

## 調査研究 6-1

SIP第3期課題 スマート防災ネットワークの構築

# 流域内の貯留機能を最大限活用した 被害軽減の実現に向けた研究開発の取組み(令和6年度)

SIP (Cross-ministerial Strategic Innovation Program) 3rd Stage Project: Development of a Resilient Smart Network System against Natural Disasters

Research and Development Initiatives Aimed at Damage Reduction by  
Maximizing the Storage Function within the Basin (FY 2024)

研究第一部 主任研究員 最上 友香子  
研究第一部長 伊藤 和彦

当財団を含む8機関からなる研究開発機関は、戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)第3期課題「スマート防災ネットワークの構築」のサブ課題D「流域内の貯留機能を最大限活用した被害軽減の実現」の採択を受け、令和5年9月より本研究開発に取り組んでいる。研究開発責任者である京都大学防災研究所 角哲也特定教授のもと、当財団が全体事務局となり研究開発を推進している。

本共同研究開発は、いかなるときも流域内の既存インフラの貯留機能を最大限活用することで水害被害を軽減することを目標としたものである。

本稿では、令和6年度における本研究開発の取組みのうち、当財団にて実施した洪水時操作のパターン化の検討状況を取りまとめる。

**キーワード：戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)、既存インフラの活用、利水ダム、ダムの事前放流**

A research and development organization made up of eight institutions, including our foundation, was selected for Cross-ministerial Strategic Innovation Program (SIP) 3rd Stage Project “Development of a Resilient Smart Network System against Natural Disasters,” Theme D “Research and development initiatives aimed at Damage reduction by maximizing the storage function within the basin,” and has been working on this research and development since September 2023. The Foundation is the overall secretariat for the project, which is being promoted under the leadership of Tetsuya Sumi, a special professor at the Disaster Prevention Research Institute of Kyoto University, who is in charge of research and development.

The goal of this joint research and development is to reduce flood damage by making the most of

This report summarizes the status of the study on the patterning of flood control operations, which was conducted by our foundation as part of the research and development efforts in FY2024.

**Key words : Cross-ministerial Strategic Innovation Program (SIP), Utilization of existing infrastructure, Dam for the purpose of water utilization, Pre-discharge of the dam**

## 1. はじめに

当財団を含む8機関からなる研究開発機関(国立大学法人 京都大学防災研究所、一般財団法人 水源地環境センター、一般財団法人 国土技術研究センター、国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構、一般財団法人 日本気象協会、国立研究開発法人 土木研究所、国立大学法人 筑波大学システム情報系、株式会社 IHI、東京農工大学：令和6年度末時点)は、

戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)第3期課題「スマート防災ネットワークの構築」のサブ課題D「流域内の貯留機能を最大限活用した被害軽減の実現」の採択を受け、令和5年9月より本研究開発に取り組んでいる。

本研究開発の研究期間は、令和5年度から令和9年度までの5年間を予定している。

## 2. 研究開発の背景と研究開発テーマ

近年、風水害の頻発化・激甚化により全国各地で水害が発生しており、気候変動の影響も相まって、今後もさらに厳しい被害の発生が危惧される。これに対応するためには流域内の利水用途も含めた既存インフラ等を最大限活用した治水効果の最大化が必要であり、そのためには、既存の枠組みを超えた関係者の協働が必要である。

しかしながら、国内の流域治水施策を検討・実施するにあたって、流域全体を対象とした氾濫リスク推定のモデリングや、利水用途も含めた既存インフラ等を連携し、治水効果の最大化を実現するシステム、水門等の確実性と信頼性の高い遠隔・自動操作システムは実現していない(図-1)。

現在の社会ではインフラの情報化は一定程度進んでいるものの、情報を共有化するための流域における一元管理はなされておらず、インフラの操作に関する連携や確実性と信頼性に向上の余地があることから、いかなるときも流域内の既存インフラの貯留機能を最大限活用することで水害被害を軽減する社会の実現を課題として設定している。

これらの課題を解決すべく、当研究開発の共同研究開発機関で丸となって「流域内の貯留・洪水調節機能と氾濫リスクの評価(D-1)」「既存インフラの貯留機能を最大限発揮することを可能とするシステムの開発(D-2)」「水門・排水機場の緊急時操作遠隔化・自動化技術の開発(D-3)」3つの研究開発テーマを設定し、各コア技術の獲得に向けて研究開発に取り組んでいる(図-2、3)。

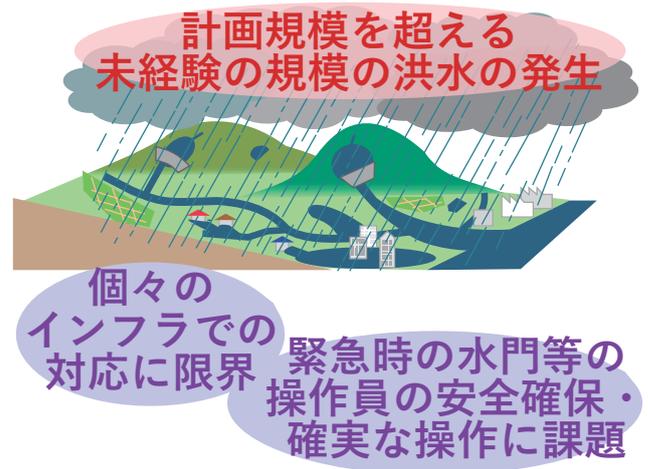


図-1 近年の風水害に関する課題

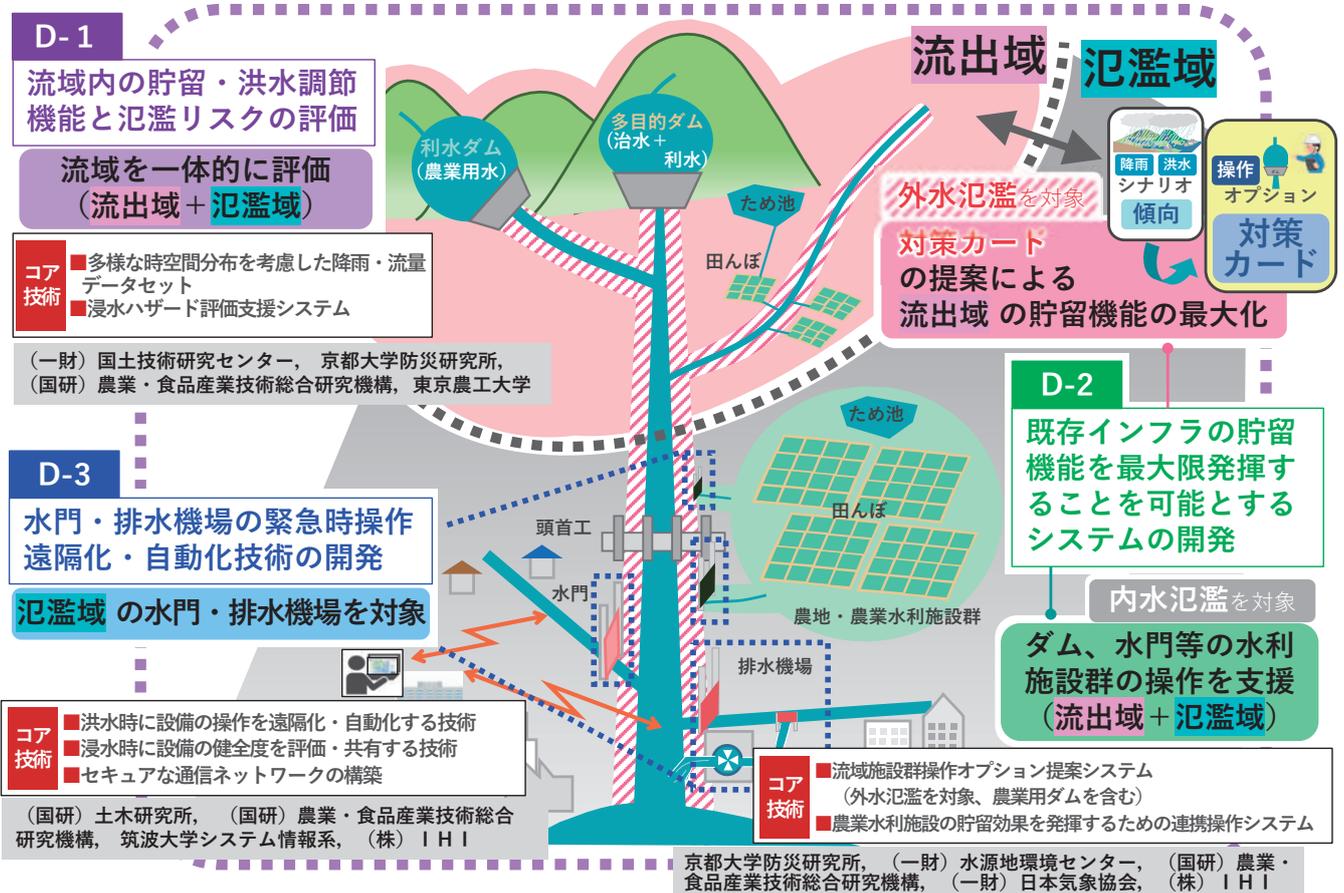


図-2 研究開発の全体像



図-3 本研究開発の3つの研究開発テーマ

### 3. 操作オプション提案システムの開発

当財団においては、2.で挙げた3つの研究開発テーマのうち「既存インフラの貯留機能を最大限発揮することを可能とするシステムの開発 (D-2)」の研究開発を担当している。ここでは、システム開発状況として、操作オプション提案システムの開発の概要をまとめる。

利水ダムにおいて、さらなる事前放流の推進を図るにあたっては以下の課題がある。

- ①事前放流した利水容量が洪水により回復しないこと (事前放流の空振り) による人為的な渇水発生リスクの低減
  - ②洪水時の調節ルールを有しない利水ダムにおける事前放流により確保した容量の最大限活用可能な操作ルールの判断
  - ③利水ダム放流設備の位置や能力の制約を考慮した事前放流期間の確保
  - ④ダムの利水容量を活用した治水対策に関する流域内の多様な水管理に係る関係者との合意形成
- これらの課題解決の一方策として、事前検討により降雨・洪水シナリオに応じた操作オプションを生成しておき、長時間アンサンブル降雨予測に基づき、予測

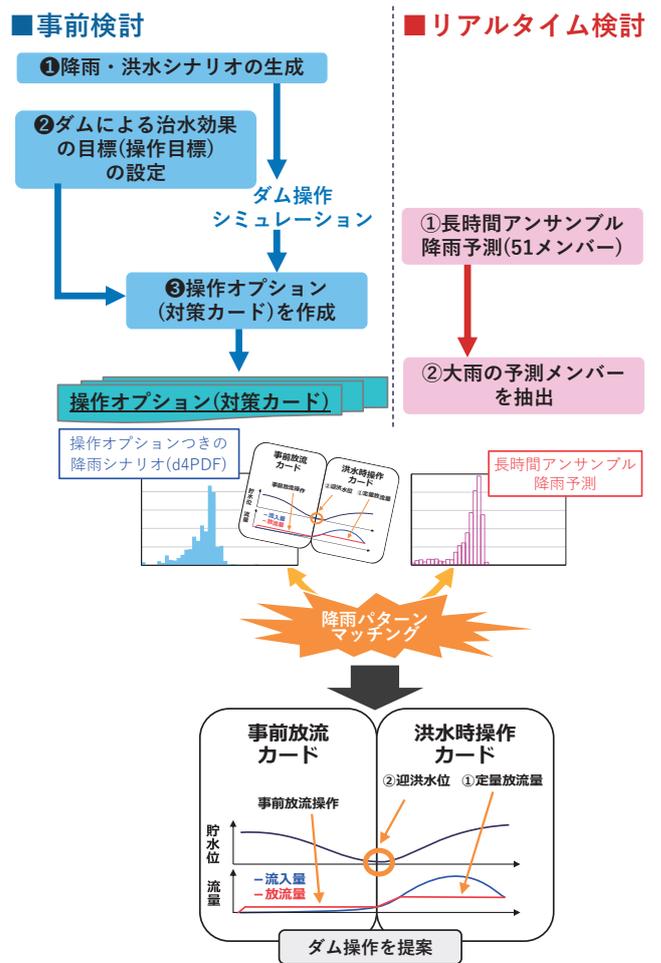


図-4 操作オプション提案システムの概要

対象洪水の降雨・洪水シナリオを推定のうえ、操作オプション (対策カード) を提案するシステムの開発に取り組んでいる (図-4)。

#### (1) 事前検討

操作オプションの提案に際しては、外力シナリオに対してとるべきダム操作 (傾向と対策) の把握や流域関係者との合意形成への活用のために、事前の検討を行うこととしている。

アンサンブル気候予測データベース (d4PDF) より抽出した降雨イベントより降雨シナリオを作成する。また、降雨シナリオをもとにRRIモデルによる流出計算を行い洪水シナリオも作成する。

洪水シナリオをもとにダム操作シミュレーションを行い、推奨されるダム操作をパターン化することで「操作オプション (対策カード)」を作成する。

これらの一連のシナリオと操作オプションは、リアルタイム検討で活用できるよう、データベース化を行う (図-5)

「操作オプション (対策カード)」は「事前放流カード」

本年度は、1流域1ダム1下流河川基準点を対象として検討を行った。各手順における検討手法や方針の検討状況を以降にまとめる。

### (1) 降雨シナリオの生成

実績洪水のみでは、降雨・洪水パターンに限りがあることから、気象庁気象研究所により整備されている地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース (d4PDF) の現在気候データを活用する。d4PDFから降雨イベントを抽出するに際しては、まず、Jiachao Chen, Takahiro Sayamaにより考案されたアルゴリズム<sup>2)</sup>を用いることにより、日本国内の各地方 (例：北海道地方、中部地方等) の降雨イベントを得る。

次に、対象となる地方の降雨イベントから対象河川流域の降雨イベントを抽出する。対象河川流域の降雨イベントの条件として、事前放流運用において用いられている基準降雨量や洪水時の体制入りの判断基準に用いられている降雨量基準等により降雨イベントを抽出し、降雨シナリオとする。

### (2) 洪水シナリオの生成

(1) で検討した降雨シナリオのうち、ダムの操作で下流河川流量がコントロール可能と考えられる、ダム流入量が洪水量以上となる洪水を洪水シナリオとする。降雨シナリオをもとにRRIモデルにより流出計算を実施し、洪水シナリオを生成する。

### (3) ダム操作シミュレーション

洪水前水位 (事前放流前) と迎洪水位 (事前) 放流後)、回復目標水位をダム諸量条件として、(2) で生成した各洪水シナリオを対象に、ダム操作シミュレーションを実施する。

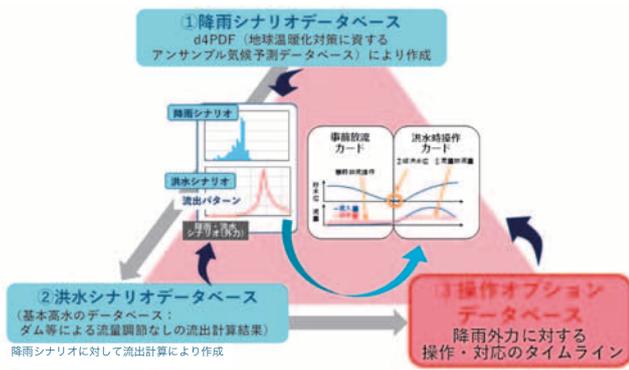


図-5 降雨・洪水シナリオおよび操作オプションのデータベース化

「洪水時操作カード」の2種類で構成し、事前検討は主に「洪水時操作カード」の「迎洪水位 (事前放流を実施する場合は事前放流後の水位)」と「洪水時定量放流量」を対象に行う。

### (2) リアルタイム検討

早期から事前放流判断を可能とするために、15日前から予測情報が得られる長時間アンサンブル降雨予測を活用し、事前検討を基に、リアルタイムで長時間アンサンブル降雨予測と類似する降雨シナリオに紐づく「操作オプション」を提案する手法の開発に共同研究開発機関とともに取り組んでいる (図-6)。

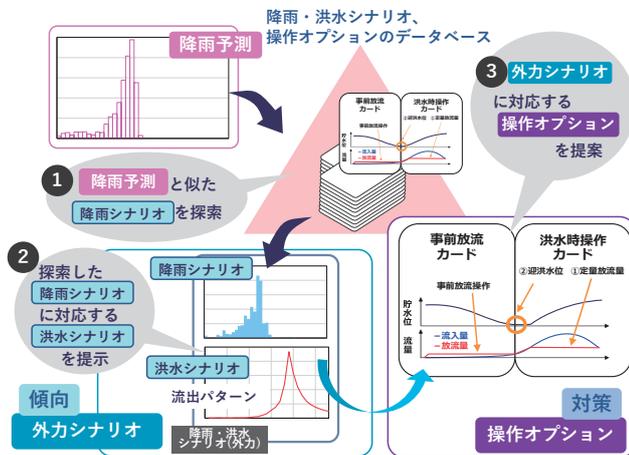


図-6 降雨・洪水シナリオに基づく操作オプション提案のイメージ

## 4. 令和6年度の研究開発状況 (ダムの洪水時操作のパターン化)

当財団の研究開発状況として、以降に洪水時操作のパターン化手法の検討状況をまとめる。

洪水時操作のパターン化は、3. (1) で述べたように、降雨・洪水シナリオを生成し、ダム操作シミュレーションを行うことにより行う。

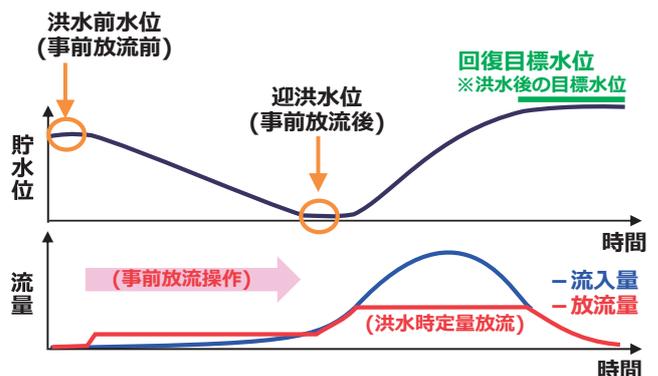


図-7 ダム操作シミュレーションにおけるダム諸量条件

洪水時放流量は、現行の洪水時操作ルールとともに、定量放流方式を基本に設定する。治水を目的としない利水ダムにおいて洪水時操作が過度な負担とならないよう定量放流方式を基本とすることとするが、対象ダムの管理状況に応じて、その他の放流方式を設定することも考えられる。

洪水時操作のパターン選定は、ダムの利水容量を活用した治水対策に関する流域内の多様な水管理に係る関係者との合意形成に資することができる手法とする必要がある。推奨ダム操作パターン選定過程をブラックボックス化させないための選定手法として、選定過程を容易に可視化(図示)可能な図-9に示す手法を考案した。

#### (4) ダムによる治水効果の目標の設定

ダム操作による治水効果の目標(操作目標)は、次の2種類を設定する。

操作A: 下流河川基準点水位の上昇を最大限に抑制可能な操作

操作B: 下流河川基準点水位を基準水位未満に抑制可能な操作

基準水位の設定は、水防基準水位や流下能力等より設定する。

また、出水規模と洪水前のダム貯水位の状況からダム流入量を全量貯留可能な場合や、ダム放流により下流河川基準点水位が基準水位以上となる恐れがない場合については、ダムの利水容量回復を優先した操作を目標とする。

#### (5) 洪水時操作のパターン化

(3) ダム操作シミュレーションの結果から、(4) ダムによる治水効果の目標設定に基づき、全洪水シナリオに対して「推奨ダム操作パターン」を図-8のフローにより選定する。

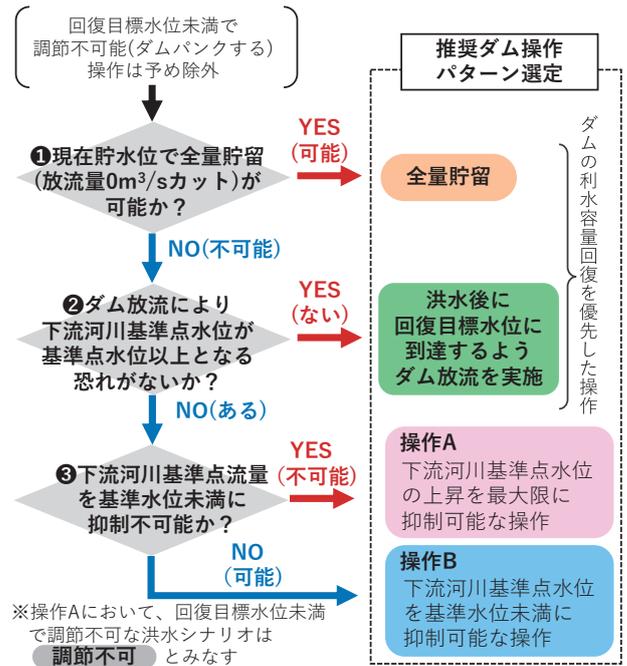


図-8 推奨ダム操作パターン選定の考え方

ひとつひとつの洪水シナリオに対して以下の手順で推奨操作パターンを選定する

step①洪水シナリオに対して、**迎洪水位**を縦に、**洪水時定量放流量**を横にとったマトリクス表を作成する

		洪水時定量放流量(m³/s)					
		0	10	20	30	46	
迎洪水位(m)	回復目標水位	170.7	170.7	172.0	172.0	171.4	
	170.0	170.7	172.0	171.9	171.4	170.7	
	169.0	170.7	171.9	171.0	170.4	169.8	
	167.5	170.7	170.6	169.6	169.0	168.3	
	洪水前水位	165.4	170.7	168.7	167.7	167.1	166.3
	165.0	170.7	168.4	167.3	166.7	165.9	
	160.0	167.0	164.0	162.8	162.1	161.2	
	155.0	163.0	160.0	158.8	158.1	157.6	
	150.0	159.0	156.0	154.8	154.1	153.6	
	145.0	155.0	152.0	150.8	150.1	149.6	
140.0	151.0	148.0	146.8	146.1	145.6		

step②ダム最大貯水位が回復目標水位以上となるパターンと洪水前水位より高い迎洪水位を除外

		洪水時定量放流量(m³/s)				
		0	10	20	30	46
迎洪水位(m)	170.7	248.1	189.0	194.0	206.0	220.0
	170.0	248.1	184.0	194.0	205.0	220.0
	169.0	227.8	183.0	194.0	205.0	221.0
	167.5	169.5	183.0	194.0	205.0	221.0
	165.4	169.5	183.0	193.0	204.0	220.0
	165.0	169.5	183.0	193.0	204.0	220.0
	160.0	169.5	182.0	191.0	201.0	215.0
	155.0	169.5	181.0	190.0	200.0	213.0
	150.0	169.5	180.0	188.0	196.0	208.0
	140.0	169.5	180.0	188.0	196.0	208.0

step③下流河川基準点最大流量の最小値を探し、複数ある場合は、迎洪水位がより高いパターンを選定

		洪水時定量放流量(m³/s)				
		0	10	20	30	46
迎洪水位(m)	170.7	248.1	189.0	194.0	206.0	220.0
	170.0	248.1	184.0	194.0	205.0	220.0
	169.0	227.8	183.0	194.0	205.0	221.0
	167.5	169.5	183.0	194.0	205.0	221.0
	165.4	169.5	183.0	193.0	204.0	220.0
	165.0	169.5	183.0	193.0	204.0	220.0
	160.0	169.5	183.0	192.0	203.0	216.0
	155.0	169.5	182.0	191.0	201.0	215.0
	150.0	169.5	181.0	190.0	200.0	213.0
	145.0	169.5	180.0	188.0	196.0	211.0

step④下流河川基準点最大流量の最近傍値を探し、その該当する貯水位条件を満たすパターンの中から定量放流量が最小となる操作を選定

操作A  
下流河川基準点水位の上昇を最大限に抑制可能な操作

操作B  
下流河川基準点水位を基準水位未満に抑制可能な操作

図-9 推奨ダム操作パターンの選定手順

### 3. 今後の展望

研究開発2年目であった本年度は、当財団においては、ダムの洪水時操作のパターン化の検討を進めた。

本年度考案した手法による洪水時操作のパターン化の事前検討結果を「操作オプション提案システム」においてリアルタイム検討、長時間アンサンブル降雨予測とマッチングするための降雨シナリオと紐づいた「操作オプション（対策カード）」を提案する手法の開発を進めている。

令和7年度以降も、本年度に連携体制を構築したモデル流域関係者の協力を仰ぎながら、流域内の貯留機能を最大限活用した被害軽減を実現すべく研究開発を進めていく。

#### 謝辞

本稿でとりまとめた研究開発内容は、共同研究機関である国立大学法人 京都大学防災研究所、一般財団法人 国土技術研究センター、国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構、一般財団法人 日本気象協会、国立研究開発法人 土木研究所、国立大学法人 筑波大学システム情報系、株式会社 IHI、東京農工大学の皆様をはじめ、関係者の皆様の協力に基づく成果である。

最後に、本研究開発にご理解をいただき、当財団による現地視察やヒアリング、資料の提供にご協力を頂いたモデル流域の皆様方に感謝の意を表すとともに、今後も引き続き、ご協力をお願いするものである。

#### 参考文献

- 1) 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) スマート防災ネットワークの構築 社会実装に向けた戦略及び研究開発計画：内閣府 科学技術・イノベーション推進事務局,令和6年3月25日.
- 2) Jiachao Chen, Takahiro Sayama : An Efficient Storm Event Selection Method for Flood Risk Assessment with Large Ensemble Dataset, AGU Fall Meeting 2023, Poster No. 1826, id. H23S-1826, 2023.12