

京都大学大学院工学研究科 学生員 ○鈴木 俊亮

京都大学防災研究所 正会員 野原 大督

京都大学防災研究所 正会員 堀 智晴

愛媛大学農学部生物資源学科 正会員 佐藤 嘉展

1. 序論

近年、気候変動に関する様々な研究を通じて、気候変動による将来の水循環プロセスの変化が懸念されており、特に計画規模を超えるような洪水イベントや、長期的な渇水など、極端な現象に伴う水災害が発生しやすくなる可能性が指摘されている。こうした災害にも対応可能な水資源管理システムの確立が求められており、その中でも、治水・利水に加えて発電や最低限の河川流量維持などの機能を持つダム貯水池が果たす役割は大きい。

本研究では、高解像度大気大循環モデルによる将来気候下における気象条件の予測結果を入力として、ダム操作モデルを組み込んだ流出計算を実施し、特にダム貯水池の利水操作の影響を加味した将来の河川流況を推定すると共に、将来の河川流況の変化がダム利水操作へ及ぼす影響について分析するための基礎的な検討を行う。

2. 将来流況の推計方法

気象庁気象研究所で開発された超高解像度全球大気大循環モデル(MRI-AGCM3.2S)によって計算された現在気候実験(1979～2003年)、21世紀末気候実験(2075～2099年)の気候推計情報を入力気象データとして使用し、流出解析モデル Hydro-BEAM を用いて将来流況の推計のための流出解析を、流域内に存在するダム貯水池群の操作を考慮した上で行う。21世紀末気候実験における将来気候データに関しては、気候変動に関する政府間パネル(IPCC)第5次報告書の排出シナリオの一つである RCP8.5 シナリオを想定した条件下で作成されている。

3. ダム貯水池群の操作概要

まず、各流域において基準地点を定め、それらの地点において満たすべき確保流量を定める。これらの確

保流量はダムからの放流量と残流域からの流出の合計により満たす必要がある。そこで、基準地点への供給量の不足分とダム地点または直下流における取水量(需要量)の最大値をダムからの確保放流量とし、これを満たすようダムの放流量を計算する。それぞれのダム貯水池における放流量および貯水量は以下の式により決定される。

$$R(i) = \max \{ S_{\text{sur}}(i)/T_s, \min [D(i), S_{\text{avl}}(i)/T_s] \}$$

$$S_{\text{sur}}(i) = S(i) + Q(i) \cdot T_s - S_{\text{max}}(i) \quad (1)$$

$$S_{\text{avl}}(i) = S(i) + Q(i) \cdot T_s$$

$$S(i+1) = S(i) + [Q(i) - R(i) - W(i)] \cdot T_s \quad (2)$$

ここに、 $D(i)$: ダムからの確保放流量 (m^3/s)、 $S_{\text{sur}}(i)$: 余剰水量 (m^3)、 $S_{\text{max}}(i)$: ダムの最大貯留量 (m^3)、 $S_{\text{avl}}(i)$: 利用できるダムの貯流量 (m^3)、 $S(i)$: 第 i 期におけるダムの貯水量 (m^3)、 $Q(i)$: ダム地点までの上流からの流出量 (m^3/s)、 $W(i)$: ダム地点における流域外への取水量 (m^3/s)、 T_s は 1 期の秒数 (本研究では $T_s=86400$) である。また、基準地点における流量は上流ダムからの放流量を残流域からの流出量に加えることで算出する。

4. 適用と考察

四国地方の吉野川流域と東北地方の最上川流域の 2 つを対象流域とし、ダム利水操作の影響を考慮した日単位の将来流況の推計を行った。吉野川流域では、ダム操作モデリングの対象として、本川の早明浦・池田の 2 ダム、支川の銅山川については富郷・柳瀬・新宮の 3 ダムの操作をまとめてモデリングして考慮した。最上川流域では、寒河江・白川・水窪・新鶴子の 4 ダムをそれぞれモデリングし考慮した。各ダム貯水量の計算については 1 月 1 日から 12 月 31 日の期間について年ごとに行い、各年 1 月 1 日の貯水量 (初期貯水量) が概ね平年値となるよう設定した。

図 1、図 2 には、それぞれ吉野川流域岩津地点および

最上川流域中郷地点における将来気候の25年平均年間流況曲線（ダム操作考慮有無の推計流量）を示す。また、図3、4にそれぞれ現在気候、将来気候下での白川ダムにおけるダム操作結果例（1979年および2075年の年間系列）を示す。図1では、ダム操作有の場合、ダム操作無と比較して全体的に流量が低く算出されているが、これは流域外への分水を考慮しているためであると考えられる。また、図1、図2より、ダム操作有の場合、特に春季において、ダム操作無の条件で確保流量を下回った期間の流況が改善していることが見て取れ、ダムからの利水補給の効果が窺える。このことから、特に春季までの上流ダムの貯水量に余裕がある期間については、ダム操作を考慮しない条件で確保流量を割り込むような渇水が予測されても、実際にはダムからの利水補給により流況が改善されるため、それほど水利に影響が生じない可能性がある。また、将来流況では現在気候条件下と比較して夏季以降に流量が大幅に減少し、ダム貯水量の回復がほとんど見られない計算結果となった（図3、4）。それに伴い、夏季以降ではダム操作による下流河川の低流況の改善が見られなくなっている。ただし、本研究ではGCMの降水量出力値を、バイアス補正を施すことなく流出計算の入力として利用したことから、河川流量が過小に計算される傾向が見られ、このことが貯水量および下流河川の流況の低下に大きく寄与したことが考えられ、今後バイアス補正を行った上で、さらに検討する必要がある。一方、最上川流域などの積雪融雪の多い地域では将来に融雪期がずれることによる利水操作への影響も考えられる。しかし、図3、4の白川ダム操作結果例に見られるように、灌漑期以前の貯水量は将来むしろ多くなる傾向にあり、現在では灌漑期にあたる5～6月前半頃の貯水量にはあまり大きな違いはない。また、いずれにしても6月中旬に洪水期制限水位まで貯水位を下げたため、この時期までの流況の変化は結果として以降のダム操作に影響を与えないと考えられる。

5. 結論

本研究では、気候変動に伴う水災害リスクの変化の評価へ向けて、将来流況の定量的な評価を目的として、ダム利水操作モデルを組み込んだ流出計算を行い、ダム操作の影響を加味した将来流況を推定し、将来流況

の変化がダム利水操作へ及ぼす影響について基礎的な分析を行った。吉野川流域では、ダム操作に加えて流域外への取水の効果も考慮した結果、ダム操作を考慮しない場合と比較して流況が小さく算定された。流域外への分水は他流域においても行われており、水収支に大きく影響することから、流況評価の際にはこうした人為的な流況制御の影響も加味することが重要である。最上川流域では、融雪期のずれにより将来流況においては灌漑期以前に貯水量の増加が予測される。灌漑期に備えて水位が下げられるため、融雪期のずれによる渇水リスクの変化は小さいと考えられる。今後の課題として、まずはバイアス補正等により降水量の再現性を改善することや、ダム操作や取水のモデリング方法をさらに改善することなどが挙げられる。

参考文献

- [1] 佐藤嘉展, 森英祐, 浜口俊雄, 田中賢治, 小尻利治, 中北英一：気候変動に対する先行適応のための流域スケールでの洪水および渇水リスク評価、京都大学防災研究所年報, 第52号B, 2009.

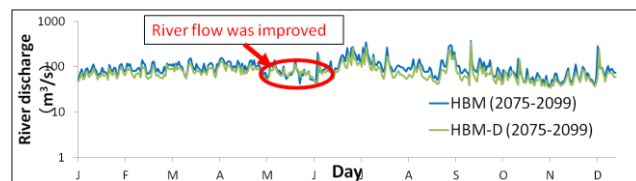


図1 吉野川流域岩津地点における25年平均将来流況

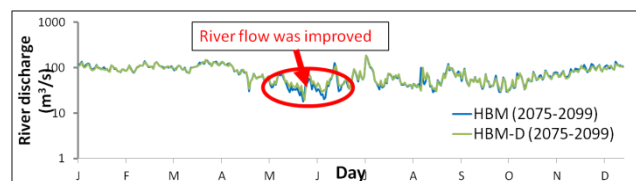


図2 最上川流域中郷地点における25年平均将来流況

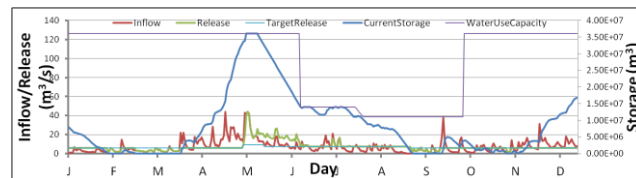


図3 1979年における白川ダム操作の年間流量

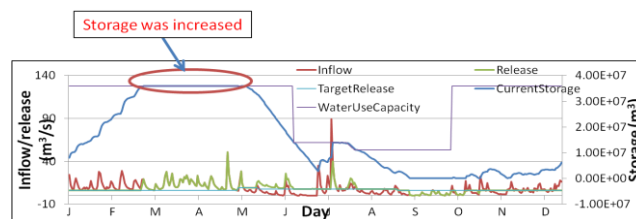


図4 2075年における白川ダム操作の年間流量