市販の小型水力発電機を用いたマイクロ発電装置の作製

田中 孝国[*1]，岡山 貴紀[*2]，小林 康浩[*3]，井手尾 光臣[*4]，出川 強志[*4]，
鹿野 文久[*3]，田中 昭雄[*3]

Fabrication of a micro power generation system using a commercially available small hydroelectric generator

Takakuni TANAKA, Kouki OKAYAMA, Yasuhiro KOBAYASHI, Mitsuomi IDEO,
Tsuyoshi DEGAWA, Fumihisa KANO and Akio TANAKA

Micro-hydroelectric power generation is a term used to describe hydroelectric power generation systems with a generating capacity of 100 kW or less, and is a method of generating electricity using a small flow of water. Compared to conventional hydroelectric power generation, which requires large dams, micro-hydroelectric power generation is attracting attention as a renewable energy source because it has less impact on the environment. Furthermore, if the components can be made labor-saving, maintenance and operating costs can be kept relatively low. The objective of this study was to recharge mobile batteries with a small amount of water. Experimental results showed that if the flow velocity could always be maintained at 3.8 L・min^{-1} or higher, power generation of 5V or higher would be possible. Next, the charging performance was verified. It was found that a mobile battery with only an input port and a power requirement of 12 W could generate more than 12 W because it was capable of charging. However, mobile batteries that support input and output could not be charged. These results suggest that the generation capacity of this study is femto-generation.

KEYWORDS：Micro-hydroelectric power generation, femto-hydroelectric power generation

1. まえがき

マイクロ水力発電とは，小規模な水力発電システムのことで，小規模の河川や農業用水路，上下水道などのわずかな水の流れを利用して電力を生み出す発電方法である [1)]。マイクロ水力発電の発電能力の定義は諸説あり，国際エネルギー機関

*1 物質工学科（Dept. of Materials Chemistry and Bioengineering），E-mail: tanakatakakuni@oyama-ct.ac.jp
*2 物質工学科 卒業生（Dept. of Materials Chemistry and Bioengineering）
*3 電気電子創造工学科 (Department of Innovative Electrical & Electronic Engineering)
*4 技術室 (Technical Office)

(IEA)では一般に 100 kW 以下の発電能力を持つ水力発電を指すとされる一方で，日本国内の行政機関や一部の研究では1,000 kW 以下と定義されることもあり，文献によって異なる定義がされている。マイクロ水力発電のメリットとして，一定の水量が流れる限り，昼夜・天候を問わず安定した発電が可能である点，狭い水路などにも設置が可能である点，大規模なダムを必要とする従来の水力発電に比べて，メンテナンスコストや運用コストが比較的低く抑えられる点が挙げられる。また，山間部や電力網が未整備の地域においても，独立した電力供給手段として有効であり，栃木県内では矢板市と大田原市などで導入されている。一方，デメリットとして，設置費用の回収に時間がかかる点，エネルギー需要が多い地域では十分な供給が難しい点，水資源を利用するためには地域の法律や規制に従う必要がある点などが挙げられ，マイクロ水力発電が広く普及していない要因となっている[2)]。

今回我々は，水源として浄化槽からの排出される処理水に着目した。浄化槽は，下水道の通っていない地域の家屋ごとに設置されている装置である。浄化槽により排出される処理水は，ある程度の水量が確保可能であるものの，再利用などの検討がされていないことから，水源の候補とした。一般的に浄化槽のサイズを表す表記として「○人槽(○には数値が入る)」が知られており，戸建て住宅で使用する家庭用浄化槽のサイズは5・7・10 人槽とされる。そこで市販されている小型・中型の浄化槽[3)]の 1 日平均汚水量から流出水の平均流速を求めると，約 1～7 L・min^{-1} であった(図 1)。

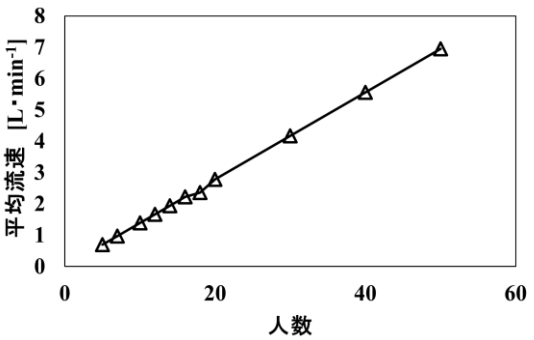

図１　家庭用浄化槽の平均流速

本報告では，1～7 L・min^{-1} の水源として，本研究では水道を選んだ。そして，使用可能な市販のマイクロ水力発電機による発電について検討を実施した。同時に，モバイルバッテリーへの充電について試験を行ったので報告する。

２．実験方法

２．１　使用したマイクロ水力発電装置

市販されている小型・中型の浄化槽の一日の平均流出水の流量 1～7 L・min^{-1} 以上で発電が可能な市販のマイクロ水力発電機を 3 種用意した。用意した市販のマイクロ発電機の規格は表 1 に示した。

表1　市販の水力発電機

発電機	①	②	③
製品名	マイクロジェネレータ発電機	小水力水車発電機	マイクロジェネレータ発電機
メーカー	Zerodis	LASJFGY	Zerodis
最大出力電圧[V]	5	60	80
最大出力電力[W]	10	100	10

２．２　水道水を用いた発電

本実験では，水源として一般的な上水道の蛇口から供給される水道水を用いることで市販のマイクロ水力発電機の発電電圧とその電圧の安定性についての調査を行った。発電機には，流量計を直列に接続し，シリコンチューブを使用して蛇口に接続した。蛇口とチューブの接続や流量計の接続には，異径コネクタとホースバンドを使用し，水漏れが発生しないように固定した。発電機の出力はテスターを接続し，発電電圧を記録した。実験装置全体の構成を図 2 に示した。

まず，蛇口のハンドルを少しずつ開いて発電が初めて確認できた最小流量から，ハンドルを全開に開いた流量，または発電機の最大発電電圧に達するまでの発電電圧を計 10 回測定した。次に，流量を一定に設定した状態で，5 分間の連続測定を実施した。発電電圧 30 秒ごとに記録し，0 秒を初期電圧として時間経過に伴う変化を観察した。テスターから取得した発電電圧データは，平均値と標準偏差を算出し，誤差範囲から電圧の安定性を

評価した。

図２ 水道を使った実験装置全体図

２．３　モバイルバッテリーへの充電

発電が確認できたマイクロ発電機を用い，モバイルバッテリーへの充電試験を実施した。その際，マイクロ発電機からの出力電圧と電流を細かく調節し，一定に保つことが出来る電源安定化装置(DP100, DC 可変電源，30V 5A ベンチ)を用いてモバイルバッテリーへの充電を行った。電源安定化装置は，発電機の出力を一定に保ち，過電圧や過電流を防ぐことで，モバイルバッテリーの過充電や損傷を防ぎ安全な充電を可能にする装置である。発電機の出力ケーブルと電源安定化装置をワニロクリップ，変換アダプタ(2.1mm DC プラグ,スクリュー端子台)，変換ケーブル(2.1mm DC ジャック，USB-C)を用いて接続し，電源安定化装置からモバイルバッテリー(充電規格：5V, 2.4A)に接続して充電を始めた。マイクロ発電機で得られた電圧，電流を電源安定化装置で 5V, 2.4A に出力を設定後，出力を有効にしてモバイルバッテリーが充電されるか確認した。実験装置全体の様子を図 3 に示した。尚，図 3 中の中央の黒い箱状の上側は電源安定化装置，下側はモバイルバッテリーである。

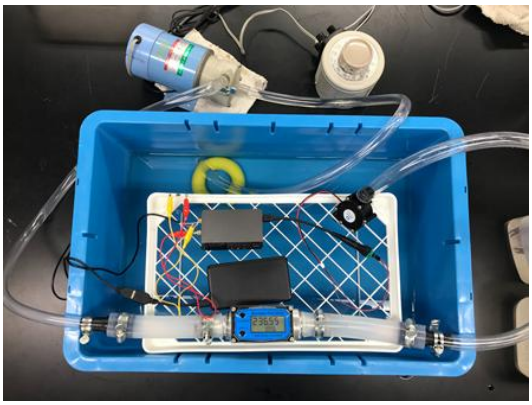

図３ モバイルバッテリーの充電の様子

３．結果のまとめ

３．１　電圧の測定

表 1 の発電機 3 種を用い，水道を水源とした測定で得られた電圧の経時的な結果を図 4 に示した。発電機①では，水道の蛇口を少し開放した際の流量 1.4 L・min^{-1} で 2.0 V の条件で発電が確認された。流量を増加させると電圧は上昇し，流量 3.5 L・min^{-1} で最大 5.0 V に達した。流速 1.4 L・min^{-1} 以下では発電を確認することはできなかった。最大で 1.1 W の電力が測定できた。また，流速 1.4～3.5 L・min^{-1} の間で式(1)の関係が見られた。

$$流速\ \mathrm{L \cdot min^{-1}} = 1.4 \times 電圧\ \mathrm{V} \quad ・・(1)$$

発電機②では，流速 2.7 L・min^{-1} で 4.1 V が初めて確認され，流量を増加させると最大で流速 8.0 L・min^{-1} の時に 19.3 V に達した。流速 2.7 L・min^{-1} 以下では発電を確認することはできなかった。最大で 13.5 W の電力が測定できた。また，流速 2.7～8.0 L・min^{-1} の間で式(2)の関係が見られた。グラフの切片部分となる-1.7 の数値の意味については，現在のところ不明である。

$$流速\ \mathrm{L \cdot min^{-1}} = 3.0 \times 電圧\ \mathrm{V} - 1.7 \quad ・・(2)$$

発電機③では，流速 1.5 L・min^{-1} で 2.8 V が初めて確認され，流量を増加させると最大で流速 7.9 L・min^{-1} の時に 21.8 V に達した。流速 1.5 L・min^{-1} 以下では発電を確認することはできなかった。最大で 4.8 W の電力が測定できた。流速 1.5～7.9 L・min^{-1} の間では式(3)の関係が見られた。

式(2)と同様、式(3)中の-2.8 の数値の意味についても，不明である。

流速 L・min^{-1} = 2.8×電圧 V－2.8　・・(3)

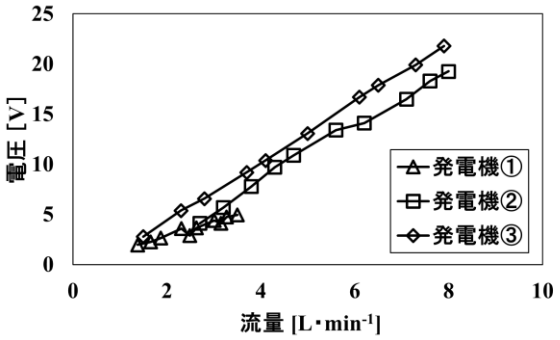

図４　流量と発電された電圧の関係

次に電圧の連続測定の結果を図 5, 6 に示した。発電機①では初期電圧が 5 V の時には安定した発電が観察できたが，4 V 以下の発電では最大で約±28％ のばらつきが確認でき，不安定な傾向が見られた。発電機②,③ではどの初期電圧でも安定した発電が観察できた。従って，発電機①では常に流速 3.5 L・min^{-1} 以上を保つことができれば，安定して 5 V 以上の発電をすることが可能であり，発電機②, ③ではどの流速でも安定した発電できることから, 理論上 LED 照明器具やモバイルバッテリーへの充電が可能であることが示唆された。

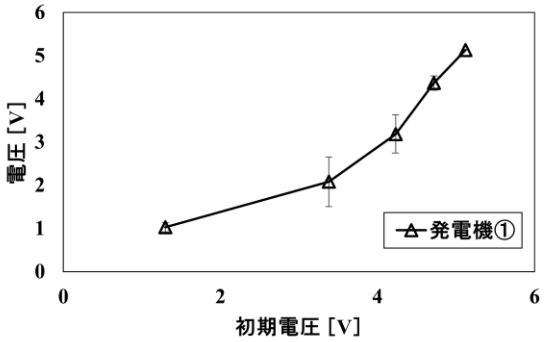

図５　発電機①の初期電圧と発電された電圧の関係

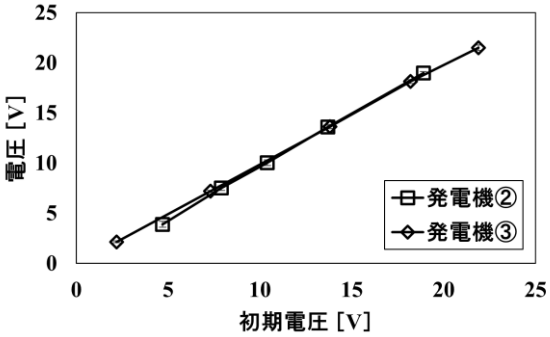

図６　発電機②および③の初期電圧と発電された電圧の関係

３．２　モバイルバッテリーへの充電実験

モバイルバッテリーへの充電実験には，5 V 以上の発電が可能であり, 最大で 13.5 W の発電が確認できた発電機②を使用した。尚，電源安定化装置は 5V,　2.4A に調整している。

充電実験の結果，USB ポートが入力のみに対応しているモバイルバッテリーへの充電は確認できた。その一方で USB ポートが入出力に対応しているモバイルバッテリーでは充電が確認できなかった。そこで，USB ポートが入出力に対応しているためにモバイルバッテリーからの出力と安定化電源からの入力が相殺してしまっていると考え，回路中の安定化電源とモバイルバッテリーの間に電流の逆流を防ぐショットキーバリアダイオードを挿入したが充電を確認することはできなかった(図 7)。これらのデータより，今回使用した発電機は，USB ポートが入力のみに対応しているモバイルバッテリーやその他デバイスの充電には使用可能であるが，モバイルバッテリーへの充電は出来ないことが判明した。

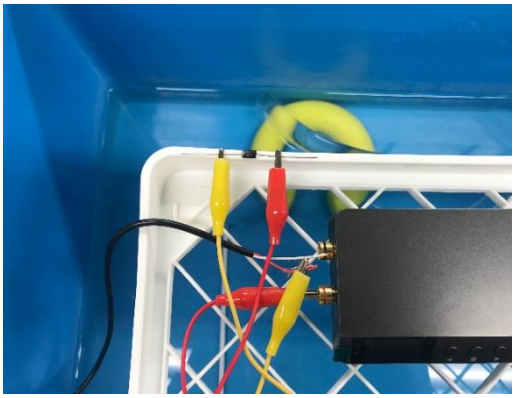

図７　回路中へのダイオードの導入

４．さいごに

本手法により，浄化槽の放流水路の水量でも緊急時に必要な充電および電力の使用が限定的に可能であることが判明した。今回用いた市販のマイクロ水力発電機は，最大で 13.5W の発電であった。従って，マイクロ水力発電規定である約 100kW に達していないことから，本実験で行った発電は，発電スケールが小さい「フェムト水力発電[4)]」が該当していると考えられた。

参考文献

1) 房野俊夫 他，産業応用工学会論文誌，Vol. 11，No. 1，pp. 81-83 (2023)
2) 須原 淳:「マイクロ水力発電」, 電気学会誌, Vol.144, No.2, pp. 88-91 (2024)
3) フジクリーン工業株式会社 :「総合カタログ」，2024，フジクリーン工業株式会社，https://fujiclean.icata.net/iportal/cv.do?c=1982560000&pg=1&v=FJC00001&d=FJCD001 (2025.3.12 閲覧)
4) Harimi Mohammad Zikrullah，IEEE Conference Proceedings，Vol. 2023，No. ICE2T，pp. 12-16 (2023)

謝辞

本研究は鹿島建設株式会社の仲山賢治氏のご協力を受けて実施されたものです。厚く御礼申し上げます。

［受理年月日　2025年8月6日］