

堤内地の氾濫特性を考慮した大規模氾濫時の効果的な排水計画の立案

さききたくま はしどなおき ひじかたじゅん
笹木拓真¹・端戸尚毅¹・土方淳²

¹(株)建設技術研究所 東京本社水システム部 (〒103-0007 東京都中央区日本橋浜町3-15-1)

²(株)建設技術研究所 東京本社河川部 (〒330-6030 埼玉県さいたま市中央区新都心11-2)

近年、記録的な大雨により頻発している広範囲かつ長期にわたる浸水被害を早急に解消するための排水作業の重要性が高まっている。しかし、排水作業に投入できる資機材には限度があり、広大な浸水範囲の排水作業を効果的に進めるための排水箇所の選定や排水手順の設定が必要となる。本検討では、堤内地の標高毎の被害深刻度に応じた排水作業の優先度を把握し、段階的排水目標の設定を行った。これを踏まえた上の排水順序をH-V関係を用いた簡易的な方法で設定し、広域かつ長期間に及ぶ氾濫に対し、氾濫ブロック特性の定量評価により排水の優先順位を明確にする方法を提案した。

Key Words : 排水計画, 排水ポンプ車, 減災対策, 緊急復旧活動体制

1. はじめに

近年、記録的な大雨により頻発している広範囲かつ長期にわたる浸水被害を早急に解消するための排水作業の重要性が高まっている。

国土交通省では 2015 年の関東・東北豪雨を踏まえ、施設では防ぎきれない大洪水は発生するものとの考えに立ち、社会全体でこれに備えるため、ハード・ソフト対策が一体となった「水防災意識社会再構築ビジョン」の取り組みを進めてきている。また、平成 30 年 7 月豪雨では、広域的かつ同時多発的に河川の氾濫が発生し、甚大な社会経済被害が発生したことを受け、「水防災意識社会」の再構築に向けた緊急行動計画が平成 31 年 1 月に改定された。緊急行動計画では大規模氾濫が発生した場合に浸水被害を最小化することを目的に、排水ポンプ車等を最大限に活用し、浸水継続時間や浸水範囲を速やかに低減させるため排水計画を作成することが位置付けられており、全国的に排水計画の作成が進められている¹⁾。また、令和 2 年度からは「流域治水」の取り組みも進められており、「被害軽減、早期復旧のための対策」として排水計画は重要な取り組みである。

想定し得る最大規模降雨時の氾濫では「同時多発的に越水氾濫が発生すること」、「湛水量が多く浸水継続時間が長時間に及ぶこと」が多くの河川で問題となっており、「社会経済被害の最小化」を図る

ための計画立案が喫緊の課題となっている。

しかし、排水作業に投入できる資機材には限度があり、広大な浸水範囲の排水作業を効果的に進めるための排水箇所選定や排水手順の設定が必要となる。

本論文は、これらの課題を有する A 湖沼において、大規模氾濫発生時の氾濫特性を踏まえた排水計画の立案を行ったものである。

2. 対象湖沼の概要と大規模氾濫時の特徴

本論文で対象とする A 湖沼は低平地であり、水はけが悪いという特徴をもつ。

A 湖沼における大規模氾濫時の氾濫特性としては、①同時多発的に越水氾濫が発生すること、②湛水量が多く浸水継続時間が 1 か月以上に及ぶこと、が挙げられる。

図-1 に示すように排水手法としては、氾濫後の

排水手法	
氾濫水の排水 (堤内地からの浸水排除)	氾濫流の制御 (あるいは氾濫水の誘導)
①樋門、樋管：自然排水 ②河川ネットワーク(支川、水門)：自然排水 ③排水機場、排水ポンプ車等：強制排水 ④霞堤：氾濫戻し	①流況制御：氾濫水の浸水深・流速をコントロール ②氾濫水の誘導：氾濫流の流下方向をコントロール ③拠点防御：氾濫流から拠点的に暴挙

図-1 排水手法の分類

早期復旧や長期の孤立者の発生を防止するための「氾濫水の排水（堤内地からの浸水排除）」と、被害エリアの拡大を防止するための「氾濫流の制御（あるいは氾濫流の誘導）」の2つに大きく分けられる。本検討では、大規模氾濫時では排水機場は停止すること、氾濫水誘導は堤内地への様々な影響が想定されることから排水ポンプ車と樋門等の自然排水施設での排水を想定している。

3. 洪水氾濫排水計画の検討

排水作業に投入できる資機材には限度があること、同時多発的かつ長期の浸水が予測される場合には、排水計画作成の上で以下の点に留意する必要がある。

- ①：早期に復旧すべき重要施設の位置と浸水状況の把握を容易にする情報整理
- ②：社会経済被害の最小化を目指した効果的な排水順序の設定
- ③：排水対策に関わる様々な条件に対応した排水準備シナリオの選択

(1) 検討手順

まず、流入支川や山付などによって閉ざされた領域を検討の最小単位である氾濫ブロックとし、対象湖沼の氾濫原に氾濫ブロックを設定する。各ブロックにおける被害特性として標高別の重要施設や浸水人口の関係を図-2に示すように整理するとともに、被害の深刻度の観点から排水作業の優先度ランク（A～C）を設定する。

次に、整理したブロック毎の被害特性から、各ブロックの段階的な排水目標となる水位を設定する。

最後に、排水ポンプ車等の災害対策車両の配置計画（進入ルート、配置可能台数等）を設定するとともに、H-V 関係を用いた簡易的な手法で段階的な排水目標となる水位を踏まえた排水順序を設定し、A湖沼の効果的な排水計画を検討する。

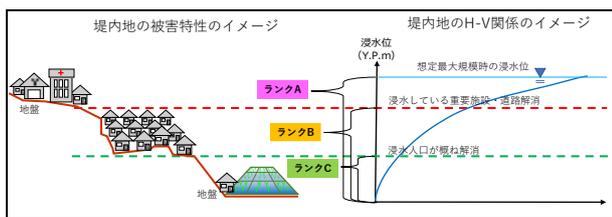


図-2 堤内地の排水作業の優先度のイメージ

浸水が長期かつ広範囲にわたる A 湖沼においては、堤内地の浸水位に応じて排水箇所を変えることで、早期に排水優先度の高いブロックのランクを下げ、社会経済被害の最小化を目指すことが可能になると考える（図-3）。

(2) 浸水被害特性の把握と排水優先度の設定

氾濫ブロック毎の H（浸水位）と重要施設等（表-1）の被害関係を整理した。重要施設について、浸水位毎の被害状況を図-4に可視化した。これにより、全てのブロックに重要施設が位置しているわけではなく、重要施設や浸水人口が集中しているブロックが存在すること、どの程度まで浸水位を下げれば被害が減少するのかを把握することができる。

次に排水優先度として、被災の深刻度が高い順にランク A、ランク B、ランク C と定義する。想定最大規模降雨時の最大浸水位時における各ブロックの浸水重要施設数と緊急輸送道路の距離の散布図と浸水人口を図-5、図-6にそれぞれ示す。本検討では、浸水する重要施設数が 1 施設以上かつ浸水する道路が 2 km 以上ある場合は、排水優先度をランク A、ランク A 以外のブロックの内、ブロック内の浸水人口が 1,000 人以上のブロックをランク B、それ以外をランク C と定義する。なお、排水優先度の定義は、流域の特性、重要施設の分布等で変わるものである。本検討では、A 湖沼のブロックで重要施設数や被災人口を相対的に評価したものであり、絶対的な指標ではないことに留意する必要がある。

(3) 段階的排水目標となる浸水位の設定

整理した氾濫ブロック別の浸水被害特性を踏まえ、排水目標となる浸水位を表-2に示す基準で設定した。

排水目標となる浸水位と H-V 図と重ね合わせた結果（例としてブロック 12）を図-7に示す。

ブロック 12 では、浸水位を T.P. 1.75m まで下げた時点で浸水容量が約 1,000 万 m³ 残っているが、重要施設の浸水は解消となっており、排水優先度は下

表-1 整理した重要施設、重要道路、被災人口

項目	対象施設・道路		項目	対象施設・道路	
	大分類	小分類		大分類	小分類
重要施設	防災拠点施設	国・都道府県の施設	重要道路	緊急輸送道路	第一次
		市町村役場		第二次	
		警察署	被災人口	被災人口	
	医療施設	消防署	早期避難施設	要配慮者施設	
		医療機関			
	インフラ施設	上下道関連施設			
経済施設	下水道関連施設				
	大規模工場				

段階的な排水目標を設定し排水する方法

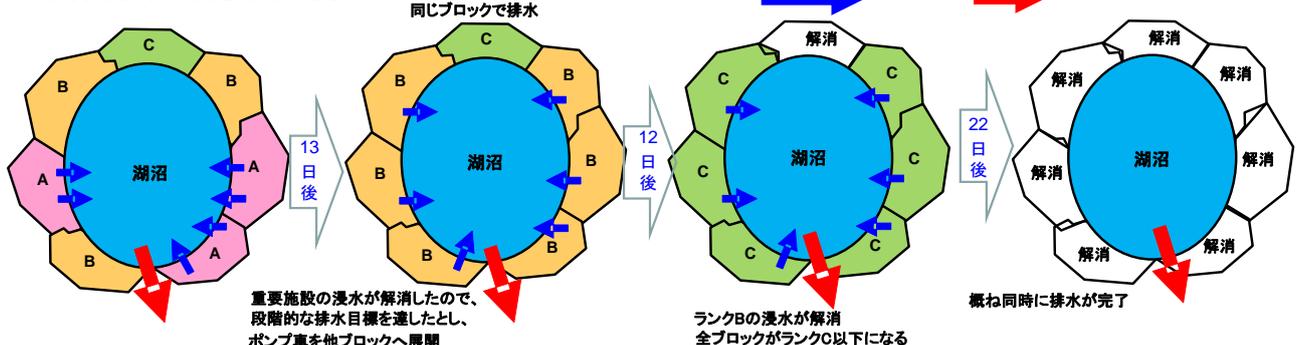


図-3 浸水被害特性と排水方法（排水ポンプ車の展開）のイメージ

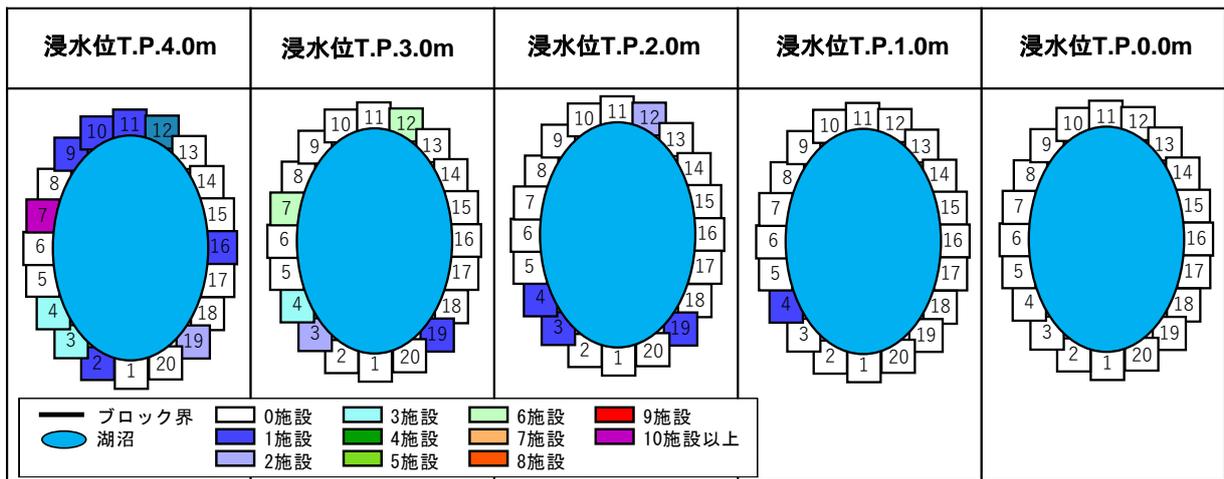


図-4 浸水位毎の各ブロックの浸水重要施設数

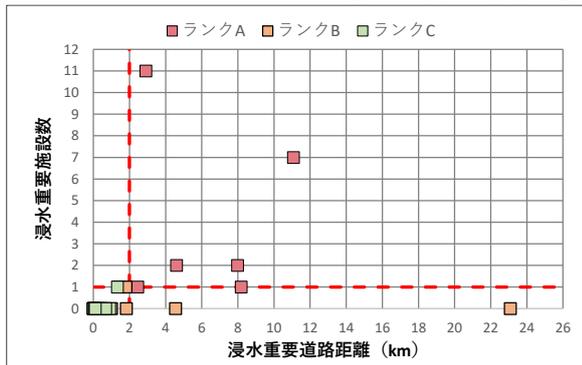


図-5 重要施設数と重要道路の関係

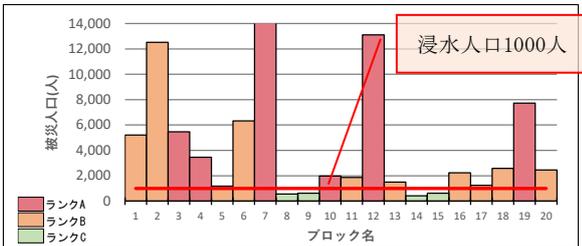


図-6 浸水人口の関係

がる。その結果、この時点で他ブロックへの排水ポンプ車の展開が可能となる事が分かる。

(4) 災害対策車両の配置計画と排水順序の設定

排水計画を作成する上で必要となる災害対策車両（排水ポンプ車等）は、図-8 に示すように待機候補箇所、進入ルートと啓開が必要な箇所、配置可

表-2 段階的排水目標となる浸水位の設定基準

排水目標	浸水被害特性	浸水位の設定基準
第一段階	ランクA⇒ランクB	「重要施設が1施設以下」かつ「浸水している緊急輸送道路が2km以下」になる浸水位
第二段階	ランクB⇒ランクC	「人口が1,000人以下」になる浸水位
最終	浸水解消	ブロック内の最低地盤高

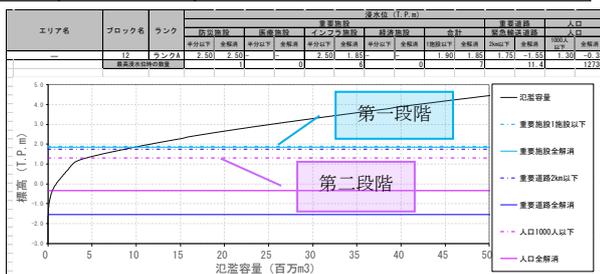


図-7 H-V図と段階的排水目標となる水位

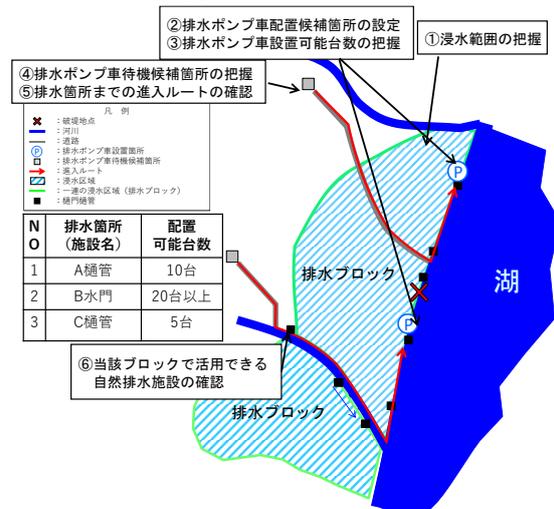


図-8 排水ポンプ車の配置計画

能な台数を整理し、各ブロックで取りまとめた。また、排水時に活用可能な樋門樋管等の自然排水施設の位置も整理した。

排水ポンプ車の配置に関する制約条件と段階的排水目標を踏まえた上で、排水順序を以下のように設定する。

- ・排水の計算は浸水容量の差し引きとH-V関係により浸水位を算出し、排水優先度を把握（簡易な計算）
- ・排水ポンプ車の初期配置はランクAのブロックに最低一台かつ、ランクAが同時に解消するような配置台数を設定する。
- ・ランクAが全て解消したら、ランクBに展開する。
- ・ランクBが全て解消したら、ランクCに展開する。

図-9 に想定最大規模降雨により全ブロックで氾濫（越水のみ）した場合の排水順序の設定結果を示す。ポンプ車の配置台数を 50 台と仮定した場合、ランク A は 7 日で解消し、最終的に 90 日で排水完了となる。このように浸水被害解消の目安を簡易的に算出し、浸水容量と排水ポンプ車台数から排水順序を設定することが可能となる。

実際の排水作業では、浸水状況と資機材状況からさまざまな排水パターンが発生するものと想定される。しかし本論で提案する、被害特性テーブルを用いて

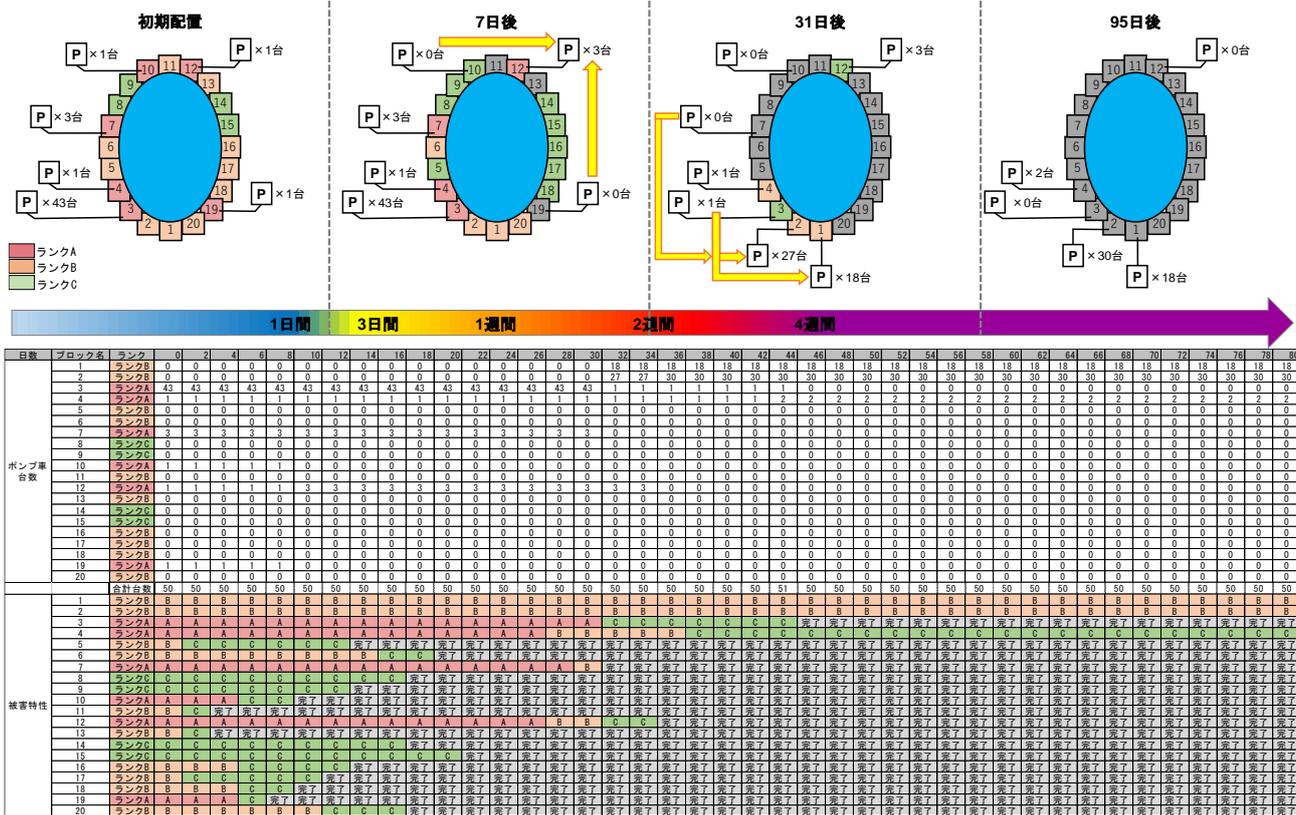


図-9 排水手順とブロックのランクの変化

排水状況の見える化の例（排水開始から10日後）を図-10に示す。このような図を整理することで、排水作業に協力する市町が排水の流れを理解しやすくなる。今回は試行的に作成したもので、自治体が必要とする情報を追加し、より分かりやすい情報とする必要がある。

5. 成果と今後の課題、展望

- 同時多発的に発生し、広域かつ長期間に及ぶ氾濫に対し、ブロック特性の定量評価により排水の優先順位を明確にする方法を提案した。本手法は他の緩勾配河川でも活用することが可能である。
- 有限ストックを使って効果的に浸水被害を解消させるため、段階的な排水目標水位を設定することで、優先的に排水すべきブロックと排水順序を明らかにした。
- 排水計画を実施していくためには、待機候補箇所、ルート確保等、流域市町の協力が必要となる。成果を取りまとめた後の流域市町への排水計画の展開、方法を考える必要がある。
- また、本手法ではブロック毎の優先を設定することになるため、提案した排水計画を適用し、実施するには流域単位での合意を得る必要があり、今後の課題である。
- 今後は、本手法を活用した実践的な防災・排水訓練や地元企業等のBCP計画への反映が期待できる。

参考文献

1) 国土交通省HP 水防災意識社会再構築ビジョン：
<https://www.mlit.go.jp/river/mizubousaivision/>

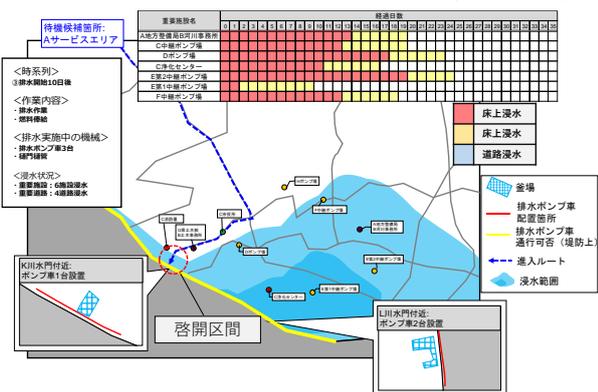


図-10 市町単位での排水作業の見える化(例)

浸水ボリュームから復旧ランクを決める第一段階の作業は共通して有効であり、現場での排水作業立案の意思決定に資することが可能と考えられる。

4. 排水計画の活用

前述の排水計画の検討では、流域全体の社会経済被害を最小化することに視点を置いているため、市町単位でどのように排水が進んでいくのかが分かりにくい。そのため、排水計画をもとに、ブロック内の個別の施設の浸水解消状況や排水ポンプ車の配置位置、配置方法を時系列的に整理し、排水状況の見える化を実施した。排水状況の見える化を実施するにあたり、記載内容は、以下のとおりとした。

- 排水を考慮した浸水域の時系列変化
- ポンプ車の進入ルート、配置箇所、待機候補箇所
- 重要施設、道路の位置と浸水解消までの時間