

国-04
気象・水位情報の提供による応急対応促進

**観測水位を活用した傾向分析による中小河川の
水位情報提供システムの開発**

官民研究開発投資拡大プログラム（PRISM）
「革新的建設・インフラ維持管理技術/革新的防災・減災技術領域」
財務省説明資料

2021年2月
国土交通省

資料1「観測水位を活用した傾向分析による中小河川の水位情報提供システムの開発」の全体像

課題と目標

- 近年、激甚な水害が頻発しており、中小河川の洪水時の避難の遅れにより、多くの方々が亡くなっている。
- また、今後、地球温暖化に伴う気候変動により洪水の発生頻度が2倍～4倍程度に増加することが予測されている。
- 都道府県が管理する中小河川は雨が降ってから洪水が発生するまでの時間が短く、また、水位上昇速度が大きいことから、避難できる時間が短いことが多い。
- これまでの水位予測手法は高い技術力と多額の費用が必要であり、都道府県が管理する多くの中小河川では洪水時の水位予測を実施できていない。
- 速やかな避難判断を促し、人命を保護するために、汎用性のある「短時間で計算可能な」、「安価」・「簡便」で「必要な精度」を有する水位予測技術を開発し、全国の中小河川への導入促進を図る。

出口戦略

- 洪水予測を行う河川の拡充・精度向上
現在、洪水予測を行っている都道府県管理河川は128河川であるが、PRISM施策により、洪水により多くの人命が失われる危険性がある約1,500河川へ拡大。
- オープンデータ化に伴う民間誘発効果
水位観測・予測情報等を加工・提供等する情報配信事業等の促進。

施策の全体像(元施策及び対象施策の概要)

- 元施策：全国の中小河川のうち水害からの人命の保護の必要性の高い地区等に危機管理型水位計を約10,000地点に設置、主要な大河川において左右岸別に上流から下流まで連続的に洪水の危険度を表示することが可能な水害リスクラインの整備・・・(R2年度：162,000千円)
- PRISM：中小河川における洪水時の住民避難を支援するため、「住民避難が必要な河川水位にいつ到達するのか」に着目した水位予測モデルの開発。技術研究開発の集中・一元管理により、効率的・効果的に汎用性のある安価・簡便で、必要な精度を有する水位予測技術を開発し、都道府県への導入促進を図る。
- SIP「国家レジリエンス(防災・減災)の強化」においては、スーパー台風等による大規模水害時における広域避難等の行政判断への活用のため、スーパー台風の進路予測や長時間予測雨量を用いて長期的な河川水位の傾向をリアルタイムで予測するシステムを開発する。
- 全体像：既存のレーダや水文観測に加え、水位計の設置促進(7000地点 17,000地点に拡大)等により得られるビッグデータを活用し、氾濫する危険のある水位に到達する約2時間前までに水位予測情報を提供可能な、中小河川でも導入しやすい安価・汎用型の水位予測技術を開発する。

民間研究開発投資誘発効果等

- 都道府県において水位予測システムを導入する際の支出の削減・・・(約150億円)
- 民間からの貢献額：3年間で約6,500万円相当
 - ・ 民間技術者の研究参与：約1,500万円(5万円/日×100日/年×3年)
 - ・ 民間技術者の定例勉強会への参画：約30万円(0.5万円/人×2人/回×30回)
 - ・ 河道断面、H-Q式等データの整理等：約5,000万円(50万円/河川×約100河川)

資料2 元施策の概要

実施内容・ロードマップ

元施策では、
 全国の中小河川のうち水害からの人命の保護の必要性の高い地区等に**危機管理型水位計を約10,000地点設置**することにより(従来の水位計を含めた水位計 約7,000地点を約17,000地点へ拡大)、**水位観測空白地帯の解消**による洪水監視機能の強化・拡大を図る。
 また、**主要な大河川において、概ね200m毎の水位の計算結果と堤防高との比較により、左右岸別に上流から下流まで連続的に洪水の危険度を表示**することが可能な**「水害リスクライン」の整備**を推進する。

PRISMでは、
 既設及び今後設置される**水位計の観測データを活用することにより、約2時間前に避難の呼びかけに必要な水位を予測できる、安価で簡便な流出モデル等を開発**することにより、**全国の中小河川に洪水予測の展開**を図る。

元施策

- ・危機管理型水位計を設置(観測地点を約7,000から約17,000へ拡大)
- ・「水害リスクライン」システム開発(主要大河川を対象)

PRISM実施期間

PRISM ←

H30・R1

R2

R3

R4

RRIモデルの選定
 水位データ同化技術(粒子フィルター)の決定
 雨量プロダクトの評価
 パラメータ最適化手法(SCE-UA法)の適用
 出水中河床変動についてH-Q式にデータ同化を適用する方法の開発
 自動配信システムの設計・配信
 試行
 GUIの開発

降雨量データの組み合わせ方法の開発
 レジーム則では地形を表現できない場合の河道設定方法の開発
 土地利用(水田)の設定方法の開発
 新たに追加した60河川を含む約100河川のモデル構築・改良や予測精度の検証
 危機管理型水位計の特性を踏まえた観測水位の同化手法の開発
 ⑥出水時の計算負荷が集中する際の計算リソースの配分等の検討

全国展開へ向けたモデル構築方法の体系化
 データが不足している河川でのモデル構築手法
 ・H-Q式の作成方法の検討
 ・既存の簡易な断面の測量手法の調査と一般化
 ・これまでの成果を活用したパラメータ推定手法の開発
 リアルタイム自動配信システム等の開発(130河川の実装)

全ての実装河川の検証結果のとりまとめ
 都道府県河川管理者向けマニュアルの作成
 都道府県用自動配信システムの検討
 モデル河川での都道府県用自動配信システムの設計
 都道府県河川管理者へのマニュアル配付・講習

元施策の予算要求

大規模・局地的自然災害への対応力をより一層高度化させるため、平時から非常時までの様々なフェーズにおいてきめ細かな減災・防災対策が必要であるという認識のもと、既存の減災・防災技術の根幹を担ってきた土木技術にAI、IoT等の最先端科学技術や新技術(他分野の既存技術の応用を含む)、社会心理学等の知見を積極的に導入することで新たな減災・防災技術の研究・開発を実施する。

	平成30年度	平成31年度	令和2年度
元施策の予算額(千円)	219,300	219,300	162,000
アドオン施策の予算額(千円)	243,000	210,000	231,000

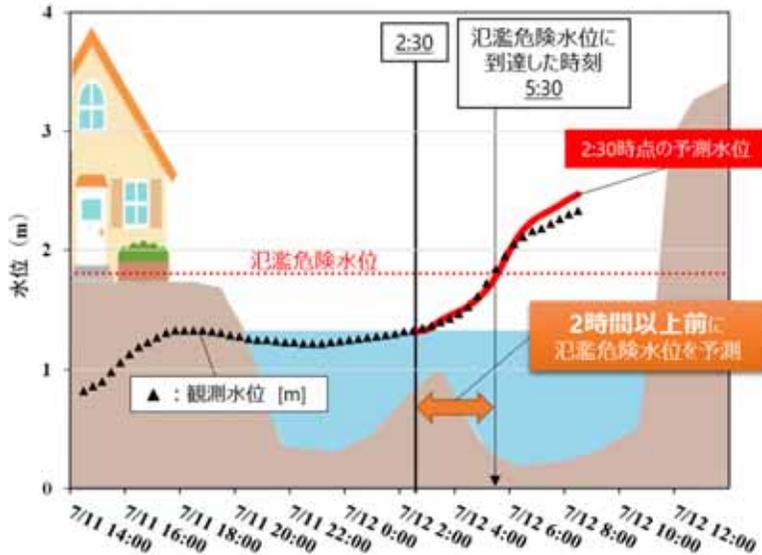
資料3 - 1「観測水位を活用した傾向分析による中小河川の水位情報提供システムの開発」 の概要

(国土交通省 アドオン:231,000千円/元施策:162,000千円)

課題

- これまで、大河川及び限られた中小河川においては水位予測が実施されてきたが、水位予測には高い技術力と多額の水位予測システムの構築費用が必要であるため、都道府県が管理する多くの中小河川においては、洪水時の水位予測を実施できていない。
- 都道府県が管理する中小河川は、雨が降ってから洪水が発生するまでの時間が短く、水位上昇速度が大きいことから、避難できる時間が短いことが多い。このため、短時間の計算で的確に水位予測を行う必要がある、高度な技術力を要する。

実施内容



5:30に氾濫危険水位に到達した洪水イベントにおいて3時間前の2:30時点で氾濫危険水位を予測した事例。(小本川(令和2年7月))

近年設置が進められている危機管理型水位計のデータを活用し、「住民避難が必要な河川水位にいつ到達するか」ということを、約2時間前までに予測できるシステムの開発を行う。

中小河川においても導入しやすい、
「短時間で計算可能な」、
「安価」、
「簡便」、
「必要な精度を有する」、
水位予測システムを開発する。

研究開発目標

- 最終目標 : 約2時間前に避難の呼びかけに必要な水位を予測できる、短時間で計算可能な安価・簡便な水位予測技術を開発
- 令和3年度 : データが不足する河川でのモデル構築手法の開発と全国展開へ向けたモデル構築方法の体系化
- 出口戦略 : 洪水予測を行う中小河川を現在の128河川から、洪水により多くの人命が失われる危険性があるにもかかわらず、洪水予測が現在行われていない約1500河川に拡大

資料3 - 2「観測水位を活用した傾向分析による中小河川の水位情報提供システムの開発」 の概要

(国土交通省 アドオン:231,000千円/元施策:162,000千円)

出口戦略

- ・都道府県が洪水予測を行う河川の拡充・精度向上
- ・現在、洪水予測を行っている都道府県管理河川は128河川であるが、PRISM施策により、洪水により多くの人命が失われる危険性がある約1,500河川へ拡大。
- ・オープンデータ化に伴う民間投資誘発効果
- ・水位観測・予測情報等を加工・提供等する情報配信事業等の促進。

PRISMで推進する理由

- ・国土交通省予算では、近年の大規模な水災害状況を踏まえ、「水防災意識社会再構築ビジョン」として、全ての直轄河川とその沿江市町村において、水防災意識社会を再構築するための多角的な取組を実施。
- ・一方で、各都道府県が管理する中小河川においても「人命を守る」ため、水位予測に係る技術開発の前倒し・実装が必要であり、課題であった「安価・簡便・精度」を確保し、効率的・効果的に技術開発を行うため、PRISMにより集中投資・一元管理による研究を推進する必要がある。

元施策がどのように加速されるか

- ・危機管理型水位計を活用した安価・簡便な洪水予測システムを開発することにより、中小河川等への危機管理型水位計のより一層の設置促進が期待。
- ・危機管理型水位計の特性を踏まえた観測水位の同化手法を、主要な大河川において左右岸別に上流から下流まで連続的に洪水の危険度を表示できる「水害リスクライン」へ適用し、予測精度の向上に貢献。

戦略の位置づけ

- ・特に取組を強化すべき主要分野(安全・安心)のうち「自然災害等の予兆や発生後の状況をいち早く、高精度に把握するとともに、自然災害等の予測・被害予測を迅速かつ正確に行い、自然災害等の防止や災害による被害を最小限に抑える技術」に該当する。
- ・技術開発においては、AI等の基盤技術を活用する。
- ・PRISMで開発した技術によって処理された高次情報をSIP4D等を通じて民間等へ提供。
- ・都道府県管理河川への洪水予測を促進・支援することで、国が管理する主要大河川を中心とした洪水予測から、中小河川でも洪水予測が実施できるよう政策転換する。

資料4 令和2年度の成果

令和2年度目標	令和2年度成果
①降雨量データの組み合わせ方法の開発	<ul style="list-style-type: none"> ・解析雨量、速報版解析雨量、降水短時間予報、速報版降水短時間予報の特徴や違いについて全国的な傾向を整理した。 ・アメダス等の他プロダクトと比較し、その精度を検証した。 ・洪水予測に適した各プロダクトの組み合わせ方法について検討し、いくつかの河川においてその効果を検証した。
②レジーム則※では地形を表現できない場合の河道設定方法の開発	<ul style="list-style-type: none"> ・測量データ、空中写真等を用いて、河道幅と水深を設定し、モデルに適用する手法を検討・試行した。 ・河道幅、水深がレジーム則では表現できなかった河川を事例とし、国土地理院地図およびGoogle航空写真から河道幅と水深を設定し、その結果をレジーム則と比較し、その効果を確認した。 <p>(※安価・簡便に河道形状を決定する方法。流域面積に対応して経験的に河道幅、水深が決定される。)</p>
③土地利用（水田、畑等）の設定方法の開発	<ul style="list-style-type: none"> ・水田、畑面積の多い河川を事例とし、水田、畑の流出に関わるパラメータを、デフォルトパラメータから変えて検証を行った。 ・水田、畑について、デフォルトパラメータ以外を選択することやパラメータ最適化の対象とする等の方法を整理した。
④新たに追加した60河川を含む約100河川のモデル構築・改良や予測精度の検証	<ul style="list-style-type: none"> ・モデル化する60河川の決定のためのデータ収集・整理を行い、モデル化の条件等を整理し、モデル化する河川の選定を行った。 ・60河川のモデル構築、SCE-UA法によるパラメータ最適化および粒子フィルターの設定を行った。 ・パラメータ最適化では洪水規模により最適化の対象期間等を変えること等を検討した。 ・洪水時に河床変動が発生していると考えられる河川では、粒子フィルターに逐次H-Q式を推定するアルゴリズムを適用した。 ・上記の60河川を含む約100河川について精度検証を行うとともに、リードタイムを確認した。
⑤危機管理型水位計の特性を踏まえた観測水位の同化手法の開発	<ul style="list-style-type: none"> ・流域面積が大中小の3河川を事例河川とし、粒子フィルターによるデータ同化に既存の水位計データに加え、危機管理型水位計データを用いた予測シミュレーションを実施した。 ・2地点を同時に評価する方法と、流域を2つに分けて順番に解くカスケード式の方法2ケースについてそれぞれの特徴を整理し、河川の特性に応じて方法を選択することを可能とした。
⑥出水時の計算負荷が集中する際の計算リソースの配分等の検討	<ul style="list-style-type: none"> ・今年度の構築した60河川について、昨年度までに構築した35河川と合わせてリアルタイム自動配信システムに実装した。 ・また、実装段階において、河川数が増えたことによる出水時のリソース使用状況について確認した。 ・加えて、出水時における適切なリソースの割り当て方法に関する検討を行った。

資料4 令和2年度の成果(モデルの構築及び精度検証の状況)

18河川の28の洪水イベントで精度の検証を実施済みであり、うち20イベント(約7割)で既に2時間のリードタイムを確保し、危険な状態の水位に達することを的確に予測。また、残りの8イベントについても、雨の予測が正しければ2時間のリードタイムが確保できていた。
今後、令和2年度中に、約100河川で精度の検証を実施予定。

モデル構築の対象河川における精度検証の状況

R2年度までに構築するモデル 約100河川



18河川28洪水イベントの精度検証の状況

精度検証を実施した洪水 18河川28イベント



目標精度の確保を引き続き模索

資料5 令和3年度の研究計画(具体的施策)

< 対象モデルの拡大による、全国展開へ向けたモデル構築手法の体系化 >

令和3年度も引き続き、対象とするモデル河川を約30河川追加し、約130河川を対象にこれまでに開発した手法の組み合わせによるスタンダードモデルの設定を行い、モデルの適用性を更に高める。

また、一定精度を確保したスタンダードモデルに加え、河川の特성에応じてオプションを選択する手法も含めて体系化。

スタンダードモデルとオプションのイメージ

スタンダードモデル(案)		オプション(案)		
1	データ収集、変換 <ul style="list-style-type: none"> ・水位観測データの収集(可能な限り多くの洪水イベントを収集) ・対応する時期の雨量観測・予測データの収集、データの組み合わせ、変換 ・既往H-Q式、横断面データの収集 	1A	H-Q式がない	<ul style="list-style-type: none"> ・等流計算によるH-Q式の作成 ・モデル上でのH-Q関係の推定する方法 ・断面データの取得(簡易な断面の測量手法)
		1B	洪水イベント、洪水データが不足	<ul style="list-style-type: none"> ・同様の特徴を持った河川の事例からパラメータを推定する方法
		1C	雨量プロダクトの組み合わせ	<ul style="list-style-type: none"> ・各種雨量プロダクトの組み合わせを変更する方法
2	ベースモデル構築 <ul style="list-style-type: none"> ・RRI-GUIによるRRIモデルの作成 ・危機管理型水位計を用いたデータ同化手法に応じた、モデル構築 	2A	レジーム則では地形を表現できない	<ul style="list-style-type: none"> ・測量データ、空中写真等を用いて、河道幅と水深を設定し、モデルに適用する方法
3	デフォルトパラメータによる解析 <ul style="list-style-type: none"> ・デフォルトパラメータの選択 ・既往洪水イベントによる精度検証 	3A	水田・畑の土地利用が多い	<ul style="list-style-type: none"> ・実際の土質地質を踏まえたデフォルトパラメータセットの選択
4	パラメータ最適化 <ul style="list-style-type: none"> ・SCE-UA法によるパラメータ最適化 ・既往洪水イベントによる精度検証 	4A	水田・畑の土地利用が多い	<ul style="list-style-type: none"> ・水田・畑をパラメータ最適化の対象とする方法
		4B	SCE-UA法の工夫	<ul style="list-style-type: none"> ・洪水規模により最適化の対象期間等を変える方法
5	水位データ同化 <ul style="list-style-type: none"> ・粒子フィルターの設定 ・既存水位計と危機管理型水位計のデータを同時に同化する方法の適用 ・既往洪水イベントによる精度検証 	5A	洪水中の河床変動への対応	<ul style="list-style-type: none"> ・粒子フィルターに逐次H-Q式を推定するアルゴリズムを適用する方法

資料5 令和3年度の研究計画(具体的施策) <データが不足する河川でのモデル構築手法の開発>

- 全国展開に向けては、H-Q式がない河川や、洪水を経験していないあるいは洪水の観測データ不足している河川など、データの不足する河川のモデル構築をする必要がある。
- そのため、等流計算によるH-Q式の作成方法の一般化、モデル上でH-Q関係の推定手法の検討、既存の簡易な断面の測量手法の調査と一般化などによりデータが不足する河川でのモデル構築手法を開発する。
- また、これまでの検証結果を活用した、河川の特徴からパラメータを推定する手法の開発を行う。

【データが不足している河川でのモデル構築手法の開発の例】

河道情報が不十分など水位と流量の関係が不明な河川(H-Q式がない河川)

・断面データがある河川・・・等流計算によるH-Q式の作成方法¹の一般化(GUIへの機能追加)

1 断面データ、粗度係数、勾配を読み込み、等流計算を行い、最小二乗法を用いて、水位・流量の関係を推定。

・断面データがない河川・・・モデル上でのH-Q関係の推定手法の検討²、既存の簡易な断面の測量手法³の調査と一般化

2 RRIモデル上で断面を仮定し、流量から水深を算定する。実測値を考慮し、河道のパラメータ等を調整。

3 「写真撮影による3D点群データ作成」等、最新技術を含む既存の地形測量手法

洪水イベントがない、あるいは、洪水の観測データが不足している河川

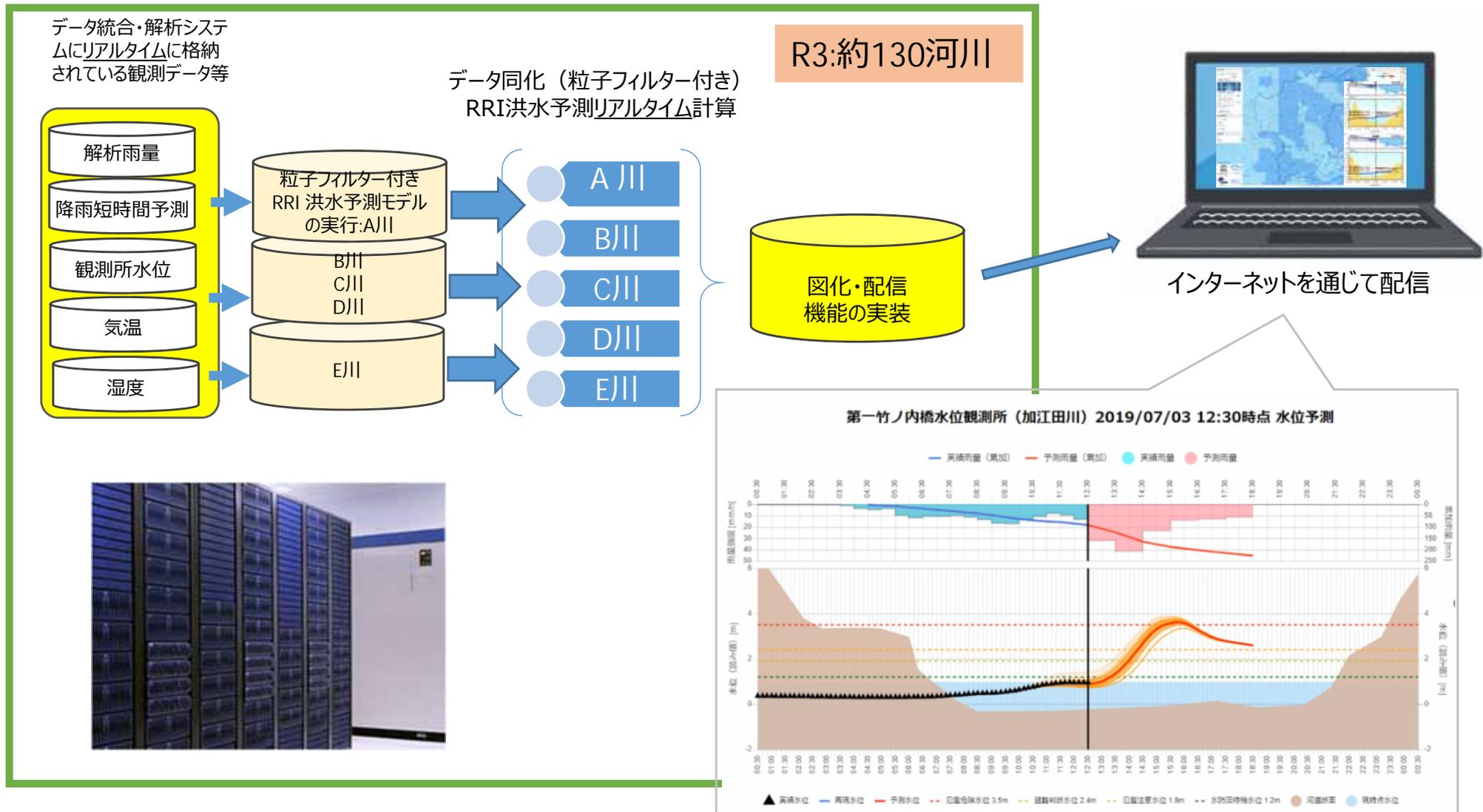
これまでの成果を活用した、河川の特徴からパラメータを推定する手法の開発

- ・地域・水系
- ・流域面積
- ・土地利用割合
- ・土壌・地質分類
- ・地形・河道形状 等

同様の特徴を持った河川の事例からパラメータを推定

資料5 令和3年度の研究計画(具体的施策) <リアルタイム自動配信システム等の開発>

- 約130河川のリアルタイム自動配信システムへの実装を行い、集約的なシステムとしての運用を検証する。
 広範囲で大雨になるなど、多数の河川で同時に出水がある場合には、短時間の間に計算負荷が著しく増加し、計算時間がかかることが予想される。そのような状況下においても配信時間に遅れが生じないように、計算負荷が集中する際の計算リソースの配分、適切な更新間隔等、全国展開するにあたってのシステム設計の課題および対応策について整理。また、避難行動を促すために有効な情報の提供方法等について検討。



資料6 PRISM実施に伴う事業効果等

民間研究開発投資誘発効果、財政支出の効率化

本研究開発により、元施策の水位計設置効果に、アドオンとしてリードタイムを延伸することにより、「安全な避難の確保」効果が前倒しで発現される。さらに、各都道府県が個々にシステムを開発するのに比べ、品質の確保および財政支出の削減効果が得られる。

県管理中小河川の水位予測システムの削減費用 約150億円 \div 約1,500河川 \times 1,000万円/河川

マッチングファンド(民間からの貢献額)

民間からの貢献額：3年間で約6,500万円

- ・民間技術者の研究参与：約1,500万円（5万円/日 \times 100日/年 \times 3年）
- ・民間技術者の定例勉強会への参画：約30万円（0.5万円/人 \times 2人/回 \times 30回）
- ・河道断面、H-Q式等データの整理等：約5,000万円（50万円/河川 \times 約100河川）

マッチングファンドの目標

民間からの貢献額：令和3年度～令和4年度の2年間で約6,000万円

- ・民間技術者の研究参与：約1,000万円（5万円/日 \times 100日/年 \times 2年）
- ・民間技術者の定例勉強会への参画：約20万円（0.5万円/人 \times 2人/回 \times 20回）
- ・河道断面、H-Q式等データの整理等：約5,000万円（50万円/河川 \times 約100河川）

政策転換

これまで水位予測ができなかった都道府県管理河川においても、避難情報に活用できる洪水予測システムを開発することで、中小河川を含む多くの河川の流域において水位予測情報に基づく避難情報の発令あるいは避難行動が可能とする政策転換が期待される。

国研・大学による研究への寄与度

- ・国立研究開発法人土木研究所・・・水位予測モデルの検証・多地点水位データの同化、「災害時に行動できる革新的な災害情報」検討とりまとめ等を実施、研究開発の中心的役割を担う。
- ・国立大学法人東京大学・・・高度な専門技術・知見を必要とするリアルタイム氾濫シミュレーションシステムの開発を担う。