

VIP REPORT



■ 신 성장모델의 모색, 태양광 클러스터

발행인 : 김 주 현
편집주간 : 한 상 완
편집위원 : 이주량, 주원, 이장균
발행처 : 현대경제연구원
서울시 종로구 계동 140-2
Tel (02)3669-4334 Fax (02)3669-4332
Homepage. <http://www.hri.co.kr>
인쇄 : 서울컴퓨터인쇄사 Tel (02)2636-0555

- 본 자료는 기업의 최고 경영진 및 실무진을 위한 업무 참고 자료입니다.
- 본 자료에 나타난 견해는 현대경제연구원의 공식 견해가 아니며 작성자 개인의 견해임을 밝혀 둡니다.
- 본 자료의 내용에 관한 문의 또는 인용이 필요한 경우, 현대경제연구원 산업전략본부(02-3669-4334)로 연락해 주시기 바랍니다.

목 차

■ 신 성장모델의 모색, 태양광 클러스터

Executive Summary i

1. 태양광 발전의 개요와 그리드 패러티 1

2. 한국 태양광 발전의 잠재력 4

3. 한국 태양광 발전의 현황과 문제점 10

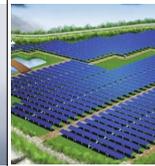
4. 정책적 시사점 20

■ HRI 경제 지표 22

1. 태양광 발전의 개요와 그리드 패러티(Grid Parity)

태양광 발전(發電)은 태양광 에너지를 전기 에너지로 전환하여 전기를 생산하는 작업이다. 태양광 발전은 규소에서 추출한 폴리실리콘으로 잉곳/웨이퍼를 만들고, 이를 태양전지 셀과 모듈로 엮은 다음, 넓게 펼쳐 발전소를 설치한다. 태양광은 무한 청정에너지이지만, 발전단가가 높아 그리드 패러티 도달이 쉽지 않다는 것이 최대의 단점이다.

<태양광 발전의 개요>

가치사슬	소재	부품	태양전지		전력기기	설치, 서비스
	폴리실리콘	잉곳웨이퍼	셀	모듈	인버터/배터리	EPC/유지보수
제품						
단계	초기양산	기존시장형성	초기진입		외산의존	-
가격구성	8%	12%	19%	18%	15%	설치 18% 부대비용 10%
진입장벽	높음		중간	낮음	낮음	낮음

그리드 패러티란 어떤 발전(發電) 시스템의 발전 코스트가 기존 전력(Grid)과 동등(Parity)하게 되는 시점을 의미한다. 2008년 국내 전기 생산의 1kW 당 발전정산단가는 68.9원으로 추산되므로, 특정 신재생에너지가 그리드 패러티에 도달하기 위해서는 발전단가를 68.9원 미만으로 유지해야 한다. 그러나 그리드 패러티는 고정되어 있는 것이 아니라 화석에너지 가격이 올라가거나 2013년 이후 탄소비용이 계상되면 지금보다 크게 높아지며, 신재생에너지가 그리드 패러티에 도달하기가 더욱 수월해 진다.

2008년 국내 신재생에너지원별 발전단가를 추산하면 바이오매스(69원)가 가장 싸고, 조력(77원), 연료전지(168원), 풍력(170원), 그리고 태양광(570원)의 순서로 비싸다. 이처럼 **태양광은 다른 신재생에너지원과 비교하여 그리드 패러티에 도달하기 가장 어려운 위치에 있어, 그리드 패러티를 낮추려면 획기적인 방법이 필요하다.**

2. 한국 태양광 발전의 잠재력

(압도적인 기술적 잠재량) 태양광은 한반도의 재생에너지 중 최대의 잠재량을 보유하고 있다. 현재의 기술수준으로 한반도에서 활용 가능한 재생에너지의 총 잠재량은 1,750

백만TOE 인데, 이 중 태양광이 33.4%인 585 백만TOE를 구성하고, 태양열이 50.0%인 870 백만TOE를 차지한다. 13.4%의 지열을 제외한 수력, 풍력, 조력 등의 다른 에너지는 1~2% 수준이다.

(우위에 있는 기술수준과 국산화율) 태양광 발전은 신재생에너지 중에서 가장 높은 기술수준과 국산화율을 보유하고 있다. 선진국을 100으로 할 때, 한국 태양광 에너지의 기술수준은 83으로 신재생에너지 중에서 가장 높다. 국산화율 역시 설계 부문은 88로 가장 높고, 제작·생산 부문은 75로 풍력(86)에 이은 두 번째 이다.

(최고 수준의 연관 산업 기술력) 태양광 발전산업은 소재산업을 주축으로, 한국이 세계최고 수준을 보유하고 있는 반도체 산업, 전자 산업, 제어계측산업, 그리고 건설업이 기초가 되는 사업이다. 태양광 발전의 핵심소재인 폴리실리콘 및 잉곳/웨이퍼는 반도체 산업과 동일한 기술력을 필요로 하기 때문에 반도체 산업의 기술력을 토대로 단기간에 발전하는 것이 충분히 가능하다. 또한 세계 최고 수준의 토목기술은 태양광 발전소 건립에 유용하게 활용될 수 있다.

(높은 고용효과) 태양광 발전은 기존에너지원은 물론 신재생에너지원 중에서 고용창출 효과가 가장 크다. 에너지원별 고용창출 효과는 1MW생산시 화력발전 0.3명, 풍력 3.6명, 바이오 13.5명인데 비하여, 태양광은 27.3명이다. 태양광 발전의 고용창출 효과가 높은 것은 셀이후부터 조립, 설치, 서비스의 노동집약적 공정이 가장 큰 이유이다.

(최적의 남북경협 모델) 태양광 발전은 기본적으로 기술집약적인 업스트림과 노동집약적인 다운스트림으로 구성되어 있다. 따라서 기술집약적인 업스트림은 남한이 수행하고 노동집약적인 다운스트림은 북한이 수행하면, 그리드 패리티 접근과 “태양광 수출 산업화”를 촉진할 수 있다. 실제로 중국의 선테크파워는 해외기술 의존도가 90%를 넘으면서도 중국정부의 지원과 M&A, 그리고 중국의 저렴한 인건비를 활용하여 2009년 1월 중국 1위, 세계 3위의 태양전지 업체로 급부상 하였다.

< 남북 태양광 산업 클러스터 모델 >

	남한		북한		남북한공동
부문	기술집약부문		노동집약부문		공통부문
제품	폴리실리콘	잉곳 / 웨이퍼	셀	모듈	공장 또는 발전소 설치
비교우위	세계 1위의 반도체, 전자 기술력 활용		중국 보다 저렴한 인건비 활용		DMZ 또는 남북 접경 지역에 세계최대 태양 전지공장(또는 발전소) 설립
생산요소	자본, 기술 제공		노동, 부지 제공		

3. 한국 태양광 발전의 현황과 문제점

(공급 측면) 2007년 기준 태양광 발전 공급능력의 글로벌 1위는 중국(28.1%), 2위는 일본(21.8%), 3위는 독일(20.5%), 4위는 대만(10.8%)이다. 중국과 대만의 생산량이 전 세계 생산량의 40%에 이르고 일본과 독일이 각각 20%대의 생산량을 차지하는 구도로 세계 태양광 산업을 선도하던 일본과 독일, 미국을 중국과 대만이 공격적인 투자로 추월하고 있는 모습이다. **한국의 2007년 세계 시장 점유율은 1% 미만이었으며, 2008년에도 3%를 넘기지 못하고 있는 것으로 판단된다.** 다만 생산능력이 100MW(2007)에서 166MW(2008), 931MW(2009)로 확대되는 모습은 긍정적이다.

(수요 측면) 세계 태양광 신규보급량은 최근 4년간 50% 성장하였다. 가장 가파른 성장을 이룬 나라는 독일로 2006년 기준 세계 신규보급량의 52%, 누적보급량의 55%를 차지하여 태양광 왕국이 되었다. 현재 독일, 일본, 스페인 3국의 누적보급량을 합치면 세계 태양광 보급의 91%를 차지하고 있다. **한국의 경우, 2006년 기준 신규보급량은 세계 시장의 약 1.6%, 누적보급량은 약 0.5% 수준이었다.**

(시장발전단계 측면) 글로벌 태양광 발전이 시장개화 단계에 있는 반면, **한국의 태양광 발전은 아직 시장준비 단계에 위치하고 있다.** 가장 큰 원인은 국내 시장이 협소하여 규모의 경제 효과가 발휘되지 못하기 때문이며, 규모의 경제 효과 부족이 다시 시장 성장을 저해하고 있는 구조이다.

(산업구조 측면) 한국의 태양광 발전은 **고부가 영역은 참여자가 부족한 과점형태, 저부가 영역은 참여자가 과도한 과당경쟁형태의 구조이다.** 태양광 발전의 가치사슬인 폴리실리콘, 잉곳/웨이퍼, 셀, 모듈, 설치/서비스 중에서 폴리실리콘, 웨이퍼, 셀 등 고부가 영역은 국내기업의 참여와 점유율이 낮은 반면, 저부가 영역인 모듈부터 설치/서비스까지는 참여도와 점유율이 과도하다. 특히 태양 에너지 전문기업으로 등록된 업체의 대부분은 태양광 가치사슬의 가장 저부가 영역인 태양전지 모듈 이후의 설치/유지보수에 집중되어 있어 서비스 품질 하락, 무리한 시공, 저가수주 반복 등 부작용의 발생이 반복되고 있다.

(기술개발 측면) 한국의 태양광 발전 **RD&D(Research, Development and Deployment) 지출규모는 2,000만 달러로 일본의 13%, 독일의 25% 수준이다.** 또한 신재생에너지 RD&D 중에서 태양광 발전 관련 RD&D가 차지하는 비중은 독일이 44%, 일본이 60%인 반면 한국은 26%이다. 특히 독일은 2005년 이후 총 에너지 RD&D의 10% 이상을 태양광 발전에 투입하는 등 태양광에 대한 "선택과 집중"을 강화하고 있다.

4. 정책적 시사점

첫째, 태양광 가치사슬의 상단부분을 미래 스타산업으로 육성해야 한다. 폴리실리콘, 잉곳/웨이퍼, 셀의 핵심기술은 반도체, 전자, 제어계측 산업 등 현재 한국의 국가기간 산업과 일치하기 때문에 단기간에 기술 경쟁력 향상이 가능하다. 따라서 미래 국가 신성장동력 확보차원에서 '태양전지 효율 향상', '유기 태양전지', '박막 태양전지' 등 2, 3세대 태양광 기술개발의 중장기 로드맵을 구상하고 국가 지원을 확대하여 제2의 반도체 신화를 만들어야 한다.

둘째, 남북 태양광 클러스터 구축을 검토할 필요가 있다. 태양광 발전은 신재생에너지 群 중에서 남한의 기술과 북한의 노동력이 결합할 수 있는 최고의 아이템이다. 남북 태양광 클러스터를 구축한다면 태양광 산업의 수출산업화를 앞당기는 동시에 남북의 에너지 문제를 남북한이 함께 해결하고, 외교적 상징성과 평화적 분위기 조성에도 도움이 된다. 예로써 군사분계선을 중심으로 남쪽에는 기술집약형 RD&D 단지를 조성하고, 북쪽에는 노동집약형 생산단지로 구성된 세계 최대 규모의 **"남북한 태양광 클러스터"** 구축을 고려해 볼 수 있다. 남북한 협력을 통해 중국 썬테크파워의 이시공장 규모와 경제성을 능가하는 세계 최대의 태양광 단지를 설립하는 것이다. 아울러 세계 최대 규모의 태양광 발전소를 남북접경지역 또는 북측에 설치하는 방안을 구상해 볼 수 있다.

셋째, RD&D 지출 규모와 비중을 선진국 수준으로 확대해야 한다. IEA 통계에 의하면 한국의 경우 신재생에너지 RD&D에서 태양광 RD&D가 차지하는 비중은 26%로서 독일(44%)과 일본(60%)이 태양광에 집중하고 있는 것과 대비되고, 지금과 같은 분산투자로는 세계 수준의 태양광 발전 경쟁력을 확보하기 어려울 수 있다. 따라서 10년 후를 대비하여, 지금 상업적 접근 가능성이 높은 바이오매스, 풍력과 획기적으로 차별되는 규모로 태양광 발전의 RD&D 비중을 확대하여 한다.

넷째, 보급 확대를 위한 보급보조정책을 강화하여야 한다. 태양광 발전은 잠재력은 크지만 발전단가가 높아 발전차액, 세액 공제 등 정부 정책에 대한 의존도가 초기 시장 형성에 대단히 중요하다. 특히 한국의 태양광 보급량은 전 세계 누적 보급량의 0.5%에 미치지 못하는 수준으로 '규모의 경제'를 달성하기에 역부족이다. 따라서 스페인의 사례처럼 정부가 보급을 확대하여 시장 성장을 견인하는 구조가 필요하다. 이를 위해 발전차액지원제도의 예산을 확대하고, 공공기관 신재생설비 설치의무화를 민간기관의 신증축에 확대 적용 할 것을 고려하며, 그린홈 사업 추진을 위한 정부의 장기저리 용자와 보조금 규모를 확대하여야 한다.

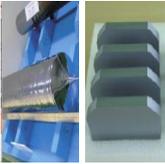
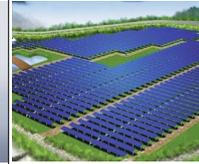
1. 태양광 발전(發電)의 개요와 그리드 패러티

(1) 태양광 발전의 개요

○ 태양광 발전은 태양광 에너지를 전기 에너지로 전환하여 전기를 생산

- 태양광 발전은 규소에서 추출한 폴리실리콘으로 잉곳/웨이퍼를 만들고, 이를 태양전지 셀과 모듈로 엮고, 모듈을 넓게 펼쳐 발전소를 설치
- 태양광은 무한 청정에너지 이지만, 발전단가가 높아 그리드 패러티 도달이 쉽지 않다는 것이 최대의 단점

<태양광 발전의 개요>

가치사슬	소재	부품	태양전지		전력기기	설치, 서비스
	폴리실리콘	잉곳/웨이퍼	셀	모듈	인버터/배터리	EPC/유지보수
제품						

○ (Grid Parity의 정의) 어떤 발전 시스템의 발전 코스트가 기존 전력(grid)과 동등(parity)하게 되는 시점을 **Grid Parity**라 함

(2) 한국의 Grid Parity 추산

- (2008년 Grid Parity) 2008년 전력 1kWh당 국내 발전정산단가는 68.9원이며, 이는 이론적으로 신재생에너지의 그리드 패러티 달성점으로 간주할 수 있음
- 2008년 국내 전기 생산의 에너지원별 비중은 원자력 35.6%, 화력(석탄, 유류, 가스) 61.9%, 수력 및 기타 2.5%임

< 2008년 에너지원별 발전전력량 >

(단위:GWh)

에너지원	수력	화력			원자력	집단	대체	합계
		석탄화력	유류화력	가스화력				
전기생산량	5,567	172,554	17,247	72,615	150,958	4,554	928	424,423
비중	1.3	40.7	4.1	17.1	35.6	1.1	0.2	100

자료: 한국전력, 『전력통계속보』, 2009.1

- 에너지원별 발전전력 비중에 따라 에너지원별 발전정산 단가를 곱하여 계산하면, 2008년 기준 한국의 그리드 패리티는 68.9원으로 추정
- 2007년 기준 전력생산에서 유연탄과 무연탄의 사용비율은 96:4 이므로, 화력발전 단가는 유연탄을 기준으로 계산

< 2008년 에너지원별 발전정산단가 >

에너지원	발전정산단가	비중	2008년 전력 생산단가 (= 신재생에너지의 그리드 패리티)
수력	136.7원	1.3	68.9원
석탄(유연탄)	51.2원	40.7	
유류(중유)	190.9원	4.1	
가스(LNG)	143.7원	17.1	
원자력	39.0원	35.6	

자료: 전력거래소(www.kpx.or.kr)

(3) 국내 신재생에너지 발전단가

- (신재생에너지원별 발전단가) 2008년 기준 국내 신재생에너지원별 발전단가를 추산하면 바이오매스(69원)가 가장 싸고, 태양광(570원)이 가장 비쌈
- 신재생에너지원별 발전단가는 지식경제부의 발전차액지원제도에 고시된 기준가격의 중간값으로 계산

- **발전차액지원제도** : 신재생에너지 투자경제성 확보를 위해 신재생에너지 발전에 의하여 공급한 전기의 전력거래 가격이 지식경제부 장관이 고시한 기준가격보다 낮은 경우, 기준가격과 전력거래와의 차액(발전차액)을 지원해주는 제도

< 2008년 신재생에너지원별 발전단가 >

	바이오매스	조력	연료전지	풍력	태양광
kWh당 발전단가	69원	77원	168원	170원	570원
전력발전단가 환산비	100	111	243	246	827

주 1: 지식경제부의 발전차액지원제도의 기준가격을 기초자료로 사용

주 2: 전력발전단가 환산비는 전력발전단가 68.9원 = 100을 기준으로 환산

(4) 태양광의 그리드 패러티 도달 시기

- 태양광은 다른 신재생에너지원과 비교하여 획기적인 방법이 도입되지 않는 한 그리드 패러티에 도달하기 가장 어려운 위치에 있음
 - 현재의 기술수준을 고려할 때 태양광발전이 기존 화석연료에 대해 발전단가 측면에서 경제성을 갖는 것은 일본 2010년, 미국 2015년, 한국은 2020년에 가능¹⁾
 - 그러나 태양광발전의 온실가스 저감 효과, 에너지 안보, 전력요금 현실화 등 기술외적 편익을 고려할 때 경제성 확보시기를 5년 정도 단축 가능
 - 2013년 이후 탄소비용을 계산하면 신재생에너지와 기존에너지의 발전단가 격차가 대폭 줄어, 그리드 패러티 도달시점도 더욱 빨라질 수 있음
 - 현재 탄소비용은 1톤당 25~37달러로 계상되고 있음
 - 유가가 40 달러 이상을 유지한다는 전제하에서 추정
- 발전단가만으로 추측하면 태양광이 그리드 패러티에 도달할 때면 여타의 신재생에너지는 그리드 패러티에 도달 할 수 있을 것으로 예상

1) 강희찬(2007), 부상하는 태양광 발전, 삼성경제연구소 에서 인용

2. 한국 태양광 발전의 잠재력

(1) 압도적인 기술적 잠재량

○ 태양광은 한반도에서 활용가능한 재생에너지 중 최대의 잠재량을 보유

- 현재의 기술수준으로 한반도에서 활용가능한 재생에너지의 잠재량은 1,750,933 천 TOE임
- 이 중 태양광이 33.4%인 585,315천 TOE를 차지하고, 태양열이 50.0%인 870,977천 TOE를 차지
- 13.4%의 지열을 제외한 다른 에너지는 1~2% 수준으로 잠재량 면에서 태양광이 압도적임
- 태양열까지 포함하면 태양관련 에너지의 잠재량은 83.4%를 차지

<한반도의 재생에너지 전체 잠재량>

(단위: 천 TOE, %)

태양열	태양광	풍력		수력	바이오매스	지열	해양 (조력/조류)	총계
		육상	해상					
870,977	585,315	12,338	22,021	20,867	2,325	233,793	2,847	1,750,933
(50.0)	(33.4)	(0.7)	(1.3)	(1.2)	(0.1)	(13.4)	(0.2)	(100)

자료: 김광득, 한국에너지기술연구원

주: 1) 기술적 잠재량이란 현재의 기술 수준으로 산출될 수 있는 최종 에너지의 양을 나타낸 값으로 기기의 시스템 효율 등을 적용하여 산출함

2) 태양광의 기술적 잠재량은 현재의 기술수준인 태양광 변환효율 15%를 적용함

(2) 상대적 우위에 있는 기술수준

○ (가장 높은 기술수준과 국산화율) 태양광 발전은 신재생에너지 群 중에서 가장 높은 기술수준과 국산화율을 보유

- (기술수준) 태양광 에너지의 기술수준은 선진국을 100으로 할 때 83으로 소수력(83)과 함께 선진국 수준에 가장 근접
 - 신재생에너지 평균 71을 크게 상회함은 물론 풍력(79), 해양(79), 폐기물(75)을 능가하는 가장 높은 수준

<신재생에너지 분야별 기술수준 및 국산화율>

구분	기술수준	국산화율		구분	기술수준	국산화율	
		설계	제작·생산			설계	제작·생산
수소	51	46	47	태양열	69	73	74
연료전지	66	64	64	폐기물	75	81	74
태양광	83	88	75	지열	69	69	64
풍력	79	70	86	소수력	83	78	72
석탄이용	56	48	57	해양	79	83	81
바이오	74	68	68	전체평균	71	70	69

자료: 신재생에너지 백서 (2008)

주: 2007년말 기준

- (국산화율) 태양광발전 설계의 국산화율은 88, 제작·생산의 국산화율은 75로 평균을 크게 상회
 - 설계부분의 국산화율은 신재생에너지 중 가장 높은 수준이며, 제작·생산의 국산화율은 풍력(86)에 이은 두 번째

- 높은 기술수준에도 불구하고, 저부가 노동집약적 영역인 모듈 조립과 이후 설치, 유지보수에 집중 된 것은 기술외적 요인이 크게 작용한 것으로 판단
 - 태양광 발전의 높은 발전단가에 불구하고 정부의 차액 보조가 충분하지 않고,
 - 태양광 발전 보급률이 낮아 규모의 경제가 발생하고 있지 않으며,
 - 선진국 대비 장치주도 영역의 시설투자가 늦은 것 등이 주요 원인으로 작용

(3) 최고 수준의 연관 산업 기술력

- (기술) 태양광 발전산업은 소재산업을 핵심산업으로 하고 반도체 산업, 제어 계측산업, 그리고 건설업이 연관되는 사업
 - 한국은 세계최고 수준의 반도체기술과 토목건설 기술을 보유하고 있고, 전자산업 제어계측산업도 최고 수준

< 신재생에너지산업의 기존산업과의 연계성 >

	핵심산업	연관산업
태양광	소재산업	반도체산업, 전자산업, 제어계측산업, 건설업 등
풍력	기계부품산업	소내산업, 토목건축업, 운송업 등
바이오	농화학관련산업	기계공학, 운송 및 보관업, 가공 및 처리 등

자료: 한국은행(2008)

- 폴리실리콘, 잉곳/웨이퍼는 반도체 산업과 동일한 기술력을 필요로 하기 때문에 반도체 산업의 기술력을 토대로 단기간에 발전하는 것이 가능
 - 동양제철화학, KCC, 웅진, LG 화학 국내 업체들이 2009~2010년을 기점으로 폴리실리콘 양산체제를 빠르게 갖추고 있으나,

- 폴리실리콘 수출 보다는 모듈 단위로 가공하여 수출하는 것이 더욱 고부가가치를 가질 수 있음

(4) 높은 고용효과

- 신재생에너지는 기존 화력발전에 비하여 1MW생산시 고용창출 효과가 높으며, 특히 태양광은 27.3명으로 가장 높은 수준
- 태양광 발전의 고용창출 효과가 높은 것은 『모듈』 이후부터 설치, 서비스의 노동집약적 공정이 가장 큰 이유

< 신재생에너지의 고용창출 효과 (1MW²) 생산시 >

화력발전	풍력	바이오	태양광
0.3명	3.6명	13.5명	27.3명

자료: 신성장동력포럼(2008)
주: 한국, 미국, EU 평균

(5) 최적의 남북경협 모델

- 태양광 발전은 기본적으로 기술집약적인 업스트림과 노동집약적인 다운스트림으로 구성
- 태양광 발전 남북 경협 모델의 기본골격은 기술집약적인 업스트림은 남한이 수행하고 노동집약적인 다운스트림은 북한이 수행하여 『태양광 수출산업화』를 추진하고자 하는 것
- 북한의 인건비를 활용하면 모듈 생산비와 설치비를 대폭 줄일 수 있어 단가하

2) 1MW는 평상시 전력 사용량을 기준으로 300가구 정도가 사용할 수 있는 전력량

락으로 그리드 패리티 접근과 수출경쟁력 강화가 가능

- 2007년 기준 한국과 북한, 중국의 인건비를 비교하면, 남한이 3,240 US\$, 북한이 73 US\$, 중국이 301 US\$ 임
 - 한국의 인건비는 2007년 피용자 보수 3,609만원에 평균환율을 928원을 적용, 북한의 인건비는 개성공단 인건비를 준용

< 남북 태양광 산업 클러스터 모델 >

	남한		북한		남북한공통
부문	기술집약부문		노동집약부문		공통부문
제품	폴리실리콘	잉곳 / 웨이퍼	셀	모듈	공장설치
비교우위	세계 1위의 반도체 기술력 활용		중국 보다 저렴한 인건비 활용		DMZ 또는 남북 접경지역에 세계최대 태양 전지공장(또는 발전소) 설립
생산요소	자본, 기술 제공		노동, 부지 제공		

- 태양광 발전 시스템의 가격 구성 비율은 실리콘 8%, 잉곳/웨이퍼 12%, 셀 19%, 모듈 18%로 구성이며, 이 외에 기타요소 15%, 설치 18%, 부대비용 10%로 구성
 - 이를 소재 및 전방비용 50%, 단순노동 및 후방비용 50%로 단순화하고,
 - 인건비 비율 (3,240 USD vs 73 USD)을 적용하면 최소 30% 이상의 원가절감이 가능
- 실례로 중국의 선테크파워3)의 이시공장이 있는 강소성 인건비를 사용하여 2009년 세계 3위의 태양전지 업체로 급 부상

3) <참고>의 설명을 참조

< 한국과 북한, 중국의 인건비 비교 >

한국 (= 4438)	북한 (=100)	중국 (=412)
3,240 US \$	73 US \$	301 US \$

주: 한국과 중국은 2007년 기준, 북한은 2008년 기준

【참고】 중국의 선테크 파워 (Suntech Power)

- 중국의 선테크 파워(Suntech Power)는 중국내 싼 인건비로 저렴한 가격의 태양전지 모듈을 생산, 수출하여 단기간에 급성장
 - Suntech는 2001년 사업개시후 연산 160MW(2006년) 규모를 가진 세계 8위의 태양전지 제조 업체로 급성장
 - 2006년 8월 태양전지 모듈업체인 일본의 MSK를 인수
 - 2006년 매출실적 및 영업이익률이 각각 전년대비 146%, 8.1%p 상승한 5.6억 달러 및 23.1% 기록
- 2009년 1월, 강소성 이시공장은 세계 최초로 태양전지 셀과 모듈 1GW 생산능력을 갖추고 중국 1위, 세계 3위 태양전지 업체로 급성장
 - PHOTON International(2008.3)에 따르면 Suntech Power는 Q-Cells(독)와 Sharp(일)에 이어 세계 3위 업체
 - 외국기술 의존도가 90%가 넘는 중국에서 Suntech Power가 급성장한 가장 큰 이유는 중국 정부의 지원, M&A, 그리고 싼 인건비 때문
- 관련업계에서는 Suntech Power가 중국의 태양광 기술을 15년 앞당긴 것으로 평가
 - 선테크 파워의 사례는 태양전지 사업에서 저렴한 인건비의 중요성을 확인할 수 있는 사례

3. 한국 태양광 발전의 현황과 문제점

(1) 공급측면 (생산현황)

○ 태양광발전과 관련된 생산능력(량)은 태양전지 생산능력(량)으로 집계

- 2007년 세계 태양전지 생산량은 4,274 MW이며, 이 중 28.1%인 1,201 MW를 중국에서 생산
- 2006년 170 MW 생산으로 세계 6위를 차지하던 대만도 2007년에는 세계 시장의 10.8%를 생산하면서 4위로 성장

< 지역별 태양전지 연간 생산량 >

	2006 생산량			2007 생산량		
	MW	%	순위	MW	%	순위
중국	383	15.1	3	1,201	28.1	1
일본	922	36.4	1	932	21.8	2
독일	508	20.0	2	876	20.5	3
타이완	170	6.7	6	462	10.8	4
유럽(독일제외)	208	8.2	4	295	6.9	5
미국	174	6.8	5	273	6.4	6
한국	-	-	-	40	-	-
기타	163	6.0	-	240	5.6	-
총계	2,536	100	-	4,274	100	-

자료: Photon International, 2008.3; 한국 자료는 언론 종합

주: 기타국이 제외되어 상기 8개국의 합과 총계의 합은 일치하지 않음

- 중국과 대만의 모듈 생산량을 합치면 전 세계 생산량의 40%에 이르고 일본과 독일이 각각 20%대의 생산량을 차지

- 일본과 독일, 미국이 세계 태양광 산업을 선도해 나아가던 상황에서 중국과 대만의 공격적인 투자와 실리콘 소재의 불균형의 영향으로 판도가 변화

○ (업체별) 독일의 큐셀, 일본의 샤프, 중국의 선테크 파워가 3강 체제를 형성

- 큐셀은 389MW를 생산하여 1위, 샤프는 363MW로 2위, 선테크가 336MW로 3위를 기록했고, 일본 교세라(207MW), 미국 퍼스트 솔라(200MW), 대만 모텍(176MW)의 순
- 2000년 이후 7년 연속 1위를 차지하던 샤프는 박막태양전지 양산 설비확충과 폴리실리콘 재생설비 투자에 집중하면서 2위로 하락

○ (국내 생산능력) 한국의 태양전지 생산능력은 급속 확대되고 있지만 세계시장 점유율은 3% 미만

- 한국의 생산능력은 2007년 100MW에서 2008년 166MW, 2009년 931MW로 급속히 확대될 것으로 예상
- 생산능력이 생산량을 의미하는 것은 아니며, 2007년 한국의 생산량은 폴리실리콘 수급 불균형으로 40MW에 그침
- 이를 2007년 세계 점유율을 환산하면 1%에 못 미치는 수준
- 2008년 생산능력 166MW를 전부 생산량으로 간주하여도 세계 태양전지 시장에서 한국의 점유율은 3%에 못미치는 것으로 추정

(2) 수요측면 (보급현황)

○ 2006년 IEA-PVPS⁴⁾ 회원국의 태양광 신규보급량은 1.6GW, 누적보급량은

5.1GW로 최근 4년간 50% 성장

- 가장 파격적인 성장을 이룬 나라는 독일로 독일의 신규보급량은 2004년부터 일본을 앞지르기 시작
 - 일본의 신규보급량은 2003년까지 세계 1위를 유지하였지만, 독일 정부의 강력한 태양광 보급 확대 정책에 밀려 2006년에는 독일의 1/3 수준에 불과
- 독일은 2006년 기준 세계 신규보급량의 52%, 누적보급량의 55%를 차지하는 태양광 발전 대국으로 성장
- 독일, 일본, 스페인 3국의 누적보급량을 합치면 세계 태양광 보급의 91%를 차지
 - 2004년 이후 태양광 발전 강국으로 떠오른 스페인도 정부의 강력한 보급 확대 정책이 주효

< 세계 태양광 발전 보급 현황 >

(단위: MW)

	신규보급량					누적보급량	
	2002	2003	2004	2005	2006	2005	2006
일본	180	220	270	310	290 (18%)	1,250	1,540 (30%)
독일	80	150	600	860	830 (52%)	1,900	2,800 (55%)
스페인	5	5	57	65	100 (6%)	220	320 (6%)
미국	-	-	12	23	106 (7%)	50	160 (3%)
한국	-	-	3	5	22 (1.3%)	8	30 (0.5%)
세계	270	400	900	1,250	1,600 (100%)	3,500	5,100 (100%)

자료: 2008 신·재생에너지 백서, 지식경제부·신재생에너지센터

주: 1) ()안은 2006년 전세계 보급량 대비 각국의 비중

2) 기타국이 제외되어 상기 5개국의 합과 세계의 합은 일치하지 않음

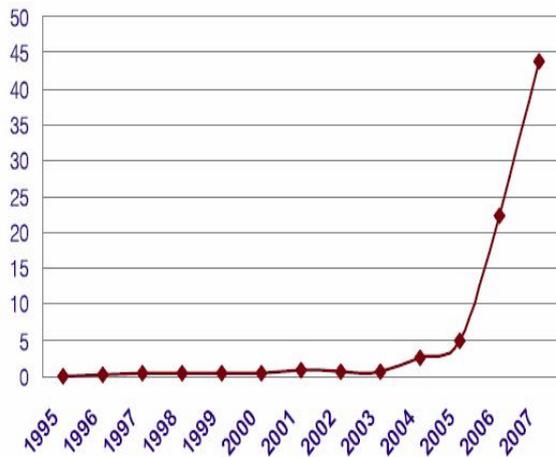
4) IEA Photovoltaic Power Systems Programme (PVPS)의 약자로 2003년 IEA 내부에 설립된 태양광 발전 공동 프로젝트 추진협의체를 의미하며, 한국을 비롯하여 미국, 일본, 독일 등 23개국이 회원으로 참여

○ 한국의 태양광 발전은 2005년 이후 급성장 하고 있으나 태양광 선진국의 보급비율과 매우 큰 격차

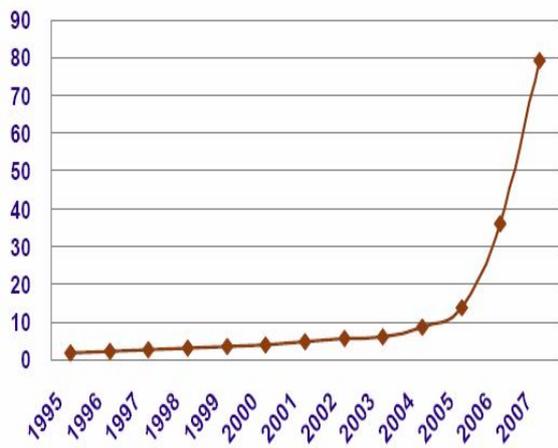
- 2007년 신규보급량은 45MW, 누적보급량은 77MW 수준으로 예상
 · 신규보급량은 2006년 대비 96%, 최근 5년간 180% 성장한 수준이며 누적 보급량도 최근 4년간 연평균 115%가 넘는 증가세를 시현

- 그러나 신규보급량(2006)은 세계의 약 1.6% 수준, 누적보급량(2006)은 0.5% 수준으로 '규모의 경제'를 달성하기에는 역부족

<국내 태양광 신규보급량 추이(MW)>



<국내 태양광 누적 보급량 추이(MW)>



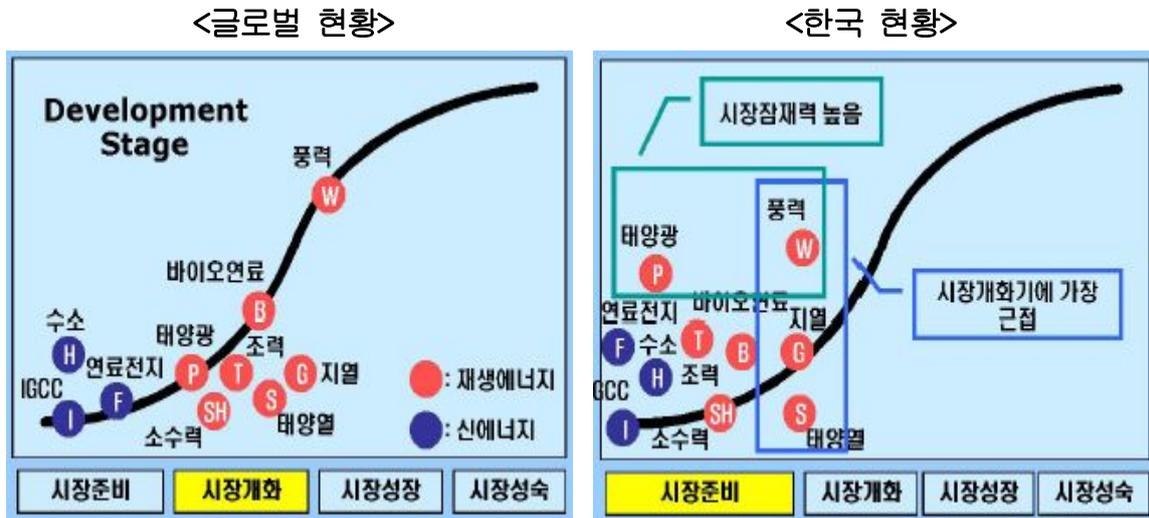
자료: 태양광 산업의 Value Chain 분석(2008) 요약집, 화학경제연구원

(3) 태양광 시장발전 단계

○ 한국의 태양광 발전은 시장잠재력은 높지만 아직 시장준비 단계에 위치

- 글로벌 태양광발전이 시장개화 단계에 있는 반면, 한국의 태양광 발전은 시장준비 단계에 위치

- 가장 큰 원인은 국내 시장이 협소하여 '규모의 경제' 효과가 발휘되지 못하기 때문이며 '규모의 경제' 효과 부족이 다시 시장 성장을 저해하는 악순환의 상황



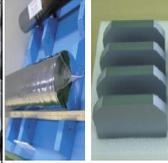
자료: 제4차 녹색성장국민포럼 연구결과 발표집. 2009.3.25.

(4) 태양광 발전 산업 구조

- 한국의 태양광 발전은 고부가 영역은 참여자가 부족한 과점형태, 저부가 영역은 참여자가 과도한 과당경쟁형태의 구조
 - 태양광 발전의 다운스트림은 기술집약적인 특성을, 업스트림은 노동집약적인 특성을 보유
 - 업스트림의 폴리실리콘, 잉곳/웨어퍼 셀 등은 고기술이 요구되는 기술집약형 장치산업으로 시장진입장벽은 높으나 고부가가 가능
 - 다운스트림의 모듈조립, 설치, 유지보수 쪽으로 갈수록 중저위 기술이 요구되는 노동집약적 작업으로 부가가치가 낮은 반면 시장진입장벽은 낮음

○ 태양광 발전의 가치사슬은 폴리실리콘, 잉곳/웨이퍼, 셀, 모듈, 설치/서비스로 구성

< 태양광발전 산업구조 >

가치사슬	소재	부품	태양전지		전력기기	설치, 서비스
	폴리실리콘	잉곳 / 웨이퍼	셀	모듈	인버터/배터리	EPC ⁵⁾ , 유지보수
제품						
단계	초기양산	기존시장형성	초기진입		외산의존	-
가격구성	8%	12%	19%	18%	15%	설치 18% 부대비용 10%
진입장벽	높음		중간	낮음	낮음	낮음
영업이익률	14~36%	16~26%	10~20%	5~13%	8%이하	-
글로벌 1위 업체	헴록 (미국, 33%)	신에츠 (일본, 33%)	샤프 (일본, 26%)	선테크파원 (중국, 6.3%)	-	-
국내 대표업체	동양제철화학 KCC 한국실리콘 삼성석유화학 웅진폴리실리콘	실트론 네오세미테크 스마트에이스 넥솔론 웅진에너지	현대중공업 미리넷솔라 KPE 신성홀딩스 한국철강	현대중공업 LS산전 심포니에너지 에스에너지 이건창호	-	현대중공업 LG CNS LG솔라에너지 효성

자료: 신재생에너지백서(2008); Sarasin(2005); '태양광 발전산업의 글로벌 동향과 시사점(2008)', 산업은행
주: 글로벌 1위 업체는 2006년 기준, 수치는 시장점유율

5) EPC : Engineering, Procurement, Construction

- (폴리실리콘) 2008년 3월부터 상업생산을 시작하고 2009년 이후 본격적인 양산에 들어가는 등 소수 대기업 위주로 진출
 - 2008년 3월부터 양산에 들어간 동양제철화학을 선두로 KCC, 현대중공업, 한국실리콘 등이 2009년과 2010년부터 본격적인 양산에 돌입
 - 동양제철화학은 Sunpower, KCC는 Solarpower, 한국실리콘은 미국의 PPP에 양산과 동시에 전량 공급을 위한 장기계약을 체결한 상태
 - 한편 당초 공급부족 예상과 달리 경기침체의 여파로 국내 기업들의 양산이 본격화 되는 2009년과 2010년에 일시적인 세계 공급과잉 우려도 제기

< 폴리실리콘 수급 추이 및 전망 >

(단위 : M/T, %)

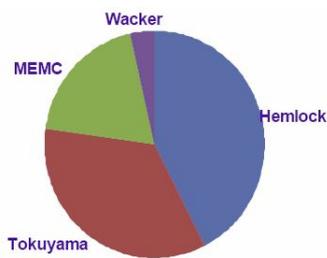
		실적			전망		
		2005	2006	2007	2008	2009	2010
생산	생산능력	31,280	38,000	45,760	82,800	103,300	130,900
	생산	31,280	38,000	45,760	57,852	83,745	105,390
수요	30% 증가	41,000	49,000	54,500	63,850	75,655	90,634
	(과부족)	(△9,720)	(△11,000)	(△8,740)	(△5,998)	(8,090)	(14,756)

자료: '폴리실리콘 산업의 부상과 향후전망(2008. 8)', 산업은행

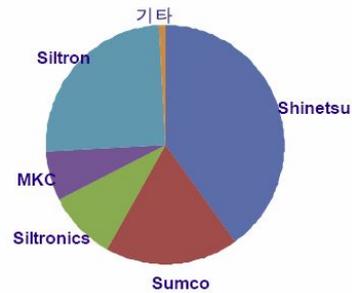
- (태양전지 셀) 국내업체의 참여와 생산이 부족하여 태양전지 셀 수급은 거의 수입에 의존, 2008년부터 개선 중
 - 2007년 국내 태양전지 수입량은 47.74MW로 2006년에 비하여 112% 증가
 - 2007년 국내 태양전지 시장규모는 1,700억원대로 추산되나 국산 15%, 수입 85%의 비중
 - 태양전지 신증설이 이루어지는 2008년 이후 국내 태양전지 생산능력이 200MW를 넘어서고 태양전지의 시장 점유율도 개선될 전망
- (태양전지 모듈) 수입의존도가 높은 셀과는 달리 모듈은 국산업체의 참여도와 점유율이 높음

- 2007년 국내 모듈 생산능력은 210MW로 국내 모듈 수요 70MW를 상회하고 시장점유율은 국산 59%, 외국산 41%
- 폴리실리콘, 웨이퍼 셀 등 고부가 영역에 대한 국내기업 점유율은 낮은 반면, 저부가 영역인 모듈부터 국내기업의 점유율이 급증

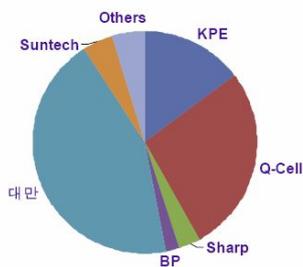
<폴리실리콘>



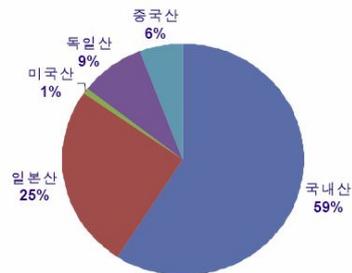
<웨이퍼>



<셀>



<모듈>



자료: 태양광 산업의 Value Chain 분석(2008) 요약집, 화학경제연구원
 주: 2007년 기준

- (설치, 서비스) 태양광(열) 에너지 전문기업으로 등록된 업체의 대부분은 태양광 가치사슬의 가장 저부가 영역인 태양전지 모듈 이후 설치/유지보수에 집중
 - 2007년 12월 기준 태양광(열) 전문기업으로 등록된 업체는 1,537개로 전체 신 재생에너지 전문기업 2,658개의 57.8%를 차지
 - 업체간 과당경쟁으로 인한 설치 단가 하락의 장점에도 불구하고, 서비스 품질 하락, 무리한 시공, 저가수주 반복 등 부작용이 발생

<신재생에너지 전문기업 등록현황>

(단위: 개)

태양	바이오	풍력	수력	연료전지	석탄가스	실등록수
1,537	93	286	53	53	32	1,708
해양	폐기물	지역	수소	기타	-	합계
34	73	440	40	17	-	2,658

자료: 신재생에너지 백서 (2008)

주: 1) 2007년 12월 현재

2) 2종 이상 등록기업이 있어, 실등록수와 등록분야별 전문기업 숫자에 차이가 있음

(6) 태양광 발전 RD&D 지출 규모와 비중

○ 2006년 기준 한국의 태양광 발전 RD&D 지출규모 일본의 13%, 독일의 25% 수준

- RD&D 지출규모는 연구개발 및 보급(Research, Development and Deployment)에 투하되는 비용의 크기

- 2006년 태양광 발전 관련 RD&D 지출규모는 일본이 1억 5,000만 달러, 한국이 2,000만 달러로 한국이 일본의 13% 수준에 그침

○ 신재생에너지 RD&D 규모 중에서 태양광 발전 관련 RD&D가 차지하는 비율도 독일과 일본에 크게 되져 있음

- 신재생에너지 RD&D에서 태양광 발전 RD&D가 차지하는 비중인 독일이 44%이고 일본이 60%인 반면 한국은 26%에 그침

- 특히 독일은 2005년 이후 총 에너지 RD&D의 10% 이상을 태양광 발전에 투입하는 등 태양광 선진국을 향하여 질주

<주요국 태양광 발전 RD&D 비율 비교>

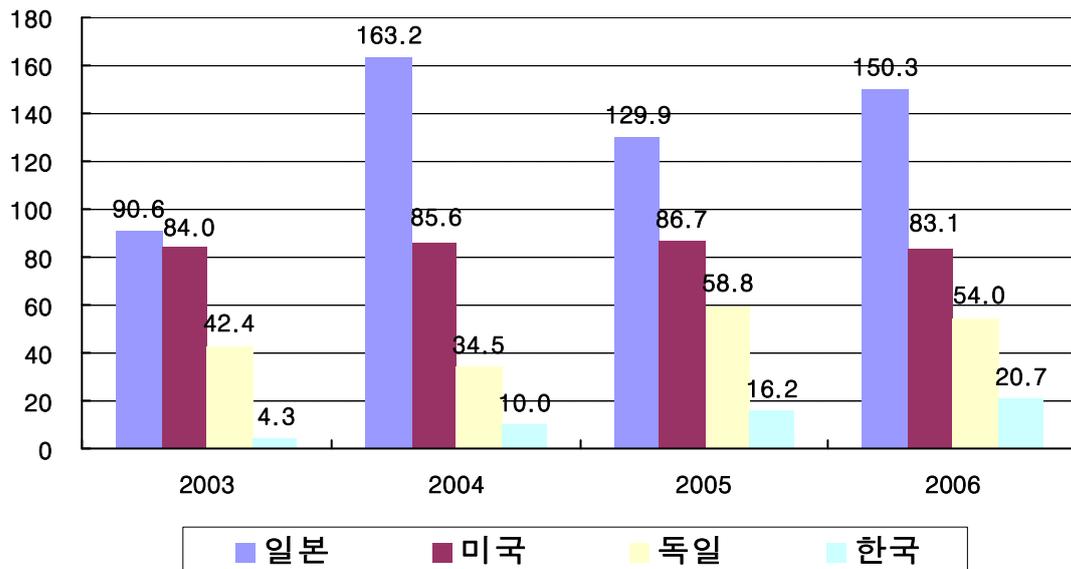
(단위: %)

구분	태양광에너지 / 신재생에너지			태양광에너지 / 총 에너지		
	2004	2005	2006	2004	2005	2006
독일	43	45	43	7	11	10
일본	56	60	64	5	4	4
한국	24	29	27	3	4	4

자료: <http://www.iea.org/Textbase/stats/index.asp>

<주요국의 태양광 발전 관련 RD&D 지출 추이>

(단위: 백만 US\$)



자료: <http://www.iea.org/Textbase/stats/index.asp>; 신재생에너지백서(2008)

4. 정책적 시사점

- 첫째, 태양광 가치 사슬의 상단 부분을 미래의 스타 산업으로 육성하기 위한 중장기 로드맵 마련과 정책적 지원이 필요
 - 폴리실리콘, 잉곳/웨이퍼, 셀의 핵심기술은 반도체, 전자, 제어계측 산업 등 현재의 한국의 국가기간 산업과 일치
 - 현재의 기술과 연계하면 단기간에 기술 경쟁력 향상이 가능
 - 이를 위해 신성장동력 확보차원에서 '태양전지 효율 향상', '유기 태양전지', '박막 태양전지' 등 2, 3세대 태양광 기술개발의 국가 지원을 확대하는 한편,
 - 태양광을 발전원으로 한 중소지역 단위의 스마트 그리드 구축도 고려

- 둘째, 태양광 발전과 관련된 남북 태양광 클러스터 협력 모델 구축을 고려
 - 태양광 발전은 신재생에너지 群 중에서 남한의 기술과 북한의 노동력이 결합할 수 있는 최고의 아이템
 - 태양광 산업의 수출산업화를 앞당기는 동시에 남북의 에너지 문제를 함께 해결하고, 외교적 상징성 확보와 평화 증진에도 가능

 - 남북 합작의 태양광 클러스터 구축을 북한에 제안하여 한반도 에너지 단일권을 위한 초석으로 활용
 - (기술측면) 군사분계선을 중심으로 남쪽에는 기술집약형 태양광 R&D 단지와 태양전지 소재, 셀 생산 시설을 건립하고,
 - (노동측면) 북쪽에는 모듈 조립 등 노동집약형 태양광 단지를 조성하여 중국의 썬파워테크의 강소성 이시공장을 능가하는 세계 최대의 태양전지 클러스터를 남북한이 공동으로 건립/운영
 - 아울러 세계 최대의 태양광 발전소를 남북접경지역 또는 북한 대도시에 설치하는 것도 고려

○ 셋째, 태양광 발전을 위한 **RD&D** 지출 규모와 비중을 선진국 수준으로 확대하여야 함

- IEA 통계에 의하면 신재생에너지 RD&D에서 태양광 RD&D가 차지하는 비중이 독일 44%, 일본 60%인 반면 한국은 26%에 그침
 - 이는 독일과 일본에 비하여 한국의 경우 태양광 발전에 대한 '선택과 집중'이 부족하다는 의미
- 따라서 10년 후를 대비하여, 지금 상업적 접근 가능성이 높은 바이오매스, 풍력 등에 대한 지원 규모와는 차등되는 획기적인 규모로 태양광 발전의 RD&D비중을 확대해야 함

○ 넷째, 보급 확대가 시장 성장을 견인하고 '규모의 경제' 효과를 진작 하도록 보급보조 정책을 강화

- 태양광 발전은 잠재력은 크지만 발전단가가 높아 발전차액, 세액 공제 등 정부 정책에 대한 의존도가 초기 시장 형성에 대단히 중요
- 한국의 태양광 보급량은 전 세계 누적 보급량의 0.5%에 미치지 못하는 수준으로 '규모의 경제'를 달성하기에 역부족
 - 스페인의 사례처럼 보급이 시장 성장을 견인하는 구조가 필요
- 이를 위해 발전차액지원 예산을 확대하고, 공공기관 신재생설비 설치의무화를 민간기관의 신증축에 확대 적용할 것을 고려
 - 태양광주택 10만호사업 (2020 그린홈 100만호 사업로 통합 개편)의 추진을 위한 정부의 장기저리 융자와 보조금 규모 확대도 필요
 - 중장기적으로 RPS(신재생에너지 의무 할당제)의 단계적 도입이 필요 **HRI**

이주량 연구위원 (jryanglee@hri.co.kr, 02-3669-4334)

HRI 經濟 指標

▶ 主要 經濟 指標 推移와 展望

주요 경제지표 추이와 전망								
		2007	2008(E)				2009 수정전망	
			상반기	3/4분기	4/4분기	전체		
국민 계정	경제성장률 (%)	5.0	5.3	3.8	-3.4	2.5	-2.2	
	최종소비지출 (%)	4.7	3.1	1.7	-2.4	1.3	-2.5	
	민간소비 (%)	4.5	2.9	1.1	-4.4	0.5	-2.8	
	총고정자본형성 (%)	4.0	0.3	1.4	-8.4	-1.9	-3.7	
	건설투자 (%)	1.2	-1.2	-1.3	-6.1	-2.7	1.8	
	설비투자 (%)	7.6	1.0	4.7	-14.0	-2.0	-11.5	
대외 거래	경상수지 (억 \$)	60	-53.5	-85.8	75.2	-64.1	110	
	통 관 기 준	무역수지 (억 \$)	147	-68	-79	15	-133	66
		수출 (억 \$)	3,715	2140	1,152	931	4,223	3613
		증가율 (%)	(14.1)	(20.4)	(27.3)	(-9.9)	(13.6)	(-14.4)
		수입 (억 \$)	3,568	2208	1,231	915	4,353	3,547
		증가율 (%)	(15.3)	(29.7)	(43.0)	(-9.0)	(22.0)	(-18.5)
기 타	소비자물가 (평균, %)	2.5	4.7				2.8	
	실업률 (%)	3.2	3.2				4.0	
	국제유가(Dubai, \$)	68	94.29				55	
원/\$ 환율 (평균, 원)		929.0	1,103.36				1,250	