

색상 및 적용위치에 따른 DSC 통합창호 디자인 컨셉에 관한 연구

A Study on the Design Concept of DSC Window by Color and Installation Position

이기원* · 이응직**
Lee Ki-Won*, ** Lee Eung-Jik

(Submit date : 2014. 7. 4., Judgment date : 2014. 7. 11., Publication decide date : 2014. 8. 26.)

Abstract : The purpose of the study is to apprehend the preference of occupants to colors and installation locations for DSC combined windows and doors, and suggest a concept to optimize the design and function of windows and doors. A miniature model was made applying green, blue, and red colored DSC windows and doors to survey preference about DSC colors and applied location. And a survey was accomplished to 140 subjects by showing pictures of the model and the result of the survey became the basis for suggesting a concept to design DSC integrated windows and doors.

Through the survey, blue color and upper part were chosen as the highest level of satisfaction in the situation of external brightness and residence. On the contrary to this, red color was chosen as the lowest level of preference when applied to both of upper and lower parts of winders and doors. Therefore, it's expected that, if various patterns of texture are developed for blue colored DSC, and installation is arranged based on upper part of windows and doors where lighting condition and comfort are less affected, then, conditions of brightness, view, and residents satisfaction will be equally fulfilled.

Key Words : 열료감응형 태양전지(DSC), 통합창호(integrated windows), 설문(survey), 컨셉제안(suggesting of concept)

**† 이응직(교신저자) : 세명대학교 건축공학과
E-mail : drlee@semyung.ac.kr, Tel : 043-649-1422
*이기원 : 세명대학교 대학원 건설공학과

**† Lee Eung-Jik(corresponding author) : Department of Architectural Engineering, Semyung University.
E-mail : drlee@Semyung.ac.kr, Tel : 043-649-1422
*Lee ki-won : Department of Architectural Engineering, Graduate School, Semyung University.

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

근래 건축물에서 배출되는 이산화탄소를 감소시킴으로써 지구환경의 지속가능성 향상을 높이려는 다양한 노력이 건축계에서도 일반화되는 과정에 있다. 이러한 이슈의 주요 관점으로는 건물에너지 효율을 높이면서 소요에너지의 전부 또는 일정부분을 신·재생에너지를 통해 충당하는 에너지 공급체계를 들 수 있는데, 그 중에서도 BIPV의 비중이 점점 커지고 있음은 2019년까지 세계시장에 1,152.3 MW에 달하는 신규 BIPV적용이 발생할 것이라는 예상¹⁾으로도 확인할 수 있다. 한편 BIPV 적용 부위는 지붕이 67%이며 나머지가 커튼월 및 창호이고, 적용모듈의 대부분은 결정계가 주도하는 상황이다. 그러나 근년에는 고효율, 저비용에 대한 요구가 커짐에 따라 투과성과 단열성 그리고 색상 등 좀 더 다양한 기능을 발휘하는 새로운 종류의 태양전지 개발이 이루어지며 BIPV 적용 가능성이 상당히 확장되는 추세에 있다.

특히 염료 감응형(DSC_Dye-sensitized Solar Cell) 태양전지는 3세대에 속하는 신기술로서, 기존의 결정계 대비 저비용 생산구조 속에서도 상당한 효율 및 투과성 확보로 지붕과 외벽이라는 제한적 적용을 극복할 수 있는 장점을 띄고 있어 관련업계의 관심을 받고 있다. 즉 창호의 경우 기본 기능인 채광 및 조망 등을 해치지 않는 조건 충족이 기존 결정계으로는 한계가 존재할 수밖에 없지만 창호 통합형 DSC의 경우 외부조망 뿐만 아니라 채광 성능의 가시광선 투과율, 실내조도와 주광율, 실내 불쾌현황 지수²⁾ 등의 성능을 충족시킨다. 따

라서 본 연구에서는 창호 통합형 DSC의 색상과 적용위치에 따른 재실자의 선호도를 파악하고 그에 따른 디자인 및 창호기능의 최적화를 위한 콘셉트 제안을 목적으로 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

기존의 선행연구를 바탕으로 한 문헌조사를 통해 DSC의 물리적 특성과 통합창호 적용 시 나타날 수 있는 장·단점을 분석하였다. 본 연구에서는 건축적 측면에서 창호 통합형 DSC의 색상 및 설치에 관한 선호도 조사를 실시하고자 한다.

DSC색상과 적용위치 선호도 조사를 위하여 현재 가장 흔히 제품화되는 DSC의 3가지 색상인 초록(G), 파랑(B), 빨강(R)을 중심으로 3색의 DSC가 적용된 공간을 주거 및 사무용으로 한정하여 그에 대한 50분의 1의 축소모형으로 제작, 각 조건별 상황을 촬영하여 이미지화한 후 S대학교 건축공학과 학부 및 대학원생을 대상으로 이 이미지에 대한 설문 조사를 진행하였다. 그 결과를 SPSS 분석기법을 적용, 통계적으로 판단·해석하여 DSC 통합창호 설계를 위한 콘셉트 제안의 근거로 삼았다.

2. DSC의 이론적 고찰

2.1 DSC의 특성 및 구성

DSC(Dye-sensitized Solar Cell_염료감응형전지)는 식물의 광합성 원리를 응용하여 표면에 화학적으로 흡착된 염료분자가 태양빛을 받아 전자를 방출함으로써 전기를 생산하는 신개념 전지이다. 실험실 수준의 효율은 12.3%, 모듈은 8.6%에 달하고 이론적인 효율은 31%

2) 오명환 외 3인, 염료감응태양전지의 투과율에 따른 채광성능 및 현황지수 분석을 통한 적정장면적비에 대한 연구, 한국태양에너지학회, 2009 추계 학술대회 논문집

1) www.dysol.com

정도로 알려져 있다³⁾. 가장 큰 특징으로는 기존 실리콘 전지 대비, 대폭적으로 단순화된 제조공정과 원재료 절약에 의해 결정형 태양광 모듈의 70~80% 정도에 불과한 제조단가이며 공정상 배출되는 유독가스도 발생되지 않는다는 점이다. 또한 직사광선뿐만 아니라 산란광에도 작동하며 입사각과 전지표면 온도에도 영향을 적게 받고 음영의 민감성이 크지 않다는 등의 상당한 장점을 가진다. 현재 국내에서 생산되는 주된 색상은 그림 1 에서와 같이 붉은 계통을 중심으로 초록, 파랑, 노란 색이 있고 크기는 100X100, 150X150, 300X300 mm로 아직은 대형화 되지 못한 상황이다.

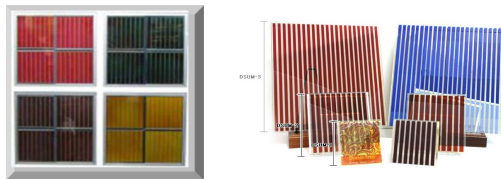


Fig. 1 Examples of DSC domestic product
source : www. dyesoltimo.co.kr

DSC의 기본은 나노입자의 이산화티타늄(TiO₂)으로 투명기판 위에 접착되어 빛을 흡수하면 전자와 전공을 쌍으로 생성하는데 이 전자가 전기에너지의 원천으로 작용한다. 그림 2는 전형적인 DSC의 기본구조로서 두 장의 투명유리 기판 표면에 코팅된 투명전극과 그 곳에 접착된 다공질 나노입자 TiO₂ 그리고 입자표면에 붙어있는 염료와 기판사이를 채우고 있는 전해질과 양극(+) 측에 환원용 전극으로 흑연을 흡착시킨 TCO 층으로 구성됨을 보여준다.

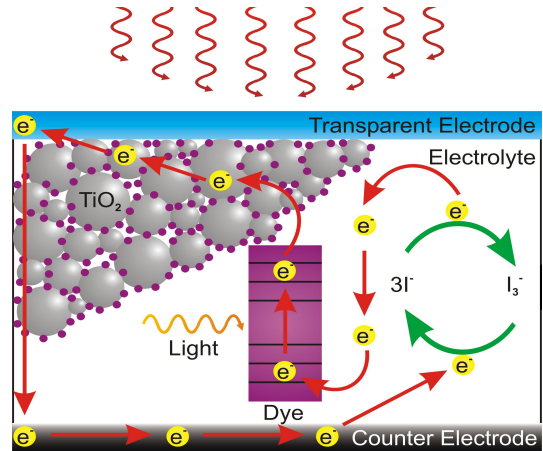


Fig. 2 The Configurations and operation principle DSC⁴⁾

2.2 DSC의 BIPV 가능성

지금까지의 BIPV 모듈은 대부분 결정형 태양전지를 이용한 Glass to Glass 모듈타입을 중심으로 개발·보급 되어오는 상황으로 그 적용 장소는 평면으로 이루어진 건물외피의 마감재로서 지붕, 외벽, 유리면 등에 한정될 수밖에 없었다. 이는 채광 및 조망기능이 원활치 못할 뿐만 아니라 곡면부위의 통합성 부족 그리고 결정형이 보이는 큰 단점인 작동 온도에 따른 효율 감소 등의 요인에 기인한다.

그러나 DSC에 의한 BIPV의 경우 이러한 문제점을 상당 부분 개선할 수 있는데, 그 생산 과정은 액정디스플레이 등에 사용되는 스크린인쇄 기술 또는 유리신터(sinter) 기술 그리고 합성수지를 기판으로 하는 Roll to roll 기법이 비 진공 상태에서도 생산이 가능함으로써 기존의 실리콘 계열의 생산단가 보다 월등히 저렴⁵⁾해진다는 것이다.

또 다른 측면에서 BIPV를 위한 DSC의 가장 큰 장점은 기존 태양전지 또는 모듈이 단순한 색감과 질감으로 디자인의 획일화를 감

3) <http://de.wikipedia.org>, www.heise.de/

4) <http://de.wikipedia.org>

5) www.borderstep.de/

수해야만 하는데 반해, DSC는 다양한 색상과 무늬 그리고 투명성 조절이 가능함에 따른 건축적인 디자인 적용성이 뛰어나다는 점이다. 뿐만 아니라 효율 측면에서도 입사각에 민감하지 않는 특징으로 BIPV에 필연적인 수직벽면 또는 창호, 커튼월 등의 적용에도 무리 없이 발전 능력이 유지된다. 이는 특히 낮은 일사량과 건물간의 음영부위 그리고 실내조명 등에 대한 BIPV 대안으로 지금까지의 결정형 전지의 단점을 극복할 수 있는 태양전지가 DSC가 될 수 있다는 것을 의미한다.

따라서 DSC기술 개발이 진행될수록 실리 큰 태양전지와 경쟁력은 상승할 것이며 건축적 통합 가능성도 더욱 확대될 것이다.

2.3 DSC 통합창호

창호는 기본적으로 외기와 직접 연결되는 부분이므로 개폐가 손쉬워야 하며 빗물에 대한 수밀성, 외부 소음이 잘 차단되는 방음성, 틈새바람을 막아주는 기밀성 등이 필요·충분 조건에 속한다. 아울러 건물 에너지 손실은 상당 부분은 창호를 통하는 까닭에 난방 및 냉방을 위한 단열성 등이 우수해야 한다. 또한 창호의 기능에 있어서 중요한 채광은 실의 용도에 따라 일정 밝기가 유지되면서도 과도한 빛의 유입으로 인한 불쾌감방지 등 용도에 맞는 채광대책이 필요한 경우도 있다. 한편, 재실자가 실내에 있으면서 외부와 직접적으로 통하는 부분이 창호이므로 시야를 차단할 경우 불쾌감과 정신적 악영향에 불안감을 야기할 수 있어 창호의 크기는 중요하다.

이러한 일반 창호의 기능을 기본으로 하면서 부가적으로 창호 자체가 에너지 생산체로서 작동할 때 통합창호의 목적 달성이 가능할 것이므로 기 연구된 창호기능에 준한 DSC통합에 따른 기능별 분석을 통하여 정리하면 표

2와 같다. 가장 큰 영향요소는 DSC에 의한 채광과 조망부분에 있음을 알 수 있고 각각의 장단점이 존재하므로 단점의 최소화와 동시에 장점의 극대화에 주의를 기울일 필요가 있다.

3. 색상 및 적용위치 선호도 평가

3.1 설문대상 모형제작

일반적인 주거 또는 사무공간의 창호를 가상의 실내 밝기와 색상 그리고 적용위치 별 선호도 평가 대상인 가로, 세로, 높이 각 5,000X4,000X3,000mm 크기의 Mock-up에 대한 1/50 축소모형을 제작하였다.

모형 남측 면에 설치된 크기가 가로, 세로 각각 1,800X3,600 mm의 창호를 축소하여 적용하였고, 그 창호는 위·아래 3단으로 분리된 형상을 가지며 그 각 단이 색상별 DSC가 통합되는 위치로 선택되었다. 그림 X는 통합 DSC창호가 설치된 모형의 외부형상을 보여 주고 있다. 그리고 실제적인 실의 밝기 및 광선유입에 따른 DSC색상에 대한 심리적 상황을 조사·분석하기 위한 평가 이미지 확보는 S 대학교 이공학관 측면의 채광방해가 없는 위치에서 사진촬영으로 이루어졌다.



Fig. 3 External view of the model

Table 2. The function of window⁶⁾ and DSC integrated Window

sort	generation factors	Behavior results	DSC integrated Window
Lighting factors	·Sunshine, Daylighting ·Moisture control ·Acquire energy	·window Size & location ·Direction and form	·Insolation decrease/Winter ·Shades effect/Summer ·Acquire-energy ·Psychological change by indoor color variation
Viewing factors	·Fear of closing ·Psychological spread of ownership	·Window Size & location ·Appendage and window	·Visual field shut ·Increase of obstructive due to limited field of view
Ventilator factors	·ventilation ·Moisture & Temperature control	·Window Size & location ·Way of opening ·Connection of the window position in space	·No influence
Defending factors	·Insect, Fly ·Sound-proofing ·Energy saving ·Visual privacy	·Window Size ·Way of Opening ·Appendage and window ·Full-shaped version of the decision	·Protection of privacy
Decorating factors	·Magical details ·Institutional problem ·The development of aesthetic conventions	·Window type and split ·The design of the bars and glass ·Consider the relationship between windows and walls	·Apparently improved aesthetics Design diversity

이 실물모형의 창호에는 녹색, 청색, 적색 계열의 태양전지 모형을 각각 상부, 하부 그리고 상·하부에 설치하였을 경우를 상정하여 총 9가지의 평가모형을 구성·제작하여 각각의 이미지를 촬영할 수 있도록 하였다.

6) 김현진, 건축디자인 요소로서 창에 의한 공간연출효과와 그 적용에 관한 연구, 이화여자대학교 석사학위논문, 1996

3.2 설문지 구성 및 평가방법

설문지의 구성은 유사분야인 채광관련 기존 연구결과 분석을 통해 본 연구와 관련된 형용사를 선별한 후, 예비 설문조사를 실시하여 DSC의 적용에 따른 실내 밝기를 포함한 조망 상황에 대해 12문항 그리고 그에 따른 실내에서의 거주시 느낌에 대해 7문항으로 구성된 본 설문지를 확정하였다. 평가척도는 서로 반대 의미의 형용사 쌍에 대한 리커트 7점 척도를 사용했다.

Table. 3 Configuration of the questionnaire for the brightness and outlook

	Contents of question and adjective		
Brightness of the room/ To reside	dark	↔	light
	uncomfortable	↔	comfortable
View through the windows of the feeling state	indistinct	↔	clearly
	awkward	↔	naturalness
	stuffy	↔	leisurely
	uncomfortable	↔	comfortable
	Closed	↔	Open-ended
	personal	↔	public
	complicated	↔	Simpleness
unsatisfactory	↔	Satisfactory	

이에 따른 설문조사는 2014년 3월 10일부터 14일까지 4일 동안 S대학교 건축공학과에 재학 중인 학부생 116명(여학생: 14명, 남

Table. 4 Configuration of the questionnaire for the comfort and safety feeling of light-use conditions in the Room

	Survey information & Adjective		
Impressive in the light conditions of daylight through DSC window	gorge	↔	Comfort
	non-uniform of light	↔	uniform of light
	no stability	↔	in stability
	bad sense of visual comfort	↔	good sense of visual comfort
	In the room do not feel healthy	↔	In the room feel healthy
	no dynamic light conditions	↔	dynamic light conditions
	dissatisfaction of lighting conditions	↔	Satisfaction of lighting conditions

학생: 102명) 그리고 대학원생 23(여학생 5명 외 남학생)명으로 총 139명을 대상으로 암막커튼으로 어두운 강의실에서 주광아래에서 촬영한 실내의 이미지 상황을 컴퓨터 및 빔 프로젝터에 의한 영상으로 보여주면서 실행하였고 그 결과는 그래프 형식으로 추출되었다.



Fig. 4 Model Image of the window integrated DSC (left: above, middle: below, right: above+below)

3.3 설문지의 분석

(1) 색상 및 채광효과

3개 색상과 3곳의 적용위치를 대상으로 실내 밝기 느낌과 실내의 채광 환경 만족도를 파악한 것으로 결과적으로는 두 관계가 상호 비례적이라는 특징을 보여주고 있는 바, 실의 밝은 느낌에는 청색이 총 평균 값 4.962로 적용위치에 관계없이 가장 높은 선택을 받았고 그 다음은 녹색과 적색 순으로 나타났다(그림 5). 이는 파란색과 같이 이미지 상으로 주광과 외부 전경에 자연스럽게 반응할수록 높은 선호도가 표출되는 결과로 사료된다.

또한 설치위치에 따른 반응은 그림 5에서와 같이 눈높이 보다 높거나 낮은 경우가 모두 전체 실 밝기의 느낌이 비슷한 것으로 나타났다. 상·하부 모두 적용될 경우에는 주광차단 효과가 가장 크기 때문에 밝기와 거주시의 불편함에 대한 응답이 민감하게 나타났다. 점선으로 표시된 실내거주 상황에서의 느낌의 경우도 파란색 DSC 상부 설치가 리코드 7점 척도에서 5.8정도로 나타나 응답자들에게 가장 선호도가 컸다.

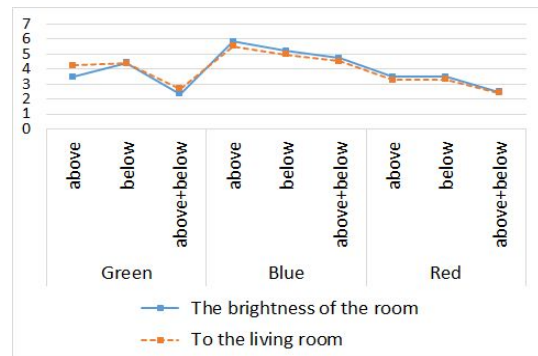


Fig. 5 The Feeling of the Brightness on the Color and Position of Application

이 파란색 DSC에 대한 거주 시에 느끼는 감정을 좀 더 세부적으로 분석하면 상부에 설치하였을 때 빛의 만족도, 시각적 쾌적감, 실내 건강한 느낌의 항목이 거의 6점 정도의 높아 상·하부 동시 적용의 경우와 비교된다(그림 6).

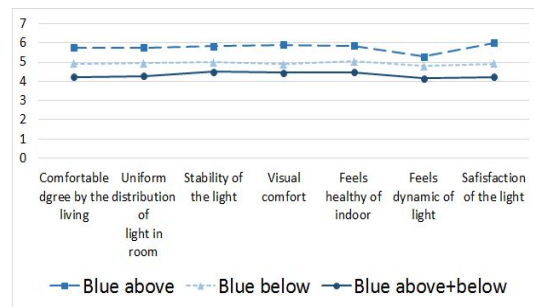


Fig. 6 The Feel in Living by the Blue DSC

(2) 조망

실외로의 조망에 대한 응답자들의 반응에 있어서도 그림 7에 나타난 것과 같이 실내 거주 경우의 느낌과 대동소이하게 파란색의 경우가 가장 우수하고 다음이 초록색 그리고 빨간색이 가장 좋지 않은 결과를 나타내고 있다. 즉, 파란색으로 상부에 설치할 경우 외부조망의 느낌이 가장 '자연스럽다'는 상황으로 이 또한 1.2에서의 밝기의 경우와 같은 내용이다.

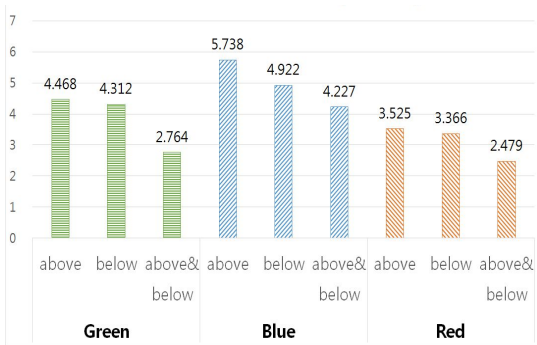


Fig. 7 The Feel in Living by the Blue DSC

특히 적색 DSC 이미지의 상·하부 적용에 있어서는 적색이라는 자극성과 그에 따른 조망의 방해요소가 크게 작용하여 최하의 평가를 면치 못하고 있음도 주시할 필요가 있다. 선호도가 높은 파란색 DSC의 조망 항목에서 ‘개방적이다’, ‘선명하다’ 등을 중심으로 리커트 값이 5.9이상 높게 나타나 대부분 긍정적인 결과를 보였다(표 5).

Table. 5 Preferred sort by Location of Blue DSC

Position	High score Item
above	Open-ended(5.964) clearly(5.942) leisurely(5.921)
below	clearly(5.302) Simpleness(5.108) leisurely(5.079)
above+below	Simpleness(4.540) Comfortable(4.468) Converge(4.367)

4. DSC 통합창호 디자인 컨셉

4.1 색상 디자인

창호는 건축공간의 기능과 목적에 따라 다양한 형태로 존재하면서 건축디자인의 기본요소로 작용한다. 특히 창호 유리와 창틀 색상은

창호를 통한 하나의 회화적 이미지 형성에 중요한 영향을 미치는 것으로 색상은 직접적이고 그 지각성능이 매우 강하기 때문에 색상에 의한 전체 디자인 표현방향이 결정될 수 있다. 따라서 통합창호용 DSC는 현 기술로 제조 및 상용화에 근접한 색상을 우선 고려하여야 할 것이며 본 논문의 색상선호도 조사의 대상이었던 초록색 계열, 파란색 계열, 붉은색 계열 중에서 선호도가 가장높은 파란색을 중심으로 창호적용에 대한 상용화 기술개발에 적극적으로 임함이 바람직할 것이다.

색상과 함께 질감에 의한 재료의 특성 또한 시각적 표현 도구이므로 DSC의 표면을 현재의 단순한 선형에서 벗어나, 다양한 곡선이나 무늬 그리고 글씨에 의한 문양형태로 디자인화가 이루어질 때 주거건물의 적용성이 월등히 향상될 것이다.

4.2 적용위치

DSC의 창호적용에는 필연적으로 주광차단 효과가 발생함과 동시에 어느 정도의 조망차폐도 나타나므로 창호의 크기와 설치높이 그리고 창호방위에 따라 실내의 채광상황과 색상에 의해 실내 분위기가 영향을 받을 수밖에 없다. 따라서 창호에 적용되는 DSC 위치는 이에 대한 효과를 가감하는 요인이 되므로 통합창호에 있어 주요 고려 대상으로 작용한다. 따라서 3장의 위치 선호도 설문결과를 바탕으로 보면 상부 적용의 경우를 원칙으로 하고 상황에 따라 창의 하부에도 가능성을 찾을 수 있지만 눈 높이부분에는 폐쇄감 또는 답답한 느낌 등이 작용하므로 피하는 것이 좋다. 파란색 위치 선호도에 관련된 척도는 상부가 4.577로 가장 높고 상하부 모두일 경우가 3.156으로 가장 낮은 값을 보인다.

4.3 통합창호 컨셉

통합의 의미는 전체 중의 한 부분으로서 또는 전체로서 시스템적 결합을 의미한다. 창호의 관점에서는 기존의 전통적 기능과 최신 개별기술이 동시 적용된 하나의 창호시스템으로 개발되어 건축재의 새로운 부가가치 창출과 지속가능성 상승이 이루어져 통합디자인 실현이 가능해진다.

물론 건물창호는 실의용도 및 목적에 따라 수많은 가변성을 내포함을 염두에 두고 그에 합당한 디자인이 이루어져야 하겠으나, 본 연구의 범위에서 설정된 조건아래에서의 통합창호 디자인 컨셉은 아래와 같이 제시될 수 있는 것으로 그림 8은 색상 및 질감 그리고 그림 9는 적용위치에 대한 컨셉 제안이다.



Fig. 8 A plurality of surface structures and pattern of DSC

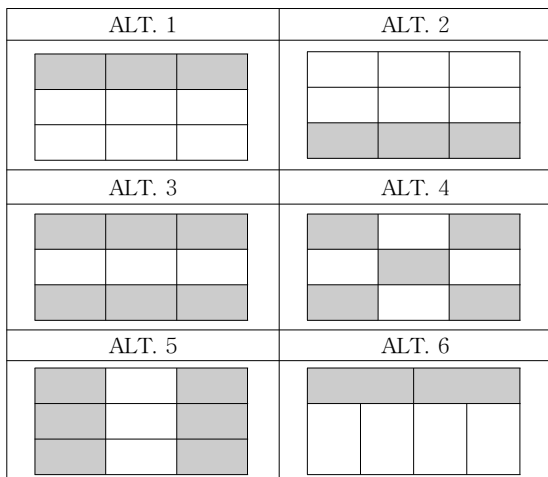


Fig. 9 Examples of DSC design concept into the operating position

5. 결 론

본 연구는 국내에서 제작되는 DSC를 창호에 통합시킴에 있어 실내 빛 환경과 재실자들이 느끼게 될 시각적, 심리적 상태에 입각한 색상과 적용위치 별 선호도를 분석하여 그 결과를 바탕으로 DSC 통합창호를 위한 최적화 컨셉 제안을 목적으로 진행되었으며 그 결과는 다음과 같다.

- (1) 피험자들이 느끼는 색상과 실내 거주 시의 밝기 정도의 분석에서 청색의 경우 적용 위치에 관계없이 그 선호도가 가장 높았다.
- (2) 녹색, 청색, 적색 계통의 3색에 대한 선호 순위는 청색, 녹색, 적색으로, 이는 창호를 통과하는 주광에 의한 색상변화가 크지 않을수록 선택의 빈도가 높다고 판단된다.
- (3) 청색 상부위치에 대한 거주시의 느낌항목 선호도에서는 ‘시각적 쾌적감’에 대한 리커드 값이 5.9 이상으로 나타나 밝은 느낌과 상관관계가 있음을 시사하며, 대부분의 항목에서 긍정적인 효과를 나타내어 전반적인 만족도가 6.0에 달한다.
- (4) 조망상태의 색상에서는 적색의 경우 꺼림칙한 느낌, 불만족 등의 이미지가 나타나 효율이 높더라도 재실자에게 정신적으로 악영향을 줄 수 있는 것으로 판단된다. 따라서 위, 아래 모두 적색 계열 DSC를 적용하면 실내로 들어오는 주광 왜곡 현상으로 실내 빛 환경 및 조망상태에 있어서 낮은 선호도를 보였다.
- (5) 현재의 DSC의 표면 질감은 단색에 의한 형태가 주를 이루는 상황이지만 경우에 따라서는 그림 8과 같이 다양화된 패턴과 문양을 접목시킴으로써 창호디자인을 다기능적인 도구로 승화시킬 수 있다.

(6) DSC는 투과성과 차폐성이라는 상반된 장점을 모두 가지므로 커튼월 또는 대형유리 창호의 주거 및 사무용건물에서 파란색상을 그림 9의 ALT. 1 이나 ALT. 2 그리고 ALT. 6를 바탕으로 디자인 응용이 이루어지면 실 밝기, 조망 그리고 채실자 만족도라는 조건에 골고루 부응할 것으로 판단된다.

본 연구에서는 국내에서 생산되는 특정색상과 일부 디자인 형태를 제한적으로 분석한 한계가 있다. 따라서 추후 계속되는 연구에서는 보다 다양한 색상과 디자인 패턴의 적용에 따른 채실자의 실내 시 환경조건을 구체적으로 분석하고자 한다.

후 기

이 연구는 2013년도 한국에너지기술평가원 연구비 지원에 의해 수행되었음. (과제번호 : 2013-2-179)

Reference

1. Oh M. H. et al, A Study on the Optimal Window Floor Ratio According to Transmittance of Dye Sensitized Solar Cell(DSSC) by Analysis of Daylighting performance and Glare Index of Transmittance, Proceedings of the KSES 2009 Autumn Annual Conference, Vol. 29, No. 2, pp. 92~97, 2009
2. Kim H. J., The effect of space production by window and its application as factor of architectural design, Ewha Womans University Master's Thesis, 1996
3. Sim S. R. et al, An Evaluation of Application Possibility of Window System in the Building based on Optimal Characteristics Analysis of DSSC, Journal of the Korean Solar Energy Society, Vol. 31, No. 3, pp. 67~72, 2011
4. Kim Hyo-Jung et al, Assessment of Proper Application Domain for Dye Sensitized Solar Cell(DSSC) Window by Analysis of Daylighting Performance and Preferred Color, Journal of the Architectural Institute of Korea (Planning & Design), Vol. 28, No. 6, pp. 275~282, 2012
5. Kim Hee-Je, Seok Young-Kuk, Kim Ming-Chul, A Study on the Efficiency Improvement of Dye Sensitized Solar Cell, Korea Institute of Navigation and Port Research, Vol. 2009 No.3, pp. 467~470, 2009
6. Kim Yong Chul, A Study on the Efficiency Improvement of Dye Sensitized Solar Cell, Pusan National University PhD thesis, 2009
7. www.motie.go.kr
8. www.fnnews.com, 2013.9.15.
9. www.borderstep.de
10. http://de.wikipedia.org,
11. www.heise.de/
12. www.dyesol.com