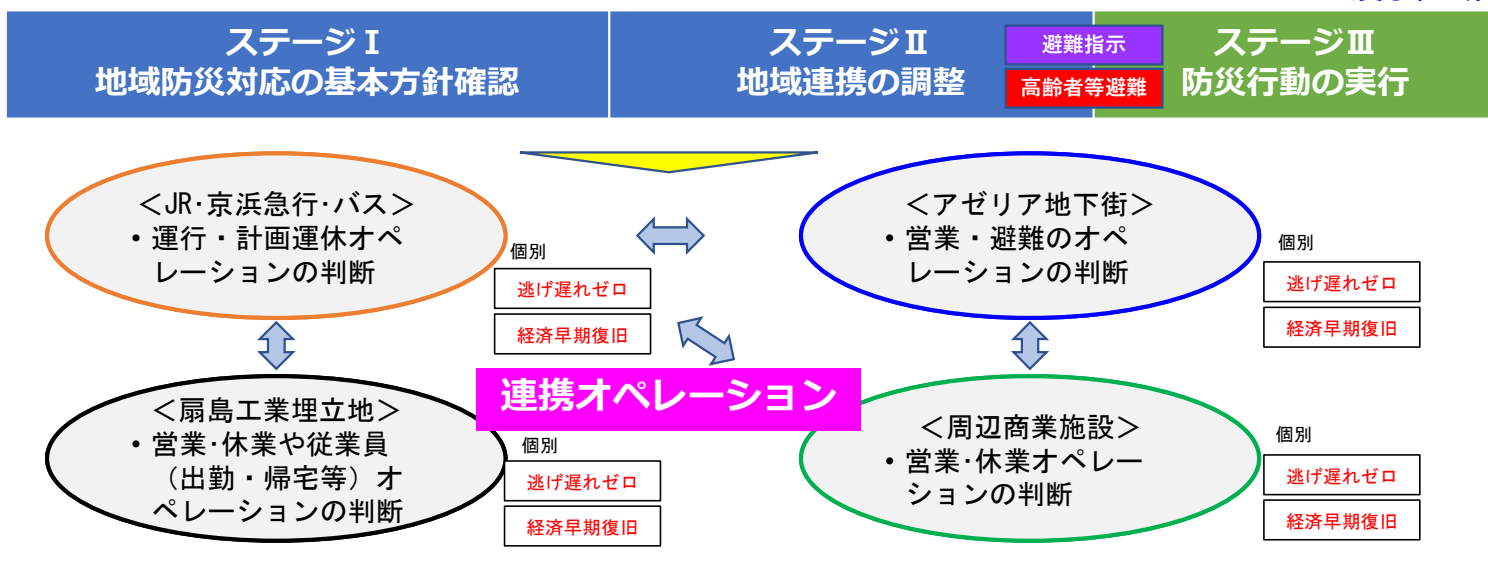


他の自治体での活用検討

- ・愛知県・大阪府
- ・大阪市・兵庫県

## ■各種事業者のタイムライン

地域連携の水害対応BCPへの展開（いつ・どこで・何が⇒誰が、いつ、何を）



非浸水区域

経済波及被害縮減

5年次・高潮予測情報の社会実装の道筋提案

・各種事業者の予測情報活用タイムラインの素案

・川崎市のタイムラインを踏まえた事業者へのヒアリング



### 【参考】高潮・高波ハザードシステムの構成イメージ

フェーズⅠ  
(技術確立段階)  
SIP期間内

フェーズⅡ  
(フォローアップ段階)

フェーズⅢ  
(社会実装段階)

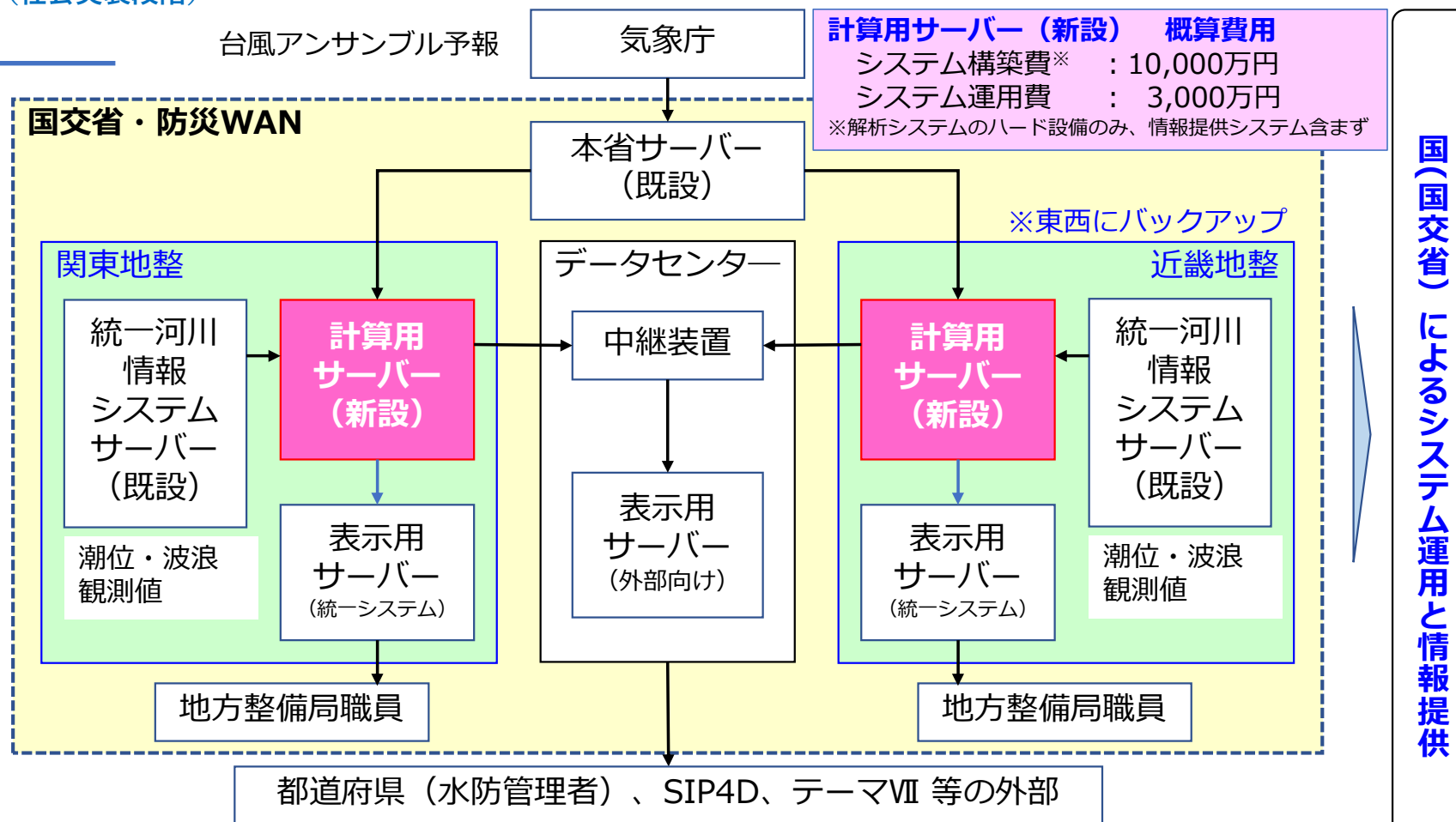
#### 出口戦略のスキーム

① 予測情報の精度検証

② 予測情報の活用リテラシーの向上策検討

システム暫定運用による活用リテラシー向上策の実行  
試行活用実績のファクトの蓄積

リテラシーの熟度に応じた法制度改正とシステム構築



第1利用者として避難判断を行う市町村長 (自治体)、第2利用者として水門操作等を行う施設管理者 (自治体・港湾区域の民間事業者)、第3利用者として運休・営業停止判断を行う船舶や交通機関、商業施設を想定

# 社会実装の展開 3つの視点に基づく社会実装計画

サブテーマ1：高潮・高波ハザード予測システム開発

評価項目  
A③④⑤B②③⑧

18

## ■ 海岸（高潮・高波）と河川（洪水）の3つの視点の対比

| 視点            | 海岸（高潮・高波）                                                                                                  | 河川（洪水）                                                                              |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| ①予測精度の検証      | 検証イベント：観測箇所が限定されており、近年の主要な台風イベントは、平成30年台風21号（大阪湾）、令和元年台風19号（東京湾）と数年に1回程度のため、 <b>検証用イベントの蓄積※が洪水と比べて少ない。</b> | 検証イベント：海域と比べて、観測網も充実している中、毎年のように各地で豪雨災害が発生し、検証用イベントは年々蓄積されている。                      |
| ②予測情報の活用リテラシー | <b>これまでユーザーが活用する情報は、予報円や警報等が主であったが、今後はアンサンブル予測による確率情報となるため、実台風による事前防災への活用実績を蓄積し、活用リテラシーを醸成させていく必要がある。</b>  | 洪水予報、水害リスクラインやキキクル等、既に自治体ユーザー、エンドユーザー（事業所/住民）への情報は提供されており、ユーザーの活用リテラシーは一定程度醸成されている。 |
| ③法改正等制度設計     | ②及び右記の動向も踏まえ、 <b>オープン・クローズ情報の課題を整理した上で具体的な議論を進める必要がある。</b>                                                 | 「洪水及び土砂災害の予報のあり方に関する検討会R3.1～第4回」において具体的な議論が進められている。                                 |

※ 詳細計算の予測精度検証が可能となる高分解能メソアンサンブル予報配信は2019年6月以降

## ■ 社会実装計画

### ①予測精度の検証

— 洪水  
— 高潮

社会実装段階の全視点において高潮は洪水の後追い

差を縮める必要あり

### ③法改正等制度設計

### ②予測情報の活用リテラシー

### 社会実装段階（到達点）の概念イメージ

SIP 戦略的イノベーション創造プログラム  
Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program

### フェーズⅠ （技術確立段階）

#### SIP期間内

R5年台風  
川崎市  
ほか

#### ①予測情報の精度検証

#### ②予測情報の活用リテラシーの向上策の検討

活用実績

#### ③法制度改正等の必要性の検討

### フェーズⅡ （フォローアップ段階）

### フェーズⅢ （社会実装段階）

#### SIP後

技術確立後、システム暫定運用による活用リテラシー向上策の実行

リテラシーの熟度に応じた法制度改正とシステム構築

GOAL

国によるシステム運用と情報提供

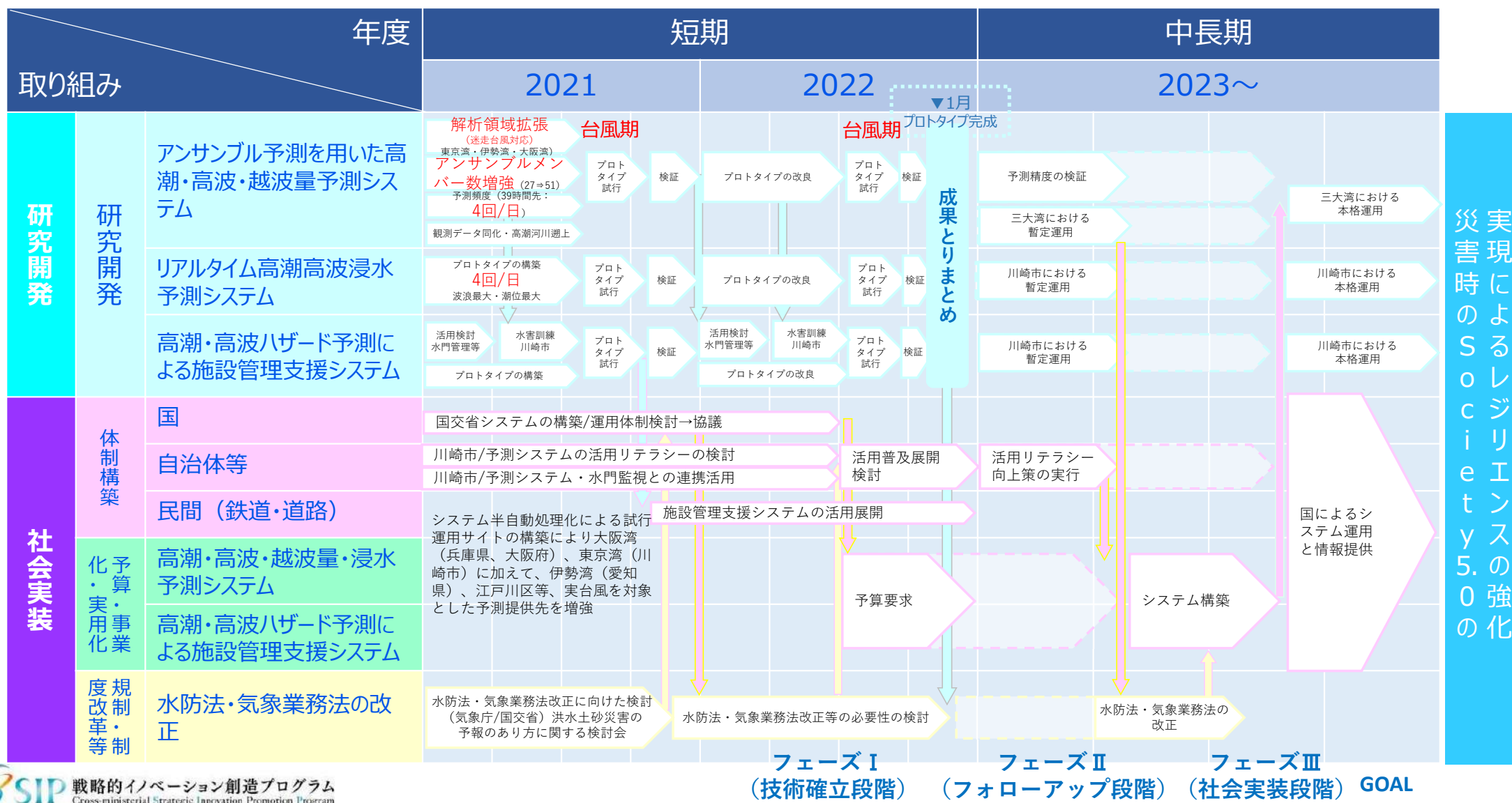
予測技術確立後、ユーザーに混乱を引き起こさないように社会実装を進める必要がある。

# 社会実装の展開 ロードマップ（計画と進捗状況）

サブテーマ1：高潮・高波ハザード予測システム開発

評価項目  
A③④⑤B②③⑥⑧

19



実現によるレジリエンスの強化  
災害時のSociety 5.0



- 予測情報を**波浪・潮位・越波打ち上げ高・陸域氾濫**に分類した。
- 我が事に感じるリスク情報の**最小解像度**、見逃しゼロの**アンサンブルメンバー数**、リードタイムの確保の**最長予測対象時間**を定量指標として設定した。
- 市町村単位に提供する予測情報として**最も重要な要素である最小解像度**、台風発生後の防災体制の判断時期やアンサンブル予測幅も勘案した**72時間先以上の予測時間**に主眼を置き、分類別に順位付けした結果、**全ての項目で上位となり、開発技術の国際的な優位性を確認した。**

| 分類     | No | 国名      | 所管                                   | 予測情報 |    |           |             | 我が事に感じるリスク情報 |      | 見逃しゼロ  | リードタイムの確保       |                |   |
|--------|----|---------|--------------------------------------|------|----|-----------|-------------|--------------|------|--------|-----------------|----------------|---|
|        |    |         |                                      | 波浪   | 潮位 | 越波<br>打上高 | 陸域<br>氾濫    | 最小解像度        |      |        | アンサンブル<br>メンバー数 | 最長予測対象時間<br>時間 | 日 |
| 波<br>浪 | 1  | 日本      | SIP                                  | ●    |    |           |             | 3240m⇒270m   | 27   | 132時間先 | 5.5日先           | 6時間毎           |   |
|        | 2  | 米国      | NOAA（アメリカ海洋大気庁）                      | ●    |    |           |             | 500m         | 20   | 180時間先 | 7.5日先           | 6時間毎           |   |
|        | 3  | ドイツ     | DWD(German Weather Service)          | ●    |    |           | 30"×50"     | 約900m        | 1    | 78時間先  | 3.3日先           | 12時間毎          |   |
|        | 4  | スウェーデン  | SMHI（スウェーデン気象水門研究所）                  | ●    |    |           |             | 約1.8km       | 1    | 60時間先  | 2.5日先           | 24時間毎          |   |
|        | 5  | デンマーク   | DMI（デンマーク気象研究所）                      | ●    |    |           |             | 2km          | 19   | 51時間先  | 2.1日先           | 6時間毎           |   |
|        | 6  | 英国      | Met Office（イギリス気象庁）                  | ●    |    |           |             | 6km          | 24   | 168時間先 | 7.0日先           | 6時間毎           |   |
|        | 7  | 欧州22カ国  | ECMWF（ヨーロッパ中期予報センター）                 | ●    |    |           | 0.1°×0.1°   | 約11km        | 1    | 240時間先 | 10.0日先          | 12時間毎          |   |
|        | 8  | オーストラリア | Bureau of Meteorology                | ●    |    |           | 0.1°×0.1°   | 約11km        | 1    | 168時間先 | 7.0日先           | 12時間毎          |   |
|        | 9  | 欧州22カ国  | ECMWF（ヨーロッパ中期予報センター）                 | ●    |    |           | 0.25°×0.25° | 約28km        | 51   | 360時間先 | 15.0日先          | 12時間毎          |   |
|        | 10 | 日本      | 気象庁                                  | ●    |    |           | 0.5°×0.5°   | 約55km        | 27   | 264時間先 | 11.0日先          | 12時間毎          |   |
|        | 11 | ノルウェー   | The Norwegian Coastal Administration | ●    |    |           | －           | 特定地点         | 1    | 60時間先  | 2.5日先           | 4時間毎           |   |
|        | 12 | カナダ     | Government of Canada                 | ●    |    |           | －           | －            | 1    | 48時間先  | 2.0日先           | 12時間毎          |   |
| 潮<br>位 | 1  | 米国      | OCEAN PREDICTION CENTER              |      | ●  |           |             | 200m         | 1    | 180時間先 | 7.5日先           | 6時間毎           |   |
|        | 2  | 日本      | SIP                                  |      | ●  |           |             | 2430m⇒270m   | 27   | 132時間先 | 5.5日先           | 6時間毎           |   |
|        | 3  | デンマーク   | DMI（デンマーク気象研究所）                      |      | ●  |           | 12"×20"     | 約370m        | 19   | 51時間先  | 2.1日先           | 6時間毎           |   |
|        | 4  | 日本      | 気象庁                                  |      | ●  |           |             | 1km          | 6    | 39時間先  | 1.6日先           | 3時間毎           |   |
|        | 5  | オランダ    | KNMI（オランダ王立気象研究所）                    |      | ●  |           |             | 1.6km        | 1    | 48時間先  | 2.0日先           | 6時間毎           |   |
|        | 6  | スウェーデン  | SMHI（スウェーデン気象水門研究所）                  |      | ●  |           |             | 約1.8km       | 1    | 60時間先  | 2.5日先           | 24時間毎          |   |
|        | 7  | ノルウェー   | Norwegian Meteorological Institute   |      | ●  |           |             | 4km          | 51   | 120時間先 | 5.0日先           | 12時間毎          |   |
|        | 8  | ドイツ     | BSH（ドイツ連邦海運水路局）                      |      | ●  |           |             | 5km          | 1    | 168時間先 | 7.0日先           | 6時間毎           |   |
|        | 9  | オランダ    | KNMI（オランダ王立気象研究所）                    |      | ●  |           |             | 8km          | 51   | 240時間先 | 10.0日先          | 6時間毎           |   |
|        | 10 | 英国      | Met Office（イギリス気象庁）                  |      | ●  |           |             | 12km         | 24   | 168時間先 | 7.0日先           | 6時間毎           |   |
| 越<br>波 | 1  | 日本      | SIP                                  |      |    | ●         |             | 10m          | 3    | 132時間先 | 5.5日先           | 6時間毎           |   |
|        | 2  | 米国      | U.S. Geological Survey               |      |    | ●         |             | 沿岸代表地点群      | 1    | 144時間先 | 6.0日先           | 24時間毎          |   |
| 浸<br>水 | 1  | 日本      | SIP                                  |      |    |           | ●           | 3.3m         | 1    | 132時間先 | 5.5日先           | 6時間毎           |   |
|        | 2  | 米国      | NOAA（アメリカ海洋大気庁）                      |      |    |           | ●           | 500m～700m    | 確率台風 | 80時間先  | 3.3日先           | 6時間毎           |   |

**テーマVI**  
**スーパー台風被害予測システムの開発**

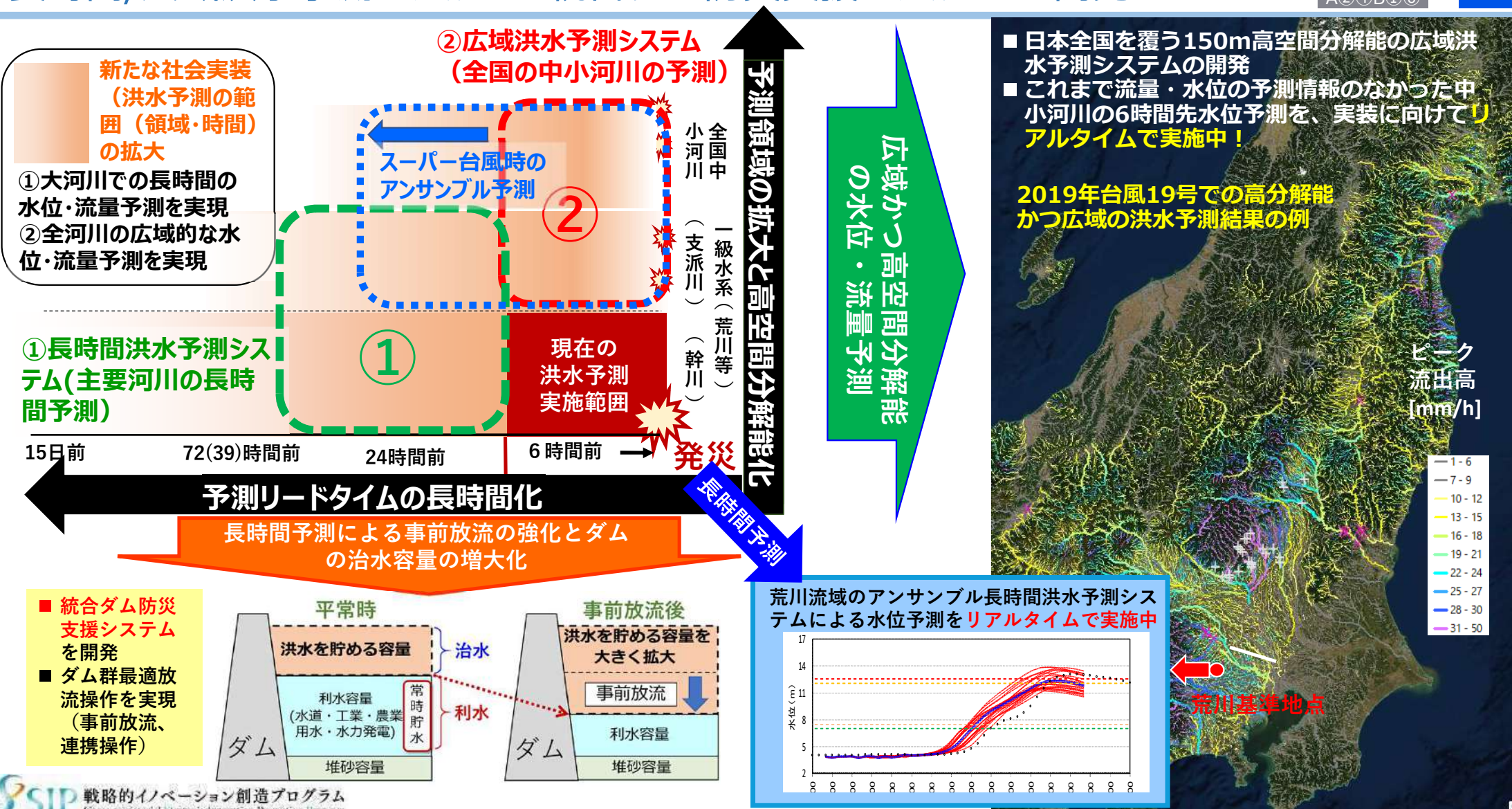


**河川・ダムの長時間洪水予測・防災支援システムの開発**

---

**令和3年11月11日（木）**  
**角 哲也**

## 長時間/広域洪水予測システム・統合ダム防災支援システムの開発



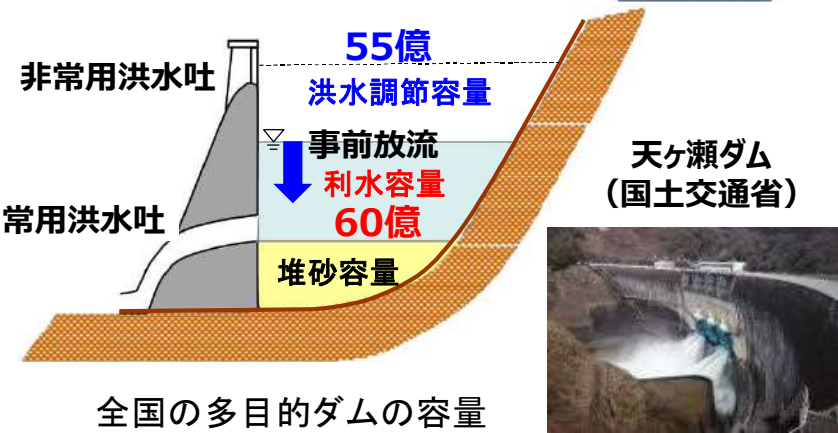
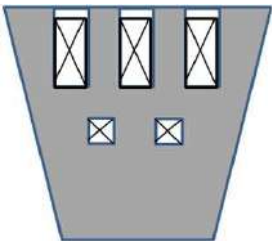


# 多目的ダムと利水ダムの違い

全国のダムは1470 箇所、約180 億 m<sup>3</sup>の有効貯水容量、うち洪水調節容量は約55億m<sup>3</sup>のみ

## 多目的ダム

戦後に増加。限られたダムサイトを治水と利水に有効活用する発想。洪水調節を行うために、中段に常用洪水吐、上段に非常用洪水吐 洪水貯留に備えて事前放流が可能



全国の多目的ダムの容量

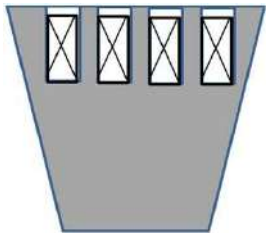
| ダム数 | 洪水調節容量<br>(百万m3) | 利水容量<br>(百万m3) | 合計<br>(百万m3) |
|-----|------------------|----------------|--------------|
| 570 | 5,509            | 5,985          | 11,494       |

利水容量125億m<sup>3</sup>  
の活用が重要

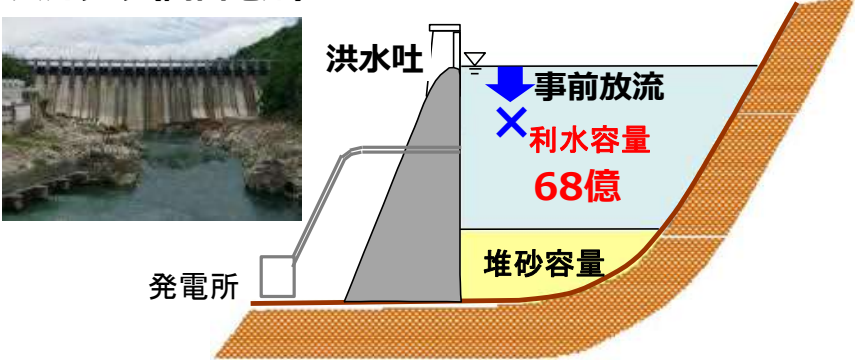
合計：約 55億m<sup>3</sup>(約3割)  
合計：約180億m<sup>3</sup>

## 利水ダム（発電ダムなど）

戦前から多く存在。操作は単純。上段に洪水吐のみあり。洪水貯留に備えて事前に放流して水位を下げることは難しい



大井ダム（関西電力）



全国の利水ダムの容量

| ダム数 | 洪水調節容量<br>(百万m3) | 利水容量<br>(百万m3) | 合計<br>(百万m3) |
|-----|------------------|----------------|--------------|
| 900 | 0                | 6,790          | 6,790        |

出典：国土交通省

## 多目的ダムの容量配分と洪水調節機能強化

多目的ダムの目的は「治水」と「利水」が合体。容量を使う権利は明確に分離

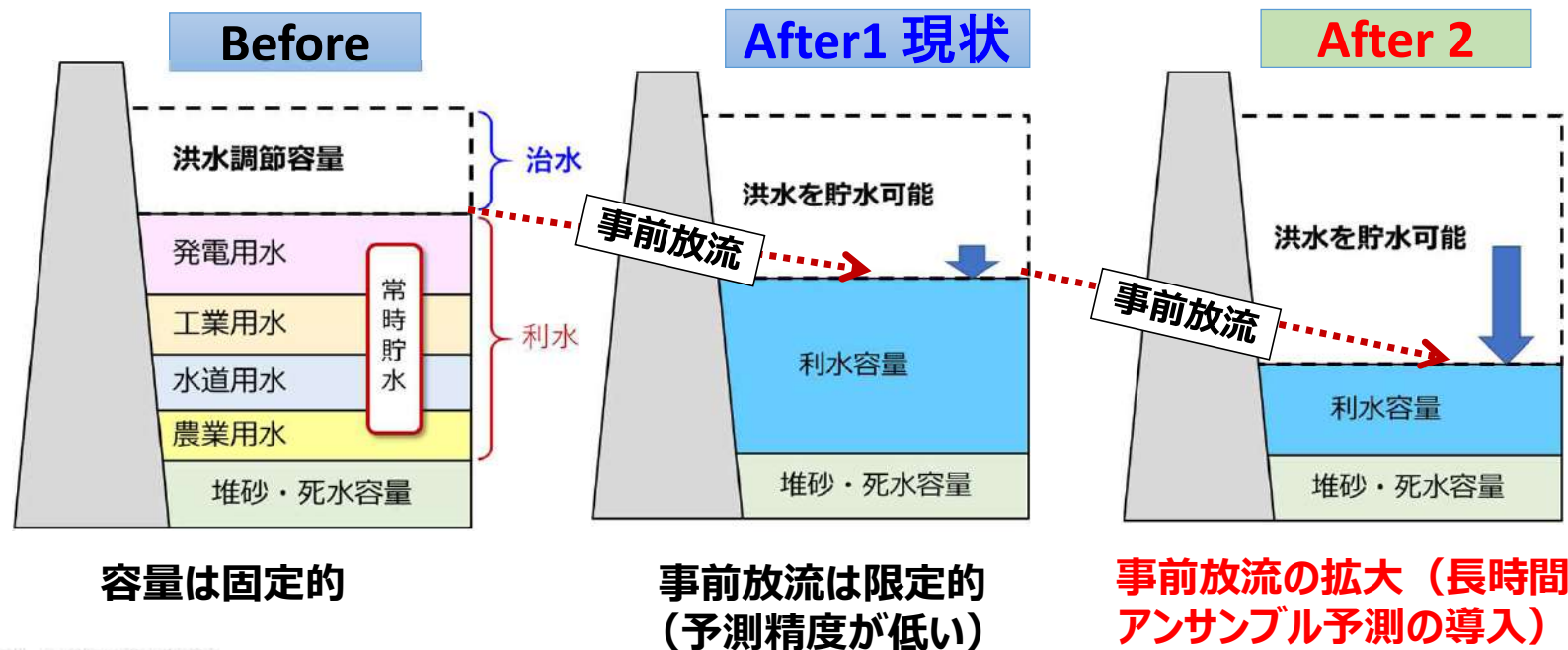
お互いに投資したマンションの専有部分のようなもの。

洪水を貯められる容量は上部に限定（利水容量へは不可侵）（Before）

治水機能強化として『事前放流』は有効。ただしボランティア

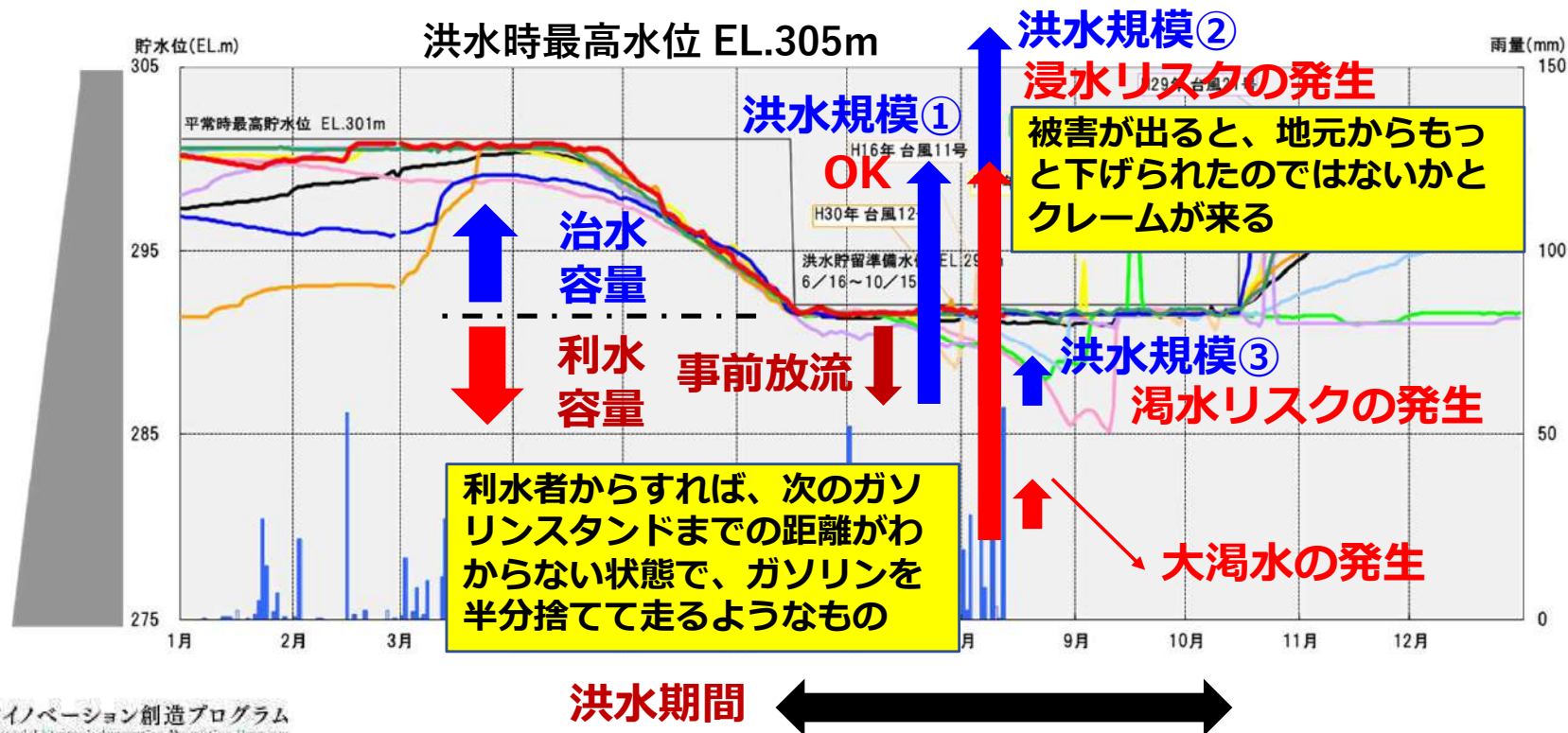
洪水後に水が戻ることが前提。現状の予測技術では限定的（After 1 現状）

長時間アンサンブル予測により、事前放流をさらに拡大（After 2）

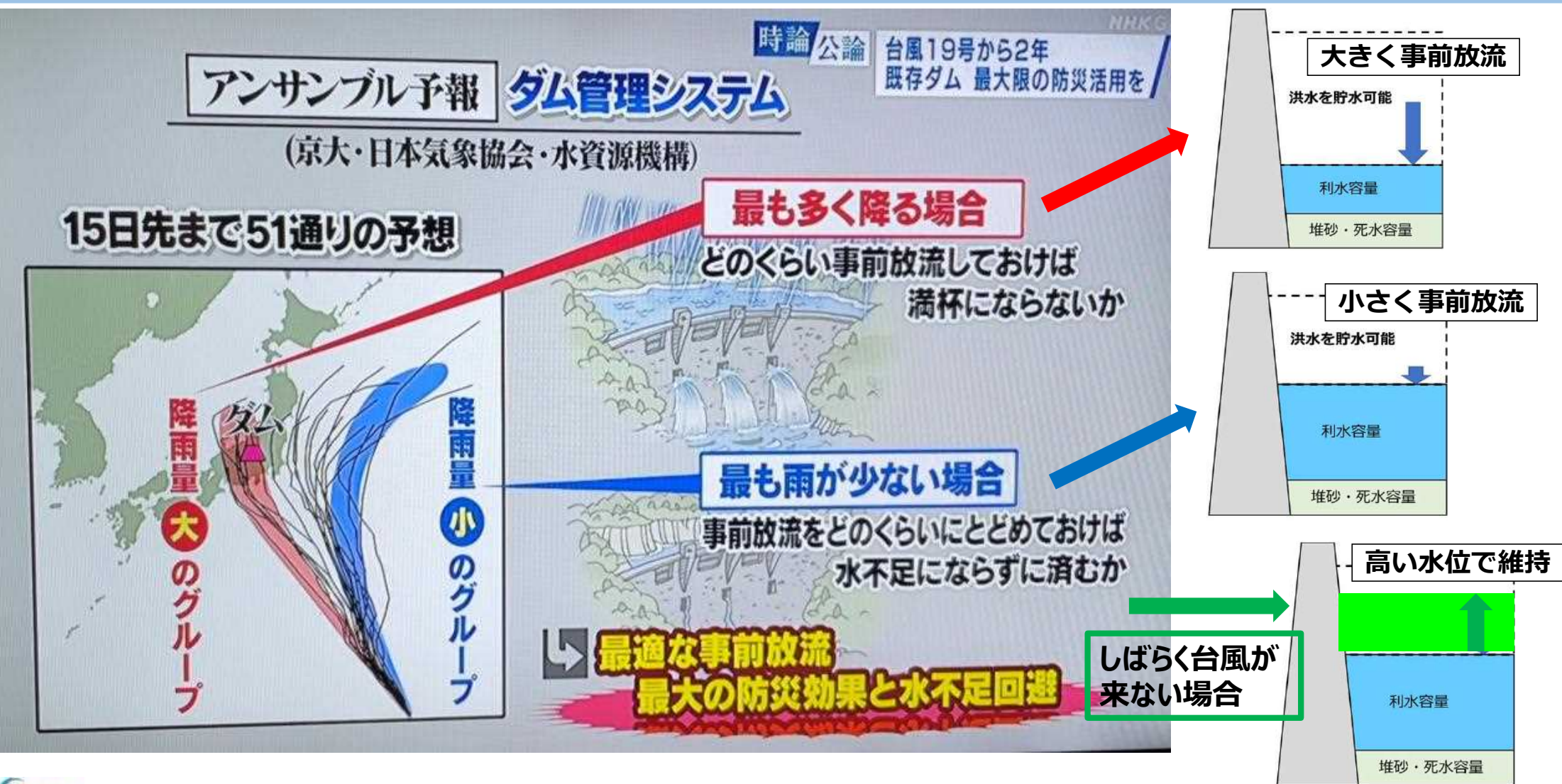


# ダム操作における2つの不確実性

- 洪水は、「いつ」、「どれだけの降水規模」が起こるか予測が困難
- どれだけ大きな洪水か（見逃しリスク、治水効果最大化）
  - 連続洪水（二山洪水）の場合もあり（前線＋台風など）（ダムにとって厳しい）
  - 容量不十分（事前放流不足）→異常洪水防災操作、浸水リスクの発生
- 最低でもどれだけ雨が降るか（空振りリスク、利水容量回復確率）
  - 事前放流後の容量回復不十分 → 渇水リスクの発生







# 長時間アンサンブル降雨予測を用いた発電ダムの 利水高度運用と治水機能強化のシームレスな結合

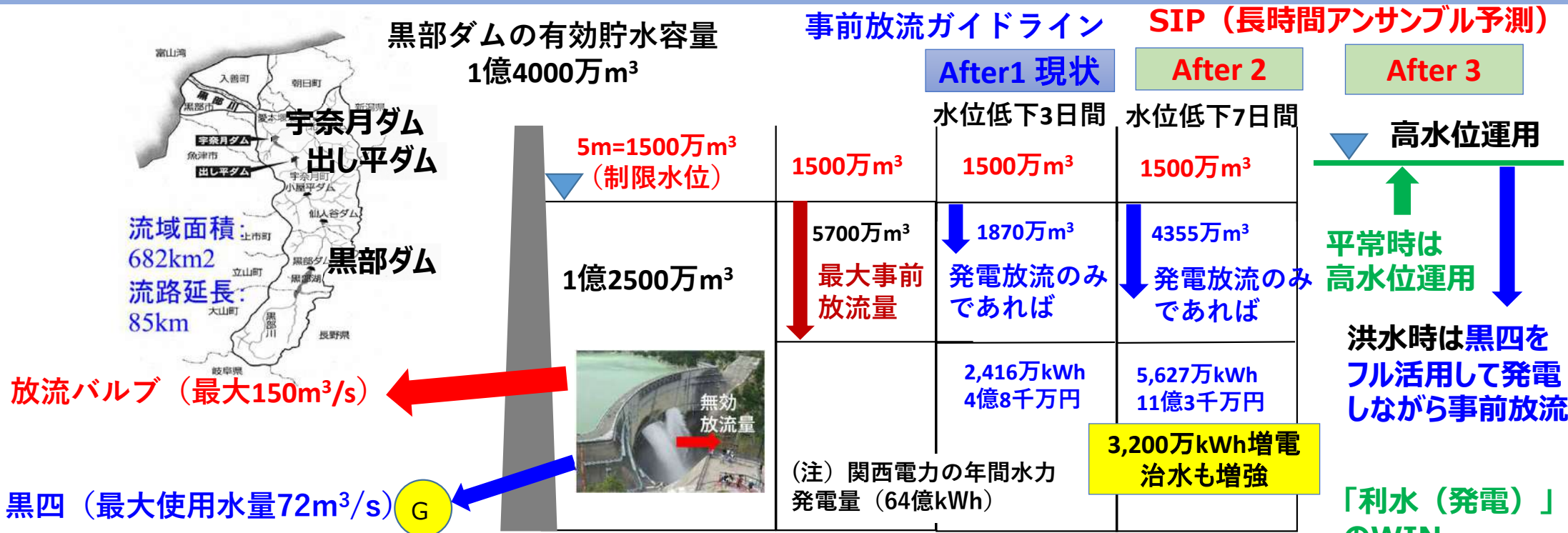
サブテーマ2：河川・ダムの長時間洪水予測・防災支援システムの開発

①事前放流に伴う発電損失の減少および

②平常時の発電高度運用に伴う水力発電価値向上（黒部ダム）

評価項目  
A②③④B⑥⑧

6



- 黒部ダムでは、昭和44年の大災害以降、水位を5m（1500万m<sup>3</sup>）下げて制限水位運用（昔からの治水協力＝発電ロス）
- このような慣行的な治水運用は全国各地にあり、「治水」と「利水」のWIN-WINが実現できれば、SIPの大きな成果（このような変革は、電力会社の自助努力だけでは困難）
- 最終的には河川管理者との協議（操作ルール改定）が必要

長時間アンサンブル予測で、平常時は高水位運用、洪水時は黒四をフル活用して発電しながら事前放流  
これにより、大きく治水効果を発揮



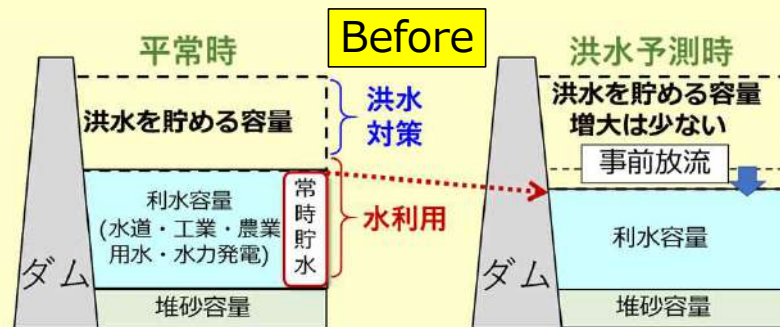
# 統合ダム防災支援システムの目指すところ

ダムの目的は「治水(洪水対策)」と「利水(水利用)」

**現状**

事前放流は限定的。1～3日程度  
(R2開始の事前放流ガイドライン)

GSM(84時間)は予測不安定, MSM(39時間)は時間不足

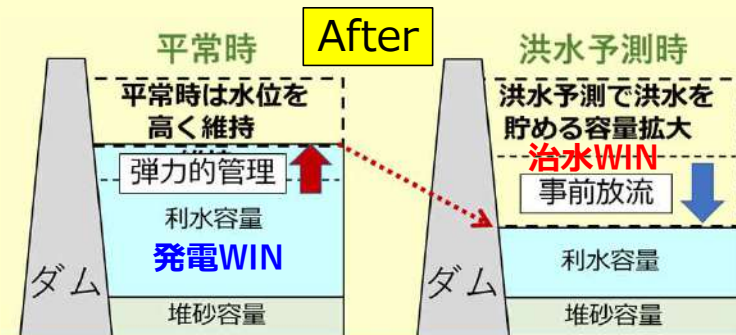


**SIP技術**

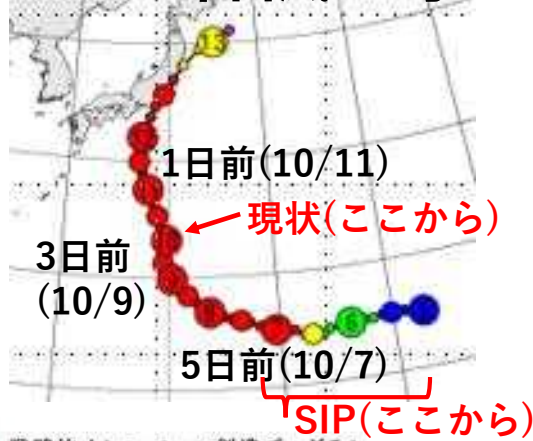
**SIP**

ECMWF(51メンバー・15日先)活用

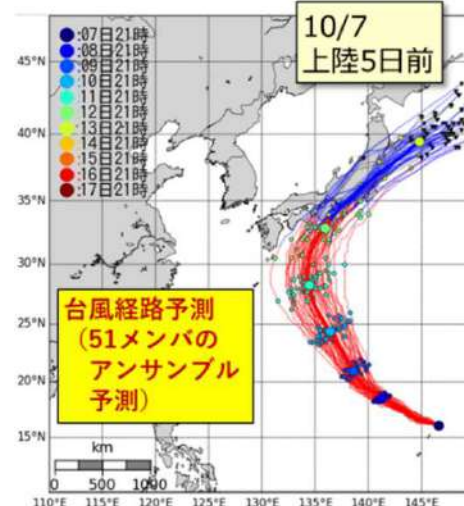
数日～1週間程度前からの事前放流を実現し、  
洪水貯留機能の拡大(治水WIN)と水力発電増大  
(発電WIN)を実現



**2019年台風19号**



2019年台風19号時の長時間アンサンブル予測



①早期の事前放流開始

**4つのコア技術**

コア技術：アンサンブル気象予測を利用した長時間  
リードタイムの確保 (1-3日前 → 5-7日前)

②ダム流域への正確な流入量予測

コア技術：降雨予測の高解像度化 (20km → 1km)

③発電量の増大かつ洪水貯留能力の最大化

コア技術：アンサンブル流入量予測による予測幅の獲得  
(1本の予測 → 51本の予測(上位/下位予測))

④ダム群最適操作による治水効果の拡大

コア技術：ダム群連携最適操作シミュレータ



# 長時間アンサンブル予測(東日本台風の事例)

## After ① 早期の事前放流開始

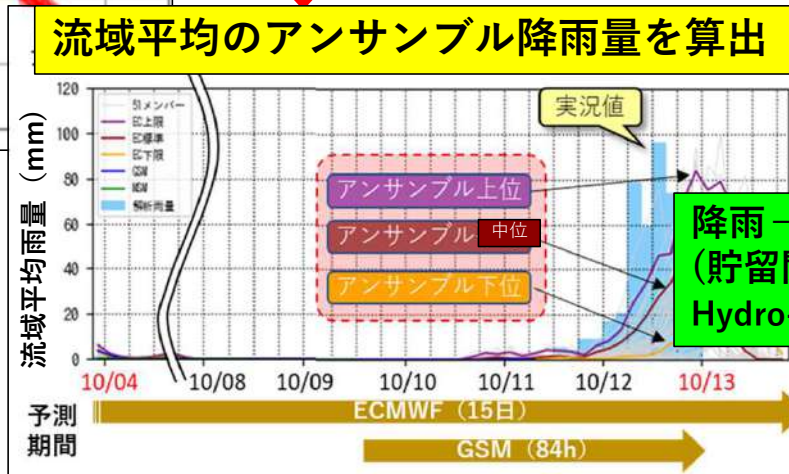
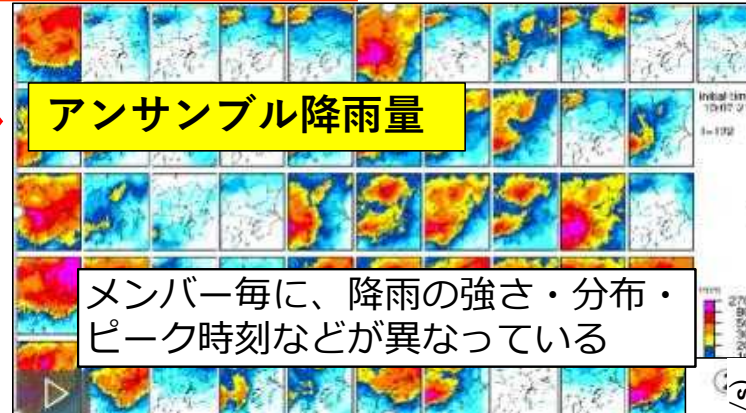
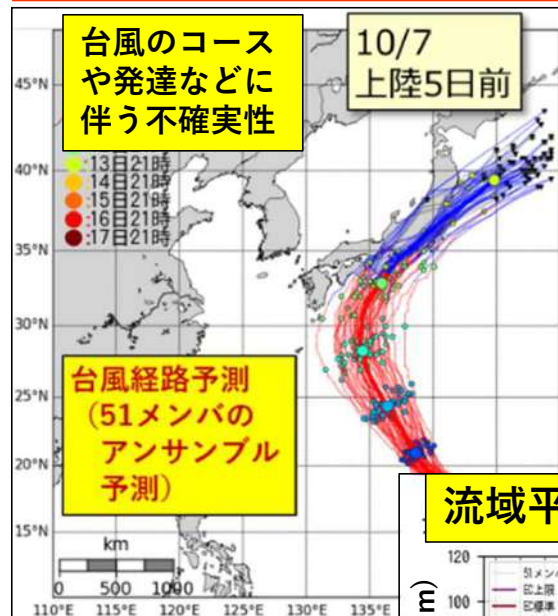
コア技術：アンサンブル気象予測を利用した長時間リードタイムの確保 (1-3日前 → 5-7日前)

ECMWF (欧州中期予報センター) 51メンバー・15日先までのアンサンブル降雨予測

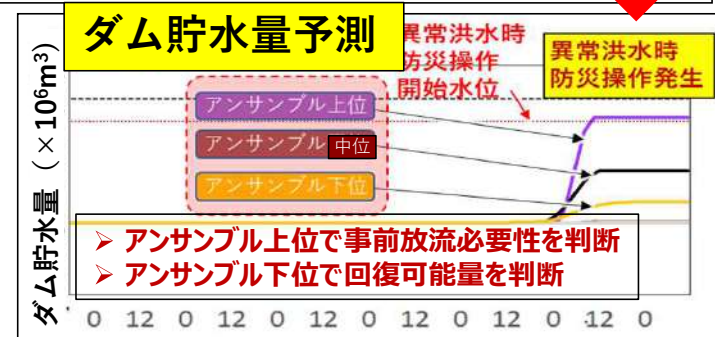
## Before

GSM : 84時間  
MSM : 39時間

降雨-ダム流入量-ダム満水予測は 1本のみ、長時間予測は不確実性が高く、早期の事前放流の判断は困難



降雨-流出モデル (貯留関数法, RRI, Hydro-BEAMなど)



- アンサンブル上位で事前放流必要性を判断
- アンサンブル下位で回復可能性を判断

# 4つの技術的挑戦 降雨高解像度化(東日本台風の事例)

評価項目  
A②③④

9

## Before

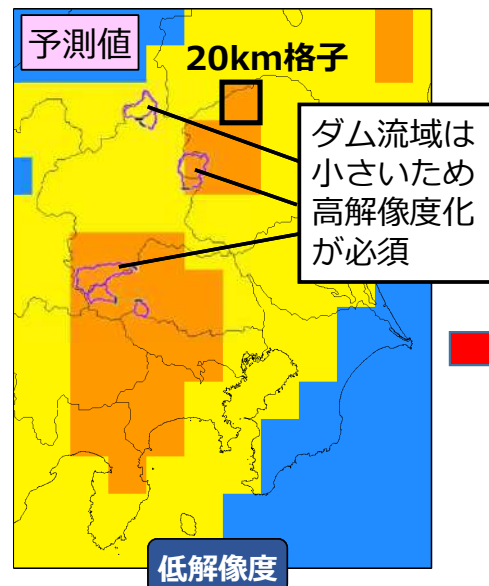
台風19号による大雨に対する予測：＜10月10日21時～10月14日9時までの84時間積算雨量＞

GCMモデルでは解像度が粗く、ダム流域スケールでは、地形性降雨の精度向上が必須

## ② ダム流域への正確な流入量予測

コア技術：降雨予測の高解像度化（25km → 1km）

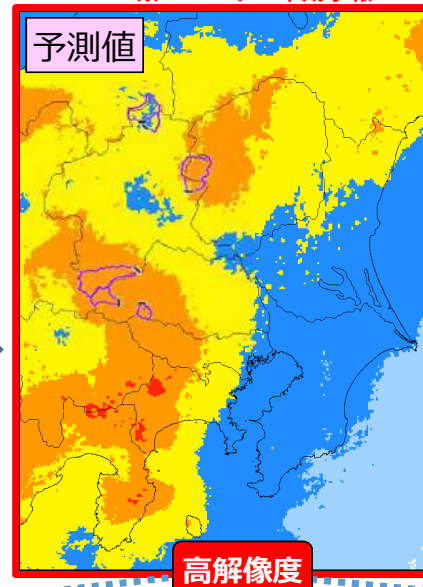
従来技術：GSM(20km)



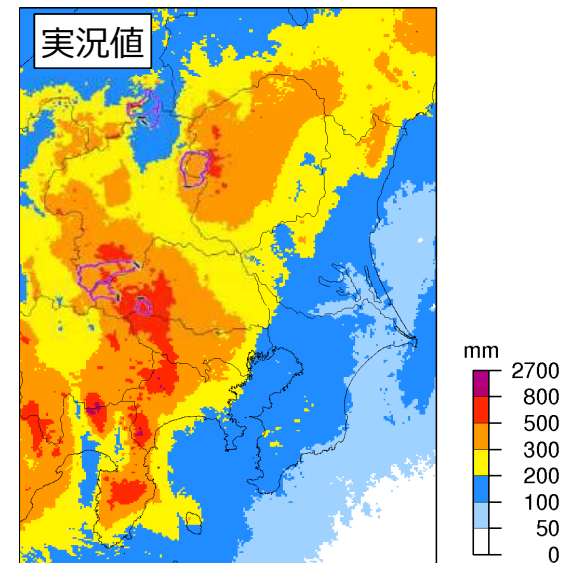
## After

開発技術：ECMWF※(1km)

※ヨーロッパ中期予報センター



実況値（解析雨量）



## AIを用いたダウンスケーリング技術

- ①機械学習による空間ダウンスケーリング
- ②深層学習による時空間ダウンスケーリング

25km格子・3時間雨量のECMWFデータを、1km格子・1時間雨量に変換



# AIを用いたダウンスケーリング技術

サブテーマ2：河川・ダムの高時間洪水予測・防災支援システムの開発

評価項目  
A②③④⑦

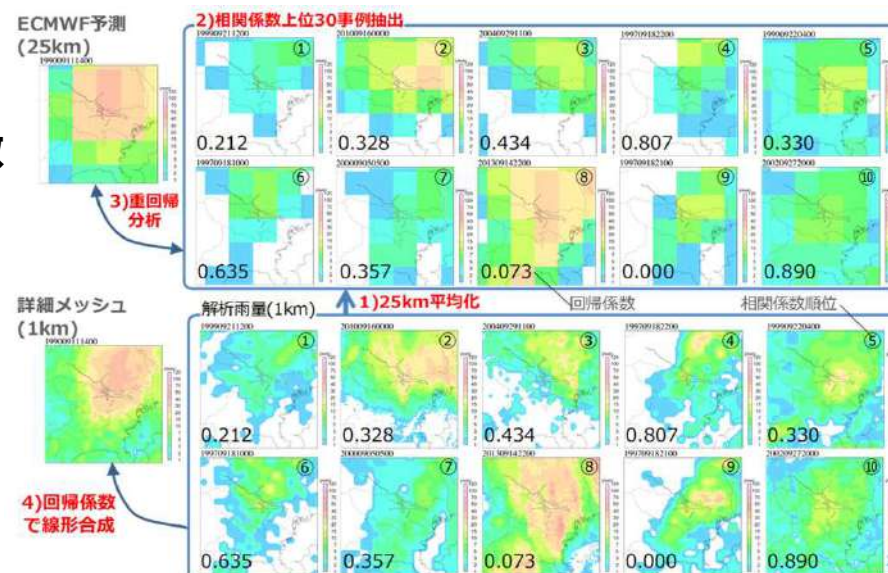
10

## ■ 機械学習による空間ダウンスケーリング

- ✓ ECMWFアンサンブル予測の生値は**25kmメッシュ**
- ✓ **過去の解析雨量**から相関係数の高い分布事例を複数抽出して重みづけ平均し**1kmメッシュ化**

## ■ 深層学習による時空間ダウンスケーリング

- ✓ 深層学習モデル(AI)により3時間雨量×20kmメッシュを1時間雨量×5kmメッシュ化
- ✓ GSMガイダンス、MSMガイダンスでの運用実績あり。SIPにおいてECMWFに適用。



第2回ディープラーニングビジネス活用アワード 特別賞受賞  
(2020.10.14)

(日本気象協会)

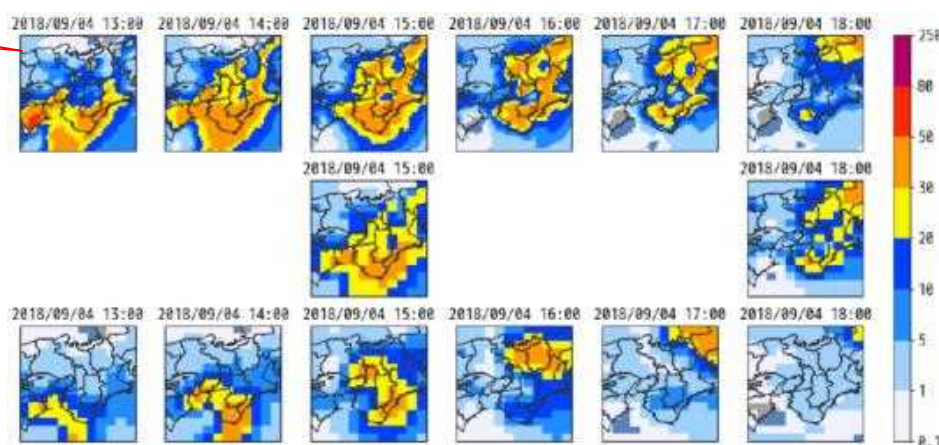


雨域の移動が表現されている

GSM-G-AI(5km)

GSM-G(20km)

GSM(20km)



出典：山本、増田（河川技術論文集, vol.25, 2019）



# 長時間アンサンブル予測の必要性（木津川ダム総合管理事務所の実測例）

## Before

### GSMガイダンス予測



- ✓予測は2日～3日先まで
- ✓予測は1つ（信頼性不明）
- ✓予測更新時に大きく変動（予測は当たらない！との感覚）
- ✓降雨の規模感（総降雨量、ダムへの総流入量）が不明

（ダム管理者は不安）

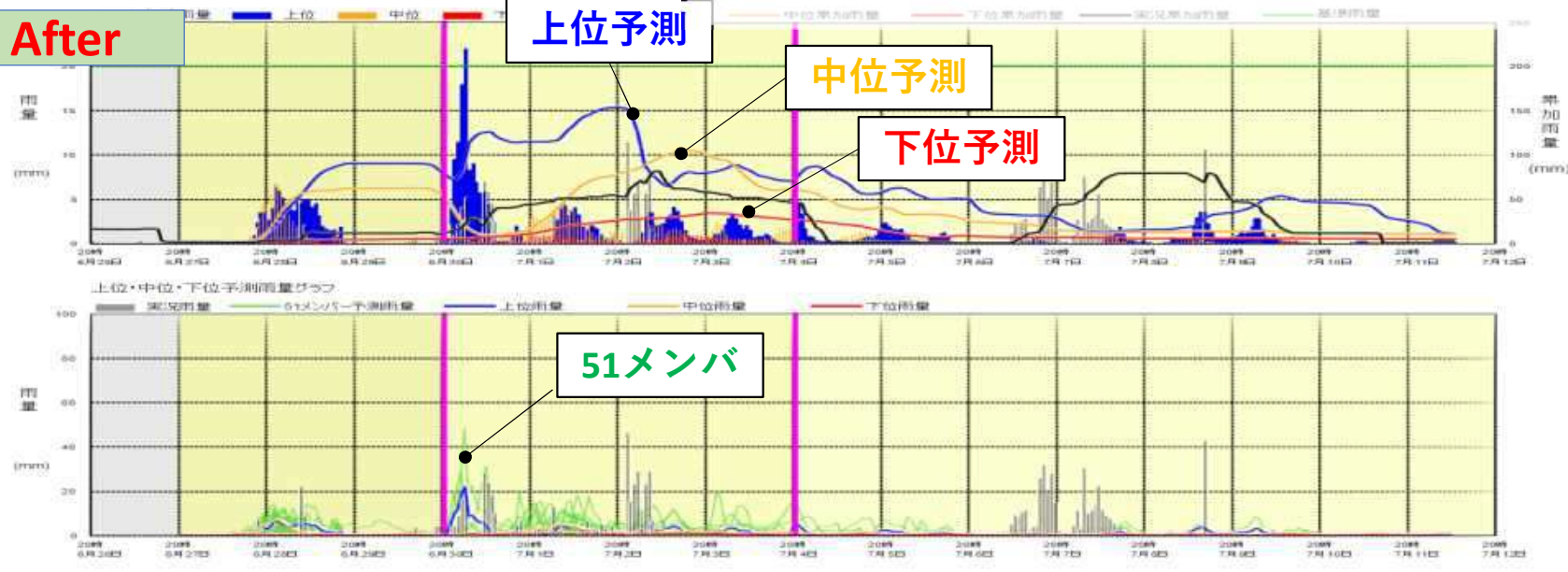
## After

- ✓予測は15日先まで
- ✓予測は51個（貯水量が回復しないリスク・洪水リスクを考慮）
- ✓予測更新時に変動が少ない（安定感）
- ✓長時間アンサンブル予測により、洪水の「その先」が見える  
＝ダムへの全体流入量が把握可能（次の洪水への備えも可能）
- ✓事前放流の必要性を判断し、早期開始を可能に！

（ダム管理者に安心感）

## 長時間アンサンブル予測(15日間)

## After



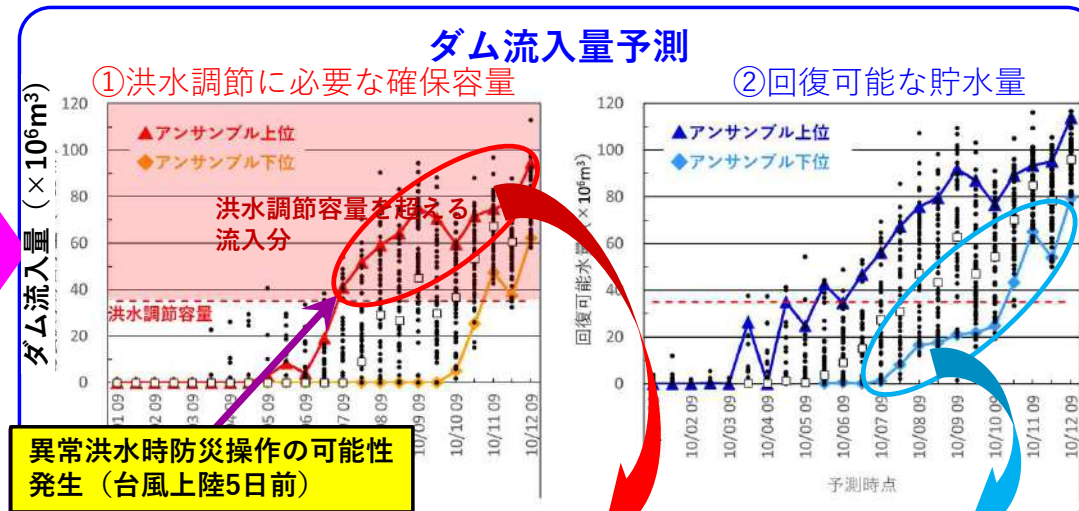
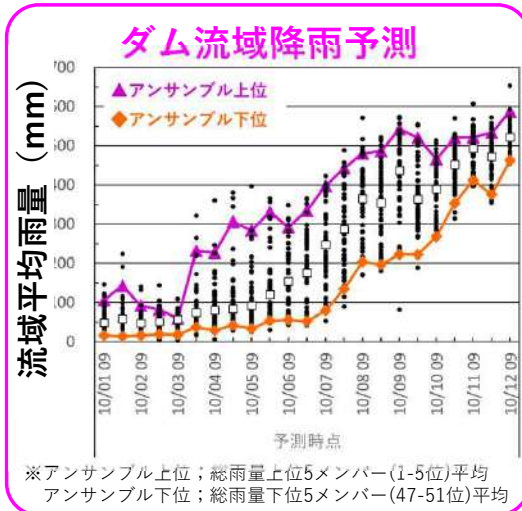
# アンサンブル事前放流の提案（東日本台風の事例）

サブテーマ2：河川・ダム の長時間洪水予測・防災支援システムの開発

評価項目  
A⑦

12

## ■ ダム事前放流への適用性検証（利根川水系Aダム）



長時間アンサンブル降雨予測を利用

- ✓ 上位予測：事前放流必要性
- ✓ 下位予測：低下可能な容量を予測し、早期に事前放流をスタート
- ✓ 水力発電利用も可能

異常洪水時防災操作の可能性発生（台風上陸5日前）

（※事前放流ガイドラインでは3日前から判断）

### アンサンブル事前放流

長時間アンサンブル降雨予測を利用

- ✓ 上位予測：事前放流必要性
- ✓ 下位予測：低下可能な容量を予測し、早期に事前放流をスタート
- ✓ 水力発電利用も可能

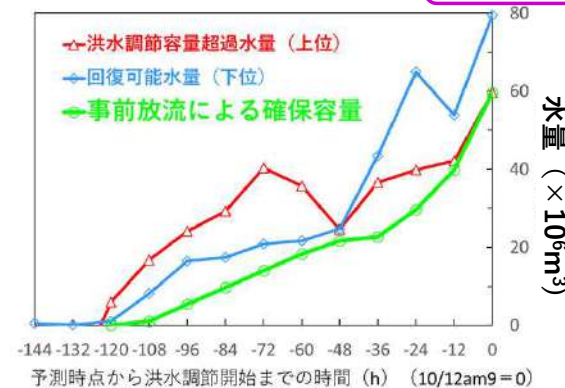
### ③ 洪水調節能力の最大化かつ発電量の増大

コア技術：アンサンブル流入量予測による予測幅の獲得(1本の予測 → 51本の予測(上位/下位予測))

最大の予測の場合に事前放流で確保が必要な容量

最小の予測の場合でも回復可能な貯水量

重ね合わせ



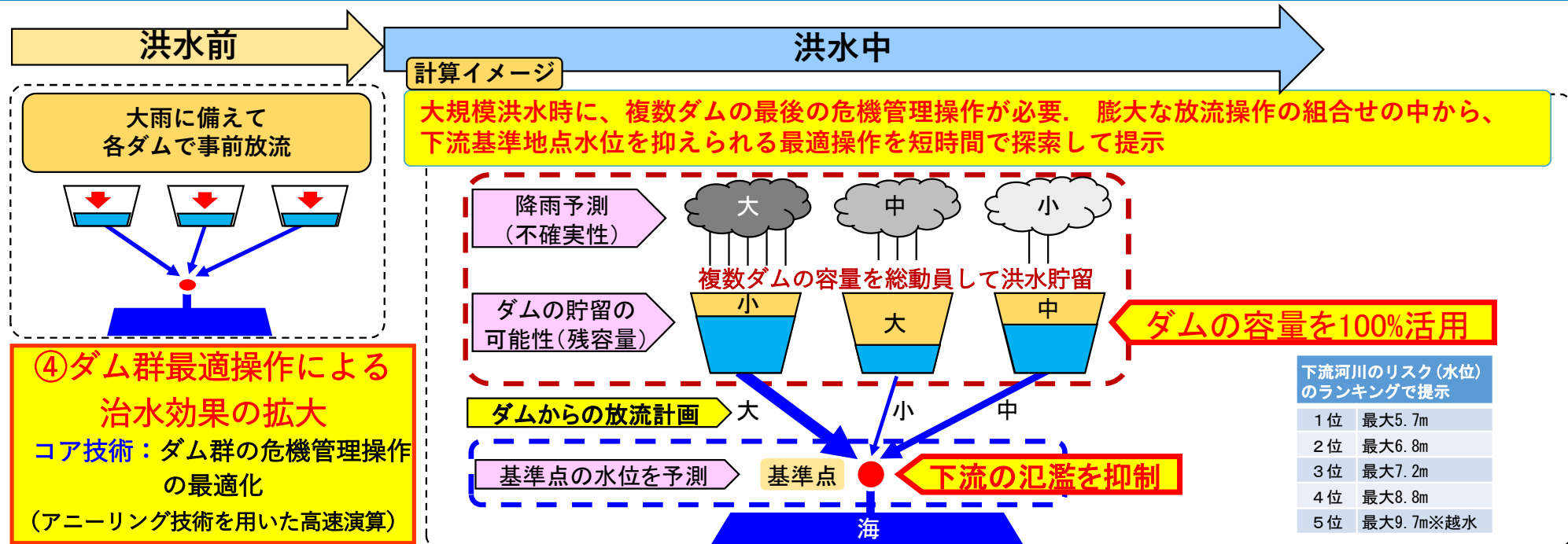
河川流況・ダム操作の安定性を考慮

（出典）木戸・角ほか：長時間アンサンブル降雨予測を用いた大型台風接近時における効果的なダム事前放流方法の検討，ダム工学 No.30-2，2020.9

# ダム群連携最適操作シミュレータの開発（木津川ダム総合管理所 で試行運用中）

評価項目  
A②③④⑤

13





# ダム群連携最適操作シミュレータ計算プロセス

サブテーマ2：河川・ダムの長時間洪水予測・防災支援システムの開発

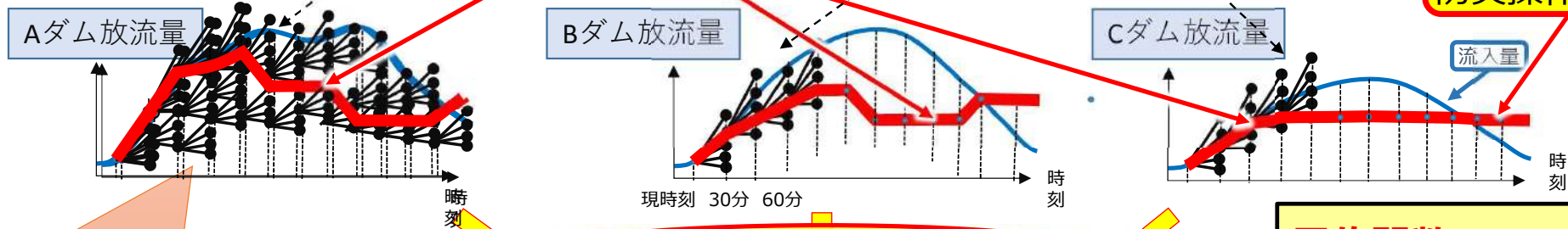
評価項目  
A②③④⑤

14

放流の原則を上限とし、ダムの安全を確保しつつ、**全ての放流操作パターンを計算**

ダムの容量を使い切り、  
下流河川の水位を下げる操作

短時間で逐次計算  
防災操作方法を提示



「組合せ」  
ダムごとの多数の放流量の選択肢  
組合せ数は例えば  
**5×5×5×…のように指数関数的に増加**

- 技術：アニーリング（組合せ最適化技術）  
スーパーコンピュータ富岳が6億年かかる  
計算を数秒で導き出す技術
- 本システムでは、計算時間は1分程度  
（デジタルアニーラ（富士通）採用）

■デジタルアニーラとは：  
量子現象に着想を得たデジタル回路で  
「組合せ最適化問題」を高速に解くアーキテクチャー

放流方法：1兆通り以上の組合せ

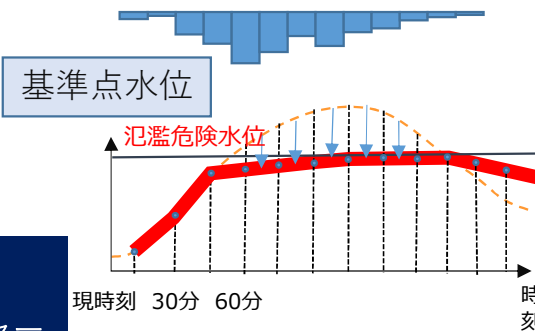
$Q_A$

$Q_B$

$Q_C$

氾濫危険水位相当流量  
 $\geq Q_A + Q_B + Q_C + Q_{残}$

残流域流量  $Q_{残}$



下流水位

## 目的関数

各ダムの容量を最大限活用  
（ただし溢れない）し、かつ、  
下流河川の水位を最も低くする  
**放流の組合せを提示**

## 制約条件

- ・各ダムの放流能力
- ・放流の原則（増加限度）

## 降雨パターン

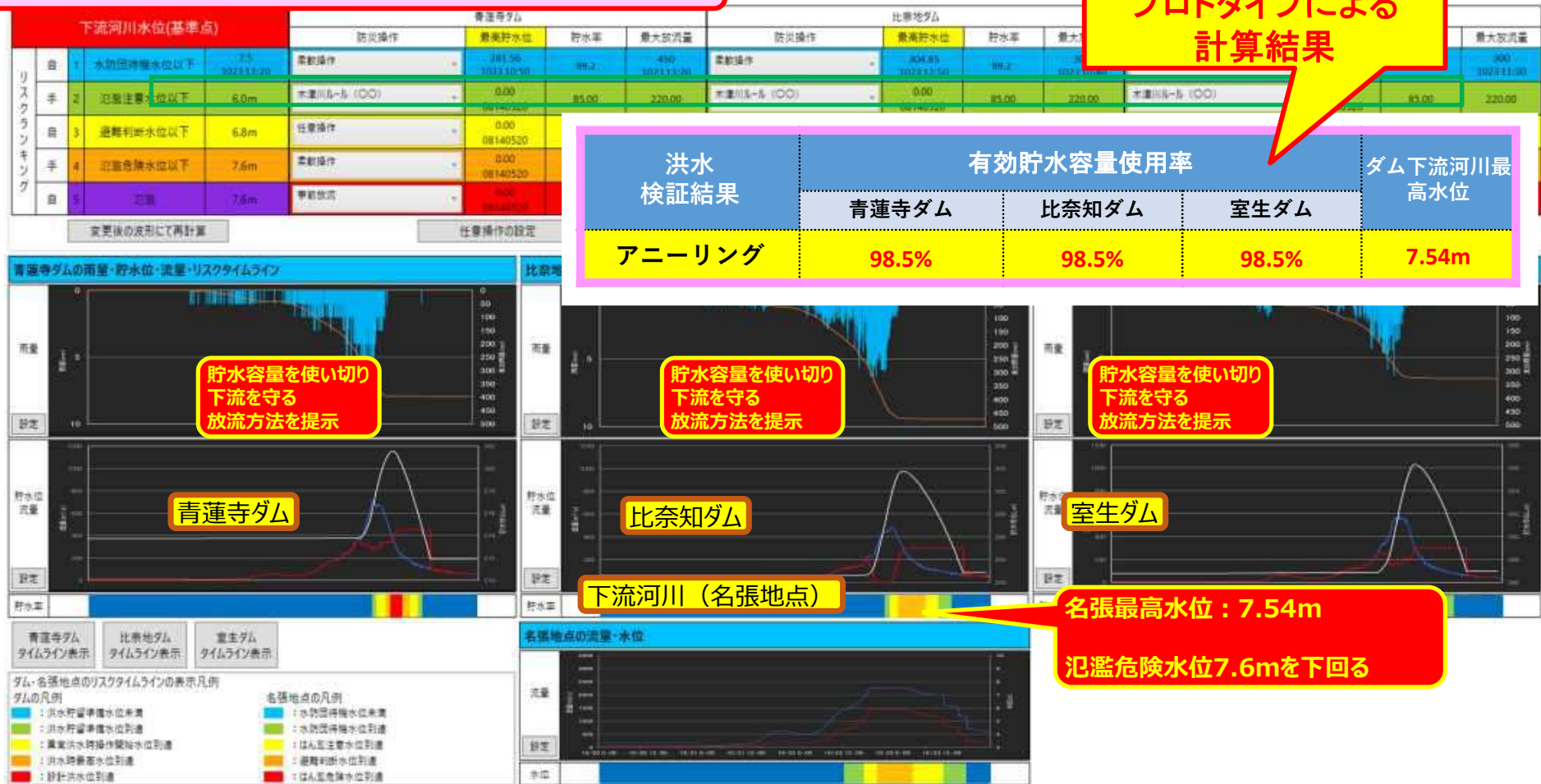
- ・確定的予測
- ・アンサンブル予測

# ダム群連携最適操作シミュレータ検証結果

システムの計算結果を参考に、操作方法、検証し、最終的な防災操作を決定する。

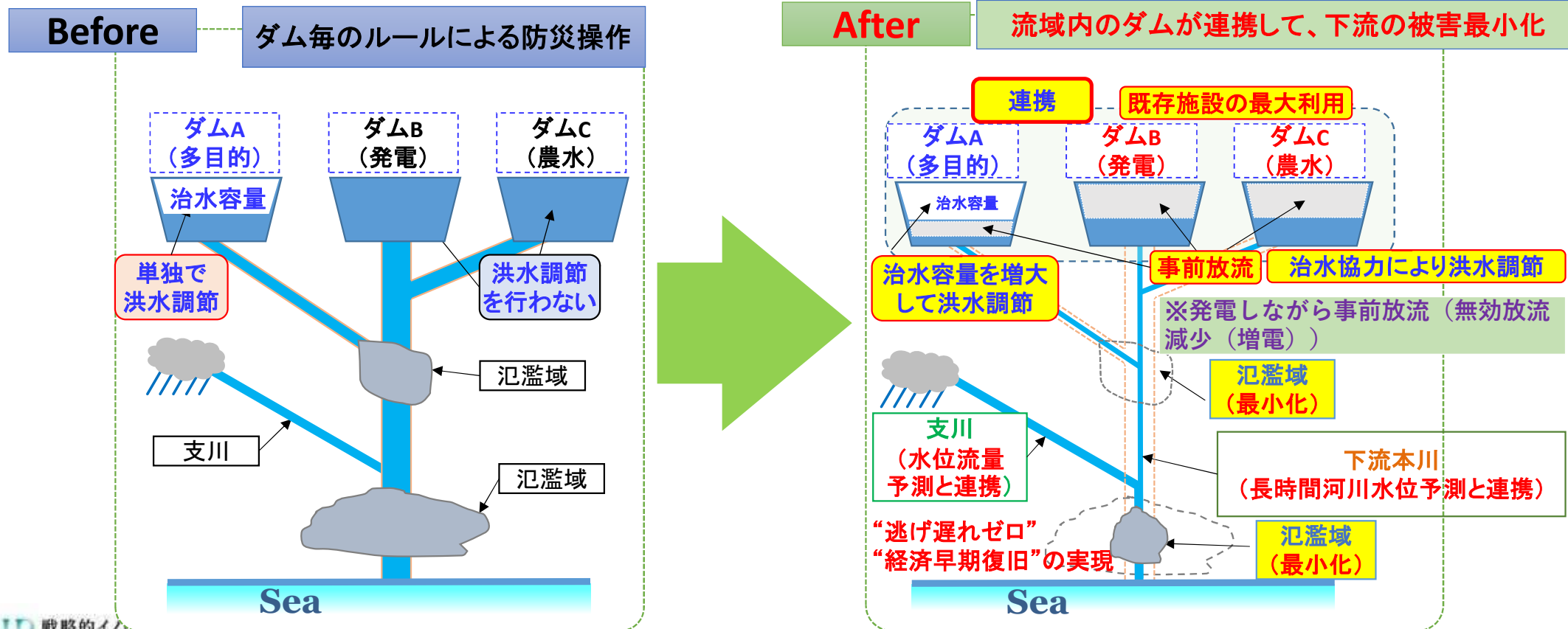
社会的情勢等、職員による放流方法の検討に対応

プロトタイプによる  
計算結果



# 流域全体の洪水調節機能強化（利水ダムの治水参加）

- ✓ 多目的ダムの事前放流の拡大が最優先
- ✓ 流域内に大きな利水ダムがある場合は、この事前放流も有効（治水協力）
- ✓ ただし、事前放流を拡大するには、さらなる予測精度の向上が必須
- ✓ 長時間アンサンブル予測により、利水ダムと地域社会とのWin-Win関係形成





■長時間アンサンブル降雨予測により、**防災（治水協力）**と**再エネ（水力価値向上）**を結合

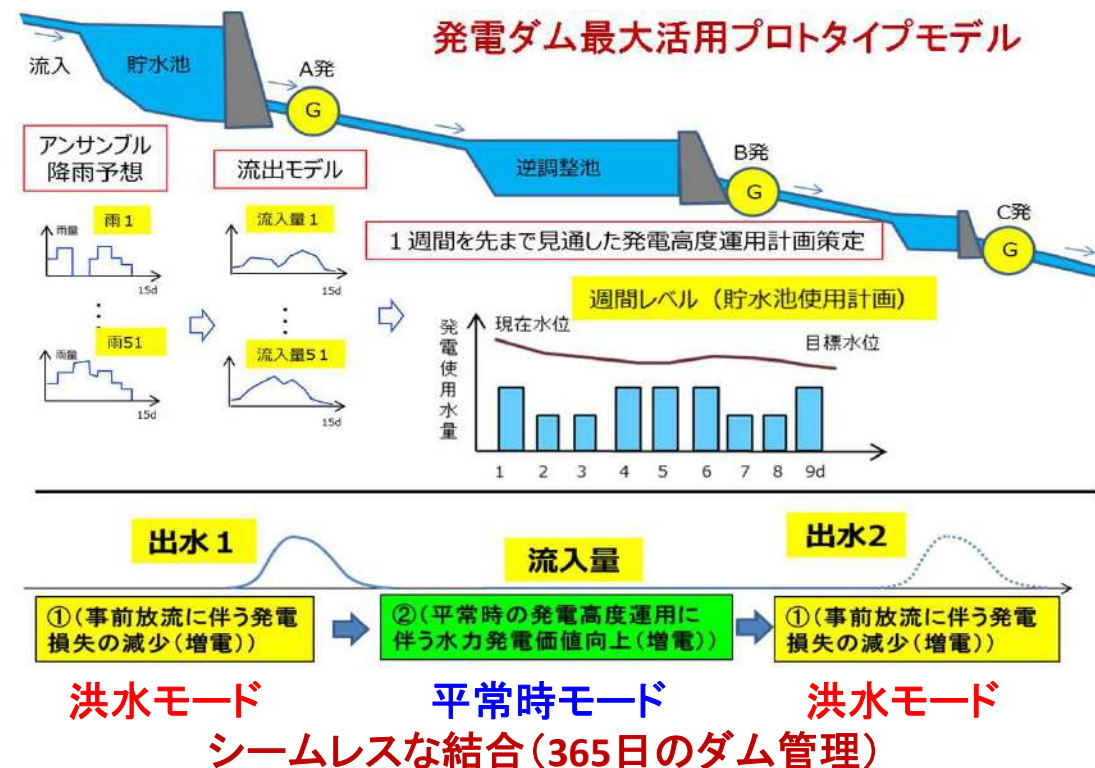
- 1) 事前放流による水位低下時の**発電エネルギー利用の最大化のための早期かつ段階的な事前放流手法**の検討 ①（事前放流に伴う発電損失の減少（増電））
- 2) **1週間程度先までの洪水の発生の有無を見通した上で、平常時の水力発電計画における、水力発電価値（フロー（流量）、ストック（水頭））の最大化と、防災効果の最大化を実現する手法**の検討 ②（平常時の発電高度運用に伴う水力発電価値向上（増電））

目指す技術開発のポイント

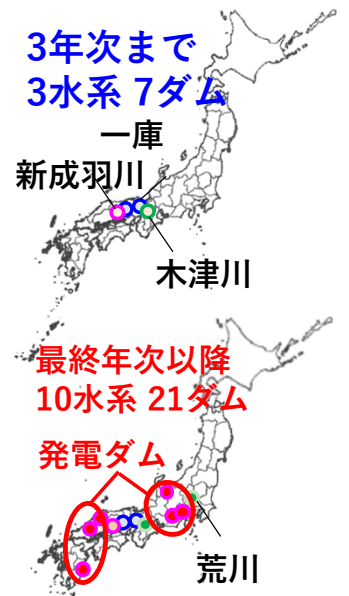
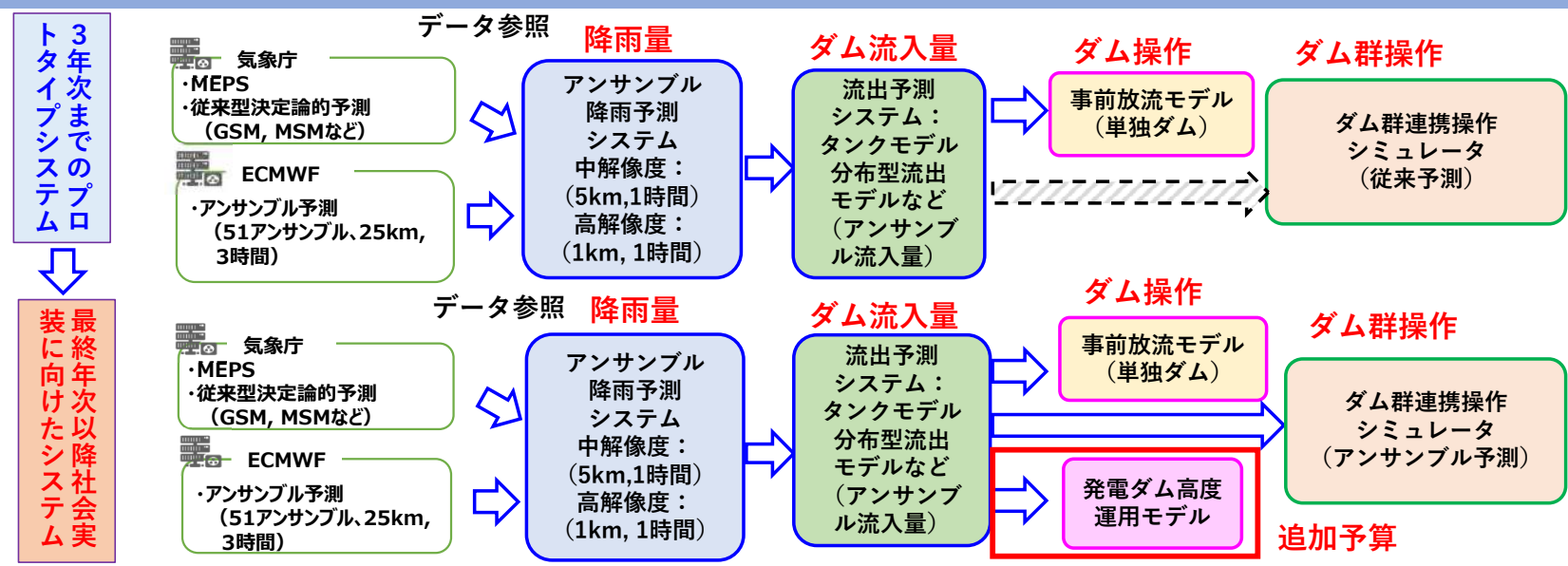
事前放流を行わなければならない大規模洪水前後のみならず、**平常時**においても利水ダム（発電ダム）が自らの「**発電目的の最大化**」のためにSIP技術を積極的に活用

これにより、備えるべき**大規模洪水時の防災にもスムーズに貢献できる文化を構築**

海外では、利水ダムが防災を担うのは当たり前



# 社会実装・プロトタイプの変化 (R3→R4以降)



| ダムの分類         |                | 小規模ダム                                 | 中規模ダム                                      | 大規模ダム                                                                                                                                         | ダム群                                              |
|---------------|----------------|---------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 支援システムのコンテンツ  | アンサンブル降雨予測システム | ●(中解像度：5km)                           | ●(高解像度：1km)                                | ●(高解像度：1km)<br>●(中解像度：5km)                                                                                                                    | ●(高解像度：1km)                                      |
|               | 流出予測システム       |                                       | ●                                          | ●                                                                                                                                             | ●                                                |
|               | 事前放流モデル        |                                       |                                            | ●                                                                                                                                             | ●                                                |
|               | ダム群連携シミュレータ    |                                       |                                            |                                                                                                                                               | ●                                                |
| 活用方法          |                | 豪雨発生の可能性を把握し、対応準備に活用                  | 流出予測・操作予測を行い、事前放流計画に活用                     | 流出予測・操作予測を行い、最適事前放流計画提示                                                                                                                       | 操作ルールを踏まえ複数の最適連携操作計画提示                           |
| 対象ダムの機能分類     |                | 多目的ダム(容量小)                            | 多目的ダム(容量小)<br>利水ダム(容量大)                    | 多目的ダム(容量大、小)<br>利水ダム(容量大)                                                                                                                     | 多目的ダム群(容量大)                                      |
| 社会実装の進捗状況と見込み | R3年度           | 令和2年6月よりサービス全国展開<br>➢ 亀山ダム、高滝ダム (千葉県) | ➢ 木津川3ダム(水機構) - 試行開始<br>➢ 河本ダム(岡山県) - 試行開始 | ➢ 新成羽川ダム(中国電力)、一庫ダム(水機構) - 試行開始<br>➢ 電力ダム(関西・中部・九州) - モデル構築・過去検証<br>➢ 令和2年10月より中部地整で降雨予測情報の利用を開始<br>➢ ダム流域以外も含む全72流域<br>➢ 水機構全ダム - モデル構築 試行開始 | ➢ 木津川3ダム(水機構) - 試行開始<br>➢ 荒川ダム群(国交省、水機構) - モデル構築 |
|               | R4年度           |                                       |                                            | ➢ 電力ダム(関西・中部・九州) - 試行開始                                                                                                                       | ➢ 荒川ダム群(国交省、水機構) - 試行開始                          |

➢ 令和2年10月より中部地整で降雨予測情報の利用開始  
➢ ダム流域以外も含む全72流域  
➢ 水機構全ダム - モデル構築試行開始

# R3 年 8 月豪雨対応(中国電力・新成羽川ダム)

## ①何をおこなったか；

台風9号および後続の前線性豪雨を対象に長時間アンサンブル降雨予測を実施し、データ提供

## ②上手く行ったこと；

新成羽川ダムでは、8/2（5日前）に8/8-9の台風9号、その先の前線性降雨を同時に予測

## ③次への課題として残したこと；

前線性降雨では大規模降雨を良好に予測（上位予測）、引き続き精度向上が必要

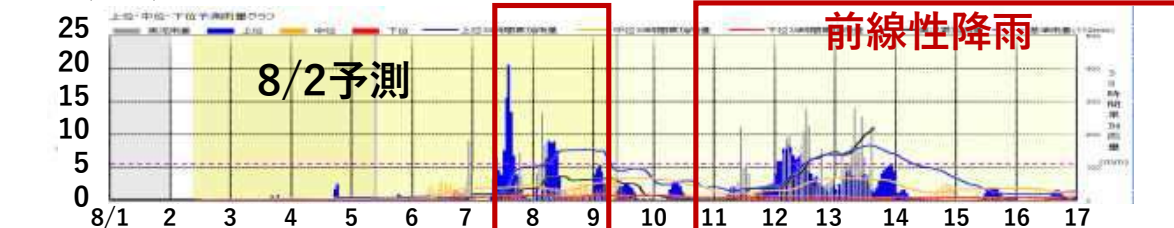
## ④どこにデータを提供して、どう使われたか；

検証中の新成羽川ダム、岡山県、一庫ダム、木津川ダム群、黒部川などにアンサンブル予測データを提供し、事前放流実施判断に活用。

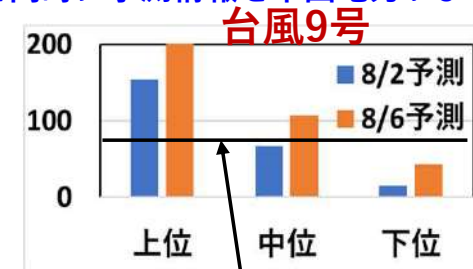
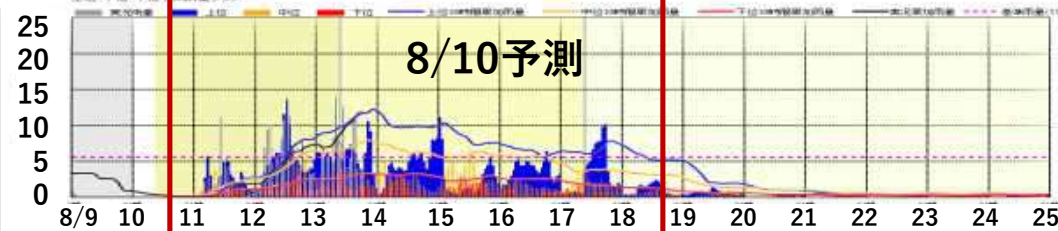
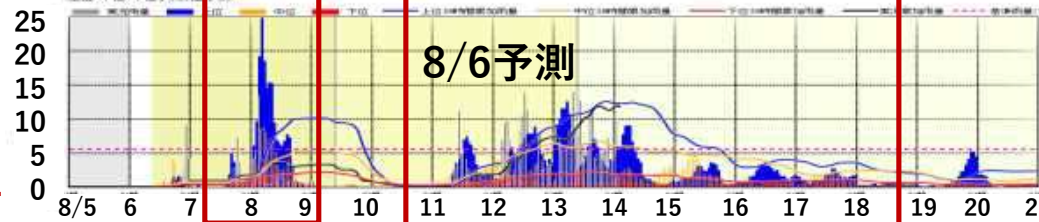


## 1. 中国電力新成羽川ダム

雨量(mm)



■ 8/2予測  
■ 8/6予測  
■ 8/10予測



実績72mm/39hr

基準雨量  
110mm/39hr

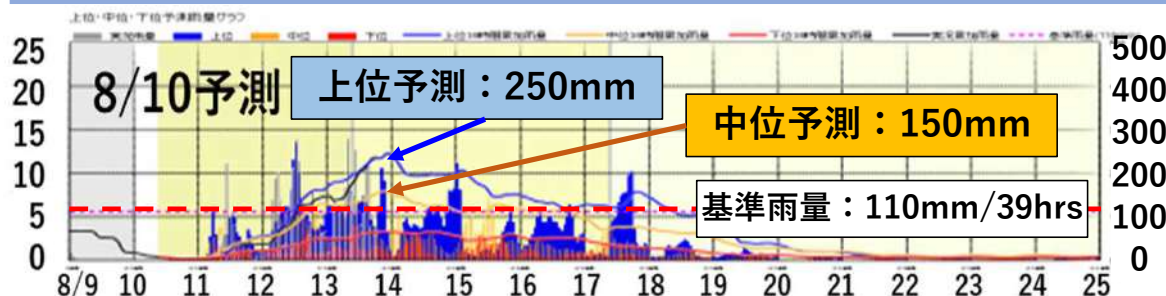


# R3年8月豪雨対応(中国電力・新成羽川ダム)

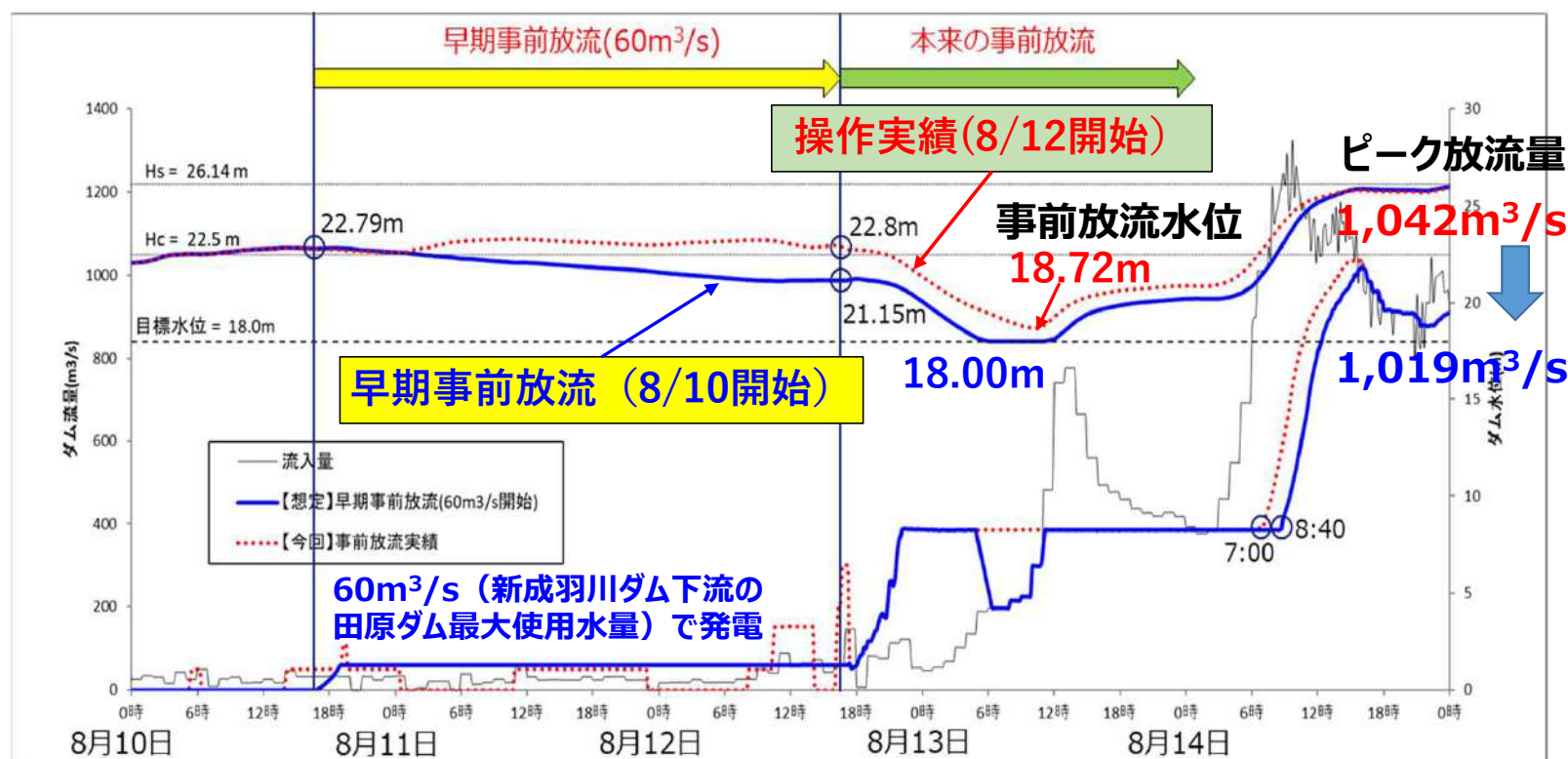
サブテーマ2：河川・ダムの長時間洪水予測・防災支援システムの開発

評価項目  
A③B⑥⑦

20



**現行基準：MSM110mm/39時間を2回予測**  
**長時間アンサンブル予測を活用して、実績よりも**  
**2日早く（8/12→8/10）事前放流を開始可能**  
**さらに早期化かつ事前放流量の増大も可能**



**Before**  
**操作実績(8/12開始)**

**事前放流水位：18.72m**  
**貯水容量：44,278千m³**  
**ピーク放流量：1,042m³/s**  
**無効放流量：135,888千m³**  
**減電量：11,414MWh**

**After**  
**早期事前放流(8/10開始)**

**事前放流水位：18.00m**  
**貯水容量：42,204千m³**  
**(+200万m³)**  
**ピーク放流量：1,019m³/s**  
**無効放流量：129,662千m³**  
**減電量：10,891MWh**  
**(522MWh増電)**

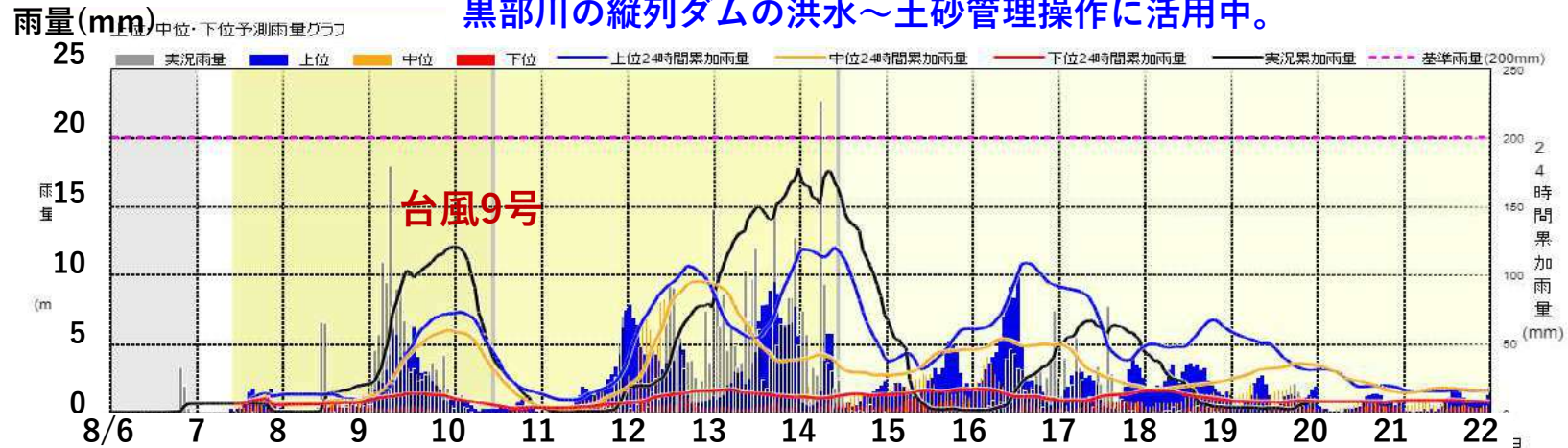
# R3年8月豪雨対応(関西電力(黒部川)、九州電力(耳川))

評価項目  
A③⑤B⑥

21

## 2. 関西電力黒部川黒部ダム

8/7より配信開始。8/8-9の台風9号、その先の前線性降雨を同時に予測。  
黒部川の縦列ダムの洪水～土砂管理操作に活用中。



## 3. 九州電力耳川下流域

8/7より配信開始。8/8-9の台風9号、その先の前線性降雨を同時に予測。  
今後、台風接近に伴うダムの通砂操作に活用予定。





# R3 年9月台風16号対応（中部電力（大井川））

サブテーマ2：河川・ダムの長時間洪水予測・防災支援システムの開発

評価項目  
A③⑤B⑥

22

## ①何をおこなったか；

台風16号を対象に長時間アンサンブル降雨予測を実施し、データ提供

## ②上手く行ったこと；

大井川（井川ダム）では、9/23（8日前）に本土接近する場合（シナリオ1）に対する影響度（**基準雨量超過確率2%**）を示すことができた

## ③次への課題として残したこと；

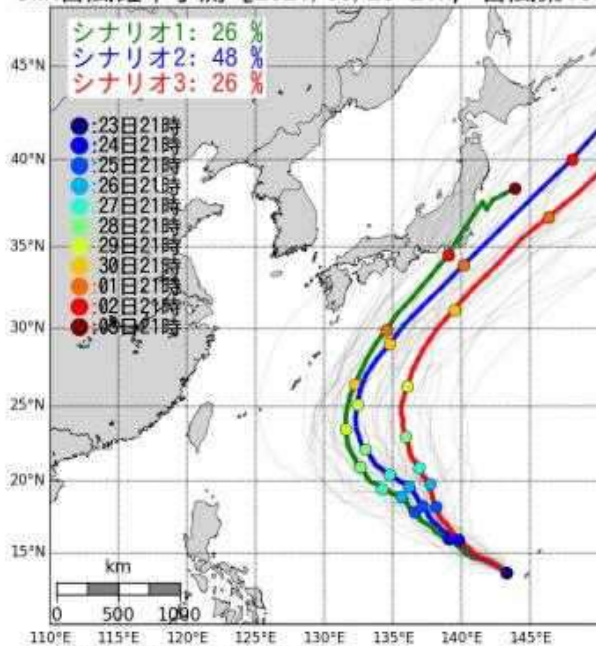
アンサンブル予測を活用した利水ダムの運用（事前放流、発電高度運用）について、今回の洪水を含めて検討中

## ④どこにデータを提供して、どう使われたか；

これまでの検証ダムに加えて、3電力会社、水機構（利根川水系）でも検証開始

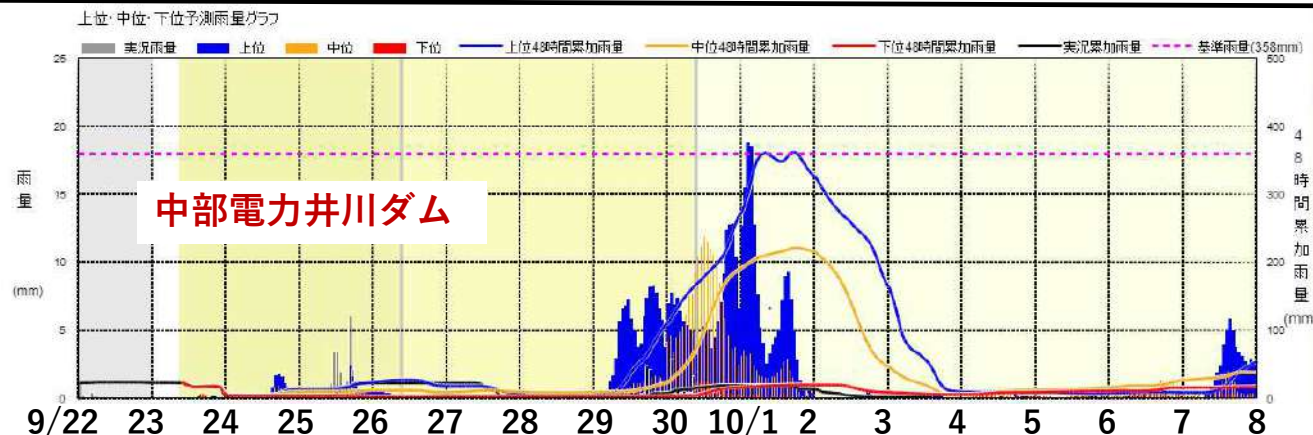
## JWA台風確率予測情報(9月23日21時予測)

JWA台風確率予測 [2021/09/23 21h, 台風第16号]



※細線:各アンサンブルメンバーの予測経路

戦略的イノベーション創造プログラム  
Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program



井川ダム流域 降雨予測

| 井川ダム流域 |             | ～3日先                                                                                           |        |       |            |           | 4日～7日先     |                                                                                                |       | 8日先～      |                                                                                                |        |    |
|--------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------|------------|-----------|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|----|
|        |             | アンサンブル予測  |        |       | MSMカイダンス予測 |           | GSMカイダンス予測 | アンサンブル予測  |       |           | アンサンブル予測  |        |    |
|        |             | 上位                                                                                             | 中位     | 下位    |            |           |            | 上位                                                                                             | 中位    | 下位        | 上位                                                                                             | 中位     | 下位 |
| 予測初期時刻 |             | 10月03日21時                                                                                      |        |       | 10月04日06時  | 10月04日03時 | 10月03日21時  |                                                                                                |       | 10月03日21時 |                                                                                                |        |    |
| 雨量     | 最大48時間雨量    | 34.3mm                                                                                         | 16.0mm | 0.0mm | 0.0mm      | 2.7mm     | 54.8mm     | 25.8mm                                                                                         | 5.8mm | 196.7mm   | 64.5mm                                                                                         | 30.5mm |    |
|        | 358mm/48h超過 | 0 ( 0%)                                                                                        |        |       | 0          | 0         | 0 ( 0%)    |                                                                                                |       | 1 ( 2%)   |                                                                                                |        |    |
| 雨量     | 最大24時間雨量    | 34.3mm                                                                                         | 16.0mm | 0.0mm | 0.0mm      | 2.7mm     | 35.0mm     | 16.6mm                                                                                         | 3.9mm | 103.2mm   | 43.0mm                                                                                         | 21.5mm |    |
|        | 200mm/24h超過 | 0 ( 0%)                                                                                        |        |       | 0          | 0         | 0 ( 0%)    |                                                                                                |       | 2 ( 4%)   |                                                                                                |        |    |
| 雨量     | 最大12時間雨量    | 30.9mm                                                                                         | 14.3mm | 0.0mm | 0.0mm      | 2.7mm     | 13.3mm     | 7.5mm                                                                                          | 2.4mm | 73.9mm    | 24.7mm                                                                                         | 13.9mm |    |
|        | 100mm/12h超過 | 0 ( 0%)                                                                                        |        |       | 0          | 0         | 0 ( 0%)    |                                                                                                |       | 4 ( 8%)   |                                                                                                |        |    |



# SIPの成果の国際展開(フィリピン・Magatダム (Cagayan川) )

評価項目  
A2⑤⑦⑧B③

23



JASTIP : 日ASEAN科学技術イノベーション共同研究拠点-WP4 防災・減災分野

WP4: フィリピン台風Ulysses災害緊急調査

2020年11月にルソン島を襲った台風Ulyssesでは、Cagayan川のMagatダムにおいて、洪水に備えた事前放流が不十分であったために緊急放流が発生し大きな社会問題化

VAMCO/ ULYSSES

Typhoon tracks crossed the Philippines before striking Vietnam

The Magat dam 13<sup>th</sup> of Nov. 2020



Rice and corn fields at Echague, Isabela

CAGAYAN RIVER BASIN



Cagayan River and Buntan Bridge



Flood Inundation in the City of Ilagan



明らかになっている課題

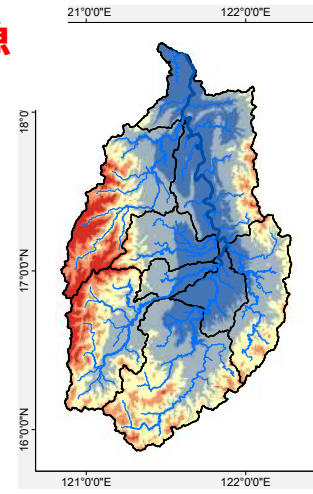
- ・ 台風接近に伴う降雨予測、降雨－流出モデル
- ・ ダム放流の意思決定（洪水・渇水リスク評価）
- ・ ダム放流と下流洪水の関係
- ・ PAGASA（気象）／NIA（ダム管理）／DPWH（河道管理）の連携不足

数日～1週間程度前からの事前放流を実現し、洪水貯留機能を拡大

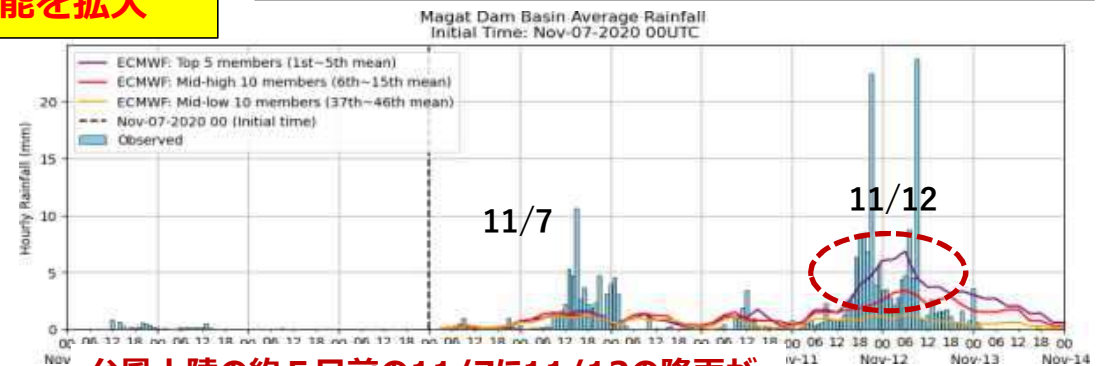
調査研究課題

1. 現地の水文・気象データ収集
2. 降雨予測の課題分析と改善方策検討
3. 降雨－流出モデルの検証（RRIモデル）
4. ダム湖の土砂流入／放流・堆積および堆砂対策検討

戦略的イノベーション創造プログラム  
Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program



SIPによる貢献：長時間アンサンブル降雨予測



台風上陸の約5日前の11/7に11/12の降雨が予測可能



## 統合ダム防災支援システム：4年次技術目標の達成度と終了時の達成見込み

## ①早期の事前放流開始 4つのコア技術

コア技術：アンサンブル気象予測を利用した長時間  
リードタイムの確保 (1-3日前 → 5-7日前)

## ②ダム流域への正確な流入量予測

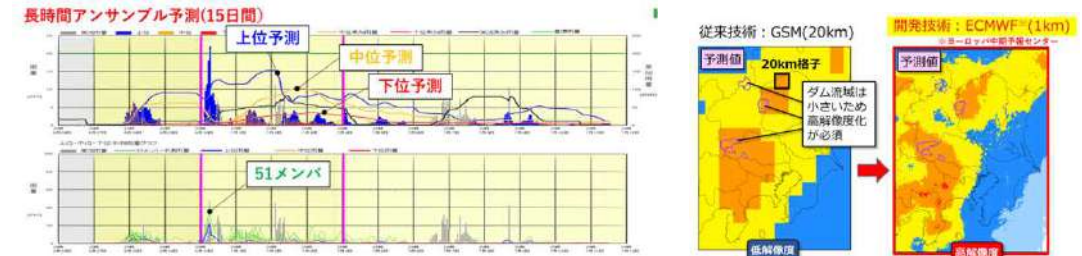
コア技術：降雨予測の高解像度化 (20km → 1km)

## ③発電量の増大かつ洪水貯留能力の最大化

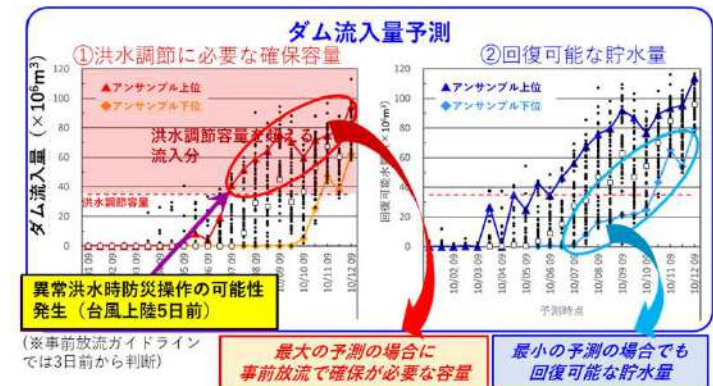
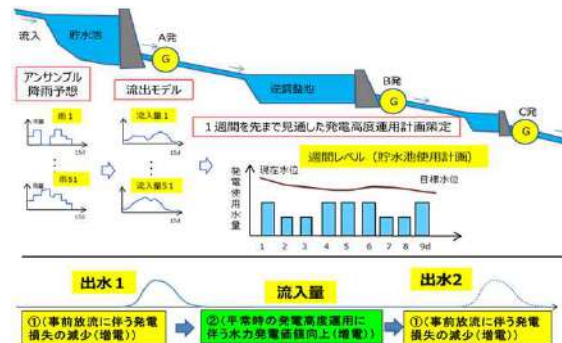
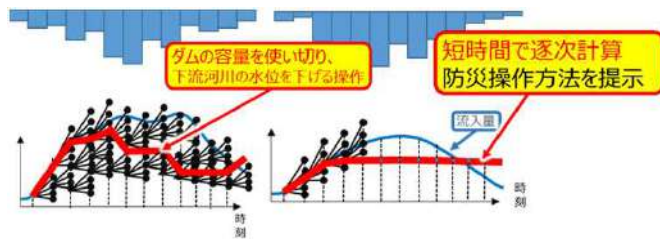
コア技術：アンサンブル流入量予測による予測幅の獲得  
(1本の予測 → 51本の予測(上位/下位予測))

## ④ダム群最適操作による治水効果の拡大

コア技術：ダム群連携最適操作シミュレータ

①目標達成：多目的ダム（水機構全ダムに導入済）、国、  
都道府県ダム、電力ダムにも配信拡大

## ②目標達成：5km解像度と1km解像度の2バージョンを提供

③目標達成：プロトタイプ完成、過去洪水でダム操作検証、  
木津川ダム群などの実操作でのフィードバック④目標達成：プロタイプ完成、木津川ダムで  
過去洪水で検証、荒川ダム群も検証予定

## ⑤発電ダム高度運用（追加項目）：

3電力会社と連携（マッチングファンド）、  
台風や前線性降雨での検証開始、発電高度  
運用プロトタイプ検討中、電力会社拡大予定学術的・技術的新規性：AI高解像度化（ディープラーニング特別賞受賞、アンサンブル事前放流（ダム工学会論文賞受賞）、  
国内外論文発表、マスコミ取材、国際展開（フィリピン）

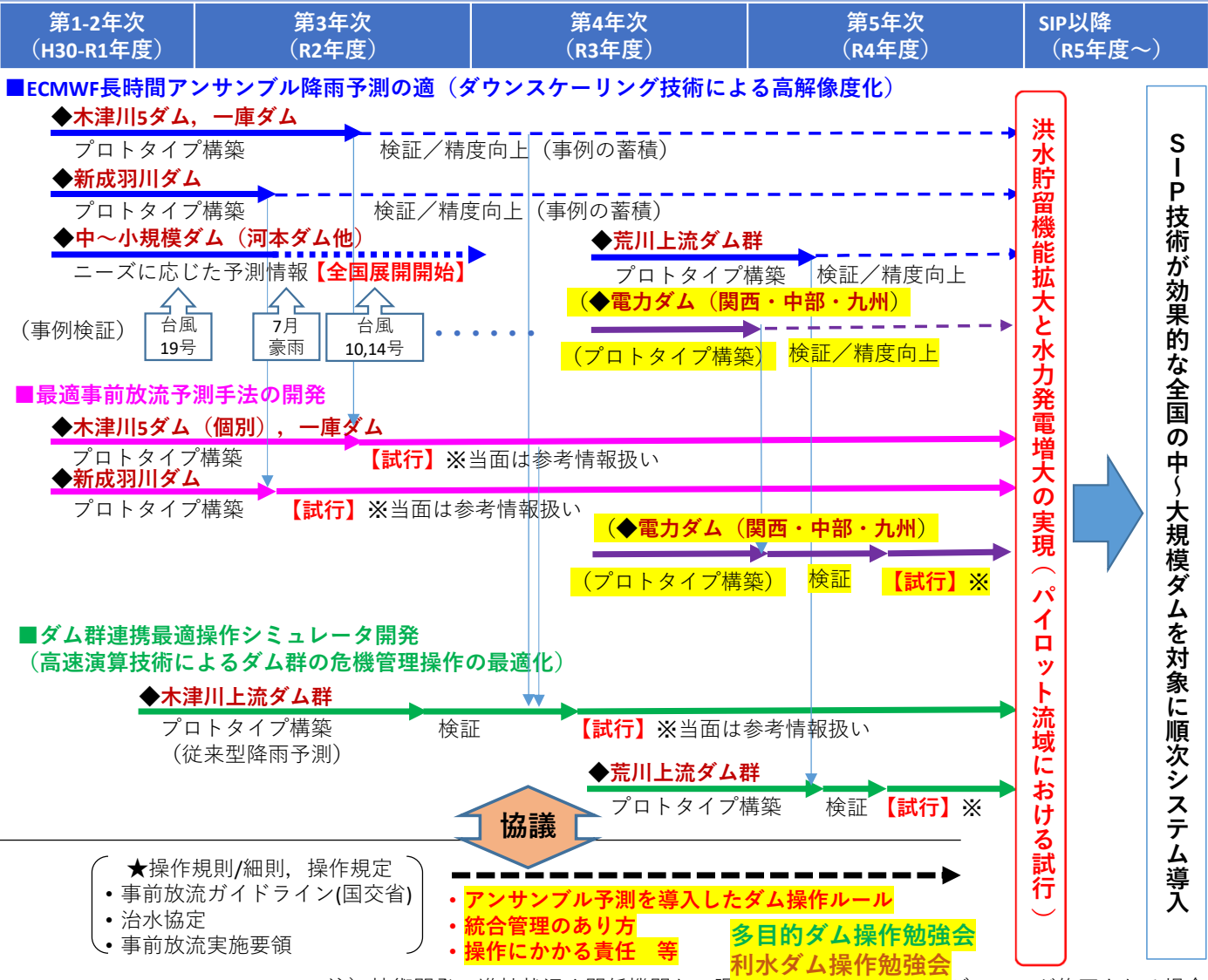
# 統合ダム防災支援システム 社会実装ロードマップ

サブテーマ2：河川・ダムの長時間洪水予測・防災支援システムの開発

(R3年10月時点)

評価項目  
A②③④⑤B②③④⑥⑧

25



技術的挑戦①  
ダム流域への正確な流入量予測

技術的挑戦②  
早期の事前放流開始

技術的挑戦④(増額分)  
洪水調節能力最大化かつ発電量増大

技術的挑戦③  
ダム群最適操作による治水効果の拡大

社会実装に向けた  
操作ルール等に関する検討・調整

洪水貯留機能拡大と水力発電増大の実現（パイロット流域における試行）

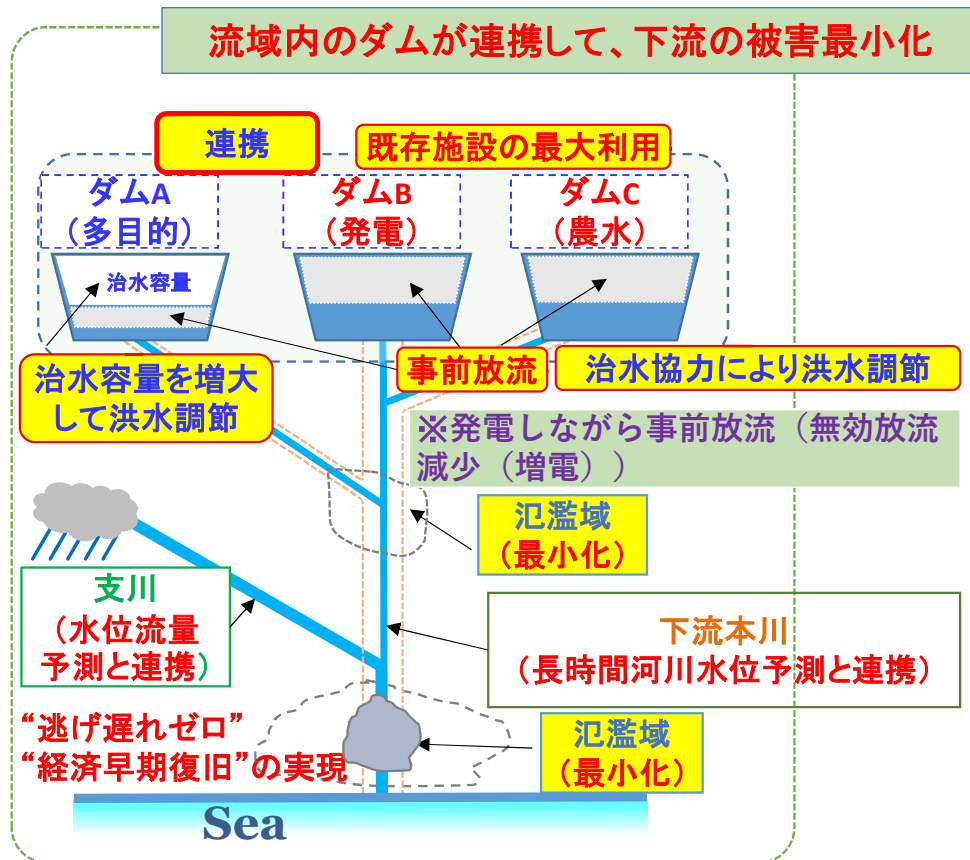
SIP技術が効果的な全国の中へ大規模ダムを対象に順次システム導入

注）技術開発の進捗状況や関係機関との調整等により、今後スケジュールが修正される場合あり。



# 社会実装に向けた操作ルール等に関する検討・調整

- ✓ 長時間アンサンブル降雨予測をふまえた操作
- ✓ ダム群連携最適操作 → 操作ルールへの位置づけ



## 多目的ダム

(河川法第17条、特ダム法、水資源機構特定施設)

二瀬ダム 他

## ダム群連携最適操作

木津川5ダム、荒川3ダム

操作ルールへの実装検討・ひな形作成

事前放流  
洪水調節 (ダム群連携含む)  
後期放流

## 多目的ダム操作勉強会

## 利水ダム

(河川法第26条、水資源機構特定施設以外)

黒部ダム、大井川水系、耳川水系

操作ルールへの実装検討・ひな形作成

事前放流  
遅れ操作等による治水対応  
後期放流

等の貯水池運用ルール

## 利水ダム操作勉強会

関係省庁協議

実装イメージ

操作規則・施設管  
理規定等への反映

国土交通省及び関係省庁か  
らの通知、操作規定  
(河川法  
第47条) 等への反映

## グローバルベンチマークの評価

## アンサンブル降水予測の空間的ダウンスケーリングと長時間ダム流入力予測

## SIP終了後

- 予測情報を、**降雨量・流入量・単独ダム操作最適化・複数ダム統合操作**、に分類
- 長時間(15日)、アンサンブル(51メンバー)、時空間高解像度(1時間, 1km)で、複数ダムの統合操作までを目標にしているものは他にはない。
- 日本のダム流域の山岳地形を考慮すれば、時空間高解像度の必要性・優位性は明確。フィリピン、ベトナムなど、ASEAN諸国への国際展開も期待される。

| 評価軸  |             | 評価対象（実装ベース）      |                     |                 |               |                           |                   |           |          |                                |           | 論文ベース       |                               |
|------|-------------|------------------|---------------------|-----------------|---------------|---------------------------|-------------------|-----------|----------|--------------------------------|-----------|-------------|-------------------------------|
|      |             | アンサンブル事前放流 (SIP) | 事前放流が伴う (国土交通省・気象庁) | Met Office (UK) | NWM (US)      | COSMO-LEPS (GR,DE,I T,CH) | COSMO-D2-EPS (DE) | MSC (CA)  | BoM (AU) | meteoblue (CH)<br>※Euro,NEMS12 | NOAA (US) | Seine river | Anticipatory Water Management |
| 予測機能 | 予測時間        | ◎<br>15日         | △<br>3日             | ○<br>5日         | ○<br>8.5日     | ○<br>5.5日                 | △<br>27時間         | ◎<br>16日  | ○<br>7日  | ○<br>7.5日                      | ◎<br>35日  | ○<br>9日     | ◎<br>15日                      |
|      | 時間解像度       | ◎<br>1時間         | ○<br>3時間            | ◎<br>1時間        | ○<br>3時間      | △<br>12時間                 | ○<br>3時間          | △<br>12時間 | ○<br>3時間 | △<br>12時間                      | △<br>6時間  | ○<br>3時間    | ○<br>3時間                      |
|      | 空間解像度       | ◎<br>1km         | △<br>20km           | ○<br>2.2km      | ○<br>1km,250m | ○<br>7km                  | ○<br>2.2km        | ×<br>50km | ○<br>6km | △<br>12km                      | △<br>25km | △<br>約50km  | △<br>20km                     |
|      | アンサンブルメンバー数 | ◎<br>51          | ×<br>1              | △<br>3          | △<br>6        | △<br>20                   | ◎<br>40           | △<br>20   | ◎<br>401 | ◎<br>オープンデータ統合                 | ◎<br>31   | ◎<br>51     | ◎<br>51                       |
| 予測情報 | 降雨量         | ○                | ○                   | ○               | ○             | ○                         | ○                 | ○         | ○        | ○                              | ○         | ○           | ○                             |
|      | 流入量         | ○                | ○                   | △               | ○             | △                         | △                 | △         | ○        | △                              | △         | ○           | ○                             |
|      | 単独ダム最適化     | ○                | ○                   | —               | —             | —                         | —                 | —         | —        | —                              | —         | ○           | ○                             |
|      | 複数ダム最適化     | ◎                | —                   | —               | —             | —                         | —                 | —         | —        | —                              | —         | ○           | ○                             |

## 長時間/広域洪水予測システムが取り組む課題

## SIP技術による洪水予測の展開

## ②高解像度水文地形データ+RRIモデルの活用

SIPで新たに  
社会実装を目指す領域

## ②全国俯瞰可能な洪水予測

全河川の予測を実現

河道情報のない河  
川での洪水予測

合流部の精度向上

①長時間の幅をもった予測  
・広域避難のリードタイム確保現在の  
洪水予測(全国)  
(広域)  
(一級水系(荒川等)  
(支派川)  
(幹川)ダム群  
ダム流入量予測情報  
放流操作の情報  
下流水位の情報

## ①水系一貫の長時間アンサンブル予測の活用

15日前 → 72(39)時間前 → 6時間前 → 発災

## 予測リードタイムの長時間化

## ①長時間予測

72時間先まで予測！(SIPで開発)

6時間先まで予測(現在)

実測水位

現在の時点

予測水位

幅をもった予測

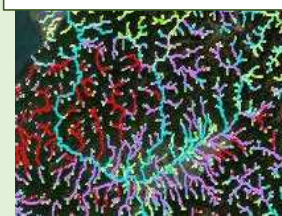
## ② 全国の河川の流量・水位を漏れなく俯瞰的に予測(広域洪水予測)

□ : 長時間洪水予測システム

□ : 広域洪水予測システム

○ : 統合ダム防災支援システム

## ① スーパー台風に備えた長時間・アンサンブル洪水予測

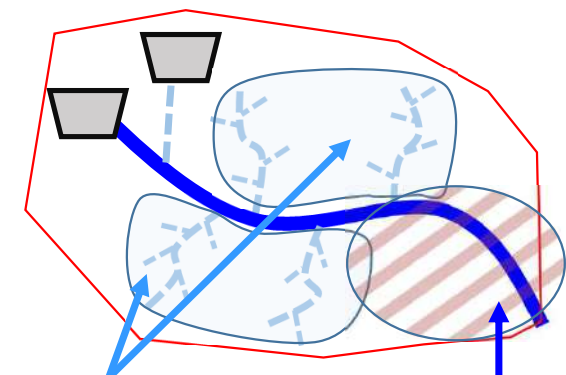
SIPで中小河川の予測と  
広域の俯瞰が可能に！

現在の洪水予測(幹川のみ)



— 幹川

- - - 支派川および全国中小河川

全国広域の中小河川を対象に、これまで行われていなかった、きめの細かい予測情報の提供を実施  
⇒ 地域の空白を埋める大河川(幹川)を対象に、長いリードタイムによる洪水予測によって、広範囲に及ぶ氾濫時の避難等での対応時間の確保  
⇒ 時間の空白を埋める



## 長時間/広域洪水予測システム：長時間/広域の超高分解能洪水予測による逃げ遅れゼロの実現

評価項目  
A②④⑦B①③

29

## 挑戦！

① スーパー台風に備えた大河川の長時間・アンサンブル洪水予測  
コア技術：水系一貫の長時間・アンサンブルの洪水予測技術（予測時間：6時間→72(39)時間、アンサンブル数：1本→21本）

② 全国の中小河川の流量・水位を漏れなく俯瞰的に予測  
コア技術：全国水文地形データ+物理的洪水流出・氾濫予測モデル(RRI)で、観測・断面情報の存在しない中小河川でも流量・水位の予測を実現（水位予測情報なし→全河川・任意地点で予測、分解能：150 m）、全国14地域に分けて並列計算。

## ブレークスルー：

（全国の中小河川での広域洪水予測システム）

- ・河川ごとに洪水予測モデルを構築する既存手法では日本全域に水平展開するのに多大な時間とコストがかかる。
- ・全国約20,000河川の洪水予測システムのプロトタイプ開発を実現
- ・令和2年台風10号での実験的予測結果が、国土交通省のオペレーションに活用された

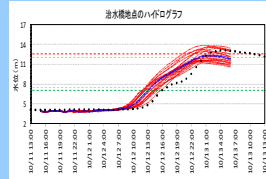
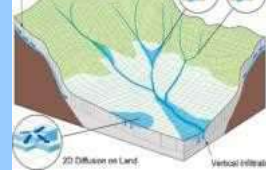
（大河川の長時間・アンサンブル洪水予測）

- ・大河川（幹川）での広範囲に及ぶ氾濫への対応に、不確実性を踏まえた長時間先までの予測情報を活用

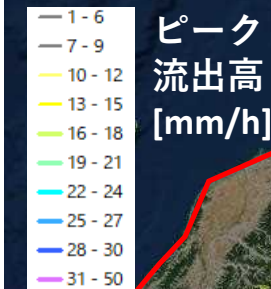
全国水文地形データ



全国版RRIモデル



- 2019年台風19号での高分解能かつ広域の洪水予測結果
- これまで流量・水位の予測情報のない中小河川も予測を実現！



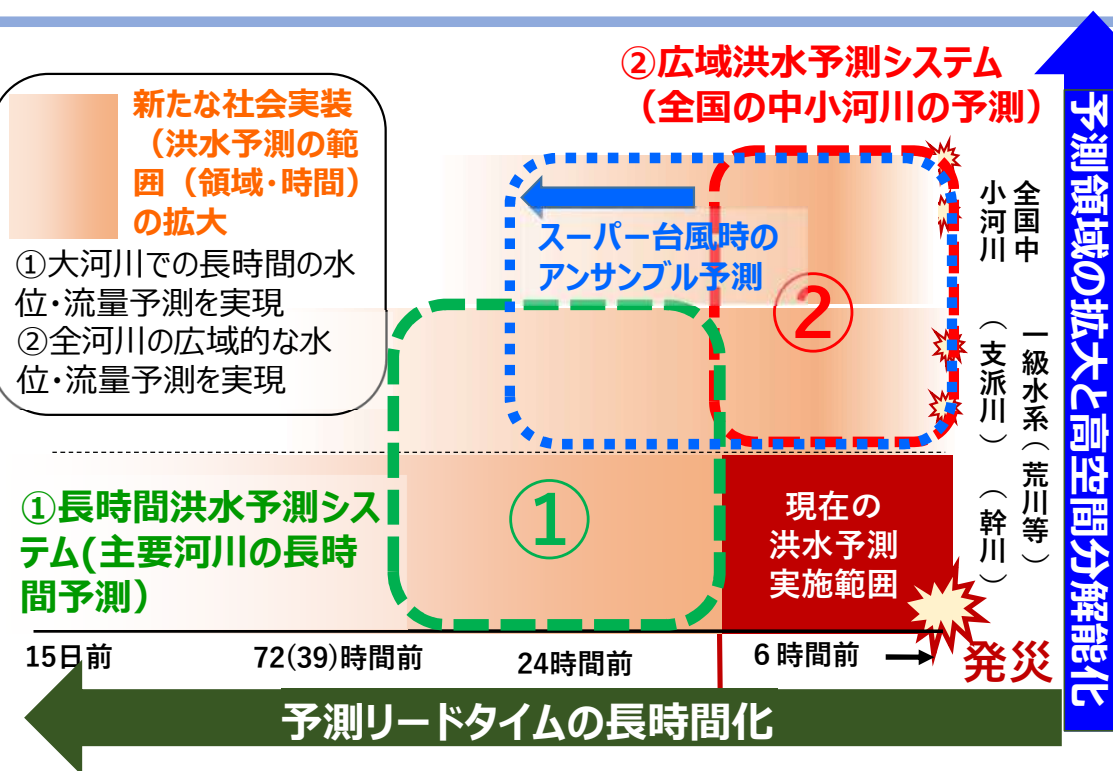
荒川本川

# 長時間/広域洪水予測システム：4年次の技術目標

サブテーマ2：河川・ダムの長時間洪水予測・防災支援システムの開発

評価項目  
A④B③⑦

30



## ②広域洪水予測システム (高解像度水文地形データ+RRIモデルの活用) (→スーパー台風時のアンサンブル予測)

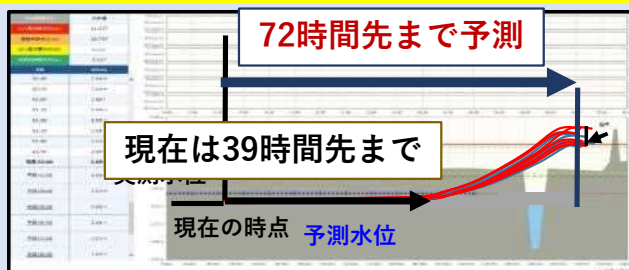
### 3年次成果

6時間先のオンライン広域洪水予測システム開発

### 4年次技術目標

- 洪水予測モデルの高精度化 (パラメータ改良、地形補正技術導入、河道断面情報反映)
- スーパー台風襲来時には、メソアンサンブル気象予測情報による洪水予測の実証実験実施
- プロトタイプ版によるテーマI、II、VIIへの情報提供開始

## ①水系一貫の長時間洪水予測システム (長時間アンサンブル予測降雨の活用)



### 3年次成果

39時間先のオンライン  
長時間アンサンブル予測  
システムの開発

### 4年次技術目標

- 洪水予測モデルの高精度化 (幹川と支川の合流部の結合方法の改善)
- 自治体の実働計画を踏まえた予測の長時間化 (39→72時間)
- オンライン表示システム開発 (アンサンブル予測結果のリアルタイム表示)



## 長時間洪水予測システムの研究開発：水系一貫の洪水予測モデル

評価項目  
A③B⑧

31

## ① 水系一貫の洪水予測技術の開発

コア技術：支川の情報を取り込むとともに、合流部での精度を向上

(R1年度)

支川流量： $Q$ 

本川（不定流モデル）

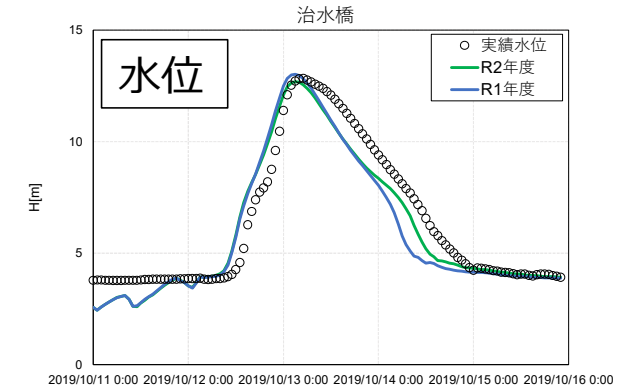
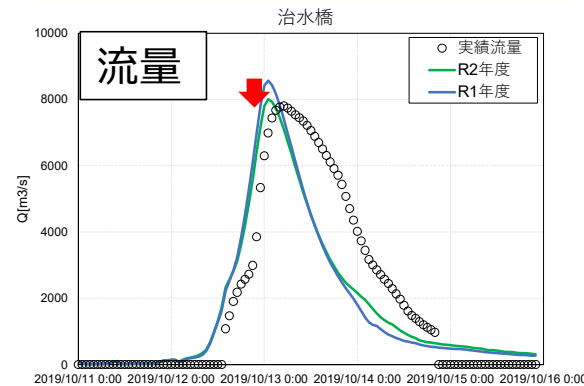
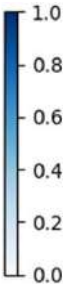
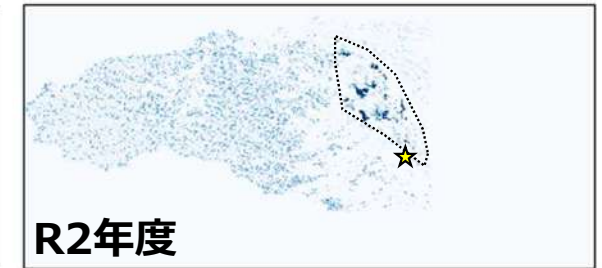
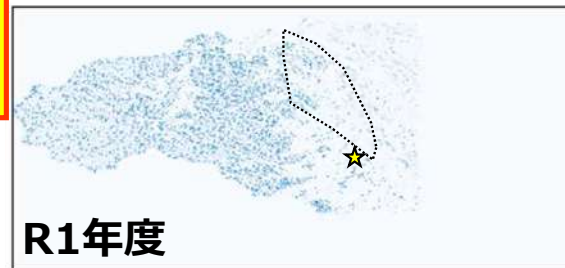
本川からのバックウォーター現象は再現せず

(R2年度)

本川水位： $H$ 支川流量： $Q$ 

本川（不定流モデル）

本川からのバックウォーター現象を再現



Before：支川合流部でのバックウォーター現象が考慮されていない

After：支川合流部における計算処理の改良により、バックウォーターによる氾濫現象の予測を実現

課題点：モデル間の断面データの違いによる過剰な逆流の発生

4年次末目標：合流部の境界条件処理の改良による精度向上



# 長時間洪水予測システムの研究開発:予測モデルの長時間化

サブテーマ2：河川・ダムの長時間洪水予測・防災支援システムの開発

評価項目  
A③⑤⑦B①②

32

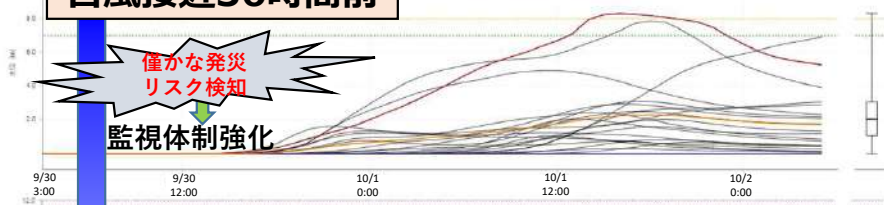
## ② 長時間アンサンブル洪水予測技術の開発

**コア技術**：避難行動の実態に沿った長時間先のアンサンブル洪水予測技術の開発

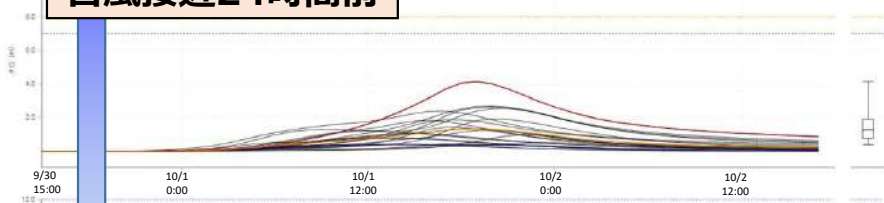
R3年度上期：長時間アンサンブル洪水予測情報WEB提供システムを構築 → 10月より国土交通省へ提供開始

### 2021年台風16号

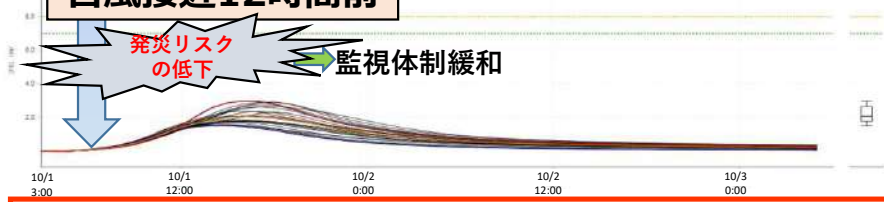
#### 台風接近36時間前



#### 台風接近24時間前

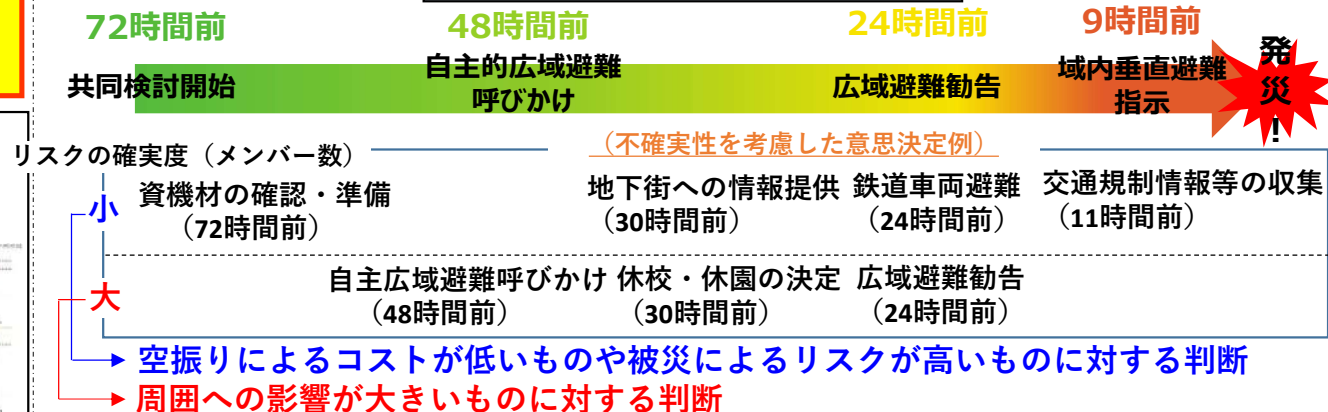


#### 台風接近12時間前



リードタイムや発災の可能性に応じて、柔軟対応できるような情報を発信！

## 江東5区タイムライン



入力降雨：  
降水短時間予報（6h,1メンバー）

既存の洪水予測

R2 入力降雨：  
メソアンサンブル（39h,21メンバー）

R3 入力降雨：  
メソアンサンブル（39h,21メンバー）

入力降雨：  
全球モデルガイダンス雨量等

SIPにおける開発

予測時間の更なる延伸！

**Before**：大規模災害の被害回避には長時間の予測情報が必要。(現状6時間)

**After**：長時間先のアンサンブル洪水予測によって、洪水規模・発災予測時刻・不確実性を組み合わせた情報で避難の意思決定支援

**4年次末目標**：雨量データの結合による予測時間延伸による避難行動の実動に沿った予測システムの開発

# 広域洪水予測システム：観測情報の存在しない中小河川の洪水予測実現と精度向上

## ② 全国の河川の流量・水位を漏れなく俯瞰的に予測

### 4 年次：予測の精度向上

**コア技術**：全国水文地形データ + 物理的洪水流出・氾濫予測モデル(RRI)で、観測・断面情報の存在しない中小河川でも、流量・水位の予測を実現（**水位予測情報なし→全河川・任意地点で予測、分解能：150 m**）、全国14地域に分けて並列計算

精度向上のための技術開発（4年次）

（パラメータ地域統合化、実河道断面情報の反映、氾濫原の地形補正）

【中小河川の洪水予測】 全国の河川で**6時間先までの水位予測**を実現

精度向上のための3つの技術開発（昨年度からの発展内容）

**< Before >** ほとんどの中小河川では水位・流量の物理量による予測情報が存在していない。

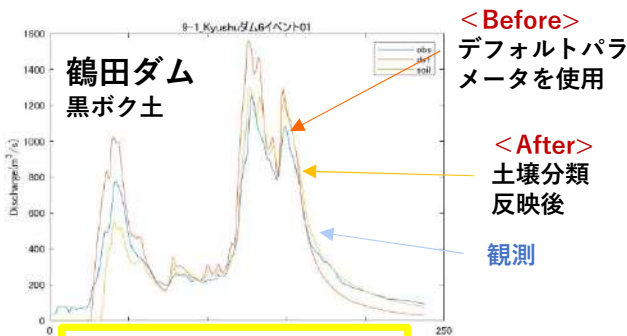


**< 3年次 >** 観測情報のない中小河川を含む全国約20,000の河川の物理量（水位/流量）を予測



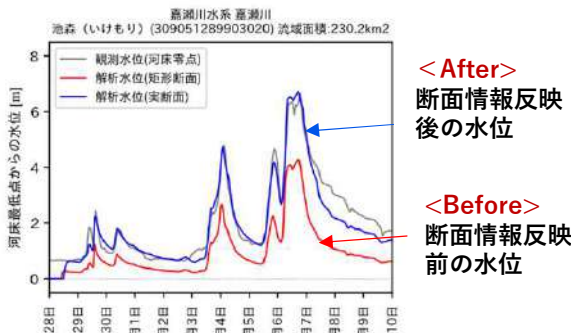
**< After >** 中小河川の流量予測精度、直轄区間の水位予測精度、大規模洪水時の浸水状況の予測精度向上。

### A) 土壌・地質マップを活用した分布型流出モデルのパラメータ地域統合化



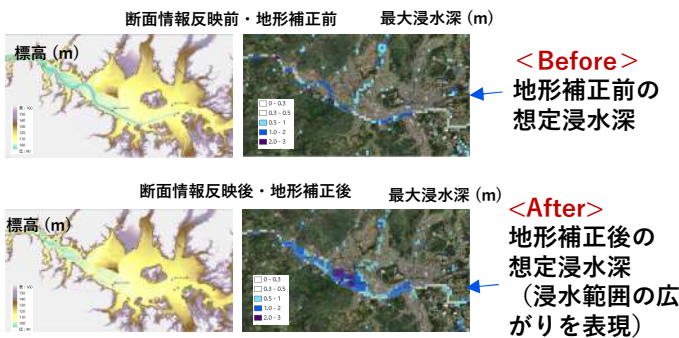
主に火山性の流域で流量の過大推定傾向が改善。

### B) 一級水系直轄区間の73%にあたる7735 kmに、計26,032の河道断面を導入



ピーク水位差の平均・標準偏差が  $-2.04 \pm 1.70\text{m}$  から  $0.14 \pm 0.88\text{m}$  に改善。（西日本豪雨時・51地点の統計）

### C) 氾濫原周辺の地形補正技術の適用



地形補正技術を導入することで、2020年球磨川洪水の浸水深・浸水範囲の推定精度を向上。

## ② プロトタイプシステムのリアルタイム運用

### 4年次：他テーマへのデータ提供

**コア技術：**全国水文地形データ＋物理的洪水流出・氾濫予測モデル(RRI)で、観測・断面情報の存在しない中小河川でも、流量・水位の予測を実現（**水位予測情報なし→全河川・任意地点で予測、分解能：150 m**）、全国14地域に分けて並列計算

プロトタイプシステムの性能（150 m分解能で全国の河川を網羅、1時間更新、6時間先予測）→他テーマ（I, II, VII）への予測情報の試験配信開始（4年次）

【中小河川の洪水予測】**全国の河川で6時間先までの水位予測**を実現

プロトタイプシステムのリアルタイム運用（2021年8月の豪雨を対象とした実例）

広域洪水予測システムによるリアルタイム現況計算と予測（**水深**）2021年8月14日（土曜日）7時：六角川



六角川の水位変化を的確に推定

水深比（水深／想定最大水深）による氾濫危険度：8月14日（土曜日）7時（1時における6時間先の予測）



6時間先（8月14日7時）に六角川や筑後川支流で水深比が1を超過する氾濫の可能性を予測

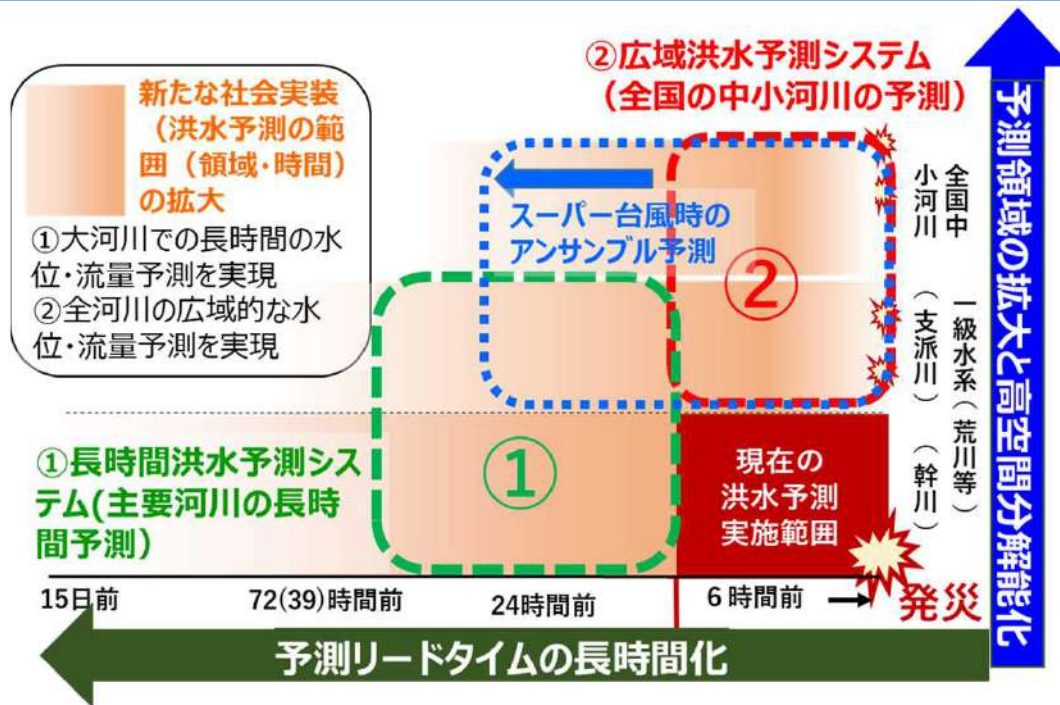
リアルタイムの**浸水予測**（新たな試み）：8月14日（土曜日）7時（1時における6時間先予測）



6時間先（8月14日7時）に六角川の周辺で越水による浸水発生の可能性を予測



## 長時間/広域洪水予測システム：技術目標の達成度と終了時の達成見込み



## ②広域洪水予測システム (高解像度水文地形データ+RRIモデルの活用) (スーパー台風時のアンサンブル予測)

### 5年次技術成果見込み

#### 実装版プロトタイプシステムの構築完了

- 全国中小河川の断面情報とモデルの不確実性分析を反映した水位予測手法の開発

全国の中小河川を網羅した  
高精度の水位・流量予測を実現

## ①水系一貫の長時間洪水予測システム (長時間アンサンブル予測降雨の活用)

### 5年次技術成果見込み

#### 実装版プロトタイプシステムの構築完了

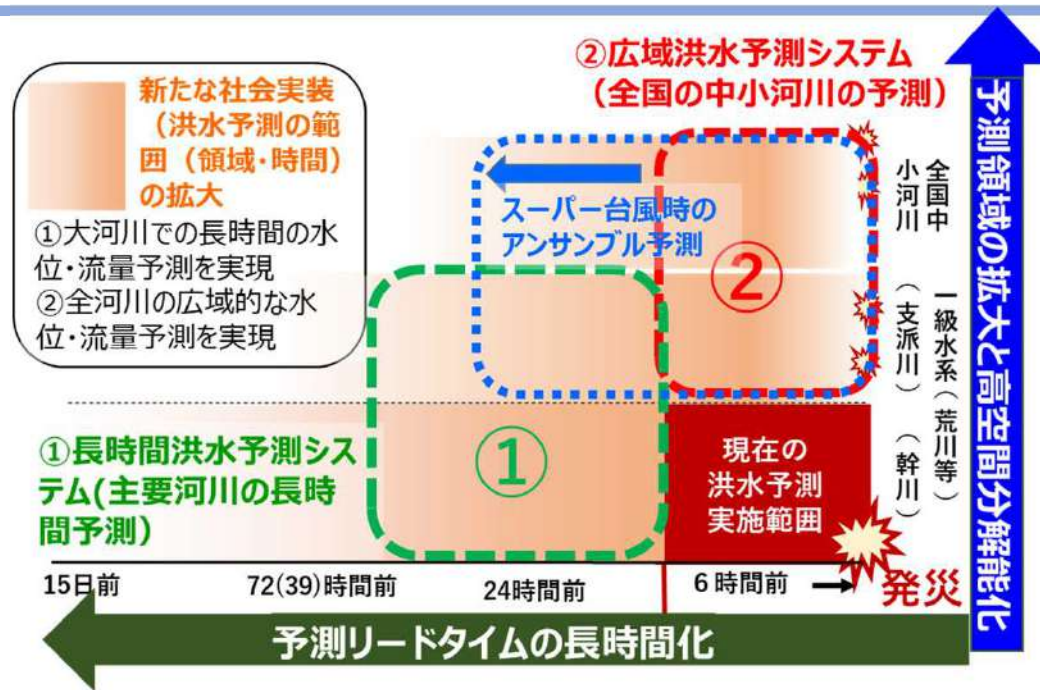
- 荒川上流ダム群操作情報と連携した長時間先のアンサンブル洪水予測技術の開発

時間的な余裕が必要な大河川での洪水対応に資する、長時間アンサンブル予測での幅を持った予測値の提供

### <5年次技術目標達成見込み>

- 洪水リスク評価空白地帯の解消、リスク評価の高度化を可能とする技術の開発  
大河川での洪水に対応した長時間洪水予測と、中小河川の洪水に対応した広域の洪水予測を可能とする技術の開発・提供

# 長時間/広域洪水予測システム：実装戦略と達成度



## ① スーパー台風に備えた長時間・アンサンブル洪水予測

### <4年次成果>

長時間洪水予測システム（荒川）：長時間先の水位予測をアンサンブル予測モデルを活用して実施し、不確実性を定量評価することの有効性を検証する  
国土交通省による実装に向けた検討に資するよう、WEB上での表示系を開発し操作性を高める

## ② 全国の河川の流量・水位を漏れなく俯瞰的に予測

### <4年次成果>

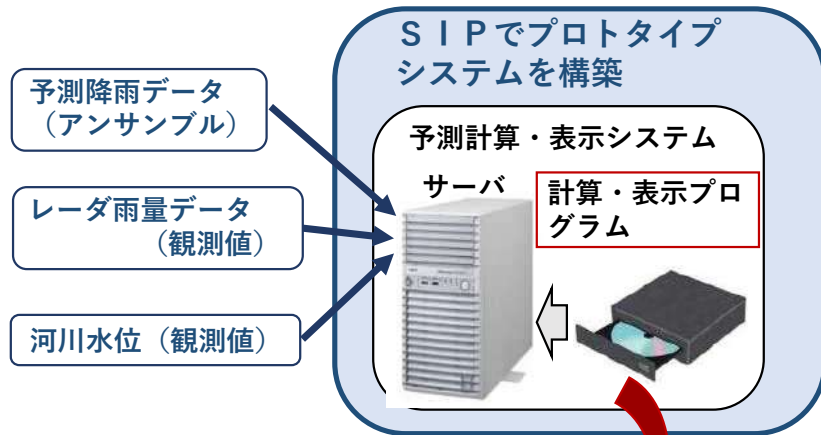
広域洪水予測システム(全国)：6時間のリードタイムを有するプロトタイプシステムを運用する  
スーパー台風襲来時には、メソアンサンブル気象予測情報を入力した洪水予測の実証実験を実施し、国土交通省等の関係機関に情報提供する

### <5年次社会実装見込み>

- プロトタイプの運用に基づく本システム構築支援  
洪水予測モデルの全国での構築・実装に向け、長時間洪水予測システム及び広域洪水予測システムを活用した技術支援、水文地形、パラメータ等の情報提供の実施
- アンサンブル予測の活用  
長時間アンサンブル予測による幅を持った予測値について、現場の実務での活用方法の検討・検証

# 長時間/広域洪水予測システム：ポストSIP

## 長時間/広域洪水予測システムの社会実装

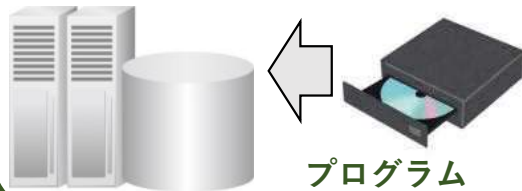


## 社会実装

## SIPで得られた技術・知見

プログラムや運用ノウハウを国土交通省の洪水予測システムで活用

## 洪水予測システム（国土交通省）



## 国土交通省からの提供情報の充実

地方整備局・都道府県  
地方自治体  
一般住民 等

## （ポストSIP） プロトタイプシステムを活用した全国の現場での洪水予測の実施支援

- 中小河川を含む水系・流域が一体となった水位予測情報の創出・活用に向け、RRIモデルの技術移転及び技術支援、水文地形、パラメータ等の情報提供
- 大河川でのタイムラインに即した長時間アンサンブル予測の運用
- 全国の中小河川での6時間先の水位予測の実現

## （実装に向けての課題）

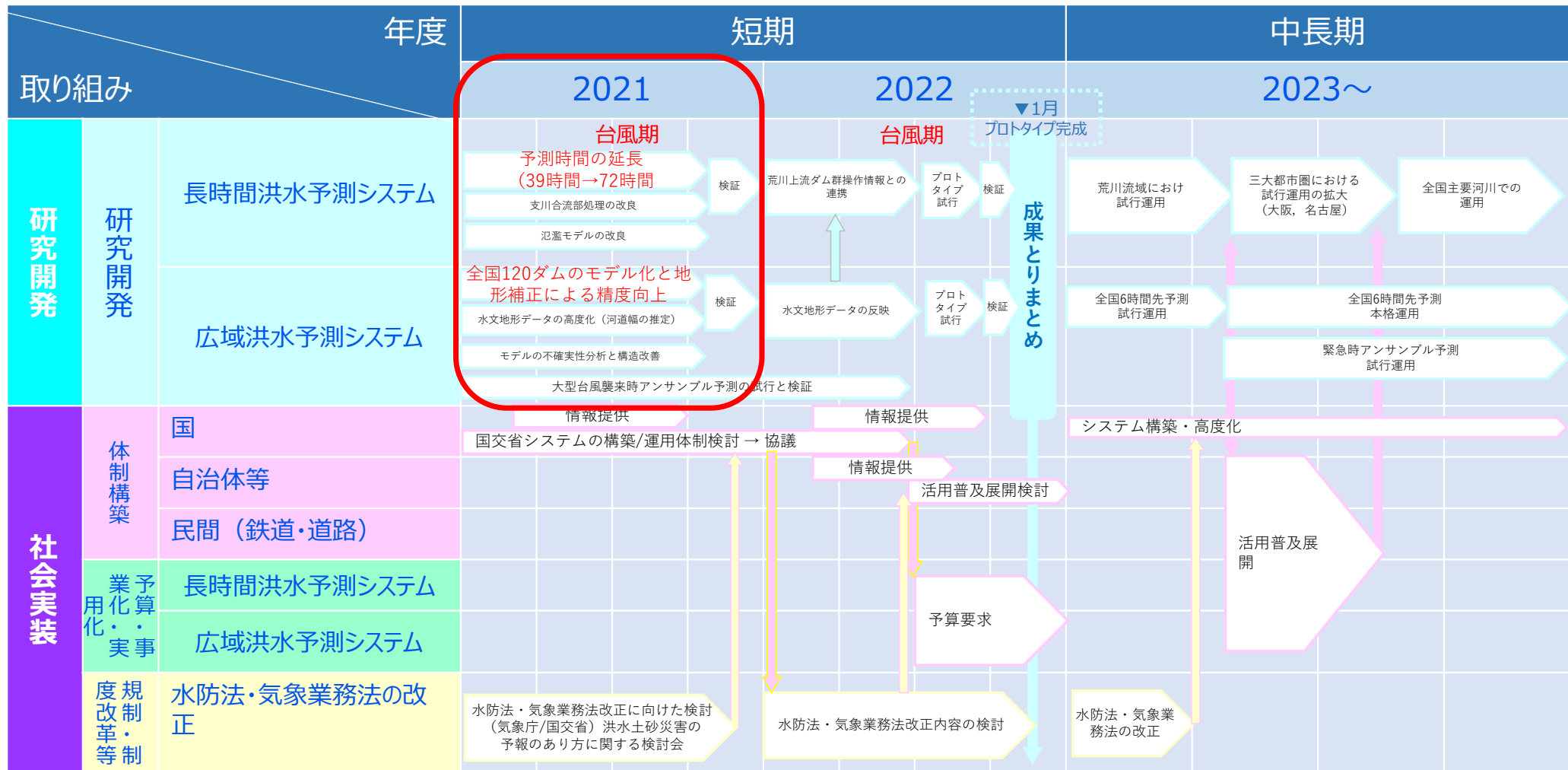
- 気象業務法及び水防法の位置づけ
- システム構築・運用及び高度化の予算・体制確保

## （社会実装に関連する国の動き）

- 令和3年1月より国土交通省気象庁、水管理・国土保全局が事務局となり、洪水予報の更なる高度化、利用者の多様なニーズへの対応に関する「洪水及び土砂災害の予報のあり方に関する検討会」を開催、報告書を10月5日に発表。その中で長時間先の予測、河川の流域を一体的に予測することによる精度向上、予測対象範囲（河川）の拡大、アンサンブル予測の活用等を提言）



## 研究開発・社会実装ロードマップ【長時間/広域洪水予測システムの開発】



実現によるレジリエンスの強化

Society 5.0

## グローバルベンチマークの評価

- 1) 河川水位流量の広域かつ詳細予測
- 2) アンサンブル降水予測を用いた長時間水位流量アンサンブル予測

**SIP終了後**

- 予測情報を、**水位／流量・氾濫・その他**、に分類
- 我が国の急峻な地形を反映した**高解像度（150m）の全国水文地形データ**の適用
- **降雨流出の物理過程を適切に表現したRRIモデルによる予測、優位性は明確！**

| 評価軸               |            | 評価対象        |          |                    |           |             |              |                  |             |          |
|-------------------|------------|-------------|----------|--------------------|-----------|-------------|--------------|------------------|-------------|----------|
|                   |            | 流域          | 流域       | 全国                 | 全国        | 全球          | 全球           | 英国               | 米国（一部）      | 豪州       |
| 所管                |            | SIP         | 国土交通省    | SIP                | 気象庁       | ECMWF       | NASA         | EU-CP            | US RFC s    | BoM      |
| 名称（略称）            |            | 長時間洪水予測システム | 水害リスクライン | 広域洪水予測システム（全国版RRI） | 流域雨量指数    | GloFAS      | GFMS         | EFAS             | MMEFS       | SDF      |
| 予測機能仕様<br>（数値・特徴） | 予測時間       | 72時間        | 6時間      | 6時間                | 6時間       | 45日         | 4-5日         | 10日（中期予測）        | 1-7日        | 7日       |
|                   | 時間解像度      | 1時間         | 1時間      | 1時間                | 30分       | 1日          | 3時間          | 6時間              | 12時間        | 1日       |
|                   | 空間解像度      | 200m        | 200m     | 150m               | 1km       | 10km（氾濫1km） | 1km          | 18km(中期) 氾濫：100m | 不明          | 10 km    |
|                   | アンサンブルメンバ数 | 21          | 1        | 1                  | 1         | 51          | 1            | 51（中期）           | 42          | 51       |
|                   | 摘要         | MEPS        | 降水短時間予報  | 降水短時間予報            | 降水短時間予報   | ECMWF       | TMPA & IMERG | ECMWF（中期）        | NAEFS       | ECMWF    |
| 予測情報              | 水位・流量      | ○           | ○（幹川）    | ○（全河川）             | X         | △（流量のみ）     | △（流量のみ）      | △（流量のみ）          | ○           | △（流量のみ）  |
|                   | 氾濫         | ○           | X        | ○                  | X         | ○           | ○            | ○（簡易）            | X           | X        |
|                   | 危険度        | ○（基準水位超過確率） | ○        | ○（流出高、水深比）         | △（流域雨量指数） | △（流量確率年）    | △（流量確率年？）    | △（流量確率年）         | ○（基準水位超過確率） | △（流量確率年） |



# テーマVI スーパー台風被害予測システムの開発

令和3年11月20日（土）

テーマVI 研究責任者  
立川 康人



## 新たなハザード予測システムの開発

高潮・高波ハザード予測システム

長時間/広域洪水予測システム

## 新たなハザード予測情報の提供

避難情報等の発出を支援するための  
長時間予測情報の提供

治水施設の機能を最大限活用する  
ための長時間予測情報の提供

テーマI, II, VII へ

## 治水施設の最大利用技術の開発

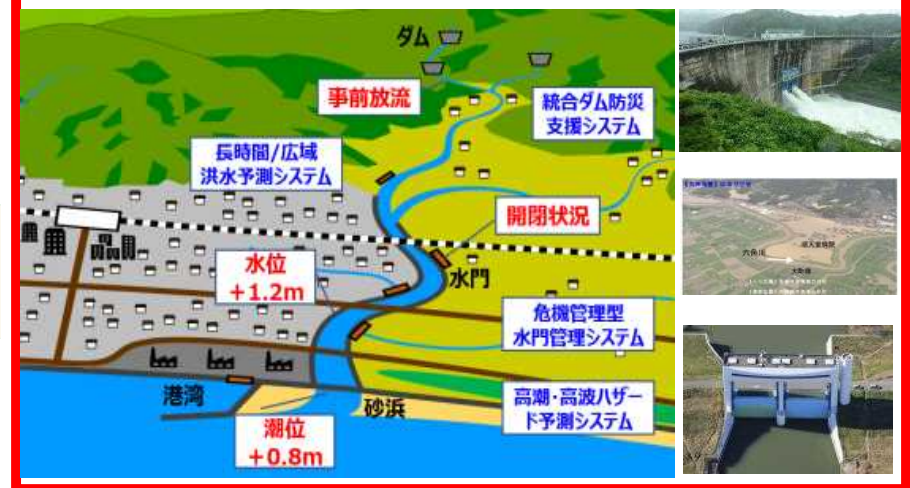
危機管理型水門管理システム

統合ダム防災支援システム

逃げ遅れゼロ、社会経済被害最小化の実現

### 新たな予測情報による「逃げ遅れゼロ」の実現

- 72時間前の高潮・高波、流量・水位のアンサンブル予測の実現
- 150m空間分解能の全国の河川の水位予測の実現



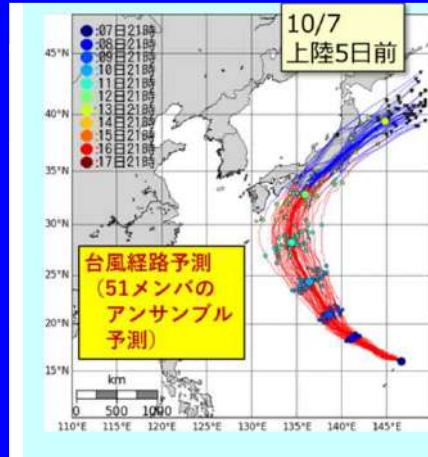
### 新たな予測情報による「治水能力」の拡大

- アンサンブル流入量予測による洪水調節能力向上
- 流域水系ダム群の危機管理操作の最適化
- 長距離LPWA通信を用いた水門開閉状況一元監視
- 遠隔からの無動力水門閉鎖技術の開発

# 警戒レベルと防災気象情報－SIPテーマ6の取り組みとの関係

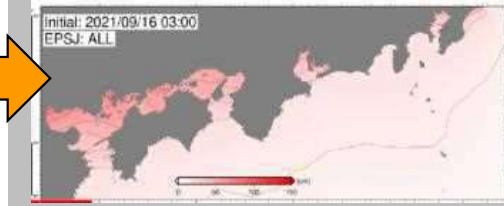
| 警戒レベル | 状況           | 行動を促す情報(避難情報等)      | 気象状況(気象情報)        | 防災気象情報(洪水について)     |                                              |
|-------|--------------|---------------------|-------------------|--------------------|----------------------------------------------|
|       |              |                     |                   | 水位情報がある河川(大河川)     | 水位情報がない河川(中小河川)                              |
| 5     | 災害発生または切迫    | 緊急安全確保(市町村長が発令)     | 数十年に一度の大雨(特別警報相当) | 氾濫発生情報(水位情報をもとに発令) | 大雨特別警報(浸水害)<br>洪水キキクル(洪水警報の危険度分布)            |
| 4     | 災害のおそれ高い     | 避難指示(市町村長が発令)       | (特別警報相当)          | 氾濫危険情報(水位情報をもとに発令) | 洪水キキクル(洪水警報の危険度分布)                           |
| 3     | 災害のおそれあり     | 高齢者等避難(市町村長が発令)     | 大雨の概ね3～6時間前(警報相当) | 氾濫警戒情報(水位情報をもとに発令) | 洪水警報(洪水キキクル(洪水警報の危険度分布)をもとに発令)<br>・水位の予測情報なし |
| 2     | 気象状況悪化       | 大雨、洪水、高潮注意報(気象庁が発表) | 大雨の数時間～半日前(注意報相当) | 氾濫注意情報(水位情報をもとに発令) | 洪水注意報(洪水キキクル)<br>・水位の予測情報なし                  |
| 1     | 今後気象状況悪化のおそれ | 早期注意情報(気象庁が発表)      | 大雨の約1日～数日前        |                    |                                              |

テーマ6



2019年10月台風19号のアンサンブル予測 (ECMWF, 図は日本気象協会作成)

72時間先の三大湾のアンサンブル高潮・高波予測



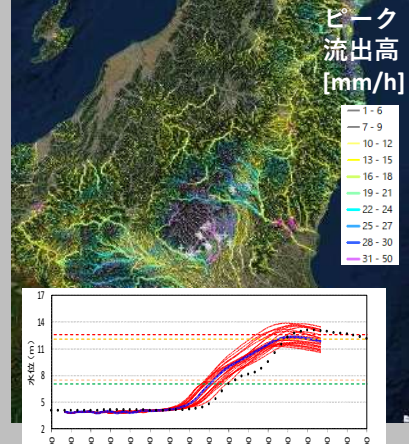
高潮・高波予測：三大湾の39時間先ポイント高潮・高波アンサンブル予測と浸水予測を実現  
洪水予測：全国の中小河川の水位・流量を対象として6時間先予測および24時間先アンサンブル予測を150m空間分解能で実現

○予測情報の活用⇒  
・テーマ7：市町村の避難指示発令支援  
・テーマ6：ダム群の最適操作および水門の高度管理に予測情報を活用

高潮・高波予測、洪水予測：台風予測情報を用いて72時間先の高潮・高波、洪水のアンサンブル予測を実現

○予測情報の活用⇒  
・ダムの事前放流および水門の高度管理に予測情報を活用

全国の河川の6時間先150m空間分解能の水位・流量予測システム



72時間先のアンサンブル水位流量予測

# 高潮・高波ハザード予測システムの開発

評価項目  
A②④B①③

4

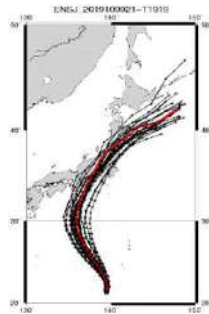
**現状** 長時間予測に伴う不確実性を考慮した、アンサンブル気象予測による高潮・高波・浸水予測情報が無い

リアルタイム高潮・高波浸水予測システム

①アンサンブル高潮・高波予測技術の開発

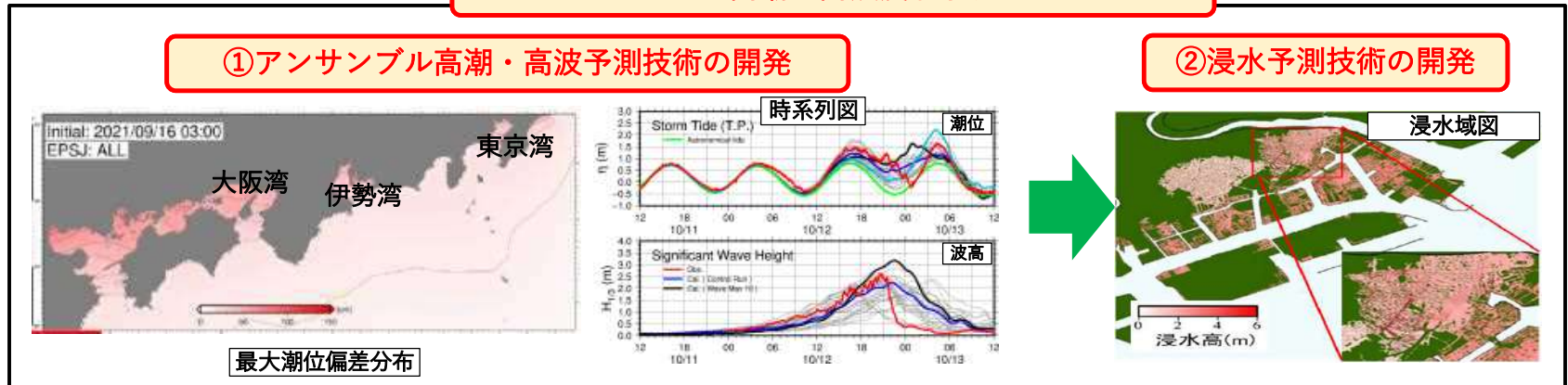
②浸水予測技術の開発

長時間アンサンブル  
気象予測情報と観測情報



台風経路

台風  
発生



5 日前 27メンバー

3 日前

39時間前 21メンバー 24時間前

週間アンサンブル (132時間先まで予測)

メソアンサンブル (39時間先まで予測)

上陸

**SIP** プロトタイプシステム開発を達成し、実装に向けて三大湾を同時に解析対象とする予測システムを開発中！

技術目標 1：アンサンブル予測技術の拡張（見逃しゼロを実現する予測技術）

コア技術：最悪の高潮・高波予測情報を含むアンサンブル高潮・高波予測技術（領域を拡大しアンサンブル数を27個から51個へ）

技術目標 2：長時間予測（避難や施設操作のリードタイムを確保）

コア技術：72時間先予測を実現するアンサンブル高潮・高波予測技術（72時間先予測、6時間毎逐次更新の情報提供）

技術目標 3：高分解能浸水予測（我が事に感じるリスク情報の提供、全体俯瞰の面的情報）

コア技術：身近な場所の高解像度リアルタイム浸水予測技術（海域270m⇒陸域3.3m）

○波及効果

交通機関の計画運休や商業施設の  
計画的営業停止等への意思決定活用

三大湾におけるリアルタイム高潮・高波浸水予測システムを展開し、人的損失ゼロ、浸水被害軽減を実現する



# 高潮・高波ハザード予測システムの開発: 4年次の技術目標

評価項目  
A③⑤⑦B⑧

5

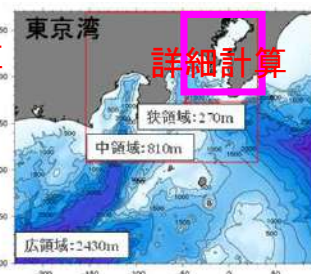
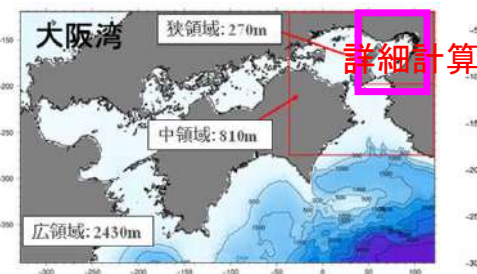
## 令和3年台風5号,8号,9号,10号,14号,16号に対し、リアルタイム高潮予測試行を実施

### 技術目標1-1 高潮・高波予測の解析領域の拡大

Before

令和2年度システム

三大湾を対象とした試運用(伊勢湾の追加)

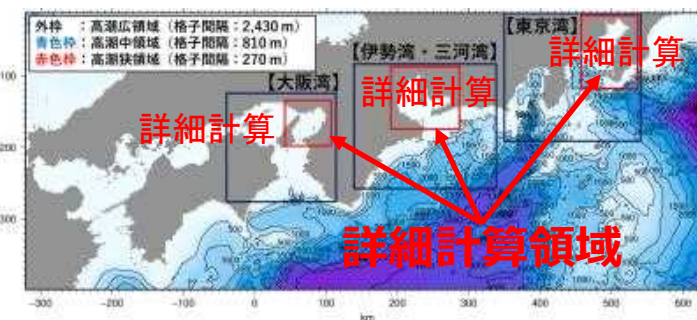


- 令和3年度開発は三大湾を網羅する新たな計算領域を設定し、三大湾全ての**詳細計算**を再構築する。これによって、実装後の実運用が容易となる。
- ポストSIPを視野に、運用しやすい、三大湾を網羅する計算領域に拡大した。

After

令和3年度システム

- 全海域を再構築
- 一体解析運用

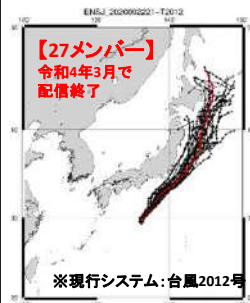


### 技術目標1-2 週間アンサンブルメンバー数の増加 (27→51)

現行システム

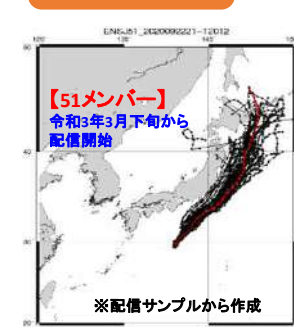
Before

メンバー数増加対応(27→51)



- メンバー数増加によって**台風コースのばらつきを、より精度高く、予測することが可能となる**。最大潮位・最大波高の、「見逃しゼロ」の確度が増加する。
- 台風2014号のように**台風進路予報の予報円が大きく、予報円の片側に外れていった場合でも、メンバー数の増加によって、可能性を検知することができ、「見逃しゼロ」を達成することができる**。

After



※提供する情報については、社会実装先と協議しながら、現場が必要とする情報を模索する。

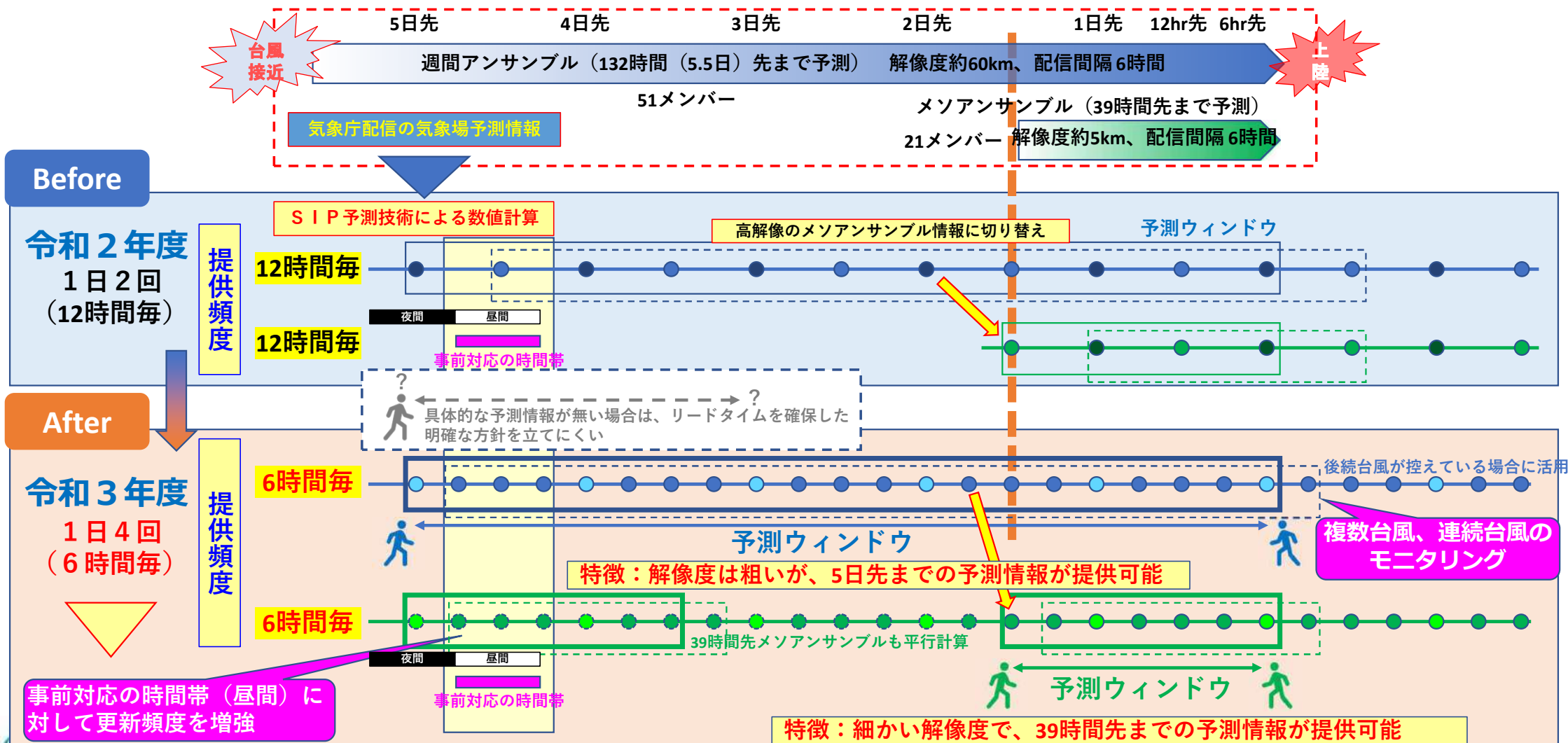
## 技術目標 2 72時間先予測・6時間毎逐次更新の情報提供

サブテーマ1：高潮・高波ハザード予測システム開発

評価項目  
A③⑤

6

12時間毎更新⇒6時間毎更新 効果：事前対応の時間帯（昼間）に対して更新頻度を増強



# 技術目標3 高分解能（3.3m）の浸水予測によるピンポイント情報の提供・高速化

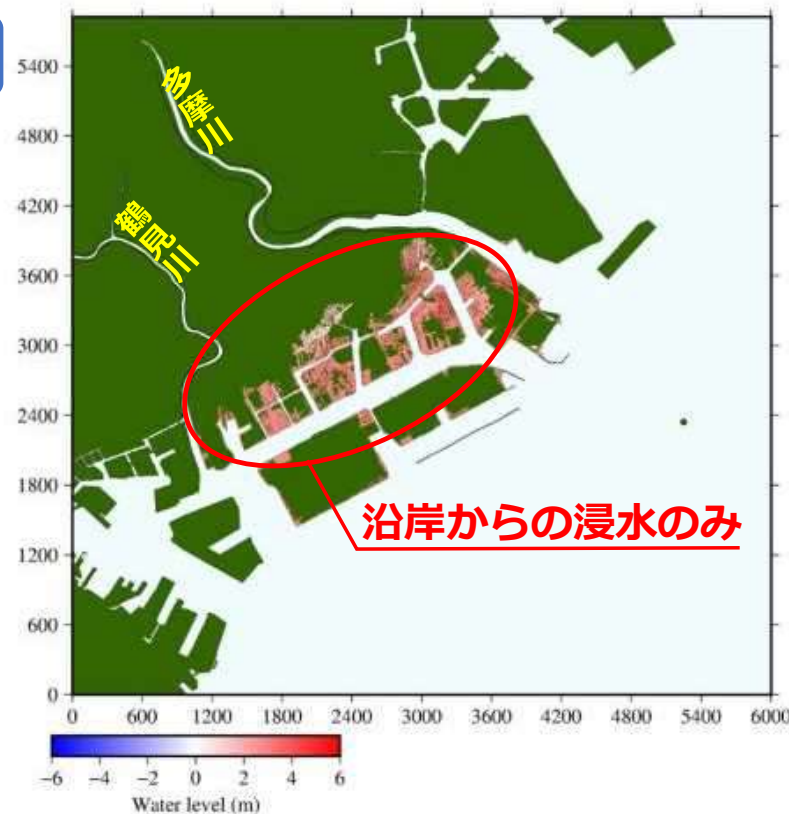
評価項目  
A③

7

## 高潮河川遡上モデルの実装

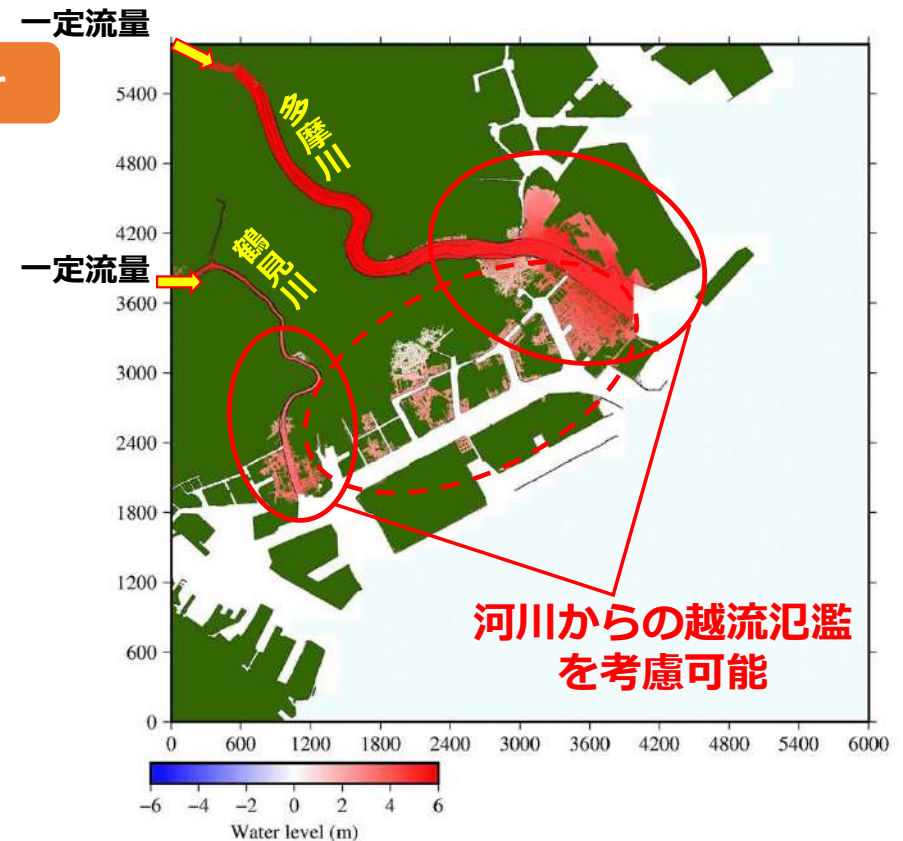
代表的な河川に一定流量を与えることで河道内の高潮河川遡上現象をモデル化し、高潮と河川流（洪水時）の複合生起現象を考慮可能

Before



高潮河川遡上無し

After



高潮河川遡上有り



# 技術目標の達成度と終了時の達成見込み

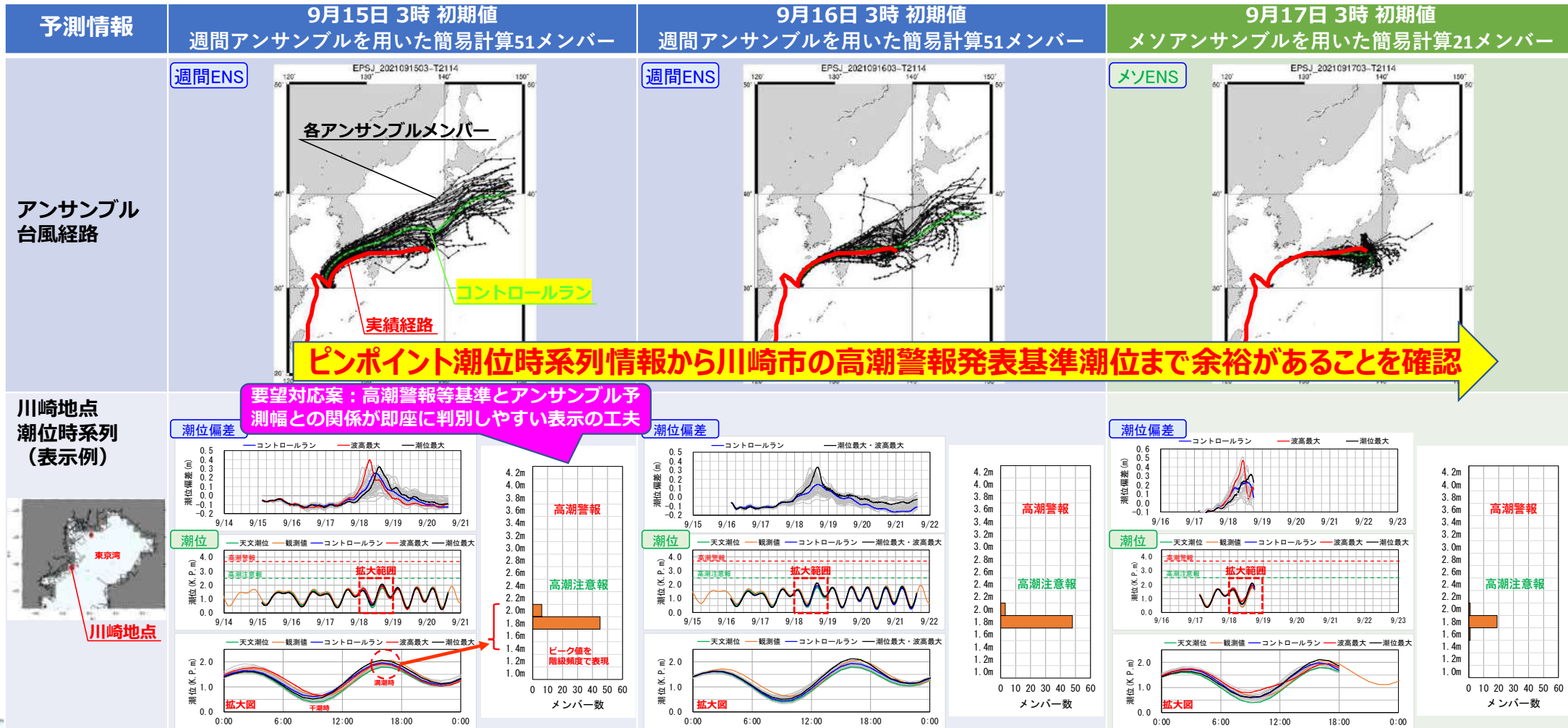
## ■技術目標の進捗状況と4年次見込み、5年次見込み

| 設定目標                | 技術目標                            | 現時点の達成度                                                                                                                                                                       | 4年次見込み                                                                                                                                                                              | 終了時見込み                                                                                                                                                                             |
|---------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ①見逃しゼロ              | アンサンブル予報の活用(ENS)                | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 週間ENS：51メンバー※</li> <li>● メソENS：21メンバー</li> </ul>                                                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 週間ENS：51メンバー※</li> <li>● メソENS：21メンバー</li> </ul>                                                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 週間ENS：51メンバー</li> <li>● メソENS：21メンバー</li> <li>● ユーザーニーズに応じた出力仕様</li> </ul>                                                                |
|                     | 時空間内挿技術                         | ● 実装済み                                                                                                                                                                        | (引き続き改良)                                                                                                                                                                            | ● 継続的な予測の精度向上                                                                                                                                                                      |
|                     | データ同化技術                         | ● プロトタイプ実装済み                                                                                                                                                                  | ● 継続的な予測精度の向上                                                                                                                                                                       | ● 継続的な予測精度の向上                                                                                                                                                                      |
| ②リードタイムの確保          | 予測時間<br>目標72時間先予測               | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 週間ENS：132時間先</li> <li>● メソENS：39時間先</li> </ul>                                                                                       | ● 同左                                                                                                                                                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 技術目標達成</li> <li>● ユーザーニーズに応じた出力仕様</li> </ul>                                                                                              |
|                     | 予測頻度<br>目標6時間毎                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 海域：1日4回予測</li> <li>● 陸域：動作検証</li> </ul>                                                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 海域：6時間毎</li> <li>● 陸域：6時間毎</li> </ul>                                                                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 技術目標達成</li> <li>● ユーザーニーズに応じた出力仕様</li> </ul>                                                                                              |
| ③我が事に感じるリスク情報提供     | 高分解能(3.3m)の浸水予測                 | ● 高潮河川遡上モデルの実装                                                                                                                                                                | ● 継続的なシステム検証                                                                                                                                                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 河川遡上を考慮した浸水予測</li> <li>● ユーザーニーズに応じた出力仕様</li> </ul>                                                                                       |
|                     | 高速化                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 半自動処理</li> <li>● 海域：所要7時間</li> <li>● 陸域：10m格子(スパコン:768並列)<br/>実12時間⇒計算約10分</li> <li>● 3.3m格子(スパコン:768並列)<br/>実12時間⇒計算約30分</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 引き続き自動処理化</li> <li>● 海域：所要3時間※</li> <li>● 陸域：10m格子(WS:128並列)<br/>実12時間⇒計算約2時間目標</li> <li>● 3.3m格子(WS:128並列)<br/>実12時間⇒計算約24時間目標</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 完全自動化(統合)</li> <li>● 海域：所要3時間</li> <li>● 陸域：10m格子(WS:128並列)<br/>実12時間⇒計算約1時間目標</li> <li>● 3.3m格子(WS:128並列)<br/>実12時間⇒計算約12時間目標</li> </ul> |
| 実台風に対する事前予測実績       | 大阪湾<br>伊勢湾<br>三河湾(4年次追加)<br>東京湾 | <ul style="list-style-type: none"> <li>● R2年台風10号,12号,14号</li> <li>● R3年台風5号,8号,9号,10号,14号,16号</li> <li>● 提供先：国交省・川崎市・江戸川区・愛知県・大阪府・兵庫県</li> </ul>                             | ● システムの安定化、性能向上を目指し、実台風のリアルタイム予測検証を継続的に実施予定                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                    |
| データ連携状況             | テーマⅠ(SIP4D)<br>テーマⅦ(IDR4M)      | <ul style="list-style-type: none"> <li>● SIP4Dアカウント取得済み</li> <li>● 加古川地点の予測情報提供済み</li> </ul>                                                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>● SIP4D⇒IDR4M等具体的な活用方法の検討</li> <li>● データフォーマット等協議予定</li> </ul>                                                                               | ● 継続的なテーマ間連携                                                                                                                                                                       |
| 外部システムレビューR3.8.17開催 | システム構成・機能・入出力の検証等               | ● システム試行提供サイト構築済み                                                                                                                                                             | ● データ利用者のニーズに応じた入出力仕様を引き続き検討                                                                                                                                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>● データ利用者のニーズに応じた入出力仕様</li> <li>● SIP後システム構成、検証方法</li> </ul>                                                                                 |

※ R3.3以降、週間アンサンブル/広領域の気象庁アンサンブルメンバー数を27→51に増強

【令和3年台風14号の予測情報】

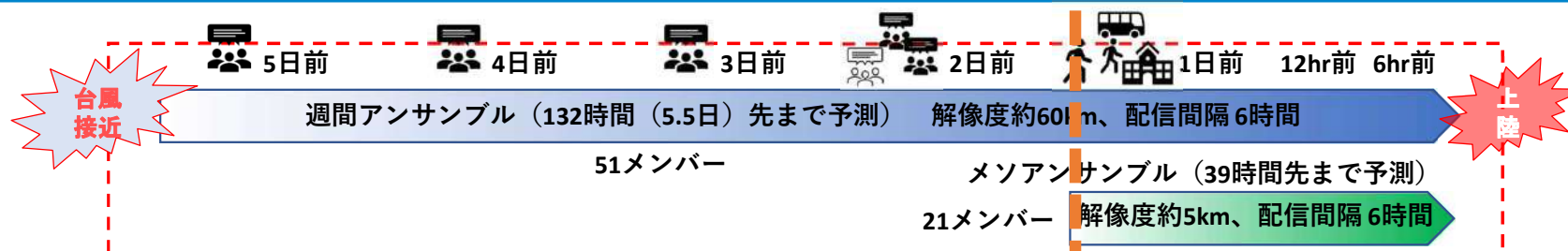
川崎市からのプロダクト仕様の要望⇒活用リテラシーの向上



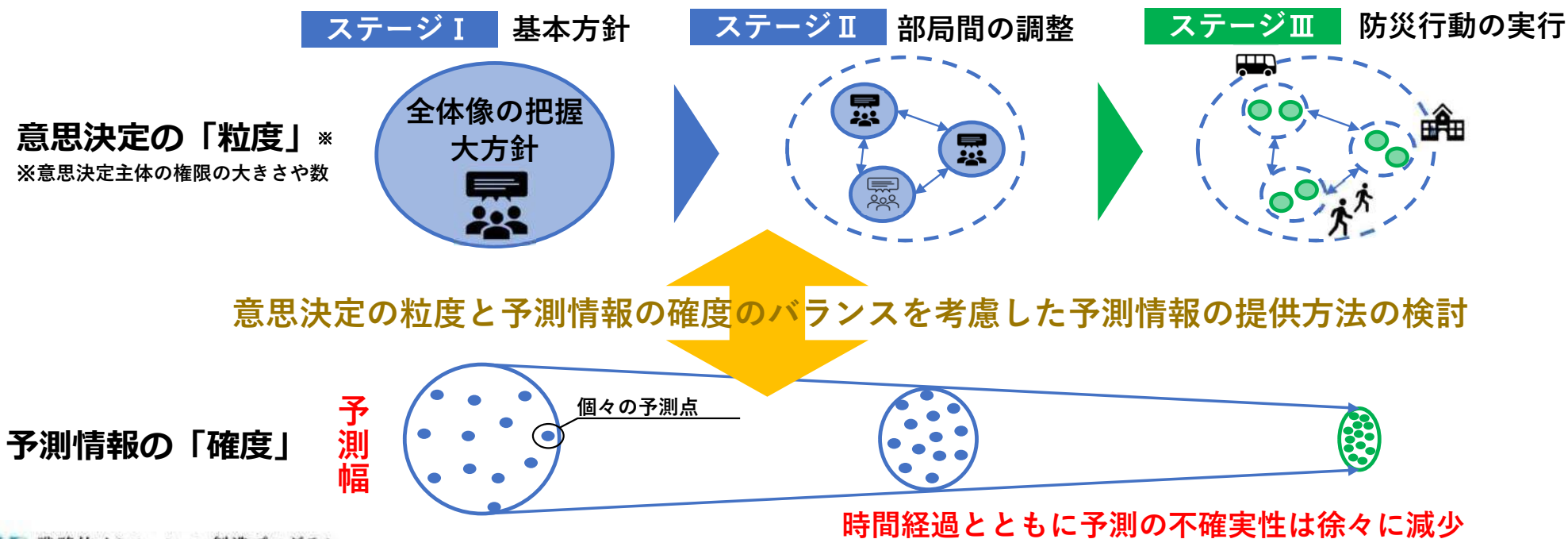
# 社会実装の展開 予測情報の確度に応じたユーザー目線の情報提供

サブテーマ1：高潮・高波ハザード予測システム開発

評価項目  
A③④⑤B②③④⑤⑧ 10



川崎市図上訓練を通じ、ステージⅠ：予測情報の不確実性が高い3日から2日前までは全体像の把握、ステージⅡ：方向性の共有や部局間の調整、ステージⅢ：予測情報の確度が高まる1～2日前からは具体的な防災行動に向けた情報活用等、予測情報を提供する際に**防災対応に係わる意思決定の「粒度」**のメリハリを意識することが重要であることがわかった。



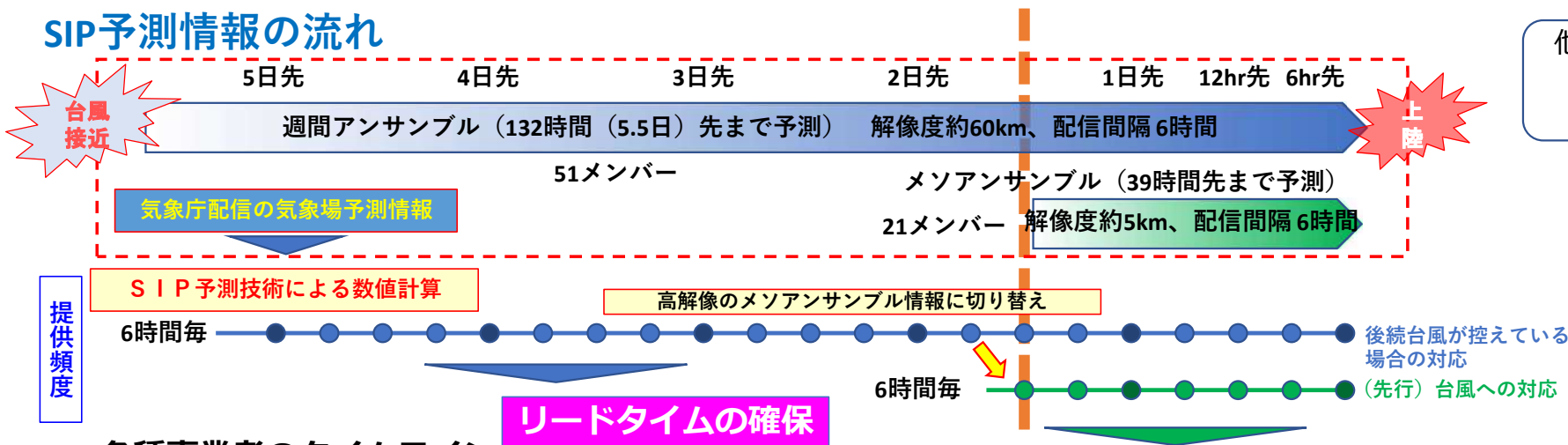


# 社会実装の展開 タイムライン（防災行動計画）におけるSIP予測情報の活用

サブテーマ1：高潮・高波ハザード予測システム開発

評価項目  
A③④⑤B②③④⑤⑧ **11**

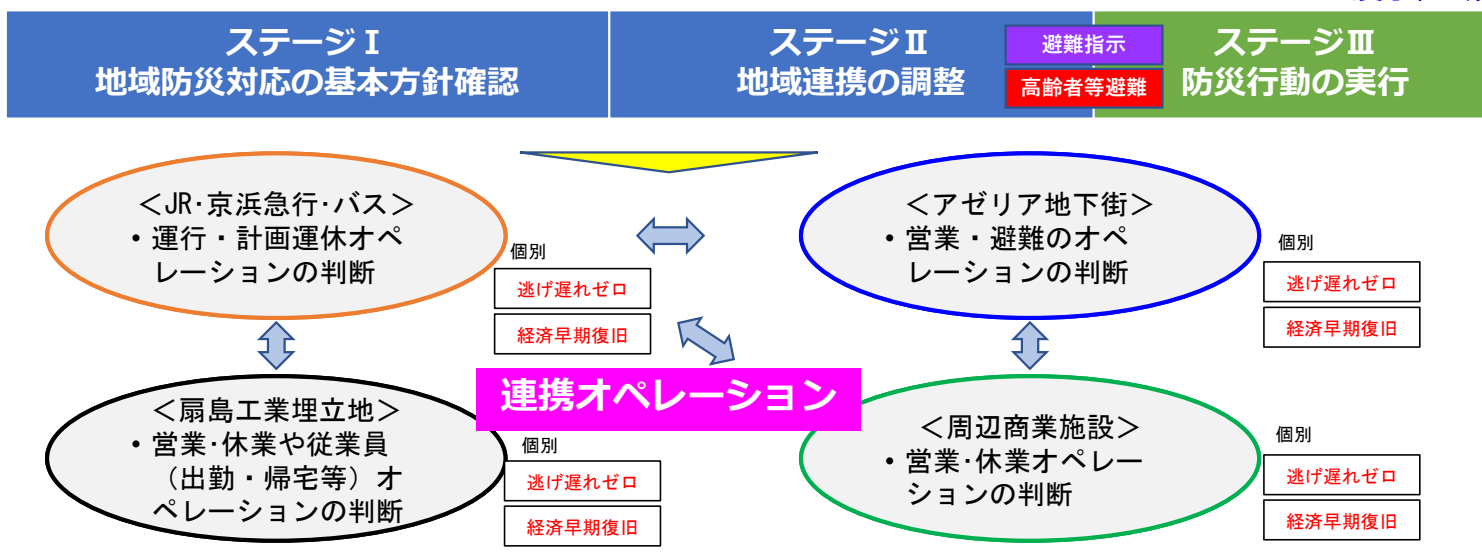
## SIP予測情報の流れ



他の自治体での活用検討  
・愛知県・大阪府  
・大阪市・兵庫県

## ■各種事業者のタイムライン

地域連携の水害対応BCPへの展開 (いつ・どこで・何が ⇒誰が、いつ、何を)



非浸水区域

経済波及被害縮減

5年次・高潮予測情報の社会実装の道筋提案  
・各種事業者の予測情報活用タイムラインの素案  
・川崎市のタイムラインを踏まえた事業者へのヒアリング

## 【参考】高潮・高波ハザードシステムの構成イメージ

フェーズⅠ  
(技術確立段階)フェーズⅡ  
(フォロー  
アップ段階)フェーズⅢ  
(社会実装段階)

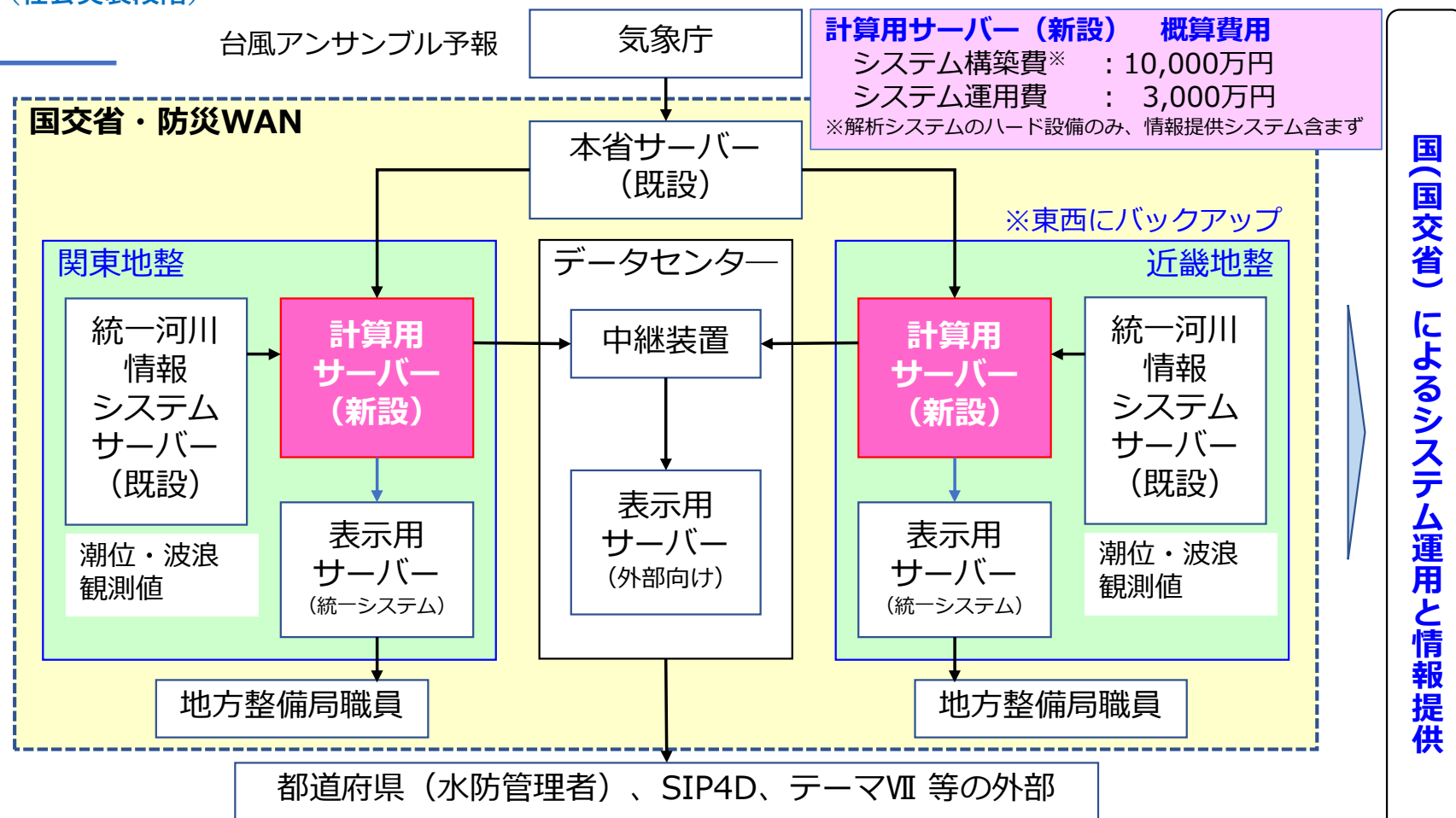
SIP期間内

## 出口戦略のスキーム

①予測情報の精度検証

②予測情報の活用リテラシー  
の向上策検討システム暫定運用による活用リテラシー向上策の実行  
試行活用実績のファクトの蓄積

リテラシーの熟度に応じた法制度改正とシステム構築



第1利用者として避難判断を行う市町村長(自治体)、第2利用者として水門操作等を行う施設管理者(自治体・港湾区域の民間事業者)、第3利用者として運休・営業停止判断を行う船舶や交通機関、商業施設を想定

## ■ 海岸（高潮・高波）と河川（洪水）の3つの視点の対比

| 視点            | 海岸（高潮・高波）                                                                                                  | 河川（洪水）                                                                              |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| ①予測精度の検証      | 検証イベント：観測箇所が限定されており、近年の主要な台風イベントは、平成30年台風21号（大阪湾）、令和元年台風19号（東京湾）と数年に1回程度のため、 <b>検証用イベントの蓄積※が洪水と比べて少ない。</b> | 検証イベント：海域と比べて、観測網も充実している中、毎年のように各地で豪雨災害が発生し、検証用イベントは年々蓄積されている。                      |
| ②予測情報の活用リテラシー | <b>これまでユーザーが活用する情報は、予報円や警報等が主であったが、今後はアンサンブル予測による確率情報となるため、実台風による事前防災への活用実績を蓄積し、活用リテラシーを醸成させていく必要がある。</b>  | 洪水予報、水害リスクラインやキキクル等、既に自治体ユーザー、エンドユーザー（事業所/住民）への情報は提供されており、ユーザーの活用リテラシーは一定程度醸成されている。 |
| ③法改正等制度設計     | ②及び右記の動向も踏まえ、 <b>オープン・クローズ情報の課題を整理した上で具体的な議論を進める必要がある。</b>                                                 | 「洪水及び土砂災害の予報のあり方に関する検討会R3.1～第4回」において具体的な議論が進められている。                                 |

※ 詳細計算の予測精度検証が可能となる高分解能メソアンサンブル予報配信は2019年6月以降

## ■ 社会実装計画

### ①予測精度の検証

— 洪水  
— 高潮

社会実装段階の全視点において高潮は洪水の後追い

差を縮める必要あり

### ③法改正等制度設計

### ②予測情報の活用リテラシー

### 社会実装段階（到達点）の概念イメージ

### フェーズⅠ （技術確立段階）

### SIP期間内

R5年台風  
川崎市  
ほか

①予測情報の精度検証

②予測情報の活用リテラシーの向上策の検討

活用実績

③法制度改正等の必要性の検討

### フェーズⅡ （フォローアップ段階）

### フェーズⅢ （社会実装段階）

### SIP後

技術確立後、システム暫定運用による活用リテラシー向上策の実行

リテラシーの熟度に応じた法制度改正とシステム構築

GOAL

国によるシステム運用と情報提供

予測技術確立後、ユーザーに混乱を引き起こさないように社会実装を進める必要がある。



## 国際競争力の評価

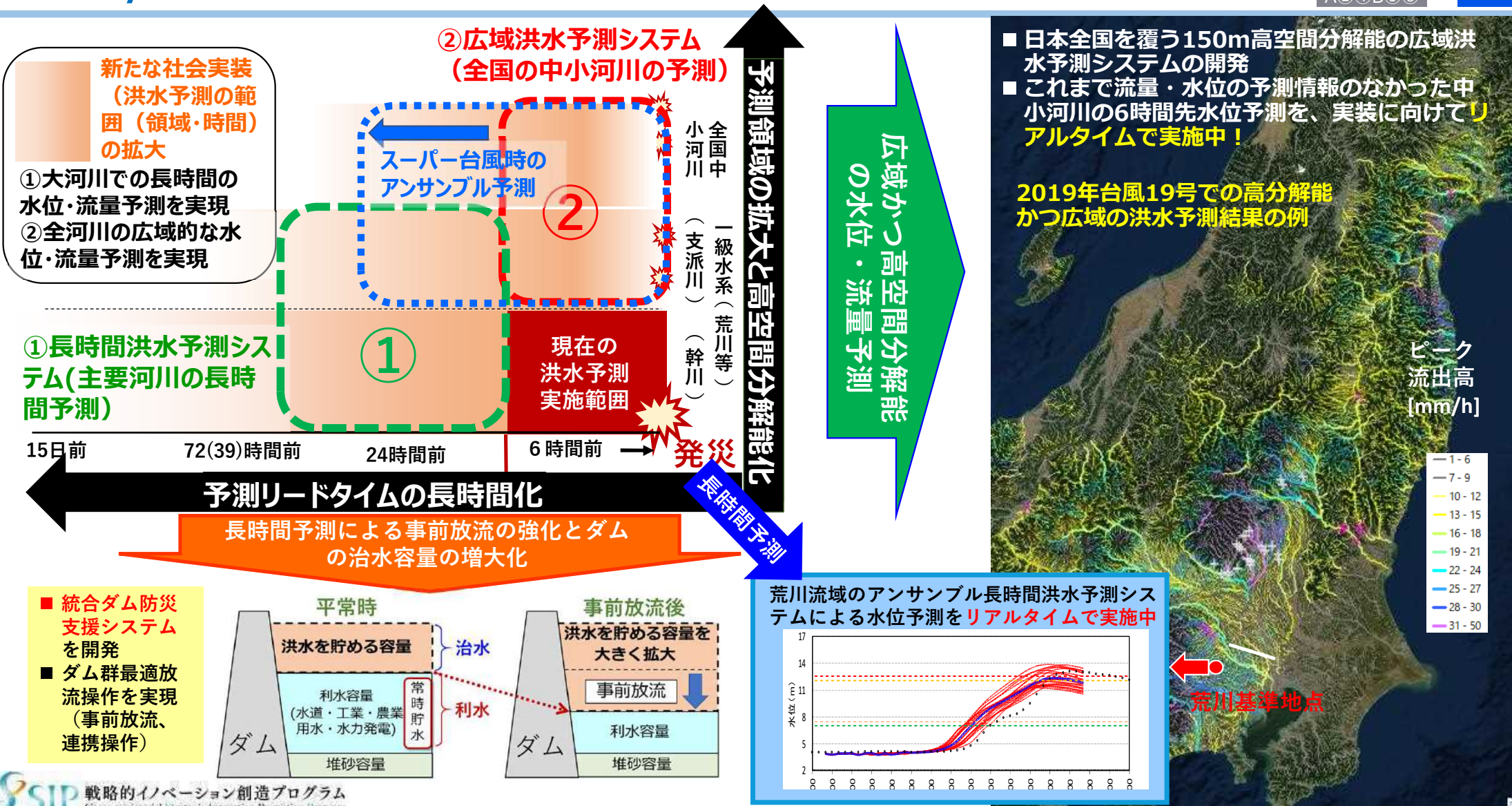
評価項目  
A①⑥B③

14

- 予測情報を**波浪・潮位・越波打ち上げ高・陸域氾濫**に分類した。
- 我が事に感じるリスク情報の**最小解像度**、見逃しゼロの**アンサンブルメンバー数**、リードタイムの確保の**最長予測対象時間**を定量指標として設定した。
- 市町村単位に提供する予測情報として**最も重要な要素である最小解像度**、台風発生後の防災体制の判断時期やアンサンブル予測幅も勘案した**72時間先以上の予測時間**に主眼を置き、分類別に順位付けした結果、**全ての項目で上位となり、開発技術の国際的な優位性を確認した。**

| 分類     | No | 国名      | 所管                                   | 予測情報 |    |           |          | 我が事に感じるリスク情報 |            |                 | 見逃しゼロ  | リードタイムの確保 |       |          |
|--------|----|---------|--------------------------------------|------|----|-----------|----------|--------------|------------|-----------------|--------|-----------|-------|----------|
|        |    |         |                                      | 波浪   | 潮位 | 越波<br>打上高 | 陸域<br>氾濫 | 最小解像度        |            | アンサンブル<br>メンバー数 |        | 最長予測対象時間  |       | 予測<br>頻度 |
|        |    |         |                                      |      |    |           |          |              |            |                 |        |           |       |          |
| 波<br>浪 | 1  | 日本      | SIP                                  | ●    |    |           |          |              | 3240m⇒270m | 27              | 132時間先 | 5.5日先     | 6時間毎  |          |
|        | 2  | 米国      | NOAA（アメリカ海洋大気庁）                      | ●    |    |           |          |              | 500m       | 20              | 180時間先 | 7.5日先     | 6時間毎  |          |
|        | 3  | ドイツ     | DWD(German Weather Service)          | ●    |    |           |          | 30"×50"      | 約900m      | 1               | 78時間先  | 3.3日先     | 12時間毎 |          |
|        | 4  | スウェーデン  | SMHI（スウェーデン気象水門研究所）                  | ●    |    |           |          |              | 約1.8km     | 1               | 60時間先  | 2.5日先     | 24時間毎 |          |
|        | 5  | デンマーク   | DMI（デンマーク気象研究所）                      | ●    |    |           |          |              | 2km        | 19              | 51時間先  | 2.1日先     | 6時間毎  |          |
|        | 6  | 英国      | Met Office（イギリス気象庁）                  | ●    |    |           |          |              | 6km        | 24              | 168時間先 | 7.0日先     | 6時間毎  |          |
|        | 7  | 欧州22か国  | ECMWF（ヨーロッパ中期予報センター）                 | ●    |    |           |          | 0.1°×0.1°    | 約11km      | 1               | 240時間先 | 10.0日先    | 12時間毎 |          |
|        | 8  | オーストラリア | Bureau of Meteorology                | ●    |    |           |          | 0.1°×0.1°    | 約11km      | 1               | 168時間先 | 7.0日先     | 12時間毎 |          |
|        | 9  | 欧州22か国  | ECMWF（ヨーロッパ中期予報センター）                 | ●    |    |           |          | 0.25°×0.25°  | 約28km      | 51              | 360時間先 | 15.0日先    | 12時間毎 |          |
|        | 10 | 日本      | 気象庁                                  | ●    |    |           |          | 0.5°×0.5°    | 約55km      | 27              | 264時間先 | 11.0日先    | 12時間毎 |          |
|        | 11 | ノルウェー   | The Norwegian Coastal Administration | ●    |    |           |          | －            | 特定地点       | 1               | 60時間先  | 2.5日先     | 4時間毎  |          |
|        | 12 | カナダ     | Government of Canada                 | ●    |    |           |          | －            | －          | 1               | 48時間先  | 2.0日先     | 12時間毎 |          |
| 潮<br>位 | 1  | 米国      | OCEAN PREDICTION CENTER              |      | ●  |           |          |              | 200m       | 1               | 180時間先 | 7.5日先     | 6時間毎  |          |
|        | 2  | 日本      | SIP                                  |      | ●  |           |          |              | 2430m⇒270m | 27              | 132時間先 | 5.5日先     | 6時間毎  |          |
|        | 3  | デンマーク   | DMI（デンマーク気象研究所）                      |      | ●  |           |          | 12"×20"      | 約370m      | 19              | 51時間先  | 2.1日先     | 6時間毎  |          |
|        | 4  | 日本      | 気象庁                                  |      | ●  |           |          |              | 1km        | 6               | 39時間先  | 1.6日先     | 3時間毎  |          |
|        | 5  | オランダ    | KNMI（オランダ王立気象研究所）                    |      | ●  |           |          |              | 1.6km      | 1               | 48時間先  | 2.0日先     | 6時間毎  |          |
|        | 6  | スウェーデン  | SMHI（スウェーデン気象水門研究所）                  |      | ●  |           |          |              | 約1.8km     | 1               | 60時間先  | 2.5日先     | 24時間毎 |          |
|        | 7  | ノルウェー   | Norwegian Meteorological Institute   |      | ●  |           |          |              | 4km        | 51              | 120時間先 | 5.0日先     | 12時間毎 |          |
|        | 8  | ドイツ     | BSH（ドイツ連邦海運水路局）                      |      | ●  |           |          |              | 5km        | 1               | 168時間先 | 7.0日先     | 6時間毎  |          |
|        | 9  | オランダ    | KNMI（オランダ王立気象研究所）                    |      | ●  |           |          |              | 8km        | 51              | 240時間先 | 10.0日先    | 6時間毎  |          |
|        | 10 | 英国      | Met Office（イギリス気象庁）                  |      | ●  |           |          |              | 12km       | 24              | 168時間先 | 7.0日先     | 6時間毎  |          |
| 越<br>波 | 1  | 日本      | SIP                                  |      |    | ●         |          |              | 10m        | 3               | 132時間先 | 5.5日先     | 6時間毎  |          |
|        | 2  | 米国      | U.S. Geological Survey               |      |    | ●         |          |              | 沿岸代表地点群    | 1               | 144時間先 | 6.0日先     | 24時間毎 |          |
| 浸<br>水 | 1  | 日本      | SIP                                  |      |    |           | ●        |              | 3.3m       | 1               | 132時間先 | 5.5日先     | 6時間毎  |          |
|        | 2  | 米国      | NOAA（アメリカ海洋大気庁）                      |      |    |           | ●        |              | 500m～700m  | 確率台風            | 80時間先  | 3.3日先     | 6時間毎  |          |

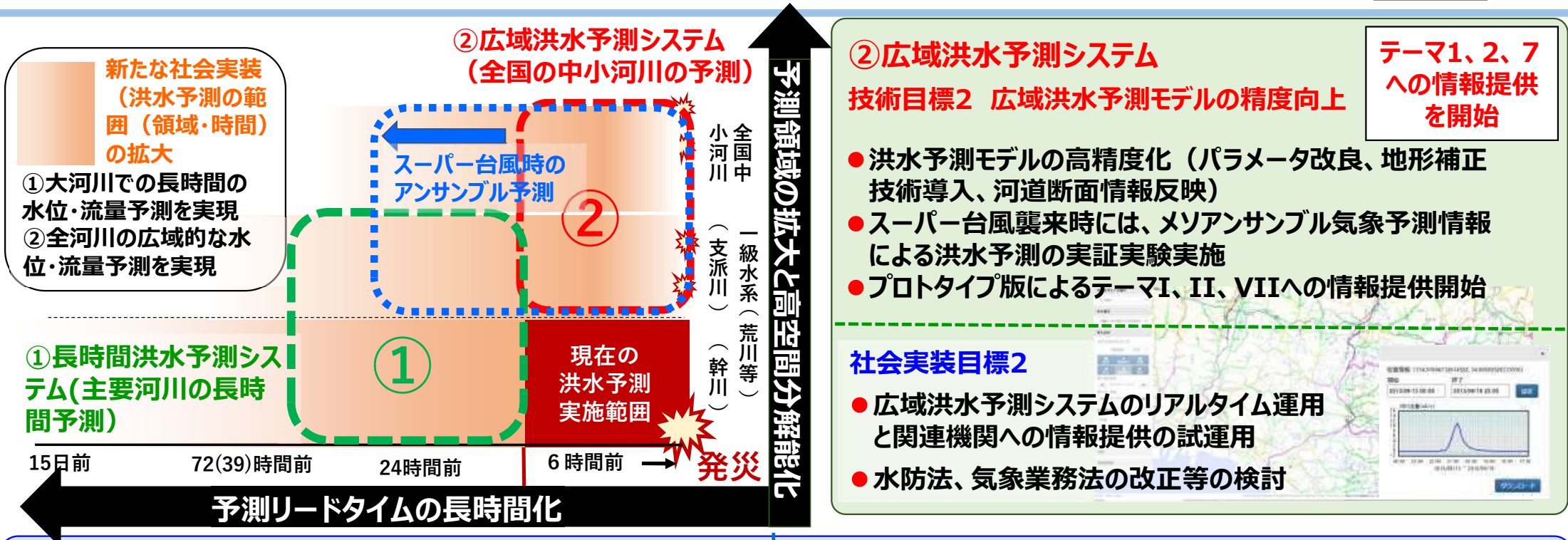
# 長時間/広域洪水予測システム・統合ダム防災支援システムの開発



# 長時間/広域洪水予測システム開発：4年次の技術目標と社会実装目標

評価項目  
A4B3⑦

16



**①水系一貫の長時間洪水予測システム**

技術目標1 長時間洪水予測モデルの継続的改良

- 洪水予測モデルの高精度化（幹川と支川の合流部の結合方法の改善）
- 自治体の実働計画を踏まえた予測の長時間化（39→72時間）
- オンライン表示システム開発（アンサンブル予測結果のリアルタイムweb表示化）

**社会実装目標1**

- 長時間洪水予測システムのリアルタイム運用と関連機関への情報提供の試運用
- アンサンブル予測情報の活用方法の明確化

72時間先まで予測

現在は39時間先まで

現在の時点 予測水位

幅をもって予測



# 技術目標 1-1 長時間洪水予測システム：水系一貫の洪水予測技術の開発

## 水系一貫の長時間洪水予測技術の開発

### コア技術：

支川の情報を取り込むとともに、合流部での精度を向上

(R1年度)

支川流量： $Q$

本川（不定流モデル）

本川からのバックウォーター現象は再現せず



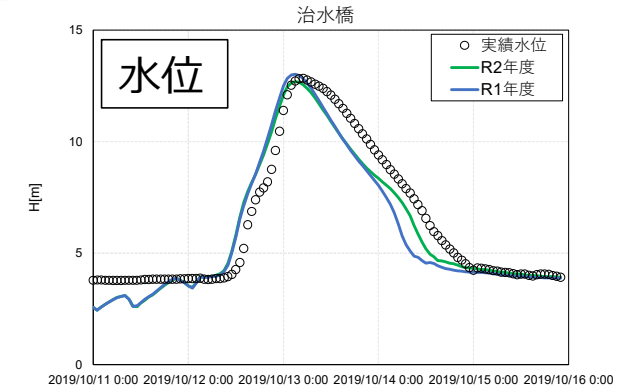
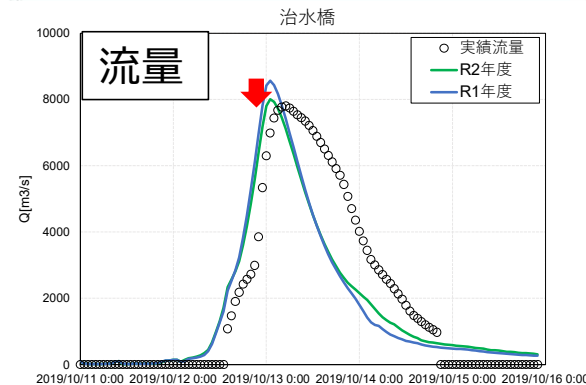
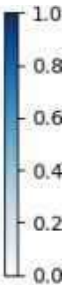
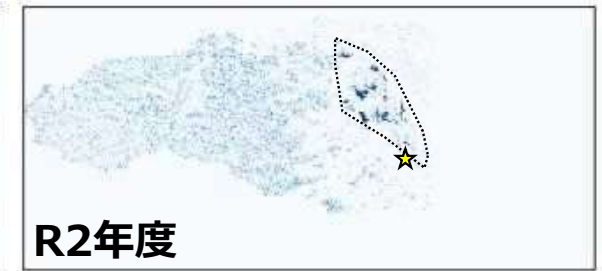
(R2年度)

本川水位： $H$

支川流量： $Q$

本川（不定流モデル）

本川からのバックウォーター現象を再現



**Before**：支川合流部でのバックウォーター現象が考慮されていない

**After**：支川合流部における計算処理の改良により、バックウォーターによる氾濫現象の予測を実現

**課題点**：モデル間の断面データの違いによる過剰な逆流の発生

**4年次末目標**：合流部の境界条件処理の改良による精度向上

# 技術目標 1-2 長時間先洪水予測システム：アンサンブル洪水予測技術の開発

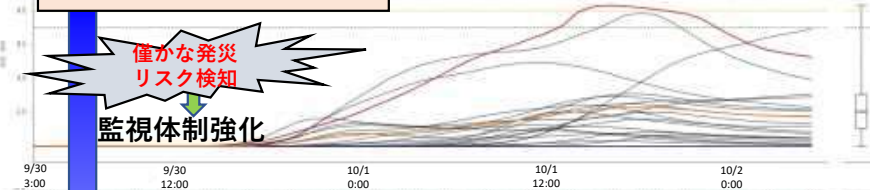
## 水系一貫の長時間洪水予測技術の開発

コア技術：避難行動の実態に沿った長時間先のアンサンブル洪水予測技術の開発

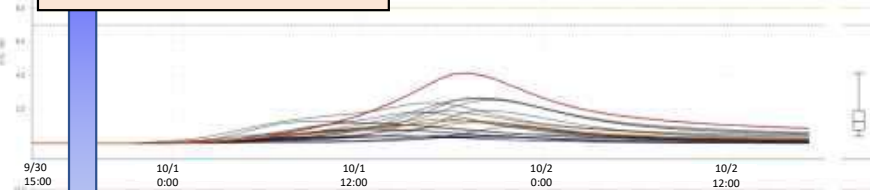
R3年度上期：長時間アンサンブル洪水予測情報WEB提供システムを構築 → 10月より国土交通省へ提供開始

### 2021年台風16号

#### 台風接近36時間前



#### 台風接近24時間前

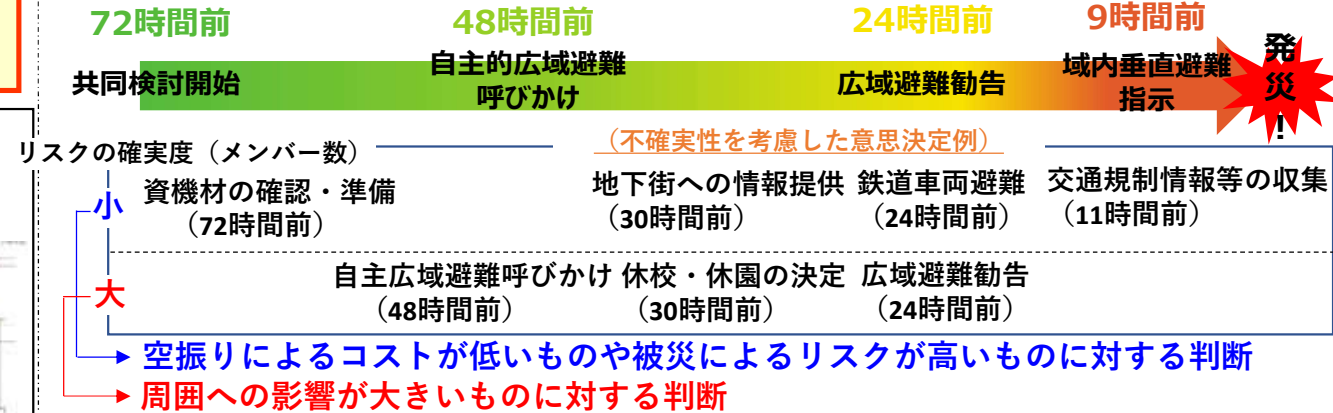


#### 台風接近12時間前



リードタイムや発災の可能性に応じて、柔軟対応できるような情報を発信！

## 江東5区タイムライン



入力降雨：  
降水短時間予報（6h,1メンバー）

既存の洪水予測

R2 入力降雨：  
メソアンサンブル（39h,21メンバー）

R3 入力降雨：  
メソアンサンブル（39h,21メンバー）

入力降雨：  
全球モデルガイダンス雨量等

SIPにおける開発

予測時間の更なる延伸！

Before：大規模災害の被害回避には長時間の予測情報が必要。（現状6時間）

After：長時間先のアンサンブル洪水予測によって、洪水規模・発災予測時刻・不確実性を組み合わせた情報で避難の意思決定支援

4年次末目標：雨量データの結合による予測時間延伸による避難行動の実動に沿った予測システムの開発

# 技術目標2 広域洪水予測システム：観測情報の存在しない全国中小河川の洪水予測

## ① 全国の河川の流量・水位を漏れなく俯瞰的に予測

### 4 年次：予測の精度向上

コア技術：全河川・任意地点で予測、分解能：150 m

パラメータ地域統合化、実河道断面情報の反映、氾濫原の地形補正

## ② プロトタイプシステムのリアルタイム運用

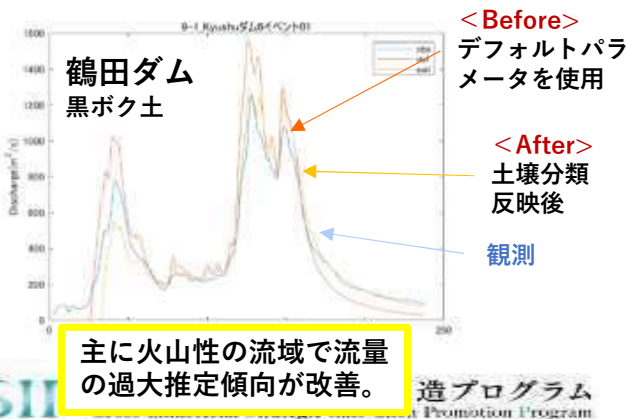
### 4 年次：他テーマへのデータ提供

150 m分解能で全国の河川を網羅、1時間更新、6時間先予測）→ 他テーマ（I, II, VII）への予測情報の試験配信開

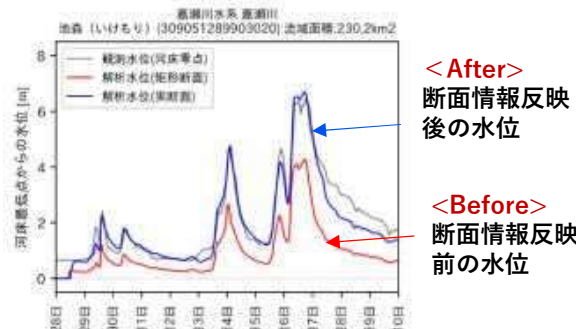
【中小河川の洪水予測】 全国の河川で6時間先までの水位予測を実現

精度向上のための3つの技術開発（昨年度からの発展内容）

### A) 土壌・地質マップを活用した分布型流出モデルのパラメータ地域統合化

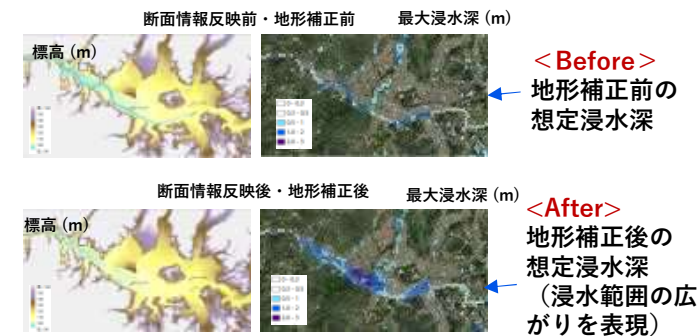


### B) 一級水系直轄区間の73%にあたる7735 kmに、計26,032の河道断面を導入



ピーク水位差の平均・標準偏差が $-2.04 \pm 1.70\text{m}$  から  $0.14 \pm 0.88\text{m}$  に改善。（西日本豪雨時・51地点の統計）

### C) 氾濫原周辺の地形補正技術の適用



地形補正技術を導入することで、2020年球磨川洪水の浸水深・浸水範囲の推定精度を向上。



# 全国RRIモデルによるリアルタイム現況計算と予測（水深比） 2021年8月14日（土曜日）午前1時から6時間先(7時まで)の予測 （アニメーション）





21



21



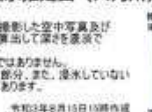
# 全国RRIモデルによるリアルタイム現況計算と予測 (浸水深) 2021年8月14日(土曜日) 午前7時



① 8/15 9:30頃 大町町 大町橋付近

令和3年8月の大雨による浸水推定図(六角川)

この地図は、国土地理院が8月15日10時頃に撮影した空中写真及び推定データを用いて、浸水範囲における水深を算出して浸水深度を表示しています。  
 ・時点情報のため、最大浸水範囲を示したものではありません。  
 ・実際に浸水のあった範囲でも範囲外で表示していない部分、また、浸水していない範囲でも浸水範囲として表示されている部分があります。



令和3年8月15日10時内観



再生日時

2021/08/14 07:00

(過去)

戻る

最新

進む

動画再生

動画停止

移動間隔:

1時間

予測再生

実況表示

表示情報選択

☐ 雨量

☒ 浸水深

☐ 河川水深

☐ 水深比

☐ 河川流量

☐ 流出高

凡例

浸水深(m)

0.15 0.30 0.50 1 2

水位観測: ▲

ダム: ▼

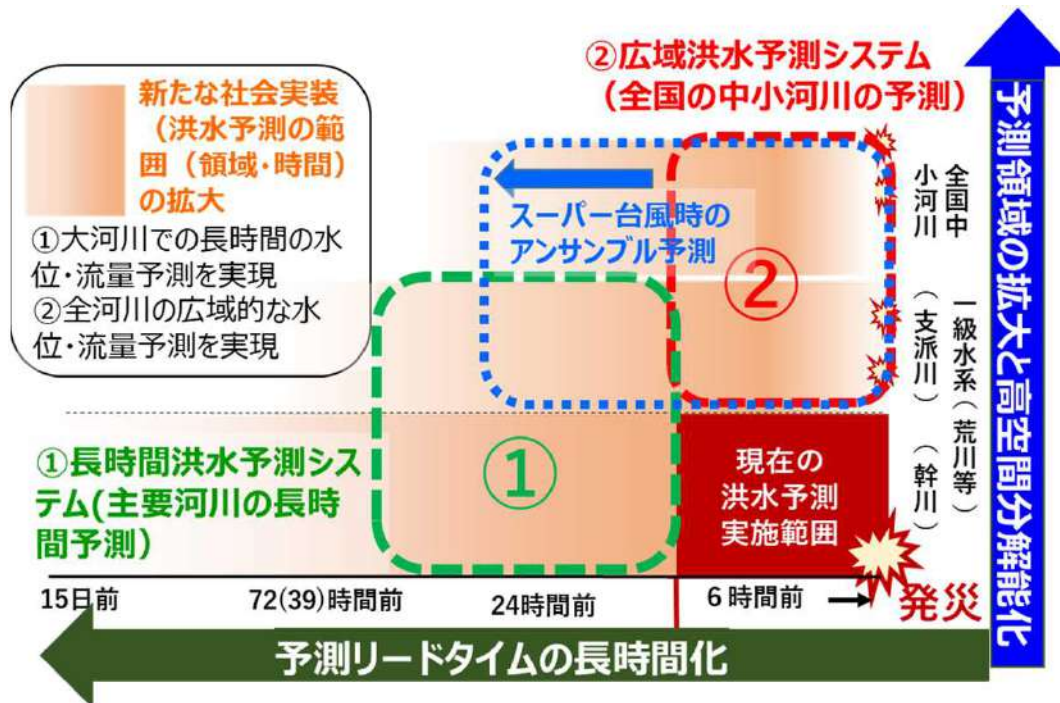
地図透明度



④ 8/14 7:40頃 六角川30k400付近 潮見橋上流付近(溢水状況)



## 長時間/広域洪水予測システム：技術目標の達成度と終了時の達成見込み



## ②広域洪水予測システム (高解像度水文地形データ+RRIモデルの活用) (スーパー台風時のアンサンブル予測)

### 5年次技術成果見込み

#### 実装版プロトタイプシステムの構築完了

- 全国中小河川の断面情報とモデルの不確実性分析を反映した水位予測手法の開発

全国の中小河川を網羅した  
高精度の水位・流量予測を実現

## ①水系一貫の長時間洪水予測システム (長時間アンサンブル予測降雨の活用)

### 5年次技術成果見込み

#### 実装版プロトタイプシステムの構築完了

- 荒川上流ダム群操作情報と連携した長時間先のアンサンブル洪水予測技術の開発

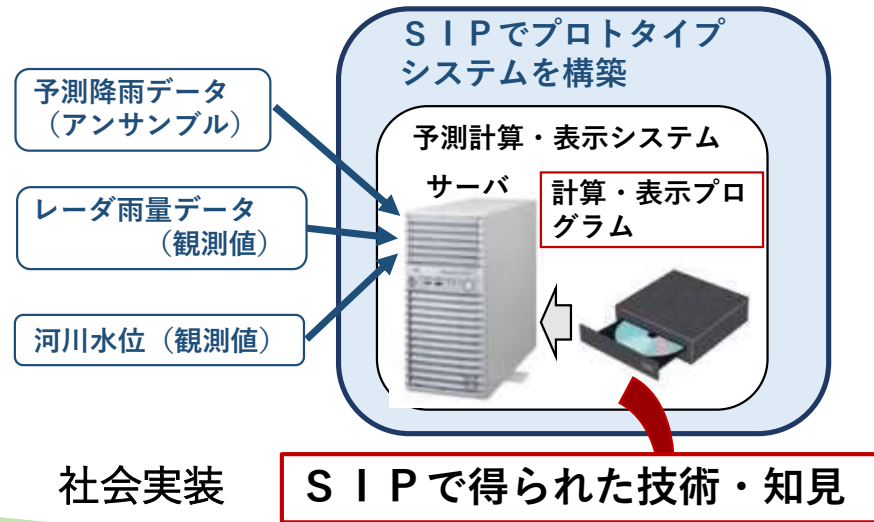
時間的な余裕が必要な大河川での洪水対応に資する、長時間アンサンブル予測での幅を持った予測値の提供

### <5年次技術目標達成見込み>

- 洪水リスク評価空白地帯の解消、リスク評価の高度化を可能とする技術の開発  
大河川での洪水に対応した長時間洪水予測と、中小河川の洪水に対応した広域の洪水予測を可能とする技術の開発・提供

# 長時間/広域洪水予測システム：予測システムの運用・更新体制の具体的提案

## 長時間/広域洪水予測システムの社会実装



## (ポストSIP)

## プロトタイプシステムを活用した全国の現場での洪水予測の実施支援

- 中小河川を含む水系・流域が一体となった水位予測情報の創出・活用に向け、RRIモデルの技術移転及び技術支援、水文地形、パラメータ等の情報提供  
(全国の1級水系での展開と2級水系での段階的な適用への技術支援)
- 大河川でのタイムラインに即した長時間アンサンブル予測の運用
- 全国の中小河川での6時間先の水位予測の実現

## (実装に向けての課題)

- 気象業務法及び水防法の位置づけ
- システム構築・運用及び高度化の予算・体制確保

## (社会実装に関連する国の動き)

- 令和3年1月より国土交通省気象庁、水管理・国土保全局が事務局となり、洪水予報の更なる高度化、利用者の多様なニーズへの対応に関する「洪水及び土砂災害の予報のあり方に関する検討会」を開催、報告書を10月5日に発表。その中で長時間先の予測、河川の流域を一体的に予測することによる精度向上、予測対象範囲（河川）の拡大、アンサンブル予測の活用等を提言）

社会実装

プログラムや運用ノウハウを国土交通省の洪水予測システムで活用

国土交通省からの提供情報の充実

洪水予測システム  
(国土交通省)



地方整備局・都道府県  
地方自治体  
一般住民 等

- 1)河川水位流量の広域かつ詳細予測
- 2)アンサンブル降水予測を用いた長時間水位流量アンサンブル予測

**SIP終了後**

- 予測情報を、**水位／流量・氾濫・その他**、に分類
- 我が国の急峻な地形を反映した**高解像度（150m）の全国水文地形データ**の適用
- **降雨流出の物理過程を適切に表現したRRIモデルによる予測、優位性は明確！**

| 評価軸               |             | 評価対象        |          |                    |           |             |              |                     |             |          |
|-------------------|-------------|-------------|----------|--------------------|-----------|-------------|--------------|---------------------|-------------|----------|
|                   |             | 流域          | 流域       | 全国                 | 全国        | 全球          | 全球           | 英国                  | 米国（一部）      | 豪州       |
| 所管                |             | SIP         | 国土交通省    | SIP                | 気象庁       | ECMWF       | NASA         | EU-CP               | US RFC s    | BoM      |
| 名称（略称）            |             | 長時間洪水予測システム | 水害リスクライン | 広域洪水予測システム（全国版RRI） | 流域雨量指数    | GloFAS      | GFMS         | EFAS                | MMEFS       | SDF      |
| 予測機能仕様<br>（数値・特徴） | 予測時間        | 72時間        | 6時間      | 6時間                | 6時間       | 45日         | 4-5日         | 10日（中期予測）           | 1-7日        | 7日       |
|                   | 時間解像度       | 1時間         | 1時間      | 1時間                | 30分       | 1日          | 3時間          | 6時間                 | 12時間        | 1日       |
|                   | 空間解像度       | 200m        | 200m     | 150m               | 1km       | 10km（氾濫1km） | 1km          | 18km（中期）<br>氾濫：100m | 不明          | 10 km    |
|                   | アンサンブルメンバー数 | 21          | 1        | 1                  | 1         | 51          | 1            | 51（中期）              | 42          | 51       |
|                   | 摘要          | MEPS        | 降水短時間予報  | 降水短時間予報            | 降水短時間予報   | ECMWF       | TMPA & IMERG | ECMWF（中期）           | NAEFS       | ECMWF    |
| 予測情報              | 水位・流量       | ○           | ○（幹川）    | ○（全河川）             | X         | △（流量のみ）     | △（流量のみ）      | △（流量のみ）             | ○           | △（流量のみ）  |
|                   | 氾濫          | ○           | X        | ○                  | X         | ○           | ○            | ○（簡易）               | X           | X        |
|                   | 危険度         | ○（基準水位超過確率） | ○        | ○（流出高、水深比）         | △（流域雨量指数） | △（流量確率年）    | △（流量確率年？）    | △（流量確率年）            | ○（基準水位超過確率） | △（流量確率年） |



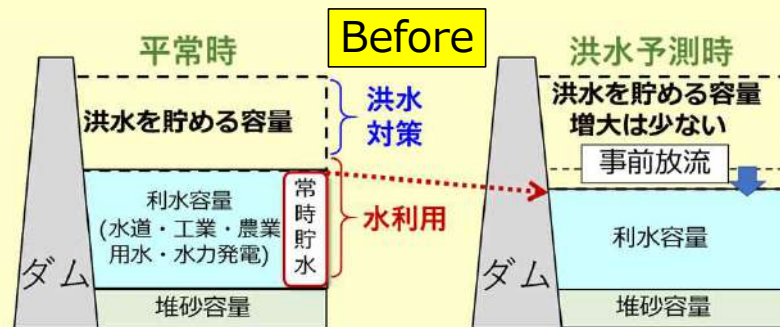
# 統合ダム防災支援システムの開発

ダムの目的は「治水(洪水対策)」と「利水(水利用)」

**現状**

事前放流は限定的。1～3日程度  
(R2開始の事前放流ガイドライン)

GSM(84時間)は予測不安定, MSM(39時間)は時間不足



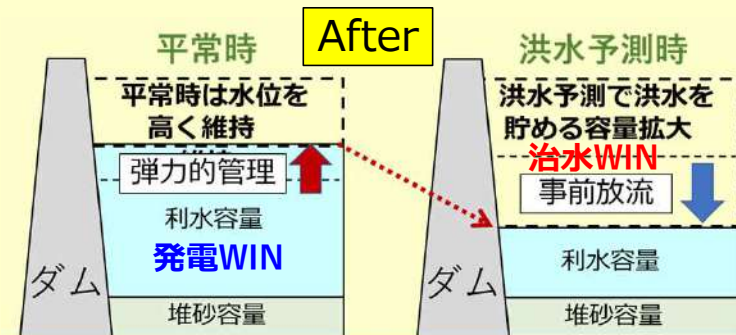
**SIP技術**



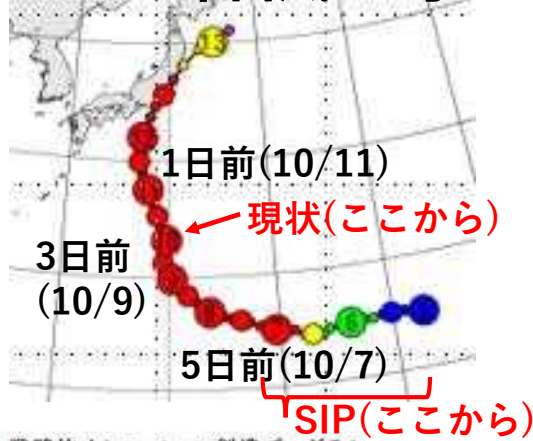
**SIP**

ECMWF(51メンバー・15日先)活用

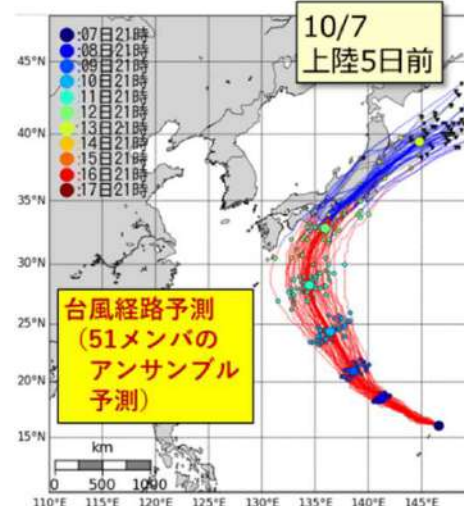
数日～1週間程度前からの事前放流を実現し、  
洪水貯留機能の拡大(治水WIN)と水力発電増大  
(発電WIN)を実現



**2019年台風19号**



2019年台風19号時の長時間アンサンブル予測



①早期の事前放流開始

**4つのコア技術**

コア技術：アンサンブル気象予測を利用した長時間  
リードタイムの確保 (1-3日前 → 5-7日前)

②ダム流域への正確な流入量予測

コア技術：降雨予測の高解像度化 (20km → 1km)

③発電量の増大かつ洪水貯留能力の最大化

コア技術：アンサンブル流入量予測による予測幅の獲得  
(1本の予測 → 51本の予測(上位/下位予測))

④ダム群最適操作による治水効果の拡大

コア技術：ダム群連携最適操作シミュレータ

## 技術目標1 長時間アンサンブル降雨予測を用いたダム流入量アンサンブル予測

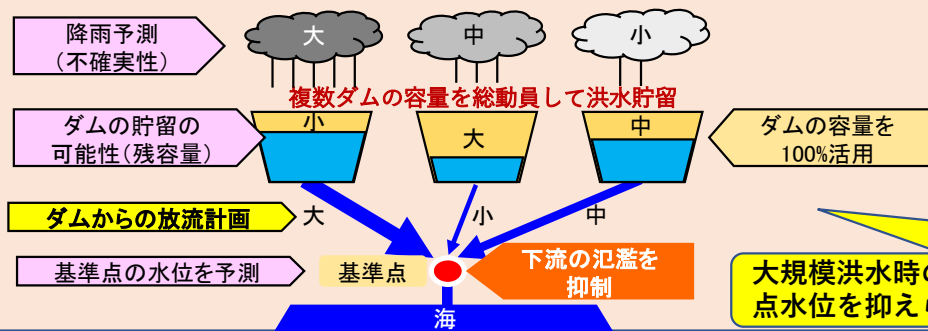
- 木津川ダム群、新成羽川ダム他のプロトタイプによる精度検証、改良
- 荒川ダム群、電力ダムのプロトタイプ構築

2020年台風10号発生前に8日先の豪雨を予測！



## 技術目標2 ダム群最適操作による治水効果の拡大 ⇒高速演算技術による最適化

- 木津川上流ダム群プロトタイプによる検証



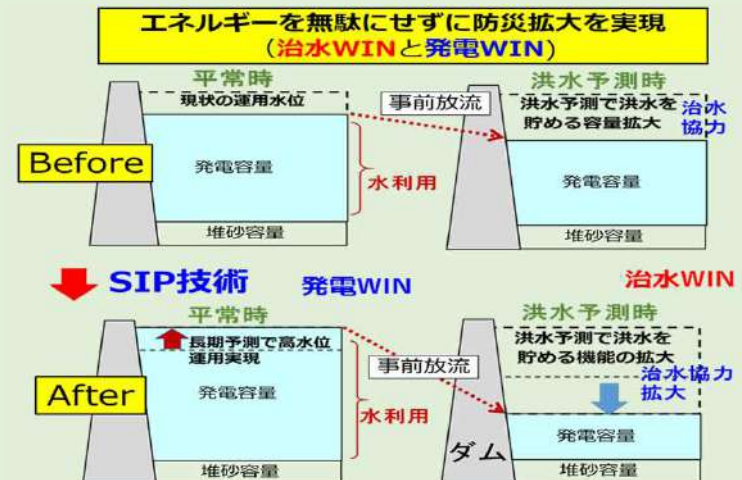
大規模洪水時の複数ダムの最後の危機管理操作。膨大な放流操作の組合せの中から、下流基準地点水位を抑えられる最適操作を短時間で探索して提示

## 社会実装目標1 早期の事前放流開始

- 木津川ダム群、新成羽川ダム、一庫ダム他のプロトタイプによる試行
- 操作ルールについて国交省と協議

## 社会実装目標2 洪水調節能力の最大化かつ多目的ダム・電力ダムの発電量の増大

- 電力ダムのプロトタイプ構築





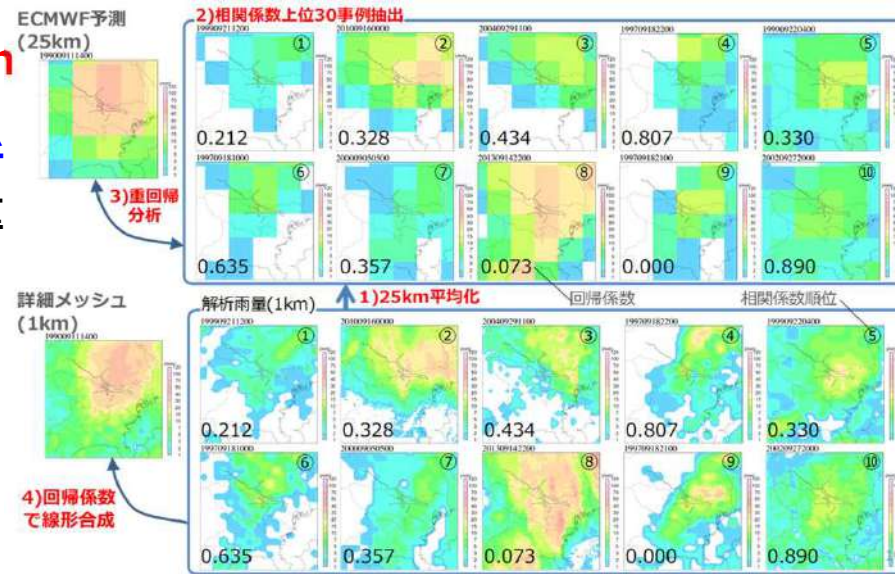
# 技術目標 1 ダム流域への正確な流入量予測：AIを用いたダウンスケーリング技術

## ■ 機械学習による空間ダウンスケーリング

- ✓14日前のECMWFアンサンブル予測の生値は25kmメッシュ
- ✓日本のダム流域の降水量を得るために、過去の解析雨量から相関係数の高い分布事例を複数抽出して重みづけ平均し1kmメッシュ化

## ■ 深層学習による時空間ダウンスケーリング

- ✓深層学習モデル(AI)により3時間雨量×20kmメッシュを1時間雨量×5kmメッシュ化
- ✓GSMガイダンス、MSMガイダンスでの運用実績あり。SIPにおいてECMWFに適用。



第2回ディープラーニングビジネス活用アワード 特別賞受賞  
(2020.10.14)

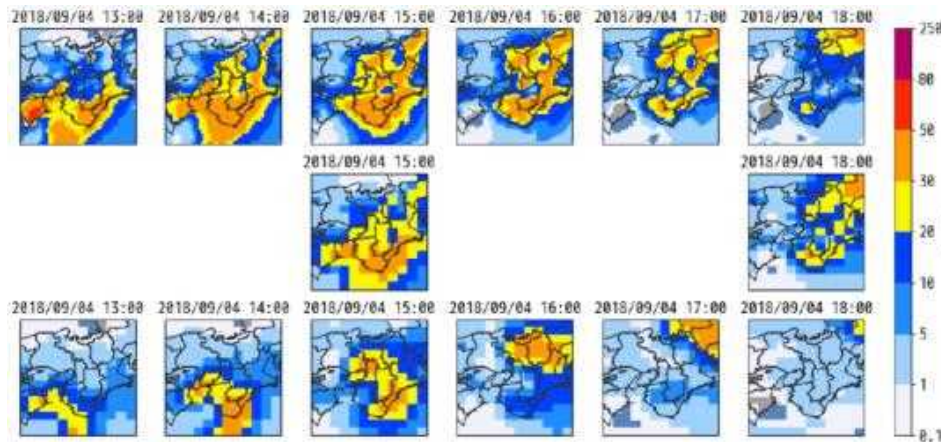
(日本気象協会)



GSM-G-AI(5km)

GSM-G(20km)

GSM(20km)



雨域の移動が表現されている

出典：山本、増田（河川技術論文集, vol.25, 2019）



# 技術目標 1 ダム流域への正確な流入量予測：長時間アンサンブル降水予測の実装例

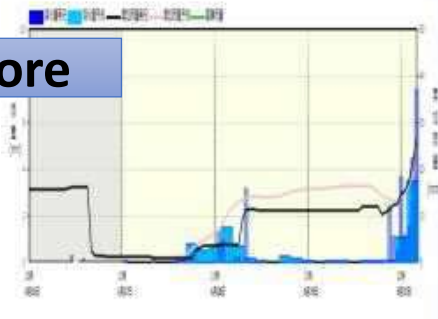
評価項目  
A③⑤

29

木津川ダム総合管理事務所

GSMガイダンス予測

Before



- ✓予測は2日～3日先まで
- ✓予測は1つ（信頼性不明）
- ✓予測更新時に大きく変動（予測は当たらない！との感覚）
- ✓降雨の規模感（総降雨量、ダムへの総流入量）が不明

(ダム管理者は不安)

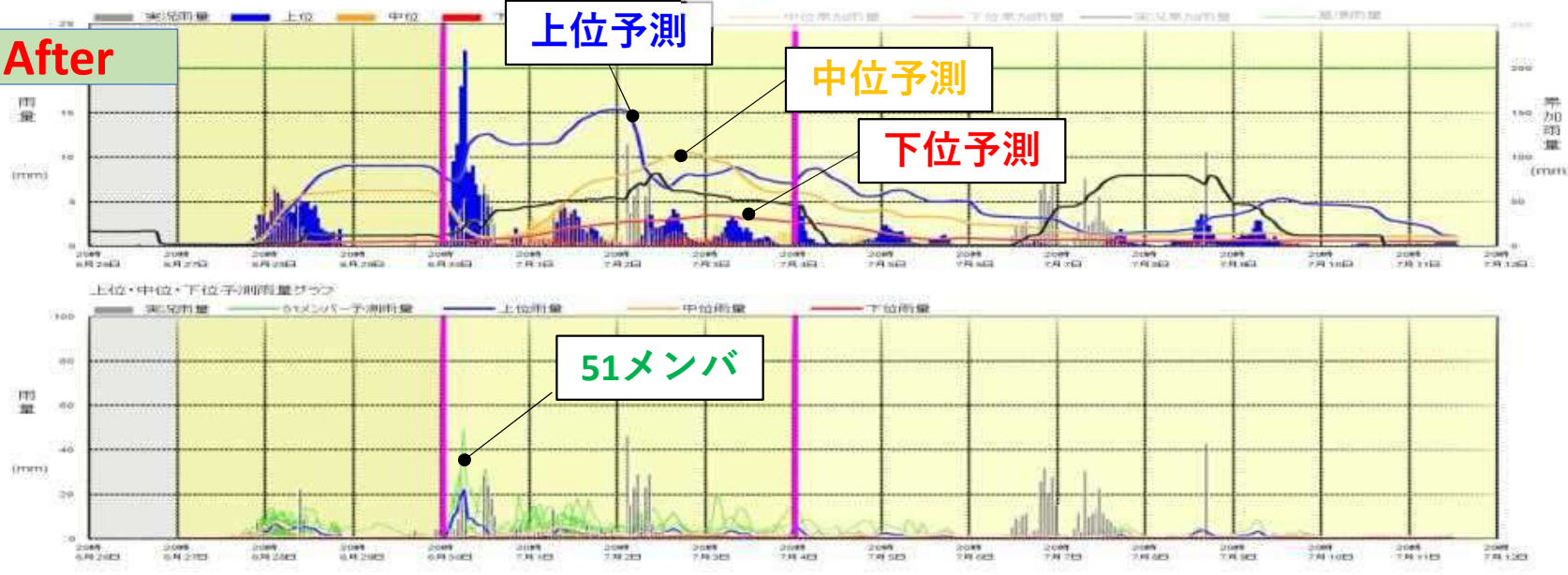
After

- ✓予測は15日先まで
- ✓予測は51個（貯水量が回復しないリスク・洪水リスクを考慮）
- ✓予測更新時に変動が少ない（安定感）
- ✓長時間アンサンブル予測により、洪水の「その先」が見える  
＝ダムへの全体流入量が把握可能（次の洪水への備えも可能）
- ✓事前放流の必要性を判断し、早期開始を可能に！

(ダム管理者に安心感)

長時間アンサンブル予測(15日間)

After



# 技術目標 1 ダム流域への正確な流入量予測：長時間アンサンブル降水予測の実装例

評価項目  
A③B⑥⑦

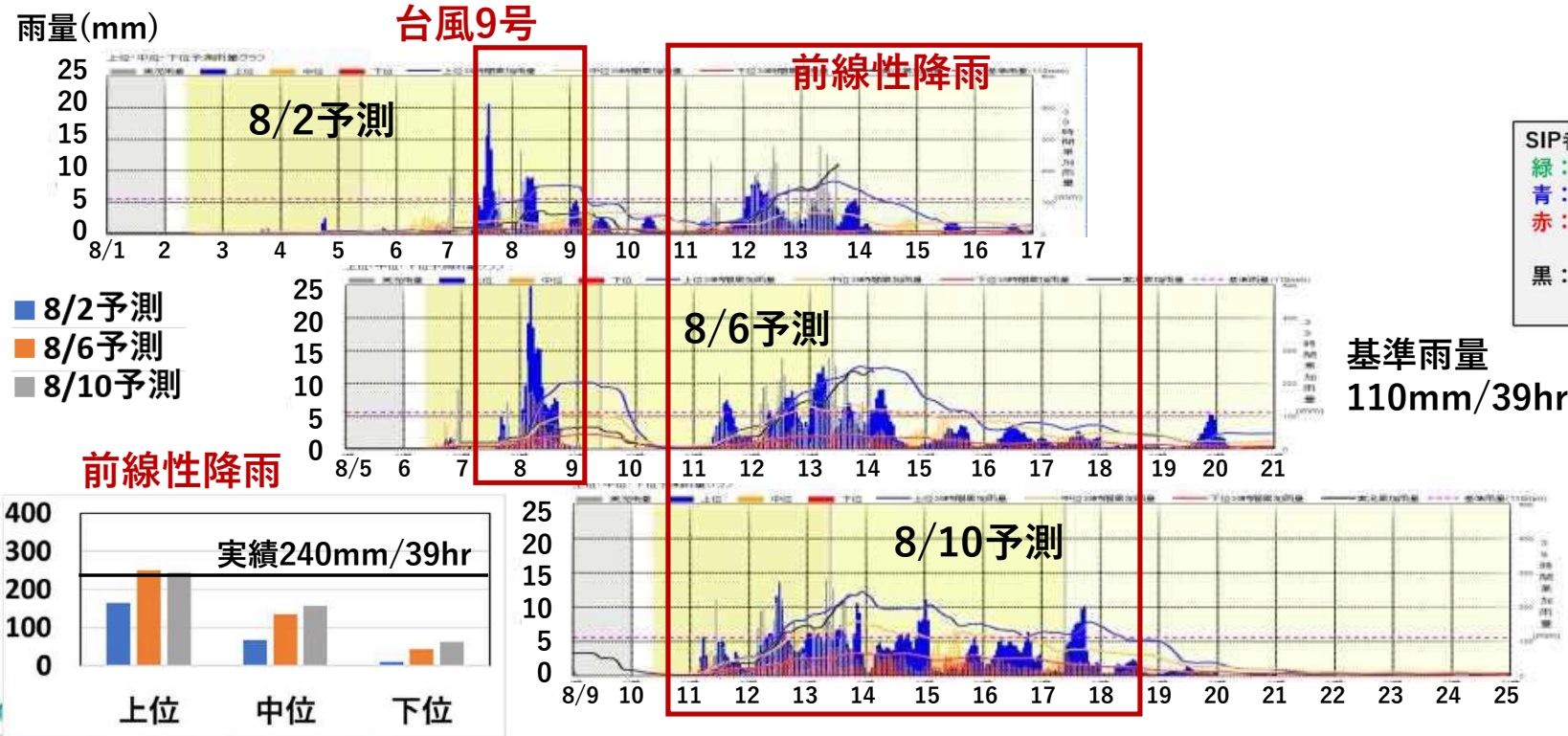
30

## 令和3年8月豪雨対応（中国電力・新成羽川ダム）

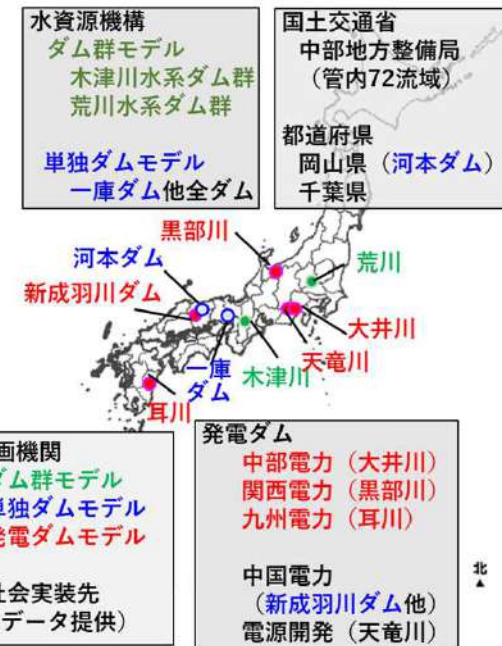
- ①何をおこなったか：台風9号および後続の前線性豪雨を対象に長時間アンサンブル降水予測を実施しデータ提供
- ②上手く行ったこと：新成羽川ダムでは、8/2（5日前）に8/8-9の台風9号、その先の前線性降雨を同時に予測
- ③次への課題として残したこと：前線性降雨では大規模降雨を良好に予測(上位予測)、引き続き精度向上が必要
- ④どこにデータを提供して、どう使われたか：

中国電力(新成羽川ダム)、関西電力(黒部川流域)、中部電力(大井川流域)、九州電力(耳川流域)、水資源機構(木津川ダム群、一庫ダム、荒川水系)などにアンサンブル予測データを提供し、事前放流実施判断の検証中。

8/2（5日前）に8/8-9の台風9号、その先の前線性降雨を同時に予測情報を中国電力および岡山県に提供

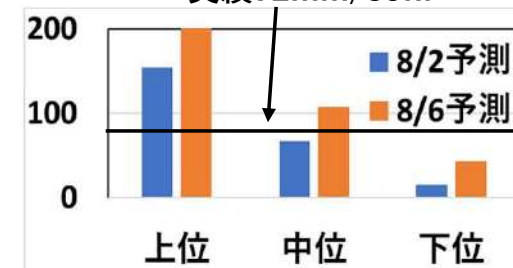


## 多数の流域で検証中



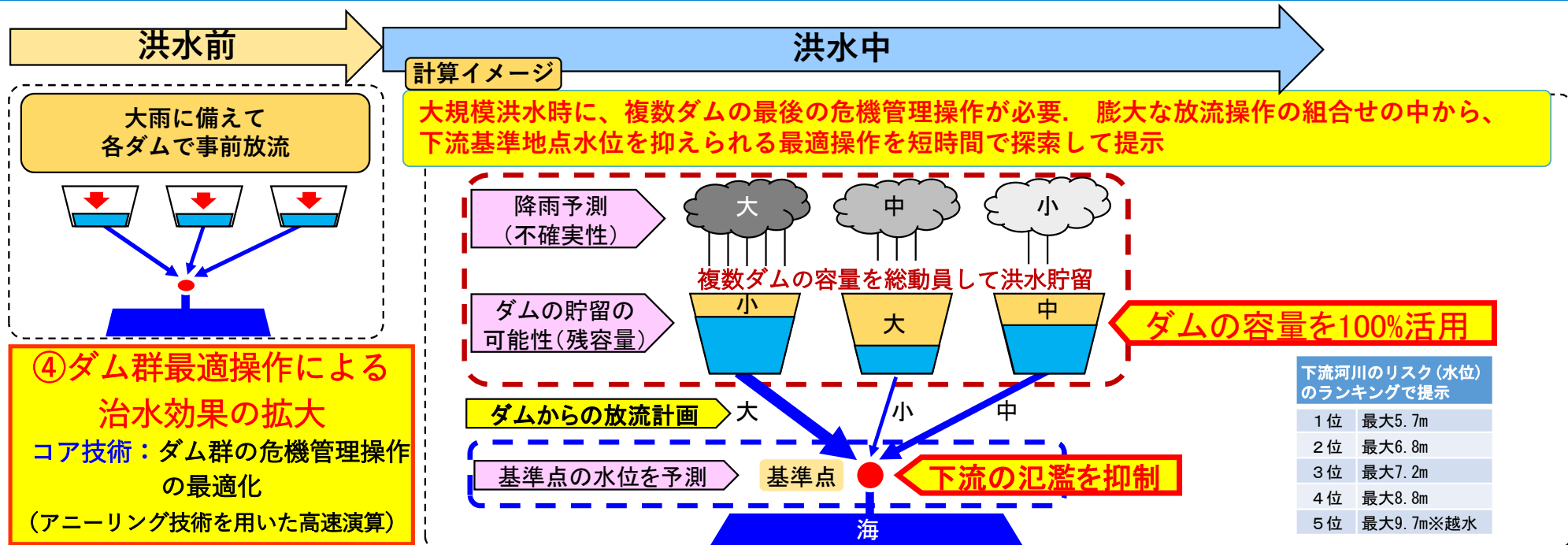
## 台風9号

実績72mm/39hr





# 技術目標2 ダム群連携最適操作シミュレータの開発：木津川ダム総合管理所で試行運用中





## 技術目標2 ダム群連携最適操作シミュレータ計算プロセス

サブテーマ2：河川・ダムの長時間洪水予測・防災支援システムの開発

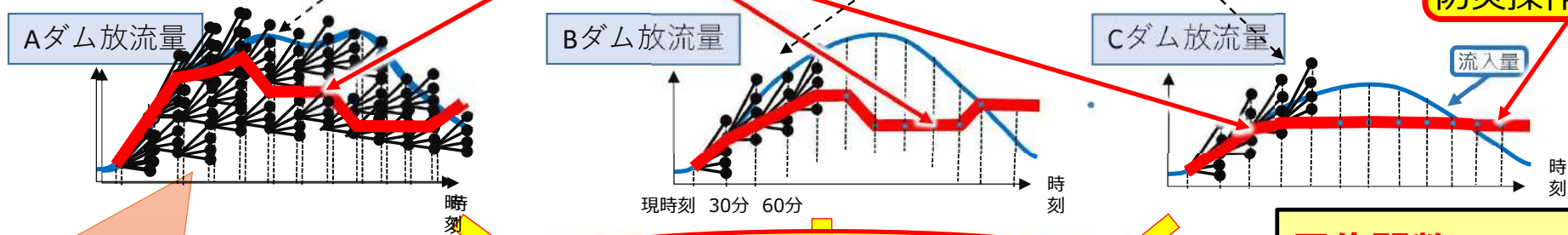
評価項目  
A②③④⑤

32

放流の原則を上限とし、ダムの安全を確保しつつ、**全ての放流操作パターンを計算**

ダムの容量を使い切り、  
下流河川の水位を下げる操作

短時間で逐次計算  
防災操作方法を提示



「組合せ」  
ダムごとの多数の放流量の選択肢  
組合せ数は例えば  
**5×5×5×…のように指数関数的に増加**

- 技術：アニーリング（組合せ最適化技術）  
スーパーコンピュータ富岳が6億年かかる  
計算を数秒で導き出す技術
- 本システムでは、計算時間は1分程度  
（デジタルアニーラ（富士通）採用）

■デジタルアニーラとは：  
量子現象に着想を得たデジタル回路で  
「組合せ最適化問題」を高速に解くアーキテクチャー

放流方法：1兆通り以上の組合せ

$Q_A$

$Q_B$

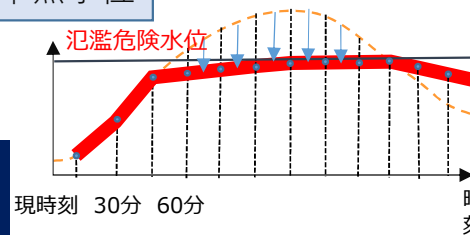
$Q_C$

氾濫危険水位相当流量  
 $\geq Q_A + Q_B + Q_C + Q_{残}$

残流域流量  $Q_{残}$

基準点水位

下流水位



### 目的関数

各ダムの容量を最大限活用  
（ただし溢れない）し、かつ、  
下流河川の水位を最も低くする  
**放流の組合せを提示**

### 制約条件

- ・各ダムの放流能力
- ・放流の原則（増加限度）

### 降雨パターン

- ・確定的予測
- ・アンサンブル予測

# ダム群連携最適操作シミュレータ検証結果

(木津川ダム総合管理所 2017年台風19号の結果)

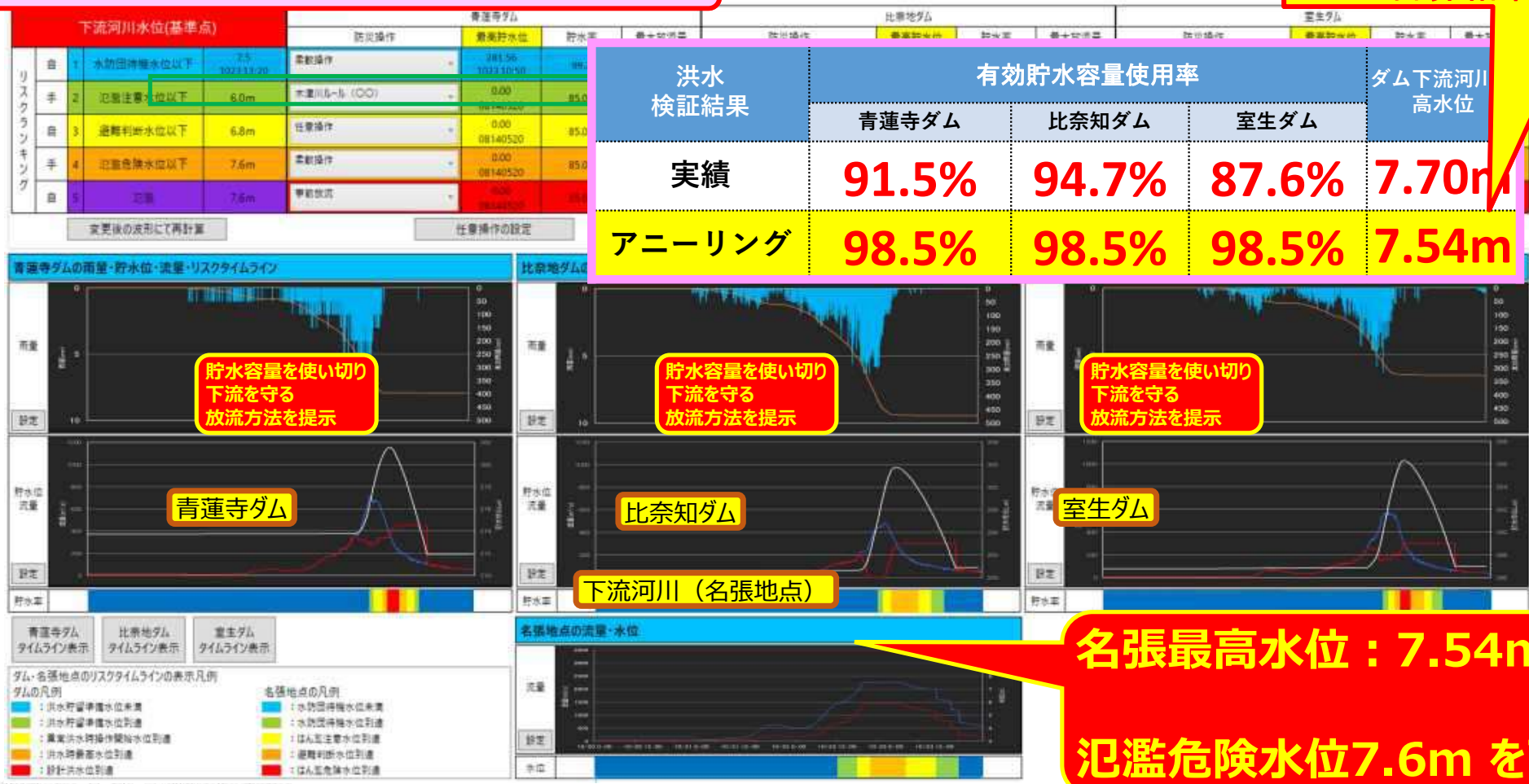
サブテーマ2：河川・ダムの長時間洪水予測・防災支援システムの開発

評価項目  
A③⑤ **33**

システムの計算結果を参考に、操作方法、検証し、最終的な防災操作を決定する。

社会的情勢等、職員による放流方法の検討に対応

プロトタイプによる  
計算結果





## 統合ダム防災支援システム：技術目標の達成度と終了時の達成見込み

## ①早期の事前放流開始 4つのコア技術

コア技術：アンサンブル気象予測を利用した長時間  
リードタイムの確保 (1-3日前 → 5-7日前)

## ②ダム流域への正確な流入量予測

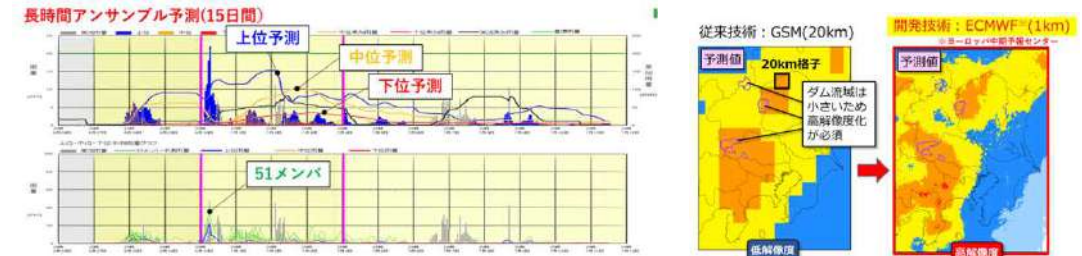
コア技術：降雨予測の高解像度化 (20km → 1km)

## ③発電量の増大かつ洪水貯留能力の最大化

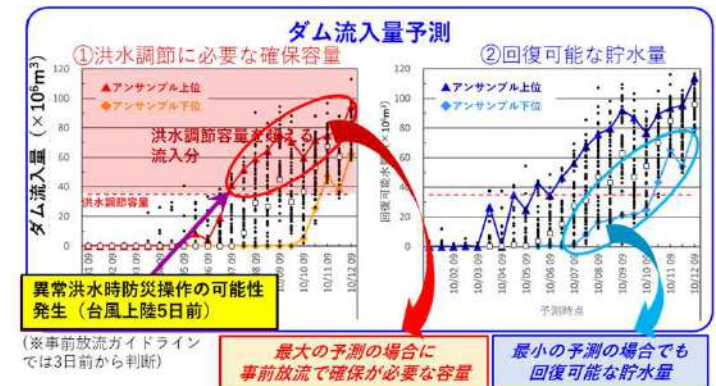
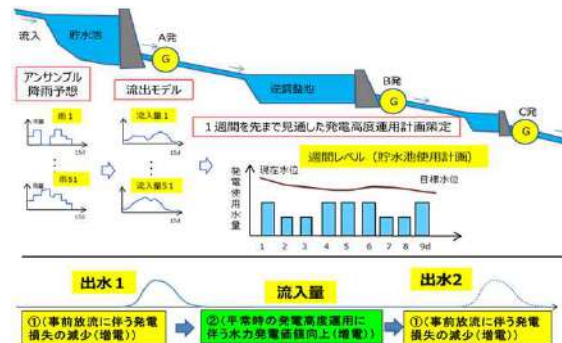
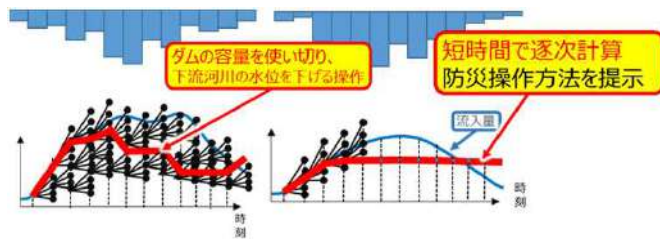
コア技術：アンサンブル流入量予測による予測幅の獲得  
(1本の予測 → 51本の予測(上位/下位予測))

## ④ダム群最適操作による治水効果の拡大

コア技術：ダム群連携最適操作シミュレータ

①目標達成：多目的ダム（水機構全ダムに導入済）、国、  
都道府県ダム、電力ダムにも配信拡大

## ②目標達成：5km解像度と1km解像度の2バージョンを提供

③目標達成：プロトタイプ完成、過去洪水でダム操作検証、  
木津川ダム群などの実操作でのフィードバック④目標達成：プロタイプ完成、木津川ダムで  
過去洪水で検証、荒川ダム群も検証予定

## ⑤発電ダム高度運用 (追加項目)：

3電力会社と連携 (マッチングファンド)、  
台風や前線性降雨での検証開始、発電高度  
運用プロトタイプ検討中、電力会社拡大予定学術的・技術的新規性：AI高解像度化 (ディープラーニング特別賞受賞、アンサンブル事前放流 (ダム工学会論文賞受賞)、  
国内外論文発表、マスコミ取材、国際展開 (フィリピン))



# 社会実装・プロトタイプの開発 (R3→R4以降)

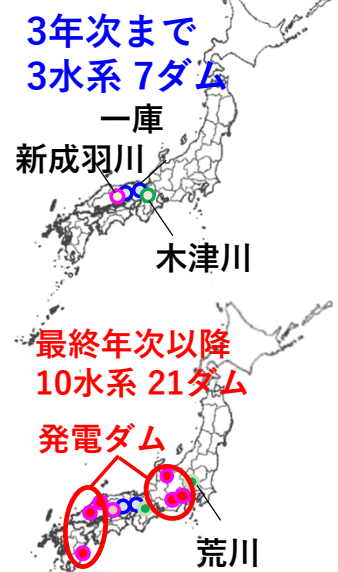
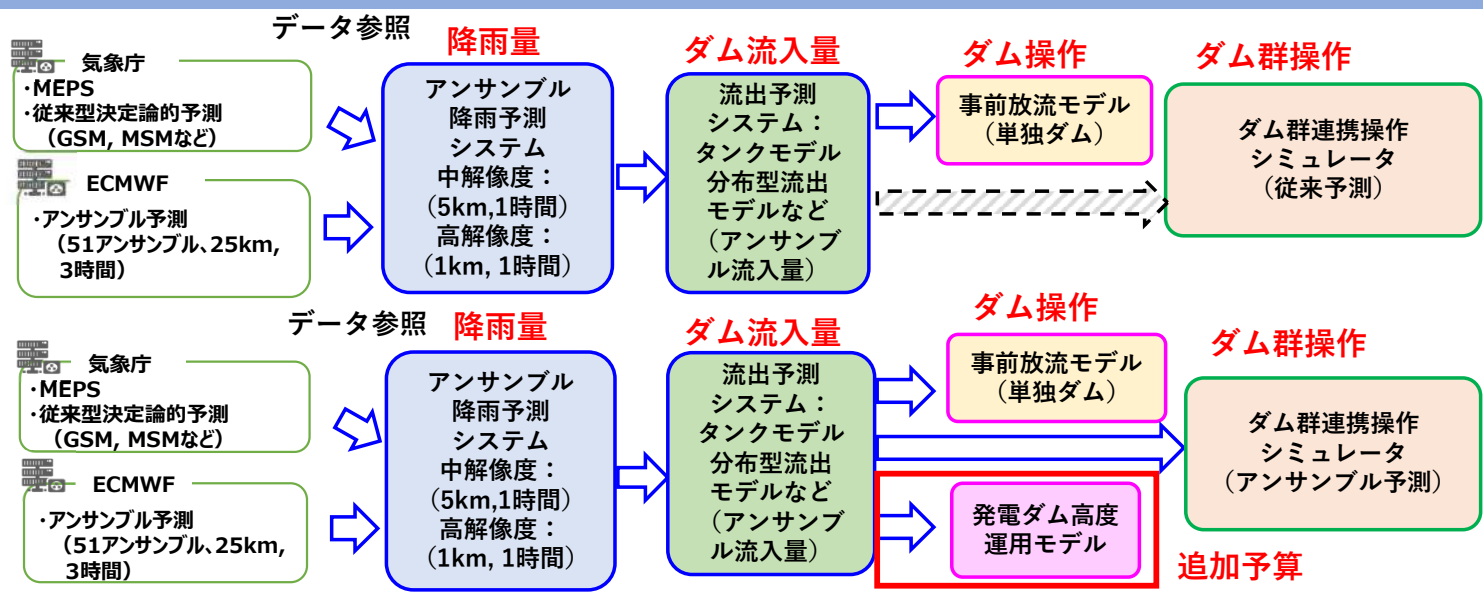
サブテーマ2：河川・ダム の長時間洪水予測・防災支援システムの開発

評価項目  
A③B③C④

35

3年次までのプロトタイプシステム

最終年次以降社会実装に向けたシステム



| ダムの分類         | 小規模ダム                                                               | 中規模ダム                                                               | 大規模ダム                                                                                                                                                       | ダム群                                                                             |
|---------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| 支援システムの内容     | アンサンブル降雨予測システム<br>●(中解像度：5km)<br>流出予測システム<br>事前放流モデル<br>ダム群連携シミュレータ | アンサンブル降雨予測システム<br>●(高解像度：1km)<br>流出予測システム<br>事前放流モデル<br>ダム群連携シミュレータ | アンサンブル降雨予測システム<br>●(高解像度：1km)<br>●(中解像度：5km)<br>流出予測システム<br>事前放流モデル<br>ダム群連携シミュレータ                                                                          | アンサンブル降雨予測システム<br>●(高解像度：1km)<br>流出予測システム<br>事前放流モデル<br>ダム群連携シミュレータ             |
| 活用方法          | 豪雨発生の可能性を把握し、対応準備に活用                                                | 流出予測・操作予測を行い、事前放流計画に活用                                              | 流出予測・操作予測を行い、最適事前放流計画提示                                                                                                                                     | 操作ルールを踏まえ、複数の最適連携操作計画提示                                                         |
| 対象ダムの機能分類     | 多目的ダム(容量小)                                                          | 多目的ダム(容量小)<br>利水ダム(容量大)                                             | 多目的ダム(容量大、小)<br>利水ダム(容量大)                                                                                                                                   | 多目的ダム群(容量大)                                                                     |
| 社会実装の進捗状況と見込み | R3年度<br>令和2年6月よりサービス全国展開<br>亀山ダム、高滝ダム(千葉県)                          | R3年度<br>木津川5ダム(水機構)-試行開始<br>河本ダム(岡山県)-試行開始                          | R3年度<br>新成羽川ダム(中国電力)、一庫ダム(水機構)-試行開始<br>電力ダム(関西・中部・九州)-モデル構築・過去検証<br>令和2年10月より中部地整で降雨予測情報利用を開始<br>ダム流域以外も含む全72流域<br>水機構全ダム-モデル構築 試行開始<br>電力ダム(関西・中部・九州)-試行開始 | R3年度<br>木津川3ダム(水機構)-試行開始<br>荒川ダム群(国土省、水機構)-モデル構築<br>R4年度<br>荒川ダム群(国土省、水機構)-試行開始 |

- 実装先：国土交通省・地方自治体・水資源機構・電力会社
- 特に、SIP技術が効果的な中～大規模ダムを対象に全国展開を目指す！

# 国際競争力の評価

## アンサンブル降水予測の空間的ダウンスケーリングと長時間ダム流入力予測

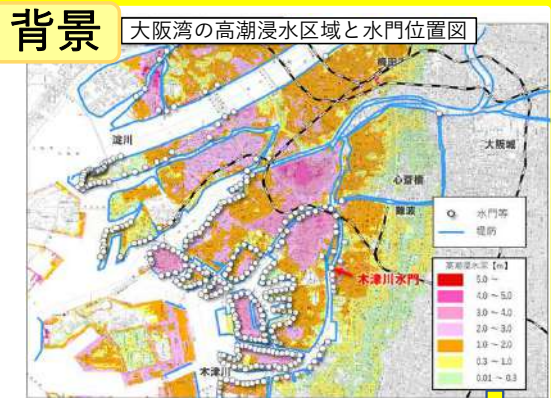
- SIP終了後
- 予測情報を、**降雨量・流入量・単独ダム操作最適化・複数ダム統合操作**、に分類
  - 長時間(15日)、アンサンブル(51メンバー)、時空間高解像度(1時間, 1km)で、複数ダムの統合操作までを目標にしているものは他にはない。
  - 日本のダム流域の山岳地形を考慮すれば、時空間高解像度の**必要性・優位性は明確**。  
フィリピン、ベトナムなど、ASEAN諸国への国際展開も期待される。

| 評価軸  |             | 評価対象（実装ベース）     |                    |                |               |                          |                  |           |          |                           |           | 論文ベース       |                               |
|------|-------------|-----------------|--------------------|----------------|---------------|--------------------------|------------------|-----------|----------|---------------------------|-----------|-------------|-------------------------------|
|      |             | アンサンブル事前放流（SIP） | 事前放流が伴う（国土交通省・気象庁） | Met Office（UK） | NWM（US）       | COSMO-LEPS（GR,DE,I T,CH） | COSMO-D2-EPS（DE） | MSC（CA）   | BoM（AU）  | meteoblue（CH）※Euro,NEMS12 | NOAA（US）  | Seine river | Anticipatory Water Management |
| 予測機能 | 予測時間        | ◎<br>15日        | △<br>3日            | ○<br>5日        | ○<br>8.5日     | ○<br>5.5日                | △<br>27時間        | ◎<br>16日  | ○<br>7日  | ○<br>7.5日                 | ◎<br>35日  | ○<br>9日     | ◎<br>15日                      |
|      | 時間解像度       | ◎<br>1時間        | ○<br>3時間           | ◎<br>1時間       | ○<br>3時間      | △<br>12時間                | ○<br>3時間         | △<br>12時間 | ○<br>3時間 | △<br>12時間                 | △<br>6時間  | ○<br>3時間    | ○<br>3時間                      |
|      | 空間解像度       | ◎<br>1km        | △<br>20km          | ○<br>2.2km     | ○<br>1km,250m | ○<br>7km                 | ○<br>2.2km       | ×<br>50km | ○<br>6km | △<br>12km                 | △<br>25km | △<br>約50km  | △<br>20km                     |
|      | アンサンブルメンバー数 | ◎<br>51         | ×<br>1             | △<br>3         | △<br>6        | △<br>20                  | ◎<br>40          | △<br>20   | ◎<br>401 | ◎<br>オープンデータ統合            | ◎<br>31   | ◎<br>51     | ◎<br>51                       |
| 予測情報 | 降雨量         | ○               | ○                  | ○              | ○             | ○                        | ○                | ○         | ○        | ○                         | ○         | ○           | ○                             |
|      | 流入量         | ○               | ○                  | △              | ○             | △                        | △                | △         | ○        | △                         | △         | ○           | ○                             |
|      | 単独ダム最適化     | ○               | ○                  | —              | —             | —                        | —                | —         | —        | —                         | —         | ○           | ○                             |
|      | 複数ダム最適化     | ◎               | —                  | —              | —             | —                        | —                | —         | —        | —                         | —         | ○           | ○                             |

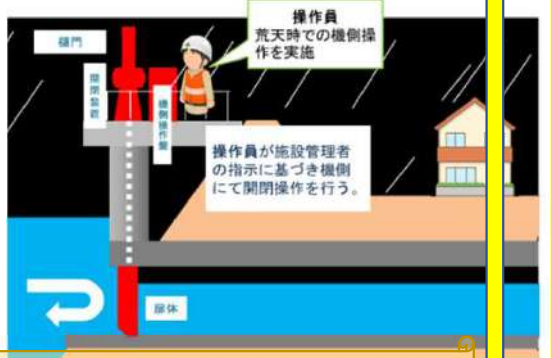
# 危機管理型水門管理システムの開発の目的

## ■スーパー台風襲来時に求められる危機管理

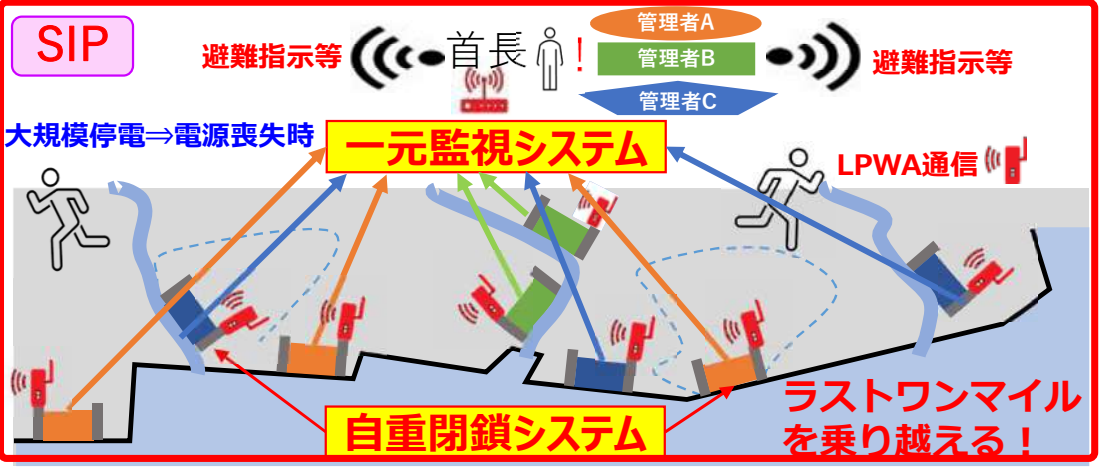
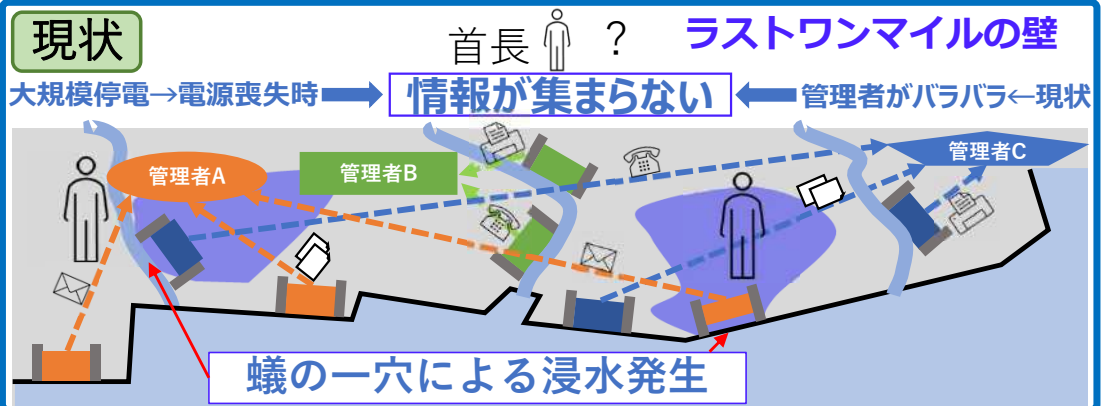
- 目的その1 水門等の確実な閉鎖(蟻の一穴をつくらない)による氾濫の防止
- 目的その2 水門等の開閉情報の首長への集約による避難情報の的確な発令



- ◆50機関の約800の水門が存在
- ◆4省庁所管の目的異なる水門が多数存在



「蟻の一穴」とならないよう非常時には確実に水門を閉じなければならない。



**課題** ①低コスト・堅牢性の確保、②省庁連携の取組が必須

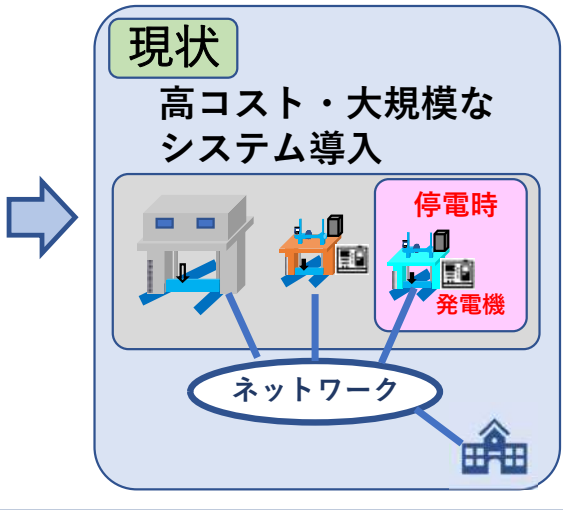
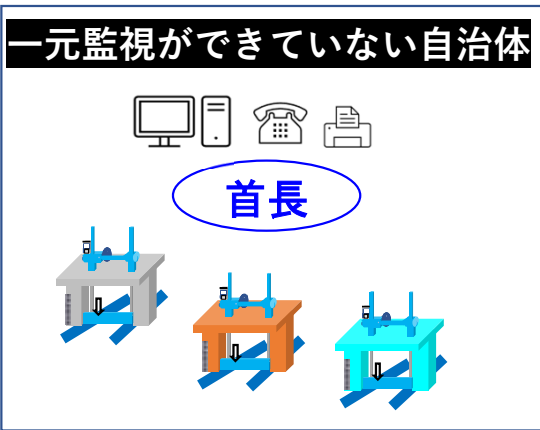


多様な管理者間の情報集約(開閉情報)ができていない！！

浸水を防ぐためには閉じる必要がある水門・陸閘でも、大きさ・構造、設置目的(所管省庁)は様々。

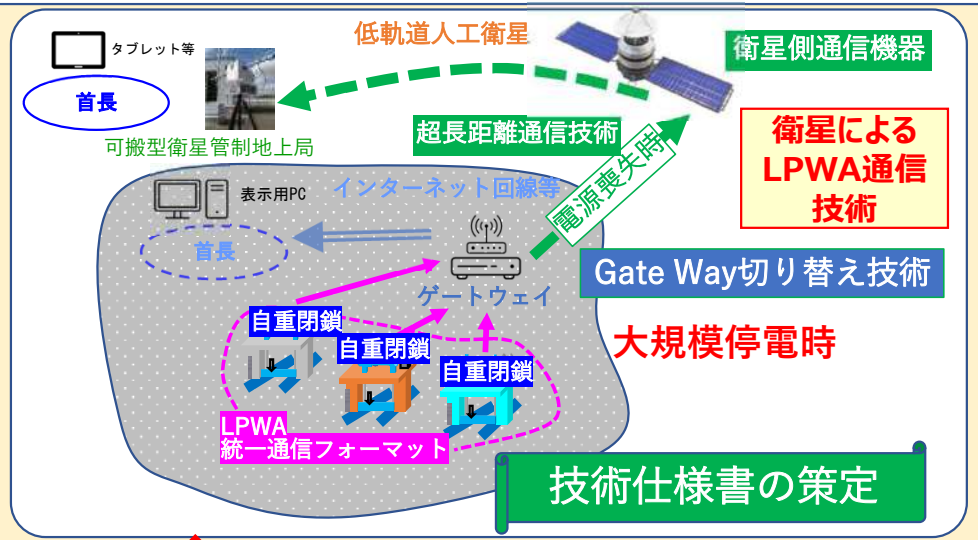
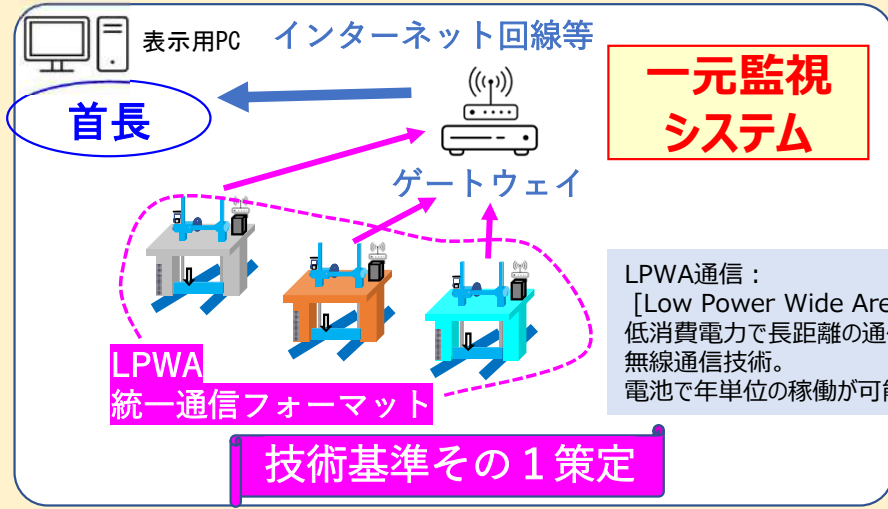


# 危機管理型水門管理システムの開発の目的

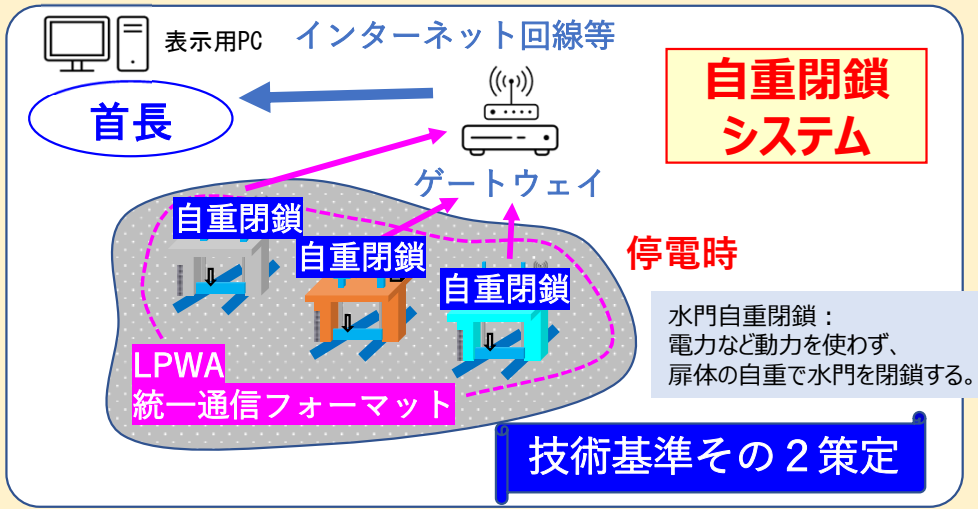


SIPにおける  
開発の方向性

LPWA通信による低コストシステム



水門自重閉鎖による低コストシステム

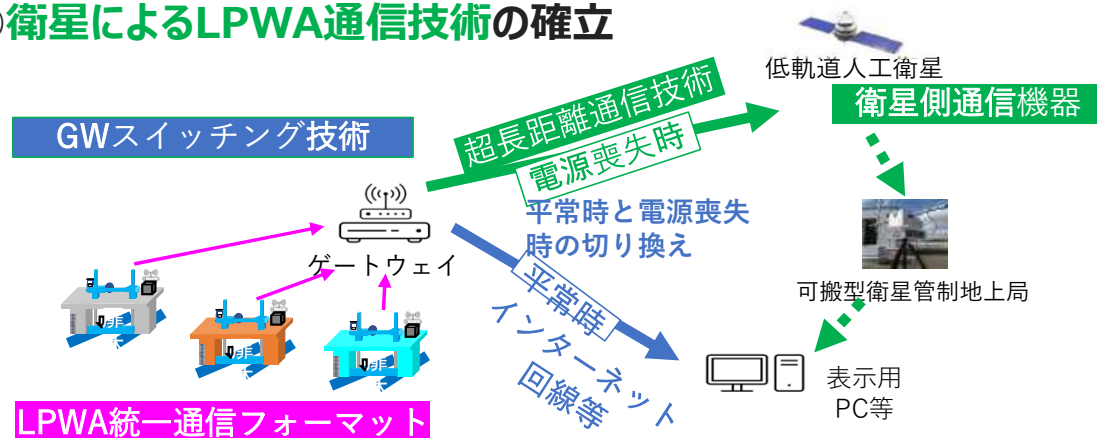


## 技術目標1：電源喪失時の水門・陸閘等の開閉状況一元監視

## 技術目標2：電源喪失時における水門自重閉鎖

### コア技術

- ①低コストで実現する**LPWA統一通信フォーマットの規格化**
- ②平常時・電源喪失時のゲートウェイ（GW）スイッチング技術の確立
- ③衛星による**LPWA通信技術**の確立

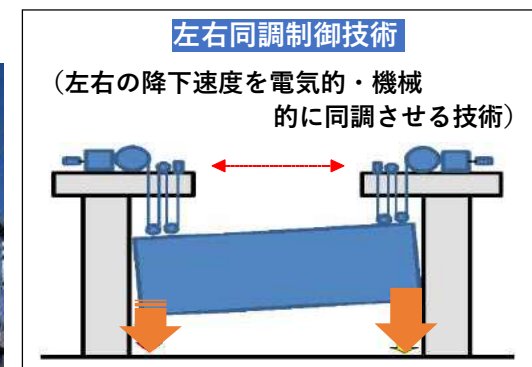
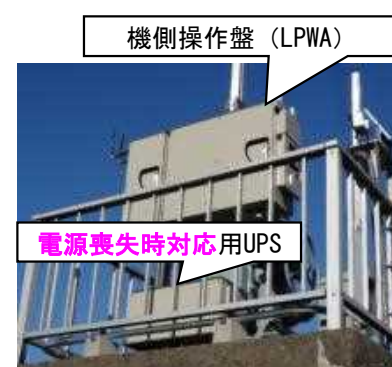


### 4年次の技術目標

- LPWA統一通信フォーマットによる水門一元監視システムを3大湾にて試行運用し一元監視技術を確立。
- 省電力LPWA通信における超長距離通信(450km)と宇宙環境での耐性を有する専用デバイス開発により、衛星によるLPWA通信技術の基礎技術を確立。

### コア技術

- ①電源喪失時の**遠隔操作による自重閉鎖切替え技術**の確立
- ②**大型水門の左右同調制御技術**の開発



### 4年次の技術目標

- **小型水門**の実証実験を継続し、電源喪失時の遠隔操作による自重閉鎖切替え技術を確立する。
- **大型水門**の自重閉鎖システムを構築するため、ワイヤロープウィンチ式大型水門の改造試設計を実施する。

**技術の2本柱を前提に、技術基準類(予算措置の根拠)を策定することで社会実装を加速**  
**社会実装目標：関係省庁横断の技術基準・ガイドライン等の策定**

# 技術目標 1 電源喪失時の水門・陸閘等の開閉状況一元監視

サブテーマ3：危機管理型水門管理システムの開発

評価項目  
A②③④⑤B①②③⑥⑦

40

## ①低コストで実現するLPWA統一通信フォーマットの規格化

### STEP 1 LPWA統一通信フォーマットを策定

#### 通信統一フォーマット仕様案

| 無線電波          |           |     |                                        |                        |                        |   |   |   |    |    |    |
|---------------|-----------|-----|----------------------------------------|------------------------|------------------------|---|---|---|----|----|----|
| 1             | 2         | 3   | 4                                      | 5                      | 6                      | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 共通監視<br>(Hex) | 識別<br>データ | データ | 00 01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 | 観測データ1<br>28byte (Hex) | 観測データ2<br>28byte (Hex) |   |   |   |    |    |    |

### STEP 2 ガイドライン改定案の作成

海岸関係省庁が連携して統一策定しているガイドラインの改定案を作成

#### 『津波高潮対策における水門陸閘等管理システムガイドライン改定案』

※海岸関係省庁が連携して統一策定しているガイドライン

### STEP 3 ガイドラインの改定

異なる管理者の情報を集約するため通信フォーマットの統一案を示し、関係行政機関で運用されている基準類において利用されるように働きかける。

ガイドライン改定の合意に向けた関係省庁連絡調整会議 10/13開催

## 一元化監視実証実験の表示システムの構築



- 令和2年度、河川用 17箇所、港湾用 6箇所、農業用 3箇所にて試行運用開始
- 令和3年度は、LPWA統一通信フォーマットによる水門一元監視システムを3大湾にて試行運用実施予定  
※大阪府・川崎市においては、サブテーマ3の高潮予測とセットで提供

### 5年次

最終年次では、プロトタイプの検証・改良を行い、一元監視システムを開発

### 4年次の到達点

令和4年度ガイドラインの改正を目指す



# 技術目標 1 電源喪失時の水門・陸閘等の開閉状況一元監視

サブテーマ3：危機管理型水門管理システムの開発

評価項目  
A③B①C③

41

**大規模停電時の  
通信確保を実現**

- ② 平常時・電源喪失時のゲートウェイ（GW）スイッチング技術の確立
- ③ 衛星によるLPWA通信技術の確立

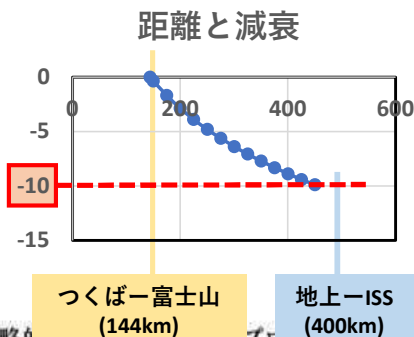
R2追加予算

## 超長距離通信技術

課題：省電力のLPWA通信で、400km上空の衛星との通信が確立できるか

実証方法：超長距離実験（つくば～富士山の須走口五合目間）により確認

成果：理論上通信距離450kmに相当する、つくば～富士山間の距離144kmと-10dB減衰器による現地試験を実施し、通信が確立することを確認



## 衛星側通信機器の開発

- 宇宙環境に適用する耐性を有する専用デバイスを開発（既存デバイスでの対応可否を試験）

【技術的課題】

《打上げ時》

- ◆ 振動耐性（振動試験の実施）

⇒ 振動試験を実施し、電子基板orコネクタの問題と思われる信頼性の低下を確認  
⇒ 市販状態のデバイス実装ではなく耐振動を考慮した実装の必要性を把握

《宇宙空間での運用時》

- ◆ 宇宙放射線耐性（耐性試験の実施）

⇒ ラッチアップ（一種のショート）は発生せず粒子数増加で性能低下  
⇒ 定期的なリセットで宇宙利用可能であることを確認

《高速移動体での電場受信時》

- ◆ ドップラー周波数偏移耐性

⇒ 高度400km、923MHzの最大ドップラー偏移(22kHz)に対応可能であることを確認



筑波大学  
宇宙機用振動試験装置を使用



筑波大学  
タンデム加速器宇宙利用素子  
照射試験ラインを使用

## 地上側通信機器の開発

- 多数の水門管理の現場に導入可能な衛星通信用機器GWの仕様
- 大規模停電時において衛星を介したLPWA通信へのGWの切替手法

【5年次の取組】

- 地上GWからの衛星向け出力方式の確立
- 衛星数と非常時信号を衛星で受信する頻度の確定

【5年次の取組】

- 汎用インターフェース仕様の設定
- フライトモデルのソフトウェア開発
- フライトモデルの宇宙環境耐性試験

- 量産可能なフライトモデル仕様の策定

衛星LPWAシステム技術仕様書の策定

4年次の到達点

4年次の到達点

# 技術目標 2 電源喪失時における水門自重閉鎖

## 研究開発の概要

### 【現状】

- 水門・樋門は全国で2万基以上。大部分が小型(10m<sup>2</sup>以下)。
- 動力は一般に商用電源（ごく小規模は人力）。予備電源装置の設置は限定的。
- 操作は基本的に現地（機側）で操作員が実施。遠隔操作設備の設置は限定的。
- 自重閉鎖装置を備える水門はあるが、機側で切替え操作。

BEFORE

危機的状況（電源喪失、通信途絶、交通途絶）が発生したら.....

自重閉鎖装置があったとしても閉操作不可能

### 【解決のための開発目標】

- ① 電源喪失時でも遠隔操作で自重閉鎖装置を稼動できるシステムの構築。
- ② 大型水門において安全に扉体を降下できる技術（左右同調制御技術）の開発。  
（大型水門の緊急降下時の速度制御は既存技術を活用）

AFTER

これらの技術で水門自重閉鎖システムを構築して、  
危機的状況下で最後の砦となる水門閉鎖を実現!!

## 研究開発の到達点

| コア技術                       | 小型水門<br>(ラック棒で開閉)      | 中型水門<br>(ワイロープで開閉)            | 大型水門<br>(2M2D)                            |
|----------------------------|------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------|
| 遠隔からの<br>自重閉鎖切替<br>(現地→遠隔) | 3年次<br>プロトタイプにて確立済(R2) |                               |                                           |
| 降下速度制御<br>(衝撃緩和)           | 遠心ブレーキ<br>(機械的抵抗)      | 油圧ブレーキ(油圧抵抗)<br>ファンブレーキ(風力抵抗) |                                           |
| 左右同調制御<br>(片吊防止)           | (不要)                   | (不要)                          | 3年次<br>左右同調制御技術<br>【マッチングファンで<br>開発(～R2)】 |

凡例：

実施

既存技術活用

開発技術

4年次

改造試設計を実施(R2～3)

5年次

ガイドラインの作成  
(SIP期間中に実施)

## 技術目標 2 電源喪失時における水門自重閉鎖

サブテーマ3：危機管理型水門管理システムの開発

評価項目  
A②③④⑤B②③

43

### ①電源喪失時の遠隔操作による自重閉鎖切替え技術の確立

#### 【小型水門（電動ラック式）での自重閉鎖技術の実証実験】

〔改造施設〕白王第1樋門(2019年度)

（自重閉鎖機能付開閉装置、停電時用の電源(UPS)）

※電源喪失・交通途絶時における遠隔自重閉鎖を検証

#### 【実証実験の状況】

- 実験期間：令和2年4月～令和3年10月（18ヶ月継続中）
- 実験方法
  - ① 年間を通じた環境下での操作の確実性、システム堅牢性、気象による影響の有無、通信状況の変化、バッテリー(UPS)の劣化状況等を確認
  - ② 初年度は毎月臨場で上記の検証を実施、2年目以降は2ヶ月に1回臨場、定期的な通信記録を収集

#### 【実証実験結果】

- ① 実験開始から現在まで(18ヶ月)、商用電源喪失状態での遠隔自重閉鎖の操作について所定の機能を確認。気温の変化、降雨・降雪の影響、通信障害などは生じていない。
- ② 小型電源装置(UPS)に機能を損なう劣化は発生していない。
- ③ 自重閉鎖には影響しないが遠隔操作端末とゲートウェイ間はLTE回線を利用しているため、数秒のタイムラグの発生を確認。



#### 改造施設：電動ラック式水門（扉体2m×3m）

自重閉鎖機能付き  
電動ラック式開閉装置

機側操作盤（LPWA）



4年次の到達点 小型水門の遠隔自重閉鎖技術は実証実験済み  
(中大型水門でも仕組みは同じ)

5年次

大更新時代に備え、  
水門自重閉鎖に係る技術基準類を策定



## 技術目標 2 電源喪失時における水門自重閉鎖

サブテーマ3：危機管理型水門管理システムの開発

評価項目  
A②③④⑤B③④⑤

44

### ②大型水門の左右同調制御技術の開発

#### 【大型水門（2M2D）重量級扉体の左右同調制御の開発】

- 扉体面積50m<sup>2</sup>以上の大型水門で開閉装置がワイヤロープウィンチ式水門は、扉体降下時に左右がズレて片吊り状態となれば自力開閉不能
- 電源喪失時に遠隔操作で自重閉鎖を可能にするには、**左右同調制御技術が必須**

この課題解決のため **マッチングファンド**により**左右同調制御技術**を開発

加えて、小型水門で実証した、電源喪失時でも遠隔による自重閉鎖装置のトリガーを引く技術を活用し、**大型水門の自重閉鎖システムを構築**

今後迎える**設備の大更新時代**には、**既存水門の改築**に併せて、**電源喪失時の遠隔による自重閉鎖機能を付加**することが必要。

さらに、既存水門の改築には**設備配置などの制約を乗り越える**ことが必要。そのため、実在の大型水門3型式(2M2D, 1M1D, 1M2D)を対象に、

**模型実験の検証**を踏まえ、配置も考慮した**改造試設計を実施**

4年次の到達点

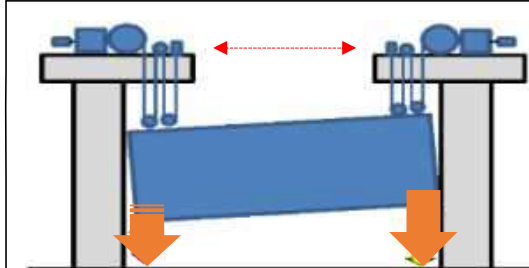
5年次

大更新時代に備え、

**水門自重閉鎖に係る技術基準類を策定**



2M2D方式の大型水門例



#### 左右同調制御機構

(左右の降下速度を電氣的・機械的に同調させる技術)

マッチングファンドで技術開発  
(模型実験で実証済み)

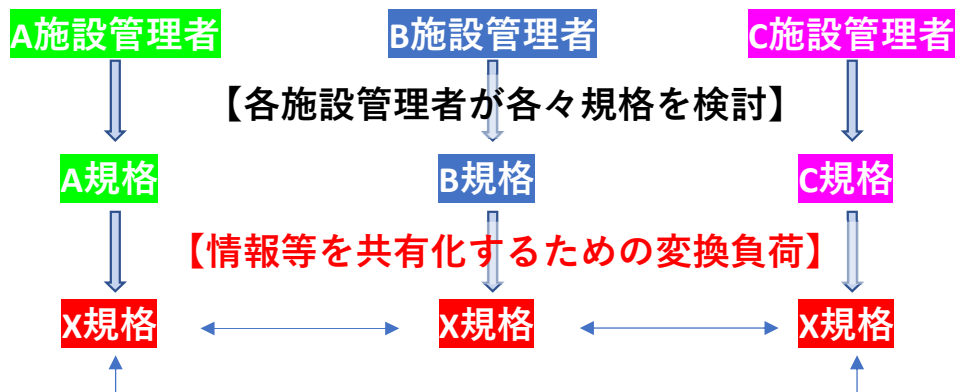
# 技術基準・ガイドライン等の策定による社会実装

## 技術の2本柱を前提に、技術基準類(予算措置の根拠)を策定することで社会実装が加速

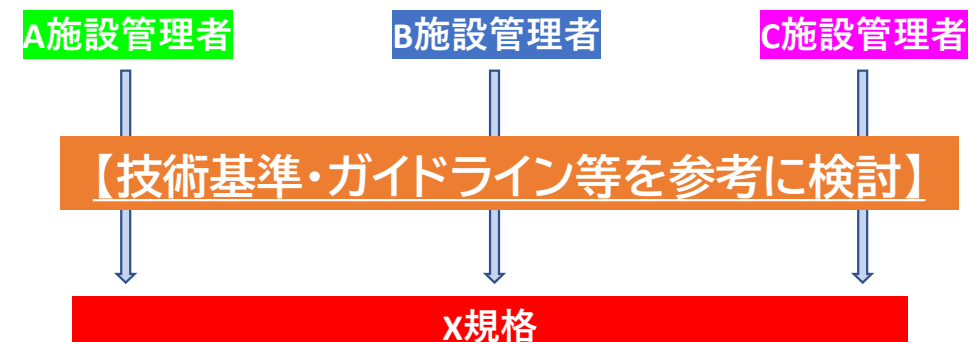
- 技術基準・ガイドライン等は、施設等が所要の機能を発揮するために必要な事項等を示したものであり、施設管理者等が施設等の整備にあたって指針とするもの。
- 施設管理者等は、技術基準・ガイドライン等を参考にして適正な機能が確保された施設等を整備。
- 最新の知見・技術を技術基準・ガイドライン等に記載することにより、施設管理者が各々、その信頼性等の確認を行うことなく採用することが可能となり、最新技術等の実装のハードルが下がり全国展開が促進。
- 標準的な規格等が統一化されることによりLPWA通信による一元監視や水門の自重降下が円滑かつ効率的に実現可能。

### 例：通信規格

#### 標準的な規格が示されていない場合



#### 標準的な規格が示されている場合



社会実装が加速

# 技術基準・ガイドライン等の策定による社会実装

## SIP「危機管理型水門管理システム」の導入のよりどころとなる技術基準類を改定・策定

- 普及を促進するための国のガイドラインの改定 に向けた関係省庁への働きかけ
- 国のガイドラインを補完するガイドライン類の策定・改定と公表

### ①LPWA一元監視システムに係る技術基準類の策定

『津波高潮対策における水門陸閘等管理システムガイドライン』

※海岸関係省庁が連携して統一策定しているガイドライン

『衛星LPWAシステム技術仕様書（仮称）』

5年次策定予定



改定案策定・提示

### ②水門自重閉鎖に係る技術基準類の策定

2021/10/13

関係省庁連絡調整会議

4年次(R3)

5年次(R4)

令和5年度以降（ポストSIP）

「（仮称）水門自重閉鎖システム導入のための改造設計ガイドライン」の策定

水門自重閉鎖システム導入のための技術基準等の改定箇所の検討・抽出

改定案の作成

※発注者(=施設管理者)と協議を進める予定。

大型水門改築  
への適用※  
(パイロット事業)

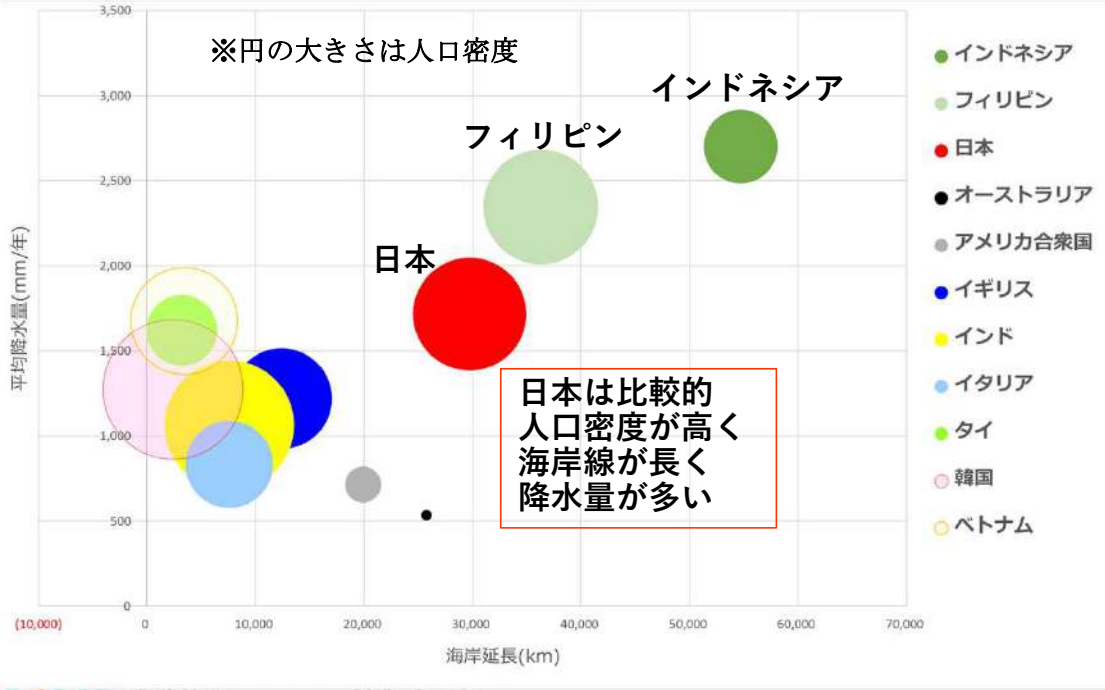
技術基準類の改定

- ・「ダム・堰施設技術基準(案)」(国土交通省)
- ・「水門・樋門ゲート設計要領(案)」(ダム・堰協会)

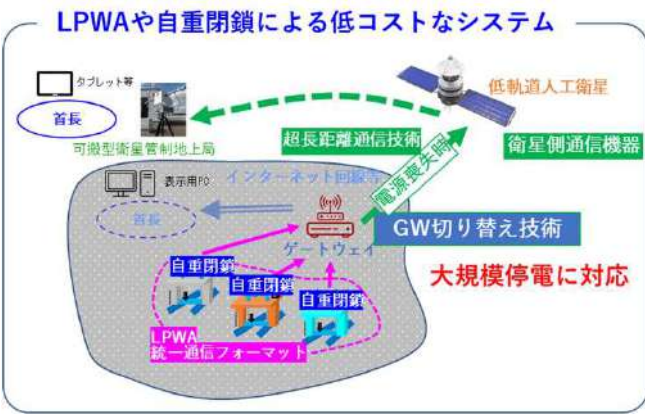


# 危機管理型水門管理システム開発：国際競争力

- 商用電源喪失・交通途絶という極限的状況下においてスーパー台風による被害軽減を実現するために、停電していても水門の自重により閉鎖することができ、地域の全ての水門の開閉情報を自治体首長等防災対策の意思決定者が把握できることを実現。
- 同様の目的のシステムは他国には比較ができる導入事例がない。特に水門の自重閉鎖については、海外には見られない技術である。
- 日本は先進国の中で比較的人口密度の高い国であるが、海岸線が長く（世界6位）降水量も多いという国土の特長がある。（下のグラフでは、横軸に海岸線延長、縦軸に平均降水量をとり、円の大きさを人口密度を表した。）
- 資産の集中度合いが高く、海岸線が長いという特性から、日本では、高潮・洪水被害の防除施設である水門・陸閘の果たす役割が大変重要であり、このような技術のニーズが高く開発が進んでいるが、これは現時点では日本が唯一である。
- 今後、特性の似た新興国（インドネシア、フィリピンなど）への技術展開が期待される。



|    | 国名       | 海岸線(km) |
|----|----------|---------|
| 1  | カナダ      | 202,080 |
| 2  | ノルウェー    | 83,281  |
| 3  | インドネシア   | 54,716  |
| 4  | ロシア      | 37,653  |
| 5  | フィリピン    | 36,289  |
| 6  | 日本       | 29,751  |
| 7  | オーストラリア  | 25,760  |
| 8  | アメリカ合衆国  | 19,924  |
| 9  | ニュージーランド | 15,134  |
| 10 | ギリシャ     | 14,880  |



- LPWAを使った衛星通信ネットワークのコンセプトは先進的であり、防災分野を中心に他用途・多国家での共有利用が想定可能である。
- ポストSIPに向けて防災ISOへの規格提案策定中。

# 危機管理型水門管理システム：運営主体

サブテーマ3：危機管理型水門管理システムの開発

評価項目  
A③④⑤B②③⑥

48

SIP期間内

規制・制度  
改革等

## ガイドライン・技術基準等の改訂・策定

【初期整備】 管理者毎の所管施設の一元監視を実装

→水門等の管理の効率化

【基本整備】 異なる管理者の公共施設で一元監視を実装

→避難指示等の避難情報の適時的確な発令

【拡大整備】 民間施設も含めて地域の一元監視を実装

→水門等からの氾濫の防止

いずれの実装方法から実施するかは地域の理解等の状況に応じて選択

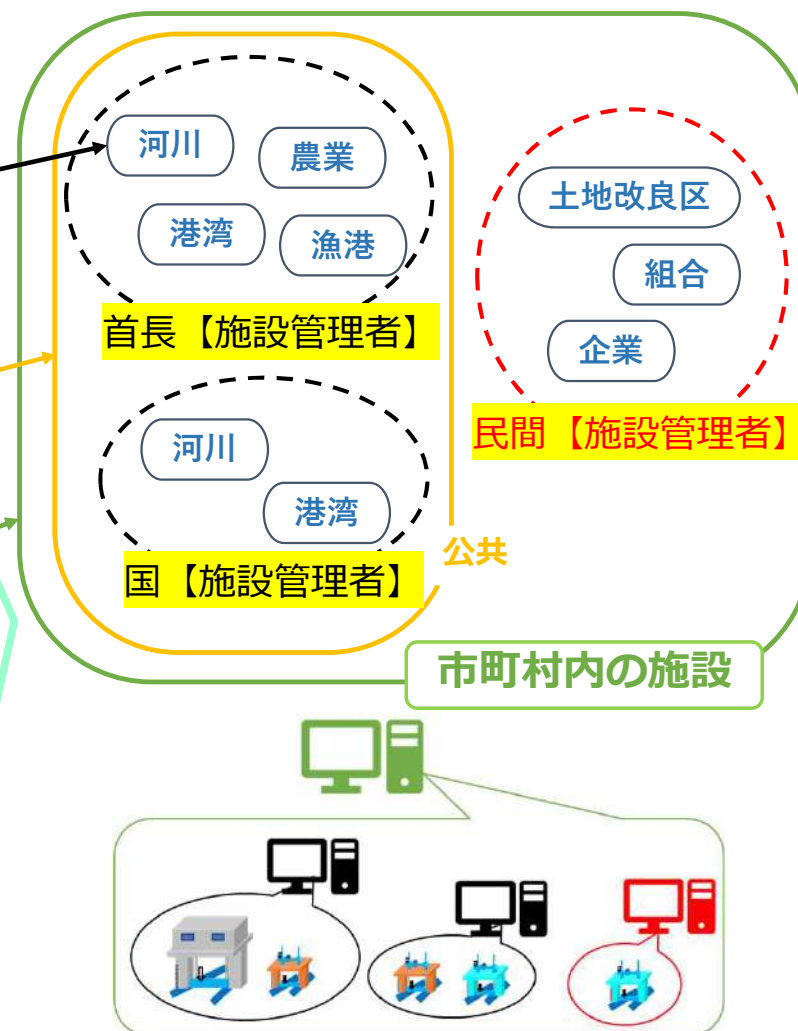
全国約5万8千門※への展開を目指す

※許可工作物を除く、海岸保全施設3万、河川管理施設2万8千の合計概数

予算・事業化・実用化

SIP後

## 市町村長【防災管理者】による一元監視



※情報フォーマットが統一されているため、異なる管理者の情報を簡単に一元監視可能

# テーマVI スーパー台風被害予測システムの開発の全体像

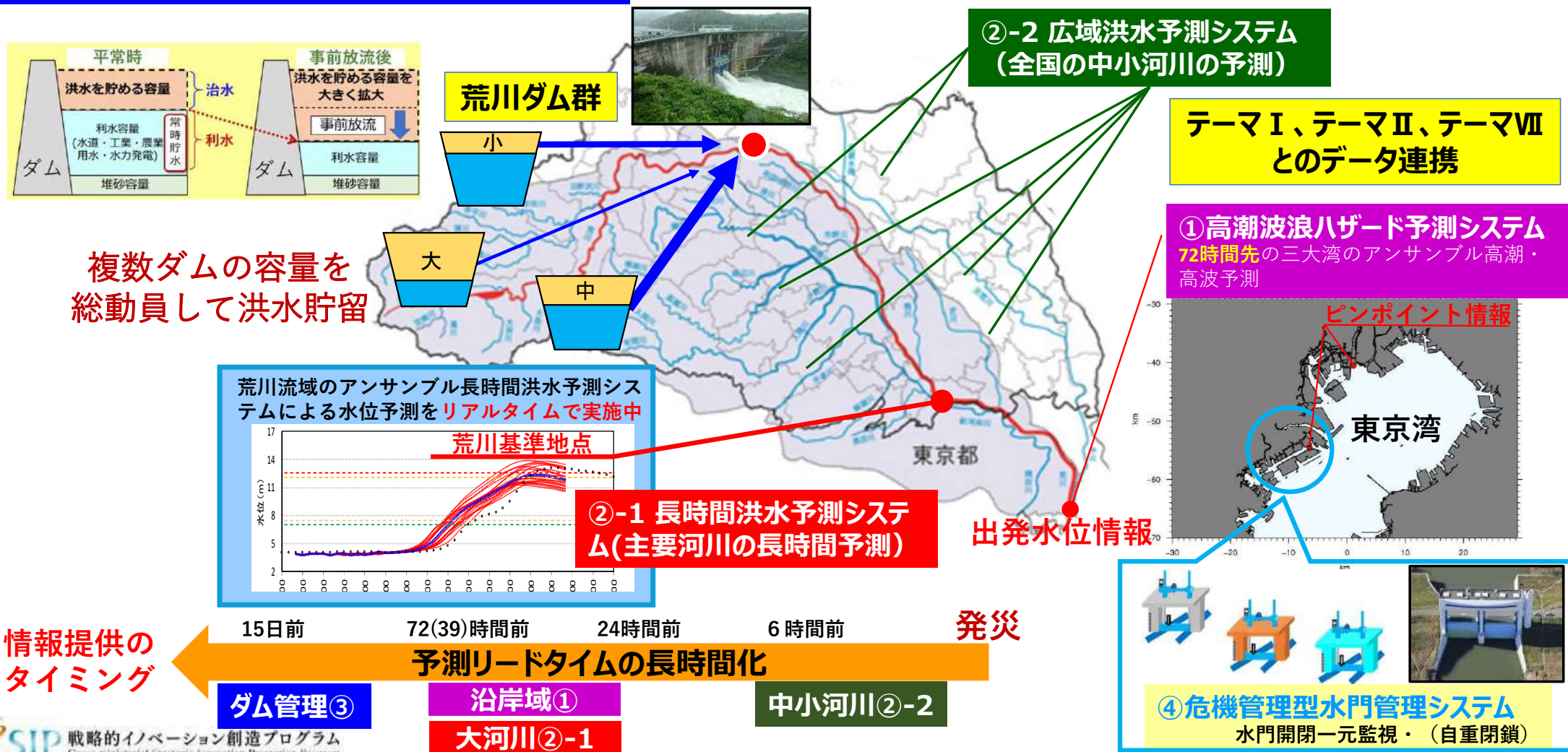
評価項目  
A③④⑤B②③⑥

49

## ③統合ダム防災支援システム

■ダム群最適放流操作を実現（事前放流、連携操作）

## 荒川水系連携イメージ





## テーマⅥにおけるマッチングファンド実績多数

### sub1

- 川崎市など協力機関との共同研究・実証実験（図上訓練）

### sub2

- 水資源機構が自己資金で発注し、アンサンブル降雨予測技術を全ダムに適用
- アンサンブル降雨予測システムに係る千葉県, 中国電力等他機関からの投資

### sub3

- 豊国工業による水門自重降下技術開発

| 視点                 | 主なレビューコメント                                                                                                                                                                      | 対応方針                                                                                                                                                                             |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| システム全体像            | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 氾濫予測図の出力は現状すべて手動であり、ポストSIPでもどのように運用するか不明。</li> <li>・ ハードウェア及びソフトウェア構成，別途，整理表があると良い。</li> </ul>                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ テストサイトを通じた1日4回配信の試行運用を開始している。sub1①とsub1②のデータ連携についても引き続きデータフォーマットを確定し、氾濫計算結果の自動での図化までのシステムを構築中。</li> <li>・ 整理表を作成予定(4年次対応予定)。</li> </ul> |
| システムの機能/性能         | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 要求条件として，どのような情報をどのように提供するか、最終目標の精度の数値とあわせて整理が必要ではないか。</li> </ul>                                                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ アンサンブル予測による確率情報の特徴も踏まえ、最終目標の精度、逐次情報提供の内容については、ユーザーニーズも十分に踏まえた上で実用的な要件を設定する必要があると考えている。（意思決定の粒度と予測情報の確度の観点から実証実験先と検討中）</li> </ul>        |
| 各機能の入出力/アルゴリズム     | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 予測データの質、制約条件や使用条件について、データフォーマットを定義して、同時に提供すると出力結果を利用者が評価しやすい。</li> </ul>                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ データ種類と量、sub1①とsub1②間のデータフォーマットおよびデータ量について、トレースバック可能なメタ情報付与も含めて現在設計中(4年次対応予定)。</li> </ul>                                                |
| 各機能の検証/機能改善・拡張性の提案 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ これは予測システムであるため，出力結果（予測値）と実測値との間のギャップについての定量的な評価が必要であると考えています。</li> <li>・ 各システムの出力についても，結果の妥当性を確認するための定量的な方法を明確に記述するとよいでしょう。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 予測値と実測値の精度検証については，アンサンブル予測による確率情報と見逃しゼロ（観測値以上のメンバー有無と数）の観点から実台風を対象にデータを蓄積中であり，検証成果を有識者によって評価していただく予定である。</li> </ul>                     |

# システムレビューへの対応方針：テーマⅥ, sub 2, 長時間洪水予測システム

52

| 視点            | 主なレビューコメント                                                        | 対応方針                                                                                                                                                                         |
|---------------|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| システム全体像       | ・データフォーマットが明確ではないため、提供先での利用が可能かどうか不明。                             | ・現行は独自フォーマットでの運用。ただし、エクセルでグラフに加工しやすいフォーマットでの提供仕様を今後検討。                                                                                                                       |
| 情報システムの機能     | ・予測情報を提供される側（ユーザ）あるいは利用用途からの定量的な要求条件が不明です                         | ・大都市圏での広域的な避難行動に必要なリードタイム（3日から5日）を満たす、水系全体での <b>72時間先の水位・流量を提供するもの</b> になります。                                                                                                |
| システムの機能の性能    | ・システムの詳細なハードウェア構成は十分か<br>・機能性能（時空間解像度）が十分かどうか                     | ・アンサンブルメンバーと同じ数程度のスレッド数を確保する。<br>・ <b>解像度については、避難の判断に用いられる水位観測所の間隔よりも細かく計算するように設定</b> されているため、より地域を絞った防災対策をとることが可能と考える。                                                      |
| 各機能の入出力       | ・テーマ内および他のテーマとのデータ連携は（高潮、テーマⅤ線状降水帯）                               | ・高潮との連携はポストSIP後に接続に入れるように、SIP期間内に協議していきたい。<br>・線状降水帯については、予測時間の違いから想定はしていなかったが、参考としてデータを受信することは可能。                                                                           |
| 各機能の出力の妥当性の確認 | ・観測値と計算値を比較することだが、この比較したときの具体的な数値目標があるとよい                         | ・観測値がアンサンブルメンバー内に収まっていることが、まず再現性の評価になるが、さらに平均二乗誤差等の指標でその妥当性を検証することは可能。また、アンサンブルの特性である確率分布がどのような挙動を示すかについても精査していきたい。                                                          |
| 各機能の検証        | アンサンブルメンバーの増加や対象水系の追加において必要なサーバ、ストレージ、回線の増強について定量的な見積りを事前に行っておくべき | ・現行での荒川流域でのシステムでのスペックを参照に、 <b>1水系追加ごとに176GB、22スレッド、1TB程度の増強</b> が見込まれる。また、アンサンブルメンバーが1つ増えるたびに、8GB/1スレッドの増強が必要。ただし、流域の大きさによっては変動する可能性あり。また、回線についても、既存システムを参照に最低でも1Gbpsの帯域が必要。 |