

커튼월 사무소용 건물에서 실내발열이 냉난방 부하에 미치는 영향

김 정 윤†, 육 인 수, 남 현 진, 이 진 성*, 김 재 민**, 조 수***,
다스컨설팅(주), 한양대학교*, University of Strathclyde **, 한국에너지기술연구원***

The Impact of Internal heat gain on heating and Cooling Load in Curtain Wall Office Buildings

Jeong-Yoon Kim†, In-Soo Yook, Hyun-Jin Nam, Jin-Sung Lee*, Jae-Min Kim**, Soo Cho**
Integrated Simulation Unit, DASS Consultants Ltd., Seoul 143-834, Korea
**Department of Architecture Engineering, Graduate School, Hanyang University, Seoul 133-791, Korea*
***Energy System Research Unit, University of Strathclyde, UK*
****Building Energy Center, Korea Institute of Energy Research, Daejeon 305-343, Korea*

ABSTRACT: As office automation appliances and communication equipments are adopted in office buildings, internal heat gains increase gradually. When making simulation model, internal heat gains are usually set up with standard values or ignored. Therefore, the impact of the internal heat gains has been ignored or not been focused although it is recognised as significant contributor to heating/cooling load of buildings. This study focused on the impact of internal heat gains on curtain wall buildings. the amount and schedules of heat internal gains profiles not only affect the profiles of heating/cooling loads, but also make impact on reducing the effectiveness of high performance glazing systems. It is important to identify internal heat gains profiles before considering the installation of high performance glazing systems.

Key words: Curtain wall buildings(커튼월 건물), Internal heat gain(실내발열), Heating/cooling load (냉난방부하), Simulation(시뮬레이션)

1. 서 론

현대 건축물이 고층화 되고 첨단화 되면서 건물 외피의 구조 형태는 조망 확보, 하중 경감, 현대적 외관 등의 설계 요구 조건에 따라 유리창 커튼월 구조가 선호 되고 있다. 최근에 개발된 투

명 외피 시스템은 단열성과 기밀성을 높여 창으로 들어오는 일사성분을 최대한으로 활용하고 외부로의 열손실을 억제하거나, 일사의 파장을 선택 투과함으로써 냉난방 부하 특성에 다른 영향을 주곤 한다^(1,2,3).

한편, 사무 자동화 및 정보통신 기기의 도입으로 사무실의 실내의 발열 요소는 지속적으로 증가하고 있으며 냉난방 부하의 주요 요소로 그 영향이 큼을 평가되기도 했다⁽⁴⁾. 하지만, 여전히

† Corresponding author
Tel.: +82-2-913-2585; fax: +82-2-949-2585
E-mail address: sawal2@dasskorea.com

건물 공조 설계 시 혹은 정밀 건물 에너지 성능 평가를 위한 시뮬레이션 시에도 실내발열 요소는 대부분 기본 값을 설정하거나 단순화하여 조건을 설정하곤 한다. 건물의 냉난방부하의 주요 변수로서 자세히 평가된 바가 없으며 특히 커튼월 건물의 구조 특성 및 사무소 건물이라는 사용 용도상의 특성을 고려한 실내 발열 패턴의 냉난방부하에 대한 영향도 분석이 없어 왔다.

본 연구에서는 실내발열이 커튼월 건물에 미치는 영향에 대해서 시뮬레이션을 통해 분석하여 커튼월 건물의 에너지 사용 저감을 위한 방안에 대해 고찰 한다.

2. 시뮬레이션 모델

에너지 해석을 위해 정밀 건물 에너지 해석 프로그램인 ESP-r⁽⁵⁾에 DASS 유저인터페이스⁽⁶⁾를 사용하였다. 기상 데이터는 서울 지역 기상 데이터를 사용하였으며 시뮬레이션에 사용된 모델 및 입력 조건은 다음과 같다.

2.1 모델개요

본 해석 모델은 중앙 코어형 유리 커튼월 건물을 가정하였으며 각 방향별 실의 배치에 따른 성능 변화를 보고자 6개 존으로 나누었다. 이중 중앙코어 부분은 해석에서 제외 하고 8개 방향의 실 공간을 해석 대상으로 삼았다. 각 해석대상 단위 실은 소규모 그룹 사무실을 단순 모델로 가정하여 높이 3 m 길이, 폭이 각각 6 m인 정방형 사무실로 외주부의 폭 2m이고 천정 덕트 공간은 생략하여 냉난방 부하 분석을 실시하였다. 유리 재질에 따른 냉난방 부하 시뮬레이션을 위해 외벽 면은 전면 유리로 단순화 하여 모델링 하였다.

2.2 커튼월 건물 구조체 물성치

각각의 구조체의 물성치는 Table2에 정리하였다.

2.3 유리창의 열 및 광학 물성치

현재 서울 지역을 대상으로 20층 이상의 커튼월 건물에 적용된 유리 종류를 조사한 결과⁽⁴⁾에 의

Table 1 시뮬레이션을 위한 공간 모델

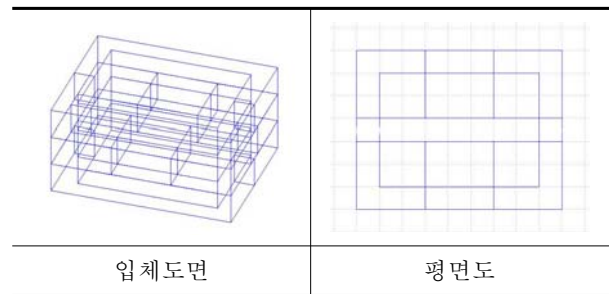


Table 2 구조체의 물성치

구 성	재료명	두께 (mm)	열관류율 (W/m ² ·°C)
Internal wall	Plaster/Brick/Plaster	131	1.75
Internal floor	Weatherboard/Reinforced concrete/Air gap/Insulation material/Plaster	156	0.77
Flat roof	Concrete/Insulation/Plaster	142	0.41

Table 3 투명 복층 유리의 광학적 특성

구 분	name	두께 (mm)	방사율	흡수율	투과율
Outside	Clear Glass	12	0.840	0.160	0.607
Inside	Clear Glass	12	0.840	0.160	0.607
열관류율(W/m ² ·°C)			2.69		

Table 4 컬러 Low-e 유리의 광학적 특성

구 분	name	두께 (mm)	방사율	흡수율	투과율
Outside	Color (Green)	12	0.740	0.430	0.213
Inside	Low-e	12	0.088	0.060	0.213
열관류율(W/m ² ·°C)			1.99		

Table 5 Ipasol 유리의 광학적 특성

구 분	name	두께 (mm)	방사율	흡수율	투과율
Outside	Ipasol	12	0.035	0.320	0.305
Inside	Clear Glass	12	0.840	0.160	0.305
열관류율(W/m ² ·°C)			1.35		

하면 24mm의 컬러 복층유리(38%), 투명 복층 유리(23%), 반사복층 유리(23%), 로이 복층 유리(12%), 저반사 복층 유리(4%)가 건물에 적용되고 있다.

본 연구에서는 커튼월에서 가장 많이 사용하고 있는 24mm 컬러 복층유리와 초기 투자비용은 크나 난방에너지 소비량 감소에 기여한다고 기대되는 Low-e 복층유리의 효과를 접목한 컬러 Low-e 유리를 사용하였다. 그리고 두 번째로 많이 사용되고 있는 투명 복층 유리와 선택 투과형 유리(Ipasol)를 분석 대상으로 한다. Ipasol 유리는 가시광선을 선택적으로 투과시키고 단열성을 높이는 과열 방지 창으로 독일 Interpane 사 제품이다⁽⁷⁾.

2.4 실내 발열 조건 정의

건물사용 스케줄은 지식경제부 연구 보고서⁽⁸⁾에 소개된 그룹용 사무실에서의 일일 근무시간 09:00~18:00 을 설정하였고, 이외에 현대 사회인들의 야근을 포함한 근무시간을 가정하여 07:00~22:00, 서버컴퓨터 같은 연중 운영되는 사무기기가 있는 사무실을 가정한 00:00~24:00 세 가지로 설정하였다.

내부발열의 경우 인체발열, 조명발열, 기기발열로 분류되는데 단위면적당 조명발열은 사무실임을 감안하여 일정한 값을 두고 인체발열은 단위면적당 사람 수를 기기발열은 단위면적당 기기의 밀도에 대하여 냉난방 에너지 소비량을 설정하였다. 실내발열 밀도는 지식경제부 보고서의 그룹용 사무실의 스케줄 자료를 사용하였다⁽⁸⁾. 또한, 시뮬레이션을 위한 기초 입력 조건은 Table 7에 나타난 바와 같이 설정하였다.

2.5 환기 및 침기율

환기 및 침기율은 역시 지식경제부 연구보고서⁽⁸⁾ 도입 기준에 의하여 에너지 사용계획 최적화를 가정하여 재실자율에 비례하여 각 시간별 환기횟수와 침기율을 적용시켰다. 공조시간대에는 시간당 2.0회 외기 도입율, 비공조 시간대에는 0.2회로 가정 하였다.

Table 6 단위면적당 실내발열 밀도

실내발열 구분	발열밀도
인 체(m ² /person)	5 / 7.5 / 10
조 명(W/m ²)	20
기 기(W/m ²)	16 / 21 / 32

Table 7 에너지 시뮬레이션 입력 데이터

입력 항목	데이터
Site Latitude	37.4°
Longitude Diff.	-8.5
냉방조건	26°C
난방조건	20°C
냉·난방기간(월/일)	01/01 ~ 12/31
시뮬레이션 기간	365일

Table 8 시간대별 환기 및 침기율

시간대	재실자율(%)	Air Change Rate(회)
00:00 ~ 08:00	10	0.2
08:00 ~ 09:00	70	1.4
09:00 ~ 12:00	100	2.0
12:00 ~ 14:00	50	1.0
14:00 ~ 16:00	100	2.0
16:00 ~ 18:00	70	1.4
18:00 ~ 19:00	30	0.6
19:00 ~ 24:00	10	0.2

3. 시뮬레이션 결과 분석

3.1 유리창 재질 및 실 방향 별 냉난방 부하

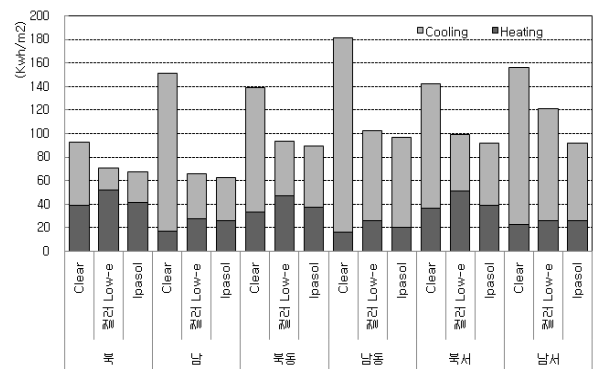


Fig. 1 유리창 재질에 따른 실 방향 별 냉난방 부하(실내발열이 없는 경우).

유리 재질에 따른 단위면적당 냉난방 에너지 부하량을 알아보기 위하여 건물 스케줄 09시~18시에 실내 발열이 발생하지 않는다는 조건하에 재질에 따른 실 방향 별 냉난방 부하를 시뮬레이션하여 분석하였다.

냉난방 에너지 부하량은 열관류율, 방사율, 흡수율, 투과율이 높은 Clear Glass가 세 가지 유리 중 가장 높게 측정되었으나 난방에너지 부하량은 가장 낮게 측정되었다. 외피인 유리가 실의 한 면을 차지하고 있는 남, 북쪽을 살펴보면 일사량이 많은 남측의 실에 비하여 일사량이 적은 북측 실의 난방에너지는 Clear glass, 컬러 Low-e, Ipasol 각각 약 2.2배, 1.9배, 1.6배가 많은 것으로 산출되었다. 반면 냉방에너지는 일사량이 많은 남측의 실이 북측보다 각각 약 2.5배, 2배, 1.4배 높은 것으로 산출되었다.

3.2 내부발열 밀도차이에 따른 유리 재질별 냉난방 에너지 부하 변화

내부발열 밀도 차이에 따른 유리 재질별 냉난방 에너지 부하 변화를 살펴보기 위하여 건물 사용 스케줄 09시~18시에 내부발열이 있다 가정하고 인체발열, 조명발열을 각각 $10\text{m}^2/\text{person}$, $20\text{W}/\text{m}^2$ 로 설정, 기기발열은 16, 21, $32\text{W}/\text{m}^2$ 일 때의⁽⁸⁾ 냉난방 부하를 시뮬레이션하여 분석하였다.

난방 에너지 부하량은 Clear glass에 비하여 컬러 Low-e는 기기발열이 16, 21, $32\text{W}/\text{m}^2$ 일 때 각각 27.2%, 29.9%, 25.7% 증가율을 보였고, Ipasol은 16, 21, $32\text{W}/\text{m}^2$ 일 때 각각 14.6%, 15.0%, 22.0%가 감소하는 것으로 산출되었다. 컬러 Low-e에 비하여 Ipasol의 난방 에너지 부하량은 기기발열이 16, 21, $32\text{W}/\text{m}^2$ 일 때 각각 32.9%, 34.6%, 37.9% 감소율을 보였다.

냉방 에너지 부하량은 Clear glass에 비하여 컬러 Low-e는 기기발열이 16, 21, $32\text{W}/\text{m}^2$ 일 때 각각 37.3%, 36.1%, 33.7% 감소율을 보였고, Ipasol은 기기발열이 16, 21, $32\text{W}/\text{m}^2$ 일 때 각각 37.8%, 36.4%, 33.6%의 감소하는 것으로 산출되었다. 컬러 Low-e에 비하여 Ipasol의 냉방 에너지 부하량은 기기발열이 16, $21\text{W}/\text{m}^2$ 일 때 각각 0.7%, 0.5%의 감소율을 보였으나 기기발열이 $32\text{W}/\text{m}^2$ 일 경우에 0.2%가 증가하는 것으로 산출되었다.

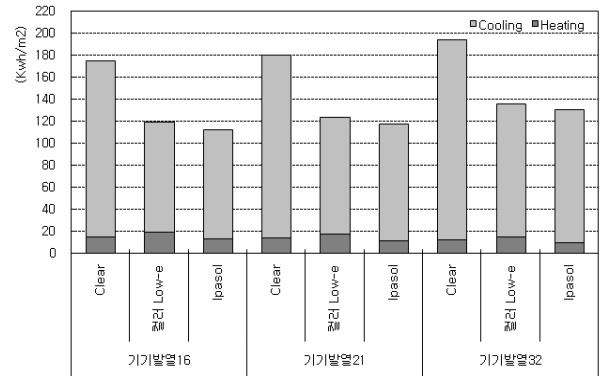


Fig. 2 내부발열 밀도차이에 따른 유리 재질별 냉난방 에너지 부하.

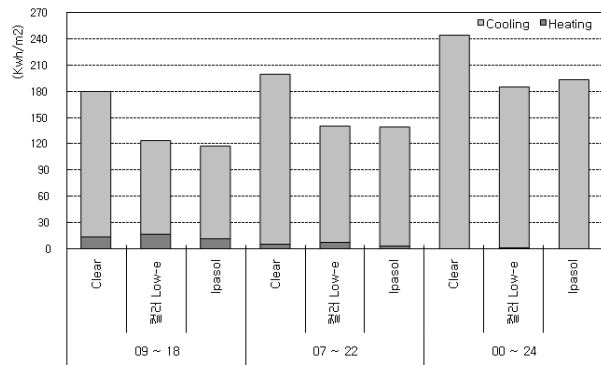


Fig. 3 실내발열 스케줄 변화에 따른 냉난방 부하.

3.3 실내발열 스케줄 변화에 따른 유리 재질별 냉난방 부하

실내발열 스케줄 변화에 따른 유리 재질별 냉난방 부하를 알아보기 위해 인체발열, 조명발열, 기기발열을 각각 $10\text{m}^2/\text{person}$, $20\text{W}/\text{m}^2$, $21\text{W}/\text{m}^2$ 로 설정하고(8) 일일 근무시간 09시 ~ 18시, 야근을 포함한 근무시간을 가정한 07시 ~ 22시, 서버컴퓨터실을 가정한 0시~24시 세 가지로 분류하여 시뮬레이션하여 분석하였다.

난방 에너지 부하량은 Clear glass에 비하여 컬러 Low-e는 건물 운영 스케줄에 따라 각각 29.9%, 31.5%, 18.8% 증가율을 보이는 반면, Ipasol은 각각 15.0%, 44.1%, 83.5%가 감소하는 것으로 산출되었다. 컬러 Low-e에 비하여 Ipasol의 난방 에너지 부하량은 건물 운영 스케줄에 따라 각각 34.6%, 57.5%, 86.1% 감소율을 보였다.

냉방 에너지 부하량은 Clear glass에 비하여 컬러 Low-e는 건물 운영 스케줄에 따라 각각 36.1%, 31.2%, 24.4% 감소율을 보였고, Ipasol 또

한 각각 36.4%, 29.5%, 20.5% 감소하는 것으로 측정되었다. 컬러 Low-e에 비하여 Ipasol의 난방 에너지 부하량은 09시~18시에는 6.5%, 감소율을 보이는 반면 07시 ~ 22시, 00시 ~ 24시 에는 각각 2.6%, 5.1% 증가하는 것으로 산출되었다.

3.4 유리창 재질에 따른 계절별 온도 특성

커튼월을 통해 취득되는 일사열과 실내발열의 영향을 고려하고자 봄, 겨울의 남측 존 실내 온도 분포를 관찰하였다. 이 때, 주중은 09시 ~ 18시 시간대에 설정온도 냉방 26℃, 난방 20℃의 공조가 이루어지는 것으로 가정하며 주말(토요일, 일요일)의 공조는 이루어지지 않는 것으로 설정하였다. 침기 및 환기율은 Table8 에서와 같이 적용되고 실내 기기발열은 주중, 주말 모두 16 w/m²으로 가정하였다.

Fig. 4, 5, 은 각각 봄, 겨울철 2주 동안의 실내 온도 분포를 보여준다. 커튼월의 재질이 Ipasol, 컬러 Low-e, Clear 복층유리인 경우에 대하여 실내 온도는 봄에는 주중 최대 30~37℃, 공조가 없는 주말의 경우는 최대 43℃이상 올라감을 관찰할 수 있다. 겨울철에는 세 재질 적용에 따라 주중 22~31℃, 주말에는 16~20℃ 가량의 온도 분포가 나타난다. 겨울철 주말 최고 온도는 Ipasol 유리와 Low-e 유리인 경우 열관류율이 더 낮은 Ipasol의 실내 온도 분포가 더욱 높게 나온다. 이는 Ipasol 유리의 선택적으로 가시광선을 투과시키는 성질에 따라 나타나는 차이로 예측된다.

내부 발열 부하가 일정한 양 지속되고 침기 및 환기율이 0.2ACH인 조건일 경우 봄, 겨울 모든 경우에 냉방 부하가 요구된다. 주말의 비공조시의 온도 분포는 봄철 세 가지 유리 적용 조건에서의 주말 최고 온도가 36℃이상으로 관찰되고 겨울철에도 비공조시에도 실내 최고 온도가 31℃에 가깝게 나타났다. 주말인 1월 9일은 비공조시 실내 온도로 최저 온도는 16℃로 떨어졌으나 외기 온도 -5.0℃ 보다 높게 측정되었다.

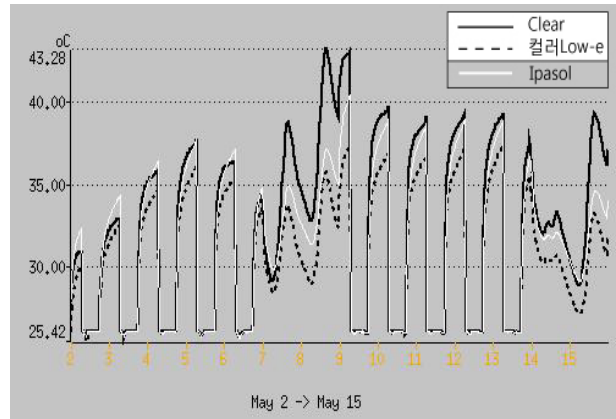


Fig. 4 남측 존 봄철 실내 온도 분포.

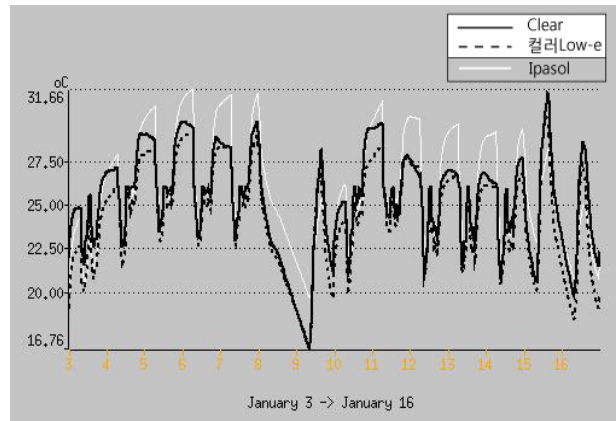


Fig. 5 남측 존 겨울철 실내 온도 분포.

5. 종합 결과에 대한 토의

시뮬레이션 결과를 종합적으로 요약하면 다음과 같다.

1) 내부발열 밀도차이에 따른 유리 재질별 냉난방 부하를 살펴보면 컬러 Low-e 와 Ipasol의 난방에너지 비교 시 컬러 Low-e가 더욱 높게 측정되었는데 이는 컬러 Low-e의 낮은 투과율로 인해 일사취득이 줄고 난방부하는 높아졌기 때문으로 추정된다. 실내발열 밀도가 높아질수록 난방 에너지 부하의 상대적인 에너지 절감율은 크게 차이를 보이지 않지만 냉방 에너지 부하량은 증가하되 각 유리 재질별 냉방 에너지 부하량의 상대적 차이는 줄어들며 Low-e, Ipasol과 같은 기능성유리 간의 에너지 소비량 절감효과와 함께 비용대비 효과를 고려해야 할 것으로 판단된다.

2) 실내발열 스케줄 변화에 따른 유리 재질별 난방 에너지 부하는 실내발열 스케줄 시간이 길어질수록 0에 가까운 수치로 나타났고, 24시간

실내발열이 발생하는 경우에 Ipasol의 냉방 에너지 부하량이 컬러 Low-e유리보다 더 높은 것으로 분석되었다. 이는 Ipasol이 선택 투과형 유리로써 투과율이 컬러 Low-e 보다 더 높기 때문으로 예측되는데 실내발열 스케줄 시간이 길어질수록 기능성 유리의 효과와 함께 경제성이 고려되어야 할 것 것으로 판단된다.

3) 유리창 재질에 따라 공조를 하지 않고 일정한 실내발열이 있다고 가정할 경우 주말의 실내 온도는 세 가지 유리를 평균적으로 봤을 때 겨울철 최고 온도는 27℃ 이상, 최저 온도는 외기온도 -5℃보다 높은 16℃ 이상으로 나타났다. 이는 실제 겨울철에는 난방에너지 부하가 소비되지 않는 상황을 이해할 수 있는 근거로 볼 수 있다.

이러한 결과는 실내 발열부하는 적은 양이어도 실내에 열을 축적시키게 하고 여기에 주간 일사열 취득이 더해져서 겨울에도 실내 온도가 30℃ 이상 상승하게 되며 익일에 겨울철에도 난방에너지 부하가 발생하지 않는 현상이 나올 수 있음을 볼 수 있다.

본 연구를 통하여 실내발열 부하 유발 기기의 밀도 및 스케줄 등으로 인하여 궁극적으로 외주부의 외기 환경 대응 방식이 현재의 공조방식과 달라지는 현상이 벌어질 수 있다. 즉, 외피의 단열성 강화 등으로 외피에서의 열 교환량이 적어지거나 없어짐으로써 현재의 설비 설계 기준으로 외주부 냉난방 시스템 설계시 과용량 설치가 될 가능성이 있다. 결국 겨울의 아침 또는 이른 오전의 몇 시간을 제외하고는 냉방운전으로 전환해야 하는 경우가 생김으로 공조기기의 설치는 하되 실제 운전이 필요 없는 상황이 초래 될 수도 있을 것이라 사료된다.

따라서 최적의 건물의 냉방 에너지 저감효과를 얻기 위해서는 기능성 유리 재질을 설치하는 물론, 내부 열에너지의 근본적인 원인인 실내발열에 의한 부하를 감소시켜야 할 것이다. 실내발열을 효과적으로 처리하기 위한 예로서 에너지 효율적 사무기기 개발, 고효율 사무용 기기로 교체하여 실내발열을 효과적으로 처리하는 것은 실내발열 부하 및 기기 전력량 저감을 동시에 할 수 있음으로서 비용대비 효과가 클 것으로 사료된다. 또한 건물을 사용하지 않는 저녁시간대 혹은 주말에도 자연 환기를 통한 냉각 효과를 이용한다면 익일에 냉방부하를 낮추는데 효과를 기대할 수 있을 것이다. 이때 어느 정도의 자연환기를 할

것인가가 연구의 관건이 될 것으로 본다.

5. 결론

본 연구는 커튼월 사무용 건물에서 실내발열이 미치는 영향에 대해 알아본 연구로 커튼월 건물의 외피 종류, 사무용 건물의 실내발열 스케줄, 사무용 건물에서 발생하는 실내발열의 크기에 따른 시뮬레이션을 통하여 실내발열이 커튼월 건물의 냉난방부하에 패턴에 미치는 여향에 대하여 살펴보았다.

실내발열에 의한 냉난방 에너지 부하를 감소시킨다면 이는 곧 전력 에너지의 감소, 냉방 에너지 절감 등의 경제적인 효과와 기능성 유리의 비용대비 효과를 높일 수 있을 것이라 판단된다.

참고문헌

1. Moon, S. H., Kwon, H. S., and Huh, J. H., 2006, Methods to Improve the Cooling Energy Performance of Low-e Glazing. Proceedings of the AIK, pp. 625-628.
2. Kim, K. H., Kim, B. S., 2005, A Study on Design Methods to Save Cooling Load for Small Glass-Skin Office Buildings on a Case By Case Basis. Proceedings of the AIK, pp. 187-196.
3. Yoon, J. H., An, Y. S., Kim, B. S., and Hwang, S. K., 2007, A Study on the Energy Performance Evaluation of Window System with the Balcony Types of Apartments. Proceedings of the KSES, pp. 83-90.
4. Kim, J. Y., Hong, S. H., Park, H. S., Suh, S. J., 2006, A Study on Effect of Window Improvement in Curtain Wall System of High-rise Buildings. Proceedings of the KSES, pp. 164-169.
5. ESP-r, <http://www.esru.strath.ac.uk>
6. DASS ESP-r, <http://www.dasskorea.com>
7. Interpane Ipasol glass, <http://www.interpane.net>.
8. Ministry of Knowledge Economy, 2007, The Study of Development of Energy Performance Assessment and Policy in Buildings.