

## 草木ダムの有効発電とその制御に関する研究

前橋工科大学工学部建設工学科 学生会員 ○小澤 一樹  
前橋工科大学工学部建設工学科 正会員 土屋 十圀

## 1. 研究背景

ダムを利用する水力発電によって作られたエネルギーは、石油や石炭を利用したエネルギーなどと異なり、二酸化炭素がほとんど発生しないクリーンなエネルギーである。また、エネルギーの大部分を海外からの輸入に頼っている日本にとって、国内の豊かな水資源を利用するので貴重な純国産エネルギーとして期待され、水力発電は古くから我が国のエネルギー供給における重要な役割を果たしてきた。

しかし、今回の研究対象である草木ダム(東発電所)の水力発電には、ダム流域からの降雨出水を予測し、事前に発電放流を行い出水に見合う貯水容量が確保できない。そのため、制限水位を維持するためにダムから直接放流し、その結果として生じる無効放流(発電に利用されずダムから放流される)が懸案として存在し続けている。ダムが抱える問題として水運用、つまりゲート操作の難しさがある。

図1には、1990年から2004年の無効放流と全放流量との割合を示す。1991年、1998年、2001年など無効放流が多い年には、全流出量の3割～4割の水が無効放流されていることが分かる。この無効放流を減らすように検討する必要がある。

## 2. 研究目的

本研究は、草木ダムの操作規則を見直し、有効発電することを目的とする。すなわち、草木ダムの洪水放流時に発生する無効放流の低減を図り、有効的に東発電所で発電される発電量を増加させる方法を検討し、発電量を定量化することを目的とする。

## 3. 研究対象

研究対象としている草木ダムは、群馬県みどり市東町座間にある重力式コンクリートダムであり、渡良瀬川にあるダムの一つである。流域面積は、254.0km<sup>2</sup>である。洪水調節、河川維持用水、灌漑用水、水道用水、工業用水、発電を目的とする多目的ダムである。補償問題や建設反対運動、足尾銅山の鉱毒対策、水没する国鉄足尾線の付け替え作業など様々な問題に対応しながら、総工費500億円で1977年に建設された。図2に草木ダムの容量配分を示す。

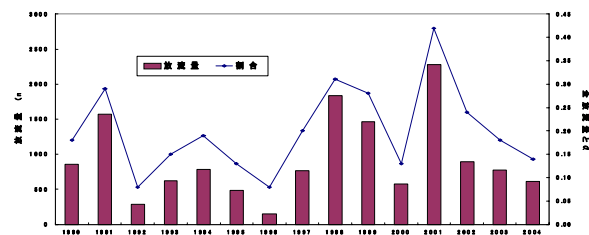


図1 無効放流と全放流量の割合



図2 草木ダムの容量配分

また、研究対象としている東発電所は草木ダムの直下であり、発電形式はダム式、1976年5月14日から運転が開始され、認可最大出力(一時間当たり)20,300KW、最大使用水量24.00m<sup>3</sup>/s、有効落差100.48mとなっている。草木ダムの水は、通常すべて東発電所に送られ、水力発電に使用される。最終的には、高津戸発電所に送られ、その後、水道用水・工業用水といった利水に使用される。

草木ダムは、7月1日～9月30日までを洪水期、10月1日～翌年6月30日までを非洪水期と定め管理されている。そのため、洪水期には夏の大雨や台風による洪水に備え、夏期制限水位が定められている。

## 4. 研究方法

草木ダムの現在使用されている洪水時の操作規則は、一定率一定量方式で調節されている。流入量500m<sup>3</sup>/s以上を洪水と定義し、洪水時の放流量は次式により決定される。

$$\text{放流量} = (\text{流入量} - 500) \times 0.1 + 500 \quad (\text{単位はm}^3/\text{s})$$

この操作規則を擬似的なシミュレーションとして洪水流出が発生する前に事前に放流するという方法に変えて目的を達成することにした。本研究では、ある洪水イベントに対してタンクモデルを使用して流出解析を行い、基底流量と直接流量を分離する。その基底流量分を流入量ピーク時から時間をずらして事前放流することにした。

キーワード ダム, 水力発電, 無効放流

連絡先 〒371-0816 前橋市上佐鳥町460-1 前橋工科大学 TEL 027-265-7353 E-mail: ko\_address306@yahoo.co.jp

5. データ解析

発電量に関する解析として、発電量と水位、発電量と使用水量の関係を15年間分(1990年～2004年)のデータを用いて、検討を行った。図3は発電量と水位、図4は発電量と使用水量の関係を示す。

図3より発電量と水位の関数に相関性はあまり見受けられなかった。しかし、発電量を最大にするには水位を高く保つ必要があることが分かる。図4より発電量と使用水量の関数には、非常に高い相関があることがわかる。(相関係数=0.967)したがって、発電量は使用水量に大きく依存していることが言える。また、発電所の最大使用水量は24m<sup>3</sup>/sに制限されているため、それ以上の水量を使用していないこともわかる。

次に、15年間で流入量の多かった(一時間当たり)4つの洪水イベントについて流入率(総雨量に対するダム流入量の割合)、無効放流率(放流量に対する無効放流の割合)を算出した。表1は流入率、無効放流率を示す。草木ダム流域に降った総雨量の6割～8割の水がダムに流入している。また、約8割の水が無効放流されていることがわかる。

ここで、4つの洪水イベントに対して事前放流を検討した。各洪水イベントに対してタンクモデルを適用して基底流量を算出し、流入量ピーク時から12時間ずらして事前放流した。図5は1998年9月14日～18日に適用した時の水位である。事前に放流することにより雨量がピークに達する時には水位を下げることで治水にも有効であることが確認できた。4つの降雨イベントの適用結果を表2に示す。無効放流率が減少し、発電量は増加した。次に、4時間から24時間まで2時間刻みで時間をずらして事前放流することにした。図6には結果を示す。横軸には流入量ピーク時からのずらし時間、縦軸には事前放流によって増加する発電量の割合を示している。4つの洪水イベントともずらし時間を多くするほど発電量が増加している。

6. まとめ

発電の使用水量を増やすことで東発電所の発電量が増加することが分かった。事前放流は無効放流量が減少し、発電量が増加するので有効的な方法と言える。流入量ピーク時から、ずらし時間を多くするほど発電量は増加することが分かった。また、治水に関しても洪水前に、水位を下げる事が出来るので有効であると言える。

参考文献

1) 第17年度 渡良瀬水系ダム流域洪水解析 委託報告書 群馬県企業局

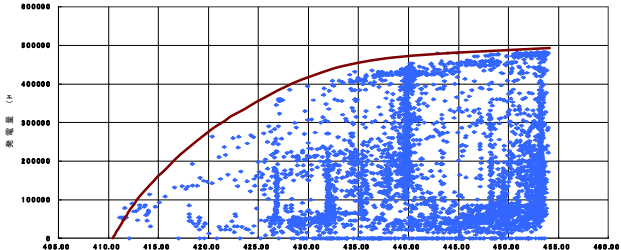


図3 発電量と水位の関係

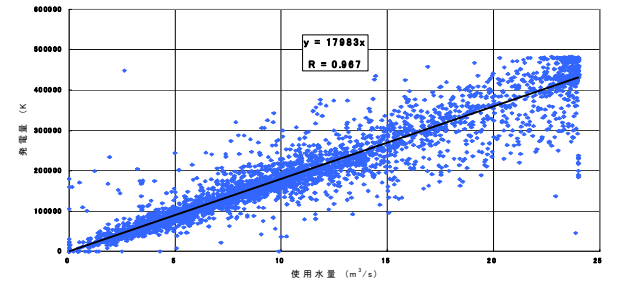


図4 発電量と使用水量の関係

表1 流入率、無効放流率

| 対象降雨           | 総雨量(mm) | 流入量(m³)  | 流入率 | 発電使用水量(m³) | ダム放流量(m³)   | 全放流量(m³) | 発電量(KWh) | 無効放流率  |
|----------------|---------|----------|-----|------------|-------------|----------|----------|--------|
| 1990/8/8～8/12  | 317.2   | 46059480 | 57% | 6725277.39 | 20853854.61 | 27579132 | 1355000  | 75.61% |
| 1998/9/14～9/18 | 274.2   | 53200332 | 76% | 7609608.00 | 39712644.00 | 47322252 | 1629000  | 83.92% |
| 2001/8/20～8/24 | 347.0   | 61217244 | 69% | 7212276.00 | 41326740.00 | 48539016 | 1476000  | 85.14% |
| 2003/7/8～7/12  | 413.7   | 74150460 | 71% | 6964524.00 | 63236880.00 | 70201404 | 1475000  | 90.08% |

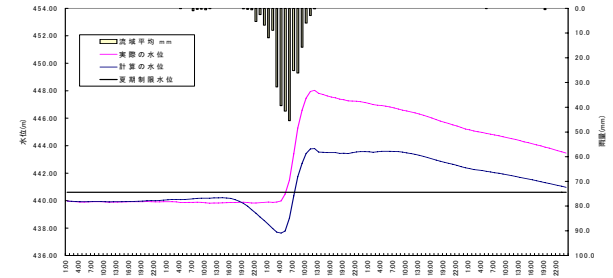


図5 事前放流をしたときの水位

表2 事前放流した時の4つの降雨イベント

| 対象降雨           | 発電量増加率 | 無効放流率          | 基底流量と流入量の割合 |
|----------------|--------|----------------|-------------|
| 1990/8/8～8/12  | 30.20% | 60.07% -15.44% | 39%         |
| 1998/9/14～9/18 | 6.65%  | 83.79% -0.13%  | 39%         |
| 2001/8/20～8/24 | 16.18% | 79.57% -5.57%  | 24%         |
| 2003/7/8～7/12  | 16.27% | 88.86% -1.22%  | 29%         |

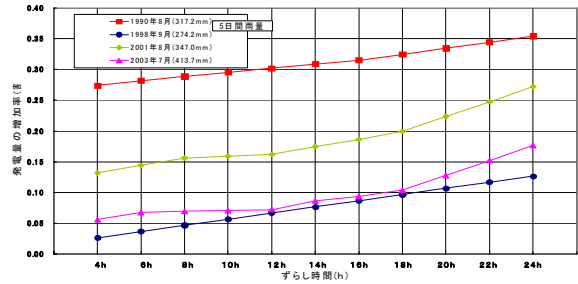


図6 事前放流による発電量の増加率

2) 戸谷英雄:ダム流域における洪水流出特性から可能となる新しい放流方法の提案, 土木学会論文集, 2006, pp.18-21