

2020 年度～2021 年度成果報告書

燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究
開発事業/燃料電池システムの海外展開に関する要求仕様及び国際標準
化動向調査

2022 年 3 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

委託先 一般社団法人日本電機工業会

目 次

1	事業目的	8
2	事業概要	9
3	事業内容	10
3.1	プロジェクト推進体制	10
3.2	世界各地域の要求仕様調査による技術開発の方向性提案	11
3.2.1	世界各地域の要求仕様調査	11
3.2.2	要求仕様の整理及び課題の抽出による海外展開への技術開発の方向性提案 ...	12
3.3	NEDO 事業との連携	12
3.4	国際標準化動向調査による国際標準化方向性提案	13
3.4.1	世界各地域の国際標準化動向調査	13
3.4.2	日本の国際標準化方向性提案	14
4	成果概要	16
4.1	プロジェクト総括	16
4.2	世界各地域の要求仕様調査による技術開発の方向性提案	17
4.2.1	世界各地域の要求仕様調査	17
4.2.2	要求仕様の整理及び課題の抽出による海外展開への技術開発の方向性提案 ...	29
4.3	国際標準化動向調査による国際標準化方向性提案	39
4.3.1	世界各地域の国際標準化動向調査	39
4.3.2	IEC/TC105 にて保有又は制定中の規格に対する方向性提案	42
4.3.3	日本の国際標準化方向性提案	43
5	結言	47
6	研究発表・講演、文献、特許等の状況	48

図表リスト

図 1 – 本事業における体制図	10
表 1 – 前事業と本事業の調査実施数の比較	11
表 2 – 本年度実施した調査対象	11
表 3 – 要求仕様調査 国際会議・展示会等の調査実績	17
表 4 – 国際会議、展示会に関する各調査対象の有益性の評価	28
表 5 – 本年度実施した外注調査一覧	28
表 6 – World Hydrogen Technologies Con-vention+ f-cell での情報収集時に得られた Hydrogen Council 社による再生可能水素コストの予測（2030年）	29
表 7 – 乗用車、バス、トラック、船舶に関する FC 導入状況における欧州と日本の比較 ...	33
表 8 – HeavyDuty 向け技術課題解決における欧州と日本の比較	34
表 9 水素燃料電池関連海外情報収集(3) 調査事業まとめ	37
表 10 – 海外展開への技術開発の方向性提案まとめ	38

添付資料リスト

- 資料 1-1 調査報告書 (Hannover Messe 2021)
- 資料 1-2 調査報告書 (DOE Annual Merit Review)
- 資料 1-3 調査報告書 (World Hydrogen Technologies Convention + f-cell)
- 資料 1-4 調査報告書 (European Fuel Cell Forum)
- 資料 1-5 調査報告書 (SOFC17(Electrochemical Society))
- 資料 1-6 調査報告書 (f-cell 2021)
- 資料 1-7 調査報告書 (IEA TCP AFC Annex33)
- 資料 1-8 調査報告書 (FC-EXPO2021)
- 資料 1-9 調査報告書 (FC-EXPO2021 秋)
- 資料 2-1 調査レポート (水素燃料電池関連海外情報収集(1)) [非公開資料]
- 資料 2-2 調査レポート (水素燃料電池関連海外情報収集(2)) [非公開資料]
- 資料 2-3 調査レポート (水素燃料電池関連海外情報収集(3))

研究開発の成果と達成状況

要約

(1) 和文要約

世界各地域の要求仕様調査では、国際会議や展示会での情報収集や調査会社を使った情報収集を通して、世界各地域の燃料電池に要求される技術仕様や、世界の燃料電池技術動向に関する情報を収集することができた。

上記の調査結果を分析・整理し、世界各地域で必要とされる燃料電池の技術仕様と技術的な課題を抽出し、その中から、市場規模等の事業性も勘案し重視すべき技術開発項目を絞り込みを行った結果、海外展開に向けた技術開発の方向性として、以下の4項目を提案するとの結論に至った。

- 1) 定置用燃料電池システムの長寿命化検討
- 2) 定置用燃料電池システムの燃料多様化への対応検討
- 3) 定置用燃料電池システムの高硫黄濃度燃料への対応検討
- 4) 多種アプリケーションに対応可能なFCモジュールの開発

国際標準化動向調査では、IEC/TC105（燃料電池技術）分野における活動を通して、国際標準化動向調査に関する情報収集を行うことができた。その国際標準化活動により収集された情報及び市場規模等の事業性も考慮してIEC/TC105が制定済もしくは制定中の各規格に対して、重視すべき国際標準化活動の絞り込みを行った。その結果以下の規格に対しては来年度特に重視して活動すべきとの結論に至った。

・MT208：IEC 62282-8-201：燃料電池利用エネルギー変換・貯蔵システム性能試験方法

・WG211：IEC 62282-8-301：燃料電池利用エネルギー変換・貯蔵システム-メタン合成システム-性能試験方法

・WG212：IEC 62282-3-202：EMSによる複数台制御における小形定置用燃料電池システムの性能試験方法

・MT202：IEC62282-3-200：定置用燃料電池システムの性能試験方法

・MT203：IEC62282-3-201：小形定置用燃料電池システムの性能試験方法

・MT103：IECTS62282-7-1：PEFC用単セル性能試験方法

・MT104：IEC62282-7-2：SOFC用単セル・スタック性能試験方法

また、世界各地域の要求仕様調査結果も含めて、中長期的視点で今後の日本の国際標準化方向性として、以下の3項目を提案するとの結論に至った。

- 1) 水素混合燃料および純水素燃料を想定した既存規格の改正
- 2) 燃料電池モジュールの規格化
- 3) 部品規格化

本調査事業を通して、移動体関連の情報や水電解等の関連分野も含めて燃料電池に関する幅広い最新の世界の燃料電池技術動向情報を入手することができた。そ

して今後日本が海外展開していく上で、注視すべき技術開発項目や国際標準化項目を明らかとした。

(2) 英文要約

In the survey of the required specifications in each region of the world, information on the technical specifications required for fuel cells in each region of the world and the trends of fuel cell technologies in the world have been gathered through information gathering at international conferences and exhibitions and some information have been gathered by research companies.

After analyzing and summarizing the above survey results, we identified the technical specifications and technical issues required for fuel cells in the world. We narrowed down the technology development items to be emphasized by considering the commercialization potential of the market size, etc., and concluded that the following four items will be proposed as the direction of technology development for overseas expansion.

- 1) Study on extending the life of stationary fuel cell systems
- 2) Consideration of response to the diversification of fuels in stationary fuel cell systems
- 3) Studying measures for high-sulfur fuel concentrations in stationary fuel cell systems
- 4) Development of FC modules compatible with various applications

In the International Trend Survey on Standardization, it was possible to collect information on the International Trend Survey through activities in the field of IEC/TC105 (Fuel Cell Technology).

IEC/TC105 has narrowed down the international standardization activities to be emphasized for each standard that has been established or is in the process of being established, taking into account the information collected by the international standardization activities and the feasibility of the market scale.

As a result, it was concluded that activities should be focused on the following standards in the next fiscal year.

- MT208: IEC 62282-8-201: Test procedures for the performance of power-to-power systems
- WG211: IEC 62282-8-301: Power to methane energy systems based on solid oxide cells including reversible operation - Performance test methods
- WG212: IEC 62282-3-202: Performance test methods for small fuel cell power systems that can be complemented with a supplementary heat generator for multiple units operation by an energy management system
- MT202: IEC 62282-3-200: Stationary fuel cell power systems - Performance test methods

- MT203: IEC62282-3-201: Stationary fuel cell power systems - Performance test methods for small fuel cell power systems
- MT103: IEC62282-7-1: Single cell performance tests for polymer electrolyte fuel cells (PEFC)
- MT104: IEC62282-7-2: Single cell and stack performance tests for solid oxide fuel cells (SOFCs)

In addition, including the results of the survey on requirements in each region of the world, we concluded that the following three items should be proposed as the future direction of Japan's international standardization from a medium-to long-term perspective.

- 1)Revision of existing standards for hydrogen fuel mixtures and pure hydrogen fuel
- 2)Standardization of fuel cell modules
- 3)Standardization of parts

Through this survey project, we were able to obtain a wide range of up-to-date information on global fuel cell technology trends related to fuel cells, including information on mobile devices and related fields such as water electrolysis.

As Japan expands its overseas operations in the future, it has identified technology development items and international standardization items that should be watched closely.

1 事業目的

高いエネルギー効率を有し、低炭素化に貢献できる燃料電池システムは、世界的な地球温暖化問題の解決に向けたキーテクノロジーとして更なる普及拡大が期待されている。また、水素・燃料電池戦略協議会にて策定された「水素・燃料電池戦略ロードマップ（2014年6月策定、2016年3月改訂、2019年改訂）等」で言及されているとおり、燃料電池関連の市場規模は今後も拡大することが予想されている。このような環境の下、日本の優れた燃料電池システムを海外で普及拡大させていくことは、温暖化問題解決へ貢献する方策であるとともに、燃料電池システムの輸出拡大を通じて、国内産業の振興に対しても大きな意義を持つ。

我が国は、世界トップの燃料電池技術を有し、他国に先駆けて家庭用燃料電池（エネファーム）や燃料電池自動車の市販を実現してきた。一方で、例えば定置用燃料電池では、日本固有のニーズには適応していたが、欧州展開時にはその性能や安全性の観点から仕様の見直しが必要となり、現地での普及拡大の障壁となった。日本が保有する燃料電池技術を今後効率よくグローバルに展開していくためには、その地域ごとの視点で市場が要求する技術仕様を把握するとともに国際標準化動向を適切に技術開発にフィードバックしていく必要がある。また、国内ではエネルギー効率に重点が置かれてきたが、環境先進地域である欧州では資源枯渇や大気汚染等への影響も含めた環境性能が重視され始めている。今後日本の燃料電池技術の海外展開を推進する上では、このような環境影響を考慮することは不可欠である。

以上の背景のもと、国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、NEDO）では、2018年度から2019年度にかけて「燃料電池システムの海外展開に関する要求仕様調査」を実施し、当会（一般社団法人 日本電機工業会、以下 JEMA）にて、この事業に参画し、世界各地での国際会議や関連機関での情報収集を行い、その地域で要求される技術仕様を明らかにしてきた。しかし、世界地域で燃料電池・水素分野の取り組みが活発化する中、日本の燃料電池技術の海外展開を加速させるためには、継続的に最新の動向や技術情報を正確に把握する必要がある。そこで、本事業では前調査の調査結果を踏まえつつ、国際会議や関連機関での情報収集を続け、今後日本が取り組むべき技術開発動向の方向性を策定し、更新していくことを目的として実施した。

さらにグローバルなビジネス展開上、国際標準化の方向性検討は、中小を問わず関連する国内企業に波及することから、重要である。国際標準化の各国の動きは、3～5年後の事業化を見据えた開発戦略を反映しており、情報収集の絶好の機会ともなる。そこで、本事業では国際標準化関連活動を行うことで各国の開発動向情報を収集し、燃料電池国際標準化の方向性の提案も実施した。

2 事業概要

本事業では、前項で述べた目的を達成するために、以下の目標を設定し、これを達成するために必要な調査事業を進めた。

1) 要求仕様調査による技術開発動向の方向性提案

1-1) 世界各地域の要求仕様調査

日本が保有する燃料電池技術を効率良くグローバル展開していくために、主要な市場となりうる地域での、市場が要求する技術仕様を把握することを目標とした。具体的には、当該地域で開催される国際会議、展示会等で情報収集を行い、注目されている用途、研究課題、研究ステージ、市場規模などについて、その地域での最新情報を取得した。調査対象としては、バス、トラック等の移動体、燃料電池技術の活用進展が予想される電力貯蔵分野も含めた。

1-2) 海外展開への技術開発の方向性提案（要求仕様の課題の抽出）

1-1)での調査結果を分析・整理し、日本が保有する燃料電池技術を効率良くグローバル展開していくために、今後日本が取り組むべき技術開発動向を明らかにすることを目標とした。具体的には、最先端燃料電池技術の要求仕様の国際動向をまとめ、それぞれの要求仕様に対する解決すべき課題を策定した。さらに、策定した課題の優先順位を把握し、今後海外展開に必要な技術開発の方向性を示した。

2) NEDO 事業との連携

NEDO の水素・燃料電池関連プロジェクトの成果の強化のための支援を行うことを目標とした。具体的には NEDO の要請に応じ報告会等を開催し、報告会等で得られた情報や課題等を整理し、今後の NEDO 事業に貢献を目指した。

3) 国際標準化動向調査による国際標準化方向性の提案

3-1) 世界各地域の国際標準化動向調査

関連国際規格の開発状況を調査し燃料電池分野の最新情報を収集することを目的とした。具体的には 2021 年度以降に世界各地で開催される国際標準化活動関連会議等に参画し、3～5 年後の事業化を見据えた開発戦略を反映していると考えられる国際標準化の各国の動きについて情報収集を行った。

3-2) 日本の国際標準化方向性の提案

3-1)により収集された情報に基づき、FCV を除く燃料電池国際標準化に関連して、日本企業が燃料電池分野での技術的国際優位性を保持したまま燃料電池関連ビジネスをグローバル展開するため、燃料電池国際標準化の方向性について提案を継続的に行っていくことを目標とした。

3 事業内容

3.1 プロジェクト推進体制

本事業を進めるに当たり、JEMA が長年に亘り築き上げてきたネットワークである日本国内の燃料電池関連の製造・開発企業及び大学・研究機関等で構成されている委員会の協力を得て、最適な専門委員で構成された燃料電池技術調査委員会を設置し、海外の要求仕様調査を実施した。

国際標準化動向調査は、JEMA にて従来より活動してきた IEC/TC105（燃料電池技術）分野における既存の燃料電池国際標準化委員会及びその傘下の分科会にて実施した。

本事業における体制図を図 1 に示す。

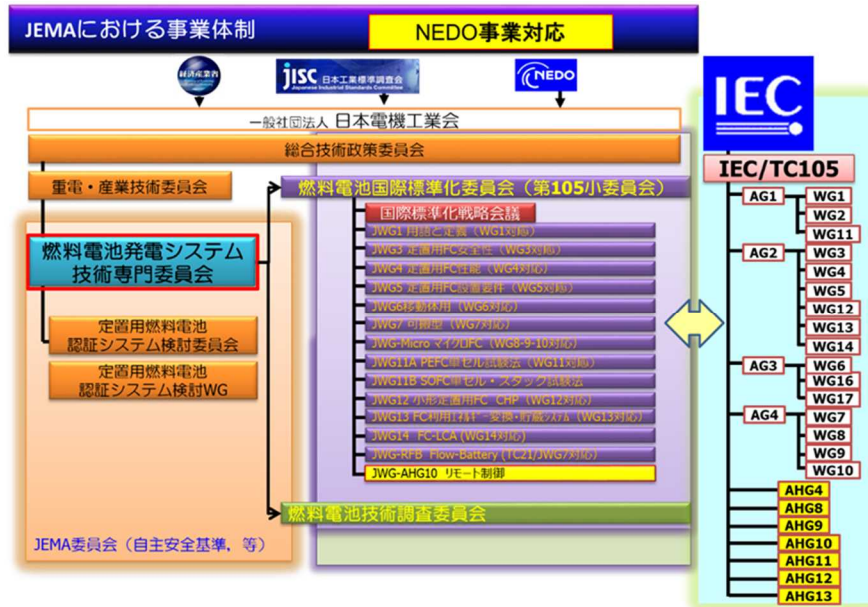


図 1 – 本事業における体制図

3.2 世界各地域の要求仕様調査による技術開発の方向性提案

3.2.1 世界各地域の要求仕様調査

燃料電池分野に精通する有識者で構成する燃料電池技術調査委員会を設置し、関連国際会議等に派遣し、ビジネス・学術両面からの情報収集を行った。

当初の目的としては、2018-19年度のNEDO事業調査の報告書の「4.2.3 調査対象の有益性の評価」に示される「特に有益であると考えられる」と評価した8件の国際会議、展示会の中で、事業期間中に開催されるもの、及び、Webや業界関係者等の情報源により得られた国際会議、展示会、研究機関、企業についても、有益と考えられる案件については、可能な限り情報収集を行って行くものとした。

表1に前事業と本事業の調査実施数の比較を示す。表1に示すように、本事業で情報収集した国際会議等の数は前事業より少なく、また訪問した企業数は0件となった。要因として、新型コロナウイルスの感染拡大で、対象とする国際会議等の延期・キャンセルが多数発生したこと及びWeb開催の場合の時差の影響が無視できなかったことが挙げられる。

表 1 – 前事業と本事業の調査実施数の比較

	情報収集した国際会議等の数	訪問した企業数
前事業（2018-2019）	12 件	14 件
本事業（2020-2021）	7 件	0 件

国際会議等は市場を俯瞰するための情報を得るために参加し、さらに詳細な情報を得るために直接対象企業を訪問する形で進めようとしたが、本事業では海外出張（一部国内出張）が不可であったため、当初目論んでいた情報の深堀が不十分となったといわざるを得ない。そのため、本事業では、日本国内の展示会も調査対象とし、かつ調査会社を使った情報収集も行った。

表2に本事業での調査対象を示す。これらの具体的な報告内容については4.2.1項にて記述する。

表 2 – 本年度実施した調査対象

国際会議名	本事業の参加状況	不参加理由
a) 2018-19年度のNEDO事業調査の報告書の「4.2.3 調査対象の有益性の評価」に示される「特に有益であると考えられる」と評価した8件の国際会議、展示会		
f-cell	Web参加 (Hybrid開催)	—
Hydrogen + FC North America	不参加	燃料電池関連はなく、現地開催であったため
Hydrogen & Fuel Cells Energy Summit	—	2022年3月に延期
Hannover Messe	Web参加 (Virtual開催)	—
European Fuel Cell Forum	Web参加 (Hybrid開催)	—
Fuel Cell Seminar & Energy Exposition	—	開催中止

国際会議名	本事業の参加状況	不参加理由
IEA TCP AFC Annex33	Web 参加	
European Fuel Cell	不参加	今年度はイタリア色強く、 学術寄りであった為
b) 本事業（2020-2021 年度）で新たに情報収集した国際会議等		
DOE Annual Merit Review	Web 参加	—
World Hydrogen Technologies Convention	Web 参加	—
SOFC17(Electrochemical Society)	Web 参加	—

3.2.2 要求仕様の整理及び課題の抽出による海外展開への技術開発の方向性提案

燃料電池技術調査委員会を本事業期間内で 12 回開催し 3.2.1 項で得られた調査結果を分析・整理し、各地域で必要とされる燃料電池の技術仕様と技術的な課題を明らかにした。その上で市場規模等の事業性も勘案して重視すべき技術開発項目を絞り込み、解決した場合の効果が大きいと想定される課題を難易度と関連づけて抽出した。また、過去の調査結果と比較し、どのような技術・用途の取り組みが拡大しているかなど、技術や市場の動向の分析も行った。

3.3 NEDO 事業との連携

IEA AFCIA Annex 及び IPHE 等の NEDO が代表窓口を務める委員会運営を支援する予定であった。しかしながら、IPHE は本事業期間中に開催はなく、また IEA AFCIA Annex については、Annex 33 のみ対応した。Annex 33 については要求仕様調査の一つとして記載している。

本事業を通じて NEDO 事業との連携はできておらず、当初の目標と比べると成果は挙げられなかったと言わざるを得ない。月 1 回程度の定例会議などにより、情報交換を密とすることが必要だったと考える。

3.4 国際標準化動向調査による国際標準化方向性提案

3.4.1 世界各地域の国際標準化動向調査

JEMAにて従来より活動してきた IEC/TC105（燃料電池技術）分野における既存の燃料電池国際標準化委員会及びその傘下の分科会を活用し、関連する各国際標準に関して経験豊富な委員らにより Web 会議で開催される国際標準化活動関連会議（各規格の開発、メンテナンスなどの活動）に参加、事業化を見据えた開発戦略を反映していると考えられる国際標準化の各国の動きについて情報収集を行った。

現在 IEC/TC105 が保有又は制定中の規格の一覧と現状について下記に示す。

	燃料電池用語	~2021
MT101	IEV 60050-485：燃料電池用語	2020/02 IS発行
	燃料電池モジュール	~2021
MT102	IEC 62282-2-100：燃料電池モジュールの安全性	2020/05 IS発行
	定置用燃料電池	~2021
MT201	IEC 62282-3-100：定置用燃料電池システムの安全性	2019年第2版IS発行 見直し審議開始
MT202	IEC 62282-3-200：定置用燃料電池システムの性能試験方法	2015年第2版IS発行 DC発行
MT203	IEC 62282-3-201：小形定置用燃料電池システムの性能試験方法	2017年第2版IS発行 部分改正発行
MT204	IEC 62282-3-300：定置用燃料電池システムの設置要件	2012年 第1版IS発行
MT205	IEC 62282-3-400：小形定置用燃料電池CHPシステム	2016年 第1版IS発行
WG212	IEC 62282-3-202：EMSによる複数台制御における補助熱源機のオプションを有する小形FCシステムの性能試験方法	NP発行 WG設立
	移動体推進用燃料電池システム	~2021
MT301	IEC 62282-4-101：産業車両用燃料電池の安全性	2014年第1版IS発行 CDV審議予定
MT302	IEC 62282-4-102：産業車両用燃料電池の性能試験方法	2017年第1版IS発行 CDV発行
WG303	IEC 62282-4-202：無人航空機用燃料電池システムの性能試験方法	CDV発行予定
WG304	IEC 62282-4-600：ショベル系掘削機用燃料電池ハイブリッドシステムの性能試験方法	2nd CD審議 CDV発行
TC9/ JWG51	IEC 63341-3：鉄道車両用燃料電池の性能	審議開始
	可搬型燃料電池システム	~2021
MT401	IEC 62282-5-100：可搬形燃料電池システムの安全性	2018年 第2版IS発行
	マイクロ燃料電池	~2021
WG402	IEC 62282-6-100：マイクロ燃料電池：安全性	3分冊CD発行
MT403	IEC 62282-6-200：マイクロ燃料電池：性能試験方法	2016年第3版発行
MT404	IEC 62282-6-300：マイクロ燃料電池：互換性燃料カートリッジ	2012年第2版発行
MT405	IEC 62282-6-400：マイクロ燃料電池：データ互換性	2019年第1版発行
WG406	IEC 62282-6-401：マイクロ燃料電池：Laptop PC用データ互換性性能試験方法	NP承認・審議開始
	燃料電池の単セル性能試験方法	~2021
MT103	IEC TS 62282-7-1：PEFC用単セル性能試験方法	2017年第1版発行
MT104	IEC 62282-7-2：SOFC単セル・スタック性能試験方法	IS第1版発行

燃料電池利用エネルギー変換・貯蔵システム性能試験方法		~2021
MT206	IEC 62282-8-101 : 固体酸化物形燃料電池・電解セル及びスタックシステム	2020年第1版発行
MT207	IEC 62282-8-102 : プロトン交換膜形電解セル及びスタックシステム	2019年第1版発行
MT208	IEC 62282-8-201 : 燃料電池利用エネルギー変換・貯蔵システムの性能試験方法	2020年第1版発行 見直し審議開始
WG211	IEC 62282-8-301 : 燃料電池利用エネルギー変換・貯蔵システム-メタン合成システム-性能試験方法	CD審議
燃料電池のLCA (Life Cycle Assessment) 評価手法		~2021
MT209	IEC TS 62282-9-101 : 小形家庭用燃料電池システムのLCAをベースにした環境性能評価法	2020年TS第1版発行
MT210	IEC TS 62282-9-102 : 小形家庭用燃料電池システムを含む電力・熱需要を満たす各種システムの環境性能宣言を行うためのPCR手法	2020年TS第1版発行
フローバッテリーシステム		~2021
TC21/ JWG7	IEC 62932-1 : フローバッテリーシステム用語	2020年第1版発行
TC21/ JWG7	IEC 62932-2-1 : フローバッテリーシステム性能要件	2020年第1版発行
TC21/ JWG7	IEC 62932-2-2 : フローバッテリーシステム安全性	2020年第1版発行

上記の IEC/TC105 が保有又は制定中の規格の中で特に 2021 年度に活動予定であった規格を以下に示す。これらの規格に関する国際標準化活動は担当するワーキンググループ (WG) 及びメンテナンスチーム (MT) により行われるため、この活動に参加し、当該分野の各国の開発戦略の方向性などに関する情報収集活動を行った。

- ① IEC62282-3-100 : 定置用燃料電池システムの安全性
- ② IEC62282-3-201 : 小形定置用燃料電池システムの性能試験方法
- ③ IEC62282-3-202 : EMS による複数台制御における小形定置用燃料電池システムの性能試験方法
- ④ IEC62282-4-101 : 産業車両用燃料電池の安全性
- ⑤ IEC62282-4-102 : 産業車両用燃料電池の性能試験方法
- ⑥ IEC62282-4-202 : 無人航空機用燃料電池システムの性能試験方法
- ⑦ IEC62282-4-600 : ショベル系掘削機用燃料電池ハイブリッドシステムの性能試験方法
- ⑧ IEC62282-5-100 : 可搬型燃料電池システムの安全性
- ⑨ IEC62282-6-100 : マイクロ燃料電池の安全性
- ⑩ IEC TS62282-7-2 : SOFC 用単セル・スタック性能試験方法
- ⑪ IEC62282-8-301 : 燃料電池利用エネルギー変換・貯蔵システム-メタン合成システム-性能試験方法

3.4.2 日本の国際標準化方向性提案

事業開始当初は、燃料電池国際標準化委員会傘下に各分科会主査から構成された燃料電池国際標準化戦略会議にて、3.4.1 項により収集された情報を分析・整理し、IEC/TC105 が制定済みもしくは制定中の各規格に対して、市場規模等の事業性も勘案して重視すべき国際標準化活動の絞り込みを行った。

燃料電池国際標準化戦略会議の狙いとしては TC105 の国際活動への日本の対応及び年度毎の活動の重点を決定する会議であるため、中長期の視点での国際標準化活動の戦略構築力を強化する必要がでてきた。また、今後の日本の国際標準化方向性を提案する上では 3.2.1 項で得られた情報も加味すべきとの結論に至った。そのため 2021 年度より燃料電池技術調査委員会の傘下に戦略検討作業会を設置し、戦略会議委員および技術調査委員会委員より選定し構成した。そして、戦略検討作業会を本事業期間内で 9 回開催し、我が国の燃料電池技術の海外展開の障壁となる可能性のある項目を早期に把握し、実際の国際標準の開発やメンテナンス活動における必要な対応について明らかとした。

なお、水素関連の国際標準化については、一般社団法人水素供給利用技術協会（HySUT）との連携を強化するため、HySUT から JEMA の燃料電池国際標準化委員会及び燃料電池国際標準化戦略会議にご出席いただき、席上、水素関連の情報提供などを実施いただき、連携を図った。

4 成果概要

4.1 プロジェクト総括

世界各地域の要求仕様調査では、国際会議や展示会での情報収集や調査会社を使った情報収集を通して、世界各地域の燃料電池に要求される技術仕様や、世界の燃料電池技術動向に関する情報を収集することができた。

上記の調査結果を分析・整理し、各地域で必要とされる燃料電池の技術仕様と技術的な課題を抽出し、その中から、市場規模等の事業性も勘案し重視すべき技術開発項目を絞り込みを行った結果、海外展開に向けた技術開発の方向性として、以下の4項目を提案するとの結論に至った。

- 定置用燃料電池システムの長寿命化検討
- 定置用燃料電池システムの燃料多様化への対応検討
- 定置用燃料電池システムの高硫黄濃度燃料への対応検討
- 多種アプリケーションに対応可能な FC モジュールの開発

国際標準化動向調査では、IEC/TC105（燃料電池技術）分野における活動を通して、国際標準化動向調査に関する情報収集を行うことができた。その国際標準化活動により収集された情報及び市場規模等の事業性も考慮して IEC/TC105 が制定済みもしくは制定中の各規格に対して、重視すべき国際標準化活動の絞り込みを行った。その結果以下の規格に対しては来年度特に重視して活動すべきとの結論に至った。

- MT208 : IEC 62282-8-201 : 燃料電池利用エネルギー変換・貯蔵システム性能試験方法
- WG211 : IEC 62282-8-301 : 燃料電池利用エネルギー変換・貯蔵システム-メタン合成システム-性能試験方法
- WG212 : IEC 62282-3-202 : EMS による複数台制御における小形定置用燃料電池システムの性能試験方法
- MT202 : IEC 62282-3-200 : 定置用燃料電池システムの性能試験方法
- MT203 : IEC 62282-3-201 : 小形定置用燃料電池システムの性能試験方法
- MT103 : IEC TS 62282-7-1 : PEFC 用単セル性能試験方法
- MT104 : IEC 62282-7-2 : SOFC 用単セル・スタック性能試験方法

また、世界各地域の要求仕様調査結果も含めて、中長期的視点で今後の日本の国際標準化方向性として、以下の3項目を提案するとの結論に至った。

- 水素混合燃料および純水素燃料を想定した既存規格の改正
- 燃料電池モジュールの規格化
- 部品規格化

本調査事業を通して、移動体関連の情報や水電解等の関連分野も含めて燃料電池に関する幅広い最新の世界の燃料電池技術動向情報を入手することができた。そして今後日本が海外展開していく上で、注視すべき技術開発項目や国際標準化項目を明らかとした。

4.2 世界各地域の要求仕様調査による技術開発の方向性提案

4.2.1 世界各地域の要求仕様調査

4.2.1.1 調査報告（国際会議、展示会等）

本事業を通して調査した国際会議や展示会の一覧及びその参照報告書番号を表3に示す。

表3 - 要求仕様調査 国際会議・展示会等の調査実績

	調査対象	主催国	開催期間	参加方法	参加費	参照報告書 番号
1	Hannover Messe	ドイツ	2021/4/12-16	Web	招待コード適 用にて無料	添付資料 1-1
2	DOE Annual Merit Review	米国	2021/6/8-11	Web	無料	添付資料 1-2
3	World Hydrogen Technologies Convention	カナダ	2021/6/21-23	Web	1,297.8 CAD (約 116,800 円)	添付資料 1-3
4	European Fuel Cell Forum	スイス	2021/6/29-7/2	Web	600 CHF	添付資料 1-4
5	SOFC17 (Electrochemical Society)	—	2021/7/19-7/22	Web	400 USD	添付資料 1-5
6	f-cell 2021	ドイツ	2021/9/14-15	Web	416.5 EUR	添付資料 1-6
7	IEA TCP AFC Annex33	イタリア	2021/5/13-14 2021/11/15	Web	無料	添付資料 1-7
8	FC-EXPO2021	日本	2021/3/3-5	現地	無料	添付資料 1-8
9	FC-EXPO2021 秋	日本	2021/9/29-10/1	現地	無料	添付資料 1-9

以下に国際会議や展示会の概要を示す（それぞれの詳細については添付の報告書を参照）。

(1) Hannover Messe

ドイツ・ハノーバーで開催される世界最大級の産業見本市。開催期間は21/4/12～4/16の5日間で、新型コロナウイルス感染拡大の影響によりオンライン開催となった。展示ブース毎に動画が準備されており、開催期間後も確認できるようになっている。また、開催期間中の限られた時間にて、チャットを活用した双方向の質疑応答ができるブースも見られた。

調査対象については、全展示企業から、キーワード検索 “fuel cell”により調査対象企業を一次抽出した上で、実際に展示ブースを確認し、燃料電池関連38件を調査対象とした。

移動体 Heavy duty 向けの燃料電池モジュールの展示および2019年度の展示では見られなかった燃料電池モジュール用途を想定したコンプレッサーメーカーの展示が複数見られた。

(2) DOE Annual Merit Review

今回は Fuel Cell Technologies と Systems Analysis/Technology Acceleration のセッションから事業寄りと思われる報告を聴講したが、燃料電池はアプリケーションについての情報はほとんど得られず、Heavy duty Track にフォーカシングした研究開発成果の発表であった。

DOE プログラムには高額なプロジェクト費が充てられていることもあり、本 AMR は北米での研究開発の最新レベルを知るには非常に有効である。

また発表資料はほぼ Web にアップされているので、情報活用上有効である。

Heavy duty Track 関連の発表については、報告書（添付資料 1-2）を参照のこと

◆ Plug Power 社より、プロジェクト提案に向けた提案の方向性についてのプレゼン

定置用のディーゼルエンジンの置き換えのための燃料電池システム開発上の課題について報告されたが、HDT 用途の目標値とほぼ同じ目標が設定されており、主に Heavy Duty Truck 市場を狙っていると思われる。

目標：寿命；25,000 h

Pt 担持量；0.2-0.3 (mg/cm²)

発電効率；68-72%

用途は、トラックやマリン、トレインへの展開も視野に入れているとのこと

本プロジェクトは、スタックの開発にフォーカシングされている。

・MEA、セパレーターデザインスタックの開発については、資料を参照のこと

・トラック用途には、振動試験も不可欠。

・寿命 25,000 h の達成はチャレンジャブルと述べている。

また Plug Power 社は 2024 年に 85 トン/日の水素製造を計画している。水素ステーションも拡大予定。セパレータのコーティングについて；金属セパレータへの長寿命コーティングを考えているが詳細は答えられないとのこと。

(3) WHTC (World Hydrogen Technologies Convention)

WHTC は、名のごとく Hydrogen Technologies に関する国際会議で、カナダで毎年開催されていることもあり、カナダ色の強い国際会議であった。

会議参加者は、開催者からの情報で 36 カ国 462 人

実際の個々のビデオ会議への参加者は 50 人前後、プレーナリーで 100~150 人程度であった。

◆ カナダでの水素製造コストについて詳細な情報が得られた。(Prof. Tanguy/Polytechnique Montreal より)

2021 年時点では、4.5-4.8USD/kg であるが 2030 年の目標は 3.0-3.3USD/kg

水素製造に影響する電力コストは、2019 年時点では 3.4 セント/kWh は低価格であるが、2.65 セントに削減されれば水素製造コストは 1/2 程度の削減が期待されるとしている。

◆ バンクーバーの水素ハブ構想についての発表

ZEN clean energy SOLUTIONS 社より、ブリティッシュ・コロンビア州での水素 Hub の開発状況についての発表

◆ 燃料電池ハーバークルーズ船の開発について (HTEC、Ballard、BC 大学などの共同)

バンクーバー Dinner クルーズなどを考えているようである

燃料電池は、Ballard 製。マリン用に開発された 200kW, 875kg のシステムを使用

182-274kWh のバッテリーも搭載予定

◆ Ballard 社の活動状況の紹介

Transit FC バス；北米全体に展開を予定している

Drayage トラック ; カリフォルニア、ロングビーチ

Delivery トラック (UPS 社用) ; カリフォルニアに今月 4-6 台

Yard トラック ; LA バレンシアと次いでバンクーバーに

トレイン; まず中国で展開している。北米に 40,000 台の貨物ディーゼル車両があり、2021 年よりデモプロジェクトを開始。2030 年には、ディーゼル車両を FC 車両に置き換えていきたいとのこと。

フェリー; 今年 6 隻の船 (3 台のフェリーを含む) 2 台はノルウェイ。

◆ Hydrogen Council より再生可能エネルギーによる 2030 年の水素価格の予測が示された。

— 再生可能水素コストの予測 (2030 年) —

日本、韓国: ほぼ輸入 およそ 2.6USD/kg

ドイツ: およそ 2.3USD/kg

北米、中国: およそ 2.2USD/kg

オーストラリア: 輸出 およそ 1.6~1.7USD/kg

サウジアラビア: 輸出 およそ 1.5USD/kg

スペイン: 輸出 1.5USD/kg 以下

チリ: 輸出 1.5USD/kg 以下

日本は、再生可能エネルギーによる水素は大半が輸入に頼らざるを得ず高価格になってしまう。

(4) European Fuel Cell Forum

毎年 7 月初旬にスイスのルツェルンで開催される国際会議で、1 年おきに PEFC と SOFC 分野を対象に開催される。今年も PEFC 分野。2019 年は参加したが、2020 年は参加できなかった。欧州色が強いものの燃料電池技術にフォーカシングした国際会議として注目に値する。

今年も Virtual 開催であったためか、登録費は、一昨年よりも安価であった。

欧州開催の国際会議は、リアルタイムでの Web 参加が容易であり、今回は日本時間 16:00-25:00 間での参加となった。(米国東海岸での開催の場合は、リアルタイムで 22:00PM-6:00AM 間の参加となるため、制約が大きい)

今年のプログラムは、一昨年に比べて学術寄りであった。その理由は不明であるが、Virtual 開催が影響しているのかもしれない。

学術発表は、発表関連の資料がほぼアップされている。

しかし事業寄りの発表については、アップされているものが少なかった。

学術発表の場合は、学会等で公開済の内容をアレンジしているものが多いが、事業寄りの発表は資料として残すことを好まない内容が含まれるためではないかとも考えられる。

Fuel Cell Technologies と Systems Analysis/Technology Acceleration のセッションから事業寄りと思われる報告を聴講。

① Hydrogen Europe から FCV と BEV を Cyclic Economy の評価内容の発表があった。

発表資料のアップロードがないため、以下の情報の精度が十分ではない恐れもあるが発表概要を記載する。

◆ 製造時の鉱物資源の負荷の比較

FCV の方がバッテリーに較べて 70 倍少ないと結論 (Cu,Pt,Li を参照)

◆ エネルギー効率を以下の仮定の下に算出

BEV は、EU 内の PV で発電した電力を使用

FCV は、北アフリカの PV で発電した電力を用いて電解した水素を EU 内の FCV に使用

これらの条件設定の根拠については不明

本発表は、水素—FCV の BEV に対する優位性を占めそうとしているように思われる。

数多くの仮定の下で試算されているようであり、試算結果をそのまま受け入れることは出来ない。

詳細な内容の確認が必要である。

② AVL 社より Heavy Duty truck と船舶への PEFC の検討について発表

スタックのエンジニアリング、シミュレーションおよび試験を柱として活動しているとのことであるが、ラボスケールでの評価に留まっている。

TECO 2030 PEM Marine Fuel Cell Development /製品開発開始 2023 年

Gen0 スタックをプラットフォームとする

メインのターゲットは、寿命であり 15000 h から 30000 h に伸ばすこととしているが、質問に対して、15000 時間を達成している状況ではないとのことであった。

Heavy Duty Truck 用スタックの特性は以下と発表していた。

- ・ 出力：156kW
- ・ Power density：0.334kW/L
- ・ Power weight ratio:0.46kw/kg
- ・ Volume 467L, 重量 343kg

このデータだと TOYOTA の NEW MIRAI のスタックと同レベルであるかもしれないが、あくまでラボスケールのスタックであることに注意が必要である。

また、質疑で前述の寿命についての発言もあり、全体に現実感の薄い発表であった。

③ その他 HT-PEM に関する研究発表もいくつか見られた。

(5) SOFC17(Electrochemical Society)

隔年で開催される SOFC 専門では最大級の国際会議。システムというより、セルやスタック等の材料研究に関する発表が数多く発表される。SOFC17 は、『The Electrochemical Society』と日本の『SOFC Society of Japan (SOFC 研究会)』の共催で開催され、産総研の堀田先生が全体の副議長をやっておられた。開催期間は 21/7/19～7/22 の 4 日間で、新型コロナウイルス感染拡大の影響によりオンライン開催となった。

Web meeting での口頭発表はなかった。代わりに、SOFC17 の HP に貼られた発表のリンクに、発表の動画が任意で埋め込んであり、動画がある分に関しては、参加者は好きな時に発表を聴講する形式であった。毎日同じ時間帯（日本は 21 時～max24 時）に、欧州・米国・アジアが同時に Web 参加して、セッションごとのイベントを聴講する形式であった。内容はセッション毎に異なり、セッションチェアマンが発表者に質問する形式や、パネル討論会になる形式があり、自由な感じであった。恐らく、急にコロナ禍での Web 開催となった為、運営方法がチェアマンに委ねられたのではないかと感じた。

Proceeding から著者の国を比較したところ、日本、中国、アメリカ、ドイツが、各々 25～30 件の投稿を行っていた。次いで 10 件程度で、イギリス、フランス、デンマーク、スイス、ロシアといったところが続いた。予想以上に日本の比率が高く、欧州ではドイツが突出して多い

様相を示していた。また、今回スペイン (ICREA、Cataronia 大学) では 3D プリントを用いたセル作製や PLD で作製したセルの耐久などを集中的に報告していた。

企業の発表 (システムの実績など) は少ないように感じた。企業として報告をしたのは、大阪ガス、東京ガス、Fuel Cell Energy (USA)、Nexceris (USA)、Elcogen (Finland、Estonia)、Hexis (Switzerland)、CeresPower (UK) などであった。

SOFC のシステムとしては長時間運転の例が数点見られた。大学・研究所の発表としては electrolyze や internal catalyst (direct fuel、Bio gas) に関する話題が多かったと思う。ただし深掘りする内容は余り多くなく、取り急ぎ動かしてみた、という系統が多かったように思う。金属コーティングに関しては Sweden の Sandvik 社関連の情報があり、それ以外では日立金属の ZMG があったがあまり目立った報告はなかった。

(6) f-cell 2021 @ Stuttgart, Germany

従来から Stuttgart で毎年開催されており、本年は欧州地域の COVID-19 が収束しつつある中、現地でのリアル開催が行われた。またセミナーを後日に録画視聴できるプログラム (チケット) が用意され、今回は録画視聴による参加である。

セミナーの中で目を引いたのはドイツ Bosch の発表内容で、水素・燃料電池に関する投資は過去 9 年間 (2012 年～) で 15 億ユーロ、今後 4 年間 (2021 年～) で 10 億ユーロと、非常に高い水準の投資をしている。また、2020 年に Scope 2 を達成したとしている。車載用の PEFC、定置用の SOFC に加え、水素ボイラーなど全方向での開発を推進し、日本勢の大きな脅威となり得る。欧州においては天然ガスパイプラインへの水素混入が検討されているが、Bosch の定置用 SOFC は天然ガス、バイオガス、純水素など様々な燃料に対応できるとしている。

欧州では純水素の輸送手段として天然ガスパイプラインを活用する動きがある。天然ガスパイプラインに純水素を流す場合、長年、パイプラインに付着した硫黄成分が混入するので、欧州規格でこの硫黄成分を許容する改訂案が検討されている。従って、欧州においては純水素であっても、パイプラインで輸送される水素は硫黄成分を含むことになり、PEFC、SOFC のそれぞれの方式において、対処の方策を検討する必要がある。

水素価格については米国がグリーン水素 \$ 1/kg の目標 (@2030) を掲げており、世界の中では最もアグレッシブ。欧州は \$ 1.5~3/kg の見通しであるとして、やや幅がある。いずれにしてもグリーン水素価格は日本よりもかなり安い。従って、水素を使った燃料電池の発電単価は、日本では割高となる。これまで水素利用は車載用・産業用が中心であったが、定置用 (建築用、水素タウン) についての発表も増えてきた。スコットランドでは発電総量で再エネ 100% を達成しており、GHG 排出削減に向けた水素タウンの実証も 4 つの都市で進められている。

トラック用 FC でダイムラーとボルボが協業を推進しており、25,000 時間の長寿命が要求される長距離トラック用 FC のセパレーターは金属ではなくカーボンを採用している。金属セパレーターの長寿命化が進んでいないのか検証が必要。

1. Robert Bosch GmbH, Germany (Marcus Spickermann)

- 2050 年に向けて EV 充電インフラやデータセンターなどが増大しエネルギー需要拡大していく課題に対して定置用燃料電池システムが担う役割は大きい。
- 車載用 130kW-PEFC と定置用 10kW-SOFC の開発を推進しており、定置用 SOFC では数 MW までスケールアップ可能である。
- 天然ガス・バイオガス、純水素に対応できる Fuel flexible system である。
- 2021 年～24 年で€10 億の FC 関連投資を計画しており、そのうち定置用へは€4 億を割り当て。
- 2021 年中に社内外 100 か所でパイロット運転を開始する予定。

2. siz energieplus, Germany (Simon Marx)
 - 2050年ドイツのH₂需要は12Mtonであり、その50%を自国生産する場合60GW～80GWの水電解能力が必要となる。
 - H₂利用のメインは産業用(4Mton)と車載用(4.5Mton)、建築分野は1Mton以下。
 - Neue Weststadt Esslingen PJは85,000m²に550人以上の居住地で実証。期間は2017～24年。水電解、FCコジェネ、FCVでCO₂排出1ton/年/人未満にする検証。
3. Scottish Hydrogen and Fuel Cell Association, United Kingdom (Nigel Holmes)
 - スコットランド政府は2045年までにネットゼロをターゲットに掲げ、2030年までに75%のGHG排出削減を目指しており、再エネ普及拡大により現時点で既に55%まで達している。
 - The Scottish Hydrogen & Fuel Cell Association (SHFCA)には150を超える企業・大学・自治体が参画し、H₂&FCの普及を推進している。
 - 日変動や時間変動はあるが、発電総量では2020年で再エネ比率ほぼ100%達成。
 - 2020年12月にH₂政策として2030年までに5GWのLow carbon H₂、11GWの洋上風力、8～12GWの陸上風力の目標が掲げられ、現時点で9.4GWの洋上風力を計画している。
4. cellcentric GmbH & Co.KG, Germany (Christian Mohrdieck)
 - ダイムラートラック50%とボルボ50%の共同出資で2021年3月にcellcentricが設立され、25年以上培ってきた燃料電池技術をベースにCO₂ゼロ輸送を目指してスタートを切った。
 - 要求仕様 乗用車：100kW、400V、8,000h耐久、金属バイポーラセパレータ
40tトラック：300kW、800V、25,000h耐久、カーボンセパレータ
 - トラックだけではなく定置用バックアップ用途としてロールスロイスがディーゼルエンジン代替の最初の顧客となった。非常にシビアなバックアップ電源への法規制が背景にある。
5. Robert Bosch GmbH, Germany (Volker Wetekam)
 - 電化や脱化石燃料はモビリティだけではなく建築分野での熱供給も重要。
 - 2030年のグリーン水素価格はUS\$1.5～3/kgになると見ており、欧州は早期からグリーン水素が広がっていく。一方、北米・中国は低コストの天然ガス由来の水素がしばらく支配的な状況が続くが、長期的には北米・中国もグリーン水素市場が拡大していくだろう。中国はモビリティだけでなく欧州同様に建築分野にもグリーン水素が貢献していく。
 - PEFCはトラック用70kWモジュールを開発、中国とJV設立。SOFCは定置用10kWを実証中。
 - UKのガスグリッドは現状のままで純水素供給が可能だが、ドイツや北米などはガスパイプの接合材料の関係で現状のままでは純水素を供給できないので、純水素供給可能になるまで5～10年はかかると予測している。
6. Linde Engineering GmbH, Germany (Markus Nachmeier)
 - 乗用車の要求仕様は30kg/h@70MPa。Linde製の水素供給装置は100kg/h@90MPaが可能であるが、大型トラックは400kg/hであり大きな乖離があり更なる技術革新が必要。
 - ドイツBremervördeにて列車用水素ステーションを2022年稼働開始予定で、将来的には風力発電由来のオンサイト型グリーン水素製造拠点に進化させていく。
水素供給能力：1,800kg/day(14台分)、充填圧力：35MPa、充填速度：168kg/h

- 水素の低コスト化において重要なのは、①水素供給能力増加、②水素 ST 増加、③稼働率向上である。③について、例えば 30 台/day@50MPa の水素 ST の場合、稼働率 10%では€3.94/kg だが仮に稼働率 100%となれば€0.96/kg になり、ST の目標コスト€1/kg 以下をクリアできる。
7. BayoTech, USA (Mo Vargas)
- BayoTech はコンパクトな分散型水素供給設備をリース/販売。
 - 水素市場規模は 2025 年 0.8 億トンから 2035 年には 1.55 億トンまで拡大すると見ている。
 - 集中型水素製造装置 \$ 8-14/kg に対し、BayoTech 水素ハブは \$ 6/kg で設置面積は 1/6。
 - 本年、アンモニア由来の高効率オンサイト改質型水素供給 (1~5 トン/日) を計画中。
8. US Department of Energy, H2 & FC technologies Office, USA (Sunita Satyapal)
- 2019 年の米国のエネルギー消費の中で再生可能エネルギー(全体の 11%), 2035 年までに 100% carbon-pollution-free な電化へ、2050 年までに脱炭素の経済を目指す。
 - US DOE Hydrogen Program がリリース、ポイントはクリーン水素へのフォーカス、現在の米国における年間水素生産量は 20MMT で太陽光や風力発電の設置容量の倍になる。
 - DOE が掲げるターゲット：“1 1 1” (\$1 for 1kg clean hydrogen in 1 decade)
2030 年にクリーン水素\$1/kg を目指す(既に米国では天然ガス由来水素は U\$1.5/kg)
 - \$1/kg (production), \$2/kg (delivery), \$9/kWh (storage)
 - Electrolyzer (\$150/kW, 73% efficiency, 80Khr durability)
 - Fuel cells (\$80/kW, 25Khr durability)

(7) IEA TCP AFC Annex33

1. 2021 年度第 1 回国際会議

開催日：2021 年 5 月 13 日 Web 開催

参加者：イタリア (2 名)、オーストリア (2 名)、スイス (2 名) ドイツ (2 名)、スペイン (3 名)、US (3 名)、日本 (1 名)

各国の燃料電池技術開発の状況

(1) ドイツ Sunfire 社 CEO からの発表

SOEC による水電解で有名であるが、今回家庭用 CHP システムの紹介があった。

SOFC タイプで、LPG および天然ガスに対応

PACE プロジェクトに昨年市場導入

750W+1,250W 熱出力のシステム

さらに、オフグリッド・リモート電源として、350W および 850W 電気出力のシステムを開発

後者のシステムは、Vaillant 社の IP をベースにしているとのこと

Sunfire 社は、純水素タイプの FC システムへの展開には消極的なようである

(2) FCH-JU Project Officer からの発表

FCH-JU での、特に家庭用 FC-CHP システムの開発状況についての発表

PACE プロジェクトおよび KFW433 プロジェクトの内容を中心に発表されたが、目新しいものはなかった。

(3) U.S.燃料電池と水素ポリシーについて Katrina M. Fritz からの発表

北米で、定置用燃料電池へのサポートがある地域（カリフォルニア、コネチカット、マサチューセッツ、ニューヨークなど）について、その概要の紹介

(4) Austrian Energy Agency からの発表

定置用燃料電池関連の欧州での水素戦略についての発表があり、今後の開発の参考になるものであった。

(5) 日本からは、NEDO 提供の各種アプリケーションの状況とパナソニックでのエネファームおよび水素機の開発状況を紹介

2. Workshop 開催 (2021/05/14Web)

Annex33 外の参加者を含め欧州中心にワークショップが開催された。

主催は、Viviana Cigolotti, Annex 33 Operating Agent, ENEA, Italy

以下の発表とその後の Round table で構成

Logistic fuels vs. renewable hydrogen: best solution for fuel cells?	Andreas Frommel, Sunfire, Germany
PowerCellution, growing market demand calls for complex deliveries	Ase Bye, Powercell, Sweden
Elcogen solid oxide technology in energy conversion	Matti Noponen, Elcogen Oy, Finland
PEM FC for stationary applications ; from Data center Backup power to Microgrid prime power	Roy Segev, Ballard, Canada
SOLIDPOWER: clean solutions for stationary applications	Stefano Modena Solid Power, Italy

参加者リストが表示されなかったので参加の状況は不明

発表内容は、Annex33 国際会議で発表されたものプラス Powercell 社など。

内容は特に目新しいものはなかった。

3. 2021 年度第 2 回国際会議

開催日：2021 年 11 月 15 日 Web 開催

参加者：イタリア（4 名）、オーストリア（2 名）、フィンランド（2 名）、フランス（1 名）、イスラエル（1 名）、スイス（2 名）ドイツ（1 名）、US（3 名）、日本（1 名）

(1) 米国カリフォルニア定置用燃料電池コラボレイティブより、米国における商業用および工業用の水素対応固定型燃料電池システムの開発状況の発表

米国では水素と燃料電池の開発活動が急速に増加しており、95 億ドルがクリーン水素プログラムに充てられているとのこと。

FC と水素が可能な新エネルギーパラダイムとして、とりわけビッグデータセンターの設置とマイクログリッドへの統合が増加。

(2) Ballard 社による大規模発電用燃料電池ソリューションに関する活動について

Ballard は、定置用としてデータセンター、バックアップ電力、連続発電、電力対電力、海事アプリケーションに使用される PEMFC ベースの 200kW 燃料電池発電機の開発

(3) Convion 社の開発状況

Convion 社は、SOFC 技術に基づいた 60kW の燃料電池システムを開発し、250kW の SOEC 電解槽の開発に取り組んでいる。

(4) Engie での活動の紹介

CEA の技術をベースにした SYLFEN 社開発の 120kW の Power to Power システムを実証中

(i) 水素による効率的でコスト競争力のあるクリーンな電力と発熱の開発

(ii) エネルギーネットワークの脱炭素化

(iii) モビリティのための安全でコスト最適化された水素燃料補給の開発

(5) Gencell Energy 社（イスラエル）よりアルカリ形燃料電池の紹介

イスラエルからの参加ははじめて

燃料電池システムは、アルカリ形燃料電池を販売しているとのこと

水素キャリアとして、アンモニアを採用

アンモニアの改質技術（クラッキング）とアルカリ形燃料電池を組み合わせたシステムを開発中

(6) 燃料電池のニッチマーケットへの適用について

このプロジェクト(EWERYWHYERE)は、信頼性が高く、使いやすい可搬型 FC 発電機の設計に向けて、自動車/バックアップ電力通信セクターの市場製品を開発および実証することを目的としている。このプロジェクトは、加圧水素タンクと統合された 8 つの PEMFC 可搬型発電機セット（4x25kW および 4x100kW）の実現と実証で推進されている。

(8) FC-EXPO2021

参加日：2021 年 3 月 4 日

国内最大級の燃料電池関連イベントが、非常事態宣言下の東京で開催されることとなった。企業ブースはまとまった数が開設されるとの情報だが、各企業とも密回避のため、説明員を絞った開催となるとのこと、また、例年であれば、海外からの企業、団体などの参加が多数見られるが、今回は新型コロナウイルスの感染対策として、海外からの入国が難しく、国内に駐在者がいる企業、団体等、及びリモートで海外と接続しての、Web 会議方式での情報交換による対応として、数ヶ所の海外ブースにて、紹介などが行われていた。

定置用燃料電池関連の展示は少なく、その一方で、燃料電池スタックサプライヤーからの出展、水素関連、移動体関連の出展や、地方自治体、研究機関などのブースも比率が高いと感じた。また FCV に関してもバス・トラックといった大型車が開発の主流となっている印象を受けた。

Symbio、稲畑産業(PowerCell)等が燃料電池モジュールを出典しており、興味深かった。

(9) FC-EXPO2021 秋

参加日：2021 年 9 月 30 日

国際標準化戦略構築のための検討項目である燃料電池関連の補機部品の標準化の現状を調査し燃料電池に関わる部品の認証に繋がる規格化についての企業の考えを収集することを目的とした。

秋の東京での開催ははじめてであり、コロナの影響で小規模での開催であった。

FC EXPO での展示は約 35 であり、春の開催に較べると展示数も少ないものであった。

また大手企業の展示は限定的であったが、予想していたよりも盛況であるように感じられた。



写真 1：会場の様子

(1) 材料・部材メーカーへのヒアリング結果

展示ブース；KITZ、東洋炭素、長野計器

国際規格化されていないものでは、欧州で規格化されているが日本には規格がないものがあり国内展開していた部材を欧州に輸出する際規格に合わず再開発が必要となった例があるとのこと。

東洋炭素では、すり板を製造販売しているがすり板の炭素系材料の成分について、

欧州規格では規格化（EN 規格）されている（成分ごとの含有量について）が、日本には現時点で規格がないようである。このため日本で開発した材料が欧州規格に適合しないなどの問題があったとのことである。

現在日本でも規格化が必要との議論になっているとのことであるが、欧州などへの展開時に遅れが生じたことがあったとのこと。メーカーとしては、国際規格が整備されていると海外展開時に有効であり期待しているとのことであった。

このような要望のもとで、国際規格化を検討しているとのこと。

また長野計器は、安全要件の観点では、特に防爆基準による認証が不可欠であり現在 IEC を含めて 5 つの規格があり、各国ごとに対応しているとのこと。

(2) Siquens 社の燃料電池発電システム（極東貿易ブース）

極東貿易は現在は輸入した製品の販売のみであり、日本企業との協業のアレンジなどはしていないとのこと。

展示されていた ECOPORT800 の概要

メタノール改質タイプの発電システムを展示（写真有り）

メタノールは、95%

定格出力：500W（ピーク：800W）

運転温度は、160℃レベルであるとのこと。

起動時間は、30分程度、-20℃からは1時間程度

寿命は、3000時間を保証。実際には Siquens 社の技術者、5000時間程度はあっていると述べているとのこと。

価格は 585 万円（豊田通商扱いの、SFC 社の DMFC システムだと同程度の出力を得るシステムが 540 万円ぐらいとのこと）

現在北海道などででも使用の話が進行中。サンエスデンキ通信が当該システムと PV などを使ったシステムを開発中とのこと。



写真 2：Siquens 社の燃料電池発電システム

4.2.1.2 調査対象の有益性の評価

本事業で新たに加えた調査対象に対して、今後の活用を視野に有益性の評価も行った。

表 4 に各調査委対象ごとの情報分野、主要議題、主催者及び登録費と開催頻と有益性評価結果を示す。情報分野は、学術系か事業系の情報かどうかを 1 から 5 段階で評価した。

結論として、今回の調査目的に鑑み、情報収集を実施した調査対象の内、以下の調査対象が特に有益であると考えられる。このためこれらの調査対象については、今後とも可能な限り情報収集を継続すべきであると判断した。なお、今回の調査では日程、予算等により検討できなかった調査対象も数多くあるため、今回の調査対象以外にも有益なものがあると考えられる。

- f-cell
- Hydrogen + FC North America
- Hydrogen & Fuel Cells Energy Summit
- Hannover Messe
- European Fuel Cell Forum
- Fuel Cell Seminar & Energy Exposition
- IEA TCP AFC Annex33
- European Fuel Cell
- DOE Annual Merit Review (本事業にて新たに追加)
- SOFC17(Electrochemical Society) (本事業にて新たに追加)

表 4 – 国際会議、展示会に関する各調査対象の有益性の評価

	調査対象	情報分野					主要議題	主催者	参加費	開催頻度
		学術寄り 1	2	3	4	事業寄り 5				
1	DOE Annual Merit Review			○			Hydrogen & FC	DOE	無料	毎年
2	World Hydrogen Technologies Convention					○	Hydrogen	IAHE	1200 CAD	WHEC と交互開催
3	SOFC17 (Electrochemical Society)		○				SOFC,SOEC	Electrochemical Society	400 USD	隔年

4.2.1.3 調査報告（外注調査）

本事業を通して委託した調査会社、その調査内容及び参照報告書番号を表 5 に示す。

表 5 – 本年度実施した外注調査一覧

タイトル	調査概要	調査会社	報告書参照番号
水素燃料電池関連海外情報収集 (1)	<ol style="list-style-type: none"> 天然ガス配管への水素注入等に関するカーボンニュートラル視点での今後の動向 定置用と FCV 用のスタックで各種アプリケーション（定置用、バックアップ用、鉄道、レンジエクステンダー、等々）を想定した場合、各々のスタックの適合性 水素の LCA（製造方法などによる価格、性状、副産物などの差異） 	テクノバ	添付資料 2-1
水素燃料電池関連海外情報収集 (2)	以下の 1),2) のイベントに参加し報告内容を集約 <ol style="list-style-type: none"> Hydrogen North America Hydrogen Economy Europe 	テクノバ	添付資料 2-2
水素燃料電池関連海外情報収集 (3)	英国、米国及び EU における燃料電池関連実証事業事例	London Reaerch International	添付資料 2-3

4.2.2 要求仕様の整理及び課題の抽出による海外展開への技術開発の方向性提案

4.2.2.1 要求仕様の整理及び課題の抽出

まず 4.2.1 項における調査対象に対して、それぞれ技術開発課題の抽出を行った。

(1) Hannover Messe

本調査で得られた情報からは、技術開発課題は抽出できなかった。

しかし、前事業で調査した際には燃料電池システムやスタック単体の展示も見られたが、Heavy duty 用途等の移動体向けへの搭載を目的とした燃料電池 DC モジュールおよびモジュール搭載を想定したコンプレッサーメーカーの展示が複数見られ、燃料電池 DC モジュールのニーズが高まっている様子が確認された。

(2) DOE Annual Merit Review

本調査からは、を通じて、北米では水素機は移動体特に Heavy Duty にフォーカシングされており、定置用水素機に関する技術開発の情報は得られなかった。そのため、定置用水素機には移動体の開発技術を転用しようと考えているように思われた。引き続き北米における定置用純水素燃料電池に関する情報の収集が必要であるが、日本は定置用水素燃料電池に特化した技術開発で優位に立つことができる可能性が示唆された。

(3) World Hydrogen Technologies Convention+ f-cell

本調査で得られた情報からは、技術開発課題は抽出できなかった。

しかし、今後事業拡大が期待される純水素機の事業化構想構築に不可欠な、水素供給方式及び水素価格目標とその実現性に関する情報が入手できた。Hydrogen Council 社による 2030 年の再生可能エネルギーによる水素価格の予測を以下に示す。日本は、再生可能エネルギーによる水素は大半が輸入に頼らざるを得ず高価格になってしまう。日本での水素活用には工夫が必要であると考えられる。

表 6 – World Hydrogen Technologies Con-vention+ f-cell での情報収集時に得られた Hydrogen Council 社による再生可能水素コストの予測（2030 年）

国名	再生可能水素コスト予測値 (2030 年)	輸入/輸出の内訳
日本、韓国	およそ 2.6USD/kg	ほぼ輸入
ドイツ	およそ 2.3USD/kg	-
北米、中国	およそ 2.2USD/kg	-
オーストラリア	およそ 1.6~1.7USD/kg	輸出
サウジアラビア	およそ 1.5USD/kg	輸出
スペイン	1.5USD/kg 以下	輸出
チリ	1.5USD/kg 以下	輸出

この種の情報は豊富にあるため、多面的に処理して活用することが好ましいと考える。また製品ラインアップも含め技術開発計画策定に有効な情報であるが、これらの情報は、定期的に更新されるためタイムリーな軌道修正も含め、我が国の燃料電池業界に有効活用するためには、情報収集の継続が必須であると考ええる。

(4) European Fuel Cell Forum

本調査で得られた情報からは、技術開発課題は抽出できなかった。

前述の通り、欧州色が強いものの燃料電池技術にフォーカシングした国際会議として注目に値すると評価している。今年度はプログラムが学術寄りであったが、例年は、事業寄りの内容が相当数あることから、情報収集の継続が必要と考える。

(5) SOFC17(Electrochemical Society)

本調査を通じて得られた情報をもとに、以下の2点に焦点を当て、技術課題を抽出した。

1) SOFC 発電システム

家庭用などの小形分散型における、SOFC コージェネレーションシステムは日本が世界で最も事業化が進んでいる。世界各国に比較して、稼働台数や稼働時間などの実績も圧倒的であり、各メーカーは技術開発を継続して進めると見られる。

一方、数百 kW 級の大型の SOFC 発電システムにおいては、(本調査の発表には無いが)米国 Bloom Energy 社等が進んでおり、設置実績も多い。また、数十 kW 級の中形 SOFC 発電システムに対して、最近、独 Bosch 社が 10kW 級の SOFC 発電システムを、英 Ceres Power 社に資金を投入して技術を購入し、量産化の動きが活発である。Ceres Power 社の SOFC は金属支持型と呼ばれる SOFC 設計が特徴で、実績は乏しいものの課題を解決して、将来の主流になる可能性がある。日本においても、金属支持型 SOFC セルスタックや、中形/大型の SOFC システム開発は行われているが、この分野での開発は欧米に先行されており、課題と捉えるべきである。

しかしながら、SOFC の全ての市場分野で勝つ戦略よりも、日本が進んでいる市場分野を、世界に展開していく視点も、戦略的には重要と思われる。日本の家庭用の燃料電池コージェネレーションシステム『エネファーム』の技術は PEFC、SOFC において、各社のノウハウで作上げた優秀な技術であり、それは、電池本体、補機、ソフトなど、広い技術分野にまたがる。この技術を世界展開する為、各社も各々努力していくと思われる。その上で更に、国や業界団体の何らかのバックアップがあれば、日本の技術力を世界展開しやすくなると思われる。

2) SOEC 水電解システム

EU のカーボンニュートラル社会へのコミットメントは進んでいる背景があり、欧州の水素社会に対する社会的な動きは世界で最も進んでいる。理由は欧州の地政学的特徴が他の地域/国より有利である事も一因と考えられる。例えば、国同士が陸続き所以の電力融通・浅い海底を利用した風力発電の大規模活用・北海やロシア等から来る天然ガスの欧州内でのガスパイプラインの活用など。こういう背景から、ひと昔前の欧州の SOFC 開発メーカーは、ほとんど SOEC スタックやシステムの研究開発に軸足を移しており、先行して SOEC の課題にチャレンジしていると思われる。

一方、日本では国土面積に占める平地が少なく、太陽電池の設置コストが高く、また、日本の周りは深い海溝が多く風力発電の設置コストも高い、など、様々な理由で再生可能エネルギー由来の電力は不利であると言われている。SOEC の開発は欧州程活発では無いが、その理由の一つに、再生可能電力の想定コストが、先の理由で述べた背景から欧米に比較して高くなる、

と考えると、SOEC システムに要求されるコストが厳しい事がネックになっていると想像する。この SOEC システムの技術開発分野では、日本は遅れているのが事実である。

しかしながら、セラミックスで作る SOC セルスタックは、他の一般工業製品に比べ、日本が世界に比べて、製法ノウハウや量産化ノウハウなどを有していると思われる。SOFC と SOEC は逆反応の電気化学反応なので、全く同一の SOFC 材料構成で SOEC に適用することはできないが、焼成工程、シール工程など、量産化課題や技術は同類の分野である。各社、独自の企業努力で SOEC 開発を進め、日本の水電解メーカーや欧米の水電解メーカーに提案できるように進めるとと思われる。

(6) f-cell

各国・企業の取組み発表から、カーボンニュートラルに向けた水素活用が更に加速し、その水素価格の低減に向けて様々な形態による水素が使用され、燃料電池も製品として変化をしていくと予想される。

また昨今の欧州の動きのように、水素を既存の天然ガスパイプラインで輸送する検討や実証が進む中、これまで想定していなかったインフラの状況が展開されていく。また、水素を大量に輸入しようとしている国においては、輸送コスト低減のために水素キャリアとしてのアンモニアや MCH（メチルシクロヘキサン）なども検討されている。

このような水素活用の多様な動きに応じて、現在の燃料電池システムで対応できるのかの技術課題を洗い出す必要があり、日本が燃料電池技術で世界をリードし続けるためにも、インフラの状況変化を先取りした技術開発が望まれる。

① ガスグリッドへの水素混入対応

欧州では天然ガスに水素を混入しながら、最終的に 100%水素に切り替えていく動きがあり、燃料電池もそれに対応する技術開発が求められるものと思われる。現在、製品化されている燃料電池システムは燃料としてメタン、プロパン、水素など様々な単一の燃料を想定した設計になっているが、天然ガス～水素などガス成分が時間の経過とともに変化することは想定していない。

例えば PEFC ではメタンから水素を抽出するガス改質部（燃料処理機）において、メタンへの水素注入量が増え変化しても安定的に水素を抽出できる改質部開発（水素含有量変化に対応できる触媒開発や、触媒の温度制御の技術開発）が必要となる。

また、SOFC ではメタンへの水素注入量が増えると燃料ガスの熱量が大きく変化するので、ホットモジュール内部の改質部の吸熱反応に要求される熱量が変化し、熱バランスが崩れるとされるのが一般的である。これは機器の発電効率や耐久性に大きな影響を及ぼす結果を招く。従って SOFC においては水素成分が増え変化してもホットモジュールの熱バランスを安定的に保つ技術開発が要求される。SOFC には多様な構造（平板型、円筒型、円筒平板型等）があり、構造により設計上の対応も変わると思われ、構造に応じた技術開発が必要となる。

上記で PEFC、SOFC についての課題の事例を述べたが、以外の方式（例えばりん酸型）においても同様に検討すべき技術課題がある。

水素注入の割合は、現状、オランダが最大で 12%とされているが、欧州のガス事業者はこれを順次、20%、30%、40%と増やし、最終的に 100%にするとしている。但し、ガスボイラーやガスコンロなどの燃焼機器、天然ガス車（CNG 車）、ガスエンジンやガスタービンなどの発電機に及ぼす影響も含め、水素注入量の議論が展開していくものと思われる。特に燃料電池システムに及ぼす影響が大きいため、天然ガスへの水素注入に関する動向調査の継続は重要である。

② ガスグリッドを活用した水素輸送における水素品質の変化対応

再生可能エネルギーが増大していく中、エネルギー貯蔵と電力需要地への送電能力確保は重要な課題であり、これらの課題解決には送電線を強化するよりガスグリッドを活用するのが経済的に有利であるとされている。

水素を安価に輸送する手段として、ガスグリッド（天然ガスパイプライン）を活用することは、たとえ水素が再生可能エネルギー由来の純度の高いものであっても、長年使われたパイプラインから硫黄成分などの不純物が混入し、燃料電池に重大な影響を与える可能性がある。従って、純水素燃料電池における硫黄成分に対する耐性を強化する技術開発が要求される。

例えば PEFC の純水素燃料電池であっても脱硫機能を設けることも想定される場合がある。水電解装置から製造された水素をそのまま使用する場合は、脱硫機能は不要であることから、脱硫装置は燃料電池と分離したものになると予想される。現在の PEFC 燃料電池には脱硫装置を備えたもの、備えないものの両方があるが、一つの燃料電池の機体において脱硫装置の有無の切替えは想定しておらず、脱硫装置のバイパス回路を設ける等、対応のための新たな設計開発が必要となる。

また、水素に含まれる微量な硫黄成分を除去する合理的（経済的）な技術開発が必要となる。

(7) IEA TCP AFC Annex33

本欧州プロジェクトでは 2021 年度は家庭用燃料電池 CHP システムの普及拡大のための施策検討が実施された。具体的には市場拡大に影響を及ぼすファクターとして導入・設置の観点から国際規格の各国での活用状況と助成制度および家庭用燃料電池 CHP システムの経済性評価が議論された。

経済性評価については今回のレポートへの記載には至らなかった。その理由として、経済性評価素案は Austria Energy Agency 社が作成したが、日本で試算されている経済性から大きく相違しており、その原因が CAPEX の試算にあることが判明したためである。具体的には、欧州では燃料電池 CHP システムはボイラー代替との位置付けであり、そのため、ボイラーとの経済性の比較する際、ボイラーの寿命である 15 年を基準に経済性評価条件を設定していた。エネファームの寿命は 10 年であるため、エネファームを 2 台使用する試算になっており、エネファームの初期投資が大きい値で試算されていた。

このことから、日本では発電優先に対し、欧州は熱電併給（発電と給熱同等）と考えられ、エネファームの要求仕様は日本と欧州で異なることが明らかとなった。この点については、本調査（IEA TCP AFC Annex33）以外にも、欧州が主導し規格開発した IEC 62282-3-400 において、製品仕様への要求として最低総合効率は規定しているが、発電効率に対する規定がない点、また欧州では発電効率が低いスターリングエンジン CHP も製品として存在する点、家庭用燃料電池 CHP システムの開発メーカーにおいても発電効率最大化を目指していない点からも明らかといえる。

結論として、欧州展開のためには、ボイラーと商用電力を合わせた比較で経済性の面で劣らない為の技術開発、つまり寿命延長のための技術開発が必要であることが抽出された。

補足事項として、欧州では夏場は長期休止になることあり、寿命評価にあたり実運転時間を考慮し算出し、寿命性能を少しでも長くアピールすることも有益ではないかとの意見もあった。また、欧州各国で補助金制度や設置する際の事務手続き等が異なることも、普及への弊害となっているのではないかとの意見もあり、IEA TCP AFC Annex33 のレポートなどを活用して欧州各国で異なる関連法制度の統一を要望することとなった。

(8) 水素燃料電池関連海外情報収集(1)

本事業で実施した各種調査結果を受け、さらに確度を高める目的、及び移動体に関する情報が不足気味であったことを受け、外注により情報収集を行ったものである。本レポートを通じて得られた情報をもとに以下の技術課題を抽出した。

1) 天然ガス配管への水素注入に関する技術課題

この課題は、(6) f-cell を参照。

2) 燃料電池のコスト目標に関する技術課題

『3-2 FC のコスト目標』では、DOE や FCH₂ JU の公開レポートの内容から、各燃料電池システムに要求される、耐久性、コスト等について表にまとめられている。概ね、日本の燃料電池スタックメーカーや、システムメーカーで仮定している目標値と大きく外れていないと思われる。

燃料電池セルの性能向上の研究、量産コストを低減させるセルスタック設計、耐久性を向上させるセルスタック設計やシステム制御開発、量産コストを低減させるシステム設計など、現在、各メーカーで推進されていると想像する開発を継続するほかない。しかし、これらの開発費は膨大になるので、開発に対する費用対効果を向上させるためには、燃料電池で先行する日本の材料開発技術や、システム開発技術を、欧米やアジアに展開しやすいように、政府や国の補助や、業界団体による日本発の標準化が重要と考えられる。

3) 移動体燃料電池（乗用車、トラック、バス、船舶）に関する技術課題

レポートに記載されている欧州の乗用車、バス、トラック、船舶に関する FC 導入状況について、日本の状況と比較結果を表 7 に示す。

表 7－ 乗用車、バス、トラック、船舶に関する
FC 導入状況における欧州と日本の比較

	欧州	日本	日本の優劣
乗用車	導入台数 1,610 台 ※H2ME と H2ME 2 のプロジェクト 10 カ国参加、水素 ST49 カ所 トヨタ、Daimler、Renault 参加 レンジエクステンダーFCV:50 台	販売台数数千台 レンジエクステンダーFCV:導入なし	優
バス	導入台数 350 台(2021) ※JIVE、JIVE2 のプロジェクト 燃費 8kg/100km	東京オリンピック 100 台(2021) ※数台規模の実証あり 燃費 10kg/100km(推定)	劣
トラック	導入台数 29 台 ※26t トラック、40t トレーラ ゴミ収集車 14 台	導入台数 数台 ※今後、企業が連携し導入計画	劣
船舶	開発段階 ・燃料：圧縮水素、液体水素、アンモニア ・小型船舶、高速旅客フェリー ・水素船の標準化実施中	開発段階 ・燃料：圧縮水素、液体水素、アンモニア ・アンモニア船(日本郵船 2024)	劣
その他	ガントリークレーンの水素化検討中	ガントリークレーンの水素化検討中	同等
<参考ホームページ> ① バス https://cobby.jp/fcbus-sora.html トヨタ、日野、オリンピックバス 2020 https://www8.cao.go.jp/cstp/stmain/20211028sip.html コロナ PCR 等、バス 2021			

②	トラック https://retailguide.tokubai.co.jp/tech/8134/ セブン、ファミマ、ローソン、小型トラック（新型）、2021 https://global.toyota.jp/newsroom/corporate/33952104.html アサヒ、トヨタ、ヤマト、西濃、トラック 2022
③	船舶 https://www.yanmar.com/jp/news/2021/03/24/89083.html ヤンマー、船 2021 https://www.toshiba-energy.com/info/info2020_0901.htm 東芝、川重、船 2024
④	鉄道/特殊車両 https://www.nikkei.com/article/DGXMZO64682170W0A001C2TJ2000/ JR 東、日立、トヨタ 鉄道 2022 https://clicccar.com/2021/04/05/1071492/ トヨタ、医療車、2021 https://www.toyota-shokki.co.jp/news/release/2020/02/25/002598/ 豊田自動織機、トレーイングトラクター、2020

結論としては以下の通りである

- 乗用車については、欧州に対し日本が先行している。
- Heavy Duty 車両については、欧州に対し日本は国・自治体・民間等のプロジェクトが少なく、市場導入台数が少ない。
- 日本は欧州に比べ、船舶の実証実験や燃料に対する多様な取り組みが遅れている。

レポートに記載されている欧州の HeavyDuty 向け技術課題解決に関するプロジェクト、標準化の取組みについて、日本の状況と比較結果を表 8 に示す。

表 8 – HeavyDuty 向け技術課題解決における欧州と日本の比較

Heavy Duty 向け	欧州	日本	日本の優劣
FC 最適化	IMMORTAL プロジェクトと MoreLife プロジェクトにて、3 万時間までの長寿命化、低コスト化に取り組む中	NEDO を中心に HeavyDuty 向け FC の性能・信頼性向上を目指し産官学協力し検討中	劣 (挽回中)
水素充填プロトコル	PRHYDE プロジェクトでは、80kg の水素を 10 分で充填できるプロトコルを日米と連携して開発中	同左	同等

結論としては以下の通りである

- Heavy Duty 向け FC システムの最適化については、欧州が先行していたが、日本でも取り組みを始めている
- Heavy Duty 向け水素充填時間短縮については、日米欧が連携して進めている

以上のことから Heavy Duty 向け(船舶含む)燃料電池システムにおける日本の技術課題としては、国プロジェクト/市場導入台数増による開発課題の洗出し、液体水素、アンモニアも含めた多様な燃料検討が挙げられる。

4) 移動体燃料電池(鉄道、航空機)に関する技術課題

鉄道用途に運用可能な FC ハイブリッドパワーパック(FCHPP)、航空機用に PEFC を用いた APU や非常用電源、並びに PEFC と液化水素を搭載した小型航空機の開発を行っていた。MEA は、まだスタックコストの 80%を占めるが、触媒量は 0.11g/kW まで大幅に減少していた。水素ステーション関係では、ハイブリッド圧縮機(機械圧縮と化学圧縮のハイブリッド)の開発を行い、圧縮量を 2 倍に拡大し、圧縮エネルギーを半減していた。

これらのことから全体的な課題として、FC 容量拡大(1.5MW 以上)と、一般空港での液化水素供給インフラ整備、安全対策が挙げられる。引き続きこれらの開発動向を注視する必要があると考える。

5) 水素の LCA に関する技術課題

多くの機関 (AFHYPAC, CEN/CENELEC、IPHE など) で水素の LCA 分析への取り組みが活発であった。多くは、Cradle to Gate (水素製造のためのエネルギー投入段階から水素製造後の工場出荷段階まで) での GHG 排出量を対象にしており製造拠点から消費端までは含んでいなかった。

このため定置用水素 FC 機の場合は、Well to Tank での LCA 分析を使用すべきだと考えられる。これについては、TUV SUD が実施、また欧州 CertiHy も Phase3 で現在検討中のようにある。

水蒸気改質由来水素の GHG 排出量(10.9kg-CO₂/kg-H₂)をベンチマークとし、4.3 kg-CO₂/kg-H₂ を低炭素水素 (プレミアム水素) の基準値と設定したが、2021 年 4 月に 3kg-CO₂/kg-H₂ を新基準として設定したようであり、今後この基準が基本になると思われる。

定置用の場合は、水素の供給方法によっては (たとえば既存の天然ガスパイプライン) サルファールの混入などの問題が生じるため、S 除去工程の開発が必要となる。しかし水素の製法や一般的な輸送方法が水素純度に影響を及ぼすことはなく、GHG 排出量自体もシステム性能に影響を及ぼすものではない。

化石燃料由来の水素はグレー水素分類され将来的には使用に制限が出てくるものと考えられる。

結論として、定置用燃料電池システムは使用する水素の LCA 評価結果 (GHG 排出量) の影響を直接受けないため、技術開発課題が生じることはないと考えられる。

(9) 水素燃料電池関連海外情報収集(2)

本レポートを通じて得られた情報をもとに以下の技術課題を抽出した。

- ・カーボンニュートラルへ向け、水素のグローバルスタンダード、認証制度といったものが必要との情報が複数収集されたことから、グローバルスタンダード発行へ向けて、燃料電池視点でのガス条件の考慮を強く求めて行く必要がある。

地球温暖化対策視点、SDGs 視点から、従来の化石燃料依存の社会から、水素社会への移行は、必須と考えられる。本事業にて、純水素化の過程において、既存の天然ガスグリッドに水素を混入させて、その影響を検証する試みが進められようとしていることを報告した。水素の混入量は一定ではなく、初期は数%、その後徐々に水素濃度を高め、20%あるいはそれ以上の水素混入を行うことが考えられる。

さらに純水素の輸送・供給に既存のパイプラインを使用しようとする構想も確認され、この構想が実現した際には、既存のパイプライン内部に吸着している付臭剤成分が水素中に溶出し、燃料電池の特性に悪影響を与える可能性があることも確認された。

天然ガスを利用する機器としては、燃焼により燃料の有するエネルギーを熱エネルギーとして取り出す機器が一般的であり、化学反応により水素を取り出し、電気化学反応させる燃料電池は少数派である。

燃料電池は、水素を取り出す化学反応工程があるために、燃料の組成が変化すると化学反応が変化し、燃料電池システムの運転全体に大きく影響すると考えられる。燃焼機器の場合、燃料の大幅な組成変更があった場合には、燃焼部分等の改造が必要と考えられるが、欧州では、

日本の様に調整されて、組成、発熱量などが安定している都市ガスではなく、組成や発熱量がある程度の幅の中で変動することを機器設計に織り込み済みであり、多種燃料対応がある程度できている。

燃料の組成が変化しても、同一の燃料電池システムで運用が可能とすることは、これからの燃料の水素化の過渡期において、重要な仕様である。

燃料電池システムにおいても、このような燃料多様化に対応可能なシステムの開発が重要と考える。

今後、欧州を中心に計画が進められつつある、既存天然ガスグリッドを用いての、天然ガス中への水素、混入および純水素化について、その規模、タイムスケジュールなどの情報を収集・分析することで、燃料組成変更への燃料電池システムの対応方針についての検討が必要となると考える。

(10) 水素燃料電池関連海外情報収集(3)

本レポートを通じて得られた情報をもとに以下の課題を抽出した。

英米欧地域の直近の燃料電池関連実証事業について調査を行い、英国10件、米国6件、EU16件の計32件の実証事業が抽出された。テーマから分類すると、移動体関連の事業が23件、水素、水電解関連が5件、定置用が4件、要素技術が9件となった。移動体関連のうち、移動体向け電池の要素開発に関連するものが6件であり、英国及び欧米諸国においては燃料電池の活用場として、移動体指向が強いことが、改めて確認された。

(表 9 水素燃料電池関連海外情報収集(3) 調査事業まとめ 参照)

事業に燃料電池を供給しているメーカーを見ると、プロジェクト参加数としては、カナダのBallard社が圧倒的に多いことが分かる。英米欧のプロジェクトでこれだけBallard社の製品が用いられているということは、

- ・ Ballard社が積極的に市場の拡大を進めようとしている
 - ・ Ballard社の製品あるいはスタックは、各種用途への汎用性がある
- ということがありと推測される。

一方、前事業「燃料電池システムの海外展開に係る要求仕様調査」において、表7に「エネファームの基幹部品（スタック）の各市場への適合性の評価」として、エネファームのスタックを定置用、移動体用の各種用途への適合性の評価結果を示しているが、多くの用途において定置用のスタック適用の可能性があるとの結果が得られている。

欧州では Heavy Duty Applications 向けの燃料電池モジュールの仕様規格として StaSHH プロジェクトが進められているが、これら燃料電池モジュールに求められる仕様と、現状の定置用スタックと移動体用のスタックの各々の仕様との乖離について調査を進めることで、今後大きな燃料電池市場になると考えられる移動体分野へ、定置用燃料電池スタックをベースにした燃料電池を展開することの可能性を見極めることにつながると考える。

表 9 水素燃料電池関連海外情報収集(3) 調査事業まとめ

No.	アプリケーション							FC/電解	FCメーカー									
	定置用	車両	鉄道	船舶	航空機	電解	スタック/ セル技術		その他	タイプ	SUNFIRE	Ballard	CeresPower	TOYOTA	ElingKlinger	SolidPower	Cummin	Powercell
英国 - ①		✓					✓	✓	SOFC	✓								
英国 - ②			✓						PEFC		✓							
英国 - ③				✓					PEFC		✓							
英国 - ④					✓				PEFC									✓
英国 - ⑤		✓					✓	✓	PEFC									
英国 - ⑥		✓							PEFC		✓							
英国 - ⑦					✓				PEFC?									
英国 - ⑧		✓							PEFC?									✓
英国 - ⑨		✓							PEFC									
英国 - ⑩				✓					SOFC			✓						
米国 - ①							✓		PEFC									
米国 - ②		✓						✓	PEFC									
米国 - ③						✓		✓	PEC									
米国 - ④	✓							✓	PEFC		✓							
米国 - ⑤	✓	✓				✓		✓	PEC/PEFC?									✓
米国 - ⑥	✓	✓				✓		✓	PEFC								✓	
EU - ①						✓	✓		PEFC									
EU - ②		✓							PEFC		✓							
EU - ③							✓		PEFC									
EU - ④		✓					✓		PEFC									
EU - ⑤	✓								SOFC						✓			
EU - ⑥			✓						PEFC				✓					
EU - ⑦									PEFC		✓							
EU - ⑧		✓					✓		PEFC									
EU - ⑨				✓					PEFC					✓				
EU - ⑩				✓					PEFC									
EU - ⑪		✓							PEFC					✓		✓	✓	
EU - ⑫		✓						✓	PEFC		✓							
EU - ⑬		✓					✓		PEFC									
EU - ⑭						✓			SOC	✓		✓			✓			✓
EU - ⑮							✓		PEFC									✓
EU - ⑯	✓	✓	✓	✓	✓				PEFC		✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓

4.2.2.2 海外展開への技術開発の方向性提案

上記から抽出した技術開発課題の中から、市場規模等の事業性も勘案し重視すべき技術開発項目を絞り込みを行い、以下の4項目を技術開発課題として大変重視すべきものと位置づけた。

A. 定置用燃料電池システムの長寿命化検討

IEA TCP AFC Annex33での調査から、家庭用燃料電池システムの欧州市場での事業拡大のためには、家庭用燃料電池システムのボイラーへの置換えを想定した製品特性の具備が重要であることが明確となった。特にボイラーの耐用年数を約15年としていることはCAPEX算定する際に大きい影響を持つこととなる。このため経済性の面で劣らない為の技術開発、つまり寿命延長のための技術開発が必要であることが抽出された。よって、日本が先行するシステムの長寿命特性のさらなる高性能化は、欧州市場への事業拡大に対する効果が大きいと考えられる。また購入時の助成制度にも各国間でバラツキが有るためさらなるコストダウンも重要であると考えられる。

B. 定置用燃料電池システムの燃料多様化への対応検討

f-cell や水素燃料電池関連海外情報収集(1)の情報より、天然ガスへの水素添加量の増加から純水素化に続く燃料供給の多様化への動きがより鮮明になっている。この動きに連動して多様な燃料に対応可能なシステムの開発も報告されており以下の技術開発への取組みが不可欠になると考えられる。

- ・改質器の開発目標と対策の明確化
- ・システムの熱設計の最適化
- ・システム全体設計の最適化

C. 定置用燃料電池システムの高硫黄濃度燃料への対応検討

f-cell や水素燃料電池関連海外情報収集(1)の情報より、既存の天然ガスパイプラインを使用した純水素供給の検討が開始されている。当該構想が実現すると純水素の供給が飛躍的に進化するが既存の天然ガスパイプラインに吸着している硫黄成分が高濃度で純水素に混入することは避けられない。純水素燃料電池は、脱硫・改質器を有していないため硫黄耐性がない。このため従来の天然ガス機よりも高い硫黄耐性を安価に実現する技術開発が必要であると考えられる。

D. 多種アプリケーションに対応可能な FC モジュールの開発

ハーバーメットおよび水素燃料電池関連海外情報収集(3)の情報によると、従来のシステム開発、スタック開発から FC モジュール開発への移行が顕著となっている。これは欧州の StasHH プロジェクトに代表される移動体用（特に Heavy Duty Sector）FC モジュールの基本設計の統一による性能およびコストアドバンテージの創出である。このため FC モジュール単位での事業形成が進むと考えられる。

FC モジュールは、移動体用と定置用で基本設計が異なるが日本はエネファームと FCV で世界トップであり、FC モジュール単位でもコスト・性能でトップであると推定される。一方 2018・2019 年度に実施した“固体高分子形燃料電池利用高度化技術開発事業 燃料電池システムの海外展開に係る要求仕様調査”からも用途ごとに要求仕様が異なり FCV 用スタックと定置用スタックそれぞれが得意とする領域とその中間的な領域が明らかにされている。このため開発されている移動体用の FC モジュールと定置用の FC モジュールをベースに適用できる用途を拡大するためには両者の比較において劣る以下の課題の改善が重要であると考えられる。

開発の方向性

- ①FCV 用 FC モジュールの長寿命化
- ②定置用 FC モジュールの高出力密度化

以上のことを以下の表にまとめる。

表 10 – 海外展開への技術開発の方向性提案まとめ

	重視すべき技術開発項目	概要	参考調査対象
A	定置用燃料電池システムの長寿命化検討	ボイラーとの比較において経済性の面で劣らない為の技術開発、つまり寿命延長のための技術開発が必要	IEA TCP AFC Annex33

B	定置用燃料電池システムの燃料多様化への対応検討	天然ガスへの水素添加量の増加から純水素化に続く燃料供給の進化を受けて多様な燃料に対応可能なシステムの開発	f-cell 水素燃料電池関連海外情報収集(1)
C	定置用燃料電池システムの高硫黄濃度燃料への対応検討	既存の天然ガスパイプラインを使用した純水素供給時に不可欠な高硫黄濃度燃料に対応する低コスト燃料電池システム	f-cell 水素燃料電池関連海外情報収集(1)
D	多種アプリケーションに対応可能な FC モジュールの開発	FC モジュールのビジネスユニット化が進む中、世界のトップレベルの日本のエネファームと FCV の基幹部品である FC モジュールを進化させるため、定置用 FC モジュールの高出力密度化および FCV 用 FC モジュールの長寿命化の開発	ハーバーメッセ 水素燃料電池関連海外情報収集(3)

4.3 国際標準化動向調査による国際標準化方向性提案

4.3.1 世界各地域の国際標準化動向調査

4.3.1.1 IEC/TC105 にて保有又は制定中の規格の現状（活動報告）

IEC/TC105 が保有又は制定中の規格の中で特に 2021 年度に活動していた規格について、本事業期間内での国際標準化活動について報告する。

① IEC62282-3-100：定置用燃料電池システムの安全性

第 3 版への見直しを問う文書（文書番号：105/849/DC）が 2021 年 3 月回覧され、2022 年 8 月に TC105/MT201 にてメンテナンス活動が開始された。この文書に対するコメント審議が 10 月より月 1 回のペースで Web にて開催され、来年度も継続予定である。国内対応としては、JWG3（定置用燃料電池安全性分科会）にて行われ、本事業期間内で 13 回開催した。前回改正時に保留となった耐風試験の条件の追加や、国際規格対応 JIS（JIS C 62282-3-100）の Deviation 項目の国際規格反映等を目指している。なお、欧州から IEC62477-1（PECS の安全性）の取り入れや EU 指令（低電圧指令）とのハーモナイズ等が提案されており、日本への影響の有無等を慎重に議論し対応中である。

② IEC62282-3-201：小形定置用燃料電池システムの性能試験方法

TC105 内の LCA 関係の規格（IEC TS 62282-9-101）開発グループ（TC105/MT209）からの要請で、下記 2 件の新規項目をまとめた追補（AMD）作業を 2019 年度より TC105/MT203 にて開始した。

- Estimation of electric and heat recovery efficiency up to ten years of operation（寿命推定法）
- Electric demand following test（電力負荷追従運転時の性能試験方法）

2021 年 7 月に投票用委員会原案（CDV）文書（105/839/CDV）が承認され、2022 年 2 月 AMD 発行された。なお、AMD の審議中に 3-201 本文（液体燃料の測定方法及びバッテリーを有する場合の試験方法）の見直しが必要であることが明らかとなり、来年度よりメンテナンスを開始

予定である。国内対応としては、JWG4（定置用燃料電池性能分科会）にて行われ、本事業期間内で3回開催した。

③ IEC62282-3-202: EMSによる複数台制御における小形定置用燃料電池システムの性能試験方法

日本から2018年11月のTC105ミラノ会議で国際標準開発の提案を紹介した結果、TC105/ahG10として、2019年6月に新業務項目提案(NP)作成にむけた作業が開始された。国内対応は、JWG-AHG10（定置用燃料電池リモート制御分科会）にて行われ、本事業期間内で7回開催した。2021年9月にNP文書(105/874/NP)を発行し、投票数の2/3以上の賛成を得たが、当初は参加国が5ヶ国に達せず作業グループ(WG)設立が保留となった。最終的には、日本、中国、韓国、フランス、ロシア、スペインの6ヶ国参加で新規提案は承認された。そのため、ahG10は解散され、WG212が設立された。

小規模のコロニーなどを想定し、複数台の小形定置用燃料電池システム(エネファーム等)をEMS(Energy Management System)により運転制御し、電熱融通を行うことで、全体としての1次エネルギー削減を図るための燃料電池システムの性能試験方法開発であるが、各国からは時期尚早という意見が多く、各国専門家の審議参加・理解を得ながら、作業を進めた。

④ IEC62282-4-101: 産業車両用燃料電池の安全性

米国より内容の一部見直し提案があり、日本からもJIS原案審議を踏まえ見直しを提案し、第2版へのメンテナンス活動が2019年よりTC105/MT301にて開始された。改正案(105/832/CD)の各国コメント審議を2021年5月にWeb会議にて開催し、投票用委員会原案(105/859/CDV)の各国コメント審議を2022年2月Web会議にて開催した。国内対応としては、④～⑦までの審議はJWG6(移動体推進用燃料電池分科会)にて対応しており、本事業期間内で4回開催した。

⑤ IEC62282-4-102: 産業車両用燃料電池の性能試験方法

2020年11月に日本からJIS原案審議を踏まえ見直しを提案する文書(105/830/Q)を回覧した。この文書に対する各国コメント審議を2021年5月Web会議にて開催し、その結果、第2版へのメンテナンス活動が2021年7月よりTC105/MT302にて開始された。改正案(105/865/CD)に対する各国コメント審議を2021年11月Web会議にて開催した。現在投票用委員会原案(105/894/CDV)が各国回覧中である。国内対応としては、JWG6(移動体推進用燃料電池分科会)にて対応した。

⑥ IEC62282-4-202: 無人航空機用燃料電池システムの性能試験方法

中国から105/784/NPとして新規提案され、各国投票の結果、新規プロジェクトとして承認(2020年3月)された。国内では、関連するISO/TC20/SC16(Unmanned aircraft systems)の国内審議団体(日本航空宇宙工業会(SJAC)、日本産業用無人航空機工業会(JUAV))と連携して対応している。

2021年度にCDVの審議に進む予定であったが、コンビナ(中国)からの発信がなく本事業期間内には活動はなかった。

⑦ IEC62282-4-600: ショベル系掘削機用燃料電池ハイブリッドシステムの性能試験方法

韓国から105/729/NPとして「燃料電池と蓄電池のハイブリッドシステムの性能試験方法開発」が新規提案され、各国投票の結果、新規プロジェクトとして承認(2019年7月)された。その後、TC105内にて、他のTCとの競合を回避するため、Scopeにてexcavator(ショベル系掘削機)に焦点を当てることと決定された(2020年5月)。国内では、関連するISO/TC127(Earth Moving Machinery)と連携して対応している。

TC105/WG303にて議論が進められており、委員会原案(105/853/CD)の各国コメント審議を2021年5月にWeb会議にて開催し、投票用委員会原案(105/864/CDV)の各国コメント審議を2022年2月Web会議にて開催した。国内対応としては、JWG6(移動体推進用燃料電池分科会)にて対応した。

⑧ IEC62282-5-100: 可搬型燃料電池システムの安全性

メンテナンスの開始若しくはStability Date延長を問う文書(105/838/DC)が2020年12月に回覧されたが、コメントは1件のみであったため、現時点では見直し作業はしないことが決定された。

⑨ IEC62282-6-100: マイクロ燃料電池の安全性

IEC 62282-6-100の分冊シリーズ化が検討されており、2020年7月に下記3つの委員会原案(CD)文書が発行され、CDV段階へ進むことが決定されたが、2021年度はコンビナからの発信がなく本事業期間内の活動はなかった。

- Part 6-101: Micro fuel cell power systems - Safety - General requirements (105/807/CD)
- Part 6-106: Micro fuel cell power systems - Safety - Indirect Class 8 (corrosive) compounds (105/808/CD)
- Part 6-107: Micro fuel cell power systems - Safety - Indirect water reactive (Division 4.3) compounds (105/809/CD)

⑩ IEC 62282-7-2: SOFC用単セル・スタック性能試験方法

2019年よりIEC TS62282-7-2のIS化に向けたメンテナンス作業を開始した。CDV(105/786/CDV)に対して技術的なものも含め多くのコメントがあり、IS発行後速やかに第2版への改正作業を開始し、未審議コメントを審議することを条件に、2021年4月に最終国際規格案(FDIC、文書番号:105/847/FDIS)が承認され、ISが発行された。

国内対応としては、JWG11B(SOFC用単セル・スタック試験法分科会)にて対応しており、本事業期間内で3回開催し、第2版への改正作業に向けた審議を行っている。

⑪ IEC62282-8-301: 燃料電池利用エネルギー変換・貯蔵システム-メタン合成システム-性能試験方法

燃料電池システムの一つである再生可能エネルギー由来の余剰電力等を有効利用して水と二酸化炭素からメタンを生成するメタン合成システムの性能評価方法について、日本主導で国際標準化を目指している。2020年10月にNP(105/824/NP)を発行し、投票の結果可決され、WG211が設置された。2021年度はCD原稿を作成し、2021年10月にCD(105/880/CD)を回覧し、それに対するコメント審議を2月16日~17日に開催した。国内対応として、JWG13の傘下に「Power to methane性能試験方法規格作業会」を設置し、本事業期間内で6回開催した。

4.3.1.2 IEC/TC105にて新規提案規格

2021年10月27日~28日に開催されたIEC/TC105 Plenary会議にて、新規提案予定の規格の紹介と1つのahG設置の提案があった。

(1) フランス提案: 「Calculation of Rated Power and Power Density of a Stack」

燃料電池スタックの定格電力出力と電力密度の計算方法について規定する規格であり、Plenaryにて紹介された際、適応範囲がモジュールであればPart 2シリーズではないの

かといったコメントがあり、それを受けて、IEC 62282-2-200 として 2021 年 11 月に NP が正式に発行された。

(2) 韓国提案：「Performance test methods of Trigenation Fuel Cell systems」

トリジェネレーション燃料電池システムの性能試験方法について規定する規格であり、トリジェネレーションとして CCHP (Combined cooling, heat and power : Heat pump 接続による冷熱供給) システムと CHHP (combined hydrogen, heat and power : 未利用水素を抽出して水素供給) システムがあり両方とも範囲であるとの説明があった。Plenary 会議後特に進捗はない。

(3) 韓国新規提案：「Conditioning Monitoring and diagnostics of (residential) PEMFC systems」

PEMFC システムの状態監視と診断について規定する規格であり、Fuel Cell Health management system へ接続して、システムの故障診断や余寿命推定等を目的とし、すべての燃料電池発電システムが該当するという内容であった。規格を作成する上で根拠となるデータが示されるべき、セルに関するデータなどが重要と考えるが、内部データとされて外部へ開示されないのではないかといった意見があり、各国の意見は消極的であったように思える。Plenary 会議後特に進捗はない。

(4) 燃料電池の海上使用にむけた ahG の設置

TC105 議長から、近年の燃料電池技術関連の概要についてプレゼンがあり、その中で「maritime use of fuel cell (燃料電池の海上使用)」に関して規格作成を目指し ahG の設置をすべきとの提案があった。後日 ahG14 が設置され、現在メンバーを募集している段階である。

欧州からはスタックに着目した新規提案があり、これは、様々な移動体用のアプリケーションに対応された燃料電池モジュール化が進んでいることが起因しているのではないかと推測される。4.4.3 項でも述べるが、欧州では燃料電池モジュールの標準化を進めており、今後の動向を注視する必要があると感じる。また海上使用にむけた ahG の設置が決定され、移動体関連はすでに、建機(ショベル系掘削機)、無人航空機、鉄道といった規格開発が行われているが、来年度からは船舶関連も活動されることとなり、ますます移動体関連の国際標準化が活発になってくることが予想される。引き続き移動体関連の国内対応の体制を整備し対応していく方針とする。

4.3.2 IEC/TC105 にて保有又は制定中の規格に対する方向性提案

市場規模等の事業性も勘案して重視すべき国際標準化活動の絞り込みを行った。具体的には、事業視点での評価として、以下の点に着目した。

事業視点での評価項目：

- グローバル視点での前年の売り上げから市場規模
- 台数の伸び(率)または発電容量の伸び(率)から市場の拡大性
- 国内事業参集企業数や海外事業に参入している企業数から日本国内での事業の重要性
- 国家プロジェクト参画企業数から日本国内での事業の将来性
- 認証関連性・安全関連性・性能関連性、地域法律等で採用状況などから事業視点での規格の重要性

上記の評価を IEC/TC105 にて保有又は制定中の規格それぞれに対して評価し点数付けを行った。その結果、特に以下の規格が来年度に重視すべき規格として明らかとなった。

- MT208 : IEC 62282-8-201 : 燃料電池利用エネルギー変換・貯蔵システム性能試験方法
- WG211 : IEC 62282-8-301 : 燃料電池利用エネルギー変換・貯蔵システム-メタン合成システム-性能試験方法
- WG212 : IEC 62282-3-202 : EMS による複数台制御における小形定置用燃料電池システムの性能試験方法
- MT202 : IEC 62282-3-200 : 定置用燃料電池システムの性能試験方法
- MT203 : IEC 62282-3-201 : 小形定置用燃料電池システムの性能試験方法
- MT103 : IEC TS 62282-7-1 : PEFC 用単セル性能試験方法
- MT104 : IEC 62282-7-2 : SOFC 用単セル・スタック性能試験方法

4.3.3 日本の国際標準化方向性提案

4.3.1 項で得られた情報および国際標準化活動を基に TC105（燃料電池技術）の国際標準化の中長期の視点での活動の方向性の提案を行った。提案に先立って特に以下の 4 点のテーマに絞り、実際の国際標準の開発やメンテナンス活動における必要な対応について明らかとした。

- ① 系統の不安定さを補うためには電力需要に対しての燃料電池が対応できるかといった技術課題

4.2.1 項に記載の(6) f-cell 2021 にて脱炭素化に向けた再生可能エネルギーからの水電解装置を用いたグリーン水素の拡大がますます活発化していくことが明らかであった。近年再生可能エネルギーは気候の影響により系統の不安定さが問題になっていることから、そういった電力需要の問題にも燃料電池が対応できるかといった話について議論した。

本件の対象となる燃料電池のタイプについては、再生可能エネルギーという観点では余剰電力による水電解が有効であるため、純水素形定置用燃料電池に限定されるイメージではある。しかしながら、風力や太陽光の短時間の不安定はバッテリーで対応すれば良く、長周期的な不安定さ（PV 発電量が低い朝や夕方時間帯を補う）にはエネファームなどの燃料電池システム全般でも対応可能と考えるため、限定する必要はない。ただしカーボンニュートラルの動きもある中で、改質形のエネファームなどを天然ガスで運転するという動きが今後活性化されるのかがわからないのが現状である。

結論としては定置用燃料電池の燃料については限定せず、化石燃料も含めて検討をしていくことが決定され、既存の規格では、水素を燃料としたタイプについては、あまり議論がなされていないこともあり、今後の規格メンテナンスの際に考慮していくべきとの方針を提案する。

アグリゲーターが個別のシステムを制御するようなビジネスが今後動き出すと想定される。しかし課題がいくつかあり、解決して普及するまでには時間がかかる見込みである。アグリゲーションビジネスが活発化された際には、燃料電池と競合する機種は何になるのかといった議論も行った。特に競合製品はないが、燃料電池はやはりシステム価格が高く儲けがどれくらいであるのか判断できないため、アグリゲーションビジネスへの展開の足かせとなると見込まれた。

しかしながら系統の不安定さを賄うための VPP など価値を訴求していかないといけないため、メーカとしてはそういった分野に踏み込んでいくべきとの意見が多かった。系統の不安定さを補うためには電力需要に対しての、燃料電池が対応できるかといった技術課題はあるが、日本の負荷追従に対する技術は高い。そのため VPP 関連の規格を日本から提案するのは意味があるとの見解に至った。

各分散電源装置は、インターフェースが規格化されており、そこに上位の EMS 等から指示を出すというものであれば、TC105 側がメインで動くとしても、他の TC などとリエゾンを組む必要がある。個々の分散電源は単体で完結して、運用ができる仕組みとなっており、そういう装置がいろいろあるというイメージ通信のプロトコルは、現状、サイト、業界等により、様々なものがあり、個別対応に近い状況である。ネットワークに接続された燃料電池システムに関する運転プロトコルについて、国際標準化の検討を行う方針を提案する。

② 業務産業用システムに関する国際標準のニーズ

IEC 62282-3-100（定置用燃料電池システム安全性）及び IEC 62282-3-200（定置用燃料電池システム性能試験方法）は、すべての種類の燃料電池を対象としているが、元々はりん酸形を想定して規格が作成され、改正を重ね、純水素タイプも考慮されているという現状である。今後水素社会が実装されていく中で、業務産業用（大形）システムに関して今の規格体系でよいのか見直す必要はあると考え、それについて議論した。

現状の業務産業用システムは、標準化というより、顧客のニーズで 1 対 1 で仕様を決めるやり方が主流である。例えば欧州では CE マークに準拠しなくてはならない。また韓国では日本の JIS に準拠すれば問題ないといった事例もあり、各国でばらばらである。小形燃料電池システムでも共通の問題かもしれないが、欧州では部品認証の考え方が一般的であり、部品を CE マーク品に交換して輸出しなければいけない。そのため、現状の規格の見直しよりも、今後欧州の部品認証の考え方が標準化に盛り込まれる方が、今後懸念すべき課題であるといった結論となった。

そのため、業務産業用システムに関しては明確な国際標準の戦略となる様な項目が抽出されなかった。

また 4.2.1 項に記載の(2) DOE Annual Merit Review や(3) WHTC で得られた今後の水素価格の予想推移などを参考にし、業務産業用システムの市場拡大に向けた課題についても議論した。業務産業用システムの競合機種は、ガスタービンや水素エンジンが考えられ、やはり製品自体のコストの面が大きな問題である。発電効率の面では燃料電池は高いため燃料電池の差別化はできるが、製品自体が安くなると普及は難しい。低コスト化の技術開発は難しく、量産効果の低コスト化は期待はできるが、大幅な製造数増加が見込めない中では、量産効果によるコストダウンは厳しいという意見もあった。水素価格については、純水素形定置用燃料電池で使用する水素は、水素ステーション用の水素ではなく、サプライチェーン上流の水素を使うことを考えるべきであるとの意見があり、今年度収集した情報では、定置用に関する情報がかなり少なく、移動体関連の水素価格の情報がメインであったため、定置用に関する検討が難しいとの結論に至った。

③ 欧州を中心に天然ガス配管に水素を一定量混入していくという動き

4.2.1 項に記載の(6) f-cell 2021 から、水素を輸送するのに既存の天然ガス配管の利用を計画しているが、その場合、末端の利用者が取り出す際に、天然ガスの付臭剤の硫黄成分が混入することが指摘されており、供給水素中の硫黄成分の許容量を規格化することが検討されているとの情報があった。また、Bosch では、3つのプロジェクト（車載用 PEFC、定置用 SOFC、水素ボイラ）の研究開発を行っており、複数の燃料組成に対応可能としているフレキシブルシステムは CeresPower の技術を用いた定置用の低温 SOFC が該当し、2024 年の販売を目指しているとの情報も得られた。多種燃料対応については、実現可能であれば興味深いだが、詳細な説明なく、具体的な情報は得られなかった。一般には SOFC では H₂ 燃料では熱バランスが崩れてしまうと考えられるため、今後も継続してどのようなシステムが注視する必要がある。

4.2.1 項に記載の(8) 水素燃料電池関連海外情報収集(1)からも天然ガス配管への水素注入に関する情報が得られた。

以上のことから、カーボンニュートラルに向けた水素活用が更に加速し、その水素価格の低減に向けて様々な形態による水素が使用され、燃料電池も製品として変化をしていくと予想される。燃料電池の国際標準(IEC62282 シリーズ)の観点では、メタン、プロパン、メタノールなどを改質して水素を使用することが前提としたものに加え、燃料の種類としても水素は含まれているが、不純物の無い水素を前提としている。

このような水素活用の多様な動きに応じて、現在の燃料電池の国際標準が対応できるのかを見直す時期に来ており、燃料電池技術で世界をリードする日本が積極的に提言していくことが望ましいと考えるに至った。

1) 天然ガス配管への水素混入対応

欧州では天然ガスに水素を混入しながら、最終的に 100%水素に切り替えていく動きがあり、燃料電池もそれに対応する商品開発が進むものと思われる。現在の規格では燃料としてメタン、プロパン、水素など様々な単一の燃料を想定した規格体系になっているが、天然ガス～水素などガス成分が変化することは想定していない。

例えばメタンを燃料とする場合と純水素を燃料とする場合では、発電効率は大きく変化する可能性がある、また、燃料の変化に応じて、機器内部のガス経路などの切り替えが必要な場合も想定される。従って、上記水素混入の動きに合わせて、現在の安全性や性能評価の規格を見直す検討が必要ではないかとの結論に至った。具体的には、仕様に合わない燃料が導入された場合に、安全に停止することが必要であるため、既存規格の内容を確認し、メンテナンスが必要か確認する方向を提案する

2) ガスグリッドを活用した水素輸送における水素品質の変化対応

水素を安価に輸送する手段として、ガスグリッド(天然ガス配管)を活用することは、たとえ水素が再生可能エネルギー由来の純度の高いものであっても、長年使われたパイプラインから硫黄成分などの不純物が混入し、燃料電池に重大な影響を与える可能性がある。従って、純水素燃料電池であっても脱硫機能を設けることも想定をされる場合がある。

しかし、水電解装置から製造された水素をそのまま使用する場合は、脱硫機能は不要であることから、脱硫装置は燃料電池と分離したものになると予想される。現在の燃料電池は脱硫装置を備えたもの、備えないものの両方があるが、一つの燃料電池において脱硫装置の有無は想定しておらず、規格の適用を含め議論が必要ではないかとの結論に至った。

④ 移動体関連について

近年の移動体関連の情報を基に議論した。移動体関連については本調査ではあまり情報は得られなかったため、インターネットから収集した情報も加味して議論した。

4.2.1 項に記載の(1) Hannover Messe からより、移動体のような様々なアプリケーションに対応するため、小形燃料電池モジュールが製品として出てきているとの情報があつた。このような燃料電池モジュールとして販売する際には、既存規格の中で適したものはない。例えば、IEC 62282-2-100 (モジュール安全性) という規格はあるが、これは燃料電池のスタックモジュールのみを対象としており、補機等も含めた燃料電池モジュールとは異なる。そのため、そういった燃料電池モジュールを一つの製品として考えた際の規格を作成する必要があるとの結論に至った。また、一つのパッケージとして考えた際、通信も含めて互換性の観点で規格が作成できないのかを考えることも重要である。モジュールの定義が、IEC 62282-2-100 (モジュール安全性) の定義と異なることから、用語についても今後定義していく必要がある。

欧州では StasHH というプロジェクトの中で、多様な車両（船舶含む）に、プラグアンドプレイ的に適用できる標準仕様を検討中であり、周辺機器を含めての燃料電池モジュールの標準化を掲げており、乾電池の事例のように、サイズやインターフェース、試験方法等を規格化し、各種のメリットを享受しようという活動計画である。本プロジェクトの成果を基に、FCモジュール標準化による多様なアプリケーションへの展開が加速化され、また欧州から国際標準化への提案が出てくることが予想される。一方で、日本ではこのような燃料電池モジュールの規格化の動きはない。今後の欧州の動向を注視しつつ日本としての対応を考えていかなければならない。

⑤ その他

上記 4 つの観点での議論の他にも以下の様な意見があった。

環境性能という視点で、Life Cycle Assessment (LCA) の標準化は燃料電池が先行している。既存の IEC TS 62282-9-101 及び 9-102 の LCA 関連規格に関して、検証や確認は必要である。

国際標準化は、性能試験法とか客観的に議論できるのはまとめやすいが、安全規格の場合は、各国で考え方が違う。例えば欧州と日本とでは、設置環境屋内設置の違い（屋内設置・屋外設置）や、部品認証とシステム認証といったの考え方の差異が異なる。そのため、国際標準とするのが厳しいと考えられる。技術は日本としての強みであるため、性能試験方法に重きを置いた方が日本にとって強みが生かせる。

以上をまとめると、以下の 3 項目を国際標準化方向性提案として重視すべきものと位置づけた。

A. 水素混合燃料および純水素燃料を想定した既存規格の改正

TC105 の定置用燃料電池システム関連の国際標準は、スコープには各種燃料を記載しているが、化石燃料を使用するシステムを前提に開発されている。このため水素混合燃料および純水素燃料を想定すると規格内容の改正が必要とされる箇所が認められるため燃料電池システムの技術仕様を明確にした上で、安全要件および性能試験法に係る規格内容の修正作業のイニシアティブを取る。

B. 燃料電池モジュールの規格化

欧州で燃料電池モジュールの規格化（StasHH）が開始されているため今後の動きをタイムリーに調査・分析し、Heavy Duty Sector 以外のアプリケーションにフォーカシングして日本が保有する技術を核に優位に規格化を進めるための新規国際規格対象を早期に絞り込む。

C. 部品規格化

各分野の企業との議論の結果現時点では、以下の方向で国際規格化を検討する。

- ・ 部品規格の検討対象は、ロードビークル業界では、部品認証はそぐわないとの結論からロードビークル以外の用途とする。
- ・ 部品規格の開発は、一般的には IEC TC105 で扱う規格ではないが、日本がリードする燃料電池システム（エネファーム、FCV）に適用されている部品（BOP）は、同様に世界をリードするレベルにあるため、まずはエネファームに適用されている部品について TC105 内で規格化できるスキームを確立すべく国際標準化戦略の検討を開始する。

5 結言

本事業では世界各地の様々な情報を収集し日本が保有する燃料電池技術を効率良くグローバル展開していくために、主要な市場となりうる地域での、市場が要求する技術仕様を把握し、それらの結果を踏まえて調査結果を分析・整理し、日本が保有する燃料電池技術を効率良くグローバル展開していくために、今後日本が取り組むべき技術開発動向を明らかにすることを目標とした。また、関連国際規格の開発状況を調査し燃料電池分野の最新情報を収集し、FCVを除く燃料電池国際標準化に関連して、日本企業が燃料電池分野での技術的国際優位性を保持したまま燃料電池関連ビジネスをグローバル展開するため、燃料電池国際標準化の方向性について提案を継続的に行っていくことを目標とした。

世界各地の要求仕様調査では、国際会議や展示会での情報収集や調査会社を使った情報収集を通して、世界各地の燃料電池に要求される技術仕様や、世界の燃料電池技術動向に関する情報を収集することができた。さらに、調査結果を分析・整理し、各地域で必要とされる燃料電池の技術仕様と技術的な課題を抽出し、その中から、市場規模等の事業性も勘案し重視すべき技術開発項目を絞り込みを行った結果、海外展開に向けた技術開発の方向性として、定置用燃料電池システムの燃料多様化への対応検討、定置用燃料電池システムの高硫黄濃度燃料への対応検討、定置用燃料電池システムの長寿命化検討、多種アプリケーションに対応可能な FC モジュールの開発の 4 項目を提案するとの結論に至った。

国際標準化動向調査では、IEC/TC105（燃料電池技術）分野における活動を通して、国際標準化動向調査に関する情報収集を行うことができた。その国際標準化活動から、3.4.1 項により収集された情報及び市場規模等の事業性も考慮して IEC/TC105 が制定済もしくは制定中の各規格に対して、重視すべき国際標準化活動の絞り込みを行い、来年度特に重視して活動すべき規格について明らかとした。

また、世界各地の要求仕様調査結果も含めて、中長期的視点で今後の日本の国際標準化方向性として、水素混合燃料および純水素燃料を想定した既存規格の改正、燃料電池モジュールの規格化、部品規格化の 3 項目を提案するとの結論に至った。

本調査事業を通して、移動体関連の情報や水電解等の関連分野も含めて燃料電池に関する幅広い最新の世界の燃料電池技術動向情報を入手することができた。そして今後日本が海外展開していく上で、注視すべき技術開発項目や国際標準化項目を明らかとした。しかし本調査事業では、項目を明らかとしたままであり、それぞれの項目に対する具体的な方向性提案には至っていない。今後も関連する最新情報を入手しつつさらに深い情報を入手し、各技術開発項目や国際標準化項目にして詳細な必要がある。

6 研究発表・講演、文献、特許等の状況

(1) 研究発表・講演

発表者	所属	タイトル	雑誌名・学会名・イベント名等	発表年 月
-----	----	------	----------------	----------

該当なし

(2) 論文

発表者	所属	タイトル	雑誌名・学会名・ イベント名等	ページ番 号	発表年 月
-----	----	------	--------------------	-----------	----------

該当なし

(3) 特許等（知財）

出願者	出願番号	国内・国外・PCT	出願日	状態	名称
-----	------	-----------	-----	----	----

該当なし

(4) 受賞実績

発表者	所属	タイトル	雑誌名・学会名・イベント名等	発表年 月
-----	----	------	----------------	----------

該当なし

(5) 成果普及の努力（プレス発表等）

発表者	所属	タイトル	雑誌名・学会名・イベント名等	発表年 月
-----	----	------	----------------	----------

該当なし

契約管理番号：	20002518-0
---------	------------

添付資料

- 資料 1-1 調査報告書 (Hannover Messe 2021)
- 資料 1-2 調査報告書 (DOE Annual Merit Review)
- 資料 1-3 調査報告書 (World Hydrogen Technologies Convention + f-cell)
- 資料 1-4 調査報告書 (European Fuel Cell Forum)
- 資料 1-5 調査報告書 (SOFC17(Electrochemical Society))
- 資料 1-6 調査報告書 (f-cell 2021)
- 資料 1-7 調査報告書 (IEA TCP AFC Annex33)
- 資料 1-8 調査報告書 (FC-EXPO2021)
- 資料 1-9 調査報告書 (FC-EXPO2021 秋)
- 資料 2-1 調査レポート (水素燃料電池関連海外情報収集(1)) [非公開資料]
- 資料 2-2 調査レポート (水素燃料電池関連海外情報収集(2)) [非公開資料]
- 資料 2-3 調査レポート (水素燃料電池関連海外情報収集(3))

添付資料 1-1

調査報告書

Hannover Messe 2021

2021 年度 海外技術調査報告書

- HANNOVER MESSE 2021 -

作成：東芝エネルギーシステムズ（株）坂田悦朗

1. 事業名	燃料電池システムの海外展開に係る要求仕様調査及び国際標準化動向調査
2. 団体名	一般社団法人 日本電機工業会
3. 参加目的	HANNOVER MESSE 2021 での情報収集
4. 参加者	坂田 悦朗 (東芝エネルギーシステムズ)
5. 調査先	HANNOVER MESSE 2021 (デジタル版)

6. 日程

2021 年 4 月 12 日(月)～16 日 (金) ※オンライン対応

7. 概要

7.1 背景と目的

NEDO 委託調査事業「燃料電池システムの海外展開に関する要求仕様及び国際標準化動向調査」において、欧州を中心とした世界各国の企業・団体の燃料電池開発の現状、開発方向性等について調査、情報収集することを目的とし、HANNOVER MESSE 2021 (デジタル版) に参画した。

7.2 HANNOVER MESSE 2021 の全体概要

ドイツ・ハノーバーで開催される世界最大の産業見本市。開催期間は 21/4/12～4/16 の 5 日間で、コロナの影響によりオンライン開催となった。展示ブース毎に動画が準備されており、開催期間後も確認できるようになっている。また、開催期間中の限られた時間にて、チャットを活用した双方向の質疑応答ができるブースも見られた。

参考情報；

2019 年の規模

全体では、75 以上の国と地域から 6500 以上の企業、団体の展示があり、215,000 人以上が来場。全体展示スペースは約 200,000m² *1。国別では、ドイツに続き、中国からの出展が 2 番目に多く、日本からは 82 の企業・団体が出展された。

*1:ハノーバーメッセ発表情報

※2020 年はコロナ影響により中止。

資料 1-1 調査報告書 (Hannover Messe 2021)

7.3 燃料電池関連 調査対象と展示概要

本WGの調査対象については、全展示企業から、キーワード検索“fuel cell”により調査対象企業を一次抽出した上で、実際に展示ブースを確認し、燃料電池関連 38 件を調査対象として下表に整理した。

備考：一次抽出：検索キーワード“fuel cell”で 995 件ヒット、内、Exhibitors (168)
168 件を実際に確認し、燃料電池関連として 38 件を抽出。

No	分類	会社名	国	概要	会社情報	動画リンク
1		Nuvera Fuel Cells	US, EU, China	45kW, 59kW DC モジュール	https://www.nuvera.com/	https://youtu.be/Sw4ZlJbPLc
2		Loop Energy	Canada	30kW, 50kW DCモジュール	https://loopenergy.com/	https://youtu.be/hjePS5T0MBI
3		SFC Energy	Germany	ホーダブルDMFC	https://www.sfc.com/en/	https://youtu.be/OwJRn3toX_U
4		Toyota Motor Corporation	JAPAN	FCモジュール 60kW, 80kW	https://global.toyota/en/	https://youtu.be/nUf7UyKTRAY
5	system	AVL List	Austria	SOFC CHP system in the 5kW range	https://www.avl.com/7aviregion=GLOBAL&groupId=10138&lang=en_US	
6		myFC	Sweden	FC2バッテリーを組み合わせたシステム提案	https://www.myfc.se/	https://youtu.be/SWwNuM5WzLo
7		Axane / Air Liquide	France	M-Stack240:40kWFEモジュール、C-Stack 260 cm2, 10~100 kW 4kW/L, 2kW/kg	https://energies.airliquide.com/about-us/axane https://energies.airliquide.com/engineering-design-and-development	https://youtu.be/N6C6q_U0Zas
8		stack	Advent Technologies Inc.	USA	Our technology applies to electrification (fuel cells) and energy storage (flow batteries, hydrogen production) markets, which we commercialize through partnerships with Tier1s, OEMs, and System Integrators.	https://www.advent-energy/
9		BOP	IES	Italy	https://loopenergy.com/eflow-fuel-cell-technology/	https://youtu.be/A0c6vBjCbG
10		zeltwanger	germany	製造	https://www.zeltwanger.de/en/	
11	BOP	FISCHER Fuel Cell Compressor	Switzerland	コンプレッサ-メーカー、FCモジュール適用を想定	https://fischer-fuelcell-compressor.com/en/	https://youtu.be/vZPhkMnoOQ
12		Celeroton	Switzerland	コンプレッサ-メーカー	https://www.celeroton.com/en.html	https://youtu.be/1aML13xygR4
13		Pressure Tech	UK	regulator	https://www.pressure-tech.com/	https://youtu.be/OaZWnxKU72o
14		Seitz	Switzerland	商品としてバルブを扱っている	https://www.seitz.ch/en/home.html	
15		Busch, Dr.-Ing. K.	Germany	コンプレッサ-、ポンプ	https://www.buschvacuum.com/jp/ja	https://youtu.be/aTG67Ntjus0
16		Combined Energies	USA	DC to DC converter	https://combined-energies.com/	https://youtu.be/O47AS8mgjes
17		Turbowin	Korea	コンプレッサ-		https://youtu.be/EZQa3Yu3t-o
18		Staiger	Germany	バルブ	https://www.staiger.de/en-us	
19		PDC Machines	USA	コンプレッサ-	https://www.pdcmachines.com/	https://youtu.be/oK2TDzcf4
20		Bosal Energy Conversion Industry	Germany	熱交換器などのBOP	https://www.eci.bosal.com/	https://youtu.be/arStLHK7FO8
21		MHA ZENTGRAF	Germany	バルブ類	https://www.mha-zentgraf.com/en/	https://youtu.be/7Augdx3DYB4
22		RIX Industries	USA	コンプレッサ-	https://www.rixindustries.com/about	https://youtu.be/MExwMTxGQuo
23	SPiR STAR	Germany	バルブ、ホース等	https://www.spirstar.de/en/home		
24	TRAFAG	Germany	センサー類 圧力計、温度計 など	https://www.trafag.com/de/	https://youtu.be/fboekLxWPA	
25	VAIREX air systems	USA	コンプレッサ-	https://vairex.com/		
26	AD VENTA	France	圧力リリーフバルブ、圧カススイッチなど	http://www.ad-venta.com/fr/	https://youtu.be/4V-Nmzw-TgA	
27	Fraunhofer	Germany	metallic bipolar plates開発	https://www.fraunhofer.de/	https://youtu.be/324Lj3UXKX0	
28	材料	Ames Goldsmith Ceimig	UK	electrocatalysts開発 which are used in PEM Fuel Cells and Electrolyzers	https://www.ceimig.co.uk/	
29		Borit	Belgium	metal plates for Fuel Cells and Electrolyzers	https://www.borit.be/	
30		Dana	USA	Metallic Bipolar Plates	https://www.dana.com/	https://youtu.be/et68izYCf6g
31		HyPlat	South Africa	MEA	http://www.hyplat.com/	
32		Takaishi Industry	JAPAN	リング	https://takaishi-ind.co.jp/english/	https://youtu.be/26EABDnftQ
33		Heraeus Deutschland	Germany	PEM電極触媒	https://www.heraeus.com/en/hc/h/about_heraeus_chemicals/about_heraeus_at_a_glance_hch/about_heraeus_chemicals_page.html	
34		elringklinger	germany	セパレータ	https://www.elringklinger.de/de	
35		dana incorporated	usa	セパレータ	https://www.dana.com/	
36	FPS	NOVOROCS Technologies	USA	FPS NOVOROCS Technologies offers standard and customized reformer products.	http://www.novorocs.com/	
37		NOW	Germany	NOW is the National Innovation Programme for Hydrogen and Fuel Cell Technology (NIP).	https://www.now-gmbh.de/wp-content/uploads/2021/04/NOW-Jahresbericht-2020.pdf	
38		組織	Canadian Hydrogen and Fuel Cell	Canada	The Canadian Hydrogen and Fuel Cell Association (CHFCA) is a national, non-profit association that supports Canadian companies, academia and research agencies that are developing, demonstrating and deploying hydrogen and fuel cell products and services in Canada and overseas.	https://youtu.be/RxwcGduXq74

資料 1-1 調査報告書（Hannover Messe 2021）

その他、上記 168 件中、水素関連技術として 11 件を抽出し、下表に整理した。

No	分類	会社名	国	概要	会社情報	動画リンク
1	other	Hexagon Purus	Germany	タンクなどの水素貯蔵技術	https://hexagongroup.com/hexagon-purus/	https://youtu.be/RgPBRYH-6XM
2	other	Framatome	Germany	EPC for customer-specific 35 & 70 MPa hydrogen refueling stations.	https://covalion.net/	
3	other	Kawasaki Heavy Industries	JAPAN	水素貯蔵、輸送など	https://global.kawasaki.com/en/corp/profile/index.html	https://youtu.be/egH9DV5VqQI
4	other	NPROXX	Netherlands	タンクなどの水素貯蔵技術	https://www.nproxx.com/	
5	other	Rouge H2 Engineering	Austria	水素製造装置	http://www.rgh2.com/	https://youtu.be/X1w-3FCZH2g
6	other	Vitkovice Cylinders	Czech Republic (チェコ)	タンクなどの水素貯蔵技術	https://www.cylinders.cz/cs/	https://youtu.be/s6c4dRedrXQ
7	other	Steelhead Composites	USA	水素タンク		https://youtu.be/8WDZ8Uy0DUw
8	other	Steelhead Composites	USA	水素タンク	https://steelheadcomposites.com/	
9	other	HAFFNER ENERGY	France	バイオマスから水素製造	https://www.haffner-energy.com/about-us/?lang=en	https://youtu.be/MREgsh3pgKE
10	other	Hiperbaric	Spain	高圧機器開発	https://www.hiperbaric.com/en/about-us/who-we-are/	https://youtu.be/GjHv30FaCaI
11	other	P2X (Power-to-X)	Germany	ドイツP2X PJ	https://www.kopernikus-projekte.de/projekte/p2x	https://youtu.be/IKdN48Uu2JA

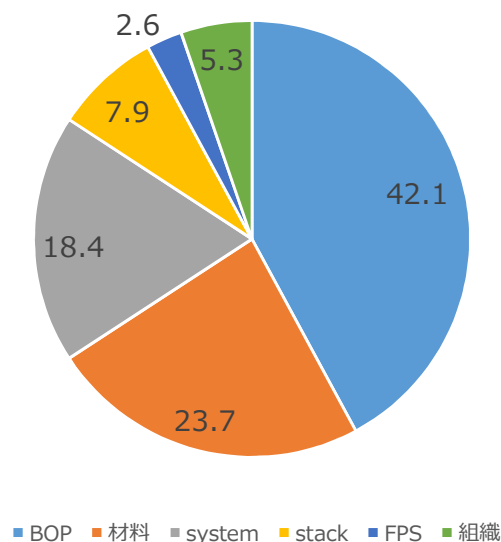
展示概要

分類 “BOP”および“材料”が過半数以上（約 68%）を占めており、2019 年度の展示では見られなかった DC モジュール用途を想定したコンプレッサーメーカーの展示が複数見られた。

また、分類 “システム”は 7 件抽出されたが、いずれも DC モジュールユニットの展示であり、CHP ユニットの展示はなかった。いずれも、Heavy duty 用途等の移動体向けへの搭載をメインターゲットとしている。

その他、オンライン出展であることも影響してか、2019 年度と比較し、米国企業の出展が増えていた。

燃料電池関連 分類別展示割合（%）



7.4 考察

Heavy duty 用途等の移動体向けへの搭載を目的とした燃料電池 DC モジュールおよびモジュール搭載を想定したコンプレッサーメーカーの展示が複数見られ、燃料電池 DC モジュールのニーズが高まっている様子が確認された。

資料 1-1 調査報告書（Hannover Messe 2021）

APPENDIX:水電解装置関連の展示概要

全展示企業から、キーワード検索“electrolyser”により調査対象企業を一次抽出した上で、実際に展示ブースを確認し、水電解装置関連 8 件を調査対象として下表に整理した。

備考：一次抽出：検索キーワード“electrolyser” Exhibitors (27)

27 件を実際に確認し、燃料電池関連として 8 件を抽出。

No	分類	会社名	国	概要	会社情報	動画リンク
1	PEM	elogen	France	Elogen will supply E.ON with a 1MW containerized electrolyser with a production capacity of 200 m3 of hydrogen per hour	https://elogenh2.com/	https://youtu.be/XEz6eeMrPZk
2	Alkaline	John Cockerill	Belgium	Alkaline Electrolyser 1000 Nm ³ /h 5000 kW	https://h2.johncockerill.com/en/	
3	PEM	PERIC	China	PEM-type H2 generator, a kind of green hydrogen	http://www.peric718.com/	
4	PEM	ITM Power	UK	HGas is designed specifically for Power-to-Gas	https://www.itm-power.com/	
5	AEM	Enapter GmbH	Germany	Electrolyser EL 2.1 500 NL/hr	https://www.enapter.com/	
6	PEM	H-TEC Systems	Germany	H-TEC SYSTEMS develops and produces innovative PEM electrolysers and electrolysis stacks.	https://www.h-tec.com/	https://youtu.be/sp9ZDTreyhg
7	AEM	H2 Core Systems	Germany	OEM ENAPTERのAEMを主に扱う	https://www.h2coresystems.com/	
8	水素製造	Next Hydrogen	Canada	水電解タイプ不明 100,300,500Nm ³ /h	https://nexthydrogen.com/about/	https://youtu.be/nLeHQdglWZw

PEM 水電解 4 件、アルカリ水電解 1 件、AEM 水電解 2 件が展示されていた。

※2019 年度の水電解装置関連の展示数と比較すると、若干減少している印象。

以上

添付資料 1-2

調査報告書

DOE Annual Merit Review

2021 年度 海外技術調査報告書

- DOE Annual Merit Review 2021 -

作成：パナソニック 橋本 登

1. 事業名	燃料電池システムの海外展開に係る要求仕様調査及び国際標準化動向調査
2. 団体名	一般社団法人 日本電機工業会
3. 参加目的	DOE Annual Merit Review 2021 での情報収集
4. 参加者	橋本 登(パナソニック)
5. 調査先	DOE Annual Merit Review 2021 Web 開催

6. 日程

2021 年 6 月 8-9 日 に Web 開催

7. 概要

聴講、資料のダウンロードともに無料

本報告会は、DOE プログラムの成果報告会。

今回は Fuel Cell Technologies と Systems Analysis/Technology Acceleration のセッションから事業よりと思われる報告を聴講したが、燃料電池はアプリケーションについての情報はほとんど得られず、Heavy duty Track にフォーカシングした研究開発成果の発表であった。

DOE プログラムには高額なプロジェクト費が充てられていることもあり、本 NMR は北米での研究開発の最新レベルを知るには非常に有効である。

また発表資料はほぼアップされているので、情報活用上有効である。

2021 年 6 月 8 日

TA030 Demonstration of Integrated Hydrogen Production and Consumption for Improved Utility Operations

PI: Monjid Hamdan, VP of Engineering – Electrolyzers Presenter: Adam Paxson, Program Manager – Electrolyzers DOE Project Award #DE-EE0008851

本発表は、NEDO 事業の範囲外と考えられるが、周辺情報として取得した。

本プロジェクトは、水素製造と消費に関する 3 年間のプロジェクト (2020 年 5 月に開始)

発表は、ほぼ資料にそったものであったので、以下を参照のこと。(TA030)

https://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/review20/ta030_hamdan_2020_p.pdf

以下特記事項を記載する。

去年はレビュー対象ではなかった。

Integrated system は、350 Bar での提供をベースとしている。

消費サイドでの問題は、フロリダでの FCV の普及が制約されていることとしている。

Plug Power 社は、電解装置、圧縮機と燃料電池システムを提供している。

今回は、プロジェクト推進経過の報告であった。

2021 年 6 月 9 日

FC339 M2FCT: Million Mile Fuel Cell Truck Consortium

Adam Weber より

本発表も詳細なスライド (77 ページ) に基づいておこなわれており、添付資料を参照すれば必要な情報は得られる。

https://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/review21/fc339_weber_2021_o.pdf

寿命目標 : 25,000 h at 2025, 30,000h at 2030

コンソーシアムは、MEA プロジェクト、電解質膜プロジェクトとスタックプロジェクトで構成されている。

それぞれのパートナーシップは、P9 参照のこと

ロスアラモス研中心に進められている

スタック運転条件は、定格出力 (275kW by 4stacks) 、2.5 気圧 87-95℃、660-700mV

クラス 8 の標準運転条件で評価

Durability の確保を最大の課題として研究開発中

P 3 0 より発表者が、Rod Borup にかわる

主に触媒の耐久性に与える影響を報告

ロール to ロール法によって作成された MEA の性能評価

P30 AST ; 触媒の寿命加速のために運転温度を 90℃ (ポテンシャルサイクルは 0.65V~0.925V 間)

現時点では、light duty と heavy duty で AST プロトコルに変更は加えず実施可能と考えている。

FC337 Cummins PEM Fuel Cell System for Heavy Duty Applications

Darren Hickey より (Cummins Inc.)

現在当該プロジェクトを提案中とのこと

Cummins 社のパートナー : GE Fuel Cells(US) SOFC 技術, Hydrogenics(Canada)

HD30 (水電解用) , Loop Energy(Canada),
NPROXX(JV Germany)

開発目標 : 寿命 25,000 h , 運転温度 100℃以上 (HT-PEM を使用するものと思われる) メンブレンは、W.L.Gore 社、セパレーターはカーボン製
High プレッシャータイプのスタック
ピーク効率 68%
システムコスト 80 ドル/kW

プロジェクトの開始は、TBD とのこと

プロジェクト期間 ; 3 年

プロジェクトパートナー ; Hydrogenics, アルゴン国立研、Gore 社 (HT-PEM 用) 、Dana 社
(セパレーター) , CTT 社 (エア-コンプレッサー)

高温運転は非常に重要 ; コンパクト化、冷却システムのコストダウン
高効率化 (活性ロスの低減)
CO 耐性アップ

HT-PEM についての質問あり

- ・100℃以上での運転は、定格か間欠運転か? → 間欠運転 (トランジエントで)
- ・ドライブサイクルデータを集めているところ
- ・通常運転温度を、80℃~90℃に上げたいとのこと
- ・高温運転は、触媒の寿命にも影響するのでチャレンジアブル
いわゆる HT-PEM ではないかもしれない?

FC338 Domestically Manufactured Fuel Cells for Heavy-Duty Applications

John Lawler (Plug Power)より

Heavy duty ; バックアップパワーとしてのディーゼルエンジンの代替市場/定置用を対象にしている
本プロジェクトもまだ開始されていない

目標

寿命 ; 25,000 h

Pt 担持量 ; 0.2-0.3 (mg/cm²)

発電効率 ; 68-72%

資料 1-2 調査報告書 (DOE Annual Merit Review)

Characteristic	Units	Targets for Class 8 Tractor-Trailers	
		Interim (2030)	Ultimate ⁹
Fuel Cell System Lifetime ^{1,2}	hours	25,000	30,000
Fuel Cell System Cost ^{1,3,4}	\$/kW	80	60
Fuel Cell Efficiency (peak)	%	68	72
Hydrogen Fill Rate	kg H ₂ /min	8	10
Storage System Cycle Life ⁵	cycles	5,000	5,000
Pressurized Storage System Cycle Life ⁶	cycles	11,000	11,000
Hydrogen Storage System Cost ^{4,7,8}	\$/kWh (\$/kg H ₂ stored)	9 (300)	8 (266)

	2019 Status	Interim (2030)	Ultimate (2050)
Net Fuel Cell System Power [kW]	308	270	240
Peak Power Conditions			
Cell Voltage [volts]	0.769	0.769	0.769
Power Density [mW/cm ²]	840	840	840
Pressure [atm]	3	2	1.3
Total Catalyst Loading [mg Pt/cm ²]	0.4	0.3	0.25
Air Compressor	Centrifugal	Centrifugal	Centrifugal
Exhaust Gas Expander	None	Radial Inflow	None

用途は、トラックやマリ、トレインへの展開も視野に入れているとのこと
本プロジェクトは、スタックの開発にフォーカシングされている。

- ・トラック用途には、振動試験も不可欠
- ・寿命 25,000 h の達成はチャレンジブルと述べている

また Plug Power 社は 2024 年に 85 トン/日の水素製造を計画している。HRS も拡大予定

セパレータのコーティングについて ; 金属セパへの長寿命コーティングを考えているが詳細は答えられな
いとのこと

添付資料 1-3

調査報告書

World Hydrogen Technologies Convention + f-cell

2021 年度 海外技術調査報告書

- WHTC_f-cell 2021 -

作成：パナソニック 橋本 登

1. 事業名	燃料電池システムの海外展開に係る要求仕様調査及び国際標準化動向調査
2. 団体名	一般社団法人 日本電機工業会
3. 参加目的	World Hydrogen Technologies Convention + f-cell での情報収集
4. 参加者	橋本 登(パナソニック)
5. 調査先	World Hydrogen Technologies Convention + f-cell Web 開催

6. 日程

2021 年 6 月 21-23 日 に Web 開催

登録料 ; Total 1,297.8 カナダドル (約 116,800 円)

7. 概要

WHTC は、名のごとく Hydrogen Technologies に関する国際会議で、カナダで毎年開催されていることもあり、カナダ色の強い国際会議であった。

今回の参加の目的は、水素利用の観点で燃料電池関連の情報の収集を狙うとともに今後の情報収集の対象として本国際会議の評価を行うことである。

発表資料はほとんどアップされていなかったが、国際会議終了後 すべてのセッションのビデオプログラムが 90 日間視聴できるシステムとなっており有効であった。

今回の会議参加者については、開催者からの情報で 36 カ国 462 人。

実際のビデオ会議への参加者は 50 人前後、プレナリーで 100~150 人程度であった。

2021 年 6 月 22 日

Session "North American Aspect Plenary"

1. Gree Hydrogen Perspectives in Quebec

Prof. Philippe A. Tanguy / Polytechnique Montreal より

カナダでの水素製造コストについて

資料 1-3 調査報告書 (World Hydrogen Technologies Convention + f-cell)

2021 年	4.5-4.8USD/kg
2024 年予測	3.9-4.2USD/kg
2030 年	3.0-3.3USD/kg
2040 年	2.1-2.4USD/kg
2050 年	1.5-1.8USD/kg

2019 年度の Green 水素コストについて

ハイドロケベックの電力コスト； 3.4 セント/kWh とのこと

まず電力コストが革新によって 3.4 から 2.65 セントに削減されれば、水素製造コストは 1/2 弱削減が期待されるとしている。

PEFC 水電解とアルカリ水電解での水素コストを比較しているが、条件によって 20-40 セント PEFC の方が高くなっているようである。

ケベック州での移動体による CO2 排出量について

タクシー；14 トン/年 (モントリオールで)	水素消費量にすると 500kg/年に対応
バス；63 トン/年 (ガティノーで)	5 トン/年
トラック；100 トン/年	10 トン/年

工業での脱カーボンについて

Green 水素化する領域 製鉄分野、オイル精製分野とセメントプラント

CO2 キャプチャーコストについて

10 kton/年規模で稼働中 (Resolute forest products-ケベックにある製紙会社)

ここでのコストは、28USD/トン

鋳業への持続可能性の提案

- ・鋳業分野は、グローバルで 4-7%の GHG を排出
- ・電力消費は、10MW 以上である

→脱カーボンのために、風力と太陽光による電力の使用、水素を貯蔵のために使用、地域で製造されたローカーボン燃料 (DME もしくはアンモニア) の使用を検討すべきであると提案

最後に大規模の水電解装置開発の重要性を強調

2. Global Hydrogen Opportunities & Challenge in the 'Roaring 2020's

Jillian Evanko / Chart Industries, Inc. より

水素サプライチェーンにおける Chart 社の位置づけの紹介

Chart Industries 社は、水素サプライチェーンに関連する設備の BOP

・極低温タンク、熱交換、熱移送関連部品を開発しているようであるが、本発表では具体的な説明はなかった。

残念ながら具体論への展開がなされなかった。

Workshop: “Hydrogen BC-Building Vancouver’s Hydrogen Hub”

Jon Haley(ZEN clean energy solutions), Jyoti Sidhu(Ballard), Neil Dobie(Capilano Maritime Design), Terry Howe(Ballard) より

1. ZEN clean energy solutions 社 Jon Haley より

Jon Haley は当該プロジェクトマネージャであり、概要の紹介があった
本発表については、資料がアップロードされたが、ここで特筆する事項は特にない。

2. H2cOean/ Capilano Maritime Design 社

燃料電池ハーバークルーズ船の開発

HTEC, Ballard、British Columbia 大学などと共同実施

航路 ; バンクーバー-Dinner クルーズなどを考えているようである

水素の補給については、4 つのオプションを考えている (Direct Transfer, Site Ground Storage, Supply Module, ERCO Plant Direct supply)

燃料電池は、Ballard 製 マリン用に開発された 200kW 875kg のシステムを使用

182-274kWh のバッテリーも搭載予定

船の簡単な図面の紹介もされていた。 2 列の足 ?

3. Ballard 社 Jyoti Sidhu 副社長より from a fuel cell development hub to a fuel cell deployment hub

Ballard が何を担当するか ?

Fuel cell 40 年の開発経験がある

現在 900 名の従業員、 バンクーバー (head office) ,デンマーク、中国に拠点を持っている。

その他、Ballard 社の紹介がほとんどであった。

現在、1300 台のバス

2200 台のトラック

6 台のトレイン

8 台の船

が Ballard スタックにより

Transit FC バス ; 北米全体に展開を予定している

Drayage トラック ; カリフォルニア、ロングビーチ

Delivery トラック (UPS) ; カリフォルニアに今月 4-6 台

Yardトラック ; LA バレンシアと次いでバンクーバーに
トレイン ; まず中国で展開している。北米に 40,000 台の貨物ディーゼル列車があり、2021 年
よりデモプロジェクトを開始する

2030 年には、ディーゼル車両を FC に置き換えていきたいとのこと
フェリー ; 今年 6 台の船 (3 台のフェリーを含む) 2 台はノルウェイ

2021 年 6 月 23 日

Session “International Aspects Plenary”

**1. MAHLE/Alliance for fuel cell electric trucks
Randy MacEwen, CEO of Ballard より**

Ballard 社は、MAHLE 社 (ドイツ シュツットガルト本社の自動車部品メーカ) と 2020 年 9
月に燃料電池システムの開発で協力することを発表している。

① Ballard は、Medium-and heavy-duty motive にフォーカシング

その背景は、

- ・輸送はグローバルで GHG 排出の 23%を占める
- ・さらに GWP のみならず NOx 排出も問題である。
- ・EU では、2030 年までに 30%の CO2 削減することを規制する
- ・現在~4500 台の FCEV トラックが運行されている
このうち~4300 台 (3-9 トントラック) が中国
- ・Hyundai がスイスで、1600 台
Nikola が北米で 800 台のプロジェクトを発表

② Ballard-MAHLE について

直近 3-5 年の充填開発

- ・港湾トラック (Class8) 燃料電池出力 120kW-360kW
- ・ごみ収集車 (Class8) 燃料電池出力 70-100kW
- ・地域配送車 (Class6) 燃料電池出力 120kW もしくはそれ以上 (ハイウェイ走行
する場合は 300kW)
- ・都市配送車 (Class3-4) 燃料電池出力 70-100kW

これらの用途では、1 水素充填で 150 マイルかそれ以上の走行が要求される

2. Some Global Perspective from the Hydrogen council

Dary Wilson, Exective Director/ Hydrogen Council

発表内容は、グローバル視点での概説。

その中で興味ある内容を以下に記載する

① Large スケールプロジェクト (グリッドスケール(17)、工業用途(90)、移動体(53)、水素(45)、インフラ(23))

欧州 : 126 件

アジア : 中国 : 46 件

オセアニア : 24 件

北米 : 19 件

中央アジア、アフリカ : 8 件

南米 : 5 件

② 再生可能水素コストの予測 (2030 年)

日本、韓国 : ほぼ輸入 およそ 2.6USD/kg

ドイツ : およそ 2.3USD/kg

北米、中国 : およそ 2.2USD/kg

オーストラリア : 輸出 およそ 1.6~1.7USD/kg

サウジアラビア : 輸出 およそ 1.5USD/kg

スペイン? : 輸出 1.5USD/kg 以下

チリ : 輸出 1.5USD/kg 以下

なお別セッション(6/22 Plenary-North America Aspects)の Polytechnique Montréal technical University の Prof. Philippe A. Tanguy の報告 (**Green Hydrogen Perspectives in Québec**) では、2021 年時点で、カナダは 4.5-4.8USD/kg, 2030 年 3.0-3.3USD/kg、2040 年 2.1-2.4USD/kg、2050 年 1.5-1.8USD/kg の報告 (CAD/kg ではない)もあり予測値の精度は要検討である。

3. Global cooperation to realize the hydrogen economy/FCH JU

Bart Biebuyck

本発表は、FCH-JU での取り組みを包括的に示したものであり、残念ながら特に興味ある内容はなかった。

添付資料 1-4

調査報告書

European Fuel Cell Forum

2021 年度 海外技術調査報告書

- European Fuel Cell Forum 2021 -

作成：パナソニック 橋本 登

1. 事業名	燃料電池システムの海外展開に係る要求仕様調査及び国際標準化動向調査
2. 団体名	一般社団法人 日本電機工業会
3. 参加目的	European Fuel Cell Forum 2021 での情報収集
4. 参加者	橋本 登(パナソニック)
5. 調査先	European Fuel Cell Forum 2021 Web 開催

6. 日程

2021 年 6 月 30-7 月 2 日 に Web 開催

7. 概要

毎年 7 月初旬にルツェルンで開催される国際会議で、1 年おきに PEFC と SOFC 分野を対象に開催される。今年は PEFC 分野。一昨年は参加したが、昨年ではできなかった。欧州色が強いものの燃料電池技術にフォーカシングした国際会議として注目に値する。

今年は Virtual 開催であったためか、登録費は、一昨年よりも安価であった。

欧州開催の国際会議は、リアルタイムでの Web 参加が容易であり、今回は日本時間 9:00-25:00 間での参加となった。(米国東海岸での開催の場合は、リアルタイムで 22:00PM-6:00AM 間の参加となるため、制約が大きい)

今年のプログラムは、一昨年に比べて学術よりであった。その理由は不明であるが、Virtual 開催が影響しているのかもしれない。

学術発表は、発表資料関連の資料がほぼアップされている。

しかし事業寄りの発表については、アップされているものが少なかった。

学術発表の場合は、学会等で公開済の内容をアレンジしているものが多いが、事業寄りの発表は資料として残すことを好まない内容が含まれるためではないかとも考えられる。

2021 年 7 月 2 日

K6: Hydrogen, key enabler for a cyclic economy (A1201)

**Jorgo Chatzimarkakis Secretary general/Hydrogen Europe,
Brussels/Belgium**

再生可能エネルギーと水素工業は、EU の GHG 削減ターゲットとして更新された 2030 年 55%削減達成のために戦略パートナーである。

Hydrogen と battery の比較

40GW 再生可能水素 36 分 FCV BEV を 36 分動かすためには 29GW 要求
要求される鉱物は、

FCV	EV
RE 製造に Cu が 384000 トン	278000 トン
Pt 1660 トン	Li 115000 トン
水素充填サイトで はゼロ	充電サイトでは、11500 トン

結果として、鉱物は FCV の方がバッテリーに比べて 70 倍少なくてすむとの結論

Energy efficiency について

PV (EU 内) から BEV(EU 内) と PV(北アフリカ)から FCV(EU 内)の比較

スイスにおいての試算のようであるが、内訳は理解できず

結論としては、“製造、輸送、車両での使用のすべての変換ロスを試算すると、再生可能エネルギーが適切な条件で生産されている場合、BEV と比較して FCEV で H2 を使用する時は、実際に同様の価値のある再生可能エネルギーが得られる”としていた。？

本発表は、水素—FCV の BEV に対する優位性を占めそうとしているようであるが、数多くの仮定の下で試算されているようであり、試算結果をそのまま受け入れることは出来ない。詳細な内容の報告が必要である。

A15-04 AVLPEM Development for Road and Marine Applications

Josef Macherhammer product Manager

① AVL の概要説明

3 つの柱で活動

- Engineering
- Simulation
- Testing

② Optimizing the flow field of a bipolar plate 110kW スタック向け

Lifetime optimization of the bipolar plate

空間ガス濃度分布のシミュレーションおよび空間 H2O2 の生成のコントロール、空間生成水の生成速度、ホットスポットのコントロール

開発されたショートスタック(AVL GEN-0)の特性評価 開発目標は達成したとしているが簡単な

IV 特性の図のみであった。0.65V—400mA?

- ③ TECO 2030 PEM Marine Fuel Cell Development /製品開発開始 2023 年
Gen0 スタックをプラットフォームとする
メインのターゲットは、寿命であり 15000 h から 30000 h に伸ばすこととしているが、質問時に 15000 時間を達成しているわけではないとのことであった。
- ④ Heavy duty Truck
出力 : 156kW
Power density : 0.334kW/L
Power weight ratio:0.46kw/kg
Volume 467L, 重量 343kg
Toyota のスタック (NEW MIRAI) を比較に使用しているようであった(MIRAI のスタックの photo を掲載していた
Plemium Truck FCS: 80kW power density:0.244kw/L?, 0.33kW/kg としていた。

全体に現実感のない発表と感じた。

【質疑】

AVL のスタックは、power density 37% 高いとしている
AVL は、スタックの製造を行うことはないとのこと
プロトタイプで性能評価をするところまで

添付資料 1-5

調査報告書

SOFC17(Electrochemical Society)

2021 年度 海外技術調査報告書

- SOFC17 参加 (SOFCXVII) -

作成：京セラ（株）小野 孝

1. 事業名	燃料電池システムの海外展開に係る要求仕様調査及び国際標準化動向調査
2. 団体名	一般社団法人 日本電機工業会
3. 目的	SOFC17 での情報収集
4. 参加者	小野 孝 (京セラ)
5. 参加先	SOFC17 ※Web Meeting での参加
6. 日程	2019 年 4 月 20 日(火)～22 日 (木) ※Web Meeting での参加
7. 概要	

7.1 背景と目的

NEDO 委託調査事業「燃料電池システムの海外展開に関する要求仕様及び国際標準化動向調査」において、欧州を中心とした世界各国の企業・団体の燃料電池開発の現状、開発方向性等について調査、情報収集することを目的とし、SOFC17 の調査を実施した。

7.2 SOFC17 の全体概要

隔年で開催される SOFC 専門では最大の国際会議。システムというより、セルやスタック等の材料研究に関する発表が数多く発表される。SOFC17 は、『The Electrochemical Society』と日本の『SOFC Society of Japan (SOFC 研究会)』の共催で開催され、産総研の堀田先生が全体の副議長をやっておられた。開催期間は 21/7/19～7/22 の 4 日間で、コロナの影響によりオンライン開催となった。

Web meeting での口頭発表はなかった。代わりに、SOFC17 の HP に貼られた発表のリンクに、発表の動画が任意で埋め込んであり、動画がある分に関しては、参加者は好きな時に発表を聴講する形式であった。毎日同じ時間帯（日本は 21 時～max24 時）に、欧州・米国・アジアが同時に Web 参加して、セッションごとのイベントを聴講する形式であった。内容はセッション毎に異なり、セッションチェアマンが発表者に質問する形式や、パネル討論会になる形式があり、自由な感じであった。恐らく、急にコロナ禍での Web 開催となった為、運営方法がチェアマンに委ねられたのではないかと感じた。

Proceeding から著者の国を比較したところ、日本、中国、アメリカ、ドイツが、各々 25～30 件の投稿を行っていた。次いで 10 件程度で、イギリス、フランス、デンマーク、スイス、ロシアといったところが続いた。予想以上に日本の比率が高く、欧州ではドイツが突出して多い様相を示していた。また、今回スペイン (ICREA, Catoronia 大学) では 3D プリンタを用いたセル作製や PLD で作製したセルの耐久などを集中的に報告していた。

企業の発表 (システムの実績など) は少ないように感じた。企業として報告をしたのは、大阪ガス、東

京ガス、Fuel Cell Energy (USA)、Nexceris (USA)、Elcogen (Finland、Estonia)、Hexis (Switzerland)、Ceres (UK) などであった。

SOFC のシステムとしては長時間運転の例が数点見られた。大学・研究所の発表としては electrolyze や internal catalyst (direct fuel、Bio gas) に関する話題が多かったと思う。ただし深掘りする内容は余り多くなく、取り急ぎ動かしてみた、という系統が多かったように思う。金属コーティングに関しては Sweden の Sandvik 社関連の情報があり、それ以外では日立金属の ZMG があつたがあまり目立った報告はなかつた。

主たる内容について、以下サマリを報告する。

7.3 SOFC17 発表内容のサマリ

A. 地域／国の発表

A-1. 欧州

<欧州燃料電池水素共同実施機構>

2008 年に設立された FCH-JU の取り組みについて、SOFC や SOEC を中心に紹介がなされた。これまでに、SOFC の材料開発や耐久試験を通して多くの技術を蓄積し、バイオガスのような新燃料の利用も検討してきている。2019 年現在、SOFC スタックの劣化率は 0.26%/khr であり、製造コストに関しても着実に低下してきている。今後は商業施設への SOFC の導入に重点を置き、販路を拡大する予定とのことであった。2011~2013 年には、SOFC と PEFC 合わせて 2 千万€近くの投資が燃料電池に対して行われていたが、近年では半分以下の投資額に減少しており、ある程度は燃料電池の発電技術に目途が立ったことを反映していると考えられる。近年では、水電解への投資が増えており、MW 級の SOEC の開発が進められている。単なる水素製造だけではなく、共電解技術に関しても 1MW システムを用いて合成ガスの製造実証が行われている。

<独ユーリッヒ研究所>

平板型 SOFC セルスタックを用いた電気炉での、93,000hr 耐久解析結果が報告された。電気炉温度は 700℃、電流密度は 0.5A/cm² で連続運転している。燃料利用率 U_f は 40%と、かなり低く、高効率システム運転ではありえない U_f 条件であるが、研究所としては 9 万時間の材料変化等が目的なので問題ないと認識しているのだろう。(因みに、堀田先生主催の日本の SOFC スタックの電気炉耐久試験では、 U_f を実際のシステム運転レベルで評価している)。9 万時間総合の劣化率は、-0.5%/khr との事であった。

耐久後のスタック解析の結果、シール材に用いたガラスセラミックがポーラスになった、フェライト系の金属インターコネクタ材料が、局所的にオーステナイト化されており、これは金属微細構造の σ 層析出が原因と考えられた。

A-2. 米国／他

<米国 DOE>

米国 DOE の Plenaly 発表。グリーンエネルギーを目指した、水素関連のプログラムを紹介していた。DOE は『H2@Scale』を主導に、循環型の水素社会を目指す。その中の『Hydrogen Program』が 2020 年 11 月からスタートした。輸送型燃料電池以外の目標を記載すると、産業側の水素製造コスト \$1/kg。定置型燃料電池システムのコスト目標は、\$900/kW で 4 万時間の耐久性を見込める事とされている（高温型の燃料電池システムとあり、実質 SOFC に特化している様だ）。

<米国 NETL>

米国 DOE NETL(National Energy Technology Laboratory)の Plenaly 発表。SOFC Program について紹介。使命は、短期では、天然ガスの分散型発電の開発 (Kw~MW)、長期では CCS (Carbon dioxide Capture and Sequestration ; 隔離 → CCS の S は Storage で良く使われるが、NETLではこの言葉)。短期目標としては、小型 SOFC システムの妥当性確認、コスト低減に資する水素製造 SOEC の開発、これらに関わる基礎研究の 3 点を挙げている。2000 年から DOE の SOFC 関連のプログラムはあったが、予算は 2007 年の \$ 62M が最高で、直近 7 年間は愛大 \$ 30M となっている。最近の実績が 2 例報告されていた。①Fuel Cell Energy の 200kW SOFC システム、②Cummins- Ceres Power の 10kW SOFC システム。①は旧 Versa Power が開発した平板型 SOFC スタックを用いたシステムと思われる。5,800hr までの運転を行い、劣化率は-1.5%/khr 程度。②は Ceres Power のメタルサポート SOFC スタックを使っている模様。1,000hr 運転して、劣化率は-0.5%/khr 程度。

A-3. 日本

<NEDO>

NEDO の原さんから、日本の燃料電池関連の国プロが紹介された（省略）

<産総研>

産総研の堀田先生から、日本の SOFC 劣化解析のプロジェクト概要が紹介された（省略）

B. 民間企業の発表

B-1. 欧州

<Ceres Power 社 総論>

イギリスの大学発のベンチャー企業の Ceres Power は一貫して、メタルサポート SOFC の開発に集中。最近、ドイツの Bosch、中国の WeiChai、韓国の Doosan Fuel cell、日本の三浦工業など、世界の定置/輸送のシステムメーカーとの協業を発表している。目指し、インターコネクターを SUS 金属板にして、表面に電解質を CGO (ガドリウム doped セリア)、燃料極にはセリア Ni サーメット、空気極にはランタンペロブスカイト系の材料を選択して、その組合せで、低温域 (600℃程度) でも性能がそれほど落ちない設計にしている。従来の平板型 SOFC の欠点であるガスシールを、ガラスシールでもガスケットシールでもなく、メタルサポートスタックであるが故の、溶接にする事により、耐久性とコストが向上する、と宣伝している。また、SOEC に向けた取り組みとして 1MW 級の SOEC 水電解システムを構想している、とのアピールもあった。

<Ceres Power 社 耐久>

耐久試験のスライドから、スタックの運転条件が予測された。実際のセルスタック電流密度は 0.133A/cm² 程度であり、他の平板型 SOFC に比べてかなり低電流密度である、と思われる。恐らく、発電温度が 600℃付近と低温で、触媒活性が低く、性能を上げられないと思われる。但し、システム端で 60%LHV とも謳っているので、セル枚数や面積をかなり稼いだスタック構成になっていると思われる。今後は 0.18A/cm² を狙う様に見えた。耐久性は-0.3%/khr レベル@0.133A/cm² であり、導入期として問題無いと思われる。メタルサポート SOFC なので起動停止に強い筈だが、この学会ではそのデータの発表は無かった。

<Elcogen 社>

エストニアのタリンに拠点を持つ SOFC セルスタックの開発メーカー。Anode 支持の平板型スタックを開発している。発表の題名は SOFC ではなく、SOC になっており、SOFC での事業化から、水電解向けのセルスタック用途に重きを置いている様だ。セル 119 枚を重ねて 3kW スタックを試作している。電気炉での SOFC 発電モードにおける劣化率は-0.4%/khr 程度。

<Hexis 社>

老舗の SOFC ベンチャー企業である Hexis はスイスを拠点に活動している。以前は Sulzer 社との合併会社や、最近では Vissmann など大手のドイツ企業と組んで、独自設計の SOFC の研究開発を行っていたが、最新ではインドの H2E グループと進めている様だ。設計は円盤の平板型セルスタックであり、円盤の真ん中を燃料ガスが通り、円盤の演習からオフガスが噴き出しそこで燃焼させる独特の設計。またシステムは改質方式を部分酸化方式 (POx) をずっと採用している。従って、システム発電効率は低いものの、ボンベガス系の実績は多いと思われる。以前から 1kW 級 SOFC システムの Galileo シリーズを試作していたが、最新は Leonardo シリーズに名前を変えている。劣化率は-0.3%/khr との事。

B-2. 米国／他

<FuelCell Energy 社>

熔融炭酸塩形燃料電池 (MCFC) システムで強い FCE 社であるが、SOFC も開発している。旧 Versa Power の Anode 支持平板型 SOFC セルを 350 枚積み重ねて、7kW スタックを開発している。このスタックを更に 40 個用いて、一つの stack module に格納し、net AC 250kW 出力の SOFC システムが可能である事を机上設計で紹介。実際には 100kW の stack module を 2 つに試作し、それを格納した 200kW SOFC システムを DOE プログラムの下で試作し、システムは Clearway Energy 社のデータセンターで稼働試験を行っている。ガスは天然ガスで稼働させ、初期発電効率は 55%LHV の様である。FCE の発表では耐久性の言及は無かったが、DOE NETL の報告で -1.5%/khr@5,800hr 程度であった。平板型 SOFC の設計なので、SOEC (水電解) や RSOC (リバーシブル) にも言及しており机上計算を報告していた。

<Nexceris 社>

米国オハイオ州で 1994 年設立。平板型の SOFC/SOEC セルスタックを開発、販売している。アノードサポート型の一般的な平板型 SOFC のデザインと思われる。スタックの電気炉試験の報告がメインで有り、まだシステム実装までの十分な結果は無いと思われる。cost reduction を目指して 10cell/456cm² を目指すとのことであった。これでは 0.3A/cm² でも 100A であり、いくらスタックは安くなるとはいえ周囲の電流取り回しはどうするのだろう、と疑問に思った。

B-3. 日本

<東京ガス>

平板型 SOFC を用いた燃料リサイクル方式のシステム性能について、机上計算と実験結果が報告された (詳細略)

<大阪ガス>

京セラの家庭用 SOFC システムで 10 年間 (89,000hr) 稼働させたシステム運転解析結果が報告された (詳細略)

C. SOFC 材料関連／要素技術の発表

参考までに、材料系の発表について 3 例まとめる。

<デンマーク工科大学>

SOEC の耐久性と酸素極への供給ガスとの関係について検討されていた。空気供給時とガス供給なしの場合で、1000hr 経過時の劣化具合は同程度であったが、CO₂ を供給した場合には、劣化率が 2 倍近くとなっていた。CO₂ 供給下では分極抵抗が増大し、空気極の抵抗増加が主因であることが示された。ガスを CO₂ から空気に切り替えても、始めから空気を供給した際の水準まで抵抗値が下がることはなかった。

<カナダ国立研究機構>

セリア系酸化物を電解質とする SOEC の発表であった。水電解と CO₂ 電解で同等の性能が示されたものの、500℃におけるファラデー効率は 1 %程度であり、供給した電気エネルギーが有効に使われていないとのことであった。印加電圧が大きくなるとオーム抵抗が著しく減少していることから、SOEC モードではセリア系電解質内の電子伝導が促進されると考察されていた。

<中国科学技術大学>

プロトン伝導型 SOFC 用空気極の開発として、(Ba,Sr)(Co,Fe)O₃ (BSCF)への La のドーピングが検討されていた。BSCF は、LSCF よりも高い酸素還元活性を有することが知られているが、化学的安定性に課題があり、実用化には至っていない。本発表では、Ba の 20%を La に置換することで導電率を 2 倍程度にし、酸素拡散係数および表面交換係数を 2~3 桁向上させたことを報告していた。また、La のドーピングにより、BSCF と電解質材料の熱膨張率差を低減できることも示されていた。

以上

添付資料 1-6

調査報告書

f-cell 2021

2021 年度 海外技術調査報告書

－ f-cell 2021 Stuttgart/Germany －



報告書作成日	2021 年 11 月 30 日
--------	------------------

1. 事業名	燃料電池システムの海外展開に係る要求仕様調査及び国際標準化動向調査
2. 団体名	一般社団法人 日本電機工業会
3. 参加目的	f-cell 2021 での情報収集
4. 参加者	清水 俊克 (パナソニック)
5. 開催地	Stuttgart, Germany

6. 日程:

- 2021 年 9 月 14 日 (火) 一日目 (現地参加は無し)
- 2021 年 9 月 15 日 (水) 二日目 (現地参加は無し)
- 2021 年 9 月 23 日 (木) ~録画視聴にて参加

7. 概要

7.1 参加の背景

NEDO 委託調査事業「燃料電池システムの海外展開に関する要求仕様及び国際標準化動向調査」において燃料電池関連の世界の動向調査の一環としてドイツで開催の f-cell 2021 に参加。

7.2 参加の目的

セミナーに参加、展示会の視察を通じて欧州の燃料電池関連の最新情報を収集する。

7.3 概要

(1)録画視聴による参加

従来から Stuttgart で毎年開催されており、本年は欧州地域の COVIT-19 が収束しつつある中、現地でのリアル開催が行われた。またセミナーを後日に録画視聴できるプログラム（チケット）が用意され、今回は録画視聴による参加である。

(2)セミナー

セミナーの中で目を引いたのはドイツ Bosch の発表内容で、水素・燃料電池に関する投資は過去 9 年間（2012 年～）で 15 億ユーロ、今後 4 年間（2021 年～）で 10 億ユーロと、非常に高い水準の投資をしている。また、2020 年に Scope 2 を達成したとしている。車載用の PEFC、定置用の SOFC に加え、水素ボイラーなど全方向での開発を推進し、日本勢の大きな脅威となり得る。欧州においては天然ガスパイプラインへの水素混入が検討されているが、Bosch の定置用 SOFC は天然ガス、バイオガス、純水素など様々な燃料に対応できるとしている。

欧州では純水素の輸送手段として天然ガスパイプラインを活用する動きがある。天然ガスパイプラインに純水素を流す場合、長年、パイプラインに付着した硫黄成分が混入するので、欧州規格でこの硫黄成分を許容する改訂案が検討されている。従って、欧州においては純水素であっても、パイプラインで輸送される水素は硫黄成分を含むことになり、PEFC、SOFC のそれぞれの方式において、対処の方策を検討する必要がある。

水素価格については米国がグリーン水素 \$ 1/kg の目標(@2030)を掲げており、世界の中では最もアグレッシブ。欧州は \$ 1.5~3/kg の見通しであるとして、やや幅がある。いずれにしてもグリーン水素価格は日本よりもかなり安い。従って、水素を使った燃料電池の発電単価は、日本では割高となる。

これまで水素利用は車載用・産業用が中心であったが、定置用（建築用、水素タウン）についての発表も増えてきた。スコットランドでは発電総量で再エネ 100%を達成しており、GHG 排出削減に向けた水素タウンの実証も 4 つの都市で進められている。

トラック用 FC でダイムラーとボルボが協業を推進しており、25,000 時間の長寿命が要求される長距離トラック用 FC のセパレータは金属ではなくカーボンを採用している。金属セパレータの長寿命化が進んでいないのか検証が必要。

7.4 フォーラムでの情報収集

7.4.1 Robert Bosch GmbH, Germany

Marcus Spickermann 氏

Title: 将来に向けたエネルギーの効率化～Bosch 社の定置用燃料電池システム

- Bosch としてカーボンニュートラルへ貢献していく中で、定置用燃料電池システムが重要な役割を担っていく。2050 年に向けて EV 充電インフラやデータセンターなどが増大しエネルギー需要拡大していく課題に対しても定置用燃料電池システムが担う役割は大きい。
- 車載用 130kW-PEFC と定置用 10kW-SOFC の棲み分けをしており、定置用 SOFC では数 MW までスケールアップ可能。
- 天然ガス・バイオガス、純水素に対応できる Fuel flexible system であることを強調。
- 2021 年～24 年で€10 億の FC 関連投資を計画しており、そのうち定置用へは€4 億を割り当て。
- 2021 年中に 500 名の従業員を雇用し、6 拠点にて各 부품の製造やラボテストを進める。
(Bamberg : スタック→Homburg : ホットボックス、
Salzgitter : 制御ユニット→Wernau : ユニット化)
- 21 年中に社内外 100 か所でパイロット運転を開始する予定。
一例としては、Bamberg のシュタットベルケの PJ にてバス停に 10kW1 台設置し 20 件分の電力供給とパン屋へ熱供給中。
- 10kW SOFC システムの基本仕様および特長
 - ・発電効率 : 60%@LHV、AC ・排熱回収効率 : 85~90%@LHV
(上記効率は 30%~120%のモジュレーションで同等)
 - ・スタック温度 : 600℃ ・排熱温度 : 220℃ ・高さ : 1,800mm
 - ・金属支持型セラミックセルで高耐久性
 - ・複数台連携できるため、1つのユニットが故障しても他のユニットでカバー可能
 - ・学習制御や予兆メンテ機能あり
 - ・大規模発電設備を導入する必要がないので、小さな CAPEX から短納期で分散電源が確保可能
 - ・家庭用コンピュータより低ノイズ低振動、ノイズキャンセラー不要なのでトータルコスト的に有利

7.4.2 siz energieplus, Germany

Simon Marx 氏

Title: グリーン水素～気候中立的な建築分野への貢献とは？

- ドイツの再エネ普及加速により 2050 年までに風力 60GW→250GW、PV40GW→170GW に増加していく中で PtH(Power to Heat)や PtG(Power to Gas)のセクターカップリングの重要性が増してくる。
- 2050 年ドイツの H2 需要は 12Mton であり、その 50%を自国内生産する場合 60GW～80GW の水電解能力が必要となる。
- H2 利用のメインは産業用 (4Mton) と車載用 (4.5Mton) であり、建築分野は 1Mton 以下と小さいものの、
 - ① 運転最適化および PV 搭載、
 - ② 新築の前にまずリノベ、
 - ③ ヒートポンプ利用拡大および地域暖房による貢献が重要。
- Neue Weststadt Esslingen プロジェクトの概要
 - ・85,000m² の敷地内で 550 人以上の実住人がいる中での実証
 - ・実証期間：2017 年～24 年
 - ・住宅+大学+エナジーセンター (水電解、FCV への水素供給、FC コージェネ) で 1 人当たりの年間 CO₂ 排出量を 1ton 未満にする検証
 - ・地下 15～25m にプラントを導入 (都市内なので美観上屋外に大型プラントを建設しないコンセプト、安全上特別な換気システムを構築)
 - ・市場電力取引価格と連動して全体システムを最適運転するアルゴリズムを使用
 - ・水電解設備仕様
 - 能力：500kW×2
 - 水電解効率：60%
 - 電解質：KOH (水酸化カリウム)
 - H₂ 生成能力：100m³/h
 - 運転圧力：11.5bar

7.4.3 Scottish Hydrogen and Fuel Cell Association, United Kingdom

Nigel Holmes 氏

Title: スコットランドにおけるグリーン水素のスケールアップと H100 Fife

- スコットランド政府は 2045 年までにネットゼロをターゲットに掲げ、2030 年までに 75% の GHG 排出削減を目指しており、再エネ普及拡大により現時点で既に 55% まで達成しているが、2030 年までは 10 年を切っており、あらゆる事を実現させていかなければならない。
(2030 年 : 75% → 2035 年 : 80% → 2040 年 : 90% → 2045 年 : 100%)
- The Scottish Hydrogen & Fuel Cell Association (SHFCA) には 150 を超える企業・大学・自治体が参画し、H2 & FC の普及を推進している。
- 日変動や時間変動はあるが、発電総量で見ると 2020 年で再エネ比率ほぼ 100% 達成している。
- 2020 年 12 月に H2 政策として、2030 年までに 5GW の Low carbon H2、11GW の洋上風力、8~12GW の陸上風力の目標が掲げられ、現時点で 9.4GW の洋上風力が計画されている。
- スコットランドでの純水素を推進している主要な都市は Aberdeen、Orkney、Methil、Cromarty である。

① Methil、Fife

- ・2011 年～ : Hydrogen Office を開設し 30,000 人の小学生～大学生を教育支援。
- ・2017 年～ : Levenmouth に東芝製スマートエナジーシステムを導入し、再エネ電力からの水素製造 & 利活用実証を開始。
- ・2021 年～ : SGN 主導の H100 プロジェクトにて 300 世帯ゼロカーボン実証開始予定。各世帯まで従来の天然ガス配管に加えて純水素配管を新設し、各世帯がどちらのガスも使用できるようにして、使用感などフィードバックしてもらう予定。
電力需要および熱需要には季節変動があるので、水素貯蔵による調整力のポテンシャルも検証する。

② Aberdeen

- ・2015 年～ : FCH-JU の€22M プロジェクト開始。
10 台の FC バスなどを稼働させ、5 年間で累計 200 トン以上の水素を
活用し 200 万人の乗客が利用。
(Hydrogenics 製水素製造装置 3 台、Linde の液化圧縮装置 2 台)
- ・イベント会場に Doosan 製 440kW-FC ユニット“PureCell”3 台設置
- ・2024 年～ : DolpHyn の 10MW 洋上風力の電力を洋上で水素化して
水素パイプラインで沿岸まで輸送する事を特徴とした実証開始予定。
電力として沿岸に送電してから
水素化するよりトータルコストは安くなる想定。

③ Orkney

- ・2014 年までに Orkney の電力需要 120%分を再エネで発電達成。
1,000 以上の再エネ電源稼働で 10,000 件分の電力 50MW 以上を供給
- ・FCH-JU の支援による BIG HIT (Building Innovation Green Hydrogen
Systems in Isolated Territories) プロジェクトにて、Eday・Shapinsay・Kirkwall
の各島でサプライチェーンを実証。
 - Eday : 風力発電、潮力発電、0.5MW 水電解、水素貯蔵
 - Shapinsay : 風力発電、1MW 水電解、30kW 水素ボイラ、水素貯蔵
 - Kirkwall : Eday および Shapinsay からの水素をフェリー輸送し、75kW 定置用 FC
や FCV で利活用するとともに、スコッチウイスキーの製造用電力としても使用できる
可能性もあるとの事。

④ Cromarty

- ・2021 年 5 月にノルウェイからのグリーン水素輸入および積替え港として MoU 締結。

7.4.4 cellcentric GmbH & Co.KG, Germany

Christian Mohrdieck 氏 (Prof. Dr.)

Title: 大型長距離輸送車用燃料電池の特徴

- EU グリーンディールでは 1990 年比で 2030 年 ▲55% の CO2 削減目標を示しているが、トラック分野では ▲30% を目標に掲げている。
- 化石燃料から水素と蓄電池に転換されていくが、どちらかで全てを賄う事はできず、得意なセグメント毎に対応していく事になり、大型長距離トラックは水素が有利である。
- ダイムラートラック 50% とボルボ 50% の共同出資で 2021 年 3 月に cellcentric が設立され、ダイムラートラックで 25 年以上培ってきた燃料電池技術をベースに CO2 ニュートラル輸送の実現に向かってスタートを切った。

■ 用途別の FCV 要求仕様

	乗用車	40 トントラック
出力性能	100kW	300kW
電圧レベル	400V	800V
ライフタイム	8,000h	25,000h
重視するポイント	高ピーク電力密度	高耐久性
スタック構造	金属バイポーラ	炭素複合材

- 水素のアクティブリサーキュレーションによる最適加湿制御システム導入により、消費電力アップにより効率への影響やデバイスコストアップはあるものの高耐久性に対する価値アップの方が大きいと判断している。
- トラックだけではなく定置用バックアップ用途としてロールスロイスがディーゼルエンジン代替の最初の顧客となった。非常にシビアなバックアップ電源への法規制が背景にある。

7.4.5 Robert Bosch GmbH, Germany

Volker Wetekam 氏 (Dr.)

Title: 水素 ～未来は H2 を必要としている～

- 世界で 440 か所、400,000 名の社員を抱える Bosch は 6 年前に計画した通り 2020 年末までに Scope2 までの脱炭素を実現した。ただし、Scope3 まで考慮すると毎年 510 億トンの CO2 を排出しており更なる戦略が必要である。
- 電化や脱化石燃料はモビリティだけではなく建築分野での熱供給も重要である。
- モビリティのクラウド化が進み EV 蓄電池や水素のエネルギーマネジメントシステムも搭載されていく。
- 現時点で Bosch 製品ポートフォリオの 35～40%が既に IoT 化されており、2025 年までにすべての製品に拡大していく。
- 欧州では年平均成長率 165%で 2030 年にはグリーン水素だけで€400 億市場となり、非常に魅力的な急拡大していく市場と見ている。
- 2030 年のグリーン水素価格は US \$ 1.5～3/kg になると見ており、欧州は世界的に見ても早期からグリーン水素が広がっていく。一方の、北米・中国は低コストの天然ガス由来の水素がしばらく支配的な状況が続くが、長期的には欧州だけではなく北米・中国もグリーン水素市場が拡大していくだろう。中国はモビリティだけではなく欧州同様に建築分野にもグリーン水素が貢献していくと見ている。
- 水素サプライチェーンにおいて Bosch はモビリティ用 PEFC や定置用 SOFC・ボイラだけではなく ICE で培った水素圧縮機でも重要な役割を担っていく。
- 車載用ラムダセンサーで培った技術も活用して PEFC や SOFC の製造ノウハウも蓄積してきた。
- PEFC : CN 市場向けに 70kW モジュールを開発。中国 Qingling Motors と JV 設立。
2021 年 8 月～12 月末で FCV トラック 70 台実証予定で 22 年に発売予定。
SOFC : 2021 年 5 月から定置用 10kW×5 台を Salzgitter の Bosch 敷地内にて実証中。
H2-Boiler : 2017 年に UK で純水素ボイラを導入済み。
UK および NL の計 3 か所にて 30kW コンビボイラの実証中および実証計画中。
内 1 台は 2021 年 6 月から『Hydrogen Home』にて実証開始。
- 2012 年から 9 年間で水素事業に対して計€15 億の投資をしてきており、今後 4 年間で更に €10 億を投資していく。
- UK のガスグリッドは現状のままでは純水素供給が可能だが、ドイツや北米などはガスパイプの接合材料の関係で現状のままでは純水素を供給できないので、純水素供給可能になるまで 5～10 年はかかるのではないかと考えている。

7.4.6 Linde GmbH Linde Engineering, Germany

Markus Bachmeier 氏

Title: 水素インフラの性能向上とコストダウン

- 一般乗用車の要求仕様は 30kg/h@70MPa 以上であり、Linde 製の水素供給装置は 100kg/h@90MPa が可能であるが、大型長距離輸送車の要求仕様は 400kg/h であり大きな乖離があり更なる技術革新が必要である。
- Linde のクライオポンプ（真空ポンプ）技術で高性能かつ省スペースを実現したコンテナ式の水素ステーションが 2021 年夏にカリフォルニアに設置された。
- ドイツ Bremervörde にて列車用水素ステーションを 2022 年稼働開始予定で、将来的には風力発電由来のオンサイト型グリーン水素製造拠点に進化させていく。
 - 水素供給能力：1,800kg/day（14 台分）
 - 充填圧力：35MPa
 - 充填速度：168kg/h
- 用途別に下記の水素ステーションが提供可能。
 - ① バス用途
 - 水素供給能力：2,000kg/day（バス 66 台分）
 - 設置面積：24m×27.1m
 - ② 列車用途
 - 水素供給能力：4,000kg/day（列車 22 台分）
 - 設置面積：15m×31.6m
 - ※列車用途は都会にも必要になるので設置面積は非常に重要なファクター。
 - ③ トラック用
 - 水素供給能力：6,000kg/day（トラック 60 台分）
 - 設置面積：24.4m×31.6m
- 更なる供給速度を実現するためダイムラーと液化水素型水素ステーションの開発中。
 - 8,000kg/day（700～800kg/h）
 - 圧縮水素型と比較して大幅な省エネと省スペースを実現可能
- 水素の低コスト化において重要なのは、①水素供給能力増加、②水素ステーション増加、③稼働率向上である。③について、例えば 30 台/day@50MPa の水素ステーションの場合、稼働率 10%では€3.94/kg だが仮に稼働率 100%となれば€0.96/kg になり、ステーションの目標コスト€1/kg 以下をクリアできる。

7.4.7 BayoTech, USA

Mo Vargas 氏

Title: 分散型水素製造を通じたエネルギー転換の加速

- BayoTech は分散型水素供給設備のリース/販売を通じて顧客に脱炭素ソリューションを提供してきており、用途としては掘削工事現場の電力供給など様々な場面で需要がある。
- 米国では整備中含め 175 か所以上（内 50 か所はカリフォルニア）の水素ステーションがあり、11,000 台以上の燃料電池車や数万代の燃料電池フォークリフトが稼働中である。
- 水素市場規模は 2025 年 0.8 億トンから 2035 年には 1.55 億トンまで拡大する見込み。
- このビジネスチャンスを掴むべく BayoTech は 2023 年までに米国および英国で 15 か所の改質水素ハブを配備しようとしており、各拠点は半径 200 マイル内での高圧水素貯蔵・輸送・利活用をする構想で、顧客毎に大きな投資をせずにエリア内で水素を共有できるビジョンを描いている。集中型水素製造装置と比較し BayoTech 水素ハブは下記の特徴を持つ。

	集中型水素製造装置	BayoTech 水素ハブ
水素コスト	\$8-14/kg	\$6/kg
設備施工時間	2 年以上	10 か月
設置面積	3 エーカー以上	0.5 エーカー
平均輸送距離	250 マイル以上	50 マイル
製造能力	100 トン以上/日	1~5 トン/日

- BayoTech としては天然ガス・再生可能天然ガス・バイオガスなど様々な燃料から得られる改質水素供給ハブでビジネスチャンスを掴もうとしているが、まずは今年にアンモニア由来の高効率なオンサイト改質型水素供給（1~5 トン/日）を計画中である。

7.4.8 US Department of Energy, H2 & FC technologies Office, USA

Sunita Satyapal 氏 (Dr.) ,Director

Title: 米国における水素・燃料電池の展望

- Sunita Satyapal 氏は米国での水素・燃料電池の研究開発助成(約 1.5 億ドル以上)の責任者
 - 2019 年の米国のエネルギー消費の中で再生可能エネルギー(全体の 11%), 石炭と変わらない
目標：
 - A) 2035 年までに 100% carbon-pollution-free な電化へ
 - B) 2050 年までに脱炭素の経済へ
 - US DOE Hydrogen Program がリリース
ポイント：グリーン水素へのフォーカス
 - H2@Scale では水素の様々な用途での利用を説明(セクターカップリング)
 - 現在の米国における年間水素生産量：10MMT of H2/yr
 - + 10MMT of H2(20MMT) で太陽光や風力発電の設置容量の倍になる
 - DOE が掲げるターゲット：“1 1 1”(\$1 for 1kg clean hydrogen in 1 decade)
10 年後(2030 年)にグリーン水素\$1/kg を目指す(既に天然ガス由来の水素は米国では U\$1.5/kg)
<水電解の水素コスト>
 - 2020:~ U\$5/kg
 - 2025: \$2/kg
 - 2030: \$1/kg
 - DOE の Key target in 2030(グリーン水素)：コスト低減が普及の Key
 - \$1/kg(production)*, \$2/kg(delivery), \$9/kWh(storage)
 - Electrolyzer(\$150/kW, 73% efficiency, 80Khr durability)
 - Fuel cells(\$80/kW**, 25Khr durability)
 - * 上記水素製造目標コストに対する、Low volume cost(\$5-6/kg), High(\$3.5-4.5/kg)試算
 - ** 上記 kW コストに対する、Low volume cost(\$323/kW), High(\$185/227kW)試算
 - 現在燃料電池や水電解の実証や実装が増加傾向
 - ex.) FCV 11,000 車両、1,000 metric tons H2 production/year, 1,600mile 以上の水素パイプライン
- ⇒コストと同意に、インフラ構築や市場認知も重要

7.5 まとめ（国際標準化の視点での考察）

上記の各国・企業の取組み発表から、カーボンニュートラルに向けた水素活用が更に加速し、その水素価格の低減に向けて様々な形態による水素が使用され、燃料電池も製品として変化をしていくと予想される。燃料電池の国際標準(IEC62282 シリーズ)ではメタン、プロパン、メタノールなどを改質して水素を使用することが前提としたものに加え、燃料の種類としても水素は包含されているが、不純物の無い水素を前提としている。

昨今の欧州の動きのように、水素を既存の天然ガスパイプラインで輸送する検討や実証が進む中、これまで想定していなかったインフラの状況が展開されていく。また、水素を大量に輸入しようとしている国においては、輸送コスト低減のために水素キャリアとしてのアンモニアや MCH（メチルシクロヘキサン）なども検討されている。

このような水素活用の多様な動きに応じて、現在の燃料電池の国際標準が対応できるのかを見直す時期に来ており、燃料電池技術で世界をリードする日本が積極的に提言していくことが望ましいと考える。

（1） ガスグリッドへの水素混入対応

欧州では天然ガスに水素を混入しながら、最終的に 100%水素に切り替えていく動きがあり、燃料電池もそれに対応する商品開発が進むものと思われる。現在の規格では燃料としてメタン、プロパン、水素など様々な単一の燃料を想定した規格体系になっているが、天然ガス～水素などガス成分が変化することは想定していない。

例えばメタンを燃料とする場合と純水素を燃料とする場合では、発電効率は大きく変化する可能性がある、また、燃料の変化に応じて、機器内部のガス経路などの切り替えが必要な場合も想定される。従って、上記水素混入の動きに合わせて、現在の安全性や性能評価の規格を見直す検討が必要ではないか。

（2） ガスグリッドを活用した水素輸送における水素品質の変化対応

水素を安価に輸送する手段として、ガスグリッド（天然ガスパイプライン）を活用することは、たとえ水素が再生可能エネルギー由来の純度の高いものであっても、長年使われたパイプラインから硫黄成分などの不純物が混入し、燃料電池に重大な影響を与える可能性がある。従って、純水素燃料電池であっても脱硫機能を設けることも想定をされる場合がある。

しかし、水電解装置から製造された水素をそのまま使用する場合は、脱硫機能は不要であることから、脱硫装置は燃料電池と分離したものになると予想される。現在の燃料電池は脱硫装置を備えたもの、備えないものの両方があるが、一つの燃料電池において脱硫装置の有無は想定しておらず、規格の適用を含め議論が必要ではないか。

(3) 定置用と移動体用における耐久性能評価

定置用燃料電池は（非常用電源等の短時間使用のものもあるが）連続使用を前提として、長時間の耐久性を有するものがある。一方、移動体用では長距離トラックやバス用など、耐久性の向上を目指して開発されているが、その耐久目標は2万時間～2万5千時間であり、定置用の目指す10年以上の連続耐久性（8万時間～10万時間）とは数倍の違いがある。

移動体用の耐久時間と定置用の耐久時間が単純比較できるのかも含めて、ユーザー（システムメーカー）視点でわかりにくいのが現状である。定置用の長寿命の特性を表現できる耐久評価の標準化が必要ではないか。

以上

添付資料 1-7

調査報告書

IEA TCP AFC Annex33

添付資料 1-8

調査報告書

FC-EXPO2021

2020 年度 調査出張報告書

報告書作成日	2021 年 3 月 19 日
--------	-----------------

1. 事業名	燃料電池等の利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業/燃料電池システムの海外展開に関する要求仕様及び国際標準化動向調査
2. 団体名	一般社団法人 日本電機工業会
3. 出張目的	FC-EXPO2021 での情報収集
4. 出張者	桜川 彩、松沢 和幸 (JEMA)
5. 出張先	東京ビッグサイト(東京)

6. 日程：

2021 年 3 月 4 日 (木) 13:30-17:00

7. 出張概要

7.1 出張の背景と目的

国内最大級の燃料電池関連イベントが、新型コロナウイルスの感染が小康状態へと移行してきたとも見える、非常事態宣言下の東京で開催されることとなった。企業ブースはまとまった数が開設されるの情報が、各企業とも密回避のため、説明員を絞った開催となるとのこと、また、例年であれば、海外からの企業、団体などの参加が多数見られるが、今回は入国のハードルが高く、国内に駐在者がいる企業、団体等、及びリモートで海外と接続しての、Web 会議方式での情報交換による対応となった。前述の様に、非常事態宣言下であり、JEMA の委員会活動として、委員の方々に長距離の移動を伴う出張をお願いすることはできないこと、また、本事業の Kick-Off ができていない状況であることも踏まえ、近距離での出張にて対応が可能な、事務局メンバーにて情報収集を行うこととした。

7.2 調査概要

M: 予想していた以上に、来場者は多いと感じた。(後日の発表によれば、来場者数は毎日 9000 人台で 3 日間合計で 28000 人余であったとのこと。例年との比較データは未確認)

定置用燃料電池関連の展示は少なく、その一方で、燃料電池スタックサプライヤーからの出展、水素関連、移動体関連の出展や、地方自治体、研究機関などのブースも比率が高いと感じた。

海外のブースも 5 - 6 箇所あり、燃料電池関連企業の紹介などが行われており、海外からの日本の燃料電池産業への注目度はまだ高いと感じた。

S: (全体を通して：感想など)

定置用燃料電池システムの出展は少なく、FCV 関係はもちろんだが、水電解による水素製造関係の展示が多い印象であった。また FCV に関してもバス・トラックといった大型車が開発の主流となっている印象を受けた。

7.3 調査詳細

以下、調査結果について報告する。

1) f-cell

WHTC together with f-cell+HFC: '21.6.20-24 Web 開催予定

f-cell Stuttgart: 例年の展示会 '21.9.14-15 にて開催予定(LIVE EVENT と記載あり)

2) CHFCA: Canadian Hydrogen and Fuel Cell Association

カナダの FC 関連企業の共同体。Ballard, Cummins, Air Liquid, Linde 等々、燃料電池、水素関連の企業が多数メンバーとなっている。

対応のためにブースにいた受付者に、情報収集のための、コンタクトを希望する旨伝えて、名刺を渡してきたが、約 3 週間経った現在迄のところ音沙汰なし。

<http://www.chfca.ca/>

3) ドイツブース

ドイツでの現在の定置用 FC システムの設置状況について問合せたが、在籍者では回答できないと
のことで、Web 対応(LIVE CHAT)のメーカー関係者に質問していたが、そちらでも回答できず。

4) Symbio/Faurecia

先の NEDO 事業の際に訪問した Symbio 社、Faurecia 社、ミシュラン社の合併会社、燃料電池事業を展開している。(Faurecia はフォルシア・ジャパンという日本法人 (?) がある)

- 2030 年までに、年間 20 万スタックの製造能力を確保する計画

従来、Kangoo に搭載していたスタックは出力 39 kW のものだったが、これをベースに、75 kW 出力のシステムを開発中。より大きな車体への搭載を計画している。レンジエクステンダーから FCV 駆動系への移行

- 現在までに、150 万 km の走行試験を実施して、実績を重ねてきた。

- 従業員は総計約 3000 名

- 日本への燃料電池製品輸出の計画といったものは現状はないとのこと。

5) 帝人エンジニアリング株式会社-#1

水素タンクの素材供給として、関連業務を進めてきている。

- 現在は、可搬形、移動式の水素タンクの開発も行っている。軽量のタンクを製造することが可能であり、ドローン等への搭載検討を進めている。

- 1000W PEFC システムを、R&D 企業 (東京 R&D(?)) と協力して開発中

- 防災用の燃料電池システム開発を行っているが、関連する規格などの整備が望まれるとのコメント

あり→防災用ではないが可搬形 FC の規格として JISC 62282-5-100 があることは伝えた。

[東京 R&D : 環境省事業で燃料電池小型トラックの技術開発・実証事業に参加]

帝人エンジニアリング株式会社-#2

高圧複合容器「ウルトレッサ」を展示していた。容器に炭素繊維を材料に用いることで従来（スチール制容器）の約 1/3 の重量でよく、安全性も高圧耐性も問題ないとのことであった。試作段階で 100MPa を達成。

ロボテックスが開発した燃料電池ドローンにこの軽量の「ウルトレッサ」が使用されており、実際に実物が展示されていた

6) 稲畑産業-#1

- スウェーデンの FC メーカー : PowerCell 社の製品を 3 年前から取り扱っているが、昨年、総代理店の契約を締結した。

- V Stack: 3~35.5kW : Life 10kh : Fuel 改質ガス($CO \leq 25ppm$), H₂ : 125W/cell

- P Stack: 75~125kW : Life 20kh : Fuel 70-100%H₂(He, N₂, Ar) : 272W/cell

- 100kW 定置用システム: Life 20kh : Fuel H₂(ISO14687) : システム効率 58/45(ピーク/定格@BOL, DC 出力)

- 現在、欧州向けの船舶用 FC システムとして、3 MW のシステムの検討を行っている。(3 MW の FC を適用するのは、中型フェリークラス)

船舶用に新しいセルを設計することはせず、基本は積層数で対応することで検討中。

- 外航船の様な長距離運用が必要なケースでは、燃料の水素をどうするかが大きな課題となる。

稲畑産業-#2

Power Cell

PowerCellution : Power Cell AB 社純水素型燃料電池システムを紹介していた。

1. Power Generation System5 : 定置用燃料電池システム

最大正味出力 : 5 kW

建物や家庭用の発電機としてだけでなく、電気通信や交通システム内のバックアップ電源にも使用できる。また標準 19 インチのラックへ簡単に設置できるように設計されているとのことであった。

2. Heavy Duty System100 : オフロード車用燃料電池システム

最大正味出力 : 100 kW

寸法 : 606×696×674 mm

重量 : 170 kg

オフロード車は、現在主にディーゼルで稼働している。また港や鉱山のような場所は、グリーンエネルギーを供給することがなかなか難しいため、燃料電池システムはオフロード車用に適している。高い電氣的負荷が要求される用途向けに開発され、高出力ながらコンパクト・軽量な設計。負荷が高

い頻度で高速で変動するような用途、一定の負荷で使用する用途、どちらの負荷パターンにも対応できる設計となっている。

あと、船舶用途を目的として MW 級の純水素形燃料電池システムの開発の情報もあった。

7) 豊田通商-#1

- SFC の DMFC 製品 : EFOY 出カラインナップ : 40~125W
100W FC+メタノール燃料供給装置 (2 個のタンク(1L)を内蔵、順次切替で連続運転) 等を筐体に収めスタンドアロン電源として製品化 :
- 国内、仮設の道路表示灯電源として、約 100 基納入
[<https://ttc-fuelcell.com/case/110/>]
- 風力発電設備の事前風況観測用機器の電源として、観測機器とセットでの販売
[<https://ttc-fuelcell.com/case/windpower/>]
- 水素駆動の燃料電池 : EFOY JUPITER 2.5kW
- 発電部以外について、燃料電池評価装置などを手がけて来たエノアが、水素発生装置を開発したので、これと組合せての販売も進めている。
[<https://www.enoah.co.jp/>]

豊田通商-#2

豊田通商株式会社の主な取り扱い定置用燃料電池は以下の 3 社との紹介があった。

1. SFC ENERGY AC 社

種別 : 直接メタノール燃料電池

最大出力 45W-500W

主な用途 : 風況観測、防犯カメラ等

特徴 : 大出力には向かないが、作動温度は低く世界中で広い市場用に実績が豊富

2. 中興電工社

種別 : メタノール改質型水素燃料電池

最大出力 2.1kW / 4.5kW

主な用途 : 通信基地局のバックアップ

特徴 : 作動温度は高く製品自体大型だが、国内携帯基地局で導入実績有 (約 550 台程度)

3. Ballard 社

種別 : 純水素燃料電池

最大出力 1.7kW / 5.0kW

主な用途 : モビリティ用途、実証案件等

特徴 : 燃料保管が困難だが、作動温度が低く海外携帯基地局では導入実績有

実際に SFC ENERGY AC 社の製品が展示されていた。最近のトピックとしては上記の製品以外

に SFC ENERGY AC 社の高出力純水素燃料電池 (EFOY JUPITER) の取り扱いも開始したとのことであった。

出力：2.5kW (複数個つなげることで～50kW までの高出力が可能)

H2 ボンベ：50L ボンベ×6 個で 2.5kW 時に 43 時間運転可能。108kWh

日本での導入実績は現時点では 0 件とのことだが、インフラ設備向けの非常用電源システムとしての海外ではすでに多くの拠点で使用されているとのこと。

大型の燃料電池発電システムは海外では数が多いが、日本ではあまり実績が伸び悩んでいるとのことだが、洋上風力発電などの電力供給が厳しいような場所での設置などを期待しているとのことであった。

8) トヨタ・HONDA の共同開発 移動式発電・給電システム：「Moving e」デモ

トヨタの燃料電池バス：“SORA”の特別仕様車 H2 タンクの容量を 24kg→47kg にアップすることで、走行可能距離を 200km→400km：

HONDA の V2H システムで開発した(?)Power Exporter(DC300V→AC100V インバータ?) に小型、中型の充電池を組み合わせ、非常時の電気のバケツリレー

[<https://global.toyota/jp/newsroom/corporate/33598919.html>]

9) トヨタ

トヨタ自動車、デンソー、豊田自動織機、豊田合成、豊田通商 5 社共同出展ブース
水素普及促進を目指し F C システム部品を商材として展示

また、システム部品に加え新規に開発した F C モジュールを展示した

(1)FC モジュール

水素普及を促進するため多用途展開が可能な汎用 F C モジュールを展示

このモジュールを使用することで、F C システム開発の経験が少ない企業も比較的容易に F C システムを構成することが可能。

今後、トヨタ自動車が 60kW 以上、豊田自動織機が 50kW 以下の F C モジュールを開発し両社でシリーズ展開を進める

60kW モジュール (トヨタ)

定格：60kW、公称電圧：650V

用途：自動車、バス、トラック、鉄道、船、発電機

[<https://global.toyota/jp/newsroom/corporate/34799387.html>]

8kW モジュール (豊田自動織機)

定格：8kW、公称電圧：48V

用途：産業車両、発電機、建機、農機

[<https://www.toyota-shokki.co.jp/news/release/2021/02/26/002816/>]

(2)水素タンク

‘20 年 12 月に発売された新型 MIRAI に搭載されている水素タンク 3 種類を展示
また現在開発中の大型車両向けの水素タンクを参考展示

充填圧力：70MPa

種類：TYPE4 (樹脂ライナー+カーボンファイバー)

(3)その他部品

水素高圧ガスバルブ、水素高圧レギュレータ、水素高圧センサモジュール等を展示

10)岩谷産業

H2 船の開発 PJ に参画する予定

11)日立造船

アルカリ水電解：HydroSpring の説明パネル他、数名の対応者で説明。

12)AZAPA 株式会社 (ドローン関連)

水素社会の実現に向けたモデルとして複数の企業・機関とともに FC 小型システムを用いたドローンの開発を行っていた。実際のドローンのデモ機が展示されており、小型 FC システムは株式会社エノアに依頼し制作したものであった。ドローン搭載に合わせて、FC スタックの小型化と軽量化を実現され、それによりバッテリー駆動のドローンより約 2 倍の走行時間を達成したとの説明があった。将来的には、荷物等の輸送のための小型飛行機のような大きさの無人航空機までを想定し開発しているとのことであった。

13)IAV 株式会社 (FCV 関連)

中型クラス乗用車 (C セグメントクラス：1.6 t) 向けの新しい燃料電池パワートレインの設計モデルが展示されていた。

現在の燃料電池ベースのパワートレインよりも、燃料電池システムのコストを削減するため、小さな燃料電池システムと大きなバッテリーを使用したコンセプトになっているとのことであった。

以下に、主要な仕様を示す。

燃料電池システム：40kW PEM (PEFC)

バッテリー：22kWh

H2 タンク：4.8 kg, 70MPa

以上

添付資料 1-9

調査報告書
FC-EXPO2021 秋

2021 年度 海外技術調査報告書

- FC EXPO 2021 秋 -

作成 : パナソニック 橋本 登

1. 事業名	燃料電池システムの海外展開に係る要求仕様調査及び国際標準化動向調査
2. 団体名	一般社団法人 日本電機工業会
3. 出張目的	FC EXPO 2021 秋での情報収集
4. 出張者	橋本 登(パナソニック)
5. 出張先	東京ビックサイト

6. 日程

2021 年 9 月 30 日

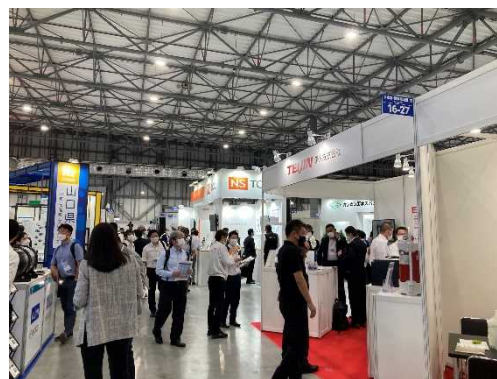
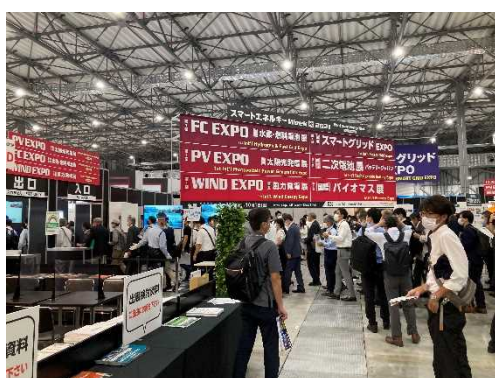
7. 概要

—FC EXPO 概要—

秋の東京での開催ははじめてであり、コロナの影響で小規模での開催であった。

FC EXPO での展示は約 35 であり、春の開催に較べると展示数も少ないものであった。

また大手企業の展示は限定的であったが、予想していたよりも盛況であるように感じた。



—目的—

今回は国内外の燃料電池システムメーカーの展示はほとんどなく、部品を中心とした展示が多かった。このためシステムの事業動向の情報収集は困難であると思われるため、燃料電池技術国際標準化の戦

略構築の一環として検討を開始した燃料電池に関わる部品の認証に繋がる規格化についての企業の考えを収集することを目的とした。

—CONTACTした展示ブース—

① KITZ : ステーション用途のみとすることであり本事業外のため情報の収集は実施しなかった

② 東洋炭素 : 燃料電池関連は、電極触媒担持用の炭素粉末を販売している。

このため、部品等の認証規格については直接関連しないと述べておられたが、国際認証に話の中で、鉄道車両用すり板の話題が出た。

東洋炭素では、すり板を製造販売しているがすり板の炭素系材料の成分について、欧州規格では規格化 (EN 規格) されている (成分ごとの含有量について) が、日本には現時点で規格がないようである。このため日本で開発した材料が欧州規格に適合しないなどの問題があったとのことである。

現在日本でも規格化が必要との議論になっているとのことであるが、欧州などへの展開時に遅れが生じたことがあったとのこと。メーカーとしては、国際規格が整備されていると海外展開時に有効であり期待しているとのことであった。

③ 長野計器 : FCV、ステーション用途である。

安全要件の観点では、特に防爆基準による認証が不可欠である。現在 IEC を含めて 5 つの規格があり、各国ごとに対応しているとのこと (パンフレットに記載)

④ 極東貿易 : Siquens 社 (ドイツ ミュンヘンに本社) 製品の販売をおこなっている。

展示されていた ECOPORT 800 の概要

メタノール改質タイプの発電システムを展示 (下 右図)

メタノールは、95%

定格出力 500W (ピーク 800W)

運転温度は、160°Cレベルであるとのこと。

起動時間は、30 分程度、-20°Cからは 1 時間程度

寿命は、3000 時間を保証 実際には Siquens 社の技術者は 5000 時間程度はあると言っているとのこと

価格は 585 万円 (豊田通商扱いの、SFC 社の DMFC システムだと同程度の出力を得るシステムが 540 万円ぐらいとのこと)

現在北海道などででも使用の話が進行中。サンエスデンキ通信が当該システムと PV などを使ったシステムを開発中とのこと



右上のボックスがメタノール改質器とスタックと BOP で構成されている

⑤ Hydrogen on demand 社 :

ディーゼルエンジンに水素を添加して効率アップを図るシステムを展示

PEFC スタックを使って水素を製造し供給するシステム。

現在のシステムは、3 年間の使用ができるとのことであった。

⑥ 野村鍍金 : 各種メッキ。特に FC 関連での使用の情報は公開されていないよう

⑦ フラウンホーファー研 IMM : エネルギーシステムの LCA 評価

リモートでその概要を聞いたが、基本的にはエネルギーシステムの設計レベルから関わり LCA 分析は解析ソフトを用いて実施するようである。

このため、LCA 分析自体に特徴があるのではなく LCA 分析を行いながらエネルギーシステムを開発できるところを強みとしているようである。

製品化の初期段階から LCA を活用する辺りは欧州が先行していることを大きい柱に置いているように思われ、今後の LCA 評価自体の重要性を見極める必要があると思われる。

以上

添付資料 2-1

調査レポート

水素燃料電池関連海外情報収集(1)

テクノバ 5805-S-01

一般社団法人日本電機工業会 御中

水素燃料電池関連海外情報収集（1）

報告書

2021年12月

株式会社 テクノバ

TECHNOVA

添付資料 2-2

調査レポート

水素燃料電池関連海外情報収集(2)

テクノバ 5805-S-01

一般社団法人日本電機工業会 御中

水素燃料電池関連海外情報収集（2）

報告書

2021年12月

株式会社 テクノバ

TECHNOVA

添付資料 2-3

調査レポート

水素燃料電池関連海外情報収集(3)

技術戦略-2021-0011

水素燃料電池関連海外情報収集 (その3)
英国、米国及び EU における 燃料電池関連実証事業事例

Final Report

Prepared for

一般社団法人 日本電機工業会

by

London Research International (LRI)

January 2022

目次

1	はじめに.....	3
2	英国.....	4
①	HEATSTACK：家庭用燃料電池マイクロコージェネ（mCHP）.....	4
②	HydroFLEX：水素対応型旅客列車.....	5
③	HySeas III：世界初の水素船 RoPax フェリーと欧州島嶼部のビジネスモデルの実現.....	6
④	H2GEAR：サブリージョナル航空機の水素推進システム.....	7
⑤	INSPIRE：高性能、高信頼性、低コストを実現する新規スタックコンポーネントの統合	8
⑥	NextGen FCEV：Wrightbus 社による FCEV バス.....	9
⑦	Project FRESSON・HyPER：水素燃料電池を利用した小型旅客機.....	10
⑧	Project Zeus：Jaguar Land Rover 燃料電池 SUV.....	11
⑨	ZEFER：ゼロエミッション車の欧州展開.....	12
⑩	Zero Carbon Base Load Power for Large Ships：メガワット級客船向け SOFC 技術.....	13
3	米国.....	14
①	ElectroCat 2.0：次世代燃料電池向け PGM フリー電極触媒.....	14
②	H2Rescue：災害救援現場を巡回して電力・熱・水を供給する水素燃料電池トラック.....	15
③	原子力発電所での電解槽とそれに伴うシステムの構築.....	16
④	水素燃料電池を使用したデータセンターのバックアップ電力.....	17
⑤	水素の製造と消費を統合し、ユーティリティの運用を改善.....	18
⑥	テキサスおよび周辺地域における H2@Scale の実証とフレームワーク.....	19
4	EU.....	20
①	CAMELOT：燃料電池用の次世代 MEA（膜電極接合体）の開発.....	20
②	CoacHyfied：エネルギー効率、コストを最適化した水素燃料電池パワートレインを備えた中長距離バス.....	21
③	CRESCENDO：PEMFC カソード向け、白金族金属を使用しない電解触媒.....	23
④	DOLPHIN：低コストの自動車向け燃料電池（PEMFC）スタック技術.....	24
⑤	E2P2 Eco Edge Prime Power：燃料電池を使ったデータセンターの主力電源の開発・実証	25
⑥	FCH2RAIL：鉄道車両用の燃料電池ハイブリッド電源装置.....	26
⑦	FLAGSHIPS：燃料電池船の実証.....	27
⑧	GAIA：大規模な自動車用燃料電池の商業化に向けた高性能 MEA.....	29
⑨	HEAVEN：航空機用の燃料電池パワートレインの設計・開発.....	31

⑩	HyShip : 液化水素を燃料とする RORO 船の実証.....	32
⑪	H2Haul : 大型トラックへの水素燃料電池の適用.....	33
⑫	H2Ports : 港湾運営への燃料電池、水素技術の適用	35
⑬	IMMORTAL : 大型トラック向け MEA (膜電極接合体) の開発	36
⑭	NewSOC : 次世代の SOFC と電気分解技術.....	37
⑮	Pegasus : PEMFC 向け白金族金属を使用しない触媒を用いたカソード.....	39
⑯	StaSHH : 大型アプリケーション用の燃料電池モジュールの標準化.....	40

1 はじめに

本報告書は、英国、米国及び EU においてどのような燃料電池関連の実証事業が実施されているかについて、多岐にわたる事例を表にまとめたものである。事例紹介においては、プロジェクトの目的及び目標、システム構成及び概要、参画企業・団体、適用燃料電池の情報を、インターネット及び必要に応じて関連機関への問い合わせにより収集した。主な情報源として、EU 及び英国については、EU の研究開発支援プログラムである **Horizon 2020**、及び欧州の水素及び燃料電池の研究、技術開発並びに実証活動を支援する官民パートナーシップ、**Clean Hydrogen Joint Undertaking**（前 **Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking**）のウェブサイトを参考にした。英国についてはこれらに加え、政府の助成機関である **UK リサーチ・イノベーション（UKRI）** から資金提供を受けているプロジェクトも検索した。米国に関しては、https://www.hydrogen.energy.gov/roadmaps_vision.html を主に参考にした。プロジェクトの抽出基準としては、なるべく新しく、様々な種類の、注目度が高い実証事業を選んでいる。また、白金に代わる代替材料を使っているケースにも注目した。

尚、本調査報告書で紹介する事例は、出力 400 ワット以上の **PAFC**、**PEFC** 及び **SOFC** で水素、天然ガス、その他一般的な炭化水素を燃料とする燃料電池実証事業である。

2 英国

HEATSTACK : 家庭用燃料電池マイクロコージェネ (mCHP)

①

事業名 : HEATSTACK – 家庭用燃料電池マイクロコージェネ (mCHP)	
目的・目標	燃料電池は、その高い電気効率と従来の暖房用燃料での運転が可能なことから、家庭用マイクロコージェネ(mCHP)での利用に大きな期待が寄せられている。HEATSTACK プロジェクトは、燃料電池システムの中で最も高価な2つのコンポーネント、すなわち燃料電池スタックと熱交換器のコスト削減に焦点を当てたプロジェクトである。
システム構成及び概要	本プロジェクトでは、生産可能なレキュペレータと cathode air pre-heaters (CAPH)の設計とプロセス、およびガラスペーストと電気絶縁層を含む Solid Oxide Cell (SOC)スタックガラスシールの生産ラインを提供する。
適用燃料電池	SOFC
参画企業・団体及びその役割(資金提供含む)	
1	Senior Flexonics(英国) バーミンガム大学で研究されている新素材 AluChrom 318 を使用して、堅牢性、コスト効率、業界トップレベルの低 Cr 損失を実現した CAPH を開発。プロジェクトを主導。
2	Vaillant Group 合計 340 万時間以上のフィールドテストを実施。
3	University of Birmingham 長期的に高温での Cr の漏洩を効果的に抑える AluChrom 318 を開発。
4	ICI Caldaie Senior Flexonics 熱交換器のプロトタイプを試験装置に組み込み、気流を変更することで、可能な限り幅広い条件で試験を行い、収集したデータの質を向上させた。
5	PNO Consultants 公的資金のアドバイザリーである。
6	Sunfire SOC スタックに適応したガラスシールを印刷した。
7	European Union's Horizon 2020 research and innovation programme; Hydrogen Europe and Hydrogen Europe Research 290 万ユーロ資金提供。
発表日・期間	2016 年 4 月 1 日から 2019 年 9 月 30 日
情報ソース	
1	“HEATSTACK - Project Brochure” http://www.heatstack.eu/wp-content/uploads/2020/03/HEATSTACK-Project-Brochure-2020.pdf
2	“HEATSTACK” http://www.heatstack.eu/

HydroFLEX : 水素対応型旅客列車

事業名 : HydroFLEX – 水素対応型旅客列車	
② 目的・目標	英国初の水素対応の旅客列車プロジェクトである。電気、バッテリー、水素の3つの電源で運行できる、世界初の「トライモード」列車を開発する。目的は、鉄道網に水素を導入することで、現行のディーゼル列車よりもクリーンな代替手段を提供することである。 2023年までには、この画期的な技術を用いて、現在運行中の車両を水素列車に改造することが可能になる予定。また、2040年までにディーゼル専用車両を HydroFLEX に置き換えることで、現在ディーゼルと電気を利用している英国の列車の脱炭素化を図る。
システム構成及び概要	水素燃料タンク、燃料電池、バッテリー、電気モーター、制御システムが HydroFLEX の基本ユニットを構成している。既存のイギリス国鉄 319 形の車両をベースに開発が行われている。総額 100 万ポンドのプロジェクトである。
適用燃料電池	PEMFC。Ballard 社の「FCveloCity-HD」を使用。 https://www.ballard.com/about-ballard/publication_library/product-specification-sheets/fcvelocity-hd-spec-sheet
参画企業・団体及びその役割(資金提供含む)	
1	PorterBrook 鉄道ソリューションプロバイダー会社である。プロジェクトを主導。
2	University of Birmingham プロジェクトを主導。
3	Chrysalis Rail 車両の設置を担当。
4	Denchi Group バッテリーを担当。プロトタイプではリチウムイオン電池を採用。
5	Ballard Power Systems 燃料電池を担当。
6	Luxfer 合計 20kg の水素が貯蔵可能なタンクを担当。
7	SNC Lavalin; Aura; dg8 順に、設計と危険箇所の特典、外装のカラーリング、設計とエンジニアリングのサポートを担当。
8	英国運輸省 75 万ポンドの資金提供。
発表日・期間	2019 年 6 月発表
情報ソース	
1	“PorterBrook—HydroFLEX” https://www.porterbrook.co.uk/hydroflex-cop
2	“University of Birmingham - HydroFLEX” https://www.birmingham.ac.uk/research/railway/research/power-systems-and-energy-use/hydrogen-train-mainline.aspx
3	“HydroFLEX train gets go-ahead for mainline testing in UK” https://doi.org/10.1016/S1464-2859(19)30271-8

HySeas III : 世界初の水素船 RoPax フェリーと欧州島嶼部のビジネスモデルの実現

事業名 : HySeas III – 世界初の水素船 RoPax フェリーと欧州島嶼部のビジネスモデルの実現	
目的・目標	フェリーに水素を使用するコンセプトを、どのようにして商業的に成り立たせるかを検討する。
③ システム構成及び概要	<p>総額 1,258 万ユーロのプロジェクト。2013 年に始まった水素燃料船の理論的研究(HySeas I)と、水素燃料電池を搭載した船舶を設計するための詳細な技術的・商業的研究(HySeas II 2014-2015)の研究プログラムの最終段階である。最初の 2 つのプログラムをベースに、燃料電池が、実績のある船舶用ハイブリッド電気駆動システム(電気推進装置、制御装置、バッテリーなど)と、関連する水素貯蔵および燃料補給の仕組みと、うまく統合できることを実証する。このプロジェクトでは、実物大のドライブトレインを陸上で開発・構築・試験・検証する。</p> <p>HySeas III は、以下のシステムで構成される。 燃料電池システム、リチウムイオン電池、マルチドライブ 2 台、変圧器、配電盤、アジマスおよびバウスラスタをシミュレートする可変ロードバンク、水素貯蔵と配管、冷却システム、安全・警報・検知システム、バッテリー消火システム、エネルギー管理・制御システム、データロギングシステム。</p>
適用燃料電池	PEMFC (100kW の Ballard HD-100 燃料電池 6 台で構成) https://www.ballard.com/docs/default-source/motive-modules-documents/fcvelocity_hd_family_of_products_low_res.pdf
参画企業・団体及びその役割(資金提供含む)	
1	University of St.Andrews プロジェクトを管理する。
2	Caledonian Maritime Assets Limited 船舶の設計・開発を行う。 システムが通常の海上航行中に発生する要求に対応し、処理するのに適しているかどうかを調査するために、包括的な試験体制を設計する。
3	Ballard Power Systems 燃料電池パワーシステムを担当。
4	Kongsberg Maritime 船舶のシステムインテグレータの役割。
5	McPhy Energy 燃料供給インフラを担当。
6	Orkney Island Council オークニー諸島の船舶および港の所有者/運営者
7	DLR Institute of Networked Energy Systems ライフサイクルおよび社会経済的分析をする。
8	Interferry; Arcsilea Ltd 普及とコミュニケーション。ニュースレター、ワークショップ、会議でのプレゼンテーションを通じて、EU 全域のステークホルダーに知識と経験を伝える。
9	EU via the Horizon 2020 research program 928 万ユーロの資金提供。
発表日・期間	2018 年 7 月 1 日から 2021 年 12 月 31 日
情報ソース	
1	“HySeas III” https://www.hyseas3.eu/
2	“HySeas III - INEA” https://ec.europa.eu/inea/en/horizon-2020/projects/h2020-transport/waterborne/hyseas-iii

H2GEAR : サブリージョナル航空機の水素推進システム

事業名 : H2GEAR-サブリージョナル航空機の水素推進システム	
④ 目的・目標	まずサブリージョナル航空機の水素推進性能を大幅に向上させることに重点を置き、それから、より大型の航空機やより長い航続距離でのアプリケーションを可能にしていく。このプロジェクトでは水素燃料電池を搭載した最初の航空機の就航は、早ければ 2026 年になる。
システム構成及び概要	East Midlands を拠点にして行われる、総額 5400 万ポンドのプロジェクト。システムは https://aviationweek.com/air-transport/aircraft-propulsion/gkn-led-project-developing-cryogenic-electric-propulsion の図を参照のこと。
適用燃料電池	PEMFC。ただし、将来的に液体水素から電気をつくる新規中間温度ポリマー電解質燃料電池 (IT-PEFC) を使用予定。
参画企業・団体及びその役割(資金提供含む)(具体的な役割の情報なし)	
1	GKN Aerospace プロジェクトを主導。当社の電気と従来の燃料を使用したハイブリッド航空機プロジェクトから、本プロジェクトが生まれた。
2	University of Birmingham プロジェクトを主導。新しい IT-PEFC 燃料電池技術を提供。液体水素をゼロエミッションのエネルギーキャリアとして航空機に使用することで、極低温の電気システムを持つ可能性がある。
3	Intelligent Energy このプログラムでは、次世代の軽量化された燃料電池スタック(新素材、コーティング、プロセスを含む)技術を開発し、East Midlands での製造業の成長をサポートする。
4	Aeristech 世界をリードする高出力・高効率のコンプレッサー技術を提供。
5	Aerospace Technology Institute(ATI) 2,700 万ポンドの資金援助
6	Newcastle University、University of Manchester 他
発表日・期間 2020 年 12 月 1 日から 2025 年 9 月 30 日	
情報ソース	
1	“GKN Aerospace – H2GEAR” https://www.gknaerospace.com/en/our-technology/2021/H2Gear/
2	“University of Birmingham to partner with GKN Aerospace in developing hydrogen propulsion system for aircraft” https://www.birmingham.ac.uk/news/latest/2021/01/university-of-birmingham-to-partner-with-gkn-aerospace.aspx
3	“GKN-Led Project Developing Cryogenic Electric Propulsion” https://aviationweek.com/air-transport/aircraft-propulsion/gkn-led-project-developing-cryogenic-electric-propulsion

INSPIRE : 高性能、高信頼性、低コストを実現する新規スタックコンポーネントの統合

事業名 : INSPIRE – 高性能、高信頼性、低コストを実現する新規スタックコンポーネントの統合	
⑤ 目的・目標	現在存在する最先端の PEMFC スタックの主要コンポーネント(電極触媒、膜、ガス拡散層、バイポーラプレート)を集め、これらを自動車用燃料電池の大規模商業化に必要な性能、耐久性、コストを達成できる燃料電池に統合することを目的としている。具体的には 0.6V で 1.5W/cm ² の使用開始時の出力密度、10%以下の出力劣化で 6000 時間以上の耐久性、年間 50,000 台の生産量で 50 ユーロ/kW 以下の製造コストを満たすことである。
システム構成及び概要	最終的に 0.6V で 1.5W/cm ² 、0.6A/mg Pt を達成した。技術的なプロジェクトの流れは、 https://www.fch.europa.eu/sites/default/files/03.INSPIRE_Silvain%20Buche%20%28ID%207332302%29.pdf の 4 ページ目を参照。
適用燃料電池	PEMFC
参画企業・団体及びその役割(資金提供含む)	
1	Johnson Matthey plc(英国) 特殊化学品と持続可能な技術を提供する企業であり、PEM 燃料電池用膜電極接合体(MEA)の世界的なサプライヤーとして、コンソーシアムをリードし、プロジェクト活動をコーディネートする。
2	BMW スタックの要件を設定し、MEA とバイポーラプレートを新しい高出力密度のスタック設計に組み込んでいる。
3	SGL Carbon MEA の炭素繊維ガス拡散層を開発する。
4	DANA Power Technologies 水素と空気を MEA に供給し、発生した電気を自動車の動力源として伝送する金属製バイポーラプレートの最適な設計。
5	CNRS Montpellier; VTT Technical Research Centre of Finland; Technical University of Munich; Technical University of Berlin; University of Freiburg(IMTE) 次世代の電極触媒、触媒層構造、膜の研究を行う。
	Clean Hydrogen Joint Undertaking 688 万ユーロの資金提供。
発表日・期間	2016 年 5 月 1 日から 2019 年 10 月 31 日
情報ソース	
1	“INSPIRE” https://www.inspire-fuelcell.eu/index.php
2	“INSPIRE- Programme Review Days 2019” https://www.fch.europa.eu/sites/default/files/03.INSPIRE_Silvain%20Buche%20%28ID%207332302%29.pdf

NextGen FCEV : Wrightbus 社による FCEV バス

事業名 : NextGen FCEV –Wrightbus 社による FCEV バス	
⑥ 目的・目標	NextGen FCEV は、英国市場向けにシングルデッキおよびダブルデッキの FCEV バスを開発し、コストと効率の点で世界をリードする製品を輸出し、雇用を創出することを目指している。 これは、英国政府の 2050 年二酸化炭素排出量ゼロ目標と、2025 年までに英国の各地域に少なくとも 4,000 台のゼロエミッションバスを導入するという目標を支援するもの。
システム構成及び概要	詳細な情報なし。英国政府から 1,120 万ポンドの資金援助。現在はシングルデッキのバスを開発済み。
適用燃料電池	PEMFC。バス用の低コスト水素燃料電池をバルメナ工場で製造開発。Ballard FCmove 70kW / 100kW を使用。 https://www.ballard.com/fuel-cell-solutions/fuel-cell-power-products/motive-modules
参画企業・団体及びその役割(資金提供含む)	
1	Wrightbus FCEV, BEV に特化した、北アイルランドに本社を置くバスメーカーで、低床式バスのパイオニア。本プロジェクトを主導し、GB KITE HYDROLINER FCEV を開発、生産
2	Grayson Automotive Services Ltd 車載冷却、暖房、空調製品のリーディングサプライヤー。
3	Queens University Belfast 本プロジェクトへ、ルート分析から収集したビッグデータを提供。
4	Ryse Hydrogen 本プロジェクトへ、安全性、テクノエコノミックス、エミッションの分析を行う。
5	Translink 本プロジェクトへ、設計および性能要件に関する情報を提供し、実地試験を行う。
6	Innovate UK; Advanced Propulsion Centre UK; UK Government 合計 1,120 万ポンドの資金提供。
発表日・期間	
2021 年から 1 年間	
情報ソース	
1	“Wrightbus to get £11.2m for hydrogen-fuel technology” https://www.bbc.co.uk/news/uk-northern-ireland-56476668
2	“Wrightbus - NextGenFCEV” https://www.apcuk.co.uk/funded-projects/wrightbus-nextgenfcev/
3	“GB KITE HYDROLINER FCEV” https://wrightbus.com/en-gb/gb-kite-hydroliner-fcev
その他	同様のプロジェクトで JIVE がある。また CoacHyfied(https://coachyfried.eu/ ドイツ FEV EUROPE GMBH 主導)がある。

Project FRESSON・HyPER：水素燃料電池を利用した小型旅客機

事業名：PROJECT Feeson・HyPER－水素燃料電池を利用した小型旅客機	
⑦ 目的・目標	2023 年に、水素燃料電池を搭載した「ブリテン・ノーマン・アイランダー」で空を飛ぶこと、そして 2025 年には、世界初のゼロカーボン旅客機が誕生させること。
システム構成及び概要	水素燃料電池技術の最近の進歩を利用して、9 人乗りのブリテン・ノーマン・アイランダー航空機用の商業的に実現可能な後付けパワートレイン・ソリューションを開発すること。
適用燃料電池	不明 ¹
参画企業・団体及びその役割(資金提供含む)	
1	Cranfield Aerospace Solutions (CAeS) プロジェクトを主導。
2	Britten-Norman 9 人乗りのブリテン・ノーマン・アイランダー航空機を製造する。
3	Innovatus Technologies 超軽量で高圧に対応した多室型水素貯蔵タンク (SHyFT) をプログラムに導入し、プラットフォームの性能を引き出す役割。
4	Ricardo plc 主要な電力源となるコントローラーを含む燃料電池システムを提供。当社の水素燃料電池システム開発アプローチを複数スタックのプラントバランスで使用すると、従来ものとは比べて、デューティーサイクルに応じて 5～15% の効率改善がある。プラントバランスとは、燃料電池スタックに適切な量の水素と空気、そして冷却水を、温度、圧力、質量流量、相対湿度の観点から供給するために使用される一連の付属品を指す。
5	Cranfield Universityパイロットプラント建設予定地を提供。
6	GTI(米国) 新しい水素製造技術を提供。この新プロセスは 30% の低コスト化と高効率化が可能。
7	Doosan Babcock 低炭素技術の提供、エンジニアリングパートナーとして参加。
8	Department for Business, Energy and Industrial Strategy's (BEIS) Energy Innovation Programme; Aerospace Technology Institute (ATI); Innovate UK 750 万ポンドの資金提供。
発表日・期間	2021 年 3 月 30 日発表
情報ソース	
1	“PROJECT FRESSON” https://projectfresson.uk/
2	“PROJECT FRESSON TO DELIVER WORLD'S FIRST TRULY GREEN PASSENGER CARRYING AIRLINE SERVICES USING HYDROGEN FUEL CELL TECHNOLOGY” https://www.cranfieldaerospace.com/2021/project-fresson-hydrogen/
その他	同様の航空機プロジェクトに HEAVEN(https://heaven-fch-project.eu/ : スペイン FUNDACION AYESA 主導)がある。

¹ Cranfield Aerospace Solutions に 1 月 5 日及び 17 日に問い合わせたが、回答を得られなかった。

Project Zeus : Jaguar Land Rover 燃料電池 SUV

事業名 : Project Zeus – Jaguar Land Rover 燃料電池 SUV	
⑧ 目的・目標	ゼロエミッションの燃料電池 SUV コンセプトを実現する。 燃料電池パワートレインをどのように最適化すれば、航続距離、燃料補給、トラクション、オフロード性能といった面で、顧客が期待する性能や機能を実現できるかについて、新たな深い洞察を提供することを目的としている。2021 年末に英国でテストを開始する予定。
システム構成及び概要	総額 1,760 万ポンドのプロジェクト。車体は新型の Land Rover Defender をベースにしている。システムは https://www.jaguarlandrover.com/news/2021/06/jaguar-land-rover-develop-hydrogen-powered-defender-fuel-cell-prototype の中盤にある図を参照のこと。 Defender FCEV と名付けられたこのパワートレインは、燃料電池スタック、電気駆動ユニット、大型バッテリー（制動時に回収したエネルギーを電気モーターに供給するための予備かつブーストパワー）、そして水素を貯蔵するための高圧タンクを搭載
適用燃料電池	不明 ²
参画企業・団体及びその役割(資金提供含む)(具体的な役割の情報なし)	
1	Jaguar Land Rover コンソーシアムを結成しプロジェクトを主導。技術統合をリードし、車両の電源管理のためのハードウェアとソフトウェアの開発を行う。また、車両の物理的な統合と実証車両の製造を担当する。
2	Marelli Automotive Systems FCEV に適した冷却システムの設計と高性能熱交換器の開発をサポートする。
3	Delta Motorsport 高性能バッテリーの開発を行う。
4	UK Battery Industrialisation Centre 電池製造開発のための新しい国立施設。
5	AVL UK 制御作動パッケージ、監視コントローラーの機能開発、機能安全開発の管理、および統合とキャリブレーション活動を担当。
6	Advanced Propulsion Centre UK 870 万ポンドの資金提供。
発表日・期間	2020 年 8 月 1 日から 2023 年 10 月 31 日
情報ソース	
1	“JAGUAR LAND ROVER TO DEVELOP HYDROGEN-POWERED DEFENDER FUEL CELL PROTOTYPE” https://www.jaguarlandrover.com/news/2021/06/jaguar-land-rover-develop-hydrogen-powered-defender-fuel-cell-prototype
2	“JAGUAR LAND ROVER – Zeus” https://www.apcuk.co.uk/funded-projects/jaguar-land-rover-zeus/
3	“UK Research and Innovation” https://gtr.ukri.org/projects?ref=51122

² Jaguar Land Rover に 1 月 12 日及び 1 月 17 日に問い合わせたが、返信を得られなかった。

ZEFER : ゼロエミッション車の欧州展開

事業名 : ZEFER –ゼロエミッション車の欧州展開	
⑨ 目的・目標	欧州の主要 3 都市(ロンドン、パリ、ブリュッセル)において、タクシー、ハイヤー、救急車などに 180 台の FCEV を配備。ZEFER は、これらの車両を集中的に使用することで、FCEV とそれをサポートする水素ステーション(HRS)の性能をテストし、FCEV がディーゼル車に代わる直接的な代替手段となり得るかどうかを確認する。
システム構成及び概要	総額 2,588 万ユーロのプロジェクト。配備予定の 180 台の FCEV のうち、71 台は現在、パリで 36 台、ロンドンで 35 台が日常的に使用されている。これまで 100 万キロ以上走行しているが、信頼性の問題は報告されていない。プロジェクトの水素ステーション(HRS)は高度に活用されており、HRS のアップグレードが完了する前であっても、良好に機能している。
適用燃料電池	PEMFC
参画企業・団体及びその役割(資金提供含む)	
1	Element Energy (英国) コンソーシアムを主導する。
2	Air Liquide; ITM Power 水素供給会社であり、水素ステーションを設置した。
3	Green Tomato Cars; HYPE; ロンドン市警察・犯罪対策局 車両エンドユーザーで、実際にロンドン、パリ、ブリュッセルで車両を使用する。
4	トヨタ FCEV である“Mirai”を提供。
5	BMW; Linde AG オブザーバーパートナー。
6	Cenex (英国); Mairie de Paris 分析と政策結論をサポート。
7	Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking 500 万ユーロの資金提供。
発表日・期間	2017 年 9 月 1 日から 2022 年 8 月 31 日
情報ソース	
1	Zefer Official site https://zefer.eu/
2	“ZEFER project launches to demonstrate the benefits of zero emission fuel cell cars for large urban fleets” https://www.fch.europa.eu/sites/default/files/ZEFER%20Launch_Press%20Release%20May%202018%20%28ID%203377491%29.pdf
3	Cenex Zefer https://www.cenex.co.uk/projects-case-studies/zefer/
その他	H2ME も同様のプロジェクト。H2Move、HyTEC、SWARM、HyFIVE といった燃料電池自動車プロジェクトが過去に行われている。

Zero Carbon Base Load Power for Large Ships : メガワット級客船向け SOFC 技術

事業名 : Zero Carbon Base Load Power for Large Ships –メガワット級客船向け SOFC 技術	
目的・目標	革新的な SOFC 技術とバッテリーを用いて、ディーゼル発電機に代わる継続的なエネルギー供給の可能性を調査する。
⑩ システム構成及び概要	燃料電池をバッテリーと組み合わせ、エネルギー使用を最適化するシステムを構築。今回提案する SOFC のような燃料電池は高温で動作するため、この熱を利用して船舶の他のシステムを動かす。短期的には液化天然ガスを燃料とし、長期的にはグリーン水素の使用に移行する、以上のような燃料電池システムの導入可能性を詳細に実証する。
適用燃料電池	セレス社の SOFC。 https://www.ceres.tech/technology/why-is-it-unique/
参画企業・団体及びその役割(資金提供含む)	
1	Ceres Power 現在クルーズ船で使用されている非推進電力(通常 10MW ユニット)を供給するためのディーゼル発電機の代わりに、セレスの SOFC 技術を使用する可能性を調査。熱回収を含む燃料電池システムのモデル化を行い、港内および海上でのあらゆる運用を通じて、エネルギー需要と排出量のプロファイルを確立する。
2	Shell International Trading and Shipping Company LNG から水素への移行に伴う影響を調査する。
3	University of Southampton Carnival 社の LNG 利用の P&O クルーズ Iona 号からのデータを得て、既存のクルーズ船のエネルギー効率をモデリングする。
4	LLOYD'S Register Group Services 船の設計に与える影響を調査する。
5	Carnival Corporation & plc 世界最大のクルーズ会社であるカーニバル・コーポレーションは、同社の船舶をディーゼル発電から燃料電池に変え、LNG から水素への燃料の変換を目指している。
6	英国運輸省 32 万ポンドの資金提供
発表日・期間	2021 年 3 月から 2022 年 3 月
情報ソース	
1	“ZERO CARBON BASE LOAD POWER FOR LARGE SHIPS” https://vimeo.com/641980545
2	“Ceres successful in two maritime consortia awarded UK funding” https://www.ceres.tech/news/ceres-successful-in-two-maritime-consortia-awarded-uk-funding/

3 米国

ElectroCat 2.0 : 次世代燃料電池向け PGM フリー電極触媒

①

事業名 : ElectroCat 2.0 次世代燃料電池向け PGM フリー電極触媒	
目的・目標	ElectroCat プロジェクトは、PEMFC の酸素還元反応(ORR)触媒、特に触媒活性の向上に力を注いできた。ElectroCat 2.0 では、白金族材料(PGM)を使用しない2つの触媒の最も有望なアプローチに焦点を当て、トラック等のヘビーデューティ用途で必要とされる耐久性と、コスト、効率、その他の重要な指標の両方を満たすことを目指す。
システム構成及び概要	詳細な情報なし。合計 900 万ドル
適用燃料電池	PEMFC
参画企業・団体及びその役割(資金提供含む)	
1	Los Alamos National Laboratory 本燃料電池コンソーシアムを主導。PGM フリー触媒の開発、電気化学および燃料電池試験、原子スケールのモデリングを行う。
2	Argonne National Laboratory 本燃料電池コンソーシアムを共同で主導。ハイスループット技術、メソスケールモデル、X 線研究、水系安定性研究を担当する。
3	National Renewable Energy Laboratory 先進的な燃料電池の特性評価、レオロジーとインクの特性評価、セグメント化されたセルの研究を行う。
4	Oak Ridge National Laboratory 電子顕微鏡、原子レベルの特性評価、XPS 研究を担当。
5	米国エネルギー省(DOE) 900 万ドルの資金提供。
発表日・期間	2020 年 10 月 1 日から 2023 年 9 月 30 日
情報ソース	
1	“ElectroCat 2.0 - 2021 Annual Merit Review and Peer Evaluation Meeting” https://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/review21/fc160_myers_zelenay_2021_o.pdf
2	“ElectroCat - 2019 Annual Merit Review and Peer Evaluation Meeting” https://blogs.anl.gov/electrocat/wp-content/uploads/sites/60/2019/08/2019_ElectroCat_Annual_Merit_Review.pdf
3	“ElectroCat” https://www.electrocat.org/

H2Rescue : 災害救援現場を巡回して電力・熱・水を供給する水素燃料電池トラック

事業名 : H2Rescue—災害救援現場を巡回して電力・熱・水を供給する水素燃料電池トラック	
② 目的・目標	目標は、水素を積んで緊急時の場所まで最長 90 マイル走行し、そこに 72 時間滞在して燃料電池のパワーパックから熱や電力、さらには生成される水を飲料水として供給し、その後 90 マイル戻ってきて燃料を補給することができるトラック「H2Rescue」の実証。
システム構成及び概要	H2Rescue は、災害時の混沌とした中で、応答者や地域住民の生命線となり得る革新的なクラス 5 または 6 の新型トラックである。物資を運び、使用可能な大量の電力を生産できる。H2Rescue の燃料電池で作られた電力は、オンサイトで使用することができ、移動式のコマンドセンターにも電力を供給することができる。350 バール(5,000psi)または 700 バール(10,000psi)の水素燃料を使用する。
適用燃料電池	MEA PEM stack 組み込まれる「HyPM® HD 90」は、90 キロワット以上の出力が可能な燃料電池。 https://www.enoah.co.jp/app/download/14008479889/HyPM_HD90_one-pager_EN_A4_rev00.pdf?t=1630285106&mobile=1
参画企業・団体及びその役割(資金提供含む)	
1	Cummins 資金受賞。プロジェクトを主導。
2	米国国土安全保障省科学技術局 (DHS S&T); エネルギー省 (DOE); 米国国防総省 約 100 万ドルの連邦資金を提供する。
3	米国海軍研究所 国防総省の要求と利害関係者との連携を強化する。
発表日・期間 2020 年 2 月 3 日発表	
情報ソース	
1	“Feature Article: Delivering Clean Power to Disaster Scenes, Without Compromise” https://www.dhs.gov/science-and-technology/news/2021/07/12/feature-article-delivering-clean-power-disaster-scenes-without-compromise
2	“U.S. Department of Energy and U.S. Army Issue Solicitation to Develop H2Rescue” https://www.energy.gov/eere/fuelcells/articles/us-department-energy-and-us-army-issue-solicitation-develop-h2rescue

原子力発電所での電解槽とそれに伴うシステムの構築

事業名：原子力発電所での電解槽とそれに伴うシステムの構築	
③ 目的・目標	Exelon 社のナインマイルポイント原子力発電所に 1MW の PEM 電解槽とそれを支えるインフラを設置し、発電所内で消費される水素を経済的に供給し、電力市場に参入するためのより大きな電解槽のスケールアップ運転をシミュレートすること。 2022 年に運用を開始。
システム構成及び概要	全体予算 724 万ドルのプロジェクト。 プロジェクトには、水素製造のための電解槽の設置、水素貯蔵設備の整備、原子力発電所内での水素使用が含まれている。 電解槽の変動的な運用の実証で、次の 3 つの試験が完了している。(1)電解槽システムを定常状態で 24 時間運転し、極小の劣化(0.1%未満)を観察する、(2)100%の電力で定常運転した後、突然、電力を 0%にカットし、その後 30 分以内に電力と水素生産量を 100%に戻す、(3)電力サイクルが 0.1%以上の効率の低化を引き起こさないことの検証。システムは https://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/review20/ta028_otgonbaatar_2020_p.pdf の 4 ページ目を参照のこと。
適用燃料電池	PEMFC。
参画企業・団体及びその役割(資金提供含む)	
1	Exelon プロジェクト全体、設計、設置、運用に責任を持つ主任申請者。ライセンス管理も担う。
2	Nel Hydrogen 1MW のコンテナ型 PEM 電解槽ユニットのベンダーサプライヤー。試作電解槽のテストをサポートする。
3	Idaho National Laboratory; National Renewable Energy Laboratory フロントエンドコントローラの開発、プロトタイプ電解槽のダイナミックな操作を担当する。
4	米国エネルギー省(DOE) 360 万ドルの資金提供。
5	Argonne National Laboratory スケールアップした水素製造の分析、水素市場の分析を行う。
発表日・期間	2020 年 4 月 1 日から 2023 年 4 月 1 日
情報ソース	
1	“2020 DOE Hydrogen and Fuel Cells Program Review Presentation” https://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/review20/ta028_otgonbaatar_2020_p.pdf
2	“Demonstration of electrolyzer operation at a nuclear plant to allow for dynamic participation in an organized electricity market and in-house hydrogen supply” https://www.energy.gov/sites/prod/files/2019/12/f69/fcto-fcs-h2-scale-2019-workshop-4-otgonbaatar_0.pdf
3	“Exelon Generation Receives DOE Grant to Support Hydrogen Production Project at Nine Mile Point Nuclear Station” https://www.exeloncorp.com/newsroom/Pages/DOE-Grant-to-Support-Hydrogen-Production-Project-at-Nine-Mile-Point.aspx

水素燃料電池を使用したデータセンターのバックアップ電力

事業名：水素燃料電池を使用したデータセンターのバックアップ電力	
目的・目標	データセンターのバックアップ電力を生産する大きなフォーマットの水素燃料電池を備えた電力システムを開発すること。ディーゼルエンジンに代わって、エミッションの少ないバックアップ電源となる。
④ システム構成及び概要	詳細な情報なし。1.5MW の規模で試験。数メガの規模のデータセンターで 99.999% の稼働要件を満たせるかどうかを確かめ、成功を確認できたら数メガワットの規模として展開する予定。オンサイトの燃料(低炭素水素)を使用して 48 時間の運転も行う。ClearGen(下記参照)による協業で 1.5 MW ClearGen™-II hydrogen fuel cell power generator を開発する。
適用燃料電池	Ballard Power Systems 社の PEMFC。 https://www.ballard.com/fuel-cell-solutions/fuel-cell-power-products
参画企業・団体及びその役割(資金提供含む)	
1 Caterpillar (元請)	全体のシステムインテグレーションとソリューションの主骨となるパワーエレクトロニクスとコントロール担当。
2 Microsoft	Washington 州の Quincy にある同社のデータセンターで場所を提供。
3 Ballard Power Systems	最新の水素電池モジュール提供。
4 National Renewable Energy Lab	安全性、テクノエコノミクス、エミッションの分析。
5 米国エネルギー省 (DOE)	H2@Scale initiative のもと、一部資金援助。
発表日・期間	2021 年 11 月 22 日発表、3 年間の事業。
情報ソース	
1	“Caterpillar to Launch Demonstration Project Using Hydrogen Fuel Cell Technology for Backup Power at Microsoft Data” https://www.caterpillar.com/en/news/corporate-press-releases/h/caterpillar-demonstration-project-hydrogen-backup-power-microsoft.html https://www.renewableenergymagazine.com/hydrogen/caterpillar-to-launch-demonstration-project-using-hydrogen-20211122
2	“Microsoft to begin trial of hydrogen fuel cell data center” https://fuelcellworks.com/news/microsoft-to-begin-trial-of-hydrogen-fuel-cell-data-center/
3	“Ballard teams up with Caterpillar & Microsoft to demonstrate megawatt-scale hydrogen fuel cell backup generator system for datacenters” https://www.ballard.com/about-ballard/newsroom/news-releases/2021/11/22/ballard-teams-up-with-caterpillar-microsoft-to-demonstrate-megawatt-scale-hydrogen-fuel-cell-backup-generator-system-for-datacenters
その他	ClearGen : https://www.clear-gen.com/ ClearGen LLC は Blackstone の資金提供により 2020 年に設立された企業でエネルギー転換を目的としてパートナーと協業。

水素の製造と消費を統合し、ユーティリティーの運用を改善

事業名：水素の製造と消費を統合し、ユーティリティーの運用を改善	
⑤ 目的・目標	様々な部門における水素経済の推進を支援すべく、グリッドレベルでの水素生産を実証する。PEM 電解による水素製造・圧縮貯蔵と FCEV 用水素ディスペンサー、発電用定置型燃料電池システムを組み合わせた統合システムの開発。再生可能エネルギー電源の大量導入を想定した、グリッドレベルでの出力調整モデルの開発・最適化を行う。
システム構成及び概要	910 万ドルのプロジェクト。PEM 電解槽、圧縮水素貯蔵、FCEV への水素供給、発電用定置型燃料電池を組み込んだ統合システムプロジェクト開始後 3 年目から電力会社との統合されたシステムの実証、試運転を行う。 システムは https://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/review20/ta030_hamdan_2020_p.pdf 3 ページ目の右下の図を参照のこと。
適用燃料電池	PEMFC。詳細は https://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/review20/ta030_hamdan_2020_p.pdf 8 ページ目の中間を参照のこと。
参画企業・団体及びその役割(資金提供含む)	
1	Giner ELX, Inc プロジェクトを主導。電解システムのエンジニアリング、開発、展開を行う。
2	Orlando Utilities Commission (OUC) 電力会社であり、太陽光発電統合と FCEV フリート導入を担当。
3	General Motors, LLC. (GM) 定置型燃料電池システムと発電の担当。
4	OneH2 ストレージ、ディスペンサー、コンプレッサー担当
5	Univ. of Central Florida-Florida/Solar Energy Center (UCF-FSEC) ソーラーから水素までの統合システムに対しテクノ・エコノミー分析を行う。また、技術、運用、エネルギー効率、安全性などの、最適化を行う。
6	National Renewable Energy Lab (NREL) モデリング担当。Regional Energy Deployment System (ReEDS)の修正と更新を行う。太陽光発電の普及率向上に向けた電解システムの可能性を判断する。
7	米国エネルギー省(DOE) 400 万ドルの資金提供。
発表日・期間	2020 年 5 月 1 日から 2023 年 4 月 30 日
情報ソース	
1	“Integrated Hydrogen Production and Consumption for Improved Utility Operations 2020” https://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/review20/ta030_hamdan_2020_p.pdf
2	“Integrated Hydrogen Production and Consumption for Improved Utility Operations 2019” https://www.energy.gov/sites/prod/files/2019/12/f69/fcto-fcs-h2-scale-2019-workshop-6-hamdan.pdf

テキサスおよび周辺地域における H2@Scale の実証とフレームワーク

事業名：テキサスおよび周辺地域における H2@Scale の実証とフレームワーク	
⑥ 目的・目標	燃料電池自動車を含む複数の最終用途と、クリーン水素を信頼性の高い電源として使用する大規模なベースロード需要家とを組み合わせることで、再生可能な水素が、費用対効果の高い燃料となることを示すことを目的としている。
システム構成及び概要	再生可能な水素製造（再生可能ガスを用いた水蒸気メタン改質、風力と太陽光発電による電気分解）、大規模な水素利用（Texas Advanced Computing Center への燃料電池による電力供給）、モビリティへの水素供給（小型車、ドローンへの供給）で構成されている。 太陽光や風力を利用した電気分解と、テキサス州の埋立地からの埋立ガスの改質により、オンサイトでゼロカーボン水素を生成する。両方の再生可能な水素源を同一プロジェクトで使用するのは初めてのことである。 予算は合計 1,080 万ドル。システムは https://energy.utexas.edu/news/h2scale-project-launched-texas の図を参照のこと。
適用燃料電池	定置型燃料電池、モビリティともに PEMFC。
参画企業・団体及びその役割(資金提供含む)	
1	Frontier Energy プロジェクトを主導する。
2	University of Texas at Austin プロジェクトを研究開発を主導する。商業用水素の製造、流通、貯蔵、使用を統合した世界初のプロジェクトを実施。
3	GTI 堅牢な水素ソリューションを開発するために、多種多様な新技術と既存技術を統合し、革新的なコンセプトを特定。
4	Texas Advanced Computing Center (ベースロード需要家として) 定置型燃料電池から電力を受ける。
5	トヨタ FCEV「Mirai」を使用。
6	Shell; Air Liquide ゼロカーボン水素を生成。
7	米国エネルギー省(DOE) 540 万ドルの資金提供。
発表日・期間	2020 年 7 月 1 日から 3 年
情報ソース	
1	“H2@Scale Project Launched in Texas” https://energy.utexas.edu/news/h2scale-project-launched-texas
2	“Demonstration and Framework for H2@Scale in Texas and Beyond” https://www.energy.gov/sites/prod/files/2019/12/f69/fcto-fcs-h2-scale-2019-workshop-5-bouwkamp.pdf

4 EU

CAMELOT：燃料電池用の次世代 MEA（膜電極接合体）の開発

事業名：CAMELOT—燃料電池用の次世代 MEA（膜電極接合体）の開発	
① 目的・目標	モビリティ部門で利用される燃料電池の MEA（膜電極接合体）の課題に取り組む。 数値モデリングと in-situ 特性評価により最新の MEA の理解を深める。燃料電池の電極における制約について調査し、次世代の MEA に必要とされる超薄型、超低負荷レイヤーを開発する。 (2社の OEM メーカー、MEA メーカーの参画により、モデリングの結果を最新の燃料電池ハードウェアで検証することができる。)
システム構成及び概要	ガスのクロスオーバーの少ない、 $< 10 \mu\text{m}$ の薄いメンブレンのプロトタイプを製造する。多孔性およびアイオノマーの最適化を行う。 特性評価には、FIB-SEM トモグラフィーを用い、10 nm 以下のボクセルサイズで触媒層の 3D 復元を行う。 MEA 製造には、先行の FCH JU プロジェクト (VOLUMETRIQ、GAIA) にて開発された材料を用いる。SOA materials 電荷、質量、熱輸送のメカニズムを正確に把握するため、オープンソースのモデリングツール FAST-FC™ をアップデートする。
適用燃料電池	燃料電池の材料開発プロジェクトのため、燃料電池の適用なし。
参画企業・団体及びその役割(資金提供含む)	
1	SINTEF AS コーディネーター。
2	Johnson Matthey Fuel Cells 燃料電池 MEA（膜電極接合体）の提供。
3	Technische Universitaet Chemnitz ケムニッツ工科大学（ドイツ）。
4	FCP Fuel Cell Powertrain バッテリーと燃料電池からなるハイブリッドシステムおよびパワートレインの開発。
5	Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft 自動車メーカー。MEA 開発に係わる他のプロジェクト (GAIA, INSPIRE、VOLUMETRIQ) にも参画。
6	Albert-Ludwigs-Universitaet Freiburg アルベルト・ルートヴィヒ大学フライブルク。
7	PRETEXO プロジェクトマネジメント支援。
発表日・期間	2021年1月1日～2022年12月31日
情報ソース	
1	https://cordis.europa.eu/project/id/875155
2	https://www.camelot-fuelcell.eu/index.php/about-camelot/overview

CoachHyfied : エネルギー効率、コストを最適化した水素燃料電池パワートレインを備えた中長距離バス

事業名 : CoachHyfied – エネルギー効率、コストを最適化した水素燃料電池パワートレインを備えた中長距離バス		
② 目的・目標	<ul style="list-style-type: none"> ・燃料電池市バスシステム開発の経験を活かし、長距離バスが直面する、より厳しいパッケージング制約や不利な走行パターン（低いエネルギー回生）、高い補助電源(冷暖房)の必要性といった課題に取り組む。 ・欧州の車両製造拠点および水素関連のサプライチェーンを強化する。 	
システム構成及び概要	<ul style="list-style-type: none"> ・2種の車両を実証する。1種はOEMの新車両。もう1種は、既存の車両を改造したものを利用し車体の再利用を模索する。 ・2～3年のデモ期間に、6車両を開発、ラトビアおよびフランスで運用する。 ・最低 25,000 時間の耐久性を満たす FC メーカーや、350～700 気圧の技術を長距離バスに適用可能な複合タンクメーカーと協働する。 	
適用燃料電池	Ballard Power Systems Europe の燃料電池 https://coachhyfied.eu/?page_id=41 https://www.ballard.com/fuel-cell-solutions/fuel-cell-power-products	
参画企業・団体及びその役割(資金提供含む)		
1	FEV EUROPE GMBH (コーディネーター)	FC システムのパワートレインへの統合、長距離バスへのパワートレインのセットアップ。 燃料電池とトラクションバッテリーからなるハイブリッド電源の制御システムの提供。制御システムと水素システムの長距離バスへの統合。
2	Ballard Power Systems Europe AS	FC システムの提供。ハイブリッド電動ドライブトレインの開発と FC の車両への統合。
3	Coventry University	燃料電池駆動システムのサーマルマネジメント。
4	Plastic Omnium New Energies Wels GmbH	燃料電池システムのコンポーネントのテストやプロトタイプ生産に必要なインフラを提供。
5	ISEE Mobility GmbH	燃料電池システムの統合（電動駆動、バッテリーシステム、補助機器を含む）。
6	Ford Otomotiv Sanayi Anonim Sirketi	電動パワートレインの開発。CAE の最適化を含む。
7	Otokar Otomotiv VE Savumna Sanayi AS	プリント基板設計とソフトウェア開発。
8	RWTH Aachen University	メンテナンススケジューラーの開発。
9	Engie Energie Services	脱炭素のサポートを含む包括的なエネルギーサービスを提供する会社。
10	HYPOR	水素ステーションおよび燃料電池車両の配備。
11	Kiwa Nederland BV	高圧アプリケーションに関する貢献。
12	SIA Dobeles Autobusu Parks	ラトビアのバス運行。
13	NPROXX BV	水素を貯蔵する高圧タンクの開発・製造。

14	Trezors	事業計画および市場開拓戦略を担当。
発表日・期間	2021年1月1日～2025年12月31日	
情報ソース		
1	https://coachified.eu/	
2	https://cordis.europa.eu/project/id/101006774	

CRESCENDO : PEMFC カソード向け、白金族金属を使用しない電解触媒

事業名 : CRESCENDO—PEMFC カソード向け、白金族金属を使用しない電解触媒	
目的・目標	高活性で長期安定性のある白金族金属を使用しない電解触媒を開発。カソード触媒レイヤーの再設計を行う。
③ システム構成及び概要	最初は小型、最終的にはフルサイズの単一セルで、電力密度および耐用性の要件(0.7 V で 0.42 W/cm ² 、100 時間)を満たすことを目標とする。 白金の使用を低減した既存のアノードよりも不純物に対する高い耐性を持つ、白金族金属を使用しない、あるいは微量の白金族金属を使用したアノード触媒の開発も含む。
適用燃料電池	燃料電池の材料開発プロジェクトのため、燃料電池の適用なし。
参画企業・団体及びその役割(資金提供含む)	
1	Centre National de la Recherche Scientifique コーディネーター。 白金族金属を使用しない CCM(catalyst coated membrane、燃料電池用電極膜)のテスト、パフォーマンス評価。
2	Johnson Matthey Fuel Cells Ltd 白金族金属を使用しない CCM(燃料電池用電極膜)のテスト、パフォーマンス評価。ベンチマーキングのための標準触媒の提供。
3	Bayerische Motoren Werke AG 白金族金属を使用しない CCM(燃料電池用電極膜)のテスト、パフォーマンス評価。
4	Technische Universität Berlin 回転リングディスク、浮き電極、CCM を用いた新触媒の評価。
5	Imperial College London 白金族金属を使用しない CCM(燃料電池用電極膜)のテスト、パフォーマンス評価。 アノードにおける触媒層のヒドロゲナーゼ酵素の活性部位に反応する水素酸化分子ニッケル触媒 (H ₂ -oxidising molecular nickel catalysts) の統合。 atomic iron sites の密度を大幅に増加させた新しい Fe-NC 触媒の開発。
6	Commissariat à l'Energie Atomique et aux Energies Alternatives アノードにおける触媒層のヒドロゲナーゼ酵素の活性部位に反応する水素酸化分子ニッケル触媒 (H ₂ -oxidising molecular nickel catalysts) の統合。 グラフェンをベースにした材料とバイオインスパイアード触媒を組み合わせる新しいアノードを設計。
7	Università di Padova アノードにおける触媒層のヒドロゲナーゼ酵素の活性部位に反応する水素酸化分子ニッケル触媒 (H ₂ -oxidising molecular nickel catalysts) の統合。 グラフェンをベースにした材料とバイオインスパイアード触媒を組み合わせる新しいアノードを設計。 微量の白金が Fe-NC 触媒の活性の安定化に与える影響に関する研究。
8	Pretexto プロジェクトマネジメント支援。
発表日・期間	2018 年 1 月 1 日～2021 年 9 月 30 日
情報ソース	
1	https://cordis.europa.eu/project/id/779366
2	https://www.crescendo-fuelcell.eu/index.php
3	Newsletters https://www.crescendo-fuelcell.eu/index.php/activities/newsletters

DOLPHIN：低コストの自動車向け燃料電池（PEMFC）スタック技術

事業名：DOLPHIN－低コストの自動車向け燃料電池（PEMFC）スタック技術		
④ 目的・目標	自動車向けの、大量生産が可能な高い電力密度と耐久性を備えた 100 kW の軽量でコンパクトな燃料電池スタックの開発を目指す。最終的にスタック生産コストを 20 ユーロ/kW に抑える。	
システム構成及び概要	Dual-Core Single Repeat Unit (DC-SRU)のセル構造とする。燃料電池内部の電荷移動抵抗を低減するスタック構造を採用し、経年劣化や障害の発生を抑える。	
適用燃料電池	燃料電池のスタック製造技術を開発するプロジェクトのため、燃料電池の適用なし。	
参画企業・団体及びその役割(資金提供含む)		
1	Commissariat Al Energie Atomique et Aux Energies Alternatives	コーディネーター。 モデリング、プリンティング、セルとスタックのテスト。
2	Faurecia Systemes d'Echappemen	自動車の排気システム関連製品の開発。
3	Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg	モデリング、レーザーミリング、セルおよびスタックのテスト。
4	Hexcel Composites GmbH & Co KG	炭素ベースのソリューションと加工。
5	University of Manchester	グラフェンコーティング。
6	Chemours International Operations Sarl	メンブレンとアイオノマーの改良。
7	Chemours Belgium	メンブレンとアイオノマーの改良。
8	Chemours France SAS	メンブレンとアイオノマーの改良。
9	DMG MORI Additive GmbH	金属造形（Additive manufacturing）。
10	Symbio	金属ベースのソリューションと加工。
発表日・期間		2019年1月1日～2022年12月31日
情報ソース		
1	https://cordis.europa.eu/project/id/826204	
2	https://www.dolphin-fc.eu/	
3	1st public workshop (cell and manufacturing technologies) - virtual - 18/06/2021 https://www.dolphin-fc.eu/fileadmin/user_upload/1_1_DOLPHIN_Workshop1_Objectives.pdf	

E2P2 Eco Edge Prime Power : 燃料電池を使ったデータセンターの主力電源の開発・実証

事業名 : E2P2 Eco Edge Prime Power – 燃料電池を使ったデータセンターの主力電源の開発・実証	
⑤ 目的・目標	燃料電池を使ったデータセンターでのオンサイトの主力電源の開発・実証。欧州のデータセンター向けの燃料電池の商用化へ向け、オープンスタンダードを開発することを目標とする。
システム構成及び概要	VERTIV 社の Liebert EXL S1 UPS 無停電電源装置と Vertiv HPL リチウムイオン電池を統合した燃料電池電源モジュールを設計・開発。2023 年までにオールインワンの 100kW モジュールを設計する。
適用燃料電池	SOLIDPOWER 社の SOFC 技術・システムを使った燃料電池。 https://investor.equinix.com/news-releases/news-release-details/tech-consortium-lead-low-carbon-fuel-cell-development-data https://www.solidpower.com/fileadmin/user_upload/Downloads/Brochure_Blu egen ENG WEB Pagine affiancate.pdf
参画企業・団体及びその役割(資金提供含む)	
1	RISE Research Institutes of Sweden スウェーデンの研究機関。コーディネーターとして技術開発、実証を推進。
2	SOLIDpower S.P.A. SOFC 燃料電池の技術およびシステムを提供。
3	TEC4FUELS プロセスガスと水の供給・精製に関するノウハウの提供。ガスと水の質をモニターするための検知システムの開発。
4	SNAM S.P.A. 天然ガス輸送網の会社としてのノウハウを提供。
5	Equinix (Netherlands) B.V. イタリア、ミラノのデータセンターでのテストを担当。
6	InfraPrime GmbH 燃料電池プラットフォームのオープンスタンダード作り。
7	VERTIV 燃料電池電源モジュールの設計・開発。
発表日・期間	2021 年 1 月 1 日～2023 年 12 月 31 日
情報ソース	
1	https://e2p2.eu/
2	“Tech partnership to develop low-carbon data centre fuel cells” https://datacentrereview.com/2021/12/ecoedge-primepower-to-develop-low-carbon-data-centre-fuel-cells/
3	“Tech Consortium to Lead Low-Carbon Fuel Cell Development for Data Centers” https://www.solidpower.com/en/news/all-news/details/?tx_news_pi1%5Bnews%5D=731&tx_news_pi1%5Bcontroller%5D=News&tx_news_pi1%5Baction%5D=detail&cHash=17c15043695f3587518d5b6292c9030a
4	“Development of a next-generation fuel cell platform” https://www.tec4fuels.com/stromversorgung-von-rechenzentren-mit-brennstoffzellen/?lang=en
5	“InfraPrime Leads Open Industry Standard: Low Carbon Fuel Cells for Data Centers” https://www.infra-prime.com/news/eco-edge-prime-power-low-carbon-fuel-cells-for-data-centers

FCH2RAIL：鉄道車両用の燃料電池ハイブリッド電源装置

事業名：FCH2RAIL－鉄道車両用の燃料電池ハイブリッド電源装置	
⑥ 目的・目標	鉄道車両用のバッテリーと燃料電池のハイブリッドパワーパックの開発を行い、ディーゼル車に対する競争力を実証する。既存の電車やディーゼル車の改造にも利用できるようにする。ポルトガル、スペインで列車の実証を行い、EU3ヶ国（ポルトガル、スペイン及び3カ国目は未定）での認証を目指す。
システム構成及び概要	拡張性のある、モジュラー型、多目的のバッテリーと燃料電池のハイブリッド・パワーパックの開発を行う。架線からの電気と、架線から独立したハイブリッド・パワーパックを切り替えて運転できるバイ・モーダル駆動システムで運転できる列車を開発する。
適用燃料電池	Toyota Motor Europe の PEM 燃料電池モジュール https://global.toyota/en/newsroom/corporate/34799439.html
参画企業・団体及びその役割(資金提供含む)	
1	German Aerospace Center (DLR) コーディネーター。 ユースケースの分析、ハイブリッドシステムの効率的なエネルギー管理戦略を構築。KPI の分析、および対ディーゼルの経済性の分析を行う。
2	Toyota Motor Europe 燃料電池システムモジュールの提供。
3	CAF 鉄道車両の設計製造。燃料電池ハイブリッドパワーパックの設計（燃料電池を除く）。
4	Stemmann Technik パンタグラフ、架線等のノウハウを提供。 燃料電池からの排熱利用のソリューションを模索。
5	Renfe Operadora ユースケースの理論的分析とそれに続くシミュレーションに注力する Work Package 1 を主導。
6	Administrador de Infraestructuras Ferroviarias スペインの路線での実証の管理。
7	Centro Nacional de Hidrogeno 燃料電池ハイブリッドパワーパックのテストベンチでのテストを行う Work Package 4 を主導。
8	Infraestruturas de Portugal ポルトガルの路線での実証の管理。
発表日・期間	
2021年1月1日～2024年12月31日	
情報ソース	
1	https://verkehrsforschung.dlr.de/en/projects/fch2rail
2	Toyota Motor Europe to supply fuel cell modules for train project as member of FCH2RAIL Consortium https://newsroom.toyota.eu/toyota-motor-europe-to-supply-fuel-cell-modules-for-train-project-as-member-of-fch2rail-consortium/

FLAGSHIPS : 燃料電池船の実証

事業名 : FLAGSHIPS—燃料電池船の実証		
目的・目標	フランスの貨物船とノルウェーの旅客およびカーフェリーの 2 隻で燃料電池船の実証を行う。	
⑦ システム構成及び概要	合計 1.6MW の燃料電池をデモ船に設置（うち 1 MW が EU から資金提供を受ける）再生可能電力で電気分解してオンサイトで生成された水素を使って稼働させる。水素ガスは船内の水素タンクに貯蔵される。 プロジェクトに利用する船は、18 ヶ月の実証の後、引き続き商用に用いられる。	
適用燃料電池	Ballard Europe 社の燃料電池を使用。 ノルウェーでの実証船（カーフェリー）には 200 kW の PEM 燃料電池モジュール（FCwave™）を 3 つ搭載する。 https://www.ballard.com/fuel-cell-solutions/fuel-cell-power-products/marine-modules https://blog.ballard.com/marine-fuel-cell	
参画企業・団体及びその役割(資金提供含む)		
1	Teknologian Tutkimuskeskus VTT Oy	コーディネーター 普及活動。
2	Ballard Power Systems Europe	燃料電池モジュールの供給。
3	ABB Oy	発電システムの供給。
4	Kongsberg Maritime AS	ノルウェーの海事産業製品開発会社。
5	Persée	燃料モニタリングと管理
6	Norled AS	ノルウェーでの実証船（カーフェリー）の設計と運航。 燃料補給拠点の配置コンセプトの開発。
7	NCE Maritime CleanTech	普及活動。
8	Compagnie Fluviale de Transport	フランスでの実証船（貨物船“Zule”）の運航。
9	LMG Marin AS	実証船の設計。燃料電池と圧縮水素を使った機械システム、推進システム、水素システムの詳細な配置図を作成する。
10	LMG Marin France	実証船の設計。燃料電池と圧縮水素を使った機械システム、推進システム、水素システムの詳細な配置図を作成する。
11	SEAM AS	海事産業向け機器メーカー。同社の事業内容には、長距離のゼロエミッション船向けの同社の制御システム e-SEAMatic® EPMS とエネルギー変換のためのドライブ e-SEA®を、バッテリーシステムと燃料電池に統合したソリューションの提供が含まれる。
12	SOGESTION	実証船を運航する SOGESTRAN の持ち株会社。
13	Sogestran	実証船“zule”の船主 Compagnie Fluvial de Transport の親会社。液体ガス、車両やセメントなどの貨物船の運航を事業内容とし、水素船の導入を進めている。
14	Future Proof Shipping BV	事業内容：ゼロエミッション船の建造、チャーター船の提供。
発表日・期間		2019 年 1 月 1 日～2025 年 3 月 31 日
情報ソース		
1	https://cordis.europa.eu/project/id/826215	
2	https://flagships.eu/about/	
3	Ballard to Work With ABB on Design and Launch of Fuel Cell-Powered River Push Boat in France	

	https://www.ballard.com/about-ballard/newsroom/news-releases/2019/05/21/ballard-to-work-with-abb-on-design-and-launch-of-fuel-cell-powered-river-push-boat-in-france
4	Flagships project to put fuel cell drives on cargo ships https://www.electrive.com/2021/04/12/flagships-project-to-put-fuel-cell-drives-on-cargo-ships/
5	Presenting the FLAGSHIPS H2 ferry https://flagships.eu/2019/10/04/presenting-the-flagships-h2/

GAIA : 大規模な自動車用燃料電池の商業化に向けた高性能 MEA

事業名 : GAIA—大規模な自動車用燃料電池の商業化に向けた高性能 MEA		
目的・目標	技術成熟度 (TRL) 5 の高い電力密度と電流密度の高性能 MEA を開発する。触媒層での新しい構造、コーティング手法を開発する。	
⑧ システム構成及び概要	<ul style="list-style-type: none"> ・電極触媒、メンブレン、ガス拡散層、マイクロポーラス層といったコンポーネント間のインターフェースを改善し、抵抗を最小限に抑える。 ・0.6 V で 1.8 W/cm² の電力密度を実現する。 ・フルサイズのショートスタックで MEA の耐久性を検証する(1,000 時間から 6,000 時間)。 ・コスト評価を行う (100 万平方メートルの年間生産率で 6 €/kW 目標)。 	
適用燃料電池	燃料電池の材料開発プロジェクトのため、燃料電池の適用なし。	
参画企業・団体及びその役割(資金提供含む)		
1	Centre national de la recherche scientifique (CNRS)	<ul style="list-style-type: none"> ・コーディネーター。 ・セルハードウェアのテスト。 ・優れた引張性のあるメンブレンの製造。 ・Pt-RE 触媒の開発。
2	Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft	<ul style="list-style-type: none"> ・マイクロポーラス層 (MPL) とコーティングガス拡散層 (GDL) の組合せをシングルセル、ショートスタックでテスト。
3	Johnson Matthey Fuel Cells	<ul style="list-style-type: none"> ・MEA の提供。電力密度を従来より 20% 向上させることに貢献。 ・シングルセル、ショートスタックのテスト。 ・Pt-RE 触媒の開発。
4	3M Deutschland GmbH	<ul style="list-style-type: none"> ・代替アイオノマーの提供。
5	Freudenberg Performance Materials	事業内容 : テクニカルファブリックの製造。燃料電池用のコンポーネント (ガス拡散レイヤー、スタックシール、エアフィルター、加湿器) の設計、製造。
6	Elmarco s.r.o.	ナノファイバーを用いた燃料電池のパフォーマンス向上に貢献。
7	Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg	<ul style="list-style-type: none"> ・セルハードウェアのテスト。 ・マイクロポーラス層 (MPL) とコーティングガス拡散層 (GDL) の組合せをシングルセル、ショートスタックでテスト。
8	Technische Universität München	<ul style="list-style-type: none"> ・セルハードウェアのテスト。 ・Pt-RE 触媒の開発。
9	echnische Universität Berlin	<ul style="list-style-type: none"> ・フッ素 19 核磁気共鳴(Fluorine-NMR)を、炭素とアイオノマーの相互作用の強さを測定する方法として検証。 ・八面体 PtNiIr/C 触媒バリエーションのスケールアップ。
10	PRETEXO	プロジェクトマネジメント支援。
11	Dyneon GmbH	<ul style="list-style-type: none"> ・アイオノマーの提供。
発表日・期間	2019 年 1 月 1 日～2022 年 6 月 30 日	
情報ソース		
1	https://cordis.europa.eu/project/id/826097	
2	https://www.gaia-fuelcell.eu/index.php/about-gaia/overview	

3	Johnson Matthey drives world-leading fuel cell performance, increasing power density by 20% https://www.gaia-fuelcell.eu/images/JM_Gaia_PR.pdf
4	Elmarco news on LinkedIn, 22 April 2021 https://www.linkedin.com/feed/update/urn:li:activity:6790664096443449344

HEAVEN : 航空機用の燃料電池パワートレインの設計・開発

事業名 : HEAVEN – 航空機用の燃料電池パワートレインの設計・開発	
目的・目標	加圧により電力密度を高めた高出力の燃料電池、および、冷却技術によりエネルギー密度を高めて軽量化した液体水素タンクからなるパワートレインを2～4人乗りの航空機に搭載し実証を行う。
⑨ システム構成及び概要	<ul style="list-style-type: none"> ・ 金属双極プレートをベースにした 45kW の 2 つのハイパワー PEM 燃料電池を採用し、バッテリーによるサポートなしに航空機を推進させる。 ・ 加圧燃料電池システムにより、電力密度を高め、高温下での稼働を可能にし冷却の必要性を低減。軽量化、電力消費の低減、熱管理システムの小型化をはかる。 ・ 高い質量効率を実現するために極低温の液体水素貯蔵システムを適用し、水素搭載時の水素タンクの重量 10～25kg、自律レンジ(autonomy range)5～8 時間を実現する。 ・ 既存の航空機駆動システムと連携させる。
適用燃料電池	ELRINGKLINGER AG の燃料電池 https://www.elringklinger.de/sites/default/files/brochures/downloads/ekpo_factsheets_nm5-evo_fuel_cell_stack_modules_a4_en.pdf
参画企業・団体及びその役割(資金提供含む)	
1	Fundación Ayesa コーディネーター。
2	Air Liquide Advanced Technologies SA 超低温の液体水素タンクの設計、製造。
3	ElringKlinger AG 燃料電池スタックの開発、設計。
4	Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. パワートレインの設計。ショートスタックのテストベンチの改良。
5	H2FLY GmbH ハイブリッド航空機「HY4」の提供。
6	Pipistrel Vertical Solutions d.o.o., podjetje za napredne letalske rešitve 水素タンクシステムのレビュー。LH2(液体水素)タンクの機体への統合。
発表日・期間	2019年1月1日～2022年12月31日
情報ソース	
1	https://cordis.europa.eu/project/id/826247
2	https://heaven-fch-project.eu/index.php/about-us/
3	HEAVEN advances in the design of the first emission-free aircraft with cryogenic hydrogen in a year marked by the impact of COVID https://heaven-fch-project.eu/index.php/heaven-advances-in-the-design-of-the-first-emission-free-aircraft-with-cryogenic-hydrogen-in-a-year-marked-by-the-impact-of-covid/

HyShip：液化水素を燃料とする RORO 船の実証

事業名：HyShip—液化水素を燃料とする RORO 船の実証		
⑩ 目的・目標	液化水素を燃料とする RORO 船の設計と建造。 液化水素のサプライチェーンの構築と燃料補給の確立。 2024 年の運航を目指す。貨物と液化水素コンテナ(沿岸のバンカリングハブに供給)の両方を運ぶ定期船とする。	
システム構成及び概要	1,000 kWh のバッテリーと 3MW の PEM 水素燃料電池を組合せたゼロエミッション船舶とする。 1MW のタンカーバージ、3MW の高速フェリー、20MW のケーブサイズばら積み貨物船でも再現研究を行う。	
適用燃料電池	3MW PEM	
参画企業・団体及びその役割(資金提供含む)		
1	Wilh. Wilhelmsen Holding ASA	コーディネーター。船の運航。
2	Kongsberg Maritime AS	ノルウェーの海事産業製品開発会社。本プロジェクトではエネルギーシステムを担当。
3	LMG Marin France	船舶の設計を行う会社。
4	Eidgenössische Technische Hochschule Zürich	スイス連邦工科大学チューリッヒ校。 Sus.lab にて（低炭素エネルギーと低炭素運輸システムへの移行に関するソリューションを研究）、バリューチェーン、インセンティブ構造と規制、船の経済性評価、および、水素エコシステムに関連するタスクを主導。
5	Norled AS	400 kW の小型のシステムを備えた実証船の運行（再現実証）。
6	DNV GL SE	欧州の船級協会。
7	Persée	新エネルギー技術、再生可能エネルギーに関する研究を行うパリ国立高等鉱業学校の研究センター。
8	Air Liquide Norway AS	Bergen 郊外に計画されている液化水素製造プラントから水素を供給。
9	Equinor ASA	Bergen 郊外に計画されている液化水素製造プラントから水素を供給。
10	National Centre of Scientific Research "Demokritos"	ギリシャの国立科学研究センター。
11	University of Strathclyde	スコットランドのストラスクライド大学（工業系）。
12	Stolt Tankers B.V.	ケミカルタンカーの運航を行う会社。本プロジェクトでは再現実証を行う。
13	Maritime Cleantech	海事産業クラスターのマネジメントを行う会社。
14	Diana Shipping Services S.A.	ばら積み貨物船の運航を行う会社。本プロジェクトでは再現実証を行う。
発表日・期間	2021 年 1 月 1 日～2025 年 12 月 31 日	
情報ソース		
1	https://cordis.europa.eu/project/id/101007205	
2	https://hyship.eu	

H2Haul : 大型トラックへの水素燃料電池の適用

事業名 : H2Haulー大型トラックへの水素燃料電池の適用		
目的・目標	ゼロエミッションの大型トラックの商用化を目指す。	
⑪ システム構成及び概要	トラックメーカーの IVECO と VDL の協力を得て、16 台の水素燃料電池を動力とする 26~44 トン大型トラックを開発、ベルギー、フランス、ドイツ、スイスで実証を行う。車両の標準化をできる限り行う。 水素ステーションネットワークの設計と設置も行う。 数年にわたり、技術的、経済的、環境的な性能の評価を行う。	
適用燃料電池	ElringKlinger https://www.elringklinger.de/en/products-technologies/electromobility/fuel-cells Hydrogenics (2019 年に Cummin に統合) https://www.cummins.com/new-power/technology/fuel-cell Powercell https://powercellution.com/products-and-solutions	
参画企業・団体及びその役割(資金提供含む)		
1	Element Energy	コーディネーター。
2	Air Liquide Advanced Business	水素ステーションの設置。
3	Air Liquide Advanced Technologies SA	水素ステーション(700bar)の設置。
4	Eoly	ベルギー小売り Colruyt のグループ会社。グループ企業のグリーンエネルギー利用を推進する。
5	ElringKlinger AG	燃料電池システムの提供。
6	FPT Motorenforschung AG	燃料電池大型トラックの開発。
7	H2 Energy AG	水素ステーションの設置。
8	Hydrogen Europe	EU の水素業界団体。
9	IRU Projects ASBL	国際交通輸送連合のコンサルティング機関。
10	IVECO SpA	燃料電池大型トラックの設計・製造。 ・フランスで実証する牽引トラック 4 台 (最大各 240,000 km/年の実証)。 ・AirLiquid 向け水素輸送用の牽引トラック 1 台 (最大 160,000km/年の実証)。 ・スイスで実証するリジッドトラック 4 台 (各 60,000~85,000 km/年の実証)。
11	Sphera Solutions GmbH	事業内容 : ESG (環境・社会・ガバナンス) の評価やリスクマネジメントを行うソフトウェアの提供、コンサルティング。
12	VDL Enabling Transport Solutions	燃料電池大型トラック 16 台のうち 4 台の製造。
13	WaterstofNet vzw	様々な使用例におけるトラックのライフサイクルコストの分析。
14	Powercell Sweden AB	燃料電池システムの提供。
15	Hydrogenics GmbH	燃料電池システムの提供。 (2019 年に Cummin 社に統合)
16	Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft (BMW)	ドイツにて 2 台の IVECO 製のトラックを実証。2 箇所の水素ステーションを利用し部品の配送を行う。

17	Air Liquide France Industrie	水素の運搬用牽引トラックの実証（最大 160,000km/年）。
18	Plastic Omnium New Energies Wels GmbH	350 bars で 40kg の水素を貯蔵するタンクをトラック製造メーカーVDL に提供。
19	Robert Bosch GmbH	燃料電池パワーモジュールの提供。
20	Etablissements Franz Colruyt NV	ベルギーの小売り。VDL 製のトラック 4 台を実証する（トラック 1 台あたり 40,000km/年）。
21	Union Internationale des Transports Routiers (IRU)	国際交通輸送連合
発表日・期間		2019 年 2 月 1 日～2024 年 1 月 31 日
情報ソース		
1	https://cordis.europa.eu/project/id/826236	
2	https://www.h2haul.eu/news/	
3	Plastic Omnium wins a new contract for hydrogen storage https://www.plasticomnium.com/en/plastic-omnium-wins-a-new-contract-for-hydrogen-storage/	
4	WaterstofNet partner in largest European heavy-duty project 'H2Haul' https://www.waterstofnet.eu/nl/nieuws/waterstofnet-partner-in-largest-european-heavy-duty-project-h2haul	

H2Ports : 港湾運営への燃料電池、水素技術の適用

事業名 : H2Ports – 港湾運営への燃料電池、水素技術の適用		
目的・目標	効率的で持続的な港湾運営を目指し、ヴァレンシア港にて燃料電池技術と移動式水素ステーションの実証を行う。 欧州の港湾産業の低炭素/ゼロエミッションへの以降を後押しする。	
⑫ システム構成及び概要	ヴァレンシア港のリーチスタッカーとヤードトラクターに燃料電池を使用。 エネルギー効率、パフォーマンス、安全性を検証する。	
適用燃料電池	Ballard 社の燃料電池。 https://www.ballard.com/fuel-cell-solutions/fuel-cell-power-products/motive-modules	
参画企業・団体及びその役割(資金提供含む)		
1	Fundación para la Comunidad Valenciana para la Investigación, Promoción y Estudios Comerciales de Valenciaport	コーディネーター。
2	Ballard Power Systems Europe A/S	燃料電池 (FCmove®-HD) を提供。
3	Autoridad Portuaria de Valencia	ヴァレンシア港湾局。
4	Centro Nacional de Experimentación de Tecnologías de Hidrogeno y Pilas de Combustible Consorcio	スペインの国立水素研究所。
5	Mediterranean Shipping Company Terminal Valencia S.A.	MSC ヴァレンシアターミナルの運営。
6	Hyster Yale Nederland Bv	リーチスタッカーの提供。
7	Grimaldi Euromed S.p.A.	ヴァレンシアターミナルヨーロッパ(VTE)の運営。
8	Atena scarl - Distretto Alta Tecnologia Energia Ambiente	ギリシャのエネルギー研究機関。
9	Enagas SA	スペインのガス事業者。
発表日・期間	2019年1月1日～2022年12月31日	
情報ソース		
1	https://cordis.europa.eu/project/id/826339	
2	https://h2ports.eu/about/	
3	Ballard is a Member of H2PORTS Project to Demo Hydrogen as Alternative Fuel at European Ports https://www.ballard.com/about-ballard/newsroom/news-releases/2019/02/20/ballard-is-a-member-of-h2ports-project-to-demo-hydrogen-as-alternative-fuel-at-european-ports	

IMMORTAL : 大型トラック向け MEA (膜電極接合体) の開発

事業名 : IMMORTAL – 大型トラック向け MEA (膜電極接合体) の開発	
目的・目標	大型トラック向けに技術成熟度 (TRL) 4 を超える耐久性と高密度を備える MEA を開発する。 30,000 時間の耐久性と 675 V で 1.2 W/cm ² at 0.675 V の性能を達成する。
⑬ システム構成及び概要	大型トラック特有の燃料電池の劣化経路を分析、寿命予測モデルを行う。分析結果をもとに、新しい電極触媒、メンブレンを開発する。 スタック内のセル数を減らすことで燃料電池システムのコストを削減する。
適用燃料電池	燃料電池の材料開発プロジェクトのため、燃料電池の適用なし。
参画企業・団体及びその役割(資金提供含む)	
1	Centre national de la recherche scientifique (CNRS) コーディネーター。 メンブレンおよび電極触媒の開発。
2	Johnson Matthey Fuel Cells MEA の開発。
3	Robert Bosch GmbH セルとスタックのテストプロトコル、ストレステストのプロトコルの開発。
4	FPT Motorenforschung AG パワートレインのメーカーとして、スタックのコストの見積もり。
5	AVL List GmbH 燃料電池スタックプラットフォームの提供。
6	Albert-Ludwigs-Universität Freiburg 燃料電池の触媒層のトモグラフィック復元。劣化のメカニズムの解明。
7	PRETEXO プロジェクトマネジメント支援。
発表日・期間	2021 年 1 月 1 日～2023 年 12 月 31 日
情報ソース	
1	https://cordis.europa.eu/project/id/101006641
2	https://www.immortal-fuelcell.eu/
3	JM joins new European consortium to develop advanced fuel cell technology for heavy duty trucks https://matthey.com/en/news/2021/immortal

NewSOC : 次世代の SOFC と電気分解技術

事業名 : NewSOC – 次世代の固体酸化物形燃料電池 SOFC と電気分解技術		
⑭ 目的・目標	欧州の主要な SOC メーカー6 社の参画のもと、SOFC、SOE、rSOC 向けの、高性能で耐久性があり、コスト競争力のある SOC を開発する。 <ul style="list-style-type: none"> ・従来の材料を使い、構造の最適化、革新を行う。 ・従来の材料の問題点を克服する代替材料を使用する。 ・製造方法の革新を行い、希少原料の使用を減らす。 	
システム構成及び概要	活性エリアが > 50 cm ² を超える大型セルとショートスタックで検証を行う。	
適用燃料電池	燃料電池の材料開発プロジェクトのため、燃料電池の適用なし。	
参画企業・団体及びその役割(資金提供含む)		
1	Danmarks Tekniske Universitet	コーディネーター
2	Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives	フランスの原子力・代替エネルギー庁。
3	Università degli Studi di Salerno	サレルノ大学。
4	Fundacio Institut de Recerca de l'Energia de Catalunya	イオン電動セラミックの 3D プリントを行う。
5	Instytut Energetyki	ポーランドの国立研究開発センター。エネルギー技術分野の研究を行う。
6	Nederlandse Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek (TNO)	Co と Ni を含まない空気電極(air electrode)の材料を開発。
7	Idryma Technologias Kai Erevnas	ギリシャの研究技術財団。
8	Ethniko Kentro Erevnas Kai Technologikis Anaptyxis	ギリシャの研究技術センター。
9	Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy	フィンランドの研究機関。
10	École Polytechnique Fédérale de Lausanne	スイス連邦工科大学ローザンヌ校。
11	Politecnico di Torino	トリノ工科大学。
12	SOLIDpower S.p.a.	SOC メーカーとして参画。開発した SOC のテスト用に同社の最新スタックを提供。
13	Aktsiaselts Elcogen	アノード支持型固体酸化物形燃料電池メーカー。
14	SunFire GmbH	SOC メーカーとして参画。開発した SOC のテスト用に同社の最新のスタックを提供。
15	Ceres Power	燃料電池のテクノロジー・エンジニアリング会社。低価格で大量生産が可能な燃料電池技術 SteelCell® を有する。
16	Hexis AG	戸建て、集合住宅、商業ビル向け、燃料電池を使ったマイクロ熱電併給モジュールを設計・製造する会社。10kW 未満の定置型アプリケーション向け、高温で動作する燃料電池技術を持つ。
発表日・期間	2020 年 1 月 1 日～2023 年 6 月 30 日	

情報ソース	
1	https://cordis.europa.eu/project/id/874577
2	https://www.newsoc.eu/the-project
3	Use Co- and Ni-Free Air Electrode in Solid Oxide Cell Manufacturing for Electrolysis and Fuel Cell Applications https://ecs.confex.com/ecs/sofc2021/meetingapp.cgi/Paper/149042

Pegasus : PEMFC 向け白金族金属を使用しない触媒を用いたカソード

事業名 : Pegasus – PEMFC 向け白金族金属を使用しない触媒を用いたカソード	
目的・目標	PEMFC 用の新規触媒の開発を行う。カソードにおける酸素還元反応(ORR)で用いる白金族金属を使用しない触媒のデザイン、合成、特性評価、ベンチマーキングを行い、製造可能性を検証する。
⑮ システム構成及び概要	カソード側にフォーカスし、単一セルでの新触媒の実証実験を行い、原料(金属-窒素-カーボン)のベンチマークを行う。 まず、単一構造のカーボンサポート(1D, 2D, および 3D)への窒素を含む Fe, Mn, または Cu の実装を行う。 次に、二重構造(1D+3D または 2D+3D)での触媒安定性、反応物の利用可能性、水管理、について調査する。
適用燃料電池	燃料電池の材料開発プロジェクトのため、燃料電池の適用なし。
参画企業・団体及びその役割(資金提供含む)	
1	Commissariat à L'Energie Atomique et aux Energies Alternatives (CEA) コーディネーター。
2	Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. ドイツ航空宇宙センター。
3	Technische Universität München ミュンヘン工科大学。
4	Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Científicas スペインの国家研究評議会。
5	Association pour la recherche et le développement des méthodes et processus industriels フランスの非営利技術研究機構。
6	Heraeus Amloy Technologies GmbH アモルファス金属の製造・加工を行う、HERAEUS からのスピンオフ。
7	IRD Fuel Cells A/S 事業内容 : 燃料電池部品メーカー。白金族金属を使用しない触媒を使った MEA の開発も手掛ける。
8	Toyota Motor Europe 同社はトヨタ自動車の欧州事業を統括している。
発表日・期間	2018 年 2 月 1 日～2021 年 6 月 30 日
情報ソース	
1	https://cordis.europa.eu/project/id/779550
2	https://www.pegasus-pemfc.eu/
3	https://www.fch.europa.eu/sites/default/files/4.%20Pierre-Andr%C3%A9%20Jacques_PEGASUS.pdf

StaSHH : 大型アプリケーション用の燃料電池モジュールの標準化

事業名 : StaSHH –大型アプリケーション用の燃料電池モジュールの標準化		
⑬	目的・目標	プロジェクトに参加しているメーカーが代表する各輸送分野（道路、オフロード、鉄道、海運等）を横断して標準化を行い、同じモジュールを使用することで、プール市場を実現する。 複数のモジュールサプライヤー（このプロジェクトで 11 社）による、公正な競争、低価格化、規模の経済性につなげる。
	システム構成及び概要	プロジェクト参加の 11 社の燃料電池ベンダーによりプロトタイプを作成を行い、2 つの独立した機関によりテストを行う。
	適用燃料電池	Ballard https://www.ballard.com/fuel-cell-solutions/fuel-cell-power-products Plastic Omnium (ElringKlinger との合弁会社 EKPO Fuel Cell Technologies が燃料電池スタックの開発・製造を行う。) https://www.ekpo-fuelcell.com/en/products-technology/fuel-cell-stacks FCP Fuel Cell Powertrain (ドイツ PTT GmbH と中国投資家との合弁会社。中国市場を主なターゲットとし、燃料電池パワートレインの開発・製造を行う。) https://www.fuelcellpowertrain.de/en/products/ Freudenberg FST (燃料電池のガス拡散レイヤー、スタックシール、フィルター、加湿膜に関するソリューションを提供) https://www.freudenberg.com/technologies/innovation/fuel-cell-technology Cummins (2019 年、燃料電池と水素技術を有する Hydrogenics を買収。) https://www.cummins.com/new-power/technology/fuel-cell Intelligent Energy https://www.intelligent-energy.com/our-products/ Nedstack Fuel Cell Technology https://nedstack.com/en/pem-fcs-stack-technology Nuvera https://www.nuvera.com/enginesredefined Proton Motor Fuel Cell https://www.proton-motor.de/en/products/fuel-cell-stacks/ Symbio https://www.symbio.one/en/#! Toyota Motor Europe https://newsroom.toyota.eu/toyota-starts-european-production-of-2nd-generation-fuel-cell-modules/
参画企業・団体及びその役割(資金提供含む)		
1	SINTEF AS	コーディネーター。
2	ALSTOM Transport SA	鉄道車両メーカー。
3	AVL LIST GmbH	パワートレインメーカー。
4	Ballard Power Systems Europe A/S	燃料電池モジュールを提供。
5	Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives	フランスの原子力・代替エネルギー庁。
6	CETENA S.p.A. Centro per gli Studi di Tecnica Navale	イタリアの海事分野のコンサルティング会社。
7	B.V. Scheepswerf Damen Gorinchem	造船、船舶のメンテナンスと修理を行う会社。
8	Plastic Omnium New Energies Wels GmbH	燃料電池モジュールを供給。

9	FCP Fuel Cell Powertrain GmbH	燃料電池モジュールを供給。
10	FEV Europe GmbH	燃料電池の開発、テスト、およびベンチマーキング。
11	Future Proof Shipping B.V.	ディーゼル船のゼロエミッション船への改造やコンサルティングを提供する会社。
12	Freudenberg Sealing Technologies GmbH	燃料電池モジュールを供給。
13	HYDROGENICS GMBH	燃料電池モジュールを供給。
14	Intelligent Energy	燃料電池モジュールを供給。
15	Nedstack Fuel Cell Technology B.V.	燃料電池モジュールを供給。
16	Hyster-Yale Italia SpA (Nuvera)	燃料電池モジュールを供給。
17	Proton Motor Fuel Cell GmbH	燃料電池モジュールを供給。
18	Solaris Bus & Coach Spolka Z Ograniczona Odpowiedzialnoscia	ポーランドのバス製造会社。
19	SYMBIO	燃料電池モジュールを供給。
20	Nederlandse Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek (TNO)	TNO オランダ応用科学研究機構。
21	Toyota Motor Europe	燃料電池モジュールを供給。
22	VDL Enabling Transport Solutions	オランダの工業製品メーカーVDL グループに関連した研究開発を行う会社。
23	VDL Energy Systems	石油・ガス産業向けのコンプレッサーおよびガスタービンのパッケージやコンポーネントの製造会社。
24	Volvo Construction Equipment AB	建設機械の製造会社。
25	WaterstofNet vzw	ベネルクス 3 国での実証をサポート。
発表日・期間		2021 年 1 月 1 日～2023 年 12 月 31 日
情報ソース		
1	https://cordis.europa.eu/project/id/101005934	
2	https://www.stashh.eu/	