

거주자 주택 점유율을 고려한 공동주택 발코니 PV시스템 디자인*

- 공동주택의 발코니 PV시스템 디자인과 성능검증 중심으로 -

Balcony window style photo-voltaic(PV) system design by considering resident's residential time rate

- Focus on the design of apartment building balcony window PV system and it's performance -

Author 진경일 Chin, Kyung-Il / 정희원, 국립한밭대학교 건축공학과 조교수, 공학박사

Abstract In case of general residential house, photovoltaic can be installed at roof, wall, and any other places. But, in case of apartment building, there has not enough roof space to install photovoltaic panels to supply enough electricity. Actually, apartment building roof and façade wall (exclude the balcony window space) is not enough space to produce and supply the electricity to residents by installing PV panel. Generally, the space of façade balcony with windows in façade wall at apartment building occupied about 70~80% in all façade space. So, if we could use the balcony and windows space in façade as PV to generating electricity, there could contribute the energy saving. But, PV cell is opacity. So if it installed at front window area in apartment building, residents may have displeasure for that opacity character. But the other hand, residents are not always in house especially in day time that is exactly good time for generating electricity by PV. If we can use PV at the façade balcony with window without collusion of resident's displeasure, there have good attraction to using sustainable energy. Hence, this study suggests the design of façade balcony window style PV by considering resident's living pattern in apartment building. The methods of this study are as follows. At first, this study surveyed to the residents about residential time in their home and asked user demand by Delphi survey. At second, this study designed balcony open style PV system which oriented to the user demand. At third, this study tests designed result performance by computer simulation that compared design result with old design. As a result, For the purpose of satisfying the resident demand, there designed sliding window style which slide the several door systems to the one side. That would be make balcony absolute open scenery to the residents. Hence, the designed system performance results were as follows. When we compare the small apartment and large apartment, smaller one has good performance than larger one. Because resident's residential time characteristic. And that has more good electronic performance than vertical style that is similar to roof style.

Keywords 거주시간, 태양전지, 발코니창문, 공동주택
Dwelling-Time, Solar-Cell(PV), Balcony Window, Apartment Building

1. 서론

1.1. 연구의 배경과 목적

화석에너지 고갈에 관한 문제는 20세기부터 지속적으로 제기되어오고 있으며 아직까지도 획기적인 해결책은 나오지 않으면서도 모두가 공감하는 주요 관심사로 자리 잡고 있다. 이러한 문제의 해결은 에너지 소비를 줄이기 위한 노력과 더불어 재생에너지의 활용이라는 두 가지

측면에서 접근되고 있다. 특히 태양에너지의 활용은 비용이 저렴하고 설치가 비교적 간편하여 많은 연구가 이루어지고 있는데 공동주택의 경우는 태양열과 태양광 중 특히 태양열의 활용을 중심으로 연구가 되고 있는 형편이다.

그러나 태양열의 경우는 건물의 단열구법 개발과 지열의 활용방법의 대두 등으로 그 활용에 있어서 넓지는 못한 편이다. 태양전기의 경우는 전기라는 에너지 특성상 태양열에 비하여 상대적으로 활용가치가 높을 뿐 아니라 그 대체에너지 분야가 현재로서는 풍력이외에는 딱히 없는 편이다. 따라서 공동주택에서 태양전지의 활용과 적용에 관한 연구는 21세기에 에너지활용이라는 측면에서

* 이 논문은 국토해양부 건설핵심연구개발사업 '저에너지 친환경 공동주택 기술개발' ; 과제번호(2009-8-1066)의 연구비지원에 의하여 수행되었습니다.
본 연구 개발안은 특허출원 번호(10-2009-0057180)로 출원중입니다.

중요한 의미를 가진다고 할 수 있으며 공동주택에 이를 적용하고자 하는 노력에 많은 관심을 가지고 있다.

가정에 맞벌이가 보편화되면서 근래에는 과거와 달리 주택 내에 하루 중 낮 시간에 사람이 거주하지 않는 경우도 빈번하다. 이러한 상황에서 주택의 전면부에 태양전지(BIPV)를 설치할 경우 실내에 거주자가 없는 시간은 태양전지의 가동이 용이한 시간이므로 주택 발코니를 태양전지의 설치공간으로 활용할 수 있다. 거주자가 집을 비워서 아무도 없거나 혹은 주택 내에 있다 할지라도 햇빛의 유입이 꼭 필요하지 않은 날이라면 발코니 부위를 태양광 발전에 이용할 수 있을 것이다.

따라서 본 연구는 공동주택 발코니에 설치가 가능하고 발코니 공간의 이용에 큰 영향을 미치지 않는 기능과 디자인을 가지며 태양광 발전에 있어서 공동주택의 아래층에 그림자가 방해하지 않는 디자인을 개발한다.

1.2. 연구 방법 및 범위

본 연구에서는 국내에 일반적인 공동주택의 발코니 및 창문 부위에서 거주자의 요구를 충족시키면서 최적의 성능을 낼 수 있는 PV설치를 하는 발코니 디자인을 제시하고, 공동주택 거주자의 거주시간 패턴에 따라 장치를 가동하여 얻어질 수 있는 전기에너지의 양을 계산하고 그 효율성을 논한다.

이를 위하여 공동주택의 거주자의 재실패턴을 조사하고, 거주자의 조망에 대한 요구의견을 반영함으로써 디자인을 발전시킨다. 그리고 공동주택 거주자의 주택점유 패턴은 주거공간의 넓이와 거주자 수 등에 따라 조사하고 본 연구에서 제시한 장치의 설치 가능성을 살펴보고, 마지막으로 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 본 연구에서 설계한 디자인의 장치가 장치 내에 설치되는 PV패널의 종류에 따라서 어느 정도 성능을 낼 수 있는지 시뮬레이션을 통하여 알아본 후 기존의 다른 경우와 비교하여 향상된 성능을 가짐을 보인다.

2. 이론 및 기존연구 고찰

2.1. 태양전지(PV System)의 개요 및 종류

태양전지는 결정질 실리콘 태양전지(불투명)와 박막 태양전지(반투명=투광성)로 구분된다. 박막 태양전지는 플라스틱이나 유리판에 막을 입히는 방식으로 제조한다.

태양전지 효율은 약 5~20%인데, 주요 에너지 손실은 표면에서의 반사손실 및 태양전지에 흡수되지 않는 적외선이다. 결정계 실리콘 태양전지는 약 26%, 박막 태양전지는 약 41%가 되고, 흡수되지 않거나 이용할 수 없는 에너지가 결정계 실리콘 태양전지에서는 약 49%, 박막 태양전지에서는 약 42%이며 기타 손실로 결정계 실리콘

태양전지에서는 약 7%, 박막 태양전지에서는 약 6%이다. 보통 25℃, 일사량 1000W가 표준조건에서 태양전지 1m² 면적에서 출력되는 에너지는 약100W이다. 표준조건에서 박막 태양전지는 약 7~8%, 다결정 실리콘 태양전지는 11~13%, 단결정 실리콘 태양전지는 14~15%, 하이브리드 태양전지는 17~19%의 효율을 나타낸다.

2.2. 태양전지(PV)의 건축적 적용

(1) 태양광 시스템의 건물 적용

건물의 외피를 구성하는 요소로 통합된 PV시스템은 전력생산이라는 본래의 기능에, 건물의 외피재료로서의 새로운 기능을 추가함으로써 PV 시스템의 설치에 드는 비용을 절감하는 이중 효과를 기대할 수 있다. 또한 기존의 독립형 PV시스템과 같이 설치공간을 위한 별도의 부지확보가 필요 없기 때문에 더욱 경제성 측면에서 유리한 기술이다. PV 모듈을 건축에 일체화하여 적용할 수 있는 건물 구성 요소는 커튼월, 천창, 차양, PV 지붕 타일, 투명 PV 창호 등 매우 다양하며, 그 특성에 따라 자연채광이나 차양에도 이용 가능하여 건물의 전체적인 에너지성능 및 쾌적성을 향상시킬 수 있다.

(2) BIPV용 PV모듈의 설치방식

BIPV용 PV모듈은 건축 외장재 또는 차양장치 등과 같이 부가적인 기능을 추가적으로 수행해야 하므로 기존의 독립전원형 PV모듈과 달리 다양한 형태가 개발 출시되고 있다. 모듈에 적용된 태양전지의 종류에 따라 판형의 결정 실리콘계와, 박막 필립형태의 아몰프스 실리콘계로 구분할 수 있다. 또한 건물외피에 적용되는 용도에 따라 기와 및 타일, 외벽용 타일, 커튼월, 패널, 차양장치용 패널형태 등으로 구분할 수 있다.

2.3. 태양광 시스템의 건축적 적용 연구고찰

많은 연구들에서 PV모듈의 설치위치로 단독주택의 지붕을 선택하여 디자인과 성능을 연구하여오고 있다. 그러나 국내 현실상 단독주택의 비율보다 공동주택의 비율이 높으며, 공동주택 중에서도 아파트의 비율이 월등히 높은 국내 사정에서 지붕의 이용 연구는 국내실정에는 적절하지 그다지 적합하지 못한 면이 없지 않다.

정선미 외(2009)는 '공동주택단지에서의 태양에너지시스템 연구'에서 경사각30° 모듈을 이용하며, 차양과 옥상면을 이용한 연구를 하였다.

최창호(2009)는 '경사형이중외피시스템' 연구를 통하여 PV모듈의 이중외피형 사용에 관하여 다루었으며, 경사 60°의 투명PV를 고정형으로 설치하는 것을 연구하였다.

김혜성 외(2009)는 '대공간 구조물의 PV시스템 비교분석'에서 건축물의 지붕을 비롯한 다양한 부위에 설치하는 것에 관하여 논하였다.

김현일 외(2009)는 ‘발코니 일체형 태양광 발전시스템의 발전성능 분석’을 통하여 발코니에 설치하는 PV시스템의 성능을 분석하였으나 경사형을 다루지는 않았다.

조민관, 최창호(2008)는 ‘판상형과 탑상형 아파트 수직벽면의 태양에너지 가용량 분석’을 통하여 수직면에 대한 분석하였으나 경사형은 고려하지 않았다.

그 밖에 다양한 연구들이 있으나 수평면대비 60°경사를 둔 발코니 설치형 PV에 관한 연구는 없으며, 또한 공동주택의 평형대별로 그 차이를 분석하거나 거주자의 생활패턴을 고려하여 주택점유와 발코니에 설치한 가변형 PV모듈 시스템의 작동을 고려한 논문 역시 전무하였다. PV모듈을 공동주택의 벽면(혹은 발코니)에 설치하는 것에 관한 다양한 연구들이 진행되고 있으니 실제적인 적용과 사용에 관한 연구가 진행될 필요가 있으며 본 연구가 그에 적합한 연구로 의미가 있을 것이다.

3. 거주자의 요구와 실 점유시간

3.1. 설문조사 개요

본 연구에서 디자인하는 발코니 전면에 설치하는 태양광 발전장치는 실내를 어둡게 만들 수 있기 때문에 실내에서 생활하는데 있어 불편이 따를 수 있다. 이를 거실에 설치한다고 가정하면 장치의 가동 중에는 실내가 어두워진다. 따라서 발코니 설치형 PV모듈이 거주에 방해가 되지 않기 위해서는 거주자가 실을 비운 시간에 작동하도록 하여야 하는 것이 바람직하다. 그러나 사람이 거주하면서도 작동을 원한다면 거주자가 필요로 하는 최소한의 조명을 확보하여 주는 것이 바람직할 것이다. 따라서 설문은 크게 두 가지를 질문하였으며, 하나는 본 연구의 주 질문인 거주시간에 대한 설문이고 또 하나는 거주자의 조명선호에 대한 조사였다.

우선 거주자 점유시간 조사의 경우, 실내에 사람이 거주한다 하여도 혼자 있을 경우와 2인 이상이 있을 경우는 실의 이용에 있어서 공간의 성격이 달라질 수 있다.¹⁾ 즉, 2인 이상이 있을 경우는 PV가 설치되는 거실이 단란공간의 성격을 영위할 수 있다고 보았고, 1인이 있을 경우는 거실이라는 단란공간 보다는 가사노동 혹은 각자의 방(1개실)에서 자신의 일을 보거나 잠을 자는 등 거실공간을 사용하지 않아도 된다고 가정하였다. 따라서 발코니에 태양광 장치가 설치되어 있고 장치가 작동중인 거실 이외의 자신의 방 혹은 부엌, 세탁실 등에 거주자 1인이 위치할 경우 거실은 어두워져도 된다고 가정하고

설문과 자료를 정리 하였다.

상기와 같은 내용을 조사하기 위하여 본 연구는 아파트 거주자의 시간별 주택점유 인원수에 관한 설문을 실시하였다. 설문은 2009년 4월~5월 중 조사하였으며, 서울을 비롯한 부산, 인천, 대전, 대구, 광주 등 전국의 도시에서 임의로 아파트를 선정하여 총 300부를 발송하여 55부를 회수 하였다. 아파트의 크기는 20평 미만, 20~29평, 30~39평, 40평 이상 이렇게 4가지로 구분하여 가족 구성원의 주택점유시간 및 거주자 요구를 조사하였다.

일반적으로 주말은 가족 구성원이 외출을 하지 않고 주택 내에 남아 휴식을 하고 있는 경우가 많으므로 실내를 어둡게 한다는 것은 적절하지 못하다고 판단하여 설문은 응답 세대의 보편적인 평일의 경우를 요하였다. 또한 설문 평가로 삼은 대상 시간대는 PV발전이 이루어질 수 있는 07시~18시로 설정하고 해당 시간대에 1시간 간격으로 가족별 실내 점유를 기록하도록 하였다.²⁾

3.2. 거주자의 조망 요구방향 조사

만약, 거주자가 외출을 하지 않은 상태에서 PV모듈을 작동시키기 위하여 발코니 전면에 장치를 덮어 발코니를 어둡게 만들 경우 거주자가 거실에 굳이 있어야 한다고 가정할 때, 거주자가 꼭 필요한 조망은 어떤 부위인지에 대한 조사를 하였으며, 결과는 <표 1>과 같다.

<표 1> 거주자가 요하는 발코니 전면부 조망부위(2개 중복응답)

발코니의 조망 기능유형	응답자수	응답비
하늘 (Sky)	32	29.3%
아파트 정면	35	32.1%
아파트 좌우 대각선 측면	15	13.7%
아파트 아래 도로	25	22.9%
기타방향	2	1.8%

이는 일반적으로 거주자가 부재 시 장치를 작동시키도록 함이 본 연구의 원칙이지만, 거주자에게 최소한의 조망권을 제공할 수 있다면 어떤 시야를 확보하기를 원하는지 조사한 것이다. 또한, 주택점유율이 높은 경우임에도 불구하고 장치를 가동시키고자 할 때 최소한의 거주자 조망권을 충족시키기 위한 디자인 요소이기도 하다.

3.3. 아파트 거주자의 재실시간 설문조사

(1) 설문결과 1 - (1인 이상 거주자의 실 점유)

세대 내에 1인 이상이 점유하고 있는 경우는 <표 2>, <그림 1>과 같이 나타났다. 주택의 평수와 상관없이 전반적으로는 오전7시~오후6시까지의 시간 중 실내에 1인 이상이 점유하고 있는 비율은 오전7시~오전8시가 가장

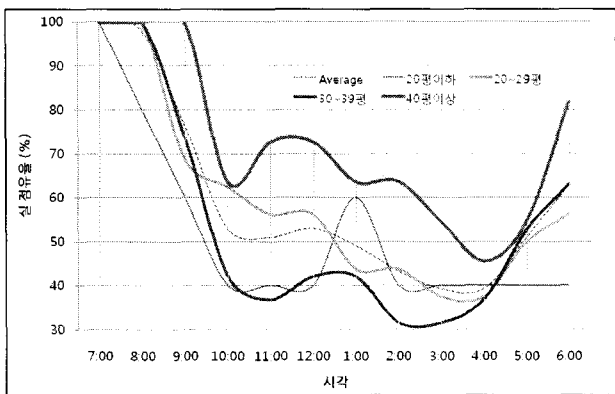
1) 주거공간들의 성격을 개인을 위한 공간과 인간관계를 위한 단란공간으로 본다면 혼자 있을 때의 방의 성격과 두 명 이상이 있을 때의 공간의 성격은 달라질 수 있다. 따라서 본 연구에서는 1인이 있을 경우와 2인 이상 있을 경우로 구분하여 데이터를 정리했다.

2) 태양광 발전이 이루어지기 위해서는 태양전지판에 대한 법선면 기준 60도 이하로 각도를 이루는 시간대에서 유효하다. 따라서 이 시간대는 태양광 수득계산을 위한 예비시뮬레이션을 통하여 얻어진 값과 일반적인 가정의 출퇴근시간을 고려하여 결정하였음.

높았으며 9시대가 지나면서 급격하게 떨어져서 오전10시 이후부터 오후5시까지 낮은 값을 보여 50%전후의 실 점유율을 보였다. 평형수가 커질수록 재실비율은 높아지는데 이는 연령대가 높아지면서 노인들이 세대 내에 거주하는 경우들이 있기 때문이었다.

<표 2> 주택 내 1인 이상 점유하는 비율(%)

시각	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00
평형												
20평이하	100	80.00	60.00	40.00	40.00	40.00	60.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00
20~29평	100	100	68.75	62.5	56.25	56.25	43.75	43.75	37.5	37.5	50.00	56.25
30~39평	100	100	73.68	42.11	36.84	42.11	42.11	31.58	31.58	36.84	52.63	63.16
40평이상	100	100	100	63.64	72.73	72.73	63.64	63.64	54.55	45.45	54.55	81.82
평균	100	98.04	76.47	52.94	50.98	52.94	49.02	43.14	39.22	39.22	50.98	62.75

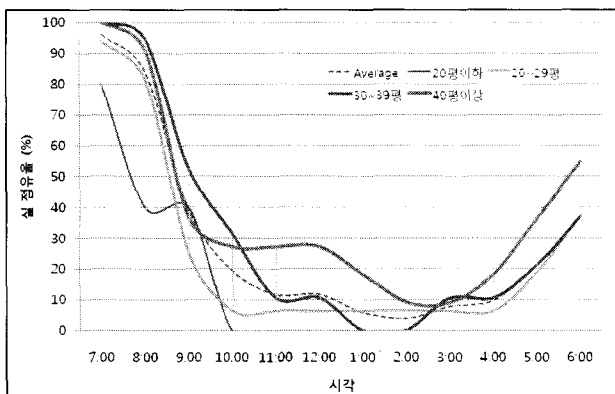


<그림 1> 공동주택에 1인 이상 점유하는 주택 비율의 시간별 추이

(2) 설문결과 2 - (2인 이상 거주자의 실 점유)

<표 3> 주택 내 2인 이상 동시에 점유하는 비율(%)

시각	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00
평형												
20평이하	80	40	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20~29평	93.75	81.25	25	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25	18.75	37.5
30~39평	100	94.74	52.63	31.58	10.53	10.53	0	0	10.53	10.53	21.05	36.84
40평이상	100	90.91	36.36	27.27	27.27	27.27	18.18	9.09	9.09	18.18	36.36	54.55
평균	96.08	84.31	39.22	19.61	11.76	11.76	5.88	3.92	7.84	9.8	21.57	37.25



<그림 2> 공동주택에 2인 이상 점유하는 주택 비율의 시간별 추이

세대 내에 2인 이상 점유하고 있는 경우는 <표 3>, <그림 2>와 같이 나타났다. 2인 이상 주택에 점유하는 비율은 앞서 분석된 1인 이상의 경우에 비하여 주택점유

율이 매우 떨어지는 편이었으며 역시 평형이 커질수록 주택점유율은 높아지고 있다. 전체 평균으로 본다면 오전7시~오전8시대가 가장 높은 실 점유율을 보이고 오전8시~오전9시 사이에 실 점유자의 비율이 급격한 감소를 보이며 오전10시 이후부터 저녁6시까지의 평균 10%정도의 실 점유율을 보이고 있다.

주택 크기에 따른 차이 역시 40이상>30평대>20평대>20이하 순으로 작은 크기의 주택일수록 실 점유율은 낮게 나타났다. 일반적으로 출근시간대인 아침시간 이후는 2인 이상이 주택을 점유하는 비율이 현저하게 낮음으로써 단란공간의 역할이 적다는 것을 알 수 있다.

4. 발코니 미달이식 BIPV 시스템 디자인

4.1. 디자인의 전제

본 연구의 디자인은 다음과 같은 내용을 전제로 한다. 첫째, 본 연구에서 디자인하는 발코니형 발전장치의 PV 모듈 발전효율은 2009년을 기준으로 한다. 한다.³⁾ 둘째, 본 연구에서 디자인하는 발코니 창문형 태양광 시스템은 건물의 남향에 준하는 건물에 설치하였을 때 그 효과를 기대할 수 있으며 동향이나 서향인 건물에서는 그 성능이 급격하게 떨어지게 된다. 따라서 본 연구에서 대상으로 삼는 아파트는 정남향 건물에 설치하는 것으로 가정하였다.⁴⁾

셋째, 단위세대에 태양광 발전장치를 설치하였을 경우 발생하는 전기의 양이 세대내 사용량으로 적합한지 여부는 고려하지 않는다. 현재 PV의 효율이 높지 않을 뿐만 아니라 일반적인 1개 세대에서 요구되는 전력량을 생산하기 위해서는 단독주택의 경우 주택면적 반 정도의 넓은 면적을 지붕에 설치할 경우 세대의 전기량이 충족된다. 공동주택은 특성상 그렇게 많은 설치는 어렵다. 따라서 본 연구에서 다루는 발코니형 PV모듈은 공동주택에서 사용되는 전기량의 일부를 충당할 수 있는 친환경적인 접근의 일환이며, 향후 PV모듈의 성능이 향상될 경우 큰 의미를 발휘할 수 있을 것이다.

4.2. 거주자의 조망권 확보를 위한 디자인

(1) 거주자가 요구하는 조망의 종류

설문조사에 나타났듯이 공동주택 거주자가 요하는 발

- 3) 국제적으로 태양광 모듈의 전자공학측 측면에서의 태양전지의 발전성은 개선은 21세기 당면과제로 들고 있고, 매년 효율이 증가되고 있다. 본 연구에서는 2009년 현재 사용되고 있는 일반적인 제품의 성능인 5%~20% 효율을 적용하였음.
- 4) 주택의 경우 일반적으로 남측이 정면인 경우가 많지만, 공동주택의 경우는 서향 혹은 남향인 건물이 단지 내에 어느 정도 존재하나 이러한 경우 본 연구에서 제시한 태양전지가 무용지물이 되므로 이러한 경우는 제외하고 편의상 남측면에 설치하는 태양전지가 작동할 수 있는 보편적인 정남향으로 설정하였다.

코니의 조망은 하늘을 볼 수 있는 경우, 정면을 볼 수 있는 경우, 아파트 아래 놀이터를 볼 수 있는 경우, 아파트 좌우측을 볼 수 있는 경우, 그리고 기타의 경우로 나누어진다. 여기서, 발코니 설치식 PV에 가능한 디자인 방법과 가능성은 아래와 같다.

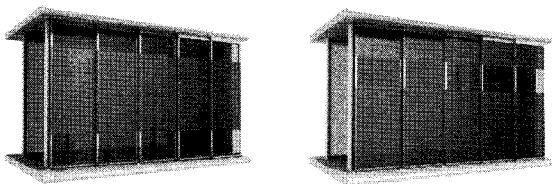
<표 4> 조망부위별 디자인 방법

발코니의 조망 가능유형	해결방법
하늘 (Sky)	반투명 모듈, 혹은 창문으로 둔다
아파트 정면	반투명 PV모듈을 사용한다.
아파트 좌우 대각선 측면	아파트 좌우를 볼 수 있는 틈새를 둔다
아파트 아래 도로	하단부를 볼 수 있는 창문을 둔다
기타방향	.

(2) 거주자의 요구를 반영한 디자인

<표 1>에 근거하여 <표 4>와 같은 내용들 중 거주자의 요구가 가장 높은 거주자의 요구를 반영하기 위하여 요구빈도가 가장 높은 ㉠아파트의 정면을 보는 경우와 ㉡하늘을 보는 경우 그리고 ㉢아파트의 아래도로를 조망하는 경우를 들 수 있는데, ㉡의 경우는 패널을 상하부에 설치하여야 한다. 그러면 수직형이 아닌 이상 그림자의 발생으로 성능은 매우 떨어지게 되어 기존과 아무런 차이가 없다. 따라서 ㉢의 경우를 반영하는 것이 좋다. 단, ㉡의 경우는 반투명PV를 이용할 경우 거주자의 요구를 어느 정도 해소할 수 있으나 2009년 현재 개발된 반투명 전지가 빛 투과율이 50%를 넘지 못하는 수준에 머물고 있어 완전한 대안은 되기 어렵다.

아래 <그림 3>에서 좌·우 그림은 조망을 고려한 디자인이다. 그러나 PV패널이 수직설치가 되어 있으므로 성능에서 기존에 비하여 이점이 없다.



<그림 3> 조망을 고려한 PV 디자인(상하조망=좌, 전면조망=우)

4.3. 거주율에 따른 BIPV 가동시간과 디자인

(1) PV작동을 위한 거주자 실 점유와 공간의 성격조사

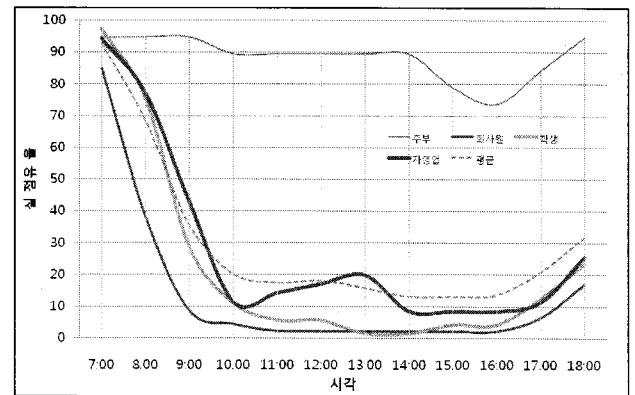
본 연구에서 디자인하는 발코니 설치형 태양광모듈(BIPV)는 태양광 발전을 위하여 낮 시간에 건물의 전면(발코니)에서 거실 혹은 남측면 방으로 유입되는 직사일광을 이용한다. 또한 PV모듈의 특성상 불투명 혹은 반투명체로 실내로 유입되는 태양빛을 완전 혹은 일부 차단할 수밖에 없으며 이 장치를 사용하는 동안에는 실내가 어두워질 수밖에 없다. 따라서 아파트 발코니에 PV모듈을 설치하고자 한다면, 실내에 사람이 있더라도 설

비를 작동시키는 경우와 실내에 사람이 없을 때 작동시키는 경우로 나누어 생각해볼 수 있다.

우선, 설문조사결과를 직업별로 분류하여 보았다. 즉, 거주자 직업별 주택 점유비율을 조사하여 <표 5> 및 <그림 4>와 같이 나왔다. 그 결과에서 보는바와 같이 가정주부의 경우에 주택점유율은 기타의 경우와 비교하여 월등히 높았으며 이들은 가사노동으로 인한 주택점유가 큰 비율을 차지하였다. 따라서 거실 혹은 남측면 방에 태양광 발전장치를 설치하고 또 가동시킨다 하여도 다른 구성원의 주택점유목적과는 차이가 있으므로 생활에 상대적으로 큰 영향을 주지는 않을 것으로 사료된다.

<표 5> 주택 직업에 따른 시간대별 실 점유비율(%)

시간	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00
주부	94.74	94.74	94.74	89.47	89.47	89.47	89.47	89.47	78.95	73.68	84.21	94.74
회사원	85.11	38.3	8.51	4.26	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	6.38	17.02
학생	97.26	75.34	28.77	10.96	5.48	5.48	1.37	1.37	4.11	4.11	12.33	23.29
자영업	94.29	77.14	42.86	11.43	14.29	17.14	20	8.57	8.57	11.43	25.71	
평균	92.86	68.68	35.71	20.33	17.58	18.13	15.93	13.19	13.19	13.74	20.88	31.87



<그림 4> 직업에 따른 시간대별 실 점유비율(%)

(2) 발코니 설치 BIPV가동시간 예측

각 가정마다 주택점유율은 다르고 점유하는 구성원의 성격 또한 다를 것이다. 그러나 상기와 같은 결과로 미루어 볼 때 ①가족구성원 중 전원이 태양광 발전이 가능한 낮 시간에 외출을 하는 경우와 ②가사노동을 위하여 주택을 점유하는 경우 ③수면 혹은 학습 등을 위하여 1개실을 점유하는 경우는 모두 거실이 어두워진다 하여도 그들의 주택점유 목적에는 대부분 큰 영향을 주지 않는다. 따라서 <표 2>의 결과보다는 <표 3>의 결과에 나타난 값의 역수가 BIPV작동 가능확률로 볼 수 있다.

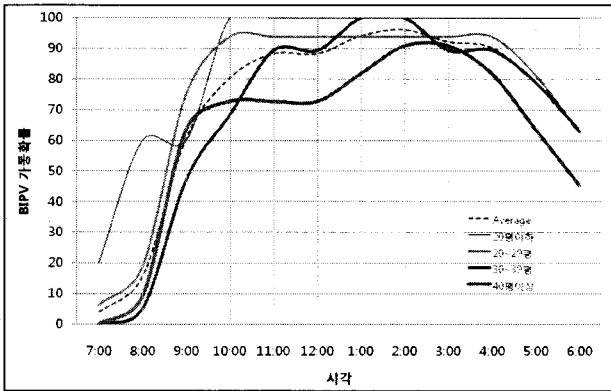
또한, <표 5>에 나타난 바와 같이 주택을 점유하는 구성원이 가정주부이고 그 밖의 구성원이 집에 남아있는

5) <표 1, 2>와 <표 4>은 각각 그 통계기준이 다르므로 평균값이 다르다. <표 1, 2>의 경우는 1명 혹은 2명이상이 재실시 실을 점유한다고 보았으나 <표 4>의 경우는 가족 각 개인별 주택점유를 계산한 것이다. 또한 <표 4>의 결과는 주부이면서 직장인인 경우는 실질적인 실 점유조사에 초점을 맞추어 직장인으로 통계처리를 하였다.

경우는 오전9:00~오후18:00 중에 15%미만이므로 큰 영향을 미치지 못한다고 볼 수 있다. 이와 같은 방법으로 계산한 발코니형 태양광 발전치 (BIPV)의 주말을 제외한 평일의 작동가능율을 <표 6>, <그림 5>에 나타내었다.

<표 6> 평형대에 따른 공동주택 창문형 태양전지 작동 가능비율 (%)

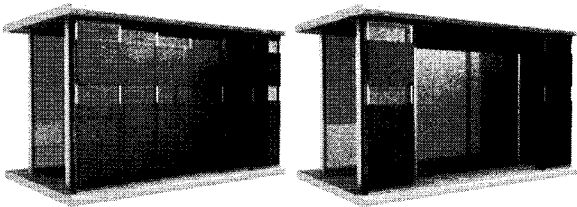
시간	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00
20이하	20	60	60	100	100	100	100	100	100	100	100	100
20~29평	6.25	18.75	75	93.75	93.75	93.75	93.75	93.75	93.75	93.75	81.25	62.5
30~39평	0	5.26	47.37	68.42	89.47	89.47	100	100	89.47	89.47	78.95	63.16
40평이상	0	9.09	63.64	72.73	72.73	72.73	81.82	90.91	90.91	81.82	63.64	45.45
평균	3.92	15.69	60.78	80.39	88.24	88.24	94.12	96.08	92.16	90.2	78.43	62.75



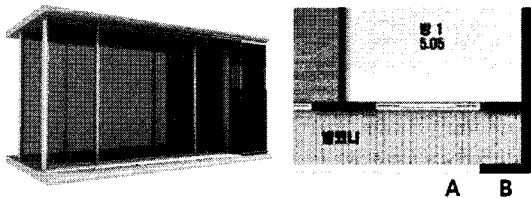
<그림 5> 실내생활에 방해가 되지 않도록 BIPV작동 가능 확률

(3) 발코니형 시스템의 미닫이식 다양성 검토

현재 대부분의 아파트에 설치된 발코니의 특징은 거실의 창문이 가장 크고 거실 발코니의 한쪽 옆에는 수납공간이 설치되어 있다. 따라서 수납공간이 있는 벽 부위는 미닫이식 모듈을 모두 열어둘 경우 실내에서 발코니의 조망에 전혀 영향을 미치지 않게 된다. 따라서 양쪽 미닫이식<그림 6> 보다 한쪽 미닫이식<그림 7>이 실내공간의 조망권 확보에 더 유리하다.(난간은 그리지 않음)



<그림 6> 발코니에 양쪽 미닫이식으로 PV를 설치한 모습



<그림 7> 한쪽 미닫이 형태 (A: 창문부, B: 벽부분, 개방시 PV위치)

4.4. 입사/반사각을 고려한 PV설치각도 검토

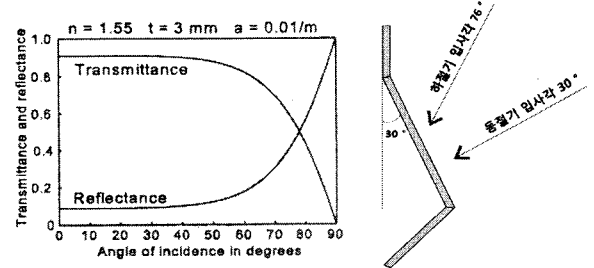
(1) 성능향상을 위한 입사각도 조절

태양광 모듈의 발전 효율은 모듈에 태양광이 수직으로 입사될 때, 즉 입사각이 0°일 때 가장 높다. 그러나 입사각이 점점 커지면, 반사율이 커지고 입사율이 작아져 태양광 발전 효율도 저하된다.<그림 8>

태양광 입사율은 모듈의 각도가 60° 기점으로 급속하게 저하된다. 따라서 태양광 모듈의 발전 효율을 고려해 볼 때 모듈과 태양광 입사각이 이루는 각은 60° 이상을 넘어서는 안 된다. 따라서 본 개발품인 '발코니 일체형 태양광발전 시스템' <그림 8>'b'에서는 동절기 입사각에 맞추어 PV 모듈의 각도를 30°로 하여 동절기 발전량을 최대로 하였다. 그리고 태양광 모듈의 30° 경사는 하절기 태양 입사각 76°(한국 중부지방기준)를 46°로 낮추어 줌으로서 하절기에도 안정적인 전력 생산을 할 수 있다.

또한 태양광 모듈의 경사는 모듈의 후면배기를 원활하게 하고 우천시에 모듈의 세척을 도모하여 전력 생산을 증대시키는 작용을 한다.

상기와 같은 이유로 발코니에 설치하기 위한 PV모듈은 수직으로 설치하는 경우에 비하여 어느 정도 각도를 두는 것이 타당하다. 그 각도는 각 지방의 하절기 및 동절기 태양 입사각에 준한다. 서울의 경우는 <그림 8>과 같이 수직대비 약 30도의 각도를 주는 것이 유리하다.



<그림 8> a. 입사각과 투과 및 반사율 변화 // b. 창호의 경사각

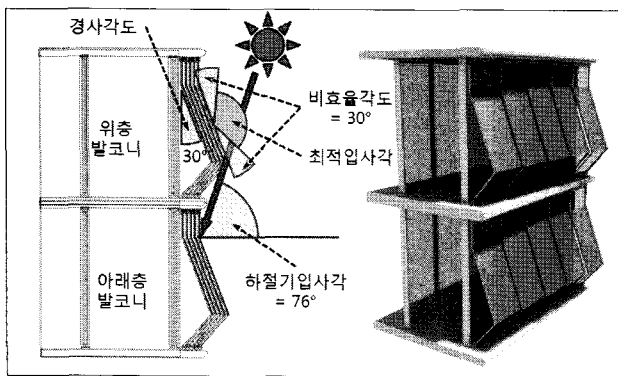
(2) 발코니 모듈 그림자의 층간 간섭 검토

태양광전지판을 아파트 발코니에 창문형으로 수직 설치한다면 앞서 나온 <그림 6>과 같이 될 것이다. 그러나 이런 형태는 <그림 8>에서 설명한 바와 같이 태양전지의 효율이 좋지 않다. 특히 하절기 중 하지의 경우는 12시에 태양고도가 76도(서울의 경우)까지 상승하기 때문에 태양전지로 들어오는 입사각이 유효각도인 수평면 30도안에 들어오고 태양광 전지의 법선면 60도에서 벗어나게 되며 태양전지는 거의 작동하지 않는다. 그러므로 <그림 6>과 같은 형태는 태양고도가 남중시 60도를 넘어서는 기간인 약 4월~8월(7) 사이에는 태양광모듈의

6) 지역마다 다르지만, 서울(위도37.5도)의 경우 4월10일~9월4일은 태양 남중고도가 60도 이상이며, PV패널의 발전효율이 매우 낮다. (Ecotect program으로 시뮬레이션한 결과임)
7) 이경희, 건축환경계획, 문운당, pp.188~193

법선면에서 60도를 넘어서게 되므로 성능이 급격하게 떨어지게 되어 성능을 발휘하기에는 바람직하지 못하다. 따라서 4~8월 중에도 태양전지의 법선면의 60도 안에 태양빛이 들어오도록 하기 위하여 변형이 필요하다.

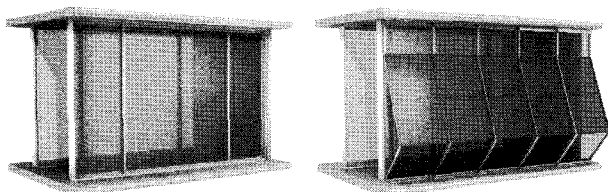
공동주택에 PV모듈을 발코니에 최적의 효율을 가지도록 설치하기 위해서는 태양의 입사각에 맞추어 최적의 각도가 유지되도록 <그림 8, 9>에 나타난 바와 같이 태양광판을 기울여주는 것이 좋다. 그러나 기울였을 때 아래층에 그림자가 발생하여 방해를 한다면 문제가 발생한다. 즉, 위층 발코니의 태양광전지 설치에 아래층의 태양광전지 발전에 영향을 주지 않도록 설계되어야 한다. 따라서 <그림 9>와 같이 각도를 설정함으로써 최적의 입사각을 유지하면서 하지(약6/20일)에 아래층에 그림자가 생기지 않도록 할 수 있다.



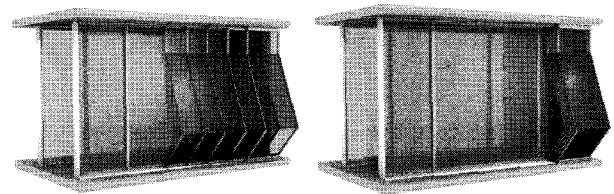
<그림 9> 입사각과 층간 그림자방해(좌) 및 태양입사예상도(우)

4.5. 디자인 결과

본 연구 4.1에서 다룬 바와 같이 상·하층의 그림자간섭과 태양고도에 따른 태양광 모듈의 각도를 조절하였다. 그리고 거주자의 생활을 고려하여 거주자가 자연채광을 필요로 할 때와 가족구성원의 외출로 말미암아 공간에 채광이 굳이 필요하지 않을 때 가변적으로 장치를 작동할 수 있도록 하기 위하여 그림과 같이 발코니형 태양광전지의 디자인을 하였다. <그림 10>에서 (좌)는 발코니에 창문을 설치한 모습으로 난간은 그림으로 표현하지 않은 그림이다. 그리고 (우)는 상기의 고려사항을 반영하여 디자인하여 설치한 모습이다. 또한 <그림 11>은 발코니에 설치한 PV모듈을 미닫이창처럼 거주자의 필요에 따라서 열고 닫을 수 있도록 디자인한 그림이다.



<그림 10> 기존의 공동주택 발코니(좌) // 태양광 발전 시스템 설치(우)



<그림 11> 발코니 일체형 태양광발전 시스템의 개폐 과정

5. 성능 검증 시뮬레이션

5.1. 시스템의 성능 시뮬레이션 조건

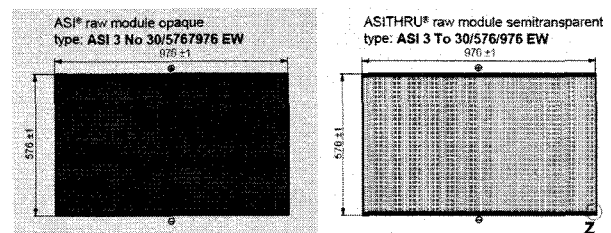
(1) 디자인된 PV시스템의 성능 시뮬레이션

앞서 디자인한 PV모듈의 성능검증 시뮬레이션을 실시하였으며, 모듈의 물리적 사양은 <표 7>과 같다.

<표 7> 시뮬레이션 대상으로 선정된 태양광 전지의 모듈의 사양

Electrical data	AS13No57.976.976EW	AS13No30.576.976EW	AS13No100.676.125EW	AS13No57.976.288EW
Power (max.) P_{max}	32 W _p	32 W _p	10 W _p	15 W _p
Voltage at max. power point U_{mp}	68 V	36 V	36 V	68 V
Current at max. power point I_{mp}	0.47 A	0.89 A	0.29 A	0.23 A
Short-circuit current I_{sc}	0.60 A	1.13 A	0.37 A	0.3 A
Open-circuit voltage U_{oc}	93 V	49 V	49 V	93 V
semitransparent	AS13To57.976.976EW	AS13To30.576.976EW	AS13To100.676.125EW	AS13To57.976.288EW
Power (max.) P_{max}	27 W _p	27 W _p	9 W _p	14 W _p
Voltage at max. power point U_{mp}	68 V	36 V	36 V	68 V
Current at max. power point I_{mp}	0.4 A	0.75 A	0.25 A	0.2 A
Short-circuit current I_{sc}	0.54 A	1.02 A	0.33 A	0.27 A
Open-circuit voltage U_{oc}	93 V	49 V	49 V	93 V

The electrical data apply to standard test conditions (STC) for the stabilised state with spectrum AM 1.5 at a cell temperature of 25 °C. The nominal power may be initially approx. 18% higher than the quoted power data. The quoted power figures are subject to a production tolerance of 10%. The current values of ASI-Glass laminated to an additional front glass pane are slightly lower.



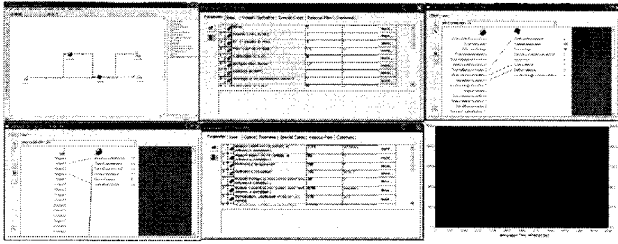
<그림 12> 창호에 적용되는 PV모듈의 모습(3개씩X4개 문이 사용됨)

또한, 본 연구에서 디자인한 창호에 적용되는 PV모듈의 형태 및 크기는 <그림 12>와 같으며, 1개의 미닫이식 태양광 모듈에는 이러한 태양광 모듈이 3개가 장착되는 것으로 설정하였다. 또한 시스템의 성능을 월별, 시간별로 분석하였다. 또한 비교군으로 10%빛이 투과하는 '반투명형(Transparent 10%)'과 '불투명형(Opaque)' 두 가지로 구분하였고, 설치각도에 따라서 '수평선을 기준으로 60°경사도(=수직면 기준30°)', '90°경사도(수직)', 그리고 비교군으로 '0°(수평)'을 설정하여 총 6가지 경우의 시뮬레이션을 하였다.

(2) 시뮬레이션

상기와 같은 디자인 및 모듈설치 사양에서 성능을 알아보기 위하여 <그림 13>과 같이 시뮬레이션을 실시하였으며, 프로그램명은 트랜시스(Trnsys V1.6)이다.⁸⁾

시뮬레이션에 입력되는 날씨 및 기후에 관한 설정값은 우리나라 서울의 기후자료를 사용하였으며 기후자료에는 날씨, 운습도, 구름 등 태양의 일사에 관한 정보들이다.



<그림 13> 디자인한 발코니형 PV 시스템 성능 시뮬레이션 과정

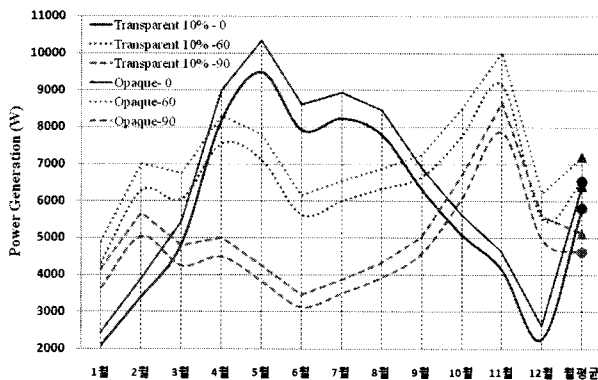
5.2. 시스템 성능 시뮬레이션 결과

(1) 월별 전기생산량 성능비교

<표 8> 태양광 모듈의 설치형태에 따른 월별 전기생산량 합계(W)

종류†	T-0° (A)	T-60° (B)	T-90° (C)	O-0° (D)	O-60° (E)	O-90° (F)
1월	2,089	4,313	3,643	2,446	4,904	4,169
2월	3,399	6,278	5,043	3,879	7,016	5,678
3월	4,825	6,052	4,253	5,439	6,762	4,804
4월	8,173	7,549	4,494	8,990	8,308	5,005
5월	9,477	7,113	3,834	10,343	7,799	4,257
6월	7,917	5,625	3,128	8,616	6,157	3,464
7월	8,226	6,001	3,497	8,930	6,544	3,853
8월	7,787	6,325	3,928	8,459	6,886	4,313
9월	6,306	6,653	4,583	6,893	7,255	5,032
10월	5,077	7,764	6,083	5,613	8,502	6,698
11월	4,128	9,137	7,864	4,623	10,040	8,676
12월	2,265	5,536	4,965	2,623	6,211	5,588
월평균	5,806	6,529	4,610	6,405	7,199	5,128
상대비율	80.7%	90.7%	74.0%	89.0%	100.0%	71.2%

† 종류에 T는 10%투과율을 가지는 태양전지, O는 불투명태양전지를 의미한다. 또한, 0°, 60°, 90°는 태양전지판의 기울기를 의미한다.



<그림 14> PV모듈의 설치각도에 따른 월별 전기생산량(W)

<표 8>에 나타난 바와 같이 태양광 모듈의 설치형태에 관한 성능시뮬레이션을 하였다. 10% 투과성 PV모듈과 불투명PV모듈의 경우를 <그림 14>에 나타내었다. 두

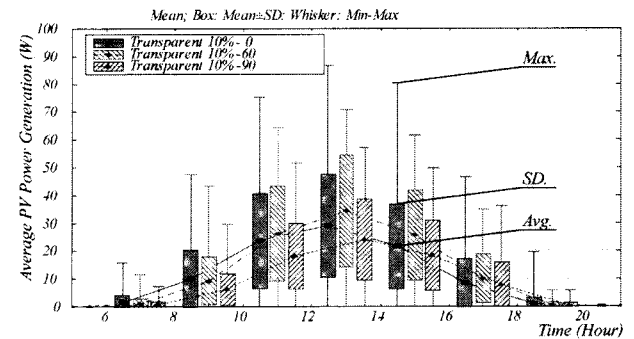
8) 건물부하계산 프로그램으로 널리 활용되고 있는 TRNSYS(T RaNsient SYstem Simulation)는 1975년에 상용 프로그램으로 처음 발표된 이래 현재 ver.16에 이르고 있다.

경우 모두 각도 60도 경사일 경우 수직이나 수평의 경우에 비하여 우수한 성능을 나타냈다. 특히 수평(0°)인 경우에는 계절별로 발전량의 편차가 큰 편이지만 60°의 경우는 연간 전기생산량이 상대적으로 균일한 편으로 나타났다. 또한 전기의 총 생산량 또한 60°일 경우가 월평균 값에 있어서도 가장 높은 값을 나타냈다. 전체를 비교하면 '불투명수평(<표 8>의(E))'을 기준으로 볼 때 (A)는 90.7%, (B)는 90.7%, (C)는 74%, (D)는 89.0%, (E)는 100.0%, (F)는 71.2%로 나타났다. 60°경사를 보이는 (B), (E)는 수평인 (A), (D)경우보다 우수한 성능을 보였다.

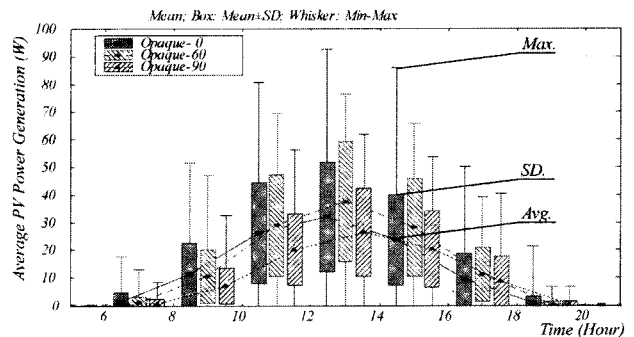
(2) 시간별 전기생산량 비교

하루를 시간별로 나누어 각 모델별로 생산전기량을 시뮬레이션 하였고 그 결과를 <그림 15, 16>에 나타내었다.

<표 9>에 나타난 바와 같이 설치 각도별 생산되는 일별 전기생산량 합계는 투과형과 불투명형 모두 60°각도로 설치된 T-10°-60°(B)와 O-60°(E)의 경우가 각각 가장 우수한 결과를 보였다. (E)를 100%로 볼 경우 (A)는 80.6%, (B)는 90.7%, (C)는 64.0%, (D)는 88.8%, (E)는 100%, (F)는 71.2%로 나타났다.



<그림 15> 투과형 태양광전지를 적용하였을 경우 시간별 성능



<그림 16> 불투명 일반태양전지를 적용하였을 경우 시간별 성능

5.3. 거주자의 실 점유율을 고려한 결과

본 연구 3장에서 다루었던 거주자 주택 점유율<표 6>을 성능 시뮬레이션 결과에 반영하여 그 결과를 <표 10>에 나타내었다. 오전 6시~오후 7시까지의 결과이다. (오전 7시~오후 6시까지 생산된 전기량은 실제로 태양이

<표 9> 태양광 모듈의 설치형태에 따른 하루 중 시간별 전기생산량(단위: W)

통계값	시간 종류	시간																	합계	상대비
		6시	7시	8시	9시	10시	11시	12시	13시	14시	15시	16시	17시	18시	19시					
연중평균을 고려한 시간별 평균 (W)	T-10°-0° (A)	0.01	0.46	2.52	6.85	13.35	20.62	26.78	29.71	28.64	24.67	18.54	11.49	5.38	1.64	190.7	80.57			
	T-10°-60° (B)	0.00	0.28	1.76	5.73	13.04	22.26	30.38	34.80	34.03	29.33	22.02	14.15	5.97	0.88	214.6	90.70			
	T-10°-90° (C)	0.00	0.18	1.18	3.75	8.89	15.34	20.95	24.13	23.87	20.83	15.95	10.81	4.94	0.72	151.5	64.04			
	O-0° (D)	0.01	0.55	2.88	7.72	14.89	22.79	29.40	32.53	31.36	27.06	20.43	12.75	6.03	1.87	210.3	88.87			
	O-60° (E)	0.01	0.35	2.04	6.52	14.62	24.63	33.33	38.03	37.19	32.13	24.26	15.74	6.75	1.04	236.6	100.0			
	O-90° (F)	0.00	0.23	1.38	4.34	10.08	17.14	23.20	26.60	26.30	23.00	17.70	12.10	5.62	0.86	168.6	71.24			

<표 10> 공동주택 평형대별 주택점유율을 고려한 각 PV모듈별 1일 발전량 시뮬레이션 결과(단위: W)

평형	PV 타입	시간																	합계	효율†
		6시	7시	8시	9시	10시	11시	12시	13시	14시	15시	16시	17시	18시	19시					
20평이하	T-10°-60° (B)	0.00	0.06	1.06	3.44	13.04	22.26	30.38	34.80	34.03	29.33	22.02	14.15	5.97	0.88	211.40	98.5%			
	T-10°-90° (C)	0.00	0.04	0.71	2.25	8.89	15.34	20.95	24.13	23.87	20.83	15.95	10.81	4.94	0.72	149.42	98.6%			
	O-60° (E)	0.01	0.07	1.23	3.91	14.62	24.63	33.33	38.03	37.19	32.13	24.26	15.74	6.75	1.04	232.92	98.4%			
	O-90° (F)	0.00	0.05	0.83	2.60	10.08	17.14	23.20	26.60	26.30	23.00	17.70	12.10	5.62	0.86	166.09	98.5%			
20~29평	T-10°-60° (B)	0.00	0.02	0.39	4.30	12.23	20.87	28.48	32.62	31.90	27.50	20.64	11.50	3.73	0.88	194.99	90.9%			
	T-10°-90° (C)	0.00	0.01	0.22	2.82	8.33	14.38	19.64	22.62	22.37	19.53	14.95	8.78	3.09	0.72	137.47	90.7%			
	O-60° (E)	0.01	0.02	0.38	4.89	13.70	23.09	31.25	35.65	34.86	30.12	22.75	12.79	4.22	1.04	214.77	90.8%			
	O-90° (F)	0.00	0.01	0.26	3.25	9.45	16.07	21.75	24.94	24.66	21.56	16.60	9.83	3.51	0.86	152.76	90.6%			
30~39평	T-10°-60° (B)	0.00	0.00	0.09	2.71	8.92	19.91	27.18	34.80	34.03	26.24	19.70	11.17	3.77	0.88	189.42	88.3%			
	T-10°-90° (C)	0.00	0.00	0.06	1.78	6.08	13.72	18.74	24.13	23.87	18.63	14.27	8.54	3.12	0.72	133.67	88.2%			
	O-60° (E)	0.01	0.00	0.11	3.09	10.00	22.03	29.82	38.03	37.19	28.74	21.71	12.43	4.26	1.04	208.45	88.1%			
	O-90° (F)	0.00	0.00	0.07	2.06	6.90	15.34	20.76	26.60	26.30	20.57	15.84	9.56	3.55	0.86	148.40	88.0%			
40평이상	T-10°-60° (B)	0.00	0.00	0.16	3.65	9.48	16.19	22.10	28.47	30.94	26.66	18.02	9.00	2.71	0.88	168.26	78.4%			
	T-10°-90° (C)	0.00	0.00	0.11	2.39	6.47	11.16	15.24	19.74	21.70	18.93	13.05	6.88	2.24	0.72	118.63	78.3%			
	O-60° (E)	0.01	0.00	0.19	4.15	10.63	17.91	24.24	31.11	33.81	29.21	19.85	10.02	3.07	1.04	185.23	78.3%			
	O-90° (F)	0.00	0.00	0.13	2.76	7.33	12.47	16.87	21.77	23.91	20.91	14.49	7.70	2.55	0.86	131.74	78.2%			
평균	T-10°-60° (B)	0.00	0.01	0.28	3.48	10.48	19.64	26.81	32.75	32.70	27.03	19.86	11.10	3.75	0.88	188.76	88.0%			
	T-10°-90° (C)	0.00	0.01	0.18	2.28	7.15	13.53	18.49	22.71	22.93	19.20	14.39	8.48	3.10	0.72	133.16	87.9%			
	O-60° (E)	0.01	0.01	0.32	3.97	11.75	21.73	29.41	35.79	35.73	29.61	21.88	12.34	4.24	1.04	207.83	87.8%			
	O-90° (F)	0.00	0.01	0.22	2.64	8.10	15.13	20.47	25.04	25.27	21.19	15.97	9.49	3.52	0.86	147.92	87.8%			

† 거주자의 생활을 고려하였을 때 발생한 전력량을 PV의 이상적인 100%가동 시 발생된 전력량으로 나눈 수치로 PV의 실제 효율
 주) 수평면설치 모델의 경우는 실제 아파트의 단위세대에서는 설치가 불가능하므로 거주자의 주택점유율을 반영할 수 없으므로 생략하였음

효과를 발휘하여 전기의 생산량에 영향을 미치는 수치로 하루생산량의 대부분임)

<표 10>에 나타난 바와 같이 작은 평형일수록 본 연구에서 개발한 PV모듈이 거주자의 생활에 큰 영향을 받지 않고 높은 효율을 보였다. 모든 모듈에서 비슷한 비율을 보이지만, O-60°(E) 모델의 경우 20평 이하에서는 하루 종일 가동할 경우대비 98.5%를 보였고, 20~29평은 90.8%, 30~39평은 88.1%, 40평 이상은 78.3%의 효율을 나타냄으로써 거주 평형수가 커질수록 효율은 점차 떨어지는 경향을 보였다.

6. 종합고찰 및 결론

본 연구에서는 공동주택의 발코니에서 최적의 발전효율을 낼 수 있도록 발코니 설치식 PV모듈의 형태를 가정하였고, 태양 입사각의 효율을 고려하여 최적의 태양광 수열각도 범위 내에 오도록 PV모듈을 디자인하고 그 PV 모듈을 미닫이식 창문형으로 설치하는 시스템을 디자인 및 개발하였다. 그리고 공동주택의 평형에 따라서 거주자의 주택 점유율과 점유의 성격과 점유인원을 설문 조사를 통한 분석을 근거로 실내에 일사의 필요성을 예

측하였다. 그리고 그 예측된 결과와 디자인을 Transys 프로그램에 반영 후 시뮬레이션을 통하여 그 효율을 비교 분석하였다.

본 연구는 다음과 같은 결과를 얻었다.

첫째, 공동주택의 각 평형대별 거주자의 주택점유율과 점유자의 신분과약을 통한 주택점유성격을 분석하여 실내에 주광유입의 필요성(혹은 불필요)을 예측하였으며, 좁은 평형일수록 낮 시간에 단란공간의 성격이 작아 주광의 유입이 절대적인 의미를 지니지는 않는 것으로 나타났다.

둘째, 남향인 공동주택의 발코니에 설치가능하고, 태양의 고도각을 고려하여 최적의 수열이 가능하고 필요에 따라서는 창문처럼 열 수 있도록 미닫이형 PV모듈을 디자인 하였다.<그림 10, 11>

셋째, 디자인한 PV모듈은 Transys 시뮬레이션 결과 수직형에 비하여 30%의 성능향상 효과가 있다. PV모듈을 발코니에 수직형으로 설치할 경우 아래층에 그림자로 간섭을 주는 일은 없다. 그러나 본 연구에서 디자인한 모델과 수직으로 두었을 경우는 PV패널의 형태로 인하여 그림자가 발생할 수 있고 이 경우 아래층의 장치작동에 간섭을 줄 수 있다. <표 9>를 살펴보면 60°경사인

(B)나 (E)의 경우는 90°수직인 (C)나 (F)에 비하여 30% 이상 효과가 우수하다. 즉, PV모듈을 수직면에 그냥 설치하는 경우보다 30%이상의 설치효과를 가져온다고 볼 수 있다. 따라서 동일한 성능을 얻기 위하여 약30%의 창문면적과 그만큼의 설치비용 절감을 가져올 수 있다.

또한, 본 연구에서 설정한 두 가지 PV모듈은 실외가 보이는 10% 투과형과 불투명형 PV모듈이다. <표 9>에서 실내에서 투과형과 불투명모듈의 성능차이는 약 10% 정도의 성능차이를 보인다. 즉, 발코니설치형 PV가 작동을 하도록 설치하였을 때에도 어둡지만 외부가 보이도록 되어 있다. 반투명 60°(B)와 불투명 90°(F)를 비교한다면 (B)가 (F)보다 20%이상의 성능이 우수한 결과가 나왔다. 즉, 태양의 고도를 고려한 설치를 할 경우 투과성모듈을 설치하더라도 수직설치(C), (F)에 비해 우수하였다.

넷째, 본 연구에서 디자인한 PV모듈의 성능을 시뮬레이션하고 그 성능결과에 실 거주(점유)에 따른 장치가동율을 반영하였다.

실 이용과 점유에 관한 설문조사의 결과를 PV모듈의 성능 시뮬레이션 결과에 반영하여 그 결과를 <표 10>과 같이 얻었다. 각 모듈별로 유사한 경향을 나타냈지만, 불투명이면서 60°경사로 설치된 모듈(기호: O-60° = E)의 경우 작은 평형일수록 최고98.5%로 가동율이 높게 나타났으며, 40평 이상에서는 78.3%까지 그 효율이 떨어졌다.

그러나 이 값은 세대의 구성원과 직업 및 생활패턴에 의하여 좌우될 수 있으므로 상기의 효율은 단위세대 하나가 아닌 본 연구에서 디자인한 PV를 설치하였을 경우인 주거단지 세대들의 전체적인 평균비율로 볼 수 있다.

본 연구는 다음과 같은 향후 연구과제를 제시한다.

첫째, 인동간격에 의한 그림자 간섭에 의한 저층부의 저효율 문제와 정남향이 아닌 아파트의 향에 따른 발코니설치 PV의 효율저하 문제에 관하여 좀 더 연구가 필요하다. 따라서 <표 10>의 결과가 건물의 향이 남향인 모든 세대에 동일하게 적용된다고 볼 수는 없다. 이에 대한 연구는 선행연구⁹⁾에서 주동의 각 세대별 일사량 계산을 참고하여 본 연구결과를 적용할 수 있을 것이다.

둘째, PV모듈의 성능은 매년 다소간의 성능개선이 이루어지고 있다. 반투명태양전지(박막투과형)의 경우도 투광율은 높이면서 효율은 좋아지고 있다. 본 연구에서는 10%투과성 PV모듈만을 대상으로 시뮬레이션을 하였으나 투과율과 성능이 개선된 다양한 제품에 관하여 다양한 연구가 필요하다.

셋째, 본 연구의 범위상 생략하였으나, 본 연구에서 개발한 발코니 창문형 PV시스템에 불투명 혹은 반투명PV모듈을 설치하였을 경우 실내 거주자가 느끼는 심리적

문제분석이 필요하다. 본 연구에서 대상으로 한 설문은 가족구성원이 집에 거주할 확률이 높아 발코니형 PV의 실질적인 작동이 이루어지기 어려운 주말을 제외한 주중으로 한정하였으나 박막투과형 PV모듈의 적용으로 PV를 발코니 전면에 설치하여 작동시키더라도 투광성으로 말미암아 실외의 조망이 이루어질 경우 실내 거주자의 심리적인 만족도에 대한 조사가 이루어질 필요가 있다.

참고문헌

- 이경희, 건축환경계획, 문운당, 2007
- 윤종호, 공동주택의 배치형태 및 방위변화와 일사수열량에 따른 주동전면부의 태양접근성 평가연구, 대한건축학회논문집 제24권 10호, 2008.10
- 윤종호, 공동주택 단지배치 유형별 PV시스템 최적설치면적 및 전기부하 기여율 평가연구, 태양에너지학회논문집 제28호 3권, 2008.10
- 전수영 외, 라이프스타일에 따른 공동주택 단위평면 구성방식에 관한 선호도 조사연구, 한국주거학회논문집, Vol.17. No.5, 2006
- 김한나·윤정숙, 중년층의 라이프스타일 유형에 따른 주거조건 및 노후서비스, 한국주거학회학술논문집, 제16권, 2005
- 박준영·황규홍·김인범, 임대주택 수요자의 라이프스타일을 고려한 가변적 공간구성 계획기법 개발연구, 대한주택공사 주택도시연구원, 2003.09
- 유승호·문현준·양기영, 공동주택 발코니 창호의 성능기반지표 개발을 위한 요구성능 조사, 대한설비공학회 하계학술발표회 논문집, 2009. 06
- 정선미·정민희 외, 공동주택단지에서의 태양에너지 시스템 적용에 관한 연구, 한국태양에너지학회 춘계학술발표논문집, Vol 29. No1, 2009
- 최창호, 경사형이중외피시스템, 설비저널 제38권 6호, 대한설비공학회, 2009.06
- 김해성·윤성원·임재휘·지정환, 대공간구조물의 PV시스템 비교 분석, 한국공간구조학회, 춘계학술대회논문집 제6권 제1호, 2009.05
- 김현일·강기환 외, 발코니일체형 태양광발전시스템의 발전성능 분석, 한국태양에너지학회, 태양에너지논문집, V29, n1, 2009.02
- 조민관·최창호, 관상형과 탑상형 아파트 수직벽면의 태양에너지 가용량 분석, 대한건축학회, 대한건축학회논문집, V24, n12, 2008.12
- Mc.Quiston, F. C. and Spitler, J. D., Cooling and heating load calculation manual (2nd ed.), ASHRAE, 1992
- Mc.Quiston, F. C. and Parker, J. D., Heating, ventilating and air conditioning (5th ed.), Wiley, 1994
- Judkoff, R. and Neymark, J., International Energy Agency Building Energy Simulation Test (BESTEST) and Diagnostic Method, NREL, 1995
- <http://www.motorcontrol.co.kr>
- <http://www.esolaris.co.kr>
- <http://www.californiasolarinstallation.com>
- <http://www.level.nl>

[논문접수 : 2009. 08. 30]
 [1차 심사 : 2009. 09. 18]
 [2차 심사 : 2009. 09. 29]
 [게재확정 : 2009. 10. 09]

9) 윤종호 외, 공동주택의 배치형태 및 방위변화와 일사수열량에 따른 주동전면부의 태양접근성 평가연구, 대한건축학회논문집 제24권 10호, 2008.10