

# 未來 에너지源

## —核融合에 관한 小考—

李 承 院\*

—차 레—

- 1. 序 論
- 2. 核融合反應
- 3. 프라즈마를 融合에너지로 轉換
- 4. 磁場에 依한 方法
- 5. 核融合原子爐의 作用法
- 6. 核融合原子爐의 構造
- 7. 저에너지電力發生裝置
- 8. 高에너지-펄스電力發生裝置
- 9. 結 言

### 1. 序 論

1973년의 에너지波動 以後 油類以外的 無限한 에너지源을 찾는 것이 深刻한 問題로 擡頭되었다. 現在까지 開發된 에너지源은 그 趨勢로 보아 漸次 需要에 못 미치게 되리라는 것이 確實視되고 있다.

原油의 供給은 그 需要率이 늘어날 것을 豫想할 때 약 20年 內에 枯渴될 것으로 思慮되며 또한 核燃料인 우라늄亦是 그 發生熱量을 最大限 利用한다고 할지라도 50年內에 枯渴될 것이라는 事實을 考慮해 볼 때 이러한 에너지不足을 克服할 수 있는 새로운 에너지源을 發見하는 問題는 今世紀 最大의 課題라 아니할 수 없다.

이러한 問題에 對한 解決策은 石炭, 原油, 가스, 우라늄같은 枯渴性 에너지 代身에 우선 생각할 수 있는 것이 太陽에너지, 水力, 風力, 地熱과 같은 再生性 에너지인데 이들을 大規模로 收支採算이 適切 利用할 수 있는 方法은 아직 發見되고 있지 않을뿐 아니라 그 實現性 또한 요원한 것 같다. 그래서 現時點에서 가장 實現性 있는 것이 核分裂反應에 依한 에너지發生技術에 뒤따라 開發될 것으로 生覺되는 核融合反應에너지인데 이것이 아마도 우리 人類가 使用할 窮極의인 에너지源이 될것으로 思料된다.

### 2. 核融合反應

太陽에 있어서는 水素核의 融合過程에서 莫大한 에너지가 放出되고 있다. 만일 이 核融合過程이 人間에 依해서 調節만 된다 할것 같으면 우리가 必要로 하는 모든 에너지를 核融合에너지로 바꿀 수 있을뿐 아니라 우리는 다시는 에너지의 枯渴의 위협을 느끼지 않게 될 것이다. 多幸히도 이 調節이 實現可能段階에 와있다. 即 이 새로운 局面을 맞게되어 核融合反應의 窮極의인

目標을 達成하기 위하여 必要한 프라즈마에 關係되는 여러 問題들이 研究되고 現實化할 수 있는 段階에 到達하게 되었다.

集約的인 基本研究은 이미 20여년 前에 始作되었고 核融合의 經濟的인 利用을 위하여 미국이나 유럽에서는 大規模의으로 研究가 進行되고 있다.

여기서 核融合過程을 簡單히 살펴보기로 하자. 水素의 同位元素인 Deuterium(D)은 그 核에 各各 하나의 量子와 中性子를 가지고 있으며 또 다른 하나의 同位元素인 Tritium(T)은 한개의 量子와 두개의 中性子를 가지고 있다. 이러한 D와 T가 서로 融合하게 되면 Helium 4가 生成되면서 17.6MeV의 에너지가 放出되게 되며 또 D와 D가 融合하게 되면 Helium 3이 生成되면서 3.2MeV의 에너지를 放出하게 된다. 그런데 이 核融合反應은 거의 枯渴될 줄 모르는 燃料을 供給할 수 있으며 環境에 對한 危險度가 낮고 高度의 技術 및 經濟的 效用性을 가지고 있는 것이다.

### 3. 프라즈마의 核融合에너지로의 轉換

核燃料-例를 들어 水素의 同位元素인 D와 T의 混合物-을 取扱하기 위해서는 다음과 같은 物理的인 豫備條件을 갖추어야 한다. 즉 그러한 燃料은 高密度를 維持하면서 同時에 高溫으로 加熱되어져야만 한다. 이것이 곧 프라즈마이며 또 이러한 프라즈마는 融合이 일어나기 위한 最小時間동안이나마 保存되어야 한다. 이렇게 되면 프라즈마를 維持하는 동안에 核融合이 일어나며 그 過程에서 프라즈마 自體를 加熱하는 데 必要한 에너지보다 더욱 많은 에너지를 얻을 수 있다. 위의 豫備條件들을 充足시키기 위하여 現在 使用하는 方法으로는 가스狀態의 D-T混合物을 磁氣的으로 維持하는 方法(Magnetic Containment)이거나 또는 固體 혹은 液體狀態의 D-T混合物을 高性能 레이저(Laser)로 壓縮하는 두가지 方法이 있다. 여기서는 前者에 對하여 說明해 보기로 하겠다.

\* 正會員: 서울대工大教授(工博) 當學會會長



그림 3은 現在 Garching에 있는 IPP(Max Planck Institute for Plasma Physics)에서 製作中에 있는 "Wendelstein W VII Stellerator"이며 각 部分의 役割은 다음과 같다.

- 1: 플라즈마管 및 磁力線
- 2: 主磁界를 發生하기 위한 코일(40개)
- 3: 螺旋形 磁界를 發生하기 위한 附加코일
- 4: 플라즈마 內에 還電流를 誘導하기 위한 變壓器 코일
- 5: 플라즈마의 位置를 定하기 위한 磁氣코일
- 6: 플라즈마에 中性子비-임을 發生해 주기 위한 이온-소오스

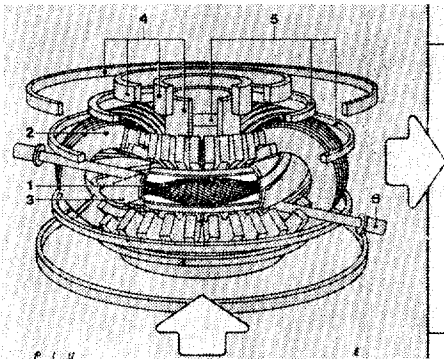


그림 3. Stellerator 原子爐의 構造

그림 4 亦是 Garching에서 세워지고 있는 "ASDEX tokamak"이며 이것은 特히 플라즈마 內에 있는 不純物들의 除去를 考慮하고 있다.

- 1: 플라즈마
- 2: 主磁界를 發生하기 위한 磁界코일(16個)
- 3: 磁界코일을 支持하기 위한 軸
- 4: 眞空容器
- 5: 磁極코일
- 6: 플라즈마 內에 還電流를 誘導하기 위한 變壓器 코일

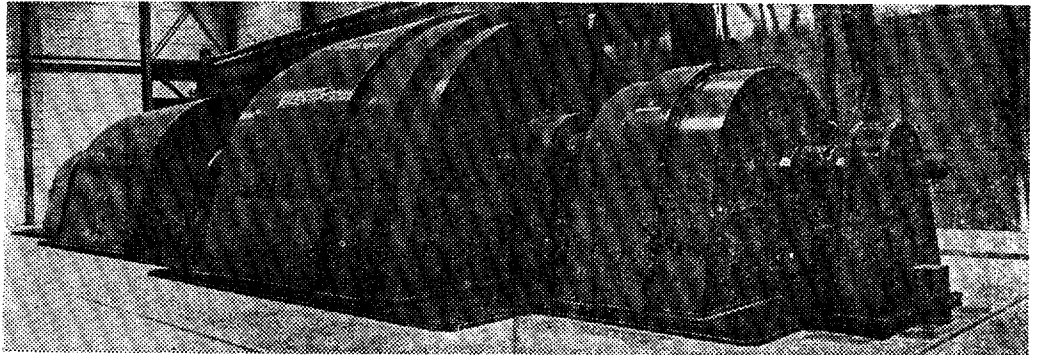


그림 5. 써어지 電力發生裝置

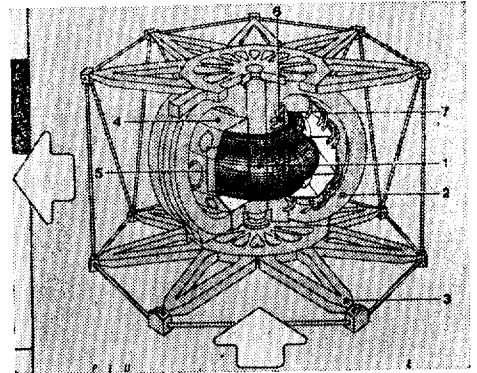


그림 4. Tokamak 原子爐의 構造

7: 플라즈마를 直徑方向으로 安定시키기 위한 直軸 코일

### 7. 써어지 電力發生裝置

核融合反應을 위하여 플라즈마를 磁氣的으로 계속 維持하기 위한 써어지 電力發生裝置는 극히 높은 定格과 큰 量의 에너지를 必要로 하게 된다. "Wendelstein VII"는 主磁界코일에 能量을 供給하기 위하여 尖頭 入力 電力, 150MW와 1,450MWs의 能量을 必要로 하는데 可能한 供給源으로는 그림 5의 裝置가 가장 經濟的인 것으로 分析되고 있으며 이것의 큰 長點은 5.7 MW의 驅動入力を 現在 10kV의 Garching System으로, 特別히 다른 措施를 取하지 않고 얻을 수 있다는 點이다.

그림 5의 電動發電機裝置의 길이는 22m이고 原動機, 후라이휠, 主發電機, 補助發電機 등으로 이루어져 있으며, 4極 5.7MW의 原動機는 슬립링型誘導電動機이다. 回轉子回路內의 周波數變換機는 슬립電力을 回轉子에 供給함으로써 同期速度를 調節할 수 있으며 1,450MWs의 에너지는 電動機의 速度를 1,650 r.p.m에서 1,275 r.p.m으로 減速시킴으로써 후라이휠의 迴

動에너지로부터 얻을 수 있다.

發電機는 두 部分으로 整流器에 電力을 供給하게 되는데 各軸의 定格은 22.5kV, 3.3kV이다. 후라이워일의 總길이는 5.7m, 直徑은 2.9m, 무게는 233t으로 電動機-發電機裝置의 主要部分이 된다.

축적되며 原動機가 中-高壓에 直接 連結될 수 있으므로 特別한 措施를 取할 必要가 없다. 그래서 이것은 거의 모든 場所에서 利用可能하며 核融合에 必要한 어떠한 出力에 對해서도 有效하다. 이러한 境遇 原動機의 速度를 變化시키면 供給系統으로부터 피이크負荷의

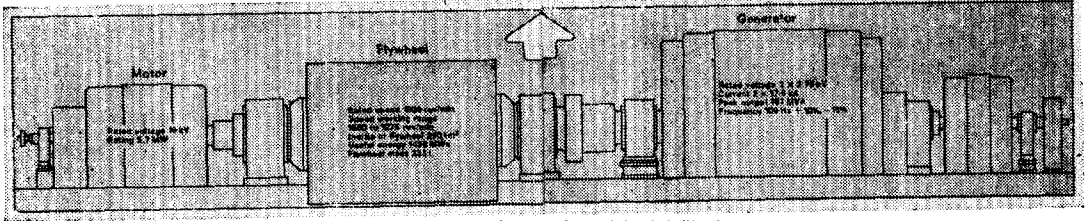


그림 6. 高에너지 펄스電力發生裝置

### 8. 高에너지 펄스電力發生裝置

그림 6은 高에너지 펄스電力發生裝置이며 電動機, 후라이워일과 發電機로 이루어져 있으며 要求하는 電氣인 에너지(1450MWs)는 후라이워일의 運動에너지로부터 얻을 수 있다.

이러한 높은 定格을 가진 直流出力을 Tokamak, Stellarator型的의 코일系統에 供給하려면 調節可能한 電源이 必要하다. 300MW以上の 피이크出力과 數千 MWs의 에너지에 對한 것이 앞으로 다가 올 原子爐 모델에 對比하여 論議되고 있는데 그림 7은 펄스電力裝置의 重要한 變數들의 時間에 對한 特性을 보여주고 있다.

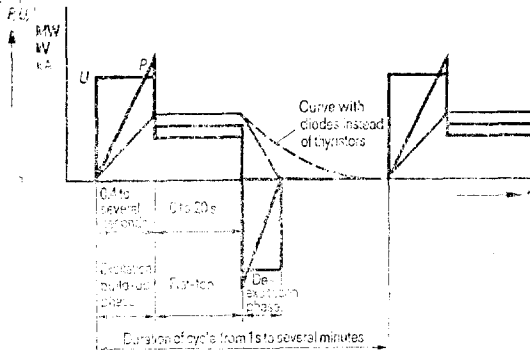
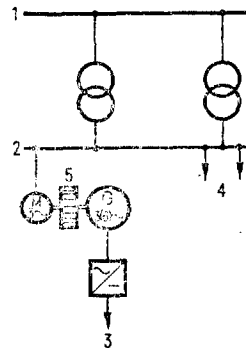


그림 7. U: 直流電壓, I: 電流, P: 電力써어지 負荷에 대한 變化

特別한 措施를 取하지 않는다면 公共施設로는 要求하는 程度(數秒의 週期를 갖는다)의 펄스電力을 供給할 수 없다. 特別히 高調波에 의하여 誘引되는 電壓의 크기의 變化와 周波數 變動은 各各 0.5%, 0.2Hz 以內로 抑制해야 한다.

그림 8은 펄스電力을 供給하기 위한 한가지 方法을 보여 주고 있다. 여기서 에너지는 電源과 負荷 사이에



- 1. 高壓系統
- 2. 中-高壓系統
- 3. 썬어지 負荷
- 4. 基本負荷
- 5. 후라이워일

그림 8. 펄스電力供給源

3~10%만 誘出해도 完全한 펄스電力을 利用할 수 있게 된다.

### 9. 結 言

以上에서 考察한 內容 中에서 앞으로 더욱 重點을 두어야 할 問題들로서는 D-T 프라즈마를 1億度C까지 加熱하고 또 그것을 安全한 條件下에서 維持해야하는 物理的인 問題, 核融合原子爐 内部에 미치는 뜨거운 프라즈마의 逆效果를 어떻게 處理할 것인가를 研究해야하며 또한 그러한 프라즈마를 維持하기 위한 超導電 磁界를 어떻게 만들 것인가 하는 技術的인 問題들을 解決해야 하며 또 核融合原子爐 内部에서 原來的 特性을 잃지 않고 높은 中性子 磁束에 견딜 수 있는 材料를 開發해야 하며 그 外에 機械的인 構造 등이 問題가 된다. 特別히 이 分野의 研究은 큰 危險이 따른다는 事實을 看過해서는 안된다.

最近의 進歩를 생각해 볼 때 今世紀內에 現實的인 核融合原子爐의 建設이 可能하다고 믿어지며 이러한 原子爐가 完成되면 더 以上 "化石燃料"에 依存하지 않고 人類의 에너지問題를 解決할 수 있을 것으로 믿는다.