



1

微生物電池 實用化 可能性

微生物電池란 生物化學의 에너지 變換에 있어서, 微生物이 갖는 巧妙하고도 效率인 反應을 利用하여 電氣에너지를 얻는 것이다.

一般的으로 高에너지로서 電子를 풍부하게 갖고 있는 炭水化合物 脂肪, 단백질 등은 直接 電極으로는 反應되지 않으나, 이들 化合物에 微生物을 作用시키면, 微生物에 依해 이들 化合物은 酸化되기 쉬워서 各種 中間代謝物을 生成한다.

이 中間代謝物中에서 水素, 蟻酸 등은 容易하게 電極 反應되어 電氣에너지로 變換된다. 즉, 微生物을 利用함으로써 여러가지의 複雜한 有機化合物을 電池의 燃料로 供給할 수 있다. 代表的인 것으로는 水素產生菌이 生成하는 水素를 利用하는 水素-酸素型의 燃料電池이다.

1960年代에 이미 水素產生菌을 利用하는 燃料電池의 開發이 試圖되었으나, 水素酸生菌에 의한 連續인 水素生産이 困難하다는 것이 判明되어 그 研究가 中斷되었었다. 이것은 水素產生菌 體內에 存在하는 水素의 生成에 關與하는 히드로게나제가 쉽게 失活되기 때문이라고 생각하였다.

最近에는 水素產生菌을 폴리아

크릴아미드나 寒天 등의 高分子 젤마트릭스中에 固定化 시킴으로써 히드로게나제系를 安定시켜 glucose에서 長時間 連續的으로 水素를 生産시키는데 成功하였다.

이것은 水素產生菌이 들어있는 廢水中의 有機化合物에 利用하면, 資源의 有効利用과 廢水의 淨化를 同時에 할 수 있게 된다. 또 從來의 微生物電池는 低出力으로써 數mA의 電流밖에 얻지 못했는데, 이것은 水素產生菌에 依해 生成된 水素를 그대로 水溶液에서 電極 反應시켰기 때문이라고 생각된다.

그리하여 固定化水素產生菌에 依해 生成되는 水素를 가스狀에서 反應시키는 일종의 水素-酸素燃料電池를 製作하여 固定化水素產生菌리액터와 組合하여 微生物電池시스템을 構成한 다음 알콜發酵工場の 廢液을 여기에 適用한 것이다.

즉, 水素產生菌 100g을 含有하는 겔 1kg을 5ℓ의 反應기에 넣어 BOD(生物化學의 酸素要求量) 21,000ppm알콜 發酵 工場の 廢水 4ℓ를 加하고 37°C에서 連

續인 水素生産을 試圖한 바, 4~8ml/分の 水素가 連續的으로 生成됨을 確認하였다. 固定化 水素產生菌리액터에서 生成하는 가스中에는 炭酸가스도 含有되어 있으므로 이것을 除去한 다음 水素가스만을 一定한 流速으로 2個의 直列連結된 水素-酸素燃料電池로 移送한다.

各 燃料電池는 白金黑-니켈網(直徑10.4cm, 100mesh)陽極과 과라동黑-니켈網(直徑 10.4cm, 250 mesh)의 陰極 및 電解液의 ZN의 水酸化칼륨을 含有한 나일론製 필터로 構成되어 있다.

두 電池의 陽極室에는 生成된 水소가스를, 陰極室에는 空氣를 각각 移送하여 定抵抗放電을 일으키게 되면 電流密度는 0.4에서 40mA/cm²까지 서서히 增加하고, 端子間電壓은 1.9V에서 1.3V까지 減少된다. 그리고 1Ω의 定抵抗放電을 시켰을 때 最大出力이 나왔고, 또 水素를 35ml/分 移送시켰을 때 1.1A의 最大電流를 얻었다.

그리고 이 固定化水素產生菌을 利用한 燃料電池시스템을 1日1

回색 廢水를 交換하면서 1 週間 連續運轉하였더니 端子間 電壓 1.3V에서 0.5A~0.6A의 電流가 連續的으로 흘렀다. 이와 같이 1 kg의 固定化水素產生菌 겔(100 g

의 水素產生菌)을 사용하면 0.8W 의 出力이 나오며, 廢水의 原液 (420, 0 0ppm) 1 l當 37W의 電氣에너지로 變換될 수 있다. 以上과 같이 이 電池시스템은

現實化 段階를 一步前進하였다. 그리고 이 시스템을 擴大시키자면 水素의 生成量이 많은 微生物을 檢索한 다음 다른 많은 問題들도 解決하지 않으면 안된다.

2

金屬水素化合物을 이용한 에너지 시스템

金屬(특히 合金)과 水素 사이에서 發生하는 反應熱에 着眼하여 이것을 工學的으로 利用하려고 試圖한 것은 이미 數年前부터였다.

이 金屬水素化合物 生成反應은 극히 빠른 速度로 일어나며, 數 10 Kcal마다 2g水素의 反應熱을 내며 數秒에서 數分 정도의 사이에 完了되는 것이 많다. 또 이 反應은 可逆의이며, 金屬水素化合物 로 저장된 水素의 放出에는 生成反應熱과 같은 오더의 熱에너지가 必要하다.

이와 같은 反應特性和 아울러 壓力과 溫度의 두 條件에 依해 쉽게 變化하는 貯藏·放出特성을 考慮하면, 熱에너지 貯藏, 에너지 變換, 또 動力發生과 같은 水素를 媒體로 하는 여러가지의 에너지 시스템의 開發이 可能하게 된다.

金屬水素化合物을 利用한 에너지 시스템을 생각할 때 그 最大의 特性은 低溫度레벨의 熱에너지가 有效하게 利用되는 데 있다. 一

般的으로 그 溫度레벨은 100℃前後를 中心으로 한 400℃ 以下の 領域에 있으며, 이것은 熱源으로서 工業餘排熱, 太陽熱, 地熱, 海水 또는 大氣의 에너지 등과 같은 有效 利用度가 극히 낮은 에너지의 活用을 꾀할 수 있는 새로운 技術開發의 方向을 提示해주는 것이다. 또 여기에 例示한 바와 같이 熱源을 利用한 히트 펌프動作에 依한 低레벨에너지의 高레벨화를 可能하게 하는 點도 金屬水素化合物의 特徵을 살린 應用으로서 最高水準의 技術開發을 目標로 되어 있다.

이와 같은 合金과 水素 사이의 反應성에 着眼한 技術開發은, 目的한 에너지시스템內에서 사용되는 金屬水素化合物量이 시스템의 클로즈드화와 빠른 反應사이클의 構成에 의해 比較的 少量으로 끝나고 시스템自體가 複雜하지 않아 可動部分이 적고, 大量으로 豊富하고도 廉價인 熱源을 利用할 수 있고, 또 維持管理가 容易하며 經濟性이 높다는 點 등으로

보아 今後數年內에 急速히 展開될 것으로 豫測된다.

現在까지는 金屬水素化合物의 大量이면서도 高密度水素 貯藏性에 着眼한 새로운 水素貯藏과 輸送 技術의 開發이 先行되고 있으며, 그 中心은 自動車를 爲始한 車輛用, 家庭用 및 工業用 燃料源으로서의 水素貯藏技術의 開發에 있다.

이와 같은 水素貯藏用으로서의 應用에는 當然히 大量의 水素가 스處理가 따르게 되므로 使用하는 合金量도 合金重量當 實用水素貯藏量이 數% 정도라는 것을 고려하면 莫大한 量이 되므로 實用化 段階까지는 아직도 빠르지 않을까 생각된다.

좋은 例로는, 排熱利用型의 케미칼 엔진이나 마그네슘系 水素化合物에 의한 400℃內외의 高溫排熱利用시스템 등이 있다. 또 히트 펌프 시스템은 30℃~80℃ 溫度領域의 太陽熱과 0℃~40℃ 정도의 大氣에너지를 熱源으로 한 冷暖房시스템으로서 數年後의 實

用化를 目標로 應用開發이 시작되고 있다.

本分野의 研究開發의 大部分은 新規의 水素貯藏用合金에 관한 것인데, 基本的으로 克服해야 한 課題는 合金單位重量當 吸藏水素

量의 改善과 吸藏水素 單位重量當 合金코스트의 低減 이라는 두 가지의 重要한 問題가 가로 놓여 있다.

合金開發의 中心은 티타늄을 主成分으로 含有한 合金의 多元

化에 있는 것 같으나, 그와 같은 開發은 上記事項을 만족하고 있는 것은 아니다. 한편 이와 같은 開發合金은 熱力學的 特性으로보아 難點이 많으며, 또 量産 規模面에서도 어려운 점이 많다.

3

代替에너지의 코스트比較

石炭의 液化나 가스化的 技術은 오늘날 이미 大量生産을 가능하게 하였으며, 나아가 이 프로세스를 改良하여 코스트低下를 위한 努力이 계속되고 있다. 즉, 現段階에선 아직 液化나 가스화가 採算水準에 達하지는 못하였다.

또 液化製品의 精製水準이 높아짐에 따라 코스트가 높아지고 溶劑精製炭(SRC)에 비해 合成原油는 約50%強으로 製品單價가 높아 가솔린은 約2.5倍 높다.

石炭轉換工場의 非採算的 狀況에 對한 하나의 例外로서는 남아프리카의 Sasol工場이 있다. 여기서 化學藥品이 製品으로 抽出되어 化學工業의 工程에 맞는 合成가스를 生産하는 것이 經濟性으로 보아 魅力이 있다고 한다.

또 하나의 이와같은 例로는 獨逸에서 1979년에 調査한 事例인데, 石炭에서 나오는 液化物은 製品코스트가 매우 高價이다. 純製品코스트는 溶劑精製炭(SRC)

이 213달러/t, 合成原油가 364 달러/t, 가솔린이 503달러/t로 되어 있다.

石炭으로부터 精製되는 液化製品과 같이 장차 通常油로 代替될 것으로는 오일샌드로부터 나오는 oil이 있다. 現在 世界의 原油價格으로 보아 Alberta 오일샌드로부터 나오는 合成原油는 海底油田油에 의한 輸入油를 代身할 것 같다.

캐나다의 오일샌드社(GCOS)는 1967年 段階에서 日當 58,000 바렐/日로 계획하고 있었으나 實際로는 계획量에 미치지 못하고 45,000바렐/日의 産油量을 確保하고 있었다. 또 캐나다合成原油會社의 계획은 1980년까지는 10,900 바렐/日의 계획 能力에 도달할 것을 바라고 있으며, 1980년까지 129,400바렐/日 水準에 달할 것을 目標하고 있다. 現在 上昇一路에 있는 世界의 原油價狀況과 캐나다의 需給밸런스가 이와 같은 資源을 繼續的으로 開發하

도록 backup하고 있다.

發電所와 其他 關聯施設은 별도로 하고, 캐나다의 合成原油프로젝트는 1974年~1978年의 5年間에 걸쳐 22億달러의 코스트를 들어 建設하였다.

이와 같은 設備投資額 以外에 運營費를 勘案하지 않을 수가 없으나 過去の 實績으로 評價할 경우, 1977年과 1978年의 경우를 보면, GCOS에 의한 1,640萬 바렐의 生産量에 대해 바렐當 코스트는 1977년에 \$7.85, 1978년에 \$8.59였다. 1977年度 코스트에 8.0%의 物價上昇率을 고려하여 2年間의 바렐當 平均原價를 구하면 \$8.54이다. 여기서 留意해야 할 費用은 勞働者의 住宅費인데 이것이 바렐當 \$0.40에 該當한다.

코스트는 生産量에 비해 敏感하게 左右되지도 않고(특히 開發時點의 數年間은 그러한 傾向)前記 事例에서는 109,000바렐/日에 도달할 때까지는 總生産量에 對

한 코스트에 對應하게 되며, 이 時點을 境界로 코스트는 生産量에 比例하여 直接 높아지고 있다.

이와 같은 코스트 傾向을 나타내면서 장차 代替燃料의 供給에 가장 競爭力을 發揮할 수 있는 것은 石炭이나 Oil Shale로부터의 合成가스 및 合成液體燃料 등이다. 이와 같은 高級燃料가 石

炭이나 Oil Shale로 부터 生産될 수 있는 것이다.

實際로 石炭을 市場性이 있는 製品으로 變換시켰을 경우, 變換에 따른 利用熱效率이 67%이며, 發生熱量當 코스트를 相對的으로 觀察하면 石炭에서 1달러/GJ(단, 1.055GJ=1,000BTU)인 경우, 燃料轉換製品에서는 1.5달러

/GJ가 된다.

運營費를 包含한 石炭으로부터의 轉換製品의 製造코스트는 3.21달러/GJ이며, 賣價는 6.05달러/GJ이다. 한편 tar sand나 Oil shale로부터 誘導되는 燃料가 오히려 經濟性을 發揮하지 않을가 생각된다.

4

燃料電池 發電所

水素를 原料로 하는 燃料電池는 溫排水나 大氣汚染 등의 環境破壞가 없는 無公害, 省에너지型으로서 立地가 容易한, 즉 모든 條件이 좋은 發電所이다.

燃料電池는 물의 電氣分解原理와는 正反對로 酸素와 水素의 反應으로써 電氣를 發生 시키는 것이다. 酸素는 空氣中에 있으며, 海水로부터 水素를 빼낼 수 있는 技術만 確立된다면 에너지資源의 念慮는 完全히 사라질 수 있다. 現在에 있어서는 水素의 供給源으로 石油나 天然가스를 利用하고 있으며, 이미 아폴로 宇宙開發에서는 實用化 段階에 들어가 있다.

日本東京電力에서도 燃料電池를 一般電力供給에 利用할 目的으로 宇宙船의 燃料電池로 實績이 있는 美國의 United社와 共同研究中에 있다고 한다.

磷酸溶液型 燃料電池는 LNG(液化天然가스)나 나프타에서 얻은(改質裝置에 依해) 水素를 陰極으로, 空氣中の 酸素를 陽極으로 각각 보내 磷酸溶液의 電解質機를 거쳐 電氣를 發生시키고 에너지 變換裝置로 直流로 나온 電氣를 다시 交流로 變換시켜 電力으로 利用하는 것이다. 出力은 交流 4,500KW(直流로 4,800KW)로 小規模의인 發電所로서 實用

性 있는 플랜트이다.

燃料電池의 特性은 冷却水가 必要하지 않으므로 溫排水가 없는 동시에 大氣汚染이나 騒音이 적으며 環境에 影響이 거의 없다는 것이다. 또 燃料消費效率은 테스트 플랜트에서는 約 40% 前後로 보나 最終目標은 60% 정도(理論的으로는 70%)로 보고 있다.

