波力発電コストに関する一考察

堀田 平 *1 宮崎武晃 *1 鷲尾幸久 *1

波力発電装置に関する研究が推進されて久しく，その間に海洋科学技術センターの「海明」，沿岸固定式波力発電装置をはじめとして幾種もの装置が建造され，実海域実験が行われてきた。しかし，これらのいずれも，またその他の各要素技術に関する研究はコストについての検討を詳細に行なっておらず，効率のみに着目してこれまで進んで来た感がある。そのため，実用に供し，普及するには今だ到達していない。

そこで本報においては，振動水柱型空気タービン方式に着目し，最適海明型，沿岸固定型，高効率型の3種の波力発電装置について建造コストおよび運用コストを概算にて求め，一方各装置の総発電出力も推算することにより，それぞれの発電コストを求めた。そして，その値と波力発電の特徴をもとに，既存の発電システムとりわけ離島におけるシステムとの比較を行い，波力発電の有効性について考察を加えた。

A Consideration of the Generation Costs of Wave Power Devices

Hitoshi HOTTA*2, Takeaki MIYAZAKI*2, Yukihisa WASHIO*2

Long-term research and development projects on wave power devices have been carried out. In these studies, the Kaimei and the shore fixed type wave power devices, which were developed by JAMSTEC, and several other kinds of devices were constructed and tested in the sea.

Until now, studies were directed only to the efficiency of these devices, not to generation costs. Therefore, wave power devices have not yet reached the stage of practical use.

In this paper, the authors describe the construction and running costs of three types of oscillating water column types, which are the optional. Kaimei type, the shore fixed type and the high performance type. The total amount of electrical output power and estimated generating costs were calculated using these data. Further, based on the cost and performance of the wave power devices, this system and the usual generation systems were compared. The validity of a wave power generation system in an isolated island is also discussed.

*1 海洋開発研究部

*2 Marine Research and Development Department

1. はじめに

波力，風力，太陽光，海洋温度差，潮汐，地熱，バイオマスなどの自然エネルギーは，いずれも地球全体における総量としては無尽蔵に近く存在しており，これを効率良くしかも低コストで利用することができるなら，その効果は大きい。四面を海で囲まれる我が国においては，とりわけ海洋のエネルギーを利用することの意義は大きい。しかし，自然エネルギーはエネルギー密度が低いという欠点を有しているため，エネルギー吸収（変換）装置の規模に対する変換エネルギー量が少く，装置出力端における出力エネルギーコストが，既存の大規模発電システムによるそれに比べて，どうしても割り高になるきらいがある。

ところが，このような自然エネルギー利用装置であっても，エネルギー密度が高く，なおかつ大規模発電システムによる恩恵を受けられないような地域においては，相対的に自然エネルギーコストは低くなる。エネルギーの安定供給，電気事業法などの法的措置を別にすれば，これを利用することが効果的と言えるであろう。

これまで，自然エネルギーの利用に関する研究開発は，その殆んどが効率の向上のみに着目してきたと言っても過言ではない。しかし，例えどんなに効率が良くともコストが高ければ，原子力・火力等の大規模発電をライバルとする自然エネルギー利用装置にとって，死命を制されてしまいかねない。そこで，本報においては，波エネルギー利用装置を対象に，発電コストの試算を行い，コスト面から見た実用化に対する評価を行うこととする。

2. 発電コスト

波エネルギー利用装置として，3種の振動水柱型空気タービン方式の波力発電装置を対象として，これを我が国の太平洋沿岸に設置された場合について概念設計を行い，発電コストを求めた。[1)～3)]

2.1 海域および波浪

装置の設置海域を東北地方の太平洋沿岸域とした。ここでは気象庁の波浪観測が行なわれている宮城県牡鹿郡女川町江の島沖約1km，水深約57mの海域における1982年から1984年までの3

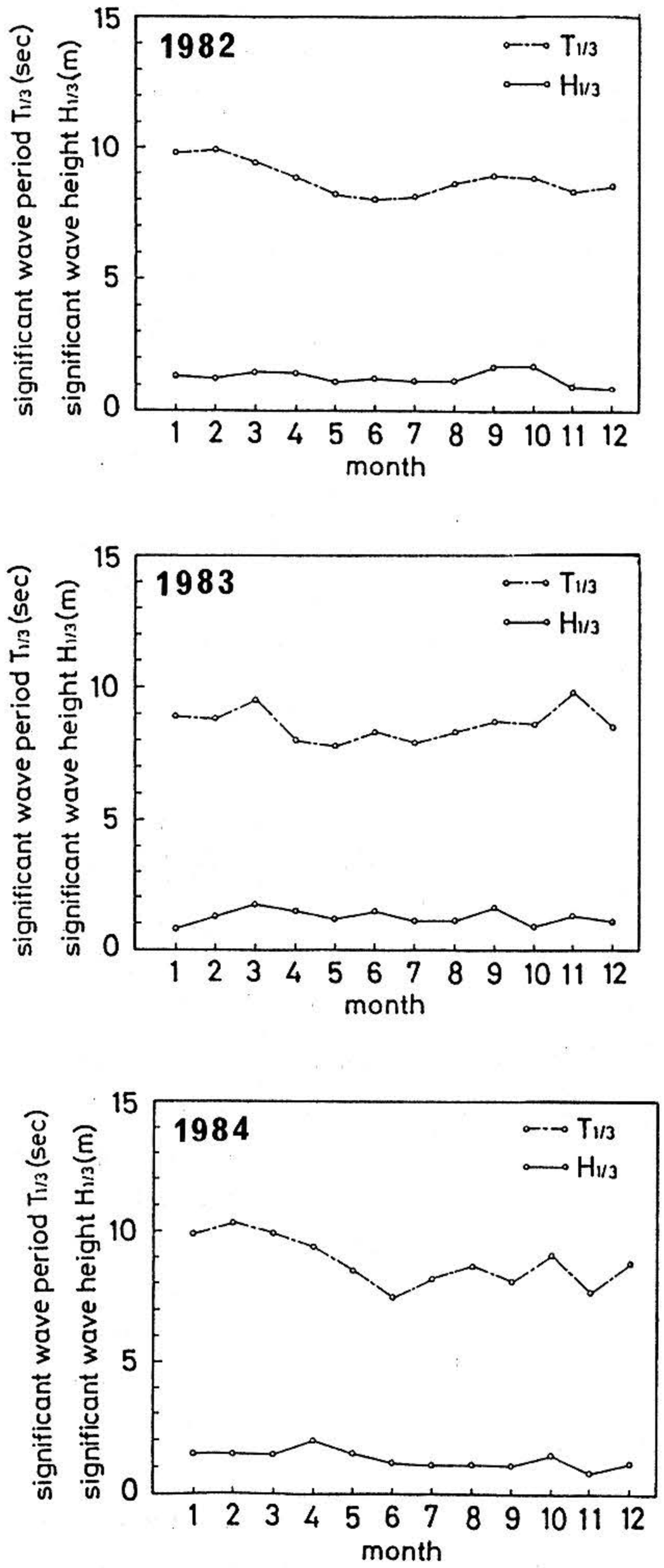

図1　東北地方太平洋岸の波浪データ

Fig.1　Wave data at the offing of the Pacific coast of Tohoku district

か年間の観測資料を参考にした。[4)〜6)]

図1には，各年の月別平均有義波高および平均有義波周期を示す。この海域における波高および波周期は年間を通じてほぼ一定しており，3か年間の平均有義波高は約1.2m，平均有義周期は約8.8秒である。また，表1には3か年間の有義波高に対する有義波周期の出現頻度分布を示す。一方，図2は，これらの資料から計算した月別の単位幅あたりの波パワーを示すものであり，これによれば，この海域の年間平均波パワーは，約10.5 kw／mである。

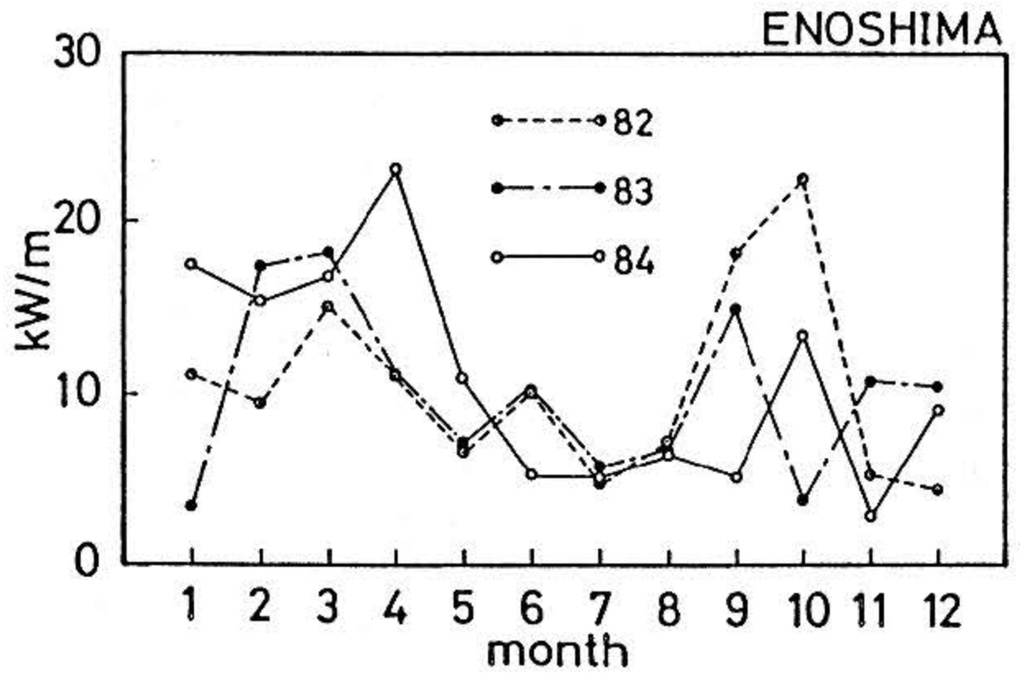

図2　月別平均波パワー

Fig. 2　Manthly averaged wave power

表1　東北地方太平洋岸の有義波出現度数

Table 1　Distribution of significant wave at the offing of the Pacific coast of Tohoku district

ENOSHIMA (1982, 83, 84)

H(sig) \ T(sig)	0.1 -2.9	3.0 -3.9	4.0 -4.9	5.0 -5.9	6.0 -6.9	7.0 -7.9	8.0 -8.9	9.0 -9.9	10.0 -10.9	11.0 -11.9	12.0 -12.9	13.0 -13.9	14.0 -	TOTAL
0.00-0.49		23	62	134	149	67	20	6						461
0.50-0.99	21	117	358	970	796	479	250	115	35	7	3			3151
1.00-1.49	14	44	216	507	593	412	305	164	56	23	2			2336
1.50-1.99	2	16	93	190	302	217	173	109	40	26	5			1173
2.00-2.49		3	33	63	118	147	88	75	34	14	2			577
2.50-2.99			3	30	63	78	70	43	25	13	1			326
3.00-3.49				13	18	24	33	33	25	1	1			148
3.50-3.99				2	11	21	23	13	16	5				91
4.00-4.49					5	4	7	12	12	3				43
4.50-4.99					1	3	5	6	5					20
5.00-5.49					1	8	3	3	1					16
5.50-5.99							2							2
6.00-6.49							2	2	1					5
6.50-6.99								1						1
7.00-7.49								1	1					2
7.50-7.99														
8.00-														
TOTAL	37	203	765	1909	2057	1460	981	583	251	92	14			8352

2.2. 最適海明型装置

2.2.1 発電装置の主要目

本海域における年間平均有義波周期は約8.8秒である。浮体の波エネルギー吸収特性は図5にも示すように波長と浮体長さの比の関数である。ところで，波長λは，波を深海波であるならば，波周期をT，重力加速度をgとすると，

$$\lambda = g / 2\pi \cdot T^2$$

で表される。

この浮体はTs＝7 secに対して最適な長さをL＝80mとして設計された装置であるから，Ts＝8 secすなわちλ＝100mに対しての最適な長さLは120mとなる。設計された最適浮体を図3に示す。

一方，長さに対する幅および型深さの比が同じ，すなわち三次元的に相似な形状だとすれば，B＝24m，D＝7.5m，d＝3.08mとなる。また，排水量は約3,270トン，船殻重量が約2,100トンとなる。このため，建造コストは，表2に示すように10隻建造時に一隻あたり約2億2千万円となる。

表2　太平洋沿岸型最適浮体建造コスト

Table 2　Optimal ship construction cost

品目内訳	費用（単位百万円）		
	1隻目	2隻目	10隻目以降
① 材料費			
鋼材、塗料	136	136	136
船装品	12	12	12
係留装置（除チェーン）、手摺、マンホール、傾斜梯子、垂直梯子、舷梯、マスト、制御盤室ドア、丸窓・通風筒、浮室用空気抜き、等			
材料費合計	148	148	148
② 加工費	86	75	65
③ 設計費	7	1	1
④ その他の経費	2	2	2
⑤ 船体部合計（①＋②＋③＋④）	243	226	216

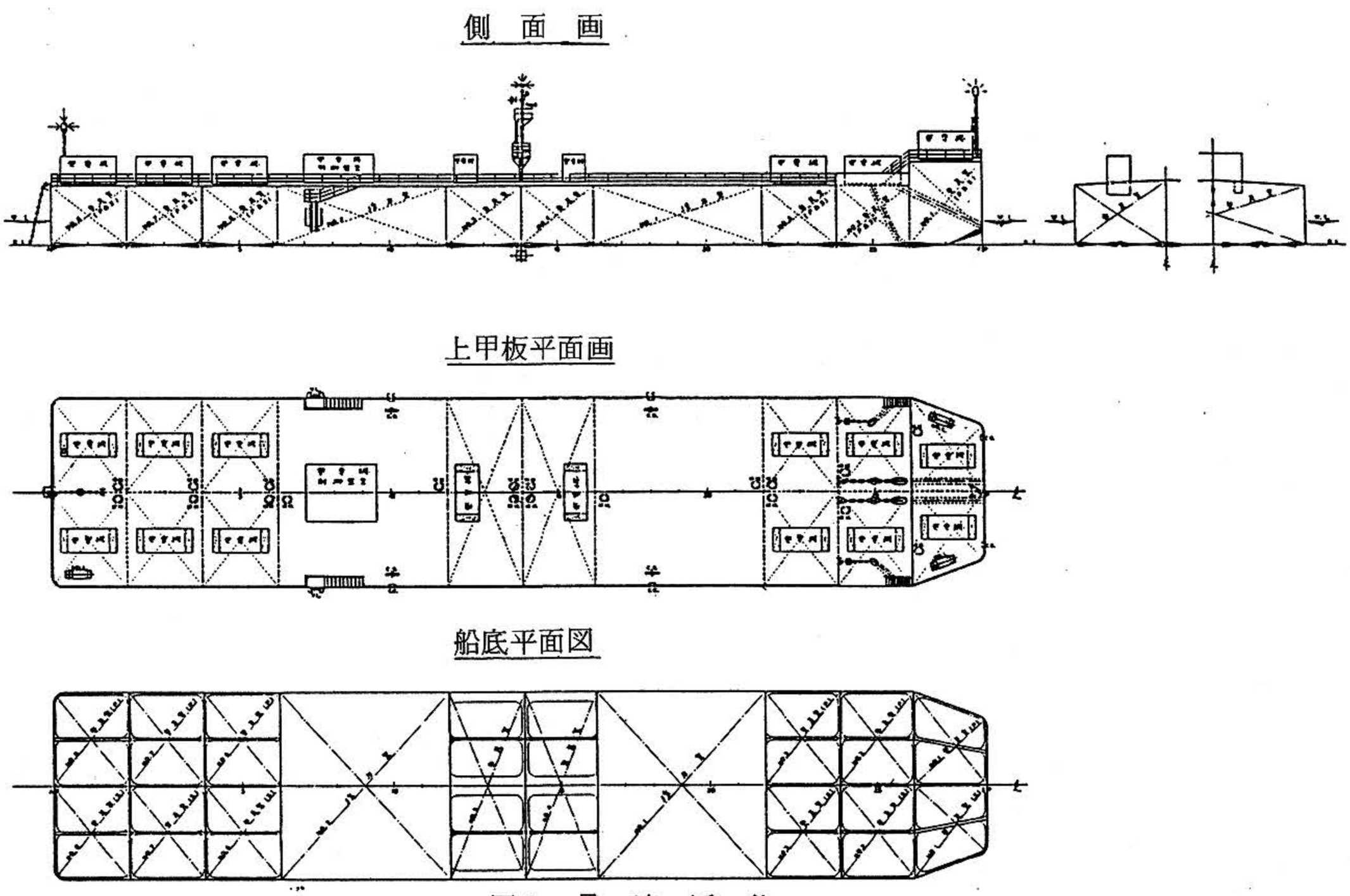

図3　最適浮体

Fig.3　Optimal type ship

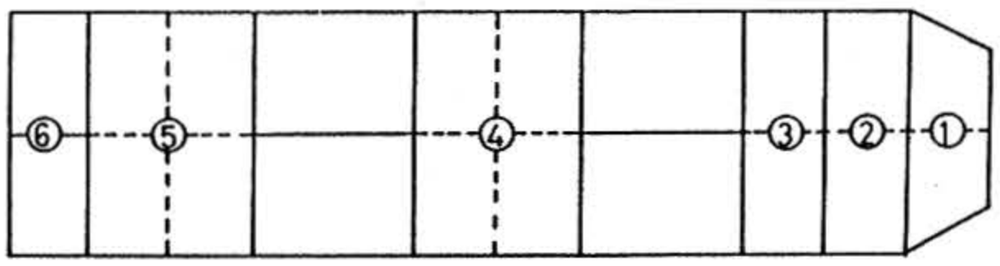

図4　タービン発電機の配置

Fig.4　Arrangement of the turbine generator

2.2.2　タービン・発電機

浮体の各空気室面積が日本海沿岸設置型に比べて約1.7倍になっており，ノズル比の最適化のためタービン径についても約1.3倍として，直型3mの同径のタンデム・ウェルズ・タービンとする。これにより，タービン価格はタンデム型で一基あたり3,000万円とする。

一方，発電機定格は一台あたり80kwとし，これを一隻あたりに，図4に示すように誘導発電機を5台，同期発電機を1台の計6台搭載するものとする。また，制御盤，保護装置は同様の規格のものを使用する。

2.2.3　係　留

浮体の受ける外力については模型実験結果[1]を考慮し，チェーンを95mmφ，3種チェーンとする。また，アンカーも重量15トンのものとする。なお，設置工事についても，曳航時の曳船馬力を増加することを考慮する。

2.2.4　諸経費

(1)　エンジニアリング費

(a)　電気系統接続費；発電機，制御盤，ケーブル端子盤との接続工事を行なう。

(b)　システム設計費；タービン・発電機，電気系統などを設計する。

(2)　設置工事費

(a)　曳航費；曳航距離を約300kmとし，往路2日，復路1日を要するとする。

(b)　係留工事費；1ラインあたり2日間の工事とし，予備日を含めて1隻あたり7日を要するとする。

2.2.5　設備費

本装置の一隻あたりの設備費を求めると，表3に示す値が得られる。

表3　一隻あたりの設備費

Table 3　Eacility cast per ship

(1) 浮体本体		216,000千円
(2) タービン・発電機		
① タービン	30,000千円／台、6台／隻	180,000千円
② 発電機		
i) 誘導発電機	5,000千円／台、5台／隻	25,000千円
ii) 同期発電機	10,000千円／台、1台／隻	10,000千円
③ 制御盤	5,000千円／台、6台／隻	30,000千円
④ 保護装置	5,000千円／台、6台／隻	30,000千円
(3) 係留装置		
① チェーン	250m ×3本× 44千円／m	33,000千円
② アンカー	15 ton ×3個× 200千円／ton	9,000千円
(4) 諸経費		
① エンジニアリング費		
i) 電気系統工事費	400千円／台、 6台／隻	2,400千円
ii) システム設計費	2,000千円／隻	2,000千円
② 設置工事費		
i) 曳航費	7,500千円／隻	7,500千円
ii) 係留工事費	8,400千円／隻	8,400千円
合計		553,300千円

2.2.6　運用経費

耐用年数（35年）期間中に必要な運用経費として年間運転費および年間固定費があり，それを表4に示す。

なお，ここでは，年間運転費とは，人件費，メインテナンス費，税金，諸経費などから成るとし，一方，年間固定費とは設備の建設に係る償却費と金利を含めた経費とする。

年間固定費は，一般に次式で求められる。[1]

年間固定費＝設備費（1－残存価格率）×資本償却率

ここで，資本償却率は，資本回収率とも称されるもので，設備の年間の償却の割合を示し，借り入れ金の金利をr，償却年数をnとすると次式で求められる。

$$資本償却係数 = r(1+r)^n / \{(1+r)^n - 1\} \cdots\cdots(1)$$

ここでは，下記の事項を考慮するものとする。

(1)　年間運転費

(a)　人件費；本システムに専属の運転要員を置かず，既存の発電所のシステムの運転要員がこれの運転にも携わるとした。

(b)　メインテナンス費；タービン発電機について，表5に示すメインテナンスを行うとした。

(2)　年間固定費；金利を6％，残存価格を10％，償却年数を20年とした。なお，装置の耐用年数は

表4　1隻あたりの運用経費（35年間）
Table 4　Operating cost per ship during 35 years

(1) 年間運転費		（35年総計）
① 人件費	2,000千円／年	70,000千円
② メインテナンス費		
i 点検費	800千円／6台・年	28,000千円
ii 分解・修理費	4,000千円／台・7年	96,000千円
③ 固定資産税	設備費×0.5%／年	93,275千円
④ 諸費	設備費×0.2%／年	37,310千円
(2) 年間固定費	43,323千円／年	866,468千円
合計		1,191,053千円

表5　タービン・発電機のメインテナンス
Table 5　Maintenance of turbine and generator

項目	内容	頻度
巡視点検	目視検査、駆動音検査	1回／2週
タービン点検	目視検査、軸受回転チェック、グリス交換、タービン探傷、防錆対策、運転チェック	1回／1年
発電機および制御盤点検	目視検査、軸受回転チェック、グリス交換、絶縁抵抗、盤内器具チェック、特性チェック	1回／1年
分解点検（工場持ち帰り）	タービン発電機の分解、精密チェック（目視）軸受交換、探傷・回転子・固定子巻線チェック・絶縁抵抗・特性測定、部品交換（接触子・ファンなど）、組立	1回／7年

35年としたが，減価償却は20年で行ってしまうとした。

2.2.7　発電出力

本装置による発電出力は

$$E = \sum_{i=1}^{n} E_{w,i} \times \eta_{1,i} \times \eta_2 / n \quad \cdots\cdots (2)$$

として求めた値である。ここで，

$E_{w,i}$ ；計測時間毎の単位長さあたりの平均波エネルギー（kw／m）（$\fallingdotseq 0.5 \cdot H_s^2 \times T_s$）

L ；浮体長さ（m）

$\eta_{1,i}$ ；一次変換効率（波エネルギー吸収長さ比）

η_2 ；二次変換効率

n ；計測点数

である。

一次変換効率 $\eta_{1,i}$ は図5に示す模型実験結果[1]より求めた。なお，本実験は規則波中で行われたため，この規則波周期を有義波周期に対応させる必要がある。ここでは，まず「1／20海明モデル」による実験結果より[8]，不規則波の平均周期Trと規則波の周期Twに対する空気出力特性が同じであり，また，Ts≒1.1Twという関係があることから，Ts≒1.1Twとして，図5より $\eta_{1,i}$ を読み取った。

この方法を用いて当海域における本装置の年間発電量の推定値を求めると約82.0 kwとなり，これより運用期間35年間の総発電量は約25Gwhとなる。

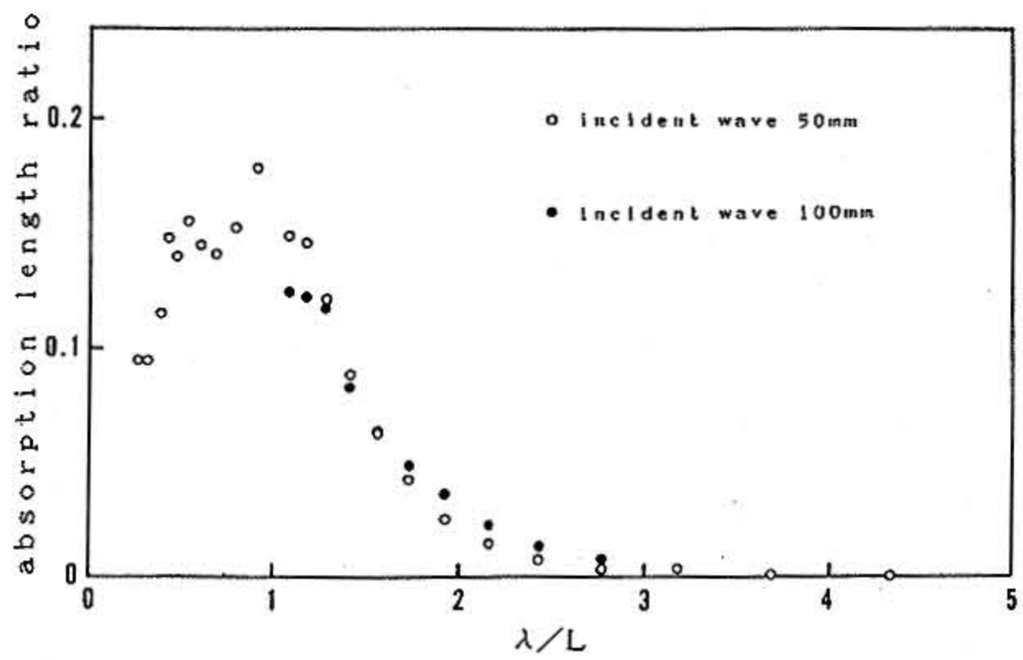

図5　最適浮体の波エネルギー吸収特性[1]
Fig.5　Wave power absorption by the optimal type ship

2.2.8　発電コスト

発電コスト（X）は，運用経費（Y）および総発電量（Q）を用いて，次式で求められる。

$$X = Y / Q \quad \cdots\cdots (3)$$

また，総発電量（Q）は，年間発電時間をh，運用年数をNとすると次式で得られる。

$$Q = E \times h \times N \quad \cdots\cdots (4)$$

ここで，Eは装置一隻あたりの発電量の年間発電時間内の平均値である。

2.2.6および2.2.7にて得られた運用経費および総発電量の推定値を用いると，本装置による発電コストは，

$$X = 1,191,053,000\text{円} / 25,141,200\ \text{kwh} \fallingdotseq 47.4\text{円} / \text{kwh}$$

が得られる。

なお，本装置についても，金利を4%とすると，発電コストは42.1円／kwh，同2%とすると37.1円／kwhとなる。

2.3　沿岸固定式装置

ここでは，沿岸に固定する方式の装置として，昭和58年9月から翌年3月まで山形県鶴岡市三瀬の岩礁において試運転が行われた「沿岸固定式波力発電装置」[9),10)] をモデルとしてコスト試算を行った。図6に「沿岸固定式波力発電装置」の構造概念図を，写真1に外観を示す。

なお，本ケースにおいては，次のような条件のもとに検討を行った。

(1)　設置基数；1基

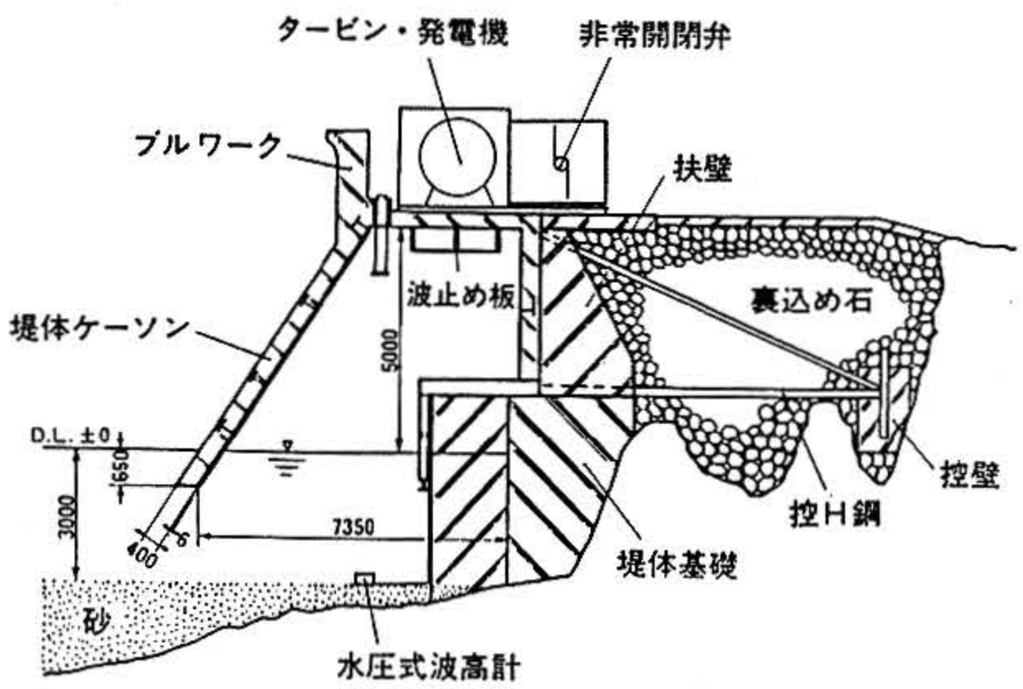

図6　沿岸固定式波力発電装置の断面概略図

Fig.6　Scheme of the shore fixed type Wave power device

(2)　装置幅；10m

(3)　一次変換効率；50％

(沖合波エネルギー → 空気エネルギー)

(4)　二次変換効率；50％

(5)　発電機定格出力；50 kw

2.2と同様に，金利を6％，償却を20年，耐用年数を35年としたときの発電コスト[3)] を表6に示す。これより，沿岸固定式装置による発電コストは約31円／kWhになる。

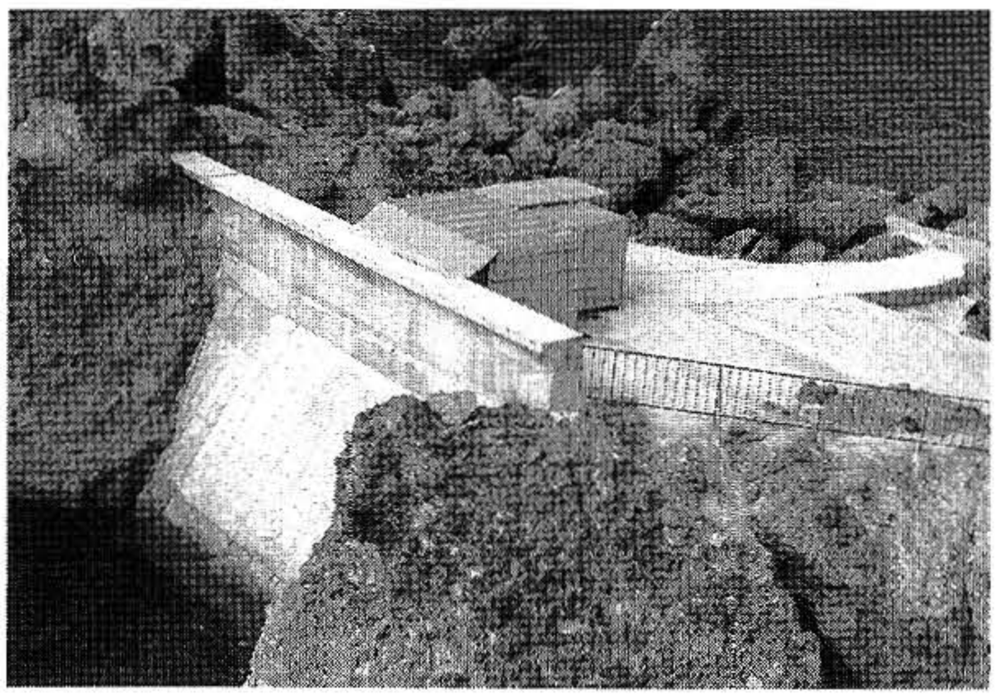

写真1　沿岸固定式波力発電装置

Photo 1　Shore fixed type wave power device

表6　各種波力発電装置の発電コスト比較*3

Table 6　Generating cost by each type device

項目 ＼ 種類	海明型	固定型	高効率型
1. 設置海域			
① 平均有義波高（m）	2	2	2
② 平均有義波周期（秒）	8	8	8
③ 平均波エネルギー（kw／m）	10	10	10
2. 装置の規模			
① 装置の長さ（m）	120	10	80
② 空気室個数	6	1	8
③ 空気室の幅（1個）	10 or 20	10	10
④ 定格出力（1個）	80 kW	50 kW	100 kW
⑤ 装置の総定格出力	480 kW	50 kW	800 kW
3. 変換効率			
① 一次変換効率	15 %	50 %	40 %%
② 二次変換効率	50 %	50 %	50 %
4. 発電出力			
① 平均発電出力	90 kW	25 kW	160 kW
② 総発電出力（35年）	27.6 GWh	7.7 GWh	49.1 GWh
5. 設備費（百万円）			
(1) 空気室			
① 本体	216	30	105
② 基礎	0	10	0
③ 係留	42	0	82
(2) タービン発電機			
① タービン	180	20	240
② 発電機	35	10	45
③ 制御盤	30	5	40
④ 保護装置	30	5	40
(3) 諸経費			
① エンジニアリング費	4	3	4
② 設置工事費	16	10	20
6. 運用経費（35年）			
(1) 年間運転費			
① 人件費	70	35	70
② メインテナンス費	120	34	163
③ 固定資産税	93	16	100
④ 諸費	37	7	40
(2) 年間固定費	866	146	903
総計	1,186	238	1,276
7. 発電コスト	43 円／kWh	31 円／kWh	26 円／kWh

2.4　高効率型波エネルギー利用装置

図7に示すような，いわゆるターミネーター型装置は，一般的に海明型のようなアテニュエーター型の装置に比べて波エネルギー吸収効率が高く，吸収効率のピーク値は図8に示すように90%にも達する。[11] 本タイプの装置については実用規模の装置としての実績がないが，次のような仮定を行い，発電コストの試算を行った。

(1)　建造基数；10基以上
(2)　装置長さ；80 m
(3)　空気室区画数；8
(4)　一次変換効率；40％
(5)　二次変換効率；50％
(6)　発電機定格出力；100 kW
(7)　装置定格出力；800 kW

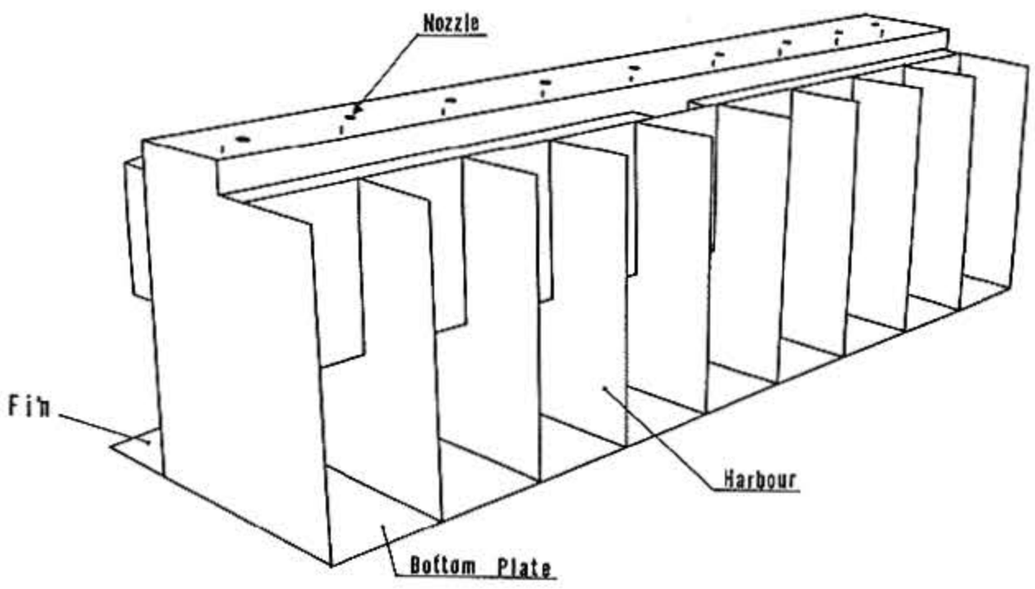

図7　高効率型波エネルギー利用装置
Fig.7　High performance type wave power utilization device

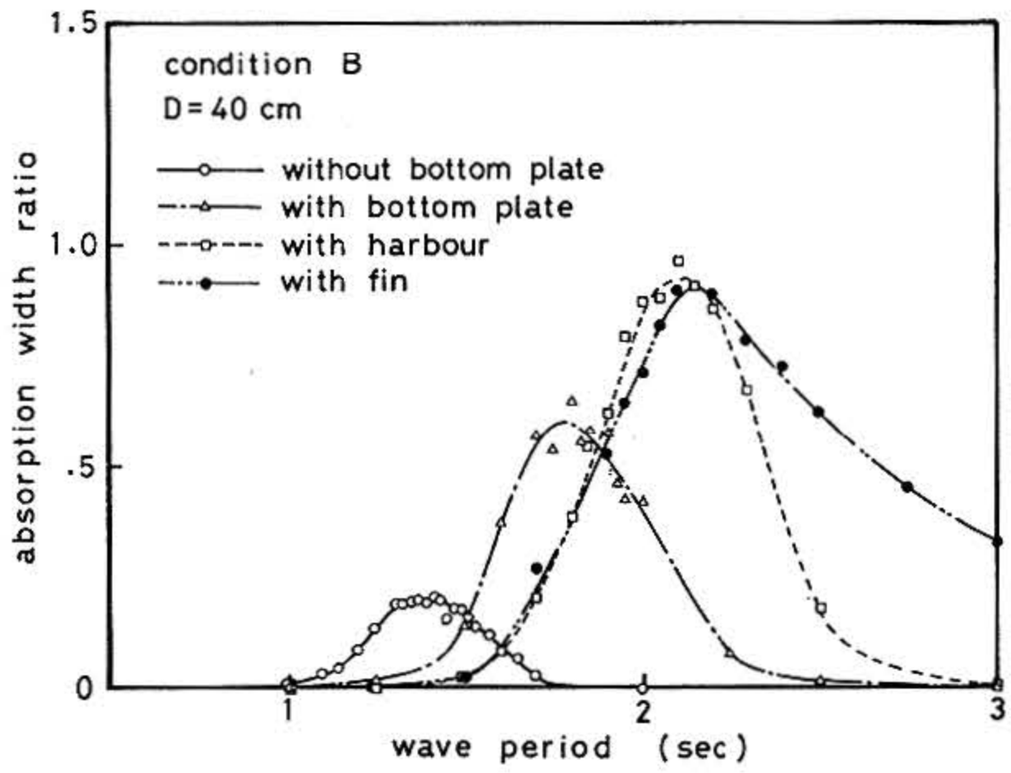

図8　高効率型波エネルギー利用装置の波エネルギー吸収特性
Fig.8　Wave power adsortpion by the high performance type wave power utilization device

これについても，2.2と同様に金利を6％，償却を20年，耐用年数を35年として，発電コストを試算した。試算結果を表6中に示す。これより，高効率型波エネルギー利用装置の発電コストは，約26円／kWhとなる。

3　発電コスト

3.1　3種装置の比較

表6に示したように，海明型波力発電装置に比べれば，沿岸固定式装置のほうが，また更にそれよりもいわゆる高効率型装置のほうが発電コストは低減することが推測される。ターミネーター型装置は，発電だけでなく浮消波提としての機能も併せ持つのであるから，これによるメリットも考慮すれば，十分"採算の取れる"装置となろう。しかし，出力電力の沖合からの輸送および平滑化等に必要な経費はここでは考慮していないことなど，実用化へ向けては今一歩詳細な検討が必要となろう。

ここで示したように，必ずしも効率の良いものが発電コストの面からも有利であるとは限らず，一方最適方式の選定は必ずしも発電コストのみでなく，安全性，メインテナンスなどの面も含めて評価する必要がある。つまり，出力エネルギーの利用方法まで含めた全体システムとしての検討を進めたうえで決定すべきである。

3.2.　他の発電方式との比較

現在，実用に供されている発電方式としては，石油・石炭火力，原子力，水力等種々あり，いずれも国家の大動脈としての使命を全うするべく，電力事業に関する法的体制のもとで万全な技術開発および設備投資が行われてきた。

ちなみに，それらの発電原価としては，資源エネルギー庁より，昭和59年運転開始ベースとして，表7に示すような値が示されている。[12]

ところで，このような大規模発電に対し，地熱およびその他の新エネルギーの全体エネルギー需給量に対する比率は，表8[12]に示すように昭和57年度でわずか0.3％でしかない。きれいな（周波数変動が0.1％未満程度）電気の安定した，かつ時々刻々と変動する需要量に応じた給供のできる発電システムとしては，一次変換システムに投入するエネルギー源でさえ任意に操作できることが必

表7　電源別発電原価について[12]
（昭和59年度運開ベース）
Table 7　Generating cost

	建設単価（kW当たり）	送電端発電原価（kWh当たり）	燃料費比率
一般火力	63万円程度	21円程度	—
石油火力	14万円程度	17円程度	7.5割程度
石炭火力	24万円程度	14円程度	4割程度
LNG火力	19万円程度	17円程度	6.5割程度
原子力	31万円程度	13円程度	2.5割程度

（資料）資源エネルギー庁

（注）1. 発電原価は，昭和59年近辺に運開した、あるいは運開が予定されている発電所を参考とし，モデル的なプラントを想定して試算した。
2. 利用率は，70％（水力は45％）を前提とした。
3. 価格は，運開初年度時点価格である。
4. モデルプラントは次のように想定した。
一般水力（ダム，水路式）　1～4万kW
石油火力　60万kW級4基
石炭火力　60万kW級4基（海外炭使用）
LNG火力　60万kW級4基
原子力　110万kW4基

要である。つまり，自然エネルギーはあくまで"不安定な"エネルギー源を利用する発電システムということになる。

このように，自然エネルギーとりわけ波力，風力のように，エネルギー密度が小さく，かつ時間的にも季節的にも変動するエネルギー源は，発電コストおよび安定・高品位給供という面から，大規模発電に遅れをとらざるを得ない。

しかし，エネルギー利用地域が分散しこのような大規模発電システムが設備不可能な，もしくは需要が少く設備投資がさほど低減しない大規模発電システムでは発電コストが高額になってしまうような地域では，今一度自然エネルギーについて再評価する必要があろう。

3.3　離島における利用

前述した大規模発電システムの運用が不適当な地域としてまず離島があげられる。[13] 離島における電力需給例として，東京都の離島について示したものが表9[14]である。これらの島における発電設備は，水力一基を除けば他は全てディーゼル発電機によるものである。そのため，燃料の輸送が必要なうえ，表7中に示した石油火力に比べて設備規模が小さいために生じるスケールエフェクトのため，発電コストは50～90円／kWh[14]になると言われている。

これに対し，2章に示したように，波力発電コストは30円／kWhを下回ることが推測される。これによって出力された電力が，例えば栽培漁業用の海水の加熱や海水の揚水などに使用されるのであれば，定電圧・定周波数の"きれい"な電気にする必要はない。また，発電機が誘導発電機であれば，島内の既存の発電力の約10％以下であれば電力系統に投入してもさしつかえない。

このように，離島のような条件下においては，波力発電を利用できる可能性が十分あると考えられる。また，あくまでも電力の安定供給が至上であるなら，ディーゼル発電の補充用電源として波力発電装置を設置し，これにより発電コストを低減させることも考えられる。

4.　おわりに

昭和50年の石油ショックを機に急に開花した感のあった自然エネルギーに関する研究も，その後の石油価格の低落や石油代替エネルギーのトップバッターとして開発されてきた原子力発電の進展により，単に発電の可能性や効率を論ずるだけでは評価されなくなりつつある。つまり，発電コストまで含めて論じられなければならなくなってきた。我が国の波力発電の研究においては，これまでにコストを論じることは少く，従って研究者の意欲とは裏腹に，発電を行う事業者が適切な評価を下し得ないという状況にあった。

著者らは，そのような状況を解決し，一歩でも波力発電装置の実用化そして普及へ近ずけるための"たたき台"とすべく本報を記した。検討内容については十分ではないが，今後のこの種の検討材料の一つとなることを願うものである。

表8 長期エネルギー需給見通し[12)]

Table 8 Forcast of energy supply and demand

総合エネルギー調査会需給部分（昭和58年11月16日）

項目＼年度	昭和57年度（実績）		昭和65年度		昭和70年度		昭和75年度（試算）	
エネルギー需要	3.88億kl		4.6億kl		5.3億kl		6億kl程度	
エネルギー別＼区分		構成比（%）		構成比（%）		構成比（%）		構成比（%）
石炭	9,450万t	18.5	10,800万t	17.5	12,800万t	18	16,000～17,000万t	20程度
（うち国内石炭）	(1,830万t)		(1,800～2,000万t)		(1,800～2,000万t)			
（うち一般炭）	(2,840万t)		(4,300万t)		(5,800万t)			
原子力	1,730万kW	6.9	3,400万kW	10.8	4,800万kW	14	6,200万kW程度	16程度
天然ガス	2,700万kl	7.0	5,600万kl	12.1	6,100万kl	12	6,400～6,600万kl	11程度
（うち国内天然ガス）	(21億m³)		(43億m³)		(50億m³			
（うちLNG）	(1,760万t		(3,650万t)		(4,000万t)			
水力 一般水力	1,940万kW	5.4	2,200万kW	5.0	2,400万kW	5	2,650万kW程度	5程度
水力 揚水	1,400万kW		1,800万kW		1,950万kW		2,200万kW程度	
地熱	40万kl	0.1	150万kl	0.3	350万kl	1	600～700万kl	1程度
新燃料油，新エネルギー，その他	90万kl	0.2	800万kl	1.7	1,900万kl	4		6～9
石油	40億kl	61.9	2.4億kl	52.5	2.5億kl	48	2.5～2.6億kl	42程度
（うち国内石油）	(48万kl		(1,150万kl)		(190万kl)			
（うちLPG）	(1,570万)		(1,900万tt)		(2,100万t)			
合計	3.88億kl	100.0	4.6億kl	100.0	5.3億kl	100	6億kl程度	100

注1. 原油換算は9,400 kcal／1による。

2. 新燃料油，新エネルギー，その他の欄には，太陽エネルギー，オイルサンド・シェール油，アルコール燃料，石炭液化油，薪炭等を含む。

3. 構成比の各欄の数値の合計は，四捨五入の関係で，100にならない場合がある。

表9 離島における電力需給例[14)]

Table 9 An example of electrical power supply and demand in isolated islands

	面積 (km₂)	発電設備 (kW)	入口 (人)	世帯数 (S59.10) (戸)	1人当りの発電力量 (kW/人)	1戸当りの発電力量 (kW/戸)	過去最大電力量及び記録日 (kW)	年間電力量 (S59) (MWh)
大島	91.00	9,600	10,697	4,401	0.897	2.18	6,520 8月	25,641
新島	23.44	4,320	3,011	847	1.435	5.10	2,687 8月	9,692
利島	4.19	360	301	138	1.196	2.61	166 1月	680
式根島	3.80	920	719	239	1.280	3.45	792 8月	2,229
神津島	18.59	2,160	2,351	620	0.919	3.48	1,804 8月	5,932
三宅島	55.14	4,280	4,352	1,836	0.983	2.33	2,730 8月	10,274
御蔵島	19.69	290 (含む水力50)	238	107	1.218	2.70	122 3月	496
八丈島	68.30	9,200	10,130	3,974	0.908	2.32	5,950 8月	24,671
青ヶ島	5.20	240	211	108	1.137	2.22	129 7月	513
父島	23.95	1,800	1,484	725	1.213	2.48	1,490 9月	6,230
母島	1.10	480	382	184	1.257	2.61	334 9月	1,432

参考分献

1) 波力発電装置「海明」第Ⅱ期計画研究報告書，昭和62年．海洋科学技術センター．
2) 宮崎武晃，昭和62年．海明型波力発電装置の経済性検討，第2回波浪エネルギー利用シンポジウム，海洋科学技術センター．
3) 宮崎武晃，昭和62年．波力発電装置の発電コスト比較，海洋科学技術センター昭和62年度研究報告会要旨集．
4) 気象庁波浪観測資料，第6号，1983．気象庁
5) 気象庁波浪観測資料，第7号，1984．気象庁
6) 気象庁波浪観測資料，第8号，1985．気象庁
7) 新エネルギー需給に関する産業市場の将来予測，新エネルギー財団新エネルギー産業会議，1982．
8) 宮崎武晃，1986．第Ⅱ期「海明」模型による水槽試験報告，海洋科学技術センター試験研究報告，第16号．
9) 石井進一ほか，1984．沿岸固定空気タービン波力発電装置の発電運転試験，海洋科学技術センター試験研究報告，第14号．
10) 堀田平ほか，1985．沿岸固定式波力発電装置の発電運転試験，土木学会第32回海岸工学講演会論文集．
11) 堀田平ほか，1987．ターミネーター型波エネルギー利用装置の研究，第2回波浪エネルギー利用シンポジウム，海洋科学技術センター．
12) 日本工業新聞社編，'85～'86エネルギー総合便覧，昭和60年．
13) 近藤淑郎ほか，1986．沿岸域における波浪エネルギー利用計画試論，第10回海洋開発シンポジウム論文集，土木学会．
14) 波力エネルギーの利用に関する総合調査報告書，昭和62年．沿岸開発技術研究センター．

（原稿受理：1987年12月1日）