

## ため池における水力発電による二酸化炭素抑制効果の一考察

東北大学大学院工学研究科 学生会員 ○池本 敦哉  
 東北大学大学院工学研究科 正会員 風間 聡  
 農研機構 農村工学研究部門水利工学研究領域 非会員 吉田 武郎

## 1. はじめに

2050 カーボンニュートラルの実現に向け、ため池における小水力発電の導入が推進されている<sup>1)</sup>。ため池に貯留している水によりエネルギーを生産できることは、地球温暖化に対する緩和策として有効であると考えられる。個別の発電量は小さいものの、災害時におけるため池の利用の可能性が示唆されている<sup>2)</sup>。ため池本来の用途以外に使用する場合、効果や影響を評価する必要がある。ため池の多目的な利用の可能性を指摘する研究は、例えば後藤ら<sup>3)</sup>、上坂ら<sup>4)</sup>がある。しかしながら、ため池における水力発電に関する研究は稀である<sup>3), 5)</sup>。加えて、日本全国のため池が有する水力発電量のポテンシャルを評価した事例は見当たらない。そこで本研究は、ため池による水力発電の効果の評価を最終的な目的とし、その第一歩として、事前放流におけるため池による発電量を算出し、発電量に影響を与える要因を模索した。また、二酸化炭素の発生抑制効果に関する考察を試みた。

## 2. 各ため池の発電量の推定

## 2.1 ため池データ

本研究は、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データを使用した。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<sup>6)</sup>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。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

に、灌漑専用ダムを追加したデータであることに留意されたい。

## 2.2 発電量の推定

本研究は、都道府県別のため池による発電量を推定した。発電量は、各ため池において式(1)により推定した。

$$P = \gamma \rho g Q H_e = 0.8 \cdot \gamma \rho g Q H \quad (1)$$

ここに、 $P$ : 発電量 [W],  $\gamma$ : タービンの効率,  $g$ : 重力加速度 [ $m/s^2$ ],  $Q$ : 流量 [ $m^3/s$ ],  $H_e$ : 有効落差 [m],  $H$ : 総落差 [m] である。 $\gamma$  は 0.6 とした。これは、ため池の最低の発電量を推定するためである。 $H_e$  は、各ため池の堤高の 1/2 とした。これは、貯水率がため池によって異なり、各ため池の貯水率を割り当てることが困難であるからである。なお、ため池防災支援システムのデータにおいて、堤高が記載されていないため池が 26701 基確認された。流量は、3 日間で各ため池の貯水量を 0 にする流量を設定した。これは、洪水時の事前放流が 3 日前から実施されるためである。著者ら<sup>7)</sup>は、ため池の治水利用に向け、貯水量を 0 としたため池の治水効果を推定している。本研究は、著者らと関連付けるため、貯水量を 0 にする放流量を設定した。貯水量を 0 にすることにより、最大効果を推定するためである。

## 3. 結果・考察

## 3.1 事前放流におけるため池による発電出力

3 日間の事前放流における日本全国のため池による発電量は、約 181TWh と推定された。日本全国の水力エネルギー量は、約 97720TWh とされている<sup>8)</sup>。このため、本研究で設定した事前放流量における日本全国のため池による発電量は、日本全国の水力エネルギー量の約 0.2% と推定される。都道府県別の発電出力は、大きい順に、北海道、岩手県、福島県、青森県、山形県であり、小さい順に、神奈川県、東京都、福井県、山梨県、静岡県であった。図-1 に、都道府県別のため池の貯水量と電力との関係を示す。

## 3.2 発電出力とため池諸元との関係

図-1 に示すように、ため池の貯水量が大きいほど発電出力が大きいとは限らない。これは、式(1)に

示すように、貯水量のほかに、ため池の堤高が発電出力に関係しているためと考えられる。本研究は貯水量および堤高に着目し、各都道府県の貯水量および堤高と発電出力との関係について考察を試みた。図-2に各都道府県のため池1基当たりの貯水量と発電出力、図-3に各都道府県のため池1基当たりの堤高と発電出力との関係を示す。図-2に示すように、ため池1基あたりの貯水量が多いほど、発電出力が大きい傾向がみられる。図-3に示すように、ため池1基あたりの堤高が大きいほど、発電出力が大きい傾向がみられる。今後、定量的に評価する必要がある。なお、沖縄県のため池1基あたりの堤高が大きいのは、ため池の数が少なく、堤高の大きいため池が存在したためである。

### 3.3 ため池による発電の影響

ため池による発電が、地球温暖化の抑制への影響を調べる。本研究で設定した事前放流量により算出した発電量を、火力発電と対応させる。資源エネルギー庁は、石炭火力発電による二酸化炭素発生量は、863.8g-CO<sub>2</sub>/kWhとしている<sup>9)</sup>。同様の電力を火力発電により発電する場合、二酸化炭素は156t-CO<sub>2</sub>排出される。このため、3日間の事前放流によりため池の貯水量を0にすることで、156t-CO<sub>2</sub>の二酸化炭素排出量を抑えることが可能であると概算された。

## 4. おわりに

本研究は、日本全国のため池による発電量を算出し、発電量、CO<sub>2</sub>の排出抑制に関する考察を試みた。その結果、156t-CO<sub>2</sub>抑制することが推定された。本研究は、急激な水位低下を伴う事前放流を想定しており、ため池の破壊リスクは考慮していない。事前放流における空振りによる潜在被害がある。今後は、破壊リスクと潜在被害を考慮した評価が必要である。また、年間を通した発電による効果を評価する必要がある。

## 謝辞

ため池のデータ入手には、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構の堀俊和博士に尽力いただいた。ここに記して、感謝の意を示す。

## 参考文献

- 1) 国土交通省：農業水利施設等を活用した小水力発電施設導入の手続き・事例集，2021。
- 2) 大西ら：岐阜県と愛知県の農業水利施設による小水力発電事例と展望，水土の知：農業農村工学会誌，81-2，pp.15-18，2013。
- 3) 後藤ら：小推力発電の導入による農業水利施設の活かし方，水土の知：農業農村工学会誌，81-2，pp.710，2013。
- 4) 上坂ら：農業用水を利用した小水力発電に関する課題と方向性，水土の知：農業農村工学会誌，78-8，pp.36，2010。

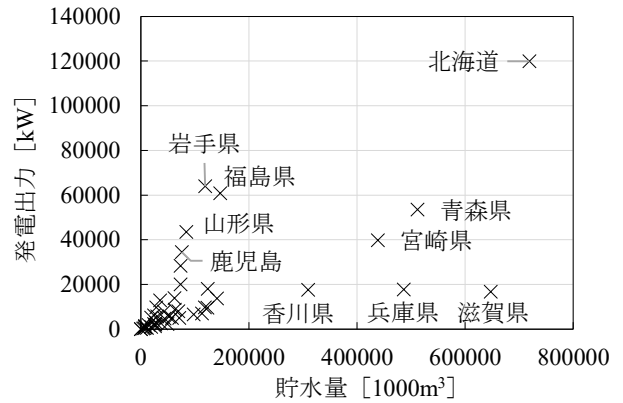


図-1 都道府県別の貯水量と電力との関係

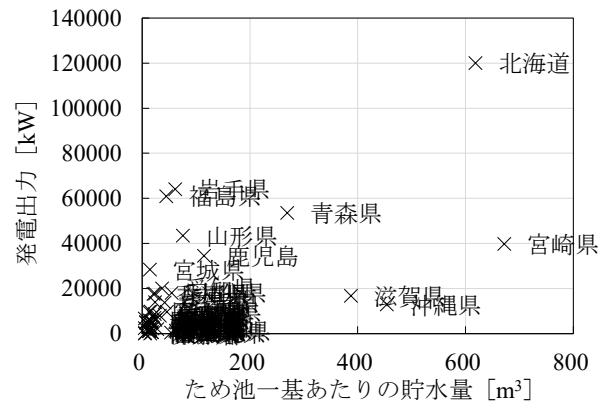


図-2 ため池1基あたりの貯水量と発電量との関係

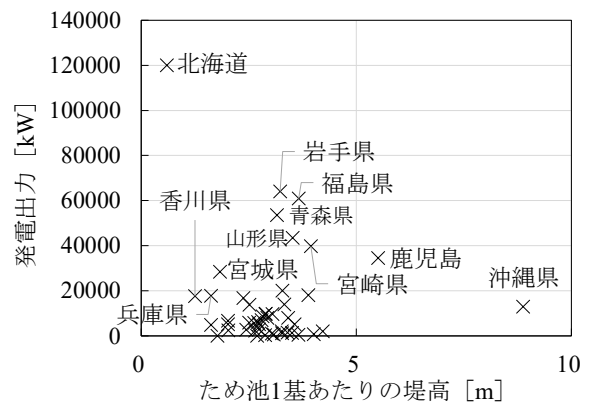


図-3 ため池1基あたりの堤高と発電量との関係

- 5) 丹治ら：将来のエネルギー供給変化に対応した水田灌漑システムの展望，水文・水資源学会誌，Vol.23，No.1，pp.4356，2010。
- 6) 国土交通省：国土数値情報ダウンロードサービス，<https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>(2022年5月30日最終)
- 7) 池本ら：ため池の治水活用の潜在的効果と県別の洪水被害軽減の評価，土木学会論文集 B1(水工学) Vol.78，No.2，I\_265-I\_270，2022。
- 8) 国土交通省：小水力発電の現状について，資源としての河川利用の高度化に関する検討会，[https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai\\_blog/shigenkentou/da\\_i01/pdf/s07.pdf](https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/shigenkentou/da_i01/pdf/s07.pdf)。最終アクセス 2023/01/19。
- 9) 資源エネルギー庁：火力発電の効率化，2015。