

逆止弁式波力エネルギー変換の提案と理論水力の見積もり

第一復建(株)フェロー会員 ○羽田野袈裯義
 今賀大学 今井康隆 宮崎大学 正会員 村上啓介
 九州産業大学 正会員 佐藤辰郎

1. はじめに

再生可能エネルギーの技術開発への期待が年々高まっている。波力は再生可能エネルギーの中で賦存量や安定性で優れているが、現時点で商品化された波力発電装置はごくわずかりで採算は疑問視される。従来技術は波による水塊運動を利用するため、装置が受ける波の動的作用への対応が必須であった。

本研究では、海底に据え付けた装置に作用する水圧を利用する方式を提案し、理論水力を見積もる。

2. 提案技術の概要

本提案の構造と設置状態の模式図を図1に示す。図は上が側面図そして下が平面図で、装置を2基並列配置した状態を示す。装置は自重により海底に据え付けられた耐圧容器により構成される。耐圧容器は表面に吸入専用の逆止弁群を有する加圧部と排出専用の逆止弁群を有する減圧部からなり、耐圧容器の長手方向が波の進行方向に沿うように装置を設置する。図中の斜線をつけた部分は逆止弁群の設置区間で、●は水中発電機を示す。水中発電機を稼働させるため、耐圧容器のこの部分に仕切りを入れて水を迂回させる。この構成で容器内に変動を抑えた一方向流をつくってエネルギー変換を行なう。

動作確認：図2は室内実験²⁾に用いた装置の耐圧容器模型である。模型容器は厚さ0.01mのアクリル製

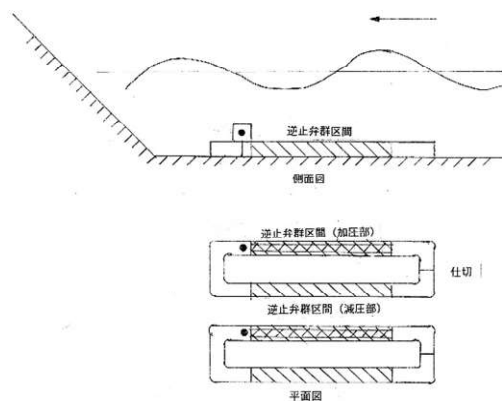


図1 提案技術の構造と設置状態の模式図

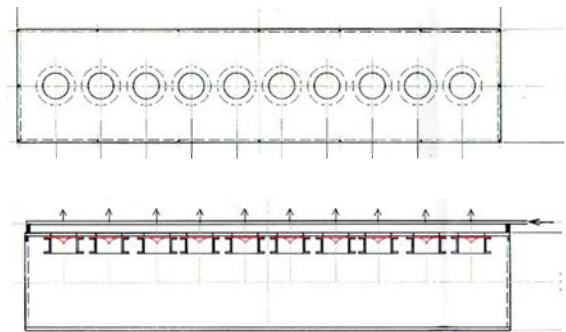


図2 耐圧容器模型(上が平面図;下が側面図)

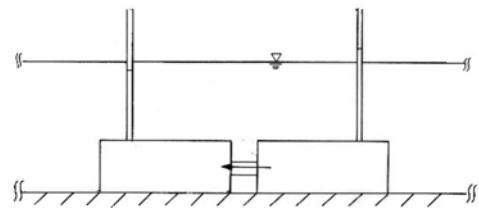


図3 実験装置の模式図

で外寸が長さ1.5m、幅0.35m、高さ0.3mの直方体である。上板(蓋板)には10個の吸入専用の逆止弁が等間隔で配置されている。逆止弁は放射状に切れ目を入れたゴム板で赤く描かれている。これは、上端が抑え有孔板とゴム板を介して接し下端が開口の径0.08mのフランジ内に収納され、図は弁が閉じた状態(直線)と開いた状態(曲線)を描いている。実験では図3の右の加圧容器と左の減圧容器をパイプで連結して動作確認を行った。それによると、波の峰の通過時に吸入専用の逆止弁が次々に開いて水を吸入し、峰の通過後は順次弁が閉じた。排出専用の逆止弁群は波の谷の通過時に上記と対応する逆の動作を示した。また、2つの耐圧容器から出したマンメータの水位は正弦波的な波では変動が小さかった。ゆえに2つの耐圧容器を連結するパイプの流れはほぼ一定で、図1の水中発電機がほぼ等速回転することになる。

本方式の特徴：従来技術は装置が波の動的作用力を受けるため、装置の定点保持のためのコストが高む。

キーワード 波力発電, 海底設置, 耐圧容器, 逆止弁群, 一方向流, 理論水力

連絡先 〒813-0006 福岡市博多区上牟田1-17-9 第一復建(株)顧問室 羽田野袈裯義 TEL090-6839-1903

本提案技術は装置の水中自重を利用した海底据え付けと海底部の水の緩慢な運動のため固定が容易である。ほぼ一定速度の発電機の回転はエネルギー変換効率向上と発電機のスペック低減で有利である。

実用化への課題：本提案技術は従来技術が海生生物の問題から回避してきた海面下の装置である。またゴム板製の逆止弁の支え構造の工夫も必要である。

逆止弁の支え構造：水圧に耐えてかつ大きい開口比の支え構造としてグレイチング体が考えられる。

海生生物対策：これは(1)海生生物の侵入の防止、および(2)海生生物のため稼働に支障が出たら交換する、の2点となる。ともに従来技術にない手間・コストの増ではあるが、コストのトータルで考えれば競争力を落とすほどのハンディではないだろう。

(1)の具体策として、吸入専用・逆止弁群の外側に生物が忌避する材質(銅など)の網体を配置する。図1ではこれを平面図に交叉する斜線で示している。耐圧容器全体を銅メッキすることの可能性も模索している。また、CO₂ガスを微細気泡として海水に混入することが有効と報告されている³⁾。これを応用する例を図2の側面図に「↑」で示している。微細気泡を含む海水を吸入専用・逆止弁の位置で管の孔から逆止弁と反対側に噴出させて周囲水と混合した水を峰の通過時に吸入させる。(2)の対策として、逆止弁群を配置した耐圧容器の表面部材のスペアを用意しておき、交換が必要になったらこのスペアと取り換える。水中発電機・収容部をアタッチメントとし、必要に応じて取り換える。以上、思いつく対応策を示した。具体的な技術開発の契機になれば幸いである。

3. 理論水力の見積もり

基礎実験の結果から、正弦波の場合、装置の各部位のピエゾ水頭は図4に示すようにモデル化される。図中の各部位のピエゾ水頭の値は次式で表される。

$$\text{耐圧容器表面} : \frac{p}{w} = h_0 + \frac{H}{2} \sin\left(\frac{2\pi x}{L}\right) \quad (1)$$

$$\text{加圧部} : \frac{p_+}{w} = h_0 + \alpha \frac{H}{2}; \quad \text{減圧部} : \frac{p_-}{w} = h_0 - \alpha \frac{H}{2} \quad (2)$$

理論水力 P は、有効水頭差 ΔH 、流量 Q として

$$P = \rho g \Delta H Q = w \Delta H Q \quad (3)$$

$\Delta H = \alpha H$ である。水が逆止弁を流れる区間は A~B, C~D である。図4で流量 Q を見積もる。逆止弁を通過する水流速度を V とすると、ベルヌーイ

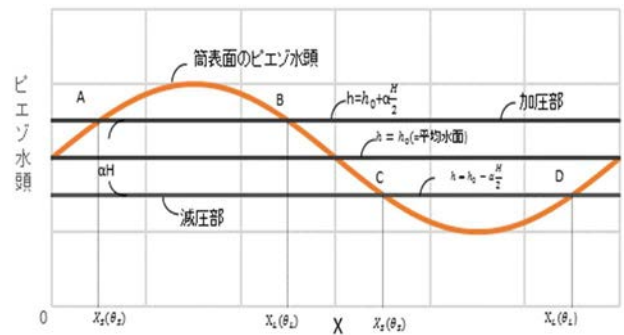


図4 装置の各部位のピエゾ水頭の模式図

の定理から V の式が得られる。逆止弁群の設置範囲を幅が B で長さが波長 L に等しいとし、逆止弁設置区間の容器表面の面積に対する逆止弁開口全面積の割合を κ_h とすると、

$$Q = \kappa_h B (gH)^{1/2} \int_{x_s}^{x_L} \left\{ \sin\left(\frac{2\pi x}{L}\right) - \alpha \right\}^{1/2} dx \quad (4)$$

理論水力は式(3)と(4)より

$$P = \rho g \alpha H \kappa_h B (gH)^{1/2} \int_{x_s}^{x_L} \left\{ \sin\left(\frac{2\pi x}{L}\right) - \alpha \right\}^{1/2} dx \quad (5)$$

$B=4\text{m}$, $L=40\text{m}$, $\kappa_h=0.2$ の計算例を図5に示す。理論水力の計算値は波高 1m, 2m, 3m, 4m で 70-90kW, 200-250kW, 400-470kW, 600-700kW 程度を示し波高減衰を無視したため波パワーに比べて大きい、波高減衰がもたらす回折も予想される。

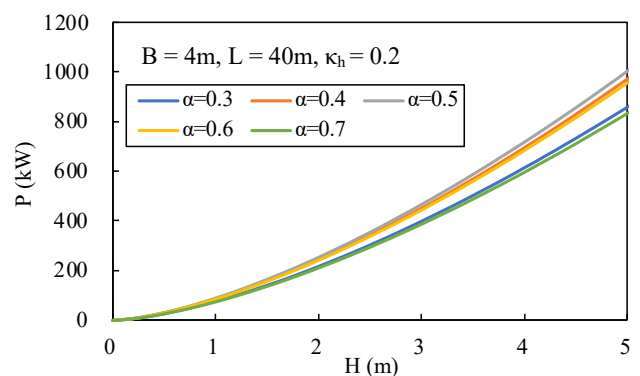


図5 計算例

4. 結語

以上、新方式の波力発電技術を提案し理論水力を評価した。本研究を新たな展開の足掛かりとしたい。

参考文献

- 1) 永田修一：日本マリンエンジニアリング学会誌, 56(2), 2021.
- 2) 清水尚之, 下川廉：九州産業大学卒業論文, 2021.
- 3) 杉本正昭, 小村佳成, 塩田浩太：特開 2010-43060.