

[寄稿]

ENEOS の水素社会実現に向けた取組み

前田 征児

(ENEOS 株式会社
水素事業推進部 主幹)



1. はじめに

(1) 背景

パリ協定の発効を契機に世界のエネルギー政策の潮流が「カーボンニュートラル」へと転換している中、水素は発電・運輸・産業分野等の幅広い経済活動の脱炭素化に寄与するポテンシャルを有することから、世界各国において関心の高まりを見せている⁽¹⁾。

ENEOS グループはアジアを代表する「エネルギー・素材企業グループ」として、上流の資源開発から下流の製品販売・リサイクルに至るまで、グローバルなバリューチェーンの最適化を追求し、130 年以上の長きにわたって、石油や天然ガスといったエネルギーや石化原料等の素材の安定供給に貢献してきたが、今後の本格的なカーボンニュートラル社会への対応と、持続可能な成長に向けた「次世代型エネルギー供給」の一環として、新たに、図 1 に示す「CO₂ フリー水素サプライチェーン」や「再生可能エネルギー（再エネ）合成燃料」といった、水素を活用した取組みを強

化している。

本稿では、ENEOS における、これらの水素社会実現に向けた取組みと将来展望について紹介する。

(2) 国内外の動向

国内外の動向を図 2 に示す。日本は世界に先駆け 2017 年 12 月に「水素基本戦略」を策定した⁽²⁾。その後、菅前首相の「2050 年カーボンニュートラル宣言」を受け、2020 年に閣議決定された「グリーン成長戦略」では、水素を新たな資源と位置付け、2030 年に年間 300 万トン、2050 年には 2,000 万トンに導入拡大し、長期的には化石燃料と同等程度の価格となる 20 円 /Nm³ 以下を目指すという、野心的な目標が掲げられた⁽³⁾。これを実現すべく、総額 2 兆円の「グリーンイノベーション基金」が創設され、うち、水素関係では約 7000 億円のプロジェクトが採択されている⁽⁴⁾。また、「第 6 次エネルギー基本計画」でも 2030 年の電源構成のうち、1% 程度を水素・アンモニアとする目標設定がなされた⁽⁵⁾。



図 1 CO₂ フリー水素サプライチェーン

日本		海外	
20年10月	菅首相所信表明演説の中で「2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指す」と宣言 (国内温暖化ガス排出を50年までに「実質ゼロ」)	豪州	19年11月に「国家水素戦略」を発表 50年までに約8,000億円の経済効果を見込む 21年4月に450億円の水素ハブ・CCUS基金を発表 - 豪州グリーン水素貿易プログラム公表。「日本向け輸出を焦点に」
20年12月	2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略の発表	EU	20年7月に水素戦略を発表 30年までに電解水素の製造能力40GWを目指す 50年までの投資額35～70兆円
	- 水素は、運輸・産業・民生・電力の幅広い分野で活用可能。今後は新たな資源と位置付け - 水素発電コスト目標として、ガス火力以下に低減 - CO₂フリー水素の導入量は30年に最大300万トン、50年に2,000万トン程度に拡大	アメリカ	21年4月気候変動サミットにて30年までに05年対比50～52%の温室効果ガス削減を発表 21年11月総額120兆円のインフラ投資法案可決（水素はクリーンエネルギー/テクノロジー投資総額10兆円の内数）
20年12月	グリーンイノベーション基金創設（総額2兆円-10カ年） ・具体的な目標年限とターゲットへのコミットメントを示す企業の研究開発を10年間継続支援	ドイツ	20年6月に国家水素戦略を策定 - 国内再エネ水素製造能力の目標を設定（30年:5GW、40年:10GW） - 欧州エネルギー取引所（EEX）にて水素価格指標を開始する計画
21年6月	グリーン成長戦略(閣議決定) ・温室効果ガスの排出を削減する観点で14の重要分野を設定 ・エネルギー産業の「水素産業」は重要位置づけ	フランス	20年9月に水素戦略を改訂 30年までに電解装置6.5GWの設置、年間60万トンのグリーン水素生産を目標として設定
21年8月	グリーンイノベーション基金、水素関連PJの採択決定		
21年10月	エネルギー基本計画閣議決定		
21年12月	岸田首相「クリーンエネルギー戦略」策定・実行を表明（～22年6月）		

図2 国内外の水素エネルギー関連政策の動向

その後、岸田総理の所信表明演説にて、脱炭素社会実現に向けた「クリーンエネルギー戦略」を策定する方針が宣言され⁽⁶⁾、今年6月頃までに、エネルギー転換のための具体策を提示すべく、有識者会議での議論が進展している⁽⁷⁾。これと並行して、総合資源エネルギー調査会に水素政策に関する分科会が設置され、中長期の導入シナリオと、政策支援の在り方が活発に議論されている⁽⁸⁾。

海外に目を転じると、日本に次いで最も早い段階で「国家水素戦略」を発表したのが豪州である。現状では、化石資源や鉄鉱石など、温室効果ガス（GHG）排出負荷の大きな資源輸出型の経済構造からの転換を目指し、豊富な再エネ由来の水素を新たな資源ビジネスの柱に育てていくことで、大きな経済効果の創出を目指している⁽⁹⁾。今年1月に公表した豪州グリーン水素貿易プログラムでは、「日本向け輸出を焦点」とする旨の言及もあり⁽¹⁰⁾、今後、政府間の一層の連携による国際協力に進展することが期待される。

これに続き欧州連合（EU）では2020年に水素戦略を発表し、2030年までに40GWもの電解水素製造能力の実装を目標に掲げ、2050年までの財政投入額として最大70兆円を見込んでいる⁽¹¹⁾。

国レベルでは、英国とドイツの動きが活発

で、日本を含む他国に先駆け、水素供給事業者にとって投資回収の予見性を高めるべく、水素導入支援制度の具体的なスキーム案が示された。英国では、2030年までに5GWの水電解水素製造能力を確保する目標を掲げ、40億ポンド規模の投資を呼び込み大きな雇用創出を見込んでいる。英国では“Low Carbon Hydrogen Business Model”で、洋上風力発電の導入実績のある「差額決済型固定価格買取制度（FIT-CFD）」をベースとした水素事業開発の支援制度案と2.4億ポンドの基金提案がなされている⁽¹²⁾。一方のドイツも同じく2030年までに5GWの水電解導入目標を設定しているが、“H₂ Global”施策の一環で、9億ユーロを原資とし、海外グリーン水素供給事業者に対し、10年間固定価格で政府が一括で買取契約を締結し、水素需要家への販売価格との差額を補てんする仕組みとなっている⁽¹³⁾。いずれも導入初期段階の民間の事業リスクを政府が一部肩代わりすることをコミットするものであり、日本においても、類似の制度に関する議論が早急に進展することが望まれる。

米国ではバイデン政権の目玉政策である「インフラ投資法案」が議会で可決されたが、このうち水素関連では、地域クリーン水素ハブや水電解プログラム等に総額100億ドルの拠出が決まっている⁽¹⁴⁾。これまで目立った動

きの無かったオイルメジャーによる取組みも活発化している模様で、今後の動向に注視する必要がある。

2. CO₂ フリー水素サプライチェーン構築の取組み

(1) ENEOS 水素導入の長期戦略ロードマップ

図3は、ENEOSの水素導入戦略に関するロードマップである。足元の実証段階を経て、2025年頃から年間数万トン規模での社会実装を開始し、2030年から本格的な商用段階に移行し、2050年には国内需要の約半分に相当する量の水素を供給することを目標に掲げている。当初は製油所で受け入れた水素を自社の

発電設備等で活用することが中心だが、国内外のサプライチェーンを段階的に構築しながら、受入拠点の近隣にある発電所や製鉄所などの産業需要や、自動車・鉄道・船舶といった運輸分野の需要拡大への対応を目指す。この目標を達成するため、図4に示すように、
①CO₂フリー水素のサプライチェーン構築
②モビリティ分野を中心とする水素・合成燃料事業による需要創出
③再エネと水素を組合せた地産地消型エネルギー供給プラットフォームの確立
の3つを戦略方針の柱としている。

以下、個別に具体的な取組み内容を詳しく述べる。

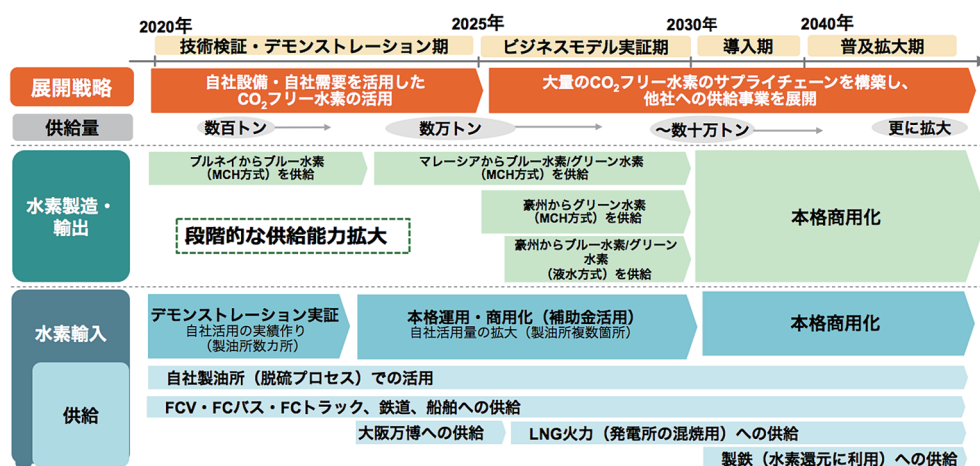


図3 ENEOSの水素サプライチェーン構築に向けた長期戦略

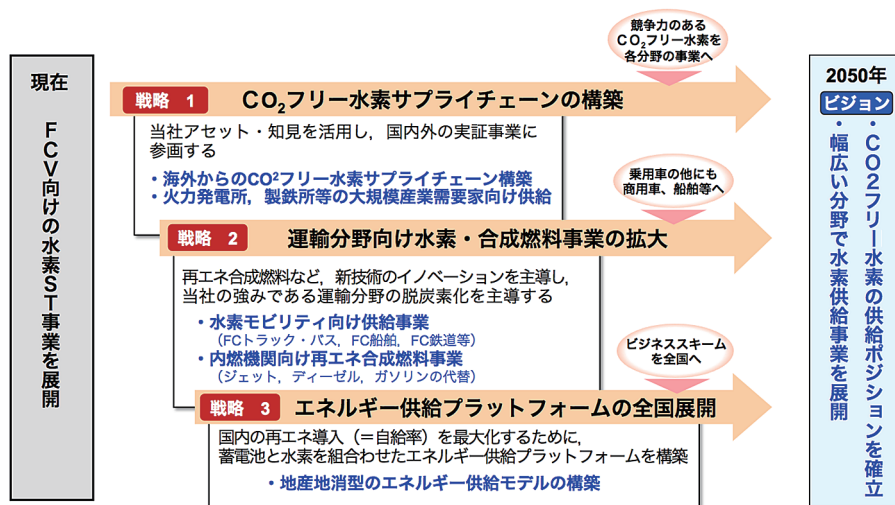


図4 ENEOSの水素・合成燃料事業のビジョンと長期戦略

(2) 海外の水素源開発の状況

図5に海外のCO₂フリー水素源の開発状況をまとめる。豪州ではクイーンズランド州、南オーストラリア州、西オーストラリア州の三地域にて、現地の有力企業と協業し、太陽光や風力など豊富な再生エネルギー由来の安価なグリーン水素源の開発を進めている⁽¹⁵⁾。東南アジアでは、サラワク州の未利用水力発電を利用したグリーン水素源に加え⁽¹⁶⁾、国営石油会社のペトロナス社の未利用副生水素を活用した水素源を検討している⁽¹⁷⁾。一方、中東では、世界最大の石油会社であるサウジアラムコ社と共同で、化石資源由来でCCS技術を組み合わせたブルー水素製造の可能性を検討している⁽¹⁸⁾。

これまでのエネルギー事業で培った、広範囲なネットワークとアライアンスを活かし、本格的な水素の大量消費社会を見据えたサプライチェーンの早期拡大を目指している。

(3) 水素キャリアの選定について

海外から水素を効率的に輸送する水素キャリアの候補としては、表1に示すように「液化水素」「メチルシクロヘキサン (MCH)」「アンモニア」の3方式がある。中でもMCH方式については、貯蔵タンクや輸送船舶・ローリーなどの、石油事業の既存インフラをほぼ

そのままの形で有効活用できる利点があることから、社会実装の初期段階では着手しやすい方式と言える。

液化水素方式については、マイナス253℃の極低温で液化した水素を貯蔵する大型設備の技術開発途上であるが、既に商業ベースで技術が確立されたLNG設備に近いコストが実現されれば、大型ガス火力発電所等の大規模需要向けの貯蔵輸送手段としての普及が見込まれる。

アンモニア方式については、石炭火力の脱炭素化に向けた燃料アンモニア用途が期待されており、将来的には3方式がそれぞれの長所を生かし、用途ごとに棲み分けながら普及していくのではないかと考える。

(4) 国内の受入れ拠点整備と需要確保

海外水素の受入れ拠点としては、港湾・棧橋・タンク等のアセットと大規模な産業需要家へのアクセスが容易であることが望まれるが、製油所はこれらの条件を満たしている。図6に製油所をハブとするCO₂フリー水素の供給モデルを示す。

中長期的に国内石油製品の需要減退が見込まれる中、石油業界各社は製造拠点の統廃合を模索している状況下であるが、当社においては、遊休化する設備やスペースを活かしながら、製油所を脱炭素時代の新たなCO₂フ

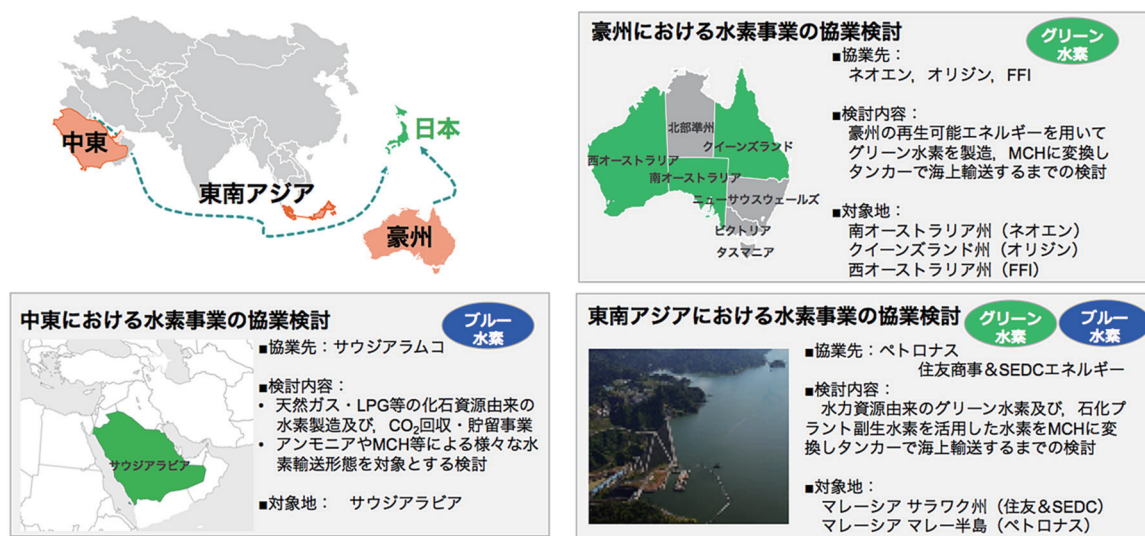
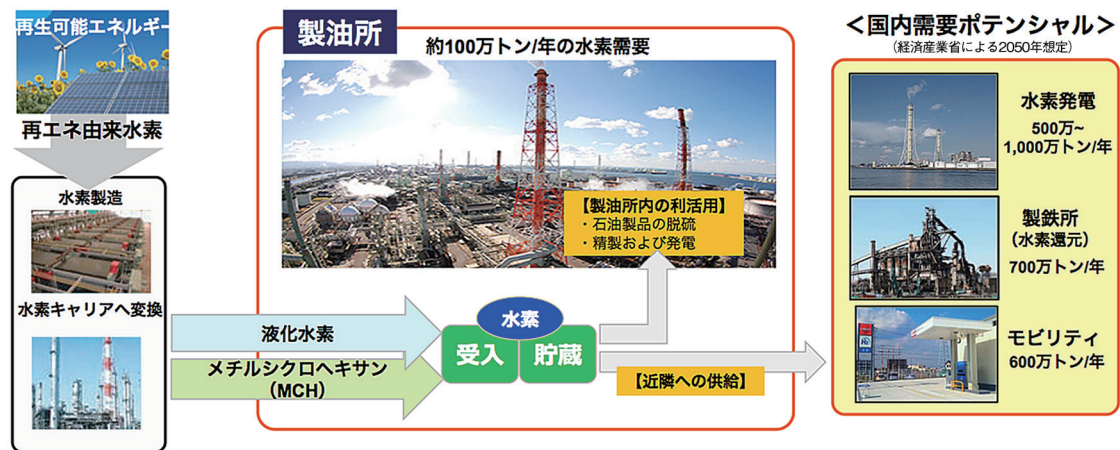


図5 海外からのCO₂フリー水素の調達に関する取組み

表1 CO₂フリー水素キャリアの比較

		液化水素	MCH	アンモニア	メタン（メタネーション）
基本物性	液体となる条件	-253℃・常圧 （漏洩時：ガス）	常温・常圧 （漏洩時：液体）	-33℃・常圧 （漏洩時：ガス）	-162℃・常圧 （漏洩時：ガス）
	体積 （対常圧水素）	1/800	1/500	1/1300	1/600
	ガス密度	0.09	-	0.77	0.56
	毒性	無し	トルエンにあり	毒性・腐食性あり	無し
エネルギー効率 （well to 発電）	褐炭水素+ CCSケース	28%	29%	27%	—
	風力+ 水電解ケース	34%	35%	32%	28%
環境性 （well to 発電） g-CO ₂ /kWh LNG火力:430	褐炭水素+ CCSケース	191	205	211	—
	風力+ 水電解ケース	36	48	49	41
既存インフラの活用可否		・ 国内輸送インフラ活用可能（国際輸送は新設必須）	・ タンカーや貯蔵タンク等の既存インフラが活用可能 ・ 既存精製設備活用により初期投資を抑制可能	・ 既存のアンモニアインフラが活用可能	・ LNGタンカーや都市ガス配管等の活用が可能
課題		・ 輸送貯蔵技術の大型化 ・ MCH対比でCAPEX比率が大きく巨額	・ 脱水素エネルギーのグリーン化（排熱利用等） ・ 高純度化（FCV向け）	・ 製造時の低温/低圧化 ・ 燃焼性（直接利用時） ・ 脱水素設備の技術開発（水素利用時） ・ 高純度化（FCV向け）	・ CO ₂ 調達 ・ 高純度化（FCV向け）



（出所：「2050年カーボンニュートラルに伴う成長戦略」，経済産業省，令和2年12月25日）

図6 製油所をハブとするCO₂フリー水素の供給モデル

リー水素を安定供給するための重要拠点として維持・発展させていくことを目指している。

（5）グリーンイノベーション基金プロジェクト

当社は昨年創設された新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の「グリーンイノベーション（GI）基金事業／大規模水素サプライチェーン構築プロジェクト」に応募し、図7に示す4件が採択された^{（19）}。

1つ目が、MCH方式のサプライチェーン実

証で、海外にてグリーン水素やブルー水素を年間数万トン規模で製造する大型プラントを建設し、MCH方式で製油所にて受入れ、水素を取り出す実証となる。2020年代中頃までに国内外のインフラ整備を終え、CO₂フリー水素を自社電源等で利用するとともに、製油所近隣の発電所等の需要家への供給も検討する計画で、MCHを利用して「作る・運ぶ・使う」という一連のサプライチェーン構築に取り組んでいく。

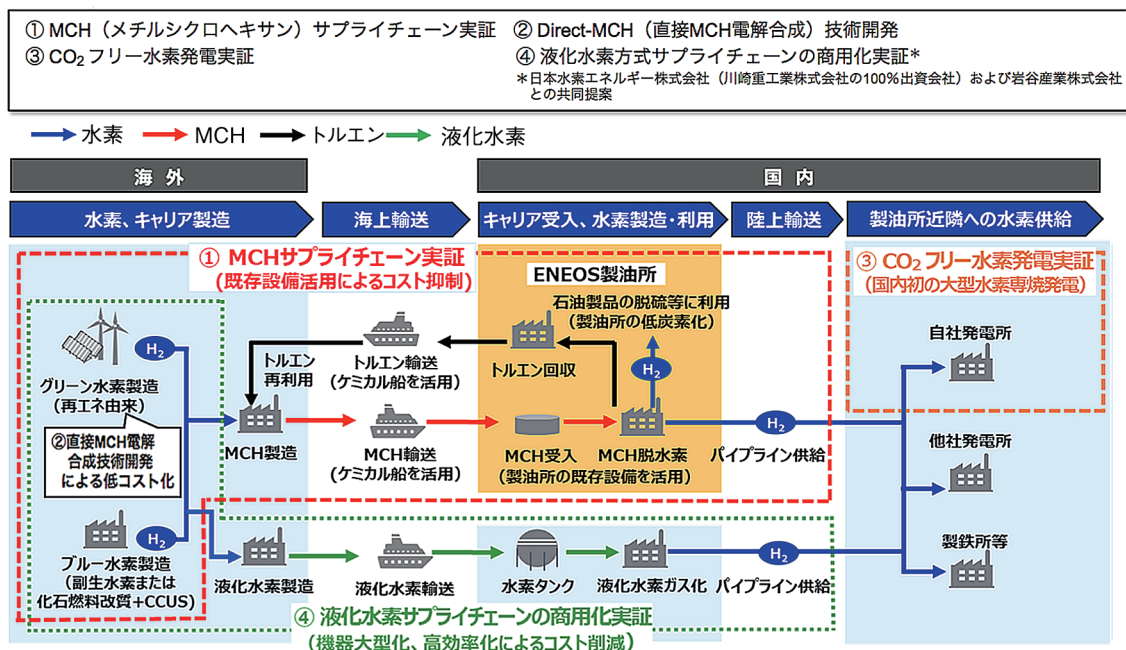


図7 GI事業による水素サプライチェーン構築プロジェクト

2つ目が、「MCH 直接電解合成（Direct-MCH）技術開発」で、クイーンズランド工科大学などと共同開発したもので、図8に示すように、電解槽で直接トルエンからMCHを合成することができ、製造工程を大幅に簡略化することができる画期的な製造技術である。GI基金事業で2025年頃までに5MW級のDirect-MCH大型電解槽を実証し、商用技術の確立を目指す計画である。

3つ目が、自社発電設備を活用し、国内で初めて大型水素専焼発電技術を実証する計画である。

4つ目が、液化水素サプライチェーンの商用実証で、商用規模の大型液化・輸送・貯蔵設備を始めてプラントとして導入するもので、川崎重工の100%子会社である日本水素エネルギー

（株）と岩谷産業（株）との共同で取り組む計画である。

事業総額は4プロジェクトで総額4000億円を超える規模となり、2030年までにCO₂フリー水素サプライチェーンの社会実装を目指している。これらを推進する上で、昨年11月に川崎市および横浜市と連携協定を締結した⁽²⁰⁾。火力発電所や化学工場等が多数集積し、水素需要ポテンシャルが大きく見込まれる京浜臨海部における水素利用の拡大に向けて、水素パイプライン等の供給インフラ整備に関する調査や実証、普及啓蒙活動等を連携して取り進めることを目的としており、カーボンニュートラルポート形成等により臨海部の脱炭素化に貢献することを目指している。図9に水素パイプラインの整備構想図を示す。

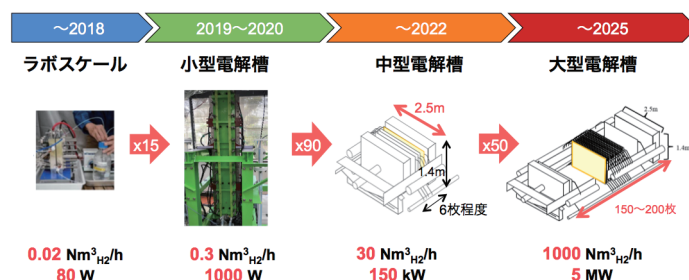


図8 Direct MCHの技術開発ロードマップ



図9 京浜臨海部における水素パイプライン整備構想

(6) モビリティ分野の取組み

当社は2014年より燃料電池自動車向けの水素供給を担う、水素ステーション事業に取り組んでいる。現在、47カ所の水素ステーションを営業展開しており、国内全体の約3割強を占めている。今後の事業展開の方向性としては、1つ目に需要拡大が見込まれる「バス・トラック等の商用車向けの大型ステーション建設」、2つ目に「カーボンニュートラルへの

対応」を考えている。

後者については、図10に示すように、昨年8月に横浜旭水素ステーションの敷地内に、水電解型の水素製造装置を設置し、自社の再エネ電力由来のグリーン水素を製造し、国内で初めて一般客向けに販売を開始した。従来は天然ガスやLPガスを原料とした水素を供給していたが、今後は水電解型の方式が主流になるものと見込んでいる。



図10 再エネ電解型水素ステーション（横浜旭ST）

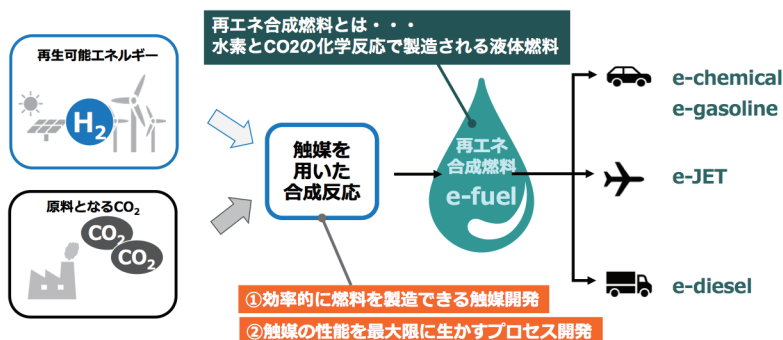


図11 再エネ合成燃料「ENEOS E-Fuel」の実用化検討

輸送用燃料の脱炭素化に向けたもう1つの柱は、図11に示す再エネ合成燃料「ENEOS E-Fuel（エネオス イーフュエル）」の製造技術開発である。再エネ合成燃料は、CO₂フリー水素と大気中のCO₂を原料とする液体燃料で、燃焼時に大気中のCO₂濃度を増やすことなく、内燃機関の脱炭素手段として極めて有効である。当社は合成反応における選択性を高めた高性能触媒の開発に成功しており、今後、大規模な製造プロセス技術の開発・実証に取り組む計画である。モビリティの中でも電動化が困難で内燃機関と液体燃料が不可欠な航空機用燃料等の用途やナフサなどの基礎化学品原料になり得るだけでなく、既存の石油流通インフラをそのまま活かせることから、石油業界にとっても大変重要な政策的テーマと位置付けられる⁽²¹⁾。

(7) 地産地消型ビジネスモデルの展開

今後国内では再生可能エネルギーが主力電源化される中で、電力系統で供給しきれない余剰電力が多く見込まれる。特に、北海道、東北、九州地区などでは、地域の再エネ資源を有効利用するためにも、その一部を水電解装置で水素に転換する地産地消型のエネルギー供給プラットフォームへのニーズが高まるものと予想される。地域の配電系統や再エネ発電の自営線に複数の水電解装置を設置し、

相互に連携したエネルギーマネジメントシステムを構築することで、蓄電池を補完する形で電力エネルギーをよりダイナミックに調整し、より多くの再エネ電源を電力系統に安定的に接続できるような付加価値も提供できる可能性がある。

図12に示すとおり、現在、NEDO事業にて、再エネ資源が豊富なむつ小川原地区を対象とした事業のフィージビリティスタディに取り組んでいる他、トヨタ自動車(株)が静岡県で建設する実証都市「ウーブンシティ（Woven City）」での協業の中でも実証展開を目指している⁽²²⁾。加えて、昨年、国内有数の再エネ事業者であるジャパン・リニューアブル・エナジー社の株式取得を決定しており、今後、再エネ事業と融合した地産地消型の次世代エネルギー供給事業を本格的に検討するほか、電力小売り事業とのシナジー効果も追求していく考えである。

3. まとめ

水素を活用したカーボンニュートラルへの取り組みは、まだ緒に就いたばかりではあるものの、石油産業が牽引役として最も大きな役割を果たすべきものと認識している。国内外の幅広いステークホルダーと協業・協調しながら、水素サプライチェーン構築を着実に推

具体的な取り組み

むつ小川原地区における水素地産地消モデル調査事業

- ・地域の再エネ資源を活用したCO₂フリー水素の地産地消モデルの構築により、水素需要の拡大を目指す。
- ・当社独自の水素エネルギーマネジメントシステム(EMS)を活用

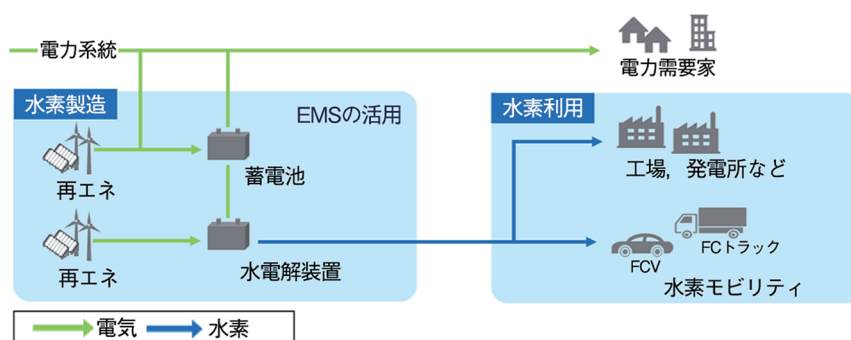


図12 国内の地産地消型 CO₂ フリー水素事業の展開イメージ

進することで、持続可能な社会実現に貢献していきたい。

参考文献

- (1) 塩田智夫; JXTG エネルギーの水素社会実現に向けた取り組み, 燃料電池, 19, 2, 10 (2019)
- (2) 内閣官房 再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議, 水素基本戦略, 2017 年 12 月 26 日 (https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/saisei_energy/pdf/hydrogen_basic_strategy.pdf)
- (3) 経済産業省, 2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略, 2020 年 12 月 25 日 (<https://www.meti.go.jp/press/2020/12/20201225012/20201225012-2.pdf>)
- (4) 経済産業省, グリーンイノベーション基金プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画, 2021 年 5 月 18 日, 「大規模水素サプライチェーンの構築」(<https://www.nedo.go.jp/content/100932374.pdf>), 「再エネ等由来の電力を活用した水電解による水素製造」(<https://www.nedo.go.jp/content/100932387.pdf>)
- (5) 経済産業省; 第 6 次エネルギー基本計画, 2021 年 10 月 22 日 (<https://www.meti.go.jp/press/2021/10/20211022005/20211022005.html>)
- (6) 首相官邸; 第 207 回国会における岸田内閣総理大臣所信表明演説, 2021 年 12 月 6 日 (https://www.kantei.go.jp/jp/101_kishida/statement/2021/1206sho-shinhyomei.html)
- (7) 経済産業省; 産業構造審議会産業技術環境分科会グリーントランスフォーメーション推進小委員会, (https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/sangyo_gijutsu/green_transformation/index.html)
- (8) 経済産業省; 総合資源エネルギー調査会省エネルギー・新エネルギー分科会 水素政策小委員会 (https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene-shinene/suiso_seisaku/index.html)
- (9) Australian Government, Department of Industry, Science, Energy and Resources, Australia's National Hydrogen Strategy, 2019 年 11 月 22 日 (<https://www.industry.gov.au/sites/default/files/2019-12/australias-national-hydrogen-strategy-overview-japanese.pdf>)
- (10) Australia Japan Clean Hydrogen Trade Partnership, 2022 年 1 月 7 日 (<https://www.minister.industry.gov.au/ministers/taylor/media-releases/australia-japan-clean-hydrogen-trade-partnership>)
- (11) EU, A Hydrogen strategy for a climate-neutral Europe, 2020 年 7 月 8 日 (https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/hydrogen_strategy.pdf)
- (12) UK Government; Design of business model for low carbon Hydrogen, 2021 年 8 月 17 日 (<https://www.gov.uk/government/consultations/design-of-a-business-model-for-low-carbon-hydrogen>)
- (13) German Government; Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action, New funding instrument H₂ Global launched H₂ Global Foundation established, 2021 年 6 月 14 日 (<https://www.bmwide/Redaktion/EN/Pressemitteilungen/2021/06/20210614-new-funding-instrument-h2global-launched.html>)
- (14) US DOE, Regional Clean Hydrogen Hubs (<https://www.energy.gov/bil/regional-clean-hydrogen-hubs>)
- (15) ENEOS プレスリリース 2021 年 8 月 2 日 (https://www.eneos.co.jp/newsrelease/20210802_01_02_1170836.pdf), ENEOS プレスリリース 8 月 23 日 (https://www.eneos.co.jp/newsrelease/20210823_01_01_1170836.pdf), ENEOS プレスリリース 9 月 16 日 (https://www.eneos.co.jp/newsrelease/20210916_01_01_1170836.pdf)
- (16) ENEOS プレスリリース 2020 年 10 月 23 日 (https://www.eneos.co.jp/newsrelease/20201023_01_2011051.pdf)
- (17) ENEOS プレスリリース 2021 年 9 月 10 日 (https://www.eneos.co.jp/newsrelease/20210910_01_01_1103035.pdf)
- (18) ENEOS プレスリリース 2021 年 3 月 25 日 (https://www.eneos.co.jp/newsrelease/20210325_01_01_1090046.pdf)
- (19) NEDO プレスリリース 2021 年 8 月 26 日, グリーンイノベーション基金事業, 第 1 号案件として水素に関する実証研究事業に着手 (https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_101471.html)
- (20) 川崎市 / ENEOS プレスリリース 2021 年 11 月 17 日 (https://www.city.kawasaki.jp/590/cmsfiles/contents/0000135/135644/211117_Release.pdf), 横浜市記者発表資料 2021 年 11 月 26 日 (<https://www.city.yokohama.lg.jp/city-info/koho-kocho/press/ondan/2021/20211126eneos.files/20211126eneos.pdf>)
- (21) 石油連盟, 石油業界のカーボンニュートラルに向けたビジョン (目指す姿), 2021 年 3 月 (https://www.paj.gr.jp/from_chairman/20210319_02.pdf)
- (22) ENEOS/ トヨタ自動車 / ウーブン・プラネット・ホールディングスプレスリリース, 2022 年 3 月 23 日 (https://www.eneos.co.jp/newsrelease/upload_pdf/20220323_01_01_1170836.pdf)