

# CTO 보고서

## 녹색성장의 견인차, 태양광발전시스템!

이방래

### 목차

1. 태양광발전 산업의 성장 배경
2. 태양광발전 산업의 성장 전망
3. 태양광발전시스템의 주요 내용
4. 태양광발전시스템 산업발전을 위한 제언

### 요약

태양광발전은 미래의 에너지 생산 시스템으로 주목받고 있다. 산업적으로 태양광발전시스템이 더욱 발전하기 위해서는 핵심부품소재 개발 및 하이브리드형 태양광발전시스템 개발에 집중 투자가 이루어져야 한다. 또한 개발주체를 정부주도형과 민간주도형으로 구분하여 육성·지원함으로써 태양광발전시스템을 국가 성장동력산업으로 발전시켜야 한다.

## < 요약 >

태양광발전 산업은 매장량이 제한되어 있는 화석 에너지를 대체할 수 있고 전세계 경제규모 성장에 따른 에너지 소비량 증가를 해결할 수 있는 유망한 대체에너지 산업이다. 또한 지구온난화 방지를 위해 교토의정서가 채택·발효되는 등 지구의 온실가스를 줄이려는 노력이 가속화되고 있는 현실에서 에너지 문제와 환경문제를 동시에 해결할 수 있는 친환경 재생에너지 산업분야이다. 이러한 신재생에너지 시장의 성장으로 인해 태양광발전 산업에서도 태양전지와 모듈의 시장규모가 2005년부터 5년간 연평균 23%씩 성장할 것으로 예측되고 있다.

태양광발전시스템은 태양광을 흡수하여 전기를 생산하기까지의 전체시스템을 의미하며, 태양전지 모듈, 전력조절기, 변환장치와 주변장치 등으로 구성되어 있다. 태양광발전시스템은 일반적으로 구성 및 부하의 종류에 따라 구분되는데, 연계형태에 따라 살펴보면 독립형 시스템과 계통연계형시스템 및 전자제품용으로 구분된다.

태양광발전시스템 산업이 발전하기 위해서는 먼저 고효율화를 위한 부품소재개발이 이루어져야 한다. 다음으로는 풍력과 결합된 형태 등의 하이브리드형 태양광발전시스템 개발을 진행해야 한다. 독립형은 민간주도로 하고 연계형은 정부주도로 하여 민간과 정부의 역할을 구분하는 것이 장기적 관점에서 산업발전에 이바지할 것이다. 태양광발전시스템의 핵심인 인버터와 축전지 기술의 개발은 지속적으로 이루어져야 하며, 최근 부상하고 있는 건물일체형 태양광발전시스템(BIPV)의 개발에도 주목해야 한다.

# 1. 태양광발전 산업의 성장 배경

## □ 화석에너지 고갈로 인한 대체 에너지 개발 붐

- 석유, 석탄 등 기존의 화석에너지는 매장량이 한정되어 있으며 특히 석유의 경우 대략 30년 정도밖에 남아있지 않다고 보고되고 있음.
- 미래의 에너지 사용전망을 살펴봐도 2030년경에는 기존의 화석연료가 1/2 정도로 축소되고 그 이후 점점 더 화석연료의 사용이 감소할 것으로 예측되고 있음.
- 1990년대 말경 셸 정유회사 에너지연구소는 미래 에너지 사용 전망에 있어서 화석연료는 2020년 그 절대량이 감소추세로 반전된 후 2030년에는 1/2, 2040년에는 1/3선으로 하락할 것으로 예측한 “세계의 에너지 사용추세”를 발표하였음.
- 이 보고서에 의하면 2060년에는 에너지 분담비율에서 화석연료의 비중이 20%선으로 추락하고 대신 대체에너지인 태양광, 뉴바이오, 풍력의 3대 에너지가 화석연료를 대신할 것이라고 예측함(<그림1>참조).

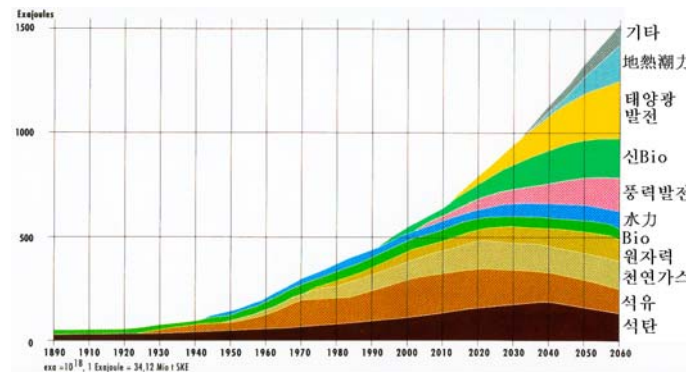


그림1. 세계 에너지 사용전망(Shell Institute)

- 선진국들은 미래의 에너지 전쟁을 대비하여 마스터플랜을 마련하고 있음
- 독일은 2003년에 에너지 마스터플랜을 수립하여 매 10년마다 재생(친환경)

에너지 분담률을 10%씩 늘려서 2060년에는 전체 에너지 소비중 약 60%를 재생에너지가 담당할 수 있도록 계획을 추진하고 있음.

- 미국은 바이오에너지의 중요성을 인식하여 태양광, 풍력, 바이오 에너지를 중심으로 21세기 에너지 문제를 해결할 계획임.
- 일본 또한 특유의 R&D 능력을 바탕으로 세계 최고의 재생에너지 기술특허국의 지위를 확보하려는 야심을 가지고 있음.
- 우리나라는 97%의 에너지를 수입에 의존하여 OECD 국가 중 대외 의존율이 높으므로 미래의 에너지 전쟁에 대비하여 재생에너지 개발에 전력투구해야하는 실정임.

#### □ 전세계 경제규모 성장으로 인한 에너지 소비의 증가

- 전세계 경제는 2050년까지 4배정도 성장할 것으로 보이며, 중국과 인도같은 개발도상국들은 10배 가까이 성장할 것으로 예상됨.
- 특히 개발도상국의 경제발전은 전력사용이 많은 제조업과 연관되므로 훨씬 더 많은 에너지를 필요로 하고 있다는 의미임<sup>1)</sup>.

#### □ 지구온난화 방지를 위한 국제적인 노력

- 지구온난화 방지를 위해 교토의정서가 1997년에 채택되고 이후 2005년에는 공식적으로 발효되었음.
- 교토의정서는 이산화탄소 등 지구온난화를 유발하는 6종의 온실가스 배출량을 줄이려는 국제적 합의임.
- 한국은 1차 의무 감축대상국에 포함되지 않았지만 2013년부터 2017년 사이에 온실가스를 감축해야할 가능성이 높음.

1) IEA, 에너지기술전망2008(G8 정상회담의 후속조치 요약)

## □ 친환경 녹색산업의 대두

- 정부는 녹색성장이 신성장동력과 일자리를 창출하는 신국가발전 패러다임이라 규정하고, 제1차 국가에너지기본계획에서 그린에너지 산업을 녹색성장의 핵심동력으로 발전시킬 예정이다.
  - 그린에너지의 한 축인 신재생에너지 분야에서 태양광산업의 비중이 클 것으로 예상된다.
- 삼성그룹도 향후 10년 뒤에는 캐시카우 역할을 신수종사업에서 찾고자 하고 있으며 신수종사업의 핵심은 태양광을 중심으로 한 '녹색성장 엔진'의 발굴임<sup>2)</sup>.

## 2. 태양광발전 산업의 성장전망

### □ 신재생에너지 시장 성장으로 인해 태양광발전 산업도 성장이 기대

- 독일의 경우 온실가스 배출량 축소 및 신재생에너지산업분야 경쟁력 향상을 목적으로 2000년 4월부터 발효된 재생가능에너지법(EEG : Erneuerbare-Energien Gesetz)의 실행으로 신재생에너지 시장이 급격히 성장함.
  - 이에 따른 태양광 집광판의 부품인 셀, 웨이퍼, 모듈 등의 부품 수요가 증가하였음.
  - EEG 개정안 2009에서는 전기 생산 분야에만 적용되고 생산전기량 kWh에 따른 지원금 실행으로 태양광 집광판 시장이 더욱 커질 것으로 전망됨.
  - 또한, 신재생에너지분야의 시설을 확충해 2020년까지 전기소비량의 25%에서 35%까지 신재생에너지에서 충당할 계획임.
- 태양전지 집광판의 세계시장 규모도 증가

---

<sup>2)</sup>한국경제, 녹색이 세상을 바꾼다, 2009.02.05

- 세계시장규모는 EIP(European Photovoltaic Industry Association)에 따르면 2007년에는 2,400MWp이었으며, 2008년은 5,750MWp로 증가한 것으로 BSW solar가 추정함.
- 독일의 태양전지 집광판의 세계시장 점유율은 20%이며, ifo/EUPD Research 전문가들은 앞으로 더욱 확대될 태양전지 시장에서 동아시아 제품이 20% 이상 차지할 것이라 예측하고 있음(<그림2>참조).

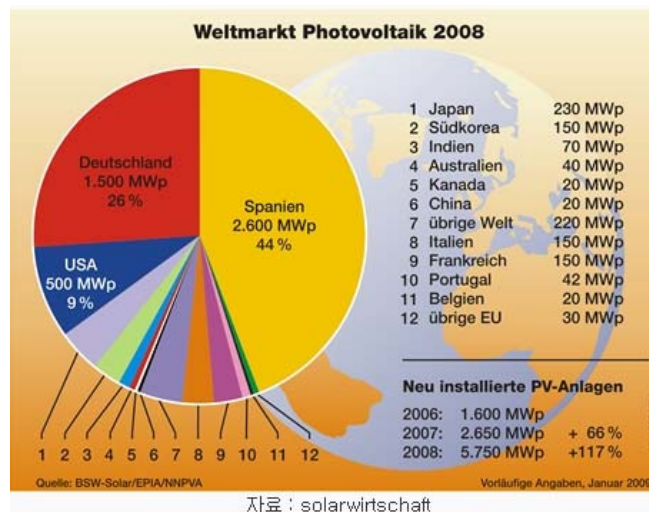


그림2. 2008년 태양광 집광판 설치 동향

- 태양광에너지가 신재생에너지에서 차지하는 비중이 2001년 0.007%에서 2040년에 30.6%에 달해 4,142배 성장하고 전체 전력소비량에서 차지하는 비중도 25.1%로 확대될 것으로 전망됨.
- 또한, 태양광발전 관련 시장규모는 2007년 300억달러에서 2010년 1,200억달러로 늘어나 연평균43%의 성장률을 기록할 것으로 전망됨<sup>3)</sup>.
- 태양전지와 모듈 생산량은 2007년 4GW에서 2010년 23.3GW까지 증가하고 2012년에는 37GW에 달하며, 시장규모는 2005년 37억달러에서 5년간 연평균 23%의 성장을 보여 2010년에는 118억달러로 확대될 것으로 전망되고 있음.

3) Photon Consulting의 Solar ANNUAL 2007(208.1)

### 3. 태양광발전시스템의 주요내용

#### □ 태양광발전시스템의 구성 및 개요

- 태양광발전시스템은 태양광을 흡수하는 태양전지 모듈, 발전된 전력을 저장시킬 수 있는 축전지(Storage Battery), 축전지에 전력의 충·방전을 제어할 수 있는 전력조절기(Controller)와 직류를 교류로 변환시키는 변환장치(Inverter) 등의 주변장치로 구성됨

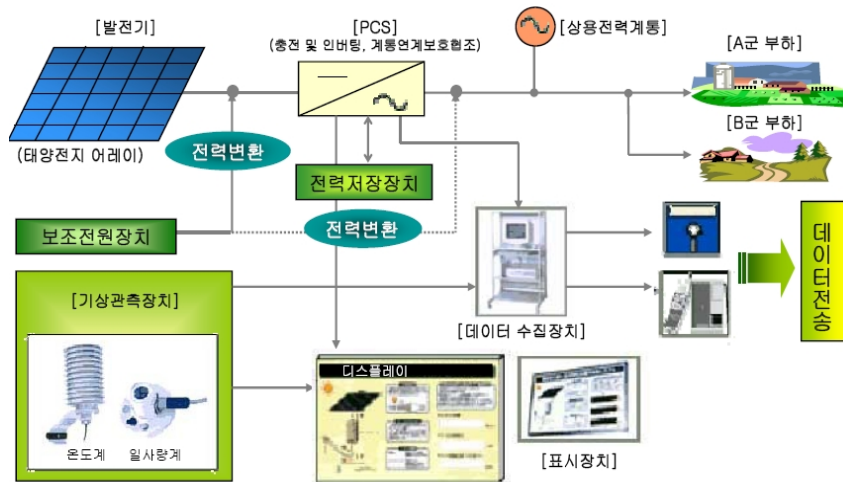


그림3. 태양광발전시스템 구성 및 개요4)

- 지구상으로 도달하는 태양에너지를 태양광발전시스템을 이용하여 전기로 변환할 경우 시스템의 총 변환효율을 10%로 가정하면 1m<sup>2</sup>당 정격출력이 0.1kW임.
- 일반적으로 태양광은 1m<sup>2</sup>의 면적에서 시간당 0.1kWh의 전력을 생산하는데, 최대 일사에너지는 1m<sup>2</sup>당 1kW이며, 계절 등 기후조건에 따라 에너지량과 발전량에 차이가 있음.
- 우리나라의 경우 일사에너지를 1m<sup>2</sup>당 1kW로 가정할 경우 하루 동안 태양이 빛나는 시간은 평균 약 3.4시간 정도로 계산되며, 지역에 따라 최대 4.3시간

4) 한국에너지기술연구원, 태양광발전시스템 기술개요 및 현황

까지도 나타남.

< 태양전지의 구동원리 >

- 태양전지는 반도체 물질로 이루어져 있어서 태양빛이 태양전지 내부로 흡수되면 내부에서 전자와 정공의 쌍이 생성됨.
- 생성된 전자-정공 쌍은 PN 접합에서 발생한 전기장에 의해 전자는 N형 반도체로 이동하고 정공은 P형 반도체로 이동해서 각각의 표면에 있는 전극에서 수집됨.
- 각각의 전극에서 수집된 전하는 외부 회로에 부하가 연결된 경우, 부하에 흐르는 전류로서 부하를 동작시키는 에너지의 원천이 됨(<그림4>참조).

Basic Principle of Si Solar Cells

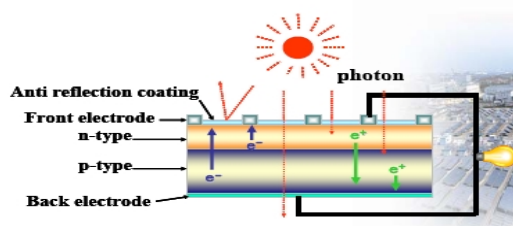


그림4. 태양전지 구조

□ 태양광발전시스템의 종류

- 태양광발전시스템은 구성 및 부하의 종류에 따라 분류됨.
  - 구성요소는 주택용과 공공용, 계통연계형 및 대형 발전까지 다양하며, 연계 형태에 따라 독립형시스템, 계통연계형시스템과 전자제품용으로 구분되고 부하의 형태(직류, 교류), 축전지의 유무 등에 의해서 분류됨(<그림5~8>참조).



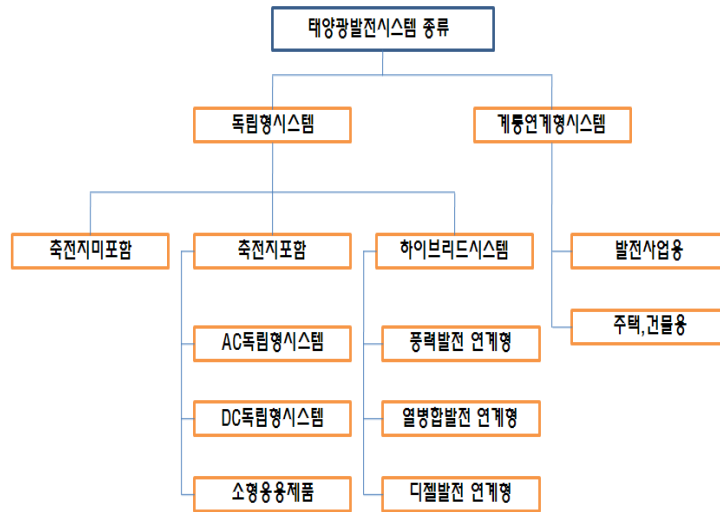


그림5. 태양광발전시스템의 종류

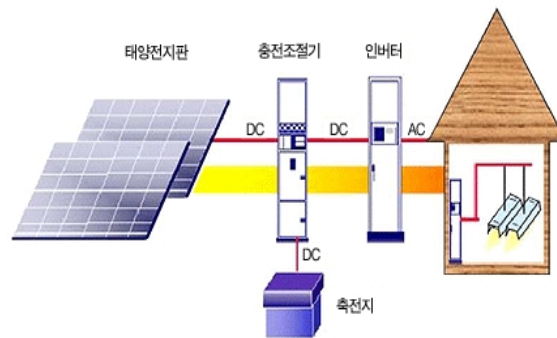


그림6. 독립형

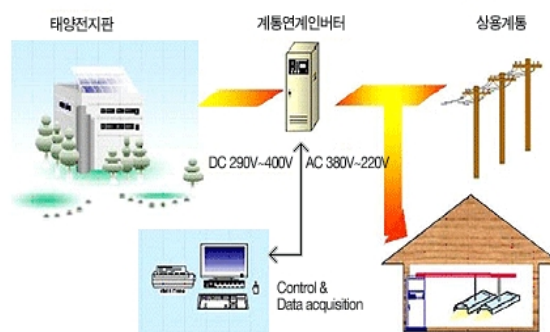


그림7. 계통연계형

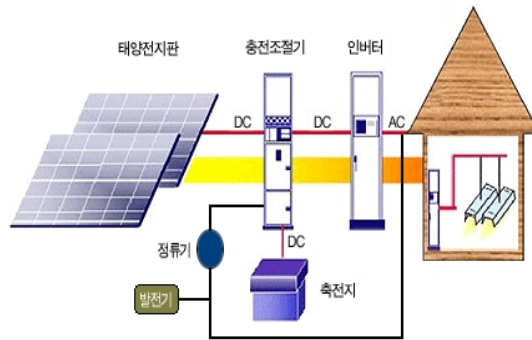


그림8. 하이브리드형

표1. 태양광발전시스템의 분류

연 계 형	역 송전 없음	축전지 있음 : 비상시 대응형	
		축전지 없음 : 일반주택, 건물용	
	역 송전 있음	축전지 있음 : 비상시 대응형, 대용량 수용가능	
		축전지 없음 : 대용량 수용가능	
독 립 형	전용부하	직	축전지 있음 : 가로등, 교통표시, 무선전원
		류	축전지 없음 : 환기팬, 배터리 차지
		교	축전지 있음 : 조명 시스템
		류	축전지 없음 : AC펌프
	일반부하	직	축전지 있음 : 도서벽지 전지공급(소규모)
		류	축전지 없음 : -
		교	축전지 있음 : 도서벽지 전원공급(대규모)
		류	축전지 없음 : -

- 계통연계형의 역송전 있는 시스템 경우 태양광발전시스템에서의 잉여전력을 전력회사에 매입하는 제도로서 출력이 기상여건에 좌우되므로 주택 등에서 안정적인 전기를 사용하기 위해서는 전력회사의 전력계통과 연계하여 운전할 필요가 있음.
- 역송전 없는 시스템은 구내의 전력수요가 항상 태양광 발전시스템의 출력보다 크고 역송전 전력을 발생할 수 없는 경우에 사용하는데 축전지의 유·무에 따라서 적용되는 문제점을 안고 있음.
- 독립형시스템 경우는 전력회사의 배전선과 연계하지 않는 시스템으로 사용

가능한 전력량을 태양광발전시스템의 발전 전력량 이하로 제한되는 것으로 소형시스템에서 적용되며, 전력을 비축하는 시스템이 별도로 필요한 경우에 사용되고 가정용과 비가정용으로 구분됨.

## □ 태양광발전시스템의 보급현황

- 태양광발전 세계시장 규모는 2004년부터 2007년까지 연평균 53.3%(금액기준)의 고성장을 기록하고 있는데, 2007년의 Photon Consulting 발표에 따르면 2011년 전세계 시장 규모가 연평균 41.7% 증가한 1.219억달러(설치규모기준으로는 연평균 50.6% 성장한 20.5GW)에 이를 것으로 전망되고 있음.
- 우리나라의 경우 계통형 시장의 비중이 92% 이상, 독립형은 7% 정도이고 시계, 계산기 등 모든 소형 애플리케이션을 포함하여 3% 정도를 차지하고 있음.
- 독일의 경우 정부 주도형으로 1991~1995년, 1999년~2003년에 각각 태양광 지붕주택 1000호, 100,000호 보급프로그램을 진행하는 등 국가적인 차원에서 적극적인 지원이 이루어지고 있어 2004년부터 세계 태양전지 시장에서 1위 국가의 위치를 유지하고 있음.
- 일본의 경우 신재생 에너지 관련 예산 중 약 70%를 태양광 발전에 집중 투자하고 있는데, 2005년 가정용 태양광 보급계획 완료 후 신규 설비의 99%는 계통 연계형임.
- 미국은 생산용량에서 3위인데, 2005년에는 계통 연계형이 독립형 시스템을 능가했으며, 캘리포니아와 뉴저지는 계통연계형이 태양광 시장의 85%를 차지함.
- 캐나다의 경우 2006년 누적보급량 기준 독립형이 전체 태양광에너지 시장의 92.6%를 차지하고 있으며 특히 비가정용 독립형 태양광시스템이 68%를 차지해 태양광 산업의 주를 이루고 있음<sup>5)</sup>.

---

5) 이창희, 토론토 코리아비즈니스센터

#### 4. 태양광발전시스템 산업발전을 위한 제언

##### □ 태양광발전시스템의 고효율화를 위한 부품소재개발

- 태양광발전산업의 성공여부는 태양광산업의 소재(폴리실리콘), 박막필름과 반도체(웨이퍼), 전자(태양전지모듈), 에너지(시공,설치)설비에 대한 지원과 이에 대한 신규 투자 및 개발여부에 달려있음.
  - 폴리실리콘의 경우에는 2007년까지는 전량 수입에 의존하고 있고 우리나라는 웨이퍼 및 잉곳산업에 주력하고 있는 실정임.
  - 결정질 태양전지모듈 품목에 대하여 140여개 모델이 인증을 받았으며, 박막 태양전지모듈은 2009년3월2일 1호 인증제품에 대하여 인증이 이루어질 정도로 미진하기 때문에 비결정질 태양전지 개발에 박차를 가하여야 함.
  - 건물외벽이나 유리창에 얇게 코팅할 수 있는 박막형 태양전지 개발은 독일 등 선진국에 비하여 개발 속도가 느린 점을 감안한다면 정부차원에서라도 적극적인 지원이 필요함.

##### □ 인버터의 기술개발 및 표준화

- 인버터는 태양광 모듈과 마찬가지로 성능시험을 통과한 제품의 사용을 의무화하고 있음.
  - 전기연구원에 따르면 성능시험 항목은 구조시험, 절연성능시험, 보호기능시험, 외부사고시험, 내전기 환경시험, 내주위환경시험, 전자기적합성(EMC) 등이 있음.
  - 이외의 기준으로 마련된 성능시험을 통한 인버터의 최대전력추종비율(MPPT)을 현재보다 높은 수준이 되도록 연구개발에 힘써야 함.
- 인버터의 표준화가 시급함.

- 보통 파워 컨디셔너를 인버터라고 하며 태양광발전 시스템에서 다른 어떤 부품보다 다양한 기능을 수행하기 때문에 가장 복잡한 부분으로, 태양광모듈, 부하 그리고 전력계통(또는 배터리)사이의 인터페이스 역할을 함.
- 태양 일사수준, 부하 그리고 전력계통 전압이 일정하지 않을 때 발생하는 전력의 변동에도 대응해야 하며, 전기의 안정성 및 전력품질과 관련된 복잡한 규정 등을 따라야 하는데, 국가마다 규정이 달라 표준화가 절대적으로 필요한 기술임.

## □ 축전지 기술개발

- 축전지(배터리)는 단위 무게당 에너지량이 매우 적고, 비용이 고가이며, 수명이 제한되고 환경문제 등이 있지만 태양광발전시스템의 큰 축을 이루고 있으므로 기술개발이 계속적으로 이루어져야 함.
- 태양광발전에 사용되는 축전지는 낮에는 충전, 야간에는 방전하는 딥사이클로 사용되므로 방전심도별 수명, 충전설비 등을 종합적으로 고려하여 경제성 있는 배터리 용량과 설치수량을 결정해야 함
- 연계형과 같이 대형시설에서 사용할 경우는 단위 무게당 에너지량에 관한 문제는 없지만 독립형의 경우에는 에너지 밀도, 비용, 수명 등 축전지의 문제점을 보완하여야 함.
- 니켈수소 축전지의 수명은 10년 정도이며, 납축전지의 경우 극한 온도조건에 따른 사이클 내구성이 떨어지는 문제점과 저온방전 특성의 미비로 인한 문제점을 개선하여 이용할 수 있지만 환경오염을 초래할 수 있음.
- 수명, 부피 등을 고려한 태양광발전용 축전지에 관한 기술개발 및 생산은 지속적으로 이루어져야 함.

## □ 건물일체형 태양광발전시스템의 개발

- 태양광발전을 건축자재(창호, 외벽, 지붕재 등)로 사용하면서 태양광발전이

가능하도록 하는 것을 건물 일체형 태양광발전시스템(Building Intergrated Photovoltaic system: BIPV)이라 함.

- 건축자재 기능에 태양광발전 기능을 추가하여 건축물의 일부분으로서 역할을 할 뿐만 아니라 건물 스스로 전기생산이 가능하도록한 시스템으로 PV 시스템의 설치에 소요되는 비용을 절감하는 효과가 있음.
- 현재 태양광산업에서 빼놓을 수 없는 패러다임이 BIPV 분야이며, 셀의 두께가 얇고 태양전지 모형을 유연하게 되면 태양전지 건물 일체형 건축물 구축이 가능하고, 또한 가전기기제품에도 활용할 수 있으므로 신재생에너지 정책에 효과적으로 대응할 수 있을 것으로 기대됨.

#### □ 하이브리드형 태양광발전시스템을 개발하기 위한 제도 마련

- 태양광발전과 풍력, 바이오 등 다른 신재생에너지와 혼합할 수 있는 하이브리드형 발전시스템을 활성화시킬 수 있는 제도 개선이 같이 이루어질 때 신재생에너지분야가 녹색성장산업의 한 축을 이룰 수 있음.

#### □ 독립형은 민간주도로 연계형은 정부 주도로 발전

- 태양광발전시스템에서 독립형이 민간 주도의 사업으로 확대된다면 태양광발전 이용률이 높아지게 되어 에너지 수입량이 줄고, 향후 탄소배출금 부과 제도가 실시될 경우 발전시설만큼 탄소배출권을 얻을 수 있음.
- 태양광발전시스템에서 연계형은 전력사업의 일환으로 국가 주도적인 사업으로 발전시킬 필요가 있음.

#### □ 태양광산업을 수출산업으로 육성

- 태양광산업을 신성장동력산업으로 육성발전시켜 국산화 비율을 높이고 수출산업으로 육성.

- 건설기계, 조선, 플랜트산업과 같이 태양광산업도 해외시장에 진출할 수 있는 종합적인 추진전략이 수립되어야 함.

## <참고문헌>

1. “에너지·자원 R&D 주요통계” 지식경제부, 2008.5
2. “OECD/IEA 에너지기술전망[ETP] 2050 워크샵개최 보도참고자료” 한국에너지기술기획평가원, 2008.6
3. <http://cafe.daum.net/lifeis-cool/Rj2X/560>, “녹색이 세상을 바꾼다”, 한국경제, 2009.02
4. “g to G The Frontier of PV”, 에스에너지, Investor Relations 2007
5. 유권중, “태양광발전시스템 기술개요 및 현황”, 한국에너지기술연구원, 2008.5
6. <http://www.iea.org/Textbase/about/copyright.asp>, “에너지기술전망 (시나리오와전략2050 요약)”, OECD/1EA2008
7. 나재영, “태양광 산업” 동부증권, 2009.2
7. 이순형, “태양광발전시스템의 계획과 설계”, (주)도서출판 기다리, pp3-8, 2008.8
9. 이창화, “캐나다 태양광산업은 독립형 태양광시스템이 대세”, 토론토 코리아 비즈니스센터, 2009.1
10. <http://olv.moazine.com/tviewer/index.asp>, Raghavan Sampath, "태양광 기반 HBLED 조명솔루션", 현장 애플리케이션 엔지니어링, 프리스케일반도체, pp96, 2008.10