

V字型集波堤による海水利用システムに関する調査研究

松崎 勝* Masaru Matsuzaki
 安永 正三*** Shouzou Yasunaga
 多田 彰秀** Akihide Tada
 西村 茂樹**** Shigeki Nishimura

1. はじめに

波エネルギーは、太陽エネルギーや風力エネルギーなどと同様、環境に負荷を与えない資源量の豊富な自然エネルギーの一つとして、古くからその変換方法および利用方法が模索されてきた。本研究は、エネルギー密度の低い波エネルギーを効率よく収斂する方法としてV字型集波堤に着目し、これにより集められる海水（エネルギー）の有効利用の方法について提案したものである。ここでは、利用方法の一つとして低落差発電システムについて報告する。

なお、本研究は、(財) エンジニアリング振興協会の平成4年度社会開発型システム等策定事業の受託研究として実施したものである。

2. V字型集波堤による低落差発電システム

(1) V字型集波堤の原理

V字型集波堤は、波の収斂および遡上越波を応用した構造物であり、海岸へ押し寄せる波に対して逆V字型の集波堤を設けることにより、これを収斂させ、波高（単位峰当たりのエネルギー密度）を高める。さらに、斜面を遡上越波させることによって平均海面より高い水位の貯水池に導水し、平均海面との間に安定した落差を得ることができる。このようにV字型集波堤は波エネルギーを位置エネルギーに変換することができ、この落差を利用して定出力発電や海水交換を行うことができる。集波堤の概念図¹⁾を図-1に示す。

(2) 低落差発電システム

低落差発電システムには、水流空気圧縮式発電方式お

* 土木設計部設計課副課長
 ** 技術研究所海洋技術課副課長
 *** 技術部技術1課長
 **** 土木設計部副部長

よびバルブ型チューブラ水車による発電方式の二方式がある。前者は、海水が貯水池内の水吸込管を流れ落ちる際に生じる負圧を利用して空気を吸引し、圧縮空気槽に空気を貯めて空気タービン発電装置により発電する方式で、有効落差0.5mでも発電可能である。また、後者は貯水池からの水流を直接利用してバルブ水車を回転させ、水車にカップリングした発電機により発電する方式であり、有効落差1.5~10mで運転することができる。いずれの方式も定常的な貯水量が保証される場合に高効率で運転可能であり、波浪条件によっては集波堤との組み合わせが可能である。図-2にバルブ水車と集波堤を組み合わせた発電システムの概念図を示す。

3. 発電量の試算

研究では、国内の2~3の港湾について両方式による発電量の試算を行った。ここではそのうち太平洋側の鹿島港の波浪データに基づいて行ったバルブ型チューブラ水車方式の試算結果のみを以下に示す。

(1) 算定条件（基本ユニットを図-3に示す）

- 集波堤天端高：3.6 m V字収斂角：30°
- 斜面勾配 1：1.5 V字開口幅：27.7 m
- 前面水深 8.6 m 集波堤堤長：200 m

(2) 越波量の算定

広瀬ら²⁾が行った水理模型実験結果を用いて、図-3の基本ユニットに対応する単位幅当りの越波流量の近似式を求めた。この近似式を用いて波高別、周期別の越波

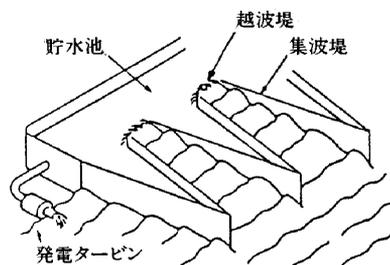


図-1 V字型集波概念図¹⁾

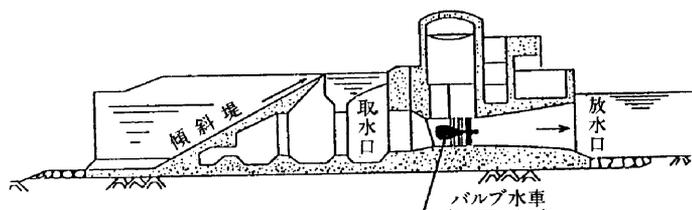


図-2 水流空気圧縮発電方式概念図

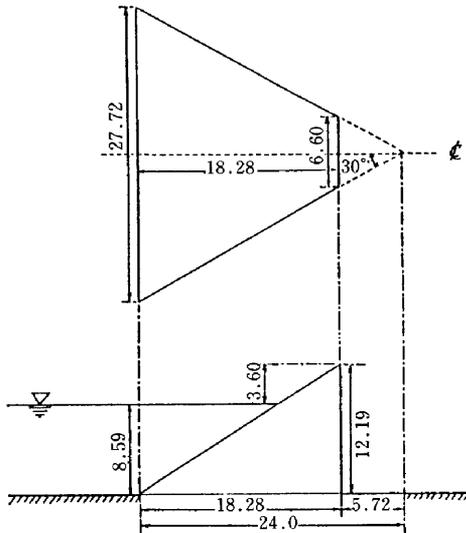


図-3 V字集波ユニット形状

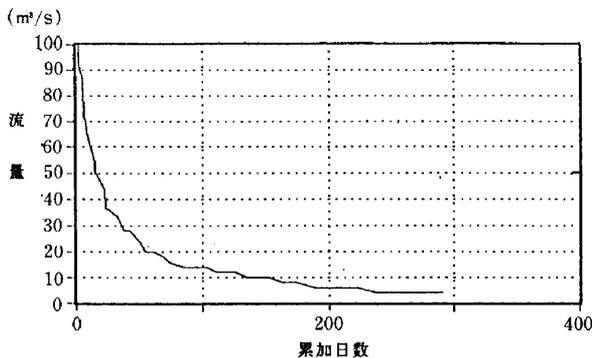


図-4 越波量流況曲線（鹿島港）

流量を求め、波浪毎の出現確率密度との関係から年間の越波流量-累加日数曲線（流況曲線）を作成した。図-4に鹿島港での流況曲線を示す。

(3) 発電量の算定

バルブ水車方式による発電量の算定方法³⁾および算定結果を以下に示す。

①使用水量

発電における最大および最小使用水量を設定し、流況曲線より10日毎の可能使用水量（流量）を求める。

②年間可能発生電力量(APP)

年間可能発生電力量を次式により求める。

$$APP = \sum D(i) \times 24h \times P_t(i) \times \eta_t(i)$$

ここに、 $P_t(i)$: $D(i)$ 日における水車出力

$$= 9.8 \times Q(i) \times (H - \Delta h) \times \eta_t(i)$$

$Q(i)$: $D(i)$ 日における流量

$\eta_t(i)$: $Q(i)$ における水車効率

$H - \Delta h$: 天端高さ-損失水頭 (= 3.2m)

算定結果を表-1に示す。

(4) 設備利用率および出力

表-1 年間発生電力量

ケース	1	2	3	4
有効落差 (m)	3.2	3.2	3.2	3.2
流量 (m³/s)	19.2	38.3	75.6	112.5
回転数 (rpm)	188	136	94	75
水車出力 (kw)	500	1000	2000	3000
ランナ径 (mm)	1900	2650	3570	4620
最小流量 (m³/s)	2.4	4.7	9.5	14.4
水車効率 (%)	84.8	85.3	86.3	87.0
発電機効率 (%)	92.0	93.4	94.5	94.6
運転日数 (day)	285	235	142	94
APP (MWh)	1671	1810	1646	1448
設備利用率 (%)	41.5	22.1	10.0	5.8
堤長 (m)	200	200	200	200

表に示すように、水車出力が1000kWの場合に年間発生電力量が最も大きくなるが、設備利用率については水車出力500kWの場合の方が高い。出力および設備利用率についてのみ言えば、適切な天端高さおよびランナ径を設定することにより、比較的効率の高い電源として利用可能と考えられる。

4. おわりに

ここでは、集波堤の利用方法の一つである低落差発電システムについて述べたが、受託研究においては東京都の神津島を対象に、補助電源としての発電システムと集波堤（この場合は離岸堤）背面の静穏域の利用（海洋性レクリエーション）を組み合わせたケーススタディーも実施している。発電コストの面では主電源（内燃力発電）に比べて割高となるが、集波堤を複合利用することにより潜在的な経済利点を有することが明らかとなった。

環境に負荷を与えない自然エネルギーの有効利用の方法が模索される中、波エネルギーを効率よく収斂する集波堤はその一つの回答といえることができる。

参考文献

- 1) 宮江伸一・手操能彦：波力エネルギーの変換についての実験的研究，金沢大学工学部紀要，15巻2号，pp.193~200，1982。
- 2) 広瀬 学・加藤正進・田中寛好：波流発電方式における越波特性について，電力土木，No.181，pp.93~100，1982。
- 3) 電源開発(株)・海洋科学技術センター・富士電機(株)・開発土木コンサルタント：波力揚水発電システムに関する調査報告書，pp.91~93，1989。