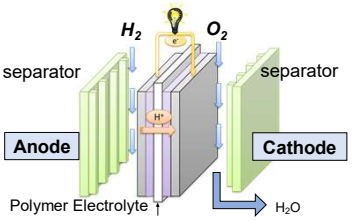
NEDO水素・アンモニア成果報告会2025
発表No. P2-42

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／水素利用等高度化先端技術開発／PEFC用イオン液体含侵型Pt/MPC高活性・高耐久カソード触媒合成技術の研究開発

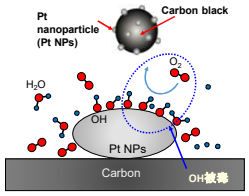
団体名：奈良高専, 和歌山高専, 鶴岡高専
発表日：2025年7月16日

Introduction

●Polymer Electrolyte Fuel Cell (PEFC)

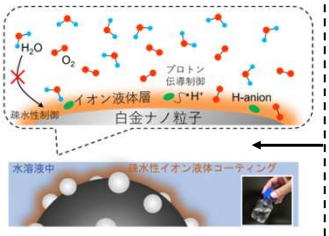


overall reaction	$H_2 + 1/2O_2 \rightarrow H_2O$ + electrical energy
Anode	$H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$
Cathode	$1/2O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2O$



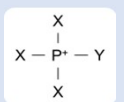
OH被毒
・Ptと水、酸素との反応
→不可逆的なPt表面の酸化
・ORR反応の妨害
→耐久性、ORR活性の低下

●Pt/C-SCILL触媒



- 金属表面に**疎水性イオン液体(ILs)の層を被覆**
⇒水の活量を低下、**OH被毒を低減**
- イオン液体のカチオンと水の相互作用
⇒Pt表面の酸素還元活性向上

ホスホニウムイオン液体を開発

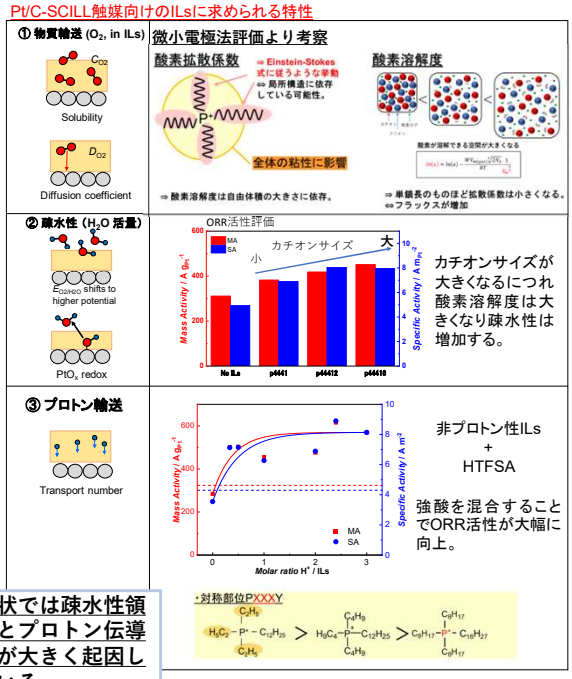


X: 対称アルキル基
X = Me, Et, Bu, Hex etc.
Y: 非対称アルキル基.
Y = C_nH_{2n+1}, H (プロトン型),
OH (OH型)
$(CH_2)_n$-Z (置換基導入型)
Z = OCH_3, CN, $CH=CH_2$, Bz, etc

種々のアニオン種を選択可能
BF_4^- CH_3COO^- CF_3COO^-
PF_6^- Otf- NO_3^- Br^- Cl^-
$N(CN)_2^-$ $B(CN)_4^-$ etc.

・カチオン、アニオンの構造、組み合わせにより、高いデザイン性
⇒**Pt/C-SCILLに適したイオン液体の探索と創成**

Pt/C-SCILL触媒向けのILsに求められる特性

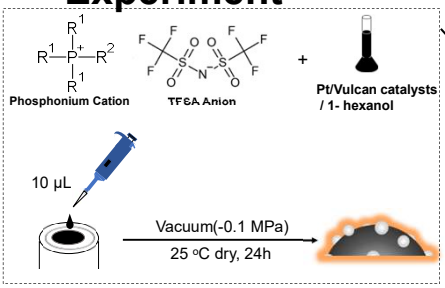


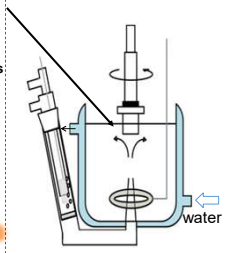
カチオンサイズが大きくなるにつれ酸素溶解度は大きくなり疎水性は増加する。

非プロトン性ILs
+
HTFSA
強酸を混合することでORR活性が大幅に向上。

現状では疎水性領域とプロトン伝導性が大きく起因している。

Experiment



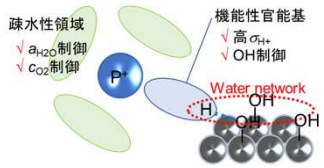


・Temperature : 25 °C
・Electrolyte : 0.1 M $HClO_4$
・Counter electrode : Pt wire
・Reference electrode : RHE
・Geometric area : 0.283 cm^2
・Pt : 14.1 μg/cm^2

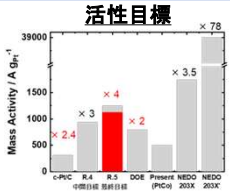
Cyclic Voltammetry(CV)
・Ar atmosphere
・Potential range : 0.05 V - 1.2V
・Sweep rate : 50 mV/s

Linear sweep voltammetry (LSV)
・O_2 saturated
・Rotating rate 1600 rpm

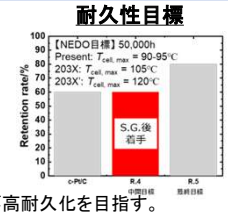
Objective



活性目標



耐久性目標



①～③の機能を持つ官能基をホスホニウムに導入し、触媒活性向上および高耐久化を目指す。

Result

KOSENのオリジナルコア技術

Nを官能基に持つ燃料電池用ホスホニウムを開発！！

ホスホニウムイオン液体（塩）
$PXXXY^+$ X = Me, Et, Bu, Oct, Ph et.（疎水性制御）
Y = 含N有機分子（プロトン伝導性）
XとYの選択で多様なバリエーション

課題①:ORR活性向上
①表面酸素濃度UP
②疎水性UP
③プロトン伝導性UP
⇔ORR活性UP

疎水性アニオン TFSA⁻ 構造最適化
MA_{MAX} 2.4倍@0.9 V (2.7 倍@ 0.85 V)

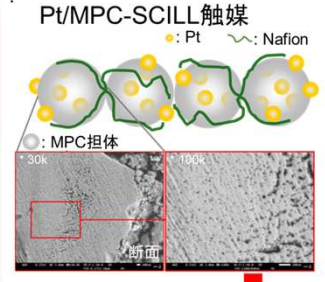
ポリマー化
アニオン型ホスホニウムイオン液体ポリマー

④アンカー機能
⇔ウォッシュアウト耐性UP
⑤①-③の補完

課題②：耐久性向上

疎水性制御 アニオン部位 カチオン誘導体

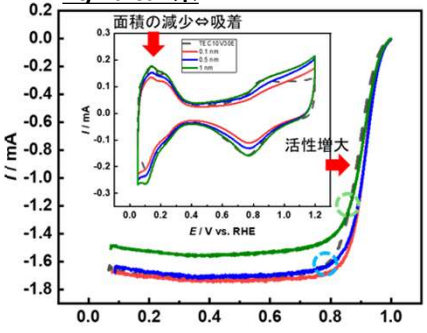
Pt/MPC-SCILL触媒



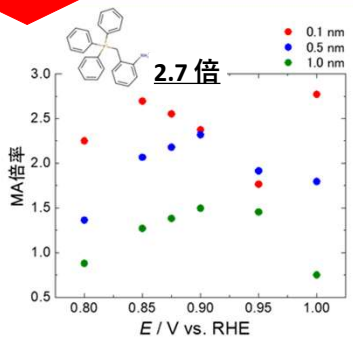
メソ孔内へイオン液体あるいはポリアニオン型ホスホニウムイオン液体で修飾層を形成
IW: イオン液体ポリマー
メソ孔内

Pt/MPC系に適用
→ヘテロカチオン型イオン塩
→イオン液体型ポリマー

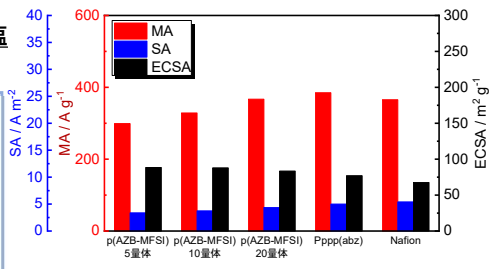
Pt/Vulcan系



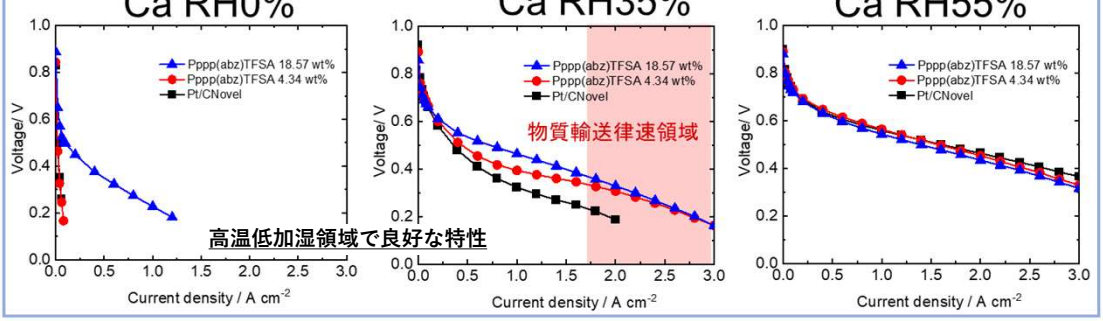
ヘテロカチオンの設計



RDEハーフセル評価



単セル評価結果【Pppp(abz)TFSA 120℃運転】



高温低加湿領域で良好な特性

ADT@60℃ (20量体)

	ECSA(des)	ECSA(ads)	MA	SA
ADT前	85.2	87.8	375.6	4.28
ADT後	37.1	49.6	354.7	7.15
維持率	43.5 %	56.5 %	94.4 %	-

連絡先：奈良工業高等専門学校 物質化学工学科 准教授 山田裕久
E-MAIL: yamada@nara.kosen-ac.jp