



テーマVI スーパー台風被害予測システムの開発

令和5年3月1日（水）

テーマVI 研究責任者
立川 康人

SIP第2期開始時の状況・課題と研究開発の動機

2

研究開発の動機

- 適切な事前行動（避難、治水施設の操作）をできるだけ早く開始することが「逃げ遅れゼロ」、「社会経済被害最小化」の実現に欠かせない。そのためには高潮・高波、洪水の長時間予測情報が有効である。
- そこで、①気象予測の不確実性を考慮した高潮・高波、洪水のアンサンブル長時間予測情報の生成技術、②それを用いる治水施設の最大利用技術を新たに獲得することを研究開発のコアとした。

SIP第2期開始前の状況

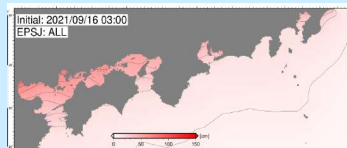
Before: 高潮・高波ハザード予測

（社会的課題）

- 伊勢湾台風を上回るような台風の発生が懸念される。それに対する高潮・高波のピンポイント予測情報がなかった。
- 高潮・高波が海岸堤防を越えることを予測する情報がなかった。

（技術的課題）

- 見逃しを侵さないためのアンサンブル予測は存在しなかった。
- 沿岸部の浸水を引き起こす越波量の予測情報はなかった。



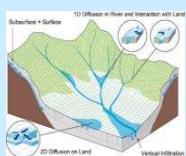
Before: 洪水ハザード予測

（社会的課題）

- 24時間以上前の洪水予測がないと、江東5区のような広域避難は実現できない。
- 中小河川での被害が頻発しているが、そこでの予測情報がない。

（技術的課題）

- 水位・流量予測のリードタイムは高々6時間程度しかなかった。
- 見逃しを侵さないためのアンサンブル予測は存在しなかった。



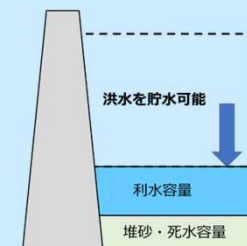
Before: ダム管理

（社会的課題）

- 既存ダムによる治水能力の最大利用が期待されていた。
- 治水能力の最大利用に加えて発電能力の最大利用もカーボンニュートラルを実現するために欠かせない。

（技術的課題）

- ダム流域の雨量やダム流入量の予測は高々3日であった。
- 操作の判断に利用する雨量やダム流入量の確率情報がなかった。
- ダム管理への予測情報の利用は限定的であった。



Before: 水門管理

（社会的課題）

- 管理者の異なる非常に多数の水門の開閉状況を誰も知らない。
- 人的操作による水門操作では大型台風時に操作できない可能性が高い。

（技術的課題）

- 水門を一元監視するインフラ（ソフト、ハードとも）がなかった。
- 水門を自重閉鎖する技術がなかった。



スーパー台風被害予測システムの開発の5年間の取り組み

3

Before

- 大雨・洪水・高潮の警報/注意報
- 6時間先の直轄河川の洪水予測
- 高潮・高波予測は無し

- 予測のリードタイムは6時間
- 時空間の解像度・粗

- ダム
6時間先/ダム直下流に対する施設操作
- 水門
最悪事態へ未対応(一部の水門を除き)

- 空振り・見逃しのリスク
- 施設能力の限定的利用

After

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

意思決定者

ダム・水門の施設管理者

意思決定事項

ダム・水門の適切な防災操作

治水施設の最大利用技術の開発

統合ダム防災支援システム

危機管理型水門管理システム

意思決定者

市町村長・住民・企業

意思決定事項

適切な避難判断の意思決定

SIP第2期開始時の「ハザード予測技術」の達成目標

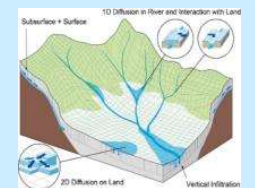
コア技術

- 長時間予測と見逃しゼロ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の開発
- 長時間予測と見逃しゼロを実現するアンサンブル洪水予測システムの開発
- 広域を同時かつ詳細に予測する**150m高分解能**の全国河川洪水予測システム



SIP第2期開始時の予測技術の達成目標

- 120時間先**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



リードタイム確保、見逃しゼロ

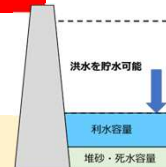
SIP第2期開始時の「治水施設利用技術」の達成目標

長時間のアンサンブル予測情報を用いた「治水能力」の拡大

- ダム貯水池の事前放流の拡大による治水容量の増大とダム群の最適統合操作
- 治水能力の拡大と合わせた水力発電能力の拡大
- 高潮-洪水-ダム連携システムによる治水能力の拡大

電源喪失時にも機能する水門「危機管理能力」の向上

- 長距離LPWA通信を用いた水門開閉状況の一元監視技術の確立
- 水門の無動遠隔自重降下技術の確立



逃げ遅れゼロ、社会経済被害最小の実現

高潮・高波ハザード予測システムの開発による 長時間アンサンブル高潮・高波予測の実現

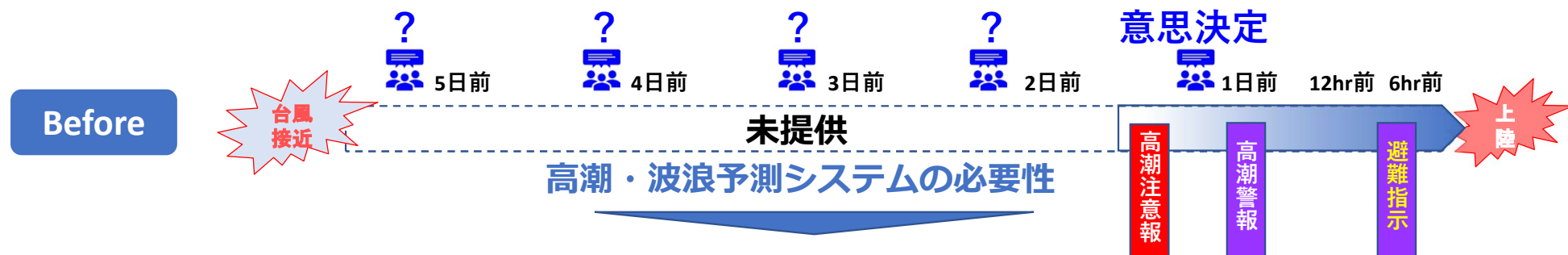
5年間の研究成果

SIP第2期開始時の状況・課題と達成目標

SIP第2期開始時の状況・課題

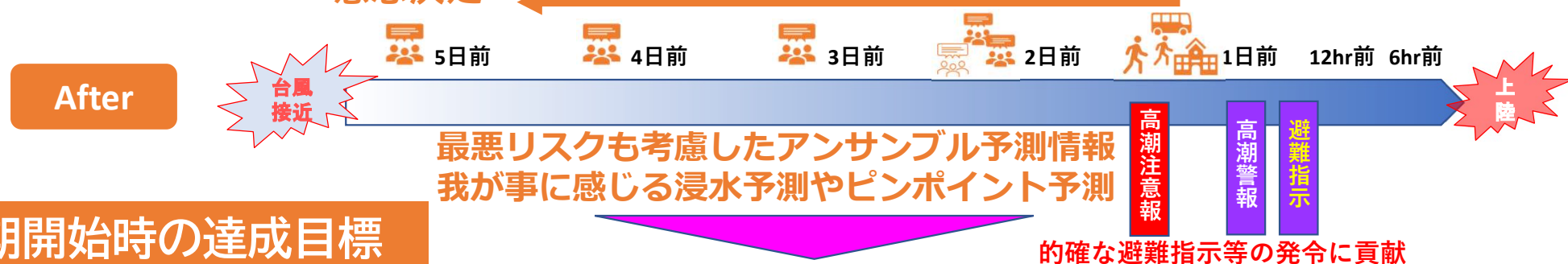
初年次

伊勢湾台風を上回るような台風の発生が懸念される。それに対する高潮・高波のピンポイント予測情報がない。また、高潮・高波が海岸堤防を越えることを予測する情報が存在しない。



適切な事前行動をできるだけ早く開始（リードタイムの確保）することが「逃げ遅れゼロ」、「社会経済被害最小化」の実現に欠かせない。そのためには高潮・高波の長時間予測情報が必要

意思決定 ← リードタイムの確保 的確な避難所開設等の事前防災行動に貢献



5年次

SIP第2期開始時の達成目標

アンサンブル予報・時空間内挿・
データ同化技術の導入

7 2 時間先予測・6 時間毎更新の
予測情報の提供

高分解能（最小3.3m格子）の浸水予測と計算
の高速化

ピンポイントの長時間アンサンブル高潮・高波ハザード予測システムの開発

【令和4年台風4号,8号,11号,14号,18号に対し、リアルタイム高潮予測試行を実施】

台風経路予測

最適内挿法によるデータ同化技術の実装

ピンポイント予測地点

荒川水系を対象とした
データ連携の取組

ピンポイント予測地点を任意に設定可能

予報円よりも決め細やかなルート予測

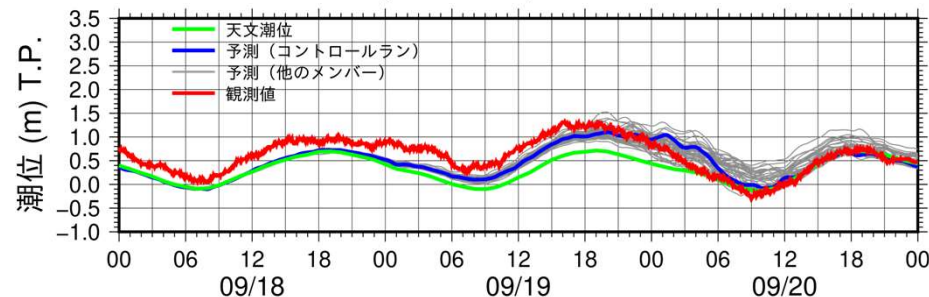
気象警報の発表可能性を確率表示

ピンポイント時系列

予測初期時刻：2022/09/17 21:00 [EPSJ]

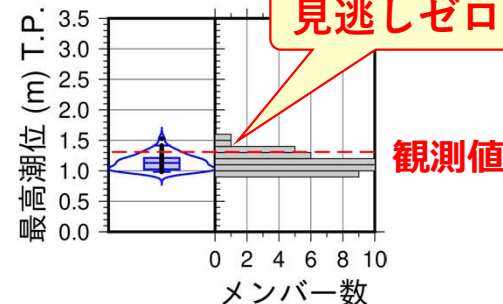
2022年台風第14号 (T2022-14)

大阪（簡易計算）



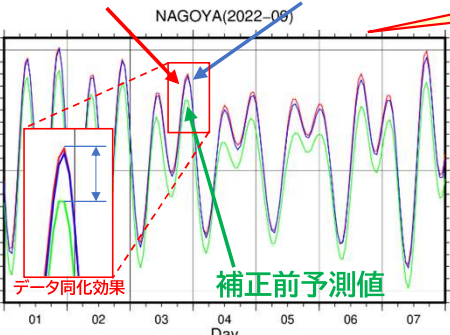
高潮注意報(1.5m): 1/51
観測最大 (1.31m): 6/51

見逃しゼロ



※予測値に観測値を追記している。

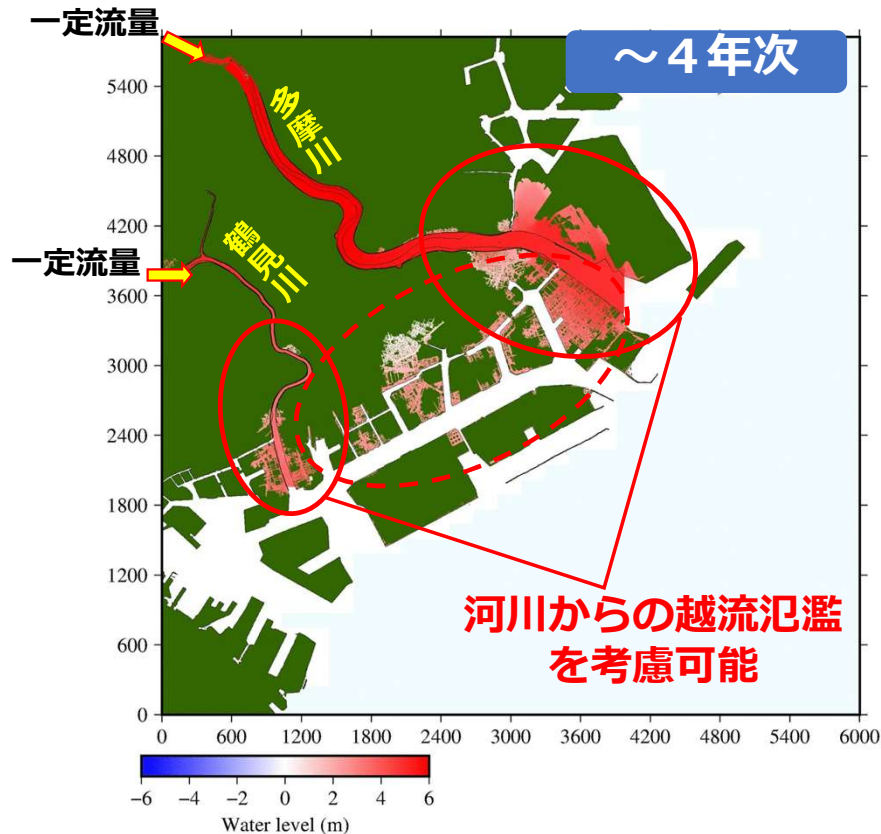
観測値相当 補正後予測値



赤色線: コントロールラン
黒色線: その他のメンバー
緑色線: 実際の経路

施設条件の設定機能を実装

- 港湾防潮扉の開閉条件と河川堤防の破堤条件の設定機能を追加
- 技術的にはリアルタイム予測に防潮扉の開閉条件を考慮可能



高潮河川遡上有り

防潮扉の開閉・河川堤防の破堤条件

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

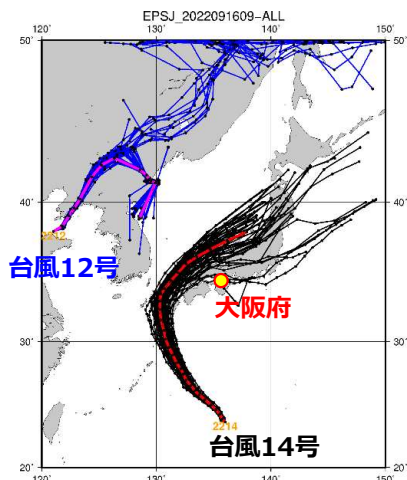
令和4年台風14号に対する活用場面

連休前の予測情報を参考とした職員の体制構築等、新たな活用ニーズ

大阪府の事例



台風経路予測

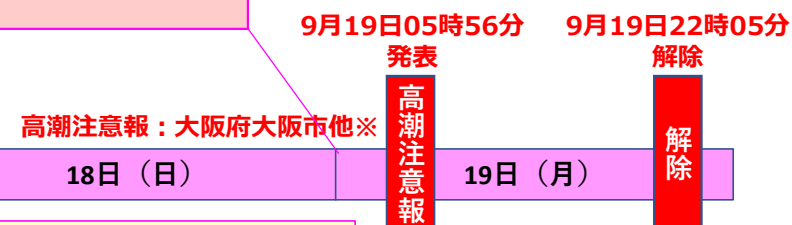


複数の台風を同時計算

赤色線：コントロールラン
黒色線：その他のメンバー

5日先予測の確認

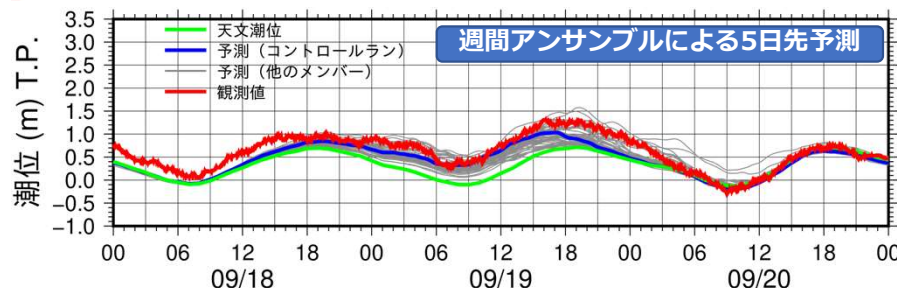
16日9時(EPSJ)の予測情報（確率情報）により高潮注意報の発表可能性を確認



高潮注意報発表を前提とした体制構築

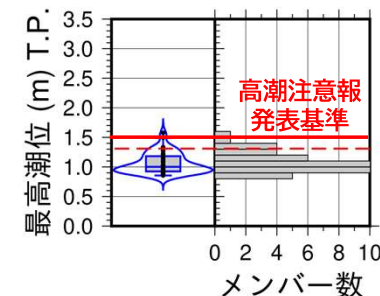
予測初期時刻：2022/09/16 09:00 [EPSJ]

2022年台風第14号 (T2022-14) 大阪（簡易計算）



高潮注意報の発表可能性

高潮注意報(1.5m): 1/51
観測最大(1.31m): 6/51

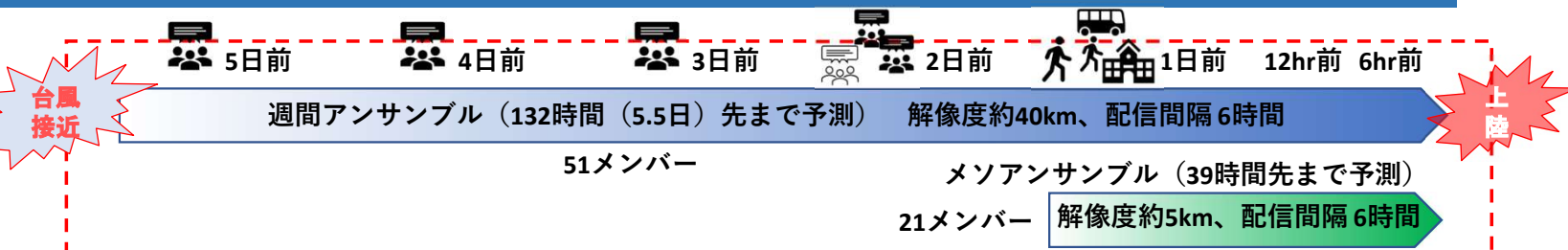


※気象庁による高潮注意報は、注意報基準を超過すると予測した場合や実況が注意報基準を超えた場合に発表

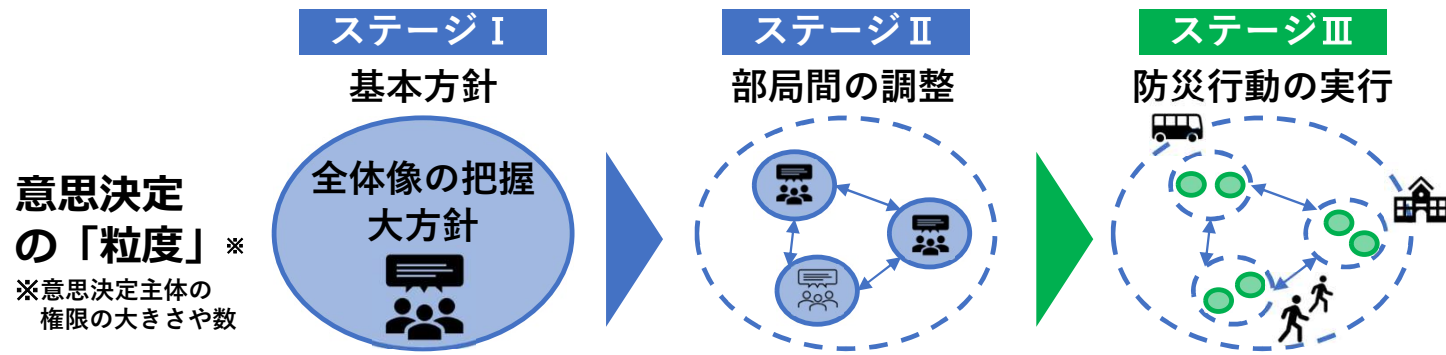
社会実装の展開：SIP予測情報の活用リテラシー（予測情報の確度に応じた意思決定の粒度）

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

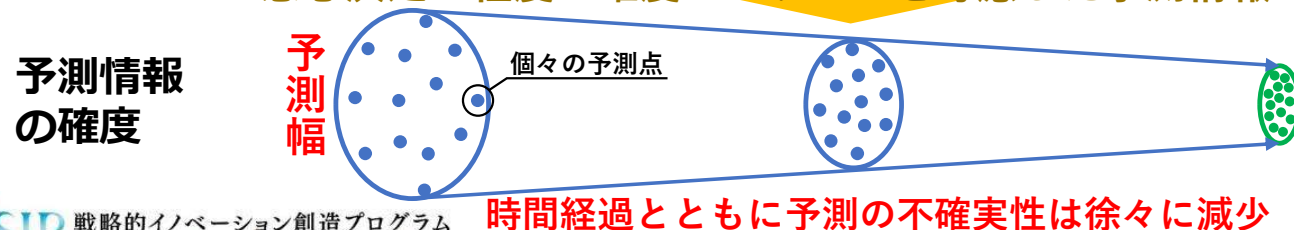
活用リテラシー向上の継続的な取組



- 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）



【利用者の評価】

- （危機管理部局）アンサンブル予測の解釈は今後の課題であるが、各ステージへの活用が期待できる。
- （港湾管理者）防潮扉閉鎖オペレーションへの活用として非常に期待できる。
- （河川管理者）河道内の高潮水位予測の提供があると良い。また、河川洪水予測とのデータ連携にも期待する。

【継続的な取組】

- 利用者の評価も踏まえた上で、情報提供者と情報活用者の双方向コミュニケーションの継続により、アンサンブル予測情報の具体的な活用方法と実装に向けた取組を強化する必要がある。

河川・ダムの長時間洪水予測・防災支援システムの開発 5年間の研究成果

SIP第2期開始時の状況・課題と達成目標

11

新たな社会実装

- 洪水予測の範囲(領域・時間)の拡大
- 長時間予測によるダム管理の高度化

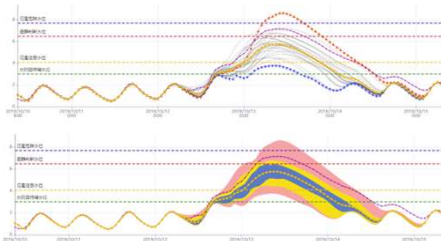
③統合ダム防災支援システムダム群最適放流操作(事前放流、連携操作)

①長時間洪水予測システム(主要河川の長時間予測)

②広域洪水予測システム(全国の中小河川の予測)

予測領域の拡大と高空間分解能化

広域洪水予測システム



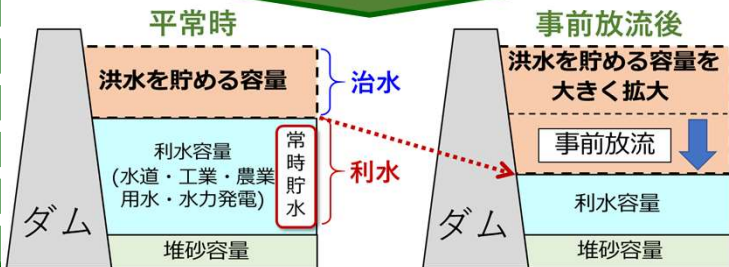
荒川での長時間アンサンブル水位予測(岩淵水門(上))

荒川での長時間洪水予測システム(アンサンブル水位予測)

- 全国を150mの空間解像度で覆い、降雨流出から洪水氾濫までをRRIモデルで一体的に解析する洪水予測モデルを構築
- これまで流量・水位の予測情報のなかった中小河川の6時間先水位予測をリアルタイムで実施
- RRIモデルを荒川の1次元不定流モデルに接続し、本川での120時間先までの長時間アンサンブル水位予測を実施

予測リードタイムの長時間化

長時間予測による事前放流の強化とダムの治水容量の増大化



4

統合ダム防災支援システムダム最適操作

長時間洪水予測システム流域全体の水位予測

流域全体の水位予測に基づくダム治水効果の最大化

広域洪水予測システム流域・支川からの合流予測

高潮・高波ハザード予測システム下流部の潮位影響予測

ダム～河道～高潮連携システム



2019年台風19号での洪水予測結果

河川の長時間／広域洪水予測システムの開発による 長時間／高分解能洪水予測の実現

長時間/広域洪水予測システム開発

13

(技術目標)

① スーパー台風に備えた大河川における長時間洪水予測システム構築

コア技術：RRIモデル、アンサンブル降雨予測を活用した、**水系・流域が一体**となった長時間洪水予測技術（予測時間：6時間→39時間→120時間、流域での氾濫を予測）

② 全国の中小河川での広域洪水予測システム構築

コア技術：全国水文地形データ+RRIモデルで、**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（これまで水位予測情報なし→全河川・任意地点で6時間先までの水位・流量予測が可能）、全国14地域に分けて並列計算

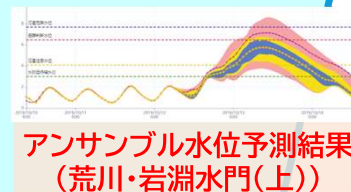
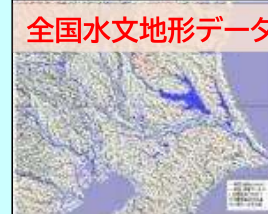
(コア技術)

● RRIモデルの高精度化と幅広い活用（Rainfall-Runoff-Inundation Model:降雨の流出から洪水氾濫までを流域全体で一体的に解析）

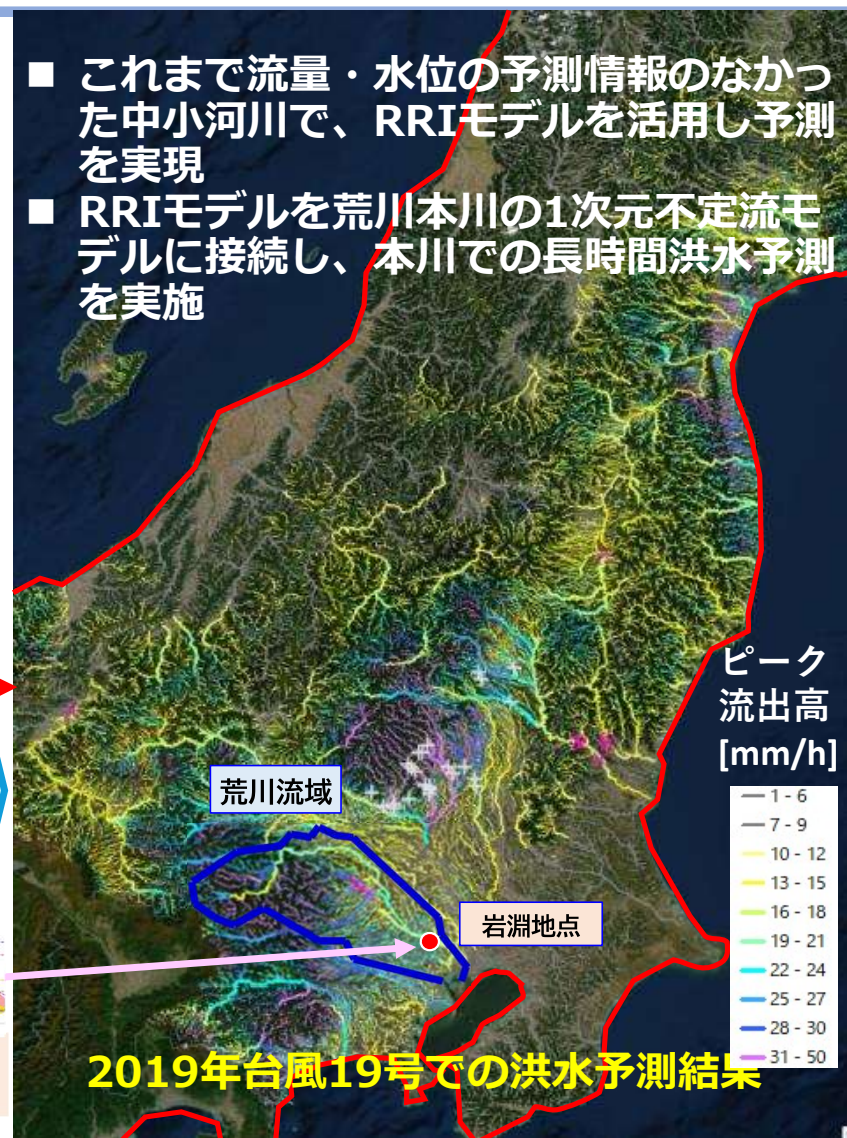
- 全国水文地形データの活用、パラメータの地域統合化等により精度を継続的に向上
- 観測・断面情報の存在しない河川でも流量・水位予測が可能であり、全国約20,000河川で洪水予測システムのプロトタイプを開発
- RRIモデルを本川の1次元不定流モデルに接続し、流域での氾濫と本川の水位予測を一体的に解析

● アンサンブル降雨予測を活用した長時間水位予測

- 降雨予測は不確実性を伴うため、予測に影響を与える様々な要因を考慮して複数の予測計算を行い、各々の計算結果を将来起こりえる降雨予測のメンバーとする
- 降雨予測のメンバー全てを使って水位予測を行うことで、予測水位の不確実性を複数メンバーにより幅を持って把握が可能



- これまで流量・水位の予測情報のなかった中小河川で、RRIモデルを活用し予測を実現
- RRIモデルを荒川本川の1次元不定流モデルに接続し、本川での長時間洪水予測を実施



ピーク
流出高
[mm/h]

1 - 6
7 - 9
10 - 12
13 - 15
16 - 18
19 - 21
22 - 24
25 - 27
28 - 30
31 - 50

2019年台風19号での洪水予測結果

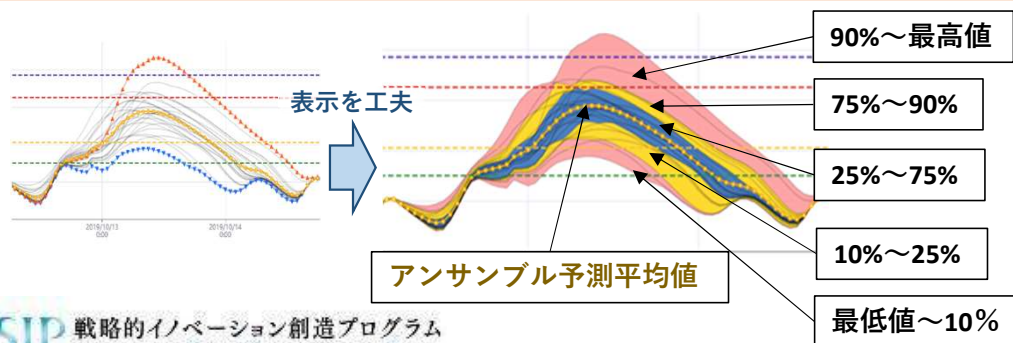
長時間洪水予測システムの開発

長時間アンサンブル洪水予測技術の開発

コア技術：アンサンブル降雨予測を活用した長時間水位予測

(長時間水位予測について)

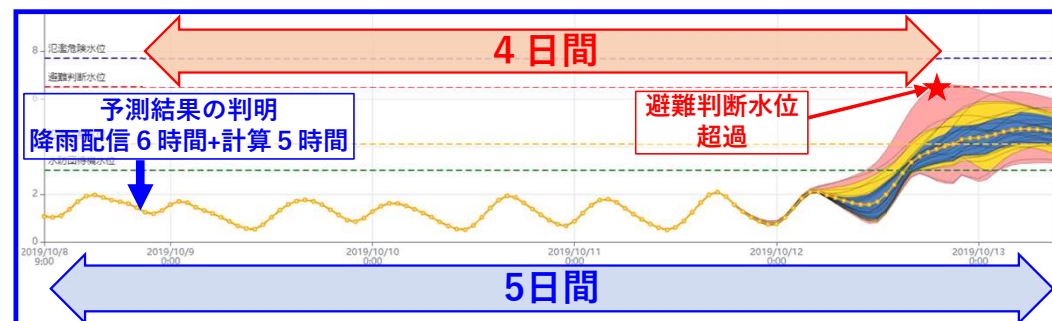
- 広域避難等には時間がかかるため、**長時間先**でリスクに直結する**河川の水位予測が必要**
- 長時間水位予測は、長時間降雨予測をもとに算出
- 降雨の予測時間が長くなると**予測の不確実性**が増大
- 単一予測は理解しやすい一方で、見逃しの可能性も増大
- **アンサンブル降雨予測**を活用することにより**見逃しの可能性を低減**(2種類のアンサンブル降雨予測を活用し精度向上)
5日先(120時間先)まで GEPS(全球アンサンブル)51メンバー
39時間先まで MEPS(メソアンサンブル)21メンバー
- 時間とともに変化する**アンサンブル洪水予測の不確実性**や可能性を防災担当者が**認識しやすい**よう表示を工夫
- 予測結果の最大・最小やばらつきを**色分けして表示**



<研究成果> 大河川でリアルタイム長時間アンサンブル水位予測システムを構築し、アンサンブル予測の実務への適用性を確認。**計算時間やシステムに必要な機器のスペックを把握**

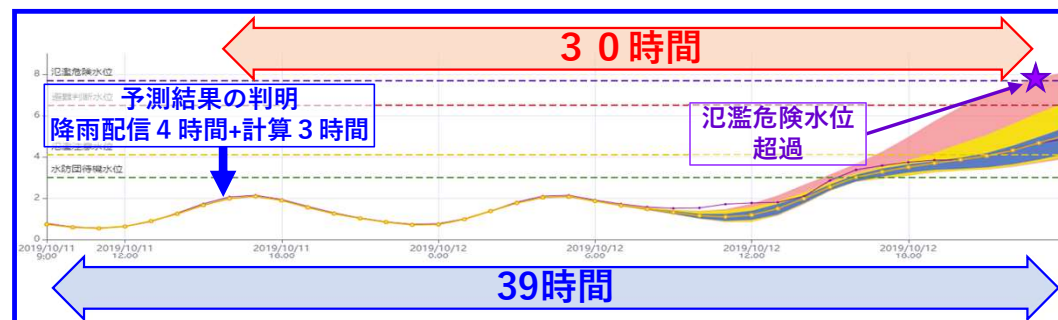
● 5日先までの水位予測(GEPS)

- **4日以上前に大洪水の可能性を予測**
→ **体制の準備**や注意監視開始には**十分な時間**



● 39時間先までの水位予測 (MEPS)

- **30時間前に氾濫危険水位超過の可能性を予測**
→ 具体の**避難情報提供**や**防災活動**には**十分な時間**

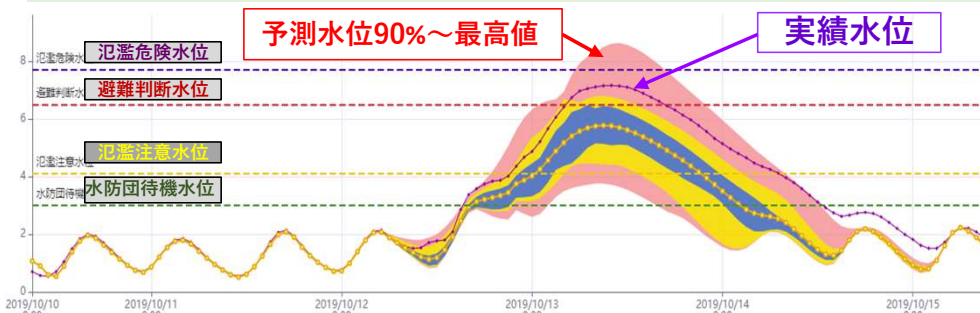


社会実装の活用事例：荒川流域でのアンサンブル長時間水位予測の提供

長時間アンサンブル洪水予測技術の開発 コア技術：長時間アンサンブル水位予測の活用

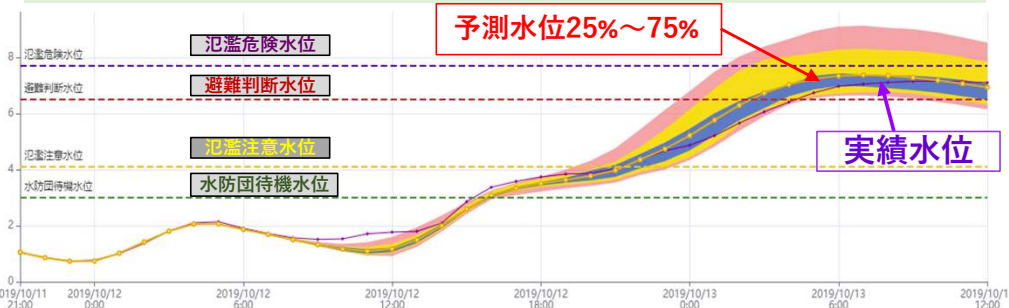
<2019年台風19号での検証>

GEPSによる5日先までの水位予測と実績水位（岩淵水門(上)）
・アンサンブル水位予測結果に幅があるが、**実績水位は予測範囲内**



<2019年台風19号での検証>

MEPSによる39時間先までの水位予測と実績水位（岩淵水門(上)）
・水位予測の中央の50%幅(青色)が狭くなり、**実績水位とほぼ一致**



<研究成果>

過去の洪水で長時間アンサンブル水位予測を実施し、アンサンブル水位予測の有用性を確認するとともに、**視認性の高いアンサンブル予測の表示方法を検証し、実用可能性を提示**

（荒川における2種類の長時間洪水予測を関係者に配信）

- 5日先までのGEPSによる予測：体制準備への適用を検討
- 39時間先までのMEPSによる予測：避難情報提供に向けた検討

洪水時のタイムラインとアンサンブル情報

GEPSによる5日前（120時間前）からの情報提供

より解像度の高い情報へ

MEPSによる39時間前からの情報提供



（期待される波及効果）

これまで長時間にわたる予報は、台風の進路と降雨の予報のみであったが、大河川での長時間水位予測によって、**どのような洪水リスクが生じるのか、より具体的な情報が入手**できるようになり、**洪水対応に活かすことが可能**

広域洪水予測システムの開発

リアルタイム広域予測システム（プロトタイプ）の運用

リアルタイム浸水予測の実現に向けた開発研究

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

<Before> 従来の洪水予測は流量と水位を対象

<研究> 降雨流出+洪水氾濫の一体的な予測

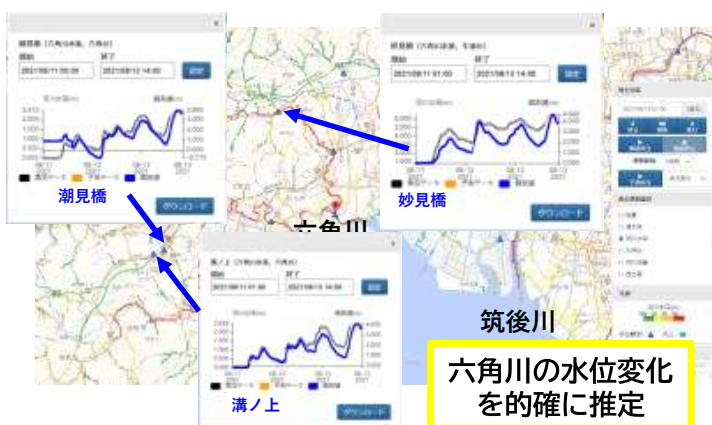
<After> 中小河川沿いなどのリアルタイム浸水予測の実現（兵庫県・京都府などで実用化に向けた開発研究が進展）

システムからの洪水予測情報は、IDR4Mシステムにリアルタイム配信しており、今後、市町村の避難判断を支援することで、防災・減災につなげる

<研究成果> 2020年球磨川洪水、2021年六角川洪水などで検証を行うとともに、2020年台風10号襲来時には広域俯瞰のアンサンブル予測を国土交通省に情報提供

【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
河川流量・水位に加えて、浸水深の空間分布を推定

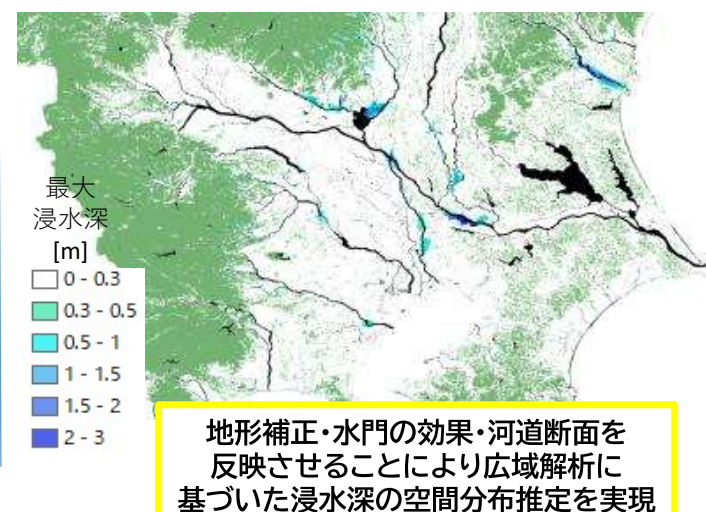
広域洪水予測システムによるリアルタイム現況計算と予測（水深）2021年8月14日（土曜日）7時：六角川



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）



2019年台風19号時の解析雨量を入力した
広域洪水予測システムによる浸水深分布の推定結果



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）

広域洪水予測システムを活用した拠点医療施設の防災タイムライン策定支援 (④リアルタイムの広域洪水予測システム開発)

中小河川を含めた任意の河道地点で水位変化を予測する特徴を活かした防災タイムラインの策定支援

2020年7月豪雨の被災と緊急対応



広域洪水予測システムを活用したタイムラインの策定

HMC 水害ステージ	ステージ1 対策準備	ステージ2 対策開始	ステージ3 仮本部設置	ステージ4-1 対策本部立上げ	ステージ4-2 最終確認	ステージ5 応急対応	ステージ6 復旧	ステージ7 本復旧
【目安】気象庁警戒レベル	警戒レベル1	警戒レベル2	警戒レベル3	警戒レベル4		警戒レベル5	警戒レベル4→0へ	
トリガー項目	早期注意情報 (警戒級の可能性) 洪水注意報 発令	球磨川水位 1.5m超過 かつ 2〜3時間内に 合計50mmを 越える雨が予測	球磨川水位 2.0m超過 かつ RRIの水位予測が 上昇の見込み	球磨川水位 3.0m超過 かつ RRIの水位予測が 上昇の見込み	氾濫発生情報 発令		順次解除	
【目安】その他 気象・防災情報		(人吉市) 高齢者等避難	(人吉市) 避難指示	大雨特別警戒発令		球磨川人吉観測所 水位4.07mを超過 (計画高水位) 緊急安全確保	水位低下	
リードタイム 目安		▼-12時間	▼-6時間	▼-4時間	▼-2時間	▼0	▼+1〜2時間	

<研究成果>

- 水害ステージの判断に、球磨川観測水位と広域洪水予測システムの水位予測（人吉地点の水位上昇）を活用
- 拠点医療施設の水害対策BCP構築に大きく貢献

実践的な訓練



2022年5月6日
第1回防災訓練
タイムラインに沿った行動



2022年10月16日
第2回防災訓練
デジタル化の推進



人吉医療センター（熊本県・地域医療病院）、清水建設と京都大学防災研究所（角教授・佐山准教授）によるSIP成果を応用した共同研究（2021年度より）

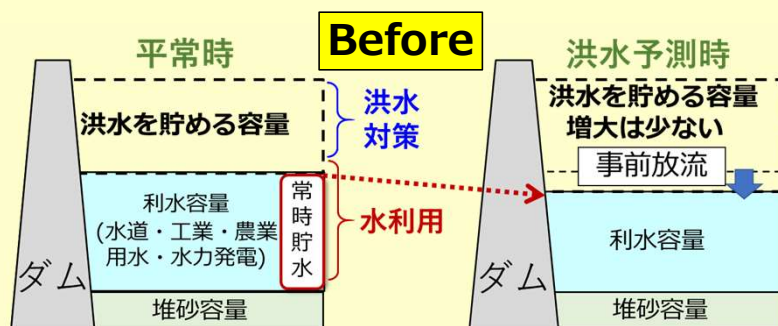
統合ダム防災支援システムの開発 による治水能力拡大

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



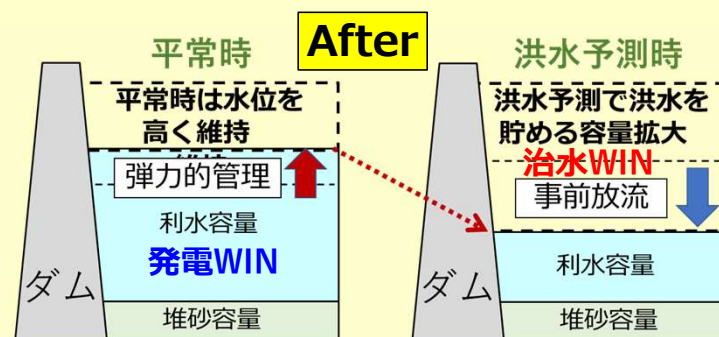
SIP技術



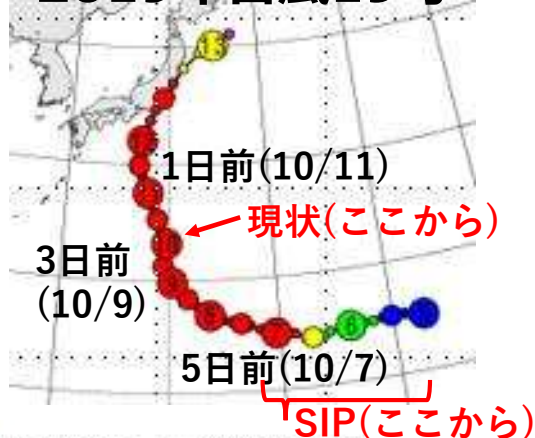
ECMWF(51メンバー・15日先)活用

SIP

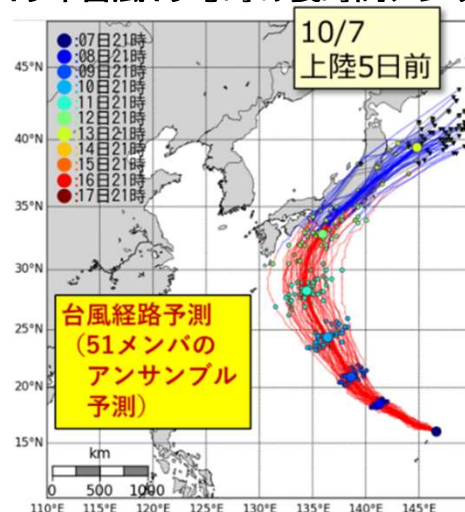
数日～1週間程度前からの事前放流を実現し、**洪水貯留機能の拡大(治水WIN)**と**水力発電増大(発電WIN)**を実現



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を用いた統合ダム防災支援システムの開発

After ① 早期の事前放流開始

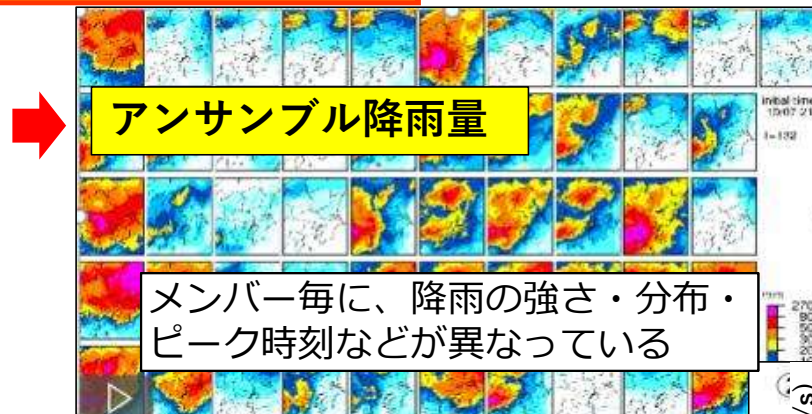
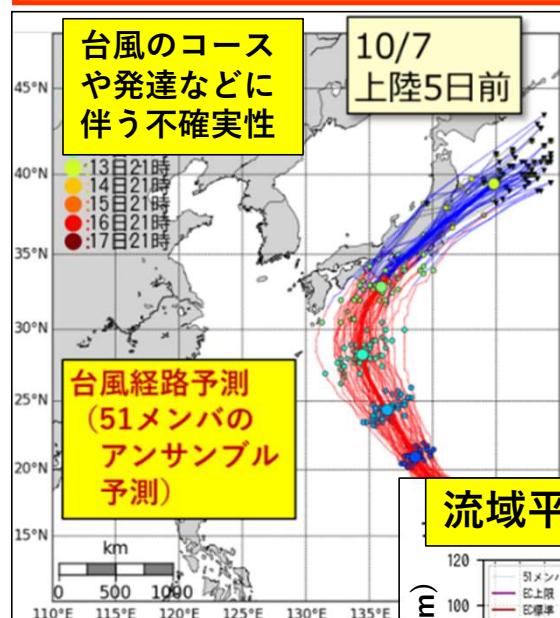
コア技術：アンサンブル気象予測を利用した長時間リードタイムの確保 (1-3日前 → 5-7日前)

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

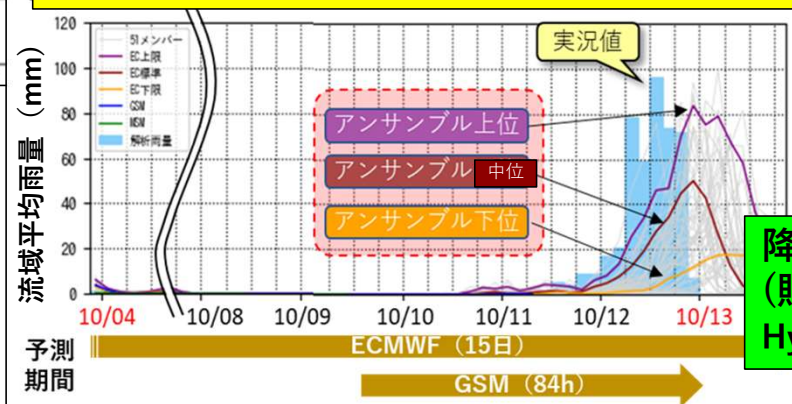
Before

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

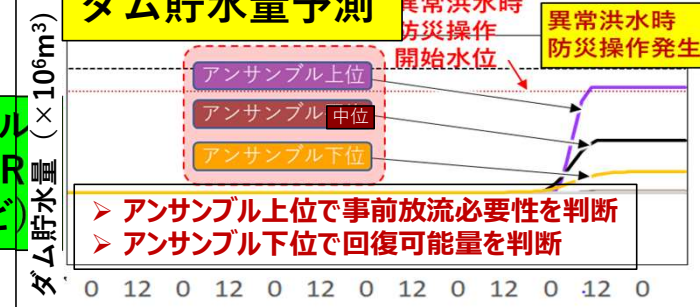


流域平均のアンサンブル降雨量を算出



ダム流入量予測

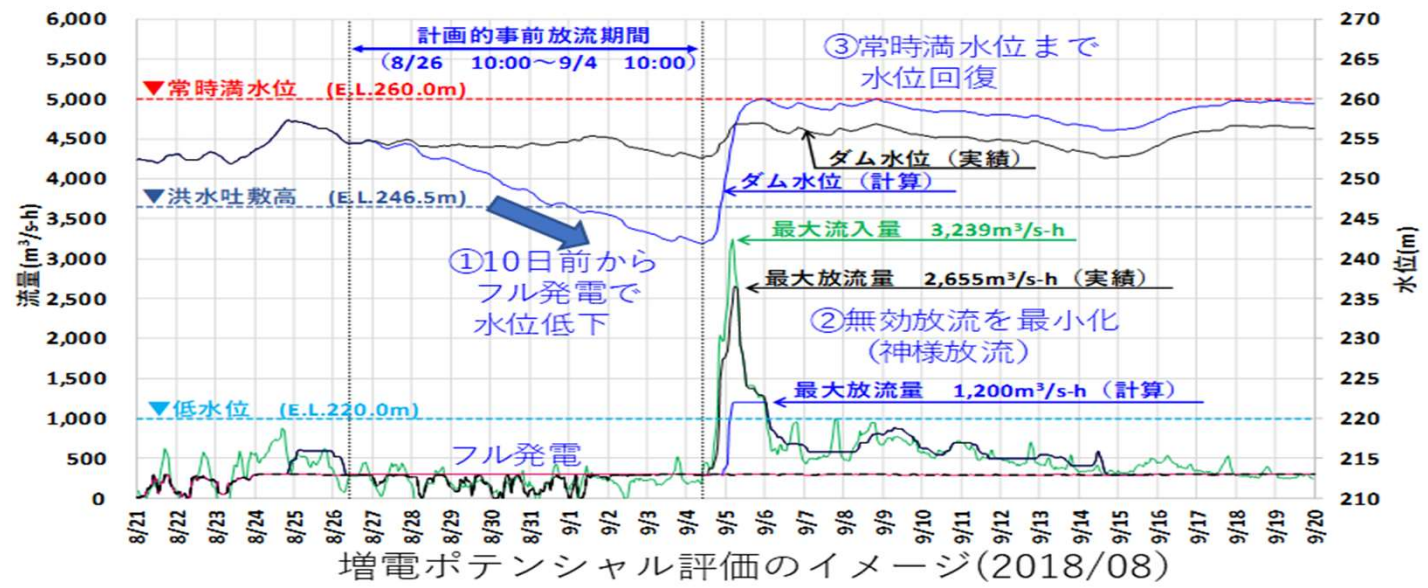
ダム貯水量予測



令和元年台風
19号の事例

降雨-流出モデル
(貯留関数法, RR
Hydro-BEAMなど)

社会実装の活用事例：佐久間ダム(電源開発)の事前放流による洪水調節効果と増電量



＜研究成果＞ 大規模発電ダムを、洪水発生10日程度前から発電をフルに使うことで水位低下することにより

- ⇒ 洪水ピーク流量のカット率が増大 (平均で約18% → 約59%)
- ⇒ 発電されない無効放流が減少し、平均27GWhの増電効果

No.	年/月	最大流入量	増電量	最大放流量・ピークカット率			
				実績	計算 (神様放流)		
1	2017/10	2,060m³/s	+26.1GWh	1,956m³/s	5%	941m³/s	54%
2	2018/06	2,900m³/s	+43.5GWh	2,880m³/s	1%	1,976m³/s	32%
3	2018/08	3,239m³/s	+27.0GWh	2,655m³/s	18%	1,200m³/s	63%
4	2019/06	1,756m³/s	+36.3GWh	999m³/s	43%	334m³/s	81%
5	2019/10	1,415m³/s	±0.0GWh	1,080m³/s	24%	300m³/s	79%
6	2020/06	3,384m³/s	+18.4GWh	3,268m³/s	3%	1,618m³/s	52%
7	2020/10	1,417m³/s	+0.0GWh	954m³/s	33%	300m³/s	79%
8	2021/05	2,731m³/s	+43.2GWh	2,200m³/s	19%	1,099m³/s	60%
9	2021/07	1,617m³/s	+39.8GWh	1,394m³/s	14%	660m³/s	59%
10	2021/08	2,941m³/s	+34.9GWh	2,413m³/s	18%	2,159m³/s	27%

社会実装の活用事例：長時間アンサンブル予測を導入したダム

予測という概念のなかったダムの世界にアンサンブルという概念を持ち込み、最大値、最小値などの統計量を用いてダム操作を革新し、治水と発電上のメリット双方に寄与する運用高度化の道を開いた。

黒部川水系(2) 黒部ダム, 出し平ダム

淀川水系(8) 高山ダム, 青蓮寺ダム, 比奈知ダム, 室生ダム, 布目ダム, 川上ダム, 日吉ダム, 一庫ダム

高梁川水系(3) 新成羽川ダム, 黒鳥ダム, 河本ダム

周布川水系(1) 長見ダム

阿武川水系(1) 佐々並川ダム

吉野川水系(5) 早明浦ダム, 富郷ダム, 新宮ダム, 柳瀬ダム, 池田ダム

筑後川水系(6) 寺内ダム, 大山ダム, 江川ダム, 小石原川ダム, 松原ダム, 下笠ダム

耳川水系(3) 上椎葉ダム, 山須原ダム, 大内原ダム

緑川水系(1) 緑川ダム

その他:ガス会社 (1)
鉄道会社 (2)
県(水門管理) (1)



● SIP関連 (治水(多目的) ダム)	● 商用サービス (治水(多目的) ダム)
● SIP関連 (利水ダム)	● 商用サービス (利水ダム)

北上川水系(5) 四十四田ダム, 御所ダム, 田瀬ダム, 湯田ダム, 胆沢ダム

利根川水系(5) 下久保ダム, 矢木沢ダム, 草木ダム, 奈良俣ダム, 南摩ダム

荒川水系(4) 滝沢ダム, 浦山ダム, 二瀬ダム, 合角ダム

千葉県(2) 亀山ダム, 高滝ダム

多摩川水系(1) 小河内ダム

大井川水系(4) 赤石ダム, 畑薙第一ダム, 井川ダム, 長島ダム

天竜川水系(5) 美和ダム, 小渋ダム, 佐久間ダム, 新豊根ダム, 水窪ダム

豊川水系(3) 宇連ダム, 大島ダム, 設楽ダム

矢作川水系(2) 矢作ダム, 羽布ダム

庄内川水系(1) 小里川ダム

木曽川水系(10) 味噌川ダム, 阿木川ダム, 岩屋ダム, 牧尾ダム, 三浦ダム, 丸山ダム, 高根第一ダム, 朝日ダム, 徳山ダム, 横山ダム

雲出川水系(1) 君ヶ野ダム

櫛田川水系(1) 蓮ダム

宮川水系(2) 三瀬谷ダム, 宮川ダム

新宮川水系(3) 池原ダム, 風屋ダム, 二津野ダム

和歌山県(1) 七川ダム

下線がSIP関連 それ以外は、商用サービス(日本気象協会) 青字は利水専用ダム

多目的ダム(水機構全ダムに導入済)国, 都道府県ダム, 電力ダムなど、全国50ダム以上に情報配信

統合ダム防災支援システムの国際展開

基本的な考え方

- 長時間アンサンブル予測のデータソースはECMWF（欧州中期予報センター）、全世界配信（ASEAN諸国含む）
- 台風予測に向いている（フィリピン、ベトナムなどが該当）

ダムの特徴

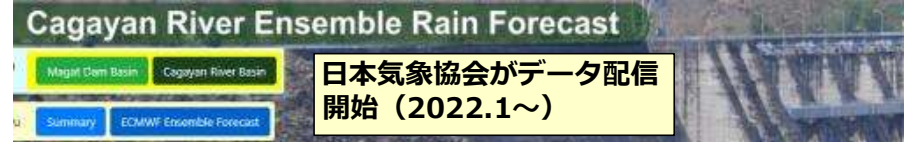
- ASEAN諸国のダムは、発電／農業ダムなど利水ダム中心
- インドネシアは、公共事業省傘下の多目的ダムあり
- ベトナムは、国が指定した重要ダムは治水操作も実施

これまでのSIPの国際展開

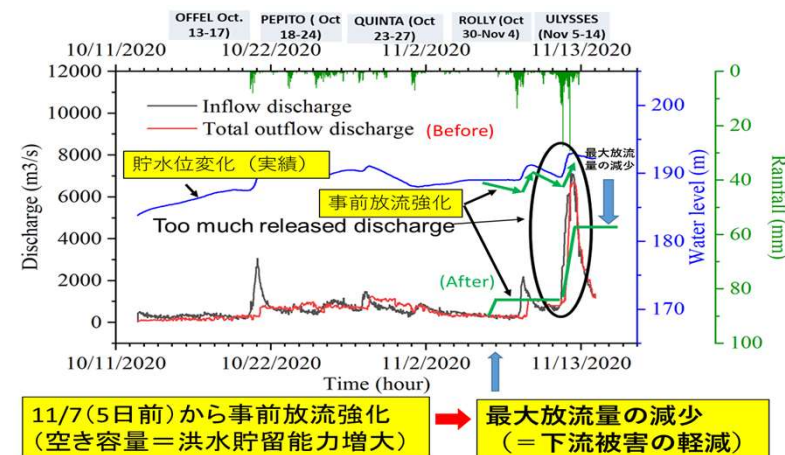
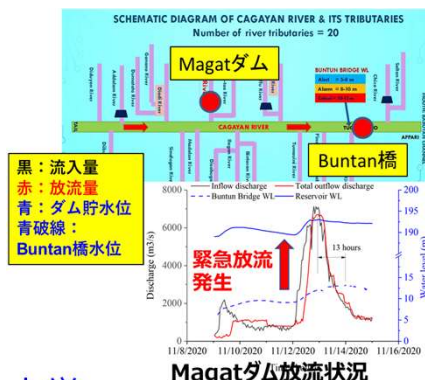
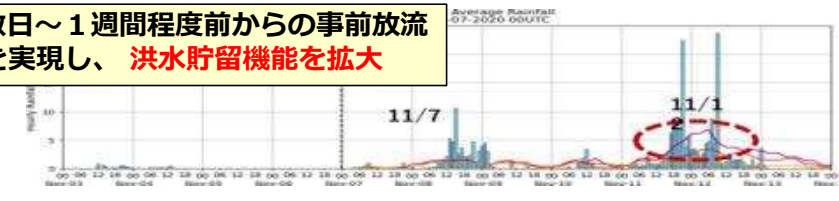
- JASTIP（京大ASEAN拠点）の連携課題で、フィリピン、ベトナムのダムを含む流域管理課題に着手
- 2020年台風Ulyssesを契機に、フィリピンのカガヤン川のダム操作の課題が顕在化
- DOST(フィリピン科技庁)の支援で、イザベラ州立大学が日本気象協会と契約し、長時間アンサンブルを整備
- 長時間アンサンブル降雨予測を用いた共同研究に着手し、台風Ulysses時の予測結果および活用可能性をレビュー
- フィリピンのダム管理者（NIA：農業公社）やイザベラ州立大学の研究者向けに研修会を行い、技術移転に貢献

今後の展開

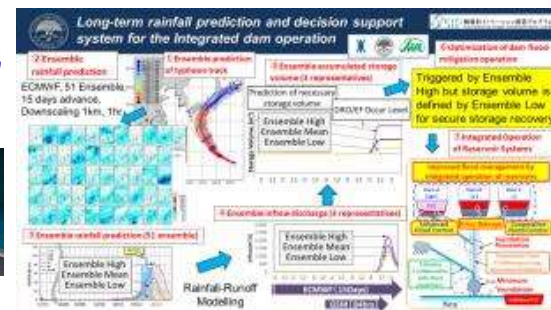
- アジア太平洋水サミットを受けた「熊本水イニシアティブ」で、ダムの高度運用への海外展開が明記
- SIP「長時間アンサンブル予測」を、フィリピン、ベトナムなどに展開
- 国際大ダム会議（ICOLD）などで、情報発信



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



国際大ダム会議 (ICOLD)



高潮予測、洪水予測、ダム統合管理システムの 連携による治水能力の拡大

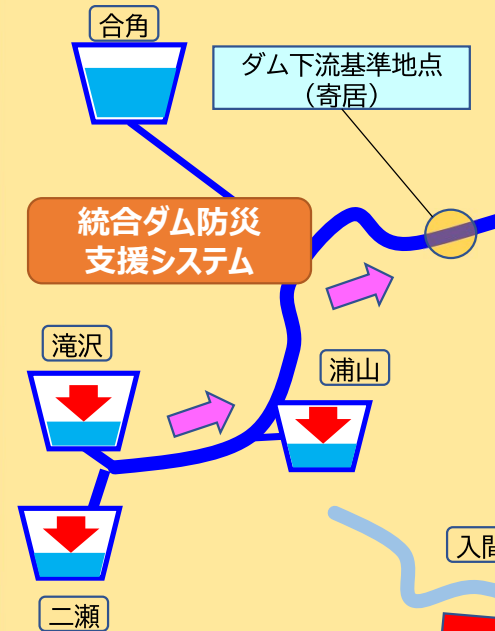
ダム群連携最適操作シミュレータの開発（荒川ダム総合管理所で試行運用中）

25

洪水前

洪水中

大雨に備えて各ダムで事前放流



降雨予測（不確実性）

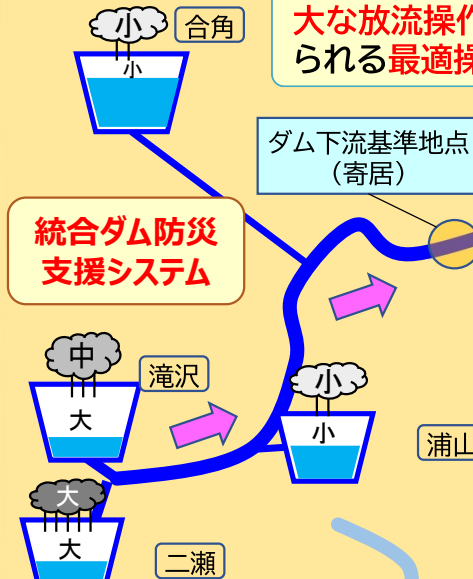
ダムの貯留の可能性（残容量）

ダムの容量を100%活用

ダムからの放流計画

複数ダムの容量を総動員して洪水貯留

統合ダム防災支援システム



大規模洪水時に、複数ダムの最後の危機管理操作が必要。膨大な放流操作の組合せの中から、複数の下流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

下流の氾濫を抑制

基準点の水位を予測

広域洪水予測システム

長時間洪水予測システム

下流の氾濫を抑制

基準点の水位を予測

ダム群最適操作による治水効果の拡大
コア技術：ダム群の危機管理操作の最適化
（アニーリング技術を用いた高速演算）

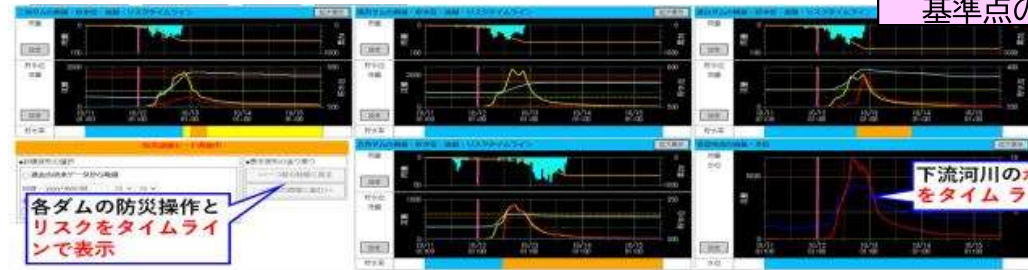
下流の氾濫を抑制

基準点の水位を予測

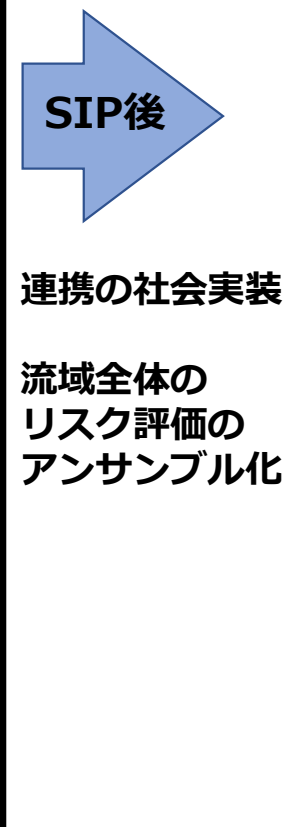
高潮予測システム

岩淵水門地点（江東5区）

河口



スーパー台風発生時



＜研究成果＞ システム連携により、流域全体を考慮したダム群の最適操作を提示するとともに、流域全体の洪水リスクを幅を持って示すことができた

ダム～河道～高潮連携システム構築（荒川）

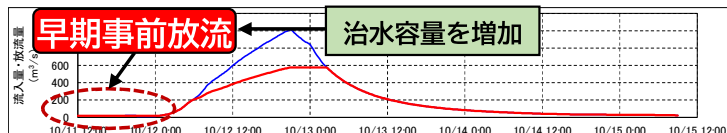
27

流入量
放流量

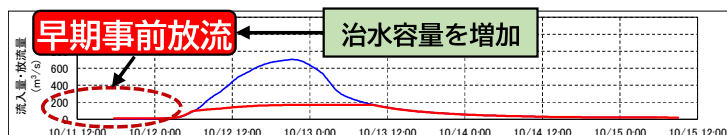
After 1 (R3)

早期事前放流

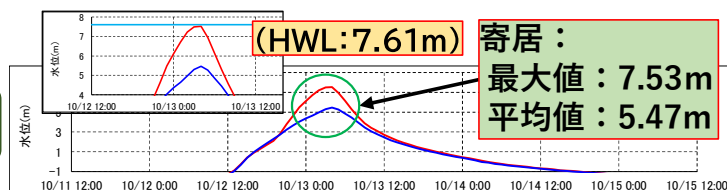
二瀬ダム



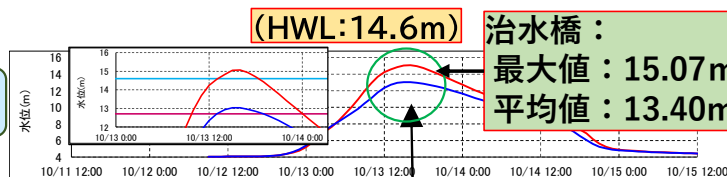
滝沢ダム



ダム下流基準
地点（寄居）



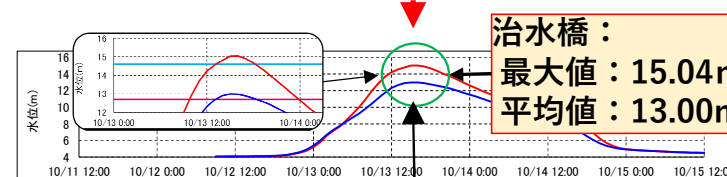
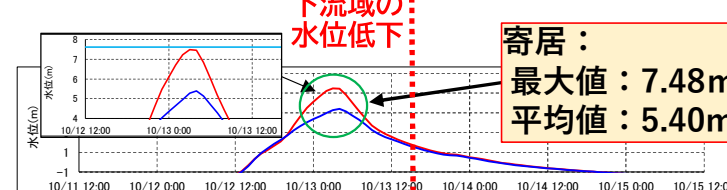
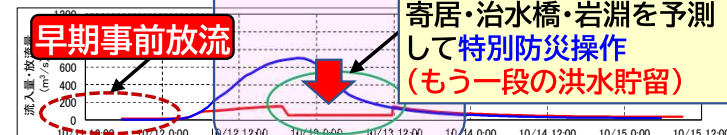
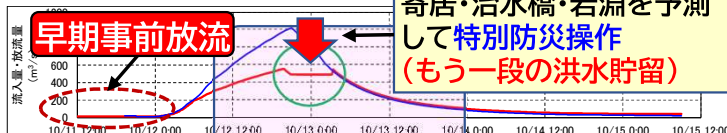
入間川合流後
（治水橋地点）



治水橋ピーク
10/13 16:00

After 2 (R4)

流域全体(複数地点)までを考慮
した最適ダム群操作



治水橋ピーク
10/13 16:00

連携システムによる成果

特別防災操作：
下流域の氾濫が予想される場合に、ダムの貯水容量の範囲内で、**もう一段の洪水貯留**を行うこと

2山洪水（前線＋台風や、台風＋台風）などでは、高潮予測との連携を含めて、その効力を発揮

流域全体を考慮した上流ダム群の最適操作（**特別防災操作**）により、荒川と入間川合流後を含めた氾濫リスクを低減

治水橋：
①最大値3cm低下
②平均値40cm低下

アンサンブル予測による成果

下流河道の水位上昇（リスク情報）の見逃しを防ぎ、治水効果を可視化！

危機管理型水門管理システムの開発 による治水能力の拡大

5年間の研究成果

SIP第2期開始時の状況・課題と達成目標

29

■スーパー台風襲来時に求められる**電源喪失・情報遮断**を想定した危機管理

悪条件下でも被害をゼロにする
優先的かつ効果的な対策の実施

目的1 水門等の**開閉情報を一元的に集約**することによる避難指示の的確な発令の実現

目的2 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

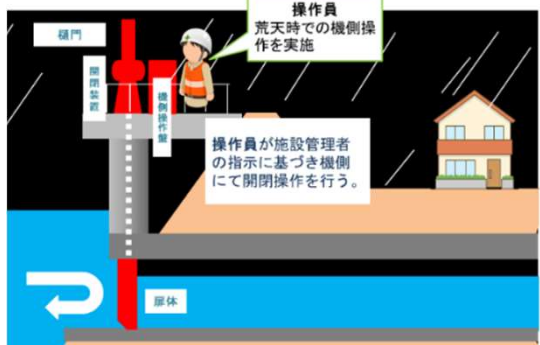
背景

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

◆行政機関・所管部署毎に個別に管理

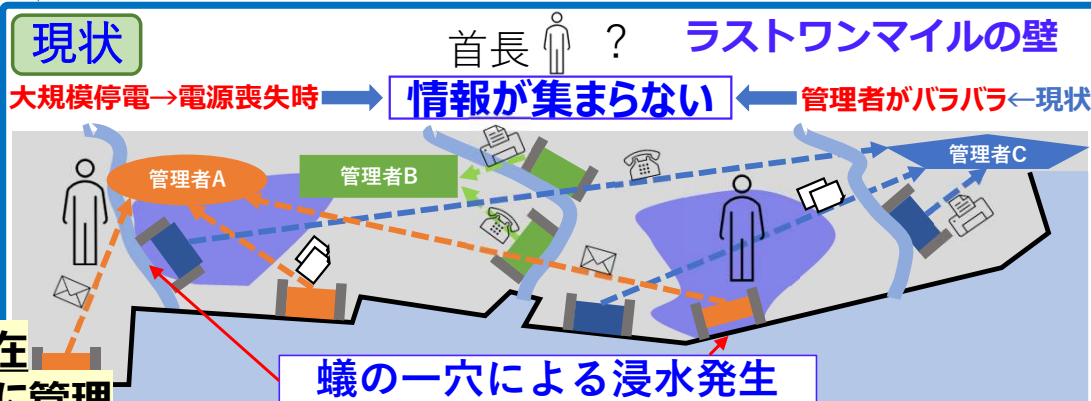


◆夜間・暴風雨時に現場での操作は危険

◆電源喪失時に遠隔から閉鎖できない

◆操作員の高齢化・担い手減少

現状

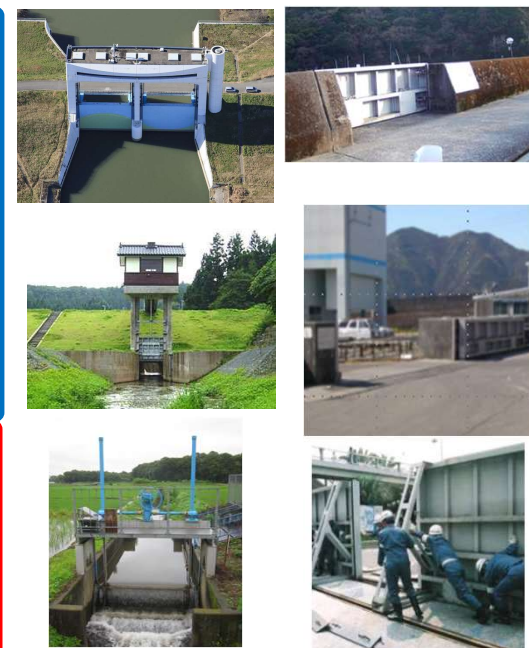


SIP



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

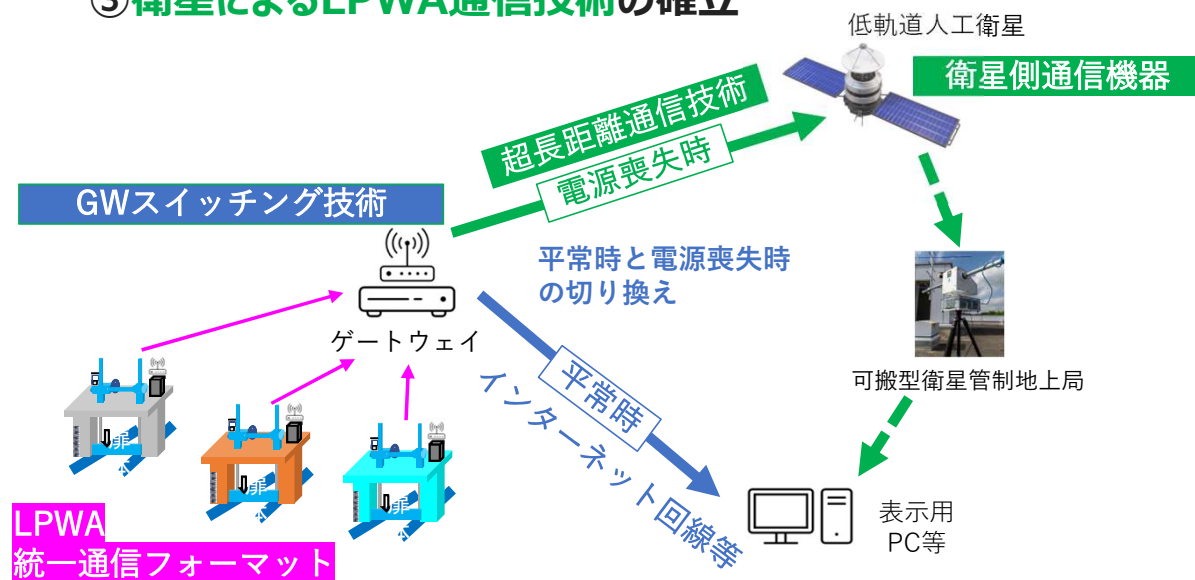


開発した技術については、**技術基準類に反映することが社会実装に直結**

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

コア技術

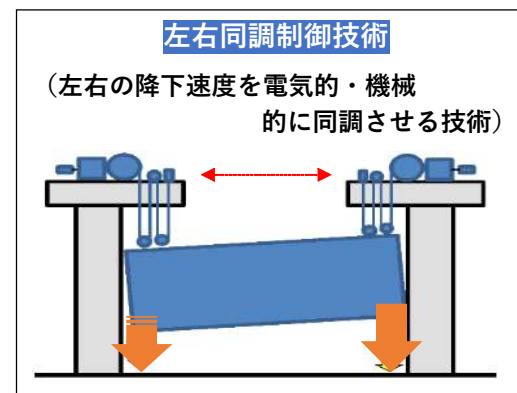
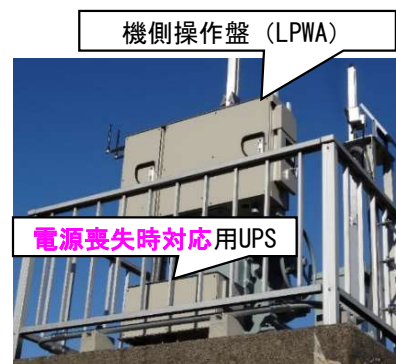
- ①低コストで実現する**LPWA統一通信フォーマットの規格化**
- ②平常時・電源喪失時のゲートウェイ（GW）スイッチング
技術の確立
- ③衛星による**LPWA通信技術の確立**



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大形**水門の左右同調制御技術の開発**



技術基準・ガイドライン等に基づき施設管理者（行政機関等）が技術を採用

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

① LPWA一元監視システムに係る技術基準類の策定



社会実装の展開：技術基準・ガイドライン等の策定による省庁横断の課題解決

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策定・改定

- 普及を促進するための国の技術基準類（ガイドライン）の改定に向けた関係省庁への働きかけ
- 国の技術基準類（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

② 水門自重閉鎖に係る関連技術基準類の策定・改定

5年次（R4年度）

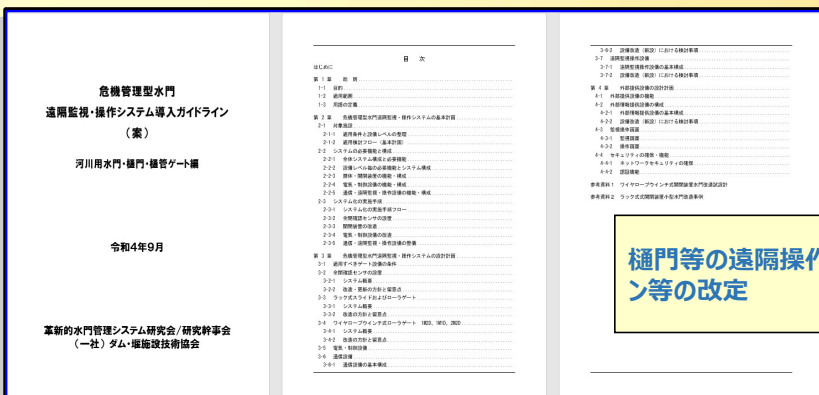
令和5年度以降（ポストSIP）

「危機管理型水門遠隔監視・操作システム導入ガイドライン」（自重閉鎖システムの改造設計ガイドライン）の策定

水門・樋門改築での実装〔対象数4,751門〕

2M2Dワイロ-プウィンチ式大形水門は少数〔18門〕のため、改築案件に対しパイロット事業で試行（左右同調技術の実証）

実績、試行結果から
将来反映



樋門等の遠隔操作・監視に関するガイドライン等の改定

関連技術基準類の改定

「河川砂防技術基準(案)[設計編]」（国土交通省）

「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・堰施設技術協会）

水門自重閉鎖システム導入のための技術基準類の
改定箇所の検討・抽出

SIP第2期終了後の展望と今後の推進体制

○社会実験プロジェクト実施の背景

- 国土交通省の「流域治水」の施策推進において、テーマⅥ＆Ⅶのコア技術は、水害の発災前後の避難や各種流域対策（防災・減災行動）の実施支援に有効と考える（**避難も含めたコア技術の多面的活用展開**）
- テーマⅥ＆Ⅶのリスク予測情報は、地域防災力向上に資する、これまで**実務での適用実績のない**ものであり、活用・普及(社会実装)に向けては、リスク予測情報の**有用性(活用場面)の検証**や**使いこなし方・留意点**の把握を行う必要がある

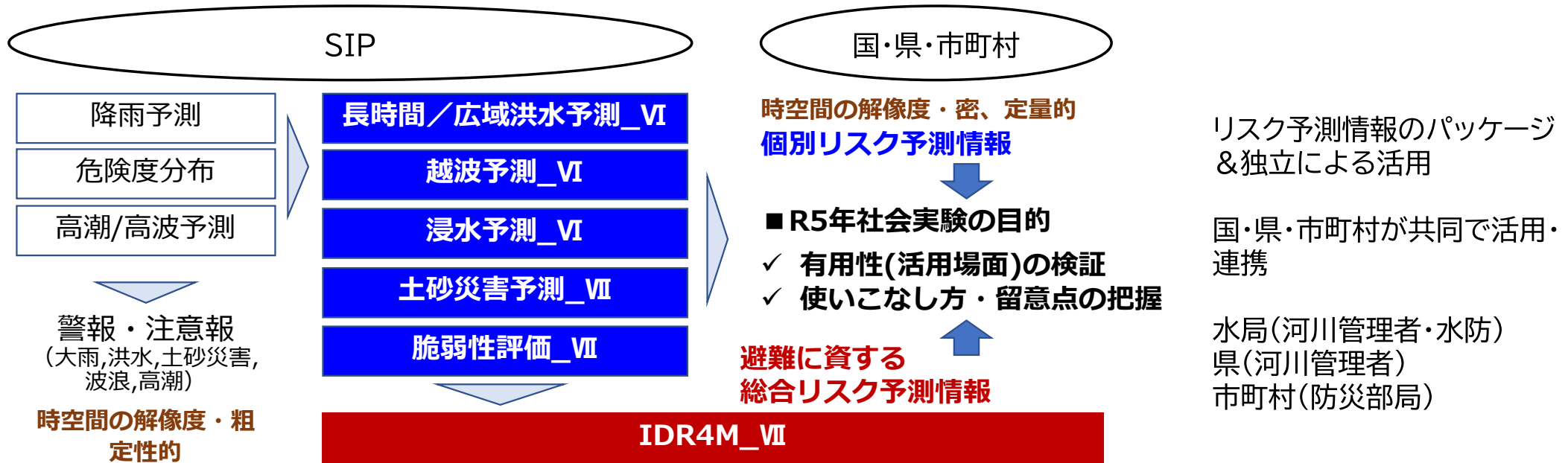
○社会実験プロジェクト実施の目的

- ポストSIP（R5年以降）にて、洪水・高潮予測システム・IDR4Mの継続運用を、**国交省や都道府県、市町村のユーザーと共同社会実験**として行い、これまで**実務での適用実績のない**リスク予測情報の**有用性(活用場面)の検証**や**使いこなし方・留意点**の把握を行う
- 社会実験（**実績づくり**）により、リスク予測情報を実装するための**法制度の検討**及び**情報提供体制の整備**を加速させる



社会実装を実現するためのR4年以降の社会実験プロジェクト ②

35



＜社会実験プロジェクトの候補案＞

- ① 外水・内水氾濫、土砂被害予測とそのリスクを考慮した防災対応の高度化（全国版RRI + **IDR4M**）
：鬼怒川・小貝川、六角川、大肥川
- ② リアルタイム長時間洪水予測（全国版RRI+ダム群統合操作+高潮予測）と**IDR4M**連携による長時間・広域避難の高度化
（テーマVI・VII究極版）
：荒川、東京湾
- ③ 洪水・高潮の浸水予測・リスクを考慮した防災対応の高度化（全国版RRI + 高潮浸水予測 + 水門 + **IDR4M**）
：多摩川・鶴見川、東京湾
- ④ 中核医療（災害拠点病院）や避難所などを考慮した地域減災対応の高度化（全国版RRI + **IDR4M**）
：球磨川

5年間の技術開発の取り組みへの成果のまとめ

36

After: アンサンブル長時間予測システム

- ✓ 高潮・高波、河川水位・流量のアンサンブル予測を実現し、予測のリードタイムは**100時間以上**を達成
- ✓ 最悪シナリオの予測情報の提供を実現

高潮・高波予測システム

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）

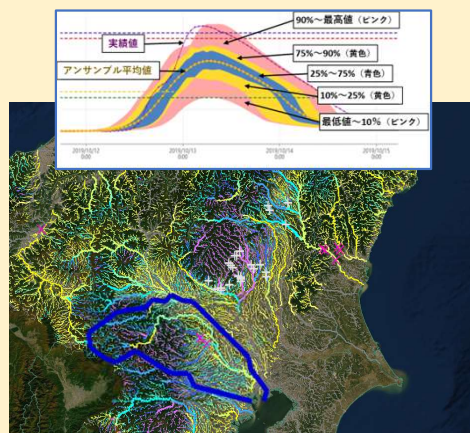
氾濫モデルは川崎市



三大湾含む解析広領域

解析領域の拡大
（三大湾を含む海域広領域の一体解析）
実台風を対象に運用

洪水長時間予測システム



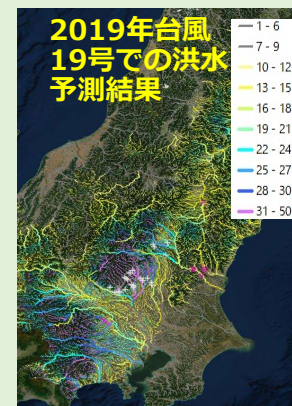
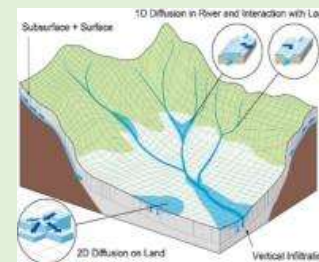
After: 広域洪水予測システムの開発

- ✓ 日本全国の中小河川流域を対象とする150m空間分解能、6時間先水位・流量予測を実現する**広域洪水予測システム**を実現

全国水文地形データ



RRIモデル



After: 統合ダム防災支援システムの開発

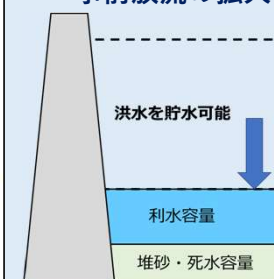
- ✓ **15日前**からのアンサンブル降雨予測を実現し、**事前放流の拡大**を実現
- ✓ ダム群連携最適操作シミュレータを開発

After: 危機管理型水門管理システムの開発

- ✓ 電源喪失時の水門・陸閘等の開閉状況一元監視を実現する**LPWA統一通信フォーマット**の規格化
- ✓ 電源喪失時にも機能する**水門自重閉鎖技術**の開発



事前放流の拡大



5年間の社会実装への取り組みの成果のまとめ

37

高潮・高波予測ハザードシステムの社会実装

- 川崎市図上訓練を通じて、活用場面に応じた**予測情報の確度と意思決定**の粒度の関係を明らかにした
- 予測情報の役割と提供範囲（場面と者）の関係を整理し、国へのシステム移転と運用を実現するために、国土交通省とともに**社会実験プロジェクト**を計画、令和4年度より実施開始

長時間洪水予測システムの社会実装

- 国土交通省では、SIPが荒川で開発した長時間アンサンブル水位予測システムと同様のシステムを、**今後全国で構築・運用**予定としており、SIPで開発したプログラム等が今後活かされる予定

広域洪水予測システムの社会実装

- 広域洪水予測システムのコア技術であるRRIモデルを活用した洪水予測の高度化等検討業務を、**国土交通省が全国の1級水系を対象に開始**
- 地方自治体（京都府、兵庫県）では、府県全体の河川を対象にした水位・氾濫予測システムの開発が進められており、広域洪水予測システムで開発した技術が活用開始

統合ダム防災支援システムの社会実装

- 長時間アンサンブル降雨予測情報は、本技術を用いた**商用サービス**（日本気象協会）を含めて、**全国50ダム以上に導入**され精度検証を実施中
- 治水ダムに加えて利水ダム（特に発電）への**事前放流拡大と増電の効果検証**が、電力会社（関電、中部電、中国電、九電、電源開発）と実施
- ダム群最適操作モデルを開発し、**水資源機構のダム群で実証実験**を実施
- ダム管理の専門家等で構成される「ダム操作ルール検討WG」により、アンサンブル予測を導入した**ダム操作ルール策定のプロセス検討**が進展
- フィリピンのダム流域への**海外展開**を実現

危機管理型水門管理システムの社会実装

- 「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**（国交省・農水省）」の改定作業中
- 開閉情報の通信に利用する**LPWA通信フォーマット**は、日本規格協会規格としてR4.12に公表済み
- 水門自重閉鎖システムは、研究成果をシステム導入ガイドラインにとりまとめ公表予定