国立大学法人 山梨大学

水素・燃料電池ナノ材料研究センター

Hydrogen and Fuel Cell Nanomaterials Center,University of Yamanashi

山梨大学
UNIVERSITY OF YAMANASHI

地域の中核
世界の人材

OUTLINE

概 要 Outline of the Center

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

水素利用拡大に向けた
水電解・燃料電池の研究開発の強化

2021年に策定された第6次エネルギー基本計画では、水素は、カーボンニュートラルに必要不可欠な二次エネルギーと位置づけられ、燃料電池は水素による脱炭素化のキーデバイスとされました。2025年には、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「NEDO燃料電池・水素技術開発ロードマップ」(「NEDO技術ロードマップ」)を改訂し、HDV(大型・商用モビリティ)などにおける2035年以降の技術目標が示されました。

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。

2008年～2014年には経済産業省、NEDOが委託するプロジェクトにおいて、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に取り組みました。

2015年～2019年には、NEDOが委託するプロジェクトにおいて、出力・コスト・耐久性の総合的性能を10倍程度向上させる目標を達成しました。

2020年～2024年には、NEDOが委託するプロジェクトにおいて、セラミックス担体触媒や、規則的メソポーラスカーボン担体触媒、および化学的耐性と機械的強度を両立した炭化水素系電解質膜やガス透過性に優れたアイオノマーの研究開発に取り組みました。同時に「プロトン交換膜型水電解装置用アノード触媒の貴金属量低減」、「アニオン膜型アルカリ水電解セルの要素研究」、「GDL一体型フラットセパレータ」、「静電スプレー法」のNEDO委託事業に取り組みました。

現在は、NEDO技術ロードマップ目標の実現に資する次の7つのNEDO委託事業に取り組んでおります。①自動実験を用いた燃料電池用次世代触媒・触媒層、②セラミックス系カソード触媒(層)、③広温湿度域にて作動可能な高プロトン伝導性電解質膜・アイオノマー、④静電スプレー法に関する要素技術、⑤ポーラスリブGDL／MPLに関する要素技術、⑥プロトン交換膜型水電解装置用革新的低貴金属担持アノード触媒・MEA、⑦アニオン交換膜型水電解装置用触媒・電解質・MEA。

本センターは、これらの研究開発成果を広く産業界の皆様にご活用いただき水素や燃料電池の利用を飛躍的に拡大できるよう、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いたします。併せて産学官の共同研究、学部から大学院までの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きます。

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。

RESEARCH

研究企画部門 部門長
浦田 隆行

研究企画部門

Research Planning Division

センター運営企画の立案

NEDOプロジェクトを中心とした外部資金の効率的活用方法を立案するとともに、円滑な組織運営に不可欠な各種企画を立案・推進し、センターの安定的な運営基盤を構築しています。

NEDO事業等の推進

当センターが主導するNEDO事業等のプロジェクトが目標を達成できるよう、国内外の関連機関と緊密に連携し、確実な目標の達成に向けて推進しています。

情報発信

当センターの活動や成果への理解を広げる為に、総合科学技術会議の「国民との科学・技術対話」に準じて、水素・燃料電池に関する最新情報や当センターの取り組みを広く社会に伝えています。

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固体高分子形燃料電池（PEFC）、アニオン交換膜／プロトン交換膜水電解（AEM／PEMWE）向け各種評価を実施。各種開発触媒＆電解質材料等の特徴を最大限発揮する触媒層／ガス拡散層構造、各種材料間の相互作用、界面状態の影響の把握と劣化メカニズム解明を推進しています。

＜活用するセル評価装置群＞

標準環境対応機（室温～100℃）

温湿度ガス置換対応機（室温～100℃）

高温高圧・温湿度ガス置換対応機（室温～140℃）

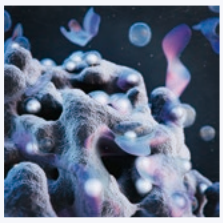
水電解セル評価（AEMWE/PEMWE）

水電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、低Ir触媒、アニオン膜・触媒層の飛躍的な高効率／高出力化の実現と劣化メカニズム解明をめざしています。

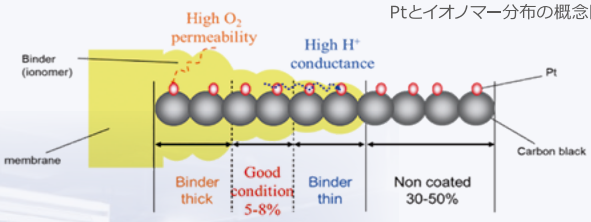
アニオン交換膜水電解評価装置

触媒層構造・触媒・イオノマー分布の研究

触媒層（電化学的反応場）の理想三相界面構造の確立に向け、担体構造、触媒粒子や高分子電解質（イオノマー）の分布／被覆状態、生成水の分布、イオノマー被毒等の実作動条件下の性能発現や劣化メカニズムへの影響を研究しています。

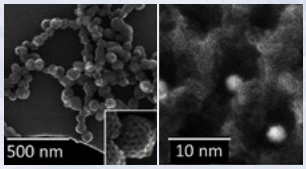


細孔構造の異なる各種カーボン担体でのPtとイオノマー分布の概念図

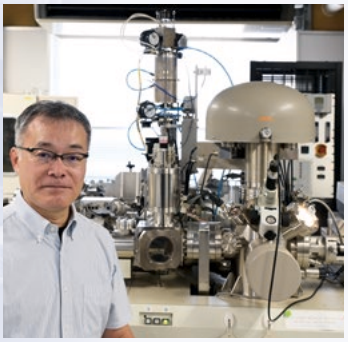


触媒層のPtのイオノマー被覆状態と、酸素とプロトン拡散の概念図

数nmサイズの細孔が規則的に並んだカーボンナノ粒子が３Dネットワークを形成し、そのナノ細孔にPtを担持した新しいカーボン触媒を開発しています。
これにより、Ptの利用効率を最大限に高めた次世代カソード触媒の実現を目指しています。



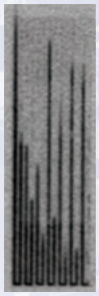
新規ナノ構造カーボン担持触媒



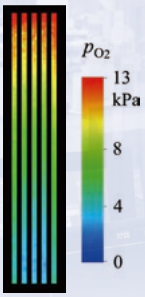
超高真空加熱室付きX線光電子分光装置

オペランド計測

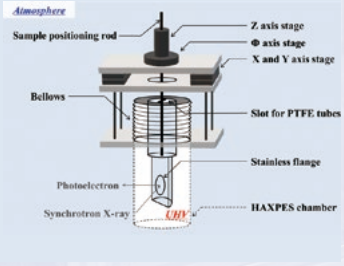
開発した膜・電極触媒を利用した燃料電池を発電しながら、内部の反応の様子を実時間・空間で観察します。得られた情報を、新たな膜や触媒層の開発や運転モードの最適化に利用します。



液体水可視化



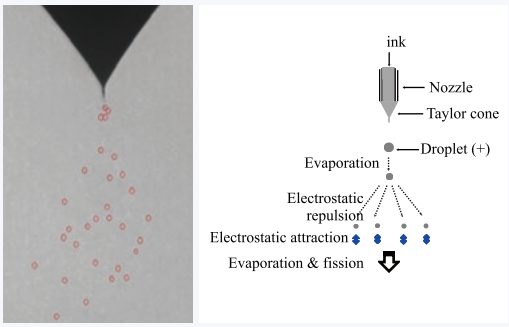
酸素分圧可視化



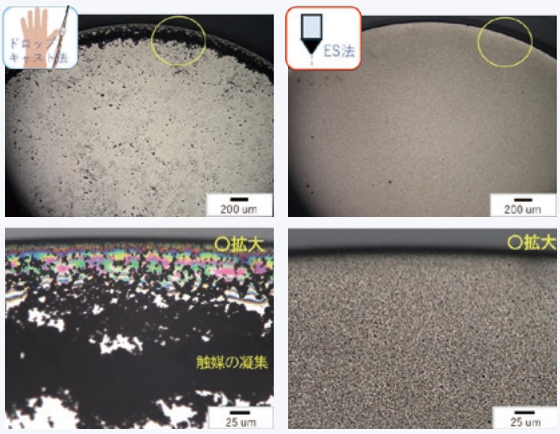
電極反応速度とXPSの同時測定

触媒層形成プロセスの研究

理想的なPtとアイオノマーの被覆状態と酸素輸送のための触媒層の細孔構造形成技術として、帯電液滴のレイリー分裂を利用した静電スプレーを用いたドライプロセスの構築を推進しています。サブμm以下の液滴吐出を実現するジェットコーンモードでの吐出を利用し、アイオノマーが触媒表面に瞬時に乾燥固着する作用により容易に三相界面形成を実現すると共に、乾燥触媒粒子の塗工により多孔質な高次構造を形成させ、反応面積増大と酸素、プロトン等の拡散抵抗の低減を実現します。また、これを量産プロセスへの適応を目指しマルチノズル化開発を進めています。



ES噴霧の様子と概念図



ドロップキャストで作成した電極表面と比較するとコーヒーリングが発生しておらず、触媒を均一に分散塗布できます

RDE用ES塗工装置

CERAMIC

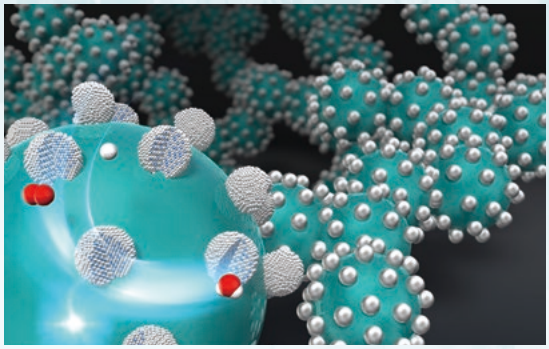
セラミック研究部門　部門長
柿沼 克良

セラミック研究部門

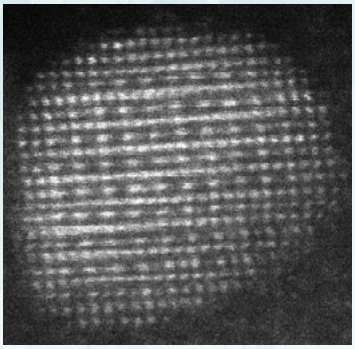
Ceramic Research Division

燃料電池用セラミック担体触媒

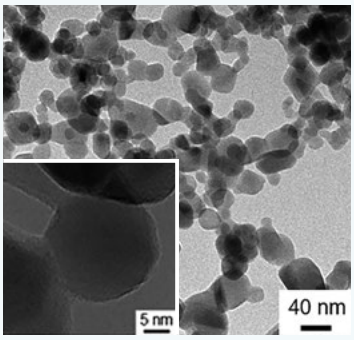
従来のカーボン担体の課題（耐久性）を解決するため、カーボンと類似した導電性・微細構造をもつオリジナリティの高いセラミックナノ粒子担体を合成しました。従来より厳しい条件（高温・高電位）でも安定に作動する高耐久で高活性なPt担持触媒を開発し、燃料電池の利用拡大に貢献します。



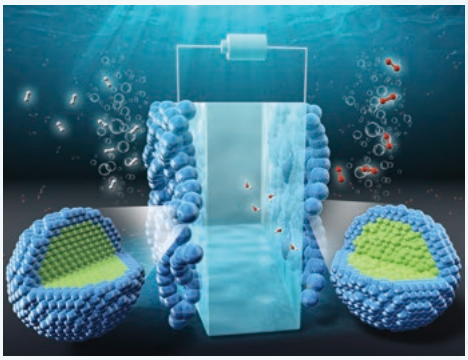
連珠構造を有するセラミック担体にPt・合金ナノ粒子を担持した触媒（イメージ図）



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



効率的な水素発生反応および酸素発生反応の模式図

水素製造用セラミック触媒

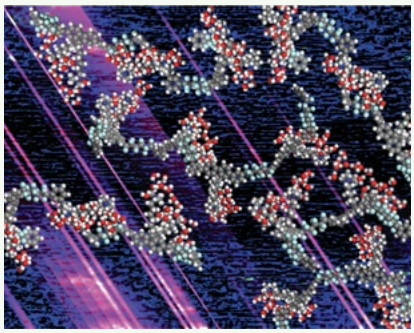
水素社会の構築には安価で効率的な水素製造技術が必要です。最新技術を駆使してマルチスケール（原子スケールからミクロスケール）にて触媒設計を行い、PtやIrといった貴金属を用いないで高効率な水素製造を可能にするセラミック/金属複合触媒の開発をしています。

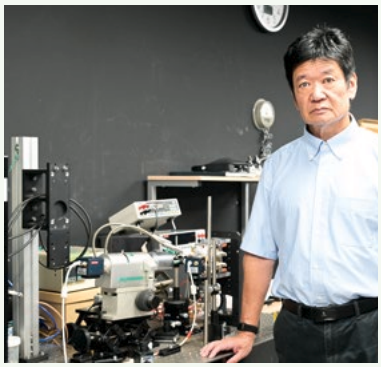
高分子膜およびバインダーの構造と機能解析

プロトンおよび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。散乱、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。

高分子膜内オペランド水分子計測

ガス拡散層内オペランド酸素計測

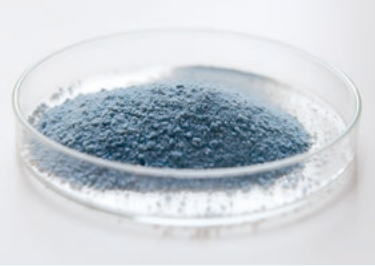

アニオン導電性高分子膜内の水分子

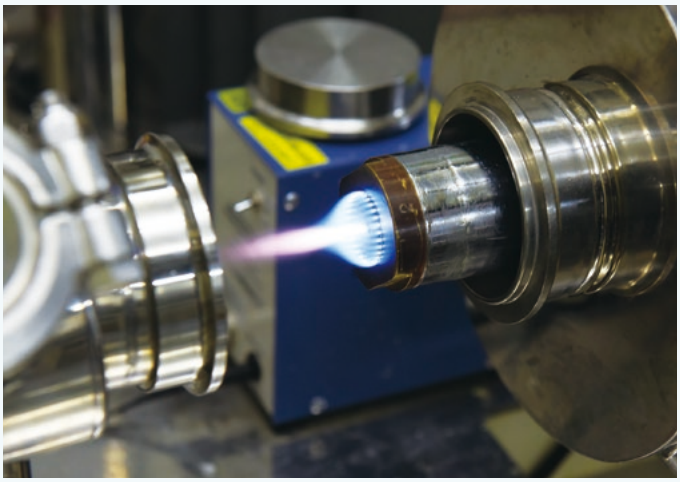

燃料電池内オペランド温度計測

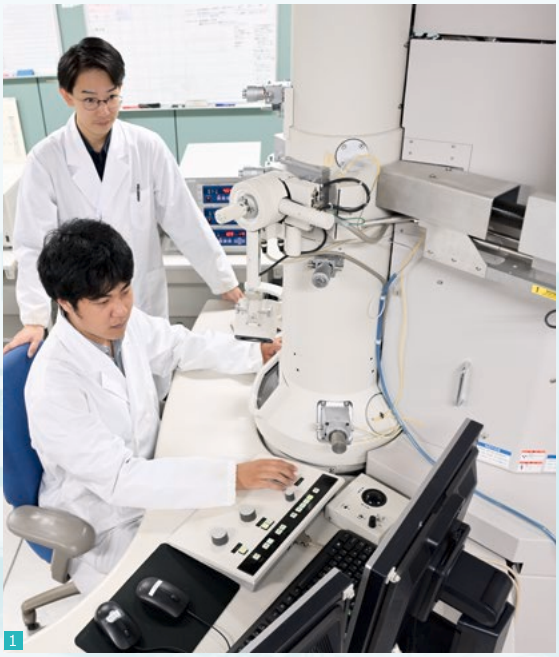
セラミックナノ粒子の量産化

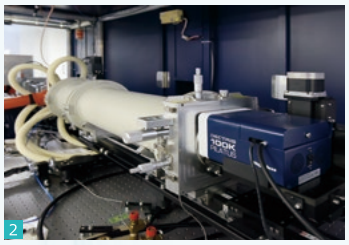
上記触媒及び触媒担体などの研究成果を社会に還元するため、企業と共同して量合成を検討しています。安価で量産性に適した生産工程・方法を検討し、成果物をベースにユーザーとの共同研究も積極的に実施しています。

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

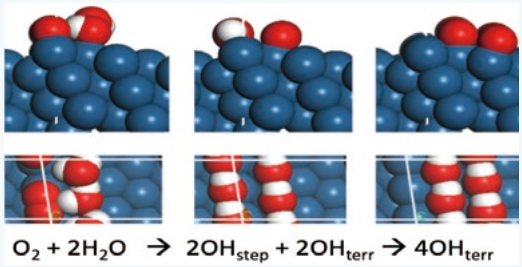




1.最新型透過電子顕微鏡
2.環境制御型X線小角
散乱測定装置
3.回転ディスク電極装置

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

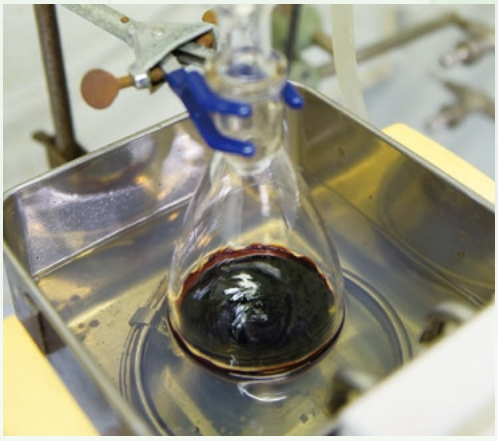
高分子研究部門　部門長
宮武 健治

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、PFAS規制にも対応したフッ素フリー電解質膜を目指しています。フッ素フリー電解質膜の弱点であるプロトン導電率と耐久性の背反関係を打破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

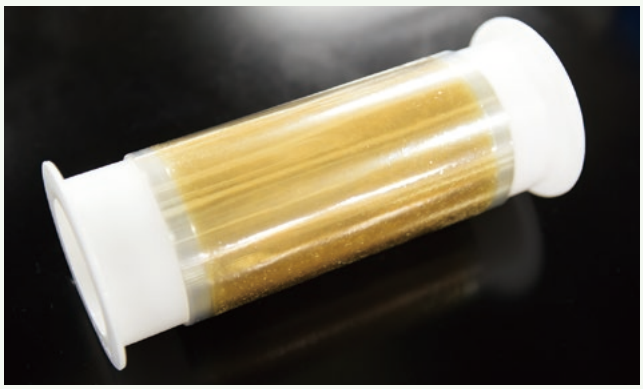
核磁気共鳴装置（NMR）

アニオン導電性高分子膜

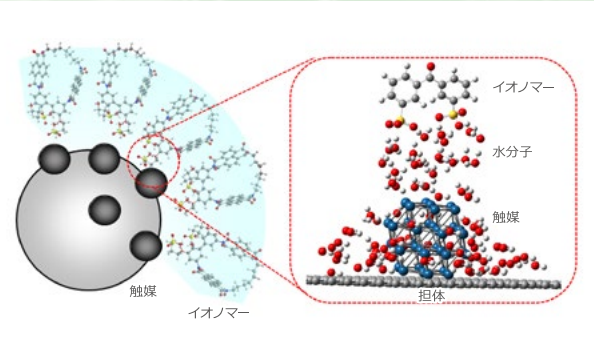
水酸化物イオン導電率が高く耐久性にも優れるアニオン導電性高分子膜の開発を行っています。プロトン導電性高分子膜で得られる構造設計指針を発展させて、イオン交換基や主鎖構造の最適化を進めています。開発したアニオン導電性高分子膜は、関連企業との共同研究を通してアニオン膜型水電解セルや他の電解デバイスなどへの実用化を目指した応用研究も進めています。

薄膜大判化と補強膜

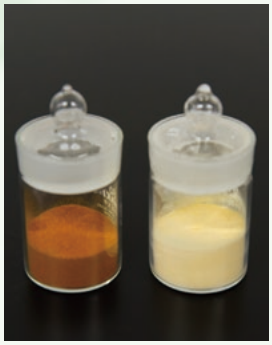
プロトン導電性高分子膜およびアニオン導電性高分子膜の量合成プロセスの開発と製膜方法の最適化を行っています。重合反応、精製方法、単離方法などのスケールアップ検討に加えて、溶液キャストからバーコートやロール法など各製膜方法の課題を抽出し、新型電解質膜を大判化するために適した製膜方法を提案します。さらに、新型電解質膜の薄膜化と強靭化を可能とする補強膜の検討にも取り組んでいます。



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。非フッ素系高分子の構造・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。

HISTORY

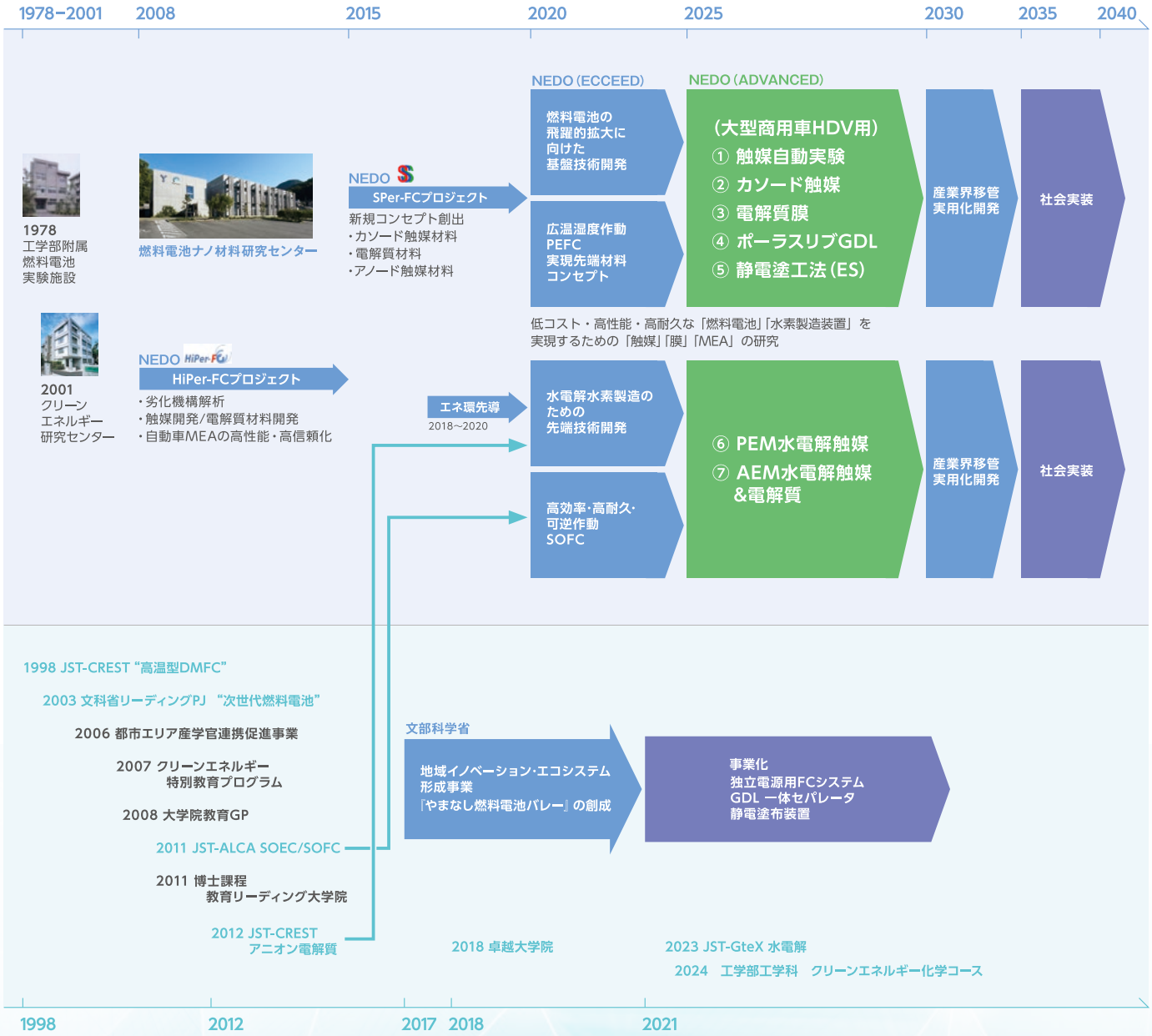
沿革 History of the Center

■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
■2022.6～　水素・燃料電池ナノ材料研究センター改名

PROJECTS

研究・教育プロジェクトの流れ History of the Research and Education Projects

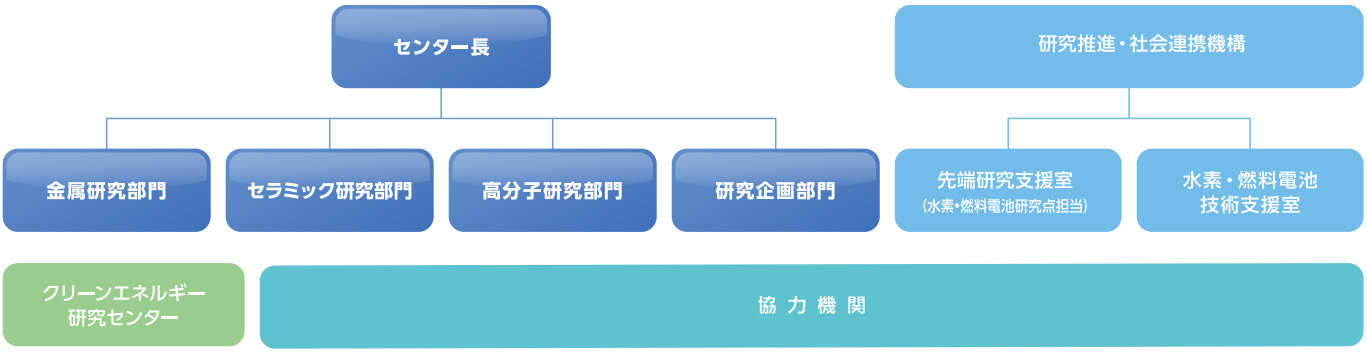
山梨大学が代表となって、他の大学や研究機関とともに、素材・材料メーカー、加工・製造メーカー、セット・システムメーカーと一体となって、研究と実用化を進めています。（最新はHP参照）



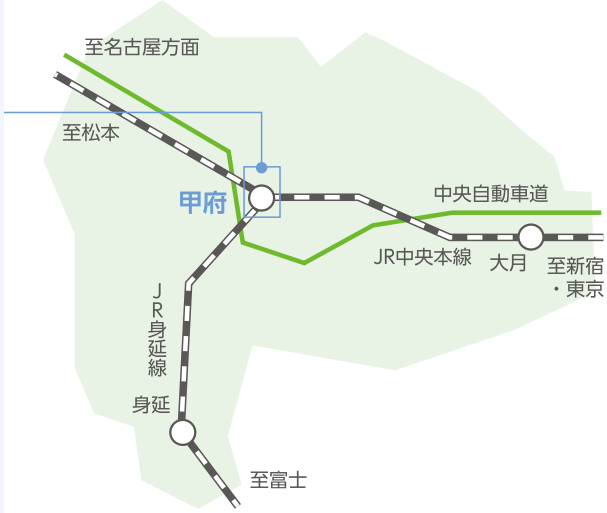
ORGANIZATION

組織体制 Organization 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先端研究支援室（水素・燃料電池研究拠点担当）、水素・燃料電池技術支援室のサポートを受けています。本学クリーンエネルギー研究センターとは強い連携のもとで運営しています。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。



アクセスガイド



水素・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
水素・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)
https://fc-nano.yamanashi.ac.jp/

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