

総論：これからの燃料電池の在り方

太田健一郎

横浜国立大学大学院 工学研究院

240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5

燃料電池は環境に優しいエネルギー変換装置である。これからのクリーンエネルギー技術の中核として我が国だけでなく、欧米を始め世界中で開発競争にしのぎが削られている。

この燃料電池は、現在のところ、定置型発電用（分散型発電）、移動体用（自動車用）、小型携帯用の3分野に分かれて開発されており、それぞれの分野で特徴のある電源として開発が進められている。20年ほど前は100万kWの燃料電池発電所構想もあり、大型集中型発電システムの一部を担う計画もあったが、現在では、小型分散型発電システムとして開発され、電熱供給型である、いわゆるコージェネレーションシステムが有望視され、エネルギー利用効率の向上が開発の目的となっている。

燃料電池は用いる電解質により、アルカリ形燃料電池（AFC）、リン酸形燃料電池（PAFC）、固体高分子形燃料電池（PEFC）、熔融炭酸塩形燃料電池（MCFC）、固体酸化物形燃料電池（SOFC）に分類されている。燃料電池はこれら電解質の特質を生かす運転を行なうため、作動温度は常温から1000℃に至るまで、広範囲な温度をとる。燃料電池発電は、電池本体に燃料と酸化剤を導入することにより電池本体で起こる電気化学反応を利用して発電を行なう、いわゆる電気化学システムである。燃料は原理的には全ての還元剤、炭素を含む全ての炭化水素燃料を用いることが出来るが、多くの場合、水素が高い反応性を示すために一般に使用されている。ヒドラジン、メタノール、エーテル等が運搬・貯蔵の簡易性から直接燃料として用いられることがあるが、これらの燃料は水素より出力特性が劣ることが知られている。また、酸化剤は、一般に、空気（酸素）を用いている。

これらの燃料電池の中で水素燃料を用いて発電するPEFCは定置用、あるいは自動車用に、メタノール燃料を用いるPEFCは小型携帯用電源として精力的な開発が進められてきており、近年の成果から判断すれば、実

用化がある程度見込めるようになってきている。

PEFCは常温起動が可能であり、他の燃料電池に比較して圧倒的にコンパクトで軽量の電池に仕上げる事ができ、実用化に向け大きなインパクトを持っている。しかし、この燃料電池に関しても、当面の実用化に向けての課題は解決しつつあるとは言え、エネルギー変換において他のシステムよりメジャーな位置を確保するにはいくつかの問題点を抱えている。

燃料電池の特徴の一つとして環境に優しい点があげられる。ここでは理論的にエネルギー変換効率が高く、その分、二酸化炭素の排出を含め、環境に優しいシステムである。燃料電池の理論効率は低温の方が高く、室温付近の水素酸素燃料電池の理論効率は約83%（HHV基準）であり、この温度での内燃機関の効率がほぼ0%であることを考えると理論的には圧倒的な差である。しかしながら、現状の技術ではこの効率は40～50%程度にとどまり、高い理論効率が十分に生かされているわけではない。理論効率との隔たりは大きく、技術の進歩により更なる効率向上が可能となる。

理論効率と反応速度の問題を考えると水素酸素燃料電池では500℃から600℃の燃料電池が最適であると予想されている。これは、最も高いエネルギー変換効率が期待できるからである。この温度領域では、電極触媒に白金を使用することなく発電できるという特徴も持っている。これに近いものがMCFCである。愛知EXPOにおける我が国固有の技術で製造したプラントの運転結果や、最近の欧米での運転実績がこれを証明しつつある。現在では欧米並びに韓国で積極的な開発が進められている。我が国では、熔融炭酸塩という取り扱いの難しい電解質を用いることへのためらいが感じられているために開発に積極的ではないが、この電解質は高温で二酸化炭素を選択分離できる唯一の膜であることも併せて、もっと注目して良い燃料電池である。

PEFCの大量普及の妨げとなっていることはコストと耐久性である。コストに関しては、白金、炭素、フッ

素樹脂といった高価な材料を使用しているが、燃料電池が大量に普及することにより、環境が改善されるというメリットを考慮すべきであろう。今後の大量普及で問題となるのは電池を構成する材料の資源量となろう。特に白金、フッ素は限られた資源量しか存在しない。

耐久性に関しては、当面の目標は達成されつつあるが、更なる向上、長寿命化に向けて、改質触媒、燃料電池電極触媒、電解質膜、炭素材料の見直しは必要である。特に、白金触媒と炭素材料の劣化は電池性能に直接影響するため、この新規材料の開発は積極的に推し進めるべきである。

水素を燃料としたとき、燃料電池はその特徴を最も発揮できる。ところが現状ではこの特徴を最大限に発揮しているとは言えない。PEFCに関して言えば、白金担持炭素電極、フッ素系イオン交換膜、炭素材料を組合せた電池開発を半世紀以上に亘り行ってきた。しかし、白金と炭素に依存しているうちは、これらの材料が高電位で不安定であるため、高い単セル電圧、すなわち格段のエネルギー効率の向上は期待できない。この問題を解決するには、新たなコンセプトによる新材料の開発に期待したいところである。

1894年ドイツの有名な化学者 Wilhelm Ostwald は、カルノー効率に規制される内燃機関の将来性は無く、環境に優しい燃料電池こそ理想のエネルギー変換システムであるとした。¹⁾まさにその通りである。近年では、彼の原理的な発見によるところの Ostwald Ripening が、白金電極の劣化と深く結びついているのも何かの因縁を感じるものであるが、白金電極の劣化を技術的に解決できれば、Ostwald の予言通りに、真に環境に優しい燃料電池技術が完成できる。この技術が完成することを期待したい。

引用文献

- 1) Wilhelm Ostwald, J.Electric Chemistry, Vol.1, p.122 (1894)