

浮体式波力発電の利得電力について

山口大学大学院 学○大木 協

山口大学工学部 正 羽田野 袈裟義

山口大学工学部 齋藤 俊

日本文理大学 正 櫛田 操

1. はじめに

著者ら¹⁾は、フロート・カウンターウェイト・プーリ・ワイヤー・ラチェット機構を組み合わせた波力エネルギー変換装置を開発中である。これまで水槽実験や機械要素実験をもとに検討してきたが、実機を想定した検討は不十分であった。今回、実機を想定して構成要素の諸量の関係を検討すると共に、フロート・カウンターウェイト・プーリ・ワイヤー・ラチェット機構の一組の場合の利得可能仕事率(利得電力)の評価を行ったのでその結果を報告する。

2. 諸量の関係

本エネルギー変換システムの概略を図-1 に示す。フロートの体積を V_f 、重量を W_f 、カウンターウェイト重量を W_c 、フロートに作用する浮力を B 、プーリ半径を R 、プーリのトルク負荷を T_G 、水の単位重量を w 、フロートの喫水率を α 、フロートの比重を S とし、自由状態(トルク負荷がなく静止状態)の量に添え字 0 をつける。自由状態の釣合は、

$$W_f - W_c - B_0 = W_f - W_c - w\alpha_0 V_f = 0 \quad (1)$$

次に発電を想定してトルク負荷がかかる場合を考える。水面下降時には、フロート重量から浮力とカウンターウェイト重量を差し引いた $W_f - B - W_c$ がトルク負荷に抗して回転エネルギーをつくりだす。したがって、力の釣合は、

$$W_f - B - W_c = W_f - w\alpha V_f - W_c = T_G / R \quad (2)$$

一方、水面上昇時にはカウンターウェイト重量と浮力の和からフロート重量を差し引いた $B + W_c - W_f$ がトルク負荷に抗して回転エネルギーをつくりだす。したがって、力の釣合は、

$$B + W_c - W_f = w\alpha V_f + W_c - W_f = T_G / R \quad (3)$$

となる。ただし、トルクは水面上昇時と下降時とで反対向きとなるが、正負の違いを無視して表示している。

式 (1) と (2) または (3) より、

$$B_0 - B = (\alpha_0 - \alpha)wV_f = T_G / R \quad (4)$$

すなわち水面下のフロート体積の変化が回転トルクをつくる。また、フロートの喫水率 α は、水面下降時には $\alpha_0 \sim \alpha_{\min}$ 、水面上昇時には $\alpha_0 \sim \alpha_{\max}$ の間で変化し、 $\alpha_{\min}$ と $\alpha_{\max}$ は式 (1) ~ (3) より、

$$\alpha_{\min} = \alpha_0 - \frac{T_G / R}{wV_f}, \quad \alpha_{\max} = \alpha_0 + \frac{T_G / R}{wV_f} \quad (5)$$

次に、カウンターウェイト重量の概略を求める。簡単のため、自由状態の場合を考える。式 (1) より、

$$W_c = W_f - B_0 = w(S - \alpha_0)V_f \quad (6)$$

すなわち、フロートの比重が自由状態の喫水率を上回るほどカウンターウェイト重量 W_c が大きくなる。カウンターウェイト重量が大きいとプーリ軸の負担が大きいため、カウンターウェイト重量は軽いほうがよい。従って、カウンターウェイトはあまり重くせず、水面下降時のエネルギーを重点的に取り込む構成とするのが得策である。

3. 利得可能仕事率

前項の検討を踏まえ、水面下降時にエネルギーを重点的に取り込む場合を検討する。この構成でフロートがなす仕事率を 1 周期で平均した量 P_f は、波高を H 、周期を T として次式で与えられる。

$$P_f = \text{Min} \left(0.25wA \frac{H^2}{T}, F_e D \right) \quad (7)$$

ここで、 $\text{Min}(x, y)$ は x と y のうち小さい方、 A はフロートの水平断面積、 F_e はエネルギーフラックス、 D はフロート喫水線の波峰線方向の長さである。

図-2 は、直径 2m と 4m の円筒フロートを用いた場合について、種々の波の条件で式 (7) の P_f を求めた結果である。実際の海の波によるエネルギー利得を評価する。簡単のため渡部²⁾の結果を用いて直径 4m の円筒フロートを使用した時のエネルギー利得を検討する。渡部は室蘭港外の海域における風波の有義周期 $T_{1/3}$ と有義波高 $H_{1/3}$ の関係を次式で与えている。

$$H_{1/3} \doteq 0.0387 T_{1/3}^{2.2} \quad (8)$$

式 (7) と (8) により求まる周期 2 秒から 8 秒までの周期と波高と利得可能仕事率の組は、
 2 秒 : 0.178m : 0.241kw, 3 秒 : 0.434m : 1.93kw,
 4 秒 : 0.817m : 5.14kw, 5 秒 : 1.33m : 10.88kw,
 6 秒 : 1.99m : 20.3kw, 7 秒 : 2.79m : 34.2kw,
 8 秒 : 3.75m : 54.1kw となる。

4. 結語

以上、利得エネルギーを評価した。今後は実海域において発電機を用いた試験を行い、以上の結果を確認する必要がある。

5. 参考文献

- 1) 羽田野・樋田・齋藤・河野・尾崎：複数浮体式波力エネルギー変換装置の開発，水工学論文集，第 42 巻，pp817-822，1998。
- 2) 渡部富治：波力発電実用システムの条件，第 5 回動力・エネルギー技術シンポジウム講演論文集，pp306-310，1996。

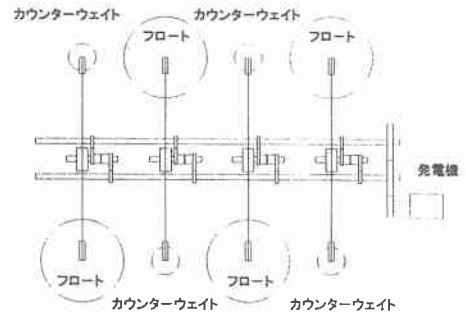


図-1 浮体式波力発電装置の概略

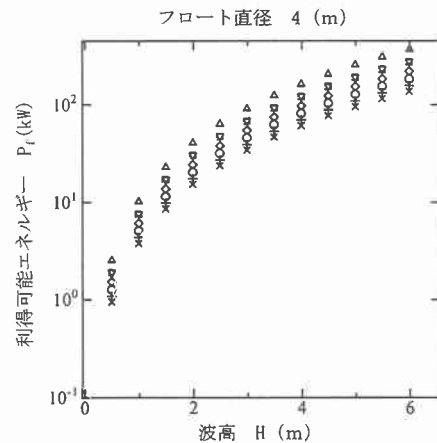
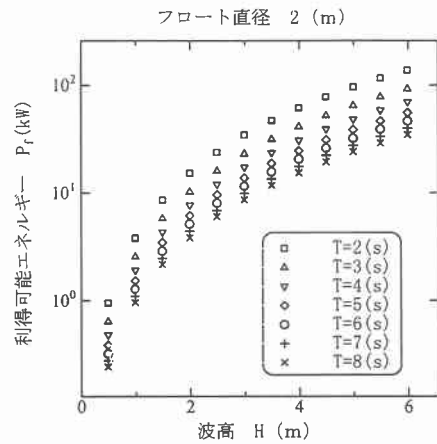


図-2 円筒フロートによる利得可能エネルギー