

1. はじめに

近年、クリーンエネルギー創出の一手法として、小水力発電が脚光を浴びている。河川水を引き込み、タービンを利用して発電する形式の小水力発電は、砂防河川では摩耗や閉塞に対する維持管理と、水利権の問題が大きいため、これらに配慮することが計画重要である。

一方、新しい発電技術として振動を利用した発電技術も話題となっている。そこで、砂防堰堤や床固工の落水の水叩きへの衝撃による落水振動に利用した発電システム（以下、落水発電システムと記す）を考案した。

本実験は、落水発電システムの発電効率や発生電力が不明であるためそれを把握することに加え、流量や落差との関係性についても明らかにすることを目的として、室内水理模型実験を実施したものである。

2. 実験概要

(1) **落水発電システム**：落水発電システムは落水エネルギーにより振動エネルギーを発生させ、圧電素子と呼ばれる端子に振動を与えることで、振動エネルギーを電力に変換し、発電を行うものである。

(2) **圧電素子**：圧電素子は2枚の圧電素子を金属板の両面に貼り合わせて構成したものである。2枚の圧電素子に対して、それぞれ別方向（圧縮と引張）の反りを生じさせることで、分極により電極表面の電荷が移動し、電力を発生させる構造である(図1)。

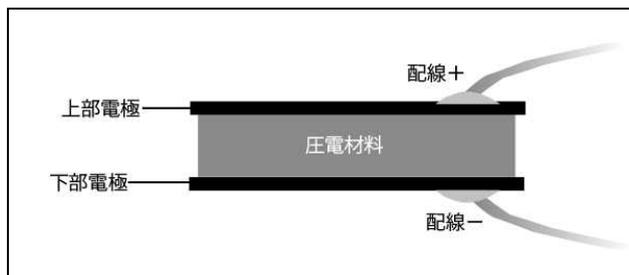


図1 圧電素子の構造

(3) **発電ユニット**：発電ユニットとして上記圧電素子を縦4列、横25列に計100個配置した発電ユニ

ットを作成した。発電ユニットは落水振動を効率良く圧電素子に伝達させ、かつ、防水性を向上させるために厚さ1.5mm~5mmのゴム板で覆った(図2)。

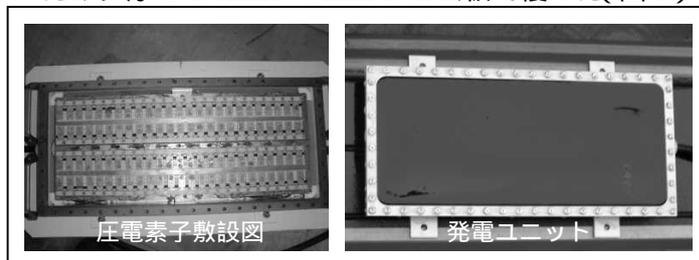


図2 発電ユニット写真

(4) **室内水理模型作成**：実験は帰還水路ピットを有する室内水理試験場にて実施した。本実験では、一般に高さ5m以下で計画される床固工への設置を想定して、実験での最大落差を5mとした。また、中間的な高さとして3mの落差においても実験を実施した(図3)。流量は、最大吐出量55 l/secを有するポンプを用い5 l/sec~55 l/secの範囲で、10段階の実験ケースを設定した。

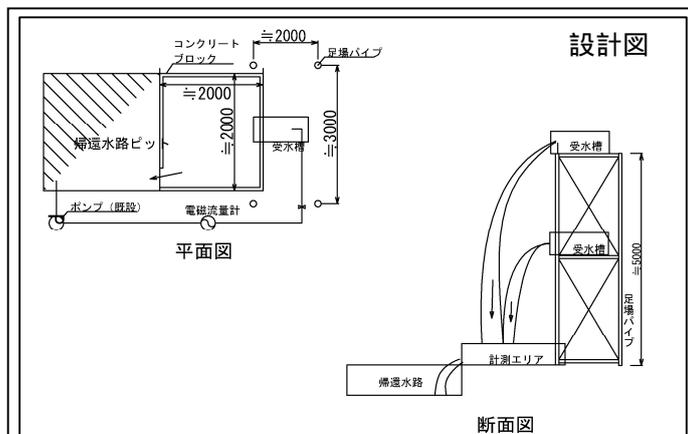


図3 設計図及び模型全景

3. 実験結果

3.1 実験結果の整理手法

実験結果から 発電ポテンシャル - 発電量, 流量 - 発電量, 落差 - 発電量, 流量 - 発電効率の関係性を整理した。

ここで, 発電ポテンシャル(理論水力)は次の(1)式により算定した。

$$P = g \times Q \times H \quad (1)$$

ここに, P: 発電ポテンシャル(kW), Q: 流量(m^3/s), H: 有効落差(m), g: 重力加速度(m/s^2)

また, 発電効率 は次の(2)式により算定した。

$$= W/P \quad (2)$$

ここに, : 発電効率, W: 発生電力量(実験値 kW), P: 発電ポテンシャル(理論値 kW)

3.2 実験結果の整理

実験結果の総括は図4～図7に示すとおりである。本実験の結果, 次の事項が明らかとなった。

現ユニットで発電は可能である(2mW程度)。

流量Q及び落差Hと発電量の相関が確認できた。

発生電力量が最大となった条件は, 「落差5m, 流量22.1 l/sec, ゴム厚3mm」の条件であった。

このことから流量と発生電力量は単純な比例関係ではなく, ある流量で発生電力量が頭打ちになることがわかる。

前述のとおり, 発電量は流量の増加に伴って右肩上がりとはならない。これは, 流量が大きくなることで, 圧電素子の変位が元に戻る前に連続した落水を受けるため, 十分な振動が得られないことが原因として考えられる。

仮に高さH=5.0m, 水通し幅50mmの床固め工に敷き詰めた場合, 実際の発電量は0.2W程度と推定される。

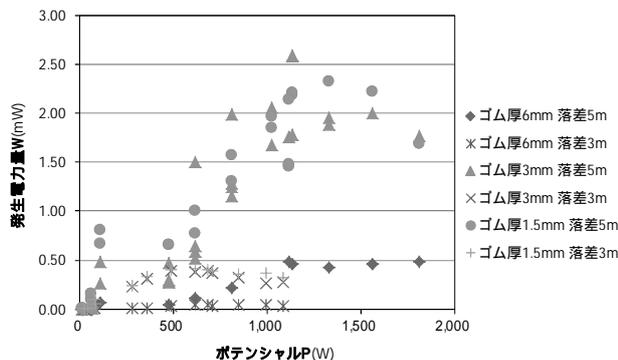


図4 発電ポテンシャルPと発電量Wの関係

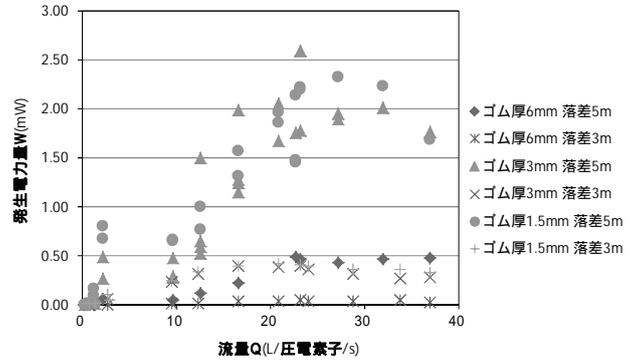


図5 流量Qと発電量Wの関係

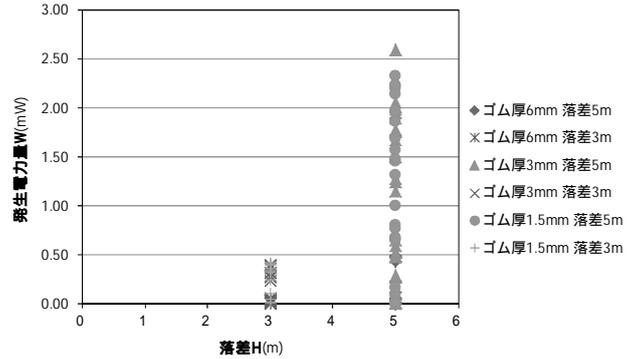


図6 有効落差Hと発電量Wの関係

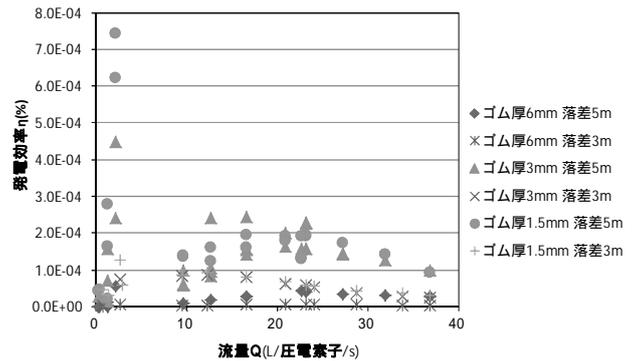


図7 流量Qと発電効率ηの関係

4. まとめ

本実験では, 実験条件下における基礎的な発電状況を定量的に把握することができた。一方で, 落水発電ユニットを現地に設置した場合の発生電力量の期待値は0.2W程度であり, 一般の観測機器が必要とする電力を供給することは難しいといえる。このため, 実現化に向けて落水発電システムと蓄電池を組み合わせたユニットを作成することや, 圧電素子の種類や設置方法を水理模型実験によりトライアル検討し, 効率的な組合せを模索することが必要といえる。また, 流量及び落差と発電量の相関関係が確認できたことから, 低流量を対象とした流量観測システムへの応用の可能性が考えられる。