

論文内容の要旨

博士論文題目

Studies on Reactant Starvation in Proton Exchange Membrane Fuel Cells
(固体高分子形燃料電池における反応ガス供給不足に関する研究)

氏 名 谷口 晃

(論文内容の要旨)

固体高分子型燃料電池 (PEFC : Polymer Electrolyte Fuel Cell) は実用化に向けて研究開発が活発に行われている。長期連続運転の耐久性確保に向けて、劣化現象の解明が急務である。本研究では作動条件が燃料電池の特性劣化に及ぼす影響について、特に反応ガスが不足した状態での劣化現象、性能低下とその要因を調べるとともに劣化抑制技術について検討した。

燃料供給量の不足が電極触媒層に及ぼす劣化現象について詳細に調べた。単セルに外部から強制的に電流を通電し、反応ガス不足の状態を模擬した劣化試験を行った。劣化時間が長くなるとともに脱ルテニウム化が進み、耐一酸化炭素 (CO) 被毒機構が阻害されることがわかった。参照極の設置法を工夫して単極電位を測定した結果、アノード側は高電位に置かれるためルテニウムが溶出し、白金が溶解再析出すると考えられた。カソード側でも電気化学的活性表面積の低下が見られた。これらより燃料ガス供給量の不足は極めて顕著にセル特性に影響することがわかった。逆に空気供給量が不足する場合は、劣化試験後の顕著なセル電圧の低下はなく、電極触媒の劣化等不可逆的な変化は少ないことがわかった。しかし、利用率を下げるほどセルの出力は向上した。このことから、空気側では電極触媒の劣化は少ないものの、性能向上のためには十分な空気を供給する必要がある。

生成水の円滑な排出と均一な反応ガス供給を促進するため、ガス流路 (セパレータ) や集電材料 (カーボンペーパー) の撥水化を試みた。撥水化の方法として、低温プラズマプロセスの適用を試みた。セパレータ材料のサンドブラスト処理による表面粗化と低温プラズマ重合処理を組み合わせた場合、撥水性が大きく高まった。生成水の凝縮がおこりやすい高電流密度領域において効果的である。

本研究では、PEFCにおける反応ガス供給不足による性能劣化現象を明らかにするとともに、円滑なガス供給を促進する撥水化処理方法を見出した。本研究結果から、特に燃料極のガス不足運転は瞬間的であっても深刻な不可逆劣化につながり、このような状況を避けなければならないことがわかった。また、ガス不足を起こさないためには十分な供給を行うことが望ましいが、流量の少ないほうが効率は高い。本研究で試みた水を滞留させないための撥水化処理技術は今後燃料電池の長寿命化を達成し、実用化・普及を実現する上で重要になると考えられる。

(論文審査結果の要旨)

博士論文題目

Studies on Reactant Starvation in Proton Exchange Membrane Fuel Cells
(固体高分子形燃料電池における反応ガス供給不足に関する研究)

固体高分子型燃料電池 (PEFC : Polymer Electrolyte Fuel Cell) の実用化に向けて研究開発が活発に行われている。本論文では、長期連続運転の耐久性確保に向けて、劣化現象の解明を目指した。特に反応ガスが不足した状態での電極劣化機構とその要因を調べるとともに劣化抑制技術について検討している。

単セルに外部から強制的に電流を通電し、反応ガス不足の状態を模擬した劣化試験を行った。劣化時間が長くなるとともに脱ルテニウム化が進み、耐一酸化炭素 (CO) 被毒機構が阻害されることを初めて明らかにした。参照極の設置法を独自に工夫し、単極電位を測定した結果、アノード側は高電位に置かれるためルテニウムが溶出し、白金が溶解再析出すると考えられた。カソード側でも電気化学的活性表面積の低下が見られた。これらより燃料ガス供給量の不足は極めて顕著にセル特性に影響することが判明した。逆に空気供給量が不足する場合は、劣化試験後の顕著なセル電圧の低下はなく、電極触媒の劣化等不可逆的な変化は少ないが、利用率を下げるほどセルの出力は向上した。空気側では電極触媒の劣化は少ないものの、性能向上のためには十分な空気を供給する必要がある。

生成水の円滑な排出と均一な反応ガス供給を促進するため、低温プラズマプロセスの適用によるガス流路 (セパレータ) や集電材料 (カーボンペーパー) の撥水化を試みた。サンドブラスト処理との組み合わせにより撥水性を大きく高めた。

本論文では、PEFCにおける反応ガス供給不足による性能劣化現象を明らかにするとともに、円滑なガス供給を促進する撥水化処理方法を見出している。本研究成果は、特に燃料極のガス不足運転は瞬間的であっても深刻な不可逆劣化につながり、このような状況を避けなければならないことをはじめて明らかにした。また、本研究で試みた水を滞留させないための撥水化処理技術は今後燃料電池の長寿命化を達成し、実用化・普及を実現する上で重要になると考えられる。

以上の論文内容を慎重に審査した結果、本論文は独自の解析結果を述べると同時に劣化抑制技術を提案しその有用性を始めて明示した独創的内容を有し、博士 (工学) 論文として認定できると全審査委員一致で判断した。