

気候変動下における自然エネルギーポテンシャルの 将来変化を考慮したダム運用の高度化

Advancement of dam operation considering future changes in renewable energy potential under climate change

○草薙 宗・田中 賢治・萬 和明・峠嘉哉・田坂 彰英

○Tsukasa KUSANAGI, Kenji TANAKA, Kazuaki, YOROZU, Yoshiya TOUGE, Akihide TASAKA

This study evaluates the impact of climate change on solar, wind, and hydropower potentials in Japan using high-resolution d4PDF data. By integrating actual operation rules into the CaMa-Flood model, we analyzed three representative dams reflecting distinct regional renewable energy profiles. Results indicate that solar and wind potentials tend to decline under warming scenarios. However, optimizing dam operations by adjusting flood control periods based on localized hydrological changes, such as shifting snowmelt peaks, can enhance hydropower generation while maintaining flood safety and water supply.

1. はじめに

政府は脱炭素社会に向けて 2050 年までにカーボンニュートラルの実現を目標として掲げており、将来的には日本においても太陽光や風力などの再生可能エネルギーが主流になっていく可能性は極めて高いと考えられる。効率的、安定的な発電を目指す過程において、特に年間での気温差や気候の地域差が大きい日本では、気候変動は発電システムに大きな影響をもたらすことが予想される。

本研究では、Kawase et al. (2023)¹⁾が日本全国を対象に高解像度化した d4PDF5km を用いて、気候変動の影響によって太陽光、風力、および水力発電のポテンシャルがどのように変化していくのか推計する。

また、太陽光や風力といった変動性の自然エネルギーは人間の力では制御できないが、水力はダムの放流量等で発電量を調整することができる。

本研究では河川氾濫モデル CaMa-Flood²⁾に実際のダム諸元と操作規則を反映したダム操作モデルを組み込み、気候変動によるダムへの流入量と放流量の変化を評価する。そして、将来気候に合わせてダムの洪水調整、利水調整、発電機能を最適化した運用方法を提案する。

2. 実験設定

(1) 使用データ

本研究で用いる d4PDF5km には過去気候のアンサンブルデータに加えて、工業化以前から世界の平均気温が 2℃上昇した場合と、4℃上昇した場合の 2 つのシナリオを想定した大規模アンサンブルデータが存在する。今回はこの 3 つのパターンそ

れぞれについて、のべ 720 年分 (60 年×12 メンバー) のデータを用いて自然エネルギーポテンシャルを計算するための気象強制力とする。

(2) 使用モデル

太陽光発電ポテンシャルは設備容量 4kW の太陽電池を各グリッドに設置した場合の年間発電量と定義している。風力発電ポテンシャルは定格出力 2500MWh の風車を各グリッドに 1 台設置したときの年間発電量としている。

また、水力発電ポテンシャルの推計にあたり、本研究では陸面過程モデルと河道流下モデルにより河川流量解析を行う。陸面過程モデルには SiBUC を用い鉛直方向の水収支を求め、その結果を河川氾濫モデル CaMaFlood へ引き継ぎ時間・空間的変動を追跡する。

本研究では、田坂ら³⁾が作成した淀川流域での CaMa-Flood のダムモデルを全国版に拡張し、実際の操作規則を反映した解析を行っている。ダムモデルでは、CaMa-Flood 内部でダム流入量を求め、洪水調整と利水調整の規則からダム放流量を決定し、その差をダムのあるグリッドセルの流量に加えることでダム操作の効果を流量解析に反映させるプロセスと、ダム貯水量を計算するプロセスの 2 つを担う。サンプルとして、関西近郊の日吉ダム、風力発電が盛んなエリアの玉川ダム、太陽光発電が盛んなエリアの矢木沢ダムの 3 箇所を選定した。これらに対し、各地の運用ルールに準拠したモデルを構築することで、各地点の電源構成や地域特性を踏まえた、実態に即したシミュレーションと、将来気候に合わせて高度化した操作規則でのシミュレーションを試みている。

3. 結果

(1) 太陽光、風力発電ポテンシャル

図-1 は玉川ダム周辺における d4PDF の過去実験での太陽光と風力発電ポテンシャルの季節変化を表している。太陽光発電量は春から夏にかけて発電量が増加するものの、真夏の時期には高温による太陽光パネルの設備係数が低下することで発電量がやや低下している。風力発電量は、冬の季節風の影響で日本海側では冬にピークを迎える。また、図-2 に過去実験と 4℃上昇実験の月別の変化率を示す。降水量の増加や平均気温の上昇にともなって、風力、太陽光ともに温暖化によって発電量は低下する傾向にあることが分かる。

(2) ダムモデルによる運用の高度化

図-3 には CaMa-Flood のダムモデルによって得られた玉川ダムの貯水曲線を示す。d4PDF5km の全メンバーから過去実験と 4℃上昇実験で降水量の一番大きかった年を選んで、玉川ダムでは、洪水調整期を 6 月から 9 月の降水量が多い時期に設定しているが、ダムの流入量を見ると、4,5 月の融雪期には夏のピークと同じレベルの流入量のピークを迎えることが分かる。現状玉川ダムの操作規則では、洪水調整期を 5 月末から 9 月末に設定しているが、春の融雪ピークに備えて前倒しし、洪水期を短縮することで利水機能と洪水調整機能を保ちながらダムの放流量を上げて発電ポテンシャルを増大することができる。日吉ダムと矢木沢ダムについても同様の実験を行った。日吉ダムについては洪水調整期を 1 か月遅らせることで洪水期に対応しながら放流量を増やすことができる。矢木沢ダムでは洪水調整期間を短縮して大雨のリスクが高い 8,9 月に限定することで放流量を増やすことができる。

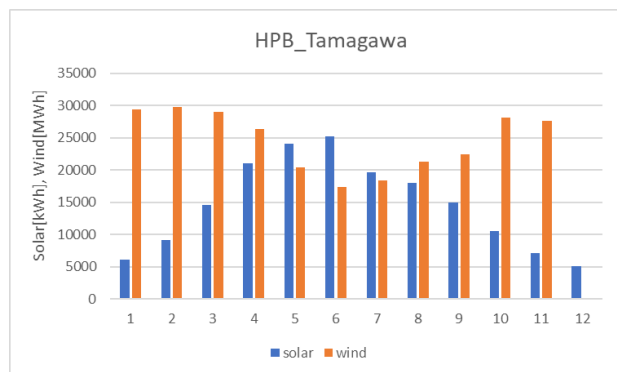


図-1 過去実験での玉川ダム周辺の太陽光、風力ポテンシャルの月別変化

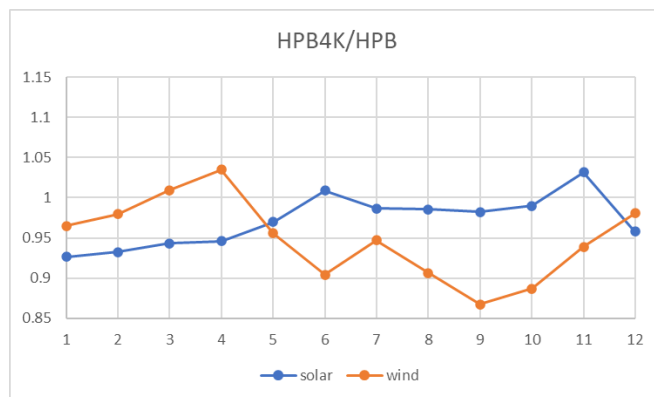


図-2 玉川ダム周辺での過去実験と 4℃上昇実験のポテンシャルの月別変化率

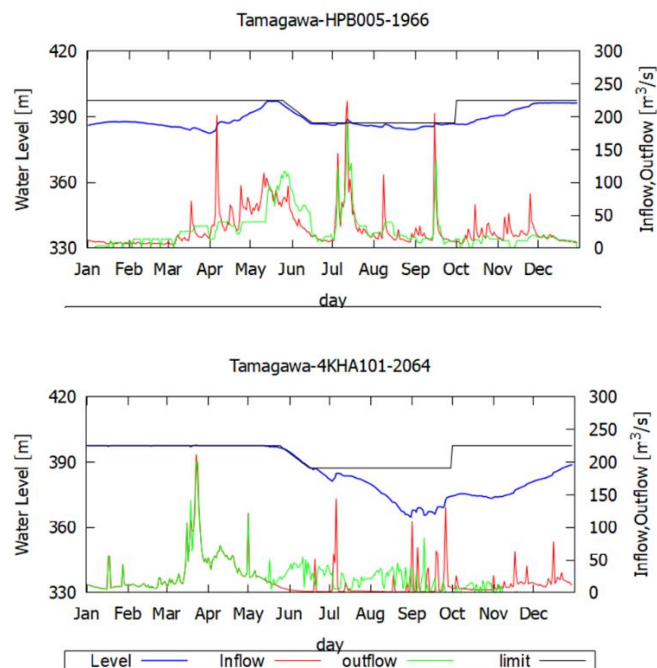


図-3 上:過去実験での最大降水量年のダムモデルによる貯水曲線, 下:4℃上昇実験での最大降水量年のダムモデルによる貯水曲線

4. 参考文献

- (1)Kawasaki et al., Identifying robust changes of extreme precipitation in Japan from large ensemble 5-km-grid regional experiments for 4K warming scenario. Journal of Geophysical Research – Atmosphere, Vol:128(18), 2023
- (2) Tanaka, K., Development of the new land surface model scheme SiBUC commonly applicable to basin water management and numerical weather prediction model, doctoral dissertation, Kyoto University, 2004
- (3) 田坂彰英, 田中茂信, 田中賢治, 淀川流域を対象とした陸域水循環の詳細モデリング, 水文・水資源学会/日本水文科学会 2021 年度研究発表会要旨集, PP-A-21, 2021