

# 農業用ため池を利用したマイクロ水力発電量の推定

水圏環境評価学分野 日下 靖之

キーワード：自然エネルギー、発電量推定モデル、取水管理、サイフォン取水

## 1. 研究概要

自然エネルギー開発の取組みが各地方自治体で進む中、鳥取県もまた“環境立県”を目指して環境に関する様々な施策を行っており、小水力発電もその一つとして注目されている。中山間地域の多い鳥取県では小河川やため池が点在し、小規模な水力エネルギーが豊富であると考えられるが、特にため池の持つ発電量ポテンシャルに関する調査・分析は十分に行われていない。



Fig. 1 調査対象地

一方で、近年では農家人口の減少や減反政策による水利費収入の減少、農家の高齢化や人手不足によって、ため池の維持管理は経済的・物理的に年々困難になってきている。農業用水としてだけでなく、ため池の持つ多面的機能を保持するためにも、維持管理作業の省力化が望まれる。発電により得られた電力はため池の維持管理作業を省力化・電化するために利用し、その電力をため池から得ることは理想的で、エネルギーの地産地消の観点からも望ましいと言える。

そこで、本研究では農業用ため池に焦点を当て、現行の取水管理に基づくマイクロ水力発電のポテンシャル推定とその評価、考察を七谷池（鳥取市久末）と松谷第一池（琴浦町赤碕）を対象に行った（Fig. 1）。各ため池の発電に関わる基本情報を Table 1 に示す。両ため池共に県内のため池の中でも総貯水量が大きく、灌漑期を通して安定した発電が期待できる。また、両ため池の取水時間が異なる点が、取水管理が発電量に与える影響を考察する上で好都合である。

Table 1 各ため池の基本データ

名称	七谷池	松谷第一池
総貯水量 (m <sup>3</sup> )	210,000	259,200
堤高 (m)	9	16.5
受益水田面積 (ha)	45	13
流域面積 (km <sup>2</sup> )	0.28	0.62
貯水方法	自己流域	自己流域
取水時間	日中	常時

なお、本研究では、サイフォンによる取水を想定しており、発電機へのゴミの流入を防ぎ、貯水による水位を落差として利用できるという利点がある。

## 2. 研究手法

### 2.1 水文観測と発電量推定

水力発電では、高所から流れ落ちる水の力で水車を回して発電する。発電出力、発電量を求める計算式を式(1)、式(2)に示す。式(1)において重力加速度と密度、発電効率(0.5)は定数なので、流量と有効落差、発電時間によって発電量が決定される。この変数を水文観測によって導き、発電量を推定する。

$$\text{発電出力(kW)} = \text{重力加速度(m/s}^2\text{)} \times \text{密度(kg/m}^3\text{)} \times \text{流量(m}^3\text{/s)} \times \text{有効落差(m)} \times \text{発電効率} \dots (1)$$

$$\text{発電量(kWh)} = \text{発電出力(kW)} \times \text{発電時間(h)} \dots (2)$$

水文観測にはため池の底に設置した圧力式水位計とため池直下の水路に設置した静電容量式水位計を用い、各水位の連続観測を行う。流量観測を基に作成した水位-流量曲線と合わせて流量と有効落差、発電時間を導き、現行の取水管理下での発電可能量を推定する。推定の流れを Fig. 2 に示す。

### 2.2 発電量推定モデルの作成と評価

上記の水文観測に加え、GPS 測量、聞き取り調査を行い、灌漑期間中における日々の発電可能量を推定するモデルを作成する（以後、発電量推定モデルと呼ぶ）。発電量推定モデルの流れを Fig.3 に示す。灌漑開始時(t=0)に満水であると仮定し、貯水量変化(ΔSt)の要因である流出量(Qt)と蒸発量(Et)をそれぞれタ

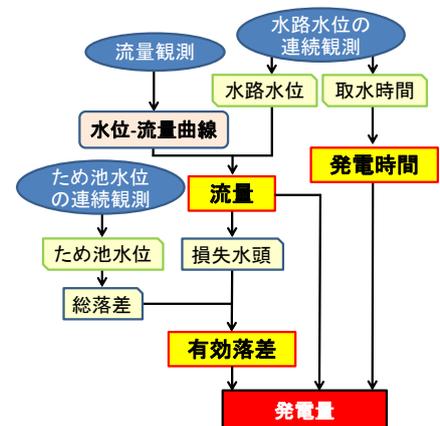


Fig. 2 発電量推定フローチャート

ンクモデルとソーンズウェイト法を用いて求める。稲作暦と各ため池の水管理から流量(Dt)と発電時間(Tt)を推定し、変化後の貯水量(Vt)を導く。有効落差(Ht)は GPS 測量から作成した水位-貯水量曲線より求めたため池水位(WLt)から導く。以上より求めた流量、有効落差、発電時間によって発電量(Wt)を推定する。

過去 30 年間の灌漑期間(5/30~9/17)における降水量のデータを用いて 5 年確率の多雨年・少雨年における推定発電量を導き、幅を持たせた発電可能量を求める。

### 3. 結果・考察

#### 3.1 発電量推定

実測値を用いた発電量推定結果を Table 2 に示す。両ため池の総発電量に大きな差が見られるのは、取水時間の違いによると考えられる。七谷池では日中取水を原則とし、且つ日中でも管理者が降雨を確認すると止水する体制を取っており、発電量が小さく算定されている。このように、ため池での水力発電を考える上で、ため池毎の水管理の特徴を把握することは不可欠である。

#### 3.2 モデルを用いた発電量推定

作成した発電量推定モデルを用い、過去 30 年間の気象統計から多雨・少雨年における推定発電量を Table 3 に示す。七谷池では 2,225~2,324 kWh、松谷第一池では 3,927~5,042 kWh の発電が期待できることがわかった。さらに、発電量推定モデルを用いた発電量は Table 2 での推定発電量を多雨・少雨に関わらず上回っており、モデルを用いた推定発電量は実際に期待できる発電量よりも過大評価されていることがわかる。その主な原因として、水位-貯水量曲線の精度によってため池水位の低下をモデルに反映できていないことが考えられる。

降水量の変化による推定発電量への影響は、ため池によって傾向が異なる。雨に対応した取水管理をする七谷池では降水量が多いほど取水時間が減少し、同時に発電量も小さくなる。対照的に松谷第一池では降水量が大きくなるほど発電量も増加する傾向が見られる。しかし、松谷第一池における 2010 年の降水量は少雨年の 1982 年よりも少ないにも関わらず、推定発電量は大きくなっており、降水量だけでなく降雨パターンもため池の貯水量および発電量の変化に影響する可能性があると考えられる。

### 4. まとめ

本研究では、現地での水文観測から発電量推定、作成したモデルを用いて評価を行った。今後の展望としては、発電量の推定精度を上げることが重要であり、そのためには流量観測の回数を増やし、各水位計の観測方法を改善することが前提となる。モデルの作成に関しては、非灌漑期におけるため池の水収支を解明することで、ため池の貯水過程や基底流出量をより精確にモデルに反映させることができる。加えて、発電機を試験的に導入し、発電の実証試験を行い、発電機の動作確認を通して発電効率のパラメータを決定することも重要である。これらを行うことでモデルの精度の向上が期待できる。

#### 参考文献

深津竜也(2009)：農業用ため池におけるマイクロ水力発電量ポテンシャルの推定及び評価、平成 21 年鳥取大学農学部卒業論文

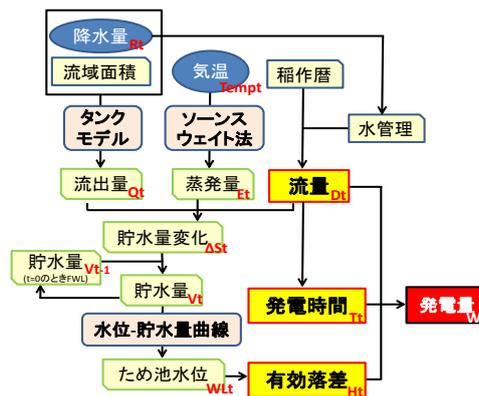


Fig. 3 発電量推定モデル

Table 2 発電量推定結果

	七谷池	松谷第一池
総発電量 (kWh)	1,821.3	3,442.9
総取水量 (m <sup>3</sup> )	199,735	265,182
最大出力 (kW)	4.99	3.60
平均出力 (kW)	1.69	1.32
観測時間 (h)	2,538	2,610
取水時間 (h)	1,080	2,610
発電時間 (h)	1,080	2,610
CO <sub>2</sub> 換算 (kg・CO <sub>2</sub> )	1,011	1,911
原油換算 (ℓ)	462.6	874.5

Table 3 多雨・少雨年の発電量比較

	七谷池		松谷第一池	
	降水量 (mm)	発電量 (kWh)	降水量 (mm)	発電量 (kWh)
実測		1,821.3		3,442.9
モデル	2010年	2,472.6	2010年	4,639.6
	384.5		459.5	
少雨	1990年	2,324.4	1982年	3,927.6
	424		495	
中間	1982年	2,266.4	1996年	4,784.4
	561		592	
多雨	2001年	2,225.2	2003年	5,042.4
	702		741	