

## 전세계 태양광 시장 동향 및 향후 전망

유진수(한국에너지기술연구원), 유권중(한국에너지기술연구원), 이준신(성균관대학교)

### I. 서론

현재 전세계가 직면하고 있는 가장 큰 불안 요인 중에 하나는 자원고갈에 따른 에너지 위기이다. 5월 9일 기준으로 미국 뉴욕상업거래소(NYMEX) 6월 인도분 서부 텍사스산 원유는 배럴당 126.20달러에 달해 1983년 원유 선물거래가 시작된 이후 사상 최대치를 기록했다. 또한 골드만삭스는 원유 공급이 지속적으로 증산되지 않을 경우 향후 2년내에 국제유가가 배럴당 150~200달러까지 치솟을 수 있다고 경고했고, 올해 유가 전망을 상향 조정했다. 따라서 이러한 지속적인 고유가의 원인으로 저가, 무한, 무공해 에너지원을 개발해야 할 필요성이 더욱 크게 대두되고 있으며, 태양광산업은 고유가시대 화석에너지의 대체, 온실가스 절감효과, 관련 산업의 성장에 따른 이윤창출 측면에서 에너지 수급 안정, 환경보존, 경제성장의 순환 고리를 이어주는 핵심 역할을 할 수 있는 중요한 산업으로 주목받고 있다. 태양에너지는 인류에게 적어도 향후 50억년 이상 에너지 공급이 가능한 무한에너지로써 현재 태양광발전의 실용화는 선진국을 중심으로 활발히 진행되고 있

다. 특히 미국의 2010년까지 “100만호 Solar Roofs Initiative” 계획에 따른 300 MW 보급계획, 독일의 10만호 PV Roofs-Top 보급계획, 일본의 주택용 태양광발전 기반 정비 사업 및 산업용 태양광발전 Field Test 사업 등이 막대한 세계시장 선점을 위한 국가적 차원의 대응뿐 아니라, 기후 변화 협약을 대비한 온실 가스 방지 실천 계획의 일환으로도 추진되고 있다. 국내에서도 반도체산업 인프라를 활용하여 적극적으로 태양광산업이 확대되고 있고, 기술 개발을 통한 에너지 수출산업으로의 초석을 다지고 있다. 본 고에서는 현재 신재생에너지 분야에서 크게 관심이 고조되고 있는 전세계 태양광시장의 동향을 파악하고 향후 전망에 대해 알아보고자 한다.

### II. 해외 태양광산업 시장 동향 및 전망

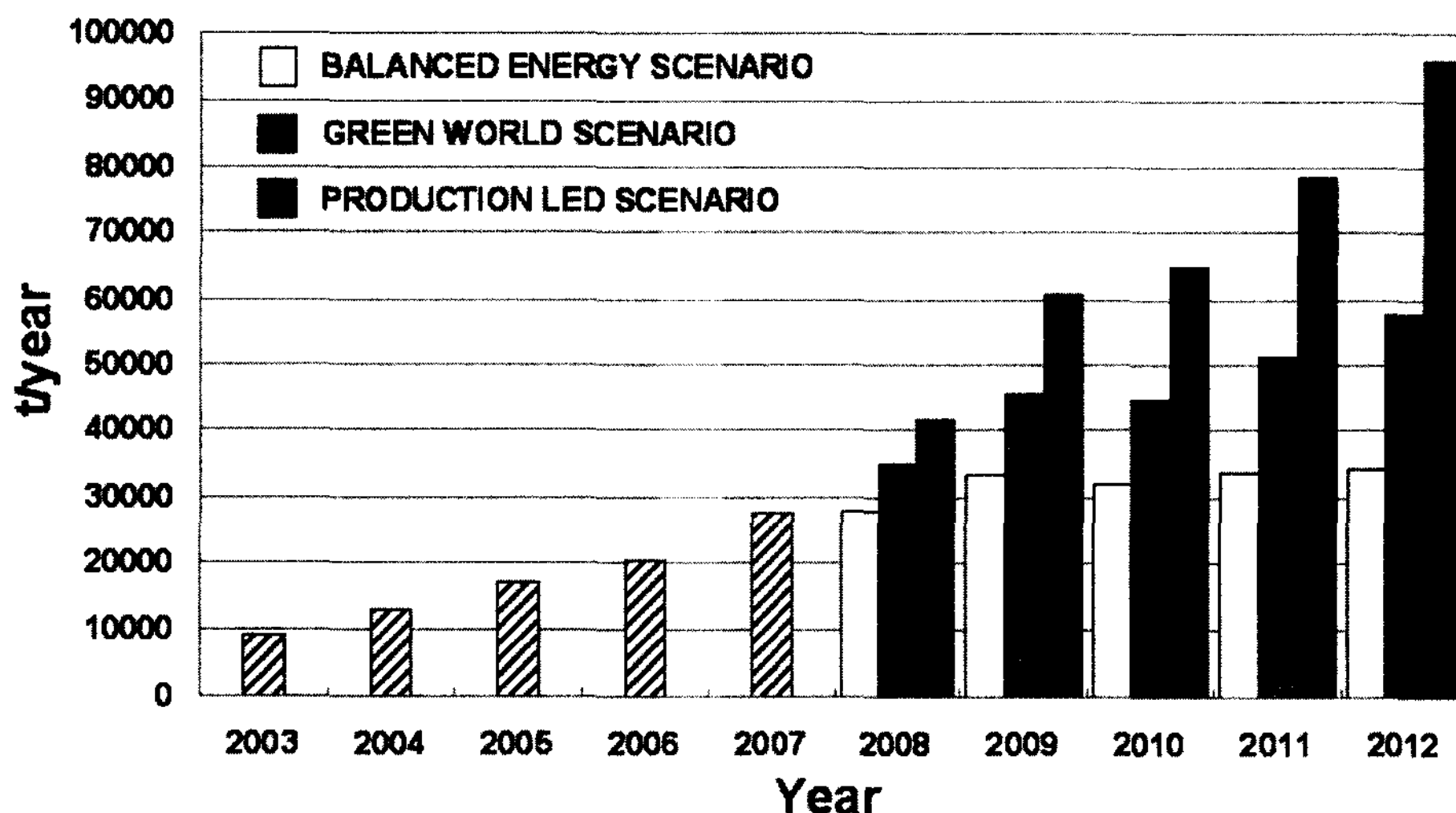
#### 1. 폴리 실리콘 (poly-Si)

전세계 실리콘 생산용량은 2007년 말 약 52,000톤에 달했다. 이러한 생산 용량은 기존 및 새롭

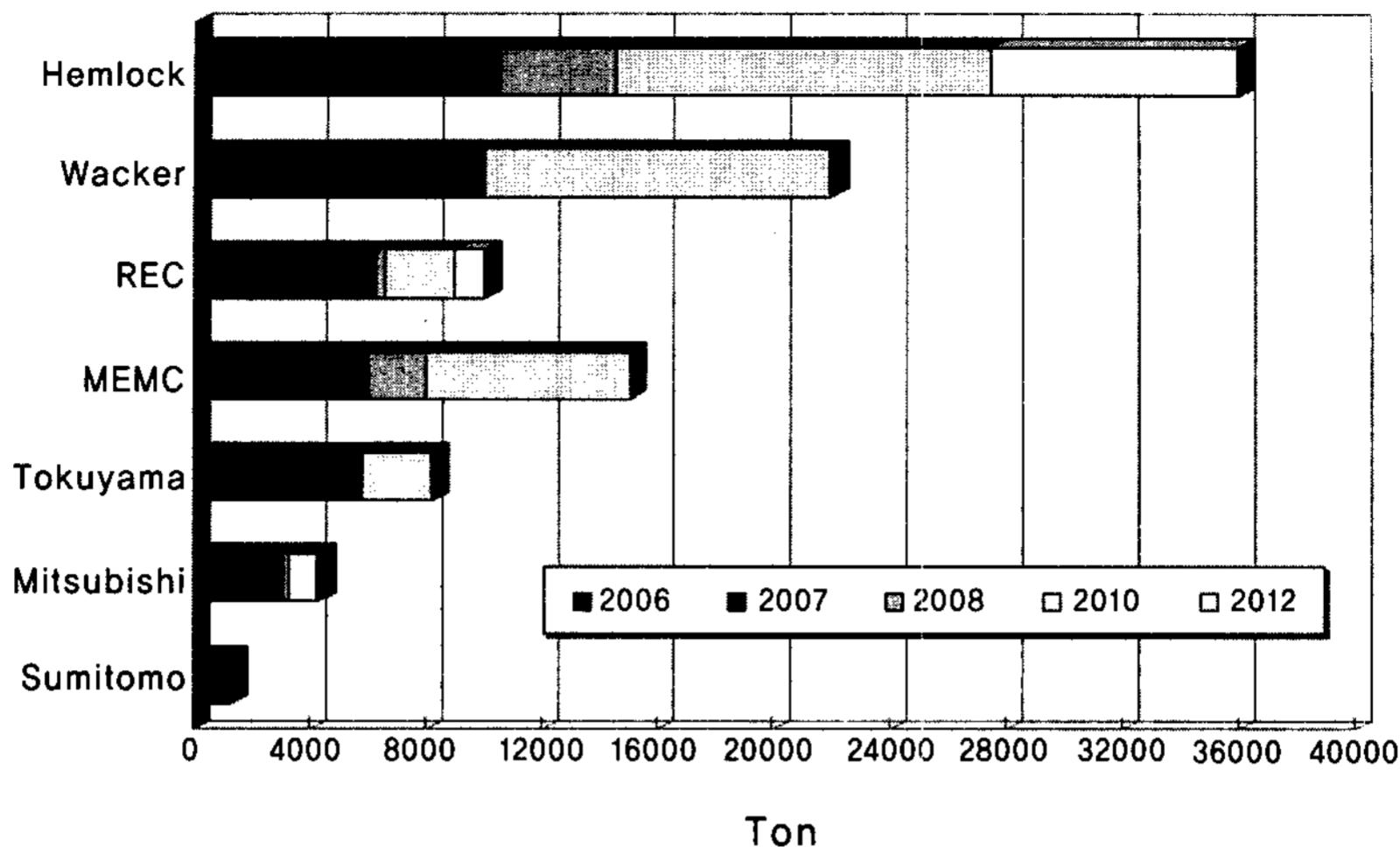
계 개발된 공정으로 UMG(Upgraded Metallurgical Grade) 실리콘을 석출하여 생산된 고순도 반도체급(Semiconductor Grade) 실리콘으로부터 태양전지급(Solar Grade) 실리콘까지 모든 범위를 포함한다. 2003년 이후 두 산업에 공급하기 위한 실리콘 수요량은 반도체급 고순도 실리콘이 태양전지급 수요량을 초과하는 경향으로 주도해 왔으나, 태양광산업의 급격한 발전으로 2007년부터 태양전지급 수요량이 약 17% 증가하기 시작하였다. 또한 실리콘 수요량 급증에 따라 태양전지 제조에 사용되는 웨이퍼 두께는 실리콘의 효율적인 활용 노력으로 220  $\mu\text{m}$ 에서 180  $\mu\text{m}$ 로 감소하였다. 2007년 태양전지 제조에 이용된 200  $\mu\text{m}$ 의 평균 웨이퍼 두께(2006년 210  $\mu\text{m}$ )와 MW 당 9.1톤의 실리콘 소모량(2006년 MW 당 10톤)을 기준으로, 태양광 산업에 활용된 전체 실리콘 수요량은 27,673톤에 이른다. 결정질 실리콘 태양전지 생산량 3,036MW에 대한 실리콘 수요량 27,673톤은 반

도체 산업에서 재생된 실리콘 2,284톤을 제외하면 25,389톤이 순수하게 태양전지급 실리콘이다. 하지만 실제 생산된 실리콘은 반도체급 23,570톤과 태양전지급 24,715톤을 합산한 48,285톤이다. 따라서 약 674톤의 차이가 생기는데, 이는 전세계에서 산출된 공급 부족량을 의미하며, 이러한 부족량은 향후 전망에서 예측된 시나리오상의 수치에 따라 차이가 발생하지만, 2008년부터 초과 공급으로 전환하여 2012년에는 14~17만 톤에 육박하고, 태양전지급 실리콘 수요량은 34,363~95,936톤에 이를 전망이다.

2007년도 실리콘 생산 용량은 전년도 대비 39% 증가한 수치로써, 주요 제조 회사인 Wacker와 MEMC사의 주도적인 용량 점유율과 신규로 사업을 시작한 17개 회사의 영향으로 증가하였다. 실리콘 제조업체중 주요 상위 7개사의 생산 용량은 2007년 전세계 용량의 82%를 점유하고 있고, 특히 독일의 Wacker사는 전년대비



〈그림 1〉 태양광산업을 위한 실리콘 수요량



〈그림 2〉 전세계 주요 업체의 폴리실리콘 생산 용량

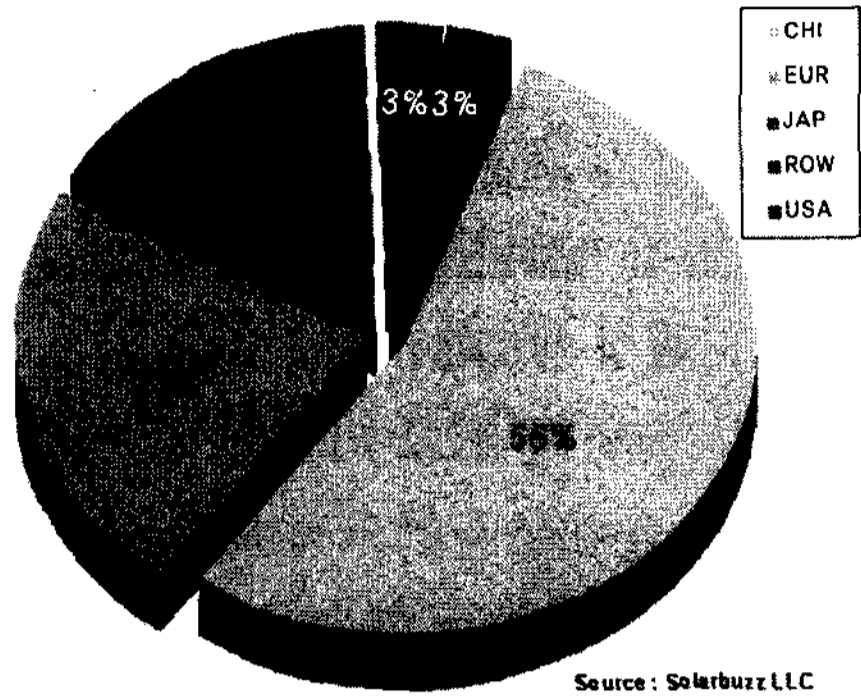
25%의 성장률을 보임으로써 가장 두드러진 증가를 나타냈다. 생산 용량의 지역적인 분포로는 Hemlock, REC, MEMC사가 위치한 미국에서 36%, 중국, 유럽 및 일본에서 각각 17-20%의 비중을 차지하고 있다.

## 2. 웨이퍼

결정질 실리콘 웨이퍼 제조 용량은 2007년 말 전년 대비 73% 증가한 약 5,834 MW를 기록하였다. 전세계 제조 용량의 절반(55%)은 중국에서 생산되었고, 유럽에서 23%, 일본에서 16%를 나타냈다. 주요 웨이퍼 제조업체는 제조망을 통한 기업간 통합화를 추진하고 있는데 따라서 REC, LDK Solar, Solarworld와 같은 회사들이 폴리실리콘으로부터 모듈에 이르는 제조망 통합화 협의가 추진 중이다. 반면, M. Setek, Renesola 및 Schott와 Wacker사의 제휴는 웨이퍼링과 폴리실리콘 생산망에서 상위 제조업체로서 위치할 수 있는

요소로 자리잡고 있다. 또한 주요 태양전지 제조업체인 독일의 Q-Cell도 2009년까지 웨이퍼 제조산업에 투자하겠다고 발표하였고, 중국의 LDK Solar, Trina Solar 및 Glory solar를 포함한 몇몇 회사들은 정책적으로 1GW 규모의 웨이퍼 제조 사업을 추진하였다. 특히 가장 적극적인 확장 계획은 현재 웨이퍼 제조업체중 선두인 REC사에 의해 추진 중이며, 2010년에 2 GW, 2012년까지 3.6GW 규모로 확장하겠다고 발표하였다.

웨이퍼 두께는 현재 태양광산업을 위한 중요한 관심사로 부각되고 있다. 이러한 요소는 최소한의 실리콘 사용을 가능하게 하므로 생산 단가를 절감할 수 있다. 그러나 박형웨이퍼는 더욱 파손되기 쉽고 취급 부주의로 인한 제조 수율에 큰 영향을 미칠 수 있으므로 웨이퍼로부터 모듈화 제조 공정중에 주위를 요구한다. 이러한 관점에서, 최근에 개발된 기술력을 활용한 통합된 제조 운용 방식은 최상의 공정 수율 및 가격적인 잇점을 제공하는 중요한 요소이다.



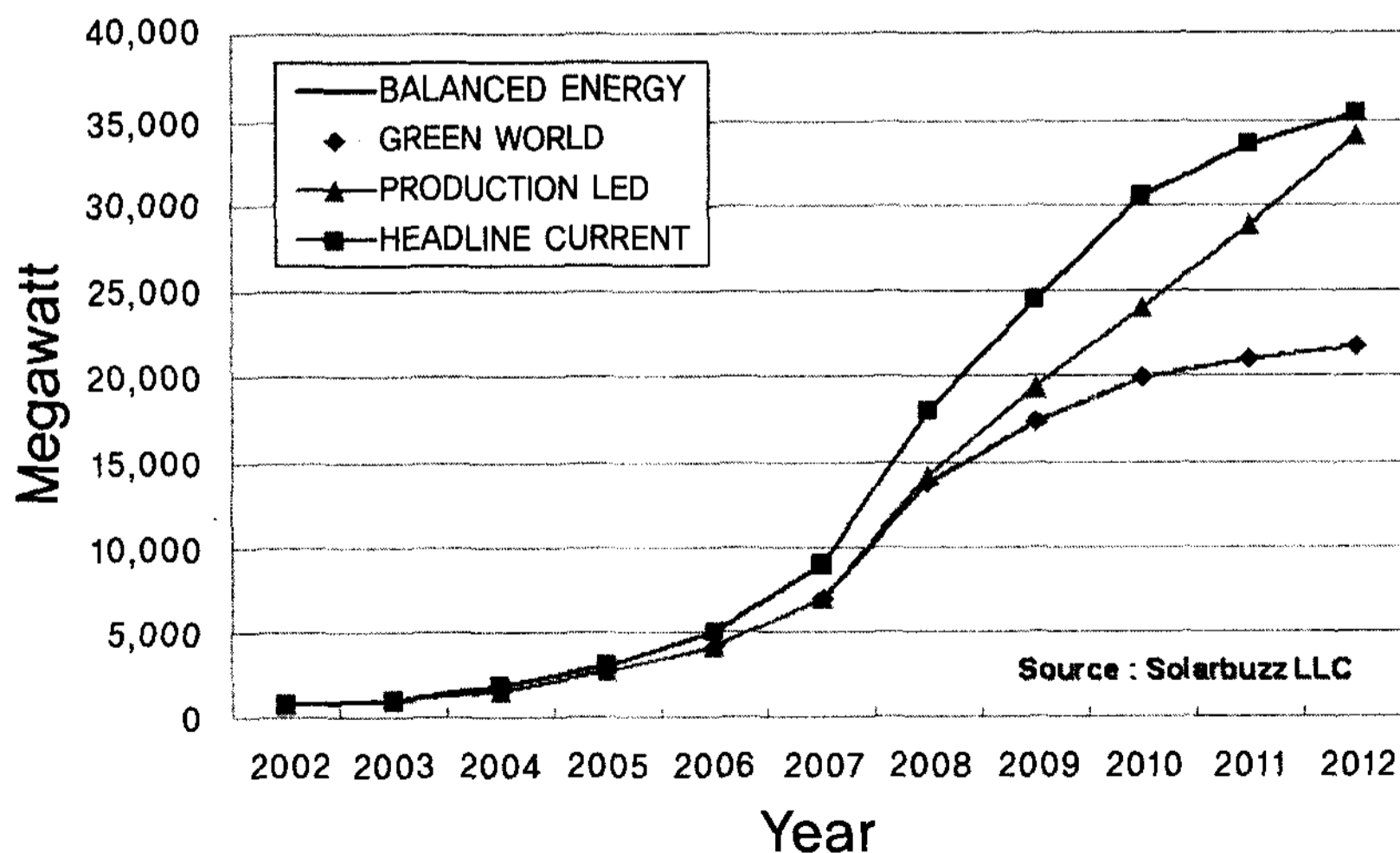
〈그림 3〉 결정질 실리콘 웨이퍼 제조 용량의 지역적 분포 (2007년)

### 3. 태양전지

전세계 결정질 실리콘 태양전지 제조 용량은 2007년도 6,263MW로 전년대비 68%, 박막형 (Thin film Si, CdTe, CIS 등) 태양전지는 91% 증가한 717MW로 나타났다. 스크린 인쇄법을 이용한 결정질 실리콘 태양전지를 생산하는 대다수

업체는 공정 라인의 수정을 통해 단결정 및 다결정 태양전지를 상호 호환하여 활용할 수 있기 때문에, 결정질 실리콘 태양전지 제조 용량은 단결정과 다결정 사이의 구분하여 정의하지 않는다. 박막 태양전지 연평균 제조 용량 64%와 비교하여, 결정질 실리콘 제조 용량은 지난 5년에 걸쳐 연평균 61%의 성장률을 기록하였다. 또한 그림에 도시된 향후 5년간(2008-2012년) 전망에 의해 지속적인 증가 추세를 확인할 수 있다. 모든 향후 시나리오 수치는 업체 발표와 제출된 주요 사항을 고려한 과학적인 분석에 의해 예측되었다. 그 결과, 2012년까지의 총 태양전지 제조 용량은 Production Led 시나리오에서 약 34GW, 다른 시나리오상에서 22GW로 산출되었다.

총 3,436MW의 태양전지 생산 용량은 결정질 실리콘 태양전지의 3,036MW와 박막 태양전지의 400MW를 포함한다. 향후 전망에 의해 예측된 생산량은 시장 성장 조건과 연관된 재고 변

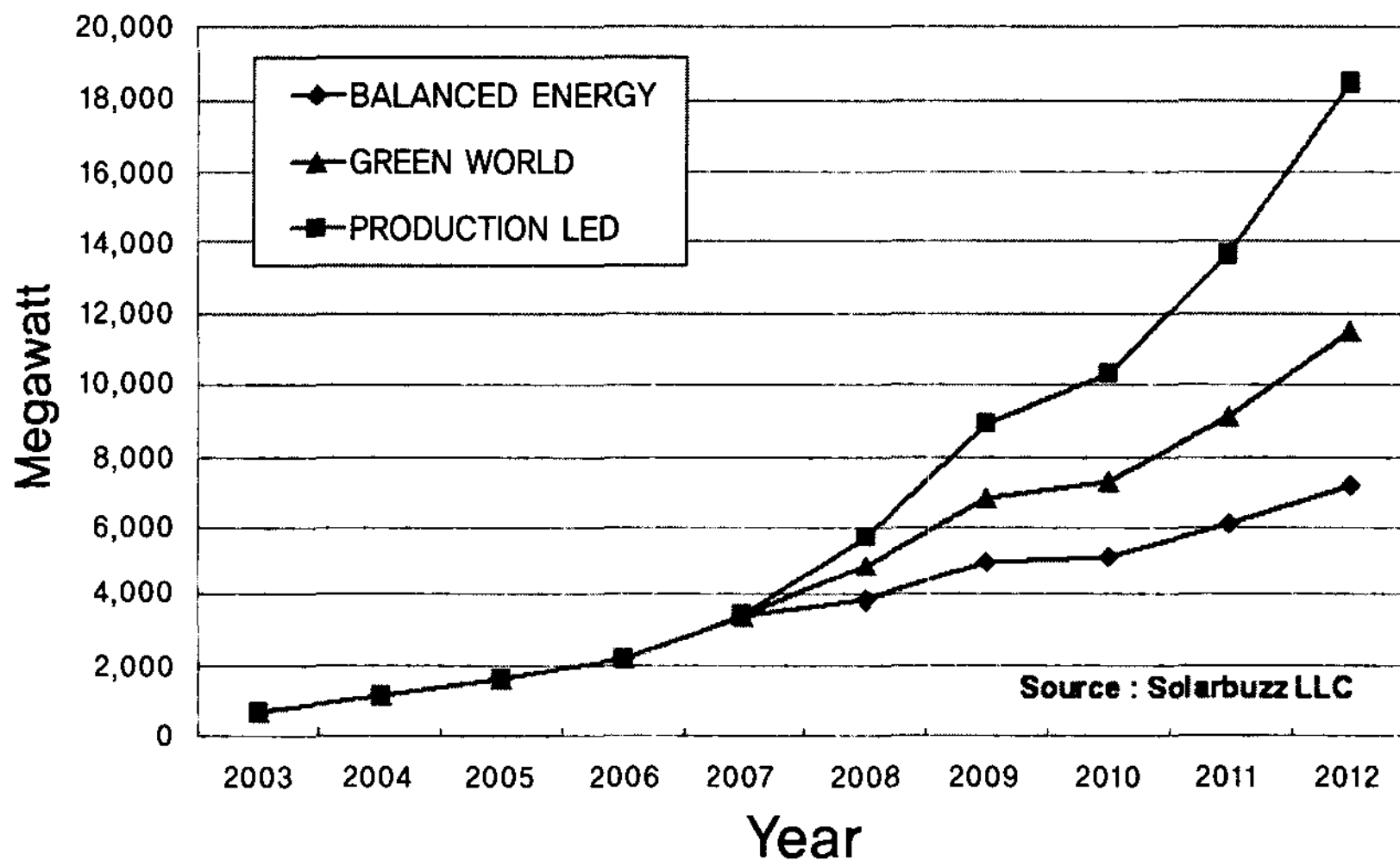


〈그림 4〉 전세계 태양전지 제조 용량

화 및 시장 수요에 큰 영향을 받는다. 생산은 제조 용량과 직접적으로 연관되는 것은 아니지만, 만일 제조 용량을 충분히 활용하지 않는다면 수요 증가에 따른 생산이 증가하고, 점차적으로 가격의 하락 압력에 직면할 것이다. 향후 시장 공급에 요구되는 결정질 실리콘과 박막 태양전지 생산 수준을 시나리오 분석에 따라 아래와 같이 도시하였다. 그림에서 알 수 있듯이, 2012년 총 태양전지 생산 용량은 7.2~18.5GW 범

위로 시나리오에 따라 큰 차이를 나타냈다. 이를 기초로 한 전반적인 용량 활용은 62%의 2007년 수치로부터 2010년에는 22~48%의 최소 수준으로 감소하고, 2011년 Production Led 시나리오에 의거하여 50%를 초과하게 된다.

태양전지 생산 용량의 지역적인 분포로서, 일본의 점유율은 4년전의 42%에서 2006년 28%, 2007년에는 21%로 지속적인 감소 추세를 나타내고 있다. 이러한 일본의 상대적인 비율



〈그림 5〉 전세계 태양전지 생산 용량

〈표 1〉 태양전지 생산 용량의 지역적 분포 (2003-2007)

Capacity (MW)	2003	2004	2005	2006	2007
CHI	6%	8%	17%	32%	41%
EUR	30%	29%	29%	25%	25%
JAP	42%	42%	37%	28%	21%
ROW	7%	10%	9%	8%	7%
USA	15%	11%	9%	7%	6%

Source : Solarbuzz LLC

감소의 원인은 2006년 32%에서 2007년 41%로 급증하는 중국의 빠른 성장에서 비롯된다. 또한 유럽에서의 태양전지 생산은 약 25%를 유지하고 있으나, 미국과 그 밖의 생산국에서는 각각 6%, 7%로 다소 감소하였다.

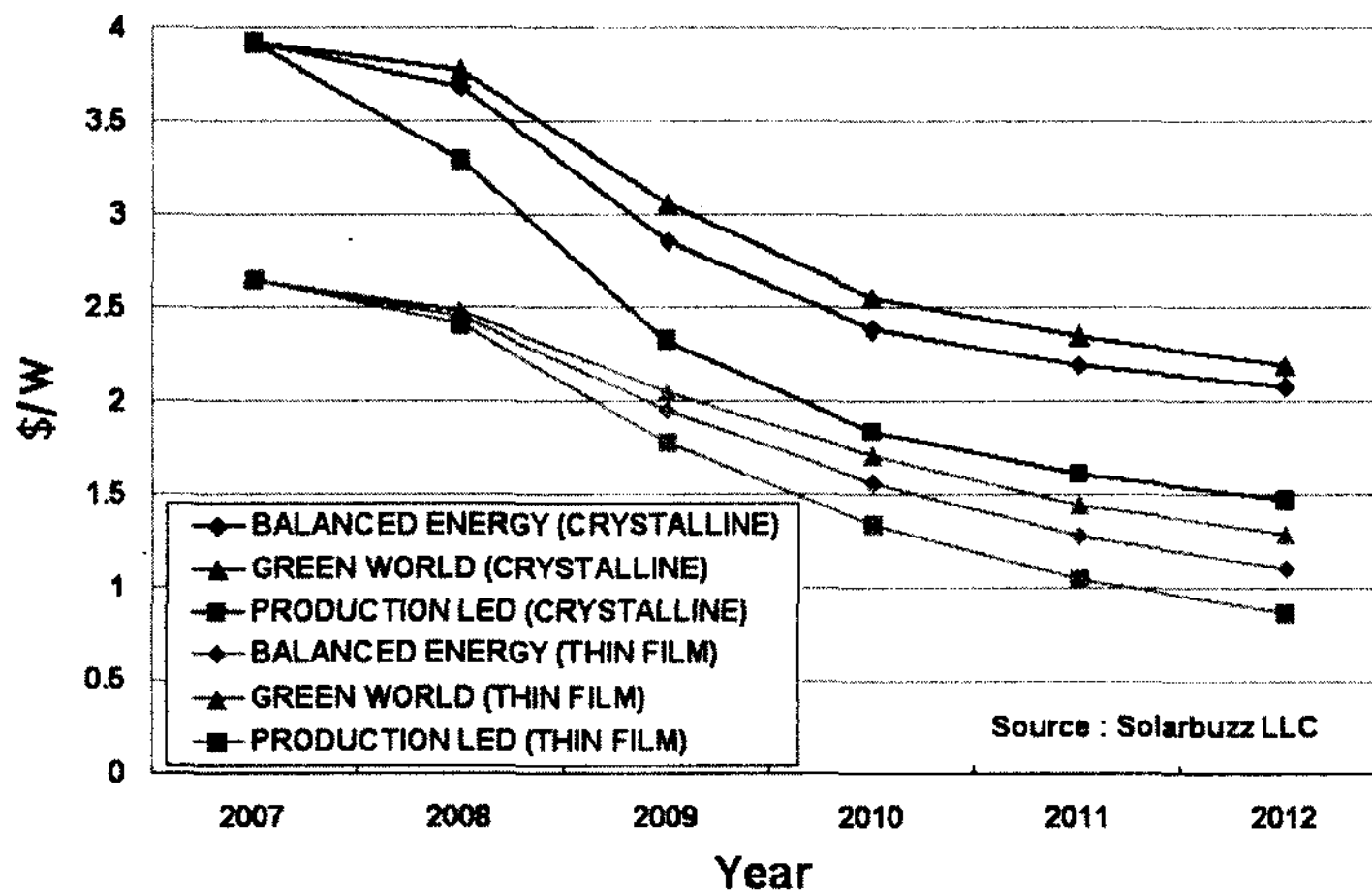
#### 4. 모듈

결정질 실리콘 모듈 제조 용량은 2007년 말 전년도 대비 50% 증가한 5,939MW를 나타냈다. 전 세계 모듈 제조 용량의 절반(44%)은 중국이 점유하였고, 유럽 31%, 일본 11%, 미국 4% 및 그밖의 국가에서 10%를 나타냈다. 중국과 유럽간 모듈 제조 용량의 대립은 질적인 차별적 조화를 통한 경쟁적인 잇점을 유지하려는 유럽 제조업체와 빠른 성장 및 낮은 제조 비용이 가능한 중국 생산 업체와 연계된 독일과 남부 유럽의 주요 시장 접근성 사이에 동적인 균형을 나타낸다. 아래 나타낸 그림에서 알 수 있듯이, 2012년까지 전 세계 모듈 단가는 과거와 유사한 경향

으로 지속적인 감소를 예상했다. 또한 향후 전망에 의해 예측된 결정질 실리콘 및 박막 태양전지 모듈의 가격적 격차는 매우 협소하다. 2007년에 와트당 1.27달러를 나타냈던 가격격차는 2012년에 0.97달러(Balanced Energy 시나리오)와 0.5달러(Production Led 시나리오)로 축소된다.

#### 5. 태양광발전

2003년 이후 지속적인 발전으로 연간 평균 성장률 47%를 기록하였고, 누적 태양광 설치 용량은 전년대비 41% 성장한 9.8GW에 이른다. 또한 전 세계 2007년 태양광 시장은 전년대비 62% 증가한 2,826MW를 나타냄으로써, 2006년 1,744MW(19% 증가)에 비해 크게 상승하였고, 향후 전망은 시나리오에 따라 2012년에 6,179~15,880MW 범위의 큰 성장을 기대하고 있다. 태양광시스템 종류에 있어서, 계통연계형은 전년대비 69% 성장한 2,607MW를 기록함으로써 219MW로 11% 성장한 독립형과 대조를 이룬

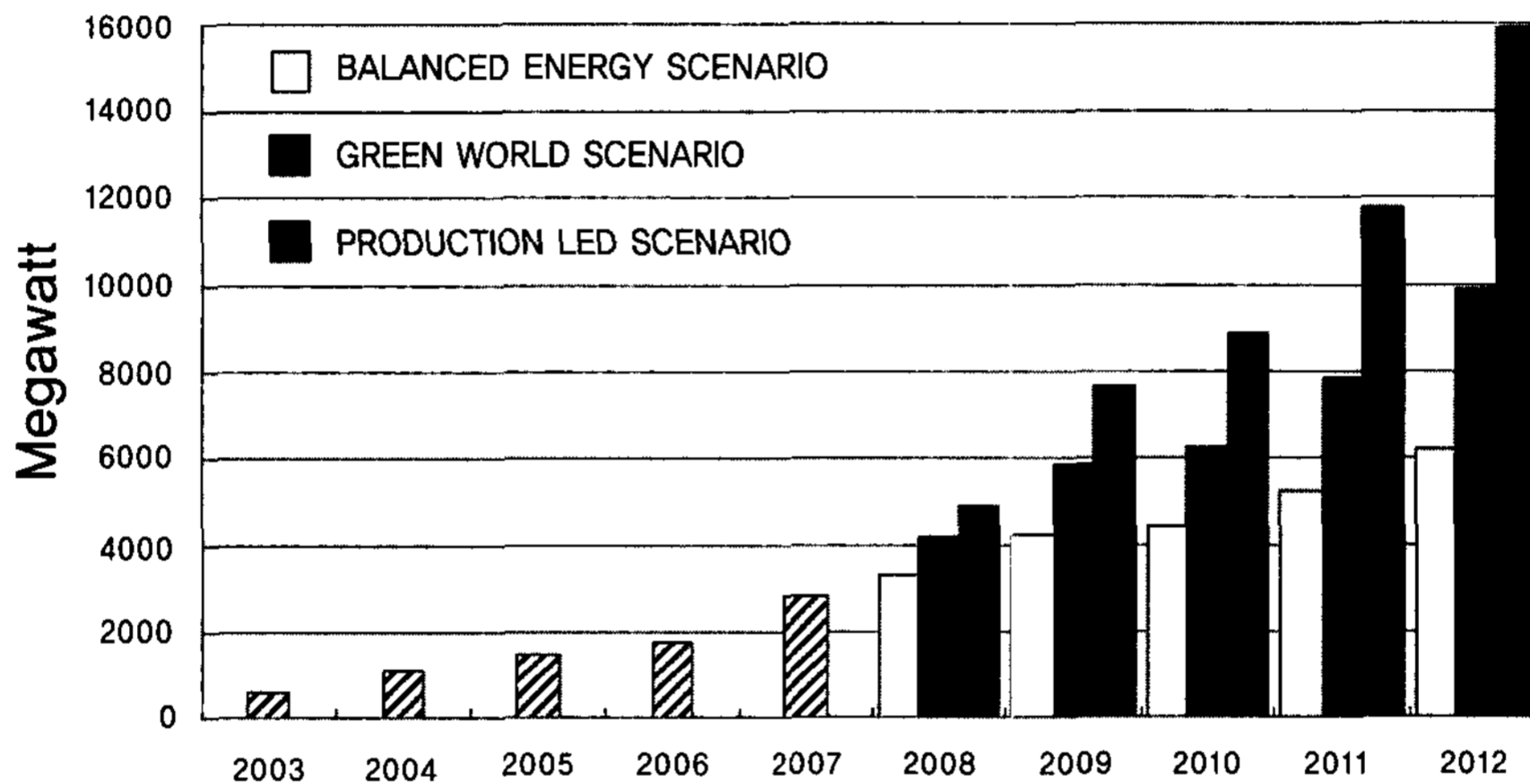


〈그림 6〉 태양광 모듈 가격의 향후 전망 (2007-2012)

다. 이러한 결과는 미국, 이탈리아, 프랑스에서 지속된 계통연계형 시장 확대와 함께 스페인, 독일의 급격한 성장이 원인이다. 따라서 2003년 이후, 계통 연계형 부분은 연간 평균 54%의 성장률을 나타내고 있다.

태양광 시장에서 주요국으로 부상하고 있는 독일과 스페인은 2006년 전세계 62%로부터 70%까지 증가하였다. 독일은 2007년 1,328MW

로 전세계 태양광시장의 47% 점유함으로써 2006년 전년대비 16%에 비해 37%의 높은 성장률을 나타냈다. 특히 스페인은 2007년에 640MW를 기록함으로써 무려 482%, 유럽 기타 국가에서는 179 MW로 140% 상승하였다. 또한 미국 시장은 2006년도 대비 33% 증가한 220MW, 그밖의 국가에서는 2006년도 10%에서 2007년도 51% 성장한 229MW를 기록했다.



〈그림 7〉 전세계 태양광 시장 규모

〈표 2〉 태양광 시장의 지역별 규모

MW	2003	2004	2005	2006	2007
Germany	170	546	837	968	1,328
Spain	8	13	35	110	640
Japan	218	256	292	300	230
USA	66	84	105	140	220
ROE	45	62	54	75	179
ROW	91	126	137	151	229
World Market	598	1,086	1,460	1,744	2,826

Source : Solarbuzz LLC

### Ⅲ. 국내 태양광산업 시장 동향 및 전망

우리나라는 전세계에서 액화석유가스 2위, 석유 5위의 주요 수입국이다. 4.5%의 높은 경제 성장률과 에너지 소비의 증가는 2007년 3,660억 kWh로서 국가 에너지 생성률을 4% 성장시켰고, 그중 원자력에서 40%, 석탄 36%, 복합화력 발전 15%, 대체에너지 0.01%로 구성되어 있다. 또한 2006년에 비해 5% 정도 증가한 3,670억 kWh의 전력을 소비하였다. 현재, 전력은 평균 주거 부문으로 93.7원/kWh, 공공 서비스 부문 97.91원/kWh 및 산업 부문에서는 60.92원/kWh로 공급된다.

2003년부터, 정부는 에너지 자급률 증가, 기후 변화에 대처, 재생에너지 기술기반 확충을 위해 제 2차 신재생에너지 10년 기본 계획을 수립하였다. 본 계획은 총 에너지 공급량에서 차지하는 신재생에너지 비율을 2006년까지 3%, 2011년까지 5%로 확충하는 것이다. 전체 재생에너지에 대한 태양광산업의 기여도는 2011년까지 1.3GW 시장을 형성함으로써 총 재생에너지에서 2.56%, 전체 에너지 공급량의 0.13%를 목표로 하고 있다. 따라서 2004년부터 2012년까지 정부에서는 최소한 11.8조원을 신재생에너지 사업에 배정하고 있다. 또한 정부 예산외

13.3조원에 이르는 matching fund는 민간 부문으로부터 동시에 제공된다. 에너지 형태에 따른 신재생에너지 예산 분배에 의하여, 태양광 부문은 신재생에너지중 가장 많은 비율을 확보했다.

정부는 2012년까지의 태양광 누적설치량 목표를 약 1.3GW로 정하고, 이를 바탕으로 2010년까지 전세계 태양광시장의 7%를 점유하겠다는 계획을 세우고 있다. 총 1.3 GW의 누적설치량 목표는 10만대의 3kW 주택용 시스템, 4만대의 10kW 공공부문 시스템, 3만대의 20kW 산업 건축용 시스템으로 구성되어 있다. 이러한 목표를 수행하기 위해, 정부는 몇가지 구체적인 정책과 프로그램을 진행하였다. 정부관련부서인 지식경제부와 에너지관리공단내에 소속된 신재생에너지 센터에서 국내 R&D와 전개 활동을 주관하고 있다.

2004년에 형성된 공공기관 신재생에너지 설치 의무화제도하에, 정부는 3,000평방미터 이상의 공공시설 건축시 총 건축 비용중 최소 5% 재생에너지 시스템에 투자하도록 지시했다. 2006년 한해 동안, 122곳의 공공 기관은 규정에 일치하는 129개 신재생에너지 시설 계획을 제출하였다. 이들 신재생에너지 시설의 총 비용은 678억 원이고, 678억 원중 248억 원은 250kW

〈표 3〉 국내 주택용 태양광시장 현황

	2007년 총 설치 시스템 수	2007년 총 설치 용량 (kW)	총 누적 설치 시스템 수	총 누적 설치 용량 (kW)
주택용	2,882	8,265	6,552	17,946
아파트	127	25	677	145
공공 임대	4,307	956	7,269	1,619
총합	7,316	9,246	14,498	19,710



이상의 태양광발전이 쓰여졌다. 또한 정부는 제정된 조항을 3,000평방미터로부터 1,000평방미터 범위에 적용을 확대하고 학교 및 군 시설을 포함하도록 계획하고 있다.

부가적으로, 신재생에너지개발공급협약(RPA : Renewable Portfolio Agreement)은 정부와 대용량 에너지 공급자간에 2005년에 설립된 자발적인 규정이다. 에너지관리공단을 포함한 국가 산하 9개 에너지 관련 기관은 2008년까지 신재생에너지 개발을 위한 1.26조 원의 투자를 건의했다. 또한 2006년 1,250억 원, 2007년 4,300억 원에 이어 2008년에는 다양한 신재생에너지 시스템의 개선과 개발을 위해 7,070억 원을 투자할 예정이다.

#### IV. 결론

전세계적으로 매일 사용하고 있는 전기는 에너지 변환 과정에서 이산화탄소를 다량 배출하는 높은 가격의 화석연료를 사용한다. 이런 과정에 의해 배출된 이산화탄소는 지구대기권에 존재하여 마치 지구 전체가 비닐하우스를 덮어 쓰고 있는 상태와 같은 온실효과의 원인이 된다. 따라서, 각국에서는 이러한 문제점을 해결하기 위한 대체에너지 개발 노력이 다각도로 진행되고 있는데, 가장 활발히 연구개발이 진행되고 있는 분야중의 하나가 태양광발전이다.

본 고에서는 전세계 태양광시장 동향을 각 세부 분야별로 심도있게 다루었고, 다양한 요소별 평가에 의한 시나리오를 바탕으로 향후 시장 동향을 전망하였다. 또한 에너지 해외의존도에서 97%이상의 큰 비중을 차지하고 있는 국내 태양광발전 개발에 대한 논의 및 향후 전

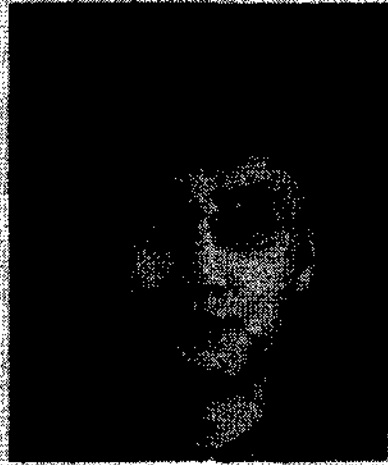
개될 정부 차원의 활성화 노력에 대하여 설명하였다.

에너지원으로서 태양광발전의 실용화 보급은 현재 선진국을 중심으로 활발히 진행되고 있다. 정부의 주도하에 대규모의 태양광 발전소가 지속적으로 증설되고 있고, 전기자동차의 생산을 의무적으로 확대시키는 법안을 통과시켜 이미 시행하고 있다. 또한 태양광발전 시스템의 설치 비용을 일정 부분 무상지원해 주고 있으며, 국가차원의 대규모 태양에너지 개발 계획 추진 및 국제기구의 협력이 활발히 진행되고 있다. 따라서 반도체 제조공정 및 생산시설면에서 세계 최고 기술을 보유하고 있는 우리나라는 태양광산업에서의 국가 경쟁력을 고도로 발달시키기 위해 지속적인 기술력 향상과 기반 시설을 확충을 나가야 한다. 이를 기반으로 국내에서 태양광 발전에 대한 인식을 재정립하고 정책적인 지도를 강화하면 향후 태양광발전의 실용화는 더욱 가속화 될 것이다.

#### 참고문헌

- [1] MARKETBUZZ™ 2008 Report "Annual World Photovoltaic Market Review by Solarbuzz LLC," March 2008
- [2] 이준신, 김경해, "태양전지공학," 도서출판 그린, 2007
- [3] [http://news.chosun.com/site/data/html\\_dir/2008/05/10/2008051000165.html](http://news.chosun.com/site/data/html_dir/2008/05/10/2008051000165.html)
- [4] <http://www.asiaeconomy.co.kr/uhtml/read.php?idno=2008050615415991635&sp=EC>
- [5] 신·재생에너지 RD&D 전략 2030 [태양광], 산업자원부, 2007. 11

저자소개



유진수

2000년 2월 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터 공학부 학사  
 2002년 2월 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터 공학부 석사  
 2007년 8월 성균관대학교 전기전자공학 박사  
 2003년 1월 - 2006년 12월 (주)케이피이 연구원  
 2007년 12월 - 현재 한국에너지기술연구원 선임연구원

주관심 분야 : 태양전지 제조공정 및 특성분석



유권종

1982년 2월 조선대학교 전기공학과 학사  
 1985년 10월 일본 KOBE대학교 전기공학과 석사  
 1989년 3월 일본 KOBE대학교 전기공학과 박사  
 1989년 3월 - 1990년 2월 일본 Fuji전기 주임연구원  
 1997년 2월 - 1997년 7월 일본전력중앙연구소 객원연구원  
 1998년 1월 - 2003년 12월 전력전자학회 학술이사  
 2000년 1월 - 현재 태양에너지학회 편집이사  
 2001년 1월 - 현재 전기학회 대체에너지시스템연구회장  
 2001년 3월 - 2003년 6월 산업자원부에너지관리공단 태양광발전기술연구회장  
 2003년 1월 - 현재 전기학회 국제이사  
 1990년 3월 - 현재 한국에너지기술연구원 책임연구원/센터장

저자소개



이준신

1989년 2월 성균관대학교 전기공학과 학사  
 1991년 6월 New York state uni. 전기전자공학과 석사  
 1994년 9월 New York state uni. 전기전자공학과 박사  
 1997년 3월 - 1998년 2월 삼성경영기술대학 출강교수  
 1997년 3월 - 1997년 2월 태양광발전사업단 전문위원  
 1998년 1월 - 현재 중소기업청 신기술과제 심사위원  
 1998년 1월 - 현재 전기전자재료학회, 태양에너지학회, 전기학회, 결정성장 학회 논문심사위원  
 2000년 2월 - 현재 성균관대학교 교수  
 2000년 3월 - 현재 (주)케이피이 연구소장

용어예설

감마니아  
 Gamania [정보보호]

특정 게임 사용자를 겨냥한 패스워드 유출형 트로이목마. 사용자의 PC를 감염시킨 후 숨어 있다가 사용자가 해당 온라인 게임에 접속하면 해당 사용자의 아이디와 패스워드를 훔친 뒤 암호화해 윈도 폴더에 저장한다. 크래커는 이렇게 훔친 아이디와 패스워드를 이용해 사이버머니를 탈취하거나 개인정보를 빼내 금전적 이득을 취한다.