

1. はじめに : エネルギー資源のほとんどを外国に依存している我国においては、資源有限の面からエネルギーの研究は勿論のこと、新種エネルギーの開発が今後ますます重要な課題であることは論を待たない。新種エネルギーとは、太陽エネルギー、地熱エネルギー、波浪エネルギー、温度差を利用したエネルギーの発生などがあるが、本文では揚水発電に準用した波浪揚水による超低落差発電の有効性についての検討結果を報告する。この波浪揚水発電の基本的な考え方は、斜面と収斂堤により作る横造物を沿岸の適切な水深地点に設置し、進行波の増幅と群波特性を利用して海水を逆水池内に揚水し、逆水池内の水位と海面の高低差を利用して発電を行う、いわゆる波流発電方式によるものである。この方式に対する基礎的な水理模範実験はすでに¹⁾、²⁾実施されている。本研究は先よりの研究成果を基にして、実際に現地に適用することの可能性について検討を行い、併せて今後の技術課題について抽出しようとするものである。

表-1 期待越波流量実験式係数表

Coeff. Depth	T (sec)	m	n
10.5m	5	0.0365	-0.0203
"	8	0.1154	-0.0549
"	10	0.0148	-0.0395
10.8	8	0.1336	-0.0440
11.1	8	0.1546	-0.0380

2. 期待発電能力量の算定法と他の諸条件

(1) 揚水発電堤の形状 : 前記の実験結果によれば、水深 10.5 m (実験) において設置した揚水堤に対して越波流量の最も期待できるのは斜面勾配 $\tan \alpha = 1:1.5$ 、収斂角 37° であることが検討されているので、ここではこの形状を対象とする。

(2) 期待越波流量の算定式 : 前記形状に対する期待越波流量の実験式は規則波に対して表-1 に示す結果を得ている。表中の m, n は揚水堤単位長さ単位時間当りの期待越波流量 q ($m^3/sec/m$) と $q = mH + n$ と (2 表) の場合の実験結果より求めた係数である。 H は波高 (m), T は周期 (sec) である。しかし、表中に示す係数は了程短く周期および水深 (越波堤高 D cm) とすると $D = 3.0, 3.3$ および 3.6 m) のみであるから、現地波浪のように各種の波高と周期より作る不規則波に適用するには不十分であるが、ここは近似的に係数 m, n は単に周期に対して直線比例すると仮定し、また越波堤高に対しては周期 8 秒による実験値の係数 m, n の D に対する比値が他の周期においても同じであると仮定する。この場合、周期により m 値が直と仮した場合、 n 値が直と仮した場合に越波流量は 0 とおけるものとする。

(3) 現地波浪の換算 : 期待発電能力量の検討対象とする揚水堤の設置水深は 10.5 m 一定とする。(したがって、現地波浪の観測値はこの水深におけるものに換算する。換算方法は微小振幅波理論を用い、屈折、回折、海底摩擦等による影響は無視する。

(4) 発電能力量の算定法 : 揚水堤単位長さ当りの発電能力を P (kW/m) とすると、これに対応する発電能力量 PT (KWH/m) は $PT = P \cdot T_h$ と仮定。ここに $P = g \cdot g(D - \Delta D) \cdot \eta$, ΔD : 損失水頭 (m), η : 発電機と水車の複合効率 ($\eta = 0.85$ と仮定), T_h : ある波浪の継続時間 (hr) で、波浪の一日当りの観測回数と留意して決定する。一般の波浪観測記録は 2 時間ごと 1 回、20 分間移接の波形記録に基いて整理していることが多い。(したがって、日発電能力量 $PT = 2 \cdot \sum P$ (KWH/m) と仮定。

(5) 入力条件 : 不規則波による水理模範実験では、自乗平均波高 H_{rms} と自乗平均周期 T_{rms} をもつて算定した越波流量は規則波の波高と元の周期 (ここは有義波のみとする) によるものと対応することを利用し、それ対象地点の波高分布は Rayleigh 分布に従うことが検討されていることから、波浪各標に自乗平均波高 H と元の平均周期 T 、それの有義波高 $H_{1/3}$ と元の周期 $T_{1/3}$ と $H_{rms} = 1.128 H = 0.705 H_{1/3}$, $T_{rms} = T = 0.909 T_{1/3}$ をもつて換算する。なお、不規則波の実験に用いたスペクトルは Bretschneider - 表易式と標準型である。対象

地裏の波浪エネルギーについて、三輪計の結果、1970年の標準値に近い分布を示している。

3. 期待発生電力量：検討対象地は中部日本海沿岸の7地帯である。越波堰高の効果を検討するため、 $D=1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.3$ 及び 3.6 mの6ケースについて行い、揚水水頭 $\Delta D=0$ と1k。図-1は若狭地帯における2時間ごと波浪記録を用いた揚水機単位長さ当りの算定結果を月別日平均値に直した期待発生電力量と波浪エネルギーについて示したものである。同図中に示す μ_{PW} および μ_{PT} は各小波の月別日平均波浪エネルギーと月別日平均期待発生電力量に対する変動係数である。図示のように11月および翌年の2月の5ヶ月間にわたって日平均約100 KWH/m以上の発電が期待でき、変動係数も比較的小さく、安定した電力を供給することができ。また、この期間における波浪エネルギーと電気エネルギーへの変換率も30%程度と高い。その他の期間では日本海側の気象条件により発電はあまり期待できない。表-2は地帯別月別及び年間の期待発生電力量と、図-2は年間及び10月～3月の6ヶ月間の期待発生電力量と変換率について示したものである。酒田、金沢および鳥取沿岸一部では年間20000 KWH/m以上の電力量の発生が期待でき、変換率も25%と高い。また、10月～3月

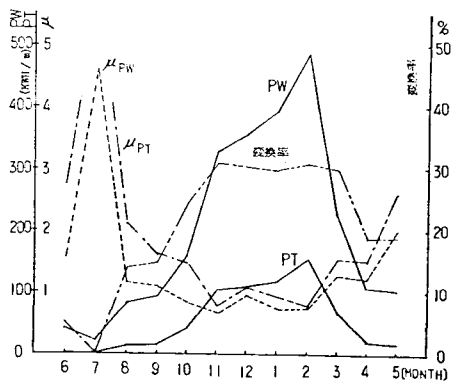


図-1 月別平均日波浪エネルギー・月別日平均期待発生電力量および変動係数

表-2 地点別期待発生電力量の比較表 (KWH/m)

Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOTAL
AKITA (1976)	3105.3	421.9	608.9	178.1	555.7	43.8	11.3	91.5	280.3	928.1	1428.2	1959.7	9621.1
SAKATA (1976)	8078.8	1925.0	1913.1	605.5	441.4	75.1	8.7	66.0	481.6	2683.5	2683.9	4273.9	23236.0
KANAZAWA (1976)	9015.5	1762.2	1048.7	440.6	529.1	48.7	1.6	98.2	606.7	1871.2	3880.3	4620.6	23923.4
WAKASA (1977)	3617.1	4222.6	2046.4	599.0	615.9	58.0	0.0	347.5	603.8	1203.5	3074.1	3382.4	19547.2
X. MISAKI (1979)	3312.1	2155.5	1669.0	1017.4	289.3	38.6	157.4	97.2	228.4	1241.9	2346.4	2177.3	14730.3
TOTORI (1978)	4804.9	4345.6	2917.8	299.9	542.4	209.1	17.4	135.4	525.8	2025.4	1743.5	3288.5	20855.6
HAMATA (1978)	3372.1	2436.1	1220.1	548.1	330.3	79.9	3.2	88.2	253.8	682.3	1157.8	1972.8	12144.8

の6ヶ月間の発電電力量は年間の90%以上を占めている。図-3は越波堰高と変換率の関係についての一例を示したものである。越波堰高 $D=2.0 \sim 2.5$ m付近において発電の効率が高くなる。揚水機を含む発電機・陸上での製作適性規模を考慮して、收放堰2巻(長さ40m)を1ユニットとすると、発電機の高さは概ね200KW程度となる。

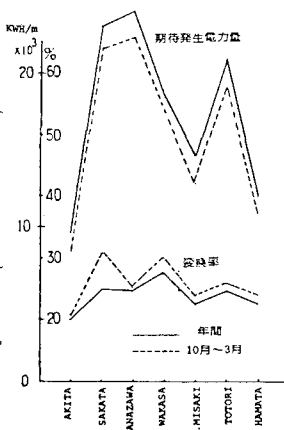


図-2 地点別期待発生電力量と変換率

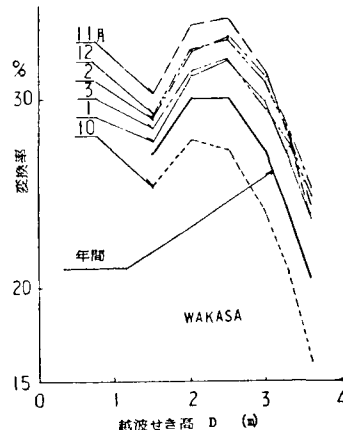


図-3 越波せき高(落差)と変換率の関係

4. おわりに：以上の概略的な検討結果により、本発電方式は冬期風浪の卓越する日本海沿岸において非常に有効なことが言える。しかし、遊水池の越波に伴う水面変動、発電設備後水域の水面上昇、放水の方法、超低揚水発電機の製作、周辺環境に及ぼす影響、投資効果、水産及び余暇施設としての総合利用等についての全般にわたる諸問題が残っており、今後各事項合計による検討が期待される。参考文献：1) 倉本・速水・関本：波浪揚水発電に関する実験的研究，第14回年報，昭和54年10月。

2) 倉本・小森・関本：波浪揚水発電推進型・越波電に関する実験的検討，第15回年報，昭和55年9月。