

原子力災害を自然エネルギー本格利用の出発点に —太平洋ソーラーセル帆走筏プロジェクトの提案—

國生 剛 治*

概要 原子力災害を前にして、我々は「自然への畏敬の念」から再出発して安全性の再確認をすべきこと、全ての関連技術者が安全性確保への「当事者意識」を共有すべきことなど私見を述べた。次に、将来の基幹エネルギーとなり得る可能性を秘めたソーラーセル帆走筏発電構想を紹介し、原子力災害を機に20~30年先の実現を目指した検討の開始を提案した。その実現に不可欠な技術；薄膜太陽電池、高エネルギー密度バッテリー、革新的筏構造、の将来性を見通し、さらに低緯度太平洋では地球上屈指の太陽エネルギーと静穏な海象に恵まれていることを明示した。

キーワード：原子力災害，太陽エネルギー，メガソーラー発電，海洋，太陽電池，バッテリー，筏

1. 大災害が教えたこと

近年の日本は、先進国として大災害に対する備えは十分手厚くされていると信じられてきた。耐震設計基準は世界に冠たるレベルであり、防災施設は完備し国民の防災意識は高く、防災訓練も熱心に行われてきた。特に阪神淡路大震災以降に防災に我国が払ってきた努力は、他国を遙かに凌いでいたことは間違いなからう。それらが有効に機能しなかった今回の大災害を前にして、茫然自失の観がある。

阪神淡路大震災と今回の東日本大震災を合わせ考えると、2度とも自然の力を低めに見ていたことが根本原因と言えよう。これより、我国の防災対策の立案において、きめ細かな対策以前に自然災害をどこまで過去の履歴を遡って調べ、設計条件に反映するかはその成否がかかっていることが分かる。津波防波堤の高さからみても、今回の津波高をまったく想定できていなかったことは明白である。特に、原子力施設のような超重要施設についてこれがいかに死命を決するかは、津波によって原子力発電所が炉心冷却用電源を全面喪失し、危機的状況を迎えたことを見れば明らかである。

筆者自身は直接的に津波の研究に従事してきたわけではないが、それとは決して無関係ではない原子力発電所施設の耐震性、立地安全性研究に25年以上関わってきた。今回のような事態を起こさないことを至上命題として、多くの関連機関であれだけ多数の人々が払ってきた努力と時間は一体何であったのかと、未だに信じられない気持なのは



國生 剛治

筆者一人だけであろうか。

25年ほど前に関わった原子力発電所の新立地技術研究において、原子力施設は隕星衝突のような年発生確率が 10^{-7} (1000万年に1度)以下の極めて稀にしか起こらないイベントまで考慮し、重大事故に至らないように設計することになっていると教えられた。将来型の人工島立地の研究において、津波に対する安全性は当然重要な検討課題であったが、設計津波高がこれほどの小さな確率を保證できるかの疑問は津波の専門家でなくても当然ながら湧き上がった。その発生確率についてのやり取りの中で、原子力プラントメーカーの専門技術者からは、津波高が万一設計値を越えても非常用炉心冷却機能は防水・耐水機能によって防護することが容易であるとの説明を受け、いわゆる「フェイルセーフ」機能は実現できるとして簡単に納得したことを覚えている。その時に、実際に稼働中の発電所がどのような防水・耐水機能を備えているかが話題に上がったかどうかの記憶はない。現状の原子力発電所の安全性チェックは我々の仕事ではなく、誰かその任に当たっている人たちが考えることと無意識に判断していたのであろう。津波の後に初めて、何のフェイルセーフ機能も備わっていなかったことを知って驚愕した。自分も広い意味で原子力発電所の安全性に関わっている一員であるとの当事者意識を全く持っていなかったことは間違いはない。

このような個人的経験の上に、今回の事故でまず感じることは、我々が「自然への畏敬の念」を失いつつあることである。人類文明が起きてから数千年、近代科学文明が栄えて高々100~300年しかたたない。その間の科学技術の発展により自然現象はすべて解明されたかのような錯覚が持たれがちだが、実は人類の災害体験はそれらが伝承されてきた期間を考慮しても高々数千年にしかならない。いくら最新の地球科学的知見を集めても1000万年に1度の確率を自信を持って決めることなどできるわけがないと今更ながら感じる。つまり、人間は自らが如何に自然災害について知らないか、を知らないのである。今回の極めて厳しい体験から我々が学びとるべきは、第一に科学技術万能の幻想を捨て、我々はまだ自然災害の全容を知り得ていない

*中央大学理工学部都市環境学科教授、技術士(建設部門)、電力土木技術協会会員・理事 kokusho@civil.chuo-u.ac.jp

ことを謙虚に認め「自然への畏敬の念」から再出発することだと強く感じる。

一方で、現代のエネルギー大量消費社会を支えていく上で、次の安定的基幹エネルギーが確立できるまで、原子力施設をこれからも継続的に利用していかざるを得ない現実がある。当然、設計外力レベルの再吟味が必要となるが、設計外力レベルを無制限に大きくし、たとえば津波については途方もない津波防波堤高さを設定して経済的に成り立たなくなるような方策は実現性なく、やはり施設に応じた重要度と経済性とのバランスを考えたレベルとせざるを得ない。そこに生まれる間隙を埋め今回のような深刻な事故をくい止めるためには、どうするか。外力条件が設計条件を超えた場合についても最悪の事態は回避できる「フェイルセーフ」の筋道を確認し、その有効性を実証することが必須である。我国のすべての原子力施設について、かなり安全側の設計条件とされているものでも、仮にそれが破られた場合に深刻な事故に繋がる可能性のある事象を徹底的に洗い直し、「フェイルセーフ」機能を万全としなければならないと思う。

もう一つ感じるのは、原子力に関わる広範な技術者の「当事者意識の問題」である。近年、技術者倫理が技術者資格や大学教育において重視され、筆者も講義を受け持つ教員の一人として学生へどのようなメッセージを伝えるべきか日頃から模索してきた。今回の原子力事故は、技術者の役割についても大きな課題を投げかけており、スペースシャトルチャレンジャー号事故と同様に、技術者倫理を考える新たなケースとして取り上げられることは間違いない。

原子力のような巨大技術では技術者は各専門に細分化せざるを得ず、全体の技術を深く理解し境界領域までをカバーできるスーパー技術者の出現を難しくする。たとえば社会全体を考えても、原子力の安全システムの専門家が自然外力の専門家でもありえる例は稀であろう。各部門での専門的役割を通して安全の確保を使命と感じていた技術者は関係各機関に多数いたに違いない。しかし、自分の直接の専門を超えて巨大技術全体を通しての安全確保にまで当事者意識を持ち続けていた専門技術者が日本全体でも何人いたであろうか。

今回の出来事を通して、原子力のような巨大技術に関わる技術者は二つの倫理的規範を身に付ける必要があるのではないだろうかと感じる。一つ目は、当然のこととして各部門での専門的役割を通して全体目的に貢献する。二つ目は決して容易ではないが、所属部署を離れた一技術者として。巨大システム全体の安全性にまで当事者意識を持ち続ける。そして考えうるあらゆる可能性に対して最終的な安全性が確保されるか、自分の専門分野およびカバー可能な周辺分野の知識を動員し関心を持ち続ける。そして問題に気がつけば、臆せず疑問を差し改善策を提案していく姿勢を堅持する。一方、安全性を直接管轄する組織は、異分野や他機関の技術者からの質問や提案も分け隔てなく受け付けて検討の俎上に載せる仕組みを作り、境界領域の見落とされがちなギャップを埋める努力をする。このようにしてあらゆる専門性の目から見てフェールセーフ機能の見逃しを無くし、設計を上回る外的条件に対して瀬戸際の安全

を確保する。社会の存続基盤を揺るがす可能性を持つ巨大技術に関わる全ての技術者と組織には、このような意識転換が要求されているのではないだろうか。

2. この災害を自然エネルギー本格利用の出发点に

さて、この災害は原子力発電の推進により CO₂ 削減の国際的公約を果たそうとしていた我国の方針に、今後大きな影を落としていくことは必至である。リオ宣言で地球環境問題が一躍世界の政治経済問題として登場してきて以来、とくに CO₂ をはじめとするいわゆる温室効果ガス排出による地球温暖化・気候変動・海面上昇・氷河後退などが関心事となっている。その後、京都会議はじめ多くの参加国会議(COP)が積み重ねられ、CO₂ 排出量削減目標の設定が話し合われてきた。発展途上国と先進国の立場や考え方の違いが大きな阻害要因となり、さらには最大排出国米国の離反により、現時点でも世界全体の削減目標設定には達していない。また、政府主導で25%もの削減目標を掲げた我国においても、排出量削減どころか未だに増加し続けているのが現状である。

今後、原子力事故を機に一層の省エネルギー推進と自然エネルギー利用拡大を迫られることになろう。快適な生活に慣れた現代人が生活レベルを下げることは至難の業である。科学技術の進歩により可能となったテクノロジーと英知を活用して、現在の生活水準の維持に足りるエネルギーを地球の自然エネルギーサイクルから分けてもらうしかない。近年、小水力・風力や太陽光などの分散型自然エネルギーの普及が加速しており、今後その割合は増していくことは確実である。しかしわが国の自然条件を考えれば、その絶対量には限界があり将来の基幹エネルギーの役割は担えないと考えるのが一般的である。その限界をうち破る可能性を秘めた画期的構想として、筆者は3年前にホームページに提言を掲げ、日刊建設工業新聞と建設コンサルタント協会誌に記事を掲げた¹⁾。以下では、20~30年後に初号機の実現をターゲットとしたその構想について述べたい。

3. ソーラーセル帆走筏構想の概要

この数年、世界各国で太陽熱・光発電の導入やソーラーセルの大量生産・効率アップが進められている。またサハラ砂漠にメガソーラー発電所を建設し、ヨーロッパまで長距離送電する計画が進行中である。振り返って我が国は国土が狭く、気候・日照率などの点からも太陽エネルギーの導入量には限界があり、基幹エネルギーとしては期待できないと諦めがちである。これは本当だろうか。

我が国は砂漠こそないが、国土の前面は広く開けた太平洋が赤道はおろか南半球まで広がっている。これを利用してソーラーセル筏発電船団が、帆走しながら桁違いの規模で太陽光発電できる可能性があることに気付くべきである。障害物の無い海洋で、長さ数キロメートル四方の広大なソーラーセル筏により太陽光発電を行う。産み出されたエネルギーは輸送船により本土までピストン輸送する。このような構想が実現できれば、資源の海外依存度軽減のみならず CO₂ 排出量の削減も可能となる。究極的には人類

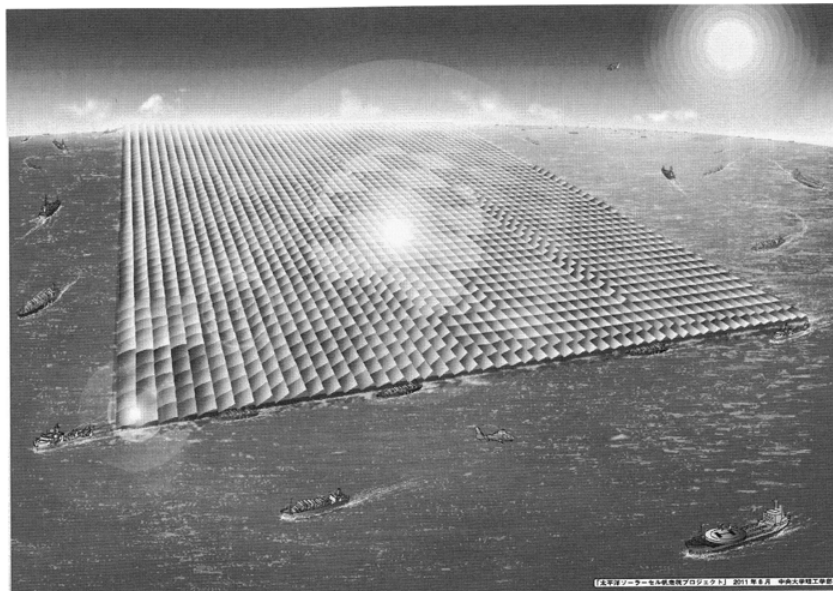


図-1 実用化時点での5 km×5 km ソーラーセル帆走筏のイメージ(中央大学理工学部國生研究室作成)

のエネルギー利用のパラダイムシフトに繋がるこの壮大な試みに、資源小国の我が国は世界に先駆けて一步を踏み出すべきと考える。

ここで提案するエネルギーシステムは、太平洋低緯度公海上でメガソーラー筏船団が、筏全面を覆うソーラーセル帆布により帆走移動しながら、従来とは桁違いの規模で太陽光エネルギーの利用を図るものである¹⁾。実用化時点での究極のイメージを図-1に示している。南北太平洋の低緯度海域で、ソーラーセル筏や母船などからなるソーラーセル筏船団が、気象衛星などによる長期気象予報技術を活用して晴天域を低速帆走しつつ太陽光発電をする¹⁾。公海上を商業活動を目的として航行することは国際法上当然認められるべき権利であるから、航行しながら発電することも基本的に自由であると考えてよい。海洋でこそ容易に達成できるメガソーラーセル筏の面積化により、究極的には25 km²(5 km×5 km)を目指す。このサイズでは単位面積当たり1日の累積太陽エネルギーを8 kWh/m²、ソーラーセルの電気変換効率を12%(現時点の家庭用太陽電池の値)で試算すると、1日の発電エネルギーは

$$8 \text{ kWh/m}^2 \times 0.12 \times 25,000,000 \text{ m}^2 = 24,000,000 \text{ kWh}$$

であり、これを1日24時間で平均すると

$$24,000,000 \text{ kWh}/24 \text{ h} = 1,000,000 \text{ kW}$$

すなわち24時間連続稼働する100万 kW級の原子力発電所に匹敵する。

このような海洋での太陽エネルギー利用の類似アイデアとしては、オイルショック直後の1970年代に横浜国大²⁾やマイアミ大³⁾により、洋上の定点にとどまった筏の上に設置したミラーにより太陽熱を集めて発電し、海水の電気分解により水素を製造して消費地に運ぶ計画が検討された。また、1980年代には当時の船舶技術研究所において、上記の海洋太陽熱発電計画を実現するための要素技術の検討がなされた⁴⁾。本構想はそれらとは一線を画し、最近のソーラーセル技術の急速な進展を見据え、自由航行が認め

られている赤道近傍の公海上で、常に帆走しながら原子力発電所に匹敵する太陽光による大容量発電を行う。ソーラーセルによる太陽光発電方式では、ミラー集光が必要な太陽熱発電方式とは異なり、筏の静穏性への要求が大幅に緩和できることが大きなメリットである。これにより筏の簡素化・大型化が容易となり、スケールメリットを生かすことが可能となる。

得られた電気エネルギーの輸送は大きな技術課題である。海水の電気分解を使って変換した水素エネルギーをタンカーで輸送する方法がまず考えられるが^{2),4)}、エネルギー変換ロスを避けるためには、電気エネルギーのままの蓄電池輸送が望ましい。ここでは、近い将来に利用可能になるであろう電気自動車用高エネルギー密度新型蓄電池を使い、バッテリータンカーによる電力輸送を考える。

本構想の大きな特徴は、海洋でこそ可能な発電筏船団の晴天域を求めての可動性にある。また常に移動することにより、直下の海中への太陽光の遮断は短時間に押さえられ、海生生物に大きな影響を与えずにすむ。しかし、船団の移動に動力を使い大量のエネルギーを消費するようでは意味がない。低速ではあっても全面ソーラーセルで覆われた帆による風力帆走や海流による移動が必須となる。

ソーラーセル筏を構成する膨大な数の筏ユニット(例えば全体サイズが5 km×5 kmの場合、平面サイズ100 m×100 mのユニットが2,500個)は、ワイヤー・圧力チューブ・電気ケーブル類で結ばれ、複数の母船(例えば4隻程度)と一体となって、気象衛星情報などに基づき最適化計算した長期航海計画にしたがって晴天海域を移動していく。また母船は、筏ユニットの発電・帆走制御、維持補修、発電電力の一時貯蔵とエネルギー輸送船への受渡しなど筏船団全体の運転機能を担う。

4. 解決すべき技術課題

このシステムの実現のためには、主にソーラーセル、蓄電池、筏浮体に関する3つの技術開発課題を解決しなければならない。以下に、個々の見通しについて述べる。

(1) 薄膜型撓み性ソーラーセル

前記のように、この構想では帆布と一体化した薄膜型撓み性ソーラーセルの開発を大前提としている。これに適したものと化化合物系などの太陽電池が考えられる⁵⁾。特に技術開発がかなり進んでいる CIGS 化合物半導体タイプについては光吸収係数が可視光領域で大きく、厚さ 2 μm 程度の薄膜でも十分に太陽光を吸収できる。そのため、わずかな資源量で大受光面積の電池が製作でき、コストダウン効果も期待できる⁶⁾。また CIGS タイプは、薄膜系太陽電池の中でも格段に変換効率が高く、小面積セルの変換効率は現時点で 20% 程度に達しているが、量産集積型モジュールでは 10-12% にとどまっております、今後大幅な効率向上のための技術開発の余地が大きい^{5),6)}。さらに、撓み性の電池基盤としてこれまではステンレス薄膜が中心であり⁶⁾、帆布のような風になびく基盤素材と一体化された高変換効率薄膜ソーラーセルの開発と製造コスト低減が課題である。これから 20~30 年先を見越せば、モジュールでもかなりの効率向上が予想でき、それによりこの発電システムの成立性が大幅に改善することが期待される。

(2) 高エネルギー密度蓄電池の開発

発電した大量の電力を海上輸送する手段として、バッテリーを満載した専用船により電気エネルギーのままピストン輸送することを考える⁷⁾。バッテリー技術の最先端は将来も電気自動車と共に発展すると想定され、自動車用バッテリーを数十個単位でまとめたパッケージを大量に輸送できる専用タンカーを開発する。現状のバッテリーの最大エネルギー密度はリチウムイオン電池で 0.1 kWh/kg 程度であるが、NEDO の二次電池技術開発ロードマップ⁸⁾によれば、20 年ほど先には現状の 7 倍の 0.7 kWh/kg まで向上させる目標が掲げられている。例えば亜鉛空気電池などが候補に上がっているこの将来型バッテリーが実現すれば、乗用車走行距離 500 km に対応するバッテリー重量は (1 kWh で走行距離 10 km とすれば) 1 個当たり 70 kgf 程度と想定される。これを使って、究極的なサイズ (5 km × 5 km) のソーラーセル筏船団の発電電力を輸送する場合、現在運航している最大級石油タンカー並の積載重量 30~50 万 tf のバッテリータンカーを建造すれば、その 10 日~2 週間程度の発電電力が運べることになる⁷⁾。その日本までの往復に必要な航行エネルギーは、現在の超大型石油タンカーの実績を参考にすると、輸送電力の最大 7% 程度と見

込まれる⁷⁾。

(3) 革新的な筏の開発

発電を担う膨大な数のソーラーセル筏ユニットは、撓み性のソーラーセルで覆われた帆・帆柱とそれを支えるフロートから構成される。フロートは波浪による揺動を減らすために半潜水式浮体が採用され、その上に立つ帆柱にソーラーセル帆布が取り付けられる。帆は帆走性と受光効率とを考慮して可能な範囲で角度制御される。従来の鋼鉄やコンクリートからなる剛性浮体^{たとえ⁹⁾}は操業海域までの曳航性や経済性を考えると現実的でなく、新材料を活用した軽量で折り畳み可能な革新的浮体構造を創出する必要がある。フロートの浮力やマストなどは圧縮空気圧により制御されることになろう。母港から操業海域までの航海では膨大な数の筏ユニットはコンパクトに折り畳まれて曳航され、到着後に海上に広く展開できる構造となる。主に天候の良好な海域を航行するとしても、海象・気象条件に対応してこれまで検討されてこなかった先駆的アイデアが必要とされることは間違いない。また、膨大な数の筏ユニットの操業中メンテナンス、紫外線や海生生物付着に対する耐久性や劣化防止策なども検討課題である。海洋土木・船舶・材料・構造設計などでの革新的技術の開発が必要とされる。

5. 太平洋低緯度帯の日照・自然条件

太平洋低緯度帯での気象・海象条件は、実際どの程度この太陽光発電システムに適しているかを概略調査した結果⁷⁾を以下に述べる。

図-2 は NASA がインターネット上で公開しているデータ¹⁰⁾に基づいて作成した太平洋中央部の北緯 30 度~南緯 30 度、東経 130 度~西経 90 度までの範囲で単位面積水平面 (1 m²) が受ける 1 日の日射量年平均を示している。6.0 kWh/m²/日以上は帯状に広く拡がっており、特に南米寄りの赤道から南緯 15° には図左端に含まれるオーストラリア砂漠をも凌ぐ 6.5~7.0 kWh/m²/日に達する日射エネルギーが降り注ぐ広大な海域が存在する。図中に灰色の曲線で囲まれた範囲は、排他的経済水域 (EEZ) である。再生可能な自然エネルギーは、収奪により失われる漁業資源や海底地下資源などとは性格が全く異なるため、本来 EEZ で規制されるべきではない。しかし仮に EEZ で航行規制されたとしても、太平洋東部を中心に年平均

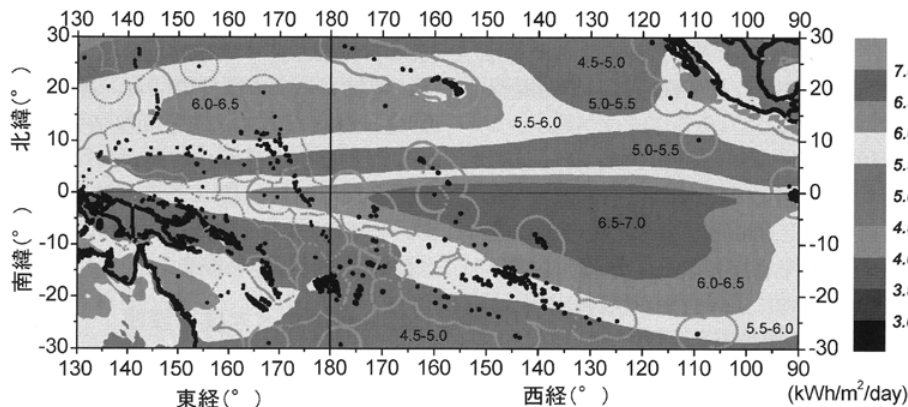


図-2 NASA データ¹⁰⁾より作成した太平洋低緯度海域 1°メッシュの水平面全日積算日射エネルギー年平均値分布 (単位: kWh/m²/day)⁷⁾

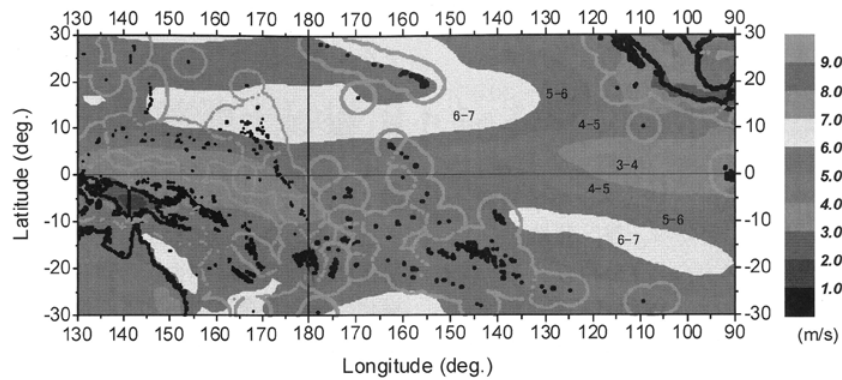


図-3 NASA データ¹⁰⁾より作成した太平洋低緯度海域での1°メッシュの年平均風速⁷⁾(海面上10 mのスカラー平均: 単位は m/s)

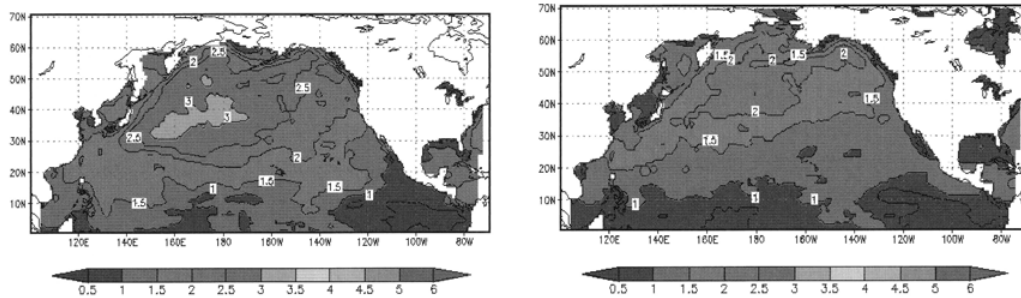


図-4 北太平洋の波高分布(単位: m) 左: 2月, 右: 9月¹¹⁾

6.0-7.0 kWh/m²/日のエネルギーが降り注ぐオーストラリア大陸の面積を凌ぐ莫大な公海が存在することが分かる。これは1年間の平均値であるが、NASAの原データから取得可能な月別平均値の12カ月間での変動係数は、北緯・南緯10°以内での10%以下から、北緯・南緯30°付近での30%程度まではほぼ連続的に変化している¹⁰⁾。このような季節変動を考慮して移動することにより、最大値は平均値より大幅に伸びることは確実であり、筏船団の可動性ゆえに8.0 kWh/m²/日以上の日射エネルギーを実現することは十分可能である。

図-3はやはりNASAデータ¹⁰⁾から作成した海面上10 mでの年平均風速である。低緯度海域は高緯度海域より全般に風が弱く、年平均風速は3~7 m/sと比較的穏やかであることが分かる。また、風速風向は安定しており、ユーラシア大陸や日本の近海で問題となる台風の影響も東経160度以東ではほぼ無視できることも分かっている⁷⁾。

図-4には気象庁資料¹¹⁾による北太平洋での2月と9月の波高(有義波高)分布を示している。赤道付近では季節を問わず1 m以下の海域が広く分布する。北緯25度以南は概ね波高1.5 m以下、北緯10度以南は波高1 m以下で、50 cm以下の海域もある。南半球についても赤道をはさんで北半球と対称的な波高分布が予想され、赤道付近では年間を通して波高が1 m程度かそれ以下の極めて静穏な海面が期待できる。

海流については図-5に示すように、赤道を挟んで北側低緯度には「北赤道海流」が、また南側低緯度には「南赤道海流」が対称的に存在し、両海流ともに西へ向かう。これら両海流の間の赤道直下~北緯5度付近にかけて「赤道反流」があり、これは東へ向かう流れである。低緯度帯での流速は最大でも0.5 m/s程度であり風に比べて小さいが、航海に着実に利用できる。以上より、低緯度帯に吹く

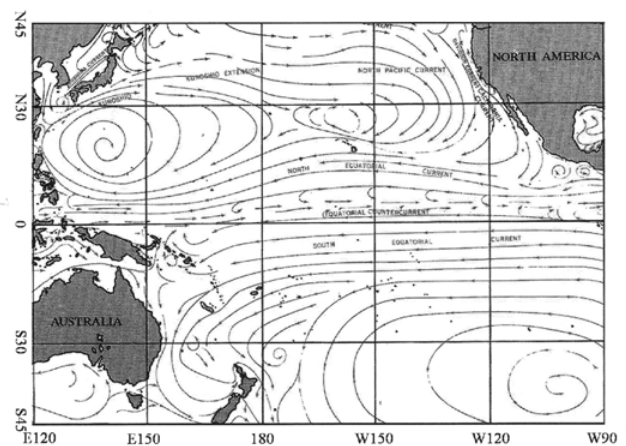


図-5 太平洋中央部の海流¹²⁾

安定した風とそれより流速は小さいが海流を有効に組み合わせることにより、筏船団が赤道を横切って北半球と南半球を行き来する省エネ型低速帆走航海が可能になると考えられる⁷⁾。

6. 実現へのシナリオ

このエネルギーシステムの可能性を探るためには、技術的・経済的成立条件を明らかにするためのフィージビリティ検討から始めなければならない。まずいくつかの切実な関連課題(海洋環境問題、漁業問題、国際海洋法、船舶衝突事故対応など)について、幅広い視野から阻害要因を摘出し、浮かび上がった問題点の解決の方向性を提示する必要がある。そのためには学際・業際的な広範な専門家による検討を行うことが必要である。

次に、ソーラーセル筏船団の規模・構成・サイズを決定し、その中心をなす筏ユニットの材料、構造、機能を試設

計や構造計算, 模型作成・実験などにより絞り込む。絞り込んだ概念に基づき, 技術・経済的成立条件を検討する。そのために実用化までの技術開発期間(例えば20~30年)を想定し, その時点での技術レベル・経済社会情勢を想定して経済性検討の基本条件(エネルギー単価, ソーラーセルの生産コスト, 発電効率, 稼働率・晴天率, 移動速度, バッテリー生産コスト, 電気貯蔵効率, 筏・母船・タンカー製作コスト, 港湾設備コストなど)を調査する。また, これら船団全体の概念案に加え, 稼働率, 劣化速度, 海生物付着, メンテナンス, 船舶衝突防止策なども含めこのエネルギーシステム全体としての技術的問題点と解決法を提示する。その上で, このシステムが経済的に成立するための全体コスト, 特にコストの占める割合の大きな撓み性ソーラーセル, バッテリー, 筏浮体, 母船・タンカー船など主要部の目標上限コストを明示する。それにより, それぞれの技術開発目標, コスト目標を明らかにすることができる。

次の第2段階では上記成立性を満足するような筏ユニットの革新的材料・構造の立案・開発を目指す。この段階で筏の材料・構造・設計についての革新性が実現性の死命を決するものとなり, 多数の技術者集団が参加するコンペ方式により独創性ある青写真を募る方式が考えられる。

第3段階としてソーラーセル筏の詳細構造設計と縮尺模型製作・試験に取りかかることになり, 構造材質の決定, 詳細設計に基づき筏ユニット模型を製作し, ユニット単体・集合体模型の性能試験を行うことになる。さらに次の段階では, ソーラーセル筏の実物製作と南太平洋での小規模実証試験を国際コンソーシアム結成により進めることが考えられる。その先さらに, 1~2 km²程度のソーラーセル筏発電船の建設と実用化を通じて, 最終的に5 km×5 km 規模の巨大筏に至る開発シナリオが描ける。

このようにこの構想のスケールは全地球的であり, これを実現するためには技術開発のみでなく国連のような場における国際的な合意形成と共同研究開発のための活動が不可欠である。そのため, 早い段階から国内だけでなく海外のグループも巻き込んだ国際プロジェクトとして推進すべきことは明白である。

本エネルギーシステムは地球上に残された広大な未利用空間の海洋で, 従来の自然エネルギー利用の制約を打ち破り, 密度の薄い太陽エネルギーを効率よく集め本格利用を図るものである。太平洋低緯度海域はその実現に適した気象・海象条件を備えていることは上述の簡単な調査結果からも十分明らかである。また, 太平洋だけでなく大西洋やインド洋も考えれば, 日射エネルギーの豊富な低緯度海域はさらに広大となり, 我が国のみならず世界の多くの国が筏船団を浮かべて基幹エネルギーを賄える場となりうる。もちろん, この技術が最初に実現してからも, 成熟化し人類の基幹エネルギーになるまでにはさらに多くの時間を要するであろう。しかし, 産業革命以来続いてきた化石燃料利用から自然エネルギー利用へのパラダイムシフトは, 地球の資源面からも環境面からも間違いなく21世紀の人類の課題であり, その意義は計り知れないほど大きい。今回の原子力災害を契機として, 資源小国・海洋国である我が国が

先頭切って, 20~30年先の実現を目指し検討を始めることを提言したい。

謝 辞

本文のうちソーラーセル帆走筏構想については, 参考文献7)の論文を要約したものであり, 論文共著者である江本技術士事務所の江本永二氏と中央大学大学院理工学研究科後期課程の加藤達也氏の貢献に謝意を表す。また, 本構想の研究開発に向けてご協力をいただいている中央大学技術士会の関係各位に深謝します。

参 考 文 献

- 1) 國生剛治: エネルギーパラダイムシフトへの挑戦—太平洋光発電筏構想—, 建設コンサルタンツ協会誌, Consultant Vol. 247, 70-73 (2010).
- 2) 太田時男: ポルシェ計画の全貌—熱帯海洋における水素製造計画—, 〈シリーズ〉太陽エネルギー・II, 石油と石油化学, Vol. 23, No. 3, 24-29 (1979).
- 3) Escher W. J. D. Foster and Veziroglu, T. N.; Direct solar energy conversion at sea (DSECAS): Characteristic of baseline concept, Proc. of Miami International Conference on Alternative Energy Resources, No. 3, 1115-1133, (1977)
- 4) 渡辺健次, 森下輝夫, 内藤正一, 菅 進: 太陽光利用洋上水素製造・輸送計画の調査研究(第4報: 技術的可能性), 船舶技術研究所報告 第20巻 第2号 研究報告, 93-128 (1983).
- 5) 太陽光発電ロードマップ(PV2030+), 独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構(2009).
- 6) 仁木 栄, 石塚尚吾, 小牧弘典, 古江重紀, 山田昭政, 柴田 肇, 松原浩司: 産総研におけるCIGS太陽電池の産業化に向けた研究開発, 特集: 化合物薄膜太陽電池—CIGS太陽電池の開発の現状—, 太陽エネルギー 201, Vol. 37, No. 1, 21-29 (2011).
- 7) 國生剛治, 江本永二, 加藤達也: ソーラーセル帆走筏構想と太平洋低緯度帯の気象・海象条件, 日本太陽エネルギー学会誌, Vol. 38, No. 1, 49-57 (2012).
- 8) 二次電池技術開発ロードマップ(Battery RM2010), 独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (2010).
- 9) 海洋工事技術委員会: 21世紀の海洋エネルギー開発技術, 日本海洋開発建設協会, 山海堂(2006)
- 10) 22-year Monthly & Annual Average (July 1983 - June 2005)- NASA Surface meteorology and Solar Energy (SSE)-Release 6.0 Data Set (2008). <http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>:
- 11) 北太平洋海洋気候図: 気象庁(2003). <http://www.data.kishou.go.jp/db/toukatsu/stat/index.html>
- 12) National Geospatial Intelligence Agency (2002): <http://msi.nga.mil/NGAPortal/MSI.Portal>