

「DIAS 解析環境」利用共同研究（無償）課題成果報告書

提出日：2025 年 4 月 30 日

課題番号	DIAS22-A008
研究課題名	利水ダムにおける洪水調節機能の確立と利水機能向上のためのシステム開発
フリガナ 申請代表者氏名	カワサキ アキユキ 川崎 昭如
申請代表者の 所属機関名	東京大学 未来ビジョン研究センター
研究実施期間	2022 年 10 月 1 日 ～ 2025 年 3 月 31 日

※「研究実施期間」は、年度報告書の場合は当該年度、最終報告書の場合は開始時～終了時を記入してください。

（１）研究概要

利水ダムにおける洪水調節機能の確立と利水機能向上のためには、ダム操作という現場での状況判断と、広域観測、予測情報を正確に判断し、平時から緊急時へ操作を継続的に移行できる能力を有する人材の育成とそれを支える情報の統合化システムが必要である。DIAS は現業システム体制を有していないために現業運用には適さないが、すでに全地球規模で必要となる情報をリアルタイムでアーカイブし利用可能な環境を提供しているので、システムの機能とそれが生み出す便益を試験的に実証し、各ダム管理あるいはダム統合管理に組み込むシステム開発を設計に有用である。またこの試験実証期間に、運用を担当する人材の育成プログラムを DIAS 上で実施することができる

なお、DIAS 解析環境を主に次の３つの目的で利用する。

- a) リアルタイムアンサンブル予測(短期予測・季節予測)
- b) システム開発研究
- c) 民間共同研究。

（２）課題の意義と目的

2022 年 4 月 23～24 日に熊本市で開催された第４回アジア・太平洋水サミットでは、「強靱性、持続可能性、包摂性を兼ね備えた質の高い社会への変革」を謳った『熊本宣言』が採択された。また岸田首相から、「降雨観測・予測技術を活用し、洪水期には雨が降る前にダムから貯水を

放流し、ダム貯水位を緊急的に下げることで、洪水被害を軽減するとともに、非洪水期には、貯水位をより高く維持することで、農業用水の補給能力を向上させる気候変動適応策と、洪水後や非洪水期に貯水位を高く維持することで水力発電機能を増強する気候変動緩和策の両方を実現するハイブリッド技術を開発・供与する。」するという「質の高いダム」の整備推進を盛り込んだ『熊本水イニシアチブ』が発表され、今後5年間で約5千億円の支援が約束された。

DIAS 第3期の PoC の成果がこのイニシアチブ発表に貢献するところは大きく、気象庁のメソスケールアンサンブル予測が利用できない国際利用は、DIAS 第3期の PoC 成果の発展なしには難しいのが現状である。また今後予想される多様で多くの国際的ニーズに応えるにはシステム開発とその応用研究開発が不可欠である。そこで下記の2つを目標とする。

① 発電ダムの洪水調節機能確立と発電機能向上を目的とするシステム開発

② 発電以外の利水機能への応用研究

年度ごとの目標は次のとおりである。

2022 年度：季節予測の利用可能性の検討

2023 年度：短期・季節予測の組み合わせ手法の検討

2024 年度：短期・季節予測の組み合わせ手法の最適化の検討

(3) 研究成果

(3) - 1 : 実施内容

大井川畑薙第一ダムを対象に短期予測（アンサンブル 39 時間予測）と長期予測（アンサンブル 3 ヶ月予測）を用いて、洪水調節と発電効率の両立を図る確度の高いダム操作支援システムの開発をした。また、犀川流域を対象にシステムを用いた短期予測（アンサンブル 39 時間予測）を用いたダムへの流入量予測を行った。さらには、解析に使用している雪水文モデル（WEB-DHM-S）の精緻化を目的に、高解像度の土地利用図や土壌図の利用、サブ流域ごとの降雨補正係数の設定手法の検討を行うとともに、降雪・積雪・融雪解析の精度向上を目的とした高標高地域での対応を行い、ブータン国のチャムカルチュ流域に適用した。

(3) - 2 : 得られた成果

(3) - 2 - 1 : 大井川畑薙第一ダムでの検討

ダム操作支援システムを開発した。降雨予測システム（アンサンブ

ル 39 時間予測)、流出予測システム (WEB-DHM-S)、ダム操作ルール、データ統合・情報融合システムから構成されている。2022 年度は新たにアンサンブル 3 ヶ月降雨予測を導入し、季節変動も踏まえたダム操作支援システムを開発した。DIAS 上に設置したオンラインダム操作支援システムを図一 1 に示す。また、短期 (アンサンブル 39 時間予測、32 メンバー) と長期予測 (アンサンブル 3 ヶ月予測、13 メンバー) の適用方法を図一 2 と図一 3 に示す。短期と長期予測それぞれの処理から、次の 1 時間に放流 (発電とゲート放流の合計放流量) する値が得られるが、両者の内の大きい方を採用することとした。

アンサンブル 3 ヶ月降雨予測は気象研究コンソーシアムを通じて提供された気象庁 3 ヶ月予報を、水平格子間隔 15km にダウンスケーリングしたものであり、5 日毎に 13 メンバーのアンサンブル予測を出力する。

大井川畑薙第一ダム流域 (図-4) において、ダム操作支援システムの概念実証試験を実施した。WEB-DHM-S の流量再現精度が Nash-Satcliffe 係数 (以降 NS 係数) で 0.9 以上となるように流域モデルを構築し、それへ気象予測モデルが出力した短期・長期予測情報を入力して予測流入量を求めた。

短期予測の精度評価としてリードタイム 34 時間までの総流入量を実測の総流入量と比較したところ、1 年間の NS 係数はアンサンブル中央値で 0.81 であった。また、長期予測についても同様に集計したところ、リードタイム 86 日間のアンサンブル中央値では 0.51 であった。短期予測では比較的良好な精度を示した。

長期予測についてはその活用方法について検討を行った。長期予測 (リードタイム 86 日間の総流入量) のアンサンブルスプレッドが実測値を包含する確率を求めたところ 52% であり、30 日間では 66% であった。また、暖候期と寒候期で分けて評価すると寒候期の場合に内包する確率が高いことが分かった。これらを踏まえて長期予測の活用方法としては、暖候期と寒候期で採用するリードタイムを変えること、そして、アンサンブルスプレッドを活用するため、貯水位に応じて用いるアンサンブルメンバーを差し替えることとした。

単一ダムを対象に、1 年間のダム運用シミュレーションを実施した結果、開発したシステムを採用することにより、下流への洪水防御効果を発揮すると共に、年間で実績比約 6% の増電が期待できることを示した。(参考文献 1)、2) 参照)。

DIAS(データ統合・情報融合システム)

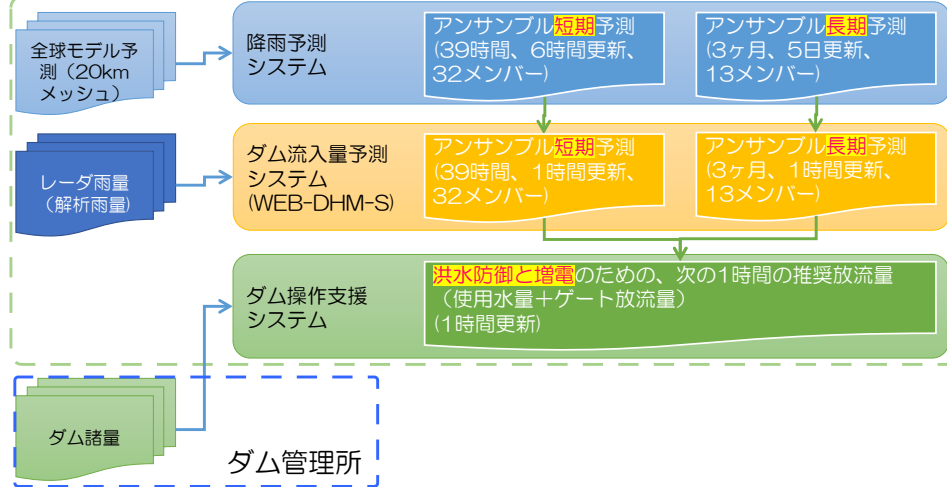
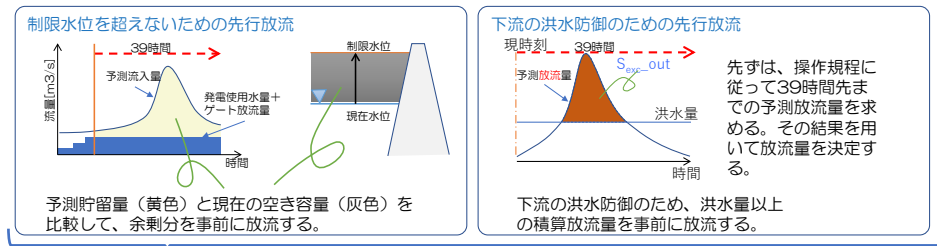


図-1 DIAS上のオンラインダム操作支援システムの概要

短期アンサンブル予測の使い方

- ① H_{ref} (高低判断水位)よりも水位が高い場合は上位から8位(25%相当)のアンサンブルメンバーを用いる。逆に低い場合は上位から24位(75%相当)のメンバーを用いる。
- ② 以下に示した2つの観点から先行放流量を求める。



- ③ 両者の内、大きい方を次の1時間の放流量(発電使用水量+ゲート放流量)とする。
- ④ 両方ともゼロの場合は、**増電**のために39時間先までの予測流入量の平均値を次の1時間の発電使用水量とする。(R_1)

図-2 短期アンサンブル予測情報の適用

長期アンサンブル予測の使い方

- ① V_x (H_{ref} (高低判断水位)に相当する貯水量)よりも貯水量が多い場合は上位から1位(最大、rank01)のアンサンブルメンバーを用いる。逆に低い場合は上位から13位(最小、rank13)のメンバーを用いる。
- ② N日先の目標貯水量(V_x)と現在の貯水量及びN日先までの予測流入量を用いて、可能発電使用水量を求める。

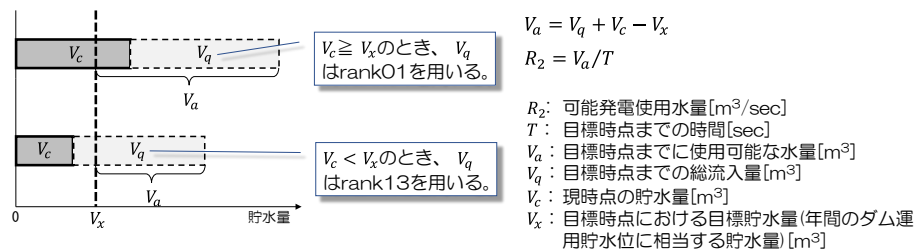


図-3 長期アンサンブル予測情報の適用

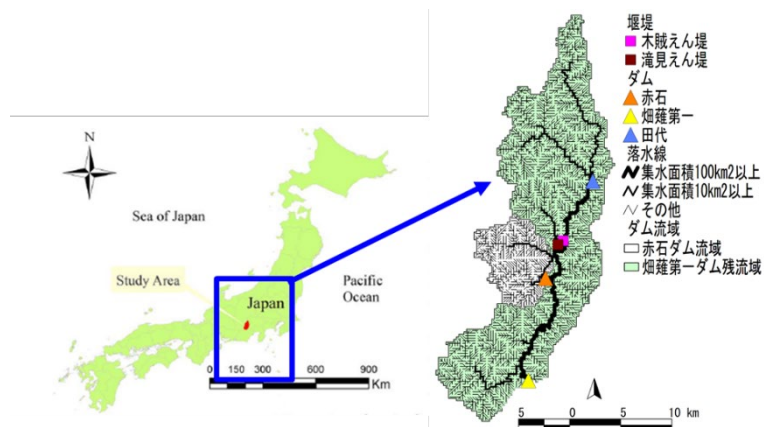


図-4 大井川畑薙第一ダム流域

(3) - 2-2 : 犀川流域での検討

犀川上流域でのハインドキャストについて示す。犀川流域は流域面積 3,054km² を有し、上流部が槍ヶ岳、穂高岳、乗鞍岳に代表される急峻な山岳地形で流域中央部に平坦な松本盆地が存在する、特異な地形形状を有する。流域内には、高瀬川流域に高瀬・七倉・大町、梓川流域に奈川渡・水殿・稲核、また、犀川下流域に生坂・平・水内・笹平・小田切の計11ダムが存在する。本検討では特に上流域の「七倉ダム」、「稲核ダム」また、下流の「生坂ダム」に流入する流域におけるアンサンブル流入量予測をした。ここで七倉ダムとは、高瀬ダムと七倉ダムへの合計流入量を、稲核ダムとは、奈川渡、水殿、稲核ダムへの3ダム合計流入量とする。解析対象流域を図-5に示す。

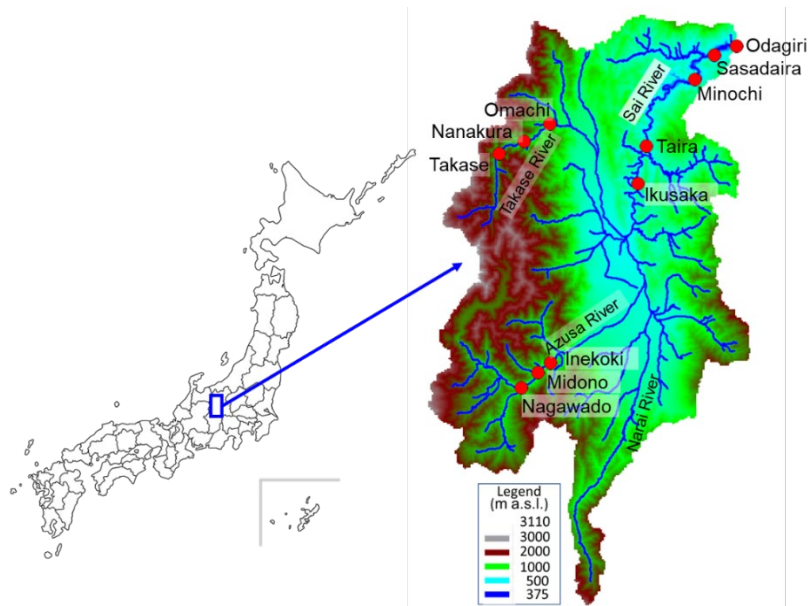


図-5 解析対象流域

「第一類」の七倉ダムと稲核ダム（河川の従前の機能の維持のため洪水貯留を要求されるダム）を対象に 2021 年 8 月における出水から、大規模、小規模の出水を選択し流入量予測をした。

第一類ダムの場合、貯水池の空き状況に応じて流入量を貯め込むことが可能であることから、ピークの到達時刻ではなくピークまでの積算流入量(ボリューム)の予測も重要となる。そこで、流入量をボリュームの指標で整理することとした。ピーク流量の発生時刻の手前、30 時間、24 時間、12 時間、6 時間を選びその時間に予測した最大 39 時間先までの予測流入量の積算値と同時間帯での実測流入量の積算値の比をとり精度評価することとした。その結果、大・小規模出水においてピークの立ち上がりや流量が減少するタイミングが良く表現できていることを示すとともに、大規模出水で稲核ダムの場合予測流入量は 30 時間前から 20%以内の高精度を示した。七倉ダムでも 24、6 時間前で 20%以内の精度を示した。（参考文献 3）、4））。

（3）－2－3：ブータン国チャムカルチュ流域での検討

日本で主に開発した雪水文モデルを世界に適用するにあたりブータン国のチャムカルチュ流域標高 4000～6000m に位置する積雪流域を対象とした。このような高標高域では、氷河モデルの導入、植生域の実態把握、蒸発散計算での飽和水蒸気圧の調整等、雪水文モデルの精緻化が必要となり Mohamed Rasmy 主任研究員が雪水文モデルの精緻化に大きく貢献した。

この成果の一部を用いて、ICHARM チームが NEDO 懸賞金活用型プログラム/衛星データを活用したソリューション開発/NEDO Challenge, Satellite Data for Green Earth において「「降雪・積雪・融雪量」のリアルタイム解析プラットフォーム構築～高精度、高時間、高空間分解能で日本から世界へ～」のタイトルに提案し、審査員特別賞を受賞した。（写真 1，2）

受賞した審査員特別賞は「衛星データの活用により、将来的に課題解決への貢献が特に見込まれると審査委員が認めたもの」である。

https://space-data-challenge.nedo.go.jp/green_earth/index.html



参考文献

- 1) 小池 俊雄, 中村 茂, Cho Thanda Nyunt, 牛山 朋来, Rasmy Mohamed, 玉川 勝徳, 伊藤 弘之, 池内 幸司, 生駒 栄司, 喜連川 優 : 発電ダムの洪水調節と発電操作支援システム, 土木学会論文集 B1 (水工学) , 77 巻 , 2 号 , p. I_79-I_84, 2021. https://doi.org/10.2208/jscejhe.77.2_I_79
- 2) 中村 茂, 小池 俊雄, Cho Thanda Nyunt, 牛山 朋来, Mohamed Rasmy, 玉川 勝徳, 伊藤 弘之, 池内 幸司, 生駒 栄司, 喜連川 優 : 長期・短期アンサンブル予測を組み合わせた発電ダムの操作支援システム, 土木学会論文集 B1 (水工学) , 78 巻 , 2 号 , p. I_1195-I_1200, 2022. https://doi.org/10.2208/jscejhe.78.2_I_1195
- 3) 玉川 勝徳, MOHAMED Rasmy, NASEER Asif, 牛山 朋来, 中村 茂, Cho Thanda NYUNT, MOIZ Abdul, 大沼 克弘, 小池 俊雄, 犀川流域におけるダム流入量のアンサンブル予測手法の検討, 土木学会論文集 B1 (水工学) , 77 巻 , 2 号 , p. I_61-I_66, 2021. https://doi.org/10.2208/jscejhe.77.2_I_61
- 4) Tamakawa, K.; Nakamura, S.; Nyunt, C.T.; Ushiyama, T.; Rasmy, M.; Kubota, K.; Naseer, A.; Ikoma, E.; Nemoto, T.; Kitsuregawa, M.; Koike, T. Investigation of an Ensemble Inflow-Prediction System for Upstream Reservoirs in Sai River, Japan. Water 2024, 16, 2577. <https://doi.org/10.3390/w16182577>

(4) 波及効果

カーボンニュートラル政策の推進に対応し、電力事業者は未利用水資源を活用した新規開発や設備更新時の高効率水車への取り換えなどによる水力発電の出力・効率の向上を図る取り組みを進めている。再生エネルギーの増産は、水害軽減と共に、社会にとって最重要課題であり、両者を並行して推進する方策の開発が期待される。

本研究は、長期のアンサンブル降水予測に基づき発電ダム発電機能の向上を目的として実施した。カーボンニュートラル政策の推進による再生エネルギーの増産へ貢献するもので我が国のみならず、全世界において裨益するところが極めて大きい。

本 DIAS 解析環境利用共同研究（無償）課題から派生し、世銀の Dam Safety プロジェクトへの案件形成につながった。

(5) 業績（口頭・ポスター発表、論文発表、受賞、講演等）

■査読付き論文発表

- 1) 中村 茂, 小池 俊雄, Cho Thanda Nyunt, 牛山 朋来, Mohamed Rasmy, 玉川 勝徳, 伊藤 弘之, 池内 幸司, 生駒 栄司, 喜連川 優: 長期・短期アンサンブル予測を組み合わせた発電ダムの操作支援システム, 土木学会論文集 B1 (水工学), 78 巻, 2 号, p. I_1195-I_1200, 2022. https://doi.org/10.2208/jscejhe.78.2_I_1195
- 2) Tamakawa, K.; Nakamura, S.; Nyunt, C.T.; Ushiyama, T.; Rasmy, M.; Kubota, K.; Naseer, A.; Ikoma, E.; Nemoto, T.; Kitsuregawa, M.; Koike, T. Investigation of an Ensemble Inflow-Prediction System for Upstream Reservoirs in Sai River, Japan. Water 2024, 16, 2577. <https://doi.org/10.3390/w16182577>
- 3) Itagaki, O., Ohara, M., and Koike, T.: Study on a flood damage reduction countermeasure by installing a spillway on a riverine levee for promoting the initiative of River Basin Disaster Resilience and Sustainability by All, Proc. IAHS, 386, 153–158, <https://doi.org/10.5194/piahs-386-153-2024>, 2024
- 4) Jayasinghe, R. I., Rasmy, M., and Koike, T.: Significance of Having Integrated Water Resource Plan in a Complex Watershed System for Better Water Management during Covid Pandemic: The Case of Mahaweli River Basin, Proc. IAHS, 386, 291–297, <https://doi.org/10.5194/piahs-386-291-2024>, 2024.

■土木技術資料

- 1) 玉川勝徳, アブドゥル・ワヒド・モハメッド・ラシミ, 久保田啓二郎, 小池俊雄 : 気候レジリエンスと持続可能性の支援にむけた水文モデル開発戦略、土木技術資料, 令和4年10月号, p.8_11.

■ポスター発表

- 1) 1) Katsunori Tamakawa, Shigeru Nakamura, Cho Thanda Nyunt, Tomoki Ushiyama, Mohamed Rasmy, Asif Naseer, Abdul Moiz, Katsuhiko Onuma, Toshio Koike: Investigation of ensemble reservoir inflow prediction system in Sai River, Japan, The 9th International Conference on Flood Management (ICFM9), Tsukuba Japan, Feb, 2023.

■講演など

- 1) 小池俊雄：江合・鳴瀬・吉田川 流域治水シンポジウム（大崎市）、基調講演「誇りある地域づくりと流域治水の取り組みについて」、令和5年7月5日
- 2) 小池俊雄：第122回 GRIPS Innovation, Science and Technology Program セミナー（政策研究大学院大学）、講演 “River Basin Disaster Resilience and Sustainability by All – A typical practice of the Society 5.0”、令和5年9月14日
- 3) 小池俊雄：令和5年11月9日、令和5年度日本海沿岸地帯振興促進議員連盟・日本海沿岸地帯振興連盟「特別講演会」（富山県）、講演「気候変動を踏まえた日本海沿岸地域における水害対策のあり方」
- 4) 小池俊雄：令和5年度研修「事例から学ぶ水災害に備えた市町村の対応」～ 流域治水の取り組み ～(全国建設研修センター)、特別講話-激甚化する水災害に平常時から備えることの重要性-、令和6年1月17日
- 5) 小池俊雄：第9回全球エネルギー水循環プロジェクト国際会議（GEWEX 国際事務局）、講演 “Leveraging Hydrology to Enhance Climate Resilience” 令和6年7月11日
- 6) 小池俊雄：令和6年度研修「水災害対策（危機管理と流域治水）」(全国建設研修センター)、特別講話-激甚化する水災害に平常時から備えることの重要性-、令和7年1月22日
- 7) 小池俊雄：いのちをつなぐ水と流域・地球市民フォーラム in Tokyo 2025（いのちをつなぐ水と流域・地球市民対話プロジェクト 推進委

員会)、講演「水災害レジリエンスとサステナビリティーby All による
自律分散協調社会ー」、令和7年2月22日

■受賞

- 1) 審査員特別賞：「NEDO懸賞金活用型プログラム／衛星データを活用したソリューション開発／NEDO Challenge, Satellite Data for Green Earth」テーマ2：エネルギーマネジメント基盤構築、2025年1月23日。
提案名称 「「降雪・積雪・融雪量」のリアルタイム解析プラットフォーム構築～高精度、高時間、高空間分解能で日本から世界へ～」
https://space-data-challenge.nedo.go.jp/green_earth/index.html

以上