

浮体式洋上風力発電による輸送用代替燃料創出に資する研究

海洋開発研究領域 * 大川 豊、矢後 清和

1. はじめに

産業革命以来の化石燃料の大量消費は、地球温暖化などの様々な環境問題を顕在化させている。また、世界の一次エネルギーの消費が今のままの割合で増大していくと、今世紀の半ばには化石燃料の枯渇問題が現実のものになるという予測もある。こうした中で、再生可能エネルギーを積極的に活用し、水素を中心とした循環型エネルギー社会に移行しようという動きが世界的に活発になっている。そこで、洋上に展開した風力発電装置により石油代替燃料を製造するシステムを考え、その技術的、社会的成立性を検証する研究を開始した。

2. 全体のコンセプトと開発項目

風力発電装置と化学燃料製造装置を搭載した浮体構造物を洋上に展開する。海水を使って塩素を出さずに酸素と水素に電気分解する電極および水素と CO_2 から 99% の反応効率でメタンを生成する触媒が開発されている¹⁾。これらの技術を採用し、風力発電で得られた電力で水素を作り、更に CO_2 と反応させてメタンを製造し、圧縮または液化して陸上へ運搬する。 CO_2 は陸上から加圧液化したものを浮体へ運搬する。メタンに改質する理由は、水素の貯蔵・輸送技術が確立されておらず、燃料として使用するためのインフラも整っていないからである。メタンならば、現在のインフラで天然ガスと同じ使い方が出来るので、即応性のあるシステムが構築できる。図 - 1 に全体システムのコンセプトの概要を示す。

このシステムを支える浮体構造物には、現在風車メーカーが開発中の 5 MW 風車 3 基をローター直径の 1.5 倍間隔で搭載する。浮体構造はボックスガーターを格子状に組み合わせたものとし、幅・喫水等は構造安全性が設計条件においてクライテリアを満たすよう決定する。風荷重による静的傾斜および波浪中の動揺について初期検討した



図 - 1 全体システムのコンセプト

浮体構造物の概要を図 - 2 に示す²⁾。搭載する風車は、タワー下部におろした発電機を油圧機構により駆動する新形式を検討する。設置海域の水深は 100m ~ 200m を想定する。係留は繊維索を用いた taut 係留とし、施工が容易な Vertical Loading Anchor または投込み式アンカーを採用する。化学燃料製造装置については製造能力から製造装置および貯蔵タンク類の容量や重量を推定し、浮体搭載に適した設計を行って配置する。

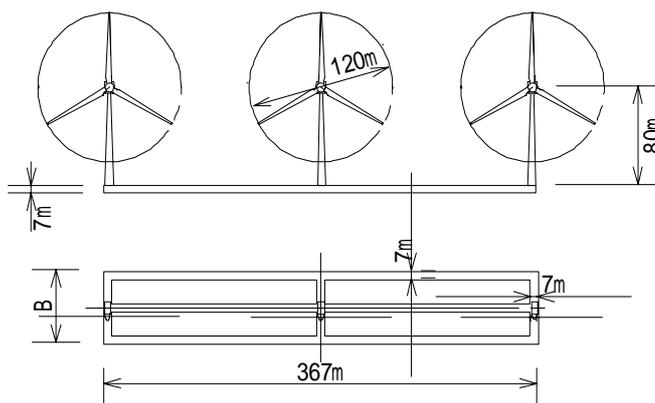


図 - 2 初期検討した浮体構造物

3. 洋上適地の選定と自然条件

日本沿岸で本システムを設置するのに適した海域を選定した。図 - 3 は、SSM/I 衛星による洋上風速データに海岸線の風速データを補足し、GIS

を援用して作成された長井の風況データ³⁾と等水深線を重ねたものである。採算性を考慮すると、年平均 8 m/s 以上の風速が必要と考えられる。これに水深 100 ~ 200m で係留可能な底質を持つ海域を絞り込むと、留萌沖、秋田沖、那覇・石垣沖、御前崎沖、鹿島沖などが候補として挙げられる。設計波浪条件はこれらの海域の波浪データを基に、浮体供用期間を 30 年として再現期間を 60 年に設定して決定する。

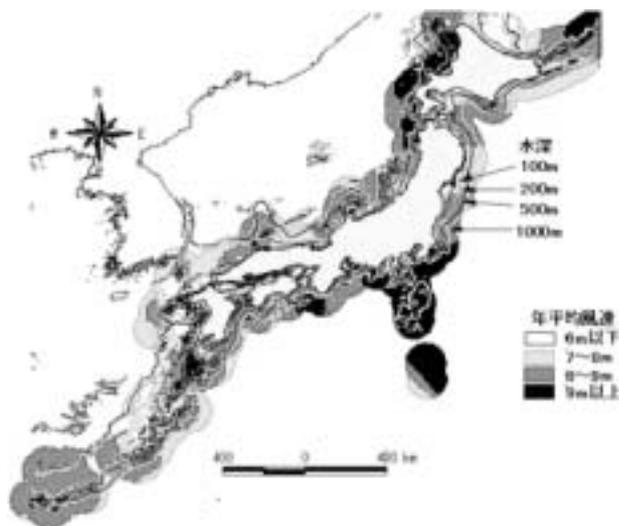


図 - 3 日本周辺海域の風況と等深線図

4 . 油圧駆動風車の概念設計

5 MW の油圧駆動風車に与えられる基本要件を次のように定めた。

- ・回転数：12 ~ 13rpm
- ・寿命：稼働率 70% として 17 年間

5 MW 級風車では超低回転となるため、増速機無しの場合には吐出油量を増大させる必要があり、送り側の油圧ポンプが超大型かつ大重量となるため、目標達成が困難であることがわかった。増速機を採用した場合は、65 トンの増速機と 1.5 トンの高速油圧ポンプ 6 台の採用により、上部油圧装置重量を 100 トン以下に押さえることが出来た。付帯設備を考慮しても 50 ~ 100 トンの軽減が見込めることが示された。なお、既存風車と比較すると、現状では最終発電効率は 20 ~ 25% 程度落ちると試算される。

5 . メタン製造量の推定

橋本教授のグループによる海水の電気分解によ

る水素とメタン製造技術は、現在東北工業大学のテストプラントにおいて実用化への研究が進められている。このプラントでの実績からメタン製造能力を推定する。

水素変換効率は現在では 0.55 程度である。メタンの合成は新開発のアモルファス触媒により、水素と CO₂ を通すだけで 99% のメタンが合成可能である。この合成は発熱反応であるため、1 モル当たり 253J の熱放散が生じ、水素のまま使用する場合に比べてエネルギー的には約 22% 損失する。

以上の知見を基に、1 ユニット 15MW の風力発電装置によるメタン製造量を試算する。風車の設備利用率を 40% と仮定すると、1 ユニットでの年間発電量は 52,560MWh となり、1,741 トンのメタンが製造できる。これに基づき、プラントおよびタンク類の容量と重量を試算したところ、3 ヶ月に 1 回の輸送頻度として、提案浮体に十分収まることが確認された。

6 . おわりに

洋上風力発電による代替燃料製造システムについて全体コンセプトに基づいた要素技術の検討を進め、かなりの見通しが立てられるところまで進んだ。浮体構造物の安全性や係留の成立性については今年度以降の研究に委ねる。

本研究は(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構の「運輸分野における基礎的研究推進制度」により、(財)日本造船技術センター、東京大学、東海大学および(株)三井造船昭島研究所と共同で研究を進めているものである。

参考文献

- 1) 橋本功二、他：太陽エネルギーと海水電解を利用するグローバル二酸化炭素リサイクル：海洋開発ニュース、Vol.28、No.6、(社)日本海洋開発産業協会、2000.
- 2) 矢後清和、大川豊：浮体式風力発電システムに関する基礎的研究：平成 15 年度(独)海上技術安全研究所研究発表会講演集、pp107-110、2003.
- 3) 長井浩、牛山泉、藤本聡：SSMI 衛星と沿岸データの風況解析による洋上風力発電の賦存量：太陽 / 風力エネルギー講演論文集、pp573-576、2002 .