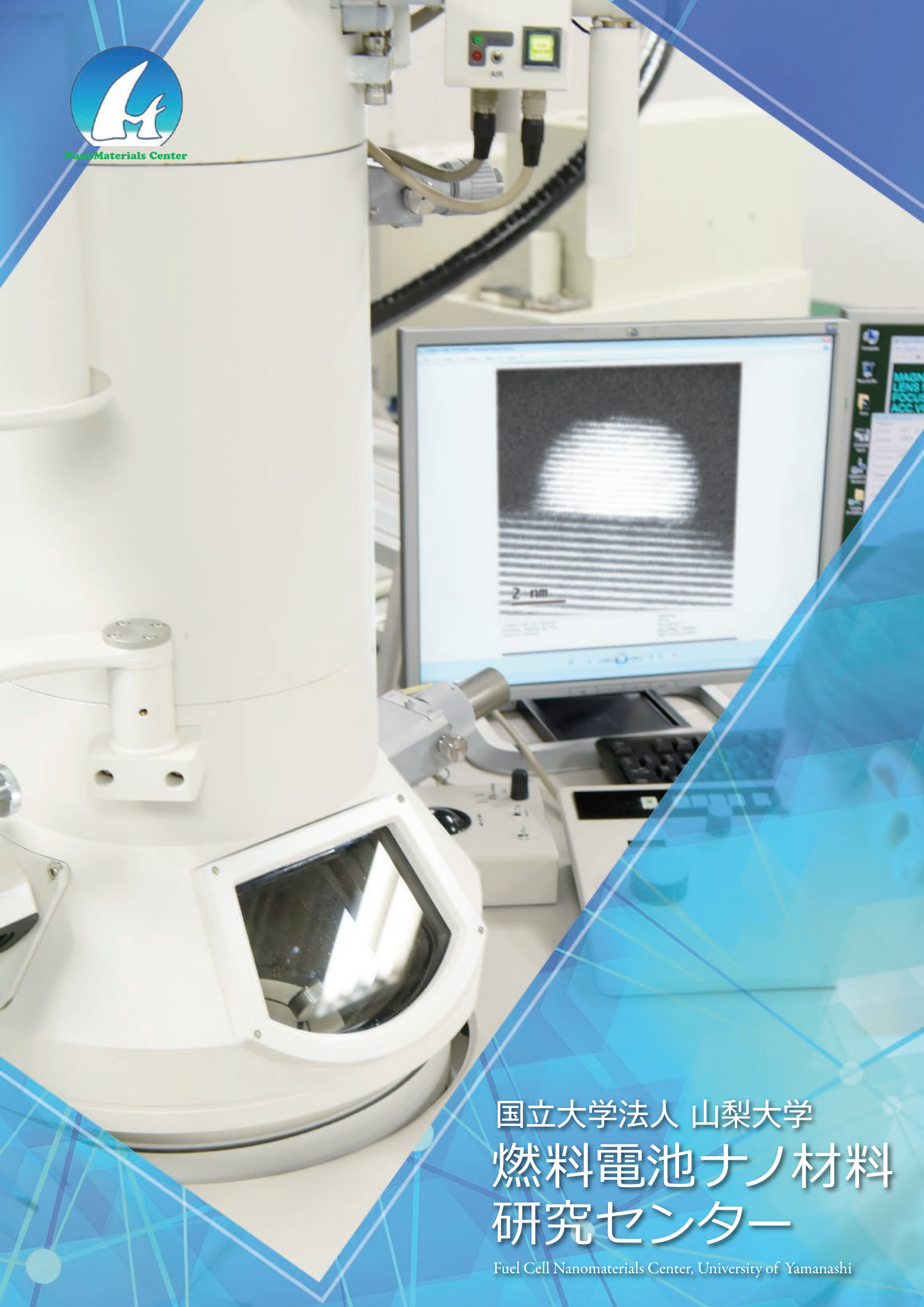
NanoMaterials Center



国立大学法人 山梨大学

燃料電池ナノ材料研究センター

Fuel Cell Nanomaterials Center, University of Yamanashi

OUTLINE

概 要 Outline of the Center

国立大学法人 山梨大学
燃料電池ナノ材料研究センター長
飯山 明裕
Akihiro Iiyama

燃料電池利用の飛躍的拡大を目指して

燃料電池は我が国の「エネルギー基本計画（第5次）」において位置づけが強調された水素エネルギー利用の中心的な役割を担うことが期待され、2018年に国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)は技術的課題を時系列に整理した「NEDO燃料電池・水素技術開発ロードマップ」（以下、「NEDO技術マップ」という）を策定し、産学官による技術開発に取り組む重要性が示されました。その実現のため、燃料電池材料の革新的な研究開発により、低コストで高効率、高出力、高耐久な燃料電池の実用化が産業界から強く要望されており、そのためには、産学官の高度な連携を最大限に活用した研究開発を行うことが必要です。

本センターは、燃料電池の本格普及に資することを目的として、山梨県および関係省庁の絶大なご支援を得て、2008年4月に設立されました。経済産業省、NEDOが委託するプロジェクト「劣化機構とナノテクノロジーを融合した高性能セルのための基礎的材料開発」(略称：HiPer-FCプロジェクト、2008年～2014年)、およびNEDOが委託する「セル・スタックに関わる材料コンセプトの創出／高出力・高耐久・高性能燃料電池材料のコンセプト創出」（略称：SPer-FCプロジェクト、2015年～2019年）に採択され、反応や劣化のメカニズムに関わる知見並びにナノテクノロジー等の先端技術の融合（HiPer-FCプロジェクト）や、触媒や担体及び電解質材料の新規創出とその機能を極限まで発揮させる触媒層の評価・解析を通じて、出力性能の向上・貴金属使用量の低減・耐久性の向上に取り組み、総合的効果で性能を10倍程度向上させる目標を達成（SPer-FCプロジェクト）してまいりました。

現在は、燃料電池の飛躍的利用拡大を可能にするため、高効率発電および高負荷運転さらには高耐久起動停止等技術や極限環境下劣化防止等の技術を実現する革新的材料技術開発（NEDO委託事業、命名：ECCEED'30-FCプロジェクト）や、高温度・低湿度環境下でも作動可能な新規の高分子電解質膜コンセプト及びセラミック触媒技術のコンセプト創出（NEDO委託事業、命名：ECCEED'40-FCプロジェクト）、さらには、種々の国家プロジェクトのご支援を受けて、安価で高効率・高耐久なアニオン交換型燃料電池や水電解装置を実現するための非貴金属触媒やアニオン交換型電解質材料の研究開発に取り組んでおります。これらの研究開発の成果を広く産業界の皆様にご活用いただくことにより、水素・燃料電池利用の飛躍的拡大に貢献したいと考えております。

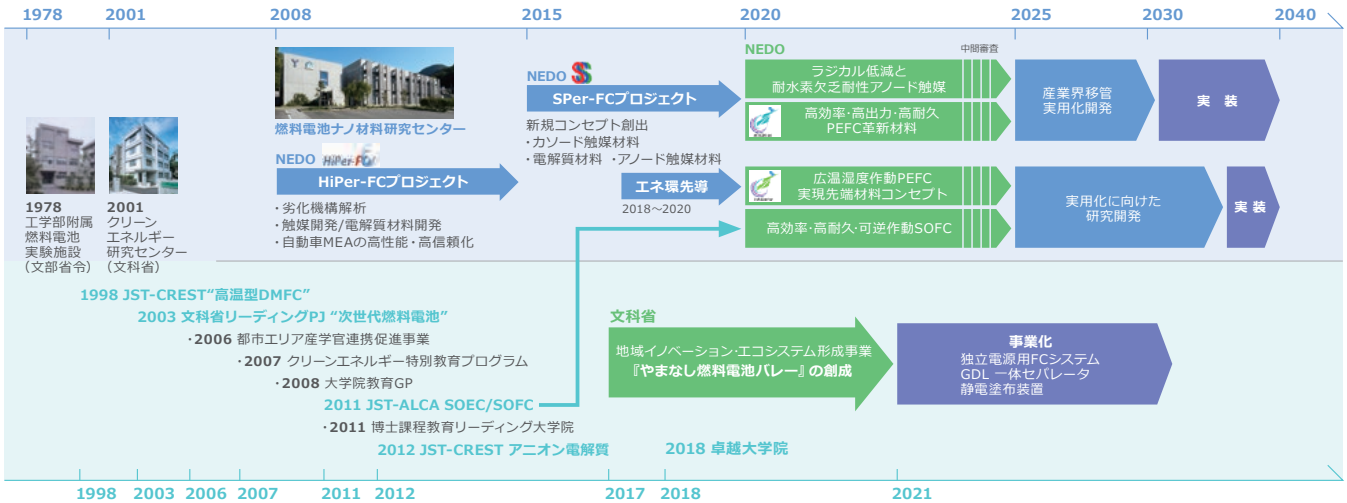
このように本センターは、燃料電池を飛躍的に利活用する本格的な水素社会に対応できるよう、多才な研究者陣容と世界トップレベルの先端設備をフル活用し、併せて産学官の共同研究、大学院教育にも積極的に関わり、先端的研究成果の創出と当該グリーンエネルギー分野を牽引する研究者・技術者の育成に取り組んでいます。

皆様方の温かいご支援とご指導をよろしくお願い申し上げます。

HISTORY

沿 革 History of the Center

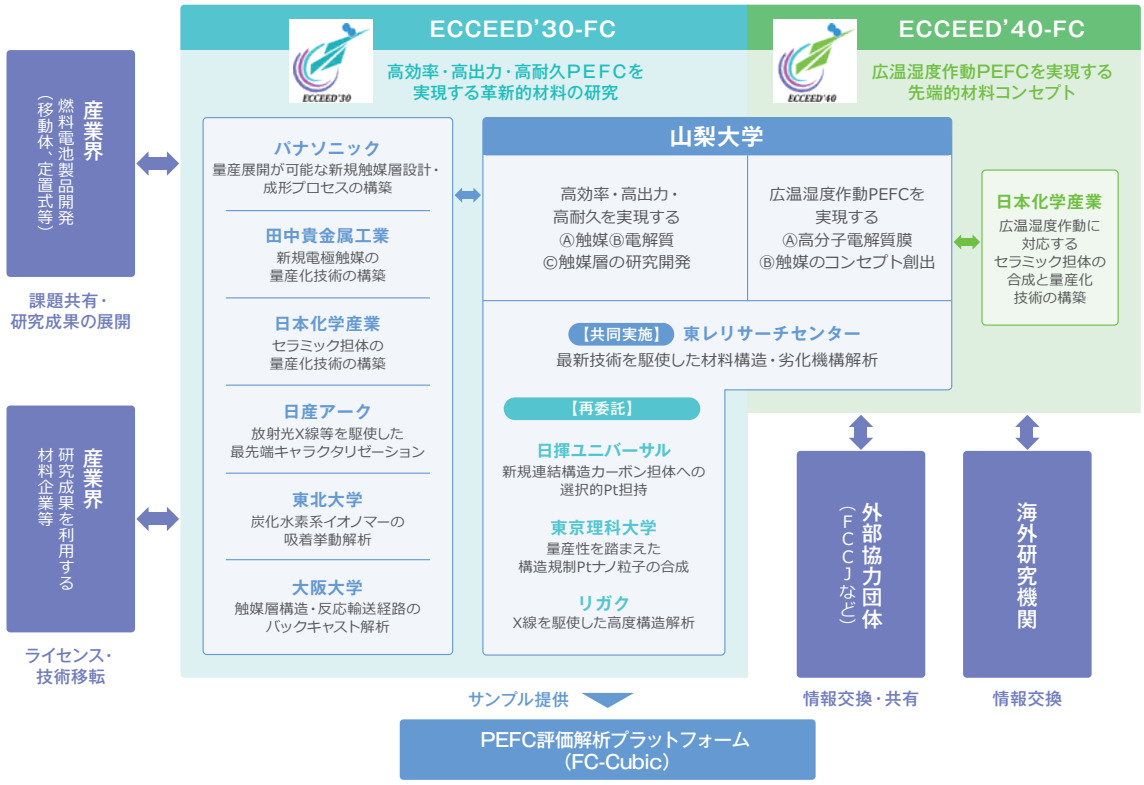
- ■1978.4～1988.3 工学部附属燃料電池実験施設設置
- ■1989.4～2001.3 学内特別施設電気化学エネルギー変換研究室設置
- ■2001.4～ クリーンエネルギー研究センター設置
- ■2008.4～ 燃料電池ナノ材料研究センター設置



ORGANIZATION

研究開発体制 Organization of the R&D

山梨大学が代表となって、パナソニック（株）、田中貴金属工業（株）、日本化学産業（株）、（株）日産アーク、東北大学、大阪大学、（株）東レリサーチセンター、日揮ユニバーサル（株）、（株）リガク、東京理科大学が共同して研究を進めています。



MEMBERS

組織体制 Members of the Center

センター長のもと、金属研究部門、セラミック研究部門、高分子研究部門、研究企画部門の4部門で研究に取り組んでいます。また、山梨大学　研究推進・社会連携機構に設置の燃料電池研究拠点支援室、水素・燃料電池技術支援室のサポートを受けています。教員数はクリーンエネルギー研究センターとの兼任教員5名を含め14名に上ります。さらには、国内外の研究者と緊密な連携を図り研究を推進しています。

センター長・教授

飯山 明裕

金属研究部門

部門長・教授　内田 誠
教　授　Donald A Tryk
教　授　宮尾 敏広
助　教　西野 華子
研究員　岩瀧 敏男
研究員　田本 加代子
研究員　山﨑 博子

高分子研究部門

部門長・教授　宮武 健治
教　授　犬飼 潤治
助　教　川本 鉄平
研究員　佐藤 隆凱
研究員　西山 博通
研究員　松本 彬伸

セラミック研究部門

部門長・教授　柿沼 克良
助　教　史 国玉
研究員　浅川 孝之
研究員　栗山 嵩史
研究員　谷口 均志
研究員　太農 哲朗
研究員　山口 美保

研究企画部門

教　授　吉積 潔
客員教授　出来 成人
客員教授　上野 武夫
客員教授　小俣 富男
客員教授　東山 和寿
客員教授　丹下 昭二
客員教授　田島 收
客員教授　永田 裕二
客員教授　橋本 登
客員教授　大仲 英巳
客員教授　脇坂 暢
客員准教授　矢野 啓

研究推進・社会連携機構

燃料電池研究拠点支援室

室　長　堀内 俊孝
室長補佐　原品 光許

水素・燃料電池技術支援室

室長（兼任）　飯山 明裕
副室長（兼任）　還田 隆
シニアアドバイザー（特命教授）　渡辺 政廣
技術コーディネーター　岡 嘉弘
研究員　杉山 富夫

クリーンエネルギー研究センター兼任教員

教　授　宮武 健治
教　授　犬飼 潤治
准教授　野原 愼士
准教授　三宅 純平
准教授　葛目 陽義

協力機関

お茶の水女子大学
神戸大学
東京工業大学
富山県立大学
名古屋大学
福岡大学

高エネルギー加速器研究機構（KEK）
高輝度光科学研究センター（JASRI）
総合科学研究センター（CROSS）
日本原子力研究開発機構（JAEA）

Boston University
長春応用化学研究所
中山大学
National University of Malaysia
Paul Scherrer Institut
Technische Universität Braunschweig

METALS

金属研究部門　部門長
内田　誠

金属研究部門

Metals Research Division

各種実作動条件に即した評価を実現する装置群

高度な解析装置やセル評価装置群を活用し実作動条件に即したPEFC向け各種評価を実施。各種開発材料の特徴を最大限発揮する触媒層構造、各種材料間の相互作用、界面状態の影響や劣化メカニズムを明らかにし材料技術開発にフィードバックし触媒層技術を構築しています。

＜活用するセル評価装置群＞

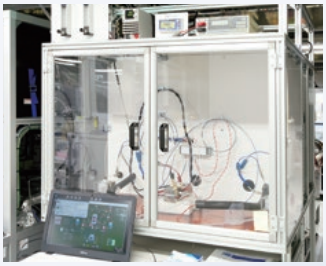
通常&ガス置換対応機

温度環境評価対応機

ガス置換・高温・高圧対応機

アルカリ形燃料電池･水電解評価

アルカリ形燃料電池および水電解の材料開発やデバイス実証のための評価機器を整備。非貴金属触媒・アニオン膜・触媒層の飛躍的な高効率化および高出力化の実現をめざしています。

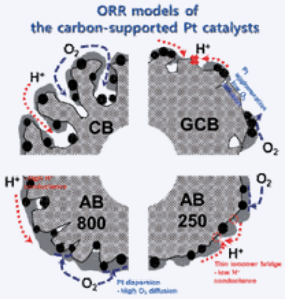


アルカリ形水電解評価装置

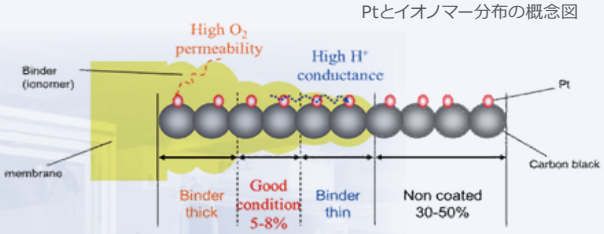
アルカリ形燃料電池/水電解評価装置

触媒層構造・触媒・イオノマー分布の研究

触媒材料や高分子電解質材料の性能を最大限発揮させる触媒層の構築を目指して、触媒の電解質材料の被覆状態・界面構造と酸素とプロトン拡散の理想形態を解明し、各種担体の細孔構造とPt触媒の担持状態やイオノマー被覆状態の性能・耐久性への影響を詳細に研究しています。

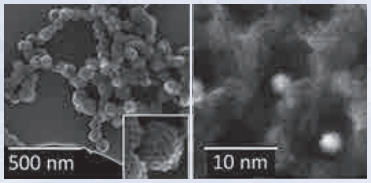


細孔構造の異なる各種カーボン担体での
Ptとイオノマー分布の概念図

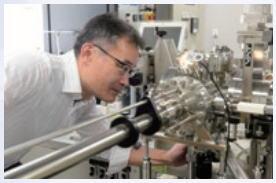


触媒層のPtのイオノマー被覆状態と、酸素とプロトン拡散の概念図

担体の細孔構造に着目した触媒開発の一例として、規則的メソ多孔カーボン微粒子が３Ｄ網目構造を形作るユニークな担体上に白金ナノ粒子を選択担持することで、飛躍的高効率化および高出力化の実現をめざしています。



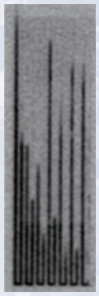
新規ナノ構造カーボン担持触媒



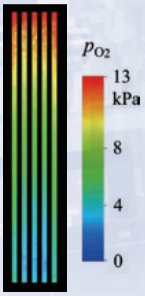
超高真空加熱室付きX線光電子分光装置

オペランド計測

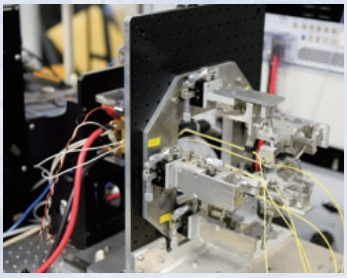
開発した触媒層を利用した燃料電池を発電しながら、内部の反応の様子を実時間、実空間で観察します。得られた情報を、新たな材料、触媒層の開発や運転モードの最適化に利用します。



液体水可視化



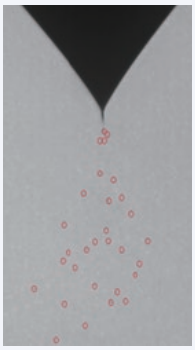
酸素分圧可視化

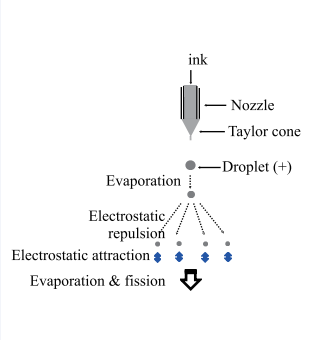


光学プローブを用いた
ガス拡散層内部の酸素分圧測定

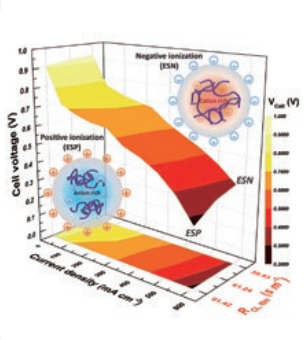
触媒層形成プロセスの研究（静電スプレー法）

材料の特徴を最大限発揮する触媒層構造を具現化する方法の一つとして静電スプレー(ES)法に取り組んでいます。イオン化モードを制御することによって高分子電解質バインダーの均一被覆と多孔質触媒層を、乾燥工程を必要としない工程で実現し、燃料電池セルの性能および耐久性の飛躍的な向上を実証しています。

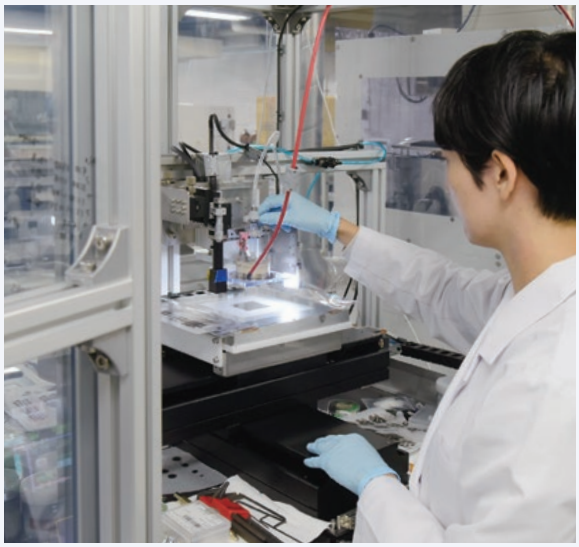




ES噴霧の様子と概念図



イオン化モードの制御と性能



マルチノズルES塗工装置(原型機)

CERAMIC

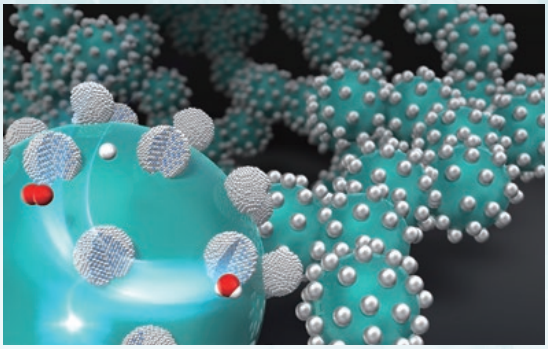
セラミック研究部門　部門長
柿沼 克良

セラミック研究部門

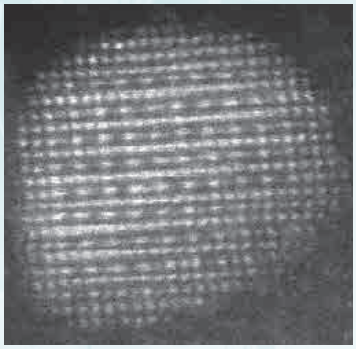
Ceramic Research Division

燃料電池用セラミック担体触媒

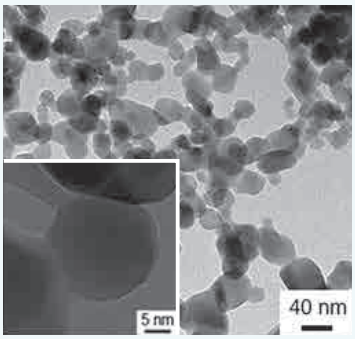
従来のカーボン担体の課題（耐久性）を解決するため、カーボンと類似した導電性・微細構造をもつオリジナリティの高いセラミックナノ粒子担体を合成しました。従来より厳しい条件（高温・高電位）でも安定に作動する高耐久で高活性なPt担持触媒を開発し、燃料電池の利用拡大に貢献します。



連珠構造を有するセラミック担体にPt・合金ナノ粒子を担持した触媒
（イメージ図）



Pt合金ナノ粒子触媒の
高解像電子顕微鏡像



連珠構造を有する
セラミックナノ粒子担体の電子顕微鏡像

触媒粒子の比表面積測定装置

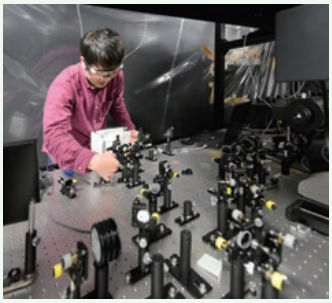
水素製造用セラミック触媒

水素社会の構築には安価で効率的な水素製造技術が必要です。最新技術を駆使してマルチスケール（原子スケールからミクロスケール）にて触媒設計を行い、PtやIrといった貴金属を用いないで高効率な水素製造を可能にするセラミック/金属複合触媒の開発をしています。

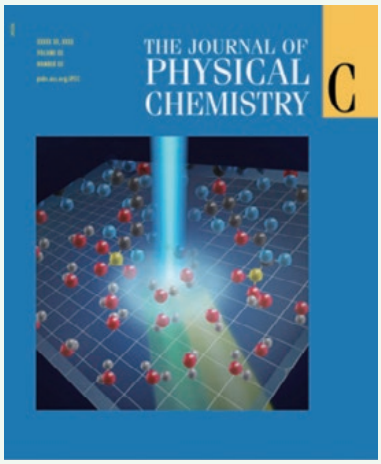
高分子膜およびバインダーの構造と機能解析

プロトン・アニオン導電性高分子膜およびバインダーの構造を、原子レベルからマイクロメートルレベルで理解するため、中性子線反射率や斜入射小角X線散乱、斜入射X線吸収分光などを用いて解析しています。さらに、機能発現メカニズムを解析するために、電流検出型原子間力顕微鏡、中性子準弾性散乱、非線形レーザー分光などを駆使して、イオンや水分子の動きを解析しています。さらなる性能向上を目指し、これらの情報を、新しいイオノマー材料の合成にフィードバックします。

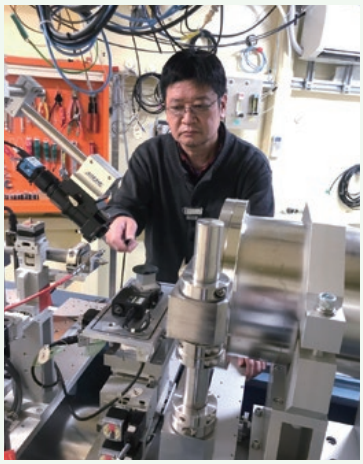
高工研 フォトンファクトリー



酸素分圧測定用レーザー光路セッティング



電解質内部のCARS測定



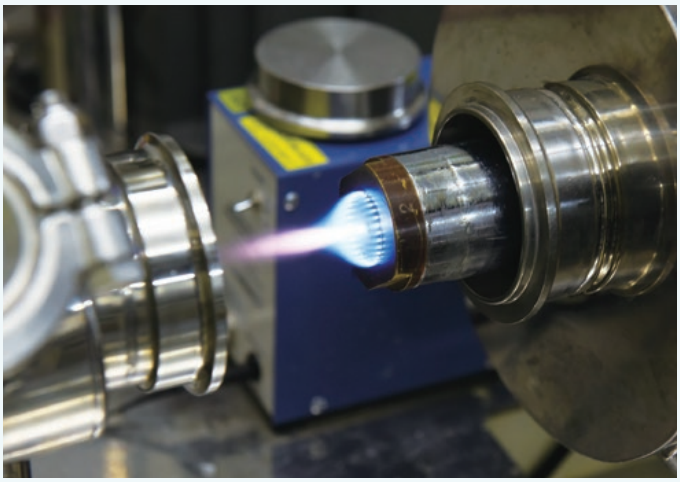
斜入射小角放射光X線散乱

セラミックナノ粒子の量産化

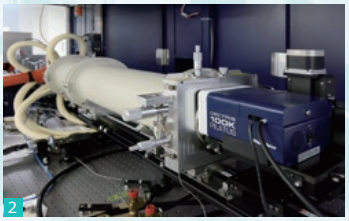
上記触媒及び触媒担体などの研究成果を社会に還元するため、企業と共同して量合成を検討しています。安価で量産性に適した生産工程・方法を検討し、成果物をベースにユーザーとの共同研究も積極的に実施しています。

耐久性の高いセラミックナノ粒子担体

高耐久性と高導電性を兼ね備える
セラミックナノ粒子担体



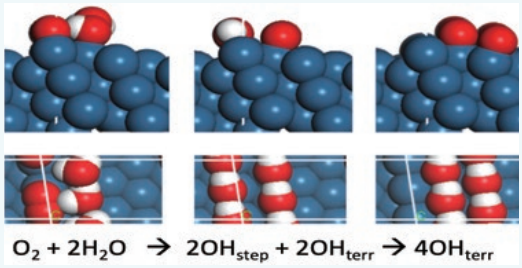
セラミックナノ粒子合成装置



1.電気化学-光電子分光測定装置
2.環境制御型X線小角散乱測定装置
3.回転ディスク電極装置

セラミックナノ粒子の機能解析

世界最高レベルの最新分析機器を駆使し、触媒開発で重要なセラミック・金属触媒の表面/界面構造を原子レベルで解析して、そのメカニズムを解明すると共にその知見の体系化をめざしています。本センター独自の分析技術の開発も積極的に行い、セラミック担体・担持触媒の新たな機能・現象の発見に寄与しています。



DFT計算に基づくPt上のでの酸素還元反応解析

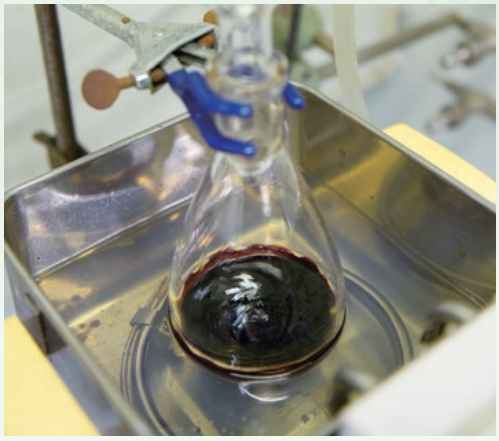
高分子研究部門　部門長
宮武 健治

高分子研究部門

Polymer Research Division

プロトン導電性高分子膜

燃料電池の高効率・高出力・高耐久を実現する高性能なプロトン導電性高分子膜の開発を行っています。薄膜化とガスバリア性の両立が可能で、高温や低湿度などの過酷な条件でも安定、安価に製造できる炭化水素系電解質膜を目指しています。これまでの炭化水素系電解質膜の弱点であった低湿度条件におけるプロトン導電率や化学耐久性を解決する独自の分子設計指針を展開し、機械強度の改善や触媒層との界面設計にも取り組んでいます。



プロトン導電性高分子の合成

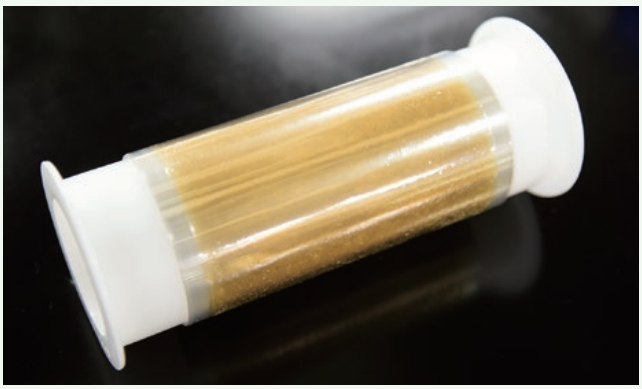
核磁気共鳴装置（NMR）

アニオン導電性高分子膜

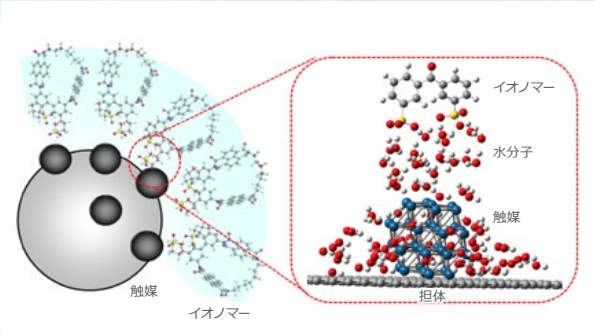
水酸化物イオン導電率が高く耐久性にも優れるアニオン導電性高分子膜の開発を行っています。プロトン導電性高分子膜で得られる構造設計指針を発展させて、イオン交換基や主鎖構造の最適化を進めています。開発したアニオン導電性高分子膜は、関連企業との共同研究を通してアルカリ形燃料電池や水電解デバイスへの実用化のための応用研究も進めています。

薄膜大判化と補強膜

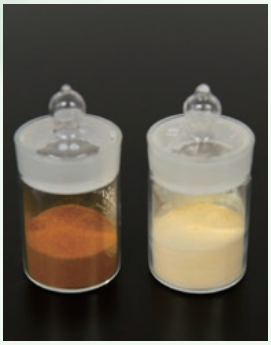
炭化水素系電解質膜の量合成プロセスの開発と製膜方法の最適化を行っています。重合反応、精製方法、単離方法などのスケールアップ検討に加えて、溶液キャストからバーコートやロール法など各製膜方法の課題を抽出し、新型炭化水素系電解質膜を大判化するために適した製膜方法を提案します。さらに、炭化水素系電解質膜の薄膜化と強靭化を可能とする補強膜の検討にも取り組んでいます。



ロール製膜した炭化水素系電解質膜



イオノマー被覆触媒

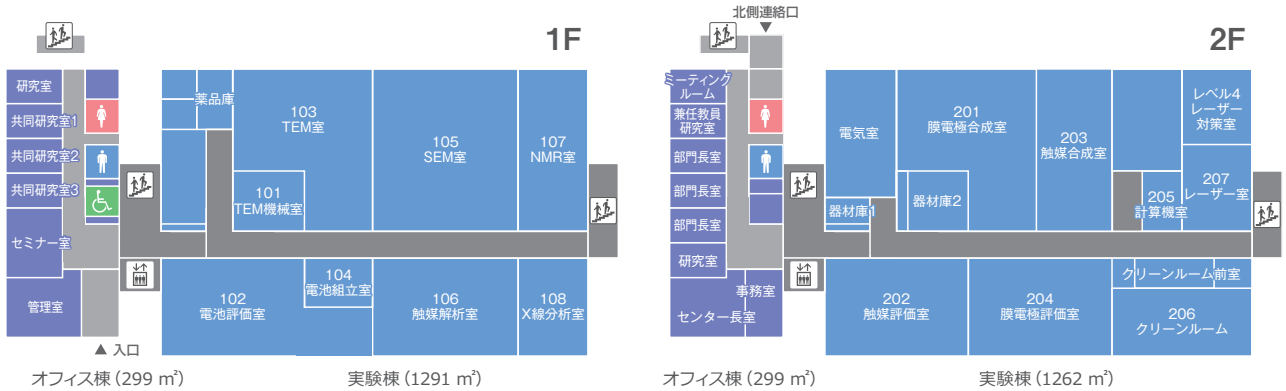


イオノマー粉末

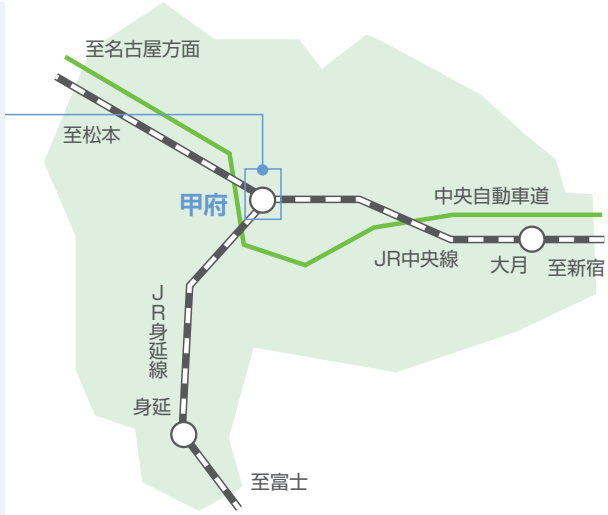
触媒層用イオノマー

電極触媒層バインダーに適した高性能なイオノマー材料の開発を行っています。プロトン導電性およびアニオン導電性高分子膜で得られたイオン導電性と耐久性に関する指針を活用し、さらにイオノマーとして求められる気体や水の透過性、触媒粒子との吸着特性の改善を目指しています。炭化水素系高分子の構造・合成方法の自由度を活かして、各種用途に適したイオノマー材料を提案します。

センター配置図　燃料電池ナノ材料研究センター



アクセスガイド　山梨大学甲府キャンパス



燃料電池ナノ材料研究センター

水素・燃料電池技術支援室

国立大学法人 山梨大学
燃料電池ナノ材料研究センター
〒400-0021　甲府市宮前町6-43　TEL 055-254-7092
6-43 Miyamae-cho,Kofu 400-0021
（甲府駅より徒歩20分、タクシー10分）
http://fc-nano.yamanashi.ac.jp/

山梨大学 UNIVERSITY OF YAMANASHI　地域の中核 世界の人材