

戦略的国際共同研究プログラム（SICORP）

日本－タイラオス共同研究

終了報告書 概要

1. 研究課題名：「ダム貯水池の動的運用による統合水資源管理」
2. 研究期間：令和 3 年 4 月～令和 6 年 3 月
3. 主な参加研究者名：

日本側チーム

	氏名	役職	所属	研究分担
研究代表者	沖 大幹	教授	東京大学	WP1
主たる 共同研究者	手計 太一	教授	中央大学	WP2
主たる 共同研究者	乃田 啓吾	准教授	東京大学	WP3
研究参加者	吉田 貢士	教授	東京大学	WP4
研究参加者	加藤 亮	教授	東京農工大学	WP5
研究参加者	鼎 信次郎	教授	東京工業大学	WP6
研究期間中の全参加研究者数				37 名

相手側チーム

	氏名	役職	所属	研究分担
研究代表者	Somchit Amnatsan	Director	Royal Irrigation Department	WP1,2,6
主たる 共同研究者	Adisorn Champathong	Director	Royal Irrigation Department	WP1,2,6
研究参加者	Anucha Chaihung	Hydrologist	Royal Irrigation Department	WP1,2,6
研究期間中の全参加研究者数				3 名

相手側チーム

	氏名	役職	所属	研究分担
研究代表者	Keoduangchai Keokhamphui	Vice Dean	National University of Laos	WP1,3,4,5
研究参加者	Sinsay Vongphachan	Lecturer	National University of Laos	WP1,3,4,5
研究参加者	Phetyasone Xaypanya	Lecturer	National University of Laos	WP1,3,4,5
研究参加者	Kaykeo Keokhamphui	Lecturer	National University of Laos	WP1,3,4,5
研究参加者	Mary Padymanivong	Lecturer	National University of Laos	WP1,3,4,5
研究期間中の全参加研究者数				5 名

4. 国際共同研究の概要

本研究の目的は、気象・気候データの大規模データを利用した AI やディープラーニングを援用し開発されるダムへの流入量予測を組み込んだダム運用モデルへの実装である。

具体的には、日本側チームは、ダムへの流入量予測と水需要予測や水質、灌漑・排水の情報をういたダム運用モデルを検証する。タイ国側チームは、ダムへの流入量予測に必要な気象・気候データの収集とデータベース整備、ダム運用モデルに組み込むことを可能と

する河川モデル開発を主導する。ラオス国側チームは、日本国が主導する水需要予測や水質・灌漑・排水の情報作成に必要な情報を収集する。

これらの 3 か国の共同研究を通じて、最適な貯水池運用の実装による水管理の安定化とそれによる SDGs 目標 6（6.4、6.5、6.a）の達成と、若手人材の育成が期待できる。

5. 国際共同研究の成果

5-1 国際共同研究の学術成果および実施内容

本研究で対象とした東北タイだけではなく、タイで最も重要なチャオプラヤー川流域にも適用できないかということでタイ国内の別流域や別貯水池に波及している。

e-ASIA プロジェクトを通じて、ラオス国ではため池の洪水緩和機能・水質浄化機能に関する研究へと発展し、タイ国では天水稲作の作付け時期推定モデルの精緻化に関する研究へと発展しており、波及効果は高いと判断した。

国際共同研究が進んだことにより、水田の持つ生態系サービスへの理解が進んだ。特に、都市化の進行に伴う水田面積の減少メカニズムの解明と、生態系サービスの減少の定量化については、国内の研究のみならず今後の水田農業を行う様々な国において応用可能である。その波及効果として、**SDGs** 目標の 6、11、15 に貢献することができる。

一方、人材育成の観点からも、タイ及びラオスで貢献した。具体的には、タイ王立灌漑局の研究者に論文博士を取得させたことや、ラオス国立大学の教員のスキルアップ（国際プロジェクト（韓国）の構築を含む）に寄与したことが挙げられる。

5-2 国際共同研究による相乗効果

同時期に実施していた他プロジェクトとの相乗効果として、ダム操作モデルの気候変動が、適応策の一つとしての位置づけだけではなく、近年日本で推進されている流域治水の対策の一つとして、位置づけられるようになっており、本研究のダム操作モデルの研究成果が、他プロジェクトでの成果との連携があったことが挙げられる。

5-3 国際共同研究成果の波及効果と今後の展望

WP3 で示した環境用水需要量は、灌漑用のポンプ、水路等の農業水利施設のキャパシティと比較して実現可能な値であった（ハード面）。その一方で、施設の運用に関しては、多セクター間での協働が必要となり、今後の検討が必要である。

WP3 では、国費留学生の **e-ASIA** 枠でラオス国立大学から 1 名を修士課程に受け入れた。受け入れた学生は、修士課程修了後、ラオス国立大学の教員となる予定であり、今後の共同研究の更なる発展に貢献が期待できる。

e-ASIA プロジェクトでは、ラオス国のナムグム川流域およびマクヒアオ川流域における水・窒素動態に関する研究を推進したが、洪水緩和および水質浄化機能を持つため池の評価に関する研究が立ち上がり、科研費（基盤 **B**）の支援のもと進行している。首都ビエンチャンでは人口増加と都市域の拡大により、自然の浄化機能を上回る汚濁物質が排水河川に流出し、水環境が悪化しつつある。現在、ビエンチャン近郊のため池 10 か所を選定し、現地調査を行い、ため池が有する洪水緩和および水質浄化機能の定量評価を進めている。また、**e-ASIA** プロジェクトではタイ国東北部のランパオダムを対象に作物生長モデルを構築したが、現在は東京大学の **SPRING-GX** 予算の支援を受けて、博士課程の学生が田植え時期をより正確に表現するため、農家の労働力配分・農地配分に関する意思決定をも統合したモデルへと改良を行っている。

都市化の進行に伴う水田面積の変動について、現地の研究機関であるラオス国立大学との国際共同研究を通じて、その実態と変動メカニズムに関する知見を得ることができた。東南アジアを含め、人口増加は全球でのトレンドであるが、農業セクターのみに焦点を当てると、労働者や担い手の不足が懸念されている。そのような理由から、国のレベルでは食料需給がひっ迫していても、水田面積の減少は地域的には起こりうる現象である。水田面積の減少は、生態系サービスの減少を引き起こしており、本国際共同研究は、水田栽培

がおこなわれている他国への展開も期待できる。

具体的な波及効果として、ビエンチャン市内の水田面積の推移の解析を通じ、今後のビエンチャン市のマスタープランに貢献することができ、将来的な土地利用計画（SDGs 目標 6、11、15）の中で水田面積を戦略的に保全し生態系サービスを維持することが期待できる。実用的なダム流入量予測へと至るには、より一層の精度の向上および、現地でも操作が容易可能な情報システムの作成が必須であろう。本研究の期間にはそういった真の社会実装にまでは至らなかったが、この度の国際共同研究を通して得られた知見および人脈を活用し、そういった一層の精度向上や操作が容易なシステムの開発を進めた上で、将来の社会実装を目指したいと考えている。より長期で高精度のダム流入量予測が可能となれば、現地の水資源管理および洪水減災は、日本でいうところの **Society5.0** のような新たなステージへと至ることになるであろう。また、日本側研究者はほぼ全員、大学関係者であったということから、人材育成については今後もますますの貢献が期待できる。たとえば流入量予測については、本研究の直接のカウンターパートおよびその周囲の研究者から、若手研究者や若手大学院生を日本へと派遣してもらうことが考えられる。短期の技術交流もありえるだろうし、学位取得を目的とした本格的な長期の留学もありえる。こういった国際交流を通しての人材育成に一層の貢献が可能と考えられ、そのための足掛かりが本国際共同研究で得られたといえよう。また、これら研究面の今後の進展や今後の人材育成は、間違いなく **SDGs** にも貢献するものであり、それは当該分野の特性からして疑いのないところであると考ええる。

Strategic International Collaborative Research Program (SICORP)
Japan—Thailand—Laos Joint Research Program
Executive Summary of Final Report

1. Project title : 「Integrated water resources management with wise reservoir operation」
2. Research period : April 2021 ~ March 2024
3. Main participants :
Japan-side

	Name	Title	Affiliation	Role in the research project
PI	Taikan Oki	Professor	The University of Tokyo	WP1
Co-PI	Taichi Tebakari	Professor	Chuo University	WP2
Co-PI	Keigo Noda	Assoc. Prof.	The University of Tokyo	WP3
Collaborator	Koshi Yoshida	Professor	The University of Tokyo	WP4
Collaborator	Tasuku Kato	Professor	Tokyo University of Agriculture and Technology	WP5
Collaborator	Shinjiro Kanae	Professor	Tokyo Institute of Technology	WP6
Total number of participants throughout the research period:				37

Partner-side

	Name	Title	Affiliation	Role in the research project
PI	Somchit Amnatsan	Director	Royal Irrigation Department	WP1,2,6
Co-PI	Adisorn Champathong	Director	Royal Irrigation Department	WP1,2,6
Collaborator	Anucha Chaihung	Hydrologist	Royal Irrigation Department	WP1,2,6
Total number of participants throughout the research period:				3

Partner-side

	Name	Title	Affiliation	Role in the research project
PI	Keoduangchai Keokhamphui	Vice Dean	National University of Laos	WP1,3,4,5
Collaborator	Sinsay Vongphachan	Lecturer	National University of Laos	WP1,3,4,5
Collaborator	Phetyasone Xaypanya	Lecturer	National University of Laos	WP1,3,4,5
Collaborator	Kaykeo Keokhamphui	Lecturer	National University of Laos	WP1,3,4,5
Collaborator	Mary Padymanivong	Lecturer	National University of Laos	WP1,3,4,5
Total number of participants throughout the research period:				5

4. Summary of the international joint research

The objective of this study is to implement a dam operation model that incorporates dam inflow forecasting, which will be developed using AI and deep learning with the aid of large-scale weather and climate data.

Specifically, the Japanese team will validate a dam operation model that uses inflow forecasting, water demand forecasting, water quality, and irrigation and drainage information. The Thai team will lead the collection and database development of meteorological and climatic data necessary for dam inflow forecasting, and the development of a river model that can be incorporated into the dam operation model. The Lao side team will collect information necessary for water demand forecasting, water quality, and irrigation and drainage information to be led by Japan.

Through these three countries' joint research, it is expected to stabilize water management through the implementation of optimal reservoir operations and thereby achieve SDGs Goal 6 (6.4, 6.5, 6.a), and to develop young human resources.

5. Outcomes of the international joint research

5-1 Scientific outputs and implemented activities of the joint research

The project has spread to other watersheds and reservoirs in Thailand to see if it can be applied.

Through the e-ASIA project, research on the flood mitigation and water purification functions of reservoirs in Laos has developed, and research on the refinement of the rain-fed rice planting season estimation model in Thailand has progressed, and the ripple effect is considered high.

International joint research has advanced our understanding of the ecosystem services provided by rice paddies. In particular, the clarification of the mechanism of the decrease in the area of rice paddies due to urbanization and the quantification of the decrease in ecosystem services can be applied not only in domestic research but also in various countries that will conduct rice paddy agriculture in the future. As a spillover effect, it can contribute to SDG 6, 11, and 15.

On the other hand, from the viewpoint of human resource development, the project also made contributions in Thailand and Laos. Specifically, the project has resulted in the acquisition of a doctoral thesis from the Royal Irrigation Department of Thailand and capacity building of faculty members at the National University of Laos.

5-2 Synergistic effects of the joint research

As a synergistic effect with other projects conducted at the same time, climate change in dam operation models is now positioned not only as one of the adaptation measures but also as one of the basin flood control measures that have been promoted in Japan in recent years. The results of this research on dam operation models are linked to the results of other projects.

5-3 Scientific, industrial or societal impacts/effects of the outputs

The environmental water demand shown in WP3 was feasible compared to the capacity of agricultural water use facilities such as irrigation pumps and canals (hardware). On the other hand, the operation of the facilities will require multi-sectoral collaboration, which will require further study.

In WP3, one student from the National University of Laos was accepted into the master's program under the e-ASIA framework for Japanese Government Scholarship supporting foreign students. The accepted student is scheduled to become a faculty member of the National University of Laos after completing the master's course and is expected to contribute to further development of joint research in the future.

The e-ASIA project promoted research on water and nitrogen dynamics in the Nam Ngum and Makhiau River basins in Laos, and a study on the evaluation of reservoirs with flood mitigation and water purification functions was initiated and is underway with support

from Grant-in-Aid for Scientific Research (B). In Vientiane, the capital city of Laos, population growth and expansion of the urban area have resulted in the discharge of pollutants into drainage rivers that exceed the natural purification function, and the water environment is deteriorating. Currently, 10 reservoirs in the suburbs of Vientiane have been selected and field surveys are being conducted to quantitatively evaluate the flood mitigation and water purification functions of the reservoirs. PhD. student is currently improving the model to represent the timing of rice planting more accurately by integrating farmers' labor allocation and farmland allocation decision making.

Through international joint research with the National University of Laos, a local research institute, we have gained knowledge on the actual situation and the mechanism of change in the area of rice paddies as a result of ongoing urbanization. Population growth is a global trend, including in Southeast Asia, but focusing only on the agricultural sector, there is concern about a shortage of workers and bearers. For this reason, even if food supply and demand is tight at the national level, a decrease in paddy field area is a possible regional phenomenon. The decrease in rice paddy area is causing a decrease in ecosystem services, and this international joint research can be expected to be extended to other countries where rice paddy cultivation is practiced.

As a specific ripple effect, the analysis of changes in paddy field area in Vientiane City can contribute to the future master plan of Vientiane City, which is expected to strategically conserve paddy field area and maintain ecosystem services in the future land use plan (SDG 6, 11, and 15).

To reach a practical dam inflow forecast, it will be necessary to further improve the accuracy and create an information system that can be easily operated in the field. Although we were not able to achieve such true social implementation during the period of this research, we would like to utilize the knowledge and human networks obtained through this international joint research to further improve the accuracy and develop an easy-to-operate system, and then aim for social implementation in the future. If longer-term and more accurate dam inflow forecasting becomes possible, local water resource management and flood mitigation will reach a new stage, similar to what is called Society 5.0 in Japan. In addition, since almost all of the Japanese researchers were from universities, further contributions to human resource development can be expected in the future. For example, for inflow forecasting, young researchers and young graduate students could be sent to Japan from the direct counterparts of this study and their surrounding researchers. There could be short-term technical exchanges, and there could also be full-scale, long-term study abroad programs for the purpose of obtaining degrees. This international joint research has provided a foothold for further contribution to human resource development through such international exchange. In addition, future progress in research and human resource development will undoubtedly contribute to the SDGs, which is unquestionable given the characteristics of this field.

国際共同研究における主要な研究成果リスト

1. 論文発表等

＊原著論文（相手側研究チームとの共著論文）発表件数：計 1 件

・査読有り：発表件数：計 1 件

- 1) Koshi Yoshida, Keigo Noda, Task Kato and Keoduangchai Keokhamphui: Impact Assessment of New Dam Construction in Nam Ngum Watershed on Electric Generation at Num Ngum 1 Dam, International Journal of Environmental and Rural Development, 14(1), 112-118, 2023 10.32115/ijerd.14.1_112

・査読無し：発表件数：計 0 件

＊原著論文（相手側研究チームを含まない日本側研究チームの論文）：発表件数：計 12 件

・査読有り：発表件数：計 12 件

- 1) Koshi Yoshida, Supranee Sritumboon, Mallika Srisutham, Koki Homma, Masayasu Maki and Kazuo Oki, Climate change impact on soil salt accumulation in Khon Kaen, Northeast Thailand, Hydrological Research Letters, 15(4), 92-97, 2021
- 2) Xiaolan Lin, Sadao Eguchi, Shigeya Maeda, Koshi Yoshida and Hisao Kuroda, Combined effects of oxygen and temperature on nitrogen removal in a nitrate-rich ex-paddy wetland, Science of the Total Environment, 779, 146254, 2021
- 3) 吉田貢士・本間香貴・牧雅康・前田滋哉・黒田久雄、コメ単収・収穫面積推定モデルを用いたタイ国雨季米生産量の将来予測、応用水文[論文編]、33、1-10、2021
- 4) 加藤亮・乃田啓吾・木村匡臣・大倉英美・堀切友紀子・小山知昭、ラオス国首都近郊の水環境整備におけるグリーンインフラの実装可能性、水土の知（農業農村工学会誌）、89(11)、843-846、2021
- 5) Hiroki Kawai, Md. Khoiru Zaki, and Keigo Noda, Geographical and seasonal characteristics of APHRODITE and GSMaP in Lao P.D.R., IOP Conference Series, Earth and Environmental Science, 724, 012045, 2021
- 6) Daisuke Tokuda, Hyungjun Kim, Dai Yamazaki, and Taikan Oki, Development of a coupled simulation framework representing the lake and river continuum of mass and energy (TCHOIR v1.0), Geosci. Model Dev., 14, 5669–5693, 2021
- 7) 加藤亮・国井大輔・橋本禪・吉川夏樹・東樹宏和・大澤剛士・杉原創・神井弘之、生態系サービス評価に向けた環境データ集積と統合化に関する研究、水土の知（農業農村工学会誌）、90（9）、695-700、2022
- 8) Koshi Yoshida, Issaku Azechi, Toshiaki Iida, Impact Analysis of Population Growth and Fertilizer Use on Nitrogen Runoff in Nam Ngum Basin, Laos, International Journal of Environment and Rural Development, 13(1), 176-183, 2022
- 9) 中村駿太・手計太一、タイにおける 32 基の貯水池運用カタログ、水文・水資源学会誌、36(2)、139-146、2023
- 10) 中村駿太・手計太一、タイ東北部 Chi 川流域における治水・利水の両面を満足する複数貯水池運用方法の提案、土木学会論文集 B1（水工学）、80(16)、23-16143、2023
- 11) 東儀奈樹・梶山青春・鼎信次郎、タイ国における事前学習済みの Transformer モデルを用いたダム流入量予測、土木学会論文集 B1（水工学）、80(16)、23-16148、2024
- 12) Shunta Nakamura and Taichi Tebakari, A reservoir operation based on simple inflow prediction for flood control and water resources management in the Chi River Basin, Northeastern Thailand, Hydrological Research Letters, in press

・査読無し：発表件数：計 0 件

※その他の著作物（相手側研究チームとの共著総説、書籍など）：発表件数：計 0 件

※その他の著作物（相手側研究チームを含まない日本側研究チームの総説、書籍など）：発表件数：計 1 件

- 1) Emmanuel Okiria, Md. Khoiru Zaki and Keigo Noda, A Review of Payment for Ecosystem Services (PES) in Agricultural Water: Are PES from the Operation of Agricultural Water Control Structures Ubiquitous?, Sustainability, 13, 12624, 2021

2. 学会発表

※口頭発表（相手側研究チームとの連名発表）

発表件数：計 2 件（うち招待講演：0 件）

※口頭発表（相手側研究チームを含まない日本側研究チームの発表）

発表件数：計 33 件（うち招待講演：3 件）

※ポスター発表（相手側研究チームとの連名発表）

発表件数：計 0 件

※ポスター発表（相手側研究チームを含まない日本側研究チームの発表）

発表件数：計 14 件

3. 主催したワークショップ・セミナー・シンポジウム等の開催

- 1) 2021/4/30 The University of Tokyo, WISE Kick Off Meeting, Online
- 2) 2022/2/21～2022/2/25 Royal Irrigation Department, Training workshop on assessment of runoff and inundation using Rainfall-Runoff-Inundation Model (RRI Model), Royal Irrigation Department (Bangkok, Thailand)
- 3) 2022/5/26 The University of Tokyo, WISE 2nd International Meeting, Online
- 4) 2022/9/19 Chuo University, The University of Tokyo, 1st Japan-Thailand Hydrology Seminar, Royal Irrigation Department (Bangkok, Thailand)
- 5) 2022/12/1～2022/12/3 The University of Tokyo, Royal Irrigation Department, National University of Laos, Partner Session, International Conference on Water Security and Climate Change, Novotel Bangkok Future Park Rangsit (Hybrid), (Rangsit, Thailand)
- 6) 2022/12/4～2022/12/5 The University of Tokyo, WISE 3rd International Meeting, Khon Kaen RID Regional Office (Khon Kaen, Thailand)
- 7) 2023/12/3～4 The University of Tokyo, WISE 4th International Meeting, Crown Plaza Hotel (Vientiane, Laos)

4. 研究交流の実績（主要な実績）

COVID-19 の影響を大きく受けたため、想定よりも規模は小さいものとなった。主に日本側が研究調査、打合せのため、タイやラオスへ出張を行った。その一方でオンライン或いはハイブリッドでのシンポジウムの開催形式をとることで、制約条件の多い中で最大限の交流が可能となるよう工夫した。

5. 特許出願

研究期間累積出願件数：0 件

6. 受賞・新聞報道等

サイエンスポータル「都市化で変わりゆく米作り 最適な水利用に地域の理解を【今に息づく 和の伝統】」 2023 年 10 月 25 日

7. その他