

■特集 建設のフロンティア

21世紀初頭の海洋利用技術

—持続可能な海洋利用を目指して—

小林 日出雄

海洋は、豊富な食料、エネルギー等を内蔵している。我が国は国土の12倍ほどの排他的経済水域を持っており、その利用が大いに期待されている。環境問題への関心の高まりの中、海洋環境を維持しつつ持続可能な海洋利用が強く求められており、近年、多くの研究開発が進められている。洋上風力発電システム、波力発電システム、沖合設置自律型メガフロート、深層水活用海洋肥沃化装置、海洋温度差発電装置など、21世紀初頭の実現を目指して進められている海洋利用技術の研究開発例をいくつか紹介する。

キーワード：海洋利用、海洋開発、海洋エネルギー、洋上風力、深層水、CO₂

1. はじめに

平成13年4月に文部科学大臣から「長期的展望に立つ海洋開発の基本的構想及び推進方策について」の諮問を受け、科学技術・学術審議会（阿部博之会長）は下部組織の海洋開発分科会（平啓介分科会長）の審議に基づき、平成14年8月に「21世紀初頭における日本の海洋政策」との副題付きの答申を行った¹⁾。

今後の海洋政策の展開に当たっては、

「海洋を知る」

「海洋を守る」

「海洋を利用する」

という3つの観点をバランスよく調和させながら、持続可能な利用の実現に向けた戦略的な政策及び推進政策を示すことが重要であるとして、21世紀初頭の戦略的目標を3つ挙げている。

- ① 海洋環境の維持・回復を図りつつ、「健全な海洋環境」を実現すること
- ② 「持続可能な海洋利用」を実現し、循環型社会の構築に寄与すること
- ③ 国民の財産として、「美しく、安全でいきいきとした海」を次世代に継承すること

今回の答申の特徴は、上記目標の2番目にある。

我が国の国土面積は約38万km²であり世界で60番目の広さにすぎないが、その周囲には約447万km²の領海+排他的経済水域があり、この面積は世界で6番目の広さである。この広大な海洋は海上輸送と漁業の場以外にまだ十分に利用されていない。今回の答申の下、国の施策として、広大な領海及び排他的経済水域を活か

した「持続可能な海洋利用」が本格的に始まり、我が国の循環型社会の構築に寄与することが期待されている²⁾。

本報文では、新しい海洋利用について紹介をしたい。特に、沖合から大洋で展開が期待される海洋利用技術について述べてみたい。

2. 自然エネルギーの利用

自然エネルギーには太陽エネルギーと地熱など地球自体の持つエネルギーがある。ここでは海洋における太陽エネルギー利用について紹介する。

地球上に降り注ぐ太陽光のエネルギーは1.2兆kW、地球上で消費されているエネルギーの1万倍といわれている。この太陽エネルギーは、海水や地表を温め、風を起し波を発生させる。また海水を温め海水循環を起し潮流を生み出す。海洋では太陽エネルギーを光や熱として利用するのみでなく、風の力、波の力、潮流の力、海水温度差などの形態で利用できる。

これらのエネルギーの特徴は、密度は小さいが無限であることである。そして化石燃料のように炭酸ガスや二酸化窒素を排出しないクリーンなエネルギーであることである。石油や天然ガスは約50年、石炭は約200年で掘り尽くすと云われている。陸上で採れるウランも同様である³⁾。

人類がその生存を持続させるためには、化石燃料とウランを使い尽くす前に太陽エネルギーなど自然エネルギーだけで賄えるようにしたいものである。広大な海洋は、太陽エネルギー利用の場として特に有望である。



図一 洋上風力ファーム Horns Rev (出典：ホームページ)

(1) 洋上風力発電システム

日本における風力発電は近年、加速的な成長をしている。資源エネルギー庁は2001年の風力発電の導入目標を設備容量300万kWと上方修正した。しかし、日本の2010年における総電力需要予測は約1兆kWhであり、設備容量300万kWによる年間総発電量は高々100億kWhであり、電力需要の1%にしかならない。この導入目標は主要エネルギー源としての位置付けからはるかに遠いものである⁴⁾。

ヨーロッパではその数倍の目標値で導入が進んでいる。ドイツ、デンマーク、オランダなどでは将来の中心的なエネルギー源として位置付け、国を挙げての開発が進められている^{5,6)}。

ヨーロッパでは大西洋から偏西風が年間を通じて吹きつけるうえに、領海や排他的経済海域に遠浅の沿岸海域が海岸線から数十kmも広がって洋上風力発電に最適な自然条件となっている。近年は、その自然条件を活かし海底に基盤をもつ大規模洋上風力発電開発が進められている。

例えば、デンマークでは本土沿岸から14~20km離れ、水深5~15mの北海洋上の四角形浅瀬に1基2MWの発電装置を10基×8列、計80基、設備容量総計160MWの洋上風力ファーム Horns Rev (図一)が2002年11月に完成した。

また、ドイツでは、ドイツ最西端のボルクム島から45km北方にある水深30mの浅瀬に5MWの大型発電装置を212基配置し総設備能力1,060MWとするBorkum Westプロジェクトの計画が進められている。

ヨーロッパにおける洋上風力発電の可能性について、グリーンピースがEC委員会の委託を受け予測した。風力発電の採算性や社会的な受容を考え、立地水深40m以下、海岸線からの離岸距離30km以下、海底傾斜5度以下、船舶の航路外、海底油田や海底ケーブルから距離をとる、自然保護海域の干渉は除外する、などの条件の下、試算した。

デンマークでは洋上風力発電の開発限界は550TWh/a、年間総消費電力の17倍、ドイツでは237TWh/aで0.55倍、イギリスでは986TWh/aで3倍、オランダで

は136TWh/aで1.8倍となり、いずれも将来の主たるエネルギー源となり得ることを示している。

日本は山が多く陸上の風力発電の適地は海岸線を含めても目標値を満たすに足りないという予測もある。沿岸では遠浅の海域は少なく、あっても航路や漁場であったり、自然な景観を保護すべき国立公園であったり、海底に基礎をもつ構造の洋上風力発電の大々的な導入は望めない。しかし、沖合で浮体式の洋上風力発電システムが使えれば、日本の広大な領海及び排他的経済水域を活用することが可能となり、風力発電は将来の日本の主要なエネルギー源の一つとして、可能性は大きく広がる。このような観点から、近年、研究者を中心として浮体式洋上発電システムの研究開発が進められつつある⁷⁾。

日本の沖合洋上では陸上に比べ1.5~2倍の風速の風が吹いている。風力発電装置で発生するエネルギーは風速の3乗に比例するので、沖合洋上では陸上の数倍のエネルギー取得が可能となる。また、陸上では資材輸送に制約があり、大型化が難しいが、洋上では大型構造物の輸送は容易であり、発電設備の大型化を阻害する制約は小さい。

陸上では現在1基1.5~2MWクラスが最大級であるが、洋上用では前述の海外において1基2.5~4MWの大型機の導入が進められている。将来は1基5~10MWの風力発電設備の実現も可能となろう。

IIIでの検討例を示す(グラビヤ)。この例では1つの浮体の上に2.5MWの大型風力発電装置を5基搭載している。陸から10~20km離れた水深100~500m程度の沖合に設置することを想定している。年間を通じて風速が大きい洋上では、発電コストを10円/kWh以下にできると試算している。大型風力発電装置が導入がされれば、さらに経済性が高まり、将来の発電コストは約5円/kWh程度となるとの試算もある。こうした仮定が成立するとなれば、経済性の観点からも、陸上の既存発電システムに比べて十分に競争できる。

(2) 風力発電によるメタノール等の製造

洋上風力発電では、海底ケーブルを介して電力を陸上に送ることになるが、送電距離が数十kmを超えると、

経済性が問題となってくる。自然の力で獲得したエネルギーを送電なしで利用できれば、広大な排他的経済水域をもっと有効に活用できる。そこで、船舶による海上輸送が可能な形態にエネルギー変換を洋上で行うことが考えられる。

文部科学省科学技術政策研究所の瀬谷道夫氏らが関係の方々から意見をいただくための Discussion Paper としてまとめた提案はたいへんスケールの大きなものである。日本の排他的経済水域に深海洋上風力発電を大々的に設置し、そのエネルギーを利用して洋上で水素製造を行う。陸上の火力発電所で回収した炭酸ガスを海上輸送し、水素と反応させてメタノールを生産する。メタノール

を海上輸送して、自動車や家庭用の燃料電池の燃料として使用する。炭酸ガスをエネルギーの輸送媒体として利用するので炭酸ガス削減にも寄与できる⁸⁾。

瀬谷氏らの想定した規模は、日本の排他的経済水域の中で得られる自然エネルギーで日本のエネルギー自給を可能とするものである。12 km×12 km の1 風力発電ブロックには、3 MW の浮体式風力発電装置を624 基配置し、1 ブロックで実効値 75 万 kW の電力を得て、年間 120 万 kL のメタノールを生産する (図-2)。

このようなブロックを3×3の合計9つ配置した57 km×57 km を1 製造単位とし、1 製造単位あたり 1,064 万 kL/年のメタノールを生産する。風況の良い沖ノ鳥

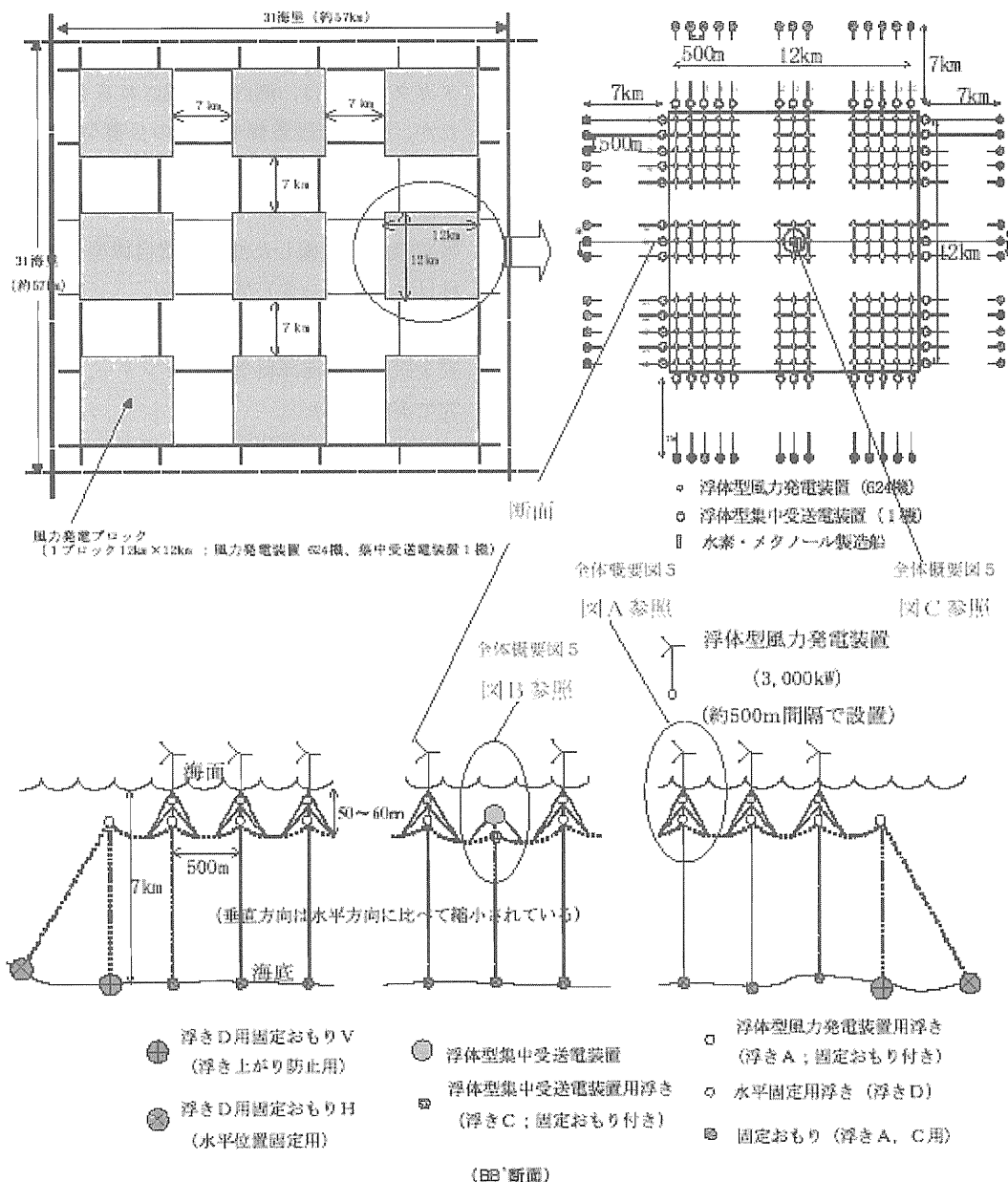


図-2 深海洋上風力発電を利用したメタノール製造装置全体配置
(出典：文部科学省科学技術政策研究所，Discussion Paper，No. 20)

島周辺や三陸沖などを設置海域と想定し合計120製造単位配置し、実効値の総合計8億kWの電力で年間12億kLを超えるメタノールが得られると試算している。

この量は、日本の全エネルギー需要をメタノール換算した場合の10億kL/年を超え、エネルギー自給が可能となる。占有面積は約39万km²であり日本の排他的経済水域の9%程度であり、海上輸送や漁業などの利用と共存可能と考える。

この提案を想定海域で実現するうえでの最大の技術課題は水深6,000m~7,000mの海域で多数の洋上風力発電システムを係留することと思われる。近年、石油ガス開発では大水深係留技術の開発が急速に進められているが、まだ3,000m程度までしか実績がない。日本の造船業界と海洋土木業界の英知を結集し、この課題に挑戦したいものである。

(3) 波力発電システム

地球は太陽に暖められ、風が発生する。海の上に風が吹けば、波を生じる。そして、風と広大な海洋がある限り波浪エネルギーは半永久的に存在を続ける。

波エネルギーを電気エネルギーに変換する試みは日本の文部科学省海洋科学技術センター(JAMSTEC)が世界に先行して行ってきた⁹⁾。

水中に開口を持った箱(空気室)を海に伏せて置くと、開口より入ってくる波により箱の中の水柱が上下し箱の上部の空気を圧縮したり減圧したりする。箱の上部に小孔をあけておくと、孔を介して空気の流れが発生する。この空気の流れによりタービンを回し発電を行う。

JAMSTECは世界で最初の浮体式波力発電装置「海明」を山形県由良町に1988年に設置した。日本をはじめ、アメリカやイギリスなど各国で考案された波力エネルギー変換装置が「海明」上で試された。これらの研究成果に基づき、沖合浮体式波力装置「マイティーホエール」を開発した。そのプロトタイプ機が1998年に三重県南勢町の五ヶ所湾の湾後部に設置され2002年3月まで実海域実験が行われた。

「マイティーホエール」プロトタイプ機は幅30m、長さ50mの浮体に3つの空気室を設け、合計120kWの発電機を持つ。6本のチェーンで係留している。実海域実験では年間を平均して1mの幅単位で約10kWの発電ができることを実証した。また、4年の実海域実験のあいだに2回もの台風の直撃を受けたが、安全に稼働できることを実証した。

日本の海岸線は約3,500kmある。例えばその海岸線にぐるりと波力発電装置を設置すると仮定すると、年間約3千億kWhの発電量が得られる。この量は日本の全

発電量の約1/3に相当するものであり、波エネルギーの潜在力が大きいことを示している。

「マイティーホエール」(グラビヤ)の実用段階の想像図にも見られるように、発電を行うだけでなく、波エネルギーを吸収することで浮体の後ろに静穏海域を作り出すことを併せ狙っている。また、発電による電力をエアレーションなど海洋浄化や養殖漁場に役立てることも可能である。浮体の固定費を発電設備の設置コストと考えると、洋上風力発電と比べると高いものとなるが、静穏海域を作る浮き消波堤の付帯設備として発電設備を考えれば、浮き消波堤の付加価値となり安いものである。

(4) 自然エネルギーで自立する超大型浮体

超大型浮体(メガフロート)技術は、日本の造船及び鉄鋼各社が結集して開発した世界的な技術である。従来、メガフロートは、湾内に設置されるものと考えられていたが、運輸施設整備事業団の公募型研究として、平成12年~13年にかけて、沖合設置を目指したメガフロートの研究開発が行われている。その一つが「波エネルギー吸収機構を装備した沖合設置自律型メガフロート」(愛称はエコフロート)である¹⁰⁾。

この研究開発はメガフロート技術研究組合、海上技術安全研究所、海洋科学技術センター、東京大学の共同研究で実施された。

メガフロート浮体の周囲に「マイティーホエール」のように空気室を設けた浮き消波堤を設け、波エネルギーを吸収し波を半減させると共に発電も行う。さらに、メガフロート浮体本体の辺部にも空気室を装備して、波エネルギーを吸収し浮体の動揺をさらに抑え、波の高い外洋でもメガフロートを設置できるようにしたものである。

このエコフロートを沖合に設置し使用するには、エネルギーや水をその浮体上で自給できるようにする必要がある。本研究では航空輸送用ハブ空港と海上輸送用ハブ港湾の両方の機能を持つDual Port概念を提案している(図-3)。広大な面積を活用した太陽光発電を主体に、風力発電、波力発電を組合わせて利用しDual Portで使用する全電力を賄う。また、上水は広大な面積に雨水を受け蓄積・供給することを原則とし、海水淡水化装

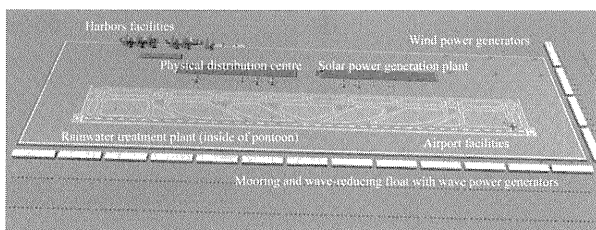


図-3 エコフロートの利用概念 Dual Port (運輸施設整備事業団提供)

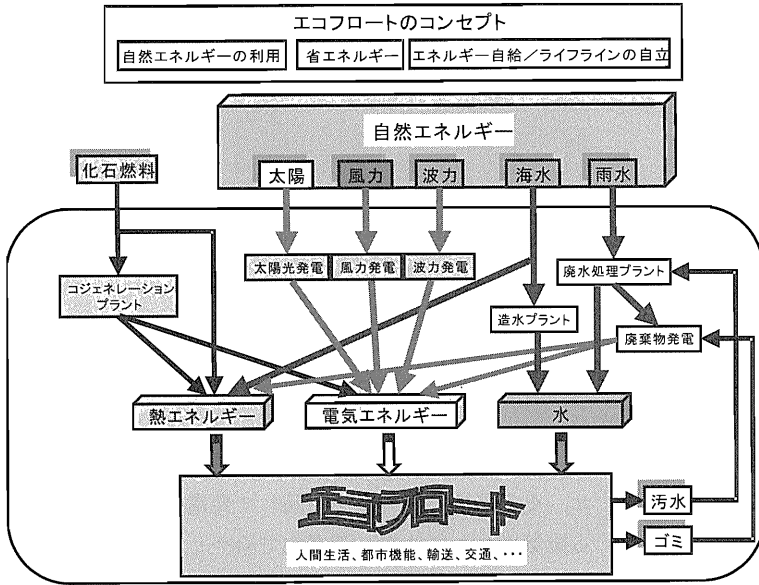


図-4 エコフロートのコンセプト（運輸施設整備事業団提供）

置を補助として使用する。中水は排水を浄化して使用する（図-4）。試算では、エコフロートで使用する全エネルギー（ピーク時40 MW）と水（上水2,100 m³/日、中水680 m³/日）を、自然エネルギーですべて賄える。超大型浮体が沖合で自給自律が可能であれば、日本の海洋空間利用の可能性は大きく広がる。

3. 深層水の利用

深層水は、

- ① 栄養塩に富んでいる、
- ② 冷たい、
- ③ 清浄度が高い、
- ④ ミネラル成分が多い、

などの特徴を持っており、近年、その利用研究が様々な進められている。飲料や化粧品など各地の地場産業への活用は、大変な活況を示している。ここでは、さらなる可能性を追求した利用法を2例紹介する。

(1) 深層水活用海洋肥沃化装置

20世紀から21世紀にかけての人口の爆発的な増加は、人類にとって大きな問題である。特に、その人口を養う食糧の確保は緊急かつ最大の課題である。漁業は動物性蛋白質の供給の観点で大きな役割を担っている。日本人の場合、動物性蛋白質の約4割を魚から摂取している。しかしながら獲り過ぎや海洋環境の悪化により、日本の漁獲量は20年前に比べると半減し低迷を続けている。最も比重の大きな沖合漁業の近年の漁獲量は、ピーク時の4割にも達しない。1965年には110%あった自給率

も平成12年には50%に落ち込んでいる^{11),12)}。

そのような状況の中、深層水を活用し新たな漁場を日本近海に造成しようとする試みが、水産庁の助成の下、社団法人マリノフォーラム21で進められている。

世界的に漁獲高の大きい漁場は特定の海域に偏っている。湧昇流のある海域は、海洋の全面積の0.1%にすぎないが、漁獲高の50%がその海域に集中している。湧昇流により、栄養塩に富んだ深層水が表層に運ばれる。光が差し込むと、この豊かな栄養塩を栄養素として光合成が行われ植物性プランクトンの生産（一次生産）が活発に行われる。これを食糧とし動物プランクトンが増殖し、さらに食物連鎖が行われ魚類が大量に生産されるこ

ととなる。

マリノフォーラム21では、「深層水活用型漁場造成技術開発委員会」（高橋正征委員長）のもとで海洋肥沃化装置を開発し、世界ではじめて外洋実海域での深層水の海洋肥沃化効果の検証を行おうとしている。

深層水は表層海水に比べて重いので、人工的に表層に散布しただけですぐに沈降してしまい光合成が起きない。光合成を盛んにするには、栄養塩を有光層に滞留させる必要がある。水深200mから冷たくて重い深層水を汲み上げ、暖かくて軽い表層海水と混ぜ合わせ密度を調節したうえで水平に流しだしてやると、同程度の密度

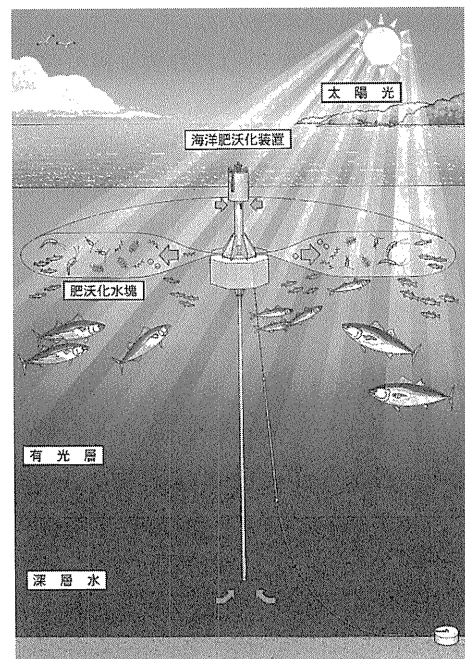


図-5 海洋肥沃化装置の概念（マリノフォーラム21提供）

の海水層に滞留する。マリノフォーラム 21 の開発した海洋肥沃化装置（図一5）は、そのような原理を活用している¹³⁾。

本装置は、平成 15 年 5 月に相模湾中央部の水深約 1,000 m の三浦海丘に設置され、2 年間の実海域実験が始められる。本装置はプロトタイプであり、1 日 10 万 m³ の深層水及び 20 万 m³ の表層水を 23 kW のポンプで散布する。今回は、肥沃化効果の検証が目的であるので動力として小型ディーゼル発電機を搭載しているが、1 日 50 万 m³ の深層水を海水温度差発電で汲み上げる実用機的设计も提案されている。

海洋肥沃化装置を日本の排他的経済水域内の貧栄養海域に設置すれば、新しい漁場の造成が可能となり、魚類の自給率の向上及び食糧の増産に大きく寄与する。

深層水活用海洋肥沃化はアメリカでも注目されており、このたび国の予算がつき研究開発が始められようとしている。

（2）海洋温度差発電装置

海水温度は、水深 700 m ぐらいまでは深くなるに従い下がり続ける。表層水と深度 1,000 m の深層水の温度差は、赤道付近では 24℃ にもなる。このような表層水と深層水の温度差により発電を行う装置が OTEC (Open Thermal Energy Conversion) である。

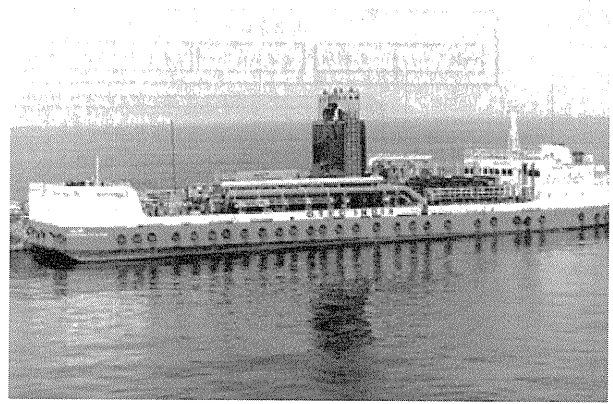
OTEC の研究は、フランスが発祥の地であり、110 年以上前に提案されている。1970 年代からは世界各国で研究が進められているが、中でも注目を集めているのは上原春男教授（佐賀大学）等を中心とした日本の研究（ウエハラサイクル）である¹⁴⁾。

その佐賀大学の技術支援の下、インド国立海洋技術研究所（NIOT）が 1 MW の OTEC 実証機の開発を行っている。

インドは、近年、自然エネルギーの利用促進を積極的に進めている。インドの排他的経済水域の中の 1.5×10⁶ km² の範囲で OTEC の設置が可能であり、約 18 万 MW の発電が可能であると試算している。当面の目標は、5 MW 規模の商用プラントを開発し 1,000 基設置する、としている。

NIOT の実証機は、「SAGAR-SHAKUTI」と命名されたバージュ式であり（図一6）、インド南東部の Tiruchendur 沖 35 km に設置された。2002 年に完成し、最初の 3 年はランキンサイクルの試験を行い、その後、ウエハラサイクルにする。

装置は蒸発器、凝縮器、タービン、発電機、温海水ポンプ、冷海水ポンプ、作動流体ポンプなどから構成される。アンモニアと水の混合流体を表層海水で暖め蒸発さ



図一6 OTEC 実証機「SAGAR-SHAKUTI」
（出典：佐賀大学ホームページ）

せ、その気体でタービンを回して発電する。タービンから排気された気体を、深層水で冷やし液体に戻す。発電された 1 MW の電力の約半分は温海水ポンプや冷海水ポンプの動力に使われ、正味電力として 493 kW を取得できる。

OTEC は表層水と深層水の温度差が大きい赤道海域の方が、より有望であるが、日本の排他的経済水域でも大きなポテンシャルがある。佐賀大学の試算では、日本の排他的経済水域全体で年間約 1,000×10¹¹ kWh の発電ポテンシャルがある。石油換算で約 86 億トンとなる。

近年、南洋島嶼国では、清水の確保が大きな問題となっているが、佐賀大学は OTEC を利用し清水を製造する提案しており、OTEC の可能性はさらに広がりつつある。

4. CO₂ の海洋固定

地球の温暖化の主因は CO₂ の増加と言われている。産業革命から現在までの 2 世紀で、大気中の CO₂ 濃度は 280 ppm から 370 ppm に変化し、さらに毎年 1.5 ppm 増加し続けている。大気中の CO₂ 増加速度を重量で表すと 125 億トン/年となる。この増加は人間活動によるものである。

CO₂ は、様々な形で地球上に貯蔵されている。炭素換算で言えば、地上の植物に約 6,000 億トン、土壌の中に約 16,000 億トン、大気中に 7,500 億トン蓄えられている。海洋には、他の合計をはるかに超え、40 兆トン蓄えられている¹⁵⁾。

京都議定書の目標値を達成しても大気中の CO₂ 濃度は低下せず、増え続けると言われている。持続的成長を実現するには CO₂ の排出量抑制・削減だけでは不十分であり、回収・固定処理が必須と考えられる。近年、植林やマングローブ増殖、CO₂ の地中封じ込めなど様々な回収・固定の提案が行われているが、その貯蔵能力の大

きさから海洋でのCO₂固定が本命である。

海洋へのCO₂固定は溶解法と貯留法に分かれる。溶解法は、水温躍層より深い水深1,000~2,000mの海中にCO₂を液体で注入し溶解希釈させる方法である。海中でCO₂が高濃度となると、海水が酸性化し動物性プランクトンや微生物に影響を与えると心配する声もあるので、希釈・拡散を適切に行う必要がある。この方法は、永久的にCO₂を海水中に固定することはできず、数百年後には大気中のCO₂濃度とバランスすることになるが、未来の人類が更に優れた方法を編み出すまで時間を稼いでくれる。

貯留法(図-7)では、水深が3,000mより深くなると、CO₂がCO₂溶解海水より重くなることを利用する。CO₂は海底まで自由沈降し、深海底の窪地に貯留池状に溜まる。深海底ではCO₂はハイドレートを形成し安定した状態で数千年はそのまま貯留される。この方式は独立行政法人海上技術安全研究所がCOSMOS(CO₂ Sending Method for the Ocean Storage)プロジェクトとして世界にさががけ開発を進めている¹⁶⁾。

CO₂の海洋への封じ込めについては、生態系への影響など、さらに確認をする必要があるが、実施しない場合の地球環境への影響や、実施した場合の地球環境へのプラス面も併せて評価していくことが大切である。

5. おわりに

持続的な発展は今や世界共通の目標であり、近年の我

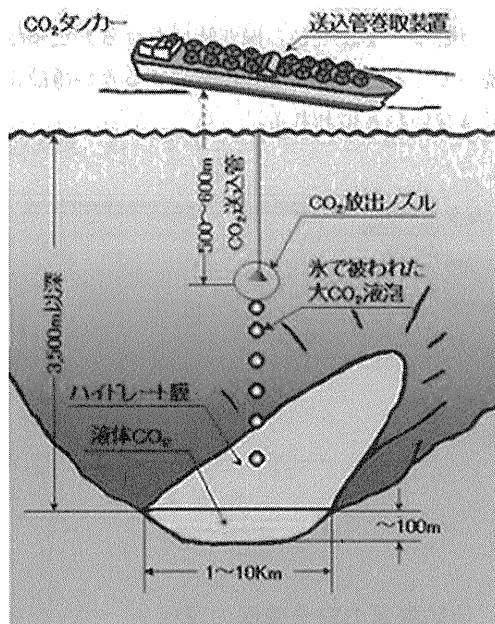


図-7 COSMOSの概念(海上技術安全研究所提供)

が国の政策方針でも、その実現に重点を置いている。一方、地球規模の気象変動、環境破壊など、今までに私たち人類が行ってきた活動に起因する問題は山積している。世界的な人口の爆発的増加は21世紀初頭も続くと思われる、環境を修復し守りながら、エネルギーと食糧を確保することは容易ではない。今までとは異なった発想が求められている。

海洋は、陸上では考えられない規模の自然エネルギーと資源を持っている。また、海水それ自体が大きな資源である。特に、日本の広大な排他的経済水域は、エネルギーや食糧の確保、CO₂固定など、持続的発展の実現の鍵となるに違いない。 J C M A

《参考文献》

- 1) 科学技術・学術審議会：「長期的展望に立つ海洋開発の基本構想及び推進方策について(答申)21世紀初頭における日本の海洋政策」,平成14年8月
- 2) 日本財団「海洋と日本 21世紀における我が国の海洋政策に関する提言」
- 3) <http://www.nedo.go.jp/taiyo/jpn/intro/>
- 4) 経済産業省総合資源エネルギー調査会「今後のエネルギー政策について」,平成13年7月
- 5) NEDOパリ事務所「欧州の洋上風力発電ファーム建設の現状」,NEDO海外レポートNo.888(2002.8.10),No.889(2002.9.2)
- 6) <http://www.hornsrev.dk/Engelsk/nyheder/>
- 7) (社)日本機械工業連合会・(社)日本海洋開発産業協会「平成13年度海洋資源・エネルギーを複合的に活用する沖合洋上風力発電等システムの開発調査研究報告書—風力発電を核とする大規模浮遊式洋上エネルギー供給システムの実現性に関する調査研究」(平成14年3月)
- 8) 文部科学省科学技術政策研究所 瀬谷道夫・山口充弘・多田国之：「Discussion paper, No.20 深海洋上風力発電を利用したメタノール製造に関する提案」;<http://www.nistep.go.jp>
- 9) <http://www.jamstec.go.jp/jamstec-j/tech/group/3/>
- 10) 小林日出雄,他「新形式沖合いメガフロートのデュアルポートへの適用」,第16回海洋工学シンポジウム,日本造船学会,平成13年7月
- 11) 農林水産省「漁業・養殖業生産統計年報」
- 12) 農林水産省「食料需給表」
- 13) マリノフォーラム21「平成13年度深層水活用型漁場造成技術開発;機器開発ワーキンググループ報告書(要約)」,平成14年3月
- 14) <http://www.ioes.saga-u.ac.jp/otec-tech/>
- 15) 別冊日経サイエンス135「新時代に挑むエコサイエンス」
- 16) 独立行政法人海上技術安全研究所「平成14年度(第2回)海上技術研究所講演会」講演集

【筆者紹介】

小林日出雄(こばやし ひでお)
株式会社IHI マリンユナイテッド
開発部
部長

