

## 태양광발전 기술의 보급현황과 전망(II)

-일본, 미국, 유럽을 중심으로-

유권종\*, 정명웅\*, 최주엽\*\*, 박경은\*

한국에너지기술연구원\*, 광운대학교 전기공학과\*\*

## Distribution Status and Perspective of Photovoltaic Technology(II)

K.J. Yu\*, M.W. Jung\*, J.Y. Choi\*\*, and K.E. Park\*

Korea Institute of Energy Research\*, Kwangwoon University\*\*

### ABSTRACT

In recent years, the Photovoltaic(PV) industries have been increasing steadily by an average of 30% per year. However, it is necessary to reduce PV module cost and to improve conversion efficiency to be promoted distribution of PV. Japan, USA and Europe have been researching cost and efficiency of that.

In this paper, we try to review diffusion perspective of PV in these countries. From the results of this paper, we will intend to suggest a suitable future course for domestic PV distribution.

### 1. 서 론

산업의 발달은 삶의 질을 향상과 함께 점점 더 많은 양의 에너지 소비를 필요로 하는 결과를 가져왔다. 이에 지금까지 주된 에너지원으로 사용된 화석연료의 한계성과 그것의 사용으로 인한 환경오염에 대한 문제의 심각성이 커지게 되었고, 이를 대체할 만한 에너지원에 대한 필요성이 커지고 있다. 이에 선진국들을 중심으로 청정하고 무한한 에너지원에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

2002년 에너지관련 지표에서 우리 나라는 에너지 소비에 있어서 세계10위에 랭크된 반면 에너지 해외 의존도는 97%이상인 것으로 조사되어, 우리 나라도 대체에너지 개발이 절실하게 필요한 것으로 나타나고 있다<sup>[1]</sup>.

특히 최근에는 여름철 냉방부하가 현격하게 증가하고 있는 실정이므로, 일사량 특성곡선과 부하특성곡선의 유사성을 이용하여 여름철에 상호보완효과를 얻을 수 있는 태양광발전방식의 보급 활성화는 에너지 측면에서도 매우 바람직하다 하겠다.<sup>[3]</sup>

본 보고에서는 세계 태양광발전산업 시장을 이끌어 가고 있는 일본, 미국, 유럽 등의 태양광발전시스템에 관한 전망을 분석하여, 향후 우리나라 태양광발전산업의 활성화와 보급 촉진을 위한 정책추진 방향 등을 모색하면서 국내 태양광발전산업의 미래에 대하여 조심스럽게 의견을 개진하고자 한다.

### 2. 국내 PV 보급 현황 및 전망

한국의 전화(電化)율은 약 99% 정도로, 최근까지 국내 PV시장은 상용전력 사용에 어려움이 있는 섬이나 산간지역에 국한되어왔다. 또한, 대부분이 국가 사업의 일환으로서 여러모로 미비한 수준이었다. 그러나, 2001년에는 전년보다 49% 증가한 792kW의 PV전력이 보급되었다. 이 중에서 외진 섬과 건물에의 적용이 259kW로 가장 많은 부분을 차지했고, 교통신호나 통신의 전력원으로서 사용된 전력량이 두 번째로 많았던 것으로 나타났다.

다음 그림 1은 국내의 PV용량을 나타낸 것으로, 연간 PV용량과 누적치를 보여주고 있다. 90년대 후반에는 전에 비해 눈에 띄는 증가를 보인 뒤 2000년까지 작은 비율의 증가 추세를 유지하다가 2001년에는 위에서 설명한 바와 같이 전년 대비 49%의 증가를 나타냈다.<sup>[7]</sup>

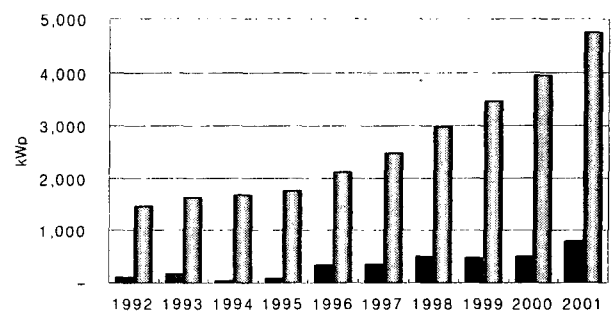


그림 1 국내 연간 설치 PV 용량과 누적 용량<sup>[7]</sup>

Fig. 1 Annual Installed and Cumulative PV Capacity

표 1 2002년에서 2008년까지의 PV R&D & 보급 예산<sup>[7]</sup>

Table 1 National Budget for PV R&D and Dissemination (10억원)

|     | 2002 | 2003 | 2004 | 2008  | 합 계   |
|-----|------|------|------|-------|-------|
| R&D | 5.0  | 9.0  | 13.0 | 72.0  | 99.0  |
| 보급  | 7.1  | 12.8 | 18.0 | 120.0 | 157.9 |
| 합 계 | 12.1 | 21.8 | 31.0 | 192.0 | 256.9 |

표 1은 2002년부터 2008년까지의 PV 연구개발과 보급 예산을 나타낸 것으로, 2008년까지 2,569억 원의 예산이 필요로 하게 될 것이다. 이때 관련 기업들은 자회사의 기술개발 향상을 위해 정부자금에 추가로 1000억 원을 지급하게 될 것이다.

대체에너지에 대한 필요가 절실한 시점에서, 한국 정부는 2002년 12월에 “제2차 국가에너지 기본계획”을 확정하고 2002년부터 2011년까지 우리나라의 에너지 정책 방향을 제시하였다. 이것은 기본적으로 세계 에너지 시장의 역동적인 변화에 대응하기 위한 것으로, 2002년 말 현재 총 에너지 소비량의 1.4%를 차지하는 대체에너지 공급 비율을 2006년 3%, 2011년까지 5%까지 증가시키는 것을 목표로 하고 있다.<sup>[2]</sup>

태양광은 아직까지 여러 대체 에너지 분야 중에서도 그리 큰 비중을 차지하고 있지는 않지만, 2001년부터 풍력, 연료전지 분야와 함께 3대 중점 분야로 추진되어 왔고, 현재는 이 분야들은 확대·개편을 통한 프로젝트형 과제로의 전환 중에 있다. 태양광은 주택보급용 3kW급 태양광시스템 개발을 중심으로 추진되고 있다.

2001년 후반까지 4,943kWp였던 PV 전력량은 2010년에는 120MWp까지 이르게 될 것으로 전망하고 있다. 또한, 보급 활성화를 좌우하는 중요한 요소가 되는 비용 면에 있어서, 현재 W당 7.0달러 정도가 되는 모듈의 가격이 1.9달러, 현재의 W당 3.5달러 정도가 되는 셀 가격이 1.7달러까지 하락하게 될 것으로 전망하고 있다.

### 3. 각 국가별 PV 보급 전망

일본, 미국, 독일과 같은 몇몇 선진국들은 현재까지 태양광과 관련된 다양한 정책들을 수립하고 수행해 왔다. 그 결과, 현재 PV 기술의 향상으로 인한 PV 모듈 가격인하 및 변환효율 향상 등의 성과를 이루었고, 보급 또한 활발한 증가추세를 보이고 있다. 이 국가들은 또한 장기적인 안목을 가지고 향후 태양광산업이 나아가야 할 방향을 모색함과 동시에 구체적인 목표를 수립하여, 그 목표 달성을

위해 노력하고 있다. 그 구체적인 내용을 살펴보면 다음과 같다.

#### 3.1 일본의 PV 보급 전망

현재 일본은 지난 New Sunshine Project의 평가를 토대로 NEDO(신에너지·산업기술종합개발기구), METI(경제산업성), PVTEC(태양광발전 기술연구조합), JPEA(태양광연구회)가 공동으로 2030년까지의 장기적인 로드맵을 작성하였다.

다음 그림 2는 이 로드맵을 설명한 것으로, 각각의 PV 모듈 기술별 목표 비용을 설정하였고 그에 따른 설치비용 및 전력 비용을 예측하여 목표를 설정하였다. 총괄적인 누적 PV 용량 부분에서는 2010년까지 5GW, 2020년까지 23~35GW, 2030년까지는 53~85GW를 달성한다는 목표를 설정하였다.<sup>[6]</sup> 모듈 제조비용은 전체 시스템 비용 뿐 아니라, 나아가 보급 활성화에 영향을 미친다. 따라서 이 로드맵에서는 모듈비용저감에 관한 계획을 수립해 놓았다. 2010년까지 각 태양전지 모듈 비용은 W당 75엔, 2020년까지 50엔, 그리고 2030년에는 25~30엔까지 하락시키는 것을 목표로 하고 있다. 또한, 일본에서는 현재 주거용 건물에 대한 PV 적용이 활발하게 이루어지고 있고, 향후 더욱 발전적으로 성장할 것으로 기대되고 있으므로, 이와 관련하여 태양전지모듈의 효율과 가격의 변동에 따른 주거용 PV 시스템 가격과 전력발전비용에 관한 목표가 설정되었다. 2000년 현재 W당 모듈비용이 140엔일 경우, 2006년경의 주거용 PV시스템의 판매 가격은 W당 370엔, 전력 발전 비용은 kWh 당 30엔 정도가 될 것이다. 또한 이 로드맵의 최종 목표가 되는 W당 모듈 비용 30엔을 달성하였을 경우, 2030년의 주거용 PV시스템 판매 가격은 W당 120, 전력 발전 비용은 kWh당 5~10엔까지 저감시킬 수 있다. 이것을 정리하면, 그림 3과 같이 나타낼 수 있다.

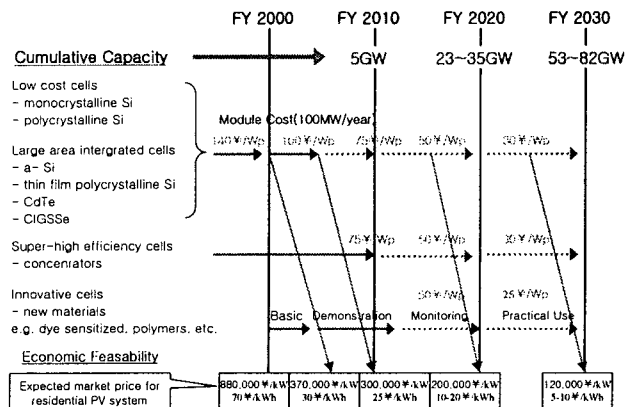


그림 2 일본의 태양광 시장활성화 로드맵<sup>[5]</sup>

Fig. 2 Roadmap for PV Market in Japan

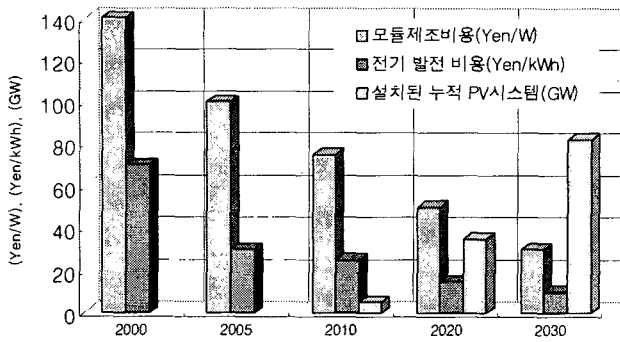


그림 3 2030년 까지의 PV 로드맵<sup>[9]</sup>

Fig. 3 Roadmap for PV Market

JPEA(태양광연구회)는 2030년까지의 각 용도별 PV 전력에 대한 로드맵을 작성하였다(표 2 참고).

실제 거주가능 면적이 적고 땅값이 비싼 일본의 특성상, 최근 일본의 PV시장의 경향 즉, 주거용 부분에 대한 PV의 적용이 활발하게 이루어지고 있는 이 경향이 당분간 계속 이어질 것으로 전망하고 있다. 여기에서는 2010년까지 연간 설치되는 PV 전력량을 1,230MW, 이때까지 설치된 PV의 누적전력량은 4,820MW 정도가 될 것이고, 2020년 연간 설치전력량은 4,300MW, 누적 전력량은 28,700MW, 그리고 최종 목표 년도인 2030년에는 연간 설치되는 PV 전력량이 10,000MW까지 증가해 누적 전력량이 82,800MW까지 이를 것으로 전망하고 있다. 그 중에서 주거용 PV 전력량은 다른 부분들에 비해 당분간은 압도적인 점유율을 차지하다가 다른 부분들, 특히 산업용이나 국외 수출용 PV 전력량의 증가로 2030년엔 공공용을 제외한 각 부분들이 비슷한 점유율을 갖게될 것으로 전망하고 있다.

표 2 일본 PV 시장 로드맵<sup>[3]</sup>

Table 2 Roadmap for PV Market

| 단위      |         | 2010  | 2020   | 2030   |
|---------|---------|-------|--------|--------|
| 연간 설치   | (MW)    | 1,230 | 4,300  | 10,000 |
| 주거용     |         | 830   | 1,950  | 2,800  |
| 공공용     |         | 105   | 600    | 1,000  |
| 산업용     |         | 195   | 930    | 2,500  |
| 국외(수출)용 |         | 100   | 800    | 2,500  |
| 누적 설치   | (MW)    | 4,820 | 28,700 | 82,800 |
| 시장 규모   | (B yen) | 473   | 1,250  | 2,250  |
| 오일 절감   | (106kl) | 1     | 7      | 21     |
| 시스템비용   | (yen/W) | 300   | 250    | <200   |

### 3.2 미국의 PV 보급 전망<sup>[6]</sup>

현재 미국에서는 PV 시장 활성화를 위한 여러

가지 정책 및 프로그램들이 진행중이다. 기술, 자금, 자원 등 모든 부분에 있어서 많은 잠재력을 가지고 있는 미국의 PV 산업은 계속해서 성장해 나갈 것으로 전망하고 있다. 특히, 최근 미국은 2030년까지 PV산업에 관한 단계적 로드맵을 수립하고 목표 달성을 위해 노력하고 있다. 그 목표는 2030년까지 전력 부하의 10%를 태양광산업이 점유하도록 하는 것이다. 또한, 향후 25년간 미국 내에서 150,000명 이상의 고용을 창출하고 2020년에 약 150억 달러의 산업을 육성하게 될 것으로 기대하고 있다. 이러한 목표를 달성하기 위해 단기, 중기, 장기로 이어지는 단계적인 시나리오를 수립하였다.

우선 단기 계획은 향후 3년간 적절한 가격에 양질의 제품과 서비스를 제공한다는 것이다. 잉여전력 매매가 가능하도록 net-metering 제도를 실시하고, 연방정부, 주 정부 및 각 지방 정부가 각종 세제 감면 혜택 및 인센티브를 제공하는 것이 그 주요 내용이다. 이것은 이미 수행 중으로 태양광발전의 개발 및 보급을 활성화시키는 데 큰 역할을 하고 있다. 그 다음으로 중기 계획은 향후 4-10년 사이에 수행되는 것으로, 주거용이나 상업용 발전 또는 건물 통합형으로 PV를 적용할 때 필요한 기술 제품들을 개발하는 것이다. 소비자의 다양한 요구 충족을 위한 새로운 제품 개발에 투자함으로 태양광산업이 점점 더 발전적으로 육성되고 미국전력 시장에서 태양광산업의 입지를 구축하는데 기여를 하게 될 것이다. 마지막으로, 장기계획은 향후 20년간 진행이 되는 것으로, 주요 내용은 기술개발에 있다. 보다 능률적인 제조라인 구축, 생산성 향상을 위한 기술 개발, 그리고 세계 태양광 시장에서 미국의 경쟁력이 되면서 미래 에너지 요구에 대응하기 위한 수행해야할 차세대 태양전지 기술 및 제품 개발 등이 그것이다. 다음 그림 4는 이러한 시나리오의 잘 수행했을 때 달성할 것으로 예상되는 목표를 나타낸 것이다.

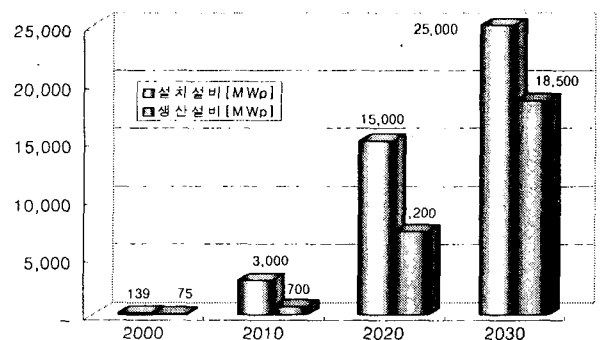


그림 4 미국의 PV 로드맵<sup>[6]</sup>

Fig. 4 PV Roadmap in USA

### 3.3 유럽의 PV 보급 전망

유럽 공동체(EU)는 2010년까지 대체에너지가 유럽 전체 에너지의 12%, 전력의 22%를 점유하도록 하는 목표를 세우고, 이것을 위해, European Renewable Grid Directive에서 각각의 목표를 설정했다. 2006년까지는 이 목표들을 달성하는 방법을 각 회원국에게 맡겨두고, 2004~2006년에 유럽연합이 그 상황을 점검하도록 했다.

태양광 부분에 대한 유럽연합의 목표는 2010년까지 PV 시스템의 누적 전력용량이 300MW에 이르도록 하는 것으로, 1995년의 100배에 해당하는 것이다. 또한, 2001년 10월에 발표된 European Photovoltaic Industry Association(EPIA)와 Greenpeace의 공동 연구결과에 의하면, 유럽연합이 2020년까지 약 290,000개의 고용을 창출할 것으로 예측하였다. 이것을 위해서는 2020년까지 54MW 이상의 전력이 생성되어야 한다. 또한, 유럽 연합은 백서에서 2010년까지 3GW, 2020년까지 15GW의 PV 설비를 조성하고자 하는 목표로 설정하였다.<sup>[6]</sup>

유럽 태양광산업을 이끌고 있는 독일은 2010년까지 437MW 달성, 13,484개의 고용창출, 2020년까지 2,606MW 달성, 83,485개의 고용을 창출하는 것을 목표로 삼고, 그 목표 달성을 위해 노력을 기울이고 있다.<sup>[10]</sup>

## 4. 결 론

선진국들이 태양광발전기술개발 및 보급에 있어 오늘날의 성과를 거둘 수 있었던 가장 큰 이유는 태양광발전산업의 초기시장 창출을 위하여 범정부 차원의 관심과 지원이었다. 이러한 노력으로 선진국은 이미 초기시장이 형성되고 있다고 판단하여 지원 비중을 줄여가며 해외 시장창출을 위한 프로그램 개발하고 있는 상황이다.

우리나라는 1987년 대체에너지기본법의 국회 통과로 태양광발전에 대한 기술개발이 1990년대 초반부터 본격적으로 시작되었으나, 정부의 노력에도 불구하고 예산확보의 어려움과 IMF 등으로 선진국과의 기술격차는 심화되고 있는 실정이다.

최근, 정부에서는 적은 예산을 효율적으로 투자하여 성과를 극대화하기 위하여 대체에너지 중에서도 실용화 및 국내 타 산업과의 인프라를 고려하여 태양광발전기술, 연료전지, 풍력발전 등의 3대 중점 과제를 선정하여 선택과 집중이라는 기술개발 및 보급정책을 추진하기 시작하였으며, 2012년까지 국내 전 소비에너지의 5%를 대체에너지로 부담한다는 목표아래 주택용 3kW급 태양광발전시스템의 일만호, 삼만호 보급 추진사업을 발표하였으며, 최근에는 원자력 1기분(1000MW) + 300MW를 10년

동안에 보급한다는 보급프로그램의 추진을 기획하고 있다.

필자는 우리나라의 산업 인프라를 고려한다면 우리의 차세대산업으로 태양광발전산업이 충분히 가능성을 가지고 있으며, 반도체 및 IT산업의 다음을 이어갈 산업으로서 세계시장 석권도 가능하다고 생각하고 있다. 이러한 타당성은 반도체산업의 인프라는 태양전지 셀 제조설비의 초기 투자비용을 절대적으로 줄일 수 있으며, 우리의 화학산업과 유리산업은 태양전지 모듈 제조의 코스트 다운에 기여, 중전기 산업은 PCS(Power Conditioning System)의 제조에 크게 기여하게 되어 후발주자로 태양광발전산업에 참여하였지만, 반도체산업이 세계시장을 석권하였듯이 본 태양광발전산업도 세계시장을 충분히 석권할 것으로 전문가들은 전망하고 있다.

## 참 고 문 헌

- [1] 김용태, "대체에너지 보급 활성화 정책", 태양에너지 제2권 제2호, 2003.
- [2] 문영석, "국내외 에너지시장 여건 변화와 우리나라의 에너지 안보체계", Energy News in Korea, 2003. 4.
- [3] 유권중, "햇빛발전산업의 현황과 전망".
- [4] 유권중, "태양광발전 산업시장 확대와 Business Chances", 제1회 태양광발전기술세미나, 산업자원부, 태양광발전기술연구회, 2001.
- [5] 유권중, "태양광발전기술의 현황과 전망", 설비 통권 213호, 한국설비기술협회, 2002.
- [6] Arnulf Jager-Waldau, "Status of PV Research, Solar Cell Production and Market Implementation in Japan, USA and the European Union", PVNET Workshop RTD Strategies for PV Ispra, European Commission Joint Research Centre, 2002.
- [7] Sinsoo Song, "PVPS Annual Report 2002:Korea", IEA, 2003.
- [8] Koichi Sakuta, "Present Status and Prospects of PV programs in Japan", Photovoltaic-Electricity from the Sun Vienna, 2002.
- [9] Makoto Konagai, "National Program: Thin Film Cells Program in Japan-Achievements and Challenges", Proceedings of the 29th, IEEE Photovoltaic Specialists Conference, 2002.
- [10] Murry Cameron, "Industry Needs & Industrial Roadmap", PVNET Workshop RTD Strategy for PV, 2002.