

青字：記述に関する解説

予想の方法

記載事例2：氾濫解析を用いた予想

申請例

1. 予報対象区域

(予報対象区域の地形図を示し、解析範囲、予報対象区域、考慮する洪水調節施設等を示してください。)

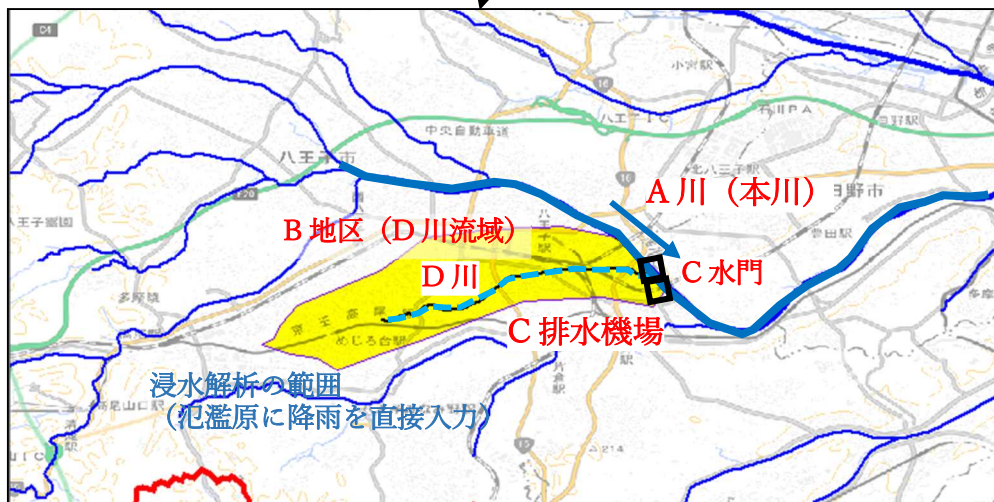
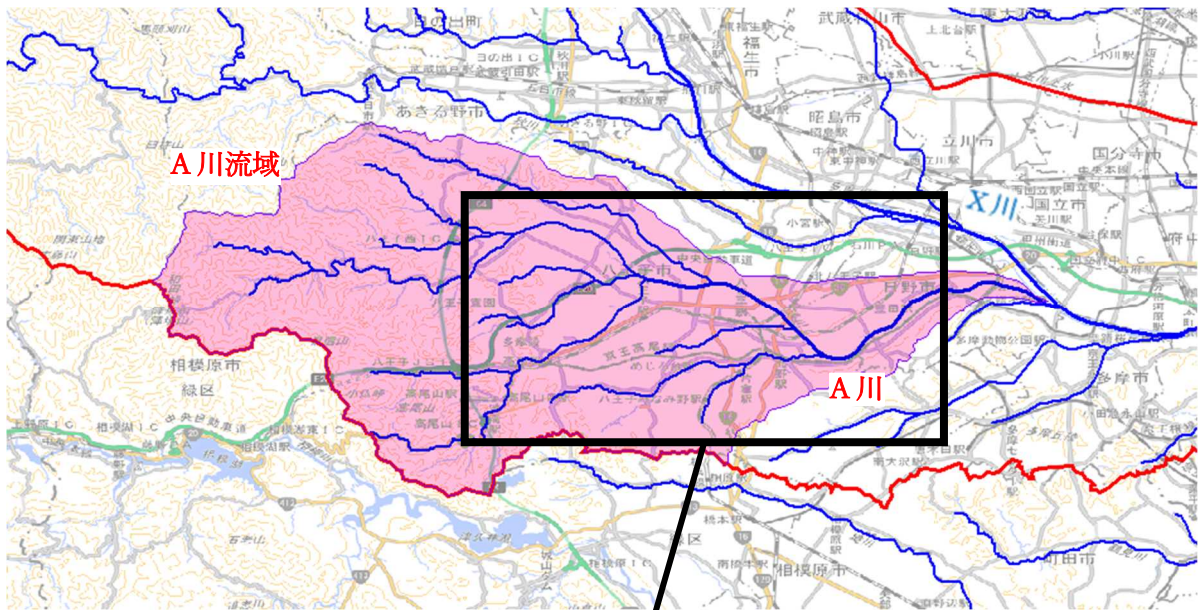
予報対象地区および関連する河川の概要を図1に示す。

B地区はD川流域の低平地に位置し、同地区を流れるD川は本川(A川)に合流する。B地区周辺はA川の増水時に浸水が頻発する地域であり、本予想ではB地区を対象区域として、浸水域及び浸水深の浸水予想を行う。

D川が本川に合流する地点付近にはC排水機場及びC水門があり、B地区の浸水予想に影響を及ぼすため、C排水機場の操作も考慮する。C排水機場周辺は対象地区内で最も標高が低く、浸水が発生しやすいが、排水機場の稼働により浸水を防いでいる。

平常時はC水門が開いており、C排水機場は稼働していないが、洪水時にA川の水位が上がった際(C排水機場外水位が内水位を上回った場合)にはC水門を閉め、C排水機場が稼働し、排出先のC排水機場外水位が計画高水位となった場合にはC排水機場は停止することとなっている。

なお、本予想ではA川の氾濫による浸水は考慮しない。



- 予報対象区域 (氾濫解析範囲)
- 考慮する排水施設等
- 平面二次元不定流モデルで追跡する河道

図1 予報対象区域

2. 予想の方法（物理的方法）

2.1 使用する解析手法

（予想の方法について、その種別を「物理的方法」又は「統計的方法」で示すとともに、使用する解析手法のモデル、考慮する洪水調節施設、入力データ等の全体像を示してください。）

浸水予想を算出するまでの解析フローを図 2 に示す。本予想では、解析手法として、「物理的方法」の「氾濫解析」を使用する。

「氾濫解析」では、観測及び予測降雨量を入力し、D 川流域の B 地区の浸水域及び浸水深の予想を行う。また、D 川の下流端には C 排水機場が設置されていることから、排水能力を基に排水モデルを構築し、自社で別途実施している A 川の予測水位も用いて、B 地区の氾濫流の排水を考慮する。

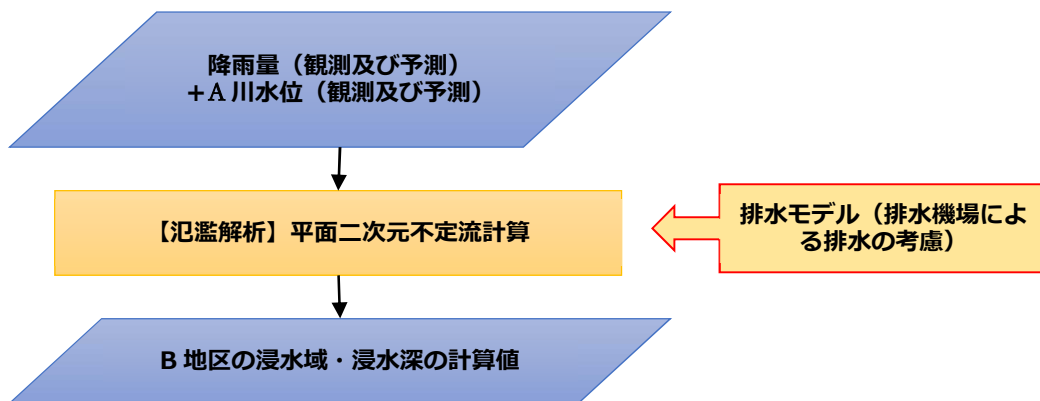


図 2 解析フロー

2.2 氾濫解析

(計算モデルの概要について、一般に認められている専門的な知見に基づくものであることを簡潔に示してください。引用した又は参考とした資料についても、参考文献として示してください。)

(1) 計算モデル概要

市街地を含む都市域に位置する対象地区においては、D 河川の浸水想定区域図により地形特性上河川流域（集水域）と氾濫域がほぼ一致すると考えられることから、図 3 に示すように降雨を直接各メッシュに与えて解析を行うモデルを構築し D 川の氾濫による浸水を予想する。

メッシュ間の水のやり取りは図 4 に示すように平面二次元不定流を用いて、標高の高いメッシュから低いメッシュに水を流す。なお、流域内の D 川は地盤メッシュの高低により表現している。

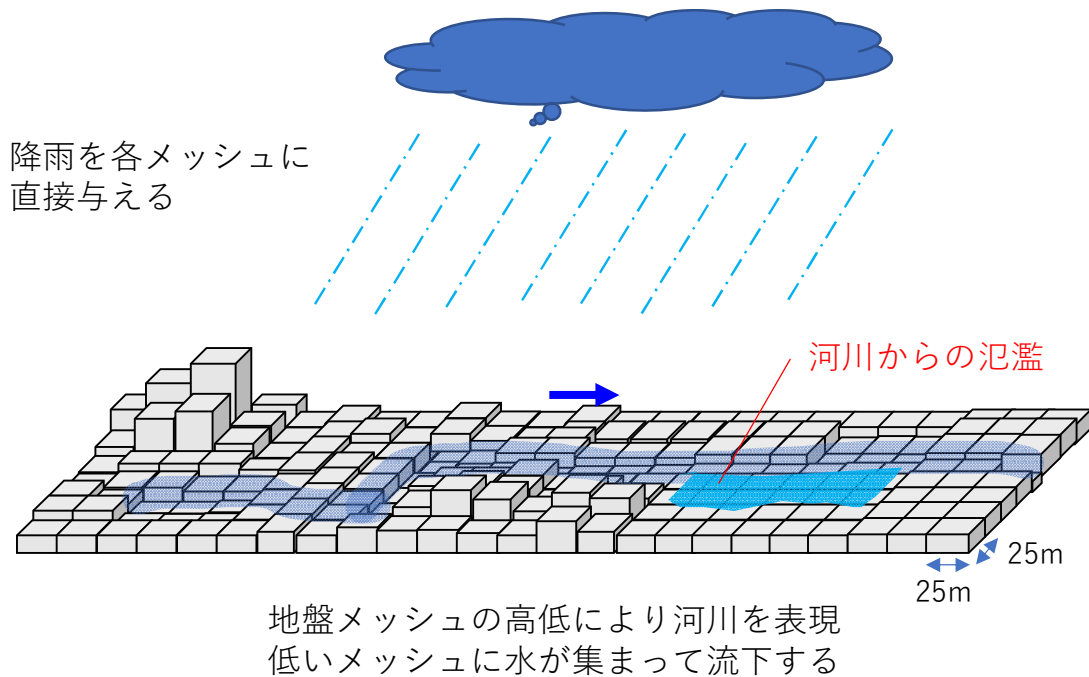
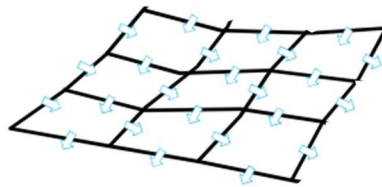


図 3 氾濫解析モデルのイメージ図



メッシュ間は平面二次元不定流計算

図 4 メッシュ間の計算手法のイメージ図

(2) 基礎式

B 地区は、市街地を含む都市域に位置し、地区内に盛土構造物や、排水施設などが存在する。そのため、都市域での適用事例があり、氾濫域の盛土構造物や排水施設のモデル化も可能な国土技術政策総合研究所により作成された「NILIM2.0 都市域氾濫解析モデル」を用いた。ただ、本予想では下水道からの浸水ではなく、河川起因による浸水を対象としているため、都市域氾濫解析モデルのうち平面二次元解析モデルを用い、下水道モデルは用いていない。下記に示す基礎式により氾濫解析を行い、氾濫原の浸水深を時間と場所ごとに算定する。

[連続式]

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0$$

[運動式]

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial uM}{\partial x} + \frac{\partial vM}{\partial y} + gh \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \tau_x(b) = 0$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial uN}{\partial x} + \frac{\partial vN}{\partial y} + gh \frac{\partial H}{\partial y} + \frac{1}{\rho} \tau_y(b) = 0$$

ここに、 H および h ：水位および水深

u および v ： x 方向、 y 方向の流速

g および ρ ：重力加速度および水の密度

M および N ： x 方向および y 方向の流量フラックス

$$(M = uh, N = vh)$$

$\tau_x(b)$ ： x 方向のせん断力

$\tau_y(b)$ ： y 方向のせん断力

底面のせん断力項はマンニングの粗度係数 n を用いると以下のようなになる。

$$\tau_x(b) = \frac{\rho g n^2 \bar{u} \sqrt{(u^2 + v^2)}}{h^{1/3}}, \tau_y(b) = \frac{\rho g n^2 \bar{v} \sqrt{(u^2 + v^2)}}{h^{1/3}}$$

ここに、 \bar{u} 、 \bar{v} ：前時刻と現在時刻との流速の平均値（計算安定のため）を示す。

土地利用別に底面粗度係数（ n_0 ）を設定し、建物占有率データについても設定した。

底面粗度係数は洪水浸水想定区域図作成マニュアル（第4版）を参照し、建物周辺の土地利用等から、下表の範囲内で空地・緑地、道路等の値を設定した。

土地利用条件に応じた粗度係数の目安

土地利用	粗度係数 $m^{-1/3} \cdot s$
農地	0.02~0.060
林地	0.03~0.060
水域	0.025
空地・緑地	0.025~0.05
道路	0.015~0.047

（出典：洪水浸水想定区域図作成マニュアル（第4版）（平成27年7月）p14）

その上で、粗度係数 n については、建物の影響を反映するため、以下のように設定した。

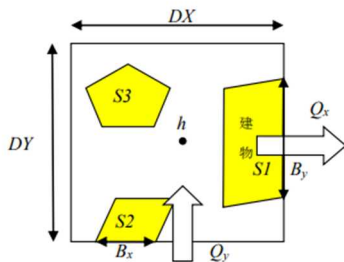
$$n^2 = n_0^2 + 0.020 \times \frac{\theta}{100 - \theta} \times h^{\frac{4}{3}}$$

ここに、 n ：底面粗度係数、 n_0 ：建物以外の底面粗度係数、 θ ：建物占有面積率(%)、 h ：浸水深(m)を示す。

空隙率（1－建物占有率）は下式により算定した。

$$\gamma_v = 1 - (S1 + S2 + S3) / (DX \times DY)$$

DX, DY はそれぞれ x 軸方向、 y 軸方向のメッシュスケール、 $S1, S2, S3$ はメッシュ内の建物敷地面積である。設定にあたっては「国土地理院 基盤地図情報 基本項目」の中から「建築物の外周線」の建物外周線データを利用した。なお、空隙率が 0%に近い場合は計算が不安定となるため、空隙率の 5~10%程度の下限值を設定する等により計算の安定化を図った。



メッシュ内の建物と空隙率・透過率の設定

(出典: 洪水浸水想定区域図作成マニュアル (第4版) (平成27年7月) p15)

(3) 地形データ

モデルに用いる地形データは、国土地理院の基盤地図情報、数値標高モデルより取得した 5m メッシュ (平成●年航空レーザ測量による DEM (基本測量)) を、25m メッシュで平均したものを用いた。

(4) 河道データ

D 川は川幅 30m 程度で単調な断面の河道であり、また、(3)の 25m メッシュの地形データは非出水期に地形のレーザ測量を実施したものであり、河床高を概ね反映できていることから、(3)の地形データにより表現した河道を、D 川として設定した。

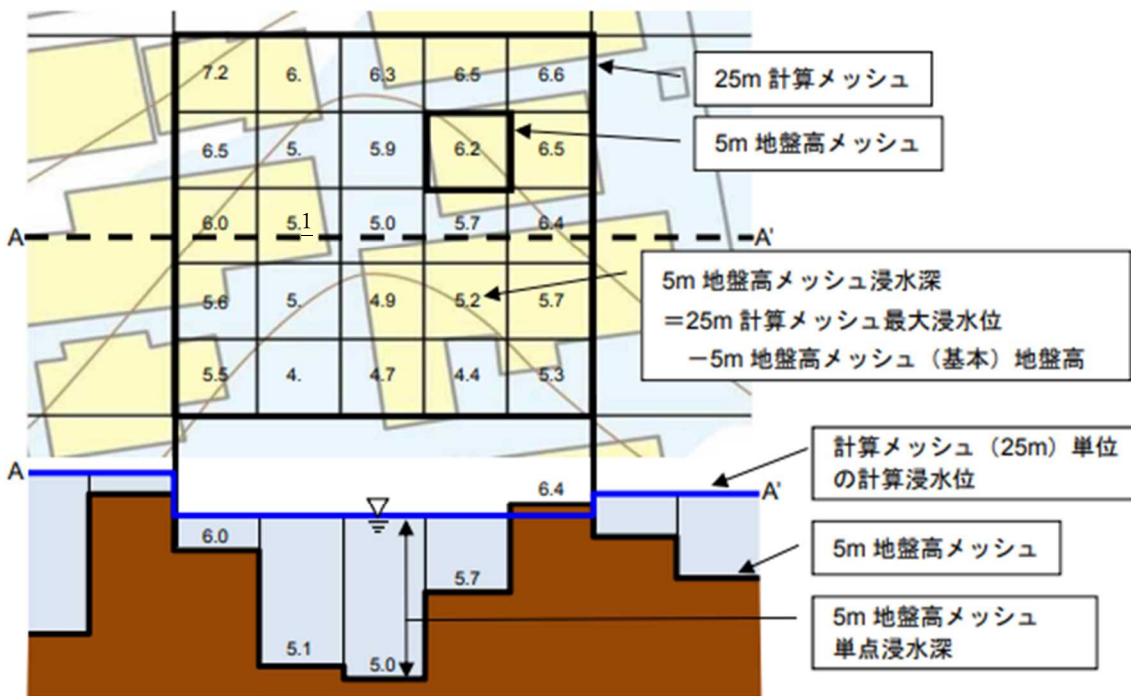
(5) メッシュサイズ

氾濫解析モデルのメッシュサイズは 25m メッシュとする。地盤高データは国土地理院より 5m メッシュが入手可能だが、5m メッシュにすると演算時間が膨大となり、10 分おきに予想をするのが難しいため、25m メッシュとした。

表 1 計算を行うのに要する時間の比較

	演算時間
5m メッシュ	15 分
25m メッシュ	3 分

なお、浸水深を表示する際は、25m メッシュで計算した最大浸水位から、5m メッシュの地盤高を差し引いたものを 5m メッシュの浸水深として表示する。なお、5m メッシュの地盤高が浸水位を上回っている場合は浸水深は 0 とする。



浸水深の設定の例 (25m メッシュの場合)

(出典: 洪水浸水想定区域図作成マニュアル (第 4 版) (平成 27 年 7 月) p32)

(6) 氾濫原の設定

氾濫原については地形状況を踏まえ D 川流域を計算領域として設定した。

連続盛土構造物(道路や鉄道、小河川の堤防等)については浸水想定区域図作成マニュアルに倣って設定し、盛土の高さは 5m メッシュデータの値を使用した。また、連続盛土構造物にあるボックスカルバートについてはカルバートの高さ・幅、敷高を設定し、氾濫流がカルバートを通して盛土構造物を通過できるようモデル化した。

(7) 堤防決壊の考慮の有無

本モデルは D 川における溢水による氾濫のみを考慮するものとする。(D 川は掘込河川のため、越水・堤防決壊は考慮していない。) また、合流先の本川 A 川の堤防決壊、溢水・越水による浸水についても考慮していない。

堤防決壊の現象を考慮する場合は、その条件および解析場の取り扱い方法を記載してください。

堤防決壊の現象を考慮する場合の記述例：

対象河川の〇〇川において、計算水位が計画高水位 (HWL) を超えた断面があった場合、その断面が堤防決壊し、氾濫するものとする。氾濫流量については、本間の正面越流公式を補正した横越流公式を適用した。また、堤防決壊幅 (破堤幅) や堤防決壊敷高 (破堤敷高)、堤防決壊 (破堤) の進行時間は「洪水浸水想定区域図作成マニュアル (第 4 版)」に従って設定した。

② 破堤幅

破堤幅は実績値によることを基本とする。ただし、実績値がない場合は破堤箇所が合流点付近か否かに分けて、次式により川幅 x (m) から破堤幅 y (m) を算定する。

なお、合流点付近とは、合流の影響が無視できない規模の河川が合流している場合で、その目安は支川の川幅が本川の川幅の 3 割以上とし、影響区間は合流点から上流に本川川幅の 2 倍程度の区間を目安とする。

$$(a) \text{ 合流点付近の場合} : y = 2.0 \times (\log_{10} x)^{3.8} + 77 \quad (3.15)$$

$$(b) \text{ 合流点付近以外の場合} : y = 1.6 \times (\log_{10} x)^{3.8} + 62 \quad (3.16)$$

③ 破堤敷高

堤防は基部まで破堤するものとし、堤防位置における堤内地盤高又は河道高水敷高のいずれか高い方を破堤敷高とする。

④ 破堤の時間進行

破堤後瞬時に最終破堤幅の 2 分の 1 ($y/2$) が破堤し、その後 1 時間で最終破堤幅まで拡大するものとする。また、この間の破堤幅の拡大速度は一定とし、上下流方向に拡大するものとする。なお、破堤敷高は瞬時に③の敷高となるものとする。

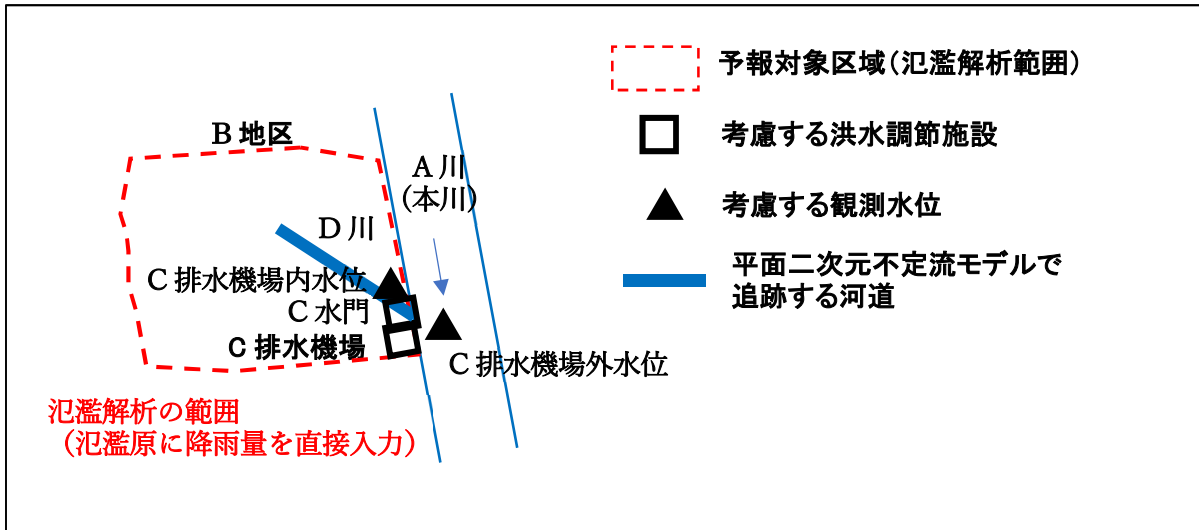
洪水浸水想定区域図作成マニュアル (第 4 版) (平成 27 年 7 月) p19

(8) 排水施設の考慮

D川は平常時はC水門からA川に自然流下するが、A川の洪水時はC水門が閉まり、C排水機場により排水を行う。氾濫解析の下流端流量境界条件として、D川の下流端から下記の通りの流量を排水する設定とした。

排水機場の操作規則ではD川よりA川（本川）の水位が高い場合には、排水機場水門を閉め、本川の水位が計画高水位（HWL）を超えていない限り最大 $5\text{m}^3/\text{s}$ のポンプ排水を行うと記載されている。C排水機場はD川の最下流の水位（C排水機場内水位）より本川の水位（C排水機場外水位）が高い場合に $5\text{m}^3/\text{s}$ の排水を行うよう排水操作をモデル化した。ただしC排水機場外水位がHWLを超えた場合は排水は停止する。

また、D川よりA川（本川）の水位が低い平常時は排水機場水門によりA川に流れ込んでおり、水門の排水能力である $10\text{m}^3/\text{s}$ を最大値として排水を行う設定とした。



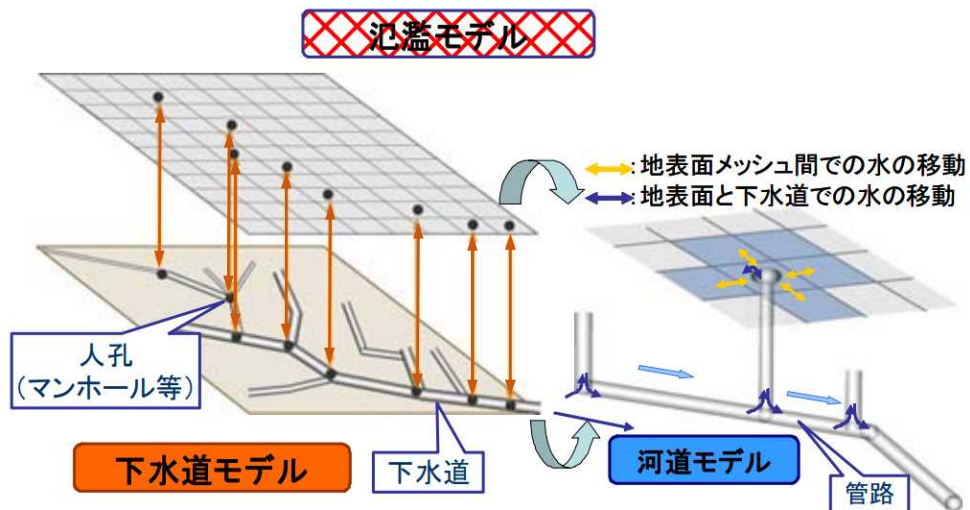
(9) 下水道施設の考慮

下水道からの浸水ではなく、河川起因による浸水を対象にしているため、本モデルでは下水道モデルを考慮していない。

下水道施設を考慮する場合の留意事項：

河川の水位上昇に伴い、下水道が排水不良となり氾濫が生じることを予想する場合は下水道施設を考慮する。

下水道施設を考慮する場合は、解析に用いる管路モデル（下水道モデル）の概要を記載した上で、管路諸元（管底高、管路長、管径、形状勾配、粗度係数など）、接続諸元（マンホール形状、堰高、合流方式、下流端水門・ポンプなど）など必要情報を記載すること。



(10) 入力データ

予報対象地区を包含したエリアに入力データを与える。

1) B 地区：降雨量

(観測データ) C バンドレーダー雨量計：1km メッシュ

データ間隔：10 分間

現時刻までの降雨量

(予測データ) 降水短時間予報：1km メッシュ

データ間隔：10 分間

1 時間先から 6 時間先までの予測降雨量

2) C 排水機場外水位 (A 川水位)：水位

(観測データ) C 排水機場外水位 (A 川水位)

データ間隔：10 分間

現時刻までの水位

(予測データ) C 排水機場外水位 (A 川水位)

データ間隔：10 分間

1 時間先から 6 時間先までの予測水位

予測水位については自社で実施している予測値（予報業務許可取得済み：許可第〇号）を用いるものとする。

2.3 計算時間と計算時間間隔

具体的に 13 時を初期時刻とする解析の流れは、次のとおりである。

- ① 13 時を初期時刻とする予測データを 13 時 10 分までに収集
- ② (最新の) 13 時時点の観測資料を、13 時 05 分までに収集
- ③ (6 時間先までの) シミュレーションを、13 時 10 分に演算開始し、13 時 15 分までに演算終了する。
- ④ (演算の終了後に) シミュレーションによる予想結果を、13:15 までに予報として発表する。

表 2 予想のタイムテーブル

発表時刻	日本時間	12	13	14	備考
13時00分の予想	<収集する予報資料>				
	A川流域 降水量:降水短時間予報				13:00から6時間先までの予報資料(1時間値)を、13:10までに入手。
	C排水機場外水位:予測水位				13:00から6時間先までの予報資料(1時間値)を、13:10までに入手。
	<収集する観測資料>				
	A川流域 降水量:Cバンドレーダ雨量計				13:00までの過去10分間の観測資料(5分間値2時刻分)を、13:05までに入手。
	C排水機場外水位:水位				13:00までの過去10分間の観測資料(10分間値)を、13:05までに入手。
<シミュレーション>					
計算の対象期間					13:00から6時間先まで
演算する時間帯					全ての予報資料、観測資料の収集後に演算開始し、5分以内に演算終了する。
計算結果の発表時刻					演算終了後に、予報を発表する。
13時10分の予想	<収集する予報資料>				
	A川流域 降水量:降水短時間予報				13:10から6時間先までの予報資料(1時間値)を、13:20までに入手。
	C排水機場外水位:予測水位				13:10から6時間先までの予報資料(1時間値)を、13:20までに入手。
	<収集する観測資料>				
	A川流域 降水量:Cバンドレーダ雨量計				13:10までの過去10分間の観測資料(5分間値2時刻分)を、13:15までに入手。
	C排水機場外水位:水位				13:10までの過去10分間の観測資料(10分間値)を、13:15までに入手。
<シミュレーション>					
計算の対象期間					13:10から6時間先まで
演算する時間帯					全ての予報資料、観測資料の収集後に演算開始し、5分以内に演算終了する。
計算結果の発表時刻					演算終了後に、予報を発表する。
～間時刻 省略～					
14時00分の予想	<収集する予報資料>				
	A川流域 降水量:降水短時間予報				14:00から6時間先までの予報資料(1時間値)を、14:10までに入手。
	C排水機場外水位:予測水位				14:00から6時間先までの予報資料(1時間値)を、14:10までに入手。
	<収集する観測資料>				
	A川流域 降水量:Cバンドレーダ雨量計				14:00までの過去10分間の観測資料(5分間値2時刻分)を、14:05までに入手。
	C排水機場外水位:水位				14:00までの過去10分間の観測資料(10分間値)を、14:05までに入手。
<シミュレーション>					
計算の対象期間					14:00から6時間先まで
演算する時間帯					全ての予報資料、観測資料の収集後に演算開始し、5分以内に演算終了する。
計算結果の発表時刻					演算終了後に、予報を発表する。

3. 予想の妥当性について

3.1 確認方法

(1) 確認方法

浸水予想の確認として、実績の浸水範囲と、再現計算上の最大浸水域を比較した。再現計算は実績の降雨量及び水位を与えて行った。実績の浸水範囲は、〇〇市が公開している浸水実績図の資料を用いた。

(2) 確認地点・項目

B 地区（D 川流域）の浸水域・浸水深

(3) 確認対象洪水

近年で浸水実績のあった●年●月洪水を選定

当該洪水では D 川で越水による氾濫が発生し、B 地区で床上浸水〇件、床下浸水〇件の被害が発生した。なお、本川（A 川）からの氾濫は発生していない。

予想の妥当性を確認する場合の留意事項：

浸水実績については、浸水実績図が整備されているとは限らないことから、現地調査の報告書や報道等から得られる情報など、できるだけ多くの情報を収集した上で、再現計算結果との比較を行い、予想の妥当性を検証すること。

3.2 確認結果

(確認結果について、地図上に図示するなど、具体的に記載してください。)

本システムによる予想の妥当性の確認結果の一覧を表3に示す。近年で浸水実績のあった●年●月洪水において、本システムにより予想される最大浸水域を色の濃淡で浸水実績を紫枠線にて比較した図を図5に示す。

確認結果は下記のとおりである。

- ✓ 再現計算で得られた浸水域と、実際に発生した浸水域は完全に一致はしないものの実績の浸水域の○割程度を再現できている。
- ✓ 本事例での最大の浸水深は□□公園付近で○m程度とされているところ、再現計算では最大浸水深○mと予想しており、概ね一致していた。

表3 予想の妥当性の確認結果

水系名	河川名	対象区域	確認内容
A川水系	D川	〇〇市B地区	●年●月洪水において浸水実績範囲の○割程度を再現できていることを確認した

(妥当性の確認を行った区域が複数ある場合は、それぞれの区域について確認結果を示してください。)

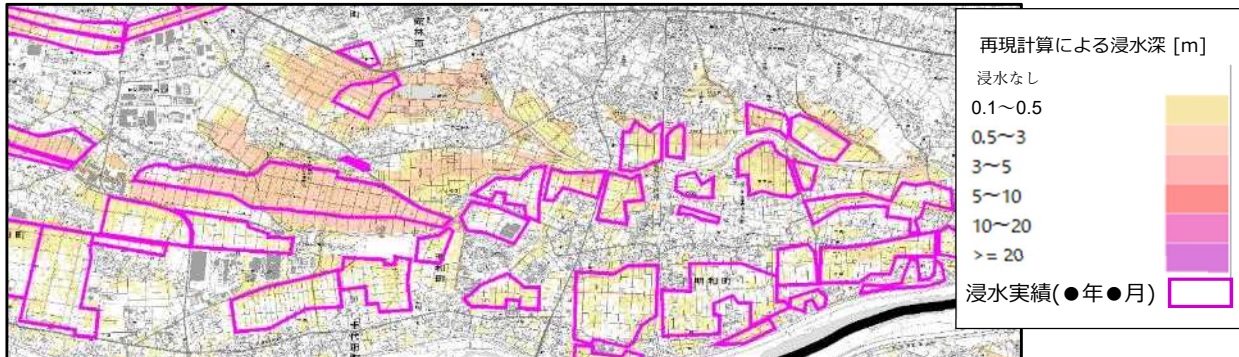


図5 実績の浸水域と再現計算による浸水域の比較

浸水想定（浸水ナビ）を用いて検証する場合の記述例：

浸水ナビにおいて右岸〇〇Kpでの堤防決壊を想定した想定最大の浸水範囲と、本予想の同一地点での堤防決壊を想定した場合の想定最大の浸水範囲の再現計算を比較し、河川と氾濫域の間の計算の連続性及び氾濫計算の妥当性を検証した。その結果、浸水範囲に大きな違いはなく概ね妥当な結果と判断する。

4. 利用にあたって留意すべき事項

本予想を利用するにあたり、以下の留意事項について、利用者に説明する。

4.1 予想の妥当性

近年で浸水実績のあった●年●月洪水において、実績雨量を用いた浸水の再現計算を行い、浸水範囲が概ね浸水実績と合致していることを確認している。(⇒3.2 確認内容及び結果)

確認結果は下記の通りである。

- ✓ 本システムにより予想される最大浸水域と浸水実績を比較し、計算で得られた浸水域と、実際に発生した浸水域は完全に一致はしないものの実績の浸水域の○割程度を再現できていることを確認した。

4.2 利用にあたっての留意事項

- 洪水の予想は、解析の条件差異に加え、入力データ（降雨量、水位等）の精度、解析モデルの再現性そのものの限界などにより、不確実性があり、予想結果が実際の浸水状況等と異なる場合がある。とくに B 地区は流域が小さいため、降雨量の予想精度の影響を大きく受けやすい。
 - 本方法では、D 川の溢水による浸水を予想するものであり、A 川の堤防決壊・溢水・越水による浸水は考慮していない。そのため、A 川が堤防決壊・溢水・越水をした場合、浸水する区域又はその水深が異なる可能性がある。
- 本方法では自社で実施している本川（A 川）の水位の予想をもとに、C 排水機場・水門の操作を予想し、排水施設の効果を考慮している。具体的には D 川の下流端の水位（C 排水機場内水位）が本川の水位（C 排水機場外水位）より高い場合、氾濫モデル上で D 川と本川の合流点において、最大 5m³/s のポンプ排水を行う効果を見込んで浸水の予想を行っている。(⇒2.2(8)排水施設の考慮) なお、本川の水位の予想が実際と異なる場合には、予想する排水量や排水効果が、実際の排水量と異なる可能性がある。
- 氾濫解析モデルは、メッシュサイズを 25m メッシュで計算した上で、浸水深の解析結果の表示は 5m メッシュとしている。(⇒2.2(5)メッシュサイズ) そのため、解析メッシュよりも細かい浸水域・浸水深は実際と異なる可能性がある。

5. 現象の予想の方法の維持管理について

予報業務の運用後は、予想結果について引き続き確認し、以下の対応方針に従い予想の方法を適確に維持管理する。

5.1 データの保存

本予想で使用する入力データ及び出力結果については、モデルの検証や改善に用いるため、全てデジタルデータとして保存する。

5.2 予想結果の妥当性の確認

浸水が発生するような洪水が発生した場合には、予想結果の検証を行う。モデルの検証では予測雨量ではなく実績雨量を入力データとして用い、検証によって得られた浸水域及び水深と、実際の浸水実績の範囲・水深を図示、比較することでモデルの妥当性を確認する。

5.3 実績データの収集を踏まえた対応

以下の点を参考に、予想精度向上に向けた対応方針を記載してください。

- ・予報後の実績データを踏まえた、モデルのパラメータのチューニング方針
- ・新たな排水施設等のモデルへの反映方針
- ・モデルに用いている地形、測量データ等の更新方針