

〔論文〕

フロート式水流発電装置のデモンストレーション運転

池鯉鮒 悟^{*1}

Demonstration of Floating Hydrokinetic Generator

Satoru CHIRIFU^{*1}

Abstract

In this study, the researchers investigated the power generation characteristics of an experimental catamaran-type float and water wheel apparatus when floated on a river. This paper reports the results of an on-site demonstration that the researchers conducted at the Ikemachi River in Kurume City, Fukuoka, Japan.

Keywords : hydrokinetic generation, small hydropower generation, natural energy, water flow

1. はじめに

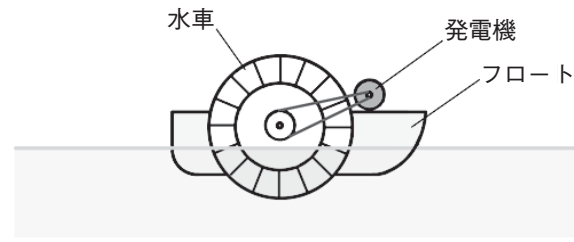
地球温暖化等の環境問題や、東日本大震災に起因する福島県の第一原子力発電所の放射能漏れ事故により、省エネルギーや自然エネルギー利用を推進することが急務となっている。自然エネルギーの中で大きく注目されているのは太陽光発電である。九州地方でもいくつかのメガソーラー発電所が建設され、または建設予定である。ただし、太陽光発電は太陽が出ていない夜間は発電できないし、曇りや雨等の天気では発電量が大きく減少してしまう。また注目されている風力発電であるが、最近では設置場所の選定を十分に吟味してからやらないと、せっかく設置した風車が回転せず発電しないという問題がクローズアップされてきている。いずれにしても、太陽光や風力のみで必要電力をまかなうというのは現状では難しい。

日本には、大小河川が多くあり、条件のよい大型の河川にはダムが建設され、水力発電所として機能している。水力発電は自然エネルギーの中では天候に左右されず昼夜連続で供給可能であることが大きな特長である。ただし川を堰き止めてダムを建設する水力発電所の場合は、もともとあった村が水没したり、周辺環境に与える影響が大きい。そこで注目されているのが、小水力発電である。富山県や鹿児島県など小水力発電を展開する自治体も増えてきている。

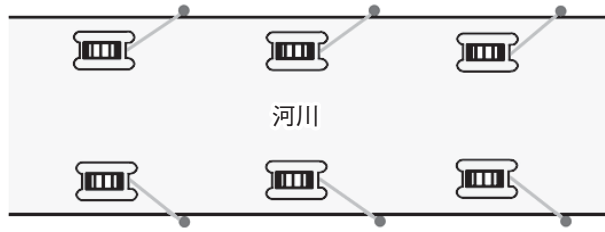
本研究は、この小水力発電に属するものである。通常の小水力発電は、中小の一般河川や、農業用水路、上水道・下水道処理場、ビルの循環水などがその対象であり、流れの途中に発電用水車を設置する固定設置方式が一般的である。本研究のフロート式水流発電は、双胴船型のフロート（浮き）に、水車と発電機を搭載した発電装置で、河川などに浮かべて水流を利用して発電するものである。従ってここでは「フロート式水流発電」と表現している。ゆったりした流れの大規模河川には向かないが、ある程度流速の確保中小河川での使用を想定している。もちろん単体では、微弱な電力しか発生しないが、複数台を河岸などから係留して設置し、発電した電力を集めることにより、例えば付近の公園の照明電力として使用することも可能である。また、自然エネルギーの大切さを市民に示すための啓蒙的な効果も期待できる。

最近では“エネルギーハーベスティング”という概念も普及してきつつある。「環境発電」というように訳されるが、周辺環境からいろんな方法で発電しようという考え方である。床の振動や衝撃を利用して発電したり、ドアの開閉で発電したり、空中を飛び交っている電波を拾って発電したりなど、種々の方法が考えられている¹⁾。フロート式水流発電は、このような「環境発電」的な側面も有している。

^{*1} 建築・設備工学科
平成25年11月1日受理

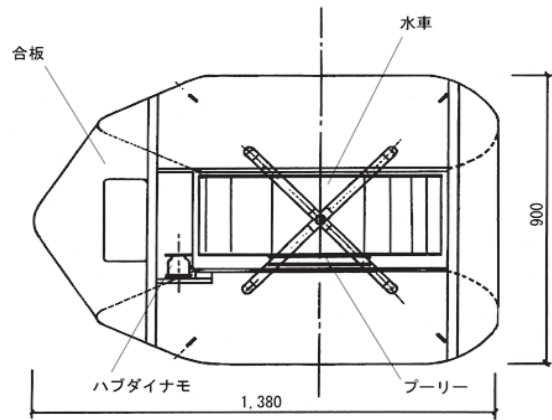


断面



平面

図1 フロート式水流発電のイメージ



平面図

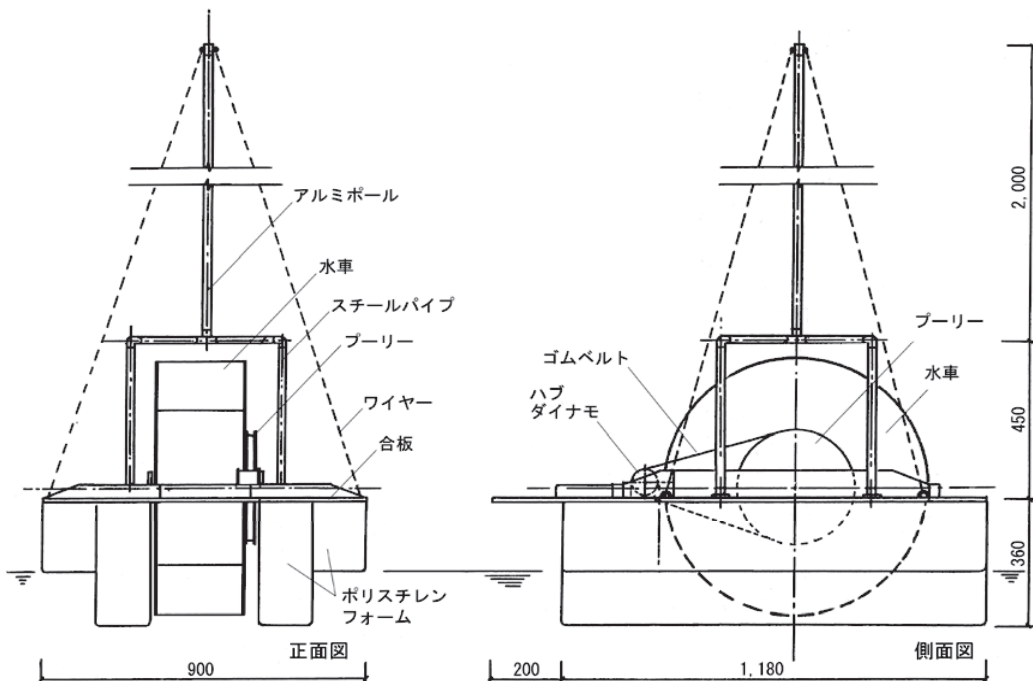


図2 フロート式水流発電実験装置の概要

図1に、フロート式水流発電の概念図を示す。構成はシンプルで、フロート（浮き）と水車と発電機からなっている。フロート式水流発電については、今までにいくつか研究がなされてきている。古くは1986年に福井工業大学の山田、藤井等によって報告されている²⁾。また、旧NKK（現JFEエンジニアリング）では、寺本、西村等によって1987年にNKK発電営業部レポートに報告されている³⁾。近年では、研究ということではないが、(有)オンウェーブにより農業用水を利用した群馬県高崎市の長野堰水流発電プロジェクトとして実施された例などが見られる⁴⁾。本研究も同様の流れを汲むものである。

2. 実験装置

図2にフロート式水流発電実験装置の概要を示す。幅900mm、長さ1300mmの合板に双胴船型の浮きを接着して本体を作成した。浮きは厚さ50mmのポリスチレンフォーム断熱材を切り抜いて貼り合わせることで形成した。合板の中央部に開口を設け、直径720mm、幅250mmのシンプルな下掛けクロスフロー水車を設置している。水車は5mm厚の透明塩ビ板で製作した。羽板の寸法は240W×140Hで、計12枚取り付け付けた。水車側面にはプーリーを設けており、自転車のハブダイナモを利用した発電機とゴムベルトで接続している。このときのプーリー比は4：1である。また、発電の状態をデモンストレーションするために、バッテリー駆動のクリスマス用イルミネーションを2本接続している。イルミネーションは、実験機中央のアルミポール先端から4方に伸びたワイヤーにツリー状に巻き付けてある。

2.1 回路

自転車のハブダイナモは交流発電機であるため、直流タイプのイルミネーションを点灯できるように、図3のような回路を組んだ。ハブダイナモの交流出力をダイオードブリッジで整流し、コンデンサで平滑化した直流をDC-DCコンバータで5Vまで昇圧している。イルミネーションへの接続は、30Ωの抵抗を入れ3.7V程度に落としてイルミネーションを点灯させるようにしている。また、タイマーを組み込んで、午後11：00以降は点灯させないようにした。ハブダイナモとDC-DCコンバータ、イルミネーションの仕様を表1に示す。

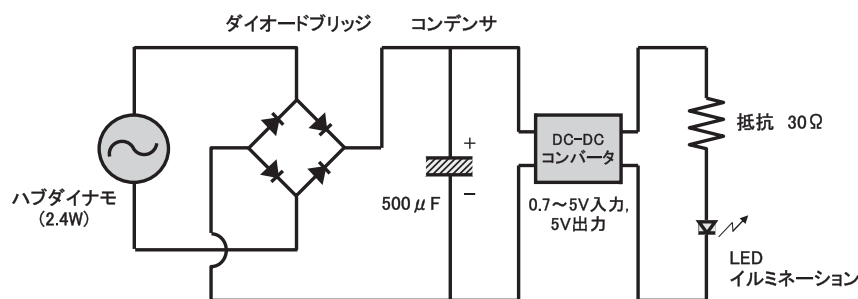


図3 実験装置の回路

表1 装置パーツの仕様

名称	形式, 仕様等		
ハブダイナモ	シマノ製	DH-2N30J	定格6V, 2.4W
DC-DCコンバータ	—	0.7~5V入力, 5V出力	
イルミネーション1	—	白色LED 100球	DC3.7V駆動
イルミネーション2	—	ミックスカラーLED 200球	DC3.7V駆動

注) イルミネーションは、周囲の明るさで自動点灯・消灯する機能付きである。

2.2 発電特性

使用したハブダイナモの発電特性を図4及び図5に示す。DC-DCコンバータ出力側の実測値で、電圧はイルミネーションによる負荷のない場合と負荷のある場合について、また電力は負荷のある場合の結果である。ハブダイナモは自転車の速度が15km/hのとき、6V、2.4W出力が定格であり、このときの回転数は約120rpmである。定格運転のときのハブダイナモ出力及びDC-DCコンバータ出力電圧を図6及び図7に示す。図6のハブダイナモの交流出力は家庭用100Vの交流波形とは異なり、とがった部分のある波形である。また、図7のDC-DCコンバータ出力の直流波形は電

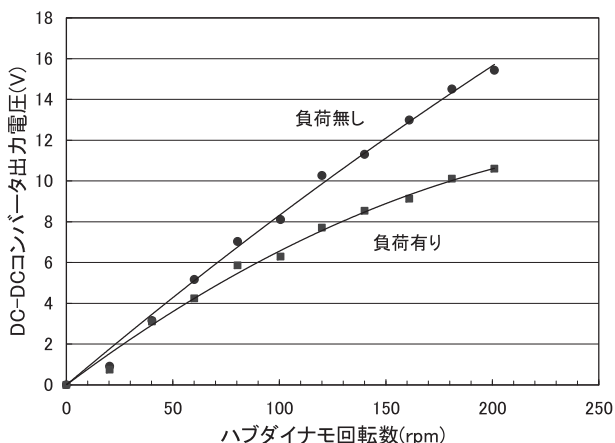


図4 ハブダイナモ回転数と出力電圧

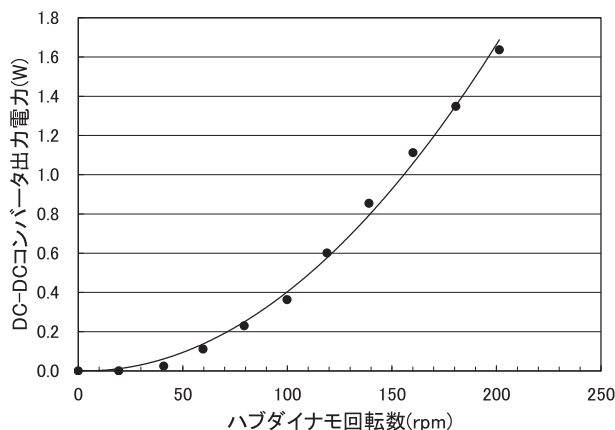


図5 ハブダイナモ回転数と出力電力

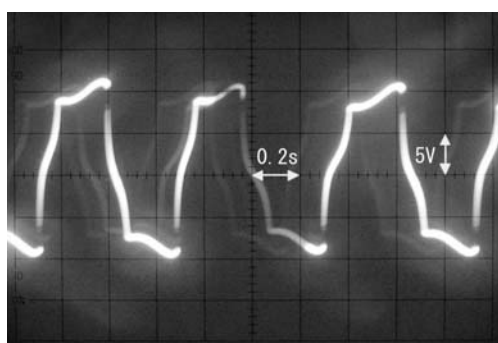


図6 ハブダイナモの電圧波形

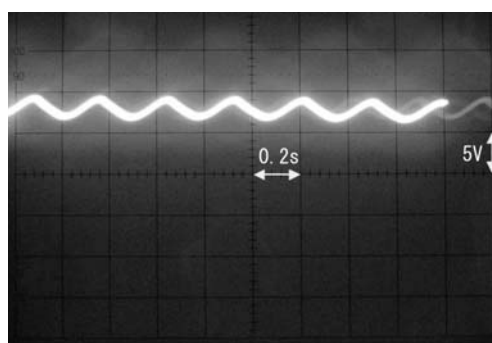


図7 DC-DC コンバータ出力側の電圧波形

圧が7.5V程度とやや高めで、多少のリップルが残っている。

3. デモンストレーション運転

3.1 対象期間及び設置場所

今回のデモンストレーション運転は、平成23年12月13日～12月27日の期間で行った。

場所は、福岡県久留米市の町なかを流れる池町川（市内中心街付近を流れる川幅約4m、水深0.5m程度の川）に周囲の安全柵から鎖で係留する形で設置した。設置にあたっては、河川の使用については福岡県の久留米県土事務所に、また安全柵の使用は久留米市の路政課に事前に届出を行い許可を得ている。

3.2 流速測定

事前に設置場所付近の流速を流速計（株式会社製作所製ブライス式電流速形）を用いて測定した。池町川の表面近傍（水深約80mmの位置）での流速はおおよそ0.5m/sであり、かなりゆったりした流れである。

3.3 デモンストレーション運転状況

図8に現地設置したデモンストレーション運転の状況を示す。川の流速が遅いため、水車は非常にゆっくり回転しており、現地で水車の回転数を確認したところ約11rpmであった。その時のハブダイナモの回転速度は44rpmであり、出力は3.25V、0.07W程度である。微弱な電力ではあるが、LEDイルミネーションの点灯は可能である。夜間のイルミネーション点灯時の状況は図9のようである。写真では見づらいかもしれないが、カラーイルミネーションが点灯しているのを現地にて目視で確認している。

4. 考察と課題

得られた結果について考察する。水車の発電電力L (kW) は、下記(1)式で表される³⁾。

$$L = \rho g Q H \times \eta_w \eta_\tau \eta_g \quad (1)$$



図8 池町川でのデモンストレーション運転の様子

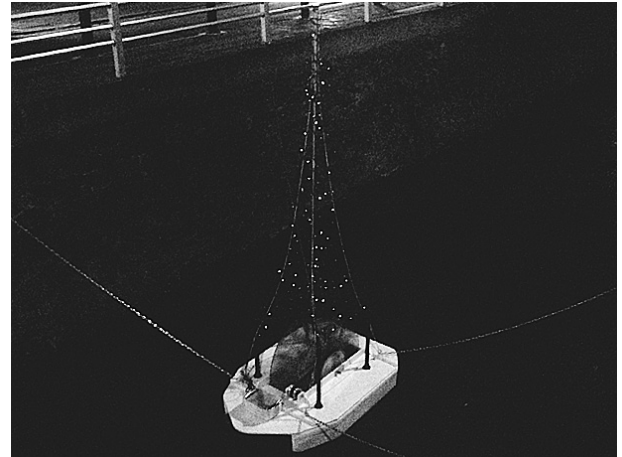


図9 イルミネーション点灯の様子

ここで、

- ρ : 水の密度 (kg/m^3)
- g : 重力加速度 (9.8m/s^2)
- Q : 水量 (m^3/s)
- H : 落差 (m)
- η_w : 水車効率 (-)
- η_T : ベルトによる伝達効率 (-)
- η_G : 発電機効率 (-)

である。水量 Q は、水車の水面下の部分で、流れに垂直な投影面積を通過する水量を用いた。また、本水車のように落差のほとんどない河川で使用する場合、利用できるのは水の流れのエネルギーだけなので、 H の代わりに $v^2/(2g)$ を用いている。ここで v は河川の流速 (m/s) である。 $\eta_w=0.3$, $\eta_T=0.8$, $\eta_G=0.7$ と仮定して得られる発電電力は、

$$L \approx 0.00035 \text{ (kW)} = 0.35 \text{ (W)}$$

となる。実測値は 0.07 (W) で、上記より大きく下回っているのは、整流や昇圧回路内での損失とハブダイナモの回転数が規定回転数を大きく下回っており、発電効率が低くなっていたためと考えられる。今後は発電機とプーリー比、高効率な水車を検討する等を進めていきたい。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、当時久留米工業大学4年生であった、清水修平君、和間直斗君、柏木智也君、石川健人君、江島崇人君、田中大二郎君には、実験機の製作及び測定・現地作業等において、大きな協力をいただいた。ここに謝意を表す。

参考文献等

- 1) 桑野博喜「エネルギーハーベスティングの最新動向」シーエムシー出版、2010
- 2) 山田、藤井、小沢、澤崎、田辺、中道「超低落差用小型水力発電装置の開発」福井工業大学研究紀要第16号、1986、pp.131-140
- 3) 清水幸丸「マイクロ水力発電ハンドブック」パワー社、1989、pp.63-70
- 4) 長野堰水流発電プロジェクト：(有)オンウェーブ HP (<http://www.onwave.co.jp/jp/news/20080722/>)