

資源エネルギー庁 省エネルギー・新エネルギー部
新エネルギーシステム課 水素・燃料電池戦略室 御中

令和2年度 エネルギー需給構造高度化対策に関する調査等事業 (水素・燃料電池戦略ロードマップの進捗確認及び 国内外における水素・燃料電池利活用状況調査) 報告書

2021年3月31日

 株式会社三菱総合研究所
サステナビリティ本部

目次

(1) 国内動向の調査・分析	3
① 潜在需要とパリティコスト	4
潜在需要とパリティコスト試算（都市ガス・熱利用）	16
潜在需要とパリティコスト試算（LPG・熱利用）	32
潜在需要とパリティコスト試算（天然ガス・熱利用）	41
潜在需要とパリティコスト試算（モビリティ）	44
再エネ水素コストに関する試算例	55
② 将来の水素社会のあるべき方向性整理	65
ゼロエミッション工場実現に向けた勉強会 中間整理	67
産業熱需要への水素利活用に向けた勉強会 中間整理	81
③ 国内外の関連法制・環境価値に関する整理	92
国内エネルギー法制に係る水素の扱い	93
需要家に求められる環境対応について	109
海外制度に係る動向	125
④ 産業部門等大規模水素利用に向けた課題整理	132
鉄鋼業における水素利用に係る課題整理	133
化学工業における水素利用に係る課題整理	147
石油精製業における水素利用に係る課題整理	158

目次

(2) 海外動向の調査・分析	165
① 海外動向まとめ	166
② 諸外国の水素関連政策取組	186
③ 諸外国の水素戦略策定動向	200
④ 水素発電・燃料電池に関する諸外国の動向	211
⑤ 燃料電池トラックに関する動向	232
⑥ 地域単位での社会実装に関する動向	280
(3) 協議会運営等	303
① 協議会運営	304
② 現行ロードマップ等への反映事項に関する提案	319

(1) 国内動向の調査・分析

- ① 潜在需要とパリティコスト
- ② 将来の水素社会のあるべき方向性整理
- ③ 国内外の関連法制・環境価値に関する整理
- ④ 産業部門等大規模水素利用に向けた課題整理

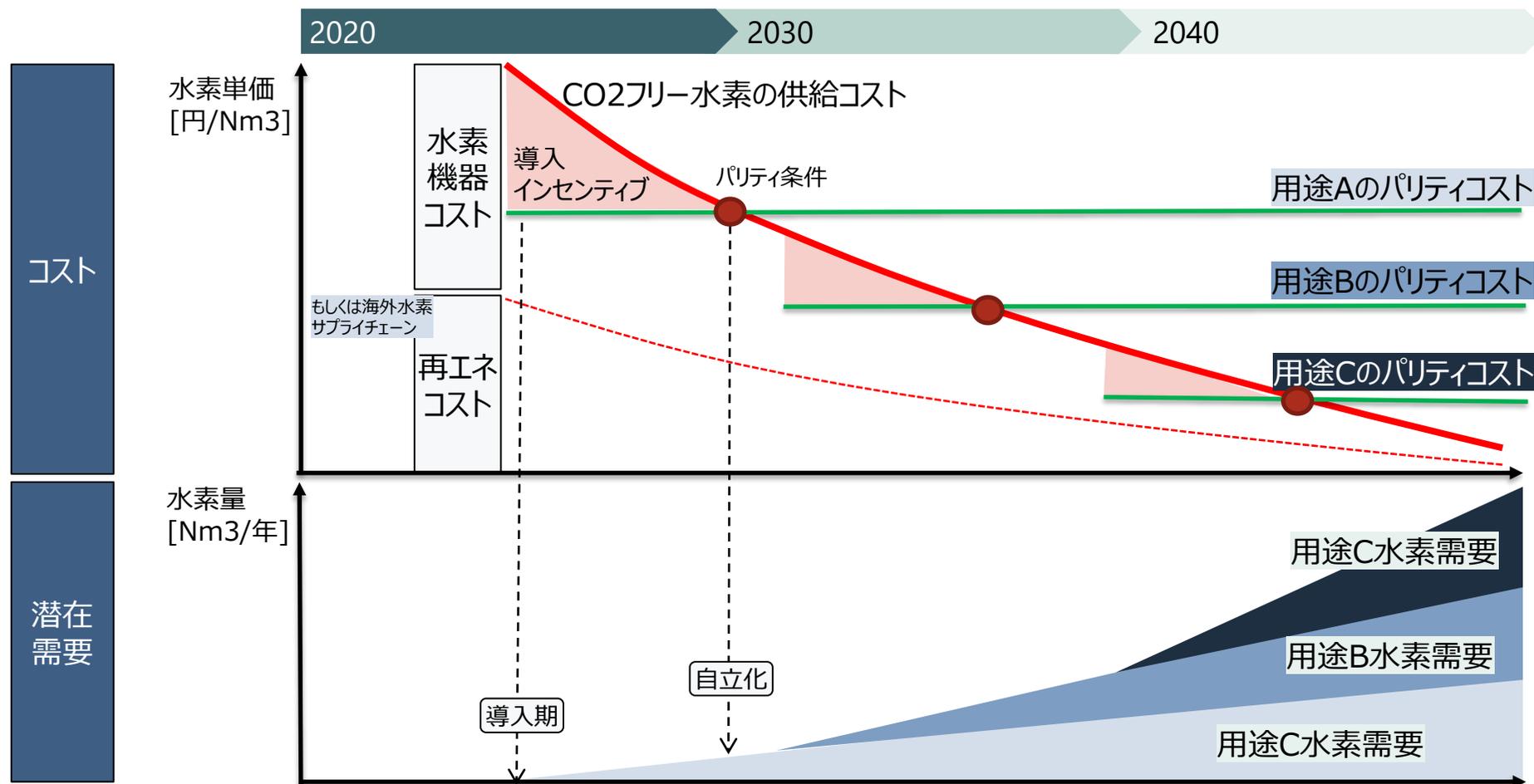
① 潜在需要とパリテコスト試算

- 潜在需要とパリテコスト試算（都市ガス・熱利用）
- 潜在需要とパリテコスト試算（LPG・熱利用）
- 潜在需要とパリテコスト試算（天然ガス・熱利用）
- 潜在需要とパリテコスト試算（モビリティ）
- 再エネ水素コストに関する試算例

潜在需要とパリティコスト

- 今後、再エネのコスト低減や技術開発等に伴い、CO₂フリー水素のコスト低減が期待される。
- 水素導入拡大の道筋に示唆を得るため、各分野のパリティコスト（既存燃料と等価となる水素コスト）とそれが実現した際に期待される潜在需要を推計した。

水素導入拡大イメージ



水素潜在需要量の算出の考え方（熱需要）

- 製造業、業務部門、家庭部門それぞれにおいて、将来の電化の可能性や、化石燃料を水素化できる可能性を検討し、水素潜在需要の算出時に「確度」を考慮することにした。
- 現状の燃料消費量に基づく潜在需要を算定し、そのうち、今後も燃料が主流と考えられ、水素（および脱炭素燃料）の利用が期待される領域を「確度A」、電化技術等との競合しつつも一定の水素（および脱炭素燃料）の利用が期待される領域を「確度B」とした。



パリティコスト算出の考え方

- パリティコストは、需要家におけるオンサイト水素製造の可能性も勘案し、水素の製造コストを前提とする（輸送費や固定費は含まない）。
- 比較対象の燃料は、小売価格を前提に試算する。ただし、データの制約上、卸売価格や輸入CIF価格しか入手できない燃料種（例：LNG）については、それらの価格とのパリティコストを試算することとした。

（試算の考え方）

燃料の小売価格がX [円/Nm³]とすると、燃料の高位発熱量がY [MJ/Nm³] のとき、高位発熱量当たりのコストX÷Yで求められる。このコストを水素で達成すればよいため、水素の高位発熱量が12.8 MJ/Nm³であることを考えると、パリティコストZ [円/Nm³]は、以下の式で求められる。

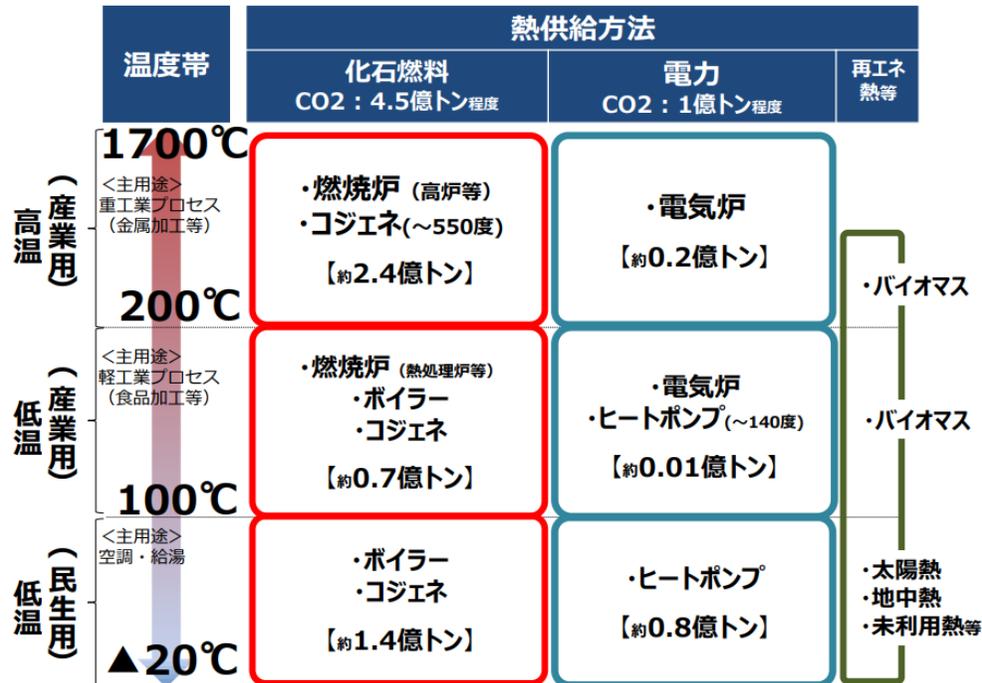
$$X [\text{円/Nm}^3] \div Y [\text{MJ/Nm}^3] \times 12.8 [\text{MJ/Nm}^3] = Z [\text{円/Nm}^3]$$

	燃料の小売価格 X [円/Nm ³]	燃料の高位発熱量 Y [MJ/Nm ³]	パリティコスト Z [円/Nm ³]
製造業			
業務部門			
家庭部門			

(参考) 基本政策分科会での整理 (第5次エネルギー基本計画策定時)

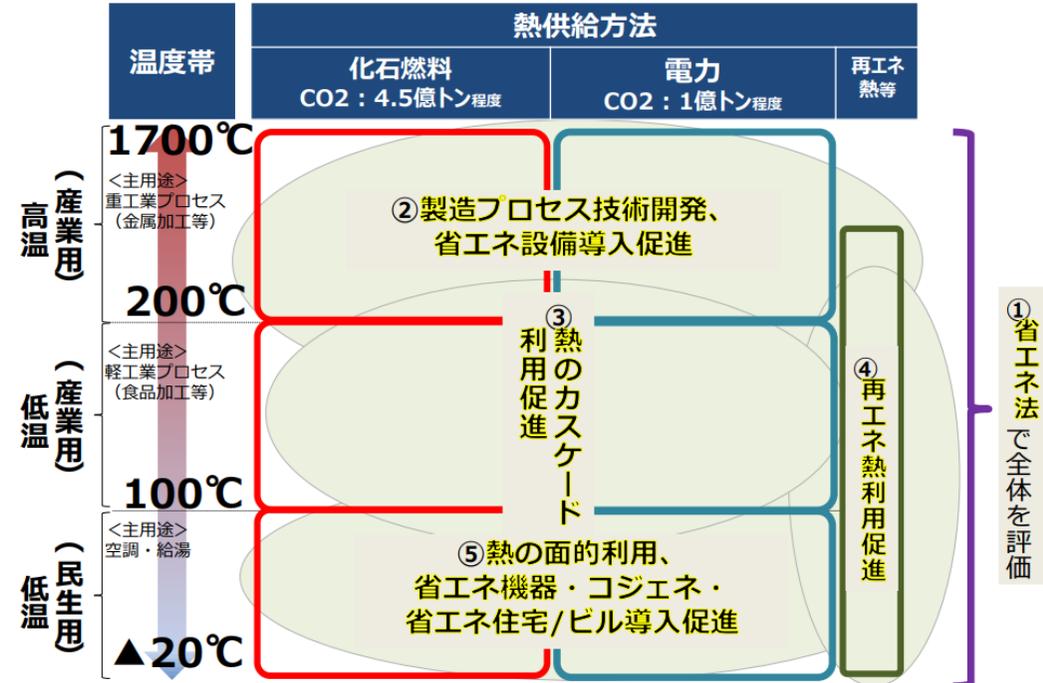
- 第23回基本政策分科会 (平成29年12月26日) において、熱の供給方法および低炭素化に向けた取組は、以下のとおり整理されている。

熱の主な供給方法



※CO2排出量は、約4千社へのアンケート結果や総合エネルギー統計等に基づく推計。

熱の低炭素化に向けた取組

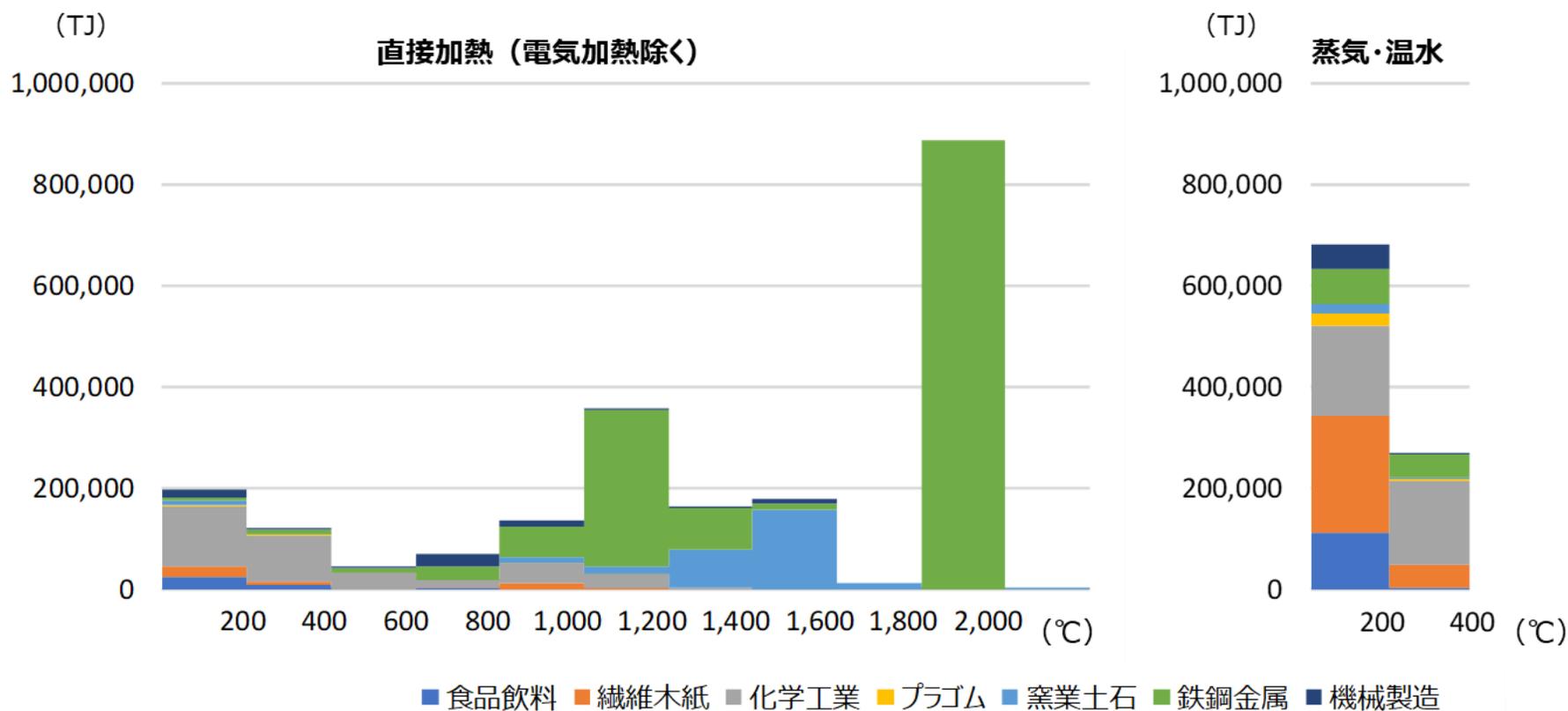


※CO2排出量は、約4千社へのアンケート結果や総合エネルギー統計等に基づく推計。

出所) 第23回基本政策分科会資料「2030年エネルギーミックス実現のための対策～原子力・火力・化石燃料・熱～」(2017年12月26日)
https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/023/pdf/023_005.pdf (閲覧日: 2021年2月1日)

(参考) 産業部門における業種別温度帯別熱需要の分布

- 直接加熱については、鉄鋼金属、窯業土石を中心に高温熱需要が存在。一方、化学工業は比較的低温。
- 蒸気・温水については、化学工業は幅広い温度帯に需要、繊維木紙については200℃未満の需要が大きい。



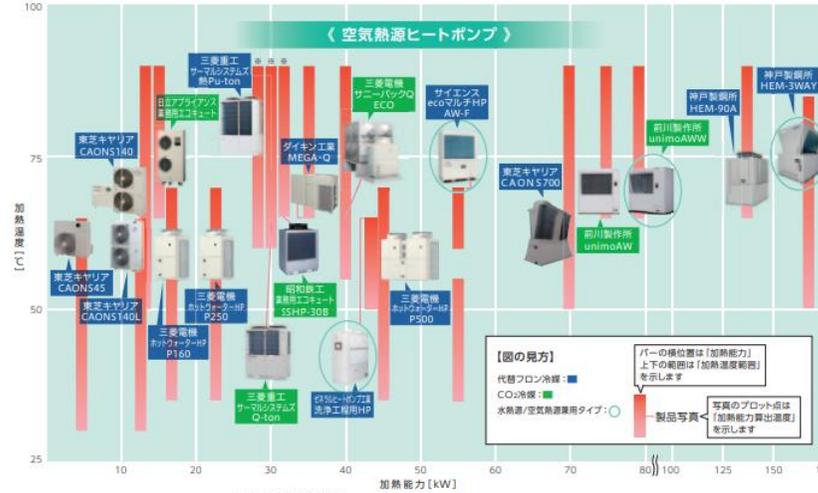
出所) 第36回基本政策分科会資料「2050年カーボンニュートラルの実現に向けた検討」(2021年1月27日)

https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/036/036_005.pdf

(閲覧日: 2021年2月1日)

(参考) 産業電化①ヒートポンプの守備範囲・用途

- 幅広い業種での様々な用途でヒートポンプ適用が期待されている。
- 他方、出力規模は水熱ヒートポンプであっても600kW程度となっており、規模拡大には設置台数の増加といった対応が必要。



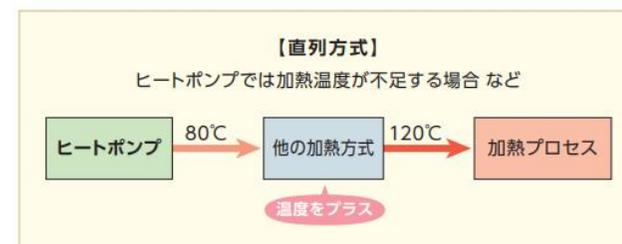
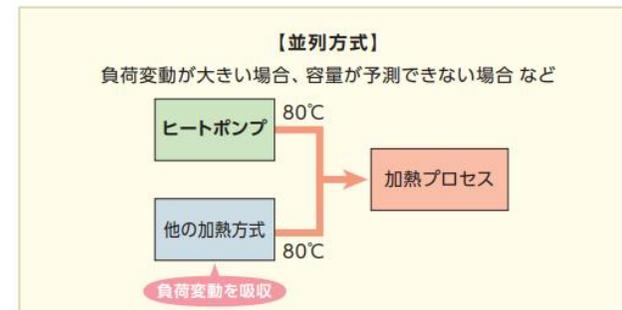
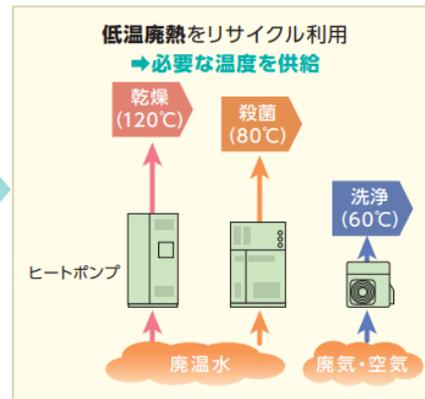
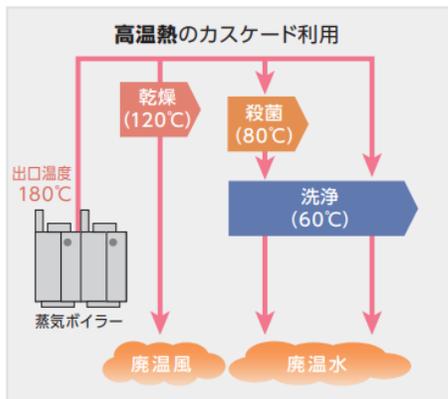
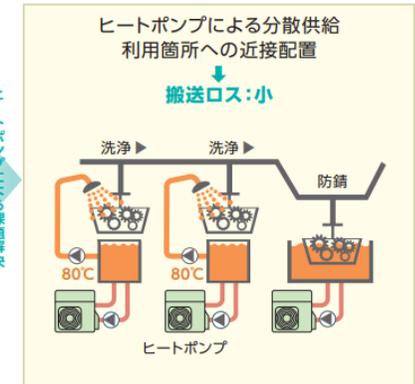
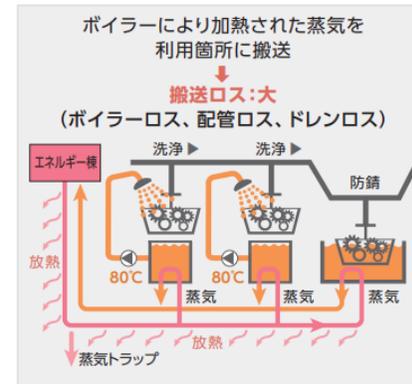
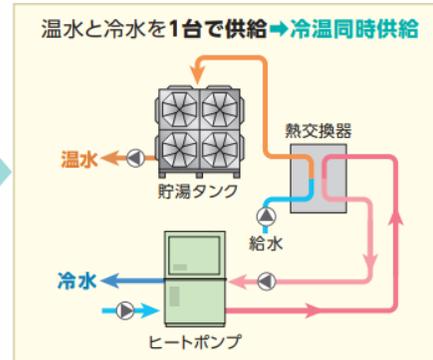
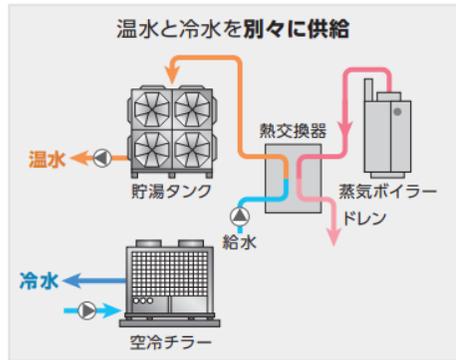
【図の見方】
 代群フロン冷媒: ■
 CO2冷媒: ■
 水熱源/空気熱源兼用タイプ: ○
 パーの横位置は「加熱能力」
 上下の縦線は「加熱温度範囲」
 を示します
 写真のプロット点は「加熱能力/吐出量」
 を示します
 写真の写真は「加熱能力/吐出量」
 を示します

出所) 日本エレクトロヒートセンター「産業用ヒートポンプ活用ガイド」(2017年)

https://www.jeh-center.org/asset/00032/HeatPump_Guide/Heatpump%20Guide.pdf (閲覧日: 2021年2月1日)

(参考) 産業電化②ヒートポンプ活用のポイント

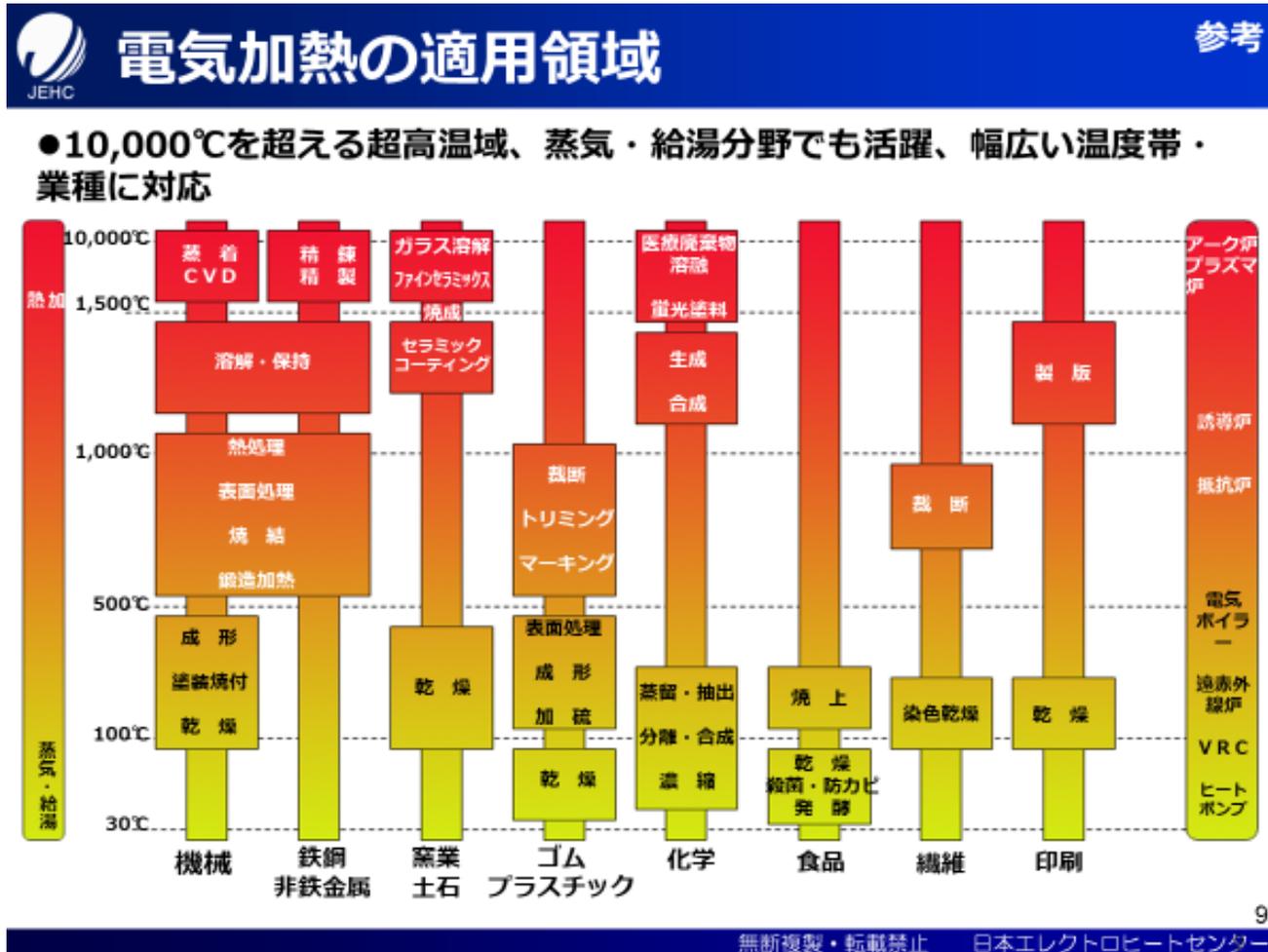
- 産業用ヒートポンプ導入にあたっては、冷温同時供給、低温排熱のリサイクル利用、搬送ロスの提言、並列・直接による他の加熱方式との併用、の4つの視点で活用効果を最大化することが有効とされている。



出所) 日本エレクトロヒートセンター「産業用ヒートポンプ活用ガイド」(2017年)
<https://www.jeh-center.org/asset/00032/20200410SAMGYOHP/ihp-hp-genko.pdf> (閲覧日: 2021年2月1日)

(参考) 産業電化③電気加熱の領域

- 電気加熱は、幅広い温度帯・業種に対応可能としている。



出所) エレクトロヒートセンター「エレクトロヒート 電気加熱システム活用ガイド 紹介」(閲覧日: 2021年2月1日)

<https://www.jeh-center.org/asset/00032/bukaikaiinnopage/hokurikudenryoku%20dennetsukouza%20shokuyuu.pptx>

(参考) 産業電化④電気加熱の領域

- 電気加熱は、以下のようなメリットが活用できる分野で導入努力が進められているものとみられる。(環境対策、労働安全面の改善、自動化、生産性向上等)



電気加熱システムの特徴

G07

- 直接加熱が可能
- 部分加熱が可能
- 短時間急速加熱が可能
- 制御応答が速く、温度調整が精密
- 起動・停止が容易
- 装置温度保持エネルギーが小さい
- 排ガスによる外部への熱損失がない
- 燃焼が無いので、燃焼騒音、輻射熱、油汚れがない

5

無断複製・転載禁止 日本エレクトロヒートセンター

出所) エレクトロヒートセンター「エレクトロヒート 電気加熱システム活用ガイド 紹介」(閲覧日: 2021年2月1日)

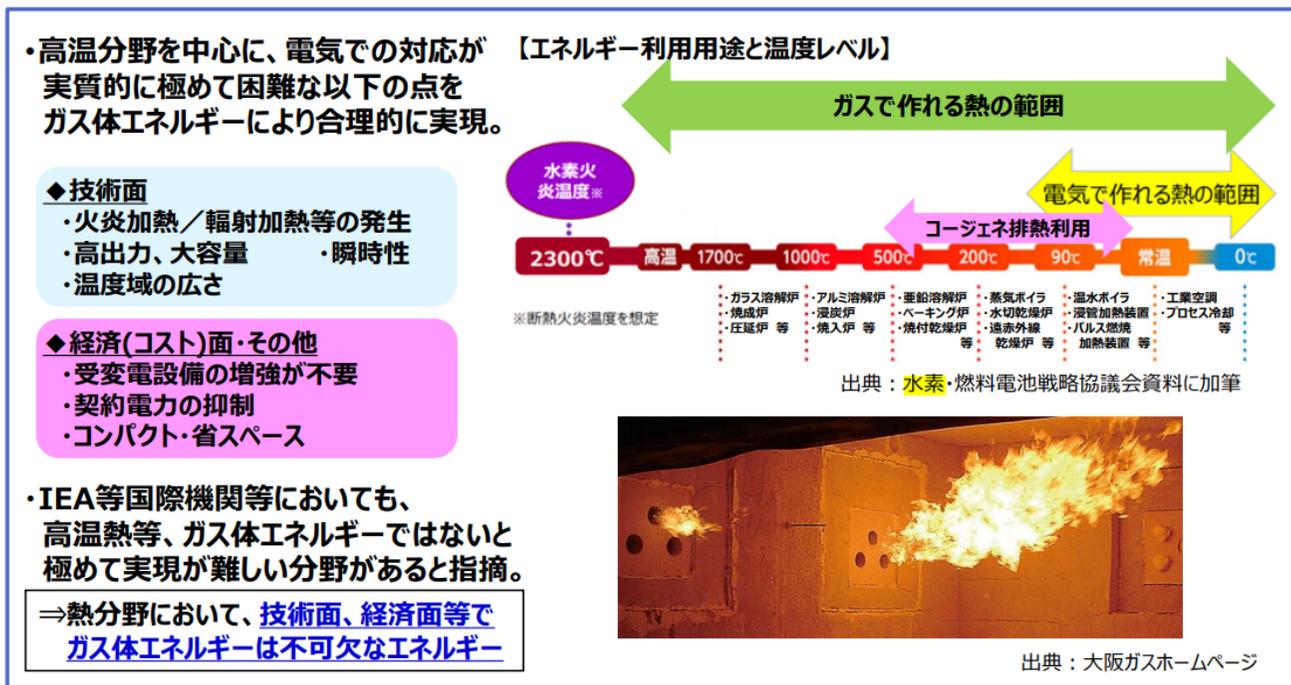
<https://www.jeh-center.org/asset/00032/bukaikaiinnopage/hokurikudenryoku%20dennetsukouza%20shokyuu.pptx>

(参考) 熱エネルギーに関するガスの貢献

- ガスで作れる熱の範囲は幅広く、熱分野において技術面・経済面等でガス体エネルギーは不可欠、としている。

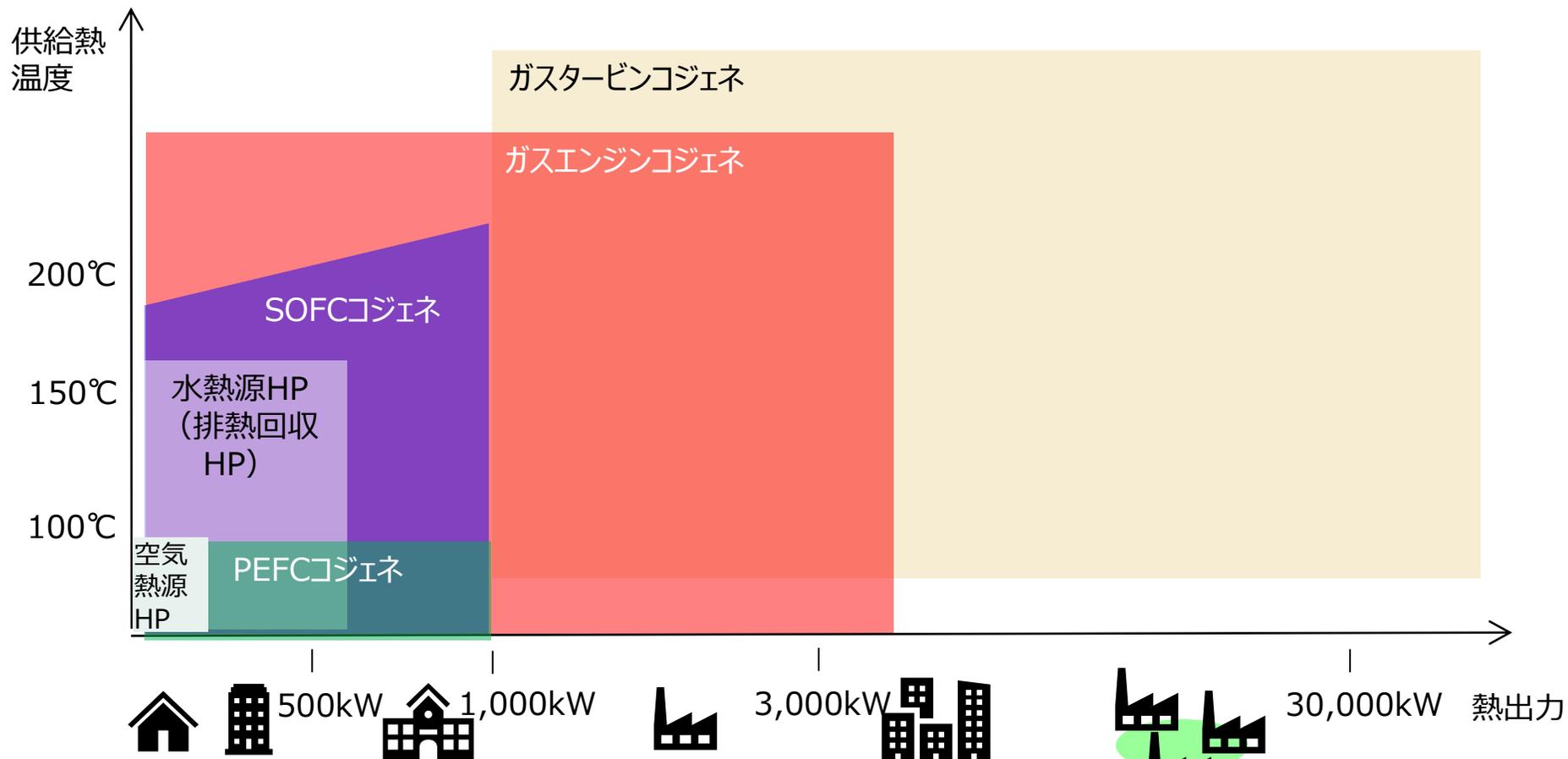
ガス事業の重要性 ①熱エネルギーの重要性とガスの利用

- 更に技術面や経済面等から、**実質的に電化が極めて困難である温度領域が幅広く存在。**
ガスは熱分野を中心に、日本のものづくり産業を支える不可欠なエネルギー。



(参考) 熱源機別の温度帯・規模帯領域整理 (温水・蒸気)

- 主に蒸気・温水を供給可能な熱源機器について、温度帯・出力帯を整理すると下図のとおり。
- 温度以外にも、熱出力の規模によっても棲み分けがあると考えられる。



出所) 日本エレクトロヒートセンター「産業用ヒートポンプ活用ガイド」、大阪ガスウェブサイトよりMRI作成 (閲覧日: 2021年3月29日)

https://www.jeh-center.org/asset/00032/HeatPump_Guide/Heatpump%20Guide.pdf

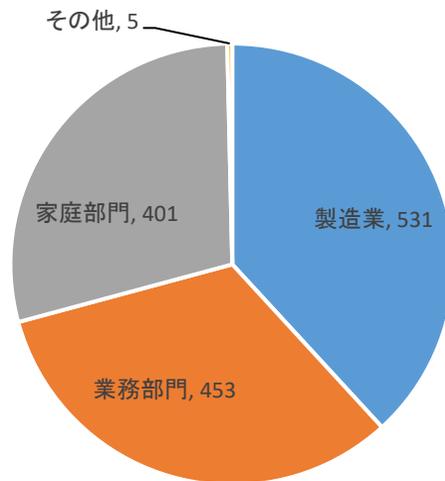
<https://ene.osakagas.co.jp/product/cogeneration/gas-cogeneration/lineup.html>

潜在需要とパリティコスト試算（都市ガス・熱利用）

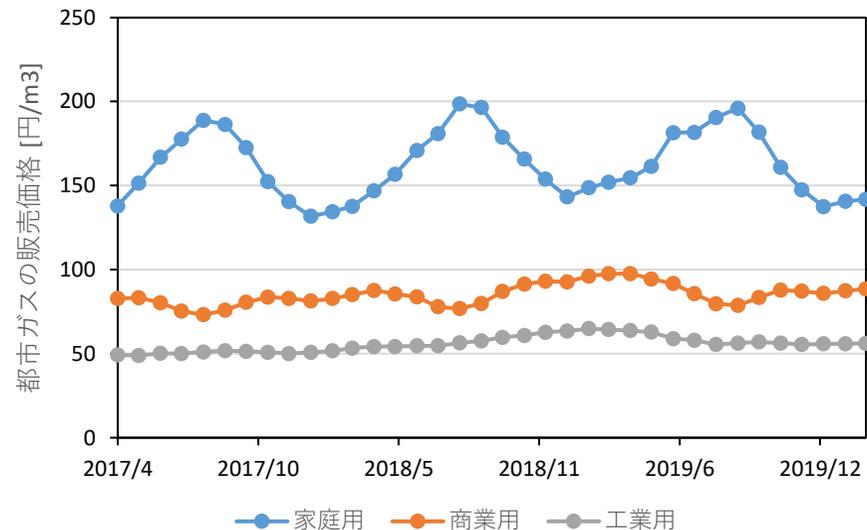
潜在需要量とパリティコスト試算例：都市ガス（1/2）

- 都市ガスの用途には製造業、業務部門、家庭部門の3部門がある（※1）。
- 製造業では直接加熱のほか自家発電用や蒸気発生用にも用いられている一方、家庭部門ではほとんどが直接加熱に用いられているなど、部門ごとに用途と水素化の容易さが異なる。
- 3部門では都市ガスの小売コストも異なる（※2）ため、CO2フリー水素の普及に向けて達成すべき水素コストが異なる。

都市ガスの利用用途（※1）



都市ガスの販売価格（※2）



※1 総合エネルギー統計 2018年度詳細表 に基づきMRI作成。図中数字は各用途での需要量[PJ]（閲覧日：2021年3月29日）

https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total_energy/results.html

※2電力・ガス取引監視等委員会、「ガス取引の状況（ガス取引報結果）」、2017年度～2019年度の3か年分より作成（工業用、商業用、家庭用の区分は、厳密には「総合エネルギー統計」の製造業、第三次産業、家庭の区分とは異なる）（閲覧日：2021年3月29日）

https://www.emsc.meti.go.jp/info/business/gas_report/gas-results.html

潜在需要量とパリテコスト試算例：都市ガス（2/2）

- 製造業では、水素の利用が期待される領域のみで331億Nm³の潜在需要があると推計された一方で、パリテコストは16円/Nm³であり、安価な製造コストを実現する必要がある。
- 業務部門・家庭部門では、パリテコストが条件によっては50円/Nm³を超えることもあり得る。ただし、当該部門で水素の利用が期待される領域では電化との競合が予想されるほか、実現に向けた技術的な課題もある。

部門別潜在需要・パリテコスト試算例

		水素の潜在需要量 [億Nm ³ /年]*1		パリテコスト*2 [円/Nm ³]
		燃料利用が中心、水素による代替が期待される領域	左記に加え、電化技術との競合が予想される領域	
部門	製造業	331	357	16
	業務部門	0	158	24
	家庭部門	0	188	38~57

出所) *1 総合エネルギー統計 2018年度詳細表に基づき試算。

(試算条件)

- 水素の高位発熱量：12.8 MJ/Nm³
- 都市ガスの高位発熱量：45 MJ/Nm³

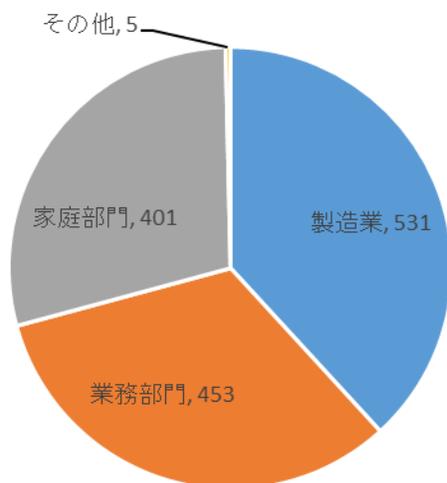
出所) *2 電力・ガス取引監視等委員会、「ガス取引の状況（ガス取引報結果）」、2017年度～2019年度の3か年分より作成（閲覧日：2021年3月11日）
工業用、商業用、家庭用の区分は、厳密には「総合エネルギー統計」の製造業、第三次産業、家庭の区分とは異なる。

https://www.emsc.meti.go.jp/info/business/gas_report/gas-results.html

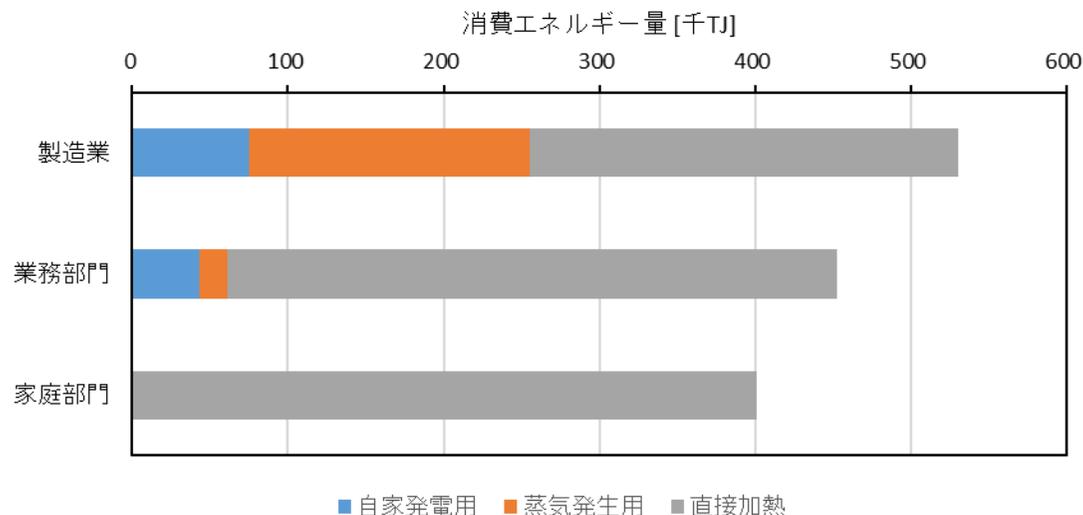
日本全体の都市ガス需要

- 日本全体では、製造業（531PJ）、業務部門（453PJ）、家庭部門（401PJ）の3部門で都市ガスが消費されている。その他には、農林水産業（3PJ）、運輸（2PJ）などがわずかにある。
- 業務部門、家庭部門ではほとんどが直接加熱のために都市ガスが消費されているが、製造業では蒸気発生用（181PJ）や自家発電用（75PJ）としても利用されている。

日本全体における都市ガス需要内訳（※1）



日本全体における都市ガスの利用形態（※1）



出所) ※1 総合エネルギー統計 2018年度詳細表 に基づきMRI作成 (閲覧日: 2021年3月29日)

https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total_energy/results.html

【参考】総合エネルギー統計項目名・細目との対応関係

- 本調査における分類と、総合エネルギー統計項目名・細目との対応関係は、以下のとおり。

総合エネルギー統計の項目名と用途の対応

総合エネルギー統計の項目名	用途（本調査での標記）
自家用発電	自家発電用
自家用蒸気発生	蒸気発生用
最終エネルギー消費	直接加熱

業種分類の対応

日本標準産業分類	総合エネルギー統計の分類	本調査での標記
AB	農林水産業	その他
C	鉱業他	その他
D	建設業	その他
E	製造業	製造業
F-S	業務他（第三次産業）	業務部門
X	家庭	家庭部門
—	運輸	その他

水素潜在需要量の算出の考え方 1/2

- 現状の都市ガス消費量から見込まれる水素潜在需要量は、産業、業務、家庭部門では1,080億Nm³と推計される。
- 実際には、部門・業種によって水素への置き換えに難易度の差があると思われるため、各部門の状況を確認したうえで、精査した数字を算出する必要がある。

(試算の考え方)

水素の高位発熱量(※)は12.8 MJ/Nm³であるから、現状の都市ガスの年間消費量がX [PJ]のとき、年間の水素需要量Y[億Nm³]は、 $X [PJ] \div 12.8 [MJ/Nm^3] \times 10$ で求められる。

※『総合エネルギー統計』では発熱量の換算に高位発熱量を用いているため、これに従った。

部門別水素潜在需要量推計結果(確度考慮前)

	都市ガスの消費量 X [PJ]	水素潜在需要量 Y [億Nm ³]
製造業	531	414
業務部門	453	353
家庭部門	401	313
合計 (その他除く)	1,385	1,080

出所) 総合エネルギー統計 2018年度詳細表に基づき試算。

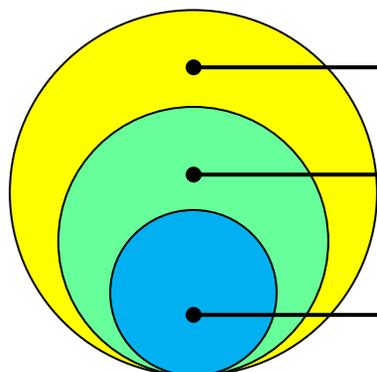
(試算条件)

- 水素の高位発熱量：12.8 MJ/Nm³
- 都市ガスの高位発熱量：45 MJ/Nm³

水素潜在需要量の算出の考え方 2/2

- 製造業、業務部門、家庭部門それぞれにおいて、熱需要における水素（および脱炭素燃料）代替可能性や将来の電化の可能性を検討し、水素潜在需要の算出時に「確度」を考慮することにした。
- 現状の都市ガス消費量に基づく潜在需要を算定し、そのうち、今後も燃料が主流と考えられ、水素（および脱炭素燃料）の利用が期待される領域を「確度A」、電化技術等との競合しつつも一定の水素（および脱炭素燃料）の利用が期待される領域を「確度B」とした。

下記以外で、現状用いられている燃料需要全体に相当する領域
(今回、熱需要代替を想定し、自家発電分は全てこちらに計上)



	確度Aまで累計 [億Nm ³]	確度Bまで累計 [億Nm ³]	全潜在需要 [億Nm ³]
製造業	331	357	414
業務部門	0	158	353
家庭部門	0	188	313
合計 (その他除く)	331	703	1,080

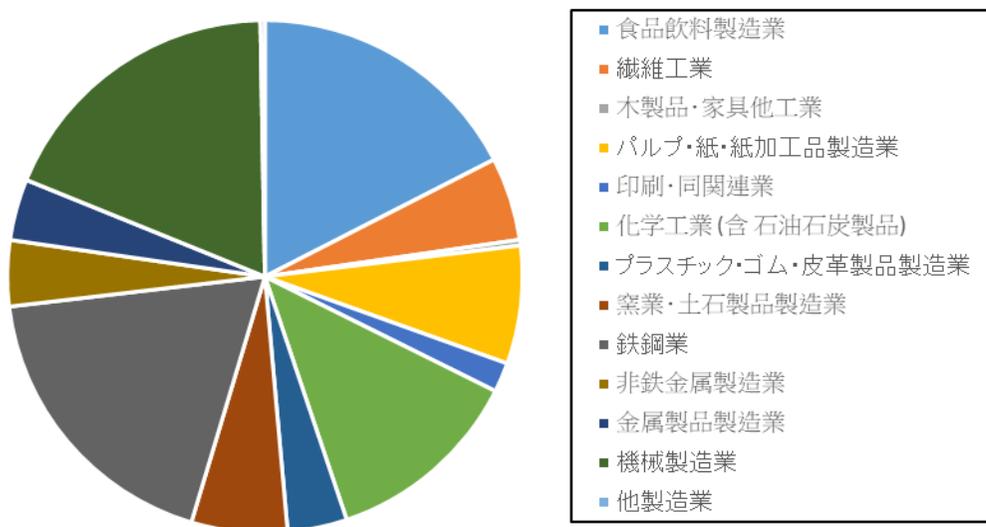
出所) 総合エネルギー統計 2018年度詳細表に基づき試算。
(試算条件)

- 水素の高位発熱量：12.8 MJ/Nm³
- 都市ガスの高位発熱量：45 MJ/Nm³

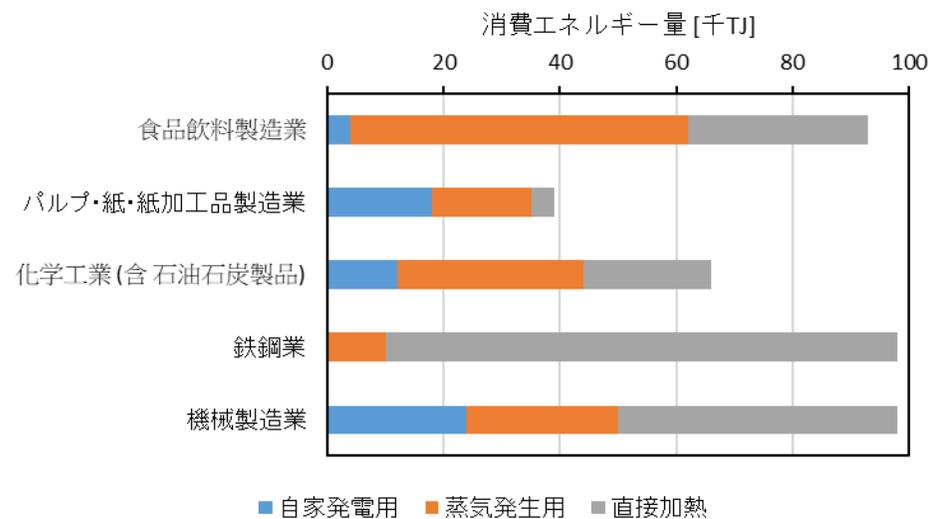
【参考】製造業の都市ガス需要

- 製造業分野における年間の都市ガス消費が多い業種には、機械製造業（99PJ）、鉄鋼業（98PJ）、食品飲料製造業（93PJ）などが挙げられる。
- 食品飲料製造業では蒸気発生用の利用が多く、鉄鋼業では直接加熱の利用が多いなど、業種によって都市ガスの用途に特徴がある。

製造業分野における都市ガス需要内訳（※1）



主要業種における都市ガスの利用形態（※1）

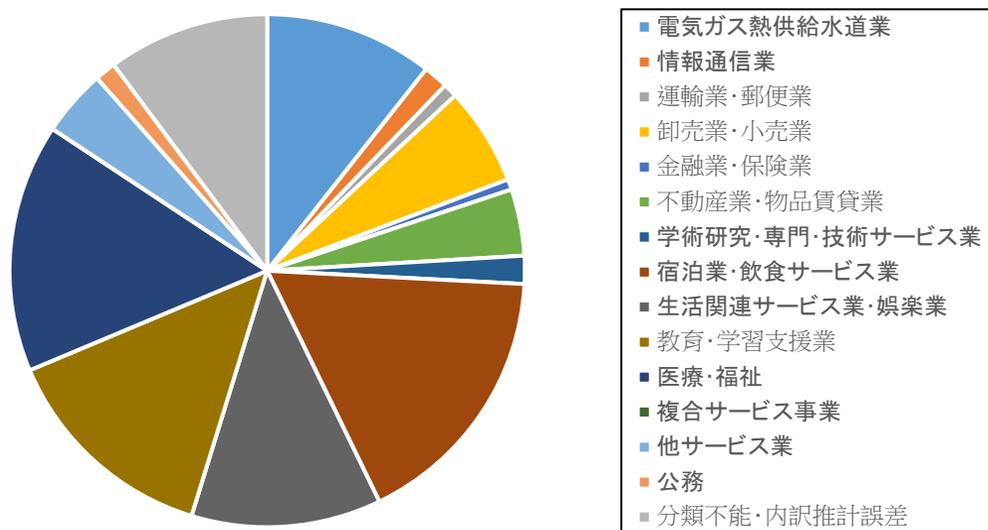


出所) ※1:総合エネルギー統計 2018年度詳細表 に基づきMRI作成 (閲覧日: 2021年3月29日)
https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total_energy/results.html

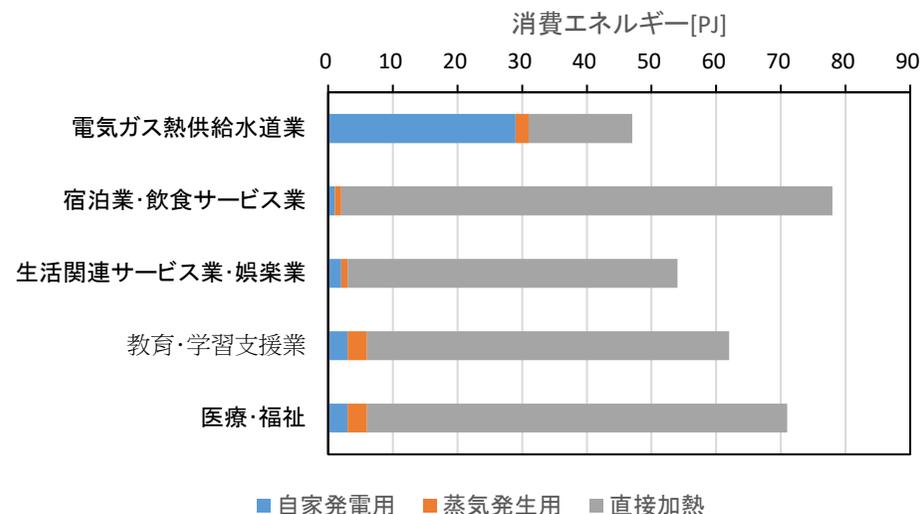
【参考】業務部門の都市ガス需要

- 業務部門における年間の都市ガス消費が多い業種には、宿泊業・飲食サービス業（77PJ）、医療・福祉（71PJ）、教育・学習支援業（63PJ）が挙げられる。
- 業務部門では、電気ガス熱供給水道業において自家発電用に供される場合を除けば、都市ガスが直接加熱や蒸気発生用に供されることは少ない。（※給湯用途や空調用途も多く含まれると考えられる）

第三次産業分野における都市ガス需要内訳（※1）



主要業種における都市ガスの利用形態（※1）

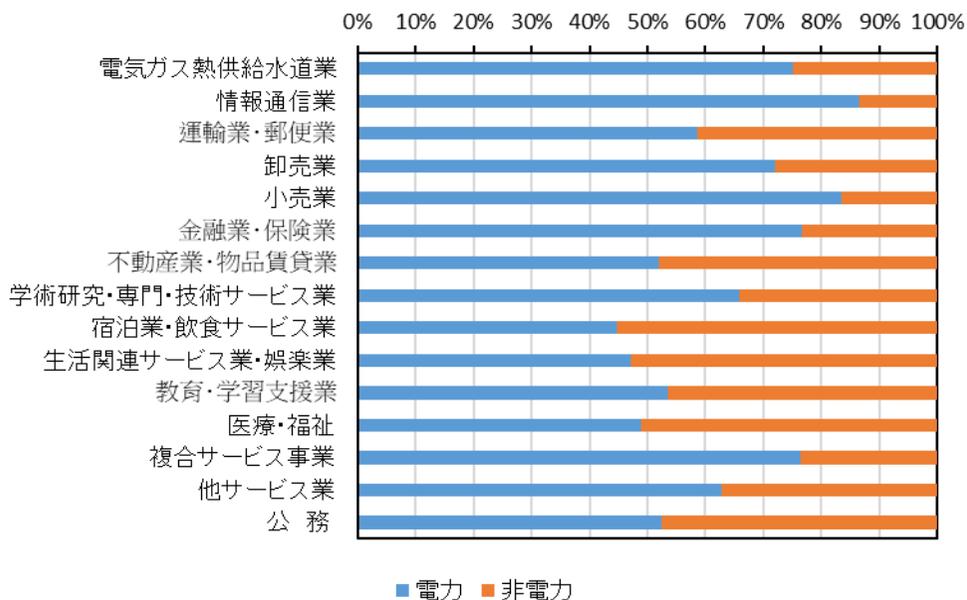


出所) ※1:総合エネルギー統計 2018年度詳細表 に基づきMRI作成 (閲覧日: 2021年3月29日)
https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total_energy/results.html

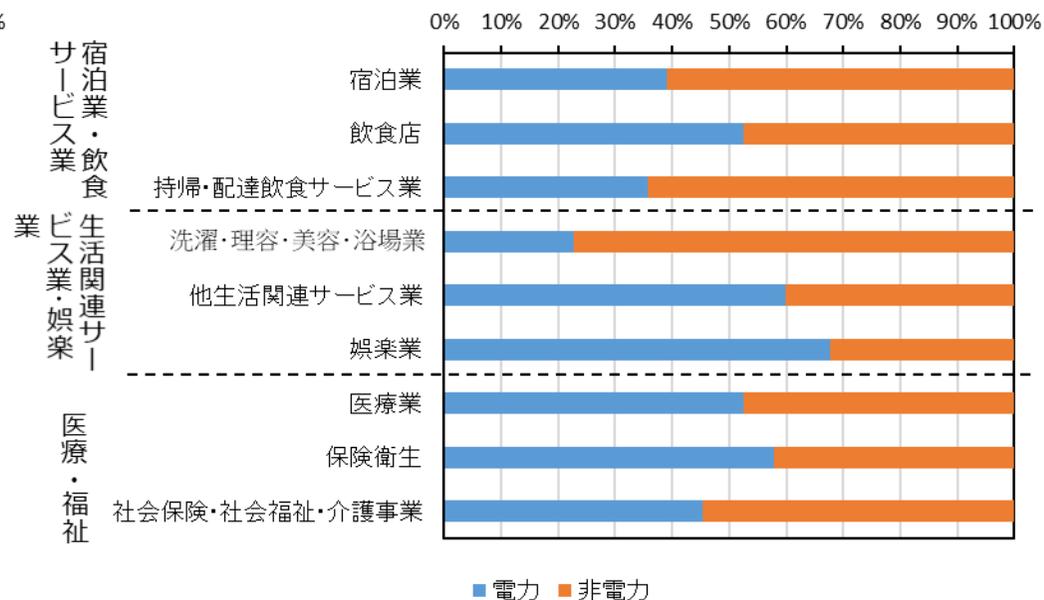
【参考】エネルギー消費量に占める電力の割合

- エネルギー消費に占める電力の割合が50%を占める業種は、「宿泊業・飲食サービス業」（45%）、「医療・福祉」（47%）、「生活関連サービス業・娯楽業」（49%）。
- 小分類別でみると、宿泊業（39%）、持帰・宅配飲食サービス業（36%）、選択・理容・美容・浴場業（23%）などで、電力の占める割合が小さい。

エネルギー消費量に占める電力の割合（※1）



エネルギー消費量に占める電力の割合 [小分類]（※1）



出所) ※1:総合エネルギー統計 2018年度詳細表 (に基づきMRI作成 (閲覧日: 2021年3月29日)

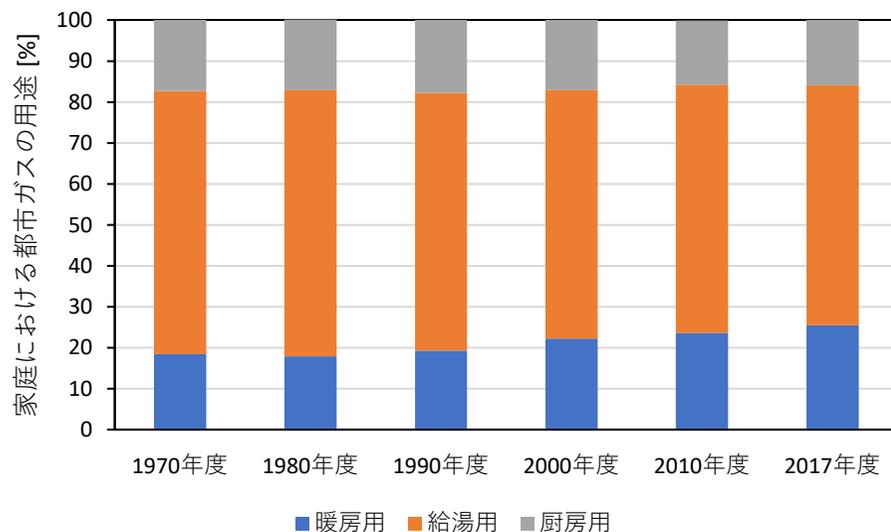
電力消費は「電力」(\$1200)の項目を参照。非電力は「合計」(\$1400)から「電力」を差し引いた値。

https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total_energy/results.html

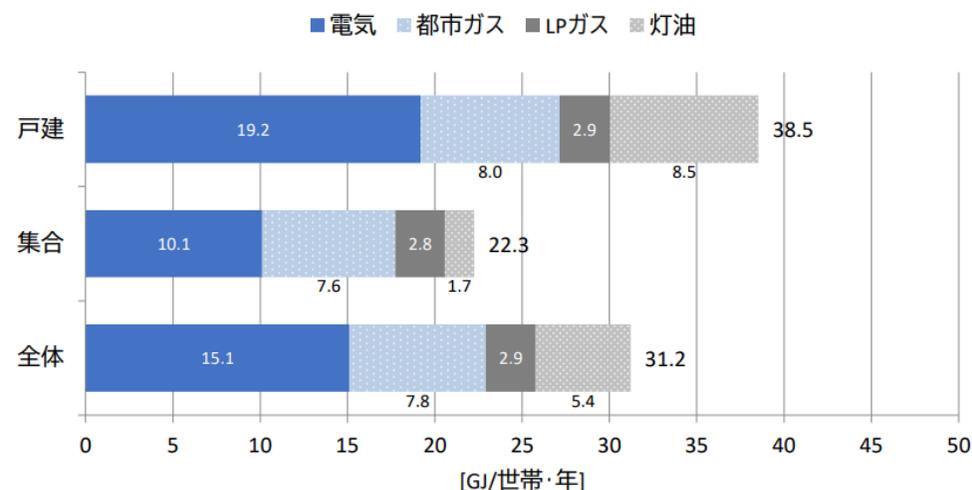
【参考】家庭部門の用途別都市ガス需要内訳

- 家庭における都市ガスの需要の内訳（エネルギー量ベース）は、給湯約60%、暖房用25%、厨房用15%程度。過去からの推移を見ても、1970年度から現在まで大きな変化は見られない。
- 集合住宅における都市ガス消費量の平均値は、戸建住宅におけるそれと比べて5%程度小さい。

家庭における都市ガス消費の用途別内訳推移（※1）



居住方式別のエネルギー消費内訳（※2）



出所) ※1 日本エネルギー経済研究所計量分析ユニット、「EDMC/エネルギー・経済統計要覧 2019年版」、をもとにMRI作成

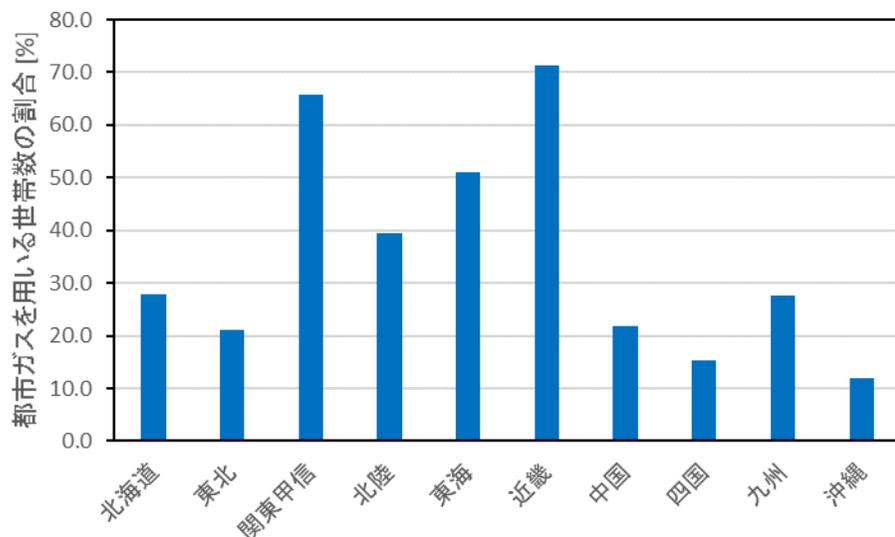
※2 環境省「平成30年度 家庭部門のCO2排出実態統計調査 資料編（確定値）」（2020年3月）、図1-50

都市ガスの供給を受けていない住宅も平均の母数に入っているため、都市ガスを用いている家庭のエネルギー消費原単位ではない点に注意が必要。

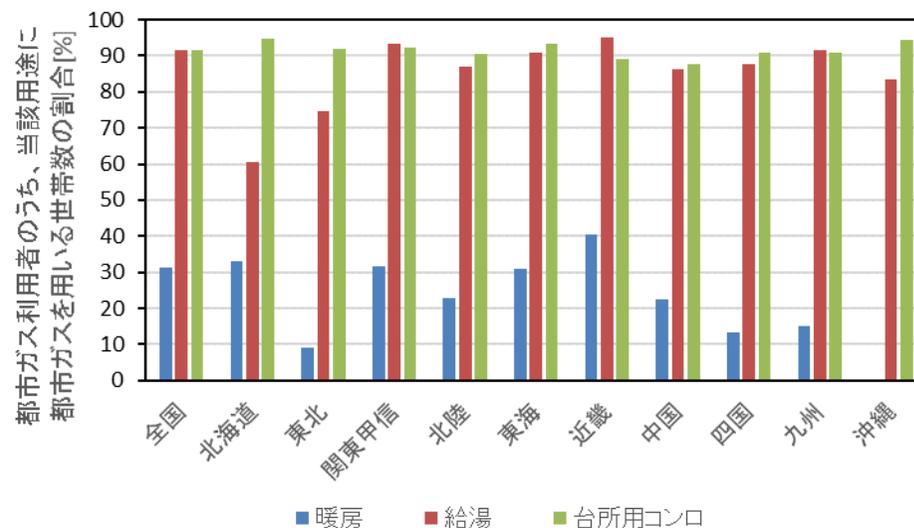
【参考】家庭部門の都市ガス需要 地域別の差異

- 一般家庭（n=9,996）のうち、何らかの用途に都市ガスを利用している世帯は全国平均で50.9%（世帯数ベース）。地域別では、近畿（71.4%）、関東甲信（65.7%）、東海（51.0%）が平均以上。
- 家庭における都市ガスの用途は、主に給湯、台所用コンロ（厨房）、暖房の三つであり、給湯と台所用コンロについては、都市ガス利用者の9割以上が使用している。

地方別一般家庭における都市ガス利用者の割合（※1）



都市ガス利用者の都市ガス利用先（※1）



出所) ※1:環境省「家庭部門のCO2排出実態統計調査」(平成30年度調査) <第5表>基本項目(世帯、住宅、機器使用状況等)別-エネルギー種別使用用途、家庭で使用しているエネルギー種に基づきMRI作成(閲覧日:2021年3月29日)

<http://www.env.go.jp/earth/ondanka/ghg/kateiCO2tokei.html>

パリティコストの算出

- 比較対象の都市ガスの小売価格は、ガス取引報結果（電力・ガス取引等監視委員会）を基に算出した。製造業では「工業用」、業務部門では「商業用」、家庭部門では「家庭用」の区分を参照した。
- 全国スケールでの推定販売価格を確認したところ、製造業、業務部門では年間を通して販売価格に変化がほとんど見られなかったため固定の値を用い、他方、家庭部門では年間を通じて販売価格が変化したため、幅を持たせた都市ガスコストでのパリティ算出とした。

（試算の考え方）

都市ガスの小売価格がX [円/Nm³]とすると、都市ガスの高位発熱量がY [MJ/Nm³]（地域等によって異なる）のとき、高位発熱量当たりのコストX÷Yで求められる。このコストを水素で達成すればよいため、水素の高位発熱量が12.8 MJ/Nm³であることを考えると、パリティコストZ [円/Nm³]は、以下の式で求められる。

$$X [\text{円}/\text{Nm}^3] \div Y [\text{MJ}/\text{Nm}^3] \times 12.8 [\text{MJ}/\text{Nm}^3] = Z [\text{円}/\text{Nm}^3]$$

部門別パリティコスト試算結果

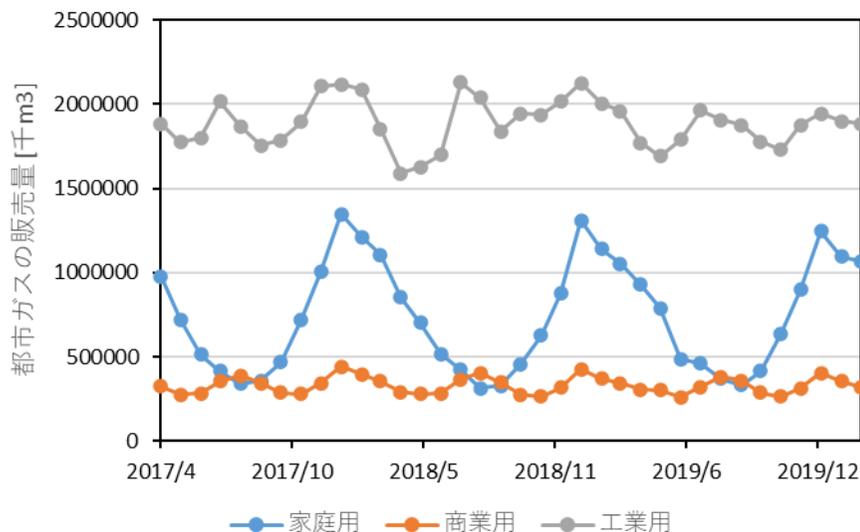
	都市ガスの小売価格 X [円/Nm ³]	都市ガスの高位発熱量 Y [MJ/Nm ³]	パリティコスト Z [円/m ³]
製造業	56	45	16
業務部門	85	45	24
家庭部門	132~199	45	38~57

出所) 電力・ガス取引監視等委員会、「ガス取引の状況（ガス取引報結果）」、2017年度～2019年度の3か年分より作成（閲覧日：2021年3月11日）
工業用、商業用、家庭用の区分は、厳密には「総合エネルギー統計」の製造業、第三次産業、家庭の区分とは異なる。
https://www.emsc.meti.go.jp/info/business/gas_report/gas-results.html

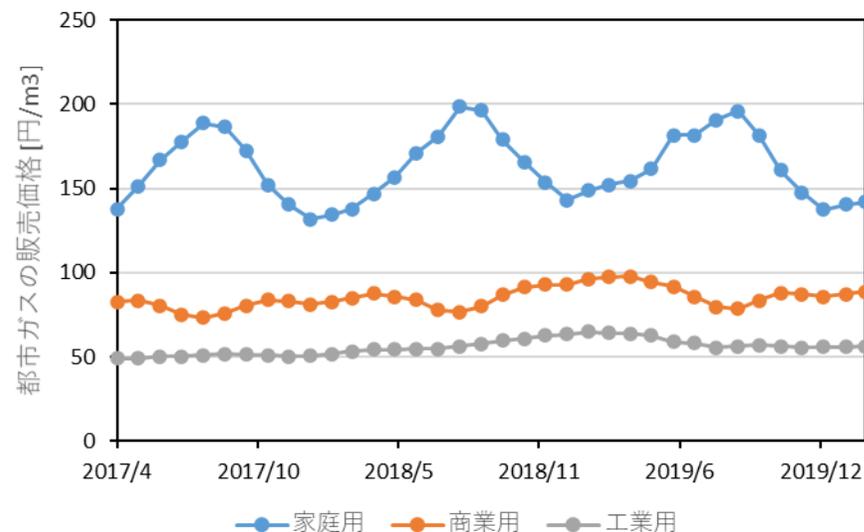
【参考】都市ガスの小売価格

- 毎月のガス料金収入を販売量で除する計算を行い、家庭用、商業用、工業用それぞれの単体量当たり小売価格を推計した（電力・ガス取引監視等委員会の検証に関する専門会合における検討手法を踏襲）。
- 商業用、工業用は年間を通して販売価格の変動はほとんどなく、それぞれ直近3か年の平均で、商業用85円/m³、工業用56円/m³であった。
- 家庭用は年間で販売価格に変動があり、直近3か年での振れ幅は、132～199円/m³であった。

都市ガスの販売量（※1）



単体量当たりの都市ガス小売価格（※1）

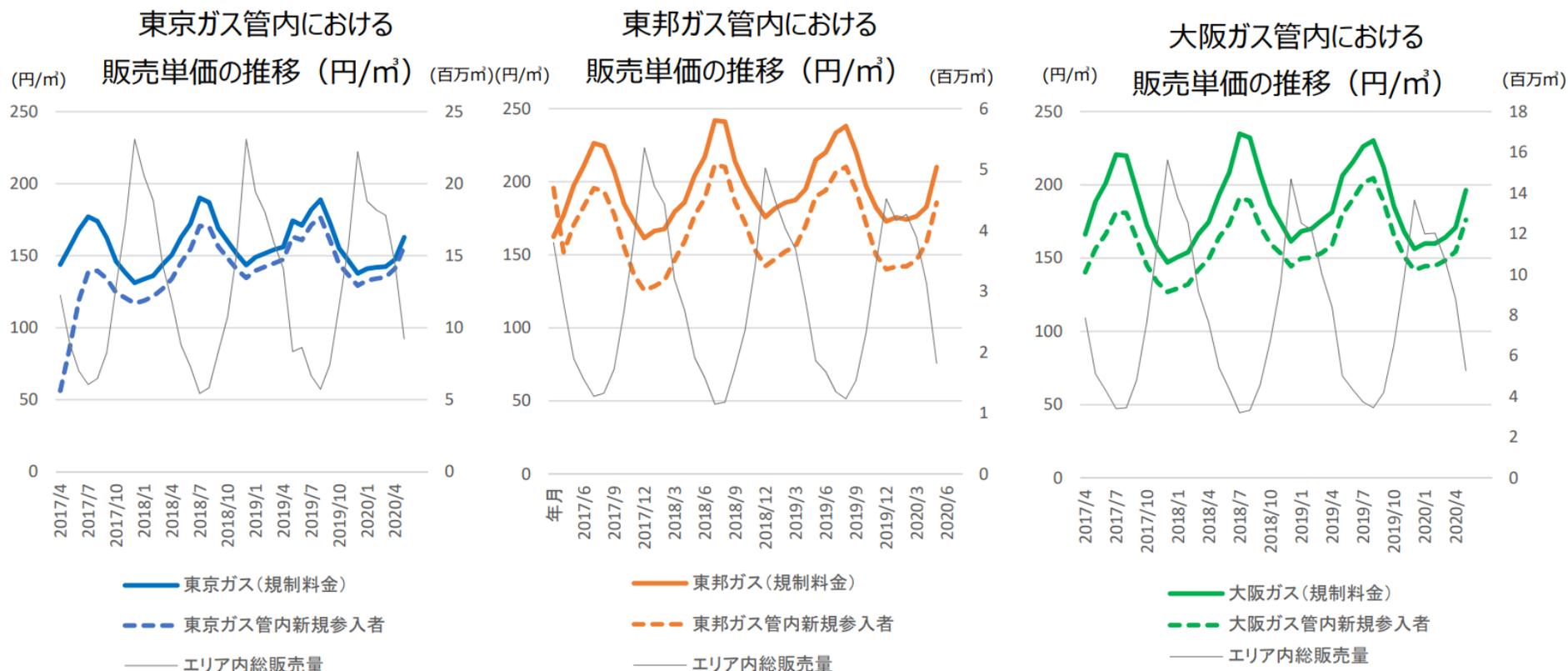


出所) ※1:電力・ガス取引監視等委員会、「ガス取引の状況(ガス取引報結果)」、2017年度～2019年度の3か年分より作成(閲覧日:2021年3月11日)
 工業用、商業用、家庭用の区分は、厳密には「総合エネルギー統計」の製造業、第三次産業、家庭の区分とは異なる。
https://www.emsc.meti.go.jp/info/business/gas_report/gas-results.html

【参考】管区ごとの販売価格の差異について

- ガス取引報結果を基に、毎月の家庭用ガス料金収入を販売量で除して販売価格を推定している。
- 中部圏・関西圏の家庭用販売価格は、関東圏に比べて数十円/m³程度高い傾向にあった。

関東圏・中部圏・関西圏の一般向け都市ガス料金体系（※1）



出訴) ※1:電力・ガス取引監視等委員会、「ガスシステム改革の進捗と委員会の取組について」、第3回電力・ガス取引監視等委員会の検証に関する専門会合 資料3 (閲覧日: 2021年3月29日) https://www.emsc.meti.go.jp/activity/emsc_kensho/pdf/003_03_00.pdf

【参考】地域間での価格差（内内格差）

- 都市ガス料金の地域間格差について、2007年の分析事例によれば、地域間で最大2.8倍の格差が存在。
- 現在、ガス事業生産動態統計といった公的情報でも価格は公表されていないため、最新状況を特定するには個社毎のガス事業者の料金体系を確認する必要がある。

[表1-3-2-1. 一般ガス料金の国内地域間格差]

(出典: 総合資源エネルギー調査会都市熱エネルギー部会資料(2007))

地 域	最大格差		大手4社との格差	平均料金 (¥/m ³)	月間家庭用販売量 (m ³ /月)
	全 体	私営のみ			
北海道	1.66	1.66	--	145.95	18.34
東 北	1.97	1.64	--	147.63	27.19
関 東	2.46	2.31	対東京 1.72	107.61	34.14
中部・北陸	1.45	1.45	対東邦 1.45	124.46	30.83 (中部) 21.59 (北陸)
近 畿	1.81	1.81	対大阪 1.81	110.43	32.03
中国・四国	1.38	1.38	--	157.57	23.60 (中国) 21.29 (四国)
九州・沖縄	1.43	1.43	対西部 1.31	158.63	22.42 (九州) 13.88 (沖縄)
全 国	2.81	2.65			

(注) 最大格差: 域内の最高と最低を比較

比較のベースとなる料金は、2006年8月1日現在の供給約款の基準単位料金を用いて算定
月間使用量 55m³ (41.8602MJ, 10000kcal換算) の料金

平均料金は、平成17年度の小口平均料金(41.8602MJ, 10000kcal換算) ガス事業便覧平成18年版

平成17年の1件当月間家庭用ガス販売量は、年販売量(41.8602MJ, 10000kcal換算)/取付メータ数/12ヶ月

出所) 経済産業研究所「都市ガス事業における「内々価格差」の定量的評価分析」(閲覧日: 2021年3月29日)

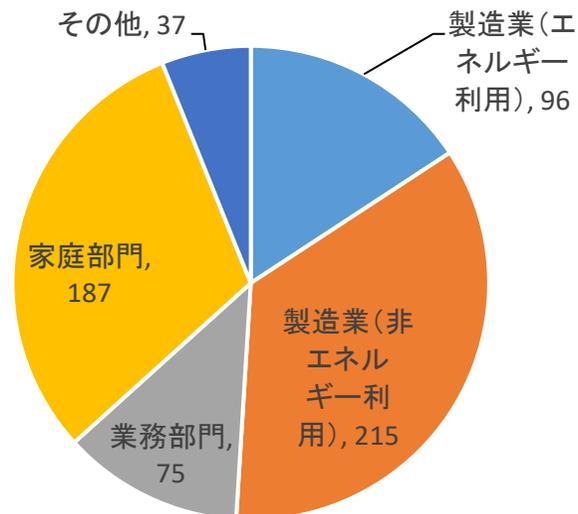
<https://www.rieti.go.jp/jp/publications/dp/08j001.pdf>

潜在需要とパリティコスト試算（LPG・熱利用）

潜在需要量とパリティコスト試算例 LPG

- LPGは国内での年間需要量が約1,400万吨程度で推移しており、主な用途は製造業（化学原料用）と家庭部門となっている。
- 水素代替の確度の高い潜在需要として、製造業でのエネルギー利用と家庭部門、業務部門で合わせて**204億Nm³**のCO₂フリー水素への切り替え需要が存在すると見込む。
- 水素パリティコストは、家庭部門では**84.5円/Nm³**と算出されたが、製造業では**29.4円/Nm³**と安価であることが水素普及に向けた課題。

LPGの利用用途（※1）



LPGの需要見通し（※2）



出所) ※1:資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」2018年度詳細表 に基づきMRI作成。図中数字は各用途での需要量[PJ]

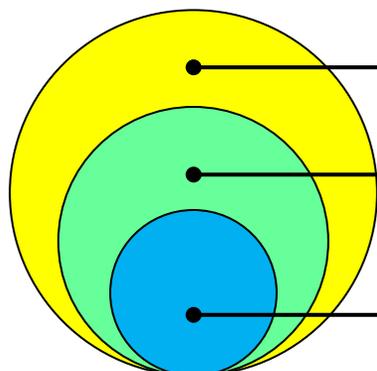
https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total_energy/results.html

※2:日本LPガス協会 石油製品需要見通し (閲覧日:2021年3月29日) <https://www.j-lpgas.gr.jp/stat/other/files/juyo20192023.pdf>

水素潜在需要量

- 製造業、業務部門、家庭部門それぞれにおいて、熱需要における水素（および脱炭素燃料）代替可能性や将来の電化の可能性を検討し、水素潜在需要の算出時に「確度」を考慮することにした。
- 現状のLPG消費量に基づく潜在需要を算定し、そのうち、今後も燃料が主流と考えられ、水素（および脱炭素燃料）の利用が期待される領域を「確度A」、電化技術等との競合しつつも一定の水素（および脱炭素燃料）の利用が期待される領域を「確度B」とした。

下記以外で、現状用いられている燃料需要全体に相当する領域
(今回、熱需要代替を想定し、自家発電分は全てこちらに計上)



	確度Aまで累計 [億Nm ³]	確度Bまで累計 [億Nm ³]	全潜在需要 [億Nm ³]
製造業	66.8	69.5	75.1
業務部門	0	42	58
家庭部門	0	95	146
合計 (その他除く)	66.8	206.5	279.1

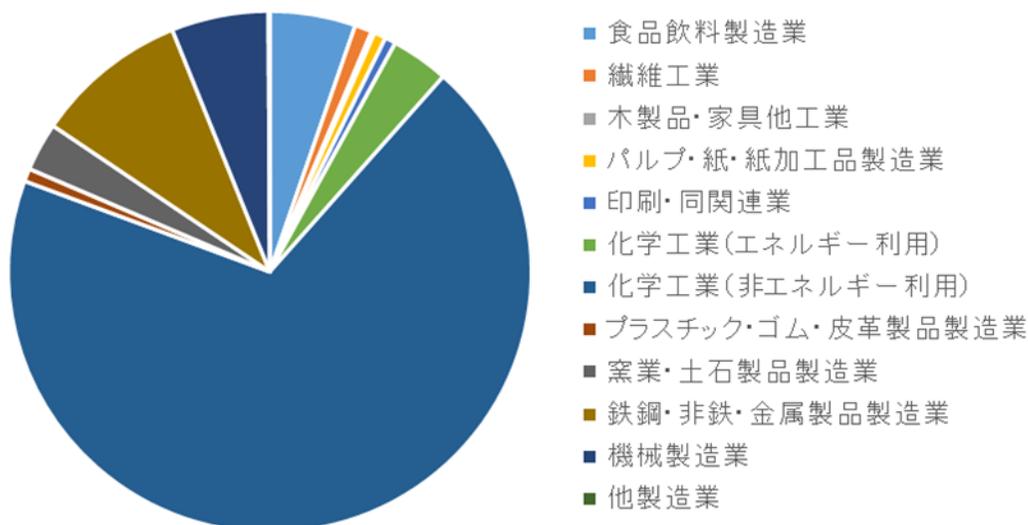
出所) 総合エネルギー統計 2018年度詳細表に基づき試算。
(試算条件)

- 水素の高位発熱量：12.8 MJ/Nm³
- LPガスのプロパン：ブタン比率については、総合エネルギー統計の発熱量表より、LPG・ブタン・プロパンの発熱量から比率を逆算し、「プロパン73%、ブタン27%」と算出。

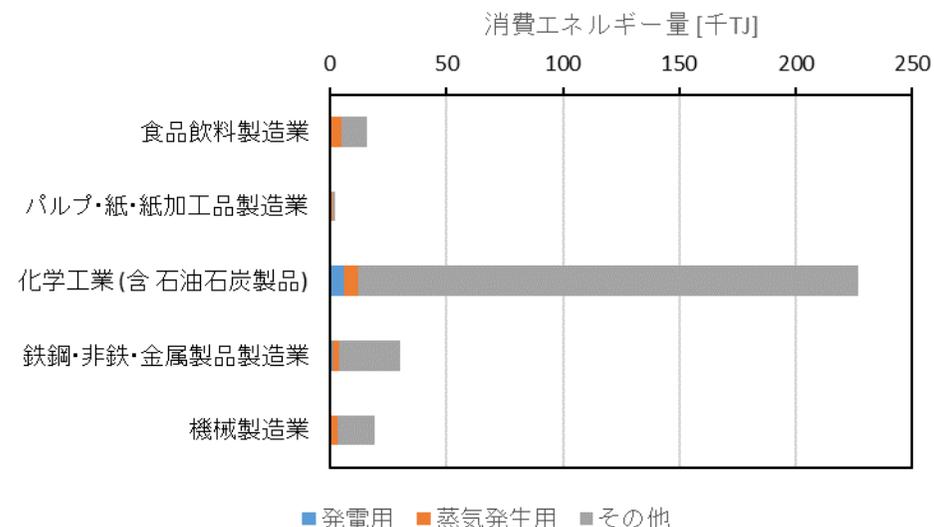
【参考】製造業分野のLPG需要

- 製造業分野における年間のLPG消費のうち、7割以上を化学工業（226PJ）が占めており、その内訳はほとんどが非エネルギー利用となっている。
- LPGを非エネルギー用途で利用している部門は化学工業のみである。

製造業分野におけるLPG需要内訳（※1）



主要業種におけるLPGの利用形態（※1）

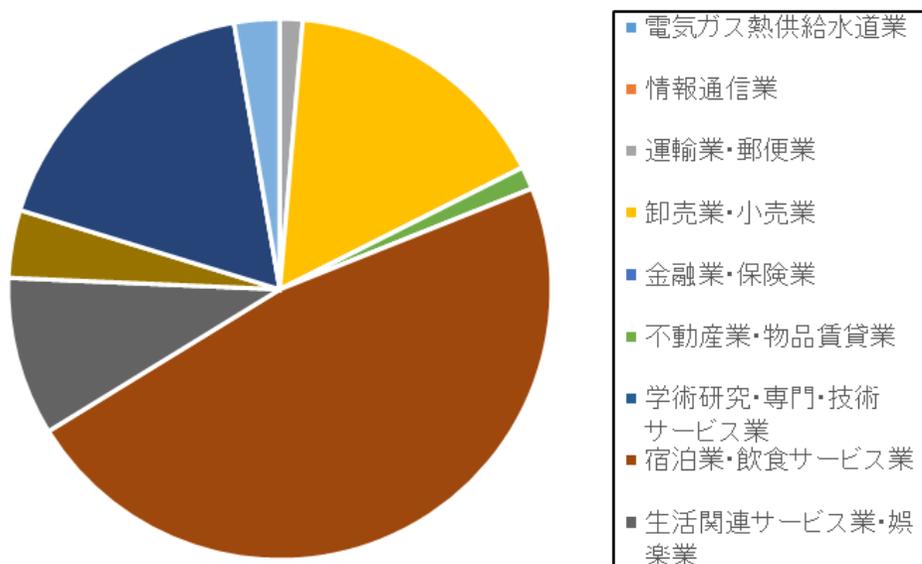


出所) ※1:資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」2018年度詳細表に基づきMRI作成(閲覧日:2021年3月29日)
https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total_energy/results.html

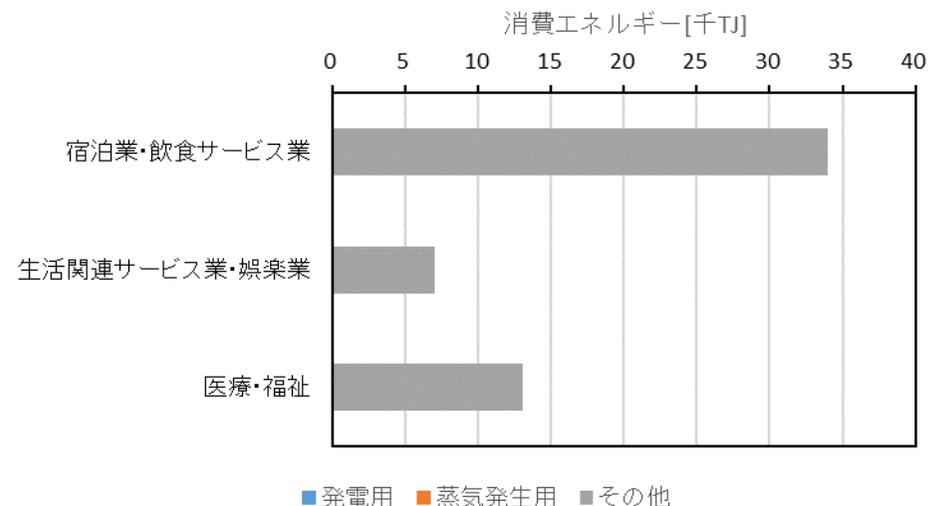
【参考】業務部門のLPG需要

- 業務部門における年間のLPG消費が多い業種には、宿泊業・飲食サービス業（35PJ）、医療・福祉（13PJ）、卸売業・小売業（12PJ）が挙げられる。
- 業務部門では、LPGが発電用や蒸気発生用に供給されることは少ない。（※給湯用途や空調用途が多く含まれると考えられる。）

業務部門におけるLPG需要内訳（※1）



主要業種におけるLPGの利用形態（※1）

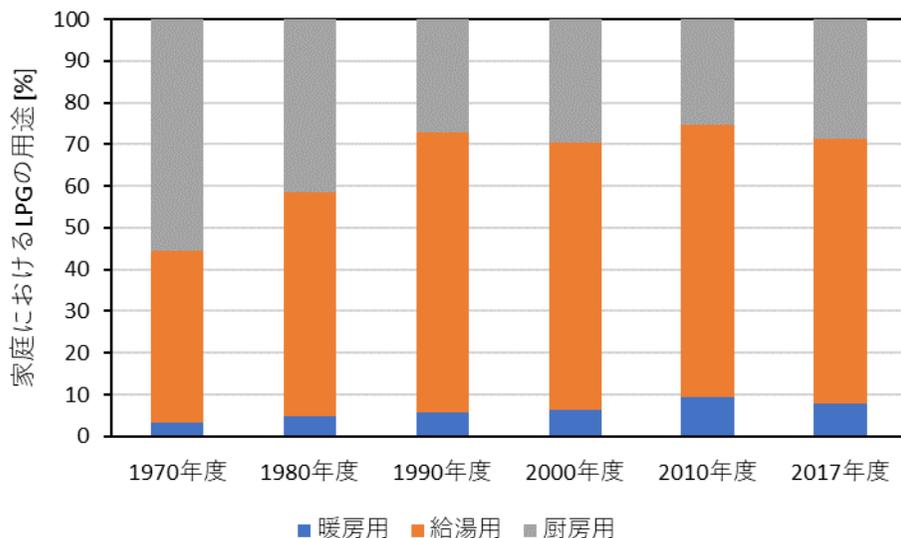


出訴) ※1資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」2018年度詳細表に基づきMRI作成（閲覧日2021年3月29日）
https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total_energy/results.html

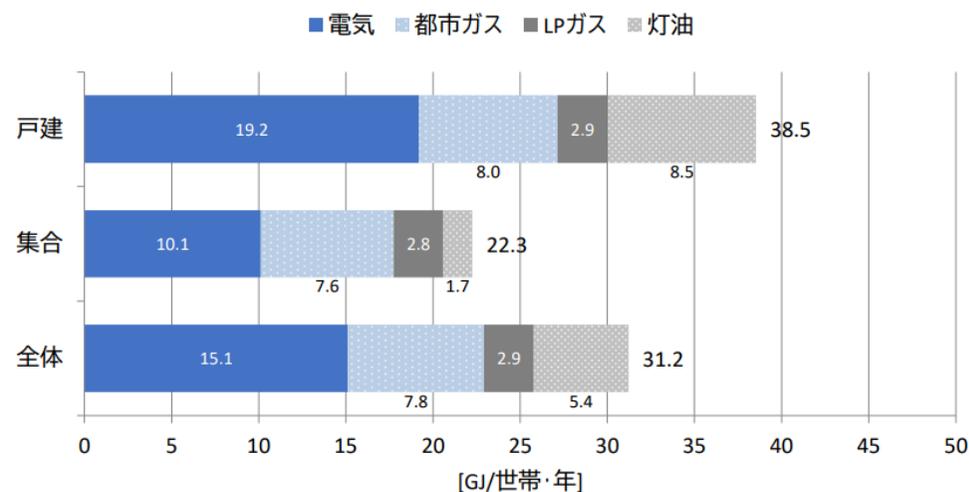
【参考】家庭部門の用途別LPG需要

- 家庭におけるLPGの需要（エネルギー量ベース）のうち、給湯約65%、厨房約30%、暖房約5%となっている。
- 戸建住宅及び集合住宅におけるLPG消費量の平均値はほぼ同等となっている。

家庭におけるLPG消費の用途別内訳推移（※1）



居住方式別のエネルギー消費内訳（※2）



出所)

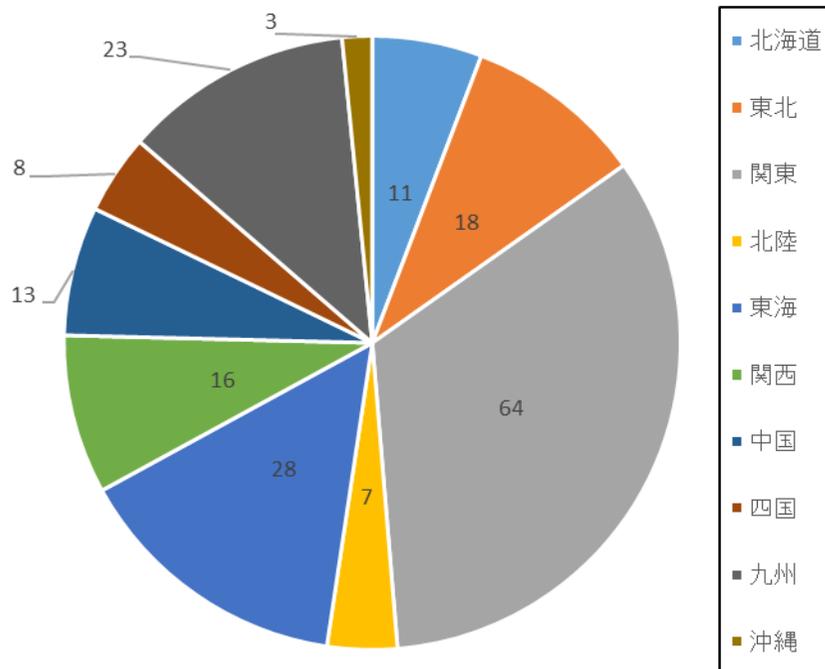
※1: 日本エネルギー経済研究所 計量分析ユニット、『EDMC/エネルギー・経済統計要覧 2019年版』、省エネルギーセンター をもとにMRI作成

※2: 環境省、「平成30年度 家庭部門のCO2排出実態統計調査 資料編（確定値）」（2020年3月）、図1-50

【参考】家庭部門のLPG需要・LPGの都道府県別販売量

- 都市ガスに比べ、家庭部門におけるLPGの需要量は全地方に分散している。
- 導管が必要ないLPGの販売量は、大都市を中心に全国に分散している。

家庭部門におけるLPG需要内訳（※1）



家庭部門におけるLPG需要内訳（※2）

東京	603,223	新潟	98,925	熊本	46,006
愛知	420,196	広島	90,994	青森	45,713
千葉	388,805	富山	89,448	長野	45,650
神奈川	328,174	山口	85,629	京都	42,090
大阪	286,385	福島	78,480	佐賀	39,893
茨城	226,215	群馬	75,587	福井	38,151
大分	219,835	石川	75,259	山形	37,176
兵庫	212,605	鹿児島	71,955	秋田	28,789
福岡	200,210	香川	64,046	宮崎	23,828
静岡	200,056	岐阜	61,900	和歌山	22,703
埼玉	184,687	沖縄	60,615	高知	22,168
宮城	170,558	長崎	51,124	山梨	19,629
北海道	159,224	栃木	49,942	奈良	17,242
岡山	127,525	島根	47,692	徳島	16,228
三重	124,895	滋賀	46,595	鳥取	10,685
愛媛	121,608	岩手	46,026		

単位：トン

出所)

※1:総合エネルギー統計 2018年度詳細表 に基づきMRI作成。図中数字は各地域での需要量[PJ]（閲覧日：2021年3月29日）

https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total_energy/results.html

※2:日本LPG協会 都道府県別販売量 よりMRI作成（閲覧日：2021年3月29日） <https://www.j-lpgas.gr.jp/stat/pref/index.html>

パリティコストの算出

- LPG価格は、製造業では卸売価格を用い、家庭部門においては一般小売価格を用いた。業務部門におけるLPG価格は、日本エネルギー経済研究所の推計した業務用LPG価格を用いた。

(試算の考え方)

LPGの販売価格がX [円/t]とすると、LPGの高位発熱量がY [GJ/t]のとき、高位発熱量当たりのコスト $X \div Y$ で求められる。このコストを水素で達成すればよいため、水素の高位発熱量が0.0128 GJ/Nm³であることを考えると、パリティコストZ [円/Nm³]は、以下の式で求められる。

$$X [\text{円/t}] \div Y [\text{GJ/t}] \times 0.0128 [\text{GJ/Nm}^3] = Z [\text{円/Nm}^3]$$

部門別パリティコスト試算結果

	LPGの販売価格 X [円/t] (※)	LPGの高位発熱量 Y [GJ/t] (※)	パリティコスト Z [円/Nm ³]
製造業	114,400	50.8	29.4
業務部門	215,690	50.8	54.3
家庭部門	333,930	50.8	84.5

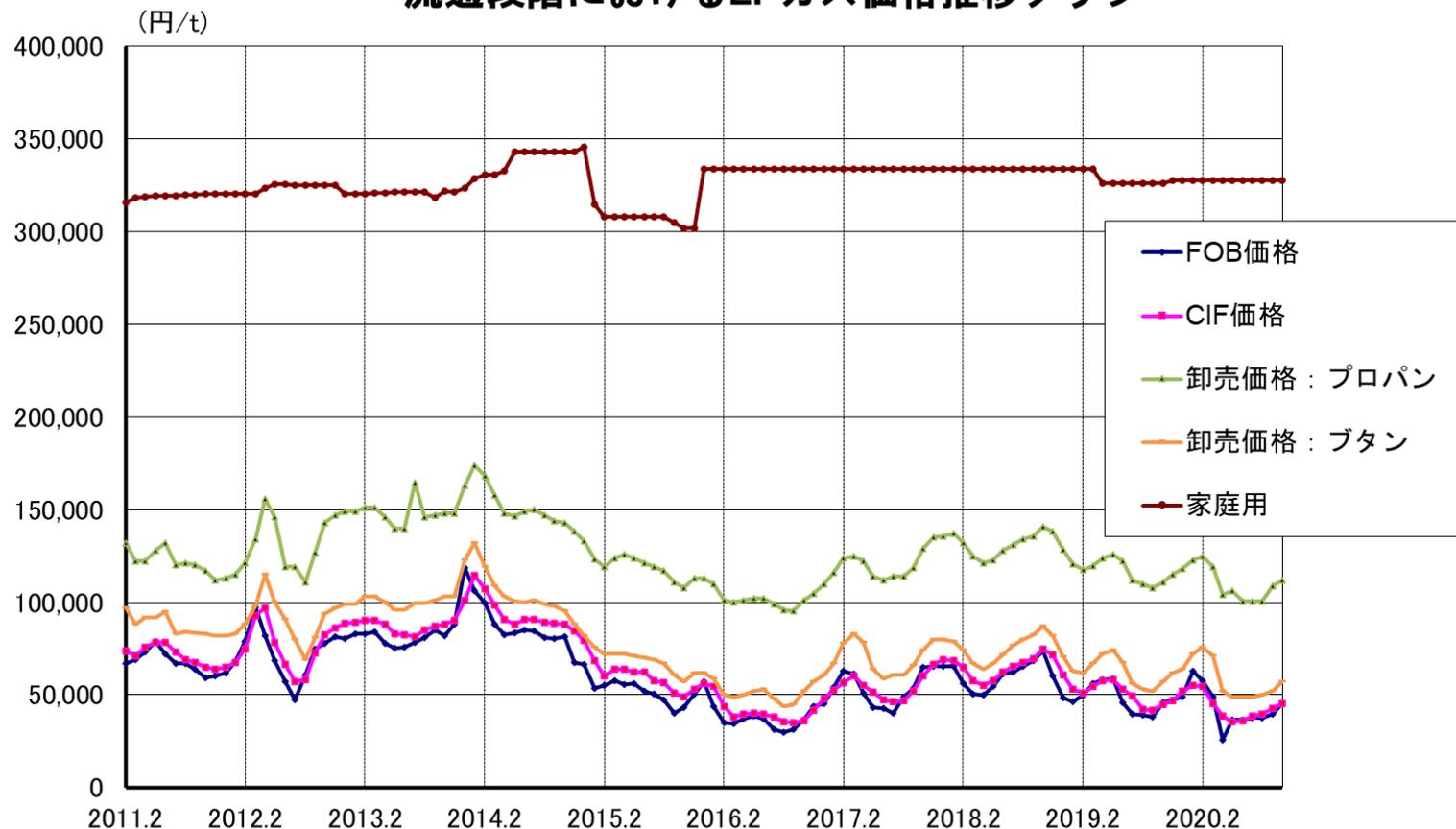
※ 日本LPガス協会 LPガス価格の推移より、2018年の卸売価格・小売価格（家庭用（東京））を採用。<https://www.j-lpgas.gr.jp/stat/kakaku/>
業務部門に関しては、日本エネルギー経済研究所の推計する2010年度業務用LPG価格値より、家庭用データを元に補正して推計。

LPガスのプロパン：ブタン比率については、総合エネルギー統計の発熱量表より、LPG・ブタン・プロパンの発熱量から比率を逆算し、「プロパン73%、ブタン27%」と算出。

【参考】LPG輸入価格の推移

- LPGの輸入価格・卸売価格は長期にわたって変動が見られるが、家庭用のLPG価格は安定している。

流通段階におけるLPガス価格推移グラフ



出所) ※ 日本LPガス協会 LPガス価格の推移よりMRI編集 (閲覧日: 2021年3月29日) <https://www.j-lpgas.gr.jp/stat/kakaku/>

・FOB価格: 本船渡条件価格

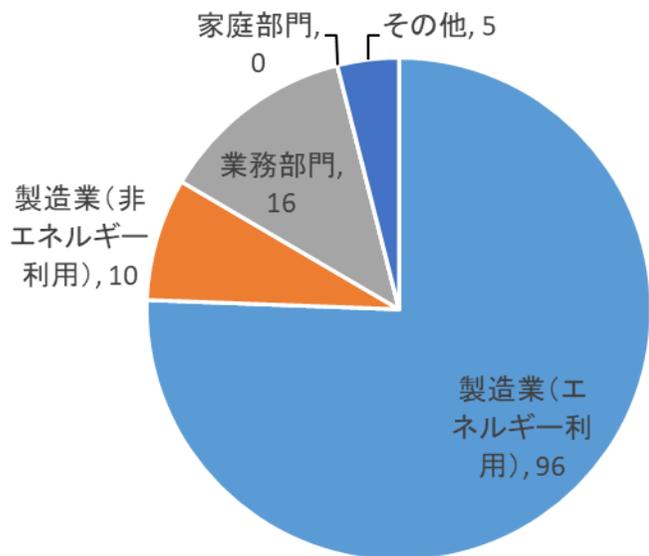
・CIF価格: 輸入価格 (運賃・保険料を含む)

潜在需要とパリティコスト試算（天然ガス・熱利用）

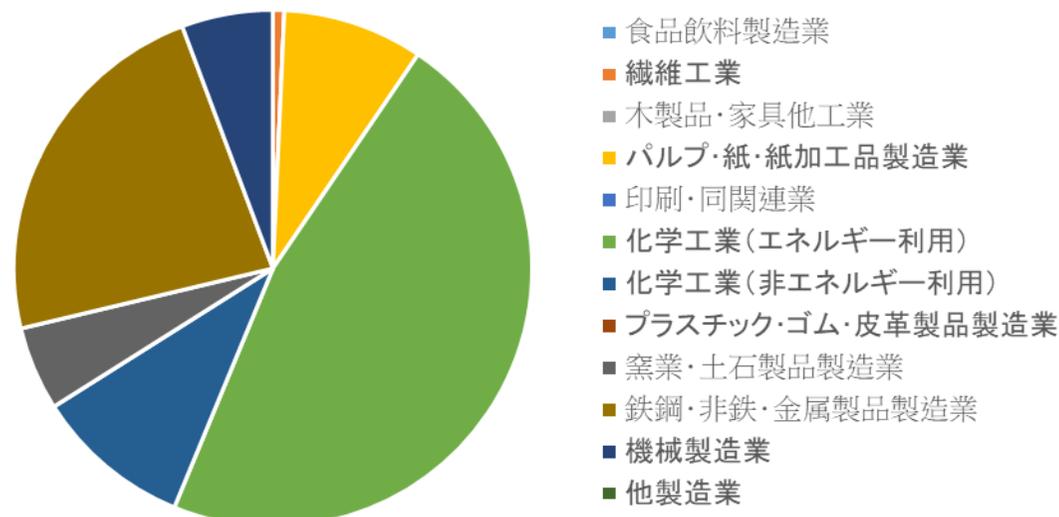
潜在需要量とパリテコスト試算例 天然ガス直接利用

- 天然ガスの直接利用は国内での年間需要量が約128PJ程度であり、そのほとんどを製造業利用が占めている。（業務部門では電気業において利用されている。）
- 製造業分野における年間の天然ガス消費のうち、半数以上を化学工業（60PJ）が占めている。天然ガスを非エネルギー用途で利用している部門は化学工業のみである。
- 水素代替の確度の高い潜在需要として、製造業でのエネルギー利用で**42億Nm³**のCO₂フリー水素への切り替え需要が存在すると見込む。
- 水素パリテコストは、製造業では**11.0円/Nm³**と安価であることが水素普及に向けた課題。

天然ガスの利用用途（※1）



製造業分野における天然ガス需要内訳（※1）



出訴) ※1:総合エネルギー統計 2018年度詳細表 に基づきMRI作成。図中数字は各用途での需要量[PJ] (閲覧日: 2021年3月29日)
https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total_energy/results.html

パリティコスト試算 LNG

- LNG輸入価格に対する水素パリティコストについて、製造業では**11.0円/Nm³**と算出され、かなり安価な水準が求められる。
 - LNGの輸入価格は変動が大きく、今回の算定では2020年6月時点での比較的安価な水準での価格を用いてパリティコストを計算していることに注意が必要である。

(試算条件)

- 水素の高位発熱量 : 12.8 MJ/Nm³
- LNGの輸入価格 : 7.96 USD/GJ (※)

パリティコスト試算 (製造業)

- LNG価格は、
 $7.96 \times 107.5 / 1000 = 0.86 \text{円/MJ}$
- 発熱量当たりでこれと同等のコストを水素でも実現すればよい
- $0.86 \text{円/MJ} \times 12.8 \text{ MJ/Nm}^3 = 11.0$
- **パリティコスト : 11.0円/Nm³**

日本平均LNG輸入価格推移(緑線)(※)



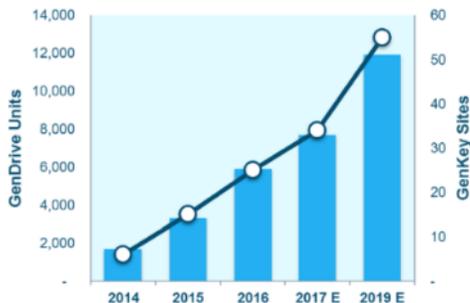
出所) JOGMEC 「天然ガス・LNG価格動向」(2020年7月) <https://oilgas-info.jogmec.go.jp/nglng/1007905/1008816.html>
 「2020年6月の日本平均LNG輸入価格はUSD 8.40 (/百万Btu)」、1Btu = 1.0551kJ、107.5 \$/円 より算出

潜在需要とパリティコスト試算（モビリティ）

燃料電池フォークリフトの特徴

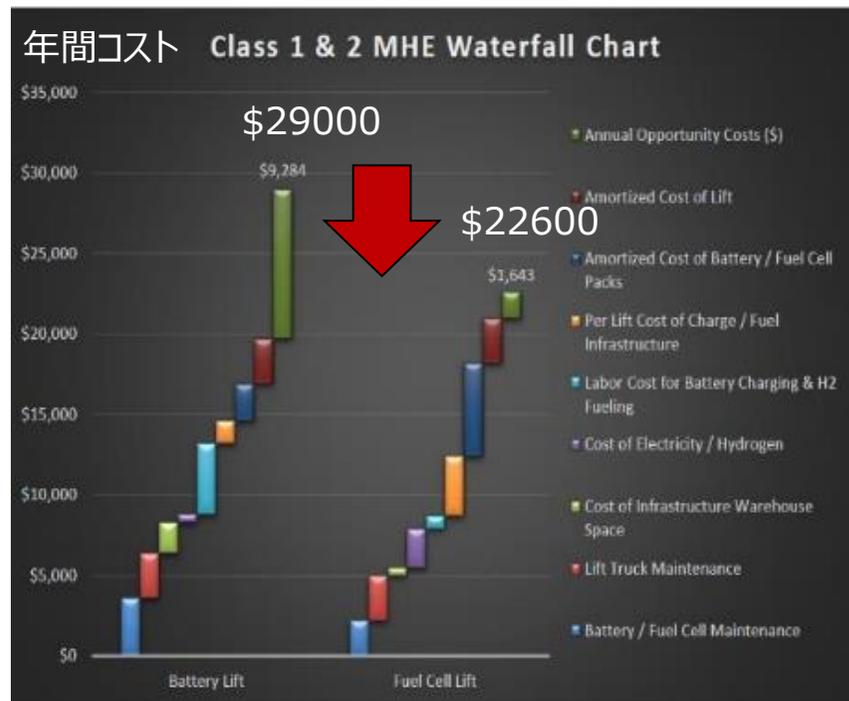
- 米国では経済合理性から企業による自律的なFCフォークリフト導入が進んでいる。例えば、米国物流大手Walmartは、フォークリフトの高い稼働率、バッテリー保管設備の省スペース化、充電時間の短縮による人件費削減の観点から、EVフォークリフトではなく、FCフォークリフトの導入を進めている。
- 特に蓄電等に係る人件費の削減や、設備保管スペース削減によるコストダウン効果が大きく、EVフォークリフトより安価になると試算されており、水素の利点を活かした明確なコスト競争力が市場形成の源泉となっている。

WalmartのFCフォークリフト導入状況(2017年時点)



出所) Plug Power, "Plug power 2017 Second Quarter Update Letter" (2017年), p.5

EVとFCフォークリフトのコスト比較



出所) Connecticut Center for Advanced Technology, Inc. and Northeast Electrochemical Energy Storage Cluster, "Commercialization of Fuel Cell Electric Material Handling Equipment" (2018年), p5 よりMRIが一部加算

EVフォークリフト用のスペアバッテリー(1)



水素燃料チャージャー(2)



出所) (1) 経済産業省ウェブサイト (閲覧日: 2020年5月27日) https://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy/suiso_nenryodenchi/suiso_nenryodenchi_wg/pdf/004_s02_00.pdf

(2) Plug Powerウェブサイト (閲覧日: 2020年5月27日) https://www.plugpower.com/wpcontent/uploads/2018/06/2018GenDriveBrochure_F1Digi.pdf

燃料電池フォークリフトの普及状況と潜在需要

- 燃料電池フォークリフトは国内では250台程度普及。米国では25,000台普及している。
- 国内では12万台（水素需要FCV36万台分※）以上の将来性がある。
- パリティ条件については、鉛フォークリフト、ディーゼルフークリフト等の比較し算出した。（次頁以降）

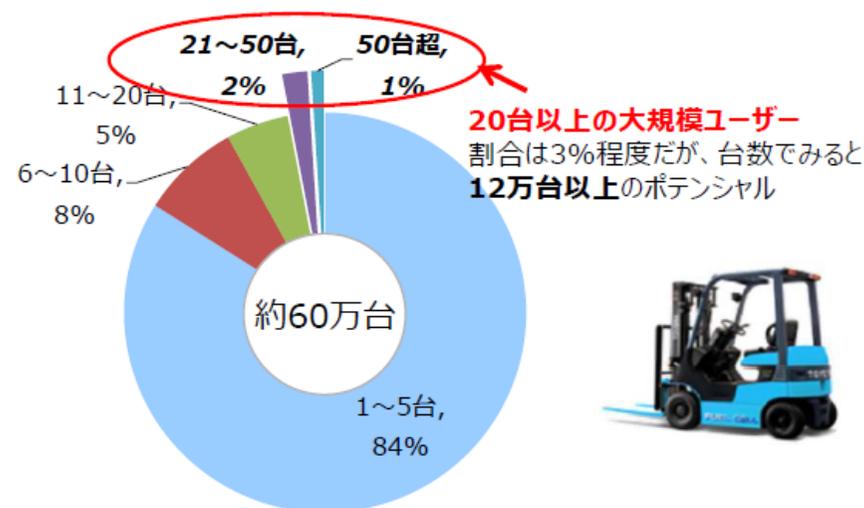
燃料電池フォークリフトの普及状況

項目	米国	日（参考）	中（参考）
Backup Power/MW	240	NA	NA
Forklifts	25,000	160	NA
Fuel Cell Buses	30	8	3,428（バス+トラック）
H2 Retail Stations	40	108	23
Fuel Cell Cars	6,600	2,440	NA

出所) NEDOウェブサイト（閲覧日：2021年3月29日）
<https://www.nedo.go.jp/content/100895017.pdf>

FCフォークリフトの国内展開ポテンシャル

＜国内のサイト毎のフォークリフト保有台数＞



出所) 経済産業省 第10回水素・燃料電池戦略協議会 事務局提出資料（閲覧日：2021年3月29日）
https://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy/suiso_nenryodenchi/pdf/010_01_00.pdf

フォークリフトの燃料費比較

- 燃料電池フォークリフトと鉛電池フォークリフト、ディーゼルフォークリフトについて燃料費の比較を実施した。
- 現状の水素価格は、鉛電池フォークリフトとディーゼルフォークリフトの中間に位置する。
- 前述の通り、フォークリフトの導入メリットについては維持管理、充電時間等の総合的な評価で長所・短所を比較することが重要である。

鉛電池フォークリフト (※1)

荷重：2.5ton 稼働時間：8~9時間 充電時間：6~8時間

燃料タンク	燃料費
蓄電池 27kWh (電圧V/5時間率容量 Ah48/565)	486円/1台 (18円/kWhで試算)

出所) ※1 TOYOTAL&Fウェブサイト (閲覧日2021年3月29日)
<http://www.toyota-lf.com/products/detail/geneb/>

ディーゼルフォークリフト (※2)

荷重：2.5ton 稼働時間：20時間(※3) 充填時間：数分

燃料タンク	燃料費
軽油 60L	6300円/1台 (軽油 105円/Lで試算)

出所) TOYOTAL&Fウェブサイト (いずれも閲覧日2021年3月29日)

※2 : <http://www.toyota-lf.com/products/detail/geneo/>

※3 : https://www.toyota-lf-kinki.co.jp/faq/forklift_06.html より3L/hで試算

燃料電池フォークリフト (※4)

荷重：2.5ton 稼働時間：8時間 充填時間：3分

燃料タンク	燃料費
水素 1.2kg (発電時：1kW×15時間)	1320円/1台 (1100円/kgで試算)

出所) ※4 TOYOTAL&Fウェブサイト (閲覧日2021年3月29日)
<http://www.toyota-lf.com/pdf/02010001.pdf>



燃料費が等価になる水素価格
405円/kg



燃料費が等価になる水素価格
2100円/kg



フォークリフトの運用コスト比較

- 燃料電池フォークリフトは初期費用の影響が大きい。米国の場合、初期費用が日本の半額程度であり、FCフォークリフトが市場競争力を有していると考えられる。
- 燃料電池フォークリフトの**初期費用が600万円**まで低減した場合、鉛電池フォークリフトに対する**パリティコストは60円/Nm³**と推計される。

※1:Motor-fan（閲覧日：2021年3月29日）

<https://motor-fan.jp/tech/10009662>

※2:豊田自動織機ウェブサイト（閲覧日：2021年3月29日）

<https://www.toyota-shokki.co.jp/news/release/2016/11/17/001635/>

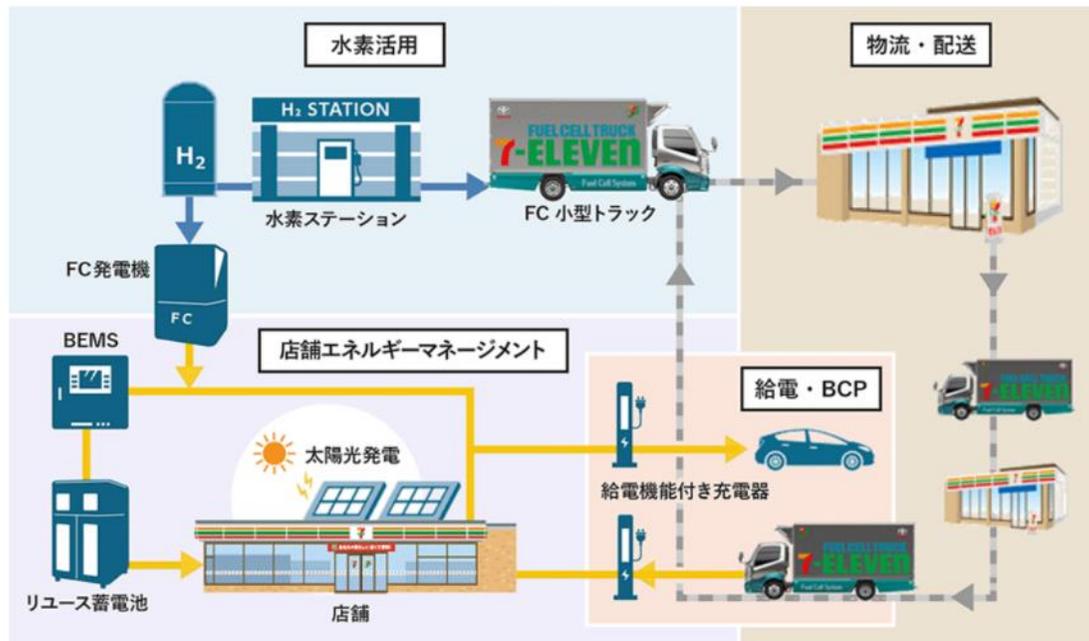
フォークリフトの比較（荷重2.5ton）

	燃料電池フォークリフト	鉛電池フォークリフト	ディーゼルフークリフト
稼働時間	8時間	8~9時間	20時間
充填時間	3分	6~8時間	数分
燃料費(1台分)	1320円	486円	6300円
初期費用	1340万円(※1)	388万円(※2)	約400万円
維持管理		電池交換が必要	
その他		日常のバッテリー交換・保管	
運用費用 (1台-1日16時間 稼働想定)			
<ul style="list-style-type: none"> ● 20年間で評価 ● 鉛はスペアと5年毎の交換を想定(70万円) 	燃料電池フォークリフト	鉛電池フォークリフト	ディーゼルフークリフト

燃料電池トラック（小型）の開発動向

- 2017年にトヨタとセブンイレブンが燃料電池トラックを活用したエネルギー管理システムの構築で基本合意し、2019年から順次プロジェクトを展開している（※1）。
- 三菱ふそうは、2019年に公開した燃料電池トラック「Vision F-CELL」をベースとして、2020年代後半に量産を目指すと発表している（※2）。
- 海外では、2020年6月より、米国のNikola社が燃料電池トラック（大型含む）の予約受注を開始している。14,000台の予約を見込むとしている（※3）。

FCトラックを用いたエネルギー管理システム検討例（※1）



三菱ふそう「Vision F-CELL」(※2)



出所) ※1: TOYOTAウェブサイト (閲覧日: 2021年3月29日) <https://global.toyota.jp/newsroom/corporate/22815731.html>
 ※2: Responseウェブサイト (閲覧日: 2021年3月29日) <https://response.jp/article/2020/03/26/332983.html>
 ※3: HD Autoウェブサイト (閲覧日: 2021年3月29日) <https://auto.hindustantimes.com/>

小型トラックの燃料費比較

- 燃料電池トラックとリチウムイオン電池トラック、ディーゼルトラックについて燃料費を比較した（いずれも積載量3トンの小型トラックを想定）。
- 距離当たりの燃料費だけを見ると、燃料電池はリチウムイオン電池やディーゼルよりも高額と考えられる。

リチウムイオン電池トラック (※1)

荷重: 3ton 走行距離: 100 km 充電時間: 1.5時間(急速)

燃料タンク	燃料費
蓄電池 13.8kWh × 6 (最高出力: 135kW)	15円/km (18円 /kWh × 82.8kwh ÷ 100km)

出所) ※1: 三菱ふそうウェブサイト (閲覧日: 2021年3月29日)
https://assets.mitsubishi-fuso.com/fusoassets/2020/08/eCanter_2020_web.pdf
 充電方式には二種類あり、通常の充電方式では11時間を要するとされる

ディーゼルトラック (※2)

荷重: 3ton 走行距離: 950 km 充填時間: 数分

燃料タンク(※4)	燃料費
軽油 100L	11円/km (軽油 105円/L ÷ 9.5km/L)

出所) ※2: 全日本トラック協会ウェブサイト (閲覧日: 2021年3月29日) <http://www.jta.or.jp/coho/hayawakari/14.sonota.html> より燃費9.5km/Lを想定
 ※4: KOMATSUウェブサイト (閲覧日: 2021年3月29日) http://www.komatsu-rental.co.jp/rental/wp-content/uploads/2014/08/69_torakku.pdf

燃料電池トラック (※3)

荷重: 3ton 走行距離: 200 km 充填時間: 数分

燃料タンク	燃料費
水素 7kg (発電時: 114kW)	39円/km (1100円/kg × 7kg ÷ 200km)

出所) ※3: TOYOTAウェブサイト (閲覧日: 2021年3月29日)
<https://global.toyota.jp/newsroom/corporate/22815731.html>



燃料費が等価になる水素価格
426円/kg



燃料費が等価になる水素価格
314円/kg

小型トラックの運用費比較

- 車両価格、燃料費の双方がコスト高の一因となっている。
- 燃料電池トラックの**初期費用が500万円**まで低減した場合、ディーゼルトラックに対する**パリティコストは28.5円/Nm³**と推計される。

小型トラックの比較（荷重3ton）

	燃料電池トラック	リチウムイオン電池トラック	ディーゼルトラック
走行距離	200 km（4時間）	100 km（2時間）	950 km（19時間）
充填時間	数分	1.5時間	数分
燃料費	39円/km	15円/km	11円/km
初期費用	1,600万円（※ 1）	1,100万円（※ 1）	500万円（※ 2）
維持管理		電池交換が必要	
運用費用			
1日8時間稼働(総走行距離400km)（※ 3）	<ul style="list-style-type: none"> ● EVは2台必要 ● 稼働率75% ● 10年間で評価 		

出所) ※1: CleanTechnicaウェブサイト(閲覧日: 2021年3月29日) <https://cleantechnica.com/2020/08/06/head-to-head-nikolas-hydrogen-fuel-cell-trucks-vs-the-tesla-semi/#:~:text=Nikola%20estimates%20its%20fuel%20cell,shortly%20before%20Nikola%20went%20public.> より、1ドル120円と仮定してNikola社FCVとTesla社EVの価格を参照ただし、引用元は大型トラックのため、仮にその価格の50%の価格帯を設定した。

※2 三菱ふそう「キャンター」の新車価格 ※3 寿命となる総走行距離が100万km、年数が10年となるような運用とした。

(参考) 燃料電池トラックの仕様

- 小型トラック（※1）は、水素貯蔵量7 kg、航続距離200 kmであり、燃費は28.6 km/kgと算出できる。
- 大型トラック（※1）は、航続距離600 km（目標）であり、水素タンク容量は開発中のためデータなし。
- 海外の大型トラックではNikola社製のものが燃費7.5 mile/kg（12 km/kg）とされている（※2）。

小・中型トラック

FC小型トラック

- MIRAIのFCユニットを搭載し、走行中にCO₂などの環境負荷物質を排出しません。FCユニットで発電した電気は、動力のほかにも冷蔵ユニットの電源に使用します。
- 停車中も、FCユニットで発電した電気を冷蔵・冷凍ユニットに給電します。



寸法	全長 6,185/全幅 2,180/全高 2,970 mm
最高出力	114kW/155PS
水素貯蔵量	約7kg (3本)
積載	中温冷凍車 3トン
走行距離	約200km ※今議のプロジェクトによるセブン-イレブンの配達パターンに応じた実用走行距離。トヨタ試乗。

大型トラック



車両イメージ

<参考> 車両概要

車両	ベース車型	「日野プロフィア」FR1AWHG
	全長/全幅/全高	11,990/2,490/3,780mm
	車両総重量	25t
FCスタック	名称(種類)	トヨタFCスタック(固体高分子形)
モーター	種類	交流同期電動機
高圧水素タンク		大容量高圧(70MPa)水素タンクを新開発
駆動用バッテリー	種類	リチウムイオンバッテリー
航続距離(目標)		約600km *都市間・市街地混合モードでのトヨタ・日野測定値

出所)※1: TOYOTAウェブサイト(閲覧日: 2021年3月29日) <https://global.toyota.jp/newsroom/corporate/22815731.html> <https://global.toyota.jp/newsroom/corporate/32024051.html>

※2: CleanTechnicaウェブサイト(閲覧日: 2021年3月29日) <https://cleantechnica.com/2020/08/06/head-to-head-nikolas-hydrogen-fuel-cell-trucks-vs-the-tesla-semi/#:~:text=Nikola%20estimates%20its%20fuel%20cell,shortly%20before%20Nikola%20went%20public.>

環境対応トラックに関する国内外の普及状況

- H29年度現在では、我が国においてFCトラックの普及台数目標は設定されていない。先進環境対応トラックとしては、大型車でCNG、小型車でEVなどが想定されている（※1）。
- 米国ではNikola社が、FCトラックNikola OneやFC・EVを搭載したBadgerの生産準備を進めている（※2）。Badgerの生産を2022年頃に開始すると発表している（※3）が、本格的な普及はまだ見通せていない。
- 欧州ではAir Liquid社とロッテルダム港当局が、オランダ、ベルギー、西ドイツにおいて2025年までに1,000台の水素駆動トラックを普及させるという目標を掲げている（※4）。

先進環境対応トラック・バスの種類

基本的にゼロエミッション車を含む、エコカー減税の最も厳しい要件と整合する種類・モデルとする。

	対象とする車両の環境性能※	29年度時点で想定されるもの	
		トラック	バス
大型	最新の燃費基準+10%程度以上	高速走行CNG	FCV、EV、HV、CNG
中型	同10%程度以上	HV	PHV、EV
小型	同15%程度以上	HV、EV	EV



NIKOLA ONE™



NIKOLA BADGER™

出所) (いずれも閲覧日: 2021年3月29日)

※1: 国土交通省・環境省資料 https://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy/nenryodenchi_fukyu/pdf/003_03_02.pdf

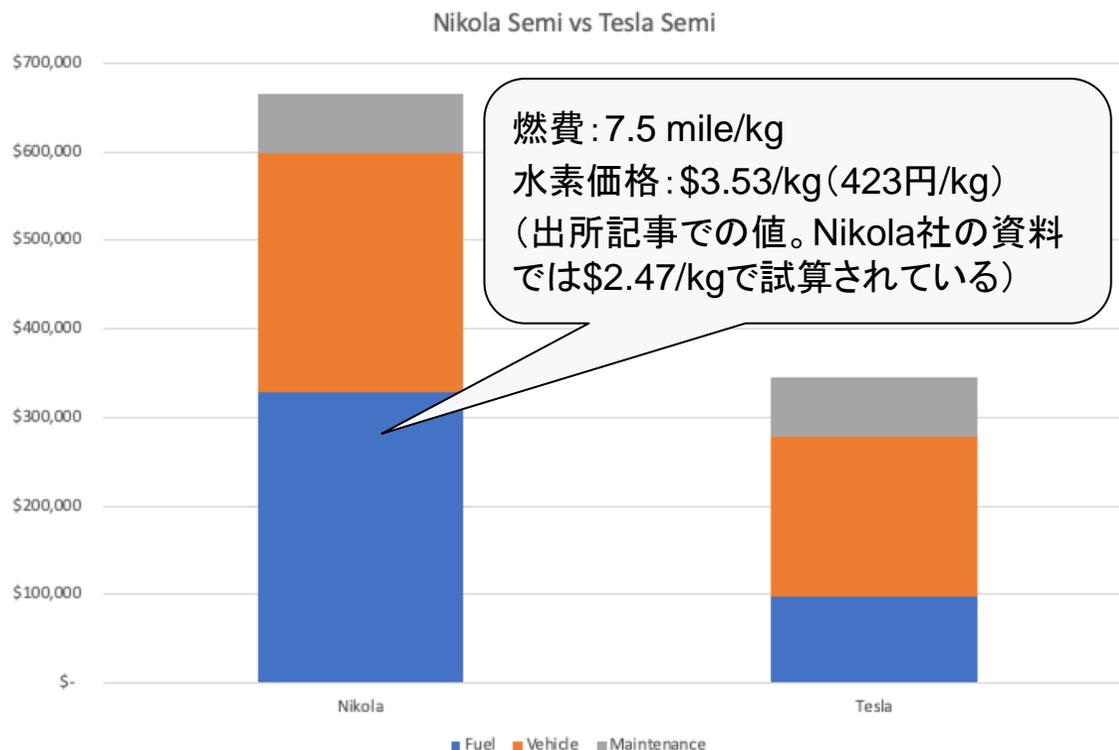
※2: Nikola社ウェブサイト <https://nikolamotor.com/motor>

※3: TechCrunch社ウェブサイト <https://techcrunch.com/2020/06/09/nikola-motor-to-open-pre-orders-for-fuel-cell-pickup-truck-to-compete-with-ford-tesla/>

※4: AirLiquide社ウェブサイト <https://energies.airliquide.com/air-liquide-and-port-rotterdam-launch-partnership-foster-hydrogen-powered-trucks-and-infrastructure>

(参考) 燃料電池車・電気自動車のコスト比較事例

- 燃料電池車としてNikola社の大型トラック（7年間、70万マイル走行）と、電気自動車としてTesla社の大型トラック（5年間、50万マイル走行）を挙げ、それぞれ1台のライフサイクルコストを算出（下図）。
- 1マイル当たりの価格に割り戻すと、0.95ドル/マイル（71円/km）、0.60ドル/マイル（45円/km）で電気自動車のほうが安いとしている。1年の走行距離を10万kmとすると、710万円/年、450万円/年。
- 電気自動車の充電時間を考慮して2台用意することを勘案すると、燃料電池車と電気自動車のコストはほぼ同等となる。



出所) Clean Technica "Head To Head: Nikola's Hydrogen Fuel Cell Trucks vs. The Tesla Semi"
 (閲覧日: 2021年3月29日)

<https://cleantechnica.com/2020/08/06/head-to-head-nikolas-hydrogen-fuel-cell-trucks-vs-the-tesla-semi/#:~:text=Nikola%20estimates%20its%20fuel%20cell,shortly%20before%20Nikola%20went%20public.>

再エネ水素コストに関する試算例

水素コスト分析例1) IEA : Future of Hydrogen

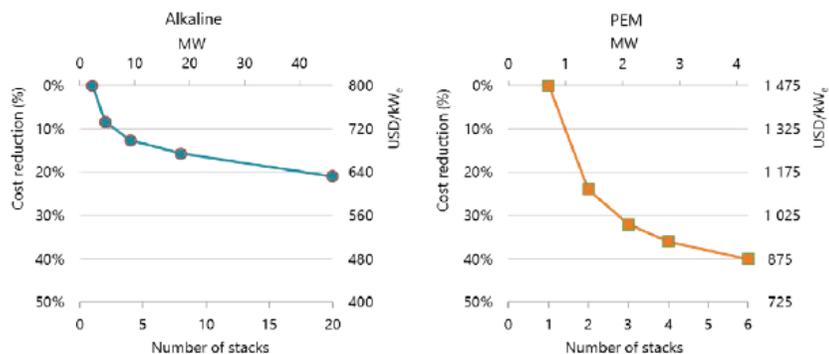
初期費（水電解装置）の推移想定

- 将来のコスト低減の要因は以下を想定。
 - 技術革新（電極や膜用の安価な材料の開発）
 - 電解槽の大型化、スタックの多層化、生産の自動化

技術別水電解装置コスト推移

	Alkaline electrolyser			PEM electrolyser			SOEC electrolyser		
	Today	2030	Long term	Today	2030	Long-term	Today	2030	Long term
Electrical efficiency (% LHV)	63-70	65-71	70-80	56-60	63-68	67-74	74-81	77-84	77-90
CAPEX (USD/kW _e)	500	400	200	1 100	650	200	2 800	800	500
	1400	850	700	1 800	1 500	900	5 600	2 800	1 000

スタック数増によるコスト低減効果推計



Notes: Based on a single stack size of 2 MW for alkaline electrolysis and 0.7 MW for PEM electrolysis.

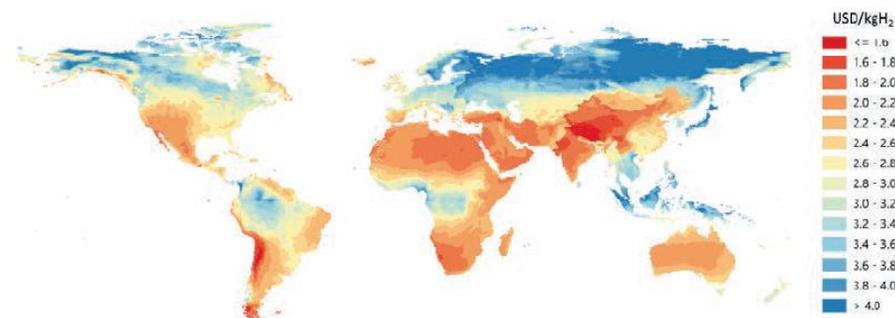
Source: Based on analysis supported by Task 38 of the IEA Hydrogen Technology Collaboration Programme and published in Proost (2018), "State-of-the art CAPEX data for water electrolyzers, and their impact on renewable hydrogen price settings".

Scaled-up electrolyzers and automated production processes are leading to significant CAPEX reductions.

再エネコストの想定

- 世界での再エネ由来水素コストの世界的な分布が試算されている。条件は以下のとおり。
 - 電解槽CAPEX : 450 \$ / kW_e
 - 太陽光発電CAPEX : 400~1000 \$ / kW
 - 陸上風力CAPEX : 900~2500 \$ / kW
- 日本での製造コストは高水準 (>4.0 \$ / kgH₂)
- 再エネ資源が豊富な地域に電解槽を設置することで、低コストの水素供給が可能と示唆されている。

Figure 14. Hydrogen costs from hybrid solar PV and onshore wind systems in the long term



Notes: This map is without prejudice to the status of or sovereignty over any territory, to the delimitation of international frontiers and boundaries and to the name of any territory, city or area. Electrolyser CAPEX = USD 450/kW_e, efficiency (LHV) = 74%; solar PV CAPEX and onshore wind CAPEX = between USD 400-1 000/kW and USD 900-2 500/kW depending on the region; discount rate = 8%.

Source: IEA analysis based on wind data from Rife et al. (2014), NCAR Global Climate Four-Dimensional Data Assimilation (CFDDA) Hourly 40 km Reanalysis and solar data from renewables.ninja (2019).

The declining costs of solar PV and wind could make them a low-cost source for hydrogen production in regions with favourable resource conditions.

水素コスト分析例2) IRENA Hydrogen : A Renewable Energy Perspective

初期費 (水電解装置) に関する想定

- 初期費用、電解効率については、日本のロードマップ目標よりも保守的に設定。
 - CAPEX : 700-1200€/kW (2030年)
 - 電解効率 : 4.9~5.1kWh/Nm³
- 初期費用の低減要因を、先行研究等から以下のとおり想定。
 - ①FCH JU(2017b)
 - 電解槽 : 大規模化と技術革新 (特にPEM)
 - コンプレッサー : サイト容量の拡大と高圧化
 - 貯蓄槽 : 大規模化
 - ②Thomas, D他 (2016)
 - スタックサイズの増加 (1000cm²→2500cm²)
 - 出力圧力の増加 (10bar→60bar)

	UNITS	ALK						PEM					
		2017 @ P atm			2025 @ 15 bar			2017 @ 30 bar			2025 @ 60 bar		
Nominal Power		1 MW	5 MW	20 MW	1 MW	5 MW	20 MW	1 MW	5 MW	20 MW	1 MW	5 MW	20 MW
CAPEX – Total system Equipment	€/kW	1200	830	750	900	630	600	1500	1300	1200	1000	750	700
OPEX – Electrolyser system	%CAPEX	4%	3%	2%	4%	3%	2%	4%	3%	2%	4%	3%	2%
Stack replacement cost	€/kW	420	380	338	315	270	216	525	470	420	300	250	210

Table 28: Electrolyser CAPEX and OPEX projection

$$CAPEX = A \left(\frac{Q}{Q_{ref}} \right)^a + B \left(\frac{Q}{Q_{ref}} \right)^b \left(\frac{P_{out}/P_{in}}{r_{ref}} \right)^c \left(P_{out}/P_{ref} \right)^d$$

Site Capacity
Capacity
Press. ratio
Pressure

Q : サイト容量
Pout/Pin : 圧縮比

Table 10: Overview of main electrolyser assumptions

	Unit	2015	2030	2050
Typical pressure	bar	10-30	30-60	30-60
Capex	€/kW	1.000-2.000	700-1200	385-660
Opex ²¹	€/kW/year	40-80	32-64	28-56
System efficiency	kWh/Nm ³ H ₂	5,0-5,2	4,9-5,1	4,8-5,0
Cell stack lifetime	hours	40.000	50.000	60.000

	Full load	Fixed part	Variable part
1 MW	4% of CAPEX	1/3	2/3
5 MW	3% of CAPEX		
20 MW	2% of CAPEX		

運転維持費 (水電解装置) に関する想定

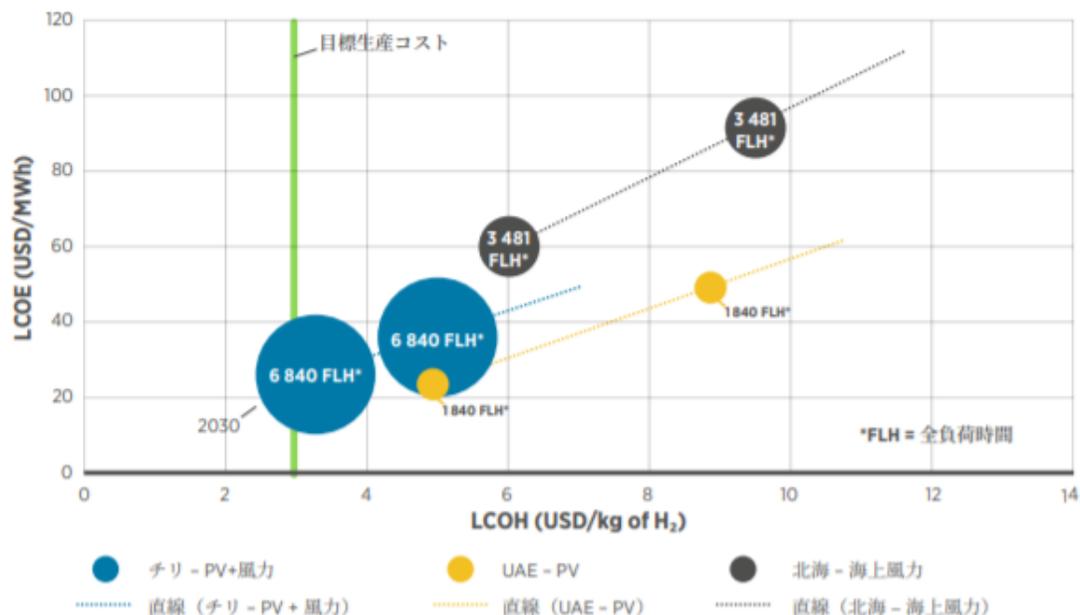
- FCHによるコスト分析(2017)では、電解槽の運転維持費 (OPEX) を以下のとおり想定。
 - 定格負荷時の運転維持費を初期費用の一定比率で想定。
 - 運転維持費のうち、1/3は運転時間に依らず要し、2/3は運転時間に連動する想定。

出所) IRENA, Hydrogen from renewable power: Technology outlook for the energy transition (2018年) https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Sep/IRENA_Hydrogen_from_renewable_power_2018.pdf
 FCH, "Study on early business cases for H₂ in energy storage and more broadly power to H₂ applications (2017年) https://www.hinicio.com/inc/uploads/2018/06/P2H_Full_Study_FCHJU.pdf
 WaterstofNet, Power-to-Gas Roadmap for Flanders (2016年) https://www.waterstofnet.eu/_asset/_public/powerogas/P2G-Roadmap-for-Flanders-Executive-summary-EN.pdf

水素コスト分析例2) IRENA Hydrogen : A Renewable Energy Perspective

- 本文献では、再エネ電力のLCOE・年間運転時間とLCOHの相関性を分析している。
- 安価な再エネを組み合わせ利用し、電解装置の高稼働を目指す必要があると示唆されている。
 - 北海風力を用いた電解水素よりも、UAE太陽光を用いた電解水素の方が、運転時間が短いにも関わらずLCOHは低くなっている。これは、UAEでの太陽光のLCOEが北海風力の半額程度であることに起因すると考えられる。
 - チリのPV+風力を用いた電解水素とUAE太陽光を用いた電解水素を比較すると、LCOEは同程度であるが、電解装置の稼働時間がチリの方が長いいため、水素価格が安く抑えられている。再エネ電力の供給時間が長くなることでP2Gの稼働率向上に繋がり、水素価格に占めるCAPEXの割合を抑えることが出来る。

図13: 電力コストおよびPEM電解槽利用率を関数とした水素コスト



出所) IRENA, Hydrogen from renewable power: Technology outlook for the energy transition (2018年)
https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Sep/IRENA_Hydrogen_from_renewable_power_2018.pdf

水素コスト分析例3) Bloomberg NEF : Hydrogen Economy Outlook

- 日本の水素価格（産業利用用途）の将来予測値として、2030年に27.1円/Nm³、2050年に16.6円/Nm³と算定。
 - 再エネポテンシャルが小さく、水素貯蔵に不利な地質を持っている日本ではコストが高くなるとの言及がなされている。
 - 日本の風力由来の電力価格は47ドル（2030年）→33ドル（2050年）と設定。電解槽と発電設備の統合設計・利用による合理化や、水素需要増加による再エネ導入量の拡大に伴い、再エネ電力価格が低減する想定での計算となっている。
 - 貯蔵は岩盤空洞を想定されているが、日本における実現は不確実性が高い。

Figure 5: Estimated delivered hydrogen costs to large-scale industrial users, 2030

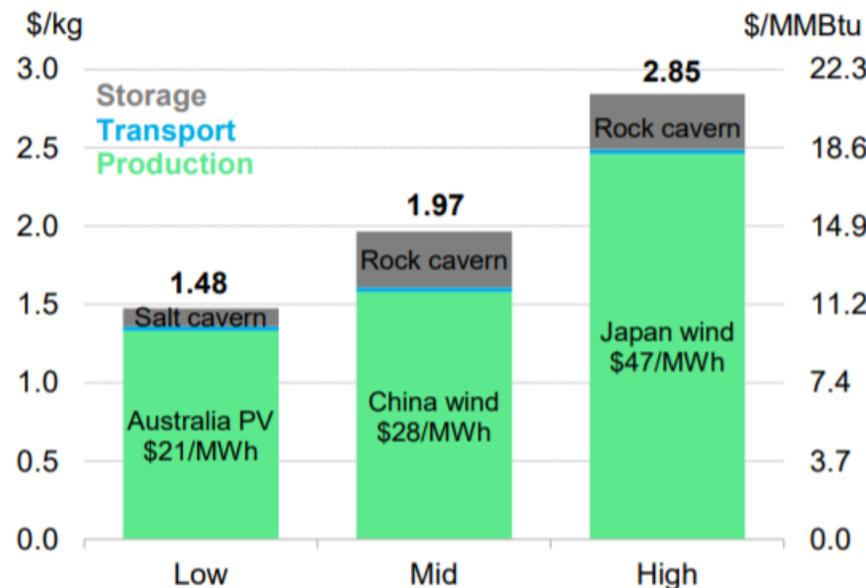
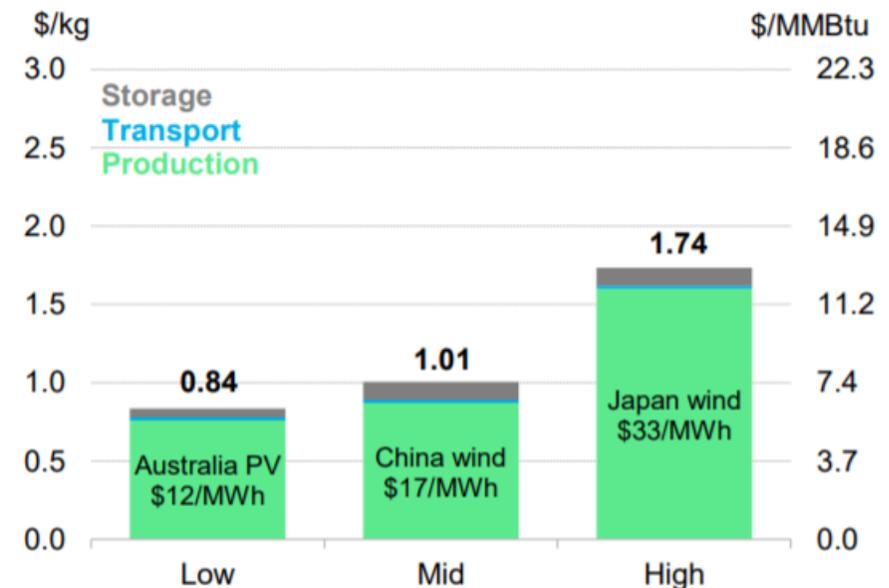


Figure 6: Estimated delivered hydrogen costs to large-scale industrial users, 2050

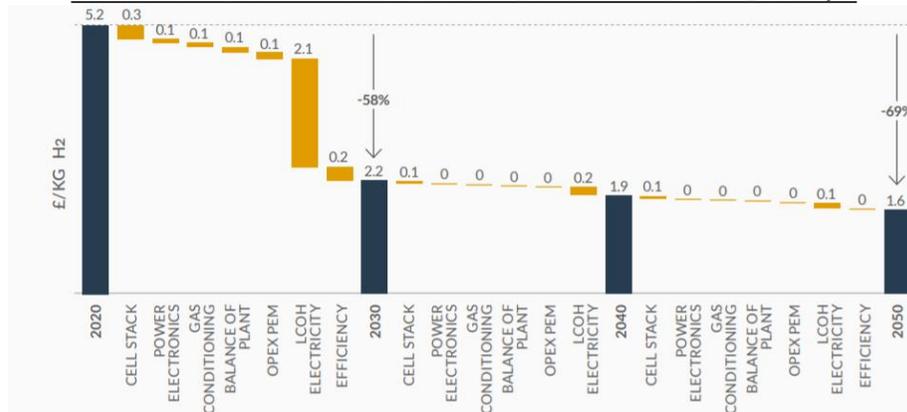


出所) BloombergNEFウェブサイト (閲覧日: 2021年3月29日) https://data.bloomberglp.com/professional/sites/24/BNEF-Hydrogen-Economy-Outlook-_Key-Messages.pdf

水素コスト分析例4) ORE Catapult “Offshore Wind and Hydrogen : Solving the Integration Challenge”

- 英国での洋上風力発電由来の水素製造コストを試算。
 - 2020年時点で62.3円/Nm³の洋上風力発電由来水素の価格が2030年に26.3円/Nm³、2050年に19.2円/Nm³になると算定。
 - この大幅なLCOH低減のほとんどの要因が電力価格（洋上風力LCOE）の低減に起因する。
 - 1 £ = 133.38円、1kgH₂=11.14Nm³と想定。

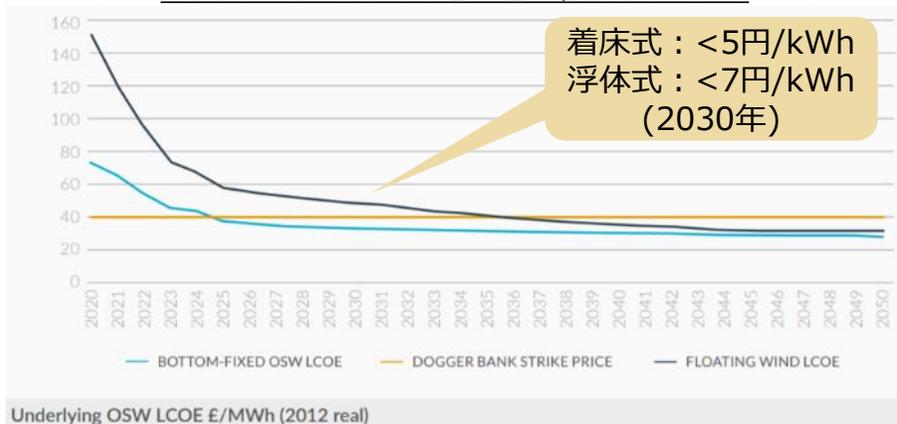
LCOH減額予測・コスト構造分析（着床・PEM陸上電解槽）



再エネコストの想定

- 2050年CO₂排出ゼロ目標のために75GWの洋上風力導入が必要となり、大量導入の影響で水素価格も低減。
 - 洋上風力発電のLCOEは2030年には着床式は5円/kWh以下、浮体式も7円/kWh以下になると算定。

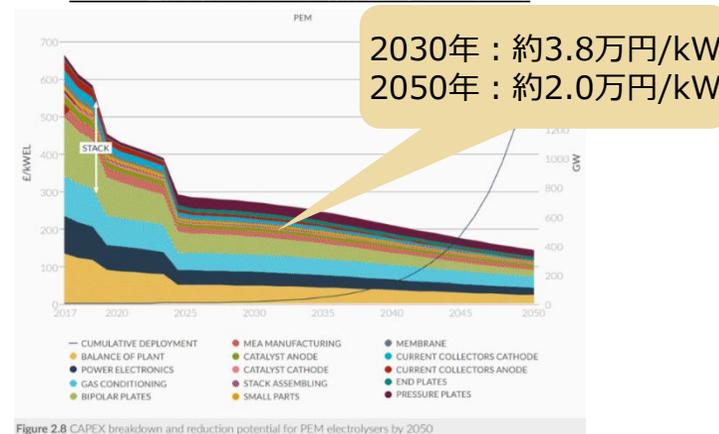
英国での洋上風力発電の電力価格低減予測



水電解装置の価格推移

- スタックの小型化と圧力の最適化、レアアース含有量の低減、装置寿命延長によるコスト減額を想定。

PEM電解槽のコスト構造・低減予測



出所) ORE Catapult, Offshore Wind and Hydrogen : Solving the Integration Challenge (2020年)
<https://ore.catapult.org.uk/wp-content/uploads/2020/09/Solving-the-Integration-Challenge-ORE-Catapult.pdf>

水素コスト分析例4) ORE Catapult “Offshore Wind and Hydrogen : Solving the Integration Challenge”

- 洋上風力による水素製造コスト構造は以下のとおり。主には着床式か浮体式かによる差が大きい。P2Gの設置場所では差は小さいが、わずかに洋上P2Gの方が安価と試算されている。
- 陸上電解ではgrid接続、洋上電解では水電解装置付帯設備（洋上水素製造プラットフォーム・陸上への水素輸送パイプラインの建設、AC/DCコンバータの洋上導入、装置メンテナンス）に費用。
 - 陸上・洋上ともに発電された電力のすべてが水素製造に使われる想定。
 - 陸上・洋上ともに水電解槽の水素製造キャパシティはウィンドファームのピーク発電量の80%を想定。

着床式洋上風力・陸上P2Gによる水素製造コスト内訳 (on-grid)

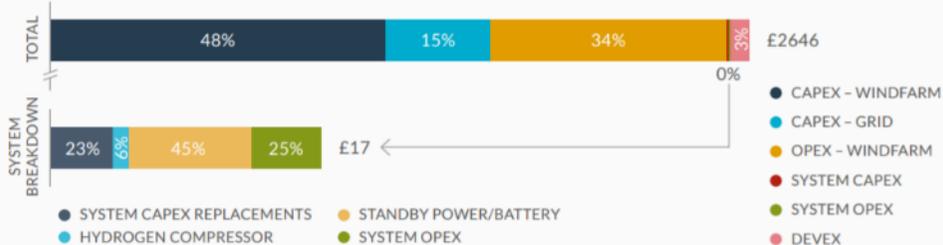


Figure 2.3 Cost breakdown of ongrid bottom- fixed offshore wind with onshore electrolysis in 2050 (% , £/kWh)

浮体式洋上風力・陸上P2Gによる水素製造コスト内訳 (on-grid)

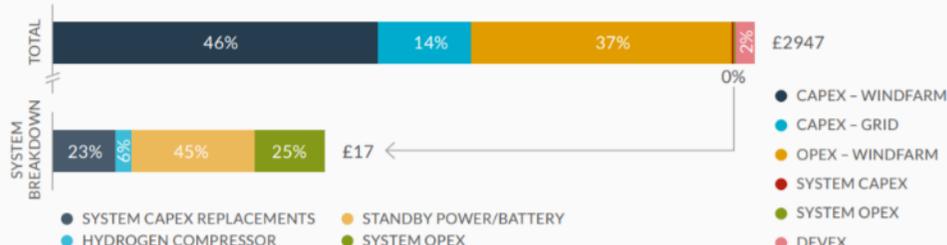


Figure 2.5 Cost breakdown of ongrid bottom- fixed offshore wind with onshore electrolysis in 2050 (% , £/kWh)

着床式洋上風力・洋上P2Gによる水素製造コスト内訳 (off-grid)

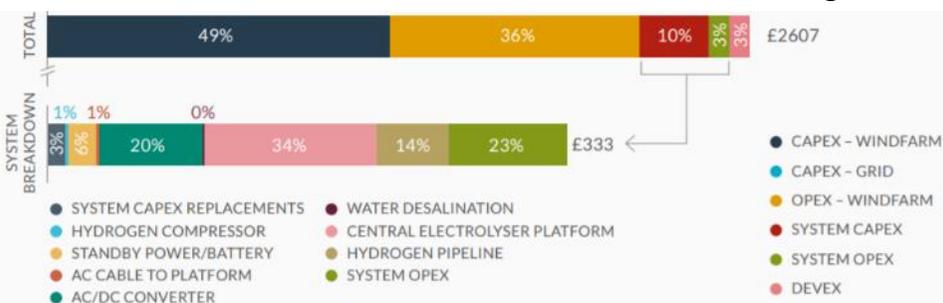


Figure 2.4 Cost breakdown of offgrid bottom- fixed offshore wind with offshore electrolysis in 2050 (% , £/kWh)

浮体式洋上風力・洋上P2Gによる水素製造コスト内訳 (off-grid)

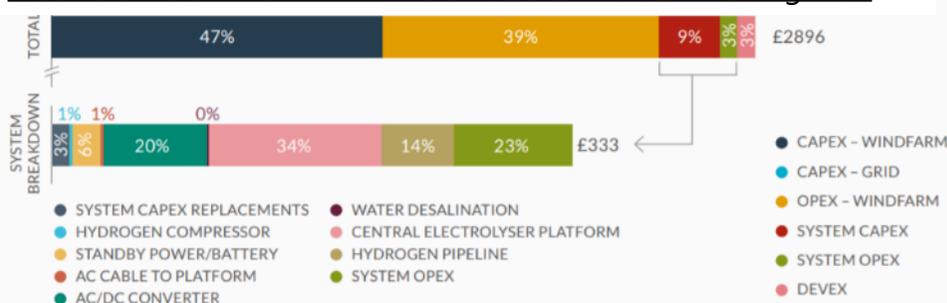


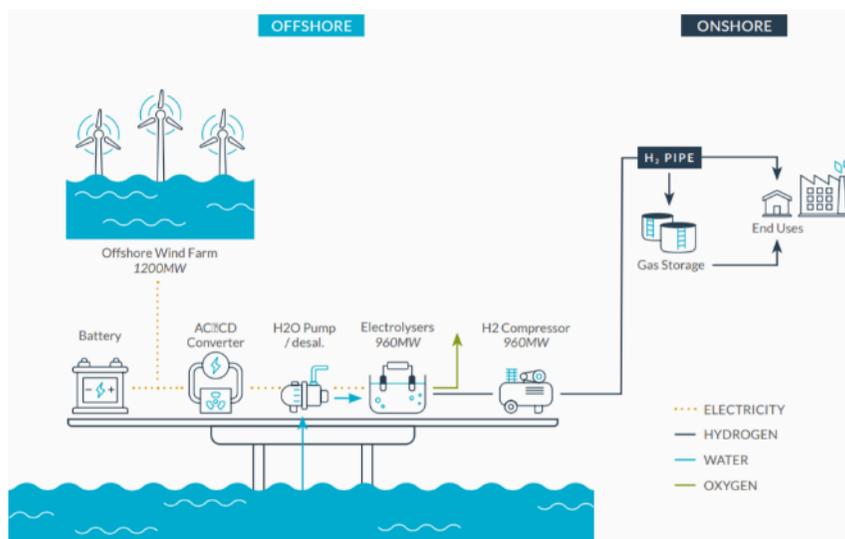
Figure 2.6 Cost breakdown of ongrid floating offshore wind with onshore electrolysis in 2050 (% , £/kWh)

出所) ORE Catapult, Offshore Wind and Hydrogen : Solving the Integration Challenge (2020年)
<https://ore.catapult.org.uk/wp-content/uploads/2020/09/Solving-the-Integration-Challenge-ORE-Catapult.pdf>

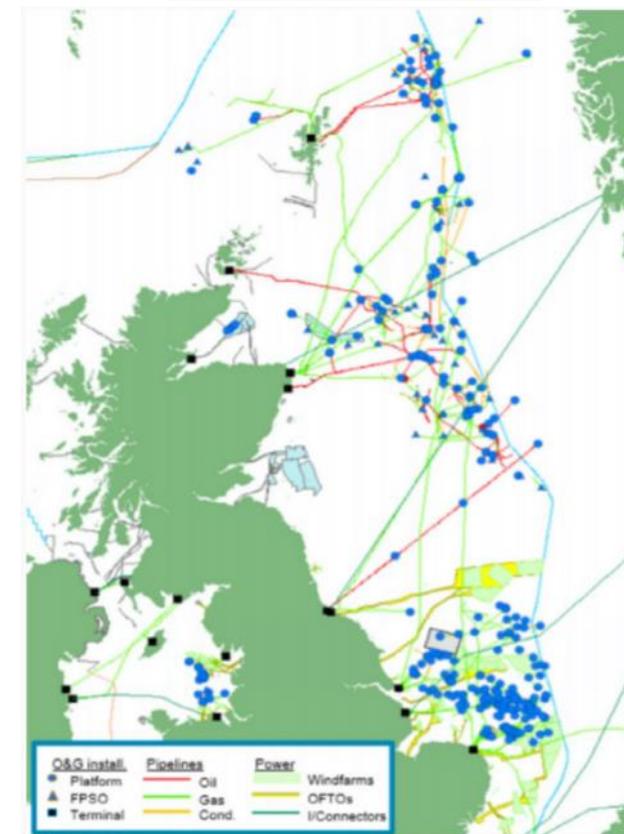
水素コスト分析例4) ORE Catapult “Offshore Wind and Hydrogen : Solving the Integration Challenge”

- 以下に挙げられる理由から、英国において洋上風力と水素製造の親和性が高いとしている。
 - 洋上風力の発電ポテンシャルが非常に大きく、高い導入目標が設定されているが、懸念となる短期・長期の出力変動に対して水素製造・活用が解決策として期待できる。また、大量導入による洋上風力のコスト低減によりLCOHの大幅低減が見込まれ、安価なエネルギー供給が可能になる。
 - 化石燃料への依存度が高く再エネ資源の乏しいドイツ等への水素輸出・越境パイプラインの開発も検討されるなど、周辺国も含めた脱炭素化に貢献する。
 - 脱炭素化で衰退が懸念される**oil&gas産業で培った海洋開発技術が適用可能であり、洋上発電所の建設だけでなく、oil&gas産業で使用されたパイプライン等のインフラを活用した洋上での水電解も将来的に構想されている。**また、oil&gas産業で失われた雇用の代替が可能になる。

洋上風力・オフグリッド洋上電解システムの構想図



英国周辺海域のインフラ設備



出所) ORE Catapult, Offshore Wind and Hydrogen : Solving the Integration Challenge (2020年)
<https://ore.catapult.org.uk/wp-content/uploads/2020/09/Solving-the-Integration-Challenge-ORE-Catapult.pdf>

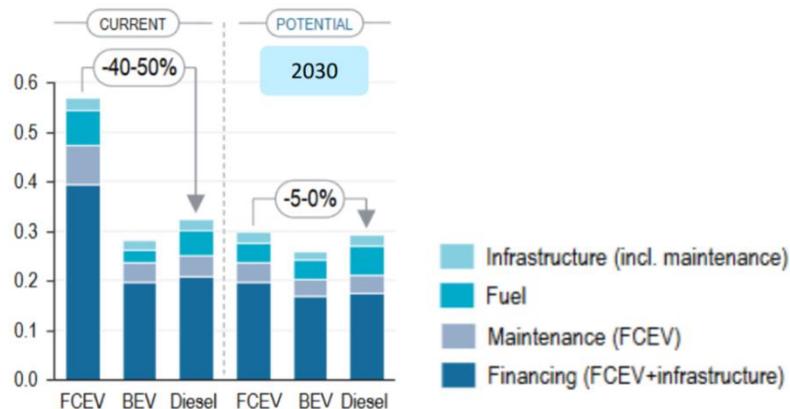
水素コスト分析例5) Hydrogen Europe "Technology Roadmaps"

- Hydrogen Europeのロードマップでは、2030年に、グリーン水素製造（再エネ電解）で < €3/kg、天然ガス改質+CCSでは€1.5-2/kgを達成し、自動車ではディーゼルと同等、熱利用では最も安価なエネルギー源となることを目指す。
- なお、現状のドイツの水素ステーションでの販売価格は€9.5/kg*と、走行距離当たりの費用はガソリンと同程度

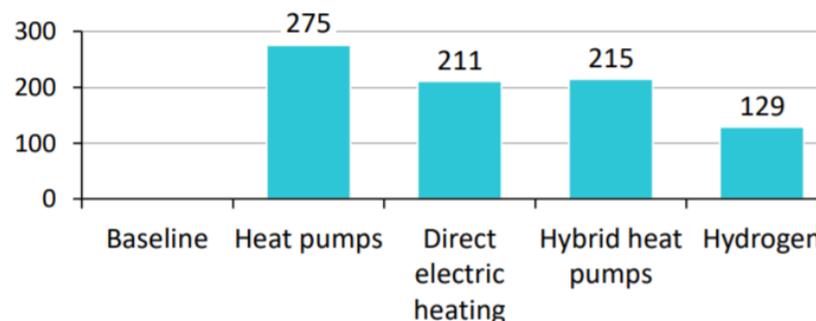
製造法	水素価格 (€/kg)		コスト低減の見通し
	現状	2030年目標	
再エネ電解	10 - 15	< 3	システムの大型化 (>100MW) と高効率化、及びグリーン電力の安価な調達 (<€50/MWh)
天然ガス改質 + CCS	<2 (CCSなし)	1.5 - 2 (CCSあり)	システムの大型化 (100MW規模) とCCSの普及

出所) Hydrogen EuropeをもとにMRI作成

Estimated annualised Total Cost of Ownership (TCO) [ct/km], 2017 prices



Net cost of CO₂ abatement for different options for decarbonising heat €/tonne CO₂

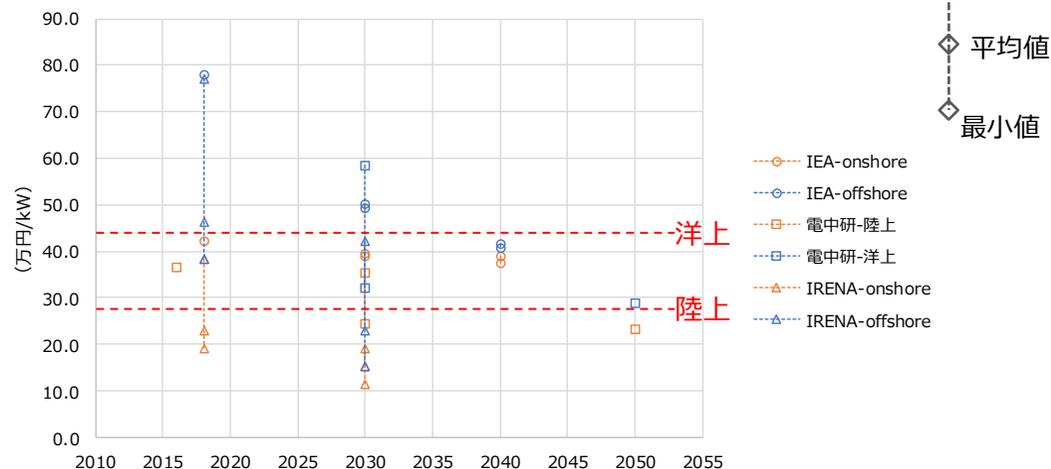
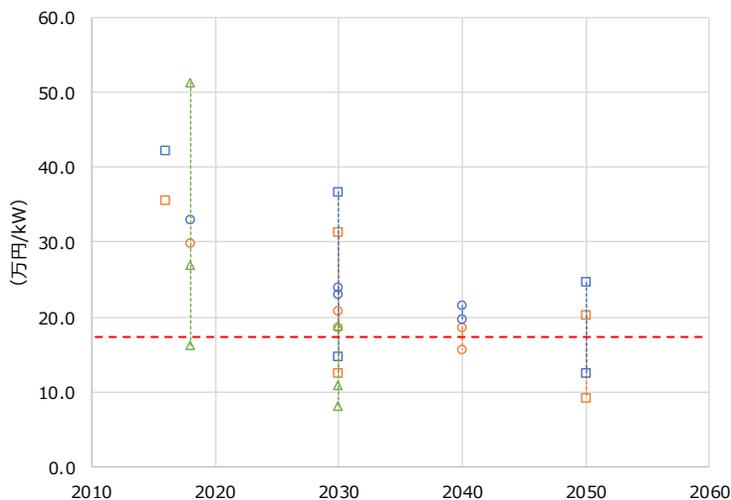


出所) Hydrogen Europe, TECHNOLOGY ROADMAPS FULL PACK (閲覧日: 2020年9月10日) https://hydrogeneurope.eu/sites/default/files/2018-10/Public_HE%20Tech%20Roadmaps_full%20pack_0.pdf
*独逸-ルヒ総合研究機構, Spatio-temporal optimization of a future energy system for power-to-hydrogen applications in Germany (2018年9月発表) <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S036054421830879X>

(参考) 再エネコスト見通し

- 電中研、IEA、IRENAの再エネコスト見通しは下図の通り。
 - 資料によって、LCOEの見通しのみ/設備費用の見通しのみ等のばらつきがあるため、ここでは設備費用 + 20年分の運転維持費等に揃えている。
- 2030年までの国内再エネコスト目標として、LCOEベースで太陽光：7円/kWh、風力：8～9円/kWhの目標が設定されているが、これを資本費 + 運転維持費に換算したラインを赤線にて示している。

太陽光（左図）と風力（右図）の資本費 + 運転維持費等（20年分）の見通し



出所) 資源エネルギー庁「太陽光発電競争力強化研究会報告書」(平成28年10月)、IEA World Energy Outlook 2019 (2019年)、電中研 2050年までの太陽光発電・風力発電の将来コストに関する考察 (2017年9月)、IRENA Global Renewables Outlook 2020 (2020年4月) をもとに作成。

注) 1\$ = 110円で換算。資本費と耐用年数20年分の運転維持費を合算して算出。運転維持費想定のないものは太陽光：3,000円/kW/年、風力：4,000 /kW/年とした。設備利用率は太陽光14%、陸上風力20%、洋上風力30%としてLCOE⇔資本費等の換算を行った。

② 将来の水素社会のあるべき方向性整理

- ゼロエミッション工場実現に向けた勉強会 中間整理
- 産業熱需要への水素利活用に向けた勉強会 中間整理

実施概要

- 本調査では、「福島水素エネルギー研究フィールド」で製造される水素の利活用ポテンシャルについて、関連事業者へのヒアリング・議論を進める中、各研究会ともに検討に課題があることが判明した。
- そこで、福島県内の水素製造ポテンシャルを最大限生かしつつ、具体的な需要家候補となり得る製造業の事業者と、水素関連事業者、有識者、自治体を交えて、新たな水素需要拡大に向けた勉強会（具体名は下表に記載）を行い、今後の課題について整理した（各勉強会について中間整理を実施）。

当初の研究会題目案	検討にあたり生じた課題	本調査における対応
(i) 水素と再エネ電源を用いた産業団地全体のゼロ・エミッション化	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 具体的な需要が不明であり、まずはどういふ需要に対してどのようにゼロエミッション化を達成するかを明確化する必要。 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ ゼロエミッション工場を目指す需要家を交え、「ゼロエミッション工場実現に向けた勉強会」として議論
(ii) 水素を活用した環境負荷の小さいクリーンな化学製品の製造	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 既存市場への影響・競合 ✓ 必要な水素純度の確保 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 熱用途に水素を利用したい需要家を交え、「産業熱需要への水素利活用に向けた勉強会」として議論
(iii) 産業用ガス導管への注入及び火力発電における水素混焼発電	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 既存の水素生産能力に比べて消費量が桁違いに大きい。 ✓ 燃料サプライチェーンも大規模なものとなり、大規模インフラが整備されていない場所での検討が難しい。 ✓ ガス導管への水素注入が事業所内で実施できず、他の需要家にも影響が発生。 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 現状のままでは、主にはインフラ上の制約から、浜通り地域における発電分野での水素利用、アンモニア利用を推進することが難しい。 ✓ 火力発電の脱炭素化に係る各種動向を見つつ、新たな視点も含めた複合的な目的で実証可能か、検討を継続する。 (新たな視点の例) <ul style="list-style-type: none"> • 港湾との連携（アンモニア受入拡大） • 連系線制約緩和 • 発電以外の研究開発との連携（アンモニア合成、FCトラック、他）

ゼロエミッション工場実現に向けた勉強会 中間整理

本勉強会の目的

<背景>

- 2050年カーボンニュートラル実現に向けて、水素は脱炭素燃料として必要不可欠な存在となっている。
- 本年2月8日に発表された福島新エネ社会構想においても、「再生可能エネルギー及び水素に関連する設備、生産施設、実験施設や研究所の県内への積極的な整備を促し、福島における再生可能エネルギーの更なる導入拡大や水素社会実現に向けたモデル構築に取り組むことで、再生可能エネルギー及び水素関連産業の育成・集積を図り、福島において新エネ社会のモデルを創出する」としている。

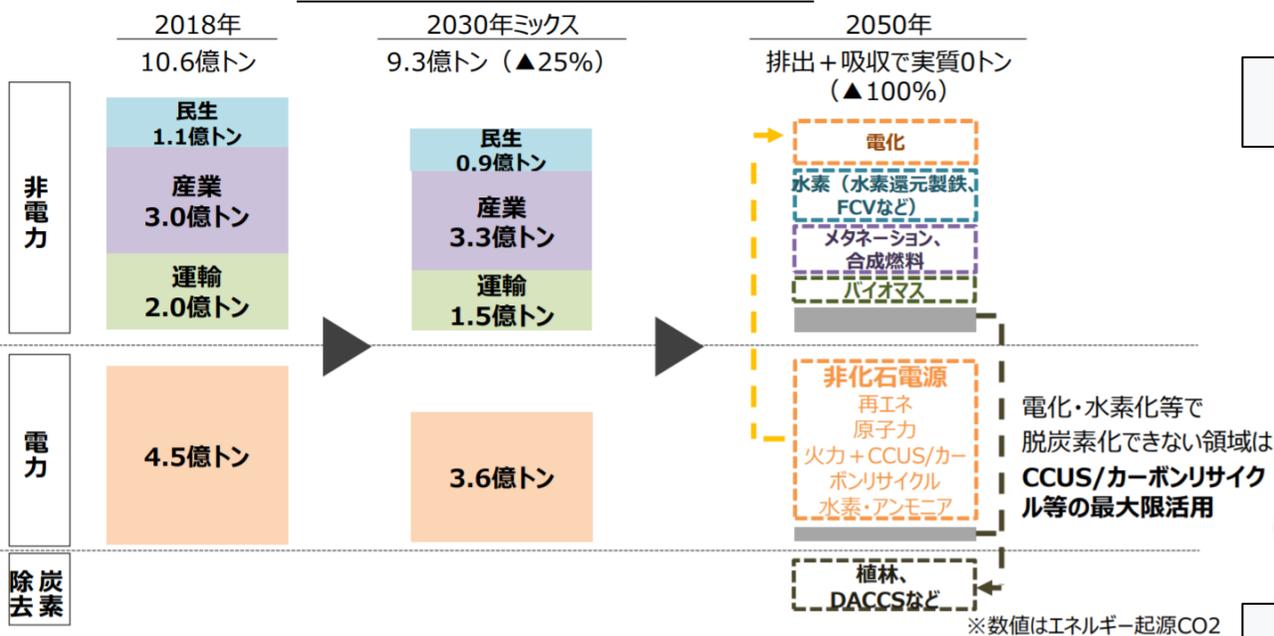
<目的>

- 上記背景に鑑みれば、福島県内の需要家に対し、水素を始めとしたカーボンフリー燃料の利用を積極的に検討・導入頂き、水素社会構築の先駆けとなる地域として振興していくことが重要である。
- 今回、具体的な県内需要家における検討事項を題材として、**需要家が水素利用を検討するにあたって必要な検討事項や留意すべき課題や対処方針、水素調達体制を明らかにし**、福島県内の需要家における水素利活用の取組拡大に資することを目的とする。
- 同時に、**福島県内に水素利用産業を呼び込むために自治体側に求められる措置や整備すべきインフラの明確化**に資することを目的とする。

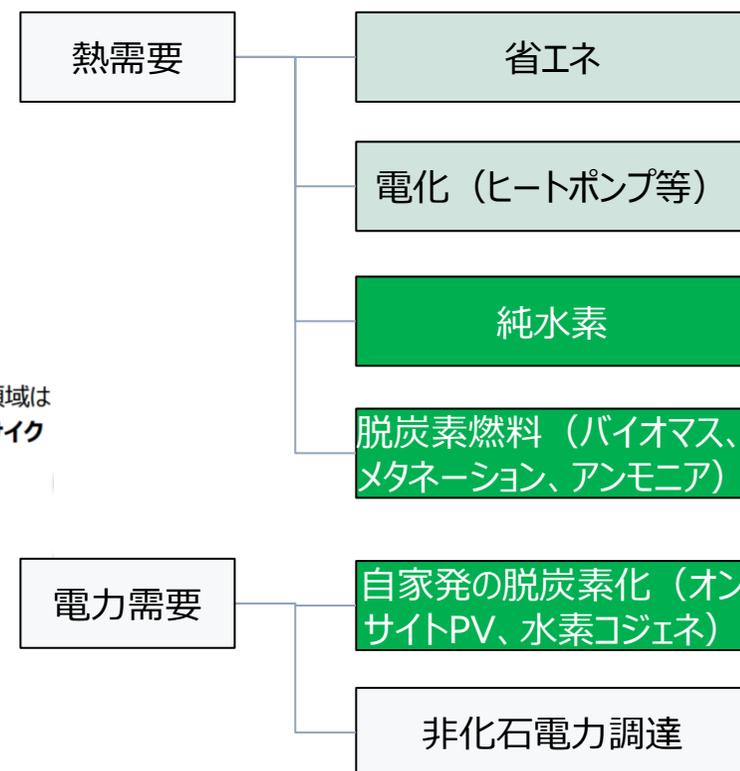
1. 工場の脱炭素化の全体像および今回のスコープ

- カーボンニュートラル実現に向けては、電源の脱炭素化・省エネに加え、非電力部門の電化、水素、メタネーション・合成燃料、バイオマスが位置付けられている。
- 今回、製造業需要家（県内機械器具製造業の工場）を対象として、工場の脱炭素化の全体像を踏まえたつつ、燃料が残る箇所への手当を検討。

エネルギー需要の脱炭素化イメージ



工場の脱炭素化の全体像および今回の検討対象



2. 脱炭素燃料利用設備のオプションおよび論点

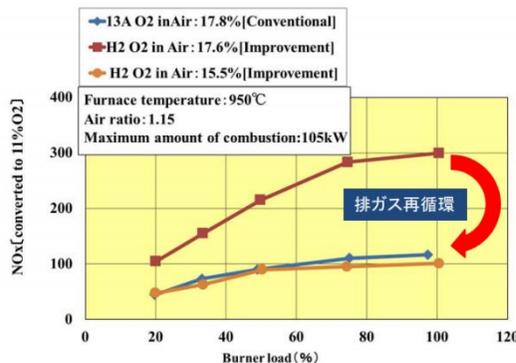
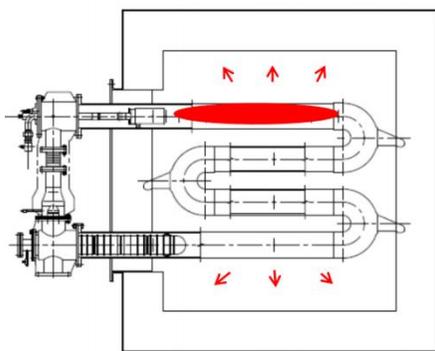
- 今回想定する工場のエネルギー需要としては電力が中心、燃料需要は全体の2割程度。
 - 現状燃料で行っている加熱工程は、製品の脱脂工程から発生する油脂分を気化・焼却する需要。
- 熱需要・電力需要に対応して考えうる技術導入オプションは以下のとおり整理される。

需要	用途	技術オプション	導入に向けた論点
熱需要	加熱炉	バーナー (純水素、アンモニア)	安全性、設備増強コスト、既存設備の有効活用
電力需要	燃料電池	SOFC (アンモニア、メタネーション、純水素混合)	燃料安定供給 設置場所 (オンサイト・オフサイト)
		PEFC	

2. 水素利用設備の動向・技術的制約（工業炉）

- 水素工業炉、アンモニア工業炉は、一般的にはNOx対応と燃料調達体制が課題とされている。

水素バーナーの開発例（中外炉工業）



出所) 経済産業省 第4回2050年に向けたガス事業の在り方研究会 中外炉工業発表資料「工業炉における脱炭素燃焼技術」(2020年12月16日)
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/2050_gas_jigyoyo/pdf/004_05_00.pdf

水素・アンモニア工業炉の課題（中外炉工業）

Chugai Ro

水素・アンモニアを工業炉用燃料として利用 課題と現状

水素特有の課題

- ① 燃焼速度が早く火炎温度が高い→高温が必要とされる設備には最適
- ② NOx排出量の増加 (Thermal NOx) →バーナ形状工夫で対応可能

アンモニア特有の課題

- ① 燃焼速度が遅く火炎温度が低い→バーナ形状工夫で直接点火、直接燃焼可能
- ② NOx排出量の増加 (Fuel NOx) →バーナ形状工夫で対応可能
- ③ 未燃アンモニア処理方法確立→今後の課題
- ④ 製品品質の確保→今後の課題
- ⑤ 空気でアンモニア専焼可能なこと→バーナ形状工夫で対応可能

水素・アンモニア共通課題

- ① 火炎放射の弱さ→工業炉は炉温高いため炉壁からの放射が大きく影響少
- ② 安全に使用するためのガイドライン整備→今後の課題
- ③ 燃料コストの低減と供給体制の構築 (製造・貯蔵・運搬) →今後の課題
- ④ 社会への認知度向上→今後の課題

Copyright (C) 2020 Chugai Ro Co., Ltd. All Rights Reserved.

30

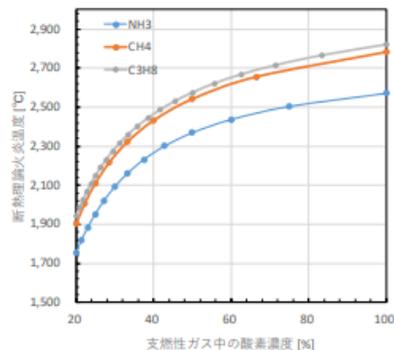
2. アンモニア利用設備の動向・技術的制約

- 現状、発電の他、工業炉、船舶エンジンといった用途開発も検討されている。
- 実用化に向けては、火炎性能の向上、NOx抑制、アンモニアの完全燃焼(アンモニアを残さない)等に関する技術の確立が必要。
- このため、数百kW級の燃焼技術開発を行い、炉のユーザー企業も巻き込んで、技術の検証を行うとしている。

課題

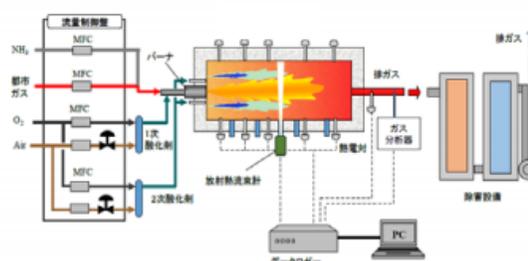
火炎性能の向上

- アンモニアは燃焼時にCO₂を排出しないことから、燃焼時に煤が発生しないため、輻射伝熱が期待できない。そのため、既存の化石系燃料の置き換えには、火炎温度の高温化技術の確立が必要。
- 酸素富化燃焼による火炎温度の向上・安定化を目指す。



NOxの抑制

- アンモニアは窒素が含まれるため、燃焼時にNOxの生成されることが課題。
- 特に酸素燃焼との組み合わせにおいては、火炎が高温になるためNOxが生成し易い状態となるため、NOx排出を低減する技術開発を行う。



出典：SIP終了報告書
(エネルギーキャリア アンモニア直接燃焼 太陽日酸株式会社)

アンモニアの完全燃焼

- アンモニアは、現状の工業炉で利用されている天然ガスやLPGといった気体燃料と比較して、燃焼速度が小さく燃焼性が悪い。
- 従って、従来の気体燃料用バーナーの設計では、完全に燃焼できない可能性がある。そこで、アンモニアを燃焼する為に最適なバーナーの開発を行う。

燃料種	アンモニア NH ₃	メタン CH ₄	プロパン C ₃ H ₈
大気圧における沸点 (°C)	-33.3	-161.6	-42.1
低発熱量 (MJ/kg)	18.6	50.2	46.6
可燃当量比範囲 (-)	0.63-1.40	0.50-1.69	0.51-2.51
最大燃焼速度 (m/sec)	0.09	0.37	0.43
最低自着火温度 (°C)	651	537	432
最高断熱火炎温度 (°C)	1750	1970	2020

出所) 資源エネルギー庁 第36回基本政策分科会 資料「2050年カーボンニュートラルの実現に向けた検討」(2021年1月27日)
https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/036/036_005.pdf

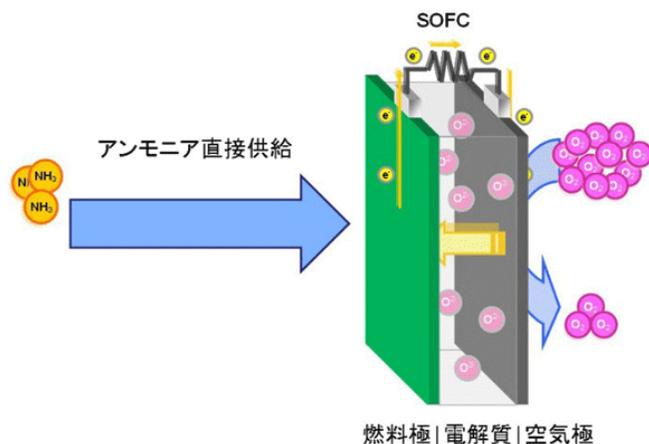
2. アンモニア燃料電池の動向

- SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）「エネルギーキャリア」において、直接アンモニア燃料電池開発が進められた。（平成26年度～30年度）
- 直接アンモニアSOFC、アンモニアの自己熱反応による分解で得られた水素を用いたSOFCともに1kW級の発電に成功。

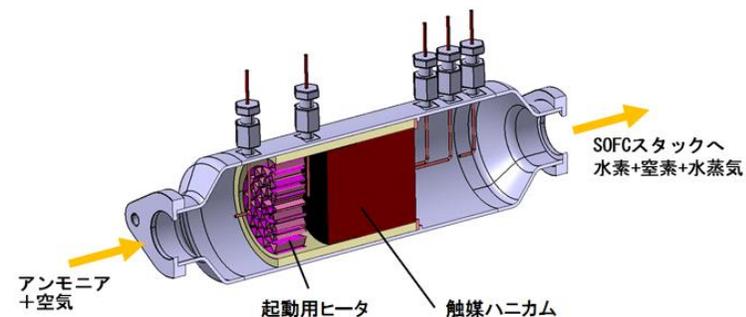
直接アンモニアSOFCのセルスタック外観



直接アンモニアSOFCの原理図



1 kW級 SOFC用オートサーマル反応器



出所) JST プレスリリース「アンモニアを直接燃料とした燃料電池による1キロワットの発電に成功」(2017年年7月3日)
<https://www.jst.go.jp/pr/announce/20170703-2/index.html>

3. 水素・アンモニア供給体制の現況

- 福島県内の水素製造拠点は以下のとおり。

福島県内の水素製造拠点一覧

	外部供給能力	製造源	供給設備	制約条件
郡山水素センター	1,000Nm ³ /h	都市ガス改質水素	圧縮水素トレーラー	
いわき水素センター	1,000Nm ³ /h	ソーダ電解副生水素	圧縮水素トレーラー	苛性ソーダ生産動向に依存
FH2R	1,200Nm ³ /h	水電気分解水素	圧縮水素トレーラー	再エネ由来のため気象状況等に依存

- 昭和電工殿では、東北アンモニアセンター液化アンモニア物流基地（福島県相馬港）を拠点として、アンモニア供給を展開。

3. アンモニア供給インフラ

- 昭和電工殿では、東北アンモニアセンター液化アンモニア物流基地（福島県相馬港）を拠点として、アンモニア供給を展開。
- アンモニアトレーラーで工場まで輸送し、アンモニア直接利用、あるいは熱分解して水素として利用することが可能。

福島県内のアンモニア供給インフラ



出所) 昭和電工ガスプロダクツご提供資料

3. 需要家側で必要な受入設備のイメージ

- 需要家が圧縮水素、液化水素、液化アンモニアの受入のために必要な対応の目安は以下のとおり。

需要家側で整備が必要な受入設備

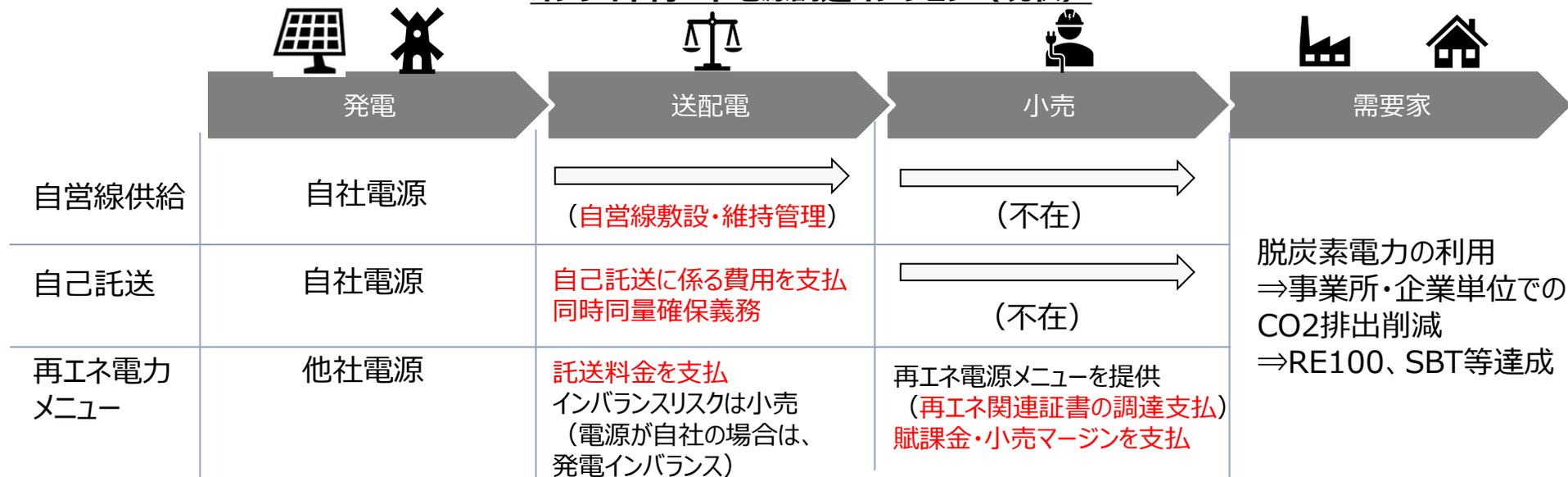
	圧縮水素	液化水素	液化アンモニア
水素使用条件想定	500Nm ³ /h × 8千h/年 = 4百万m ³ /年		0.25t/h × 8千h = 2Kt/年
①必要となる受入設備	<ul style="list-style-type: none"> ・水素トレーラー置場（含建屋） ・圧力調整器 	<ul style="list-style-type: none"> ・液化水素貯蔵ホルダー ・気化器、圧力調整器 	<ul style="list-style-type: none"> ・NH₃タンク（20t） ・気化器・圧力調整器、除害塔
②必要面積	・約400m ² （20m × 20m）	・約70m ² （10m × 7m）	・約400m ² （20m × 20m）
③法対応	<ul style="list-style-type: none"> ・高圧ガス保安法 ・消防法 ・建築基準法 	<ul style="list-style-type: none"> ・高圧ガス保安法 ・消防法 ・建築基準法 	<ul style="list-style-type: none"> ・高圧ガス保安法 ・毒劇物取締法 ・消防法 ・建築基準法

出所) 参加企業ご提供資料

3. オフサイト電源調達の形態

- 現状では、需要家が自社電源を直接調達する仕組みは、自営線供給あるいは自己託送。
- 既存システムを活用する制度としては、自己託送あるいは小売電気事業者を介したPPA（電力供給契約）が考えられる。自己託送の方は、発電側に加え需要側のインバランスコストも負担することになる。一方、PPAの場合は、小売事業者からの電力購入同様の託送料金がかかる。
- したがって、**発電コストが安い電源を調達できない限り、経済的メリットは薄い**と考えられる。
 - 現状でオフサイト電源を調達するには、既存再エネへ併設することによる系統接続枠の有効活用を行いつつ託送供給を検討することになると考えられる。
 - 将来的には託送制度改革によって近接性や地産地消による託送コスト低減が評価されれば、多少託送コストの低減が実現する可能性もある。

オフサイト再エネ電源調達オプション（現状）



4. オプション別の水素・アンモニア所要量および必要な措置

- 技術オプション別に、水素・アンモニアの所要量および必要な措置について整理した。（第2種エネルギー管理指定工場（年間1,500kL以上のエネルギー使用量）と仮定）。
- オンサイトの場合、工業炉で用いる場合の所要量が大いだが、1か所であれば県内既存製造拠点からの供給能力の範囲内と考えられる（例：県内拠点の製造余力を全負荷相当で1/6とすると400万Nm³/年）。
- オフサイトの場合は、パイプライン等効率的な輸送方法が求められる。

オプション別の水素・アンモニア所要量および必要な輸送供給体制

技術オプション	水素・脱炭素燃料所要量 (100%の場合の試算。既存燃料との混合の場合、所要量は減少)	輸送供給体制
工業炉 (*1)	純水素：91万Nm ³ /年 アンモニア：67万Nm ³ /年(510t/年)	圧縮水素トレーラー460台相当（毎日1～2回配送） 液体水素トレーラー46台相当（週に1回配送） アンモニアトレーラー50回相当（週に1回配送）
オンサイトSOFC 200kW (*2)	純水素：36万Nm ³ /年 アンモニア：25万Nm ³ /年(190t/年)	圧縮水素トレーラー180台相当（2日に1回配送） 液体水素トレーラー18台相当（月に1～2回配送） アンモニアトレーラー19台相当（月1～2回配送）
オフサイトSOFC 2000kW (*3)	純水素：360万Nm ³ /年 アンモニア：250万Nm ³ /年(1900t/年)	液体水素トレーラー180台相当（2日に1回配送） アンモニアトレーラー190台相当（2日に1回配送）

(*1)省エネ法の原油換算0.0258kl/GJから計算すると、1500kL/年=58TJ/年（HHV）。全体の2割を熱需要とし、全て水素・アンモニアで賄うために必要な所要量を計算。水素：12.8MJ/Nm³HHV、10.7MJ/Nm³LHV アンモニア：22.5MJ/kgHHV、18.7MJ/kgLHV、0.7713 kg/Nm³

(*2)自社工場の屋根置きPVと同程度の容量を導入するイメージ、稼働時間3000時間（全負荷相当、PVを補完する運転を想定）。効率60%LHVと想定。

(*3)メガソーラーへの併設するイメージ、稼働時間3000時間（全負荷相当、PVを補完する運転を想定）。効率60%LHVと想定。

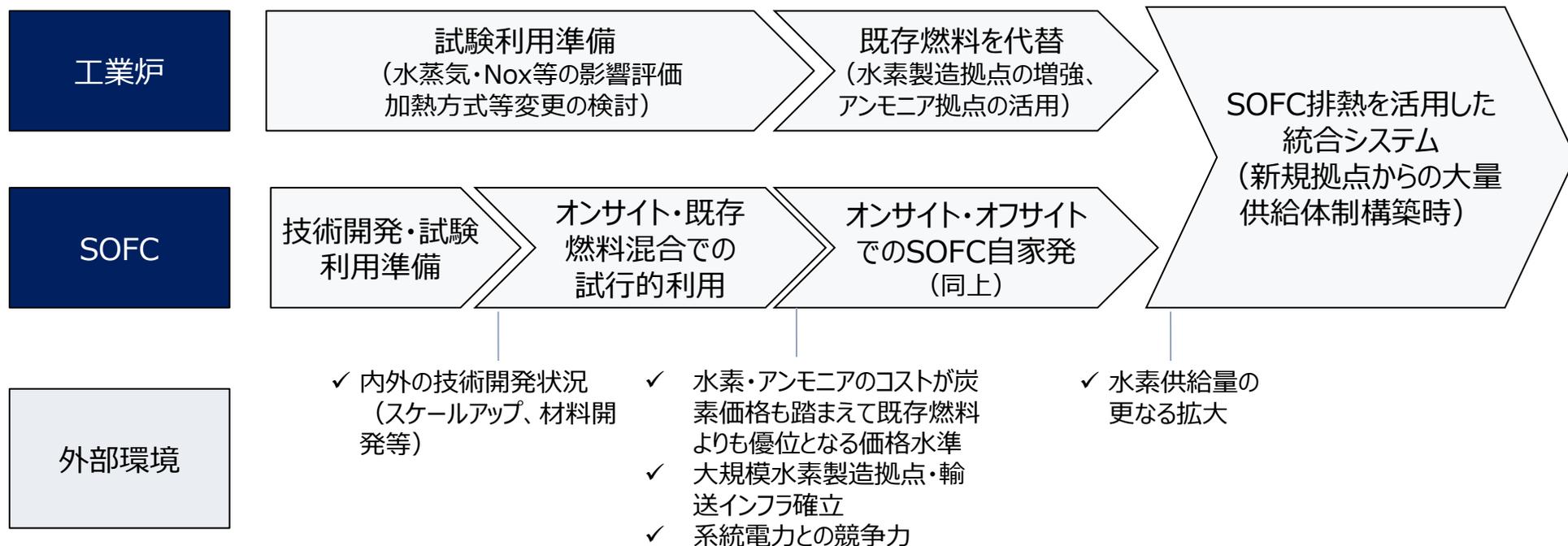
4. 勉強会の中で浮上した論点

論点	対応
アンモニアに含まれる微量成分（付臭材（硫黄）、リン、塩素等を懸念）	<ul style="list-style-type: none"> ✓ JIS規格で定められているのは水分、油分までで、微量成分は確認していない。 ✓ 廃プラなので成分のばらつきを懸念されるが、分析すると、原料はほぼオレフィン系（ポリプロ、ポリエチレンで93%）に集約される。付着している不純物は、凡そ前処理工程で除去する。出てくるアンモニアとしては安定しているが、どうしても気になる物質は、利用時に除去装置を付けることも考えられる。
アンモニアの腐食対策	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 実験室レベルではアンモニア燃料電池は成功しているものの、400～500℃以上での腐食対策が必要とのこと。高価な材料が必要となり、その場合コストに影響。 ✓ 一般的にはアンモニアは銅やアルミに対する腐食性は強いので避けるべきと認識。
アンモニア、水素の輸送にあたっての制約	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 圧縮水素の場合運べるのは100km程度が目安であり、一定以上の需要がある場合は、カードルトレーラよりは液化水素の方が適していると考ええる。 ✓ 圧縮水素とアンモニアの輸送は、高圧ガス保安法の中で規定されているため、海底トンネル等の通行は不可。両者とも、可燃性ガスという視点で受ける制約は変わらない。アンモニアは毒性があるので漏れないよう安全対策が重要。
燃焼炉関係での水素やアンモニアの導入可能性について	<ul style="list-style-type: none"> ✓ アンモニアは燃焼温度が低いものの、炭化水素系の物質を燃焼させるには十分。毒性があるため労働安全上、気を付ける必要がある。水素は熱量が小さいため、多量に吹き込む必要がある。 ✓ 水素燃焼で発生する水蒸気やアンモニア燃焼で発生するNOxが製品にどう影響するかが課題。（燃焼炉の排ガスを製品乾燥に循環利用しているため）
水素受入に必要な設備の規模感・コスト感	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 液水の場合は、液水の状態で貯蔵して、利用時に蒸発器で気化させ、必要な圧力に調整して用いる。 ✓ ガスを切らさないようにするためにトレーラーを置いておく。2台分スペースを確保し、一台空になったら回収して、また充填して持ってくる。ほぼ液化水素の設備であり、ガスタンクはあまり必要ない。 ✓ 液化水素は配送頻度の点では有力だが、供給拠点からの距離も考慮が必要（遠距離の場合は高頻度の配送が困難）。
工場のエネルギーシステム	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 工場内の電力を全て再エネで賄うには、設備容量が膨大となり、さらに蓄電池のコストもかかる。そう考えると、再エネの設備容量を抑えてSOFCで不足分を補う方が総コストは安くなると考え検討。 ✓ 100%カーボンフリー燃料はコスト面で厳しいと考えられるため、既存燃料への混合から考えていきたい。 ✓ P2Gは現状考えていないが、余剰電力が大量発生すれば選択肢の一つ。

4. 水素等カーボンフリー燃料導入拡大イメージ

- 技術実証という観点では、まずは試行的に水素・アンモニアを自社事業所まで輸送し、既存燃料との混合利用（10～20%程度）で小型SOFC（～数kWクラス）の導入・試験的利用が考えられる。（工業炉利用にあたっては、各種影響評価等が必要）
- 事業所1か所だけに供給する場合であれば、既存の県内の水素製造能力によって所内の化石燃料を全面的に代替可能であるものの、複数の事業所で利用拡大が進むことを考えると、福島県内の水素製造拠点の増強や、アンモニアの有効活用が望ましい。

水素等カーボンフリー燃料導入拡大イメージ



産業熱需要への水素利活用に向けた勉強会 中間整理

本勉強会の目的

<背景>

- 2050年カーボンニュートラル実現に向けて、水素は脱炭素燃料として必要不可欠な存在となっている。
- 本年2月8日に発表された福島新エネ社会構想においても、「再生可能エネルギー及び水素に関連する設備、生産施設、実験施設や研究所の県内への積極的な整備を促し、福島における再生可能エネルギーの更なる導入拡大や水素社会実現に向けたモデル構築に取り組むことで、再生可能エネルギー及び水素関連産業の育成・集積を図り、福島において新エネ社会のモデルを創出する」としている。

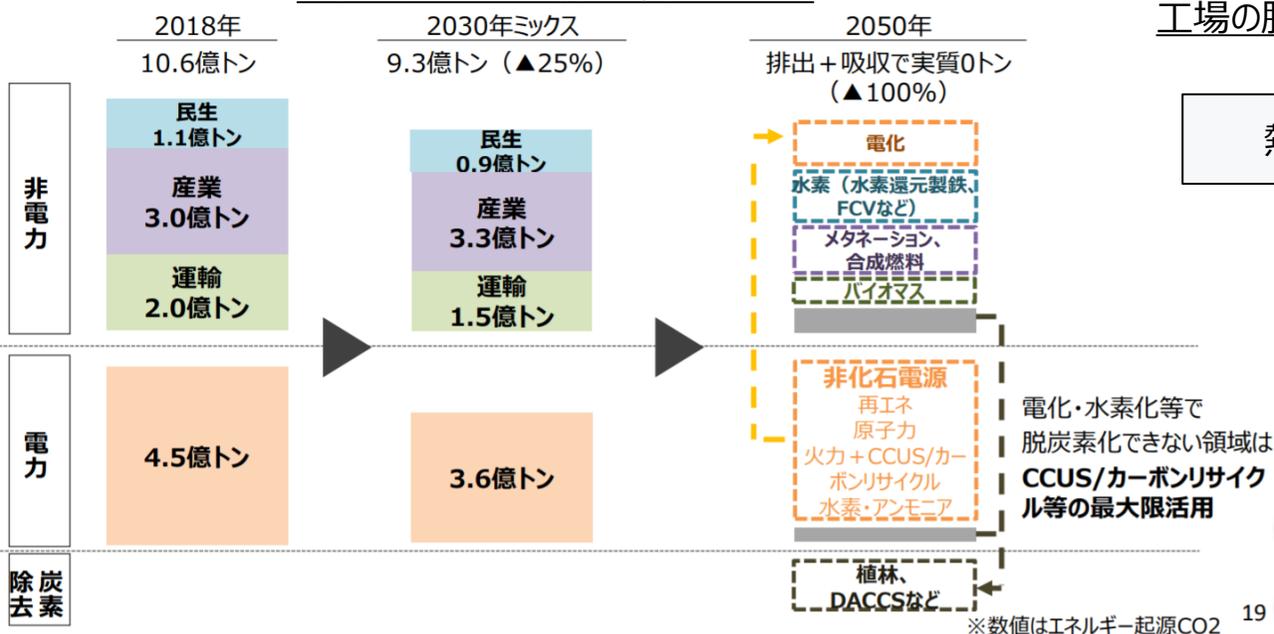
<目的>

- 上記背景に鑑みれば、福島県内の需要家に対し、水素を始めとしたカーボンフリー燃料の利用を積極的に検討・導入頂き、水素社会構築の先駆けとなる地域として振興していくことが重要である。
- 今回、具体的な県内需要家における検討事項を題材として、**需要家が水素利用を検討するにあたって必要な検討事項や留意すべき課題や対処方針、水素調達体制を明らかに**し、福島県内の需要家における水素利活用の取組拡大に資することを目的とする。
- 同時に、**福島県内に水素利用産業を呼び込むために自治体側に求められる措置や整備すべきインフラの明確化**に資することを目的とする。

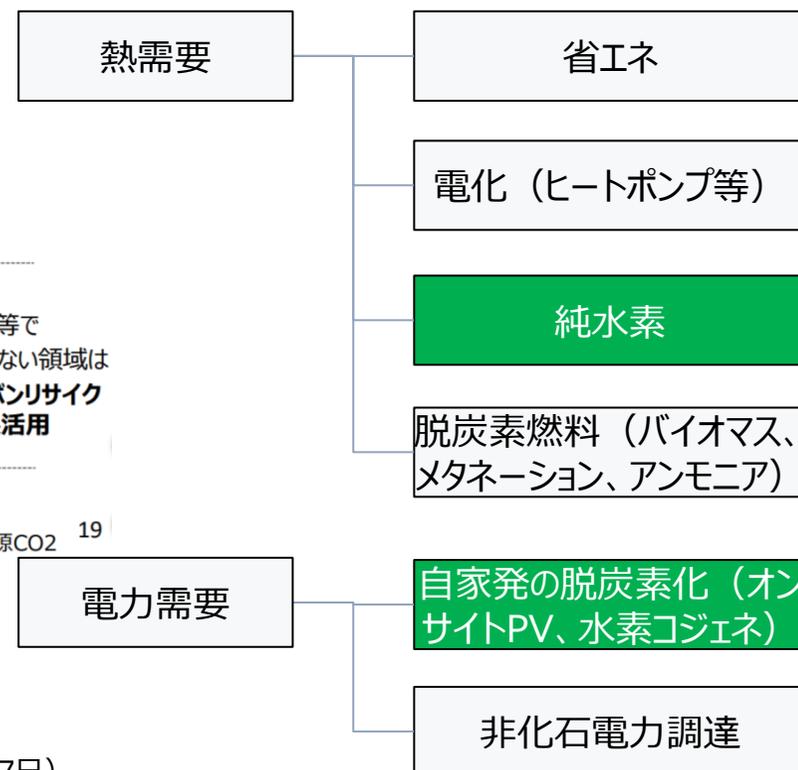
1. 工場の脱炭素化の全体像および今回のスコープ

- カーボンニュートラル実現に向けては、電源の脱炭素化・省エネに加え、非電力部門の電化、水素、メタネーション・合成燃料、バイオマスが位置付けられている。
- 今回、熱需要の大きい製造業需要家を対象として、純水素を利用した熱供給を検討。

エネルギー需要の脱炭素化イメージ



工場の脱炭素化の全体像および今回の検討対象



出所) 経済産業省「2050年カーボンニュートラルの実現に向けた検討」(2020年11月17日)

https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/033/033_004.pdf

2. 水素利用設備のオプションおよび論点

- 長期休暇以外は連続稼働する工場で、熱源設備（LNGを燃料としたガスタービンコジェネおよび蒸気ボイラー）から蒸気配管により生産ラインへと供給。
- ベースの蒸気負荷は主にガスタービンコジェネにより賄う一方、ボイラーが担う蒸気負荷は変動あり。
- こうした蒸気需要に対応して考えうる技術導入オプションは以下のとおり整理される。
- 今般は、生産ラインへの影響を最小化することと、水素利用技術の試験的導入を勘案し、水素ボイラーを既存配管システムに接続することを検討。

	技術オプション	技術動向	導入に向けた論点
ボイラー	水素専焼ボイラー 新設	一定の実績あり	負荷変動追従性 環境性能（NOx） 供給安定性への対応
	既設ガスボイラー 混焼	一定の実績あり	混焼可能上限 負荷変動追従性 環境性能（NOx）
コジェネ	水素専焼タービン 新設	開発段階	負荷変動追従性 設備規模・コスト 環境性能（NOx）
	既設ガスタービン 混焼	副生ガス等では 一定の実績あり	混焼可能上限 負荷変動追従性 環境性能（NOx） 供給安定性への対応

2. 水素利用設備：純水素ボイラー

- 1時間あたりの蒸気発生量が250kg～数10トンクラスのボイラーで製品や実績例が存在。
- 効率値は90～95%と、都市ガスボイラーと大差ない水準。ターンダウン比1:4の製品もあり、一定の負荷変動にも対応可能とみられる。



	単位	SI-2000AS	AI-2500 16S	SU-250H※
ボイラ種類	-	小型ボイラ (多管式貫流ボイラ)	ボイラ (多管式貫流ボイラ)	簡易ボイラ (多管式貫流ボイラ)
取扱者資格	-	事業主による 「特別教育」受講者以上	ボイラー取扱技能講習 終了者	資格不要
最高圧力	MPa	0.98	1.57	0.98
使用圧力範囲	MPa	0.49～0.88	1.08～1.41	0.49～0.88
相当蒸発量	kg/h	2000	2500	250
水素使用量	Nm ³ /h	451.8	576.8	58.2
燃焼方式	-	高速連続制御	3位置制御	ON-OFF制御
ターンダウン比	-	1:4	1:2	-
ボイラ効率	%	95	93	90
ボイラ外形寸法 (W×D×H)	-	1,875×3,750×2,730	2,660×3,945×3,245	2,235×2,300×3,110

出所) 経済産業省 第4回2050年に向けたガス事業の在り方研究会 三浦工業発表資料「三浦工業の水素社会への取り組み」(2020年12月16日)
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/2050_gas_jigyo/pdf/004_06_00.pdf

小型産業用ボイラ水素専焼・混焼実績例

小型産業用ボイラ水素混焼実績例
(蒸気量：2.3t/h)



川崎重工は、さらに大型の水素焚きボイラーを開発中。

出所) 経済産業省 第19回水素・燃料電池戦略協議会 川崎重工業発表資料「国際水素サプライチェーン構築に向けた取り組み」(2021年2月19日)
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/suiso_nenryo/pdf/021_04_00.pdf

2014年10月2日
川崎冷熱工業株式会社
東京 日本支社

水素利用機器「蒸気ボイラ」納入実績一覧表

出荷年	機種	容量	モデル	蒸気量	台数	納入先名	最高圧力	燃料	H ₂ 濃度	燃料 種類	納入県
1985	SH	2500	MBGE	2.1 t/h	1	某 化成会社 名古屋工場	1.56 MPa	H ₂	100%	軽油/水素	愛知
1988	PD	40		4 t/h	1	某 合成会社 横浜工場	1.56 MPa	H ₂	100%	軽油/水素	神奈川
1990	KD	250	E	25 t/h	1	某 合成会社 横浜工場	1.56 MPa	H ₂	100%	水素	神奈川
1996	KS	25	S	2.5 t/h	1	某 製紙会社 岩田事業所	1.56 MPa	H ₂	100%	水素	広島
2000	KS	50		5 t/h	1	某 化学会社 タイ工場	1.56 MPa	H ₂	100%	水素	タイ
2004	KD	100	ME	10 t/h	1	某 曹達会社 松山工場	1.56 MPa	H ₂	100%	水素	愛媛
2006	KS	43	SE	4.3 t/h	1	某 曹達会社 尼崎工場	0.98 MPa	H ₂	100%	水素	兵庫
2007	KD	170	E	17 t/h	1	某 硝子会社 鹿島工場	1.96 MPa	H ₂	100%	水素	茨城
2009	KS	15	S	1.5 t/h	1	某 曹達会社 小倉工場	0.98 MPa	H ₂	100%	水素	福岡
2009	KS	23	SE	2.3 t/h	1	某 化学会社 和歌山工場	0.98 MPa	H ₂	100%	水素	和歌山
2009	KS	50		5 t/h	1	某 化学品会社 タイ工場	1.56 MPa	H ₂	100%	水素	タイ
2011	KS	29	SE	2.9 t/h	1	某 化学会社 四日市工場	1.56 MPa	H ₂	100%	水素	三重
2011	KS	110	SE	11 t/h	1	某 曹達会社 観音事業所	1.56 MPa	H ₂	100%	水素/LPG	北海道

2. 純水素ボイラーに関する留意点・課題

- NOx低減や防爆対策については、対策の方向性はありつつも実際の対応可能性は検証を要する。
- また、負荷追従性の観点から、従来ボイラー（天然ガス）から転換して支障が無いかも要検証。
- メーカー発表資料では、「燃料としての水素の特性を踏まえた安全設計が必須」として、以下のような留意点が示されている。

	水素	メタン	プロパン	水素の特性と設計要件
低位発熱量 [MJ/m ³ _N]	10.8	35.9	93.6	燃料流量が多く、ガス配管の 圧力損失 が大きくなる
最大燃焼速度 [cm/s]	346	43	47	逆火の懸念がある → フレームアレスタ を標準装備
燃焼範囲 (下限-上限) [%-vol]	4.0-75.6	5.0-15.0	2.1-9.5	可燃範囲が広く、空気との混合に注意 →ガス配管の 窒素パージ を実施
拡散速度 [cm ² /s]	0.61	0.16	0.12	上方へ拡散しやすく、開放空間での爆発の懸念はほとんどない → 屋外仕様 を標準とする
密度 [kg/m ³]	0.0854	0.6797	1.901	
断熱火炎温度[°C]	2,109	1,951	1,992	火炎温度が高く、サーマルNOxが高い。 → 低NOx対応 を実施
熱放射（輻射率ε）	0.04~0.25	0.15~0.35	(0.3~0.4)	熱放射による被害や類焼は少ない → 保守・メンテナンス も対応可能

出所) 経済産業省 第4回2050年に向けたガス事業の在り方研究会 三浦工業発表資料「三浦工業の水素社会への取り組み」(2020年12月16日)
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/2050_gas_jigyo/pdf/004_06_00.pdf

3. 水素供給体制の検討

- 福島県内の水素製造拠点は以下のとおり。

福島県内の水素製造拠点一覧

	外部供給能力	製造源	供給設備	制約条件
郡山水素センター	1,000Nm ³ /h	都市ガス改質水素	圧縮水素トレーラー	
いわき水素センター	1,000Nm ³ /h	ソーダ電解副生水素	圧縮水素トレーラー	苛性ソーダ生産動向に依存
FH2R	1,200Nm ³ /h	水電気分解水素	圧縮水素トレーラー	再エネ由来のため気象状況等に依存

- 製造方法別評価・輸送方法・需要家側で必要な対応に関わる事項について
 - 製造コスト（変動費）は燃料・電気調達コストに依存、水電解は電力コスト低減が必須。
 - 液化水素は液化時のエネルギー消費が大きい一方、圧縮水素は輸送効率が悪く、一定の距離がある場合はトータルでは液化水素の方がエネルギー効率が良くなる。
 - 圧縮水素、液体水素のいずれにおいても、需要家側で一定の受入対応（施設整備、土地確保等）が必要。

3. 需要家側で必要な受入設備のイメージ

- 需要家が圧縮水素、液化水素の受入、あるいはオンサイト水素製造装置設置のために必要な対応の目安は以下のとおり。

需要家側で整備が必要な受入設備

	圧縮水素	液化水素	オンサイト都市ガス改質
水素使用条件想定	500Nm ³ /h（2トンボイラーの水素消費量に相当）×8千h/年 = 4百万m ³ /年		
①必要となる受入設備	<ul style="list-style-type: none"> ・水素トレーラー置場（含建屋） ・圧力調整器 	<ul style="list-style-type: none"> ・液化水素貯蔵ホルダー ・気化器、圧力調整器 	<ul style="list-style-type: none"> ・水素発生装置 ・アキュムレーター（蓄圧器）
②必要面積	・約400m ² （20m×20m）	・約70m ² （10m×7m）	・約400m ² （20m×20m）
③法対応	<ul style="list-style-type: none"> ・高圧ガス保安法 ・消防法 ・建築基準法 	<ul style="list-style-type: none"> ・高圧ガス保安法 ・消防法 ・建築基準法 	<ul style="list-style-type: none"> ・消防法 ・建築基準法 ※1.0Mpa未満の低圧の場合、高圧ガス保安法非該当

出所) 参加企業ご提供資料

4. オプション別の水素所要量および必要な措置

- 技術オプション別に、水素の所要量および必要な措置について整理した。
- 2トンボイラーを1基導入するだけでも、県内既存製造拠点からの供給能力を超過するおそれ（例：県内拠点の製造余力を全負荷相当で1/6とすると400万Nm³/年）。また、県内拠点は、化学工場に併設しており、その操業状況に影響を受けるため、水素供給をバックアップする体制が必要。
- 本格導入するためには、大規模供給源および大規模供給インフラ（パイプライン等）、ならびに災害時の対応も考慮した安定供給体制（例：広域サプライチェーン）の構築が必要。

オプション別の水素所要量および必要な輸送供給体制

技術オプション	水素導入可能量	輸送供給体制
水素専焼ボイラー新設（全負荷相当2000時間）	2トンボイラー1基導入につき100万Nm ³	圧縮水素トレーラー500台相当（毎日1～2回配送） 液体水素トレーラー50台相当（週に1回配送）
ベース負荷に適用した場合（8000時間全負稼働）	2トンボイラー1基導入につき400万Nm ³	圧縮水素トレーラー2000台相当（毎日5～6回配送） 液体水素トレーラー200台相当（2日に1回配送）
自家発用ガスタービンベース運転	1MWクラス1基導入につき1,000万Nm ³	—

(*1) 水素：12.8MJ/Nm³HHV、10.7MJ/Nm³LHV アンモニア：22.5MJ/kgHHV、18.7MJ/kgLHV、0.7713kg/Nm³

(*2) 発電1100kW、熱2800kW（神戸実証）、発電効率27%LHV（評価WGより）稼働時間8000時間と想定。

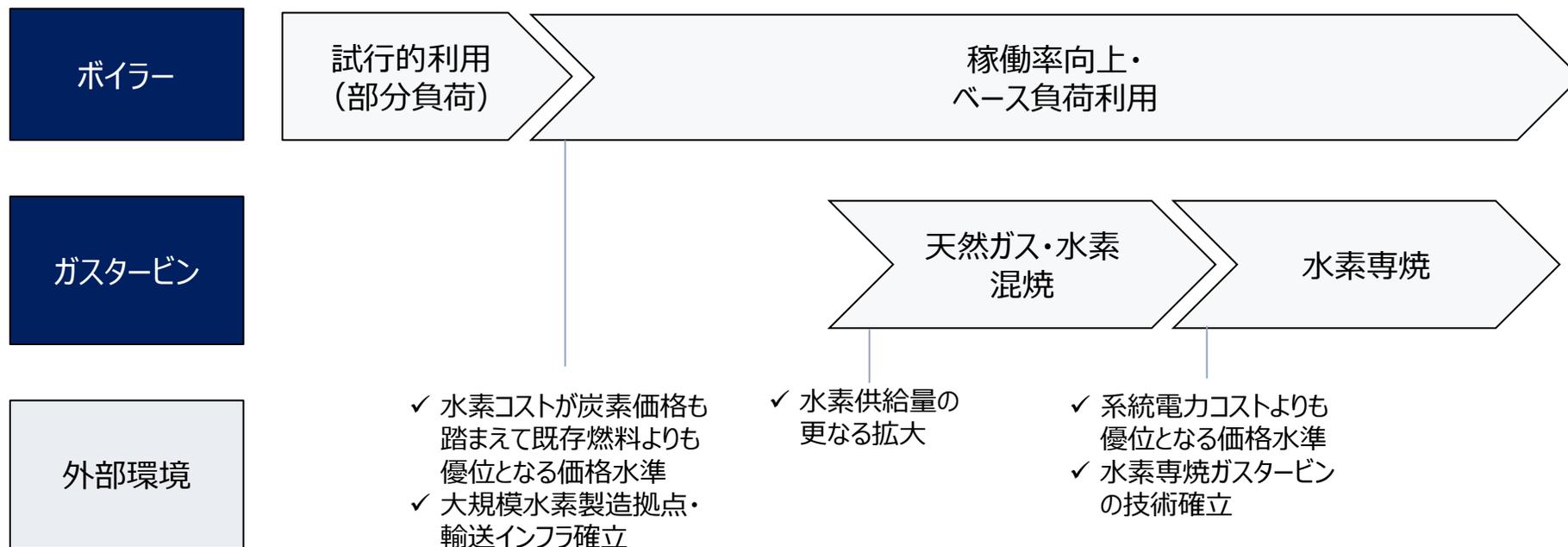
4. 勉強会の中で浮上した論点

論点	対応
蒸気利用の実態に合わせた運転 (ピーク対応等)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 水素ボイラで一定範囲の蒸気需要を独立で賄う想定での試験導入を検討する際、負荷追従速度と負荷率の制約を考えると、実際にはピーク需要だけではなく、多少ベース需要に食い込む部分もある。 ✓ 現在は集中熱源で蒸気配管で供給しており、負荷変動は多数の熱源設備でカバー可能だが、将来的に省エネを目的とした個別熱源化を進めると、ボイラー一台あたりで対応すべき負荷変動が大きくなる。 ✓ 生産工程上、高圧蒸気が必要。ヒートポンプや電気ボイラー、バイオマスボイラーでも困難であった。 ✓ 労働安全衛生上の観点から、着火は頻繁に行うことは避けたい。したがって、起動停止は頻繁には行わず、連続運転することを想定。 ✓ 水素ボイラーで賄うべき負荷変動の範囲の設定が難しい。最低負荷率が大きく、設備を大きくすると必要以上の蒸気を製造してしまう。そのため、水素の消費量が過剰となり、コストにも影響。 ✓ 実証目的次第で水素ボイラーに求める負荷追従性や最低負荷率は変わり得る。水素ボイラーのみで負荷追従しなくても、システム全体で吸収するという考え方もあり得る。
水素供給体制について	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 500Nm³/hの水素は、カードルトレーラーの場合4時間で空になる流量、オンサイトの水電解装置でやるとしたら2.5MWの電力負荷に相当する。液体水素トレーラーでも高頻度。ベース負荷で運転する場合はパイプラインが必要な規模。 ✓ オンサイト水電解の場合、稼働率を上げると電力の基本料金や設備の初期費用は下がるが従量料金が上がる。バランスが難しい。 ✓ 水素の供給・利用の変動をどこで調整するか。水素を作るところか、水素貯蔵か、蒸気のアキュムレーターか、どこで変動要因をカバーするのが今後の検討課題と認識。 ✓ 化学工場と連携して生産している現状では、化学工場側の定期修繕による供給停止をバックアップする必要。 ✓ 地産地消だけではなく、災害時を考えると広域的なサプライチェーン・バックアップ体制の構築も重要。安定供給に向けては量的観点だけではなくリスク管理の点も踏まえた体制構築が重要。
アンモニアと水素の燃焼特性、ボイラへの適用可能性	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 基本的には両者ともそれほど変わらない。水素だと燃焼温度を高くできるが、小形ボイラであれば蒸気温度も高くないので伝熱効率の点では差異はない。 ✓ むしろ毒劇物の扱いとNO_x発生が問題。水素も温度が上がればNO_x出るが、アンモニアは燃料由来で出てしまう。 ✓ アンモニアクラッキングでの水素利用も、ボイラ用途では問題無いだろう。

4. 水素等カーボンフリー燃料導入拡大イメージ

- まずは試行的に水素を自社事業所まで輸送し、ボイラー1基での試験的利用を行い、設備の信頼性や負荷追従性を見極め、実用性等を検証することが考えられる。技術信頼性と同時に、燃料費としての優位性が出てくるタイミングにおいて、徐々に稼働率向上や、より大規模な熱源設備への転換も考えられる。
- 事業所1か所だけに供給する場合であっても、既存の県内の水素製造能力だけではベースの熱負荷を賄うことは困難。複数の事業所で利用拡大が進むことを考えると、大規模水素生産拠点や大量輸送インフラが求められる。

水素等カーボンフリー燃料導入拡大イメージ



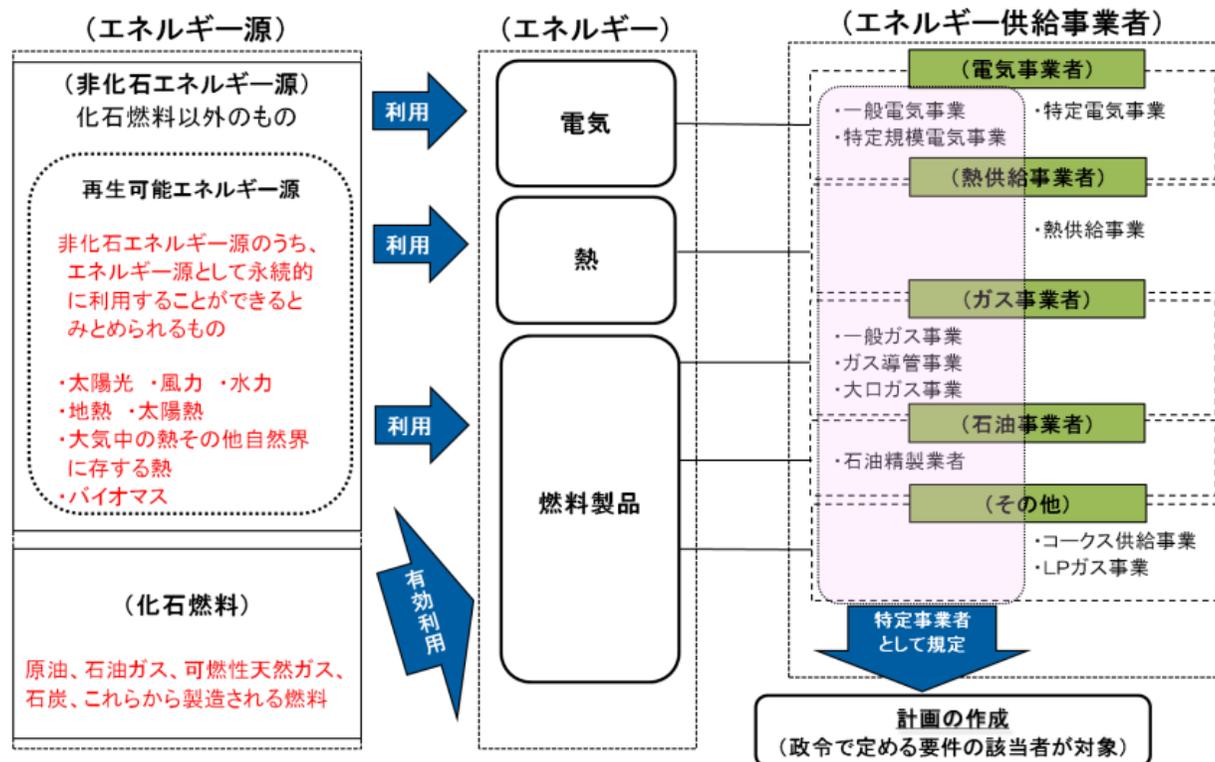
③ 国内外の関連法制・環境価値に関する整理

- 国内エネルギー法制に係る水素の扱い
- 需要家に求められる環境対応について
- 海外制度に係る動向

国内エネルギー法制に係る水素の扱い

高度化法の概要・水素の定義に関する課題

- エネルギー供給事業者（小売電気事業者および燃料製品供給事業者（石油精製事業者、ガス事業者））に対し、非化石エネルギー源の利用及び化石エネルギー原料有効利用の促進に努める義務を定める。
- 化石燃料由来の水素は化石燃料として定義される。そのため、副生水素やブルー水素（化石燃料由来＋CCUS）については、非化石エネルギー源と化石燃料のどちらに属するのかが定義づけられない。



【図6：エネルギー供給構造高度化法の対象範囲】

出典) 資源エネルギー庁「エネルギー供給事業者による非化石エネルギー源の利用及び化石エネルギー原料の有効な利用の促進に関する法律の制定の背景及び概要」(2010年)
https://www.enecho.meti.go.jp/notice/topics/017/pdf/topics_017_001.pdf

(参考) 高度化法におけるエネルギー源の定義

- 化石燃料由来の水素については「化石燃料」と定義されている。非化石エネルギー源は「化石燃料」以外のものであり、化石燃料由来以外の水素は非化石エネルギー源と定義づけられると考えられる。
- 再生可能エネルギー源を用いた二次エネルギーは、再生可能エネルギー源として定義づけられていない。

高度化法の記載

(定義)

第二条

2 この法律において「非化石エネルギー源」とは、電気、熱又は燃料製品のエネルギー源として利用することができるもののうち、化石燃料（原油、石油ガス、可燃性天然ガス及び石炭並びにこれらから製造される燃料（その製造に伴い副次的に得られるものであって燃焼の用に供されるものを含む。）であつて政令で定めるものをいう。第五項において同じ。）以外のものをいう。

3 この法律において「再生可能エネルギー源」とは、太陽光、風力その他非化石エネルギー源のうち、エネルギー源として永続的に利用できると認められるものとして政令で定めるものをいう。

高度化法施行令の記載

(原油等から製造される燃料)

第三条 [法第二条第二項](#)の政令で定めるものは、揮発油、灯油、軽油、重油、石油アスファルト、石油コークス、可燃性天然ガス製品、コークス、コールタール、コークス炉ガス及び水素（原油、石油ガス、可燃性天然ガス又は石炭に由来するものに限る。）とする。

(再生可能エネルギー源)

第四条 [法第二条第三項](#)の政令で定めるものは、次のとおりとする。

- 一 太陽光
- 二 風力
- 三 水力
- 四 地熱
- 五 太陽熱
- 六 大気中の熱その他の自然界に存する熱（前二号に掲げるものを除く。）
- 七 バイオマス（動植物に由来する有機物であつてエネルギー源として利用することができるもの（[法第二条第二項](#)に規定する化石燃料を除く。）をいう。）

(参考) 改正EU再生可能エネルギー指令における水素の扱い

- 2030年までの再生可能エネルギー導入目標を定めている改正EU再生可能エネルギー指令 (EU RED II) では、再生可能エネルギー由来の水素や合成燃料についても、再エネ導入目標に計上することを認めている。
 - 各国における再生可能エネルギー導入量の算定方法を定める“SHARES Tool Manual”の最新版 (Version 2019.02102020) では、再生可能エネルギー由来の水素、合成燃料について、以下のように規定している。
 - 運輸部門における水素・合成燃料利用
 - 水素や合成燃料が再エネ電力を用いて製造されている場合 (再エネ電力の直接利用、または系統電力の再エネ比率分)、当該再エネ電力が電力部門における再エネ発電量から引かれていない限り、運輸部門における再エネ利用としては計上不能。(二重計上の防止)
- *If hydrogen is produced from electricity from renewable sources (via a direct physical connection or via the grid and using the RES-E share), then this hydrogen should be considered renewable only when corresponding electricity production is deducted from total electricity production — otherwise the renewable energies are counted twice.*
 - *If synthetic fuels of renewable origin are produced from electricity from renewable sources (via a direct physical connection or via the grid and using the RES-E share), then this synthetic fuels of renewable origin should be considered renewable only when corresponding electricity production is deducted from total electricity production — otherwise the renewable energies are counted twice.*
- つまり、再エネ由来水素 = 再エネ電力を用いた (水電解) 水素であり、100%再エネ電力でない場合でも、再エネ電力比率を用いて生産された水素の一部を再エネ由来水素と見なすことを認めていると考えられる。

(参考) 高度化法にて対象となる事業者の範囲

- 非化石エネルギー源利用：電事法上の事業者（小売、一般・特定送配電）、ガス事業法上の事業者（ガス小売、一般ガス導管）および揮発油の製造・供給事業者が対象範囲。
- 原料有効利用：ガス事業法に定める事業の実施者および揮発油の製造・供給事業者が対象範囲。

高度化法の記載

(定義)

第二条

7 この法律において「特定エネルギー供給事業者」とは、エネルギー供給事業者のうち、**非化石エネルギー源の利用が技術的及び経済的に可能であり、かつ、その促進が特に必要であるものとして政令で定める事業を行うもの**をいう。

8 この法律において「特定燃料製品供給事業者」とは、燃料製品供給事業者のうち、**化石エネルギー原料の有効な利用が技術的及び経済的に可能であり、かつ、その促進が特に必要であるものとして政令で定める事業を行うもの**をいう。

(特定燃料製品供給事業者が行う事業)

第六条 法第二条第八項の政令で定める事業は、次のとおりとする。

- 一 ガス事業法第二条第十一項に規定する**ガス事業**であって、可燃性天然ガス（液化したものに限る。第九条第一号及び第十条第一号において同じ。）を原料として可燃性天然ガス製品の製造をして供給するもの
- 二 揮発油、灯油、軽油又は重油（第九条第二号及び第十条第二号において「**揮発油等**」という。）の製造をして供給する事業

高度化法施行令の記載

(特定エネルギー供給事業者が行う事業)

第五条 法第二条第七項の政令で定める事業は、次のとおりとする。

- 一 電気事業法（昭和三十九年法律第七十号）第二条第一項第二号に規定する**小売電気事業**、同項第八号に規定する**一般送配電事業**又は同項第十二号に規定する**特定送配電事業**
- 二 ガス事業法（昭和二十九年法律第五十一号）第二条第二項に規定する**ガス小売事業**又は同条第五項に規定する**一般ガス導管事業**であって、可燃性天然ガス製品の製造（法第二条第一項第三号に規定する製造（可燃性天然ガス製品に係るものに限る。）をいい、第三者から受託して製造することを除く。第七条第二号及び第八条第二号において同じ。）をして供給するもの
- 三 **揮発油の製造**（法第二条第一項第三号に規定する製造（揮発油に係るものに限る。）をいい、第三者から受託して製造すること及び第三者から受託して輸入することを除く。第七条第三号及び第八条第三号において同じ。）**をして供給する事業**

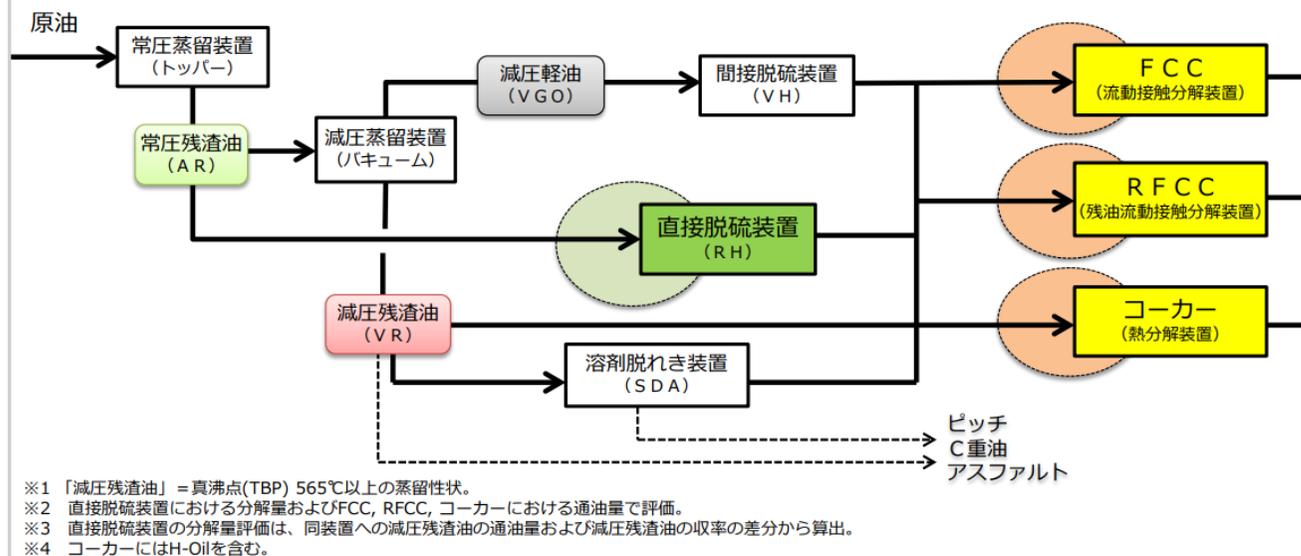
石油精製事業者における原料有効利用の判断基準

- 過去の告示によって、トッパーの廃棄・事業再編は一定程度進捗。
- 累次の変遷を経て、現在は分解装置の稼働向上が目標となっている（3次告示）。

3次告示の評価指標について

- ▶ 重質油分解装置等（FCC, RFCC, コーカー、直接脱硫装置）の有効活用・重質油分解能力の向上を促すため、同装置への減圧残渣油（※）の通油量を増加させることを目標とする。
（※）減圧蒸留装置処理後の残渣油等を指す。原油に含まれる物質の中で、特に重質であり、分解・白油化が困難な成分。
- ▶ 各社毎に、現状に応じた今後5年間の改善目標を設定。国内全体で輸入品に負けない生産性（インポートパリティ）の実現を目指すとともに、一部製油所における輸出可能な生産性（エクスポートパリティ）の獲得を促す。

<評価指標の考え方>



4

出所) 経済産業省 第21回資源・燃料分科会 資料「エネルギー供給構造高度化法 3次告示について」(2017年5月)
https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shigen_nenryo/pdf/021_06_00.pdf

(参考) 石油精製事業者における原料有効利用判断基準への対応

- 1次告示、2次告示の概要は以下のとおり。元売各社は、事業再編や設備統廃合により対応

<1次告示の概要>

$$\frac{\text{重質油分解装置の装備率}}{\text{重質油分解装置の能力}} = \frac{\text{重質油分解装置の能力}}{\text{常圧蒸留装置の能力}}$$

- ✓ 重質油分解装置：
 - ・残油流動接触分解装置 (RFCC)
 - ・残油熱分解装置 (コーカー等)
 - ・残油水素化分解装置 (H-OIL)
- ✓ 常圧蒸留装置能力の削減は廃棄による対応のみ。

<装備率に対する改善率目標>

計画提出時装備率	目標改善率
10%未満	45%以上
10%以上13%未満	30%以上
13%以上	15%以上

<1次告示への各社の対応結果>

企業名	当初装備率	装備率改善目標	具体的措置		実績
			常圧蒸留装置の削減 (「分母」減少)	重質油分解装置 新設・増強 (「分子」増加)	
JX	10%	30%以上	・水島A工場 第2 ・根岸 第2 ・大分 第1 ・富山 ・室蘭 (石化工場へ)		31%
出光	13%	15%以上	・徳山 (石化工場へ)		15%
コスモ	4%	45%以上	・坂出 (閉鎖) ・公称能力削減(※1) (暫定措置)		45%
東燃ゼネラル	4%	45%以上	・川崎 第1 ・和歌山 第2	川崎 H-OIL増強 (モニタリング中)	46%
富士	16%	15%以上	・袖ヶ浦 第1		34%
昭和シェル	17%	15%以上	・川崎 扇町地区		16%
極東	19%	15%以上	・公称能力削減(※1) (暫定措置)		15%
太陽	21%	15%以上	・公称能力削減(※2)	RFCC増強(※2)	18%

※1京葉地区におけるコスモ石油と東燃ゼネラル石油の共同事業での対応を踏まえ、最終的に判断
※2一社一製油所特例に基づく措置

1次告示の遵守にあたり、元売各社はトッパーの廃棄により対応

<50条調査 (2014.6) の結果概要>

- ✓ 石油精製業界は「概ね過剰供給構造」。急速な内需減少が見込まれる中、現在の収益状況や供給能力が継続すれば、本格的な過剰供給構造になるおそれ。
- ✓ 製油所の過剰精製能力の解消、統合運営による設備最適化等が急務。
- ✓ 石油産業は「事業再編」に積極的に取り組むことが期待され、政府はその環境整備を行うことが必要。

<2次告示の概要>

$$\frac{\text{残油処理装置の装備率}}{\text{残油処理装置の能力}} = \frac{\text{残油処理装置の能力}}{\text{常圧蒸留装置の能力}}$$

- ✓ 残油処理装置：
 - ・残油流動接触分解装置 (RFCC)
 - ・残油熱分解装置 (コーカー等)
 - ・残油水素化分解装置 (H-OIL)
 - ・流動接触分解装置 (FCC)
 - ・重油直接脱硫装置 (直脱)
 - ・溶剤脱れき装置 (SDA)
- ✓ 常圧蒸留装置の能力削減は廃棄及び公称能力削減により対応。
- ✓ 連携等による能力融通も可能。

<装備率に対する改善率目標>

計画提出時装備率	目標改善率
45%未満	13%以上
45%以上55%未満	11%以上
55%以上	9%以上

<各社の対応結果>

会社名	分母対応削減量 (万BD)	取組内容
JX	14.3	水島6万BD、麻里布0.7万BD、鹿島7.6万BDの公称能力を削減。
出光	5.5	千葉3万BD、北海道1万BD、愛知1.5万BDの公称能力を削減。
コスモ	5.2	昭和シェルとの事業連携に伴い、四日市の常圧蒸留装置1基を停止(9万BD)。(削減分のうち3.7万BDを昭和シェルに計上。)
昭和シェル	3.7	コスモとの四日市地区での連携により目標達成。
東燃ゼネラル	8.2	川崎3.3万BD、千葉2.3万BD、堺2.1万BD、和歌山0.45万BDの公称能力を削減。
太陽	-	常圧蒸留装置2万BD、RFCC 0.3万BDをそれぞれ能力増強。※
富士	-	コリカ 0.3万BD、FCC 0.3万BDをそれぞれ能力増強。※

※一社一製油所特例に基づく措置。

2次告示の遵守にあたり、元売各社はトッパーの公称能力削減により対応、一部連携強化や能力増強により対応。事業再編も進展。

出所) 経済産業省 第21回資源・燃料分科会 資料「エネルギー供給構造高度化法 3次告示について」(2017年5月)
https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shigen_neryo/pdf/021_06_00.pdf

石油精製事業者における非化石エネルギー源の利用の判断基準

バイオエタノールの導入目標

- 現行告示では、2018～2022年度の5年間について、石油精製業者によるバイオエタノールの導入目標量を原油換算50万klと規定。

(原油換算万kl)	2011FY	2012FY	2013FY	2014FY	2015FY	2016FY	2017FY	2018FY	2019～2022FY
導入目標	21	21	26	32	38	44	50	50	50
導入実績	21.4	21.5	25.5	30.9	40.8	44.1	50.4	44.9	

- 各石油精製業者は、毎年度、以下の計算に基づく導入目標量のバイオ燃料を導入することが求められる。

$$\text{事業者の導入目標量} = \frac{\text{前々年度における当該事業者のガソリンの国内供給量}}{\text{前々年度における計画提出事業者全体のガソリンの国内供給量}} \times \text{上記のバイオエタノールの導入目標量}$$

注：事業者の導入目標量達成のため、柔軟な措置を実施（バンキング、ボローイング等）。

- 導入量にカウントするバイオエタノールは、持続可能性基準を満たすものであることが必要（詳細後述）。
- 2023～2027年度までの5年間の石油精製業者による次世代バイオエタノールの利用の目標量の総計は、各年度ごとにエタノールに換算した量で原則1万klとする。なお、次世代バイオエタノールの利用の目標量の総計はバイオエタノールの利用の目標量の総計の内数として計上。
- 2023年4月1日以降にバイオジェット燃料を利用した場合には、当該バイオジェット燃料を発熱量でエタノールに換算した量をバイオエタノールの利用の目標量の達成のために算定することが認められている。

石油精製事業者における非化石エネルギー源の利用の判断基準

- 目標に計上可能な次世代バイオ燃料、バイオジェット燃料については以下のとおり規定されている。
- 特定石油精製業者は、以下に掲げる原料や技術を用いて製造されたバイオエタノールであって、2. (2) に基づき算出される GHG 排出量が、揮発油に比較して GHG 排出量の 10%未満であるもの（②③については GHG排出量の要件は当面は適用しないが、GHG 排出量削減には努めることとする。以下「次世代バイオエタノール」という。）については、バイオエタノールの利用の目標量の達成のための算定において、その利用量を 2 倍にして計上することができる。
 - ① 草本や木本等のセルロース系原料（非製造物）
 - ② 回収された使用済み製造物中のセルロース系原料（古紙等）
 - ③ カーボンリサイクル技術（炭素酸化物を吸収して生物・化学プロセス等によりバイオ燃料等を製造する技術）
- 特定石油精製業者は、以下に掲げる原料から製造されたバイオジェット燃料については、バイオエタノールの利用の目標量の達成のための算定において、その利用量を 2 倍にして計上することができる。
 - ① 草本や木本等のセルロース系原料（非製造物）
 - ② 回収された使用済み製造物中のセルロース系原料（古紙等）
 - ③ カーボンリサイクル技術（炭素酸化物を吸収して生物・化学プロセス等によりバイオ燃料等を製造する技術）
 - ④ 微細藻類
 - ⑤ 廃食用油
 - ⑥ 動物性油脂
 - ⑦ その他非可食用油（間接的土地利用変化や土壌炭素ストック流出の懸念が低いものに限る。）

(参考) 高度化法におけるバイオ燃料の持続可能性基準

- 高度化法では、非化石エネルギー源の利用に関する石油精製業者の判断の基準（平成22年経済産業省告示第242号）において、**バイオ燃料の持続可能性基準を制定**。
- その後二度に亘り告示を改正、そのうちの1回において持続可能性基準（GHG削減率）を強化。最新の告示は平成三十年度以降の五年間についての非化石エネルギー源の利用に関する石油精製業者の判断の基準の一部を改正する告示（令和2年経済産業省告示第76号）。

- 具体的な持続可能性基準は以下の通り。
- バイオエタノールの利用に当たっては、**LCAでのGHG排出量が揮発油の排出量（88.74gCO₂eq/MJ）に比較して45%未満**であるものとする（加重平均での達成可）。
- 石油精製業者は、バイオエタノールの調達を行う際には、次に掲げる事項について十分に配慮すること。
 - ① 調達するバイオエタノール又はバイオエタノールの原料が、原料生産国の法令を遵守して生産されていること。
 - ② 調達するバイオエタノールの原料の需給が食料価格に与える影響を回避すること。
 - ③ 調達するバイオエタノールの生産による原料生産国の生態系や環境への影響を回避すること。

- また、同告示において**エタノールのLCAでのGHG排出量の算出方法**及び我が国において利用されるバイオエタノールのLCAでのGHG排出量の既定値（ブラジル産サトウキビ由来エタノール、米国産トウモロコシ由来エタノール）を設定。

- 持続可能性の遵守の確認に際して、**石油精製事業者が提出すべき書類が例示されている**。

(参考) 高度化法におけるバイオ燃料の持続可能性基準

算定対象ガス	<ul style="list-style-type: none"> ■ 算定すべき温室効果ガスの種類はCO₂、CH₄、N₂Oとする。CH₄、N₂Oの温暖化係数はそれぞれ25、298とする。 ■ CH₄、N₂Oの算定範囲は、原料栽培から燃料輸送までの各工程における排出量とする。
バウンダリ	<ul style="list-style-type: none"> ■ 直接的土地利用変化、原料栽培、原料収集、燃料製造、燃料輸送（製油所まで）の各工程を算定対象とする。 ■ 副産物が発生する場合、GHG排出量の一部を控除できる。 ■ 廃棄物・残渣を利用することで、有機物の嫌気性発酵によるCH₄排出、有機物焼却処理によるCH₄、N₂O排出を回避できる場合や、農業管理手法の改善又は炭素回収・隔離及び炭素回収・置換によるGHG排出が回避できる場合、排出削減として考慮することができる。
土地利用変化に関する算定方法	<ul style="list-style-type: none"> ■ 直接的土地利用変化（同一場所の土地の利用形態が変化すること）が生じた場合、それに伴う地上・地中の炭素ストック変化を20年に均等配分して計上。 ■ 算出においてはIPCCの公表資料又は国際的に公平・中立なデータを用いて算出をしなければならない。 ■ 土地利用変化が生じたとは2012年4月1日前の状態から変更があった場合と定義。
原料栽培に関する算定方法	<ul style="list-style-type: none"> ■ 原料の栽培や収穫に要した化石燃料や電力・熱の消費、投入する肥料及び化学物質の製造・調達、有機物の発酵及び施肥に伴うGHGの排出を計上。 ■ 農業管理手法の改善により、土壌中の炭素ストック量が増加し、当該量を定量化できる場合はバイオエタノールのLCAでのGHG排出量から控除可能。また、発生したCO₂を回収・隔離又は置換している場合、排出量から控除可能。 ■ 廃棄物・残渣系原料を原料とする場合、原料の収集に要したエネルギー起源のGHGのみを考慮。また、廃棄物・残渣を利用することで、従来のGHG排出を回避できる場合、当該量を定量化できる場合はバイオエタノールのLCAでのGHG排出量から控除可能。 ■ 化石燃料、電力の排出係数は、LCA及び非化石価値取引市場で取引される非化石価値を踏まえて算出した排出係数を使用（以下同様）。
燃料製造に関する算定方法	<ul style="list-style-type: none"> ■ 使用したエネルギー起源のCO₂、バイオマスの燃焼に伴うCH₄・N₂O、廃棄物等の処理に伴うCO₂、CH₄及び触媒等の化学物質の製造・調達に伴うCO₂の排出を計上。 ■ 発生したCO₂を回収・隔離している場合、排出量から控除可能。
原料輸送、燃料輸送に関する算定方法	<ul style="list-style-type: none"> ■ 原料、燃料の輸送や貯蔵、中間処理に要した化石燃料や電力・熱等のエネルギー起源のCO₂を計上。 ■ 他貨物と共同で輸送されている場合、当該輸送機関が消費したエネルギーを重量で按分し、自らの排出とする。 ■ 復路便のエネルギー消費についても考慮。
アロケーション方法	<ul style="list-style-type: none"> ■ 副産物が発生した場合、プロセスを細分化して副産物の環境負荷を個別に評価する。機械的な配分が不可避な場合、出来る限り合理的に説明できる方法を採用し、その方法と理由を明記。 ■ 副産物とは、自らエネルギー又はマテリアル利用するもの、及び他者に有償で販売したものと定義。

(参考) 高度化法におけるバイオ燃料の持続可能性基準

- 高度化法に基づき石油精製事業者が提出する「バイオエタノールの利用目標達成計画」に関し、下表の左欄に掲げる事項について、中欄の内容を確認するため、右欄の根拠資料を添付することをもって足りるものとしている。
- 告示等で定めたものではなく、資源・燃料部政策課発信資料として資源エネルギー庁ホームページに掲載。

根拠書類を必要とする事項	確認する内容	根拠資料
土地利用変化の有無	土地利用変化の状況	以下のいずれかの資料 <ul style="list-style-type: none"> ・ 認証書（注1） ・ 土地開発許可証その他公的書類 ・ 衛星写真 ・ 契約書（注2） ・ 宣誓書 ・ 第三者による当該根拠資料に関する監査報告書
食料競合、生態系及び環境への影響の有無	食料競合、生態系及び環境への配慮等の状況	以下のいずれかの資料 <ul style="list-style-type: none"> ・ 認証書（注1） ・ 契約書（注2） ・ 宣誓書 ・ 第三者による当該根拠資料に関する監査報告書
GHG排出削減効果	GHG排出削減効果の算定根拠	<ul style="list-style-type: none"> ・ 温室効果ガス評価算定ツールによる算定結果及び算定に用いた数値の根拠資料（注3） ・ 温室効果ガス評価算定ツールによる算定を行わなかった場合においては、「平成30年度以降の5年間についての非化石エネルギー源の利用に関する石油精製業者の判断の基準（平成30年経済産業省告示第85号。以下「判断基準」という。）別表1に基づき独自に算定した際の算定結果及び算定に用いた数値の根拠資料（注3）
前年度の利用の実績量	取引数量 成分	出荷伝票 成分分析表
上記の各事項に横断的にかかる事項	マスバランスの適合状況	以下のいずれかの資料 <ul style="list-style-type: none"> ・ 認証書（注1） ・ 契約書（注2） ・ 宣誓書 ・ 第三者による当該根拠資料に関する監査報告書

（注1）内容を適切に確認することができる第三者認証制度（ISCC等）が想定される。
（注2）エタノール生産事業者又はETBE生産事業者と交わす契約書が想定される。
（注3）判断基準別表2においてLCAでのGHG排出量の既定値が定められているバイオエタノールを除く。

(参考) 燃料アンモニア導入官民協議会 事業環境整備の方向性

- 事業環境整備に向けた短期的な取組として、省エネ法、高度化法、温対法における制度見直しの方向性について言及されている。

	現状	方向性
エネルギーの使用の合理化等に関する法律 (省エネ法)	現在、省エネ法における「燃料」の定義に水素やアンモニアは含まれていないが、ベンチマーク制度等における評価については明確に整理されていない。	総合資源エネルギー調査会 電力・ガス小委員会 省エネルギー・新エネルギー分科会 省エネルギー小委員会 合同 石炭火力検討 WGにおいて、省エネ法の電力供給業のベンチマーク指標（発電効率）の算定時に、バイオマス混焼と同様、水素やアンモニアについてもエネルギー投入量（分母）から控除する方向。
エネルギー供給構造高度化法 (高度化法)	現在はエネルギー供給構造高度化法等において、非化石エネルギー源として定義されていない。	非化石エネルギー源として定めることで、非化石価値を顕在化させ、既存燃料との価格差を埋める等により事業者の投資予見性を高めるべき。
地球温暖化対策の推進に関する法律 (温対法)	現在、温室効果ガスの排出量の算定に当たって、水素やアンモニアについては算定時に用いる排出係数が規定されておらず、燃料として活用した場合の扱いは算定対象外である。	今後、燃焼時の温室効果ガスの排出がないと整理すべきではないか。

出所) 燃料アンモニア導入官民協議会 中間とりまとめ (2021年2月8日)

https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/nenryo_anmonia/pdf/20200208_1.pdf

(参考) 省エネ法規制枠組みにおける水素・アンモニア混焼の扱いの方向性

- 省エネ法の火力ベンチマーク目標において、**水素やアンモニアは、当面は製造源のカーボンフリー性を問わず、バイオマス・副生物同様に分母から控除**する方向。

新技術の扱い（アンモニア混焼・水素混焼）

- これまでの議論を踏まえて、前回WGにおいて、アンモニア混焼や水素混焼といった新技術について、脱炭素化を目指す観点からも、中長期的な目線で将来の技術普及を見据えた措置として、算定方法の新設を検討することとした。
- **アンモニア混焼**については、現時点では実証段階の技術であるが、**2020年代中盤頃の商用化を目指して技術開発が進められており**、専焼・混焼による化石燃料の使用合理化のポテンシャルを持った技術となり得るところ。こうした技術については、コスト低下に向けて需要を増やしていくことが重要であり、**今後の技術導入のインセンティブを付与する観点から**、あらかじめ省エネ法上で位置づけ、事業者が取り得る選択肢とすることも考えられる。
- また、**水素混焼**についても、**2030年までの商用化を目指しており**、中長期に見たときにも専焼・混焼による化石燃料の使用合理化のポテンシャルを持った技術となり得るところ。また、火力発電に係る判断基準WG取りまとめ（平成30年3月）において、水素の位置づけを「今後実態を踏まえながら検討を行う」とした技術でもあり、**将来的に実用段階に入った際に少しでも技術導入を加速化させられるよう**、あらかじめ省エネ法上で位置づけ、事業者が取り得る選択肢とすることも考えられる。
- こうした点を踏まえて、**アンモニア混焼や水素混焼について、バイオマス・副生物混焼と同様の算定式で評価することとしてはどうか**。なお、**当面は**、技術普及の観点から**アンモニアや水素がカーボンフリー（ブルー又はグリーン）かどうかについては問わないが**、将来的な扱いについては、今後実態を踏まえながら検討することも考えられる。

24

① バイオマス燃料及び副生物混焼の扱い

◆ 混焼を行った場合の発電効率の算出方法

発電効率の算出にあたり、発電専用設備に投入するエネルギー量（分母）からバイオマス燃料・副生物のエネルギー量を除外することが可能。

バイオマス燃料や副生物を混焼する場合の「省エネ法における発電効率」の算出方法

$$\frac{\text{発電専用設備から得られる電力エネルギー量}}{\text{発電専用設備に投入するエネルギー量} - \text{発電専用設備に投入するバイオマス燃料・副生物のエネルギー量}}$$

※設備を新設する際は、バイオマス燃料又は副生物のエネルギー量を控除しない**設計効率に基づいて評価**している。

出所)

経済産業省 電力・ガス基本政策小委員会 第32回資料（2021年3月26日）

https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/denryoku_gas/pdf/032_09_00.pdf

経済産業省 石炭火力検討ワーキンググループ 第4回資料（2020年10月16日）

https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/denryoku_gas/sekitan_karyoku_wg/pdf/004_03_00.pdf

ガス事業者における非化石エネルギー源利用の判断基準

- ガス事業者（現ガス小売事業者および一般ガス導管事業者）は、その供給区域内においてバイオガスの80%以上を利用することが目標とされている。（1次告示（目標年次2015年）、2次告示（同2018年）ともに同じ目標）
- ガス事業WGでは、3次告示の目標年は2024年、目標水準維持という告示改正案が提示されている。

非化石エネルギー源の利用に関するガス事業者の判断の基準の概要

- ガス事業者（注1）は、平成30年（2018年）において、その供給区域内等で、効率的な経営の下においてその合理的な利用を行うために必要な条件を満たすバイオガス（余剰バイオガス注2）の80%以上を利用することが目標とされている。
- 平成31年（2019年）以降の目標が定められていないため、今後の目標をどのように設定するかが論点となる。

判断基準の概要

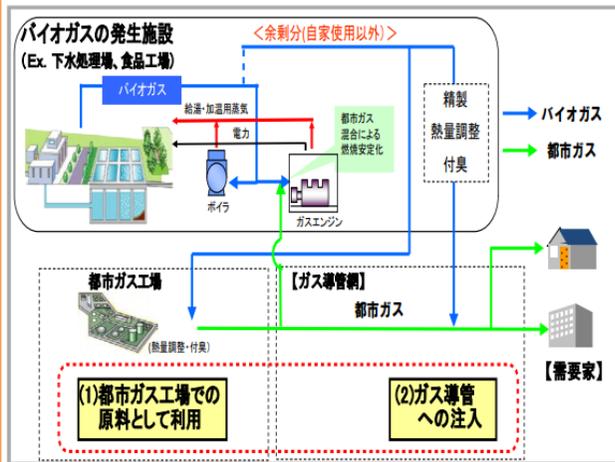
<利用目標>

ガス事業者は、平成30年において、（一般ガス導管事業者等の）供給区域内等で、効率的な経営の下においてその合理的な利用を行うために必要な条件を満たすバイオガスの80%以上を利用することを目標とする。

<実施方法に関する事項>

- ガス事業者は、バイオガスの発生源及び発生量等の調査を定期的に行う。
- ガス事業者は、上記の調査結果を踏まえ技術的評価並びに経済性及び環境性を評価し、その利用可能性を検証する。
- ガス事業者は、バイオガスの調達に当たり、ガスの組成や受入条件等の条件を定め、公表する。
- ガス事業者は、バイオガスを利用した可燃性天然ガス製品を供給するための品質確保のため、計量・性状等に係る分析手法の確立に取り組む。

バイオガスの利用イメージ



（注1）「ガス事業者」とは、ガス事業法第2条第3項に規定するガス小売事業者又は同条第6項に規定する一般ガス導管事業者をいい、小売供給を行う事業を営む者に限る。
 （注2）ガス事業者の受入条件に合致しないバイオガスや、発電事業などの他の用途に利用されるバイオガスについては、余剰バイオガスではないとの整理。

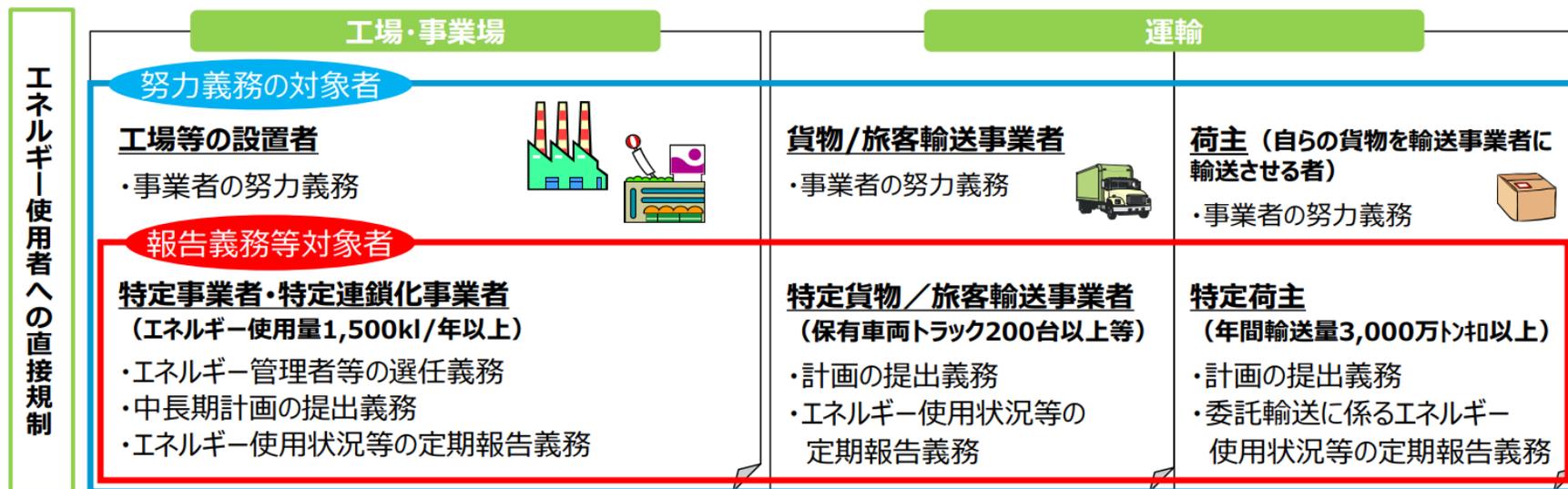
2

出所) 経済産業省 第13回ガス事業WG資料「いわゆるエネルギー供給高度化法に基づくガス事業者の責務について」（2020年7月10日）
https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/denryoku_gas/gas_jigyo_wg/pdf/013_07_00.pdf

省エネ法・温対法の状況

- 基本的にはScope1およびScope2が対象であり、サプライチェーン上のエネルギー消費・CO2排出については一部を除き*報告対象外。（*特定荷主に該当する場合は、輸送に係るエネルギー使用状況の提起報告義務）
- 水素・アンモニアはエネルギーとして定義されておらず、現行法ではエネルギー消費量に含まれない。同様に、温対法上CO2排出係数は定められていない。
- 石炭火力検討WGでの議論によれば、省エネ法に定める火力発電のベンチマーク指標評価にあたっては、水素・アンモニアは燃料使用量から控除される予定（当面はその製造法を問わない方向）。

省エネ法の規制対象範囲



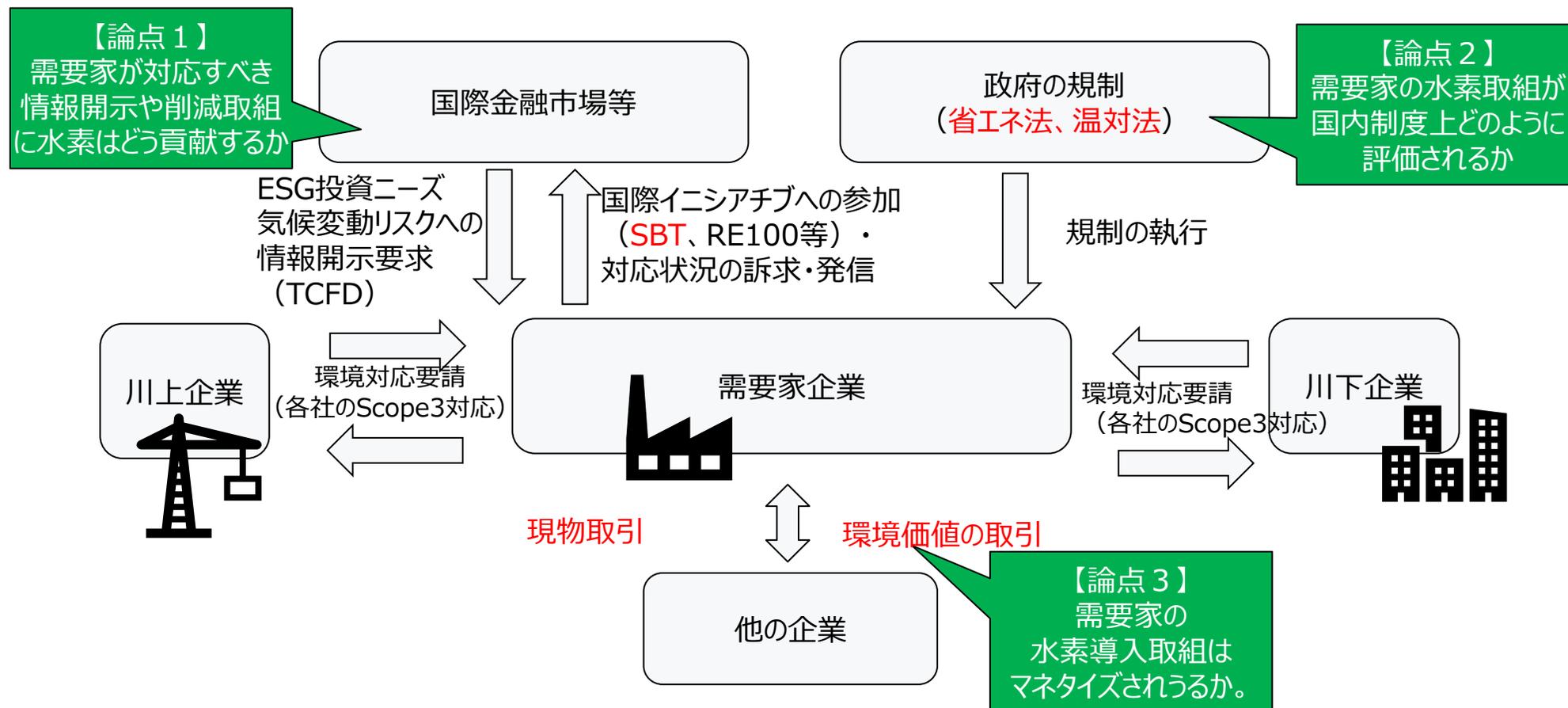
出所）資源エネルギー庁省エネルギー課「省エネルギー法（荷主に係る措置）の概要」（2019年）

https://www.kanto.meti.go.jp/seisaku/sho_energy/data/20190520_29shoenehou_gaiyo.pdf

需要家に求められる環境対応について

需要家を取り巻く状況

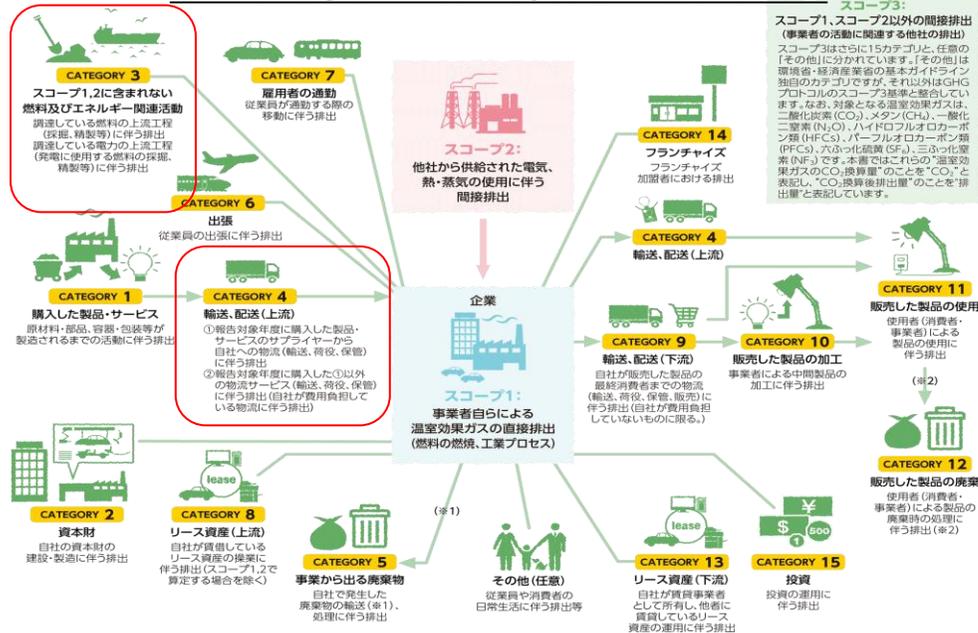
- 需要家企業は、政府の規制のみならず、国際金融市場からのサプライチェーン大での気候変動リスクへの対応取組を求められている。（取引先からそういった要請を受けることもあり得る）



水素に係るGHG排出量の位置づけ

- GHGプロトコル上では、サプライチェーン上の排出量は以下のとおり分類される。
 - Scope1：事業者自らによる温室効果ガスの直接排出(燃料の燃焼、工業プロセス)
 - Scope2：他社から供給された電気、熱・蒸気の使用に伴う間接排出
 - Scope3：Scope1、Scope2以外の間接排出(事業者の活動に関連する他社の排出)
- 原則として、全てのカテゴリ、全ての活動について排出量算定を推奨
 - 但し、一定の基準を満たした場合に、カテゴリそのものの除外やカテゴリ内で算定対象の限定も認めている
- 水素の製造・輸送に係るCO2排出はScope3に分類される。

GHGプロトコルにおける排出カテゴリの概念



Scope3の算定除外・限定の基準例

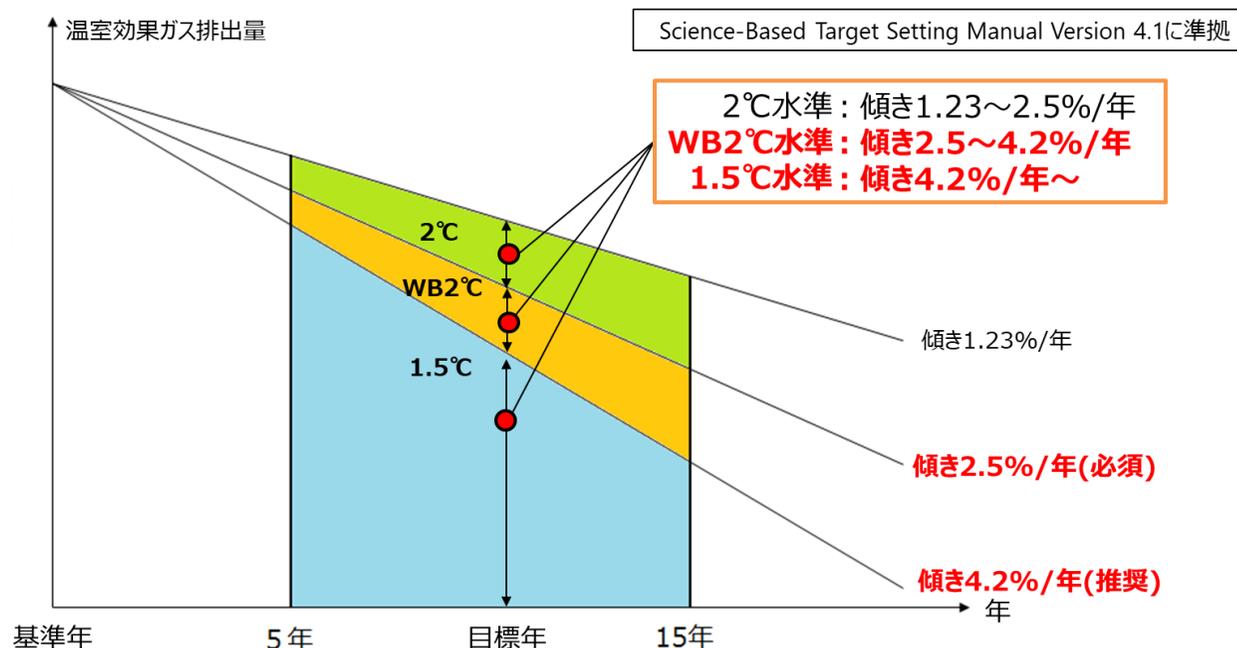
基準例	注意
該当する活動がないもの	—
排出量が小さく、サプライチェーン排出量全体に与える影響が小さいもの	上限量の試算を行った上での判断であることが望ましい
事業者が排出削減に影響力を及ぼすことが難しいもの	ただし、排出規模の把握までは行うことが望ましい
排出量の算定に必要なデータの収集等が困難なもの	算定取組を実施した上で、データ収集が困難と分かった場合
自ら設定した排出量算定の目的から見て不要なもの	サプライチェーン内では、あるカテゴリでの削減取組が他カテゴリに波及する可能性があるため、「不要」判断は慎重に行う

出所) 環境省「サプライチェーン排出量の算定と削減に向けて」(2020年)を基にMRI作成
(閲覧日: 2021年3月29日)

https://www.env.go.jp/earth/ondanka/supply_chain/gvc/files/dms_trends/seminar2017_006.pdf

SBTの概要

- SBT (Science Based Targets) とは「パリ協定 (世界の気温上昇を産業革命前より2℃を十分に下回る水準 (Well Below 2℃ : WB2℃) に抑え、また1.5℃に抑えることを目指すもの) が求める水準と整合した、5年~15年先を目標年として企業が設定する、温室効果ガス排出削減目標」を指す。
- CDP・UNGC・WRI・WWFの4つの機関が共同で運営。
- パリ協定に整合する持続可能な企業であることをステークホルダーに対して分かり易くアピールできる。



出所) 環境省・みずほ情報総研「SBT (Science Based Targets) について」 (閲覧日:2021年3月31日)
https://www.env.go.jp/earth/ondanka/supply_chain/gvc/files/SBT_syousai_all_20210319.pdf

SBTの設定方法・事例

- SBTの削減対象となるのはサプライチェーン排出量（Scope1+Scope2+Scope3）。
- SBTを設定するにはGHGプロトコルの企業バリューチェーン算定報告基準に則り、企業のScope3排出量が**Scope1,2,3を合わせた量の40%以上を占める場合、Scope3の目標の設定が必要**。（ただし、中小企業向けSBTはScope3は削減範囲外）
- 2021年2月9日現在、日本では85社が認定。Scope3に関する目標設定を行う企業も数多く見られる（ただし、Scope1,2とは別の目標を設定する例が多い）。また、サプライチェーン企業への要請を行う企業も存在（目標策定要請等）。

Scope3も含めた目標設定事例

企業名	目標水準 ※Scope1+2 目標（中期）	Scope	基準年	目標年	単位	概要
味の素	1.5℃	1+2	2018年	2030年	総量	排出量を50%削減
		3	2018年	2030年	原単位	生産1トンあたりの排出量を24%削減
アスクル	1.5℃	1+2	-	2030年	総量	排出量をゼロ
		3	2015年	2030年	総量	排出量を12%削減。この目標は購入した製品・サービスと上流輸送をカバー
武田薬品 工業	1.5℃	1+2	2016年	2025年	総量	排出量を40%削減
		1+2	2016年	2040年	総量	排出量を100%削減
		3	-	2024年	-	購入した製品・サービス、資本財、上流輸送の排出量の67%に相当するサプライヤーに科学に基づく削減目標を策定
住友化学	2℃	1+2	2013年	2030年	総量	排出量を30%削減
		1+2	2013年	2050年	総量	排出量を57%削減
		3	-	2024年	-	生産重量の90%に相当するサプライヤーに科学に基づくGHG削減目標を策定

出所) 環境省・みずほ情報総研「SBT (Science Based Targets) について」よりMRI作成 (閲覧日:2021年2月25日)
https://www.env.go.jp/earth/ondanka/supply_chain/gvc/files/SBT_syousai_all_20210319.pdf

水素利用によるSBT達成

- 燃料転換：燃料を水素に転換することでScope1のCO2排出量の削減を目指し、SBT達成を目指す事例も存在。
- 例：日本板硝子では英国の自社工場にて、ガラス溶解窯の主燃料である天然ガスと重油の代替エネルギーとして水素を利用し、CO2排出の削減を実証。（※同社はScope1+2でのSBT認定）
出所）日本板硝子株式会社「水素エネルギーによるガラス製造、世界初の実証実験へ」（発行日：2020年2月27日）
https://www.nsg.co.jp/-/media/nsg-jp/ir/press-releases/2020/27feb2020testhydrogenfuelforglass_j01.pdf
- 燃料電池車の活用：Scope1では自社内の輸送（フォークリフト等）、Scope3には原材料や自社製品の輸送が対策として該当する。（他方、水素の製造に伴うCO2排出はScope3に該当するため要留意）

GHG算定範囲の概念



○の数字はScope 3のカテゴリ

出所）環境省・みずほ情報総研「SBT（Science Based Targets）について」p.23（閲覧日：2021年2月25日）
https://www.env.go.jp/earth/ondanka/supply_chain/gvc/files/SBT_syousai_all_20210319.pdf

水素サプライチェーンにおける温室効果ガス削減効果に関するLCAガイドライン①

- 環境省は「水素サプライチェーンにおける温室効果ガス削減効果に関するLCAガイドライン」を策定。
- サプライチェーンの範囲としては、「原料調達」、「製造」、「貯蔵・輸送」、「供給」、「利用」としており、基本的にはサプライチェーン全体を対象として温室効果ガス排出量を活動量×排出原単位で算出。排出削減効果は既存のガソリン等とのサプライチェーンによる排出量との比較が必要。

温室効果ガスの算定方法



出所) 環境省「水素サプライチェーンにおける温室効果ガス削減効果に関するLCAガイドラインの概要」（閲覧日:2021年3月29日）
https://www.env.go.jp/seisaku/list/ondanka_saisei/lowcarbon-h2-sc/support-tool/PDF_Excel/support-tool_02.pdf

水素サプライチェーンにおける温室効果ガス削減効果に関するLCAガイドライン②

- 再エネ由来の水素の場合は、再エネの調達方法によって、GHG排出量の評価方法が異なる。
 - 他社から系統を介して電気を購入する場合、再エネに特化した料金メニューでない限り、全体平均での排出係数で評価される。
- 副生水素の場合は特に手法は掲載されていないが、各プロセスフロー（右図：副生水素の燃料電池車利用）を作成し、比較対象システムのプロセスフロー（例：従来のガソリン車利用）と、それぞれ温室効果ガス排出量を比較。

再エネ由来の水素の扱い

再エネの調達方法	GHG 排出量の評価方法
再生可能エネルギー等の発電設備がある場所（オンサイト）で製造する場合	電気使用量×再生可能エネルギーの温室効果ガス排出原単位
再生可能エネルギー等電気を自己託送で送電した電気で水素を製造する場合	電気使用量×送電ロスを考慮した再生可能エネルギーの温室効果ガス排出原単位
電力会社から再生可能エネルギー等電気を購入し水素を製造する場合	電気の使用量×電気事業者の排出係数※ ※ライフサイクルを考慮した排出係数が入手できる場合は原則それを使用。事業者の調整後排出係数も許容。

副生水素の扱い

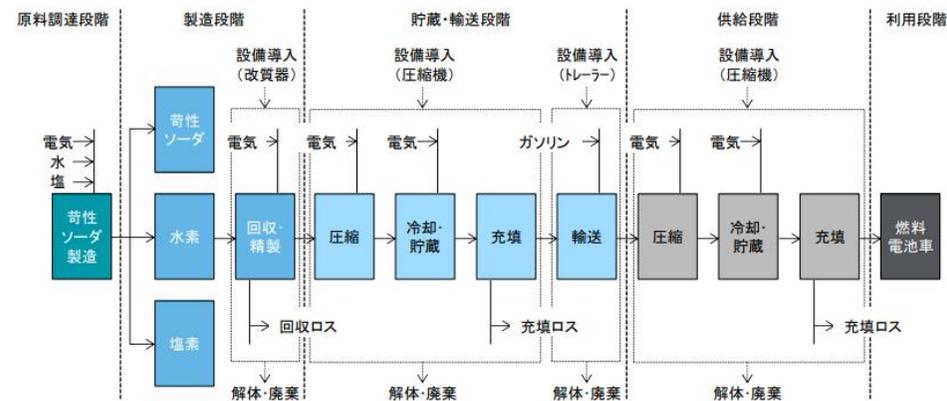


図 4-7 プロセスフローの作成例（副生水素の燃料電池車利用）

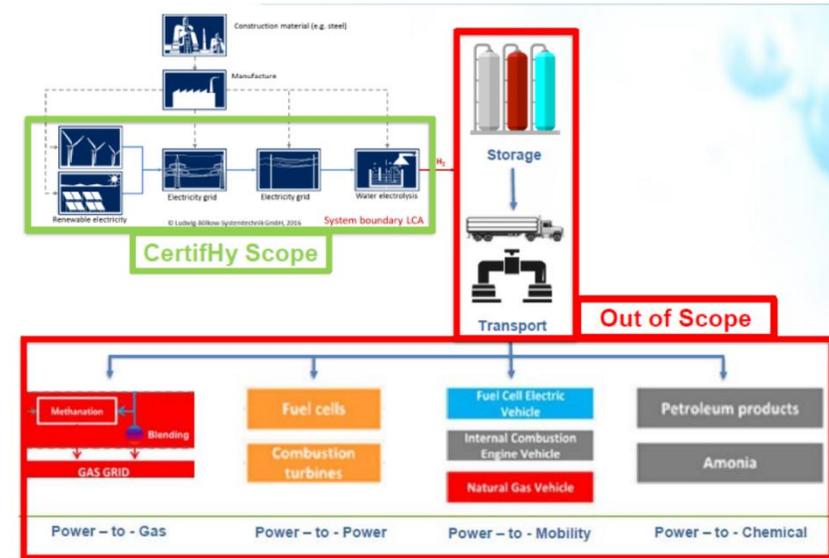
出所) 環境省「水素サプライチェーンにおける温室効果ガス削減効果に関する LCA ガイドライン Ver.2.1」p.32,33,44より作成（閲覧日:2021年3月29日）
https://www.env.go.jp/seisaku/list/ondanka_saisei/lowcarbon-h2-sc/support-tool/PDF_Excel/support-tool_lca-guide_ver2-1.pdf

出所) 環境省「水素サプライチェーンにおける温室効果ガス削減効果に関する LCA ガイドライン Ver.2.1」p.17（閲覧日:2021年3月29日）
https://www.env.go.jp/seisaku/list/ondanka_saisei/lowcarbon-h2-sc/support-tool/PDF_Excel/support-tool_lca-guide_ver2-1.pdf

水素評価スキームに係る国際動向

CertifHy

- 欧州ではグリーン水素および低炭素水素の「定義」を行うとともに、これらの原産地証明（Guarantee of Origin）スキームの構築に向けたプロジェクト「CertifHy」が2015年から実施中。
- グリーン水素等を定義づける際は製造時のCO2排出に着目しており、貯蔵・輸送・供給時のCO2排出はスコープ外。
- 2020年12月よりPhase3が開始、3か年にわたり以下の検討が行われる予定。
 - EU域内の複数国間でのGOスキームやり取り
 - EU-ETS、RED II への活用
 - モロッコ政府と協力したEU域外とのGO取引



出所) CertifHyウェブサイト（閲覧日:2021年3月29日）
https://www.certifyhy.eu/images/media/files/201214_Press_release_CertifHy_3_Launch_EN_Final.pdf

IPHE(International Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy)

- IPHEではHydrogen Production Analysis (H2PA) Task Forceが発足し、製造時のCO2・大気汚染物質排出量評価に関する方法論が検討されている。

出所) IPHE website（閲覧日:2021年3月29日）
<https://www.iphe.net/working-groups-task-forces>
https://1fa05528-d4e5-4e84-97c1-ab5587d4aabf.filesusr.com/ugd/45185a_3d98ff47736643c080434e4453058ab0.pdf

熱に関する環境価値証書（J-クレジット、グリーン熱証書）

- 日本における熱の環境価値証書としては、① J-クレジット、② グリーン熱証書の2種類が存在。
- **水素製造時の排出量をJクレジットで相殺してCO2フリー水素として自主的に扱う例は存在する一方、いずれも水素を用いて得られた熱をどのように扱うかは定義されていない。**

	J-クレジット（再エネ熱由来）	J-クレジット（省エネ由来）	グリーン熱証書
概要	木質バイオマス、廃棄物由来燃料の導入による、温室効果ガスの排出削減・吸収量を「クレジット」として国が認証するもの	コジェネ、高効率ボイラ・工業炉、EV、高効率照明等の省エネ機器導入による、温室効果ガスの排出削減・吸収量を「クレジット」として国が認証するもの	自然エネルギーにより得られた熱の環境付加価値を、証書発行事業者が第三者機関の認証を得て、グリーン熱証書という形で取引（対象：太陽熱、雪氷熱、バイオマス熱）
購入者	熱供給事業者/熱需要家/J-クレジット・プロバイダー	需要家/J-クレジット・プロバイダー	熱供給事業者/熱需要家
購入方法	相対のみ	入札、相対、プロバイダを通じた二次購入	相対のみ
対象となる熱	自家消費熱	熱の省エネ・燃料転換	自家消費電熱・他者への供給熱
価格（再エネプレミアム分）	相対情報のため不明	1,600円/t-CO2程度（入札結果より）	21～42万円/t-CO2程度（2019年度） （2019年度取引結果260円/MJから試算）
内訳※	木質バイオマス（Jクレジット累計認証量の12%）、廃棄物由来燃料（同0.9%）	コジェネ（Jクレジット累計認証量の9.7%）、高効率ボイラ（同8.5%）、高効率工業炉（同4.3%）、EV（同1.6%）、高効率照明（同0.9%）、その他省エネ（4.6%）	バイオマスでほぼ100%を占める
利用時期の制約	なし	なし	なし
温対法	○	○	×
CDP	×	×	○
SBT	○	○	○

※累計の再エネ熱分（木質バイオマス+廃棄物由来燃料）比率（12.9%）、累計の省エネ分（コジェネ、高効率ボイラ・工業炉、EV、高効率照明、その他）比率（29.6%）
出所）Jクレジット制度（データ集）（閲覧日：2021年2月19日）https://japancredit.go.jp/data/pdf/credit_001_65.pdf

排出係数を0.00005t-CO2/MJ（都市ガス）、0.0001t-CO2/MJ（石炭）、熱効率80%として計算

出所）各種資料より三菱総研作成

電力に関する環境価値証書（J-クレジット、グリーン電力証書、非化石証書）

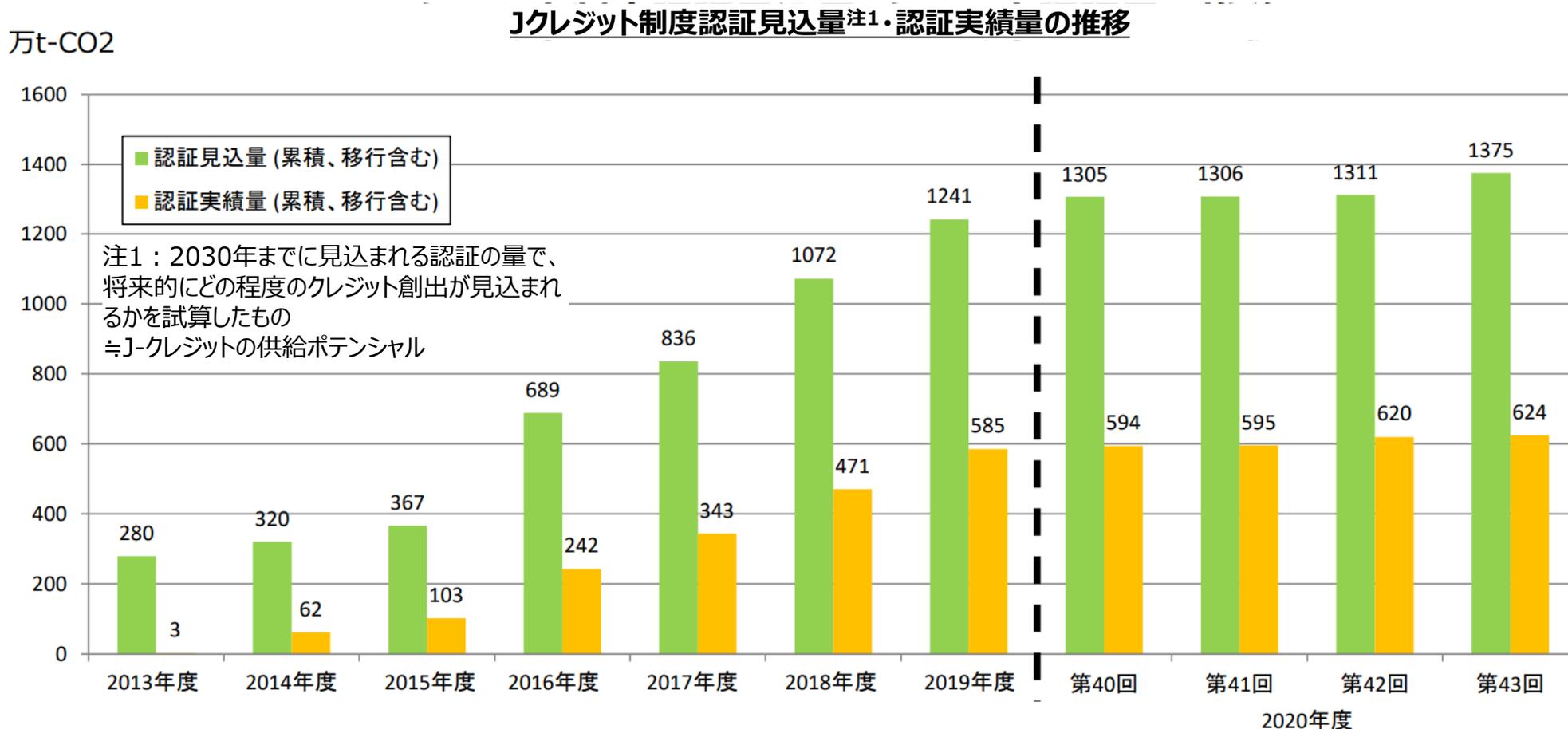
- 国内では、① J-クレジット、②グリーン電力証書、③非化石証書、の3種類が存在。
- **水素製造時の排出量をJクレジットで相殺してCO2フリー水素として自主的に扱う例は存在する一方、いずれも水素を用いて得られた電気をどのように扱うかは定義されていない。**

	J-クレジット（再エネ電力由来）	グリーン電力証書	非化石証書
概要	太陽光発電、風力発電、中小水力発電、バイオマス発電の導入による、温室効果ガスの排出削減・吸収量を「クレジット」として国が認証するもの	自然エネルギーにより発電された電気環境付加価値を、証書発行事業者が第三者機関の認証を得て、グリーン電力証書という形で取引するもの	高度化法上の目標達成を後押しするため、電力の価値と非化石価値を分離することで環境価値を顕在化し、取引を可能とするもの
購入者	小売電気事業者/電力需要家/ J-クレジット・プロバイダー	電力需要家	小売電気事業者
購入方法	入札、相対、プロバイダ通じた二次購入可能	相対のみ	FIT：入札のみ 非FIT：相対、入札、自己利用
対象となる電力	自家消費電力（非FIT、一部卒FIT）	自家消費電力・系統電力（非FITのみ）	系統電力（FIT、非FIT含む）
価格 （再エネプレミアム分）	1,800 円/t-CO2 程度	6,000～14,000 円/t-CO2 程度 ※販売事業者によって異なる	2,600 円/t-CO2 程度 ※下限2,600円/t-CO2、上限8,000円/t-CO2、 非FIT電源については下限なし
内訳	主に太陽光発電（Jクレジット累計認証量の55%）、水力1%未満。他の発電方法は方法論としては存在	バイオマスが9割以上、太陽光、風力と続く	FIT/非FIT再エネ（大型水力、卒FIT）/ 非FIT非化石（原子力）
利用時期の制約	なし	なし	発電した年（1～12月）と同じ年度に限る
高度化法	×	×	○
温対法	○	×	○
CDP	○	○	○
RE100	○（再エネ発電由来のみ）	○	○（トラッキング付きのみ）
SBT	○	○	○

出所）各種資料より三菱総研作成

供給量の推移（J-クレジット）

- J-クレジット制度事務局が、年2回程度（1月、4月）の入札販売を実施しており、2020年7月時点で9回の入札が実施されている。
- J-クレジット制度クレジット認証量は累積624万t-CO₂。2019年度に新たに認証された量は114万t-CO₂。



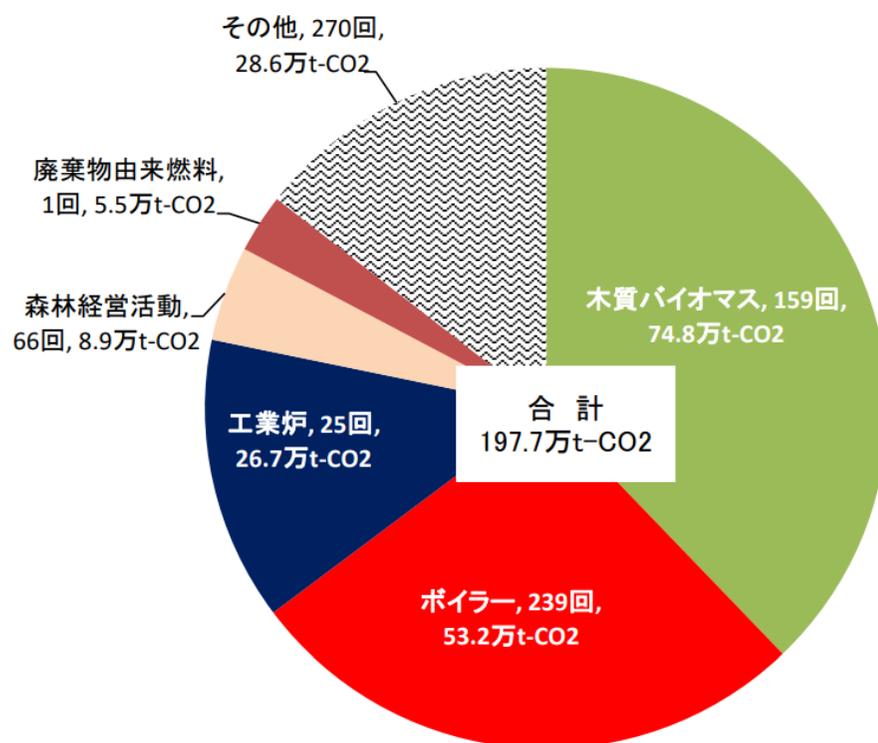
※2021年1月14日時点の実績

出所) Jクレジット制度 (データ集) (閲覧日: 2021年2月19日) https://japancredit.go.jp/data/pdf/credit_001_65.pdf

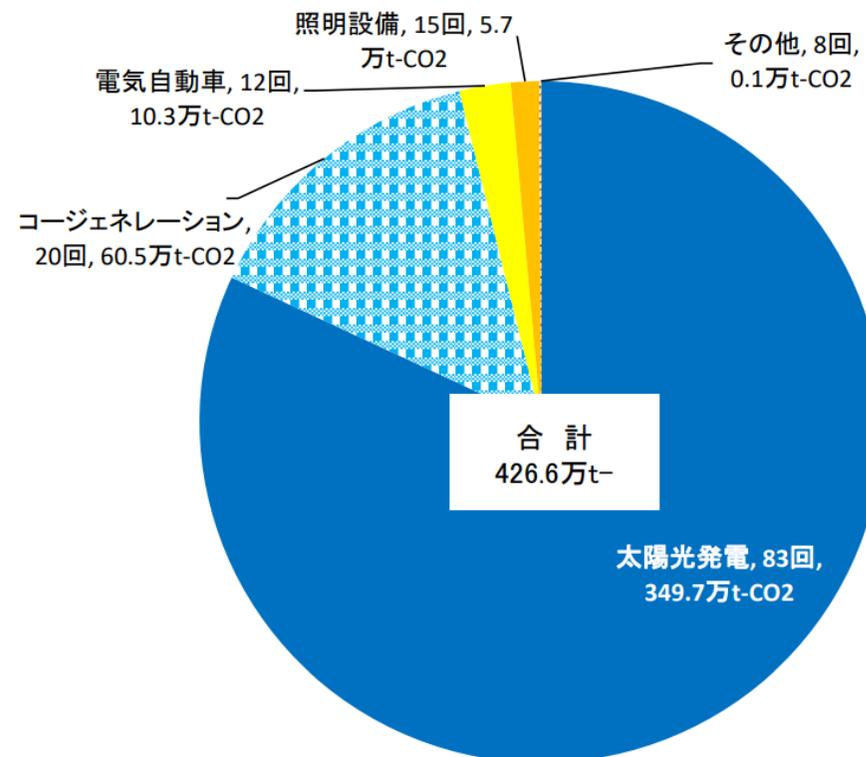
累積認証量内訳（J-クレジット）

- 累計認証量の内訳は以下の通り。
- 登録プロジェクトは通常型とプログラム型に分別され、方法論は大きく、“再エネ電力由来”、“再エネ熱由来”、“省エネ由来”、“森林由来”の4つに分類される。

適用方法論分類（通常型）



適用方法論分類（プログラム型）



※2021年1月14日時点の実績

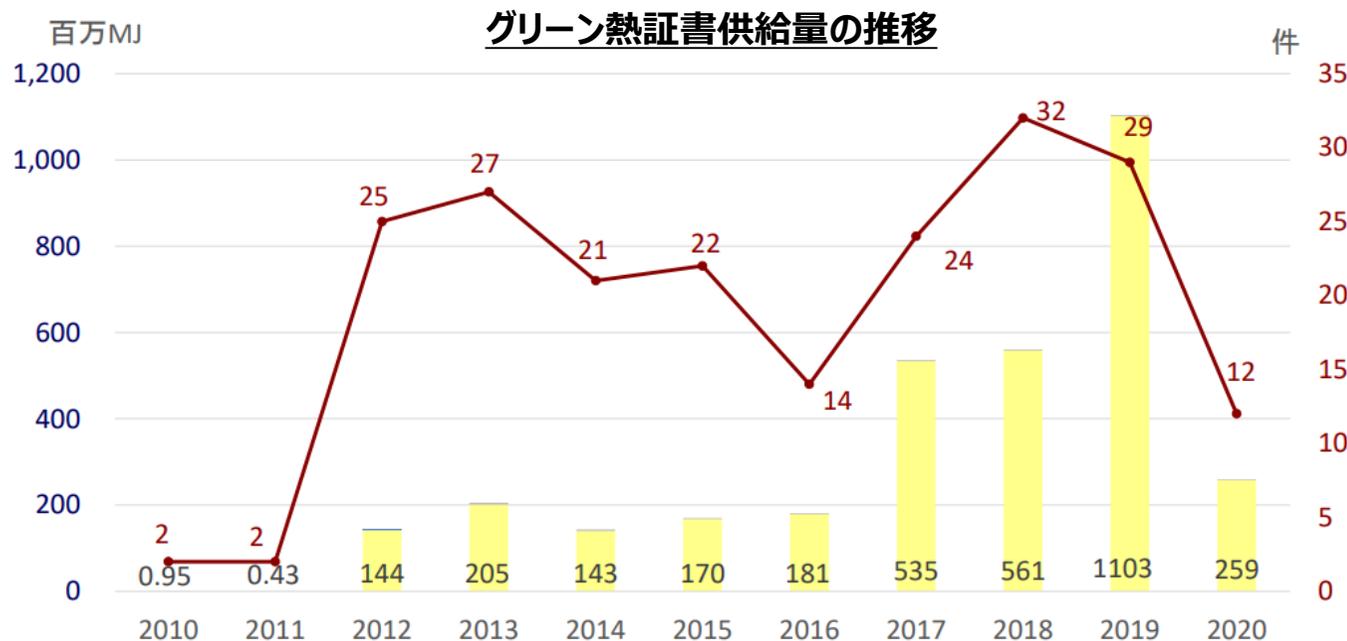
出所) Jクレジット制度 (データ集)

(閲覧日: 2021年2月19日)

https://japancredit.go.jp/data/pdf/credit_001_65.pdf

供給量・内訳の推移（グリーン熱証書）

- ほぼ100%バイオマス熱利用が占めている。
- 2020年度は2020年12月までの実績のため減少傾向にあるかどうかは不明。



■ バイオマス熱
 ■ 太陽熱
 ■ 雪氷熱
 ● 件数

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
バイオマス熱件数	0	4	7	7	7	3	3	3	8	8	8	8
バイオマス熱容量 (kW)		82,733	108,060	108,060	108,060	105,332	105,332	105,332	153,566	153,566	153,566	153,566
太陽熱件数	3	10	15	15	15	14	14	1	1	1	1	1
太陽熱容量 (m ²)	162.80	1,981.87	2,451.60	2,451.60	2,451.60	2213.34	2213.34	950	950	950	950	950
雪氷熱件数	0	0	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0
雪氷熱容量 (t)			3,521	3,521	3,521	3,521						
累計認定熱設備	3	14	27	27	27	22	17	4	9	9	9	9

※2020年12月までの実績 出所) 日本品質保証機構 グリーン熱証書の推移 (閲覧日: 2021年2月19日) https://japancredit.go.jp/data/pdf/credit_001_65.pdf

J-クレジット（再エネ電力由来） 販売量・価格推移

- 近年は1,800円/tCO₂程度で落札されており、電力の排出係数を0.5kgCO₂/kWhとして換算すると、約0.9円/kWhである。
- 販売量を上回る応札がある状況が続いている。

J-クレジット（再エネ電力由来）の入札状況

	開催時期	落札価格の平均値 (税抜)※1	落札価格の中央値 (税抜)	総販売量	総入札量	購入者数/ 入札者数※2
第4回	2018年1月26日～2月1日	1,716円/ t 0.86円/kWh	1,510円/ t 0.76円/kWh	400,000 t-CO ₂ (800GWh)	1,250,700 t-CO ₂ (2,500GWh)	10/34
第5回	2018年4月12日～4月18日	1,724円/ t 0.86円/kWh	1,700円/ t 0.85円/kWh	400,000 t-CO ₂ (800GWh)	810,000 t-CO ₂ (1,620GWh)	11/24
第6回	2019年1月25日～1月31日	1,830円/ t 0.92円/kWh	1,845円/ t 0.92円/kWh	200,000 t-CO ₂ (400GWh)	446,015 t-CO ₂ (890GWh)	12/18
第7回	2019年4月12日～4月18日	1,801円/ t 0.90円/kWh	1,795円/ t 0.90円/kWh	200,000 t-CO ₂ (400GWh)	379,204t-CO ₂ (760GWh)	8/11
第8回	2020年1月6日～1月10日	1,851円/ t 0.93円/kWh	1,850円/ t 0.93円/kWh	200,000 t-CO ₂ (400GWh)	592,120 t-CO ₂ (1,180GWh)	7/16
第9回	2020年6月22日～6月29日	1,887円/ t 0.94円/kWh	1,860円/ t 0.93円/kWh	200,000 t-CO ₂ (400GWh)	764,053 t-CO ₂ (1,528GWh)	13/25

※1：平均値は、落札価格に当該落札トン数を乗じた合計を総販売量で除したものの。

※2：購入者数及び入札者数は、入札の札数ではなく事業者数。

※3：kWh単価やkWh販売量・入札量は、排出係数を0.5 kgCO₂/kWhと仮定

出所) J-クレジット制度ウェブサイト (閲覧日: 2021年2月19日)

<https://japancredit.go.jp/updates/>より三菱総研作成

J-クレジット（省エネ由来）販売量・価格推移

- 近年は1,400円/tCO₂程度で落札。
- 販売量を上回る応募がある状況が続いている。

J-クレジット（省エネ由来）の入札状況

	開催時期	落札価格の平均値 (税抜)※1	落札価格の中央値 (税抜)	総販売量	総入札量	購入者数/ 入札者数※2
第4回	2018年1月26日～2月1日	1,148円/ t	1,130円/ t	100,000 t-CO ₂	410,060 t-CO ₂	8/18
第5回	2018年4月12日～4月18日	1,395円/ t	1,350円/ t	100,000 t-CO ₂	546,900 t-CO ₂	9/26
第6回	2019年1月25日～1月31日	1,602円/ t	1,705円/ t	50,000 t-CO ₂	117,000 t-CO ₂	4/12
第7回	2019年4月12日～4月18日	1,506円/ t	1,500円/ t	50,000 t-CO ₂	116,000 t-CO ₂	5/7
第8回	2020年1月6日～1月10日	1,473円/ t	1,495円/ t	40,000 t-CO ₂	75,000 t-CO ₂	2/5
第9回	2020年6月22日～6月29日	落札なし	落札なし	0 t-CO ₂	10,000 t-CO ₂	0/1

※1：平均値は、落札価格に当該落札トン数を乗じた合計を総販売量で除したもの。

※2：購入者数及び入札者数は、入札の札数ではなく事業者数。

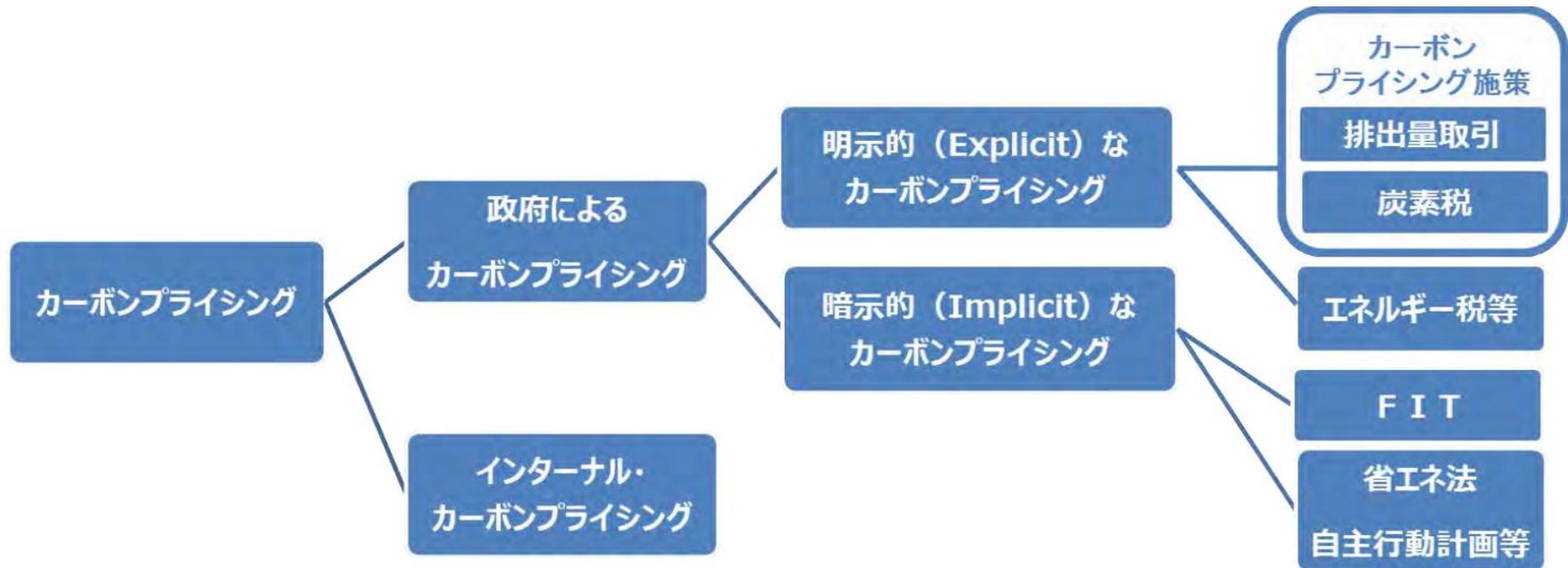
出所) J-クレジット制度ウェブサイト (閲覧日: 2021年2月19日)

<https://japancredit.go.jp/updates/>より三菱総研作成

海外制度に係る動向

海外制度について

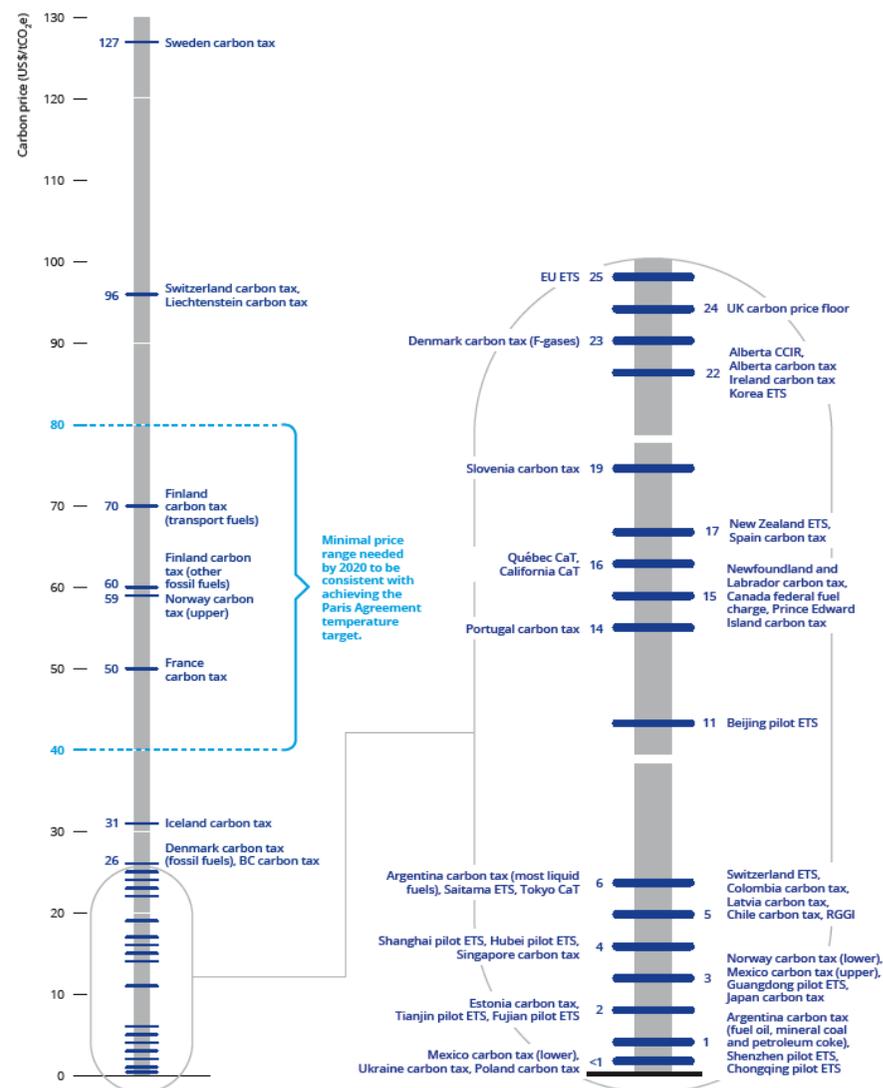
- 現状、EU-ETSの価格や炭素税は数千円/tCO₂レベルであり、炭素価格による水素利用のインセンティブは不十分。
- ExplicitとImplicit型の合わせ技でのアプローチが必要という認識の下、それぞれの制度でどのように位置づけられようとしているか、各種戦略や分析レポートにおいてどのような政策措置の必要性が言及されているかを今後調査していく。



出所) 長期地球温暖化対策プラットフォーム「国内投資拡大タスクフォース」最終整理 (2017年4月26日)
https://www.meti.go.jp/report/whitepaper/data/pdf/20170426001_1.pdf

各制度におけるカーボンプライス

- 各国のカーボンプライシング施策（排出量取引制度、炭素税）における、2019年4月時点の炭素価格を右図に示す。
- 対象となる排出量が最も大きいEU-ETS（約20億t-CO₂）の価格は25ドル/t-CO₂
 - 2017年頃までは5ドル/t-CO₂程度に低迷していたが、市場に存在する余剰排出枠を吸い上げる措置（MSR）導入決定後、価格が上昇した。
- EU域内で高額な炭素税が見られる（スウェーデン、フィンランド、フランス等）が、EU-ETS対象施設については税負担を免除されている。

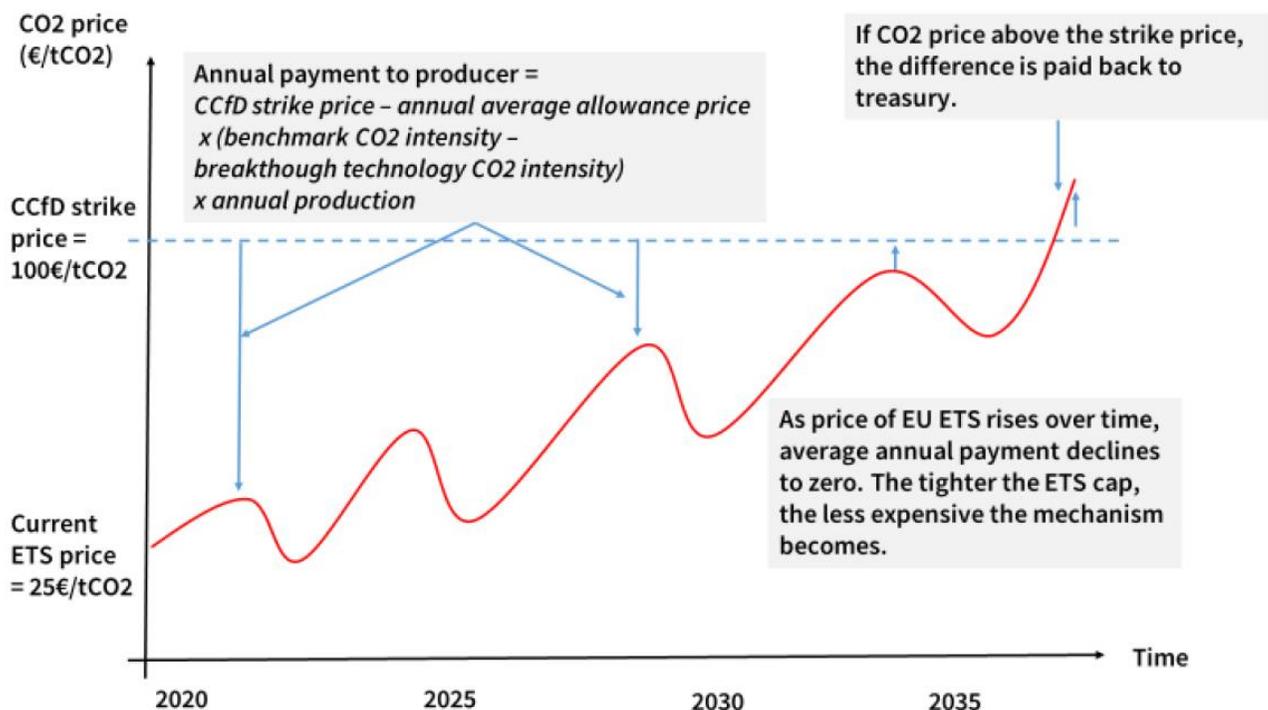


出所) World Bank "State and Trends of Carbon Pricing 2019" (2019年6月)

CCfD (Carbon Contracts for Difference)

- 低炭素投資によるリターンを固定水準で保証するためのアイデア。
- プロジェクト実施者が、「事前に設定した炭素価格水準と市場での炭素価格水準の差額」×「低炭素投資によるCO2排出原単位減少分」×「活動量（生産量など）」を受け取る/支払う。
 - すなわち、炭素市場が存在することが前提の仕組み。
- 英国の低炭素電源を対象としたFIT-CfDと類似の仕組み。

CCfDのイメージ

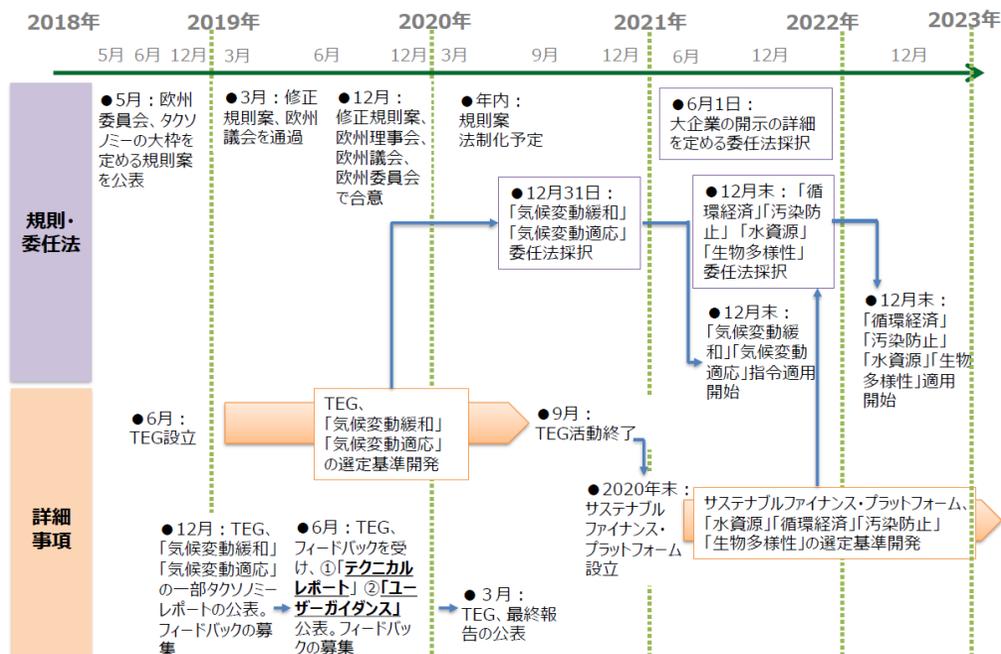


出所) ICAP, Carbon Leakage and Deep Decarbonization (2020年6月)

EUタクソノミー

- タクソノミーとは、「EUのサステナビリティ方針に資する経済活動を分類したもの」である。
- 今後、金融商品の開示、及び非財務情報開示に用いられる方針。
- 気候変動緩和について8セクター71経済活動の基準が整理されているが、水素製造も一分野として位置づけられており、基準は以下の通り。
 - 製造時のCO2排出量が0.95t-CO2/水素製造t 以下
 - 水電解に用いる電力量が50MWh/水素製造t 以下
 - 水素製造に使用される電力の排出係数が発電分野のタクソノミー基準（100g-CO2/kWh）以下

タクソノミー規則案制定・詳細項決定に関する動き



出所) 環境省 グリーンボンドプラットフォーム「EUタクソノミー概要」
 (閲覧日: 2020年7月30日)
<http://greenbondplatform.env.go.jp/pdf/taxonomy.pdf>

EUの新たな自動車CO2排出規制（REGULATION (EU) 2019/631）

- 2019年4月、新車のCO2排出規制の改正が公布され、2020年1月より発効。
- 2030年に乗用車で37.5%削減、小型商用車で31%のCO2排出削減（いずれも販売ベース、2021年比）を義務付けている。
- これらの達成手段として次世代燃料（バイオ燃料、e-fuel等）は勘案されていない模様。
- 測定方法は、NEDCからWTLP（Worldwide Harmonised Light Vehicles Test procedure）に変更。
- LCA（製造から廃棄までの総CO2排出量）算定手法の可能性を2023年までに検討

（抄）REGULATION (EU) 2019/631 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 17 April 2019 Article1 Subject matter and objectives

3. This Regulation will, until 31 December 2024, be complemented by additional measures corresponding to a reduction of 10 g CO₂/km as part of the Union's integrated approach referred to in the Commission's communication of 7 February 2007 entitled 'Results of the review of the Community Strategy to reduce CO₂ emissions from passenger cars and light-commercial vehicles'.

（中略）

5. From 1 January 2030, the following EU fleet-wide targets shall apply:

(a) for the average emissions of the new passenger car fleet, an EU fleet-wide target equal to a 37,5 % reduction of the target in 2021 determined in accordance with point 6.1.2 of Part A of Annex I;

(b) for the average emissions of the new light commercial vehicles fleet, an EU fleet-wide target equal to a 31 % reduction of the target in 2021 determined in accordance with point 6.1.2 of Part B of Annex I.

出所）REGULATION (EU) 2019/631 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 17 April 2019 （閲覧日：2020年8月3日）
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0631&from=EN>

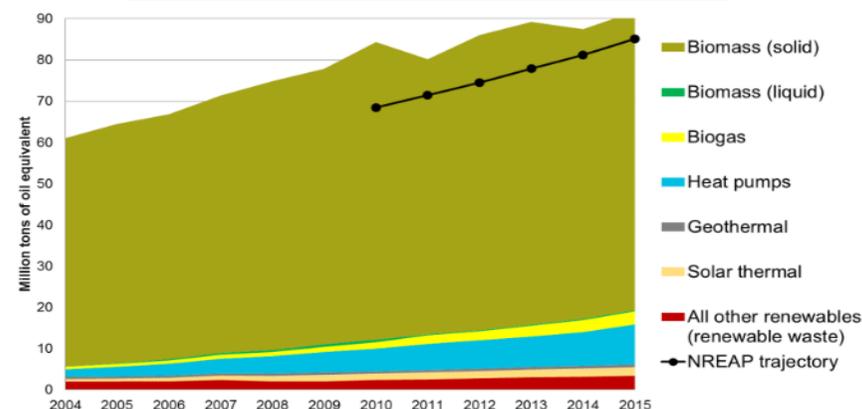
RED II の概要・特徴

- 2018年12月に採択されたEU再生可能エネルギー指令（RED）の改訂版。2030年までにエネルギー消費の32%を再生可能エネルギーとする目標が設定されている。次期目標への中間レビューは2023年とされている。
 - RED II では国別目標値は設定されていない（2021年以降、の2020年目標値を下回らない事が求められる）。
 - 全体での目標の他、輸送用燃料（2030年までに14%）、熱利用（年率1.3%以上上昇）についても目標設定される。
- RED I では記載のなかった、「グリーン水素製造における再生可能エネルギー」を定義。
- 輸送用燃料については、先進型バイオ燃料、従来型バイオ燃料、その他バイオ燃料、再エネ電気、再エネ水素が対象（先進型バイオ燃料、その他バイオ燃料にはバイオガスも含む）。
 - なお、再エネ水素を使ったフィッシャー・トロプシュ法による合成燃料（FT合成）もカウントされる。
- 熱利用については、バイオマス（固体・液体）、バイオガス、太陽熱、ヒートポンプ系熱源（空気熱、地中熱等）、廃熱・冷気、再エネ水素が対象。
 - 熱利用部門全体で再エネ率は2015年時点で18.1%であり、木質バイオマスなどの固体バイオマスが80%と大半を占める。

バイオ燃料の種類と概要

バイオ燃料種	概要
先進型バイオ燃料	原料がRED II 附属書IXに記載のもの（家畜糞尿、下水汚泥、家庭の廃棄物、廃食油、動物性油脂等）で、ガソリン・経由の代替として混入比率に制限がなく、ジェット燃料にも混合できるもの
従来型バイオ燃料	食用・飼育作物由来のもので、ガソリン・経由の代替として混入比率に制限があり、ジェット燃料にも混合できないもの
その他バイオ燃料	原料がRED II 附属書IXに記載がない、廃棄物や非食用系セルロース・リグノセルロース材料

熱利用部門の再エネ消費量内訳（2015年）



出所) DIRECTIVE (EU) 2018/2001 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources
 出所) DIRECTIVE (EU) 2015/1513 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 9 September 2015 amending Directive 98/70/EC relating to the quality of petrol and diesel fuels and amending Directive 2009/28/EC on the promotion of the use of energy from renewable sources (閲覧日：2020年10月20日)
 出所) Renewable Energy Progress Report (2017) (閲覧日：2020年10月20日)

④ 産業部門等大規模水素利用に向けた課題整理

- 鉄鋼業における水素利用に係る課題整理
- 化学工業における水素利用に係る課題整理
- 石油精製業における水素利用に係る課題整理

鉄鋼業における水素利用に係る課題整理

鉄鋼業のカーボンニュートラルに向けた方向性

- 日本鉄鋼連盟は、「ゼロカーボン・スチールへの挑戦」を発表。長期温暖化対策に向けては、現在技術開発に取り組んでいるCOURSE50やフェロコークスの開発によって得られる足掛かりとして、**水素還元製鉄技術、CCS、CCUの開発**を掲げている。（超革新技术開発）

超革新技术の開発課題

- 反応炉に外部から熱を供給する技術の開発
- 大量の水素ガスを反応炉に安定供給する技術の開発
- 現在の高炉と同レベルの規模・コスト競争力・品質の確保

日本鉄鋼連盟の長期温暖化対策：超革新技术開発

日本鉄鋼業は、2030年時点での実用化に向けて、COURSE50やフェロコークスなどの革新的製鉄技術の開発を鋭意続けている。これらの技術が実用化された場合、天然資源ルートでのCO₂排出量の10%削減が期待される（CCS効果を除く）。当面は高炉法が、技術的にも経済的にも鉄鋼製造法の主流と考えられるため、高炉を前提とした低炭素化技術の確立を進める必要がある。

しかし、これらの取り組みだけではパリ協定が目指す長期目標レベルに到達することはできず、それを超えた「超革新技术」が必要となる。日本鉄鋼業は、COURSE50・フェロコークスの開発によって得られる知見を足掛かりとして、最終的には製鉄プロセスからのゼロエミッションを可能とする水素還元製鉄技術、CCS、CCUの開発に挑戦する。

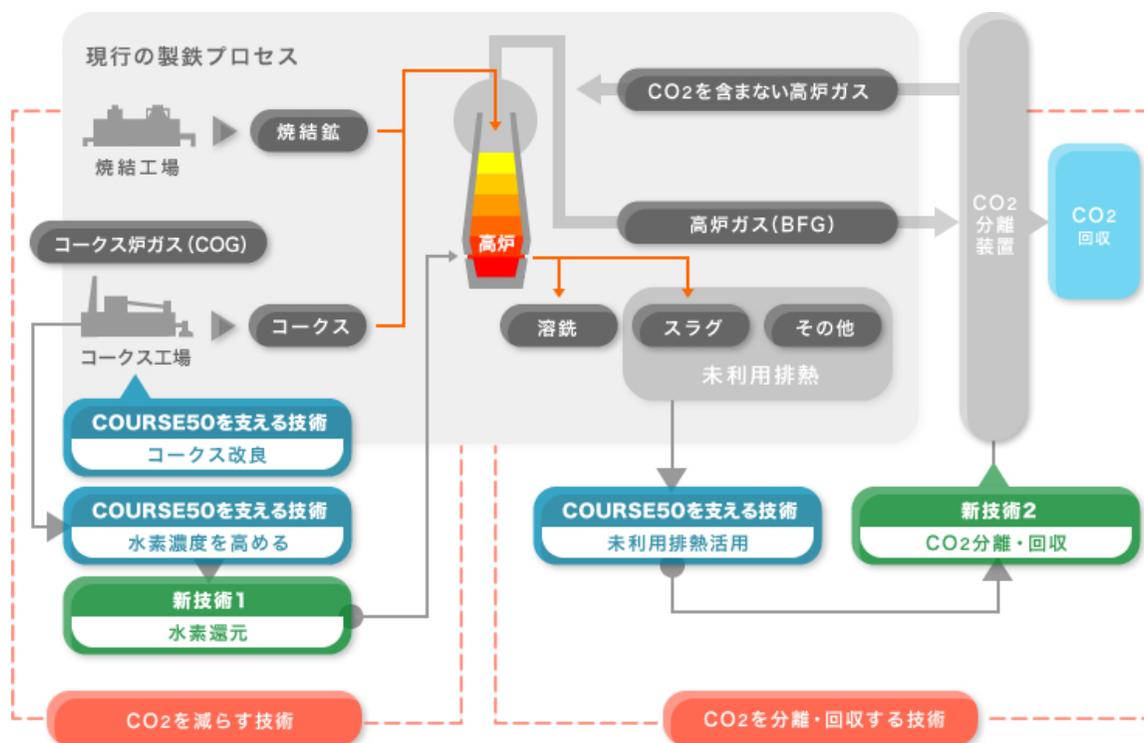
水素還元製鉄に利用される水素は、製鉄のみならず自動車や民生など様々なセクターで広く利用されることから、社会共通基盤のエネルギーキャリアとして開発、整備されていることが前提となる。特に基礎素材である鉄鋼の製造に利用される水素は、カーボンフリーであることはもとより、安価安定供給も重要な要件となる。また、CCS実施に当たっては、大量のCO₂の安価輸送・貯留技術の開発に加え、CO₂貯留場所の確保や社会受容性、実施主体や経済的負担の在り方など、技術面を超えた課題の解決に当たる必要がある。

鉄鋼分野における技術開発		2020	2030	2040	2050	2100
COURSE50	所内水素(COG)利用による高炉内の水素還元比率アップ 高炉ガスからのCO ₂ 分離	R&D	導入			
Super COURSE50	外部水素利用による高炉によるさらなる水素還元比率アップ (大量の水素供給が可能となる前提)		R&D	導入		
水素還元製鉄	石炭を利用しない水素還元製鉄		R&D	導入		
CCU	副生ガスからのカーボンリサイクル		R&D	導入		
CCS	副生ガスからのCO ₂ 回収	R&D	導入			
社会共通基盤としての技術開発		2020	2030	2040	2050	2100
カーボンフリー電力	脱炭素電源(原子力、再生可能、化石+CCS) 次世代電力系統、電力貯蔵等	R&D	導入			
カーボンフリー水素	低コスト・大量水素の製造・輸送・貯蔵技術開発	R&D	導入			
CCS/CCU	CO ₂ 分離貯留・利用技術開発 社会的課題の解決(貯留場所、パブリックアクセプタンス等)	R&D	導入			

我が国の革新技术・取組 COURSE50

- NEDO支援PJである、鉄鋼業におけるCO2排出量を約30%削減する技術を開発する「革新的製鉄プロセス技術開発（COURSE50）」では、2030年頃までの技術確立、2050年までの実用化・普及を目指している。
- COURSE50プロジェクトでは、製鉄所内で水素による鉄鉱石還元の割合を増やすとともに、発生CO2を分離回収することにより、CO2の削減を目指す。（所内のみならず外部からの水素を用いる「Super COURSE50」プロジェクトも進行中）

COURSE50のスキーム



出所) 鉄鋼連盟COURSE50 (閲覧日2021年3月29日)
<https://www.jisf.or.jp/course50/outline/>

我が国の革新技术・取組 COURSE50

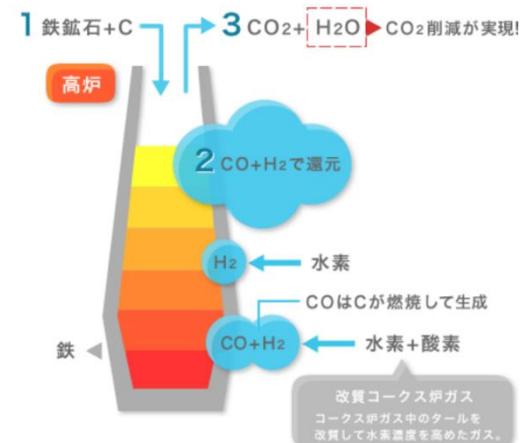
● 水素還元

- コークスの一部を水素で代替し、鉄鉱石を還元する。CO₂削減だけでなく、分子のサイズが小さいため、還元時間の短縮が可能。
- 吸熱反応であるため、高炉内で熱不足になる。また、鉄鉱石の還元に伴う粉化が起こり、高炉内のガスの通路の閉塞が課題。

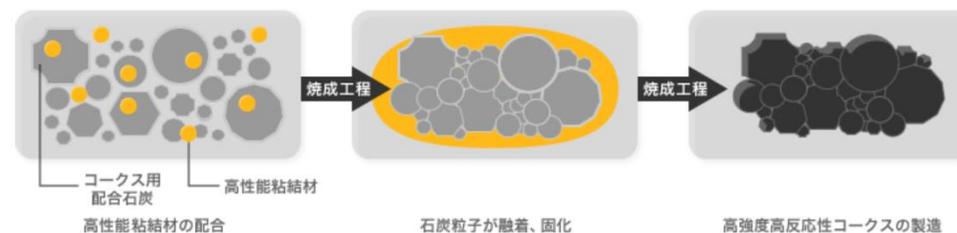
→高反応性・高強度のコークスの製造がカギ。
高い軟化溶融性と膨張性を有かする高性能粘結材を開発することで、石炭粒子間の空隙を埋めて押し固め、コークスの強度を高める効果を狙う。

● CO₂分離回収

- 化学吸着法：吸収液とCO₂含有ガスを接触させ吸収し、吸収液を加熱して高純度CO₂を分離回収する
→量子化学を用いて最適なアミンの分子構造を検討し、統計的データ処理を行い性能の優れた新規アミン吸着液を開発
- 物理吸着法：流体分子と吸着剤表面の間に働く力により吸着剤にCO₂を吸着させ、低エネルギー・高純度・高回収率で分離・回収する技術
→高炉ガスからのCO₂分離・回収や大規模なガス処理へ適用するのは日本初
- 工場の未利用排熱をCO₂分離回収プロセスに活用
→スラグ顕熱回収技術開発、カーナサイクル発電技術開発、PCM・ヒートポンプの利用



炉内環境の変化に対応できるような強度、反応性を持つコークスを、高性能粘結材を用いて製造する



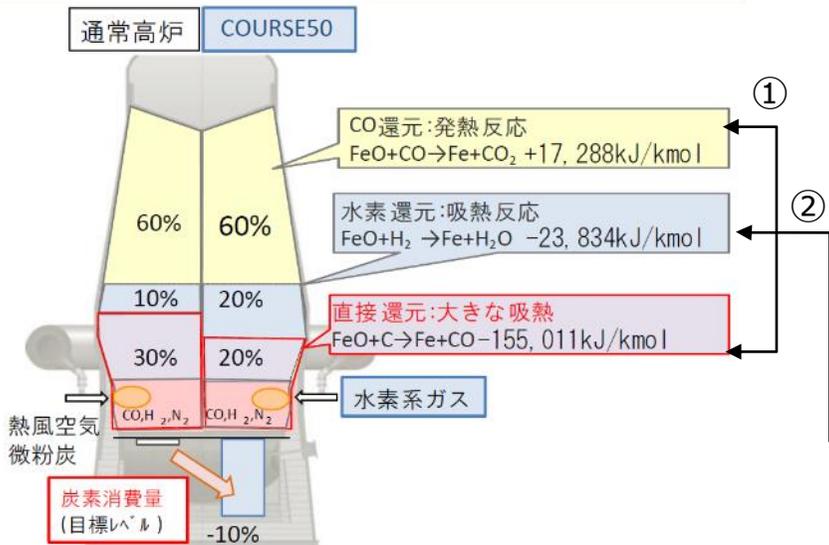
出所) COURSE50 ウェブサイト (閲覧日2021年3月29日)
<https://www.jisf.or.jp/course50/tecnology01/>
<https://www.jisf.or.jp/course50/tecnology03/>

製鉄用水素コスト（必要量）の背景

- COURSE50では、水素還元の増加による熱収支の変化が克服課題とされており、水素還元比率が増加していくにつれ、CO還元比率が低くなることで、別の熱源確保が必要となる。
- COURSE50の開発課題としては、吸熱反応に伴う熱補償、コークス減に伴う通気性等が挙げられている。

高炉における熱バランスの考え方

水素の吸熱反応増加分を炭素の直接還元吸熱反応の減少で補償する考え方

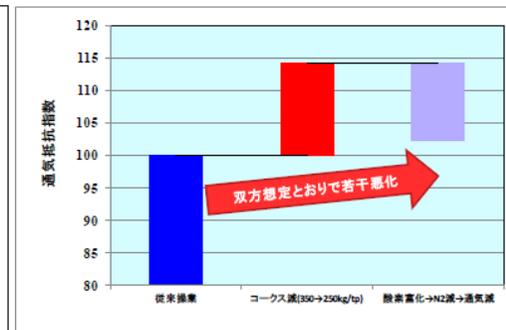
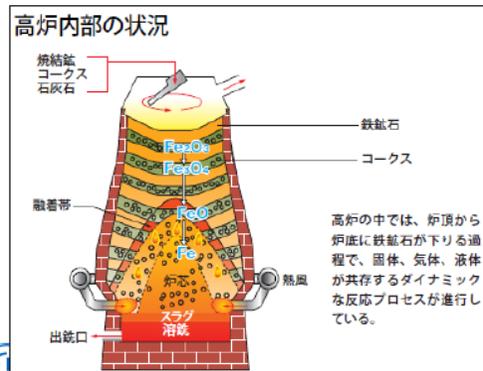


- ①COを直接供給しない限り、コークスの減少に伴いCOも減少
- ②水素燃焼による熱バランス補償
 $H_2 + 1/2O_2 \rightarrow H_2O(g) + 24,180kJ/kmol$

フェーズIIの課題

水素適用に際しての二つの大きな課題解決が必要

新規項目	新規現象	課題	アクション	試験高炉での確認
水素の適用	吸熱反応	熱補償必要	直接反応低減・シャフト吹き込み	12m ³ での確認は進行中
	コークス減	コークス減・通気性悪化と高酸素富化・窒素減・通ガス量減での相殺を要確認	想定を実際に見極める必要性あり	12m ³ での確認は進行中なるも加重がかかる実機条件では未



出所) NEDO NEDO環境技術分野事業報告会 (平成30年7月19日)
 「クリーン・コール・テクノロジー分野 次世代火力発電等技術開発動向」資料
<https://www.nedo.go.jp/content/100881864.pdf>

製鉄用水素コストの考え方

- 鉄鋼連盟「ゼロカーボンスチールへの挑戦」によれば、7.7セント/Nm³-H₂の根拠としては、鉄鉱石（ここではFe₂O₃）の水素還元量（量論比）にくわえ、水素の燃焼熱を吸熱反応熱源、鉄鉱石の溶解熱源、利用効率が加味されている。
- 高炉製鉄からの移行の実現性は考慮せずに、100%水素とする場合の理論必要量を算出したもの。

✓ 水素還元による銑鉄製造（化学式）



✓ 上式に基づく銑鉄 1t 製造に必要な水素量

還元：601Nm³ + 吸熱反応補完：67Nm³ + 1600°Cまでの
溶銑昇熱：85Nm³ = 753Nm³/ton of (理論値)

⇒ 効率 75%とすると実質 1000Nm³/ton 程度

✓ 炭素還元製鉄と等価にする場合の水素価格の試算

原料炭価格を\$200/t、原料炭原単位 700kg/t-p とすると、原料炭コストは\$140/t-p

原料炭のうち、「還元機能」に消費される割合は 55%（45%は副生ガス化）であることから、還元剤コストは $140 \times 0.55 = \$77/\text{t-p}$
これと等価の水素価格は $\$77/\text{t-p} \div 1000\text{Nm}^3\text{-H}_2/\text{t-p} = 7.7 \text{ ¢}/\text{Nm}^3\text{-H}_2$

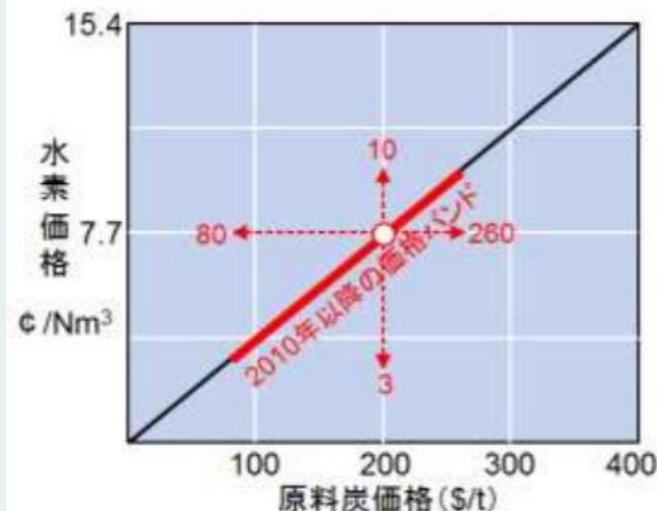


図 A-III 水素価格と原料炭価格

出所) 日本鉄鋼連盟「ゼロカーボンスチールへの挑戦」
(閲覧日：2021年3月29日)

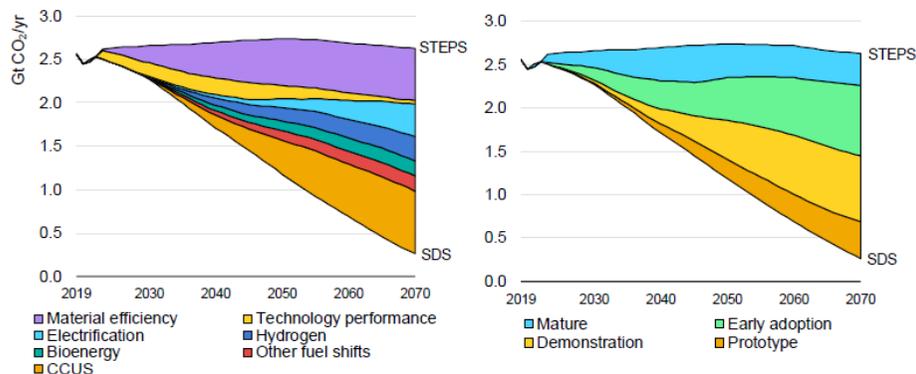
https://www.jisf.or.jp/business/ondanka/zerocarbonsteel/documents/zerocarbon_steel_honbun_JISF.pdf

鉄鋼業におけるNet Zeroに向けた方向性（ETP2020）

- IEA/ETP2020によれば、SDSシナリオ実現に向けた対策として、資源効率向上（薄肉化・長寿命化等による粗鋼生産量削減）とCCUSが大きな割合を占め、次に電化、水素、バイオ等代替燃料。
- スクラップの比率はSTEPSの段階で50%まで向上。SDSでは転炉プロセスの電化が含まれると推察される。
- 2070年時点でも高炉法が過半を占めるが、100%水素還元製鉄と、革新的溶融還元法（Tata Steel等が手掛けるHIsarna Project）+ CCUSが台頭するものと予測されている。

鉄鋼CO2削減対策の内訳推移

Figure 4.11 Global CO₂ emissions reductions in the iron and steel sector by mitigation strategy and current technology maturity category, 2019-70



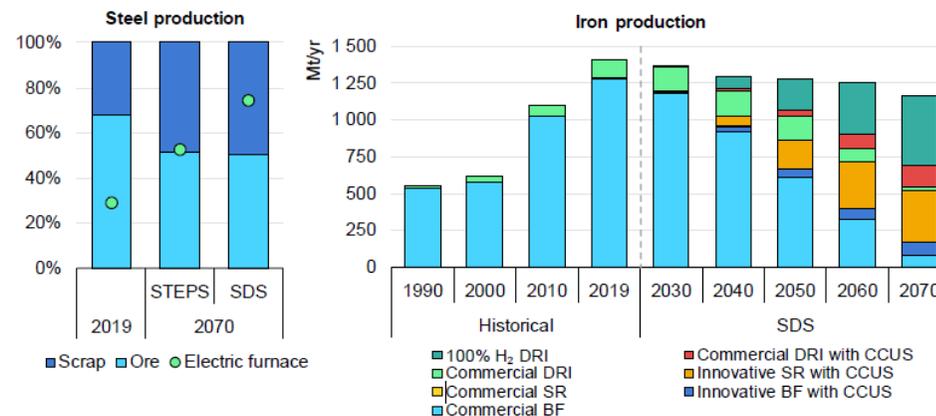
IEA 2020. All rights reserved.

Notes: STEPS = Stated Policies Scenario. SDS = Sustainable Development Scenario. CCUS = carbon capture, utilisation and storage. Electrification here includes only direct electrification, primarily via conventional technologies, including shifts towards secondary production and electrification of ancillary process equipment like pre-heaters and boilers. Hydrogen here refers specifically to electrolytic hydrogen, while so-called blue hydrogen (via natural gas-based direct reduced iron with CCUS) is included under CCUS. See Box 2.6 in Chapter 2 for the definition of the maturity categories: large prototype, demonstration, early adoption and mature.

出所) IEA, Energy Technology Perspectives 2020
(閲覧日: 2021年3月31日)

鉄鋼生産量の技術別内訳推移

Figure 4.12 Global steel production by route and iron production by technology in the Sustainable Development Scenario, 1990-2070



IEA 2020. All rights reserved.

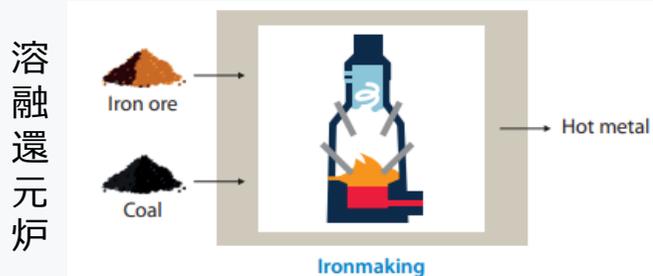
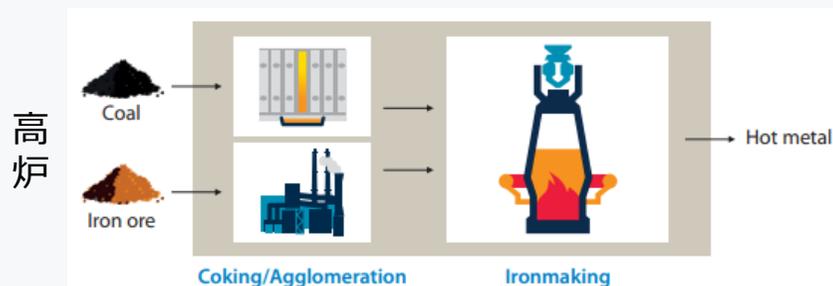
Notes: STEPS = Stated Policies Scenario. SDS = Sustainable Development Scenario. CCUS = carbon capture, utilisation and storage. DRI = direct reduced iron. SR = smelting reduction. BF = blast furnace. Commercial BF includes traditional coal, gas and charcoal-based blast furnaces, with and without top pressure recovery turbines, without CCUS. Innovative BF with CCUS includes blast furnaces with process gas hydrogen enrichment and CO₂ removal for use and storage (for example, as being developed by the COURSE50, IGAR and 3D projects), including CCUS retrofits to existing blast furnaces and those newly installed over the coming decade. Commercial SR refers to smelting reduction without CCUS (COREX and FINEX). Innovative SR with CCUS includes application of CCUS to existing smelting reduction concepts (for example COREX and FINEX) and novel smelting reduction concepts with CCUS (for example, as being developed by the HIsarna project). Commercial DRI includes gas and coal-based DRI without CCUS, including that which has a portion of blended electrolytic hydrogen. Commercial DRI with CCUS includes gas and coal-based DRI with CCUS. 100% H₂ DRI comprises fully electrolytic hydrogen-based DRI (for example, as being developed by the HYBRIT project and ArcelorMittal in Hamburg). For further details on examples of projects developing these technologies, see Table 4.2.

技術別のオプション・TRL (ETP2020)

- 適用先となるプラントは、高炉、直接還元炉、溶融還元炉で、3種類に大別できる。現在の鉄鋼生産、技術開発は高炉に集中している。
- Net Zeroに向けた手法として、CCUSや再エネ水素は重要度が高く、実現は2025年～2030年頃の見通し。直接電化は新規プロセスの開発が必要であり、研究段階である。

適用先プラント

適用先プラントは、高炉、直接還元炉、溶融還元炉



出所) TATA STEEL (閲覧日: 2021年3月29日)
<https://www.tatasteeleurope.com/ts/sites/default/files/TS%20Factsheet%20Hisarna%20ENG%20jan2020%20Vfinal03%204%20pag%20digital.pdf>

Net Zero に向けた方向性

CCUS

- 鉄鋼におけるオフガス（副生ガス）からのCO2回収
- 高炉では、CO2分離後、オンサイトで燃料として用いることも可能
- 回収したCO2は化学プラントに供して、メタノールやHVCにも転化可能

再エネ水素

- 再エネ電源による電解水素を用いた水素還元技術

直接電化

- 電気分解などを用いた新たな鉄還元プロセスの開発

バイオ由来

- 木質バイオマスや木炭による石炭の代替

出所) IEA, Energy Technology Perspectives 2020 (閲覧日: 2021年3月31日)

技術別のオプション・TRL (ETP2020)

- 高炉プラントで発生するオフガスの利用には、BFGからCO₂を分離して利用するものや、COGの水素濃度を高めるものなどがある。BFGから回収されたCO₂は燃料等に転化される。

技術	関連プラント	TRL	実用化の時期	重要度	事例
プラントで発生する二酸化炭素の回収・貯留					
オフガスの水素エンリッチ/CO ₂ 除去	高炉	5	2030	極めて高い	<p><u>BFGを利用する事例</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • BFGからCO₂を分離して再利用するtop gas recyclingの取組みは、ULCOS、Arcelor Mittal、IGAR projectなど欧州で盛んに取り組まれている。“3D” projectでは、パイロットスケールでのBFGからのCO₂回収（年間回収能力4 ktCO₂/年）を2021年までに実現し、実規模（1 MtCO₂/年）を2025年までに目指すとしている。 <p><u>COGを利用する事例</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • ROGESA（ドイツ）は、COGの水素濃度を高めることを目指している。 <p><u>BFG/COGをともに活用する事例</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • COURSE 50（日本）では、COGの水素をエンリッチして還元を用いる取組みと、BFGのCO₂を分離・回収する取組みが進められている。2030年の実用化を目指す。
オフガスの燃料への転化	高炉	8	現在	中程度	<p>LanzaTechの商用機（中国、2018年）が、製鉄のオフガスから製造した3千万リットルのエタノールを販売した。また、Arcelor MittalとLanza Techが連携して進めるSteelanol/ Carbalyst projectでは、2021年に8千万リットルのエタノール販売を目指すとしている。</p> <p>STEPWISE（スウェーデン）では、BFGからCO₂を分離し、メタノールを生成して発電に供することを目指している。</p>

出所) IEA, Energy Technology Perspectives 2020 (閲覧日 : 2021年3月31日)

技術別のオプション・TRL (ETP2020)

- 直接還元や溶融還元におけるCCUもプロジェクトが進行中。

技術	関連プラント	TRL	実用化の時期	重要度	事例
プラントで発生する二酸化炭素の回収・貯留					
オフガスの化学製品への転化	高炉	7	2025	中程度	Carbon2Chem (ドイツ、2018年) では、製鉄のオフガスからアンモニア及びメタノールをパイロットスケールで生産している。2025年までの実用化を目指す。Carbon4PUR (EU) では、オフガスからポリウレタン (20 t/年) を生産するパイロット事業を実施している。
CCUSを伴う直接還元	直接還元	9	現在	極めて高い	アラブ首長国連邦では、2016年から年間0.8 MtCO ₂ /年の回収能力を有するプラントが稼働しており、回収したCO ₂ はEORに用いられている。Ternium (メキシコ、2008年) の二つのプラントでは、合わせて0.15-0.20 MtCO ₂ /年のCO ₂ を回収しており、飲料産業で利用している。
CCUSを伴う溶融還元	溶融還元	7	2028	極めて高い	ULCOS (欧州) でパイロットプラントが稼働している他、インド、オランダなどでもプロジェクトが進められている。

出所) IEA, Energy Technology Perspectives 2020 (閲覧日 : 2021年3月31日)

技術別のオプション・TRL (ETP2020)

- プラントへの再エネ水素供給としては、主に水素還元技術が実証されている。
- Thyssenkruppが高炉、直接還元と幅広いタイプの炉で水素還元に取り組む。

技術	関連プラント	TRL	実用化の時期	重要度	事例
プラントへの再エネ水素供給					
電解水素の混合供給	高炉	7	2025	中程度	Thyssenkrupp (ドイツ、2019年) が石炭に代えて電解水素を高炉に供給する取組を進めている。
電解水素 (一部天然ガス由来) の混合供給	直接還元	7	2030	高い	1990年代には、Tenova (メキシコ、年間鉄鋼生産量9 kt/年) が90%水素を混合させた実証を実施していた。近年では、SALCOS projectの一環として、Salzgitter steelworks (ドイツ) がMWスケールの水電解装置を用いて電解水素の直接還元炉への供給の実行可能性を評価した。Thyssenkrupp (ドイツ) は、2020年代半ばまでに電解水素を混合させて利用する商用の直接還元炉を建設するとしている。
電解水素の混合供給	直接還元	5	2030	極めて高い	HYBRIT project (スウェーデン、2020年、1 Mt/年) にて2025年まで実証が行われる。また、Arcelor Mittal (ドイツ) やThyssenkrupp (ドイツ) も水素還元に向けたプラントの設計を進めている。
水素プラズマ還元	熔融還元	4	—	中程度	VoestalpineによるSuSteel research project (豪州) の50 kgベンチスケール炉が2020年中に稼働予定。
高温燃焼への水素利用	補助プロセス	5	2025	高い	圧延にあたって鉄を熱するために水素を用いるという試みが、OvakoとLinde (スウェーデン、2020年) によって試行されている。

出所) IEA, Energy Technology Perspectives 2020 (閲覧日: 2021年3月31日)

技術別のオプション・TRL（ETP2020）

- プラントプロセスの電化には、新しいプロセスの開発が必要であり、現時点では研究段階
- バイオ由来の製品製造としては、木質バイオマスや木炭による石炭の代替

技術	関連 プラント	TR L	実用化 の時期	重要 度	事例
プラントプロセスの（再エネ電源による）電化					
低温での電 気分解	革新技術	4	—	中程 度	Siderwin project（スウェーデン）では、ULCOWIN processという、アルカリ性溶液を用いて酸化鉄を電気により還元する新しいプロセスを実証するため、2020年よりパイロットスケールプラントを稼働させている。
高温溶融酸 化物の電気 分解	革新技術	4	—	中程 度	Wlenckeら（2018）によって提案されたMIDEIO（molten iron by direct electrolysis of iron ore）法について、マサチューセッツ工科大学がBoston Metalの出資により研究を進めている。生産能力1トンのプロトタイププラントが2014年に建設され、現在はパイロット実証を目指している。
バイオ由来の製品製造					
木質バイオマ スの利用	高炉	7	2025	中程 度	Torero partnership projectでは、Arcelor Mittalのプラント（ベルギー）において、部分的に廃棄物由来の木質バイオマスで石炭を代替した製鉄を計画している。大規模実証は2020年末に開始される予定。
木炭の利用	高炉	10	現在	中程 度	木炭は、主にブラジルにおいて、現時点でも石炭の部分的代替として商用ベースで混合されている。

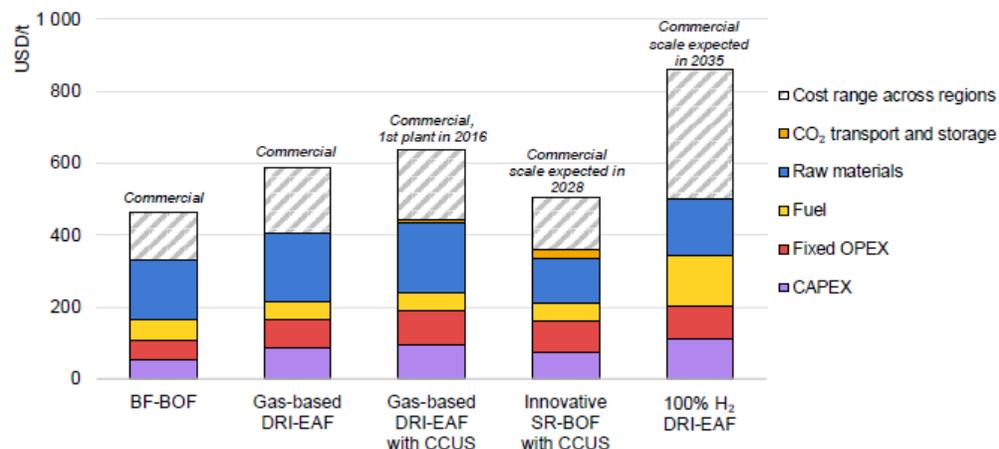
出所) IEA, Energy Technology Perspectives 2020（閲覧日：2021年3月31日）

技術間コスト比較 (ETP2020)

- SR (Smelting Reduction, 溶融還元法) + CCUSが安価と評価されている (高炉法 + CCUSのコストは明確には示されていない)。水素還元製鉄は最大で2倍程度と評価されている。

技術別の鉄鋼製品生産コスト比較

Figure 4.13 Levelised cost of steel production for selected production routes when they reach commercialisation



IEA 2020. All rights reserved.

Notes: BF-BOF = blast furnace-basic oxygen furnace. DRI-EAF = direct reduced iron-electric arc furnace. CCUS = carbon capture, utilisation and storage. SR-BOF = smelting reduction-basic oxygen furnace. OPEX = operating expenditures. CAPEX = capital expenditures. Presented costs consider regional variation. Fuel costs: natural gas = USD 2-10/MBtu (million British thermal units), thermal coal = USD 35-80/tce (tonne coal equivalent), coking coal = USD 75-155/tce and electricity = USD 30-90/MWh. CO₂ streams are captured with a 90% capture rate. CO₂ transport and storage = USD 20/tCO₂ captured. CAPEX comprises process equipment costs (including air separation units, carbon capture equipment and electrolyzers where applicable) plus engineering, procurement and construction costs. An 8% discount rate, 25-year lifetime and a 90% capacity factor are used for all equipment. Electrolyser CAPEX = USD 452/kW_e (kilowatt electrical capacity) and OPEX = USD 7/kW_e. No regulatory cost on emitting CO₂ is imposed in this analysis.

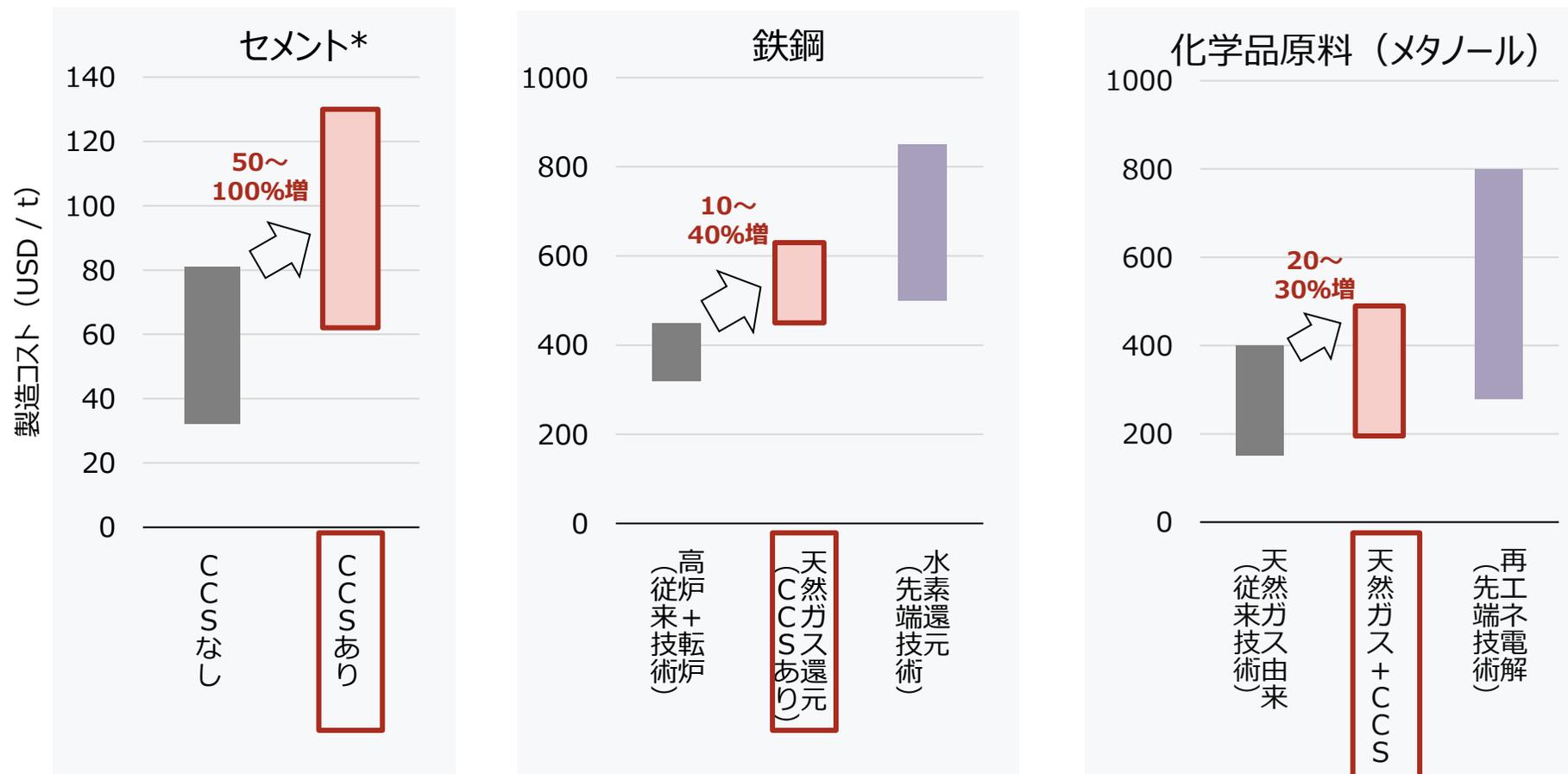
Innovative technologies for steel production are generally around 10-50% more expensive than their commercially available counterparts, with the gas-based DRI with CCUS and H₂ DRI being highly sensitive to the cost of natural gas and electricity respectively.

出所) IEA, Energy Technology Perspectives 2020 (閲覧日: 2021年3月31日)

(参考) CCUSコスト

- IEA/ETP2020によれば、鉄鋼、セメント、化学品の製造にCCSを適用すると、**数割～2倍のコスト増**と試算されており、鉄鋼、化学品の水素利用技術と比較すると安価と評価されている。

各プロセスにCCSを導入した場合の製造コスト増（2020年時点）



出所) IEA, Energy Technology Perspectives 2020, Special Report on Carbon Capture Utilisation and Storageより作成 (閲覧日: 2021年3月31日)

化学工業における水素利用に係る課題整理

化学工業におけるカーボンニュートラルに向けた方向性

- 日本化学工業協会では、生産活動における排出削減の取組みとして、以下を掲げている。
 - ① プロセスの合理化（収率向上、廃棄物削減含む）
 - ② 革新技術の導入（省エネルギー、BAT、DX、電化等）
 - ③ 自家発電設備の燃料切替：燃料の低・循環・脱炭素化
 - （1）低炭素化：石炭・石油→LNG
 - （2）循環炭素化：バイオ燃料・**合成燃料（メタネーション等）**
 - （3）脱炭素化：**水素・アンモニア**
 - ④ 購入電力への切替（ゼロエミッション電力化の進展）
 - ⑤ 再生可能エネルギー利用
 - ⑥ CO₂の原料化：電化が困難な領域（熱源供給等）でのCO₂回収・利用 **CCU・人工光合成等**の技術開発を加速
 - ⑦ クレジット利用
- 併せて、CO₂利用やリサイクルを含めた原料の炭素循環が重要としている。

出所) 資源エネルギー庁 第37回基本政策分科会 資料1 ヒアリング資料（日本経済団体連合会及び日本化学工業協会）（2021年2月）
https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/037/037_005.pdf

我が国の革新技术・取組

- NEDOの「省エネルギー技術戦略」では、2030年に向けた省エネルギー技術開発の具体的な方向性を示している。
- 「化学品製造では、エクセルギー損失の大きい燃料燃焼による熱利用を最小限にするために、（～中略～）熱利用の多い蒸留工程への多孔体無機膜プロセスの導入、さらにバイオマス資源や高濃度CO₂の原料利用を可能とする技術を開発する。」
- 「膜分離法は大きな動力を必要とせず省エネルギー効果も高いため、更なる膜の低コスト化やシステム全体としての適合性検証が求められる。中でも、工場等からのCO₂を分離する膜の開発は世界を先行しているが、そのCO₂の利用にあたっては、用途先までの輸送方法の検討等が別途必要となる。」

主な技術

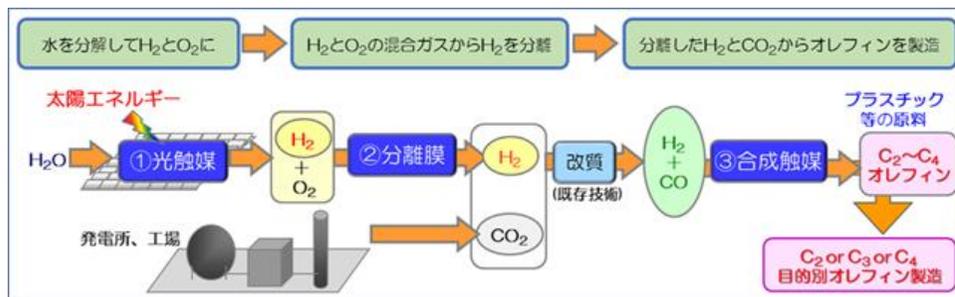
個別技術	要素技術・開発項目等
膜分離	多孔質膜、ガス分離膜、モジュール化
人工光合成	触媒、水素・酸素分離、低級オレフィン合成、モジュール化
非可食バイオマス利活用	バイオマス回収と前処理、成分分離、化学・生物変換、精製
フロー精密合成	触媒、分離・精製、反応物組成モニタリング制御
有機ケイ素	触媒、砂から有機ケイ素への直接変換、非白金触媒法、ポリマー構造制御

出所) NEDO「省エネルギー技術戦略」(閲覧日: 2021年3月29日) <https://www.nedo.go.jp/content/100860428.pdf>
 補足資料(閲覧日: 2021年3月29日) <https://www.nedo.go.jp/content/100895276.pdf>

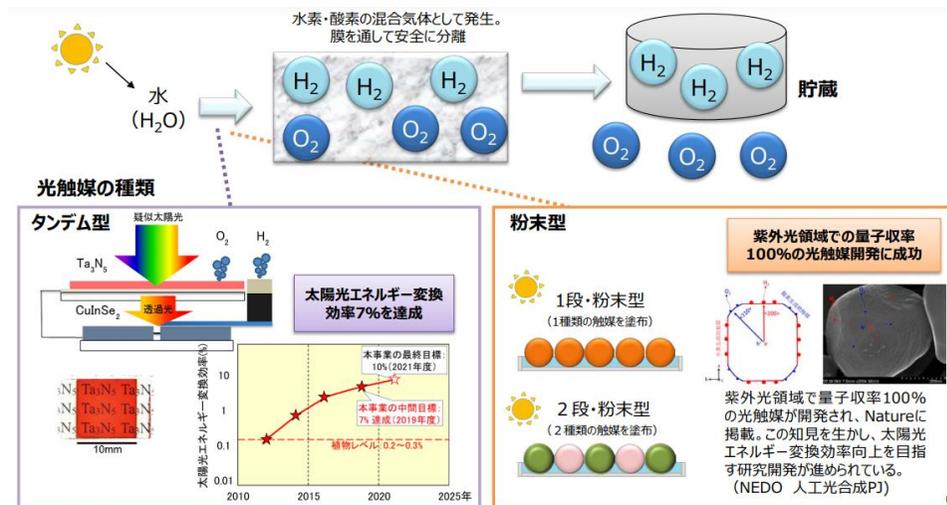
我が国の革新技术・取組

- NEDOでは、太陽光エネルギーで水から生成した水素（ソーラー水素）と工場などから排出されるCO2を利用して、プラスチック原料などの基幹化学品（C2～C4オレフィン）製造プロセスを実現するための基盤技術開発を実施（人工光合成化学プロセス技術研究組合（ARPCChem）に委託）。
- 革新的水素製造技術、ならびにCO2原料化学品製造としての役割が期待される。

人工光合成プロジェクトの全体像



光触媒を用いた水素製造技術



出所) NEDO 2020年5月29日ニュースリリース「世界初、100%に近い量子収率で水を分解する光触媒を開発」(2020年5月29日)

https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_101311.html

経済産業省「第18回水素・燃料電池戦略協議会」資料(2020年11月)

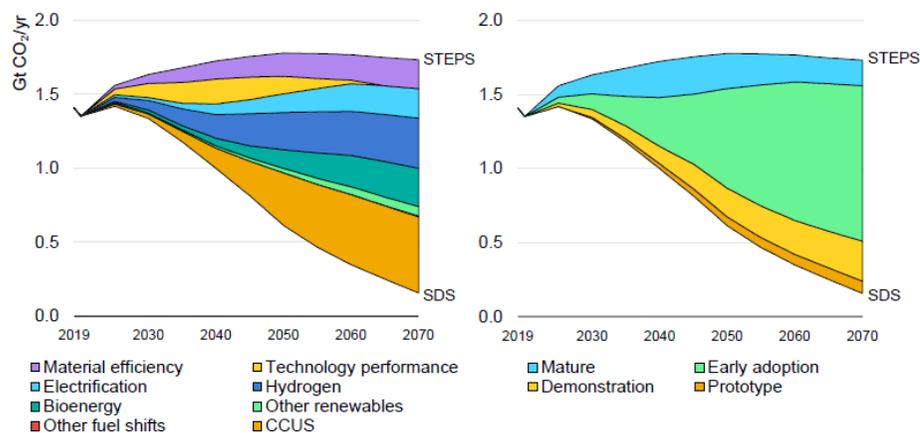
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/suiso_nenryo/pdf/018_01_00.pdf

化学工業におけるNet Zeroに向けた方向性（ETP2020）

- IEA/ETP2020によれば、SDSシナリオ実現に向けた対策として、CCUSが大きな割合を占め、次に水素、バイオ、電化、資源効率向上（3R等）が挙げられている。
- 全世界での化学品原料に占める水素（水電解水素と表記）は、2050年時点でも1割程度であり、**9割は化石燃料由来が残っている**（化石燃料由来は主にナフサ由来、一部ガスケミカルも含まれると考えられる。製油所由来は、石油精製時に取得できるBTXのことを指すと考えられる）。2070年で漸く2割程度に達する。

化学CO2削減対策の内訳推移

Figure 4.6 Global CO₂ emissions reductions in the chemical sector by mitigation strategy and current technology maturity category, 2019-70

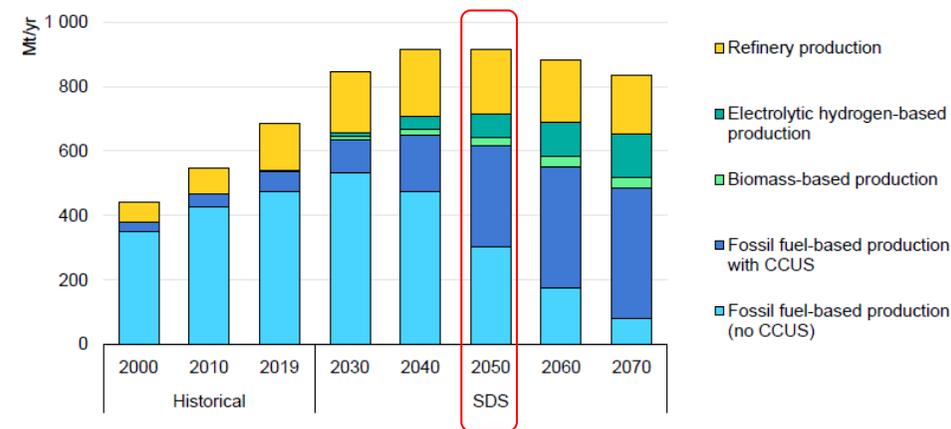


IEA|2020. All rights reserved.

Notes: STEPS = Stated Policies Scenario; SDS = Sustainable Development Scenario. CCUS = carbon capture, utilisation and storage. Electrification here includes only direct electrification, primarily via conventional technologies. See Box 2.6 in Chapter 2 for the definition of the maturity categories: large prototype, demonstration, early adoption and mature.

基礎化学品生産量の技術別内訳推移

Figure 4.7 Global primary chemicals production routes by energy feedstock in the Sustainable Development Scenario, 2000-70



IEA 2020. All rights reserved.

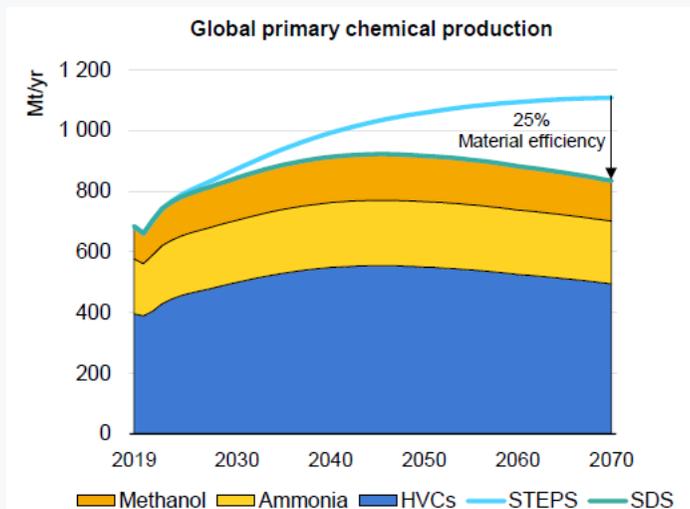
Notes: SDS = Sustainable Development Scenario. CCUS = carbon capture, utilisation and storage. Refinery production refers to quantities of high-value chemicals sourced from refinery operations.

技術別のオプション・TRL (ETP2020)

- 適用先となるプラントは、アンモニア、メタノール、及びHVC (High-Value Chemicals : エチレン、プロピレン、ベンゼン、トルエン、キシレン) の製造プラントで、3種類に大別できる。
- Net Zeroに向けた手法として、CCUSや再エネ水素は優先度もTRLも高い水準にある。直接電解は、新しいプロセスの開発が必要になるため、中程度の重要度はあるがTRLは高くない。

適用先プラント

適用先プラントは、アンモニア、メタノール、HVC



IEA, Energy Technology Perspective 2020 Figure 4.4

Net Zero に向けた方向性

CCUS

- 製造プラントで発生したCO₂を回収
- オンサイトで尿素やメタノール製造に用いることも可能

再エネ水素

- アンモニアやメタノールの原料に、再エネ電源による電解水素を利用
- CCUSと組合せることも可能

直接電化

- 現在化石燃料を用いて行われている蒸気分解プロセスなどを電化

バイオ由来

- バイオマス由来の化学製品製造
- リグニンなど未利用バイオマスからのHVC製造が望まれる

出所) IEA, Energy Technology Perspectives 2020 (閲覧日 : 2021年3月31日)

技術別のオプション・TRL (ETP2020)

- プラントで発生する二酸化炭素の回収・貯留は、ほぼ実用化レベル
- 回収したCO2は、尿素・メタノールの製造や、原油の増進回収法 (EOR) に用いられている。

技術	関連プラント	TRL	実用化の時期	重要度	事例
プラントで発生する二酸化炭素の回収・貯留					
化学的吸着	アンモニア	11	現在	極めて高い	Petronas Fertilizer (マレーシア、供用開始1999年) やIndian Farmers Fertilizer (インド、2006年、0.16 MtCO2/年) において、回収したCO2が尿素製造へ利用されている。
	メタノール	9	現在	極めて高い	Gulf Petrochemical Industries (バーレーン、2007年、0.16 MtCO2/年) において、回収したCO2が尿素及びメタノール製造へ利用されている。
	HVC	7	現在	極めて高い	Sinopec Zhongyuan Carbon Capture Utilization and Storage Pilot Project (中国、2015年、0.12 MtCO2/年) において、EORへ利用。
物理的吸着	アンモニア	9	現在	極めて高い	Coffeyville Resources (米国、2013年、0.7-0.8 MtCO2/年) において、EORへ利用。Nutrien Redwater (カナダ)、Wabash Calley Resources (米国)、Sinopec Qilu Petchem (中国) でもプラントが稼働予定。
	メタノール	8	現在	極めて高い	Xinjiang Dunhua (中国、2016年、0.1 MtCO2/年) において、EORへ利用。
		7	2023	極めて高い	Lake Charles Methanol (米国) が、EORに供するためのCO2の回収プラント (2020年着工予定) を計画。
	HVC	7	2025	極めて高い	Yangchang Petroleum (中国) が、EORに供するためのCO2回収プラント (0.36 MtCO2/年) を建設中

出所) IEA, Energy Technology Perspectives 2020 (閲覧日: 2021年3月31日)

技術別のオプション・TRL (ETP2020)

- プラントへの再エネ水素供給は、2025年頃に実用化見通し
- メタノール製造プラントでは、製造した水素のほか、別途回収したCO₂を組み合わせる事例もある。
- プラントプロセスの電化は、実用化に向けた開発課題が多い

技術	関連プラント	TRL	実用化の時期	重要度	事例
プラントへの再エネ水素供給					
再エネ電源からの電解水素製造	アンモニア	8	2025	極めて高い	豪州では、Arena及びYaraによる中規模（60-160 MW）の実証プロジェクトが計画されている。その他、複数のパイロットプラントに関する計画が進められている。大規模実証に向けては、チリ、ドイツ、モロッコ、英国、米国などがプロジェクトを計画している段階である。
	メタノール	7	2025	高い	George Olah（アイスランド、2011年、水素製造能力4 kt/年）はプラントのスケールアップを目指す。三井ケミカル（日本、2009年、0.1 kt/年）の事例もある。Carbon2Chem project（ドイツ、2018年）では、製鉄所で発生したCO ₂ と電解水素を用いたメタノール製造を実証している。
プラントプロセスの（再エネ電源による）電化					
メタン熱分解	メタノール	6	2025	中程度	電気を用いたメタンの熱分解により水素と固体炭素を製造するプロセスを、ドイツBASFのパイロットプラントを用いて研究している。2030年までに実規模にスケールアップすることを目指している。
蒸気分解	HVC	3	—	中程度	2019年に、石油会社6社がコンソーシアム（Cracker of the Future Consortium）を設立し、再エネ電源を用いたナフサやガスの蒸気分解プロセスを探索している。

出所) IEA, Energy Technology Perspectives 2020 (閲覧日: 2021年3月31日)

技術別のオプション・TRL (ETP2020)

- バイオ由来の製品製造は、実用段階のものもあるが、リグニン由来のものは開発段階

技術	関連プラント	TRL	実用化の時期	重要度	事例
バイオ由来の製品製造					
バイオマスのガス化	アンモニア	5	—	低い	バイオマスのガス化によるアンモニアの製造について、技術経済評価が行われたが、現時点では経済的に有効ではないことが示唆された (Brown, 2017)。
	メタノール	8	現在	低い	廃棄物からメタノールを製造する商用機が2016年にカナダで供用を開始した。オランダでもBioMCNがバイオメタノールの製造を行っている。スウェーデンでも商用化に向けた取り組みが進められている。
エタノール脱水	HVC	5-9	現在	中程度	バイオエタノールの製造は多くの国で行われている。大規模なものでは、Braskem (ブラジル、製造能力0.2 Mt/年) やIndia Glycols (インド、0.175 Mt/年) が挙げられる。 エチレンの製造プロセスもこれに類似しているが、リグノセルロースを原料とするものは実用化に至っていない (TRL5)。
リグニン由来のBTX	HVC	6	2030	中程度	オランダにおいて、パイロットスケールでのバイオBTX (ベンゼン、トルエン、キシレン) 製造事例がある。 ベルギーとドイツが共同で進めるALIGN projectにおいては、リグニンからBTXを製造するLigno Value (ベルギー、年間生産能力200 kg/年) が建設された。

出所) IEA, Energy Technology Perspectives 2020 (閲覧日 : 2021年3月31日)

【参考】技術別のオプション・TRL (ETP2020)

- ※その他の技術

技術	関連プラント	TRL	実用化の時期	重要度	事例
その他、原料の代替など					
メタノール由来のBTX	HVC	7	2030	低い	中国において、2013年に三つのパイロットスケールのプラントが供用を開始し、それ以降、実証プロジェクトが進められている。
触媒によるナフサのクラッキング	HVC	9	現在	低い	KBR（韓国、2017年、生産能力40 kt/年）が初の商用機を稼働させている。

出所) IEA, Energy Technology Perspectives 2020 (閲覧日 : 2021年3月31日)

(参考) カーボンリサイクル技術ロードマップ

- 本格的な水素・CO₂由来の化学プロセスが商用化されるまでの繋ぎとして、メタンを起点物質とした化学プロセスの導入が提唱されている（合成ガス以降のプロセスは転用可能）。

基幹物質

- メタンケミストリー等（水素の低コスト化が達成されるまでの間、CO₂の代わりにメタン（CH₄）を利用する。）

[CH₄→合成ガス①]

- 商業プロセスとして確立
- 部分酸化・ATR、ドライリフォーミング：反応の低温化、触媒探索・耐久性向上等の改善余地

[CH₄→その他]

- 高温状態で分離（水素とベンゼン等）
- メタノールの直接合成②、エチレンの直接合成等③は研究開発段階
- CO₂フリー水素が得られるメタン熱分解は研究開発段階（触媒開発、炭素の除去・利用技術）

[廃棄物→有用物質]

- 廃プラスチック等を利用したリサイクル技術の高度化（プラスチックの物理選別、不純物除去、耐ハロゲン触媒等）
- 工業化プロセスの確立

<その他課題>

- 熱マネジメント、設備コスト、低コスト酸素供給技術開発（電解時に併産される酸素利用等）

2030年のターゲット

<技術目標>

- CH₄→合成ガス反応温度600℃以下（触媒：8000時間程度の寿命）
- 600℃で使用可能な水素分離膜の開発

<コスト>

- 既存のエネルギー・製品と同等のコスト

<CO₂排出原単位>

- LCAで現行プロセス（原油由来）のCO₂排出原単位以下の実現

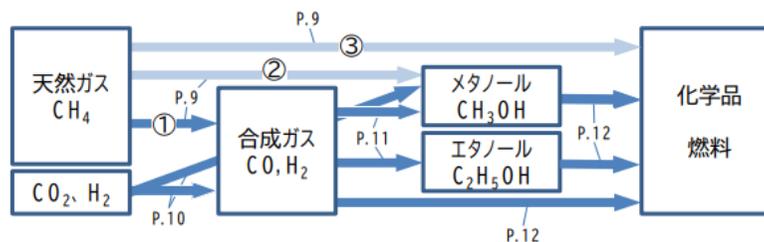
2050年以降のターゲット

<コスト>

- 原料がCO₂に置き換わり（スライド10,11）、既存のエネルギー・製品と同等のコスト

<CO₂排出原単位>

- さらなる削減



出所) 経済産業省他「カーボンリサイクル技術ロードマップ」(令和元年6月)

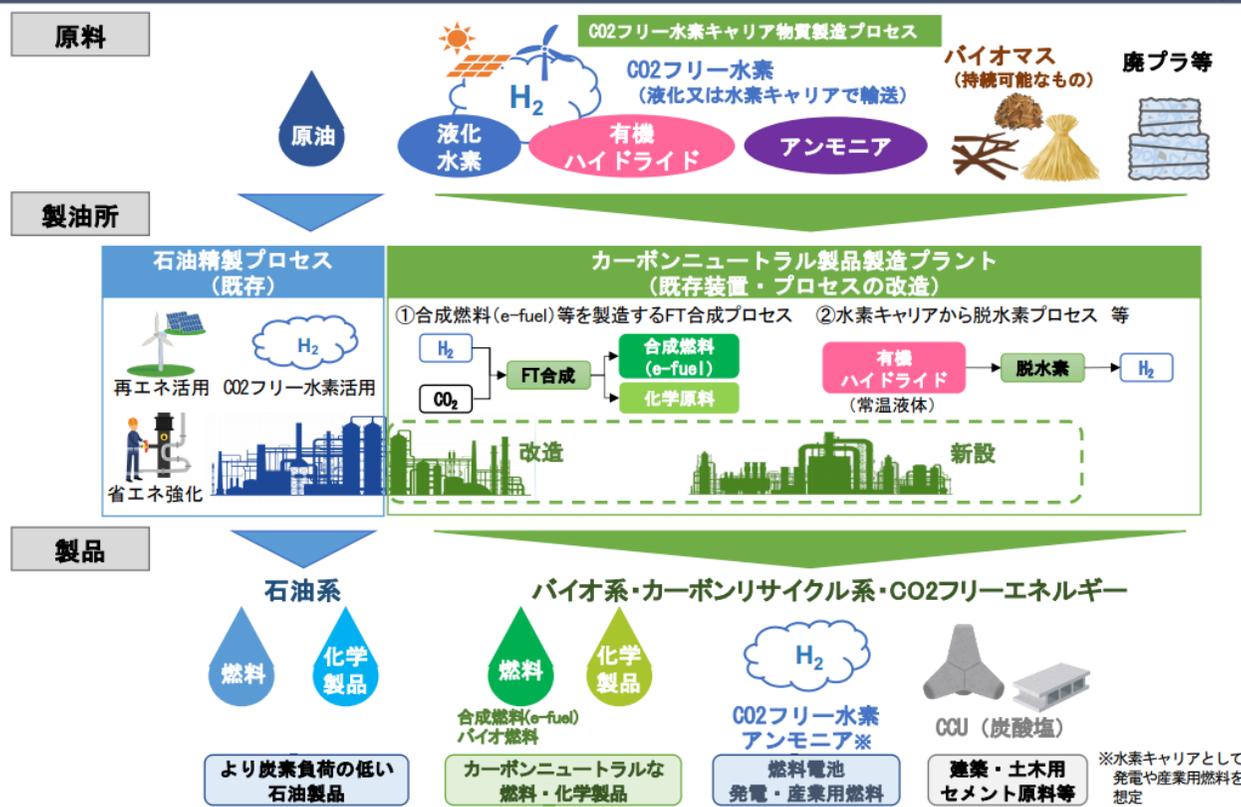
<https://www.meti.go.jp/press/2019/06/20190607002/20190607002-1.pdf>

石油精製業における水素利用に係る課題整理

石油精製業におけるカーボンニュートラルに向けた方向性

- 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」によれば、石油精製プロセスでは省エネ強化・CO₂フリー水素・再エネ活用を推進するとともに、既存装置・プロセスを活用したカーボンニュートラル製品製造プラントにて、合成燃料（e-fuel）等を製造するFT合成プロセスや、水素キャリアからの脱水素プロセスを推進している。

【参考1】カーボンニュートラルを実現する製油所の将来像

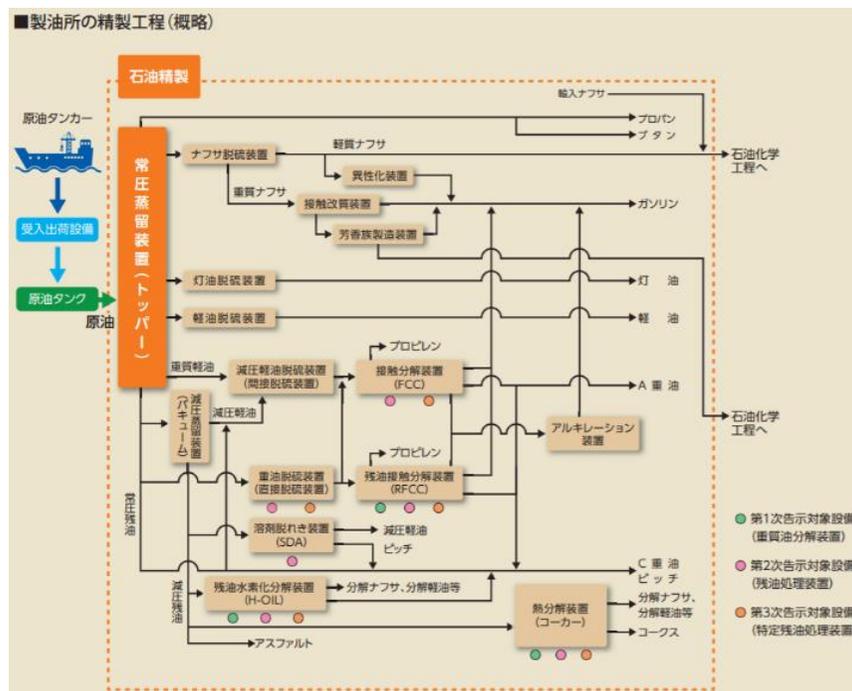


出所) 石油連盟「石油業界のカーボンニュートラルに向けたビジョン (目指す姿)」(2021年3月) (閲覧日: 2021年3月31日)

https://www.paj.gr.jp/from_chairman/20210319_02.pdf

水素利用ポテンシャルに影響する外部環境

- 今後、石油製品の需要減少および製品構成の変化は継続。
 - IMOによるSOx規制や電力市場改革により、C重油や高硫黄燃料は大幅減少。
 - 燃費向上および電動化によりガソリン需要は更に減少。他方で重量車の脱炭素化は長期的な取組が必要であり、短期的には一定の需要規模を維持する見込み。
 - 重質油分解（による軽油製造）、脱硫に伴う水素需要は（原油処理量に比して）相対的に増加することが考えられる。
- 今後、更なる製油所の再編が求められると考えられ、設備の高経年化も進行。したがって、設備更新等のタイミングでの外部水素導入を検討していくことが合理的と考えられる。



出所) 石油連盟「今日の石油産業2020」(2021年3月) (閲覧日: 2021年3月31日) https://www.paj.gr.jp/statis/data/data/2020_data.pdf

製油所における水素製造装置

- 我が国の製油所においては、炭化水素の水蒸気改質装置によって所内水素需要が賄われており、その規模としては概ね20,000～70,000Nm³/hrの規模。
- 原料については、天然ガス・オフガスからナフサまで利用可能とされており、石油製品需要のバランスの調整弁として活用されていると推察される。

製油所における水素製造設備一覧

会社	製油所・製造所	能力	
		千Nm ³ /d	Nm ³ /hr
出光	苫小牧	1,500	62,500
	千葉	1,380	57,500
	愛知	1,650	68,750
ENEOS	仙台	1,752	73,000
	根岸	1,529	63,708
	水島A	1,046	43,583
	水島A	480	20,000
	水島B	1,629	67,875
	麻里布	720	30,000
	大分	400	16,667
	横浜製造所	17	700
	知多製造所	480	20,000
	知多製造所	740	30,833
鹿島石油	鹿島	900	37,500
和歌山石油精製	海南	120	5,000

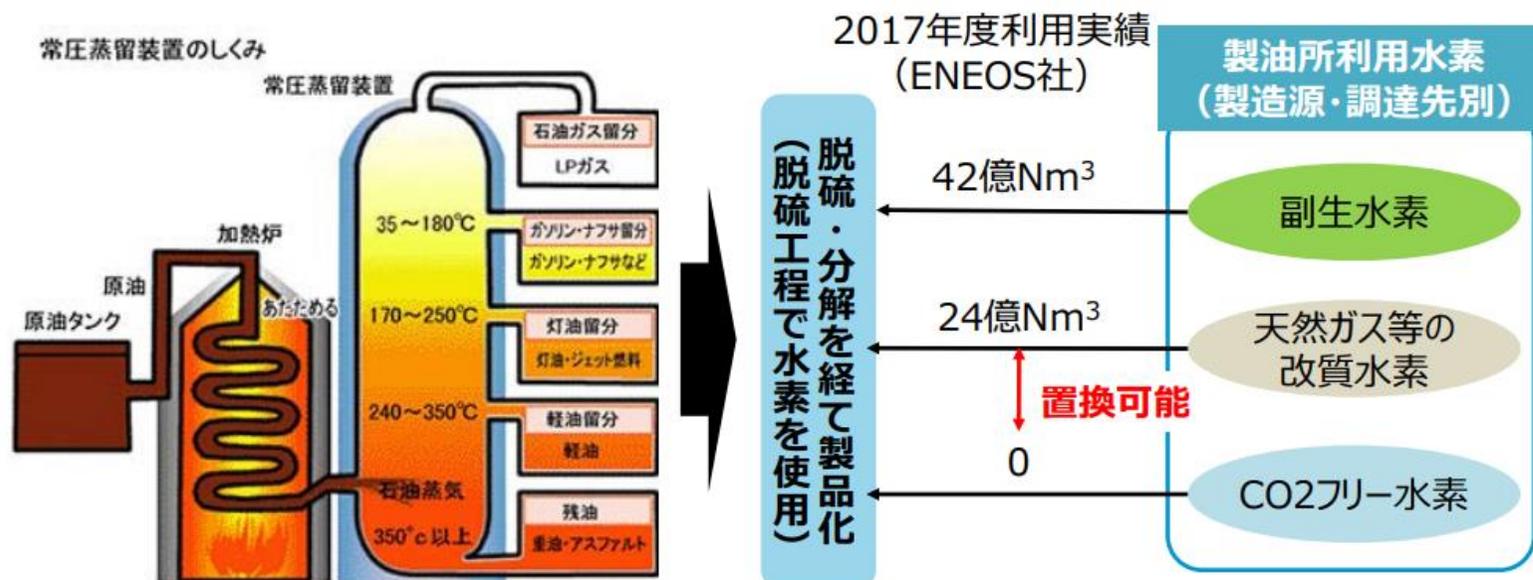
会社	製油所・製造所	能力	
		千Nm ³ /d	Nm ³ /hr
ENEOS	川崎	1,300	54,167
	堺	640	26,667
	和歌山	548	22,833
コスモ	千葉	648	27,000
	千葉	1,760	73,333
	四日市	320	13,333
	堺	350	14,583
	堺	1,200	50,000
富士石油	袖ヶ浦	978	40,750
東亜石油	川崎	930	38,750
昭和四日市	四日市	1,120	46,667
西部石油	山口	1,200	50,000
極東石油	千葉	850	35,417

出所) 石油学会「新版石油精製プロセス」、2014年を基にMRI作成

石油精製に係るパリティコスト

- 天然ガスあるいはオフガス改質による水素製造に相当し、20～25円/Nm³とされている。

- 石油精製では脱硫工程に水素を大量に活用しており、副生水素で賄いきれないものは、一部天然ガス等を改質して目的生産している。
- CO₂フリー水素で置換することで、製油所からの**CO₂排出量を1～2割程度削減**することが可能。2030年には、日本全国で**77億Nm³**のCO₂フリー水素への切り替え需要が存在すると見込む。
- ただし、目的生産される水素コストは**20～25円/Nm³**と安価であることがCO₂フリー水素普及に向けた課題。



出典：2018年12月 エネルギー・環境技術のポテンシャル実用化評価検討会 JXTGプレゼンテーション資料等より抜粋

出所) 経済産業省 第18回水素・燃料電池戦略協議会資料 (2020年11月27日)

https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/suiso_nenryo/pdf/018_01_00.pdf

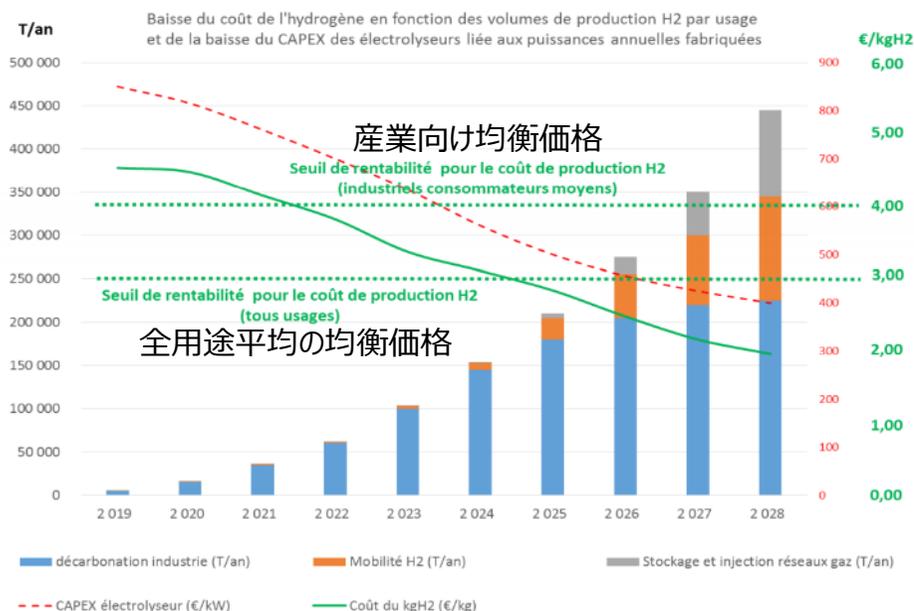
欧州における産業向け水素コストに係る記載（フランス）

- 2030年に向けた水素生産全体のコスト目標は、化石燃料起源水素と競合する11～17円/Nm³程度。※1
- 現在、天然ガス改質による水素コストは17～22円/Nm³程度であるが、今後炭素税に応じて上がる可能性がある。※1
- 電気分解によって生成される水素コストは、現時点では45円/Nm³であるが、2028年目標は、28～34円/Nm³程度となり、主要な水素消費企業が支払っている価格に匹敵する見込み。※2
- 産業用水素価格のうち、製油所においては現在17～28円/Nm³とされている。※2

※1 出所) AFHYPAC “Manifeste pour un Plan national hydrogène ambitieux_AFHYPAC_Juillet2020” (2020)

※2 出所) Ministère de la Transition écologique et solidaire “Plan_deploiement_hydrogene” (2018)

*1ユーロ125円、ガス密度0.0898kg/Nm³として換算

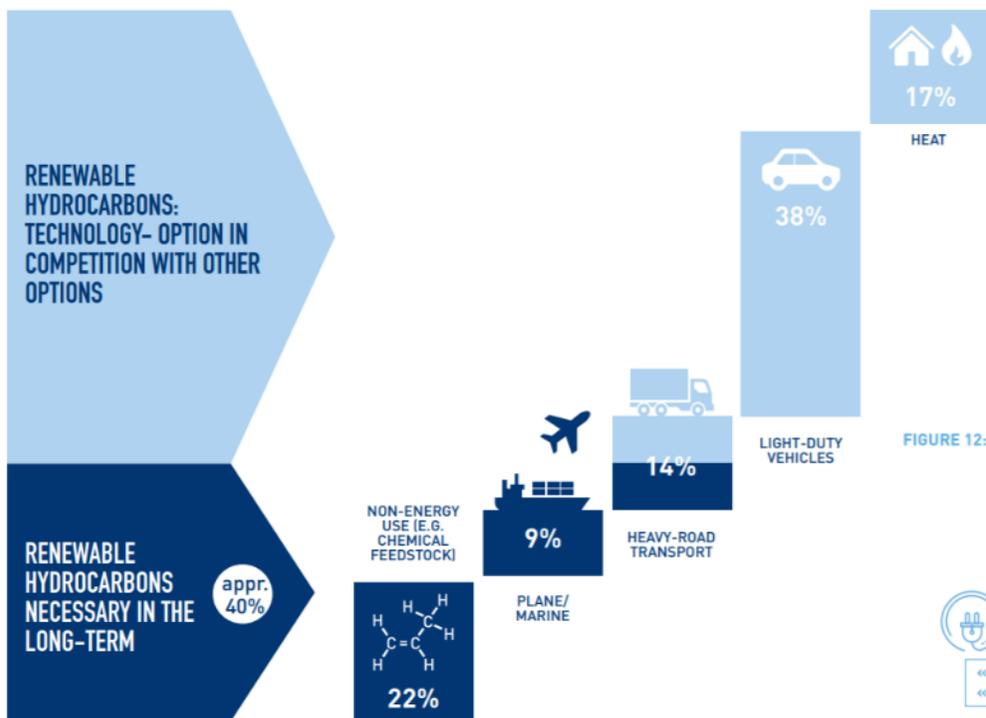


出所) 仏エコロジー・持続可能開発・エネルギー省, Plan hydrogène: un outil d'avenir pour la transition énergétiqueにMRI加筆 (閲覧日: 2021年3月29日)
https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/2018.06.01_dp_plan_deploiement_hydrogene_0.pdf

(参考) FuelsEurope Vision2050

- 重量車や航空船舶における炭化水素燃料の必要性を位置付けるとともに、LifeCycle評価の重要性を主張。
- 製油所の将来像を、廃棄物やバイオマスも含めて受け入れるEnergy Hubとして位置づけ。

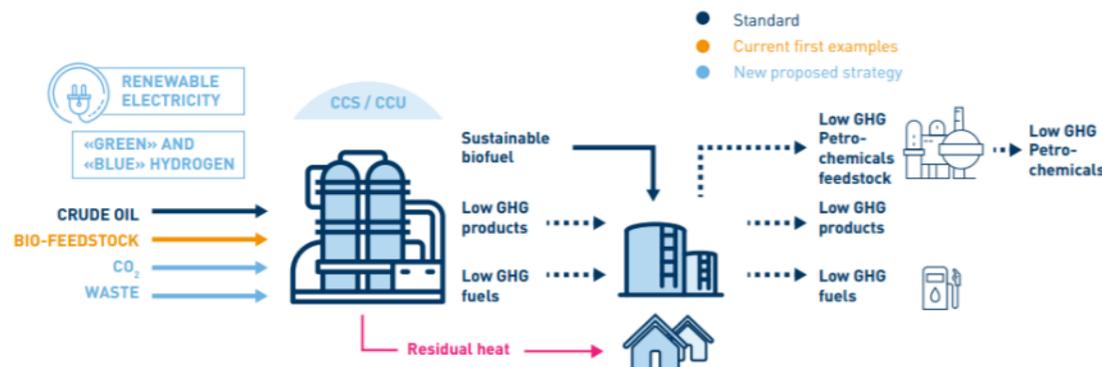
FIGURE 4: USE OF OIL PRODUCTS/HYDROCARBONS IN GERMANY 2016



Source: Prognos AG, Berlin.

出所) FuelsEurope “Vision2050” (閲覧日: 2020年8月4日)
https://www.fuelseurope.eu/wp-content/uploads/DEF_2018_V2050_Narratives_EN_digital.pdf

FIGURE 12: THE REFINERY AS AN ENERGY HUB WITHIN AN INDUSTRIAL CLUSTER



(2) 海外動向の調査・分析

- ① 海外動向まとめ
- ② 諸外国の水素関連政策取組
- ③ 諸外国の水素戦略策定動向
- ④ 水素発電・燃料電池に関する諸外国の動向
- ⑤ 燃料電池トラックに関する動向
- ⑥ 地域単位での社会実装に関する動向

① 海外動向まとめ

ドイツの動向 【モビリティ・水素ステーション動向】

要約：ドイツでは鉄道・トラックなどの大型のモビリティを中心に、着実にFCモビリティの技術開発と実証が推進されつつある。また同時に、燃料電池列車・バス向けの水素ステーションの建設が進められている。

- BMWはFCVの生産を発表。TRAINSは水素エンジン列車の走行試験を計画している。ハンブルグ市は燃料電池バスの導入を進める。Siemensは燃料電池鉄道車両システムの開発を計画している。
- Infraserb HöchstやCovalionにより各所で水素ステーションの建設事業が進められる。

モビリティについての詳細情報

BMWは、2020年からFCVを限定生産すると発表

BMW X5 SUVの燃料電池仕様「i Hydrogen NEXT」を2020年から限定生産を開始する。スタックはトヨタ自動車が生産する。欧州自動車メーカーは多くがEVに注力しているが、BMWは多角的な技術戦略をとるといふ。

出所) [BMW X5 SUV Will Have a Hydrogen Fuel-Cell Version in Production in 2022 - FuelCellsWorks](#) (2020年7月26日)

独鉄道技術アライアンス「TRAINS」は、水素エンジン列車の走行試験を計画

独連邦教育・研究省から1,220万ユーロの助成を得て、2021年から鉄道用ディーゼルエンジンを水素燃焼へと改造するプロジェクトを開始し、Dessau～Wörlitz間で水素エンジン列車を走行させる試験を行う。「TRAINS」はDessau鉄道技術協会とAnhalt応用科学大学を中心に50の企業・研究機関が協力しており、グリーン水素の製造など20以上のサブプロジェクトが実施される。

出所) [Anhalt's Hydrogen Train Is on the Right Track \(invest-in-saxony-anhalt.com\)](#) (2020年8月4日)

ハンブルグ市のバスオペレータHamburger Hochbahnは、2021～2025年の間に燃料電池バスとEVバスを合わせて50台購入するための入札を開始

Hamburger Hochbahnは2021年から燃料電池レンジエクステンダーEVバス「Mercedes eCitaro」のテスト運行を実施することになっている。2021～2025年の間に燃料電池バスとEVバス併せて530台の運行を行う計画が進められている。

出所) [Hochbahn to Purchase 50 Hydrogen Buses - FuelCellsWorks](#) (2020年8月6日)

MAN Truck & Busは、2023/2024年に長距離燃料電池トラックの実証運転試験を実施

MAN Truck & Busは、公共車両と物流車分野は電気自動車を選択されたという認識でEVバス・EVトラックの量産化を進めるが、補完技術として燃料電池と水素内燃エンジンを開発している。バイエルンのインフラ事業者と貨物輸送業者と協力し、長距離トラック輸送で燃料電池トラックの実証運転試験を実施する。

出所) [MAN presents Zero-Emission Roadmap \(mantruckandbus.com\)](#) (2020年10月19日)

水素ステーションの詳細情報

ヘッセン州のHochst工業団地で、燃料電池列車に水素を供給する水素ステーションが起工

ラインマイン運輸公社 (RMV)は2022年12月から27両のAlstom製燃料電池列車の旅客フリートを開始する。Hochst工業団地の運営会社で2006年から燃料電池自動車向けの水素ステーションの運営を始めたInfraserb Höchstが水素ステーションの建設と運営にあたる。

出所) [Starting signal for first hydrogen filling station for passenger trains in Hesse | Alstom](#) (2020年10月26日)

原子炉メーカーFramatomeは、ドイツのNRW州ビーレフェルトで実施される燃料電池バスの実証試験のための水素ステーションを建設する契約を締結

Framatomeの水素貯蔵・バッテリー部門である独Covalionが水素ステーションの設計や建設からメンテナンスまで担当する。ステーションは2021年12月に開所する予定である。

出所) [Framatome's Covalion to design and build hydrogen refueling station for moBiel](#) (2020年11月10日)

ドイツの動向【モビリティ、e-fuel動向】

要約：ドイツではモビリティ関連の動きが活発で、様々なモビリティへの水素導入事業が進められている。また、天然ガスパイプラインへの水素流入や、e-fuel関連のプロジェクトが立ち上がっている。

- バスやトラックのみならず、旅客機や内航船への燃料電池導入が検討・開発されている。
- 電力ガス協会は早期の天然ガスパイプラインへのグリーン水素流入を主張している。

モビリティについての詳細情報

H2FLY、燃料電池ハイブリッド旅客機「HY4」の試験飛行を実施

ドイツ航空宇宙センター（DLR）のスタートアップであるH2FLYが主導する4人乗りの燃料電池ハイブリッド旅客機「HY4」の試験飛行が2020年12月、Stuttgart飛行場で行われた。今後6ヶ月間、継続して飛行試験が行われる。連邦運輸・デジタルインフラストラクチャー省（BMVI）が合計1,730万ユーロを助成した。

出所 [The HY4 hydrogen passenger aircraft receives permit-to-fly - NOW GmbH \(now-gmbh.de\)](https://www.now-gmbh.de/en/news/the-hy4-hydrogen-passenger-aircraft-receives-permit-to-fly) (2020年12月11日)

Covestroと物流会社NPRC、ライン川の塩運搬に燃料電池内航船を導入

RH2INEイニシアチブの一環として、ライン川の輸送船団に燃料電池バージ船を導入する計画で、最初の2隻が2024年にもオランダとCovestroのライン川沿岸の3つの拠点間で運航される。Covestroは、独自開発した食塩電解で製造したグリーン水素を燃料電池バージ船の燃料として使用するフィジビリティスタディも実施する。

出所 [Covestro and NPRC plan to use hydrogen-powered barges](https://www.covestro.com/en/news/covestro-and-nprc-plan-to-use-hydrogen-powered-barges) (2021年2月4日)

ELO MobilityとFraunhofer IVI、水素使用量を大幅に削減できる燃料電池バスを開発

連邦交通デジタルインフラ省（BMVI）から助成を受け、次世代燃料電池バス開発プロジェクト「Go4City」プロジェクトを立ち上げた。このプロジェクトでは、燃料電池とバッテリーのインテリジェント電力分割システムやエネルギー制御システムの最適化などによる水素消費量の大幅な削減や、交換が可能で再使用も可能な燃料電池を使うことによる大幅なコスト削減を目指している。

出所 [2021-02-10-ELO Go4City Press Release 0001-2021-DE EN \(fraunhofer.de\)](https://www.fraunhofer.de/en/press-releases/2021-02-10-elo-go4city) (2021年2月11日)

パイプラインについての詳細情報

電力ガス業界、独政府のグリーン水素と天然ガスパイプラインの分離に反対を表明、より迅速なグリーン水素導入を支持

独政府が国家水素戦略に基づき、今後数十年かけて水電解水素の使用を拡大し、天然ガス改質によるグレー水素を段階的に廃止するアプローチに反対を表明した。グリーン水素と天然ガスパイプラインの分離ではなく、水素への迅速な移行を確実にするために、既存の天然パイプラインを経由して早期にグリーン水素を流すこと、グリーン水素を既存のインフラに早期に統合すべきであると主張している。

出所 [German Gas Lobby Wants More Rapid Switch to Green Hydrogen - FuelCellsWorks](https://www.fuelcellsworks.com/news/german-gas-lobby-wants-more-rapid-switch-to-green-hydrogen) (2021年2月11日)

独政府、水素ネットワークの規制に関するエネルギー法改正案を可決

ドイツ政府は、水素ネットワークの規制に関する新たな規定を含むエネルギー法改正案を可決した。既存の天然ガスパイプラインの水素パイプラインへの転用を段階的に促す狙いがある。

出所 [Hydrogen law and regulation in Germany | CMS Expert Guides](https://www.cms-expertguides.com/en/hydrogen-law-and-regulation-in-germany) (2021年2月18日)

e-fuelの詳細情報

Siemens EnergyとPorsche、チリ南部でe-fuel製造プラントを建設

チリ南部の風力発電の電力を利用して電解水素を製造し、世界で初めて産業規模でのe-fuel製造プラントを建設し、早ければ2022年に約13万Lのe-fuelを生産する。2026年までに年間約5億5,000万Lに生産を拡大する計画で、Porscheがe-fuelの主要顧客となる。Siemens Energyはドイツ国家水素戦略の一環として、連邦経済エネルギー省から800万ユーロの助成金を受ける。

出所 [Porsche Press releases: Siemens Energy and Porsche with partners advance climate-neutral e-fuel development - Porsche AG](https://www.porsche.com/press-releases/siemens-energy-and-porsche-with-partners-advance-climate-neutral-e-fuel-development) (2020年12月2日)

ドイツの動向 【CO2フリー水素・政策動向】

要約：北部の諸島部や国外でのCO2フリー水素製造PJが複数計画・稼働されている。また、各州・都市単位での水素ロードマップの策定が進められている。

- モロッコでCO2フリー水素・アンモニアの製造プラントの建設が計画されている。
- 北フリジア諸島、ヘルゴラント島で再エネを活用しCO2フリー水素を製造する。
- 6月10日に発表された国家水素エネルギー戦略を皮切りに、ベルリンとNRW州でロードマップが策定された。

CO2フリー水素についての詳細情報

Fraunhofer IGBは、モロッコでPtoXセクターを開発し、アフリカ初のグリーン水素製造プラントの建設を目指す

Fraunhofer IGBは、国家水素戦略の一環として国際的な研究開発協力を進めている。「グリーンアンモニア」プロジェクトではリン酸塩製造業者のOCP Group・GEPと共同で、1日4トンのアンモニアを製造する実証プラントの建設を進めている。
出所) [Fraunhofer research for German-Moroccan hydrogen initiative - Fraunhofer IGB](#) (2020年7月29日)

北フリジア諸島において、ドイツ最大の水素モビリティプロジェクト「eFarm」の一環としてグリーン水素の生産が開始

太陽光発電と風力発電の電力で5か所の水電解装置（各255kW）が稼働、製造された水素は水素ステーションを通じ燃料電池に供給される。製造過程で発生する熱は近隣のビルの暖房用として使われ、水電解装置の効率は95%に達する。このプロジェクトは2009年に設立されたGP JOULEによるものである。
出所) [GP JOULE commissions largest German hydrogen mobility project Federal Minister Andreas Scheuer inaugurates eFarm project \(gp-joule.eu\)](#) (2020年7月7日)

ドイツ北部の離島ヘルゴラント島では、2025年までに近隣の人工島に30MWの水電解槽を設置し洋上風力発電の電力で水素を製造

水電解槽を2030年までに5GW、2035年までに10GWまで拡大する計画で、洋上風力発電で製造した水素をヘルゴラント島に集約し、水素パイプラインをドイツ国内に延長して本土まで送る計画をしている。
出所) [Little German island goes big with plans for 10GW offshore wind to hydrogen hub | Recharge \(rechargenews.com\)](#) (2020年8月7日)

WESTKÜSTE 100 プロジェクトとして、30MW水電解プラントの建設へ連邦経済エネルギー省からの8,900万€が助成

このプロジェクトは、連邦経済エネルギー省からの8,900万€の助成のもと、ドイツ北部の洋上風力による電力で製造した水素を産業プロセス、飛行機、建物、暖房などに利用する計画であるというものである。ドイツで初の大規模水素製造であり、水電解プラントは700MWまで拡大される予定である。

出所) [Ørsted together with its partners secure funding for renewable hydrogen project WESTKÜSTE 100 in Germany \(orsted.com\)](#) (2020年8月3日)

政策動向の詳細情報

H2Berlin はNOWの支援を受け、「H2Berlinロードマップ」を発表

ベルリンがコスト効率の良い方法で気候中立へのエネルギー移行を行うためには2025年に9,000トンの水素を使用する必要があるが、現状では37トン程度。H2Berlinは、水素使用可能な業界として主に熱供給と輸送部門を特定し、具体的な対応を提言した。

出所) [A Hydrogen Roadmap for Berlin - FuelCellsWorks](#) (2020年9月27日)

ノルトライン・ヴェストファーレン州（NRW）は、11月に「NRW州水素ロードマップ」を発表

「in4Climate.NRW」イニシアティブの一環として、水素経済の発展を加速するため様々なプロジェクトを始めている。2025年までに州初の大規模水電解プラントが稼働を始め、100kmの水素パイプラインが完成し、400台の燃料電池トラックの運用が始まる。NRW州では40億ユーロの補助金により、13の水素プロジェクトを支援している。

出所) [Publications | IN4climate.NRW](#) (2020年11月9日)

フランスの動向 【モビリティ・政策動向】

要約：フランスでは様々なFCモビリティの実用化に向けた動きがみられるが、**航空機・船舶・潜水機等の海・空での利用に関する動きが目立つ**。また、**政府による水素産業への巨額の投資がなされている**。

- エアバスは水素を用いた航空機の商用化を行う。GenevosとOceansLabは船舶用燃料電池を開発。
- 2030年までに70億€（内20億€は経済復興策から）が水素産業に投資される。

モビリティについての詳細情報

燃料電池メーカーHELION HYDROGEN POWERは、海上物流大手のCMA CGMに、海上輸送用冷蔵コンテナでテストする燃料電池発電システムを納入

この協定は、マルセイユ・フォス港で開始されたFrenchSmart Port in Medプログラムの一部であり、HELION HYDROGEN POWERは、数時間または数日間の連続供給を可能にする冷蔵コンテナ専用の水素発電機を提供する。

出所) [CP HELION Hydrogen Power - Conteneurs frigorifiques de CMA CGM.pdf \(helion-hydrogen-power.com\)](#) (2020年7月24日)

欧州エアバスは、2035年までに水素を燃料とした航空機の商用化を目指すと発表

水素は従来ジェット燃料と同じエネルギーを出すのに1/3の重さで済むが、4倍のスペースを取る所以従来航空機とは大きく異なる設計が必要になる。エアバスは、ターボファン、プロペラ、機体と翼が一体化したモデルの3種類のコンセプト機「ZEROe」を発表した。3種類とも動力源としてガスタービンと液体水素を使用する。

出所) [Airbus reveals new zero-emission concept aircraft - Innovation - Airbus](#) (2020年9月21日)

GenevosとOceansLabは、船舶用燃料電池「Hydrogen Power Module」を開発

船舶のゼロエミッションを実現する目的で作られたplug-and-playソリューションで、現在8kWプロトタイプをテスト中。HPMシリーズは8~200kWの出力範囲で、大型商用船の補助システムへの電力供給などの複数アプリケーションで使われる予定。

出所) [OceansLab launches clean Hydrogen Power Modules for marine | OceansLab](#) (2020年10月2日)

政策動向の詳細情報

フランス政府はコロナ禍でダメージを受けた経済再生に1,000億€（約12兆円）を投資

内300億ユーロがグリーン投資に振り分けられ、そのうちの20億ユーロが今後2年間で水素産業に投資される。主な投資先は、自動車と航空機用CO2フリーソリューション研究開発、燃料電池、水素タンク、FCV用材料の開発、ブルー水素製造と水電解槽の開発などとされている。

出所) [French Economic Recovery Package to Include 7 Billion Euros for Hydrogen Industry - FuelCellsWorks](#) (2020年9月3日)

フランス政府は9月8日、国家水素戦略を発表した。2030年までに70億€を、このうち20億€を9月3日に発表した経済復興策から投資

2030年までに6.5GW(ギガワット)のクリーン水素製造設備の設置と600万トンのCO2排出量の削減を目指す。

国家水素戦略は、水電解によるクリーン水素製造セクターの創出と製造業の脱炭素化、クリーン水素を燃料とする大型モビリティの開発、水素エネルギー分野の研究・イノベーション・人材育成支援、の3つの柱からなる。

出所) [Download \(augure.com\)](#) (2020年9月8日)

フランス政府は、水素生産・輸送に関するプロジェクトへの入札を開始

ADEMEを通して、革新的な水素製造・輸送のためのコンポーネントやシステム開発、大規模電解システム、燃料電池物流車や燃料電池列車の開発を対象とするプロジェクトを公募する。2030年までに6.5GWの水素製造能力の導入目標を掲げている。

出所) [France opens tender for hydrogen projects \(renewablesnow.com\)](#) (2020年10月26日)

フランスの動向 【水素製造、水素セクター動向】

要約：フランスでは**国内外での水素製造の加速に向けた動き**がなされている。また、**国・民間による水素セクター全体への投資・多様な分野への水素導入の検討**が進められている。

- Air Liquideが韓国やカナダの水素製造事業に貢献するほか、HyDeal Ambitionプロジェクトが開始。
- 政府による水素セクターへの投資が決定した他、航空機・空港での水素利用への検討が進められている。

水素製造の詳細情報

Air Liquide E&C、韓国の斗山重工業の液体水素プラント建設に協力
韓国の斗山重工業（Doosan Heavy Industries）が韓国・昌原市に建設を計画している生産能力5トン/日の液体水素プラント建設を支援する契約を締結した。Air Liquide E&Cは水素液化装置のエンジニアリングと調達を行う。2023年初めに液体水素の生産が開始される予定である。

出所) [Air Liquide supports the development of a liquid hydrogen plant in South Korea | Air Liquide \(engineering-airliquide.com\)](https://www.airliquide.com/en/air-liquide-supports-the-development-of-a-liquid-hydrogen-plant-in-south-korea) (2020年12月15日)

TOTALとENGIE、TOTALのバイオ燃料生産工場に仏最大の再生可能水素プラントを建設

フランス南部のシャトーヌフ・レ・マルティエグにあるTOTALのラ・メードゥ バイオ燃料生産工場において、フランス最大の太陽光発電によるグリーン水素生産サイトを建設する「Masshyla プロジェクト」を共同で実施・運営する協定を結んだ。2022年に建設をはじめ、2024年に水素生産を開始する計画で、必要な財政支援と公的認可を申請している。5t/日のグリーン水素を製造し、バイオ燃料生産プロセスに供給する。

出所) [Total and Engie partner to develop France's largest site for the production of green hydrogen from 100% renewable electricity | Total.com](https://www.total.com/en/total-and-engie-partner-to-develop-france-s-largest-site-for-the-production-of-green-hydrogen-from-100-renewable-electricity) (2021年1月13日)

Air Liquide、カナダのベカンクール工場で20MW級PEM電解槽が稼働を開始

米Cummins（Hydrogenics事業部）の技術を搭載した世界最大の20MW級PEM電解槽の建設を完了し、稼働を開始した。1日あたり最大8.2トンの水素が生産できる。これによりベカンクール工場の水素生産能力は50%増加する。

出所) [Air Liquide inaugurates the world's largest low-carbon hydrogen membrane-based production unit in Canada | Air Liquide](https://www.airliquide.com/en/air-liquide-inaugurates-the-world-s-largest-low-carbon-hydrogen-membrane-based-production-unit-in-canada) (2021年1月28日)

HyDeal Ambitionプロジェクトが開始、2030年までに1.5ユーロ/kgでグリーン水素を製造する目標を掲示

欧州 30社のエネルギー企業グループによる「HyDeal Ambition」プロジェクトは、イベリア半島に2030年までに95GWの太陽光発電ファームと67GWの電解プラントを建設し、年間 360万トンのグリーン水素を、ガスネットワークを通して欧州全域のエネルギー、産業、モビリティ分野のユーザーに、化石燃料の価格で提供する。

出所) [Hydeal Ambition | McPhy](https://www.hydealambition.com/en) (2021年2月11日)

水素セクターの詳細情報

仏政府、国家水素委員会を設置し、2030年までに水素セクターに70億ユーロを投資

フランス政府は「France Relance」計画の一環として、国家水素委員会を設置し、2030年までに70億ユーロ（8,820億円）の投資を行うと発表した。政府は、水素セクターの創出を通して2050年までにカーボンニュートラルを達成する。

出所) [focus-on-hydrogen-eur-7-2-Billion-strategy-for-hydrogen-energy-in-france.pdf \(cliffordchance.com\)](https://www.cliffordchance.com/en/france-relance-hydrogen-strategy) (2021年1月28日)

Airbus等5企業、空港の水素ハブ化への関心表明を発表

航空輸送の脱炭素化を目指し、水素を導入することでパリ空港を水素ハブに転換する機会を探る。空港環境における水素の貯蔵・輸送・流通（貯蔵システム、航空機燃料）や、空港や航空分野での水素利用の多様化（地上牽引車両や機器、空港での鉄道輸送、空港ビルや航空機へのエネルギー供給）、水素を取り巻く循環型経済の構築（液体水素を燃料化した時の未利用水素の回収）に取り組む。

出所) [Call for expressions of interest for the hydrogen branch in airports - Company - Airbus](https://www.airbus.com/en/press-releases/2021/02/11/call-for-expressions-of-interest-for-the-hydrogen-branch-in-airports) (2021年2月11日)

イギリスの動向 【CO2フリー水素、政策動向】

要約：イギリスでは**風力発電を用いたCO2フリー水素製造に向けた動きが目立つ**。また、**州・地域単位での水素推進策・脱炭素化計画の策定が進められている**。

- 洋上でのCO2フリー水素製造プロジェクトが始動する他、港湾での水素ハブ建設の動きも見受けられる。
- スコットランド州・ウェールズ州は水素利用拡大に向けた目標を掲げた。

CO2フリー水素についての詳細情報

TechnipFMC、ノルウェーでグリーン水素洋上エネルギーシステム「Deep Purple」の建設を開始

Innovation Norwayから900万ユーロの助成を得て、ノルウェーで洋上風力発電とグリーン水素製造・貯蔵と組み合わせ、海水から水素を製造するグリーン水素洋上エネルギーシステム「Deep Purple」を建設するパイロットプロジェクトをコンソーシアムを組んで進める。コンソーシアムには水電解装置メーカーNEL（ノルウェー）らが参加し、大規模なオフショア商業利用に向けた準備を可能にしている。

出所) [TechnipFMC pilots green hydrogen offshore energy system | Deep Purple](https://www.technipfmc.com/en/press-releases/2021/01/technipfmc-pilots-green-hydrogen-offshore-energy-system-deep-purple) (energyprojectstechnology.com) (2021年1月7日)

Shearwater Energy、ハイブリッドエネルギープロジェクト開発に向けNuScale Powerと覚書を締結

北ウェールズで、風力発電と小型モジュール式炉（SMR）、水素製造を組み合わせたハイブリッドエネルギープロジェクトを開発している。3GWのゼロカーボン電力を供給するとともに、年間3,000トン以上のグリーン水素を生産できる。アングルシー島のウィルファ原子力発電所を候補地として挙げ、SMR技術を有するNuScale Powerと覚書を結び、協力体制を整えている。

出所) [Shearwater Energy developing SMR wind-hybrid energy project; selects NuScale Power - Green Car Congress](https://www.shearwaterenergy.com/newsroom/2021/01/18/shearwater-energy-developing-smr-wind-hybrid-energy-project-selects-nuscale-power-green-car-congress) (2021年1月18日)

Logan Energy、北ウェールズのHolyhead港で水素ハブを建設

Holyhead港は、英国で2番目に大きいroll-on roll-off港で、大型トラック運送業者が集まっており、CO2排出削減が求められる。大型トラックに水素を供給する施設として当初は400kg/日の水素供給を目標として、2023年頃の完成を目指している。この地域に豊富な再生可能エネルギー資源を利用してグリーン水素を製造する。

出所) [Logan Energy delivers first of its kind hydrogen project in North Wales - Logan Energy](https://www.loganenergy.com/newsroom/2021/01/18/logan-energy-delivers-first-of-its-kind-hydrogen-project-in-north-wales) (2021年2月18日)

政策動向の詳細情報

スコットランド政府、「Hydrogen Policy Statement」を発表

2045年までに25GWの電解容量を確保してネットゼロを実現するとした水素を重要な要素とする脱炭素化計画を示した。2045年には126TWhの水素を製造し、うち94TWhは輸出する。当面は2030年までに180万世帯の電力需要が賄える5GWの電解容量を設置するため、今後5年間で1億ポンドを投資する。

出所) [Scottish Government Hydrogen Policy Statement - gov.scot \(www.gov.scot\)](https://www.gov.scot/topics/hydrogen/hydrogen-policy-statement) (2020年12月21日)

英国6地域の工業地帯、英政府から800万ポンドの助成を受け、共同で脱炭素化計画を策定

West Midlands、Tees Valley、North West、Humber、Scotland、South Walesの6つ地域の工業地帯は地方自治体と共同で、低炭素エネルギーやCCSなどの新技術を利用して、2040年までに世界初のネット・ゼロ・エミッション工業地帯を実現することを目指している。そのプロジェクトの一環として、英政府から800万ポンドの助成を受け、脱炭素化計画を策定する。

出所) [Six projects seeking to cut industry carbon emissions get funding boost - The Icon](https://www.theicon.co.uk/news/six-projects-seeking-to-cut-industry-carbon-emissions-get-funding-boost) (2021年1月3日)

ウェールズ州政府、水素セクター推進のための10の主要目標を発表

ウェールズの様々なセクターにおいて、経済の活性化とCO2排出量の削減に対する水素の効果を調査し、その結果として、短期的な行動に焦点を合わせながら、中長期的な大規模プロジェクトに取り組むのが賢明であると示した。短期的な目標として、ウェールズに200台の燃料電池バスを配備することや、ウェールズを拠点とする燃料電池車メーカーの支援、燃料電池列車の配備、10MW以上の水素製造施設の設置、大規模水素製造施設の建設などを掲げている。

出所) [Developing the hydrogen energy sector in Wales | GOV.WALES](https://www.gov.wales/topics/energy/developing-the-hydrogen-energy-sector-in-wales) (2021年1月18日)

スペインの動向【CO2フリー水素動向】

要約：スペインではCO2フリー水素の製造計画が活発に進んでいる。民間企業の主導により、他産業の脱炭素化に利用される計画がなされている。

- SiemensやEndesaにより、風力発電を用いた水素製造技術開発・施設建設が進められる。
- 製造された水素はアンモニア生産や合成燃料、セラミック産業へと活用される。

CO2フリー水素についての詳細情報

IberdrolaとIngeteam、大規模水電解プラント建設会社Iberlyzerを設立

18億ユーロを投じて欧州最大の800MWのグリーン水素製造プロジェクトを計画している。2021年にプエルトリャノで100MWの太陽光発電、20MWhのリチウムイオン電池、20MWの電解槽で構成される欧州最大の工業用水素製造工場を建設、操業を開始する。製造された水素はFertiberia工場でアンモニア生産のために使用される。
出所) [Iberdrola and Ingeteam have created Iberlyzer, a company dedicated to the electrolyser plants > Ingeteam United Kingdom > Press Room](#) (2020年11月19日)

Repsol、2025年までに400MW、2030年までに1.2GW超のグリーン水素製造を計画

2025年までに55億ユーロを低炭素事業に投資する。グリーン水素の生産拡大を事業の柱のひとつと位置付け、合成燃料の原料から再生可能エネルギー貯蔵まで多岐にわたる用途で利用していく。グリーン水素の製造に、再生可能エネルギーによる水電解、バイオガスから水素を取り出す水蒸気改質によるバイオメタン、太陽光を使って水から水素を取り出す光電解の3つの技術を使う計画である。
出所) [Repsol's new Strategic Plan accelerates the energy transition](#) (2020年11月26日)

Siemens Gamesaと独Siemens Energy、洋上風力による直接水素製造技術を開発

洋上で直接水素を製造する技術開発プロジェクト「H2Mare」プロジェクトの一環として、洋上風力発電の電力を用いた水素製造のソリューション開発に投資をし、2026年頃までに本格的な洋上実証実験を行う。Siemens Gamesaは洋上風力タービンを直接電解システムに接続する技術を開発、Siemens Energyは過酷な海洋環境に適合して風力タービンと同期する新しい電解槽を開発する。

出所) [Siemens Gamesa and Siemens Energy to unlock a new era of offshore green hydrogen production](#) (2021年1月13日)

ACCIONA、水素バリューチェーンを検証、原産地を保証するプラットフォームを開発

リアルタイムでグリーン水素のバリューチェーン全体を検証し、原産地を保証する世界初のブロックチェーン技術に基づくプラットフォーム「GreenH2chain」を開発した。このツールにより、顧客はグリーン水素の輸送・配送プロセスを検証することや、消費者がグリーンエネルギーを利用することで削減できるCO2排出量を計算することも可能になる。
出所) [ACCIONA develops first platform to guarantee renewable origin of green hydrogen](#) (2020年2月2日)

Endesa、石炭火力発電所跡地に100MW電解装置と611MWの風力発電ファームを建設

スペイン国内で8件のグリーン水素開発プロジェクトに参加する意向で、合計315MWの水電解容量の設置と1.8GWの再生可能エネルギー容量の開発を目指している。投資総額は20億ユーロ。ガリシア地方のアス・ポンテスにある閉鎖が決まっている石炭火力発電所に100MWの電解装置と6か所の風力発電ファーム（総発電容量611MW）を建設する「As Pontes」プロジェクトでは1万トンの水素を製造する。
出所) [Endesa contempla el desarrollo en España de 23 proyectos de hidrógeno verde con una inversión de 2.900 millones de euros](#) (2021年2月1日)

ETRA等、バレンシア州セラミック産業のグリーン水素活用による脱炭素化を計画

スペイン、ドイツ、スイス、イタリア、ギリシャの40の組織からなる国際コンソーシアムは、欧州のセラミック産業にグリーン水素を導入する「ORANGE.BAT」イニシアチブを立ち上げた。スペイン東部のバレンシア州カステリオン近郊にあるセラミック産業クラスターに大規模なパイロットプラントを建設し、セラミック産業で使用される天然ガスをグリーン水素に置き替えることで、セラミック産業バリューチェーン全体の脱炭素化を目指す。

出所) [100MW Green Hydrogen Project to Decarbonise Value Chain of Major European Ceramic Cluster - FuelCellsWorks](#) (2021年2月4日)

オランダの動向 【モビリティ・港湾での水素利用】

要約：オランダでは列車やドローンなど、様々なFCモビリティの開発・実証が進められている。また、北海港やロッテルダム港をはじめとして、港湾・海運分野での水素利用に積極的である。

- フローニンゲン州では燃料電池列車の実証、デルフト工科大学では燃料電池ドローンの開発が行われている。
- 各港において、水素製造プラントやトラクターの稼働、水素の取引所が整備される動きがある。

モビリティについての詳細情報

フローニンゲン州は、2020年3月実施の燃料電池列車の走行実証結果を公表

燃料電池列車はオペレーターArriva、オランダの鉄道会社ProRail、エネルギー会社Engie、試験検査兼認証会社のDEKRAが提携して実施した。燃料電池列車は、ディーゼル列車の完全に代替手段になりえるという結論を出している。

出所 [Trial runs of Alstom's hydrogen train in the Netherlands deemed officially successful | Alstom](#) (2020年9月30日)

デルフト工科大学らは、海上でも利用可能な垂直離着陸ができる燃料電池ドローンを開発

オランダ海軍とオランダ沿岸警備隊と共同で開発が進められた。800Wの燃料電池スタックとバッテリー、30MPaの6.8リットルのカーボン複合水素タンクを搭載して飛行時間は3.5時間。重量は23kg、12個のモーターで駆動する。

出所 [TU Delft maritime hydrogen drone flies longer and greener](#) (2020年11月10日)

港湾での水素利用に関する詳細情報

VoltH2とNORTH SEA PORTは、グリーン水素製造プラントを建設することで合意

北海港地域にあるフリシンゲンの工業用地に生産能力3,600トン/年のグリーン水素を生産する25 MW電解プラントを建設する。投資額は3,500万€。このプラントは100 MWまで拡張が可能。VoltH2は港湾トラックへの水素供給のほか、天然ガスネットワークを通して近隣工場への水素供給を想定している。

出所 [VoltH2 signs cooperation agreement with North Sea Port for the development of a green hydrogen plant. - North Sea Port](#) (2020年8月28日)

港湾での水素利用に関する詳細情報

天然ガス配送会社Gasunieとロッテルダム港など4つの港湾当局は、水素の取引所の設立に向けた実用的なデザインのための予備調査を実施

ロッテルダム、アムステルダム、フローニンゲン、北海港の港湾当局は水素を配送するための水素インフラの整備などに取り組んでいるが、Gasunieはこれらすべての地点を結ぶ国家インフラ整備を計画している。天然ガスネットワークの水素輸送・流通への使用可能性を調査している。結果は2021年の第1四半期に発表される予定。

出所 [Hydrogen exchange offers opportunities for a hydrogen market | Port of Rotterdam](#) (2020年9月30日)

世界初の燃料電池ターミナルトラクター「YT203-H2」がロッテルダム港で稼働開始

燃料電池トラクターは、zepp.solutionsとTerberg Benschopが共同開発したもので、最近量産を開始したBEVターミナルトラクター「YT203-EV」をベースにしている。35MPaの水素タンク4本に、1日のオペレーションに十分な水素量の合計14.4kgの水素を搭載している。

出所 [Terberg starts intensive testing of hydrogen terminal tractor in the port of Rotterdam \(terbergspecialvehicles.com\)](#) (2020年10月28日)

バイオメタノール製造会社BioMCNは、ドイツの電力会社RWEからグリーン水素の供給を受ける契約を締結

RWEはオランダ北部のエームスハーヴェン港でのグリーン水素バリューチェーン構築の実現可能性調査を進めている。港の162MWの陸上風力発電ファームと接続され、風力の不安定な電力供給に対応できる50MWの電解槽を建設し、2024年頃にグリーン水素の供給を始める。BioMCNは水素を使用してグリーンメタノールを製造する。

出所 [RWE's innovative electrolysis project Eemshydrogen enters next phase \(group.rwe\)](#) (2020年10月28日)

欧州その他の動向 【CO2フリー水素・政策動向】(1/2)

要約：ノルウェー、イタリアでは**洋上風力発電による水素製造プロジェクト**が計画されている。また、ポルトガルとオランダでは**2国間でのグリーン水素輸出入**に関するアライアンスを形成している。

- ポルトガルとオランダでは、**グリーン水素アライアンス**を形成し、**水素の輸出入バリューチェーン**を開発
- ノルウェーでは**洋上風力電力でのアンモニア製造や工業地帯での水素利用等の産業利用**を計画

CO2フリー水素・政策についての詳細情報

スコットランド交通局、「鉄道サービス脱炭素化アクションプラン」を発表

スコットランド交通局は2035年までに脱炭素化を進める「鉄道サービス脱炭素化アクションプラン」(Rail Services Decarbonisation Action Plan)を発表した。鉄道の電化を進め、ディーゼル列車を電動列車や水素燃料電池列車で代替する。

出所) [Ambitious Scottish rail decarbonisation plans unveiled - New Civil Engineer](#) (2020年8月3日)

ポルトガルとオランダ、グリーン水素アライアンスを締結

ポルトガル政府とオランダ政府は、2国間でグリーン水素アライアンスを締結、ポルトガルで生産する再生可能エネルギー由来の水素の輸出入バリューチェーンを開発し、ポルトガルからオランダにグリーン水素を輸送する、国際的な水素市場の実現を目指す。

出所) [Portugal and the Netherlands strengthen bilateral cooperation on green hydrogen | Hydrogen \(hydrogeneurope.eu\)](#) (2020年9月24日)

伊Saipemなど、アドリア海で洋上風力によるグリーン水素製造プロジェクトを計画

イタリアのエンジニアリング会社Saipemは、再生可能エネルギー開発のAGNESとQINT'Xの2社と共同でラベンナ沖のアドリア海上に56基のフローティング式洋上風力発電機(総容量は450MW)を設置するプロジェクトを実施する。このプロジェクトにはMoss Maritimeが保有するフローティング洋上太陽光発電も含まれている。SaipemのXSIGHT部門では、洋上風力発電と洋上太陽光発電によるグリーン水素製造を統合するソリューションを開発している。

出所) [Saipem protagonist in offshore wind will develop a wind farm in Italy | Saipem](#) (2020年8月25日)

ノルウェーØrstedとYara、洋上風力発電の電力でアンモニア生産用水素製造を計画

ノルウェーの洋上風力開発のØrstedと肥料会社のYaraは、アンモニア生産に必要な水素の製造を化石燃料から再生可能エネルギー由来に転換する共同プロジェクトを発表した。プロジェクトは、年間75,000トンのグリーンアンモニアを製造するため、YaraのSluiskil工場に100MWの電解プラントを建設し、Ørstedの洋上風力発電所から供給される電力で水素を製造する。最終的な投資の決定は、2021年後半または2022年初頭に行われる。

出所) [Ørsted and Yara Seek to Develop Groundbreaking Green Hydrogen Project in the Netherlands - FuelCellsWorks](#) (2020年10月5日)

ノルウェーEquinorなど11社、英最大のCO2集約的な工業地帯で低炭素クラスター構築を提案

ノルウェーのエネルギー会社Equinorなど11社によるZCH Partnershipは、英政府のStrategy Challenge Fundから助成が得られるフェーズIIプロジェクトで、北イングランドのHumber工業地帯で、2040年までに世界初のネットゼロ産業クラスターを構築する官民出資で7,500万ポンド(約100億円)のプロジェクトの提案を行った。プロジェクトは二つ(1) H2H Saltend プロジェクトは、600MWの蒸気改質水素製造プラントを建設し、CCSと組み合わせる年間90万トンのCO2を削減。

(2) H2とCO2のパイプラインネットワークを構築し、H2H Saltendともリンクして、Humber工業地帯のほかの地域にも接続し、水素への代替やCO2回収・北海の地下へ貯留。2023年の最終的な投資判断を経て、2026年にも稼働が始まる。

出所) [Equinor and partners progress plan for zero carbon industrial cluster in the UK - equinor.com](#)
[Zero Carbon Humber Partnership submits £75 million bid to advance UK's first net zero industrial cluster | Zero Carbon Humber](#) (2020年10月7日)

欧州その他の動向 【CO2フリー水素、その他の動向】(2/2)

要約：イタリアではCO2フリー水素の多分野での利活用の動きが目立つ。オランダではガスインフラへの水素導入に向けた研究コンソーシアムがスタートした。

- ノルウェーではアンモニア燃料電池船のプロジェクトがスタートする。
- イタリアでは港湾の脱炭素化プロジェクトや産業利用に関する検討が開始される。

CO2フリー水素についての詳細情報

ノルウェーNel、スウェーデンEverfuelが建設中の水素製造プラントに20MW電解槽を納入

デンマークにあるShellフレデリシア製油所に隣接して建設中のグリーン水素製造施設に20MWのアルカリ型電解装置を納入する。2021年後半に納入を開始する。主に風力発電の電力で8t/日のグリーン水素を製造し、10トンの水素を貯蔵できる。製油所に供給する以外に水素ステーションやエンドユーザーに販売する。

出所) [Everfuel Signs Contract with Nel for Delivery of 20 MW Electrolyser - FuelCellsWorks](#) (2020年12月30日)

イタリア Tenaris、伊EdisonとSnam、鋼管生産プロセスで水素利用のプロジェクト開始

イタリアにあるTenarisのダルミネ工場において、シームレス鋼管の生産プロセスで使われている天然ガスの代わりにグリーン水素を使用する。ダルミネ工場に20MW電解槽を設置してシームレス鋼管の生産プロセスにグリーン水素を供給するほか、高圧水素貯蔵施設を建設、電解槽で発生する酸素を溶融工程で利用する。

出所) [Tenaris Edison and Snam join together in a project to trial steelmaking with green hydrogen in the Dalmine mill in Italy](#) (2021年1月11日)

Horizon 2020「ZEPHyRO」プロジェクト、伊チヴィタヴェッキア港でグリーンポートを実証

このプロジェクトは、チヴィタヴェッキア港を対象とし、グリーン水素を利用して港の脱炭素化を実証する。プロジェクト期間は2021年11月から5年間。Enelによる15MWの太陽光発電ファームの建設、水素生産・貯蔵プラントの建設、パイプラインによる港湾への輸送、燃料電池船・港湾トラック・フォークリフトへの水素供給などが実施される。

出所) [Adsp Tirreno Centro Settentrionale partecipa al bando "European Green Deal" con progetto "ZEPHyRO" da circa 25 mln - Ferpress : Ferpress](#) (2021年1月26日)

伊Hera、Yara Italia、Sapioの3社、肥料生産のためにグリーン水素製造を計画、FSを実施

2021年中にグリーン水素の製造、輸送、肥料生産への利用を目的とした技術的、経済的、規制面でのフィジビリティスタディを実施する。Heraの地熱や太陽熱による発電プラントで水電解で水素を製造し、近隣のYara Italiaの肥料工場に水素を供給する。最大500t/年のグリーン水素製造が可能なプラントの建設が予定されている。

出所) [Sustainable agriculture: Hera with Yara Italia and Sapio for green hydrogen \(gruppohera.it\)](#) (2021年2月4日)

その他の詳細情報

天然ガスネットワークに水素を安全に組み込む研究コンソーシアム「HyDelta」、正式にスタート

既存の天然ガス輸送・流通インフラに水素を安全に組み込むことを目的とした国家研究プログラム「HyDelta」が2021年1月、正式にスタートした。天然ガスネットワークに水素を混合する際の技術的調整、使用中の安全性、水素の計量、臭気と可視性、標準化、水素バリューチェーンの経済性などを研究、評価して指針をまとめる。

出所) [HyDelta versnelt onderzoek waterstoftoepassingen - HyDelta](#) (2021年1月20日)

ノルウェー 世界初のアンモニア燃料電池船プロジェクトである「ShipFC」プロジェクトがスタート

燃料電池・水素共同実施機構（FCH JU）から1,000万ユーロの助成を受けスタートする。ノルウェーのNCE Maritime CleanTechを中心に欧州14の企業が参加する。Eidesvikが保有・運用している外洋船Viking Energyに2MWのアンモニアを燃料とするSOFC燃料電池を搭載し大型船で高出力の長距離ゼロエミッション航海が可能であることを実証する。

出所) [Ammonia Fuel Cells for Deep-Sea Shipping – a Key Piece in the Zero-Emission Puzzle - FuelCellsWorks](#) (2020年12月29日)

アメリカの動向 【燃料電池車・CO2フリー・水素発電動向】

要約：燃料電池車の普及は米西部、とりわけカリフォルニア州が先行している。CO2フリー水素や水素発電については、水素の製造から貯蔵・発電までをシームレスに統合したパッケージが米国各地で提供されつつある。

- カリフォルニア州では、2035年までに州内のガソリン車新車販売を禁止すると発表された。
- グリーン水素製造施設の建設や水素発電の技術開発が官民連携のもと進められている。

燃料電池車についての詳細情報

カリフォルニア州は、2035年までにガソリン車の新車販売を禁止すると発表
 ギャビン・ニューサム知事は9月23日、カリフォルニア州内におけるガソリン車の新車販売を2035年までに禁止すると発表し、同年までに州内で販売する全ての新車（乗用車およびトラック）をゼロ・エミッション車両とすることを義務付ける知事令を発した。ガソリン車両の所持や中古車販売は対象外となる。

出所 [米カリフォルニア州、2035年までにガソリン車の新車販売を禁止と発表](#)（2020年10月2日）

米DOEは、燃料電池トラックと大規模な電解槽のR&Dを推進する二つのコンソーシアムを立ち上げ

立ち上げられたコンソーシアムは、Million Mile Fuel Cell Truck（Los Alamos, Lawrence Berkeley国立研究所など）とH2NEW（国立再生可能エネルギー研究所、Idaho国立研究所など）のコンソーシアム。DOEエネルギー効率・再生可能エネルギー局（EERE）が5年間で最大1億ドル（107億円）を投資する。

出所 [DOE launches two consortia to advance fuel cell truck and electrolyzer R&D](#)（2020年10月9日）

米西部で燃料電池商用車の普及を目指すアライアンスが立ち上げ

米国の西部13州で燃料電池トラック、バス、列車、船舶、航空機、オフロード機器を迅速に普及させるためのアライアンスWestern States Hydrogen Alliance (WSHA)が結成された。創設メンバーには、Plug Power、Ballard Power Systems、Hyundaiなど。

出所 [Fuel cell industry forges new alliance for rapid deployment of heavy-duty vehicle](#)（2020年10月15日）

CO2フリー水素・水素発電の詳細情報

三菱パワーは、グリーン水素の統合標準パッケージを世界で初めて発表・提供

三菱パワーが発表したパッケージは、再生可能エネルギー／エネルギー貯蔵／ガスタービンをシームレス統合したもの。ニューヨーク州、バージニア州、オハイオ州の三つのプロジェクトで採用されている。

出所 [Mitsubishi Power cuts through the complexity of decarbonization: offers the World's First green hydrogen standard packages for power balancing and energy storage](#)（2020年9月2日）

Plug Powerと風力発電・太陽光発電デベロッパーが、グリーン水素サプライチェーンの建設で提携

Plug Powerはクライアントに供給する水素を2024年までに50%以上グリーン水素にするという目的を掲げ、Apex Clean Energyの再生可能エネルギー施設とパイプラインを使用して水素ネットワークを建設すると発表した。

出所 [Plug Power and Apex Clean Energy to develop green hydrogen network using wind power](#)（2020年9月24日）

米オレゴン州の官民パートナーシップは、北米最大級のグリーン水素製造施設の建設で合意

合意したのは、電力会社EWEB、天然ガス販売会社NW Natural、ボンネビル環境財団など太平洋岸北西部の官民パートナーシップ。2～10MWの水電解施設を建設し、水力発電のほか、風力発電や太陽光発電の余剰電力を利用する計画。

出所 [Thursday Throwback Spotlight Story: Public-private partnership working toward renewable hydrogen facility in Eugene Oregon](#)（2020年11月12日）

アメリカ・カナダの動向 【燃料電池移動体、水素製造・輸送】

要約：アメリカ・カナダにおいては、燃料電池車・移動体の実用化などに向けて、継続的に水素関連インフラの数や規模の拡大が進められている。

- トヨタ、ホンダ、シェルがカリフォルニア州での水素供給インフラ拡張に向けてプロジェクトを遂行している。
- カナダでは20 MW級の水電解槽が稼働を開始した。

燃料電池車・移動体についての詳細情報

トヨタ、ホンダ、シェル3社、カリフォルニア州で水素燃料供給インフラを拡張
カリフォルニアエネルギー委員会（CEC）は、シェルに730万ドルの助成金を支給した。シェルは、カリフォルニア州の水素燃料供給インフラ支援の助成金を利用して、48か所のガソリンスタンドに水素燃料補給システムを設置する。また、シェルの水素ステーション2か所をアップグレードし、大型トラックステーションに燃料ディスプレイを追加する。

出所) [トヨタとホンダ、シェルと共同で水素燃料供給インフラを拡張](#) (2020年12月15日)

北米初の燃料電池フェリー、2021年中に海上試験を開始

北米の投資会社SWITCH Maritimeは、民間投資資金とカリフォルニア大気資源委員会（CARB）からの300万ドルの助成金を得て、北米初の商業用燃料電池ゼロエミッションフェリー「Sea Change」を建造中で、2021年中に海上試験を開始する。

出所) [Cummins Fuel Cells Powering North America's first commercial zero emissions ferry](#) (2021年2月10日)

Ballard、豪タンカー製造GEVと燃料電池圧縮水素運搬船の共同開発で合意

燃料電池圧縮水素運搬船「C-H2 Ship」を共同開発することで合意した。Ballardは燃料電池システム「FCwave」をベースに燃料電池システムの設計と「C-H2 Ship」への組み込み統合を支援する。デモ実証船では10MW、フルスケールでは26MWの推進力と2,000トンの圧縮水素を格納する容器が必要になる。Ballardの燃料電池システムは、船に格納される圧縮水素を燃料として使用する。

出所) [Ballard Signs MOU with Global Energy Ventures For Development of Fuel Cell-Powered Ship](#) (2021年2月3日)

水素の製造・輸送についての詳細情報

SoCalGas、天然ガス水素混合ガスから水素を分離する技術の実証試験を実施

米カリフォルニア州のガス会社Southern California Gas Coは天然ガス水素混合ガスから水素を分離・精製・圧縮できる電気化学式水素精製・圧縮（EHPC）技術のフィールドテストを実施する。EHPC技術は、天然ガスパイプラインを利用して水素を長距離輸送でき、どこにでも高圧縮水素を供給できる。

出所) [SoCalGas to test technology that could transform hydrogen distribution and enable rapid expansion of hydrogen fueling stations](#) (2020年12月17日)

Cumminsの20MW級PEM水電解槽、Air Liquideのカナダ工場稼働開始

米Cumminsがカナダケベック州にあるAir Liquideのベカンクール工場の水素製造施設に納入した20MWクラスのPEM電解槽が運転を開始した。水力発電の電力を使い、年間3,000トン以上の水素を生産することができる。

出所) [Cummins hydrogen technology powers the largest proton exchange membrane \(PEM\) electrolyzer in operation in the world](#) (2021年1月26日)

Southern Companyなど、天然ガスパイプラインへの水素混合を調査するプロジェクト開始

米Southern Companyは、15百万ドルを投じて天然ガスインフラへの水素混合の技術バリアと、水素を混合した際のライフサイクルエミッションを研究する新しいR&Dイニシアチブ「HyBlend」を開始した。この2年間のプロジェクトは米エネルギー省エネルギー効率化・再生可能エネルギー局が助成している。

出所) [Southern Company takes foundational leadership role in hydrogen R&D effort to achieve net zero-goals](#) (2021年2月12日)

アメリカ・カナダの動向 【政府の水素エネルギー政策、ほか】

要約：アメリカでは継続的に技術開発への助成が行われているほか、**カナダでは水素戦略が発表された**。また、業界における連携として、業界企業によるコンソーシアム設立の動きもみられた。

- カナダ政府は、低炭素燃料の生産・利用促進を軸とする水素戦略を発表した。
- カミンズ、ヒundai、シェル、トヨタなど11社が米国での水素開発推進に向けたコンソーシアムを設立した。

政府の水素エネルギー政策

DOE、革新的な水素・燃料電池の研究開発プロジェクトに3,300万ドルの資金提供

プロジェクトには、(1) M2FCTコンソーシアムとの連携による大型トラック用燃料電池の研究開発、(2) H2NEWコンソーシアムと連携した高温水電解による水素製造や廃棄物を利用したバイオプロセスの開発、(3) 高温用電解槽と関連部品の国内製造、などが提示された。

出所) [Energy department announces \\$33 million to advance hydrogen and fuel cell R&D and the H2@scale vision](#) (2020年12月10日)

DOE、化石燃料由来の水素製造産、輸送、貯蔵、利用技術開発に160百万ドルを助成

米国エネルギー省 (DOE) と化石エネルギー局 (FE) は、化石燃料由来の水素の生産、輸送、貯蔵、利用のための技術を開発するために、160百万ドルの連邦資金を提供する。

出所) [DOE announces \\$160 million for projects to improve fossil-based hydrogen production, transport, storage, and utilization](#) (2021年1月17日)

カナダ政府、水素戦略を発表

この戦略は、2050年までのCO2排出量ゼロへの道筋の鍵となる立て付けで発表された。連邦政府は水素を含む低炭素燃料の生産と利用を促進するための低炭素・ゼロエミッション燃料基金へ15億ドルを投資する。低炭素・ゼロエミッション水素は、2030年にカナダの年間温室効果ガス排出量を最大4,500万トン削減する可能性があり、2050年までにカナダで最大35万人の新規雇用を創出する可能性がある。

出所) [Hydrogen strategy for canada \(nrcan.gc.ca\)](#) (2020年12月16日)

その他の研究開発等における助成・連携

MITエネルギーイニシアチブのCCUSセンター、CO2を排出しない水素製造の研究プロジェクトに助成

CCUSセンターは、蒸気メタン改質 (SMR) の代わりにメタン熱分解を水素製造に利用することでCO2を排出しない水素製造技術の開発などの研究プロジェクトに、90万ドルを助成した。

出所) [A-new process for producing hydrogen without CO2 emissions](#) (2020年12月2日)

NASA、可逆的燃料電池開発Power to Hydrogenに340万ドルを助成

米NASAは、可逆的燃料電池技術 (Clean Energy Bridge) を開発しているスタートアップのPower to Hydrogenに対して、月面でのエネルギー貯蔵に有益な技術であるとして340万ドルの契約を結んだ。月面で14日間続く昼間に太陽光発電の余剰電力で水素を製造し、同じように14日間続く夜間に月面基地に電力を供給できる。

出所) [NASA taps central Ohio company to provide energy storage to the moon](#) (2020年12月1日)

米国で水素開発に向けたコンソーシアム設立

米国での水素開発を推進するために、11社の企業が提携しHydrogen Forwardを設立した。水素事業が経済面・環境面に対して有する価値・役割を強調し、技術開発や投資を促すことで水素バリューチェーンの全体の活性化に貢献する。

出所) ["Hydrogen Forward" Coalition formed to advance hydrogen in the U.S.](#) (2021年2月2日)

オーストラリアの動向 【CO2フリー水素、政策動向】(1/2)

要約：オーストラリアでは**大規模なCO2フリー水素製造プロジェクト**が始まっている。また、**政府・州政府の積極的な水素戦略検討・水素輸出に向けた動き**が目立つ。

- 各州政府が再生可能エネルギー由来の電力を用いた水素ハブの立ち上げを認可・発表している。
- 政府はシンガポール政府と低炭素排出技術開発で協力協定を結んでいる。

CO2フリー水素についての詳細情報

西オーストラリア州政府は、ピルバラ地区でグリーン水素を製造するAsian Renewable Energy Hubを建設ための環境認可を取得

再生可能エネルギーハブで15GWの再生可能エネルギー施設（太陽光発電5GW、風力発電10GW）を建設し、最終的には26GWまで拡大する。電力のうち3GWは地元の鉱山などで消費し、残りの大部分の電力はグリーン水素製造に利用される。

出所) [Western Australian renewables hub to expand to 26GW of solar and wind generation | PV Tech \(pv-tech.org\)](#) (2020年10月19日)

南オーストラリア州政府は、ポートボニーソン、ポートアデレード、ケープハーディ/ポートスペンサーに3つの水素ハブの立ち上げを発表

注文額は約水素ハブの1つだけで、南オーストラリアの太陽光発電所と風力発電所の現在の設備容量を少なくとも2倍にすることが可能。

出所) [South Australia Government Launches Three Hydrogen Hubs – FuelCellsWorks](#) (2020年10月29日)

豪鉄鉱石大手Fortescue Metals Groupは、豪タスマニア州ベルベイで年間25万トンのグリーンアンモニア製造能力を持つ250MWのグリーン水素製造プラントの建設を計画

このグリーン水素製造プラントには、オーストラリア連邦科学産業研究機構（CSIRO）と提携して開発したアンモニアから大規模な水素抽出が可能な世界初の膜技術が採用される。

出所) [Fortescue announces development study into green ammonia plant in Tasmania | Fortescue Metals Group Ltd \(fmg.com.au\)](#) (2020年11月17日)

政策動向についての詳細情報

オーストラリア政府とシンガポール政府は、低炭素排出技術開発で協力協定（MOU）を締結

その優先分野として、水素製造とCO2の回収・利用・貯蔵（CCS）が示されている。また、再生可能エネルギー貿易、排出量モニタリング、CO2排出量削減戦略についても協力していく。

出所) [Australia and Singapore to work together to accelerate low emissions technologies | Ministers for the Department of Industry, Science, Energy and Resources](#) (2020年10月26日)

南豪州政府は、H2Uの水素プロジェクトに37百万ドルを投資し、輸出施設を整備することを発表

H2Uが「Eyre Peninsula Gateway水素プロジェクト」で240百万ドルを投じてワイアラ市に建設中の75MW水電解設備とアンモニア製造プラント（年間生産能力4万トン）の一部となる、グリーン水素とアンモニアの輸出インフラ整備（Port Bonython棧橋の改修）に37百万ドルを投資する。

出所) [BKK, Equinor and Air Liquide to Develop a Liquid Hydrogen Supply Chain for Ships](#) (2019年12月18日)

デンマークのGreenLabは世界初のグリーン水素とメタノールの製造のための大規模施設を建設する。製造は2022年にGreenLabで開始

10MWのメタノールプラント及び12MWの電解工場を建設し、80MWの風力発電や太陽光発電からの電力を用いて、P2Xを行う。

出所) [Cash boost for big South Australian green ammonia project \(theleadsouthaustralia.com.au\)](#) (2020年11月5日)

オーストラリアの動向 【CO2フリー水素・政策動向】(2/2)

要約：オーストラリアではCO2フリー水素の利活用・海外輸出に向けた動きが目立つ。また、政府により低排出者の普及促進の動きが強められている。

- 西豪州で製造したCO2フリー水素の海外輸出や、天然ガスネットワークへの注入が計画されている。
- 東海岸で4つの水素ハブ開発が計画され、水素燃料の販売や海外輸出が検討されている。

CO2フリー水素・政策についての詳細情報

GEVとPacific Hydro、西豪州で製造するグリーン水素の海外輸出で協業

豪LNGタンカー製造Global Energy Ventures (GEV) と中国電力投資集团公司 (SPIC) の子会社 Pacific Hydro Australia Developments (Pacific Hydro) は、Pacific Hydro が西オーストラリア州のアーガイル湖近郊に位置する30MWのグリーン水素製造プロジェクト「Ord Hydrogen」で生産された水素の輸出市場と海上輸送ソリューション開発で協力する契約 (MOU) を結んだ。「Ord Hydrogen」プロジェクトは、オーストラリア北部のふたつの港に近く、アジア市場へグリーン水素を輸出する可能性がある。両社は、GEVが開発している圧縮水素運搬船 (C-H2) とサプライチェーンを活用し、グリーン水素の輸出と、関連する海上輸送ソリューション開発で協力する。

出所) [mou-with-pacific-hydro-for-export-of-green-hydrogen.pdf \(gev.com\)](#) (2021年1月20日)

Pure Hydrogen CorporationとLibertyHydrogen、豪東海岸で4つの水素ハブを共同開発

豪石油・天然ガスなどの資源開発Real Energy Corporationの水素事業部門であるPure Hydrogen Corporationと水素プロジェクト開発会社LibertyHydrogenは、オーストラリア東海岸で4つの水素ハブを開発する合弁会社を設立する。それぞれの水素ハブにパイロットプラントを設置し、当初は地元で水素燃料を販売する。市場が拡大すれば、輸出も含めて生産を拡大する。

出所) [Pure Hydrogen Signs JV with Liberty Hydrogen to Develop Four Major Hydrogen Hubs on Australia's East Coast - FuelCellsWorks](#) (2021年2月4日)

AGN、ビクトリア州と西オーストラリア州で天然ガスネットワークに水素注入Pjを計画

豪ガス販売会社Australian Gas Networks (AGN)は、Hydrogen Park South Australiaで製造したグリーン水素をビクトリア州と西オーストラリア州の既存の天然ガスネットワークに注入する2つの再生可能水素プロジェクトを計画している。一つ目のプロジェクトでは、仏Engieと提携してビクトリア州マレーバレーで10MWの再生可能水素プロジェクト「HyP Murray Valley」を実施する。排水処理場に10MWの電解槽を設置して4トン/日の水素を製造し、約4万軒の家庭や商業・産業施設に10%水素混合ガスを供給する。また、エネルギーグループATCOと提携して西オーストラリア州北西部の海岸線で再生可能水素プロジェクト「CEIP」を開発する。10MWの電解槽で4トン/日の再生可能水素を製造する計画である。

出所) [Australian Gas Infrastructure Group \(AGIG\) Partners on Two Renewable Hydrogen Projects - FuelCellsWorks](#) (2021年2月9日)

豪政府の未来燃料戦略、低排出車の普及を促進

オーストラリア連邦政府は、ハイブリッド車や電気自動車、水素やバイオ燃料を利用する燃料電池自動車などの低排出車に関する政府の方針となる「未来燃料戦略 (Future Fuels Strategy)」のディスカッション・ペーパーを公表した。連邦政府は、EVやFCVの活用促進を重点政策の1つに定めており、今回の戦略はその一環となる。この戦略では、低排出技術の利用・展開を促進し、消費者により多くの選択肢を提供するため、5つの優先分野として、EVやFCVの充電・充填インフラの整備、商用車での低排出技術の利用促進、低排出車に関する情報へのアクセス改善、EV充電需要を踏まえた電力網の管理、国内での製造やイノベーションの支援を掲げている。

出所) [政府の未来燃料戦略、低排出車の普及を促進\(オーストラリア\)|ビジネス短信 - ジェトロ \(jetro.go.jp\)](#) (2021年2月12日)

中国の動向 【地方・中央政府の水素エネルギー政策】(1/2)

要約： 地方政府主導での水素エネルギー計画策定が目立つ。中央政府は、燃料電池自動車のモデル都市選定の意向を表明しており、重慶などが申請を予定している。

- 北京市、山東省、広東省、四川省では水素エネルギー又は燃料電池自動車に関する計画が策定された。
- 中央政府は燃料電池自動車のモデル都市選定を表明した。

中央政府の水素エネルギー政策の詳細情報

中央政府は、燃料電池自動車のモデル都市選定と中大型商用車の産業化に関する政府の考えを表明

モデル都市を都市群で実施することについて、「全国の産業チェーン上の優れた企業が連結役となり、これら企業の所在都市が連合でモデル都市に申請する。都市ごとに明確に役割分担し、産業サプライチェーンの各段階で協力し合い、都市連合としてモデル都市に申請することを支持する」との見解が示された。

出所) [中国語政府、FCVのモデル都市選定と中大型商用車の産業化を指示](#) (2020年9月11日)

CO2フリー水素の詳細情報

内モンゴル自治区に5GWの太陽光発電-蓄電-水素複合施設を建設するプロジェクトの枠組みが決定

国営企業の国家能源投資集団は、この計画に220億元を投じる。この施設は、国家电网が226億元を投じて建設を進めている1,600kmの超高压送電線に接続され、中国東部地区に送られる。

出所) [Chinese PV Industry Brief: Inner Mongolia set for 5 GW solar-storage-hydrogen complex](#) (2020年10月13日)

地方政府の水素エネルギー政策についての詳細情報

山東省済南市は、「済南市水素エネルギー産業発展行動計画（2020～2022）」を発表

同計画は、(1) 2022年までに3つ以上の研究開発プラットフォームを構築する、(2) 2022年までに6カ所の水素ステーション建設、600台の燃料電池車両（バス、トラック、衛生車両）導入、(3) 水素エネルギー産業クラスターを育成し、100億元の生産額を達成する、などを骨子とする。

出所) [China: Jinan release three-year hydrogen energy development action plan](#) (2020年8月25日)

四川省は、「四川省水素エネルギー産業発展計画（2021～2025）」を発表

2025年までに燃料電池車を6,000台普及させる目標を掲げた。水素供給ステーションも60基設置する。成都から重慶に至る一帯を水素産業の中心的发展軸と位置付けた。

出所) [四川省、水素エネルギー産業発展計画を発表、成都～重慶間を發展軸に](#) (2020年9月28日)

北京市経済情報局は、「燃料電池車産業の発展計画（2020～2025）」を発表

2023年までに3,000台、2025年までに1万台を超える燃料電池車（FCV）を普及させるという目標を示している。FCV産業チェーン全体で2023年は85億元（1,275億円）、2025年で240億元（3,600億円）に生産額をめざす。2025年に世界的に影響のあるFCV関連企業を5～10社立ち上げるとしている。

出所) [Beijing releases hydrogen fuel cell vehicle industry plan will try to promote more than 10000 vehicles by 2025](#) (2020年9月8日)

広東省發展改革委員会など7部門は、「広東省水素燃料電池自動車産業發展実施計画」を発表

①水素燃料電池自動車産業の育成、②水素燃料電池技術研究開発の支援、③水素燃料電池自動車の大規模な応用と普及、④水素ステーションの計画・建設推進、⑤多様なルートによる水素供給増、⑥裾野産業の發展への注力、以上の6方面から措置を講じる。

出所) [広東省、22年に水素燃料電池乗用車第1陣のモデル運営を開始](#) (2020年11月19日)

中国の動向 【地方・中央政府の水素エネルギー政策】(2/2)

要約： 地方政府主導での水素エネルギー計画策定が目立つ。地方政府主導での水素戦略立案や、実証事業への投資が行われている。

- 青島市、泰安市で水素エネルギー計画が発表された。
- 佛山市では燃料電池、広東省では燃料電池ダンプカーを大規模に導入する実証が開始される。

地方政府の水素エネルギー政策についての詳細情報

青島市、水素エネルギー産業発展計画を発表

青島市は、今後10年間の発展目標を設定した。短期では、水素エネルギー産業発展の基礎を固め、燃料電池自動車、水素エネルギー港などの応用モデルプロジェクトを構築する。

出所) [青島市、水素エネルギー産業発展計画を発表](#) (2020年12月18日)

広東省、2022年末までに300か所の水素ステーション建設を計画

新エネルギー自動車産業の競争力を強化するため、広東省-香港-マカオ広域エリアに燃料電池自動車推進実証都市を建設する計画の一環として、政府補助金を活用して、2022年末までに300か所の水素ステーションを建設する計画で、広東省での燃料電池大型トラックや燃料電池港湾車両の使用を促進する。

出所) [Guangdong taking lead in clean energy](#) (2021年1月8日)

泰安市、水素エネルギー産業計画を発表

2023年までに水素ステーションを1か所建設し、10台の燃料電池車による実証運転を実施、2030年までに水素ステーションを合計7か所建設し、燃料電池車の規模を1,500台まで拡大するとした。

出所) [City of Taian wants 7 hydrogen refueling stations, 1500 hydrogen vehicles by 2030](#) (2021年1月12日)

佛山市、80億元を投じて燃料電池コージェネを実用化

佛山市南海区政府は、中日韓スマートエネルギー産業基地プロジェクトを推進する。総投資額は80億元で、中国初の「水素1万世帯スマートエネルギー実証コミュニティ」を構築する。

出所) [China's First "Hydrogen energy into ten thousand homes" Demo community to be in Nanhai District, Foshan](#) (2021年2月6日)

広東省広州市、水素燃料電池ダンプカー500台が運用開始

中国広東省広州市黄埔区で21日、2021年第1四半期の重要事業集中契約・起工式の一環として、500台の水素燃料電池ダンプカーの運用発表式が行われた。これらのダンプカーの水素充填時間はわずか8分から15分で、1回の充填で400km以上走行することができる。同省の水素燃料自動車運用モデルエリアに指定された同区はここ数年、水素エネルギーの全産業チェーンにわたる布石を加速させ、水素エネルギー産業クラスターを構築してきた。

出所) [広東省広州市、水素燃料電池ダンプカー500台が運用開始](#) (2021年2月23日)

中央政府の水素エネルギー政策の詳細情報

中国に輸入される燃料電池関連部品の関税を引き下げ

中国は燃料電池技術の発展を促進するため、2021年から中国に輸入される燃料電池関連部品の関税を引き下げる。輸入される燃料電池コンプレッサーの関税は7%から5%に、水素循環ポンプは7%から2%に、電極シートは10%から5%に、それぞれ引き下げられる。

出所) [China to lower tariffs on imported fuel cell products](#) (2021年1月1日)

財政省、新エネルギー車補助金を2021年に20%削減

自動車業界での過剰生産能力を防ぐため、自動車関連の新規投資や生産工場への規制を強化するといったほか、さらなる業界再編を促進し、より包括的なサプライチェーンを構築するための措置を講じる方針も示した。

出所) [中国、新エネルギー車補助金を2021年に20%削減](#) (2021年1月4日)

韓国の動向 【燃料電池発電所・燃料電池車・政府の政策等】

要約：韓国では現代自動車によるFCV事業や、斗山燃料電池による発電所竣工など民間企業の動きが盛ん。また、政府では予算増額や国際協力により水素関連経済の活性化を目指す。

- 現代自動車では、FCV販売台数が累計1万台を突破した。
- 政府は、2021年度の水素関連投資を8,000億ウォン（約740億）とすると発表した。

燃料電池発電所についての詳細情報

斗山燃料電池は、副生水素燃料電池発電所を竣工

石油化学コンビナートの化学プロセスで得られる副生水素を用いて電気と熱を生み出す大山水素燃料電池発電所の開所式が行われた。この発電所にはDoosan Fuel Cell（斗山燃料電池）が水素燃料電池114基を提供し、世界最大の燃料電池発電所となる。

出所) 斗山フューエルセル、世界初・最大の副生水素発電所に「独自開発の燃料電池」供給（2020年7月30日）

燃料電池車等についての詳細情報

韓国内の現代自動車の燃料電池車販売台数が、累計1万台を突破

韓国の現代自動車のFCV「Nexo」の国内販売が、2018年3月の発売以来1万台を突破した。2018年が727台、2019年が4,194台、2020年（9月末現在）が5,079台。海外輸出は、累計1,841台であった。

出所) Hyundai Motor Company's hydrogen fuel cell electric Nexo surpasses 10000 in domestic sales（2020年10月29日）

斗山燃料電池は、シンガポール海運会社と船用SOFCを開発する契約を締結

韓国のDoosan Fuel Cell（斗山燃料電池）は、シンガポールの海運会社 Navig8と5万トンのタンカーの推進と発電に使う船用SOFC燃料電池を開発する契約（MOU）を結んだ。Doosan Fuel Cellは724億ウォンを投じてSOFC工場を建設する計画で、2024年から量産を始める。

出所) Doosan and Navig8 to develop fuel cells for ships（2020年11月10日）

政府の政策等についての詳細情報

韓国首相は、2021年度に水素関連で8,000億ウォン（約740億円）を投資すると発表

世均（チョン・セギョン）首相は2020年10月15日開催の第2回水素経済委員会で、韓国を水素経済大国にするため約8,000億ウォン（約740億円）を投資する方針を明らかにした。水素モビリティや水素インフラ、水素技術開発、水素モデル都市の構築などを支援する。

出所) Korea Prime Minister Jeong Sye-Gyun to leap forward as a pioneer in hydrogen economy through the green new deal（2020年10月15日）

韓国政府は、ロシアの天然資源を利用した水素製造など水素産業で両国の関係を強化することを発表

ロシアに豊富に存在する天然資源を移用して経済的に水素を製造するなど、水素産業で両国の関係を強化する。ロシアは、韓国の企業や研究機関に、水素製造、輸送、供給インフラ技術の分野で、ロシアの生産プロジェクトへの参加を要請した。

現代自動車などはモスクワで始まる燃料電池車のレンタルサービス事業に参加する。

出所) South Korea and Russian want to cooperate on hydrogen（2020年10月29日）

文大統領は、2025年までにEVや燃料電池自動車に20兆ウォンを投資する予定だと発表

文大統領は、10月30日、現代自動車の蔚山工場を訪問して、「世界的な激しい競争の中で、（今後）5年間で未来車市場をリードするゴールデンタイムになるだろう」と述べた。現代自蔚山工場は、世界初の水素自動車「ツーソン」と韓国初の量産型電気トラック「ポーター」などを生産している。

出所) 文大統領「25年までに電気・水素自動車に20兆ウォン投資」（2020年10月31日）

韓国の動向【民間企業動向、政策動向】

要約：韓国では民間企業による水素事業への参入の動きが顕著である。また、国主導の法整備・環境整備の動きも見受けられる。

- 様々な企業が水素事業参入・投資の動きを見せ、将来的な事業拡大・海外進出を目論む。
- 政府主導での法整備、水素ステーションの設置を行い、サプライチェーン形成の土台づくりを行う。

民間企業動向についての詳細情報

SK、水素事業に参入、水素製造から供給までの水素バリューチェーン構築を目指す

SKは水素事業担当組織を新設して水素事業に参入する。2025年までに、計28万トン規模の水素生産能力を備え、生産から流通、供給までのバリューチェーンを備える。SKイノベーションから副生水素の供給を受けて、液化プラントで水素を液体に加工後、首都圏に供給する。また、2025年からブルー水素の大量生産体制の構築に乗り出す。これを基盤に中国やベトナムなどのアジア市場への進出も推進する。

出所) SKが水素事業参入を宣言、「生産・流通の全過程で生態系を築く」：東亜日報 (donga.com) (2020年12月2日)

ポスコ「脱炭素時代ビジョン」を発表。水素事業で2050年に売上高30兆ウォン達成

ポスコは2050年まで、水素生産500万トンの体制を構築し、水素分野の事業で売上30兆ウォンを達成するという内容の「グリーン水素先導企業ビジョン」を発表した。水の電気分解などの水素技術の力量強化に集中し、水素を活用して鉄鋼を生産する技術も発展させる。2025年まで、副生水素の生産能力を現在の7,000トンから7万トンへと10倍増やし、2030年までグローバル企業とともにブルー水素50万トンを生産する計画だ。2040年までにグリーン水素200万トンの生産体制を構築する。

出所) 水素事業で50年に売上30兆ウォン達成、ポスコ「脱炭素時代ビジョン」を発表：東亜日報 (donga.com) (2020年12月14日)

POSCOと豪Fortescue Metal Group、グリーン水素製造で提携

韓国鉄鋼大手のPOSCOは豪鉄鉱石採掘大手Fortescue Metal Group (FMG)と、再生可能エネルギーを活用したグリーン水素の製造で提携した。

出所) POSCO to Participate in Green Hydrogen Production Project in Australia - Businesskorea (2020年12月16日)

SK、現代自動車、ポスコ、ハンファ、暁星、2030年までに水素経済へ4.1兆円投資

韓国政府は第3回水素経済委員会を開き、民間投資計画や政府の支援策などについて協議した。SKグループ、現代自動車グループ、ポスコグループ、ハンファグループ、暁星グループの5企業グループと中小・中堅企業が2030年までに水素の生産、流通・貯蔵、活用など水素経済の全分野に43兆3000億ウォン（約4兆1120億円）を投資する。

出所) SK・現代自・ポスコなど「水素経済」に4.1兆円投資へ＝韓国 | 聯合ニュース (yna.co.kr) (2021年3月2日)

政策動向の詳細情報

韓国政府、2021年上半年期までに110か所の水素ステーションを設置

韓国企画財政部は、非メモリー半導体 (non-memory semiconductor)、次世代モビリティ、バイオヘルスの3つの産業を育成する計画の一環として、2021年上半年期までに110の水素ステーションを設置すると発表した。そのうち最大12カ所を2020年内に設置する。また公共機関が所有する遊休地を再利用することで、約200カ所の水素ステーション用地を確保する。

出所) Korea to open 110 hydrogen charging stations by H1 2021 (koreaherald.com) (2020年12月21日)

「水素経済の育成および水素安全管理に関する法律」が施行

韓国産業通商資源部は、「水素経済の育成および水素安全管理に関する法律」（以下、水素法）と、関連する施行令、施行規則の施行を発表した。水素法は、水素経済へ移行するための推進体制の整備、水素専門企業の育成など水素経済の支援施策、水電解装置など設備や使用施設の安全規定の整備などの規定から構成されている。

出所) 「水素経済の育成および水素安全管理に関する法律」が施行(韓国) | ビジネス短信 - ジェトロ (jetro.go.jp) (2021年2月9日)

② 諸外国の水素関連政策取組

調査概要

- 水素エネルギー関連情報（2019年～2020年※）をもとに、過去1年間の各国の主要な政策動向に関する情報をピックアップし、その内容を整理した。
- データベースの記事内容をもとに、以下の4項目に関する情報を抽出・要約した。政策動向については、中央政府だけでなく、地方政府・州政府による取組みも適宜、含めた。
- 各項目の末尾の日付は、データベースの掲載日である。訳語については、原則としてデータベースの記事の訳語を踏襲したが、必要に応じて表現を改めた。
- 調査項目のうち、①と②については、明確な区別が難しいケースが多いことから、① + ②として統合した。
 - ① 技術協力および規制、規格・基準のハーモナイゼーション、標準化の推進
 - ② 水素の安全性及びサプライチェーンに関する情報共有及び国際共同研究開発の推進
 - ③ 水素の可能性、経済効果及びCO2削減効果に関する調査・評価の意義
 - ④ コミュニケーション、教育及びアウトリーチ

（※）各種発表資料、報道資料よりMRI作成

調査結果 (ドイツ)

項目	主な出来事・政策動向
概況	<ul style="list-style-type: none"> ● ドイツは2030年までに20%のグリーン水素導入を目指しており、連邦政府、州政府が連携して、水素都市の構築、運輸部門での水素利用の拡大を進めている。
<p>①技術協力および規制、規格・基準のハーモナイゼーション、標準化の推進</p> <p>および</p> <p>②水素の安全性及びサプライチェーンに関する情報共有及び国際共同研究開発の推進</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● ヴュルテンベルク州、バイエルン州、ブランデンブルク州、ヘッセ州、ザクセン州では、合計505個のラジオマストに燃料電池技術が搭載される。連邦運輸情報局 (BMVI) が、505の燃料電池システムに5百万ユーロの資金を提供し、緊急事態の場合に重要なインフラストラクチャを燃料電池技術で維持できるように進める。(2019/12/7) ● 運輸・デジタルインフラストラクチャー連邦大臣は、フォークリフトトラックからライドプリーングフリートの装備、水素バスおよび燃料電池の開発に至るまでのプロジェクトに約2350万ユーロを資金提供すると発表。最大額は、Deutsche Post DHLと Manに与えられる。(2019/10/20) ● ブランデンブルク州の経済エネルギー大臣が水素技術を搭載した列車の運行に関するパイロットプロジェクトを発表。ブランデンブルクに本拠を置くDeutsche Eisenbahn Service AG (Desag) は、今後3年間にPrignitz地区で「H2Rail」プロジェクトを使用して、ディーゼル機関車の転換について試験を実施する。(2019/12/9) ● ベルリンで開催された国家水素戦略に関する利害関係者会議で、アンドレアス・シェアー連邦運輸・デジタルインフラ省 (BMVI) 大臣がH2 MOBILITY Deutschland GmbH & Co. KGのマネージング・ディレクターと水素インフラストラクチャのさらなる拡張のため、覚書に署名。(2019/11/5) ● フランクフルトが、ドイツ運輸省による13の「HyExpert」地区の一つに選出された。フランクフルトは都市廃棄物から水素を製造するMH2Regioプロジェクトを実施する予定。(2019/12/19) ● ドイツの運輸・デジタルインフラストラクチャー連邦大臣Andreas Scheuerと中国の科学技術省のWANG Zhigangは、今後の共同プロジェクトとさらなるコラボレーションの枠組みについて議論した。議論されている主なプロジェクトの1つは燃料電池モビリティに関連する規制、コード、および標準に関する協力を備えるための交換プロセスを目的としている。(2019/11/18) ● 環境省が、プロジェクト「HyFab-Baden-Württemberg-燃料電池と水素の研究工場」に約790万ユーロの資金を提供。Center for Solar Energy and Hydrogen Research Baden-Württemberg (ZSW) は、4,892,587ユーロを受け取り、残りの30億3,588万ユーロは、Fraunhofer太陽エネルギーシステム研究所 (ISE) に与えられる。(2019/12/21) ● ドイツのSvenja Schulze環境大臣は、グリーン水素入札の迅速な立ち上げを求めている。同大臣は2021年に年間5,000トンのグリーン水素オークションを開始する意向。グリーン水素入札は、2030年に5GWの電気容量が達成されるまで続く。ドイツ政府は現在、2030年までに20%のグリーン水素導入を検討している。(2020/3/3)
③水素の可能性、経済効果及びCO2削減効果に関する調査・評価の意義	<ul style="list-style-type: none"> ● Peter Altmaier経済相は、今後数年間で総額20億ユーロ以上のグリーン水素に資金を提供する意向。第1四半期には、13人の専門家で構成される「National Hydrogen Council」が設置される。(2020/2/1)
④コミュニケーション、教育及びアウトリーチ	—

調査結果（イギリス）

項目	主な出来事・政策動向
概況	<ul style="list-style-type: none"> イギリスでは、交通分野での水素利用が進められているほか、EUおよびEUの企業と協力しながら、大規模な水素利用ネットワークの構築を目指している。Acorn CCSプロジェクトは、炭素回収・貯蔵と水素利用を行う大型プロジェクトとして注目されている。
①技術協力および規制、規格・基準のハーモナイゼーション、標準化の推進 および ②水素の安全性及びサプライチェーンに関する情報共有及び国際共同研究開発の推進	<ul style="list-style-type: none"> ロンドン警視庁（MPS）は、車両群のゼロエミッションプログラムを開始しており、すでに燃料電池自動車のトライアルを開始している。このプログラムでは2050年までにゼロエミッションの達成を目指す。（2019/10/9） 2040年までにすべてのディーゼル専用列車を代替するという英国政府の提案に従い、RSSB（鉄道安全標準化委員会）は、Arupを任命して燃料電池鉄道の運用および安全性のリスクを検討する。（2019/11/26） 英国運輸省（DfT）は、少なくとも4000台のゼロ・エミッションバスを導入し、また国内のバスと自転車のインフラを強化するための5年間の50億ユーロ（56.5億米ドル）の計画を発表。グリーンモビリティの向上と増加に焦点を当てたバス資金計画の詳細は、2020年後半に発表される予定の「国家バス戦略」で発表される予定。（2020/3/16） イギリスのビジネス、エネルギー、産業戦略省（BEIS）による水素供給に関するコンペティションの一環として、新しい再生可能水素プロジェクトである「Gigastack」の次のフェーズに、750万ポンドの資金が授与された。ITM Power、Ørsted、Phillips 66 Limited、およびElement Energyが率いるGigastackプロジェクトは、洋上風力から得られる再生可能な水素が、英国の2050年のネットゼロ温室効果ガス排出目標をどのようにサポートできるか検討する。（2020/2/18） イギリスの事業・エネルギー・産業戦略局（BEIS）は、水素およびプラズマ技術の画期的な実証に対して、鉱物製品協会（MPA）に602万ポンドを提供する。このプロジェクトは、セメントおよび石灰の生産における化石燃料からの燃料切り替えを通じて、炭素排出を削減するこれらの技術の可能性を実証する（2020/2/20） Acorn CCSプロジェクトは、低コストでスケーラブルな炭素回収および貯蔵スキームであり、スコットランドのSt Fergusターミナルの陸上ガス施設からの現在の炭素排出の費用効率の高い回収と貯蔵を可能にするだけでなく、北海の天然ガスをグリーン水素に改質して、英国全土の家庭や産業の暖房を脱炭素化するためのガスグリッドに混合し、脱炭素輸送などの他の用途に使用できるAcorn水素プロジェクトを実現する重要な役割も果たす。プロジェクトの現在のフェーズは、調査パートナーであるShell、Total、Chrysaorの支援を受けて、共通利益の欧州プロジェクトとしてBEISおよびINEAを通じて一部資金提供されているPale Blue Dot Energy社が主導している。（2020/3/3）
③水素の可能性、経済効果及びCO2削減効果に関する調査・評価の意義	<ul style="list-style-type: none"> Hydrogen Ireland Association、産業界の主要メンバー、公的機関が協力して、アイルランドにおける水素モビリティ展開のための総合的な戦略報告書を発表。アイルランドの気候行動計画は、2030年までに自然エネルギーの割合を70%にし、新しいガソリン車とディーゼル車の販売を禁止し、百万台の電気自動車を走らせることを目指している。（2019/10/3）
④コミュニケーション、教育及びアウトリーチ	—

調査結果（フランス）

項目	主な出来事・政策動向
概況	<ul style="list-style-type: none"> ● フランスでは、中央政府による取組みに加えて、パリやオクシタン、オーヴェルニュ・ヌアルプ、ブルゴーニュ・フランシュ・コンテなど、地域レベルでの水素利用ネットワークの構築が進められている。
<p>①技術協力および規制、規格・基準のハーモナイゼーション、標準化の推進</p> <p>および</p> <p>②水素の安全性及びサプライチェーンに関する情報共有及び国際共同研究開発の推進</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● CaetanoBusと都市交通事業者のRATPは、パリのRATPの施設で協力協定に署名した。パリの公共交通機関の責任者は、2020年8月時点で12m H2.City Goldバスをテストする。パリの気候行動計画は、2050年までに、パリを再生可能エネルギーのみで稼働するカーボンニュートラルな都市にすることを目指している。(2019/11/27) ● Air Liquideが率いる2つのプロジェクト、HypeとHyAMMEDが、2020年1月にADEME（フランス環境エネルギー管理庁）による「水素モビリティエコシステム」の一部として採択された。ADEMEはこの「水素モビリティエコシステム」の採択を通じて、今後43箇所の水素ステーションと158台のHDVを導入する。(2020/2/18) ● 欧州のFLAGSHIPSプロジェクトは2019年1月に開始され、フランスとノルウェーで商業的に運営されている2つのゼロエミッション燃料電池船の展開をサポートする。リオンでは、Compagnie Fluvial de Transport（CFT）が運営する燃料電池船が、ローヌ川のユーティリティ船として機能する。(2020/2/24) ● ONTRAS Gastransport GmbH、GRTgaz SAおよびGRTgaz Deutschland GmbH、ドイツおよびフランスのガス伝送システムオペレーター（TSO）は、水素の輸送と混合に関する知識と研究の共有、ネットワーク内の天然ガスを強化するための覚書（MoU）の署名を発表した。この合意は、国境を越えた協力を強化し、ガスTSOが水素および新しい脱炭素ガスソリューションの展開に貢献するという意図を示すものである。(2020/2/1) ● プザンソン（フランス）で、Bourgogne Franche-Comté hydrogen clubが発足する。フランス、ヨーロッパ、世界の多くの地域の例に続き、ブルゴーニュ・フランシュ・コンテ地域は、領土開発のための戦略的なゼロ炭素エネルギーとして水素を製造することに取り組んでいる。(2020/3/9)" ● フランスのオーヴェルニュ・ヌアルプ地方（AuRA）の地域評議会は、ゼロエミッションバレー（ZEV）というタイトルの水素プログラムを作成した。ZEVにより、AuRAは排出量を削減し、ヨーロッパを代表する水素エネルギー地域になることを目指す。(2019/10/1) ● 南フランスのオクシタン地方が「テリトリーH2オクシタニー」プロジェクトの募集を開始した。環境エネルギー管理庁（Ademe）とのパートナーシップで立ち上げられ、地域を特定する生産車両と流通サイトを含む領土の水素移動生態系の開発を支援することを目指す。(2019/10/27) ● ADEMEは最近、「水素モビリティエコシステム」プロジェクトへの第2弾の選択した10の候補プロジェクトのリストを明らかにした。プロジェクトは、43を超える水素ステーション（2023年の目標100）、158の大型貨物車（2023年の目標200）、および1,800の乗用車と燃料電池搭載LCVの展開を目指す。(2020/1/22)
③水素の可能性、経済効果及びCO2削減効果に関する調査・評価の意義	—
④コミュニケーション、教育及びアウトリーチ	—

調査結果（ノルウェー・スウェーデン・デンマーク）

項目	主な出来事・政策動向
概況	<ul style="list-style-type: none"> ● ノルウェー、スウェーデン、デンマークの北欧諸国は、モビリティ（道路、海運）、住宅、工業（鉄鋼）にまたがる幅広い分野で水素の利用を推進している。太陽光発電と水素のみで生活するコミュニティは海外からも注目されている。
<p>①技術協力および規制、規格・基準のハーマイゼーション、標準化の推進</p> <p>および</p> <p>②水素の安全性及びサプライチェーンに関する情報共有及び国際共同研究開発の推進</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● ノルウェーの海運会社NorledとWestyardの造船所は、2隻の新フェリーの建造について合意。一方のフェリーは水素燃料式、もう一方は電池式フェリー。ノルウェーの水素推進船は、ヨーロッパのイノベーションプロジェクトFlagshipsの一部である2隻のうちの1隻。（ノルウェー、2019/5/31） ● ノルウェー公道管理局は、ポドフィ、ヴェロイ、ロスト、モスケネス間のフィヨルドでの長距離接続が必要な場所における水素フェリー開発を計画しており、2023年からさらに多くの水素フェリーが設置される可能性がある。（ノルウェー、2019/8/24） ● ノルウェーの電力事業者であるBKK、ノルウェーの石油・ガス事業者のEquinor、フランスのガス事業者であるAir Liquideは、海運業界向けの完全な液体水素サプライチェーンを構築しようとする新たなイニシアティブを発表。各社は、2024年第一四半期中に液体水素を商用輸送に利用できるようにすることを目指す。（ノルウェー、2019/12/18） ● スウェーデン鉄鋼大手SSAB、LKAB、Vattenfall3社は、化石燃料を使わず、水素を使う水素直接還元製法を2035年に実用化することを目指す。HYBRITプロジェクトではSSABが製鉄工程、LKABが鉄鉱石前処理、Vattenfallが水素製造、貯蔵を担う。（スウェーデン、2019/9/1） ● デンマーク・フレデリシアのEverfuelとShell Refineryは、水素プラントでグリーンエネルギーを輸送部門に将来供給するための戦略的協力協定を締結。Shell製油所が所有する土地にこのプラントはEverfuelによって建設されており、北欧地域で最大の水素プラントが設立される。（デンマーク、2019/12/9） ● デンマークのSkiveにあるGreenLabは、デンマークエネルギー機関のエネルギー貯蔵のための資金から1億700万ユーロの助成金を受けた。GreenLabは世界初のグリーン水素とメタノールの製造のための大規模施設を建設する。（デンマーク、2019/12/20） ● スウェーデン政府は、EUより5年早い2045年までの「気候中立」実現のためのアクションプランを、2019年12月17日に議会に提示した。産業別の対策の中では建設分野が最初に言及されている。Nilsson Energyは、住宅全面を太陽光発電パネルで覆い、生活で使用する電気はすべて自家発電した電気および、その余剰電力で製造した水素で賄う住宅を開発した。スウェーデン南西部の都市ボーゴダは、同社のコンセプトを自治体レベルで取り入れ、マンション6棟172世帯が既存の電力網から完全に切り離され、太陽光発電による電気とそれにより製造した水素のみのエネルギーで生活している。（スウェーデン、2020/1/17）
③水素の可能性、経済効果及びCO2削減効果に関する調査・評価の意義	—
④コミュニケーション、教育及びアウトリーチ	—

調査結果（オランダ・ベルギー）

項目	主な出来事・政策動向
概況	<ul style="list-style-type: none"> ● オランダ、ベルギーでは、既存のインフラを活用しながら水素の利用を拡大するための検討が進められている。 ● EU、近隣諸国と協力しながら、官民一体となって実証プロジェクトや水素利用可能性の調査を行っている。
①技術協力および規制、規格・基準のハーモナイゼーション、標準化の推進 および ②水素の安全性及びサプライチェーンに関する情報共有及び国際共同研究開発の推進	<ul style="list-style-type: none"> ● ドイツのE.ON、ロッテルダム港当局、DeltaPort Niederrheinhäfenは、気候に中立な輸送ルートのインフラストラクチャを構築するために協力する。2050年までにロッテルダムとヨーロッパの内陸地の間で気候に中立な商品の輸送を可能にするをを目指す。(オランダ、2020/3/8) ● オランダのHyEnergyは、パートナーのEnergy B.V.と一緒に、HEAVENN（水素エネルギーアプリケーション（in）Valley Environments（for）Northern Netherlands）プロジェクトからの資金を受ける。HEAVENNコンソーシアムは、6か国からの31の公共および民間パートナーを擁している。(オランダ、2019/11/29) ● 現在ベルギーには2箇所の水素ステーションしか存在しないが、2020年までにステーションの数を3倍にすることを政府が発表した。ベルギーにはFCVは23台販売されており、電気自動車は7911台である。(ベルギー、2019/4/26) ● 欧州委員会の燃料電池・水素共同事業は、EUによる2000万ユーロの支援と、官民による7000万ユーロの共同出資のための助成金準備を開始するために北オランダを選択した。この助成金は、オランダ北部で本格的なグリーン水素のバリューチェーンを構築することを目的とする。(オランダ、2019/9/20) ● Nouryon、Gasunie、Hinicio、McPhy、BioMCN、DeNoraで構成されるコンソーシアム「Djewels」は、オランダのDelfzijlで実証されるグリーン水素プロジェクトで、1,100万ユーロの欧州助成金を受領することを発表。この資金は、革新的な水素技術の開発を支援する欧州委員会と業界のパートナーシップである、Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking（FCH-JU）によって付与される。(オランダ、2020/2/6)
③水素の可能性、経済効果及びCO2削減効果に関する調査・評価の意義	<ul style="list-style-type: none"> ● RWEとInnogyは共同で、オランダにおけるグリーン水素の大規模生産を検討する。フローニンゲン州にある、Innogyのウェストツリーズ風力発電所に接続されているRWEのEemshaven発電所の敷地で、100MWの水素化発電施設の実現可能性調査を実施。(オランダ、2019/6/20) ● Enexis Netbeheer、Gasunie、およびNAMは、エメンおよびロスウィンケル（ドレンテ）の2つの以前のNAM拠点で水素の使用に関する実施可能性調査を実施。送電網の空き容量を増加させ、再生可能エネルギーの導入量を増やすための3つのオプションを調査する。(オランダ、2020/1/5) ● ベルギーの7つの主要な産業団体・企業（Deme、ENGIE、Exmar、Fluxys、アントワープ港、ゼーブルッヘ港、WaterstofNet）からなるコンソーシアムは、協力して専門知識を調整し、ベルギーの水素経済に向けて前進するための協力協定に署名した。ベルギーでは風力や太陽エネルギーが十分に利用できないため、必要な再生可能エネルギーの一部を輸入しなければならない。そのため、第1段階では、水素の輸入・輸送チェーン全体を共同で分析する（ベルギー、2019/11/24）
④コミュニケーション、教育及びアウトリーチ	<p>—</p>

調査結果（EU、その他欧州諸国）

項目	主な出来事・政策動向
概況	<ul style="list-style-type: none"> ● EUでは、EU全域でグリーン水素の利用推進を図っており、域内での水素利用インフラの構築を進めている。 ● このような流れの中で、EU各国も様々な実証プロジェクトに着手している。
<p>①技術協力および規制、規格・基準の ハーモナイゼーション、 標準化の推進</p> <p>および</p> <p>②水素の安全性及 サプライチェーンに 関する情報共有及び 国際共同研究開発 の推進</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 欧州委員会は10日、産業戦略を公表した。次世代エネルギーとして期待される水素分野で企業連合を促すほか、鉄鋼などを念頭にエネルギー多消費型のCO2の排出削減を支援する仕組みをつくる。戦略には「グリーン水素連合」をつくと明記された。欧州企業による電気自動車（EV）の大規模生産をめざし「バッテリー連合」を推進。（EU、2020/3/11） ● 欧州委員会は、気候中立性とデジタル・リーダーシップに向けたデジタルツインへの移行を通じて欧州の競争力を牽引することを目的とした欧州産業戦略を発表した。気候中立性への移行を支援するための欧州横断的なエネルギーネットワークの役割を強調している。（EU、2020/3/16） ● 環境運輸省は、ガラ・デ・ノルド-オトペニ空港の鉄道ルートにサービスを提供するために5台の水素列車を購入するために欧州環境基金を使用する可能性について議論している。列車は、2020年に開通予定の北駅-オトペニ空港のルートで運行が開始される。（ルーマニア、2019/8/9） ● EU HyMethShipプロジェクトの一環として、2020年にグラーツのLECでカーボンニュートラルな2MWの船舶用エンジンがテストされる。エンジンはJenbacher Type 6ガスエンジンで、再生可能エネルギー源からの水素100%または水素キャリアガスメタノール100%で動作する。（スイス、2019/8/24） ● ウラジオストクで、東部経済フォーラムの期間中に、水素燃料電池を利用した鉄道輸送を鉄道で行うプロジェクトに関する協力・交流協定が締結された（ロシア、2019/9/11） ● イタリアのガスグリッドを運営し、フランス、ギリシャ、英国で活動しているSnamは2023年までに年間投資の20%を持続可能なプロジェクトに向けることを表明している。Snamはすでに南イタリアで水素試験を実施しており、5%の割合で水素をガスグリッドに注入しており今年末までに10%に引き上げられる。Snamは、水素のより完全な統合により、2050年までにイタリアが総エネルギー需要の23%を水素から得ることができると予測している。（イタリア、2019/11/19） ● ポーランド気候省は、最新の技術的ノウハウのためEUの資金を獲得しやすくするために、ポーランドの水素戦略を検討している。ポーランド南部の上部シレジアで水素が生産され、洋上風力発電所で水素を製造する計画が出されている。（ポーランド、2020/2/20）
③水素の可能性、経済効果及びCO2削減効果に関する調査・評価の意義	<ul style="list-style-type: none"> ● EUでは、燃料電池・水素共同事業および輸送2鉄道共同事業(S2R JU)の委託を受け、欧州鉄道市場における燃料電池および水素技術のより広範な導入についての調査を実施。調査結果は、鉄道環境におけるFCH技術の大きな市場可能性を示している。（EU、2019/9/16）
④コミュニケーション、教育及びアウトリーチ	—

調査結果（中国・台湾）

項目	主な出来事・政策動向
概況	<ul style="list-style-type: none"> ● 中国では、欧州諸国と協力しながら、水素利用の拡大を進めている。具体的な協力先は、フランス、イタリア、英国などとなり、自動車、製造業から通信インフラへの水素利用を進めている。 ● 台湾でもエネルギー転換が進められており、燃料電池の導入が進められている。
<p>①技術協力および規制、規格・基準のハーモナイゼーション、標準化の推進</p> <p>および</p> <p>②水素の安全性及びサプライチェーンに関する情報共有及び国際共同研究開発の推進</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 中国では水素燃料電池の実用化の動きが各地で活発化している。浙江省では省としての計画に加え、寧波市や嘉興市などの市レベルでも発展計画が発表されている。嘉興市は2022年までに水素ステーションを8～10カ所設置し、新規で購入するバスのうち、水素燃料電池自動車（FCV）の割合を50%超とする目標を掲げている。同市嘉善県では9月6日に浙江省第1号となる水素ステーションが完成し、10月15日に開業した。(2019/10/29) ● フランスのAir Liquideと中国のSinopecは、北京で、フランス共和国大統領のエマニュエル・マクロンと中国国家主席の習近平の前で、中国における水素モビリティソリューションの展開の加速化に貢献するためのMoUに署名。エア・リキードは、水素サプライチェーンの専門知識をシノペックに提供する。(2019/11/6) ● SinopecとフランスのAir Liquideは、上海に11月18日に2ヶ所の水素ステーションを開業。中国で最初に商業ガスと水素燃料を組み合わせたサービスを提供するステーションとなる。(2019/11/21) ● 中国鉄鋼大手の河北鋼鉄集団（河鋼集団）はこのほど、イタリアの鉄鋼・工業用設備メーカーのテノバと、水素を活用して製鉄プロセスでのCO2排出量を削減するモデルプロジェクトを展開することでMoUを締結。(2019/11/27) ● 水素技術の開発会社であるElement 1 Corp（「e1」）は、CO-WINハイドロジェンパワーカンパニーリミテッド（COWIN）が中国の5G China Mobile 10kWテレコムデモンストレーションシステムにバックアップ電源を供給する燃料電池システムにe1のメタノールベースの水素利用技術を組み込んだことを発表。これは、世界で、5Gテレコムアプリケーションに組み込まれた最初の燃料電池システムであると考えられている。(2019/10/28) ● 山東省青島市で世界初の水素駆動5G埠頭が稼働。青島市の埠頭では水素を動力とする高速クレーンが稼働する。貨物輸送車両の他には、無人誘導車両や、100台近くの自動化機器が用いられ、無人車両が効率的にコンテナを輸送できる。埠頭の運用効率は30%向上、労働需要が70%削減され、自動化と全体効率は世界トップクラスになる。(2019/11/29) ● 台湾の経済省はエネルギー転換を推進しており、政府の主要政策目標である新エネルギーの開発のため、燃料電池の設定容量に応じて1kWあたり7万円を供給する。(台湾、2019/4/1) ● 近年、エネルギー局とNCCはITRIと台湾経済貿易研究所と手を組んで、水素燃料電池をモバイル通信プラットフォーム用のバックアップ電源として推進している。現在、台北市、嘉義、苗栗、花蓮、台東、新北市、高雄、基隆、桃園など、11箇所が完成し、累積建設能力は229kW。(台湾、2019/10/3)
③水素の可能性、経済効果及びCO2削減効果に関する調査・評価の意義	<ul style="list-style-type: none"> ● 中国とイギリスの科学者は、自動車メーカーが高価な試作品を作る代わりに、燃料電池をテストできるようにするコンピューター・シミュレーション・プログラムを開発。英国王立協会のNewton Advanced Fellowshipが資金提供するこのプロジェクトは、中国のようなパートナー国の経済発展と社会福祉を促進することを目的とした英国のODAの一部である。(2019/12/17)
④コミュニケーション、教育及びアウトリーチ	—

調査結果（韓国）

項目	主な出来事・政策動向
概況	<ul style="list-style-type: none"> ● 韓国では、2019年頃から政府が水素利用拡大に向けた政策を積極的に打ち出している。具体的な内容としては、燃料電池自動車の普及から始まり、水素都市の構築までを視野に入れている。
<p>①技術協力および規制、規格・基準のハーモナイゼーション、標準化の推進</p> <p>および</p> <p>②水素の安全性及びサプライチェーンに関する情報共有及び国際共同研究開発の推進</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 政府は、「韓国はこれまでグローバルに使用される標準化された水素技術を持っておらず、政府は2030年までに15の技術をグローバルに標準化する」と発表。技術標準庁によると、貿易、産業およびエネルギーの分野では、政府は重機用の次世代燃料電池の分野で世界標準化を申請する予定。この計画には、エネルギー分野で4つの基準を提案し、さらに3つを水素の供給と測定のために提案することも含まれる。(2019/4/3) ● 韓国政府は21日の閣議で、第3次グリーン成長5カ年（2019～23年）計画を決定。22年までに電気自動車43万3000台、水素を燃料とする燃料電池車6万7000台を普及させる。22年までにEV急速充電器1万基を設置し、水素ステーションを310所に増やす方針。(2019/5/19) ● 4月に提案された韓国の新エネルギー政策ロードマップが閣議で承認された。マスタープランではモビリティセグメントでの水素利用促進を中心に、燃料電池自動車の開発に協力していくとされる。(2019/6/3) ● 10月10日、韓国国土交通省は10日、首相が開催した国家検査調整会議で水素パイロット都市推進戦略を発表した。12月までに3つの水素都市を選択し、各都市の3～10平方キロメートルで住宅および輸送地域で水素利用技術を導入・採用する。2040年までに地方自治体の40%が水素都市となり、燃料電池車を825,000台、燃料電池バスを12,000台運用する。(2019/10/11) ● 2022年までに全国に310の水素燃料補給所を建設する計画が明らかにされた。通商産業省によると、この計画には、主要都市の250の水素ステーションと高速道路の60のステーションが含まれる。2040年までに、水素ステーションの合計は1200に拡大する。これにより、年間30,000トンの水素需要が発生する。(2019/10/23) ● 政府が年間温室効果ガス排出量を2030年までに今より24%削減するという計画を閣議決定。電気自動車300万台、水素自動車85万台など低公害車の累積普及台数を385万台に増やす。(2019/10/23) ● 韓国政府が、一連の研究開発プロジェクトにより、2040年までに水素製造コストを化石燃料コストのレベルまで削減する計画策定。安価で天然ガスベースの大量水素生産の技術を2025年までに開発し、高効率、大容量、水ベースの水素生産技術を2030年までに開発。また、R&Dプロセス水素の安全性、環境、インフラストラクチャに関連する技術を2030年までに完成する。(2019/10/31) ● 水素パイロット都市推進戦略に基づき、2019年12月29日、国土交通省は、「水素経済の候補都市」として安山、蔚山、万住、全州、水素技術の研究開発（R&D）を専門とする都市としての三陟（サムチョク）を選択。(2020/1/6)
③水素の可能性、経済効果及びCO2削減効果に関する調査・評価の意義	—
④コミュニケーション、教育及びアウトリーチ	—

調査結果（その他アジア諸国）

項目	主な出来事・政策動向
概況	<ul style="list-style-type: none"> ● その他のアジア諸国においても、水素利用を拡大するための取組みが浸透し始めている。現時点では、水素利用の可能性に関する調査段階のものも多く、日本が調査に協力しているケースもある。
①技術協力および規制、規格・基準のハーモナイゼーション、標準化の推進 および ②水素の安全性及びサプライチェーンに関する情報共有及び国際共同研究開発の推進	<ul style="list-style-type: none"> ● Sarawak Energy Berhadは、州のグリーンエネルギーアジェンダを開発するために、さらに6箇所の水素補給ステーションを建設する予定。Datuk Patinggi Abang Johari Tun Openg首相は、6箇所のうち2つはクチンで建設され、残りはスリアマン、シブ、ピントゥル、ミリで建設されると発言。(マレーシア、2019/12/11) ● ラダックを再生可能エネルギーで完全に稼働させ、この地域のディーゼルへの依存度を減らす最初の連合領土にするという連邦政府の計画に沿って、新再生可能エネルギー省と国営発電会社NTPCは、ゼロ・エミッションバスを促進するプロジェクトを共同で開始することに同意した。(インド、2020/2/20)
③水素の可能性、経済効果及びCO2削減効果に関する調査・評価の意義	<ul style="list-style-type: none"> ● インド政府は、デリーが再び「深刻な緊急」レベルのスモッグに包まれたため、水素ベースの燃料技術を使用して汚染と戦うつもりであると述べた。中央政府は工場で使用される汚染燃料の一部に代わるものとして、日本の専門家によって特別に開発される水素燃料技術の導入を首都全体で検討していると語った。(インド、2019/11/13) ● クシー・エネルギー相は、フィリピンにおける水素発電事業の可能性を調査するため、同省が日本企業に調査を依頼したことを明らかにした。今後、比の発電施設ネットワークに蓄電地向けを含めた水素発電を組み込めるかを探る。(フィリピン、2019/10/30) ● 地域全体で水素プラットフォームの最大の利益を促進するためのプラットフォームとして2019年12月にアジア太平洋水素協会が設立。メンバーには、公益事業、電力プロジェクト開発者、機器メーカー、技術コンサルタント、金融機関、地域協会、および水素セクターの他の機関が含まれる。シンガポールに拠点を置く同協会は、国際的な政策、コミュニケーション、調査、分析を調整することを目指しており、会員の発展を支援するための会員の要件とニーズをサポートする。(2020/2/13)
④コミュニケーション、教育及びアウトリーチ	—

調査結果（オーストラリア・ニュージーランド）

項目	主な出来事・政策動向
概況	<ul style="list-style-type: none"> ● オーストラリアでは、オーストラリア政府および州政府が積極的に水素の利用拡大を進めており、日本との協力も進められている。 ● ニュージーランドでも政府が水素ビジョンを策定し、水素利用拡大に向けた取組みが進められている。
<p>①技術協力および規制、規格・基準のハーモナイゼーション、標準化の推進</p> <p>および</p> <p>②水素の安全性及びサプライチェーンに関する情報共有及び国際共同研究開発の推進</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● オーストラリア再生可能エネルギー庁（ARENA）は、オーストラリアでの再生可能水素の開発を迅速に追跡するための最大7000万ドルの資金調達ラウンドについて発表。（オーストラリア、2019/11/25） ● オーストラリア政府は、アデレードにオーストラリア水素センターを設立することを発表。同センターは、南オーストラリア州とビクトリア州の既存の天然ガスパイプラインへ10%の水素を混合する可能性を調査し、ガスネットワークを100%の水素に変換するコストと利点についても調査。（オーストラリア、2020/2/21） ● クイーンズランド州政府の1500万ドルの水素産業開発基金からの最初の助成金を受けて、オーストラリアの最初の420万ドルのガス注入施設がGladstoneに建設され、都市ガスネットワークに再生可能な水素を供給する。このプロジェクトでは、オーストラリアで最初に再生可能水素を住宅、商業、産業の顧客とのガスネットワークに混合する予定。（オーストラリア、2020/2/27） ● タスマニア政府は、タスマニアでの再生可能な水素産業の発展に取り組んでおり、10年間にわたる包括的な5,000万ドルの支援策を通じてこれを促進する。日本、韓国、中国を含む再生可能な水素の輸入を検討している国の政府や企業との国際パートナーシップを促進し、貿易代表団の促進と参加を通じて関係を強化する。（オーストラリア、2020/3/2） ● タスマニア州は、オーストラリアの残りの地域のクリーン電力バッテリーとしての野望を高めたため、低コストのグリーン水素生産のための200%再生可能エネルギーのシェアという大きな目標を設定した。（オーストラリア、2020/3/4） ● World Energy Council（WEC）によるHydrogen Global InitiativeにFirst Gasが参加することが発表された。First Gasは、憲章にコミットした最初のニュージーランド企業となった。ニュージーランドのガス流通ネットワークの所有者として、同社は2030年までにネットワーク経由での水素の使用量を20%に増やすことを目指している。（ニュージーランド、2020/1/3） ● ニュージーランド政府は本日、同国の水素ビジョンを発表した。水素が貢献する低排出経済は、非常に現実的な機会である。適切な政府の政策によって促進された民間部門の投資により、ニュージーランドは、エネルギーシステム全体にわたる大幅な脱炭素化の恩恵を受ける。（ニュージーランド、2019/9/2）
③水素の可能性、経済効果及びCO2削減効果に関する調査・評価の意義	<ul style="list-style-type: none"> ● KPMG、ATCO、CSIRO、オーストラリア再生可能エネルギー庁（ARENA）の4者間コラボレーションであるH2Cityにより、「水素コミュニティ-水素への変換に対するコミュニティの適合性の評価」と題する報告書が公表された。報告書では、地域の町や自治体が水素に切り替えた場合の費用と便益を評価するために使用できるツールを開発。（オーストラリア、2019/10/27）
④コミュニケーション、教育及びアウトリーチ	—

調査結果（中東・アフリカ・南米）

項目	主な出来事・政策動向
概況	<ul style="list-style-type: none"> ● 中東では、アラブ首長国連合を中心に、欧州、日本などの先進国が積極的に水素の研究開発プロジェクトに参画し、技術協力と共同研究を進めている。 ● アフリカ、南米でも、水素利用拡大の機運が高まっている。
<p>①技術協力および規制、規格・基準のハーモナイゼーション、標準化の推進</p> <p>および</p> <p>②水素の安全性及びサプライチェーンに関する情報共有及び国際共同研究開発の推進</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Siemensは、中東で最初の産業規模のグリーン水素パイロットプロジェクトを実施するために契約を締結。ドバイ電力公社（Dewa）のために実施されている太陽光発電（PV）プロジェクトは、太陽光発電を使用して水を電気分解する。（アラブ首長国連邦、2019/10/22） ● ハリファ大学は、アブダビで2019年12月15日に初のUAE-Japan水素ワークショップを開催。九州大学と日本エネルギー経済研究所（IEEJ）が開催に協力。ワークショップでは、水素利用、持続可能な経済における水素の役割、エネルギー源としての水素などが議論された。（アラブ首長国連邦、2019/12/30） ● 2020年1月15日、丸紅は、アラブ首長国連邦のアブダビエネルギー省と覚書に署名。この覚書は、水素ベースの社会を構築し、水と電気の効率的な使用を追求するために両当事者が協力する内容になっている。（アラブ首長国連合、2020/1/20） ● DEME Concessions（ベルギー）とOmani Partnersは、オマーンでグリーン水素プラントを開発するためのパートナーシップを発表。この施設は、オマーン地域の化学産業の脱炭素化に大きく貢献するとともに、アントワープ港などのヨーロッパの国際的な顧客にグリーン水素またはグリーンメタノールやアンモニアなどを提供。（オマーン、2020/3/4） ● 国際的な鉱業会社のAnglo Americanは、南アフリカのプラチナ鉱山の1つで世界最大の燃料電池ハイブリッドトラックがデビューすると発表。重量は約290トンで、今年後半にMogalakwena鉱山で使用予定。（南アメリカ、2020/2/17） ● Metaconの子会社であるHelbioは、燃料電池システムをリオデジャネイロのカトリック大学に出荷した。燃料電池サブシステムには、安全に動作するために必要なすべての周辺機器が含まれており、そのすべてのパラメーターは、専用の制御ユニットを介して監視および調整され、視覚的表現およびデータ入力に使用される。（ブラジル、2020/3/8） ● ラバトで開催された「ソーラー水素：モロッコの再生可能エネルギーの継続的開発の可能性」に関する会議で、専門家は、モロッコは、エネルギーの多様化に関するすべての成果とともに、完全に再生可能で炭素を含まない資源を生産できる太陽水素セクターを設立するのに適した立場にあるとの意見を表明。モロッコは、欧州市場に近いと、この新しいエネルギー代替品によって提供される機会をつかむのに理想的な位置にあると述べた。（モロッコ、2019/10/16）
③水素の可能性、経済効果及びCO2削減効果に関する調査・評価の意義	—
④コミュニケーション、教育及びアウトリーチ	—

調査結果の総括

- 調査対象全体は、以下のように総括できる。今回の調査では、コミュニケーション、教育及びアウトリーチに関する情報はやや少なかった。これは、コミュニケーション、教育等が行われていない訳ではなく、既存の様々なプロジェクトの一環として実施されているためと考えられる。

地域	水素利用戦略に関する概況
欧州	<ul style="list-style-type: none"> ● ドイツは2030年までに20%のグリーン水素導入を目指しており、連邦政府、州政府が連携して、水素都市の構築、運輸部門での水素利用の拡大を進めている。 ● イギリスでは、交通分野での水素利用が進められているほか、EUおよびEUの企業と協力しながら、大規模な水素利用ネットワークの構築を目指している。Acorn CCSプロジェクトは、炭素回収・貯蔵と水素利用を行う大型プロジェクトとして注目されている。 ● フランスでは、中央政府による取組みに加えて、パリやオクシタン、オーヴェルニュ・ヌマルプ、ブルゴーニュ・フランシュ・コンテなど、地域レベルでの水素利用ネットワークの構築が進められている。 ● ノルウェー、スウェーデン、デンマークの北欧諸国は、モビリティ（道路、海運）、住宅、工業（鉄鋼）にまたがる幅広い分野で水素の利用を推進している。太陽光発電と水素のみで生活するコミュニティは海外からも注目されている。 ● オランダ、ベルギーでは、既存のインフラを活用しながら水素利用を拡大が進められており、EU、近隣諸国と協力しながら、官民一体となって実証プロジェクトや水素利用可能性の調査を行っている。 ● EUでは、EU全域でグリーン水素の利用推進を図っており、域内での水素利用インフラの構築を進めている。このような流れの中で、上記のEU主要国以外の各加盟国も様々な実証プロジェクトに着手している。
アジア	<ul style="list-style-type: none"> ● 中国では、欧州諸国と協力しながら、水素利用の拡大を進めている。具体的な協力先は、フランス、イタリア、英国などとなり、自動車、製造業から通信インフラへの水素利用を進めている。 ● 台湾でもエネルギー転換が進められており、燃料電池の導入が進められている。 ● 韓国では、2019年頃から政府が水素利用拡大に向けた政策を積極的に打ち出している。具体的な内容としては、燃料電池自動車の普及から始まり、水素都市の構築までを視野に入れている。 ● その他のアジア諸国においても、インド、マレーシア、フィリピンを始めとして、水素利用を拡大するための取組みが浸透し始めている。現時点では、水素利用の可能性に関する調査段階のものも多く、日本が調査に協力しているケースもある。
オーストラリア・ ニュージーランド	<ul style="list-style-type: none"> ● オーストラリアでは、オーストラリア政府および州政府が積極的に水素の利用拡大を進めており、日本との協力も進められている。 ● ニュージーランドでも政府が水素ビジョンを策定し、水素利用拡大に向けた取組みが進められている。
中東・アフリカ・ 南米	<ul style="list-style-type: none"> ● 中東では、アラブ首長国連合を中心に、欧州、日本などの先進国が積極的に水素の研究開発プロジェクトに参画し、技術協力と共同研究を進めている。 ● アフリカ、南米でも、水素利用拡大の機運が高まっている。

③ 諸外国の水素戦略策定動向

欧州の気候中立に向けた水素戦略

- 水素の生産・需要拡大のため、再エネ水素や低炭素水素製造への投資拡大。水電解装置による水素製造を40GW、1000万トンまで拡大。
- 水素需要の拡大に向けてガス供給インフラの構築に加えて、CO2価格の導入や、その基盤となる低炭素水素の認証制度の構築、モビリティ、産業等への低炭素水素導入のインセンティブ構築等の枠組みを検討

欧州 水素戦略における主なアクション内容

項目	内容
投資	European Clean Hydrogen Allianceを通じた水素の生産と利用の展開を促進。パイプラインを構築するための投資アジェンダを策定
	グリーン水素への戦略的投資を支援
需要・生産規模の拡大	欧州委員会の持続可能かつスマートモビリティ戦略及び関連する政策イニシアティブにおいて、運輸部門における水素利用を促進措置を提案
	再生可能エネルギー指令の既存の規定に基づき、再エネ水素製造のための需要側の政策を含む追加的な支援措置を調査
	水素製造施設のライフサイクル全体のGHG排出実績に基づく、水素製造の低炭素閾値/基準の導入を検討
	再生可能および低炭素水素の認証に関する欧州全体の基準導入
支援スキーム、市場ルール	Trans European Networks for Energy and TransportやTen-year Network Development Planを含む水素インフラの計画を、給油所ネットワークの計画も考慮に入れて開始
	代替燃料インフラ指令の改訂および欧州横断輸送網規則の改訂において、異なる燃料補給インフラの展開を加速
	水素の展開を可能にする市場ルールを設計、法改正を通して、水素製造業者と顧客のための液体市場へのアクセスとガス市場の完全性を確保
技術研究・革新の推進	100MWの電気分解装置を導入し、グリーン空港・港湾はHorizon2020に基づくグリーン・ディールの一環として提案を募集
	再生可能な水素の生産、貯蔵、輸送、流通、利用を焦点とした、競争力のある価格で提案するためのグリーン水素パートナーシップを確立
	SET Planと連携し、水素バリューチェーンを支える重要なパイロットプロジェクトの開発を推進
	ETSイノベーション基金(2020年7月に開始した最初のコール)の下での提案募集の開始を通じて、革新的な水素技術の実証を促進

各国の水素戦略発表状況

国	戦略名	提言時期	概要
ドイツ	National Hydrogen Strategy	2020/6	2030年までに水素電解プラントを5GW、グリーン水素14TWhの供給を目指す。2040年まで10GWに拡大。総額90億ユーロの予算を確保
オランダ	Government Strategy on Hydrogen	2020/4	洋上風力によるグリーン水素製造にフォーカス。2030年までに3～4GWの水電解水素製造を想定。既存ガスインフラを用いた水素輸送や欧州の水素ハブとなる目標を設定
フランス	French Hydrogen Strategy	2020/9	2030年までに70億ユーロを投資。2030年目標、6.5GWのクリーン水素製造設備の設置と600万トンのCO2排出量の削減。
スペイン	Hydrogen Roadmap : commitment to renewable hydrogen	2020/10	2030年目標、4 GWの電解槽の設置、産業用の水素消費量の25%以上を再生エネルギー由来、水素を燃料源とした150台のバス、5,000台の軽車両と大型車両、2路線の商用列車の導入等、89億ユーロの投資。
ノルウェー	The Norwegian hydrogen strategy	2020/6	海事部門の水素利用に特徴。水電解についてENERGIX(1.2億NOK投資)やPilot-E等のプログラム推進。
フィンランド	NATIONAL HYDROGEN ROADMAP for Finland	2020/11	2035年までにカーボンニュートラルを国家目標にしているフィンランド政府にとって、水素が重要な役割を果たすことを強調
チリ	National Green Hydrogen Strategy	2020/11	3つの目標を提示。2030年までに世界で最も安価なグリーン水素を生産する、2040年までに3大輸出国の一つとなる、2025年までに5GWの電解能力を開発。2025年までに5千万ドルの資金調達。
カナダ	HYDROGEN STRATEGY FOR CANADA	2020/12	2050年までのCO2排出量ゼロを目標とし、水素を含む低炭素燃料の生産と利用に15億ドル投資。2030年に温室効果ガス排出量を最大4,500万トン削減、2050年までに最大35万人の雇用創出
米国	DOE Hydrogen Program Plan	2020/11	DOEの水素の研究・開発・実証活動の戦略的枠組みを提供するための水素プログラム計画
オーストラリア	Australia's National Hydrogen Strategy	2019/11	二つのフェーズで行動指針を提示。2025年までは水素サプライチェーンに関する実証や国家間連携を促進。2025年以降を大規模な市場開発の時期と位置付け。2019年までの投資実績1億4600万ドル。

出所) 各国政府発表資料よりMRI作成

ドイツ・フランスにおける国家水素戦略

● ドイツ：6月10日、国家水素戦略を採択

- 2023年までに実施する38の施策を規定、9項目に分類
 - 水素生産、水素活用分野、交通、産業利用、住宅・熱利用、水素供給インフラ、教育・研究開発、EUレベルの行動促進、世界レベルでの市場展開と協調
- 「未来パッケージ」にて水素技術市場の創設のため総額90億€の予算を確保
 - 「世界レベルでの市場展開と協調」に20億€を投じ、アフリカなど再エネ由来のグリーン水素生産に適した地域と提携、水素の輸入を検討
- グリーン水素に注力、エネルギー転換過渡期にはブルー水素（CCS過程）やターコイズ水素（メタン熱分解・再エネ利用）の利用可能性もあり

● フランス：9月8日、国家水素戦略を発表

- 2023年までに約34億€、2030年までに70億€（うち20億€は「フランス復興」から）を拠出
- 2023年までの予算のうち、54%が製造業の脱炭素化、27%がクリーン水素モビリティ開発、19%が研究・イノベーション・人材育成に配分
 - ニーズに適応した水素エネルギーの製造・輸送に関わる機器やシステムなどの開発に3億5,000万€の投資
 - 地方自治体と企業がコンソーシアムを組んだ水素モビリティの普及プロジェクトに2億7,500万€の投資
 - 次世代水素技術の開発プロジェクトに6,500万€の投資
 - 水素エネルギー分野における教育・訓練システムの整備に3,000万€の投資

出所) ドイツ連邦政府 “The National Hydrogen Strategy” (2020)

https://www.bmwi.de/Redaktion/EN/Publikationen/Energie/the-national-hydrogen-strategy.pdf?__blob=publicationFile&v=6

フランス政府 “Stratégie nationale pour le développement de l’hydrogène décarboné en France” (2020)

https://minefi.hosting.augure.com/Augure_Minefi/r/ContenuEnLigne/Download?id=5C30E7B2-2092-4339-8B92-FE24984E8E42&filename=DP%20-%20Strat%C3%A9gie%20nationale%20pour%20le%20d%C3%A9veloppement%20de%20l%27hydrog%C3%A8ne%20d%C3%A9carbon%C3%A9%20en%20France.pdf

欧州におけるグリーンリカバリー関連の動き

- 欧州委員会にてコロナウイルスからの復興についてロードマップ及び補助・融資に関するアクションを制定。
- 2019/12に提案されたグリーンディールと関連付け、環境関連の融資を優先的に実施することが合意されている。

欧州におけるグリーンリカバリー関連の動向

	動向	概要
2019年12月	欧州委員会、「欧州グリーンディール」公表	環境と経済の両立によるEUの新しい成長戦略
COVID-19の流行		
2020年3月	欧州理事会メンバーによる共同声明	復興に関するロードマップ及びアクションプラン策定を招請
2020年4月	欧州委員会・欧州理事会、復興に向けたロードマップを公表	基金とMFF(多年度財政枠組み)について言及 4つの重点提案（活性化された市場、前例のない投資努力、グローバルな行動、ガバナンス）
2020年5月	欧州委員会、復興計画案・基金の提案	7500億ユーロの支援(5000補助金:2500融資) 欧州グリーンディール活用への言及
2020年7月	欧州理事会、MFF及び復興基金への合意	7500億ユーロの支援(3900補助金:3600融資) 約1兆円のMFF、上記二つについて30%以上を気候変動関連とする

MFF・復興基金

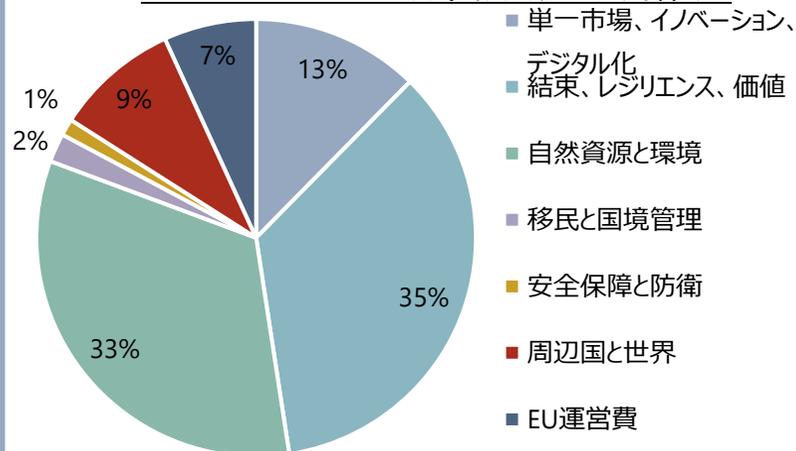
- 7月21日、欧州理事会はMFF2021-2027および復興基金「Next Generation EU」に合意。
 - MFF（多年度財政枠組み）：EUの5～7年間の予算を規定する計画
 - 2021-2027は総額1兆743億€
 - 関税や付加価値税・GNIに基づく加盟国の拠出金などから予算を構成。実質、西欧・北欧加盟国から東欧・南欧加盟国へ予算が流れる。
 - 復興基金「Next Generation EU」：新型コロナ禍による被害からの復興対策に充てられる臨時の特別予算
 - 総額7500億€（補助金3900億€、融資3600億€）
 - 財源として、欧州委員会がEU名義の債権を発行し、市場から調達する。2058年末までに償還を完了する予定。
 - 両者ともに少なくとも30%を気候中立の達成に貢献する政策にあてる目標を設定。

エネルギー関連項目に関連する予算項目

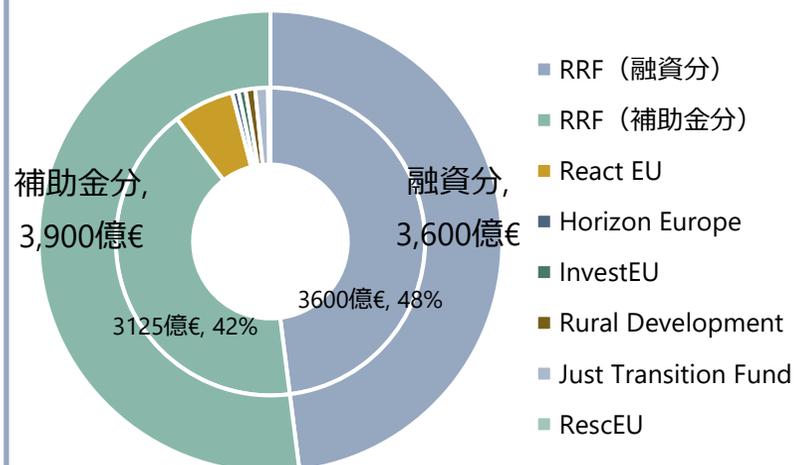
予算項目	予算額	内容
Horizon Europe	MFF:759億€	地球温暖化対策やEU経済の競争力・成長力を高めるための革新的技術開発・研究を後押しするEUの研究開発支援の枠組み
	復興基金:50億€	
Connecting Europe Facility	MFF:284億€	交通・エネルギー・デジタルの各セクターへの投資計画 交通セクター:約213億€、エネルギーセクター:約51億€
InvestEU	MFF:28億€	投資基金や投資助言サービスなどからなる投資促進策 「持続可能なインフラ」ははじめ4分野において信用保証を提供
	復興基金:56億€	
Recovery and Resilience Facility (RRF)	復興基金:6725億€	新型コロナ禍の復興を目的とした、加盟国が実施する改革や投資などへの大型財政支援（復興基金の9割弱を占める） 各加盟国は改革や投資内容を明記した2026年までに実施可能な計画を欧州委に提出し、欧州委が評価（環境に優しい経済への移行等、EUの優先政策への貢献などの観点を加味）
Just Transition Fund	MFF:75億€	「欧州グリーン・ディール」の一環として脱炭素化社会への移行を目指す上で、移行の影響を最も受ける加盟国や地域を支援する「Just Transition Mechanism」の柱となる基金
Financing the green transition	復興基金:100億€	

MFF・復興基金の費目内訳、RRFの推奨投資分野

MFF2021-2027 政策領域別予算配分



復興基金の予算配分



出所) 欧州委員会資料(2020)よりMRI作成 (閲覧日: 2021年3月29日)
<https://www.consilium.europa.eu/media/45109/210720-euco-final-conclusions-en.pdf>

● Recovery and Resilience Facility (RRF)

- 2021年度持続可能成長戦略 (ASGS) に基づき各国が改革・投資計画を策定
- 人口やGDP、失業率等を考慮して各国へ予算配分
- 委員会が推奨する改革・投資分野は以下:
 1. Power up
 - グリーン技術の開発
 - 再生可能エネルギーの開発、利用の促進
 2. Renovate
 - 建物のエネルギー効率の向上
 3. Recharge and Refuel
 - 持続可能でスマートな輸送、チャージ環境の構築
 - 交通分野のグリーン技術の促進
 4. Connect
 - 高速通信環境の構築
 5. Modernise
 - 司法システムや医療システムを含む行政のデジタル化
 6. Scale-up
 - 産業データクラウド容量の増加
 7. Reskill and upskill
 - 全年齢層のデジタルスキル向上・職業訓練

出所) 欧州委員会 “NextGenerationEU: Next steps for RRF”(2020)
https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_20_1658
 欧州委員会 “Recovery and Resilience Facility: Questions and answers”(2020)
https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda_20_1659

(参考) 欧州グリーンディールと水素戦略の関係

- 2019年12月11日、欧州委員会は気候変動対策を中核とした政策文書「欧州グリーンディール」を公表。
 - 人々の幸福と健康の向上を目的とし、従来の気候変動対策の射程を超え、経済や社会に関する様々な政策領域を包含していることが特徴である。
 - 目標設定：
 - 2050年までの気候中立実現（クライメイトニュートラル）
 - エネルギー部門の脱炭素化
 - 建物の改修によるエネルギー料金・使用料の削減促進
 - グリーン経済の革新支援、グローバルリーダーを目指す産業界のイノベーション支援
 - クリーンで低コスト、健康的な民間・公共移動手段の展開
 - 5月27日、欧州委員会のフォンデアライエン委員長は欧州議会での演説で「Next Generation EUは欧州グリーンディールを強化する」と発言。
 - グリーンエネルギー技術への投資、建物やインフラの改修、運輸や物流のグリーン化、公正な移行基金などがグリーンディールの要素として復興基金の用途に含まれる。
- 2020年7月8日、欧州委員会は欧州グリーンディールの一環と位置付け「欧州の気候中立に向けた水素戦略」を発表。
 - 2030年までの必要投資額を、電解槽関連に最大420億€、電解槽と風力・太陽光発電施設の接続および規模拡大に最大3,400億€等と試算。
 - 巨額の投資を加速させる目的で「欧州クリーン水素アライアンス」の立ち上げを発表。水素関連の投資に関する協議事項を設定するなど同戦略の推進を支援。



水素戦略における数値目標

年度	再生可能水素電解槽の規模	再生可能水素生産量
~2024	最低6GW	100万トン
~2030	40GW	1000万トン
2030~	再生可能水素技術を成熟させ、脱炭素化が困難なセクターへ大規模に展開	

出所) 欧州委員会 “欧州グリーンディールとは？”(2019) https://eeas.europa.eu/sites/eeas/files/jp-what_is_the_european_green_deal.pdf

欧州委員会 “Green Deal: El camino para una Europa neutra climáticamente”(2019) https://ec.europa.eu/spain/news/20191212_Europe-climate-neutral-2050_es

欧州委員会 “A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe”(2019) https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/hydrogen_strategy.pdf

各国の景気刺激策（欧州）

- ドイツ：6月3日、景気刺激策「未来パッケージ」を発表
 - 環境対策と次世代技術分野への投資を柱としたポストコロナ景気対策
 - 総額500億€規模の予算のうち、90億€を水素技術の市場立ち上げに割り当て
 - 70億€:国内水素市場の開発（生産、貯蔵、輸送、利用）
 - 20億€:国際連携（アフリカなど再エネ由来のグリーン水素生産に適した地域と提携、グリーン水素の生産・輸入を検討）
- フランス：9月3日、景気刺激策「フランス復興」を発表
 - 環境分野や若者の雇用対策を盛り込んだ過去最大の景気刺激策。「エコロジー」「競争力」「結束」を3つの柱とする。
 - 総額1000億€のうち300億€は「エコロジー」に割り当てられ、グリーン水素の開発・技術投資や、モビリティ拡大、鉄道路線の拡充などにあて、経済を回復させるとともに2050年のカーボンニュートラル達成を目指す。
- 英国：7月22日、重工業や建設・宇宙・運輸等の分野での脱炭素化支援に3.5億£の拠出を発表
 - ジョンソン首相は「パンデミックからの再建に向けて、グリーンで持続可能な回復としての脱炭素への移行を促進する変化のペースを維持することがこれまで以上に重要となる」と発言。
 - 内訳として、ガスからグリーン水素への燃料転換や、CO2回収・貯留（CCS）の拡大などに1億3,900万£が割り当て

出所) ドイツ連邦政府 “Zukunftspaket für das Innovationsland Deutschland” (2020)
<https://www.bmbf.de/de/zukunftspaket-fuer-das-innovationsland-deutschland-11825.html>
フランス政府 “FRANCE RELANCE” (2020)
https://www.gouvernement.fr/sites/default/files/cfiles/mesures_france_reliance.pdf
英国政府 “PM commits £350 million to fuel green recovery”(2020)
<https://www.gov.uk/government/news/pm-commits-350-million-to-fuel-green-recovery>

各国の景気刺激策と水素戦略（その他）

- 韓国：7月14日、新たな国家成長戦略「韓国版ニューディール政策」を発表
 - 2025年までに計160兆ウォン（約14兆2,500億円）を投じ、「デジタル化」「環境問題」「雇用安定化」を3本柱に改革を進める。
 - 文大統領は韓国版ニューディールの発表の際に「COVID-19の危機を乗り越えるだけでなく、この世界的変革期を、人々の力で再び飛躍する機会として捉えている」と発言。
 - 「環境問題」には73兆4,000億ウォンを投資し、65万9,000人の雇用を生み出す。EV113万台、FCV20万台を普及させ、年式の古いディーゼル車116万台の廃車を進める。太陽光や風力などの再生可能エネルギーの普及も拡大する。
- 豪州：5月4日、水素生産・輸出を支援するファンド「Advancing Hydrogen Fund」を設立
 - 総額3億豪ドルのファンドは、2019年11月に策定された「国家水素戦略」の優先事項に基づき、水素の生産、輸出や国内サプライチェーンの開発、水素ハブの設置、水素の国内需要創出などの分野のプロジェクトに資金を提供する。
 - 当ファンドはClean Energy Finance Corporation（CEFC）によって管理され、早期の優先事項として再生可能エネルギーを利用した水素生産の可能性の検証を掲げている。
- 中国：5月22日～ 第13期全国人民代表大会第3回会議
 - 国家発展計画委員会が「2020年度国民経済・社会発展計画についての報告」を発表、国家としての水素エネルギー発展戦略の計画を策定すると言及

出所) 韓国政府 “Green New Deal to reduce economic dependence on carbon”(2020) <https://english1.president.go.kr/Media/News/741>

韓国政府 “Keynote Address by President Moon Jae-in at Presentation of Korean New Deal Initiative”(2020)

<https://english1.president.go.kr/Briefingspeeches/Speeches/852>

オーストラリア政府 “Government announces \$300m Advancing Hydrogen Fund”(2020)

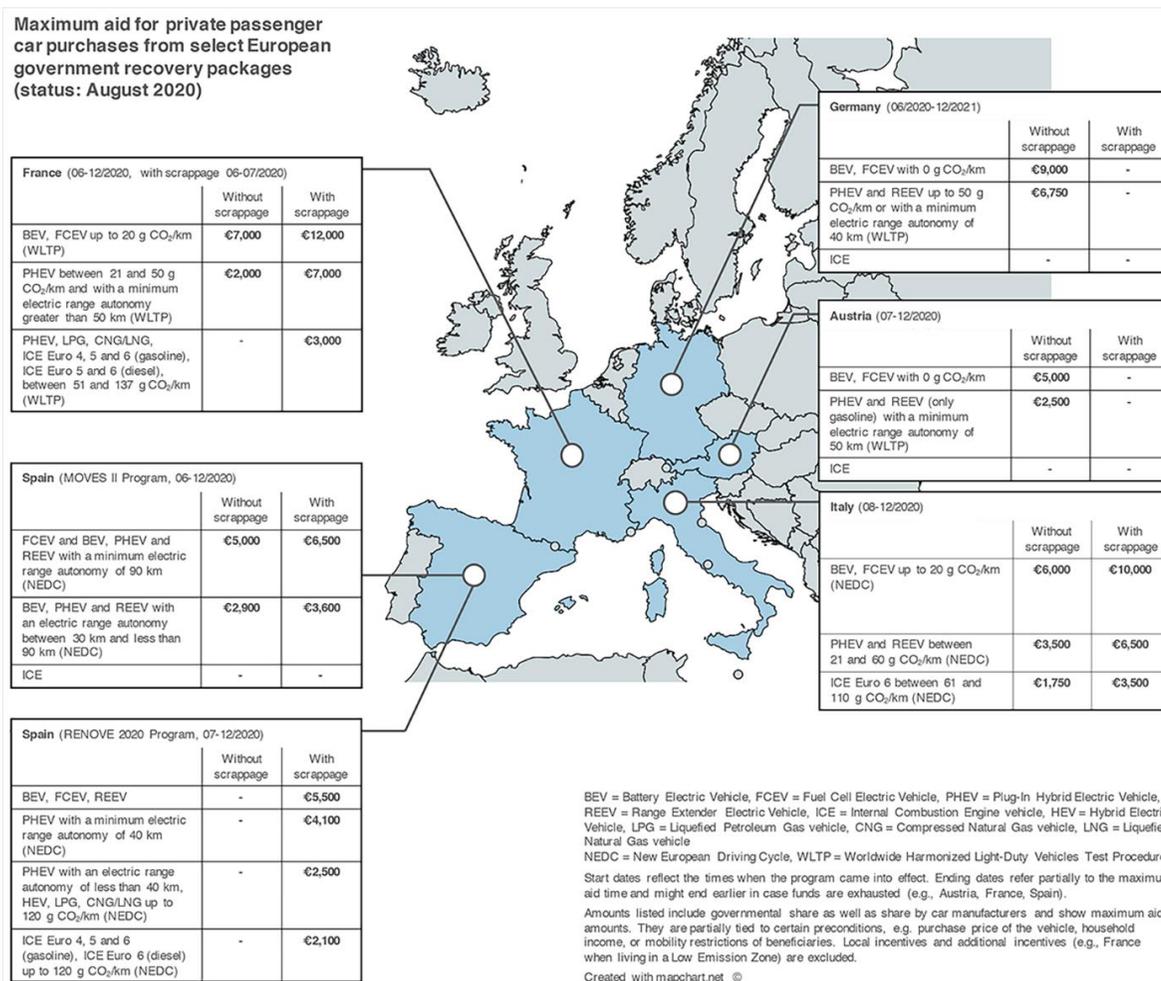
<https://www.energy.gov.au/news-media/news/government-announces-300m-advancing-hydrogen-fund>

中華人民共和国中央人民政府 “关于2019年国民经济和社会发展计划执行情况与2020年国民经济和社会发展计划草案的报告”(2020)

http://www.gov.cn/xinwen/2020-05/30/content_5516227.htm

(参考) 欧州のCOVID-19に対する自動車関連支援策

- 国際クリーン交通委員会 (ICCT) が欧州各国の新車購入インセンティブを整理。
 - 燃料電池車 (FCEV) に対しても、ガソリン車等の廃車も含めた購入インセンティブが各国で設定される。



出所) icct (閲覧日 : 2021年3月29日) <https://theicct.org/blog/staff/economic-recovery-covid-19-ev-europe-aug2020>

④ 水素発電・燃料電池に関する諸外国の動向

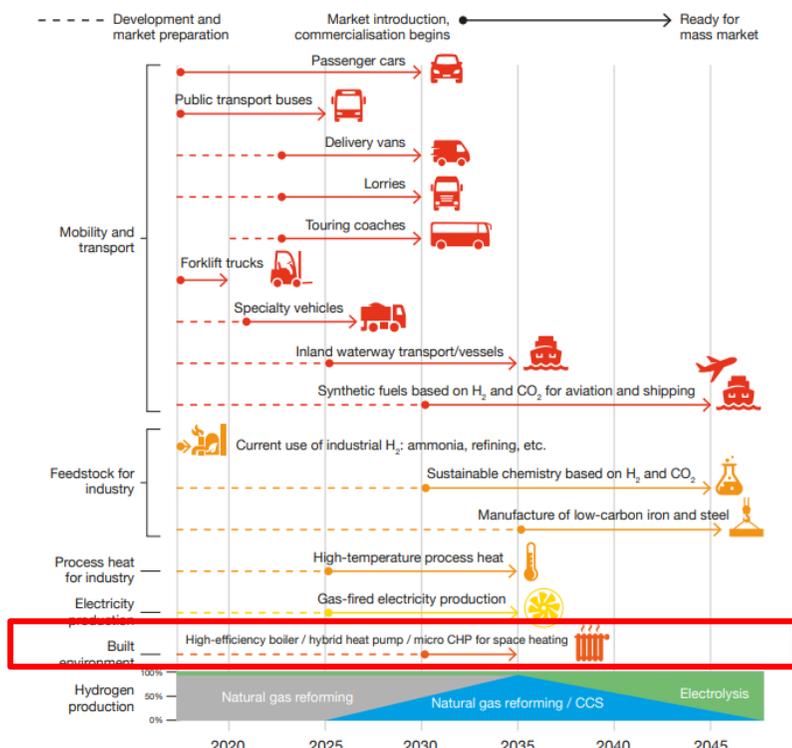
各国の水素発電・燃料電池に関する状況

- 欧州・米国では水素発電事業がロードマップに位置づけられ、プロジェクトも進行中。
- 燃料電池については、米国・韓国で導入促進のための施策が実施されている。
- 韓国では、燃料電池を用いた大規模な発電プロジェクトが実施されている点が特徴。

国	戦略上の位置づけ	導入目標	関連施策	関連PJ
欧州	<ul style="list-style-type: none"> 「Government Strategy on Hydrogen」にて水素発電を有望視（オランダ） 			【水素発電】 <ul style="list-style-type: none"> Magnum Project（オランダ） Enel社の事例（イタリア）
米国	<ul style="list-style-type: none"> 「Road Map to a US Hydrogen Economy」において、水素発電・燃料電池双方を有望視。 	【水素発電・燃料電池】 <ul style="list-style-type: none"> 水素発電・燃料電池併せて2030年で0.3Mt、2050年で4.1Mt 	【燃料電池】 <ul style="list-style-type: none"> ITC 	【水素発電】 <ul style="list-style-type: none"> Advanced Clean Energy Storage Project（ユタ州）ほか 【燃料電池】 <ul style="list-style-type: none"> Financial Incentives for Hydrogen and Fuel Cell Projects（ほか） Bloom Box（Googleなどで採用）
韓国	<ul style="list-style-type: none"> 「水素経済活性化ロードマップ」と「水素技術開発ロードマップ」により、定置型燃料電池の導入を推進 	【燃料電池】 <ul style="list-style-type: none"> 発電用燃料電池を2022年までに1.5GW、2040年までに15GWの導入 	【燃料電池】 <ul style="list-style-type: none"> RPS 	【燃料電池】 <ul style="list-style-type: none"> 大山水素燃料電池発電所 華城市・坡州市の燃料電池発電所

【EU・戦略】オランダにおける水素発電の方針

- オランダでは「Government Strategy on Hydrogen」の中で、柔軟な調整力として低炭素の水素発電を位置付けており、Magnum projectをその代表事例として挙げている。
- また、民間研究組織であるTKI NIEUW GASのレポート「Outlines of a Hydrogen Roadmap」では、電力セクターでの水素需要の位置づけを示すとともに、水素発電による電力供給を高い優先度として位置付けている。



Development stage of H ₂ application	Exploration and study of feasibility	Industrial research and experimental development	Demonstration, practical trials and market introduction
Energy-function	TRL 1-3 market-ready in 10+ yrs	TRL 4-7 market-ready in 3-10 yrs	TRL 8-9 (almost) market-ready
	Power and Light		
Electricity production		- Gas turbine (flexible gas turbine power stations) - Fuel cell power plants (1-10 MW) - Fuel cell gensets - Fuel cell micro CHP plant (kW scale)	Fuel cell systems for back-up and remote power
Conversion and end use	Hydrogen production using - AEM electrolysis - Solid Oxide Electrolysis		Hydrogen production using - Alkaline electrolysis - PEM electrolysis

Note: The ordering is indicative; the boundaries of TRL and market maturity will be less well-defined in practice. Colour coding: level of priority for the development of activities in the Netherlands regarding the potential for reduction of emissions and opportunities for businesses in the Netherlands; green = highest priority, orange = important, but not highest priority, red = limited importance, no priority now.

出所) オランダ政府 “Government Strategy on Hydrogen” (閲覧日: 2020年10月21日)
<https://www.government.nl/documents/publications/2020/04/06/government-strategy-on-hydrogen>

緑: 最優先、オレンジ: 重要、赤: 優先度低

出所) TKI NIEUW GAS “Outlines of a Hydrogen Roadmap” (閲覧日: 2020年10月21日)
<https://www.topsectorenergie.nl/sites/default/files/uploads/TKI%20Gas/publicaties/20180514%20Roadmap%20Hydrogen%20TKI%20Nieuw%20Gas%20May%202018.pdf>

【EU・PJ】水素発電の事例

- 欧州では、オランダとイタリアで水素発電の導入計画がある。

欧州地域における水素発電事例

導入地域	導入先企業	受注企業	導入設備概要	運転計画	出所
オランダ フローニンゲン州	N.V.Nuon	三菱パワー	132万kW級 (1系列あたり44万kW)	2023年までに発電設備3系列のうち1系列を水素専焼へ変換	[1]
イタリア マルゲーラ・フジーナエリア	ENEL	General Electric	12MW級	2010年 水素混焼率80%で実証 (副生水素を利用)	[2]

[1]三菱パワー「オランダで天然ガス焚きGTCC発電所の水素焚き転換プロジェクトに参画 年間130万トンのCO2排出削減に向けてFS（実現可能性調査）を実施」（2018年）

<https://power.mhi.com/jp/news/20180308.html>

[2]資源エネルギー庁「水素・燃料電池戦略ロードマップの達成に向けた対応状況」（2019年）

https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/suiso_nenryo/roadmap_hyoka_wg/pdf/001_03_00.pdf



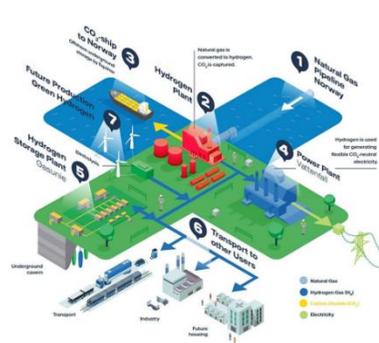
- Innovations**
- First combined cycle worldwide designed to operate with pure hydrogen.
 - First low-NOx combustor for hydrogen (400 mg/Nm³ in experimental phase, 100 mg/Nm³ in commercial operations).
 - Condensing HRSG for the maximum energy recovery.



4. オランダ/Magnum水素焚き転換プロジェクト



オランダ北部に在するMagnum発電所の3系列中1系列を、2025年末に天然ガスから水素焚きに転換することを旨とするプロジェクトに参画



ガスタービン機種	M701F
出力 (CC)	440 MW
CO2削減量	2Mt/年*
所在地	オランダ (Eemshaven)
運転時期	2025年(水素専焼)

水素焚き開始時は天然ガス改質由来の水素 (Blue H₂) の利用を計画 (排出されるCO₂は回収・貯留)、段階的に再工業由来水素 (Green H₂) の利用を想定。

早期 (2025) に水素製造/利用を実行することで水素社会実現の起点となることを目指す。

* 発電/交通/産業/家庭での利用効果総量

図出所)

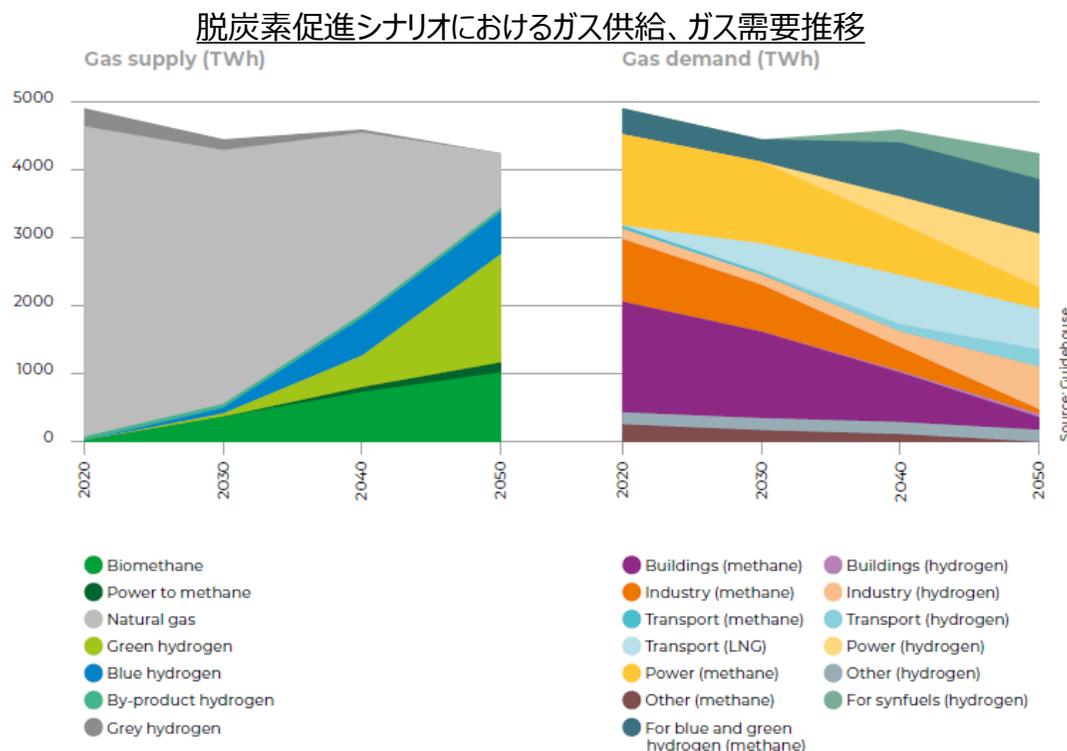
(左) Enel "Electricity from hydrogen with combined cycles - The Fusina Project" (2011) https://www.xing-events.com/eventResources/r/v/kfKnCjZVrUe3Xh/Electricity_from_hydrogen_with_combined_cycles_-_The_Fusina_Project.pdf

(右) 三菱パワー「水素ガスタービン 水素社会の実現に向けて」（2020年）、経済産業省 第2回 2050年に向けたガス事業の在り方研究会 資料7、P14 https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/2050_gas_jigyo/pdf/002_07_00.pdf

(参考) Gas Decarbonisation Pathways 2020–2050 (Gas for Climate)

- Gas for Climate (欧州のガスTSOにより組成された団体) において、2050年EU27でのネットゼロを実現した際のエネルギー需給構造や水素需要に関する分析がなされている (Gas Decarbonisation Pathways 2020–2050)。
- それによれば、グリーンガス (バイオメタン1,170TWh、P2G 1710TWh) のうち、発電向けは1,105TWhと最大となっている。

Figure 3. Gas supply and demand in the Accelerated Decarbonisation Pathway



部門別バイオメタン・水素の導入量

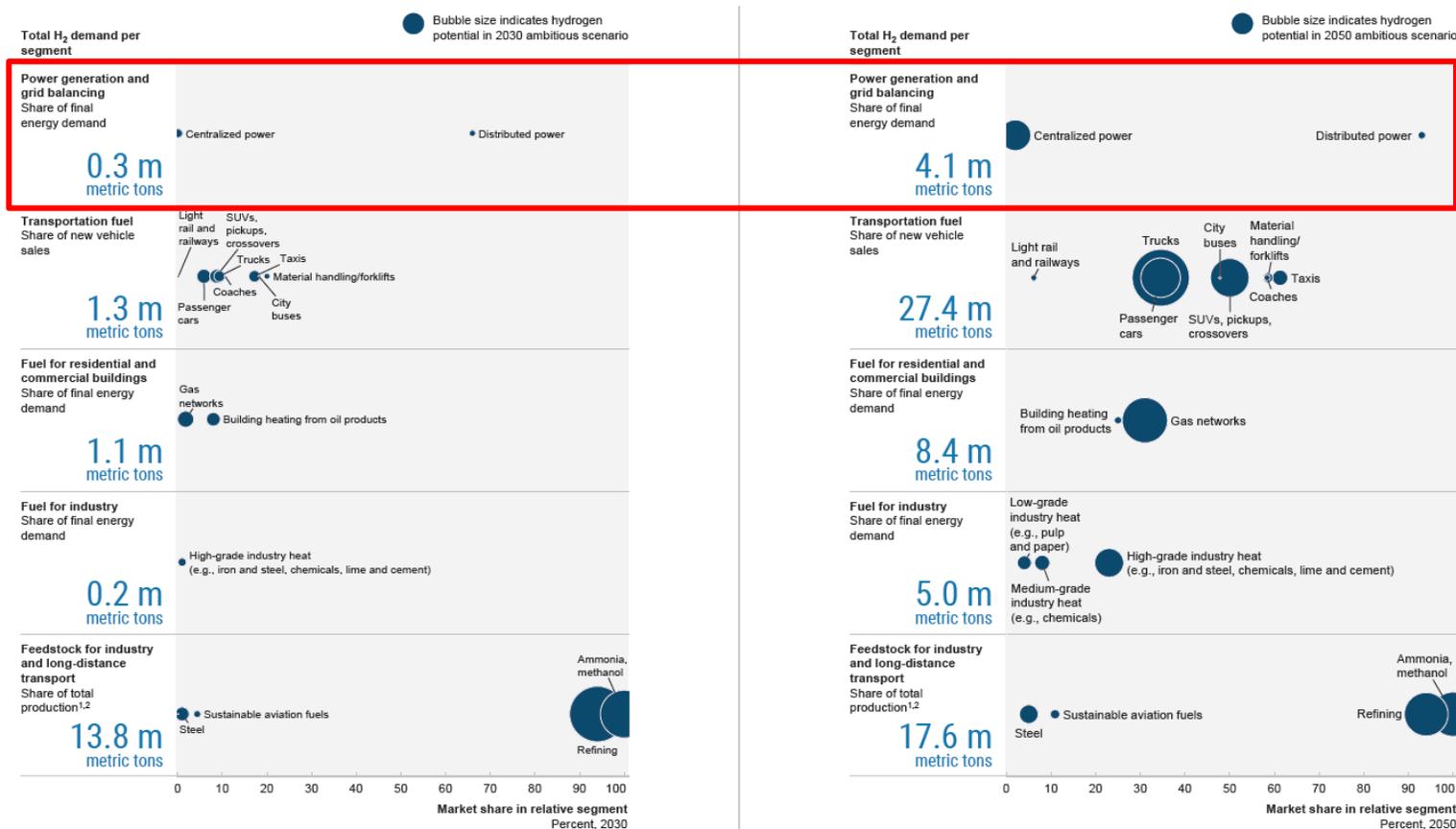


出所) Gas for Climate
 "Gas Decarbonisation Pathways 2020–2050"(2020)
https://gasforclimate2050.eu/sdm_downloads/2020-gas-decarbonisation-pathways-study/

【米国・戦略】 Road Map to a US Hydrogen Economy

- 米国では「Road Map to a US Hydrogen Economy」の中で、発電及び調整力市場へのポテンシャルとして、水素発電及び定置用燃料電池合わせて2030年で0.3Mt、2050年で4.1Mtを見込んでいる。
 - 燃料電池については、オフグリッドや非常用の需要先として、軍事施設やデータセンター等への展開を見込んでいる。

2030年及び2050年における利用形態別水素需要（米国）



¹ In the case of syngas only, the adoption rate is given in percentage of fuel consumption by mass attributed to syngas
² Refining, ammonia, and methanol potential based on growth in those markets; hydrogen share held constant

¹ In the case of syngas only, the adoption rate is given in percentage of fuel consumption by mass attributed to syngas
² Refining, ammonia, and methanol potential based on growth in those markets; hydrogen share held constant

出所) The Fuel Cell and Hydrogen Energy Association “Road Map to a US Hydrogen Economy” (2020)

【米国・施策】米国の投資税制控除による燃料電池補助政策

- 米国では、再エネ関連政策に投資税制控除(ITC)と生産税控除(PTC)が存在。
- ITCは再エネ設備の導入時の税制補助、PTCは発電量に応じた税制補助となっている。
- ITCの補助対象は、太陽光、太陽熱、地熱ヒートポンプ、小型風力、**燃料電池**となっている。
- PTCにて燃料電池は補助対象となっていない。
- 2006年より開始し、2017年にいったん終了したが、2018年に再開されている。

ITCの補助内容

- 税制控除の割合(共通要件)
 - 再エネ等の設備投資額に対して下記の割合で法人税が減免される。
 - 2019/12/31までに稼働システム：導入費用の30%（※設置費用込み・以下同様）
 - 2019/12/31以降～2021/1/1以前に稼働したシステム：26%
 - 2020/12/31以降～2022/1/1以前に稼働したシステム：22%
- ITCにおける燃料電池の補助要件
 - 最大クレジットは、設備容量0.5kWあたり500ドル
 - 0.5kW以上の定格出力を持ち、30%超の発電効率が必要

出所) DSIREウェブサイト (閲覧日: 2021年3月29日)

<https://programs.dsireusa.org/system/program/detail/1235>

【米国・PJ】 米国での主な燃料電池導入事例

- 米国ではシェールガスの影響で天然ガスを低価格で利用できることも燃料電池の導入を後押ししている。
- Bloom Energy社が提供する“Bloom Box”（Bloom Energy Server）が、Google^[1]、FedEx^[2]、ウォルマート、コカ・コーラなどに導入されている（いずれの事例もカリフォルニア州）。
- 材料が低コストである点、発電効率が高い点、バイオガスや都市ガスなど化石燃料とも併用できる点の3点を強みとして強調している^[3]。

Bloom Boxの設置イメージ^[3]



出所)

[1] Bloomenergyウェブサイト（閲覧日：2021年3月29日）<https://www.bloomenergy.com/google>

[2] Bloomenergyウェブサイト（閲覧日：2021年3月29日）<https://www.bloomenergy.com/fedex>

[3] GIZMODOウェブサイト（閲覧日：2021年3月29日）

<https://gizmodo.com/giz-explains-fuel-cells-and-bloom-energys-miracle-box-5479460>

【米国・PJ】 水素発電の事例

- 米国では、CO2フリー水素を用いた発電設備導入事例があり、三菱パワーによる受注が複数件。

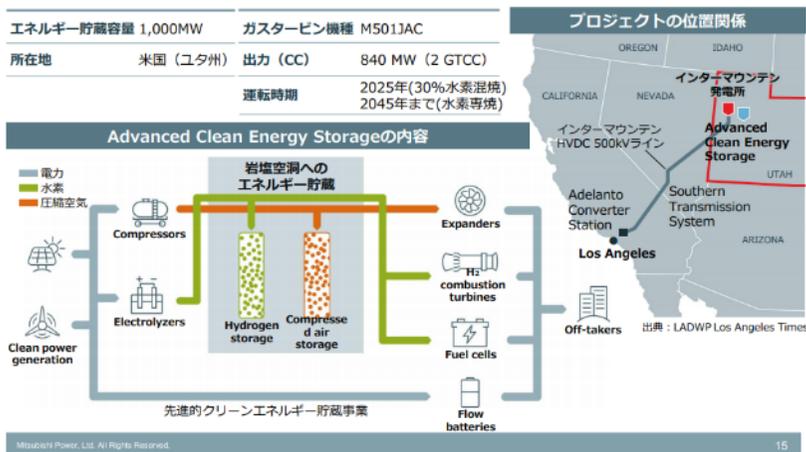
米国地域における水素発電事例

導入地域	導入先企業	受注企業	導入設備概要	運転計画	出所
ユタ州	Intermountain Power Agency	三菱パワー	84万kW級	2025年 水素混焼率30%で運転開始 2045年までに水素専焼を目指す	[1]
ニューヨーク州	DANSKAMMER ENERGY	三菱パワー	600MW級	2023-25年 運転開始見込み	[2]
バージニア州	Balico	三菱パワー	1,600MW級	2023-25年 運転開始見込み	[2]
オハイオ州	EmberClear	三菱パワー	1,084MW級	2023-25年 運転開始見込み	[2]

4. 米国/Advanced Clean Energy Storageプロジェクト



- ✓ Magnum Development社およびユタ州政府と共に、岩塩空洞へのエネルギー貯蔵事業プロジェクトに取り組み中
- ✓ 米国インターマウンテン電力様は、弊社水素焼きJAC型ガスタービン2台を選定



出所)

[1]三菱パワー「米国ユタ州で再生可能エネルギー由来の水素を利用したGTCC発電プロジェクト インターマウンテン電力 (IPA) 向けに84万kW級水素焼きJAC形設備を初受注」(閲覧日：2020年10月20日)

<https://power.mhi.com/jp/news/20200312.html>

[2] Bloomberg “\$3 Billion Planned for Next-Generation Hydrogen Power Plants” (閲覧日：2020年10月20日)

<https://www.bloomberg.com/news/articles/2020-09-02/mitsubishi-plans-three-hydrogen-ready-power-plants-in-the-u-s>

図出所) 三菱パワー「水素ガスタービン 水素社会の実現に向けて」(2020年)、経済産業省 第2回 2050年に向けたガス事業の在り方研究会 資料7、P15

https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/2050_gas_jigyo/pdf/002_07_00.pdf

【韓国・戦略】 韓国の定置用燃料電池関連戦略

- 韓国では2019年に「水素経済活性化ロードマップ」と「水素技術開発ロードマップ」を発行している。
- それぞれのロードマップにおいて定置用燃料電池の普及に向けた数値目標を設定している。

水素経済活性化ロードマップでの定置用燃料電池の普及目標

<定置用燃料電池に関する記述>

- 2019年上半期に燃料電池専用LNG料金制度を新設
- RPS制度のREC加重値を維持(太陽光の2倍)
- 2022年まで国内1GW 普及で規模の経済達成
- 2025年まで中小型LNG発電と同等水準
- 2040年までに設置費65%、発電単価50%削減

定置用燃料電池の累積導入量の目標

	2018	2022	2040
発電用	307.6MW	1.5GW (1GW)	15GW以上 (8GW)
家庭・建物用	7MW	50MW	2.1GW以上

水素技術開発ロードマップでの定置用燃料電池の普及目標

<定置用燃料電池に関する記述>

- 設置費と発電単価の削減
- 輸入依存度が高い主要部品の国産化推進

コスト目標

- (家庭・建物用 設置費の目標)
2,700万ウォン/kW(現在)
⇒800万ウォン/kW(2030)
⇒600万ウォン/kW(2040)
- (大規模発電用 発電単価の目標)
241ウォン/kWh(現在)
⇒141ウォン/kWh(2030)
⇒131ウォン/kWh(2040)

【韓国・戦略】水素経済活性化ロードマップの概要

● 水素経済活性化ロードマップ

- 2019/1 産業通商資源部より発行。
- 水素利用と燃料電池に注目し、水素経済を推進するための産業形態の構築を目指し、2040年までの各種目標を定めている。
- 内容は大きく4つの項目・目標になっている。
- 産業面の要素も加味し、一部国内需要だけでなく輸出による国外需要にも言及。

● 概要

- (1)モビリティ :燃料電池車620万台生産及び水素ステーションを1,200ヶ所構築
 - 2040年 620万台（内需290万台、輸出330万台）。燃料電池タクシー、燃料電池バス、燃料電池トラックを含む
 - 水素ステーション :2040年 1,200ヶ所
- (2)エネルギー分野 :発電用の燃料電池15GW、民生用燃料電池2.1GWを普及
 - 発電用燃料電池:2040年 15GW(輸出 7GW)
 - 民生用燃料電池:2040年 2.1GW
- (3)水素生産 :グリーン水素拡大で供給量526万トン/年とし、価格を3000ウォン/kgとする。
 - グリーン水素を拡大。2040年526万トン以上
 - 水素供給方法は気体・液体などに多様化、パイプライン網構築。価格を2040年まで3,000ウォン/kgまで低下
- (4)輸送・貯蔵 :安定的で経済性のある水素流通網を確立
 - 輸送・利用に関する安全管理基準及び部品・製品の安全性評価を強化

出所) 韓国 産業通商資源部、「수소경제 활성화 로드맵 발표 (水素経済活性化ロードマップ)」(2019年)をMRIにて和訳
<https://www.korea.kr/news/pressReleaseView.do?newsId=156313631>

【韓国・戦略】水素経済活性化ロードマップの詳細

		2018年				2022年				2040年		
水素活用	モビリティ	水素利用							2030 全車種生産ライン構築	620万台 (290万台)		
			乗用車	1.8千台 (0.9千台)			~2022 核心部品100%国産化 生産量3.5万台/年	7.9万台 (6.5万台)	2023 電気自動車 価格水準	2025 商業量産 年10万台	590万台 (275万台)	
			バス	2台				2千台		80万km以上の耐久性	6万台 (4万台)	
			タクシー		2019 モデル事業	2021 主要都市展開			全国展開	50万km以上の耐久性	12万台 (8万台)	
			トラック			5トントラック発売		10トントラック		核心部品100% 国産化	12万台 (8万台)	
		水素ステーション	14カ所 (1,000万ウォン/kg)				310カ所		300万ウォン/kg 核心部品100% 国産化	1,200カ所		
		船舶、列車		R&D								
	エネルギー	燃料電池	発電用	307MW	専用LNGプラ 新設		2022設備費380 万ウォン	1.5GW (1GW)		2025 中小型ガス タービン発電 単価	~2040 設備費用35% 発電単価50%	15GW (8GW)
			家庭・建物	7MW			設備費1,700万ウォ ン	50MW			設備費600万 ウォン/KW	2.1GW
			水素ガスタービン		R&D							
水素供給	水素供給量	13万トン/年				47万トン/年				526万トン/年		
	生産方式	化石燃料ベース	需要地付近での大規模製造			電解製造		水素の大規模・長期間貯蔵技術の開発	海外水素製造、大規模水電解プラント	グリーン水素活用 (電解+海外)		
水素価格						6000ウォン/年 (ガソリンの50%)			4000ウォン/年	3000ウォン/年		

※括弧内数値は国内需要

出所) 韓国 産業通商資源部、「수소경제 활성화 로드맵 발표 (水素経済活性化ロードマップ)」(2019年)をMRIにて和訳

<https://www.korea.kr/news/pressReleaseView.do?newsId=156313631>

【韓国・戦略】水素技術開発ロードマップの概要

● 水素技術開発ロードマップ

- 2019/10 科学技術情報通信部より案として発行。
- 水素エネルギー分野における韓国の技術競争力向上を目的として策定された。
- 先に発行された「水素経済活性化ロードマップ」の基本方針を基礎としつつ、中小企業育成や安全性確保の視点も加えて五つの技術分類体系を設けている。

● 概要

- (1)生産 :副生水素頼った生産拡大には限界があるため、生産手段の多様化を目指す
 - 安価な水素の大量生産又はグリーン水素の生産手段を重点的に開発
 - 2030年までに3,500ウォン/kg、2040年までに2,500ウォン/kgでの生産を目指す
- (2)保存・運送 :コスト削減に向けた大量保存・輸送の実現を目指す
 - 液化水素に係る技術開発を「主要技術」として推進し、トレーラー輸送費を2040年に700ウォン/kgとする
- (3)活用 (モビリティ) :現状では商用車・乗用車に用途に限られるため、横展開を目指す
 - 2030年には陸上大型輸送車、洋上船舶、ドローン、2040年には大型船舶や飛行機の商用化を目指す
- (4)活用 (発電・産業) :発電用燃料電池システムの高効率化・低価格化を目指す
 - 発電用燃料電池の単価を241ウォン/kWh (現在) から2030年には141ウォン/kWhへ
- (5)安全・環境・インフラ:安定的で経済性のある水素流通網を確立
 - 水素に係る標準 (モビリティに関する標準、燃料電池・ガスタービンに関する標準等) を定め、認証制度を構築する
 - 燃料電池自動車や船舶に水素を供給するステーションに関する技術開発を行う (充填時間短縮など)

出所) 韓国 科学技術情報通信部、「수소 기술개발 로드맵(안) (水素技術開発ロードマップ (案))」(2019年)をMRIにて和訳
<https://www.korea.kr/common/download.do?fileId=188792439&tblKey=GMN>

(参考) 韓国のFIT制度による燃料電池への補助 (2012年終了)

- 韓国では2012年までFIT制度による再エネ・新エネ導入補助施策を実施。
- 燃料電池はFIT制度においても補助対象となっており、太陽光に次いで高い固定料金が設定されていた。

表3 太陽光発電の発電容量等別発電差額支援金 (2010年～2011年)

(単位:ウォン/kWh)

適用時期	設置場所	買取適用期間	30 kW以下	30 kW超過 200 kW以下	200 kW超過 1 MW以下	1 MW超過 3 MW以下	3 MW超過
2010年	土地	15年	566.95	541.42	510.77	485.23	408.62
		20年	514.34	491.17	463.37	440.20	370.70
	建築物	15年	606.64	579.32	546.52	-	-
		20年	550.34	525.55	495.81	-	-
2011年	土地	15年	484.52	462.69	436.50	414.68	349.20
		20年	439.56	419.76	396.00	376.20	316.80
	建築物	15年	532.97	508.96	480.15	-	-
		20年	483.52	461.74	435.60	-	-

注:買取適用期間(15年もしくは20年)は基準価格とセットとして、再生可能エネルギー発電事業者が選択することができる。

出所:エネルギー管理公団の新・再生エネルギーセンターウェブサイトより作成。

出所) 鄭承衍・李秀澈、「日韓の再生可能エネルギー政策の転換とその成果」(2014年)、名城論叢

http://wwwbiz.meijo-u.ac.jp/SEBM/ronso/no14_4/10_JEONG_ELEE.pdf

表4 太陽光発電以外の発電容量等別発電差額支援金 (2010年～2011年)

(単位:ウォン/kWh)

電源	適用対象設備	区分	基準価格(ウォン/kWh)			備考	
			固定料金	変動料金 (*11.1.1以前)	変動料金 (*11.1.1以降)		
風力	10 kW以上	-	107.29	-	-	減少率 2%	
水力	5 MW以下	一般	1 MW以上	86.04	SMP+15	SMP+15	
			1 MW未満	94.64	SMP+20	SMP+20	
		その他	1 MW以上	66.18	SMP+5	SMP+5	
			1 MW未満	72.80	SMP+10	SMP+10	
バイオ	LFG	50 MW以下	20 MW以上	68.07	SMP+5	SMP+5	化石燃料 投入割合 30%未満
			20 MW未満	74.99	SMP+10	SMP+10	
	バイオガス	50 MW以下	150 kW以上	72.73	SMP+10	SMP+20	
			150 kW未満	85.71	SMP+15	SMP+25	
バイオマス	50 MW以下	木質系バイオマス	68.99	SMP+5	SMP+15		
廃棄物	廃棄物焼却	20 MW以下	-	-	SMP+5	SMP+5	
	RDF	50 MW以下	-	-	SMP+5	SMP+15	
海洋エネ	潮力	50 MW以上	最大潮差 8.5 m以上	防灌堤有	62.81	-	
				防灌堤無	76.63	-	-
			最大潮差 8.5 m未満	防灌堤有	75.59	-	-
				防灌堤無	90.50	-	-
燃料電池	200 kW以上	バイオガス利用	227.49	-	-	減少率 3%	
		その他燃料利用	274.06	-	-		

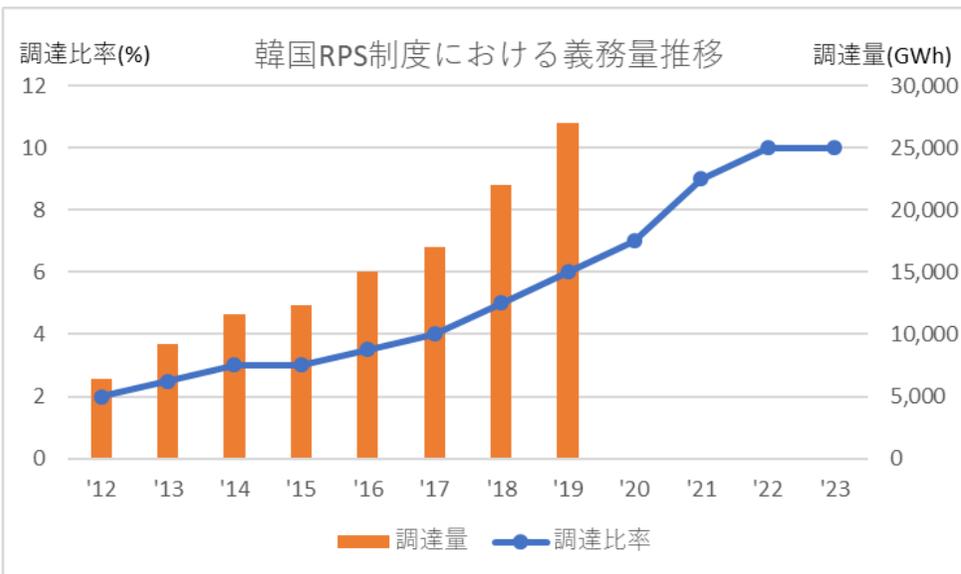
注:減少率は、基準価格(固定価格)が開始してから毎年自動的に減少されるレートであり、新規事業者のみに適用される(稼働中の事業者には適用されない)。

出所:エネルギー管理公団の新・再生エネルギーセンターウェブサイトより作成。

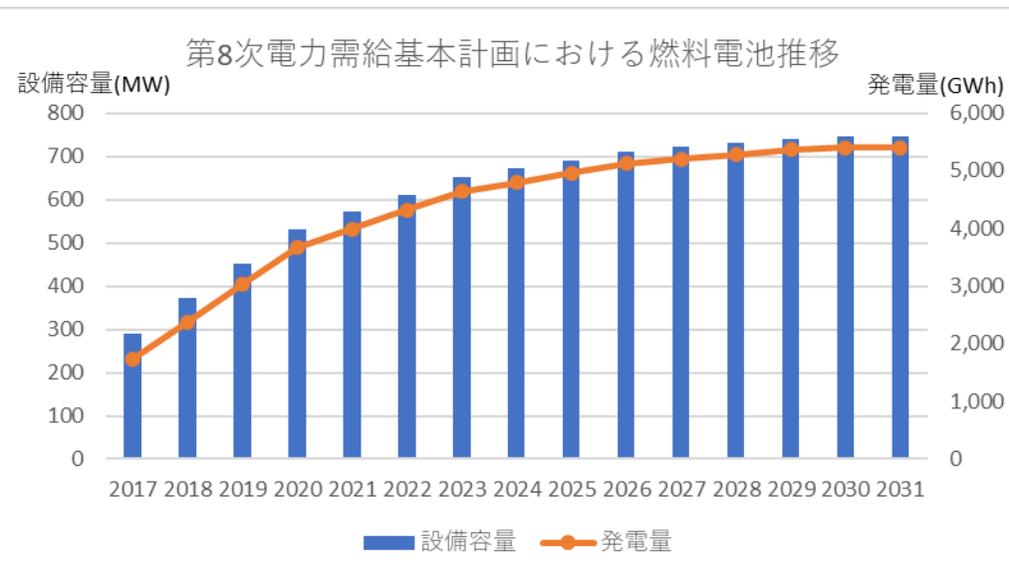
【韓国・施策】定置用燃料電池推進施策

- 韓国では、2012年以前はFITによる支援、2012年以降はRPS制度によって、電力会社に義務量を課す形で再エネ・新エネ導入（燃料電池含む）が推進されている。
- RPSでは、50万kW以上の発電設備を所有する電気事業者を対象に、全発電量のうち、2012年以降の新設電源からの調達量が2022年に10%となるよう義務付けられている。対象として燃料電池による発電も含まれ、**義務量達成にあたり2倍カウント**される。
- 第8次電力需給基本計画（2017年12月）においても、燃料電池発電を2030年までに746MW、5,404GWhに増加すると見込んでいる。（2017年時点で291MW、1,737GWh）

韓国RPS制度における義務量推移



第8次電力需給基本計画における燃料電池推移



出所) 韓国エネルギー管理公団再生エネルギーセンターウェブサイトよりMRI作成
 (閲覧日: 2020年10月19日) https://www.knrec.or.kr/business/rps_guide.aspx

出所) 韓国政府「第8次電力需給基本計画」(2017年)よりMRI作成
<https://policy.asiapacificenergy.org/sites/default/files/8th%20Basic%20Plan%20for%20Long-term%20Electricity%20Supply%20and%20Demand%20282017%20-%20202031%29.pdf>

【韓国・施策】韓国での燃料電池導入推進策（RPS制度）

RPS（Renewables Portfolio Standard）制度

- 韓国では2012年にFIT制度からRPS制度に移行。発電事業者に一定割合の新エネ・再エネ発電を義務化。
- 現行のRPSでは、50万kW以上の発電設備を所有する電気事業者を対象に、2022年までに発電電力量の10%を再エネもしくは新エネ電源で賄うことが義務付けられている。
- 韓国の新エネには燃料電池による発電も位置付けられている。

再エネ種ごとの荷重割合

新エネ・再エネの導入義務量

年度	2012	2013	2014	2015	2016
導入義務割合(%)	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
	年0.5%UP				

2017	2018	2019	2020	2021	2022~
5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0
年1%UP					

導入義務量 = 総発電量(再エネ・新エネ分は除く) × 義務割合 (%)

出所) 韓国 産業通商資源部 ウェブサイト (2012年) よりMRI作成
http://www.motie.go.kr/motie/py/td/tradefat/bbs/bbsView.do?bbs_cd_n=72&cate_n=3&bbs_seq_n=209115

分類	荷重値	基準	
		設置個所	詳細な基準
太陽光	1.2	一般敷地に設置する場合	100kW未満
	1.0		100kW以上
	0.7		3,000kW
	0.7	森林に設置する場合	-
	1.5	建物などの既存施設を利用する場合	3,000kW以下
	1.0		3,000kW
	1.5	水面に浮遊させて設置する場合	-
	1.0	自用発電設備による電力取引の場合	-
	5.0	ESS(太陽光接続)	2018,2019年
	4.0		2020年
その他の新・再エネ	0.25	IGCC、副生ガス、廃棄物エネルギー(非再生廃棄物由来を除く)、バイオSRF埋立地ガス、木材トレイ、木材チップ	
	0.5		
	1.0	水力、陸上風力、潮力、その他のバイオエネルギー(バイオ重油、バイオガスなど)での自家用発電設備による電力取引の場合	
	1.5	森林バイオマス混焼設備、熱熱を利用しない。	
	2.0	燃料電池 、藻類、未利用森林バイオマス(バイオエネルギーのみのフルフィクション)	
	1.0~2.5	湿気(防湿剤)、地熱。	固定/可変。
	2.0	洋上風力	接続距離5km以下
	2.5		連動距離5km~10km
	3.0		連動距離10km~15km
	3.5		接続距離15km以上
4.5	ESS(風力接続)		2018,2019年
4.0		2020年	

出所) 韓国 産業通商資源部 ウェブサイト (2019年) よりMRI作成
http://www.motie.go.kr/motie/ms/nt/gosi/bbs/bbsView.do?bbs_cd_n=5&bbs_seq_n=63405

【韓国・施策】 Korea New Dealにおける水素関連施策

- 2020年8月発表のKorea New Dealは、Digital New DealとGreen New Dealの2部構成。
- 水素関連施策は、6. Low-carbon and Decentralized Energy Supplyのうち、“Expanding the Supply of Electric and Hydrogen Vehicles”にて打ち出されている。具体内容は以下のとおり。
 - 電気自動車と燃料電池自動車の導入拡大。2022年までに総額8.6兆ウォン（うち財政出動5.6兆ウォン）の投資、2025年までに総額20.3兆ウォン（うち財政出動13.1兆ウォン）の投資を予定。
 - 2025年までに、113万台の電気自動車（乗用車、バス、貨物車）導入、15,000か所の急速充電器、30,000箇所の普通充電器の整備を目指す。
 - 2025年までに、20万台の燃料電池自動車（乗用車、バス、貨物車）導入、450か所の水素ステーション整備を目指す。燃料電池プラントやその他水素配送インフラ整備も実施予定。
 - 同時に、ディーゼル車を廃棄してLPG車へ移行するための支援も実施。
 - また、商用車での水素普及を目的として燃料費補助を旅客輸送事業法や貨物輸送事業法にて位置付ける予定。

Focus Areas of the Korean New Deal:



政策目標

Policy Target Timeline:

	2020	2022	2025
Number of electric vehicles	91,000 (in 2019)	430,000	1,130,000
Number of hydrogen vehicles	5,000	67,000	200,000
Scrappage of old diesel cars	1,060,000	1,720,000	2,220,000 (by 2024)
Transition of old diesel freight cars to LPG	15,000	60,000	150,000

出所) Government of South Korea "Korea New Deal National Strategy for a Great Transformation" (2020年)
http://overseas.mofa.go.kr/in-chennai-en/brd/m_2780/view.do?seq=761570

【韓国・施策】韓国における水素ステーションに関する支援策

- 2022年度までに310か所、2040年までに1200か所の導入目標がある。2019年3月、官民出資のSPC HyNETが発足し、2022年までに100か所の導入を目指すとしている^[1]。
- 2013年度から補助制度があり、上限15億ウォンの半額補助がある^[2]。（2018年時点情報）
- 2020年9月11日付Springerのレポートによれば、水素ステーションに係る補助制度は以下のとおり^[3]。
 - 都市部の水素ステーションに50%補助、上限15億ウォン（韓国環境省）
 - 高速道路沿いの水素ステーションに7.5億ウォン補助（韓国国土交通省）

出所)

[1] Sichao Kan, "South Korea's Hydrogen Strategy and Industrial Perspectives" (2018年)

https://www.ifri.org/sites/default/files/atoms/files/sichao_kan_hydrogen_korea_2020_1.pdf

[2] Jin-Nam Park, "Hydrogen Energy of KOREA", Renewable Hydrogen Conference, (2018年)

<http://www.drd.wa.gov.au/Publications/Documents/Hydrogen%20Energy%20of%20KOREA.pdf>

[3] Troy Stangarone "South Korean efforts to transition to a hydrogen economy", Clean Technologies and Environmental Policy (2020年)

[https://link.springer.com/article/10.1007/s10098-020-01936-](https://link.springer.com/article/10.1007/s10098-020-01936-6#:~:text=As%20part%20of%20the%20Green,expand%20subsidies%20for%20hydrogen%20vehicles.)

[6#:~:text=As%20part%20of%20the%20Green,expand%20subsidies%20for%20hydrogen%20vehicles.](https://link.springer.com/article/10.1007/s10098-020-01936-6#:~:text=As%20part%20of%20the%20Green,expand%20subsidies%20for%20hydrogen%20vehicles.)

【韓国・PJ】韓国での主な燃料電池導入事例

- 韓国では、大規模な燃料電池発電所の建設が進む。Bloom Energyなどの外資も参入。

大山水素燃料電池発電所

- 2020年7月31日、瑞山市にある大山（Daesan）水素燃料電池発電所が開所
- Doosan Fuel Cell（斗山燃料電池）社が提供する440 kWの水素燃料電池114基（合計50 MW）が設置されている世界最大の燃料電池発電所
- 石油化学コンビナートから得られる副生水素を用いた燃料電池発電を行う
- 発電量は年間400,000 MWh（稼働率90%）であり、忠南（Chungnam）の家庭160,000戸に供給される。



出所) FuelcellsWorksウェブサイト ニュース（2020年）（閲覧日：2021年3月29日）
<https://fuelcellsworks.com/news/daesan-hydrogen-fuel-cell-power-plant-completed-with-help-of-doosan-fuel-cells/>

華城市・坡州市の燃料電池発電所

- 2020年9月、Bloom Energy（米）とSK建設（韓）は、京畿道の華城市と坡州市に合わせて28MWのSOFC燃料電池を設置すると発表した
- 華城市の発電所は19.8MWで投資額は1,410億ウォン（141億円）、坡州市の発電所は8.1MW
- Bloom EnergyはSOFCと水電解装置により水素市場に参入しており、韓国市場へは2021年からSK建設を通して製品を投入する



出所) Bloomenergyウェブサイト プレスリリース（閲覧日：2021年3月29日）
<https://www.bloomenergy.com/newsroom/press-releases/bloom-energy-and-sk-ec-announce-28-megawatt-deployment-fuel-cell-technology>

【豪州・PJ】 オーストラリアにおける水素発電事例

- 水素インフラ事業を推進するH2Uは、南オーストラリア州ポートリンカーン周辺において、The Port Lincoln Green Hydrogen Projectとして水の電気分解による30MW規模の水電解装置と分散型のアンモニア生成を複合的に行うプラントをドイツのEPC会社であるThyssenKruppとともに開発中^[1]。
 - 11.75億豪ドル規模のプロジェクトに対し、南オーストラリア州政府から補助金や追加の融資として、4700万豪ドル相当の支援を実施。
- 風力と太陽光のみを利用して、年間約1万8000トンのグリーンなアンモニアを製造し、地元の農業・産業部門へ供給するとともに、風力や太陽光の調整力としての運用に向け16MWの水素専焼ガスタービンを2基導入。2021年を目途に商用運転を予定している。
 - タービンはGE傘下のBaker Hughes製「NovaLT™16タービン」を使用。アンモニアは、空気分離装置（ASU）によって生成された窒素と、電解槽によって生成された水素から合成。

出所) [1] 南オーストラリア州 “South Australia’s Hydrogen Action Plan” (閲覧日：2020年10月21日)

<http://www.renewablesa.sa.gov.au/content/uploads/2019/09/south-australias-hydrogen-action-plan-online.pdf>

Baker Hughes製水素タービンの仕様

Baker Hughes gas turbine fleet experience with H₂ and inerts

Hydrogen

- 68 units installed
- Unique experience with hydrogen-fueled gas turbine
- NovaLT™16 in Australia; green ammonia site in progress (100% H₂)

Inerts

- ~30 customer sites
- N₂ blend gas up to 40%

Gas turbine	Max. inerts	Max. H ₂
PGT10	40%	82%
GE10	40%	100%
LM2500/+	15%	60%
LM5000	15%	50%
LM6000	15%	33%
Frame 3/2	25%	60%
Frame 5/1	40%	50%
Frame 6/1	40%	95%
Frame 7/1	40%	50%
Frame 9/1	36%	60%



Power 16.9 (17.5) MW

Efficiency 36.4 (37.5) %

Nominal shaft speed 7,800 rpm

図出所)

(左) Turbomachinery “THE HYDROGEN TURBINE” (閲覧日：2020年10月21日)
<https://www.turbomachinerymag.com/the-hydrogen-turbine/>

(右) Baker Hughes “Baker Gas turbine experience with hydrogen for energy transition” (閲覧日：2020年10月21日)
<https://www.bakerhughes.com/case-study/gas-turbine-experience-hydrogen-energy-transition>

諸外国における水素発電・定置用燃料電池の方針

- IEA「The Future of Hydrogen」では、系統への調整力やバックアップとしてのコンバインドサイクルガスタービンや燃料電池における水素燃料に関する記載がされているが、R&Dや戦略的実証フェーズとされている。

2030年における利用形態別水素需要及び技術・市場でのポテンシャル（世界）

Type of application	Application	Size of the 2030 opportunity (ktH ₂ /yr)	Long-term potential scale
Major hydrogen uses today	Chemicals (ammonia and methanol)	Over 100	High
	Oil refineries and biofuels	Over 100	Medium
	Iron and steel (blending in DRI)	10-100	Low
New hydrogen uses for a clean energy system	Buildings (conversion to 100% hydrogen)	Over 100	High
	Road freight	Over 100	High
	Passenger vehicles	Over 100	Medium
	Buildings (blending in the gas grid)	Over 100	Low
	Iron and steel (conversion to 100% hydrogen)	10-100	High
	Aviation and maritime transport	Under 10	High
	Electricity storage	Under 10	High
	Flexible and back-up power generation	Under 10	Medium
	Industrial high-temperature heat	Under 10	Low

Notes: Long-term potential scale is a judgement of the technical potential and the extent to which hydrogen faces competition from other low-carbon options in this application. The size of the 2030 opportunity reflects announced plans and targets for scale-up of clean hydrogen in these applications around the world.

出所) IEA “The Future of Hydrogen” (閲覧日: 2020年10月19日)

⑤ 燃料電池トラックに関する動向

燃料電池トラックに関連した主要地域の動向一覧

- 燃料電池モビリティに関する取り組みが特に活性化している米国、EU(ドイツ、フランス)、中国を中心に燃料電池トラック等のHDVの取り組み状況を整理。

主要国の燃料電池トラック関連の取り組み状況一覧

国	戦略・導入目標	規制・補助金	研究開発・実証PJ	関連団体	
米国	<ul style="list-style-type: none"> 21CTP Research Blueprint DOE先進トラック技術目標 	<ul style="list-style-type: none"> H2@scale補助金 (DOE) ZEV規制 	<ul style="list-style-type: none"> ZANZEFF関連PJ 	<ul style="list-style-type: none"> DOE CARB CEC 	
	カリフォルニア州	<ul style="list-style-type: none"> MDHDアクションプラン 			<ul style="list-style-type: none"> ZANZEFF補助金 (CARB) ACT規制 (CARB) 水素ST補助金 (CEC)
EU	<ul style="list-style-type: none"> 代替燃料インフラ指令 欧州水素戦略(2020/9) 欧州水素ロードマップ(2019) 	<ul style="list-style-type: none"> HDV向け排出規制 	<ul style="list-style-type: none"> H2Share、H2Haul H2ME・H2ME2 H2GO 	<ul style="list-style-type: none"> Hydrogen Europe FCH2JU 	
	フランス	<ul style="list-style-type: none"> 2019 水素ロードマップ 脱炭素水素開発のための国家戦略(2020/9) 		<ul style="list-style-type: none"> hydrogen mobility ecosystem 	<ul style="list-style-type: none"> H2 Mobility France AFHYAC
	ドイツ	<ul style="list-style-type: none"> 国家水素戦略 (2020/6) 	<ul style="list-style-type: none"> FCV・ステーションへの補助金、通行料減免などの方針 NIP 	<ul style="list-style-type: none"> Energy and Climate Fund 	<ul style="list-style-type: none"> NOW H2 Mobility
中国	<ul style="list-style-type: none"> 中国製造2025 	<ul style="list-style-type: none"> NEV規制 新エネルギー車普及のための財政補助金政策 CAFC規制 	<ul style="list-style-type: none"> 上海市、広東省(仙山市等) 		

燃料電池トラック関連の海外プレイヤー（一覧）

- 燃料電池トラックの製造を手掛けている、あるいは生産を表明した主要なメーカーは以下のとおり。

燃料電池トラック関連の海外プレイヤー

企業名	国	特徴・動向
NICOLA	米国	燃料電池トラックの大量生産を表明し、予約受付を開始。
KENWORTH	米国	北米トヨタとFCトラックを開発。BEVの開発も並行して実施。
Cummins	米国	ディーゼルエンジンを基盤としつつも、幅広く水素事業を展開。
Hyundai	韓国	欧州や米国との連携を強める。水素インフラ整備など大規模投資にも注力。
Daimler	ドイツ	BEV、FCEVいずれにも共通する技術をコアとしてシナジー効果狙った開発。
Quantron AG	ドイツ	E-モビリティのレトロフィッターとして、他の自動車メーカーと連携。
Dongfeng	中国	上海市に500台のFCトラックを導入するなど、中国市場で主要な位置を占める。
SAIC motor	中国	開発の中心はバスだが、中国3大自動車メーカーの一角としてトラックも開発。
SHACMAN	中国	中国の主要大型トラックメーカーとして、複数の車種を開発中。

【米国・戦略】 MDHDアクションプラン（加州燃料電池PS、加州）

- 2016年10月、カリフォルニア燃料電池パートナーシップ（参加組織：CARB、Cummins、Nikola、ホンダ、トヨタ、日産など）により、「中型・大型（MDHD）燃料電池トラック アクションプラン」が発行された。
- 中型・大型車については、バスなど一部を除き、燃料電池車の開発に対して関心が払われてこなかったところ、このアクションプランによって初めて勧告（recommendation）を優先順位とともに定めている。
- 技術成熟、水素インフラ整備いずれにも、先行する燃料電池バスでの知見を活用することが目指されている。
- 燃料電池トラックのコスト低減に向けた勧告は連邦政府に向けられたものが多い。

「MDHDアクションプラン」に記載されている勧告の例

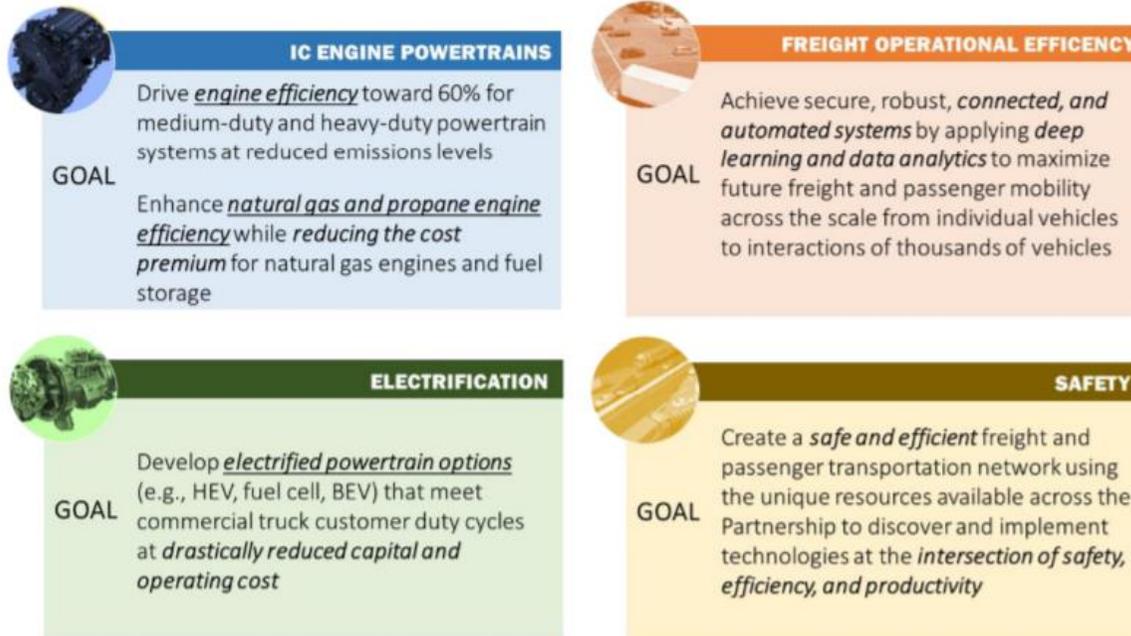
カテゴリ	優先度	勧告	主体
技術成熟度レベル向上に向けた勧告	1	燃料電池バスに関する取り組みから得られた教訓をトラック分野に移転し、財界にとってのリスクを特定及び低減すること	産業界
	2	事業で収集する貨物運用のデータセットは、比較、実施可能性評価、及び意思決定のために一貫した形式に基づくこと（これを政府補助事業の基本的な要求とする）	産官連携
水素関連インフラ整備に向けた勧告	1	燃料電池バスの研究開発拠点（Centers of Excellence）を支援することで、インフラ及び水素コストの低減を確実に進め、大型車への水素充填に関する理解を深めること	連邦・州政府
コスト低減に向けた勧告	1	（水素関連インフラ整備に向けた勧告の1.と重複）	連邦・州政府
	2	中型・大型燃料電池トラックに対する補助について、開発ターゲット及び優先度を決定する	連邦政府
	3	所有及び運用に係るコスト内訳を把握するため、燃料電池技術に関する詳細な調査の開始、拡大、及び監督に努力する	連邦政府

出所) California Fuel Cell Partnership “MEDIUM- & HEAVY-DUTY FUEL CELL ELECTRIC TRUCK ACTION PLAN FOR CALIFORNIA” (2016年)
<https://cafcp.org/sites/default/files/MDHD-action-plan-2016.pdf>

【米国・戦略】次世代トラックの技術ターゲット（DOEほか）

- 官民が一体となって次世代トラックの技術開発を進めるためのパートナーシップ “21CTP” を形成
- 研究の優先順位付けにおける基礎見解として、“Research Blueprint” を発行
- 四つの技術目標のうち一つがトラックの「電化」であり、燃料電池車含めCAPEX・OPEXの低減を図る
- “Fuel Cell Electric” は電化の “spectrum” の最終形に位置づけ

Research Blueprintにおける四つの技術目標



出所) アメリカ合衆国政府 “21st Century Truck Partnership Research Blueprint “(2019)
https://www.energy.gov/sites/prod/files/2019/02/f59/21CTPResearchBlueprint2019_FINAL.pdf

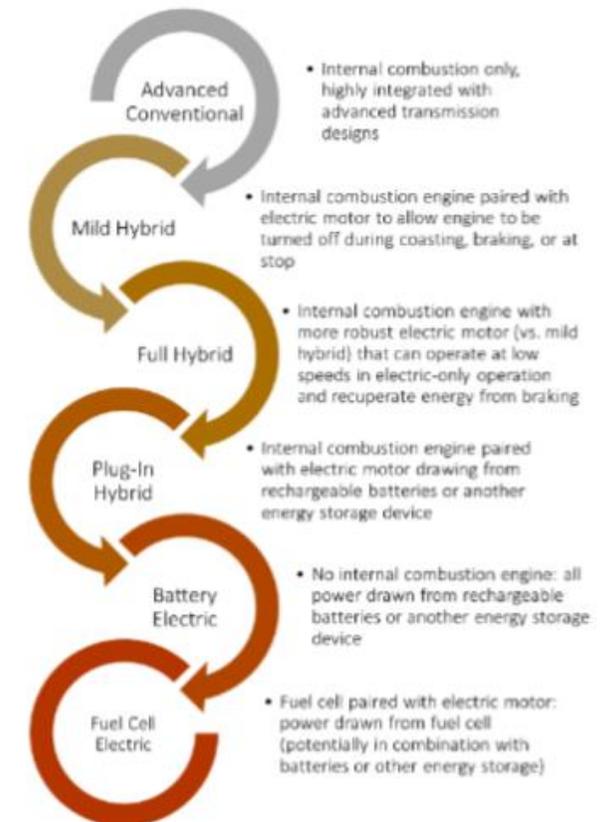


Figure 13. Spectrum of Electrified Drivetrains

【米国・戦略】大型FCトラックの技術ターゲット（DOE）

- DOEでは、21CTPの「電化」セクション、Class 8 トラックに特化した技術ロードマップを発行
- 2030年（暫定）、2050年（最終）に達成すべき技術的目標などをまとめている
- 2050年に目標が達成された場合、ディーゼル車とほぼ同等の所有コストとなることを目指す
 - 燃料費は将来的にディーゼルと水素で同等になると仮定し、燃費・トラック価格いずれも同水準に近づけることが必要

ディーゼルトラックと燃料電池トラックの所有に係るコスト比較

Class 8 Long Haul	Diesel Status (2019)	Hydrogen Status (2019)	Diesel Ultimate (2050)	Hydrogen Ultimate (2050)
Fuel Cost (\$/gal diesel or \$/kg H ₂)	2.78	16	4.09	5.00
Fuel Economy (mpg or mpkg)	10	11	15.6	17.0
Lifetime Fuel Cost	\$ 278,000	\$ 1,496,000	\$ 315,000	\$ 353,000
Total Tractor Cost	\$ 134,000	\$ 266,000	\$ 131,000	\$ 129,000
Lifetime Fuel and Capital Cost	\$ 412,000	\$ 1,762,000	\$ 446,000	\$482,000
Fuel Cost (\$/mile)	\$ 0.28	\$ 1.50	\$ 0.26	\$ 0.29
Tractor Cost (\$/mile)	\$ 0.13	\$ 0.27	\$ 0.11	\$ 0.11
Maintenance Cost (\$/mile)	\$ 0.17	\$ 0.25	\$ 0.17	\$ 0.17
Total Fuel and Capital Cost (\$/mile)	\$ 0.58	\$ 2.0	\$ 0.54	\$ 0.57

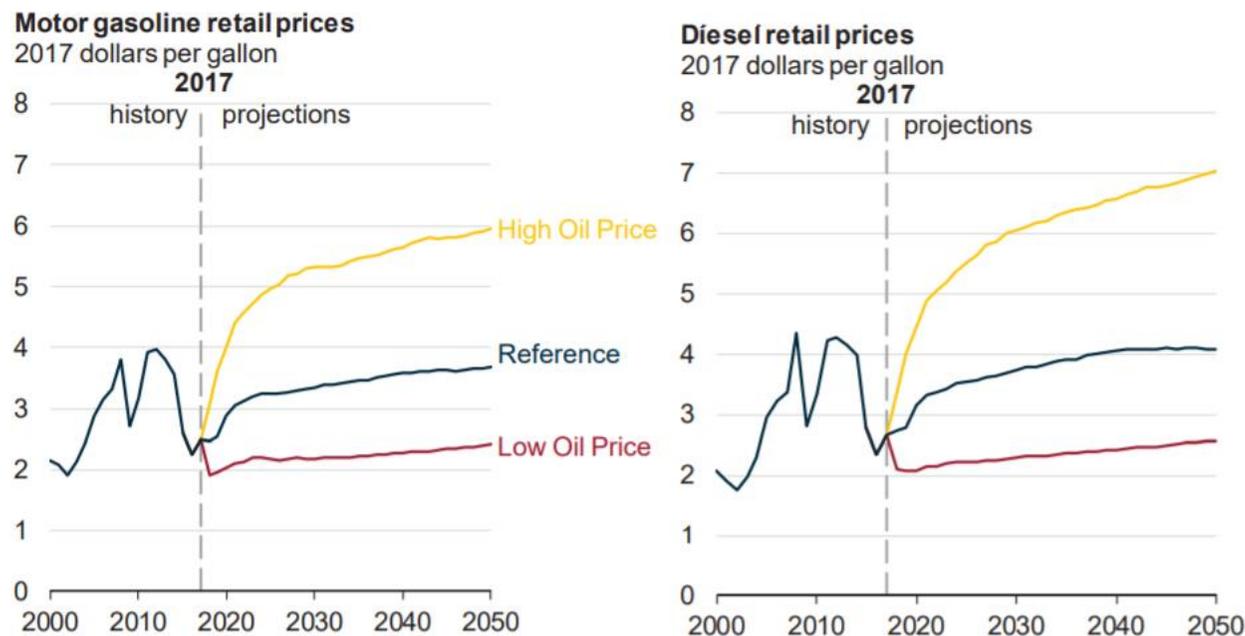
出所) アメリカ合衆国政府 “DOE Advanced Truck Technologies” (2019)

https://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/19006_hydrogen_class8_long_haul_truck_targets.pdf

【米国・戦略】 参考：ディーゼル価格の設定

- 米国エネルギー情報局（EIA）の予測に基づき、2050年のディーゼル価格を4.09ドル/ガロンと設定している。
 - 中位の予測値（Reference）を採用している。
- 価格上昇の主な原因は、原油価格の上昇とされている（課税やクレジットは考慮していない）。

ガソリン・ディーゼル価格の価格実績と推計（課税等は考慮しない）



出所) EIA "Annual Energy Outlook 2018 with projections to 2050" (2019年)P57、<https://www.eia.gov/outlooks/aeo/pdf/AEO2018.pdf>

【米国・規制/補助】H2@Scale（DOE）

- DOEではH2@Scaleビジョンの中で、2020年には水素関連のプロジェクト計18件に、合計64百万ドルの補助を投入している。
- 大型車（Heavy Duty Vehicle）については、「膜技術」と「国産化」の2トピックが設けられており、それぞれ約4百万ドル、約6百万ドルの計1千万ドルが投入されている。
- 大型トラックに適した燃料電池膜の開発により、生産コスト低減を図っているものと推察される。

H2@Scaleにおける大型車向けの補助一覧（2020年）

テーマ	実施主体	研究内容	補助額 [\$]
大型車用燃料電池のR&D （膜技術）	3M Company	Ionomer Backboneの安定性向上によるPFSA膜の耐久性伸長	999,889
同上	The Lubrizol Corporation	酸化防止機能を有するポリマー開発によるHDポリマー電解質膜の寿命伸長	1,000,000
同上	Nikola Corporation	HD燃料電池トラックに向けた先進的な膜及びMEAの開発	998,376
同上	Tennessee Knoxville 大学	120°C以上の環境において耐久性・伝導性を発揮する膜の開発に向けたシステムティックなアプローチ	1,000,000
大型車用燃料電池のR&D （国産化）	Cummins	大型車用PEM燃料電池システムの生産	3,000,000
同上	Plug Power	大型車用燃料電池の国内生産	2,987,181

出所）Green Car Congressウェブサイト “DOE announces approximately \$64M in funding for 18 projects to advance H2@Scale”（2020年）
<https://www.greencarcongress.com/2020/07/20200721-h2scale.html> MRI拙訳

【米国・規制/補助】大型トラックに関するCARBの補助と規制（加州）

- 補助事業としてはZANZEFF、規制としてはACT規制が代表的である。

大型トラックに関するCARBの補助事業と規制の一覧

分類	プログラム名称	概要	FCトラック関連PJ	出典
補助	Advanced Technology Demonstration Projects	2009年より開始。当初は機関車やヤードトラクターなどoff-roadへの投資が中心であったが、近年ではon-roadの対策に重点を置いている。2019-2020会計年には①ドレージトラック、②外洋船、③off-road装置、の三つのタイプのプロジェクトについて合計4千万ドルが割り当てられた。	<ul style="list-style-type: none"> Fast-Track Fuel Cell Truck（CARB出資額 \$5百万、以下同様） <ul style="list-style-type: none"> ➢ 期間：2018-2020 ➢ 主体：GTIほか ➢ 台数：5台 	[1], [2], [3]
補助	Zero and Near-Zero Emission Freight Facilities (ZANZEFF)	プログラムが出資するすべてのプロジェクトは、2020年の終わりまでに、車両又は水素関連インフラについて実証を開始する予定である。プロジェクトは2021年又はそれ以降までの継続を見込んでいる。On roadでは、大型トラックへの出資が中心となっており、燃料電池トラックを用いる実証もいくつか進捗している。運送会社UPSでは、Linamarの開発した水素システムを搭載した運送車を少なくとも12カ月実証に供するとしている。	<ul style="list-style-type: none"> Center for Transportation and the Environment（\$5.4百万） <ul style="list-style-type: none"> ➢ 主体：UPS、Linamar ➢ 台数：3台 Port of Los Angeles（\$41百万） <ul style="list-style-type: none"> ➢ 主体：Kenworth、トヨタ ➢ 台数：10台 	[1]
規制	Advanced Clean Truck regulation	Class 2B～8トラックの製造者に対し、売り上げの一定割合をZEVとするように要求する。	2024年から開始	[1]
規制	ZEV Truck regulation	レンタカー、大企業の車両、配送用及び運輸サービス用の車両をZEVに置き換えるための規制。関係者に対して一定量の購入を求める可能性がある。	議論中	[1]
規制	その他の規制	生鮮物を冷蔵して加州内を運送する車両やドレージトラックについて、100%ZEV化を購入者に求める可能性があるとしている。	議論中	[1]

出所）（いずれも閲覧日：2021年3月29日）

[1] CARBウェブサイト <https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2019-12/SB%20498%20Appendix%20B%20-%20ZEV%20Programs%20120719.pdf>

[2] CARBウェブサイト <https://ww2.arb.ca.gov/our-work/programs/low-carbon-transportation-investments-and-air-quality-improvement-program-0>

[3] CARBウェブサイト https://ww3.arb.ca.gov/msprog/lct/pdfs/fasttrack.pdf?_ga=2.260919563.745504209.1601447981-1629804568.1600391253

【米国・規制/補助】参考：大型トラックに関するCARBの規制

- 近年の大型トラックに関するCARBの規制は表のとおり。
- 大型トラック版の「ZEV規制」ともいえるACT規制が2020年に採択され、2024年から開始される見通し。
- 購入側への規制として、大企業に対するZEVの導入義務付けについての議論が2020年から開始された。
- 冷蔵車やドレージトラックなど、特定のトラックについては100%ZEV化が先行して目指される見通し。

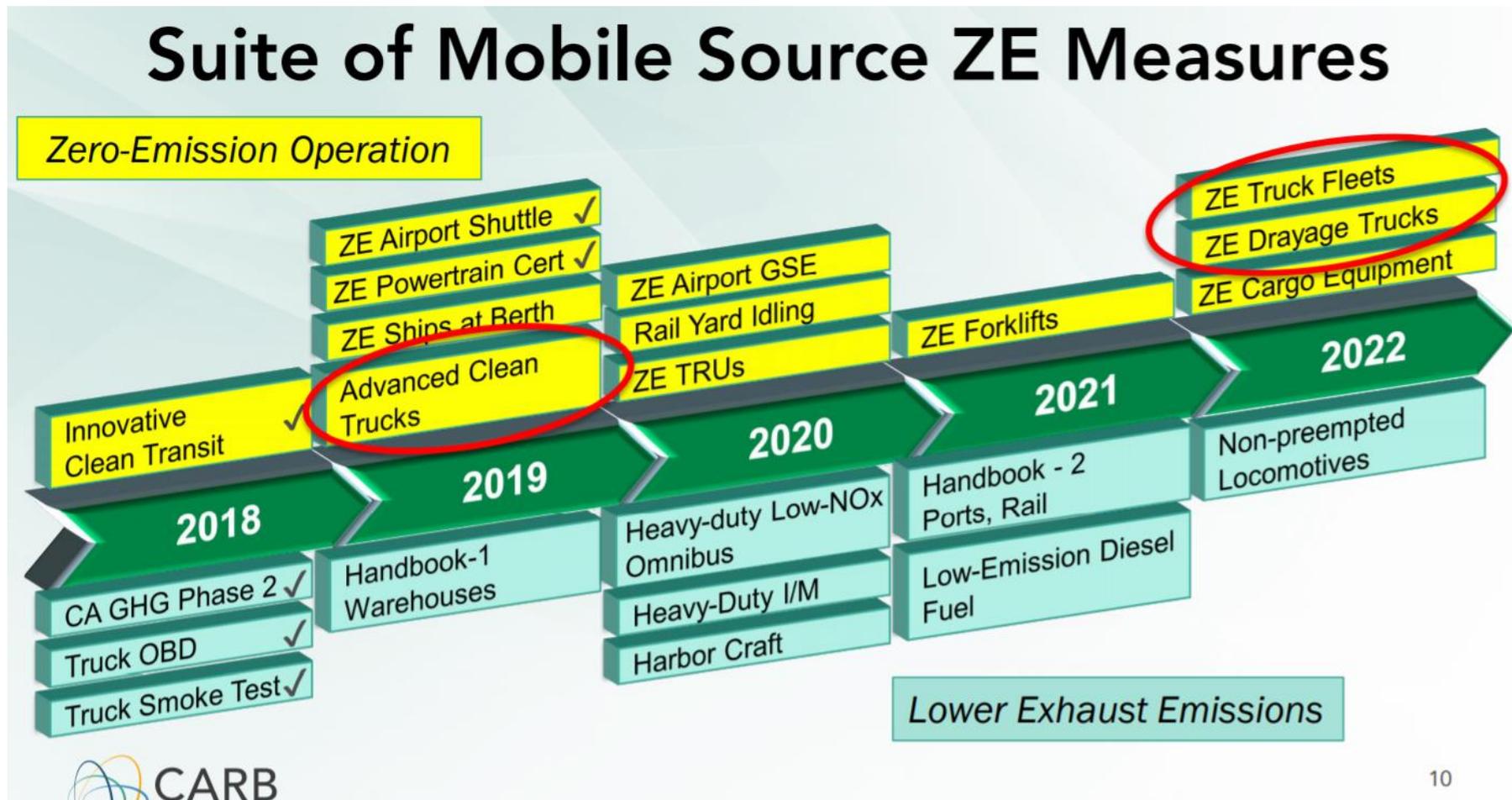
CARBが実施・検討する規制の一覧（2019年12月現在）

Program Name	Primary Goal(s)	Program Type	Targeted Party	Targeted or Eligible Vehicles	Status
Advanced Clean Trucks: will require heavy-duty vehicle manufacturers to produce and sell zero-emission trucks in California	Air quality, GHG, accelerating market growth	Regulation	Truck manufacturers	New medium- and heavy-duty trucks and buses	Expected to be adopted in 2020
ZEV Truck Regulation: will require well-suited fleets to begin purchasing zero-emission trucks and may require large entities to hire fleets that have zero emission vehicles	Air quality, GHG, accelerating market growth	Regulation	Large entities and fleets	Medium- and heavy-duty trucks	Development to begin in 2020
Zero-Emission Transport Refrigeration Unit Regulation: will require TRUs to transition to zero-emission operation technologies	To be determined	Regulation	TRU owners and facility owners and operators	Transport Refrigeration Units	In development
Zero-Emission Drayage Truck Regulation: will phase-in the use of zero-emission operations technology in drayage trucks	To be determined	Regulation	To be determined	Drayage Trucks	In development

出所) CARBウェブサイト “ASSESSMENT OF CARB’S ZERO-EMISSION VEHICLE PROGRAMS PER SENATE BILL 498” (2019年)
<https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2019-12/SB%20498%20Report%20Draft%20121719.pdf>

【米国・規制/補助】参考：加州におけるZEV関連規制の方向性

- 2020年にACT規制が採択された。
- 2021年のフォークリフトに続き、2022年に各種トラックに関する個別議論が進む見通し。



【米国・規制/補助】Advanced Clean Trucks regulation (加州)

- カリフォルニア大気資源局 (CARB) は、Advanced Clean Trucks (ACT) regulation (2020/6) により、製造業者が生産するトラックの台数総計に占める排出ゼロトラック (zero-emission heavy-duty trucks) の割合に関する基準を定め、その達成度合いに応じてcredit/deficitを付与するとしている。
- 2024年から始まる基準は年経過に従い増加しており、2035年にはトラクターで40%となっている。
- この規制の結果、2035年には加州の販売数の58%が排出ゼロトラックとなる見通し (他の州では4%) 。

製造業者に課されるZEV販売割合の基準推移

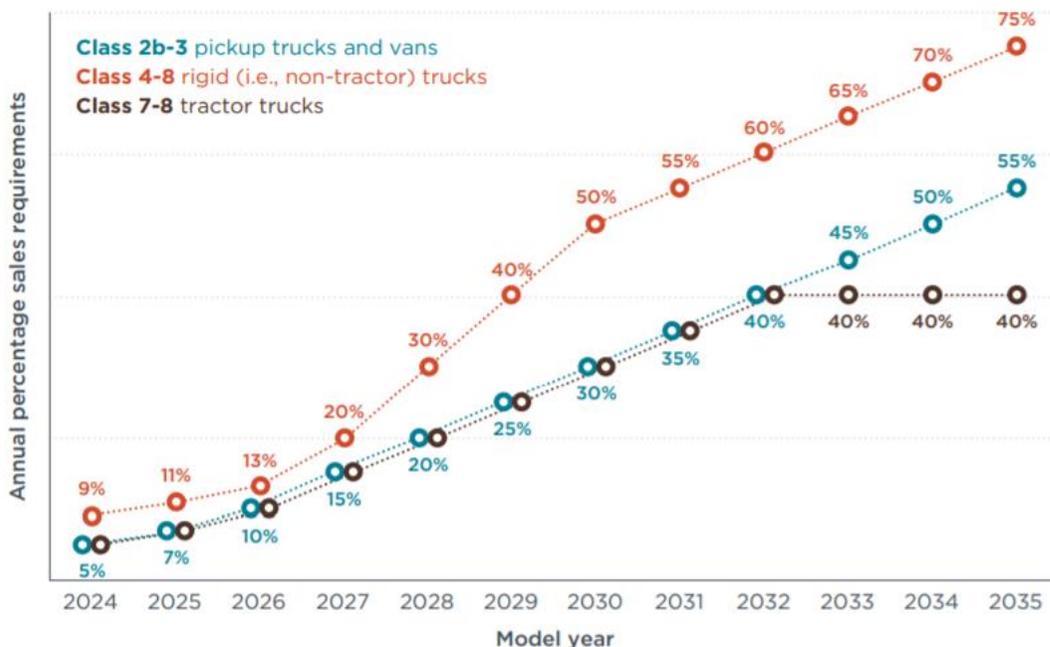


Figure 1: Zero-emission sales percentage schedule by vehicle group and model year.

出所) ICCTウェブサイト "California's Advanced Clean Trucks regulation: Sales requirements for zero-emission heavy-duty trucks " (2020年)
<https://theicct.org/sites/default/files/publications/CA-HDV-EV-policy-update-jul212020.pdf>

カリフォルニアにおける排出ゼロトラックの販売割合見通し

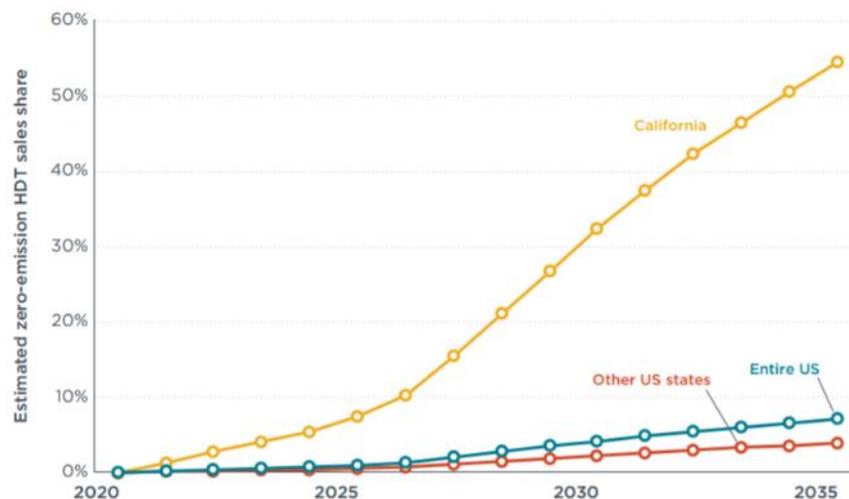


Figure 5: Projected share of zero-emission HDT sales in California compared to other states and the US overall.

【米国・規制/補助】 参考：ACT規制におけるcredit/deficitの付与算定方法

Table 2: Credit-deficit accounting of fictional Manufacturer 1 for two scenarios for the 2024 model year.

1	Guide	Vehicle group or sub-group	Weight class multiplier (WCM)	Scenario 1: Compliance		Scenario 2: Non-compliance	
				ZEV sales	Credits = WCM * ZEV sales	ZEV Sales	Credits = WCM * ZEV sales
	A	Class 4-5 rigid trucks	1.0	20	20	20	20
	B	Class 6-7 rigid trucks	1.5	20	30	20	30
	C	Class 8 rigid trucks	2.0	20	40	20	40
	D	Class 7-8 tractor trucks	2.5	30	75	10	25
	E = A+B+C	Total Class 4-8 rigid truck credits			90		90
	F	Total Class 4-8 rigid truck deficits ^a			101.3		101.3
	G = E-F	Rigid truck credits - deficits			-11.3		-11.3
	H = D	Total Class 7-8 tractor credits			75		25
	I	Total Class 7-8 tractor deficits ^a			31.3		31.3
	J = H-I	Tractor credits - deficits			+43.7		-6.3
	(see G)	Class 7-8 tractor credits used to cover Class 4-8 deficits			11.3		0
	K = G+J	Overall balance			32.4 carry-over credits		17.6 unmet deficits

^a Calculation of deficit values is shown in Figure 3.

Manufacturer 1						
	Total CA sales in 2024	2024 MY ZEV sales requirement	Weight class modifier		Deficits	
Class 4-5 rigid trucks	250	x 9%	x 1	=	22.5	} 101.3 Class 4-8 rigid trucks
Class 6-7 rigid trucks	250	x 9%	x 1.5	=	33.8	
Class 8 rigid trucks	250	x 9%	x 2	=	45.0	
Class 7-8 tractor trucks	250	x 5%	x 2.5	=	31.3	

1) Credit算出
トラックの類型ごとに荷重係数 (WCM) が定められている。ZEVの販売台数とWCMに基づき、creditを算出する。

2) Deficit算出
トラックの類型ごとに荷重係数 (WCM)、トラックの類型及び年ごとにZEV販売割合の基準値が定められている。トラック販売台数合計と基準値、WCMに基づき、deficitを算出する。

3) 相殺
Credit及びdeficitを相殺し、正味のbalanceを算出する。Deficitが生じた製造業者には、埋め合わせの義務が生じる。

出所) ICCTウェブサイト "California's Advanced Clean Trucks regulation: Sales requirements for zero-emission heavy-duty trucks" (2020年)
<https://theicct.org/sites/default/files/publications/CA-HDV-EV-policy-update-jul212020.pdf>

【米国・規制/補助】参考：加州における排出ゼロトラックの導入見通し詳細

- ACT規制に伴い、カリフォルニアに導入されるトラックの増加見通しが試算されている。
- 2020年6月提案では、2019年12月提案よりACT規制が強化されたため、数値が情報修正された。
- 2035年には累計（on-road）で約30万台（全体の15%）の排出ゼロトラックが走行している見通し。

ACT規制に伴いカリフォルニアで導入が見込まれるトラックの台数（赤字：2020年6月上方修正）

Annual and cumulative electric truck sales based on total annual sales estimates made in CARB's ISOR. Numbers struck through are based on the December 2019 ACT proposal; those in red are based on the June 2020 ACT proposal.

Year	Class 2b-3	Class 4-8 straight	Class 7-8 tractors	Annual sales	Cumulative sales (on-road %)
2024	536 2,688	1,058 1,360	141 234	1,734 (2%) 4,282 (6%)	1,734 (0.1%) 4,282 (0.2%)
2025	901 3,795	1,380 1,687	238 334	2,520 (3%) 5,816 (8%)	4,254 (0.2%) 10,098 (0.6%)
2026	1,274 5,475	1,720 2,032	344 492	3,338 (4%) 7,999 (11%)	7,592 (0.4%) 18,097 (1%)
2027	4,964 8,273	2,073 3,189	449 749	7,486 (10%) 12,211 (16%)	15,078 (1%) 30,308 (2%)
2028	6,134 11,153	3,894 4,868	558 1,015	10,586 (14%) 17,036 (22%)	25,664 (1%) 47,344 (3%)
2029	7,328 14,093	6,108 6,604	671 1,290	14,107 (18%) 21,987 (28%)	39,772 (2%) 69,331 (4%)
2030	8,545 17,090	8,401 8,401	789 1,579	17,735 (22%) 27,070 (34%)	57,507 (3%) 96,400 (5%)
2031	8,618 20,109	8,535 9,388	803 1,874	17,956 (22%) 31,371 (39%)	75,463 (4%) 127,772 (7%)
2032	8,691 23,177	8,671 10,405	817 2,180	18,180 (23%) 35,762 (44%)	93,643 (5%) 163,534 (9%)
2033	8,766 26,297	8,810 11,452	832 2,218	18,407 (23%) 39,967 (49%)	112,050 (6%) 203,501 (11%)
2034	8,840 29,467	8,950 12,531	846 2,257	18,637 (23%) 44,255 (54%)	130,687 (7%) 247,757 (13%)
2035	8,916 32,690	9,093 13,640	861 2,297	18,870 (23%) 48,627 (58%)	149,557 (8%) 296,384 (15%)
Totals	73,513 194,308	68,692 85,556	7,352 16,520	149,557 (16%) 296,384 (31%)	-

* Numbers may not sum due to rounding

出所) Cleantechnicaウェブサイト (閲覧日：2021年3月29日) <https://cleantechnica.com/2020/05/05/california-on-verge-of-making-truck-manufacturers-produce-electric-trucks-bout-time/>

【米国・規制/補助】参考：米国全体のトラック販売台数

- 全米のトラック販売台数は、大型トラック（Class 8）が約20万台/年で安定して推移している一方、中型トラック（Class 4-7）は漸増しており2018年現在では約24万台/年に達している^[1]。
- 全米で登録されているトラック（定格車両総重量10,000ポンド＝約4.5トン以上）及びバスの数は2017年現在で約1,300万台^[2]。
- カリフォルニアで30万台のトラックがZEVに置き換わった場合、全米の数%のトラックがZEVとなる見通し。

米国におけるClass 8トラックの年間販売台数

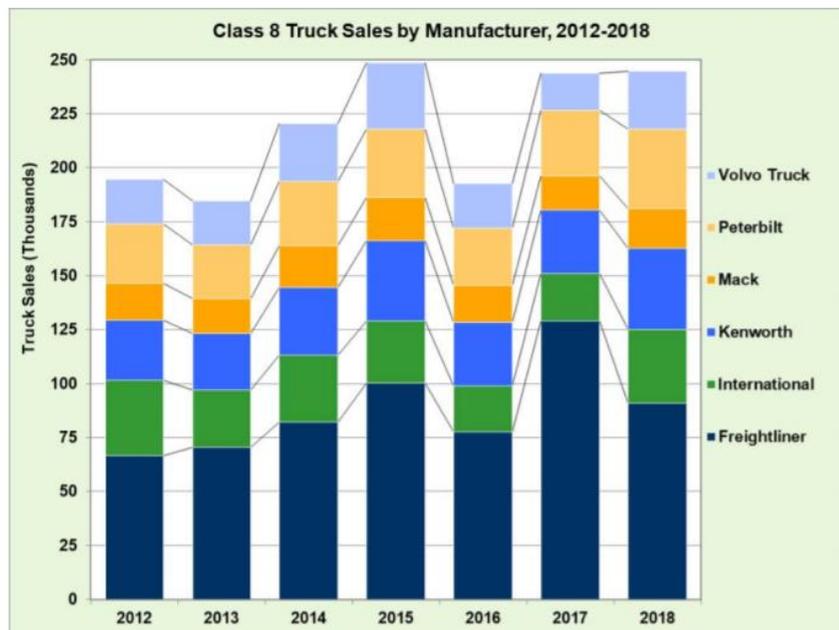


Figure 1. Class 8 truck sales by manufacturer, 2012–2018

米国におけるClass 4-7トラックの年間販売台数

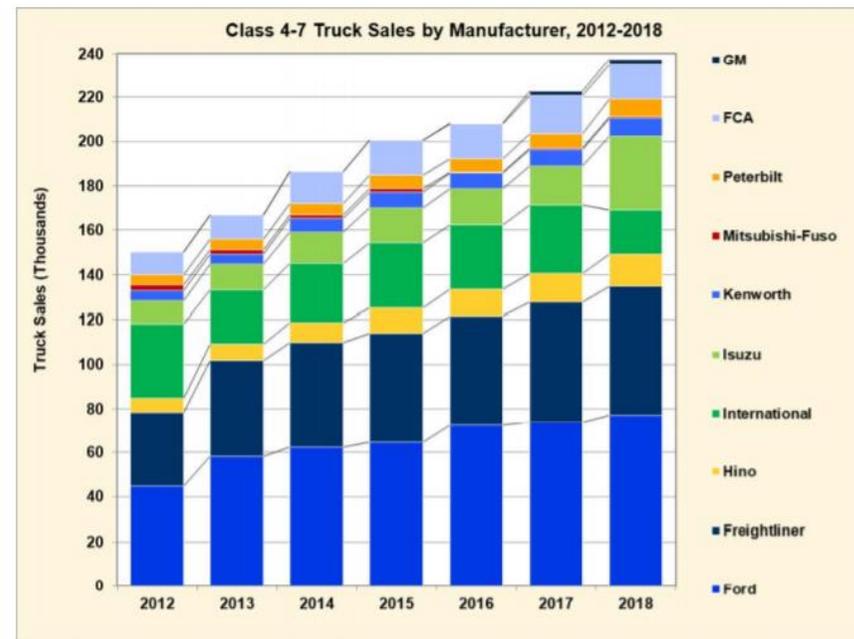


Figure 2. Class 4–7 truck sales by manufacturer, 2012–2018

出所) [1] アメリカ合衆国政府 “DOE Advanced Truck Technologies” (2019年)
https://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/19006_hydrogen_class8_long_haul_truck_targets.pdf

[2] アメリカ合衆国政府 “LARGE TRUCK AND BUS CRASH FACTS 2017” (2019年)
<https://www.fmcsa.dot.gov/sites/fmcsa.dot.gov/files/docs/safety/data-and-statistics/461861/ltrcbf-2017-final-5-6-2019.pdf#page=14>

【米国・規制/補助】 Clean Transportation Program (CEC、加州)

- カリフォルニア州エネルギー委員会（CEC）では、California Alternative and Renewable Fuel, Vehicle Technology, Clean Air, and Carbon Reduction Act of 2007 に基づき、年間1億ドル規模の基金を確保している（当座、2024年1月1日までを確保）。
- 排出ゼロトラックへの補助に加え、水素ステーションへの補助も毎年2千万ドル規模で盛り込まれている。

2020-2021会計年及び後続の会計年度における投資額の計画（単位：百万ドル）

Category	Funded Activity	2020-2021	2021-2022	2022-2023	2023	Total
Zero-Emission Vehicles and Infrastructure	Light-Duty Electric Vehicle Charging Infrastructure and eMobility	\$41.7	\$30.2	\$10.0	-	\$81.9
Zero-Emission Vehicles and Infrastructure	Light-Duty Electric Vehicle Charging Infrastructure and eMobility	\$51.0*	-	-	-	\$51.0
Zero-Emission Vehicles and Infrastructure	Medium- and Heavy-Duty Zero-Emission Vehicles and Infrastructure	\$20.0	\$30.0	\$52.2	\$32.6	\$134.8
Zero-Emission Vehicles and Infrastructure	Hydrogen Refueling Infrastructure	\$20.0	\$20.0	\$20.0	\$5.0	\$65.0
Alternative Fuel Production and Supply	Zero- and Near Zero-Carbon Fuel Production and Supply	-	\$10.0	\$10.0	\$5.0	\$25.0
Related Needs and Opportunities	Manufacturing	\$2.0	\$3.0	\$1.5	\$2.5	\$9.0
Related Needs and Opportunities	Workforce Training and Development	\$1.5	\$2.0	\$1.5	\$2.5	\$7.5
Related Needs and Opportunities	Recovery and Reinvestment	\$10.0	-	-	-	\$10.0
	Total	\$146.2	\$95.2	\$95.2	\$47.6	\$384.2

出所) カリフォルニア州政府
 “2020-2023 Investment Plan Update Revised Lead Commissioner Report”
 (閲覧日: 2021年3月29日)
<https://www.energy.ca.gov/programs-and-topics/programs/clean-transportation-program/clean-transportation-program-investment-0>

【米国・規制/補助】 Clean Transportation Program (CEC、加州)

Table ES-1: Clean Transportation Program Awards as of May 1, 2020

Funded Activity	Cumulative Awards to Date (in Millions)*	# of Projects or Units
<i>Alternative Fuel Production</i>		
Biomethane Production	\$73.08	28 Projects
Gasoline Substitutes Production	\$31.94	15 Projects
Diesel Substitutes Production	\$63.94	26 Projects
Renewable Hydrogen Production	\$7.93	2 Projects
<i>Alternative Fuel Infrastructure</i>		
Electric Vehicle Charging Infrastructure**	\$182.81	11,276 Level 2 Chargers/ DC Fast Chargers
Hydrogen Fueling Infrastructure	\$135.58	62**** Public Fueling Stations, plus Fleets
E85 Fueling Infrastructure	\$3.61	57 Fueling Stations
Upstream Biodiesel Infrastructure	\$3.98	4 Infrastructure Sites
Natural Gas Fueling Infrastructure	\$24.11	70 Fueling Stations
<i>Alternative Fuel and Advanced Technology Vehicles</i>		
Natural Gas Vehicle Deployment***	\$86.84	3,152+ Vehicles
Propane Vehicle Deployment	\$5.98	514 Trucks
Hybrid and ZEV Deployment (Including CVRP, HVIP, and Low-Income Mobility Incentives)	\$32.02	10,700 Cars and 150 Trucks
Advanced Technology Freight and Fleet Vehicles****	\$125.67	54 Demonstrations
<i>Related Needs and Opportunities</i>		
Manufacturing	\$55.54	24 Manufacturing Projects
Workforce Training and Development	\$33.33	17,440 Trainees
Fuel Standards and Equipment Certification	\$3.90	1 Project
Sustainability Studies	\$2.04	2 Projects
Regional Alternative Fuel Readiness	\$11.11	51 Regional Plans
Centers for Alternative Fuels	\$5.41	5 Centers
Technical Assistance and Program Evaluation	\$9.22	n/a
Total	\$898.92	

- 2009年から2020年までの11年間には合計9億ドルの投資がなされた。
- 水素に関連する補助金は以下のとおり。水素ステーションへの出資が大部分。
 - 再生可能由来水素製造（8百万ドル）
 - 水素ステーション整備（1億ドル）
 - ZEV製造（3千万ドル）の一部

出所) カリフォルニア州政府
 “2020-2023 Investment Plan Update Revised Lead Commissioner Report”
 (閲覧日: 2021年3月29日)
<https://www.energy.ca.gov/programs-and-topics/programs/clean-transportation-program/clean-transportation-program-investment-0>

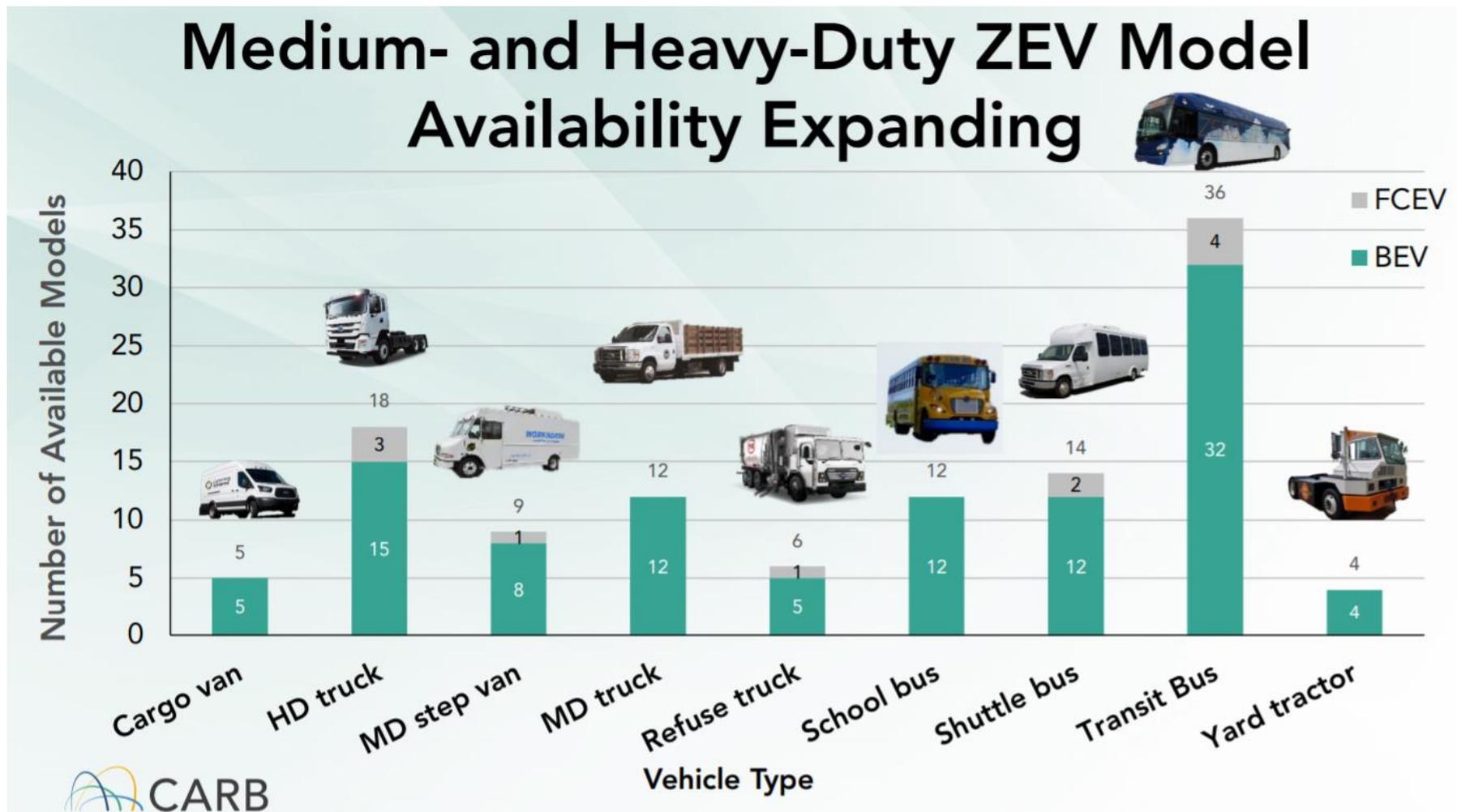
【米国・関連PJ】 ZANZEFFプロジェクト

- CARBは、Zero-Emission and Near Zero-Emission Freight Facilities（ZANZEFF）の一環として、ロサンゼルス港は8,257万ドル（うち4,145万ドルはマッチングファンド）の資金を獲得している。
- プロジェクトの進捗は以下のとおり。
 - 北米トヨタ及びケンワースは10台の燃料電池大型トラックを開発。Toyota Logistics Services, United Parcel Services などが実証として運用している。
 - シェル社により、ウィルミントン（ロサンゼルス市内）及びオンタリオ（ロサンゼルス近郊）の2か所に大型トラック向け水素ステーションが整備される予定。トヨタがロサンゼルス周辺に保有している既設の水素ステーションと連動することで、ロサンゼルス近辺には5箇所の大型トラック向け水素ステーションによるネットワークが形成される。

出所) カリフォルニア州 （閲覧日：2021年3月29日）<https://www.refrigeratedtransporter.com/carriers/article/21721732/port-of-los-angeles-receives-grant-for-zeroemission-project>

【米国・普及状況】米国におけるZEV一覧（2020/2現在）

- 大半はバッテリー駆動車だが、大型トラック（HDトラック）では3種の燃料電池車が利用可能とされている。



出所) CARB “Zero-Emission Fleet Rule Workshop Advanced Clean Truck Fleets” (2020年)
https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2020-02/200212presentation_ADA.pdf

【米国・普及状況】米国で走行中の燃料電池トラック

- ニコラ社は実証ベースにとどまらず、量産体制の整備も視野に入れる。
- トヨタは燃料電池開発担当として展開。日野自動車と共同開発で北米市場向けトラックの展開も構想（※）。

※ 日本経済新聞「トヨタと日野、北米向け燃料電池トラックを共同開発」（2020年10月6日）
<https://www.nikkei.com/article/DGXMZO64652470W0A001C2000000/>

[1]



[2]



[3]



[1] Kenworth T680（Class 8トラック）

- ケンワースが開発、トヨタが燃料電池開発を担当

[2] Nikola One（Class 8トラック）

- ニコラ社より、2020年発売予定

[3] Fuel Cell Hybrid Electric Delivery Van

- DOE補助金でUPSが開発
- 加州配送センターにて使用中

[1] Kenworth ウェブサイト（閲覧日：2021年3月31日）

<https://www.kenworth.com/media/md4pdmuu/t680-update-february-2019.pdf>

[2] Nikola ウェブサイト（閲覧日：2021年3月31日）

<https://nikolamotor.com/one>

[3] 米国エネルギー省 ウェブサイト（閲覧日：2021年3月31日）

https://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/review19/ta016_hanlin_2019_o.pdf

【欧州・戦略】インフラ普及に関する政策

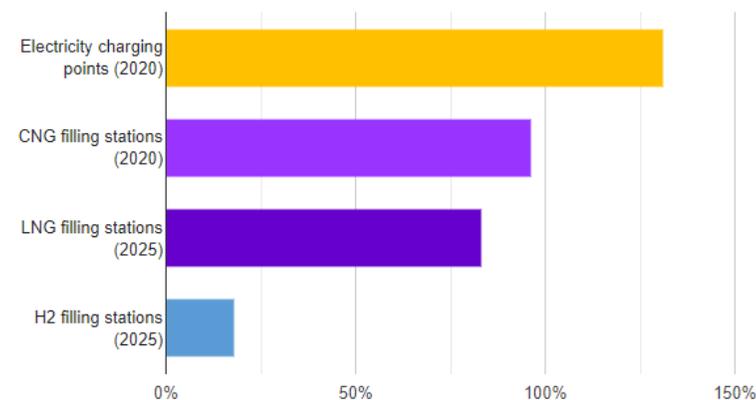
- AFID（代替燃料インフラ指令）が2014年制定されており、代替燃料(電気、水素、バイオ燃料、LPG、LNG等)の供給ステーションの普及拡大を目的に、これらインフラ整備に関する共通の枠組み、要件に関する指令を定めている。
- 各充填インフラの普及目標が設定。この指令に基づき、各国は政策枠組み(NPF)の制定している。水素は各国で独自に目標設定

AFIDによる指令内容

燃料	数値目標	目標年度
電気	EV10台につき1カ所の充電ポイント	2020年
液化天然ガス(LNG)	400kmごとに1カ所のステーション エリア：欧州運輸ネットワーク(TEN-T)	2025年
圧縮天然ガス(CNG)	150kmごとに1カ所のステーション TEN-T及び都市・郊外	2025年
水素	加盟国ごとに普及目標・方法を設定	2025年

出所) 欧州委員会ウェブサイト (閲覧日：2021年3月29日)
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32014L0094>
https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_14_1053

NPF目標値(各国合計値)の達成状況(2020/9)



出所) EAFOウェブサイト閲覧日：2021年3月29日
<https://www.eafo.eu/>

- 各国の目標に基づくと、2025年時点で690カ所水素ステーションの普及（内、ドイツが400カ所）となり、欧州運輸ネットワーク(TEN-T)内で300kmごとに1カ所の整備となる。（次項に計画数は記載）
- 2021年に向けて改定作業が進行中
- Hydrogen Europeのフィードバックにおいては、燃料電池トラック向けのインフラ整備として高速道路等への水素ステーション整備の重要性を強調。300kmごとに1カ所ではなく、150kmごとに1カ所の密度で設置すべきとの進言
- Hydrogen Europeにて2020/9月に改訂に対するポジションペーパーも発行

【欧州・戦略】水素ステーションの普及目標

- AFIDに応じた各国の水素ステーションの普及目標
- ドイツの400カ所を中心にイタリア、米国、フランス等で主に普及目標が設定されている。

欧州各国の水素ステーション普及目標(2025年)

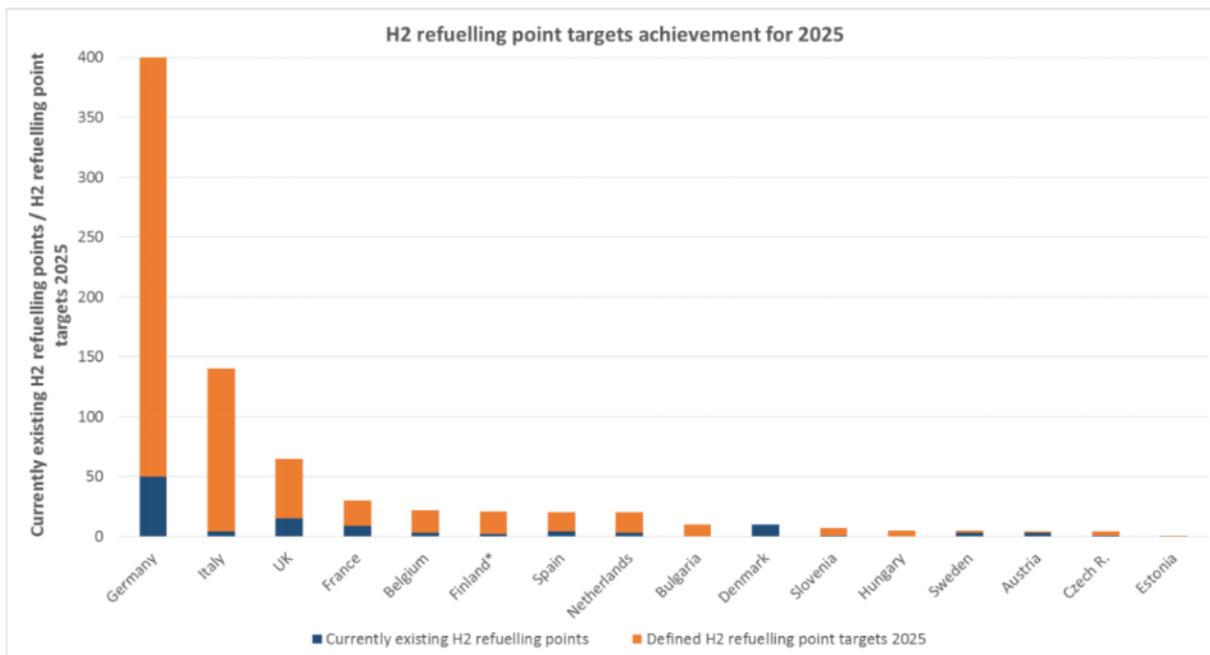
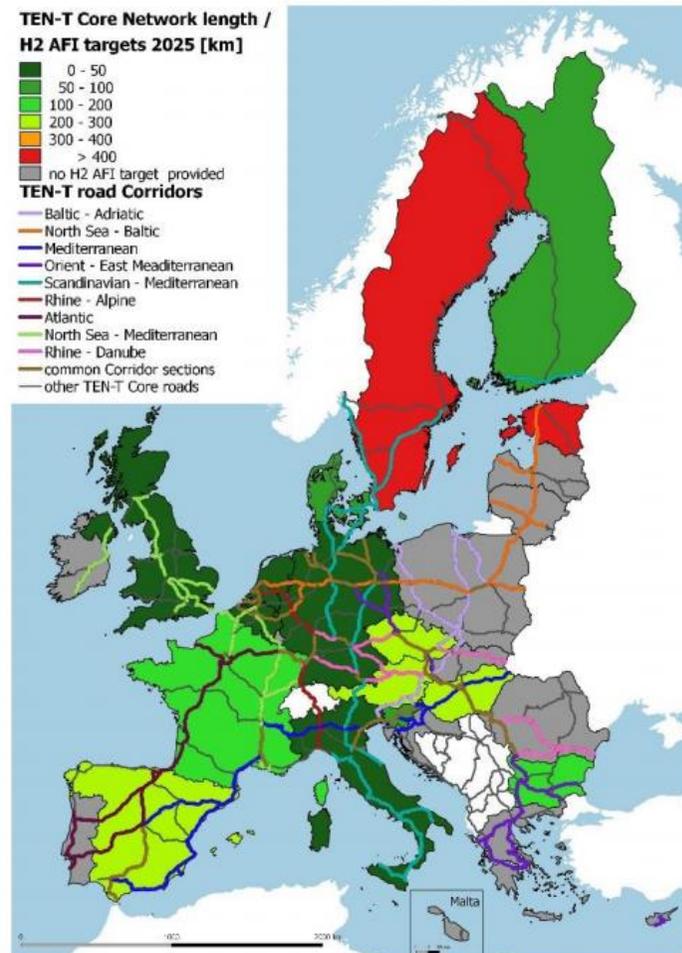


Figure 4-9: NPFs' 2025 hydrogen refuelling point targets, level of attainment³⁴

水素ステーション設置の平均間隔(2025年目標値)



© EuroGeographics for the administrative boundaries

出所) 欧州委員会ウェブサイト“COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT” (2019年)
<https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/legislation/swd20190029.pdf>

【欧州・戦略】（参考）代替燃料トラックの普及状況

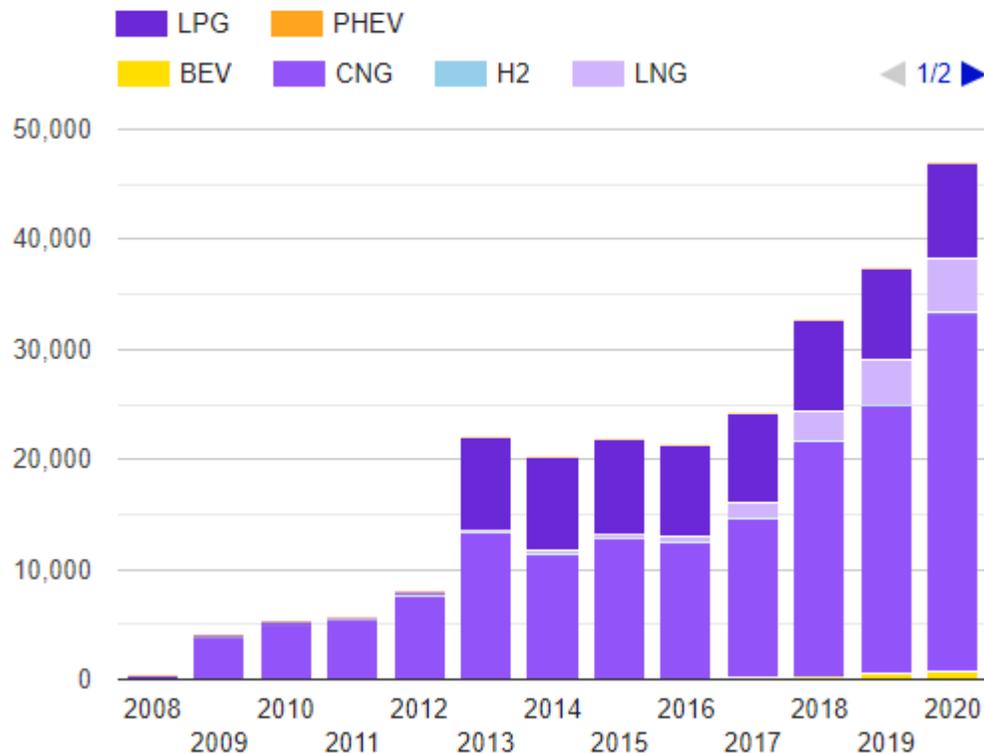
- AFIDに応じた代替燃料トラックの普及状況。(EU、イギリス、EFTA、トルコ)
- CNG車が最も普及している状況である。

(参考)

- EU全体では約650万台のトラックが流通しており、年間40万台程度のトラックが新車登録されている。

※Joint call for the deployment of hydrogen fuel cell trucks A needed shift towards a carbon-neutral society

代替燃料トラックの普及推移



出所) EAFOウェブサイト (閲覧日: 2021年3月29日) <https://www.eafo.eu/countries/european-union/23640/vehicles-and-fleet/compare>

【欧州・戦略】欧州での燃料電池トラックの導入目標

- Hydrogen Europeにて燃料電池トラックの導入目標を設定している。
- 2020/3月に、欧州グリーンディールを踏まえた燃料電池トラック配備に向けた共同声明を実施(44業界が参加) “Joint call for the deployment of hydrogen fuel cell trucks A needed shift towards a carbon-neutral society”
- 2020/9月に、AFIDの改定に際して、ポジションペーパーを発行。商用車向けの燃料電池車普及を意識した内容となっている。

Hydrogen Europeによる燃料電池トラック普及に関する共同声明の概要

- 16トンを超える長距離トラックに特に適している。
- 地域間の流通や高エネルギーの使用を必要とするアプリケーション(冷蔵/ごみ収集車など)にも適している。
- 2025年までに5,000～10,000台、2030年までに最大95,000台の普及を目指す。
- 水素需要に対応するため、トラック向けの水素ステーションを2025年までに100カ所、2030年までに1,000カ所整備する。

Hydrogen EuropeによるAFID改定向けのポジションペーパーの概要 (ステーション及びHDV関連の記載部分)

- AFID内で水素燃料の活用を必須のものとし、NPFにて拘束力のある目標設定を促す。
- 左記共同声明の考慮。
- ロジスティクスセンターやTEN-T周辺の拠点での大型車両向けの水素ステーション普及拡大
- AFIDの半公共となる水素ステーションへの定義拡大(空港内やロジスティック内等)
- 液体水素燃料等の供給形態に関する規格化
- 船・港、空港・飛行機、列車等での水素活用への言及

【欧州・規制/補助】HDVに対する排出規制

- 欧州委員会にて、2019/2月にHDVに関する排出規制に合意。
- 対象クラスは輸送用トラックとして一般的な4×2(4つのタイヤで2輪駆動)、6×2のトラックで積載重量が多いものに指定されている。

HDVの分類

HDVに関するCO₂排出量認証向けの16分類

Table 1. HDV classification for the purpose of CO₂ emissions certification.

Axle type	Chassis configuration	Gross vehicle weight (tonnes)	Vehicle groups	Date of certification requirement
4x2	Rigid	>3.5 - <7.5	0	Not considered by the certification regulation
	Rigid/Tractor	7.5 - 10	1	January 1, 2020 for all new registrations.
	Rigid/Tractor	>10 - 12	2	
	Rigid/Tractor	>12 - 16	3	
	Rigid	>16	4	January 1, 2019 for new produced vehicles.
Tractor	>16	5	July 1, 2019 for all new registrations.	
4x4	Rigid	7.5 - 16	6	Not considered by the certification regulation
	Rigid	>16	7	
	Tractor	>16	8	
6x2	Rigid	all weights	9	January 1, 2019 for new produced vehicles.
	Tractor	all weights	10	July 1, 2019 for all new registrations.
6x4	Rigid	all weights	11	July 1, 2020 for new registrations.
	Tractor	all weights	12	
6x6	Rigid	all weights	13	Not considered by the certification regulation
	Tractor	all weights	14	
8x2	Rigid	all weights	15	
8x4	Rigid	all weights	16	July 1, 2020 for new registrations.
8x6/8	Rigid	all weights	17	Not considered by the certification regulation

Note: Only the highlighted vehicle groups form part of the scope of the HDV CO₂ standards.

規制内容

項目	内容
対象	左記クラスのうち、4,5,9,10のクラスが対象
目標値	2019年及び2020年の排出量をベースに 2025年 15%削減 2030年 30%削減
ZLEVインセンティブ	ZEVは排出ゼロとみなす。(LEVは50%) インセンティブによる削減はメーカー平均排出規制の3%まで
罰則	一車両あたりのgCO ₂ /t-km超過量毎に 2025-2029年 4,250ユーロ 2030年以降 6,800ユーロ メーカー間融通は不可
緩和策	2019-2024年までクレジットの蓄積可能(2025年だけ利用可) 2025-2029年はクレジットと負債の繰り越しが可能

出所)ICCTウェブサイト“CO₂ STANDARDS FOR HEAVY-DUTY VEHICLES IN THE EUROPEAN UNION” (2019年)
https://theicct.org/sites/default/files/publications/CO2%20HDV%20EU%20Policy%20Update%202019_04_17.pdf

【欧州・規制/補助】エンドユーザーへの補助金（ドイツ）

- FCVの普及台数から見てもっとも先進的と思われるドイツを含めても、欧州におけるFCトラックに対する補助は、実証プロジェクトベースの形態に留まるとと思われる。
- FCVに対する補助についても、バッテリー駆動の自動車を含めたZEVに対する支援の一部という位置づけ。
- ZEV支援の内容としては、基本的にはエンドユーザーに対する購入補助や自動車税の控除などと思われる。
 - バッテリー駆動の自動車については、「家庭への充電ポイント設置補助」など自動車購入以外の面での支援も見られるが、FCVについては調査した範囲ではプロジェクトベース以上のインフラ支援等は見られなかった。

ドイツにおけるEVエンドユーザーへの補助

- 自動車税の控除
 - 2016年1月1日から2025年12月31まで、10年間はEV（バッテリー駆動又は燃料電池自動車。ハイブリッド車を除く）にかかる税を控除する。
 - 上記期間経過後は、自動車税の50%を控除する。
- 購入に対する補助金
 - バッテリー駆動又は燃料電池自動車（ハイブリッド車を除く）の購入に補助を与える。
 - 自動車の価格帯によって補助額が異なっており、4万ユーロまでであれば9,000ユーロ、4万～6.5万ユーロであれば8,000ユーロを補助する。
 - この規則は、新車だけでなく、利用期間が12カ月以上かつ走行距離が15,000 kmを超えない中古車にも適用される。
 - 中古車の購入に対する補助は、5,000ユーロである。
 - 補助に必要なコストは、連邦政府と製造業者により平等に折半する。

【欧州・関連PJ】H2Haul

- 燃料電池トラックに関する実証。商業利用により長距離稼働の実証を行い、データ等を取得。
- 水素ステーションと一体的な普及を実施している。

H2Haulの概要



事業概要：
4つの拠点に16台のゼロエミッション燃料電池トラックを配備することを目指すEU出資のプロジェクト

実施地域：
ベルギー、ドイツ、フランス、スイス

プロジェクト総額（期間）：
未確認（2019-2024年）

参加企業：
IVECO
VDL
Air Liquide
BMW
等の15企業

導入目標：
大型FCトラック16台を運用
6カ所の水素ステーションを開設

地域	実証内容
ベルギー	<ul style="list-style-type: none"> ■ 物流センターで4台のVDLトラック(トラクター3台とトラック1台)を運行 ■ トラックあたり年間40,000km以上。 ■ 流通と小売サイト間で商品を配布 ■ 大型車用の水素ステーションを建設。
フランス	<ul style="list-style-type: none"> ■ IVECOトラクタートラックと1台のトラック ■ 年間最大240,000km ■ カルフルやモノプリックスショップ、その他のエンドユーザーに商品(コカ・コーラを含む)または家具を配布 ■ もう一台のIVECOトラクタートラックが水素燃料ステーションや他の産業顧客に水素を配布するために使用 ■ 最大160,000 km/年。 ■ 電気分解から70MPaに低炭素水素を備えた水素ステーションを開設
ドイツ	<ul style="list-style-type: none"> ■ 2台のIVECOトラクタートラックを運用します。 ■ バイエルン州(ニュルンベルク)とライプツィヒ(BMW工場)の間で部品を輸送 ■ 2つの新しい水素ステーションを開設
スイス	<ul style="list-style-type: none"> ■ 4台のIVECOリジッドトラックを運行 ■ 毎年60,000-85,000 km ■ スイスの小売業者Coopショップに商品を配布 ■ 100%再生可能エネルギーの水素給油ステーションを開設

【欧州・関連PJ】H2ME・H2ME2

- H2ME(Hydrogen Mobility Europe)は、EU内の水素ステーションネットワークの確立を目指したプロジェクトである。
- EU内に2022年までに1400台以上のFCV、45カ所以上の水素ステーションを整備予定
- HDV向けの普及に関する記載等について特段言及はされていない。

H2MEの概要

H2ME initiative (2015 – 2022) Project overview

HRS: Hydrogen Refuelling Station
 FCEV: Fuel Cell Electric Vehicle
 RE-EV: Range-Extended Electric Vehicle



事業概要：

EU内の水素ステーションネットワークの確立を目指したプロジェクト。

プロジェクト総額（期間）：
 €164.5M（2015-2022年）

導入目標：

2022年までに
 FCV1400台以上
 水素ステーション45カ所以上開設

実施地域：

フランス、ドイツ、イギリス、スウェーデン等



New hydrogen refuelling stations:

- ❖ 20 - 700bar HRS in Germany
- ❖ 10 - 350bar and 700bar HRS in France
- ❖ 10 - 700bar HRS in Scandinavia
- ❖ 6 - 350bar and 700bar HRS in the UK
- ❖ 1 - 700bar HRS in NL

Fuel cell vehicles:

- ❖ 500 OEM* FCEVs
- ❖ 900 fuel cell RE-EV vans

Hydrogen rollout areas:

- ❖ Scandinavia, Germany, France, UK, The Netherlands

Observer coalitions:

- ❖ Belgium and Luxembourg

Industry observer partners:

- ❖ Audi, BMW, Nissan, Renault, Renault Trucks, OMV



Proposed HRS locations under H2ME-1 (yellow dot)
 Proposed HRS locations under H2ME-2 (orange dot)

*OEM refers to original equipment manufacturer

【欧州・関連PJ】(参考)燃料電池トラックのコスト試算例

- H2ME内の検討で燃料電池トラックのコスト試算結果を掲載。
- コスト比較では、燃料電池のコスト影響が大きい結果となっており、2030年時点でもディーゼルトラックをキャッチアップするのは難しいとの試算。

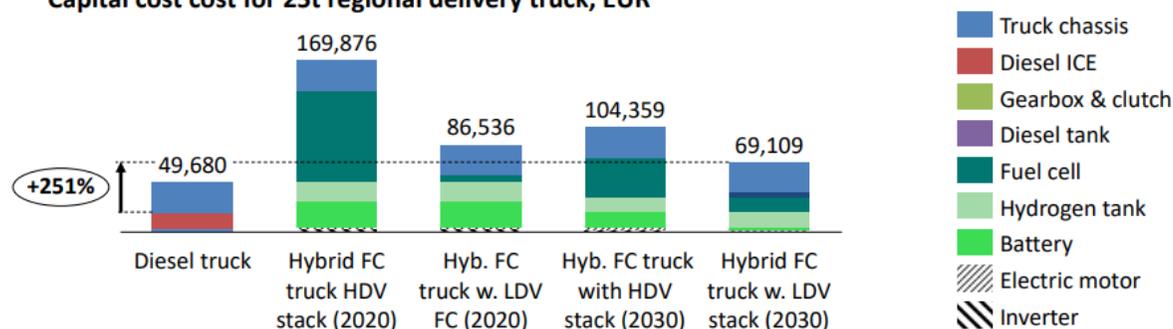
Hydrogen trucks have the potential to meet operational needs not possible with EVs, but at a cost premium to diesel vehicles



Overview of hydrogen trucks

- Hydrogen trucks are of interest for several reasons, including the high CO₂ savings per vehicle due to high fuel consumption, and high hydrogen demand that helps support HRS profitability
- Compared with buses, trucks have relatively low capital costs (e.g. 50-70k EUR for a regional delivery truck)
- Figure below shows capital cost of a medium truck for fuel cell options, in 2020 and 2030
- Achieving low costs in the short term (2020) is likely to require range-extended solutions based on light duty stacks

Capital cost cost for 25t regional delivery truck, EUR



Volume assumptions: 2020 – low hundreds of units per year. 2030 – c.10k truck sales per year. LDV stack costs assumed to benefit from passenger car volumes i.e. c. 10k annual production in 2020 across all OEMs, c. 1 million units in 2030

Source: Element Energy Zero Emission Truck Study for the UK Energy Technologies Institute

出所) H2MEウェブサイト (閲覧日: 2021年3月29日)

<https://h2me.eu/wp-content/uploads/2020/07/D5.14-Commercialisation-strategies-FV.pdf>

【欧州・関連PJ】H2Share

- 燃料電池トラックと移動式水素ステーションに関する実証である。
- 技術開発を主体とした実証である。

ドイツ等で実施されているFCトラック実証事業（H2-Share）



事業概要：
物流事業向け大型FCVと移動式水素供給装置の実証試験

プロジェクト総額（期間）：
€3.52M（2017-2020年）

導入目標：
2030年までに
大型FCV1万台
1,000人の雇用創出
100万トン/年のCO2削減

実施地域：
北西ヨーロッパ
（ベルギー、オランダ、ドイツ）

参加企業：
WaterstofNet vzw（ベルギー）
VDL Bus Chassis BV（オランダ）
e-mobil BW GmbH（ドイツ）
DHL（ドイツ）
Hydrogen Europe 等

出所) H2-Share Webサイト（閲覧日：2021年3月29日）
<https://www.nweurope.eu/projects/project-search/h2share-hydrogen-solutions-for-heavy-duty-transport/#tab-1>

Heavy duty truck (1/2)

Project H2-Share: 28 ton heavy duty truck + mobile refueler

Interreg
North-West Europe
H2-Share
European Regional Development Fund



- H2-Share = Hydrogen Solutions for Heavy-duty transport Aimed at Reduction of Emissions in North-West Europe¹.)
- Total budget: € 3.52 M
- EU funding: € 1.69 M
- Timeline: March 2017 – March 2020



Heavy duty truck (2/2)

28 ton heavy duty truck + mobile refueler

- Basis DAF CF FAN 6x2 28 ton
- Battery 72 kWh
- Power fuel cell 88 kW
- Hydrogen storage (30 kg H2)
- Pressure level 350 bar
- Power 210 kW
- Torque 2.000 Nm
- TRL 5 > 7
- Range approx. 400 km (to be demonstrated)
- Demo's expecting to start in 2019 in Belgium, Germany, France and The Netherlands



出所) H2-Share Webサイト（閲覧日：2021年3月29日）
<https://www.nweurope.eu/media/3694/201800131-decarbonising-heavy-duty-great-hydr-brussels.pdf>

【フランス・戦略】燃料電池トラック普及状況と計画

- フランスでは2018年に水素導入計画が示され、HDVの導入目標が示されている。
- また、2020年に示された水素の国家戦略においても、大型車に注力する方向性は戦略として示唆されており、具体的な地域への燃料電池モビリティ導入に向けた動きを活性化させる計画となっている。

2020/9 脱炭素水素開発のための国家戦略

水電解による水素製造と製造業の脱炭素化、大型モビリティ(トラック、バス、列車、船舶、航空機など)の開発、研究・イノベーション・人材育成支援、の3つの柱からなる。2030年までに70億ユーロを拠出、そのうち2020～2023年に約34億ユーロを拠出し、27%がモビリティ開発関連となる。

大型モビリティの開発・普及については、水素エネルギーの製造・輸送に関わる機器やシステムなどの開発に、2023年までに3億5,000万ユーロを投資する。また、地方での水素の工業産業利用およびモビリティ利用の拡大に向けて、地方自治体と企業がコンソーシアムを組んだ普及プロジェクトに2億7,500万ユーロを投資する。

大型車に注力する理由について戦略内で下記のように記載

- 開発を資産化するための共通設備(燃料電池、タンク、パワーエレクトロニクス)を有すること。
- 非常にダイナミックな市場であり、バッテリーよりも自立に向けた技術的解決策を必要としている。
- 運輸部門(自動車メーカーや機器メーカー)は経済的に重要であり、1,000億ユーロ以上の売上と225,000人以上の雇用を伴う
- 戦略的コンポーネントの開発や産業化のための有望な国内企業がある。

出所) フランス政府 " Stratégie nationale pour le développement de l'hydrogène décarboné en France " (2020年)

[https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/DP%20-](https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/DP%20-%20Strat%C3%A9gie%20nationale%20pour%20le%20d%C3%A9veloppement%20de%20l%27hydrog%C3%A8ne%20d%C3%A9carbon%C3%A9%20en%20France.pdf)

[a%20Strat%C3%A9gie%20nationale%20pour%20le%20d%C3%A9veloppement%20de%20l%27hydrog%C3%A8ne%20d%C3%A9carbon%C3%A9%20en%20France.pdf](https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/DP%20-%20Strat%C3%A9gie%20nationale%20pour%20le%20d%C3%A9veloppement%20de%20l%27hydrog%C3%A8ne%20d%C3%A9carbon%C3%A9%20en%20France.pdf)

2018/6 エネルギー転換のための水素導入計画

#2 Development of zero-emission solutions for transport

- Captive fleets and heavy vehicles are key for the business models of charging stations
- Challenges: distribution infrastructure, heavy vehicles
- Targets:

	Light vehicles	Heavy vehicles	Charging stations
2023	5000	200	100
2028	20000-50000	800-2000	400-1000



出所) フランス政府ウェブサイト (閲覧日: 2021年3月29日)

<https://www.tresor.economie.gouv.fr/Articles/120903c7-34bc-49b1-a324-b1f6ba0dbf53/files/4c3ada61-fd66-479a-a683-91a63f8d6b87>

https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/2018.06.01_dp_plan_deploiement_hydrogene_0.pdf

【フランス・関連PJ】燃料電池モビリティ普及プログラム

- ADEME(Agency de la transition ecologique)のhydrogen mobility ecosystemのプログラムにて承認されたプロジェクト。
- 地域での水素モビリティ導入に加えて、再エネ水素製造予備水素ステーションの導入を一体的に検討している例が多い。
- 下記以外にも水素関連プロジェクトを多数展開している。

AdemeのFCモビリティ関連実証(2019/5)

AUXR_H2	5台の燃料電池バスを運行
DS Energy	ゴミ収集船、トラックの燃料電池車両を運営。水素は廃棄物より生成
EFFI H2 VANNES	救急車、小型衛生車両、タクシー等のさまざまな用途のために水素製造ユニットに投資
FEBUS	水素による18メートルの連結バスの運行
HYDREOL	ミニバス、ごみ収集車、および軽ユーティリティ車の水素の生産と現地流通を開始
HYNOVAR	200人の乗客からなる水素海上シャトルプロジェクトが実施
HYPOR	トゥールーズブラニャック空港周辺に設置された水素製造および流通ソリューションに投資し、路上走行車と都市車両の両方にサービスを提供
H2 IDF	軽トラック、ごみ収集車、タクシー
LAST MILE IDF	16の水素製造および配給ステーションを展開し、200の商用車と80のバンを商品輸送などの業務用に供給
LUZO	約20台の商用車とスクーターを供給するために、水素の形でアトランテックエコ地区の太陽光発電の一部を活用
ZEV	1200台の車両と20の水素ステーションで水素モビリティを大規模に展開

出所) FuelCellsWorksウェブサイト (閲覧日: 2021年3月29日)
<https://fuelcellsworks.com/news/france-11-hydrogen-mobility-projects-selected-for-public-funding/>

AdemeのFCモビリティ関連実証(2020/1追加分)

DMSE2	ディジョン地域での燃料電池バス導入(27台)
HYAMMED	燃料電池トラックによる長距離輸送の実証。マルセイユ港での低炭素水素を活用
HYBER	シャトールー地域での燃料電池バス導入(6台)。地域で生産した低炭素水素を活用
H2QUEST	風力発電電力からの水素製造とバスやごみ収集車等への水素供給
H2 SMTAG	燃料電池バスの導入拡大と水素ステーションの増強
H2V CORSTYR ENE	コルシカ島での水素製造と燃料電池トラックへの供給
MH2	モンペリエでの太陽光からの水素製造と燃料電池バス(21台)への供給
PERLE	太陽光からの水素製造とHDV(トラック、ゴミ収集車、バス等)への水素供給
TETHYS	燃料電池バスの導入(2台)
2020 HYPE 600	600台の燃料電池タクシーの導入(すでに100台導入済み)と水素ステーションの整備

出所) FuelCellsWorksウェブサイト (閲覧日: 2021年3月29日)
<https://fuelcellsworks.com/news/france-ademe-supports-10-new-hydrogen-mobility-projects/>

【ドイツ・戦略】 The National Hydrogen Strategy

- ドイツの水素戦略（2020年6月）ではいくつかの施策（Measure）を定めており、このうち Measure 5～13が運輸部門（transport sector）に関する方針である。
- EU全体における政策「再生可能エネルギー指令（RED II）」では、運輸部門のエネルギー消費に占める再生可能エネルギーの割合を、2030年までに少なくとも14%にすることを目指す（同指令25条）としているが、ドイツでは「EUのルールで求められる水準をはるかに上回る」目標を掲げる（Measure 5）。
- National Innovation Programme for Hydrogen and Fuel Cell Technology（NIP）及び Energy and Climate Fund（ECF）が燃料電池車開発に向け基金を用意している（Measure 6）。
 - ECFでは、燃料電池トラック等“utility vehicle”の分野に対して9億ユーロの補助金を用意している。
- 長距離移動車（heavy-duty road haulage vehicle）向けのものも含めた水素ステーションの整備に向け、前出ECFでは34億ユーロの基金を用意している。（Measure 8）。
 - とくに長距離移動車における水素活用のためには、水素ステーションが早期に整備されることが望ましいとしている。
- 「代替燃料供給インフラの展開に関する指令（the European Alternative Fuels Infrastructure Directive、AFID、2014年採択、2021年改正予定）」との連動を予定する（Measure 9）。
- ユーロビネット制度（高速道路における料金徴収システム）において、脱炭素化の度合いに応じてトラックから徴収する通行料金を差別化する予定である（Measure 12）。

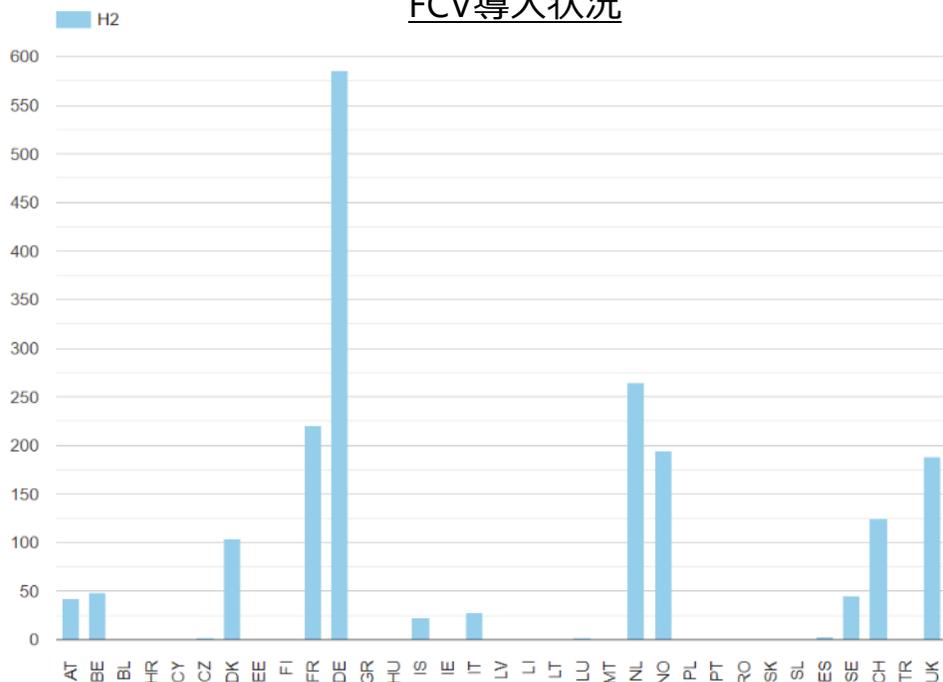
出所）NextHydrogenウェブサイト（閲覧日：2021年3月29日）

https://www.bmbf.de/files/bmwi_Nationale%20Wasserstoffstrategie_Eng_s01.pdf

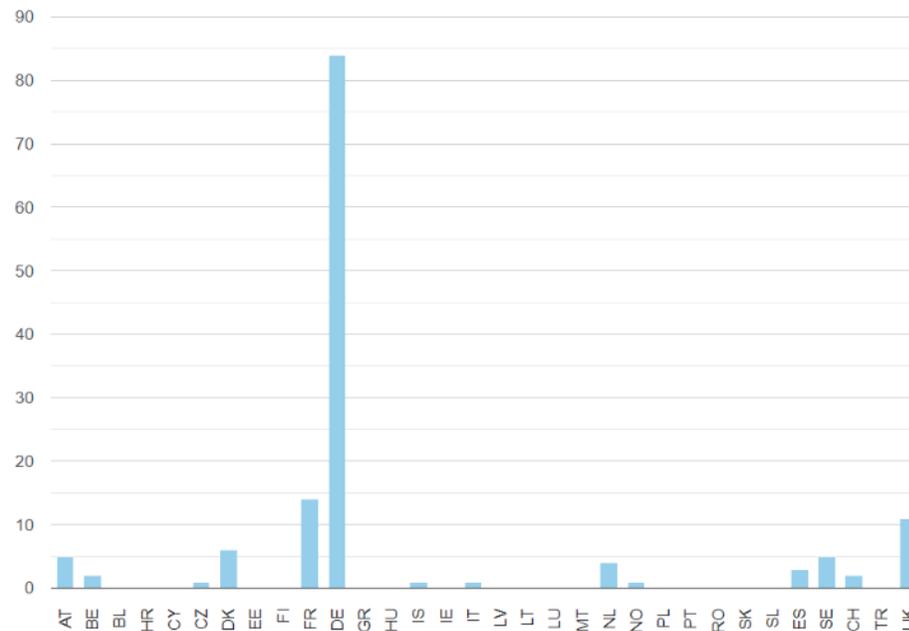
【欧州・普及状況】FCV・水素ステーションの普及状況

- 欧州、英国、EFTA、トルコのFCV及び水素ステーション普及状況を以下に示す。
- FCV及び水素ステーションの両方でドイツの普及が突出している状況となっている。
- 次に、フランスも普及が進んでいる。
- イタリアはドイツに次いで普及計画が高い国であるが、ほとんど普及は進んでいない。

FCV導入状況



水素ステーション導入状況

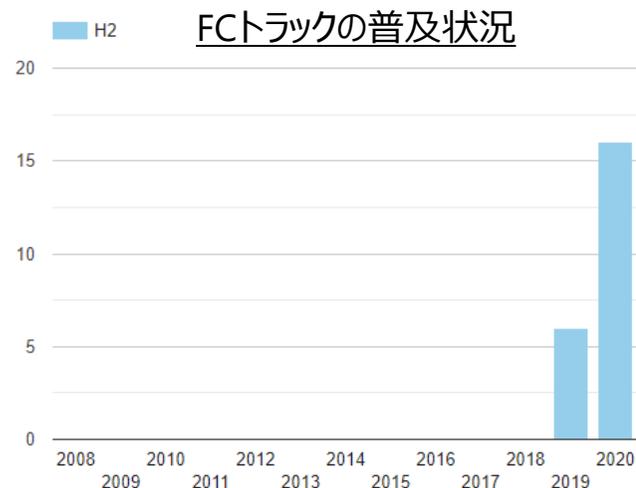
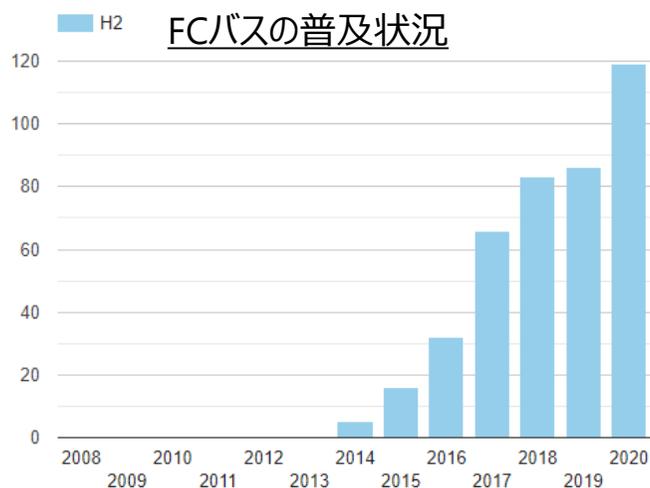
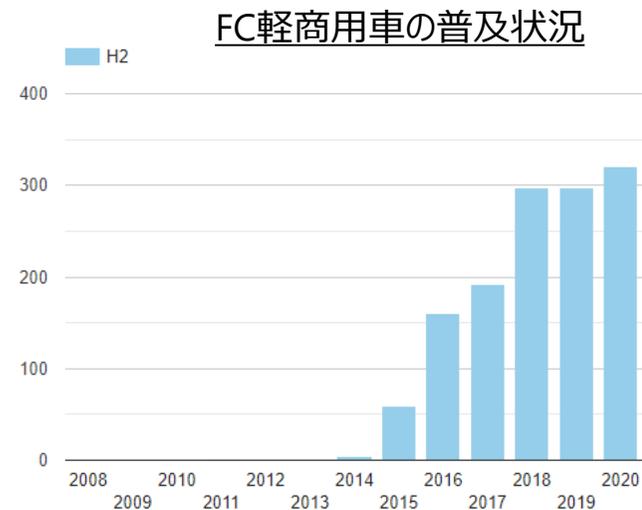
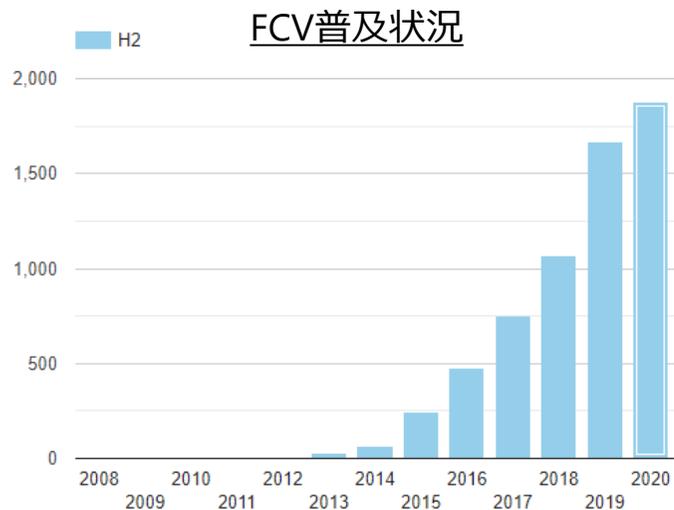


出所) Eafoウェブサイト (閲覧日: 2021年3月29日)

<https://www.eafo.eu/countries/european-union/23640/vehicles-and-fleet/compare>

【欧州・普及状況】FC商用車の普及推移

- NPFにおいて、普及状況の確認が可能である。（EU + 英国 + EFTA + トルコ）



出所) Eafoウェブサイト（閲覧日：2021年3月29日） <https://www.eafo.eu/countries/european-union/23640/vehicles-and-fleet/compare>

【欧州・普及状況】 欧州で走行しているFCトラック

- ドイツ、オランダ、ベルギーの3か国では、H2-Share の補助による実証が進められている。
- スイスのほか、ベルギー、フランス、ドイツでも2024年までにH2Haulの補助による実証が進む見通し。
- ノルウェー政府もASKO及びScaniaのプロジェクトに対して一部出資をしている。

国	トラック	概要	自動車メーカー	補助 ^[1]	出典
蘭	27トントレーラー (1台)	走行距離400 km、燃料電池容量88 kW、水素積載30 kg。2020年4月より実が開始されており、現在は1台が走行中。	VDL	H2-Share	[2]
蘭	26トンゴミ収集トラック (合計2台)	燃料電池容量40 kW。燃料電池メーカーはHydrogenics、エンドユーザーはBasten Group 及び Cure Afvalbeheer。トラックの行動範囲を拡張する（燃料を補充せず終日トラックの運転ができるようにする）目的で燃料電池トラック採用を検討している。	E-Trucks Europe	H2-share	[3]
仏	4.5トン郵便トラック (1台)	走行距離200 km、燃料電池容量20 kW、水素積載量8 kg（4 kg×2タンク）。燃料電池メーカーはSymbio、エンドユーザーはLa Poste（フランス郵政公社）で、トラックは主に郊外エリアでの郵便に用いられる。	ルノートラック	(不明)	[4]
スイス	34トントレーラー (1台)	走行距離375-400 km、燃料電池容量100 kW、水素積載31 kg。燃料電池メーカーはSwiss hydrogen、エンドユーザーはCoopで、冷蔵装置を搭載し生鮮製品を運送する。同プロジェクトでは水素ステーションも整備しており、H2 Energyの IBAarau hydropower plantの電解槽で水素が製造される。	ESORO	H2Haul	[5]
ノルウェー	27トントレーラー (4台)	走行距離400-500 km、燃料電池容量90 kW、水素積載33 kg。燃料電池メーカーはHydrogenics。ユーザーにより近い部分の開発ではASKOと連携する。2019年から実証を開始している。	Scania	一部、ノルウェー政府	[6]

出所）（いずれも閲覧日：2021年3月29日） [1]HCHウェブサイト [2]～[6] Interregウェブサイト

[1]https://www.fch.europa.eu/sites/default/files/FCH%20Docs/171127_FCH2JU_BCs%20Regions%20Cities_Consolidated%20Tech%20Intro_Rev.%20Final%20FCH_v11%20%28ID%202910585%29.pdf (P10)

[2] <https://fuelcelltrucks.eu/project/vdl-27-ton-hydrogen-truck/> [3] <https://fuelcelltrucks.eu/project/e-trucks-life/>

[4] <https://fuelcelltrucks.eu/project/symbio-renault-maxity-h2/> [5] <https://fuelcelltrucks.eu/project/esoro/>

[6]<https://fuelcelltrucks.eu/project/scania-four-hydrogen-gas-trucks-with-asko-in-norway/>

【欧州・普及状況】 欧州で普及が想定されるFCトラック

- Nikola（米）やHyundai（韓）が積極的に欧州へ展開しようとしている。
- 欧州企業としては、Daimler（独）、Quantron（独）などが今後のFCトラック生産を予定している。

欧州において普及が予想されるFCトラック

Nikola [1]

2023年までに欧州市場向けFCトラックの生産開始を発表



Quantron [4]

イヴェコ社のトラックをベースにしたモデルを2021年に発売予定



Hyundai [2]

2019-2025年に欧州で累計1,600台のFCV生産計画を発表
2020年にはスイス向けに10台のFCトラックを出荷



参考) FCバンの計画

treetScooter [5]

現在DHLにEV Vanを供給。
2020年には、100台のFC Van（PlugPowerのレンジエクステンダーFC搭載）を納入予定



Daimler [3]

2023年に実証を開始し、2020年代後半にFCトラックの販売を開始する予定



出所（いずれも閲覧日：2020年10月8日）

[1] trucks.comウェブサイト

<https://www.trucks.com/2018/11/05/nikola-fuel-cell-truck-beat-tesla-europe/>

[2] electrive.comウェブサイト

<https://www.electrive.com/2019/04/15/hyundai-h2e-1600-fuel-cell-trucks-for-european-market/>

[3] DAIMLERウェブサイト

<https://www.daimler-truck.com/innovation-sustainability/efficient-emission-free/mercedes-benz-genh2-fuel-cell-truck.html>

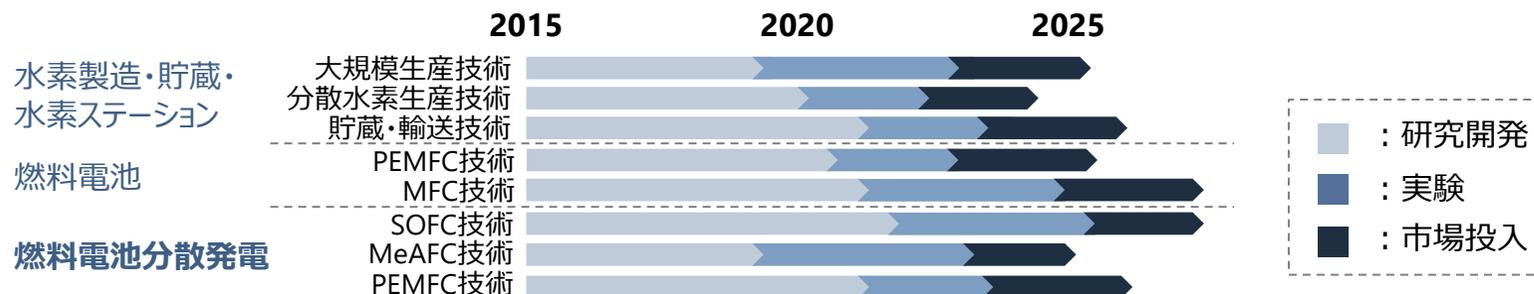
[4] electrive.comウェブサイト <https://www.electrive.com/2020/06/18/quanton-announces-heavy-fuel-cell-truck-for-2021/>

[5] DP DHL <https://www.dpdhl.com/en/media-relations/press-releases/2019/dhl-and-streetscooter-develop-new-electric-drive-vehicle-with-hydrogen-technology.html>

【中国・戦略】水素関連政策の動向（中央政府）

● 政策動向

- 2016年3月 国家エネルギー局「エネルギー技術革命革新行動計画（2016-2030）」
 - エネルギー産業に関する計画、**水素エネルギーと燃料電池の技術革新**を進めることを発表
 - 燃料電池自動車、定置用燃料電池、水素サプライチェーンに関する技術開発ロードマップを記載



- 2016年10月 工業信息化部「省エネ新エネ自動車技術ロードマップ」 ← モビリティ
 - 燃料電池自動車生産台数、水素ステーション数等に関する2030年の目標値を発表
- 2016年11月 国務院「第13次五カ年計画戦略的新興産業発展計画」 ← モビリティ
 - 燃料電池自動車の研究と産業化が打ち出される
- 2018年2月 国務院「中国製造2025」 ← モビリティ
 - 産業政策（エネルギー以外も含む）に関する計画
 - 重点10産業の一つに省エネ・新エネ自動車があり燃料電池自動車の生産台数目標を発表
- 2020年予定 工業信息化部「新エネルギー自動車産業発展計画（2021-2035）」（パブコメ中） ← モビリティ
 - 自動車の開発に加えて、水素充填インフラに関する内容が充実

⇒ 産業政策として**モビリティ**に特化した形で燃料電池産業を推進

出所) NEDO「中国の水素・燃料電池産業の動向」（2020.1）<https://www.nedo.go.jp/content/100902859.pdf>

【中国・戦略】水素に関する数値目標（中央政府）

- エネルギー技術革命のイノベーション行動計画（2016年－2030年）
 - 重点分野として、石炭の無害化採掘技術、太陽エネルギーの高効率利用技術、先進的な原子力技術、水素エネルギーや燃料電池技術等の低炭素化が記されている。
- 「中国製造2025」にて、10の重点分野のひとつが「新エネ・省エネ自動車」となっている。
 - 「中国製造2025」に基づき2015年と2018年に技術ロードマップが策定されている。
- 2030年のFCV導入目標100万台など、高い目標設定に達するため、NEV（New Energy Vehicle）への投資が盛んに行われている。
 - 2010年－2015年までに、NEVへの投資額は約590億円におよび、今後も水素STを始めとした、水素分野への投資が行われると予想されている。

	短期（2020）	中期（2025）	長期（2030）
モビリティの導入台数	5000台 (公共交通における小規模実証)	50,000台 (公共・民間双方における大規模実証)	1,000,000台 (商業ベースでの大規模導入)
定置用燃料電池の導入台数	1,000台	10,000台	100,000台
主な水素源	再エネ由来水素・副生水素		再エネ由来水素
水素ST	100ヶ所	300ヶ所	1,000ヶ所

出所) 低炭素水素サプライチェーン・プラットフォームよりMRI作成（閲覧日：2021年3月29日）

https://www.env.go.jp/seisaku/list/ondanka_saisei/lowcarbon-h2-sc/overseas-trend/

【中国・規制/補助】新エネ車導入補助とNEV規制（中央政府）

● 補助金

- 燃料電池自動車に対して、中央政府から補助金あり、今後も継続の見通し。一方で、財政部は補助金打ち切りの方針のため、継続性は不透明（EV乗用車の補助金は大幅減額）。
- 地方政府による燃料電池自動車の補助金もある（EV乗用車の地方政府の補助金は禁止となった）。
- 中国ではバスのEV化が進められてきたが、航続距離300km以上のFCバス導入が推奨されている。
- 2020年からは2019年よりさらに10%補助額を削減。（FCVは補助対象から外れる）
- 燃料電池車についても、補助方針を変更。技術開発と産業化への注力と特定都市への普及等によるサプライチェーン形成、モデル確立の方向にシフトするとしている。

（※中国政府HP（閲覧日：2021年3月31日） http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-04/23/content_5505502.htm）

燃料電池車に対する補助金（2018年）			2019年の補助金
車種	補助金標準（元/kW）	補助金額上限（元/台）	移行期間は 0.8倍。
乗用車	6,000元	200,000元	
小型バス/トラック	NA	300,000元	
中型・大型バス/トラック	NA	500,000元	

出所）NEDO「中国の水素・燃料電池産業の動向」（2020.1）

● NEV規制

- 2018年より既存の燃費規制（CAFÉ規制）と統合された規制を施行開始、一定比率以上のNEV販売が要求され、2020年で乗用車生産・輸入台数の12%をNEVとする必要がある。
- 要求されるNEV比率を超えてNEVを生産する企業に対してNEVクレジットが発行され、企業間でクレジットを売買することで達成することも可能である。

中央政府の戦略や規制・補助に関する留意事項

【戦略について】(*1)

- 「中国製造2025」(2018)には「省エネ自動車・新エネ自動車」に関する技術ロードマップは策定されているものの、水素ステーションなどの普及目標はない。
- 「省エネ新エネ自動車技術ロードマップ」(2016)には「水素ステーションの設置は2020年に100箇所、2025年に300箇所」などの目標が盛り込まれているが、あくまでも中国汽车工程学会のロードマップであり、国家全体の目標ではない。

⇒ 水素ステーションに関する戦略は地方政府の裁量にゆだねられている。

【規制・補助について】(*2)

- 補助については、燃料電池車を「新エネルギー車」として位置付け、購入補助金やNEV規制などの支援をしてきたが、水素の製造・運搬・貯蔵などの補助はなかった（水素ステーションの担当官庁も決まっていない）。
- 2020年9月、FCVの販売補助金制度を撤廃し、サプライチェーン構築を目的とした地方企業の技術開発補助へと方針転換する旨を発表。モデル地域を11月中旬までに選定し、重点的な支援を行うとしている。
- 上記モデル地域候補としては、京津冀地域（北京、天津、河北省の一体経済圏）、上海を中心とする長江デルタ、広東省を中心とする珠江デルタ、四川省（成都市-重慶市ルート）が挙げられている。

⇒ 特定の地域におけるFCV開発に集中して補助金リソースを投入している。

出所)

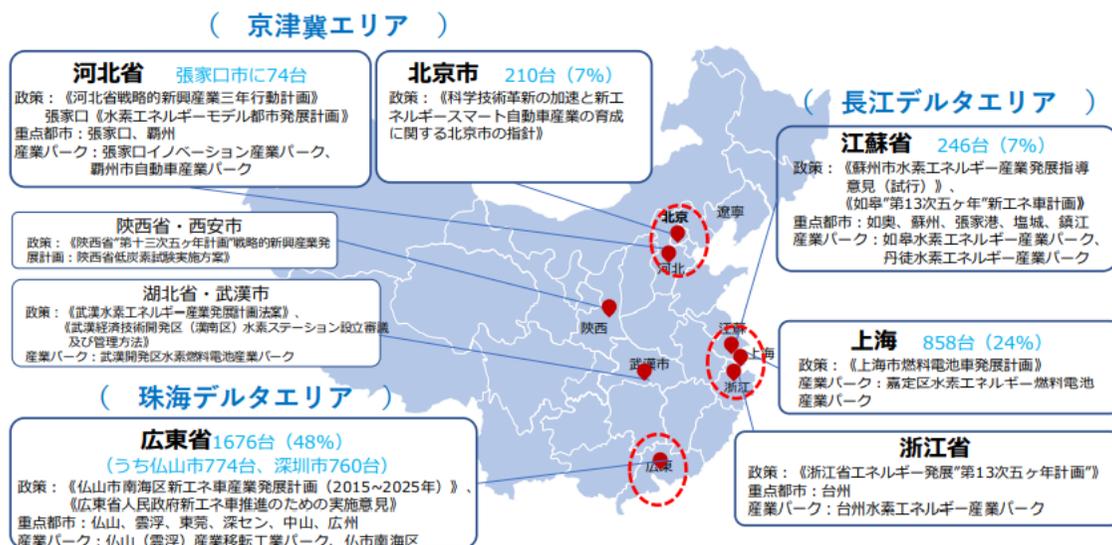
(*1) NEDOウェブサイト（閲覧日：2021年3月29日）<https://www.nedo.go.jp/content/100902859.pdf>

(*2) 日本経済新聞社ウェブサイト（閲覧日：2021年3月29日）<https://www.nikkei.com/article/DGXMZO64105740R20C20A9MM8000/>

【中国・戦略】水素関連政策の動向（地方政府）

- 地方政府では2018年ごろから、次世代産業としてFCV産業の誘致に期待が高まっている。
- 特定の地域において戦略の策定とFCV技術開発が進められている。
- FCVに注力する地域は、「京津冀地域（北京、天津、河北省）」、「長江デルタ地域（上海、江蘇省）」、「珠江デルタ地域（仏山ほか広東省）」に加え、四川省（成都市-重慶市ルート）、武漢市など。

地方政府の水素・燃料電池に関する政策の事例と燃料電池車普及台数



注意 ここには主要な計画のみ掲載しているが、水素・燃料電池に関する計画を打ち出す地方政府は40か所程度に上る。

資料：各都市の燃料電池車普及台数は2019年9月時点。データは、2019年10月のUNDP 汽車産業大会における北京理工大学教授・電動車両国家工程実験室主任の王振坡氏の発表資料。

出所) 図出典は下記 [2] の文献 (いずれも閲覧日: 2021年3月29日)

[1] AFPBBウェブサイト <https://www.afpbb.com/articles/-/3304275>

[2] Nedoウェブサイト <https://www.nedo.go.jp/content/100902859.pdf>

[3] Jetroウェブサイト <https://www.jetro.go.jp/biz/areareports/2019/e4192697fec6cd9e.html>

中国の主要な水素関連戦略

地域	主な戦略	目標・計画等
京津冀地域 [1]	北京市水素燃料電池自動車産業発展計画 (2020.9発表)	<ul style="list-style-type: none"> ● 2023までにFCV 3,000台を普及 ● 空港や物流倉庫が隣接する「大興地区」での実証を実施
長江デルタ地域 [2]	上海市燃料電池自動車発展計画 (2017.9発表) 長江デルタ水素回廊建設発展計画 (2019.5発表)	<ul style="list-style-type: none"> ● 2030年までに上海市に水素ステーション50箇所、FCV 20,000台を普及 ● 高速道路沿いに集中して水素ステーションを配備
珠江デルタ地域 [3]	仏山市水素エネルギー産業発展計画 (2018.11発表)	<ul style="list-style-type: none"> ● 水素ステーションを57カ所、物流車 10,000台を普及 ● 水素ステーションへの補助額は中国で最高水準

【中国・戦略】水素関連政策の動向（地方政府・仏山市）

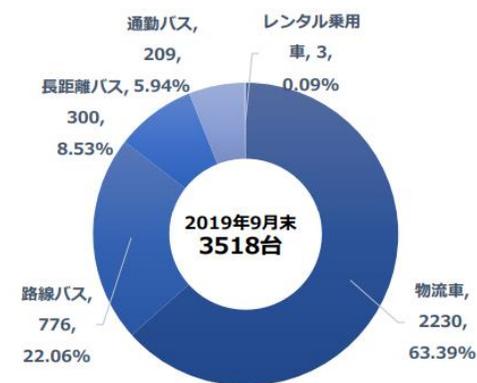
- 仏山市は、「仏山市水素エネルギー産業発展計画」の中で、車種別にFCVの普及計画を定めている^[1]。走行路線が定まっている公共バス、物流車/専用車を先行して普及させ、2025年頃から乗用車を普及させる計画。
- この傾向は他の都市でも同様であり、中国で普及しているFCVは物流車とバスで占められている^[2]。

表1：仏山市のモビリティ分野の水素普及計画

種別	単位	2018年	2019年	2020年	2025年	2030年
公共バス	台（保有量）	290	1,000	1,500	2,500	4,000
乗用車	台（保有量）	0	0	0	1,000	11,000
フォークリフト	台（保有量）	0	0	0	550	1,550
モノレール	台（保有量）	0	0	20	60	100
物流車/専用車	台（保有量）	1,000	3,000	4,000	6,000	10,000
水素ステーション	基（累計）	10	28	28	43	57

出所：「仏山市水素エネルギー産業発展計画（2018～2030年）」に基づきジェトロ作成

2019年9月時点で登録されている燃料電池車の種類



出所)

[1] JETROウェブサイト 地域・分析レポート「水素ステーションの整備が進む広東省（中国）」、2019年 <https://www.jetro.go.jp/biz/areareports/2019/b161370f5dbaa1ce.html>

[2] NEDOウェブサイト 「中国の水素・燃料電池産業の動向」、2020年 <https://www.nedo.go.jp/content/100920585.pdf>

【中国・規制/補助】水素ステーションに対する補助（地方政府・仏山市）

- 2019年には中国中央政府の補助金施策に転換があり、同年6月25日以降には、地方政府が新エネルギー車（路線バス及びFCVを除く）の購入に補助金を発給することが禁止された^[1]。
- これに伴い、新エネルギー車の購入に発給する補助金は充電・水素補充インフラの建設及び運営サービスに転用することが義務付けられており、水素ステーションに対する補助金は今後さらに増加することが見込まれる。
- 仏山市では2018年から「水素ステーションの建設運営及び水素エネルギー車両の運営を支持する仏山市南海区の弁法」が施行されており、水素ステーション 1 店につき、最高額で 800 万元の補助を出している^[2]。
- 建設のみならず、運営においても補助を行っている。

表2：仏山市南海区の水素ステーションの建設に対する補助基準（－は値なし）

類別	充填能力 (1日当たり)	新設/改築	完工時期および補助額		
			2018年末まで	2019年末まで	2020～2022年
固定式	500キログラム以下	新設	500万元	300万元	200万元
		改築	400万元	300万元	200万元
	500キログラム超	新設	800万元	500万元	300万元
		改築	600万元	450万元	300万元
移動式	350キログラム以上	新設	250万元	150万元	－
		改築	200万元	150万元	－

出所：仏山市南海区人民政府

出所) 表はこの出典は [2] の文献。

[1] 国際協力銀行ウェブサイト JBIC中国レポート、2019年 https://www.jbic.go.jp/ja/information/reference/reference-2019/contents/china2019_01.pdf

[2] JETROウェブサイト 地域・分析レポート「水素ステーションの整備が進む広東省（中国）」、2019年 <https://www.jetro.go.jp/biz/areareports/2019/b161370f5dbaa1ce.html>

表3：仏山市南海区の水素ステーションの運営に対する補助基準

年度	販売価格 (1kg当たり)	補助額 (1kg当たり)
2018～2019年度	40元以下	20元
2020～2021年度	35元以下	14元
2022年度	30元以下	9元

出所：仏山市南海区人民政府

【中国・関連PJ】上海燃料電池自動車発展計画（地方政府・上海市）

- 上海燃料電池自動車発展計画の一環として、東風汽車集団が500台のFCトラックを投入した実証を実施。
- 2018年、“Dongfeng Special Vehicle Truck”（7.5トントラック、積載3.2トン、走行距離330 km）が500台ライセンスされた。
- 燃料電池は、Re-Fire社、Ballard Power System社が製造を担当。
- 新設された Shanghai Sinotran New Energy Automobile Operation 社が配達の用途で使用。



出所) Interregウェブサイト（閲覧日：2021年3月29日）<https://fuelcelltrucks.eu/project/dongfeng/>

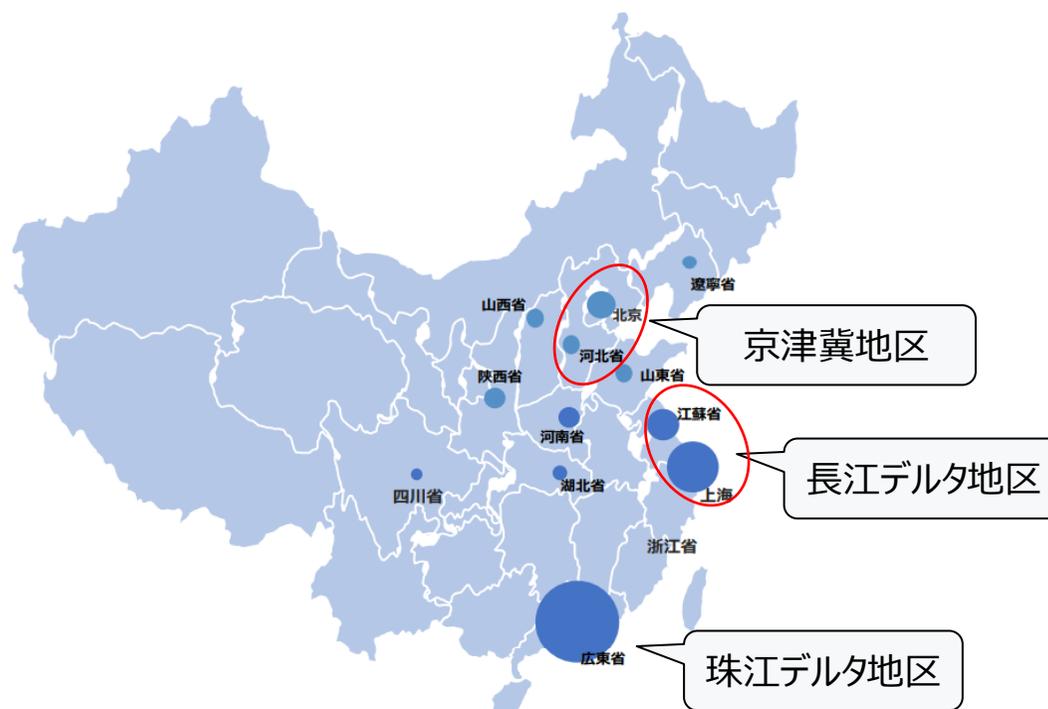
【中国・普及状況】モビリティ普及状況

- 上海、北京・天津・河北省、広東省など特定の地域で集中的に燃料電池の実証が進む。
- 登録台数ベースでは、広東省、上海市・江蘇省、北京市で中国のFCV普及台数の85%を占める^[1]。
- 上海ではFCトラック500台を投入した大規模実証（東風汽車集団）が実施されている^[2]。

中国における燃料電池自動車の普及状況（2019年9月）^[1]

「新エネルギー自動車国家監視と管理プラットフォーム」
へ登録されている燃料電池車の地域の内訳（2019年9月末時点）

	省	台数	市
1	広東省	1676	仏山市774、深圳市760、珠海市100、雲浮市22、広州市20
2	上海市	858	
3	江蘇省	246	蘇州市 216、南通市 14、塩城市 12、無錫市 4
4	北京市	210	
5	河南省	95	南陽市 72、鄭州市 23
6	陝西省	90	西安市 90
7	河北省	74	張家口市 74
8	山東省	74	濰坊市34、聊城市30、徳州市10
9	山西省	72	大同市 72
10	湖北省	51	武漢市 44、十堰市 7
11	遼寧省	40	撫順市 40
12	四川省	30	成都市 30
13	浙江省	2	湖州市 2



出所) [1] Nedoウェブサイト (閲覧日: 2021年3月29日) <https://www.nedo.go.jp/content/100920585.pdf> にMRI加筆

[2] BALLARDウェブサイト (閲覧日: 2021年3月29日)

https://www.ballard.com/docs/default-source/motive-modules-documents/chinatruck-case-study-website.pdf?sfvrsn=6b51c280_2

【中国・普及状況】参考：中国のトラック市場

- 中国における on road のトラックは3,000万台以上と推計されている（2019年現在）^[1]。
- 2019年の大型トラック年間販売台数は約100万台^[2]。
- 中国のトラックシェア上位企業は、FAW Jiefang（一汽解放汽車有限公司）、Dongfeng（東風汽車集団）、Sinotruk（中国重型汽車集団）、SHACMAN（陝西汽車控股集团）で構成される。（2020年5月の売上げ）^[3]。上位3社は中国における「大型トラックビッグ3」と呼ばれる。

中国における大型トラック市場の構成（2020年5月）^[3]

Truck Makers	Sales in May	Sales in Last May	YoY Growth	YTD Collective Sales	YoY Collective Sales	Collective Growth	Market Share
	175,000	108,264	62%	640,300	552,628	16%	100%
FAW Jiefang	43,000	29,685	45%	190,300	150,304	27%	29.7%
Dongfeng	36,600	22,372	64%	116,800	105,270	11%	18.2%
Sinotruk	27,000	15,600	73%	95,200	86,209	10%	14.9%
SHACMAN	24,000	15,749	52%	82,300	82,484	0%	12.9%
Foton	15,500	7001	121%	57,700	38,769	49%	9.0%
Hongyan	10,119	5020	102%	30,007	26,237	14%	4.7%
JAC	6300	3452	83%	22,733	18414	23%	3.6%
Dayun	3029	2389	27%	12,262	12,151	1%	1.9%
XCMG	3428	2019	70%	10,916	8335	31%	1.7%
CAMC	2353	2068	14%	9958	10,269	-3%	1.6%
Others	3671	2909	26%	12,109	14,166	-15%	1.9%

出所）（いずれも閲覧日：2021年3月29日）

[1] Logistics Trends & Insights.LLC ウェブサイト <https://logisticstrendsandinsights.com/chinas-road-freight-market-still-growing-as-technology-takes-hold/>

[2] China Trucksウェブサイト http://www.chinatrucks.com/statistics/2020/0106/article_9081.html

[3] China Trucksウェブサイト http://www.chinatrucks.com/statistics/2020/0608/article_9315.html

【中国・普及状況】モビリティ普及状況

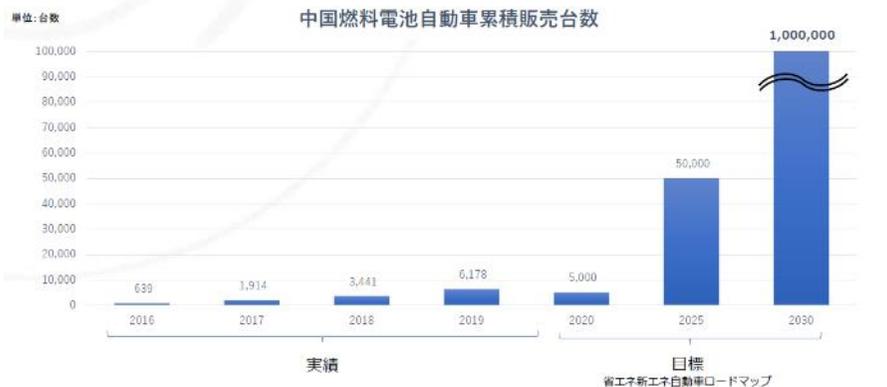
- 中国内ではバス・トラックを中心に燃料電池モビリティの普及が進んでおり、2020年目標の5,000台を上回るペースで普及が進んでいる。

FCVの普及動向

省エネルギー新エネルギー自動車技術ロードマップ①



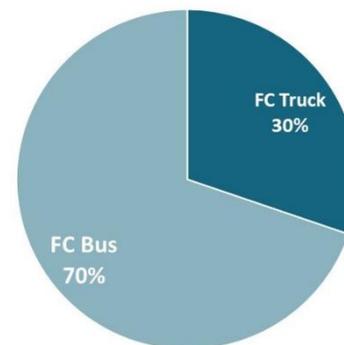
- 2018年10月に発表された「省エネルギー新エネルギー自動車技術ロードマップ」は燃料電池車の目標累計普及台数は2016年5月に発表された「中国製造2025 重点領域技術イノベーショングリーンブック技術ロードマップ 2015年版」から、大幅に引き上げている（2015年版では2020年目標は1000台、2025、2030年は目標設定無し）。



出所：販売実績値は中国汽车協会公開統計データ等より。普及目標値は省エネ・新エネ車自動車技術ロードマップ、中国汽车工程学会(SAE-China)、2016年10月国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

FCトラックとFCバスの新車販売の割合(2018,2019年)

2018 Ratio of registered FC Truck vs Bus



2019 Ratio of registered FC Truck vs Bus

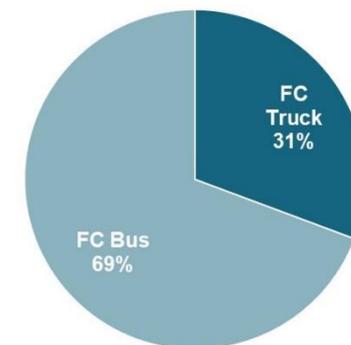


図4：新エネ車推薦登録登録車種数におけるFCトラックとFCバスの登録車種数の比較
出典：工信部【新エネ車推薦目録】.Integral集計。

出所) NEDO「中国の水素・燃料電池産業の動向」(2020.1)
<https://www.nedo.go.jp/content/100902859.pdf>

出所) integral社ウェブサイト (閲覧日: 2021年3月29日)
[ehttps://www.integral-japan.net/](https://www.integral-japan.net/)

⑥ 地域単位での社会実装に関する動向

地域での社会実装に向けた動き（海外調査の視点）

- 諸外国において、地域レベルで集中的に水素の社会実装を推進する動きがみられている。
- 本節では、国内での地域実装の参考となり得る情報として、需要家の巻き込み方法や国・自治体のサポート状況等のプロジェクト組成に関する情報を調査した。

調査の視点

項目	詳細
基礎情報	<ol style="list-style-type: none"> 1. サプライチェーンの形態（製造・輸送・利用方法とその規模） 2. 開始時期、予算、プレイヤー
特徴	<ol style="list-style-type: none"> 1. 体制面における特徴（自治体や国のサポート、国家間の取り組み等） 2. 実証がもたらす効果・想定される課題改善効果 3. 全体戦略・計画 4. 地域性（地域の特徴の活かされ方、地域選定の合理性・選定プロセス） 5. 合理性（将来の水素社会実現が見込めるような内容・ストーリーかどうか）
供給	<ol style="list-style-type: none"> 1. 水素源・エネルギー源と想定コスト（コスト抑制・補助の有無・OPEX支援） 2. 供給事業者のメリットやデメリットの低減方法・参入意欲の源は何か。 3. 供給に対するインセンティブや既存燃料の代替に関する事業成立性
需要家	<ol style="list-style-type: none"> 1. プロジェクト組成における需要家の巻き込み。（コスト抑制・OPEX支援） 2. 需要家のメリットやデメリットの低減方法・参入意欲の源は何か。 3. 水素利用のインセンティブや評価制度の有無
行政	<ol style="list-style-type: none"> 1. 国のサポート内容（資金、制度、結果のコミットメント要求等） 2. 自治体・導入地域の果たしている役割

地域での社会実装に向けた動き（諸外国の事例）

- オランダ、中国、韓国、フランス等においては水素導入に関するモデル都市を選定し、水素インフラの構築や利用拡大を先行的に実施している。

<オランダ>

ロッテルダム港、アムステルダム港、フローニンゲン港の港湾地域での水素利用を検討。すでいくつかのP2G実証を開始。港湾地域という点やこれまでの欧州内のエネルギー・産業ハブとしての機能を活かし、洋上風力からの水素製造、水素パイプラインによる面的水素供給、産業利用等を検討。

<韓国>

4地域（蔚山、安山、全州・完州、三陟）の水素モデル都市の構築に着手し、都市構築を後押しするための水素都市法を制定する計画を表明。モデル都市に対する総額200億ウォンの支援や規制緩和等を後押し。各地域の特色を活かした水素導入計画に基づき、燃料電池自動車やステーション整備、燃料電池中核部品の国産化を目指す。

<中国>

FCVの購入補助金からサプライチェーン構築に軸足を移し、水素導入のモデル地域の選定を行い、4年間の期間のうちに、水素供給価格の低減(35元/kg未満)やFCV導入(1000台以上)、技術開発の促進等を促す。補助資金により燃料電池車の主要コア技術の工業化、人材育成、技術実証など、FCVの生産投資プロジェクトや水素化インフラ建設を支援。

<フランス>

ADEMEのhydrogen mobility ecosystemのプログラムにて承認された地域での燃料電池モビリティ導入プロジェクトを多数展開。

地域での水素モビリティ導入に加えて、再エネ水素製造予備水素ステーションの導入を一体的に検討している例が多い。

オランダでの水素利活用の全体整理

- ロッテルダム港、アムステルダム港、フローニンゲン港の港湾地域での水素利用を検討。
- 港湾地域という点やこれまでの欧州内のエネルギー・産業ハブとしての機能を活かし、洋上風力からの水素製造、水素パイプラインによる面的水素供給、産業利用等を検討。

オランダでの主な取り組み

全体	地域	製造	輸送	利用
ロッテルダム、フローニンゲン、アムステルダムを中心に水素の取組を推進。各拠点を水素パイプラインでつなぐ	ロッテルダム港	風力、海上輸入 天然ガス+CCS、バイオガス	水素パイプライン	輸送燃料、住宅・温室向け熱供給、工業・化学利用、水素グリッドへの供給
	アムステルダム港	グリーン水素(製鉄用)	水素パイプライン (新設・天然ガスライン転用)	製鉄、モビリティ、住宅
	フローニンゲン港	風力 (NorthH2)	水素パイプライン 地下貯蔵(岩塩洞窟)	モビリティ(乗用車、公共交通) 化学利用・工業利用 移動用発電機



【特徴・示唆】

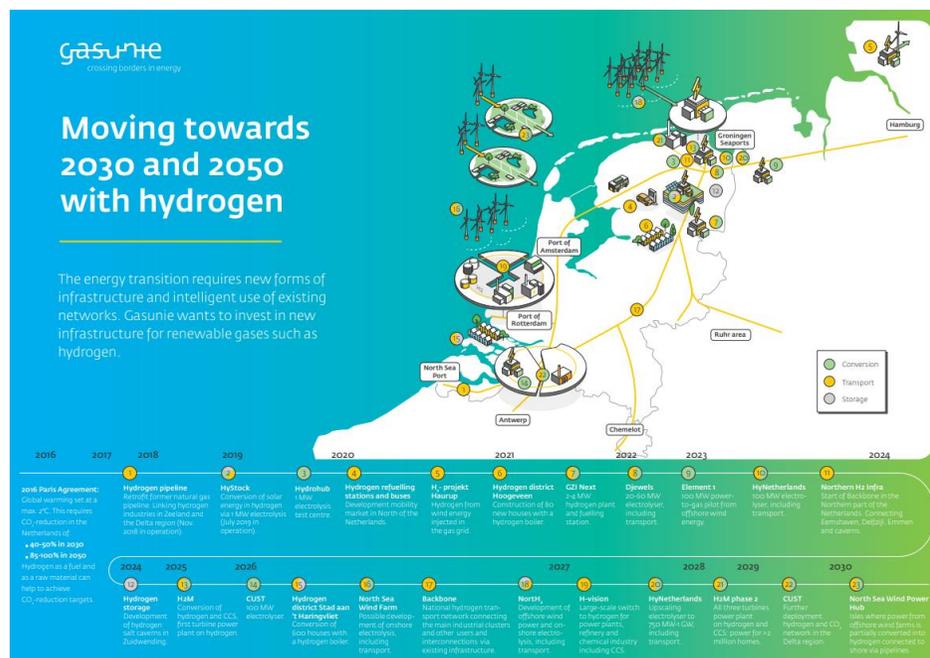
製造：港湾地域の特色を活かし、洋上風力や石油・天然ガス資源、水素の海上輸入を検討

輸送：石油を中心とした、欧州へのエネルギー・資源供給のハブとしての機能を活用、同様の発想に基づき、水素パイプラインによる面的な水素供給を検討している。

利用：用途としても、港湾地域での産業利用は各港の実施内容に入っている。

オランダ3拠点での水素導入

- 各3拠点にて水素の面的利用を推進するだけでなく、それらを水素パイプラインでつなぎ、国内外に水素供給していく計画となっている。
- 計画には同国内の天然ガス事業者のGasunie (シェル、エクソンモービル、オランダ国政府の出資企業)が中心となって計画している。
- 洋上風力からの水素製造で有名な取り組みとしてフローニンゲンでのNortH2がある。また、3拠点に加えて、北海での大規模洋上風力からの水素製造プロジェクトもある。
- オランダのエネルギー供給拠点としての役割・インフラを水素に置き換えた取り組みと言えるかと推察。



オランダ国内の水素関連の取り組み一覧

(下記サイトにて、実施中及び計画中の水素関連PJを確認可能)



出所) gasunie, "Moving towards 2030 and 2050 with hydrogen"

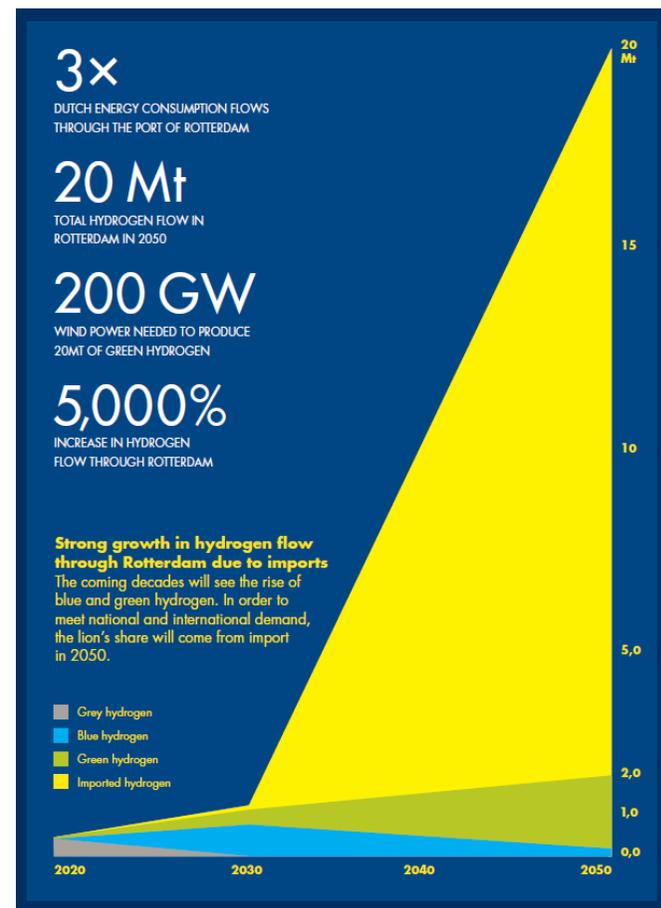
出所) MissionH2ウェブサイト (閲覧日: 2021年3月29日)
<https://waterstofkaart.missionh2.nl/#>

ロッテルダム港の事例（取り組み背景・狙い）

- ロッテルダム港での水素の取り組みは、同地域内の水素利活用という点だけでなく、水素エネルギーの輸出入の拠点港を目指すことが示唆されている。
- これまでのエネルギー・産業の拠点港としての優位性を活かし、将来のドイツ・欧州での水素需要の拡大を見越した取り組みとなっている。



- オランダの総エネルギー消費量の約3倍が毎年ロッテルダムに供給、主に原油(EUの総エネルギー需要の13%に相当)。多くはドイツを中心としたヨーロッパの他の地域に輸送。残りはロッテルダムでの化学工業等の産業利用。
- 2050年にロッテルダムでの水素取り扱い量は20Mtonを想定（ロッテルダム内7M、ドイツ8M、他国5M）で現在の50倍まで増加すると予想。
- 北海では2050年までに60-70 GWに増加する可能性がある。20 Mtonのグリーン水素製造に200 GWの風力発電が必要で、水素の輸入に頼る部分がほとんどとなる。



出所) Port of Rotterdam、hydrogen-economy-in-rotterdam-handout（文章は同出所よりMRIにて作成）

ロッテルダム港の事例（プロジェクトの枠組み）

- ロッテルダム港は「Port of the future」の取り組みの中で、カーボンニュートラル、デジタル化、イノベーションの「最もスマートな港」を目標とした様々な取り組みを実施。
- カーボンニュートラルの取り組みにおいても様々なプロジェクトが進行。その中で水素に関する取り組みは4つある。

Port of the futureのコンセプト

カーボンニュートラル

港湾地域でのカーボンニュートラルの実現に向けて下記3ステップの取り組みを実施

STEP1：既存産業の効率改善、CCS、対応したインフラ構築

STEP2：エネルギーシステムの変革

産業の電化、グリーン水素利用促進、再エネの利用促進

STEP3：新しい原材料と燃料システム

バイオマス、グリーン水素、CO₂、リサイクル材料の利用促進

輸送：持続可能な輸送

港湾地域での貨物輸送の脱炭素化

デジタル開発

デジタル技術を用いた物流プロセスの変革・港湾インフラの管理改善
（コンテナ輸送・船舶輸送の効率化、プロセス自動化、デジタル化等）

イノベーション（スマートポート）

ブロックチェーン、IoT技術、自律出荷等の技術活用や起業家とのイノベーション推進の機会提供等の技術革新

	進行中のプロジェクト内容
STEP1	熱ネットワーク:産業からの熱による住宅や温室へ供給 16,000世帯がベルニスから熱を受ける 北海下のCO ₂ 貯蔵(ポルソス) スチームネットワーク 新しいリヨンドルバーゼル工場を通じてCO ₂ 排出量を20%削減
STEP2	港湾区域の風力タービン ロッテルダム港における風力発電の実現に関する規約 北海風力発電ハブ Hビジョン:ブルー水素 BP製油所用グリーン水素 シェル: グリーンの水素プラント（ガスニーと港湾局が共同でインフラを実現） 石炭火力発電所のグリーンな未来 エネルギー転換を加速するブロックチェーン ロッテルダム港湾局のエネルギー転換への貢献
STEP3	廃棄物から化学物質へ 建築材料としての地球の漂白 汚染された建築材料の完全なリサイクル プリンセス・アマリア高架橋の原料としての廃棄物 塩素廃棄物を新原料・エネルギーとして プラスチックデザインチャレンジ2018、ブルーシティ ロッテルダム港でのタイヤリサイクル 産業用および携帯用電池の加工
輸送に関する取り組み	ロッテルダム港湾局:水素道路輸送 コンテナ輸送におけるバイオ燃料試験 内陸海運の持続可能性の向上 内陸輸送用バイオ燃料 排出フリー内陸輸送 海上航行船のシヨアパワー試験 デジタル化はエネルギー消費の減少につながる

ロッテルダム港の事例（水素利用の概況）

- ロッテルダム港内にて、需給それぞれについて様々な取り組みを実施し、それを水素パイプライン（バックボーン）がつなぐ形となっている。
- 2023年に水素製造設備と水素パイプライン稼働予定、2030年に水素ターミナル港が稼働予定
- 特にH-Visionにおいては、化学産業、製油所、発電所のエネルギー供給において、化石燃料の代わりに低炭素水素を使用するを目指し16の企業が参画している。
- ロッテルダムをハブとした水素流量は現状の0.4Mtonから2050年に20Mtonに増加するとの試算

ロッテルダム港での水素に関する取り組みの概形



出所) Port of Rotterdam、hydrogen-economy-in-rotterdam-handout

<主な取り組み>

製造：
風力発電からのグリーン水素製造、
海上輸入、CCSによるブルー水素
製造、バイオガス

需要：
輸送燃料、住宅・温室向け熱供
給、工業・化学利用、水素グリッ
ドへの注入

(参考) ロッテルダムでの想定水素需要

- 石炭火力への15%の水素混焼と製油所のリファイナリーへの利用が想定されている。

ロッテルダムでの想定水素需要（最大ケース）

Table 6.4: Breakdown of estimated demand for blue hydrogen for the maximum scope, for power plants and industry

Blue hydrogen demand for power plants and industry: Maximum scope		
Description	Max [MW]	Details
Engie Maasvlakte power plant	1066	2 x 147 MWe gas turbines (36.5% open cycle efficiency) added to each power plant, running on hydrogen fuel and fully integrated with the existing boilers (topping cycle + heat integration), in addition to steam integration with the H-vision plant. 15% hydrogen firing (calculated based on the existing coal-fired duty) for additional low-carbon heat input in the BFW preheat section of the power plants, or direct hydrogen firing in the boilers.
Uniper Maasvlakte power plant	1154	
Pergen steam and power	571	Pergen has 2 x GE 9E.03 turbines for a total capacity of 200 MWe at 35% thermal efficiency. Assumed full replacement of NG with hydrogen.
BP refinery RFG	520	Maximum modifications for replacement of RFG and with hydrogen-rich fuel. Replacement of NG imported to balance the fuel gas grid (excluding NG duty of gas turbines).
BP refinery NG	40	
Pernis refinery RFG	650	Maximum modifications for replacement of RFG and with hydrogen-rich fuel. Higher replacement of NG imported to balance the fuel gas grid (excluding NG duty of gas turbines).
Pernis refinery NG	100	
Exxon + Gunvor refineries (RFG)	600	Rough estimate for RFG replacement (correlated based on emissions profile and refinery configuration, relative to BP and Shell).
Additional users of NG	500	Rough estimate for additional potential of blue hydrogen to replace natural gas of other nearby end users, such as Exxon & Gunvor, Air Liquide, Air Products, Huntsman & LyondellBasell.
Total demand (rounded up)	5202	

出所) H2 Vision, "Blue hydrogen as accelerator and pioneer for energy transition in the industry" ,July 2019

ロッテルダム港の事例（近年の動向）

- ロッテルダム港における水素に関する面的な取り組みとして、周辺諸国からの水素輸入について、アイスランドやポルトガル等との連携を実施。
- 国内においても、アムステルダム等の同様の検討を行っている港湾との連携を深めており、港湾間の水素ネットワークの整備等も検討されている。

ロッテルダム港での水素利用に関する最近の動向

天然ガス配送会社Gasunieとロッテルダム港など4つの港湾当局は、水素の取引所の設立に向けた実用的なデザインのための予備調査を実施

ロッテルダム、アムステルダム、フローニンゲン、北海港の港湾当局は水素を配送するための水素インフラの整備などに取り組んでいるが、Gasunieはこれらすべての地点を結ぶ国家インフラ整備を計画している。天然ガスネットワークの水素輸送・流通への使用可能性を調査している。結果は2021年の第1四半期に発表される予定。

出所) [Hydrogen exchange offers opportunities for a hydrogen market | Port of Rotterdam](#) (2020年9月30日)

世界初の燃料電池ターミナルトラクター「YT203-H2」がロッテルダム港で稼働開始

燃料電池トラクターは、zepp.solutionsとTerberg Benschopが共同開発したもので、最近量産を開始したBEVターミナルトラクター「YT203-EV」をベースにしている。35MPaの水素タンク4本に、1日のオペレーションに十分な水素量の合計14.4kgの水素を搭載している。

出所) [Terberg starts intensive testing of hydrogen terminal tractor in the port of Rotterdam \(terbergspecialvehicles.com\)](#) (2020年10月28日)

アイスランドLandsvirkjunと蘭ロッテルダム港、グリーン水素輸出のFSを共同で実施

アイスランド国営電力会社Landsvirkjunとオランダのロッテルダム港は、アイスランドからロッテルダム港へのグリーン水素輸出の実現可能性調査を共同で実施する。Landsvirkjunは近いうちにLjósifoss水力発電所において水力発電によるグリーン水素製造のフィジビリティスタディを実施する。

出所) Landsvirkjun社ウェブサイト

<https://www.landsvirkjun.com/company/mediacentre/news/news-read/an-agreement-made-to-explore-the-possibilities-of-green-hydrogen-export-from-iceland-to-rotterdam>

(2020年10月26日)

ポルトガルとオランダ、グリーン水素アライアンスを締結

ポルトガル政府とオランダ政府は、2国間でグリーン水素アライアンスを締結、ポルトガルで生産する再生可能エネルギー由来の水素の輸出入バリューチェーンを開発し、ポルトガルからオランダにグリーン水素を輸送する、国際的な水素市場の実現を目指す。同MOUには、ロッテルダム港での取り組みの協力も含まれている。

出所) [Portugal and the Netherlands strengthen bilateral cooperation on green hydrogen | Hydrogen \(hydrogeneurope.eu\)](#) (2020年9月24日)

フローニンゲンの状況

- フローニンゲンは天然ガスの採掘を主の産業とする都市であり、天然ガス会社Gasunieなどを有する。
- 一方で、ガス田の枯渇により、産業転換を迫られている。

フローニンゲンの位置



フローニンゲンの特徴・経済的状況

項目	内容
特徴	天然ガス採掘が産業の中心、近年は採掘による地震発生とガス田枯渇による産業衰退が課題。人口の25%が学生。 (人口:約23万人 学生:約5.6万人 平均年齢:36歳) 市内移動の60%は自転車
GDP	オランダの3.2%。2018,2019年は-1%程度の減少(全国平均は+2%前後)。理由は天然ガス採掘量の減少によるもの
雇用	オランダで最も失業率が高い。全国平均3.4%に対して5.1%
産業	エネルギーとライフサイエンスの分野が顕著 education and healthcare (33.1%) wholesale & retail trade and transport (20.9%) professional, scientific and technical activities (11.6%) industry (11.0%)
企業	Gasunie (ガス輸送とインフラ) GasTerra (ガス取引) 天然ガス採掘の減少に伴い、数年以内の採掘場の閉鎖やGas Terraの事業の段階的な廃止が予定

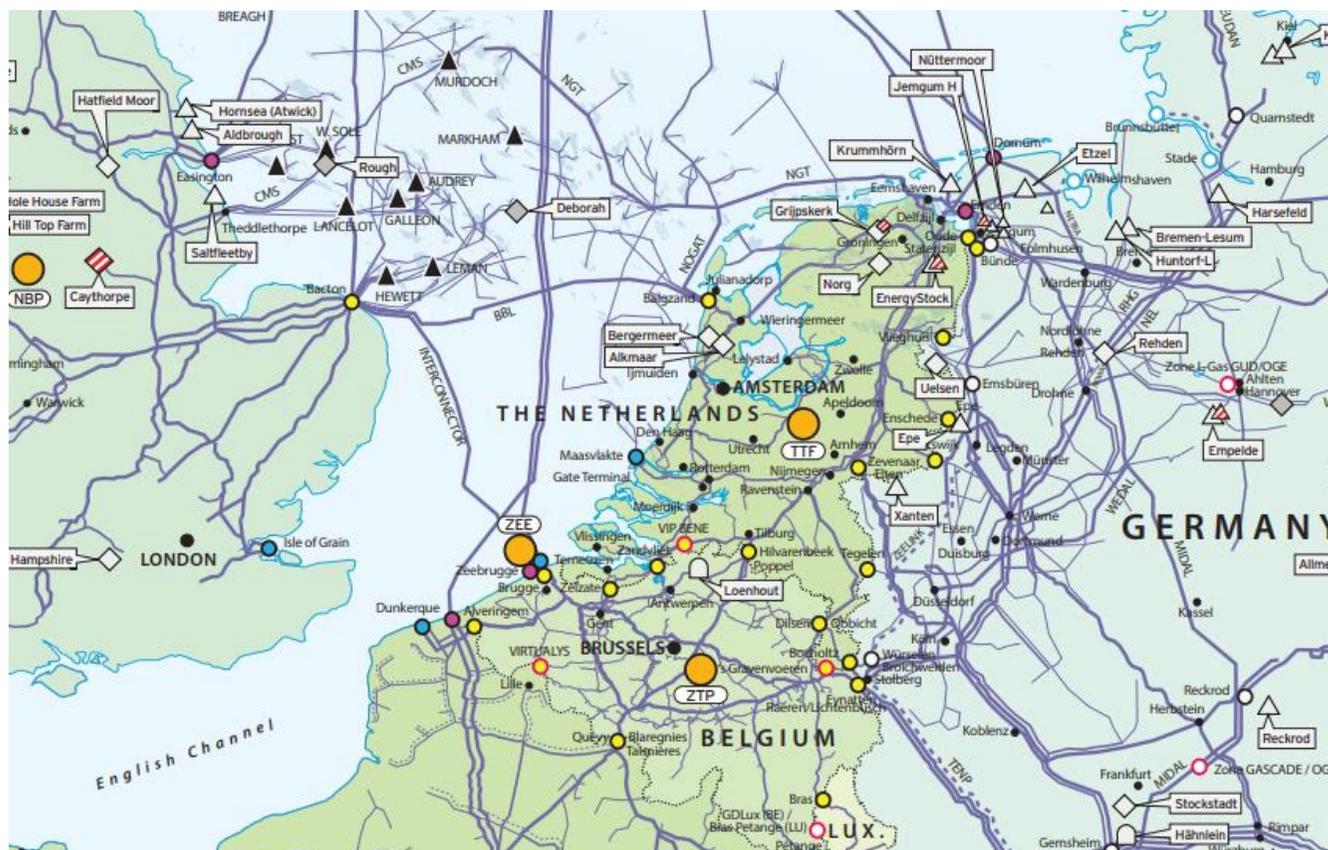
出所) 欧州委員会ウェブサイト (閲覧日: 2021年3月29日) <https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/regional-innovation-monitor/base-profile/province-groningen>

出所) フローニンゲンウェブサイト (閲覧日: 2021年3月29日) <https://groningen.nl/en/discover-groningen/city>

フローニンゲン港での水素プロジェクト推進背景

- フローニンゲンにてHYSTOCK等の水素に関する取り組みが行われている背景は以下のとおり。
 - フローニンゲンはガス田を有し、オランダ内でも最もガスパイプラインが敷設された地域である。
 - 近年はガス田の枯渇による閉鎖が起きている。

オランダ周辺の天然ガスパイプライン敷設状況



Gas storage facilities

- Acquifer
- △ Salt cavity - cavern
- ◇ Depleted (Gas) field on shore / offshore
- ☆ Other type
- Unknown
- ▨ Gas storage projects

Map points

- Trading Points / Market Areas
- Intra-country or intra balancing zone points
- Cross-border interconnection point within Europe or export point to non-EU country
- Cross-border interconnection point with third country (import)
- LNG Terminals' entry point into transmission system
- LNG Export Terminal

出所) ENTSGOウェブサイト (閲覧日: 2021年3月29日) <https://entsog.eu/maps>

フローニンゲン港での水素プロジェクト（全体像）

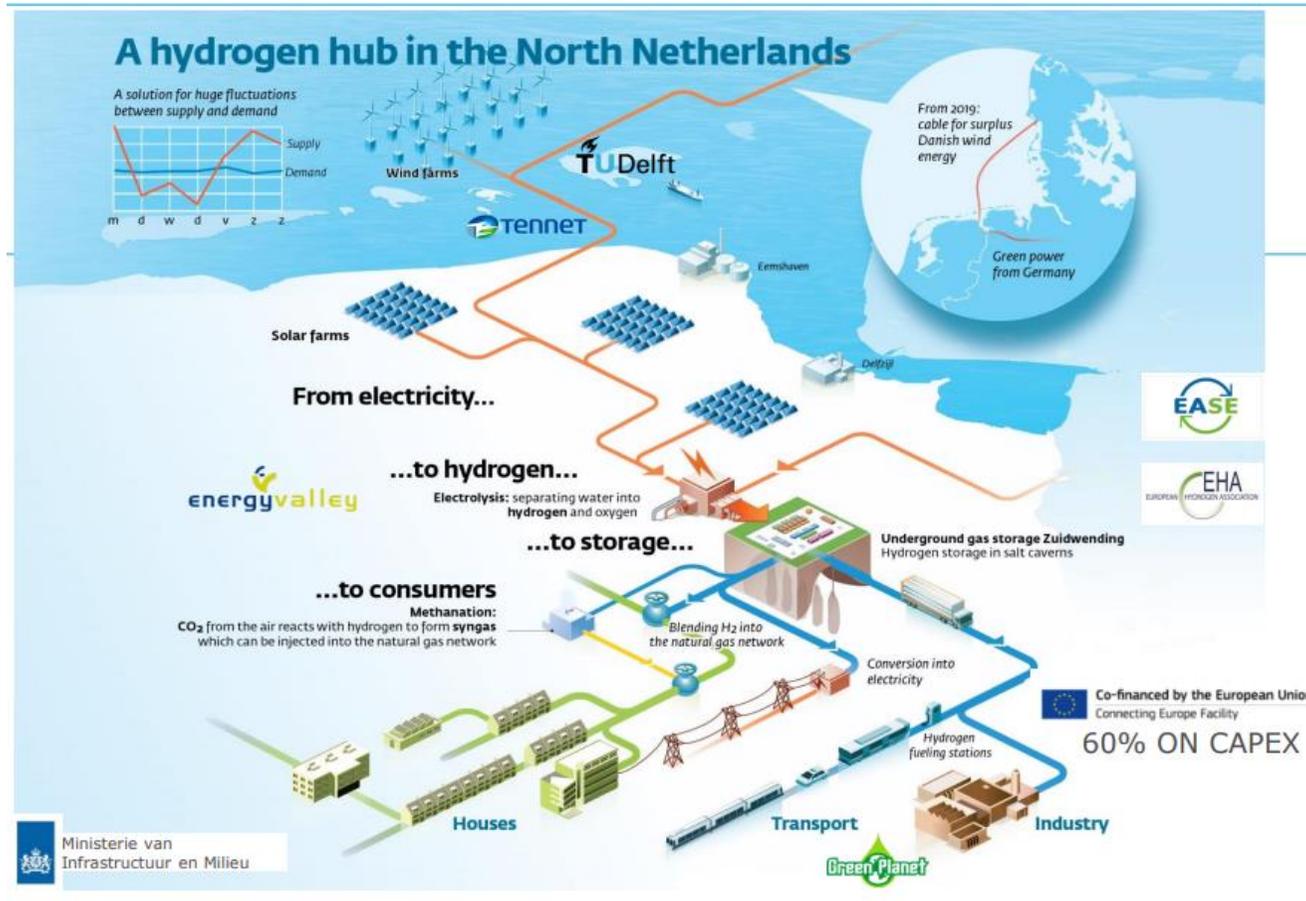
- フローニンゲンでは最も多くの水素関連プロジェクトが実施もしくは計画されている。
- 水素製造規模として最大のものとしてNorthH2がある。
- 取り組みとしては再エネからの水素製造とパイプラインによる供給、産業利用に大別される。

■ 製造 ■ 輸送・貯蔵 ■ 利用

PJ名	概要
Eems	<p>化学用のグリーン原料、または輸送中の代替再生可能燃料としてのメタノールの生産にグリーン水素を使用。ウエステルムス風力発電所に直接接続された50MW電解機の開発を検討。</p> <p>風力発電による水素製造を検討。プロジェクトの最終的な投資決定は来年行われる予定で、その後2024年にグリーン水素を生産。</p>
NorthH2	<p>洋上風力発電による水素製造。2040年までに10GW（年間100万トン）の水素製造</p>
Djewels	<p>持続可能な化学原料としてグリーン水素を生産する20MW電解プラントを作成。</p>
HYSTOCK	<p>Zuidwendingの実証プロジェクト:1 MWの転換プラントは、電気をグリーン水素に変換。ソーラーパネルからの電力と発電機からの再生可能エネルギーで行われます。</p> <p>太陽光発電電力による水の電気分解で水素製造。2019年7月から運用。敷地内には1MWのソーラーフィールドが設置され、約12,500枚のソーラーパネルが設置。HYSTOCK向けに4,500枚利用。再生可能な変換されたエネルギーのほとんどは、TenneTの高圧グリッドを介して供給。</p>
水素貯蔵	<p>地下の洞窟に大量の水素を供給・貯蔵。20kトンの水素を貯蔵する容量を持つ、貯蔵場所の開発計画。天然ガスネットワークに近接しており、そのうちのいくつかは、今後数年間でフローニンゲン内の水素パイプライン及び国内の水素ネットワークに供給される。2022年に初期のテスト、2026年に運用開始。</p>

フローニンゲン港での水素プロジェクト（サプライチェーン）

- 大規模な洋上風力からの水素製造(NortH2プロジェクト)からサプライチェーンがスタートし、岩塩洞窟での水素貯蔵、天然ガス混入による家庭への供給、FCVや産業分野への水素供給までの一連の水素サプライチェーンが形成されている。

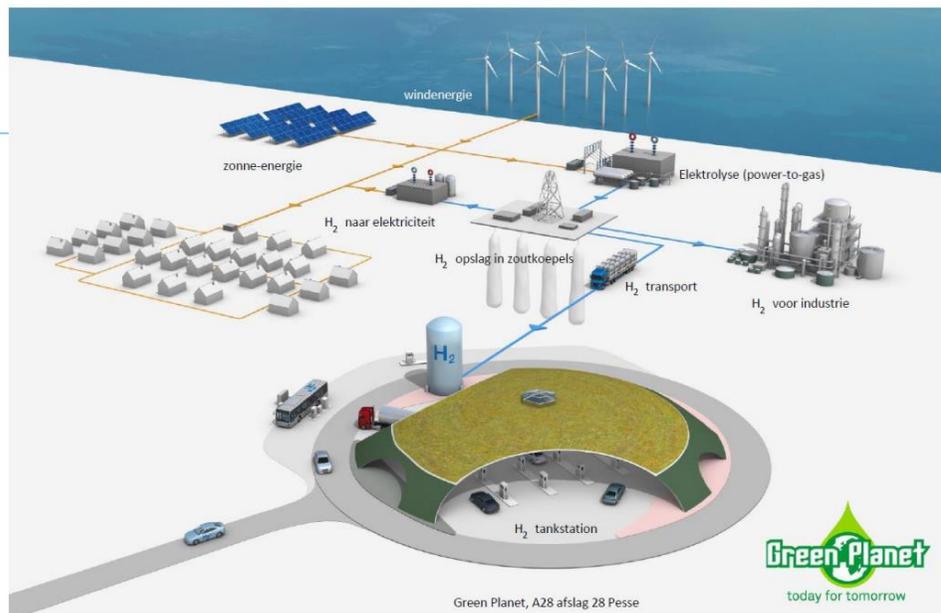


出所) Energy Stock社 "HyStock, connecting and distributing electrons and molecules" (2018)
<https://d1rkab7tlqy5f1.cloudfront.net/Websections/Powerweb/Annual%20Conference%202018/Robbert%20van%20der%20Pluijm%20Energy%20Stock%20juni%202018.pdf>

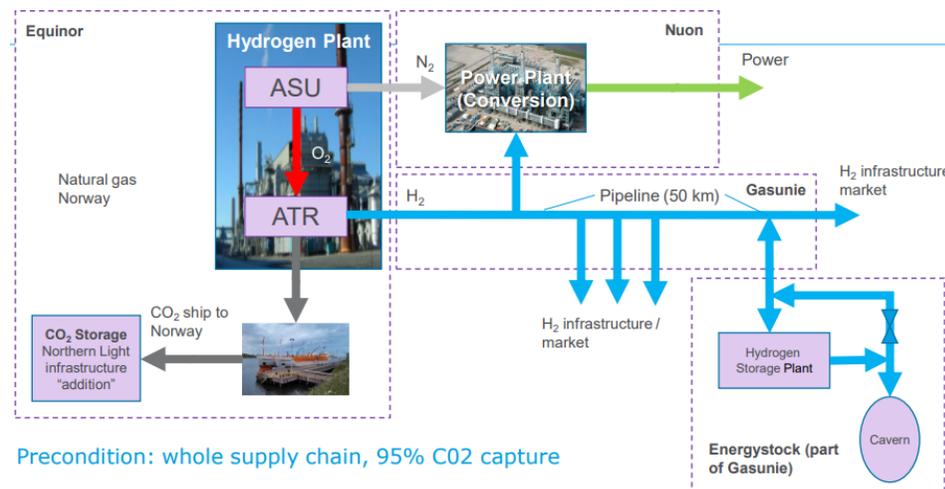
フローニンゲン港での水素プロジェクト（水素利用計画）

- 水素の地下貯蔵設備を中心として、モビリティや産業向けのガス供給を実施（Green Planet）
- 再エネからのグリーン水素だけでなく、プロジェクト当初は天然ガス改質による生成したブルー水素の活用も検討されている。その一部は、マグナム発電所での水素利用も想定。

モビリティや産業向けの水素利用



発電所での水素利用



出所) Energy Stock社 “HyStock, connecting and distributing electrons and molecules” (2018)
<https://d1rkab7tlqy5f1.cloudfront.net/Websections/Powerweb/Annual%20Conference%202018/Robbert%20van%20der%20Pluijm%20Energy%20Stock%20juni%202018.pdf>

韓国での水素利活用の全体整理

- 韓国においては水素の取り組みを推進する4つのモデル都市を選定。住居・運輸部門における水素利用を中心とした、各地域にて特徴ある水素関連の取り組みを計画。
- グリーン水素の利用を前提としているが、利用側に重点が置かれた計画となっていると推察。

韓国での主な取り組み

地域	地域	製造	輸送	利用
<韓国> 水素都市推進戦略 ('19.9)に基づき4つの モデル都市にて水素の取 り組みを推進。 基本計画の制定、水素 都市法の制定による計 画後押し。 総額200ウオンの補助	蔚山	太陽光 + 水電解		燃料電池バス・トラム、フォークリフト 住宅・病院への熱電併給
	安山	潮力発電 + 水電解		燃料電池発電所 産業団地、下水処理施設、物流セ ンター
	全州・完州	太陽光 + 水電解	地域間の水素融通	燃料電池バス・トレーラー 燃料電池ドローンによる河川管理 住宅・公共機関での利用
	三尺	再エネ		住居での利用（プロシューマー住宅 の実証）



【特徴・示唆】

定置用燃料電池、燃料電池車の普及や産業拡大という側面が強い印象。そのための水素導入促進であるとの推察
 取り組みの規模としても小規模・実証レベルのものが多く、需給のバランスまで考慮した取り組みであるかは現時点では懸念が
 ある

韓国の地域水素導入プロジェクト

- 水素都市推進戦略に基づき4つのモデル都市にて水素の取り組みを推進。
- 水素モデル都市の概念は、“水素の生産・移送に関するインフラを構築して住居・交通など多様な市民生活で水素が主要エネルギー源で活用される都市”としている。そのため、取り組みも住居・交通分野の取り組みについて具体的に言及されている。

蔚山（ウルサン）

【目標】全国最大の水素エネルギー生産能力を保有している強みを活かした世界を代表する水素タウンの形成

【住居・交通】住宅、病院など多様な施設への水素利用基盤の拡充、水素専用の安全検査所設置、燃料電池バス・トラムなど水素モビリティの普及

【地域特化・連携】燃料電池を利用したスマートファーム、グリーンモビリティ規制特区（フォークリフト普及、太陽光による水素生産等）

全州・完州（チョンジュ・ワンジュ）

【目標】地域間の水素生産、活用協業体系を構築し、地域融合型の水素ネットワークを構築

【住居・交通】住宅・公共機関への水素利用基盤拡充、燃料電池バスの運営、燃料電池トレーラーの充填が可能になるような充填所の拡張等

【地域特化・連携】CO₂を収集・利用するスマートファーム構築、河川管理に燃料電池ドローン活用、水素運搬高圧容器の開発、太陽光発電による水素生産と活用の推進

安山（アンサン）

【目標】潮力発電所での水素製造、産業団地、下水処理場及び物流センターでの水素利用

【住居・交通】住宅、キャンパス革新パーク・創業革新センター等での水素基盤拡充、産業団地、キャンパス革新パーク等への水素供給インフラ構築

【地域特化・連携】潮力発電所の電力を活用したグリーン水素生産実証、燃料電池発電所の建設等を推進

三陟（サンチョク）

【目標】住居部門水素活用度向上のための研究開発、国産化ベースでの都市インフラ技術開発の推進

再生可能エネルギーを活用した水素生産・貯蔵・共有システムを開発

水素基盤エネルギープロシューマー（生産+消費）住宅（6棟）の実証と運営

出所）韓国 通商産業資源部ウェブサイト 第2回水素経済委員会資料よりMRI作成（閲覧日：2021年3月29日）

http://motie.go.kr/motie/ne/presse/press2/bbs/bbsView.do?bbs_seq_n=163402&bbs_cd_n=81¤tPage=1&cate_n=

蔚山での水素関連取り組み背景と状況

- 蔚山は韓国最大の工業都市であり、石油化学や自動車産業等の水素関連産業も有する。
- 企業独自の水素への取り組みも多く存在。

蔚山の特徴



- 石油化学、造船、海洋、自動車産業の最大産業クラスターを有する。
- 現代自動車の工場を有し、韓国内の自動車生産が第一位。
- 韓国内最大の石油化学コンビナートを有する。

蔚山の最近の水素に関する取り組み

現代ロテムと蔚山広域市、燃料電池列車の実用化を推進

現代ロテムと蔚山広域市は燃料電池列車の実用化を共同で推進する。現代ロテムは燃料電池列車を製造し、蔚山広域市にある4.6kmの路線でテスト運転を実施する。水素ステーションと列車基地も建設する。蔚山広域市はモデル路線と水素ステーションの管理を提供する。

出所) Korea Herald ウェブサイト “The Korea Herald ” (2020年8月13日)

<http://www.koreaherald.com/view.php?ud=20200814000605>

韓国SK Engineering & Construction、米Bloom Energyとの合弁会社の製造工場を竣工

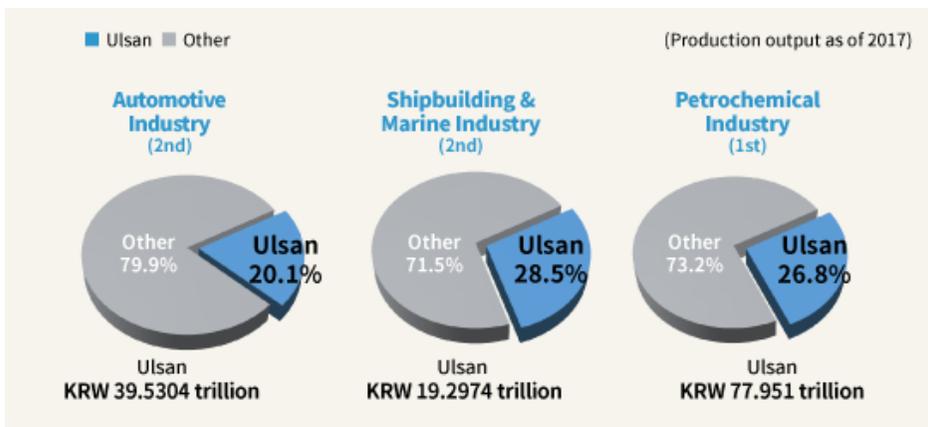
韓国のSK Engineering & Construction (SK E&C) は、慶尚北道クミ市にてSOFC製造工場の竣工式を行った。さらにSK E&C、SK Advanced、Bloom Energyの3社は、SK Advancedの蔚山市にあるプロピレン製造プラントで、プロセスで副生する水素を燃料としたSOFC燃料電池発電の商業化の検証パイロットプロジェクトを共同で実施する。

出所) FuelCellsWorksウェブサイト (2020年10月20日)

<https://fuelcellsworks.com/news/sk-ecs-new-gumi-fuel-cell-plant-opens/>

暁星、蔚山に液化水素プラント建設

暁星（ヒョソン）グループとリンデグループは業務協約（MOU）を結び、2022年までに計3000億ウォンを投資して液化水素製造、輸送、充填所の設置・運営等を網羅したバリューチェーンを構築すると発表。（2020年4月）



出所) Invest Koreaウェブサイト (閲覧日: 2021年3月29日)
http://www.investkorea.org/ulsan_en/about/about02.do

中国の地域水素導入事例

- 中国においても都市圏を中心に水素関連の地域導入が促進。
- 大気汚染問題を背景として、燃料電池車・水素ステーションの普及や産業育成に関するものが多い。

中国地方政府における水素推進事例

地域	内容
上海・長江	上海市を中心とした長江デルタエリアでは、上海市、江蘇省ルーガオ市、浙江省台州市などによる燃料電池産業の振興政策が盛んに行われている。 上海市は2030年までに水素ステーション50か所、燃料電池車2万台、産業生産額3000億元（約5兆円）。
広東省	管理プラットフォームに登録された広東省の燃料電池車は2019年9月末時点で1676台で全国で最多。仏山市などを中心に水素・燃料電池産業の育成が図られている。トラムも運行。 仏山市とその隣接する雲浮市では、燃料電池車5千台／年の生産能力を有している。
北京市・河北省	2022年の冬のオリンピックに向けて、2019年6月、張家口水素エネルギーロードマップが発表された。
武漢市	2018年1月に「水素エネルギー産業発展計画」を発表。2020年までの目標として以下を掲げている。燃料電池自動車の実証応用の運行規模を2千～3千台（2025年には2万～3万台） 水素エネルギー産業パークを建設し、燃料電池車産業チェーンの年間生産高を100億元（1600億円）以上

出所) NEDOウェブサイト よりMRI作成（閲覧日：2021年3月29日）
https://www.nedo.go.jp/library/ZZAT09_100010.html

地域水素導入に関するプロジェクト事例



如皋(ルーガオ)経済技術開発区 国連開発計画(UNDP)「水素経済モデル都市」

- 水素経済開発ロードマップの作成
- 再生可能エネルギーによる水素製造に関する実証
- 水素ステーションの建設。
- 輸送関連の関連技術基準の開発及び実証

出所) UNDPウェブサイト（閲覧日：2021年3月29日）
https://www.cn.undp.org/content/china/en/home/operations/projects/environment_and_energy/china-hydrogen-economy-pilot-in-rugao.html



張家口イノベーションパーク、デモンストレーションプロジェクト等の取り組み

- 風力発電の余剰電力による水素製造
- パイプライン、トラック等による水素運搬
- モビリティ(バス・トラック・フォークリフト)
- 定置用燃料電池、発電利用

出所) FCHJUウェブサイト（閲覧日：2021年3月29日）
<https://www.h2v.eu/hydrogen-valleys/zhangjiakou-demonstration-project>

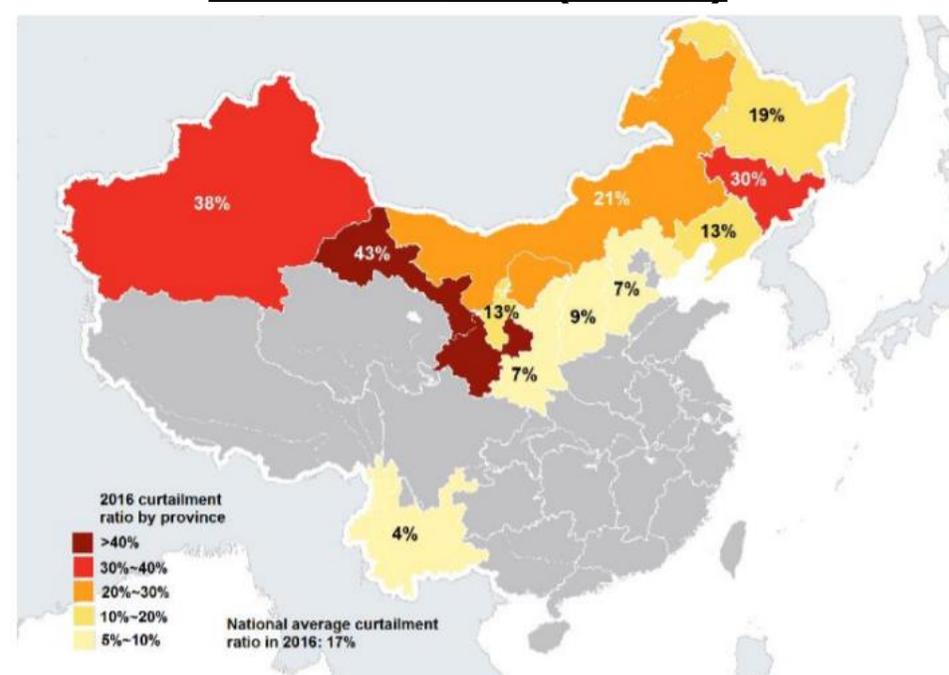
(参考) 中国のエネルギー遍在の課題

- 中国では、エネルギー消費量が沿岸地域に集中。一方で風力・太陽光等の再エネは内陸に集中しており、エネルギー需給が偏在。
- 現在の都市部の水素利用においては、水素源としての再エネ調達に課題があると想定されるが、今後、エネルギー遍在の解決手段としての水素導入の可能性もあり得る。

発電容量とピーク需要 (2016年)



風力発電の余剰割合 (2016年)



Source: Bloomberg New Energy Finance, CEC. Note: Based on the global standard, we assumed available load factor of hydropower =50%, pumped hydro =100%, coal 90%, gas 90%, nuclear 80%, wind 10%, solar 30%, biomass 70%.

出所) Bloomberg "China's Renewables Curtailment and Coal Assets Risk Map, Bloomberg New Energy Finance" (2017)
https://data.bloomberglp.com/bnef/sites/14/2017/10/Chinas-Renewable-Curtailment-and-Coal-Assets-Risk-Map-FINAL_2.pdf

産業転換に関する取り組み（ドイツ・H2herten）

- H2herten ドイツのヘルテン市に設立された水素技術開発拠点
- 同市には炭鉱が多く存在し、かつては石炭産業が盛んであった。現在はほとんどを閉鎖しており新たな雇用を創出するべく、水素を活用した実証事業を誘致。
- H2hertenにて実証フィールドを提供し、企業等が水素設備の実証やシミュレーションを実施。海外の企業が、ドイツ国内でのビジネス展開における拠点となる。

H2hertenの概要



出所) H2hertenウェブサイトより (閲覧日: 2021年3月29日)
<https://wasserstoffstadt-herten.de/>

- ・同施設内には水電解装置、水素タンク、燃料電池、水素ステーション等が設置されており、水素の製造から利用までに一貫した実証が可能となっている。
- ・シミュレーション設備もあり、様々な水素運用ケースをシミュレートできる。

日本企業の設備導入動向



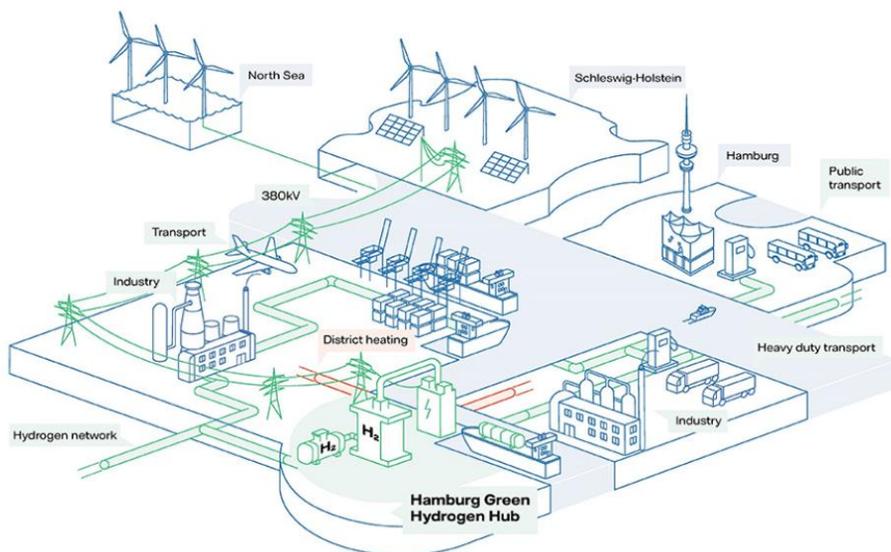
出所) 旭化成プレスリリース (閲覧日: 2021年3月29日)
<https://www.asahi-kasei.co.jp/asahi/jp/news/2018/ze180507.html>

- ・風力模擬電源を使ってアルカリ水から水素を生成する実証プロジェクトをH2hertenにて実施。
- ・自社のアルカリ水電解水素製造装置を設置し実証を行っている。

産業転換に関する取り組み（ドイツ・Hamburg Green Hydrogen Hub）

- ドイツのハンブルク港近傍の閉鎖予定の石炭火力発電所跡地を活用し、再生可能エネルギー由来の電気を利用して水電解装置で水素を製造する
- 将来的にクリーンエネルギーの中心地（グリーンエネルギーハブ）として発展させていくことが狙い
- 三菱重工業、Vattenfall、Royal Dutch Shell plcおよびハンブルク熱供給公社でコンソーシアムを形成

Hamburg Green Hydrogen Hub



『モーアブルクには長年にわたりハンブルク電力会社（Hamburg Electricitäts-Werke）のガス火力発電所が稼働しており、2015年からはバッテンフォール社により石炭火力発電所が稼働していましたが、ドイツの全国的な石炭火力発電所の廃止に向けた流れの中、2020年12月に同石炭火力発電所は商業運転を停止しています。

現地のガス供給公社であるGasnetz Hamburgは、10年以内に港湾内に水素ネットワークを構築する計画で、すでに必要な流通インフラの整備に着手しています。また、モーアブルクにはグリーン水素の潜在的需要者が多く存在することから、モーアブルクの拠点近郊は、生産・貯蔵・輸送等に至る包括的な水素バリューチェーン構築についても適地と言えます。

モーアブルクの同拠点は、380kVと110kVの送電網に接続されていること、さらにその周辺港湾では海外の船舶が停泊することから、船舶向けの水素・アンモニア燃料供給の需要が見込めるなど、ハンブルク、そしてドイツ北部は、このような条件をふまえて水素製造に理想的な立地です。』

引用）三菱重工業ウェブサイト <https://www.mhi.com/jp/news/210122.html>

出所）三菱重工業ウェブサイト（閲覧日：2021年3月29日）
<https://www.mhi.com/jp/news/210122.html>

(3) 協議会運営等

- ① 協議会運営
- ② 現行ロードマップ等への反映事項に関する提案

①協議会運営

今年度開催の水素・燃料電池戦略協議会

- 今年度は、水素・燃料電池戦略協議会が8回（うち1回は書面）開催された。

回数	開催日	議題
第18回	2020/11/26	• 今後の水素政策の検討の進め方について
第19回	2020/12/25 (書面開催)	• 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略について
第20回	2021/2/9	• 今後のヒアリングの進め方について • ヒアリング
第21回	2021/2/19	• ヒアリング
第22回	2021/3/2	• ヒアリング
第23回	2021/3/4	• ヒアリング
第24回	2021/3/18	• FCV・水素ステーション事業の現状について • ヒアリング
第25回	2021/3/22	• 今後の水素政策の課題と対応の方向性 中間整理（案）

協議会における主なご意見

- 水素利用の定着に向けては、水素を安定供給する体制の構築や水素需要の喚起を通して、供給と需要の両面から支援を行うことが重要と意見があった。

水素の安定供給と需要拡大①

【安定的に水素を供給可能なエネルギーシステムやバリューチェーンの構築】

- 大量で安価なゼロエミッション水素の安定供給等、社会インフラの整備が欠かせない。水素を製造しても需要家に届けるものがなければ需要は伸びない。
- 日本として、電力改革や再エネ価値についての考え方を整理し、エネルギーシステムの考え方をまとめていく必要があると思う。「再エネ電力直接利用」と「水素利用」、「水素集中生産・水素輸送網の整備」と「再エネ送電・地産地消水素生産」の両面を比較するなどの視点でシステムを検討する必要がある。
- 海外で調達するグリーン水素やアンモニアと国内の水素インフラ整備のバランスとタイミングをデザインすることが重要である。個々の企業で可能な範疇を超えるため、経産省でデザインしていただくことが必要と考える。
- 船用燃料としての水素利用は沿岸航行船での活用がまずは有力。サプライチェーン構築には一定の需要が必要ゆえ、発電や産業・民生需要に追随する形で港湾地区の船舶向け水素供給インフラ整備を進めることが必要である。
- メタネーションにおける水素及びCO₂の調達には海外展開も含めてバリューチェーン構築が必要と考えている。検討は企業体だけでは難しく、日本全体で底上げしていく必要があると考えている。

協議会における主なご意見

- 水素利用の定着に向けては、水素を安定供給する体制の構築や水素需要の喚起を通して、供給と需要の両面から支援を行うことが重要と意見があった。

水素の安定供給と需要拡大②

【水素需要の喚起】

- 我が国のFCVや定置式燃料電池を中心とした民生用の水素需要はまだ小さい。今後、水素社会の実現に向けて、発電部門や鉄鋼、化学などの産業部門といった、多様な潜在的な水素需要家の連携が必要と考える。
- 最終エネルギー消費の50%程度を占める企業や家庭の非電力分野など、幅広い領域での水素需要創出の取り組みが必要である。
- 需要量のスケールアップが必要である。地域全体としてまとまった需要にするため、需要家をどのようにまとめるのかという課題がある。そのためには自治体やコンビナートの中核企業にリーダーシップをとってもらうことが重要である。
- 需要拡大に向けインセンティブ制度の早期検討が必要である。
- CO₂排出権付与等により、e-fuelや水素を利用することに対してインセンティブを与える必要である。
- 供給、需要側の両方でのインセンティブの可能性について幅広い議論が必要と考える。ガス版FITのような製造・利用を促すインセンティブが重要である。
- 最終的には化石燃料と同等のコストにしていけることを目標にしているが、コストが高い間はインセンティブ・制度によるサポートも必要と考えている。
- FCV生産のコスト削減は、生産台数の拡大と連動するため、水素ステーションを含め、FCVの需要拡大が必要である。
- FCV需要を着実に喚起する水素ステーションの最適配置を検討する必要がある。

協議会における主なご意見

- 水素利用の定着に向けては、水素を安定供給する体制の構築や水素需要の喚起を通して、供給と需要の両面から支援を行うことが重要と意見があった。

水素の安定供給と需要拡大③

【大規模実証・周知の機会創出】

- 再エネ賦存量が多い地域に水素特区を設定し、川上から川下までバリューチェーンを構築するなど、大規模な社会実装の支援が必要である。
- 水素を身近に感じられる場の創設が重要である。実証などにより、実際に水素で動いているものを目で見せることが必要と考える。
- 水素利用の認知については、一企業だけの活動では限界がある。関係者が連携して安全性のPRなどを実施することが必要である。
- 地域における独自の取組みへの財政支援が必要と考える。
- 鉄鋼、化学、セメントなどの水素利用の実証加速が必要である。

協議会における主なご意見

- 水素利用の定着に向けては、水素を安定供給する体制の構築や水素需要の喚起を通して、供給と需要の両面から支援を行うことが重要と意見があった。

水素の安定供給と需要拡大④

【政策における水素利用の利点と位置づけ明確化】

- 島嶼部・山間地においては、燃料電池が国土強靱化に貢献できる。非常時における避難所での水素利活用も同様である。水素の利活用を国土強靱化の手段として政策に盛り込んでいただくと、水素需要喚起に向けた力強いバックアップになる。
- 水素は、エネルギー安全保障や電源需給調整可能な点において、他の再生エネルギーに比較しても優位という特徴を踏まえた支援が必要である。
- エネルギー政策上の水素・燃料アンモニアの位置づけの明確化が必要である。
- 水素に加え、アンモニア、メチルシクロヘキサン、メタネーション、プロパネーション、e-fuelなどの水素派生物質の利用推進も政策上に位置づけるべきである。

協議会における主なご意見

- 水素の安定供給に向けて、輸入・製造・輸送コストを低減するための技術開発支援や法制度の改正を求める意見があった。

供給コストの低減に向けた補助・法制度等①

【輸入コストの低減】

- 水素・アンモニアの製造・輸入にかかる JOGMEC、JBIC、NEXIの出資や支援の対象範囲の拡充のありかたを検討すべきである。
- CO2フリー水素の大量輸入に向けた積極的な再エネ資源外交を求める。
- 資源外交の一環としてCCSの取り組みを加えてはどうか。
- 他国に先駆けた海外水素源の確保に向けた官民連携と公的支援を求める。
- 大量に輸入する場合は、調達リスクを考慮し、調達先の多国化が必須である。
- 免税措置等、水素・燃料アンモニア輸入に係る税制の整備を求める。

【製造コストの低減】

- 現状、高い値段で製造した水素を安く売らなければならないという構造であり、逆鞘になっている。FIT制度などにより再エネ電気の価格が高止まりする中で、その電力を使って製造した水素はコストが高くなる一方、FCV向けには普及拡大のために水素を安く売らなければならない状況になっている。
- P2Gシステムは、揚水発電所と同様に、再エネ拡大に貢献できる技術である。再エネFIT賦課金、託送料金、託送基本料などを免除する考え方を導入することが必要ではないか。
- 水電解装置の設置要件などが厳しく、余分なコストが必要になっている。建築規制などの点において、蓄電池と同じように建築基準法適用外としてほしい。

協議会における主なご意見

- 水素の安定供給に向けて、輸入・製造・輸送コストを低減するための技術開発支援や法制度の改正を求める意見があった。

供給コストの低減に向けた補助・法制度等②

【輸送コストの低減】

- 水素パイプラインによる低コスト輸送の実現が望まれる。
- 輸送コストの低減に向け、付臭なしでの水素の安全担保を実現すべきである。
- 水素パイプライン・陸送において、高圧ガス保安規則の改変が必要と考える。
- 既存設備を活用可能とできるよう、ガス管への水素混入について管轄法律を設定し、日本でも可能としてほしい。
- 水素貯蔵（吸蔵・圧縮等）に関する関連法規の緩和を求める。
- 水素供給設備メーカーへの商品開発に対する継続的な支援制度が必要である。
- 用途の性質や導入時期を踏まえた多様な水素キャリアへの並行的支援を求める。
- MCHに関する設備投資については、水素供給側の水素化設備、水素需要側の脱水素設備の投資に対する助成が必要と考える。
- 既存のリファイナリーとの相性が良く、自社で特許技術を有しているMCHを水素キャリアの一つとして想定している。

協議会における主なご意見

- 水素の利用場面におけるコスト低減に向けては、民生分野・産業分野の双方において、技術開発支援や法制度の改正などを求める意見があった。

利用コストの低減に向けた補助・法制度等①

【全般】

- 輸送分野や発電分野だけでなく、産業や家庭等の幅広い分野で、CO2フリー燃料の利用促進のためにも、水素やアンモニアと他燃料との価格差を埋め合わせる支援制度が必要である。

【燃料電池等の利用】

- 高効率SOFCの導入拡大に向けた助成等、政策的な支援に期待する。
- エネファームの更なる普及拡大には、IoT活用によるメンテナンス効率化や、100V2線接続の規制緩和による施工費低減の早期実現に期待する。

【運輸部門での利用】

- 運輸部門において、燃料電池トラック、水素ステーション、船舶等の導入促進支援が必要である。
- 水素ステーションに関する安全基準等の法規の整備・助成等の政策的な支援に期待する。
- 商用FCVを実用化するうえでの課題としては、従来のトラックの重さや長さ収まらないという点が挙げられる。規制緩和により、現時点の製品でもすぐに市場に出せるようにしていただきたい。
- 商用車の場合、走行距離が長いため、ランニングコストの中に占める燃料代の割合が大きい。燃料代が当面下がない見通しである場合には、補助が必要であると考えられる。
- 既存ガソリンスタンドへの水素ステーション建設を容易にする規制見直しを要望する。
- 人件費削減効果の大きい遠隔監視型セルフ水素スタンドの保安体制見直しを要望する。

協議会における主なご意見

- 水素の利用場面におけるコスト低減に向けては、民生分野・産業分野の双方において、技術開発支援や法制度の改正などを求める意見があった。

利用コストの低減に向けた補助・法制度等②

【水素・アンモニア発電での利用】

- 水素・アンモニア商用化までの間の税制優遇・補助金支援のありかたや、実証試験のための発電所改造に対する NEDO 補助金のありかたを検討してほしい。
- 水素・アンモニア火力発電による電力が利用されるために、既存発電コストとの価格を考慮したコスト低減施策の検討が必要
- 水素発電技術については、既存の設備を活用しつつ、低コストで水素発電への対応が可能となる利点を活かしたい。

【鉄鋼産業での利用】

- 水素還元製鉄には、極めてハードルの高いイノベーションが必要であり、長期にわたる研究開発投資に加え、実装する際の新たな設備投資、既存技術の転換費用等の多額の資金が必要となる。

【化学産業での利用】

- CO₂を原料としてハンドリングする流れや制度が必要である。水素のハンドリングについても規制があり課題はあると考える。

協議会における主なご意見

- 市場において「CO2フリー」であることを評価するため、法制度の改正・構築を求める意見があった。また、過渡期においてはCO2排出を伴う水素であっても評価すべきであるとの意見もあった。

環境価値を評価するための法制度

【CO2フリー水素の評価】

- 温対法、高度化法、省エネ法の改正などにより、CO2フリーの水素・アンモニアや、それに由来する電気が、市場で評価される制度が必要である。
- 電力市場から電力を購入する場合、水電解で製造しても、グリーン水素と言い切れない課題がある。電力のトラッキングの考え方を導入し、グリーン水素の普及拡大を加速することが必要ではないか。
- メタネーションのサプライチェーン全体のカーボンニュートラル価値を適切に評価し、事業者や需要家が平等に環境価値を享受できる仕組み構築が必要である。

【CO2フリー水素を用いた製品の評価】

- カーボンプライシングには様々な制度があり、脱炭素化の進展に合わせて、最も効果的な政策を組み合わせることが重要である。
- カーボンプライシングは、事業者から技術開発の原資を奪ってしまいイノベーションを阻害することになるため、結果的にゼロカーボン・スチールの実現に逆行する施策となると考える。
- 鉄は基幹資材としていろいろな製品価格に影響しており、簡単に値段を上げることができない。基幹資材としての価格設定の仕組みを、社会全体で検討していただけないかと考えている。
- 一般の消費者からCO2フリー製品の価値を評価されることが必要である。

【CO2排出を伴う水素の評価】

- 当面は、未成熟な水素市場を立ち上げるため、天然ガスなどから製造されるCO2排出を伴う水素についても支援が必要である。

協議会における主なご意見

- 技術の開発・普及に係る補助の在り方として、継続的な支援を行うとともに、実機化・普及までを含めた支援を求める意見があった。

技術の開発・普及に対する補助

- 技術革新を促進するための継続的な研究開発支援が必要と考えている。
- 開発そのものの支援は必要であると感じる一方で、補助金による開発技術の実機化拡大や制度設計のやり直しも、ネットゼロに向けて同じように重要だと感じている。
- 技術開発や普及に対する支援全体が重要と考えている。政策としてはカテゴリ分けされているかもしれないが、事業者としては、普及と技術開発は一体で進めるものである。
- 競争力確保の観点から、将来の先進技術開発に対する支援、また、モビリティアプリケーションの拡大に伴うインフラ整備への支援を求める。

協議会における主なご意見

- 導入拡大フェーズにおいて民間金融機関が事業者への投資を行う体制を構築できるような支援を求める意見があった。

事業者に対する資金供給体制の構築支援

- 事業者が政策によるインセンティブ制度等による需要増を起点に「需要増と供給増の好循環」を創出する取組を行い、民間金融機関がその必要資金を供給していく仕組みづくりが必要と考える。
- 研究開発フェーズ・実証フェーズの水素事業に対しては、これまでの補助金に加えて、グリーン成長戦略で謳われた「グリーンイノベーション基金」の2兆円を原資に、資金供給が行われる。一方で、商用化に向けて最も資金が必要な、導入拡大フェーズにおける水素事業へのファイナンス手段は現時点では確立されていない。
- トランジション・ボンドの発行事例が欧米では出始めている。そこでは、例えば公的なメタン戦略に紐づける形で、企業がトランジション・プランを立ててトランジション・ボンドを発行するなどしている。我が国においても、企業がこのようなプランを立てられるような水素戦略を策定できれば、資金調達に広がりが出てくるのではないかと考える。

協議会における主なご意見

- 海外展開を見据え、国際競争力確保に対する支援を求める意見があった。国際標準・業界標準策定への政府の関与を求める意見が多かった。

国際競争力確保に対する支援①

【国際標準・業界標準への関与】

- 産官学の連携により、日本が主導した国際標準を作っていくべきである。
- 欧州がこれから標準を決めていく中で、日本のメーカーが不利にならないように、標準策定の場に意見を出して行っていただきたい。
- 国内で進むインフラ整備のスピードで製品規格を決めていては、世界の市場に参入できないという事態になりかねない。
- 圧力や電源供給に関する要件が、各国で統一されていない。欧州でも、各所個別に対応している。日本のJIS規格のようなものが国際標準になればありがたい。
- 非電力部門における熱の脱炭素化の推進に向けた国際ルール整備、国際間でのカーボンリサイクルに関するルール作りが必要と考えている。
- バリューチェーン全体を通じたカーボンニュートラルに必要な国際的なCO2排出評価手法の構築を求める。
- LCA手法を含む国際標準や認証の適正化を求める。

協議会における主なご意見

- 海外展開を見据え、国際競争力確保に対する支援を求める意見があった。国際標準・業界標準策定への政府の関与を求める意見が多かった。

国際競争力確保に対する支援②

【競争力確保に向けたその他の支援】

- CO2フリー水素製造～利用までの技術・ノウハウを組み合わせたインフラパッケージとしての海外展開を検討したい。欧米に比較して、遜色のない政策・産業支援や予算の拡充をお願いしたい。
- 技術輸出推進に向けた政府の支援を求める。
- 国際的な法への対応として、日本が不利だと感じる点はある。たとえば、高圧ガスへの対応などは、日本の規制基準が厳しく、対応できていない部分である。
- 海外でのブルー水素製造にはCO2処理が必須であり、現地でのCCSプロジェクト等との連携が鍵を握るため、必要に応じた日本政府の強力な支援が重要である。
- 海外の規制とのハーモナイゼーションを求める。
- 日本がこれまで注力してきた、水素ステーションにおける充填方法に関する国際標準化について、日本が主導することができれば、日本の技術が世界で使われることになる。

②現行ロードマップ等への反映事項に関する提案

内外動向を踏まえた提案

- 我が国の2050年カーボンニュートラル宣言以降、官民とも水素導入に向けた動きが本格化している。
- 海外においても、各国で水素戦略の発表や水素の社会実装に向けた動きが加速している。
- 今後、エネルギー基本計画や水素基本戦略の見直しにあたって、必要と考えられる項目は以下のとおり。

項目	諸外国の状況	我が国政策に関する提案
水素エネルギーの位置づけ	✓ カーボンニュートラル実現に向けたセクターカップリング、削減困難セクター（産業、運輸）の脱炭素化手段	✓ 資源小国の我が国の特性も踏まえ、カーボンニュートラル実現に向けた水素の位置づけを改めてエネルギー基本計画の中に明記
導入目標	✓ 脱炭素に向けた大胆な導入目標（水素やP2G）を掲げている	✓ 我が国のエネルギーミックスと統合的な導入目標を示すことで、水素の役割を定量的に明確化
多様なアプリケーション開発	✓ モビリティ（船舶、鉄道、航空機等）や化学品製造といった新たなアプリケーションへの取組が進展	✓ 商用車や大型モビリティへの導入拡大に向けて、より実装に向けた目標やアクションプランの明確化
資源外交	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 欧州各国でも輸入水素の必要性が位置付けられている ✓ 水素をエネルギー資源として確保する動き（二国間での協定締結等） 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 資源小国の我が国において、化石燃料に代わるエネルギー資源として位置付け、官民挙げての調達努力・資源外交 ✓ 日本が先行的に取り組んでいる国際水素輸送に係るエネルギーキャリアについて、資源外交ツールとして有効活用
地域実装	✓ 地域を特定した集中的な社会実装の取組	✓ 港湾、再エネ資源の賦存、産業特性といった、地域の特徴を生かした集中的な地域での水素利用の推進
制度設計	✓ 水素の環境価値評価に係る枠組み作りや、既存の制度（再エネ導入目標やカーボンプライシング）との連携が進展	✓ エネルギー・環境法制に係る水素の取り扱いや導入促進のための制度設計を推進するとともに、その基盤となる水素の環境価値等評価の基準策定



株式会社三菱総合研究所

二次利用未承諾リスト

報告書の題名

令和2年度 エネルギー需給構造高度化対策に関する調査等事業（水素・燃料電池戦略ロードマップの進捗確認及び国内外における水素・燃料電池利活用状況調査） 報告書

委託事業名

令和2年度 エネルギー需給構造高度化対策に関する調査等事業（水素・燃料電池戦略ロードマップの進捗確認及び国内外における水素・燃料電池利活用状況調査）

受注事業者名 株式会社三菱総合研究所

頁	タイトル
10	ヒートポンプの守備範囲・用途
11	ヒートポンプ活用のポイント
12	電気加熱の適用領域
13	電気加熱システムの特徴
14	ガス事業の重要性
30	関東圏・中部圏・関西圏の一般向け都市ガス料金
31	一般ガス料金の国内地域間格差
33	LPGの需要見通し
40	流通段階におけるLPガス価格推移グラフ
43	日本平均LNG輸入価格推移（緑線）
45	EVフォークリフト用のスペアバッテリー
45	水素燃料チャージャー
46	FCフォークリフトの国内展開ポテンシャル
49	トヨタ・セブンイレブンが公開するエネルギーマネジメントシステム
49	三菱ふそう「Vision F-CELL」
52	燃料電池トラックの仕様（小・中型トラック）
52	燃料電池トラックの仕様（大型トラック）
53	NikolaOne・NikolaBadger
54	燃料電池車・電気自動車のコスト比較事例
56	技術別水電解装置コスト推移
56	スタック数増によるコスト低減効果推計
56	再エネコストの想定
57	A Renewable Energy Perspective 図表
58	電力コストおよびPEM電解槽利用率を関数とした水素コスト
59	Hydrogen Economy Outlook Figure5・Figure6
60	LCOH減額予測・コスト構造分析（着床・PEM陸上電解槽）
60	英国での洋上風力発電の電力価格低減予測
60	PEM電解槽のコスト構造・低減予測
61	洋上風力・陸上P2Gによる水素製造コスト内訳

(様式2)

62	洋上風力・オフグリッド洋上電解システムの構想
62	英国周辺海域のインフラ設備
63	Estimated annualised Total Cost of Ownership (TCO)
63	Net cost of CO2 abatement for different options for decarbonising heat
64	太陽光(左図)と風力(右図)の資本費+運転維持費等(20年分)の見通し
71	水素バーナーの開発例(中外炉工業)
71	水素・アンモニア工業炉の課題(中外炉工業)
73	直接アンモニアSOFCのセルスタック外観・直接アンモニアSOFCの原理図・1kW級SOFC用オートサーマル反応器
75	サテライト式水素供給基地の展開(例)・東北地区アンモニア基地
85	水素燃料ボイラの商品化
85	小型産業用ボイラ水素専焼・混焼実績例
86	純水素燃料ボイラーに関する留意点・課題
117	水素評価スキームに係る国際動向
120	Jクレジット制度認証見込量注1・認証実績量の推
121	適用方法論分類(通常型・プログラム型)
122	グリーン熱証書供給量の推移
127	各制度におけるカーボンプライス
128	CCfDのイメージ
131	熱利用部門の再エネ消費量内訳(2015年)
134	日本鉄鋼連盟の長期温暖化対策:超革新技術開発
135	COURSE50のスキーム
136	我が国の革新技術・取組 COURSE50
138	水素価格と原料炭価格
139	鉄鋼CO2削減対策の内訳推移・鉄鋼生産量の技術別内訳推移
140	適用先プラント
145	技術別の鉄鋼製品生産コスト比較
151	化学CO2削減対策の内訳推移・基礎化学品生産量の技術別内訳推移
152	適用先プラント
159	カーボンニュートラルを実現する製油所の将来像
160	製油所の精製工程(概略)
163	欧州における産業向け水素コストに係る記載(フランス)
164	FuelsEurope Vision2050
207	The European Green Deal
210	欧州のCOVID-19に対する自動車関連支援策
213	オランダにおける水素発電の方針
214	The hydrogen power plant
214	オランダMagnum水素焼き転換プロジェクト
215	脱炭素促進シナリオにおけるガス供給、ガス需要
215	部門別バイオメタン水素の導入量
216	2030年及び2050年における利用形態別水素需要(米国)

(様式2)

218	Bloom Boxの設置イメージ
219	米国Advanced Clean Energy Storageプロジェクト
224	韓国のFIT制度による燃料電池への補助(2012年終了)
227	Focus Areas of the Korean New Deal
229	大山水素燃料電池発電所
229	華城市・坡州市の燃料電池発電所
230	Baker Hughes製水素タービンの仕様1
230	Baker Hughes製水素タービンの仕様2
231	2030年における利用形態別水素需要及び技術・市場でのポテンシャル(世界)
236	Research Blueprintにおける四つの技術目標
237	ディーゼルトラックと燃料電池トラックの所有に係るコスト比較
238	ガソリン・ディーゼル価格の価格実績と推計(課税等は考慮しない)
241	CARBが実施・検討する規制の一覧(2019年12月現)
242	Suite of Mobile Source ZE Measure
243	製造業者に課されるZEV販売割合の基準推移
243	カリフォルニアにおける排出ゼロトラックの販売割合見通し
244	ACT規制におけるcredit/deficitの付与算定方法
245	ACT規制に伴いカリフォルニアで導入が見込まれるトラックの台数(赤字:2020年6月上方修正)
246	米国におけるClass 8トラックの年間販売台数・米国におけるClass4-7トラックの年間販売台数
247	2020-2021会計年及び後続の会計年度における投資額の計画(単位:百万ドル)
248	Clean Transportation Program(CEC、加州)
250	Medium-and Heavy-Duty ZEV Model Availability
251	米国で走行中の燃料電池トラック(Kenworth)
251	米国で走行中の燃料電池トラック(Nikola One)
251	米国で走行中の燃料電池トラック(Fuel Cell Hybrid Electric Delivery Van)
252	NPF目標値(各国合計値)の達成状況(2020/9)
253	欧州各国の水素ステーション普及目標(2025年)・水素ステーション設置の平均間隔(2025年目標値)
254	代替燃料トラックの普及推移
256	HDVの分類
260	燃料電池トラックのコスト試算例
261	ドイツ等で実施されているFCトラック実証事業(H2-Share)
261	Heavy duty truck
262	2018/6 エネルギー転換のための水素導入計画
265	FCV導入状況
265	水素ステーション導入状況
266	FCV普及状況
266	FCバスの普及状況
266	FC軽商用車の普及状況
266	FCトラックの普及状況

(様式2)

268	欧州において普及が予想されるFCトラック
273	地方政府の水素・燃料電池に関する政策の事例と燃料電池車普及台数
275	仏山市南海区の水素ステーションの建設に対する補助基準・仏山市南海区の水素ステーションの運営に対する補助基準
276	上海燃料電池自動車発展計画（地方政府・上海
277	中国における燃料電池自動車の普及状況（2019年9月）
278	中国における大型トラック市場の構成（2020年5
279	FCトラックとFCバスの新車販売の割合（2018, 2019
284	オランダ3拠点での水素導入
284	オランダ国内の水素関連の取り組み一覧
285	ロッテルダム事例（取り組み背景・狙い）
287	ロッテルダム港での水素に関する取り組みの概形
288	ロッテルダムでの想定水素需要（最大ケース）
290	フローニンゲンの位置
291	オランダ周辺天然ガスパイプライン敷設状況
293	A hydrogen hub in the Netherlands
294	モビリティや産業向けの水素利用
294	発電所での水素利用
297	蔚山の特徴
299	発電容量とピーク需要（2016年）
299	風力発電の余剰割合（2016年）
300	H2hertenの概要
300	日本企業の設備導入動向
301	事業概要
302	Hamburg Green Hydrogen Hub