

新エネルギー技術—10年の展望と企業戦略の要点

東京工業大学 資源化学研究所 教授 山口猛央氏

技術はそれだけでは役に立たない。システムとして立ち上げねばならない。今回のテーマの新エネルギー技術もエネルギー産業だけでなく、事業戦略化していかなければならない。

なぜ新エネルギーが必要になってきたのか。その背景には化石燃料を使うことによる地球温暖化、その原料となる石油の埋蔵量がそろそろ危なくなってきたこと、人口が1950年ころから急上昇し、そもそも今のエネルギー供給量では成り立たなくなるであろうこと、二酸化炭素濃度が1960年ころより急上昇していることなど、人類の生存が危ぶまれるような状況になりつつあることなどから、クリーンで効率的で、地上に無尽蔵にある原材料を使い、かつ低コストである新しいエネルギー技術が求められるようになってきたのである。

上に述べた諸問題に加え、先進国では高齢化社会、多世帯化、在宅医療の増加等がある。世界規模で言うとエネルギー、水、食料の不足と衣・家・嗜好品の不足がある。この中で最も問題化するのはエネルギー・水・食料の不足と在宅医療の増加である。

これらの解決手段として、化学+システム思考⇒機能材料設計⇒未来の生態医療材料および燃料電池へと新産業を創出していかなければならない。例えば、目的を高性能電池に置くと、ナノ構造制御と最適化とシステム化のトライアングルとなる。

水に関しては既に日本は世界をリードする膜分離技術(逆浸透膜法)を持っており、海水から飲み水の製造が実用化されている。沖縄で40,000 m³/日、福岡で50,000 m³/日の製造が行われている。この世界に誇る日本の薄膜技術が燃料電池の開発に大きく寄与している。

現状の問題を調べてみると、エネルギーから仕事への変換効率は発電所で平均40%、自動車が平均15%で、残りは熱として捨てている。しかも現状の発電所は原子力発電の場合、廃棄物の地下貯蔵の問題、火力または石炭発電所の場合は二酸化炭素の地下貯蔵の問題があり、これが近い将来に人類の負の遺産にならないか。こんな無責任なことを我々はやり続けて良いのかという問題がある。電力需要は増えることはあっても減ることはない。しかも電力需要は昼間ピークに達し夜間は需要が減るが、設備は昼のピーク時に合わせて持っていなければならない。

地上には昼と夜があるのだから、昼間は太陽光発電を使い、夜は燃料電池を使うという住み分けが出来そうなものだが、燃料電池で発電した余った電力は電力会社が買い取ってくれない。日本の古い慣習で地域にエネルギー供給会社は1社で充分となっているからである。

学校で水の電気分解を教わったと思う。水に1.2V以上の電圧を加えると、水が水素と酸素に分解されるという実験をしたことがあると思う。燃料電池はこの逆で、水素と酸素を化学反応させると電気が生じるもので、燃料電池という呼び方よりも発電装置と名づけたほうがふさわしいものである。

現在、ガス会社が販売している一般家庭向けの燃料電池は、ガスから水素を抽出し、空気中の酸素と反応させて発電するものである。

つまり
$$\text{H}_2 + 1/2 \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{電気}$$
 と云う反応式で表せる。

我々のグループは、直接メタノール形燃料電池（DMFC）の電極間の仕切り膜として、新しい炭化水素系高分子膜の開発に成功した。DMFCの稼働時間を短くする原因として、燃料のメタノールが膜を透過してしまい効率が落ちる「クロスオーバー」という問題がある。新開発の細孔フィリング膜ではメタノールの透過度を300分の1に抑え、結果として稼働時間を5倍から10倍

以上伸ばせる。2007 年 2 月発行の米 Applied Materials 誌(Advanced Materials, 19(4), 592-596 (2007))で発表した技術が基礎になっている。

DMFC 向けに求められる膜の性質として、燃料になるメタノールが負極から陽極（空気極）側に移動しないように制限する一方で、水素イオン(プロトン)が移動できるようにするために極間に水を存在させる必要がある。ところがこれまで開発された膜では、含まれる水分にメタノールが溶けて移動する透過現象（クロスオーバー）が避けられず、半分以上が無駄になってしまっていた。

我々が開発した膜は、ポリイミド製の基材を使った 10~100 μm 程度の厚さの膜に 100nm の細孔を空け、電解質ポリマーを充填するものである。

新しい膜では細孔内部にさらに高次構造を形成させることにより、束縛水の状態で水分を保持できる。その結果として、メタノールの透過をほぼ完全に抑えながらプロトンの透過を許すチャネルを多数確保するという理想的な状態を作ることができた。細孔内にある束縛水でプロトンが輸送されるという現象を予測し確認したこと自体が世界初である。

我々は、エネルギー変換効率の高い地球温暖化対策のための燃料電池技術開発を目指しており「携帯電話で使える燃料電池」の開発はその第一歩である。燃料電池技術の中で、最初に普及するのは燃料の貯蔵用高压タンクや改質装置などが不要であり小型となる DMFC 燃料電池が特に有望と考えている。家庭用や自動車用としても、燃料電池は熱力学的には 98.5 パーセントの効率（生成する水の潜熱回収分も含む）を達成できるといわれながら、まだ 40 パーセント程度の効率しか出せていない。ガソリン・エンジンなどに比べればかなり高いが今の倍の 80 パーセントまで効率を上げれば劇的に普及する。

本にしてディスカッションを始めたところである。