

태양에너지건축 평가 인증  
(Certification for Solar Architecture)

2013.06.21

한국태양에너지학회

## 목차

1. 배경 및 목적	3
2. 태양에너지건축 과 녹색건축	4
2.1 태양에너지건축의 정의	4
2.2 녹색건축의 정의	5
2.2.1 생태건축	5
2.2.2 자연형태양열건축	6
2.2.3 제로에너지건축	7
2.2.4 태양에너지건축	7
3. 태양에너지건축의 평가기준	9
3.1 유효복사에너지 (20)	12
3.2 에너지	14
1) 냉난방부하 저감을 위한 투명외피(6)	14
2) 불투명 외피(5)	15
3.3 발전량 향상을 위한 고려	16
1) 부분 차양(3)	16
2) 태양전지표면온도(3)	16
3.4 자연환기를 통한 에너지 절약(3)	17
3.5 실내환경	17
1) 음 환경(5)	17
2) 열 환경(5)	17
3) 빛 환경(5)	18
3.6 유지관리(18)	18
3.7 구조체 활용	18
3.8 내화성, 내충격성	18
3.9 친환경성	18
4. 종합평가	18
5. 신청절차 및 관리	19
6. 참고문헌	20

## 1. 배경 및 목적

전통건축에 내재해 있는 환경 측면에서의 중요한 전통적 가치들을 계승 발전시키면서, 건축물의 에너지 절약과 태양광발전을 포함한 태양에너지건축을 생태학적으로 건축 할 수 있도록 유도하여 녹색건축을 확산 보급하고 환경을 보호 하며 행복한 삶, 학문 및 기술발전을 유도하는데 목적이 있다.

"저탄소 녹색성장"의 비전하에 2012년 현재 정부주도로 "RPS (Renewable Portfolio Standard) 및 공공기관 신재생에너지 의무화 제도"를 추진 중이고 매년 신재생에너지 의무 공급비율을 높혀 갈 예정이며<sup>1)</sup>, 이러한 제도를 시행하는데 있어 범부처 차원에서 건물일체형 태양광발전 (Building Integrated Photovoltaic, BIPV)에 대한 규격(표준화), 인증 및 평가를 할 수 있는 전문기관을 육성하는 것이 필요하다<sup>2)</sup>.

또한 2013년 2월 23일 부터는 국가적 차원에서 "녹색건축물 조성지원법"이 시행 될 예정이다.

그동안 녹색건축과 태양에너지시스템의 효과적인 융합의 필요성을 인지하고 유관학회들과 공동으로 수년간 연구해 왔으며, 이를 구체화하기 위해 포럼(2009.11), 건축학회지 건축(2010.1), 워크숍(2010.4), 심포지움(2011.6), 건축학회지 건축(2011.10), 한국그린빌딩협회지 그린빌딩(2011.12) 등을 통하여 관련 학회들이 대부분 참여하여 관심 있는 많은 전문가들 및 회원들과 공개적인 토론을 통하여 태양에너지건축을 가장 생태학적으로 유도해 가기 위한 방안을 논의 한 후 정리해 왔다<sup>3)4)5)6)</sup>.

학회의 합리적인 기준에 의한 평가를 통하여 가장 생태학적인 녹색건축을 확산 보급하는데 기여하고 에너지관리공단, 지식경제부, 국토해양부, 환경부 등 공공차원에서 시행하거나 시행예정인 신재생에너지중 태양에너지 관련한 재정적 지원이나 혜택을 주는데 기준이 될 수 있게 하여 합리적으로 공공 예산을 집행할 수 있게 하고자 하는것이 바램이다.

태양에너지시스템을 가장 생태학적으로 건축에 접목할 수 있게 하여 태양에너지시스템을 무분별하게 적용 하는데서 오는 환경파괴를 막고, 생태성의 극대화를 유도하여 자연환경을 보호하고 삶의 질을 개선하는데 일조 하고자한다.

---

1) 김형진, 2011.12, 신재생에너지 현황 및 그린빌딩과의 융합, 한국그린빌딩협회지 그린빌딩.

2) 정득영, 박진호, 2011.10, 태양광 모듈의 건축물 적용사례 및 해외개발동향, 대한건축학회지 건축.

3) 유승호, 박노열, 2010.4, 친환경 태양광(열)건축물의 보급과 인증을 위한 대한건축학회의 방향, 대한건축학회 주최 워크숍.

4) 유승호, 2011.6, 자연형태양열 태양광건축의 평가기준, 대한건축학회, 한국건축친환경설비학회, 한국생활환경학회, 한국태양에너지학회, 한국태양광산업협회 공동심포지움 자료집.

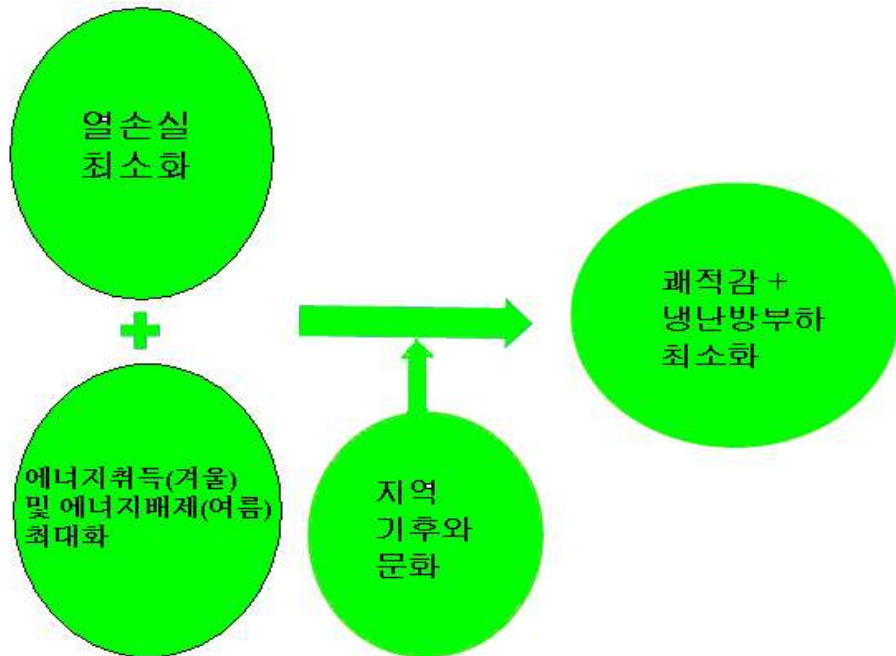
5) 유승호, 2011.10, 녹색건축과 태양광발전의 생태학적 융합을 위한 평가기준, 대한건축학회지 건축.

6) 유승호, 손장열, 2011.11, 녹색건축과 태양광발전시스템의 생태학적 융합-유효복사에너지와 투명외피를 중심으로-, 한국생활환경학회 추계학술대회.

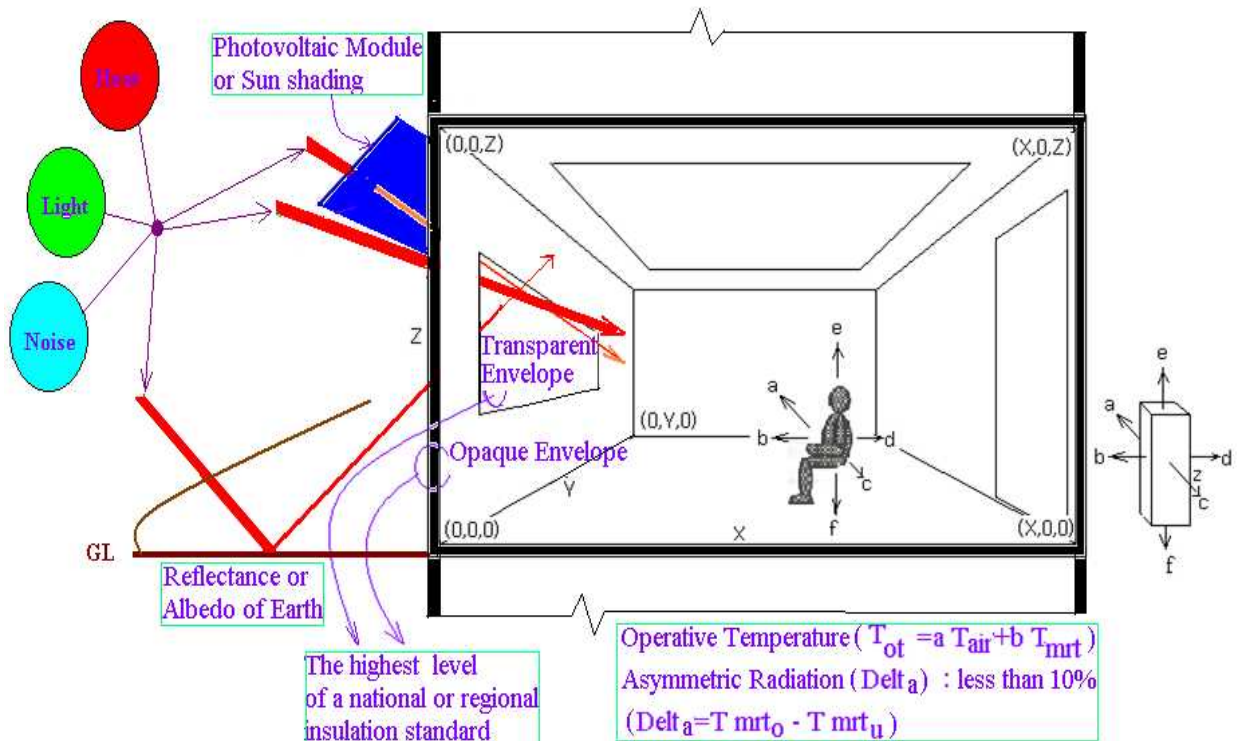
## 2. 태양에너지건축 과 녹색건축

### 2.1 태양에너지건축의 정의

태양광 모듈을 이용한 건축물로서 태양광 모듈을 자연형태양열 개념으로 적용하여 냉난방 부하를 최소화하고 실내 환경의 질을 향상시킬 수 있으며, 지역의 기후에 잘 적응할 수 있고, 우리나라의 건축문화를 계승 발전시킬 수 있는 녹색건축으로 그림 1에 그 기본 개념, 그림 2에 그 기본도를 나타낸다.



[그림 1] 태양에너지건축의 기본 개념



[그림 2] 태양에너지건축의 기본 도

## 2.2 녹색건축의 정의

녹색건축이란 사람들이 생활하는데 편리하고, 열, 빛, 음, 공기 환경 측면에서 쾌적하고 에너지 절약적 이어야 하며, 자연에서 얻을 수 있는 에너지를 최대한 가공 없이 활용하고, 자연과 인간이 같이 더불어 살 수 있는 참살이 건축공간을 의미 한다고 할 수 있다.

### 2.2.1 생태건축

1979년 독일의 크레세가 독일 연방 환경부에 보고서를 내면서 생태건축(Oekologisches Bauen) 이라는 말을 사용하기 시작했고, 그 전후로 독일을 비롯하여 여러 곳에 생태건축을 포함한 생태건축단지가 들어서 왔다.

생태건축의 계획은 인간과 자연, 인간과 건축 및 인간과 인간 간의 연결고리를 만들어 주는 것에서부터, 건물의 열적 거동, 유체의 흐름, 빛의 방향 및 소리의 세기 등을 인간의 쾌적, 환경보호 및 에너지 절약, 인간관계 개선 이라는 명제 하에 철학적, 기술적 접근에 이르기 까지 종합적으로 이루어져야 하는 학문의 범주로 이해할 수 있다. 생태건축은 여러 분야가 융합된 것으로, 특수한 구조나 외피구성을 갖는 건축구조에서 부터 각종 설비시스템, 인간, 건축 및 자연 등이 상호간 연결고리를 이어갈 수 있는 심리적인 측면까지, 다방면에 걸친 원리들이 포함된다고 볼 수 있다. 미래의 건축행위와 개발은 외부공간, 설비기술 및 건축구조 등 3개 영역들 사이의 상호작용과 각 영역의 종속요소 들을 고려 해야 한다. 기존 건축물에 개별적 요소들을 갖다 부치는 것이 아니라, 실제 계획단계 부터 포함시켜 각각의 측면을 공히 모두 중요시 여겨야 한다. 즉, 공기, 흙 혹은 지구, 물, 흠과 아트리움, 구조, 외피, 지붕 및 기타 설비시스템 등이 생태학적으로 융합할 수 있어야 한다. 이러한 많은 요소들은 겹치는 부분이 많고, 따라서 건축가든 기술자든, 어떤 계획가 측면에서는 이러한 많은 요소들을 효율적으로 융합시키는 것이 큰 과제이며 매우 중요한 일이다. 따라서 생태건축을 추구해가는 과정은 여러 영역들 간의 많은 요소들을 생태학적으로 시대의 흐름에 따라 균형 있게 융합시켜가는 문제라고 말할 수 있다. [그림 3]에 한 생태건축 단지내에 있는 생태건축의 예를 보인다.



그림 3 생태건축 (베를린, 독일)

### 2.2.2 자연형태양열건축

세계적으로 1973년, 1978년의 1, 2차 오일 쇼크가 있을 후 건축물의 에너지 절약을 위해 단열기준의 강화 및 자연에너지의 이용 등 많은 제도적 기준을 만들고 적용되고 있는데, 1980년대 초부터 유리온실을 건축물에 활용한 자연형태양열 건축이 독일에 일반화 되었고, 이러한 유형은 아니지만 우리나라에도 자연형태양열 건축이 적용되기 시작했지만 많이 일반화되지는 못해왔다. [그림 4]에 1980년대 부터 보급된 유리온실 유형의 자연형태양열 건축의 예를 보인다.

이러한 유리온실을 이용한 유형의 자연형태양열건축은 주간은 태양열을 받아들이고, 야간에는 열적 완충공간의 역할을 하며, 지붕에는 복토를하고 잔디를 심어 단열도하면서 이를 통해 도심지내에서도 빗물도 어느정도 정화해 활용할 수 있게하고, 집앞에 소음원이 있는 경우에는 특히 차음을 하기 위한 목적으로도 이용하는 등의 자연에너지 이용방법이 활성화되었다. 이러한 기법은 리모델링 시장에도 많이 적용되고 있다.



그림 4 1980 년대의 자연형태양열건축 (베를린, 독일)

그후 독일의 경우 볼프강 파이스트 박사를 중심으로 1996년도에 자연형태양열 건축연구소 (Passivhaus Institut)를 설립하여 기업형 자연형태양열건축(패시브하우스)이 대량으로 보급될 수 있는 기반을 마련하여 유럽 전역으로 확산 되고 있다. [그림 5]에 독일의 자연형태양열 건축기준(패시브하우스 건축기준)에 따라 건축한 자연형태양열 연립주택을 나타낸다.



그림 5 자연형태양열 연립주택 (취리히, 스위스)

건축물에서 사용되는 화석 에너지를 최대한 줄이기 위해 우선적으로 단열을 강화하고, 재생 가능한 에너지를 최대한 가공 없이 활용할 수 있는 방향으로 흘러가고 있는 것이다. 그 후 현재에 이르기 까지 정부의 지원제도와 맞물려 상당히 활성화 추세에 있으며, 유럽은 물론 세계 여러 나라로 보급 되고 있는데, 이들 설계기준은 근본적으로 난방에너지를 절약하는데 초점을 맞춰 만들어 졌다.

우리나라에도 최근에 독일의 자연형태양열 건축기준을 포함한 친환경건축, 자연형태양열 건축의 설계, 시공 방법 등이 여러 경로를 통해 소개 되고있다./3,5/

앞서가는 선진 외국의 사례를 보고 장점은 받아들이면서, 건축을 하려는 지역특성에 맞는 이상적인 모델을 찾아 가는것도 중요하며, 우리나라는 여름과 겨울의 온도차 등이 극명하게 나타나는 등의 기후차, 전통적으로 내려오는 건축문화와 생활 관습에서 오는 냉난방 방식의 차이 등을 고려한 건축을 추구하는 것도 바람직 할 것이다.

### 2.2.3 제로에너지건축

1994년에는 독일의 프라이부르그에 제로에너지건축이 처음 들어서면서 화석에너지가 고갈되어도 인류는 생존할 수 있다는 기술적 가능성은 제시했다. 그 후 베를린을 비롯하여 몇 곳에 제로에너지 주택이 들어 섰지만 경제성과 친환경성 면에서 경쟁력이 없으므로 국가적인 차원의 특별한 지원도 없고 하여 현재는 제로에너지건축 이라는 명칭으로 활성화 되지는 못하고 있다. [그림 6]에 1993~1994년 완공된 세계 최초의 제로에너지 건축을 보인다.



그림 6 제로에너지 건축 (프라이부르그, 독일)

그 후 최근 우리나라를 포함한 선진 몇몇 나라를 중심으로 향후 몇 년 이내에 제로에너지 건축을 의무화 하겠다 라는 비전을 제시하고 있다. 기술발달로 비용이 내려간다고 해도 현실적으로 나라전체의 모든 건물을 제로에너지화 할 수는 없을 것이다.

얼핏 보기에 근사해 보인다고 해서, 일부 정치하는 사람들이 생각할 수 있고 실현해보는 것처럼, 제로에너지건축을 목적으로 해서는 안될 것이며, 그를 목적이 아닌 목표로 하여 한 나라 전체를 크게 보고 에너지를 가장 효율적으로 절약할 수 있는 가장 경제적이며 친환경적인 방향을 설정하고, 그 방향을 실천해 갈 수 있는 해당 지역의 실정에 맞는 효과적인 기준과 제도를 중심으로 산, 학, 연, 관이 협력해 나가야 할 것이다.

### 2.2.4 태양에너지건축

환경오염, 지구온난화, 에너지고갈 등 여러 문제를 해결하기 위해 신재생에너지의 중요성이 크게 부각되고 있는데, 이들 신재생에너지 중 해당지역의 건축물에 가장 생태학적으로 융합할 수 있는 대표적인 것들을 중심으로 보급을 확산해 가는 것이 타당하다. 일반적으로

태양광발전을 포함한 대부분의 신재생에너지 시스템은 제3의 지원이 없으면, 단순 적용할 경우 아직은 활성화되기는 힘든 실정이며, 친환경적이라고 말하기도 힘들다./8/

지금 당장 우리나라의 모든 건물에 고가의 신재생에너지 시스템을 적용할 수는 없는 것이다. 가격이 비싸서 개인이 독자적으로 적용하기가 힘들기 때문이다. 따라서 정부의 지원이 있어야 가능한데, 정부의 신재생에너지의 보급과 관련한 재정 예산은 한계가 있다. 이러한 문제는 우리나라 만의 문제가 아니고 세계 어느 나라나 다 공통적으로 안고 있는 문제이다. 그렇다면 한정된 재정을 어떻게 효과적으로 활용 할까 의 문제가 생긴다. 신재생에너지를 최종적으로 실제 사용하는 곳은 대부분 건축물내 최종 공간이고, 가능하면 이러한 신재생에너지를 사용하는 최종공간에 가장 근접한 거리에서 생태학적으로 만들어 사용하는 것이 에너지 배달 손실, 생태계 파괴 등 여러 가지를 고려할 때 제일 이상적이라 할 수 있다.

이러한 측면에서 지역의 기후에 맞고, 전통건축에 내재해 있는 물리적 측면의 장점들인

- 1)처마의 원리를 응용한 계절적 대응과 에너지절약,
- 2)복사난방을 이용한 쾌적감 향상 및 에너지절약,
- 3)주변의 반사율 활용,
- 4)외피(투명 및 불투명)의 단열성, 투과성, 습도조절 특성,
- 5)지역별 건축물 배치와 자연환기 특성 등

에 현대의 첨단 과학기술들 중 가장 생태학적인 기술을, 가장 생태학적으로 융합해, 가능한 많은 건물에 적용할 수 있게 하는 방법을 찾는 것이 우리 모두가 추구해야할 부분이라 생각한다. 이렇게 갈 때 정부에서는 신재생에너지를 포함한 에너지 관련한 한정된 예산을 효과적으로 사용할 수 있을 것이고, 많은 국민들이 합리적으로 골고루 지원을 받아 녹색건축을 많이 확산시키는 계기가 마련될 것이다. 현재 정부에서 그린홈 보급사업을 하고 있는데 그린홈 보급사업도 이런 범주에서 생각하고 보급기준을 마련하여 추진해나가야 할 것이다.

어떤 형태로든 최대한 친환경적이고 경제성을 향상시키기 위해서는 현실적으로 그를 실현해 나아갈 구체적이며, 생태학적인 방안이 마련되어야 하며, 그 방안의 중심에 합리적인 제도와 기준이 있다. 신재생에너지시스템을 효과적으로 이용하는 방법을 생각해 보면, 우리가 살 공간에 어떻게 융합시켜야 친환경적일지 생태학의 견지에서 공학적으로 접근해야 답을 얻을 수 있다.

자연형태양열 건축은 이러한 관점에서 볼때 매우 중요한 부분이다. 건축하려는 어떤 지역의 기후환경에 맞는 자연형태양열 건축<sup>7)</sup>과 신재생에너지 시스템중 그 지역의 사용주체가 최종적으로 제일 많이 사용하는 곳에 생태학적으로 가장 잘 융합할 수 있는 시스템들을 중심으로 가장 생태학적인 기준<sup>8)</sup>을 만들고 그 기준에 따라 설계 시공하여 그런 건축물을 많이 보급해가는 것이 필요하다. 건축물에 신재생에너지시스템 중 태양광발전시스템을 자연형 개념으로 다기능 적이고 생태학적으로 융합시키면 그것이 오늘날 일반적으로 부르는 건물일체형태양광발전 시스템의 가장 이상적인 모습이라고 할 수 있을 것이다.

따라서 신재생에너지 관련 한정된 예산을 가지고 녹색건축의 정의 에서 언급한 여러 요소들을 모두 고려하여 친환경적이며 생태학적으로 적용하여, 환경, 에너지, 쾌적감 등 제반 문제를 가장 효과적으로 해결하려면, 우선 지역의 기후와 문화에 맞는 자연형태양열 건축에 신재생에너지 시스템중 그 지역에서 가장 효과적인 시스템을 찾아 자연형 개념으로 적용하는 생태학적 융합을 통해 그 지역의 문화와 역사도 같이 살아 숨 쉬는 건축을 해야 할 것이

7) 신동홍, 2011.12, 한국형 패시브하우스의 가능성, 한국그린빌딩협의회지 그린빌딩.

8) 유승호, 2011.12, 그린빌딩과 신재생에너지의 생태학적 융합, 한국그린빌딩협의회지 그린빌딩.



다. 이를 위해 3 에 기술한 평가기준이 필요하고, 평가를 통해 높은 등급을 받은 건축물을 태양에너지건축 혹은 그린홈 으로 지원하고 보급해가야 할 것이다.

이를 위해서 우선 대한건축학회를 중심으로 1 에 기술한 목적과 배경 하에서 5 에 기술한 방법으로 운영해 갈 것이다.

[그림 7]은 태양에너지건축(Solar Architecture) 혹은 그린홈의 생태학적 위계를 나타낸다.



[그림 7] 태양에너지건축(Solar Architecture) 혹은 그린홈 의 생태학적 위계

### 3. 태양에너지건축(Solar Architecture)의 평가기준

태양광발전과 건축을 생태학적으로 융합시킬 수 있는 방법은 많이 있겠으나 가장 중요한 것은 좋은 교육프로그램을 통한 교육활동과 합리적인 평가기준을 바탕으로 인증제도 및 장려제도의 시행을 들 수 있다. 일본, 미국, 독일(유럽)을 비롯하여 여러 선진국들을 중심으로 하여 이러한 제도가 시행되고 있고, 우리나라도 많은 인증제도와 장려제가 시행되고 있으나, 각 제도 마다 초점이 다 다르고, 강조하려는 부분이 다 다르기 때문에 강점이 서로 상이할 수 밖에 없다. /6,9,10,11,12,13,14,15/

대한건축학회 신재생에너지설비 분과위원회를 중심으로 하여, 환경보호, 지구온난화 및 에너지고갈 등에 대비하고 우리나라의 문화와 역사도 보존 하면서, 건축물의 에너지절약을 위해 자연형태양열건축과 태양광발전의 생태학적 융합을 통해 우리나라의 시 공간에 잘 맞고, 2.1 절에 정의한 태양에너지건축의 인증제도의 잣대가 되는 평가기준을 내놓고 있다. /1,4,7,16,17,18,21/

아래 표.1 은 대한건축학회 신재생에너지설비 분과위원회를 중심으로 하여 여러 학회가 토론 등을 통해 제시한 녹색건축과 태양광발전의 생태학적 융합을 위한 평가기준을 나타낸다. /1/ 표.1-1 에서 보는 바와 같이 8개로 큰 구분을 하고, 각각을 평가하기 위한 세부 항목을 19개로 나누어 총 합이 100 이 되도록 하였다. 시 공간에 따라 각 항목의 중요도가 달라질 수 있고, 항목도 변할 수 있지만,

<표 1-1> 태양에너지건축(Solar Architecture)의 평가기준

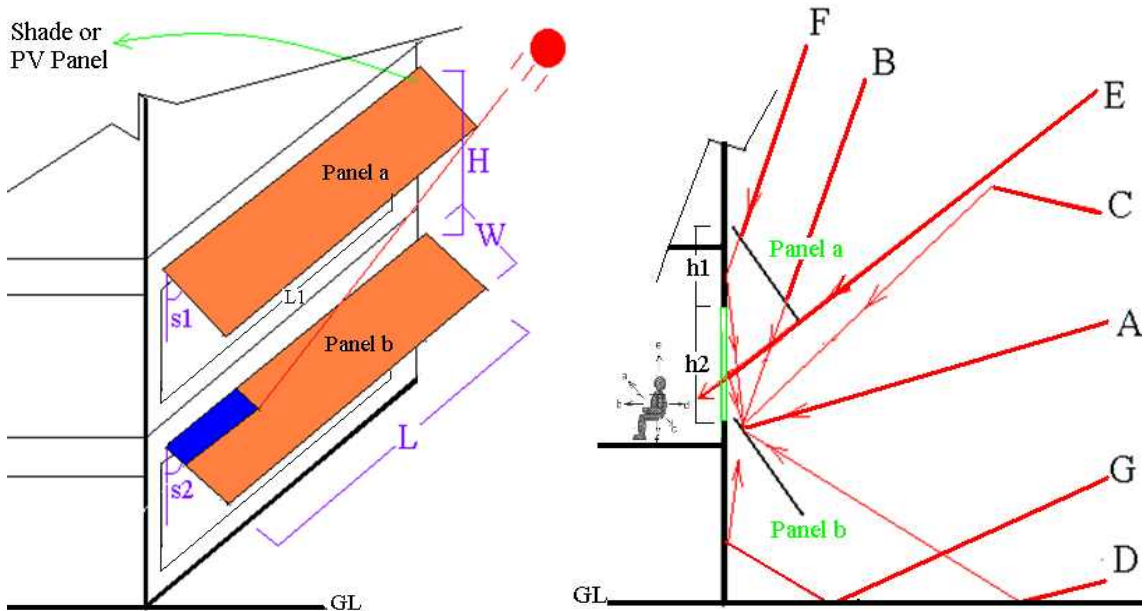
구분	평가항목		비고	배점
태양복사에너지 (1개항목:20점)	유효복사에너지의 최대 활용		유효복사계수	20
에너지 (3개항목:20점)	자연환기를 통한 에너지절약		자연환기 : 3	3
	냉난방부하 저감	투명 외피	총에너지 배제율 (외부차양)(여름) : 3 총에너지 유입율 (겨울) : 3	11
		불투명 외피	열관류율 값 (외벽, 지붕) : 5	
	발전량 향상을 위한 고려		모듈 그늘면 : 3 모듈 표면온도 : 3	6
외관 (1개항목:10점)	건축과의 조화 및 마감재로 이용여부		조화성 : 5 마감재 : 5	10
실내환경 (3개항목:15점)	음 환경	외부 소음에 대한 완충정도		5
	열 환경	쾌적감 향상	작용온도	3
		공기의 흐름	따뜻한 공기의 실내유입	2
	빛 환경	현휘 감소를 위한 고려		5
유지관리 (6개항목:18점)	에너지관리체계 구축 운영/유지관리 문서 및 지침제공 타당성, TAB			5
	모니터링 관리			5
	유효복사에너지 확보의 지속성			4
	모듈면 청소의 용이성			4
	구조체 활용 (2개항목:6점)		신축건물 계획시 계획적으로 적용 혹은 리모델링시 적용하여 재료 및 자원절약	
안전성 (2개항목:4점)	내화성			2
	내충격성			2
친환경성 (1개항목:7점)	시스템 전과정의 Co2 배출량		LCCo2	7
8개 구분	19개 평가항목		1등급: 90점 이상 2등급: 80~89 3등급: 70~79	100

본 기준은 대한건축학회가 주최 하고, 동 학회 신재생에너지설비 분과위원회가 주관이 되어 열렸던 2010년 4월의 워크숍과, 대한건축학회를 중심으로 한국건축친환경설비학회, 한국생활환경학회, 한국태양에너지학회, 한국태양광산업협회가 공동으로 개최하고, 국토해양부, 에너지관리공단, 지식경제부, 한국그린빌딩협회의 후원 및 후원기관, 한국건설기술연구원, 대통령직속 녹색성장위원회 등 유관 관련 기관의 책임자들 과 많은 회원들이 참여했던 2011년 6월의 "자연형태양열 태양광건축의 평가 인증을 위한 심포지움" 을 통해 공개 토론을 거쳐 나온 평가 기준이다. 현 시점에서는 우리나라의 문화와 역사도 담을 수 있고, 태양광모듈을 생태학적으로 융합한 녹색건축(혹은 태양광발전과 융합한 그린홈) 혹은 이상적인

건물일체형 태양광발전시스템을 보급해 가는데 중요한 기준이 될 수 있을 것이다.

그리고 본 평가기준은 대부분 정량적으로 평가가 가능한 충분한 이론적 배경과 방법이 있으며, 지금 당장 정량적으로 평가가 힘든 일부 부분들은 정량화 할 수 있는 방법을 지속적으로 찾아가고 있다. 아울러 본 평가기준은 태양광발전시스템을 건축물에 자연형 개념으로 생태학적으로 가장 잘 융합할 수 있게 하는데 초점을 맞춰 만들었지만, 다른 신재생에너지(지열, 풍력, 등) 들도 결국은 최종 소비주체가 주로 건물에 있으니 이러한 평가기준의 틀 안에서 각 시스템의 특수성을 고려해서 평가하면 객관적으로 신재생에너지 시스템간 비교평가도 가능할 것이다. 그렇게 되면 한정된 신재생 에너지 관련 예산을 시 공간에 따라 어떤 시스템을 우선적이며, 중점적으로 어떻게 안배해야 생태학적으로 타당할지 답이 나올 수 있을 것이다. 또한 지역특성에 맞는 자연형태양열건축 이라는 에너지절약형건축을 하기위해 태양광발전시스템을 생태학적으로 융합하는데 초점을 맞췄다. 신재생에너지 시스템을 건축물에 생태학적으로 적용해야 넓은 범위의 지역에 걸쳐 녹색건축을 많이 보급할 수 있고, 따라서 작금의 국내외적인 환경과 관련한 문제도 효과적으로 해결해 갈 수 있을 것으로 확신한다. 이러한 평가기준을 근간으로 건축학회 건축연구소에서는 표 1-1에서 태양광모듈의 LCCo2 의 평가방법을 마련할 때 까지 이 친환경성 항목을 제외한 평가요소들 만으로 평가해 가고자 한다.

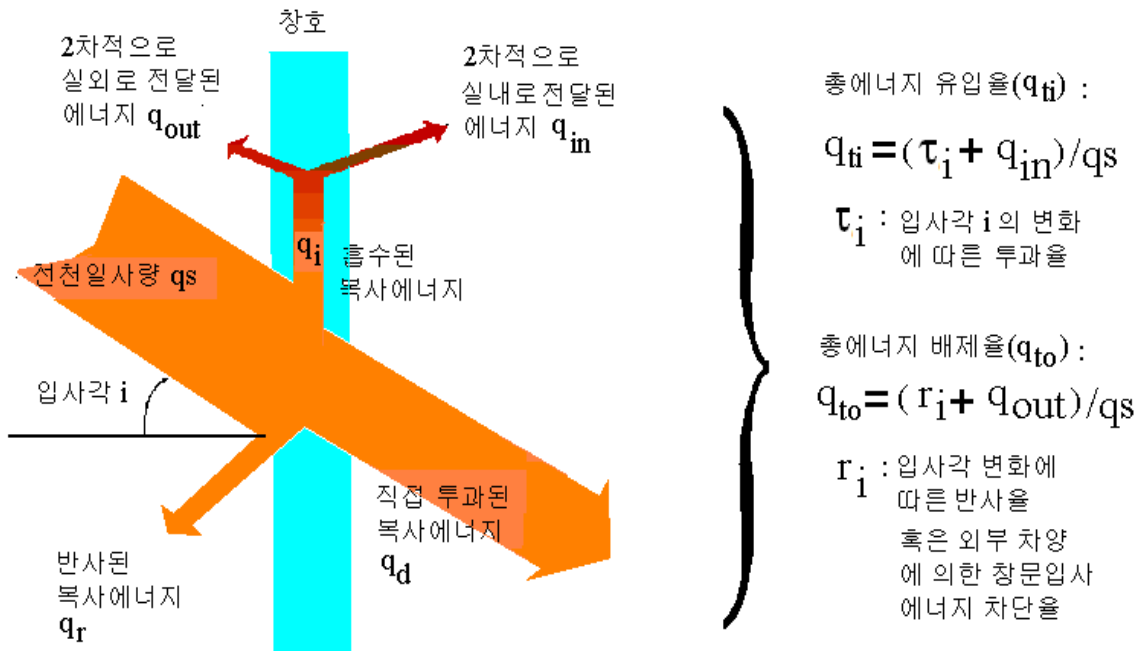
본 요약서 에서는 표.1-1 의 평가기준 관련한 평가방법을 중심으로 모델건물에 대한 평가예를 중심으로 정리해 보고자 한다. 그림.8 에 평가를 위한 건축모델을 나타낸다.



[그림.8] 평가를 위한 건축 모델(좌: 투시도, 우: 단면도)

그림.8 에서 상부 그림은 투시도를 나타내는데 S1 혹은 S2가 0°이면 태양광 모듈이 벽면에 수직인 경우가 되고, 90°이면 수평인 경우가 된다.

그림.8 의 하부 단면도에 있는 h2 에 해당하는 투명외피의 평가 개념을 그림 9 에 나타낸다.



[그림 9] 투명외피의 평가 개념

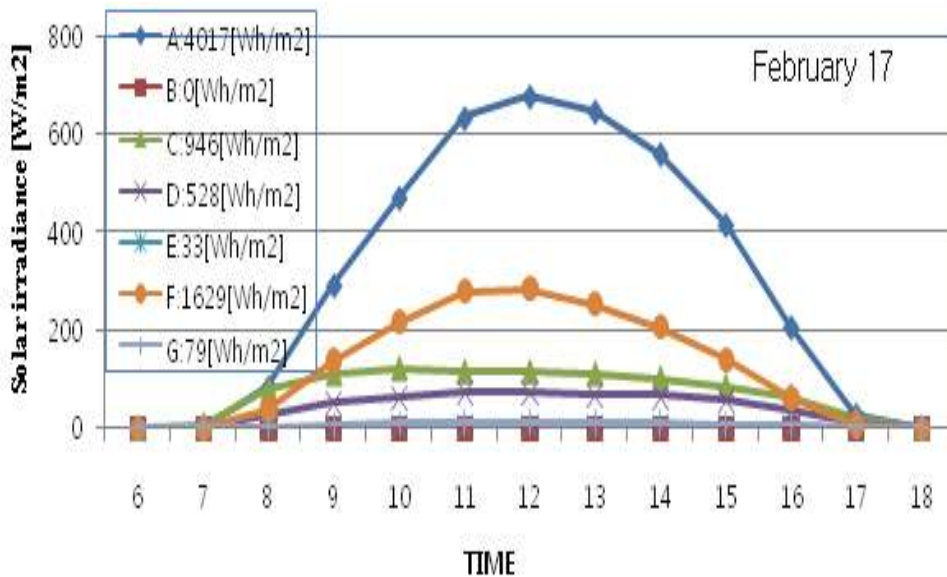
### 3.1 유효복사에너지 (20)

유효복사에너지(Effective Solar Irradiance, ESI)는 태양에너지를 이용하려는 어떤 면에 실제 도달하는 총 태양복사에너지로 그림.8 의 하부 그림을 참조하여 보면 A,B,C,D,E,F의 총 합으로 Panel(차양 혹은 태양광 모듈)에 도달하여 발전에 영향을 주거나 태양열 이용시스템 혹은 창호에 도달한 후 필요한 에너지 생산이나 냉난방 부하에 영향을 주는 복사에너지로 정의한다. 이를 식(1)과 같이 표현 할 수 있다./17/

$$ESI = (A+B+C+D+E+F)/TPA \quad (1)$$

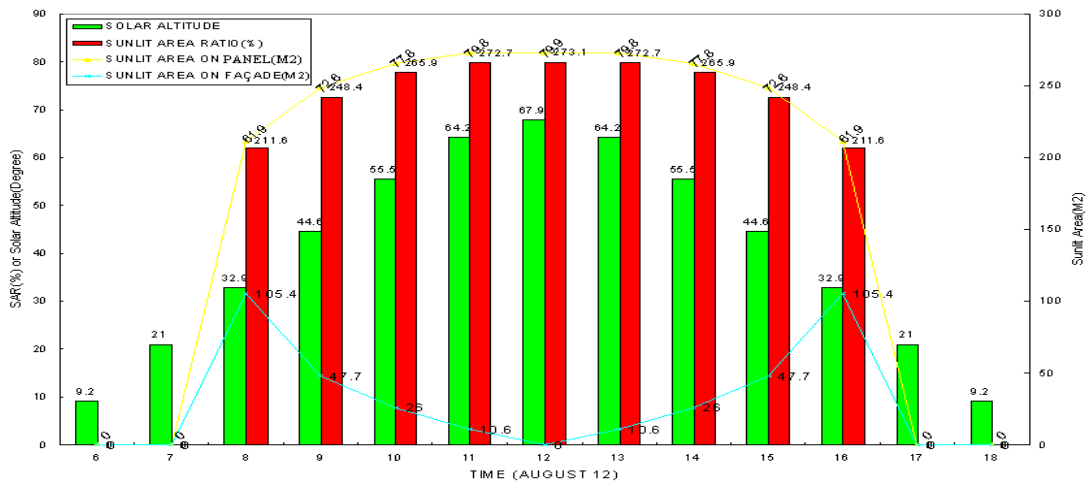
식(1)에서 태양복사에너지 E는 우리나라 전통건축의 상징인 처마 끝을 통해 입사하는 복사에너지로 냉방기엔 외부차양이나 창호시스템을 통하여 가능한 원천적으로 외부에서 차단해야 할 것이며(그림.9 에서 총에너지 배제율), 난방기엔 가능한 많은 에너지를 실내로 들어올 수 있게 해야 한다(그림.9 에서 총에너지 유입율). 이렇게 하면 우리나라의 전통건축에 내재해 있는 가치를 보존하면서 현재 그리고 미래에 살아갈 우리가 필요한 부분을 저렴한 비용으로 효과적으로 채워갈 수 있을 것이다. 한편 D는 우리나라 전통건축은 넓은 앞마당에 주로 마사토를 사용하여 빛을 많이 반사시켜 집안으로 유도하는데, 전통건축에 내재되어있는 과학적으로도 매우 중요한 가치를 지속적으로 현대건축에 보존 발전시켜간다는 것은 매우 중요하다고 할 수 있다.

그림.8 의 상부 그림에서 판넬(차양 혹은 태양광모듈, 그림에서 Panel a 혹은 b)의 길이 L:22.98m, 폭 W:2.47m, 판넬간 거리 H:4.2m, 판넬의 수: 6개 (7층), 판넬의 방위각(북쪽에 대해): 190°, 판넬의 벽에 대한 각도 (S1, S2): 35°, 바닥 및 파사드의 반사율은 각각 0.3~0.4로 가정하고, 모델건물이 경기도 기흥(동경 126.6°, 북위 37°) 근처에 위치해 있을 때, 그림 10은 2월 17일 판넬면에 떨어지는 각 요소별 유효복사에너지의 시간별 변화추이를, Fig.10은 8월 12일 유효복사에너지의 시간별 변화추이를 나타낸다.



[그림 10] 유효복사에너지 (2월 17일)

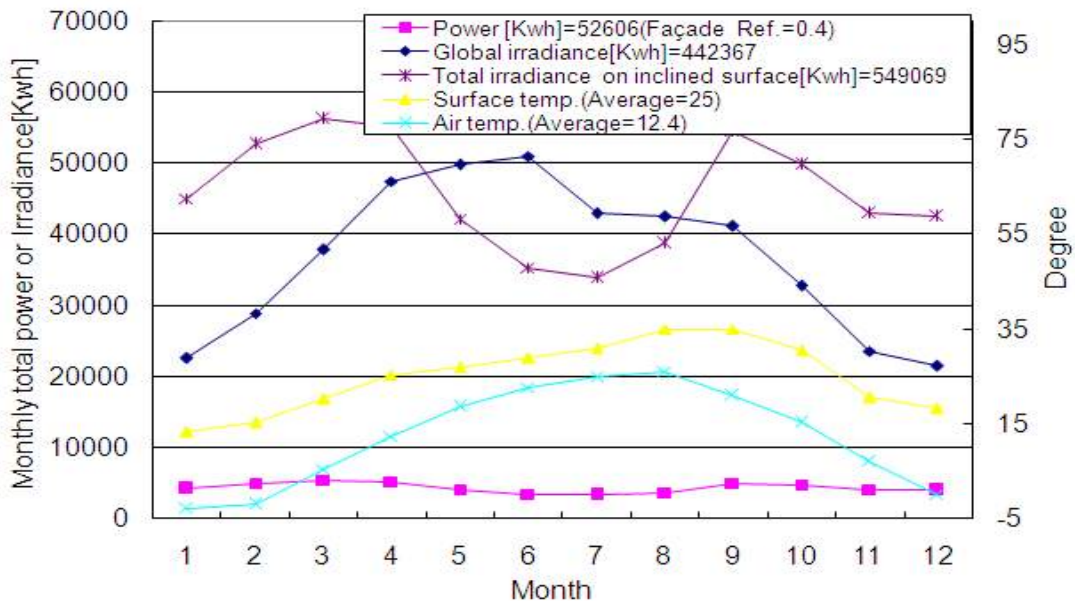
그림 10 에 나타난 2월 17일의 특정한 날을 중심으로 유효복사에너지의 변화추이를 살펴보면, 가장 큰 두 요소 값은 A(55.5%) 와 F(22.5%)가 가장 크며, 기타 C(13%), D(7.3%), G(1.1%), E(0.5%), B(0%) 로 나타났고, 8월 12일의 경우는 A(41%) 와 F(28.3%)가 가장 크며, 기타 C(20.1%), D(7.5%), B(2.3%),G(1.2%),E(0.4%) 등으로 나타나 처마 요소 및 바닥 반사율의 영향 등 우리 전통건축의 요소도 상당히 중요하게 작용하고 있음을 알 수 있다 /16/. 그림 .11 은 파사드와 판넬면에 입사하는 태양 입사율을 나타낸다.



[그림 11] 파사드와 판넬면의 태양 입사율 (8월12일)

이 그림.11 에 나타난 8월 12일 파사드와 판넬면 에서의 시간별 햇빛이 비치는 비율을 살펴보면, 파사드의 경우 판넬(처마)의 영향에 의하여 오전 8시와 오후 4시 전후로 햇빛이 비치는 비율이 제일 크게 나타나고 있고, 12시에 최저를 보이고 있다. 한편 판넬면의 경우는 12시 전후로 최대 약 80% 정도의 면적이 햇빛에 노출되고 그 이외는 약간씩 줄어들고 있음을 알 수 있다. 즉 판넬면에 약 20% 내외의 그늘이 지고 있는데, 이는 판넬면이 태양광모듈

이러면 흐린 날에는 큰 영향이 없지만, 맑은 날에는 발전량에 부분차양계수에 의하여 치명적인 영향을 준다/17/. 하지만 차양 목적으로 이용된다면, 여름철 냉방부하를 줄이는데 매우 효과적이며, 우리나라와 같이 여름철이 매우 더운 지역에서는 외부차양은 매우 효과적이다. 그림.12 에 시간 변화에 따른 전천일사량과 유효복사에너지 (본 그림에서는 Total Irradiance on inclined surface로 표현됨)의 변화추이를 시뮬레이션한 결과를 보인다/19/.



[그림 12] 월별 전천일사량과 유효복사에너지

그림.12 에서 유효복사에너지의 표현은 그림.10 에 표현한 것을 연간 시뮬레이션하면 549,069 Kwh (ESI), 전천일사량은 442,367 Kwh (Global Irradiance, GI)로 나타나 이를 유효복사계수로 표현하면 1.24 (ESI/GI)가 된다. 이 유효복사계수는 태양에너지가 도달하는 창문면이나 태양전지를 포함한 시스템에 전천일사량 대비 상대적으로 얼마 만큼의 복사 에너지가 실제로 들어오는가를 나타내기 때문에 태양시스템 적용 평가시 매우 유효 하다.

한 예로 표.2 에 유효복사에너지의 최대 활용 정도를 평가하는데 필요한 유효복사계수 (Effective Solar Irradiance Factor, ESIF)를 보이는데, 이를 표.1 에 제시한 Solar Architecture 평가기준에서 유효복사에너지의 평가는 표.2 를 이용하여 평가할 수 있다.

<표 2> 유효복사계수(ESIF)

구분	유효복사계수	배점
1	1.9이상	20
2	0.9<ESIF<1.9	10 ~ 19
3	0.9이하	0 ~ 9

즉 본 모델의 경우 유효복사계수가 1.24 이므로 이에 해당하는 배점은 12.4에 해당한다.

### 3.2 에너지

#### 1) 냉난방부하 저감을 위한 투명외피(6)

투명외피는 건물에서 창호를 의미한다고 할 수 있는데, 이러한 창호는 냉방기와 난방기가 뚜렷한 우리나라의 경우, 열에너지 측면에서 볼때, 그 역할이 완전히 달라야 한다고 할 수 있다. 즉 난방기에는 가능한 햇빛을 많이 실내로 끌어들이 수 있어야 하겠고, 냉방기에는

그 반대이다. 이를 난방기에는 총에너지 유입율, 냉방기에는 총에너지 배제율로 표현하여 평가하면 우리나라의 기후 특성을 최대한 고려하여 창호 시스템을 적용할 수 있다. Fig.7 에 우리나라의 기후 특성을 고려하여 창호를 계획하는데 필요한 총에너지 유입율과 총에너지 배제율의 정의를 나타냈다.

총에너지 배제율은 냉방기에, 총에너지 유입율은 난방기에 적용하는 지수로서, 가능한 높아 냉난방 부하를 최대한 줄일 수 있고, 해당 지역의 실외 최고(냉방기) 혹은 최저(난방기)기온 에서 실내측 표면에 최소한 결로가 안생기고 창호 열관류율의 현실적인 최대값을 전제로, 아래 표 3.1 과 같이 평가할 수 있다/18/.

<표 3> 총에너지 유입율 과 배제율의 평가

구분	총에너지유입율(난방기) 혹은 총에너지배제율(냉방기)	배점
1	0.7 이상	3
2	$0.4 < q < 0.7$	2
3	0.4 이하	1

이러한 총에너지유입율 혹은 배제율을 통하여 창호를 통한 열 취득과 손실을 계절별, 지역별로 기후에 따라 필요하게 제어할 수 있을 것이다.

평가방법으로는 외부차양을 계획하거나 처마의 원리를 이용하여 계절적으로 외부 기후환경 변화에 대응할 수 있게 한 경우는 3점, 이중유리 사이에 차양을 삽입시는 2점, 기타 1점으로 평가할 수 있다. 그림 13 에 전통건축의 모습을 보인다.



그림 13 전통건축물 (안동 하회마을)

본 모델건축물의 경우는 총에너지유입율 3점, 총에너지배제율 3점을 줄 수 있다.

## 2) 불투명 외피(5)

건축물에서 에너지를 절약할 목적으로 각 나라마다 상이한 기준과 제도 하에서 지역의 기후에 맞는 기준을 만들고 활용하여 생태학적인 건축을 할 필요가 있다. 본 불투명 외피에서는 독일의 자연형태양열주택(Passivhaus, 패시브하우스)에 상당하는 한국의 기후에 맞는 건축물 단열기준을 설정하는데 목적이 있다. 한국(서울)과 독일(베를린)의 기상데이터를 이용

하여 계산한 결과, 한국 건축물 외피의 열관류율 값  $K=0.22 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$  일때 독일의 자연형태 양열주택(패시브하우스)의 에너지소모량 (독일 자연형태양열주택의 열관류율 기준은  $K=0.15 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$  임) 기준과 같다는 결과를 얻었다<sup>9)</sup>. 아래 표3.2 와 같이 불투명외피에 대한 평가를 할 수 있다.

<표3.2> 불투명외피에 대한 평가

구분	열관류율 값 ( $K, \text{W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ )	배점
1	0.22 이하	5
2	$0.22 < K < 0.47$	4~2
3	0.47 이상	1

본 모델건물의 경우  $K$ 값이  $0.47 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$  로 2점을 배점할 수 있다.

### 3.3 발전량 향상을 위한 고려

#### 1) 부분 차양(3)

여러 원인으로 인하여 태양전지 모듈면에 그림자가 생길 수 있다. 그림자가 생기면 부분차양계수에 비례하여 발전량이 현저히 줄어든다/17/. 따라서 시스템에 따라 다르긴 하지만, 최소한 하지(6/21)와 동지(12/21)를 기준으로 태양광 모듈면에 그림자가 안 생기게끔 설계할 필요가 있다. 표.4 에 부분차양계수(Partial shading factor, PSF)의 평가 예를 보인다.

<표 4> 부분차양계수 (PSF)

구분	부분 차양율 (PSF)	배점
1	0	3
2	$0 < \text{PSF} < 10\%$	2
3	10% 이상	1

태양광 모듈면에 연간 혹은 하지(6/21)와 동지(12/21)를 기준으로 음영이 전혀 발생하지 않으면 3점, 음영이 태양광 모듈면의 10% 미만이면 2점, 10%이상이면 1점을 줄 수 있다.

본 모델의 경우는 연간에 대해 약 10%, 하지인 6월 21일 27%의 부분 차양율을 보여서 1점을 배점할 수 있다.

#### 2)태양전지표면온도(3)

태양전지의 효율은 표준상태(일사량  $1000 \text{ W}/\text{m}^2$ , 표면온도 25도)에서의 발전량을 기준으로 하고 있고, 태양전지는 온도에 의해 발전량이 영향을 받기 때문에 그 영향을 고려할 필요가 있다. 그림 12 에 월별 태양광 모듈면 표면온도(그림에는 Surface temperature로 표현됨)의 변화 추이를 나타내고 있는데, 연간 평균하면  $25^\circ\text{C}$  정도를 보이고 있다.

표 5에 온도의 영향을 평가하기 위한 표면온도의 범위를 보인다.

<표 5> 표면온도의 범위

구분	표면온도(t) 범위	배점
1	29도 이하	3
2	$29\text{도} < t < 34\text{도}$	2
3	34도 이상	1

연간 시뮬레이션을 토대로 일사량이 0보다 큰 시간대에 대한 태양광모듈면의 표면온도가  $29^\circ\text{C}$  이하면 3점,  $29 < 34$ 이면 2점,  $34 >$  이상 이면 1점을 배점할 수 있다. 단, 온도에 영향

9) 신동홍, 2011.12, 한국형 패시브하우스의 가능성, 한국그린빌딩협의회지 그린빌딩.



을 받지않는 태양광모듈의 경우는 온도에 관계없이 3점을 부여할 수 있다.  
 본 모델건물의 경우는 주간대 태양광 모듈의 연간 평균표면온도가 29℃를 나타내서 3점을 배점할 수 있다.

### 3.4 자연환기를 통한 에너지 절약(3)

태양광 모듈을 적용한 건축물의 창호를 밀폐식이 아닌 개폐식으로 유도하거나 지역 기후의 특성에 따라 건물을 배치하여, 필요에 따라 자연환기를 통하여 에너지를 효율적으로 절약할 수 있도록 하는데 목적이 있다.

환기가 잘 될 수 있도록 지역의 바람길을 고려하여 건물을 배치하고, 창호를 개폐식으로 계획했으면 3점, 창호만 개폐식으로 계획했으면 2점, 밀폐식으로 계획 했으면 1점을 배점할 수 있다. 본 모델건물의 경우는 3점을 배점할 수 있다.

### 3.5 실내환경

태양광 모듈을 계획할 때 다기능적인 적용을 유도하여 그 경제성을 향상 시킬 목적으로 태양광모듈 적용에 따른 실내환경 개선효과를 반영할 수 있게 하는데 그 목적이 있다.

#### 1)음 환경(5)

태양광 모듈을 적용하여 외부 소음의 완충정도를 상대적으로 비교하여 음환경 개선효과를 반영하는데 목적이 있다. 이중외피 개념으로 태양광 모듈을 적용하여 창호를 완전히 감싸면 (창호에 대한 태양광모듈의 형태계수가 1이면) 최대 5점부터, 태양광 모듈이 창호를 감싼 정도에 따라 1점 까지 배점할 수 있다. 표.6 에 음환경 평가기준을 보인다.

<표 6> 음환경 평가기준

창호에 대한 모듈의 형태계수	점수	비고
1	5	이중외피
0.7~0.99	4	
0.4~0.69	3	
0.3~0.39	2	
~0.29	1	

본 모델건물의 경우는 창호와 태양광모듈간의 형태계수가 약 0.48로 약 3점 정도를 배점할 수 있다.

#### 2)열 환경(5)

태양광 모듈의 효과적인 적용에 의해 실내 거주자의 열적 쾌적감 향상 및 태양광 모듈을 자연형태양열 개념으로 적용할 수 있게 유도할 목적으로 그 정도를 평가하여 반영 하고자 하는데 목적이 있다. 특히 냉방기에 태양광모듈에 의하여 햇빛을 차단하는데서 오는 인체의 온열환경에 미치는 영향을 고려해, 냉방기 동안의 태양광 모듈에 의한 차양정도로 평가한다. 표.7 은 열환경 평가기준을 보인다.

<표 7> 열환경 평가기준

모듈에 의한 상호 차양정도(%)	점수	비고
70~	5	
50~69	4	
30~59	3	
10~29	2	
~9	1	

본 모델건물은 5~10 월 사이 차양정도가 78%로 5점을 줄 수 있다.

### 3)빛 환경(5)

태양광 모듈을 적용시, 태양광모듈을 활용하여 자연채광을 최대한 이용할 수 있게하고 실내 거주자에게 현취 를 최대한 줄일 수 있게 계획을 유도하는데 목적이 있다.

#### 3.6 유지관리(18)

에너지관리체계 구축, 운영/유지관리, 문서 및 지침제공 타당성, TAB, 모니터링 관리, 유효복사에너지 확보의 지속성, 모듈면 청소의 용이성 등을 통하여 태양광모듈을 효율적이며, 지속적으로 관리모니터링 하여 효율적으로 운전할 수 있게 하는데 목적이 있고, 이러한 목적에 부합하는지 정도를 살펴 평가한다.

#### 3.7 구조체 활용

태양광 모듈을 신축건물 계획시 계획적으로 적용하거나 리모델링시 적용하여 재료 및 자원절약을 유도하고, 생태계 훼손을 방지하는데 목적이 있고, 이러한 목적에 준해 평가한다.

#### 3.8 내화성, 내충격성

태양광 모듈의 안정성을 담보하는데 목적이 있고, 안정성 여부는 관련기관에 의뢰해 평가할 수 있다.

#### 3.9 친환경성

태양광발전시스템 생애주기 전 과정의 CO<sub>2</sub> 배출량을 평가하여 그 투입된 에너지를 비교해 봄으로써 친환경적인 태양광 모듈의 적용을 유도하는데 목적이 있고, 이러한 목적에 부합되게 평가한다.

#### 3.10 외관

태양광 모듈이 건축과 잘 조화를 이루는지 여부와 태양광 모듈을 건축 마감재로 이용하여 비용절약을 할 수 있도록 하는데 목적이 있고, 이러한 목적에 부합되게 객관성을 확보해 평가한다.

## 4 종합평가

대한건축학회 태양에너지건축의 평가지표는 크게 8개로 크게 구분을 하고, 세부 평가항목으로 19개 정도를 제시하고 있다. 각 항목에 대한 평가방법은 정량적인 평가를 할 수 있는 평가요소에 대해서는 실험데이터/7/를 근간으로 정확도가 95% 이상 되는 등 학술논문 등을 통해 공개적으로 검증된 프로그램을 이용하여 평가하고 정성적인 평가요소에 대해서는

최고로 객관적인 평가에 의해 평가한다. 각 항목을 평가하여 총점을 산정하고 그 총 취득 점수에 따라 90점 이상이면 1등급, 80~89 이면 2등급, 70~79면 3등급을 부여할 수 있다. 단, 평가점수가 일정 등급에 해당 하더라도 각 항목중 최저 기준점수를 설정하여 그 기준점수가 넘어야 학회가 인정하는 태양에너지건축(Solar architecture) 이 될 수 있다.

## 5. 신청절차 및 관리

### 5.1 인증절차

인증신청 및 접수->태양에너지건축 평가->인증 부여

### 5.2 인증신청 및 접수

☑ 청은 한국태양에너지학회 사무국(02-562-1557)을 방문하여 신청하거나 인터넷(www.kses.re.kr)과 우편을 통한 신청, 접수도 가능합니다.

☑ 청서류 :

- 건축설계 인증신청서 1부 (학회 소정양식으로 DownLoad)
- 인증수수료 입금증 사본 1부
- 관련도서 : 기본설계도면, 설계설명서, 기타 인증을 위한 관련서류

☑ 증 수수료

- 규모에 따라 300만원 내외/건

### 5.3 태양에너지건축의 평가

☑ 청자가 제출한 설계(안)과 설계설명서를 토대로 인증평가를 수행하며, 필요시 설계자와의 면담이나 현장답사, 그 밖의 수단에 의한 의견교환 과정을 포함시킬 수 있습니다.

☐ 태양에너지건축 인증」의 최종결과는 신청 접수한 날로부터 4주 이내에 설계자에게 통보 하게 됩니다.

### 5.4 「태양에너지건축」 인증 부여

☑ 청자가 제출한 설계(안)과 설계설명서 등을 토대로 수행한 평가점수에 따라 1,2,3의 등급을 부여하고, 학회에서 제시한 최소한의 기준을 충족하면 「태양에너지건축 인증」을 부여 합니다. 설계안에 대한 예비인증과 건물완공 후의 본인증 부분에서 예비인증을 먼저 시행

### 5.5 평가 인증후 관리

본 평가기준에 의하여 건축물을 평가하여 기준 점수에 해당하면, 태양에너지학회에서는 신청자에게 아래와 같은 후속조치를 취할 예정이다.

- 태양에너지건축 인증서 수여 (예비인증)
- 태양에너지학회인정 현판 수여 (본인증)
- 태양에너지 학회지 일부 지면에 태양에너지건축 소개
- 신청자는 평가 인증받은 결과를 홍보하거나 실적으로 제시가능

## 기호설명

A: 직달일사에 의해 입사한 태양복사에너지(W)

B: 상부판넬을 통과한후 입사한 태양복사에너지(W)

- C: 산란일사에 의한 태양복사에너지(W)
- D: 지표면반사에 의해 입사한 태양복사에너지(W)
- E: 벽면에 반사해 의해 입사한 태양복사에너지(W)
- F: 상부판넬 통과후 벽체에서 반사입사한 복사에너지(W)
- TPA: 전체 판넬면적 혹은 유리창 면적 (m<sup>2</sup>)

## 6.참고문헌

1. 유 승호, 2011.10, 녹색건축과 태양광발전의 생태학적 융합을 위한 평가기준, 대한건축학회 학회지.
2. 유 승호, 손 장열, 착석시 열적 쾌적성 평가를 위한 인체 모델, 한국생활환경학회 논문집, 1994.9.
3. 유 승호, 2010.3, 독일의 자연형태양열 건축기준과 친환경건축, 친환경건축 설계의 평가 및 보급을 위한 워크숍, 대한건축학회.
4. 유 승호, 곽 노열, 2010.4, 친환경 태양광(열) 건축물의 보급과 인증을 위한 대한건축학회의 방향, 친환경 태양광(열) 건축물의 보급과 인증을 위한 워크숍, 대한건축학회.
5. 김 광우, 2011.6, 한국 패시브하우스 연구소 설립취지 및 운영방향, 한국 패시브하우스 연구소 개소식 및 기술세미나, 한국건축친환경설비학회.
6. 한국그린빌딩협의회, 2011, 제4회친환경건축디자인공모전.
7. 유 승호, 2011.6, 자연형태양열 태양광건축의 평가기준, 자연형태양열 태양광건축의 평가 인증을 위한 심포지움, 심포지움 자료집, 대한건축학회 외 4개 학협회.
8. 유 승호, 2010.1, 태양광발전! 산과 들에서 해야하는가. 해법은?, 대한건축학회지.
9. 송 두상, 2010.4, 일본의 태양광(열)건축의 현황과 활성화 제도, 친환경 태양광(열) 건축물의 보급과 인증을 위한 워크숍, 대한건축학회.
10. 문 현준, 2010.4, 미국의 태양광(열)건축의 현황과 활성화 방안, 친환경 태양광(열) 건축물의 보급과 인증을 위한 워크숍, 대한건축학회.
11. 이 응직, 2010.4, 독일의 태양에너지 건축 현황/활성화 제도, 친환경 태양광(열) 건축물의 보급과 인증을 위한 워크숍, 대한건축학회.
12. 이 건태, 2010.4, 건축물적용 태양광 발전의 활성화 제도 및 적용사례, 친환경 태양광(열) 건축물의 보급과 인증을 위한 워크숍, 대한건축학회.
13. 김 형진, 2011.6, 신재생에너지 정책 및 보급제도, 자연형태양열 태양광건축의 평가 인증을 위한 심포지움, 심포지움 자료집, 대한건축학회 외 4개 학협회.
14. 윤 용상, 2011.6, 신재생에너지 이용 건축물 인증제도, 자연형태양열 태양광건축의 평가 인증을 위한 심포지움, 심포지움 자료집, 대한건축학회 외 4개 학협회.
15. 국토해양부, 2009.6, 친환경건축물 인증심사기준개선 및 인증제도 활성화 방안연구.
16. Yoo,S.H.,Manz.H., 1.2011, Available Remodelling Simulation for a BIPV as a Shading Device, Solar Energy Materials & Solar Cells.
17. Yoo,S.H., 7.2011, Simulation for an Optimal Application of BIPV through Parameter Variation, Solar Energy.
18. 유승호, 손장열, 2011.11, 녹색건축과 태양광발전시스템의 생태학적 융합 -유효복사에너지와 투명외피를 중심으로-, 한국생활환경학회 추계학술대회.

19. Yoo, S.H, 8. 2008, Year round Simulation of a BIPV as a shading device through Parameter Variation, 7<sup>th</sup> international conference on Sustainable Energy Technology, Seoul, Korea.
20. Deo Prasad, Mark Snow, 2009, Milestone 3 Report Building integrated Photovoltaics (BiPV) Case Study Analysis for Korean Apartment Complexes for Yonsei University, UNSW Global.
21. 정득영, 박진호, 2011.10, 태양광 모듈의 건축물적용사례 및 해외개발동향, 대한건축학회지 건축.
22. 김형진, 2011.12, 신재생에너지 현황 및 그린빌딩과의 융합, 한국그린빌딩협의회지 그린빌딩.
23. 신동홍, 2011.12, 한국형 패시브하우스의 가능성, 한국그린빌딩협의회지 그린빌딩.
24. 유승호, 2011.12, 태양광발전시스템과 자연형태양열건축의 생태학적 융합, 한국그린빌딩협의회지 그린빌딩.
25. 김준태, 2009.11.17, 태양광발전시스템의 건물적용유형과 특징, 저탄소녹색성장과 건축에서의 태양광발전포럼, 대한건축학회.