

# 150年連続気候実験データを用いた積雪地域のダム季節運用に対する気候変動の影響評価

鹿島建設(株) 正会員 ○野原大督  
愛媛大学 正会員 佐藤嘉展  
京都大学 正会員 角 哲也

## 1. はじめに

地球温暖化の進行により、我が国では北海道の一部地域を除く多くの豪雪地域で降雪・積雪が将来的に減少することが予測されており、融雪水が重要な水資源である地域での水資源管理が今後難しくなることが懸念される。こうした豪雪地域での将来の水資源管理への気候変動の影響を明らかにするため、本研究では、北陸地方に位置する手取川流域手取川ダムを対象に、150年間の連続気候実験データを用いて、ダム貯水池の利水・発電運用の将来変化と影響の評価を行った。

## 2. 分析方法

気候実験データには、気象庁気象研究所によって開発された高解像度全球気候モデルMRI-AGCM3.2S<sup>2)</sup>による1950～2099年の150年間の連続気候実験データを利用した。このうち、降水量、融雪量、蒸発散量データを入力データとし、分布型流出モデルHydro-BEAM<sup>3)</sup>を用いて150年分のダム流入量の日別値を算出した。計算流入量のバイアスは、1980～2015年の計算流入量の平均と分散が実績値と日単位で一致するように補正を行った。このバイアス補正後の流入量データを用いて、1980～2099年の手取川ダムの操作計算を日単位で実施した。ダム操作計算モデルは、手取川ダムを管理・運用する国土交通省および電源開発株式会社より提供されたダム諸量と運用ルールに関する情報を用いて構築した。ダムの季節運用は、現行のルールカーブに基づきダム貯水位に応じて発電放流量を決定するようモデル化し、発電放流では下流基準地点での確保流量を満足しない場合には、手取川ダムから不足水量を上乗せ放流するようモデリングした。ただし、ダム貯水位が操作規則上の貯留制限貯水位を下回る場合には節水運用を行うものと仮定した。水力発電量の算出にあたっては、手取川ダム第一、第二、第三発電所における発電を考慮し、発電効率0.9を仮定して発電量を算出した。

## 3. ダム流入量の将来変化

全実験期間のうち、1980～2015年（現在）、2016～2051年（近未来）、2052～2087年（21世紀後半）、2088～2099年（21世紀末）の各期間におけるバイアス補正後のダム流入量の日別平均値を図-1に示す。なお、本補正手法では現在期間の計算値と観測値の日別平均値は一致する。図-1より、遠い将来になるにつれて、3月下旬～5月の流入ピークが明瞭でなくなり、代わりに1月～3月中旬の流入量が大きくなっている。平均気温の上昇に伴う冬季の降雪・積雪の減少と降雨出水の増加、および融雪の早期化が影響しているものと考えられる。一方、夏季～冬季にかけては、21世紀後半以降の期間で平均ダム流入量の低下が見られた。

## 4. ダム貯水池の利水・発電運用への影響の評価

各期間における手取川ダムの日別平均貯水量の年間推移を図-2に示す。各期間の平均貯水量を比較すると、21世紀後半以降では、現行の運用ルールに従う場合、2～3月頃

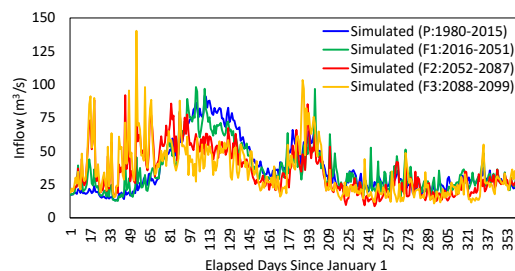


図-1 補正後のダム流入量日別平均値の変化

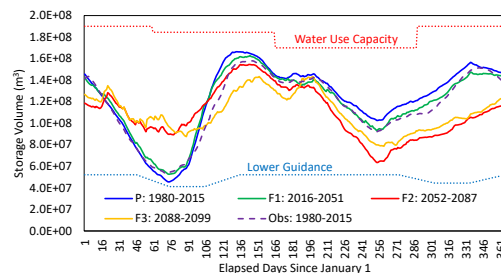


図-2 各期間の平均貯水量の推移

キーワード 気候変動, 150年連続ラン, ダム運用, 影響評価, 利水, 水力発電

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株) 技術研究所 TEL 042-485-1111

の流入量の増加に伴って明瞭な貯水量低減が見られなくなるのに加えて、4～5月の流入量の減少に伴い、この時期の平均貯水量が低下し、平均貯水量の年最大値も減少する傾向が見られた。また、7月以降の夏季の貯水量の低下傾向が著しくなり、その影響が翌年1月上旬ごろまで及んでいる。

現在期間と21世紀後半における各年の計算貯水量の推移を図-3、図-4に示す。これらを比較すると、21世紀後半では平均貯水量の季節変化が大きく変わることに加え、貯水量の年々変動もかなり大きくなっている。8月～翌年1月には貯水量が著しく低下する年が頻発する傾向が見られ、この時期の利水補給や発電水準の低下が懸念される。また、8月～冬季の流入量低下と翌年春の融雪水の減少により、融雪後に至っても貯水量が十分回復せず、夏季に貯水量が枯渇するような計算事例も見られ、経年的な渇水の発生頻度が高まる可能性が示唆された。一方、30年平均貯水量の経年変化を見ると(図-5)、こうした傾向が顕著となり始めるのは2040年代頃から2050年代頃にかけてであることが示唆された。

年間発電量(図-6)は21世紀後半にかけて平均が微減、年々変動は大きくなる傾向にあり、21世紀後半では、中央値や第一四分位、最小値がかなり小さくなる傾向が見られた。これは、将来的に本流域での水力発電の安定性が低下する可能性を示唆しており、今後より詳細な分析が求められる。

## 5. おわりに

150年連続気候実験データを用いて、手取川流域手取川ダムの利水・発電運用に対する気候変動の影響の経年変化について分析を行った。その結果、特に21世紀後半以降において、気候変動に伴う河川流況の変化によるダムの利水・発電運用への影響が顕著に現れる可能性が示唆された。発電運用への影響に関しては、脱炭素社会構築に向けて太陽光や風力などの不安定性電源が増大する中で、柔軟性の高い水力エネルギーの貴重性が改めて認識されているところであり、今後より詳細な分析を実施する必要があると考えられる。

**謝辞:** 本研究は、文部科学省統合的気候モデル高度化研究プログラム領域テーマD「統合的ハザード予測」の助成を受けた。ダム諸量データと運用ルールに関する情報については、国土交通省および電源開発株式会社よりご提供頂いた。ここに深甚なる謝意を表す。

## 参考文献

- 1) 文部科学省・気象庁：日本の気候変動2020—大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書一，2020。
- 2) Mizuta, R., Yoshimura, H., Murakami, H., Matsueda, M., Endo, H., Ose, T., Kamiguchi, K., Hosaka, M., Sugi, M., Yukimoto, S., Kusunoki, S. and Kitoh, A.: Climate simulations using MRI-AGCM3.2 with 20km-grid, J. Meteorol. Soc. Japan, Ser. II, 90A, 233-258, 2012.
- 3) Sato, Y., Kojiri, T., Michihiro, Y., Suzuki, Y. and Nakakita, E.: Assessment of climate change impacts on river discharge in Japan using the super-high-resolution MRI-AGCM, Hydrol. Process, 27, 3264-3279, 2013.

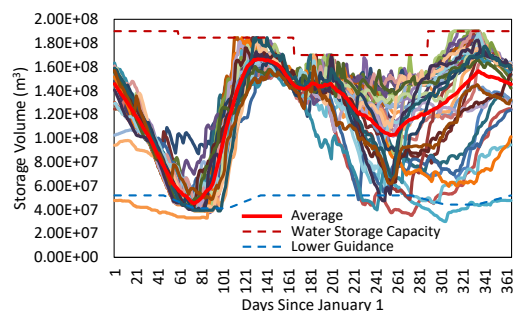


図-3 現在期間における各年の貯水量の推移

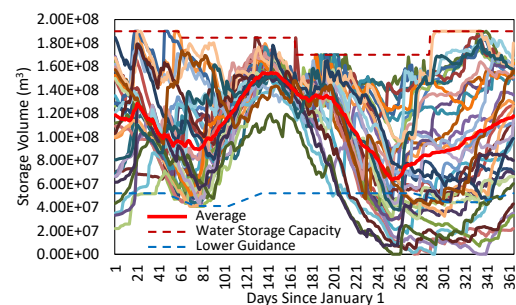


図-4 21世紀後半における各年の貯水量の推移

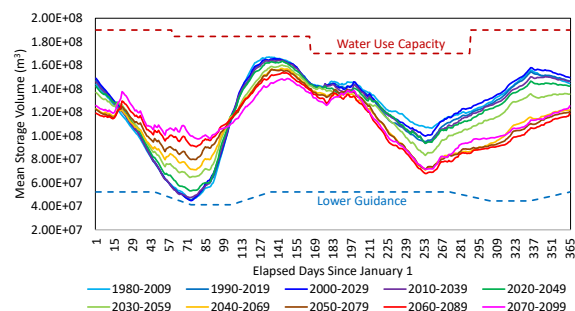


図-5 30年平均貯水量日別値の将来変化

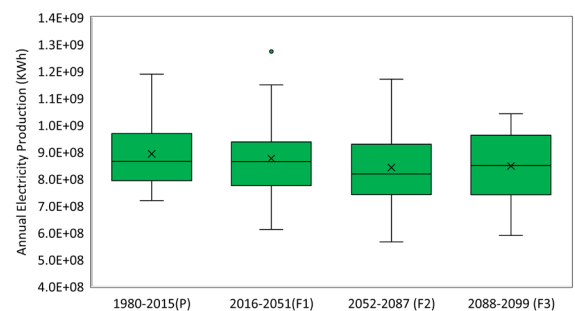


図-6 年間発電量の将来変化