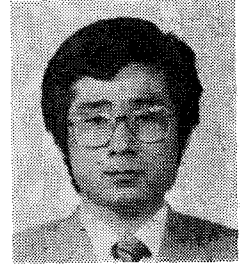


尖端技術 어디까지 왔나

燃料電' 開發의 現狀과 將來 (完)



金慶浩

〈産業研究院 責任研究員〉

◇ 目 次 ◇

- I. 序 論
- II. 燃料電池의 原理와 構造
- III. 燃料電池의 種類
- IV. 燃料電池 發電시스템
- V. 燃料電池의 特性
- VI. 燃料電池의 開發現況
- VII. 금후의 課題와 展望
- VIII. 結 論

〈고딕은 이번號, 명조는 지난號〉

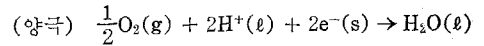
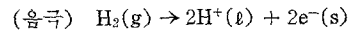
〈前號에서 계속〉

(3) 酸性電解質型 燃料電池

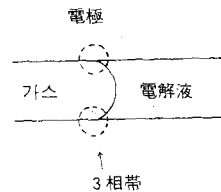
알칼리 전해질을 사용하는 전지에서는 천연가스 등을 改質해서 생성된 수소를 사용할 때 미터 일산화탄소·이산화탄소를 완전히 제거하지 않으면 안된다. 그러나 酸性電解液을 이용하는 연료전지는 탄산가스가 혼재된 수소를 연료로 사용할 수 있기 때문에 소위 化石燃料(천연가스·납사 등)을 改質하여 만든 수소분이 많은 혼합가스를 음극활물질로 이용할 수 있어 황산 및 인산용액을 전해질로 이용하는 연료전지가 연구되어 왔다. 현재는 거의 95% 이상의 濃厚磷酸溶液을 전해질로 하는 연료전지가 연구되고 있다(이를 제 1세대 연료전지라 함). 메탄을 또는 천연가스를 改質한 수소를 연료로 하는 1Kw 전후의 移動用電源으로부터 熱併給型의 100Kw급 集合住宅型, 온사이트發電燃料電池, 또 電力事業用 10MW급의 연료전지까지 각종 규모의 發電시스템이 개발중이다.

水素를 燃料로, 酸素를 酸化劑로, 酸을 電解液으로 이용하는 연료전지의 음극반응과 양극반응은 전술한

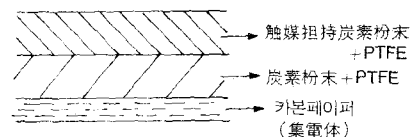
바와 같다.



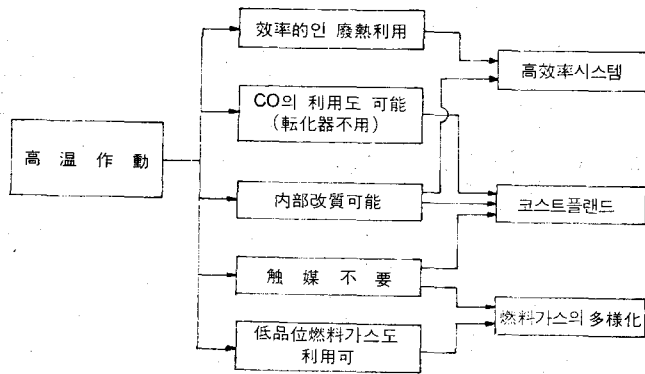
위 반응에서 보는 바와 같이 氣相(g)·液相(l)·固相(s)의 3상이 반응에 關여하기 때문에 反應은 氣一液一固의 3相界面에서 일어난다. 전지구조로서는 3相帶를 많이 갖는 것이 바람직하다. 따라서 電極은 毛細管을 많이 갖는 多孔性電極(가스擴散電極이라 부름)으로 하여, 가스擴散電極의 한 면엔 가스를, 다른 면엔 電解液을 접촉시키면(圖 6)과 같이 毛管現象으로 液은 어느 깊이까지 침투하다 증기하고 거기서 미니스커스(Meniscus)를 이룬다. 이 부분이 3相帶이며 여기서 電池反應이 進行한다. 가스확산전극은 集電網(금속·카본제)상에 탄소분말을 撥水劑를 겸할 PTFE 수지에 膜전으로 반죽할 混合物을 도포해서 만들어지는 가스擴散層과 그 위에 다시 貴金屬觸媒(백금제)를 담지한 탄소분말과 PTFE와의 혼합물을 도포할 反應層의 두



〈圖 6〉 3 相 帶



〈圖 7〉 가스擴散電極의 構成



〈圖 8〉 溶融炭酸鹽型 燃料電池의 特徵

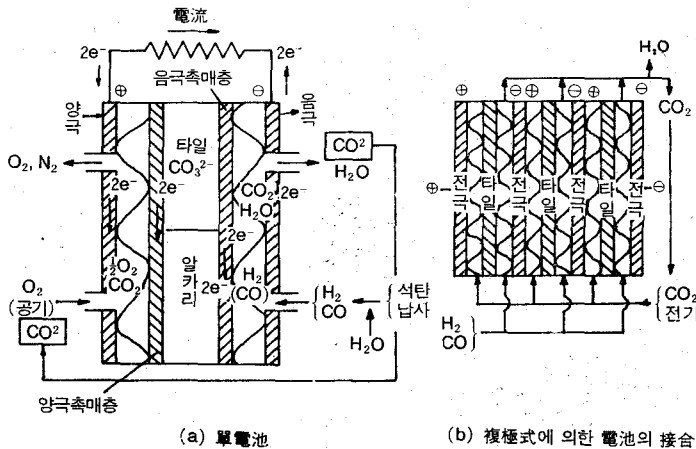
층으로 구성된다(圖 7). 反應層은 電解液에 접해있고, 集電體로부터 反應가스가 공급된다.

單電池의 구성은 가스통로를 형성하기 위해 세퍼레이터나 전극에 돌출한 홀(립)을 만든다. 電解質은 이온導電性이 높고, 물 및 산의 蒸氣壓이 낮고, 테프론을 적시지 않으면서도 炭素 및 電極觸媒를 부식시키지 않고, 200°C 전후에서 안정할 것이 요망된다. 濃厚磷酸은 200°C 이상에선 불안정하고 물로 희석하면 전극 재료의 부식이 촉진된다. 그래서 트리플루오르메탄술폰산·디플루오르메탄디술폰산·디플루오르메탄딘산 등이 사용되기도 하며, 200°C 전후의 작동에서 30 Adm⁻²의 방전으로 單電池電壓 0.7V, 수천시간 연속 운전이 가능하다. 反應生成物인 물은 연료가스와 함께 酸化劑가스(공기)의 순환에 의해 系外로 방출되도록 설계된다.

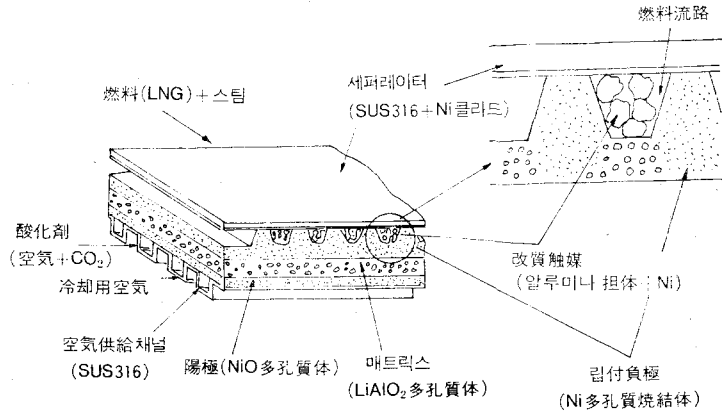
(4) 溶融炭酸鹽電解質型 燃料電池

電氣事業을 목적으로 하는 경우는 高出力密度가 요구되어지는 바, 電池를 放電하면 양극 극에서 反應의 지연에 의해 발생하는 過電壓과 電解質中에서의 Ohm 抵抗에 상당하는 전압분의 에너지가 열로서 방산되어 電池電壓은 그만큼 낮아진다. 이러한 경향은 電流密度가 클수록 현저하다. 그래서 전지작동온도를 높이면 反應速度가 촉진되어 過電壓은 낮아지고, 電解質中의 이온導電率도 크게 된다. 따라서 산성 전해질형 및 양이온교환막형전지에 비해 高出力密度를 기대할 수 있는 高温燃料電池의 개발이 추진되고 있다. 이 경우 취급에 편리할 水溶液이나 有機系固體電解質은 사용할 수가 없다. 前者에 대해서는 溶融鹽이, 後者에 대해서는 無機系固體電解質이 사용될 수 있다. 溶融鹽電池를 제 2세대형 연료전지, 無機固體電解質型電池를 제 3세대형 연료전지라 한다.

金屬酸化물은 일반적으로 融點이 높기 때문에 용융 전해질로는 이용이 어렵고, 연료전지의 (+)극인 산소



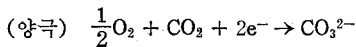
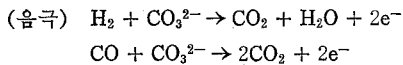
〈圖 9〉 溶融炭酸鹽電解質型 燃料電池의 模式圖



〈圖 10〉 內部改質型 燃料電池의 構造

극에 대해서 작동하는 용융염으로서 炭酸鹽을 생각치 않을 수 없다. 수종의 炭酸鹽을 혼합해 그 融點을 내려 사용할 수도 있다. 熔融炭酸鹽型燃料電池는 650~700°C에서 운전되며 磷酸型에 비해 〈圖 8〉과 같은 특징이 있다.

이 電池의 構成은 〈圖 9〉와 같으며 電極反應은 다음과 같다.



수소외에 일산화탄소도 연료로 이용가능하며, 음극에서 발생한 CO₂를 양극측에 도입해야 하는 번거로움이 있다. 양극에서 생산된 CO₃²⁻이온은 전해질층을 이동해 음극에 이른다.

구조적으로 인산형 연료전지와 비슷하며, 電解質層에는 매트릭스형과 페이스트형이 있다. 매트릭스형은 多孔質세라믹스燒結板(電解質의 固化, 熔融에 의해 크랙이 가지 않아야 하며, 함침된 전해질의 손실이 없어야 한다)에 熔融炭酸鹽(融點 420°C의 62mol% Li₂CO₃와 38mol% K₂CO₃의 混合物)을 함침시킨 것이며, 페이스트형은 LiAlO₂ 세라믹스 분말(40wt%)과 탄산염(60wt%)을 혼합하여 핫프레스해 만들며, 650°C에서 페이스트상으로 된다. 양쪽 모두 전해질의 강도를 높이기 위해 세라믹스 섬유를 첨가하는 일도 있다.

(+)극은 리튬을 첨가할 NiO 多孔質燒結體(多孔度 55%, 두께 0.3mm)이며 電導性을 높이기 위해 Li₂O를 도포한다. 한편 (-)극은 크롬 또는 코발트를 첨가해 안정화시킨 금속니켈 多孔質燒結體이다(多孔度 66%, 孔徑 5μm, 두께 0.8mm). 電解質層의 두께는

〈表 3〉 이온導電體

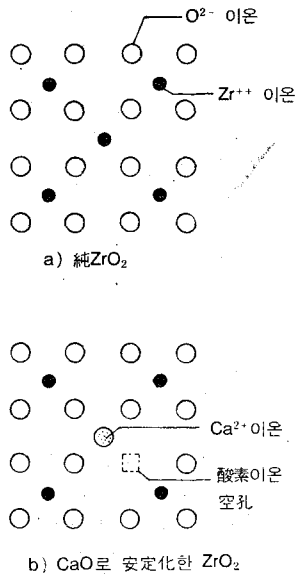
導電이온	이온導電體의 例
Ag ⁺	α-AgI, RbAg ₄ I ₅
Cu ⁺	α-CuI, Rb ₄ Cu ₁₆ I ₇ Cl ₁₃
Na ⁺	Na ₂ O · 11Al ₂ O ₃ (β-Al ₂ O ₃) · Na ₃ Zr ₂ PSi ₂ O ₁₂
K ⁺	K-β"Al ₂ O ₃
Li ⁺	Li ₃ N, α-Li ₂ SO ₄
H ⁺	H ₃ Mo ₁₂ PO ₄₀ · 30H ₂ O · ZrO(H ₂ PO ₄) ₂ · 3.6H ₂ O
F ⁻	La _{0.95} Sr _{0.05} F _{2.95} , LaF ₃
O ₂ ⁻	安定化지르코니아, δ-Bi ₂ O ₃

1~2mm 정도이며 5~10기압에서 양쪽 反應가스의 혼합을 방지하고 장기간 충분한 導電率이 유지되어야 한다.

熔融炭酸鹽의 작동온도는 650°C로 높기 때문에廢熱은 프로세스히트로 이용될 수 있다. 예로서 메탄의 改質反應(CH₄+H₂O→CO+3H₂)은 吸熱反應이므로 연료전지에서 발생한 熱을 이용하여 改質反應을 행하면 수소분이 많은 연료가스를 電極에 공급할 수 있다. 이를 內部改質方式이라 하며 구조는 〈圖 10〉과 같다. 또 석탄을 이용하는 경우는 C+H₂O→CO+H₂의 反應에서 얻어진 석탄가스를 직접 이용·발전한다. 석탄에서의 交流電力에의 總熱效率은 實用플랜트에서 47~50%가 되어 큰 기대를 모으고 있다.

(5) 固體電解質型 燃料電池

이온導電性을 갖는 이온結晶을 固體電解質이라 한다. 대표적인 固體電解質은 〈表 3〉과 같다. 無機固體電解質을 연료전지에 도입하는 데는 H⁺ 또는 O₂⁻이온導電性固體의 개발이 중요하다. H⁺ 이온導電性固體로

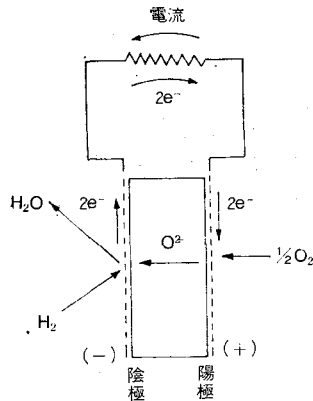


〈圖 11〉 CaO로安定化한 ZrO_2

서 導電率이 높은 것은 현재 발견되지 않고 있다. 이것은 H^+ 이온이 原子核의 주위에 電子를 갖고 있지 않기 때문에 단독으로는 존재하기 어렵고, 다른 分子를 세게 끌어당기기 때문이다. 최근 $H_3(PW_{12}O_{40})_{28}H_2O$ 와 같은 多重酸結晶이 H^+ 의 高이온導電體로서 발견되고 있지만 實用化되지는 못하고 있다.

酸素이온導電體로서는 安定化지르코니아가 있다. 이것은 ZrO_2 에 알칼리토류금속산화물 및 희토류금속산화물을 10mol% 정도 固溶시켜 ZrO_2 의 高温安定相인 螢石型構造(立方晶)를 低温까지 확대시킨 것이다. 즉 ZrO_2 는 1150°C 부근에서 單斜-斜方의 相轉移에 따라 體積變化가 생기는데, 2價 또는 3價金屬이온을 첨가하면 結晶이 安定化한다. 3價安定化劑로서는 Y_2O_3 , Yb_2O_3 , Sm_2O_3 , Sc_2O_3 , Gd_2O_3 , Nd_2O_3 , 2價安定化劑로서는 CaO, MgO 등이 있으며 각각 O^{2-} 이온導電率이 최대로 되는 첨가량이 있다.

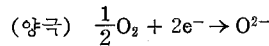
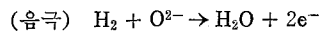
安定化 ZrO_2 는 우수한 산소이온도전체인데, 이유는 다음과 같다. 예로서 CaO를 固溶시켜 안정화한 지르코니아를 들어보자. 〈圖 11〉로부터 CaO를 ZrO_2 에 고용시키면 Ca^{2+} 는 Zr^{4+} 의 위치에 치환된다. Zr^{4+} 에 Ca^{2+} 가 들어가면 +4價가 +2價로 되기 때문에 이 陽電荷의 變化를 보상하기 위하여 O^{2-} 이온이 빠져 酸素이온空孔(空格子點)이 생긴다. 이 산소이온空孔을 매개로 O^{2-} 이온이 이동하는데 안정화 ZrO_2 에서는 산소이온空孔이 10mol%로 높기 때문에 이온導電率이 높



〈圖 12〉 安定化지르코니아를 電解質로 이용한 燃料電池의 原理

고 化學的 安定性·耐熱性도 우수해 高温型燃料電池用 電解質로 이용된다.

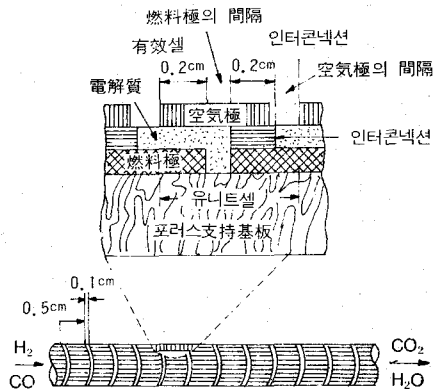
이 연료전지의 原理는 〈圖 12〉와 같으며 電極反應은 아래와 같다.



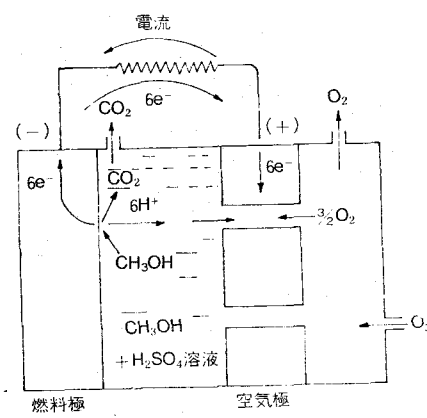
양극에서 생성할 O^{2-} 가 固體電解質中을 이동해 음극에 도달한다. 〈圖 13〉은 Westinghouse社가 개발할 固體電解質燃料電池의 構造圖이다.

(6) 메탄올 燃料電池

水素는 燃料電池의 연료로서 우수하지만 氣體이기 때문에 저장에 불편하다. 이에 비해 메탄올은 液體이기 때문에 저장·수송이 편리하고, 또 가격도 저렴하

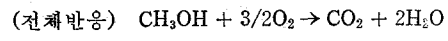
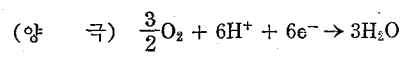
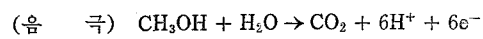


〈圖 13〉 固體電解質燃料電池本體 (Westinghouse社)



〈圖 14〉 메탄올燃料電池의 原理圖

다. 이러한 이유로 최근 메탄올연료전지가 주목을 받고 있다. 메탄올연료전지에는 메탄올을 연료로 하는 직접型和 메탄올을 水蒸氣改質에 의해 수소를 만들어 이것을 연료로 하는 間接型이 있다. 〈圖 14〉에 직접型 메탄올연료전지의 原理圖를 나타내고 있다. 電解液은 酸이며, 연료메탄올은 酸에 용해되어 공급된다. 電極反應은 아래와 같다.



메탄올연료전지의 端子電壓은 0.4V로 수소·산소연료전지의 0.75V에 비해 훨씬 낮다. 이는 燃料極에서의 分極差에 기인하는 것으로 생각되며, 觸媒의 선택이 중요함을 알 수 있다.

IV. 燃料電池 開發시스템

燃料電池를 發電裝置로서 이용하기 위해서는 燃料電池 本體에 燃料改質裝置·電力變換裝置·制御裝置·排熱回收裝置 등 주변장치가 필요하다.

(1) 燃料改質裝置

燃料改質裝置는 原料인 天然가스·石炭 등으로부터 黃化合物을 제거하는 脫黃器, 脫黃된 가스를 수소와 CO로 만드는 改質器(改質反應: $CH_4 + H_2O \rightarrow CO + 3H_2$), 또 CO를 CO₂로 만드는 變成器(시프트反應: $CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2$)로 구성된다. 磷酸型燃料電池에서는 H₂+CO₂ 混合가스를 사용하지만, 제조조건 등에서 CO가 어느 정도 혼입되어 白金觸媒를 被毒하기 때문에 작동온도에 따라 허용한계를 알아야 한다. CO는

400°C의 철·크롬촉매상에서 11%에서 5%로, 200°C의 동계촉매상에서 5%에서 0.3%로 감소시킬 수 있다.

(2) 燃料電池本體

셀電壓은 0.6~0.8V이므로 大出力發電裝置로 하기 위해서는 多數의 셀을 積層構造로 합과 아울러 電池反應面積을 大型化하여 大電流를 얻도록 구성되어야 한다. 또 燃料電池는 發電時에 反應 및 電池內部抵抗에 의해 發熱하기 때문에 電池本體를 적당한 방식에 의해 냉각할 필요가 있다. 冷却方式에는 크게 空冷式과 水冷式이 있다. 空冷式에는 DIGAS(Distributed Gas) 방식과 SGC(Separated Gas Cooling) 방식이 있으며, 양쪽 다 수 개의 Cell마다 冷却用 空氣專用流通溝를 갖춘 冷却板을 설치하고 있다. DIGAS 방식은 冷却用 空氣量을 변화시키면 反應用空氣量도 변하여 제어 가 약간 복잡하다. 한편 SGC 방식은 冷却用空氣와 反應用空氣를 獨立制御가능하지만 구조가 꽤 복잡하다. 水冷式은 수 개의 셀마다 배치된 冷却板에 가는 파이프를 삽입해 그 가운데로 冷却水를 통과시켜 電池를 냉각하는 방법으로 冷却效率이 높지만 구조가 복잡하고, 또 高純度水質管理가 요구되므로 冷却水處理裝置 등 부속장치가 필요하다.

(3) 電力變換裝置(인버터)

燃料電池本體에서 發電된 電力은 直流이기 때문에 이를 交流로 變換하며, 또 負荷와의 조정을 행하는 장치이다. 電解工業 등 直流利用용도에는 인버터가 불필요해 코스트低減, 시스템간략화, 電力變換效率向上을 도모할 수 있다. 燃料로부터 交流電力에의 轉換효율 η_T 는 다음 근사식으로 주어진다.

$$\eta_T = 59V_c$$

여기서 V_c는 單電池電壓이다. 이 식에서 보는 바와 같이 시스템容量이 아무리 커도 效率은 單電池단계에서 결정되며, 電池電壓은 理論電壓과 각종 過電壓을 포함한 電池內部抵抗에 의해 결정된다.

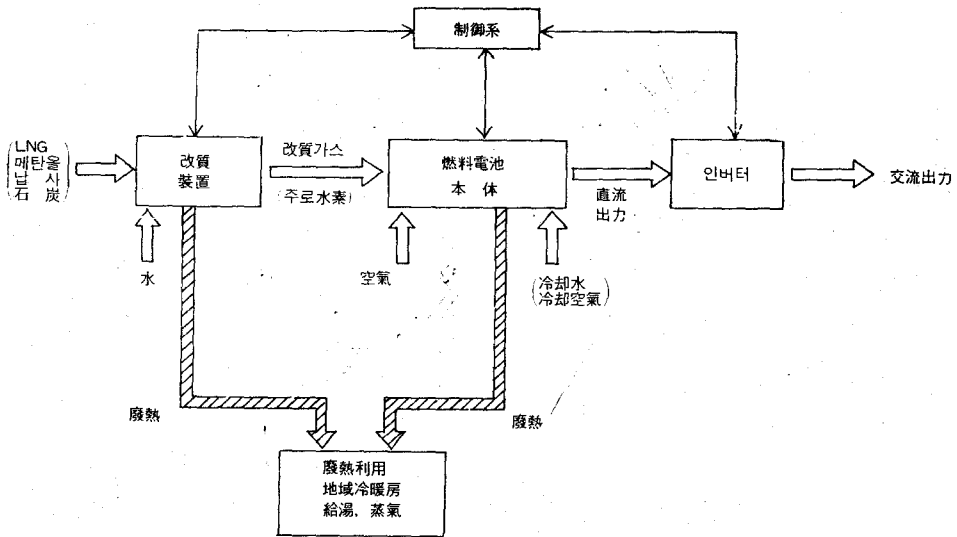
(4) 制御裝置

상기 각 裝置를 상호 연계하여 전체를 감시하고 正常的으로 작동하기 위한 장치이다.

(5) 排熱回收裝置

燃料電池本體 및 燃料改質裝置로부터 발생되는 熱을 回收하여 有効하게 이용하기 위한 熱交換裝置이다.

〈圖 15〉는 燃料電池發電시스템의 基本構成을 나타낸 것이다.



〈圖 15〉 燃料電池開發시스템의 構成

V. 燃料電池의 特性

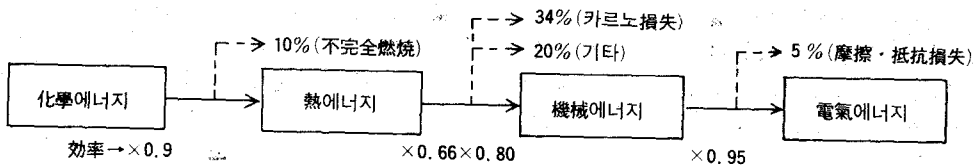
燃料電池는 天然가스·알콜·石炭가스 등의 燃料를 改質해서 얻는 水素를 主成分으로 하는 气体와 공기중의 酸素와의 電氣化學的反應에 의해 직접 電氣에너지를 얻는 發熱裝置로서 다음과 같은 특징을 갖고 있다.

(1) 에너지變換效率(發電效率)이 높다

燃料과 空氣로부터 電力을 얻는 현재의 火力發電의 熱效率은 최신예의 것이라도 40% 정도이며, 금후 이 이상의 效率向上的 전망은 없는 것으로 생각된다. 〈圖 16〉에서와 같이 火力發電은 에너지變換過程에서 熱에너지 형태로 되기 때문이다. 熱에너지는 에너지의 態에서 가장 질이 나쁜 에너지로 다른 형태의 에너지로 100% 變換할 수 없다. 대표적인 예는 熱ener지를 機械에너지로 變換하는 熱機關이다. 주지하는 바와 같

이 카르노機關의 熱效率 η_{th} 는 $\eta_{th} = \frac{T_2 - T_1}{T_2}$ 로 주어진다. 여기서 T_1, T_2 는 각각 低熱源·高熱源의 절대온도이다. 熱機關의 效率을 높이려면 T_2 를 높여야 하는데 재료적인 제약이 있다. 또 變換이 단계적으로 행해져 각 에너지變換에는 필수적으로 손실이 동반한다. 따라서 變換段數가 많으면 그 만큼 效率이 低下한다. 火力發電에서는 變換이 3단계이고, 그 결과 $0.9 \times 0.53 \times 0.95 = 0.45$ 가 되어 55%나 손실이 된다. 따라서 發電效率을 높이기 위해서는 化學ener지를 1단계에서 직접 電氣에너지로 變換시키는 것이 가장 이상적이라 할 수 있다. 燃料電池는 燃料+酸素가 갖는 化學ener지를 직접 電氣에너지로 變換하는 방식으로 이 조건을 만족하고 있다. 다시 말해 카르노사이클의 約束을 받지 않고 反應의 自由에너지가 원리적으로 100% 電氣에너지로 變換될 수 있어 高發電效率을 기대할 수 있다.

〈表 4〉는 각종 發電裝置의 실제 發電效率을 예시한



〈圖 16〉 火力發電의 變換過程과 效率

〈表 4〉 各種 發電方式의 發電效率의 比較

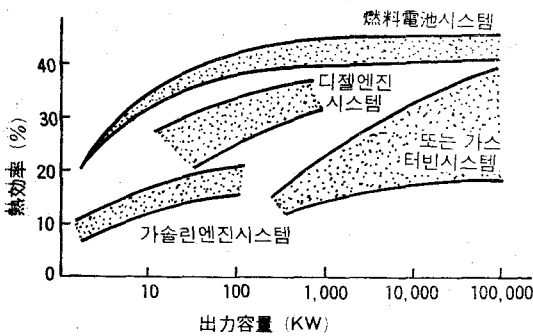
發電方式	效率 (%)
燃料電池	51~70
太陽電池	5~15
內燃機關+發電機	20~25
디젤機關+發電機	25~35
가스터빈+發電機	15~25
蒸氣터빈+發電機	30~42
熱電氣發電機	6~10
熱電子發電機	8~15

것인데, 燃料電池의 경우 排熱을 效率的으로 이용하면 總效率이 80% 이상이 될 수도 있다. 또 燃料電池는 高效率發電이어서 資源, 에너지의 절약 등의 효과도 기대할 수 있다.

(2) 發電規模 및 負荷率에 따라

영향받지 않는 高效率

燃料電池는 모듈(Module)구조를 하고 있기 때문에 發電規模를 임의로 설정할 수 있고, 〈圖 17〉에서 보는 바와 같이 디젤엔진 시스템은 1,000kw 이상이 아니면 高發電效率을 기대할 수 없으나 燃料電池에서는 小規模出力으로도 大容量의 경우와 같은 高發電效率을 얻을 수 있다. 또 燃料供給量을 변화할 수 있어 負荷率에 관계없이 高效率를 얻을 수 있다.



〈圖 17〉 發電시스템의 出力과 熱效率

(3) 燃料의 多樣化가 可能하다

燃料電池는 水素를 燃料로 하지만 이 水素의 製造를 위해서는 各種의 原燃料가 있다. 즉 납사·天然가스·메탄올 등은 改質裝置를 통해 水素가 풍부한 燃料로 改質된다. 또 石炭은 石炭가스化裝置를 통해 수소와 CO의 混合燃料로 改質해 사용한다. 이처럼 水素源과

적당한 改質裝置가 있으면 發電할 수 있기 때문에 燃料의 多樣化가 가능한 發電設備이다.

(4) 環境保全性이 양호하다

燃料電池의 反應物質은 水素와 酸素이고 生成物은 물이기 때문에 원리적으로 有害한 가스나 大氣汚染物質을 배출하지 않는다. 〈表 5〉는 磷酸型 燃料電池發電 시스템과 重油火力發電의 汚染物質放出量을 비교한 것이다. 磷酸型燃料電池는 天然가스를 改質한 水素를 燃料로 사용하고 있으며, 改質觸媒의 劣化를 막기 위해 脫黃을 행하므로 黃酸化物의 放出量은 거의 없다. 또 改質器의 溫度도 900° C 정도여서 NO_x량도 적다. 그리고 未燃燒炭化水素·분진도 극히 적어 燃料電池發電이 低公害型發電임을 알 수 있다.

〈表 5〉 火力發電과 燃料電池發電 (FCG-1 計畫)의 大氣汚染의 比較

구분	10 ⁶ kw·h當의 汚染物質의 放出量 (kg)	
	重油專燒火力	FCG-1試驗裝置
SO ₂	4,500~10,000	0~0.12
NO _x	3,200	63~107
未燃燒炭化水素	135~5,000	14~102
粉塵	45~320	0~0.014

(5) 機械部分이 적어 騒音が 적다

燃料電池本體는 엔진·터빈 등과 같은 驅動部分이 없기 때문에 運轉中の 騒音·振動이 거의 없다. 이 때문에 도시내에 설치할 수 있고, 送變電에 의한 손실 및 설비를 低減시킬 수 있다.

(6) 建設工期가 짧다

燃料電池는 그 대부분을 모듈로서 생산할 수 있기 때문에 建設工期가 짧고, 電力需要의 增大에 대해 단 시간에 대응할 수 있다.

V. 燃料電池의 開發現況

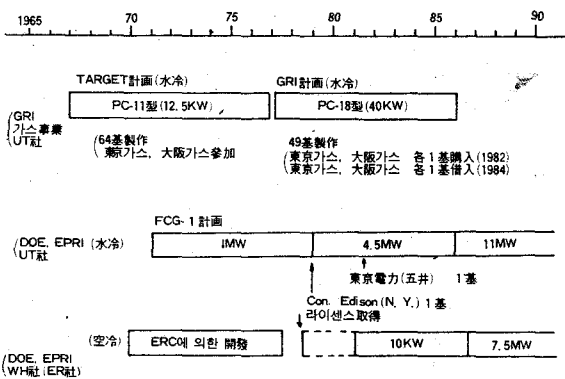
(1) 美國에 있어서의 開發現況

燃料電池의 개발은 주로 미국에 의해 주도적으로 행해졌으며, 磷酸型 燃料電池(PAFC)를 중심으로 연구되어져 왔다. 미국에 있어 磷酸型 燃料電池의 개발은 TARGET(Team to Advance Research for Gas Energy Transformation) 계획에 의해 1967년에 개시되었다. 이 계획은 天然가스를 에너지源으로 事業用

燃料電池를 개발할 목적으로 GRI(Gas Research Institute)와 UT社(United Technologies社, 현재 International Fuel Cell社(IFC))의 협동으로 추진되었다. 이 계획에 따라 PC-11이라 불리는 出力 12.5Kw 燃料電池 64基를 제작해 야외운전을 행하였다. 가스事業用電池의 개발은 GRI 계획에 계속해 PC-18이라는 出力 40Kw 燃料電池 49基가 제작되어 야외운전이 행해졌다. 이중 2基는 東京가스·大阪가스에 공여되어 각각 科學萬博會場(현재 池袋의 호텔) 및 堺市内의 레스토랑에 설치되어 필드테스트가 행해졌다.

電力事業用 燃料電池는 EPRI(Electric Power Research Institute)와 UT社의 협동으로 FCG-1 계획에 의해 1971년부터 시작되었다. 이 계획에는 도중에서 DOE(Department of Energy)가 참가하였다. 우선 1MW 플랜트가 제작되어 운전이 성공하였으며, 이어 4.5MW 시험플랜트(인산형 연료전지)가 뉴욕시의 Consolidated Edison社에 설치되었으나 각종 문제가 발생해 운전에는 이르지 못했다. 그러나 이보다 조금 늦게 건설된 東京電力 五井火力發電所의 제 2호기는 순조롭게 시험운전되어 分散發電用的 귀중한 데이터를 얻고 있다. TARGET, GRI, FCG-1 계획에서 技術開發은 모두 UT社가 담당했다. UT社의 燃料電池는 水冷式이며, 空冷式은 ERC(Energy Research Corporation)가 최초로 개발한 것으로, 이 라이선스를 WH(Westing House)社가 DOE와 EPRI로부터 연구개발비를 받아 電力事業用 燃料電池의 개발을 계속하고 있다.

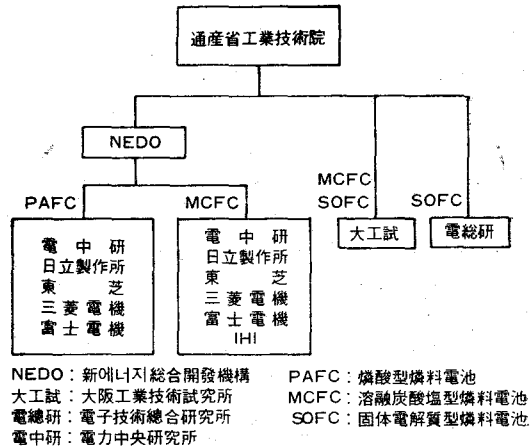
한편 熔融炭酸鹽型 燃料電池(MCFC)는 DOE, EPRI를 중심으로 IFC에서 현재 20Kw급이 추진중이며, 固體電解質型 燃料電池(SOFC)는 WH가 5Kw 스택이 제작시험중이다. 미국에 있어서 인산형 연료전지의 개발 상황을 요약하면 <圖 18>과 같다.



<圖 18> 미국에서의 磷酸型燃料電池의 開發狀況

(2) 日本에서의 開發現況

일본에서는 앞에서 말한 바와 같이 東京가스와 大阪가스가 TARGET 계획·GRI 계획에 참여해 PC-11형·PC-18형에 대해 시험운전을 행하고 또 電氣事業用으로는 4.5MW 플랜트를 東京電力이 도입해 시험운전에 성공했다. 이와 같은 운전경험을 바탕으로 일본에서는 電力·가스·石油業界 등에 의한 燃料電池의 개발이 진행되고 있고, 通産省도 81년 문라이트(Moonlight) 계획에서 燃料電池의 개발을 적극 추진하고 있다. 계획의 총진행관리는 新에너지總合開發機構(New Energy Deuelogment Organization, NEDO)가 맡고 있다. <圖 19>는 문라이트계획에 있어 연료전지의 개발체제를 나타내고 있으며, <表 6>은 日本에서의 인산형연료전지의 개발상황을 나타내 보인 것이다.



<圖 19> 문라이트計劃에 있어 燃料電池의 開發體制

<表 6> 일본에 있어 磷酸型燃料電池의 開發狀況

種別	開發狀況
문라이트計劃	<p>문라이트計劃의 一環으로서,</p> <p>① 電力事業用 1,000Kw 플랜트의 運轉研究 (87년까지, 水冷式)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 分散配置型(關西電力·三菱電機·富士電機)一低溫低壓型 ○ 火力發電代替用(中部電力·日立·東芝)一高温高壓型 <p>② 離島用·事業用 200Kw 시스템의 開發 (86~90년)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 離島電源用(沖繩電力·三菱電機) ○ 業務用(關西電力·大阪가스·三菱電機) 등의 研究를 推進中

電力業界	國家로부터 研究委託의, 獨自(北海道~100Kw, 東北~50Kw, 東京~200Kw×2, 11,000Kw, 四國~4Kw)로 研究를 推進中 즉, 北陸電力은 선샤인計劃中에, 4Kw 燃料電池를 補助電源으로 하는 太陽光發電 시스템의 運轉研究를 受託
가스業界	美國의 GRI 計劃에 參加한 東京가스·大阪가스가 同計劃의 一環으로 美國에서 導入한 40Kw機를 호텔·레스토랑等に 設置하고 運轉研究를 수행, 87년 10월까지 試驗을 終了. 今後는 美國에서 開發이 진행중인 200Kw機를 導入豫定
石油業界	(財)石油産業活性化센터의 研究開發의 一環으로 86年度부터 燃料電池에의 남사利用 技術(100Kw級)에 대해 研究를 實施中

최근의 동향으로 86년부터 日本電氣協會를 중심으로 燃料電池發電設備의 기술수준이 검토되었으며, 86년 7월 燃料電池技術開發 및 内外動向情報交換을 목적으로 「燃料電池開發情報센터」가 설립되었다. 88년 1월엔 熔融炭酸鹽型燃料電池發電 플랜트를 實用化하기 위해 시스템기술 및 플랜트구성기기의 개발을 행하는 「熔融炭酸鹽型燃料電池發電시스템技術研究組合(약칭 : MCFC 研究組合)」을 설립했다.

Ⅶ. 금후의 課題와 展望

진기적 특성·환경특성이 우수한 燃料電池는 장래의 分散型電源 및 熱供給發電시스템으로서 기대되는 바가 크다. 이러한 燃料電池를 금후 實用化하기 위해서는 다음의 몇 가지 技術의 課題를 해결하여야 한다.

(1) 低コスト化

燃料電池本體 및 改質器·直交變換裝置 등 주변장치를 포함한 전반적인 코스트다운이 필요하다. 특히白金系觸媒의 微量化와 他觸媒에의 轉換이 중요하다(중태에는 1Kg 백금축매/1Kw 출력이 현재는 4~10g/Kw로 되고 있다). 아울러 電池本體의 콤팩트화가 요구된다.

(2) 에너지變換効率向上

燃料電池의 高性能을 위해서는 酸素溶解도가 크고, 그 還元反應速度가 큰 電解液(예 : 트리플루오로메탄술폰산용액)의 검토가 필요하며, 또 電極의 大型化, 熱傳導性 및 機械的強度向上이 요구된다.

(3) 耐久性向上

觸媒의 신터링 및 擔體의 부식방지에 의해 長壽命化를 도모하여야 한다.

(4) 起動特性向上

冷機상태 및 暖機상태에서 發電하는데까지는 각각 4~5時間, 10~15分이다. 이는 현재의 原動機(양쪽 모두 40초이내)에 비해 길기 때문에 特性改善이 요망된다.

(5) 系統連系技術의 確立

燃料電池는 일반적으로 直交變換裝置가 필요하기 때문에 系統連系技術의 검토에 있어서 종래의 回轉機에서 고려한 사항에 덧붙여 高調波대책 등에 대해서 특히 유의하여야 한다.

(6) 水素燃料貯藏化技術開發

燃料電池는 일반적으로 活物質에 氣體를 이용한다. 따라서 한정된 體積에 저장기 위해서는 高壓으로 하지 않으면 안된다. 水素를 이용하는 경우, 水素는 金屬結晶의 格子間隙에 용이하게 들어가 금속중에 고여 금속 용기를 파괴한다. 이러한 경향은 高張力金屬일수록 현저하므로 일반적으로 두꺼운 軟鋼容器的 사용이 불가피하다. 이 경우, 150기압, 50dm³의 水素를 저장하기 위해 약 50Kg의 용기가 필요하다.

液體水素는 약 1,700기압의 高壓水素가스와 같은 密度로, 200기압水素의 약 4배 에너지密度를 갖는다. 그러기 위해서 1기압하에서 -253°C까지 냉각시키지 않으면 안되고, 水素 1Kg당 약 10~14Kwh 정도의 전력을 필요로 한다. 티탄·란타나이드원소를 함유하는 合金인 T₁F₆, L_aNi₅ 등은 常溫에서 T₁F₆H₂, L_aNi₅H₆의 형태로 대량으로 수소를 저장하며, 이용시 수소를 방출한다. 즉 수소를 固化貯藏할 수 있다. 따라서 燃料電池의 燃料水素를 생각함에 있어 水素의 吸藏·放出의 可逆性和 速度가 크고, 水素吸藏量이 큰 金屬·金屬水素化合物系의 개발이 기대된다.

Ⅷ. 結 論

지금까지 燃料電池의 原理·開發現狀·問題點·將來展望 등에 대해 설명했다. 에너지有效利用시스템의 하나인 燃料電池는 化學에너지를 직접 電氣에너지로 變換함으로써 에너지·환경문제에 있어 중요한 역할을 하고 있음을 알았다.

燃料電池가 진실로 널리 이용되기 위해서는 出力密度가 급후 과제가 되고 있으며, 電極反應促進을 위한 安定된 觸媒 및 高い導電性電解質 등 장기사용에 견디는 電池構成材料의 개발이 필요하다. 또 單電池의 直·並列連結, 大電壓·大電流量 위한 集合電池의 設計, 各 單電池의 水素·酸素供給系, 生成物의 除去系, 電池의 保護·始動·停止를 위한 制御回路, 直交流變換裝置 등 급후 工學的으로 해결해야 할 과제도 많다.

아울러 燃料電池시스템, 에너지變換·貯藏·輸送시스템 전체에서의 經濟性 및 信賴性도 고려해야 할 중요한 사항이다.

최근 미국·일본 등에서의 研究開發 및 實驗이 급속히 진행되고 있어 가까운 장래에 實用化가 충분히 예견되고 있다.

이러한 燃料電池는 그 應用에 있어서 業務用으로는 호텔·여관·병원·음식점 등에, 産業用으로는 식품제조, 화학공업, 종이·펄프, 석유정제 등에서 自家發電用電源으로서 그 활용이 기대된다. <㉞>

<광고>

TSUTADA & CO

蔦田内外國特許事務所

辨理士 蔦田璋子(Tsutada Akiko)

辨理士 蔦田正人(Tsutada Masato)

辨理士 松川克明(Matsukawa Katzuaki)

郵便番號 541

日本國 大阪市東區瓦町 2丁目 9番地
(9, Kawaramachi 2-chome,
Higashi-ku, Osaka Japan)

電話 : (06) 227-5535(代表)

FAX : (06) 227-5538(G II, G III)

TELEX : 05223887 PATAKI J

CABLE : PATENTAKI OSAKA

新 刊 案 內

新 特 許 法

저자 : 辨理士 南 啓 榮 외 3人

규격 : 국판 512면

가격 : 8,300원

工 業 所 有 權 法 要 解

저자 : 辨理士 金 學 濟 · 金 延 洙 공편

규격 : 국판 734면

가격 : 9,000원

改 正 工 業 所 有 權 法 해설

저자 : 特許廳 金 惠 來 著

규격 : 국판 154면

가격 : 3,500원

商 標 法

저자 : 辨理士 李 秀 雄 著

규격 : 국판 552면

가격 : 9,500원

國 際 工 業 所 有 權 法

저자 : 辨理士 金 永 吉 著

규격 : 4·6배판, 1,664면

가격 : 74,000원

改 正 版

商 標 法 解 說

저자 : 金 寬 衡(本會 研修部長)

규격 : 국판 480면

가격 : 9,500원

※ 기타 자세한 사항은 본회 발명장려관
내 자료판매센터로 문의하시기 바랍니다.

TEL 568-8263