

研究室紹介

九州大学・水素利用プロセス研究室

～燃料電池を核にした水素技術の確立を目指して～

九州大学大学院 工学研究院機械科学部門

教授 佐々木 一成

地球環境問題やエネルギー安全保障までを視野に入れた将来の科学技術の発展にとって、新エネルギー技術の開発や環境負荷低減につながる新しい材料・デバイス・システムの研究はその中核をなす最重要課題です。当研究室においては、水素の利用に関連した環境にやさしいエネルギーシステムの開発や実用化に貢献することを目指し、燃料電池およびそれを中核とした水素利用技術に関する研究に取り組んでいます（図1参照）。大学のグループであることの特長を生かし、基礎的知見や理解をベースにして、新材料創製や材料設計指針の構築、電気化学・物質輸送プロセスの解明、評価手法の確立など各技術課題に対する解決指針の提案を目指しています。燃料電池などの電気化学セルにおいては、材料は実際に電池に組み込んで使ってみな

いと本当に使用可能かどうかわかりません。ですので、材料や電池セルを自ら作製して、電気化学特性や物性を測定評価することによって、得られた知見を再び材料設計や新規材料探索にフィードバックする、材料調製・電池作製・特性評価を一連の研究として行なうことに努めています。

これらの研究開発を進めるために、粒子径1～数nmに制御した電極触媒の調製から電池セルの作製、材料の欠陥化学や電気物性、電気化学特性の評価、物質・熱輸送現象の計測技術とプロセス評価、微細構造観察、ガス分析などを一連の実験研究として行える体制を整えています。計10台以上の燃料電池性能評価装置や世界最高分解能の走査型分析電子顕微鏡をはじめ、燃料電池・水素利用技術研究のために必要不可欠な先端装置類を研究室で専有しています（図2は研究室風景。詳細は、研究室ホームページをご参照ください）。

これらの研究活動を通じて、基礎材料・プロセス研究から産学連携での実用化研究開発まで積極的に取り組んでいます。同時に、燃料電池・水素分野のプロの研究者として国内外で活躍できるような、固体化学から電気化学、材料工学、機械科学までの基礎科学に対する深い理解と広い視野を持ち創造的で国際性に富む研究者の教育と育成を目指しています。当研究室は水素利用技術研究センターなどの九州大学の水素研究拠点の中核的役割も担っており、21世紀COEプログラム「水素利用機械システムの統合技術」による大学院生、特に博士課程学生に対する最大限の教育研究支援も行っています。燃料電池・水素分野は、各自の出身学科で学んだ基礎を、各自の強みとして生かして活躍できる開かれた研究領域でもあります。基礎学理の確立も、若い研究者の活躍にかかっています。ですので、この分野のプロフェッショナルを目指す学生諸君の、他大学や他学科からの修士課程や博士課程入学も



図1：九州大学・水素利用プロセス研究室のミッション



図2 実験室の風景
(上図：電気化学測定室、下図：顕微鏡室)

大いに歓迎しています。スタッフ陣も平均年齢約30歳と若く、材料工学、電気化学、固体化学、熱工学をカバーし、「水素キャンパス」とも呼ばれる九大・新キャンパスの新しい研究室で多様な技術課題に対応できる体制を整えています。また、自らの10年間の留学経験を生かして、国際色豊かな研究グループにしていきたいと考えています。

現在、当研究室では、以下の研究テーマに重点的に取り組んでいます。

(1) 固体高分子形燃料電池 (PEFC) の次世代電極触媒の創製

近年、自動車用動力源から携帯機器用電源までの幅広い用途を視野に入れて、固体高分子形燃料電池の開発が盛んに進められています。当研究室では、ナノ構造や電子状態を制御した電極触媒材料を開発し、電気化学特性や触媒活性を定量的に評価することにより、

燃料電池の発電性能の飛躍的な向上を目指しています。電極触媒や電池の作製から、特性評価やプロセスシミュレーションまでを技術領域としてカバーしています。国 (NEDO) の研究開発プロジェクトを研究室単独で平成13年度から16年度まで受託実施し、JSTのCRESTプロジェクトの支援も受けながら、高性能で貴金属使用量も少なく、高耐久性のPEFC電極触媒を新規材料探索やナノ構造制御などによって開発し、材料設計指針を構築し、各種技術課題を抜本的に解決できる新規材料の創製を目指しています。炭素ナノ繊維を担体としたナノネットワーク構造を有する新しい電極触媒の開発や不溶性のPt-Ti系合金触媒の開発などに成功しています。また、熱力学平衡計算を用いて、燃料電池作動条件下で安定な材料の探索にも取り組んでいます。(図3~5参照)

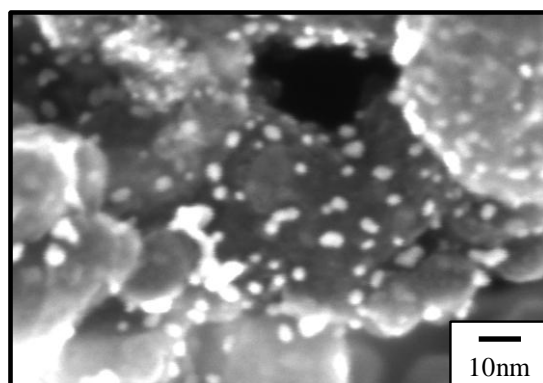


図3: 粒子径約3nmの白金を担持したPEFC電極触媒(当研究グループ自作)のFESEM写真

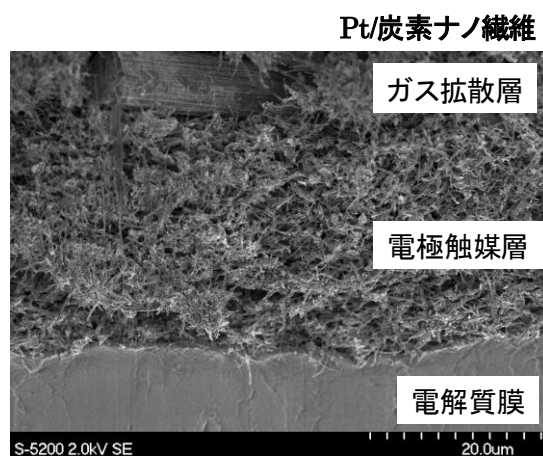


図4: ミクロな拡散パスと高導電性パスを付与した電極触媒層(NEDO事業成果)

ナノネットワーク構造高耐久性電極触媒の開発

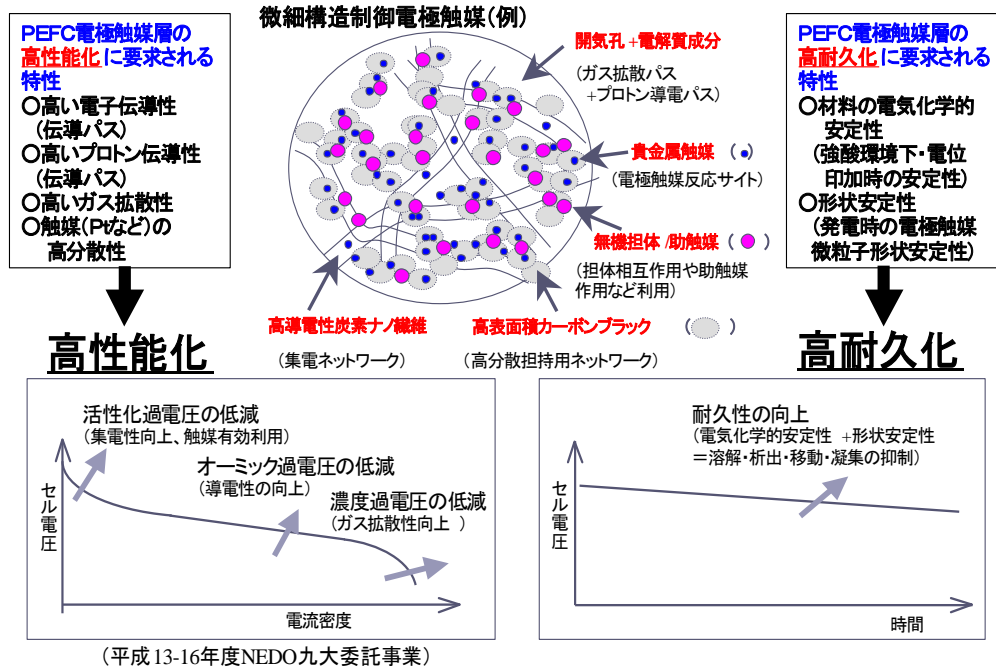


図5：ネットワーク構造を有するPEFC電極触媒の開発

(2) 固体酸化物形燃料電池 (SOFC) の新規電極・電解質材料と電気化学プロセスの研究

高温で作動する固体酸化物形燃料電池は、最も燃料適用性が高い燃料電池 (図6参照) であり、各種の気体燃料や液体燃料の使用が容易であることから、高効率発電やコージェネレーション(熱電併給)だけでなく、バイオエネルギー利用やリサイクルの観点からも重要で、電気・ガス会社に限らず、化学・電器・機械産業にも大きなインパクトがあると考えられます。80年代

SOFC=フレキシブルな燃料電池の実用化を目指して

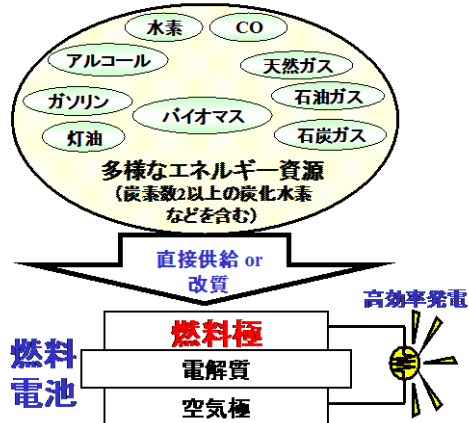


図6：固体酸化物形燃料電池 (SOFC) の燃料適用性

SOFC耐被毒長寿命化技術の開発 -SOFCの信頼性・耐久性向上を目指して-

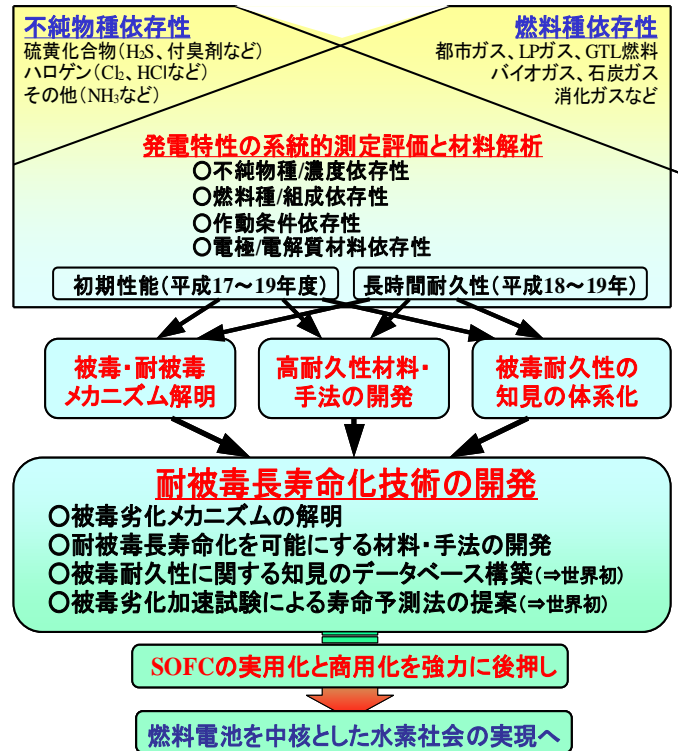


図7：耐被毒長寿命 SOFC の開発 (NEDO 事業)

末から一貫して取り組んでいるこの技術分野での経験と、燃料(化学物質)と固体界面との相互作用など基礎理解をもとに、新しい電極材料や電解質材料の創製や発電特性に関する研究、電極材料の多孔構造制御やナノ複合化、多様な燃料種に対応できるフレキシブルな燃料電池の研究開発、さらに民間企業との実用研究までを行なっています。長寿命化・耐被毒性向上を目指して、平成 17 年度からは国 (NEDO) の研究プロジェクト (図 7 参照) も実施しています。燃料中の微量成分や不純物成分の影響を系統的に測定評価することによって、実燃料中の不純物種の許容濃度の把握や、電池セルの長寿命化への指針、劣化メカニズムの解明、加速試験法の提案など、大学の長を生かして SOFC 実用化に貢献できるような共通技術基盤を提案・確立していきたいと考えています。

(3) 燃料電池・水素利用システムにおける基礎学理の構築と体系化

燃料電池や水素関連技術の基盤となる学理を確立することは、燃料電池を核とした水素技術の開発や展開に欠かせません。そのため、関連するエネルギー科学を確立することを目指しています。その中には、原子・電子・分子レベルでの熱力学平衡を記述する欠陥化学からナノ・マイクロ領域の電気化学、物質輸送などの速度論、マクロな電池性能とその電気化学測定評価手法が含まれ、燃料電池内での多様なプロセスの定性・定

量的な理解が重要であると考えています。例えば、ナノプローブを用いた局所電気化学測定法の確立 (図 8 参照) など次世代の測定評価法に関する研究や、高分解能電子顕微鏡を用いたサブナノ領域での燃料電池微細構造評価手法の体系化などにも取り組んでいます。

(4) PEFC における水問題の解決

PEFC の電流密度を上げると、触媒電極面積は小さくて済み、スタックも小さくて済み、コストも低減できます。しかし一方、電流密度を上げすぎるとガス拡散層 (GDL) 内や流路で水詰りが発生し、ガス供給を阻害し、対極では逆に電解質膜の乾燥も進みます。このような水問題を解決するには、セル内部の水詰まりや乾燥を観察・測定し、観察や測定結果を評価・(数値)解析し、運転・設計条件を最適化する必要があります。本研究室では伊藤助教授が中心となって、可視化セルやインターデジテイトド (ID) セルを用いたセル内部の水詰り計測法を開発し、最近では GDL 内の水詰りの直接的、間接的な計測に成功しています。さらには、気液二相流シミュレーションコードを開発し、定常状態における水詰り分布のみならず、過渡状態におけるセル電圧や内部抵抗の変化を明らかにしています。

最後になりますが、九州大学は平成 17 年 10 月に開校した伊都キャンパスを“水素キャンパス”とも位置づけ、水素関連の研究開発を大学を挙げて進めています。

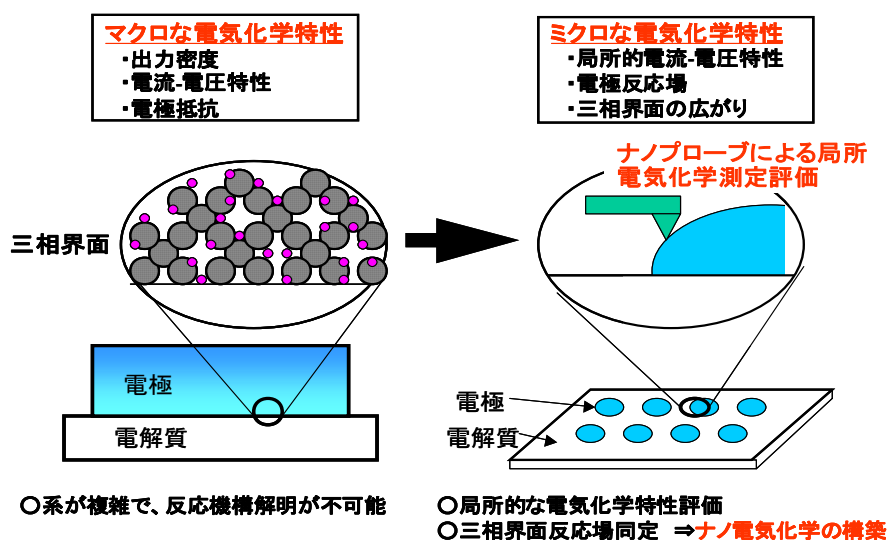


図 8 : 形状の定義された電極触媒とナノプローブを用いた局所電気化学特性の測定評価に向けて

す。村上副学長を拠点リーダーとして平成 15 年度から進められている 21 世紀COEプログラム「水素利用機械システムの統合技術」をはじめ、平成 18 年 3 月には水素利用技術研究センターの建屋（図 9 参照）が完成して学内共同利用施設としての運用が始まっています。センター長として、産業界の皆様方からの多様なご要望にも対応でき、また九州大学から多様な水素研究シーズを発信するためのインキュベーターとして貢献できる体制を整えたいと考えております。教育・人材育成、研究開発、普及啓発活動のそれぞれの活動に、地域自治体と連携しながら取り組んでいます（図 10 参照）。さらに、産業技術総合研究所とも連携して、水素材料に関する国際的な研究拠点として水素技術を安心して皆様方に使っていただくために必要となる基盤科学の確立に貢献していきたいと考えています。九州大学で、“水素”を看板に掲げる唯一の研究室として、多方面の方々のご意見やご要望を真摯に受け止めながら、九州大学全体の水素研究についても責任を持って支えていきたいと考えています。

九州大学・水素利用プロセス研究室

〒819-0395 福岡市西区元岡 744

TEL : 092-02-3143

FAX : 092-802-3223

E-mail : sasaki@mech.kyushu-u.ac.jp

研究室 HP :

<http://www.mech.kyushu-u.ac.jp/lab/ki06/index.html>



図 9 : 九州大学・水素利用技術研究センターの完成建屋

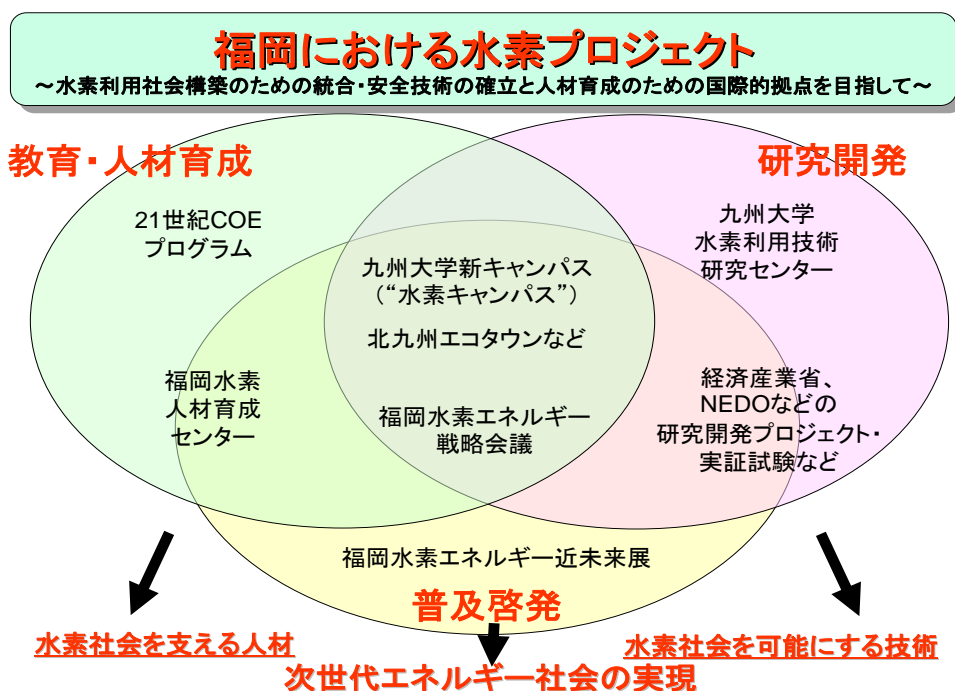


図 10 : 九州大学を核とした水素プロジェクト