

정책 이슈페이퍼 13-15

태양광 산업 및 모듈가격 전망과 대내외 대응전략

정운경

목 차

- I. 배경 및 문제점 / 1
- II. 조사 및 분석 결과 / 4
- III. 정책 제언 / 17
- VI. 기대 효과 / 19
- <참고자료> / 20



에너지경제연구원
KOREA ENERGY ECONOMICS INSTITUTE

I . 배경 및 문제점

1. 연구 배경

- 세계 각국은 화석연료 고갈 및 기후변화에 대응하기 위한 수단 중 하나로 신재생에너지 보급을 확대하고 있으며 태양광은 이들 중 가장 유력한 대안으로 인식되고 있음.
- 태양광의 경우 그간 기술적 성숙도 부족, 시장에 대한 불확실성으로 인한 투자부진 등으로 인해 기존의 화석연료는 물론 타 신재생에너지원과 비교하더라도 가격경쟁력이 매우 열악하였음.
- 그러나 세계 각국에서 태양광 기술개발, 산업육성 및 보급촉진에 대한 적극적인 정책적 지원을 펼친 결과, 지난 10년간 태양광 시장 급부상
- 그러나 최근 들어, 태양광 시장은 공급과잉 상태로 태양광 모듈가격의 하락으로 인하여 태양광 산업이 큰 타격을 받고 있음.
- 유럽의 재정위기, 셰일가스의 급부상 등으로 인해 수요 증가율은 감소하였으나, 태양광 기업들의 무분별한 설비 증설로 인하여 공급용량은 계속적으로 증가함.
- 폭발적으로 증가하던 태양광 기업들의 구조조정이 가치사슬(Value Chain) 전 과정에서 급격하게 진행되고 있음.
- 폴리실리콘을 제외한 대부분의 Value Chain에서 경쟁력이 부족한 우리나라 기업들도 파산, 인수·합병, 사업 철수 및 재검토 등 상당한 어려움을 겪고 있음.

2. 연구 필요성 및 목적

□ 연구 필요성

- 대외적으로는 국내 태양광 기업이 이러한 시장 변화에 적절하게 대응하고, 현 위기를 극복하고 재도약하는데 도움이 되는 산업육성 정책 방향을 검토할 필요성 대두
- 대내적으로는 현재 변화하는 태양광 시장 환경, 태양광발전의 특성 및 국내 전력시장 구조를 고려한 향후 보급정책 방향에 대한 검토가 요구됨.
 - 국내 태양광 발전시스템 가격은 국제 모듈가격에 연동되고 있으나 전력시장 여건은 미국, 유럽 등과 상이함.
 - 현재까지는 그리드패리티 도달시점을 기준으로 보급정책을 논하였으나, 태양광발전의 간헐성으로 인해 그리드패리티 분석은 적절치 않음.
 - 따라서 새로운 경제성 분석 접근법을 통한 태양광발전의 경제성 분석 및 이에 상응하는 보급정책 방향 제시가 필요함.

□ 연구 목적

- 모듈가격을 전망하고, 국내외 태양광 시장 및 산업 동향을 분석함으로써 국내 태양광 산업 육성에 필요한 정책 제언하고자 함.
- 국내 태양광 경제성 분석을 통하여 앞으로의 보급정책 방향을 제시하고자 함.
 - 국내 발전사업용 태양광 발전단가를 산정 및 전망하고, 이를 바탕으로 국내 그리드패리티(Grid-parity) 도달시점 예측

- 태양광발전의 간헐성(Intermittency) 및 국내 전력시장 여건을 고려한 비용
편익분석을 통한 태양광발전의 경제성 평가

Ⅱ. 조사 및 분석 결과

1. 국내외 태양광 시장과 태양광산업 동향 정리 분석

□ 국내·외 태양광 시장 동향

- 올해 상반기까지도 태양광 시장 초과 공급 현상 지속되고 있으나, 2014년 이후에는 공급과 수요가 균형을 이룰 것으로 예측됨.
 - 현재 태양광 시장은 2010년 후반에 시작된 공급과잉 현상이 아직 해소되지 않은 상태
 - 태양광 업체들이 무리하게 생산능력을 확대한 결과, 지난 3년간 모듈 공급 용량이 수요보다 무려 1.5배 ~ 2.3배 이상 높은 것으로 나타남.
 - 올해 하반기에는 부진했던 유럽 수요의 증가, 중국 시장의 확대 등으로 인해 공급과잉 정도가 점차 완화되어 2014년에는 40GW 시대가 열릴 것으로 전망됨.
- 향후 태양광 시장 중심이 유럽에서 미국, 중국 및 일본 등 아시아-태평양 지역으로 옮겨갈 전망
 - 지금까지 태양광 시장은 유럽 국가들의 주도하에 성장해 왔음.
 - 작년의 경우 유럽은 재정위기 및 긴축정책으로 인해 수요 감소한 반면, 중국, 미국, 일본 등 신흥시장 부상 중
 - 2014년 일본, 중국 및 인도를 포함한 아시아 시장이 세계 태양광 수요의 50%를 차지할 예정
- 국내 태양광 시장의 경우 RPS가 성공적으로 정착한다면, 2015년까지

480MW 규모로 성장할 것으로 보임.

- 지금까지 국내 태양광 시장 각종 정부 지원사업에 의존하여 성장(<표2-1>)
- 작년부터 정부 주요 보급정책 발전차액지원제도(FIT)에서 신재생에너지의 무할당제(RPS)로 전환
- 낮은 경제성을 고려하여 태양광에는 2016년까지 별도의 공급의무량을 부과하였으나, 작년에 높은 이행률(96%)을 보여 의무량을 연간 150MW 추가 확대함.

<표 2-1> 보급사업별 태양광발전 설치용량

(단위: MW)	2012년 신규 보급용량	2012년까지 누적보급용량	누적기준 비율(%)
발전차액지원제도(FIT)	0	500	51.9
의무할당제도(RPS)	149.7	179.7	18.7
주택지원	32.5	111	11.5
개발공급협약(RPA)	0	69.7	7.2
지역지원	18.9	61.6	6.4
공공의무화제도	5.5	28.3	3
건물지원	2.0	12.5	1.3
합계	208.6	962.8	100

자료: 한국태양광산업협회(KOPIA, 2013)

□ 국내·외 태양광 산업 동향

- 신흥 수요처의 부상으로 태양광 시장의 성장세는 지속되고 있으나 태양광 산업은 공급과잉으로 인하여 침체되어 있는 상황
- 각국의 정책적 지원을 기반으로 태양광 투자 활성화로 인하여 시장참여 업체 폭발적으로 증가

- 수요 증가율이 무분별한 설비 투자로 인한 공급 증가를 따라가지 못하자, 업체 간 과도한 가격 경쟁으로 이어짐.
- 태양광 Value Chain 전 과정에서 제품의 가격이 하락하여 관련 제조업체들의 수익구조가 급격히 악화되면서, 기업 구조조정 빠르게 진행됨.
- 전통적으로 고수익 산업인 폴리실리콘의 경우, 현재 공급과잉 상태로 수익 구조 마이너스이나 내년부터는 수급균형을 되찾을 것으로 예상
 - 상위 10대 기업의 시장 점유율이 무려 93%인 폴리실리콘의 경우, 급격한 설비 증대로 가격이 폭락하면서 업체들의 수익 적자로 전환
 - 선두주자 중 한국 업체인 OCI 영업이익률을 보면, 2010년 ~ 2011년 30% 이상의 고마진 수익구조에서 2012년 -1%를 기록하며 적자 구조로 급전.
 - 그러나 업체별 설비가동을 합리화 및 빠르게 진행되고 있는 시장 통합으로 인하여 내년부터는 공급과잉 해소 및 가격이 정상화될 전망이다.
 - 또한, 한화케미칼, 삼성-MEMC 등 신규사업자의 시장 진입 등으로 선도기업의 점유율이 70% 이하로 하락할 것으로 전망
- 웨이퍼·잉곳 산업 또한 현재 공급과잉 상태이고, 향후 국내 웨이퍼 산업 중견업체 중심에서 대기업 중심으로 전환될 것으로 전망
 - 폴리실리콘 및 태양전지 업체들의 진출과 기존 업체들의 공격적 설비 증설로 2012년 생산량은 생산용량 대비 61%에 불과했음.
 - 선두 기업이었던 국내 업체 LG실트론 사는 올해 사업 중단, 엘피온 사는 OCI에 인수된 상태 등 현재 시장 통폐합 한창임.
 - 2014년 이후 수급여건이 크게 개선될 전망이나, 자금력이 풍부하고 자체 수직계열화 및 제품의 효율 개선화에 성공한 기업만 이번 불황에서 살아남을 것으로 보임.

- 태양전지·모듈 분야는 Value Chain 상 공급과잉 가장 극심하나, 2013년 하반기 회복세로 돌아서 기업의 수익구조 개선 중임.
 - 낮은 진입장벽으로 인해 태양광 호황기에 신규업체들이 대거 진입하면서 생산용량이 실질수요를 2배 초과하게 됨.
 - 지난 10년 동안 모듈 생산의 중심지는 미국에서 일본, 유럽, 아시아 순으로 이동하였고, 현재 중국이 국가별 생산량 1위임.
 - 국내 시장의 경우, 중국의 저가공세 및 태양광 수요 침체에 따른 수익성 악화로 다수의 소규모 태양전지 및 모듈 제조업체들이 시장에서 퇴출됨.
 - 그러나 올해 하반기부터 RPS 시행으로 인한 시장 확대 및 일본 태양광 수요의 급증으로 회복세로 전환
- 시스템 핵심부품인 인버터 또한 과열경쟁으로 시장 통폐합 중이나, 타 분야보다 내수시장의 중요성이 높아 이번 불황을 비교적 잘 견디고 있음.
 - 상위 10대 제조업체 모두 외국기업이며 전 세계 인버터 수요량의 76%를 차지함.
 - 그러나, 각국의 전력 연계 규정에 맞게 주문·제작 및 설치국의 인증을 획득해야 하는 경우가 많아 타 분야와는 달리 내수시장의 역할 큼.
 - 우리나라의 경우, 국내 중소·중견업체들이 대거 시장에 진출하면서 가격하락 경쟁으로 인해 대다수 해외 업체들이 철수하였음.
 - 인버터 시장은 태양광 설치수요와 함께 꾸준히 성장하여 2015년에는 생산량 45.8GW, 매출액 67억 달러의 시장이 될 것으로 예상됨.
- 지금까지 국내 태양광 산업은 비약적인 성장을 하였으나, 수출의존성이 높아 글로벌 태양광 시장여건 및 수출경쟁력에 따라 성장세 좌우됨.

- 2007년 ~ 2012년 기간 동안 고용인원은 9배, 총 매출액 및 수출액은 각각 22배, 38배 급증하였고, 태양광 업체 수는 30개 업체에서 2011년 기준 98개로 증가하였음(표<2-2>).
- 2010년 후반 이후 전 Value Chain 과정에서 공급과잉 현상으로 국내 태양광 기업의 영업이익률은 마이너스이나 총 매출액은 연평균 10% 이상으로 증가하였음.
- 한편, 매출액에서 수출이 차지하는 비중은 계속 증가하여 현재 70%를 넘는 등 태양광 산업은 수출의존적임.
- 현재까지 중소기업 중심의 태양광 산업은 공급과잉으로 인한 이번 시장 구조·개편을 통해 수출경쟁력 및 자금력을 확보한 대기업 중심의 구조로 전환될 것으로 예상됨.

<표 2-2> 연도별 태양광 산업 통계

	2007	2008	2010	2011	2012F
기업수 (개)	30	53	91	98	-
고용인원(명)	1,279	3,650	8,906	10,660	11,533
매출액 (십억원)	441	1,601	5,859	7,917	9,803
수출액 (백만불)	142	827	3,744	4,594	5,407
민간투자(십억원)	366	1,386	2,880	4,205	3,117

자료: 예관공 신재생에너지센터, KOPIA

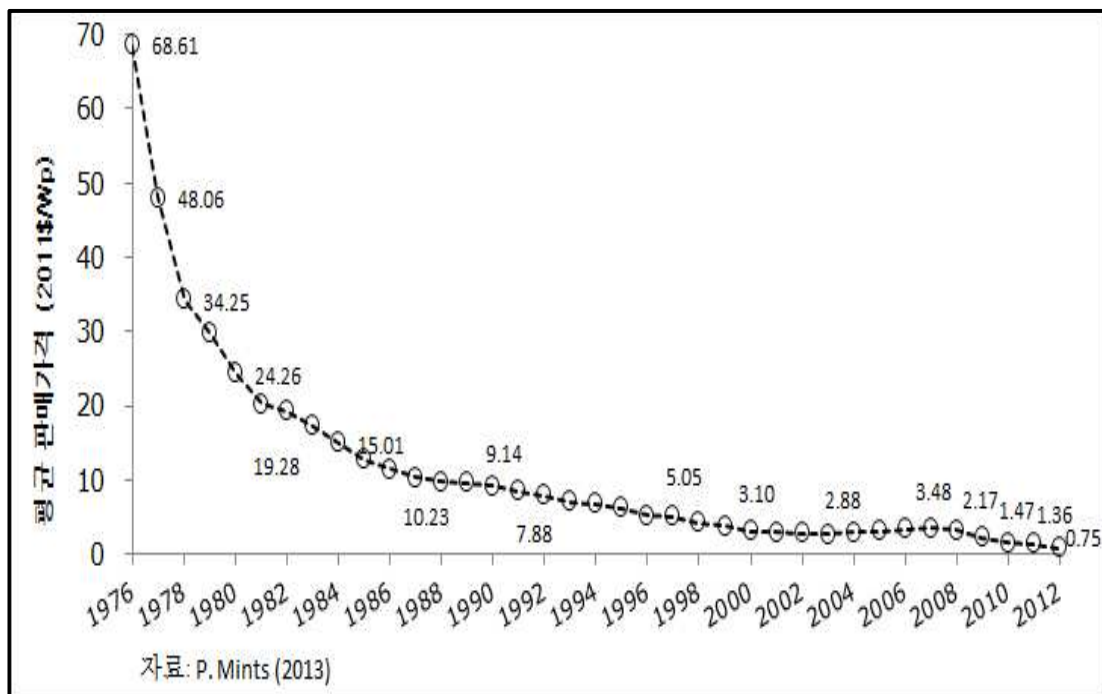
□ 세계 태양광 모듈가격 전망

- 모듈은 태양광 발전시스템의 핵심부품으로 지금까지 설치비용 중 가장 큰 비중을 차지하였음.
- 태양광 발전시스템 비용은 모듈 비용과 그 외 비용으로 구분될 정도로 모

들은 핵심 부품소재로써, 최근까지 시스템 비용의 60% 이상을 차지하였음.

- 한편, 태양광 모듈가격 하락 속도는 경이로운 수준으로 1976년 Wp당 \$68.6였던 평균 실질모듈가격은 2012년 기준 Wp당 \$0.75임.

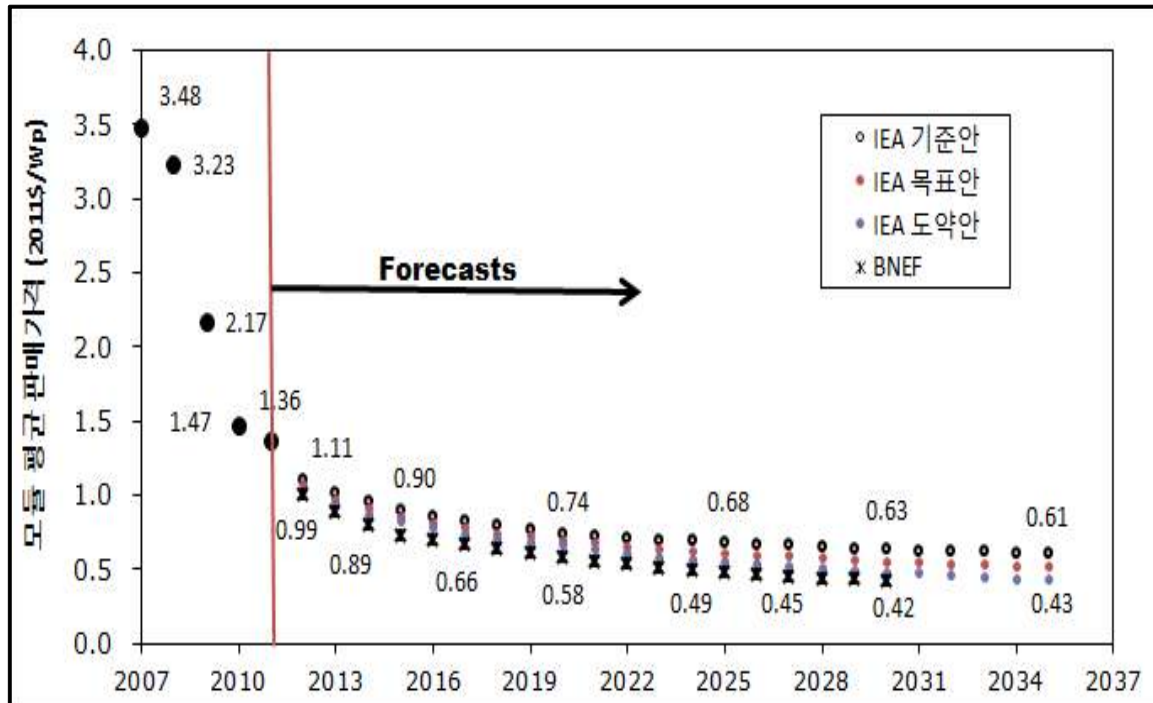
[그림 2-1] 세계 태양광 모듈가격 추이 (1976년~2012년)



- 경험곡선을 활용하여 향후 모듈가격을 전망한 결과, 2030년까지 최대 Wp당 \$0.42로 하락
- 경험곡선은 가장 대표적인 모듈가격 전망 방법으로 제품의 생산비용 하락을 학습효과(Learning-by-doing)로 설명하고자 하는 이론임.
- 누적생산량이 배로 증가할 때마다 총 비용이 일정한 비율(학습률)로 하락한다고 가정함.
- 1976년 ~ 2012년 모듈가격 및 모듈 누적생산량 자료를 이용하여 경험곡선을 추정한 결과, 학습률은 22.7%로 나타남.

- 다양한 태양광 보급 전망안에 따라 모듈가격은 2030년까지 Wp당 약 \$0.42 ~ \$0.63로 떨어질 전망

[그림 2-2] 세계 태양광 모듈가격 전망



□ 국내 태양광 경제성 분석

- 태양광 LCOE(Levelized Cost of Electricity)를 산정한 결과, 발전단가가 2030년까지 152원/kWh로 하락하는 것으로 나타남.
- 발전원 경제성 분석에 가장 널리 활용되는 LCOE 산정방법은 발전설비 총 투자비용을 시설의 수명기간 안에 회수하는데 필요한 최소한의 평균 단위 가격임.
- 즉, 발전설비 총 비용의 현재가치를 총 발전량의 현재가치로 나누어 준 것

<표 2-3> 연도별 태양광 LCOE 및 계통한계가격(SMP)

(단위: 2011원/kWh)

년도	LCOE	SMP 시나리오 I	SMP 시나리오 II
2001	1,330	66.6	66.6
2002	1,362	64.6	64.6
2003	1,327	67.5	67.5
2004	1,046	70.2	70.2
2005	783	76.3	76.3
2006	736	96.5	96.5
2007	704	100.6	100.6
2008	630	135.6	135.6
2009	545	116.4	116.4
2010	441	125.7	125.7
2011	299	126.6	126.6
2012	328	159.7	159.7
2013	300	161.3	156.3
2014	274	162.9	163.4
2015	255	164.6	154.6
2016	235	166.2	153.1
2017	223	167.9	148.2
2018	214	169.5	145.9
2019	205	171.2	143.1
2020	196	173.0	139.7
2021	189	174.7	131.9
2022	182	176.4	127.1
2023	177	178.2	124.0
2024	172	180.0	120.2
2025	167	181.8	130.9
2026	163	183.6	
2027	160	185.4	
2028	157	187.3	
2029	154	189.2	
2030	152	191.1	

참고: LCOE는 2012년부터, 계통한계가격(System Marginal Price, SMP)는 2013년부터 전망치임. 시나리오 I은 '13년~'30년 동안 SMP가 연평균 1%로 증가한다고 가정한 것임. 시나리오 II는 한국전력거래소 SMP 전망치임.

으로 단위 발전량 당 비용을 구한 것임.

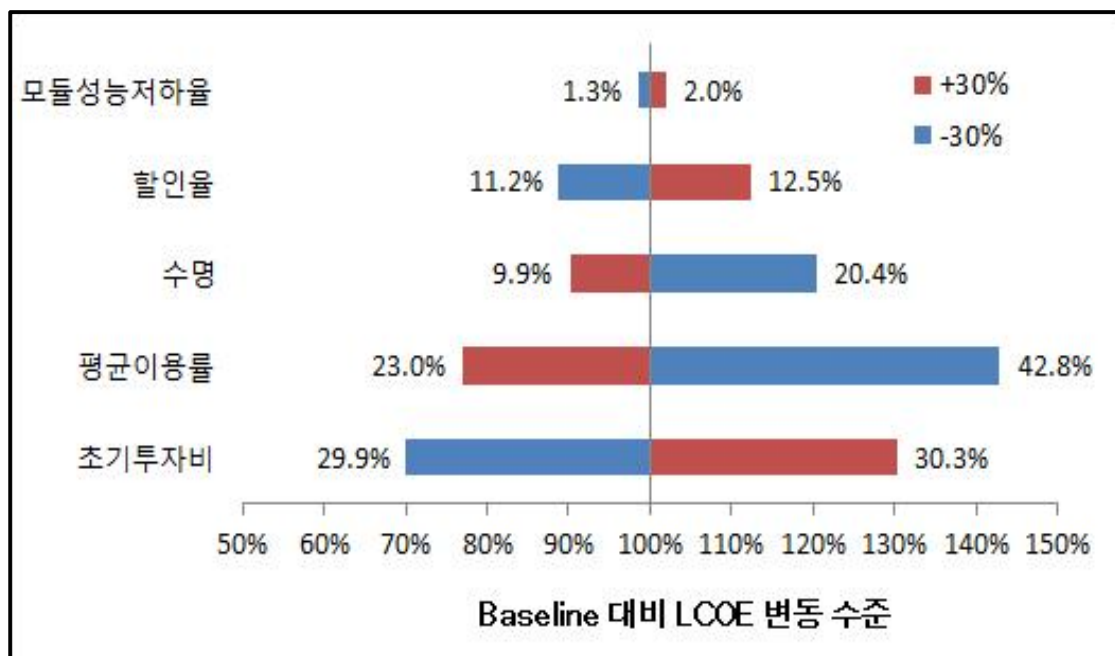
- 국내 발전사업용 표준 태양광 설비의 발전단가는 2001년 1,330원/kWh에서 이후 10년 동안 78% 하락하여, 2011년 현재 299원/kWh임.¹⁾
- 앞으로의 LCOE 발전단가를 전망한 결과, 2013년 kWh당 300원에서 2020년에는 200원 이하로, 2030년에는 152원까지 하락하는 것으로 나타남.
- 그리드패리티(Grid-Parity) 분석에 의하면, 2030년 이전에 국내 태양광 경제성 확보함.
 - 여기서 그리드패리티란 태양광발전의 평균 발전단가가 (화석연료에 의하여 생산된)전력의 평균(도매)가격과 같아지는 시점을 뜻함.
 - SMP가 앞으로 연간 1%씩 꾸준히 증가한다고 가정한 시나리오 I의 경우에는 2023년 이전에 그리드패리티에 도달함.
 - 반면, 한국전력거래소의 SMP 전망치를 사용한 시나리오 II의 경우에는 2025년까지 그리드패리티 달성이 어려울 것으로 예상되며, SMP가 2012년 수준을 유지하는 경우에는 2028년 이전에 그리드패리티 도달 가능함.
 - 즉, 그리드패리티 달성은 향후 SMP에 대한 가정에 따라 달라지며 정부에서 목표로 하고 있는 2020년 그리드패리티 달성은 힘들 것으로 보임.
- LCOE 민감도 분석 결과, 태양광 발전단가는 할인율보다 평균이용률, 초기 투자비 등 기술진보 관련 모수에 더 민감하게 반응함.
 - 앞서 태양광 LCOE 분석은 현 시점에서의 기술 및 경제적 여건만 고려함.
 - 기술진보 및 경제여건의 불확실성과 LCOE 영향요인의 상대적 중요도를 알아보기 위해 투입된 모수 전부를 같은 비율($\pm 30\%$)로 변화시킨 후 이에

1) 국내 발전사업용 태양광에 대한 Baseline LCOE를 산정하기 위해 모수 값에 대해 다음과 같이 가정함. 할인율 5.5%, 설비 수명기간 20년, 모듈 성능저하율 0.7%, 설비 평균이용률 15.5% 및 운전 유지비용은 초기투자비용의 1%로 가정함.

따른 2030년도 Baseline LCOE의 변화를 살펴봄.

- 발전사업용 태양광 LCOE는 발전시설 평균이용률에 가장 민감하게 반응하였고, 그 다음으로는 수명(운전)기간, 할인율, 모듈 성능저하율 순이었음.
- 모듈의 변동이 LCOE에 미치는 효과는 비대칭적이었음. 예를 들어 평균이용률이 Baseline 대비 30% 낮은 경우, 2030년도 LCOE는 65원/kWh 상승하나 30% 개선된 경우에는 35원/kWh밖에 하락하지 않음.
- 2030년까지 태양광 모듈 이용률이 20%까지 향상되고, 운전기간도 30년으로 늘어난다고 가정하면, 2030년도 태양광 LCOE는 101원/kWh로 나타남.

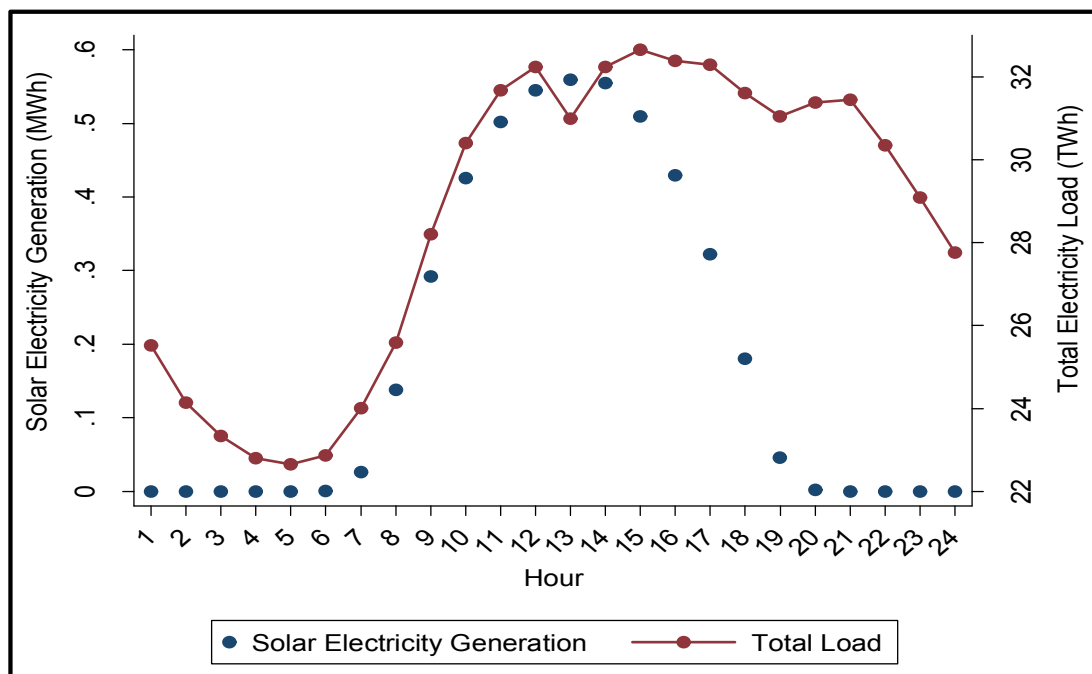
[그림 2-3] 2030년 LCOE 민감도 분석



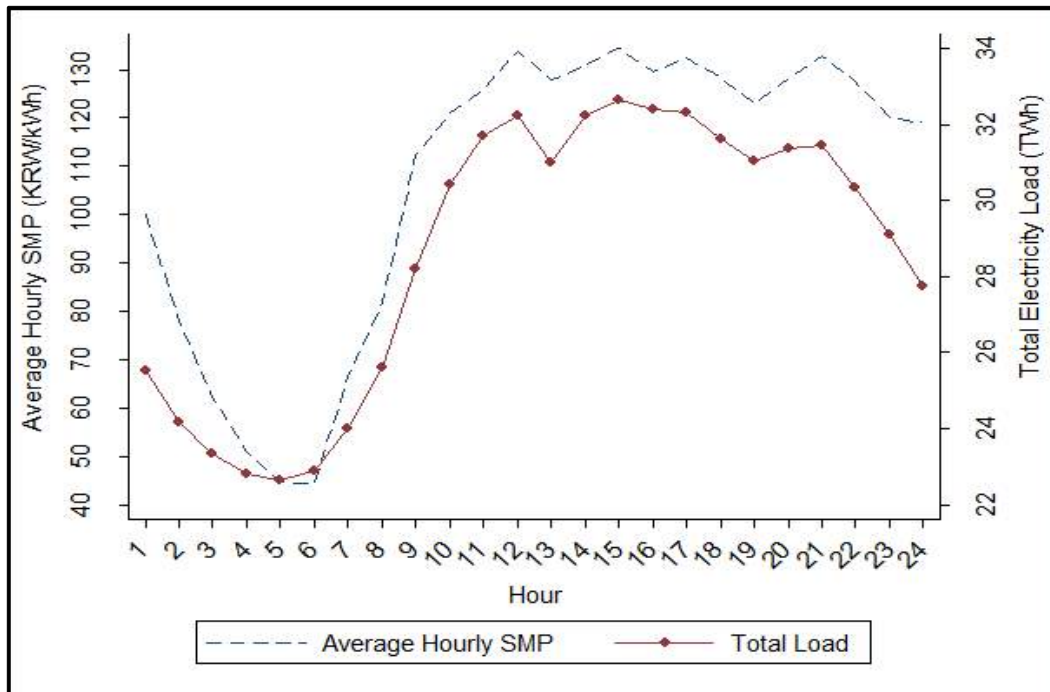
- LCOE 산정방법 및 그리드패리티 분석은 태양광발전의 경제성 분석 도구로써는 적합하지 않음.

- 전통적 LCOE 산정방법은 원자력 및 석탄 등 급전형 발전원의 가격경쟁력을 비교·분석하는 데에는 유용하나 태양광과 같이 간헐적 비급전형 발전원의 경제성 분석 도구로는 적절치 않음
- 원자력 및 석탄 등 급전형 발전원은 계통운영자의 급전지시에 따라 발전 가능함.
- 반면, 태양광발전은 일조시간, 지리적 위치, 온도, 강수량 등 여러 환경의 제약을 받아 가변적이며 간헐적임.
- 따라서 태양광 발전량의 분포는 급전형과는 달리 일률적이지 않고([그림 2-4]), 전력의 시장가치 또한 시간대별로 다르므로([그림 2-5]) 경제성 분석 시 비용 뿐 아니라 수익 측면도 참작해야 함.

[그림 2-4] 2008년도 국내 여름철 전력부하 및 태양광 발전량



[그림 2-5] 2008년도 여름철 시간대별 전력부하 및 SMP



- 태양광 발전시스템의 경제성 분석을 위해 비용편익 분석을 실시함.
- 발전량 패턴에 따라 전기요금의 변동성에 의해 수익이 달라지는 것을 고려하여 전력 단위 당 균등화 수익, 즉 LVOE(Levelized Value of Electricity)를 산정함.
- LVOE는 발전설비의 운전기간 동안 발생한 총 수익의 현재가치를 총 발전량의 현재가치로 나뉜 준 것으로 단위 발전량 당 평균 태양광전력의 가치를 계산하는 것임.
- 개별 태양광 발전소 자료를 이용하여 앞서 Baseline 모수값을 바탕으로 발전소별 LCOE를 산정한 결과, 2011년에 운전개시한 태양광 발전소의 평균 LCOE는 343원/kWh임.

- 또한, 전력가격이 향후 매년 연 1%씩 상승한다고 가정한 후 발전소별 LVOE를 산정한 결과, 2011년 평균 LVOE는 182원/kWh임.
- 따라서 평균적으로 태양광 전력 단위 당(kWh) 발전비용(LCOE)이 발전수익(LVOE)보다 약 1.9배 높아 아직까지 태양광발전은 경제성이 없는 것으로 나타남.
- 단, 태양광 발전비용단가(LCOE)는 급격히 하락하고 있는 반면 전력가격 상승세로 인해 발전가치(LVOE)는 점진적으로 높아지고 있어, 조만간 경제성을 확보할 수 있을 것으로 보임.²⁾

<표 2-4> 발전소별 운전개시연도별 평균 LCOE 및 LVOE

(단위: 원/kWh)

	전체 (280개소)			대형 (60개소)			소형 (220개소)	
	LCOE	LVOE		LCOE	LVOE		LCOE	LVOE
2005	1,437	109		-	-		1,437	109
2006	739	111		-	-		739	111
2007	653	152		553	152		719	152
2008	626	125		589	124		640	125
2009	581	144		563	144		581	144
2010	360	141		326	141		385	141
2011	343	182		298	183		368	182
전체	600	134		553	132		612	134

2) 2006년~2012년 기간 동안의 실질전력가격(실질SMP) 추이가 향후에도 계속 유지된다고 가정하는 경우, 2011년도에 운전개시한 태양광 발전소의 경우 LVOE가 LCOE보다 kWh당 평균 14원 정도 높아 경제성을 확보한 것으로 나타남.

III. 정책 제언

- 국내 태양광 산업 육성은 수출에 의존할 수밖에 없으므로 수출 활성화에 대한 집중적 지원이 요구됨.
 - 국내 태양광 산업의 매출액에서 수출이 차지하는 비중은 70% 이상임.
 - 태양광 시장규모가 제한적인 우리나라의 경우 태양광 산업 육성은 근본적으로 수출에 의존할 수밖에 없음.
 - 따라서 현재 추진 중인 해외진출지원사업 예산을 대폭 확대하여 기업들의 신흥 수요시장 공략 및 기타 수출경쟁력 제고를 지원하고, 수출기반 조성에 집중적으로 투자해야함.
 - 기업의 해외수주 기회 제고를 위한 필수적 항목은 '실적(Track Records)' 구축이므로 RPS 운영과 연계하여 실적 데이터베이스 구축에의 지원 필요
 - 또한, 해외진출 활성화를 위해서는 국내 제품의 기술경쟁력 향상이 절실하므로 R&D 투자에의 적극적이고 지속적인 지원이 요구됨.
- 태양광 중소·중견업체에게 한시적인 금융지원 제공 필요
 - 현재 빠르게 전개되고 있는 시장 통폐합 및 기업 구조조정은 산업의 성숙화 과정에서 발생하는 자연스러운 현상일 수 있으나 국내 중소·중견업체의 입지 무너뜨릴 수 있음.
 - 높은 기술력 및 잠재력을 갖고 있으나 자본력이 부족한 국내 중소·중견기업이 현재의 일시적인 시장 불황을 극복할 수 있도록 한시적인 금융지원을 제공해야 함.

□ 국내 태양광 보급에 대한 보조금, 융자지원 등 정부지원 축소

- 태양광 경제성 빠르게 개선되고 있는 중이므로 정부의 적극적인 개입 불필요함
 - 경제성이 확보되면 별도의 정부 지원 없이도 보급 활성화 가능함.
 - 2005년에 운전개시된 사업용 태양광 발전시스템의 경우 발전비용이 수익보다 약 14배 높았으나 2011년도에는 약 2배 정도였음.
 - 2006년~2012년 전력가격 추세를 반영하면, 2011년에 이미 경제성을 확보한 것으로 나타남.
 - 시스템 비용은 국제가격에 연동되어 있고 향후 지속적으로 하락할 전망이며, 향후 전력가격 추세에 대한 불확실성이 크므로 보조금 지원을 중단하고 추이를 살피는 것이 바람직함.
- 보급지원 축소하고, 대신 수출기반 조성 및 R&D 투자 지원금을 확대하는 것이 제한적인 신재생에너지 재원을 효율적으로 배분하는 것임.

□ 전기요금체계 개편을 통한 전기요금 현실화 필요

- 낮은 전기요금은 태양광 경제성 확보시기를 늦춤.
 - 태양광발전의 경제성은 생산된 전력의 가치에 의해 크게 좌우됨.
 - 원가 이하의 전기요금체제로 인해 자가용 발전의 경우에는 소비자의 전기요금이 가격 신호(price signal)로서의 역할을 제대로 못 하고 있음.
 - 주택용 및 기타 자가용 태양광발전의 진정한(true) 경제성 평가와 활성화를 위해서는 전기요금체계 개편이 요구됨.

IV. 기대 효과

☐ 국내 태양광 산업 육성 및 보급 정책의 발전에 기여

- 태양광 산업의 위기극복 및 재도약을 위한 정책 방향 제시
- 효과적이고 자원배분의 효율성을 고려한 보급 정책 제시

☐ 향후 태양광 경제성 분석 시 기초자료로 활용

- 기존 태양광 경제성 분석 방법의 문제점을 지적하고 적절한 분석 방법을 제시함으로써 향후 태양광 경제성 분석에 기여

< 참고자료 >

1. 참고문헌

- 고강훈, 이현우 (2003), “계통연계형 태양광 발전시스템의 운전특성 분석,” *Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers* Vol. 17 No. 6, pp. 26~30.
- 김은일, 김건훈 (2008), “신·재생에너지이용 발전전력 기준가격 산정에서의 쟁점,” 한국신·재생에너지학회 2008년도 논문집 pp. 87-90.
- _____ (2008), “신재생에너지원 발전전력 차액지원을 위한 현행 기준가격의 재산정”, 한국태양에너지학회 2008년도 춘계학술발표대회 논문집, pp.281-286.
- 김진형 (2010), “공동주택 태양광발전 시스템의 경제성 평가,” *Climate Change Research* Vol 1 No. 2, pp. 163~177.
- 문영석 외 (2011), “에너지믹스 변화의 비용 추정: 신재생확대 시나리오,” *에너지경제연구* 제 10권 제 2호, pp. 169-186.
- 박상준 외 (2009), “태양광 발전시스템의 일사량에 따른 전력 패턴 분석,” 2009년도 대한전기학회 전기설비전문위원회 춘계학술대회 논문집, pp. 17-18.
- 에너지경제연구원 (2013), “신재생에너지기술 성과분석 및 확산을 위한 기획: Part V 태양광산업 범부처 종합계획 수립”, 산업통상자원부.
- 에너지관리공단 신·재생에너지센터(2012), “2011년 신재생에너지 보급통계,” 에관공 신·재생에너지센터.
- 이길호(2012), “태양광산업 시장구조 재편에 따른 업체별 차별화,” KIS Credit

Monitor, 한국신용평가.

이민식 외(2011), “글로벌 태양광산업의 전망과 전략적 시사점”, *산업이슈*, pp.53.

이성훈 외 (2011), “일사량 데이터 분석을 통한 태양광발전 시스템 개발을 위한 경제성 평가 방법,” *Journal of the Korea Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers* 25(10): 38-46.

장한수, 최기련 (2006), “에너지기술의 학습 효과에 대한 이론적 고찰,” *에너지 공학*, 제15권 제4호 pp. 209-228.

주재욱 외 (2007), “태양광 발전시스템의 지역별 일사량 및 어레이 경사각 차이에 따른 투자회수 기간 평가: 서울, 부산을 중심으로”, 한국건축친환경설비학회 추계학술발표대회 논문집, pp.194-197.

한국개발연구원 (2008), “예비타당성조사 수행을 위한 일반지침 수정·보완 연구 (제5판),” 2008년도 예비타당성조사 연구보고서, 2008.

한국전기연구원 (2007), “신재생에너지 의무할당제(RPS) 국내운영방안 수립”, 지식경제부

해외경제연구소 산업투자조사실 (2013), “2013년 태양광산업은 어떻게 될 것인가?”, 한국수출입은행

_____ (2013), “예상보다 회복세가 빠른 태양광사업”, 한국수출입은행

현대경제연구원 (2013), “태양광산업의 기여효과에 대한 밸류체인별 성과분석 및 중장기 전망”, 지식경제연구원

Arrow, KJ. (1962), "The Economics Implications of Learning-by-Doing," *Review of Economic Studies* 29:155-173.

- Bayaliyev, A. et al. (2011). "China's Solar Policy: Subsidies, Manufacturing Overcapacity & Opportunities"
- Baker, E. et al. (2013), "The Economics of Solar Electricity," *Annual Review of Resource Economics* Vol 5: pp.387-426.
- Bazilian, M. et al. (2013), "Re-considering the Economics of Photovoltaic Power," *Renewable Energy* 53: 329-338.
- Bhandari, R. and Stadler, I. (2009), "Grid Parity Analysis of Solar Photovoltaic Systems in Germany Using Experience Curve," *Solar Energy* 83, 1634-1644.
- BNEF (2013), "PV Market Outlook Q3 2013," BNEF
- _____ (2012), "H2 2012 PV Inverter Market Update," BNEF
- Borenstein, S. (2008), "The Market Value and Cost of Solar Photovoltaic Electricity Production," CSEM WP176, Center for the Study of Energy Markets
- Branker, K. et al. (2011), "A Review of Solar Photovoltaic Levelized Cost of Electricity," *Renewable and Sustainable Energy Reviews* Vol. 15: 4470-4482.
- Breyer, A. et al. (2009), "Grid-Parity Analysis for EU and US Regions and Market Segments - Dynamics of Grid-Parity and Dependence on Solar Irradiance, Local Electricity Prices and PV Progress Ratio," Q-Cells
- Cambell, M. (2008), "The Drivers of the Levelized Cost of Electricity for Utility-Scale Photovoltaics," Sunpower.
- Darling, S. B. et al. (2011), "Assumptions and the Levelized Cost of Energy for Photovoltaics," *Energy & Environmental Science*

- De La Tour, A. et al. (2013), "What Cost for Photovoltaic Modules in 2020? Lessons from Experience Curve Models," Working Paper 13-ME-03, CERNA, Interdisciplinary Institute for Innovation
- Doshi, T. K. et al. (2011), "The Economics of Solar PV in Singapore," Discussion Paper EE/11-01, Energy Studies Institute.
- Fang, L. et al. (2013), "National Survey Report of PV Power Applications in China 2012," IEA.
- Honghua, X. et al. (2012), "National Survey Report of PV Power Applications in China 2011," IEA.
- IRENA (2012), "Solar Photovoltaics," Renewable Energy Technologies: Cost Analysis Series Vol 1: Power Sector Issue 4/5.
- Joskow, P. (2010), "Comparing the Costs of Intermittent and Dispatchable Electricity Generating Technologies," *American Economic Review: Papers and Proceedings* 100:238-241.
- Kuang, M. (2012), "Is Korea's Renewable Portfolio Standard Achievable?," Renewable Energy - Research Note, BNEF
- Neij, L. (1997), "Use of Experience Curves to Analyse the Prospects for Diffusion and Adoption of Renewable Energy Technology," *Energy Policy* Vol. 23 No. 13, pp. 1099-1107.
- Nemet, G. (2006), "Beyond the Learning Curve: Factors Influencing Cost Reductions in Photovoltaics," *Energy Policy* 34, pp. 3218-3232.
- PVSP (2012), "Trends in Photovoltaic Applications: Survey Report of Selected IEA Countries between 1992 and 2011", Report IEA-PVSP, 2012.

- _____ (2013), "Trends 2013 in Photovoltaic Applications: Survey Report of Selected IEA Countries between 1992 and 2012", Report IEA-PVSP, 2013.
- Reichelstein, S. and Yorston, M. (2013), "The Prospects for Cost Competitive Solar PV Power," *Energy Policy*
- REN 21 (2013), "Renewables 2013: Global Status Report", REN 21
- Singh, P. P. and Singh, S. (2010), "Realistic Generation Cost of Solar Photovoltaic Electricity," *Renewable Energy* 35: 563 - 569.
- Short, W. et al. (1995), "A Manual for the Economics Evaluation of Energy Efficiency and Renewable Energy Technologies," NREL
- Wang, X., Kurdgelashvili, L., Byrne and J. Barnett, A. (2011), "The Value of Module Efficiency in Lowering the Levelized Cost of Energy of Photovoltaic Systems," *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15: 4248-4254.
- Woerlan, C. (2004), "Experience Curve for Energy Technologies," *Encyclopedia of Energy* Vol 2.

정책 이슈페이퍼 13-15

태양광 산업 및 모듈가격 전망과 대내외 대응전략

2013년 11월 27일 인쇄

2013년 11월 29일 발행

저 자 정 윤 경

발행인 손 양 훈

발행처 에너지경제연구원

437-713 경기도 의왕시 내손순환로 132

전화: (031)420-2114(代) 팩시밀리: (031)422-4958

등 록 1992년 12월 7일 제7호

인 쇄 크리커뮤니케이션 (02)2273-1775
