

태양광 발전의 국외현황



이수홍
삼성종합기술연구원 부장



이준신
성균관대학교 전기전자 및
컴퓨터공학부 교수

1. 서론

지난 10년간 솔라 계산기로 대표되는 민생용 전자기기, 고속도로나 철도의 신호기, 양수펌프, 골프카트, 솔라 자동 제조기, 솔라자동차, 솔라보트 등 새로운 응용 분야도 개척되어 제작하고 있다. 한편 전력용으로 각종 규모의

발전소가 전세계에서 건설되고 있다. 태양광 발전시스템의 다음단계의 최우선은 전력망과 연계한 태양광 발전소 건설과 태양광 시스템 주택응용이다. 1990년 기준으로 전세계의 상황을 보면, 국제연합을 포함한 정부지원 프로젝트로서, 10~20kWp 정도의 중 규모 발전소가 미국, 이탈리아, 스위스, 사우디아라비아, 독일 등의 각국에서 총계 200개소이상 가동중이거나 건설중이다. 이것과는 별도로 유럽공동체에서는 15~30kWp 정도의 중 규모 발전소가 152개소에 건설되고 일본에서도 3~200kWp 규모의 발전소가 40개소 이상에서 가동되고 있다. 한편 대규모 집중발전이 사례로서는 일본의 시코쿠 전력에서 1985년 2월부터 1

MWp의 발전소를 가동시키고 있다. 미국이 에너지성에서는 PVMaT라고 하는 산업체-정부-대학 공동의 양산화를 목적으로한 프로젝트가 1991년부터 장대한 태양광 발전 프로그램이 짜여져 추진되고 있다. 현재 가동중인 세계최대의 태양광 발전소는 ARCO DOLAR사가 미국의 캘리포니아주에 건설한 7.2 MWp 규모의 발전소이다. 그림 1에 연도별 태양광 시스템 시설용량을 도시하였다.

태양전지의 모듈 가격이 어느정도까지 내려가면 실용화 될 수 있는가 하는 문제는 사용장소에서의 평균일조시간, 기존 발전기술의 발전원가, 태양전지의 에너지 회수시간등과 맞물려 각종의 경우에

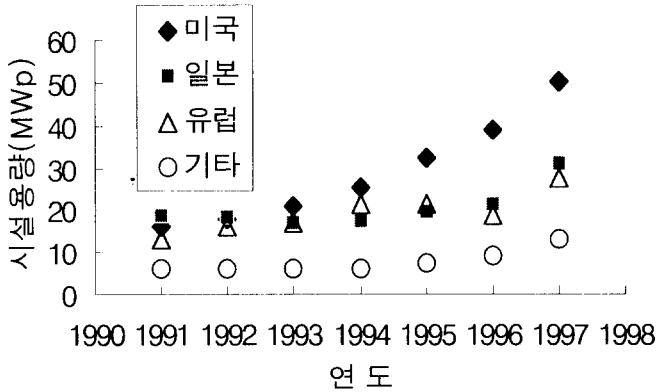


그림 1. 연도별 태양광 설치용량

다른 학습이 진행되고 있다. 한 구체적인 시산 연구결과에 의하면

표 1. 국가별 잉여전력 구매율

국가	모델명 또는 기준	구매 비율
호주	Queens Land	0.59
	New South Wales	0.55
	Western Australia	0.33
	Victoria	0.54
	Integral Energy	1.00
오스트리아	Separate Agreement	0.81
	Roof top Program	0.40
프랑스	*	0.31
독일	BEBBBR (Aachen)	5.70
이탈리아	CIP-ACT 2/92	2.10
	Lawn 10 91	1.72
일본	모두	1.00
네덜란드	Ad hoc	0.68
	*	1.00
	*	1.00
포르투갈	Decree Law 313/95	0.55
스페인	Roy. Decree Law 2366/94	0.56
스위스	Burgdorf Model	4.76
	Interlaken Model	7.62
영국	*	0.37

대규모 집중발전에서 BOS (Balance of System)의 점유율이

50%로 가정하여도 모듈원가가 2800원/Wp이 되어 향후 10년 정도에 지상의 상용전력으로서 재산이 맞을 것으로 예상하고 있다. 그러나 계통연계형으로 태양광시스템을 택하고 정부의 설치비 보조, 세금우대, 저가 보급형 태양전지를 사용하고 잉여전력을 전력회사가 매입할 경우 3년이면 설치자의 초기 투자비용 회수가 가능하다고 한다. 태양광 시스템 산업이 활성화된 국가의 공통점은 정부의 강력한 환경보존 의지가 있어 청정 에너지원 활용을 위해서 향후 10년에서 20년까지를 계획하여 태양광 발전시스템이 자국의 총발전량의 10%이상을 담당하도록 하는 계획을 입법화하여 실천하고 있다. 대, 중, 소규모 태양광 시스템으로 구분하여 분석하면 최근 2년간의 새로운 결합은 1~5kWp 급의 소규모 시스템 이용기술로 기존 중앙집중의 전력 생산에서 소비자 중심의 분산형 태양광 시스템 설치에 정부지원이 활성화되어 설치비의 10%에서 최대 90%까지 보조를 하고 있다. 전력회사에 의한 일조시간의 태양광 시스템 잉여전력의 평균구매가격을 표 1에 도표화하였다. 최소 0.33에서 최대 7.62배 까지 전기를 구입해 주고 있다. 아래에 외국의 태양광 발전 시스템 이용 현황을 아시아, 유럽국가, 중미국가 등으로 구분하여 살펴보았다.

2. 아시아 국가 동향

아시아 및 태평양 연안 국가(APEC)는 유럽공동체(EU)처럼 태양광을 이용한 대체에너지 사업분야에서 활발한 프로그램을 시행하고 있지 못하지만 향후에 아시아

지역에서도 경기회복과 함께 활성화될 수 있을 것으로 예상된다. 아시아권에서 태양광 산업이 가장 활발한 국가는 호주와 일본이다. 중국과 동남아시아 국가는 미래의 중요한 태양광 발전산업의 시장을 형성 할 것으로 예상되나 본 테마 기획에서는 국내, 호주와 일본을 중심으로 현황을 기술한다.

국내의 태양광 시스템 보급현황은 주로 독립형 시스템을 위주로 등대, 통신, 유인도서, 전화 그리고 가로등 전원이 주류를 이루고 있다. 국내의 1996년 12월 기준 누적된 태양광 시스템 설치용량은 2.1MWp 이다. 표 2에 1985년부터 1996년사이의 설치된 응용사례를 요약하였다. 아직 누적된 총 설치용량이 선진국가의 한해 설치용량에도 미치지 못하는 미흡한 상태이며 향후 정부와 입법기관의 배려가 필요하다.

표 2. 국내의 태양광 응용사례.

응용사례	설치된 시스템수
등대	564
통신	4,076
부선계측	186
유인도서	22
전화사업	1,100
기타	1,718
총계	7,666건 (총용량:2.16MWp)

호주에서는 BP Solar와 Solarex사가 1997년 기준으로 태양전지와 모듈 출하량을 합하여 7MWp를 생산하고 있으며 Pacific Solar는 초기 파일롯 생산라인을 가동하여 2000년에는 20MWp 출하량을 계획하고 있다. 호주에서 1990년대의 대다수 태양광시스템은 도심에

서 떨어진 외진곳에 독립형 주택 응용이 주류를 이루고있으며 1996년부터는 기존전력선과 함께 사용하는 계통연계형 시스템이 증가하는 추세이다. 팔목할 만한 사업은 200kW급 태양광 시스템이 Energy Australia 회사의 Singleton 사업이 1997년에 완공되었으며, 1996년 12월에 Solar Village Project가 공표되어 1kW급 태양광 시스템을 2000년도 Sydney 올림픽 게임을 위한 주택 665호의 지붕에 설치하고 또한 각각의 주택은 기존전력선에 연결된다. 이 사업이 완료되면 세계에서 가장 큰 태양광 시스템 주택단지로 예상된다.

일본은 이미 1994년 12월에 내각회의에서 새로운 에너지원으로 태양광 시스템 도입을 인준하였으며 이를 통해 가정과 공공기관의 태양광 시스템도입에 보조하고, 전기사업법에 의한 환경보존 세비 감면 혜택을 주며, 빌딩에 설치하는 PV 시스템을 개발하여 태양광 시스템 표준화를 하고 있다. 목표는 2000년까지 400MWp이고 2010까지 4.6GWp 설치이다. 일본은 1996년 4월기준 총 누적된 PV 전력이 50MWp 정도까지 설치되었으며, 1997년에 약 10MWp가 거주주택응용에 설치되었으며 2MWp가 공공사무실 빌딩에 설치되었다. 신에너지 촉진 법안인 (New Energy Promotion Law) 1997년 봄에 설립되었다. 설치 보조비용은 지방정부에 대해서는 총액의 1/2, 사업체나 사립 및 개인 설치에는 1/3에 해당하는 보조비를 지원한다. 일본은 1997년 세계 총생산량 중에 태양광 시스템의 약 25%에 달하는 31MWp의 연간 생산 능력을 보유하고 있다. 재료 구성비를 보면 45%가 다결정 실

리콘, 25%가 단결정 실리콘, 24%가 비정질 실리콘이며 나머지 6%가 CdTe 및 기타 태양전지이다. 회사별 생산량을 살펴보면 KOOCERA 회사가 9.1MWp, SHARP는 5.0MWp, SANYO사는 4.6MWp 그리고 MATSUSHITA가 1.2MWp의 생산 능력을 보유하고 있다. 세계 태양전지 모듈의 총 생산량은 1996년에 88.6MWp로 매년 15%이상 증가 하고 있다. 일본의 경우 주택용 태양광 발전 시스템이 일본에서는 본격 보급단계를 맞이하고 있다. 통산성은 동 시스템의 보급계획, 시장규모를 1994년에는 420억원, 95년에는 860억원, 96년에는 960억원, 2000년에는 약 1조2000억원으로 예상하고 있다. 한편 가정에서 쓰고 있는 평균적인 전기 사용량을 고려하면, 4인 가족으로 연간 대략 3000kWh이며, 현재 발매되고 있는 3kWp의 태양광 발전 시스템은, 그 전기의 대부분을 자가 발전할 수가 있고 우기나 야간 등 태양광이 없을 때에는 전력회사로부터 전기를 사고, 반대로 쓰고 남은 태양광 발전의 전기는 전력 회사에 파는 것으로 되어 있다. 일본내의 회사별 활동상황을 아래에 정리하였다.

산요전기는 아프리카의 최서단에 위치한 세네갈 공화국으로부터 10개의 낙도 중 6개의 섬에 해수의 담수화를 위한 태양광 발전 시스템 설치공사를 수주하여 이미 1995년부터 공사중이다. 이 시스템은 태양전지로 얻어진 전력을 인버터를 통하여 교류로 변환시킨 다음, 펌프와 해수 담수화 장치를 구동시키는 것이 기본 시스템이다. 이미 4개의 섬에 설치된 디젤 발전 시스템과 함께 이용하여 하

루에 100톤의 담수를 생산하여 약 20,000명의 주민들에게 음료를 공급하려는 프로젝트이다. 산요는 1995년 말기에 "산요 솔라 인더스트리"를 설립하고 연간 생산능력 4.6MWp를 갖추고 있다. 1995년 12월에는 미국의 캘리포니아 소재인 Solec사의 주식을 취득하여 단결정 전지를 수입하여 업계 최대의 단결정 전지를 이용하여 고효율 모듈을 채용한 시스템을 96년 가을부터 발매하고있다. 산요는 2000년에 일본국내시장 점유율을 20%로 잡아 2000억원의 매출을 기대하고 있다. Solec사를 인수함으로써 실리콘 결정 제조기술을 얻게된 산요는 결정질 태양전지에서부터 태양전지의 모듈화까지를 일괄 생산할 수 있는 업체가 되었다. 산요는 태양전지 분야에 왕성한 의욕을 보여 1980년에 비정질 태양전지가 장착된 전자계산기를 발매하고, 1987년에 태양전지 기와를 개발, 90년에는 기관계를 플라스틱을 이용한 경량의 비정질 태양전지를 이용하여 솔라 비행기를 발표 미국대륙 횡단을 한 바 있다. 91년에는 마스다 자동차인센디아에 차내의 열기 방지를 위한 선루프를 발매하고 또 가정용 솔라 에어컨을 발매하고 있다. 최근에는 오오사카에 창과 벽면전체를 태양전지로 설치한 (창은 투과형) 솔라빌딩도 완성하였다.

산업체 및 일본 정부기관 공동으로 태양전지용 고순도 실리콘 기관의 양산 기술 확립을 위한 프로젝트가 1996년 8월에 발족하였다. 가와사키제철, 교세라, 샤프, 산요전기, 다이도 흑산, 쇼와 셀석유, 스미모토 시츠크 등이 기술연구 조함을 설립하여 태양전지용 실리콘에 가장 적합하고 경제성이

높은 제조기술을 누구보다도 먼저 실용화 한다는 계획이다. 개발하는 것은 태양전지의 심장부인 실리콘 기판과 그 원료인 고순도 실리콘을 대량으로 값싸게 하는 기술이다. 산업체 및 NEDO에서 200~300억원을 투입, 개발하여 2001년에 실용화할 것이다. 태양전지의 보급이 활발해짐에 따라서 원재료의 공급부족이 예상되기 때문이다. 현재 반도체용 실리콘 재료의 가격은 1그램당 약 50원이고 태양전지 제조용으로 공급되고 있는 것은 1그램당 10원 정도로 알려져 있어 이 프로젝트의 목적은 10~20원으로 제조할 수 있는 기술의 확립이다.

후지전기는 이미 연간 1MWp분의 태양전지를 양산할 수 있는 라인을 갖추어 놓고 주택용 태양광 발전 시스템 사업에 참여하고 있다. 플라스틱 기판을 이용하여 변환효율 8.5%의 비정질 실리콘 태양전지를 양산하여 미사와홈과 공동으로 모델주택에 채용할 것이다.

교세라는 태양광 발전 시스템을 2000년을 목표로 생산능력을 현재의 4.6배인 60MWp 체제로 가지고 갈 것이며 주택용에 관해서는 장래 1년간에 60,000건의 예상 수요의 30% 이상을 획득할 것으로 보고 있다. 97년에 13MWp, 98년 25MWp, 99년에 40MWp, 그리고 2000년에는 60MWp로 계획을 잡고 있으며, 신제품으로서는 성능을 한층 향상시킨 1.16 kWp 타입에서 5.22kWp 타입까지 14기종을 판매한다. 특히 신개발의 4.4kWp 인버터인 "에코라인 440"은 주택용의 양산품으로서 세계최고의 전력변환효율 94.5%를 실현하고 (동사 종래 93%) 자립운전기능내장,

종래에는 필요했던 냉각팬을 없애 모터 등의 구동부분이 불필요하게 되어 조용하고 기계적인 문제가 없다. 이 회사의 주택용 태양광 발전 시스템의 수주 실적은 94, 95년도에 480건이었으나 96년도에는 2000건으로 내수시장 활성화를 획득하고 있다. 종래의 10cmx10cm이었던 태양전지를 15cmx15cm로 양산기술이 확립되어 제작비가 상당히 인하되었다. 1993년부터 건축자재 일체형 모듈의 개발에도 참여해 요시다 공업과 공동으로 금속커튼월타일 모듈개발에도 임하고 있다.

미쓰비시에서는 태양광 발전사업에 대해서 정부나 전력회사의 위탁을 받아서 3개소에서 대형 태양광 발전 시스템의 실증연구, 독립 운전 등을 운영하고 있다. 이러한 기술이 주택용 태양광 발전 시스템의 판매는 단결정으로 발전 용량 1.03kWp, 2.06kWp, 3.10kWp, 4.13 kWp, 5.16kWp 시스템의 5종류를 판매한다. 96년 일본의 국내 시장점유율 10%로 잡고 가까운 장래에 20%를 목표로 하고 있다. 한편 인공위성용 태양전지 판넬을 미국의 우주선 시스템 관련회사인 SSL사에 3년간 공급하기로 계약을 체결하였다. 이로서 연간 200~300억원 정도의 경매매출을 잡고 있다.

마쓰시다전지는 17%의 변환효율을 갖는 CIS(동·인듐·셀렌)계 태양전지의 개발에 성공하여 97년도부터 제품화 하고있다. 96년도의 태양광 발전 시스템사업 활성화로 발매하는 상품으로는 고급기종이 단결정 타입으로 출력이 1.02kWp, 2.04kWp, 3.06kWp, 4.08kWp, 5.10kWp, 중급기종은 다결정으로 1.03kWp, 2.06kWp, 3.09kWp, 4.12kWp,

5.15kWp의 총 10종이다. 현재 태양전지는 영국의 BP Solar사의 실리콘 단결정, 다결정을 매입하고 있으며, 당사에서 개발중인 박막 형태의 화합물 반도체 태양전지는 2000년 이후에 판매가 가능한 것으로 보고 있다. 한편 판매 촉진책의 일환으로 소비자들을 대상으로 "태양전지 동우회"를 만들어 주택용 태양광 발전 시스템의 시공법을 설명하는 것을 비롯 태양광 관련 공금증을 해결해 줌으로써 소비자들로부터 많은 호응을 얻고 있다.

캐논은 비정질 실리콘 태양전지와 지붕을 일체화시킨 3종류 타입을 본격생산하고 있으며, 94년 이후 주택용 태양광 발전시스템의 수주가 꾸준히 늘고 있다. 한편 유럽에도 사무소를 개설하여 유럽 시장을 겨냥하고 있다. 산요전기와 구보다는 태양전지와 지붕기능을 단일화해서, 시공성을 용이하게 한 건축자재 일체형 태양전지 모듈을 공동개발하여, 모델 주택에의 실증시험을 개시하였다. 태양전지는 실리콘 단결정 태양전지이다.

엠에스 케이 미사와홈과 주택용 태양광 발전 시스템을 공동개발하여 양산중이며, 양산으로 인한 원가 절감으로 시스템의 가격을 기존의 대기업 제품들보다 30% 인하하였다. 이밖에 휴대용의 비상전원 등의 응용제품을 개발, 판매하고 있다. 일본 전지는 4종류의 개인 주택용 단결정 태양광 발전 시스템을 발매한다.

일본 환경청의 산하단체인 환경정보 보급센터 시산은 일본에서의 태양광 발전 도입 가능성을 정리하였다. 이 보고서에 의하면 잠재적으로 도입가능한 양은 현재 화

력발전 용량의 1.15배에 해당하는 1억 3천 4백만 킬로와트이며, 이 경우 지구 온난화의 원인인 이산화탄소의 배출을 약 10%억제 가능하다고 한다. 시산에서는 공장이나 학교, 연립주택 등의 태양광 발전설비를 설치할 수 있는 건물수를 계산, 가장 많이 도입되는 경우를 산정하였다. 1억 3천 4백만kWp의 내역은 주택용 건물이 9천 7백만kWp, 민간공장이 2천 3백만kWp, 병원을 포함한 업무용 건물이 8백 6십만 kWp 규모의 태양광 발전 설비가 도입되어 그 만큼 화력발전량이 감소하면, 90년 일본의 이산화탄소 배출량의 8.2%에 해당하는 연간 2천 7백만톤(탄소환산)의 배출삭감이 이루어지는 것으로 되어 있다. 한편 환경청은 태양전지의 보급을 촉진하기 위하여 청량음료의 자판기에 설치하는 것을 고려중이며, 우선 샌다이, 요코하마, 북큐슈 시의 3개소에서 대규모 필드 테스트를 개시한다. 향후 6~7년내에 보급 목표로 총 10%에 해당하는 19만 3천대를 도입할 목표를 세우고 있으며, 자판기 제조업자 및 관련기관들과도 합의를 마쳤다. 환경청은 청량음료의 자판기는 태양광이 강할 때 소비전력도 증가하며, 1대당의 소비전력이 태양전지가 만드는 전력에 가깝고, 규격제품으로 한번에 대량 도입할 수 있는 점등을 고려하여 태양전지의 이용에 착안하였다.

히다찌 제작소는 재해 시에도 전력과 물등의 생명선을 확보하여 에너지를 완전 자립할 수 있는 “주유소용 태양광 발전”이나 “학교용 태양광 발전 라이프 스포트” “비상용 화장실 급수”등 태양광 발전을 이용하여 방재 시스템의

제안영업을 시작한다.

샤프는 주택용 태양광 발전 시스템의 95년도 판매목표인 1,000 시스템의 설치를 달성하였다. 1994년과 비교하면 대수비로 5배 정도, 판매비로 4배의 증가를 보였는데 금년도 대폭 신장의 요인으로서 인공위성과 등대에 납품실적이 많아 회사의 지명도가 높은 점, 높은 변환효율과 함께 기능면에서도 타사와 차별화가 가능한 점, 소비자들에게 질 좋은 정보를 제공하고 소비자들의 필요사항을 꼼꼼히 챙겼다는 것이다. 샤프는 인공위성용을 위시하여 태양광 전기자동차, 가정용 전원에 이르기까지 넓은 범위에서의 태양전지를 개발하여 상품화에 노력을 경주하고 있다. 납품실적은 인공위성 56기, 등대 608개소에 달하고 있다. 에바라 제작소는 청정 에너지로서의 태양전지의 장래성에 착안하여 10여년 전부터 연구개발을 해오고 있으며 94년 2월에는 미국의 웨스팅하우스사에서 솔라 사업부문을 인수해 에바라 솔라로서 출발하였다. 이 때까지의 우주개발에 많이 사용된 솔라시스템의 기술축적이 있는 웨스팅하우스의 기술을 그대로 인계한 것이 강점이다.

쇼와셀석유는 고효율 단결정모듈을 NEDO, 전력회사, 자치단체 등에 납품하여 품질이 좋다는 평가를 받고 있으며, 세계 최대의 태양전지 제조업체인 미국의 지메스솔라와의 기술 제휴 관계를 유용하게 활용하면서 품질관리가 잘되는 국내공장에서 제조하는 장점이 있다. 또한 제작비 절감을 목적으로 단결정전지의 고효율화, 대면적화, 박막화 등을 지향하는 한편, 차세대의 태양전지로 일컬어지는 CIS의 연구개발도 진행시키고 있

다.

NTT는 멀티미디어 보급이 진전되면서 증가하는 전력수요의 절반정도를 태양에너지로 채울 계획으로 전국에 산재해 있는 10여개의 NTT건물에 96년에 300kWp를 설치하였다. 장래에 1500개소의 NTT시설에 태양광 발전 시스템을 설치하여 연간 10만 kWh의 전력을 보충해 나갈 것이다.

YKK는 교세라와 공동개발하여 온 태양전지 모듈을, 빌딩오벽의 커튼 월에 조립한 “커튼 월 일체형 태양전지모듈”을 개발하여 실증시험에 들어갔다. 사용한 태양전지는 다결정 실리콘이다. 이제까지 아시아 국가의 태양광 시스템 현황을 살펴보았다. 태양전지가 기본적으로 반도체 공정으로 제작되기 때문에 기존에 축적된 산업기반과 기술력을 바탕으로 일본이 가장 두각을 보이고 있다. 국내에도 태양전지를 양산할 수 있는 경쟁력을 가지고있는 산업기반이 있다는 점에서 향후 정책에 변화를 주면 국내의 태양광 발전 분야의 촉진이 예상된다.

3. 유럽 국가 동향

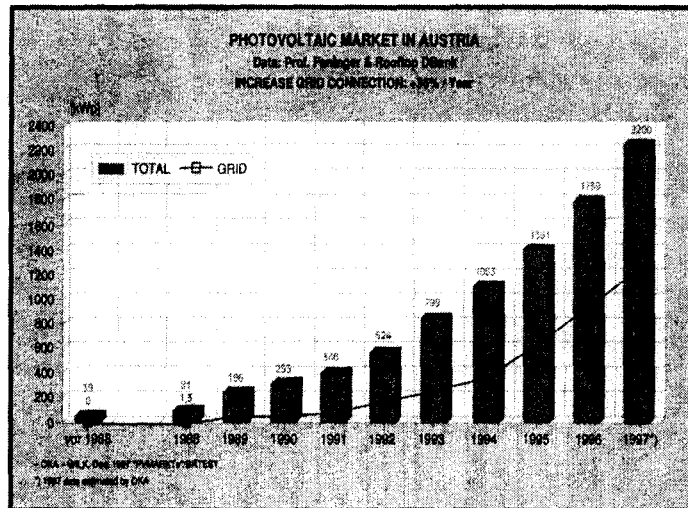
유럽공동체는 비핵연료에 의한 에너지 프로그램으로 1991~1994년에 THERMIE를 기초로 연구기술 개발을 수행하였으며 최근 5년(1994~1998) 동안에 13.1billion의 예산을 편성하여 연구개발 뿐만 아니라 전시 와 태양광 시스템 확산에 사용하고 있다. 유럽공동체는 2010년까지 총에너지의 12%까지 담당할 수 있도록하는 안을 1996년 11월에 채택하였다. 1996년 유럽공동체에 의해서 지원되는 사업은 187개 이상이며 총설치 용

량은 11.5MWp를 달성하여 유럽의 태양광 기술 사용을 장려하고 있다. 계통연계형은 지붕위 또는 건물 측면에 설치하고있으며, 독일의 IMPACT 사업으로 총 204kWp가 설치되었으며, 핀란드는 PHEBUS 사업으로 200kWp가 설치되었다. 유럽에서의 주택용 태양광 시스템 운동은 현재 500,000호의 지붕이나 측면에 설치되는 성과를 보이고 있다. 또한 다른 성과는 도심에서 멀리 떨어진 외진지역에 태양광에 의한 전기 공급, 사용자 연합형성, 격리된 주택용 태양광 시스템의 표준화, 건축상의 일체화, 표준 PV 단위의 가격하락, 계통연계형의 개인주택에서 공급되는 전력을 다시 전력회사가 구매하는 절차의 간소화, 교류전원용 모듈, 집광 시스템개발 등이 유럽공동체가 최근 달성한 주요업적이다. 프랑스는 대부분의 상용전력을 원자력으로부터 얻고있으며 태양광 시스템은 주로 독립형을 사용하여 외진 곳의 전력공급에 적용하고 있다. 덴마크는 전기요금에 CO₂ 배출요금을 부가하여 확보된 재원으로 태양광 활성화에 이용하고 있다. 스웨덴 국회는 1997년 6월에 12기의 원자력 발전 중에서 향후 2개소를 폐쇄하고 이를 새로운 청정에너지원으로 대체하기 위한 법안을 마련하였다. 독일, 이탈리아, 스위스, 영국 등의 대부분의 유럽국가들은 2010년까지 태양광 시스템과 같은 대체에너지가 총에너지 소비의 10% 이상을 감당하도록 계획하고 있다.

생산능력은 없으나 태양광 시장이 1996년에서 1997년 사이에 30% 신장율을 보였다. 주된 응용분야는 시스템설계와 연계형 PV 시스템이다. 그림 2에 오스트리아의 연도별 태양광 시스템 설치현황을 도시하였다. 오스트리아에서 1997년까지의 총 태양광 시스템 설치용량은 2,200 kWp 이며 이중에서 계통연계형 시스템이 120kWp를 차지한다. 산업은 ISOVOLTA가 세계시장의 거의 모든 모듈제조업체 후면호일을 생산하고있으며 FPNIOUS KG는 계통연계형 태양광 시스템 인버터를 1997년 중반기까지 1,000대 이상 생산하여 90% 이상을 타국가에 수출하였다.

독일은 1991년부터 천지붕 태양광 시스템 프로그램 (1000-PV-Roofs program)을 통해 괄목할만한 시장확대와 기술 발전을 이룩하고 있다. 계통연계형 시스템은

개소를 넘어 5.3MWp 가 1991년에서 1996년 사이에 설치되었다. 연방 정부, 경제부, 환경기금 등의 다양한 프로그램을 통해서 태양광 시스템설치에 가속도를 발휘하여 1996년에만 약 20MWp가 연계형 계통 시스템으로 설치되었다. 그림 3에 독일에서의 태양광 설치용량과 지원프로그램을 도시하였다. 연방정부의 지원보다는 1,000 지붕 프로그램과 주정부의 지원에 의해서 태양광 시스템 설치가 이루어지고 있다. 연구개발은 결정질 실리콘, 박막기술, 시스템 응용기술로 대부분하여 각분야에 괄목할 만한 성장을 이루고 있다. 결정질 실리콘은 LBSF (local back surface field) 태양전지를 사용해 23.3%의 효율을 달성하였고 Siemens Solar GmbH 사의 또다른 계획은 결정질 실리콘의 두께가 약 120 μm 기판으로 후면전계, 표면처리, 에미터 공정기술 등을



Development of the photovoltaic market in Austria

그림 2. 오스트리아의 연도별 태양광 시스템 설치현황.

오스트리아는 태양전지나 모듈

로 지붕에 설치된 개수만도 2,200

최적화하는 파이롯 시스템 시설을

집적화하고 있다. 박막 기술 분야에서는 ASE 회사가 비정질 실리콘 모듈을 시판할 계획을 진행중이며, Stuttgart 대학에서는 CIS 태양전지에 광목할 만한 진보를 이루어 16%의 변환효율을 달성하였다. 실험실 단위의 30cmx30cm 크기에서는 평균 10%의 효율을 달성하였다. 기존에 세계에서 생산된 태양광 전지 모듈의 80%가 박태리를 필요로 하는 독립형이기 때문에 박태리 수명과 신뢰도를 향상하기 위한 연구를 수행하고 있다. 시스템기술분야는 소규모 가정용과 대규모 발전용으로 구분하여 표준화 작업을 통해 시스템 일체의 가격하락에 기여하였다.

이탈리아에서는 국가차원의 빌딩응용 프로그램 실시로 세계 PV 시장에서 보고된 것 중에서 가장 방대한 시장확대를 1997년에 기록하였다. 이탈리아는 최근 들어 연계형 시스템이 주류를 이루고있는

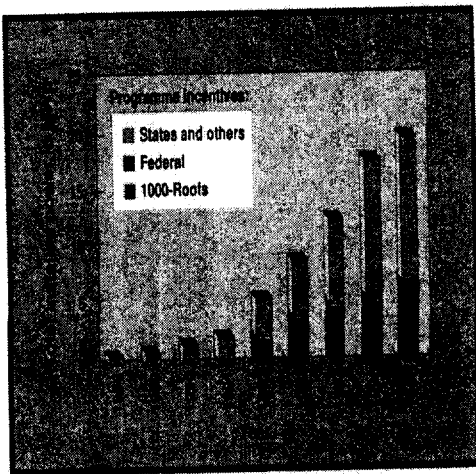
점이 타국가의 태양광 시스템 투자 및 설치동향보다 앞서가고 있음을 알 수 있다. 이탈리아 산업자원부 (Ministry of Industry, Trade and Crafts)와 환경부 (Ministry of Environment)는 만호 지붕 프로그램 (10,000 Roof Top Program)을 발주하여 2002년까지 50MWp를 태양광 응용으로 달성할 계획이다. 아래 표 3에 다양한 소규모 태양광 발전사례를 요약하였다. 대략 8,900소의 소규모 (5KWp 미만) 태양광 발전소 설치로 총 22.5MWp 전력을 얻으며, 중간규모로 5에서 20KWp급 1,100개소가 2002년까지 설치될 예정이다. 다결정 실리콘 기반, 전지, 모듈의 제작일체를 통합하여 완벽한 제작 체제를 갖추고있어 연간 3MWp의 생산능력을 보유하고 있다. ENEA와 ANSALDO 등에서 새로운 공정과 제작시스템 설계에 기여하고 있다.

표 3. 이탈리아에 설치된 태양광 시스템 규모와 형태.

발전소	전력 (kWp)	형태
Serre	3,300	연계형
Vasto	1,000	연계형
Delphos	600	연계형
Carloforte	600	연계형
Lamezia	600	연계형
Mandatoriccio	215	연계형
Eolie islands	200	연계형
Casaccia	100	연계형
Lampedusa island	100	독립형
Nettuno	100	독립형
Alta Nurra	100	연계형
Vulcano island	100	연계형
Vulcano island	80	연계형
Tremiti islands	65	독립형

네델란드의 태양광 발전분야는 안정적 성장을 계속하고있으며 1996년말로 3MWp, 1997년에 10MWp가 설치되었다. 가장 광목할만한 분야는 AC 모듈개념을 도입한 가정용 태양광 시스템(Solar Home System)이 향후 태양광 시장에 가장중요한 부분을 차지할것으로 예측한다. 네델란드에서는 2000년까지 20MWp, 2010까지 250MWp, 그리고 2020까지 1.4GWp 태양광 설치를 목표로하고 있다. 가장 큰 회사는 Shell Solar 사로 1997년 10월에 다결정 실리콘 생산라인을 개관하였으며 2000년까지 연간 생산량을 20MWp 까지 증설할 예정이다.

스위스 의회는 1997년에 빌딩응용 태양광 시스템을 중심으로한 재생 에너지에 대한 투자를 논의 중이다. 스위스는 연계형 계통 시스템에 집중되어있으며 그림 4에



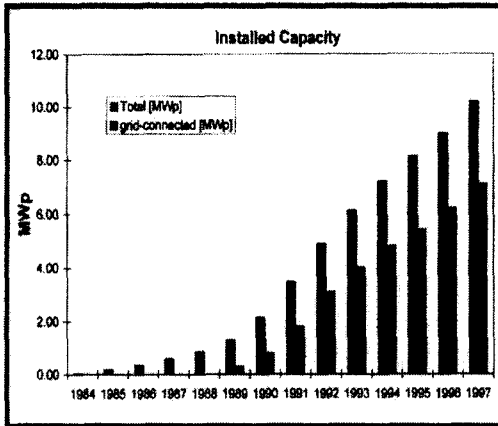
Photovoltaic Installed in Germany. Estimated total power reached end of 1996: 20 MWp

그림 3. 독일의 서로 다른 프로그램에 의한 태양광시스템 설치현황.

1997년까지의 설치현황을 도시하였다. 정부에서 연계형 태양광 시스템 설치시에 25%의 보조비용을 100kWp까지 제공하고 있다. 산업은 태양광 시스템 요소인 인버터, 제작기기, wire saw 등에 집중되어있고 태양전지 제작이나,

계형 계통 시스템으로 0.16MWp 태양광 시스템이 설치되었다. 국가 태양광 프로그램의 단기목표는 태양광 시스템 가격하락, 신뢰도 개선, 시장확대, 태양광 설치의 규제 및 표준화이다. 캐나다는 총 150 여개의 사업단체가 PV 산업

주정부, 지방시의회, 벤처자금 및 개인사업에 의한 투자로 구분된다. 1997년 총 \$60million dollar의 연구비 중에서 17% (\$10 million)를 기초기술연구, 40% (\$24 million)를 신소재와 소자연구에, 43% (\$26million)를 시스템 개발에 할당하고 있다. 1997년 기준으로 미국의 태양광분야 산업은 총 생산량이 56.5MWp에 이르며, 14개 회사가 상업용 태양전지와 모듈을 제작하고 있다. 1997년도 새로운 상품으로 2개의 회사가 AC 모듈 생산을 시작하였으며, 새로운 지붕용 태양광 모듈, 기존의 유리창문을 이용한 시스템 개발과 적용이 계속되어 현재의 시장 상황은 수요가 공급을 앞서가고 있다.



Evolution of the installed capacity between 1984 and 1997 (total and grid-connected, estimated values for 1997)

그림 4. 스위스의 연도별 태양광 시스템 설치현황.

모듈화에는 미비한 실정이다. 스위스에서는 2000년까지 태양광 시스템을 50MWp까지 증설할 목표를 추진하고있다.

4. 북중미 국가 동향

캐나다에서는 태양광 시스템 가격 이 기존전력보다 경쟁력이 있는 외진 곳에 독립형으로 설치되며, 1997년도 총 2.9MWp 설치하여 15%의 시장 성장율을 보였다. 대부분은 독립형으로 공원, 통신, 해안경비대, 석유 및 가스 감시용에 사용되었다. 가장 큰 응용처는 7,000개가 넘는 해안 경비대의 부표, 유인 또는 무인등대가 차지하고 있다. 반면에 18개소에 연

에 종사하고있으며 이중 약 25개 회사가 태양광 시스템 제조회사이다. Canrom PV는 캐나다에서 유일한 태양전지와 PV 모듈생산 업체이다. 또한 Canrom은 현재 CdTe 박막형 태양전지 파일럿 시스템을 개발 중에 있다.

미국은 위성전원용과 지상전력용 분야에서 세계에서 가장 선두 국가로 연구기술개발, 산업, 정책 등의 기반 프로그램이 조화를 이루고있다. Clinton 미국 대통령의 백만 지붕 발의안 (One Million Roofs Initiative)을 통해 태양광 시스템 분야에 새로운 풍토를 조성하고 있다. 미국에서의 기술개발과 응용분야 투자는 연방정부,

지멘스 솔라는 태양전지의 선두 회사로 태양전지와 모듈의 누적 출하량이 96년 기준 100MWp에 이른다. 이 양은 세계 총 누적출하량의 20%에 해당되는 것으로 중앙 유럽이 평균가정 25,000 가구에 해당된다.

국무성은 군사시설에서는 무소음의 태양광 발전이 디젤 발전보다 유리하다고 판단하여 급후 태양광 발전화 계획을 더욱 넓혀갈 예정이다. 군용 태양전지는 이동 및 보관 이 편리하도록 기존의 유리판에 모듈을 형성하기보다는, 유연성이 보장되고 접어서 보관할 수 있도록 군용 천에 태양전지를 간격을 두고 배치하여 모듈화하고 있다.

Photocomm은 1996년 여름 에틀란타 올림픽 개최지 근처인 마틴 루터 킹 기념공원에 미국의 ASE사가 만든 태양전지를 이용하여 65개의 가로등을 설치하였다.

Amoco/Enron사는 세계 제 2의 태양전지 제조업체인 Solarex의 모회사인 이 회사는 인도의 Thar 사막에 50MWp 이상의 세계 최대의 실용형 태양광 발전소를 건설하기 위한 매전계약을 인도의 라자스탄주 전력국과 체결하였다. 사용되는 태양전지는 비정질 태양전지로 예상된다.

태양기술과 재생 가능 자원공동조합(CSTRR)은 네바다주의 핵실험을 했던 장소에 270MWp 규모의 태양광 발전소를 중심으로 한 재생가능 에너지 발전소 건설계획을 세우고 있다. 이 규모는 1995년의 세계의 태양전지의 총 출하량 80MWp의 총 3.4배에 해당된다. CSTRR이 선정한 4건의 제안기업의 내용은 다음과 같다. Amoco/Enron의 100MWp 박막태양전지 모듈에 의한 태양광 발전소, Cummins Power Generation의 25MWp 태양열 발전소, Kenetech Corp와 3사 공동에 의한 100MWp 태양광, 풍력 하이브리드 발전시스템, Nevada 전력의 2사 공동에 의한 70MWp 태양광 발전 시스템 등이다.

Atlantis Energy Systmes은 건축 자재용 태양전지 모듈 조립공장을 본격 가동하여 연간 600kWp에서 수 MWp 까지 조립이 가능하다.

Spire Corporation은 남아프리카의 Renaissance사와 협력하여 태양광 발전용 모듈 제조공장(Sun Corp)을 설립하여 관련기술 및 지원을 하기로 했음. 연간 생산능력을 500kWp로 현 시장의 10% 정도를 공급하기로 하였다. 남아프리카의 태양광 발전시장은 2015년까지 375MWp까지 증가할 것을 예상된다. 이 회사는 이미

러시아에도 태양전지 모듈공장을 세웠다고 발표하였다.

United Solar Systems Corporation은 미시간의 Troy에 박막 태양전지 공장을 위한 기공식을 가졌다.

Solarex Corporation은 버지니아주에 년 산 10MWp 규모의 태양전지 공장건설을 위한 기공식을 95년 10월 16일에 가졌다. 이 회사의 다결정 실리콘 태양전지가 독일의 본에 위치한 산업기술 센터의 옥상에 500 kWp 발전 시스템에 채용되었다. 옥상에 설치한 단일 규모로는 세계 최대 규모이다.

5. 결 론

21세기를 살아가는 인류에게 있어서 가장 중요한 문제는 어떻게 깨끗하고 공해 없는 지구환경을 후세에게 물려주는가 하는 것이다. 인류가 살아가기 위해서는 에너지원이 필요하다. 그러나 현재까지 우리는 불행하게도 많은 공해와 환경파괴를 유발시키는 화석연료와 원자력을 주 에너지원으로 사용하고 있다. 이러한 문제를 해결할 수 있는 방법 중의 하나가 바로 무한한 청정에너지원인 태양광 발전이다. 이것은 우리 인류에게 적어도 앞으로 50억년 이상은 무료로 에너지를 사용할 수 있게 해 준다. 태양광 발전의 실용화는 이미 구미 선진국을 중심으로 현재 활발하게 전개되고 있다 미국은 정부의 주도로 대규모 태양광 발전소를 계속적으로 증설하고 있으며, 전기자동차의 생산을 의무적으로 늘려나가는 법안을 통과시켜 이미 시행하고 있다. 산업체는 또한 새로운 공장과 생산량을 꾸준히 늘려가고 있다. 일본은 정부

주도로 태양광 발전 시스템의 설치비용을 50%까지 무상 지원해 주고 있으며 "Sunshine Project"라는 국가차원의 대규모 태양에너지 개발 계획을 추진하고 있다. 이런 개별 국가차원의 노력과 병행해서 국제기구의 협력이 진행되고 있다. 사막에 대규모 원자력 발전소 수십기에 해당하는 수 Giga watt급 태양광 발전소를 설립하여 인접 국가들이 전력을 공유하는 방안이다. 예를들면 "고비 프로젝트"나 "사하라 프로젝트"가 발족되서 경제적 타당성 조사가 진행되고 있다. 또한 태양전지를 이용한 양수 펌프로 지하수를 퍼올려 사막의 녹지화가 가능하여 식물을 재배가 가능해진다. 이와 같이 항구적인 청정에너지 기술로서 기대되어 온 태양광 발전 시스템의 실용화예의 전망은 의외로 빠르게 현실적으로 되어가고 있다. 그러나 이 기술을 훌륭한 사업으로 육성하기 위해서는 끊임없는 연구와 지구규모 또는 본지에서 살펴본 것처럼 아시아, 중미, 유럽의 지역별 국제협력으로, 우리가 살고 있는 이 지구행성을 후손들에게까지도 청정한 상태에서 문명을 전승해 주는 것이 필요하다. 다행이 이 기술은 현재 동서 선진제국간의 기술 협력 및 남북간의 기술원조에 대해서도 원활하게 국제협력이 진전되고 있다.

참 고 문 헌

1. 산자부, "태양광발전사업단 보고서", 1998. 5.
2. 이수홍, 조은철, 김동섭, 조영현, 민요섭, A. U. Ebong, "태양광 발전의 최근업계 동향", 결정성장학회지, 7권, 1호, 93,

- 1997.
3. International Energy Agency, "Annual report on Photovoltaic Power Systems Programme", 1998.
 4. J. Zhao, A. Wang, P. Altermatt, and M. A. Green, Applied Physics Letters, Vol. 66, No. 26, 3636, 1995.
 5. L. D. Partain, Solar Cells and Their Applications, John Wiley Inc., 1995.
 6. H. Takakura et al., J. Appl. Phys. Vol. 31, 3294, 1992.
 7. D. E. Carlson, IEEE Trans. on Electron Dev., ED-24, 449, 1977.
 8. D. S. Kim and H. B. Im, Powder Metallurgy, Vol. 35, 57, 1992.
 9. K. Aweibel, H. S. Ullal and R.L. Mitchell, Processing of 21st IEEE Photovoltaic Specialist Conference, p.458, 1990.
 10. Y. Kuwano and K. Sayama, Optoelectronics Devices and Technologies, Vol. 9, No. 4, 477, 1994.
 11. Photovoltaic Insider's Report, February 1996.

< 이준신 위원 >