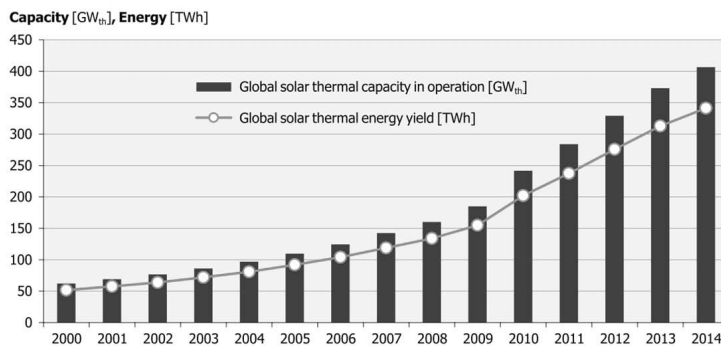


## 현황

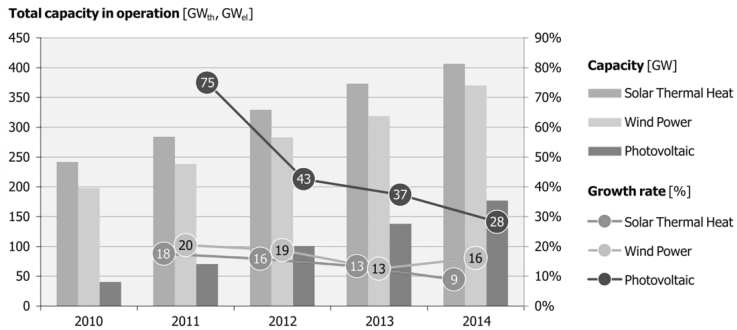
- ◎ 태양열 시스템은 태양복사에너지를 열로 변환하는 기술임. 이러한 시스템은 물 또는 공기 등과 같은 열전달 유체의 온도를 상승시키는데 사용되며 태양열 시스템은 대부분 집열, 축열, 분배의 3개 요소로 구성됨. 이중 태양열 집열기는 시스템의 핵심 구성품으로 크게 평판형집열기(flat-plate solar collector, FPC)와 진공관형집열기(evacuated tube solar collectors, ECT)가 대부분의 시장을 구성하고 있음. 이들 2개 집열기 유형은 지역의 기후조건, 냉난방 부하의 크기 및 부하변동 형태, 비용 등에 따라 적용
- ◎ 주거용 태양열 시스템은 지난 30년간 많은 국가에서 성공적으로 보급된 대표적 신·재생에너지 기술로 이스라엘 사이프러스, 바바도스와 같은 국가는 전체 주거건물의 80-90%에 태양열 시스템이 설치되어 있을 정도임
- ◎ 주거건물을 위한 태양열 시스템의 작동온도는 20~90°C 범위이며, 에너지절약 주택에서 난방의 30~60%, 급탕의 50~70% 연료절감이 가능. 한냉 지역에 위치한 건물의 에너지 요구량 중 60-87%가 주거용 열부하이며, 온난지역의 경우도 30-40%를 차지하는 반면, 현재 전세계 건물 열부하의 1.2%만이 태양열에 의해 충당되고 있음. 따라서 태양열을 이용한 주거용 난방 및 급탕은 근본적으로 매우 큰 잠재시장을 가지고 있음
- ◎ 전세계에서 작동 중인 태양열 시스템(unglazed 및 glazed 액체식 집열기)의 규모는 2000년 62GWth, 8,900만m<sup>2</sup>에서 2014년 406GWth, 5억8천만m<sup>2</sup>로 성장하였으며, 연간 총생산량은 2000년에 52TWh에서 2014년 341TWh임 [그림 5-1 참조]



[그림 5-1] 작동 중에 있는 태양열시스템 설치용량 및 연간 생산량 변화동향

출처 : AEE INTEC 2015

◎ 풍력 및 태양광과 함께 태양열 시스템의 누적 보급량은 2010년 이후 꾸준히 증가하고 있으나 연평균 성장을 측면에서는 전년 대비 큰 성장율을 보이지 않고 있음. 태양광 시스템의 경우 매우 급속한 하락세를 보여 최근 태양광시장의 침체 분위기를 잘 나타내고 있으며, 태양열의 경우도 태양광보다는 급락율이 작지만 성장세가 서서히 둔화되고 있는 모습을 보이고 있음 [그림 5-2 참조]

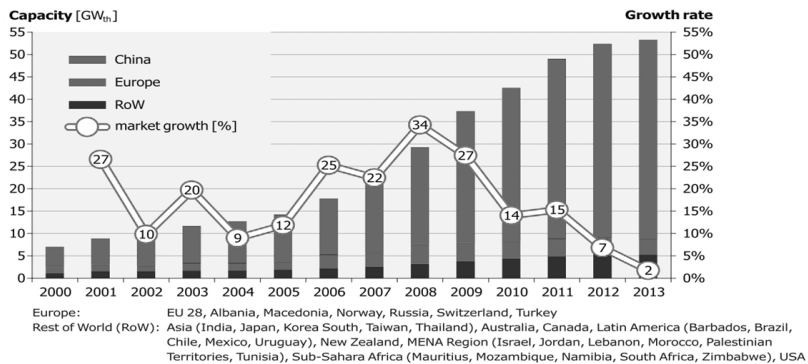


[그림 5-2] 최근 세계 태양열, 풍력 및 태양광 설치용량 및 연간 성장률 변화동향

출처 : AEE INTEC, Global Wind Energy Council (GWEC), European PV Industry Association (EPIA), REN21

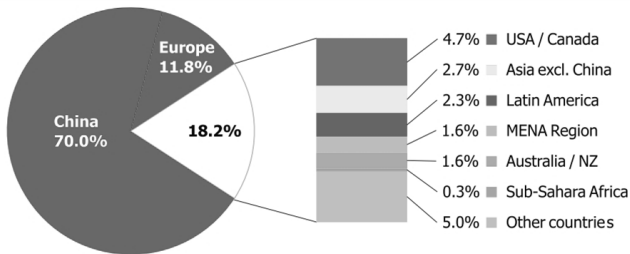
◎ 전 세계 태양열 누적보급량의 93%를 차지하는 액체식 진공관 및 평판형 집열기의 최근 14년간 변화동향을 살펴보면 2000년부터 2011년까지는 전세계 시장이 급속한 상승경향을 뚜렷하게 나타내다 2012년 이후 정체상태로 접어들었음. 2002년의 연간 설치용량이 9.8GWth에서 10년만인 2013년에 53.3GWth가 설치되어 5.4배의 성장을 보임. 하지만 2012년의 전년대비 성장율이 6.8%인데 비해 2013년에는 1.7%로 대폭 감소하여 최근의 침체상황을 잘 보여주고 있으며, 주로 중국시장의 성장둔화에 따른 것임

◎ 한편 중국의 태양열 시장규모는 2000년에 유럽시장의 3배 수준이었으나 2013년에 와서는 13배를 초과하는 엄청난 성장을 보여주고 있음 [그림 5-3 참조]



[그림 5-3] 세계 Glazed Water Solar Collectors의 권역별 시장 변화동향

출처 : AEE INTEC 2015



Sub-Sahara Africa: Mauritius, Mozambique, Namibia, South Africa, Zimbabwe  
 Asia excluding China: India, Japan, Korea South, Taiwan, Thailand  
 Latin America: Barbados, Brazil, Chile, Mexico, Uruguay  
 Europe: EU 28, Albania, Macedonia, Norway, Russia, Switzerland, Turkey  
 MENA Region: Israel, Jordan, Lebanon, Morocco, Palestinian Territories, Tunisia

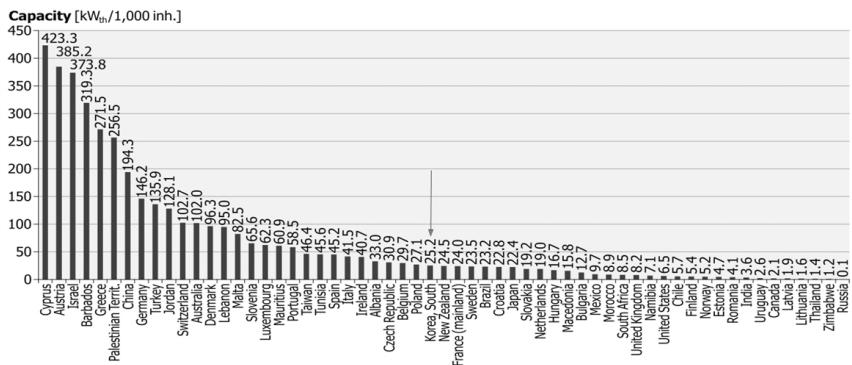
[그림 5-4] 2013년 말까지 세계 권역별 태양열 시스템 총 보급량의 점유율

출처 : AEE INTEC, Global Wind Energy Council (GWEC), European PV Industry Association (EPIA), REN21

◎ 2013년 말까지 총 설치되어 운영되고 있는 전세계 태양열 시스템의 누적 설치용량은 374.7 GWth, 5억3500만㎡임. 이중 중국(262.3GWth)과 유럽(44.1GWth)이 전세계 설치용량의 82%를 차지하고 있으며, 미국(4.7%), 중국을 제외한 아시아 국가들(2.7%) 등이 작은 비율로 나머지 18%를 차지하고 있음 [그림 5-4 참조]

◎ 총 누적 설치량이 아닌 인구당 보급용량의 통계를 고찰해 보면 어떠한 국가가 태양열 시스템을 주도적으로 추진하고 있는 지를 알 수 있음. Austria, Cyprus, Israel, Barbados 등의 국가가 인구 1,000명당 300kWh/1,000명 이상의 현격한 보급실적을 보이고 있으며, Greece, Palestinian, Australia, China, Germany 및 Turkey 등의 국가도 매우 적극적으로 태양열 시스템의 보급에 중점을 두고 있음 [그림 5-5 참조]

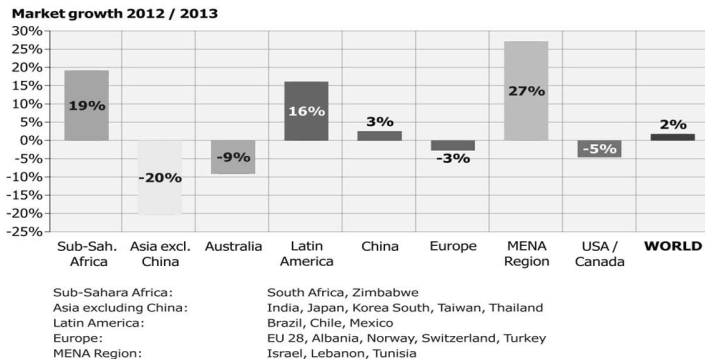
◎ 우리나라의 경우 총 누적설치량에서는 세계 15위 수준이지만, 인구당 보급량에서는 25.2 kWh/1,000명으로 세계 29위로 크게 떨어져, 상대적으로 태양열 시스템의 보급이 저조함을 알 수 있음



[그림 5-5] 세계 국가별 2013년까지 인구 1,000명당 태양열시스템 누적 설치 보급량

출처 : AEE INTEC 2015

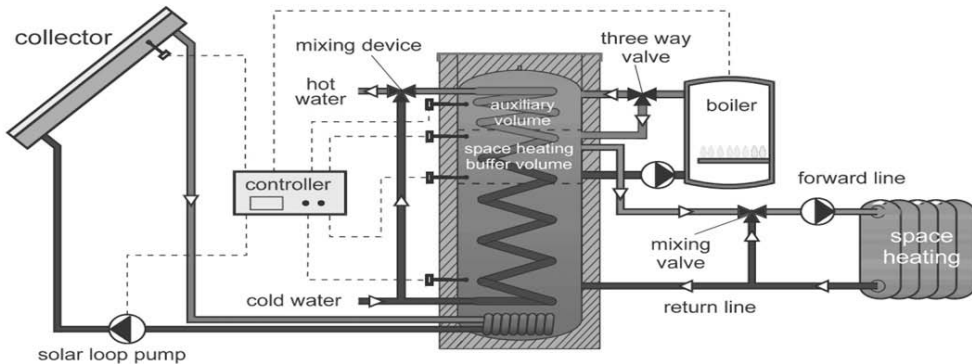
- ◎ 보급된 태양열 시스템 중 평판형집열기가 전체의 22.4%, 진공관형 집열기가 70.5%, 유리가 없는 액체식 집열기가 6.7% 및 공기식 집열기가 0.4%를 차지하고 있고, 이는 보급량의 70%를 차지하는 중국이 대부분 진공관식 집열기를 사용하기 때문에 나타난 편중현상으로 볼 수 있음
- ◎ 작동 유형별로는 전세계 누적 태양열 보급량의 77%가 자연대류식 시스템이며, 나머지 23%가 펌프에 의한 강제순환방식임. 전세계 태양열 보급통계에 미치는 중국의 영향이 매우 크기 때문에 2013년도 한해 보급량에 있어서도 집열면적 보급량과 유사하게 작동유형도 90%가 자연대류식 태양열 시스템으로 설치되었음
- ◎ 2013년 말까지 약 1억 1,100만기의 액체식 태양열 시스템이 운영중인 것으로 추산되고 있음 이 중 80%가 단독주택의 급탕용이며, 6%가 수영장 난방용이고, 9%가 다세대주택, 호텔, 병원, 학교 등과 같은 대규모 급탕시스템으로 운영되고 있음. 전세계 태양열 공급량의 약 3%에 해당하는 시스템이 난방과 급탕을 동시에 공급하는 태양열 콤비시스템(solar combi-system)이며, 남은 1%가 약 200만㎡에 해당하는 집열면적으로 지역난방 네크워크나, 산업공정열 또는 태양열 냉방등에 열을 공급하고 있음
- ◎ 2013년 한 해의 보급량을 통해 기존 대비 응용분야의 증감을 살펴보면, 수영장난방의 경우 누적점유율이 6%인데 반해 2013년에는 3%대로 크게 보급이 감소되었음. 주거용 급탕의 경우는 과거 80% 점유에서 77%로 다소 감소하였긴 했지만 여전히 2013년에도 가장 일반적인 태양열 보급분야로 나타났음. 태양열 콤비 시스템의 경우 과거 누적보급율의 3%에 점유가 2013년에도 같은 비율로 유지된 반면, 대규모 태양열 급탕시스템의 경우는 유일하게 큰 증가세를 보여 9%에서 17%로 증가된 결과를 보여줌
- ◎ 2012년 대비 2013년의 보급량을 기준으로 경제 권역별 성장율을 보면 남아프리카와 브라질, 칠레, 멕시코 등의 라틴아메리카권 및 이스라엘, 레바논, 튀지지 등의 MENA영역이 큰 폭의 상승을 보인 반면 유럽과 북미, 호주 지역은 감소세를 나타냈으며 특히 중국을 제외한 아시아 지역의 큰 감소가 현격하게 나타남. 특히 일본 -9%에 비해 우리나라의 감소율이 -24%로 매우 큰 침체를 보이고 있음 [그림 5-6 참조]



[그림 5-6] 세계 권역별 태양열 시스템((glazed and unglazed water collectors)의  
2012/2013 연간 신규설치량의 시장성장률 변화  
출처 : AEE INTEC 2015

## 주요 이슈

- ◎ 주거용 태양열 시스템의 응용분야 중 제일 큰 시장은 3~10KWth 규모의 단독주택용 급탕용 시스템임. 일부 유럽시장의 경우는 난방과 급탕을 동시에 공급하는 콤비시스템의 시장점유율이 증가하고 있고, 350kWth 이상의 지역난방과 연계된 대규모 시스템의 시장규모는 단지 1%에 불과함
- ◎ 태양열 급탕시스템은 전세계 단독 및 다세대 공동주택에서 가장 일반적으로 사용되고있는 대표적 기술로 지난 30년간 많은 국가에서 상업적으로 성숙된 시장을 형성하고 있음. 대표적 급탕시스템은 단독주택용으로 독일과 같은 북유럽이나 북미지역의 경우 대략 300리터의 축열조 용량에, 4~6㎡의 집열 면적으로 연간 급탕부하의 60~90%를 공급할 수 있는 시스템이 일반적임. 좀더 온난한 지역에서는 2~4㎡ 집열면적에 100~300리터 축열탱크의 자연대류식 시스템이 일반적으로 사용되고 있음. 이와는 대조적으로 중국의 경우 자연대류식 진공관형 집열기 약 2㎡에 120~200리터 축열탱크 시스템이 일반적임
- ◎ 태양열 난방시스템의 경우 최근에는 급탕 및 난방을 동시에 제공하는 태양열 콤비시스템이 새로이 개발 보급되고 있는데 향후 미래시장의 성장요인으로 주목 받고 있음. 가장 높은 시장점유율을 가진 국가는 스웨덴이 72%, 노르웨이 67%, 체코와 독일이 각각 32%, 오스트리아 28% 등임. 태양열 콤비시스템의 구성 개념도는 [그림 5-7]과 같음



[그림 5-7] 태양열 콤비시스템의 구성 개념도

출처 : Muller-Steinhagen, 2008

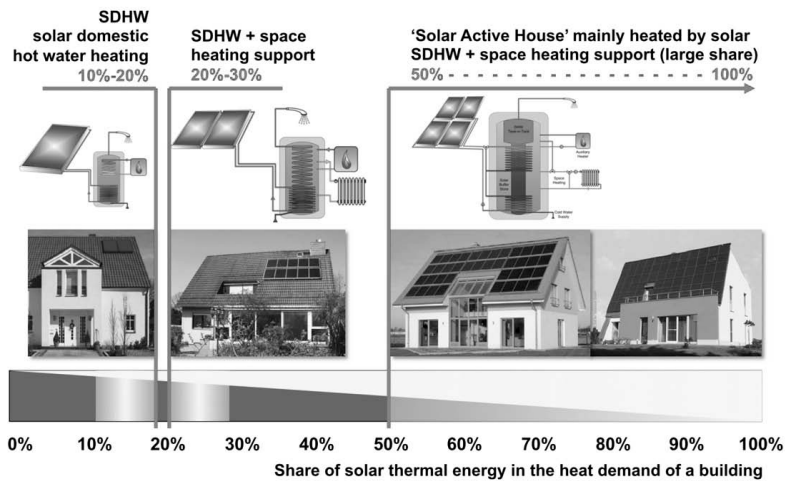
- ◎ 일반적으로 콤비시스템을 통한 태양열의 기여 비율은 대략 25%정도임. 다소 큰 시스템의 경우 20~40㎡의 집열면적에 2~4㎡의 축열조로 구성됨. 독일주택의 일반적 크기인 난방면적 140㎡의 에너지절약형 주택의 경우는 집열면적 10~20㎡에 축열용량 0.7~1.5㎥로 구성되며 이 경우 난방 및 급탕 총에너지 요구량의 20~30%를 태양열에 의해 대체 가능함

- ◎ 최근에는 콤비시스템의 규모를 크게 확대하여 단독주택 열부하의 60%까지 담당하게 하는 시스템에 대해 활발한 연구가 진행되고 있음. 이는 미래의 제로에너지 주택 의무화와 연계하여 신축 또는 기존 주택 열부하의 상당부분을 태양열에 의해 제공될 수 있게 하기 위한 방법으로 최근 독일 프라운호퍼 연구소에서 제안한 “Solar House 50+”의 개념과 부합하는 시스템임. 집열면적은 30~60㎡에 축열조는 6~10㎡까지 확장하여 계간축열의 개념을 도입함으로써 60% 이상의 태양열 절감율을 목표로 하고 있음
- ◎ 융복합 태양열 난방시스템과 관련하여 주거건물의 에너지 소비에 신·재생에너지 비율을 높이기 위한 또 다른 방법은 히트펌프나 PV와 태양열 시스템을 융복합하는 것으로, 각각의 시스템은 이미 시장에서 성숙된 기술이나 이들을 융복합하여 최적구성하는 것은 아직 규명해야 할 개발요소가 많이 남아있는 상황임. 태양열 연계 히트펌프 시스템은 히트펌프에 요구되는 온도상승폭을 태양열의 도움을 받아 줄임으로서 성능계수를 높이는 개념임. 그동안 대부분 연구에서 이러한 통합을 통해 상당한 성능개선효과를 보았으며 또 다른 방법으로는 히트펌프로 직접 사용할 태양열 온수의 온도를 상승시키는 용도로 응용할 수 있음. 90여개 이상의 태양열 연계 히트펌프 시스템이 오스트리아, 독일, 스위스와 같은 유럽지역을 중심으로 설치되었음
- ◎ 태양광/열(PVT) 하이브리드 시스템은 동일한 면적에서 전기와 열을 동시에 생산하는 기술임. PV모듈 후면에 태양열 온수를 순환시킴으로서 태양전지의 온도상승을 저하시키는 효과를 기대할 수 있음. 공기식 PVT, 집열창 구조의 PVT, 물 대신 대체 유체를 사용하는 PVT, 집광식 CPVT, 히트펌프 연계 PVT 등 다양한 디자인의 융복합 설계 제품이 있지만, 현재까지 가장 대표적인 구성은 물을 열전달매체로 사용하는 Unglazed PVT 시스템임

## 향후 전망

- ◎ 현재 고효율 저가를 지향하는 보다 개선된 형태의 집열기들이 개발 출시되고 있으며, 특히 지역난방 시스템이나 히트펌프 시스템 등과의 연계, 태양열과 태양광을 통합시킨 PV/Thermal 등에 대한 시도가 다양하게 진행되고 있음
- ◎ 차세대 태양열 시스템을 위한 혁신 목표는 보다 저비용으로 내구성이 높으며, 더 얇게 함으로서 지붕 또는 건물외벽에 효과적으로 통합할 수 있도록 하는 것임. 더 나가 최소 50% 이상의 열부하를 태양열로 공급하는 Active Solar Building을 2020년까지 기준건물로 만드는 것이며, 2030년까지는 100% 태양열 공급을 목표로 하고 있음. 이를 위해서는 하절기의 잉여 열부하를 동절기로 가져갈 수 있는 계간축열과 같은 장기간의 저장시설이 요구됨. 또한 이러한 목표를 달성하기 위해서는 건축설계, 단열, 기존 냉난방설비의 효율개선 등도 같이 연구개발 되어야 할 것임

- ◎ 유럽의 2030년 태양열 비전은 신축건물의 경우 100% 태양열에 의해 커버되는 active solar house가 기본이 될 것이며, 기존건물은 태양열 리모델링을 통해 50% 태양열 절감 건물을 목표로 하고 있음. 상업용 및 농업용 태양열 응용은 태양열 저장시스템을 통해 공정열과 냉방수요를 커버할 것이며, 지역난방 네트워크에 연계하여 난방과 냉방에 기여하는 시스템을 보다 널리 보급하는 것을 목표로 하고 있음. 종합적으로는 250℃ 이하의 저온부하 50%를 태양열에 의해 공급할 것을 목표로 하고 있음
- ◎ 과거의 시장이 단독주택용 급탕시스템이 주를 이루어 왔다면, 최근의 주 관심사는 난방과 급탕을 동시에 공급하는 콤비시스템이 주를 이루고 있으며, 향후 5년 뒤의 제로에너지건물의 의무화 되는 2020년대에는 전체 건물 열부하의 50%이상을 태양열에 의해 담당하는 Solar Active House용 시스템이 시장을 주도할 것으로 기대됨 [그림 5-8 참조]



[그림 5-8] 주거용 태양열 시스템의 주 응용분야 변화 동향

출처 : stryj-Hipp, 2011

- ◎ 최근에는 자국시장의 포화 및 정체로 인해 많은 태양열 생산기업들이 해외진출을 적극 시도함으로 서서히 태양열 시스템에 대한 국제시장 또한 서서히 형성되고 있음. 이러한 맥락에서 제품의 품질보증 및 인증, 국제표준 등에 대한 중요성이 크게 부각되고 있으며, 미국과 유럽의 기존 인증제도에 기반하여 라틴아메리카 및 아랍지역에서도 새로운 인증시스템을 개발 중에 있음. ISO에서도 태양열 시스템 및 구성 부품에 대해 성능과 내구성 측정을 위한 국제 표준화 작업을 개발해오고 있음. 하지만 각 국가별로 비용, 품질, 기술 수준 등 본질적으로 존재하는 다양한 차이로 인해 아직 강력한 국제 표준의 발효는 이루어 지지 못하고 있는 실정이며, 현재는 각 국가의 시장 상황에 맞게 자국의 표준에 이러한 기준을 반영하는 수준으로 진행되고 있음. 따라서 가까운 기간 내에 국제 또는 지역간 인증체제의 부족에 대한 문제제기가 야기될 것으로 예측됨

- ◎ 태양열 시스템의 보급확산을 위한 향후 핵심 경쟁 사안으로는 1)선진국의 경우 가스 또는 전기 보일러와 같이 확고하게 형성된 기존 기술과 비교하여 높은 초기설치 비용의 문제, 2)기존 건물에 태양열 시스템을 통합하는데 따른 복잡성 및 연계된 비용상승 문제, 3)냉난방 공급을 위한 히트펌프 시스템과의 경쟁 및 태양광 시스템과의 지붕면적 공유 문제 등을 들 수 있음
- ◎ 향후 미래 주거건물 열수요는 기술적 요소(건물의 배치 및 에너지절약 요소, 단열, 건축재료 등)와 인구학적 개발(수입, 연령, 도시화, 및 인구 성장률 등)의 영향을 크게 받을 것임 선진국의 경우 건물의 단열 보강 및 에너지효율 개선 등에 따라 난방부하는 감소하는 반면, 개발도상국의 경우는 경제수준의 향상에 따른 주거 쾌적수준의 향상욕구가 증가하기 때문에 냉난방 급탕 수요가 증가할 것으로 예측됨
- ◎ 지금까지는 대부분의 태양열 시스템 보급은 정부 정책의 지원에 힘입어 이루어져 왔으며, 1980년대를 되돌아보면 많은 수의 국가에서 태양열 시스템의 보급을 위해 보조금을 지급해 왔으나, 유훈파동이 어느 정도 진정된 이후 지원제도를 모두 포기하였음. 이에 반해 Austria, Barbados, China, Cyprus, Germany, Greece, Israel, Turkey 등의 국가에서는 신축건물의 태양열 의무적용 등과 같은 지속적 정책지원과 비용 효과적인 제품의 개발 등을 통해 꾸준히 자체 역량을 키울 수 있도록 노력해 오고 있음. 특히 주택수요가 꾸준히 증가하는 국가의 경우 태양열 시스템의 보급 성공을 위해서는 의무규정이 핵심수단이 될 것임. 새로운 방안 중의 하나로 저소득가구나 공공임대주거 등에 소규모 태양열 시스템을 정부에서 지원해주는 것을 들 수 있음. 이를 통해 해당가구의 에너지비용의 저감을 제공함은 물론 일자리 창출과 재생에너지를 통한 에너지 공급량 증가를 동시에 기대할 수 있을 것임. 또 다른 방법으로 저리의 융자대출이나 지역난방과 연계된 태양열 시스템의 공급 등도 보급확산을 위한 매력적인 대안이 될 수 있을 것임

## 참고문헌

- 1) AEE INTEC, Solar Heat Worldwide 2015, IEA Solar Heating & Cooling Programme, June 2015
- 2) Fraunhofer-Gesellschaft, Heating with the sun, Research News, 03.08.2015
- 3) Gerhard Stryi-Hipp, Solar Thermal Technology, Status and Perspectives, Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE, Warsaw, 15.11.2011
- 4) IEA-ETSAP and IRENA, Solar Heating and Cooling for Residential Applications, Technology Brief R12, January 2015
- 5) Klaus Vajen, Storages for solar heating systems at domestic, community and industrial scales, Kassel University (DE), Inst. of Thermal Engineering, Edinburgh, 21.10.2014