水害リスクラインによる連続的な水位予測と予測水位を用いた洪水予報の取り組み

FLOOD FORECASTING BASED ON CONTINUOUS WATER LEVEL PREDICTION USING FLOOD RISK LINES

田島二仁[1]・町田佳隆[2]
Tsugito TASHIMA and Yoshitaka MACHIDA

[1]九州地方整備局河川部水災害予報センター（〒812-0013　福岡市博多区博多駅東 2-10-7　福岡第二合同庁舎）
E-mail: tashima-t8910@mlit.go.jp
[2]（株）東京建設コンサルタント九州支社河川本部（〒812-0016　福岡市博多区博多駅南 2-12-3）
E-mail: machida-y@tokencon.co.jp

1. はじめに

国の洪水予報河川では，洪水に関する防災気象情報として，国土交通省の河川事務所と気象台が共同で「洪水予報」を発表している．住民の早期避難実現のためには，早めの避難指示発令が不可欠で，従来から洪水予報の発表に予測水位の活用が求められていた．令和4年6月から運用が改められ，3時間先予測水位が「氾濫する可能性のある水位」に到達した場合には，実況水位が氾濫危険水位到達前であっても，警戒レベル4相当の「氾濫危険情報」を発表できることとなった．

本稿では，予測水位を用いた氾濫危険情報の発表事例と危機管理上の課題，近年の対応状況について紹介する．

2. 洪水予報

(1) 洪水予報の法的な位置づけ

「洪水予報」は「水防法」に基づき気象庁と国土交通省または都道府県とが共同発表する法定情報である．水位等の予測が技術的に可能な流域面積が大きい河川で，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については，国土交通大臣によって洪水予報河川に指定される．それ以外の河川で相当な損害を生ずるおそれがあるものについては，都道府県知事によって洪水予報河川に指定される．洪水予報河川に指定された場合は，国土交通省または都道府県より，報道機関，市町村長，住民へ法定情報が通知または周知される（**図- 1**）．

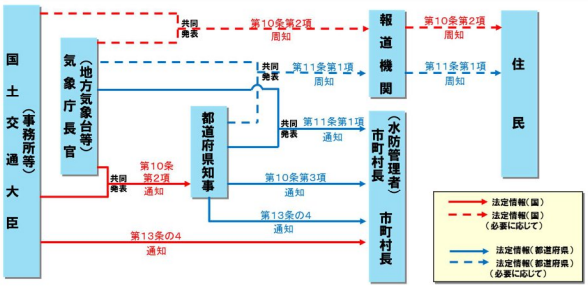
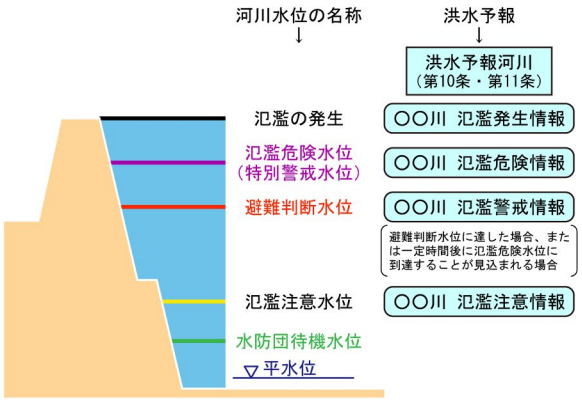


図- 1　洪水予報河川における洪水予報発表の流れ[1)]

(2) 洪水予報の種類

「洪水予報」は市町村長が行う避難情報発令の参考となる防災気象情報である．「洪水予報」には，4種類（氾濫注意情報，氾濫警戒情報，氾濫危険情報，氾濫発生情報）があり，それぞれは内閣府が定めた警戒レベル2，3，4，5相当の情報とされている（**図- 2**，**図- 3**）．



図－２　洪水予報と基準水位の関係

「氾濫危険情報」は「避難指示」を発令する警戒レベル4に相当する情報である．そのため国土交通省では，避難情報の発令判断等を支援する目的で，氾濫警戒情報や氾濫危険情報を発表すると同時に，市町村長等へ直接情報を伝達する「ホットライン」という取組みもあわせて行っている．国が管理する河川では，河川事務所長から市町村長等へ直接，現在の河川の状況や今後の見通し等を伝えている．

（3）防災気象情報の伝え方の改善

洪水予報の「氾濫危険情報」は，従来，実況水位に基づき発表していた．令和4年6月からは実況水位に加え，予測に基づき発表できる運用に変更された（図－４）．

これにより，氾濫危険水位に実況水位が到達していない場合でも，水位が上昇して危険な状態に近づくことを予測した場合，具体的には3時間以内の予測水位が現況堤防高から越水，溢水する水位（以下，「氾濫する可能性のある水位」という．）を超過した場合に，いち早く警戒を呼びかけられるようになった．

3．予測水位に基づく氾濫危険情報の発表

（1）九州管内の洪水予報河川

20水系ある九州管内の一級水系の本川は全て洪水予報河川に指定されており，河川名とその区間が設定されている．

（2）山国川における令和４年７月出水対応

令和4年6月から令和6年8月の台風10号までの間の洪水予報（氾濫危険情報）の発表状況のうち，これまでに予測水位を用いた発表は，令和4年7月出水

避難情報等（警戒レベル）

警戒レベル	状況	住民がとるべき行動	避難情報等
5	災害発生又は切迫	命の危険 直ちに安全確保！	緊急安全確保
＜警戒レベル4までに必ず避難！＞			
4	災害のおそれ高い	危険な場所から全員避難	避難指示
3	災害のおそれあり	危険な場所から高齢者等は避難	高齢者等避難
2	気象状況悪化	自らの避難行動を確認	大雨・洪水注意報
1	今後気象状況悪化のおそれ	災害への心構えを高める	早期注意情報

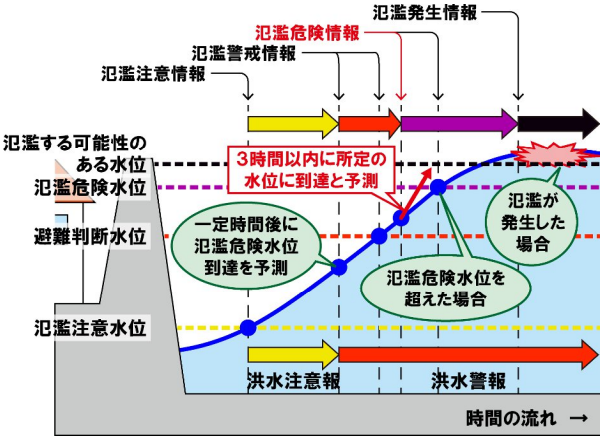
（a）避難情報等

河川水位や雨の情報（警戒レベル相当情報）

	防災気象情報（警戒レベル相当情報）	
	浸水の情報（河川）	土砂災害の情報（雨）
5 相当	氾濫発生情報	大雨特別警報（土砂災害）
4 相当	氾濫危険情報	土砂災害警戒情報
3 相当	氾濫警戒情報 洪水情報	大雨警報
2 相当	氾濫注意情報	―――
1 相当	―――	―――

（b）河川水位や雨の情報

図－３　洪水予報と避難情報の関係 [2)]



図－４　予測水位に基づく「氾濫危険情報」の発表 [3)]

（増水期の洪水予報発表状況）

の山国川（柿坂水位観測所）が唯一の事例であり，このときの山国川の対応事例について紹介する．

a）山国川の概要

山国川は，その源を大分県中津市山国町英彦山（標高1,200m）に発し，中津市，福岡県上毛町，吉富町を流れ，周防灘に注ぐ河川流路延長56km，流域面積540km^{2}の一級河川である．山国川の河床勾配は上中流部で1/200以上，下流部でも1/500～1/1,000程度で九州の一級河川の中でも屈指の急勾配河川である（図－５）．

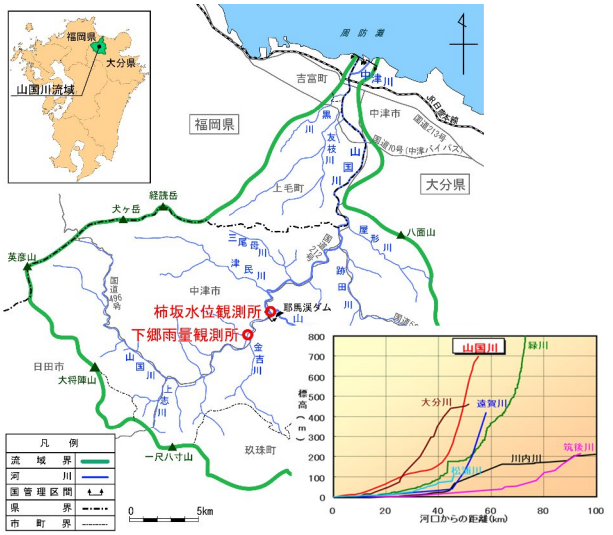


図- 5　山国川流域図と河床勾配 [4]

b）令和 4 年 7 月出水の特徴

大分県において気象庁大分地方気象台が発表した線状降水帯の発生予測情報と発生情報は以下のとおり.

- 7月18日16時46分「全般気象情報発表」で九州北部・南部に19日にかけて線状降水帯発生予測.
- 7月18日16時57分「大分県気象情報発表」で, 19日午前中にかけて線状降水帯発生予測.
- 7月19日3時50分「顕著な大雨に関する情報」で大分県北部, 西部に線状降水帯が発生.

表- 1　山国川降雨・水位状況

洪水名	下郷時間最大雨量	柿坂時間最大水位上昇量
令和4年 7月19日出水	75mm/h (19日3時00分～4時00分)	4.17m/h (19日3時00分～4時00分)
平成24年 7月3日出水	73mm/h (3日6時00分～7時00分)	3.33m/h (3日7時10分～8時10分)

c）降雨状況と水位状況

7月18日から19日にかけて前線に伴う断続的に非常に激しい雨が九州北部を中心に降ったことで, 山国川流域にはそれまで既往最大であった平成24年7月3日出水の時間最大雨量（下郷雨量観測所地点）を超え, それに伴う1時間水位上昇量（柿坂水位観測所）も記録的な出水となった（表- 1, 図- 6）.

d）山国川における対応状況

7月19日1時40分時点で3時間先予測水位が「氾濫する可能性のある水位」を超過し,「氾濫危険情報」を発表する基準に達したが, 実況水位は平常時とほぼ変わらないレベルであったため, 発表作業に移らず, 水位動向の監視にとどめた. その20分後の2時00分時点の予測が「氾濫する可能性のある水位」を

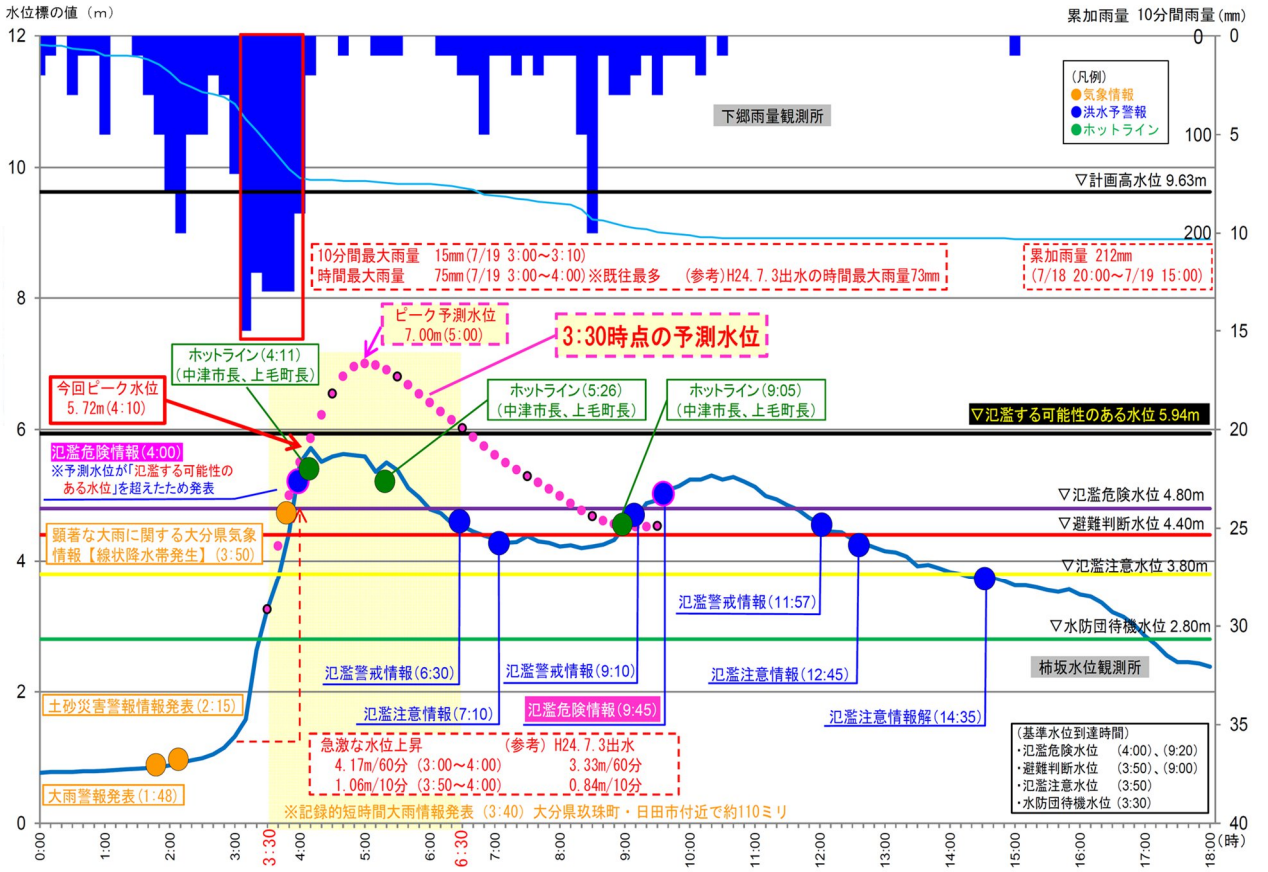


図- 6　令和 4 年 7 月 19 日の洪水予報等の発表状況 [5]

下回ったため，洪水予報の発表を見送った.

3時00分時点で2時間先予測水位が「氾濫する可能性のある水位」を再び超過したため，慎重に水位動向を監視した.このとき山国川河川事務所は耶馬渓ダムや平成大堰の操作を並行して行っている.

3時30分に実況水位が水防団待機水位に達し，予測水位も上昇傾向にあったことから,予測水位に基づく「氾濫危険情報」の発表作業を開始し，4時00分に発表した．これが予測水位に基づく「氾濫危険情報」の全国で最初の事例となった.

同日4時00分以降は強雨域も抜け,実況水位も4時10分にピークを迎え,氾濫危険水位は超えたものの「氾濫する可能性のある水位」までは到達せず，自治体への聞き取りの結果，被害報告も無かった.

4. 出水対応上の課題と対応

(1) 出水対応上の課題

急激な水位上昇を生じたことによる,防災業務執行上の課題として，以下の2点が挙げられる.

a) 防災体制の早期確保

線状降水帯が発生すると,積乱雲が数時間同じ場所を通過したり，同じ場所に停留したりするため,豪雨が数時間にわたり降り続く.その結果，局地的に急激な水位上昇を生じるが,当時の事務所体制の発令条件は,河川水位や大雨警報のみであったため,体制の早期確保につながらない恐れがあった.

b) ホットライン（首長への連絡）の早期実施

令和4年7月出水でのホットラインは,7月19日4時11分が1回目であった．同日3時00分からの1時間水位上昇が4.17m もあり，水防団待機水位から氾濫危険水位まで一気に上昇した.通常,水位上昇に伴い,「氾濫注意情報」,「氾濫警戒情報」が段階的に発表されるが,それらを出すことなく「氾濫危険情報」が発表された.その結果,19日3時00分の時点では予測水位が「氾濫する可能性のある水位」を上回ったにもかかわらずホットラインは実施されず,ホットラインの早期実施が課題として残った.

(2) 課題への対応

2つの課題に対し,以下のとおりの改善を図った.

a) 防災体制の早期確保

山国川河川事務所においては,風水害の注意体制基準に「線状降水帯の発生予報が発表された場合」が追加された.

b) ホットライン（首長への連絡）の早期実施

出水時のホットラインとして，以下，第1報から第3報を実施するよう事務所に通知し，水防時にホットラインの実施状況を事務所に確認することとした.

- 第 1 報…避難判断水位に達した場合，または予測水位が氾濫危険水位に達した場合
- 第 2 報…氾濫危険水位に達した場合，または，3 時間先までの予測水位が「氾濫する可能性のある水位」に達した場合
- 第 3 報…越水（溢水）が確認された場合

5. 令和 6 年 8 月出水（台風 10 号）での対応

令和6年度に九州南部，東部に大雨をもたらした事例として，8月末に九州に非常に強い勢力のまま上陸した台風10号においては,予測水位はどのような状況だったのかについて紹介する.

(1) 台風 10 号の概要

8月22日3時にマリアナ諸島で発生した台風10号は，29日8時頃には強い勢力（中心気圧955hPa，最大風速40m/s）で鹿児島県薩摩川内市付近に上陸,その後,北東に進路を変えながら30日昼過ぎにかけ九州を横断した.ゆっくりとした速さで接近，上陸したため,九州山地東側を中心に雨量が多くなった.

令和6年8月28日～29日にかけ，種子島・屋久島地方，宮崎県北部平野部，北部山沿い，鹿児島県薩摩地方，大分県中部，北部など，顕著な大雨に関する気象情報が4回発表され，九州の一級水系では，大分川本川並びに支川賀来川，大淀川支川本庄川，肝属川支川姶良川において氾濫危険水位を超えるものとなった（**図- 7**）.

(2) 予測水位で氾濫する可能性のある水位を超過した事例

台風10号に伴う大雨において，3時間以内の予測水位が「氾濫する可能性のある水位」を超過した水

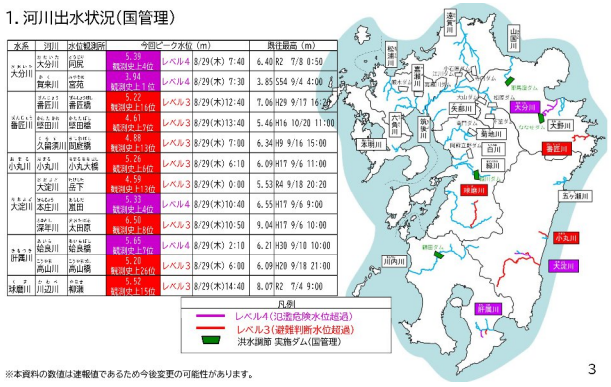


図- 7　氾濫危険水位超過状況 [6)]

位観測所は無かったが,5～6時間以内の予測水位が超えた水位観測所は，柿坂（山国川）と岳下（大淀川）の2地点が挙げられる．そのうち岳下水位観測所は,「氾濫する可能性のある水位」を1時間にわたって超過していたので,山国川の柿坂水位観測所と類似性があるかについて整理した．

（3）岳下水位観測所（大淀川）の状況

大淀川の岳下水位観測所は令和6年8月28日21時40分～22時40分の1時間において,「氾濫する可能性のある水位」を，5時間先，6時間先の予測値で連続的に超えていた（**表- 2**）．

（4）柿坂と岳下の類似性について

柿坂と岳下について,地域的特性やハイドログラフを比較し,2つの水位観測所の類似性を整理する．

河川の流域面積，観測所上流面積，観測所地点のセグメント,河床勾配等は**表- 3**に示す.流域の上流に位置していることを除けば，2つの観測所に具体的な類似性は見られない．

次に予測水位に基づく氾濫危険情報を発表した令和4年7月の柿坂のハイドログラフと,令和6年8月の岳下のハイドログラフを比較する（**図- 8**）．

両観測所ともに,洪水初期の実況水位上昇速度が速く,最大でそれぞれ4.17m/時(柿坂水位観測所),2.45m/時（岳下水位観測所）を記録した.一方,予測値もその実況水位上昇速度の速い時間帯に高い予測水位を示した．

さらに岳下の予測水位経過（**表- 2**）と柿坂の予測水位経過（**表- 4**）を見ると，実況水位がピークを迎える時点より，1～2時間早い段階で，予測水位が氾濫する可能性のある水位を超え始めているという点が類似している．

表- 2　岳下（大淀川）の予測水位経過

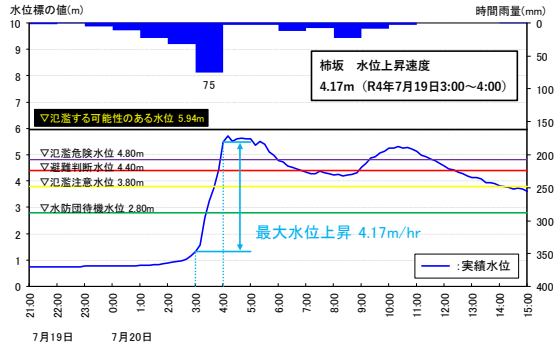
年月日	2024. 8. 28												2024. 8. 29
時刻	21:10	21:20	21:30	21:40	21:50	22:00	22:10	22:20	22:30	22:40	22:50	23:00	…	0:00
6時間先	4.72	5.51	5.80	6.15	6.24	6.29	6.15	6.72	6.54	6.22	5.55	5.37	…	5.32
5時間先	4.09	5.15	5.46	5.81	5.93	6.01	5.76	6.56	6.44	6.17	5.38	5.26	…	5.10
4時間先	3.49	4.80	5.07	5.33	5.53	5.54	5.07	6.03	5.92	5.70	4.90	4.91	…	4.80
3時間先	3.18	4.84	4.96	5.09	5.44	5.35	4.60	5.57	5.41	5.14	4.41	4.50	…	4.10
2時間先	3.04	4.59	4.84	5.12	5.50	5.41	4.65	5.38	5.24	5.02	4.48	4.54	…	4.20
1時間先	2.47	2.89	3.60	4.39	4.87	5.16	5.00	5.27	5.18	5.05	4.82	4.74	…	4.32
実水位	1.25	1.52	1.85	2.30	2.81	3.29	3.68	3.97	4.17	4.31	4.42	4.47	…	4.59

実況ピーク水位↑

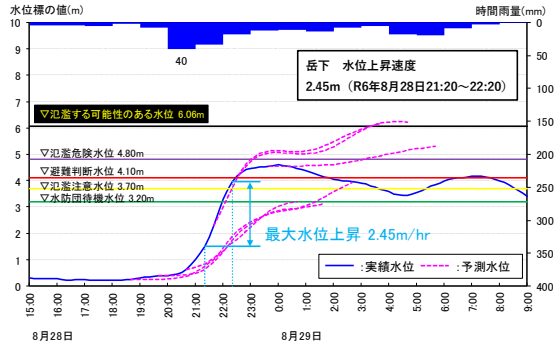
色付け凡例（岳下基準水位）					
氾濫する可能性のある水位	6.06m	氾濫危険水位	4.80m		
避難判断水位	4.10m	氾濫注意水位	3.70m	水防団待機水位	3.20m

表- 3　河川概要と観測所概要

河川概要	河川名	山国川	大淀川
	流域面積	540 km^2	2,230 km^2
	河川流路延長	56 km	107 km
観測所概要	観測所名	（かきさか）柿坂	（たけした）岳下
	観測所上流面積	294 km^2	160 km^2
	位置（距離標）	27k100	77k600
	セグメント	M	2-2
	河床勾配	1/170	1/1,197



(a) 柿坂水位観測所（山国川：令和４年７月洪水）



(b) 岳下水位観測所（大淀川：令和６年８月洪水）

図- 8　柿坂と岳下のハイドログラフの比較

このことから,

- 流域の上流に位置する水位観測所であること
- 過去の出水において,洪水初期の水位上昇速度が速い観測所であること

などに起因して予測水位が高い傾向になること．さらに,予測にあたっては実況水位がピークに達する1～2時間前の段階から「氾濫する可能性のある水位」を超過する傾向になることが考えられる．

表- 4　柿坂（山国川）の予測水位経過

年月日　2022.7.19

時刻	1:10	1:20	1:30	1:40	1:50	2:00	2:10	2:20	2:30	2:40	2:50	3:00
3時間先	4.59	5.06	5.87	6.15	6.37	5.37	5.57	5.39	5.80	5.47	5.73	6.75
2時間先	2.54	4.02	4.79	5.11	5.31	5.28	5.61	5.50	5.56	5.33	5.76	6.55
1時間先	0.83	1.20	1.57	2.35	2.86	3.31	4.00	4.60	4.53	4.50	5.13	5.82
実水位	0.81	0.82	0.83	0.85	0.86	0.88	0.92	0.96	0.99	1.05	1.15	1.32

年月日　2022.7.19

時刻	3:10	3:20	3:30	3:40	3:50	4:00	4:10	4:20	4:30	4:40	4:50
3時間先	7.08	7.12	6.68	6.47	5.92	7.19	6.31	5.75	5.06	4.70	4.52
2時間先	7.03	7.16	7.00	6.64	6.45	7.61	6.70	6.16	5.56	5.21	5.01
1時間先	6.36	6.46	6.55	6.71	6.39	7.51	6.70	6.13	5.96	5.68	5.59
実水位	1.58	2.63	3.25	3.74	4.43	5.49	5.72	5.51	5.59	5.63	5.61

↑実況ピーク水位

色付け凡例（柿坂基準水位）					
氾濫する可能性のある水位		5.94 m	氾濫危険水位	4.80 m	
避難判断水位	4.40 m	氾濫注意水位	3.80 m	水防団待機水位	2.80 m

6. 洪水予報に用いられる水位予測モデル

(1) 洪水予測システム変遷の概要

「洪水予報」は「水防法」に基づき気象庁と国土交通省または都道府県とが共同発表する法定情報であるが，発表基準となる水位を超過後，早急に発表するには，水位到達時に発表準備を行ったのでは情報提供が遅れてしまう．そのため，事前準備のツールとして基準観測所における水位を予測する洪水（水位）予測システムが構築・運用されている．

過去に構築されてきた水位予測手法（**表- 5**）は主に「流出解析タイプ」と「水位直接評価タイプ」に分類され，誤差補正手法も統一されたものはなく，本支川別，区間別に個別システムが構築されていた．

この様な洪水予測モデルは，主に担当の河川事務所毎に個別に開発・運用されており，その結果として多種多様なモデルが乱立し，システム運用や精度向上に関するノウハウが適切に蓄積されない状態となっていた．そこで，基準となる洪水予測モデル・システムとして，現在運用されている「水害リスクライン洪水予測システム」が平成30年度に構築されることとなった．

(2) 水害リスクライン洪水予測モデル

平成30年度に全国統一の洪水予測モデルとして採用されたモデル[7]は大きく「流出モデル」，「河道不定流モデル」，「データ同化技術」の3つから構成されている（**表- 6**）．

a) 流出モデル：土研分布モデル

従来の土研分布モデルは2段タンクによるモデルであったが，近年の知見を踏まえ，3段タンクに改良された土研分布モデル2018が採用されている（**図- 9**）．メッシュサイズは，X バンド MP レーダー雨量観測を考慮して250m とし，計算に用いる標高は基盤地図情報の標高データを，土地利用や地質情報は国土数値情報に基づき設定を行っている．

土研分布モデルのパラメータ（**図- 9**中のa_i）に関しては，複数のパラメータを持つ水文モデルのパラメータ最適化を主目的として開発された SCE-UA 法を用いて土地利用，地質等によるカテゴリー別（**表- 7**）に，ダム地点や流量観測が行われている水位観測所地点等の小流域毎に同定を行っており，

表- 5　水位予測手法の概要

モデルタイプ	流出解析タイプ	水位直接評価タイプ
概要	降水量を入力データとして，流出量を評価し，流量を水位に換算することで水位波形を予測．	上下流の水位の相関関係等に基づき評価地点の水位波形を直接予測．
モデル事例	流出モデル 流出＋河道モデル等	重相関モデル等
誤差補正	水位補正，流出率補正，雨量補正	

表- 6　水害リスクライン洪水予測モデル概要

種別	モデル	性能	実績	信頼性
流出モデル	土研分布モデル	多段タンクの分布モデルであり比較的様々なパターンの出水に対応可能． 計算負荷が軽い．	多くの洪水予測システムで採用された実績あり．	河川砂防技術基準に掲載．
河道不定流モデル	一次元不定流モデル	様々な流れを表現可能． 縦断水位を計算可能．	洪水予測他，種々の河道計算で採用された実績あり．	水理公式集，河川砂防技術基準に掲載．
データ同化技術	粒子フィルタ	様々なモデルに適用可能．	洪水予測において、一定の成果が得られている．	近年，水理・水文モデルへの適用研究が数多く進められている．

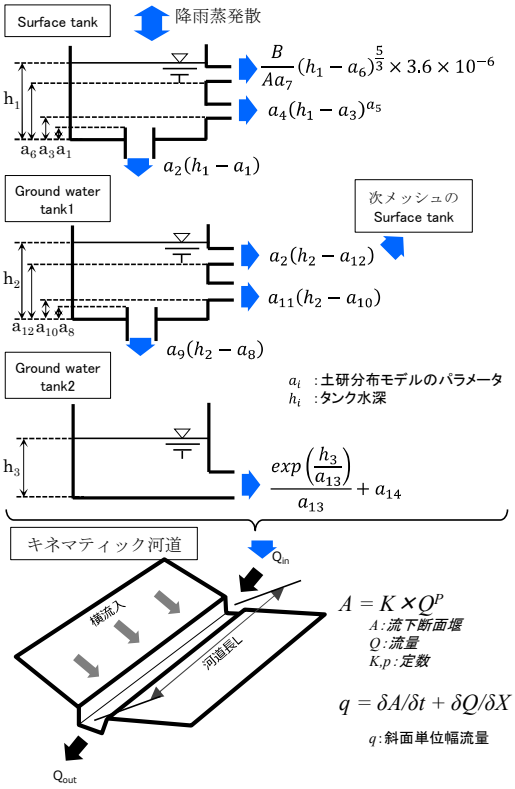


図- 9　土研分布モデル図[7]

カテゴリー毎・小流域毎に異なるパラメータが設定されている.

b）河道不定流モデル：1 次元不定流モデル

従来の洪水予測モデルでは,流出モデルにより算定された流量を観測所 HQ 式により水位に換算する「観測所地点のみ」の予測が多く見受けられたが,水害リスクラインでは,「河道水位を縦断的に計算可能」な1次元不定流モデルが採用されている．また，予測精度向上のため，予測したい基準観測所を挟むように上下流の観測所を1つの計算区間として,順番に下流へ計算区間をスライドさせていくカスケード分割によるモデル構築を行っている（**図-10**）．このカスケード分割を行うことにより，上流で同定された予測流量が下流に伝わることとなるため,下流にある観測所ほど精度向上が期待される.

c）データ同化技術：粒子フィルタ

流出モデルのパラメータや河道不定流モデルの粗度係数等は,過去の実績洪水を対象に最適化が行われた結果である．一方，リアルタイムの実洪水では,流域の湿潤状態や河道低水路内の形状変化の影響を受ける粗度係数が過去洪水とは異なるため,実績雨量を用いて最新時刻の再現計算を行ったとしても再現誤差が生じてしまうことは避けられない．そのため,リアルタイムの洪水予測計算では観測値の再現性を高めるため，パラメータ等の補正（データ同化）を行う必要がある．従来の流出モデルのみを用いた洪水予測モデルでは流出量を求めるモデルのため,基本的に流量観測の実施されている水位観測所でのみデータ同化が可能であった.水害リスクラインの洪水予測モデルでは,河道追跡モデルとして1次元不定流モデルが採用され，河道水位を計算することが可能となったため,水位観測のみが行われている（流量観測が行われていない）観測所もデータ同化に用いることが可能となった.各県において設置されている水位観測所の多くは流量観測が行われていないことが多いが,このように水位データでデータ同化が可能となることで,水位観測所の存在する県管理河川を不定流モデルとして組み込めば国管理河川と同様にデータ同化を行うことが可能となり，更なる精度向上が期待される.

このデータ同化は，「粒子フィルタ」[8]を用いて行う（**図- 11**）．粒子フィルタではパラメータ組み合わせの異なる「粒子」を複数用意し，粒子毎に現時刻までの再現計算を行う.得られた河道不定流水位と観測値について,過去から最新時刻までの再現性を「尤度」を基に判定し，最も再現性の良い「最

表- 7　土研分布モデルカテゴリー分類

種別	タンク	カテゴリ	概要※
表層	1段目	1	森林　浸透：大
		2	森林　浸透：中
		3	森林　浸透：小
		4	田
		5	荒地、ゴルフ場、農用地他
		6	建物用地，道路，鉄道用地他
		7	河川湖沼，海浜，海水域
地下層	2，3段目	1	浸透：大
		2	浸透：中
		3	浸透：小

※浸透度合いは、土壌・地質分類により判定

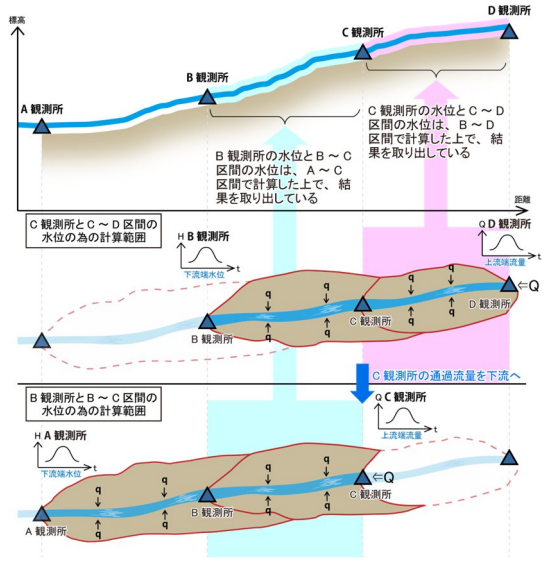


図- 10　河道不定流モデルイメージ図
（カスケード分割）

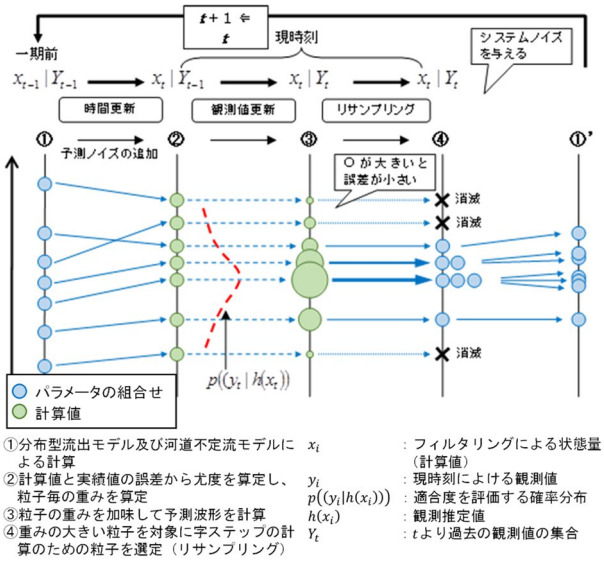


図- 11　粒子フィルタの概要

尤粒子」を用いて予測計算を行っている．ここで，「粒子」の構成は，「タンクの貯留高」，及び「河道粗度係数」を複数パターン組み合わせて設定している．また，計算に用いる粒子の数は，再現性に関しては粒子数が多い方が優位であるものの，比例して計算量が増加するため，再現性が一定程度確保される粒子数を採用し予測精度確保を行っている．

7. 水害リスクライン洪水予測結果の活用

洪水予測システムで計算された水位予測結果は，洪水予報に用いられるほか，川の防災情報（水害リスクライン　**図- 12**）や気象庁（キキクル）[10]を通じて区間毎の越水，溢水の危険度が広く一般にも公開されている．

8. おわりに

洪水予報は市民の安全安心のため，いち早い避難につなげるための重要な情報である．予測水位を用いた氾濫危険情報の発表は早期避難を実現する上で意義のある取組と言えるが，予報の信頼性を確保するには水位予測精度の向上が不可欠である．比較的上流に位置し，抱えている流域面積が狭い水位観測所では，予測精度が十分に確保されているとは言い難い現状において，洪水予報発表に踏み切る判断は，雨域の移動変化，降雨量の変化を継続的に監視し，水位変動にどのように結びつくかを読み解く，予報に携わる職員の個々の経験や能力によるところが少なくないと言える．予報発表後のホットラインでの説明においては，その点を踏まえ，危険性を細かく伝えることで，その後の水位予測の変動を適切にフォローしていく必要がある．

洪水予測技術の面では，従来の流出解析モデルを用いた洪水予測モデルでは，HQ 式を持つ観測所地点のみの予測から，1次元不定流を用いた河道水位を縦断的に計算可能なモデルに進化していることで，危険性をより面的に網羅的に共有できるようになったこと，カスケード分割を用いた計算により，上流域で起きている現象を下流の予測計算に反映させることで，より実現象に即した計算が可能になったことなどは，非常に有意義である．課題とされている上流域の予測精度をより高めるため，さらに

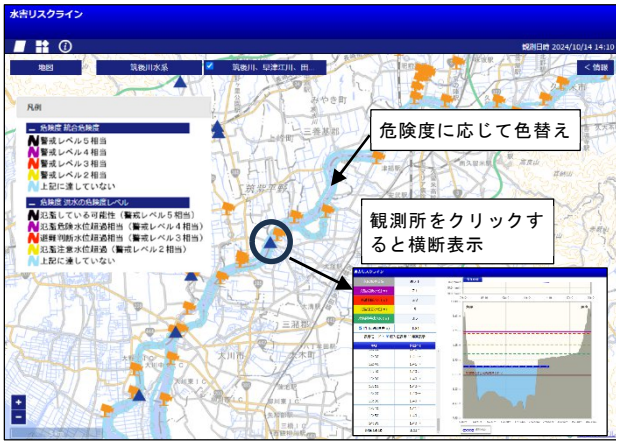


図- 12　水害リスクライン表示例[9]

再現性の向上が求められる．

参考文献

1) 国土交通省：「水防のしおり」，2024.
2) 内閣府：避難情報に関するガイドラインの改定，https://www.bousai.go.jp/oukyu/hinanjouhou/r3_hinanjouhou_guideline/pdf/220616_hinan_guideline_2.pdf，2024.
3) 国土交通省：今出水期から行う防災気象情報の伝え方の改善について，報道発表資料（気象庁同時発表），https://www.mlit.go.jp/report/press/mizukokudo03_hh_001112.html，2022.
4) （流域図）国土交通省九州地方整備局山国川河川事務所：山国川水系河川整備計画，https://www.qsr.mlit.go.jp/yamakuni/office/yamakuni/kasenseibi/henko_honbun.html，2013.
（河床勾配）国土交通省：河川整備基本方針小委員会（第 43 回）参考資料 1-3，https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/shaseishin/kasenbunkakai/shouiinkai/kihonhoushin/060711/pdf/ref1-3.pdf，p1，2006.
5) 梅本武史：全国初！予測水位に基づく氾濫危険情報～令和 4 年 7 月出水対応～，九州技法第 72 号，pp. 25-30，2023.
6) 国土交通省九州地方整備局：令和 6 年台風 10 号に伴う大雨について【速報版】（第 1 報），報道発表資料，https://www.qsr.mlit.go.jp/site_files/newstopics_files/20240904/24090403.pdf，2024.
7) 此島健男子，銭潮潮，中安正晃：四国地方の河川特性を反映した新しい洪水予測システムの構築，河川情報シンポジウム論文集，pp. 5_1-5_6，2019.
8) 立川康人，須藤純一，椎葉充晴，萬和明，キムスンミン：粒子フィルタを用いた河川水位の実時間予測手法の開発，土木学会論文集 B1（水工学）Vol.67，No.4，I_511-I_516，2011.
9) 国土交通省：水害リスクライン，https://frl.river.go.jp/，2024.
10) 気象庁：洪水キキクル，https://www.jma.go.jp/bosai/risk/#elements:flood/lat:34.034453/lon:135.000000/zoom:5/colordepth:normal，2024.

（2024．10．25 受付）