



太陽光發電의 경제성 과 전망

邊 潤 成

에너지경제연구원 정보분석 지역 1 실장

1. 서 론

에너지 문제는 식량문제와 함께 인간사회의 기본생존에 관한 문제이며, 현대국가의 안보상 최우선적인 과제이다. 곧, 에너지는 경제활동을 지탱하는 가장 중요한 요소로서 에너지 안정은 경제활동의 기반이 됨은 물론 부존자원이 빈약하고 에너지 자립도가 매우 낮은 우리에게 정치, 경제, 과학기술 등 사회 모든분야에 있어 막대한 영향력을 행사하고 있는 것이 엄연한 현실이다.

특히 지난 20년 동안 지속된 경제, 사회발전과 더불어 인구의 증가, 핵가족화 추세에 따른 가구 증가, 국민소득 향상에 따른 자동차의 증가로 에너지 소비량이 급속하게 증가했고, 특히 전기와 같은 고급 에너지 사용의 선호도가 급속한 신장세를 보이고 있다. 따라서 이러한 일련의 상황은 향후에도 지속될 전망으로 미래사회의 에너지 수급환경에 대처하기 위한 새로운 대책이 절실히 요구되고 있다.

우리나라의 신·재생 에너지 개발계기는 70년대 제1, 2차의 석유파동에서부터 기인되었다. 특히 제2차 석유파동시 우리나라 경제는 사상 유래없는 마이너스 성장을 기록하는 등 에너지 위기를 실감하게 되었다. 이무렵 에너지에 대한 안목은 외적인 시각에서 내적인 시각으로 집중되기 시작하였는데, 어떻게 하든지 석유의존도를

줄일 수 있는 방법, 특히 기술개발에 의한 새로운 에너지 원을 이용하기 위한 노력이 국가차원에서 태동하였다.

이와 함께 태양에너지 이용이 처음으로 국민에게 소개되었으며 설비형 태양열 주택 등이 정책적 차원에서 권장, 보급되었다. 현재 국내에서 활용되고 있는 태양 에너지 이용방식은 자연형 태양열, 설비형 태양열, 태양열 급탕, 그리고 태양광 발전 등이 있다.

본고에서는 우리나라의 신·재생 에너지, 특히 태양광 에너지의 기술 및 보급현황을 살펴보고 이에 관한 경제성 평가 및 기대효과 등을 고찰해 보고자 한다.

2. 태양광 에너지

가. 신·재생 에너지 수요현황 및 전망

신·재생 에너지는 현재부터 2000년까지 수급에는 큰 변화를 보이지 않을 것으로 예상된다. 이는 에너지 수급에서 비교적 큰 비중을 차지했던 신탄이 감소하는 반면 신·재생 에너지의 증가율은 완만한 증가세가 예상되기 때문이다. 신·재생 에너지의 경우 1990년 에너지 점유율은 0.36%로서 극히 미소하지만 기존의 개발된 기술과 향후 지속적인 연구개발을 고려해 볼 때 2000년에는 3%, 2010년에는 6%를 점유할 것으

로 예상된다. 특히 태양광 에너지의 경우 '89년 700 TOE에서 2000년에는 3만 TOE, 2010년에는 10만 TOE가 예상되는 등 급속한 증가세를 나타낼 전망이다(표 1 참조).

<표 1> 신·재생 에너지 장기수급전망
(단위: 천 TOE)

에너지원	1989년	1995년	2000년	2010년
태양열	8.5	35	549	2637
태양광	0.7	5	30	100
바이오메스	53.4	130	300	500
알루미늄	-	-	100	500
도시폐기물	5.8	40	80	150
산업폐기물	127.6	1000	1500	2500
석탄재	-	300	1300	3300
풍력	-	1	2	5
소수력	18.3	26	40	80
수소에너지	-	-	-	500
해양에너지	-	-	500	1500

자료: 에너지 경제연구원

나. 신·재생 에너지 이용현황

'90년말까지 보급된 대체 에너지 이용현황은 태양열 설비형과 자연형을 합쳐서 13,942개소에 보급되었고 특히 태양광 발전은 '89년 1,864개소(598kW)에서 '90년에는 2,343개소(768kW)로 '89년 발전량 대비 28%의 증가율을 보였다.

메탄가스는 70개소, 폐기물 에너지 소각로는 45기, 그리고 소수력은 13개소에 24MW, 풍력은 4기에 46kW가 보급되어 있다. 상기 보급된 설비를 통해 에너지가 발생된 양은 '90년 현재 335,936 TOE로서 '90년도 총 에너지 소비량 93,245천 TOE의 약 0.36%에 해당되고 있다.

다. 국내외 기술동향

국내에서의 태양광 발전기술에 관한 연구는 1970년부터 학계와 연구소를 중심으로 이루어져 왔으며 1970~1974년의 초창기에는 원소의 화합

<표 2> 대체 에너지 이용 및 에너지 공급실적

분야별	이용시설 보급현황			대체 에너지 이용현황(TOE)		
	'89년까지	'90년	계	'89년	'90년 보급분	'90년
태양열 (개소)	10967	2975	13942	9171	1538	9940
설비형 주택	753	-	753	1077	-	1077
개인급탕	7747	2953	10700	3254	1240	3874
기타급탕	160	14	174	3115	292	3261
자연형 주택	594	-	594	689	-	689
교실	1669	6	1675	1001	4	1003
기타	44	2	46	35	2	36
태양열 (개소)	1864	479	2343	777	221	887
(kW)	589	170	768			
폐기물 (개소)	362	92	454	208331	76058	246918
산업폐기물	361	92	453	202510	76058	240539
도시폐기물	1	-	1	5821		6379
바이오 (기, TON)				53678	36675	59626
메탄가스 가축농가	45	2	47	2	88	46
산업용	20	3	23	23436	887	23880
대체탄 왕겨탄	361259	67000	428259	30240	28140	28140
기타	-	18000	18000	-	7560	7560
소수력 (개소)	12	1	13	18290	500	18540
(kW)	21940	2000	23940			
풍력 (개소)	3	1	4	18	14	25
(kW)	26	20	46			
합계				290265	115006	335936

자료: 에너지 경제연구원

물 반도체 및 이종접합의 태양전지에 관한 기초 연구의 결과가 발표되었으나 효율상의 문제점으로 실용화 단계에는 이르지 못하였다.

그러나 최근 과학기술원 연구팀에 의해 태양전지 제조에 관한 연구결과가 발표됨으로써 태양전지의 제조공정을 포함, 상품화를 위한 연구가 추진중에 있다. 태양광 발전의 경우 1979년 이후 한국동력자원연구소를 주축으로 추진되었는데, 그 대표적인 사업으로 전남 하와도에 250 kW 급 시스템이 가동되고 있으며 제주 마라도에는 30 kW 시스템이 건설중이다.

(1) 기술의 특성

태양광 발전이란 광 에너지를 흡수하여 기전력을 발생하는 광 기전력효과(Photo Voltaic Effect)를 이용하여 태양 에너지를 직접 전기 에너지로 변환시키는 첨단기술이다. 태양광 발전의 일반적인 원리는 PH 접합구조의 태양전지에서 태양광이 입사하여 반도체의 금지대폭보다 큰 에너지를 가진 태양광의 흡수에 의한 전자 정공 쌍이 생성, 분리됨으로써 재결합 이전의 과잉 전하이동에 의해 기전력이 발생하게 된다.

반도체의 기관념에 전기적인 전도성이 서로 다른 정합구조와 전극 및 반사방지막으로도 형성된 태양전지는 설치장소의 기상조건 및 외적 요인에 견딜 수 있어야 하므로 필요한 용량의 단위 태양전지를 연결하여 내후성, 내구성 재료와 구조의 용기내에 봉합시킨 Module로 제조된다.

또한 Module은 이용목적과 부하 설정에 따라 직렬, 병렬로 연결된 Solar Array를 형성하며, 발전된 전기를 저장하는 축전지, 과부하를 방지하는 전압조정기 및 직류전압을 변화시키는 Inverter 등이 태양광 발전 시스템에 포함되어 있다.

(2) 국외 연구동향 및 기술수준

최근 미국 에너지부는 태양광 발전기술의 실용화를 보다 적극적으로 추진하기 위하여 새로운 Photovoltaic Program Plan('91~'95)을

1990년12월에 공포하였다.

이 계획은 태양전지 제조업체와 전력회사의 유대강화 및 개발된 기술을 생산체제로 전환시킴으로써 실용화를 앞당기고, 첨단기술의 경쟁개발을 통한 가격목표의 달성을 목적으로 하고 있다. 또한 기술분야를 태양전지 제조기술, 다결정 박막 태양전지와 집광형 태양전지로 분류함으로써 종래의 결정질 실리콘을 CdTe 태양전지와 집광형 태양전지로 전환, \$0.12/kWh의 가격목표를 달성하려는 특징을 나타내고 있다.

일본은 1974년 SunShine Project를 수립하였으나, 태양광 발전기술의 연구개발은 1980년 NEDO(신 에너지 산업기술 총합개발지구)의 설립과 특별회계법에 의한 지속적인 재원을 확보함으로써 본격적으로 추진되었다. 또한 통상산업성(MITI)산하의 SunShine 추진본부를 중심으로 정부 주도형의 계획수립과 연구개발을 체계적으로 수행함으로써 1985년 이후 미국을 앞선 세계 최대의 태양전지 선진국이 되었으며, 특히 비정질 실리콘 태양전지의 성능은 최고의 기술 수준을 유지하고 있다.

SunShine Project는 2000년과 2010년에 총 에너지 수용의 각각 2.9% 및 5.2%를 대체 에너지로 공급하기 위하여 ₩20~₩30/kWh의 가격 목표를 설정하고 이와 관련된 저가 제조 및 고효율화 기술개발과 제조장치 및 이용기술의 개발을 추진하고 있다.

유럽에서의 태양 에너지 이용기술에 관한 연구개발계획은 1976년부터 CEC(Commission of the European Communities)에 의해 주도되고 있으며, 태양광 발전기술은 1979년부터 4년 단위로 구체적인 연구개발계획을 수립, 현재 제 5 차계획이 추진되고 있다.

3. 경제성 평가

일반적으로 대체 에너지는 아직 시장의 제한성으로 인해 소량생산 체제를 유지하고 있다. 기술의 해외 의존성이 높고 기술개발에 막대한 투자비용이 요구되며 경제적인 면에 있어서도 기

존 에너지와 경쟁이 어려운 실정에 있는 것이 사실이다. 그러나 대체 에너지는 장차 석유 의존도 감소와 에너지 해외 의존도를 감축시켜 에너지 자립도와 안정도를 제고시킬 수 있는 적극적인 방안이란 점에서 크게 그 가치를 인정받고 있다. 이러한 평가에 의해서 세계 각국은 현재의 경제성 여부를 불문하고 이 분야에 지속적인 연구개발과 보급확대를 위해 노력하고 있다.

우선적으로 경제성을 판단하는데 있어 가장 중요한 바로미터는 석유가격이다. 이는 석유가격이 일정수준을 넘었을 때 이에 대응된 대체 에너지 가격이 손익분기점을 상회하게 되고 이로 인하여 기존의 실용화되지 못했던 대체 에너지 제품들이 에너지 시장에 출현하기 때문이다.

현재 기술수준으로 각 대체 에너지 원의 개발 비용은 다양하여 최저 \$25/BBL 기술수준에서 최고 \$131/BBL 수준까지 분산되어 있다. 그러나 2000년대 도래될 미국의 최고 기술수준을 적용할 경우 최저 %20/BBL에서 최고 \$48/BBL 까지 좁혀질 것으로 예측되고 있다.

태양광 발전의 경우 현재 기술수준으로 kWh당 약 7¢가 소요되며 이를 유가와 대비할 때 배럴당 약 \$30 수준의 유가에서 경제성을 확보할 수 있는 것으로 나타나고 있다. 또한 2000년에는 발전단가가 kWh당 약 5¢ 수준으로 배럴당 \$25의 유가수준에서도 경쟁력 유지가 가능한 것으로 예상되고 있다.

이를 토대로 주요 대체 에너지원의 경제성 전망을 살펴보면 태양광 발전의 경우 최근 들어 태양전지의 제조원가가 급속히 낮아지고 있으며 호흡 또한 크게 향상되고 있어 2000년에는 디젤 발전과 경쟁이 가능할 것으로 예상되고 있다.

4. 향후 기대효과

가. 기술적 효과

태양전지 분야는 고체물리, 전자재료 및 반도체 공정기술이며, 직교류 변환장치는 전력전자와 전기회로, 축전지는 전기화학과 화학공학, 그리고 이용기술은 기상학, 제어공학, 기계공학 분야

<표 3> 대체 에너지원별 손익분기 가격(발전분야)

에너지원	현 기술 수준		2000년대 미국의 최대기술수준	
	발전단가 (¢/kWh)	유가 (\$/bbl)	발전단가 (¢/kWh)	유가 (\$/bbl)
태양광 발전	6.5~7.5	30	5	25
태양광 소수력	24	131	5	27
풍력	5	27	4	22
해양에너지	8~12	44~65	4	22
도시폐기물	12	65	4	22
	7	38	5	27

자료: 에너지 경제연구원, 대체 에너지 기술사업 평가연구 1990년

<표 4> 주요 대체 에너지원 경제성 전망

에너지원	1990년	1995년	2000년	비교대상 연료
풍력	△	△	○	디젤 발전
소수력	○	○	○	디젤 발전
메탄가스	×	○	○	B-C유 보일러
태양광발전	×	×	△	디젤 발전
가정용급탕	○	○	○	전기 온수기
자연형주택	△	○	○	경유 보일러
설비형주택	△	△	○	B-C유 보일러
산업폐기물	△	△	○	B-C유 보일러

주) ○: 양호, △: 보통, ×: 불량

의 종합성을 요하는 기술이다. 따라서 태양광 발전 시스템을 실용화하기 위한 분야별 기술개발은 태양전지의 경우 첫째, 개발된 직교류 변환장치는 각종 전원장치와 전력변환장치에 활용될 수 있고, 축전지의 개발은 낙후된 국내 축전지업계의 활성화 유도를 통해 자동차, 선박 등 각종 에너지 기기에 사용됨으로써 에너지 절약에 기여할 수 있다.

둘째, 이용기술의 개발은 발전 시스템의 설계, 운전기법과 제어기술에 적용될 수 있으며, 시스템의 측정, 평가기법은 정밀특성 측정기술 및 표준화를 가능케 한다. 따라서 태양광 발전기술 개발은 첨단제품의 개발과 관련산업 육성 등의 파급효과를 기대할 수 있다.

나. 경제적 효과

첫째, 국내에서의 자체 기술개발에 의한 태양광 발전 시스템의 실용화는 기존의 발전 방식에

대체하여 전기를 얻을 수 있으므로 현재 국내 총 에너지 수요량의 0.36%에 불과한 신·재생 에너지의 점유율을 2001년까지 3.0%로 증가시키기 위한 정부의 시책에 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다. 특히 전량 수입에 의존하고 있는 석유자원이 지역적으로 편중되어 있을 뿐만 아니라 산유국의 정치적, 군사적 불안정에 따른 석유파동과 자원확보의 어려움 등을 감안할 때, 대체 에너지의 개발은 한정된 석유자원의 고갈에 대비할 수 있는 유일한 방안이며, 미래의 안정된 에너지 수급을 확보할 수 있는 유일한 수단이다.

둘째, 아직까지 전기가 공급되지 않는 섬 또는 산간지역에 태양광 시스템을 보급함으로써 낙후 지역 주민의 생활수준 향상과 쾌적한 환경조성 및 지역간 개발격차의 해소에 기여할 수 있다.

셋째, 개발된 태양광 발전기술을 상업화하기 위해서는 관련사업의 육성과 신규 생산업체의 설립이 필요하므로 이에 따른 고용증대 및 시장 진출이 기대되며, 세계시장 규모가 급격히 증가할 것으로 예상되는 가까운 장래에는 유망한 제품수출 및 산업이 될 것으로 기대된다.

5. 결 론

태양광 에너지를 포함한 대체 에너지 개발의 궁극적인 목표는 실용화 보급을 통한 에너지 공급원으로서의 역할이라는 점을 감안할 때 기술개발을 위한 투자가 선행됨으로써 이의 성과에 대한 보급을 기대할 수 있을 것이다. 따라서 지속적인 기술개발 노력 외에 경제성 및 기술의 신뢰성을 확보하고 실용성이 확보되는 단계에서는 신·재생 에너지의 보급이 무리없이 이루어질 수 있는 정책적인 배려가 필요하다.

그러나 신·재생 에너지가 실용화되기까지는 기술개발에 있어 막대한 자금과 인력의 소요, 장기간의 Lead Time이 필요하며 투자효과가 불확실하다는 점 때문에 민간주도로 개발하기보다는 향후 10년간은 국가주도 정책사업으로 추진해야 하며, 그 이후 정부와 민간의 Mix 형태가 바람직할 것으로 판단된다. 또한 신·재생 에너지 기

술개발은 계획추진의 지속성이 필요하며 만약 유가의 가격변동 등 상황변화로 인간 경제성 및 효과 등에 집착한다면 지금과 같은 단편적인 연구에 그치게 되며 총체적으로 에너지 수급을 조정할 만큼의 비중을 갖기는 어려울 것이다.

따라서 태양광 에너지를 포함, 효율적인 신·재생 에너지의 개발을 위해서는 첫째, 경제성이 있는 분야에 대해 자발적 수요창출을 적극 지원하고, 주요 에너지를 소비부문별로 신·재생 에너지로의 대체 가능성을 검토하여 기존 화석연료의 청정 에너지화 방안과 함께 태양광을 비롯한 대체 에너지의 실용화 방안을 병행 추진하여야 한다.

둘째, 중·장기적으로 안정적인 기술개발기금을 확보하고 연구관리 및 평가기능의 강화를 통해 연구사업의 효율화를 기하고 외국의 선진기술도입 가능성도 검토하는 것이 바람직할 것이다.

셋째, 현재 기초연구단계 또는 그 이하의 단계에 있는 분야는 학계 및 순수연구기관이 중심이 되어 목표 기간내에 이를 실용화 내지 실용화단계까지 향상시키고 응용단계 이상의 기술분야에 대해서는 산업체가 주축이 되어 경제성 및 실용성을 제고토록 하여야 할 것이다.

신·재생 에너지중, 최근 들어 각광을 받고 있는 태양광 에너지는 청정연료이면서 무한한 공급 가능성을 가지고 있으나 기술개발을 위한 장기적인 투자가 요구되고 현재의 유가수준이 경제성을 확보하기에는 상대적으로 낮다는 점에서 단기간내에 실용화되기는 어려울 것으로 예상된다. 그러나 현재 태양전지의 제조기술이 현저히 향상되고 있고 신·재생 에너지는 근본적으로 유지관리비가 저렴하고 연료비와 공해방지 비용이 적으며 지속적인 연구개발의 성과로 인하여 초기투자비 절감이 가능한 점, 석유 의존도 감소를 위한 대체 에너지의 개발 필요성에 대한 공감대가 형성되어 있는 점 등을 고려한다면 향후 태양광 발전의 실용화 가능성은 매우 밝을 것으로 전망된다.