

## 非灌漑期における農業用ダムを用いた小水力発電の効率化

### Efficient hydropower generation with an irrigation dam during non-irrigation periods

○上田達己\* 後藤眞宏\* 浪平篤\* 廣瀬裕一\*

UEDA Tatsuki, GOTO Masahiro, NAMIHIRA Atsushi, HIROSE Yuichi

#### 1. はじめに

農業用ダムの主要な役割は、下流受益地の各時期の水需要に応じた農業用水の供給である。したがって、ほとんどの農業用ダムにおいては、非灌漑期には次の灌漑期に向けた貯水量の回復を図ることをダム管理の基本としており、放流量の季節変化が一般的に大きい。他方で、水力発電の立場からは、一般に放流量および落差を極力一定に保つことで効率の良い発電ができる。したがって、効率的な水力発電のための水管理と、灌漑水供給のための水管理の方針は、相反する場合がある。そこで、本報告では、これら相反する方針を調整し、灌漑水供給というダムの主目的を尊重しつつ、その機能を大きく損なわない程度に、水管理の工夫によって小水力発電の効率化を図る「調整型」水管理の手法を提案する。なお、以下では、非灌漑期に発電水利権が得られることを前提とする。

#### 2. 解析手法

水田灌漑用ダム(図1注)を事例として検討する。調整型水管理の基本は、非灌漑期に安定した発電を行うため、常時放流量(ほぼ1年中放流しうる水量)を最大化することである。したがって、非灌漑期における無効放流を抑制し、利水(放流管バルブ)放流量を期間を通じて均等にするため、非灌漑期のダム管理曲線(基準貯水ライン)を従来型の図1(a)から(b)へ、灌漑期の開始時期に向けて単調増加するように修正する。修正管理曲線に基づき、常時放流量を次式により設定する。

常時放流量 (m<sup>3</sup>/s) = [C.P.の合計ダム流入量 (90%超過確率値, m<sup>3</sup>) - C.P.の目標貯水増加量 (C.P.初日および最終日の管理曲線水位の貯留量の差, m<sup>3</sup>)] / [C.P.日数 × 24 × 3600]。ここで、C.P. (critical period, 一年のうち最も低流量の続く期間の意) を9/11~3/31とする。

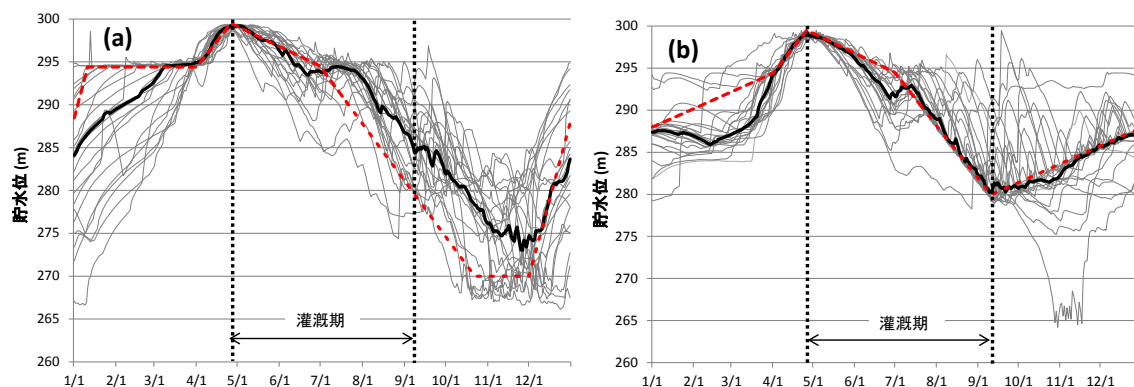


図1 ダム貯水位 (a)従来型水管理(実データ), (b)調整型水管理(シミュレーション)

(細実線: 各年の値, 太実線: 中央値, 破線: ダム管理曲線)

Reservoir water levels and rule curves

注) ダム諸元: 有効貯水量 23,257,000m<sup>3</sup>, 常時満水位 299.50m, 期別制限水位 (=洪水吐クレスト標高) (7/1~9/30) 294.40m, 最低水位 259.92m, 水利権水量 (4/26~5/10) 7.286m<sup>3</sup>/s, (5/11~9/10) 7.429m<sup>3</sup>/s, (9/11~4/25) 0.832m<sup>3</sup>/s

\* 農研機構 農村工学研究所 National Institute for Rural Engineering, NARO

キーワード: 小水力発電, 農業用ダム, 再生可能エネルギー, 水管理, 灌漑排水

次に、利水放流量を図2のアルゴリズムにしたがって決定する。貯水位が最低水位を下回らない限り、上記の常時放流量を極力継続して放流することを基本とする。一方で、ダム流入量の減少する冬期（1/1～3/31）のみ、翌灌漑期へ向けたダム貯水量の回復を妨げないよう、ダム貯水位が修正管理曲線を5m以上下回った時に、常時放流量の2分の1（図2の最小放流量）に抑制する。

最後に、得られた利水放流量の一部ないし全部を発電使用水量とし、発電出力を計算する<sup>1)</sup>。ここで、発電施設の規模（最大使用水量）の設定いかんにより、同じ放流量から異なる発電出力および年間可能発生電力量が導き出されるが、ここでは、それら解析結果から、kWh当り建設費が最小となるように発電施設の規模を設定したケースを抽出して議論する。

### 3. 解析結果

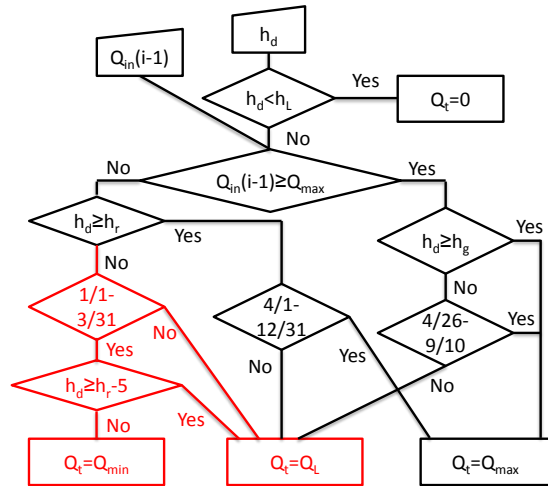
従来型と調整型水管理のダム貯水位（図1）を比較すると、非灌漑期において、発電用水の継続的な放流という新たな目的が加わるため、従来型水管理に比べやや貯水量の回復時期は遅れるが、灌漑期開始日には、従来型の運用実績と同等の水準（90%超過確率値で従来型比100%）まで貯水量が回復すると見込まれる。

次に、発電出力の変化をみると、調整型水管理では、非灌漑期に極力連続して常時放流量を保つことにより、継続的な発電が可能となる（図3）。これにより、調整型水管理では、従来型に比べて、設備利用率が46%向上し、kWh当り建設費が11%削減可能と推察される（表1）。

### 4. まとめ

農業用ダムにおいて通年継続した発電を行い発電効率の向上を図るため、翌灌漑期に向けた貯水量の回復に留意しつつ、非灌漑期に一定の放流量を確保する水管理手法を提案した。従来型水管理による完全従属発電と比べて、設備利用率の向上や建設単価の削減が期待される。

引用文献：1) 上田ら（2012）：東北地方の農業用ダムを利用した小水力発電ポテンシャルの評価，農工研技報，212，137-156

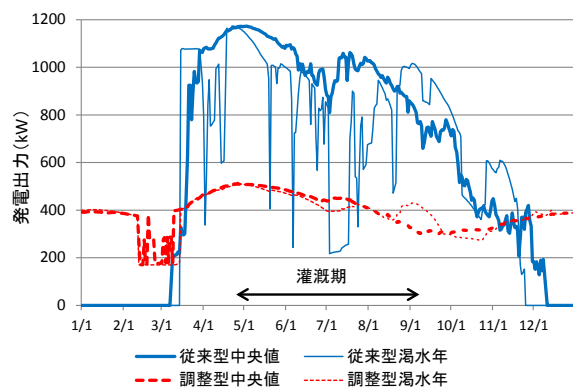


凡例)  $Q_{in}(i-1)$ : 前日のダム流入量(実データ),  $Q_t$ : 利水放流量,  $Q_{max}$ : 最大放流量,  $Q_t$ : 常時放流量,  $Q_{min}$ : 最小放流量(=0.5 ×  $Q_t$ ),  $h_d$ : ダム貯水位,  $h_L$ : 最低水位,  $h_r$ : ダム管理曲線水位,  $h_g$ : 期別制限水位

注) 最小放流量の決定に用いるパラメータは、各ダムの条件に応じて変更が必要である。

図2 調整型水管理の利水放流量決定アルゴリズム

Algorithm for determining tail water discharge



注) 渴水年は、Gumbel-Chowの方法により推定した年累積ダム流入量の90%超過確率年(2008年)の値を示す。

図3 発電出力の経時変化

Variation in power generation

表1 発電量・コストの比較<sup>1)</sup>

Hydropower generation potentials and costs		
	従来型水管理	調整型水管理
最大使用水量	4.76 m <sup>3</sup> /s	2.08 m <sup>3</sup> /s
最大出力	1,249 kW	546 kW
年間可能発生電力量	5,348 kWh/y	3,411 kWh/y
設備利用率 <sup>2)</sup>	48.9%	71.3%
kWh当り建設費 <sup>3)</sup>	84.7 円/kWh	75.0 円/kWh

<sup>1)</sup> それぞれの水管理で kWh 当り建設費が最小となるケースを比較した。

<sup>2)</sup> 設備利用率 (%) = 年間可能発生電力量 (kWh/y) / [最大出力 (kW) × 24 (h/d) × 365 (d/y)] × 100

<sup>3)</sup> 建設費は、発電施設関連の建設費用のみ計上した。