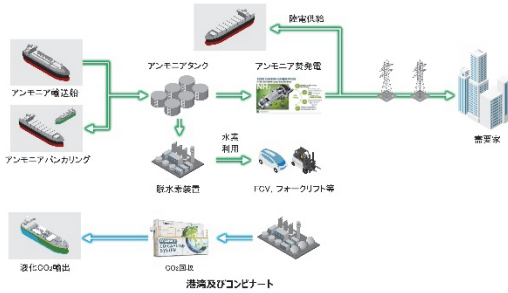


港湾を起点とした脱炭素ソリューションの展開 カーボンニュートラルポート(CNP)

Achieving Carbon Neutral Port -Expansion of Decarbonized Solutions from Sea Port-



吉岡 正博*1
Masahiro Yoshioka

山元 雄矢*2
Yuya Yamamoto

足立 尚久*3
Naohisa Adachi

氏家 淳也*4
Junya Ujiie

長澤 貞邦*5
Sadakuni Nagasawa

西田 量*5
Ryo Nishida

世界中で脱炭素に向けた取組みが進む中、三菱重工グループ(以下、当社グループ)も 2040 年カーボンニュートラルを宣言した。当社グループでは、エネルギー供給側の“エナジートランジション”と需要側での“社会インフラのスマート化”を二つの成長領域と定め、これらによりカーボンニュートラル社会の達成に向けて貢献していく。ここでは港湾を起点とした、当社の脱炭素ソリューションの紹介と現在の活動状況を報告する。

1. はじめに

我が国は、2050 年までに温室効果ガスの排出をゼロにする“2050 年カーボンニュートラル”を宣言し、脱炭素社会の達成を目指して歩み始めた。CO₂ 排出源立地環境で整理すると、我が国の CO₂ 排出量の約6割を占める発電・鉄鋼・化学工業等の多くは港湾や臨海部に立地しているとされており、これらで使用する燃料や資源のほとんどは港湾を介して供給されている(図1)。

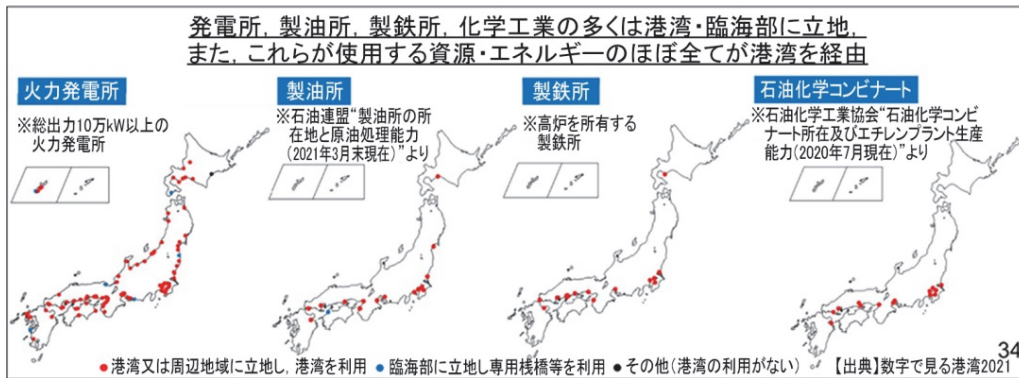


図1 国内の CO₂ 排出量の多い産業の立地⁽¹⁾

また、船舶への燃料も港湾から供給されており、港湾は陸と海の燃料供給拠点としての機能を担っている。カーボンニュートラルに欠かすことのできない燃料として、水素やアンモニアが注目されており、今後、港湾に集まるこれらの脱炭素燃料を利用することで、港湾だけでなく、陸や海の脱炭素化を効率的に進めることができる。

この港湾でのカーボンニュートラルの推進のため、国土交通省は 2021 年度に“カーボンニュートラルポート(CNP)の形成に向けた検討会”を立ち上げた。この検討会では、国際サプライチェーンの拠点かつ産業拠点である港湾を脱炭素化に配慮して高度化し、CNP として形成する方向性

*1 エナジードメイン エナジートランジション推進部 主席部員 技術士(電気電子部門)

*2 エナジードメイン エナジートランジション推進部 技術士(機械部門)

*3 エナジードメイン エナジートランジション推進部 主幹

*4 エナジードメイン エナジートランジション推進部 グループ長

*5 エナジードメイン エナジートランジション推進部 主席部員

が示された。現在(2023年3月27日時点)、国内65港湾にて、多岐に渡る関係者が参加する“港湾脱炭素化推進協議会”等が設置されている。それぞれの地域特性を生かした水素・アンモニアサプライチェーンの構築や、港湾機能の高度化に関する基本方針が検討されており、この検討を踏まえて港湾脱炭素化推進計画や、目標達成に向けてのロードマップが策定され、取組みが推進されることとなっている⁽²⁾。

海外においても、水素・アンモニアの製造・輸送・利用のハブとして工業集積港の脱炭素化が検討されている。オランダ・ロッテルダム港では大規模な水素ネットワーク構築により、北西ヨーロッパにおける水素の製造・輸入・利用・他国への輸送ハブを目指す構想“Hydrogen Vision”が掲げられ、既に輸送ハブを目指した取組みが開始されている。

また、港湾停泊中の船舶からのCO₂排出量を削減するため、アントワープ港(ベルギー)、ブレーマーハーフェン港(ドイツ)、ハンブルグ港(ドイツ)、ハロバ港(フランス)、ロッテルダム港(オランダ)では陸上電力供給を最大限展開することがコミットされている。既にロサンゼルス港、ロングビーチ港(米国)でもコンテナ船への陸上電力供給が行われており、陸上から船舶への脱炭素電源供給のニーズが高まっている。

港湾の重要機能であるバンカリング(船舶への燃料供給)についても、メタノールや水素、アンモニア等の低・脱炭素燃料の利用に向けた動きが加速している。アントワープ港では2025年までにメタノール・水素バンカリングに対応予定であり、シンガポールではアンモニアバンカリングの実現可能性調査、及びメタノールバンカリングに向けた検討を実施中であり、国内外でCNP実現に向けた検討・取組みが進められている。

2. 当社の港湾向けソリューション

国土交通省港湾局の整理によれば、CNPの目指す姿として図2に示す整理がなされており、

- (1) 臨海部立地産業等の脱炭素化
- (2) 水素等の受入れ環境の整備
- (3) 港湾オペレーションの脱炭素化

の必要性が示されている。

以下にこれらに対応した当社のソリューション提案を示す。



図2 カーボンニュートラルポート(CNP)の形成のイメージ⁽³⁾

(1) 臨海部立地産業等の脱炭素化

当社では、電力分野の脱炭素化に欠かすことのできない水素・アンモニアを用いた発電設備の開発を行っている(図3)。港湾に集まる脱炭素燃料を活用して発電・熱エネルギーの供給を行うことで、港湾及びその周辺の産業からの CO₂ 排出量の低減が可能となる。さらには、送配電線を通じて遠隔地にも脱炭素電力の託送も可能であり、港湾を起点として遠隔地に及ぶ脱炭素化が可能である。



図3 水素・アンモニア焼きガスタービン(左)、及び水素ガスエンジン単気筒試験機(右)

また、CO₂ 回収装置の導入により、港湾及びその周辺産業で発生する CO₂ 抑制に寄与することが可能である。当社は CO₂ 回収装置に関し、排ガスからの CO₂ の回収設備容量ベースで世界シェア 70%以上を誇っており⁽⁴⁾、2023 年4月現在、世界各地に計 15 基の商用 CO₂ 回収装置の納入実績に加え、3基の建設を進めている。更に、脱炭素に取り組むお客様がより手ごろに導入いただけるよう小型 CO₂ 回収装置をラインナップに加え、電力・産業分野を始めとするあらゆる分野の脱炭素化に貢献していく(図4)。

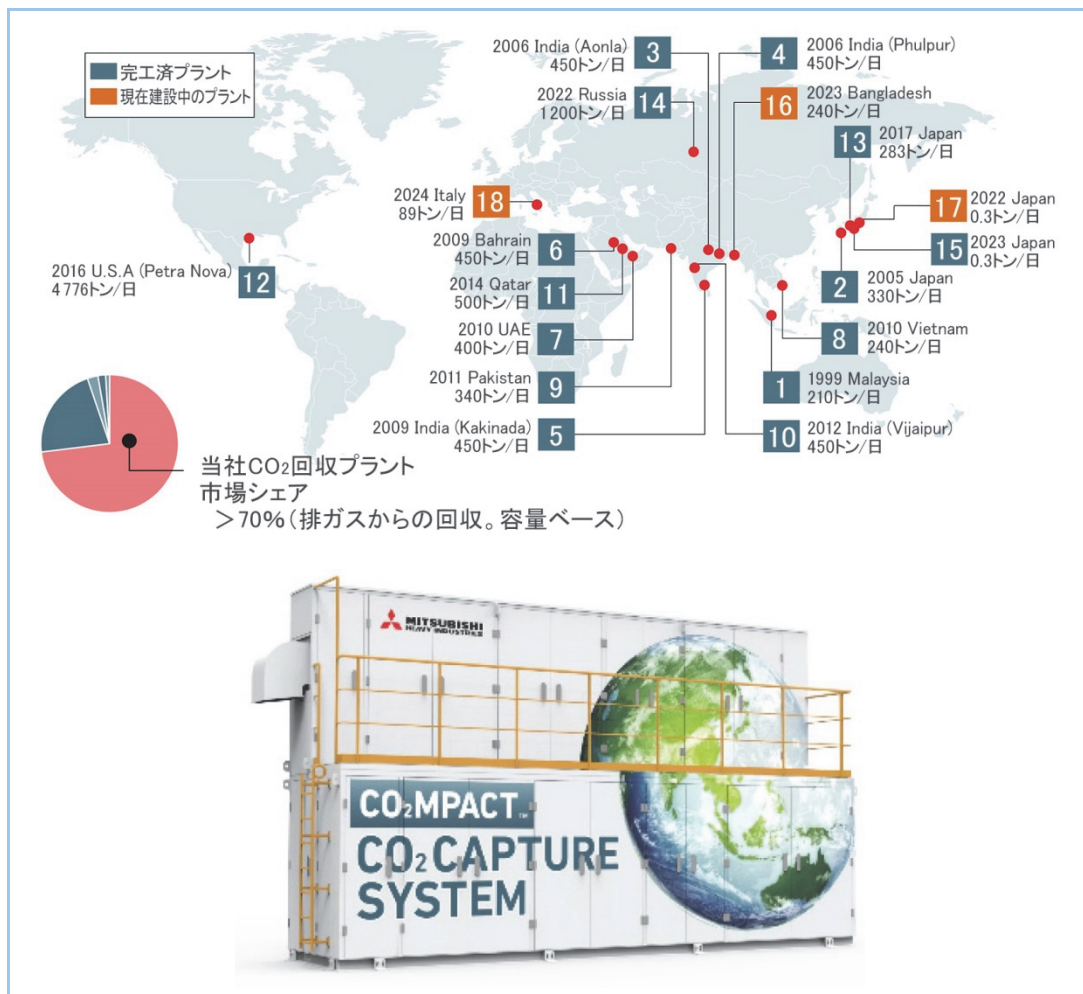


図4 CO₂ 回収プラント導入実績(上)と小型 CO₂ 回収装置(下)

(2) 水素等の受入れ環境の整備

水素等の受入れ環境の面では、水素・アンモニアのサプライチェーンを担う燃料アンモニアの輸送船や、近い将来、市場に登場するアンモニア焼き輸送船へのバンカリング船の開発を進めている。また、浮体式アンモニア貯蔵再ガス化設備(アンモニア FSRU: Ammonia Floating Storage and Regasification Unit)についてもコンセプトスタディを完了した(図5)。アンモニア FSRU は液体として輸送されたアンモニアを洋上で受入れ・貯蔵し、需要に応じてアンモニアを再ガス化して陸上へ供給するための洋上浮体設備であり、陸上のアンモニア貯留基地建設に比べ、低コストかつ短期間に導入が可能であり、脱炭素化に向けてアンモニアの活用に関する関心が世界的に高まる中で燃料アンモニアの早期安定供給に寄与することが期待されている。

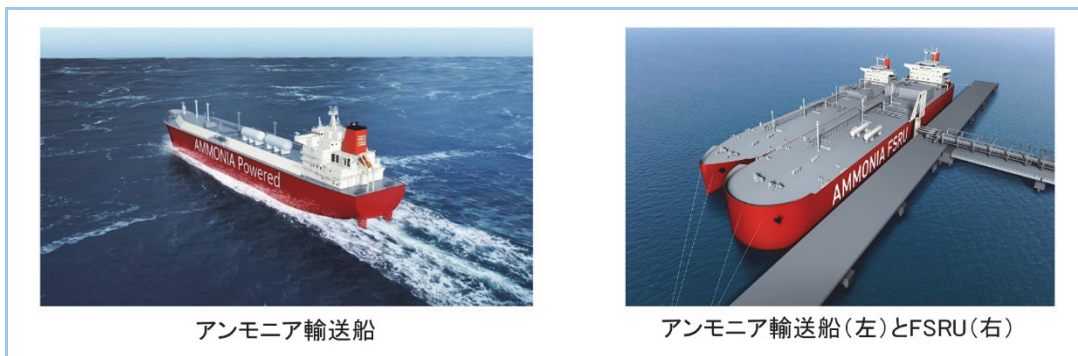


図5 水素などの受入れ環境整備に貢献するアンモニア輸送船・FSRU

港湾は脱炭素燃料の取扱いだけでなく、CO₂ のハンドリングにおいても重要な役割を担う。CO₂ の排出地と貯留地・活用地は離れているケースが多いことから、港湾を起点に CO₂ の輸送を行うことが想定される。当社では、CO₂ を安全かつ低コストで輸送するため CO₂ バリューチェーンの開発にも取り組んでいる。前述した CO₂ 回収装置に加え、回収した CO₂ を運搬する液化 CO₂ 輸送船に関しては世界初の CCUS (Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage) を目的とした実証試験船を 2023 年度後半に完成させる予定である。また、CO₂ の効率的な輸送・貯留に向けて CO₂ 液化装置、CO₂ タンク、CO₂ コンプレッサ、CO₂ の活用先の一つとして期待される肥料プラント、バリューチェーン内の CO₂ を可視化して流通・取引を支援するデジタルプラットフォーム CO₂NNEX[®]等の技術を有しており、これらの技術を通じてバリューチェーンの構築に努める。(図6)。

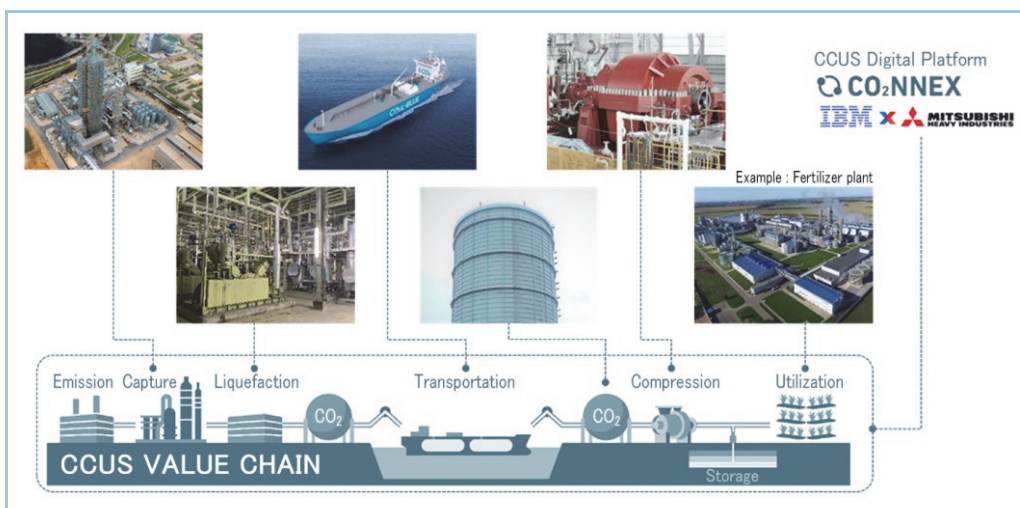


図6 CO₂バリューチェーンと当社製品

このように港湾は、水素・アンモニアバリューチェーン、CO₂バリューチェーンの要所であり、**図7**に示すとおり、CNPの形成を通じて効率的・効果的に脱炭素化を進めることが可能である。

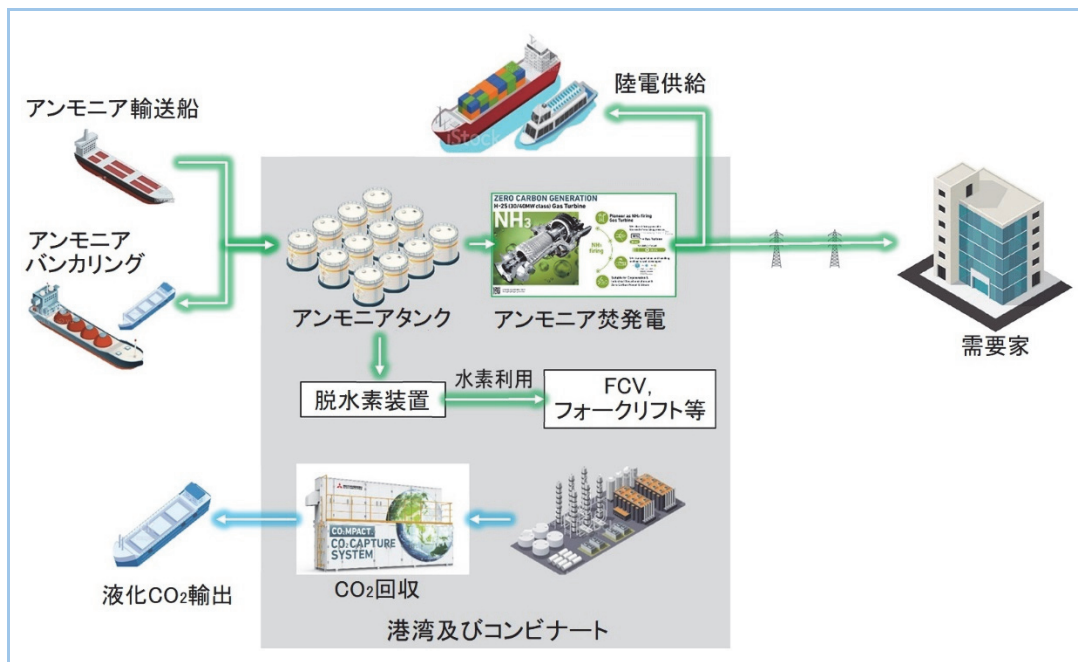


図7 港湾を起点とした脱炭素化イメージ

(3) 港湾オペレーションの脱炭素化

この他にも、当社は様々な製品・ソリューションを有している。例えば港湾オペレーションの脱炭素化に対しては、タイヤ式門型クレーン(RTG:Rubber Tired Gantry crane) (**図8**)が一つのソリューションとなる。従来のハイブリッド型で使用される蓄電池の容量はそのままに、ディーゼルエンジン排気量・出力を抑え、新たに搭載するエンジンコントローラにより最適かつ効率的に燃焼させることで国土交通省の排出ガス規制(4次基準値)に対応する。これにより CO₂をはじめ、NO_x(窒素酸化物)、PM(粒子状物質)の排出量を削減するとともに、従来比 15%以上の燃費改善が見込める。また、近い将来、ディーゼル発電機を燃料電池に換装することで、CO₂排出量ゼロに対応することが可能なモデルとなっている。さらに、港湾において多くの機種が使用されるフォークリフト(**図8**)についても動力源の燃料電池化を検討している。水素の供給インフラが整った地域においては燃料電池の普及が見込まれること、カーボンニュートラルへの貢献も大きいことから、実用化に向けて市場での試験を実施中である。

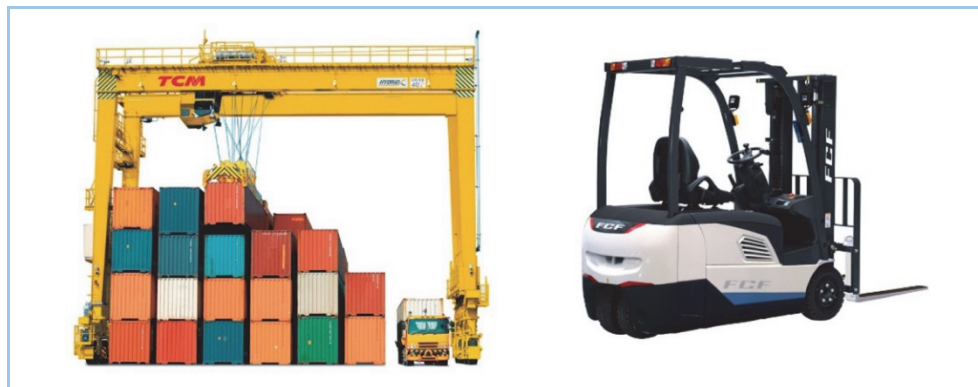


図8 港湾オペレーションの脱炭素化に貢献するRTG(左)、フォークリフト(右)

さらには、港湾の物流倉庫向けに地球環境に優しい低 GWP 冷媒を採用した空調やヒートポンプ、防災用に信頼性の高い非常用発電機やエンジン発電設備と太陽光などの再生可能エネルギー発電、及び蓄電池を組み合わせたトリプルハイブリッド発電システム(EBLOX®)等、当社は

港湾のオペレーションに親和性の高い様々な製品を有している。世界中で脱炭素のニーズが高まる中、新たな設備の導入が必要となるが、港湾にはこれまでになじみのない技術も多い。当社は、脱炭素ソリューションのテクニカルプロバイダとして、初期の計画段階から中長期に渡り、お客様へ最適なソリューションを提案し、お客様の脱炭素を支援していく。

3. 当社の参画する CNP プロジェクト

当社は 2022 年 8 月 19 日シンガポール Jurong Port Pte Ltd. (以下, Jurong Port), JERA Asia Pte. Ltd. (以下 JERA Asia) とともに、シンガポールにおいてアンモニアターミナルの敷設・運用、並びにアンモニア焼きガスタービン発電事業に向けて共同検討することを定めた覚書を締結した。

シンガポールは GHG 排出量を 2005 年比で 36% 減, 2050 年までに GHG 排出量を 2030 年の約半分にすることを掲げており、カーボンニュートラルに向けその歩みを積極的に進める国の一つである。電力・海事・航空分野で低炭素水素や水素由来燃料を活用することを計画しており、東南アジアの脱炭素化を牽引している。

また、シンガポールはアジアにおける海上交通の要衝マラッカ海峡に位置し、世界主要航路の一つであり、世界一のバンカリング港となっている。同国政府はバンカリングを最重要政策の一つと位置付けており、今後船舶燃料の脱炭素化が進んでも世界一のバンカリング港の地位を維持するため、アンモニアバンカリング拠点の形成を目指している。

これには多くの設備投資を要する一方、アンモニア燃料船の商用化は 2030 年以降と予想されており、当社は政府系オペレータの Jurong Port に対し、CNP の早期実現のため、燃料アンモニアをまずは、当社で開発中のアンモニア焼きガスタービン発電設備で利用することで陸の脱炭素化を図り、アンモニア燃料船が市場に登場次第、バンカリングを通じて海の脱炭素を進めることを提案した(図9)。その後、当社と Jurong Port は 2021 年 8 月に本件に関する覚書を締結。簡易経済合理性の確認の結果、燃料アンモニアが均等化発電原価(LCOE: Levelized Cost of Electricity)の大部分を示していることが分かり、その経済性を高めるべく、アンモニアの廉価安定調達に関し知見を持つ株式会社 JERA のシンガポール現地法人である JERA Asia も参画して共同検討することになった。今後は 6 万 kW 級のアンモニア焼きガスタービンコンバインドサイクル、及びバンカリングの実現に向けて関係者との検討を進めていく。

シンガポールだけでなく、オーストラリア、中東、ヨーロッパでもシンガポールと同様に水素・アンモニアを活用した CNP 構築に関するニーズが顕在化している。お客様のニーズに耳を傾け、引き続き陸と海の脱炭素プロジェクトを進めていく。

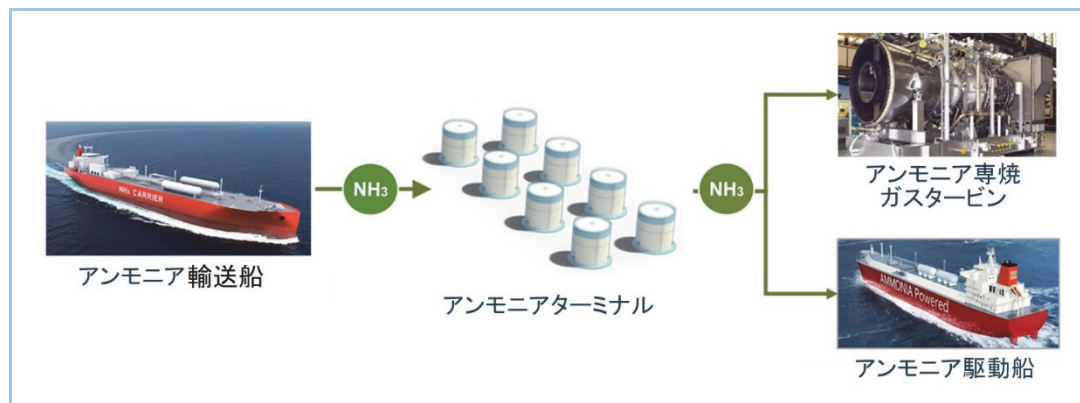


図9 シンガポールでの CNP のコンセプト

4. まとめ

カーボンニュートラルの達成には、再生可能エネルギー、水素・アンモニアといった脱炭素燃料の利用、CO₂の回収と貯留・利用が重要となる。一方でエネルギーの生産地と消費地、CO₂の排出地と貯留地が離れており、個々の技術開発だけではなく、世界規模でのサプライチェーン・バリューチェーンが必要であり、港湾は個々をつなぐ場としても重要な役目を担っている。港湾を起点に脱炭素ソリューションを展開していくことで、我が国及び世界のカーボンニュートラルの達成に貢献していく。

CO₂NNEX[®]は、三菱重工業株式会社の日本における登録商標です。

EBLOX[®]は、三菱重工エンジン&ターボチャージャ株式会社の日本における登録商標です。

参考文献

- (1) 国土交通省港湾局, 数字で見る港湾, 日本港湾協会, (2021)
- (2) 国土交通省, カーボンニュートラルポート(CNP)の形成に向けた検討会, https://www.mlit.go.jp/kowan/kowan_fr4_000050.html
- (3) 国土交通省, カーボンニュートラルポート(CNP), (2023) https://www.mlit.go.jp/kowan/kowan_tk4_000054.html
- (4) 桧垣浩平ほか, カーボンニュートラル社会実現に向けた CO₂ 回収技術に関する最新状況, 三菱重工技報, Vol.59 No.2(2022)