

jh230024

日本全国のため池の治水利用の評価

風間聡（東北大学工学研究科）

概要

ため池による治水を実現するために、ため池の貯水量を考慮した洪水解析を行った。洪水制御に対する効果は、貯水池貯留率を変化させて実行される洪水解析によって求めた。解析結果に基づいて日本の水害被害額を試算した。3つの社会経済経路 (SSP) (SSP1-2.6, SSP2-4.5, および SSP5-8.5) を使用して、将来の気候条件下での貯水池の洪水制御の可能性を評価した。ため池が空の場合、日本全国のため池利用による被害額削減率は1.1%~2.3%と小さかったが、シナリオにおいても被害額削減率はほぼ変わらなかった。また、一部の県では高い被害額削減効果が見られた。北日本や西日本の多くの県では、ため池による治水によって被害を軽減できる可能性が高かった。一部の県では代替適応戦略と同様の削減レベルが見られた。関東地方では、ため池による治水は被害を軽減する可能性が低かった。ため池の貯水能力が低い都道府県の中でも、被害を軽減する可能性は高い。

1. 共同研究に関する情報

(1) 共同利用・共同研究を実施している拠点名

東北大学 サイバーサイエンスセンター

(2) 課題分野

大規模計算科学課題分野

(3) 共同研究分野 (HPCI 資源利用課題のみ)

超大規模数値計算系応用分野

(4) 参加研究者の役割分担

風間聡, 東北大学, 洪水氾濫モデル開発
滝沢寛之, 東北大学, 数値計算高速化
平賀優介, 東北大学, 洪水氾濫モデル開発
柳原駿太, 東北大学, 洪水氾濫モデル開発
池本敦哉, 東北大学, ため池モデル開発

2. 研究の目的と意義

ため池の効果を反映するモジュールの開発を行うとともに、このモジュールを含めた洪水氾濫シミュレーションの高速化を図る

ことを目的とする。また、高速化した洪水氾濫シミュレーションを用いて、日本全国を対象に、複数の将来シナリオを用いた気候変動下のため池の洪水被害軽減効果の評価やその他の治水対策の効果との比較を行うことも目的とする。

激甚化が懸念される洪水被害に対応するため、日本では令和3年3月に国、流域自治体、企業などが協働し、各水系で重点的に実施する治水対策の全体像を取り纏めた流域治水プロジェクトが公表・策定された。流域治水プロジェクトにおいて、本来治水目的の既存ストックである「ため池」の治水利用が挙げられた。先行研究は限られた地域を対象としており (吉迫ら[2013], 田中丸ら[2020]), 日本全国を対象とした包括的な評価は行われていない。包括的な評価により、ため池の治水利用の推進すべき地域の特定、ため池の洪水被害軽減の効果、ならびに気候変動の対策効果など定量的な効果を知ることができ社会的意義がある。

3. 当拠点の公募型共同研究として実施した意義

研究目的を達成するためには、洪水予測・評価の数値シミュレーションの高速化が不可欠であり、その開発のための計算機資源が必要である。これまでの研究により、特に日本全域の計算には、地方または流域に分ける並列化による高速化の効果が高いことがわかっている。しかし、全国で 20 万以上存在するため池の治水利用による洪水被害軽減効果を評価するためには、これまで本共同研究利用で開発してきた 250 m 解像度の日本全国洪水氾濫シミュレーションシミュレーションに、ため池の治水効果を反映するモジュールを含む高速化されたモデルが必須である。東北大学サイバーサイエンスセンターが有する計算負荷分散の自動最適化と治水の計算手法を合わせた学際性の課題として学術的意義がある。

4. 前年度までに得られた研究成果の概要

該当しない

5. 今年度の研究成果の詳細

5.1 基盤モデル

2021 年度の風間の計算 (jh210001) では河川からの氾濫である外水氾濫を取り扱っている。本研究はこの計算手法にため池のモジュールを加えて同じアルゴリズムによって洪水被害の軽減とその不確実性について考察した。

5.2 データセット

将来気候における確率洪水寄与降雨分布を推定するため、第 6 期結合モデル相互比較プロジェクト (CMIP6) をベースにした Cumulative Distribution Function-based Downscaling Method (CDFDM 手法) による日本域バイアス補正気候シナリオデータ (以下, NIES2020) を使用した。NIES2020 から、5 つの GCM (MRI-ESM2-0, MIROC6, ACCESS-CM2,

IPSL-CM6A-LR, MPI-ESM1-2-HR) と 3 つの SSP と放射強制力を組み合わせたシナリオ (SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP5-8.5) の日降水量を取得した。取得した日降水量データの空間解像度は 1 km である。SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP5-8.5 は, O'Neill et al. (2024) により不確実性を幅広くカバーするとともに重要なシナリオとして示されている。本研究は、不確実性を考慮し重要度の高い SSP について議論するために、SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP5-8.5 の日降水量を用いた。Shiogama et al. (2025) は、5 つの GCM が CMIP6 のレンジを示すように選ばれたものであることを示している。このため、本研究は、5 つの GCM を用いた。降雨データの期間はそれぞれ、2031 年から 2050 年 (近未来気候)、2081 年から 2100 年 (21 世紀末気候) の 3 期間とした。

ため池防災支援システムのデータは国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 (農研機構) から提供いただいた。このため池防災支援システムのデータに記載されていない灌漑専用ダムが確認されたため、国土数値情報が公開している平成 26 年のダムデータ (W01-05) から、ため池支援システムのデータに記載されていない灌漑専用ダムを加えた。異なるデータを確実に加えるため、ため池のデータに記載されていない灌漑専用ダムは、ため池のデータに記載されている座標を中心とし緯度経度に対して 1/60 度以上離れていること、ため池の総貯水量と灌漑専用ダムの総貯水量の差がため池の総貯水量の 20%以上であること、を満たすダムとした。ダムデータの中の対象は、灌漑専用ダム 1214 基のうち 577 基であった。残りの 637 基は、ため池防災支援システムのデータに計上されていた。本研究では、ため池防災支援システムのデータに国土数値情報から取得した灌漑専用ダムを加えたデータをため池データとして使用した。このため、本研究のため池データは、農業用ため池とは異なる。

5.3 解析方法

氾濫被害の計算方法は昨年の風間の手法 (jh210001) と同一である。洪水氾濫計算において、浸水深算出のために二次元不定流モデルを用いた。空間解像度は5次メッシュ(約250m 四方) 解像度を用いた。日本全域を同時に氾濫解析するとともに、河川と氾濫原は区別せずにデカルト座標系の二次元不定流モデル (Tezuka et al., IJDRR, 2014) を適用して解析を行った。日極値降雨データを24時間で一定強度に与えて解析を行った。二次元不定流モデルにおいて、家屋は流体が浸入しない領域と仮定し、家屋の抵抗を考慮することとした。氾濫解析に用いたパラメータは Tezuka らの手法と同様である。

5 次メッシュの標高データを用いて洪水氾濫解析を行った場合、窪地において実現象として考え難い浸水が発生することが指摘されている。本研究は、全土地利用を対象に、以下の方法によって窪地を除去した。窪地セルの標高を、窪地セルに隣接する4方位のセルのうち、最低標高のセルに流出先を確保するように変更した。また、河床標高を隣接する4方位の河床標高を用いて移動平均することにより平滑化し、河道内の水の流れをスムーズにした。平滑化の対象とする河川は、次節に記す治水安全度を設定する河川である。平滑化による新たな窪地の発生を防ぐため、河川上の窪地を除去することで、水の流出先を河川に限定させた。

ため池データの緯度経度地点のセルに存在するため池の総貯水量の総和を算出した。これは、同一セル内に、複数のため池が分布する可能性があるからである。ため池が分布しているセルに、総貯水量の総和を250 m×250 m で除した限界貯留高を与えた。モデルでは、ため池が分布しているセルにおける水深が限界貯留高を超えるまで、浸水深が発生しないこととし、ため池の貯留能力を反映する計算モジュールを加えた。最大効果を知るため

計算開始時はため池に貯留していないとした。

5.4 ため池の治水利用による日本全国の洪水被害の軽減

表-1 に、ため池による治水対策を講じた場合の基準気候から将来気候にかけての年期待被害額の増加率を示す。表-1 に示す年期待被害額は、日本全国を対象に求められたものである。青いセルは増加、赤いセルは減少を示す。近未来における SSP2-4.5 (MRI-ESM2-0), 21 世紀末における SSP1-2.6 (MIROC6) の年期待被害額は、基準気候における年期待被害額よりも減少した。年期待被害額は、SSP1-2.6 においては1.8%, SSP2-4.5 においては9.4% 減少した。その他のシナリオにおいては、2.1%~64.5%増加した。SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP5-8.5 のうち、SSP5-8.5 において最も年期待被害額の増加率が高くなった。5つのGCMのうち、ACCESS-CM2 において年期待被害額の増加率が高くなる傾向を示した。

表-2 に、各 GCM におけるため池による治水対策を講じた場合の年期待被害額軽減率を示す。いずれのシナリオにおいても、1.4%~2.8%の被害を軽減する結果となった。最も洪水被害が軽減したシナリオは、近未来における SSP2-4.5 (MRI-ESM2-0) である。被害額軽減率は、表-1 同様、近未来における SSP2-4.5 のシナリオ、21 世紀末における SSP1-2.6 のシナリオにおいて高くなった。一方、基準気候に対するため池による治水対策を講じた場合の年期待被害額の増加率が最も高い、21 世紀末における SSP5-8.5 (ACCESS-CM2) のシナリオにおいて年期待被害額軽減率が低くなった。

ため池による治水対策を講じた場合の都道府県別の年期待被害額軽減率を求めた。不確実性を把握するために、各シナリオに対する5GCM における年期待被害額軽減率の最大値を図-1 に示す。図-1 より、主に西日本において、年期待被害額軽減率の高い傾向があ

表-1 基準気候に対するため池による治水対策を講じた場合の年期待被害額の増加率（単位：%）

scenario	period	ACCESS_CM2	IPSL_CM6A_LR	MIROC6	MPI_ESM1_2_HR	MRI_ESM2-0	GCM_average
SSP1-2.6	近未来	47.1	2.1	16.9	21.0	8.9	19.2
	世紀末	41.9	17.4	-1.8	5.9	2.4	13.2
SSP2-4.5	近未来	42.7	11.3	25.0	10.7	-9.4	16.1
	世紀末	20.3	22.2	20.6	29.3	21.2	22.7
SSP5-8.5	近未来	42.4	10.0	15.1	20.1	16.3	20.8
	世紀末	64.5	23.5	42.6	19.8	29.5	36.0

表-2 ため池による治水対策を講じた場合の年期待被害額軽減率（単位：%）

scenario	period	ACCESS_CM2	IPSL_CM6A_LR	MIROC6	MPI_ESM1_2_HR	MRI_ESM2-0	GCM_average
SSP1-2.6	近未来	1.5	2.4	2.1	2.1	2.3	2.1
	世紀末	1.5	2.2	2.6	2.1	2.3	2.1
SSP2-4.5	近未来	1.6	2.3	1.9	2.2	2.8	2.2
	世紀末	2.0	1.9	1.9	1.8	2.0	1.9
SSP5-8.5	近未来	1.6	2.3	2.0	2.3	2.0	2.0
	世紀末	1.4	2.1	1.5	2.0	1.9	1.8

被害額軽減率 [%]

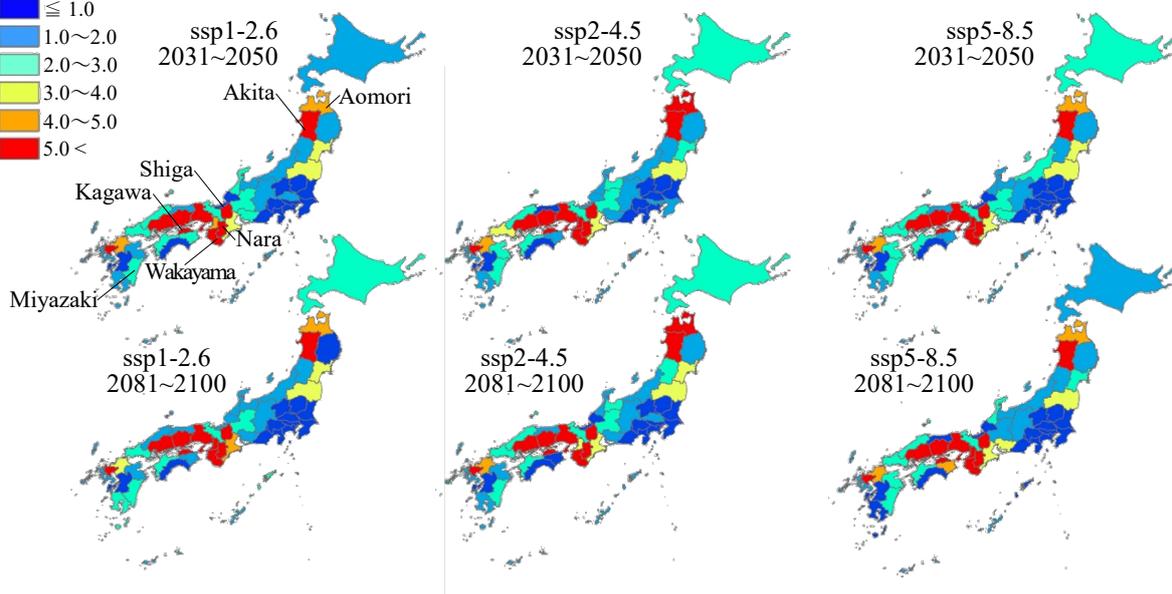
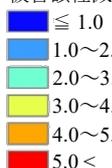


図-1 年期待被害額軽減率（5GCM の最大値）

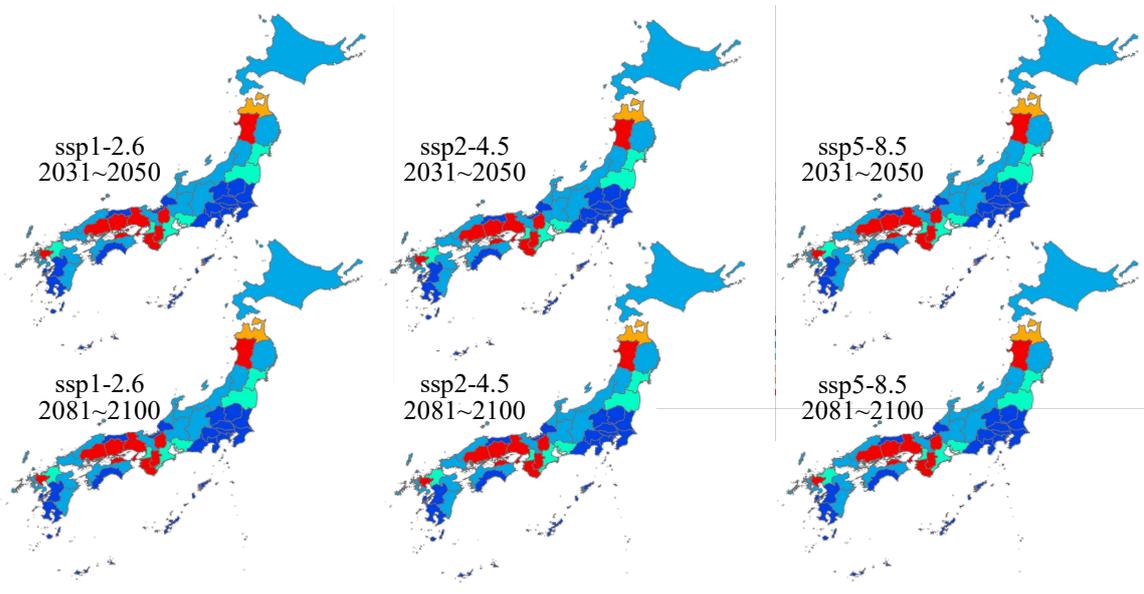


図-2 年期待被害額軽減率（5GCM の平均値）

る。東日本では秋田県、青森県において年期待被害額軽減率の高い傾向が見られた。いずれのシナリオにおいても被害額軽減率は全国的に低い結果となった。また、各シナリオに対する 5GCM における年期待被害額軽減率の平均値 (図-2) を算出した。図-2 に示すように、いずれのシナリオにおいても被害額軽減率の高い県は、主に西日本に分布した。加えて、青森県、秋田県においても被害額軽減率は、比較的高い結果となった。一方、関東地方および関東地方周辺の県において、年期待被害額軽減率が小さい結果となった。

ため池の総貯水量は各県によって異なることから、ため池の治水活用の効果は都道府

県によって異なると考えられる。図-3 に都道府県別の被害額軽減率と県別のため池深さとの関係を示す。県別のため池深さは、各都道府県のため池貯水量を都道府県の面積で除して求めた。都道府県の面積は、国土交通省国土地理院が公表した全国都道府県市区町村別面積調 1) に記載されている値を使用した。図-4 の被害額軽減率は、各シナリオにおける各 GCM の被害額軽減率の平均値、すなわち、図-2 で示した年期待被害額軽減率である。ため池深さに応じた被害額軽減率は、香川県、滋賀県において高い結果となった。宮崎県の被害額軽減率は、比較的ため池深さが大きいにもかかわらず、低い結果となった。

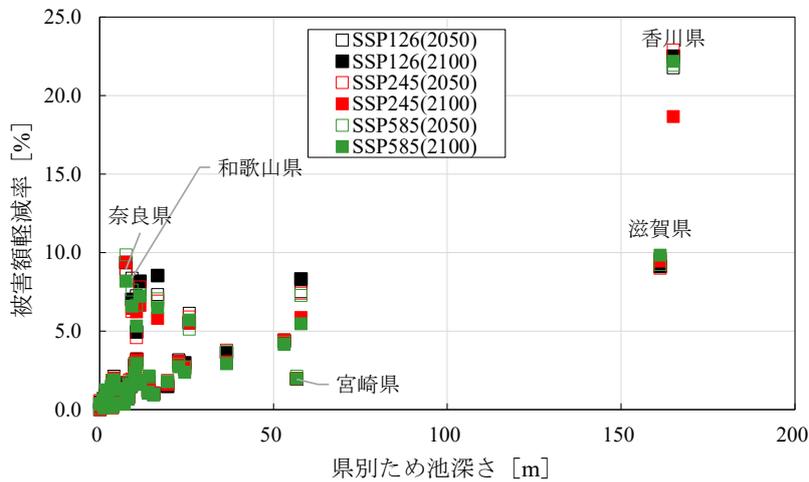


図-3 被害額軽減率とため池の貯水量との関係

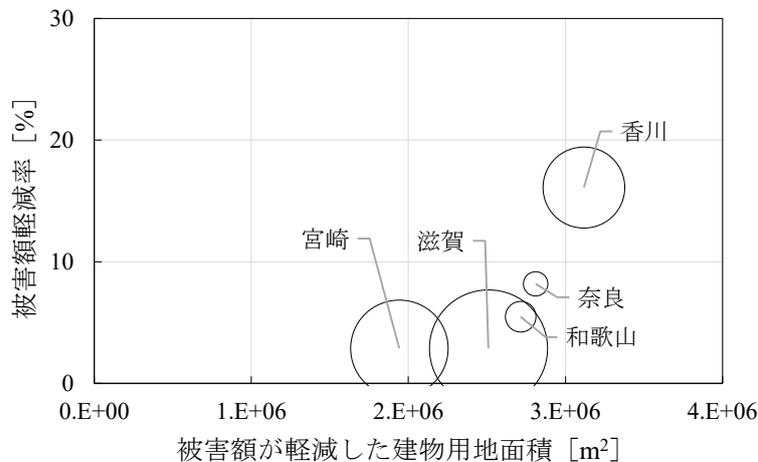


図-4 被害額が軽減した建物用地面積, 被害額軽減率とため池の貯水量との関係

一方、県別ため池深さが小さいにもかかわらず、奈良県、和歌山県や秋田県において、被害額軽減率は高い結果となった。県別ため池深さが大きい県のみならず、小さい県においても、奈良県をはじめ上述した県においては、ため池の治水利用による被害額軽減効果のポテンシャルが高いと推察される。

図-5 に、被害額が軽減した県別の建物用地面積、ため池の被害額軽減率およびため池の貯水量との関係を、図-5 に示す。縦軸の被害額軽減率を算定するために、基準気候における再現期間 200 年の降雨により算定した被害額を使用した。図における円の大きさは、各県のため池の総貯水量の大きさである。建物用地は、土地利用データのうち、最も被害額が大きいため、建物用地に着目した。特に、図-3 において差が見られた、香川県、滋賀県、奈良県および和歌山県に着目し、県別ため池深さと被害額軽減率との関係を示す。香川県は、被害額軽減率が高く、被害額が減少した建物用地面積が大きい結果となった。奈良県、和歌山県において、貯水量が滋賀県、宮崎県より小さいにもかかわらず、被害額が減少した建物用地面積が大きい結果となった。一方、滋賀県および宮崎県は、貯水量が奈良県、和歌山県より大きいにもかかわらず、被害額軽減率および建物用地面積が小さい結果となった。

被害額が軽減した県別の建物用地面積、ため池の被害額軽減率およびため池の貯水量との関係を図-4 に示す。縦軸の被害額軽減率を算定するために、基準気候における再現期間 200 年の降雨により算定した被害額を使用した。図における円の大きさは、各県のため池の総貯水量の大きさである。建物用地は、土地利用データのうち、最も被害額が大きいため、建物用地に着目した。特に、図-3 において差が見られた香川県、滋賀県、奈良県および和歌山県に着目し、県別ため池深さと被害額軽減率との関係を示す。香川県は、被害

額軽減率が高く、被害額が減少した建物用地面積が大きい結果となった。奈良県、和歌山県において、貯水量が滋賀県、宮崎県より小さいにもかかわらず、被害額が減少した建物用地面積が大きい結果となった。一方、滋賀県および宮崎県は、貯水量が奈良県、和歌山県より大きいにもかかわらず、被害額軽減率および建物用地面積が小さい結果となった。

5.5 計算コストの低減

複数の将来シナリオを用いた気候変動下のため池の洪水被害軽減の評価において、降雨 120 パターン×ため池の考慮の有無 2 パターン×土地利用変化の有無 2 パターン×ため池の貯水率 4 パターン×8 ノード時間×1.1 倍=16869 ノード時間の計算資源が必要である。並列化の演算地域を従来の 32 分割から 40 分割することによって、ため池モジュールによる計算負荷の増加割合を抑えることができた。

6. 進捗状況の自己評価と今後の展望

ため池の効果を知るために、多様な気候変動シナリオを条件の組み合わせによって不確実性まで計算することができ計画以上に実施することができた。複数の将来シナリオを用いた気候変動下のため池の洪水被害軽減の評価において、ため池モジュールによる計算負荷の増加割合を抑えることも可能となった。今後は適応策のみならず緩和策と併せて効果を評価し、モジュールを増加させつつ、計算速度の高速化をはかり、地域に応じた効果的な気候変動対策の提案をする予定である。

7. 研究業績

(1) 学術論文 (査読あり)

・Atsuya Ikemoto, So Kazama, Takeo Yoshida, Hayata Yanagihara, Evaluation of an adaptation strategy for flood damage mitigation under climate change through

the use of irrigation reservoirs in Japan,
Water Resources Management, Vol. 37,
pp. 4159–4175, 2023. 6.
DOI:10.1007/s11269-023-03544-72023.

(2) 国際会議プロシーディングス（査読あり）

・ Atsuya Ikemoto, Hayata Yanagihara,
Takeo Yoshida, So Kazama, Evaluation and
Study of Flood Damage Reduction for
Future Flood Control Use of Irrigation
Reservoirs in the View of Local, IAHR2023
proceedings, 2023. 8. 22. Vienna.

(3) 国際会議発表（査読なし）

・ Atsuya Ikemoto, So Kazama, Takeo Yoshida,
Evaluation the carbon dioxide control
effect of hydropower generation using
irrigation reservoirs targeting pre-
discharged water, HS12-A005, AOGS,
2023. 8. 5. Singapore.

・ Atsuya Ikemoto, So Kazama, Takeo Yoshida,
Evaluation of the amount of hydraulic
energy in irrigation reservoirs based on
structural characteristics in western
Japan, The 10th International Symposium
on Water Environment Systems --with
Perspective of Global Safety, pp. 34–35,
2023. 11. 17. Sendai.

(4) 国内会議発表（査読なし）

・ 池本敦哉, 風間聡, 柳原駿太, 吉田武朗, 貯
水率に応じたため池の治水利用による洪水被
害軽減効果の推定, 水文・水資源学会, OP-8-
04, 2023. 9. 6.

・ 池本敦哉・風間聡・吉田武朗・新井涼允, 日
本全国のため池における流況指標に応じた水
力エネルギーのポテンシャル, 土木学会東北
支部技術研究発表会, II-7, 2024. 3. 2.

(5) 公開したライブラリなど

[http://kaigan.civil.tohoku.ac.jp/kaigan/
papers/opendataj.html](http://kaigan.civil.tohoku.ac.jp/kaigan/papers/opendataj.html)

(6) その他（特許, プレスリリース, 著書等）

特になし