予測情報を活用した河川・ダム管理の高度化

令和3年11月10日　環境研究機関連絡会　研究交流セミナー

国土交通省　国土技術政策総合研究所（国総研）
河川研究部　水防災システム研究官
川﨑　将生

気候変動を踏まえた治水対策
～流域治水～

気候変動による災害の激甚化・頻発化を踏まえ、河川管理者が主体となって行う河川整備等の事前防災対策を加速化させることに加え、あらゆる関係者が協働して流域全体で行う、「流域治水」を推進し、総合的かつ多層的な対策を行う。

流域治水：流域全体で行う総合的かつ多層的な水災害対策

堤防整備等の氾濫をできるだけ防ぐための対策

- 堤防整備、河道掘削や引堤
- ダムや遊水地等の整備
- 雨水幹線や地下貯留施設の整備
- 利水ダム等の洪水調節機能の強化

まず、対策の加速化

＋ 加えて

被害対象を減少させるための対策

- より災害リスクの低い地域への居住の誘導
- 水災害リスクの高いエリアにおける建築物構造の工夫

被害の軽減・早期復旧・復興のための対策

- 水災害リスク情報空白地帯の解消
- 中高頻度の外力規模（例えば、1/10,1/30など）の浸水想定、河川整備完了後などの場合の浸水ハザード情報の提供

国土交通省HP： https://www.mlit.go.jp/river/kasen/suisin/pdf/01_kangaekata.pdf P.10

「流域治水」の施策のイメージ

国総研河川研究部の研究に関連する施策

○ 治水計画を「気候変動による降雨量の増加などを考慮したもの」に見直し、集水域と河川区域のみならず、氾濫域も含めて一つの流域として捉え、地域の特性に応じ、①氾濫をできるだけ防ぐ、減らす対策、②被害対象を減少させるための対策、③被害の軽減、早期復旧・復興のための対策をハード・ソフト一体で多層的に進める。

①氾濫をできるだけ防ぐ・減らすための対策

集水域

雨水貯留機能の拡大
[県・市、企業、住民]
雨水貯留浸透施設の整備、
ため池等の治水利用

河川区域

流水の貯留
[国・県・市・利水者]
治水ダムの建設・再生、
利水ダム等において貯留水を
事前に放流し洪水調節に活用

[国・県・市]
土地利用と一体となった遊水
機能の向上

持続可能な河道の流下能力の維持・向上
[国・県・市]
河床掘削、引堤、砂防堰堤、
雨水排水施設等の整備

氾濫水を減らす
[国・県]
「粘り強い堤防」を目指した
堤防強化等

②被害対象を減少させるための対策

リスクの低いエリアへ誘導／住まい方の工夫
[県・市、企業、住民]
土地利用規制、誘導、移転促進、
不動産取引時の水害リスク情報提供、
金融による誘導の検討

氾濫域

浸水範囲を減らす
[国・県・市]
二線堤の整備、
自然堤防の保全

今回紹介

今回紹介

③被害の軽減、早期復旧・復興のための対策

氾濫域

土地のリスク情報の充実
[国・県]
水害リスク情報の空白地帯解消、
多段型水害リスク情報を発信

避難体制を強化する
[国・県・市]
長期予測の技術開発、
リアルタイム浸水・決壊把握

経済被害の最小化
[企業、住民]
工場や建築物の浸水対策、
BCPの策定

住まい方の工夫
[企業、住民]
不動産取引時の水害リスク情報
提供、金融商品を通じた浸水対
策の促進

被災自治体の支援体制充実
[国・企業]
官民連携によるTEC-FORCEの
体制強化

氾濫水を早く排除する
[国・県・市等]
排水門等の整備、排水強化

国土交通省HP： https://www.mlit.go.jp/river/kasen/suisin/pdf/01_kangaekata.pdf P.8に加筆

一級水系における
河川水位予測の高度化

関東・東北豪雨（H27.9）

避難の遅れと長時間・広範囲の浸水による多数の孤立者の発生

○ 宅地及び公共施設等の浸水が概ね解消するまでに10日を要した。
○ 避難の遅れ等により、多くの住民が孤立し、約4,300人が救助された。

鬼怒川下流域における一般被害の状況

項目	状況等
人的被害	常総市 （死亡2名、重症2名、中等症11名、軽症17名）
住家被害	常総市 （全壊50、大規模半壊914、半壊2,773、床下浸水2,264） 結城市 （半壊11、床上浸水38、床下浸水155） 筑西市 （大規模半壊68、半壊3、床下浸水18） 下妻市 （大規模半壊1、床上浸水58、床下浸水106） つくばみらい市 （半壊13、床上浸水1、床下浸水21）
救助者	ヘリによる救助者数 1,339人 地上部隊による救助者数 2,919人
避難指示等	①避難指示 11,230世帯, 31,398人 ②避難勧告 990世帯, 2,775人 （※9月29日16時現在）
避難所開設等	避難者数 1,786人 （市内避難所 840人, 市外 946人） （※9月18日11時現在）

（茨城県災害対策本部 10月22日16時以前の発表資料より常総市等、関連を抜粋）

屋根からヘリコプターで救助される人
毎日新聞社

常総市役所から駐車場を撮影（撮影日：9/11）
周辺は浸水し、防災拠点の市役所も孤立化。

自衛隊員にボートで救出された人たち
毎日新聞社

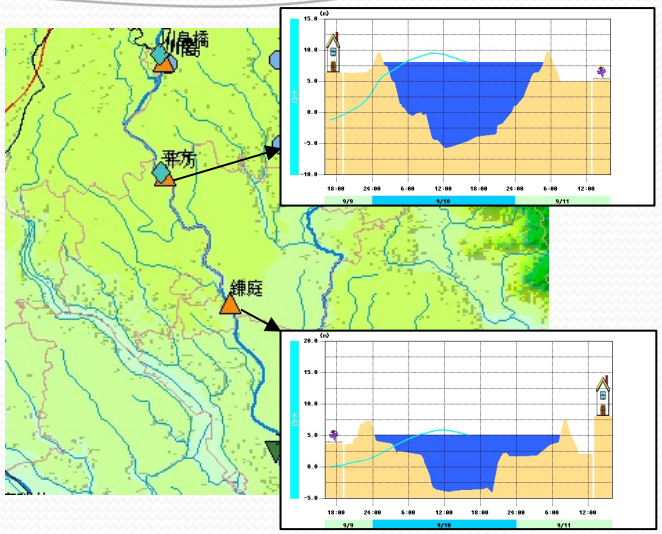
市町村や住民等に対して、水位観測所の水位だけでなく、自分が住んでいる土地の近傍の水位と堤防高の関係を把握できるようにするなどの氾濫の切迫度をリアルタイムで伝える必要。
（H27.12 社会資本整備審議会答申）

国土交通省HP：
https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/shaseishin/kasenbunkakai/shouiinkai/daikibohanran/1/pdf/daikibo1_04_s2.pdf P.17に加筆

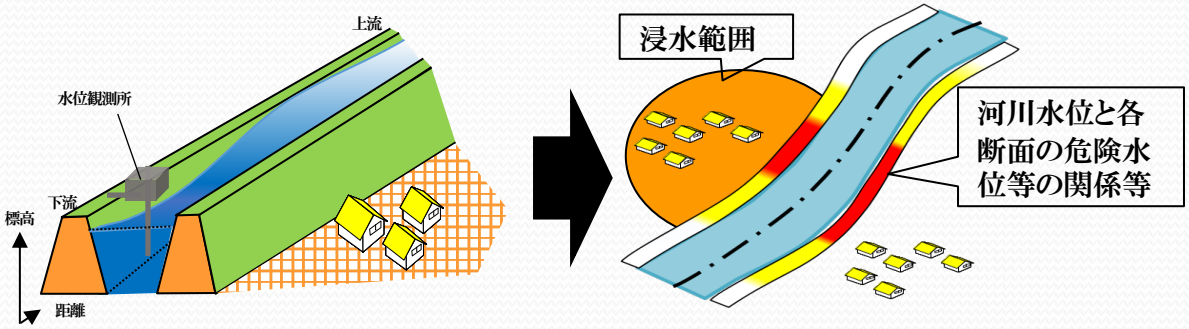
河川水位の情報を“点から線へ”

【従来】
水位観測地点の水位
（点情報）

点情報から河川の状態をイメージする必要があり、氾濫の切迫度を判断するためには経験と知識が必要。
地先単位での氾濫の危険性を把握することが難しい。



【今後】
上下流連続的な水位
（線情報）



<u>河川の状況情報を「点情報」から「線情報」へ展開</u>
時々刻々と変化する上下流連続的な河川水位の情報と各地点の危険水位等の情報を組合せることにより、地先毎の氾濫の切迫度を把握できるようにする。

河川水位を縦断的に精度よく推定するためには

観測技術（雨量・水位）

レーダ雨量観測（XRAIN）

危機管理型水位計

↓

解析技術（水理・水文）

流出計算
＋河道不定流計算

データ同化

→ 河川縦断水位

↑

ALB測量

河川地形測量技術

荒川流域（流域面積：2,940km^2）の河川水位予測モデルの例

・流出モデル：土研分布モデル2018（250mメッシュ）

・河道不定流モデルによる計算範囲

国管理区間

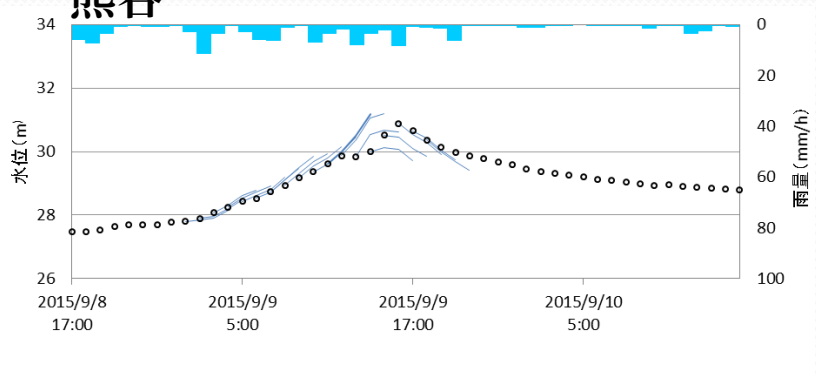
県管理区間

河川水位予測モデルの構築

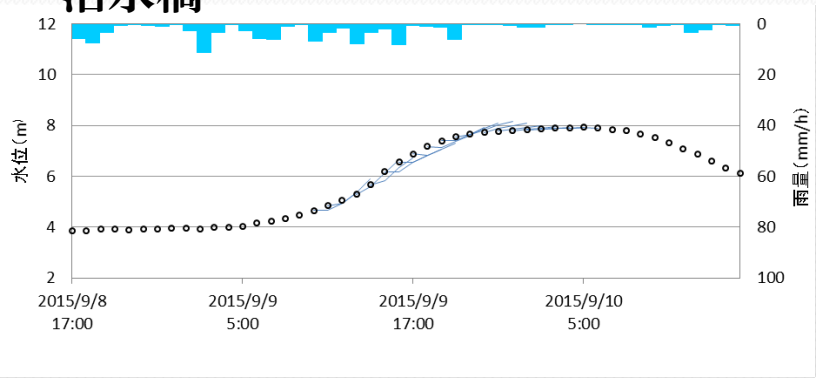
平成27年9月関東・東北豪雨　荒川の例

現業モデル

熊谷

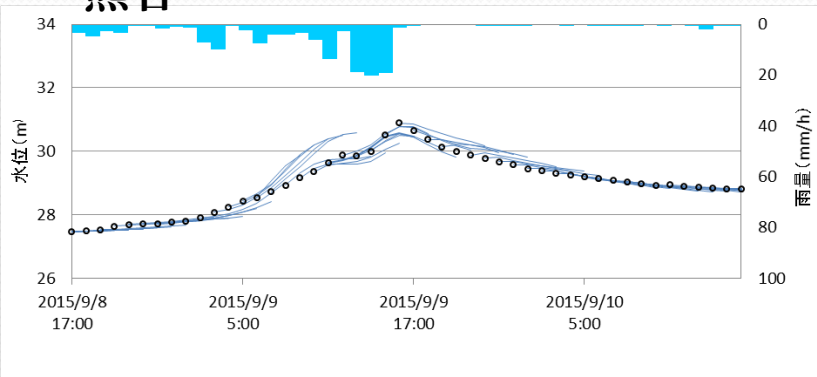


治水橋

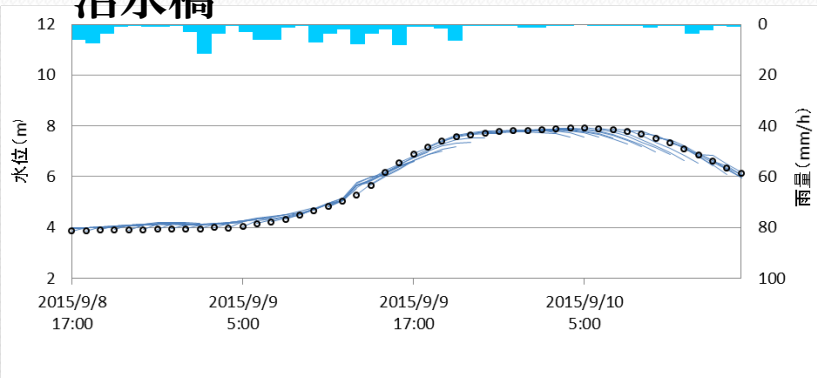


検討モデル

熊谷



治水橋



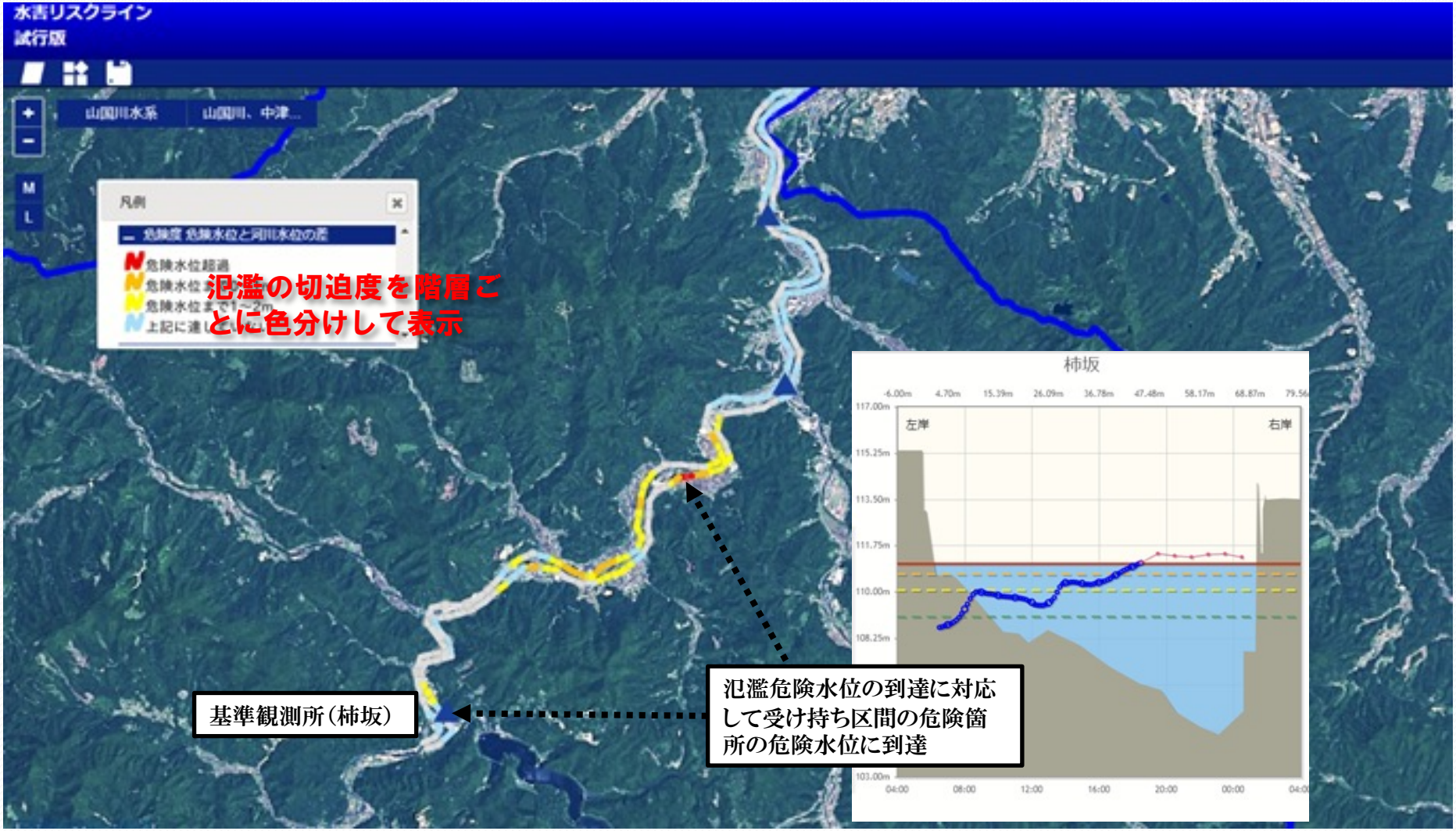
現業モデルと同等の予測精度を有することを確認

※本計算は予測雨量に実績雨量を入力した計算結果。
※予測先行時間は、現業モデル：3時間、検討モデル：6時間

実用的なシステムの試作

河川事務所等で従来の洪水予測に使用されている計算機性能で、現時刻から6時間先までの1時間毎の河川縦断水位を10分間隔で計算更新できるシステムを構築。

2018年7月6日　山国川の例



『大規模広域豪雨を踏まえた水災害対策のあり方について
～複合的な災害にも多層的に備える緊急対策～』

社会資本整備審議会答申（平成30年12月）

4. 緊急的に実施すべき対策

(1)施設能力を上回る事象が発生するなかで、人命を守る取組

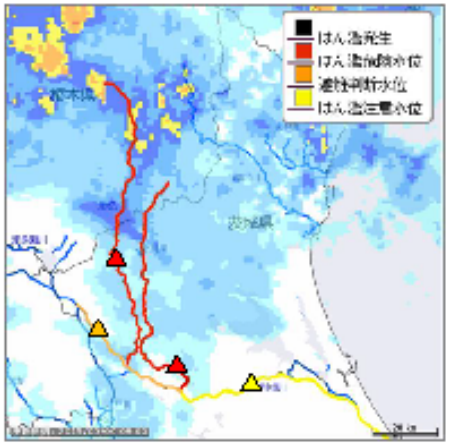
③ 避難行動につながるリアルタイム情報の充実

○水害リスクラインの全国展開と洪水予報の高度化

居住地の氾濫ブロックについて危険となるタイミングをタイムリーに把握できるよう、上流から下流にかけて連続的かつ左右岸別に時々刻々と変化する危険性を的確に評価できる水害リスクラインについて、現在の試行運用を踏まえて改善を行い、全国の河川への導入を促進すること。（後略）

現行の洪水予報・危険度の表示

水位観測所の水位で代表して、一連区間の危険度を表示



水害リスクラインを活用した洪水予報・危険度の表示

左右岸別、上下流連続的に地先ごとの危険度を表示

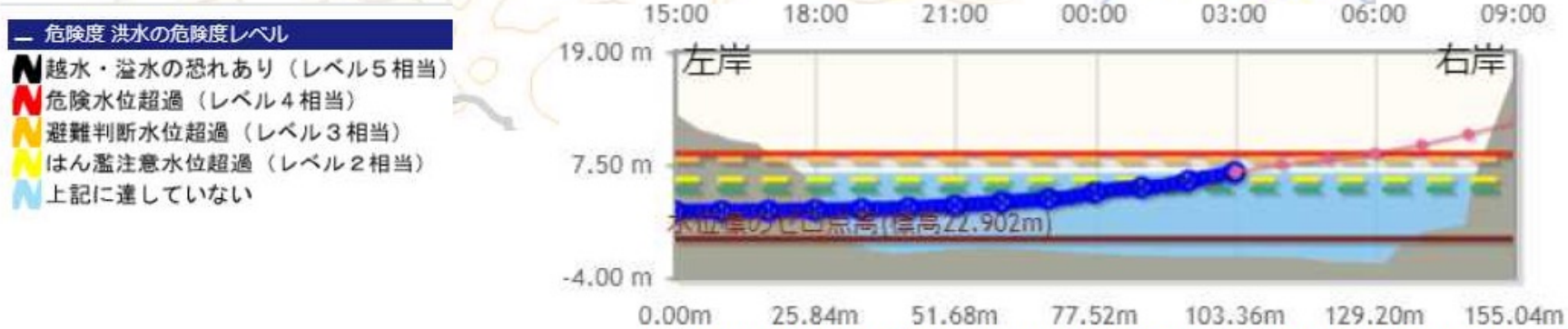
※国土交通省水管理・国土保全局報道発表資料（令和元年9月11日）より抜粋

水害リスクラインによる水位情報の提供

（水位予測に基づく洪水の危険度の共有）

- ○ 水位予測に基づく洪水の危険度（水位観測所の地点以外の水位も推定）
- ○ 水位の実況や、現在の沿川のリスクを一般に公開
- ○ 地方公共団体等には、6時間先までの水位予測、とこれに基づく沿川のリスクも提供

江の川の氾濫発生箇所のリスクライン
（令和2年7月14日10時時点）



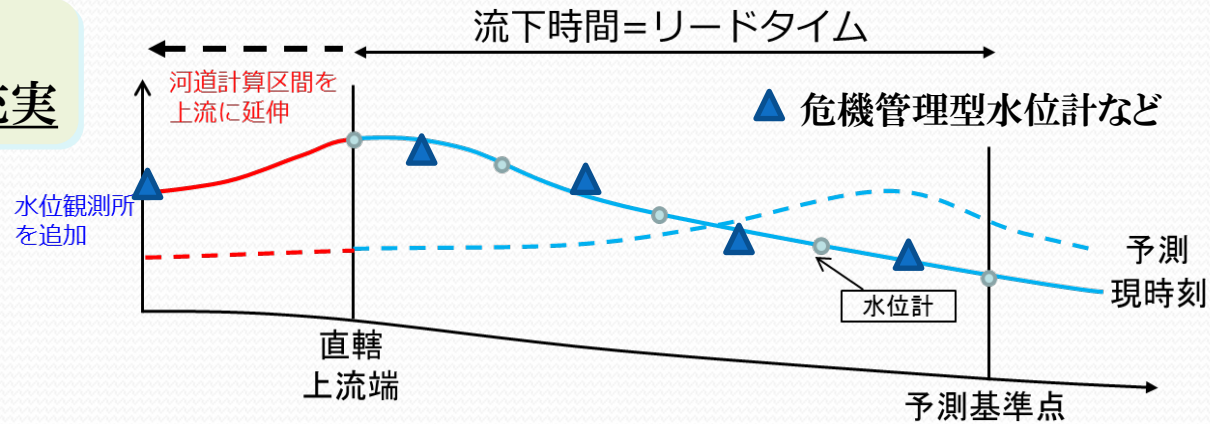
江の川 川本水位観測所の水位予測（令和2年7月14日3時時点）

10

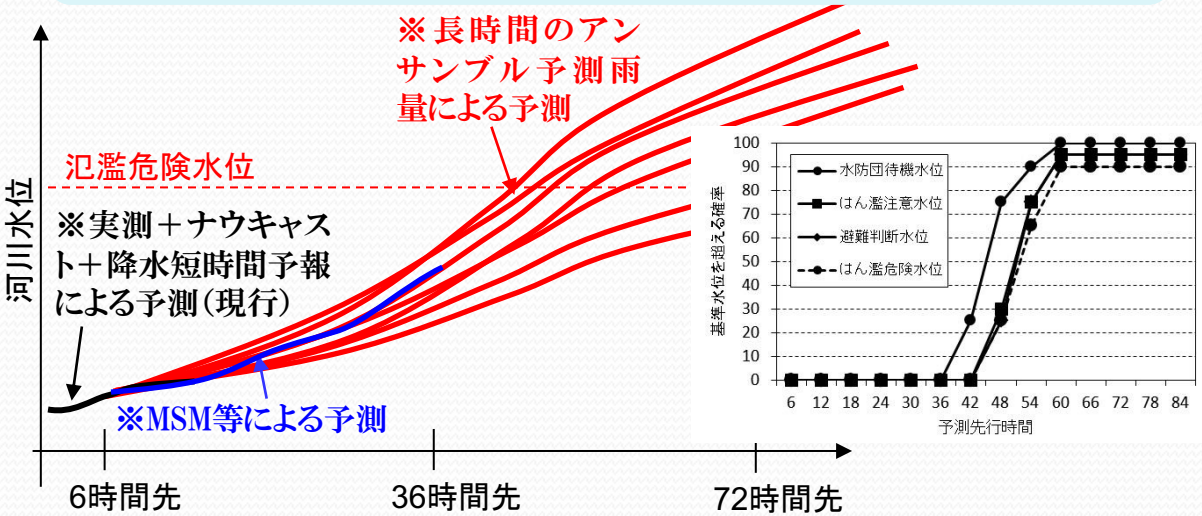
※洪水及び土砂災害の予報のあり方に関する検討会（令和3年1月6日）資料2より抜粋

避難体制の強化ニーズに対応するための研究開発が多くの研究機関等により実施中

・予測精度の向上
→ <u>水位観測の充実</u>



・予測の長時間化とそれに伴う不確実性増大への対応
→ <u>アンサンブル予測の導入</u>



・予測雨量の精度向上

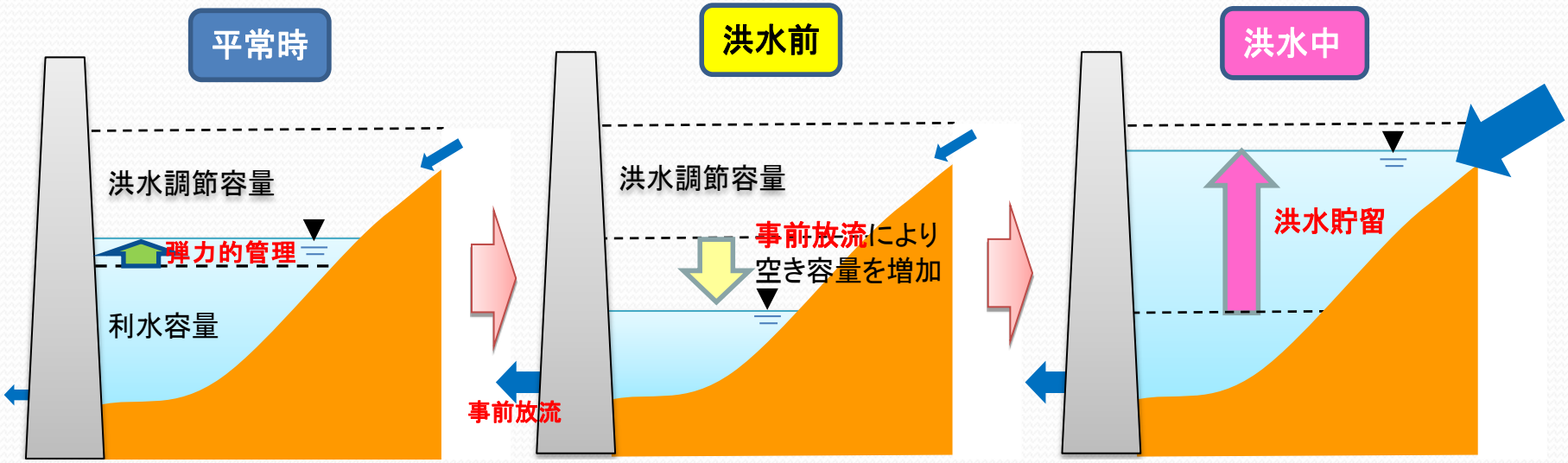
・予測モデルの改良

・中小河川への拡大

・計算結果の表現方法の工夫

・水位情報を“線から面へ”

多目的ダムの洪水時操作の高度化



☆洪水調節容量の一部にも貯留する、弾力的管理

☆利水容量も活用し、洪水調節に使える容量を一時的に多く確保する、事前放流

☆ダム容量を最大限使用し、下流の被害をできる限り軽減する洪水調節（特別防災操作）

事前放流の実施判断に対する予測の不確実性の影響

過少　　予測雨量　　過大

過少　　事前放流量　　過大

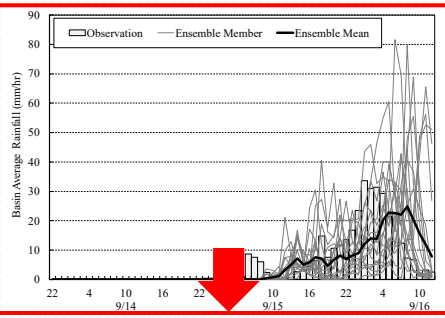
【治水面の心配】
予測雨量が過少
→事前放流量が過少
→洪水調節容量の増量が不十分な可能性

【利水面の心配】
予測雨量が過大
→事前放流量が過大
→利水容量が回復しない可能性

予測の不確実性を考慮した操作決定方法を考える

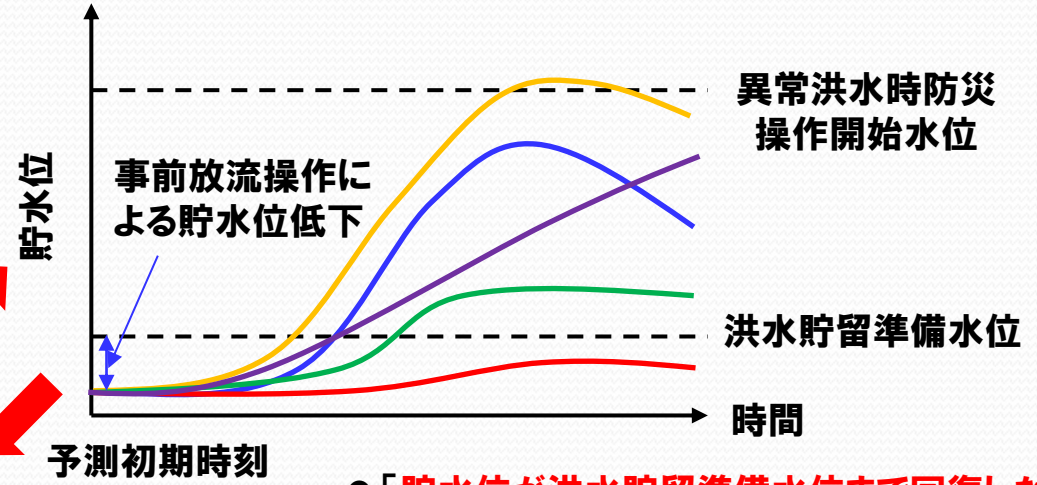
アンサンブル予測雨量を用いた事前放流操作の決定方法（試案）

1. アンサンブル予測雨量



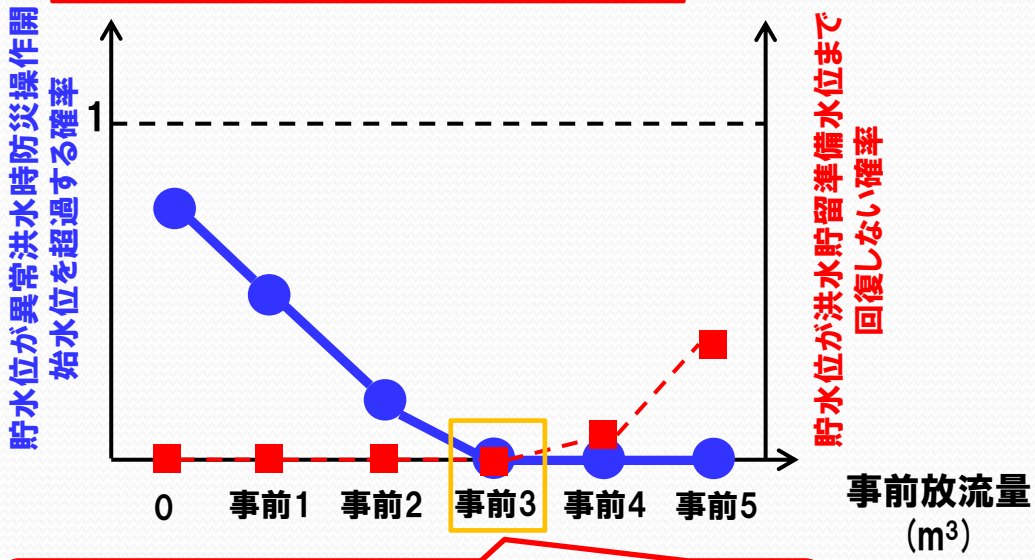
2.アンサンブル予測雨量と流出計算モデルを用い、アンサンブルの予測流入量を計算

3.事前放流操作が実施された場合について洪水調節計算を実施



- 「貯水位が洪水貯留準備水位まで回復しないメンバー数」及び「異常洪水時防災操作開始水位を超過するメンバー数」をそれぞれカウントする。
- それぞれのメンバー数を全メンバー数で割る。

4. 操作の決定

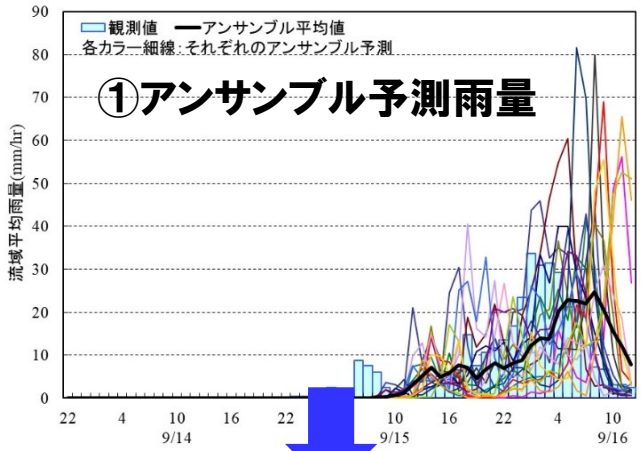


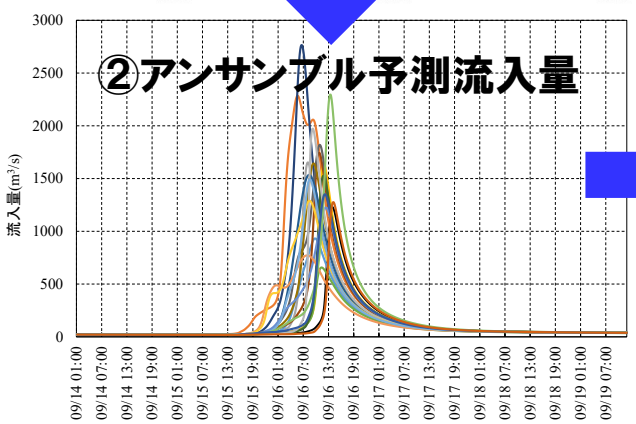
貯水位が洪水貯留準備水位まで回復しない確率が最小、かつ貯水位が異常洪水時防災操作超過する確率が最も低い操作を選定

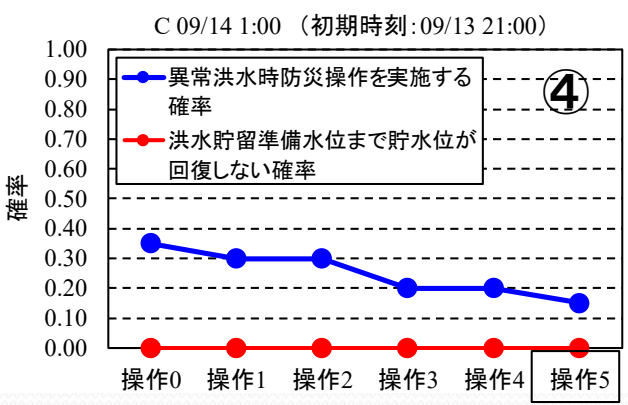
■ リスク1：
各操作候補における、貯水位が洪水貯留準備水位まで回復しない確率

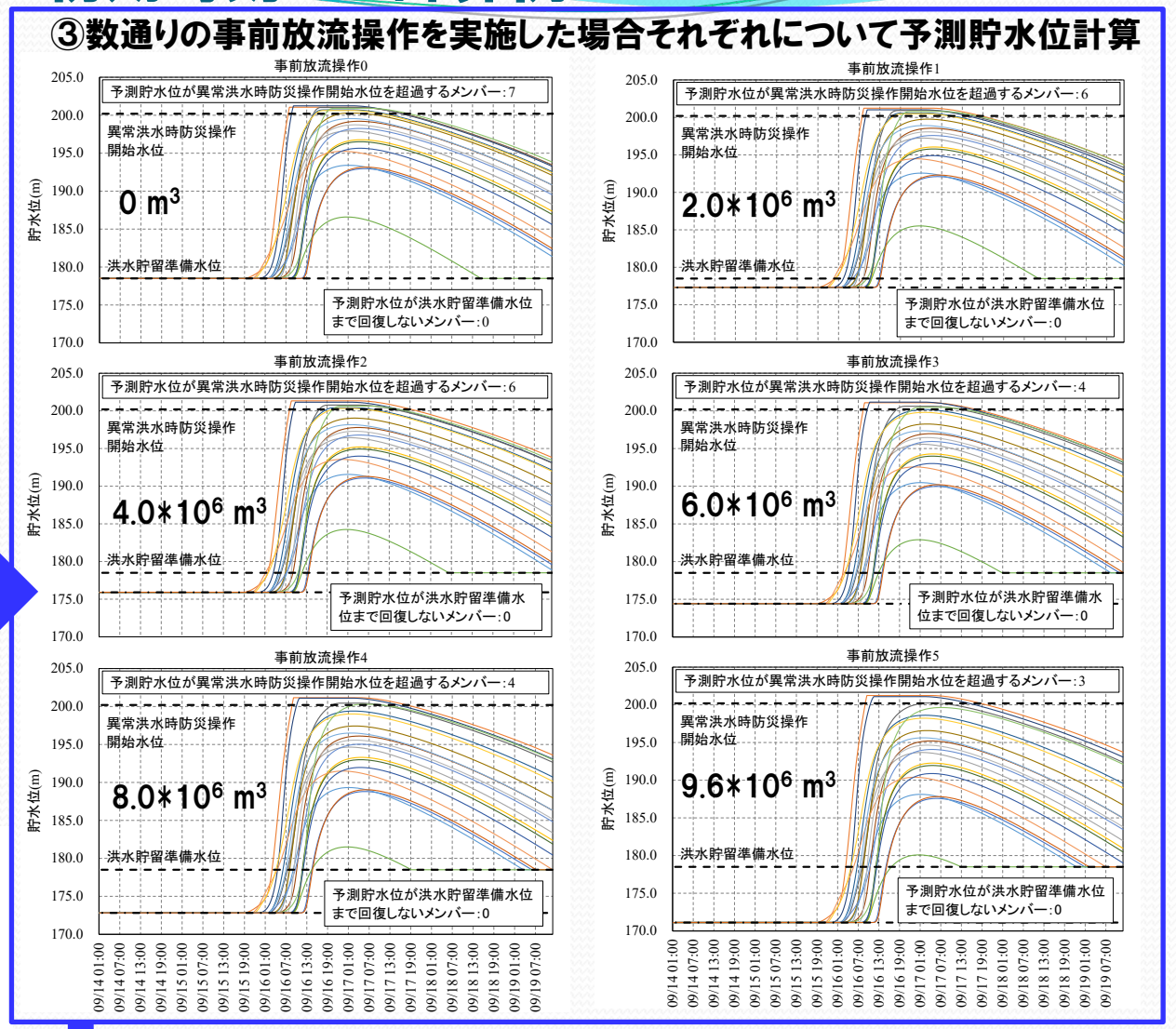
● リスク2：
各操作候補における、貯水位が異常洪水時防災操作開始水位を超過する確率

アンサンブル予測雨量を用いた事前放流操作の決定方法（試案）
～1初期時刻での計算例～



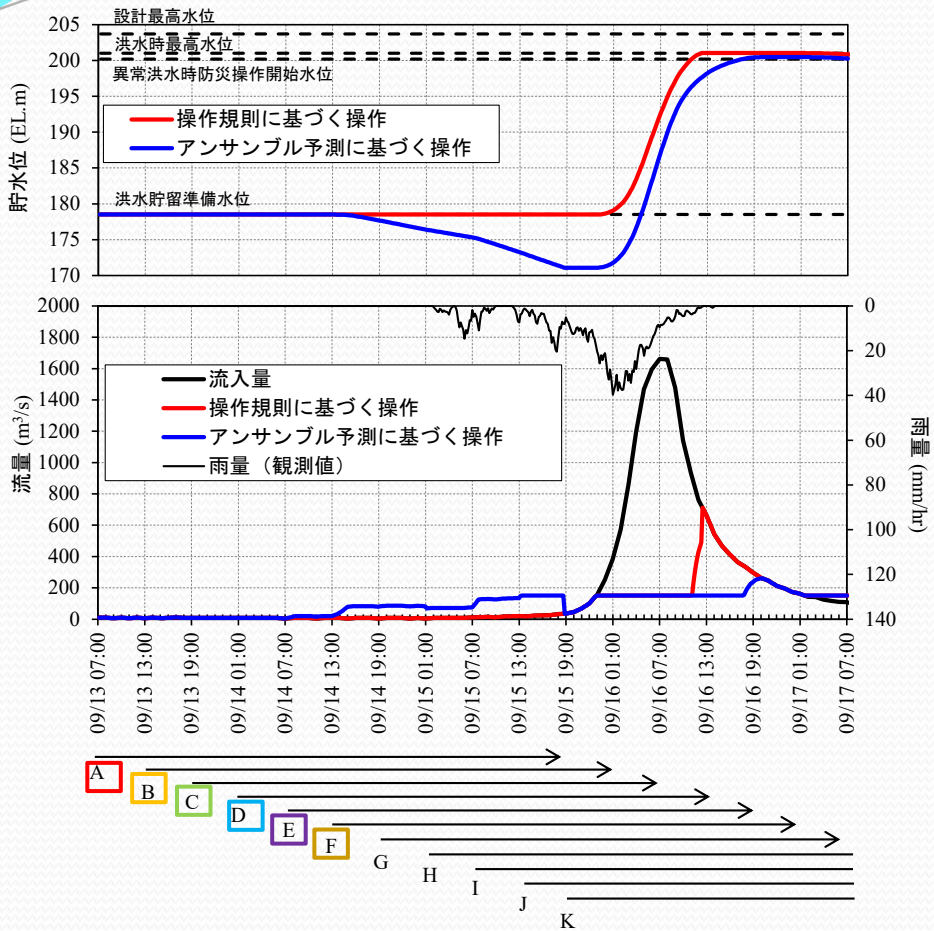


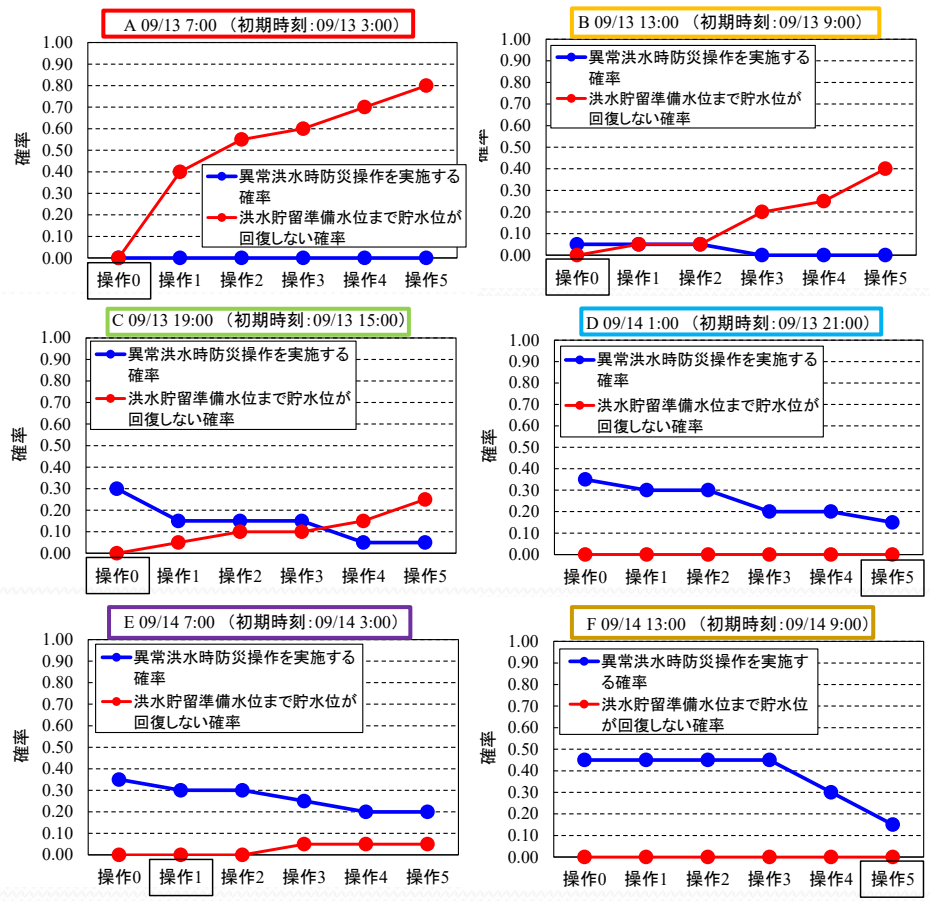




- 予測貯水位が洪水貯留準備水位まで回復しないメンバー数及び異常洪水時防災操作開始水位を超過するメンバー数をカウントし、全メンバー数（20）で割ることで2つのリスクの発生確率を表現
- 洪水貯留準備水位まで貯水位が回復しない確率をゼロとしながら、異常洪水時防災操作開始水位を実施する確率を最小とする操作を選択

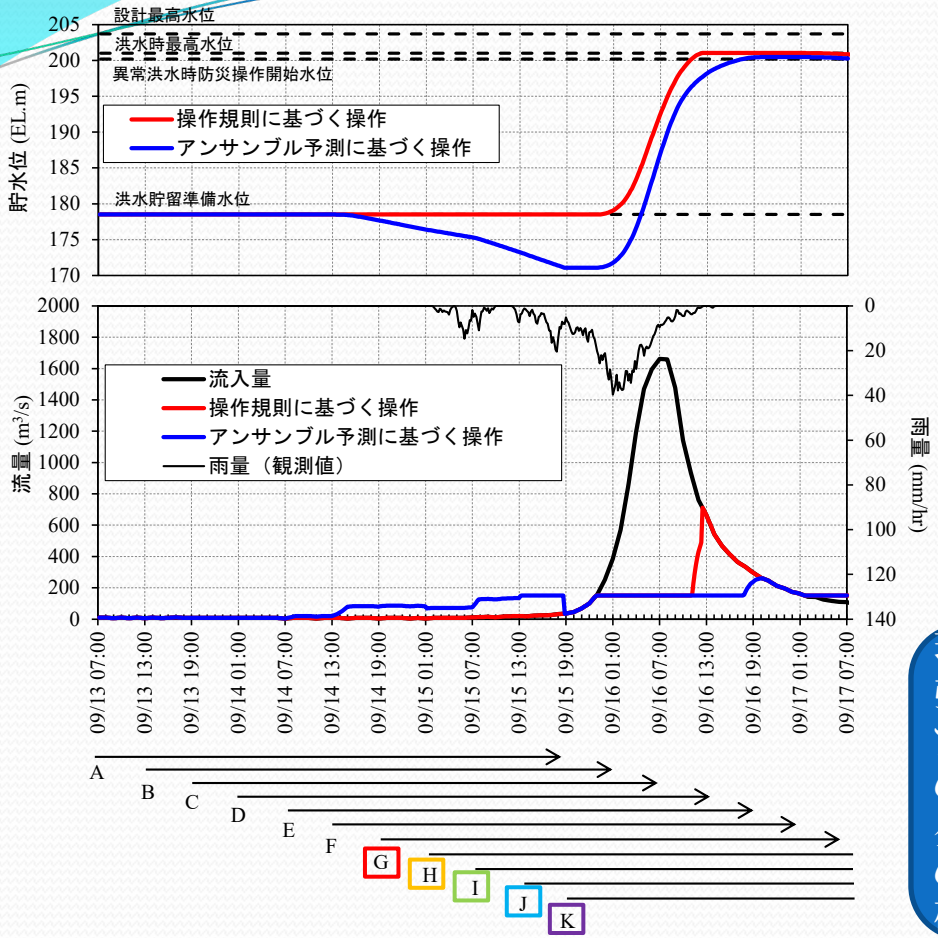
アンサンブル予測雨量を用いた事前放流操作の決定方法（試案）
～ある洪水イベントにおける試算事例（１／２）～

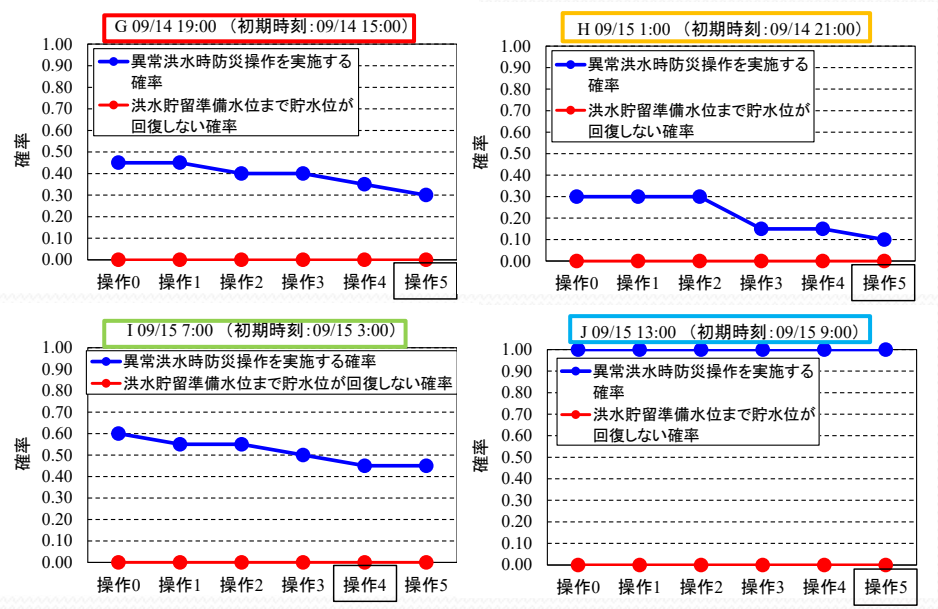




- 使用したアンサンブル予測雨量はWRFを用いて計算したもの（境界値：気象庁GSM、空間解像度：5km、アンサンブルメンバー数：20、予測先行時間：63時間）
- A 9/13 7:00～F 9/14 13:00の6初期時刻（※配信遅れ時間を考慮した時間）において、0→0→0→5→1→5と操作が推移
- 事前放流操作が最初に必要とされるD 9/14 1:00から6時間巡視を行い、予測が更新されるE 9/14 7:00から事前放流操作が開始

アンサンブル予測雨量を用いた事前放流操作の決定方法（試案）
～ある洪水イベントにおける試算事例（２／２）～





現在は気象庁MEPSを使用。治水容量を利用した平常時の弾力的管理、洪水後期の特別防災操作についてもアンサンブル予測を活用した操作決定方法の試案を作成し、実用性の確認を進めているところ。また、他の研究機関等では利水ダムを含む流域ダム群の統合運用も視野に入れ、より長時間の予測の活用による治水・利水両面で効果的なダム操作の研究開発が実施されている。

- G 9/14 19:00～J 9/15 13:00の4初期時刻において、5→5→4→5と操作が推移
- K 9/15 19:00の直前に操作5の目標水位まで貯水位が低下したため、水位維持操作に移行。
- 異常洪水時防災操作を回避するまでには至らないが、開始時間を6時間程度遅らせ、最大放流量を操作規則に基づく場合の約710m³/sから約260 m³/sと大幅に低減
- 事前放流操作を実施することのリスクがどの程度の確率で発生するかを提示し、それに基づいて操作を決定できることがアンサンブル予測雨量を用いることの特徴。リスク情報の共有による利水者とのコミュニケーション。

さいごに

国総研20年史

○ 国総研は、2001年に発足し、本年でちょうど20周年。
○ 発足以来実施してきた主要な研究課題や取り組みについて、研究への理解と今後の国土技術政策の発展のために『国総研20年史』としてとりまとめ、刊行。

http://www.nilim.go.jp/lab/bbg/20nenshi/index_20years.htm

国総研20年史

国土を強靭化し、国民のいのちと暮らしをまもる研究

- 東日本大震災を契機として国総研で取り組んだ調査・研究
- 平成28年熊本地震への復旧支援-災害復旧現場への研究室の設置
- 下水道施設災害の調査と対策の高度化
- ダムの耐震及び関連技術
- ハード対策とソフト対策を組み合わせた総合的な津波対策
- 道路構造物の防災・減災・危機管理
- 建築構造の安全・安心の確保
- 宅地の液状化対策
- 密集市街地の安全性向上
- 港湾施設の設計技術の高度化
- 空港土木施設の基準・要領等の整備
- 気候変動を見据えた治水計画の立案に向けて
- 洪水の把握・予測手法の高度化
- 浸水情報を活用した浸水被害防止対策の促進
- 土砂災害警戒情報及びその施策展開を支える技術の確立
- 河道閉塞等の大規模土砂災害発生時の緊急対応方法を確立
- 高潮・津波対策
- 下水道管路のストックマネジメント
- 道路構造物の維持管理支援

快適で安心な暮らしを支える研究

- 住宅・建築物における省エネ・省CO2 に向けた取り組み
- 下水処理の高度化、効率化
- 河川環境研究の模索と軌跡
- 道路環境の影響評価・保全技術
- 道路緑化の推進（街路樹・のり面緑化）
- 都市のヒートアイランド対策
- 建築基準法の防火・避難規定の性能規定化
- 沿岸域の自然環境
- 沿岸域管理・みなとまちづくり
- 住宅セーフティネット機能の強化
- 良質な住宅ストックの形成及び住宅ストックの流通・活用の円滑化と適正管理～ストック型社会への移行に対応した研究展開～
- マンションの再生の円滑化
- 都市構造の集約化に関する研究
- 社会要請の変化に対応した道路の幾何構造
- 幹線道路の交通安全対策
- 建築基準の遵守（不適正事案対応への技術支援）

社会の生産性と成長力を高める研究

- 下水道の技術開発マネジメントとB-DASH プロジェクト
- 路車間での情報の収集・配信機構の開発とETC2.0 プローブ情報の利活用
- 道路構造物の技術基準類の策定・改定
- 都市における人の動きの把握・分析技術の高度化
- 海上輸送・港湾計画の高度化
- 港湾政策の企画・立案・評価を支える
- 航空政策の企画・立案、普及を支える
- 建設現場の生産性向上
- 港湾の施工・維持管理の高度化
- 多様な入札契約方式の導入支援
- 港湾施設の整備及び保全に係る業務の効率化
- 空港施設の整備及び保全に係る業務の効率化

ご静聴、ありがとうございました。