

燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業/
共通課題解決型基盤技術開発/
評価解析プラットフォーム



マネジメント
技術研究組合FC-Cubic
みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社

シミュレーション
京都大学
九州大学
東京大学
東北大学
東京科学大学
(再委託)
東京農工大学
産総研

マテリアルズ
インフォマティクス
物質・材料研究機構

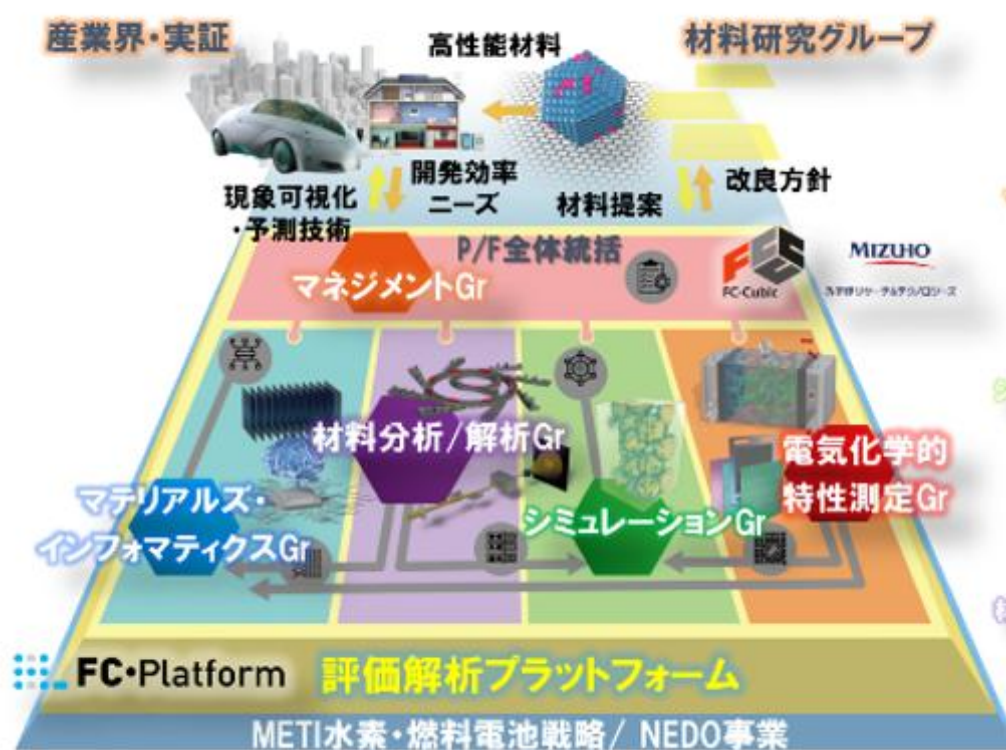
電気化学
技術研究組合FC-Cubic
山梨県

材料解析
技術研究組合FC-Cubic
高輝度光科学研究センター
京都大学
名古屋大学
高エネルギー加速器研究機構
ファインセラミックスセンター
電気通信大学
(再委託)
大阪工業大学
立命館大学
北海道大学
日本原子力研究開発機構
総合科学研究機構

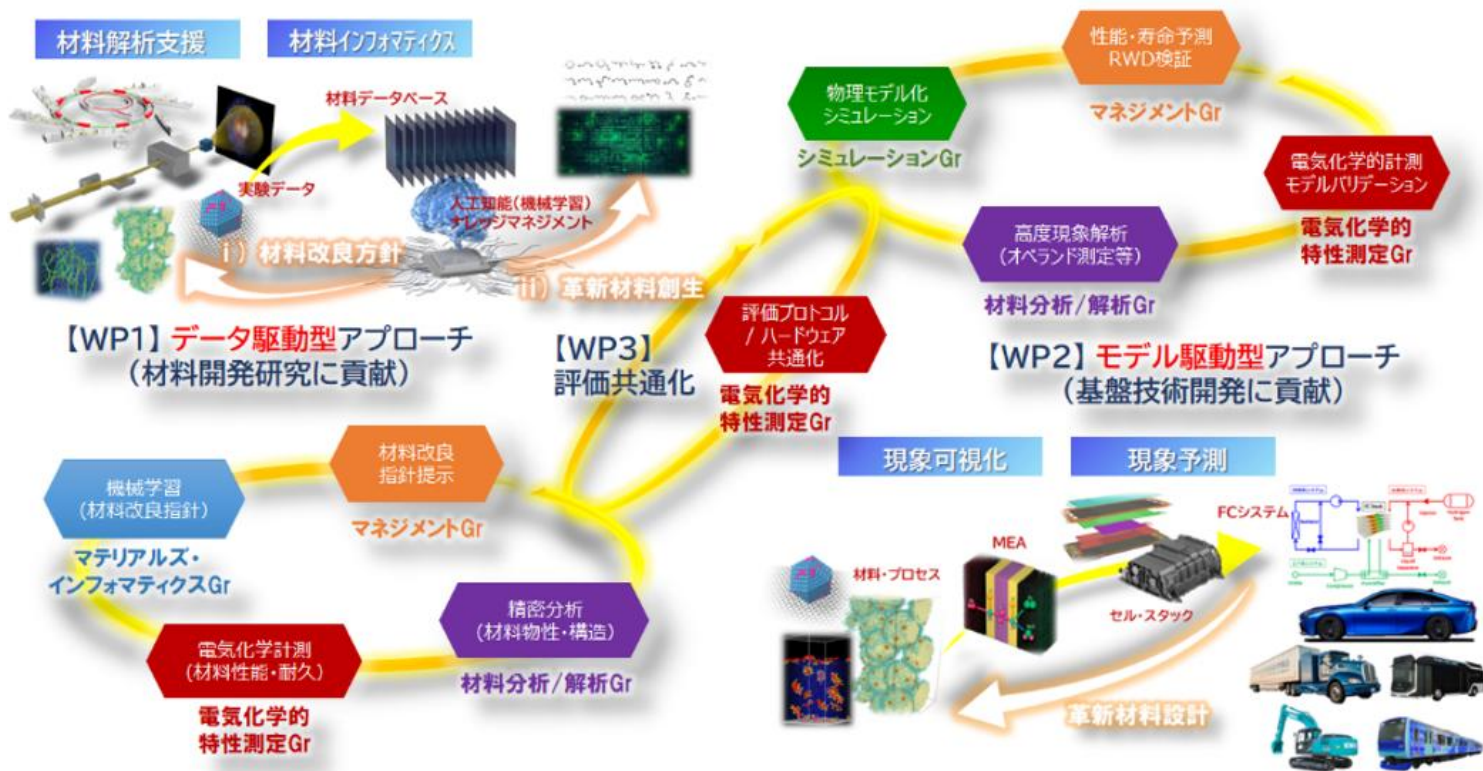
連絡先: 技術研究組合FC-Cubic 竹内
n-takeuchi@fc-cubic.or.jp

2025年7月16日

プラットフォームの位置づけ

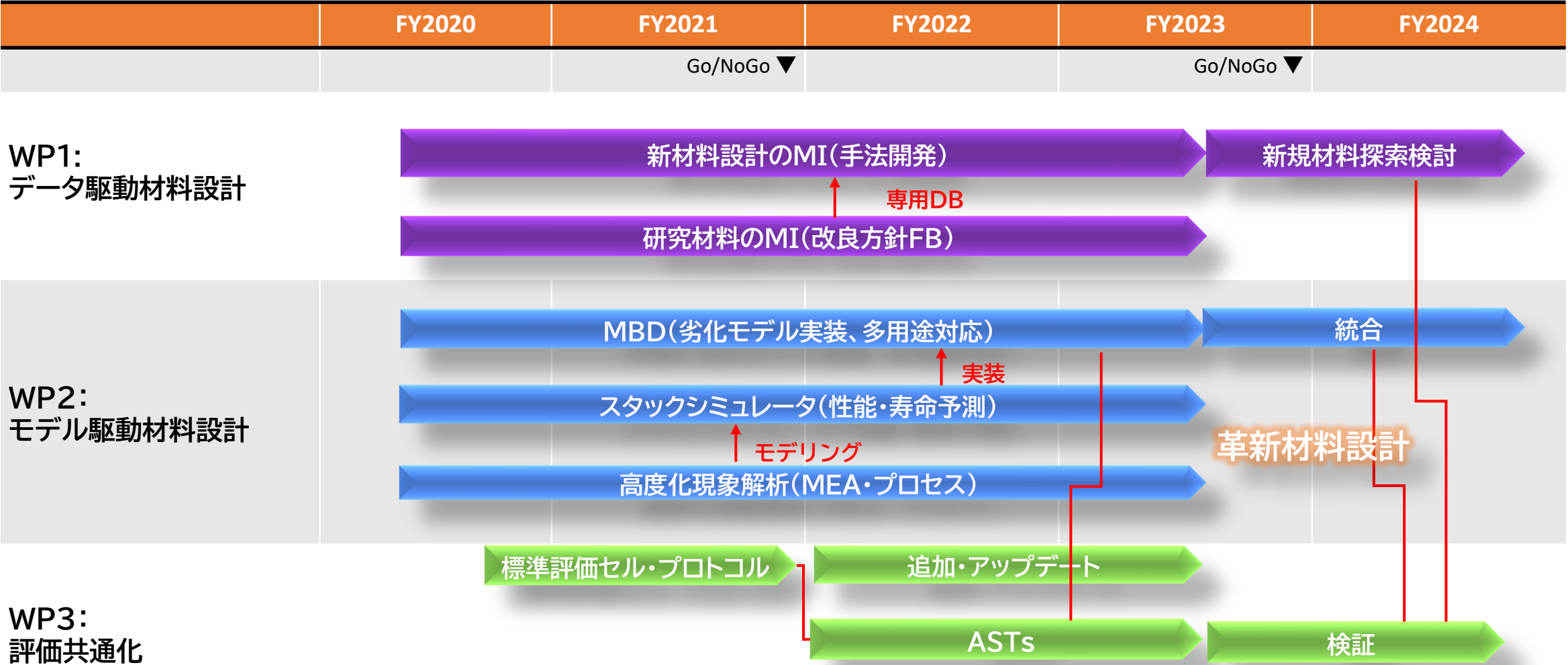


プラットフォームの取り組み



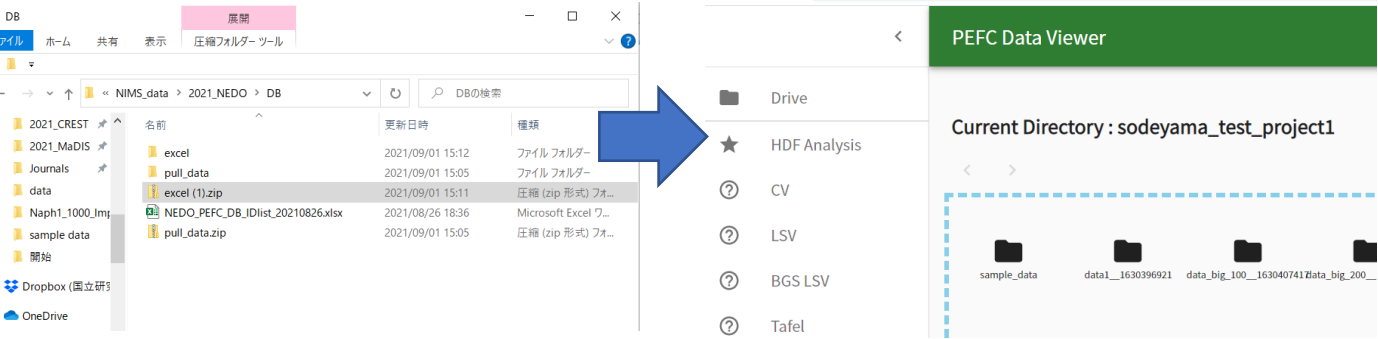
3つのWPの取り組みを通じ、NEDO材料を評価し改良方針を材料研究Gへフィードバック
 新たな共通基盤となる計測解析・予測技術を開発し産業界・アカデミアへ普及活用
 材料研究者の水素・燃料電池分野への新規参画促進

◆全体計画



MIX Platformによるデータ蓄積と活用

■ウェブブラウザによるデータ蓄積 エクスプローラー



■利用者・データ件数の拡大

ユーザー数：131人
データ数：29,000件
電気化学グループや解析グループの
データがメイン

■FC-Cubic電気化学Grとの磨き上げ

★ 電気化学測定

プロット・解析

C サイクリックボルタモグラム

L リニアスイープボルタモグラム

解析

COC COC解析

ECSA解析

IV解析

材料研究事業で
統一したデータ解
析・蓄積が可能に

過電圧計算結果の
ファイルを出力

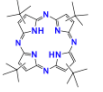
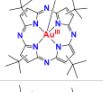
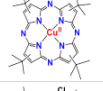
NEDOプロトコルに
従った解析を簡単
な操作のみで実行

COMPUTE AREA

EXPORT ANALYSIS RESULT CSV

	C	R	G	n	i
nce resistance IR-Free	0.955964				
42 #####	0.955964				
71 0.000887	0.889887	0.890182	0.339818	0.000295	
58 0.001426	0.876361	0.876745	0.353255	0.000384	
29 0.001443	0.877066	0.876385	0.353615	-0.00068	
81 0.002181	0.865181	0.864674	0.365326	-0.00051	
59 0.002915	0.855915	0.856424	0.373576	0.000509	
52 0.003646	0.84963	0.850057	0.379943	0.000428	
45 0.00728	0.82628	0.830387	0.399613	0.004107	
36 0.014518	0.800518	0.810827	0.419173	0.01031	
49 0.021749	0.782749	0.799401	0.430599	0.016653	
82 0.028965	0.767965	0.791296	0.438704	0.023331	
36 0.036175	0.755372	0.785013	0.444987	0.029641	
62 0.04338	0.742429	0.779881	0.450119	0.037452	
78 0.05059	0.732983	0.775543	0.454457	0.04256	
86 0.057846	0.72283	0.771782	0.458218	0.048952	
49 0.065008	0.719975	0.768473	0.461527	0.048498	
78 0.072297	0.711297	0.765509	0.464491	0.054212	

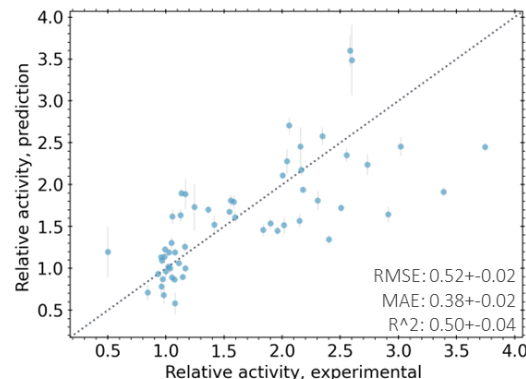
MI解析事例 表面修飾分子MI解析 (AIST五百蔵G)

	Chemical structures	SMILES	solvent	concentration	0.9V活性 [mA]
Acetone blank					0.80966878
Water blank					0.88067102
tBuTAP		<chem>CC(C)(C)C1=CC2=N/C1=N/C(N3)=CC(C(C)(C)C)=C3/N=C4C=C(C(C)(C)C)(C)C(N=C5C=C(C(C)(C)C)/C(N5)=N2)=N4</chem>	Acetone	0.7mM	1.71313322
AuTAP		<chem>CC(C)(C)C1=CC2=[N]3C1=NC4=CC(C(C)(C)C)=C(N=C5C=C(C(N=C6C=C7C(C)(C)C)=N58)C(C)(C)C)N4[Au]38N6C7=N2)C</chem>	Acetone	0.7mM	1.50740477
CotBuTAP		<chem>CC(C)(C)C1=CC2=[N]3C1=NC4=CC(C(C)(C)C)=C(N=C5C=C(C(N=C6C=C7C(C)(C)C)=N58)C(C)(C)C)N4[Co]38N6C7=N2)C</chem>	Acetone	0.7mM	1.90009487
CuTAP		<chem>CC(C)(C)C1=CC2=[N]3C1=NC4=CC(C(C)(C)C)=C(N=C5C=C(C(N=C6C=C7C(C)(C)C)=N58)C(C)(C)C)N4[Cu]38N6C7=N2)C</chem>	Acetone	0.7mM	1.40379396
RhTAP		<chem>CC(C)(C)C1=CC2=[N]3C1=NC4=CC(C(C)(C)C)=C(N=C5C=C(C(N=C6C=C7C(C)(C)C)=N58)C(C)(C)C)N4[Rh]38(CI)N6C7=N2)C</chem>	Acetone	0.7mM	1.36353578

・表面修飾分子により、
触媒活性が実験的に
向上

・どんな分子を使えば、
触媒活性がより向上
するか知りたい。

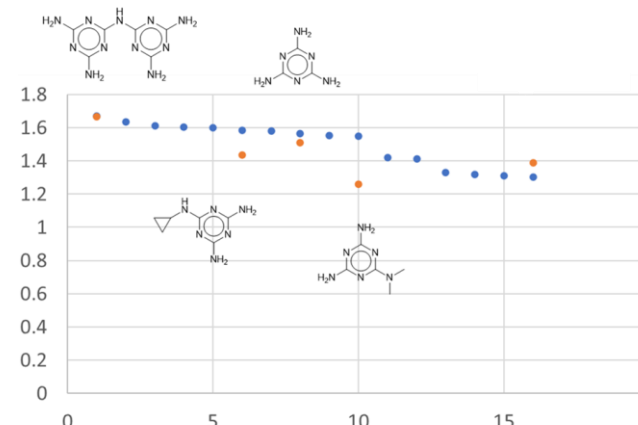
まず、分子構造を与えたら触
媒活性が予測できるようなモ
デルを構築(SMILES-X)



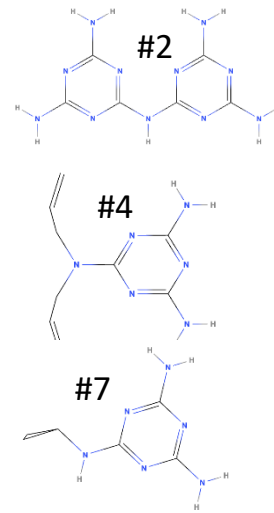
・次に、触媒活性が高くなると予測されるような新規分子をAIで
自動生成(提案)。(SMILES-X)

##	SMILES新規提案分子	MAの予測値 MA @ 0.9V (mean)
1	<chem>Nc1nc(N)nc(NCCS)n1</chem>	1.771434
2	<chem>Nc1nc(N)nc(Nc2nc(N)nc(N)n2)n1</chem>	1.671992
3	<chem>C=CCN(C=C)c1nc(N)nc(N)n1</chem>	1.635239
4	<chem>C=CCN(CC=C)c1nc(N)nc(N)n1</chem>	1.611353
5	<chem>CNc1nc(N)nc(NC2CC2)n1</chem>	1.60315
6	<chem>Cc1nc(N)nc(NN(C)CCS)n1</chem>	1.600283
7	<chem>Nc1nc(N)nc(NC2CC2)n1</chem>	1.582675
8	<chem>C=CN(CC)c1nc(N)nc(N)n1</chem>	1.57857
9	<chem>Nc1nc(N)nc(N)n1</chem>	1.564626
10	<chem>CN(C)Cc1nc(N)nc(N)n1</chem>	1.551461
11	<chem>CN(C)c1nc(N)nc(N)n1</chem>	1.549803
12	<chem>CCCCN(CC)c1nc(N)nc(N)[nH+]1</chem>	1.418749

・提案した分子の実験結果(SMILES-X)



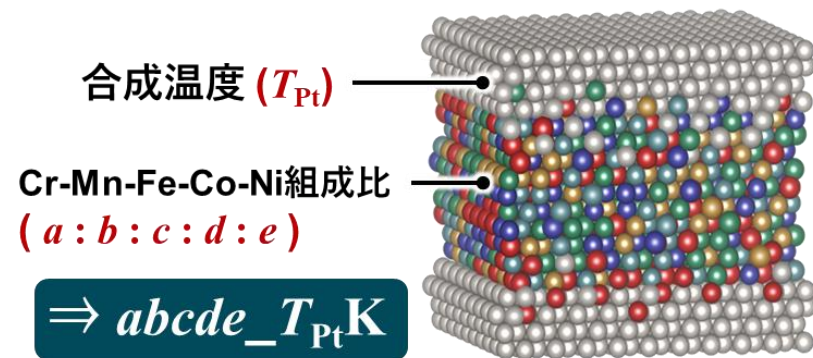
提案した分子の中でMAの
予測値が比較的高いもの
を選び、実験にてMAを測定
⇒高いMAを示すことを確認
できた



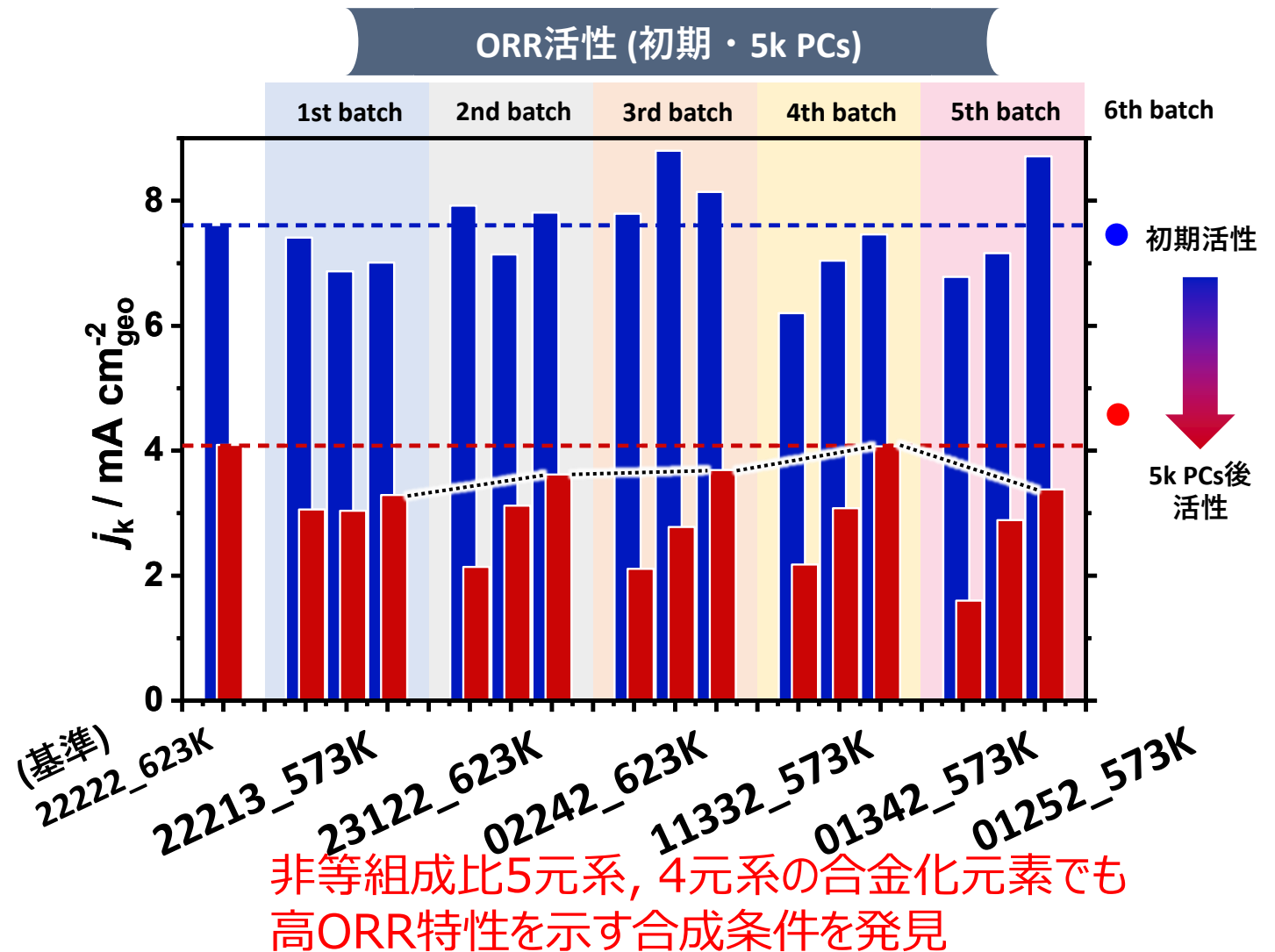
提案した分子の中から高い活性を示すことを実験でも検証し新規材料探索につながる

MI解析事例 Pt-HEA(111)モデル触媒の合成条件検討 (東北大学 和田山先生)

・ハイレントロピーアロイ触媒の組成と実験条件をアクティブラーニングにより最適化。

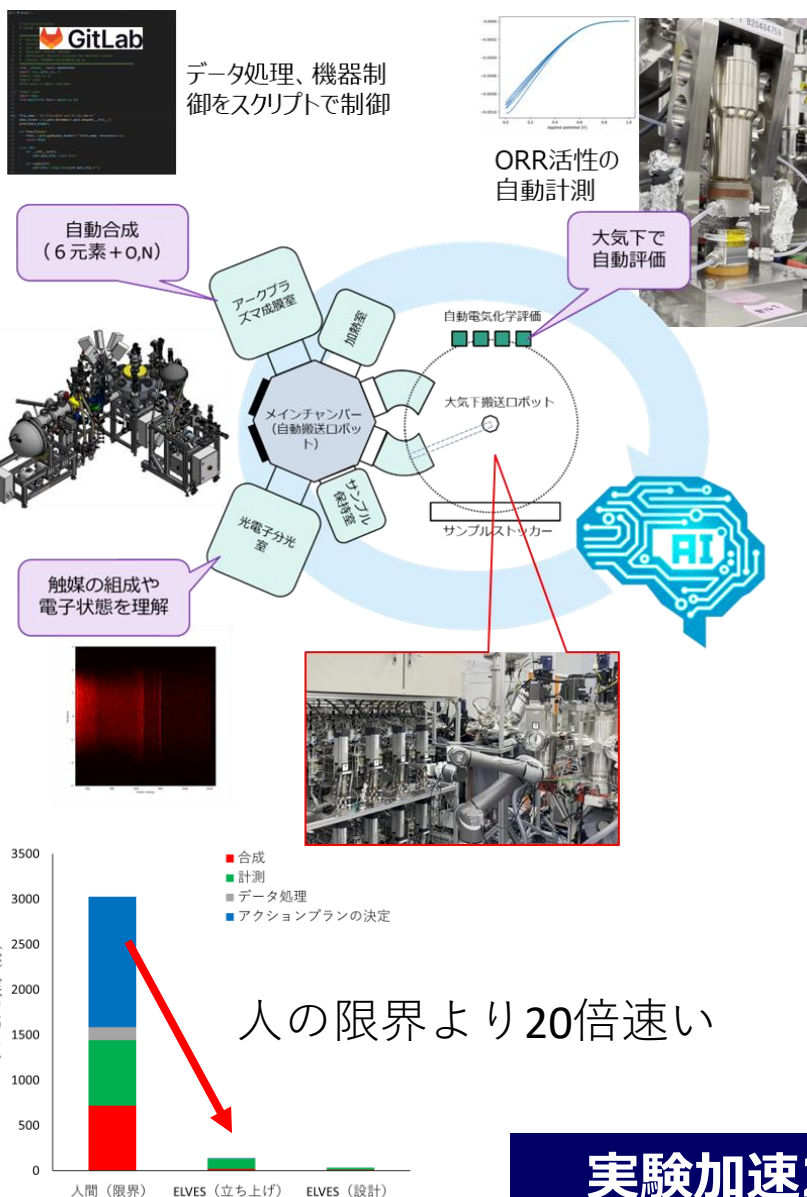


Y. Chida, et al., *ACS Applied Materials & Interfaces*, 17, 22557 (2025).

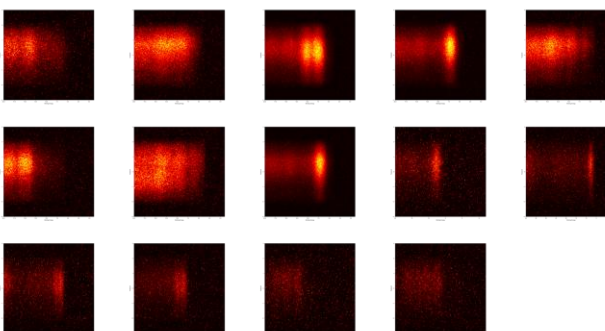
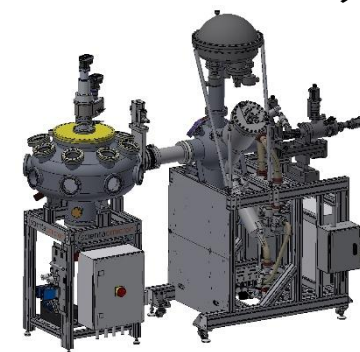
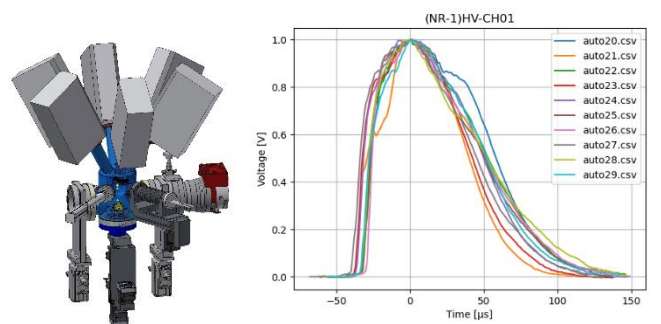


MI技術を活用し材料研究Gに提案し、短期間で有効な組成比・焼成温度探索ができた

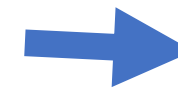
■ ELVESシステム構築



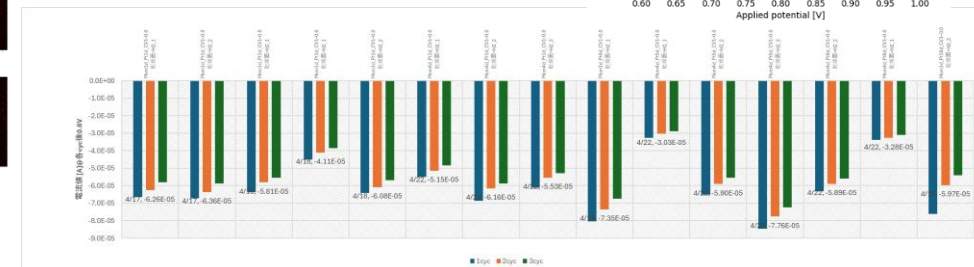
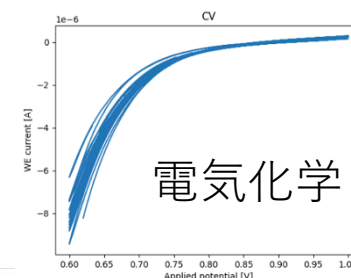
■ 均質なデータの大規模創出



データベース



電気化学測定装置

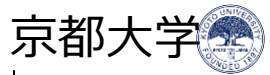


実験加速20倍達成 均質なデータで大規模創出

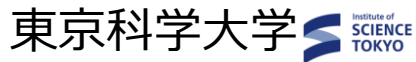
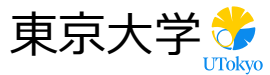
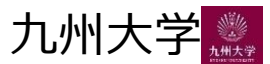
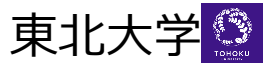
長寿命化・高性能化達成のための設計シミュレーターの開発

- 高効率、高耐久、低コストの燃料電池システムを実現するための**ユーザーニーズに基づく基盤技術**を開発
- 新規に開発された材料に対して、物性値や特性値から、セルの**初期性能ならびに耐久性を予測 & モデルベース開発** (MBD)
- シミュレーション技術を産業界および学术界へ普及させ活用してもらう

シミュレーショングループ実施体制



東京農工大学 **TAT** 東京農工大学
Tokyo University of Agriculture and Technology



産業技術総合研究所 **産総研**

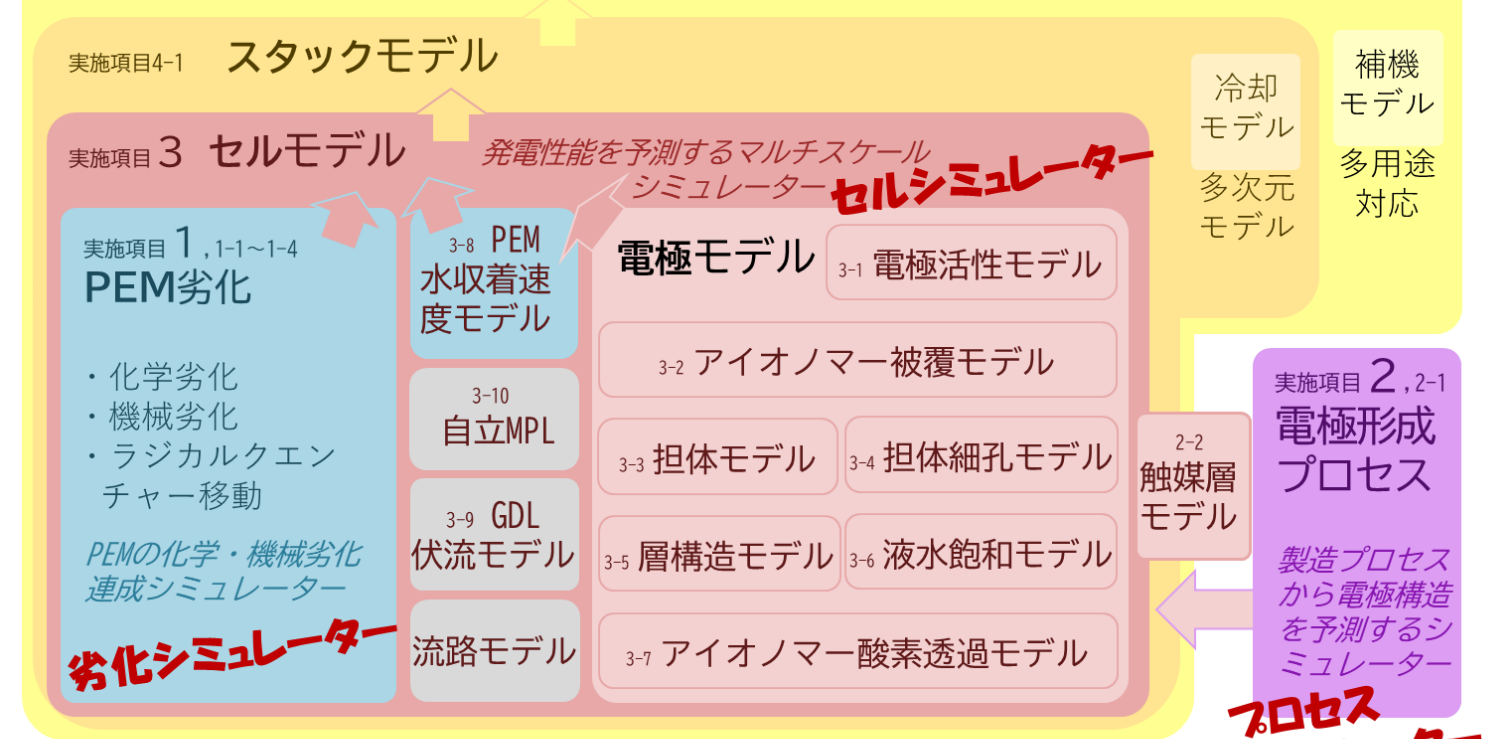


実施項目 4, 4-2, 4-3 FCシステムモデル, MBD



システムシミュレーター

モデルベースのPEFCシステムシミュレーター



分子シミュレーター 現象理解

物理モデルで広い条件に対応

実施項目1群. PEMの化学・機械劣化連成シミュレーター

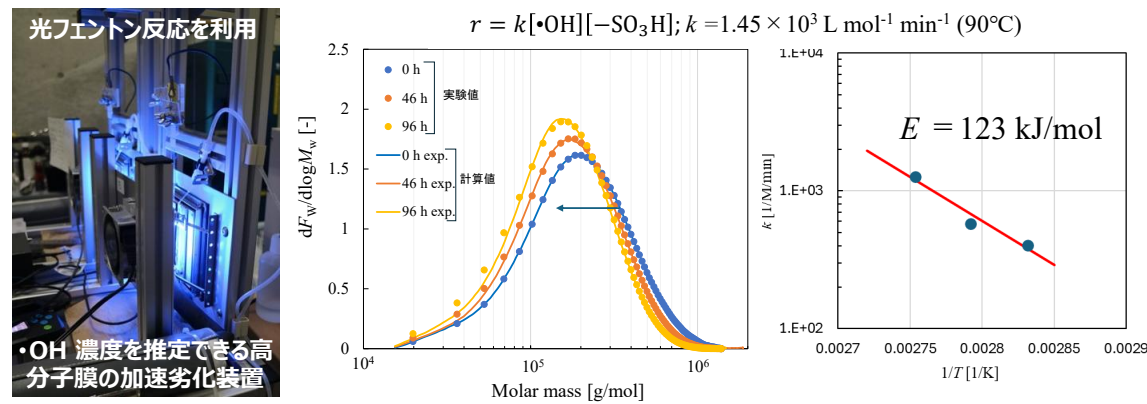
実施項目2群. 製造プロセスから触媒層構造を予測するシミュレーター

実施項目3群. 発電性能を予測するマルチスケールシミュレーター

実施項目4群. モデルベースのPEFCシステムシミュレーター

研究開発成果：実施項目1群. PEMの化学・機械劣化連成シミュレーター（内部連携）

1 – 1. PEM化学劣化シミュレーターの開発（京都大学）



分子量分布
を予測可能

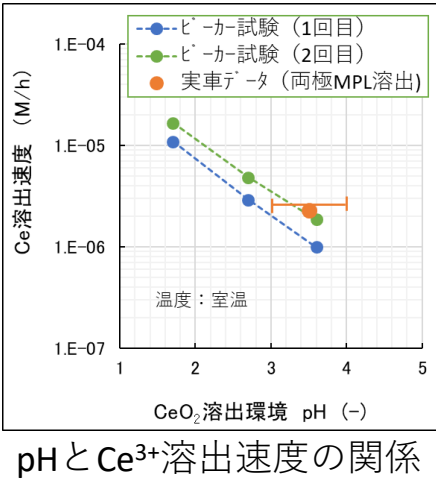
1 – 3. 酸化セリウムからのセリウムイオン溶出速度の計測と溶出制御法の開発（東京科学大学）

実車のMPLに添加したCeO₂溶出速度を予測する実験式を導出した。

アノード側：0.0012 μg/cm² × 停止時間 [h]
カソード側：0.0009 μg/cm² × 停止時間 [h]

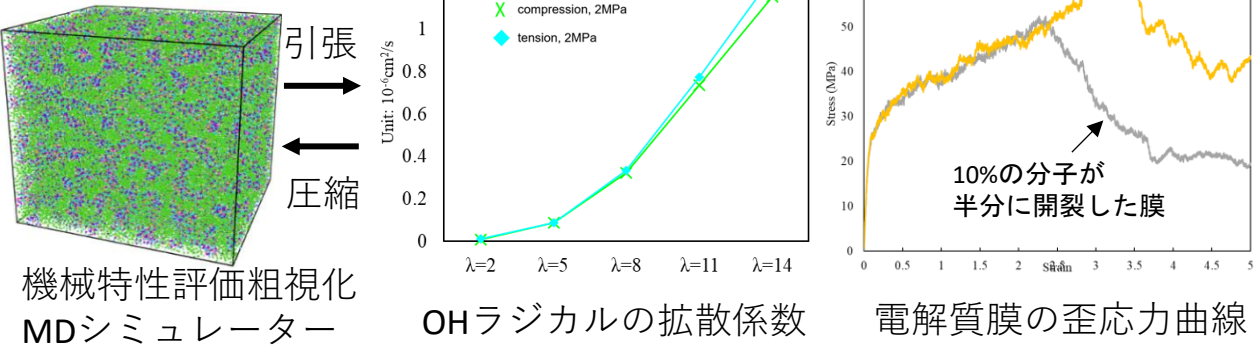
MPLへのCeO₂仕込み量とpH環境(pH=4で算出)で決定

CeO₂溶出の制御方法を提案した。



- 溶出加速：Ce₂O₃(III)の添加（4倍加速）
- 溶出抑制：FCV停止時の液水排出を促進する空気パージ

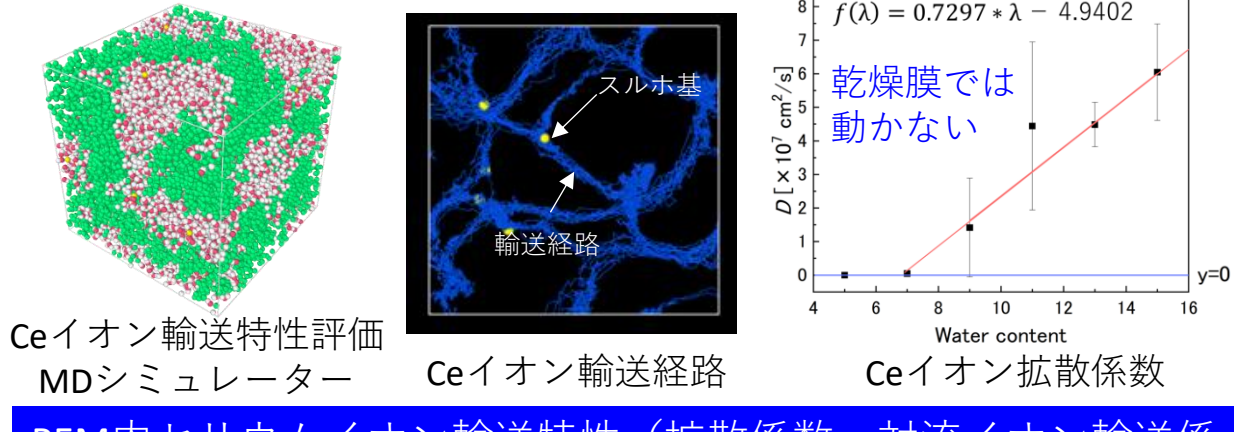
1 – 2. 応力下の補強膜高分子高次構造変化シミュレーターの開発（東北大学）



電解質膜の応力とOHラジカルの
輸送速度の関係を明らかにした。

分子量分布と電解質膜の機械的
特性の関係を明らかにした。

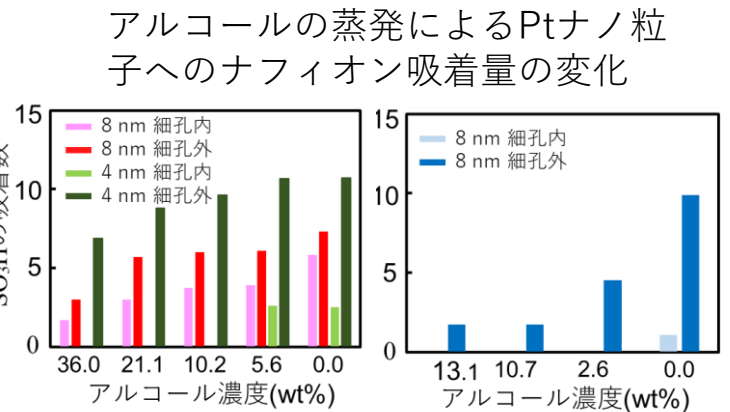
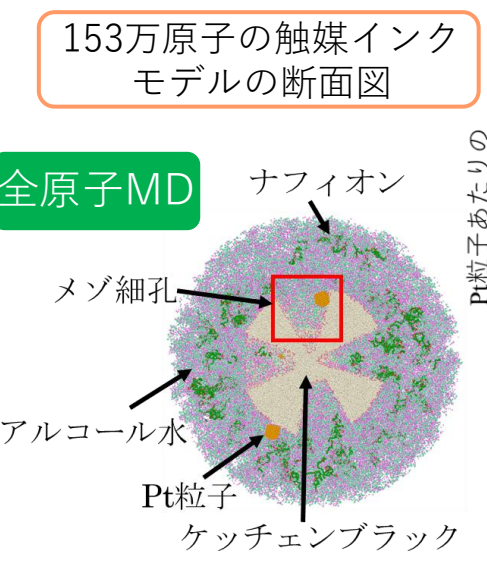
1 – 4. セリウムイオン輸送モデルの構築とPEM内セリウムイオン分布予測シミュレーターの開発（東北大学）



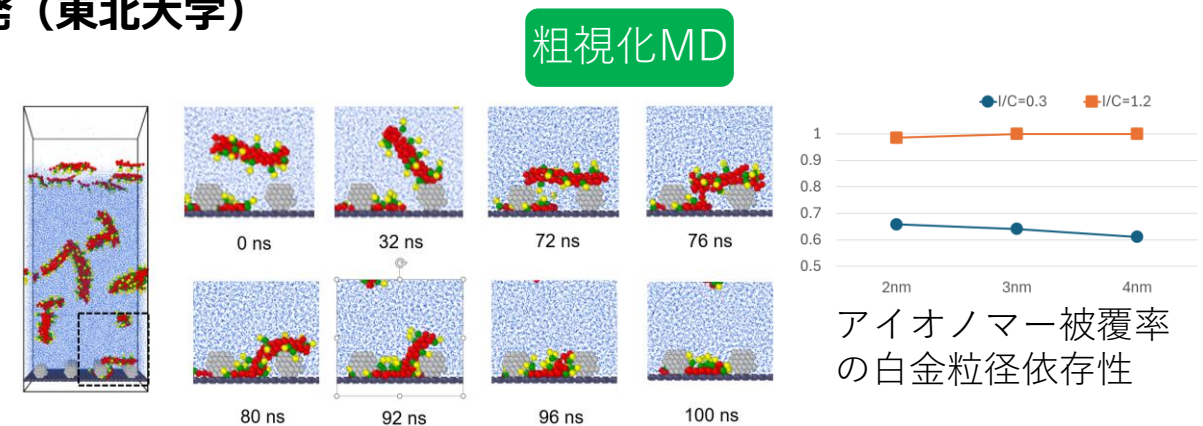
PEM内セリウムイオン輸送特性（拡散係数、対流イオン輸送係数）の温度、含水率依存性を定式化した。

研究開発成果：実施項目2群. 製造プロセスから触媒層構造を予測するシミュレーター (内部連携)

実施項目2. 製造プロセスから触媒層構造を予測するシミュレーターの開発 (東北大学)



炭素担体細孔内のナフィオン吸着量のアルコール濃度と細孔径依存性を全原子MDで計算した。

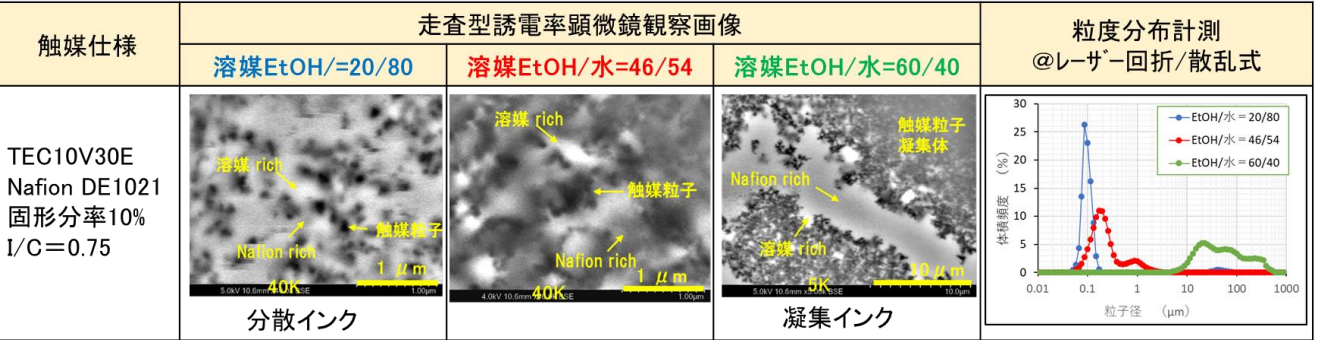


蒸発に伴う触媒インク中のイオノマー状態を評価できるシミュレーターを構築した。

2-1. 触媒インクからの触媒層構造形成過程の計測 (東京科学大学)

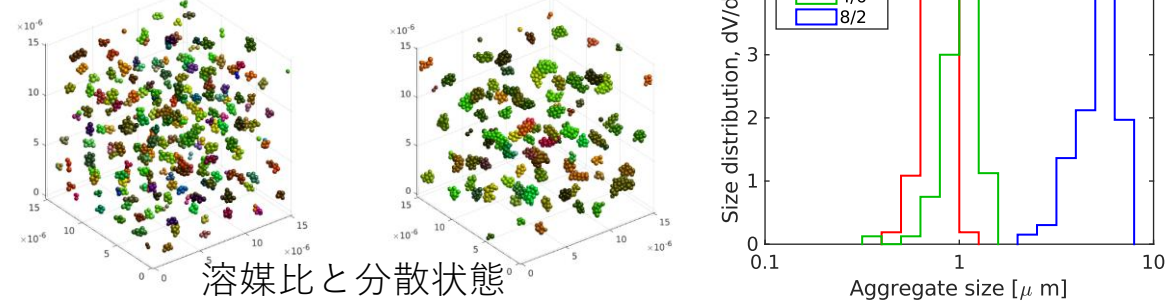
インク中のサブミクロンサイズの触媒粒子・イオノマー凝集体を可視化できる技術を確認した。

- 溶媒組成, I/C, 攪拌工程とインク物性の関係
- 乾燥工程 (自然乾燥/強制乾燥) と触媒層構造物性の関係



2-2. 触媒インク構造計測値からの触媒層モデル構築 (九州大学)

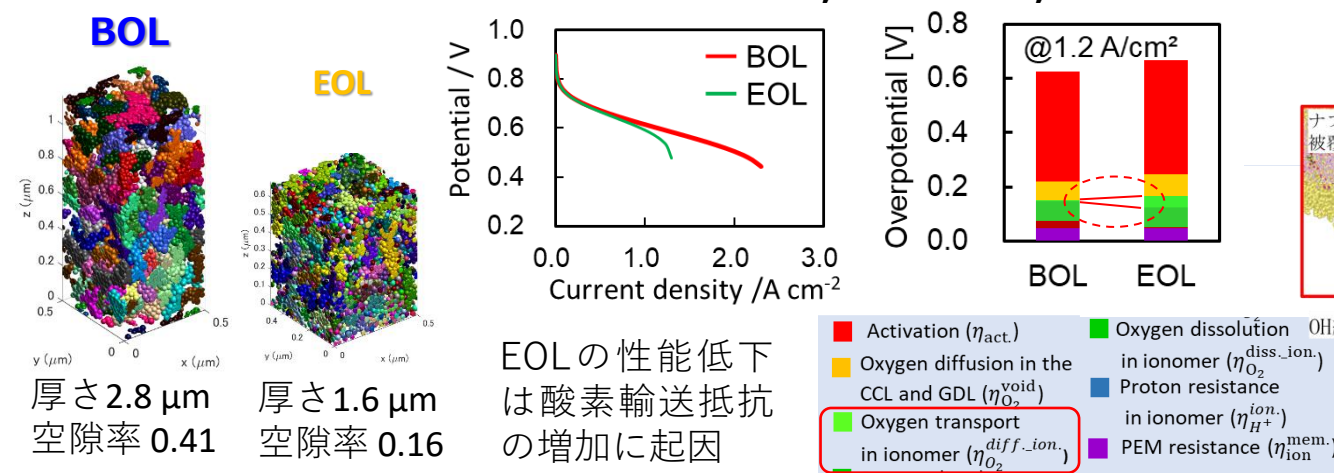
Ketjen-black I/C = 0.85
NPA/Water = 2/8 NPA/Water = 4/6



湿式プロセスにおける分散溶媒中の粒子凝集を再現した。

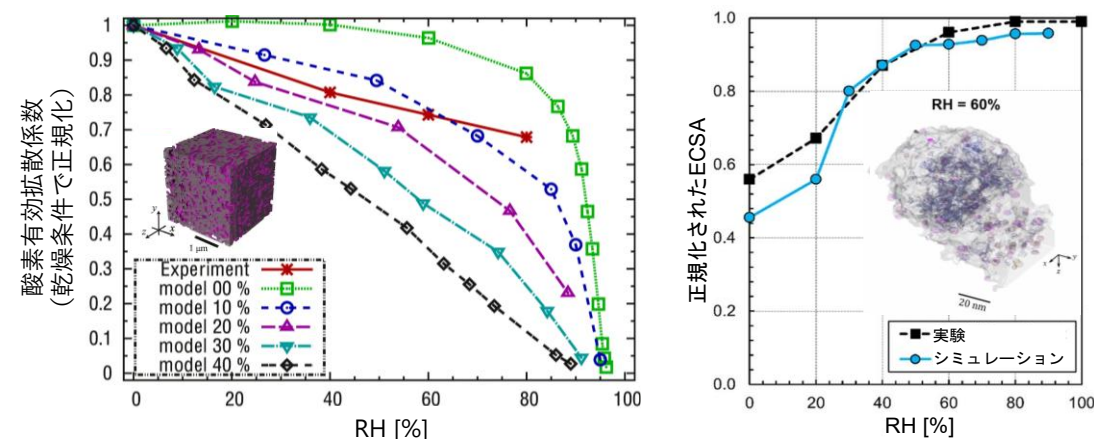
研究開発成果：実施項目3群. 発電性能を予測するマルチスケールシミュレーター（受託解析）

マルチスケールシミュレーターの開発（東北大学，九州大学，東京大学）



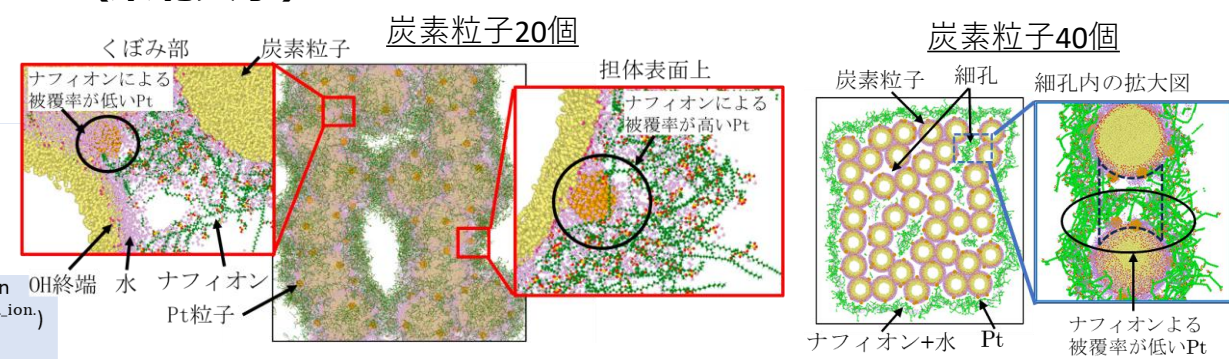
担体、Pt担持量、I/C違いのI-V性能の酸素分圧依存性を再現した。CB劣化による発電性能低下を定性的に評価した。

3-6. 触媒層内液水飽和モデルの開発（東京大学）



液水生成シミュレーションにより、酸素拡散および白金触媒利用率の相対湿度依存性を再現した。

3-1. 電極反応の大規模数値シミュレーション手法の開発（東北大学）

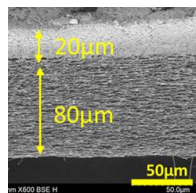


炭素担体の凝集形態とナフィオン被覆状態の関係を明らかにした。

くぼみ部及び細孔ではナフィオン被覆率が低いPt粒子が増加し、良好なプロトン伝導と酸素拡散が期待できる。

3-10. 極薄自立MPLの創出と酸素輸送シミュレーション（東京科学大学）

黒鉛化ナノファイバー+MPLの極薄GDLを作製し、実機相当流路で2030年目標の抵抗低減を達成した。

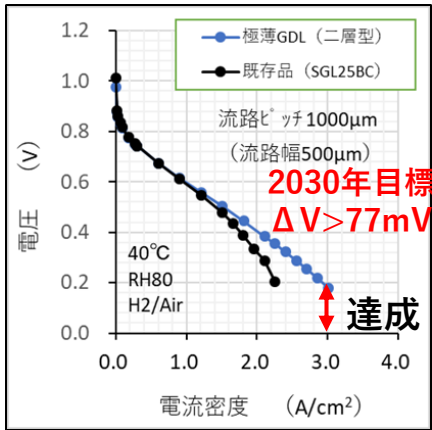


極薄GDL

締結時: t50 μm

GDL単体の物性値

GDL物性値	2030年目標	極薄GDL (二層型)	既存品 (SGL25BC)
面積抵抗 ($\text{m}\Omega \cdot \text{cm}^2$) @面圧1MPa	<1	5	7
酸素輸送抵抗 (s/m)	<18	15	24

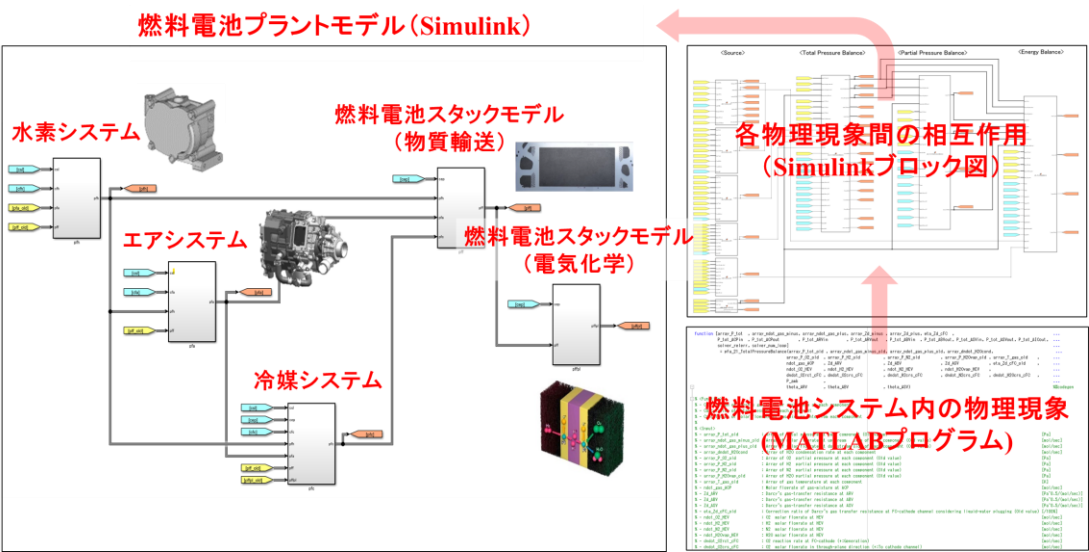


極薄GDL/既存品のI-V性能比較（実機相当流路）

研究開発成果：実施項目4群. モデルベースのPEFCシステムシミュレーター（一般公開）

4-1. スタック性能・劣化モデルの開発／4-2. 多様なアプリケーションへ対応するためのシステムのモデルと制御器の開発／4-3. 活用促進に向けたユーザビリティの改善（京都大学、東京農工大学）

燃料電池スタックと水素システム、エアシステム、冷媒システム、および制御システムを含む包括的で革新的な燃料電池システムシミュレーターFC-DynaMoを開発した

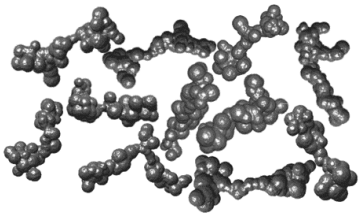


FC-DynaMoでは、燃料電池システムの各種部品の特性や作動条件と動力、燃費、熱負荷などのシステム性能との関係を定量的にかつ実時間の約40倍速で計算することができる。構築したモデルは第2世代MIRAIを用いて収集された幅広い環境での試験データを再現できる。MEA厚さ方向の1Dモデルを厚さ方向＋流路方向の1+1Dモデルに拡張した。Pt粒子成長、炭素腐食モデルを搭載した。

【その他の成果の一般公開】

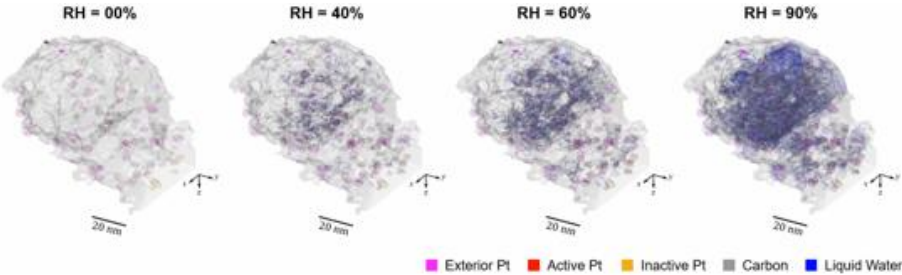
炭素担体モデルのデータベース

CB構造特性データ（比表面積、細孔容積、異方性）描画したカーボン構造



触媒担体内の水の相変化シミュレーター（簡易版）

格子密度汎関数法による水の相変化解析



FC-DynaMo 配布数

Windows アプリ版 (使用許諾契約)	MATLAB ソースコード版 (使用改変許諾契約)
173	34

車：本田技術研究所、いすゞ中央研究所
定置用：パナソニック／建機：豊田自動織機
船舶：ヤンマーパワーテクノロジー
航空機：ボーイングジャパン
鉄道：鉄道総合技術研究所
部品：アイシン、日置電機、富士電機
ソフトウェア：MCOR、IDAJ 等

2025.4.18「燃料電池システムシミュレーターFC-DynaMoの開発」で第57回市村賞市村地球環境学術賞 貢献賞を受賞した。



シミュレーションGr.と材料分析解析Gr.、電気化学Gr.および材料開発者との連携

Ceイオンの拡散係数を実測値と比較検証した。

材料
解析

相対湿度		RH53%	RH75%	RH100%
立命館 折笠先生 実測値	45°C		1.4×10^{-7}	
	55°C	単位 cm^2/s	1.9×10^{-7}	
	65°C		2.2×10^{-7}	
	80°C	0.29×10^{-7}	5.0×10^{-7}	3.0×10^{-6}
含水率		3(〜10%)	5(〜57%)	7(〜77%)
計算値	50°C	0.75×10^{-7}	1.82×10^{-7}	8.06×10^{-7}
	90°C	1.70×10^{-7}	9.18×10^{-7}	11.1×10^{-7}
	130°C	7.70×10^{-7}	19.6×10^{-7}	54.9×10^{-7}

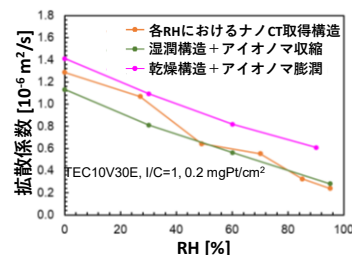
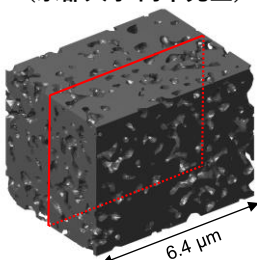
含水率→相対湿度への変換は
K-D. Kreuer, Solid State Ionics, 252, 93-101 (2013)のデータを使用 (Nafion 117の実験)

触媒層中の凝縮水をナノCTイメージングと比較検証した。

材料
解析

ナノCTイメージング
(京都大学 内本先生)

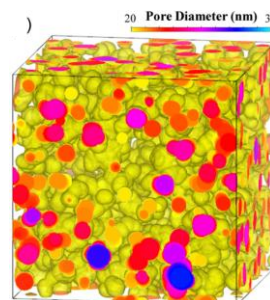
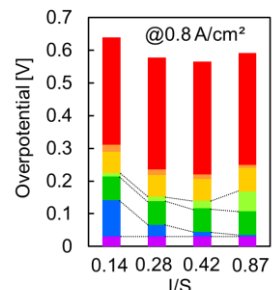
酸素拡散シミュレーション
凝縮水生成・アイオノマ
ー膨潤を考慮



ナノCTで取得された湿度による構造変化を数値シミュレーションで再現した。

材料
開発

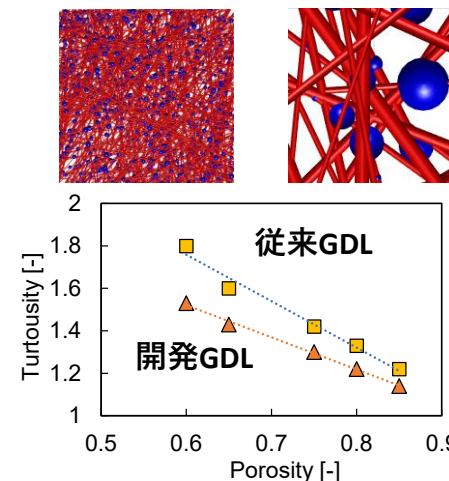
セラミック担体の3次元構造を再現し、最適なI/S比を提示した。



- 活性化
- Pt_{ox}被膜
- 触媒層内酸素拡散+GDL
- Ionomer 中酸素輸送
- Ionomer への酸素溶解
- Ionomer中プロトン抵抗
- PEM抵抗
- 電気抵抗

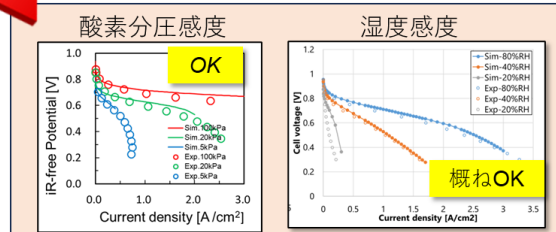
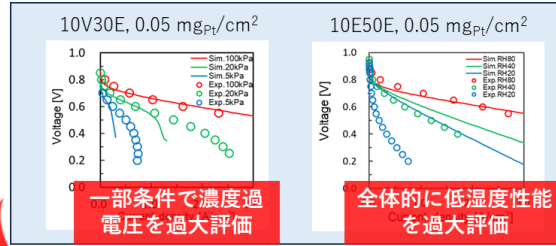
材料
開発

GDLの模擬構造を再現し、ガス拡散性を評価した。



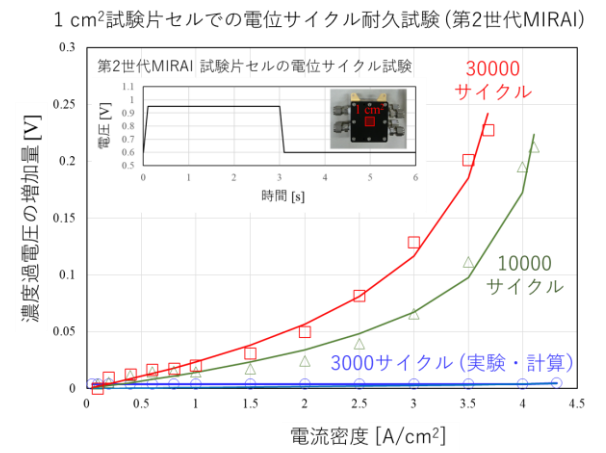
電気
化学

実測と計算との乖離を検証し、モデル改良で予測精度が向上した。



電気
化学

劣化シミュレーション結果を耐久試験実測値で検証した。



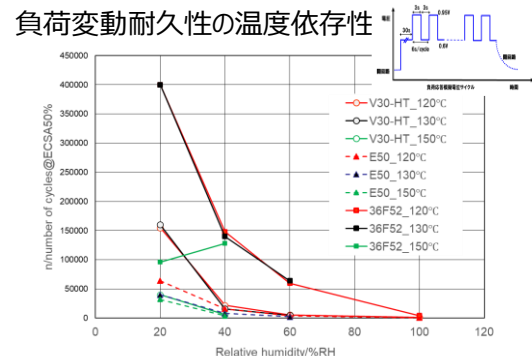
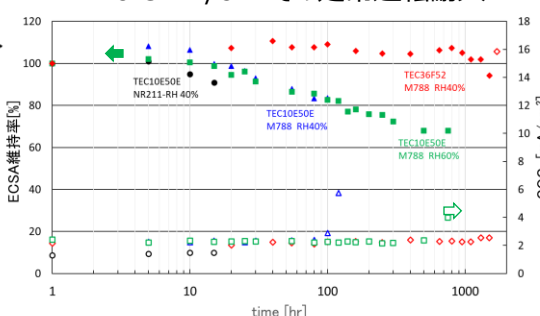
燃料電池材料特性評価プロトコルの構築

従来の手法では評価困難な項目に対して、新たな評価手法を開発し標準化

→ WP1の新規開発材料の特性評価・解析に活用

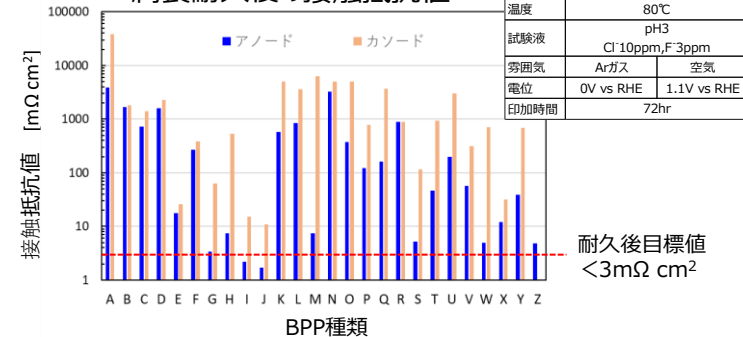
各事業者様の継続審査会に対応可能とし、対象Gの開発材料の評価・解析を実施

MEAの高温耐久試験

120°C 2A/cm²での定常運転耐久

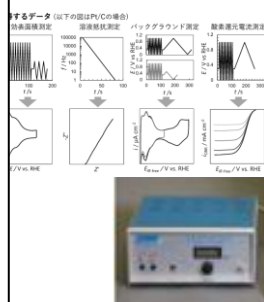
BPPの耐食性評価

腐食耐久後の接触抵抗値

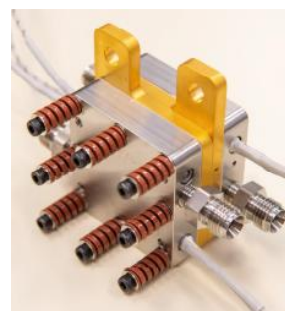


技術資産をドキュメント化、公開

RDE評価法の公開



FC-Cubic小型燃料電池セル 図面、使用法の展開



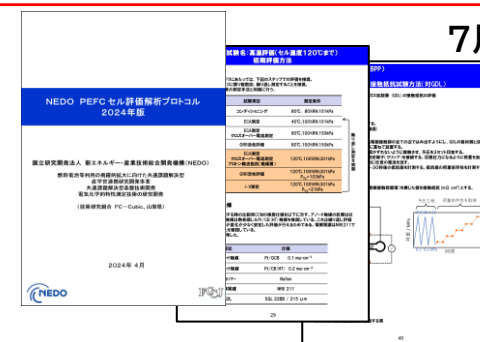
FC-Cubic小型燃料電池セル

照会：79件

内) 図面提供：70件
2025年3月時点

「NEDO PEFCセル評価プロトコル2025年版」

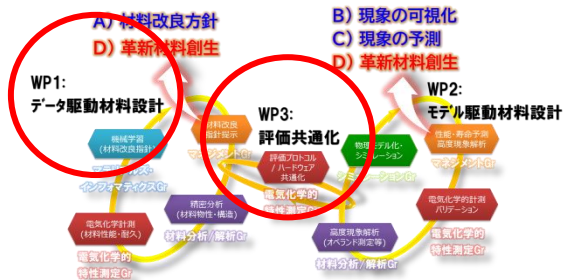
7月発行予定



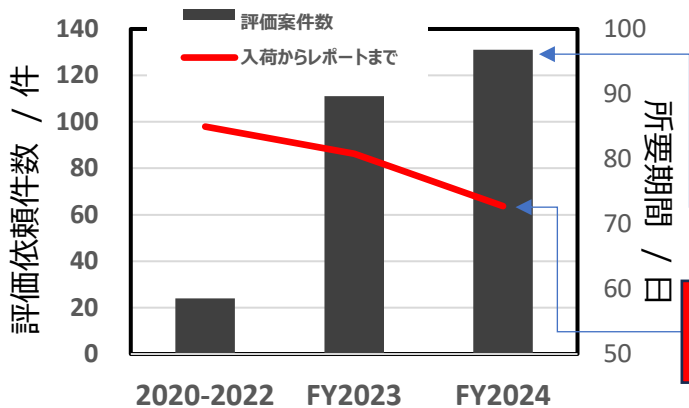
NEDO 評価プロトコル改訂版

PF共通セルや評価プロトコルの策定・更新・展開により、各事業者のセル評価参入容易化、評価法高位平準化、PFデータとの比較検証可能化
PF内の統一的、客観的なデータ取得と系統的な蓄積により、対象Gへの材料開発指針提示、継続審査判断への貢献、MI解析精度向上を実現

新規材料の評価解析、FB、開発指針提示、連携支援



試料評価実績の推移



材料評価実績（事業開始～2025/3/31まで）

MEA評価状況 25機関177材料

要素・材料特性評価 18機関236仕様

MEA試作能力の向上

2020年（事業開始当時） 200枚/年

2024年（事業最終年度） 900枚/年

一仕様当たりの評価内容

2020年（事業開始当時） IV、分極解析

2024年（事業最終年度） 詳細特性解析

情報量としては3倍以上

件数 6倍

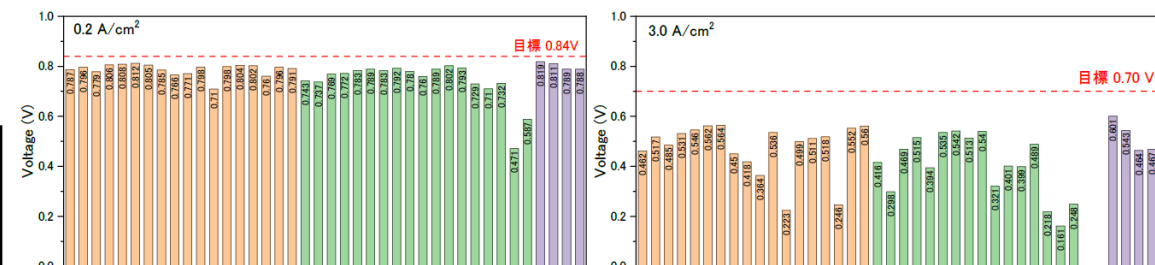
評価期間 15%短縮

- ・2020年当初は標準的な発電評価が主
- ・2024年度では、**発電性能の加圧・湿度依存、触媒インク組成の影響、負荷応答耐久・長期OCV耐久試験**などを材料開発者の要望に応じて実施し、課題や開発の方向性を検討のために情報を提示して**材料開発を連携支援した。情報量としては3倍以上。**

主な材料と評価状況（一覧表で進捗管理、効率化）

材料	2020	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度
A大学 触媒1					
A大学 触媒2					
A大学 触媒3					
A大学 触媒4					
B研究所 触媒					
C社 触媒1					
C社 触媒2					
D大学 触媒1					
D大学 触媒2					
D大学 触媒3					
D大学 触媒4					
D大学 触媒5					
E大学 触媒6					
F大学 触媒					
G大学 触媒					
H社 触媒					
I大学 触媒					
J大学 触媒					
K社 触媒					
L大学 触媒1					
L大学 触媒2					
L大学 触媒3					
M大学 触媒1					
M大学 触媒2					
N大学 触媒1					
N大学 触媒2					
N大学 触媒3					
N大学 触媒4					
M大学 触媒1					
M大学 触媒2					
O大学 電解質膜					
P大学 触媒					
Q研究所 電解質膜					
R大学 電解質膜					
S社 触媒					
T大学 触媒					
U大学 触媒層					

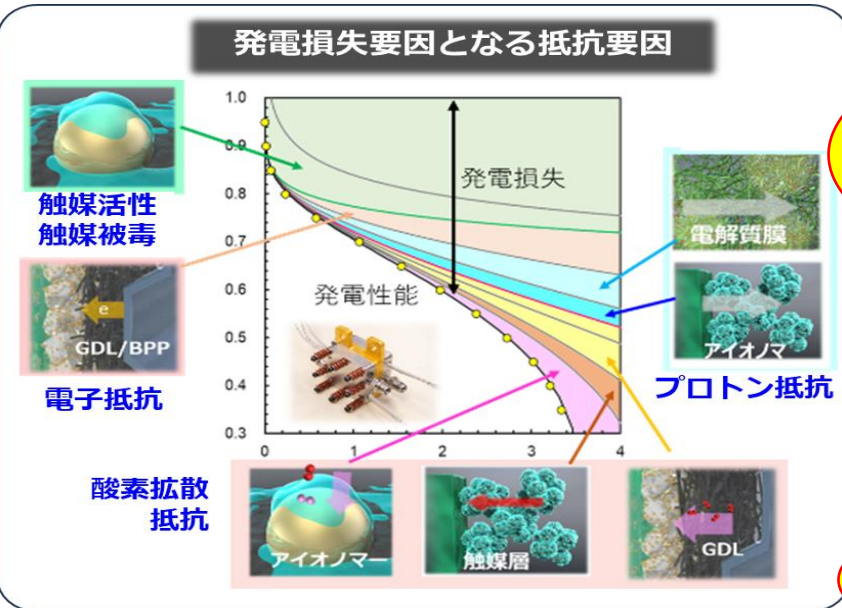
PF評価条件での各研究G開発材料の目標達成状況



※ 1cm²パラレル流路セル、80℃、75%RH、Air 50PaG 開発者によって目標担持量が異なるので、PGM 0.1 mg/cm²に換算
CACは PtCo/C 0.1 mg/cm²相当の触媒層厚さとして換算

革新FCプロの着実な進展に伴い依頼件数が激増、新規AST法開発、技術者育成、効率的な評価ベンチ活用により、迅速な評価FBを実現
柔軟な評価FB、試料課題指摘、開発指針提示により、各事業者の目標明確化、開発加速化が実現、NEDO目標に近い新規材料を多数創出

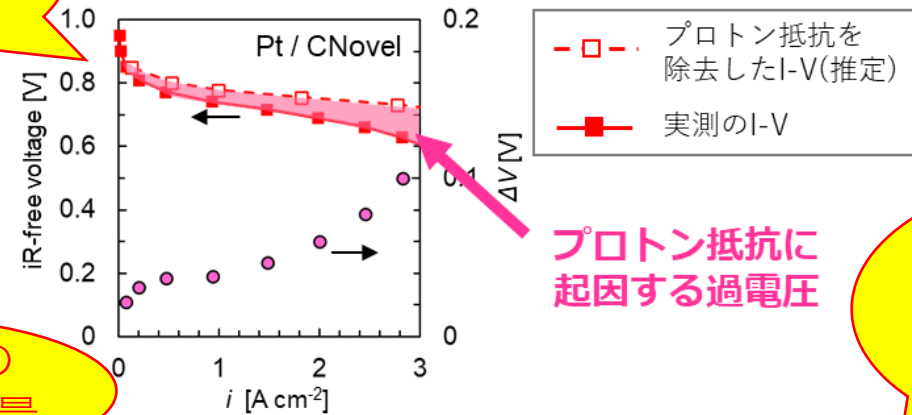
過電圧要因の詳細解析：新規な評価技術の開発・適用



発電下での触媒層プロトン抵抗を見積り

有効表面積の電位依存を定量

触媒層プロトン移動の過電圧の評価手法

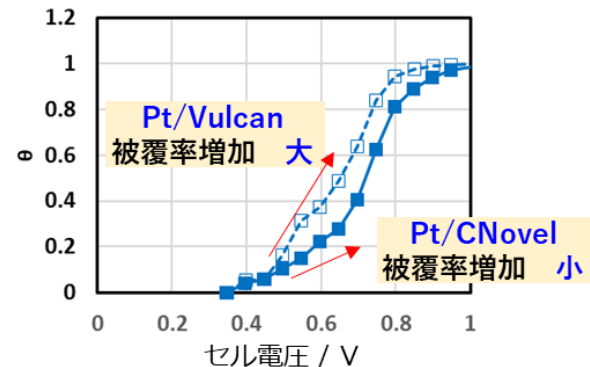
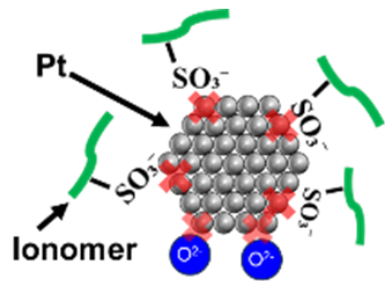


低酸素分圧で測定したI-V特性の電流値を酸素分圧補正、これをプロトン抵抗を除去したI-Vとした

担体細孔内拡散とアイオノマー薄膜透過との切り分け

Pt表面吸着物の被覆率の評価手法

希薄水素(～0.2%)の酸化反応限界電流測定より見積もり

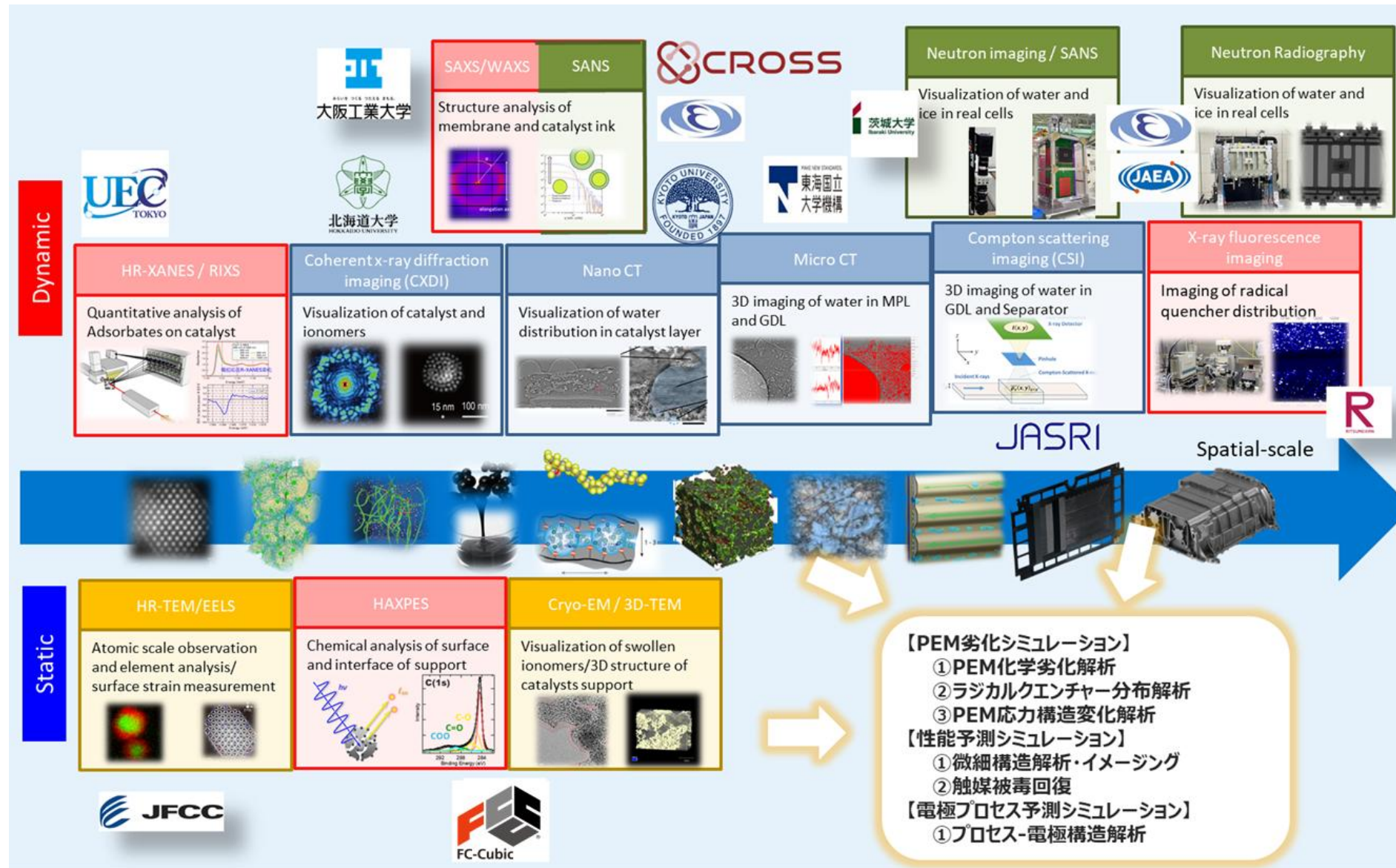


メソスケールのガス拡散抵抗の詳細解析手法

抽出成分	拡散抵抗の触媒目付量に対する感度	拡散抵抗のCO被覆率に対する感度
	担体細孔 & 触媒表面近傍	触媒表面近傍 (液膜・アイオノマー薄膜)
測定例	湿度感度 大	湿度感度なし

新規開発の材料、要素技術の効果を的確に評価解析するために、より詳細な評価技術を構築した
新規に開発し、手の内化した評価技術を活用して、過電圧要因を詳細解析して、技術課題をフィードバック

◆ 産業界の解析ニーズへ対応するため、解析技術の高度化を推進。シミュレーションGとの連携。

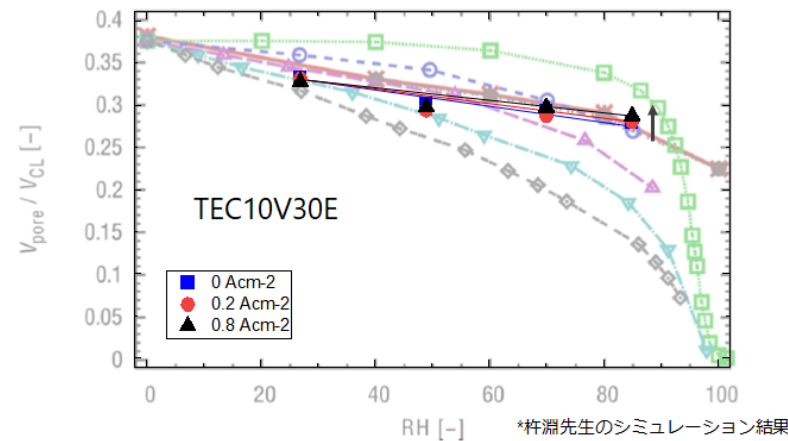
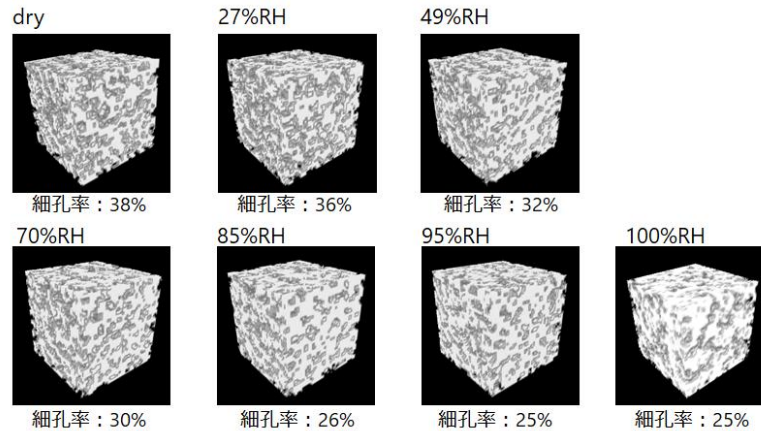
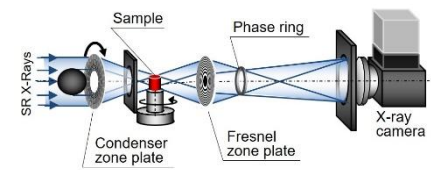


◆ マルチスケールの凝縮水可視化

触媒層における凝縮水生成、実機セルにおける凝縮水生成/排水過程を直接観測

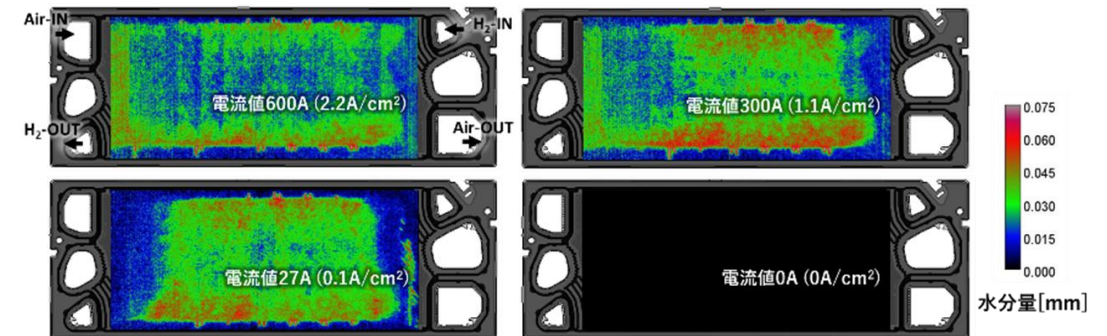
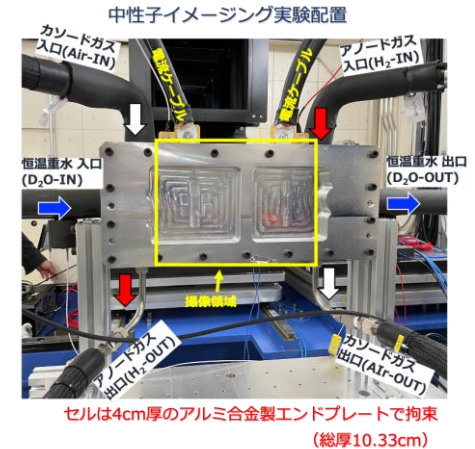
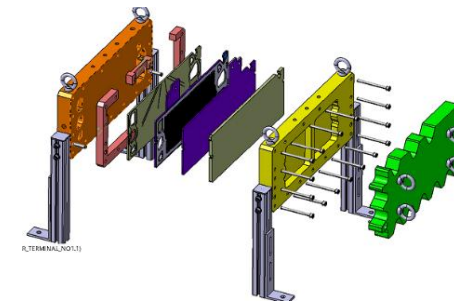
京都大学：ナノCT (SPring-8)

ナノCTの光学系



各相対湿度の発電時において非発電時と比較して、有効空隙率はほとんど変化しない。シミュレーションGrの結果のバリデーション

KEK/JAEA:中性子ラジオグラフィ (J-PARC)

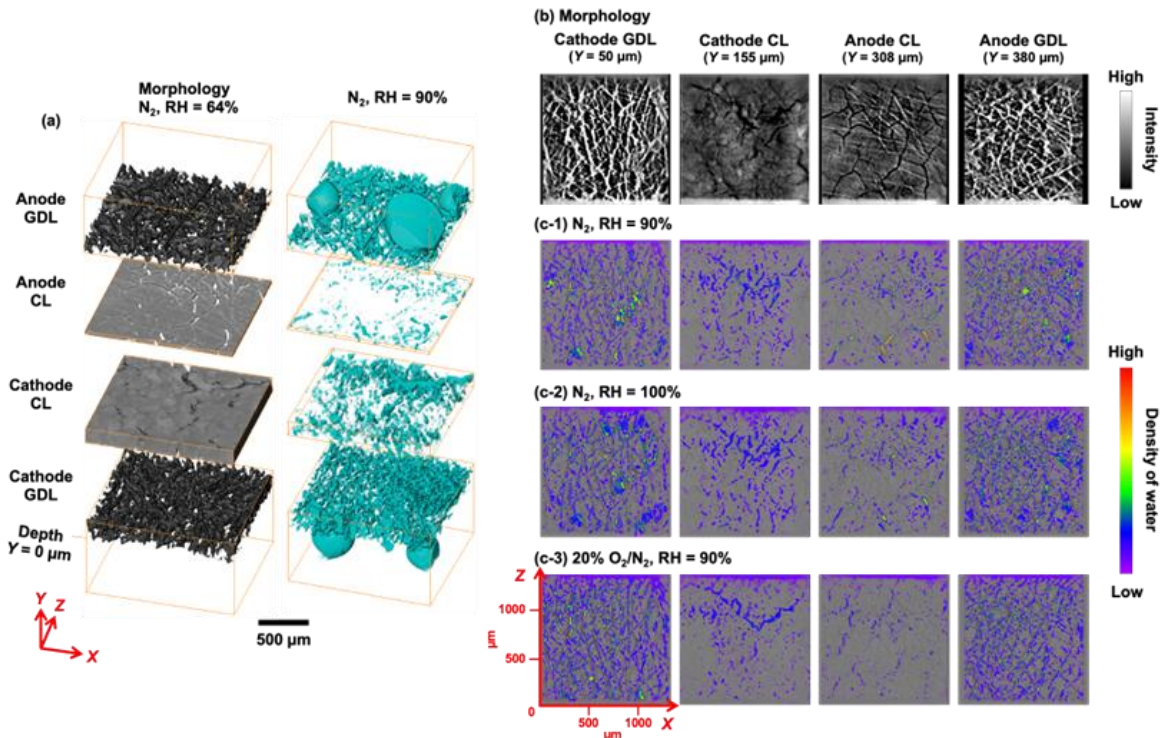


中性子線を用いて実機のセル内の凝縮水の可視化に成功。負荷条件、ガス流量に依存した凝縮水の生成量・分布の違いを観測。負荷条件が高く、ガス流量が多くなると、生成した凝縮水が効率的に排水されている様子を確認。

◆ マルチスケールの凝縮水可視化

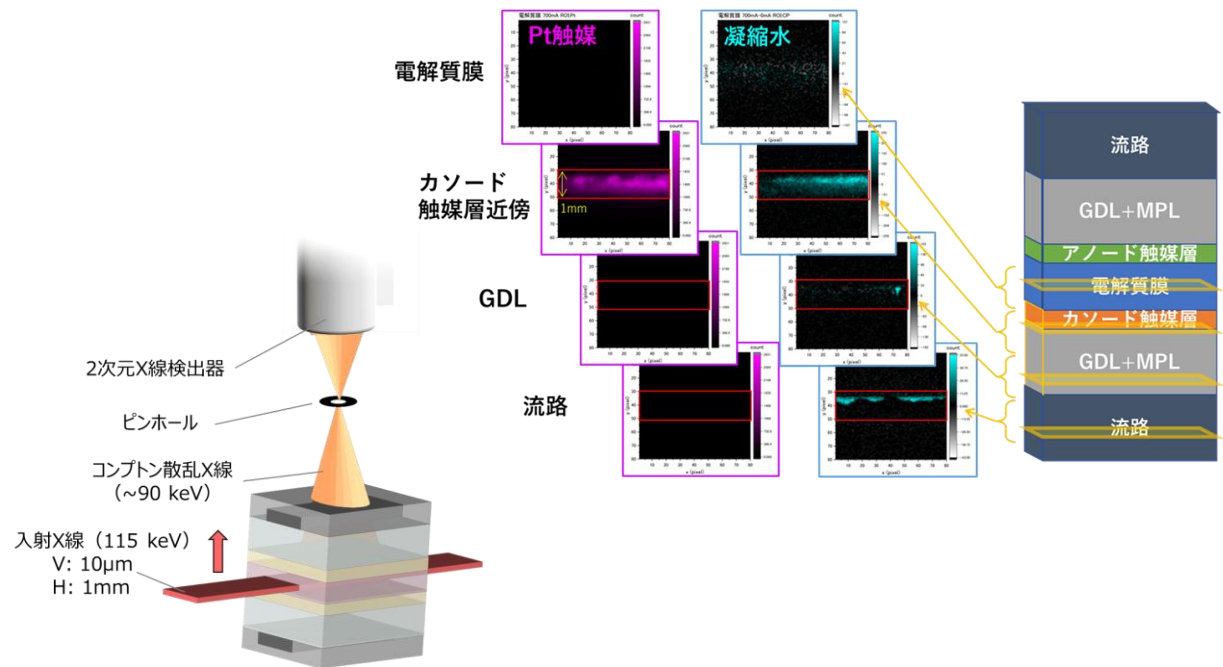
MEA内・セル内で生成する凝縮水をオペランド計測

名古屋大学：マイクロCT (SPring-8)



マイクロCTを使ってMEA内の凝縮水の3次元の可視化に成功。GDL、カソード触媒層、電解質膜、アノード触媒層の凝縮水のデータを定量的に求め、シミュレーションと共有した。

JASRI：コンプトン散乱イメージング (SPring-8)



JARIセル内における凝縮水の分布を可視化。触媒層だけでなく、GDLやセパレータ内の生成水も確認できた。

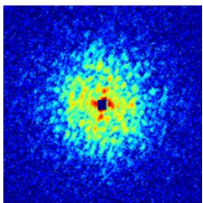
◆ 触媒層の構造可視化

触媒層の細孔構造、アイオノマ被覆状態などの構造情報を取得し、シミュレーションで活用

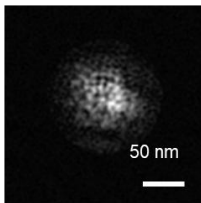
北海道大学

水中の触媒一次粒子のイメージング

コヒーレントX線回折
パターン



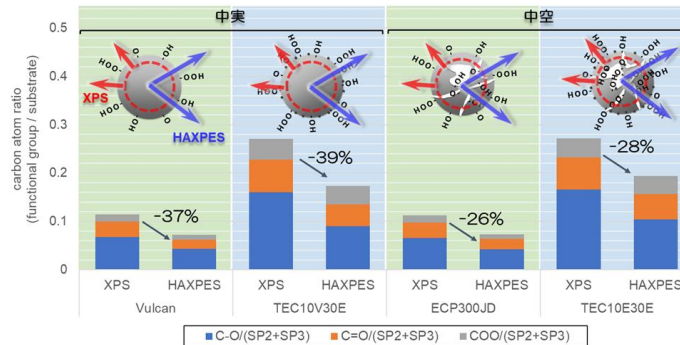
位相回復計算により
再構成した試料像



ピクセルサイズ~1.5 nm

FC-Cubic

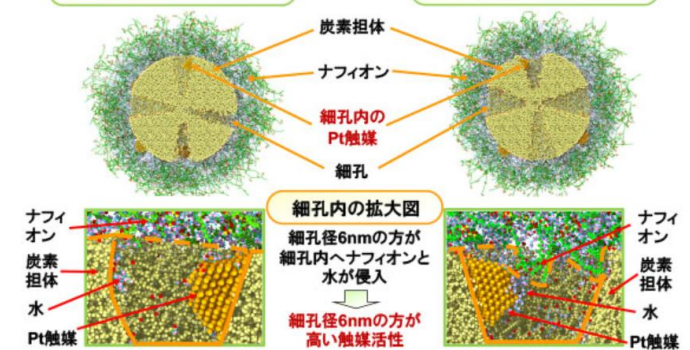
● 構造の異なる担体と触媒の官能基分布構造



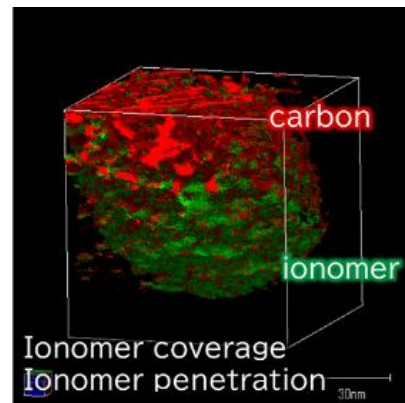
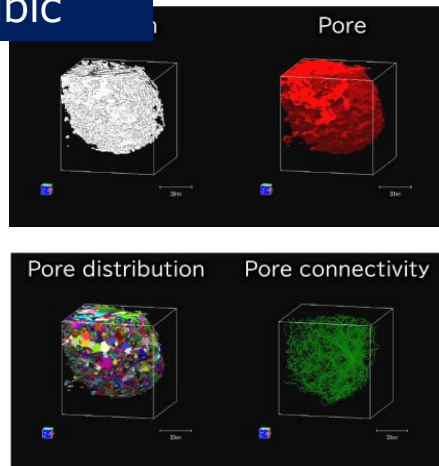
東北大学

細孔径 4 nmモデル

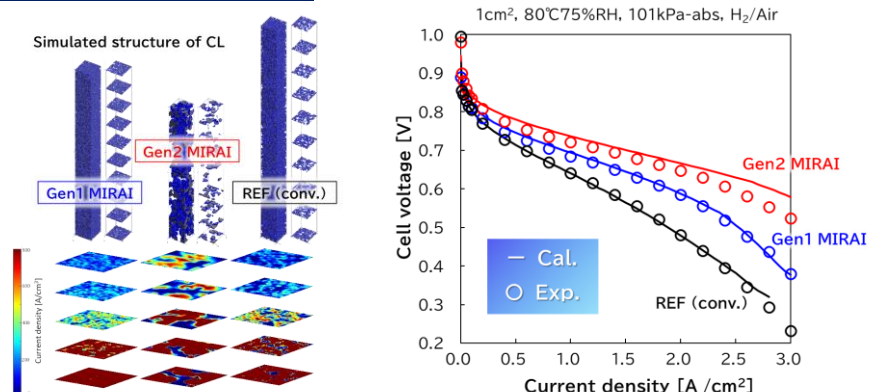
細孔径 6 nmモデル



FC-Cubic



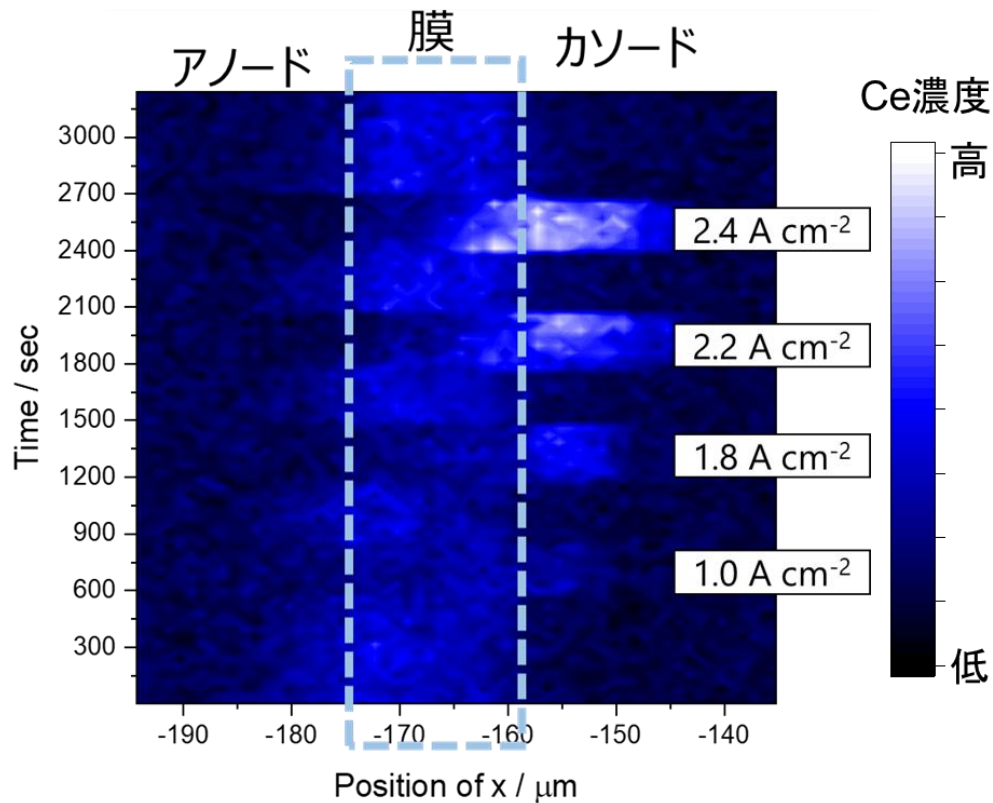
九州大学



触媒上のアイオノマー被覆や担体の官能基構造に関する構造データを提供し、シミュレーションの初期構造を構築した。
担体内のメソ孔分布・連通性、アイオノマーの侵入長・充填率の3次元情報をモデル実装し、高精度な性能予測を実現した。

◆ 電解質膜/ラジカルクエンチャー可視化

立命館大学 オペランド蛍光X線 (SPring-8)

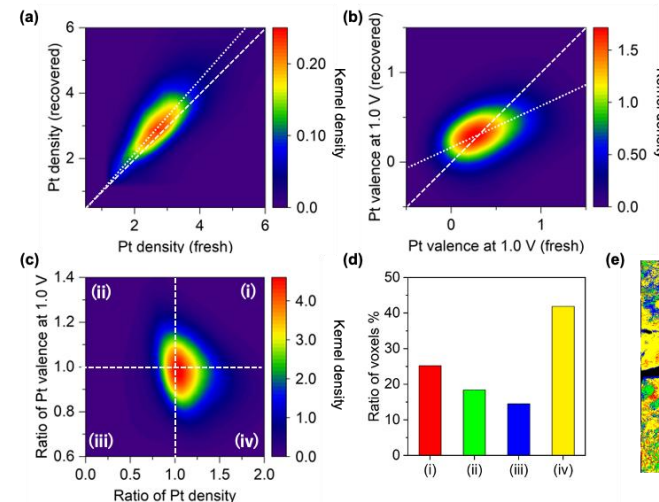
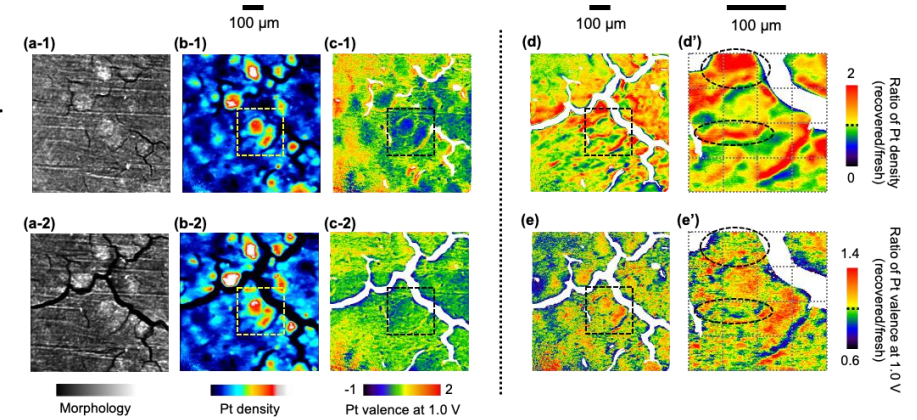


燃料電池発電状態ではカソード側へセリウムが移動する (数秒の時間スケール)

◆ 被毒・回復過程の解析

名大、電通大 : オペランドXAFS-CT (SPring-8)

オペランドXAFS-CTにより、硫黄被毒によるPtカソード触媒の状態変化を定量的に解析。



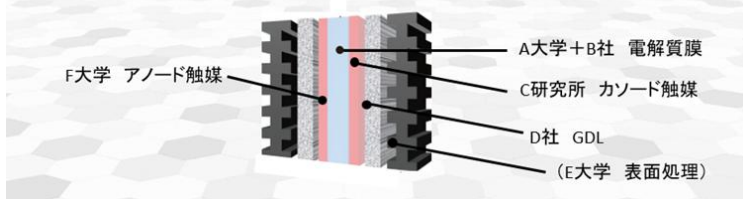
Catal. Sci. Technol., **2023**, 13, 4360-4366 (掲載号表紙採用).

イメージングデータの解析から、被毒-回復処理におけるPt触媒の劣化パターンを解明。

取組み実績

NEDO革新FC事業の到達程度と今後の課題提起のため、革新FC事業で開発された材料、技術を組み合わせたMEA仕様を試作して、評価解析を実施

プロジェクト全体の成果技術を組み合わせたMEA(セル)
⇒MEAとしての到達点を実証したい。



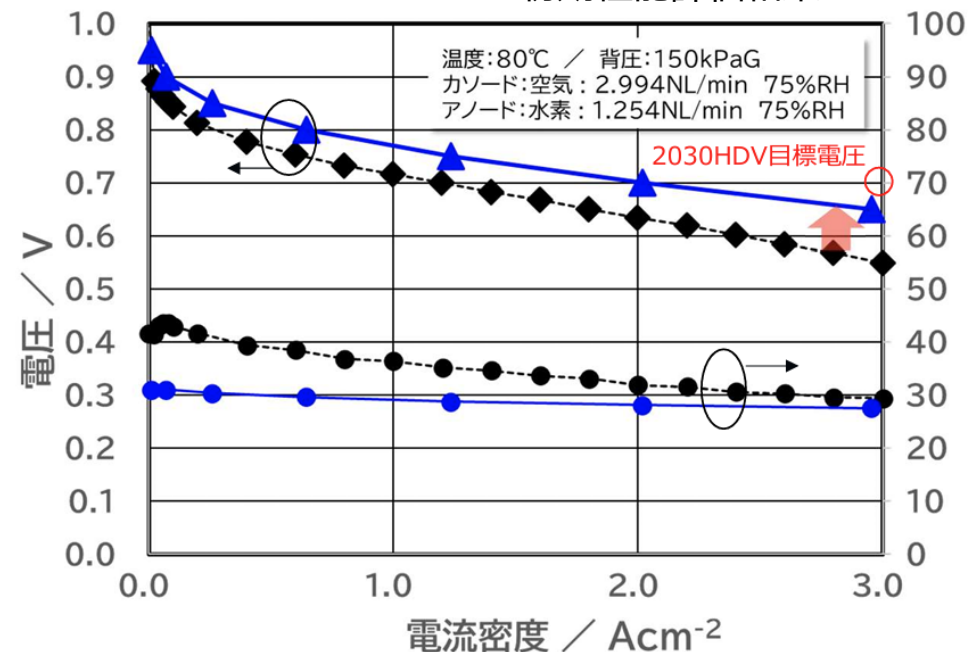
ある程度、サンプル量をご提供いただける事業者様にご相談し評価を実施させていただきました。
ご協力いただきました事業者様に感謝申し上げます。

プロジェクト全体の成果技術を
組み合わせたMEA(セル)仕様

部位	本番仕様	基準
カソードGDL	薄層MPL/GDL(東科大)	MPL/GDL(東レ)
カソード触媒	Pt/MPC(同志社大) PtTaCo/MPC(九大)	TEC36F52
カソードアイオノマ	高酸素透過アイオノマ(AGC)	Nafion
I/C比	1.2	1
カソード担持量	0.2mg/cm ²	0.2mg/cm ²
塗布プロセス	転写	転写
電解質膜	8μm補強膜(GORE)	12μm補強膜(GORE)
アノード触媒	PtCo/C(山梨大)	TEC10EA50E
アノードアイオノマ	DE2020	DE2020
I/C比	1	1
アノード担持量	0.05mg/cm ²	0.1mg/cm ²
塗布プロセス	転写	転写
アノードGDL	MPL/GDL(東レ)	MPL/GDL(東レ)

※開発膜は触媒被毒・界面抵抗の影響懸念から見送り

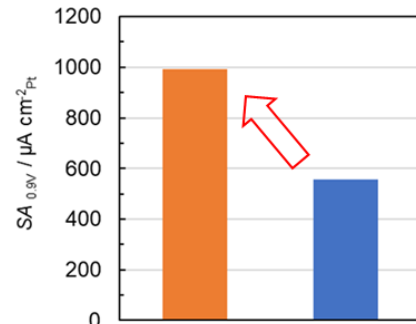
初期性能評価結果



80°C、75%RH、150kPaG
セル: 1×3均一場セル
カソード流路: 3DFM

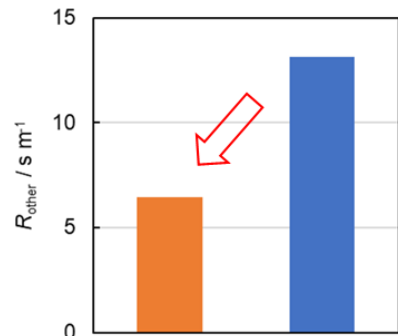
PF基準仕様(本プロジェクト開始時点の市販FCLレベルを想定)と比較して3A/cm²における電圧値で100mV程度向上
2030年PEFC性能目標0.84V@0.2A/cm²、0.70V@3.0A/cm²に対して、0.859V@0.2A/cm²、0.662V@3.0A/cm²を達成

各物性値の改善状況



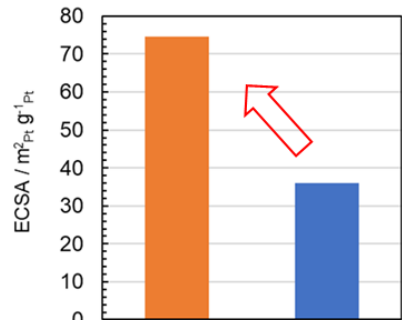
NEDO-MEA 標準MEA

触媒比活性 (SA)



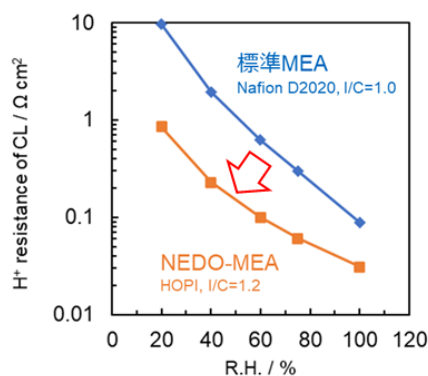
NEDO-MEA 標準MEA

触媒層ガス拡散抵抗



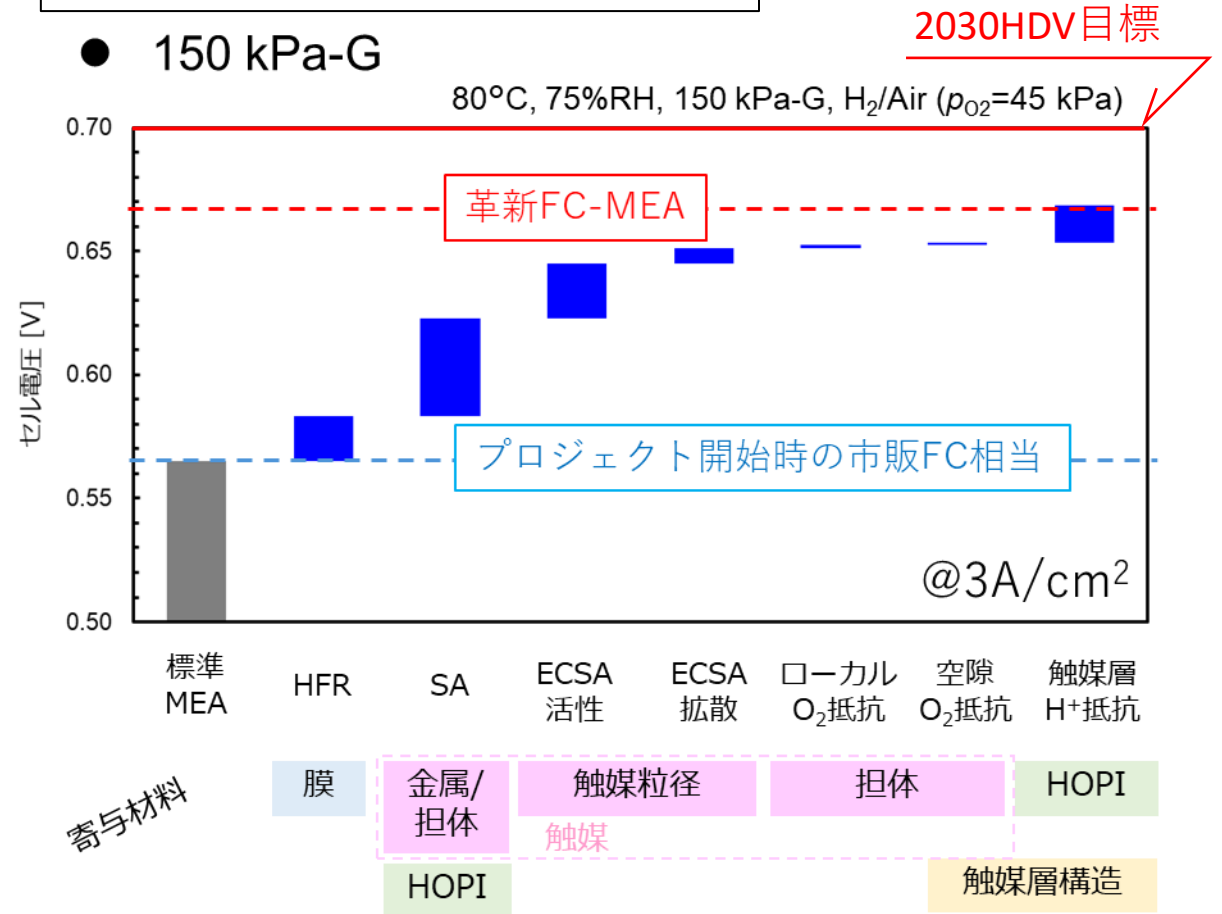
NEDO-MEA 標準MEA

触媒有効表面積



触媒層イオン抵抗

性能向上への各要素の寄与度



性能向上への各要素の寄与度を解析した

- ・触媒活性向上（触媒粒子の微細化とMPC担体によるアイオノマー被毒の抑制による）が大きい
- ・HOPIアイオノマーと触媒層構造による触媒層のプロトン抵抗低減の寄与が大きい

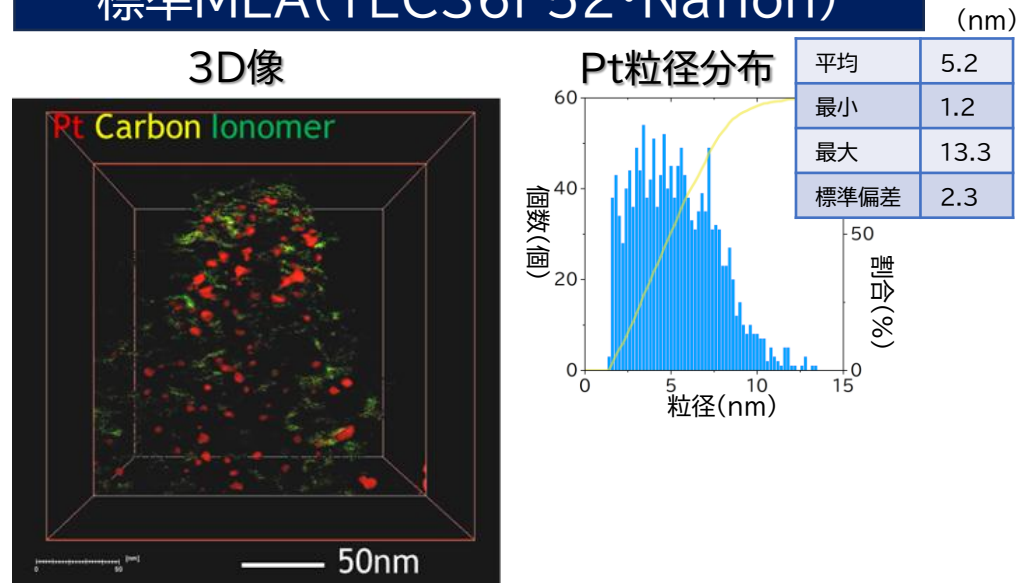
今後の改善に向けて、更なる膜抵抗低減、触媒活性向上、ガス拡散抵抗低減が将来目標に対する課題であると考えられる
プロジェクト到達度、及び今後取り組むべき課題について、GL会議においてNEDOや材料研究Gに提示し、次期事業設計の指針とした

□ 触媒の粒径分布とアイオノマ被覆構造

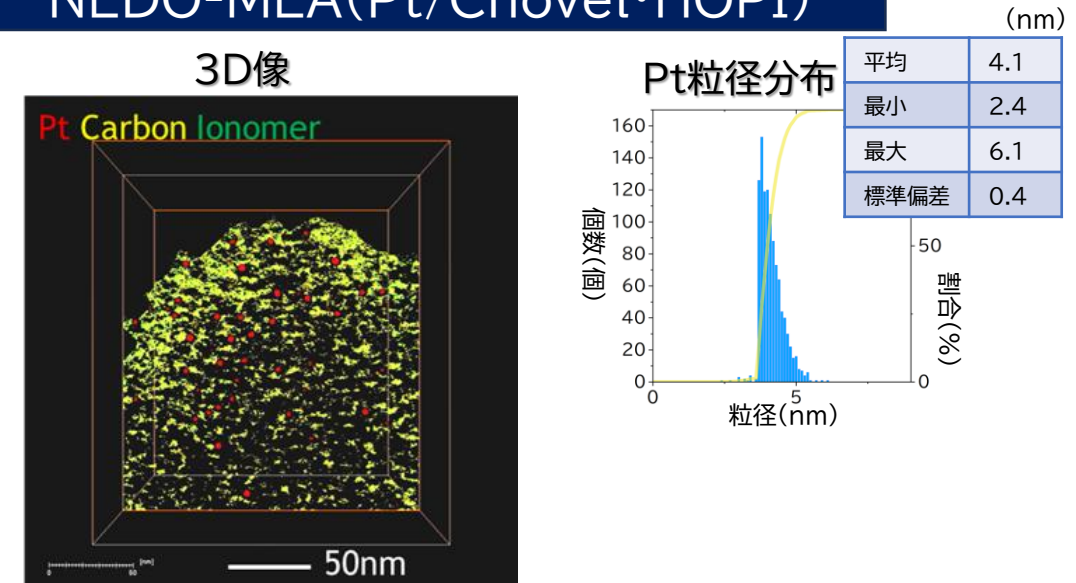
- 触媒粒子粒径はNEDO-MEAが小さく、ECSAを増加させ高性能化
- 標準MEAのPtは担体表面に存在し、アイオノマ被覆されている

NEDO-MEAのPtは担体内部にも存在するが、アイオノマは担体内部に侵入したものは少なく、被毒抑制効果有

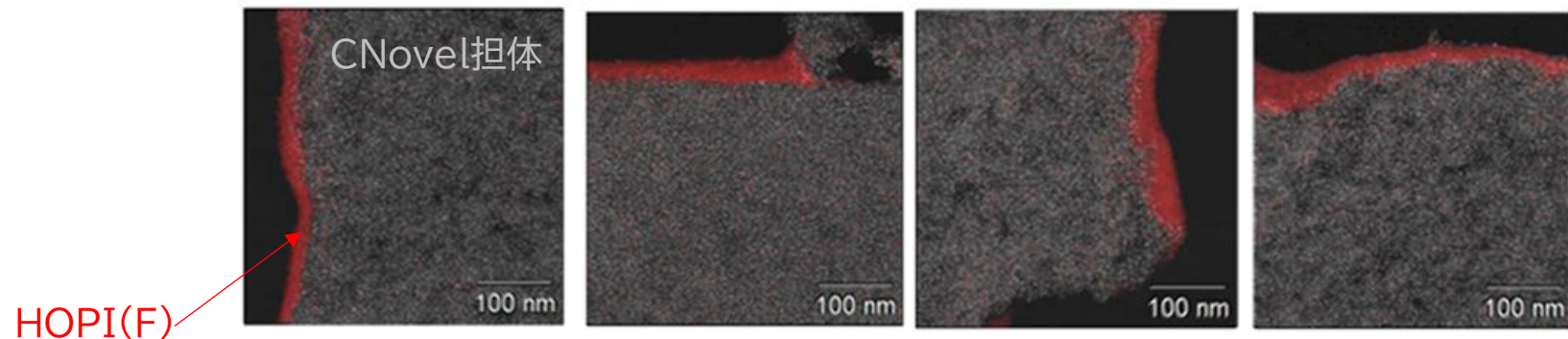
標準MEA(TEC36F52・Nafion)



NEDO-MEA(Pt/Cnovel・HOPI)



Pt/CNovel断面のSTEM-EDX

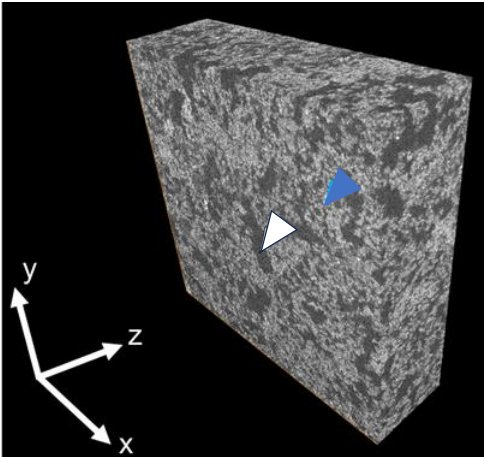


触媒層の空孔構造およびアイオノマ分布

- CNovel担体は大きい細孔が見られ、細孔サイズの疎密が大きい
- NEDO-MEAのアイオノマつきまわりはムラがあり、凝集部分が見られる

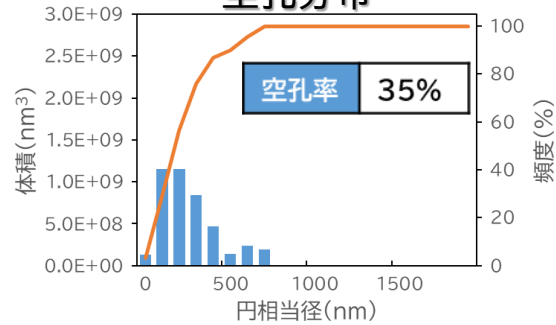
標準MEA (TEC36F52・Nafion)

3D像



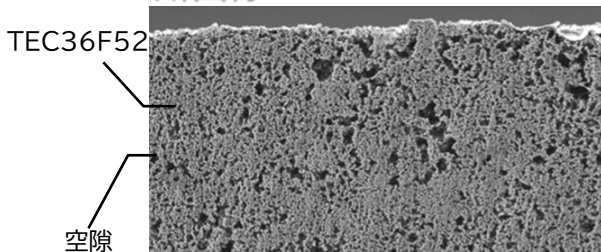
5 μm(X) × 5 μm(Y) × 1.5 μm(Z)

空孔分布

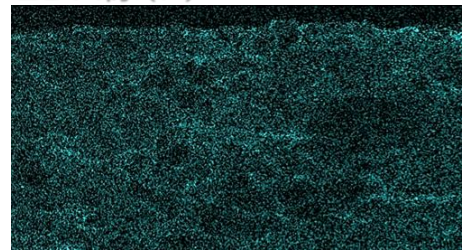


▼: TEC36F52
▽: 空隙

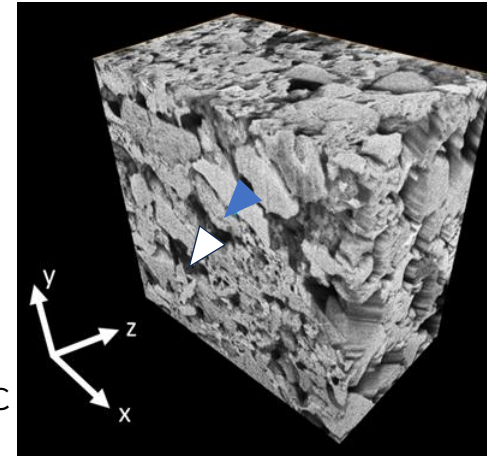
断面像



EDX像(F)

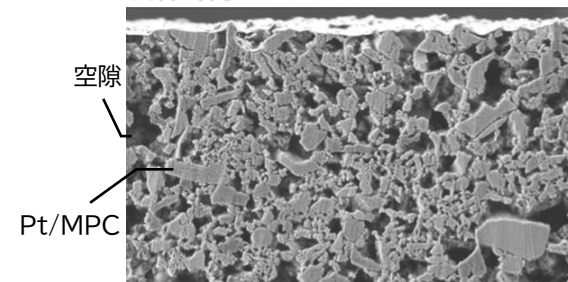


3D像



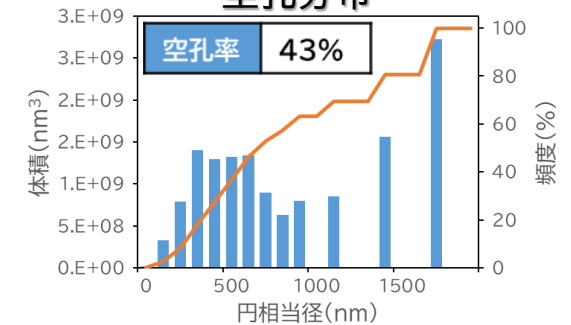
5 μm(X) × 5 μm(Y) × 3 μm(Z)

断面像



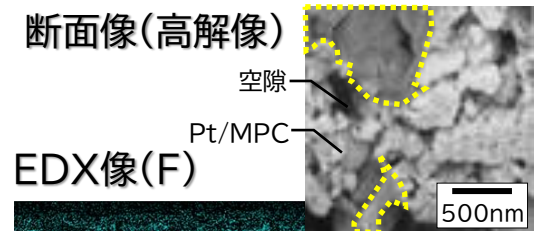
NEDO-MEA (Pt/Cnovel・HOPI)

空孔分布

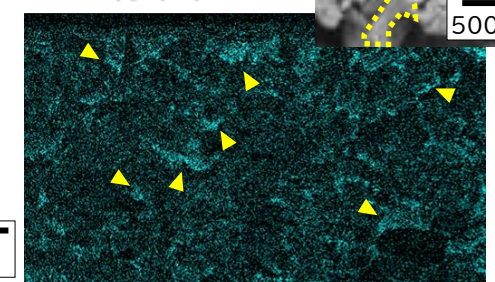


▼: Pt/MPC
▽: 空隙

HOPIの大きい凝集

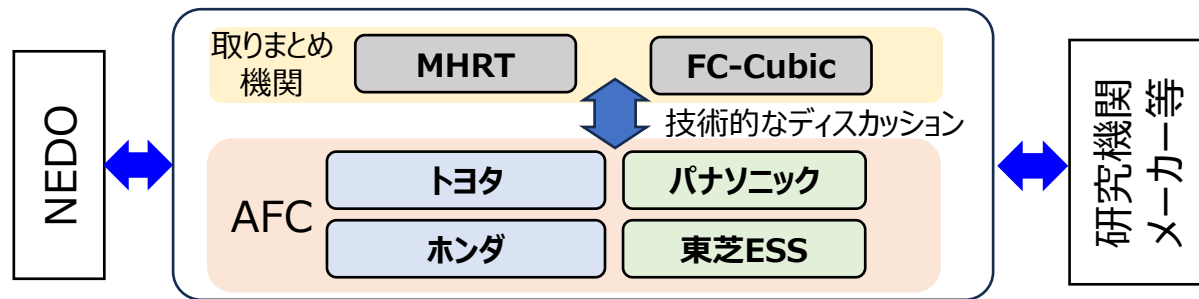


EDX像(F)



HOPI(F)が多い領域が存在

- ➡ 継続してFCV（乗用車）の目標検討を開始、DX活用を含めた具体的な達成シナリオ等を含めて推進中



シール

成果：硬化速度や初期強度などの観点で一定の成果（科学大佐藤先生）が得られ、産業界としてのフィードバックを実施。さらに、2035年の目標値や、実施方針に対する要望を取りまとめた。

項目	RM2035年目標	
	移動体用	定置用
セル生産速度	1-2秒/セル以下	10秒/セル以下
シール材コスト (全シール部位・材料費)	¥150/セル以下	¥300/セル以下
温度	膜面温度：最高125℃ 局所温度：最高120℃	局所温度90℃
耐久時間	50,000時間以上	15年以上
メカニズム説明	接着剤シール構造の界面劣化及びリークのメカニズム説明	
設計技術	劣化予測手法やシール設計手法の開発	
生産技術等	材料のハンドリング性・塗工性・リサイクル性などの改善	

提言：目指すべき方向性として、実用化に向けた研究開発と、劣化プロセス説明や評価解析手法の開発を進める。

- シールと生産技術の2テーマについて、産官学連携に向けたテーマアップ、および研究開発Grとの議論による研究のサポートを実施
- 産官学連携の推進に向けた産業界からの提言を取りまとめ、NEDOへ提出
- AFCとしての取り組みは一定の成果をもって一旦終息、将来的な産官学連携加速に向けた検討に期待

生産技術

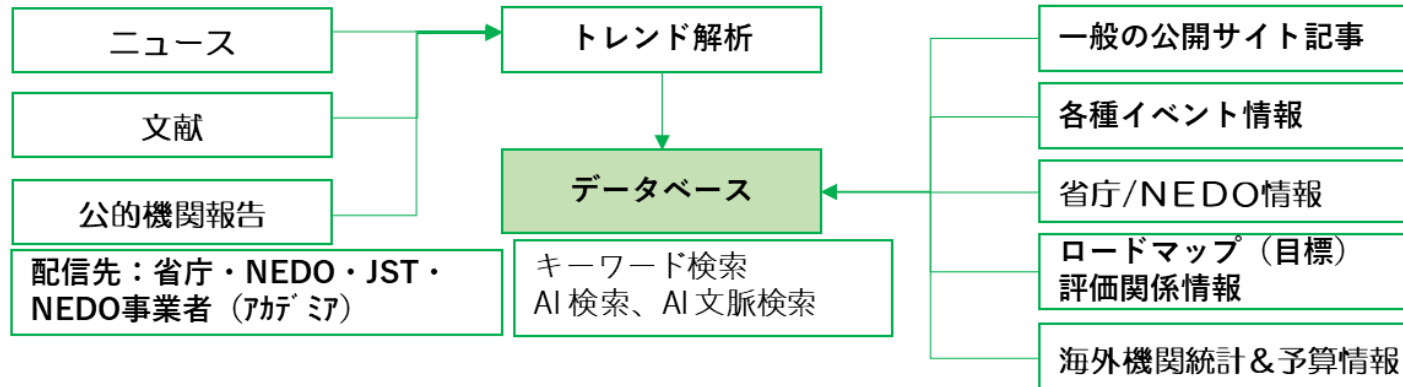
成果：4プロジェクトの成果の最大化に貢献するとともに、ワークショップ等による産業界との広範囲な意見交換、触媒混合やウェブハンドリングに関するテーマアップを実施。



提言：様々な工程の課題解決を進めるため、プレーヤーを増やすためのオープンイノベーションの社会実装の加速が必要。

AFCとしてのワンボイスでの課題発信により、シール・生産技術の研究開発加速に成果が得られた

FC3NewsDBの全体概要



水素社会実現に向け世界で進展している水素関連技術を収集して配信

FC3NewsDB

ニュース：約9,000件

論文：約8,000報

キーワード検索とAI文脈検索が可能

その他、各関係省庁及び国内外関連機関発表の統計や報告が約300件



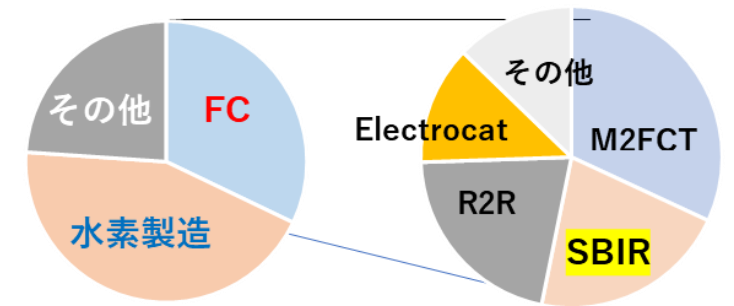
DOEのAnnual Merit Review(AMR)からの予算と開発情報

調査結果の要約

- ・アメリカ合衆国Budget-in-briefでは、DOEのFY2024 Hydrogen & FC Technologies関連予算は**163M\$**、左の表に記載したのは合計**104M\$**
- ・水素ハブ予算はこのほかに300M\$程度
- ・バイデンハリス政権の米への投資
水素関連国内投資の促進、62M\$(93億円)

DOE水素関連予算

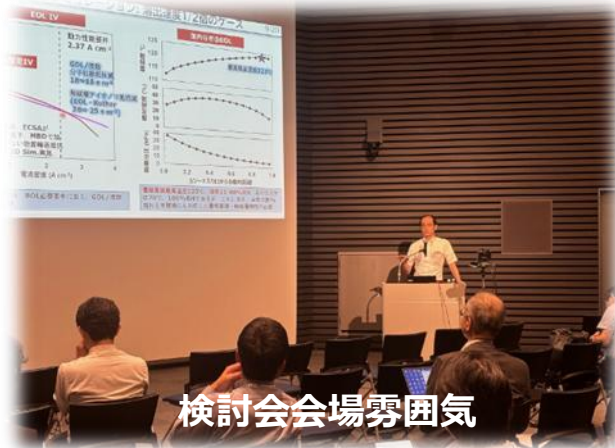
金額内訳104M\$



- ・水素製造関連予算がFC予算よりも多い
- ・SBIRは予算額小だが企業が主体で社会実装を目指しており、詳細内容が網羅

ワークショップの開催

【第7回:24/6/27】ロードマップ検討会
参加者：43名（現地35、Web接続8）



検討会会場雰囲気

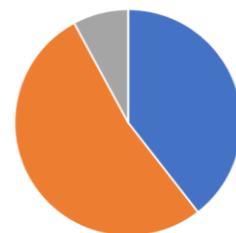
2024年3月8日に改訂された「FCV・HDV用燃料電池技術開発ロードマップ」について、目標の策定の背景等について、委員の先生方から説明いただき、クローズドな場で、背景にある未開示情報等をもちいてより詳細にディスカッションを行い理解を深める場を設定。参加者から35年目標厳しい値であるが、「できるような気がしてきた」との非常に前向きなコメントもあり、今後の材料開発に期待。

【第9回（24/10/2）】マテインフォ講習会
参加者：103名（現地21、オンライン82）



MIX Platformの新機能解説 & オンサイトトレーニング

講演理解度



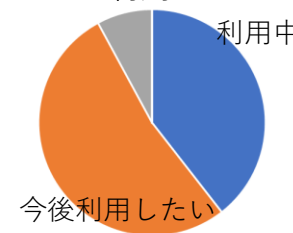
受講者の90%が理解できた

実習理解度



受講者の85%が理解できた

MIツールの利用



受講者の90%が利用/今後利用希望

MIX Platformの有効性を実感いただけた

【第10回:25/1/23】FC-DynaMo講習会
参加者：40名（会場参加のみ）



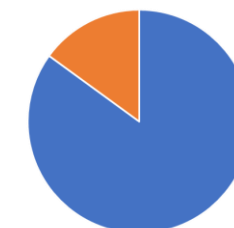
FC-DynaMo講習会場雰囲気

概要説明



受講者の95%が理解できた

ワークショップ運営

受講者の85%がおおむね満足
時間不足の指摘あり

次回講習会



受講者の95%が次回参加を検討

システムモデルの考え方、劣化モデルの解説などを中心に活発な質疑応答が行われた

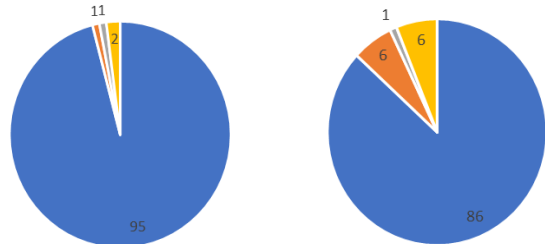
オープンシンポジウム

第14回Panasonic RE100



第16回アンケート結果

開催時期 プログラム構成



ほとんどの方が適当と回答

第16回九州大学伊都キャンパス



第15回 J-PARC



23年度より始めた外部と連携したシンポジウムで更なる産官学連携を推進

ご清聴ありがとうございました

