

背景・コンセプト・これまでの成果

HDV*用PEFC**に向けた高活性・高耐久カソード触媒の創成を目指し、ソリューションプラズマ法（SP法、図2）によるカーボン・金属コアシェル触媒（図1）を研究開発中。既にPEFCのORR***活性と耐久性とを両立できることを確認済1-4).

*HDV: Heavy-duty Vehicle、**PEFC: 固体高分子形燃料電池、***ORR: 酸素還元反応

図1. コンセプト図

図2. SP法によるカーボン・金属コアシェル触媒の合成

目標

【カーボン・金属コアシェル触媒の研究開発】

1. ORR質量活性：1600A/g-Pt@0.9V以上で、電位サイクル(0.6－1.0V)試験方法での質量活性低下が20%となるサイクル数10,000回以上

2. ORR活性支配因子/耐久性発現機構の解明

3. 従来Pt系触媒に対する新規優位点の明確化

【2023年度成果（論文・特許）】

1. J. H. Park et al., Highly durable graphene-encapsulated Platinum-based electrocatalyst for oxygen reduction reactions synthesized by solution plasma process, *Journal of Power Sources*, **580**(2023), 233419

2. J. H. Park et al., Novel solution plasma synthesis of highly durable carbon shell encapsulated platinum-based cathode catalyst for polymer electrolyte membrane fuel cells, *Carbon*, **214**(2023), 118364

3. M. Huda et al., Single-walled carbon nanotubes supported Pt electrocatalyst as cathode catalyst of a single fuel cell with high durability against start-up/shut-down potential cycling, *ACS Applied Energy Materials*, **6**(2023) 12226-12236

4. H. N. Nam et al., First-principles studies of oxygen reduction reaction mechanisms on graphene and nitrogen-doped graphene-coated platinum electrocatalyst, *Physical Chemistry Chemical Physics*, **26**(2024) 10711-10722

5. 出願番号：2024-025901、触媒、触媒の製造方法、及び燃料電池

顕著な成果

1. SP法カーボンシェル・Pt合金触媒の構造

SP法によるケッチェンブラック（KB）担持PtFe合金コアシェル触媒（PtFe@C/KB）の電子顕微鏡観察によりコアシェル構造/合金化(Pt:Fe=3:1)を確認（図3） SP法により高結晶性のグラフェンシェル形成→耐久性向上要因と推定。

図3. カーボン担体に担持したカーボン・PtFe合金コアシェル触媒（PtFe@C/KB）の電子顕微鏡像（FC-Cubic殿 評価解析PFデータ）

図4. 耐被毒性：市販Pt/CおよびPt@C/KBの硫酸(a),(b)およびリン酸添加(d),(e)によるLSV曲線の変化ならびに(c),(f)半波電位の変化

2. 電気化学特性およびORR活性

回転電極法により電気化学特性、ORR活性を評価（表1）、高比表面積担体利用および合金化により、活性向上、PtFe@C/KBは市販Pt/C(TEC10E50E)の2.5倍の質量活性発現。

表1 担体の違いによるPt及びPtFeコアシェル触媒および市販Pt/Cの特性

サンプル名	担体種	コア平均粒径 (nm)	電気化学表面積 (m ² /g-Pt)	質量活性 (A/g-Pt)	比活性 (μA/cm ² -Pt)
Pt/C (TEC10E50E)	KB	2.4	81.3	303	374
Pt@C/Vulcan	Vulcan	4.2	34.5	230	665
PtFe@C/Vulcan	Vulcan	6.1	41.2	730	1772
Pt@C/KB	KB	2.4	55.8	464	1294
PtFe@C/KB	KB	4.2	52.9	865	1633

図5. H₂O₂生成抑制：市販Pt/CおよびPt@C/KBの硫酸(a),(b)およびリン酸添加(d),(e)によるH₂O₂生成比率の変化、(c),(f)H₂O₂生成比率の添加量依存性

課題

✓ 触媒：さらなる高活性化・高耐久化の実現

実用化・事業化の見通し

✓ 課題：高品質の量産プロセスの確立