

# シンポジウム記念講演 4

## 海洋エネルギーと発電

日本大学理工学部電気工学科

教授 塩野光弘

皆さん、こんばんは。

ご紹介にあずかりました理工学部電気工学科の塩野でございます。今日は「海洋エネルギーと発電」ということでお話しさせていただきます。

再生可能エネルギーには太陽光、風力、地熱、水力、バイオマス、海洋エネルギーなどがありますが、経産省の新エネルギーの中には、バイオマスエネルギーまでは入っていますが、今日お話しする海洋エネルギーは入っておりません。今後研究開発が進めば、これが入ってくるかと思われます。

海のエネルギーから電気をつくるには発電機が必要になります。自然エネルギーから取り出したものを人間のライフサイクルに合わせ、生活に使えるようにするためには蓄えておかなければならない。そのためにはバッテリーが必要です。

海洋エネルギーには、潮汐（塩の満ち引きによるエネルギー）と、海水の流れの潮流・海流、波、海洋の温度差、塩分濃度差、これだけの種類があるんですけども、きょうは時間の関係で海水の流れによる運動エネルギーから取り出す発電、潮流・海流発電についてお話しさせていただきます。

流れを利用するものですから、当然流れの速いところが選ばれます。地球儀を見ますと、地球上の約70%は海水で占められています。海流は海水の対流作用と地球の自転によって起こるもので、恒常的に幅広い流れです。地理で習ったと思いますけれども、日本の近海も、南から黒潮、対馬海流、北から親潮、リマン海流とかありまして、黒潮は100から250mの幅広い流れで、流速は平均毎秒0.2から0.5mで、オリンピッククラスの水泳選手並みの速さです。

海流から電力を取り出す利点は、海流は必ず大洋の西の縁に存在する流れで、蛇行するところも

見られますが、ほぼ一方向で恒常的な流れです。この自然流から直接発電するので環境インパクトも少ない。

潮流発電の利点は、潮流は潮汐現象に起因するため、流れの予測が正確に得られ、エネルギー回収上有利である。つまり、潮汐現象は月と地球の万有引力によって引き起こされるもので、地球は24時間自転していますので、干潮、満潮を繰り返す。そのときに伴う流れが潮流です。

日本で潮流の速い場所を挙げますと、鳴門の渦潮で有名な鳴門海峡、明石海峡、関門海峡など、ほとんど西日本に分布しています。潮流は潮の満ち引きですから、横軸に時間、縦軸に北に向かう流れと南に向かう流れをプロットしていきますと、ほぼ6時間ごとに南北に行ったり来たりする。流れの形は正弦波状に分布していることが分かります。潮流は潮の満ち引きですから、月齢に左右されます。月齢はすでに予測されて、時間まで分かっていますので、潮流発電のエネルギーは正確に予測できて、エネルギー回収上有利だということです。

ダムなどを設けずに自然流から直接発電するので経済的にも有利ですし、環境インパクトも少ない。潮流は狭い海峡では流れが強く現れて、比較的岸に近い場所でのエネルギー回収が可能ですので、海流発電に比べて発電設備の設置や電力輸送の面でも有利です。

海流・潮流エネルギーの賦存量を試算しますと、たとえば海流では黒潮で約1600万kW、潮流では鳴門海峡で約111万kWと言われております。このような海流・潮流エネルギーを利用した発電システムをつくるには、実際に設置する海域の流況調査に最低1年はかける必要がある。海洋エネルギーに限らず、自然エネルギーの発電を考える場合、まずその特徴をよくつかまないとはいけ

ないわけです。また、賦存エネルギーが100%取れるわけではないので、変換効率、稼働率、送電効率などの検討も必要です。

(資料1) 簡単に流れの持つエネルギーについて説明させていただきますと、風力発電でも同じですが、流れから取り出すエネルギーの式はこうなっています。たとえば海水が秒速1mで流れているとします。それに対して1m・1m四方の断面積を持つところを海水が通過したとしますと、1mの体積で流速の3乗を掛けると密度が1000ぐらいですから、エネルギーは1000の半分の500Wぐらい。1m四方から出てくる流れは約500Wのエネルギーを持っているわけです。

(資料2) これも500Wをそのまま取り出すことは難しいので、変換デバイスの開発が必要になります。入力エネルギーが再生可能エネルギー、出力エネルギーが電気エネルギーだとしますと、そこに発電機という変換デバイスをセットします。発電機は回転しないと発電しませんので、機械的に回転するエネルギーが入力になって、出力が電気エネルギーとなります。そこで入力を $P_i$ として、出力を $P_o$ とすると、変換効率は $P_o/P_i \times 100$  [%]になります。10入ったエネルギーが10取り出せれば理想的な変換デバイスですが、変換装置には損失がつきまといますから、10入ったものが9だとか8だとか、少し目減りしてしまいます。ですから、自然エネルギーから電力を取り出すときには、変換効率100%に近づける変換デバイスの開発が重要になります。

潮流や海流から電気エネルギーに変換するデバイスは水車ですが、基本的に風力発電で培われた技術をそのまま適用することができます。我々は流れに対して無指向性の中のダリウス形水車という、比較的効率がなくて構造が単純なものを選びましたが、海外ではプロペラ形の変換デバイスが多く研究されています。

(資料3) イギリスも日本と同じように海に囲まれている国ですので、海洋エネルギーを使うことに関してはかなり以前から研究されています。ここに二つの例を挙げていますが、どちらもプロペラ型を採用しています。

海の中に設置しますと、タービンとかシャフトの部分に海洋生物がびっしりついてタービンの効率が落ちますので、メンテナンスが必要です。

MCT社のタイプでは支柱にタービンのメンテナンス用昇降装置がありますし、Lunar Energy社のタイプでは海中にプロペラ型の発電機をいくつか設置するんですが、カセット式でプロペラ部分が取り出せるようになっています。

私ども日本大学理工学部電気工学科では1980年代、まだエネルギー危機が問題視される以前に、瀬戸内海の来島海峡で、高さ4.2mで3枚翼ダリウス形水車の下に、防水加工を施したケーシングの中に発電機と増速機(ギア)を入れて、それを海水に沈めて実験を行ないました。このころはまだどの国でもやらなかったやり方で、世界初と言われています。

その後、海上保安庁との共同実験で、明石海峡の潮流を利用して灯浮標用潮流発電装置を開発しました。夜間、赤いランプが点灯して航路を示すものですが、発電機と4枚翼のダリウス形水車を使っています。

これを2003年1月に埋めて、8月まではよかったのですが、9月、10月、11月とだんだん発電電力量が下がってくる。8月は9Whぐらいだったのが、翌年の1月には0.37Whと、かなり減少してしまいました。2年ほど埋めて引き揚げてみると、このように藻とかフジツボとか海洋生物がブイの下にびっしりくっついている。こういう問題を解決していかないと、海流・潮流エネルギーの導入は難しいと思います。

海洋エネルギー発電導入の課題として幾つかピックアップしますと、海洋エネルギーは地域的な偏在性があるので、その地域の流れとか波とか、特徴を把握しなければいけない。海洋生物付着による発電性能低下の問題もありますし、海に沈めますので発電機内部への漏水対策も必要です。塩水による材料の腐食対策、発電装置のメンテナンス方法の確立も重要です。発電した後では、再生可能エネルギーにつきまとう問題ですが、発電出力の平滑化を図らなければいけない。技術的には可能となっても、日本には漁業権などあって、その規制を緩和しないと導入できない。発電コストはまだ高く、太陽光は20円弱ですが、潮流発電は70円ぐらいです。開発が進めば20円台後半から30円ぐらいになると言われていますけれども、私の考えでは、そもそも発電コストを比較すること自体が間違っている。環境はお

カネを払っても買うぐらいの意識改革がないと、再生可能エネルギーはなかなか入っていかないのではないか。

今日は若い人もいらっしゃいますので、今後の日本のエネルギー事情をよく考えていただいて、どうしたら再生可能エネルギーがもっと普及する

か。再エネ導入促進と同時に、リスク分散のためにエネルギー資源の多様化についても考えていただきたいと思っております。

駆け足で申しわけありませんでしたが、これで終わります。ご清聴ありがとうございました（拍手）。