

# 太陽光發電

## 머리말

文明發達尺度의 하나로서 「1人當 에너지消費量」이 있다. 人類文明은 시간과 더불어 점점 進步되고 있으며 또한 世界의 人口도 계속 증가되고 있으므로 世界의 總에너지 需要는 늘어나게 마련이다. 즉 에너지消費節約을 아무리 강조한다 하더라도 需要의 絶對量은 增加하게 마련이며 이것을 피할 수는 없다. 왜냐하면 需要의 증가가 없다는 말은 經濟成長과 人口의 增加가 없다는 애기와 마찬가지로 때문이다.

그런데 1973年 제1차 石油波動 이후 油類價는 계속 상승되어 왔으며 이란의 石油生産 中斷으로 야기된 石油의 供給不足 등 국제적인 사태로 말미암아 石油의 安定確保마저 어렵게 되고 있다. 또한 OPEC에 의한 石油價格의 引上은 앞으로 계속될 것으로 보이며, 政治的 및 軍事的인 요인에 의한 油類供給의 일시적인 中斷도 가능할 것으로 보여 이제 에너지의 문제 해결은 우리의 當面課題가 되었다.

이러한 에너지 문제를 解決하기 위해서는 온 국민이 에너지를 최대한 節約하고 賦存資源을 최대한 活用하며, 궁극적으로는 化石燃料를 代替시킬 수 있는 代替에너지源을 開發하여 이를 광범위하게 이용하여야 할 것이다.

太陽에너지는 最近 全世界의 으로 研究開發이



任 太 淳  
(太陽에너지研究所所長)

활발히 진행되고 있고 代替에너지源의 하나로 크게 각광을 받고 있다. 太陽電池(Solar cell)를 利用한 太陽光發電시스템은 太陽에너지를 利用하여 發電하는 方式中 가장 매력적인 것이며 여기서는 太陽光發電시스템, 太陽光發電의 特徵, 現在의 問題點 및 解決策, 太陽光發電의 研究動向 등에 관하여 간단히 살펴보고자 한다.

### 1. 太陽光發電概要

太陽에너지를 電氣에너지와 같이 使用하기에 便利한 에너지 形態로 바꾸기 위해서는 어떠한 裝置가 있어야 하며, 소위 太陽電池라 불리고 있는 것이 이 장치 중의 하나이다.

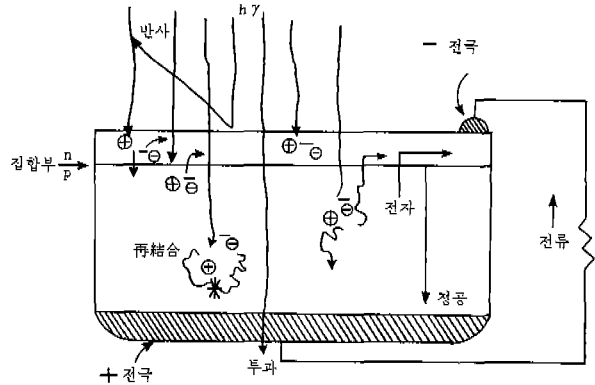
太陽電池는 太陽光을 직접 電氣로 變換시키는 半導體素子로서 太陽電池 1個當 出力電壓은 0.5~1.0Volt, 電流密度는 20~40mA/cm<sup>2</sup>이며 사용되는 材料 및 日射量에 따라 出力이 다르고 이러한 太陽電池를 直列(出力電壓을 높이기 위한 것임) 및 並列(出力電流를 높이기 위한 것임)로 連結시키면 大規模發電이 可能하다.

#### 가. 太陽電池의 動作原理

太陽電池의 構造는 실리콘 電池의 경우 극소량의 5가 化合物(인, 비소, 안티몬 등)을 침투시켜 만든 n-형 半導體와 3가지의 化合物(붕소, 갈륨 등)을 침투시켜 만든 p-형 半導體의 接合으로 되어 있다.

이렇게 p-형과 n-형 반도체가 하나의 結晶으로 接合이 되면 n-형 반도체의 電子가 p-형으로, p형 반도체의 正孔이 n-형으로 확산해 가게 되며 따라서 p-형 반도체는 음전위가 높아지게 된다.

이때 energy gap 이상의 光에너지(光子)가 들어오게 되면 전자-정공쌍이 생기게 되고 이 電子는 음전위가 낮은 n-형 半導體로 正孔은 음



〔그림 1〕 太陽電池의 動作原理

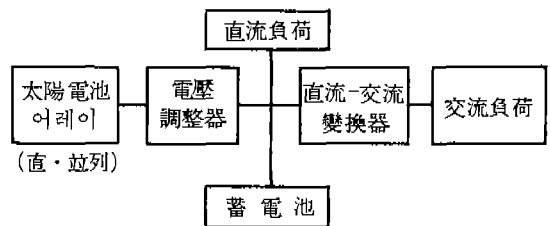
전위가 높은 p-형 半導體로 흐르게 되어 그림에서 보는 바와 같이 외부회로에 電流가 흐르게 된다.

#### 나. 太陽光發電시스템

太陽電池의 出力電壓은 日射量, 溫度, 負荷에 따라 변하며 또한 太陽電池에서 發生되는 電氣는 直流電氣이다. 그리고 太陽은 항상 비치는 것이 아니므로 낮에 생긴 電氣를 저장해둘 필요가 있다.

이러한 제반 問題를 解決하기 위해서는 出力電壓을 一定하게 유지해 주는 電壓調整器, 直流電氣를 交流로 變換시키는 直流-交流 變換器, 그리고 電氣를 저장할 수 있는 蓄電池가 필요하게 된다. 이러한 要素를 갖추었을 때 이것을 太陽光發電시스템이라 부르며 이의 개략도는 다음과 같다.

〈그림 2〉 太陽光發電시스템 構成



## 2. 太陽光發電시스템의 特徵

太陽에너지를 직접 電氣에너지로 變換시키는 太陽光發電시스템은 太陽에너지가 無限量, 無公害, 無料라는 太陽에너지 본래의 長點이외에 다음과 같은 特徵을 지니고 있다.

### 가. 可動部分이 없다:

太陽電池는 光電效果에 의하여 太陽光을 직접 電氣로 變換시키므로 火力 및 原子力發電에서처럼 터빈 및發電機를 구동시키지 않아 可動部分이 없다. 따라서 소음이 없고 放射性 및 폭발의 위험도 없으며 有毒性 개스도 發生시키지 않아 그야말로 無公害한 에너지 變換法이다. 그리고 故障날 염려도 없다.

### 나. 維持가 간편하고 自動化 및 無人化가 용이하다.

터빈 및 발전기와 같은 可動部分이 없어 機械的인 摩耗가 없고 따라서 潤滑油도 必要없다. 人工衛星과 無人燈臺 등의 電源으로서 이미 實證된 것처럼 運轉維持가 簡便하고 시스템의 無人化 및 自動化가 可能하다.

### 다. 規模의 大小에 관계없이 一定效率로 發電한다.

太陽電池의 光電變換效率은 利用시스템의 規模에 관계없이 一定하다. 이 理由는 太陽電池가 光電效果에 의하여 電氣를 發生시키고 火力 및 原子力發電과는 本質的으로 그 發電方式이 다르기 때문이다. 예를 들면 電子時計에 使用되는 10mW급의 작은 太陽電池나 500MW 급의 太陽光發電시스템이나 發電效率은 같다.

### 라. 모듈(module) 構造를 가진다.

太陽電池는 모듈構造로 製造되기 때문에 量産性이 있고, 需要가 增加함에 따라 連續自動生産工程에 의하여 값싸게 太陽電池모듈을 製造할 수 있으며 또한 輸出産業으로 育成시킬

수도 있다.

### 마. 擴散光으로서도 發電이 可能하다.

太陽電池는 原理上 太陽光의 入射方向과 관계없이 캐리어가 生成되기 때문에 直射光線이 아니더라도 發電이 可能하다. 이러한 것은 太陽電池가 부착된 電子時計나 計算機가 형광등 밑에서도 動作하는 것을 보면 잘 알 수 있다.

## 3. 太陽光發電시스템의 問題點과 이의 解決策

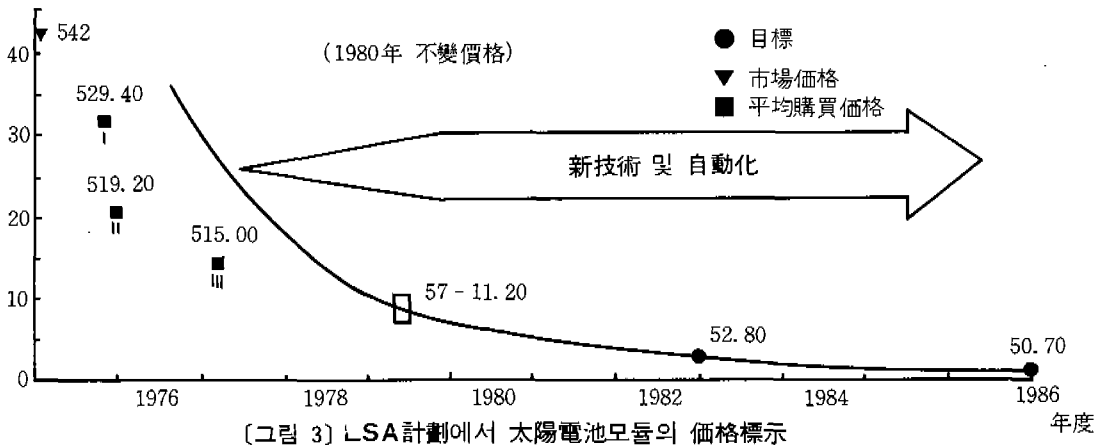
위에서 說明한 바와 같이 太陽光發電은 새로운 發電方式으로서 여러가지의 高유한 特徵을 가지고 있다. 이러한 太陽光發電시스템은 이미 20年동안 人工衛星 및 宇宙船에 電力을 供給해 왔으며 地上에서도 광범위하게 利用되고 있다.

즉 太陽光發電에는 아무런 技術的인 問題點도 없다. 現在의 問題點은 단지 太陽電池의 價格이 비싸다는 것이며 앞으로 5년 내지 10년 내에 재래식 發電方式과 價格面에서 경쟁하기 위하여 어떻게 太陽電池의 價格을 減少시키느냐 하는 것뿐이다. 따라서 現在 進行되고 있는 太陽電池의 저렴화 技術에 대하여 몇가지 알아 보고자 한다.

### 가. 現在의 太陽電池 價格과 앞으로의 價格推移

數年前까지(1972年)만 해도 太陽電池의 價格은 피크와트당 100달러를 초과하고 있었으며 따라서 太陽電池는 人工衛星用電源, 山間僻地의 無線中繼所 및 氣象觀測所用電源, 無人燈臺 등 이른바 送配電費用이 비싼 場所의 電源으로서 이용되어 왔다.

그런데 1973年 10월 New Jersey주 Cherry Hill에서는 太陽光發電시스템을 에너지源으로 使用하기 위한 共同研究會議가 있었으며, 이 회의의 結果로 美國은 "Low-Cost Solar Ar-



(그림 3) LSA計劃에서 太陽電池모듈의 價格標示

ray”계획을 推進하기에 이르렀다. 이 LSA 계획은 1975年 1월에 착수되었고 美에너지省 주관하에 美航空宇宙局 산하기관인 Jet Propulsion Laboratory가 수행하고 있다.

이 계획의 目的은 1986년까지 效率이 10%以上이고 수명이 20年 이상되는 太陽電池모듈을 피크와트당 0.7달러(1980年 不變價格) 이하의 價格으로 판매할 수 있게 하는 것이며 이 계획의 年度別 價格目標은 위의 도표와 같다.

이 LSA계획은 값싼 실리콘 材料生産, 太陽電池 製造에 적합한 大面積의 실리콘板 生産, 20年 이상 지속되는 값싼 表面保護 材料 및 製造技術 開發, 太陽電池모듈을 값싸게 大量 生産할 수 있는 自動生産工程 및 生産機器 開發 등 네가지 事業으로 되어 있고, 이 分野의 研究開發을 위하여 現在까지 100개 이상의 研究開發契約이 수행되었다.

이외에 유럽 각국에서도 太陽光發電 技術開發을 國家的 프로젝트로 채택하여 推進하고 있고 가까운 日本에서도 “Sun Shine” 계획의 일환으로 太陽電池를 開發하고 있다. 이러한 努力의 結果로 太陽電池 製造技術은 급속도로 진보되고 있으며, 現在의 太陽電池 價格은 피크와트당 7~11달러선까지 떨어졌다.

또한 현재의 추세대로 研究開發이 進행된다면 1986년까지는 피크와트당 0.7달러의 價格目

표를 쉽게 성취할 수 있을 것으로 전망하고 있다.

#### 나. 太陽電池 저렴화 技術

##### (1) 리본結晶 太陽電池의 研究動向

現在 販賣되고 있는 大部分의 太陽電池는 실리콘 單結晶 ingot에서부터 제조된 wafer를 이용하여 만들어지고 있다. 이러한 製造工程으로 太陽電池를 제조하게 되면 單結晶으로 成長시킬 때의 엄청난 電力費와 또 wafer를 제조할때의 切斷損失 때문에 太陽電池의 價格은 비싸지게 마련이다.

그러나 리본結晶型 太陽電池는 단결정 ingot로 成長시킬 필요가 없고 切斷損失도 없으며 두께가 얇기 때문에 材料消費가 적어 매우 값싸므로 태양전지를 제조할 수 있다. 리본結晶으로는 web-dendritic 리본, Edge-defined Film-fed Growth리본 등이 있고 또 세라믹 基板 위에 실리콘을 코우팅시키는 것 등이 있으나, 現在로는 web-dendritic 리본이 가장 有力하게 보이며 15%의 效率을 보이고 있다. 이들에 대한 比較表는 다음과 같다.

##### (2) 非晶質硅素(amorphous silicon) 太陽電池의 研究動向

사이렌을 프라즈마分解하여 얻을 수 있는 非晶質硅素는 不純物을 도우프시킴으로써 價電子制御가 可能하다는 점에서 太陽電池 材料로서

# 太陽光發電

[표 1] 리본 生産技術比較

리본 生産技術	目 標	現 地 技 術	問 題 點
1. EFG 리본 (Mobil - Tyco社)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 成長速度: 500cm<sup>2</sup>/분</li> <li>○ 리본두께: 0.15mm</li> <li>○ 效 率: 12% 이상</li> <li>○ yield: 80%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 40m<sup>2</sup>/분</li> <li>○ 0.15mm</li> <li>○ 10%</li> </ul>	○ 리본의 품질
2. WEB 리본 (Westinghouse社)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 成長速度: 25m<sup>2</sup>/분</li> <li>○ 리본두께: 0.15mm이하</li> <li>○ 效 率: 15%</li> <li>○ yield: 92%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 27cm<sup>2</sup>/분</li> <li>○ 0.10mm</li> <li>○ 15%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 시스템 效率</li> <li>○ 용융레벨안정화</li> <li>○ 自動化</li> </ul>
3. Silicon-on-Ceramic (Honeywell)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 成長速度: 350cm<sup>2</sup>/분</li> <li>○ 박막두께: 0.10mm</li> <li>○ 效 率: 11%</li> <li>○ yield: 95%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 60cm<sup>2</sup>/분</li> <li>○ 0.10mm 이하</li> <li>○ 10%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 박판의 품질</li> <li>○ 시스템 효율</li> <li>○ 太陽電池 設計</li> </ul>

의 認識을 새롭게 했으며 이 재료의 長點으로는 다음과 같은 것을 들 수 있다.

(가) 太陽光 스펙트럼 중 短波長部(5,000Å)에서의 光吸收係數가 單結晶실리콘의 경우와 比較하여 10배 정도 크다.

(나) 光傳導도가 크고 위의 (가)에서와 같은 理由로 캐리어의 收集效率도 增加시킬 수 있다.

(다) 위와 같은 이유 때문에 單位面積當의 실리콘 材料費는 다른 技術과 比較하였을 때 가장 적다.

(라) 사이렌(SiH<sub>4</sub>)에 B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, PH<sub>3</sub>등의 水素化合物개스를 同一反應爐에서 도우프시킬 수 있기 때문에 自動生産이 용이하고 工程費用이 매우 싸서 大量生産에 有利하다.

(마) 單結晶 및 多結晶에는 格子整合(lattice matching) 때문에 使用할 수 없는 값싼 금속 및 유리材料를 基板으로 使用할 수 있다.

이상과 같은 特徵이 있기 때문에 非晶質硅素는 가장 값싼 太陽電池材料로서 손꼽히고 있으며, 1990년 이후의 長期的인 價格目標인 피크와트당 0.15~0.40 달러(1980年 不變價格)에 달하기 위한 技術로서 가장 有力視되고 있다. 그러나 非晶質硅素의 禁止帶 狀態密度가 높기

때문에 캐리어 수명이 짧아서 현재로서는 高效率의 太陽電池를 製造하지 못하는 實情이다.

현재 日本의 SANYO 電氣會社가 效率이 2%인 非晶質硅素 太陽電池를 製造하였으며 電子時計 및 計算機에 부착하여 商品化를 시도하고 있고 最近에 美國의 RCA研究所에서 5%의 非晶質硅素 太陽電池를 製造하여 太陽光 發電의 앞날을 더욱 밝게 해주고 있다.

## 4. 우리나라의 電源開發계획과 太陽光發電

우리나라의 에너지賦存資源은 극히 빈약하고 需要量에 비하여 國內에서 生産, 供給할 수 있는 量은 매우 限定되어 있고, 이를 크게 나누면 石炭, 水力 및 潮力 등을 들 수 있으며 이의 現況은 다음과 같다.

[표 2] 國內 에너지資源 現況

石 炭	總 埋 藏 量	15億M/T
	可 採 量	6億M/T
水 力	包 藏 水 力	300萬KW
	開 發 可 能 量	136萬KW
潮 力	包 藏 潮 力	660萬KW
	開 發 可 能 量	160萬KW

〔丑3〕 發電所 建設계획 (1977~1986)

年度	發電所名	容量 (MW)	施設容量 (MW)	最大容量 (MW)	豫備率 (%)	供給支障確率 (日/年)
1977	既存設備		5,790	4,187	9.2	0.55
1978	古里原子力 #1	587				
	安興小水力	0.45				
	錦山小水力	0.2				
	仁川火力 #3, 4	325×2				
	群山寧越 c/c	100×2				
	性能減少	-112	7,116	5,010	15.2	0.11
1979	翰林內熱	25×4				
	蔚山 c/c	100				
	嶺東火力 #2 (杼)	200				
	鬱陵島內熱 (1次)	0.5×4				
	清平揚水 #1	200				
	蔚山火力 #4	400				
	大清水	90				
	南濟州火力 #1	10				
	廢止	-3	8,215	6,879	16.1	0.21
1980	牙山火力 #1	350				
	清平揚水 #2	200				
	鬱陵島內熱 (2次)	0.5×2				
	南濟州火力 #2	10				
	牙山火力 #2	350				
	蔚山火力 #5	400	9,525	6,773	19.7	0.18
1981	蔚山火力 #6	400				
	西海火力 #1	200	10,125	7,805	15.4	1.87
1982	西海火力 #2	200				
	三千浦火力 #1	500				
	南濟州火力 #3	10				
	" #4	10				
	三千浦火力 #2	500				
	新規火力 #5 (牙山 #3)	500				
	廢止	-131.35	11,664	8,848	18.0	1.06
1983	月城原子力	678.7				
	新規火力 #6 (牙山 #4)	500				
	新規火力 #7 (高亭 #1)	500				
	新規火力 #8 (高亭 #2)	500				
	古里原子力 #2	650				
	廢止	-210	14,283	10,023	19.6	0.40
1984	忠州水力	210				
	陝川水力	80				
	三浪津揚水	600				
	新規原子力 #5	900	16,073	11,349	22.4	0.25

## 太陽光發電

1985	新規原子力 # 6	900	17,873	12,850	18.8	0.58
	新規原子力 # 7	900				
1986	臨河水力	50	20,586	14,547	18.4	0.10
	洪川水力	63				
	潮 力	400				
	新規原子力 # 8	900				
	" # 9	900				
陝川揚水	400					

(丑4) 長期 發電所 建設계획 (韓國原子力研究所案)

年 度	發 電 所 名		施 設 容 量 (MW)	累 計 (MW)	最 大 需 要 (MW)	供 給 支 障 確 率 (日數/年)
1987	原 子 力	900	900×2	22,386	16,266	0.31
1988	原 子 力	900	900×1	24,686	18,187	0.39
	石 炭	900	900×1			
	揚 水	500	500×1			
1989	原 子 力	900	900×1	27,686	20,337	0.46
	原 子 力	1,200	1,200×1			
1990	石 炭	900	900×1	30,786	22,743	0.47
	原 子 力	1,200	1,200×1			
	揚 水	500	500×1			
1991	原 子 力	900	900×1	34,686	25,347	0.36
	原 子 力	1,200	1,200×2			
	揚 水	600	600×1			
1992	原 子 力	900	900×1	38,986	28,030	0.14
	原 子 力	1,200	1,200×2			
	複 合 火 力	500	500×2			
1993	原 子 力	1,200	1,200×2	42,856	30,716	0.11
	石 炭	900	900×1			
	揚 水	600	600×1			
	廢 鎖	-30	-30			
1994	原 子 力	1,200	1,200×3	46,836	33,660	0.13
	石 炭	500	500×1			
	廢 鎖		-120			
1995	原 子 力	1,200	1,200×2	50,736	36,891	0.13
	複 合 火 力	500	500×2			
	揚 水	600	600×1			
	廢 鎖		-100			
1996	原 子 力	1,200	1,200×2	55,336	40,482	0.12
	石 炭	900	900×1			
	揚 水	800	800×1			
	複 合 火 力	500	500×1			
1997	原 子 力	1,200	1,200×3	60,636	44,430	0.10
	石 炭	900	900×1			
	揚 水	800	800×1			
1998	原 子 力	1,200	1,200×4	66,236	48,766	0.11
	揚 水	800	800×1			

1999	原 子 力	1,200	1,200×3	72,236	53,539	0.10
	石 炭	900	900×1			
	揚 水	1,000	1,000×1			
	複 合 火 力	500	500×1			
2000	原 子 力	1,200	1,200×4	78,036	58,791	0.19
	揚 水	1,000	1,000×1			

한편 우리나라의 현재 發電施設容量은 約 8 백 5 십만KW이며 2000년에 가서는 이것이 約 8 천만KW로 증가할 展望이다. 이에 따라서 政府에서는 1986년까지의 電源開發계획을 수립하여 推進中에 있으며 이는 [표 3]에 표시한 바와 같다.

그리고 韓國原子力研究所에서는 長期 發電所 建設계획을 提示하고 있는데 여기서는 2000년까지 600MW급 3機, 900MW급 12機, 그리고 1200MW급 29機 등 總 44機의 原子力 發電所를 建設, 運營하는 것으로 계획하고 있으며[표 4]에 표시한 바와 같다.

그러나 현재 우리나라 價格은 石油價格과 더불어 계속 上昇하고 있으며, Three Mile Island 原子力發電所의 事故로 말미암아 原子力發電에 대한 두려움이 계속되는 가운데 反原子力 運動이 곳곳에서 일어나고 있어 原子力發電所의 建設을 지연시키고 있다.

그런데 우리에게는 原料와 公害의 問題를 걱정하지 않아도 될 太陽光發電技術이 있으며, 현 추세대로 研究開發이 進行된다면 1986年 이후에는 이의 發電單價가 기존 火力이나 原子力發電單價와 경쟁할 수 있을 것으로 展望되고 있다. 그렇다면 굳이 太陽光發電技術을 채택하지 않을 理由는 하나도 없으며 오히려 이것을 확대, 발전시켜 나아가야 할 것으로서 현재의 우리나라 長期電源開發계획을 再檢討함이 바람직하다고 하겠다.

## 맺는말

계속적인 經濟成長을 위해서는 절대량의 에너지가 필요하게 마련이며 에너지의 安定確保

가 필수적인 條件이다. 우리나라의 에너지需要를 보면 1977年度에는 1.33quads (1 quad=10<sup>15</sup> Btu=무연탄 5,000萬톤에 상당)였고 2000년에 가서는 이의 약 8倍로 늘어날 전망이다.

이와 반면에 우리나라의 에너지資源은 매우 빈약하여 1977年の 海外輸入依存率은 65% 정도였으며 2000년에 가서는 95%가 될 것으로 내다보고 있다. 이러한 데이터를 基準으로 한다면 우리나라의 장래 문제는 매우 심각하다고 하겠다. 왜냐하면 현재 世界各國에서는 資源내셔널리즘이 高潮되고 있는데, 2000년에 가서 에너지需要의 95%를 海外에 依存한다는 것은 우리나라의 運命을 남의 나라에 떠맡기는 것과 마찬가지이며 매우 위험한 일이라 아니할 수 없기 때문이다. 우리나라로서는 에너지의 輸入依存率을 감소시키고 에너지 自立을 기하여야 하며 이를 위해서는 새로운 代替에너지源을 開發하는 길밖에 없다.

이렇게 생각하였을 때 太陽光發電이라는 發電技術이 있다는 것은 매우 다행한 일이며, 더군다나 太陽電池의 原料가 되는 矽石(SiO<sub>2</sub>)이 우리나라에 2억 3천만톤이나 매장되어 있다는 事實은 또한 앞으로 우리나라가 資源 保有國이 될 수 있음을 暗示하는 것이다.

이제 必야흐로 요원하게만 들렸던 太光陽 發電 時代가 우리 눈앞에 다가와 있다. 太陽電池의 價格은 점점 하락되고 있으며 여러가지의 太陽電池의 製造技術이 활발히 研究 開發되고 있다. 우리는 앞으로 다가오는 太陽光發電時代를 대비하여 꾸준히 노력해 나아가야 하며 이를 國家的인 事業으로 推進해 나아가간다면 우리나라의 장래를 그렇게 비관적으로만 생각할 필요는 없다. ㉹