

小水力発電の実施を目的としたダムの弾力的運用に関する研究

室蘭工業大学大学院 学生員 ○林下 直樹
室蘭工業大学大学院 正会員 中津川 誠

1. はじめに

本研究では小水力発電の中でも、ダムの維持放流を利用したものに着目し検討を行う。得られる発電量を増加させるため、ダムの弾力的運用によって維持放流の放流量を増加させることを考えた。

2. 対象ダムの概要

解析の対象としたのは北海道の金山ダムで、流域面積470km²、堤高57.3m、有効貯水容量130,420,000m³をもつ。金山ダムでは4月1日～10月31日の期間に環境放流(日中6時～19時、放流量0.3m³/s)が実施されており、また放流量を増やす方策としてダムの弾力的運用が行われ、7月1日～9月30日の期間に活用放流(夜間19時～6時、放流量0.3m³/s)が実施されている。ダムの弾力的運用とは、下流の河川環境の保全を目的とし、洪水期に設けられている治水容量の一部に流水を貯留し、放流する行為をいう。洪水前には治水容量を確保するため、事前放流を行う(図-1)。なお、現在小水力発電は実施されていない。

金山ダムではダムの弾力的運用は既実施であるが、その活用容量をさらに増大させ、維持放流の放流量・発電量の増大を考える。洪水には气象台による注意報の発令に加え、予測雨量に基づく事前放流による対策を考えた。

3. 予測雨量の精度

3.1 基礎資料

用いた予測雨量は気象庁から配信されているVSRFと、GPVの一種であるRSM及びGSMである。6時間先までの予測にはVSRFを、それ以降の予測はRSMとGSMを使用した。なお、運用期間の都合からRSMとGSMを使い分けている。また実績雨量には金山ダム流域の6地点で観測されているテレメータ雨量を用いた。

3.2 積算予測雨量の精度

白谷ら¹⁾は北海道石狩川流域(流域面積:14,330km²)において、相関係数を評価指標とした予測雨量の精度検

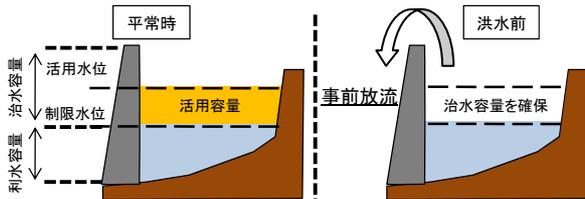


図-1 ダムの弾力的運用の模式図

証を行っており、積算予測雨量がリードタイムを長くした場合においても実績雨量と強い相関関係を有することを示している。本研究では、流域面積470km²の金山ダム流域において同様の検証を行った。その結果、VSRFの6時間積算予測雨量及びGPVの24時間積算予測雨量が、共に相関係数0.8近い値を示し、金山ダム流域においても予測と実績は強い相関関係を有することがわかった。

次に予測雨量の補正係数を算定する。予測雨量の誤差を、確率分布を用いて定量化した¹⁾。その結果、安全側に予測する場合VSRFは予測雨量を1.7倍、GPVは2.9倍すればよいということがわかった。

4. 積算予測雨量を用いたダム放流操作

4.1 活用水位の決定

本検討では、洪水期である7月～9月の期間の維持放流の放流量を0.3m³/sから0.5m³/sに増量することを考える。必要となる水量は約2,700×10³m³となり、制限水位338.5mに0.4m上乗せした338.9mを活用水位と決定した。

4.2 洪水量に至る24時間前の流出率の算定

予測雨量からダムへの流入量を予測するため流出率の算定を行う。洪水前の流入量予測を目的とするため、本研究では流入量が洪水量となった時間から24時間前までの時間の積算実績雨量と積算実績流出高の関係から流出率を算定した。その結果、流出率を0.12と決定した。

4.3 予測雨量を用いた事前放流操作シミュレーション

操作方法のフローを図-2に示す。予測雨量を安全側に補正した後、流域面積、流出率より予測流入量V_{in}を算定する。これを用いて判別式又は注意報の発令に基づき洪水警戒体制に入り、準備時間の後に事前放流を開始する。

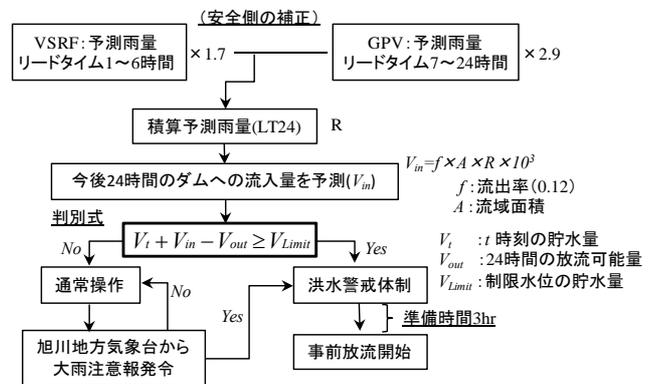


図-2 事前放流操作のフロー

キーワード 小水力発電, 維持放流, ダムの弾力的運用, 事前放流, 予測雨量
連絡先 〒050-8585 室蘭市水元町 27-1 国立大学法人 室蘭工業大学 TEL 0143-46-5276

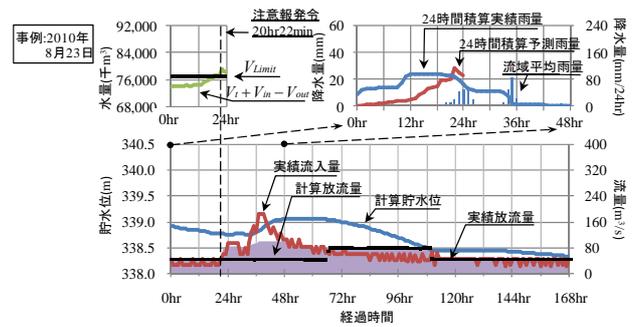
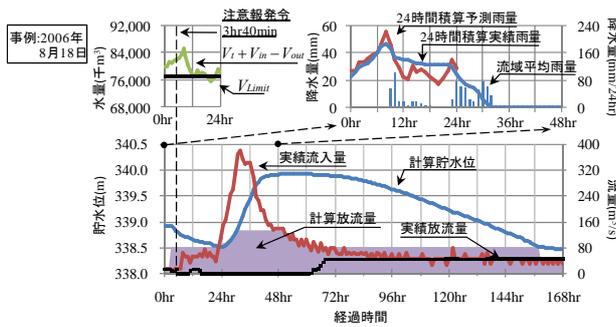


図-3 事前放流操作シミュレーション結果 左上：判別式，右上：降水量，下段：貯水池計算

以上の操作を，過去の洪水事例に対して適用し検討を行った．初期貯水位を活用水位である338.9mとし，流入量が洪水量に至る24時間前から貯水池計算を開始する．流入量，放流量は実績に基づくものとし，事前放流実施となった場合は放流量を変化させる．以上より検討を行った結果を図-3に示す．左には最大流入量が最も多かった2006年8月18日の事例，右には制限水位まで低下できなかった2010年8月23日の事例を示す．それぞれ，左上に判別式，右上に降水量，下段に貯水池計算を示している．判別式の図は，緑の実線が判別式の左辺，黒の実線が右辺となる．図によると，2006年の事例は計算開始直後から判別式により事前放流実施操作となっており，計算放流量を増加させていることがわかる．洪水量到達時には制限水位338.5m以下に貯水位を低下させることができ，洪水に対する安全性を確認できた．しかし2010年の事例では，洪水到達前まで事前放流を実施せず，治水容量を確保することができなかった．両事例の降雨特性について着目すると，2006年の事例は洪水量到達前の先行降雨が多いのに対し，2010年は急な降水によって洪水量に達しているのがわかる．これにより，2010年の事例は降水量の予測が困難となり，事前放流を実施できなかった．

この対策として，流出率を増加させ降水に対する流入の応答速度を早くすることを考えた．その結果，流出率を0.9としたときに，事前放流が判別され，洪水前に治水容量を確保することができた．その結果を図-4に示す．

流出率を0.9とすることで計算の対象とした全ての事例で安全性を確認できたが，積算予測雨量がそれほど大きくない場合でも事前放流を行う操作になるので，操作頻度が増加して管理上のストレスが大きくなる可能性がある．最適なダム管理には，降水の予測情報をより高精度化する他，総流入量を的確に予測する手法や事前放流方法の検討を行う必要があると考える．

5. 発電量の試算

最後に，活用容量を増大させ維持放流の流量を増加させた場合の，小水力発電実施時の発電量を試算する．試

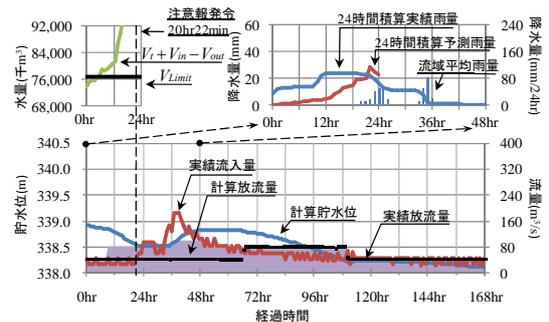


図-4 2010年の検証結果．(流出率=0.9)

算には以下の式を用いた．

$$P = \rho g Q H \eta \quad , \quad E = P T \quad (5)$$

ここで， P は発電出力(W)， ρ は水の密度($1,000\text{kg/m}^3$)， g は重力加速度(9.8m/s^2)， Q は流量(m^3/s)， H は落差(m)， η は水車と発電機の効率を合わせた総合効率(0.615)， E は発電量(Wh)， T は発電を行った時間(h)である．ここで，落差は貯水位と維持放流の放流設備の放流口の標高(300m)との差とした．発電量を試算した結果，1日当たり約2,500kWhの発電量が得られることがわかり，現況で実施した場合の約2倍の発電量が得られることがわかった．

6. まとめ

ダムの弾力的運用による活用容量を増大させた場合でも，予測雨量を用いた事前放流操作によって洪水に対する安全性を確認することができた．確保した水量を利用し維持放流を増加させ小水力発電を実施した場合，現況に比べ約2倍の発電量が見込まれることがわかった．

謝辞

本研究の一部は学術研究助成基金助成金基盤研究(C)(課題番号 23560602)の助成を受けた．また北海道開発局金山ダム管理支所よりデータ・資料の提供をいただいた．ここに記して謝意を示す．

参考文献

- 1) 臼谷友秀，中津川誠：積算予測雨量に基づいた融雪期におけるダムの洪水調節機能の向上について，土木学会論文集 B, Vol.66, No.3, 268-279, 2010.