

JPI主催のセミナー報告

再エネ大量導入に不可欠な系統安定化

2025年1月20日、JPI（日本計画研究所）にて「再エネ大量導入に対応する系統安定化の取組みと今後の展望」と題するセミナーが開催された。講師は東京電力ホールディングス株式会社技術戦略ユニット技術統括プロデューサーの八巻康一郎氏。講義の概要について紹介する。

電力自由化と発送電分離

気候変動対策として、再エネの主力電源化が進められているが、これを受け入れるための電力系統には課題が多い。再生可能エネルギー（以下、再エネ）を主力電源として安定して使用していくためには、系

統を強化するだけでなく、様々な工夫が必要となる。

八巻氏は最初に、2000年代初頭までの系統計画を振り返った。当時は電力需要が増加しており、最大電力に合わせた送電系統の拡充を行ってきた。

しかし、自由化にともなってIPP（独立発電事業者）や、PPS（特定規模電気事業者）など、電力会社の長期構想を経ずに計画される電源が増加してきた。こうした中、東日本大震災以降、FIT（再生可能エネルギーの固定価格買取制度）の導入により再エネが増加する一方、発電・送電・配電の分離と広域機関の発足により、系統計画業務が大きく変化した。その後、系統強化に追い付かない再エネの円滑な電力系統接続を進めるため、「日本版コネクト&マネージ」（既存の電力系統を最大限に活用するために進められている新しい電力系統の運用ルール）が導入され、現代に至っているという。

系統安定化の様々な取組み

再エネが増えることで、周波数の乱れに対する対策など、系統安定化の取組みが必要になってくる。この点については、系統安定化にあたっては、増強するだけではなく、PSS（電力系統安定化装置）の採用をはじめ、PSVR（送電電圧制御励磁装置）の設置など、様々な取組みも行っている。

また、課題としては、慣性力を持った火力発電などの電源が減少する一方、太陽光発電などインバータを介した再エネの増加があり、これに対しては周波数安定機能の実装が必要になってくるということだった。

将来に向けて、いくつかの視点による方策も示さ

柔軟性の観点

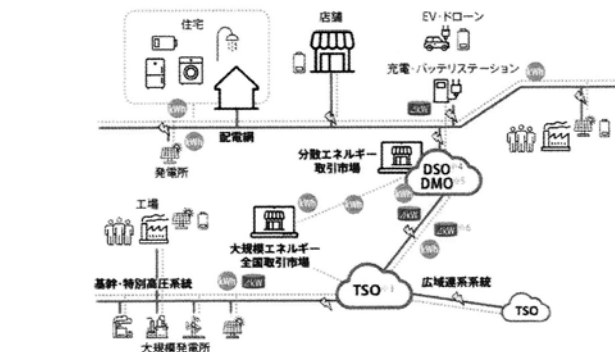
■ 分散型エネルギー地産地消の推進は、系統安定への積極活用と読み替えられるか

「系統利用の最適化」に向けた技術開発

～分散型エネルギーの地産地消を推進するエネルギー取引の実証～

- ・市場取引により、分散型エネルギーリソースの地産地消を推進し、系統利用の最適化と再生可能エネルギーの有効活用を実現
- ・分散型エネルギーリソースを最大限活用するためのシステムに必要な技術開発を行い、フィールド実証におけるシステム活用の実現性を評価

分散型エネルギーの取引実証イメージ



出典：TEPCO 統合報告書 2022

※3 TSO：送電系統運用者 ※4 DSO：配電系統運用者 ※5 DMO：分散市場運営者 ※6 ΔkW：需給調整力
当資料はみせサマー用に作成したもので、東京電力ホールディングスの意思を代弁するものではありません

図 1

カーボンニュートラル時代の水素戦略

2025年1月20日、JPIにて「ENEOS株式会社が取り組む次世代型エネルギー供給と残された課題」と題するセミナーが開催された。講師はENEOS株

式会社水素事業推進部主席の前田征児氏。
講義の概要について紹介する。

エネルギーハブとしての水素

水素は燃焼時にCO₂（二酸化炭素）を排出しないため、クリーンなエネルギーとして期待されている。とはいえ、現在のように化石燃料から水素を製造していたのでは本当にクリーンとはいえない。そのため、再エネ電力を利用した電気分解によるグリーン水素や、化石燃料から製造したときに発生するCO₂を地下に貯留するブルー水素などが経済性の面で元も得られている。

ENEOSではこれまでの化石燃料にとってかわり、水素を新たなエネルギーの柱の一つとして推進している。

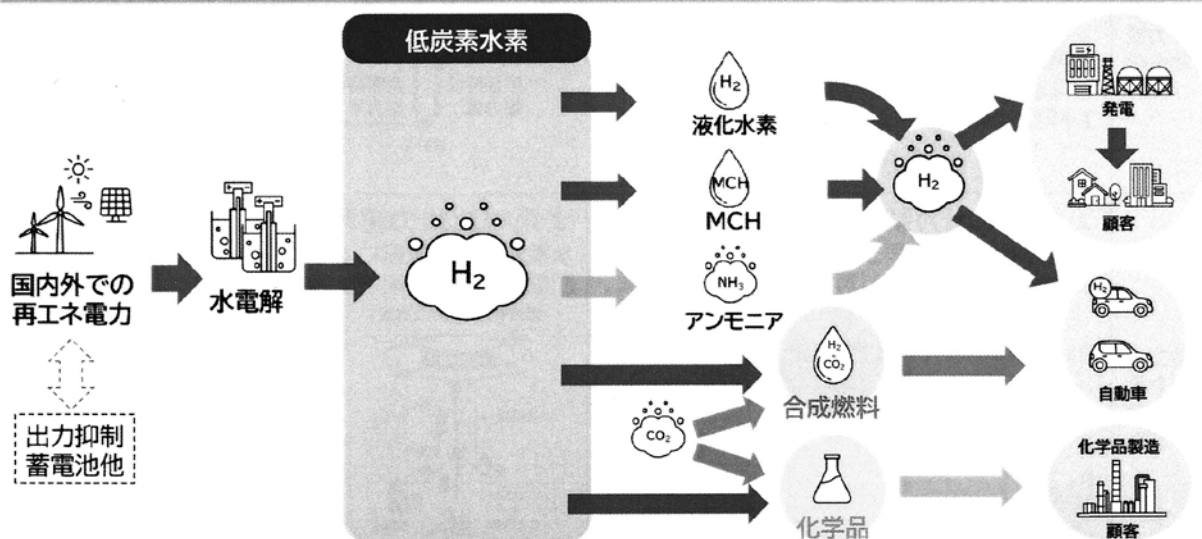
現在、エネルギーの貯蔵としては系統用蓄電池が拡大している。しかし、蓄電池と比較すると、水素の方が重量当たりのエネルギー密度ははるかに高い。さらに、これを液体燃料に改質することができれば、体積あたりのエネルギー密度もはるかに高いものとなる。こうした点を活かし、再エネ電力から水素、さらには合成燃料へと転換し、エネルギーとして貯蔵および利用していくことができる。

こうした意味で、前田氏は水素をエネルギーのハブととらえているという。（図2参照）

全体動向

水素をエネルギーハブとする考え方

- 水素は再エネ由来の電気から作れば、製造・利用段階でCO₂を発生しない「カーボンニュートラル燃料」や、原料としてe-fuel/e-メタン/e-メタノール製造に活用することも可能
- 水素は出力変動の平準化が必要な再エネ電力を「変換」してハンドリングできるエネルギー
 - ➡水素はカーボンニュートラル時代において、これまで石油化学製品が担った民生・産業用途の根幹をなすエネルギー・原料となる。



ENEOS株式会社

Copyright © ENEOS Corporation All Rights Reserved.

図2

多様な水素の活用

水素の利用先は、燃料電池モビリティ向けを始め、火力発電、製鉄、化学品原料など、さまざまな用途がある。また、海外においても水素に関する戦略の

策定や投資が進んでいる。日本だけでも今後10年間に官民合計で約7兆円の投資が見込まれている。

こうした中、ENEOSは水素戦略として、海外からのCO₂フリー水素のサプライチェーン構築や、水素EMS（水素エネルギーマネジメントシステム）によるVPP（仮想の発電所）、さらに、合成燃料などのビジョンを描いているという。

水素サプライチェーン

水素の輸入にあたっては、中東、オーストラリア、東南アジア、北米、南米など幅広い調達を視野に入れている。また、輸送にあたっては、MCH（メチルシクロヘキサン）をキャリアとした方法を考えている。これはトルエンに水素を付加した物質で、輸入後に再び水素とトルエンに分解すれば、トルエンは再利用できる。MCHもトルエンも石油と同じように備蓄できることもメリットだ。（図3参照）

さらに、輸入した水素を活用するため、カーボンニュートラルコンビナートや、羽田の水素エアポート化への参画にも意欲を示す。

一方、国内においても余剰電力を活用した水素の製造を進めており、北海道でプラント建設を予定している。

また、新技術の開発も進めている。例えば、水だけを電気分解するのではなく、トルエンを加えることで電気分解の段階でMCHを作り、プラントを小型化・簡略化する研究も行っている。

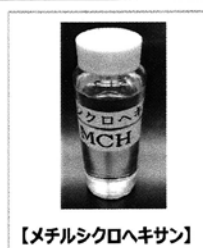
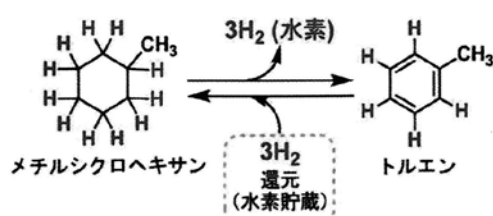
（図4参照）

こうした形で、ENEOSのカーボンニュートラル対策の柱の一つが進んでいる。

水素SC展望 メチルシクロヘキサン（MCH）方式の特徴と利点

特徴

常温・常圧で無色の液体。水素を化学結合で効率よく安定に貯蔵ができる。
石油精製技術を最大限活用し、効率的に水素の貯蔵・取り出しが可能である。



MCHは修正液やベンキの溶剤としても使われている一般的な化学物質である



*MCH含有量=約40-60%

利点

石油業界の既存流通インフラ（タンク、輸送船等）を有効活用し、初期投資を大幅に削減できる。
→グリーンイノベーション基金事業にて大規模実証を検討中。

大規模MCHサプライチェーンのイメージ

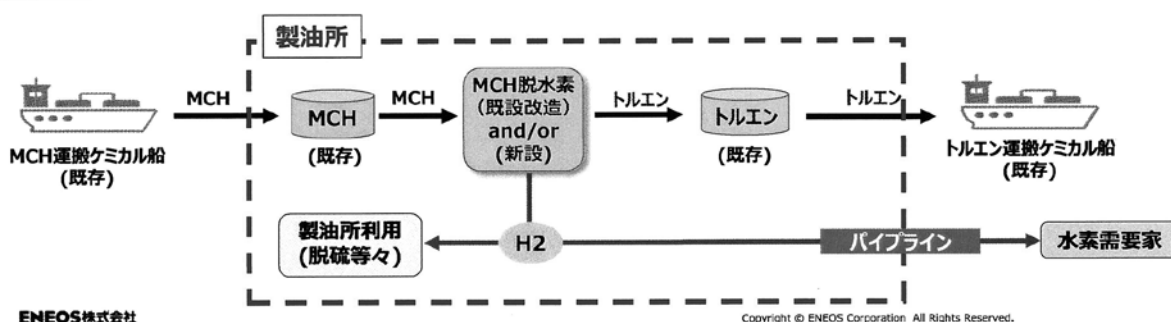


図3

長崎県江島沖の洋上風力開発

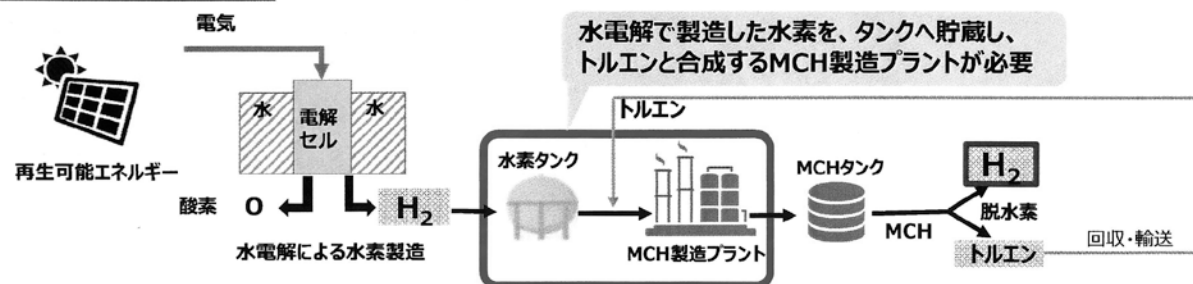
2025年1月28日、JPIにて「長崎県西海市江島沖における洋上風力開発事業 その現況、課題と今後の展開」と題するセミナーが開催された。

講師はみらいえのしま合同会社代表社員職務執行者社長の島田茂東氏。

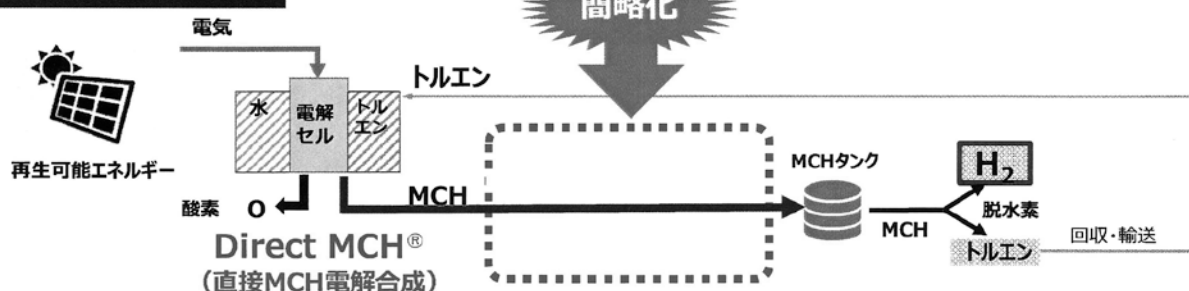
講義の概要について紹介する。

- 電解セルでMCHを直接合成するDirect MCH®技術を世界で初めて成功
(ENEOS、東京大学、千代田化工建設、クイーンズランド工科大学（豪）の4者共同プロジェクト)
- MCH製造プラントや水素タンク等、製造工程を簡略化でき、製造コストを大きく削減可能。

従来のMCH製造方法



新技术による製造方法



ENEOS株式会社

図 4

地域共生型の
洋上風力発電

将来の大規模電源となる再エネとして期待されている洋上風力発電だが、長崎県西海市でも開発が進められている。

みらいえのしま合同会社は、住友商事と東京電力リニューアブルパワーの出資によって設立された会社だが、単に洋上風力発電を建設するだけでなく、地域貢献をはじめ、新たな価値の創造やサステナビリティを実現する会社であるという。実際に、地域のイベントに参加し、あるいは拠点整備を行って地域の雇用拡大にも取り組んでいる。

(図5参照)

洋上風力発電の様々な課題

江島沖の風力発電は、2023年12月に事業者の選定が行われたあと、各種調査や詳細設計などを経て工事が開始され、2029年に運転開始する予定だ。発電出力は420MWで、15MWのベスタス製風車28基を予定している。電力の供給価格は22.18円/kWhだ。

とはいえ、課題は少なくない。風力発電建設にあたってのサプライチェーンは未整備だ。日本には風力発電のメーカーこそないが、部品メーカーをはじめ、メンテナンス要員など国内の新たな産業となる可能性がある。こうしたサプライチェーンを構築していくことは、重要だ。(図6参照)

一方、制度の面でも、法令によって建設までの時間がかかってしまうという問題がある。

それでも、再エネというだけではなく、西海市の新たな産業として期待されているということだ。

地域共生策の概要

- ・漁業振興、江島振興、地域振興の3本柱で日本における先進的な離島振興モデルを確立します。
- ・地元企業の基盤を最大限活用しつつ、多方面で事業を展開するコンソーシアムメンバーの総合力、多数の専門企業の関与により、長崎県・西海市の発展に寄与します。
- ・各施策は今後、法定協議会での議論も踏まえて具体的内容の検討を進めます。



CONFIDENTIAL
第三者への開示・転用・転載は控えください

図5

サプライチェーン形成方針

- ・電力の安定供給に向け、強靱で持続可能なサプライチェーンの実現を目指します。
- ・**サプライチェーン形成計画(ハード)：**
 - ・安定した部品供給および調達リードタイム短縮には **サプライヤーの複線化** やアジアや国内・県内等より**近傍からの部品調達** が肝要。
 - ・高品質で競争力のある国内・地元企業を組込み、又は元請け会社へ提案し、複線化・電力安定供給を目指します。
- ・**サプライチェーン形成計画(ソフト)：**
 - ・地元人材の活用や教育機関と連携した人材育成を通じ、メンテナンスの内製化を目指します。



CONFIDENTIAL
第三者への開示・転用・転載は控えください

図6

ブルー／グリーンアンモニアの動向

2025年1月31日、JPIにおいて「ブルー／グリーンアンモニアの基礎と燃料アンモニア利用技術動向及びアンモニア利用のCO₂固定・リサイクル技術について」と題するセミナーが開催された。講師は東海国立大学機構岐阜大学副学長の神原信志氏。

講義の概要について紹介する。

国家プロジェクトで進められる アンモニア利用

化石燃料に代わってクリーンな燃料の一つとして期待されているものにアンモニアがある。

日本ではすでに石炭火力発電においてアンモニア混焼の実証試験も行われている。

さらに、多様な利用を目指し、国家プロジェクトとしてさまざまな研究開発が開始されている。

(図7参照)

また、第7次エネルギー基本計画でも社会実装がうたわれている。

しかし、アンモニアを燃料として利用する場合は課題も多い。

アンモニアは液化しやすく貯留しやすい一方で、毒性があり、取り扱いには注意が必要だ。また、液体の状態では化石燃料並みのエネルギー密度だが、ガス化した場合は発熱量がメタンの半分程度しかない。

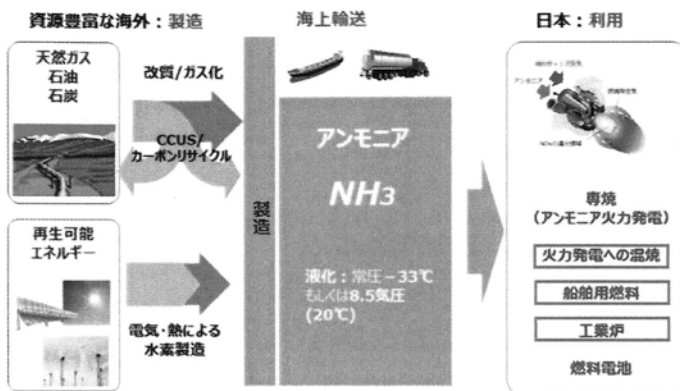
また、燃焼時にCO₂は排出しないものの、窒素酸化物は発生し、大気汚染の原因となる。

製造にあたっては、水素と窒素を合成するハーバーボッシュ法はエネルギーを消費する。

こうした点に加え、低炭素となるグリーンアンモニアとブルーアンモニアはまだ高コストだ。

(3) 燃料アンモニア導入官民協議会 中間とりまとめ

燃料アンモニアの利用拡大に向けた検討を加速化するべく「燃料アンモニア導入官民協議会」が設立され、国家プロジェクトとして社会実装に向けた研究開発が開始した。



引用) 燃料アンモニア導入官民協議会中間取りまとめ

火力発電への直接利用においては、アンモニア専焼（アンモニア火力発電）によって発電設備からのCO₂排出抑制に大きな効果を期待できる。そのためには、まずは専焼に向けた過程である混焼技術の早期実現が求められるところ、アンモニアと石炭は混焼が容易であることから、まずは石炭火力発電への利用が見込まれている。

また、船舶分野においても、2018年に国際海事機関（IMO）がGHG削減戦略・目標を打ち出して国際海運の脱炭素化を推進しており、アンモニアは船舶用燃料としての利用が期待されている。

図7

様々な分野でのアンモニア利用

アンモニアは化石燃料代替として、様々な分野での利用が期待されている。

発電だけではなく、工業炉の燃料としても利用可能だという。

また、船舶の燃料としても利用でき、アンモニア船舶エンジンの開発も進められている。

燃焼にあたっては、アンモニアの低い燃焼性をカバーするため、一部をシステム内で水素に改質する技術の開発を行っている。

神原氏は今後のビジネス展望として、アンモニアを燃料としてそのまま使うだけではなく、改質器を通じて水素燃料として使うことも考えているという。また、石炭火力発電の代替燃料としてだけではなく、分散型エネルギーシステムでも利用可能だともいう。

その場合、燃料電池などへの利用も可能だ。ただし、アンモニアから純水素を得ることは簡単ではなく、課題は多い。そのため、改質後にアンモニアと水素を分離する技術の開発も必要となる。

また、エネルギー貯蔵技術として、アンモニアとCO₂を反応させ、炭酸水素アンモニウムの固体として貯蔵することも可能性があるという。

さらに、神原氏は炭酸水素アンモニウムをCCU（二酸化炭素回収・貯留）事業者に輸送し、「メタネーション」（水素（H₂）と二酸化炭素（CO₂）を反応させ、天然ガスの主成分であるメタン（CH₄）を合成すること）を行うビジネスモデルも考えている。

アンモニアメタネーションは、現在有力視されている水素と二酸化炭素からメタンを製造する技術である「サバティエ反応」よりも発熱量が少なく、反応を制御しやすいメリットがあるという。

（図8参照）

神原氏は最後に、電力はアンモニア混焼発電にシフトする一方で、燃料利用の社会実装も見込まれるが、普及は2030年以降という見通しを示した。

（3）炭酸水素アンモニウムはCO₂/H₂キャリア

研究開発中の種々のCCUプロセスでは、CO₂源として排ガスCO₂、H₂源として水電解を仮定しているが、量的コスト的な検討は進んでいない。

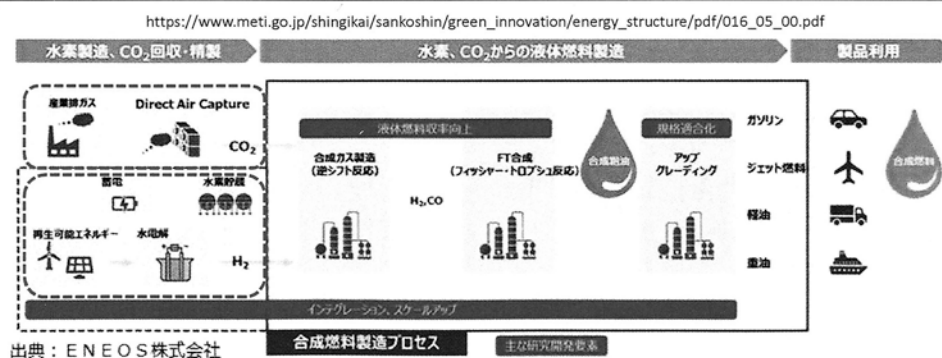


図 NEDO GI基金合成燃料プロジェクト

CO₂源、H₂源として、炭酸水素アンモニウムを利用すれば、量的コスト的課題は解決するのでは？

図8