



燃料電池

Vol.16
No.1

Summer 2016

夏号

The Journal of Fuel Cell Technology

巻頭言 燃料電池開発情報センター創立からの30年間を振り返って

特別寄稿 水素社会実現に向けた取り組みの推進

特集 燃料電池とエネルギーセキュリティー

投稿論文 Ptを数原子層電析したNi単結晶電極上の酸素還元反応

創立30周年記念

30th
Anniversary

燃料電池開発情報センター創立からの 30 年を振り返って

Commemorating 30th Anniversary of the Fuel Cell
Development Information Center

一般社団法人 燃料電池開発情報センター (FCDIC) 代表
太田 健一郎
Kenichiro Ota
Chairman, Fuel Cell Development Information Center (FCDIC)



燃料電池開発情報センターは1986年7月に創立された。本年で30年を経たことになる。創立当初は、米国で民生用燃料電池としてりん酸形燃料電池の実用化開発がTARGET (Team to Advanced Research for Gas Energy Transformation) 計画として進展する中、我が国ではこのTARGET計画に参加するだけでなく、我が国独自の燃料電池開発計画として燃料電池開発プロジェクトが通産省(当時)を中心に進められていた。

燃料電池開発は1839年英国のグローブ卿がPhilosophical Magazine 2月号に発表した論文“On Voltaic Series and the Combination of Gases by Platinum”から始まると考える向きが多いが、同じ雑誌の同年1月号にスイスのC.F. Schoenbeinが発表した論文“On the Voltaic Polarization of Certain Solid and Fluid Substances”が始まりと主張するものもある。ここでは、1839年にSchoenbeinあるいはGroveが原理を見いだした燃料電池としたい。

1839年に原理が見いだされた燃料電池は、その後、電気化学の学問的進歩も大きく貢献し、電解質の違いによる幾つかのタイプの燃料電池が提案された。アルカリ形、酸形(硫酸、リン酸)、熔融炭酸塩形、固体酸化物形、それにガラス薄膜を利用するイオン交換膜形を含めると、現在開発中の全てのタイプの燃料電池が1900年までには実際に電気を得る手段として実証されている。我が国では日本化学会誌に1934年に発表された田丸、落合の両氏による熔融炭酸塩形燃料電池の論文が最初であろう。随分と昔である。

燃料電池の実用化は宇宙計画から始まった。米国では人工衛星の電源としてアルカリ形ないしは固体高分子形がテストされ、1961年に始まるアポロ計画では、アルカリ形が主電源として活躍することになる。この燃料電池技術を民生用に活用することを目指し、米国でりん酸形燃料電池の実用化を目標にするTARGET計画が1969年に始まった。これに日本の企業も参加したが、それが我が国の実用化への本格的取り組みの契機である。それから約半世紀を経て、今まさに我が国で民生用の実用化が始まっている。

燃料電池とは還元剤(主に水素)と酸化剤(主に酸素)をイオン伝導体に挟む電気化学システムで反応させ電気を得るもので、この原理は乾電池と変わるものではない。但し燃料電池では、還元剤と酸化剤は電池外から取り込むので、原理的には永久の発電が可能であり、乾電池あるいは二次電池と異なり電気容量の制限は無い。このシステムでは化学エネルギーと電気エネルギーの直接変換が可能であり、熱機関とは異なりカルノー効率の制限を受けない。酸素と水素から水が生成する反応のように発熱反応を利用すれば室温で83%(HHV)の理論効率となり、熱機関では決して得られない高い効率が期待できる。更に、スケールメリットが少ない代わりに小型でも高効率が期待でき、熱利用と併せて分散型発電装置として期待されている。因みに水素と酸素の反応は発熱反応であり、理論的にはルシャトリエの

法則から、電気エネルギーを得るには高温において不利な反応であり、低温作動が望ましい。

燃料電池開発情報センターが発足した1980年代は、りん酸形燃料電池出力が30 kW、50 kW、100 kW、1000 kW、4.5 MWと次第に大きくなり、将来はこのりん酸形燃料電池が発電の中核になると考える人もいた。しかし、これが加圧形の11 MWの失敗により、大きく後退することになる。その原因は加圧酸素の反応性を甘く見ていたことだと考えている。

このりん酸形燃料電池に代わり開発の中心になったのは熔融炭酸塩形燃料電池である。これはリチウムとカリウムの共晶炭酸塩（当時）を電解質として用い650℃で作動する燃料電池で、高い発電効率と共に高温蒸気も得られる。また、電極触媒もニッケル系であり、白金族は用いない。これに関しては、電解質をリチウム-ナトリウム系に変えることにより耐久性と効率向上が見込めるということから愛知万博で政府館の主電源として実証されたが、それを最後に我が国では開発が中止となった。米国、韓国では引き続き開発が進められている。ここでは電解質が二酸化炭素の選択透過膜になることから、二酸化炭素濃縮を含むプロセスとしても注目されている。

市販が進んでいる家庭用燃料電池エネファーム、あるいは燃料電池自動車の燃料電池は固体高分子形である。この実用化は1965年の米国宇宙計画の有人衛星ジェミニに搭載されたことに始まる。これにはポリスチレン系の高分子電解質が用いられたが、耐久性が無かった。デュポン社は翌年の1966年にテフロン®をベースにしたナフィオン®を発表したが、信頼性を重視するアルカリ形の評価が高く、その後の宇宙計画ではアルカリ形燃料電池が主電源として活躍することになる。一方でナフィオン®類似のものは食塩電解の水銀法に変わる高効率、無公害のイオン交換膜法食塩電解で利用され、我が国で技術が確立し、世界の食塩電解プロセス技術のトップを行くものとなっている。

1986年頃、米国ダウ社より高いイオン伝導性を有するスルホン酸系高分子伝導膜の発表があった。常温付近で高い出力密度が期待でき、かなりの小型化が可能となるので、多くの燃料電池研究者が注目し、1990年頃から世界中で研究開発が活発になった。特に環境対応、あるいは地球温暖化防止対策の切り札として、世界の主力自動車メーカーが本格的に研究開発に取り組んだことは大きい。

家庭用として熱電併給のできるエネファームは2009年に市販が始まり、2015年度末では15万台が設置され稼働している。当初は1日に1回窒素パージ無しで停止することから耐久性に問題があると予想されたが、日本の技術は見事にそれを克服している。我が家での実績を基に考えると、都市ガス、あるいはLPGを使う日本の通常の家庭では、エネファームを用いて30%以上の二酸化炭素排出削減が可能であると予想できる。コスト目標が70～80万円となっているが、政府目標の500万台まで普及が進めば十分に達成できるものと思われる。

燃料電池自動車は、ドイツのダイムラー社が環境対応車として2004年に市販を始めると発表してから開発競争が始まった。2014年末にはトヨタ自動車が、2015年度末には本田技研工業が市販を始めたのは日本の高い技術力が実証されたものと考えている。ここでの燃料電池出力密度は両者とも3 kW/Lを越えており、ガソリンエンジンと同レベルで、かつて燃料電池は大きくて重たかったという欠点を完全に克服している。コストも今のところは高級車並みであるが、年産100万台以上になれば、今の普通車よりずっと安くなるはずである。

固体高分子形燃料電池の大量普及に向けた最大の課題は白金資源の問題である。高いコストと共に資源量にも制約がある。我々のグループでは4族、5族金属酸化物を中心に脱白金カソード触媒の開発研究を進めている。ここでは酸素還元触媒活性が白金より優れている可能性を見いだしており、より理想に近い燃料電池に向けて頑張っている。ダウ膜が固体高分子形燃料電池開発のきっかけを作ったように、1839年より使われてきた白金触媒も代わる時期が来て良いと思っている。

燃料電池は長い開発期間を経て、我が国で確実に実用化が始まっている。このような折、燃料電池開発情報センター創立30周年を記念して、記念シンポジウム、記念出版を企画している。これらを通じて今までの30年間の歴史を振り返ると共に、これからの30年に向けた的確な情報を会員各位に提供したいと考えている。そのために会員各位にご協力をお願いしたい。クリーンエネルギー技術の切り札である燃料電池技術の更なる発展に向けて。

燃料電池 Vol.16 No.1

目次

巻頭言 燃料電池開発情報センター創立からの30年を振り返って

(一社) 燃料電池開発情報センター (FCDIC) 代表 太田健一郎… 1

FCDIC 創立 30 周年記念

■ ヒストリア燃料電池

(一社) 燃料電池開発情報センター (FCDIC) 顧問 片岡 宏文… 10

■ 30 年前の燃料電池

元 通商産業省 工業技術院研究開発官 (燃料電池担当) 上甲 和郎… 12

■ FCDIC 勤務の9年間

元 燃料電池開発情報センター (FCDIC) 企画部長・事務局長 永田 進… 14

■ FCDIC に在席して

元 燃料電池開発情報センター (FCDIC) 技術部長 宮原 純… 17

■ FCDIC の歩み

… 20

特別寄稿

■ 水素社会実現に向けた取り組みの推進

～水素・燃料電池戦略ロードマップの改訂を中心に～

経済産業省 資源エネルギー庁 省エネルギー・新エネルギー部 新エネルギーシステム課
水素・燃料電池戦略室 室長補佐 (現 国際課長補佐) 星野 昌志… 23

特集

燃料電池とエネルギーセキュリティ

■ 特集にあたって

編集委員 (東京ガス株式会社) 伊東健太郎… 27

■ アンモニア燃料を用いた固体酸化物形燃料電池の開発

(株)ノリタケカンパニーリミテド 開発・技術本部 研究開発センター
高橋 洋祐、鈴木 伸輔、岩井 広幸、小出 剛士
京都大学 大学院工学研究科 物質エネルギー化学専攻 江口 浩一… 28

■ 三菱ガス化学(株)におけるエネルギーセキュリティの取り組み

ー直接メタノール形燃料電池を中心としてー

三菱ガス化学(株) 新潟研究所 主席研究員 谷口 貢… 33

■ 水素発生剤を用いたポータブル燃料電池の開発

アクアフェアリー(株) 取締役 開発部長 加藤 大典… 37

■ 富士電機におけるりん酸形燃料電池の展開

富士電機(株) 青木 信、大内 崇、堀内 義実… 42

■ 停電時発電機能を搭載した燃料電池コージェネレーションシステムの開発

パナソニック(株) アプライアンス社 スマートエネルギーシステム事業部
燃料電池技術部 村上 貴之、藤川 貴彬、森木田真一… 49

■ 燃料電池自動車を活用した V2L/H システムの実証実験結果

(株)本田技術研究所 汎用 R&D センター 第三開発室 津野 康一… 53

● FCDIC 創立 30 周年記念



寄稿

■ Fuel Cell Shipments Increased Worldwide in 2015, but Government Support Still Underpins the Industry ———

E4tech, Switzerland David Hart, Franz Lehner
Breakthrough Technologies Institute, USA Bob Rose

Consultant, UK Jonathan Lewis… 59

技術情報

■ ナノカーボン担体貴金属触媒を用いた高耐久性 PEFC 開発に関する研究 —

九州大学 大学院工学研究院 教授 & WPI-I2CNER 中嶋 直敏
九州大学 大学院工学研究院 准教授 & WPI-I2CNER 藤ヶ谷剛彦… 63

■ 電気化学インピーダンスと緩和時間分布 ———

(国研)産業技術総合研究所 無機機能材料研究部門 鷺見 裕史… 69

コラム

燃料電池と私 No.21

エフシー開発(株) 田村 弘毅… 74

報告

● 第139回研究会報告—福島再生可能エネルギー研究所見学会

日東電工(株) 研究開発本部 エネルギーマテリアル研究センター 第1グループ 仲野 武史… 77

● FCDIC 第13回ミニ勉強会報告

(公財)鉄道総合技術研究所 車両制御技術研究部 水素・エネルギー研究室 内田 好徳… 80

● FCVフォーラムⅢ 参加報告

京葉ガス(株) 技術研修センター 技術開発グループ 岩上 純次… 83

● 第23回燃料電池シンポジウム報告

(一社)燃料電池開発情報センター (FCDIC) 和田 徹也… 87

投稿論文

■ Pt を数原子層電析した Ni 単結晶電極上の酸素還元反応 ———

千葉大学 大学院工学研究科共生応用化学専攻 久米田友明、木村 広人、星 永宏、中村 将志… 89

研究室紹介

● 京都大学の触媒設計工学分野 ———

京都大学 工学研究科物質エネルギー化学専攻 教授 江口 浩一… 95

会告・情報

- センター通信 … 99
- 燃料電池関連国際会議情報 … 100
- 論文投稿規定・執筆要領 … 102
- 編集後記 … 編集委員 岸本 治夫、柳澤 栄治… 105

燃料電池とエネルギーセキュリティー

Fuel Cells for Energy Security

特集にあたって

編集委員（東京ガス株式会社）
伊東 健太郎

平成 28 年熊本地震により被災された方々に心よりお見舞いを申し上げます。

近年特に災害が頻発する日本において、喫緊の課題であるエネルギー供給の安定化は、更に重要性を増しています。今回の特集では燃料電池のエネルギーセキュリティーへの貢献に焦点を当てていますが、実は二つの意味を持たせています。エネルギーセキュリティーと言いますと、おそらく一般的な観念では、エネルギー安全保障を意味することが多いかと思います。中長期的な視点から、経済発展や環境保全を考慮した上でエネルギーを確保し供給することであり、炭化水素や水素を始めとしたアンモニアなどの多様な燃料と組み合わせて高効率で発電できる燃料電池に対する期待は高いものです。これが一つ目の意味になります。もう一つの意味は、停電時におけるバックアップ電源の確保であり、電源のセキュリティーを向上させることにあります。ここでも多様な燃料から高効率で発電できる燃料電池の特長を活かし、様々な形式のバックアップ電源が提案され、実際に実用化されているものもあります。

燃料電池は省エネ性・省二酸化炭素の効果が実証され、社会的にも認知されつつありますが、更に、セキュリティーとしての価値を向上させ、広くエネルギー全般へのソリューションに活用されていくことを期待しています。

2016 年夏号（Vol. 16 No. 1） 特集主担当：伊東 健太郎、岸本 治夫