

新たな洪水予測モデルの実装

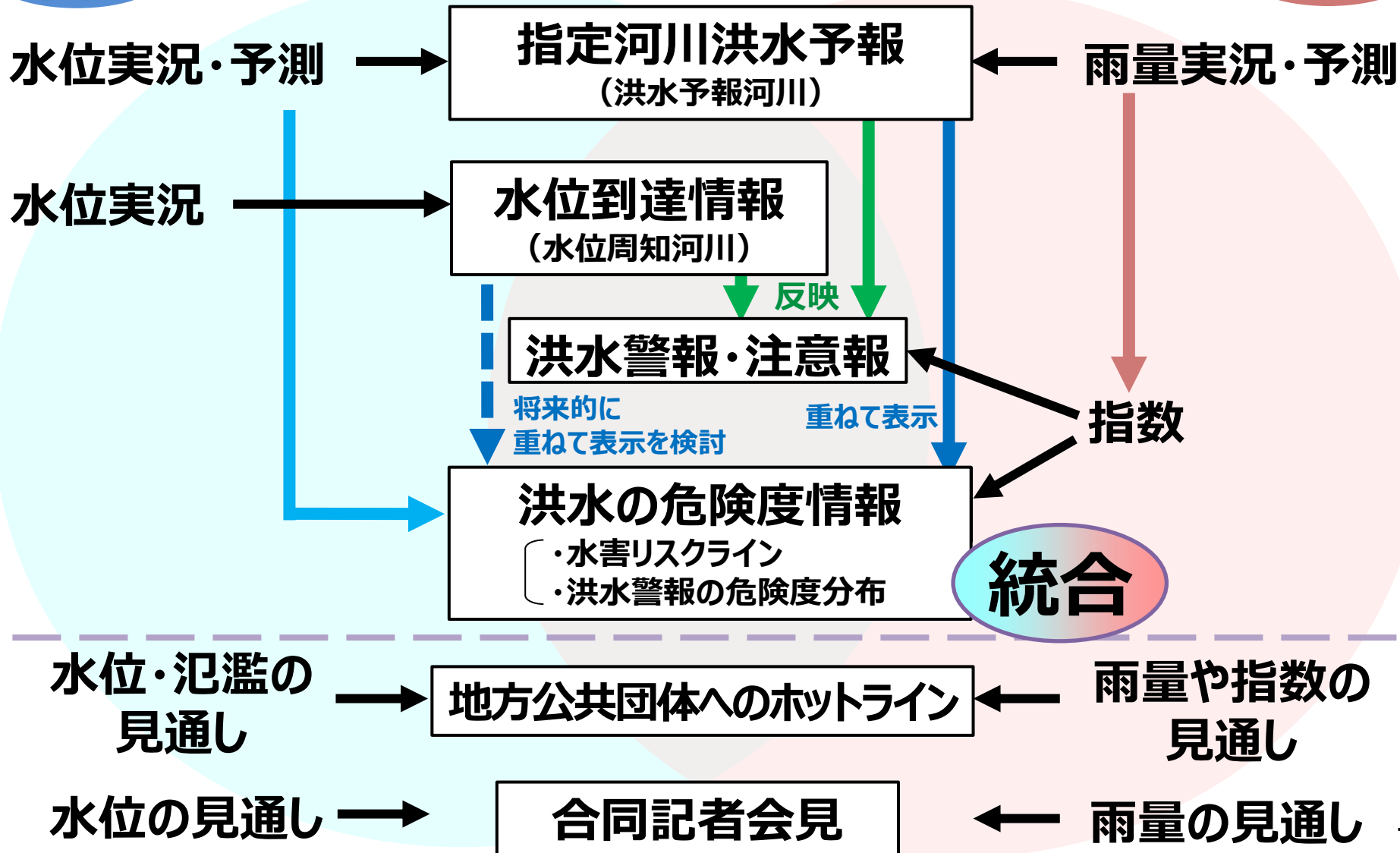
国土交通省 水管理・国土保全局
河川環境課 河川保全企画室
企画専門官 久保 宜之

洪水に関する情報

水位

河川事務所と気象台の連携による情報発信

雨量



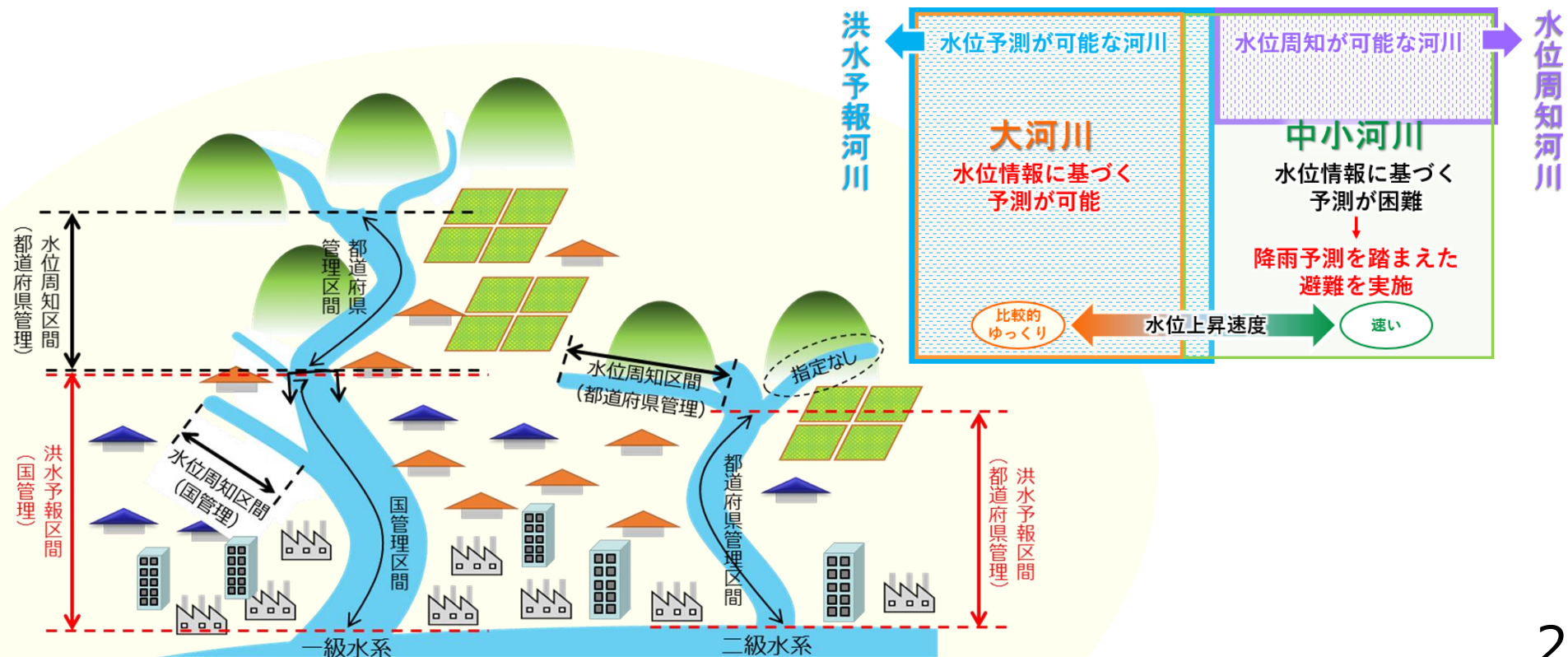
洪水予報河川・水位周知河川について

洪水により国民経済上重大な損害を生ずるおそれがある河川のうち、
水位等の予測が技術的に可能な「流域面積が大きい河川」・・・【洪水予報河川】



流域面積が小さく洪水予報を行う時間的余裕がない河川 ・・・【水位周知河川】

- 大河川 局所的な豪雨には比較的強いが、広範囲に大雨が長時間続くと徐々に水位が上昇し、危険な状態になる。**水位情報**をもとに避難情報の発令や避難行動をとりやすい。
- 中小河川 降雨と同時に直後に増水し、危険な状態になる可能性がある。
 水位情報を待たず、**雨の情報**から避難行動をとる必要がある。



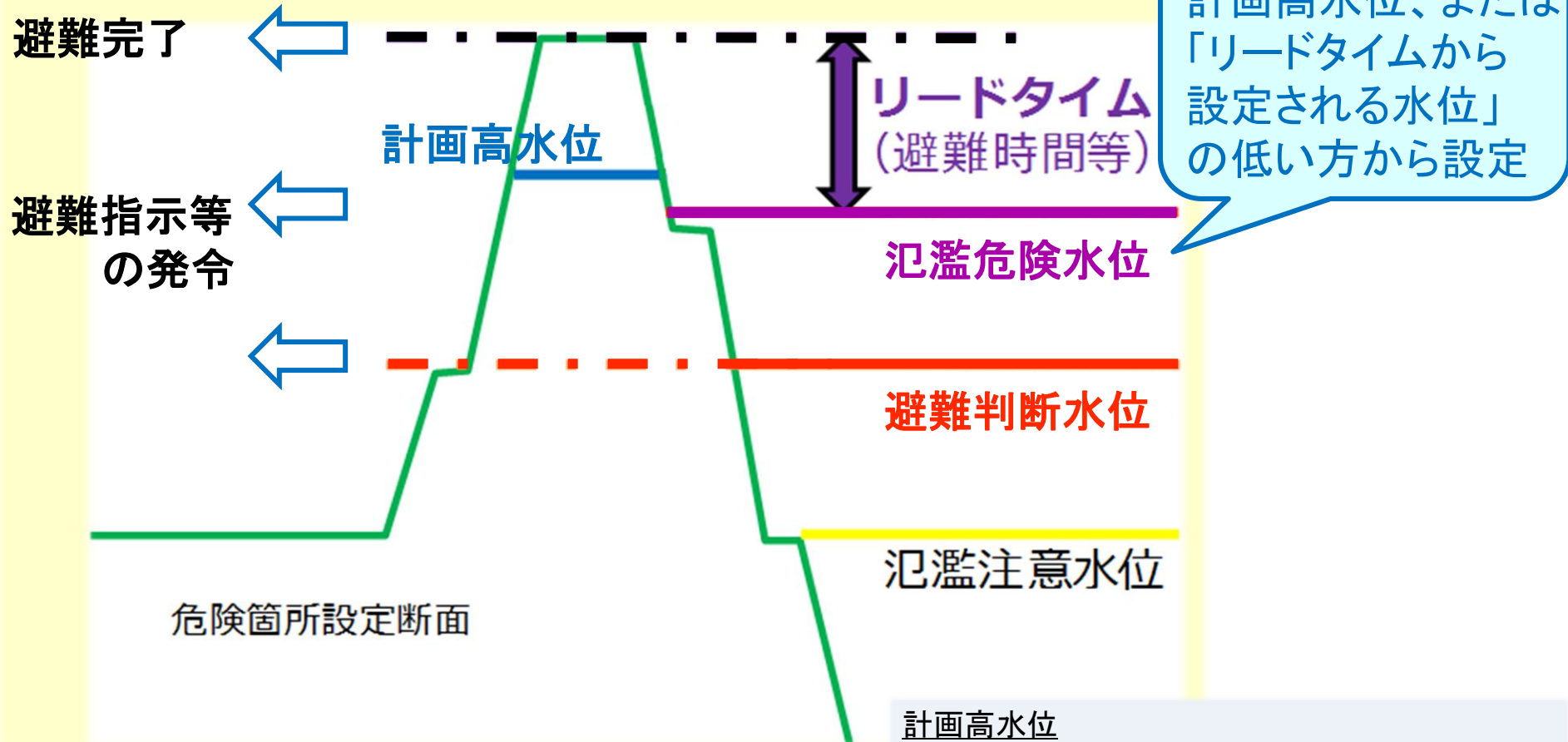
洪水予報等の発表基準

洪水予報の標題(種類)	発表基準	市町村・住民に求める行動の段階
〇〇川氾濫発生情報 (洪水警報)	氾濫の発生 (氾濫水の予報※)	氾濫水への警戒を求める段階 【警戒レベル5相当】
〇〇川氾濫危険情報 (洪水警報)	氾濫危険水位(レベル4水位)に 到達	いつ氾濫してもおかしくない状態 避難等の氾濫発生に対する対応を 求める段階 【警戒レベル4相当】
〇〇川氾濫警戒情報 (洪水警報)	一定時間後に氾濫危険水位(レ ベル4水位)に到達が見込まれ る場合、あるいは避難判断水 位(レベル3水位)に到達し、更 に水位の上昇が見込まれる場 合	避難準備などの氾濫発生に対する 警戒を求める段階 【警戒レベル3相当】
〇〇川氾濫注意情報 (洪水注意報)	氾濫注意水位(レベル2水位)に 到達し、さらに水位の上昇が見 込まれる場合	氾濫の発生に対する注意を求める 段階 【警戒レベル2相当】

※氾濫水の予報 平成17年7月の水防法および気象業務法の改正により、従来の洪水のおそれがあるときに発表する水位・流量の予報に加え、河川が氾濫した後においては浸水する区域及びその水深の予報を行うことになった。平成31年3月現在では、利根川及び阿武隈川の一部の区間において、氾濫水の予報を実施。

洪水予報等の基準となる水位

河川ごとに、堤防等の高さに基づいて設定



計画高水位

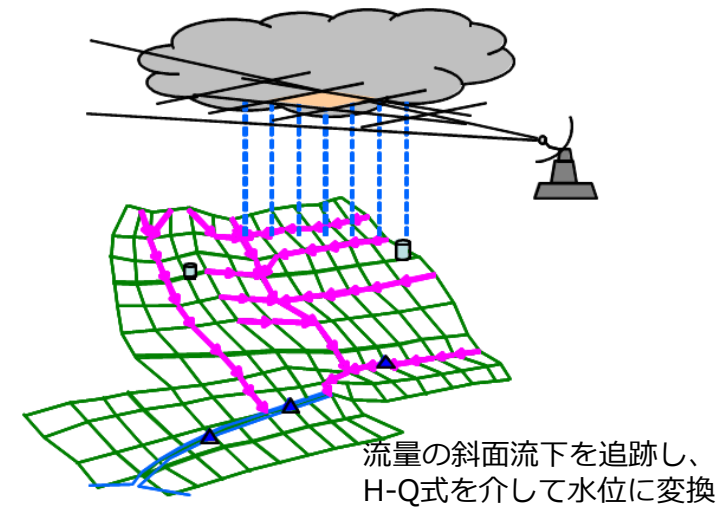
この水位以下で洪水を流下させることができるよう設定する水位。堤防の設計の際、計画堤防高は計画高水位に余裕高を考慮して決められる。

【現在】

「流出モデル」を主とした流量
追跡に基づく予測

特徴：

- ・ 降雨予測の予測精度の依存度が大きい
- ・ 水位観測点のみの水位予測(H-Q式が必要)

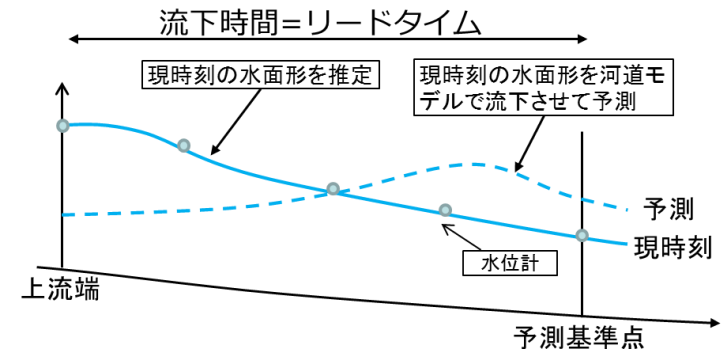


【今後】

「河道モデル」を主とした水面
形の流下追跡に基づく予測

特徴：

- ・ 流下時間内であれば、流出モデルによる方法に比べて降雨予測精度の影響を受けにくい
- ・ 任意断面の水位予測が可能(H-Q式は不要)
- ・ 水位を予測する上で流出モデルとの連携は必要

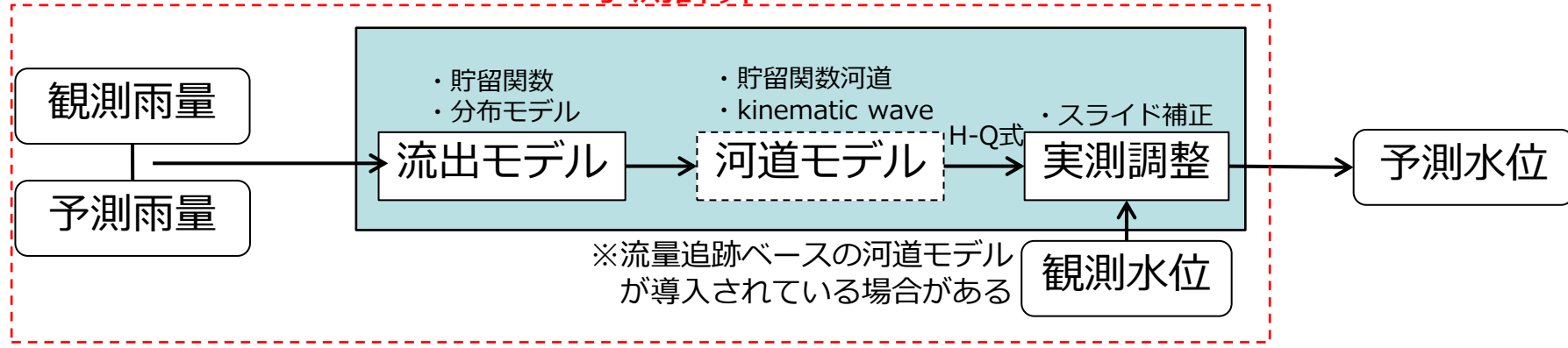


新たな洪水予測手法への転換

従来の手法では、観測と予測雨量の時系列を水位予測モデルに与えて予測計算を行うが、新たな手法では①観測雨量、水位を水位予測モデルに与えて現況の水面形の推定計算を行った上で、②予測雨量を水位予測モデルに与えて予測計算を行う。

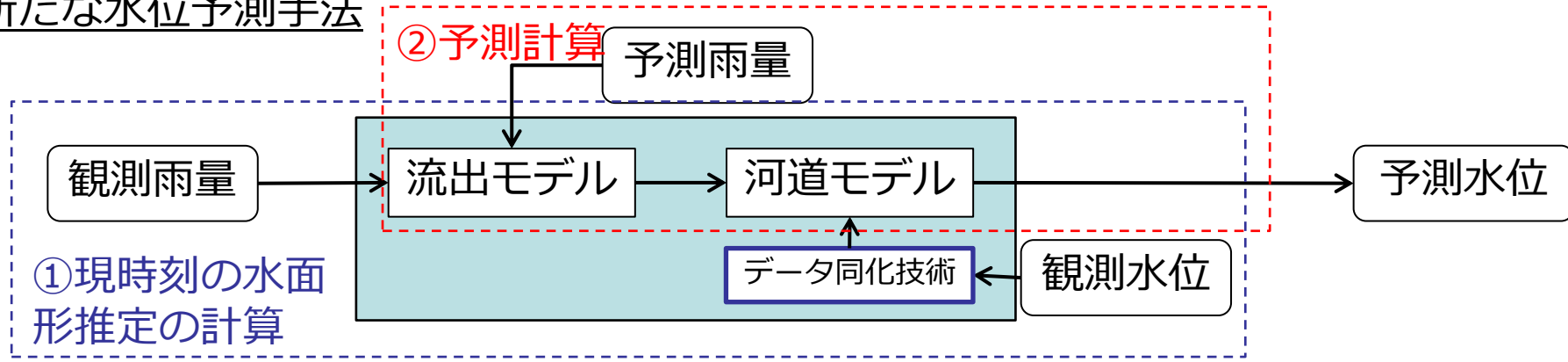
従来の水位予測手法

予測計算



新たな水位予測手法

②予測計算



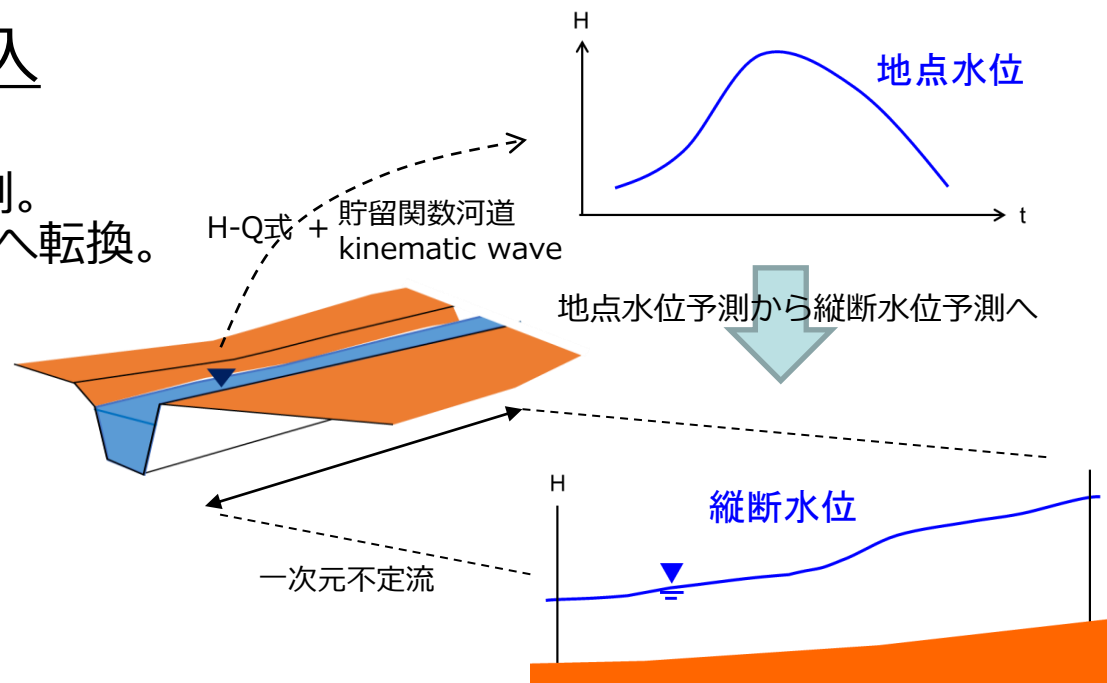
①現時刻の水面形推定の計算

一次元不定流モデルの導入

これまでは水位観測地点のみの予測。
地点水位予測から縦断水位予測へ転換。

特徴：

- ・ 任意断面の水位予測が可能
- ・ H-Q式は不要

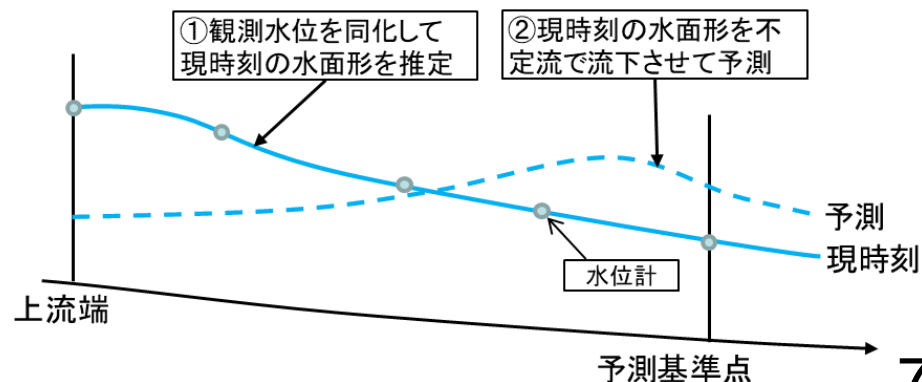


データ同化技術の導入

多地点水位データ同化による水面形の推定と水面形の流下追跡に基づく予測

特徴：

- ・ 流下時間内であれば、流出モデルによる方法に比べて降雨予測精度の影響を受けにくい



流出モデル、河道モデル、データ同化技術を組み合わせ、
国管理区間のみならず、県管理区間を含めた水系一貫の河川水位予測

【流出モデル】

⇒土研分布モデル

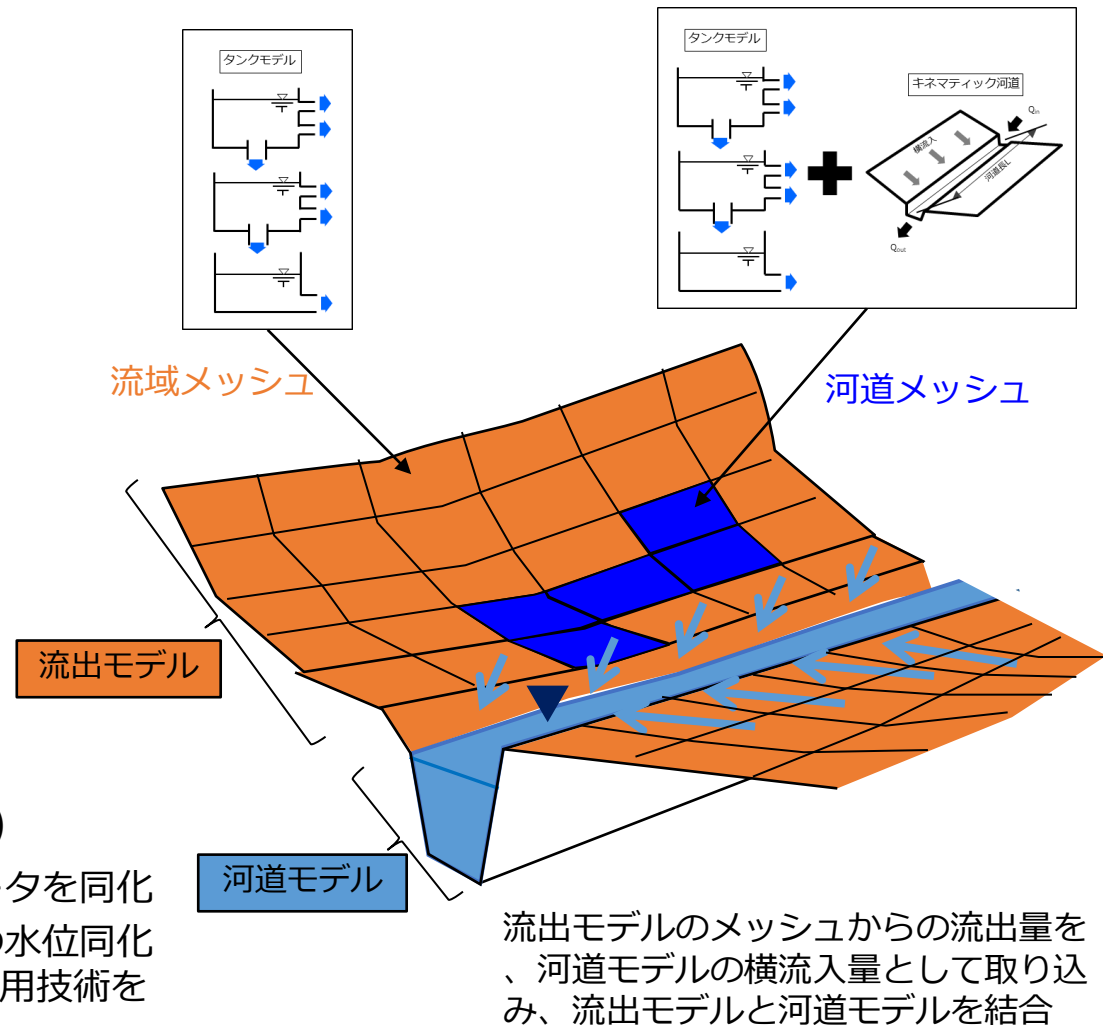
【河道モデル】

⇒一次元不定流モデル
(Dynamic wave モデル)

【データ同化】

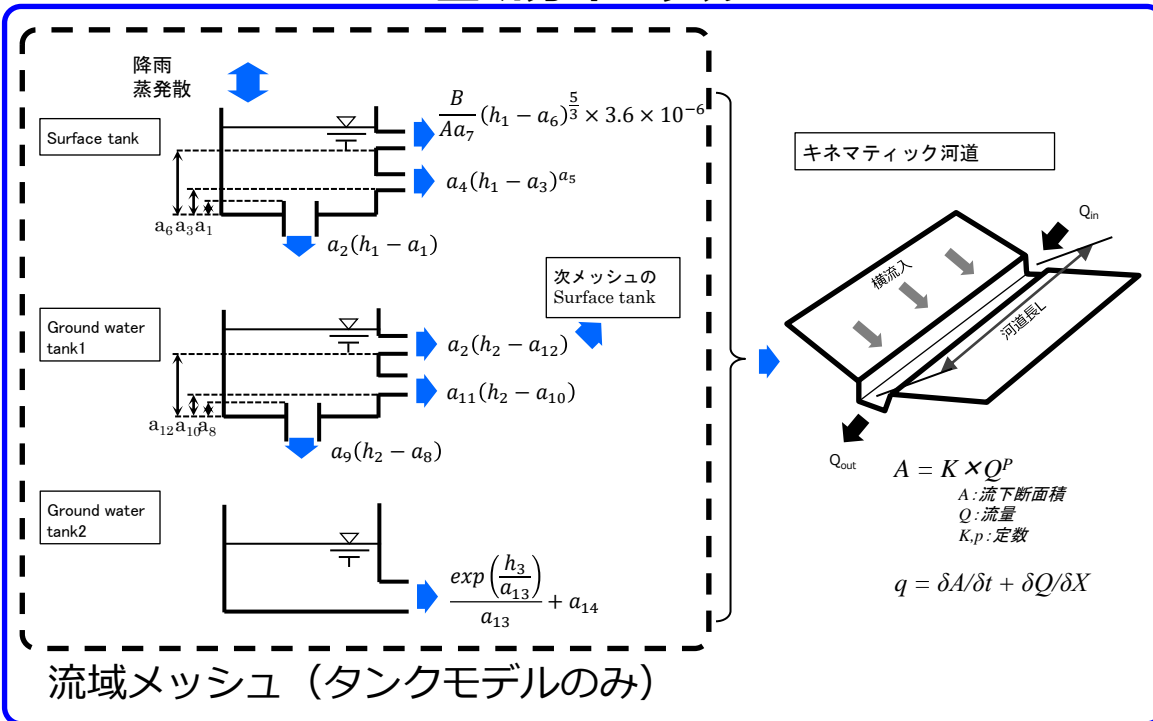
⇒粒子フィルタ (カスケード同化)

- ・国、県管理の水位計等の多地点の水位データを同化
- ・カスケード同化により多数の水位観測所の水位同化をリアルタイムで行うことを可能とする実用技術を開発。

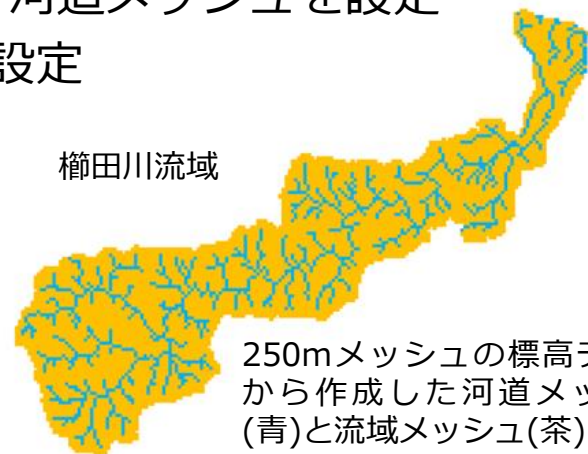


- ・ 流域メッシュ、河道メッシュで構成される多段タンクモデル
- ・ 国土数値情報の標高データを使用。メッシュサイズは250m。
- ・ 国土数値情報の土地利用、地質分類に応じてメッシュを21種類に分類し、流出パラメータを設定。
- ・ 当該メッシュの流域面積(=河道長)に応じて流域、河道メッシュを設定
- ・ レジーム則により河道メッシュの矩形断面の川幅を設定

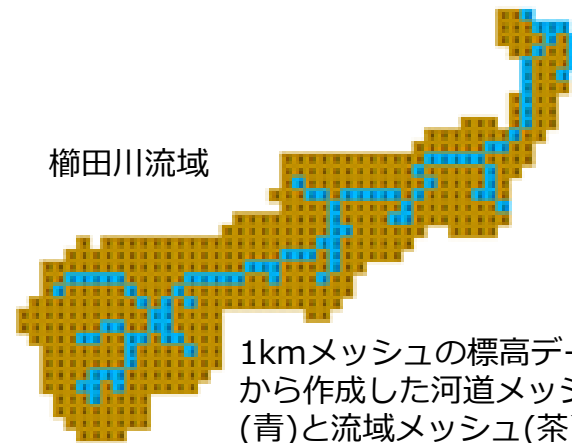
土研分布モデル



櫛田川流域

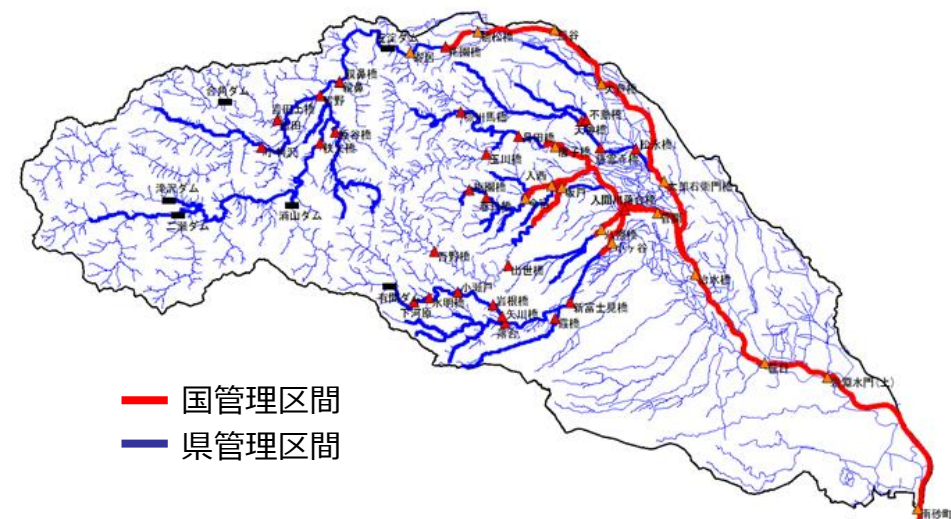


櫛田川流域



一次元不定流（Dynamic wave）モデルについて

- ・ 国管理区間の断面データは、定期横断測量データを使用
- ・ 県管理区間の断面データは、LPデータから作成した断面データを使用
- ・ 断面データが連続した一連区間として存在する区間へ一次元不定流モデルを適用
- ・ 河口の境界条件には、気象庁高潮予測の予測潮位を適用



一次元不定流の設定区間（荒川）
（青太線、赤太線）

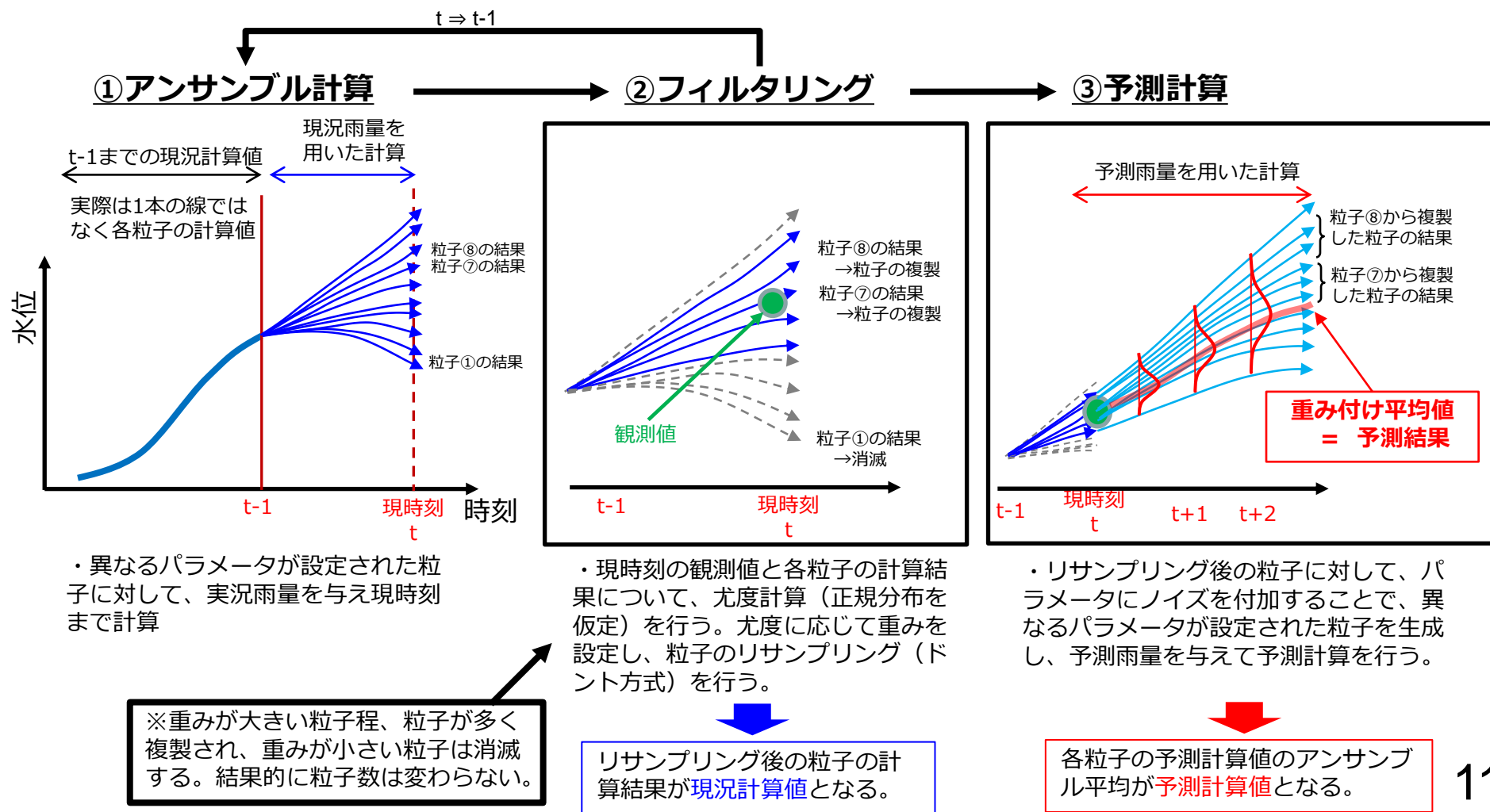
河川	断面データ	河道計算
国管理河川	○ 定期横断測量	一次元不定流 (Dynamic wave)
県管理河川	○ 定期横断測量+LPデータ から作成した断面データ	一次元不定流 (Dynamic wave)
	○ 断面データが連続した一連 区間として存在する区間	一次元不定流 (Dynamic wave)
	△ 断面データが存在するが、 一連区間とならない区間	土研分布モデルの河道 メッシュによる計算 (kinematic wave)
	× 断面データなし	土研分布モデルの河道 メッシュによる計算 (kinematic wave)

↑ 水位計算
 ↓ 流量計算

粒子フィルタについて

非線形・非ガウス型の状態空間モデル。ベイズ推定を根拠とする手法。粒子フィルタではシステム方程式（河川水位予測に適用する場合、流出+河道モデルがシステム方程式となる）を粒子と呼ぶ。パラメータや状態量が異なる多数の粒子を準備し、アンサンブル計算を行い、計算値と観測値から計算される尤度の大きい粒子を採用することによって、最適なパラメータや状態量を確率的に得る。

【粒子フィルタによる計算手順】



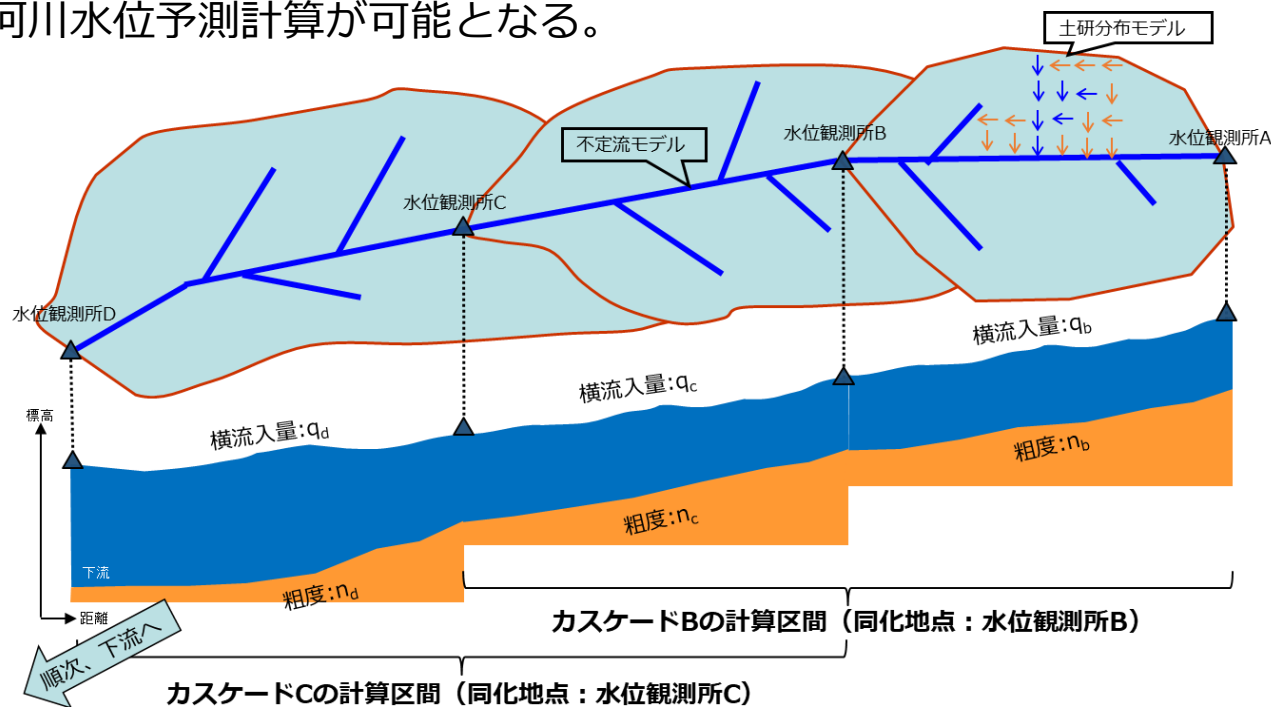
カスケード同化

- ・同化地点に対して上・下流の水位観測所の区間（カスケード区間）を一部重複するようにずらしながら連続的に設定し、上流からカスケード区間毎にデータ同化を行い、カスケード区間の同化地点の流量を下流側カスケード区間の上流端流量として引き渡ししながら、順次、下流へ同化計算を行う。

⇒パラメータ、状態量をカスケード分割単位でデータ同化することで確からしいモデルパラメータ、状態量が縦断的に設定された流出+河道モデルを得ることが可能となる。

- ・カスケード同化の計算負荷は観測所数に比例して増大。一方、カスケード分割をしないで同様の同化計算をした場合の計算負荷は観測所数のべき乗に比例して増大。

⇒カスケード同化により計算負荷が軽減され、リアルタイムで多地点の観測水位をデータ同化した河川水位予測計算が可能となる。

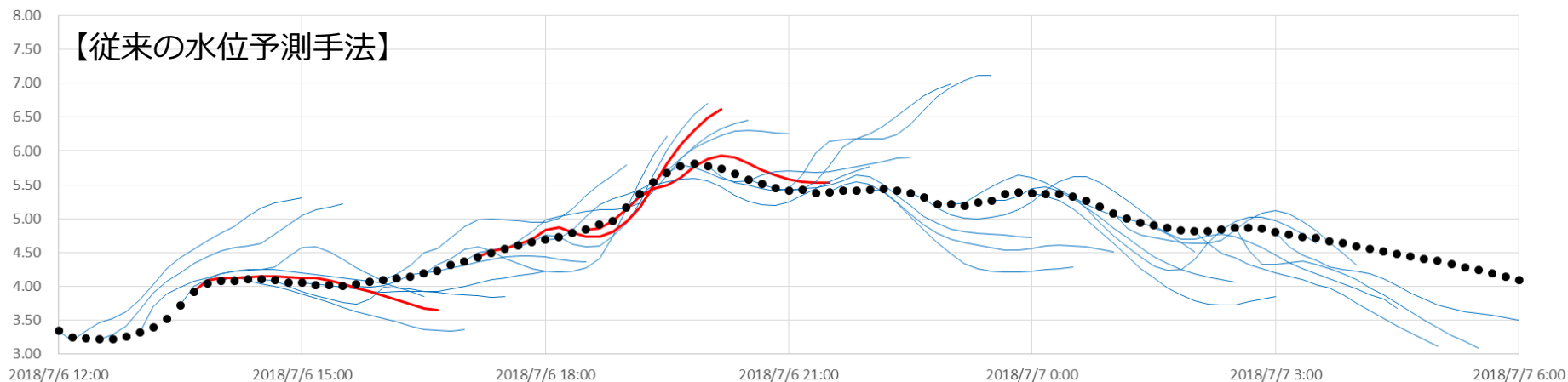


近年導入した水位予測手法の精度

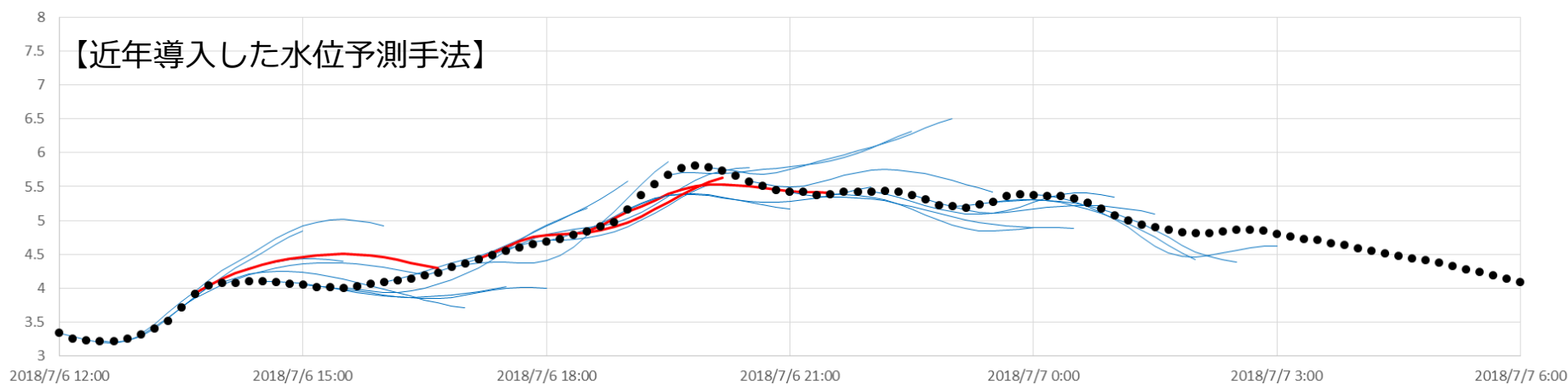
○ 実況水位に基づく水位予測が可能となっている短時間先では、水位予測の精度が向上。

※赤色は、洪水予報の発表時点の予測情報

【従来の水位予測手法】



【近年導入した水位予測手法】

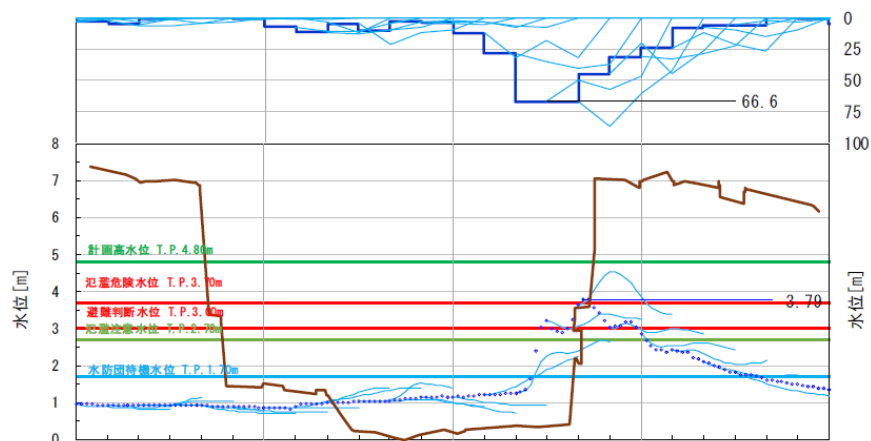


現行の水位予測手法の精度

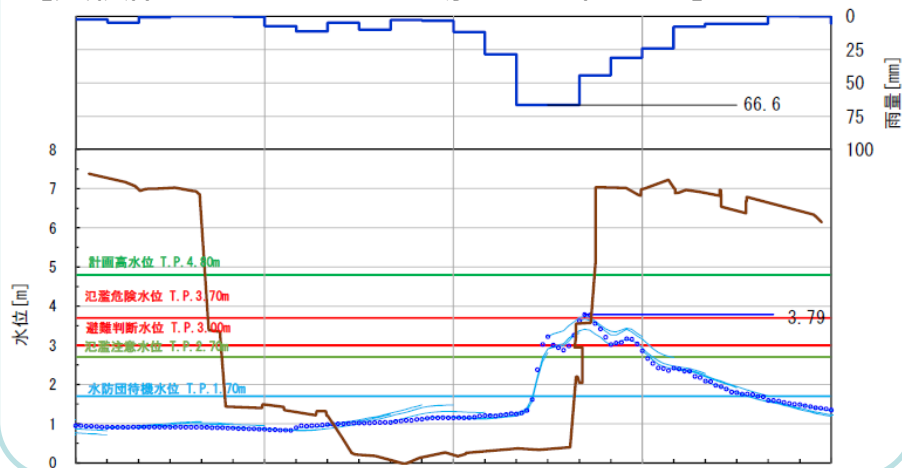
- 相対的に流出の速い河川では、水位予測精度は雨量予測の精度に依存。
- ただし、雨量を完全に予測できたとしても、水位予測の精度が低いケースもあり、今後も水位予測の精度向上に努めていく必要がある。

■ 雨量が完全に予測できれば精度が高いケース

【予測雨量による水位予測】

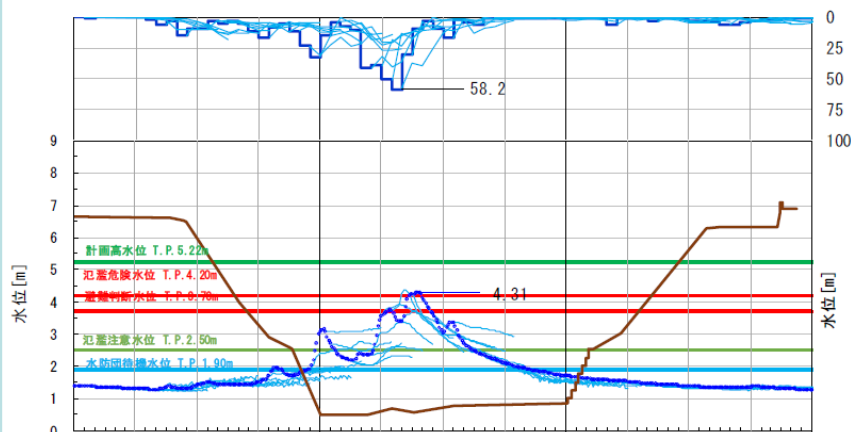


【実績雨量を予測させた場合の水位予測】

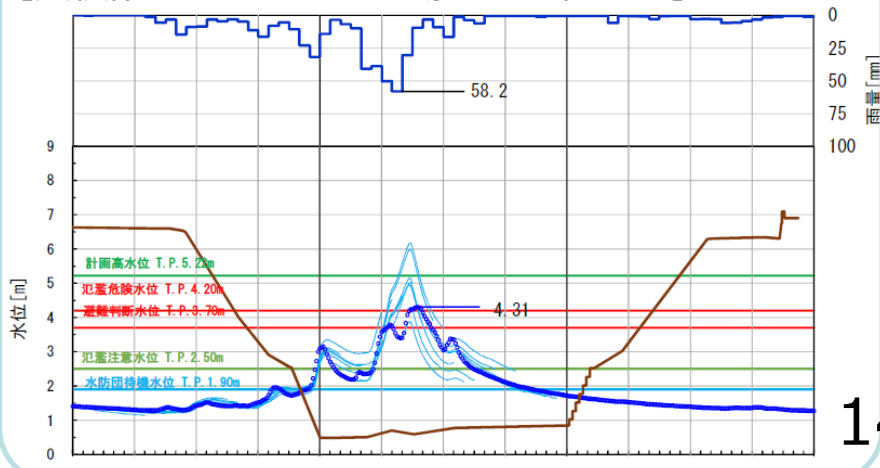


■雨量が完全に予測できたとしても精度が低いケース

【予測雨量による水位予測】



【実績雨量を予測させた場合の水位予測】

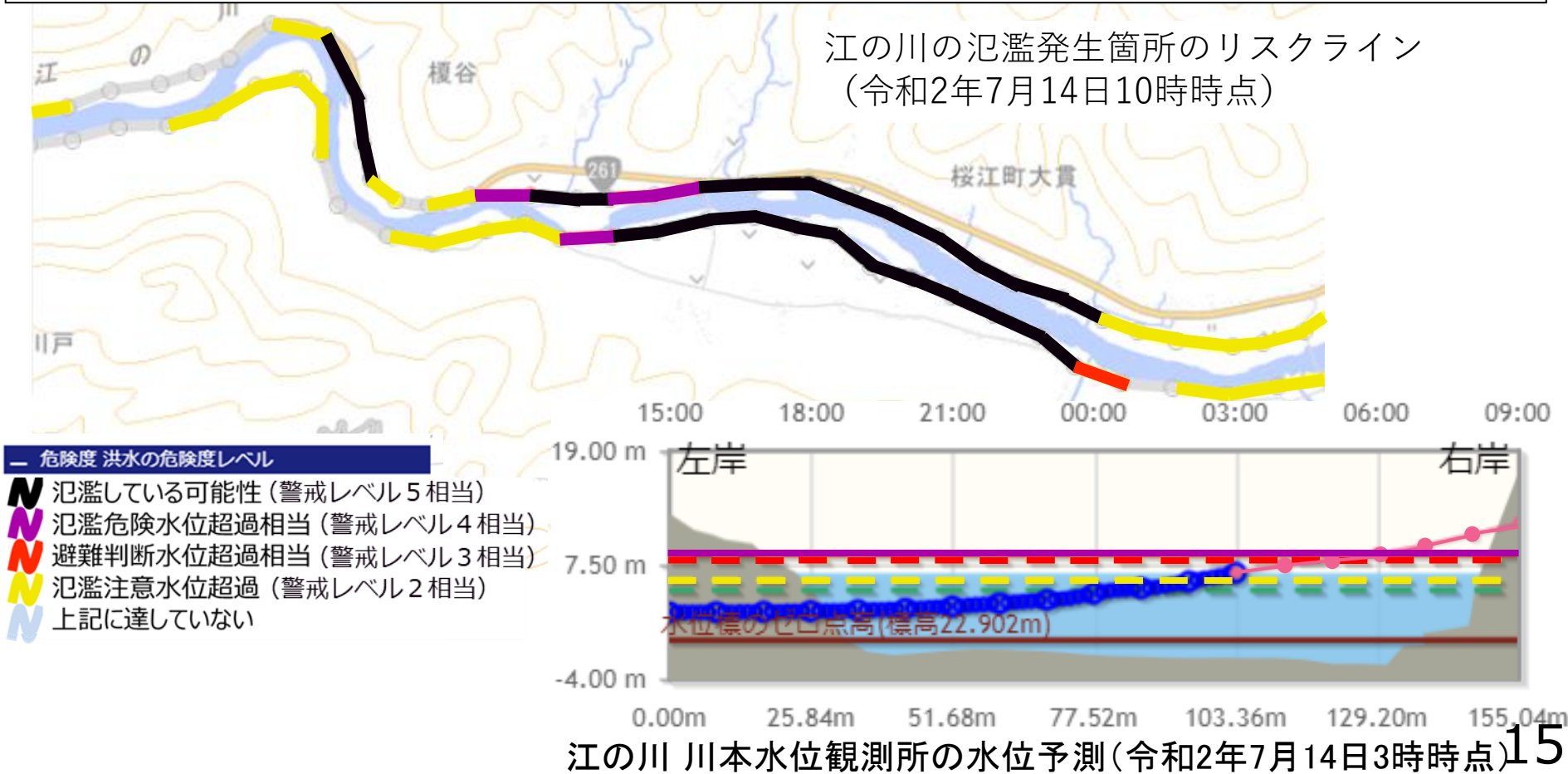


縦断的な推定水位を用いた危険度の表示

～国管理河川における左右岸別、200m毎の危険度情報～

国管理河川の洪水の危険度分布(水害リスクライン)

- 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、及びこれに基づく沿川のリスクも提供。



長時間先の水位予測情報の提供

目指す姿

長時間先の水位予測技術の開発による災害対応や避難行動等の支援

概要

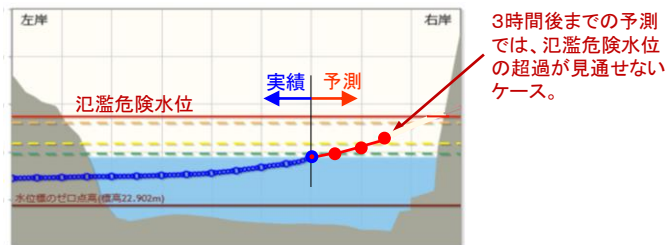
- 令和3年出水期から、国管理の洪水予報河川すべて、洪水予報の発表の際に6時間先までの水位予測情報の提供に向け改良中。また、首都圏を流れる荒川では、概ね1日半先までの予測情報を試験的に活用。
- 大河川では、更なる長時間化や予測精度向上に取り組むとともに、これまで水位予測情報が提供されていなかった中小河川への適用拡大を進め、河川の増水・氾濫の際の災害対応や住民避難を促進。

Before

洪水予報の発表の際に、3時間先までの水位予測情報を提供

国管理の洪水予報河川では、洪水予報の発表の際に、発表の基準としている水位観測所毎の水位予測情報を3時間先まで提供しているところ。

3時間先までの水位予測情報の提供(イメージ)



After

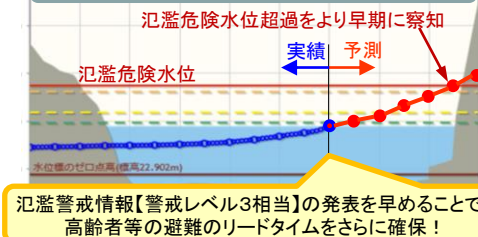
洪水予報で6時間先までの水位予測情報を提供

今年の出水期から、すべての国管理の洪水予報河川で、水位予測に観測水位を同化させ精度の向上を図った予測モデルに基づき、6時間先までの水位予測情報を提供。

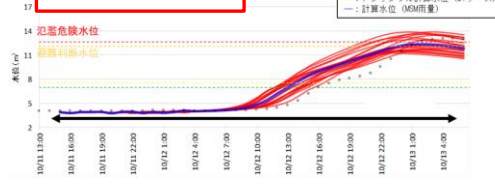
長時間先の水位予測の技術開発により主要な大河川に実装

気象庁提供の1日半先までのアンサンブル降雨予測等を活用した長時間先水位予測により、災害対応に活用するとともに、地方公共団体による大規模な広域避難を支援。

6時間先までの水位予測情報の提供(イメージ)



1日半先のイメージ



令和3年度

令和4年度

令和5年度

令和6年度

令和7年度

6時間先水位予測情報

中小河川の水位予測技術の開発

水位予測情報の提供可能河川の拡大

1日半先の試験運用開始

長時間先水位予測情報の対象拡大及び更なる長時間化の技術開発・実装