

東海大学大学院

○松井孝文

東海大学海洋学部 正員

田中博通

1.はじめに 現在、地球温暖化やオゾン層の破壊等によって地球規模での環境問題が社会的に注目されており、有限である化石燃料を主なエネルギー源とした従来の社会構造には改革が必要であり、21世紀はまさに自然環境といかに共存していくかが重要な課題になってくると考えられる。このような背景から閉鎖性水域の環境改善を目的として考えた場合、海洋における自然エネルギーの一つである波（波浪）エネルギーを利用し、波力で駆動し海水の送水が可能なポンプを海水循環が停滞している海域に用いることで、海水の循環を促進させ、閉鎖性水域環境の改善を図ることも選択肢の一つと考えられる。

2.海洋エネルギーの利用 海洋エネルギー利用は、石炭や石油のような化石燃料が主要なエネルギー供給の手段となる以前から利用されていたが、産業革命以降次第にその座を奪われていき、1960年代にはエネルギー供給の手段が豊富で安価な石油に転換した。1970年代でのオイルショックの影響で、海洋再生エネルギー開発への試みが注目を集めたが、その後、世界経済の停滞によるエネルギー需要の減少や先進国の省エネルギー化に伴って、その試みが一時停滞してしまった。しかし、1990年代に入ると上述のような環境問題が一層深刻化したことで、環境負荷の小さいエネルギー供給の手段として、再び自然エネルギー利用の試みが検討され、その試みは更に高まった。海洋の再生エネルギーは、風力、波力、潮汐力、海潮流、海洋温度差等が上げられる¹⁾。海外における波力エネルギーの利用に関する研究例として、イギリスでは、SEA式クラム（Sea Energy Associates Clam）、ベルファースト式OWC（Oscillating Water Column）等の波力発電装置の研究が行われた。一方、我が国でも、「海明」、「海陽」、「マイティーホエール」等の波力発電装置の研究が行われた。しかし、波力エネルギーを利用し電力供給を目的とした装置では、実用化された装置が少なく、1965年に海上保安庁に採用された益田式航路標識用パイのみである²⁾。更に、既存の発電方式と比べ電力への変換効率が発電コストの割に得られないため、経済的な利点という面ではその効果が発揮されない状況にある。しかしながら電力への変換が目的でない装置であれば、その利用性は大幅に広がると考えられる³⁾。

3.閉鎖性水域の環境問題 近年、東京湾・大阪湾をはじめとする閉鎖性水域は、人工島建設や埋立造成といった各種水際開発事業、更に、それに伴う防波堤等の構築によって非常に複雑な形状の水域を創出し、海域の閉鎖性を一層強め、富栄養化現象や赤潮の発生、貧酸素水塊に起因する青潮の発生等の水質問題が生じている。こうした問題に関しては、様々な要因により生じるが、巨視的に見れば物質循環の低下及び停滞によって生じる。富栄養化については、ある海域に流入した栄養塩が、その海域の浄化能力が環境容量を越えることや物質輸送能力の低下などで生じる。従って、流入する栄養塩量を減らすか、浄化能力や物質輸送能力を促進することで問題解決に繋がる。ここでの物質輸送能力とは、海域内の海水と外部の海水を交換することである。つまり、潮汐流等の水平方向の輸送を促進させることで現状の改善が期待できる。一方、貧酸素水塊については、鉛直方向の物質循環の停滞により生じる。これは夏場に海面付近が温められ、垂直方向の海水混合が起こりにくい密度層が形成され、海面付近への酸素供給が減少し貧酸素水塊となる。そして離岸風等によって海表面が低下し、底層の貧酸素水塊が湧昇するために青潮の発生へと繋がる⁴⁾。従って、密度層の形成を阻害するような鉛直方向への海水循環を形成させることが海底付近の貧酸素水塊の発生、しいては青潮の発生を防ぐことが期待できる。

4.波力ポンプシステムについて これまで述べてきたことより、閉鎖性水域環境の促進及び改善のためには波力エネルギーを利用し、ポンプへのエネルギー変換、即ち波力ポンプとして海水循環を制御することで、停滞している物質循環の促進及び改善が効果的であるとの考えより、それぞれの用途、送水方法などについて分類を行った。前田、山下は分類を非常によく整理してある⁵⁾。それらを参考とし4形式について検討を

行った。以下に各々のポンプの構造と特徴などを述べる。

4.1 回転翼式波力ポンプ 動作概念を図 4-1 に示す。これは変種の越波式装置であり、デンマークの WPI 社が発明したものである。基本原理は、図 4-1 より、まず、左方から到来した波が複数の翼部に流れ込む。そして、円型断面を持つパイプ内に運動量を保ちながら接線方向に流れ込む。パイプ内部で回転し気泡を巻き込みつつ下方に伸びたパイプによって海中に送水される。この装置は、波の運動エネルギー、位置エネルギーを効率よく活用できる利点を持っている。一方、回転翼以上の波高が存在する海域においては、その利点を生かすことが困難である。用途として、鉛直方向への海水循環の促進が考えられる。

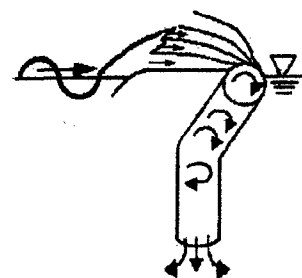


図 4-1 回転翼式波力ポンプ

4.2 浮体動揺式波力ポンプ 図 4-2 に示す浮体動揺式波力ポンプの構造は、浮きに取り付けられたチェック弁と鉛直のパイプで構成されている。基本原理は、John D. Issac らが提案しており、パイプの長さが大きい程、排出される水の圧力が増す特徴を持っている⁶⁾。一方波高が低い海域ではその効果が得られにくい。用途として貧酸素水塊の改善などが考えられる。

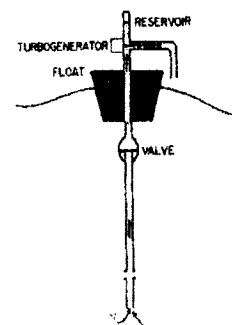


図 4-2 浮体動揺式波力ポンプ

4.3 振動水柱式波力ポンプ 振動水柱式波力ポンプの構造を図 4-3 に示す。基本原理は、S.P.R. Czitrom らが提案しており、波の周期と取水側のパイプ内部の固有振動周期とが一致した際に、タンク内に水が溢れ出ることによって送水管より、送水が行われる⁷⁾。防波堤などが存在する場合でも、その効果が阻害されることなく水平方向への送水が可能である。しかし、浮体動揺式波力ポンプと同様に、波高が低い海域においてその効果は得られにくい。用途として、防波堤などに囲まれた港湾等の海域における、富栄養化の対応策や改善などが考えられる。

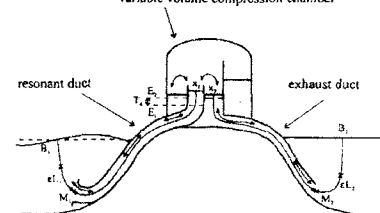


図 4-3 振動水柱式波力ポンプ

4.4 受圧面式波力ポンプ 受圧面式波力ポンプの構造を図 4.4 に示す。この装置は、波浪エネルギーを直接、圧力と流量で受け取る事ができるため、動力特性を容易に変換することが可能である⁸⁾。更に、台風などの異常海象の際でも装置の安全性が高い。用途として、水平方向への海水循環の促進が考えられる。

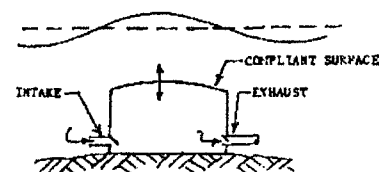


図 4-4 受圧面式波力ポンプ

5.まとめ 本論分では、閉鎖性水域における海洋エネルギーを利用した波力ポンプについて、4 形式に分類し各々の用途、送水方法などについて述べた。その中で、取水量、波高及び周期、各々の特徴に適した海象条件の選定の 4 つが重要な要素として上げるべきだと考えられる。今後は、このような要素を踏まえながら海洋エネルギーを活用することで、閉鎖性水域環境の改善を図り、自然環境との調和を進めていくべきである。

<参考文献> 1) 本間琢也；海洋エネルギー利用の展望、第 1 回波浪エネルギーシンポジウム、海洋化学技術センター、1984.2) 清水幸丸；自然エネルギー利用学、pp.123-129、パワー社、1993.3) 宮崎武晃、堀田平、鷺尾幸久、近藤君明、岩井進一；海明型波力発電装置の経済性検討、第 2 回波浪エネルギーシンポジウム、海洋化学技術センター、1987.4) 池田祐一、中井正則、中村由行、道奥康治、村上和男；水圏の環境、pp.292-297、pp.302-303、東京電気大学出版、1999.5) 前田久明、山下誠也；波浪エネルギー一次変換装置、日本造船学会誌 第 637 号、1982.6) John D. Isaacs, David Castel and Gerald L. Wick；UTILIZATION OF THE ENERGY IN OCEAN WAVES、1976.7) S.P.R. Czitrom, R. Godoy, E. Prad, P. Perez, R. Peralta-Fabi; Hydrodynamics of an oscillating water column seawater pump Part1: theoretical aspects、1999.8) McCormick, M.E.；Ocean Wave Energy Conversion Concepts、OCEAN'79.