

翼付き浮体式波力装置の特性に関する研究

宮崎 武晃*・横澤 均**・鷲尾 幸久***

1. ま え が き

地球環境問題がクローズアップされた今日、無公害な太陽エネルギーをはじめとした自然エネルギー利用に対する関心が高まっている。

自然エネルギーのうち、波エネルギーはエネルギー密度が比較的高く、すでに小規模な波力発電機が実用に供されている。また各方面で基礎研究や実海域実験が実施されており(高橋ら, 1988), 波力発電は実用化に近い所に位置している。しかしながら、発電コストは、既存の発電プラントに及ばないが、波力装置の評価は、これまでの発電コストに加え、環境面を考慮したエネルギーコストの評価、さらに沿岸における消波や海水の浄化など環境保全を考慮し、総合的な観点にたった経済性の評価をすべきであり、この場合波力発電装置の評価は他に比べ高くなる(近藤ら, 1993)。

この様な状況下、沖合で波エネルギーを吸収し、同時に装置背後に静穏海域を創出する浮体式波力装置“マイティーホエル”(宮崎ら, 1991)はこの目的に添う装置の1つに成り得る可能性を備えている。このため浮体式波力装置“マイティーホエル”の波エネルギー吸収効率をさらに高め、静穏海域を拡大し、かつ装置の小型化による設備コストの低減を達成されるならマイティーホエルの経済性は飛躍的に向上する。この目的のために、本報告ではマイティーホエルの基本構造に翼(水中の没水平板)を取り付ける。この翼の取り付け位置を変えることによる波エネルギー吸収特性の差異を水槽実験から求めることを主眼とし、浮体式波力装置“マイティーホエル”の新しい研究開発の方向を明らかにする。

2. 浮体式波力装置“マイティーホエル”

浮体式波力装置マイティーホエルは、波エネルギーを効率よく吸収し、利用形態にあわせて電力や他の形態のエネルギーに変換することができ、また、装置背後の波高を下げる消波効果があることから、波高が高く未利

用な開放性海岸に設置することにより、発電に加え静穏海域を創出することが可能である。

マイティーホエルの特徴は浮体式であるため、海流などの流れを阻止することなく、またできるだけ沖合に設置することにより、装置背後に広大な静穏海域を得ることができ、海面をより有効に活用することができる。マイティーホエルの形状を生かし、多目的に利用できる機能を持たせることにより、得たエネルギーの有効利用と合わせて経済性を向上させることができる。また、これらの装置はできるだけ自然環境と調和した利用を図ることが基本的条件となる。

2.1 基本構造

マイティーホエルの基本構造は図-1に示すように波を受ける側に複数の空気室がありその後方は、装置全体を浮かすための浮力室から構成される。波エネルギーは空気室内の水柱を振動させ、空気室上部の空気を高速の流れの空気エネルギーに変換する。このエネルギーを使い空気タービンを回転させ、直結された発電機、コンプレッサーや発熱機により、電力、圧縮空気や熱を得ることができる振動水柱型(OWC)波力装置である。

浮力室の後方は1/5の傾斜のスロープが水中まで伸びる構造で、これにより装置の波浪中動揺の減少を考慮した。また、後端には飛行機の垂直尾翼の様なフィンを付けた。これは大波時に後部が沈下する時の復元力として働く予備の浮力体である。後部スロープは、結果的に装置直後に強い向岸流を発生する事など海域の環境に関してメリットを得ることができた(加藤ら, 1991)。

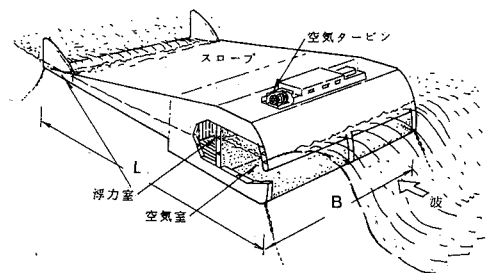


図-1 マイティーホエルの基本構造

* 正会員 理修 海洋科学技術センター 海域開発研究部
 ** 海洋科学技術センター 海域開発研究部
 *** 海洋科学技術センター 海域開発研究部

3. 実験装置及び方法

マイティーホエールの基本構造模型に翼を取り付けた中央翼付きマイティーホエールの図面を図-2に、また、鳥瞰図を図-3に示す。模型の長さ L は波の進行方向に取り、模型の幅 B は波の進行方向に垂直な長さを取る。取り付ける翼(ウイング)の寸法は、基本構造模型の幅 B と同じ幅 $b(b=B)$ の翼を左右に付ける。翼の奥行き l (波の進行方向)は、装置長の約1/4とした。マイティーホエール装置は翼を付けることにより波浪中の運動の振巾、位相の変化による空気室に作用する相対波高を高めることにより波エネルギー吸収効率を向上させることを期待した。また、翼の幅を短くした時の波エネルギー吸収効率がどの程度変化するかを知るために、翼の幅を基本構造模型幅の1/4幅の短い翼を取り付け水槽実験から

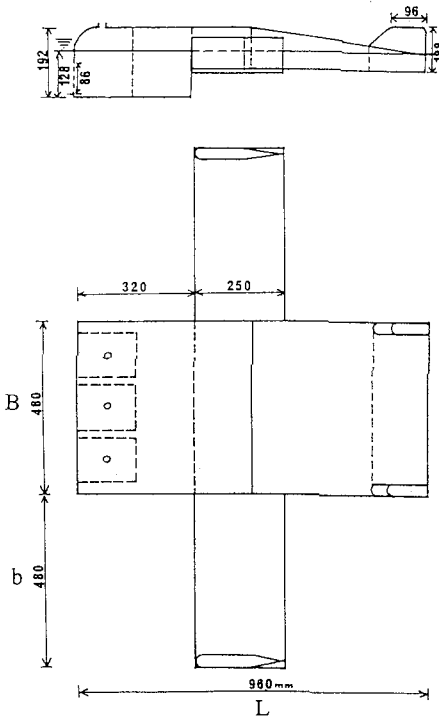


図-2 中央翼付きマイティーホエール

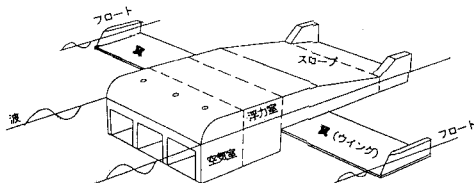


図-4 実験配置図

その特性を求めた。

実験は海洋科学技術センターの波動水槽(長さ40m, 幅4m, 深さ2m)を用い図-4に示す実験配置でマイティーホエール模型を水槽の中央に弛緩係留し実施した。実海域では波周期5秒から12秒の海象での運転を想定しており、このため実機の長さはこれまでの研究から60mを導いた。そこで、供試模型は1/62.5スケールに相当する。供試模型はアクリルで製作し、鉛ウエイトで喫水を調整した。

計測項目は入射波高、透過波高、空気室内の空気圧、模型の運動である。まず供試模型を用い、翼の取り付け位置による波エネルギー吸収特性の差を求め、波エネルギー吸収の高い位置を導く。図-5に供試模型における翼の取り付け位置の比較を示す。

波エネルギー吸収特性は、入射波高と空気室内圧力の計測値から計算により求めた。波エネルギーを吸収する空気室の上部にはノズルがつき、これは実機装置のタービン発電機の負荷に相当する。このノズルの比 ϵ (ノズル面積/空気室面積)は $\epsilon=1/120$ とした。この値はこれまでの模型実験から一般に波エネルギー吸収効率の高い値を選定した。入射波エネルギーの幅は、マイティーホエール本体の幅を取り、空気出力エネルギーは空気室3室の合計値を取り、これらの比を百分率で示し、波エネルギー吸収効率とした。また、模型の波浪中運動に関しては図-6に示す6モードのうち、波エネルギー吸収に関係の深い3モード(Pitch, Heave, Surge)を同時に計測し、運動の大きさ、位相の変化と空気室に作用する位相を計算から求め検討した。

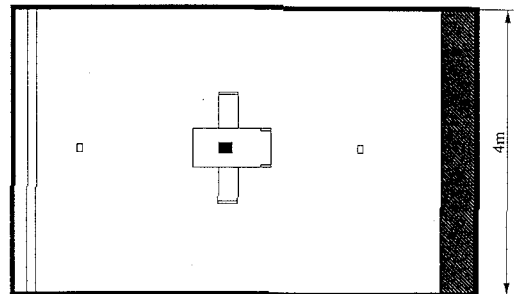
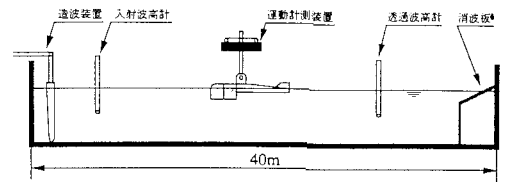


図-3 中央翼付きマイティーホエール(鳥瞰図)

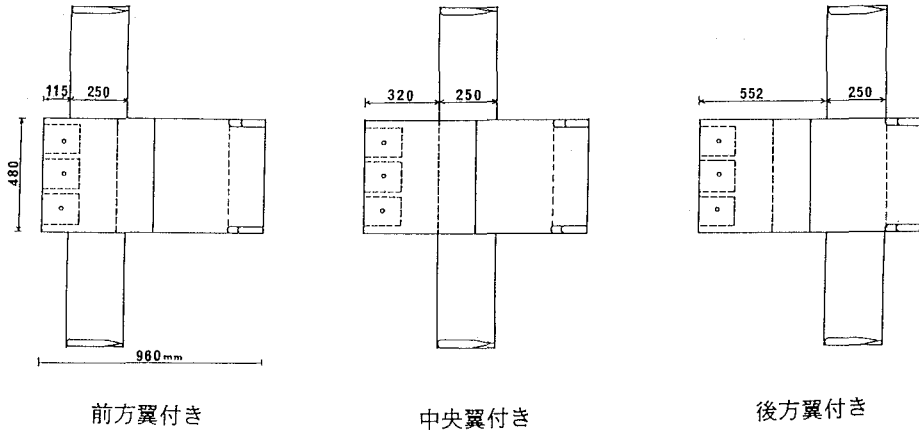


図-5 翼取り付け位置比較

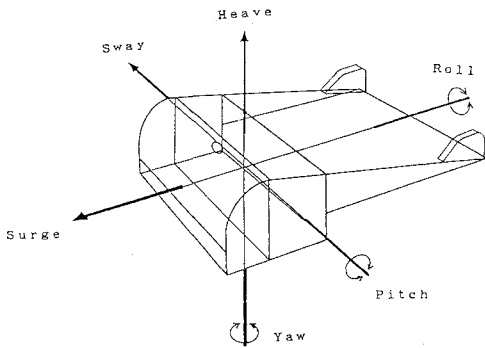


図-6 運動モード

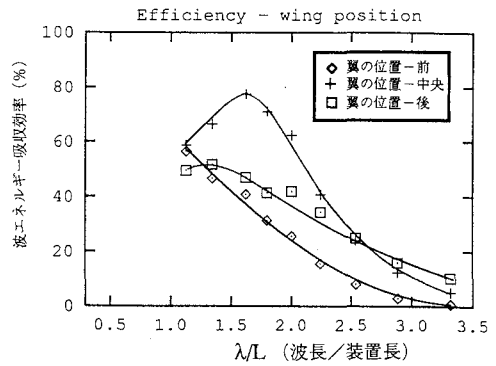


図-7 翼付き装置吸収効率比較

4. 結果と考察

(1) 翼 (ウイング) の位置による特性比較

供試模型 (長さ L × 幅 B × 高さ D , $0.96\text{ m} \times 0.48\text{ m} \times 0.19\text{ m}$) に翼 (奥行き l × 幅 b , $0.25\text{ m} \times 0.48\text{ m}$) 2枚をそれぞれ左右に取り付け、位置を3ヶ所(前方, 中央, 後方)に変化させた時の波エネルギー吸収特性を水槽実験より求めた。

図-7に翼を前方, 中央, 後方に取り付けた場合の波エネルギー吸収特性を、図-8に翼無し及び翼を中央に取り付けた場合の波エネルギー吸収特性をそれぞれ比較して示す。縦軸は波エネルギーから空気エネルギーへの変換効率を示し、横軸は波長 λ を模型の長さ L で無次元化した値で示す。ここでは入射波高一定、翼の没水深度一定の実験結果を示す。

結果は、翼取り付け位置が中央の場合が、想定した波周期の範囲で最も波エネルギー吸収効率が高く、最大で約80%の値を得た。これは翼無しに比べると約20%向上しており、さらに効率の高いところのバンド幅が拡大

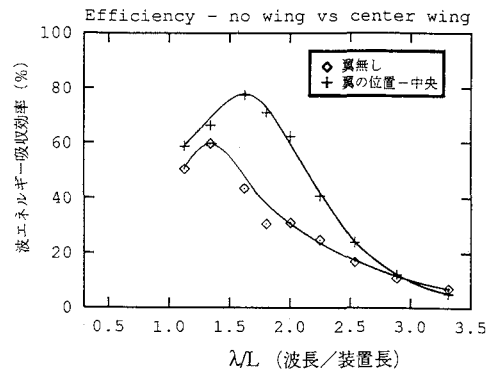


図-8 翼無し・翼中央吸収効率比較

したことである。翼の取り付け位置が前と後の比較では短周期の波では前方が良く、波長が長くなるに従い後の位置が良くなる結果を得た。

(2) 翼の有無による運動特性比較

図-9~11に翼無し及び翼を中央に取り付けた場合の波浪中運動を比較して示す。縦軸はそれぞれの運動の振

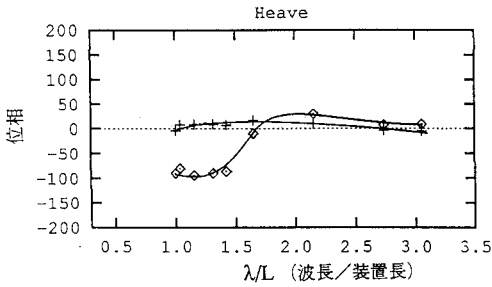
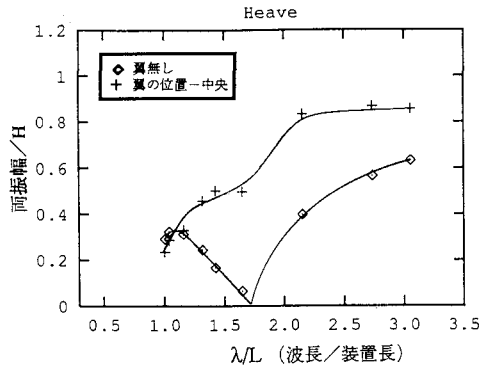


図-9 翼無し・翼中央上下揺れ特性比較

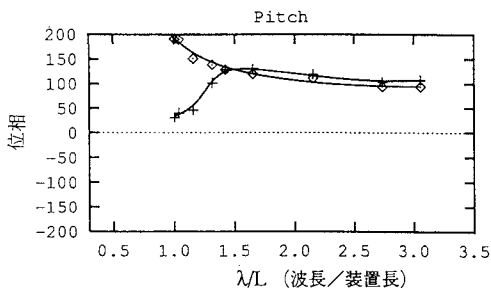
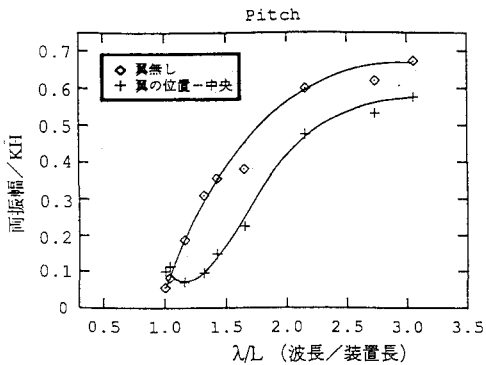


図-10 翼無し・翼中央縦揺れ特性比較

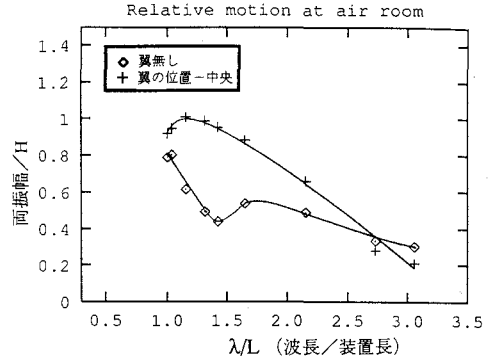


図-11 翼無し・翼中央相対運動特性比較

幅を波高または波傾斜で無次元化した値で示す。ここで H は波高, KH は波傾斜 ($2\pi \times H/\lambda$) を意味する。

図-9, 10 を見ると翼を中央に付けることによって、ほとんど全ての周期で Pitch が小さくなり、Heave が大きくなっている。これは翼で受ける波浪外力とマイティーホエール本体の受ける波浪外力との間で、Pitch 方向の力としては打ち消し合う現象が起きていることによるのではないかと解釈される。

図-11 に空気室中央の位置における上下方向変位と波との間の相対運動を波高で無次元化した値を示す。これを見ると、翼を中央に付けたことによる Heave と Pitch の運動の変化の結果、空気室位置における波に対する相対運動が特に短周期側で大きくなっている。このことが図-8 に示した波エネルギー吸収効率の向上の原因であると考えられる。

(3) 翼の幅による特性比較

波エネルギー吸収率が最も高い中央翼取り付け位置において、図-12 に翼の幅を 1/4 に短縮した図を示す。この時の波エネルギー吸収特性を図-13 に翼の長い場

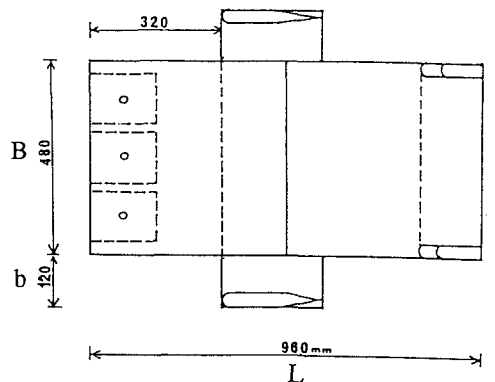


図-12 1/4 短縮翼取り付け図

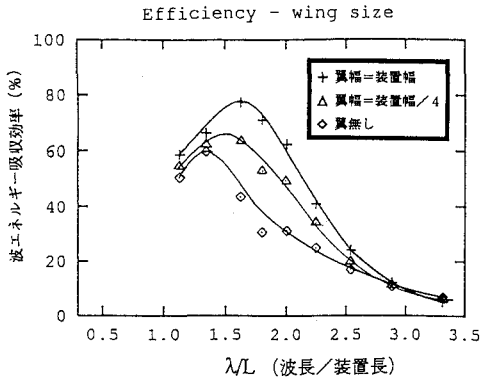


図-13 短縮翼の吸収効率比較

合と翼無しと比較して示す。

結果は翼幅を1/4に短縮しても波エネルギー吸収効率の低下は約10%と小さく、また翼無しに比べ約10%向上する結果を得た。

5. あとがき

本研究によりマイティーホエールの基本構造に翼を取り付けることにより、予想していた波エネルギー吸収効率の向上とバンド幅の拡大効果を水槽実験で確認した。特に波エネルギー吸収効率は翼の取り付け位置を変えると大きく特性が変化し、その位置の重要性が指摘された。

今後翼取り付け位置や翼形状を最適化して、HeaveとPitchの運動を変化させ、空気室位置における波に対する相対運動を増加させることによって、波エネルギー吸収効率をさらに向上出来る可能性が残されている。

翼の寸法については、大きい方が波エネルギー吸収効

率の向上は顕著であるが、海洋構造物として実機に適用できるか疑問があり、また実現できても経費が大幅に増加するならば、経済性の点から逆に不利になることもあり、この点から翼幅の短い装置の実験結果は注目に値する。同時に今後は最適寸法の検討も必要になる。

また、この翼は消波板としても期待されており、マイティーホエール背後に広い消波海域を創出する可能性があり、今後消波効果を考慮した翼の没水深度、傾斜、形状等につき検討すれば、多目的利用のマイティーホエールとしてさらに有効性が立証される。

本研究を遂行するにあたり、東海大学海洋学部海洋資源学科学学生亀井正典君、湘南工科大学電気工科学学生草野和昭君の協力を得たことを記し、ここに感謝の意を表する。

参考文献

- 加藤直三・宮崎武晃 (1991): 沿岸域に設置された沖合浮体式波力利用装置と離岸堤まわりの波と流れに関する比較模型実験, 日本造船学会論文集 第169号, pp. 203-213.
- 高橋重雄・安達 崇 (1988): 固定式振動水柱型波力発電システムの設計と実験的検証, 第35回海岸工学講演会論文集, pp. 837-841.
- 宮崎武晃・堀田 平・鷲尾幸久 (1991): 沖合浮体式波力利用装置(マイティーホエール)の水理特性に関する研究, 第3回波浪エネルギー利用シンポジウム, pp. 461-469.
- 宮崎武晃・加藤直三 (1992): 波力装置マイティーホエールの環境へ与える影響に関する研究, 海洋開発論文集 pp. 117-122.
- Kondo, H., I. Sugioka, S. Osanai (1993): The Concept of True Cost of Energy and Its Application to Renewable Energys, Proc. of International Symp. on Ocean Energy Development, Muroran Institute of Technology, pp. 101-106.