

# 水素利用等先導研究開発事業/ 水素製造に関する情報収集・動向の俯瞰的調査

発表：みずほ情報総研株式会社

(2021年4月からみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社に社名変更)

## 【事業の概要】

### 【実施期間】

2019年12月～2021年3月

### 【事業目的】

「カーボンフリーなエネルギーの新たな選択肢」としての水素等の地位確立を目指した技術開発に資するべく、2040年以降に社会実装が開始されるフェーズの水素製造技術を主な対象に、国内外情報の更新拡充と体系化・構造化に取り組む。これにより、我が国のニーズ特性に応じた技術開発の探索、我が国が今後競争力を維持するために取り組むべき事項等について明らかにし、今後の研究開発事業で取り組むべき事項の抽出及び成果の実用化確度の向上に繋がるマネジメントに役立てることが本事業の目的である。

### 【実施内容】

以下の項目について、文献調査・ヒアリングにより調査を行った。

また、調査にあたっては有識者からなる委員会を設置し、定期的に助言・コメントを頂きながら調査を進めた。

- 国内外の水素関連政策動向、水素製造技術開発の動向についての情報収集と整理
- CO2を排出しない水素製造技術の社会実装の条件や将来の社会実装の姿の分析
- 今後取り組むべき技術開発の方向性についての分析

# 実施内容の概要：政策調査

- 特に欧米中を対象に、量的観点（水素の需給見通し）、想定する水素の製造技術、水素製造技術開発の方針といった観点から政策・ホワイトペーパーなどの調査により、各国動向を調査・整理した。

## 【量的観点】

- ✓ EU、米国は将来の需要推計から水素供給の姿を検討。
- ✓ 共に2030年断面で1400万t以上のポテンシャルとの試算あり。

## 【想定する製造技術】

- ✓ 各国とも自国資源の特性に適した形でクリーン水素製造を志向。
- ✓ 欧米は水素供給面ではグリーン水素・ブルー水素を両睨み。中国も長期的にはグリーン水素が支配的。
- ✓ 産業政策の観点から欧州は水電解技術開発・実証に注力。

国	政策	計画・見通し	2030	2040	2050	主な利用先
米国	US Hydrogen Roadmap	需要	1400万t-1700万t ※2	—	2000万t-6300万t ※2	・既存原料 ・モビリティ用燃料 ・家庭・商用建物用燃料 ・工業用燃料 ・発電・調整力 ・新規原料
欧州	Hydrogen Roadmap Europe	需要	1400万t-1980万t (481-665TWh) ※3	—	2270万t-6700万t (780-2250TWh) ※3	・既存原料 ・モビリティ用燃料 ・家庭・商用建物用燃料 ・工業用燃料 ・発電・調整力 ・新規原料
中国	Hydrogen Fuel Cell Vehicle Technology Roadmap	— (供給)	— <small>(1000箇所の水素ステーションで5割以上の水素を再生由来とする目標)。</small>	—	—	・モビリティ用燃料

2030年に想定する水素製造手段と製造量の内訳

水素製造手段・製造量	
製造手段	製造量 [万t]
水電解グリーン水素 (欧州)	440
水電解グリーン水素 (輸入)	300
天然ガス改質+CCS (既存水素製造プラントへCCS導入)	820
石炭ガス化+CCSでのニアゼロ・エミッションの水素プラントの新設	130
計	1690

想定する水電解での水素製造シナリオ

項目	Captive Market (Phase1に対応)	Hydrogen Market (Phase2に相当)
水電解導入目標	6 GW	34GW
運用形態	需要地近傍で水素を製造。電力は系統から調達する。(製造源保証システムと併用)	再生エネルギーの近傍で水素を製造し、水素パイプラインで輸送し、需要地へ供給。 電力は再生エネルギーから調達、洋上風力または風力・太陽光の組み合わせで運転時間5000時間を想定。
運転時間	8000時間/年	5000時間/年
水素の製造量	100万t	340万t

出典：Hydrogen Europe “Green Hydrogen Investment and Support Report Hydrogen Europe’s input for a post-COVID-19 recovery plan”をもとに作成

中国の水素供給手段の将来見通し



出典：中国水素燃料電池産業白書

# 実施内容の概要：技術動向調査

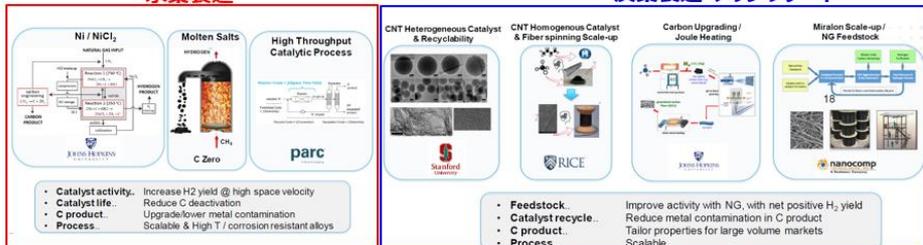
■ NEDO水素先導事業で現在技術開発を進めている製造技術（メタン熱分解等炭化水素由来CO2フリー水素製造技術、水電解技術）を主対象に、詳細な技術動向調査を実施。

## 国内外プロジェクト事例 (米国メタン熱分解R&Dの例)

米国ARPA-Eプロジェクトでのメタン熱分解プロジェクト



水素製造       $\text{CH}_4 \longrightarrow 2\text{H}_2 + \text{C (s)}$       炭素製造・アップグレード



出典：Marc Von Keitz "ARPA-E/DOE Methane Pyrolysis Cohort Kickoff"

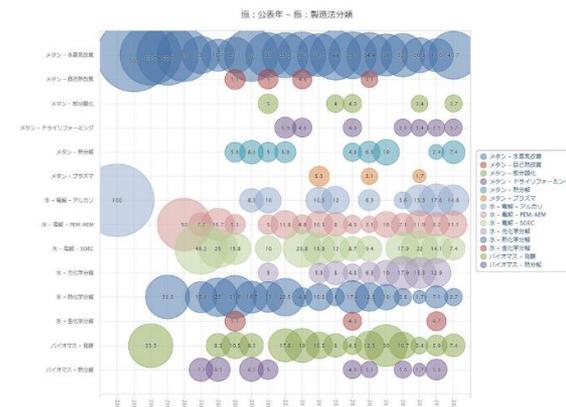
## 国内外主要プレイヤーの取り組み・技術・パートナーシップを踏まえたマッピング (アルカリ水電解の例)



## 現在研究開発されている技術の詳細と主な技術課題 (メタン熱分解の例)

手法の小分類	温度	主な触媒	反応器	副生炭素の性状	海外のプロジェクトその他で提示された技術課題・開発項目
触媒法	500 - 1000 °C	<ul style="list-style-type: none"> <li>金銀触媒、炭素触媒</li> <li>Ni系触媒</li> <li>Ni/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></li> <li>Fe</li> <li>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></li> <li>Co, Pt, Pd, Ru, Mo</li> <li>炭素系触媒 など</li> </ul>	流動層反応器の利用例が多い。	<ul style="list-style-type: none"> <li>グラファイト</li> <li>カーボンフィラメント (ナノチューブ含む)</li> </ul> ※触媒・温度に依存	<ul style="list-style-type: none"> <li>触媒                             <ul style="list-style-type: none"> <li>高変換効率の触媒開発</li> <li>触媒再生技術開発</li> </ul> </li> <li>反応器・プロセス                             <ul style="list-style-type: none"> <li>装置のスケールアップ</li> <li>効率的な熱の供給</li> </ul> </li> <li>生成物                             <ul style="list-style-type: none"> <li>炭素回収</li> </ul> </li> </ul>
溶融金属/溶融塩	1000 - 1175 °C	<ul style="list-style-type: none"> <li>溶融金属/塩が触媒機能を持つケースが存在</li> <li>溶融金属：Ni-Bi</li> <li>溶融塩（浮遊遊離）NaCl, NaBr, ZnCl<sub>2</sub> など</li> <li>溶融塩（比重遊離）NiCl, CuCl, MgCl<sub>2</sub> など</li> </ul> ※スス等の触媒機能を利用するケースも存在。	気泡塔反応器の利用例が多い。  反応器下部からメタン気泡を導入し、反応器下部の溶融金属または溶融塩でメタンを熱分解する。  溶融金属上層で炭素を回収、反応器上部から水を回収。	<ul style="list-style-type: none"> <li>カーボンブラック</li> <li>グラファイト (アモルファス)</li> </ul> ※触媒・温度に依存	<ul style="list-style-type: none"> <li>触媒                             <ul style="list-style-type: none"> <li>不純物の影響の調査</li> <li>触媒性能が高く、グラファイトを選択的に生成でき、低コストで無害な溶融塩システムの特定</li> </ul> </li> <li>反応器・プロセス                             <ul style="list-style-type: none"> <li>反応器内流れの炭素の生成分離への影響の調査</li> <li>効率的な熱の供給</li> <li>反応器材料の選択</li> <li>スケールアップ</li> <li>下流プロセスと統合</li> </ul> </li> <li>生成物                             <ul style="list-style-type: none"> <li>反応器内の温度、圧力、保持時間が炭素品質に与える影響の解明</li> <li>炭素回収手段検討</li> </ul> </li> </ul>

## 各製造技術の知財出願動向調査 (製造技術別推移)



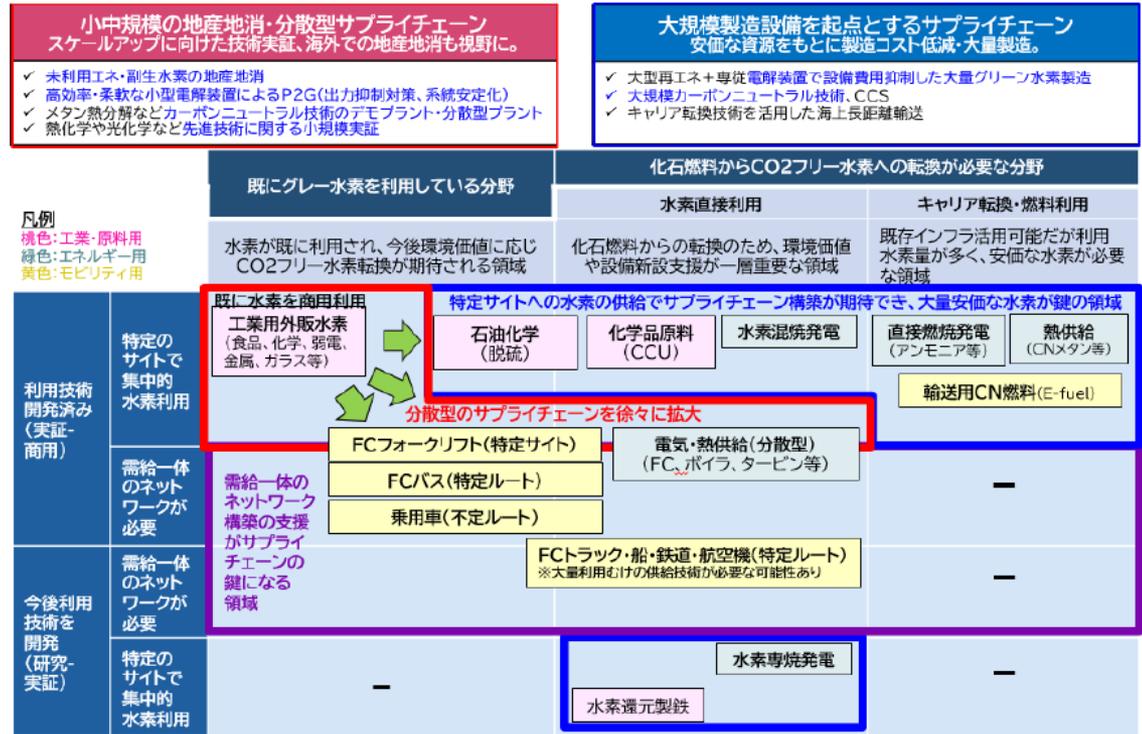
# 実施内容の概要：今後の技術開発の方向性

## 【将来の水素製造・利用技術の社会実装方向性の整理】

- 水素製造技術動向や水準の調査結果も踏まえながら、経済性、国内外での量的ポテンシャル、各種水素用途での低炭素水素での代替によるCO2削減効果などを検討。
- その上で、将来の水素利用拡大と水素製造技術の社会実装の姿について整理・考察。

## 【将来の技術開発取り組み方向性】

- これらを踏まえての、将来の技術開発取り組み方向性について提案。



## 今回の調査結果に基づく今後の水素製造技術開発の取り組み方向性の提案

	短中期的取り組み方向性	中長期的取り組み方向性
炭化水素由来水素製造	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 触媒の再生や耐久性向上のための技術開発</li> <li>✓ 副生炭素の分離と活用の方向性の明確化</li> <li>✓ 将来的なスケールアップのための小規模実証</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 低コスト化に向けたエネルギー投入量低減に資する技術開発(低温化や反応器設計)</li> </ul>
水電解	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 変動再エネ入力時の電解装置耐久性向上</li> <li>✓ CAPEX 低減に向けた技術開発(高電流密度化、高コスト部材使用量抑制など)</li> <li>✓ グローバル動向を見据えた製造技術開発</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ グローバルでのGWスケール電解装置導入に向けた、貴金属触媒の大幅利用量低減・フリー化への技術開発</li> <li>✓ 革新的材料開発技術(MI)</li> </ul>