

# 창호거치 태양광발전 가변형광선반 설계 및 기초적 발전성능에 관한 연구

## A Study on the Design and Power Performance of a Variable Photovoltaic Lightshelf Mounted on the Windows

정 유 근\*  
Chung, Yu-Gun

### Abstract

This study aims to suggest the PV lightshelf and to evaluate the power performance of the photovoltaic systems easily mounted on the windows. For the study, the suggested systems consist of two parts as fixed and movable PV modules. Also, tempered glass and polycarbonate are used on the surface protection materials for solar cells of PV lightshelf. By using polycarbonate, the weight of PV lightshelf is lighter about 20%. The field tests are performed for five days by using real size models. The voltage, current and electric powers are measured as basic performances of PV lightshelf. Also, the irradiation, brightness and module surface temperature are measured as outside conditions. As results, the power performance of tempered glass PV lightshelf shows about 11(%) higher than that of polycarbonate PV lightshelf. And the power performance shows about 5(%) higher in a horizontal system. This results could be used to develop the effective PV lightshelf in next study.

키워드 : 창호거치, 가변형, 태양광 발전, 광선반, 발전성능

Keywords : Mounted on the Windows, Variable, Photovoltaic, Lightshelf, Power Performance.

### 1. 서론

창호에 설치하는 광선반은 단순한 구조와 시공성으로 건축적 적용이 용이하여 국외에서는 상용화되어 사용하고 있는 채광시스템으로 직사일광을 반사, 유입하여 실내 채광조도의 균제도 향상 및 재실자의 시각적 불쾌감을 완화시킬 수 있는 것으로 보고되고 있다<sup>1)</sup>.

신재생에너지의 하나인 태양광 발전시스템은 적극적인 건축적 활용을 위한 다양한 연구가 수행되어 왔으며 정부에서도 다양한 보급사업을 통해 태양광발전 건축의 확대를 꾀하고 있다. 최근, 서울시에서는 발코니 또는 창호 등에 설치할 수 있는 1(Kw) 이하 소형 태양광발전 사업인 미니태양광보급사업을 실시하고 있다<sup>2)</sup>.

소규모 태양광발전시스템의 하나로 반사면에 태양전지를 설치한 태양광발전 광선반은 설치가 용이하고 실내 채광성능 향상 및 조명과 냉난방에너지 절약 그리고 발전 등 친환경시스템으로 평가되고 있다. 이 때, 시공 및 안전성을 고려할 때 시스템의 경량화와 창호 거치대의 강도에 대한 평가가 요구된다. 연구는 창호에 거치되는 태양광발전 광선반 개발을 위한 기초연구로 경량시스템 제안 및 시스템의 기초적 발전성능을 평가하였다.

이를 위하여, 창호의 필요성능 및 기준을 이론적으로 고찰하고 기존 연구결과를 바탕으로 광선반 기능을 적절

히 수행하며 발전효과를 최대화하기 위한 광선반 설계안을 제안하였다. 이를 근거로, 강화유리와 폴리카보네이트를 활용한 경량 태양광발전 광선반을 제안하고 기초적 발전성능을 현장실험을 통해 평가하였다.

### 2. 이론적 고찰

#### 2.1 창호의 성능

창호에 대한 규격은 특별히 제한하고 있지 않으나 창호가 지닐 필요성능으로 단열성, 방음성, 기밀성, 수밀성 및 내풍압성 성능기준이 제정되어 있다. 이들 성능기준 중 태양광발전 광선반의 설치로 영향을 받을 수 있는 내풍압성 기준은 한국표준규격을 적용하였다<sup>3)</sup>.

#### 2.2 광선반 크기 고찰

광선반은 실내로 유입되는 강한 직사일광을 반사하여 실 안쪽으로 유입하는 채광장치로 설치위치에 따라 외부, 내부 및 혼합형으로 구분될 수 있다. 효과적인 채광설계를 위해서는 외부 광선반은 하지(태양고도 75°)의 직사

\* Dep. of Architectural Engineering, Korea National Univ. of Transportation, South Korea (ygchung@ut.ac.kr)

1) 김정태, 심인보, "광선반 채광시스템의 시각적 성능평가", 한국생태환경건축학회논문집, 2006.06.

2) <http://www.microps.co.kr>

3) 한국표준규격 KS F 3117, pp. 5-6.

일광을 그리고 내부 광선반은 동지(태양고도 29°)의 직사일광을 제어할 수 있는 크기로 설계되어야한다<sup>4)</sup>. 또한 한국패시브건축학회에서는 광선반의 채광 및 에너지성능을 고려할 때 태양고도 70°에서 직사일광을 차단할 수 있는 외부 광선반 크기를 제안하고 있다.<sup>5)</sup>

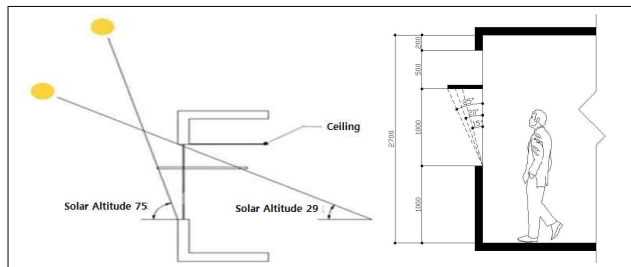


Fig. 1. The Size of Lightshelf

### 2.3 국외 개발사례 분석

#### 1) 차양형 태양광발전 시스템

차양과 태양전지를 통합한 시스템으로 차양은 태양열의 내부 유입을 방지하나 발전을 위해서는 태양광의 유입이 필요한 모순이 발생한다. 이러한 모순된 기능을 극복하기 위하여 차양에 최적의 방위(Orientation)의 유지가 요구된다. 차양의 설치 시 금속 또는 유리로 마감되는 부분에 태양전지를 설치해 비용의 절감 효과가 크다. 태양광 유입 방지를 위한 효율적인 경사와 통풍을 위한 최적의 경사각 산정으로 효율을 극대화 할 수 있다.

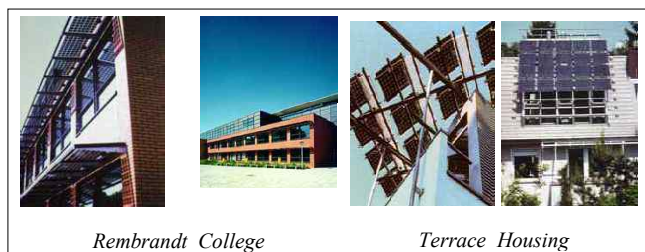


Fig. 2. PV Shading System

#### 2) 캐노피형 태양광발전 시스템

건축물 캐노피에 설치되는 가장 단순한 형태의 발전시스템으로 효과적이나 설치 후 조정이 불가능하기 때문에 설치위치 선정에 매우 신중해야 한다. 독일 Clinical and Molecular Biology Research Centre의 경우에 보어 홀(Borehole) 고정방식을 사용하였다. 주로 수평의 배열이 자주 사용되고 있으며, 실내로의 필요한 빛의 유입 양은 투명성의 정도에 의해 제어할 수 있다.

3) 신현구, 광선반의 채광성능에 관한 연구, p.31  
 4) 한국패시브건축학회, <http://www.phiko.kr>

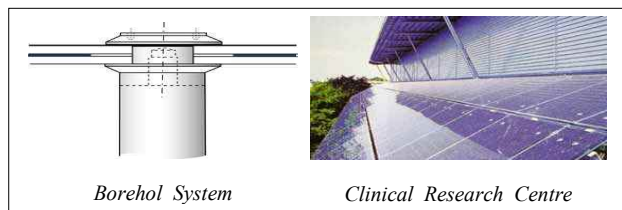


Fig. 3. PV Canopy System

#### 3) 루버형 태양광발전 시스템

루버에 설치되는 태양광발전 시스템으로 여러 개의 루버를 겹쳐서 사용할 때에는 음영발생을 고려하여 제일 위 루버에만 태양전지를 설치하여야 한다. 이는 루버에 의한 음영의 발생을 방지하기 위한 것이다. 창틀이 없는 루버는 접이나 선형으로 지지된다. 하중은 직접 창문이나 파사드 밀리언을 통해 전해지거나 캔틸레버 브래킷을 통해서 전달된다.

독일 Kaiser Clothes Store는 수평루버로 보어 홀(Borehole) 고정방식을 사용하였다. 또한, 오스트리아의 SBL 오피스는 발전모듈 250m<sup>2</sup>가 적용되어 연 15,900(KWh)의 전력을 생산하고 건물 전체 전기사용량의 40%를 충당하고 있다. 4층에 걸쳐 각 층에서 13개의 발전루버가 설치되고 각각의 발전모듈의 크기는 최대 폭 600(mm) 최대 길이 4000(mm)에 이른다.



Fig. 4. PV Louver System

루버형 태양발전시스템에 이동성을 주어 태양고도에 따라 대처하기 위해 선형 액추에이터(Linear Actuator)가 활용된다. 일반적으로 한 개의 축을 중심으로 경사각이 제어되고 센서에 의한 태양과 모든 루버를 동시에 조절하도록 계획된다. 아우디 AG 전시장은 원형의 건물에 두 쌍의 발전패널들이 빌딩에 원형으로 설치된 선형지지방식을 사용하였다.



Fig. 5. Movable PV Louver System

### 3. 창호거치 태양광발전 광선반 개요

#### 3.1 태양광발전 광선반 설계

창호거치 태양광발전 광선반은 외부 광선반으로 설정하고 시공성을 고려하여 경량구조로 계획하였다. 또한, 유효발전량을 획득하기 위해 광선반 크기는 동지를 기준으로 발전모듈 설치면적을 확대하고 가변형으로 계획하여 계절적 변화에 대응할 수 있도록 계획하였다.

이를 위해서, 광선반 발전모듈은 두 부분으로 나누어 계절변화에 대응할 수 있도록 구성하였다. 또한, 경량화를 위해 보호유리로 기존 강화유리 및 폴리카보네이트를 적용하여 태양광발전 광선반을 계획하였다. 계획된 광선반 형태 및 작동과정은 (그림6, 7, 8)과 같다.

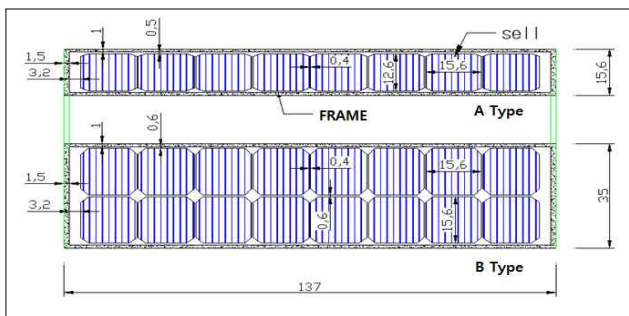


Fig. 6. Suggested PV Lightshelf System

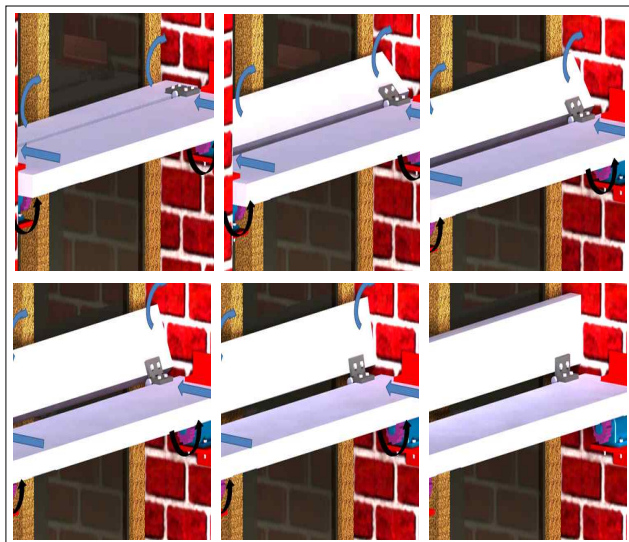


Fig. 7. The Installation Sample of Suggested System

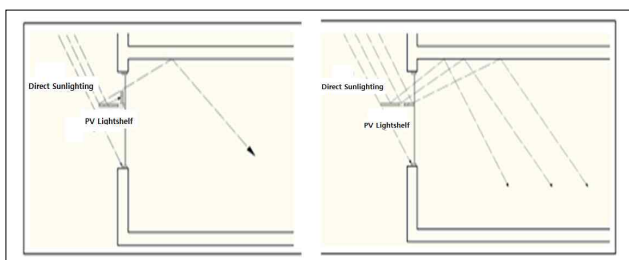


Fig. 8. The Concept of the Direct Sunlighting Incidence

#### 3.2 태양전지 모듈제작

창호거치 태양광발전 광선반을 위한 태양전지 모듈의 조건은 발전효율 및 안전성에 더하여 무게의 경량화가 요구된다. 이에 본 연구에서는 기존의 강화유리에 더하여 물성이 우수하며 상대적으로 가벼운 폴리카보네이트<sup>6)</sup>를 태양광발전 광선반의 태양전지 보호재로 활용하였다.

Table 1. The Characteristic of Polycarbonate

property	Value	property	Value
gravity	1.2 (g/m <sup>3</sup> )	tensile strength	58.8~68.6(Mpa)
refractive index	1.59	compression strength	73.5~88.2(Mpa)
specific heat	1.1~1.2(cal/g°C)	flexural rigidity	80.5~95.2(Mpa)
hardness	70~90(Mpa)	impulse strength	740~980(Mpa)
penetration ratio	85~91(%)	thermal expansion ratio	6~7(10 <sup>-5</sup> · K <sup>-1</sup> )
thickness	2 (mm)		

폴리카보네이트는 강화유리에 비해 약 절반정도의 중량을 지니며 태양광발전 광선반을 제작할 경우에 약 20(%)의 중량감소가 가능한 것으로 분석되었다. 그러나 내열온도가 약 140(°C)로 레미네이션(lamination) 공정온도가 낮고 공정시간이 연장되는 단점이 있다.

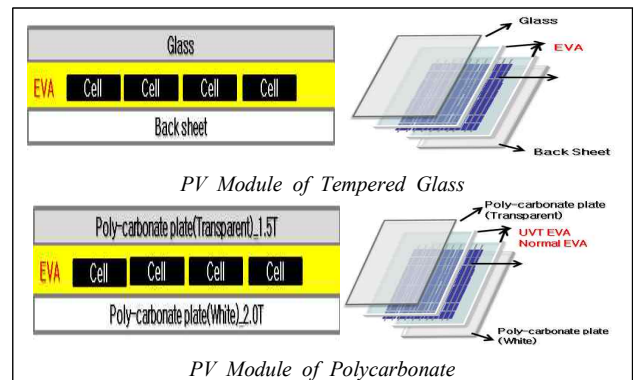


Fig. 9. The PV Module of Suggested System

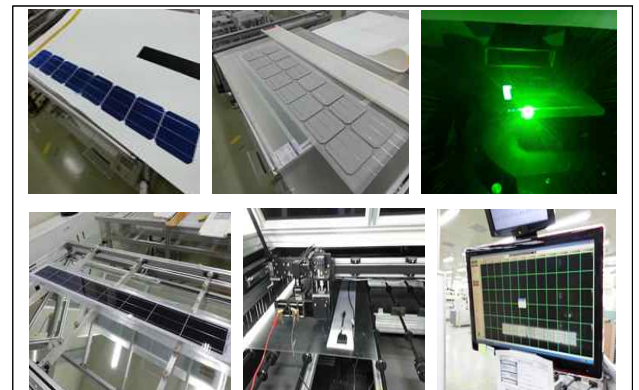


Fig. 10. The PV Lightshelf Module Making

6) 동국전기 물성표, [http://www.dkg.co.kr/product/poly\\_spec](http://www.dkg.co.kr/product/poly_spec)



Table 2. The Characteristic of a PV Lightshelf Module

	Tempered Glass		Polycarbonate	
strength	1,500 (kg/cm <sup>2</sup> )		12,500 (kg/cm <sup>2</sup> )	
weight	14.80 (kg)		12.16 (kg)	
	Stable (B-type)	Movable (A-type)	Stable (B-type)	Movable (A-type)
rated output	70 (W)	35 (W)	70 (W)	35 (W)
rated voltage	9.6 (V)	7.5 (V)	9.6 (V)	7.5 (V)
rated current	9.6 (A)	7.3 (A)	9.6 (A)	7.3 (A)

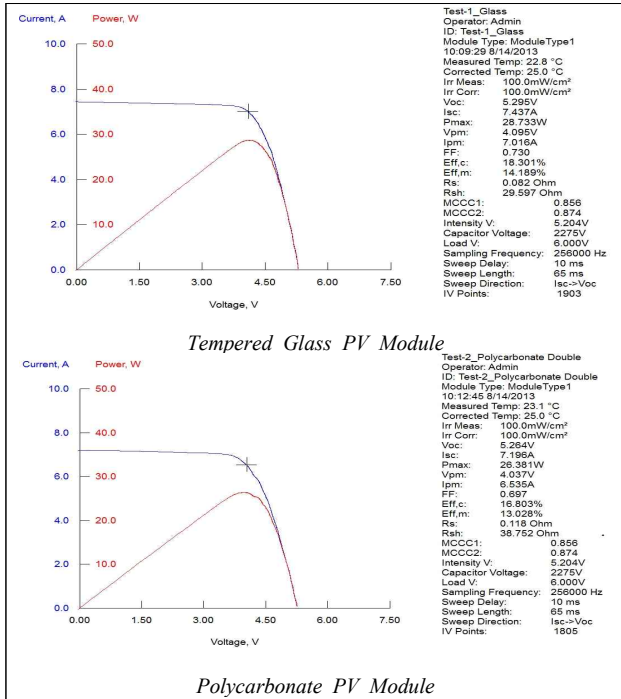


Fig. 11. The A-V Curve of made PV Lightshelf Module

### 3.3 창호 거치대 제작 및 설치

제작된 태양광발전 광선반 모듈을 창호에 거치하기 위한 거치대는 시스템의 무게 및 가공성 등을 고려하여 알루미늄을 사용하여 제작하였다. 거치대는 이동발전모듈의 설치각도를 수평 및 직각으로 조절할 수 있고 슬라이딩 형식으로 발전모듈을 이동할 수 있도록 계획되었다.

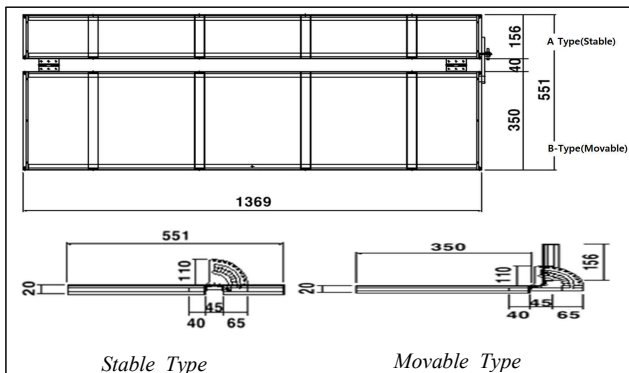


Fig. 12. The Installation Structure for a PV Lightshelf Module

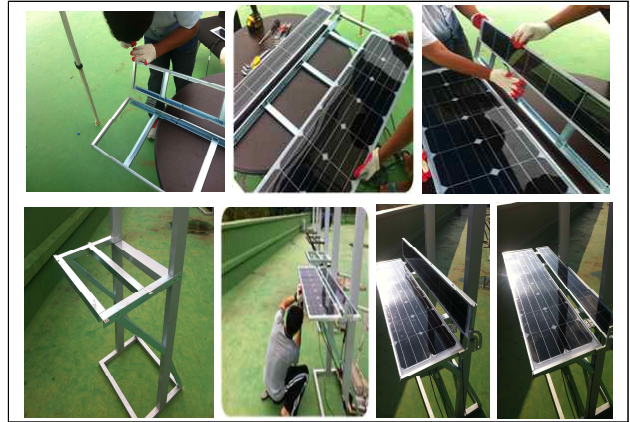


Fig. 13. The Installation Making

## 4. 현장실험 및 기초 발전성능

### 4.1 현장실험

제작된 창호거치 태양광발전 광선반의 기초 발전성능 평가실험은 외부 방해물의 영향이 없는 충북 충주시 H대 학교 건축관 3층 옥상(위도 36도 58분, 경도 127도 52분)에서 2013년 10월 1일부터 5일간 실시하였다. 측정은 오전 10시부터 오후 4시까지 10분 간격으로 실시하였다.

평가실험은 실험체를 정남으로 설치하여 4개의 실험체의 성능을 동시에 측정하였다. 측정은 발전성능에 대하여 외부조건 영향을 알아보기 위해 외부온도, 수평면회도, 일사량 및 모듈 표면온도를 측정하였다. 측정 장비는 Prova 210, ProfiTest, GL 800 및 LP 471을 사용하였다.



Fig. 14. The Instruments

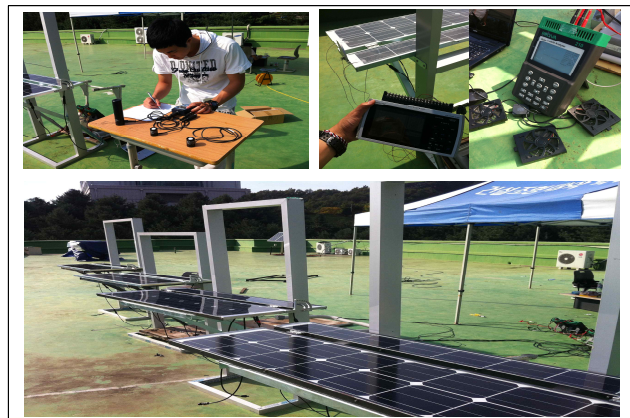


Fig. 15. Field Experiment Views

### 4.2 측정시의 외부조건

현장실험 동안의 외부기상조건은 외부기온은 18.2~23.3(°C)로 평균 22.2(°C)로 측정되었다. 또한, 수평면 휘도는 6,069~11,713(cd/m<sup>2</sup>)로 그리고 측정기간 동안의 평균 수평면 휘도는 9,094(cd/m<sup>2</sup>)로 분석되었다.

수평면 일사량은 383~698(w/m<sup>2</sup>)로 평균 수평면 일사량은 579(w/m<sup>2</sup>)로 분석되었다. 또한, 발전모듈의 표면온도는 강화유리 모듈에서 25.5~79.2(°C)로 평균 48.3(°C)로 폴리 카보네이트 발전모듈에서 23.4~76.3(°C)로 평균 46.4(°C)로 분석되었다.

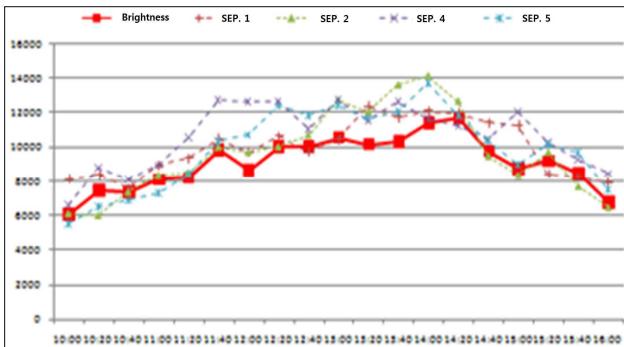


Fig. 16. Outside Horizontal Brightness

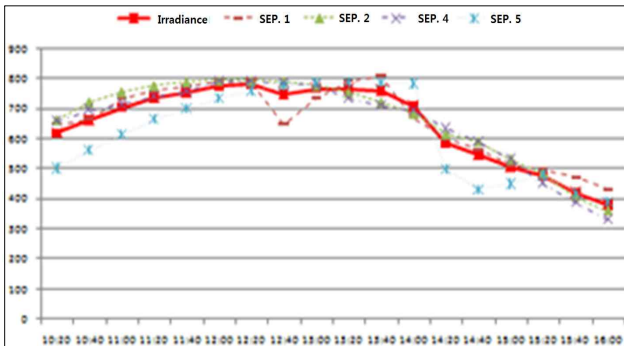


Fig. 17. Outside Horizontal Solar Radiation

### 4.3 태양광발전 광선반 발전성능

창호거치 태양광발전 광선반의 기초 발전성능 분석은 발전모듈의 정격출력에 대한 현장 측정출력의 비를 활용하여 실시하였다. 재료에 따른 발전성능은 이동모듈로 수평설치일 때 5일간 측정값을 평균하였다. 폴리 카보네이트 태양광발전 광선반의 시간당 발전량은 13.8~25.0(Wh)로 평균 21.0(Wh)이며 총 발전량 377.9(Wh)로 분석되었다. 전압 및 전력 값은 평균 13.4(V) 및 8.9(A)로 분석되었다.

강화유리에서 시간당 발전량은 14.8~25.9(Wh)의 범위로 평균 23.8(Wh)이며 총 발전량 428.4(Wh)로 분석되었다. 이때 전압 및 전력 값은 평균 13.7(V) 및 9.4(A)로 분석되었다. 또한 폴리 카보네이트 발전 광선반과 비교하여 발전량 약 11.7%, 50.5W) 증가하는 것으로 분석되었다. 이는 강화유리의 투과율(86%)이 폴리 카보네이트의 투과율(64%) 보다 큰 결과로 사료된다.

Table 3. The Average Power Amount by Materials

	Tempered Glass			Polycarbonate		
	voltage (ratio %)	current (ratio %)	power (ratio %)	voltage (ratio %)	current (ratio %)	power (ratio %)
10:20	13.8 (80.8)	8.4 (49.3)	20.3 (57.9)	13.6 (79.5)	8.5 (50.1)	19.8 (56.5)
10:40	13.8 (80.8)	9.5 (55.9)	22.8 (65.0)	13.6 (79.6)	9.6 (56.2)	22.1 (63.0)
11:00	13.7 (80.4)	9.9 (58.0)	23.6 (67.4)	13.6 (79.3)	9.9 (58.0)	22.8 (65.2)
11:20	13.7 (80.1)	10.8 (63.8)	25.3 (72.4)	13.5 (78.9)	10.4 (60.9)	24.0 (68.7)
11:40	13.7 (80.1)	10.3 (60.8)	24.4 (69.8)	13.5 (78.7)	10.2 (59.8)	23.3 (66.6)
12:00	13.7 (80.1)	10.6 (62.2)	25.3 (72.2)	13.4 (78.6)	10.3 (60.7)	23.9 (68.2)
12:20	13.7 (80.1)	10.4 (60.9)	24.7 (70.5)	13.4 (78.6)	10.1 (59.2)	23.4 (66.8)
12:40	13.7 (80.1)	10.8 (63.2)	26.5 (78.6)	13.6 (79.3)	10.5 (61.6)	25.0 (71.5)
13:00	13.7 (80.1)	10.5 (62.0)	25.5 (72.9)	13.4 (78.6)	10.2 (60.3)	24.1 (68.9)
13:20	13.7 (80.1)	10.8 (63.3)	25.9 (73.9)	13.5 (79.1)	10.2 (60.3)	24.2 (69.0)
13:40	13.7 (80.1)	10.6 (62.2)	25.3 (72.3)	13.3 (77.9)	9.4 (55.5)	22.9 (65.4)
14:00	13.7 (80.1)	10.2 (60.2)	24.7 (70.7)	13.5 (78.8)	8.6 (50.4)	20.7 (59.2)
14:20	13.7 (80.1)	8.8 (51.7)	21.1 (60.2)	13.5 (78.8)	8.3 (48.7)	19.6 (56.1)
14:40	13.7 (80.1)	8.7 (51.0)	20.8 (59.3)	13.5 (78.8)	7.7 (45.1)	18.2 (52.0)
15:00	13.6 (79.4)	8.1 (47.8)	19.3 (55.2)	13.4 (78.2)	7.5 (48.1)	17.3 (49.5)
15:20	13.5 (79.0)	7.6 (44.8)	17.8 (50.9)	13.3 (78.0)	7.2 (42.5)	17.0 (48.5)
15:40	13.4 (78.5)	7.4 (43.3)	17.1 (48.8)	13.2 (77.4)	6.5 (38.0)	15.2 (43.5)
16:00	13.4 (78.1)	6.4 (37.9)	14.8 (42.2)	13.2 (77.3)	5.9 (34.6)	13.8 (39.3)
min.	13.4 (78.1)	6.4 (37.9)	14.8 (42.2)	13.2 (77.3)	5.9 (34.6)	13.8 (39.3)
max.	13.8 (80.8)	10.8 (63.8)	25.9 (73.9)	13.6 (79.6)	10.5 (61.6)	25.0 (71.5)
ave.	13.7 (79.9)	9.4 (55.5)	23.8 (64.3)	13.4 (78.6)	8.9 (52.5)	21.0 (60.1)
sum.			428.4			377.9

The ratio means the value of measure output to rated output

강화유리 태양광발전 광선반의 설치조건에 따른 발전 성능은 이동모듈을 수직으로 설치한 경우의 시간당 발전량은 14.2~26.2(Wh)의 범위로 평균 22.5(Wh)이며 총 발전량 405.0(Wh)로 분석되었다.

수평설치 태양광발전 이동모듈의 총 발전량 428.4(Wh)와 비교하여 이동모듈 수직설치의 경우에 발전량은 약 5.5% 감소하였다. 이는 두 발전모듈 사이의 전압은 일정하나 전류가 약 2.2% 감소한 결과로 사료된다.

발전모듈의 정격출력(105 Wh)과 현장실험으로 측정된 출력 값을 비교한 출력비로 분석한 발전성능은 (표 6)과 같다. 분석결과 강화유리 발전모듈을 수평으로 설치한 경

우의 출력비가 가장 높으며 설치조건 보다는 재료에 따른 출력비의 차가 더 큰 것으로 분석되었다. 즉, 재료에 따른 발전출력비의 차이는 강화유리가 폴리카보네이트에 비해 약 6.5(%) 높은 것으로 분석되었다.

Table 4. The Average Power Amount by Installation Conditions

	Tempered Glass			Polycarbonate		
	voltage (ratio %)	current (ratio %)	power (ratio %)	voltage (ratio %)	current (ratio %)	power (ratio %)
10:20	13.8 (80.8)	8.4 (49.3)	20.3 (57.9)	13.7 (80.4)	8.9 (52.3)	21.1 (60.3)
10:40	13.8 (80.8)	9.5 (55.9)	22.8 (65.0)	13.8 (80.8)	9.7 (57.3)	23.2 (63.0)
11:00	13.7 (80.4)	9.9 (58.0)	23.6 (67.4)	13.7 (80.4)	10.1 (59.2)	24.0 (68.5)
11:20	13.7 (80.1)	10.8 (63.8)	25.3 (72.4)	13.7 (80.0)	10.4 (60.9)	24.6 (70.3)
11:40	13.7 (80.1)	10.3 (60.8)	24.4 (69.8)	13.7 (80.2)	10.5 (61.6)	24.6 (70.3)
12:00	13.7 (80.1)	10.6 (62.2)	25.3 (72.2)	13.8 (80.5)	10.7 (63.0)	25.5 (72.9)
12:20	13.7 (80.1)	10.4 (60.9)	24.7 (70.5)	13.7 (80.2)	10.4 (61.0)	24.8 (70.9)
12:40	13.7 (80.1)	10.8 (63.2)	26.5 (78.6)	13.8 (80.6)	10.8 (63.3)	26.2 (75.0)
13:00	13.7 (80.1)	10.5 (62.0)	25.5 (72.9)	13.8 (80.6)	10.1 (59.4)	25.2 (72.0)
13:20	13.7 (80.1)	10.8 (63.3)	25.9 (73.9)	13.7 (80.4)	10.6 (62.1)	25.6 (73.0)
13:40	13.7 (80.1)	10.6 (62.2)	25.3 (72.3)	13.7 (80.2)	10.1 (59.4)	24.6 (70.4)
14:00	13.7 (80.1)	10.2 (60.2)	24.7 (70.7)	13.7 (80.1)	9.8 (57.9)	24.1 (69.0)
14:20	13.7 (80.1)	8.8 (51.7)	21.1 (60.2)	13.8 (81.0)	8.3 (48.7)	20.2 (57.8)
14:40	13.7 (80.1)	8.7 (51.0)	20.8 (59.3)	13.6 (79.8)	8.1 (47.5)	19.6 (56.1)
15:00	13.6 (79.4)	8.1 (47.8)	19.3 (55.2)	13.5 (79.1)	7.7 (45.1)	18.4 (52.5)
15:20	13.5 (79.0)	7.6 (44.8)	17.8 (50.9)	13.5 (78.8)	7.5 (44.4)	18.0 (51.5)
15:40	13.4 (78.5)	7.4 (43.3)	17.1 (48.8)	13.4 (78.2)	6.6 (39.1)	15.9 (45.3)
16:00	13.4 (78.1)	6.4 (37.9)	14.8 (42.2)	13.3 (77.7)	6.0 (35.2)	14.2 (40.6)
min.	13.4 (78.1)	6.4 (37.9)	14.8 (42.2)	13.3 (77.7)	6.0 (35.2)	14.2 (40.6)
max.	13.8 (80.8)	10.8 (63.8)	25.9 (73.9)	13.8 (81.0)	10.8 (63.3)	26.2 (75.0)
ave.	13.7 (79.9)	9.4 (55.5)	23.8 (64.3)	13.7 (79.9)	9.2 (54.3)	22.5 (62.1)
sum.			428.4			405.0

The ratio means the value of measure output to rated output

Table 5. The Average Output Ratio of PV Lightshelf Module

		voltage ratio	current ratio	power ratio
Stable Type	Tempered Glass	79.9	56.5	64.3
	Polycarbonate	78.6	52.5	59.9
Movable Type	Tempered Glass	79.9	54.3	63.5
	Polycarbonate	78.4	52.4	59.6

## 5. 결론

연구는 창호에 거치 가능한 가변형 태양광발전 광선반을 계획하고 현장실험을 통하여 기초 발전성능을 평가하였다. 연구의 결과는 다음과 같다.

제안된 태양광발전 광선반은 발전면적 극대화를 위해 동지를 기준으로 외부 광선반으로 계획하며 실내 채광성능을 고려하여 설치 폭을 조절할 수 있도록 가변형으로 계획하였다. 이를 위해 발전모듈을 두 부분으로 나누어 수평 및 수직 설치조절이 가능하도록 계획하였다.

현장실험 결과 강화유리 발전모듈에서 폴리카보네이트에 비해 약 11(%)의 발전전력 향상이 그리고 이동모듈의 수평설치가 수직설치 보다 약 5(%)의 발전성능이 향상되는 것으로 분석되었다. 이는 강화유리의 투과율이 높고 측정기간의 태양고도가 비교적 높은 결과로 사료된다.

현재 연구는 보다 효과적인 태양광발전 광선반시스템을 개발하기 위한 기초적 연구단계로 연구결과는 보다 효과적인 시스템 개발을 위한 자료로 활용될 예정이다. 그러나 측정기간이 짧아 성능평가 결과의 신뢰도가 부족하다고 생각되며 현재 지속적인 측정이 이루어지고 있다. 또한, 시스템 설치에 대한 구조적 안전성 평가, 채광성능 및 에너지성능 평가 등 지속적인 연구가 필요하다고 사료된다. 또한, 창호 설치를 위한 시공방법 등에 관한 추가적 연구가 계획되어 있다.

## Acknowledgement

The research was supported by a grant from the Academic Research Program of Korea National University of Transportation in 2013.

## Reference

- [1] 김정태, 심인보, “광선반 채광시스템의 시각적 성능평가”, 한국생태환경건축학회논문집, 2006.06(통권20호), pp. 3-10.  
/ (Kim Jeong-Tai, Shim In-Bo, “Visual Performance Evaluation of Daylighting System”, Journal of the Korea institute of ecological architecture and environment, 2006.06(Vol.6 No.2), pp. 3-10.)
- [2] <http://www.dkg.co.kr>
- [3] 신현구, “광선반의 채광성능에 관한 연구”, 경희대학교 석사학위논문, 2003./ (Shin hyun-Gu, “Daylighting Performance Evaluation of Light Shelf”, Master’s Thesis of KyungHee Univ.,, 2003.)
- [4] 윤종호 외 3인, “건물외피용 태양광발전 BIPV 모듈개발 연구”, 한국생태환경건축학회논문집, 2004.09( 통권 13호), pp. 113-121.  
/ (Yoon Jong-ho, Kim, J. I., Lee K. S., Yu G. J.,, “Development of Building Integrated PV(BIPV) module for the replacement of commercial building envelope materials”, Journal of the Korea institute of ecological architecture and environment, 2004.09( Vol.4 No.3), pp. 113-121.)
- [5] <http://www.microps.co.kr>
- [6] <http://www.phiko.kr>
- [7] Adi Pieper, “Easy Guide to Solar Electric for Home”, ADI SOLAR, Second Edition 2003, pp. 50-71.

---

Received November 20, 2013;

Final revision received December 18, 2013;

Accepted December 23, 2013

