

【展 望】

國內 太陽光發電 技術開發 및 普及의 現況과 展望

The Status of Photovoltaic R&D and Application in Korea

宋 鎮 洙*

Jin Soo Song

1. 序 論

60年代 이후 지속되어온 高度의 經濟成長은 國民所得增大와 生活水準向上의 原動力이 되었으나, 反面에 심각한 에너지資源의 부족현상과 환경오염 문제를 초래하였다. 에너지부존자원이 빈곤한 國內實情으로서는 에너지의 需給對策이 앞으로의 經濟發展과 直結되는 重要한 課題이며, 國內뿐만 아니라 外國의 경우에도 化石資源의 有限성과 두차례에 걸친 石油波動 및 資源의 地域扁重化에 따른 분쟁 때문에 에너지자원의 확보가 심각한 문제점으로 대두되고 있다.

따라서 새로운 代替에너지源인 무한정, 무공해의 태양에너지 이용기술개발은 미래 에너지의 안정된 확보를 위한 가장 근본적인 해결방안으로 인식되고 있으며, 先進國에서는 오래전부터 이에 관한 長期計劃의 수립과 研究開發이 수행되고 있다.

우리나라에서도 長期的인 代替에너지의 開發을 위하여 1977年 8月 韓國動力資源研究所를 설립하였으며, 太陽光研究室을 中心으로 太陽光發電시스템의 國內 實用化를 위한 技術開發과 시범설치사업을 수행하여 왔다.

이 論文에서는 太陽光發電시스템에 관한 國內의 研究開發 및 普及 現況을 分析하고 問題點을 導出하여 長期 研究開發計劃 및 市場豫測을 병행함으로써 향후 太陽光發電시스템의 國內 實用化를 效率的으로 추진코자 한다.

2. 太陽光發電技術 開發의 國內現況

國內에서의 太陽光發電技術에 관한 研究는 1970年부터 학계와 연구소를 中心으로 이루어져 왔으며 1986년까지 國內의 여러 學會誌와 報告書에 발표된 太陽電池에 관한 論文을 研究主題別, 年度別로 정리하면 [표 1]과 같다.

[표 1]에 의하면 1970 ~ 1974年의 초창기에는 II - VI族 元素의 化合物半導體 및 異種接合의 薄膜太陽電池에 관한 기초연구의 결과가 全南大, 慶北大 등의 大學을 中心으로 발표되었으며, 이러한 薄膜太陽電池에 관한 연구는 이후에도 꾸준히 지속되어 총 발표논문 중 47%의 큰 비중을 차지하고 있다. 國內에서 薄膜太陽電池가 특성 및 효율상의 문제점 때문에 실용화되지 않는 현실에 비추어 太陽電池에 관한 연구가 薄膜太陽電池에서부터 시작되었고 量的으로 많은 비중을 차지하는 理由는, 실험에 필요한 재료 및 장비가 간단하고 제조기술이 용이하며, 理論과 特性規明을 위한 기초연구가 필요한 分野이기 때문에 大學研究陣의 많은 참여가 있었던 것으로 분석된다.

한편 1975 ~ 1976년에도 diffusion, epitaxial growth, ion implantation의 접합형성기술에 의한 단결형 Si 태양전지의 試作 및 特性測定結果가 과학기술원, 고려대, 에너지연구소 등에서 발표됨으로써 國內에서의 태양전지에 관한 연구가 本格的으로 추진되기 시작하

* 正會員: 韓國動力資源研究所 太陽光研究室長

[표-1] 研究主題別, 年度別 太陽電池 및 太陽光發電시스템 研究 現況

	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	계
단 결정 Si태양전지						3	4	1		2	2	6	5	10	3	1			37
다 결정 Si태양전지												1	3	3	1	1			9
비정질 Si태양전지								1		1	2		1	3	1	3	3	2	17
Si이종접합 태양전지					3			1			4		1		1				10
박막형 태양전지	2	1	2		3	1	1		3	3	5	5	11	8	8	6	2		61
태양광발전 시스템										2	4	1	2	2	2	3			16
계	2	1	2		6	4	5	3	3	8	17	13	23	26	16	14	5	2	150

* 1987년은 8월까지 포함.

였으며, 이후 대학과 전자기술연구소, 동력자원 연구소에서 單結晶 또는 多結晶太陽電池의 高效率化, 低價化를 위한 設計 및 製造工程에 관한 연구가 지속되고 있다.

비정질 Si의 경우 1977년에 薄膜의 電氣的 特性 研究結果가 발표된 이후 과학기술원 주도 하에 薄膜形成技術, 特性 및 太陽電池에 관한 많은 논문이 국내외 학술지에 발표되고 있으며, 대학뿐만 아니라 동력자원연구소, 금성중앙연구소 등 참여 연구기관이 擴散되어 先進水準에 近接한 가장 活潑한 研究分野이다.

한편 太陽光發電시스템의 국내 실용화를 위한

氣象資料의 精密分析, 시스템의 設計, 示範設置 및 運營 結果의 분석 등 利用技術에 관한 연구는 1979년 이후 動力資源研究所 太陽光研究室에 의해 단계적으로 推進되어 왔으며, 그 研究結果는 太陽光發電시스템의 應用 및 普及과 직결되어 유·무인등대, 통신중계소, 원격지의 측정장치전원 및 落島住民用 電源으로서의 太陽光發電시스템의 실용화를 가능하게 하였다.

그러나 太陽電池에 관한 국내의 전반적인 研究現況은

-소수의 論文을 除外하고는 先進水準에 비하여 研究內容이 未洽하며

- 연구기관이 일부 대학 및 국가출연 연구소에 扁重되고, 연구인력도 한정되어 있을 뿐만 아니라, 同一主題의 持續的인 연구가 이루어지지 않고 있으며
- 연구분야가 기초적인 理論 및 特性規明에 止중되어 製造工程, 시스템, 周邊裝置開發 및 特性測定, 신뢰도향상 등에 관한 工學的인 연구가 도외시되어 太陽光發電시스템의 실용화를 위한 연구가 體系的으로 추진되지 못하고 있는 실정이다.

이러한 問題點들은 限定된 研究人力, 研究施設의 未備, 研究費의 不足 및 體系的인 研究遂行의 未洽 등에 기인하는 것으로 判斷된다.

3. 動力資源研究所의 研究實績

정부출연연구기관에서의 태양에너지에 관한 연구는 1977년에 發足한 韓國熱管理試驗研究所에서 시작되었으며 1978년 5월 發足한 韓國太陽에너지研究所가 병합됨으로써 본격적인 개발연구가 추진되었고, 現在도 확대개편된 韓國動力資源研究所 太陽에너지研究部の 太陽光研究室에서 太陽光發電시스템에 관한 전반적인 연구업무를 遂行하고 있다.

研究開發分野는

- 太陽電池材料의 形成技術 및 特性規明을 통한 材料開發
- 高效率, 低價化 太陽電池 製造工程, 모듈 組立工程 및 周邊裝置의 開發
- 太陽光開發시스템의 最適設計, 測定技術, 標準化 등 利用技術 開發 및 示範設置, 運營實驗을 통한 普及擴大

등으로 구분된다.

이러한 연구목적으로 지난 10年동안 수행된 太陽光研究室의 主要實績은 初期段階인 1977년~1981년의 경우

- 太陽光發電시스템의 國內 實用化를 위한 調查研究 ('78)
- a-Si 太陽電池에 관한 調查研究 ('79)
- 비정질 Si 太陽電池의 開發現況 및 研究方向의 題示
- 太陽光發電시스템 最適設計에 관한 研究 ('79)
- 시스템設計의 基本原理 및 太陽電池와 周邊裝置의 要求特性 分析
- 島嶼用 太陽光發電시스템의 最適設計研究 ('80 ~ '81)
- 4 Kw 급 太陽光發電시스템의 아차도 設置 및 實驗結果 分析
- 太陽光發電技術 開發 ('81)
- 單結晶 Si 太陽電池, Cd/Cu₂S 太陽電池 製作實驗

으로써, 太陽光發電시스템의 實用化를 위한 國內外現況分析 및 太陽電池開發을 위한 基礎實驗에 止중하였다.

2 단계인 1982 ~ 1986년까지의 主要 研究實績은

- 太陽光發電所 運營 및 關聯技術 研究 ('82)
- 太陽光發電시스템 實證實驗 및 周邊裝置 改善方案 研究
- 太陽光發電시스템 및 部品の 開發 ('83)
- 太陽光, 太陽光-디젤 複合시스템 比較分析 및 實驗
- 인버터 效率改善 및 利用技術 研究
- 住宅用 太陽光發電시스템 開發 ('84)
- 國內 氣象資料 精密分析과 負荷條件을 토대로 住宅用 太陽光發電시스템의 最適設計 및 利用技術 開發
- 太陽電池 및 시스템運營技術 開發研究 ('85)
- 2.1 Kwp 固定型 太陽光發電시스템 設置 및 實證實驗

- 太陽光發電시스템技術 開發研究 ('86)
- 單結晶 및 多結晶 Si 太陽電池와 모듈組立 工程 研究
- 2.4 KWp 시스템 系統線連結 實驗 등으로 서 太陽光發電시스템의 普及 및 實用化를 위한 利用技術開發 및 設置·運營에 관한 實證實驗

에 置重하였다.

이러한 研究實績의 分析結果에서 지적될 수 있는 問題點은

- 研究課題의 선정이 단계별로 基礎研究와 利用技術開發에 편중되어 材料, 工程 및 部品開發研究가 未洽하였으며,
- 基礎研究 以後의 지속적인 開發研究 및 企業化가 未洽하였고
- 關聯 學界, 研究機關과의 共同研究 및 先進技術 導入을 위한 國際協력이 부진한 점 등을 들 수 있다.

研究開發의 궁극적 目標인 첨단기술의 개발촉진 및 太陽光發電시스템의 실용화를 達成하기 위해서는, 太陽光發電시스템에 관한 전반적인 관련기술이 體系的으로 研究開發되어야 하나 材料, 太陽電池시스템分野가 學門적으로 相異할뿐만 아니라 單一 研究室에서 필요한 高價의 裝備와 많은 技術人力 및 막대한 研究費 投資條件을 保有한다는 것은 現實적으로 不可能한 實情이다.

따라서 當 研究室에서는 지금까지의 研究實績 및 分析結果를 토대로 向後 10년동안 太陽光發電시스템에 관한 研究開發 및 實用化의 效率적인 遂行을 위하여

- 材料, 太陽電池, 시스템, 利用技術 및 實用化의 各 分野別 長期計劃을 수립하고
- 動力資源部, 科學技術處 등 政府機關의 적극 지원하에 國策課題로서 推進하며
- 動力資源研究所를 중심으로 大學, 研究所, 企業을 망라한 연구팀의 構成專門分野別

諮問, 評價委員會의 組織 및 定期的인 學術大會의 開催 등으로 研究業務를 效率적으로 遂行하며

- 美國, 日本, EC 등 先進國과의 國際協力を 통한 技術交流와 관련 企業體의 參與에 의한 共同 技術開發 및 企業化를 試圖할 豫定이다.

이러한 基本方針의 일환으로 [표 2]의 長期計劃을 수립하여, 1987 년도에는

- PECVD 薄膜製造裝置의 設計製作 및 薄膜의 特性 研究
- TiO₂ 反射防止膜의 設計製作 및 薄膜의 特性 研究
- 6KWp 급 太陽光發電시스템의 最適設計 및 標準化
- 落島電化事業을 위한 20 KWp 급 太陽光發電시스템의 設計 및 設置運營

등의 研究課題를 政府出損課題, 企業共同 研究 및 國際協力事業으로 遂行하고 있으며 미국의 太陽에너지研究所 및 프랑스의 AFME 등과의 國際協력을 통한 技術交流를 推進하고 있다.

[표 2]에 나타난 1987년 以後의 部門別 細部 研究內容은 다음과 같다.

1) 太陽電池材料

低價의 太陽電池材料和 附隨材料의 開發을 目標로 非晶質 Si 薄膜 및 관련 재료를 중점 연구하여 실용화하고, 축적된 기술을 土臺로 向後 先進國과 동일한 技術水準에서 새로운 太陽電池를 開發하기 위하여

- 非晶質 Si 太陽電池의 基板用 透明電導膜 材料 및 製造工程 開發과 太陽電池의 適用實驗을 통한 실용화
- 化合物半導體, Supperlattice, liquid junction 등 새로운 太陽電池材料 및 構造의 開發

2) 太陽電池

- Wire sawing, screen printing, 接合形

[丑 2] 太陽光發電技術開發 長期計劃

研究開發分野	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
材 料	a-Si 薄膜研究 基板用 透明 電極膜開發									
	低價의 Si 太陽電池材料 및 工程開發			太陽電池用 新材料開發						
太 陽 電 池	低價의 太陽電池 製造工程 開發			集光形 太陽電池 開發						
	高效率 高信賴度 a-Si 太陽電池 開發			a-Si 太陽電池의 大面積化, 低價化研究		電力用 a-Si 太陽電池開發				
太陽光發電시스템	太陽光發電시스템의 國産化 高效率 周邊裝置의 開發					System 制御技術의 自動화				
						太陽光, 熱 Hybrid 시스템				
利 用 技 術	用途, 規模別 시스템標準化		測定技術確立 및 評價시스템 開發							
및	6kw 級 시스템 設置, 運營		25 kw 級 島嶼 電源用 시스템의 設置, 運營		50 kw 級 시스템의 示範 設置		100 kw 級 시스템의 示範 設置		1Mwp 級 發電所 設計	
實 用 化										

成 및 反射防止膜 製造技術의 低價化, 國産化技術 開發

- 高效率 集光形太陽電池의 開發 및 熱的 問題點 改善方案 研究

- 傳導機構의 理論的 解析 및 接合構造의 設計, 劣化現象의 改善을 통한 高效率, 高信賴度 非晶質 Si 太陽電池 開發

- 均一한 大面積薄膜 形成技術 確立, 高速成長, 工程材料 및 裝置의 開發에 의한 低價, 大面積 非晶質 Si 太陽電池 開發

3) 太陽光發電시스템

- 國産 Si wafer 를 使用한 太陽電池 製作과 組立工程 및 周邊裝置를 開發함으로써 太陽光發電시스템의 完全 國産化

- 低負荷時 變換效率 80% 이상의 inverter 및 輕量, 耐候性의 支持臺材料, 無補修, 長壽命의 鉛蓄電池 등 高效率 周邊裝置의 開發

- 自動制御 및 遠隔調整技術 開發에 의한 시스템制御技術의 自動화 研究

- 集光形 太陽電池의 適用實驗, 集光裝置 및

追跡裝置의 開發 등 集光形太陽光發電시스템 研究

- 太陽光-熱 複合시스템의 設計, 設置 및 實證實驗

4) 利用技術 및 實用化

- 國內 氣象資料의 精密分析, 用途別, 規模別 要求特性을 고려한 시스템의 最適設計, 設置, 施工, 運營技法의 開發 및 標準化

- 太陽電池, module, 周邊裝置의 性能測定技術 確立 및 裝置의 開發

- 25 Kwp 및 50 Kwp 島嶼電源用 시스템의 設置·運營, 100 Kwp 級 solar powered vilage 建設, 9 Mwp 級 太陽光發電所의 設計 등 太陽光發電시스템의 示範設置 및 實證實驗

4. 太陽光發電시스템의 國內普及現況 및 需要展望

가. 國內普及現況

國內에서의 太陽光發電시스템 應用分野는 無人燈臺 通信中繼所 水位測定裝置 등의 電源用

[표 3] 國內의 太陽光發電시스템 普及現況 (1986 年말 現재)

설치기관	용도	규격	개수	용량 (Wp)	설치시기
해운항만청	무인등대	10-40 w 급	365	10,945	'72 - '85
	유인등대	6.4kw - 8 kw	6	43,200	'84 - '86
산업기지개발공사	무인수위 우량측정용 전원	5.8 w - 36 w 급	56	705	'72 - '85
한국전기통신공사	도서 전화용 전원	30w - 10,000w	457	192,570	'79 - '86
한강홍수통제소	무인수위, 우량측정용	4.3 w - 33w	43	565	'74 - '85
한국방송공사	중계소, 시험용	100 w 급	11	1,200	'79 - '85
국방부	비상통신용 전원	3kw-1.53 kw	2	4,530	'80 - '85
한국동력자원연구소	도서용 전원	4kw	1	8,500	'80 - '85
	시험용 장치	2.1 kw	1		
		2.4 kw	1		
내무부	도서용통신장비 전원	200 w - 400 w	4	2,920	'79 - '85
	도서용 전화용 전원	30w - 100 w	40	1,560	
한국과학기술원	풍력, 태양광 복합시스템	2,400w	1	2,400	'84
	시험용				
기타			36	14,857	
계			1,024	283,952	

으로 소규모시스템이 주로 보급되었으며 최근에는 有人燈臺電源, 實驗設備, 住宅用 電源 등 중규모시스템이 보급되었다. 1972년 海運港灣廳에서 국내최초로 無人燈臺電源用 소형시스템을 설치한 이후 1986년말까지 국내에 설치 보급된 太陽光發電시스템은 [표 3]에 나타난 바와같이 1024 개소의 총 284 Kwp에 이른다. 이 외에도 1987년중 設置完了 또는 計劃中인 太陽光發電시스템의 容量은 海運港灣廳의 有無人燈臺電源用 44.2 Kwp, 韓國電氣通信公社의 電話用電源 76.68 Kwp와 韓國動力資源研究所의 6 Kwp 및 20 Kwp의 研究用 시스템을 포함하여 146.88 Kwp로서, 1987년말까지에는 總設置容量이 약 430 Kwp에 이를것으로 豫想된다. 이러한 國內普及現況(그림 1의 삼입부분 참조)의 年度別分布는 1977년까지는 극히 소량이었으나 1978년 이후 增加하기 시작하여 매년 급격한 增加趨勢를 나타내고 있다. 그 이유는 石油波動과 고도의 經濟成長에 따른

代替에너지開發 및 利用의 必要性이 絶실히 認識되었으며 商用電源의 送電이 어려운 山間, 島嶼地域이 散在한 國內의 地形的 特性때문인 것으로 분석된다. 그러나 지금까지의 國內普及現況은

- 應用分野가 政府 또는 政府出損機關의 特殊用途에 한정되어 있고
 - module은 全量 輸入에 依存하고 國產周邊裝置의 效率이 떨어져 先進國에 비해 高價일뿐만 아니라 시스템의 效率도 떨어지며
 - 國內 需要量이 企業化에 필요한 最小經濟單位에 미치지 못하여 商品化되지 않고 있는
- 問題點을 안고 있다.
- 따라서 太陽光發電시스템의 普及擴大를 위해서는
- 시스템의 標準化, 利用技術 開發에 의한 應用範圍 擴散

- 國産化技術 開發 및 技術移轉에 의한 시스템의 高效率化, 低價化
 - 政府의 적극적인 需要創出과 金融, 稅制惠澤에 의한 企業化 誘導
- 가 필요할 것으로 思料된다.

나. 國內需要展望

國內 太陽光發電시스템의 需要는 그림 1 에 나타난 바와 같이 現在까지의 증가추세와 더불어 長期研究開發, 普及擴大 및 企業化가 效率的으로 추진될 경우 향후 10年間 급격히 增加할 것으로 展望된다. 그러나 需要市場은

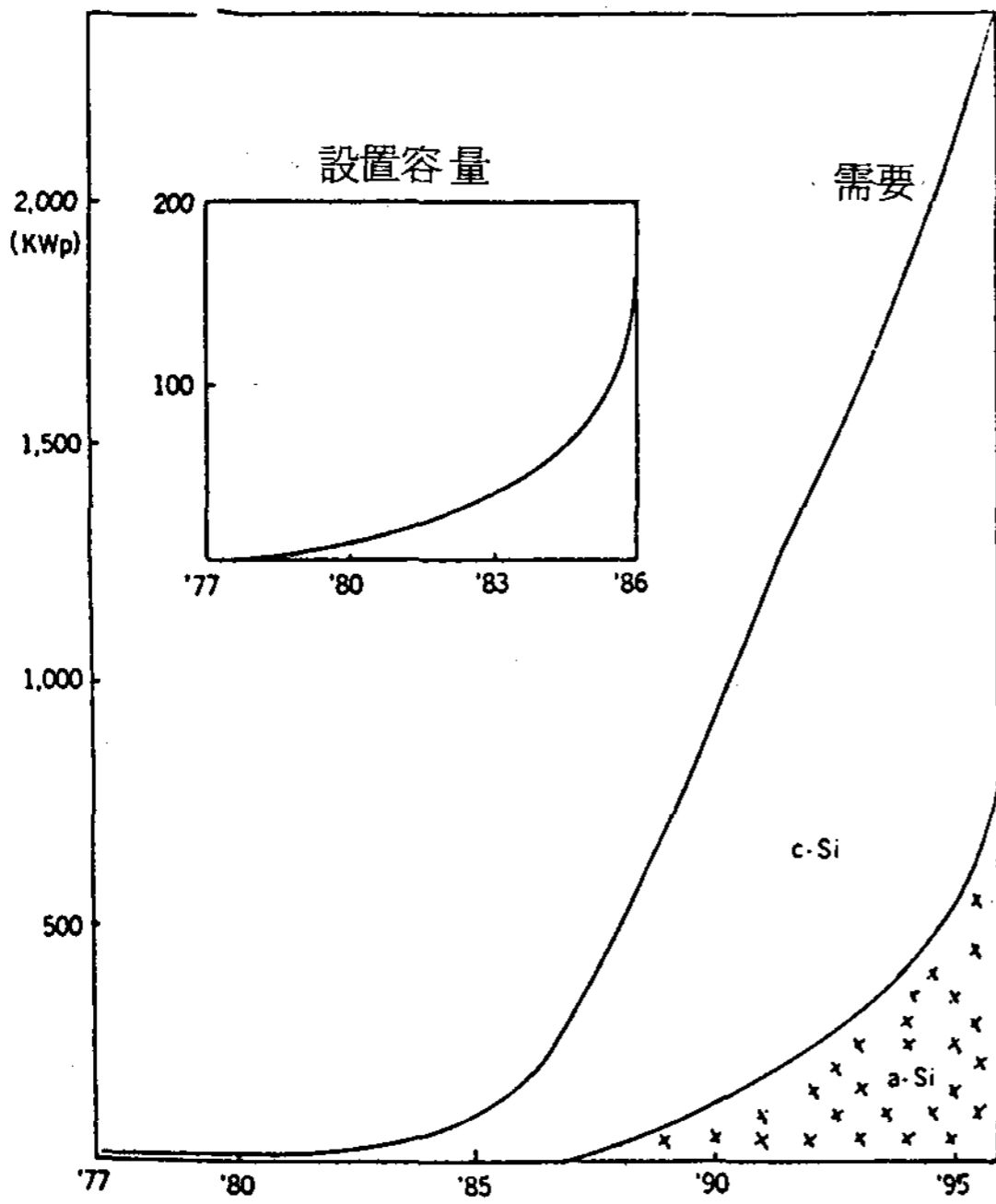


그림 1 國內의 太陽光發電시스템의 年度別 普及現況 및 需要展望

종래의 有·無人燈臺, 通信用 電源에서 落島電源 및 住宅用 電源으로 변환될 것으로 豫상된다.

그 이유는 燈臺電源用的 경우 設置場所가 656 個所이며, 그중 46 個所의 有人燈臺를 제외하고는 모두 소형시스템으로 충족할 수 있

는 無人燈臺로서 그 需要가 한정되어 있고 향후 2~3年間은 주요응용분야이나 그 이후에는 追加需要를 기대하기 어렵기 때문이다. 또한 通信電源用的 경우 최근의 全國 D.D.D 시스템망 構築에 필요한 島嶼·僻地用電源때문에 그 需要가 급격히 增加하였으나 長距離 自動電話 通信網이 완성된 現시점 이후의 需要는 기대하기 어렵다.

그러나 서남부 해안지역에 산재한 1996개의 島嶼중 사람이 살고있는 516 개의 島嶼地域은 기존 디젤發電機의 油類輸送 및 維持管理上의 問題點과 太陽光發電 技術開發에 따른 經濟性의 향상때문에 太陽光 發電시스템의 代替必要性이 점점 고조되고 있다. 따라서 落島電化事業과 住民의 쾌적한 생활환경을 조성하기 위한 太陽光 發電시스템의 普及은 향후 國內需要의 가장 큰 市場이 될것으로 展望된다.

內陸地方의 경우에도 太陽光發電에 의한 電力生産費가 현재보다 현저히 低下할 것으로 豫想되는 1990年代 以後에는 系統線의 연결이 곤란한 산간벽지 및 국립공원등 觀光지역 등에 大規模發電所의 建設이 가능하여 급격히 需要가 增加할 것으로 豫想된다.

또한 현재로서는 300 ~ 400 Wp의 需要水準에 머물고 있는 非晶質 Si 太陽電池의 경우, 주로 小形 電子製品의 電源用으로 사용되므로 國際市場에서 차지하는 國內製造業體의 市場占有率을 감안할때 급격히 그 需要가 增加할 것으로 豫想되며, 특히 非晶質 太陽電池의 特性劣化, 經時變化등의 技術的 問題點이 해결되고 效率向上技術이 開發될 1990年 以後에는 總 太陽電池需要의 약 40% 까지 增加할 것으로 展望된다.

[표 4]는 이러한 근거에서 豫측된 1991년 까지의 國內 太陽電池 需要展望을 나타낸 것이다.

[表-3] 太陽電池 需要展望 (1987 ~ 1991)

용도	예상수요 (KWp)
낙도 촌락 전원	6,980
벽지 및 원격지 전원	2,750
통신 전원	200
등대 전원	150
소형 전자제품 전원	2,100
합계	12,680

太陽光 發電시스템에 관한 國內現狀을 分析한 結果 얻을 수 있는 結論은

가) 지난 10年 동안의 지속적인 太陽光發電 技術開發에 의해 太陽電池의 製造技術 및 시스템 利用技術이 蓄積되어 國産化가 가능한 水準에 도달하였고, 太陽光 發電시스템의 普及도 급격히 增加하고 있으나,

- 體系的인 研究遂行의 未治
- 政府關聯機關에 限定된 普及
- module의 全量輸入 및 低效率 國産周邊裝置의 使用에 따른 太陽光發電시스템
- 商業化, 企業化의 未備

등의 問題點을 內包하고 있다.

나) 이러한 問題點의 原因은

- 편중된 研究分野, 研究設備의 未備, 한정된 研究人力 및 研究費의 不足의 經濟性 缺如

- 最小經濟單位에 미치지 못하는 不足한 國內需要 및 막대한 初期投資에 따른 企業化의 위험성

등으로 分析된다.

다) 따라서 太陽光發電시스템의 國內實用化를 위해서는

- 長期計劃樹立 및 國策課題로서의 體系的·技術的인 研究事業推進

- 尖端技術蓄積 및 國産化 技術開發에 따른 低價化, 高效率化와 利用技術 開發에 의한 普及確大의 竝行

- 技術移轉, 需要創出에 의한 市場確保 및 稅制·金融혜택에 의한 企業化 誘導

등의 方案이 先行되어야 할 것으로 判斷된다.

이를 위해 韓國動力資源研究所 太陽光研究室은 향후 10年間の 研究計劃을 樹立하고 積極推進할 計劃이며, 研究의 效率的인 遂行을 위해 研究計劃의 修正補完, 관련 전문가의 공동참여, 원할한 技術 및 情報의 交流를 期待하고 있다.