

CONTENTS——目次

「らいちょうN」の研究開発について

国立大学法人東京海洋大学 学術研究院 特任教授 大出 剛 …………… 1

電気化学反応を利用した海洋 CDR(Carbon Dioxide Removal)

国立研究開発法人海洋研究開発機構 地球環境部門
北極環境変動総合研究センター 北極観測技術開発グループ
グループリーダー 吉田 弘 …………… 4

TON×神戸市 海洋産業振興セミナー 「海運におけるカーボンニュートラル」開催報告

テクノオセア・ネットワーク事務局 …………… 7

Techno-Ocean 2025展示会出展者募集 …………… 8

「らいちょうN」の研究開発について

国立大学法人東京海洋大学 学術研究院 特任教授 大出 剛

1. はじめに

水素やアンモニアは、輸送・発電・産業といった多様な分野の脱炭素化に寄与するカーボンニュートラルに必要な不可欠なエネルギー源とされている。2021年に閣議決定されたエネルギー基本計画でも2030年の電源構成に初めて位置付けられるなど、2050年のカーボンニュートラル達成に向けその社会実装の加速化が求められている。

船舶においては国際海事機関(IMO)が2018年に「IMO GHG(温室効果ガス)削減戦略」を採択し、「2050年までに50%排出削減」、「今世紀中早期の排出ゼロ」というGHG排出削減目標を掲げていた。2023年7月には第80回海洋環境保護委員会(MEPC 80)を英国ロンドンで開催し、「2050年頃までにGHG排出ゼロ」をはじめとする新たに強化されたGHG削減目標等を盛り込んだ「2023 IMO GHG削減戦略」を採択した。ここでは、ゼロエミッション燃料等使用割合に関する目標が新たに合意されたほか、2050年頃のGHG排出ゼロに向けた削減目安も掲げられた。IMOで策定する対策(ルール)により達成を目指す目標として、2030年までにゼロエミッション燃料等の使用割合を5～10%、また輸送量当たりのCO₂排出を2008年比で40%削減するとしている。GHG排出ゼロ達成のための今後の削減目安として、2030年までにGHG排出を2008年比で20～30%削減、2040年までに70～80%削減としている。実現に向けたロードマップ概略では水素燃料船、超高効率LNG+風力推進船、アンモニア燃料船、排出CO₂回収船などが上げられている。そのうち水素燃料船、アンモニア燃料船の船舶用エンジンでは短～中距離用には水素、長距離用にはアンモニアを位置づけている。また水素利用における船舶では小型近距離には水素燃料電池船、大型遠距離にはディーゼル代替の水素ガス燃料船としている。

本稿では東京海洋大学の水素燃料電池とリチウムイオン2次電池のみを用いた純水素燃料電池実験船「らいちょうN」と、このシステムを継承して開発された大阪・関西万博で商業運航を予定している純水素燃料電池旅客船(2024年5月進水、実証運航中)とエネルギー供給システムについて述べる。

2. 研究開発の経緯と背景

「らいちょうN」は東京海洋大学の急速充電対応型電池推進船の3番目の実験船として2014年に建造した。2016年に4kW級水素燃料電池2基を搭載、2019年に30kW級1基に換装、2022年には60kW級1基に換装し2021年に国土交通省海事局より公表された「水素燃料電池船の安全ガイドライン」に沿った様々な検証を実施し、2024年7月に日本で最初の純水素燃料電池船として船舶検査証書を取得した。

研究面では技術面のみではなく船舶としての運用について研究開発を行ってきた。2016年より「スマートエネルギー都市に用いる水素燃料電池船開発」をテーマとした共同研究を行い、2019年には岩谷産業(株)と水素燃料電池船の建造計画が始まり、2021年に国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の事業名「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究 開発事業 / 燃料電池の多用途活用実現技術開発」においてテーマ名「商用運航の実現を可能とする水素燃料電池船とエネルギー供給システムの開発・実証」が採択された。テーマ概要は「船舶において水素燃料を取り扱うための供給インフラ、エネルギーマネジメント、船体構造、実証運航を行い、水素燃料電池船の普及のため課題解決を目指す」としている。すなわち水素燃料電池船の普及促進を図るため、実証運航を通じて経済性が成立する商用運航を実現することである。

実施事業者は岩谷産業(株)、関西電力(株)、(株)名村造船所、東京海洋大学で2025年の商用運航に向けた活動が続けられている。この事業での開発項目としては、1) バンカリング(後述)のためのエネルギー供給インフラの開発 2) 商用運航するための仕組みであるトータルエネルギーマネジメントシステムの開発 3) 船舶建造・設計・安全のための規則やガイドラインに沿った船体構造の開発がある。事業実施計画書において「東京海洋大学における実験船で得られた知見を明確化して、実際の実証運航にフィードバックする」とこととし「らいちょうN」での実験・検証を実施した。内容は、①安全ガイドラインに則って

搭載した機器の出力特性や冷却性能の確認、動作の評価、②システムの適合性、③バンカリングの評価、④通信などの検証を行うことにより、実証運航に対する試験項目の整理と課題点の抽出を進め船体設計へ反映させる、である。

3. 「らいちょう N」の概要

図1に燃料電池を搭載した「らいちょう N」と燃料電池等主要構成機器の写真、図2に一般配置図、図3にシステム構成図、表1に主要目を示す。



図1 らいちょう N(上段)と純水素燃料電池の写真

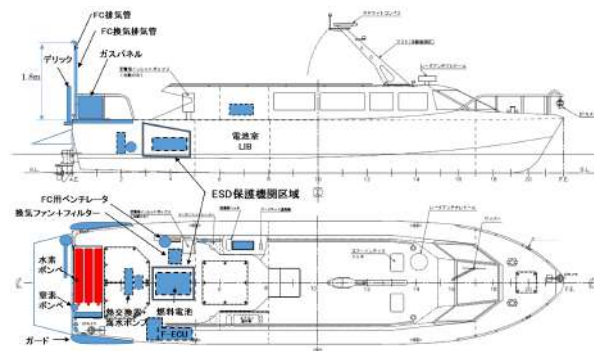


図2 らいちょう Nの一般配置図

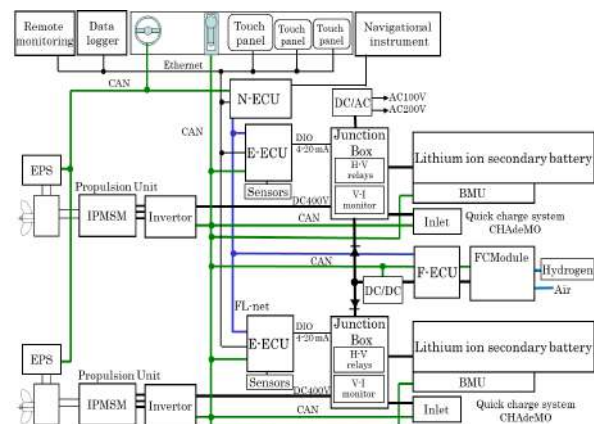


図3 システム構成図

表1 らいちょうN 主要目

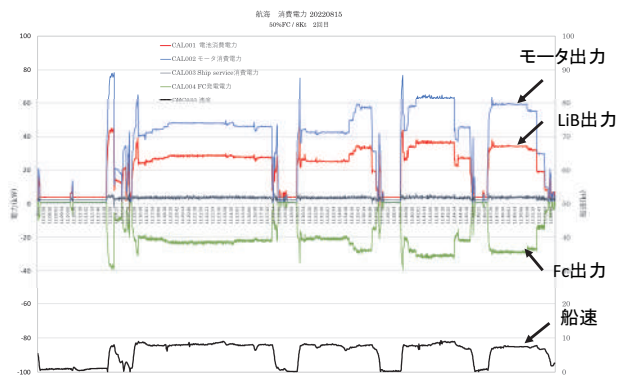
全長	14m
全幅	3.5m
全深さ	2.0m
総トン数(排水量トン)	9.1ton (12ton)
電動機連続定格(最大)出力	45kW (80kW) × 2
満載状態最大速力	11knots
常備状態巡航速度	8knots
搭載人員(船員名、その他)	2名、10名
リチウムイオン2次電池容量	145kWh
燃料電池定格出力	連続定格 60kW
搭載水素	1.67kg (21Sm3)
発電量	約25kWh

「らいちょう N」は電気推進システム、発電システム、航海システムとユーティリティシステム(シップサービス)で構成されている。電気推進システムは、エンジン制御ユニット(E-ECU:Engine Electric Control Unit)、パワーラインの経路切替と監視を行う Junction Box、バッテリーマネジメントシステムで管理されるリチウムイオン2次電池、CHAdeMOプロトコル(後述)に準拠している急速充電システム、モータドライブシステムと推進装置で構成されている。発電システムは、FC制御ユニット(F-ECU:Fuel cell Electric Control Unit)と60kW級水素燃料電池システム1基で構成され両舷の電気推進システムに電力を供給する。航海システムでは、航海制御ユニット(N-ECU:Navigation Electric Control Unit)、操舵装置、航海計器、船陸間通信システム、SCADA(Supervisory Control And Data Acquisition)で構成されている。N-ECUは航海計器からのデータの収集、水素燃料電池の起動・停止・パラメータ設定などF-ECUへのインターフェースを行う。シップサービスは、リチウムイオン2次電池からDCACインバータを用いAC100V、AC200Vを船内電源として供給している。通信系において、各ECU間にはFL-netで接続しシステム間の制御・監視を行い、情報系データはEthernetで接続している。各機器間には、CAN(Controller Area Network)で接続し一定のサイクルで機器間の制御を行っている。それゆえ、操舵系を含め操船に必要な機器は全てコンピュータ制御が可能で、無人・省人化による運航を目指した研究開発を行うことができる仕組みとしている。

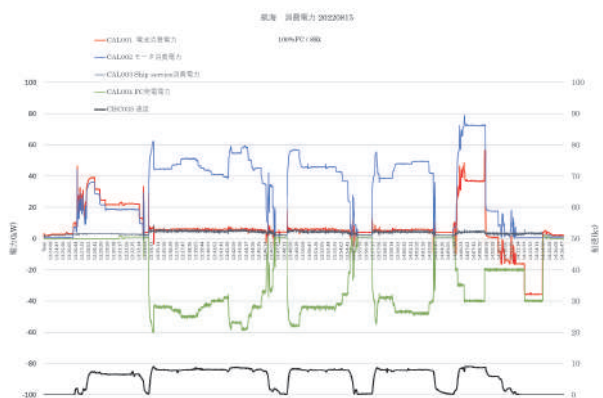
4. エネルギーマネジメント

水素燃料電池船でのエネルギーマネジメントシステムは、水素燃料電池船のエネルギーを運航者自ら把握し管理・制御するためのものであり、「燃料電池船で消費する電力の可視化」と「燃料電池船の消費電力の制御」を行うシステムである。N-ECU、E-ECU、F-ECUから、船で消費する電力(船の推力に用いる電力、船内ユーティリティに用いる電力)、エネルギーストレージ(水素、電池)の状態、船の運航状態(位置、速度、航行距離)、消費を変化させる要因(風の抵抗、潮流、積載量や波浪)などを収集し可視化する。これらはSCADAがインストールされているサーバにて行い、モニター機能、データファイル出力機能に展開する。さらに船陸間通信にて陸上のシステムに送信しバンカリング施設と連携したエネルギーマネジメントシステムで運用される。ここで船舶のエネルギーマネジメントの一例として燃料であるリチウ

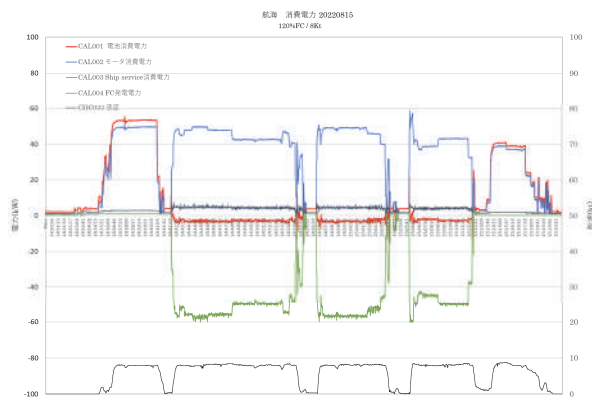
ムイオン2次電池と水素の消費比率の制御について示す。これは発電機である燃料電池をモータ出力など消費電力(負荷電力)に比例した発電(消費電力比例運転)させることにより行うもの(図4)で、燃料電池の発電を推進モータ出力の50%で追従させた場合リチウムイオン2次電池の消費と燃料電池の発電電力が同じになり、発電を100%で追従させた場合はリチウムイオン2次電池のモータへの消費が0%になる。さらに発電を120%で追従させると20%がリチウムイオン2次電池の充電になっていることが示されている。



発電率50%運航例



発電率100%運航例



発電率120%運航例

図4 燃料電池の消費電力比例運転例

5. バンカリング

船舶に燃料を供給することをバンカリングという。船内のリチウムイオン2次電池に充電するのもバンカリングである。電気バンカリングにはEV車で採用している急速充電急速充電プロトコル CHAdeMOを採用している。充電器も CHAdeMO 認証品を採用している(図5)。

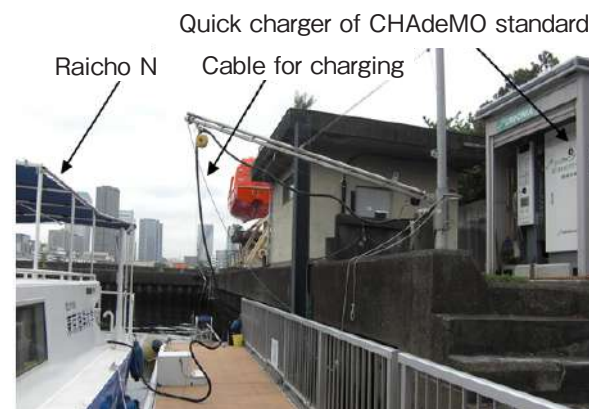


図5 電気バンカリング

水素バンカリングは水素燃料電池船の普及に向けて最も大きな課題である。現在水素を船に直接充填する規制はまだないが、一般的な水素ステーションとは異なる法規制への対応が必要であることが確認されている。技術面では塩害、腐食、錆などを考慮しなければならない。さらに船舶の動揺(風や他船のひき波など外乱)によるノズルにかかる負荷荷重や充填用設備機器の船舶との接触・衝突、緊急離脱用カブラの取り付けなども検証が必要である。「らいちょう N」では、図6に示すように水素ポンプの代わりに燃料電池自動車用タンクを実装し、陸上からの充填を通じた課題の洗い出しや対策の検証を行っている。

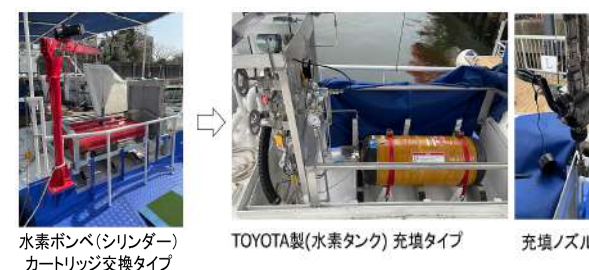


図6 水素バンカリング

6. 水素燃料電池船の展開

「らいちょう N」での成果は大阪・関西万博で運航予定の水素燃料電池船(図7)に反映されており下記にその概要を簡単に紹介する。

水素燃料電池船は、全長約30m、幅(型)約8.0m、深さ(型)約2.5m、総トン数が約175トンの双胴船、定員は約150名の内航旅客船としており、動力は水素燃料電池ならびにリチウムイオン2次電池の併用で、航海速度10knots、最大航続距離は約130kmである。システムは3節で示した「らいちょう N」のシステムをベースにサイズアップと機能強化したものである。安全規格も「水素燃料電池船の安全ガイドライン」を基に基本計画を行い、詳細設計段階で大幅な仕様変更を生じさせないために基本設計段階における HAZID (Hazard Identification Study) 会議を行っている。機器配置図は、図8に示した。



図7 水素燃料電池船

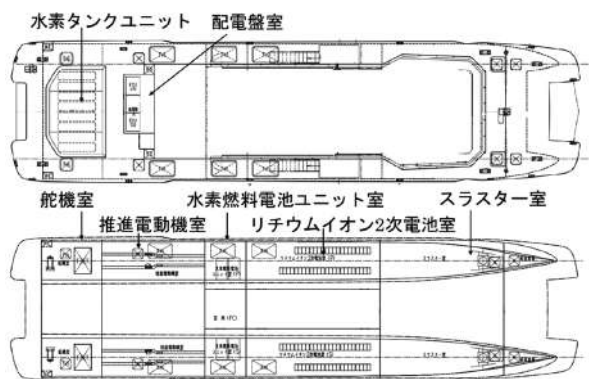


図8 水素燃料電池船の機器配置図

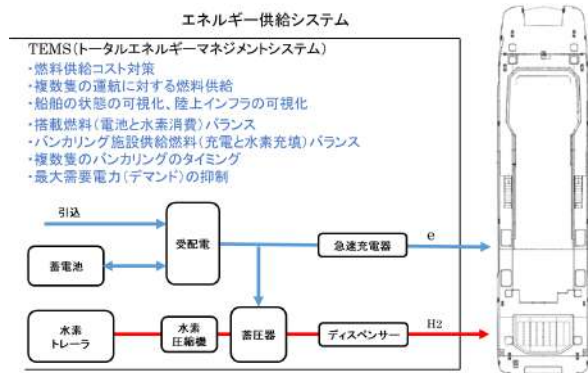


図9 エネルギー供給システム



図10 エネルギー供給基地

搭載するエネルギーは、リチウムイオン2次電池が1,038 kWhと230L水素容器 (Type IV複合容器) 16本で計3,680 Lである。この容器での水素保有量は70MPa圧縮率1.5として1,717Sm³ (1,717Sm³×0.07868kg/Sm³=135kg)となり、電気エネルギーに換算すると135kg×33.6kWh/kg=4,536kWhに相当する。燃料電池の効率を45%とすると使用できる電気量は2,041kWhでリチウムイオン2次電池と合わせると3,079kWhになるが理論的な最大値であり実運用では実用的な最大値を決めエネルギーマネジメントを行う。水素燃料電池船でのエネルギーマネジメントシステムは、「らいちょうN」のシステムを継承しているがさらにエンハンスし、詳細は省くが船のみでなく陸上の供給システム (図9)(図10)のエネルギーマネジメントを含む船陸間通信を用いたTEMS (トータルエネルギーマネジメントシステム)を開発している。

7. まとめ

国内で水素燃料電池船を社会実装させた例はない。船舶、バンカリング設備、エネルギーマネジメントシステムの開発を行い初めての社会実装が実現する。水素燃料電池ユニット、水素燃料タンク、電力変換器等は先行している自動車の製品を用いている。これらを舶用品と同等として認証するための取り組みはこれからも必要であり船舶への新技術の取り込みにおいて陸上と海上の垣根をなくすことの重要性が見える。水素バンカリングにおいては一般的な水素ステーションとは異なる法規制への対応が必要であることが確認されている。課題が多いがこのような船舶は環境や人にやさしいだけでなく、メンテナンスフリーで運用にもやさしい。水素燃料電池とリチウムイオン2次電池だけで運航できるハイブリット制御による純燃料電池船について、国土交通省策定の「水素燃料電池船の安全ガイドライン」に沿った検査に適合するための手法が確立すれば多くの造船所で水素燃料電池の建造ができ、船主は安全に運航が可能となる。「らいちょうN」の水素燃料電池船として日本で最初の船舶検査証書を取得したことが水素燃料電池船の普及促進に繋がることを期待している。

電気化学反応を利用した海洋 CDR (Carbon Dioxide Removal)

国立研究開発法人海洋研究開発機構 地球環境部門 北極環境変動総合研究センター 北極観測技術開発グループ グループリーダ 吉田 弘

1. はじめに

2024年7月22日は最近の歴史上最も暖かい日だった。コペルニクス気候変動サービス (C3S)¹⁾によると、当日の世界の平均気温は17.16℃となった。2023年の世界年間平均気温は14.98℃ (産業革命前より1.48℃高い)であったことから、2024年の年間平均気温は1.5℃を超

えてしまいそうな暖かさである。日本ももちろん暖かい年となり、10月になっても30℃を超える日があった。いま、時代は人新世となり、人類は劇的にエネルギーを消費するとともに、活動による排出が地球の環境を脅かすほどになっている。Nine Planetary Boundaries²⁾はその良い指標であり、2024年現在、9項目の内の6つ

が境界を越えてしまっており（地球が正常でいられる境界値を超えたということ）、気候変動はその内のひとつである、日本においては、世界的な共通目標であるカーボンニュートラルを2050年までに達成するために、エネルギー消費の低減、再生可能エネルギーの利用促進、二酸化炭素（CO₂）削減対策を推進している。その効果もあり、わが国のCO₂を含む温室効果ガス（GHGs: Green House Gases）の排出量は微量ではあるものの低下している。しかしながら、2050年の目標が容易に達成できるかという点、どの団体も明言はしていないが、筆者の感覚では達成可能性は悲観的だ。デジタルトランスフォーメーションを始め、人口減少対策としてのICTやロボティクスによる生産性の向上を考えると、近未来の経済社会において、エネルギー消費は増大する。一方、再生可能エネルギーの中心を成す洋上風力発電は、計画数を実現するために必要な実施数が低迷している。さらにGHG削減は企業の直接的な経済利益にならないため、なかなか実施が進んでいない。このような排出削減の不足する部分を補うために、二酸化炭素除去（CDR: Carbon Dioxide Removal）という方法が提案されている。CDRは大気中にある低濃度のCO₂を取り除くことを言い、森林などの自然環境に吸収・固定させるNBR（Nature-Based Removals）と、人工的にCO₂吸着・貯留やリサイクルを行うTBR（Technology-Based Removals）という手法に分類できる³⁾。海洋には、人為的に大気に放出されたCO₂の約3割が吸収されており、単位体積あたりのCO₂密度も大気中よりも100倍以上高い。これを回収することで海洋のCO₂貯蔵機能を増加させる手法を海洋CDR（mCDR: marine CDR または ocean CDR）と呼ぶ。本稿では、著者らが開発に着手している電気化学式mCDRについて、動作原理と実装における技術課題、実装のためのシステムデザイン等について紹介する。

2. CDR とは

GHGの排出削減についてはメディア等で良く報道されることから、一般的に良く知られているが、CDRの知名度はまだ低いようだ。IPCC（気候変動に関する政府間パネル）は、パリ協定の公約を達成するための排出削減を補完するために、2050年までに年間6～10Gt CO₂を除去する必要があると予測している⁴⁾。現在、約2Gt CO₂/年のCDRがあり、ほとんどがNBRである。

さて、CDRを検討するに当たっては、空間的な広さと時間的な長さの2つを考慮する必要がある。CDRはすぐに移動してしまう大気中のCO₂を除去する手法であるため、世界規模かつ長い時間軸を視野にいれなくてはならない。もし、単独で日本の分だけを回収すると考えたところで、地球全体で考えた場合には僅か（日本の2023年における年間CO₂排出量は1.1GtCO₂）な規模になってしまう。よって、CDRを実施可能な国が協力して各国のCDR分担量を考える必要があるだろう。国内だけを考えても、排出削減のように各法人・個人の個別努力ではなく、オール日本でCDRの展開方法のコンセンサスを取る事が必要である。また、手法を検討する場合は、局所的な効果とLCA（ライフサイクルアセスメント）の検討だけでなく、その手法でCDRを実施したときの回収・貯蔵総量と持続性、さらに、長い

時間軸で地球がどのように応答するかも考慮する必要がある。少なくとも日本全体でどれくらいのCO₂回収総量を目指しているかのポートフォリオ作成や、地球の応答といった科学的な分野の情報は、コンソーシアムなどを形成して、情報収集と情報の相互交換をすることで、わが国としてシステムティックにCDRに取り組める。CDRの総量と持続性については、例えばマッキンゼーは図1のようなポートフォリオを作成している³⁾。

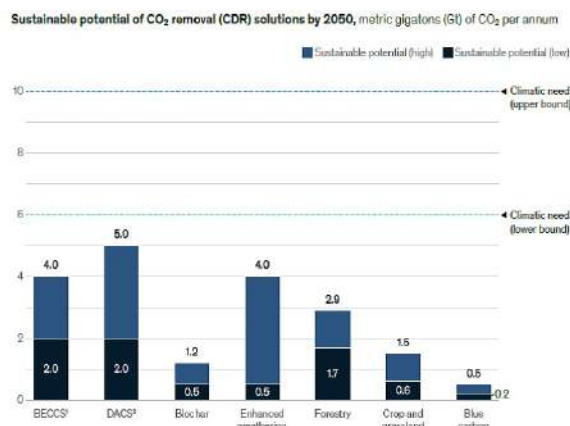


図1 ネットゼロに向けたCDRソリューションのポートフォリオ³⁾

さて、これまでに述べた事と矛盾してしまうが、わが国が分担すべきCDRの最低量は目安として見積もっておこうと思う。2050年のCDR目標量に関する文献を、筆者は見つけることはできなかった。しかし、2020年のエネルギー白書にCDR量は排出量の約2割と読み取れるグラフが掲載されている。日本の排出量は概ね1.1Gt CO₂/年であるから、0.2～0.3Gt CO₂/年程度が先進国としての最低のデューティーになると考えられる。

3. marine CDR

海水のCO₂密度は、大気に比較して100倍以上あることから、mCDRは大気中のCDRより効率が高く、将来的に有力な手法である。mCDRの種類には、海洋肥沃化、ブルーカーボン、海洋アルカリ度強化、人工湧昇、電気化学式などがある。2020年以降、日本ではブルーカーボンに注目が集まり、カーボンクレジットを発行する団体も複数現れたことから、取り組み法人が増え、かなり高めのカーボンプライシングがなされている。また、ブルーカーボンは海洋生物の多様性を持続するというコベネフィットがある。しかし、ブルーカーボンは図1で示されているように、CO₂回収総量と持続性が弱い。よって、更なるmCDRの試みが必要と考えられる。

電気化学式mCDRは2010年頃から提案され始めた⁵⁾。この手法では、海水のpHを低下させて酸性化海水からCO₂を直接取出す、塩基性海水を海洋に戻して海洋アルカリ度を強化する、塩基性海水中で炭酸イオンをのカルシウムイオンと結合させて炭酸カルシウム化するという3種の方法が使われる。スタートアップも10社程度立ち上がっており、大きな投資を受けているCaptura⁶⁾やEquatic⁷⁾が先行している。日本の電気化学式mCDRの取り組みは、わずかに先行する海外技術への投資があるだけである。

海水中に溶け込んだCO₂は(1)式と図2に示すよう

に、海水の pH 値により、水和二酸化炭素； $\text{CO}_2(\text{aq})$ 、炭酸； H_2CO_3 、重炭酸イオン； HCO_3^- 、炭酸イオン； CO_3^{2-} のいずれかの状態にある。海水表面の平均的な pH は 8.0～8.1 であるため、 HCO_3^- が主成分となる。海水から CO_2 を取出すには、海水を酸性化させて水和した CO_2 にすることで、気体として取り出し、選択的に CO_2 を吸着する材料に固定する方法と、海水を塩基性にし、 CO_3^{2-} を増加させて、海水に含まれるカルシウムイオン (Ca^{2+}) と反応させて炭酸カルシウムとして取り出す手法である。私たちは、海水の pH を低下させ CO_2 を気体化して回収する方法を選択している⁸⁾。

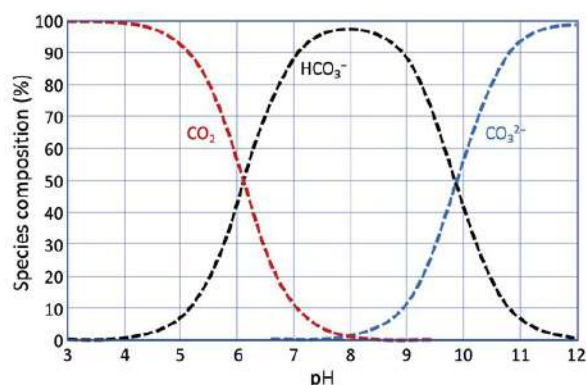
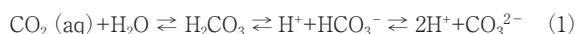


図2 海水中の溶存無機炭素のpH依存性⁹⁾

海水中に電極を入れて電流を流すと、プロトン (H^+) が多い酸性化海水と水酸化物イオン (OH^-) が多い塩基性海水に分離できる。これを実現する装置には水電解装置または電気透析装置がある。海水に水電解を用いると、酸素が発生すべき極で塩素ガスが発生してしまうため、その制御の必要が生じることから、私たちは電気透析装置を用いている。電気透析装置は複数のイオン交換膜を使用し、電解液も必要なために構造が複雑化するが、塩素ガスの発生は無く、プロトンと水酸化物イオンの分離に要する電位が 1V 未満となる利点がある (カチオン膜とアニオン膜を張り合わせたバイポーラ膜をコアに用いたバイポーラ膜型電気透析の場合)。

電気透析装置をコアにした CDR システムを実現するには、このほかに、海水に含まれる不純物 (無機粒子、有機物、イオン、生物など) を事前にある程度除去するフィルター、海水から水和した CO_2 をガスとして取出すための気液平衡器、取出したガスに含まれる O_2 や N_2 などから選択的に CO_2 ガスを固定する吸着剤が必要である。図3のシステムブロック図には a) CO_2 を取り出すケースと、b) 炭酸カルシウムとして CO_2 を固定するケースの2つを図示している。 CO_2 を取り出した酸性海水は塩基性海水と混合されて海に戻される。

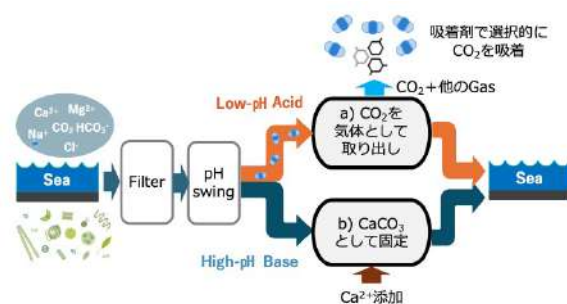


図3 電気化学式 mCDR の基本ブロック図。a) 酸性化海水から CO_2 を取出す方法と、b) 塩基性海水で CO_2 を固定する方法の2つが記載されているが、通常はどちらか一方を選択する。私たちは、酸性化海水から CO_2 を取り出し固定できることを確認するために、コンポーネントモデルを開発し試験を実施している。

4. システムデザインと今後の展開

電気化学式 mCDR システムの設計目標は、日本の CO_2 排出量の 4% 以上 (日本の総 CDR 量のうちの 20% 以上を電気化学式 mCDR で、残り 80% は NBR や Direct Air Capture 等を利用) を回収することで、気候変動の緩和と、海洋酸性化の局所的な緩和を行い、2050 年の我が国のカーボンニュートラルに貢献することである。本システムの実装で考慮すべきポイントは、海水を汲み上げるエネルギーを極力小さくするために、洋上プラットフォームまたはすでに他の目的で海水を汲み上げている施設を利用すること、化石由来の電気エネルギーを利用すると、回収した CO_2 よりも排出する CO_2 が多くなってしまうために、再生可能エネルギーまたは余剰電力を使える環境であることなどである。このような条件を満たすプラットフォームは、浮体式洋上風力発電所、既設の発電所や海水淡水化設備などとなる。この2つを実装場所として仕様検討すると図4のようになる。洋上風力発電所の基数は、我が国の 2040 年の発電量目標からラフに 4,000 基と推定した (2050 年目標を用いると約 1 万基)。洋上風力発電所だけでは不足する CDR 量のために、火力発電所 (国内に 194 基あり、200t/日程度の CO_2 回収を見込むことができる) を候補とした。この場合のシステム動力源は太陽光発電などの再エネ余剰電力で賄う必要がある。

回収した CO_2 は船舶により二段階に輸送し、日本の EEZ 内の海底に貯留すると仮定している。各プラットフォームからは内航船 (499t 船を仮定) を用いて回収し、一旦、三河湾に集約して CO_2 を液化した後、液化 CO_2 船 (現在は実証段階) で海底貯留サイトまで輸送する。約 5 千隻の内航船と約 20 隻の CO_2 船を用いることで、輸送は条件付きで成立しそうである。以上のモデル化を行い、これまでの基礎実験で得た値を用いると、1 トン当たりの CO_2 回収コストは約 8 万 3 千円と推定できる。このうち輸送と炭素の貯留にかかるコストが約 2 万 6 千円である。カーボンプライスの傾向を見てみると、2050 年には $\text{¥}20,000/\text{t}_{\text{CO}_2}$ 以上には成りそうなことから、現時点の目標は、1 トン当たりの回収コストを 2 万円より下げることである。このほか洋上で mCDR プラントの運用を行う場合には、プラントの開発に加え、無人遠隔プラント監視、ロボットメンテナンス、 CO_2 の無人輸送などの技術確立が別途必要になる。

日本では CDR は未だ一部の人たちにしか知られていないが、カーボンニュートラルの実現にとっても重要な手

法である。今後、より多くの法人、個人に知ってもらい、また理解してもらうことが重要である。私たちは、今後も精力的に研究開発と研究予算獲得に励むと共に、コンソーシアムを設立して、ともにシステムの構築と研究開発をする仲間を増やしていきたい。長い時間でのプロジェクトを実施するのが苦手な日本人であるが、リサイクルや海洋酸性化対策など目の前の利益を得られる方法を駆使しながら、採用実績をあげることで、2050年の目標を達成したい。

2045年頃の達成イメージ

項目	目標値	備考
回収量	50 Mt _{CO2} /年以上	
場所	領海～EEZ	
プラットフォーム	①浮体式洋上風力発電 ②発電所、淡水化施設等	セミサブ型
浮体総数	4,000基※1	+②施設
CO ₂ 回収量	10 t _{CO2} /日/基	①効率95%
海水流量	100 kt/日/基	①
所要電力	2.8 MW/基	①
サイズ感	30 x 30 x 3 m	海中埋没
回収コスト	¥20,000/t _{CO2} 以下	
CO ₂ 処理	リサイクル 海底下貯留	10 Mt未満 10 Mt以上

※1 浮体だけで賄う場合は14,000基必要

実施イメージ

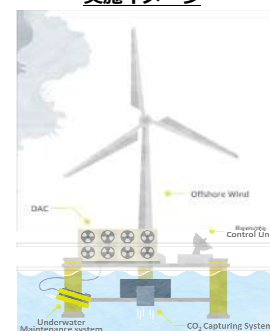


図4 電気化学式mCDRを浮体式洋上風力発電等に搭載した場合の仕様とイメージ図

引用文献

- 1) New record daily global average temperature reached in July 2024, Copernicus Service, News, 25th July 2024. <https://climate.copernicus.eu/>
- 2) <https://www.stockholmresilience.org/research/planetary-boundaries.html> (2024/12 確認)
- 3) Carbon removals: How to scale a new gigaton industry by McKinsey, December 2023.
- 4) IPCC, 2023: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]*. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 1-34, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001
- 5) M. D. Eisaman, K. Parajuly, A. Tuganov, C. Eldershaw, N. Chang and K. A. Littau, "CO₂ extraction from seawater using bipolar membrane electrodialysisEnergy." Environ. Sci., 2012.5, 7346-7352.
- 6) <https://capturacorp.com/> (2024/12 確認)
- 7) <https://www.equatic.tech/> (2024/12 確認)
- 8) H. Yoshida et al., "Conceptual Design of an Underwater Direct Seawater Capturing for Enhanced Ocean Carbon Storage," OCEANS 2023 - MTS/IEEE U.S. Gulf Coast, Biloxi, MS, USA, 2023, pp. 1-6, doi: 10.23919/OCEANS52994.2023.10337220.
- 9) Eelco J Rohling, Marine methods for carbon dioxide removal: fundamentals and myth-busting for the wider community, Oxford Open Climate Change, Volume 3, Issue 1, 2023.

TON×神戸市 海洋産業振興セミナー 「海運におけるカーボンニュートラル」開催報告

テクノオーシャン・ネットワーク事務局

2024年9月11日(水)に、「海運におけるカーボンニュートラル」をテーマとしたセミナーが神戸市で開催され、273名が参加した。本セミナーは、神戸市とテクノオーシャン・ネットワーク (TON) の共催で開催され、カーボンニュートラルに向けた海運業界の最新技術や国際動向について、専門家による講演が行われた。

セミナーの冒頭では、神戸市 調整課長 小林謙作氏による開会挨拶があり、続いて国土交通省 環境渉外室 主査 金子隆佐氏が、「国際海運の GHG 排出削減に関する IMO の動向等」について説明した。講演では、船用大型エンジンの次世代燃料への対応についても紹介され、(株)ジャパンエンジンコーポレーション 執行役員 江戸浩二氏が、「船用大型エンジンの次世代燃料について」を説明した。

さらに、ジャパンハイドロ株式会社 取締役 社長 執行役員 青沼裕氏による「水素エンジンによる海運・港湾脱炭素のススメ」の講演が行われた。続いて、

(株)OKAMURA 顧問 村田博明氏からは、「OKAMURA 液体水素関連機器の取組み」が紹介された。さらに、(株)山本電機製作所 代表取締役社長 山本博和氏が、「超電導式液化水素用レベルセンサの紹介」や、水素漏れセンサなどについて紹介された。

最後に、TON 事務局長の今井俊幸が「テクノオーシャン 2025のご案内」を説明し、閉会の挨拶が行われた。

アンケート結果では、参加者の88%がセミナーに対して満足と回答があり、最新の技術開発の動向や国際的な取り組みの詳細な説明、具体的な事例の紹介が非常に貴重であったとの声が多く寄せられた。さらに、会場規模の拡大や質疑応答の時間をもっと充実させてほしいという要望や、セミナーのアーカイブ配信、定期的な開催を求める意見も多く見られた。

今回のセミナーは単なる情報提供の場にとどまらず、セミナー後の交流会を通じて参加者にとって有益な情報交換の場ともなった。



海運におけるカーボンニュートラルをテーマとしたセミナー

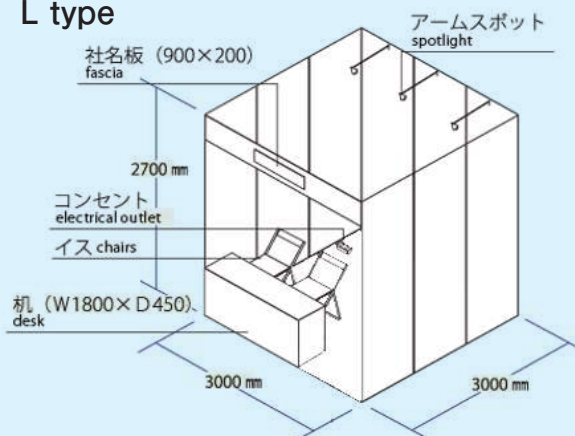
Techno-Ocean 2025展示会出展者募集

海洋科学技術に関するわが国唯一の国際コンベンション
「ビジネスマッチング」「ネットワーキング構築」「学生との出会い」
などにご活用ください！

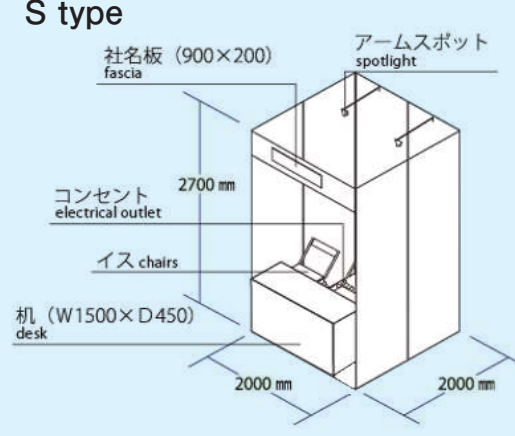
◆開催日：2025年11月27日(木)～29日(土)

◆会場：神戸国際展示場

L type



S type



●パッケージタイプ基本仕様 L Type (3m×3m) 及び S Type (2m×2m)

展示スペース／サイドパネル／バックパネル／パラペット／社名版×1／アームスポット／机×1／パイプイス×2／コンセント (100V500W)／電気使用量及び電気幹線工事費

●スペースタイプ基本仕様 付属品なし

タイプ	早期割引料金 (申込期限2025年3月31日まで)	通常料金 (申込期限2025年6月30日まで)
L Type (3m×3m)	¥ 330,000 (税込：¥ 363,000)	¥ 360,000 (税込：¥ 396,000)
S Type (2m×2m) ※教育、研究機関に限る	¥ 190,000 (税込：¥ 209,000)	¥ 210,000 (税込：¥ 231,000)
スペースタイプ	¥20,000 (税込：¥22,000) /㎡ ※最小申込面積は27㎡以上となります。	



※申込についてはこちら

阪神淡路大震災30年事業

BE KOBE
震災30年を
未来につなぐ

Techno-Ocean 2025

編集室から

本号の記事では、カーボンニュートラルがひとつのキーワードとなった。地球規模の環境問題に対処し、これを解決していくためには、個々の利潤追求という次元を超えて、地球共同体としての連携による地道な努力が求められる。世界を見ても、近くのアジアを見ても、楽観的な状況とは言い難いものの、乙巳の年を迎えて、海洋を舞台に開発される技術が困難を克服して発展し、平和な未来を創り上げるのに役立ってくれることを祈念してやまない。(近)

Techno-Ocean News No.90 2025年2月発行

発行：テクノオーシャン・ネットワーク (TON)

〒650-0046 神戸市中央区港島中町6丁目9-1

(一財) 神戸観光局内

☎078-303-0029 ☎078-302-6475

URL: <https://www.techno-ocean.com>

e-mail: techno-ocean@kcva.or.jp

