



ENEOS

第28回水素・燃料電池戦略協議会 ご説明資料

ENEOSの水素社会実現に向けた取組み

～水素産業戦略策定への期待～

2023年3月6日

ENEOS株式会社

水素事業推進部

主幹 前田 征児

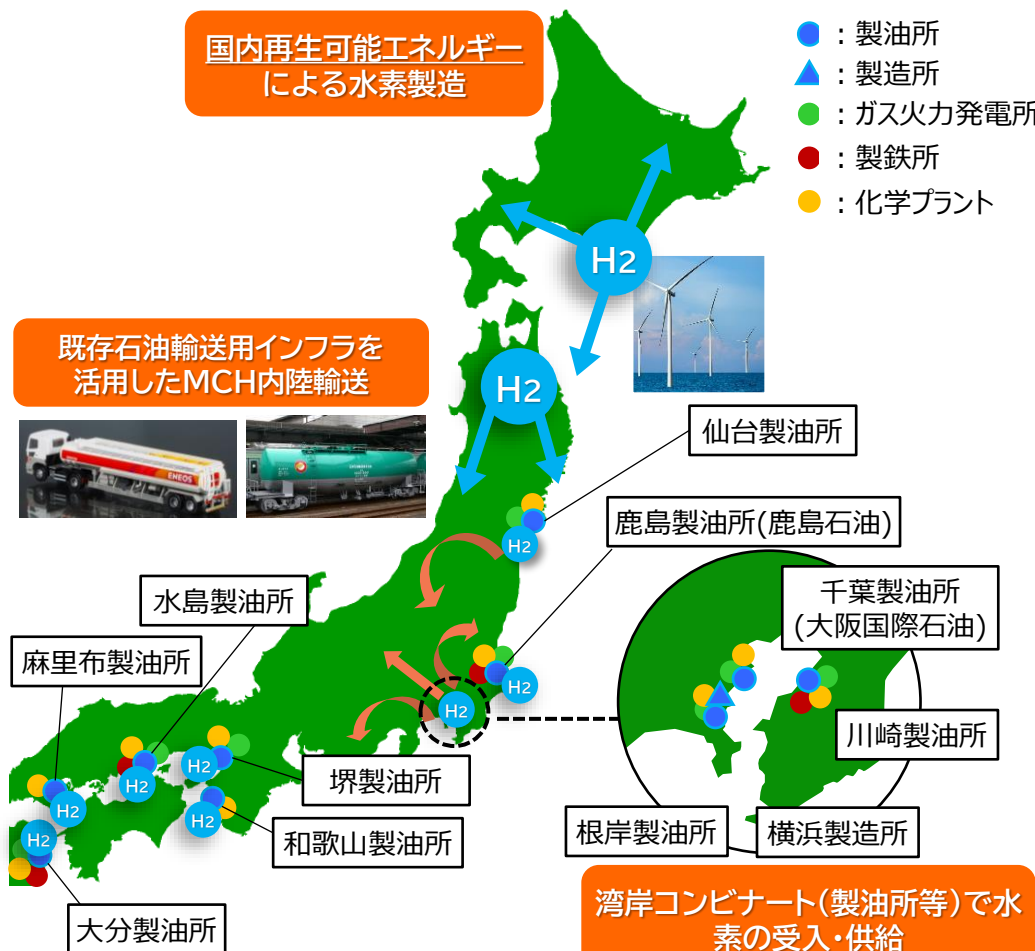
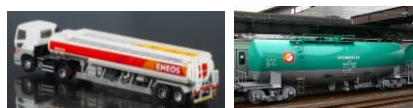
CO₂フリー水素サプライチェーンの構築(全体像)

- 経済性を有する海外CO₂フリー水素源の確保を目指し、豪州・東南アジア・中東の現地企業と協業中。
- 製油所等の当社アセットを活用し、コンビナートでの水素受入・供給拠点整備を検討中。
- 国内の再エネ主力電源化に伴い、余剰再エネ資源を活用した国産CO₂フリー水素源の確保も、エネルギーセキュリティの観点から重要。

国内再生可能エネルギーによる水素製造

- : 製油所
- ▲ : 製造所
- : ガス火力発電所
- : 製鉄所
- : 化学プラント

既存石油輸送用インフラを活用したMCH内陸輸送



湾岸コンビナート(製油所等)で水素の受入・供給

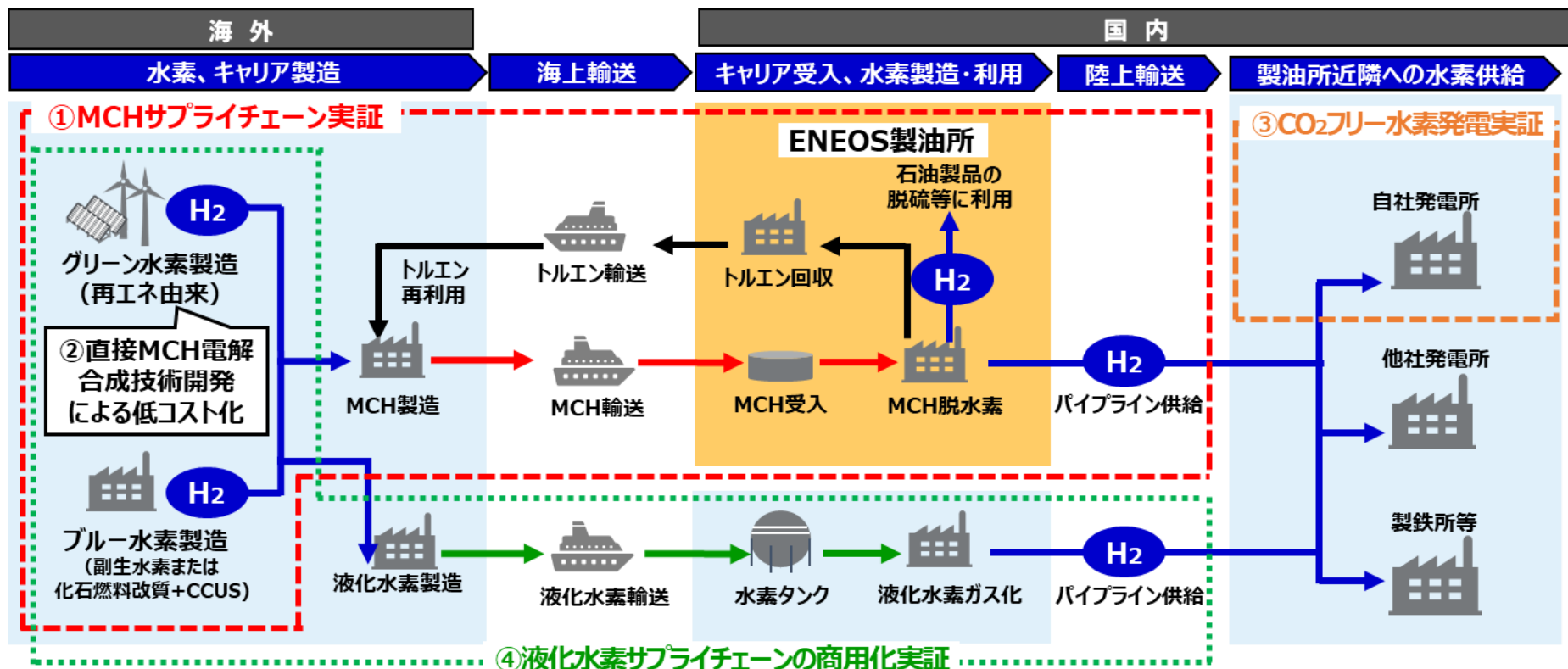
海外再生可能エネルギーによる水素製造



大規模水素サプライチェーンの構築プロジェクト

- ① MCH（メチルシクロヘキサン）サプライチェーン実証 …2030年30円/Nm³の水素供給コストを達成するための商用化実証
- ② Direct-MCH（直接MCH電解合成）技術開発 …水素コスト低減（2050年20円/Nm³以下）に資する技術開発
- ③ CO₂フリー水素発電実証 …大規模需要を創出する水素ガスタービン発電技術の商用化実証
- ④ 液化水素方式サプライチェーンの商用化実証 …2030年30円/Nm³の水素供給コストを達成するための商用化実証

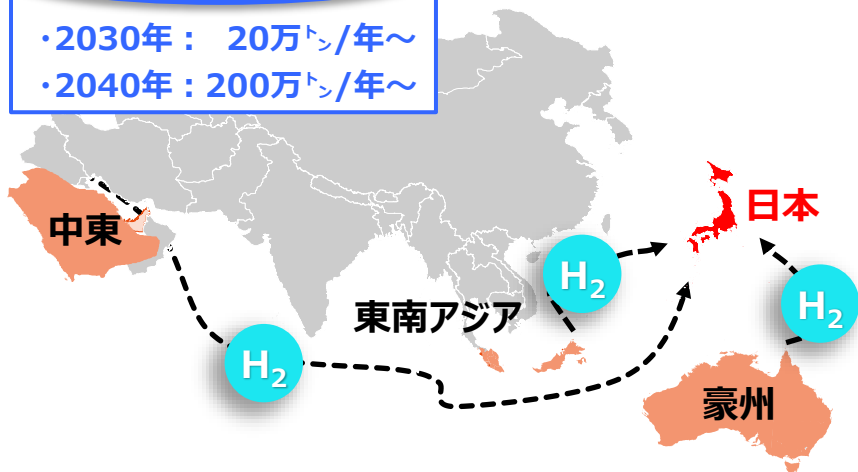
→ 水素
 → MCH
 → トルエン
 → 液化水素
 → CO₂
 → 合成燃料



- 経済性と供給安定性を有する水素源の確保を目指し、豪州・東南アジア・中東の現地企業と協業中。
- コスト競争力を有する再エネ資源国では、グリーン水素の権益競争が顕在化しつつある状況。
- サプライチェーンの技術・ノウハウを有する日本企業が、水素源の上流開発を主導することが重要。

当社PJの供給見通し

- ・2030年：20万ト/年～
- ・2040年：200万ト/年～



豪州における水素事業の協業検討

グリーン水素



- 協業先：
ネオエン、オリジン
- 検討内容：
豪州の豊富な再生可能エネルギーを用いてグリーン水素を製造、MCHに変換し日本へタンカーで海上輸送するまでの検討
- 対象地：
南オーストラリア州（ネオエン）
クイーンズランド州（オリジン）

輸出向け水素ハブ港の選定が進んでおり、韓国・欧州・豪州企業が競合

中東における水素事業の協業検討



- 協業先：
サウジアラムコ、ADNOC
- 検討内容：
石化プラントの副生水素を活用した水素製造からMCH製造・輸出の検討。太陽光発電を活用したグリーン水素による拡大可能性も検討予定。
- 対象地：
サウジアラビア、UAE（アブダビ）

ブルー水素

グリーン水素

東南アジアにおける水素事業の協業検討

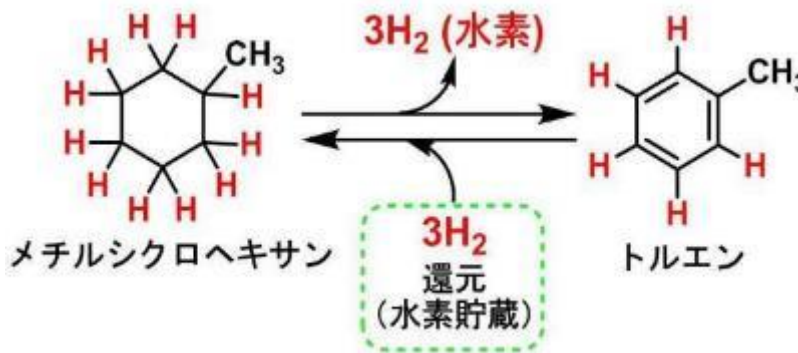
グリーン水素



- 協業先：
住友商事 & SEDCIエネルギー
- 検討内容：
マレーシアの水力資源由来のグリーン水素を活用した水素製造からMCH製造・輸出の検討
- 対象地：
マレーシア サラワク州（住友 & SEDC）

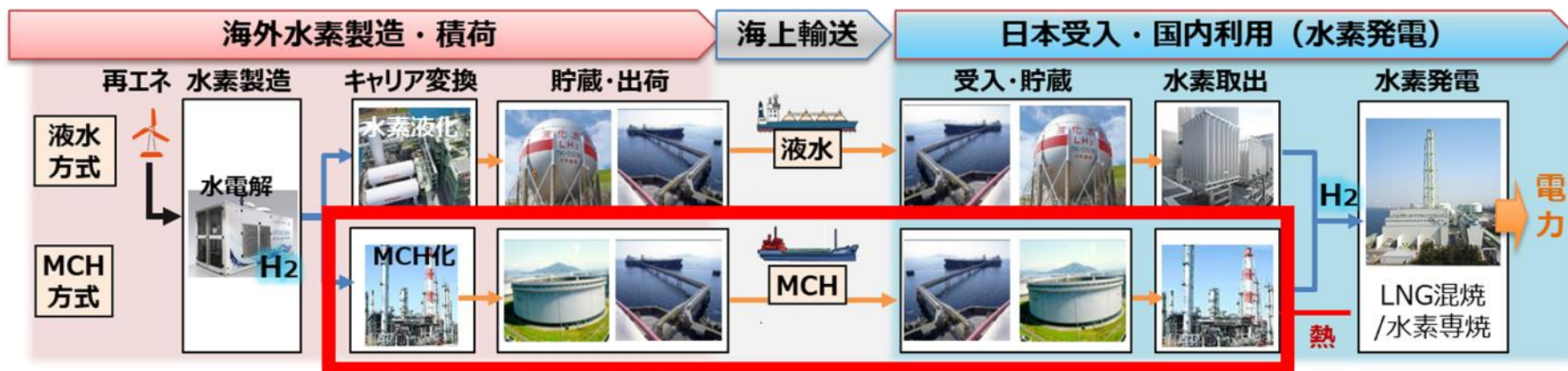
特徴

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。



利点

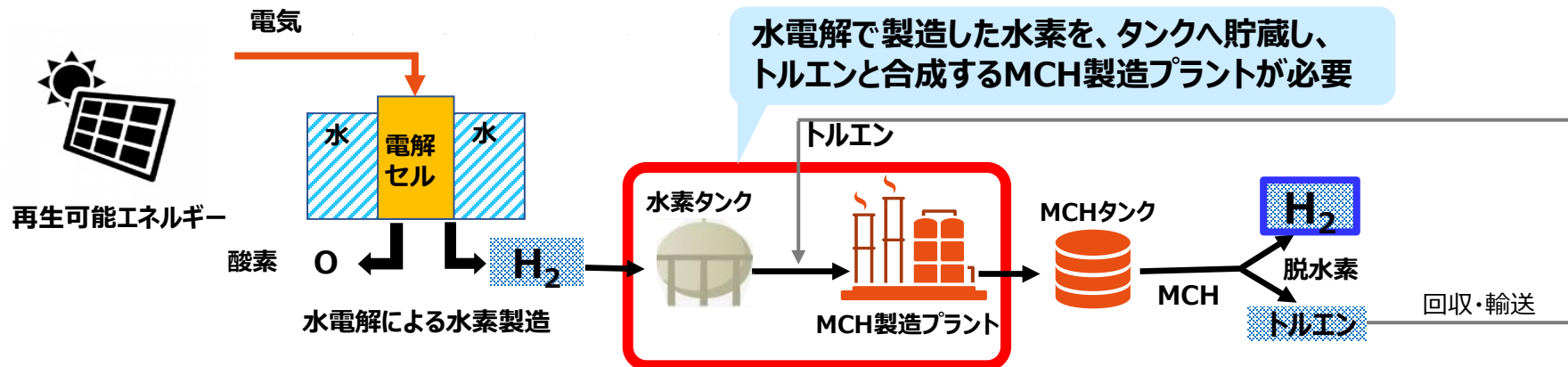
石油業界の既存流通インフラ（タンク、輸送船等）を有効活用し、**初期投資を大幅に削減**できる。
→グリーンイノベーション基金事業にて大規模実証を検討中。



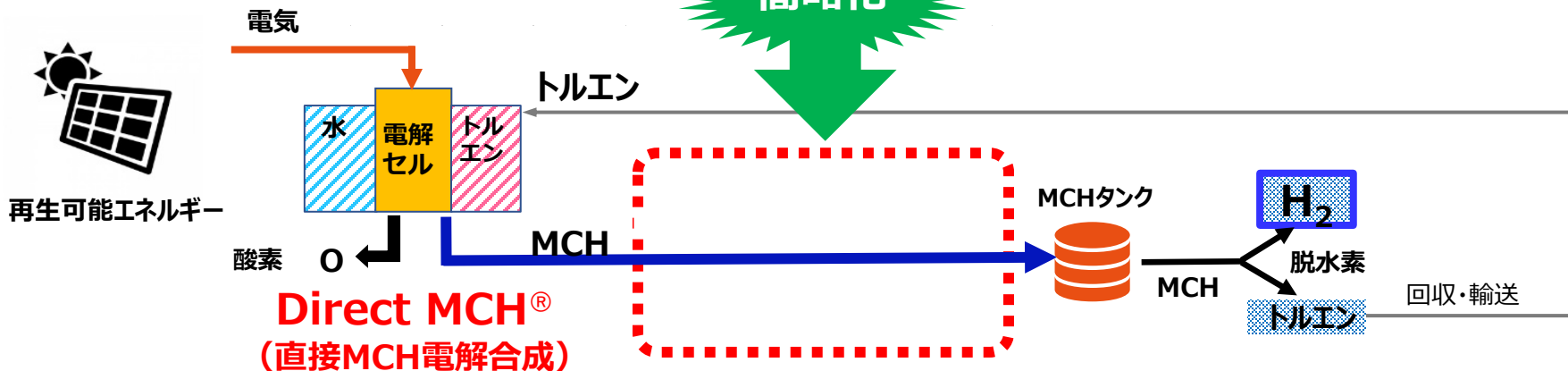
既存の石油流通・製造設備を有効活用可能 = 初期投資を大幅削減可能

- 電解セルでMCHを直接合成するDirect MCH®技術を世界で初めて検証に成功。
(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（有機ハイドライド）製造方法によるCO2フリー水素サプライチェーンのイメージ



新技術による製造方法のイメージ



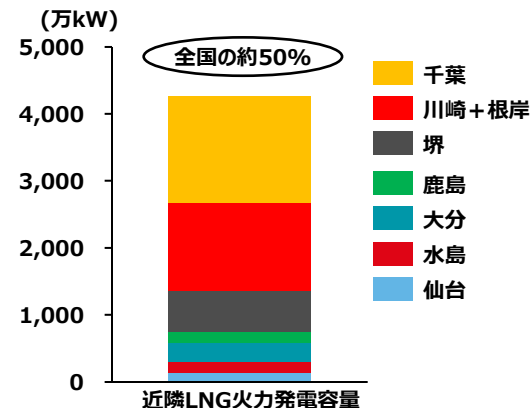
- 150kW電解槽、250kW太陽光設備を備えたグリーンMCH製造プラントが完成。(2023/1/30;完工式)
- 太陽光発電の他、系統バックアップもあり。
- 2023年2月～9月まで稼働し、DSS運転だけでなく、太陽光と連動した変動運転を実施予定。



- 海外水素の受入れ拠点としては、港・棧橋・タンク等のアセットと大規模需要とのアクセスが必須条件。
- 製油所は水素の大規模需要家（ガス火力・製鉄所・物流拠点等）と近接しており、海外水素を安定供給するプラットフォームとなりうる。

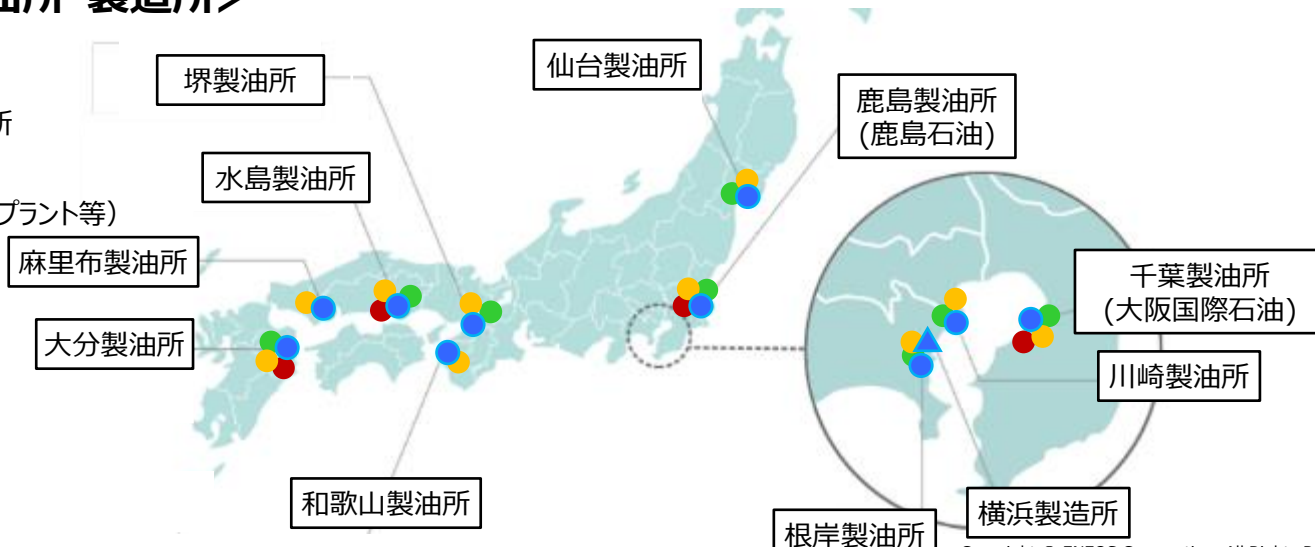


ENEOS製油所近隣のLNG火力発電所



<ENEOSの製油所・製造所>

- : 製油所
- ▲ : 製造所
- : ガス火力発電所
- : 製鉄所
- : 熱需要（化学プラント等）



- 水素社会の早期実現に向けて、川崎市・横浜市と連携協定を締結。（2021年11月）
- 水素需要が大きく見込まれる京浜臨海部にて、調査・実証・普及啓発活動等を取り進める。
- NEDO事業*にて、「川崎臨海部を中心とした東京湾岸エリア」における大規模水素需要家を繋ぐ、水素パイプライン網整備の可能性を調査中。（実施期間：2021年度～2022年度、共同提案者：川崎市、ENEOS総研）

*NEDO：国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

水素インフラ構築および想定需要ポテンシャルイメージ



※2040年：火力発電所に水素30vol%混焼が導入される想定のパテンシャル量

※2050年：火力発電所に水素専焼発電が導入される想定のパテンシャル量

- 国内臨海部で受入れ後、石油製品と特性が類似するMCHキャリアは、鉄道インフラや内陸部の油槽所を活用し、その周辺に向けた水素エネルギー供給拠点化が可能。

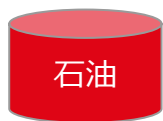
タンク車保有車両数：1300両 (=3,600t-H₂)、油槽所貯油能力：1,300万kL (=70万t-H₂)



1) 写真出典：川崎重工業、未来社会を支える温暖化対策技術シンポジウム講演資料（2019/9/26）

- MCH方式は、常温常圧で貯蔵でき、既存の石油備蓄用タンクの転用が可能。
- 脱炭素化したエネルギー供給構造において、石油に代わるエネルギー備蓄手段となりうる。
- ➔ 既存の石油備蓄タンクの転用によって、2050年の年間水素需要の90日分（480万トン）が 備蓄可能となり、エネルギー安全保障上も極めて有効である。

2020年のエネルギー備蓄（石油）



- 国内石油消費量約250日分の石油を備蓄（8,000万トン-石油）



- 2週間分のLNGを供給リスク対応量として保持（260万トン-LNG）
- 石油200日分のエネルギーをLNGで備蓄しようとする、6,000万トン分のLNG貯蔵タンクが必要
- 貯蔵中にBOG²⁾が発生する為、長期保管には不向き

2050年のエネルギー備蓄（水素）

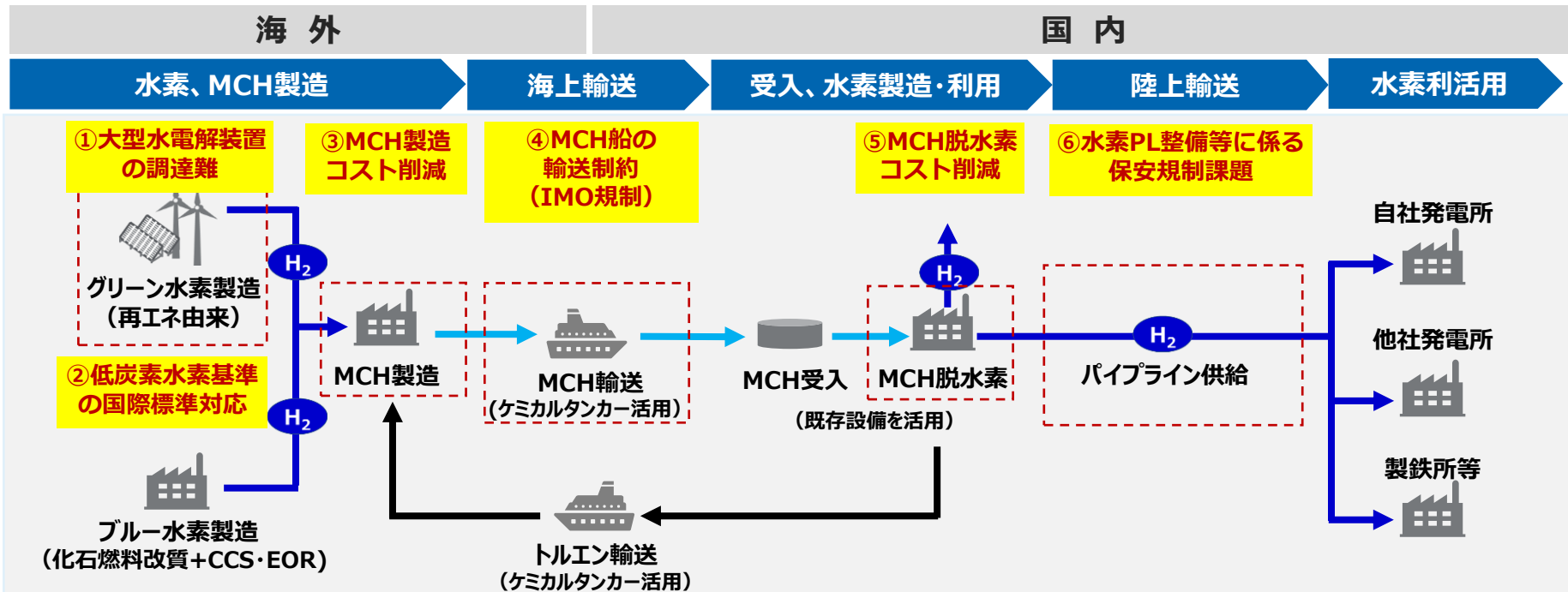


- MCHとして水素を備蓄することで既存石油備蓄タンクの転用が可能
- すべての石油備蓄タンクを転用できた場合約90日分の水素¹⁾が備蓄可能（480万トン-水素）



- マイナス250℃の極低温貯蔵のため、既存タンクは転用不可
- 70日分の水素を備蓄する場合、5万KL x 1,000基の新設タンクが必要（投資規模は約40兆円）
- 貯蔵時のロスが大きく備蓄に不向き（180万トン-水素／年のロス）

1. 2050年の年間水素需要を2,000万トンと想定（1日当たり5.5万t） 2. BOG rate: 0.1-0.2 wt%/day 3. BOG rate: 0.2wt%/day



	必要施策	施策概要
①	「日本版G (ギガ) ファクトリー」構想	国内メーカー各社の技術を結集し、水電解装置の大規模製造技術 (=ギガファクトリー) の確立を支援し、グリーン水素製造の要 (かなめ) である水電解装置の『日の丸製造バリューチェーン』を確保していただきたい。
②	低炭素水素基準の国際標準対応	水素国際取引の促進 (=コモディティ化) につながる低炭素水素基準※の国際標準化と、認証システム制度の構築に向け、官民協力の上、取り進め頂きたい。
③⑤	更なるイノベーションを促す研究開発支援	サプライチェーン全体のコストダウン、利活用拡大に資する技術開発・実証に対し、継続的に政府支援をいただきたい (=GI基金の追加・拡充) ・MCH方式 : 「MCH直接電解技術※GI基金済」、「排熱活用型脱水素技術」 ・利活用拡大 : 水素専焼火力用液化水素ポンプ (高圧・大流量)
④	輸送量拡大に向けたIMO規制緩和	スライド13に詳述
⑥	新たな水素保安体系の実現	スライド14、15に詳述

- 現状、MCHの海上輸送は、1タンク毎の積載容量が3,000m3以下に制限される（IMO規制）。
- 本格普及期までに、MCHの大量輸送を実現するには、安全性を十分担保した上でIMO規制を緩和し、「ケミカルタンカー輸送時の積載容量制限の緩和」、「油タンカーによるMCH輸送」等の実現が必要。

現状の輸送方法	
項目	ケミカルタンカー (IMO Type2)
船型定義 (IBC Code)	高度の規制措置が要求される 化学物質を運送する船舶
タンク毎の 最大積載量	3,000m3以下
船数割合 4万トン級>、相対値	100
備考	<ul style="list-style-type: none"> ・大型船の隻数が少なく、普及初期段階までに新造が必要。 ・大型Type2船の建造時は、タンク数が増え、建造コスト増に繋がる。

将来望ましい輸送方法	
ケミカルタンカー (IMO Type3)	油タンカー
ある程度の規制が要求される 化学物質を運送する船舶	—
制限なし	制限なし
1500	3700
<ul style="list-style-type: none"> ・大型船の隻数が十分あり、既存船の活用で、普及初期段階の輸送量を十分賄うことが可能。 ・帰路にトルエン輸送が可能。 	<ul style="list-style-type: none"> ・Type3船より更に大規模な船（10万トン級以上）が多く、本格普及期の輸送量を十分賄うことが可能。 <p>※2004年のIBC code見直し以前はMCHの輸送実績あり。</p>

- **事業目的**によって、電気事業法/ガス事業法/高圧ガス保安法のいずれが適用されるか判断が困難。
各法律で**権限者が異なり、保安基準や設備の維持管理の要求事項も異なる**。
- 特にコンビナート地域で、大規模な水素パイプライン整備を効率的に推進するための法整備が急務。

水素製造装置



・適用法規未定

水素パイプライン



- | | |
|-----------------------------|---------------|
| ①一般の需要に対するガス販売（複数の火力発電所や工場） | ➡ ガス事業法 |
| ②発電のみ利用（火力発電所） | ➡ 電気事業法 |
| ③その他目的で高圧ガス（火力発電所や工場） | ➡ 高圧ガス保安法 |
| ④その他目的で高圧ガス以外 | ➡ ガス事業法（一部準用） |

項目	ガス事業法	電気事業法	高圧ガス保安法
権限者	国	国	都道府県
対象流体	販売用ガス	発電用燃料ガス	圧縮ガス（1MPa以上）
道路占有	許可取得容易	許可取得容易	公益特権対象外
付臭	必要な場合あり	必要な場合あり	要求なし
保安	定期自主検査	定期自主検査	定期自主検査、定期保安検査(都道府県)
検査内容	25か月に1回 設置状況の検査、漏えい検査、防食措置の検査	2年に1回 外観点検、作動試験	1年に1回 外観、開放検査、肉厚測定、気密、機能試験等
その他	熱量等の測定、ガス成分の検査義務等あり	—	供給の妨害に対する罰則等がない

特区等を活用した安全性検証

水素事業法（案）
国
水素ガス
許可取得容易
要求なし
定期自主検査
リスクベースで事業者が設定 外観点検、締結部確認
—

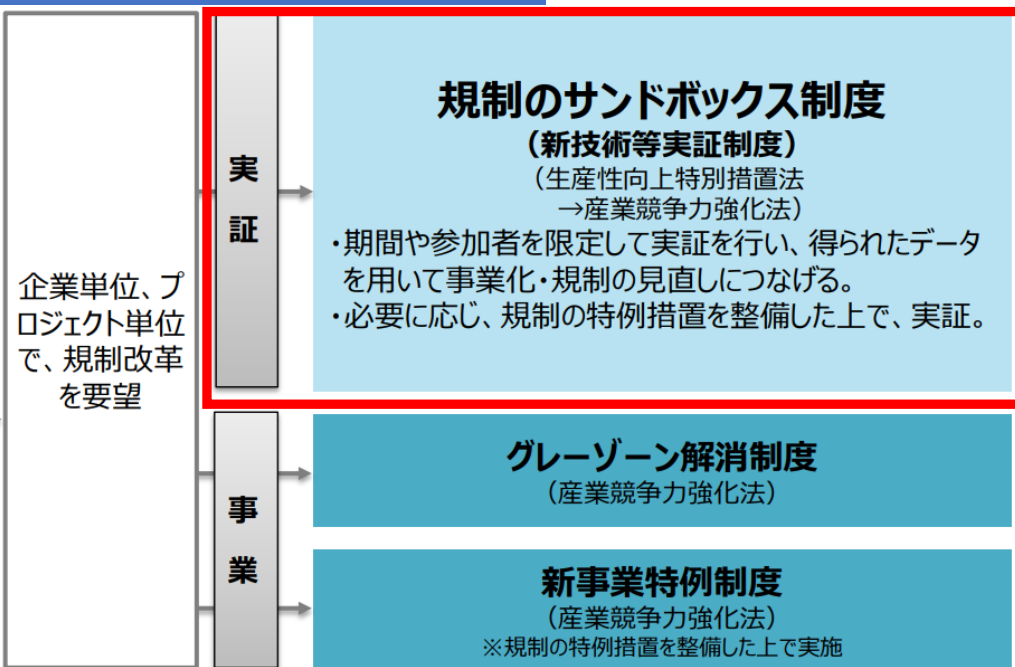
- **新しいエネルギーである水素には、新しい考え方の新しい法体系が必要。水素エネルギーの利活用を促進し、水素事業の健全な発展を図ることを主眼にした「水素事業法」を制定し、この中で水素保安全般について規定するべき。**
- **「水素保安戦略（中間取りまとめ案）」では、当面は「高圧ガス保安法」を踏襲したまま、保安体系を再構築する内容となっており、国際標準のリスクベース基準による新たな法体系の検討時期が先送りされ、このままでは水素分野の国際競争力を失いかねないことを懸念。**
- **当面の社会実装段階では、「水素社会推進法（仮）」の拠点整備支援の一環で、規制特例制度※¹を活用したリスクベース保安の実績作り※²を行うことで、水素事業法による法体系一本化を加速できるのではないか。**

※ 1：産業競争力強化法の「規制のサンドボックス制度（新技術等実証制度）」

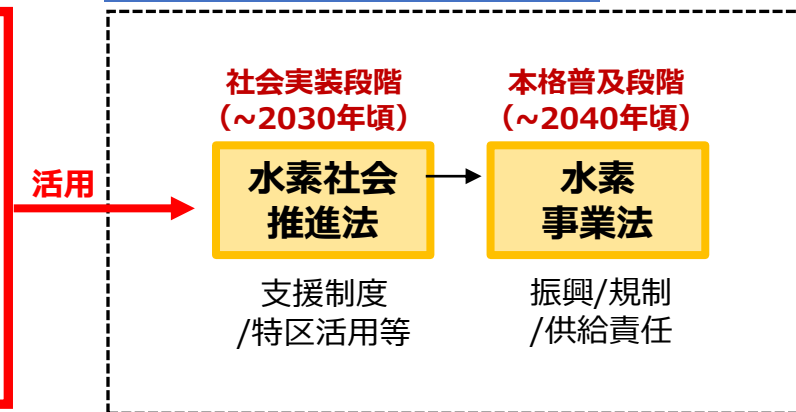
※ 2：設計基準：一般工業規格（JIS、ASME、IEC等）を用い事業者がリスクアセスメントを実施
運用維持管理の基準：事業者によるリスクベース基準

JIS：日本産業規格
ASME：米国機械学会規格
IEC：国際電気標準会議規格

規制のサンドボックス制度について



法体系のステップイメージ



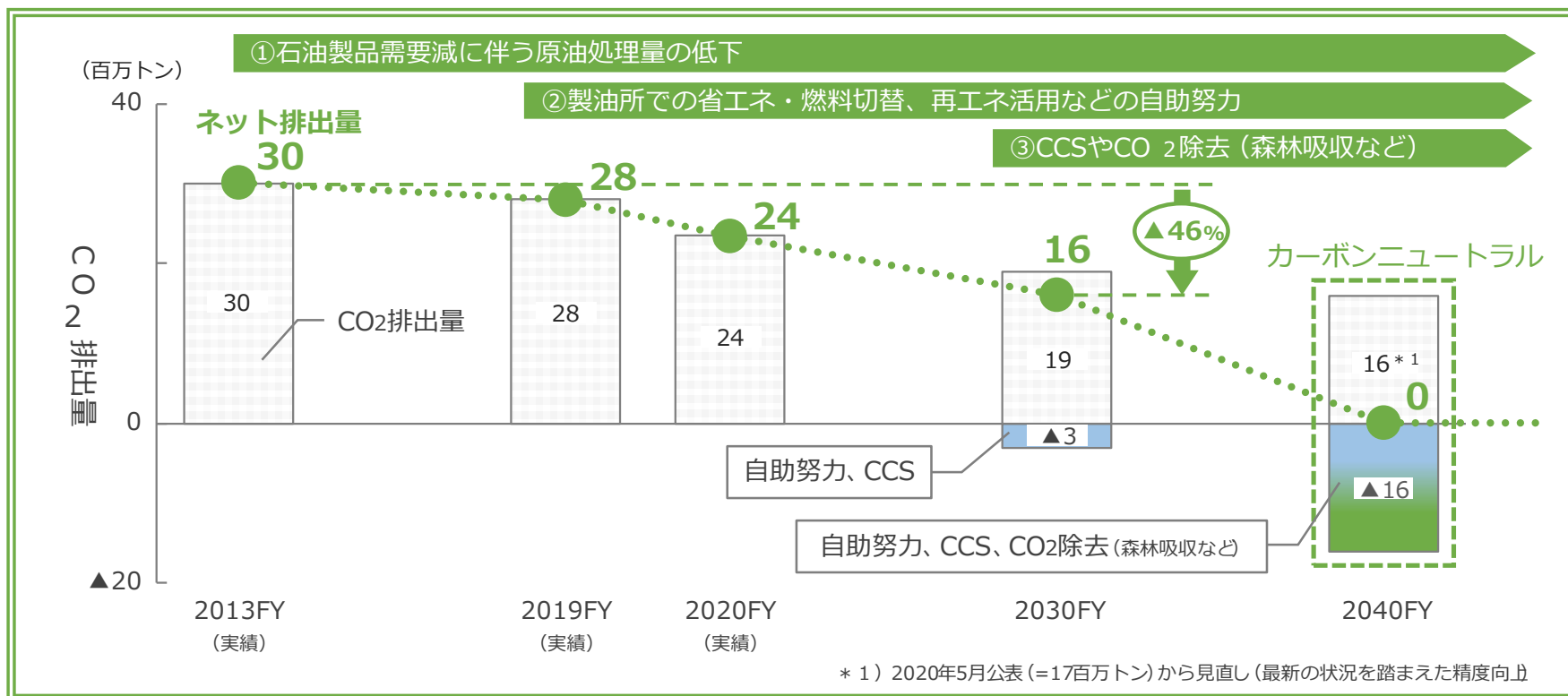
以下、参考資料

ENEOSのカーボンニュートラル計画

- 2018年度に長期ビジョンを策定し、2040年に向けてカーボンニュートラルを目指すことを目標として提示。
- 2021年度決算発表において、カーボンニュートラル計画を公表。→**水素の早期実用化を目指す**。

スコープ 1、2

- ✓ CO₂排出量▲46%目標達成のため、2030年度までにCCS事業開始を目指す
- ✓ 自助努力およびCCSやCO₂除去（森林吸収など）によりカーボンニュートラルを達成



スコープ 3

- ✓ 政府・他企業と歩調を合わせて取り組み、2050年度カーボンニュートラル実現を目指す
- ✓ 再エネ拡大 **水素** SAF・合成燃料等の早期実用化を通じ、エネルギー転換を推進

① MCHサプライチェーン実証

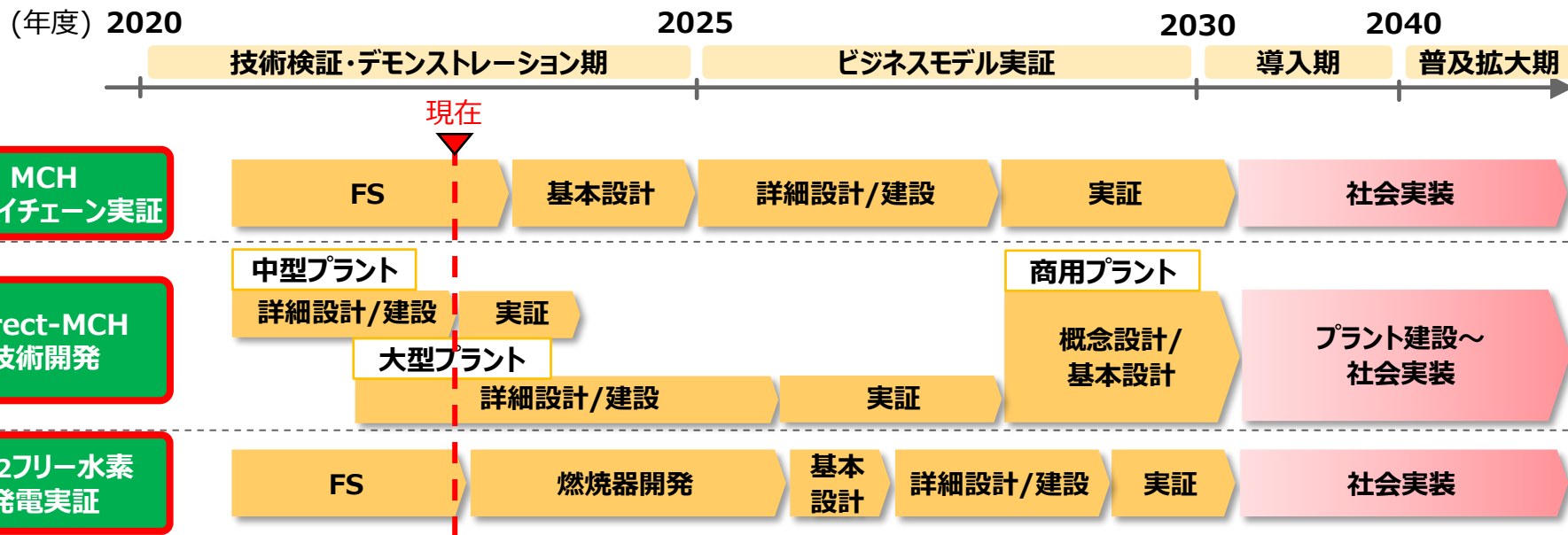
- 多様なCO₂フリー水素源の供給ポテンシャル/コスト見通し、出荷港湾インフラ/プラント設置場所等を比較検討し、候補場所の絞り込みを実施した。
- MCH受入実証場所として、既存設備活用と早期に水素需要が見込める製油所を選定した。

② Direct-MCH技術実証

- 豪州にて中型電解槽プラントの建設完了。
- 年度内には運転を開始し、電解槽の評価・課題抽出を開始する予定。

③ CO₂フリー水素発電実証

- 発電実証設備の基本仕様、事業性等を評価し、実証場所の絞り込みを実施した。



グリーン水素とブルー水素の将来コスト想定

- 足元ではグリーン水素よりブルー水素が相対的に安価だが、近い将来、再エネ電力の低コスト化や技術革新（水電解装置コストダウン・電解効率向上等）に伴い、グリーン水素がコスト優位となる見込み。
- ブルー水素は原料となる化石資源の価格高騰リスクがあり、適正価格での安定供給に懸念がある。
- 諸外国は、有望なグリーン水素源の確保を狙っており、日本も早期に参入する必要がある。

<水素資源国における水素製造コスト見通し¹⁾>

水素コスト増減要因	
グリーン水素	電力単価の低減
	水電解装置コストの低減
	水電解効率の向上
ブルー水素	天然ガス価格変動

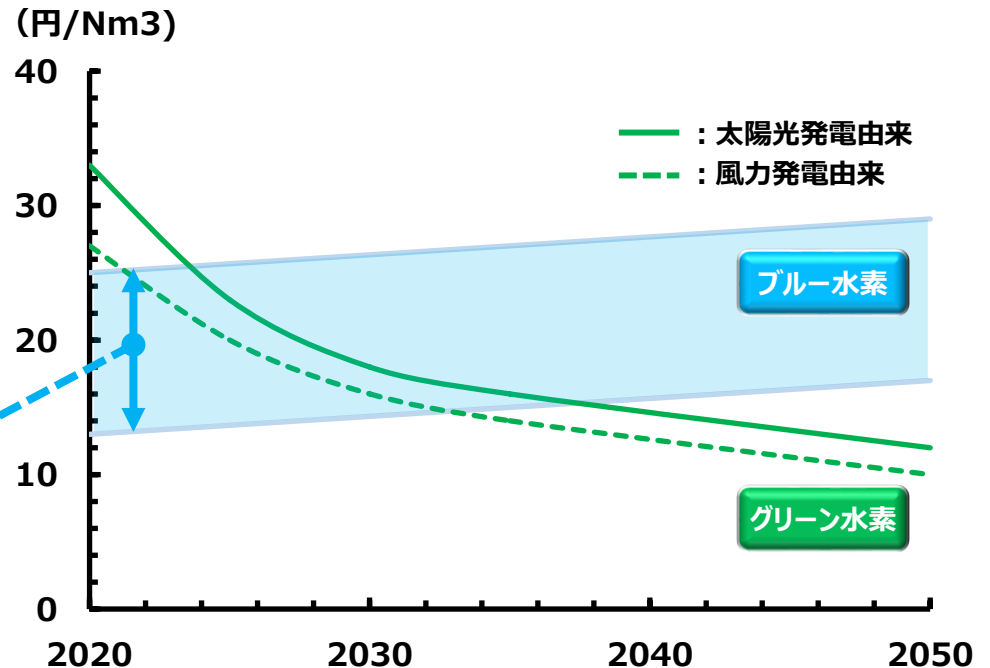
天然ガス価格変動²⁾(2015年～2020年)

⇒ 2~5\$/mmBtuの変動

⇒ ブルー水素コスト換算で、10円/Nm³-H₂変動

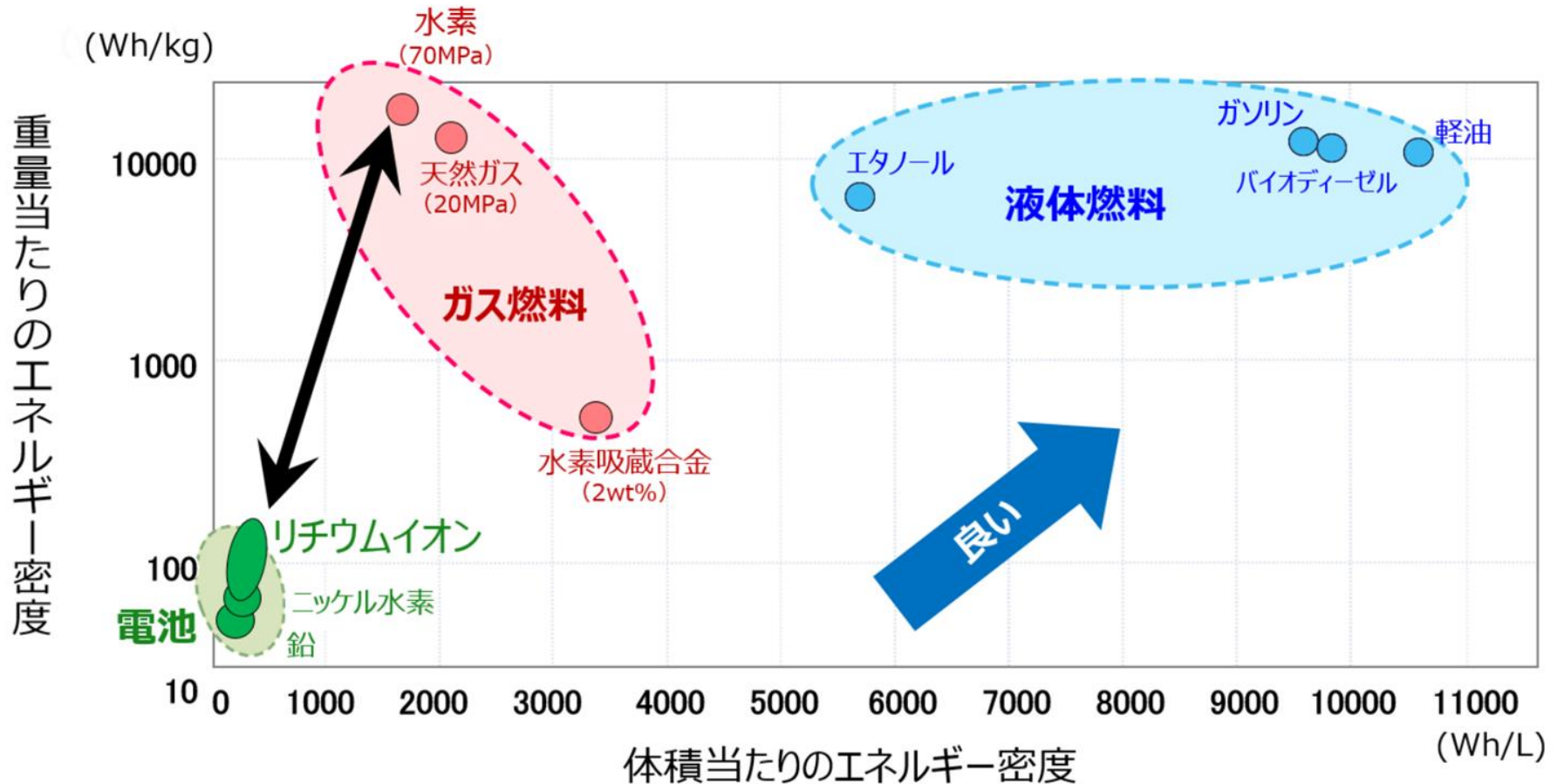
1) IRENA_Global_Renewables_Outlook_2020を参考

2) Natural gas, U.S.



エネルギー密度比較(電池・ガス燃料・液体燃料)

- 水素および液体燃料に物性の近いMCHは、重量当たりのエネルギー密度・体積当たりのエネルギー密度が蓄電池よりも高く、エネルギー貯蔵効率の観点からより優位であると考えられる。
- 液体燃料は、重量当たりのエネルギー密度・体積当たりのエネルギー密度が非常に高く、電化困難な大型車やジェット機等のカーボンニュートラル化に向けては、合成燃料等の活用が効果的である。



出典：経済産業省 資源エネルギー庁HP スペシャルコンテンツ, 2021/7/8

タンカーの分類	貨物品	貨物品定義
油タンカー	油	原油、重油、潤滑油、軽油、灯油等、 MARPOL Annex I 付録に記載される液体
ケミカルタンカー	危険化学品	37.8℃における蒸気圧0.28MPa（絶対圧）を超えない、 <u>IBC Code 17章に記載される液体</u>
ガスキャリア	液化ガス	37.8℃における蒸気圧0.28MPa（絶対圧）を超える、 <u>IGC Code 19章に記載される液</u>

タンカー分類	適用される条約
油タンカー	<ul style="list-style-type: none"> • SOLAS II-1のタンカー要件 • SOLAS II-2のタンカー要件*1 • MARPOL Annex Iの油タンカー要件
ケミカルタンカー	<ul style="list-style-type: none"> • SOLAS II-1のタンカー要件 • SOLAS II-2のタンカー要件*1 • <u>IBC Code</u> • <u>MARPOL Annex II</u>
ガスキャリア	<ul style="list-style-type: none"> • SOLAS II-1のタンカー要件 • SOLAS II-2のタンカー要件*1 • IGC Code • MARPOL Annex II*2

*1 引火点60℃以下の貨物を積載する場合

*2 有害液体物質に分類される貨物（IGC Code19章で*マークが付いているもの）を積載する場合

◆船型の定義：IBC Code 2.1

船型	貨物の運送要件
Type1	環境・安全に対して非常に高い危険性を有し、表 S17.1において、貨物の流出に対し、 最高の 予防措置が要求される貨物を輸送する船舶
Type2	高度の要望措置が要求される貨物を運送する船舶
Type3	損傷時残存能力を増加するための、ある程度の規制が要求される貨物 を運送しようとする船舶

◆タンク当たりの貨物最大積載量：IBC Code16章16.2

船型	タンク当たりの貨物最大積載量
Type1	1.250m ³ を越えないこと
Type2	3,000m³を越えないこと
Type3	積載量の制限の規定なし

◆貨物の物性に応じて船型を決定：IBC Code 21

•GESAMPの貨物の物性評価法により、適用船型を決定。