

事業の目的・目標

PEM水電解アノードの「触媒層」と「多孔質拡散層 (PTL)」の機能を統合し、Ir使用量の低減とPTLへのPtコーティングレスの両立可能とする新規電極構造 (IrOx-PTL電極) を創出する

最終目標

- ・Ir担持量: 0.1 mg cm^{-2} 以下, Pt担持量: 0.05 mg cm^{-2} 以下
- ・初期性能: 4 A cm^{-2} @ 1.8 V (80°C)
- ・耐久性: 劣化率0.1%以下 (連続1000時間, 4000サイクル起動停止)

中間目標

- ・Ir担持量: 0.1 mg cm^{-2} 以下, Pt担持量: 0.05 mg cm^{-2} 以下
- ・初期性能: 2 A cm^{-2} @ 1.8 V (80°C , Nafion 115)
- ・耐久性: 劣化率1.0%以下 (連続1000時間, 4000サイクル起動停止)

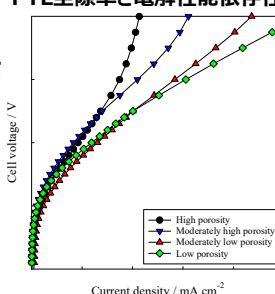
2025年の主な成果

① 拡散層構造の最適化

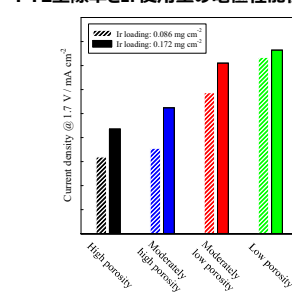
IrOx-PTL電極に適したPTL設計指針の明確化に向け、PTLの空隙率、表面粗さ、三次元細孔構造、およびPEM/PTL界面構造がセル性能に及ぼす影響を評価

- PTLの空隙率の低下に伴い、各種過電圧が低減
- 表面粗さおよび平均細孔径の低下により、毛細管効果により液水供給が促進→高電流密度における物質輸送過電圧の低下
- 均一なPEMとIrOx-PTLの界面接触によりPEM/IrOx-PTL間のプロトン輸送抵抗、オーミック抵抗の低減
- 触媒利用率の向上により、活性化過電圧が低減

PTL空隙率と電解性能依存性



PTL空隙率とIr使用量の電極性能依存性



② 触媒構造の最適化

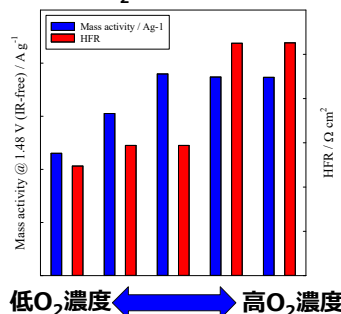
Ir成膜時の O_2/Ar 比率がPTL上のIr触媒の質量活性とセルの高周波抵抗 (HFR) に与える影響を評価

酸素比率の増加

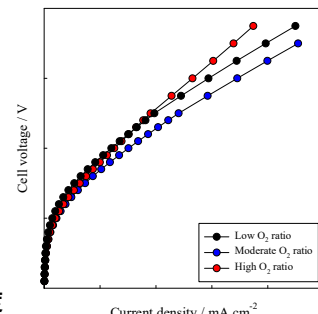
- 金属IrからOER活性の高いIrOxへの酸化が進行→触媒活性 (質量活性が向上)
- Irの酸化により、PTLコーティングとしての導電率が低下→HFR (オーミック抵抗) が増大

触媒活性の向上とPTLの電子伝導性の維持のバランスが重要
Ir成膜時の O_2/Ar 比率の最適化により、導電性とIr触媒活性の両立が必要

質量活性とHFRの成膜時 O_2 濃度依存性



成膜時 O_2 圧力のIV性能の依存性

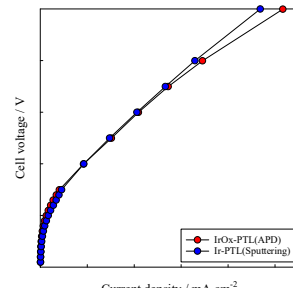


③ 成膜法によるIrOx-PTLの水電解特性への影響評価

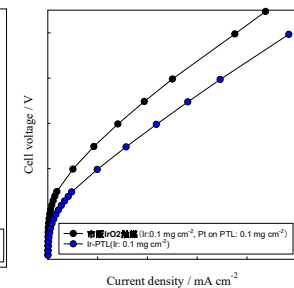
APD法とスパッタ法の2種の成膜法で作製したIrOx-PTLのIV特性を比較

- 低電流密度域で、スパッタ法で作製したIrOx-PTLにおいて、低い電解電圧三次元的な触媒形成を確認→反応表面積の向上により、活性化過電圧が低減
- 高電流密度域ではAPD法で作製したIrOx-PTLの電解電圧と逆転→主にオーミック抵抗に差。APD法では膜形状にIrが成膜→高い面内電子伝導率
- 従来型セルとの比較
市販触媒 (Ir目付量: 0.1 mg cm^{-2}) と比較し、PTLへのPt使用せず、高いIV特性を示した

成膜手法による電極性能依存性



市販触媒を用いた電解セルとの比較



課題と今後の取組

- IrOx-PTL電極のさらなる高性能化に向け、成膜条件の最適化によるIr触媒活性の向上とPTL導電性の改善が課題
- IrOxの酸化状態、膜厚、三次元ナノ構造を制御し、OER活性と電子伝導性を両立する電極構造の確立を目指す
- 起動停止耐久性および長期連続運転耐久性を評価し、実用条件下における性能安定性の検証も実施する

実用化・事業化の見通し

- Ir担持量 0.1 mg cm^{-2} 以下、かつ Ptコーティングフリーの条件において、同等Ir担持量の市販触媒を上回る電極性能を達成
- 低貴金属化と高性能化の両立を実証し、IrOx-PTL電極構造コンセプトの有効性を確認
- 今後、更なる高性能化、長期耐久性の検証と量産プロセスへの適用性評価を進め、実用化・事業化に向けた技術確立を目指す