

波浪発電の環境影響と空間利用競合性の評価

Assessment of Environmental Effects and Space Utilization Conflicts for Wave Power Generation

近藤 俊郎・長内 戦治・加藤 満

Hideo KONDO, Senji OSANAI and Mitsuru KATO

The power generation by sea waves is one of the important engineering problems to be realized in Japan in the near future which has depended heavily on imported fossil fuels as energy source. This study assess qualitatively the environmental effects of power generation for different systems presently proposed which are operated at three locations, namely at land, nearshore and offshore. Six systems are studied from which the moving body in chamber at nearshore area is found prospective from both the environmental effects and the conflict with other industries.

Keywords : Wave Power Generation, Environmental Effects, Space Utilization, Moving Body System

1 まえがき

自然エネルギーの利用は化石燃料輸入大国の我が国にとって、新エネルギー源の確保に留まらず、地球環境保全及び過疎地域振興の立場から21世紀前半において実現すべき重要課題の一つと考える。自然エネルギーのうちでも、既に実用化が着々と進んでいる風力やソーラーに比べ波浪エネルギー利用は未だ試験研究段階で、我が国では航路標識ブイの灯源や温水熱源など限られた目的での小規模利用はなされていても、一般的な実用化には至っていない。しかし近年、エネルギー変換システムの目覚ましい開発によって波浪発電コストは大幅なコストダウンが予測され、波浪パワーが強いヨーロッパ諸国などが主体となり商業化に向けた海域試験が世界各地で着々と進んでいる(近藤、1996, Hagerman, 1995)。平均の波浪エネルギー密度が 7 kW/m と低い我が国ではあるが、海岸線が長くかつ屈曲し、200海里海域が広いことから有望な地点が多いはずである。

本研究は波浪発電の実用化の次のネックである、実用化した場合の環境への影響と他産業等との空間利用の競合性を評価しようとするものである。

2 波浪発電システム

現在、提案されている波浪発電システムは多種多様であるが、着目点によって次のように二分法が適用できる：設置方式(浮遊と固定)、波動の状態(進行波と定常波)、エネルギー吸収原理(振動水柱と物体運動)。表-1はその観点からの分類である(近藤、1997)。これらのうち実海域実験を行って信頼できるデータが取得されたものは10種類に満たなく、さらにコスト面からの経済性の高い種類はさらに限定される。

本論文ではそうしたメカニズムからの分類に加えて設置点を最重要視し、固定式を岸に付着する陸上型と浅い海域におかれる浅海式に二分し、浮遊式を沖合型として合わせての三領域に分類する。またエネルギー吸収方法では実績のある越波利用式、振動水柱式並びに可動物体方式の三方式を取り上げる。この組合せで得られる9型式のうちから、実用性の高いと判断される陸上(越波利用式、着底OWC)、浅海(着底OWC、物体運動)、沖合(浮遊OWC、物体運動)の計6型式を対象とする。図-1はそれぞれについての代表的なシステムを掲げる。

3 環境への影響評価

対象とする環境要素は、陸上、浅海域、海洋の3領域について物理的(波、流れ、漂砂)、生物的、並びに視覚的(陸上のみ)を取りあげ、上述の6型式について個々に検討する。

陸上 1) 越波利用式：図-1.1に示すタブチャンはノルウェイで実用化している。海からV字状の導波壁を設け、陸上の貯水池に越流させ落差発電をする。このため陸上のかなりの範囲で物理、生物環境は劣化させる。周辺沿岸の波浪や流れに影響を及ぼすが、沖合には殆ど影響しない。

・ フェロー 室蘭工業大学 建設システム工学科 (〒050-8585 室蘭市水元町27-1)

・ フェロー 北日本港湾コンサルタント(株)

・ 学生会員 室蘭工業大学大学院

表－１ 波力発電１次変換装置の分類（近藤,1997 を一部訂正）

【設置点】	【波の状態】	【原理】	【形状・動作】	【主な装置名】
固定式	進行波	波力利用	——	ボールネジ式
			越波利用式	タブチェーン
	定常波	振動水柱 (OWC)	直接型	着底式（MOWC、波力発電防波堤）
			貯留型	定圧化タンク方式
浮遊式	振動水柱	物体運動		振り子式
			点集中型	益田ブイ、シーグラム
	平面型			マイティホエール、後曲ダクトブイ
	物体運動			ソルターダック、プリストル円柱

註：網かけのものは図－１に示す

2) 着底式OWC：図－１．２は１９８５年にノルウェイで建設された（その後１９８８年の大時化で倒壊）多重共鳴振動水柱式（Multiresonant Oscillating Water Column, MOWC）である。これはエネルギーを集中させる点集中型（Point Absorber）でもあり、エネルギー取得効率からすれば極めて有利であるが、逆に大波浪時の耐久性からすると問題がある。線状に配置される護岸形式のものは我が国では、山形県三瀬海岸で試験された。陸上への影響は飛沫による生物への影響の他に、空気タービンによる騒音がある。

浅海域 3) 着底式OWC：この方式は2)のうちの線状配置になり、防波堤と共用または付設できる。イギリスや我が国で開発された。図－１．３は酒田港の波力発電防波堤である。環境影響は2)とほぼ同様であるが、陸上や海洋への影響は小さい。

4) 水室内物体運動：この方式はコンクリートケーソン等の海側を水室とし、その中に可動物体を設置して波浪エネルギーを吸収する。図－１．４は可動物体として振り子板を用いた振り子の概念図である。低反射であるので陸上環境への影響は小さい。岸側への伝達波を低下させるので環境改良の効果が有り、また沖側への反射も低いので影響は小さい。

沖 合 5) 浮体式OWC：沖合に設置される浮体中に空気室を設けるタイプで、海底に係留索でつながれる。小型のものとしては沿岸で航路標識用ブイとして用いられている益田式ブイがある。設置点周辺海域には環境影響があるが、他には殆ど影響がない。図－１．５は海洋科学技術センターが開発し、１９９８年度から三重県で海域試験が計画されているマイティホエールである。類似のものに、グラム（英）や後曲がりダクトブイがある。

6) 物体運動：図－１．６は１９７４年に発明されたソルターダック（英）である。可動物体の草分け的な優れたシステムである。物体が回転動してエネルギーを吸収するので、基本的に伝達波が小さいことが特徴である。浅海域での波浪環境を改善できる。

以上の考察から物理的、生物的ならびに視覚的な環境影響の度合を４段階表示（環境改善、無被害、小被害、かなりの被害）したものが表－２である。これによれば浅海域では水室内可動物体、着底式OWCの順に良く、沖合では浮体式OWC、可動物体も同じ評価である。

４ 他産業等への影響

対象とした産業他は、陸上は農業、住居、観光の３種、浅海域は養殖漁業、レクリエーションの２種、海洋は漁業、海運、資源採掘の３種である。

陸 上

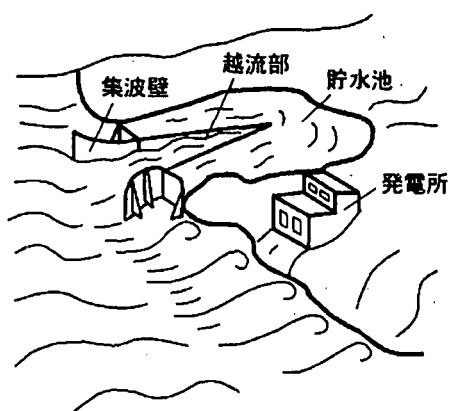


図-1.1 タブチャン

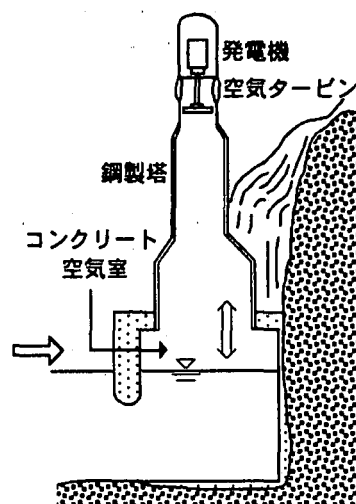


図-1.2 MOWC

浅 海

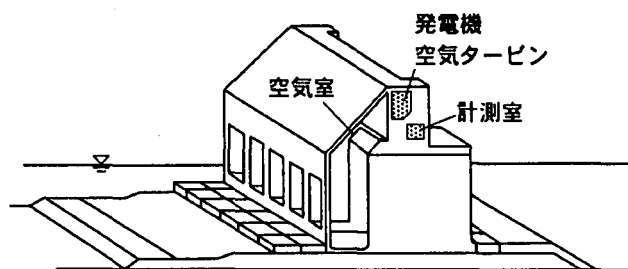


図-1.3 波力発電防波堤

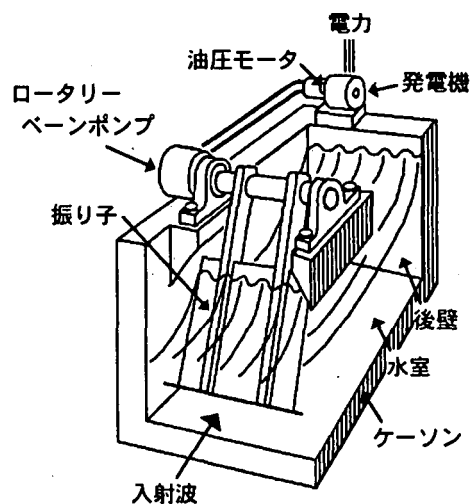


図-1.4 振り子式

沖 合

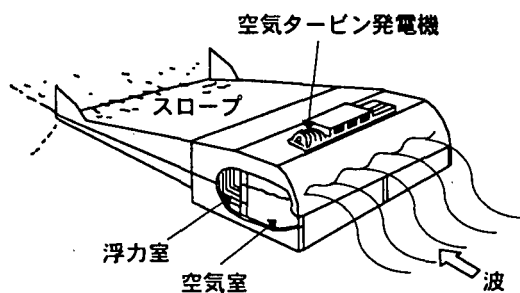


図-1.5 マイティホエール

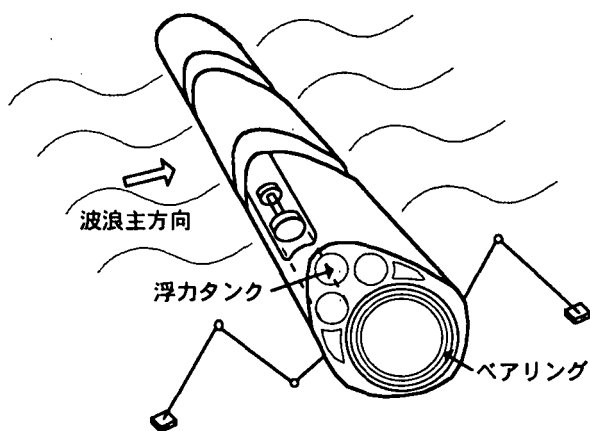


図-1.6 ソルターダック

図-1 波浪発電システムの主要な例

表－２ 環境への影響

位置 装置	環境 要素	陸上			浅海域		海洋	
		物理的	生物的	視覚的	物理的	生物的	物理的	生物的
陸岸								
越波利用式		×	×	×	×	△	○	○
着底式 OWC		△	△	×	△	△	○	○
浅海域								
着底式 OWC		△	○	○	○	△	○	○
水室内可動体		○	○	○	◎	△	○	○
沖合								
浮体式 OWC		○	○	○	◎	○	△	△
可動体		○	○	○	◎	○	△	△

記号 環境改善 ◎ 小被害 △
 無被害 ○ かなりの被害 ×

- 陸 上 1) 越波利用式：海の環境を陸上に導入することになるので農業や住居については両立し難い。浅海域では、導波壁周辺は養殖漁場の機能を失うことになる。海洋での産業は競合しない。
- 2) 着底式 OWC：汀線近くに線状に設置されるものについては陸上産業にいくらか競合する。MOWCのほうが競合性が少ない。
- 浅海域 3) 着底式 OWC：陸上産業に対してはいくらかの競合性がある。浅海域については、静穏海域確保やエネルギー供給の容易さの面で養殖漁業に有益である。レクリエーションについては静穏域が確保できるが、景観上の不利は免れない。
- 4) 水室内物体運動：3) にほぼ同じである。
- 沖 合 5) 浮体式 OWC：陸上産業との競合は殆どない。浅海域への影響も少ない。海洋においては競合し、特に水面から海底までの空間を利用することになる海底資源採掘とは、基本的に両立しない。
- 6) 物体運動：5) とほぼ同じである。

これらの競合性を４段階評価（無競合、小競合、部分競合、強く競合）したものが表－３である。その結果から、

表－３ 他の産業等との競合

位置 装置	産業	陸上			浅海域		海洋		
		農業	住居	観光	養殖漁業	レクリエーション	漁業	海運	資源採掘
陸岸									
越波利用式		×	×	△	×	△	◎	◎	◎
着底式 OWC		△	×	△	△	△	◎	◎	◎
浅海域									
着底式 OWC		○	△	△	◎	△	○	○	○
水室内可動体		○	△	△	◎	△	○	○	○
沖合									
浮体式 OWC		◎	◎	◎	○	○	△	△	×
可動体		◎	◎	◎	○	○	△	△	×

記号 無競合 ◎ 部分競合 △
 小競合 ○ 強く競合 ×

陸岸陸岸設置の2形式は競合性が強いのに対し、浅海域設置の2形式は競合が少なく、沖合設置の2形式は、資源採掘を除けば競合の度合は小さい。

5 むすび

環境への影響が最も少ないのは浅海域の水室内可動体式、次いで沖合の諸方式である。また他産業との競合性では陸上型がかなり不利であることが認められた。

以上は定性的な検討であるので、最終的な定量的なコスト比較に結びつけるには、さら細部の分析が必要である。その際には、環境コストや社会コストをふくめたトータルコストの推定をしなければならない(近藤、1996)。

本研究は国際海洋科学技術協会が取りまとめた報告書中のBergdahl (1997) の論文に触発されておこなわれたものであり、同協会ならびに同教授に感謝する。

参考文献

近藤俊郎編著 (1996) : 海洋エネルギー利用技術、森北出版、185p.

近藤俊郎 (1997) : 海洋の資源とエネルギー、沿岸域、10-1、pp.63-66.

Hagerman, George (1995) : Wave Power, Encyclopedia of Energy Technology and the Environment, John Wiley & Sons, Inc. pp.2859-2907.

Bergdahl, Lars (1997) : Possible environmental consequences, ECOR Working Group on Wave Energy Conversion - Phase 1 Report to JAMSTEC, 国際海洋科学技術協会, pp.17-20.