

# 太陽熱發電方式의 最近의 動向

朴 旻 鎬\*

## — 차례 —

- |               |            |
|---------------|------------|
| 1. 緒 論        | 4. 海上에너지變換 |
| 2. 地上太陽熱에너지變換 | 5. 潮力發電所   |
| 3. 宇宙太陽熱에너지變換 | 6. 結 論     |

### 1. 緒 論

最近 新聞, 雜誌에 에너지問題에 관한 記事가 많이 掲載됨은 來日의 에너지危機에 대한 緊迫感을 느끼기 때문이라고 생각된다.

地球上의 人口가 增加하는 限, 또 所得이 높아 에너지消費가 增大하는 限, 現在의 化石燃料(fossil fuel)를 主體로 하는 에너지源의 方向을 달리하여야 할 것이다. 왜냐하면 近視觀의 境界에서는 石油埋藏量의 限界, 産油國에 대한 國際情勢의 不安, 核分裂에 의한 放射能廢棄物, 溫排水의 汚染, 化石燃料의 燃焼에 따르는 公害問題등이고, 遠視觀의 立場에서는 資源의 高갈때문에 將來는 石油, 天然 gas, 때로는 石炭까지도 오히려 人類의 衣食住의 原料로 취급되어야 할 것이 아닌가 하는 생각이 든다. 따라서 現在의 에너지源을 代置할 수 있는 原子力, 太陽에너지, 地熱(geothermal)에너지 또는 核融合反應에너지에 期待를 거는 比重이 날로 커지고 있다.

本文에서는 太陽熱에너지(solar energy)源을 座標로 한 地球에너지 system에서 直接 혹은 間接의 으로 우리 生活을 위한 에너지變換을 할 수 있는 方法을 생각 해 본다.

地球를 내리쬐이는 太陽에너지는 1年間에  $5.5 \times 10^{24}$  J로 되어 있다. 이중 34%가 大氣圈外에 反射되고, 나머지의 66%인  $3.8 \times 10^{24}$  J가 大氣圈內에 到達하게 된다. 到達된 에너지중에서 약 20%는 大氣自身에 흡수되고, 나머지의 46% 즉, 太陽에너지總量의 약 절반이 地表面 혹은 海洋面에 흡수된다.

原始生活은 바로 이 太陽熱에너지의 惠澤을 그냥 받아서 몇 萬年이 계속되었다. 現在 地球上의 全人類가 消費하는 에너지總量은 1年間  $2.0 \times 10^{20}$  J이고, 이 量은 地球에 到達한 太陽에너지의 約 2萬分の 1에 相當하다. 이것을 다시 말해, 人類의 消費에너지에 비해 地球에 到達한 太陽에너지는 無盡藏이고, 人類가 現在 消費하는 化石燃料에너지 全部를 太陽에너지의 1部에서 變換하여 利用했다 하여 太陽에너지가 地球上에서 行하여지는 諸過程과 環境사이의 平衡維持에 아무런 支障도 주지않을 것이라고 한다. 太陽에너지는 결코 새로운 것은 아니다 소위 近代化手法으로 效率 좋게 活用 하려는데서 太陽에너지는 再認識을 받게 되는 것이다. 이제 어떠한 方法으로—satellite solar power plant, solar thermal conversion, solar sea power plant—太陽ener지를 效率 좋게 편리한 電氣에너지로 變換하는 問題이다.

本文은 太陽ener지를 利用하려고 하는 各種 發電 system에 대해 이때 까지 報告된 資料로 簡單히 解説 하려고 한다.

### 2. 地上太陽熱에너지變換

地上에서 太陽熱에너지를 電氣의 에너지로 變換하는 太陽熱發電所의 構想이 美國 Arizona大學 光學센터의 研究 group에 의해 提案되었다.<sup>1,2)</sup>

그림 1은 이 system의 概略圖를 표시한 것이고, 太陽放射에너지 collector로서는 特殊한 薄膜과 液體金屬(Na, NaK) 循環 system으로 되어 있고, 蓄積 subsystem은 큰 容器中에 蒸氣터어빈이 運轉 가능한 溫度의 融解點을 가진 媒質이 들어가 있고, 長時間 그 溫

\* 정회원 : 서울工大敎 授(工學博士)

度도 熱을 蓄積하여야 한다. 왜냐하면 地 [에서 不可避한 雨天時에도 繼續하여 發電하도록 되어 있고, 變換 subsystem은 基本的으로 火力, 原子力發電 system과 동일하다.

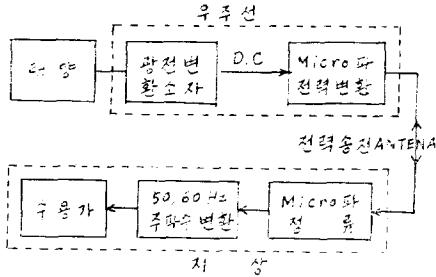


그림 1. 宇宙太陽發電 system構成圖

이 發電에서 單位面積당 入射하는 太陽放射에너지가 0.8KW라고 하면 표 1에 표시한 바와 같이 綜合効率は 31%로 算定된다.

표 1. 太陽熱發電所의 効率

太陽放射에너지	0.8KW/m <sup>2</sup>
吸收×損失	0.75
에너지入力	0.6KW/m <sup>2</sup>
Carnot 効率	0.55
터빈効率	0.75
有効에너지	0.25KW/m <sup>2</sup>
綜合効率	0.31

또 하나의 地上太陽에너지發電으로서 地表面에 到達한 太陽放射에너지를 反射鏡으로 集中反射시켜 太陽爐 및 보일러에 誘導하고, MHD發電에 의해 電氣에너지를 變換한다.<sup>3)</sup> MHD發電機에서 發生한 電氣에너지는, 直流·交流 inverter에 의해 需要家에 交流電力을 供給한다.

이상과 같은 解說에서 問題가 되는 것은 太陽에너지의 集中度가 낮다는 것이다. 그러기 때문에 큰 太陽放射에너지 collector面積이 必要하고, 氣候, 晝夜 그리고 계절에 대한 變動이 크다는 것은 現在의 에너지消費形態에서는 不適合하다. 따라서 그림 1에 표시한 熱蓄積裝置가 必要하고, 이것은 고스트가 대단히 높다는 데서 現在로서는 solar thermal conversion은 溫水器정도로 利用된다.

### 3. 宇宙太陽에너지變換

地上太陽에너지變換에서의 缺點의 하나인 氣候, 晝夜 4節의 變動에 대해, 1年中 晝夜에 관계없이 一定

入力을 얻는 方法이 있다. 즉 宇宙空間에 있는 靜止衛星상에서 太陽에너지變換發電하여 Micro波로 地上에 送電하는 方式이 美國에서 提案되고 있다.<sup>4)</sup> 送電容量의 目標은 1 system 1,000萬KW이고, 이것은 現在 美國의 電力需要量(10<sup>8</sup>KW)의 10%에 해당되는 大規模인

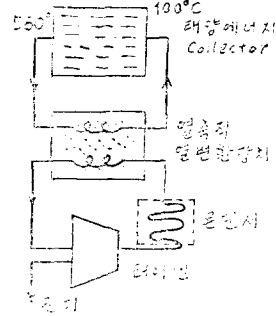


그림 2. 地上太陽熱發電 system의 概略圖

것이다. 이 宇宙太陽發電所의 system構成은 그림 2에 표시한 것과 같이 各 subsystem으로 되어 있다. 여기에 問題點은 介在된다. 즉

(1) Micro波 電力傳送 System의 効率 : NASA에서 屋內電力傳送實驗結果(出力 2KW)에 의하면 system의 綜合効率は 27%이다. 그러나 표1과 같이 장래 期待될 수 있는 効率は 77%라고 한다.

표 2. 効率의 現況과 將來의 期待值

効率	現況·効率 (%)	現在技術로서 期待効率 (%)	將來期待되는効率 (%)
Micro波 電力發生裝置	76.6	85.0	90.0
送電안테나 및 送電効率	66.0	86.0	95.0
受電안테나 및 整流効率	52.0	70.0	90.0
綜合効率	27.0	51.0	77.0

(2) 發電所의 宇宙空間軌道에의 運搬 : 送電容量 1,000萬KW일때 發送電用 宇宙 station의 總重量은 20,000~50,000噸으로 豫測된다. Rocket 1회에 120噸의 荷重을 軌道에 運搬한다고 하면 Rocket發射回數는 200~400회必要하게 된다.

(3) 開發研究의 計劃과 發電코스트 : 이 研究의 計劃은 약 20년후의 2,000년에 完成되는 것을 目標로 하고 있다. 이 方式의 全費用의 60%가 太陽放射에너지의 collector로 되어 있다. 化石燃料에 의한 發電方式에 의한 코스트에 비해 높다. 그러나 한번 建設하면 發電을 위한 燃料은 不必要하므로 반드시 發電코스트가 높아지는 것은 아니다.

이 외에 큰 問題點으로서 送電 micrc波는 또는

laser形式 이든간에 에너지密度가 높은 beam을 地上에 보낼때, 가령 35,000km의 높이에서 beam角度가 1度 틀려지면 地上에서는 600km만큼 受光面이 틀려지는 셈이 된다. 만일 이 變換된 場所에서는 人間은 물론 生物전부는 被害를 입게 된다. 즉 새도, 飛行機도 侵入할 수 없는 空間을 確保해야 되고, 궁극적으로는 太陽宇宙發電의 利用은 地上에서 人間の 住, 生産의 場을 侵害받지 않은 범위에서 利用되어야 하는 制限을 받게 된다.

4. 海洋에너지變換

海洋의 面積은 地球總表面積의 약 71%이므로 海洋은 地球에 到達한 太陽에너지의 大部分을 받게 된다. 또 海洋은 海水의 比熱과 流動性때문에 自然이 만들어 준 우수한 collector機構로 形成되어 있고, 赤道 근처 熱帶地方에 있어 太陽熱로 備어진 海洋의 表層海水는 無限이 넓고, 여기에 蓄積된 大量의 熱에너지를 利用하여 電氣에너지로 變換할 수 있다.

海洋太陽熱에너지發電(solar sea power plant)의 概念은 새로운 것이 아니고, 이미 1881年 D'Arsonval은 熱帶地方의 海洋에 있어 表層水溫도와 深層水溫도간의 溫度差에 thermal engine을 適用하여 電氣를 發電할 수 있는 可能性을 지적하였다<sup>5)</sup>. 1930年 불란서 技術者인 Georges Claude는 40KW의 發電所를 Cuba해역에 실제 建設하였으나 技術面에서 失敗하였다.

그림 3은 solar sea發電所의 構造圖를 표시한 것이

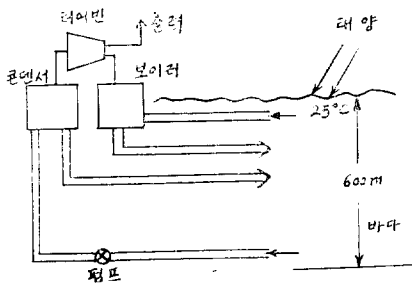


그림 3. SSPP의 構造

다. 海面에서 약 200m까지의 表面層水는 太陽에서 받는 熱로 인해 약 20°C를 유지하고 있다. 海底面(약 600m이하)에서의 冷水는 북극(Arctic)地域에서 오고, 溫度는 약 5°C정도가 된다. 이러한 溫度差에 의한 發電은 科學的考察에서는 쉬우나, 工學的側面에서는 여러가지 問題點이 있다. 이 경우에 보일러에서 얻어지는 水蒸氣는, 중전에 eat source와 heat sink간에 500°C의 溫度差로 운전되었던 化石燃料發電에 비해, 이 경우 低壓, 低溫이기 때문에, 大容量의 電力을 얻

으려면 蒸氣量이나, 물의 使用量이 방대하고, 이에 따라 機器도 커지고 建設不可能할 만큼 施設이 커진다. 다음 그림 3에서 보는 바와 같이 600m이하의 深海에서 冷却水를 機器까지 올리려면 그 길이에 대한 熱絕緣配管을 생각해야 한다. 예를 들어 出力 35,000KW의 發電所의 경우, 配管의 直徑이 약 7.5m가 되고, 그만큼 큰 管을 波浪이나 潮流에 견디도록 建設하려면 莫大한 費用이 要하게 된다.

이상과 같은 缺點을 克服하기 위해 J.H.Anderson은 1965年 作業流體로 propane을 使用하므로써 發電裝置의 小型化를 構想發表하였고<sup>6)</sup>, 그리고 經濟性에 관한 상세한 檢討를 하고, 10MW發電所는 化石燃料發電보다 KW당 캐피탈·코스트가 높지않게 建設할 수 있다고 發表하였다. Carnegie-Mellon大學의 A.Lavi 및 C.Zener教授들은 그림 4에 표시하는 것과 같은 海面下에서 浮遊하는 solar sea發電所의 構想을 發表하였다.<sup>7)</sup> cycle은 그림 5와 같고, 作業流體는 NH<sub>3</sub>(암모니아)로 하였다. solar sea發電所는 25°C의 表層水를 보일러에 取入하고 作業流體 NH<sub>3</sub>에 熱量을 傳達시키기 때문에 2°C만큼 下降한 23°C의 물을 排出한다. 동시에 深海에서 5°C의 海水를 冷却水로서 올려, 作業流體

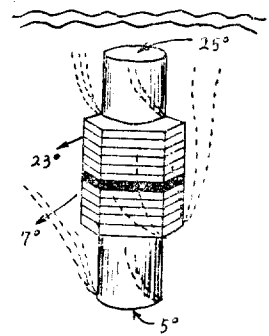


그림 4. C.Zener식의 SSPP의 外形圖

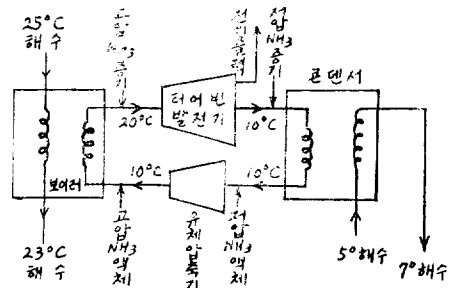


그림 5. C.Zener식의 SSPP cycle圖

에서 熱量을 얻어서 7°C의 물을 排出한다. 그의 提案은 熱帶地方의 海洋에 이 發電所를 띄워 놓고, 얻어진 出力을 深海에 設置된 海水分解프란트에 사용하려는 것이다.

赤道에 따라 南北 20°C의 海洋帶에 가득차게 solar sea發電所를 설치하였다고 하면 600億KW의 電力을 얻게 되고, 이 量은 2000年代에 있어 1人當 電力使用量이 現在의 美國의 그것과 같다고 할 때의 全世界의 總需要量을 공급할 수 있는 양이라고 한다.

### 5. 潮力發電所

우리들이 사용하고 있는 主要에너지 資源인 化石燃料도 數百萬年 이상의 過去에 있어 太陽에너지에 그 根源을 얻었다고 생각하면 거의 모든 에너지源은 太陽에서 發生되었다고 할 수 있다. 따라서 위에서 설명한 變換을 太陽熱의 直接的方法이라고 하면, 降雨, 降雲, 風力 혹은 潮力등의 自然 에너지의 電氣的變換은 太陽에너지의 間接的變換이라고 할 수 있다. 이 중에서 潮力에 대한 에너지 變換을 생각해 본다.

潮力發電에 관해서는 불란서가 1936年 11월 드골 大統領의 出席下에서 公開試驗을 한 란스潮力發電所가 世界的으로 유명하다. 란스河口의 最大潮差는 13.5m이고 河口에 흘러드러가는 海水의 量은 平均 5,000m<sup>3</sup>/s, 最大 18,000m<sup>3</sup>/s라고 한다. 發電所用貯水池로서 使用되는 江의 長이는 20km, 最大長이는 12m, 貯水池의 容積은 1.84×10<sup>9</sup>m<sup>3</sup>이다. 出力 10MW의 發電機 24대가 750m의 堤防에 設置되어 年間 5.44億kwh의 電力을 供給하고 있다. 이 出力은 海水가 貯水池에서 바다에 먼어질때와 바다에서 貯水池에 들어갈때의 往復潮流에 의해 생기고, 前者는 5.37億kwh, 後者는 0.715億kwh의 電力이 얻어지게 된다. 兩者의 合에서 펄프내의 出力 0.645億kwh를 뺀 出力이 總合出力이 된다.

불란서의 란스 이외에도 영국의 5세반, 蘇聯의 메겐, 알젠틴의 선호세 기타 여러군데서 潮力發電의 計劃이

發表되고 있으나 實施는 없다. 이는 潮力發電所의 立地條件을 滿足하고 經濟性에 있어 有利한 地點이 얼마나 적은가를 나타내고 있다. 立地條件으로서 ① 干滿의 差가 커야 할것, ② dam建設의 立場에서 灣口가 좁아야 할것, ③ 貯水池面積이 커야 할것, 그리고 ④ 地盤이 硬固해야 할 것등이다.

### 6. 結 論

各種의 太陽熱에너지發電 system에 대해 그 概要를 記述하였다. 熱蓄積, 地域의 制限, 施設의 小型化, 방대한 投資, 그리고 高度한 技術등으로 우리입장에서는 꿈같은 이야기도 있다.

그러나 世界가 化石燃料를 고갈시키기 前에 高度화된 現代社會의 에너지 需要를 충당시키기 위해 無公害인 太陽에너지利用에 적극적인 이때 本稿가 讀者에게 약간의 參考라도 된다고 하면 이 이상 多幸한 일은 없다.

### 參 考 文 獻

- 1) Arizona Report 5,3,1 (1971)
- 2) A.B Meinel: Private Communication (1971)
- 3) A.F Hildebrant: Prinate Communication (1971)
- 4) P.E. Glaser: Journal of Microwave Power 5,4,211 (1970)
- 5) C.Zener: Physics Today p.48 (1973-1)
- 6) J.H. Anderson: Power 6, 63 (1965-2)
- 7) A.Lavi L.C.Zener: Spectrum, p.22, (1973-10)
- 8) M.A.Kettani: Direct Energy Conversion p.5 (1970)