

## 古くて新しい燃料電池発電システム

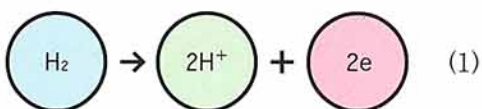
三重大学 工学部 山本 治

Osamu Yamamoto  
Department of Chemistry, Mie University

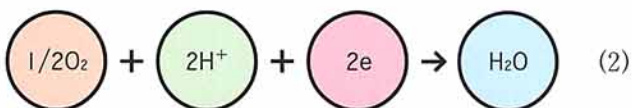
化石燃料の有効利用および環境汚染防止という観点から熱効率の高い無公害発電方式の開発が切望されている。その一つとして最も期待されているのが燃料電池発電システムである。燃料電池は燃料の化学エネルギーを直接電気エネルギーに変換するので、熱機関と異なりカルノーサイクルの熱効率に支配されず理論的には高いエネルギー効率が期待できる。以下に、燃料電池の原理、開発の状況、その将来展望について概説する。

## 原理

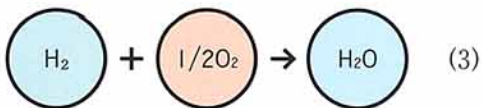
燃料電池は1839年イギリスのグローブ卿によって発明されたと言われている。グローブ卿は水を電解する電源として燃料電池を考案したもので、彼が用いた電池を図に示した。白金箔を電極とし水素のつまった管と酸素のつまった管とが希硫酸の液に浸されている。水素側の電極（陰極）では水素が電子を放出し水素イオンとなる、



水素イオンは希硫酸中を酸素側の電極（陽極）に移動し酸素と電子と反応し水を生成する、



このとき、陰極で生成した電子は電解液中を移動できないので外部回路の導線を通して陽極側に達する。即ち電気が得られたことになる。(1)と(2)の反応を足すと



となり、結局は水素と酸素とから水が生成する反応で直接電気が得られることとなる。通常の火力発電の方式では反応(3)の反応熱を利用し水蒸気を発生させ、そのエネルギーで発電機を回転させ電気を得ている。熱エネルギーを機械的エネルギーに変換するさいにはよく知られているようにカルノー効率に支配され理論的に100%電気エネルギーに変換することはできなく、そ

の変換効率は45%が限度といわれている。

燃料電池では反応熱 ( $\Delta H$ ) 全部が発電に利用できなく自由エンタルピー変化 ( $\Delta G$ ) 分だけが利用できる。 $\Delta H$ と $\Delta G$ との関係は次式で表される、

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

ここで、 $\Delta S$ は反応(3)のエントロピー変化で、 $T$ は絶対温度。常温では $\Delta G$ と $\Delta H$ との比は0.83となり反応熱の83%が電気エネルギーに変換できることとなる。従って、原理的には燃料電池はエネルギー効率上極めて有望な発電システムといえる。

## 燃料電池開発の現状

燃料電池実用化の最初は1965年に打ち上げられた有人宇宙船の電源としてである。燃料電池が用いられた理由は重量が軽い、回転部分がない、発電で生成する水が飲料水となる点にある。日本においては、民生用として1960年代後半から1970年初頭にわたって各方面で研究開発が行われた。しかし、実用化までにはいたらずほとんどの企業、研究機関が開発研究をいったんは中止した。その後、1970年代になり石油危機の到来により化石燃料の有効利用が叫ばれて以来、高効率発電システムとしての燃料電池が再び注目されるようになった。とくに、アメリカ、日本では1980年代から本格的な研究開発に取り組んでいる。燃料電池は用いる電解質により表に示すような4種類のシステムがある。開発が進むにつれ発電効率は期待された程高くなり、たかだか50%程度であることが解ってきた。その

最大の理由は出力密度を上げるのに伴い電極での抵抗が高くなるためである。火力発電と異なり燃料電池は数キロW級でも大型発電所なみの発電効率を得られるので、現在は分散発電設備とし熱も同時に利用できるコジネレーションシステムとして特に注目されている。固体高分子電解質型は作動温度が80℃と低いので宇宙用および移動体用電源としての用途が考えられている。実用化に最も近いのはリン酸型であるが、電池の排熱を利用する点では高温で作動する溶融炭酸塩型および固体酸化物型が有利である。しかし、これらはいずれもその開発に時間を要するので、次世代型燃料電池と言われ21世紀初頭までその実用化が待たれる。

### 燃料電池の実用化に向けて

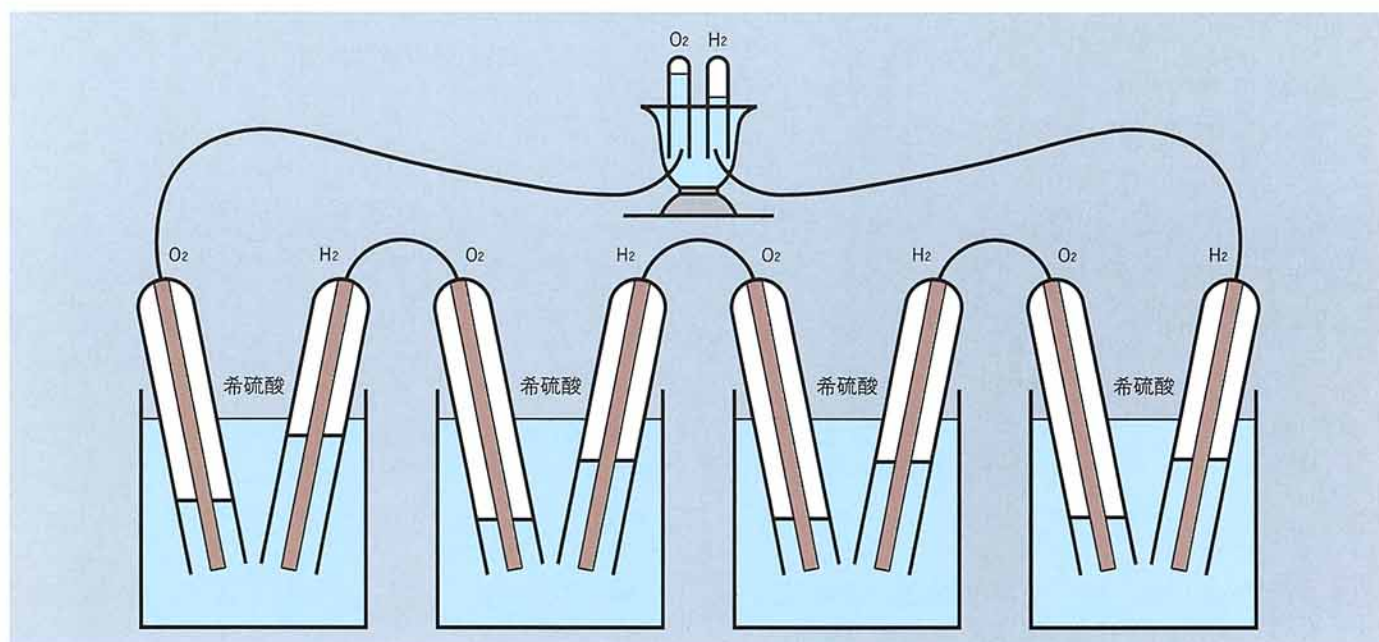
燃料電池の原理が提案されてからすでに150年、本格的な開発研究が始まってすでに15年が経過したが、いまだ実用化にはいたっていない。その最大の理由は電池の寿命およびそのコストにある。コスト面のみでは現存の発電方式との競合となり優位に立つのは極めて困難であろう。しかし、高いエネルギー効率(低いCO<sub>2</sub>排出量)および極めて少ないNO<sub>x</sub>排出量等を勘案する



と、環境保全上も開発すべき発電システムである。日本では2000年に20万kW、2010年に220万kWの燃料電池の導入が予定されているが、1994年迄にトータルで約4万kWの電池が運転されたにすぎなく、今後の開発努力が待たれる。とくに、電池コスト低減には必ずしも量産効果のみには達成できないともいわれ、なんらかのブレイクスルーが必要であろう。

第1表 各種燃料電池の特性と現状

燃料電池	電解質	作動温度(°C)	期待される効率(%)	排熱温度(°C)	開発段階(kW)
固体高分子電解質型	ナフィオン膜	80	40		10-55
リン酸型	濃厚リン酸	200	35-42	80-120	1-11,000
溶融炭酸塩型	アルカリ炭酸塩	650	50-60	500-600	10-100
固体酸化物型	安定化ジルコニア	1,000	50-60	700-900	1-25



第1図 グローブ卿の水素・酸素燃料電池による水の電解装置  
(高橋武彦著書“燃料電池”共立出版より)