

# 佐岡研究フィールドにおける水路を利用した発電量の調査

西山 和希<sup>1</sup> 廣田 知大<sup>1</sup>

高木 方隆<sup>2\*</sup> 菊池 豊<sup>2</sup>

(受領日：2021年4月26日)

<sup>1</sup> 高知工科大学大学院工学研究科基盤工学専攻  
〒782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口185

<sup>2</sup> 高知工科大学システム工学群  
〒782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口185

\* E-mail: takagi.masataka@kochi-tech.ac.jp

要約：本稿は高知県香美市土佐山田町佐岡研究フィールドにおける水路に着目し、年間を通して豊富な水量に恵まれる水路を利用した水力発電機によるLEDライトの点灯を調査した。佐岡地区の古民家付近では街灯などが無いため、夜間の通行が非常に困難であるという背景が存在する。そのため古民家付近に存在する水路をどうにか活用し、夜間にも通行を可能にするための誘導灯などの照明の設置を目指して光量の調査を行った。具体的には、水力発電機を備えた装置でサイフォンの原理を利用することにより、位置エネルギーを電力に変換する方法を行った。そして、設置した発電機から発生した電力によるLEDライトの点灯の有無や光り加減等を調査したものを本稿に記した。結果として、水力発電機二機によりLEDの十分な光量を確保出来たと考えるが、設置箇所の景観を守りながら設置する方法や、水路に設置することに伴う落ち葉を吸い取む等の詰まりの発生等メンテナンス性に関して多くの問題は残ったが、改良していくことで夜間にも通行可能な誘導灯の実現が期待できると考えた。

## 1. はじめに

本稿では、高知県香美市土佐山田町佐岡地区における水路を活用し、水力発電機で発生させた電力で点灯した照明を設置することで、夜間の安全な通行の実現を目的として、実際に発電機を設置した際の照明の点灯の有無について報告する。佐岡地域の古民家付近は、電源が少なく里道における街灯や誘導灯の設置が困難であった。そのため、安定的に電力を確保しつつ、利用者が夜間にも歩行可能な光量を現地で確保する必要があると考えた。

そこで筆者らは、古民家付近に存在する水路（農業用水路）に着目し、水路を活用した発電を検討した。古民家付近の水路は年間を通して、豊富な水量に恵まれており、夜間を含め一年中の継続的な発電資源としての利用に期待できると考えたからで

ある。

本稿では、水路を利用した発電が可能であるかの実現性の検証と、どの程度照明で明るさを確保できるのかを調査したもので、今後の里山地域の水路を利用した発電の基礎となるような研究を目指したものである。

## 2. 調査内容と対象地域

以下に本稿で調査した佐岡地区における水路の詳細な位置と水力発電機の設置箇所について説明する。古民家付近の水路分布を図1に示す。図1から分かる様に古民家付近には大きく分けて水路が2本存在する。しかし、谷筋では時期等により水量が非常に少なく利用が見込めない状態になることがある点を考慮し、本調査では農業用水路を対象と

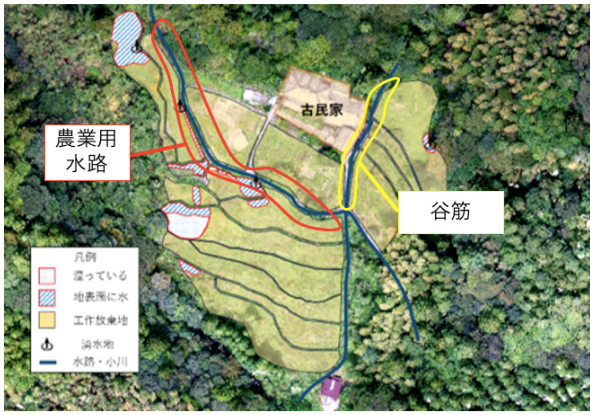


図1. 古民家付近の水路分布、文献1より引用し一部改変



図2. 水力発電機の設置箇所

した。また、冬季では夏季と比較して水路の水量が減少することが本調査を通して確認出来ている。

次に農業用水路を利用した際の発電機及び装置の詳細な設置箇所を図2で示す。赤丸で示す箇所には、水の取り入れ口となる硬質ポリ塩化ビニル製パイプ（塩ビ管）を設置した。そして赤丸部分からホースで延長した先の青丸で示す箇所には、水力発電機を設置した。

### 3. 使用装置

#### 3.1 水力発電機の詳細

以下に本調査で用いた水力発電機の詳細について説明する。本調査では、マイクロ水力発電機を用いて発電を試みた。寸法及び簡単な利用イメージを図4に示し、諸元を表1に示す。



図3. 使用した水力発電機

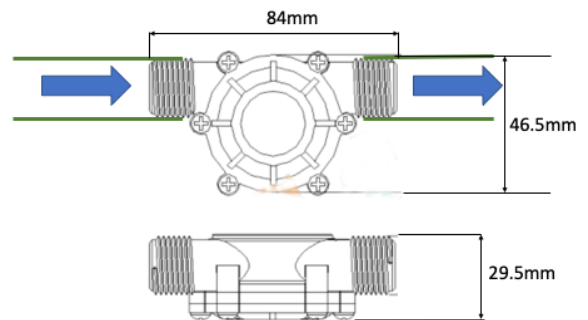


図4. 寸法及び利用イメージ

表1. 水力発電機の諸元

寸法	84 [mm]×46.5 [mm]×29.5 [mm]
出力電圧 [V]	0~80 (DC)

#### 3.2 発電装置の詳細

本調査では、水路からサイフォンの原理によって水を汲み取り、落水時の位置エネルギーを利用して発電機内部を回転させ、電力を生み出す仕組みを採用した。装置概要について図5で示す。また、この方式を取ることで、農業用水路である本水路を分水させることなく利用できるため、下流地域の利用にも大きな障壁をもたらすことは少ないと考える。図2の赤丸内で図5の装置左口が収まるように配置した。図5ではホースの長さを省略しているが、本調査ではより高低差を確保するため、ホースを伸ばし図2の青丸にあたる位置に発電機本体がくるよう設置した。

また、本調査で光源として用いたLEDライトに

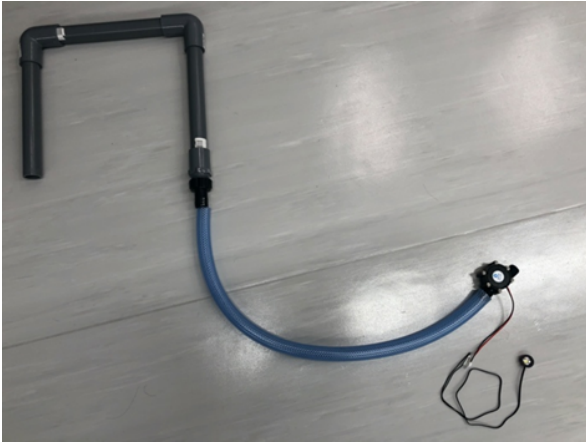


図 5. 塩ビ管を用いた組み立て後の装置外観



図 6. LED ライト

表 2. LED の諸元

製品名	防水ワイド LED (白)
LED 径 [mm]	15
マウント径 [mm]	21
電流 [mA]	20
電圧 [V]	12 (DC)

ついでに諸元を表 2 に示し、外観を図 6 に示す。

#### 4. 点灯確認試験及び結果

佐岡地区水路で行った、小水力発電機を用いた誘導灯の点灯試験とその結果について記述する。試験は、点灯の有無を確認する試験と、通電時の LED にかかる電力を計測する試験の計 2 種類の試験を行った。

##### 4.1 発電装置の設置

発電装置の設置方法について説明する。まず、図 2 赤枠の農業用水路に図 5 の塩ビ管側を設置した。設置方法は簡易的に石で固定した。その後、ホース側を谷筋の下流側へ垂らし、先端の発電機は水路内の岩の上に置いた。ホースの長さは 1.5 [m] のものを使用し、これは水路の高低差がある範囲の流路長



図 7. LED 点灯時の様子

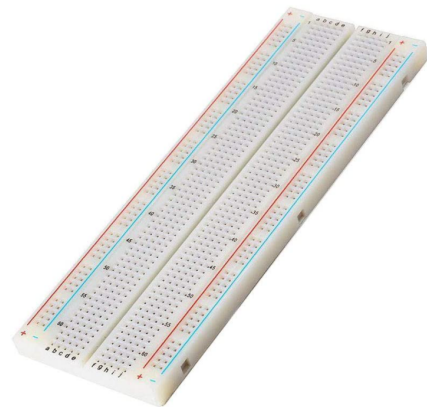


図 8. 回路実験板

さである。

##### 4.2 回路の作成

図 8 に示す 16.4 [cm]×5.2 [cm]×0.9 [cm] のハンダ付け不要の実験用基板を使用し回路を作成した。作製回路の構成は、小水力発電機を電源とし、1 個の LED を接続した。電力計測試験では、さらにマルチメーター接続し計測する回路構成とした。基板本体と LED はタオルを敷いたケースに入れ、基盤以外の導線接続部分は熱収縮チューブを用いて防水対策を行った。

##### 4.3 計測結果

図 9 に試験時の LED の点灯の様子、表 3 に試験





図9. 試験時のLED点灯の様子

表3. 計測結果

電流 [mA]	14
電圧 [V]	6.7

時に計測した電流、電圧値を示す。

このとき、直流発電機による機械的なエネルギーの減衰はないものとし、ダイオードの特性による電氣的な圧力降下を一般的な0.7[V]として計算すると、

$$W = 14 \times 10^{-3} \times (6.7 + 0.7) = 0.1036 [\text{w}]$$

となった。今回使用したLEDの出力できる最大電力は  $20 \times 10^{-3} \times 12 = 0.24 [\text{w}]$  であるため、1/2程度程度の出力であることが分かる。図9の点灯の様子からも夜道を照らせる程の発光をしておらず、LEDの点灯には成功したが図7のような、製品スペックの上限に相当する明るさを確保することはできなかった。

## 5. 今後の展望と課題

### 5.1 CFD解析による取得電力の概算

今回は点灯の有無を検証したため結果に対する考察は出来なかったが、数値流体力学を用いた数値シミュレーションであるCFD解析を行うことでそれらも可能になり、課題の細分化などが期待できる。

今回使用した発電機は内蔵された羽根車の軸動力を誘導起電力に変換しているため、以下の式(1)から水流落下によって生み出されるエネルギーを概算することで、LED点灯に対する必要電力を仮説立てできると考える。

$$P = \frac{L}{60} = \frac{2\pi Tn}{60} = \frac{Tn}{9549} \quad (1)$$

P	動力 (kW)
L	仕事 (N・m)
T	トルク (N・m)
n	回転速度 (rpm)

また、トルクは以下の式(2)から求めることができる。 $F$ を水流落下によって得た位置エネルギーとして計算することができる。

$$T = F \cdot R \quad (2)$$

F	接線力 (N)
R	回転半径 (m)

一方で回転速度  $n$  を求めることは困難である。管路損失を考慮しながら流体力学における質量保存則を示した「連続の式」を用いることで、ホース内の流体の動圧を求めることはできる。しかし、羽根車の抵抗による静圧と動圧の変動までは考慮することはできない。そこでCFD解析から発電機内羽根車の流量と圧力の相関などを明らかにする必要があると考える。

### 5.2 光度の計測

誘導灯の実装を想定する際、仮にLED一基で最大の発光が出来たととしてもその光度や範囲的に橋を渡る人の安全性を保証できないと考える。そこで、安全に誘導灯として成り立つ光度および範囲を定め、ライトメーター等の使用による光度計測から必要なLED基数を求める必要があると考える。

### 5.3 ライトの変更

LEDの特性として、諸元を超える電力以上の点灯は過電流による破損につながる。よって麦球などの電力に上限のない電球を利用することで光度の上昇が期待できる。

### 5.4 メンテナンス性について

本計測の設置状態は、川の中に塩ビ管を入れ吸入させているため落ち葉などのゴミを吸い取り、ホースや発電機での詰まりを起こすことが課題として挙げられる。塩ビ管の吸入口にメッシュ等で大きなゴミの吸入を防ぐことでメンテナンスの小規模化は可能であるが、定期的に吸入口のゴミを除去する工程は必要であると考えられる。

### 5.5 発電機の増設について

発電機を増設し直列接続することで電力量を増



図 10. 発電機 2 個使用時の点灯の様子

加させることは可能である。図 10 に追加試験として同じ発電機と LED を接続した回路を用意し、直列接続することで光度の増加を試みた様子を示す。本試験では電力計測を行ってないが発電機一つの時と比べ、より高い光量を発揮したと考える。

しかし、水の豊富さや滝、水路の美しさを誇る佐岡地区において何本もの塩ビ管やホースが立ち並ぶ外観は避けるべきであり、対策を立てる必要があると考える。

## 6. 結言

本調査では佐岡地区の水資源による水力発電及び誘導灯の設置を目的とし、小水力発電機の簡易設置と電力計測を行った。

位置エネルギーの利用による水力発電において、今回対象とした水路の高低差 1.5 [m] を確保することで、誘導灯の点灯を確認することができた。しかし、LED の製品スペックによると現状より倍以上の電力を供給できる余地があり、LED の最大光度を得るための電力確保が課題であることが分かった。

そのために、発電機の増設やさらなる高低差の確保が必要であると考えられるが、今後は里山地域の外観を悪化させない点を考慮した上で、発電機増設および施工方法を考案することが望まれる。

## 文献

- 1) 岡田溪佑, 高橋遥, 秦啓, 高木方隆, “佐岡地区の

# Survey of Power Generation Using Waterways in the Saoka Investigation Field

**Kazuki Nishiyama<sup>1\*</sup> Tomohiro Hirota<sup>1</sup>**

**Masataka Takagi<sup>2</sup> Yutaka Kikuchi<sup>2</sup>**

(Received: April 26th, 2021)

<sup>1</sup> Graduate School of Engineering, Kochi University of Technology  
185 Miyanokuchi, Tosayamada, Kami City, Kochi 782–8502, JAPAN

<sup>2</sup> School of Engineering, Kochi University of Technology  
185 Miyanokuchi, Tosayamada, Kami City, Kochi 782–8502, JAPAN

\* E-mail: takagi.masataka@kochi-tech.ac.jp

**Abstract:** We focused on waterways in the Saoka Investigation Field of TosaYamada-cho, Kami City, Kochi Prefecture, and examined lighting LED lights with hydroelectric generators using high volume waterways throughout the year. There are no streetlights near houses in the Saoka Investigation Field, so it is difficult to navigate at night. Therefore, a survey was conducted on the amount of power generation with the aim of installing guidance lights for people to proceed at night. Specifically, the focus was on converting positional energy into power by using the siphon theorem with a device equipped with a hydroelectric power generator. In this paper we have summarized the existence of LED lights and the range of light depending on the amount of power generated by the installed generator. From the results, we considered that sufficient light volume of LEDs could be secured by two hydroelectric power generators. However, many problems remained, including how to install a generator while retaining a clean landscape and maintenance problems due to installation in waterways. By improving the hydroelectric generator, we expect to secure guide lights for people to move about at night.