한국태양에너지학회
THE KOREAN SOLAR ENERGY SOCIETY
추계학술발표대회 논문집

염료감응태양전지의 투과율에 따른 채광성능 및 현휘지수 분석을 통한 적정창면적비에 대한 연구

오명환*, 심세라**, 이철성***, 진경일****, 윤종호*****

*한밭대학교 건축공학과(bigomh@nate.com), **한밭대학교 건축공학과(simsera1110@naver.com),
***한밭대학교 건축공학과(aeerulab@naver.com), ****한밭대학교 건축공학과(classic9@hanbat.ac.kr)
*****한밭대학교 건축공학과(jhyoon@hanbat.ac.kr)

A Study on the Optimal Window Floor Ratio Acording to Transmitance of Dye Sensitized Solar Cell(DSSC) by Analysis of Daylighting perfomance and Glare Index of Transmitance

Oh, Myung-Hwan*, Sim, Se-Ra**, Lee, Chul-Sung***, Chin, Kyung-Il****, Yoon, Jong-Ho*****

*Dept. of Architecture Eng, Hanbat National University(bigomh@nate.com),
**Dept. of Architecture Eng, Hanbat National University(simsera1110@naver.com),
***Dept. of Architecture Eng., Hanbat National University(aeerulab@naver.com)
****Dept. of Architecture Eng., Hanbat National University(classic9@hanbat.ac.kr)
*****Dept. of Architecture Eng., Hanbat National University(jhyoon@hanbat.ac.kr)

Abstract

It is more necessary to consider the various factors for developmenting visible PV module of alternative window than traditional PV module. It must have sufficient performance which is Tvis, daylighting, daylight factor, glare index. so that more needs to consider suitable plan and total evaluated technology.

Under the this background, For using commonly a combination BIPV module system and Daylinghting that can alternative architectural window, our goal on this study is drawing proper window area ratio as the window by analyzing lighting performance and glare index depending on transmittance of DSSC.

On this study, we drew the result about window area ratio that can apply in the building when applying DSSC in the window.

In situation that window is alternated as curtain wall in atrium that has big Widow area, if applying red 15.8% DSSC of low transmittance, it is expect to proper because it is suitable illumination standard and doesn't occur a discomfort glare.

In case of office, we propose to apply red 33.2% or blue 35.2% DSSC of high transmittance for no affecting lighting load.

we expect to contribute to select proper and effective window when applying the window in the building by drawing the window area ratio that can apply in thee building depending on transmittance of DSSC and offering the glare index data

Keywords : 염료감응태양전지(DSSC), 창면적비(Window Floor Ratio), 자연채광(Daylighting), 현휘지수(Glare Index), 창호시스템(Window Glazing), 커튼월(Curtainwall)

1. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

염료감응태양전지를 이용해 자연채광이 가능한 창호대체용 PV모듈을 개발하기 위해서는 기존의 모듈 개발과는 달리 부가적으로 여러사항에 대한 고려가 필요하다. 창호를 대체하는 PV모듈이기 때문에 채광성능을 나타내는 가시광선 투과율(Tvis) 실내조도(F)와 주광율(DF), 실내 불쾌현휘지수(L)등의 성능목표를 충족시켜야 한다. 따라서 채광겸용 PV모듈의 개발을 위해서는 기존의 모듈 개발 방식과는 달리 종합적이고 상호 연계성을 고려한 최적의 설계 및 평가기법에 의해 모듈개발의 필요성이 있다.

이러한 배경 하에 본 연구에서는 건축창호를 대체할 수 있는 자연채광 겸용 BIPV 모듈 시스템 상용화를 위해, 염료감응태양전지의 투과율에 따라 채광성능분석과 불쾌현휘를 분석하여 창호로서 적용가능 한 적정창면적비를 도출하는 것이 연구의 최종 목표이다.

1.1 연구범위 및 방법

건물의 채광성능은 건물의 주요한 기능으로서 재실자의 쾌적한 생활환경을 제공해주기 위해 반드시 고려해야 할 요소이다. 본 연구에서는 실제로 제작된 투과율별 염료감응태양전지 6개의 시편을 이용한 창호의 광학적 특성을 분광분석기를 통해 정량적으로 분석하고 Ecotect v5.50 시뮬레이션도구를 이용하여 투과율의 변화와 바닥면적 대비 창면적비에 따른 실내 조도분포를 시뮬레이션 하고 DGI(Daylight Glare Index) 계산식에 의한 현휘현상을 분석하였다. 그 결과로 도출된 투과율에 의한 실내 채광성능과 현휘지수와의 관계를 상호연계하여 투과율별 적정 창면적비를 도출하였다.

2. 염료감응태양전지의 광학특성 시험

다음은 분광분석기를 통한 염료감응태양전지 시편의 광학데이터로서 가시광선 영역(Visible Light), 전구간 영역(Total Solar Energy), 자외선 영역(UV)의 스펙트럼에 따른 투과율(Transmitted), 반사율(Reflected), 흡수율(Absorbed)을 나타낸 것이다.

표 1. 염료감응태양전지시편의 광학특성

	Red 15.8%	Red 18.6%	Red 33.2%
solar, T	0.272	0.276	0.319
solar, Rf	0.098	0.105	0.099
solar, Rb	0.098	0.105	0.099
photopic, T	0.158	0.186	0.332
photopic, Rf	0.070	0.070	0.076
photopic, Rb	0.070	0.070	0.076
EmitF	0.844	0.844	0.844
EmitB	0.844	0.844	0.844

	Blue 19.1%	Blue 23.2%	Blue 35.2%
solar, T	0.304	0.280	0.252
solar, Rf	0.099	0.097	0.100
solar, Rb	0.099	0.097	0.100
photopic, T	0.352	0.232	0.191
photopic, Rf	0.079	0.071	0.068
photopic, Rb	0.079	0.071	0.068
EmitF	0.844	0.844	0.844
EmitB	0.844	0.844	0.844

분석결과 각 시편의 투과율의 경우 가시광선 영역인 330~770nm에서 붉은색 시편의 경우 15.8%, 18.6%, 33.2%를 유지하는 것으로 측정되었고 푸른색 시편의 경우 19.1%, 23.2%, 35.2%를 유지하는 것으로 측정되었다.

3. 염료감응태양전지시편의 창면적비와 투과율에 따른 실내조도 분석

광학특성분석으로 도출된 6개의 염료감응태양전지시편의 투과율에 따라 실내조도에 미치는 영향을 Ecotect v5.50 시뮬레이션으로 모델링하였다.

표 2. 모델링 구성

구 분	조 건
실의크기	4m×6m×2.4m
반사율	천장 70%, 벽 50%, 바닥30%
작업면	85cm
건물위치 및 향	대한민국 대전, 정남향

본 시뮬레이션에서는 실깊이의 주광이용 최대범위가 창높이(H)를 기준으로 2.5H라는 것을 고려하여 4m×6m×2.4m의 모델을 기준으로 결정하였다. 실내조도 측정점은 창과 같은 폭의 영역내의 범위내에서 시뮬레이션 하였고, 실내반사율은 천정 70%, 벽 50%, 바닥30%로 설정하였으며 작업면은 850mm로 설정 한 뒤 분석하였다.

3.1 실내조도분석을 위한 설계용전천공조도

채광설계의 기본 개념은 옥외의 최저조도에 대하여 실내에 필요한 최저조도를 얻을 수 있도록 계획하는 것이다. 본 연구에서는 외부 천공상태를 CIE표준담천공상태(CIE Overcast Sky)로 설정하였다.

본 연구에서는 CIE표준담천공상태에서 위도에 따른 지역별 실외천공조도를 제안한 것으로 위도33°와 38°사이의 7500lx를 설계조도로 채택하였다.

3.2 창면적비에 따른 실내조도분석

본 연구에서는 염료감응태양전지의 투과율과 창면적비의 관계에 의해 실내조도가 조도기준에 적합한지 여부를 주광그래프로서 판단하였다.

3.2.1 창호적용을 위한 창면적비별 실내조도분석

건축법에서는 거실의 창과 기타 개구부로서 채광을 위한 부분의 면적을 거실 바닥면적의 1/10 이상으로 한다. 본 연구에서는 바닥면적 대비 창면적비를 10%에서 40%까지 증가시키며 투과율별로 실내조도에 끼치는 영향에 대해 분석하였다.

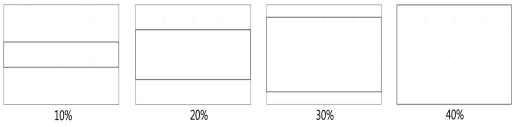

그림 1. 창호적용을 위한 창면적비 변화

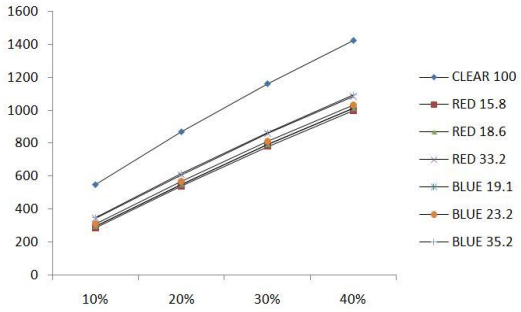

그림 2. 창호적용을 위한 창면적비별 실내조도

건축법[1]에 따른 거실용도에 따른 조도기준에 대하여 분석한 결과 창면적비 10%의 RED 15.8%, 18.6%의 투과율은 부적합한 것으로 나타났다. 하지만 그 외의 투과율별 실내조도는 일반투명유리와 같이 일반사무, 일반작업, 독서, 회의, 집회 등의 용도에 필요한 300lx이상에 적합한 것으로 분석되었다.

3.2.2 커튼월 적용을 위한 창면적비 별 실내조도 분석

염료감응태양전지의 커튼월 적용 시에 대한 실내조도 결과 값을 도출하기 위해 바닥면적 대비 창면적비를 40%, 80%, 120%로 증가시켜 분석해보았다.

분석결과 건축법상 조도기준에 적합한 것으로 분석되었다. 하지만 단일투명창호의 경우 실내조도가 높게 나타나 불쾌현휘를 일으킬 수 있을 것으로 사료된다. 반면에 염료감

1) 건축법 제15조 거실의 용도에 따른 조도기준에는 거주의 경우 150lx, 일산사무의 경우 300lx, 일반작업 및 제조, 판매의 경우 300lx 회의의 경우 300lx, 오락일반의 경우 150lx이상을 만족해야한다고 명시되어있다.

응태양전지의 조도가 1.5배가량 낮은 것으로 보아 현휘문제를 해결 할 수 있을 것으로 기대된다.

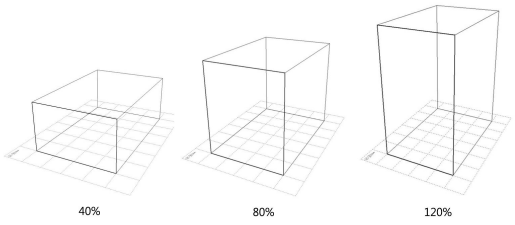

그림 3. 커튼월적용을 위한 창면적비 변화

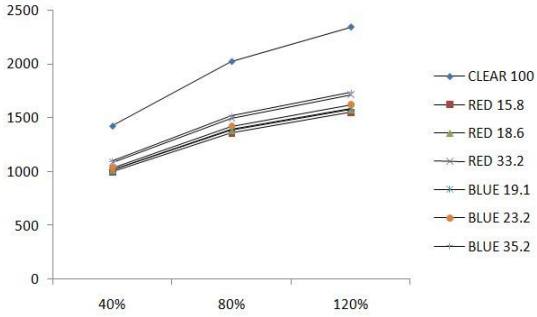

그림 4. 커튼월적용을 위한 창면적비별 실내조도

3.3 실깊이에 따른 실내조도분석

본 연구에서는 조도기준에 적합한 최소비율인 20%로 바닥면적 대비 창면적비를 고정한 뒤, 염료감응태양전지의 투과율에 의해 단일투명유리와 비교하여 창높이(H)를 기준으로 실깊이에 따라 실내조도가 조도기준에 적합한지 여부를 주광그래프로 판단하였다.

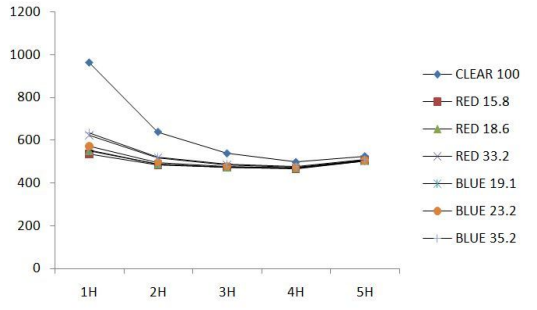

그림 5. 실깊이에 따른 실내조도

창의 근접부분에서는 단일투명유리에 비해 실내조도가 현저히 저감되었지만, 실깊이가 깊어질수록 그 결과값의 차이가 크게 발생하지 않음을 알 수 있다. 건축법상 거실의 용도에 따른 조도기준과 비교해 본 결과, 바닥면적 대비 창면적비 20%이상에서는 실깊이 5H 까지는 바닥 위 85cm의 작업면수평조도 300lx이상을 모두 만족하는 것으로 분석되었다.

4. 염료감응태양전지시편의 투과율별 DGI (Daylight Glare Index)계산식에 의한 현휘지수 분석

염료감응태양전지시편의 투과율별 실내조도분포결과 조도기준에 적합함을 알 수 있었다. 하지만 단일투명창호에서의 실내조도가 비교적 높아 불쾌현휘가 발생 할 것이기에 현휘지수를 분석하였다.

4.1 불쾌현휘지수 DGI(Daylight Glare Index)

창면의 불쾌글레어를 평가하기 위해 Hopkinson이 제안한 식을 Cornell식 또는 DGI라 한다. 식(1)은 현재 창면의 불쾌글레어를 평가하기 위해 통용되고 있는 평가식이다.

$$DGI = 10\log 0.478 \sum \frac{L_s^{1.6}\Omega^{0.8}}{L_b + 0.07\omega^{0.5}L_s}$$

표 3. DGI에서 사용되는 불쾌현휘평가 카테고리

Glare Criterion	DGI
거의 감지할 수 없는 정도	16
받아들일 만한 정도	20
불편한 정도	24
참을 수 없는 정도	28

표3은 DGI계산식의 의한 지수와 평가결과를 나타내고 있다. 표에 나타난 것과 같이 Hopkinson은 식2에서 계산된 지수에 따라 불쾌글레어를 4단계로 나누어 평가하고 있다.

4.2 불쾌현휘지수분석을 위한 설계용전천공휘도

낮은 담천공상태의 천공휘도로는 실내현휘를 분석하기 에 적당하지 않다. 높은 담천공상태의 천공휘도에서 발생되는 실내현휘현상을 분석하기 위해 평균천공휘도를 23,000cd/m²으로 설정하였다.

4.3 창호적용을 위한 창면적비 증가에 따른 투과율별 불쾌현휘지수 분석

창호적용을 위한 바닥면적 대비 창면적비 10%-40%까지의 실내조도가 기준조도에 모두 적합하고 조도가 높지는 않으나 현휘문제에 대한 분석이 필요하다.

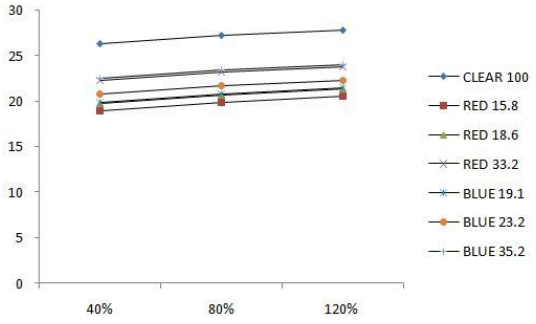

그림 6. 커튼월 적용을 위한 투과율별 현휘지수

본 연구에서는 DGI불쾌현휘지수20이 초과될 때를 불쾌현휘라 정의한 뒤 분석한 결과 단일투명유리의 경우 모두 불쾌현휘가 발생되었고 RED 15.8%, RED 18.6%, BLUE 19.1%, BLUE 23.2%는 조건에 만족하는 것으로 나타났다. RED 33.2%와 BLUE 35.2%의 경우 창면적비 10%에서만 불쾌현휘가 발생되지않고 이외의 영역에서는 모두 불만족하였다.

4.4 커튼월적용을 위한 창면적비 증가에 따른 투과율별 불쾌현휘지수 분석

커튼월 적용시 실내조도가 급격히 높아지는 것을 고려하여 바닥면적 대비 창면적비를 40%, 80%, 120%로 증가시키며 단일투명유리와 투과율 별 염료감응태양전지시편 실내불쾌현휘지수를 분석하였다.

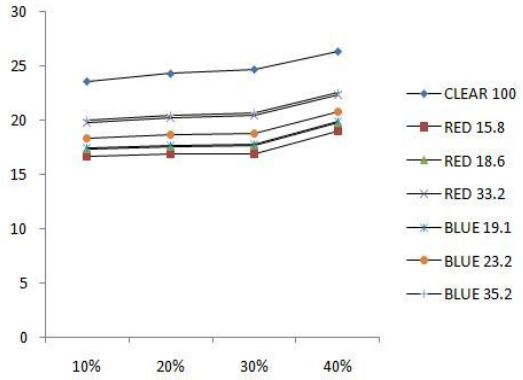

그림 7. 창호적용을 위한 투과율별 불쾌현휘지수

분석결과 RED 15.8%의 경우 창면적비 120%까지 증가시켜도 불쾌현휘가 발생하지 않는 것으로 나타났다. RED 18.6%와 BLUE 19.1%는 창면적비 80%까지 만족하였고, BLUE 23.2%의 경우 창면적비 40%까지 만족하는 것으로 나타났다. 하지만 단일투명유리와 RED 33.2%, BLUE 35.2는 40%-120%의 창면적비 영역에서 불쾌현휘가 발생되는 것으로 나타났다.

5. 결 론

본 연구에서는 염료감응태양전지를 창호에 적용할 경우 투과율에 따라 적용가능한 창면적비에 대한 결과를 도출하였다.

창면적이 큰 아트리움의 공간에 커튼월로서 창호를 대체할 경우 투과율이 낮은 붉은색 염료감응태양전지 15.8%를 적용하면 조도기준에 적합하고 불쾌현휘도 발생하지 않기 때문에 적당할 것으로 기대된다.

사무소의 경우 조명부하에 영향을 끼치지 않도록 투과율이 높은 붉은색 33.2%나 푸른색 35.2%의 염료감응태양전지를 사용하도록 제안한다.

표 4. 투과율에 따른 적용가능 바닥면적 대비 창면적비

투과율	적용가능 창면적비
red 15.8	20% - 120%
red 18.6	20% - 80%
red 33.2	10% - 30%
blue 19.1	20% - 80%
blue 23.2	10% - 40%
blue 35.2	10% - 30%

염료감응태양전지창호의 투과율에 따른 적용가능 창면적비를 도출하고 각 투과율별 실내조도와 현휘지수에 대한 데이터를 제공함으로서 건축물에 창호로서 적용 시 보다 효율적이고 적합한 창호를 선정하는데 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구에서는 염료감응 태양전지 단창에 대한 채광성능을 분석하였다. 향후 효과적인 건물 적용을 위해 염료감응태양전지를 결합한 창호의 구성요소에 따른 열성능을 평가하여 초단열 염료감응태양전지 창호시스템을 구현 중이다. 따라서 차후 연구에서는 초단열 염료감응태양전지 창호 시스템의 채광성능 및 열성능을 토대로 건물에 적용하였을 경우 염료감응태양전지의 발전성능과 건물의 전체적인 열부하에 미치는 영향을 평가할 예정이다.

후 기

본 연구는 지식경제부가 주관하고 삼성SDI가 수행하는 성장동력/중장기산업기술개발사업(No.10006928)의 연구비지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. 이경희(2008), 제3판 건축환경계획(P.324-470), 문운당, 2008
2. 이순화, 이진숙, 창면에 의한 불쾌글레어의 동적 평가 실험, 대한건축학회 논문집, 1996
3. 김병수, 이진숙, 창면 불쾌글레어 지표 설정을 위한 기존 불쾌글레어 평가식과의 비교분석, 대한건축학회 논문집, 2003
4. 김원우, 신인중, 창으로부터의 불쾌글레어를 평가하기 위한 DGI평가의 한계성 검토, 대한건축학회 논문집, 2004
5. 이진숙, 김병수(2005). 창면불쾌글레어 평가를 위한 노모그래프 개발, 대한건축학회 논문집.