

여름철 일사를 고려한 투명 투과체 공간의 열환경 특성에 관한 사례연구

A Case Study on Thermal Performance for Transparent Glazing Space Considering Solar Radiation in Summer

류영희* 서혜수** 이민정*** 남지연** 송미나** 전정윤****
Ryu, Young-Hee Seo, Hye-Soo Lee, Min-Jung Nam, Ji-yeon Song, Mi-Na Chun, Chung-Yoon

Abstract

Recently, buildings with transparent glazing on exterior walls have increased. The transparent glazing on exterior walls gives an impression of opening through introducing external environment's elements to inside of the building, and has various merits and so on, but has defects in controlling indoor environments. Especially, the excess of solar radiation in summer increases cooling load causing discomforts to occupants providing radiant environment with high temperature. Cooling load mainly depends on electricity comparing to heating load and intends to centralize specific time. So it is necessary to work out a countermeasure.

In this study, showed P building with transparent glazing on exterior walls as a case, investigated indoor thermal performance, numerical analysis of P building in summer through comparing dry-sauna which is represented as radiant environment with high temperature. In the results of this study, transparent glazing space has radiant environment with high temperature such as dry-sauna because of the excess of solar radiation. Accordingly countermeasures are considered in building planning. As concrete methods, there are adiabatic effects using double glazing, use of sunscreen, blind, ventilation facilitation using natural draft, decrease of surface temperature through evaporation cooling and cooling coils.

Keywords : Transparent Glazing Space, solar radiation, thermal performance

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 들어 투명 투과체를 외벽에 사용하는 건물들이 증가하고 있다. 유리외피는 건물내에 외부환경요소를 도입하여 개방감을 제공하며, 디자인적인 면에서도 여러 가

지 장점이 있으나, 환경의 제어가 어렵다는 단점이 있다.

특히, 여름철의 과다한 일사 도입량은 냉방부하를 증가시키며, 거주자에게 고온의 복사환경을 제공하여 불쾌감을 유발시킬 수 있다. 냉방부하는 난방부하에 비교하여 주로 전력에 의존하며, 특정시간대에 집중하는 특징이 있어 그에 따른 대책을 필요로 한다.

본 연구는 투명 투과체를 외피로 사용한 P 건물을 사례로 여름철의 실내 온열환경을 실제 측정 및 수치해석으로 고찰하고, 고온 복사환경의 대표적 공간인 찜질방의 실내온열환경과 비교함으로써 투명 투과체 공간내의 고온 복사환경에 관하여 고찰하였다.

* 연세대 건축공학과 박사과정

** 연세대 건축공학과 석사과정

*** 연세대 주거환경학과 석사과정

**** 연세대 주거환경학과 교수, 공학박사

2. 투명 투과체 건물에 관한 문헌 고찰

서용민¹⁾은 그의 「건축물의 외피에 적용된 유리의 표현특성 및 발현의미에 관한 연구」에서 '80년대 이후 현재까지 테크놀로지의 급속한 발전으로 과거에 생각하지 못했던 새로운 개념과 형태들이 시도되고 있다. 유리외피 요소기술의 현황 측면에서는 유리표면처리기술과 타 분야에서의 기 개발된 기술들이 유리외피에 응용·적용되어 보다 다양한 표피표현의 가능성을 열어 주고 있으며 S.P.G나 T.P.G시스템과 같이 세련되고 세장한 구조미를 드러내는 시공기술들이 구조체로부터 유리외피의 보다 완벽한 자립화현상을 가속화하고 있다'며 현대건축에서 유리외피를 적용하는 예가 늘어가고 있음을 이야기하고 있다.

또한 유승호²⁾의 연구에서는 투명 투과체 건물의 실내 환경 불만족 원인 중 겨울철 유리표면온도와 실내 온도의 차이로 인해 발생하는 불균등 복사열을 지적하고 있으며, 이러한 불균등 복사열은 인체에 전신적·국부적 열적 불쾌감을 유발시킨다고 하여, 여름철 뿐만 아니라 겨울철에 있어서도 주의가 필요함을 알 수 있다.

외국의 연구로는 平松³⁾가 실험용 유리건물을 만들어 내부환경을 실제 측정할 연구가 있는데 그 결과, 전 입사 일사량 중 실내공기가열에 기여하는 비율은 4~20%이며, 차광 단열 지붕을 설치하면 그 수치가 4%로 줄어들 수 있었다.

또한 같은 일본의 연구로 成田⁴⁾는 일사의 과장특성이 피부의 감각량에 미치는 영향을 실험을 통하여 밝혀 낸 결과, 근적외역 방사가 가시역 방사, 중적외역 방사와 비교하여 뜨거움이나 아픔을 느끼기 어렵다고 이야기하고 있다.

이러한 기존 문헌의 결과를 바탕으로 본 연구에서는 실제 건물에서의 실내환경에 관한 측정과 수치해석을 행하였으며, 고온복사환경에서의 온열감을 기존의 PMV나 SET*로는 평가할 수 없음에 착안하여, 대표적인 고온 복사환경 공간인 쥘빌의 실측치와 대상건물내의 환경을 비교함으로써 여름철에 유리외피 공간 내부에서 발생할 수 있는 불쾌감을 유발시키는 고온복사환경에 관하여 고찰하고자 한다.

3. 대상건물의 개요

3.1 대상건물의 계획의도

Y대학 내에 위치한 건물 P는 지상 2층, 연면적 310㎡ (93.8평) 규모의 연결통로로서, 약 30m의 길이로 서측향을 갖고 있다. 건물 개요는 표 1과 같다.

건물 P는 공과대학내에 마땅히 설 만한 휴게 공간이 없었기 때문에 설계시 통로로써의 기능과 휴게공간으로써의 기능 모두를 만족시킬 수 있도록 의도되었다. 하지만 건물 재료인 유리의 특성으로 인해 과다한 일사 유입으로 실내온도가 매우 높고 통풍이 부족해 휴식공간으로서 활발히 이용되지 못하고 있다. 각 층 2대의 스탠드형 에어컨을 이용하여 실내환경을 조절하고 있다.

표 1. Y대학 P건물의 개요

위 치	서울시 서대문구 Y대학
건축면적	271.74 m ²
연면적	311.38 m ²
규 모	지상 2층
구 조	철골구조 (Triangulated Octahedron)

3.2 대상건물의 재료 특성

건물의 주 재료로는 공학관들이 모여 있는 부지의 조건을 최대한 돋보일 수 있도록 스테인리스스틸패널, 강화유리와 외부마감을 하였고, 내부마감은 스틸타공판, 합성목재 바닥재를 사용하였다.

4. 측정을 통한 P 건물의 열환경 평가

4.1 측정 개요

투명투과체인 P건물의 열환경 평가를 위해 2002년 10월 6일 24시간 동안 1시간 간격으로 외기온, 건구온도, 상대습도, 후구온도, 기류속도를 측정하였다.

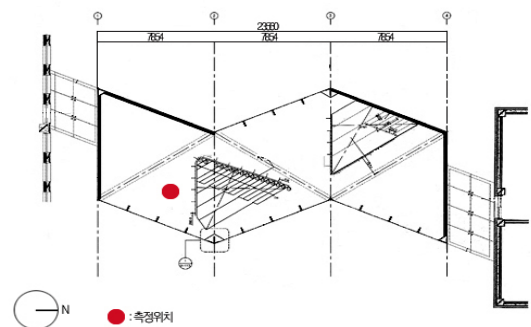


그림 1. 건물의 2층 평면도 및 측정위치

1) 서용민, 건축물의 외피에 적용된 유리의 표현특성 및 발현의미에 관한 연구, 연세대학교 대학원 석사학위 논문, 2002.
 2) 유승호, 복사냉방 공간내에서의 인체의 열적 쾌적감 해석, 대한건축학회 학술발표대회논문집, 2001. 4.
 3) 平松徹也, 原田剛, 加藤信介, 村上周三, 吉野博, 構成部材が自然室温時の室内温熱環境に与える影響に關する検討, 日本建築學會計書系論文集, 1997年8月, pp.37-44
 4) 成田千恵, 田辺新一, 尾關義一, 小西正哲, 日射の波長特性が温熱感に与える影響に關する研究, 日本建築學會計書系論文集 2001年7月, pp.29-35



그림 2. 측정위치의 사진

측정위치는 그림 1, 2에 나타난 바와 같이 휴게공간으로서 사용되는 2층 공간을 대상으로 하였다. 측정도구로는 온습도 측정용 Data logger (ESPEC RS-11), 열선풍속계 (KANOMAX Climomaster), 적외선 표면온도계 (HORIBA IT-540), 간이 흑구온도계(직경 38mm 탁구공을 이용하여 표면을 매트블랙으로 칠하여 측정함⁵⁾)를 이용하여 사람통행이 없는 상태에서 측정하였다.

4.2 측정결과

4.1에서 서술한 측정도구를 가지고 2002년 10월 6일 24시간 동안 1시간 간격으로 측정한 결과는 다음 그림 3과 같다.

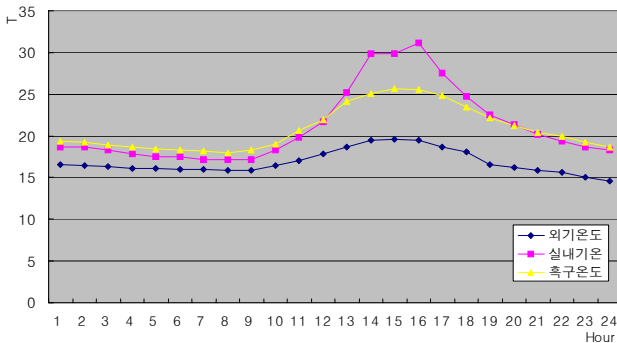


그림 7. 대상공간의 24시간 공기온도 변화

그림에서 알 수 있듯이, 당시 외기온이 20°C 이하이었음에도 불구하고 실내 공기온도는 최고 31.3°C를 기록하였으며 오후 2시에서 4시까지 30°C를 능가하는 고온환경임을 알 수 있었다. 그러나 MRT의 경우는 측정시기가 가을철로 낮은 외기온의 영향으로 인해 유리면으로부터의 열손실이 많아, 여름철의 고온복사환경을 평가하기에는 무리가 있었다. 따라서 수치해석을 이용하여 여름철의 실내 복사환경을 예측하기로 하였다.

5) ASHRAE Fundamentals Handbook 14.26, 1997.

5. 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 P 건물의 열환경 평가

5.1 시뮬레이션 도구

P건물의 열환경을 예측하기 위해서 IES4D사의 VE(Virtual Environment)를 사용하였다. VE는 건축가, 엔지니어, 빌딩 관리자를 위한 건물 디자인 소프트웨어로 영국의 IES4D사에서 통합 환경시뮬레이션 프로그램으로 개발되었으며 현재 Windows 버전으로 4.02까지 나와 있다.

5.2 시뮬레이션 조건

기본모델은 지상 2층 연결통로로서 그림 4와 같다. 전면창 개구부에서의 주광사입은 대상건물과 같은 오픈공간에서는 해당층 전체 개구부의 영향을 받기 때문에 하나의 유니트로 단순화하기 곤란하므로 기준층 전체형태를 선택하였다. 계산지점은 1, 2층의 전면창부분을 선택하여 지점을 구분하였고, 공간의 실깊이, 작업면 높이는 80cm를 기준으로 하였다. 시뮬레이션 모델의 개요는 표 2와 같다.

표 2. 시뮬레이션의 개요

구분		개요
방위		서향
환기		0.36 m ³ /min
모델 규모	바닥 면적	271.74 m ²
	층고	2층
	천정고	7.5M
실내 냉난방조건	냉방	Air conditioner
	난방	온풍기
기후 데이터		1983년 서울의 기후

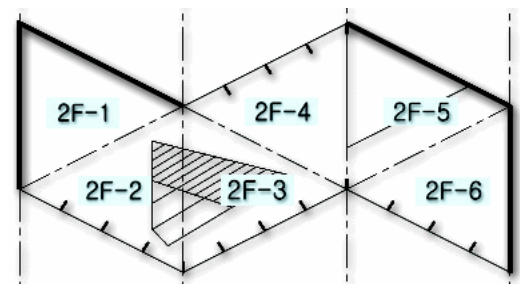
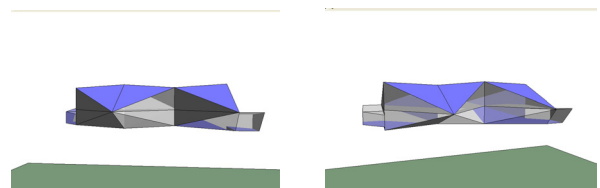


그림 4. 시뮬레이션 모델

5.3 시뮬레이션 결과

현재 실내공간에서 거주자들의 열적 쾌적감을 평가하는 지표로서 PMV(predicted mean vote)가 널리 사용되고 있다. PMV는 기온 10℃~30℃, 복사온도 10℃~40℃⁶⁾의 범위에서만 유효하므로 본 연구의 대상건물과 같이 고온의 환경에서는 사용하기에 무리가 있다.

따라서, 투명 투과체로 구성된 P건물의 온열감을 좀더 구체적으로 표현하기 위해, 고온 복사환경의 대표적 공간인 찜질방의 환경을 측정하여 그 측정치를 불쾌감을 유발할 수 있는 고온복사환경의 기준치로 설정하였다.

1) 찜질방 측정

찜질방의 열환경은 일년 내내 일정하다는 가정하에 10월 29일, 신촌에 위치한 ‘스’ 찜질방을 대상으로 건구온도, 상대습도, 흑구온도, 벽체와 바닥의 표면온도를 측정하였으며 측정결과의 평균치는 다음과 같다.

표 3. 찜질방의 측정결과

기온	34.01 ℃
습도	22.35 %
MRT ⁷⁾	34.02 ℃

표 3의 측정결과를 바탕으로 P건물 내부의 MRT가 찜질방의 MRT인 34.02℃를 넘는 때를 불쾌한 고온복사환경이 발생하는 경우로 계산하였다. 다음에 그 계산결과를 구체적으로 설명한다.

2) 포인트별 비교

시뮬레이션을 한 6월~9월동안의 전체시간인 2928시간 중 MRT가 34.02℃를 넘는 시간을 2928시간에 대한 비율로써 계산하였다. 이하부터는 ‘누적시간비율’로 표기한다.

2층을 zoning한 공간별 (그림 4 참조)로 계산한 결과는 그림 5와 같으며 포인트별 MRT가 34.02℃를 넘는 누적시간비율은 2F-2가 가장 많은 비율을 나타냈다. 즉, 2F-2가 6개의 zone중 여름철에 가장 고온의 복사열환경을 가지는 것을 알 수 있다. 2F-2이외에 2F-6도 높은 누적을 나타냈는데, 이는 모두 동남향에 위치한 것으로 서남향에 위치한 zone보다는 오전부터 정오에 걸친 일사의 유입의 영향이 크다고 볼 수 있다. 최윤정⁸⁾의 연구에 있어서도 동

남향 주택이 서남향 주택에 비해 태양열의 영향으로 실내온도와 흑구온도가 높은 것으로 나타났으며, 오후에는 서남향 주택의 실내온도와 흑구온도가 태양열에 의해 다소 상승하기는 하지만 동남향 주택의 경우와 같이 현저하지는 못한 것으로 나타났다.

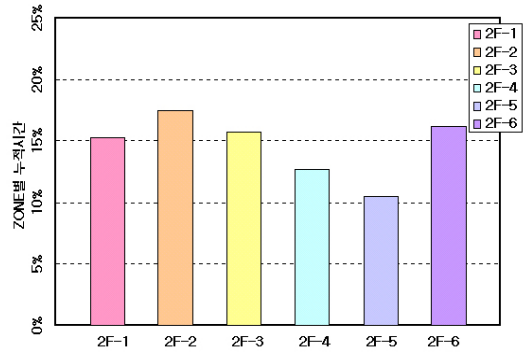


그림 5. ZONE별 누적시간비율

3) 월별비교

6월~9월의 기간동안 각 월별로 MRT가 34.02℃를 넘는 ZONE별 누적시간을 비교한 것은 그림 6과 같으며, 8월 > 7월 > 6월 > 9월 순으로 나타나, 6월부터 시간이 지남에 따라 점점 더워지며 8월이 가장 덥고, 9월이 되면 급격히 온도가 낮아지는 것을 알 수 있다.

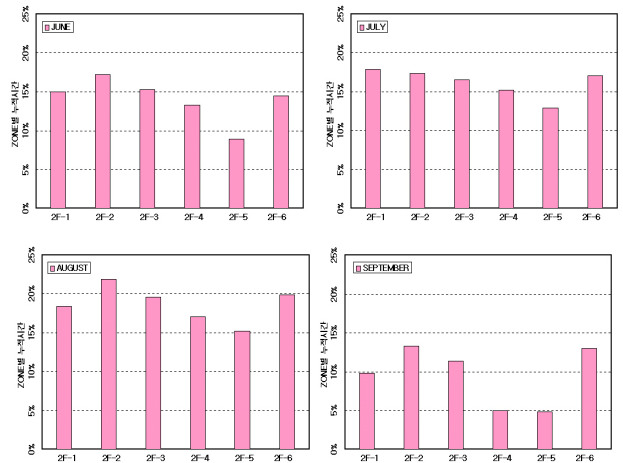


그림 6. ZONE별 누적시간 월별비교

4) 시간대별 비교

6월~9월의 기간동안 MRT가 34.02℃를 넘는 누적시간 분포를 시간대별 및 zone별로 나타내면 그림 7과 같이 나타나, 오후 2~4시대가 가장 덥고 사람들이 가장 많이 이용하는 시간인 12시부터 4시까지는 누적시간 비율이 50% 이상으로 나타나 상당히 더운 것을 알 수 있다.

그림 8은 8월 최고 MRT를 나타낸 2F-2의 8월 17일

태와 평가, 대한가정학회지, 제 31권 3호, 1993.

6) ISO (1994) ISO 7730 - Moderate thermal environments Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort, International Organization for Standardization.
 7) 평균복사온도 (MRT : Mean Radiant Temperature)

$$= \frac{\sum(A_i \cdot T_i)}{\sum(A_i)}$$

 공간각표면적 (A_i), 각표면적온도 (T_i)
 8) 최윤정, 윤정숙, 소형아파트의 방위에 따른 실내온열환경 실

MRT와 그 외 zone의 MRT 분포를 나타낸 것이다. 2F-2의 MRT는 13시~17시대에 40℃가 넘었으며, peak 시간대는 15시대로 44.56℃를 나타내었다. 그 외 zone도 같은 분포를 나타내고 있음을 알 수 있다.

즉, 앞에서도 설명한 바와 같이 오전부터 정오에 걸쳐 유입된 일사가 축열이 되어 시간차를 두고 13시~17시대에 방출되는 것으로 해석할 수 있다.

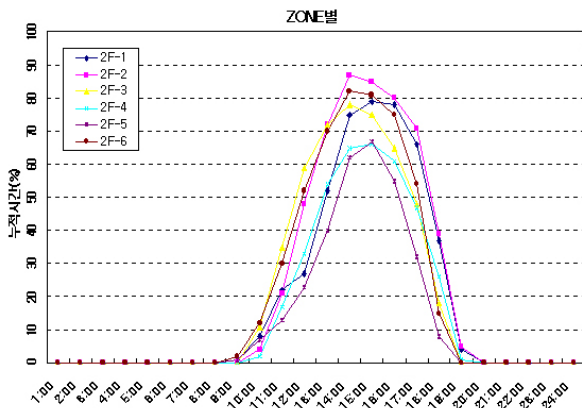


그림 7. ZONE별 누적시간분포

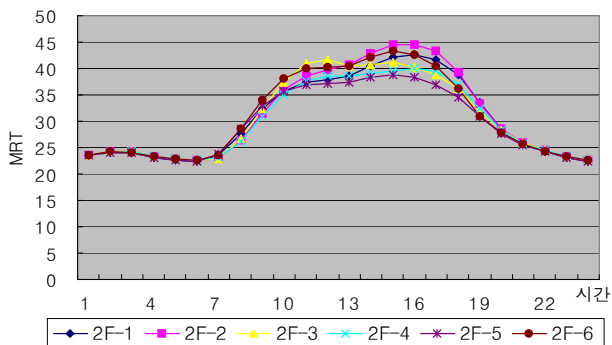


그림 8. ZONE별 8월 17일 MRT

6. 결론

본 연구에서는 투명 투과체를 외피로 가진 사례건물로서 건물 P를 선정하여 실제 측정과 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 열특성을 파악, 찜질방의 온열환경과 비교한 결과, 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1) 6월에서 9월동안 MRT가 34.02℃를 넘는 시간을 zone별로 살펴본 결과 2F-2부분이 가장 많은 것으로 나타났으며, 2F-2 > 2F-6 > 2F-3 > 2F-1 > 2F-4 > 2F-5 순으로 나타났다.
- 2) 6월에서 7월, 8월로 시간이 지날수록 MRT가 34.02

℃를 넘는 누적시간은 점점 많아지며, 9월이 되면 급격히 떨어진다.

- 3) 24시간동안 시간대별로 살펴보았을 때는 오후 2~4시에 가장 많은 누적시간을 보여 이 시간대가 가장 더운 것을 알 수 있었다.
- 4) 방위별로 보면 남동향인 2F-2와 2F-6의 MRT가 북동향인 2F-3와 남서향인 2F-4의 MRT보다 높게 나타나, 오전부터 정오에 걸쳐 유입된 일사가 축열이 되어 시간차를 두고 13시 ~ 17시대에 방출되는 것으로 해석할 수 있다.

이상의 결과로부터 유리외피를 가지는 건물의 경우, 여름철 과도한 일사 도입으로 인해 찜질방 이상의 고온 복사환경을 가지는 경우가 발생하며, 따라서 이에 대한 배려가 건물계획시 이루어져야 한다는 것을 알 수 있었다. 그 구체적인 방법으로는 복층유리의 사용으로 인한 단열성의 증가, 차양이나 블라인드의 적절한 사용, 자연환기 시스템을 이용한 통풍의 촉진, 증발냉각이나 냉각코일을 사용한 표면온도의 완화 등의 방법이 가능하리라 생각된다.

참고문헌

1. 서용민, 건축물의 외피에 적용된 유리의 표현특성 및 발현의 미에 관한 연구, 연세대학교 대학원 석사학위 논문, 2002.
2. 서혜수 외 3인, 투명 유리 사무소 건물의 냉방부하 감소를 위한 적정 외부 차양 배치에 관한 연구, 한국생태환경건축학회 학술발표대회, 2002. 11.
3. 김영섭 외 2인, 사무소건물의 투과체 및 차양계획을 위한 주광 및 열성능 평가, 대한건축학회논문집 계획계 16권 2호, 2002. 12.
4. 강현욱 외 1인, 건물의 일사부하절감을 위한 적정차양계획에 관한 연구, 대한건축학회 학술발표논문집, 제17권 제1호, 1997. 4.
5. 정인영 외 2인, 자연채광요소로서의 유리구성에 따른 첨단 유리 건축물의 적용사례분석, 대한건축학회 학술발표논문집, 제22권 제1호, 2002. 4.
6. 이한석, 반사유리 건물의 실내환경 특성, 대한건축학회 건축지, 1994. 10.
7. 강정희 외 1인, 반사유리가 실내공간과 주변환경에 미치는 영향에 관한 연구, 대한건축학회 학술발표논문집, 제14권 제2호, 1994. 10.
8. 권오철 외 1인, 일사조절을 위한 건물유리창의 투과특성에 관한 실험연구, 대한건축학회 학술발표논문집, 제6권 제2호, 1986. 10.
9. 최윤정, 윤정숙, 소형아파트의 방위에 따른 실내온열환경 실태와 평가, 대한가정학회지, 제 31권 3호, 1993.
10. ISO (1994) ISO 7730 - Moderate thermal environments Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort, International Organization for Standardization.

11. Humphreys, Michael A. ; Fergus Nicol, J., The validity of ISO-PMV for predicting comfort votes in every-day thermal environments, Energy and Buildings, v.34, n.6, 2002. 7.
12. Havenith, George ; Holmer, Ingvar ; Parsons, Ken, Personal factors in thermal comfort assessment: clothing properties and metabolic heat production, Energy and Buildings, v.34, n.6, 2002. 7.
13. ASHRAE/ANSI Standard 55-1992. Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Atlanta: ASHRAE, 1992
14. ASHRAE Handbook of Fundamentals. Atlanta: ASHRAE, 1997
15. 平松徹也、原田剛、加藤信介、村上周三、吉野博、構成部材が自然室温時の室内温熱環境に与える影響に関する検討、日本建築學會計畫系論文集、1997年8月、pp.37-44
16. 成田千恵、田辺新一、尾關義一、小西正哲、日射の波長特性が温熱感に与える影響に関する研究、日本建築學會計畫系論文集 2001年7月、pp.29-35

본 연구는 2002년 2학기 연세대학교 주거환경학과 대학원 '환경성능평가' 수업의 일환으로 수행된 것입니다.