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　20巻4号
令和３年　4月30日発行
令和３年　4月25日印刷　ISSN 1346-6623

燃料電池

Vol.20 No.4
Spring 2021
春号
The Journal of Fuel Cell Technology

巻頭言　脱炭素社会に向けて電気化学の貢献
特集　水電解によるグリーン水素の製造
基礎講座　固体酸化物形燃料電池（SOFC）
投稿論文　モデル電極を用いたプロトン伝導セラミック燃料電池空気極の反応機構解析
機械学習を用いたペロブスカイト酸化物におけるプロトン濃度の予測精度の評価
会員紹介　株式会社徳力本店

巻頭言　Foreword

脱炭素社会に向けて電気化学の貢献

Contribution of Electrochemistry for the Realization of the Carbon Neutral Society

山梨大学　名誉教授・特命教授
渡辺　政廣
Masahiro Watanabe
University of Yamanashi, Emeritus Professor

電気化学は、電気（電子）と化学物質が関わる学問・技術分野であり、蓄電池、水電解、燃料電池等は、この分野の代表例でもある。電池は1800年にA．ボルタにより発明された。それを電源として、同年末にはA．カーラルとW. ニコルソンが初めて水を電気分解して水素／酸素の生成実験に成功している。さらに、1930年末にはW. グローブが、逆に水素／酸素から直接発電できる燃料電池を発明した。これらの発明・実証以来、時を経て、現在、この一連の電気化学技術が、解決困難な地球温暖化問題の最有力の対応技術として注目されている。電気化学を生業としてきた筆者も、電気化学へ寄せられる今の期待を誇りに思う一人である。以下に、関連情報に接しての筆者の最近の雑感を述べさせて頂く。

コロナパンデミック後の産業振興／変革を目指し、昨年、欧州連合、中国が相次いで2050年の脱炭素化方針を打ち出した。我が国も昨年10月に、菅首相が「2050年までにカーボンニュートラルの実現を目指す」と宣言し、従来の80％削減目標から大きく踏み出した。米国も、新政権発足と同時にパリ協定に復帰し、今後4年間に2兆ドルもの環境投資を行うと発表するなど、世界は脱炭素エネルギー社会に向け大きく舵を切った。欧米、中国等に比べ、我が国の代替の再生可能エネルギー（風力、太陽光等）資源は豊富とは言えず、また、化石資源は無い。そこで政府は、水素を新しいエネルギーキャリアーと位置づけ、2014年以来、利用技術開発と大規模輸入／サプライチェーン構築に取り組んでいる。褐炭（豪州）の改質とCO_2回収／固定により、或は水力（カナダ）、太陽電池（中東）の電力による水電解により、現地でH_2ガスを大量生産し、更に液化H_2、又は水素化トルエン（MCH）或は液化アンモニアを合成し、この液体水素キャリアーを輸入し、ハブ又は内陸の輸送先でH_2ガスとして利用する国家構想を進めている。海浜地区での水素、アンモニアの発電への利用は、大口の需要形成とCO_2（国内全排出の約40％）削減の手段として極めて有効と思われる。

ここで、H_2基準の水素キャリアー及び生成物のエネルギーレベルの大小関係は、H_2> 液化H_2>NH_3>CH_4>MCH ≫ H_2O ≫ CO_2となる。熱力学（平行論）的には、下位への変化でエネルギーの放出$\Delta H_f(\downarrow)$が、逆では吸収$\Delta H_f(\uparrow)$が必須である。加えて速度論的には、変化加速のために過剰エネルギー$\Delta H_V(\downarrow)$の注入が必要となる。変化後に$\Delta H_V(\downarrow)$が回収できなければロスとなる。CO_2とH_2Oは石炭、H_2等が理論的に持つエネルギーを放出し切った最低状態にある。従って、水電解でH_2を得るには、$\Delta H_f(\uparrow) + \Delta H_V(\downarrow)$の電気エネルギーの注入を必要とする。現状では、触媒性能、電導性、ガス拡散性等の向上による$\Delta H_V(\downarrow)$の大幅削減が求められている。産地でH_2液化、NH_3化、MCH化し、それを消費地でH_2ガス化する場合、各変換時の放出$\Delta H_f(\downarrow)$の活用法と吸収$\Delta H_f(\uparrow)$の供給法、また注入$\Delta H_V(\downarrow)$の低減法など技術課題はなお多そうである。この変換工程ロスに加え、冷却、輸送等に要したエネルギーロスΔH_tを加味し、注意深くトータルの効率を評価し利用すべきである。化石資源の継続利用策として生成CO_2のCH_4化が検討されているが、エネルギー注入$\Delta H_f(\uparrow) + \Delta H_V(\downarrow)$用にクリーン$H_2$を使い続ける事になるがそれで良いか。原子力の利用問題と同様、再生可能エネルギーへの移行時期の見定めが重要と思われる。

我が国の内陸需要地は細分化されているので、小口輸送／利用の場合、液化H_2の蒸発ロス増加、MCH、液化NH_3での分解プラントの設置／稼働の非経済性が問題となる。今から、分散・再生エネルギーを電気及び水素に変換、貯蔵する高効率、モジュール化した小型H_2システム（蓄電、水電解、昇圧、供給等）開発を推進すべきである。それは我国の有力な輸出技術となり得る。大きなCO_2排出源（約20％）である輸送分野では電動化が進められるが、EVは小型・短距離用、FCVは中大型・長距離用の特色で棲み分けすべきである。送電網の再整備とH_2ステーション設置の各コストは、国により異なるはずである。独自のコスト調査に基づく効率的なインフラ整備・利用技術・普及活動への国家投資が求められる。研究・開発者には、不断のエネルギー論的活動点検と難関技術障壁への挑戦により、我国の発展と世界の脱炭素社会実現に貢献することが求められている。

燃料電池　Vol.20 No.4

目　次

巻頭言　脱炭素社会に向けて電気化学の貢献

山梨大学　名誉教授・特命教授　渡辺　政廣…　1

特集　水電解によるグリーン水素の製造

■ 特集にあたって

編集委員（日本ガス協会）　松尾　滋人…　6

■ グリーン水素製造に向けた水電解技術

横浜国立大学　大学院工学研究院 / 先進化学エネルギー研究センター グリーン水素研究ラボ
光島　重徳、黒田　義之…　7

■ 低炭素社会の実現を目指した大規模水電解開発

㈱トクヤマ　研究開発部門　新規事業推進グループ　主任　則安　佑亮…　14

■ 工業スケールのアルカリ水電解および Power to X バリューチェーンの構築

ティッセンクルップ・ウーデ・クロリンエンジニアズ㈱　グリーンハイドロジェングループ
村山　凡子…　18

■ Scaling Up Hydrogen Production with AEM Electrolysers by Enapter

Enapter GmbH　Jingwen Wang…　24

■ SOEC を用いた高温水蒸気電解技術の開発

東芝エネルギーシステムズ㈱　水素エネルギー事業統括部　燃料電池設計部　吉野　正人…　29

■ フッ素系イオン交換膜 FORBLUE™ S-SERIES の開発

AGC ㈱　化学品カンパニー　応用商品開発部　早部慎太朗、角倉　康介…　36

基礎講座

■ 第７回　固体酸化物形燃料電池（SOFC）

（国研）産業技術総合研究所 省エネルギー研究部門 燃料電池材料グループ　グループ長
山地　克彦…　45

技術情報

■ $BaZrO_3$ 電解質を用いたプロトン伝導セラミック型燃料電池の熱力学に立脚した開発手法の検討

京都大学大学院工学研究科材料工学専攻　植野　雄大、畑田　直行、宇田　哲也…　53

■ 微生物燃料電池「マイクローブパワー」の開発

㈱マウビック　代表取締役　小沢　　誠…　63

●表紙「水素製造システム AWE 法角型水電解槽」

（写真提供：トクヤマ）

コラム 燃料電池と私 No.36

神戸大学名誉教授・山梨大学客員教授　出来　成人… 67

報告

● FCDIC 第 158 回研究会報告

（一社）燃料電池開発情報センター（FCDIC）　FCDIC 事務局… 69

● 第 17 回国際水素・燃料電池展報告

（一社）燃料電池開発情報センター（FCDIC）　FCDIC 事務局… 70

投稿論文

■ モデル電極を用いたプロトン伝導セラミック燃料電池空気極の反応機構解析 ―

東北大学大学院　工学研究科　西舘　克弥、四宮　由貴、水野　敬太
東北大学　多元物質科学研究所　木村　勇太、中村　崇司、雨澤　浩史
東北大学大学院　環境科学研究科　八代　圭司、川田　達也
パナソニック株式会社　テクノロジー本部　見神　祐一、山内　孝祐、黒羽　智宏… 72

■ 機械学習を用いたペロブスカイト酸化物におけるプロトン濃度の予測精度の評価 ―

九州大学　稲盛フロンティア研究センター/九州大学　大学院工学府材料物性工学専攻
（元 宮崎大学大学院工学研究科 機械･情報系コース）　辻川　皓太
九州大学　稲盛フロンティア研究センター　兵頭　潤次
岐阜大学　工学部電気電子･情報工学科/理化学研究所　革新知能統合研究センター　志賀　元紀
宮崎大学　工学教育研究部　奥山　勇治
九州大学　稲盛フロンティア研究センター/九州大学　大学院工学府材料物性工学専攻/
九州大学　エネルギー研究教育機構　山崎　仁丈… 80

研究室紹介

■ 山梨大学 燃料電池ナノ材料研究センター

山梨大学　燃料電池ナノ材料研究センター　研究企画部門　吉積　潔… 92

会員紹介

● 株式会社徳力本店… 97

会告･情報

● センター通信… 98
● 論文投稿規定・執筆要領… 101
● 編集後記　編集委員　星　永宏… 104