

超過洪水による氾濫被害を軽減するための 治水施設の総合的な効果分析手法の研究

沖 岳大¹・中津川 誠²

¹正会員 北電総合設計株式会社 技術研究所 (〒060-0031 札幌市中央区北1条東3丁目1番地1)

E-mail: oki-take@hokuss.co.jp

²正会員 室蘭工業大学大学院 工学研究科 (〒050-8585 室蘭市水元町27-1)

E-mail: mnakatsu@mmm.muroran-it.ac.jp

本研究は、超過洪水によって発生する氾濫被害を最小化できるような施設運用について分析できる手法の開発を目的とする。具体的には、遊水地群、排水機場、樋門といった施設運用を勘案し、内水・外水を一体化した氾濫解析が行えるような手法を提案する。研究対象とした千歳川は石狩川の支川の一つであり、その背水影響を30km以上にわたり受ける河川で、流域の主要部分が地盤の低い低平地を流れるため、氾濫リスクが高い。ここで整備が進められている治水施設の操作を勘案した氾濫解析をおこない、①観測史上最大の昭和56年洪水の再現計算、②計画を上回る大雨に対する分析をおこなった。検討結果より、治水施設の効果が総合的に分析でき、今後の気候変動で懸念される超過洪水への適応策を検討するうえで有効な手法を提案することができた。

Key Words : ChitoseRiver, iRIC SRM, landside water, flood-control basins, pumping stations

1. はじめに

平成28年8月の中旬から下旬にかけて、北海道を中心に約2週間で4つの台風が上陸・接近する異例の事態が生じた。これによって、堤防の決壊と氾濫や道路・橋梁の陥没・流出被害が発生し、尊い人命が失われたうえ多くの住家や農地が被害を受けて、現在も懸命な復旧作業が続いている(平成28年9月現在)。土木学会北海道豪雨災害調査団¹⁾の速報では、帯広や富良野で3日間で500mmを越える雨量を記録し、石狩川、十勝川、常呂川等の一級水系で計画高水位を越えたことが示された。この豪雨により、筆者らは計画を上回る大雨でも被害を最小化できるような治水施設の運用方法を検討できる手法が必要であることを強く感じた。また近年、このような豪雨が顕在化することから、平成27年11月に水防法²⁾が改正され、これまでの浸水想定区域図が河川整備の降雨で作成していたのに対し、改正後は最大規模の降雨を想定した外水、内水に係る浸水想定区域を公表する制度が創設されている。

本研究が対象とする千歳川流域(図-1)は、千歳川は石狩川の支川の一つであり、その背水影響を30km以上にわたり受ける河川で、流域の主要部分が地盤の低い低

平地(図-2)を流れるため、千歳川の支川も背水影響を受け、氾濫リスクが高い特徴がある。そこで本研究は、千歳川を対象に支川・運河の背水影響による越水や、樋門及び排水機場の施設運用までを考慮した内水・外水を一体化した氾濫解析モデルを構築し、大規模出水を再現した。さらに、2016年北海道豪雨のような計画を越える降雨を想定し、超過洪水による治水施設(排水機場、遊水地群等)の総合的な効果について検討した。

上記のような問題に対する先行研究として、吉見・山田ら³⁾は、大規模洪水を想定した流出予測を行い、降雨の増加倍率よりも流出量の増加倍率が大きくなる危険性を指摘した。関根ら⁴⁾が神田川流域を対象に、地上・下水道・河川を一体的に取り扱う精緻な浸水予測を示した。また佐山・建部ら⁵⁾は、降雨-氾濫一体モデル(RRLモデル)を開発し、チャオブラヤ川流域を対象に予測降雨情報を活用した氾濫予測手法を示した。秋山ら⁶⁾は、本支川破堤、排水機場、遊水地を合わせた内外水複合氾濫解析の開発に取り組み、バランスの取れた治水システムの構築に資する研究開発に取り組んでいる。

本研究では、低平地河川を有する大規模流域を対象に支川・運河・排水路の背水影響による越水や、樋門及び排水機場の操作、さらに現在整備が進み我が国では前例



図-1 千歳川流域図

の無い6つの遊水地群を考慮した上で、内水・外水を一体化した氾濫解析モデルを構築した。さらに、将来的な課題に目を向け、気候変動⁷⁾に伴う豪雨を想定した被害予測や、その場合の排水機場や遊水地群の治水施設の総合的な効果を示した点で意義があると考えられる。

2. 研究方法

(1) 研究方針

研究の流れは、まず第1段階として、内水・外水一体の氾濫モデルを構築するため、①既往の大規模洪水である昭和56年(1981年)洪水(以下S56洪水)の再現を行い、河道水位や浸水区域により、モデルの妥当性を検証した。次に第2段階として、②気候変動に伴う豪雨を想定し浸水予測を実施した。この予測では、現在整備が進む遊水地群や排水機場の治水施設を考慮し、超過洪水に対する被害軽減効果について総合的な検討をした。

(2) 流域の特徴と洪水被害

千歳川流域は、上流端に支笏湖を水源とした石狩川の1次支川であり、流路延長が108km、流域面積が1,244km²となっている。千歳川流域は、新千歳空港や苫小牧港から物資輸送の経路である高速道路、国道36号線及び274号線がある。特に、石狩地方と道東地方を結ぶ国道274号線は、長期の浸水によって通行止めとなれば大きな経済損失が生じる可能性がある。

千歳川の降雨特性は、石狩川流域の流域平均年降水量が約1,300mm/年であるのに対し、約1,500mm/年と比較的多雨地域である。過去に最も大きな被害となったS56洪水は、8月3日～6日にかけて、北海道中央に停滞した前線と台風12号の影響で、北海道全域が大雨となり、千歳川流域の流域平均雨量は、8月4日～6日の3日間で330mm/3日を越え、観測史上最高の記録となった。この

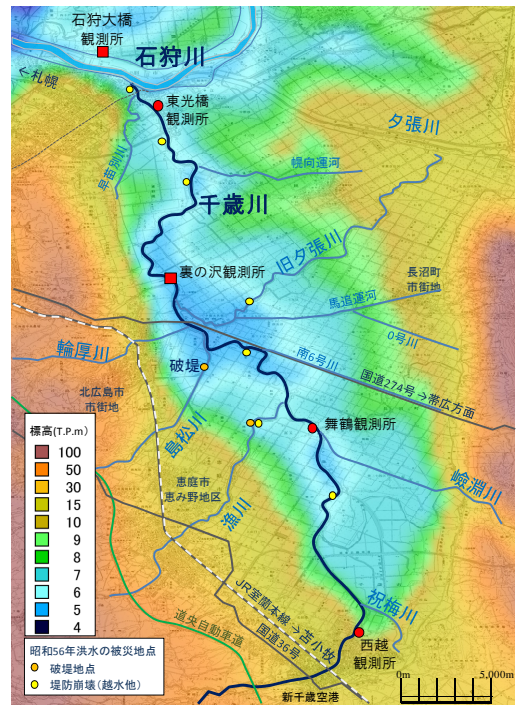


図-2 千歳川の地形図

洪水で、千歳川の水位が計画高水位を越え、浸水面積が192km²、浸水家屋が約2,700戸の被害⁸⁾が発生した。

(3) 解析モデルの特徴

内水・外水を一体化した氾濫解析モデルは、3つの要素モデルで構成される(図-3)。1つ目が流出解析で、千歳川本川および支川流量について一段タンク型貯留関数法により計算した。2つ目が千歳川の河道追跡計算で、一次元不定流計算により行った。支川の河道追跡計算は、6大支川(旧夕張川、輪厚川、島松川、漁川、嶮淵川、祝梅川)とその他の支川、運河、排水路について考慮し、千歳川の背水影響が伝搬するモデルとした。3つ目が氾濫計算で、平面二次元不定流により行った。氾濫解析モデルは、千歳川本川の越水・破堤を考慮するとともに、支川、運河、排水路の越水・破堤氾濫を考慮することで低平地河川の内水・外水氾濫を一体で考慮している。なお、モデル内においては、遊水地群、樋門、排水機場や、氾濫原にある高速道路の盛り土等については主要なものについて考慮した。

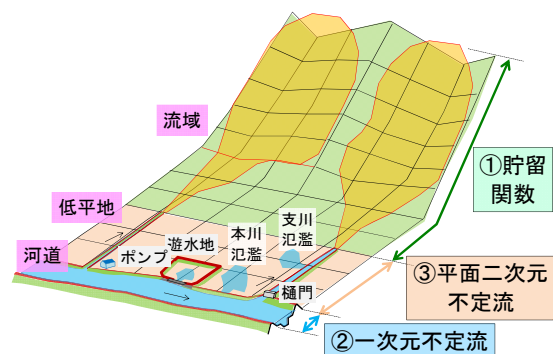


図-3 内水・外水を一体化した氾濫解析モデルの模式図

a) 流出解析

流出解析は、(1)式に示す損失項を考慮した一段タンク型貯留関数法⁹⁾を用いた。本手法は、(財)北海道河川防災センター(現(一財)北海道河川財団)の星⁹⁾により開発されたモデルである。現在は、中津川・臼谷らにより河川の流れ、流砂、河床変動計算などを行うインターフェイス iRIC の中に、SRM (Strage Routing Model)¹⁰⁾ と呼ばれるソルバーとして組み込まれ、フリーソフトとして公開されている。(1)、(2)式で点線で囲んだパラメータ k_{11} , k_{12} , k_{13} , λ は、(3)式に示す星らが石狩水系の72洪水を解析し求めた最適パラメータ値⁹⁾とする。

$$\begin{cases} S = k_{11}q^{p_1} + k_{12} \frac{d}{dt}(q^{p_2}) \\ \frac{dS}{dt} = r - q - b + q_0 \\ q_0 = q_B \exp(-\lambda t) \\ b = k_{13}q \end{cases} \quad (1) \quad \begin{cases} k_{11} = c_{11} A^{0.24} \\ k_{12} = c_{12} k_{11}^2 (\bar{r})^{-0.2648} \\ k_{13} = c_{13} - 1 \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} c_{11} = 11.193, c_{12} = 0.144, \\ c_{13} = 1.848, \lambda = 0.025 \end{cases} \quad (3)$$

ここで、 S : 貯留高 (mm), t : 時間(h), r : 観測雨量 (mm/h), q : 計算流出高(mm/h), b : 損失高 (mm/h), q_0 : 基底流出高 (mm/h), q_B : 初期流出高 (mm/h), λ : 減衰係数, A : 流域面積(km²), \bar{r} : 平均雨量強度(mm/h), k_{11} , k_{12} : 貯留係数, k_{13} : 損失係数, p_1 , p_2 : 貯留指数($p_1=0.6$, $p_2=0.4648$), c_{11} , c_{12} , c_{13} : モデルパラメータである。

b) 河道追跡計算

河道追跡計算及び氾濫解析は、(株)コンピューターサイエンス社製の平面2次元氾濫解析システムを用いた。まず、千歳川における河道追跡計算は、(4)式に示す一次元不定流により実施する。計算は、水深方向に20分割した断面特性(水深 H , 断面積 A , 水面幅 B , 径深 R)を与えて計算する。

$$\begin{cases} \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q \\ \frac{1}{g} \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{u^2}{2g} + h \cos \theta \right) = I_o - I_f \\ I_o = \sin \theta, \quad I_f = n^2 u^2 / R^{4/3} \end{cases} \quad (4)$$

ここで、 A : 河川断面積(m²), Q : 流量(m³/s), q : 単位幅当たりの横流入量(m²/s), t : 時間(sec), g : 重力加速度(m/s²), x : 流下方向距離(m), u : 流速(m/s), h : 水深(m), $I_o = \sin \theta$: 水路勾配, θ : 水路傾斜角, I_f : 摩擦勾配, n : マニング粗度係数, R : 径深(m)である。また、千歳川に架る橋脚は、水深方向に20分割した断面特性の河積から橋脚幅を差し引くことで障害面積を考慮した。次に支川は、水路モデルと呼ぶが、千歳川と同様に一次元不定流計算とし、断面特性は矩形断面に置換えている(図-4)。置換え方法は、最深河床高から堤防高以下の河積を求め、河積から矩形断面の川幅を算出した。千歳川本川の上流端流量は、図-2に示す西越地点(KP40.6)とし、

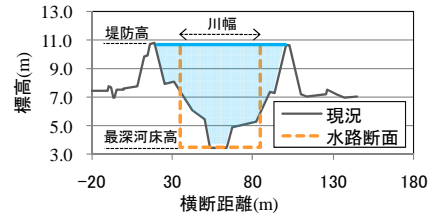


図-4 支川断面の置換え

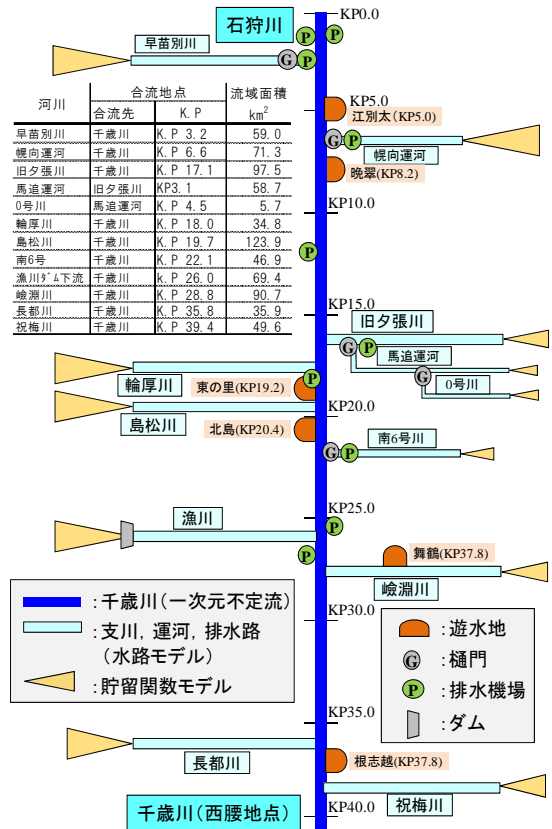


図-5 千歳川モデル系統図

支川等の流量は、各支川ごとの流出計算の結果を与えている。河道追跡計算のモデル系統図を図-5に示す。

c) 氾濫解析

氾濫解析は、(5)式により計算する。

$$\begin{cases} \frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \\ \frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(uM) + \frac{\partial}{\partial y}(vM) = -gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{1}{\rho} \tau_{bx} \\ \frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(uN) + \frac{\partial}{\partial y}(vN) = -gh \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{1}{\rho} \tau_{by} \end{cases} \quad (5)$$

ここで、 H : 水位(m), h : 水深(m), M : x 方向フラックス(m²/s), N : y 方向フラックス(m²/s), u : x 方向流速(m/s), v : y 方向流速(m/s), ρ : 水の密度(kg/m³), τ_{bx} , τ_{by} : xy 方向のせん断力(N/m²), g : 重力加速度(m/s²)である。計算条件は表-1に示す。地形データは、国土数値情報3次メッシュ(250m)を適用したが、堤防沿いの地盤高は、メッシュ標高が実際よりも高い場合に氾濫量を過少評価するため、横断データや5mメッシュの基盤地図情報で補正した。①S56洪水の再現計算では、洪水記録⁹⁾から本川

表-1 氾濫計算条件

計算領域	計算条件	ケース		内容	
		①S56再現	②気候変動		
雨量		339mm/3日	407mm/3日		
河道計算	千歳川	計算手法	一次元不定流	同左	
		河道断面	昭和55年	平成17年	一般河川断面
		下流端水位	Hp=9.83m	同左	石狩大橋から推定
		上流端流量	Qp=94m ³ /s	Qp=109m ³ /s	西越(KP40.6)
		粗度係数	n=0.025~0.035	同左	計画粗度
支川	河道断面	計算手法	一次元不定流	同左	
		旧夕張川:S53年, 輪厚川, 嶮淵川祝梅川:H12年, 島松川, 漁川, 嶮淵川, 祝梅川:H17年	旧夕張川, 輪厚川, 島松川, 漁川, 嶮淵川, 祝梅川:H17年	支川は矩形断面, 運河と排水路は5mメッシュから作成	
氾濫原	計算手法	二次元不定流	同左	80×170メッシュ	
	地盤高	250m	同左	横断, 5mメッシュで補正	
	粗度係数	n=0.025	同左	水田・畑に相当	
	排水機場	S56当時	ケース1無し ケース2有り	表-2	
遊水地	無し	ケース1無し ケース2有り	同左	表-3	

表-2 氾濫解析モデルで考慮した排水機場

NO	排水機場	竣工 (年)	位置		排水能力 (m ³ /s)	運転開始水位 (m)	運転停止水位 (m)	考慮した排水機場		
			排水先	位置				S56洪水再現	気候変動 ケース1 ケース2	
1	泉の沼	1993	千歳川	KP2.4km R	6.0	5.10	4.10	-	-	○
2	上江別	1971	千歳川	KP2.6km L	16.0	6.36	5.86	○	-	○
3	早苗別	1998	千歳川	KP3.3km L	15.0	5.10	4.10	-	-	○
4	江別太	1971	千歳川	KP3.6km R	4.26	6.15	5.30	○	-	○
5	幌向運河	1993	千歳川	KP6.8km R	39.48	5.15	-	-	-	○
6	登瀧別	1972	千歳川	KP12.3km L	16.0	6.70	5.60	○	-	○
7	中の沢	1965	千歳川	KP18.0km L	4.33	4.15	4.15	○	-	○
8	南6号	2001	千歳川	KP22.2km L	26.0	3.90	3.40	-	-	○
9	南9号	1968	千歳川	KP25.4km R	13.0	4.80	4.30	○	-	○
10	漁太川	1998	千歳川	KP27.1km L	10.0	5.20	4.70	-	-	○
11	馬追運河	1968	旧夕張川	KP3.2km L	40.0	4.30	3.80	○	-	○

の破堤は無く、支川の越水・破堤があった箇所を考慮した。越水・破堤流量は、本間の越流公式により計算し、破堤敷き高は、堤内地盤高と高水敷高の高い方とした。②気候変動の影響検討は、堤防強化を整備済として破堤は無く、本川及び支川の越水のみを考慮した。

次に氾濫計算で考慮した排水機場を表-2に示す。S56再現計算ケースでは、S56洪水時に存在したと考えられる6箇所を、気候変動ケースでは概ね10m³/s以上の排水機場を加えた11箇所を考慮した。排水機場の計算は、樋門操作と連動させ、内水位(支川)が外水位(本川)よりも高ければ樋門から自然排水し、内水位が外水位より低ければ樋門を閉めて排水機場により強制排水する。これらの条件は、水門処理方式の早苗別川、幌向運河、南6号川、馬追運河の4河川について考慮し、その他の中小規模の樋門については閉扉し、小規模な水路への背水影響は無い条件として扱った。また、水門処理方式以外の支川(旧夕張川、輪厚川、島松川、漁川、嶮淵川、長都川、祝梅川)は、背水位が堤防高を越えれば越水するという条件を与えた。

3. 結果と考察

(1) 再現計算結果

千歳川の最大浸水深を図-6に、3箇所の水位観測所の時系列水位を図-7に示した。総浸水面積の結果は、公表された実績値が192km²であるのに対し、計算値が209km²であり概ね再現できている。浸水区域は、実績と計算の浸水区域の外縁は類似するが、図-6の実績氾濫域

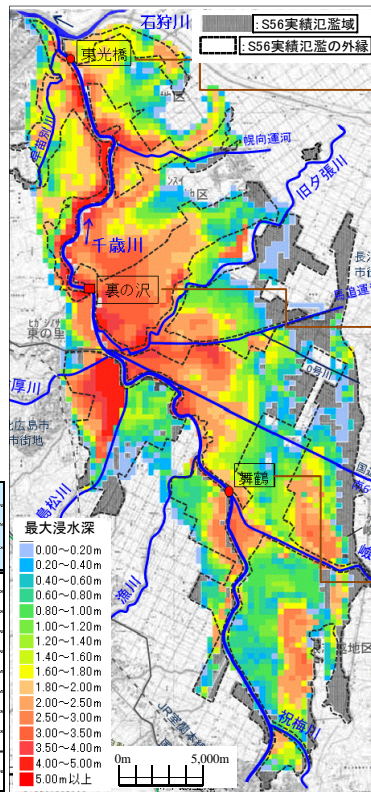


図-6 S56洪水の再現計算結果 (最大浸水深)

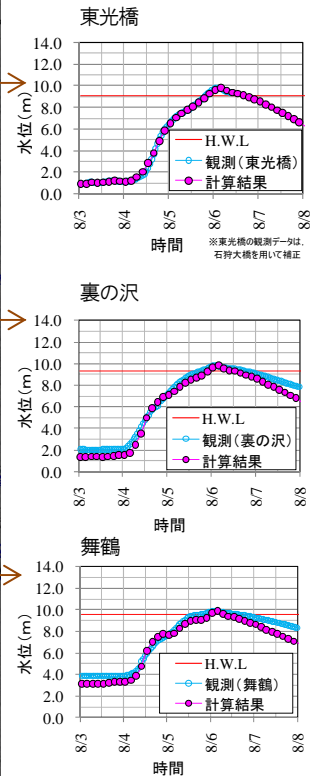


図-7 時系列水位 (東光橋, 裏の沢, 舞鶴)

の面積を測ると約143km²となり、計算値が大きく安全側の結果であった。また、河道の時系列水位については、波形や最高水位を精度よく再現できている。

(2) 気候変動の影響と治水施設の効果

気候変動に伴う影響予測は、IPCC AR5のRCP8.5⁷⁾シナリオを参考とし、流域平均雨量を引き延ばし流出解析と氾濫解析を行った。解析条件を以下に示す。

a) 降雨倍率および流出解析

IPCC AR5では、温暖化対策をしないRCP8.5シナリオで21世紀末に、北海道で洪水をもたらす雨量が概ね20%増加することが示唆されている(図-8)。そこで降雨量は、S56洪水の流域平均雨量×1.2倍(339×1.2=407mm/3日)を想定し、時系列の降雨はS56洪水の波形とした。流出解析に用いたパラメータは、S56洪水と同様に流域は湿潤状態であるとして、石狩川流域で定められた最適値を1つのケーススタディとして用いた。また、支川の漁川の流量は、上流にある漁川ダム流入量に対する一

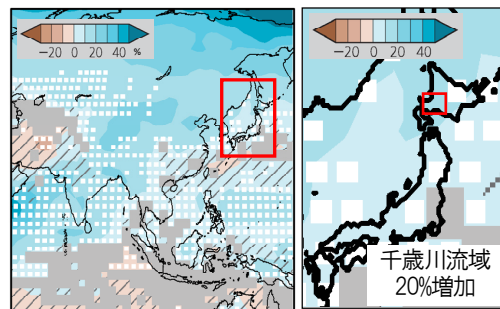


図-8 IPCC RCP8.5シナリオ降雨増加率(年平均)

表-3 遊水地群の諸元

遊水地名	江別大	晩翠	東の里	北島	根志越	舞鶴	合計
地点KP	5.0	8.2	19.2	20.4	37.8	5.0(繪)	
計画築堤高	m 11.06						
計画高水位	9.11	9.15	9.38	9.41	9.70	9.87	
越流堤高	8.40	8.40	8.70	8.70	9.10	9.10	
越流堤延長	m 350						
洪水調節容量	5.5	5.4	6.2	9.5	10.6	8.2	45
面積(計画高水位)	134.0	125.8	120.4	170.1	190.8	261.7	1,003

定率一定量の操作ルールによる放流量に、ダム下流の残流域分の流量を加えた。

b) 遊水地群

千歳川で整備が進む6つの遊水地群について考慮した。洪水調節容量等の諸元を表-3に示す。遊水地群の計算は、河道の不定流計算水位が越流堤高を越えた時点で越流が開始し、越流量は本間の越流公式により計算する。遊水地内は、メッシュを基にして二次元不定流計算を行い、遊水地水位が越流堤高より高く、さらに河道水位が低ければ遊水地から河道へ戻る計算を行う。

c) 排水機場

千歳川流域では、S56洪水を機に内水対策が進められ、河川管理者以外が管理する排水機場も含めて46箇所の排水機場が設置されている。このうち本研究は、S56洪水の再現計算ケースに概ね10m³/s以上の排水機場を加えた11箇所(計190m³/s分)を考慮した。操作ルールは、再現計算と同様に内水位と外水位の関係から、樋門や排水機場により排水する。また、計画水位を越えても排水を継続するが堤防天端高は越えない条件とした。

d) 解析ケース

解析ケースは、ケース1が排水機場と遊水地群の両方が無い場合、ケース2が排水機場と遊水地群の両方が整備済の場合を設定した(表-1, 表-2)。なお、千歳川の下流端水位である本川合流点の石狩川水位は、気候変動や河川改修による水位変化が考えられるが、ここでは両ケースともにS56洪水の実績値を与える条件とした。

e) 気候変動の影響と治水施設の効果

図-9, 10に最大浸水深を示し比較した。ケース1の浸水面積は248km²で、S56洪水の1.19倍まで拡大し、降雨倍率と同等の面積増加率となった。氾濫の要因は、支川流量の増加と、背水位の上昇に伴う支川の越水氾濫によるものである。次にケース2は、浸水面積が3km²と大幅に減少し、これは排水機場により支川流量の負担を軽減し支川の越水氾濫が減少したことに加え、拡散していた氾濫が遊水地群内に限定されたためである。なお、このときの河道の最高水位は、例えばKP4.0では約9.9mであり、堤防天端高(約10.1m)から20cm程度低い水位で満杯状態であった。次に、図-11は遊水地群の貯留量を示す。ここで、計画容量は計画高水位相当の容量である。計算貯留量の合計は、計画容量の合計に対して、約2割増しの貯留である。これは、約1.5mある周囲堤の余裕高に対

して約0.5m程度を使い貯留した結果であった。また、各治水施設の分担割合は、遊水地群の容量が最大時で、河道が約4割、遊水地群が約5割、支川が約1割であった。

以上より、千歳川のS56洪水を1.2倍した超過洪水の被害軽減方法は、①支川流量を排水機場により本川へ排水し支川水位を低減することと、②本川流量を遊水地群と河道で受け持つシステムが機能することが確認できた。ただし、本解析では計画高水位よりも高い水位が継続しても破堤はしない前提である。そのため、超過洪水に対して排水機場や遊水地群が機能するためには、破堤リスクを軽減するための堤防の強化や維持管理、さらにその都度の降雨状況に応じた施設運用や危機管理対応が可能

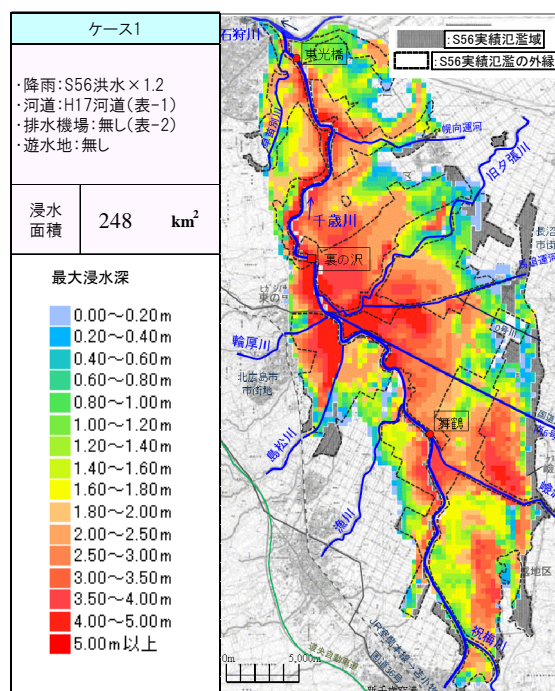


図-9 最大浸水深(ケース1)

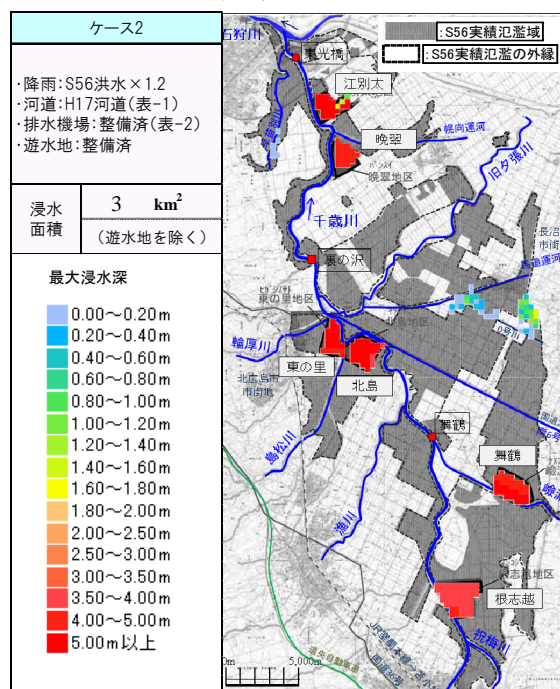


図-10 最大浸水深(ケース2)

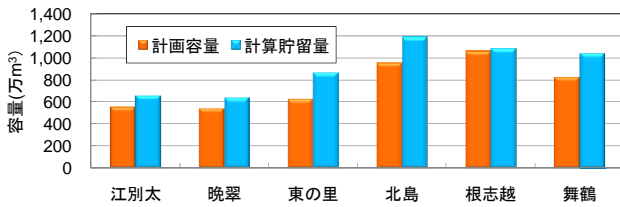


図-11 遊水地群の貯留量

なシステム構築が必要と考える。

4. まとめ

本研究で得られた結果を以下にまとめる。

- 1) 本解析を通し、排水機場、遊水地等治水施設の機能評価ができ、その改善につながるモデルが提案できた。
- 2) 気候変動の検討から、計画を上回る降雨に対して、治水施設の効果を総合的に把握した。具体的には、排水機場は支川の越水被害を軽減し、遊水地群は拡散していた氾濫域を遊水地内に限定する効果を把握した。
- 3) 超過洪水に対して排水機場や遊水地群が機能するためには、破堤リスクを軽減するための堤防の強化や維持管理、さらにその都度の降雨状況に応じた施設運用や危機管理対応が可能なシステム構築が必要と考える。

謝辞：本研究は文部科学省（MEXT）の事業である気候変動適応技術社会実装プログラム（SI-CAT）の助成を受けた。また、本論文を作成するにあり、北海道開発局 札幌開発建設部 河川管理課に資料を提供いただいた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 土木学会 社会支援部門：2016年8月北海道豪雨災害調査団速報版第1報，2016年9月12日。
- 2) 国土交通省：水防法等の一部を改正する法律，<http://www.mlit.go.jp/river/suibou/suibouhou.html>
- 3) 吉見和紘，山田正，土屋信行：利根川上流域における降雨パターンの違いが流出現象に与える影響に関する研究，土木学会論文集G（環境），Vol.68, No.5, I_255-I_260, 2012。
- 4) 関根正人，浅井晃一：「神田川流域を対象とした豪雨による浸水・氾濫に関する数値予測」，土木学会論文集B1(水工学), Vol.71, No.4, I_1429-I_1434, 2015。
- 5) 佐山敬洋，建部祐哉，藤岡奨，牛山朋来，萬矢敦啓，田中茂信：2011年タイ洪水を対象にした緊急対応の降雨流出氾濫予測，土木学会論文集 B1(水工学)，Vol.69.No.1, pp14-29, 2013。
- 6) 秋山壽一郎，白石清隆，重枝未玲，坂田治義：洪水調節とポンプ排水を考慮した外水処理モデルの六角川流域への提供，土木学会論文集 B1(水工学)，Vol.72, 1249-1254, 2016。
- 7) IPCC, Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Barros, V.R., et al. (eds), Cambridge University Press, 1132p, 2014。
- 8) 北海道開発局：千歳川放水路計画に関する技術報告，1994.7
- 9) (財)北海道河川防災センター・研究所：「実時間洪水予測システム理論」解説書，2004。
- 10) iRIC Project : <http://i-ric.org/ja/>

(2016.9.30 受付)

RESEARCH ON THE COMPREHENSIVE METHOD FOR ANALYZING THE DAMAGE MITIGATION EFFECTS OF FLOOD CONTROL FACILITIES FOR FLOODS EXCEEDING THE DESIGN LEVEL

Takehiro OKI and Makoto NAKATSUGAWA

This research aims to develop a method for analyzing the operation of flood control facilities towards minimizing damage from floods that exceed the design flood. Specifically, we propose a method in which the operations of complete sets of flood control facilities, such as flood control basins, pumping stations and sluiceways, are taken into account in comprehensive flood analysis for inland water and bank overflow. We studied the Chitose River, which is a tributary of the Ishikari River. The Chitose River is affected by backwater from the Ishikari River on a roughly 30km reach. Because most of the Chitose River basin is flat, low lying land, the flooding risk is high. Using our method, we performed flood analyses that incorporate the operations of flood control facilities being developed in the basin. The analyses reproduced the following: 1) record flooding of 1981 and 2) assumed flooding that exceeds the design water level. The study indicates that our proposed method is able to comprehensively analyze flood control facilities and is useful for examining countermeasures against floods exceeding the design water level, which are expected to increase due to ongoing climate change.