

VII-29

圧電素子を用いたマイクロ水力発電に関する水理実験

秋田大学 学生員 ○青柳一輝

秋田大学 正会員 高橋智幸

1. はじめに

これまで我が国の電力は「火力」「原子力」「水力」といった効率を重視した発電に依存してきた。しかし近年、環境への関心が非常に高くなってきたといえる。1997年12月に「気候変動枠組条約第3回締約国会議」で締結された京都議定書、2003年4月に施行された「RPS法」等を考慮しクリーンで再生可能な自然エネルギーを用いた発電を行う必要性が出てきた。

自然エネルギーには水力、風力、地熱、太陽光、バイオマスといったものがある。これらの中で著者は水力に着目してみた。従来の水力発電はダムを用いて水を落下、タービンを回転し発電を行うというものであった。この方法では発電自体は非常にクリーンなのであるが、ダムの建設により自然の生態系を変化させ、環境へ影響を与えてしまうという問題点がある。また日本では水力開発率が9割に迫っており発電量が飽和状態に近く、発電の主流となることは不可能である。そんな中、近年注目されているのがマイクロ水力発電である。

マイクロ水力発電とは発電量が100Kw以下の小型水力発電のことである。従来の水力発電と異なり、ダムを用いないため自然環境へは低負荷となる。しかしこのマイクロ水力発電にも問題がない訳ではない。

発電原理は水力発電と同じため、ある程度の流量、水路幅、落差は必要となる。また水車の音も小さくないため、居住地等に設置するのには問題がある。これらのことを考慮すれば、設置場所は限定されてしまうと云わざるおえない。

これらの問題点を解決し、かつマイクロ水力発電の利点を残す発電方法を、本研究では提案する。

2. 研究方法

本研究は実験と計算の両方を行った。発電装置に従来はライターの着火材、警報装置のブザー、衝撃センサー等に使用されている圧電素子を用いた。装置を小型にすれば騒音は抑えることができる。そして水さえ流れていればどんな場所でも発電可能であり設置条件にとらわれないであろうと考えた。

圧電素子を用いて発電を行うには、素子に歪みを与える力が必要である。本実験では発電装置を円柱状にし、カルマン渦列を発生させ、素子に歪みを与えようと考えた。実験に用

いた振動柱が写真1、2である。

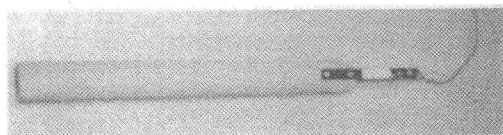


写真1：木材円柱

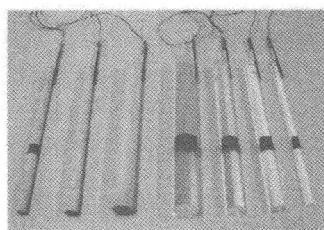


写真2：木材円柱及びウレタン円柱

装置設置状況（写真3）及び諸条件は以下の通りである

- ・ 幅30cm 高さ50cm 長さ10mの長方形水路
- ・ 測定位置：上流端から4m
- ・ 流速：0.19m/s～0.37m/s 程度
- ・ 各流速で三回ずつ電圧の時系列データを測定、その平均値をとる

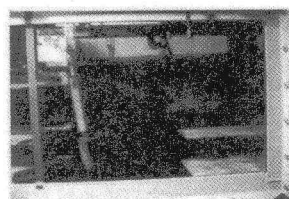


写真3：実験装置設置状況

また計算の方は発電装置を円柱と近似し固有振動数を求め、カルマン渦の渦振動数としてストローハル数の式に代入し共振現象を考慮した最適な発電装置を見つけ出す手助けとした。

計算に用いた振動柱の円柱部のヤング率を以下に記す。

木材：30000MPa ウレタンゴム：7MPa

円柱の固有振動数を求める際に用いる振動数方程式の解は振動が一次モードの場合のみ考慮、 $\cos \lambda \cosh \lambda = 1$ の数値計算の解である $\lambda = 1.875$ を用いた。

またストローハル数の値は0.21を用いた。

3. 研究結果及び考察

振動柱の各諸元は表1の通りである

表1：振動柱諸元

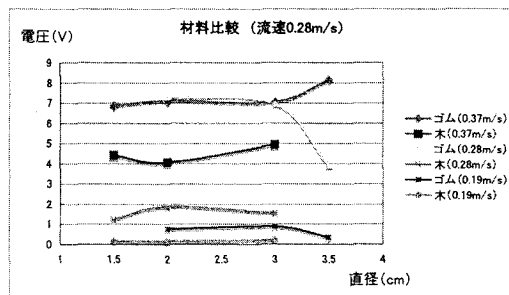
	D(m)	L(m)	M(kg)
木・太	0.030	0.288	0.122
木・中	0.020	0.288	0.057
木・細	0.015	0.288	0.033
ゴム・長・太	0.035	0.288	0.319
ゴム・長・中太	0.030	0.288	0.238
ゴム・長・中	0.025	0.288	0.166
ゴム・長・中細	0.020	0.288	0.109
ゴム・長・細	0.015	0.288	0.033
ゴム・中・中太	0.030	0.250	0.208
ゴム・中・中細	0.020	0.250	0.097
ゴム・短・中太	0.030	0.200	0.168
ゴム・短・中細	0.020	0.200	0.079

計算結果は割愛するが、ヤング率が大きく影響したため、木よりもゴムの方が適している、という結果になった。しかし装置を円柱と近似しているためそれ以上のことは解らなかった。

実験では振動柱によるカルマン渦列の発生、その力を利用した圧電素子による発電とも成功した。発電効率の良い振動柱の形状を探すため材料、円柱直径、長さ及び浸水深の順に形状を絞り込んでいった。

3. 1. 材料比較 (図I)

ウレタンゴムと木の二種類を様々な流速で比較してみた。各流速とも、ウレタンゴムの発生電圧の方が大きかった。材料はウレタンの方が適していると言える。

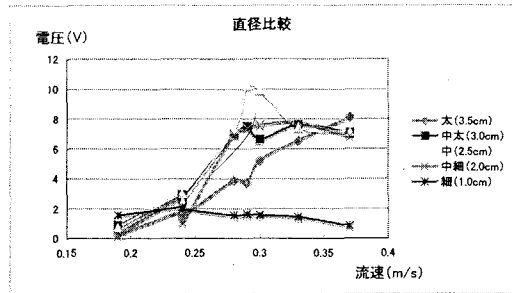


図I：円柱部材料比較

3. 2. 直径比較 (図II)

直径 2.5～3.5cm 程度がよいと考えられる。流速 0.3m/s 程度で直径 2.5cm のものが卓越した値を示しているのは共

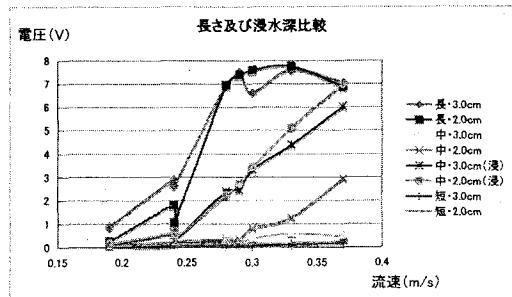
振現象の影響だと考えられる



図II：円柱部直径比較

3. 3. 長さ比較及び浸水深比較 (図III)

グラフ中で「浸」の文字のついているものは何もついていないものよりもさらに3.5cm 沈めたということである。円柱は長ければ長い方がよく、浸水深は深ければ深い方がよいという結果になった。



図III：円柱部長さ及び浸水深比較

4. 結論

「圧電素子を用いた発電」という新しい試みには成功した。今後はより最適な材質、形状を見つけ出し発電量を上げていきたい。また発電時における騒音、コスト問題等考慮した上で振動柱を大型化するのではなく、小型のものを大量使用した方がよいと考えているので、振動柱複数を利用した場合についても調べていくつもりである。今後は振動柱1本あたり1W程度の電力がえられるよう、研究を進めていく予定である。

しかしながら得られる電力が弱いと言うこともあり、この装置で家庭電力の代替エネルギーになる、とは考えにくい。水道管の水量計、ビニールハウスの温度制御、停電時の防災施設の計測装置など微弱な電力の使い道も考えていく予定である。家庭向けの製品が開発できれば一般の人々にも環境に対する意識、関心が高まるのではないだろうか。

現時点では水の流れに対して発電を行っている段階だが、これを波力発電へと応用しようとも考えている。