

ディビジョン番号	12
ディビジョン名	触媒化学

大項目	4. 資源エネルギー
中項目	4-4. 電池
小項目	4-4-1. 反応速度論

概要（200字以内）

白金触媒使用量の低減は、固体高分子形燃料電池の普及のために必須である。電池中の酸素還元活性は、白金をナノサイズまで微粒子化すると著しく低下すると報告されていた。しかしながら、チャンネルフロー法を用いた精密測定により、粒子サイズ依存性のないことが明らかになった（図1）。今後は、合金を含む種々の燃料電池触媒に対し精密なキャラクタリゼーションと活性評価が行われ、将来には反応論に基づいた触媒設計が行われることになると予測される。

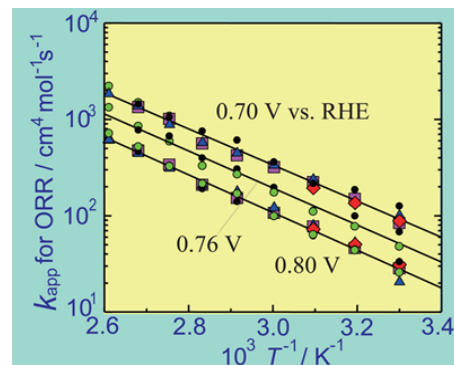


図1 白金のバルクおよびナノ粒子触媒を用いた酸素還元反応のアレニウスプロット。

現状と最前線

固体高分子形燃料電池（PEFC）は、水素と酸素中の空気から電流を取り出し水を排出するというクリーンかつ高効率なエネルギーデバイスであり、世界中で活発に研究が行われている。このPEFCのアノード、カソード共に白金触媒が使用されており、この使用量の低減が、燃料電池普及のために必須である。そのために、触媒は、通常ナノサイズに微粒子化した白金をカーボンに担持したものが用いられている。図2に、カーボン担体上に担持された粒子径1.6, 2.6, 4.8 nmの白金微粒子の透過電子顕微鏡像および白金板の写真を示す。以前は、「白金をナノサイズに微粒子化すると、酸素還元反応活性は著しく低下してしまう」と報告されていた。しかし、図2に示した、大きさの違う白金触媒上でのチャンネルフローセルを用いた精密な電気化学測定により、単位表面積当たりの酸素還元反応活性は、粒子サイズに依存しないことが明らかになった。（図1、

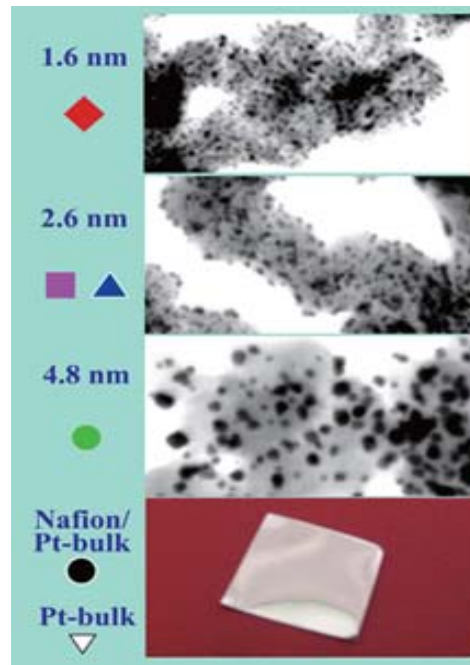


図2 用いられたカーボン担持白金ナノ粒子透過電子顕微鏡写真および白金板の光学写真。

この研究は、燃料電池用触媒の分野において、活性を単位表面積あたり（あるいは活性点あたり）で正確に評価することの重要性を表す結果である。燃料電池研究は近年急速に発展してきているが、応用への展開を急ぐために上記の「金属単位表面積あたりの触媒活性」といった基本的な評価法がなおざりにされていた。極端に言うと、今まではそれぞれの機関が自分たちのやり方で自分たちの燃料電池の性能向上に取り組んでいたのであるが、このやり方では、「人・時間・金」資源が有効に利用できないという反省が現れてきている。現在は、触媒微粒子の形態・化学組成・化学状態などの徹底的なキャラクタリゼーションと精密な反応活性の評価により、「どの触媒が本当に良いのか」を洗いなおす重要な時期にあると思われる。燃料電池の触媒作用を基本に立ち上って考えることの必要性が、産学で広く理解されるようになってきている。

燃料電池触媒の活性や対被毒性、対劣化性を向上しようとする場合、白金に第2・第3成分を添加する場合は普通であり、普及する燃料電池にはこのような合金触媒が用いられると考えられる。さらに担体についても、炭素系以外に金属酸化物等も検討されている。このような複雑な系においても、表面の反応活性点の構造を明らかにし、反応をターンオーバー頻度で議論することが必要であることはいうまでもない。さらに、燃料電池セル内においては、水素・酸素に加えて電解質、水 (H_2O , H^+ , OH^-)、過酸化水素、二酸化炭素などが存在し、触媒はそれらすべての影響を受ける。さらに、発生する熱などの影響も含めて、反応機構を原子・分子で理解し、それを燃料電池触媒の活性・対被毒性・対劣化性の向上に結び付けようという機運が高まってきている。

燃料電池の普及には、性能の一段の向上が必要である。性能向上を着実に進めるためには、以上のような基礎に立ち戻った触媒研究が求められ、進められるようになっている。これが、燃料電池触媒研究の現状であり最前線であるといえよう。

将来予測と方向性

・ 5年後までに解決・実現が望まれる課題

スタンダードな触媒のキャラクタリゼーションおよび反応活性評価法の世界規模での確立。反応速度と物理化学的情報に基づいた活性点モデルと反応機構の提出。

・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題

構造および電子論に基づいた反応機構の解明。それらの情報に基づいた燃料電池触媒設計、MEA 設計およびセル設計の体系化と触媒資源の飛躍的節減（元素戦略）。

キーワード

燃料電池、白金微粒子触媒、ターンオーバー頻度、反応機構、触媒設計、元素戦略

(執筆者：渡辺 政廣)