

学位論文内容の要旨

固体高分子形燃料電池を動力源とした燃料電池自動車はエネルギー効率が高く、排出されるのは水だけであるため究極の環境対応車といわれている。普及には燃料電池の耐久性向上とコスト低減が必須である。MEA の耐久性には、運転に伴う電位変動が大きいカソードの Pt 触媒の溶出・粗大化、Pt 触媒を担持するカーボン担体の酸化、および PEM の分解という 3 つの主要な課題がある。これらを評価するための 3 つの異なるプロトコルが提案されている。本研究では再現性の高い単セルと MEA を作製して耐久性評価試験を実施し、結果から適切な評価手法・プロトコルを見出した。一方、カソードに比べて過電圧が小さいアノードの Pt 量はコスト低減のために今後一層低減されるので、水素中の不純物による性能低下が顕著になる可能性がある。本研究ではアノードの Pt 量を低減した際に水素中の代表的な不純物が発電性能に及ぼす影響についても評価した。プロトコル間での性能低下や劣化状態を比較するために途中診断や終了判定基準を予め設定して検証を進め、試験条件の違いによる僅かな性能低下の差を明確にした。カーボン担体の酸化にはカソード電位が、Pt の劣化には Pt 酸化物の形成と還元が生じる 0.6V 以上での電位走査の繰り返しが、PEM の化学劣化には、差圧による機械劣化を抑えた状態での酸素分圧の影響が大きいこと明確にし、効率的な耐久性評価手法・プロトコルを見出した。水素中の不純物による性能低下については以下を明らかにした。CO は Pt 表面で吸着平衡状態となるため、アノードの Pt 量を低減すると CO 濃度が同じでも電圧低下が顕著になる。H₂S は Pt への強い吸着が進行するため、Pt 量を低減すると同一電圧低下量に至るまでの H₂S 供給量が減少し、燃料電池の使用可能期間が短くなる。NH₃ による性能低下とアノードの Pt 量とに相関はみられず、カソードの Pt 量と相関があることを明らかにした。Pt 量の低減の影響は不純物の種類によって異なることを初めて明らかにした。材料開発を効率的に行うためには、開発材料の性能や耐久性を効率良く評価するための信頼性と再現性に優れた客観的な試験方法と結果が必要である。本研究で得られた評価手法で材料を横並びで評価して結果を比較することで、さらなる材料の改良にも反映できるようになり、燃料電池自動車の開発の進展と普及に貢献できるものと考えた。

論文審査結果の要旨

固体高分子形燃料電池（以下PEFC）を動力源とした燃料電池自動車（以下FCV）はエネルギー効率が高く、排出されるのは水だけであるため将来の社会受容性が最も高い自動車として期待されている。その普及のためにはPEFCの耐久性向上とコスト低減が必須であるが、PEFCの主要部を構成する膜／電極接合体（以下MEA）の耐久性には、3つの主要な課題がある。すなわち、

- ① 運転に伴う電位変動が大きいカソードのPt（白金）触媒の溶出・粗大化
- ② Pt触媒を担持するカーボン担体の酸化
- ③ 高分子電解質膜（PEM）の分解

である。これらを評価するため、日米の機関から3つの異なるプロトコルが提案されている。

本研究では先ず、再現性の高い単セルとMEAを標準化した上で、上記目的別の耐久性評価試験を実施した。その結果からそれぞれの目的別耐久をできるだけ純粋に、かつ効率的に評価できる手法・プロトコルを見出し、提案した。一方、燃料となる水素中の不純物（CO、H₂SおよびNH₃）による性能低下（触媒被毒）についても、その微視的要因との定量的な関係を明らかにした。

以上を要するに、申請者はPEFCのMEAにおいて、その性能を劣化させる電気化学的要因を包括的に明らかにし、燃料電池技術の工学的発展に寄与するとともに、適切かつ効率的評価手法を提案することで、先進材料の開発の加速化を促し、工学の発展ばかりでなくFCV開発の進展とFCV普及にも著しく貢献するものである。よって申請者は北見工業大学博士（工学）の学位を授与される資格があるものと認められる。