

## 気候変動による積雪地域の利水に与える影響と適応策に関する研究

八千代エンジニアリング株式会社 正会員 ○川村 一人  
室蘭工業大学大学院 正会員 中津川 誠

### 1. はじめに

積雪地域である北海道では、雪は貴重な水資源であり、気候変動による気象変化で積雪の減少、融雪期の早期化や融雪出水の減少が予想され、水利用への影響が懸念される。その影響に対する適応策として既存ダム運用方法の改善が重要となってくる。そこで本研究では、気象庁・気象研究所の地域気候モデル MRI-RCM20 によって計算された現在気候再現結果(1981~2000年)、21世紀末予測結果(2081~2100年)の2期間のデータから豊平川流域を対象に現在と100年後の流出状況の変化と利水への影響を推定し、それに対する適応策として多目的ダム群の最適操作を動的計画法により評価した。

### 2. 対象流域、及び基礎資料

解析対象は、北海道にある豊平川流域(960km<sup>2</sup>)である。流域には人口約200万人の札幌市があり、水道水源の約98%は豊平川からの取水に依存している。上流部には豊平峡ダムと定山溪ダムを有し、両ダムともに洪水調節機能および発電・水道への利水を目的とした多目的ダムである。気候変動の影響評価のために気象データは気象庁・気象研究所により開発された地域気候モデル RCM20<sup>1)</sup>の温暖化予測実験結果を使用した。データは日単位を基本としている。

### 3. 解析手法

#### 3.1 流域水循環の定量化手法

ダム流入量の推定のために流域内の水循環を求める必要がある。本論文では臼谷ら<sup>2)</sup>の提案した流域水循環の定量化手法を利用して求めた。計算手法の概要を図-1に示す。まず、計算は日単位を基本とし、1kmメッシュ単位で蒸発散量、融雪量、降雨量を近藤ら<sup>3)</sup>によって提案された2層モデルに基づいた水・熱収支法により求め、流量の推定には、上流側メッシュからの流量を kinematic wave 式を用いて河道追跡し、メッシュ内で生じる流出量を3段タンクモデルで計算し、これらの合計値を下流メッシュへの流入量とした。

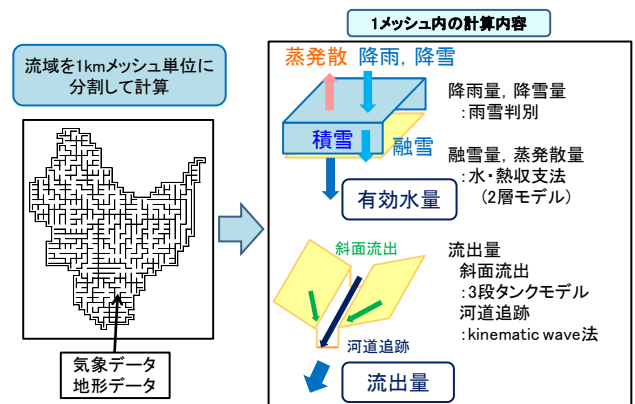


図-1 水循環モデルの概要

#### 3.2 動的計画法による最適操作の計算手法

動的計画法はダム貯水池の制御系のダム放流量、ダム貯水量、河川流量、ダム流入量の4変数により定式化を行い、最適放流量の評価には以下に示す評価関数を用いて期間毎に放流量を評価する<sup>4)</sup>。

$$D_i \{Q_i(t)\} = \begin{cases} \frac{\{Q_{di}(t) - Q_i(t)\}^2}{Q_{di}(t)} & (Q_i(t) < Q_{di}(t)) \\ 0 & (Q_i(t) \geq Q_{di}(t)) \end{cases} \quad (1)$$

ここで、 $D_i \{Q_i(t)\}$ は第 $t$ 期における評価地点 $i$ の被害を表す評価関数、 $Q_{di}(t)$ は第 $t$ 期における評価地点 $i$ の需要量である。この評価関数を制御期間全てで求め、その和が最小になるように最適化を行う。

#### 3.4 計算条件

本研究では、ダムを単体で操作した場合と連携して操作した場合を比較するために2条件で検討を行った。単体操作の最適化には各ダムの1993~2007年の実績利水放流量の月平均値を需要量として与えて評価した。連携操作の最適化の場合は、ダム単体での最適化に加えて、ダムからの放流が合流したあとの基準点である石山でも評価を行った。石山では発電と水道取水の水利権量と維持流量の合計値を需要量として設定した。また、入力条件のダム流入量は各期間で1年毎に計算したダム流入量の日平均値を用いて検討を行った。また、各ダムの制約条件はダムの諸元を参考に利水目的の最適化に適合するように決定した。

キーワード 気候変動, 積雪地域, ダム群最適操作, 動的計画法, 利水適応策

連絡先 〒161-8575 東京都新宿区西落合 2-18-12 八千代エンジニアリング株式会社 TEL03-5906-0070

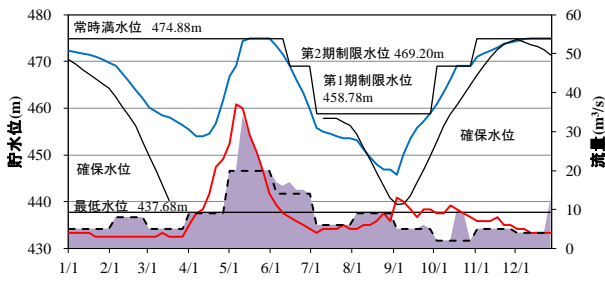


図-2 豊平峡ダム現況の単体操作推定結果

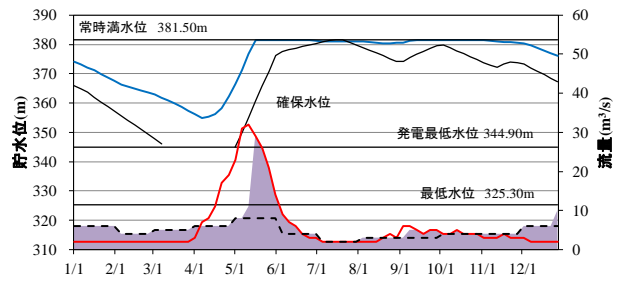


図-3 定山溪ダム現況の単体操作推定結果

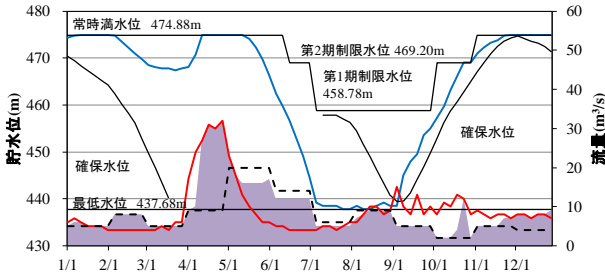


図-4 豊平峡ダム将来の単体操作推定結果

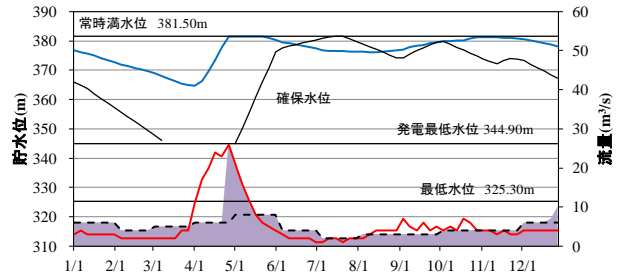


図-5 定山溪ダム将来の単体操作推定結果

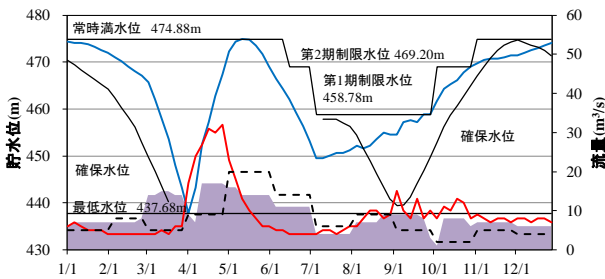


図-6 豊平峡ダム将来の連携操作推定結果

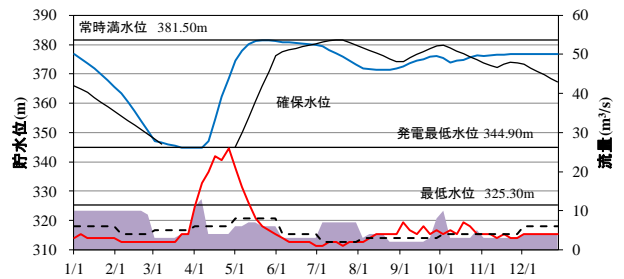


図-7 定山溪ダム将来の連携操作推定結果

4. 計算結果と分析

図-2 に豊平峡ダムの現況, 図-3 に定山溪ダムの現況, 図-4 に豊平峡ダムの将来, 図-5 に定山溪ダムの将来のそれぞれの単体操作による計算結果を示す。現況では両ダムともに全期間で利水放流を行うことができている。一方で, 将来は豊平峡ダムで夏期の貯水量を確保するために5月, 6月の利水放流量を減らす傾向が見られたが, 7月から9月にかけては貯水位が最低水位近くを推移する結果となり, 定山溪ダムでも夏期に貯水位の低下が見られ, 単体操作では最適操作を行ったとしても将来的に利水へ支障をきたす可能性が示唆された。

次に, 連携操作について分析する。図-6 に豊平峡ダム, 図-7 に定山溪ダムの連携操作による将来推定結果をそれぞれ示す。単体操作の結果と比較して, 豊平峡ダムでは5月から7月の利水放流量を単体操作よりさらに減らすことで高い貯水位を維持し, 7月から9月までの貯水位が大きく低下することなく, 放流を行うことができている。また, 豊平峡ダムからの放流が減る分は定山溪ダムからの放流を増やすことで補っており, ダムの連携操作によって下流の

水需要を満たしつつ, ダムの貯水量が不足する状態を回避可能であることを動的計画法により示した。

5. まとめ

気象庁のRCM20の出力結果を用いて豊平河流域の将来の水循環を計算し, 動的計画法によりダムの最適操作を検討したその結果, ダムの単体操作で生じる水不足は, ダムの連携操作により回避可能であることを示した。

謝辞: 本研究は学術研究助成基金助成金基盤研究(C)(課題番号 23560602)と平成23年度河川整備基金(助成番号 23-1213-001)の助成を受けた。また, 情報提供いただいた気象庁地球環境・海洋部気候情報課, 北海道開発局札幌開発建設部に謝意を示す。

参考文献

- 1) 気象庁: 地球温暖化予測情報第6巻, 2005.
- 2) 白谷ら: 石狩川流域における水循環の定量化, 開土研月報, No.628, pp.18-34, 2006.
- 3) 近藤純正編著: 水環境の気象学, 朝倉書店, 1994.
- 4) 池淵ら: 中・長期気象予報を利用したダム貯水池の長期実時間操作に関する研究, 京大防災研年報, 第33号 B-2, pp.167-192, 1990.