一般社団法人燃料電池開発情報センター
Fuel Cell Development Information Center

燃料電池　18巻2号
平成30年　10月30日発行
平成30年　10月25日印刷　ISSN 1346-6623

燃料電池

Vol.18
No.2
Autumn 2018
秋号

The Journal of Fuel Cell Technology

巻頭言　エネルギー新時代における燃料電池の新たな展開を期待して

特集　日本のこれからの燃料電池戦略Ⅱ

投稿論文　Application of Sulfonated Carbon Ionomer to Catalyst Layers of Polymer Electrolyte Fuel Cells

巻頭言　Foreword

エネルギー新時代における燃料電池の新たな展開を期待して

Towards Ground-Breaking Frontiers of Fuel Cells in New Energy Era

東京大学　生産技術研究所　シニア協力員
産業技術総合研究所　名誉リサーチャー
横川　晴美
Harumi Yokokawa
Senior Cooperator, Institute of Industrial Science, The University of Tokyo
Emeritus Researcher, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

従来のエネルギー利用体系は、水力を除いて、火力でも原子力でも一度１次エネルギーを熱エネルギーに変換してから、動力なり電力として取り出していたので、２次エネルギー変換装置としてはガスタービン、エンジンなどの熱機関が主な役割を担ってきた。最近になり太陽光発電、風力発電などによる電気エネルギーが１次エネルギー源として相当量投入されることによって全く新しい事態が現出し、様々な技術的課題が現れてきた。特に、燃料電池および関連する電解技術は２次エネルギー変換システムの中で電力、熱、燃料（水素、炭化水素）の四大エネルギー形態を相互に変換する体系の中で重要な役割を演じることができそうでありまた期待も大きい。現在は高効率な発電装置としての開発が優先されているが、来たるべきエネルギー新時代における新たな展開の検討・準備をしておくべきであろう。

燃料電池と蓄電池はどちらも電気化学的デバイスであり可逆的に作動させることができる。電解質内を移動するイオン種が関与する電気化学反応の生成物が電極の内部に留まる電池と気体として放出・凝縮する燃料電池とでは、特性が大きく異なる。共通していることは、酸化還元反応が伴うので、体積変化などを伴うことにある。電池では、電極内部で生じる体積変化挙動が繰り返され、充放電の耐久性を決める。他方、燃料電池での酸化還元反応は気体で起こるので、気体の大きなモル数変化を伴う。気体モル数が変化すると大きな吸発熱を伴う。燃料電池反応の選択によりどのような燃料が消費・合成されるかが決まるとともに熱の流れも決まる。また、通常は燃料処理という一括した名前で呼ばれるが、炭化水素燃料を水素・一酸化炭素に燃料転換する改質反応は吸熱で、熱を化学エネルギー（燃料）に変換できるユニークな特徴を示す。電池では電気エネルギーの出し入れが主な機能であるのに対し、燃料電池・電解は電気エネルギー、熱エネルギー、燃料（例えば水素、メタン、液体炭化水素）間の複雑な変換を行うことができる。熱利用については、石油危機後にエクセルギー解析が進み、熱のカスケード利用が図られ、また高温ガス炉の熱利用法として熱化学法水素製造プロセスなどがこの数十年検討されてきた。燃料電池の実用化は、熱の利用体系と燃料処理・合成体系、更には電気エネルギーとの相互変換などを相互に結びつけることができるので、熱エネルギーのより総合的な有効利用を図れる状況がでて

巻頭言　Foreword

きたと言えよう。

他方、燃料電池を利用する側面からみると、家庭でのエネファーム・業務用などでその利用が確実に進展していくであろう。更に、最近のマイクロソフトなどによるデータセンターでの燃料電池利用の検討は、新たな側面を示している。インフラのコスト・信頼性の観点からみると系統電力の導入・維持よりも低コストで信頼性の高い天然ガス供給インフラを用いてその末端に燃料電池を配する構想の方がメリットが大きいとしている。例えて言えば、人体の脳に必要なエネルギーを化学エネルギーとして血液中で供給し必要とされる現場でエネルギー変換を行ない、返還後の反応物を再び血液内に含有させて排出することと良く対応している。今後、IOT・AI などが普及するにつれ、エネルギーの消費は、動力、仕事などを必要としている現場とともに、その裏で制御などを担っている IT 関連での消費も重要となると予想される。人体との類推をすすめるなら、各機能を発現する器官にエネルギー源を供給するとともに、エネルギー変換後の反応生成物を回収する循環システムと、新たなエネルギー源の取り込み・導入、酸化剤の供給、生成物の分離・排出などが更に加わり、複数の作業物質の循環系が重なり合って総合的なエネルギーシステムとなるようなイメージを描き、前述の燃料電池の導入と熱・燃料・電気の総合的な利用を図るとすると、かなりの複雑系となることを示している。

このような類推から、今後再生可能エネルギーの大量導入というエネルギー新時代に際しては、燃料電池の導入とともに、複数の燃料インフラの整備が必要になると考える。現在、多くの努力を費やして水素インフラの整備が進められているが、水素には輸送･貯蔵に難があり、その欠点を補う必要がある。水素キャリアとしていくつかの物質が検討されているものの、現行の燃料インフラとの整合性があまりにもなさ過ぎる。基本的な特徴からすると、必要なのは水素キャリアではなく、電気エネルギーのキャリア（燃料への転換）である。個人的には､将来には水素の他に炭化水素ガスおよび液体炭化水素も（化石燃料としてではなく再生可能な）燃料として使われるのであろうと推測している。ここで、燃料電池などの電解質を介して反応を進行させる装置は、膜分離装置としても機能していることをもっと活用す

べきだと考える。例えば、燃焼排ガスから二酸化炭素を分離回収するのは、コストもエネルギーもかかるので、得策ではない。二酸化炭素と窒素を分離するのが難しいからである。それを避けるために、空気の代わりに純酸素を利用すると、燃焼生成物は二酸化炭素と水蒸気となり、分離は容易である。但し、空気から酸素を分離するのに意外とコスト・エネルギーがかかるので、問題を移動させたにすぎない。ここで、燃料電池では、発電過程で既に空気中の酸素を分離して用いていること、そのためのコストは過電圧などによって既に効率低下の中に組み込まれているので、燃料電池排ガスからの二酸化炭素分離に必要なプロセスには大きなエネルギー消費を伴わないことが重要となる。また、水の電気分解では水素の他に酸素も生成される。燃料電池・電解の導入は、従って炭化水素燃料を用いるときに必要となる二酸化ガス分離回収･循環利用をシステムとして運用する上で必要となる種々の装置･手法･化学品（酸素など）なども提供することになる。今までは利用してこなかった機能なども含め、再構築すべきであろう。

このようなより総合的なエネルギー利用体系を想定した場合、燃料電池・電解の利用のされ方は多様になり、より過酷な運用に耐えることが求められよう。この 10 年ばかり固体酸化物形燃料電池の耐久性の向上のために民間の開発者と基盤研究者との協力・連携に尽力してきたが、多くの課題を克服して信頼性・耐久性の高いスタック・システムが開発されるようになった。期待されている燃料電池の新たな展開を図るためには､スタックの強靱さが求められている｡固体酸化物形燃料電池は電解質がセラミックスであるために、割れ易いという宿命を背負っているが、近年いかに強靱なスタックを実現できるかについて希望がもてる成果が次々と出てきている。耐久性プロジェクトで培われた産官学連携を基礎にして、強靱性実現のために更なる進展が図られ、期待されている燃料電池・電解技術の全面展開に至る突破口を打ち破るような成果を期待したい。

燃料電池 Vol.18 No.2

目　次

巻頭言 エネルギー新時代における燃料電池の新たな展開を期待して
東京大学　生産技術研究所　シニア協力員　産業技術総合研究所　名誉リサーチャー　横川　晴美… 1

特集 日本のこれからの燃料電池戦略Ⅱ

■ 特集にあたって
編集委員（東京ガス㈱　リビングサービス本部　燃料電池事業推進部）　吉田　英樹… 8

■ 産業技術総合研究所における固体高分子形燃料電池技術に関する取り組み
（国研）産業技術総合研究所　電池技術研究部門　五百蔵　勉、山崎　眞一… 9

■ 山梨大学における燃料電池研究の概況と今後の展開
山梨大学　燃料電池ナノ材料研究センター　センター長　飯山　明裕… 14

■ 産業技術総合研究所における今後の固体酸化物形燃料電池研究
（国研）産業技術総合研究所　省エネルギー研究部門　エネルギー変換技術グループ
グループ長　山地　克彦
（国研）産業技術総合研究所　無機機能材料研究部門　機能集積化技術グループ
グループ長　藤代　芳伸… 21

■ 燃料電池戦略への放射光可視化計測の現状と展望
名古屋大学　物質科学国際研究センター、理研放射光科学研究センター　可視化物質科学研究グループ
唯　美津木
名古屋大学　物質科学国際研究センター、理研放射光科学研究センター　可視化物質科学研究グループ
東北大学　多元物質科学研究所　高田　昌樹
電気通信大学　燃料電池イノベーション研究センター　岩澤　康裕… 27

■ 遷移金属酸化物 ZrO_2 を用いた電極触媒の計算機予測
東京大学　物性研究所　山本　良幸、笠松　秀輔、杉野　修… 33

■ バーチャルパワープラント（VPP）における燃料電池利用への期待
㈱富士通総研　行政経営グループ　上保　裕典、髙村　茂… 38

受賞記念 ■ 京セラにおける固体酸化物形燃料電池セルスタックの開発と量産化
京セラ㈱　研究開発本部　部品研究開発統括部　仲川　彰一… 43

■ 固体酸化物形燃料電池の耐久性に関する基盤技術の確立と実用化促進に対する貢献
東京大学　生産技術研究所　横川　晴美… 47

■ 固体高分子形燃料電池の白金代替カソード触媒に関する研究
東京工業大学　物質理工学院　材料系　難波江裕太… 59

●表紙「米倉山エネルギー関連施設の展望」

展望台から米倉山エネルギー関連施設の一部を望む
（太陽光発電所、ゆめソーラー館やまなし）

コラム **燃料電池と私 No.28**

山梨大学　クリーンエネルギー研究センター　教授、センター長　内田　裕之… 65

報告

● **海外行事参加報告　2017 Fuel Cell Seminar & Energy Exposition HySA（Hydrogen South Africa）RE･FCデモンストレーション**

（一社）燃料電池開発情報センター（FCDIC）　吉武　優
（国研）産業技術総合研究所　無機機能材料研究部門　水谷　安伸… 69

● **第13回再生可能エネルギー世界展示会報告**

（一社）燃料電池開発情報センター（FCDIC）　和田　徹也… 75

● **やまなし水素エネルギーフェア＆米倉山クリーンエネルギー研究成果報告会**

山梨県　企業局電気課　宮崎　和也… 76

● **FCDEIC第148回研究会報告**

（一財）エネルギー総合工学研究所　プロジェクト試験研究部　主任研究員　水野　有智… 80

投稿論文

■ **Application of Sulfonated Carbon Ionomer to Catalyst Layers of Polymer Electrolyte Fuel Cells**

Department of Chemistry and Energy Engineering, Faculty of Engineering, Tokyo City University
Tomoya Oyama, Kazuki Matsumoto, Tetsuo Take… 82

研究室紹介

■ **九州大学水素材料先端科学研究センター HYDROGENIUS**

九州大学　大学院工学研究院　教授　杉村　丈一、西村　伸、松永　久生
九州大学　大学院工学研究院　准教授　迫田　直也… 92

会告・情報

● **センター通信** …… 98
● **燃料電池関連国際会議情報** …… 99
● **論文投稿規定・執筆要領** …… 100
● **編集後記**　編集委員　森　昌史… 103