

戦略的創造研究推進事業
(社会技術研究開発)
令和2年度研究開発実施報告書

SDGsの達成に向けた共創的研究開発プログラム
シナリオ創出フェーズ

「水力発電事業の好適地である神通川水系における
流域治水に資する動的運用ルールの共創手法の構築」

研究代表者 沖 大幹
(東京大学 未来ビジョン研究センター
教授)

協働実施者 手計 太一
(中央大学 理工学部 教授)

目次

1. 研究開発プロジェクト名	2
2. 研究開発実施の具体的内容	2
2 - 1. 目標	2
2 - 2. 実施内容・結果	4
2 - 3. 会議等の活動	9
3. 研究開発成果の活用・展開に向けた状況	10
4. 研究開発実施体制	10
5. 研究開発実施者	11
6. 研究開発成果の発表・発信状況、アウトリーチ活動など	12
6 - 1. シンポジウム等	12
6 - 2. 社会に向けた情報発信状況、アウトリーチ活動など	12
6 - 3. 論文発表	12
6 - 4. 口頭発表（国際学会発表及び主要な国内学会発表）	12
6 - 5. 新聞報道・投稿、受賞等	12
6 - 6. 知財出願	13

1. 研究開発プロジェクト名

水力発電事業の好適地である神通川水系における流域治水に資する動的運用ルールの共創手法の構築

2. 研究開発実施の具体的内容

2-1. 目標

(1) 目指すべき姿

1. 解決すべき特定地域における社会課題（ボトルネックを含む）の概略

本研究対象である富山県神通川流域は、その源を岐阜県高山市の川上岳（標高1,626m）に発し、岐阜県内では宮川と呼ばれ、岐阜県内で川上川、大八賀川、小鳥川等を合わせて北流し、岐阜、富山県境で高原川を合わせ、富山県に入り神通川と名称を改め、神通峡を流下し、平野部に出て、井田川、熊野川を合わせて日本海に注ぐ、幹川流路延長120km、流域面積2,720km²の一級水系である。神通川流域は、富山、岐阜両県にまたがり、集水面積の多くが岐阜県側にあるため、洪水が下流の富山市に到達するには時間遅れが生じる。下流域においては、雨が降り止んでいても河川の水位は上昇する可能性があるため、避難情報は極めて重要である。

また、神通川の河床勾配は、源流から小鳥川合流点までの上流部では約1/20～1/150、小鳥川合流点から神三ダム地点までの中流部では約1/150～1/250、神三ダム地点から河口までの下流部では約1/250～ほぼ水平で、河口部は緩やかになっているものの、我が国屈指の急流河川である。そのため、小規模の洪水であっても容易に堤防護岸が損壊する事例があり、常に急流河川対策が必要である。

神通川本川には治水ダムはなく、河道による治水対策しかできない状況にある。利水ダムや電力ダム群との連携や農地を利用した流域治水への期待が高まっている。また、上述したように上流の流域面積の多くが岐阜県内にあることから、上下流で連携した流水管理の総合的なデザインが治水上の課題となっている。しかしながら、神通川本川の水力ダム群はカスケードになっているため、ダム群全てで治水協力することは困難である。

さらに、支川の利水ダム群には冬の降雪が主要な水源であるところ、気候変動による降雪量・積雪量の減少が想定され、今後の対策立案に流域のステークホルダーは大いに頭を悩ませている。

2. 目指すべき姿（SDGs達成のビジョン）

急峻な地形を持つ流域では、より多目的に水資源利用していることから、多様なステークホルダーを満足させるような境を越えた統合的水資源管理は難しい。本研究の目指すSDGs達成後のビジョンは、洪水や渇水時に、全てのダム管理者が洪水・渇水予測モデルを用いて動的運用ルールを実施することである。ここで達成するのは、ターゲット6.5「国境を越えた適切な協力を含む、あらゆるレベルでの統合的水資源管理」である。

具体的には、水力発電事業の好適地である神通川水系において、電力中央研究所や地元電力会社、富山県や富山市といった地元自治体、富山県土地改良事業団体連合会（水土里ネット富山）、そして国土交通省富山河川国道事務所の協力を得ながら、東京大学、富山県立大学、岐阜大学が、神通川流域における水資源の受益者だけでなく、一般市民や農業従事者など多様なステークホルダーを巻き込んだ流域治水に有効な動的運用ルールの共創

手法を構築するとともに、富山県防災士会と協働した一般市民へのリスクコミュニケーションを試行する。

3. SDGsの総合的な活用

3-1 特に優先する目標群

本研究で特に優先するSDGsにおける目標は、ゴール6「すべての人々に水と衛生の利用可能性と持続可能な管理を確保する」のうち、ターゲット6.5「国境を越えた適切な協力を含む、あらゆるレベルでの統合的な水資源管理」である。

一方、2019年の甚大な風水害を受けて、2020年4月に国土交通省が事前放流ガイドラインを策定した。策定された事前放流ガイドラインは災害リスクマネジメントの一部であり、多様なステークホルダーの満足する統合的水資源管理の一部でしかない。提案する技術シーズを用いた社会課題の解決は、環境面でのゴール6と13「気候変動及びその影響を軽減するための緊急対策を講じる」の達成だけでなく、経済面でのゴール7「すべての人々の、安価かつ信頼できる持続可能な近代的エネルギーへのアクセスを確保する」、社会面でのゴール9「強靱なインフラ構築、包摂的かつ持続可能な産業化の促進及びイノベーションの推進を図る」、ゴール10「各国内及び各国間の不平等を是正する」、ゴール11「包摂的で安全かつ強靱で持続可能な都市及び人間居住を実現する」、ゴール17「持続可能な開発のための実施手段を強化し、グローバル・パートナーシップを活性化する」の達成にも貢献し、その達成を通じて再生可能エネルギーの推進を通じた持続可能な流域・地域開発につながるためである。

3-2 相反しないように留意する目標群

特に該当なし。

(2) 研究開発プロジェクト全体の目標

1. 研究開発プロジェクト全体の目標

本研究では、県境や行政の所管などさまざまな境を越えた適切な協力を含むあらゆるレベルでの統合的水資源管理の達成を目指す。既存の洪水調節を組み込んだ確率洪水予報システムを拡張し、洪水・渇水予測情報を多様なステークホルダーに提示し、それぞれの価値観を統合的に反映できる目的関数を模索し、多様なステークホルダーを巻き込んだ流域治水に有効な動的運用ルールの共創手法を構築する。

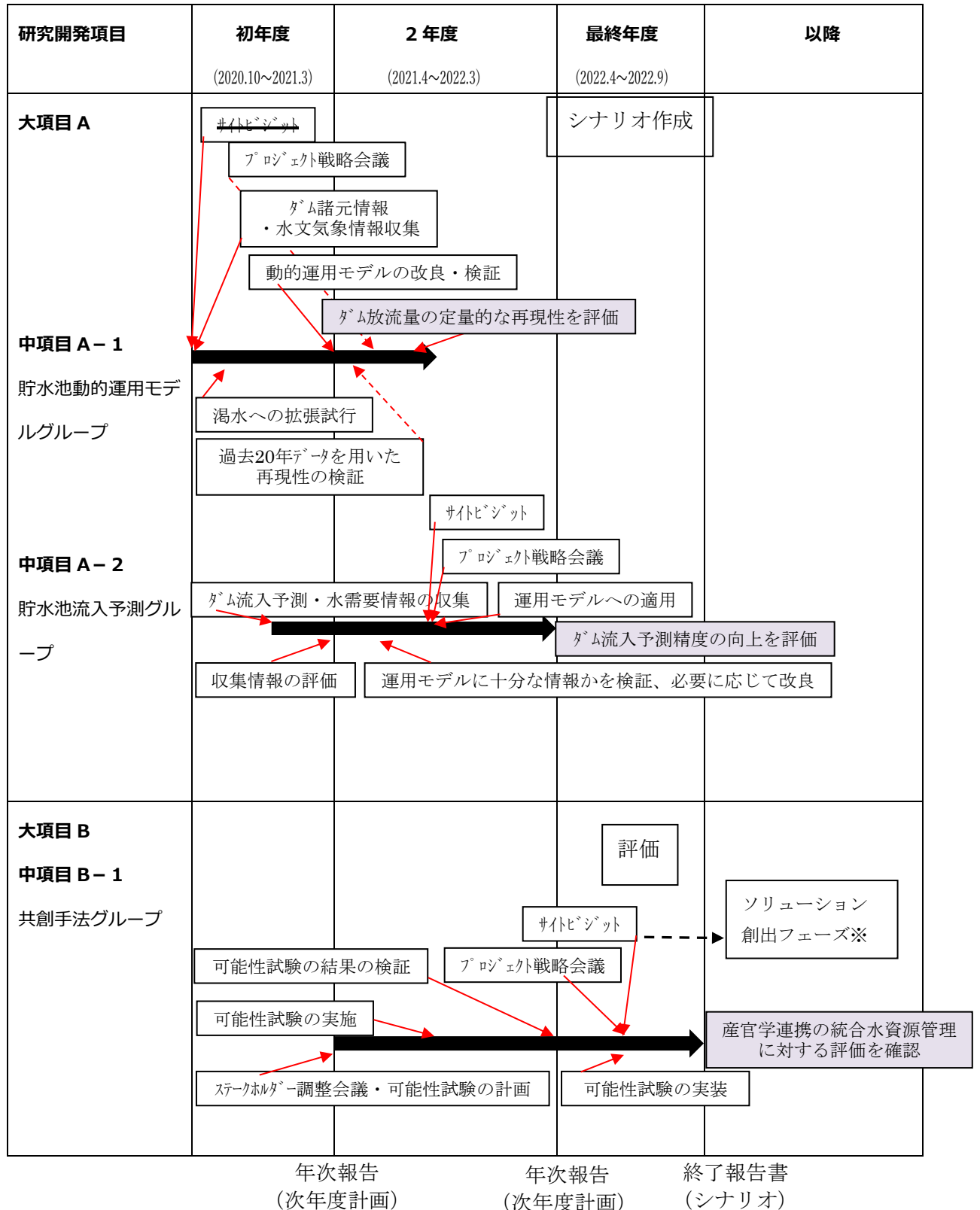
東京大学は、同大学大気海洋研究所が開発した技術シーズを基に、主に電力中央研究所と協力し、まずは神通川水系において、既存の洪水調節を組み込んだ確立洪水予報システムを拡張する。

富山県立大学は、東京大学大気海洋研究所と宇宙航空研究開発機構（JAXA）との協力で開発、公開されているToday's Earthをベースに、岐阜大学、国土交通省富山河川国道事務所、富山県、北陸電力、電力中央研究所と協力し、貯水池流入予測情報の評価、改良を実施する。

さらに、東京大学は、富山県立大学、岐阜大学と協力しつつ、上述の2項目の成果に基づいて、多様なステークホルダーである各関係機関に洪水・渇水予測情報を提示し、流域治水に有効な動的運用ルールの共創首相を開発、構築する。

2-2. 実施内容・結果 (1) スケジュール

研究開発期間中(24ヶ月)のスケジュール



(2) 各実施内容

今年度の到達点①：ダム貯水池の動的運用モデルの拡張に向けた試験を行う。

実施項目①-1：ダム諸元情報と水文気象情報の収集

実施内容：動的運用モデルの拡張に必要な、ダム諸元情報と降水量や河川流量などの水文気象情報を共同で収集し、既に関連されている技術シーズであるダム運用モデルに必要な情報との整合性を検討した。

実施体制：東京大学、電力中央研究所

実施項目①-2：ダム貯水池動的運用モデルの濁水等への拡張実験

実施内容：洪水調節に対応したダム貯水池運用モデルを濁水などにも適応するための実験をデータセットのある利根川上流域で実施した。

実施体制：東京大学、電力中央研究所

実施項目①-3：ダム貯水池動的運用モデルのプロトタイプ構築への検証

実施内容：実施項目①-2の結果を、過去20年のダム流入、放流、河川流量、降水量のデータを用いて検証し、改善すべき点を抽出する予定であったが、COVID-19のため、研究員雇用ができなかったのと、現地での情報収集に時間を要したため、完了していない。また、来年度以降の動的運用モデルの開発のため、濁水に対応させる場合の検討すべき点の洗い出しも現在継続中である。

実施体制：東京大学、電力中央研究所

今年度の到達点②：ダム流入予測情報の評価と改良に必要なデータセット構築へ向けた情報収集と検討

実施項目②-1：データセット構築に向けた情報収集

実施内容：北陸電力より2014年～2019年のダムデータを入手した。国が水文・水質データベースで公開しているデータを入手し、整理済みである。県のデータと北陸電力からの2020年のデータは年度明けに入手できるように手配済みである。

実施体制：中央大学、岐阜大学

今年度の到達点③：参加機関の意思の統一を図り、産官学連携の統合的水資源管理に向けた多様なステークホルダーとの競争に向けた実施体制づくりを図る。

実施項目③-1：プロジェクト戦略会議及びサイトビジットの開催

実施内容：採択が予定より遅れたため、11月に第1回プロジェクト戦略会議はできなかった。2021年1月12日に主要ステークホルダーとの面談を予定していたが、大雪による交通障害等の影響で開催できなかった。しかし、手計が個別に各セクターのステークホルダーとの面談を実施した。また2月2-3日に、農業セクターのステークホルダー（北陸農政局、富山県農林水産部農村整備課、井田川合口および牛ヶ首土地改良区）との面談を手計と乃田で実施した。

実施体制：東京大学、中央大学、岐阜大学

(3) 成果

今年度の到達点①：ダム貯水池の動的運用モデルの拡張に向けた試験を行う。

実施項目①-1：ダム諸元情報と水文気象情報の収集

成果：神通川には、富山県内に14基、岐阜県内に9基で、合計23基のダムがある（図1）。国土交通省が管理するダムはなく、富山県（9基）、岐阜県（2基）、北陸電力

(7基)、関西電力(4基)、ならびに北陸電力が地元企業と共同出資する形で設立された富山共同自家発電(1基)の5者が保有、管理している。このうち11基が発電ダムであり、多目的ダム(4基)や灌漑用ダム(1基)は数が少ないことが大きな特徴である。また、発電ダムは効率的な発電を行うため、複数のダムを連携して運用しており、細やかな操作を含むことが分かった。さらに、発電ダムは洪水調節ダムと異なる構造をしていることが多く、また用語の不一致もあることから、その点の確認を図った。また、技術シーズであるダム運用モデルの中でカテゴリライズしているダムの構造や運用ルールの整合性を検討し、その修正が必要であることが分かった。北陸電力との打合せが予定より遅れたが、修正作業は前倒しで始めている。



図1：神通川流域に設置されているダムとその目的。

図2：利根川上流域におけるさまざまな大きさと複雑な運用のダム群。

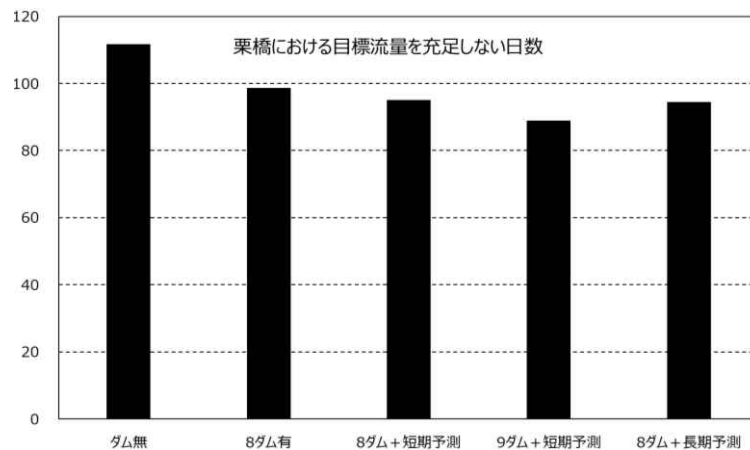


図3：2016年を例に実施した渇水時のダム運用実験での、栗橋地点における目標流量を充足しない日数。9ダムとは八ッ場ダムを加えた場合。縦軸の単位は、日数。

実施項目①-2：ダム貯水池動的運用モデルの渇水等への拡張実験

成果：主要なダムの諸元情報が揃っていた利根川上流域（図2）において、2016年を例に試験的にダム運用モデルが渇水時にどのような挙動をするか実験を行った。この実験では、ダム操作を決定するための基準として、2つ用意した。1つは、取水地点での必要流量の充足、もう1つは、各ダムの目標貯水量の充足である。利根大堰は、東京、埼玉への重要な取水地点であるため、利根大堰の上下流及び栗橋を基準点とし、その地点で必要な流量が満たされているかを基準とした。ここに入力情報として短期予測水文気象情報（雨量）、長期予報を入れた場合、どれくらい渇水を低減できるかも計算した。実験ケースは、1)ダム無し、2)主要8つ（八木沢ダム、奈良俣ダム、藤原ダム、相俣ダム、菌原ダム、下久保ダム、草木ダム）のダム、3)前者に短期予測を追加、4)前者に八ッ場ダムを追加、5)2)に長期予報を追加の5つである。ここで用いる予測情報は、過去の再現実験のため、実際の観測情報を入れることで対応した。その結果、ダムの有無の差が一番大きい、仮に予測情報が正しければ、より渇水期間を減少させることが示された（図3、Kiguchi et al., in prep）。

実施項目①-3：ダム貯水池動的運用モデルのプロトタイプ構築への検証

成果：ダム運用モデルの結果は、このようなシンプルな運用であっても観測値と大きく外れておらず、このモデルの有効性が示された。また、本稿では示していないが、低水の深刻度も同時に計算しており、渇水日数と同じような傾向がみられた。渇水日数と低水の深刻度を低下させることは、渇水による被害を低減につながり有効である。2-2（2）で述べたように、COVID-19の影響で研究員の新規雇用が叶わなかったため、進捗は若干遅れているが、現在実施項目①-2の検証作業をさらに進め、改良点について検討を進めている。

今年度の到達点②：ダム流入予測情報の評価と改良に必要なデータセット構築へ向けた情報収集と検討

実施項目②-1：データセット構築に向けた情報収集

成果：北陸電力より、2014年～2020年までの浅井田ダム、新猪谷ダム、神一ダム、神二ダム、神三ダム、久婦須第二ダムのダム貯水池の水文データを提供していただいた。また、井田川水系土地改良区、牛ヶ首用水土地改良区の詳細なGISデータを収集した。富山県からは2021年度初頭に提供を受けることができるように環境整備を行った。

今年度の到達点③：参加機関の意思の統一を図り、産官学連携の統合的水資源管理に向けた多様なステークホルダーとの競争に向けた実施体制づくりを図る。

実施項目③-1：プロジェクト戦略会議及びサイトビジットの開催

成果：手計が個別に各セクターのステークホルダーとの面談を実施した。また2月2-3日に、農業セクターのステークホルダー（北陸農政局、富山県農林水産部農村整備課、井田川合口および牛ヶ首土地改良区）との面談を手計と乃田で実施した。その結果、流域治水という新たな取り組みに対し、総論賛成という雰囲気は醸成されつつあるものの、具体的な取り組みについては、それぞれのセクターでの実現可能なオプションを検討する必要がある、そのための科学的知見に対するニーズが大きいことが明らかとなった。



図4：神二ダムから農業用水への水の分配 図5：井田川水系土地改良区の縁を牛ヶ首用水が流下している。

（4）当該年度の成果の総括・次年度に向けた課題

2020年度は、COVID-19の影響を受けつつも、富山県立大学（当時）の手計によって、各セクターへの説明、データ要請、さらに落ち着いたころに実施した各セクターにおける現場のヒアリングが実施できたことによって、各セクターが一堂に会することができなかったものの、技術シーズを応用して実装するにあたって考慮すべき点や改良すべき点を効率的に収集できた点で、計画通りに進めることができた。一方、ダム運用モデルの渇水対応については、研究員の採用が不調でマンパワー不足は否めないが、粛々と進めている。モデルの改良自体は予定より進んでいるものの、その検証が計画より遅れている。しかし、神通川流域の水文気象情報が順調に整備されたことから、改良されたモデルの実装は、検証が終わり次第すぐに取り掛かれる状況であり、プロジェクト全体の進捗としては問題ないと考えている。

各実施項目で得られた成果を俯瞰すると、各セクターでの取り組みはかなり考えられており、むやみに研究要素を入れ込むことの難しさが特に発電セクターにおいて明らかになったが、最新の科学的知見を導入することで、今後の気候変動の影響に対応して改善することの意義とその効果がありそうだと各セクターで合意できたことは大きい。一方で、セクター間での連携が重要となることは自明であるが、COVID-19のため、第1回プロジェクト戦略会議の実施ができなかった。2021年度前半に地元のNPOと連携し、オンラインでの開催を目指している。

2021年度に向けて取り組む課題は、前述した各セクターが一堂に会するプロジェクト戦略会議の実施方法の検討である。プロジェクトの開始が遅れさらに2020年度に実施できなかったことから、その解決方法の検討内容は、NPOと2020年度に効果的な開催手法について意見交換をすでに開始しており、流域の各セクターの代表をどのように決めていくかの検討を、どの団体にどのように聞くべきか、現地調査も踏まえて決定することである。

2 - 3. 会議等の活動

年月日	名称	場所	概要
2020/11/24	第1回研究会合	オンライン	本課題の目的、内容、最終的なゴールを改めて確認し、具体的な手法等について議論を交わした。
2020/12/11	第2回研究会合	オンライン	技術シーズの紹介と今後の改良方針の説明や神通川の特徴や管理状況の情報共有、農業セクターからの流域治水への貢献について説明があり、それらについて議論を交わした。
2021/1/12	市民参画に関する研究会	富山県立大学	「PECとやま」と市民参画についての意見交換を実施した。
2021/2/02～03	農地利用に関する研究会	富山県庁 富山県土地改良事業団体連合会	動的運用に関わる農地利用に関して、その候補地に関する意見交換を行った。
2021/3/09～10	農地利用に関する研究会	井田川水系土地改良区 富山県農村整備課 牛ヶ首用水土地改良区 国連大学サステイナビリティ高等研究所 北陸農政局	動的運用に関わる農地利用に関して、洪水導水想定地区である井田川と牛ヶ首用水の土地改良区において、実際の現場を案内してもらうとともに意見交換を行った。 国連大学では一般市民の巻き込みかたについて指導を仰いだ。 北陸農政局では、本事業の説明とともに、実現性に関する意見交換を行った。
2021/3/17	データ提供に関する意見交換	富山県土地改良事業団体連合会	井田川水系土地改良区、牛ヶ首用水土地改良区のGISデータ提供に関する意見交換を実施した。
2021/3/24	データ提供に関する意見交換	富山県立大学	富山県から提供を受ける水文データに関する意見交換を実施した。

3. 研究開発成果の活用・展開に向けた状況

2020年度の研究開発成果は、技術シーズとして公開されているダム運用モデルの最新成果を用いた渇水事例への試行結果を、各セクターの方々との議論の中で紹介し、今後の神通川への適用に向けた議論をより現実的なものとして取り組む姿勢を引き出すことができた。

4. 研究開発実施体制

(1) ダム貯水池動的運用モデルグループ

グループリーダー：沖 大幹（東京大学、教授）

役割：中項目A-1をリードするグループ

概要：ダム貯水池動的運用モデルの拡張を図る。これまでの洪水のみを対象にしたものを渇水にも対応できるように拡張する。

必要性：技術シーズとしてこれまで開発された洪水時のダム貯水池動的運用モデルをそれ以外の水関連災害にも適応できるように拡張するもので、統合的水資源管理には欠かせないものである。

(2) 貯水池流入予測グループ

グループリーダー：手計 太一（中央大学、教授）

役割：中項目A-2をリードするグループ

概要：ダム貯水池運用モデルに必要となるダム貯水池への流入量の精度の向上を図る。

必要性：数日スケールの予測情報のみならず、特に渇水時において有効となる中期予測情報の拡充が求められており、それに対応するものとして重要である。

(3) 共創手法グループ

グループリーダー：沖 大幹（東京大学、教授）

役割：中項目B-1をリードするグループ

概要：それぞれのステークホルダーの価値観を統合的に反映できる目的関数を模索し、多様なステークホルダーを巻き込んだ流域治水に有効な動的運用ルールの共創手法を構築する。

必要性：ある特定の受益者にとって有効なダム貯水池動的運用ルールでは、統合的水資源管理は到底達成されない。それぞれの流域に即した、洪水・渇水予測情報に基づいた、多様なステークホルダーの価値観を統合的に反映し、一緒に流域治水に資することは、現在強く求められている。

5. 研究開発実施者

ダム貯水池動的運用モデルグループ

氏名	フリガナ	所属機関	所属部署	役職 (身分)
沖 大幹	オキ タイカン	東京大学	未来ビジョン 研究センター	教授
木口 雅司	キグチ マサシ	東京大学	未来ビジョン 研究センター	特任教授

貯水池流入予測グループ

氏名	フリガナ	所属機関	所属部署	役職 (身分)
手計 太一	テバカリ タイ チ	中央大学	理工学部	教授
乃田 啓吾	ノダ ケイゴ	岐阜大学	応用生物科学 部	准教授

共創手法グループ

氏名	フリガナ	所属機関	所属部署	役職 (身分)
沖 大幹	オキ タイカン	東京大学	未来ビジョン 研究センター	教授
手計 太一	テバカリ タイ チ	中央大学	理工学部	教授
乃田 啓吾	ノダ ケイゴ	岐阜大学	応用生物科学 部	准教授
木口 雅司	キグチ マサシ	東京大学	未来ビジョン 研究センター	特任教授

6. 研究開発成果の発表・発信状況、アウトリーチ活動など

6-1. シンポジウム等

なし

6-2. 社会に向けた情報発信状況、アウトリーチ活動など

(1) 書籍、フリーペーパー、DVD

・特に記載すべき事項はない。

(2) ウェブメディアの開設・運営、

・特に記載すべき事項はない。

(3) 学会（7-4.参照）以外のシンポジウム等への招聘講演実施等

・「水の日」記念行事「水を考えるつどい」（主催：国土交通省）、「水循環入門講座」、2020年11月7日、Web配信

（シンポジウム等の名称、演題、年月日、場所を記載）

6-3. 論文発表

(1) 査読付き（ 0 件）

●国内誌（ 0 件）

・特に記載すべき事項はない。

●国際誌（ 0 件）

・特に記載すべき事項はない。

(2) 査読なし（ 0 件）

・特に記載すべき事項はない。

6-4. 口頭発表（国際学会発表及び主要な国内学会発表）

(1) 招待講演（国内会議 0 件、国際会議 0 件）

・特に記載すべき事項はない。

(2) 口頭発表（国内会議 0 件、国際会議 0 件）

・特に記載すべき事項はない。

(3) ポスター発表（国内会議 0 件、国際会議 0 件）

・特に記載すべき事項はない。

6-5. 新聞報道・投稿、受賞等

(1) 新聞報道・投稿（ 3 件）

・産経新聞、2020年10月29日、「ナイル上下流 協議進まず エチオピア・ダムにエジプト農民「水量減る」」

・日刊建設工業新聞、2020年10月30日、「水を考えるつどい 11月7日にウェブ配信 国交省 沖東大大学院教授の講座など」

・日刊建設工業新聞、2020年11月20日、「フルプランを評価 事業進捗など整理 国土審利根川・荒川部会が会合」

(2) 受賞（ 1 件）

・沖 大幹：2021年国際水文学賞Doogeメダル

国際水文学賞は、水文学の科学的発展に大きく寄与した科学者を表彰するもので1979年に創設され、毎年IAHS（国際水文科学協会）の会長、副会長、UNESCO（国連教育科学文化機関）およびWMO（世界気象機関）の代表者によって選考されます。2014年以降はDoogeメダルとVolkerメダルの二つに分けて授与されるようになりました。Doogeメダルは、水文学の科学的進展に基本的な貢献をした科学者を、Volkerメダルは、水文学を広く社会に適用させた科学者を表彰するものです。

授賞理由は、「数値モデルリングと科学的分析を通じた、水文学・気候・持続可能性の懸け橋となる学際的な研究とリーダーシップ」です。推薦文では、沖氏の業績について、「グローバルな水収支ならびに、気候変動および人間活動が水循環システムに及ぼす影響について水文学に多大な貢献をした」と述べられています。

（水文・水資源学会誌の芳村・鼎（2021）より抜粋）

（3）その他（ 0 件）

6-6. 知財出願

（1）国内出願（ 0 件）

- ・特に記載すべき事項はない。