

태양광 발전 산업 동향 및 전망

I. 세계 태양광 발전 산업의 동향 및 전망	1
1. 태양광 발전 시장	1
2. 폴리실리콘 산업(Upstream 산업)	5
3. 태양전지 산업(Downstream 산업)	7
II. 국내 태양광 산업의 투자 및 기술 동향	10
1. 국내 태양광 산업의 투자 동향 및 전망	10
2. 국내 태양광 산업의 Value Chain 별 기술 수준	12
III. 시사점	13

작성 : 책임연구원 성동원 (3779-6680)
dwsung@koreaexim.go.kr

확인 : 실장 안상술 (3779-6679)
ssahn@koreaexim.go.kr

< 요약 >

1. 세계 태양광 발전 산업의 동향 및 전망

□ 태양광 발전 시장 : 2009년 성장률은 전년대비 크게 둔화되었으나 2012년까지 연평균 30% 수준의 고성장 지속 전망

- 세계 태양광 발전 시장은 유럽의 정책적 지원을 바탕으로 급격히 성장하여 과거 10년(1999~2008)간 연평균 44.9%로 증가
- 2008년 급성장(전년대비 132% 성장)한 세계 태양광 발전 시장은 2008년 하반기 글로벌 금융위기와 유가급락, 유럽의 정책지원 축소 등으로 2009년 성장은 전년대비 크게 둔화될 전망
- 2010년 이후 각국의 친환경·에너지 분야에 대한 집중지원정책, 환경규제 강화, 태양광 발전 기술혁신 등에 힘입어 연평균 30% 수준의 고성장 지속 전망

□ 폴리실리콘 산업 : 2008년 하반기 이후 공급과잉으로 전환, 2012년까지 공급과잉 지속 전망

- 2005년부터 폴리실리콘 공급부족으로 가격 급등, 높은 수익 창출
- 기존 업체들의 증설 및 신규 업체의 시장 진입 증가로 2008년 하반기 이후 공급과잉으로 전환
- 2009~2012년까지 공급과잉 지속 전망, 향후 폴리실리콘 공급과잉정도는 폴리실리콘 신규 업체의 신증설 계획 실현 여부, '박막형 태양전지'의 비중 확대 등에 의해 결정될 것
- 기존 업체들의 경쟁력은 폴리실리콘 공급과잉에도 불구하고, 원가경쟁력, 높은 장기계약 물량 비중 등으로 우위 지속 전망

□ 태양전지 산업 : 수요 대비 생산능력의 초과로 2004년부터의 공급과잉이 2013년까지 지속될 전망

- 태양전지 산업은 태양광 발전 산업 내에서 진입장벽이 낮아 신규업체의 시장 진입 용이, 2004년부터 공급과잉 지속
- 2013년까지 공급과잉 지속, 2009년은 수요 성장 둔화로 공급과잉이 더욱 심화되었다가 수요가 회복되는 2010년 이후 완화될 전망

2. 국내 태양광 산업의 투자 및 기술 동향

- OCI가 2008년 국내 최초로 폴리실리콘을 생산한 이후 한국실리콘, KCC, LG화학 등의 신규투자 확대로 세계 폴리실리콘 생산능력 중 국내 기업의 비중이 2008년 7%에서 2010년 17%로 크게 증가할 전망

< 국내 폴리실리콘 신증설 계획 >

	2007	2008	2009F	2010F	2011F	2012F
생산능력(톤)	0	5,000	17,400	33,700	37,700	39,500

- 국내 태양전지 생산능력은 2009~2012년간 연평균 68%로 급증하여 동기간 중 세계 태양전지 생산능력 증가율 22%를 크게 상회할 전망

< 국내 태양전지 생산능력 전망 >

	2007	2008	2009F	2010F	2011F	2012F
생산능력(MW)	36	166	915	1,760	2,860	4,350

- 국내 태양광 산업 기술수준은 선진기술 대비 71% 수준

- 선진국 대비 짧은 도입기간, 투자 부진 등으로 선진기술 대비 열세이나 최근 기업들의 투자 확대, 육성정책 강화로 기술격차 줄어들 전망

< 태양광 발전 Value Chain별 기술수준 >

Value Chain	기술수준 (%)	국산화율 (%)
실리콘 원료	68	59
기판(웨이퍼)	75	71
실리콘 태양전지	72	71
박막형 태양전지	66	46
모듈	77	76

3. 시사점

- 공급과잉 상황에서의 국내 태양광 산업의 설비투자 확대 리스크가 높으므로 투자결정 및 여신 시 주의를 요함
- 성장성이 유망한 태양광 발전 시장 선점을 위하여 R&D 자금 확대 등 국내 기업의 경쟁력 확보 지원 시급

I. 세계 태양광 발전 산업의 동향 및 전망

1. 태양광 발전 시장

가. 동향

□ 2000년대 중반 이후 유가 급등 및 환경규제 강화로 유럽 지역을 중심으로 태양광 발전 시장 급성장

- 태양광 발전 시장은 과거 10년간(1999~2008년) 연평균 44.9%로 고성장, 2008년 누적 설비용량은 14.7GW
 - 독일, 스페인 등의 유럽이 세계 시장의 성장 주도
 - 지역별 태양광 발전설비 점유율(2008년) : 유럽 65%, 일본 15%, 미국 8%, 기타 12%

□ 선진국 중심으로 태양광 발전 산업의 지원정책 적극 전개

- 태양광 발전은 신재생 에너지 중에서도 발전단가¹⁾가 높아 시장 확대를 위해서는 정책적 지원이 필수적
 - 태양광 발전의 투자비용은 태양전지 종류, 업체마다 차이가 있으나 KW당 대략 5,500~9,000달러 사이로 매우 높은 수준

< 발전원별 발전단가 비교 >

(단위: 원/kWh)

발전원	석탄	원자력	천연가스	유류	풍력	태양광
발전단가	20.3	3.1	120.7	98.4	82.5	700

자료 : 한국전력거래소(KPX), 2007년 기준

- 태양광 발전설비 보급에 적극적인 국가들은 발전차액지원제도(Feed In Tariff, 이하 FIT)²⁾, 신재생 의무할당제(Renewable Portfolio Standard, 이하 RPS)³⁾ 등의 제도를 통해 태양광 발전 시장 확대 주도

1) 단위전력을 생산하는데 드는 비용으로 일정기간(대략 15년~20년) 동안 초기 투자비와 운영비를 포함

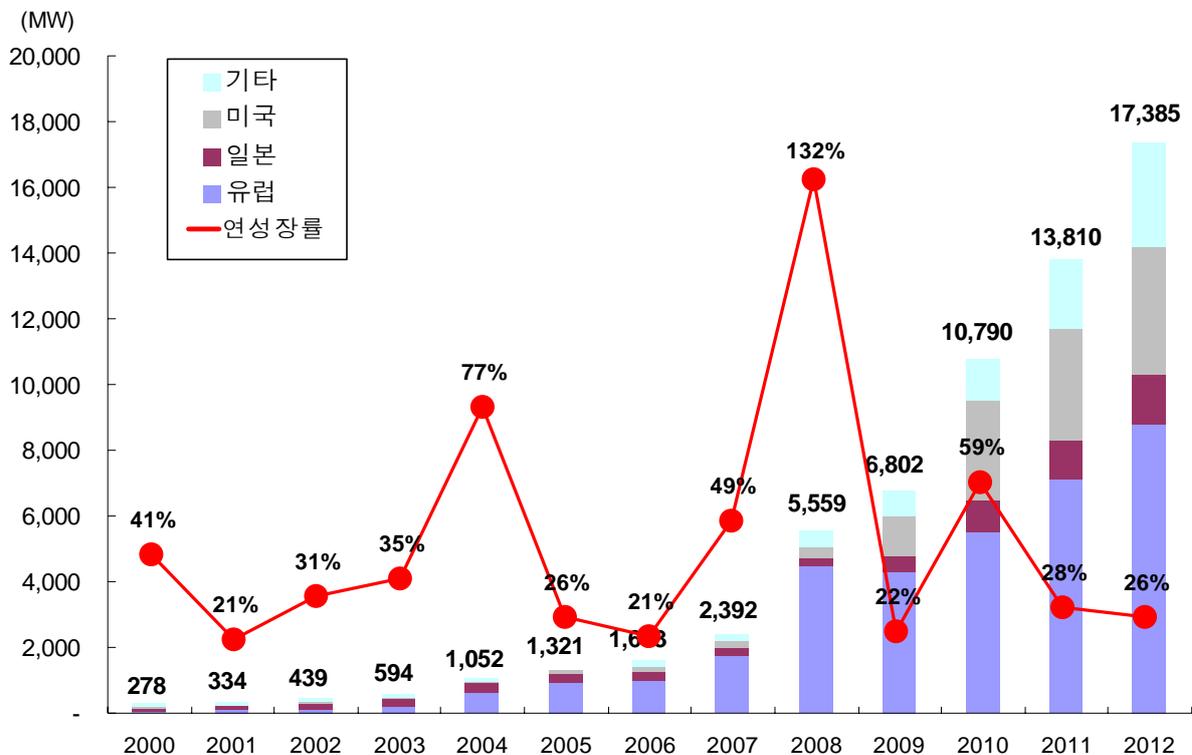
2) 신재생 에너지로 생산한 전력을 정부가 고시한 가격으로 구매해 주는 제도

3) 에너지를 생산하는 사업자가 총 전력생산량 중 일정비율을 신재생에너지로 생산하거나 혹은 신재생에너지로 전력을 생산하는 다른 사업자에게 그 권리를 사도록 하는 제도

- FIT는 태양광 발전설비 보급을 위하여 사용하는 가장 중요한 정책수단으로서 독일, 스페인, 프랑스, 미국(캘리포니아 주), 이탈리아, 한국 등에서 시행 중
 - 스페인은 발전차액지원금의 확대로 태양광 발전설비 용량이 크게 증가 (2006년 120MW → 2007년 632MW → 2008년 2.9GW)
 - 일본은 1994년부터 시행한 FIT를 2005년 10월 중단한 이후 보급증가율이 크게 둔화되자 2010년부터 재시행하기로 결정(50¥/kwh)
- RPS는 미국에서 가장 활성화되어 있는 정책으로서 영국, 호주, 일본 등에서 시행 중에 있으며 한국은 2012년부터 시행 예정
 - 미국은 1995년 RPS를 도입하여 2007년 기준 25개 주가 도입
 - 영국은 2002년부터 RPS를 시행하여 2010년까지 신재생에너지 발전비중을 10%까지 확대할 계획
- 그 외에도 태양광 발전 설비에 대한 저리 융자 또는 보조금 지급, 세계 혜택 등의 제도를 활용하고 있음

나. 전망

< 세계 지역별 태양광 발전시장 추이 및 전망 >



자료 : EPIA, Europe Photovoltaic Industry Association(2009.03)

□ 2008년 크게 성장(전년대비 132%)한 태양광 발전 시장은 글로벌 금융위기와 유가급락, 유럽의 정책적 지원 축소 등으로 2009년 시장 성장률은 크게 둔화될 전망

- 2008년 9월 미국발 세계금융위기에 따른 경기 침체, 유가 급락 등으로 태양광 발전에 대한 투자 위축
 - 글로벌 금융위기로 자금 조달이 어려워지면서 2008년 4분기 이후 다수의 태양광 발전소 프로젝트들이 연기, 취소됨
 - 2008년 하반기 이후의 유가급락으로 석탄, 천연가스과 같은 기존의 발전용 화석연료 가격도 동반 하락하여 태양광 발전과 화력발전 간의 발전단가 격차가 더욱 심화
- 독일, 스페인 등 유럽은 2008년 하반기 금융위기 등으로 정책적 지원 축소 움직임
 - 독일은 2009년 1월부터 1MW 이하의 태양광 발전일 경우 기존 발전차액 할인율이 5%에서 최대 10%로, 1MW를 넘는 전력에 대해서는 연 25%의 할인율 적용
 - 스페인은 2008년 2.3GW의 태양광 발전설비를 증설하여 세계 증설분의 40%를 차지하였으나 2009년 발전차액지원제도를 축소하고, 점차 줄여나가는 법안을 준비 중이며 신규 발전 시설의 상한선을 2009년 500MW, 2010년 460MW 수준으로 제한
- 2009년 태양광 발전 시장의 성장률은 전망기관 별로 수치 차이는 있으나 전년(132%성장) 대비 큰 폭으로 낮아진다는 점에서는 일치
 - EPIA(유럽태양광산업협회) : 5.6GW → 5.8GW (22% 성장)
 - DisplayBank(국내 태양광시장 전문조사기관) : 5.5GW → 5.2GW (-5% 성장)

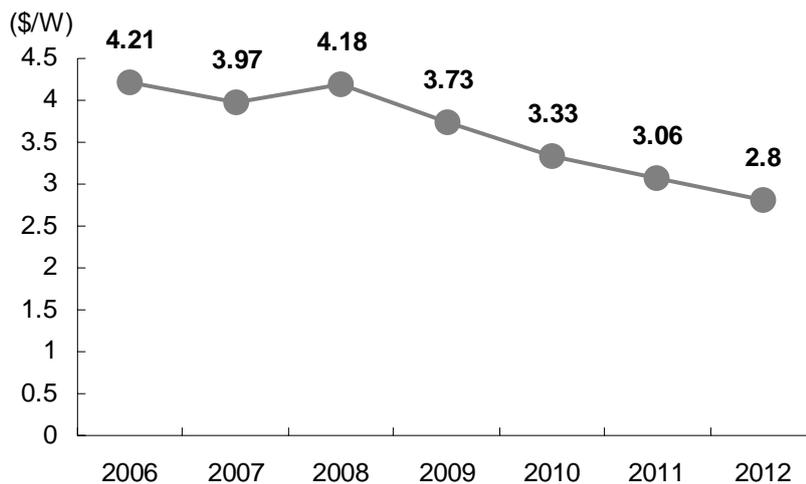
□ 2010년 이후 태양광 발전 시장은 미국, 중국 등 각국의 지원정책, 환경규제 강화, 태양광 발전 기술혁신 등에 힘입어 연평균 30% 수준의 고성장 지속 전망

- 미국 오바마 정부의 『그린 뉴딜 정책』을 비롯하여 세계 각국 정부가 녹색산업을 차세대 핵심 산업으로 집중 지원할 방침
 - 미국은 2018년까지 1,500억 달러를 태양광 등 신재생 에너지 산업에

투입하고 2012년까지 전체 전력의 10%를 신재생 에너지로 생산하겠다는 계획 발표

- 중국은 2020년까지 신재생 에너지 비중을 10%수준(30GW)까지 높이겠다는 법안 발효
- 지구온난화에 대한 우려가 커짐에 따라 2013년 이후 포스트 교토 메카니즘 등에서 탄소배출에 대한 규제가 더욱 강화될 가능성
- 기술혁신 등에 따른 모듈 및 시스템 가격의 하락으로 일본, 독일 등 일부국가의 경우 2010~2014년 내에 Grid Parity⁴⁾에 도달할 전망
 - 태양광 발전 시스템의 원가에서 원재료 비중⁵⁾이 높아 원재료 사용량 절감 기술 개발을 통한 발전단가 인하 노력 활발
 - 폴리실리콘의 전통적인 제조 공정인 지멘스법보다 생산 원가를 절감할 수 있는 FBR법(Fluidized Bed Reactor) 등 신공정 사용 증가 추세
 - 웨이퍼 두께를 줄인 ‘실리콘 결정형 태양전지’, 실리콘 사용량을 1/100 수준으로 줄인 ‘실리콘 박막형 태양전지’, 실리콘을 사용하지 않는 ‘화합물계/염료감응형 박막형 태양전지’ 개발 등이 이루어지고 있음
 - 폴리실리콘의 공급과잉 전환에 따른 가격하락으로 태양전지, 모듈 및 시스템 가격의 동반 하락 가능성

< 모듈 가격 전망 >



자료 : Photon Consulting(2009.03)

4) 태양광 발전 시스템의 발전단가가 기존 화석연료 기반의 발전단가와 같아지는 균형점

5) 태양전지의 원료인 폴리실리콘과 웨이퍼의 비중이 50% 이상 차지

2. 폴리실리콘 산업(Upstream 산업)

가. 동향

- 태양광 발전 시장의 급성장으로 인해 2005년 이후 3년간 폴리실리콘 공급 부족 지속
 - 2000~2004년간 폴리실리콘 산업은 반도체 산업의 성장 둔화로 침체국면을 지속하며 공급과잉 시장으로 변화
 - 그러나 2005년 이후 태양전지용 수요가 급증하면서 폴리실리콘 시장이 공급부족으로 전환
 - 2005~2007년까지 연간 약 8천~1만톤 정도의 공급 부족 지속
- 폴리실리콘의 높은 수익성에 따른 기존 업체들의 증설 및 신규 업체의 시장 진입으로 2008년 하반기부터 공급과잉으로 전환
 - 2007년까지 세계 5대 폴리실리콘 기업⁶⁾이 전체 폴리실리콘 생산능력의 90%를 차지하는 과점 체제를 형성하며 40~60%의 높은 영업이익률 향유
 - 2008년 이후 중국, 한국, 일본, 유럽 기업을 중심으로 신규 진입 증가

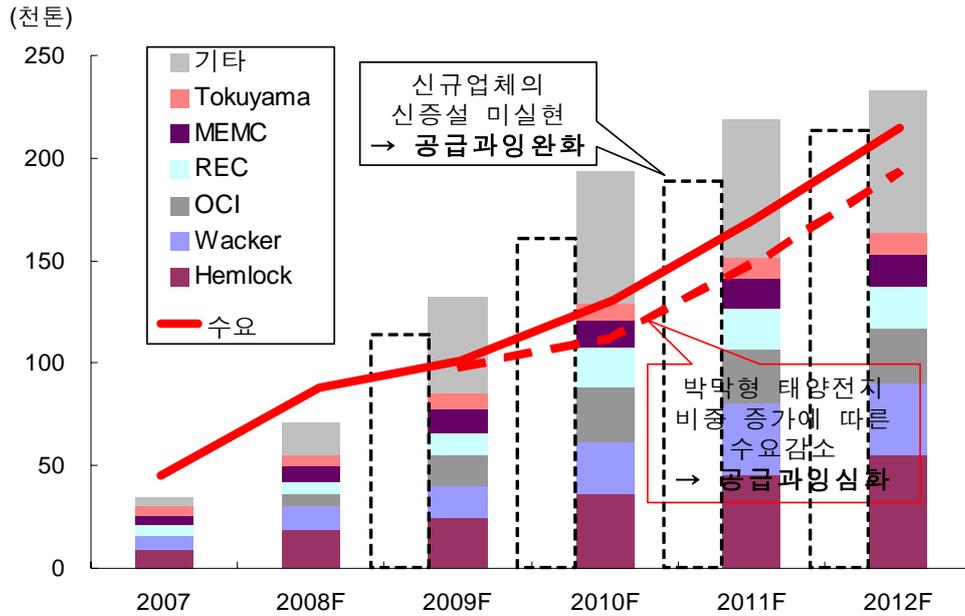
나. 전망

- 2009~2012년까지 폴리실리콘 공급과잉 지속, 가격하락 전망
 - 2009년 태양광 발전 수요는 성장이 둔화된 반면 폴리실리콘 공급이 증가하면서 공급과잉에 따른 가격 하락
 - 폴리실리콘 현물 가격이 2008년 9월 \$400/kg 수준에서 2009년 3월 \$100/kg 수준이며 2015년에는 \$50/kg 전망
 - 향후 공급과잉의 정도는 신증설 계획 실현 여부, ‘박막형 태양전지’의 비중에 따라 달라질 수 있음

6) Hemlock(미), Wacker(독), REC Group(노르웨이), Tokuyama(일), MEMC(미)

- 폴리실리콘의 기술 장벽이 높아 신규 업체의 공장가동이 계획대로 진행되지 못할 경우 공급과잉 완화
- ‘박막형 태양전지’의 비중 증가는 폴리실리콘 수요를 감소시켜 공급과잉 심화

< 세계 폴리실리콘 수급 전망 >



자료 : 한화증권(2009.03), 신영증권(2009.03), 산업투자조사실

□ 기존 업체들의 경쟁력은 폴리실리콘의 공급과잉에도 불구하고, 우위 지속 전망

- 기존 업체들은 증설에 따른 규모의 경제 실현, 높은 장기계약 물량 비중 등으로 안정적인 수익성이 지속되어 시장 지배력은 더욱 확대될 것으로 보임

3. 태양전지 산업(Downstream 산업)

가. 동향

- 태양전지 산업은 태양광 발전 산업 내에서 진입장벽이 낮아 신규 업체의 시장 진입이 용이하여 2004년부터 공급과잉
 - 일본(Sharp, Kyocera, Sanyo), 독일(Q-Cells, Solar World)을 중심으로 태양전지 공급 시장을 형성해 음
 - 2000년대 중반 이후 중국, 대만 등을 중심으로 신규 업체의 시장 진입 크게 증가
 - 세계 10대 태양전지 업체의 시장점유율 : 2004년 80% → 2007년 57%
- 폴리실리콘을 주원료로 하는 ‘실리콘 결정형 태양전지’가 주류⁷⁾를 이루고 있으나 ‘박막형 태양전지’ 비중이 점차 확대
 - 2005년 이후의 폴리실리콘 가격 급등으로 실리콘 사용량을 대폭 줄이거나 탄소재(화합물, 염료 등)로 대체한 ‘박막형 태양전지’의 비중이 점차 확대되는 추세

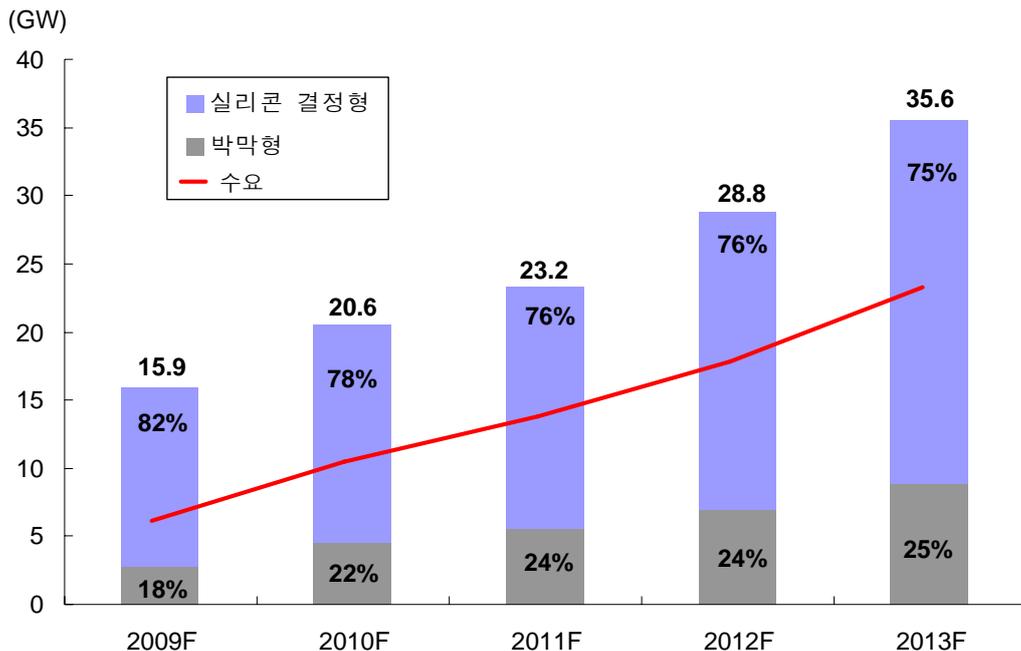
나. 전망

- 태양전지는 수요 대비 생산능력의 초과로 2013년까지 공급과잉 지속 전망
 - 2009~2013년까지 세계 태양전지 생산능력이 연평균 22%로 증가하여 공급과잉 지속, 특히 2009년은 수요 성장 둔화로 공급과잉이 더욱 심화되었다가 수요성장이 회복되는 2010년 이후 완화
 - 태양전지 공급 과잉률 : 2009년 233% → 2011년 168% → 2013년 159%
 - 동기간 ‘박막형 태양전지’의 생산능력은 연평균 33%로 성장, 박막형 태양전지의 비중이 2007년 10%에서 2013년 25%로 크게 증가

7) 2007년 전체 태양전지 시장의 90% 차지

- 다만 현재 기술수준으로서는 비중 확대 실현에 대해 낙관하기 어려운 점 역시 존재
- 현재 ‘박막형 태양전지’ 사업의 신규 진입 또는 생산능력 확대를 발표한 100여개의 기업 중 실제 ‘박막형 태양전지’의 상용화 생산단계에 있는 기업은 1/4 수준에 그침

< 세계 태양전지 생산능력 전망 >

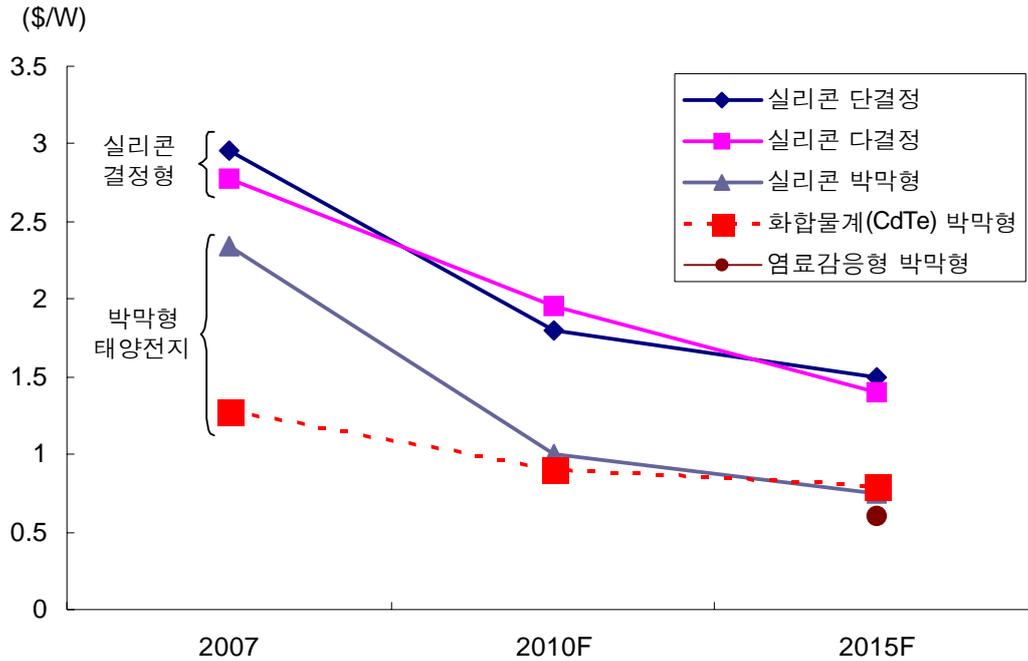


자료 : EPIA(2009.03)

- 태양전지 업체의 경쟁적인 증설로 인해 가동률 하락 등 관련 기업의 수익성 악화가 예상되나, 제조단가가 낮은 ‘박막형 태양전지’ 업체는 상대적으로 양호한 수익성을 유지할 전망
 - 2007년 태양전지 설비의 가동률은 60% 초반인데 태양전지 생산능력의 증가 및 수요 성장 둔화로 2009년의 가동률은 50% 미만으로 하락, 2011년 이후 60% 초반 수준을 회복할 것으로 보임
 - ‘실리콘 결정형 태양전지’의 경쟁 과열로 관련 기업들의 2008년 영업이익이 전년대비 감소하거나 적자 기록
 - 세계 1위 태양전지업체인 중국 Suntech사는 2008년 4분기 적자로 전환

- 기존의 '실리콘 결정형 태양전지'를 대체해 나갈 '박막형 태양전지'가 2008년부터 본격적으로 시장에 진출하기 시작하여 2009년 이후 기술개발이 가속화될 전망
- 미국 First Solar사는 생산단가가 낮은 '화합물계(CdTe) 박막형 태양전지'를 개발하여 2008년 높은 영업이익률(35.2%) 달성

< 태양전지 종류 별 제조단가 전망 >



자료 : The Future of Thin Film Solar

II. 국내 태양광 산업의 투자 및 기술 동향

1. 국내 태양광 산업의 투자 동향 및 전망

가. 폴리실리콘

□ 국내 폴리실리콘 생산능력이 2008~2012년까지 연평균 68%로 증가, 세계 생산능력 중 차지비중이 2008년 7%에서 2010년 17%로 크게 증가할 전망

- OCI(舊 동양제철화학)가 2008년 국내 최초로 폴리실리콘을 생산한 이후 한국실리콘, KCC 등이 공장 설립 중이며 LG화학, 삼성석유화학이 사업진출 검토 중
 - 특히 OCI는 2008년 3월 연산 5천톤 규모의 폴리실리콘 제1공장을 가동한 이래, 2009년 6월과 12월에 각각 제2공장 및 제3공장을 가동하여 2010년 연산 26,500톤 규모의 생산설비를 갖추어 세계 3위 업체로 부상
- 폴리실리콘 시장의 공급과잉 전환으로 신규 업체들의 경우 장기공급 판매처 확보가 사업 성공의 관건이 될 것으로 보임

< 국내 폴리실리콘 신증설 계획 >

(단위: 톤)

	2007	2008	2009F	2010F	2011F	2012F
OCI	0	5,000	15,000	26,500	26,500	26,500
한국실리콘	0	0	2,400	3,200	3,200	4,000
KCC&현대중공업	0	0	0	3,000	3,000	3,000
웅진폴리실리콘	0	0	0	1,000	5,000	6,000
합계	0	5,000	17,400	33,700	37,700	39,500

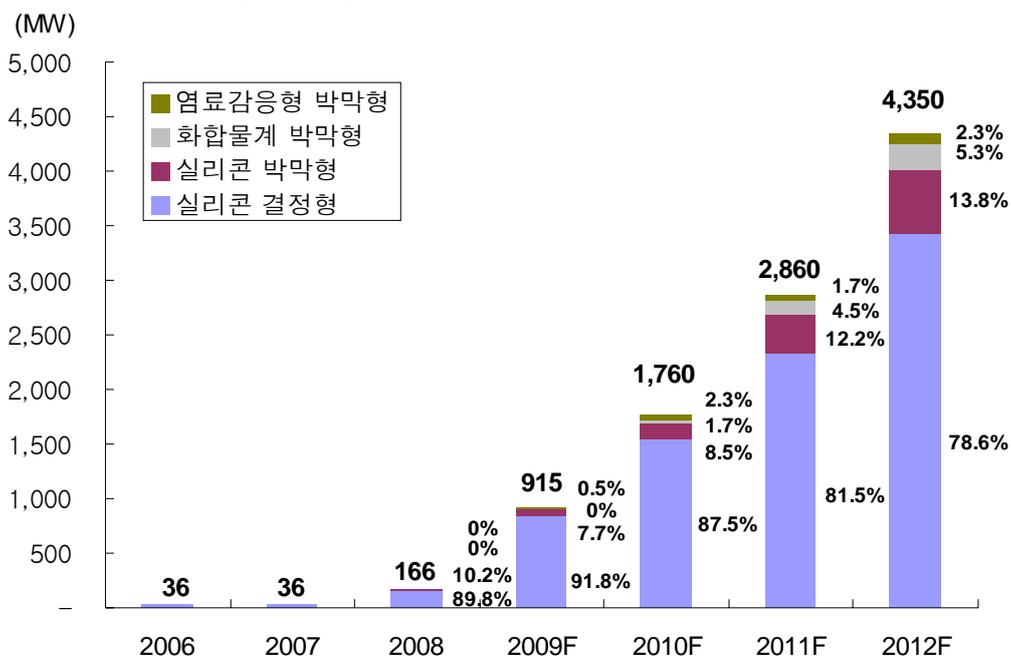
자료 : 각 사 투자계획

나. 태양전지

□ 2008년 이후 국내 중견기업, 대기업들의 참여 급증으로 국내 태양전지 생산능력이 2009~2012년까지 연평균 68%로 증가, 동기간 세계 생산능력 증가율 22%를 크게 상회할 전망

- 현재 ‘실리콘 결정형 태양전지’가 국내 태양전지시장의 90% 차지, ‘박막형 태양전지’의 비중이 점차 증가하여 2012년 21.4%에 이를 전망
 - ‘실리콘 결정형 태양전지’ 업체로는 2007년까지 KPE가 유일했으나, 2008년 미리넷솔라, 현대중공업, 신성홀딩스, 제스솔라 진출, 2009년 하반기 한화석유화학, STX 솔라, 에이원테크, 2010년 1월 LG전자가 공장 가동 예정
 - ‘실리콘 박막형 태양전지’의 경우 2008년 한국철강이 국내 최초로 20MW급 생산라인 가동, 2009년 알티솔라가 50MW 규모의 사업 수행 예정, 삼성전자, LG Display, LG 전자도 현재 연구개발 중
 - ‘화합물계 박막형 태양전지’는 텔리오 솔라, LG Display가 파일럿 라인을 건설하여 연구개발 중, ‘염료감응형 박막형 태양전지’는 동진썬미켄, 티모 등이 2010년 이후 양산 설비(25MW)를 갖출 계획

< 태양전지 종류 별 국내생산능력 전망 >



자료 : Displaybank(2009.03)

2. 국내 태양광 산업의 Value Chain 별 기술 수준

- 국내 태양광 산업 기술은 선진국 대비 짧은 도입기간, 투자 부진 등으로 선진기술 대비 71% 수준으로 열세
 - 기술적 진입 장벽이 낮은 웨이퍼, 결정형 실리콘 태양전지, 모듈의 기술수준은 70%대로 타 Value Chain 대비 높은 편
 - 실리콘 원료, 박막형 태양전지는 기술적 진입 장벽이 높아 기술수준은 60%대, 국산화율은 40~50%대로 매우 저조

< 태양광 발전 Value Chain별 기술수준 >

Value Chain	비중 (%)	기술수준 ^{주1:} (%)	국산화율 ^{주2:} (%)
실리콘 원료	10	68	59
기판(웨이퍼)	5	75	71
실리콘 태양전지	15	72	71
박막형 태양전지	15	66	46
모듈	10	77	76
PCS	10	74	74
축전지	5	77	76
시스템	10	75	80
성능평가, 표준화	10	70	66
제조장비	10	65	55
평균	100	71	66

- 주1: 평가점수 0~20 (기술개발의 필요성 인식, 관련요소기술 파악)
 21~40 (기술도입 및 운영기술 습득, 실험적 규모의 기술개발)
 41~60 (개발된 기술의 실증을 위해 시험공장 규모의 연구 수행)
 61~80 (기술의 상용화 및 성능 실증연구)
 81~100 (해외 시장에서 경쟁력 입증, 독자적/능동적 신기술개발)
- 주2: 신재생 에너지 설비 중 국내 기업이 설계·생산·제작 가능한 비율
 자료 : 한국신재생에너지센터(2007.11 조사)

- 최근 국내 업체의 태양광 산업에 대한 투자 확대, 정부의 육성정책 강화로 선진국과의 기술 격차가 점차 줄어들 것

III. 시사점

- 공급과잉 상황에서의 국내 태양광 산업의 설비투자 확대 리스크가 높으므로 투자결정 및 여신 시 주의를 요함
 - 각국의 태양광 발전 관련 정책, 신규업체의 신증설 계획 실현 여부 등에 따라 공급과잉 정도가 달라지므로 관련 기업은 지속적인 모니터링을 통하여 시장상황에 대해 신속하고 탄력적인 대응 필요
 - 관련 기업의 여신에 있어 사업성(원가경쟁력, 기술수준, 판매처 확보 등)에 대한 면밀한 검토 필요

- 성장성이 유망한 태양광 발전 시장 선점을 위하여 R&D 자금 지원 확대 등을 통한 국내 기업의 경쟁력 확보 시급
 - 현재 국내 보급중심의 지원정책이 이루어지고 있으나, 무리한 보급정책은 주요설비·부품의 수입 증가 및 국내산업의 경쟁력 약화 야기
 - 국내 시장 확대뿐만 아니라 국내 산업의 경쟁력 강화 정책을 전개하여 태양광 산업 수출기업 육성 필요
 - 핵심설비·부품에 대한 원천기술 확보를 위한 R&D 자금지원 확대 등