

信濃川における遊水地を活用した水力発電の増強に関する研究

山口大学 正会員 ○朝位 孝二

山口大学 正会員 三石 真也

山口大学 石川龍之介

八千代エンジニアリング(株) 正会員 泉谷 隆志

1. 研究背景と目的

水力発電は、太陽光による蒸発散と降雨によりエネルギーが再生され、適切な維持流量を設定する限り、環境に優しい発電手法である。更に繰り返し利用可能な CO₂ 排出量の少ない純国産エネルギーであり、今後、さらなる増強を図る必要がある¹⁾。一方、財政の硬直化や環境面への影響により、新規ダムの建設が困難であることから、ここでは遊水地を活用した水力発電が有効であると認識し、その有効性を検討することを目的とする。

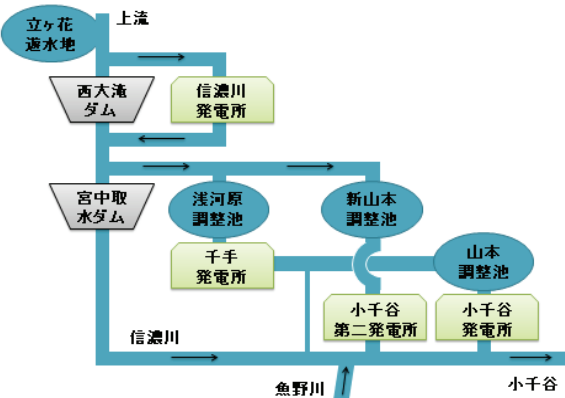


図-1 信濃川における遊水地、発電所の位置図

2. 信濃川の実例計算条件

本研究は、過去に度々激甚な水害に見舞われ、堤防強化のみならず、上流で洪水を貯留する施設を建設する必要性が高く、かつ下流部で大規模な水力発電が実施されている信濃川を対象として、遊水地を活用した水力発電増強手法の有効性を確認した。

信濃川河川整備基本方針によれば、立ヶ花地区で最大限に遊水地を整備した場合、約 700 万 m² の面積に約 3500 万 m³ の貯水容量が確保できるとされている。

河川流況として、近年 10 箇年の平水年である、平成 18 年の流況を利水計算に用いる。

遊水地からの貯留条件として、下流利水基準点小千谷において正常流量を上回り、なおかつ西大滝発電所、信濃川発電所において各取水地点で維持流量を上回る流量のみ貯留する。

遊水地からの放流条件として、西大滝発電所、信濃川発電所の取水量が各最大取水量未満である場合に、遊水地から放流する。

両発電所の最大使用水量には大きな差があるため、遊水地への貯水量、放流量にも大きな差が発生する。ここでは、遊水地の貯水率により、貯留量、放流量を 2 ケースに区分して計算を行った。すなわち、貯水率が高い日にあつては、放流を積極的に行い、貯留は最小限とする。逆に貯水率が低い日にあつては、貯留を積極的に行い、放流は最小限とする。ここに、貯水率の高低を判断するパラメータとして k を設定した。具体的な利水計算方法は以下に示すとおりである。

	西大滝ダム	宮中取水ダム
最大取水量以上の流量	Q_a	Q_b
最大取水量以下の流量	Q_c	Q_d
小千谷における正常流量	Q_0	

- 1) $V(t) \geq kV_p$
遊水地に貯留する水量 $\min(Q_a, Q_b, Q_0)$
遊水地から放流する水量 $\max(Q_c, Q_d)$
- 2) $V(t) < kV_p$
遊水地に貯留する水量 $\min(\max(Q_a, Q_b), Q_0)$
ここに、最大取水量までの余裕が少ない発電所にあつては、減電も発生するため、流量 $|Q_a - Q_b|$ による減電もカウントした。
遊水地から放流する水量 $\min(Q_c, Q_d)$
ここに、貯水量： $V(t)$ 遊水地容量： V_p

キーワード 遊水地、水力発電、発電電力量、信濃川

3. 発電電力量の増強の試算

遊水地貯留、放流条件を決定するパラメータ k を 0.0~1.0 の範囲で 0.2 刻みに変化させ、更に遊水地容量を 130 万~3500 万 m^3 の範囲で 20 ケースに変化させて、合計 120 ケースの利水計算を行った。この利水計算結果の簡略化したものを図-2 に示す。また、代表的なケースである $V_p=3500$ 万 m^3 、 $k=0.8$ の計算結果を図-3 に示す。遊水地からの年間総放水量は、約 2.6 億 m^3 であり、遊水地容量の約 7.4 倍に当たる放流量となっている。我が国におけるダムの多くが利水容量の約 2, 3 倍以下の補給量であり、遊水地の効率性は著しく高いと考えられる。

図-2 に示すように、 k の値の変化により年間総放流量も変化する。遊水地の規模によって異なるが、 $k=0.2\sim0.6$ の値の場合に最大となる。また、 $k=0.0$ 、1.0 では総放流量が著しく小さく、効率的でないことがわかる。

両発電所における増電量を以下の計算により算定した。遊水地運用後の年間総取水量 Q_2 と実績の年間総取水量 Q_1 と比較し、実績の年間発電電力量 P_1 に対して、年間総取水量比に基づく比例配分を行うことにより、期待される増電量 ΔP を式(1)で算定した。

$$\Delta P = P_1(Q_2 - Q_1)(h + \Delta h)/h/Q_1 \quad (1)$$

ここに、 h :有効落差と Δh :有効落差の増加量であり、両取水ダムの利水容量がほとんどなく、落差もほぼ同一とみなせることから、 $\Delta h=0$ とみなせる。

両発電所合計で最大約 13 万 MWh に及ぶ年間発電電力量の増大が期待される。

更に、水力発電所と LNG 火力発電所の 1Mwh 当たりの CO_2 排出量の差を求め、年間発電電力量に乗じて CO_2 排出削減量を算出した。結果は最大で 8 億 t 相当になる。ここに、 CO_2 削減の施策の一つとして、森林の整備が挙げられる。林野庁ホームページによれば、スギ人工林は、1ha1 年当たり、約 2.1t の CO_2 固定効果を有していることから、この数値で除せば、環境保全効果として最大約 3.5 億 ha のスギ人工林の整備に相当すると考えられる。

遊水地に要する事業費に関して検討するため、各遊水地の容量 x と事業費 y の回帰式(2)を求めた。

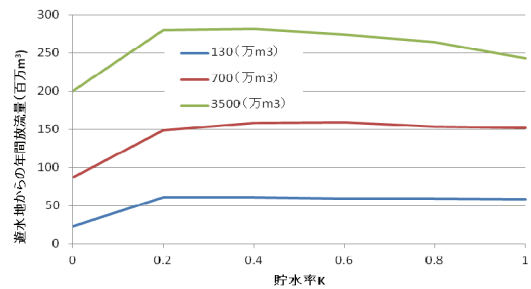


図-2 貯水率と年間総放流量の関係

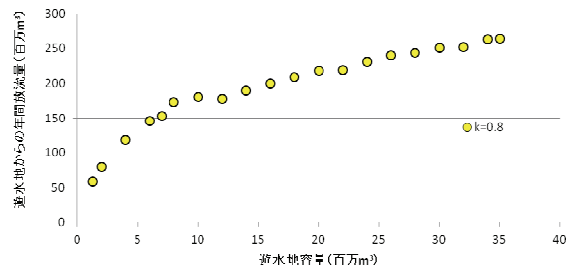


図-3 計算結果 $V_p=3500$ 万 m^3 、 $k=0.8$

$$y = -8 \times 10^{-6} x^2 + 2971.3x \quad (2)$$

この式から遊水地容量 3500 万 m^3 を代入すると、事業費が 94,196 百万円となり、事業費の 3% を電力会社で負担することを仮定して、1MWh 当たりの単価は 0.022 百万円/MWh と求められた。国土交通省、県管理ダム(5 ダム)の管理用発電単価(0.109~0.161 百万円/MWh)と比較しても安価である。

4. まとめと今後の課題

本研究では遊水地を活用した水力発電増強の有効性の検証を目的とした利水計算を行った。その結果、多大な効果が期待され、貯水率パラメータ k を導入することにより、その効率化が図れることが判明した。またコスト面においても遊水地が既存ダムを活用した管理用発電よりも安価であることが分かった。

今後の課題としては、渇水年や豊水年における利水計算の実施、貯水率パラメータ k の最適値の解析が挙げられる。

参考文献

- 1) (社)日本プロジェクト産業協議会, 太陽の水力エネルギーによる未来の日本, pp.1-16, 2008.11.