

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

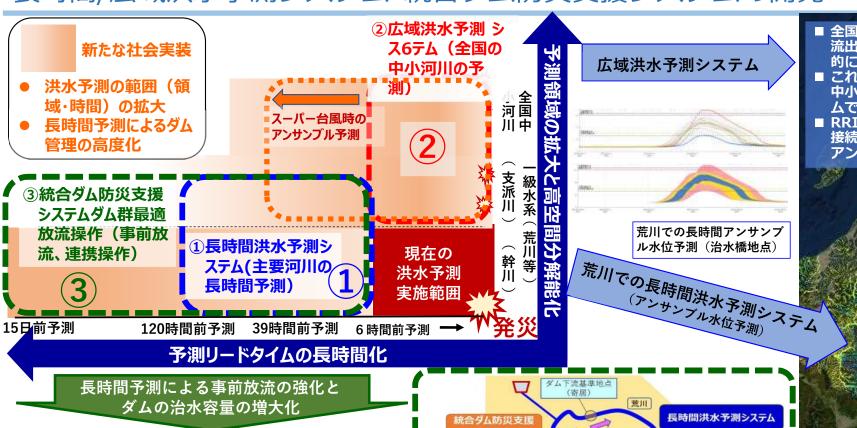
令和4年10月29日(土) 角 哲也



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

評価項目 A②③

1



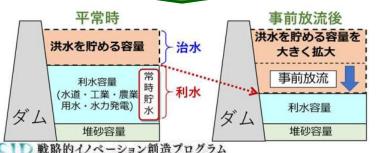
■ 全国を150mの空間解像度で覆い、降雨 流出から洪水氾濫までをRRIモデルで一体 的に解析する洪水予測モデルを構築

■ 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

- 1-6 - 7-9 - 10-12 - 13-15 - 16-18 - 16-18 - 19-21 - 22-24 - 25-27 - 28-30 - 31-50 - 流出高 [mm/h]

2019年台風19号での洪水予測結果



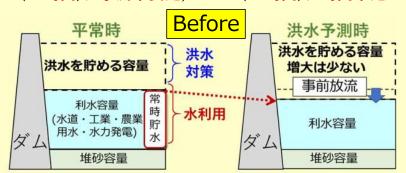
秋町リーノ マーフョン 創入 ロファム

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



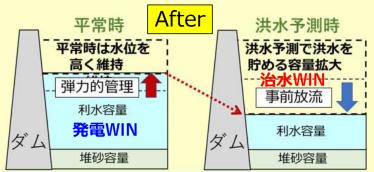
ECMWF(51メンバー・15日先)活用

SIP

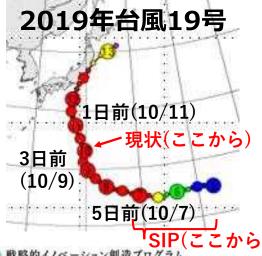
数日~1週間程度前からの事前放流を 実現し、洪水貯留機能の拡大(治水WIN) と水力発電増大(発電WIN) を実現

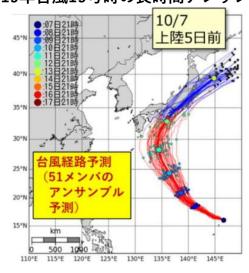
SIP技術





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

4つのコア技術

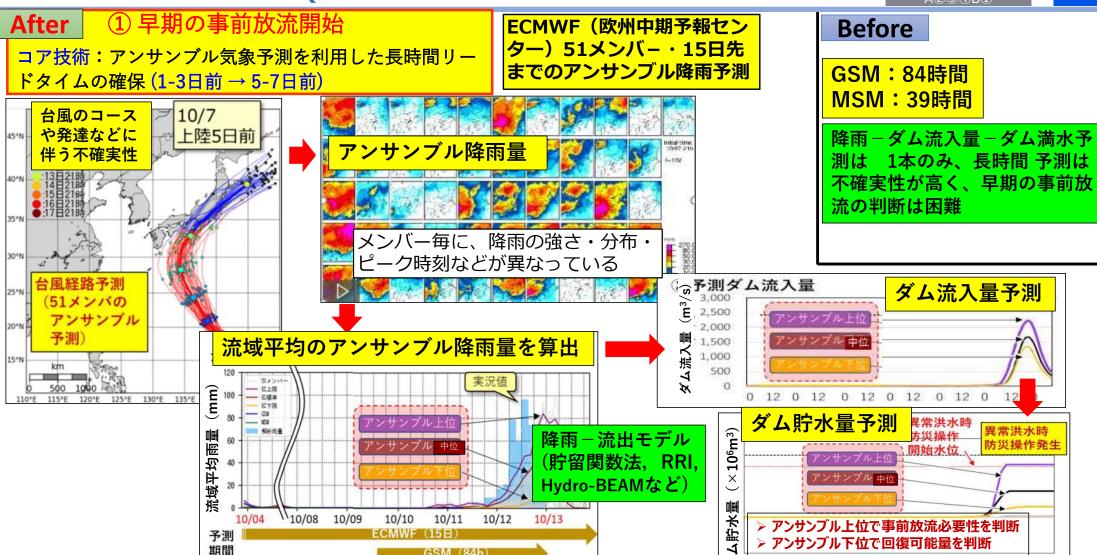
- コア技術:アンサンブル気象予測を利用した長時間 リードタイムの確保(1-3日前 → 5-7日前)
- ②ダム流域への正確な流入量予測
- コア技術:降雨予測の高解像度化(20km→1km)
- ③発電量の増大かつ洪水貯留能力の最大化
- コア技術:アンサンブル流入量予測による予測幅の獲
- 得 (1本の予測 → 51本の予測(上位/下位予測))
- ④ダム群最適操作による治水効果の拡大
- コア技術:ダム群連携最適操作シミュレータ

0 12 0 12 0 12 0 12 0 12 0 12 0

長時間アンサンブル予測(東日本台風の事例)

評価項目 A(2)(3)(4)B(1)

3



GSM (84h)

ダム流域は

高解像度化

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

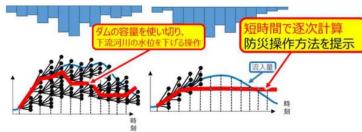
コア技術:アンサンブル流入量予測による予測幅の獲

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

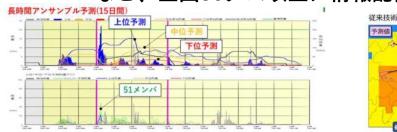
コア技術:ダム群連携最適操作シミュレータ

4目標達成:プロタイプ完成,木津川ダム群, 荒川ダム群で過去洪水で検証



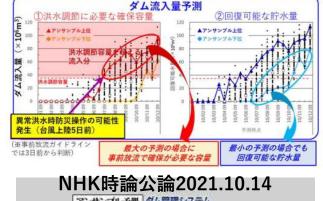
学術的・技術的新規性:AI高解像度化(ディープラーニング特別賞受賞、アンサンブル事前放流(ダム工学会論文賞受賞)、国内外論文発表、マスコミ取材(NHK時論公論など)、国際展開(フィリピン)

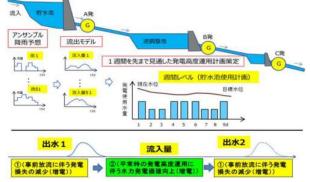
①目標達成:多目的ダム(水機構全ダムに導入済),電力ダム など、全国50ダム以上に情報配信



②目標達成:5km/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 ダム群等の実操作でフィードバック (追加)3電力会社と連携(マッチン グファンド),発電高度運用プロト タイプ完成、台風や前線性降雨で検証







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,下筌ダム

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

県(水門管理)(1)

その他:ガス会社(1) 鉄道会社(2)

> 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



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

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

2022年台風14号時の耳川(九州電力)山須原ダム活用事例

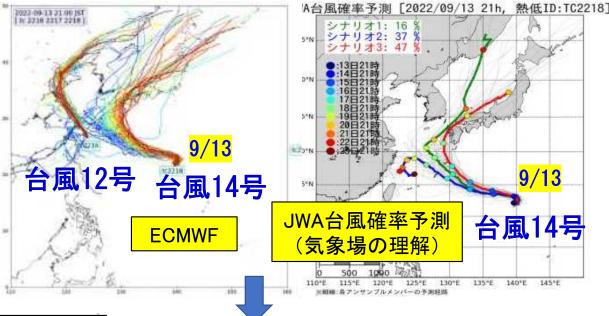
評価項目 A②③④B①⑧

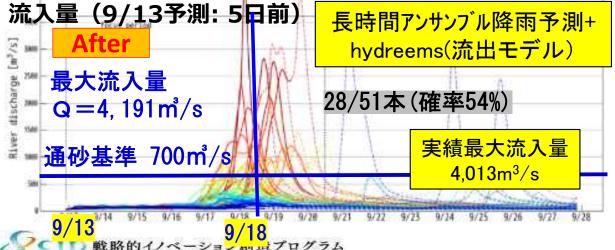
6

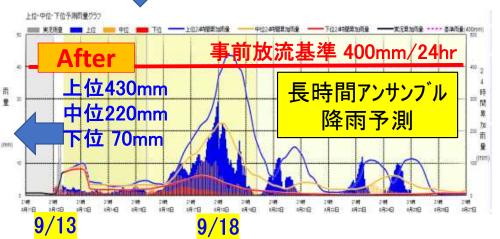
ダムの土砂管理(堆砂対策)への活用

- ダム湖の堆砂対策として、洪水時に一時的に水位低下 させて土砂を通過させる「ダム通砂」が有効
- 台風時(宮崎・耳川)の洪水流入がトリガー(開始基準)
- ただし、完全に貯水位を空にするために、より早期に洪水を予測し、通砂後に確実に貯水回復することが重要









2022年台風14号時の耳川(九州電力)山須原ダム活用事例

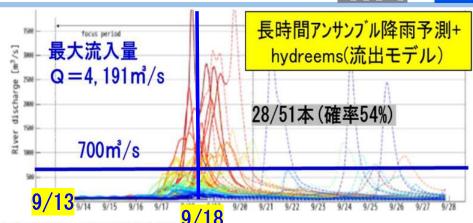
評価項目 A②3④B®

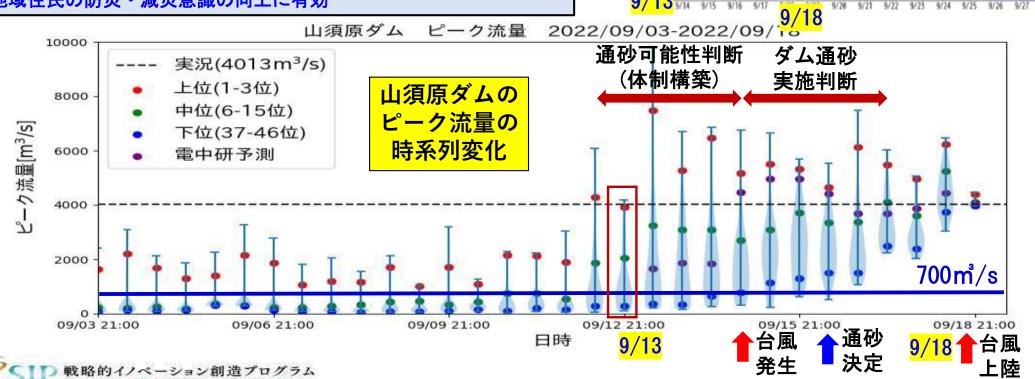
7

- ・台風12号が発生する中、直前まで発生・接近が予測困難
- 9/12~9/14(6~4日前)でダム通砂可能性判断(体制構築) 9/15~9/16(3~2日前)でダム通砂の実施判断

<研究成果> 台風進路の振れ幅が大きい中で、リードタイムが長く幅のある予測情報により洪水の発生(=ダム通砂の実施判断)を支援することに成功

治水面では、水量(水位情報へ変換)や台風進路が見えることで、 地域住民の防災・減災意識の向上に有効





長時間アンサンブル予測を用いた事前放流効果の検証(木曽川・岩屋ダム)

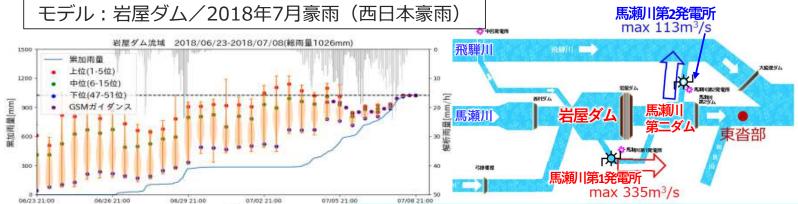
評価項目 A②34

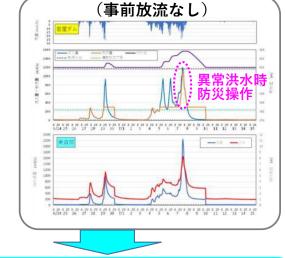
8

■ 長時間アンサンブル予測を活用した事前放流の効果と課題を検証するため、既存ダム(ダム群)・既往降雨

をモデルとし、種々の条件を設定してシミュレーションにより可能性を検討。

(※実際のダム操作の評価・検証を行うものではない。)



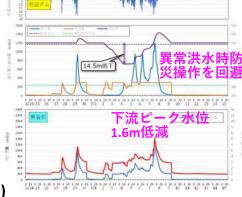


<**研究成果**> 長時間アンサンブルにより**多目的ダム - 下流発電ダムの連携による事前放流・防災操作**が確実に実施できることを提示

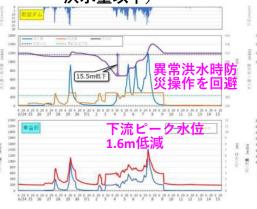
- 下流治水効果を確保しつつ発電 放流でゆっくり低下(無効放流 低減)が可能
- ・下流の発電能力(馬瀬川第二)に 合わせた水位低下でさらに増電



(ガイダンスのみ・洪水量以下)



(アンサンブル+ガイダンス・ 洪水量以下)



(アンサンブル+ガイダンス・ 馬瀬2発電放流量以下)



概算増電量(MWh)

[馬瀬川第1/馬瀬川第2] 戦略的イノベーション創造プログラム

[5248/2017]

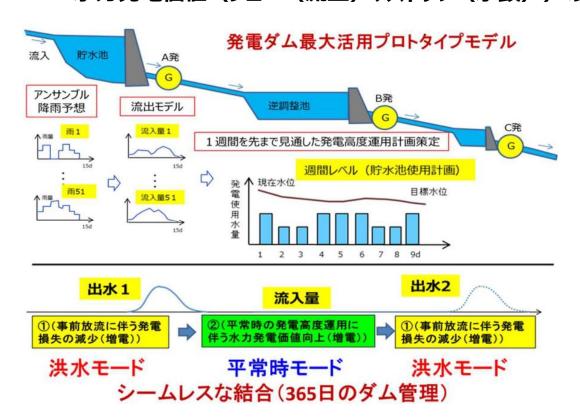
[3207/4422]

[4014/<mark>11260</mark>]

Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program

■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
- 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

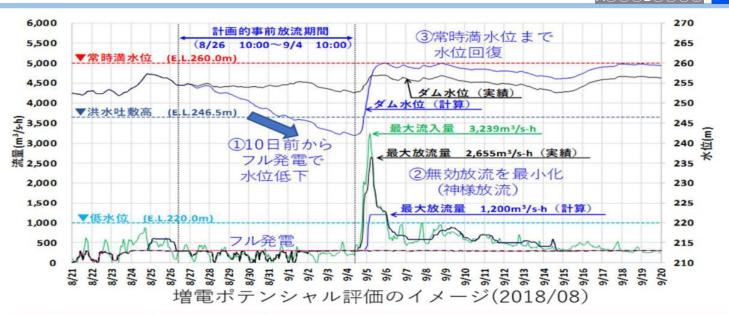


- ■関西電力:黒部川(黒部ダム・出し平ダム)連携排砂 (共同研究機関) 運用および洪水時運用の両者で活用
 - ■過去の洪水時データを用いた精度検証から開始
 - 黒部ダムの警戒水位運用の弾力化も検討(洪水時運用)
- 申中部電力:大井川(畑薙・井川ダム)の洪水時 (共同研究機関)運用で活用
 - 過去の洪水時データを用いた精度検証から開始
 - 大井川ダム群シミュレーション準備
- ■九州電力: 耳川の3ダム通砂運用操作で活用 (共同研究機関)
 - 過去の洪水時データを用いた精度検証から検討開始
 - 電中研システム(流出予測)とのデータ接続を実施
 - 令和4年度の台風期に向けて実運用を準備
- 申中国電力:山口・島根のダムを対象に活用● 令和3年度7月から実際に発電運用に試験活用
- ■電源開発:天竜川(佐久間ダムなど)で活用検討
 - 天竜川ダム群シミュレーション準備



<研究成果> 大規模発電ダムを、 洪水発生の10日程度前から発電をフル に使って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 実績	流量・ピ	ークカット率 計算(神様放流)			
1	2017/10	2,060m ³ /s	+26.1GWh	1,956m ³ /s	5%	941m³/s	54%		
2	2018/06	2,900m ³ /s	+43.5GWh	2,880m ³ /s	1%	1,976m³/s	32%		
3	2018/08	3,239m³/s	+27.0GWh	2,655m ³ /s	18%	1,200m³/s	63%		
4	2019/06	1,756m ³ /s	+36.3GWh	999m³/s	43%	334m³/s	81%		
5	2019/10	1,415m ³ /s	±0.0GWh	1,080m ³ /s	24%	300m³/s	79%		
6	2020/06	3,384m³/s	+18.4GWh	3,268m ³ /s	3%	1,618m³/s	52%		
7	2020/10	1,417m ³ /s	+0.0GWh	954m³/s	33%	300m³/s	79%		
8	2021/05	2,731m ³ /s	+43.2GWh	2,200m ³ /s	19%	1,099m³/s	60%		
9	2021/07	1,617m ³ /s	+39.8GWh	1,394m³/s	14%	660m³/s	59%		
10	2021/08	2,941m³/s	+34.9GWh	2,413m ³ /s	18%	2,159m³/s	27%		



大井川水系の縦列ダムの事前放流と洪水調節効果

評価項目 4234B1248

11

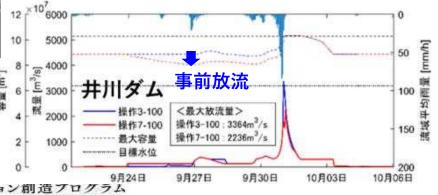
● 分布型降雨流出氾濫解析(RRI)モデルに事前放流~ 洪水調節~後期放流を行うダムを縦列に組込み

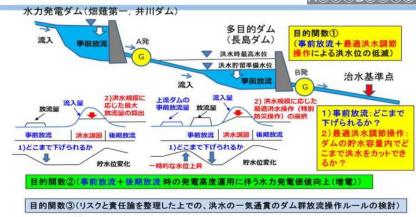
<研究成果> 前期降雨があると大規模縦列ダム(畑薙第一、井川ダム)の事前放流が不完全になり、7日前から発電最大使用水量で事前放流(7-100)すれば大きな貯水量が確保可能であることを示した。

- 3日前からの事前放流(3-100)よりも各ダムでピーク放流量が 減少し、長島ダムの異常洪水時防災操作を回避
- 無効放流量も最大10%低減し、下流発電系統を含めて増電に貢献

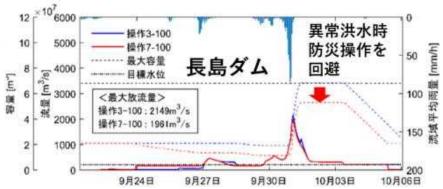


降雨波形:2018年台風24号をベースに したアンサンブル降雨波形から複数 抽出して引伸(500mm/48hr)









戦略的イノペーション制度フロクラム Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program

長時間アンサンブル予測の活用(水資源機構ダム管理所)

12

(社会実装成果)水機構では、全ダム事務所に長時間アンサンブル予測情報が導入され、台風接近等大雨が予想される際に、 本社から各ダム管理事務所に対し、大規模出水可能性等の情報を随時発信、注意喚起し、早期の防災対応の備えを徹底。

総合技術センター(リアルタイム提供) (全ダム) 本社・確認 ダム管理事務所 情報発信 洪水時の流れ ■グラフ (隆雨予測+流出量) アンサンブル隆雨予測 体制準備・構築 降雨予測+流入量予測 OR OTHER DESIGNATION 事前放流に係る手続き 【情報発信イメージ】 「アンサンブル降雨予測 では、〇日あたりに、大 ■洪水量超過確率(○/51) 事前放流の実施 and the last 雨が予想されています。 ■異常洪水時防災操作確(○/51) ○日から、○○ダム基 準雨量超過しています。 ダム運用操作の最前線 事前放流の準備及び実施 について・・・ 洪水後、平常時の流れ 総合技術センター

アンサンブル予測のうち いくつが洪水量に達するの か、異常洪水時防災操作に なるのかリアルタイム表示

長時間アンサンブル 降雨予測+流出予測

■実務担当者へフィードバック 台風等の出水後は、

アンサンブル予測精度等を速やかに報告

■実務担当者への活用促進

水機構では、各ダム管理事務所の職員等を対象に、 アンサンブル降雨・流出予測手法の勉強会を定期 的に実施中。(R2年度~)。









1 類* ダム:河川の本川に設置され、河川法で洪水処理が規定されているダム

ダムの分類

(1)多目的ダム 容量大 国・水機構他

(2)多目的ダム

(3)利水ダム 容量大 容量小 地方自治体

電力系貯水池

(4)利水ダム 容量小 農水・水道系 電力系調整地

全国50ダム以上にプロト タイプモデルを提供

- 冷和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
- SID 戦略的イノベーション創造プログラム

全国1500ダムの分類	大規札	莫ダム(貯水容量1,000万m³以上)	中小規模	莫ダム(貯水容量1,000万m³未満)
多目的(国交省)	98		7	
多目的(水機構)	23	木津川ダム群,荒川ダム群など	1	
多目的(都道府県)	106	河本ダム	337	
利水(発電)1類*	42	新成羽川ダム,大井川ダム群	8	
利水(発電)1類以外	30	黒部ダム	313	耳川ダム群、出し平ダム
利水 (農水)	35		390	
利水 (水道)	3		74	

		ダムのゲ	類	小規模ダム	中規模ダム	大規模ダム	ダム群
	支援シス	アンサンフ ステム	プル降雨予測シ	●(中解像度: <mark>5km)</mark>	●(高解像度: <mark>1km)</mark>	●(高解像度: <mark>1km</mark>) ●中解像度: <mark>5km</mark>)	●(高解像度:1km)
	テムのコ	流出予測>	ノステム		•	•	•
	ンテンツ	事前放流モデル				•	•
Ц	//	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 <u>最適</u> 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	ムの機能が	} 類	多目的ダム(容量小)	多目的ダム(容量小) 利水ダム(<mark>容量大</mark>)	多目的ダム(容量大、小) 利水ダム(容量大)	多目的ダム群(容量大)
	The second second	装の進と見込	R3年度	全国展開	行開始	 新成羽川ダム(中国電力)、一庫ダム(水機構) −試行開始 電力ダム(関西・中部・九州) −モデル構築・過去検証 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ダム流域以外も含む全72流域 水機構全ダムーモデル構築 試行開始 	開始 ➤ 荒川ダム群(国交省、水機構) - モデル構築
			R4年度			■カダム (関西・中部・九州)一試行開始	 荒川ダム群(国交省、水機構)- 試行開始

評価項目

14 A(3)(4)B(1)(2)(3)(6)(7)(8)

統合ダム防災支援システム 社会実装ロードマップ

E	取り組	. み	2	.022年度	Ę	2023	2024	2025	2026	2027
		国				活用リ [・] シー向.		国・自治		
	体制	自治体等	高梁川水系		展開検討	実行 実行 対象 対象 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・		体等 によ る暫		
	民間(電力会社)	中部電力・関	西電力・九: リアルタ・ 活用後の 活用普及!	イム予測 意見交換	る 社会 の 実 ム 実 国 交 省 と 自 治 と 自 治 と も ら ら ら ら ら ら ら ら ら ら ら ら ら ら ら ら ら ら	のため プログ 施 ・都県	定運 用と 情報 提供	関係者に よるシス テム本格 運用と情	ζ <u>Ξ</u>	
社会実装	実化	長時間アンサンブル降雨予測システムの開発 ダム防災操作運用モデルの構築 連携最適操作シミュレータ開発	モデル流域 アンサンブ 精度検証 水系・ダム 方の整理 モデル流域 ダム-河川-高	のシステム ル予測適用 の特性に応 のシステム	完成 方法、 じた考え 完成	回 携 長 則 成 し 表 則 は え 、 連 携 に も も に も も に も も も も も も も も も も も も も	洪水予 テムと 水予測 ムとの	シテ更と充	報提供	
	制度	事前放流ガイドライン・弾力的管理試験の手引きの改訂 後期放流ガイドラインの作成		ライン等の と手続等を ホ ー ル検討W(改定の 倹討	既存ガイ 操作規 るSIPフ	片式運用の	の改定内 操作規 水平展開	容検討 程等の改訂、 のための取 ップ、効果	り組み
112	CID	後収がオノベージュ								

○運用者と運用経費

・長時間アンサンブル予測は日本気象協会から配信開始 (5km, 1km: 商用ベース)

○利用者および費用負担

【当面】: 国交省、水資源機構、都道府県の多目的ダム

管理者、一部の利水ダム管理者

【将来】:流域内の利水ダム(水道・工業・かんがい・

水力発電)を含む全てのダム管理者

○関係府省庁との調整状況

- ・ ダム管理の専門家等で構成される「ダム操作ルール検討 WGIにより、アンサンブル予測を導入したダム操作ルール、 統合管理のあり方、操作に係る責任等について提言
- ・ 国土交通省とも意見交換し、検討の方向性を確認

○社会実装を進めるうえで残された課題

アンサンブル予測を活用した事前放流~後期放流までを シームレスにつなぐガイドラインの具体的ルール策定

○SIP第2期終了後の具体的なアクション

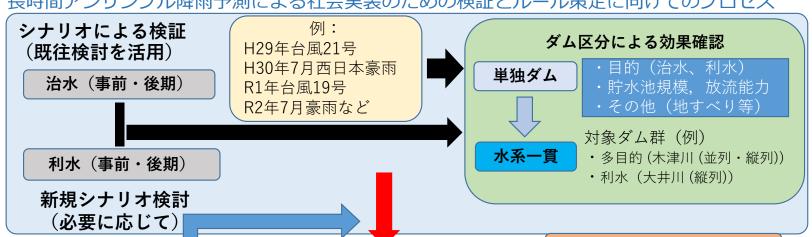
- 長時間アンサンブル予測の導入メリットのさらなる活用・ 展開(治水機能の強化、発電量増加の両者を実現)
- ・ ダム群〜河川予測の連携高度化検討も継続
- ・ 農水ダムや水道ダム、都道府県ダム、さらには揚水発電 などを含む複合ダム群を対象に運用高度化を検討

社会実装を実現するためのマネジメント体制(ダム操作ルール検討WGの設置)

評価項目 B1236

15

長時間アンサンブル降雨予測による社会実装のための検証とルール策定に向けてのプロセス



アンサンブル降雨指標の設定

過去データの解析

適合度検証 上位・中位・下位・ 全外し(上振れ・下振れ) 放流パターンを整理 (リスクヘッジ洗い出し) ⇒リスクと責任論



操作ルールの基本的 な考え方を検討

- ・ルールの骨格
- ・対応のレシピ

解決すべき課題

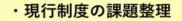
区分	内容
規則の 変更	・当面の運用ルール (特別防災操作等)・規則等への反映内容と タイミング
リスク	・運用の効果 (Before After)
責任論	・雨の予測 ・防災操作(下流浸水

・防災操作(下流浸水 被害・渇水被害)

長時間アンサンブル予測を用いた洪水の一気通貫の放流操作パターンを検討し、操作ルールに落とし込む。その前提となる、リスクと責任論を整理し、社会実装に繋げる。

検討の進め方

- 1. 降雨予測を最大限活用した 操作ルールの考え方整理
- 2. 降雨予測を最大限活用した 操作ルールを行った場合に考えられる関係者のリスクを整理
- 3. 関係者利益を最大化する操作ルールへの落とし込み
 - ・具体の操作ルール
 - ・判断者 (責任の所在)
- 4. 関係者利益を最大化する操作 ルールを実装するときに生じる制 度的なハードルの整理



5. 制度的ハードルの解決策検討 と解決の順序付

> 当面の運用ルール提案 (事前放流ガイドライン活用)

将来的な展開に向けた提言

SIPの国際展開(グローバルベンチマークの評価)

16

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

- 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。

						評価対象	を(実装ベー)	ス)				論文べ	ース
	評価軸	アンサンフ゛ル事 前放流 (SIP)	事前放流 が小*うか (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	Anticipa tory Water Manage ment
	予測時間	⊚ 15⊟	△ 3日	〇 5 日	〇 8.5日	〇 5.5日	△ 27時間	◎ 16日	O 7日	〇 7.5 日	⊚ 35⊟	60日	◎ 15日
予測機	時間解像度	◎ 1時間	〇 3時間	◎ 1時間	3時間	△ 12時間	〇 3時間	△ 12時間	○ 3時間	△ 12時間	△ 6時間	〇 3時間	〇 3時間
機能	空間解像度	© 1km	△ 20km	O 2.2km	○ 1km,250m	○ 7km	O 2.2km	× 50km	O 6km	△ 12km	△ 25km	△ 約50km	△ 20km
	アンサンブル メンバ数	© 51	× 1	△ 3	△ 6	△ 20	© 40	△ 20	© 401	◎ オープンデータ統合	© 31	© 51	© 51
	降雨量	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
予測	流入量	0	0	Δ	0	Δ	\triangle	Δ	0	Δ	\triangle	0	0
情報	単独ダム最適化	0	0	_	_	_	_	_	_	_	_	0	0
	複数ダム最適化	0	—	_	_	_	_	_	_	_	_	0	0

Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program

統合ダム防災支援システムの国際展開

評価項目 A1237

17

・ 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

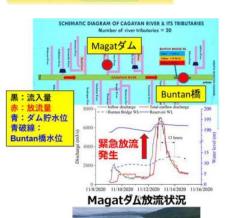
- JASTIP (京大ASEAN拠点)の連携課題で、フィリピン、 ベトナムのダムを含む流域管理課題に着手
- 2020年台風Ulyssesを契機に、フィリピンのカガヤン川の ダム操作の課題が顕在化
- DOST(フィリピン科技庁)の支援で、イザベラ州立大学が 日本気象協会と契約し、長時間アンサンブルを整備
- 長時間アンサンブル降雨予測を用いた共同研究に着手し、 台風Ulysses時の予測結果および活用可能性をレビュー

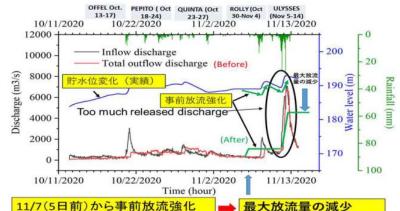
・今後の展開

- 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



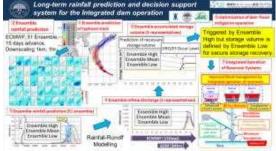






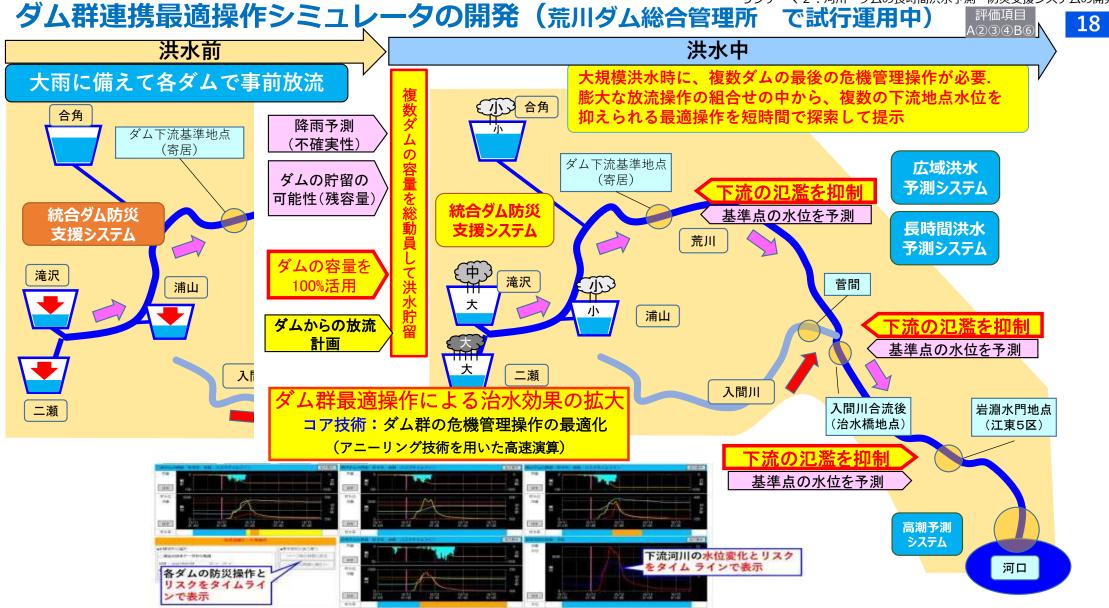
国際大ダム会議 (ICOLD)

(空き容量=洪水貯留能力増大)

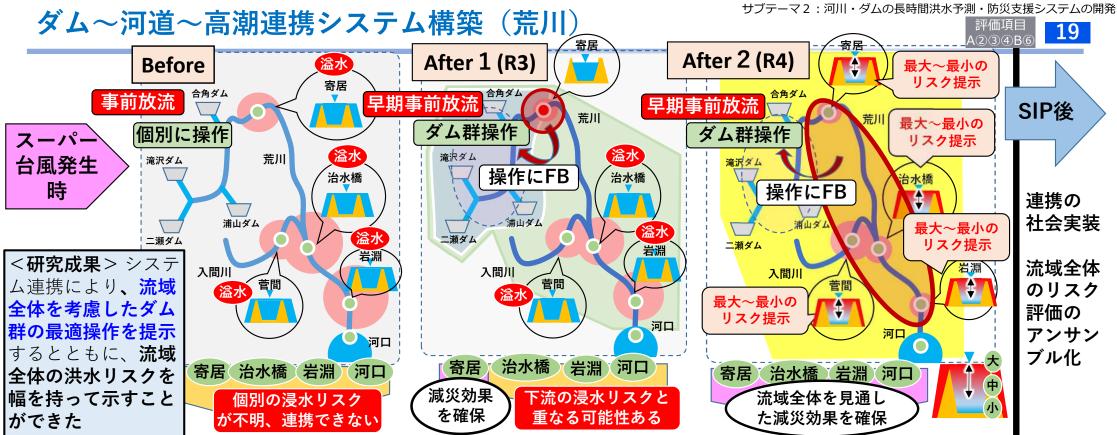




SIP 戦略的イノベーション創造プログラム Cross-ministerial Strategic Innocation Promotion Program







ダム操作/リスク評価	Before	: (現状)	After 1 (河川・	ダム群)	After 2 (河川	・ダム統合)
ダムの事前放流操作	事前放流 ガイドライン	■寄居:4.45m (HWL:7.61m)	長時間アンサンブルに よる早期事前放流	■寄居:4.25m (HWL:7.61m)	長時間アンサンブルによる早 期事前放流	■寄居 平均値:5.40m 最大値:7.48m (HWL:7.61m)
下流リスクを考慮した ダム操作(フィードバック)	個別操作	<u>下流のリスクは</u> 見えない	<u>ダム直下(寄居)</u> までを 考慮した <u>最適ダム群操作</u>	20 cm低減	<u>流域全体(複数地点)</u> までを 考慮した <u>最適ダム群操作</u>	■治水橋 平均値:13.00m 最大値:15.04 (HWL:14.6m)
下流河道のリスク評価	単一予測(直下まで)	<u> 7570-6 V</u>	アンサンブル予測 (流域全体) (シミュレーションは単一予測)	<u>流域全体のリス</u> <u>クは見えない</u>	アンサンブル予測 (流域全体)	■岩淵 平均値:8.10m 最大値:10.14m (HWL:8.57m)

岩淵 平均值:8.10m

最大值:10.14m

ダム~河道~高潮連携システム構築(荒川)

Before

(HWL: 7.61m)

寄居:4.45m

入間川ピーク

10/13 11:00

: 治水橋ピーク

10/13 14:00

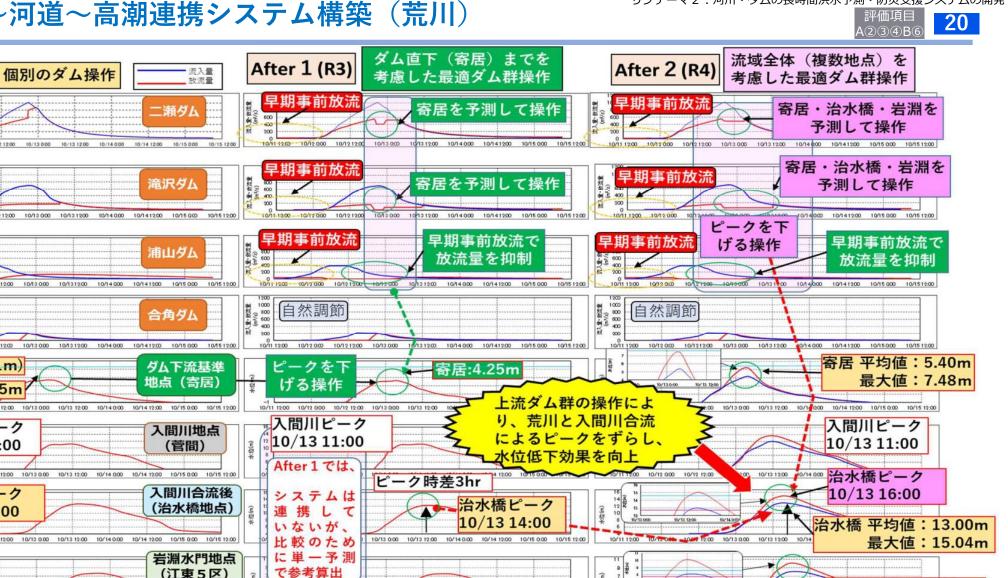
10/11 12:00 10/12 0:00 10/12 12:00 10/13 0:00 10/13 12:00 10/14 0:00 10/14 12:00 Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program

洪入皇·故洪皇 (m³/s)

800 600 400

1000 新 (家/gE) 400 (家/gE) 400 (家/gE) (家/gE)

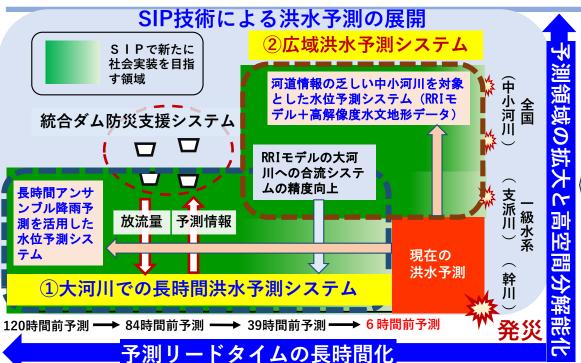
朝 1000 無 800 報 600 朝 400 無 200



長時間/広域洪水予測システムが取り組む課題と目標

評価項目

21



SIPで全国の中小河川の 水位・流量予測が可能に 2広域予測

現在の洪水予測(幹川のみ)



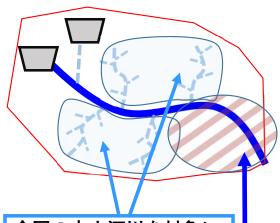
①長時間予測



- 広域洪水予測システム:全国の河 川の流量・水位を6時間先まで予測
- 長時間洪水予測システム:スー パー台風に備えた長時間アンサ ンブル水位予測

一幹川

支派川および中小河川



全国の中小河川を対象に、 これまで行われてこな かった、広域できめの細 かい予測情報を提供⇒地 域の空白を埋める

大河川を対象に、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

■ 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

長時間/広域洪水予測システムの研究達成状況

評価項目 A②③

22

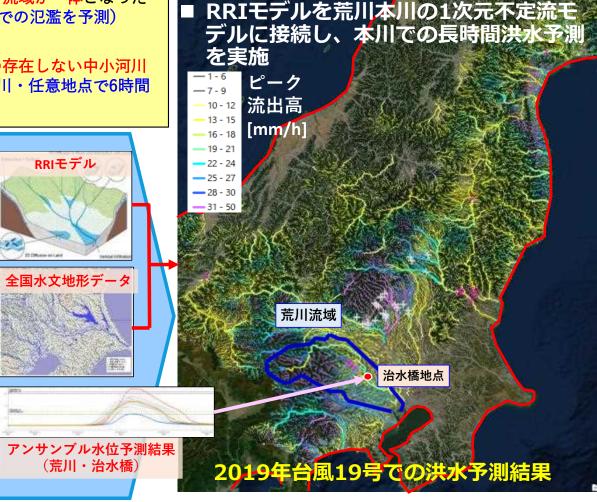
(技術目標)

- 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する



を実現

長時間洪水予測システム構築

評価項目

23

① 大河川での水系・流域が一体となった洪水予測システ ムの構築

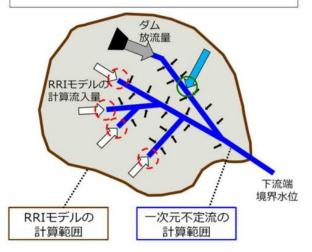
コア技術:RRIモデルと1次元不定流モデルの相互連携システムにより水 位予測や氾濫解析の精度向上

■ ダム放流量

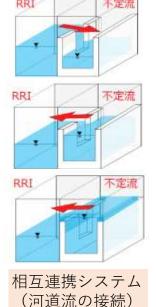
RRIモデルからの河道流量 (不定流の上流端)

RRIモデルからの河道流量 (不定流の横流入)

RRIモデルからの斜面流(不定流の横流入)

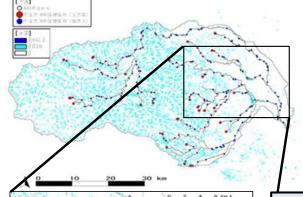


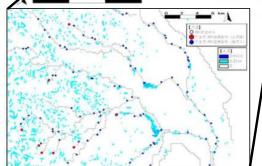
RRIモデルと不定流モデルの接合部 での堤防の高さ、水門の有無を勘 案した相互連携システムの構築



RRI

相互連携システム (斜面流の接続)





2019年10月(台風19号) での荒川流域の氾濫状況の再現計算

<研究成果>

支川河道や斜面流から 本川への横流入計算で、 スーパー台風時に懸念 されるバックウォー ター現象等を評価し、 本川水位や流域の浸水 状況等洪水リスクを適 |切に評価出来るように なった

(期待される波及効果)



本川の水位と流域の氾濫を一体として予測・評価する技術により、流域の 危険な箇所・状況に関する情報を提供し、防災活動や避難行動に寄与

長時間洪水予測システム構築

評価項目 A23 24

② 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)

- 長時間水位予測は、長時間降雨予測をもとに計算
- 降雨の予測時間が長くなると、予測の不確実性が 増大
- 予測の不確実性を認識しやすいよう、予測に影響を与える様々な要因を考慮し、起こり得る可能性のある複数の降雨予測(アンサンブル降雨予測)を活用

【現在自治体に提供されている水位予測情報】 6時間先までの単一の水位予測

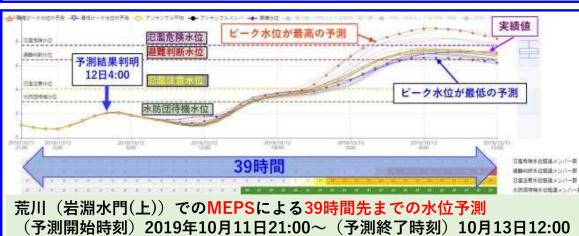
(降水ナウキャスト(0~1時間先)+降水短時間予報(1~6時間先))

【SIPで行う2種類の長時間アンサンブル水位予測】

- 5日先(120時間先)までのアンサンブル水位予測
- ▶ 全球アンサンブル(GEPS:51メンバー※2021年までは27メンバー)を活用(予測開始から計算結果判明まで約11時間)
- 39時間先までのアンサンブル水位予測
- ▶ メソアンサンブル(MEPS:21メンバー)を活用 (予測開始から計算結果判明まで約7時間)

<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





長時間洪水予測システム構築

評価項目 A②③ 25

② 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

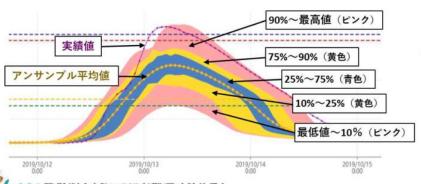
<研究成果>過去の洪水で長時間アンサンブル水位 予測を実施し、アンサンブル水位予測の有用性を確 認するとともに、視認性の高いアンサンブル予測の 表示方法を検証し、今後の適用につなげた

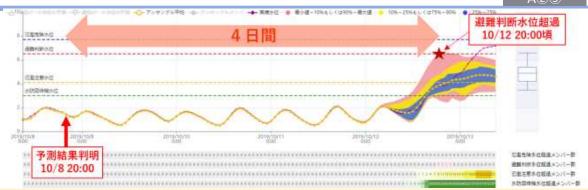
アンサンブル水位予測結果の幅での表示

● 線での表示は予測のばらつき具合(分布状況)がわかりづらい

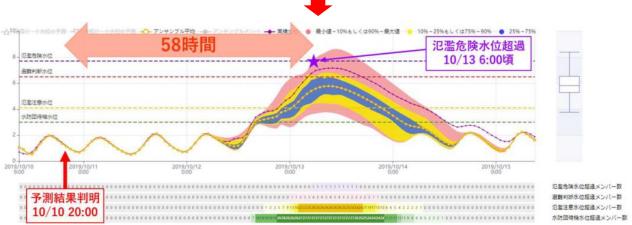
予測結果をグループに分けて幅で表示

● 予測の分布状況をパーセンタイルで5グ ループに分類





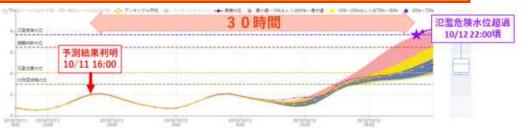
- ① 荒川(岩淵水門(上))5日先までの水位予測(GEPS)
- > 2019年10月8日午後8時の時点で4日先に最大で避難判断水位を超える規模の洪水が到来することを予測



- ② 荒川(岩淵水門(上))5日先までの水位予測(GEPS)
- > 2019年10月10日午後8時の時点で、洪水の規模が58時間先に最大で氾濫 危険水位を超えることを予測

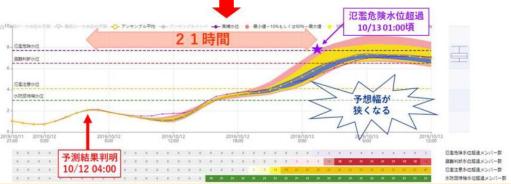
② 長時間アンサンブル洪水予測技術の開発

コア技術:長時間アンサンブル水位予測の活用



③ 荒川(岩淵水門(上) 39時間先までの水位予測(MEPS)

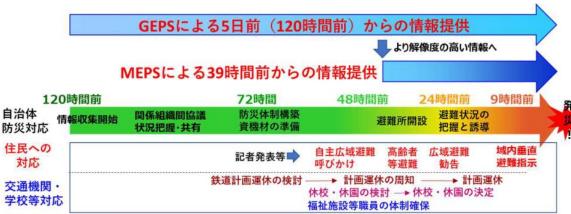
> 2019年10月11日に39時間先予測でも洪水を捉えられる ようになり、10月11日午後4時の時点で、最短で30時間 先に氾濫危険水位を超えることを予測



- ④ 荒川(岩淵水門(上) 39時間先までの水位予測(MEPS)
- ▶ 2019年10月12日午前4時の時点で、予測の幅が狭まり、 また最短で21時間先に氾濫危険水位を超えることを予測

(2種類の長時間予測の活用)

- MEPSの方がGEPSより空間解像度が高い。またMEPS もGEPSも予測時間が近いほど精度が高くなる
- 5日先までのGEPSによる予測で、洪水の到来と想定される規模をおおまかに把握し、MEPSによる39時間先までの予測で、より精度の高い情報を得ることで、防災活動に活用



洪水時のタイムラインとアンサンブル情報

(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出来る

広域洪水予測システムの研究達成状況

評価項目 A23 27

全国の河川における流量・水位を漏れなく俯瞰的に予測

(①日本全国の水文地形データ整備 ②全国の中小河川を対象とする洪水予測 手法開発 ③流出モデルの不確実性評価とパラメータ推定)

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:A)パラメータ地域統合化、 B) 実河道断面情報の反映 C) 氾濫原の地形補正 <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。



<研究> 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



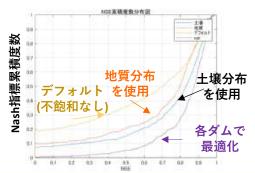
【中小河川の洪水予測】全国の河川 で6時間先までの水位予測を実現

精度向上のための3つの技術開発

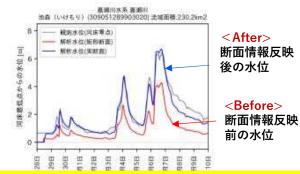
<研究成果>開発データセットは、J-FlwDirとしてWEB公開し、広域洪水予測システムや国土交通省による水系・流域一体の洪水予測システム開発に応用。

出水ごとに最適値が異なるパラメータを特定し、**現地計測 可能な土壌パラメータで構成されるモデルを開発**。 <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法



土壌分類を使用したパラメータ地域統合化により、 予測精度は、各ダムで最適化した場合に近づく。 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±1.70m から 0.14±0.88m 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

断面情報反映前・地形補正前 最大浸水深 (m) 標高 (m) 機高 (m) ・地形補正前の 根定浸水深

断面情報反映後・地形補正後



大浸水深(m)

(m) <After> 地形補正後の 想定浸水深 (浸水範囲の広 がりを表現)

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。

Carone managerial princete innovation promotion program

広域洪水予測システムの研究達成状況

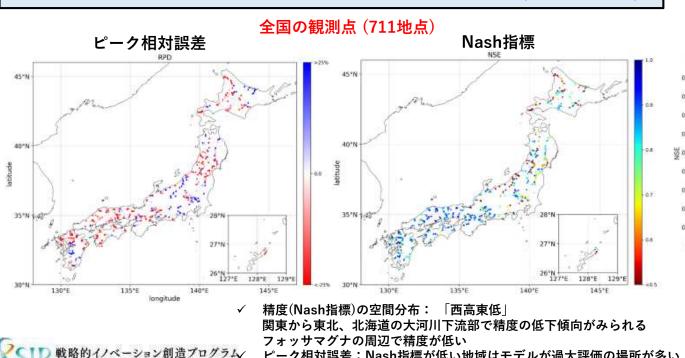
評価項目

28

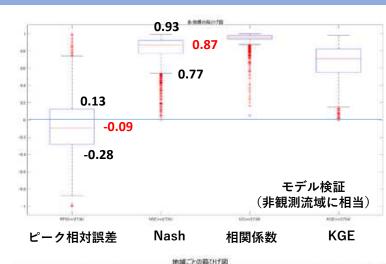
全国多地点における広域洪水予測システムの精度検証

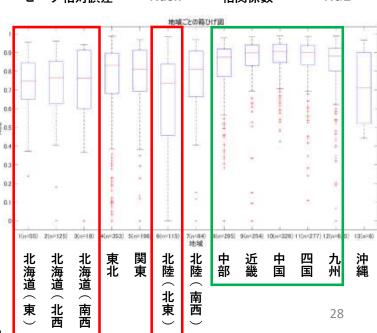
- (③流出モデルの不確実性評価とパラメータ推定)
- コア技術:「洪水流出解析の間違い方」を類型化し、水系ごとに予測精度の 特徴を分析。全国多地点における精度検証とともに、モデルの不確実性を解 明して、モデル改良の方針を明確化。

<研究成果>ダム地点におけるパラメータ同定結果と全国の多地点における検 証結果(右図)に精度上の大差がなく、観測情報の無い中小河川においても 高い精度を有する頑健な洪水予測を実現していることを確認(全国711地点)



ピーク相対誤差:Nash指標が低い地域はモデルが過大評価の場所が多い





広域洪水予測システムの研究達成状況

評価項目 A23B7

29

プロトタイプシステムのリアルタイム運用

(④リアルタイムの広域洪水予測システム開発)

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

<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<u>6時間先までの水位予測</u>を実現 河川流量・水位に加えて、<u>浸水深</u> の空間分布</u>を推定 <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)

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<mark>浸水予測</mark>(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)



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)

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



広域洪水予測システム:プロトタイプシステムの運用事例

評価項目 A2346B23

30

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 m 応急対応	ステージ ステージ 6 7 復旧 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	ベル4	警戒レベル6	警戒レベル4→0へ
トリガー項目	早期注意情報 (警報級の可能 性) 洪水泛 発	1.5r 注意報 令 2~3時 合計5	n超過 2.0m かつ か 時間内に RRIの水	n超過 3.0 かつ 位予測が RRIの2		生情報	嫌次解除
【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	大雨特別警報発令	球磨川人吉観測所 水位407m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 ▼	E 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)



〇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

〇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

R4 R5 R6 R7~

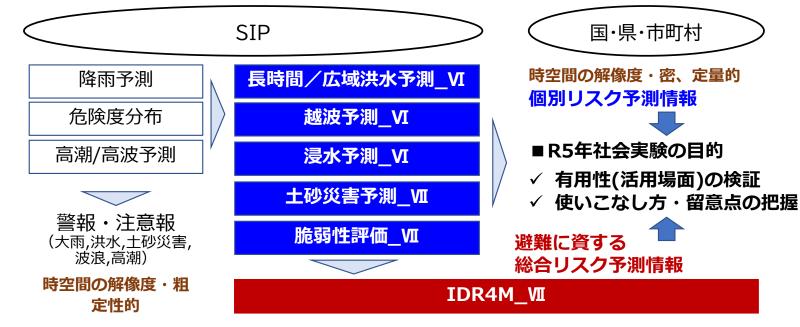
国交省と協議 __⇒計画立案 社会実験プロジェクト実施
・予測情報の精度検証 ・活用リテラシーの向上

国によるシステム暫定運用 から本格運用へ



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

評価項目 A4B6⑦ 32



リスク予測情報のパッケージ &独立による活用

国・県・市町村が共同で活用・連携

水局(河川管理者·水防) 県(河川管理者) 市町村(防災部局)

く 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**) : <mark>球磨川</mark>



テーマVI スーパー台風被害予測システムの開発 sub2 河川・ダムの長時間洪水予測・防災支援システムの開発 ①長時間/広域洪水予測システムの開発

取	なり組み	,		2022	2年度		2023	202	4 20	025	2026	2027	
	休	国	洪水予測モデ 用に関する国							災実 害現 時に			
	体制構築	自治体等	アンサンブル水位予測の活用に関する自治体との 検討 広域洪水予報システムに関する共同研究(京都府と 京都大学防災研)				活用リテラミ 策の実行 → 関係機関に。	治体 に。 暫気	国・自 治体等 による 暫定運			のよ S る o レ	
社	*	民間	広域洪水予報システムを活用した、きめの細かい ニーズに対応する洪水予測情報提供の試行				実験の実施 国土交通省と 治体との連携	:地方自		上情 是供	関係者による システム本格 運用と情報提 供	i \	c ジ i リ
社会実装	用予 化算 化	長時間洪水予測システム	国による全国の河川での洪水予測高度化等検討			ステム、高濱 ハザード予測	統合ダム防災支援シ ステム、高潮・高波 ハザード予測システ ムとの連携推進					e エ t ン	
	・事業化	広域洪水予測システ	国による全国	国の河川での決	株水予測高度化	等検討	ムとの建物	土疋	シラ ム ラ と 加	更新			y ス 5. の
	実	7		(京都府・兵庫 ステムへの支援	≣県)や民間が €	構築する							0強の化
	制度				アンサンブル 測システムの		地方自治体等の 構築	活用手法	・広域洪水	〈予			

グローバルベンチマークの評価

- 1)洪水の広域かつ詳細な予測
- 2)アンサンブル降雨予測を用いた長時間のアンサンブル洪水予測

- 予測情報を、水位/流量・氾濫・危険度に分類
- SIP終了後 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モデルによる予測により優位性は明確

						評価対象				
評化	西軸	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	ВоМ
名称(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
	予測時間	GEPS120時間・ MEPS39時間	6時間	6時間	6時間	45 ⊟	4-5⊟	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
予測機能 仕様 (数値・特徴)	空間解像度	150m	200m	150m	1km	10km (氾濫 1km)	1km	18km(中期) 氾濫:100m	不明	10 km
(妖胆 171以)	アンサンブル メンバ数	MEPS(21) GEPS(51)	1	1	1	51	1	51 (中期)	42	51
	摘要	MEPS · GEPS	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
	水位・流量	0	○ (幹川)	○ (全河川)	Χ	△ (流量のみ)	△ (流量のみ)	△ (流量のみ)	0	△ (流量のみ)
予測情報	氾濫	\bigcirc	Χ	\circ	Χ	\circ	0	○ (簡易)	Χ	Χ
」,以1月批	危険度	(基準水位超過確 率)	0	(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)