

지구환경과 태양에너지 - 지금 왜 태양광발전인가?

■ 유권종, 박경은 / 한국에너지기술연구원

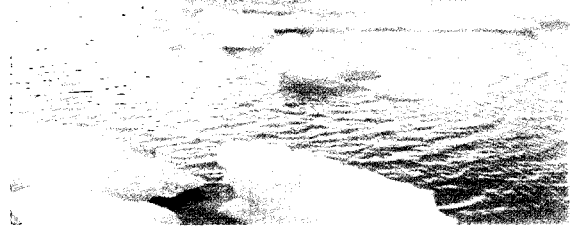
지구가 변하고 있다 ; 지구환경 변화 그리고 에너지 위기

지구 환경이 변하고 있고, 지구 곳곳에서 기상 이변 및 대규모 재난이 잇따르고 있다. 기상 전문가들은 이와 같은 현상들이 환경파괴에 따른 재앙이라고 지적하고 있다. 지구는 하나의 유기체로서 복잡한 상호작용을 하고 있는데, 지구온난화로 북극 빙하가 녹아 해수면이 상승하고 이에 따라 해류가 변화하면서 기상이변을 일으키게 된다는 것이다. 이와 같은 지구 온난화 현상이 나타나게 된 원인은 이산화탄소의 증가에 있다. 대기 중에 있는 수증기나 이산화탄소(CO₂), 메탄(CH₄), 이산화질소(NO₂) 등의 기체는 우주로 방출되는 에너지의 일부를 흡수하는데, 이는 마치 온실의 유리나 같이 작용하기에 온실가스라 불린다. 온실가스 때문에 지표면에서 반사된 열이 모두 우주로 방출되지 않아 지표면이 평균 15 정도의 온도를 유지하게 된다. 하지만 인류가 화석연료를 많이 사용함으로써 대기 속으로 많은 양의 이산화탄소를 방출하여 온실가스의 농도가 증가하게 되는 경우 흡수되는 복사열의 양이 증가하여 지구 표면의 온도가 상승하는 현상, 즉 지구온난화현상이 일어나게 되었다.

1800년 경 유럽에서 산업혁명이 시작될 때까지 인류는 거의 모든 에너지를 재생 가능한 에너지로서 무한정 사용하더라도 영구히 없어지지 않고 다시 생성이 되는 환경 친화적인 바람과 물, 나무 등에서 얻었다. 그러나 산업혁명이 시작되자 많은 양의 에너지가 필요하게 되었는데, 이를 위해서 석탄 같은 화석 에너지가 사용되기 시작했다. 그 후 삶의 질 향상에 따른 에너지



연일 섭씨 40도가 넘는 살인적인 폭염으로 비상사태 선포...



극지방 빙하면적 감소 및 해수면 상승...



지진 해일로 남아시아 해역 16만명 사망·실종...



우리지구가 변하고 있다.

소비의 증가는 화석 에너지의 사용을 더욱 증가시켰고, 그로 인한 환경오염 및 에너지 고갈이라는 심각한 문제가 발생되었다.

신·재생에너지에 대한 전 세계적인 관심은 1970년대 두 차례의 오일쇼크로 인하여 중동 국가들이 석유 가격을 크게 올림에 따라서 일어난 석유파동으로 인식이 높아지게 되었다. 당시에는 석유 가격이 갑자기 올라가서 석유를 수입하던 많은 나라가 석유를 대신할 수 있는 에너지를 찾았기 때문에, 순수하게 재생가능 에너지만 관심의 대상이 되었던 것은 아니다. 원자력이나 석탄도 석유를 대신할 것으로 생각되었고, 실제로 많은 나라들이 원자력발전소 건설에 뛰어들었다.

이때 사람들은 석유를 대신할 수 있는 에너지만을 생각했다. 그러나 그 후 석유가격이 안정되고 사람들이 높은 석유가격에 적응되면서 석유를 대신할 에너지에 대한 관심이 줄어들게 되었으며, 그러다가 1980년대 말부터 지구온난화가 심각한 수준이라는 과학자들의 연구가 널리 받아들여지면서 재생가능 에너지가 다시 주목받기 시작했다. 1992년 브라질의 리우에서 열린 세계 환경회의에서는 지구온난화와 지속가능한 발전이 중요한 의제로 다루어졌으며, 1997년 일본 교토에서 기후변동조약의 제3차 체결국 회의에서 법적 구속력을 가지는 국가별 삭감목표를 선진국에 부과해, 2008년부터 2012년까지 전체적으로 이산화탄소(CO₂) 등의 온실효과 가스를 1990년 대비 적어도 5%를 줄이기로 결정하는 의정서를 채택하였다.

그 후 세계 기후변화 회의에서 지구온난화를 억제하기 위한 교토 의정서가 채택되면서 지구환경문제와 미래에너지원의 다원화, 국가 경쟁력 확보를 위한 에너지기술의 산업화 등의 국제적인 주변 환경 변화로 온실가스를 방출하지 않고 지속적으로 이용할 수 있는 신·재생에너지 개발에 적극적으로 뛰어들었다.

특히, 신·재생에너지 중에서도 실용화에 가장 근접해 있는 태양에너지를 이용한 태양광발전기술과 태양 열이용기술은 미국, 일본, 유럽을 중심으로 일반에게 보급이 확산되면서 21세기 후반의 국가 에너지 안보차원의 하나의 기간산업으로 자리 매김을 하고 있는 환경 친화적인 중요한 에너지원이라고 할 수 있다. 본 보

고에서는 태양에너지를 중심으로 하는 태양광발전기술에 대하여 기술의 필요성과 기술개발 동향 및 전망에 대하여 설명하고자 한다.

왜 태양에너지인가?

모든 에너지의 원천 태양에너지

신·재생에너지의 종류는 매우 다양하다. 가장 흔한

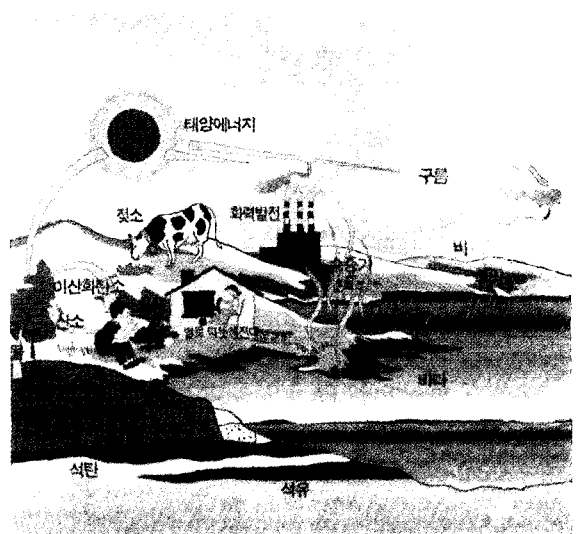


그림 1 에너지의 근원:태양에너지

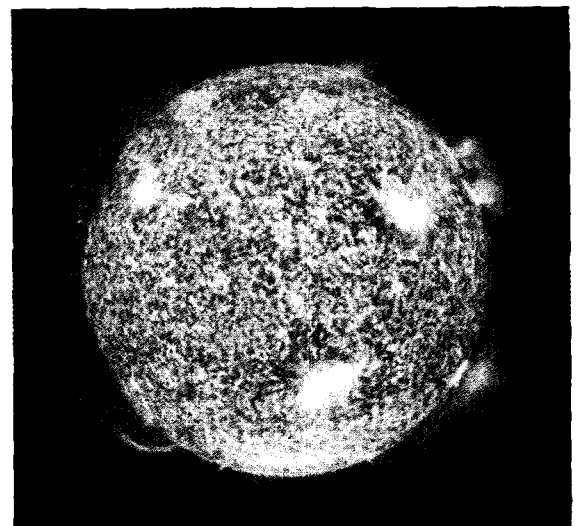
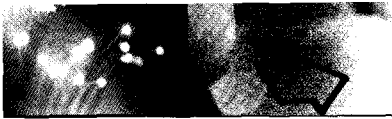


그림 2 핵융합반응을 통한 거대 에너지 방출



것이 태양 에너지이고, 그밖에 풍력, 수력, 생물자원(바이오매스), 지열, 조력, 파도 에너지 등이 있다. 이 중에서 지구 내부의 방사성 물질이 붕괴하면서 내뿜는 열을 이용하는 지열과 조수를 이용하는 조력을 제외한 재생가능 에너지원들은 대부분(99.98%) 태양으로부터 생성되는 것이라고 할 수 있다.

대기 중의 공기는 대류현상으로부터 태양 에너지를 받은 지면의 공기가 따뜻해져 위로 올라가면서 찬 공기가 빈자리로 이동하게 되는데 이것이 바람이고, 이 바람의 힘을 이용하여 풍력 발전 등이 이루어진다. 물의 흐름도 햇빛을 받아 증발한 수증기가 비가 되어서 내려오기 때문에 일어난다. 파도나 해류도 바닷물이 햇빛을 받아 온도차가 일어나기 때문에 생긴다. 나무도 광합성을 통해서 만들어지는 것으로 태양 에너지가 변형된 것이다. 현재 가장 많이 사용되면서 동시에 많은 문제를 가지고 있는 화석 연료의 경우도 그 근원은 태양에서 찾을 수 있다.

무한정, 무해한 에너지원

지구상의 모든 에너지의 근원인 태양은 그 지름이 140만km로, 지구 질량의 약 33만 배나 되는 거대한 항성이다. 태양은 질량의 73%는 수소, 25%는 헬륨으로 이루어진 기체 덩어리인데, 특히 태양 중심으로부터 반지름의 약 23%정도 되는 공간은 매초 약 500만 톤의 수소의 핵들이 헬륨으로 바뀌는 핵융합반응과정을 통해 3.9 1023kW의 엄청난 양의 에너지로 전환, 방출하고 있다. 이 중 170조kW의 에너지가 태양으로부터 1억5천만km 떨어진 지구에 도달한다. 이 중에서 30%는 직접 반사되고 나머지 70% 정도가 지구에 도달하는데, 이와 같이 60분간 지표 전체에 내리쬐는 에너지양은 세계의 연간 에너지 소비량과 대동할 정도의 막대한 에너지양이다.

태양에너지는 지상에서 일사량이 가장 많은 시간을 기준으로 하여 에너지 밀도가 1kW/m² 정도로 매우 낮고 기상, 지형 등의 자연 조건에 구애받는 등의 단점을 가지고 있지만, 이 태양에너지는 태양이 없어지지

않는 한 고갈되는 일이 없고 깨끗하고, 어느 곳에서도 이용이 가능하다는 장점을 가지고 있는 에너지로서 무궁무진한 에너지원의 보고임에는 틀림없지만, 환경 친화적이고 막대한 이러한 에너지를 어떻게 유효하게 활용할 것이냐 하는 문제는 현재를 살고 있는 우리들의 과제라고 생각한다.

태양에너지의 적극적인 이용 : 태양광발전

태양에너지는 인류가 존재하면서부터 어떠한 형태로든지 지금까지 이용되어져 왔으며, 앞으로도 이용하지 않으면 안 되는 필연적인 상황인 것이다. 한 예로 건축물에서의 태양에너지의 이용을 들 수 있는데, 우리나라와 같이 북반구에 위치한 경우, 대부분의 건축물이 전면이 남쪽을 향하도록 하여 최대한 많은 부분에서 태양에너지를 받을 수 있도록 하였다. 다음 그림 3은 고대 그리스와 한국의 전통가옥을 보여주는 것으로 중정을 두거나 남쪽에 안마당을 두어 건축물 내로 태양에너지를 유입시켜 좀 더 밝고 따뜻한 생활이 가능하도록 하였다.

과거에는 이와 같이 수동적인 방법으로 이용되어져 왔던 태양에너지가 과학기술의 발전과 신·재생에너지에 대한 관심의 고조에 따라 점점 적극적인 방법으로 이용되어지고 있다. 앞에서도 언급하였지만, 태양에너지를 직접적으로 이용하는 방법에는 크게 태양광과 태양열을 이용하는 것으로 나눌 수 있다.

그 중에서도 태양에너지를 에너지원으로 사용하는 태양광발전은 햇빛이 비치는 곳에서는 어느 곳이든 빛을 직접 전기로 바꾸어 이용할 수 있는 것을 가능케 하면서 오염이나 소음 등의 공해가 없는 첨단기술이다.

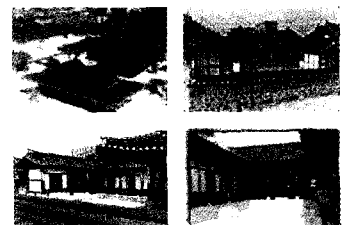


그림 3 태양에너지의 이용(좌:그리스건축물, 우:한국전통가옥)

실제로 석유를 이용하여 발전하는 경우 1kWh당 200g 정도의 CO₂가 방출되는 반면 태양광발전의 경우는 절반 이하로 방출량을 줄일 수 있다. 또한 태양광발전방식은 발전설비에 대한 유지관리가 거의 필요 없고, 규모나 기술 등을 고려할 때 설치가 비교적 용이하다. 태양 에너지의 양이 방대하다는 데에서 태양광발전 시스템의 또 다른 이점을 찾을 수 있다.

비록 단위 면적당 에너지 밀도는 높지 않지만, 지구에 한 시간 동안 조사되는 태양광은 약 일년간 지구 전체에서 소비되는 에너지의 양 이상이 된다. 또한, 태양광발전 시스템은 일사가 많을수록 많은 전기를 생산해 낼 수 있으므로, 최근 큰 문제가 되고 있는 여름철 냉방 부하 증가에 관한 문제 해결에 있어서도 큰 역할을 할 수 있다. 그리고 태양광발전시스템은 맑은 날에 비해 그 효율은 낮지만, 흐린 날에도 확산광에 의한 발전이 가능하므로, 더욱 유용한 전력공급 시스템이라 하겠다.

다음 그림 4는 2040년까지의 신재생에너지 추이를 예측한 자료로, 본 자료에서는 2020년까지 전체 에너지 공급의 20%, 2040년까지 총 에너지 공급의 47.7%, 총 발전량의 82%를 신재생에너지가 담당할 것으로 전망하고 있다. 그 중에서도 PV는 전체 신재생에너지 중 가장 급속한 증가를 나타낼 것으로 보고 있는데, 2001년 2.2TWh였던 PV 발전량이 2040년까지 9,113TWh까지 증가하여 신·재생에너지의 전기생산 부분에 있어서 가장 큰 점유율을 차지할 것으로 전망하고 있다.

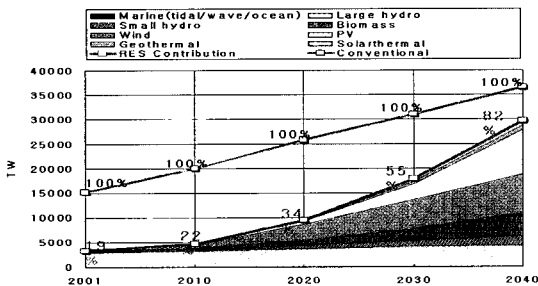


그림 4 EREC(EREC : European Renewable Energy Council) 시나리오

태양광발전 원리

태양광발전의 원리는 그 단어에서부터 알 수 있는데, photovoltaic(PV)이라는 단어에서 photo는 빛(light)을 의미하고, voltaic은 전기(electricity)를 의미한다. 그래서 빛으로부터 전기를 생산해낸다는 의미로, 두 단어를 합성하여 photovoltaic이라는 용어가 만들어지게 되었다.

태양전지에 빛이 조사되면, 이 태양에너지는 태양전지를 구성하고 있는 반도체 내의 전자들을 자유롭게 만든다. 태양전지 내에서 전자들은 특정한 방향으로 흐르게 되는데, N-type 실리콘은 음전하, P-type 실리콘은 양전하가 모이게 되어 우리가 흔히 사용하는 건전지와 같은 전류가 생성된다. 이때 태양전지의 상하 부분에 금속을 연결하여 전류가 외부로 흐를 수 있게 한다.

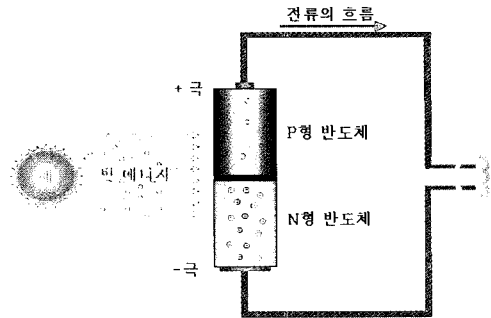


그림 5 태양광발전 원리

태양광발전시스템

태양광발전시스템은 크게 계통연계형과 독립형으로 나눌 수 있다.

일반적인 계통 연계형 태양광발전시스템의 예로 최근 정부에서 추진하고 있는 10만호보급사업으로 보급되고 있는 주택용 태양광발전시스템을 들 수 있으며, 주택용 태양광발전시스템의 구성은 발전기에 해당하는 태양전지 모듈의 집합체로 되어 있는 태양전지 어레이와 발전된 직류전력을 교류전력으로 변환하는 PCS(Power Conditioning System : 일명 인버터라고도

함.), 그리고 전력을 계량하는 전력량계와 부하로 구성되어 있다.

계통연계형의 주택용 태양광발전시스템은 맑은 날 즉, 일사량이 많은 날에는 태양전지에서 발전된 직류 전력이 정선박스로 모아져서 PCS로 전달된다. 여기서 받은 직류전력을 가정에서 쓸 수 있는 교류로 전환하

여 가정의 각 전력 소비체로 보내게 되는데, 이때 사용하고 남은 잉여분에 대해서는 전력선을 통하여 지역전력계통회사에 팔 수 있다. 구름이 있는 흐린 날에는 확산광으로 인해 적은 양의 전력을 발전할 수 있다. 이때는 전력계통회사로부터 전력을 공급을 받아 부족한 전력을 보충하게 된다. 비가 오거나(확산일사량도 거의 없는 상태) 밤에는 전력 생산이 어려우므로, 전력계통회사로부터 전력을 공급받아 사용한다.

계통연계형 시스템은 적용 대상과 규모에 따라 활용 범위가 다양하다. 태양광발전시스템을 주택이나 사무실 등의 건물에 적용을 할 경우, 전력 생산이라는 본래의 목적 이외에 전자재로서의 역할 뿐 아니라 건물을 아름답게 만드는 디자인 요소로서도 활용할 수 있다. 특히, 우리나라나 일본과 같이 실제 거주 면적이 적은 지형에서는 더욱 유용하게 사용될 수 있는 기법이다.

태양광발전시스템은 본래 소규모의 발전소로서 의미를 가지지만, 미국과 같이 광활한 대지가 많은 지형에서는 거대한 발전소로서의 역할도 할 수도 있다.

독립형 시스템은 계통과 연결되어 있지 않고, 발전된 전력을 그대로 사용하는 시스템을 말한다. 즉, 낮 시간 동안 발전된 전력은 축전지에 저장에 두었다가 발전이 되지 않는 밤 시간동안 사용할 수 있도록 하는 시스템이다. 이것은 전기가 들어가지 않은 섬 지역이나 특수한 목적으로 설치된 설비의 전력 지원을 위해 바다, 산과 같은 곳에 주로 사용된다.

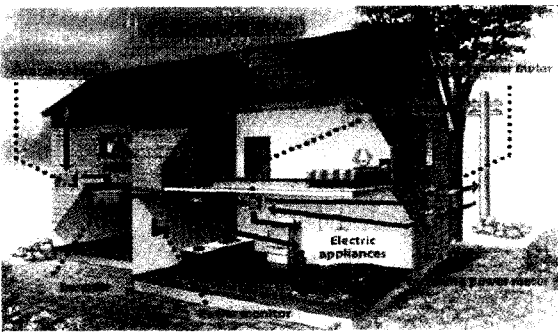


그림 6 태양광발전 시스템 개념도



그림 7 계통연계형 PV 시스템 건물 적용 사례(상:국내, 하:국외)

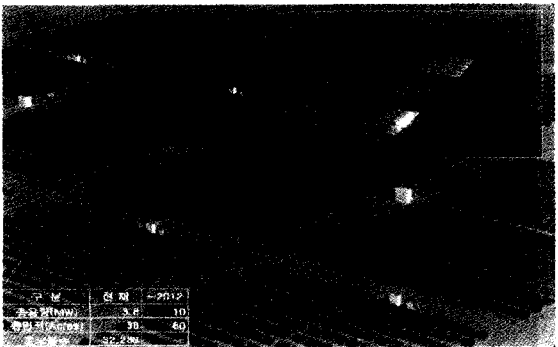


그림 8 대용량 PV 발전소

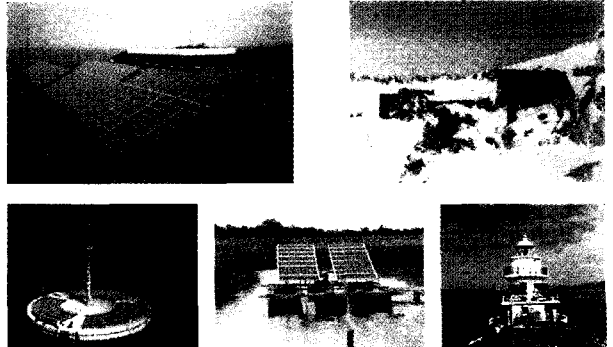


그림 9 독립형 PV시스템 설치사례

세계 태양광발전기술 및 산업 현황과 전망

태양광발전기술은 본래 인공위성의 보조전원용으로 사용된 기술로, 1954년 미국의 벨 연구소에서 발명된 이래 대략 50년이 경과했지만, 본격적으로 세계의 관심이 모아진 것은 앞서 말한바와 같이 1970년대의 1차 석유파동이 일어난 이후였다. 이때부터 본격적으로 선진국을 중심으로 우주용 태양전지를 지상에서 사용하기 위한 다양한 기술이 시도되었다. 1980년대에는 유가하락으로 태양광발전시스템 개발 및 보급에 대한 관심이 저하되었다가, 1990년대에 지구환경에 관해서 심각하게 인식하는 분위기 속에서 세계적으로 태양광발전산업이 급속한 성장을 하게 되었다.

2003년 현재, 762MW 태양전지를 생산함으로 560MW의 생산량을 나타낸 전년에 비해 36% 증가하

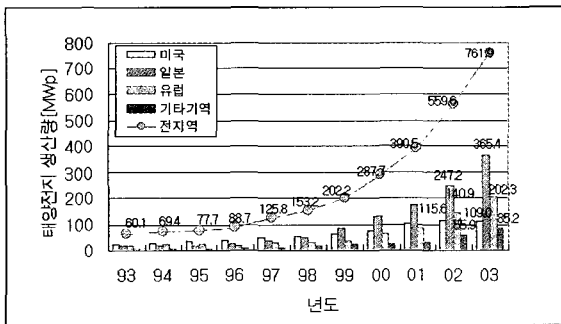


그림 10 태양전지 생산량

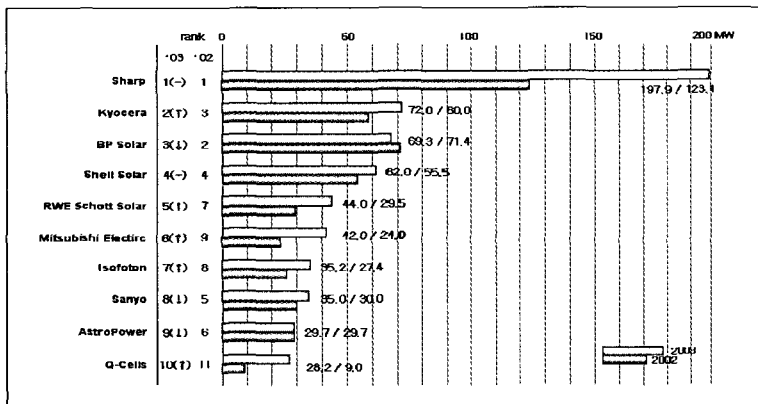


그림 11 태양전지 제조업체 Top 10

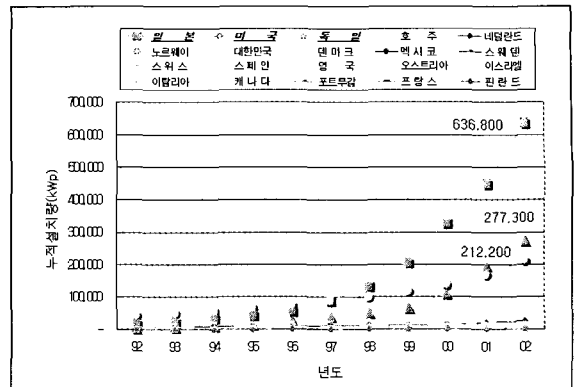


그림 12 태양광발전시스템 누적 설치량 추이

는 등 세계 태양광발전산업 시장이 활발하게 움직이고 있는 가운데, 일본, 미국, 유럽(특히 독일)이 압도적인 우위를 보이며 세계 태양광발전산업 시장을 이끌고 있다. 특히 일본은 1990년대 후반부터는 급격한 증가로 다른 국가들과의 차이를 더욱 크게 벌이며 가장 선두에 서게 되었다.

일본은 2003년 세계 태양전지 생산량 중 48% 점유하였고, 세계 10대 기업 중 1, 2위를 차지하며 무려 4개 업체가 10위권 내에 드는 등 PV 산업의 리더로서 활발한 활동을 벌이고 있다.

이러한 일본의 두드러진 증가 추세는 수요에서도 동일하게 나타나고 있다. 2002년 현재 IEA(International Energy Agency)회원국들의 PV 누적 전력량을 살펴보면, 일본에는 약 636MW 정도가 보급된 것으로 조사되었

었다. 1990년대 초반까지만 해도 가장 선두에 있었던, 미국은 수출 위주의 정책으로 일본이나 독일에 비해 자국 시장이 약한 점과 독일의 성장으로 인한 유럽 시장에서의 점유율 감소 등의 이유로 일본과 독일에 이어 세 번째 순위에 랭크되었다. 독일은 꾸준한 증가추세를 보이다가 최근에는 비교적 급속한 성장을 보이다가 2001년부터는 미국을 추월하여 세계 2위의 PV 국가로 올라서게 되었고, 2003년 현재 약

277MW의 보급량을 기록하고 있다.

아래 그림 13은 각 국가별, 유형별 PV 누적 설치량을 나타내는 것이다. 독립형 태양광시스템은 주로 캐나다, 핀란드, 프랑스, 이스라엘, 멕시코, 노르웨이, 스웨덴에 90% 이상이 설치되어 있다. 핀란드, 노르웨이, 스웨덴에서는 독립형 태양광시스템을 주로 계절과 관련된 건물이나 휴양을 목적으로 하는 건물이나 거리가 조금 떨어져 있는 오두막집 등에 이용하고 있다. 프랑스와 멕시코에서는 태양광이 도서지역의 전기 공급 방법으로 사용된다. 호주, 캐나다, 대한민국, 일본에서는 독립형 태양광발전 시스템을 주로 비주거용 건물이나, 펌프, 농업용, 교통신호, 통신 등에 사용하고 있다. 일본, 독일, 미국, 네덜란드에서 정부와 공공단체에 의해 지원되는 프로젝트들은 일반적으로 도심환경에 초점을 맞추어 진행하므로, 이에 따라 계통연계분산형 부분이 빠르게 성장하게 되었다

일본, 미국, 독일과 같은 몇몇 선진국들은 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. 이러한 성과들이 이루어지게 된 각 국가별 PV 보급 정책과 현황 그리고 전망을 살펴보면 다음과 같다.

일본의 태양광발전기술 현황 및 전망

현재 일본은 수요와 공급의 양 측면에 있어서 가장

선두에서 세계 태양광 시장을 이끌고 있다. 이러한 것이 가능하게 된 가장 큰 원인은 태양광에 대한 일본 정부의 꾸준한 관심과 지원이라고 할 수 있다. 1974년의 Sunshine Project를 시작으로 태양광발전기술을 개발하기 위한 프로그램들을 수행하였고, 80년에는 신에너지개발기구(NEDO)를 설립하여 대체에너지개발 촉진법 및 전기요금 전원개발 촉진세를 부가할 수 있는 특별회계법을 제정하였다. 1993년에는 태양광발전기술 연구조합(PVTEC)을 결성하였고, 1997년에는 신재생에너지법을 제정하여 정부 및 에너지 소비자, 공급자, 제조자들이 신에너지를 도입, 확대 적용하도록 하였다. 또한 2002년에는 신재생에너지 포트폴리오 기준법을 제정하여 에너지 소매업자들이 일정량 이상의 신재생에너지를 의무적으로 사용하도록 하였다. 이러한 노력들의 결과, 현재 일본은 세계 태양광 분야의 리더로서 자리 매김을 하였고 이러한 현상은 앞으로도 계속 될 전망이다.

특히 최근 몇 년 사이에는 주택용 태양광발전 시스템이 매우 활성화되고 있는데, 이는 실제 거주가능 면적이 적고 땅값이 비싼 일본의 특성상 건물의 지붕에 태양광을 적용하는 것이 경제적이기 때문이다. 이와 관련해서, 1994년부터 1996년 사이에 New Energy Foundation(NEF)는 “Monitoring Program for Residential PV systems”이라는 프로그램을 수행되었다. 이것은 일본의 태양광, 특히, 주택용 태양광 시스템의 보급이 가속화되는 계기가 되었다. 이 프로그램에서는 초기투자비의 50%를 보조금으로 지원하였는데, 그 결과 kWp당 시스템 가격이 1994년 2백만엔에서 1996년 1.2백만엔으로 낮아지게 되었다. 이때 예산은 연간 20-40억엔, 연간 보급 시스템 수는 1994년 539건, 1996년 1986건이었다. 이것은 1997년에 9600건으로 대폭 증가하였다. 이때 “Programme for the Development of the Infrastructure for the Introduction of Residual PV Systems”이 시작되었는데, 이 기간동안의 예산은 1997년 111억엔에서 2001년 235억엔으로 증가한 반면, 정부보

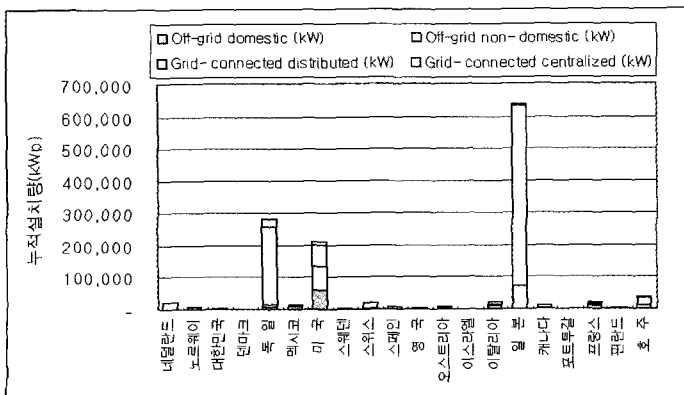


그림 13 태양광발전시스템 국가별, 유형별 누적 설치량

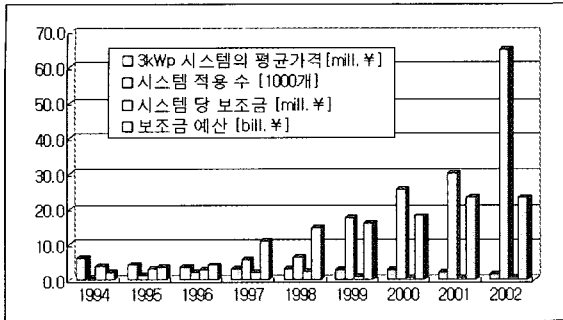


그림 14 일본의 주택용 roof-top 시스템 설치 추이

조금은 kW당 34만엔에서 12만엔으로, 2002년에는 10만엔까지 감소하였다. 또한 시스템 평균 가격이 kW당 1백만엔에서 75만엔으로 낮아지게 되었다.

그림 14는 일본의 PV roof-top 설치, 보조금, 시스템 가격 등의 추이를 나타낸 것으로, 이러한 과제들이 수행되는 동안 정부의 보조금 지원 비율이 점점 감소하고 있는 반면, 설치 수는 증가하고 있고 시스템의 평균 가격도 감소추세를 보이고 있어, 향후 주택 부분에서의 태양광 보급 가능성을 타진해 볼 수 있다.

일본은 지난 New Sunshine Project의 평가를 토대로 NEDO(신에너지·산업기술종합개발기구), METI(경제산업성), PVTEC(태양광발전 기술연구조합), JPEA(태양광연구회)가 공동으로 2030년까지의 장기적인 로드맵을 작성하였다. 이 로드맵에서는 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. 모듈 제조 비용은 전체 시스템 비용 뿐만 아니라, 나아가 보급 활성화에 영향을 미친다. 따라서 이 로

드맵에서는 모듈비용저감에 관한 계획을 수립해 놓았다. 2010년까지 각 태양전지 모듈 비용은 W당 75엔, 2020년까지 50엔, 그리고 2030년에는 25~30엔까지 하락시키는 것을 목표로 하고 있다. 또한, 태양전지 모듈의 효율과 가격의 변동에 따른 주거용 PV 시스템 가격과 전력발전비용에 관한 목표가 설정되었는데, 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 달성 하였을 경우, 2030년의 주거용 PV시스템 판매 가격은 W당 120, 전력 발전 비용은 kWh당 5~10엔까지 저감시킬 수 있다.

미국의 태양광발전기술 현황과 전망

1972년부터 에너지성(DOE) 주관으로 지상용 태양광발전 시스템의 실용화를 위하여 5년 주기의 국가 PV 프로그램을 수립하여 수행하였다. 특히, National Renewable Energy Laboratory(NREL)와 Sandia National Laboratory (SNL)가 태양광산업과 관련해서 중추적 역할을 담당해왔다. 지금까지 미국의 태양광 시장은 독립형 시스템이 주도해 왔지만, 최근 시장활성화 정책으로 계통연계형 시스템의 보급이 증대되고

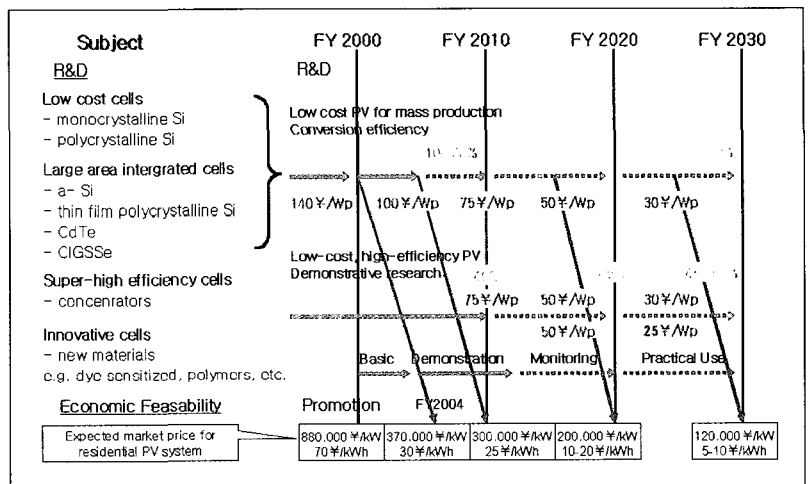


그림 15 2030년까지의 일본의 PV 로드맵

있다. 대표적인 프로그램으로 1997년에 시작된 "Million Solar Roofs Program"이 있는데, 이것을 중심으로 2010년까지 약 3,000MW의 전력을 확보할 계획을 가지고 있다.

미국에서는 연방정부가 세금의 일부를 감면해주는 제도 이외에 태양광 시장 활성화를 위한 획일적인 인센티브 제도는 없지만, 여러 인센티브제도 중에서 각 주정부나 지방정부의 실정에 맞는 것을 선택하여 진행하고 있다. 우선, 연방정부 인센티브는 태양에너지 및 기타 재생에너지 발전 전력에 대해서 일정량의 세금을 면제해주는 "Production Tax Credit" 이외에, 태양에너지, 지열 발전 장비 투자자금에 대해 세금혜택을 부여하거나, 태양에너지, 풍력, 지열에 투자한 자금을 감가상각 공제로 회수할 수 있도록 하는 제도, 연방정부로부터 보조금이나 재정지원을 받은 부분에 대해 연방정부의 세금혜택을 받을 수 있도록 하는 제도, 그리고 기술개발이나 시범사업 등에 연방정부가 비용 분담 차원에서 자금을 지원하는 제도가 있다. 또한, 많은 주정부 및 지방 정부는 태양광이나 다른 재생에너지에 대한 투자에 대한 세금감면 혜택을 주는 것 이외에도 태양광 보급을 활성화시키기 위한 다양한 재정 지원 제도를 추진하고 있다. 실례로 Florida 주는 JEA-Solar incentive program에 의해 시스템 설치 시 W당 2-4달러를 지원하고 있다.

현재 미국에서는 PV 시장 활성화를 위한 여러 가지 정책 및 프로그램들이 진행 중이다. 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 욕구 충족을 위한 새로운 제품 개발에 투자함으로써 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 수행해야 할 차세대 태양전지 기술 및 제품 개발 등이 그것이다.

유럽의 태양광발전기술 현황과 전망

유럽 국가들은 공동체(EU)를 결성하여 태양광발전 기술개발을 계속해 오면서, 동시에 각 국가별로 자체적인 태양광발전 기술개발 및 보급을 위한 노력을 해왔다. 그 중에서도 독일은 유럽의 태양광산업을 이끄는 가장 중추적인 역할을 하는 나라이다.

독일에서는 1990년까지 설치된 태양광발전시스템이 1.5MW이었지만 1997년에는 34MW로 크게 증가하게 되었다. 1990년에서 1992년까지 수행된 "1000 Photovoltaic Roof Program"은 세금 감면 혜택과 함께 설치비용의 30-50%를 지원해 줌으로써, 그 당시 독일의 태양광발전 시장 확대와 기술발전에 영향을 주었다. 그 후 1995년까지는 별다른 변동을 보이지 않다가 1996년 "Full Cost Rate(총비용가격보장제도)"가 도입되면서 빠른 속도로 증가하기 시작했다. 이것은 "1000 PV Roof Program"의 단점을 보완하여 도입한 제도로, 태양광발전설비를 설치할 경우 1kWh당 2.2마르크까지 지원을 해 주는 것을 주요 내용으로 한다. 2000년에는 "Renewable Energy Sources Act(EEG)이 도입되었

다. 이후 태양광 전력에 대해 20년간 kWh 당 일정가격으로 전력을 매입해 주고, 매년 새로운 시스템에 대해서는 시스템의 가격을 낮추기 위해 5% 씩 단가를 낮추도록 하였다. 이것은 실제로 2002년에 조성된 PV 시스템에 적용되었다. 1999년 1월에 시작된 "100,000 Rooftops Solar Power Programme"은 연 1.9% 이율의 연화차관(soft loan)프로그램으로 2003년 말까지 300MWp의 PV 전력 설비 설치를 목표로 하였고, 성공적으로 수행되었다.

그밖에도 대체에너지 이용발전지원프로그램을 통하여 태양광 시스템 비용의 50%를 지원하고 있는 호주를 비롯하여, 이탈리아와 네덜란드, 프랑스 등 여러 나라들도 PV보급 활성화를 위해 태양광 시스템 설치에 대한 보조, 세금혜택, 융자 제도 등의 지원제도를 도입하는 노력을 기울이고 있다.

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 설정하였다고, 목표 달성을 위해 노력을 기울이고 있다.

국내 태양광발전기술

선진국들이 태양광발전기술개발 및 보급에 있어서 오늘날의 성과를 거둘 수 있었던 가장 큰 이유는 태양광발전산업의 초기시장 창출을 위한 범정부 차원의 관

심과 지원이었다. 이러한 노력으로 선진국은 이미 초기시장이 형성되고 있다고 판단하여 지원 비중을 줄여가며 해외 시장창출을 위한 프로그램을 개발하고 있는 상황이다.

우리나라는 1987년 대체에너지기본법의 국회 통과로 태양광발전에 대한 기술개발이 1990년대 초반부터 본격적으로 시작되었으나, 정부의 노력에도 불구하고 예산확보의 어려움과 IMF 등으로 선진국과의 기술격차가 심화되고 있는 실정이다. 그러나 신재생에너지에 대한 필요가 절실한 시점에서, 최근, 정부에서는 여러 신재생에너지들 중 태양광을 3대 중점 과제로 선정하여 여러 가지 지원을 추진 중에 있다. 2002년 12월에는 "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.

태양광을 비롯한 신재생에너지의 보급을 위해 산업자원부 산하 에너지관리공단의 주도 하에 시범 보급사업 및 지역에너지 사업 수행하고 있고, 2004년부터는 대체에너지 개발 및 이용 보급 촉진법을 근거로, 향후 공공기관이 발주하는 연면적 3천㎡ 이상의 신축 건축물에 대해서 총 건축 공사비의 5% 이상을 대체에너지 설비를 설치하는데 투자하도록 의무화하는 등의 노력을 기울이고 있다.

약 99% 정도의 높은 전화(電化)율을 가지고 있는 우리나라에서의 태양광발전시스템 적용은 최근까지 상용전력 사용에 어려움이 있는 섬이나 산간지역에 국한되어왔다. 또한, 대부분이 국가사업의 일환으로서 여러모로 미비한 수준이었다. 그러나, 2001년에는 전년보다 49% 증가한 792kW의 태양광발전전력이 보급되는 성과를 나타내었다. 이 중에서 외진 섬과 건물에의 적용이 259kW로 가장 많은 부분을 차지했고, 교통통신 호나 통신의 전력원으로서 사용된 전력량이 두 번째로 많았던 것으로 나타났다.

그림 16에서 보는 바와 같이, 태양광발전시스템은

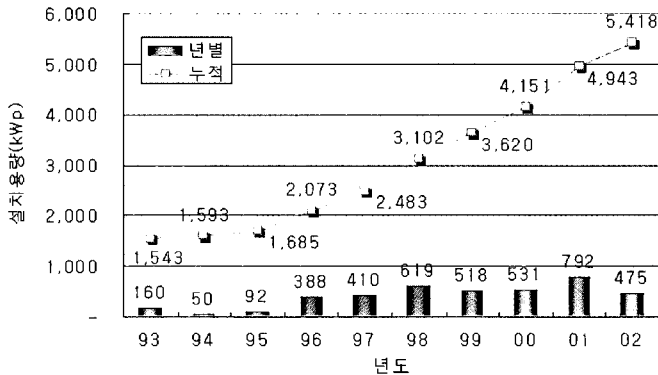


그림 16 국내 태양광발전시스템 보급 현황

2002년 후반까지 국내에 약 5,418kWp 정도가 설치되었다. 비교적 아주 미비한 양으로 현재는 그 증가율이 크게 두드러지지 않고 있다. 그러나, 2004년 200호를 시작으로 2010년까지 3만 호, 2012년까지 약 10만 호의 태양광주택을 보급하는 것을 목표로 하는 프로그램을 현재 수행하고 있다. 2004년은 그 첫 번째 해로, 태양광 주택 200호 보급 목표로 총 63억 원의 예산을 지원하여 현재 300호가 설치운전 중에 있으며, 2005년 도에는 800호 보급을 목표로 160억정도의 예산이 확보되어 있다.

정부는 산업용 태양광발전시스템 및 공공건물용 태양광발전시스템 등에도 보급 프로그램을 추진할 예정으로 있으며, 2012년까지 1.3GW를 보급함으로써 태양광산업의 기반을 확보한다는 계획을 최종 목표로 하고 있다.

맺 는 말

태양에너지는 지구상의 모든 생물의 원천이며 모든 에너지원의 근원이다.

인류는 지금까지 삶을 유지하고 윤택하게 하는데 자연을 이용하여 왔다. 그러나, 현재 그 자연이 도리어 인간을 위협하고 있다. 이러한 환경의 변화와 이미 국가간 에너지 보유 경쟁과 오염물질 방출의 감소는 국가 안보 차원에서 검토되어야 할 문제이며, 태양광발

전기술은 21세기 후반의 새로운 산업으로 성장할 것으로 보고 일본, 미국, 유럽을 중심으로 미래 세계시장 석권을 위한 기술개발과 산업기반확보를 위한 노력을 계속 중이다.

이러한 상황을 고려한다면 우리나라도 태양광발전기술 분야의 기술개발과 산업기반구축을 위한 보급 확산 프로그램 추진이 요구되고 있으며, 21세기 후반의 에너지 안보 차원에서 각종에너지원의 베스트 믹서를 어떻게 할 것인가에 대하여 심각한 검토와 배려가 요구되고 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 절대적으로 기여할 것으로 판단되며, 중전기 산업은 PCS의 제조에 크게 기여하게 될 것으로 판단되며, 선진국에 비하여 후발주자로서 태양광발전산업에 참여하였지만, 반도체산업이 세계시장을 석권하였듯이 본 태양광발전산업도 세계시장을 충분히 석권할 것으로 조심스럽게 전망하여 본다.

마지막으로 정부에서 발표한 2012년까지 태양광발전시스템 1.3GW 보급목표 달성과 새로운 산업을 육성하는데 우리 선후배 모든 전기인들께서도 목표달성에 동참하여 주시길 간곡히 부탁드립니다.

[참 고 문 헌]

- [1] 유권종 외, “태양광발전기술 및 보급 현황과 전망”, 대한전기학회 하계학술대회, 2004, 7.
- [2] http://www.kemco.or.kr/energy_class/index.asp, (에너지관리공단, 에너지교실)
- [3] http유권종 외, “태양광기술의 보급 현황과 전

망”, 전력전자학회 하계학술대회, 2003, 7.

[4] http구와노 유기노리, “태양전지를 익숙하게 다룬다”, Blue Backs(한국어판), 1994.

[5] httpArnulf 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

[6] IEA-PVPS, “Trends in Photovoltaic Applications; In selected IEA countries between 1993 and 2002”, Report IEA-PVPS T1-11, 2003

[7] NREL, “Solar Electric Power”, The U.S. Photovoltaic Industry Roadmap, 2003

[8] Photon International, “Market survey on world cell production 2003”, Photon International PV Magazine, 2004. 3.

[9] Photon International, “Slower growth ; Update on market survey on world cell production 2003”, Photon International PV Magazine, 2004. 4.

[10] Photon International, “A mandate for the future”, Photon International PV Magazine, 2004. 7

[11] <http://www.global.mitsubishielectric.com> (Products/Solar Power/Overview/How it works)

자기소개



유 권 중

1955년 8월 5일생.
 1982년 조선대 공대 전기공학과 졸업(학사).
 1985년 일본 KOBE대 대학원 전기공학과 졸업(석사).
 1989년 동대학원 전기공학과 졸업(공학박사).
 1989년~1989년 일본 Fuji전기(주) 종합연구소 주임연구원.
 1990년~현재 한국에너지기술연구원 태양광연구센터 센터장
 Tel : 042-860-3417 E-mail : y-gj@kier.re.kr



박 경 은

1977년 7월 13일생.
 2000년 공주대 공대 건축공학과 졸업(학사).
 2002년 동 대학원 건축공학과 졸업(석사).
 2004년 공주대 대학원 건축공학과 박사과정.
 현재 한국에너지기술연구원 태양광시스템 연구센터 학연박사과정
 Tel: 042-860-3058 E-mail : kepark@kier.re.kr