

# 新たな流出モデルを用いた 洪水予測システムの構築

青木 一典<sup>1</sup>・柴 博夢<sup>1</sup>・前田 雄貴<sup>1</sup>

<sup>1</sup>河川部 水災害予報センター・水災害対策センター  
(〒950-8801 新潟県新潟市中央区美咲町1-1-1) .

自然災害の頻発化・激甚化や過去に例のない災害の発生を踏まえ、防災対応のための国や都道府県が行う洪水予報・警報の高度化が求められている。本稿では、新たな流出モデル（RRIモデル）を使用した水系・流域が一体となった洪水予測システムの構築についてその概要を報告するものである。

キーワード 洪水予測, RRIモデル, 水害リスクライン

## 1. はじめに

従来、洪水予測は河川毎に予測モデルを作成し、チューニングを繰り返し、精度向上を図ってきた。その結果として多種多様な予測モデルが乱立し、システムの運用・精度向上に関するノウハウが適切に蓄積されず、精度管理のサイクルが有効に機能していなかった。

現在は、平成30年より運用を開始している全国統一モデル「土研分布型モデル」により、国土交通省直轄河川（北陸地整12水系15河川）の洪水予測を行っており、一貫した精度管理が図られている。

近年では、自然災害の頻発化・激甚化や過去に例のない災害の発生を踏まえて、防災対応のための国や都道府県が行う予報・警報の高度化が求められている。

現状では上記モデルにて課題等は発生していないが、近年の洪水の傾向として指定区間などの上流の河道未整備区間における氾濫流による下流への流量低減等の課題が生じている。そのため、その影響を見込み更なる精度向上を図る必要性が高まった。

これらのニーズに応えることが可能な流出モデルの導入が必要となったことから、水系・流域が一体となった洪水予測モデルの構築を進めているところである。現在は、令和7年度からの本格運用を目指し準備中であるが、本稿にてモデルの概要・検証結果について報告する。

## 2. 新たな流出モデルの概要（降雨流出氾濫モデル）

### (1) モデルの概要

降雨流出氾濫モデル：Rainfall-Runoff-Inundation Model (以下RRIモデル)とは、国立研究開発法人土木研究所によって開発・公開されているモデルである。降雨を入力として、降雨→流出から流出→氾濫プロセスまでを流域スケールで一体的に表現でき、内水・外水同時氾濫等、より実態に近い複合型氾濫解析が実現できるモデル（図-1）である。

地中流、表面流を考慮する流量流積関係式を基礎式とし、平野部で鉛直浸透流、山地域で側方浸透流を考慮することが出来る。外水や内水発生時は氾濫原を流下し、河道築堤部では河道水位が堤内地盤高より高い場合には湛水し、低い場合には河道に排水される。流域全体をグリッドセルに分割し、河道は一次元拡散波近似、斜面氾濫は二次元拡散波近似を採用し、計算負荷が小さく、安定性に優れており、10分以内で計算が終了する必要があるリアルタイム洪水予測に適する。

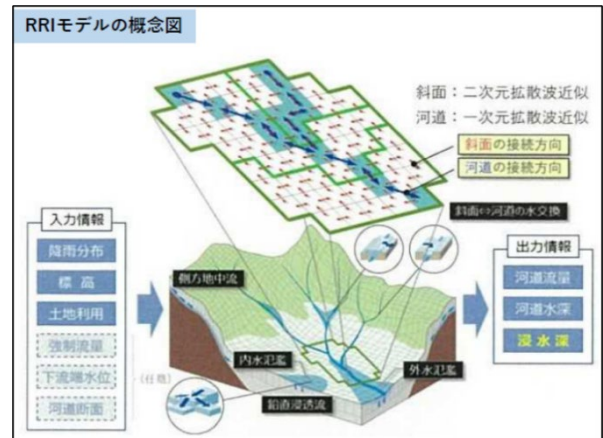


図-1 RRIモデル概念図

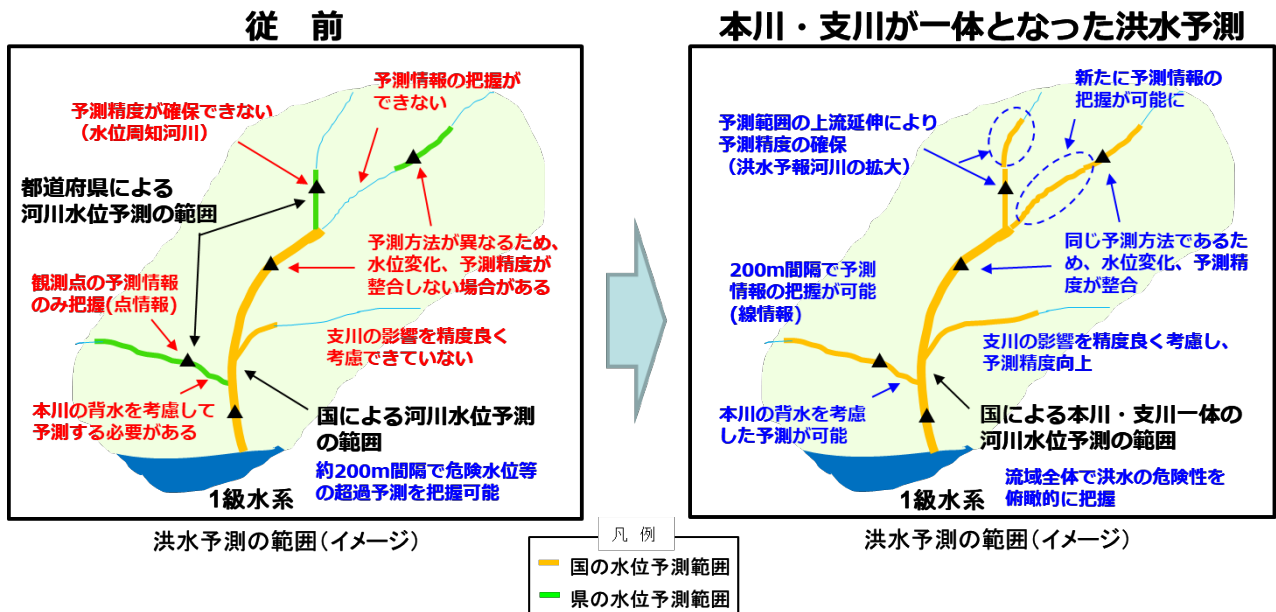


図-2 土研分布型モデルの改良点

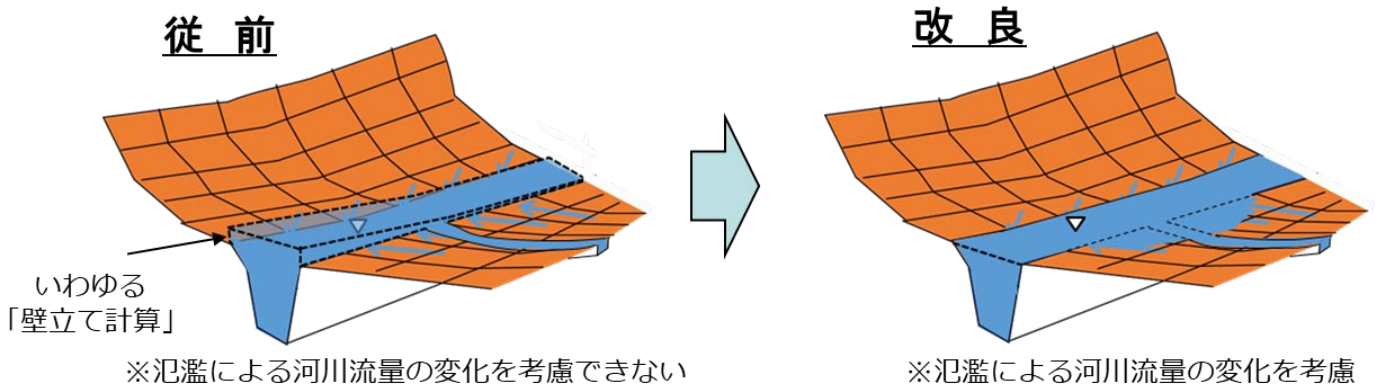


図-3 土研分布型モデルと RRI モデルの違い

新たな流出モデルの対象範囲は北陸地方整備局管内の12水系15河川が対象であり、特に長大である阿賀野川水系と信濃川水系は10分以内（演算表示最短時間）に洪水予測を完了させるために、阿賀野川水系を2分割・信濃川水系を3分割で実施している。

(2) 土研分布型モデルの改良点

土研分布型モデルの改良点のイメージを図-2に示す。現状の土研分布型モデルでは、国土交通省直轄管理区間以外の水位予測を行っていない。そのため、支川からの合流部や上流側の直轄管理区間の境目、直轄管理区間が不連続な地点では、予測精度の確保が困難であった。そこで、従前のモデルより不定流区間を延伸し、信濃川水系では、長野県と新潟県の県境部の不定流計算結果を用いて、観測所水位の予測を可能とした。本改良につい

ては、土研分布型モデルでの現行運用中のモデルを先行改良した。それにより、従来のモデルでは予測精度の確保が難しかった水位周知河川についても予測精度の確保が可能となった。今後も、他の自治体管理区間や観測所の予測結果の精度向上を行っていく予定である。

(3) 土研分布型モデルとRRIモデルの違い

土研分布型モデルとRRIモデルの違いについて図-3に示す。土研分布型モデルとRRIモデルの違いは、土研分布型モデルでは考慮できなかった本川のバックウォーター現象や、支川からの氾濫・滞留をRRIモデル+不定流モデルでは考慮することが出来る点である。それにより、土研分布型モデルでは過大に評価（壁立て計算で洪水が溢れていないで流下）されていた下流域での水位予測の精度向上が可能となった。（図-3）

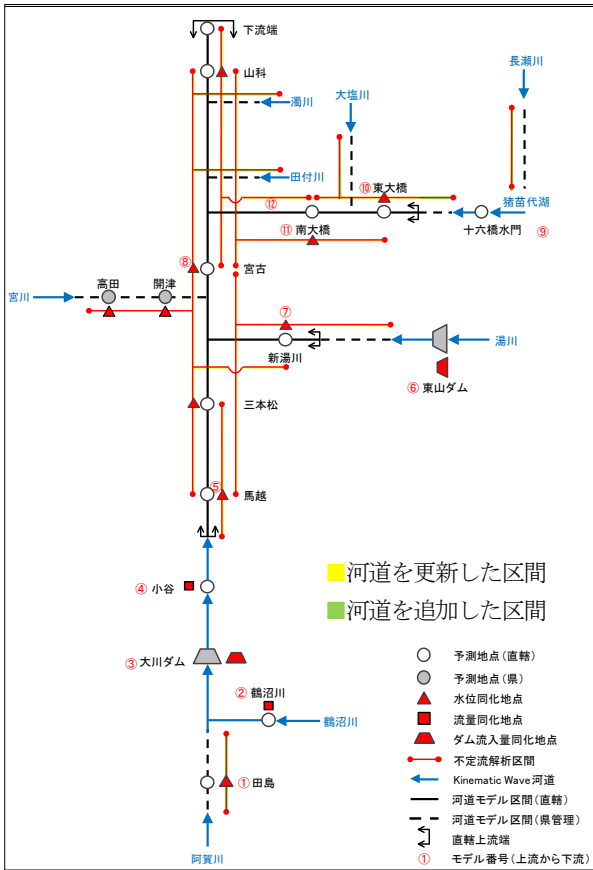


図4 河道モデル図 (阿賀野川水系阿賀川)

表-1 検証及びシミュレーション対象洪水 (阿賀川)

パラメータチューニング洪水		
阿賀川本川 (山科地点)	日橋川	湯川
・H25.09.16洪水 (第4位)	・H18.07.13洪水 (第2位)	・H26.07.09洪水 (第3位)
・H29.10.23洪水 (第3位)	・H26.07.09洪水 (第3位)	・R01.10.13洪水 (第1位)
・R01.10.13洪水 (第1位)	・R01.10.13洪水 (第4位)	・R02.07.29洪水 (第3位)
シミュレーション洪水		
阿賀川本川	日橋川	湯川
・H19.09.07洪水 (第5位)	・H25.07.23洪水 (第5位)	・H20.09.03洪水 (第5位)
・H27.09.10洪水 (第2位)	・R04.08.03洪水 (第1位)	・R02.07.21洪水 (第2位)

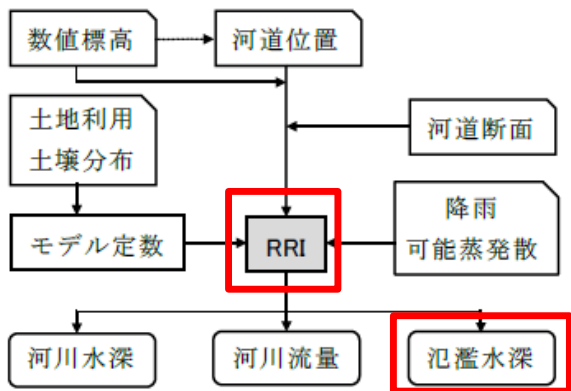


図5 洪水予測モデルの境界条件及び出力結果

### 3. 河川水位予測プログラムの作成

令和4年度に以下の(1)~(6)の手順に従ってRRIモデルの構築を行い、構築した洪水予測モデルにて、予測雨量を与えた計算を実施した。

#### 1) RRI流出モデルの構築

RRIモデルによる流出モデルの構築を行う。対象洪水の選定、水文資料の確認等

#### 2) RRIモデルのパラメーターチューニング

パラメータ調節洪水 (3洪水) を対象に、SCE-UA法を用いて各流量観測所で実績流量ハイドログラフの誤差が最小となるパラメータを分割流域ごとに設定

#### 3) RRIモデルの検証

再現計算洪水 (2洪水) を対象に、各流量観測所で実績流量ハイドログラフの再現精度の検証

#### 4) 河道モデルとの結合

河道モデル (一次元不定流モデル) との結合

#### 5) 不定流モデルの調整

不定流モデルによる水位ハイドログラフの再現精度の確認を行う。精度が悪い場合には要因を分析した上で、不定流モデルの調整 (粗度係数の変更等) を行う

#### 6) 予測雨量計算

作成したモデルで予測計算を行い、実績と予測の比較についてひげ図を用いて確認する

図4に作成した河道モデル (例: 阿賀川) を示す。黄色と緑で縁取られている部分は、RRIモデル作成時に河道を追加・更新した区間である。

河道モデルと対象洪水 (表-1) を使用し阿賀川のパラメータのチューニング・シミュレーションを行った。

作成したこれらの計算モデルに境界条件となるデータを与えることにより、河川水深や河川流量、氾濫水深を算定することが可能となる (図-5)

### 4. 検証計算及び予測結果について

作成したモデルをもとに、阿賀川の山科地点にて、不定流モデルとの結合 (RRIモデルの流出量を不定流に与える) を行い、観測水位と不定流計算水位の比較により再現性の検証を行った。再現性検証の計算条件は表-2のとおりである。

土研分布型モデル・RRIモデル+不定流の予測水位の再現性比較 (図-6) より、実測水位を概ね再現しており、良好な予測精度になっている。また、今回作成したRRIモデルは、洪水波形の再現性や立ち上がりの時間等において、従前の土研分布型モデルと同等程度の再現性を得られることが確認できた。

表-2 阿賀川山科観測所における再現性検証の計算条件

項目	内容等	備考
対象洪水	<ul style="list-style-type: none"> <li>平成22年9月出水(日橋川:南大橋)</li> <li>平成25年9月出水(阿賀川:大川ダム、馬越、宮古、山科)</li> <li>平成29年10月出水(湯川:新湯川)</li> </ul>	本支川で洪水の規模が異なるため、河川毎に対象洪水を設定。
計算モデル	RRIモデル(カスケード分割したモデル)	
雨量	Cバンド同時刻合成レーダ雨量	
境界条件	分割流域毎の上流端地点に位置する流量観測地点の実績流量 (HQ換算流量やダム実績放流量)	

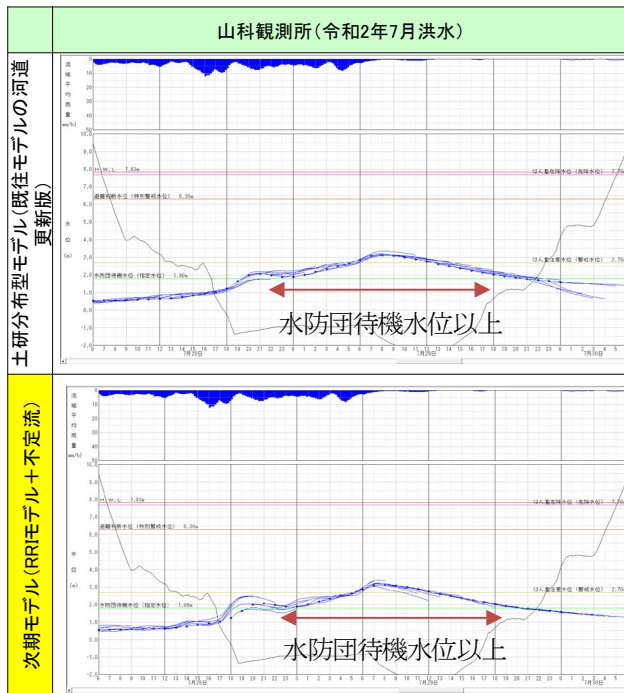


図-6 両モデルの洪水予測再現性比較

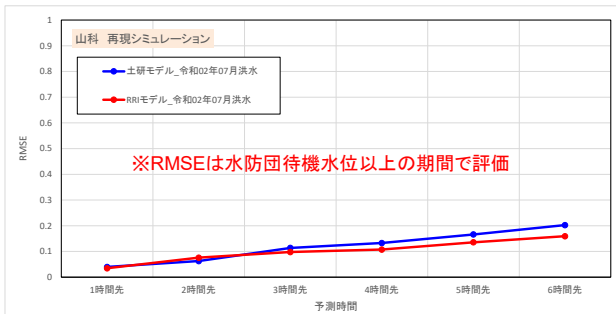


図-7 両モデルの RMSE による精度比較

また、実測水位と予測水位の水防団待機水位以上の二乗平均誤差(RMSE)をリードタイム毎にみると、0.2以下となっており、予測時間6時間先まで同程度の精度が確保されていることが分かる。(図-7)

## 5. 今後の展開・まとめ

令和4年度に構築したモデルについて、今後の展開も含めてとりまとめた。

### 1) RRIモデルのパラメータ調整

パラメータについては、開発に携わった学識者にご相談しながら策定したが、河川によって整合性が低い河川がある。これは、土研分布型モデルのパラメータ調整洪水より、パラメータ設定洪水が少ないためである可能性が考えられる。(現在は3洪水で実施、2洪水で検証) 精度を高める必要がある河川は、洪水数を増やして対応する。

### 2) 演算時間の短縮を図るため、河川水位予測プログラムの改良検討

北陸地方整備局管内で演算時間10分(演算表示最短時間)の条件に影響がある河川は、阿賀野川水系と信濃川水系である。降雨が多い場合に影響が生じる可能性があるため、更に短縮可能かどうかを検討する。

### 3) 水位周知河川の洪水予報河川への対応について

水防法の一部改正及びインフラ分野のDXの一つとして、水位周知河川においても洪水予報を行い、水防活動に活用する動きがある。洪水予報河川への格上げ等が出てくる河川があるため、これらの対応の必要がある。

### 4) 指定区間の水害リスクライン表示

現状は観測所の表示のみの箇所があるが、リスクライン表示にするためには、区間の水位設定が必要となるため対応が必要である。これは、水防活動にも使用するため、自治体の作成、確認等が必要となる。

## 参考文献

- 国土交通省インフラ分野のDX推進本部資料より抜粋
- 土木技術資料 56-6 (2014) : 降雨流出氾濫 (RRI) モデルの開発と応用 佐山ら