

太陽에너지의 經濟性 및 効用性 (IV)

— 轉換과 그 政策 —

朴 伊 東

〈成均館大 工大 教授 · 工博〉

Ⅲ. 太陽 Energy System.

증식로 system과는 對照的으로 太陽 energy system은 대단히 많은 종류의 形態로 energy를 供給한다. 山林地域에서는 太陽 energy는 木材와 같은 固體 燃料形態로 生産되고 農業地域에서는 곡식에서 나오는 alcohol과 같은 夜體燃料, 비료나 퇴비로부터 얻어지는 methane과 같은 氣體燃料, 산악지방에서는 水力 發電, 氣象이 맑은 地方에서는 集光發電으로 거의 모든 곳에서 直接的인 熱로서 얻을 수 있을 것이다. 또한 얻을 수 있는 太陽 energy의 量과 種類는 地域的인 條件에 대단히 依存 될 수 밖에 없다. 단 한가지의 太陽 energy 生産 方式만으로는 모든 地域에서 energy를 效率的으로 生産할 수는 없다. 太陽 energy 生産 方式은 地域에 따라 각기 다르다. 그래서 電氣만을 生産하는 증식로 方式에 비해 太陽 energy 方式은 system의 考案에 全體的으로 複雜性을 포함하며 多樣한 形態의 energy를 生産하게 될 것이다.

가장 複雜한 問題는 한 地域에서는 그곳에서 利用되는 energy보다 많은 量의 energy를 生産하고 다른 地域에서는 不足하게 生産되는 등의 不均衡이 생기게 된다는 점이다.

都市에서는 높은 建物들이 밀집되어 있어서 太陽 energy 生産 器具들을 設置할 수 있는 장

소가 不足하고 山林地帶에서는 地域的인 必要보다 더 많은 energy를 含有한 木材를 生産해 낸다. 그래서 太陽 energy system은 energy를 알맞은 形態로 地域的으로 運送하는 수단을 포함하고 있어야 한다는 것이 分明하게 될 것이다.

太陽 energy 方式이 크기에 따른 經濟性 差異를 內包하고 있지 않다는 自體 特性은 energy 運送 方法에 대단히 큰 影響을 미친다. 즉 크기에 의한 經濟性의 差異가 없기 때문에 작고 국부적인 太陽 energy 生産 器具는 크고 거리가 떨어진 器具와 效率的으로 같고 energy와 資本面에서의 中心 發電所로부터의 energy 輸送經費가 제거 될 수 있다. 특정한 場所에서 국부적인 必要를 만족시키는데 充分한 太陽 energy가 生産 利用 可能할 경우 그곳에서 生産 利用하는 것은 意味가 있는 것이다.

太陽 energy system을 建設하는 데에는 이런 모든 因子가 함께 고려되어야 한다. 太陽 energy가 얻어지는 각각의 形態는 그 形態에 따라 가장 接近이 쉬운 곳에서 生産 되어야 한다. 모든 energy에 의한 일의 遂行에는 무게와 부피 등의 단순한 요구점과 熱力學的인 더욱 根本的인 要求를 만족시킴과 同時에 그곳에 가장 적합한 形態의 energy 供給이 이루어져야 한다. 그리고 太陽 energy 器具는 크기의 經濟性 差異가 없기 때문에 地域的인 遂行에는 可能한 한 地域內에서 生産된 energy가 使用되어야 한다.

마지막으로 energy를 輸送할 必要가 없을 때

□ 展 望

에는 이러한 모든 인자들에 의해 說明될 수 있는 수단에 따라야 한다.

그러나 위의 점들은 대단히 抽象的이고 未來의 完全한 太陽 energy system의 設計에의 윤곽일 따름이다.

이러한 抽象的인 윤곽에 實제성을 介入시키기 위해서는 時間 要素를 追加 해야 할 것이다. 現在의 再生不可能한 燃料의 使用 形式을 變경하기 위해서는 어떠한 段階를 거쳐야 하는가 하는 質問에 對答할 수 있다면 太陽 energy system 으로의 전환에 대한 直接的인 계획뿐만 아니라 그러한 계획들을 實성화 시키는데 必須的인 將來의 전망까지도 추측할 수 있을 것이다. 이와 같이 하기 위해서 우리는 여러가지의 燃料가 生産되는 場所, 輸送되는 方法, 利用하는 方法 등의 現在 energy system의 system chart나 system drawing과 같은 것이 必要하고, 거의 모든 energy가 太陽으로부터 여러지역에서 여러 形態로 추출되고 分配되어, 그 根源과 양립되는 方法으로 使用되는 system으로 效率의이며 經濟的으로 연결되는 方法속에서 時間과 함께 變化되는 形態의 연속함에 의해 연결되는 것을 나타내는 flow charts가 必要하여 진다.

이 作業은 어려우나 解決되어야 하는 任務이다.

그러나 經驗도 거의 없는 우리에게 그런 複雜한 問題들 속에서 方法을 引導해 주는 기 작성된 淸사진도 없이 이것을 整頓하려고 努力하는 사람은 누구나 事實을 바탕으로 하여 계속 要求 正진하려고 試圖해야 할 것이다.

즉 미래의 太陽 energy system을 視覺化하여 實際 現實과의 連結方法을 찾아보도록 해야 할 것이다. 이와 함께 效率的으로 構成된 太陽 energy system의 약도를 그려 보아야 한다. 그 다음 이 抽象的인 構造를 검사하여 全體 構造에는 重要하지만 그 自體가 太陽 energy가 아니기 때문에 現在에 實제로 行動을 취할 수 있는 要素들을 찾아내고, 이 要素들을 現在の 불만족스러운 狀態와 抽象的인 未來構造 사이를 연결해 주는 媒介體로 한다. 그래서 實제의 전환이 어떻게 이루어질 것인지 를 敘述해야 한다.

이렇게 使用 可能한 太陽 energy system을 組合하는 것은 조각그림 맞추기 game과 비슷하여 연결되는 것이 分明한 몇조각을 우선 맞추기 始作하여 찾아 볼 수 있는 部分이 넓어짐에 따라 새로운 關係를 찾아낼 수 있게 되어 새 조각들을 맞출 수 있는 것과 마찬가지로 이다. 아마도 始作하기 가장 쉬운 場所는 液體 燃料만을 使用할 수 있는 비행기와 같이 energy 供給에 특정된 方法이 없는 곳에서부터 이다.

太陽 光線으로부터 이들의 燃料을 生産할 수 있는 方法中의 가장 쉬운 것은 alcohol과 같은 燃料을 만들어 내는 생물군을 利用하는 것이다. 現在 미국의 경우 總 energy 消費量중 비행기가 차지하는 量은 약 2%이며 같은 液體 燃料을 使用하는 陸上運送이 차지하는 量은 약 22%程度이다.¹²⁾ 반면에 앞서 敘述되었던 理由로 陸上運送에 대해서는 電氣驅動이 가장 效率的이지만 이 變환은 모든 경우에서 연기가 힘들다.

Alcohol과 같이 太陽 energy로 얻을 수 있는 液體 燃料은 특히 高馬力의 tractor나 建設用 차량, 중형트럭 등 철로를 利用하지 않는 것들은 包含하여 아마도 全體 陸上運送 器具의 3分の 1 정도를 驅動시키는데 必要하게 될 것이다.

그러나 可能한 한 驅動장치, 조명, 통신등 전기 驅動이 可能한 곳은 電氣로 驅動하는 것이 必要하다. 다음으로 우리가 찾아 맞추어야 하는 그림 조각은 이러한 일의 遂行에 必要한 太陽 energy의 適切한 根源이다. 이에 는 地域的인 狀況에 따라 여러가지 條件이 있다. 첫째로 運送에 의한 energy나 資本의 不必要한 浪費를 줄이기 위해 利用 可能한 太陽 energy가 充分한 곳에서의 發電은 地域的으로 行해져야 한다. 例를 들어 道路나 駐車場의 조명에만 電氣가 必要할 때에는 相對的으로 氣象이 맑은 지역에서는 광전기에 의해 發電을 하는 것이 有益하고 바람이 많이 부는 곳에서는 風車를 利用하는 것이 낫다. 그러나 대부분의 地域에서 熱과 電氣가 必要할 것은 分明하다. 太陽光線의 強度가 充分한 곳에서는 太陽光線 집광기가 熱을 供給하기 위해 利用되어야 하며 電氣를 供給하기 위해서 광전지 또는 風車가 必要하고 이렇게 하여 熱과

□ 太陽에너지의 經濟性 및 效用性(Ⅱ)

電氣를 輸送할때 發生되는 비효율성을 피할 수 있다.

太陽 energy의 地域的인 量이 必要量보다 적을 때에는 다른 方法을 使用해야 한다. 즉 다른 곳으로부터 輸送되어 供給되어야 한다. 그리고 太陽 energy로 전환할 때의 必要 條件을 만족시키기 위하여 energy는 效率를 最大化할 수 있는 形態로 使用되고 輸送되어야 한다. 이것은 地域的인 燃燒, 燃料로부터의 熱과 電氣生産 또 cogeneration이라는 太陽 energy system의 가장 重要한 點이 된다. Cogenerator는 종래의 發電方式이 大氣로 放出하는 손실熱量을 利用하도록 設計된 發電方式이다. 例를 들면 近來에 設計된 한 cogenerator는 單純한 four-cylinder gasoline Engine으로서 Fiat 自動車를 구동하는데 使用된다.¹⁴⁾ Engine의 구동축은 발전기를 回轉시켜 電氣를 發生시키고 차량 內에서 radiator를 통해 熱을 大氣로 放出하는 冷却 方式 대신으로 열교환기가 연결된다. 이것은 engine에 의해 生産된 熱을 暖房回路로 전달하는 piping system이다. 이런 方法으로 cogenerator는 燃料內에 含有된 energy의 90% 가까이를 熱과 電氣의 形態로서 利用한다. 이에 비해 engine이 단지 電氣發生에만 利用되면 어떠한 engine도 30~40%만의 效率이 있을 뿐이다. 그리고 cogenerator는 地域的인 需要에 맞추어 製作되기 때문에 容量과 需要가 自動的으로 맞춰지며 점차적으로 增加하는 需要를 매꾸기 위해 巨大한 發電所를 建設할 때마다 發生되는 비효율성을 피할 수 있다. 太陽 energy system에서의 작은 供給源인 그들은 液體燃料과 氣體燃料을 效率的으로 使用할 수 있기 때문에 이 system에서는 重要한 부분이다.

그래서 cogenerator의 利點을 얻기 위해서는 太陽 energy의 生産이 不充分할 때에 cogenerator가 利用될 수 있도록 效率的으로 運搬될 수 있고 公害없는 太陽燃料을 찾아내어야 한다. 前述된 모든 理由에 適合한 것은 solar methane 일 것이다. 이것은 輸送하는데 energy와 資本이 적게 들고 또 methane으로 전환되어 질 수 있는 여러가지 太陽燃料資源의 利用이 可能한

여러 곳에서 輸送管에 주입될 수 있고 turbine이나 內燃機關에 의해 구동되는 cogenerator의 燃料로써 使用될 수 있으며 大氣汚染없이 燃燒될 수 있기 때문이다. 이런 方法으로 methane을 利用하는 것은 地域的으로 biomass를 利用할 수는 있지만 量的으로 너무 적거나 時間的으로 需要만족이 힘든 경우에도 適合하기 때문이다. 例를 들어 통조림과 같은 식품류가 많이 生産되는 계절에는 이의 생물군을 利用해 必要量보다 많은 methane을 生産해서 pipeline에 넣어둘 수 있고 地域的 供給이 적은 다른 계절에는 pipeline으로부터 뽑아내어 使用할 수 있다.

Solar methane을 각 지역에 分配하고 저장하는데에 pipeline을 使用하는 것은 우리에게 太陽 energy system의 重要한 要求點을 만족시켜 줄 수 있게끔 한다. 이것은 地域的인 需要보다 많은 energy가 生産되는 곳에서 全體的인 energy 供給體系를 支援하기 위해 電力을 光電池와 風車로부터 收集할 수 있는 可能性과 관련이 있으며 energy는 먼 거리로 運搬되어야 하지만 前述된 理由로 만일 電氣가 氣體로 전환될 수 있다면 더 效率的으로 運搬될 수 있을 것이다. 이것은 電話를 使用하여 微生物의 作用 또는 化學的으로 쉽게 methane으로 변환될 수 있는 수소를 生産해 냄으로써 解決할 수 있다. 반대로 수소는 methane pipeline에 單純하게 注入될 수 있다.¹⁵⁾ (10~20%를 包含한 混合物은 pipeline에 注入되어 純粹 methane을 위해 設計한 장비에서 使用될 수도 있다.)

이러한 方法으로 電氣가 必要量보다 많이 生産될 수 있는 곳에서는 어디서나 energy는 氣體狀態로서 需要가 많은 곳으로 運搬되어질 수 있고 그곳에서 電氣로 변환되거나 cogenerator에 의해 熱로 변환되거나 燃料電池에 의해 電氣로 저장될 수 있다. (燃料電池는 산소와 수소 또는 methane과 같은 氣體燃料에 의해 대단히 效率的으로 電氣를 發生시키는 電池이다)

여기에 環境도 重要한 인자가 될 수 있으며 다행히도 經濟的일 수도 있는 太陽 energy 器具는 環境的으로도 대단히 兩立的이다. 太陽 集光器, 太陽 電池, 風車들은 單純히 太陽熱을 한

□ 展 望

곳에서 다른 곳으로 傳達하기만 하기 때문에 그들의 影響은 날씨의 變化에 따라 자연적으로 發生되는 熱傳達 過程속에서는 거의 感知하기 힘들다. 생물군에 의해 生産된 燃料은 燃燒되었을 때 단지 물과 CO_2 만을 남기므로 자연 생태학적인 循環을 잘 만족시키고 또 太陽燃料이 燃燒될 때에 發生되는 CO_2 量은 光合成的으로 볼 때 燃料이 生成될 때 흡수되는 量과 같으므로 이 過程은 大氣中の CO_2 增加에 의해 생기는 大氣溫度上昇 등의 影響과는 상관이 없다.¹⁶⁾ 現在の 環境을 좋지 않게 하는 高壓線과는 달리 methane pipeline은 地下로 매장될 것이다. 그러나 그들의 短點은 現在の 天然 gas pipe와 같이 화재나 폭발을 일으킬 수 있다는 點이다.

마지막의 인자는 저장에 관한 것이다. 太陽 energy의 利用性은 밤과 낮의 바뀔, 계절적인 太陽 強度의 變化 등의 特性的 움직임을 지배하는 자연적인 순환에 依存되기 때문에 energy가 必要하기는 하지만 즉시 利用이 不可能한 때가 있다. 그래서 저장이 必須적이다. 여러가지 形態의 太陽 energy를 地域적으로 작은 기간동안의 必要性에 따른 저장의 方法에는 溫水 tank, 곡물 再充電 電池, 液體燃料 tank 또는 加壓된 수소나 methane 같은 것이 있다. 그러나 全體의 太陽 energy system에서는 全體적인 저장 方法을 必要로 한다. 이것은 太陽 energy system에 대한 贊成者와 反對者 모두에 의해 看過되기 쉬운 점이다. 全國적인 太陽 energy의 生産量은 날씨에 달려 있으며 만약 어느 정도 맑은 날씨의 해에 生産量이 全國적인 需要를 充足시키기 充分할 정도로 크다면 특히 춥거나 구름 낀 해(年)에는 커다란 재앙이 일어날 것이다. 물론 이런 경우에 對備해서 充分히 큰 太陽 energy system을 建設할 수 있겠지만 이것은 대부분의 해(年)에는 巨大한 浪費를 招來하게 될 것이다. 이러한 問題를 調節할 수 있는 가장 效率적인 方法은 우리의 가장 오래된 太陽 energy 産業인 農業에서 豐年에 곡식을 저장하였다가 凶年에 使用하는 古代的인 方法에서 찾을 수가 있다. 같은 方法으로 energy를 저장할 수 있으며 이렇게 할 수 있는 唯一한 energy 形態는

methane이다. 왜냐하면 全國적인 需要에 맞는 液體燃料나 생물군의 저장에 必要한 巨大한 tank나 저장고를 세우는 것은 巨大한 經費의 손실일 것이기 때문이다. 즉 條件이 좋을 때에는 超過量의 methane이 生産되고 methane pipeline system을 利用하여 天然 gas가 매장되어 있었던 지금은 비어있는 地下의 동공에 매장되어 저장될 수 있을 것이다. 이러한 政策이 계절에 따른 energy 生産과 需要사이의 不均衡을 메꿀 수 있을 것이다.

이렇게 太陽 energy에 대한 計劃을 세워나가는 것은 흥미로운 일이지만 作成되어진 지나치게 상세한 결과는 의심스러워하기 쉽다. 太陽 energy가 生産되고 利用되는 세부적인 條件은 分明히 局部的으로 決定되기 때문에 條件의 一般化는 效率決定에 必須적인 energy의 根源과 일의 수혜사이의 안배에 틀린 조합을 만들 수 있기 때문이다. 例로써 특정한 目的에 太陽 energy를 使用하는 여러가지 方法을 생각해 보자.

첫째로 運動場의 照明 등을 생각해 보면 운동장은 작은 熱量을 必要로 하므로 운동장이 熱을 必要로 하는 住宅이나 商街지역 가까이에서 있지 않는 한 電氣를 生産하기 위해 methane구동의 cogenerator를 利用하는 것은 비효율적이다. 단일 運動場이 充分히 太陽光線을 받는 지역속에 있다면 운동장은 낮동안에 充分한 power를 收集하여 밤동안 照明에 使用할 수 있도록 고안된 光電池 system으로 장비될 수 있을 것이다. 이 system이 어떻게 設計되고 建設費用이 얼마만한가는 平均 매일 얼마만한 太陽 光線이 豫想되고 運動場이 얼마나 자주 夜間 照明을 必要로 하게 될 것인가에 달려있다. 다른 면에서 볼 때는 運動場이 methane pipeline에서 가까운 경우 燃料電池를 장비하는 것이 더 좋을 것이다. 마지막으로 여러가지 計劃에 따른 經費가 計算되면 겨울에 운동장의 暖房을 위해 지붕을 덮고 cogenerator를 使用하는 것이 經濟적으로 充分한 節約이 될 것인지 밝혀질 것이다.

이 예는 우리에게 아직 實現되지 않은 太陽 energy system에 대한 너무 깊게 또한 너무 상

세하게 고안해 내는 것의 無意味性을 나타내고 있다. 太陽 energy의 生産과 利用이 效率의 이기 위해서는 그것이 지원하는 行爲의 目的과 設計가 맞게 나아가야 한다. 그리고 이것은 단지 相對的이고 抽象的이며 過程에 의하고 經濟的인 問題를 가깝게 吟味해 볼 때에만 可能해진다.

이러한 조합의 重要性을 느끼지 못하던 太陽 energy에 대한 곡식의 乾燥에는 따뜻한 空氣가 必要한데 이 工程에 비싼 熱 저장방법이 必要하다고 비난을 하는 것과 같은데 사실상 곡식 自體는 熱을 保存하는데 利用될 수도 있다. 즉 太陽에 의해 더워진 空氣가 낮동안에 곡식倉庫를 통해 송풍되면 얼마만큼의 熱量은 곡식內에 殘留하게 되어 밤동안에도 차가운 空氣를 덥혀주어 乾燥過程을 계속해 나갈 수 있다. 이러한 사고로부터 새롭고 비싼 熱貯藏 方法의 必要性은 太陽 energy system을 現在의 農業에서 볼 수 있는 方法과 연결시키므로써 제거될 수 있다. 類似하게 전기 자동차나 電氣를 使用하는 工場에서 光電池를 利用하면 더욱 經濟的이 될 수 있다.

巨視的인 조합의 原則은 어떤 산업공정이 太陽 energy의 정량에 接近하도록 再配置되는 것을 必要로 한다. 이것은 철강산업과 같이 energy가 대단히 必要로 하는 곳에서는 더욱 그렇다. 이러한 産業은 대단히 큰 水力 發電所와 같은 太陽 energy 根源에 가까이 위치해야 한다. 太陽 energy의 生産과 利用은 본래가 특별한 生産活動의 補助過程이며 이것은 供給할수 있도록 設計되어야 한다. 민감한 太陽 energy system은 세부적으로 짜여진 中心計劃으로부터 建設될 수 있을 것이다. 그것은 위에서부터 아래로만 設計될 수 없고 위에서 言及되었던 例와 같이 運動場에 지붕을 씌울 것인지, 또는 한 家庭이 電氣 自動車를 구입해야 하는지, 工場이 電線을 使用하는 대신에 電池使用공구로 代替해야 하는지를 決定하는 地域的인 決定으로부터 이루어져야 할 것이다.

References

- 12) 理論上으로 비행기의 燃料로는 energy 含有量을 高濃縮시킨 固體燃料나 固體物質에 흡수된 液體燃料를 使用할 수도 있으나 이들은 모두가 아직까지 不可能하며 최소한 가까운 장래까지도 不可能하다 그래서 여기서의 討論은 液體燃料만을 대상으로 하고 있다.
- 13) U.S. Department of Energy/Energy Information Administration(DOE/EIA), office of Energy Data. "End Use Energy Consumption Data Base; Series 1-Tables,(Spring field, Va: National Technical Information Service, June 1978) DOE/EIA-0014, PB 281817, pp.20, 36~37.
- 14) F.P. Ausiello, "TOTEM; Total Energy Module(Milan Italy; Fiat Autogroup, sep. 1977). Totem Unit은 Energy 利用效率를 좋게 만드는 實例이다. 미국에서 제작되는 Cogenerator는 單位가 크고 産業이나 큰 建物에서의 使用에 適合한 데 반해 Totem System은 一般的인 모든 形態의 居住에도 使用될 수 있게끔 設計되었고 또한 이런 종류의 민감한 Energy System을 채택함으로써 얻어질 수 있는 經濟的인 자극의 實例이다.
- 15) C.R. Guerra et al "Natural Gas supplementation with Hydrogen", in Proceedings of the DOE Chemical Energy Storage and Hydrogen Energy Systems Contracts Review, Prepared for the DOE by Jet Propulsion Laboratory, JPL Publication 78-1(Pasadena, Cal; Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, 1978) pp.267~272.
- 16) 질산류(NO₄)와 연소되지 않은 Hydrocarbon의 약간량이 燃料연소에 增加되며 이것은 그들이 Cogenerating Engine에서 연소될 때 특히 그렇다. 그러나 이러한 燃料들은 現在 使用되는 液體燃料들보다 훨씬 깨끗하게 연소되며 공기오염을 훨씬 줄일 수 있다. 게다가 Cogenerating Engine들로부터 發生되는 NO₄는 그들의 壓縮比와 溫度를 낮추거나 배기류에 전환觸媒를 使用하여 減少시킬 수 있다.