

성 영 권

고려대학교 공과대학 교수

1. 머리말

오늘날 우리들의 공업화 사회를 지탱하고 있는 것은 에너지와 材料 및 情報化의 세기둥이라 할 수 있다. 이들중 에너지는 민생, 산업활동의 근간을 이루는 것이나 국제적으로는 石油資源의 有限性, OPEC 국가들의 石油 高價格化 등, 에너지를 둘러싼 정세가 좋지않다. 더욱이 전 에너지의 약 90%를 輸入石油에 의존하고 있는 우리나라로서는 經濟安全 보장의 측면에서도 그 대응이 심각하다. 이것에는 정치, 경제, 외교 등 여러가지 면에서의 대응이 필요하나 資源이 궁핍한 우리나라로서는 특히 技術에 의해 신에너지의 導入이나 에너지 新技術의 개발 등에 의해 문제해결을 도모하는 것이 바람직하다.

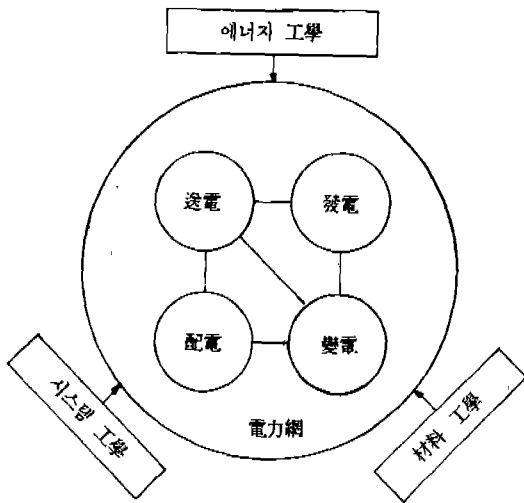
그렇게 하기 위하여 에너지 절약 또는 효율이 좋은 使用 技術(省에너지 技術)과 石油대체를 위한 새로운 에너지원의 개발(代替 에너지 技術)을 향한 기술개발을 가속적으로 추진시켜야 하나, 그림 1에 나타낸 바와 같이 電氣 에너지를 발생, 수송, 배분하는 電力網의 技術에는 Man Made World를 지탱하는 三大 工學중의 하나인 材料工

學이 큰 배경으로 되어 있어 에너지 技術에서의 材料의 역할은 대단히 중요하며 材料開發의 진전 없이는 에너지 技術이 비약적인 발전을 이룰 수 없다.

특히 에너지 技術은 대단히 광범위한 技術의 종합화이며 여기에는 다종, 다양한 材料가 사용되어 그 사용材料들이 에너지 技術 開發의 큰 Bottle Neck이 되기 때문에 材料 工學的 입장에서로부터 종합화와 체계화가 이루어져야 한다고 본다. 여기에서는 에너지 技術開發을 材料開發과의 관련성에 대해 材料工學의 입장에서 개설코자 한다.

2. 에너지 技術開發의 현황과 材料

核融合 原子力 高效率 터빈 超傳導機器, 電力貯蓄용 2次電池, 太陽熱 發電, Amorphous 변압기 등등의 에너지 기술 개발이 진행되고 있으나 그 중심은 材料開發이며 새로운 材料의 출현이나 材料의 개량 없이는 에너지 기술개발이 실현되지 않는다고 하여도 과언이 아니다.



<그림 1> 電力 시스템과 各種 工學과의 關係性

대체 에너지 技術로는 輕水爐, 重水爐, 高速 增殖爐, 核融合爐 등의 原子力 에너지를 이용하는 技術과 石炭의 가스화 및 액화, Tar-sand Oil Shell의 정제 등 석유 이외의 化石 燃料를 이용하는 技術의 두가지로 대별할 수 있다.

原子爐는 출력밀도의 증대, 연소효율의 향상 및 고온화에로의 추세에 있어 耐熱材料, 高溫耐食材料 등의 개발이 요구되어 있다. 또 石炭의 가스화와 액화 또는 地熱發電에 있어서도 각기 그 환경하에서의 耐熱, 耐食 材料가 문제가 된다. 또 太陽光 發電에 대해서는 저가격의 太陽電池, 특히 최근에는 光-電氣變換效率이 높은 대량생산에 알맞은 非晶質 실리콘의 연구 개발이 주목되고 있다. 太陽熱 發電에 대해서는 희박한 에너지를 효율 좋게 수집하기 위해서는 選擇 透過膜, 選擇 吸收膜 등의 光學的 機能인 材料나 蓄熱 材料 및 熱傳達 材料등이 연구되고 있다.

한편, 核融合爐에 있어서는 그 실현은 꽤 먼 훗날에 이를 것이나 概念 設計는 현재 진행되고 있는 단계이다. 이에 사용하는 構造 材料로는 爐心 플라즈마에 직면하는 第一壁이 가장 엄한 환경하에 놓여져 核融合 反應 生成物의 α -粒子나 中性子 또는 X線이나 γ 線을 위시하여 고에너지 不純

物 粒子 등의 照射를 받으며 그 裏面에는 고온 및 부식성의 Blanket材가 존재한다. 또 磁場 Pinch形의 爐에 있어서는 大容量 및 高磁界 超電導 마그네틱의 개발은 대단히 중요한 과제이다.

다음에 省에너지 技術에 대해서는 에너지의 변환, 수송, 저장, 소비 등의 각 분야에서의 효율 향상이나 廢熱 이용 등의 技術開發이 광범위하게 행해지고 있다. 한편 이웃 日本에서는 Moon-light 계획으로 채택되고 있는 주된 개발 과제로서는 高效率 가스터빈, MHD 發電, 燃料電池發電, 廢熱利用技術, 新型 電池電力 貯藏 시스템 등이 있다.

高溫 가스 터빈과 증기터빈의 복합 사이클을 이용하는 高溫 가스 터빈 發電에 있어서는 材料 強度나 耐蝕性 등의 문제로 高強度, 超高溫 材料의 개발이 중심이 되고 있으며 MHD 發電에 있어서는 더욱 고온을 요하기 때문에 超高溫超電導 體나 絕緣材料의 개발이 시급하며 이들의 耐久性 있는 發電 채널의 개발에는 불가결한 중요한 과제가 되고 있다. 또 超電導 技術이나 그에 관련된 極低溫 技術은 MHD發電을 위시하여 大容量 送電技術 등 에너지 技術에 중요한 基盤技術이며 초전도체, 극저온 절연체, 극저온 기기용 材料 등 材料면에서 개발해야 하는 요소는 대단히 크다. 또 새로운 發電方式으로 각광을 받고 있는 전지 관계로는 각기 시스템에 있어서의 電解質, 電極 材料, 耐食材料 등이 중요한 개발 요소가 된다.

이외에 생산기술에 있어서의 성에너지화, 發送電, 配電에 있어서의 성에너지화, 燃料節減 등 광범위하게 기술 개발이 행해지고 있으며 개량, 개발해야 하는 材料도 여러 갈래에 걸쳐 다양하다. 아울러 에너지 기술 개발에서 활용되는 각종 情報나 管理 시스템에 뉴 미디어 情報機器를 비롯하여 各種 電子機器가 활용되나 에너지 기술에서 지금까지 경험하지 못한 특수 환경하에서 各種 電子機器用의 電子材料의 신뢰성이 문제시되어 이들의 문제를 해결하기 위한 기초 연구와 더불어 다른 分野의 종합적인 Approach가 불가결하

다고 본다.

3. 에너지 技術開發에서의 關聯材料의 分類

에너지 技術 開發은 하드웨어의 開發이기에 材料 그 자체나 組立技術이 밀접하게 관련됨은 당연지사이다. 따라서 新에너지 技術 開發에 있어서의 材料의 역할은 지금까지 언급한 것처럼 대단히 크며 이들 에너지 技術과 깊이 關聯되는 材料 技術을 要素技術로까지 분해하여 정리, 분류하면 다음과 같다.

(1) 構造材料

高強度 材料(기계 및 기계 부품용), 耐熱 材料(고온-1000°C 이상의 초고온), 耐食材料(내해수성, 내산성, 내알칼리성, 내황화수소)

(2) 機能材料

核的性能材料(핵연료, 제어재, 트리튬 신물질, 고화제), 熱的 機能材料(축열, 단열, 열전도, 집열), 化學的 機能材料(냉매, 촉매, 전해질, 물질의 선택투과 및 흡수막, 수소 에너지 저장, 전자도전성 세라믹), 光學的 機能材料(光의 선택 투과, 흡수체, 반사층), 電磁氣材料(초전도재료, 도전재료, 반도체 재료, 절연재료), 耐摩耗性 材料

4. 材料工學的 Approach

(1) 시스템 設計와 材料開發 및 데이터 베이스

材料의 연구개발은 실험실 규모에서의 材料工學的인 연구로부터 시작하여 실용적인 환경에서의 材料의 特性 파악과 더 나아가 工業的인 레벨에서의 製造방식에 이르기까지 아주 넓은 범위에 걸쳐 있다.

에 걸쳐 있다. 에너지 材料인 경우도 당연히 모두의 課題를 내포하고 있으나 최적의 材料를 얻기 위해서는 에너지 시스템 설계의 目標과 要素 技術에 요구되는 여러 조건을 충분히 이해하고 아울러 그것을 만족시키는 일이 대단히 중요하다. 새로운 에너지 技術의 개발에 있어서는 종종 시스템 기능을 충족시키는 材料를 얻기가 어려워 시스템 設計와 材料 技術과의 거리감이 크다. 특히 오늘날의 시스템 工學에서는 대규모인 동시에 복잡한 시스템을 경제성, 신뢰성, 안전성 및 대인간성 등을 고려하여 최선의 것을 창조해 가는 것이므로 이 목적을 실행하기 위해서는 기본적인 Approach에 따라 주어진 性能, 機能 등의 목표에 대해 어떻게 최적의 Hard ware를 개발하느냐 하는 것이 시스템 技術의 역할이다. 따라서 Hard ware의 개발이 材料 그 자체나 組立技術이 밀접하게 관련됨은 당연하다.

따라서 목적에 알맞는 材料가 선택되면 다행이지만 그렇지 않은 경우에는 材料 개발부터 착수해야 한다. 따라서 에너지 기술개발에 착수하는 경우 시스템 設計者가 材料의 重要性에 대한 충분한 인식없이 기술개발에 착수하는 경우 使用 材料가 합당치 않으면 수포로 돌아가는 경우가 허다하다. 따라서 耐久性이 중요시되는 대부분의 에너지 기술 개발에 있어서는 꽤 이른 시기부터 先行的으로 材料 開發을 진행시키는 것이 바람직하다.

일반적으로 목적에 알맞는 材料를 얻기 위한 방법으로서는

- (i) 既存材料중에서의 선택
- (ii) 既存材料 개량
- (iii) 新材料의 개발

등을 들 수 있지만 에너지 技術로 이용되고 있는 材料는 대단히 다종 다양하기 때문에 효율이 좋은 기술개발을 진행하기 위해서는 材料에 관한 데이터 베이스의 정비를 서두르지 않으면 안된다. 여기서 언급한 데이터베이스란 에너지 기술개발을 목적으로 필요한 材料의 정보를 材料 開發 및

材料이용의 입장에서 정보처리技術을 활용하여 데이터 베이스화한 것이다.

이와 같은 데이터 베이스에는 1) 材料의 基礎的 特性, 2) 實材에서의 材料의 特性을 대상으로 한 두가지가 있으나 이에 대응한 데이터 베이스는 우리나라에서는 거의 없는 상태이다. 따라서 에너지 技術에서의 材料特性의 目標值, 實現值 및 代表值를 명시하기 위한 각 材料의 充分한 理論的/實驗的 知見을 필요로 하기 때문에 材料의 상호 비교에 중점을 둔 모색과 연구적 입장에서의 모색이 필수 불가결한 것이다.

(2) 에너지 材料 開發의 方向

에너지 材料의 開發에 있어서는 材料를 機能, 壽命, 製造方法, 經濟性의 네개의 要素를 정점이라는 피라미드로서 파악하여야 하고 아울러 각 要素를 잇는 각변에 대응한 연구기술개발과제가 존재한다. 참고로 이들 각 要素들의 내용을 열거하면 다음과 같다.

- 1) 機能(用度): 材料의 機能(또는 사용대상이 되는 技術)의 명확화와 그것을 나타내는 메커니즘의 해명과 개선
- 2) 壽命: 사용환경하에서의 耐久성과 壽命의 평가 및 열화의 메커니즘 해명과 개선
- 3) 製造方法: 材料의 構造, 形狀을 실현시키는 제조가공기술
- 4) 經濟性: 材料 資源의 경제성 평가와 사용재료에 관한 환경문제의 해결 등

5. 새로운 에너지 材料

原子力, 가스터빈, MHD發電 등 새로운 에너지 技術의 개발에 있어서는 高溫인 동시에 부식성이 강한 분위기에서의 사용에 잘 견디는 材料開發이 앞으로 더욱 중요시되며 이와 같은 엄한 조건에 견디는 材料로서 세라믹의 연구개발이 주목되고 있다. 예를 들면 高效率 가스터빈 등의 高溫

可動 熱機關에는 한때는 내Creep성, 내식성의 兩面에서 1050°C 이상의 高溫에서는 곤란하고 불가능하다고 알려진 SiC, Si₃N₄, 사이아론 등의 共有結合성이 큰 세라믹이 거론되어 그 연구가 활발해지고 있다. 그러나 이들이 工業材料로서 사용되기 위해서는 製造加工方法의 개선과 材料의 엄격한 均一性이 요구된다. 이외에 세라믹과 金屬, 세라믹과 他材料 등과의 複合材料의 개발도 필수적이다. 또 導體 또는 마그네틱의 材料로서 超電導材料의 활약하는 분야는 확장일로에 있다. 아울러 高磁界, 大電流量線材의 개발과 함께 臨界溫度가 높은 材料의 연구개발이 중요한 과제이며 超電導 마그네틱에 있어서는 強磁場 때문에 高強度의 構成 材料가 사용되나 그 輕量化도 관련하는 材料技術로서 무시할 수 없다.

이외에 최근에는 金屬, 磁性材料, 半導體材料에 있어서는 Amorphous화와 薄膜化에의 技術이 발전하여 新材料로서 등장하여 전자의 경우 에너지 분야에서는 太陽電池로 활용되고 矽素鋼板에 대신하는 磁性材料로서도 취급되고 이와 같은 非晶質 磁性材料를 사용한 트랜스는 矽素鋼板에 비해 코어 損失이 1/3~1/4에 감소한다고 알려지고 있으나 실용화에 이르기까지는 그 性能과 製造法 및 耐久性에 대해 더 한층의 연구개발을 쌓아 올릴 필요가 있다고 본다. 후자의 경우 薄膜材料로서의 용도와 특징이 많아 製造에 있어서는 에너지 소비가 적고(省에너지), 材料의 使用量도 적어진다(省資源).

6. 맺음말

이상 에너지 技術과 材料開發과의 깊은 관련성과 그 내용에 대해 약술해 보았다. 요컨대 에너지 技術 開發에 있어서도 材料開發이 바로 개발의 중심이므로 에너지기술에서의 材料開發이 그 기초 연구와 응용 연구 및 개발연구가 서로 잘 融合하여 일체화되어 나가도록 정부당국과 관여 당사자들의 재고가 있기를 바라는 바이다.