

## 암모니아設備를 이용한發電技術

< Nitrogen No.196. March-April 1992 >

### 編輯者 註

일반적으로 平均規模의 암모니아工場에 대한 에너지消費量은 小規模의發電所에서 생산하는 에너지와 맞먹는다. 현재 設備과잉으로 놀리고 있는 암모니아 生産設備를 에너지設備로 轉換시키는 새로운 提案을 소개 한다.

燃料電池 즉 單純한 物質을 酸化하여 직접 電氣를 생산하는 裝置는 效率, 無公害, 低原價등의 특성때문에 21世紀의 에너지生産設備로 등장하게 될것이다. 燃料電池는 마치 電子工學이 20世紀後半을 변화시킨것처럼 세상을 변화시키게 될것이다. 最小限 수 많은 燃料電池 찬성론자들은 그렇게 생각하고 있다.

美國, 日本, 獨逸, 네덜란드등은 모두 國家的인 燃料電池開發計劃을 추진하고 있으며 프랑스와 스웨덴을 포함하는 다른 나라에서는 적극적인 關心을 나타내고 있다. 그러나 현재까지 燃料電池의 利用은 주로 小規模이고 특수용도에 局限되어 왔는데 그 주된 理由는 燃料電池에는 가장 순수하고 高價의 燃料이 사용되기 때문이다. 商業發電用으로 燃料電池가 사용된적은 별로 없었다. 현재 가장 큰 燃料電池 發電所은 1991年 日本에 건설된 11 MW規模의 것이다. 그러나 적절한 환경만 주어진다면 어떤 종류의 化學工場과 연계하여 500-600MW정도의 大規模發電에 燃料電池를 사용할 수 있는 가능성은 있는 것이다. 예를 들면 水素는 大型 燃料電池의 가장 實用的인 燃料이고 암모니아工場은 그 設備의 대부분이

기본적으로 큰 水素工場인 것이다.

특히 原價가 높은 工業國에서는 암모니아工場들-그중 몇工場은 궁극적으로 경쟁력을 상실하겠지만-은 경쟁에서 살아남기 위하여 부단한 투쟁을 하고 있다. 많은 암모니아工場들이 不確實한 市場여건에서도 불안한 발판을 유지하기 위하여 效率과 에너지節減率을 높이기 위한 工程改善에 막대한 投資를 강요당해 온 것이다. 그러므로 암모니아工場을 改造하여 암모니아보다는 電氣生産을 고려하는 것이 좋을 것으로 생각하는 것이다.

### ● 燃料電池란?

燃料電池는 電氣分解의 反對原理이다. 즉 電池를 이용하여 化學反應을 진행시키는 것과는 반대로 化學反應을 이용하여 電流를 발생시키도록 만들어진 것이다. 이 說明에 有用한 類似性은 電動機(모터)와 發電機의 관계에서 찾을 수 있다. 原理적으로 이것들은 같은 것이지만 電動機는 供給되는 電流를 利用하여 機械的인 일을 만들어 내지만, 發電機는 공급되는 機械的인 에너지로 이용해서 電流를 發生시키는 것이다.

電氣分解는 化學工業에서 多年間 사용되어 왔다. 가장 대표적인 예는 소금물에서 苛性 소다와 鹽素를 생산하는 소금의 電氣分解이다. 옛날에는 암모니아合成用 水素의 생산에 電氣分解法이 사용되었다. 水素燃料電池는 電氣分解로 水素를 발생시키는 工程을 단지 逆進行시킨 電池인 것이다.

燃料電池는 化學에너지를 最小의 熱損失로서 電氣에너지로 轉換할 수 있으며 그 에너지 效率은 蒸氣터빈發電機를 사용하는 보통의 火力發電所의 효율과 비교하여 높다.

### ● 燃料電池의 種類

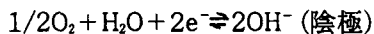
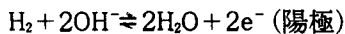
燃料電池는 결코 새로운 개념은 아니다. 그것은 1839年 처음으로 提案되었고 그 후로 여러가지 형태로 구체화되어 研究하여 왔다. 보통 還元劑가 燃料로서 陽極(Anode)에 공급된다. 가장 실제적인 燃料인 水素는 여러가지 방법으로 化石燃料 즉 石油, 天然가스 또는 石

炭을 처리하여 가장 풍부하게 생산되는 물질이다. 이 水素는 반드시 純粹한 것일 필요는 없다. 경우에 따라서는 天然가스나 다른 炭水水素類의 改質反應(Steam reforming)으로 生成되는 H<sub>2</sub>/CO의 混合物이라도 사용할 수 있다.

다른 種類도 많으나 현재 商業으로 關心을 끌고 있는 5가지의 主要 燃料電池는 알카리燃料電池(AFC, Alkaline Fuel Cell), 磷酸燃料電池(PAFC, Phosphoric Acid Fuel Cell), 固體酸化物燃料電池(SOFC, Solid Oxide Fuel Cell), 固體電解폴리머燃料電池(SPEFC, Solid Polymer Electrolyte Fuel Cell), 熔融炭酸鹽燃料電池(MCFC, Molten Carbonate Fuel Cell) 등이다. Table 1에 이들에 대한 자료를 비교하였다.

Type	Fuel	Electrolyte	Operating temperature °C	Cost of materials \$/kW
AFC	pure H <sub>2</sub>	NaOH/KOH	100	15
PAFC	H <sub>2</sub> (with CO <sub>2</sub> )	orthophosphoric acid	200	150
SOFC	H <sub>2</sub> and CO or CH <sub>4</sub>	ion-conducting oxide (ZrO <sub>2</sub> with Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	800-1,000	135
SPEFC	H <sub>2</sub> (with CO <sub>2</sub> )	ion-conducting polymer membrane (e.g. Nafion)	100	500
MCFC	H <sub>2</sub> and CO or CH <sub>4</sub>	molten KLiCO <sub>3</sub>	650	50

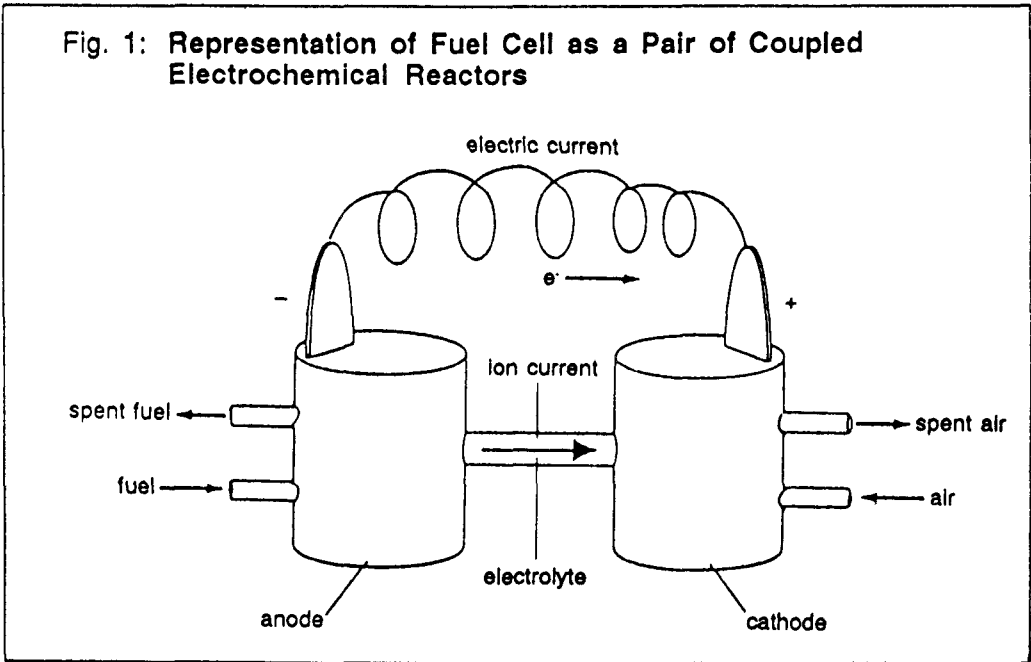
燃料源으로서 水素를 포함하는 경우 進行되는 化學反應은 간단하다. AFC의 電池內 反應은 다음과 같다.



燃料電池는 2개의 電氣化學反應裝置(Electro Chemical reactor)가 “파이프”로 연결되어 있어서 한쪽 反應裝置로 부터 다른쪽 反應裝置로 電子, 이온등이 이동하는 것이라고 단순히 생각할 수 있는 것이다. Fig. 1은 水素(化石燃料에서 생산)와 酸素(空氣中의)가 電池에 供給되고 電氣가 發生되는 것을 나타낸다.

大規模 AFC의 成功秘訣은 水素燃料를 경제성이 있는 價格으로 供給하는 것과 資金投入

이 적게 드는 燃料電池(발전기)를 設計하는데 달려 있다. 현재 水素는 가장 실제적인 大規模 燃料電池用 燃料이기는 하나 生産費가 비교적 高價이며 純粹한 水素를 大量으로 生産할 경우 특히 그렇다. 다행히 化學工業은 炭化水素의 스팀改質에 매우 익숙하며 이 工程에서 는 合成가스라고 불리는 水素와 炭素酸化合物의 混合物을 만들어 낸다.



### ● 燃料電池의 應用

燃料電池는 그 構成에 있어서 값비싼 材料가 쓰이기 때문에 지금까지의 용도는 美國의 宇宙開發計劃을 위한 發電과 같은 尖端技術등 特殊分野에 局限되어 왔다. 그러나 장래의 좀더 값싼 材料와 값싼 水素資源이 大規模電池에 응용할 수 있는 길을 인도하게 될 것이다. 예를 들면 材料工業의 發達로 初期에 사용하였던 白金電極은 미량의 貴金屬으로 被覆한 炭素電極으로 代替할 수 있게 되므로서 그 값은 놀라울 정도로 싸지게 되었다.

대략 50KW의 出力을 내는 燃料電池(보통 AFC타입)는 지게車, 電氣自動車, 宇宙探險車 輛등과 같은 移動機械用 直流電源인 蓄電池의 代替品으로서 개발되었다. 1960年代 이래

200KW까지의 大型 AFC타입의 燃料電池가 潛水艦用 電源으로 供給되어 왔다.

실제적인 大規模 燃料電池의 設備은 아직까지 없지만 技術의 發達로 이 設備의 實現에 한 걸음 더 가까히 접근시켜 가고 있다. 大型의 固定式에서와 같은 制限條件에는 물론 따르지 않으므로 지금까지는 장래의 發電用으로서 高溫型燃料電池-MCFC 및 SOFC에 대해서 가장 많은 관심을 쏟아왔던 것이다. 이들은 移動式電池로서는 거의 實用性이 없을 것이기 때문이다. AFC型電池는 지금까지 부당하게도 無視되어 왔으나 스토크홀름의 王立技術 研究所에서 수행된 研究에 따르면 이 AFC型電池는 콤파인드 싸이클(Combined-Cycle) 發電所와 같은 非常發電機技術과 경쟁하여 아마도 優位를 차지할 것이다. 이 結論은 다음과 같은 근거에 따른 것이다.

① AFC型發電機는 本質적으로 보다 效率的이다.

② 運轉條件이 가혹하지 않기 때문에 電極의 運轉壽命을 보다 유리하게 기대를 할 수 있다.

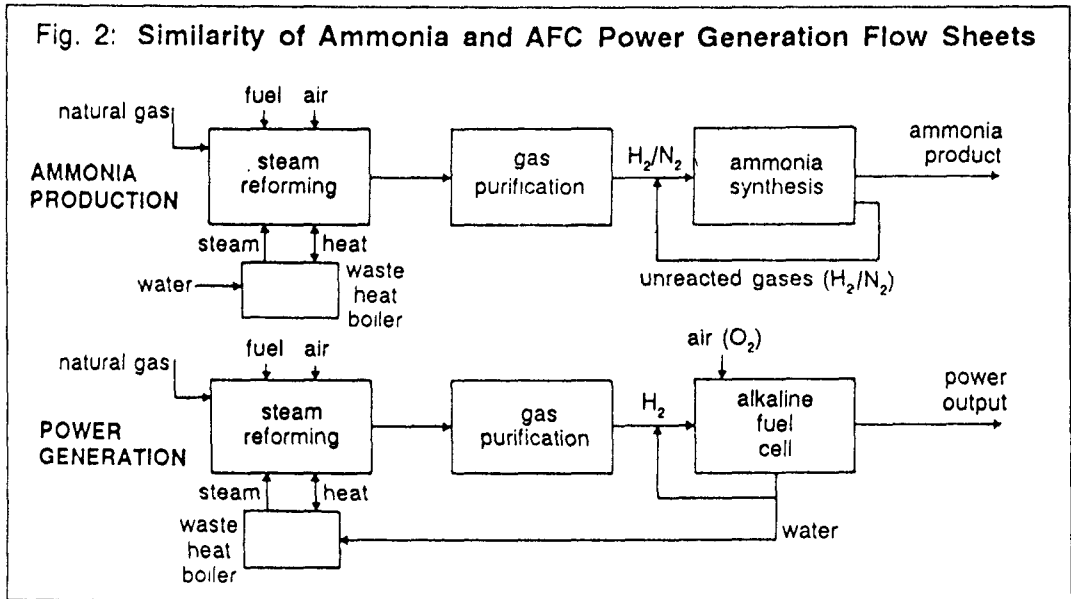
③ 그리고 무엇보다도 AFC의 電極交換費用은 高溫型燃料電池와 비교할 때 매우 低價일 가능성이 크다.

1986年 우크라이나(舊 소련)의 체르노빌 原子爐事故로 야기된 政治的 그리고 環境保護論的인 문제의 “原子彈”은 막대한 費用負擔때문에 그렇지 않아도 原子力發電의 立場이 다소 흔들리기 시작하고 있던 “제레식”原子力發電(原子核分裂)의 장래에 대한 期待에 찬물을 끼얹었다. 이것은 결과적으로 어떤것이던 그럴듯한 高效率의 非核發電技術에 대한 期待를 부추기게 되었다. 이미 여러 原子力發電計劃이 증지되었고 유럽의 몇 나라에서는 몇 개의 核發電所가 解體되기도 하였다.

## ● 암모니아工場과 燃料電池의 결합

알카리電池(AFC)는 가장 진보적이고 가장 費用이 적게 드는 燃料電池시스템이다. AFC를 사용하는 發電시스템과 암모니아工場의 특징을 工程圖(Fig. 2)를 보면서 비교해 보면 그

Fig. 2: Similarity of Ammonia and AFC Power Generation Flow Sheets

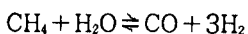


類似性이 뚜렷함을 알수 있다. 兩者 모두 設備投資費의 대략 70%가 最終工程의 原料인 水素의 製造設備을 위한 것이다. 암모니아工場에서는 최종공정이 合成塔과 合成루프를 구성하는 補助設備들이며 AFC發電所의 경우 最終工程은 燃料電池의 스택(Fuel Cell Stack)이다. 工程圖에서 나머지 部門(Balance of Plant 또는 BOP라 略稱)은 단순히 原料의 취급, 저장에 이용되는 것이다.

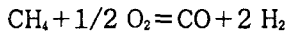
암모니아의 기본적인 工程圖는 이전에 여러번 Nitrogen誌에 게재된바 있으나 편의상 天然가스-현재까지 가장 보편적인 原料-로부터 생산하는 경우의 基本原理를 가장 간략하게 요약하면 다음 세가지의 基本工程이다.

- ① 스팀改質
- ② 가스정제
- ③ 암모니아合成

스팀改質工程에서는 水蒸氣와 炭化水素(메탄)가 反應하여 다음 反應式과 같이 水素와 一酸化炭素를 生成한다.



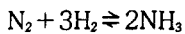
이 공정은 H<sub>2</sub>O로부터 H<sub>2</sub> 생성되는 化學的還元이라 볼수 있다. 그러나 물론 H<sub>2</sub>는 수증기 (H<sub>2</sub>O)와 메탄 (CH<sub>4</sub>)의 兩쪽에서 發生한다. 암모니아를 합성하기 위해서는 水素와 반응할 질소가 필요하기 때문에 스팀改質工程은 두 단계로 진행된다. 즉 1次改質은 空氣를 供給하지 않고 진행되는 吸熱反應이며 2次改質은 필요한 量의 窒素를 供給하기 위하여 空氣중의 酸素를 1次改質가스중 未反應메탄과 반응시켜 H<sub>2</sub>와 CO를 더 생성시키는 發熱反應이다.



암모니아工場 改質工程의 특징에 관해서는 Nitrogen誌 (92年 1-2月號)에서 소개한바 있다.

다음 단계의 공에서는 水性가스의 轉化反應을 이용하여 改質가스중의 CO를 水溶性 CO<sub>2</sub>로 轉化시키고 또 이어서 CO<sub>2</sub>와 남아있는 未反應CO를 제거한다. CO와 CO<sub>2</sub>는 암모니아 合成塔의 觸媒를 不活性化하기 때문이다.

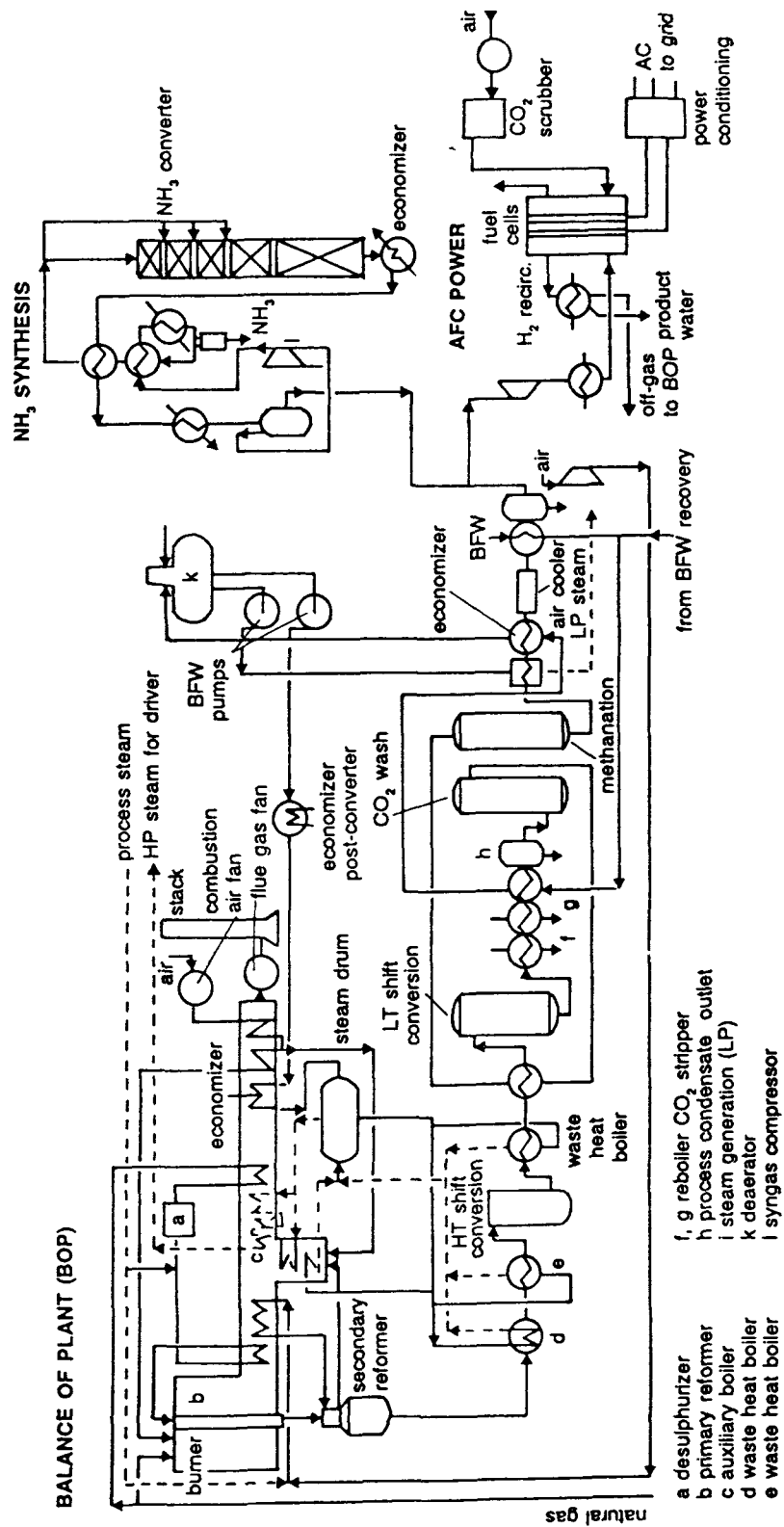
위와 같은 공정을 거쳐서 요구되는 化學當量比 1 : 3의 비율로 N<sub>2</sub>와 H<sub>2</sub>를 함유하는 合成가스를 얻게 된다. 이 가스는 촉매를 통과하여 다음과 같은 反應을 일으킨다.



이때 생성된 少量의 암모니아는 分離하고 未反應合成가스는 循環시킨다.

암모니아工程和 AFC發電所의 主된 差異는 암모니아合成을 위한 當量比 1 : 3의 N<sub>2</sub>와 H<sub>2</sub>의 混合가스를 만들 필요성의 여부인 것이다. 분명히 AFC發電所에서는 그럴 필요가 없다. AFC燃料電池에는 N<sub>2</sub>가 필요없으나 다행히도 N<sub>2</sub>가 많이 있어도 큰 문제 되지않는다. 그러므로 AFC燃料電池시스템은 암모니아工場의 合成가스로서 효과적으로 가동할 수 있다는 것이다. 물론 메탄올工場의 合成가스로서는 매우 效率的으로 가동할 수 있을 것이다. 이 合成가스는 암모니아工場과 유사하게 만들어지나 N<sub>2</sub>가 필요없기 때문에 2次改質設備가 없는 것이 다를 뿐이다. AFC發電시스템을 위해서는 CO/CO<sub>2</sub>除去工程은 필요할 것이므로 全體工程構成은 암모니아工程圖에서 단순히 암모니아合成工程을 燃料電池시스템으로 代替한 것과 같이 될것이다.

Fig. 3: Typical 1970s Ammonia Flowsheet, Showing Position for AFC Power Generation





이것을 工程측면에서 보면 합성가스압축기에 연결되는 가스파이프를 分離하여 燃料電池設備에 연결하는 것과 같다. 또 암모니아工程的 퍼지가스(Purge Gas)를 처리하는 것과 같이 燃料電池設備로부터 배출된 퍼지가스를 改質爐의 버너에 循環시키는 것도 가능하다.

암모니아工場の 에너지계통측면에서 본다면 그리 단순하지는 않다. 그것은 合成루프에는 중요한 回收에너지源(암모니아合成塔의 出口측의 工程가스冷却裝置)과 대부분의 에너지를 消費하는 합성가스압축기가 있기 때문이다. 암모니아工業에 따라 反應熱의 回收方法은 광범위하게 달라진다. 예를 들면 어떤 工業에서는 高壓水蒸氣의 生産을 最大化하여 스팀터빈으로 모든 주요 機材를 가동한다. 다른 工業에서는 電氣를 動力으로 쓰는 대신 反應熱로 中壓水蒸氣를 생산한다. 어떤 工場에서는 合成塔의 出口쪽 가스클리어에서 水蒸氣를 발생시키는가 하면 다른 工場에서는 보일러供給水を 가열시켜 熱을 回收한다. 燃料電池시스템으로부터의 廢熱을 버리거나 혹은 단지 매우 낮은 水準(예를 들면 지역난방)으로 회수될 뿐이다.

암모니아合成루프를 燃料電池시스템으로 代替할때의 工場全體의 에너지밸런스(Balance)에 미치는 영향과 水蒸氣系統의 개조는 各 工場의 工法에 따라 다르므로 各 事案別로 처리되어야 할것이다. 그렇더라도 AFC發電所로 개조하는 것은 舊式 암모니아工場에서 일반적으로 행해지는 범위의 개조와 比較하면 경쟁력이 있을 것이다.

Fig.3은 아마 1970年代에 건설되었을 大單位 암모니아工場の 工程圖이다. 이 年代의 많은 工場들은 程度의 差異는 있으나 그후 개조되어 현재 가동중이거나 또는 運體中으로 아직 남아 있으며 이들은 AFC發電所로서 救濟될 수 있는 潛在的 後補工場들이다.

水素를 原料로 하여 가동되는 AFC發電所는 電氣를 생산하는 한편 副産物로 발생 하는 물은 일부는 除去되고 일부는 循環된다.

### ● 運轉上의 差異點

암모니아工場과 AFC發電所는 設計上 밀접한 類似性은 있을수 있으나 工場을 最適條件

으로 운전하는 方法에는 분명히 差異가 있어야 할 것이다. 安定性은 암모니아工場을 운전하는데 至上目標이다. 運轉負荷의 變動과 오히려 그 이상으로 -運轉停止와 再始動등은 가능한 限 피하여야 한다. 암모니아工場에서 생산되는 全體의 製品이 현지에서 消費되는 경우라 할지라도 다운스트림(Down stream)이 어떤 사유로 運轉停止될때 암모니아工場의 계속운전을 보장하기 위해서는 막대한 용량의 중간 저장탱크를 마련하여야 할 것이다.

암모니아와는 달리 電氣는 탱크에 저장할 수 없으며 天然가스가 파이프를 통해서 흘러들어오는 것과 같이 電氣는 發電所 밖으로 계속적으로 供給되어야만 한다. 그러므로 가스로부터의 電力生産은 生産을 위한 最適條件-연속적인 高負荷運轉-과 빈번하게 變動하는 市場需要間의 갈등을 內包하고 있다. 그러므로 天然가스를 原料로 하는 AFC發電所는 基準負荷운전을 하는 것이 더 適合하다. 그러나 이와는 달리 가스터빈과 같은 低效率的인 방법은 最高電力需要에 對備하기 위해서 利用되는 것이 좋을 것이다.

### ● 發電用으로의 改造

近年에 암모니아工場의 改造에 대한 관심이 대단하다. 암모니아生産者는 全世界的인 經濟的 또는 商業的인 壓力대문에 모든 努力을 다하여 에너지效率의 向上이나 施設能力의 增大 또는 이 두가지를 위한 工場改造에 집중하여 왔다. 대부분의 生産者들은 보다 經濟的인 암모니아生産을 위하여 工場을 改造할 것인가 또는 경쟁력이 없으므로 工場을 閉鎖할 것인가라는 견지에서의 선택을 검토하였다. 1960年代의 後半과 1970年代에 건설된 수 많은 암모니아工場들이 이러한 이유로 1980年代중에 가동정지되었다. 여기에 떠오르는 의문은 이러한 舊式 암모니아工場들을 燃料電池發電所로 改造하는 方案이 成功possible한 선택인가? 하는 것이다..

몇년전 스웨덴의 王立 技術研究所-Kungl Tekniska Hogskolan (KTH)-에서는 Koping에 있는 50,000t/a規模의 암모니아工場에 대하여 이러한 선택이 적합한지 검토한 일이 있었다. 이工場은 원료로서 黃成分이 많은 重質油를 사용하였으며 原料油중에 들어 있는 3%의 黃

은 황산으로 회수되고 있었다. CO<sub>2</sub>除去는 物理的인 吸收原理에 의한 Selexol工程이 채택되고 있었다.

이 工場의 AFC發電所轉換에 대한 理論的 妥當性檢討가 실시되었으나 그 計劃은 결코 실현되지는 않았으며 결국 圖上演習으로 끝나고 말았다. 그러나 그러한 선택에 대한 理論的可能性을 證明하였던 것이다. 실제로 天然가스를 原料로 하는 암모니아工場에 대해서는 에너지消費와 投資費節減을 위한 改造方案選擇-지금은 여러가지 방안이 있겠으나-은로서는 궁극적으로 電氣를 생산하는 工場으로 改造하는 方案은 암모니아工場의 에너지效率向上을 위해 改造하는 것과 동등하게 타당하다는 것이다. 이러한 이유로 發電을 위한 改造에 대하여 經濟的 매력은 그간 계속해서 커져가고 있었던 것이다.

이 외에도 KTH는 스톡홀름郊外의 地域난방을 위해서 600MW의 熱併合AFC發電所의 設計에 대한 研究도 수행하였다.

### ● 效率과 經濟性

發電設備로서의 燃料電池의 基本的인 매력은 그 相對的 高效率에 있으며 특히 AFC의 경우가 그렇다. 1980年代의 암모니아工場은 熱效率이 70%이상-약 25GJ/t-이며 현재 진행중인 技術開發은 장차 이것을 90%까지 개선하게 될것이다. 암모니아工場을 AFC發電所로 改造할때 1980年代의 암모니아生産技術을 기준하면 燃料電池發電設備는 50%이상의 電力效率(LHV기준)을 갖출것이라는 것은 다소 保守的으로 平價된 것이다. 그러므로 1990年代의 最新 암모니아技術이 결합된다면 電力效率은 65% 또는 그 이상으로 向上될것으로 기대된다.

裝置工業, 주로 암모니아工業의 풍부한 현장기술에서 축적된 信賴性있는 資料를 이용하여 AFC발전소로 改造한 암모니아工場의 投資費와 運轉費用에 대한 合理的인 評價를 할수 있다.

1,000t/d규모의 天然가스를 原料로하는 新암모니아工場의 投資費를 1억500만달러로 잡

올때 이 設備로서 AFC發電을 한다면 215MW상당의 化學에너지를 생산하고 實出力은 163 MW가 될 것이다.

암모니아工場 投資의 20-30%는 압축기를 포함하는 合成루프를 위한 것이므로 殘餘設備을 위한 것은 70-75%정도이며 이 경우은 약 8,000만달러가 될것이다. 燃料電池設備의 費用은 燃料電池의 스택(Stack) 값을 除外하고 150 \$/KW이고 AFC스택크의 값은 100 \$/KW이다. 그러므로 163MW出力의 AFC發電所에 대한 總投資費는 AFC의 스택크(처음 1組)를 포함하여 약 1억 2천만달러가 되며 KW당 投資單價는 750 \$/KW이하이다. 이 評價資料의 90%는 확인된 CPI(Chemical Process Industry)의 經驗에 근거하고 있다는 것은 주목할만 하다.

發電所의 運轉者는 發電設備에 대하여 약 40,000시간의 계속운전-5年間-을 바라고 있으나 실제로는 1년이 지나면 그 效率이 약 10% 저하되며 따라서 最適條件의 運轉을 하기 위해서는 보수작업이 더욱 빈번해지는 것이다. 年間 100 \$/KW의 AFC Stack를 交替하는 費用은 正常運轉費用으로 고려되어야 한다. 그러나 AFC發電設備에는 年間 330일 기준으로 가동할 수 있다. 이것은 매년 2個月間을 가동정지하여야 하는 原子力發電所에서는 기대할 수도 없는 상황인 것이다.

投資費가 1,000 \$/KW정도이고 天然가스의 값이 4 \$/MMBTU일때 發電原價는 0.08 \$/KWH정도 될것이라고 추정되고 있다.

오늘날은 天然가스를 사용하는 大規模AFC發電所를 포함하여 60%를 上廻하는 電力效率을 성취할수 있을것이다.

Fig. 4는 電力效率과 熱效率을 비교적 保守적으로 기준할때의 암모니아工場의 投資費와 이것을 AFC發電所로 改造할때의 投資費의 관계를 나타낸다. Fig. 5는 發電原價의 天然가스/價格에 따른 변화를 나타낸다. 上述한 原價추정기준(新암모니아工場의 總投資費에 대한)에서 天然가스/價格이 2-4 \$/MMBTU이면 電力原價 0.06-0.08 \$/KWh수준은 AFC發電에 의해서 성취될수 있음을 알 수 있을 것이다.

AFC로 개조할 工場으로서 낡은 工場을 이용하거나 혹은 改造대상 工場을 賃값으로 취득한 경우는 投資費부담이 상당히 경감될 것이다.

Fig. 4: Relation of Ammonia and AFC Plant Capital Cost to Plant Capacity (Natural gas feedstock, Developed World location, power plant with stacks excluded)

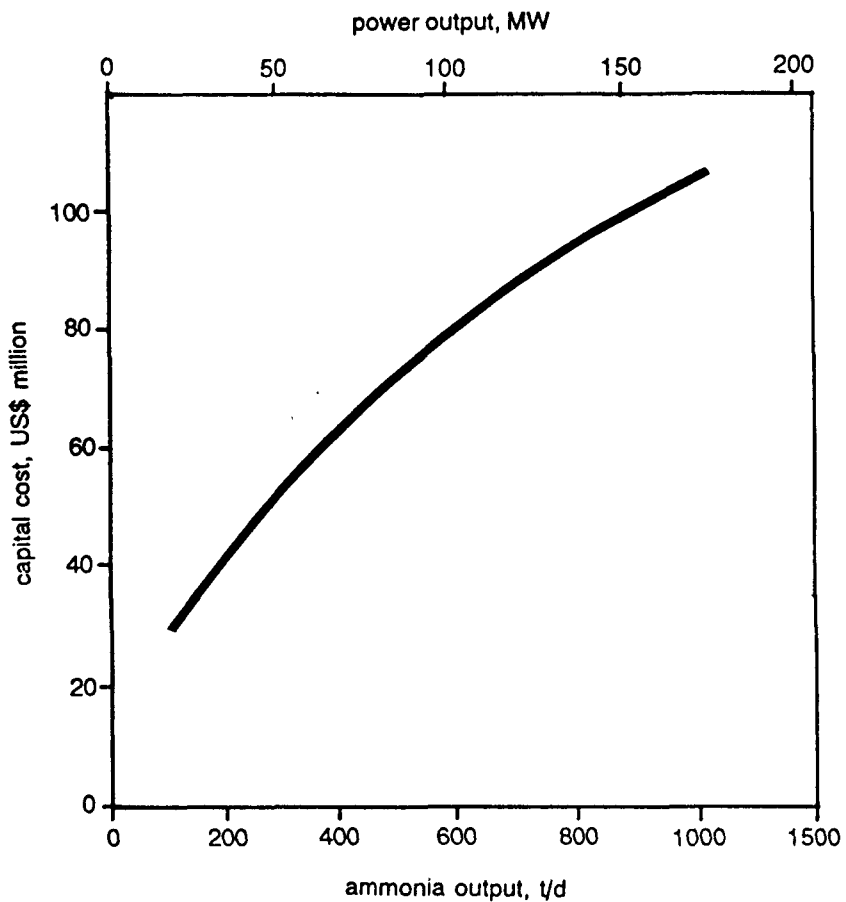
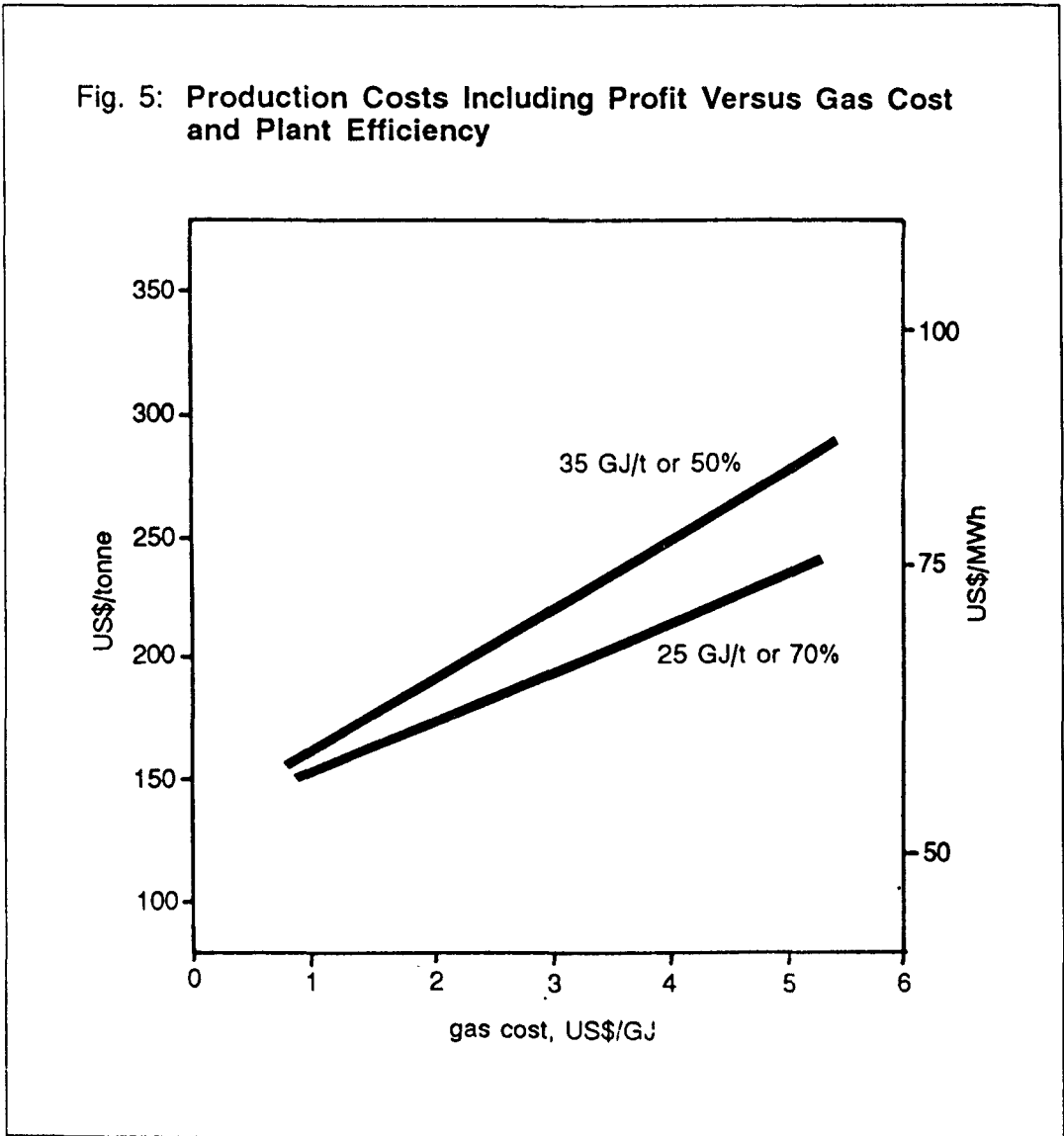


Fig. 5: Production Costs Including Profit Versus Gas Cost and Plant Efficiency



● 展 望

장래 全世界의 電力에너지 需要가 보일러와 터빈으로 가동되는 보통 發電所에 의해서 充當되리라고 가정하는 것은 어리석은 일이다. 世界人口가 다음 35年間에 2倍로 증가한다는 사실을 감안할때 2020年의 全世界의 에너지需要는 現水準의 5倍에 이를것이라고 추정되고 있다. 燃料電池技術은 이러한 需要增加의 시나리오를 연출해 나가는데 力을 擔當하여야

할 것이다.

알카리燃料電池는 제일 먼저 개발되어야 할 것이었으나 아직까지도 주로 600KW정도의 小規模用途에 이용되고 있다.

일부에서는 大規模의 AFC의 발전에 대한 거부감이 있는데 이것은 소위 “CO<sub>2</sub>신드롬” 때문이라 말하고 있다. 즉 工場收支上CO<sub>2</sub>除去費用의 負擔이 너무나 크다는 생각이다. 그러나 大規模의 CO<sub>2</sub>제거는 비교적 값싼 제품의 生産에 기여한다는 것은 암모니아工場이 잘 證明하고 있다. 모든 化石燃料을 태우는 發電所에서는 어찌 되었던 大量의 CO<sub>2</sub>에 관련된 환경 문제를 AFC發電에 대해서 否定的으로 이용되어서는 안된다. 오히려 發電方式으로서 燃料電池를 찬성하는 주된 이유의 하나가 그것의 우수한 환경특성(公害가 적은)인 것이다.

유리한 環境特性和 더불어 燃料電池는 다른 發電方式보다도 效率이 좋다. 오늘날의 암모니아技術을 基準으로 할때 AFC發電시스템은 65%이상의 電力效率을 기대할 수 있다.

지난 50年동안에 암모니아工場은 에너지效率面에서 놀라운 만한 改善을 이룩하였다. 初期의 90GJ/t 정도의 에너지消費水準이 1970年代는 40GJ/t 정도로 낮아졌고 현재의 암모니아工場은 全原料와 燃料의 消費가 25-26GJ/t 임을 나타내고 있다. 그러나 이것이 전부는 아니다. 最近에는 工程의 資本集約性和 에너지集約性を 輕減시킬 목적으로 改質工程의 運轉에 대해 관심이 집중되고 있다. ICI, Uhde, KTI 및 TOPSøe를 포함하는 프로세스 라리센서(Process Licensor)들 모두가 종래의 改質爐크기보다 훨씬 작은 “熱交換改質裝置”(Heat Exchange Reformer)의 理論에 의한 새로운 改質장치설계를 提案하고 있다.

大容量의 發電技術로서 AFC를 고려할때 가장 중요한 세번째의 特性은 信賴性이다. AFC는 매우 높은 정확한 信賴性을 가지고 있으며 宇宙旅行裝備에도 사용되고 있다.

장래에는 發電所가 에너지設備의 유일한 영역이 되지 못할 것이다. 製造工業分野에서 熱併合發電의 증가추세는 製造工業을 發電産業에 유례없이 密接시키고 있다. 主要化學會社들은 이미 큰 電力生産者가 되어 있다. 天然가스로부터 암모니아工程을 거쳐 燃料電池發電까지는 몇 단계를 거쳐야하나 기존 암모니아工場을 發電用으로 改造하는 방안은 단지

---

한 단계 만으로서 된다. 그러나 그것은 확실히 세밀하게 검토할 가치가 있는 것이다.

## 著 者 紹 介

- Bill Lavers : 化學 및 肥料技術, 食品 및 農業技術, 新技術 등에 관한 컨설턴트 겸 寄稿家
- Olle Lindstrom : 스웨덴 王立 技術研究所 化學科 教授, 燃料電池 專門家

가정에는 소비절약 기업에는 원가절감