

ジャイロミル式水車の発電性能に関する研究

九州大学工学部エネルギー科学科 学生員 尾川協一郎
九州大学大学院総合理工学研究院 正会員 経塚雄策

1. はじめに

年々増加するエネルギー消費量に対して有限の化石燃料のみに依存するのではなく身近に存在している自然エネルギーをもっと有効利用して資源の節約ができないかと考えた。本研究では海洋エネルギー、特に潮流のエネルギーに着目した。

潮流エネルギーを利用するために、風力発電で利用されているジャイロミル式水車を使い発電機(直流モーター)を回す動力を取り出すことにした。なお翼形はNACA0018を使用した。図1はジャイロミル式水車の簡略図である。

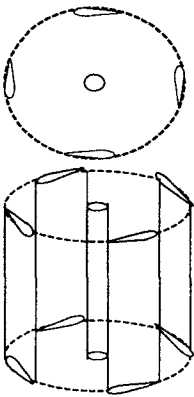


図1 水車の簡略図

ジャイロミル式は揚力利用型の水車で流速の数倍の回転速度を有することができ、鉛直軸を持つため流れの方向によらず回転可能なので往復流である潮流に大変有効であると考えられる。

本研究では潮流発電の初期実験として実際に流れの中に水車を沈めて実験を行い流れと水車の回転また発電量についての関係を実験的に調べることにした。

2. 準定常翼理論による回転モーメント

図1において一様流中のジャイロミル式発電装置の1翼に働く流体モーメントを求める。

前提としては、準定常とし、翼間の干渉は無視し、また、翼の周速比は一様流の数倍程度とするので、翼に対する相対流入角は、翼が失速を起こさない範囲であると仮定する。(周速比は翼の回転速度 $R\omega$ と一様流速 U との比である。)

図1の翼位置角度 θ のところにある翼の相対流入速度 U_r は、図2において周方向には

$U \sin \theta + R\omega$ であり半径方向には $U \cos \theta$ である。

$$U_r = \sqrt{(U \sin \theta + R\omega)^2 + (U \cos \theta)^2} \quad (1)$$

その相対流入角を α_1 とすると

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \frac{U \cos \theta}{U \sin \theta + R\omega} \quad (2)$$

である。

よって、翼の初期迎角 α_0 を考慮すると、翼に流入する水の流入角は $\alpha = \alpha_0 + \alpha_1$ となる。

揚力(L)および抗力(D)は C_L (揚力係数)

、 C_D (抗力係数)を使って

$$L = \frac{\rho}{2} C_L S U_r^2, D = \frac{\rho}{2} C_D S U_r^2 \quad (3)$$

で与えられる。従って、ジャイロミル式水車の中心軸まわりのモーメント M は

$$M = R \times (L \sin \alpha_1 - D \cos \alpha_1) \quad (4)$$

となり、このモーメントが水車をまわす。

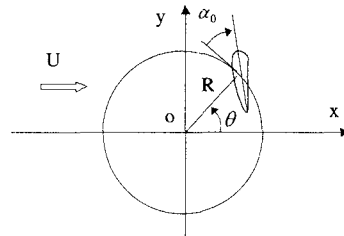


図2 座標系

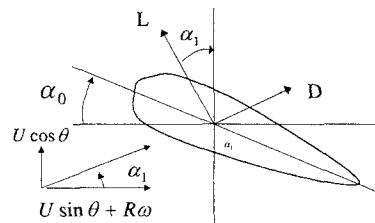


図3 翼に働く揚力および抗力

図4は周速比は3で翼が失速を起こさず、また水車の回転が流れに対して影響を与えないという条件下でモーメントの数値計算をした結果である。縦軸のモーメントは総モーメントを翼枚数で割った翼1枚あたりの平均モーメントとした。1枚翼2枚翼では翼の位置角度によりモーメントが負になり回転方向とは逆にモーメントが作用するときがあるが4枚翼、8枚翼となるとどの翼の位置角度でもモーメントが正であり、8枚翼ではほぼ一定のモーメントを有することがわかる。

3. 実験装置と計測項目

実験は九州大学応用力学研究所の海流水槽（長さ5m、幅1.5m、深さ1m）を借用し水路の中央に水車を沈めて実験を行った。（実験装置の概略図は図5参照）水車は半径10cmの円周上に翼（NACA0018）を90°間隔で4枚取り付けてあり高さは20cmのものを使用した。発電機は直流モーターを使用した。

計測項目は電磁流速計で流速(cm/sec)、周速比は回転軸に取り付けたパルスカウンターで回転数を測定し算出した。直流モーターによる発電量は出力側に可変抵抗器（ $R=2\sim 22\Omega$ ）を入れて両端の電圧を測定して求めた。なお可変抵抗を変化させることは発電機の負荷を調整することに等しい。

4. 実験結果と考察

図6は流速の変化に対する周速比の変化の測定結果で、流速の増加とともに周速比も増加していくことがわかった。図7は発電機に対する負荷（電気抵抗）の変化と発電量の変化の測定結果で、発電機に対して最適負荷が存在することがわかった。図8は流速の変化と発電量の変化の測定結果で流速の増加とともに発電量も増加することが確かめられた。なお水車が高速回転時は自由表面上にか

なり大きな波を発生するので水車の性能に及ぼす自由表面の影響が重要になってくると思われる。また、水車は初速を与ると高速回転するが初速を与えない場合では低速回転を続けることも実験でわかった。なお実験で用いた直流モーターは無負荷時の回転数が5200rpm、定格10Wattというものであったため、今回の実験では発電効率が相当悪かったように思われるので、今後の実験では低速回転モーターを用いるべきであると思われる。

今後の課題として翼枚数をかえて同様な実験を行い、翼枚数と周速比、発生するトルクについても深く研究を進めていく予定である。

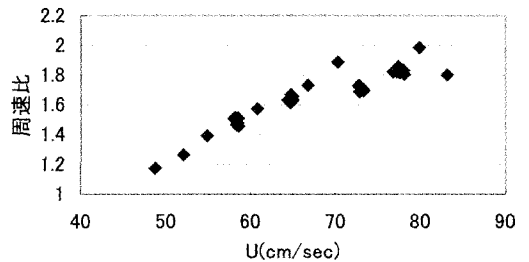


図6 流速と周速比

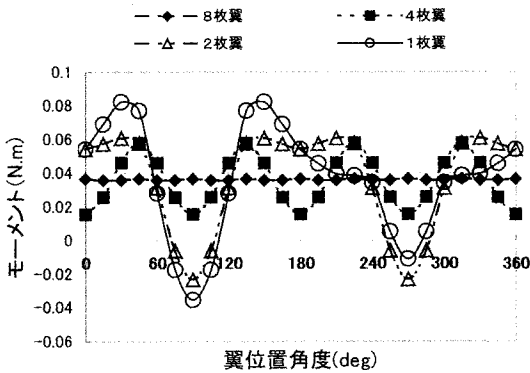


図4 翼1枚当たりの平均モーメント

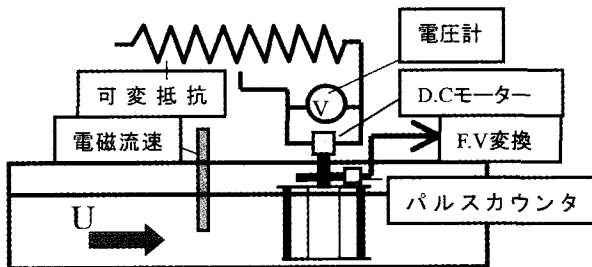


図5 回流水槽概略図（計測部）

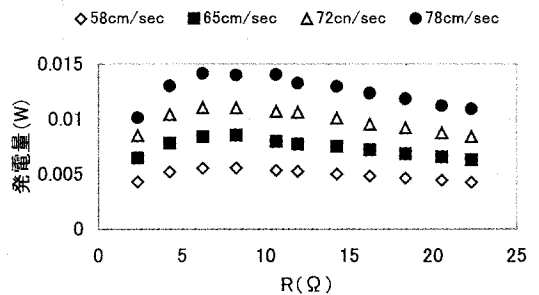


図7 電気抵抗と発電量

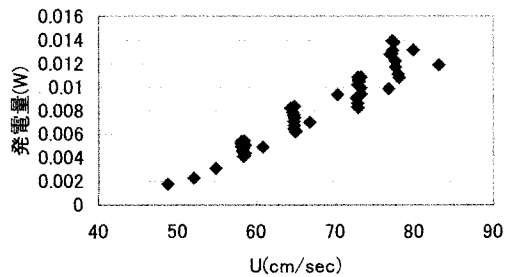


図8 流速と発電量