

일사차단용 설비를 이용한 냉방 에너지 절약 방안

정기범*, 최상곤**

*유한대학 건축설비과(jkb@yuhan.ac.kr)
**유한대학 건축설비과(tool007@yuhan.ac.kr)

Cooling Energy Saving System using Solar Heat Protection Dvices

Jeong, Kybum* Choi, Sang-Gon**,

*Dept. of Building Services, Yuhan University(jkb@yuhan.ac.kr)
**Dept. of Building Services, Yuhan University(tool007@yuhan.ac.kr)

Abstract

Global warming and heat island make the outdoor air temperature ascend. Tall office buildings are covered with glass window facades as a design aspect and the portion of window area to facade area is increasing. Hence, cooling load for solar radiation passing through glass window is rising.

Cooling air to a certain room is supplied equally despite the face of the room in most office buildings. Especially, the west part of the office cannot maintain the required temperature that occupant needs because of the solar heat coming through windows.

In this study, we projected the water spray system to reduce the solar heat transfer and to reflect the solar ray through windows. We perform the experiments to evaluate the performance of the solar heat protection devices.

We measured the room temperature of two separated office rooms for solar heat control devices. The investigation's results show that the water spray system is sufficient to the coated glass and the venetian blinds for the decrease of the solar heat inflow.

Keywords : 수분사 장치 (Water spray system), 일사열 차폐 장치(Solar heat protection devices), 일사열 유입(Solar heat inflow), 냉방에너지절약(Cooling energy conservation)

1. 서 론

건물의 일사열 취득은 방위, 건물의 형상, 창면적비, 시간과 계절 등에 따라 달라진다. 그런데 현대 건축물에서는 건물의 외피에서

창이 차지하는 면적이 점점 커지는 양상을 보이고 있다⁽¹⁾. 따라서 외부로부터의 일사 취득은 점점 증가하여 실내 공간의 냉방 부하는 더욱 증가하고 있다.

이미 시공된 기존 일반 사무소 건물 등에서

투고일자 : 2010년 5월 16일, 심사일자 : 2010년 5월 24일, 게재확정일자 : 2010년 6월 23일
교신저자 : 최상곤(tool007@yuhan.ac.kr)

특히, 서향 사무실이나 서측 공간은 여름철 오후의 강한 일사의 유입으로 거주자가 요구하는 냉방 온도를 유지하기가 어려운 실정이다.

이러한 서향의 사무실에서 발생하는 일사 부하에 의한 실온 상승이 있는 경우 간편한 방법으로 블라인드를 설치하여 일사를 막도록 하거나, 코팅용지를 유리에 부착하는 등의 방법을 사용하지만 그 효과에 대하여 측정된 기존 연구는 많지 않은 것으로 보인다. 창을 통한 일사에 관한 연구들로는 부하계산을 위한 일사취득계수의 산출⁽²⁾, 기존 창호에 관한 단열성능 평가⁽³⁾⁽⁴⁾ 등 다양한 연구가 진행 되어 왔다. 그러나 이러한 연구들은 건물의 설계 또는 시공 시에 적용하기 위한 연구들로서 시공된 기존 건물의 냉방부하저감을 위한 연구는 미흡한 상황이다.

따라서 이 연구에서는 사무실의 유리창면에 물을 분사하여 일사열 유입을 낮추는 방안을 제안하였으며, 외부 일사열 취득을 감소하기 위한 기존 방식들과 비교 실험하였다. 비교 실험은 인접한 서향 사무실 2개소에 각 일사열 감소 방안들을 설치하여 실내 온도 변화를 측정하여 상대 비교 분석하였다. 따라서 이 연구에서는 서향의 실에서 발생하는 일사열 취득에 의한 실온 상승을 낮추는 방법으로 사무실의 유리창면에 물을 분사하여 일사열 유입을 감소시켜 주는 수분사 장치를 제안하고, 블라인드와 코팅필름을 적용한 유리창의 경우와 비교 실험을 수행하여 일사열 취득 저감효과에 의한 실온의 하강 정도를 측정 분석하였다.

2. 실험 장치 및 방법

2.1 실험 장치

실험은 현재 설치된 유리창에 최소한의 변경으로 효과적인 일사부하 저감을 목표로 하여, 블라인드와 코팅필름 그리고 창상부의

수분사 장치를 각각 설치 비교하였다. 창상부에 수분사 장치를 하는 경우 유리면에 물을 분사하여 일사의 유입량을 저감시켜 실내의 온도를 낮출 수 있는 방안으로 모색하였다. 그림 1.과 그림 2.와 같이 유리면에 물을 분사하는 장치를 구성하여 실험을 수행하였다.

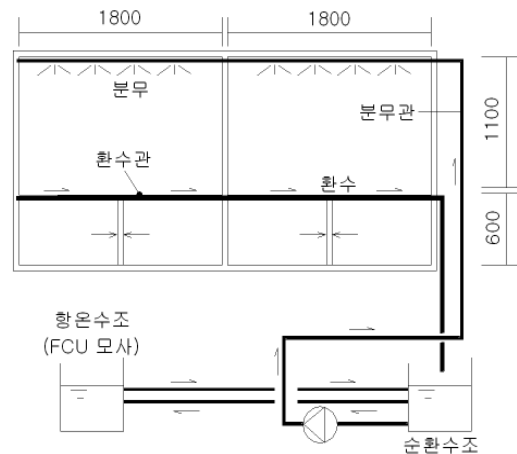


그림 1. 유리창 수분사 실험장치

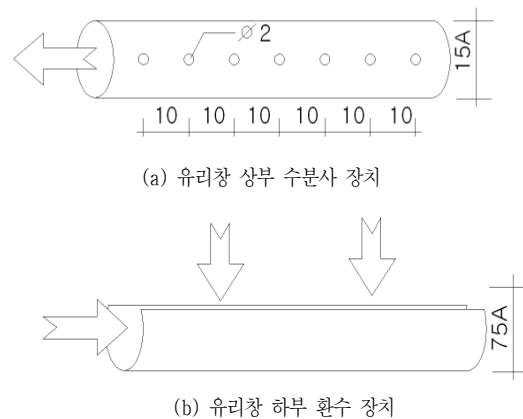


그림 2. 수분사 실험장치 상세

그림 1.에서와 같이 수분사장치는 고정창의 상단부에 15A, 3.7m PB관을 설치하고 유리면의 1cm 간격으로 직경 1mm의 구멍을 통하여 유리표면으로 수분사하여 유리면 전

체에 수막이 형성되도록 하였다.

설치된 펌프는 양정 12m, 유량 20Lpm으로 그림 2.의 (a)와 같은 PB관에 10mm 간격으로 배치된 직경1mm 구멍으로 수분사하기 위해 설치된 상단부의 수분사장치 말단에서도 충분한 수량을 유지하여 유리전면에 적절한 수막이 형성되도록 설치하였다. 수조는 50ℓ의 순환수조를 통하여 분무수를 순환하도록 하였다. 실제 FCU를 개조하여 분무수를 직접 FCU에 접촉시킬 경우 비교대상 사무실과 FCU를 통한 공급열량의 차이가 발생하는 것을 막기 위하여 FCU에 접촉하는 것을 향온수조 대신하여 냉수를 만들고, 이때 실내로 공급되는 총열량이 같아지도록 FCU와 향온수조를 조절하도록 하였다..

그림 2.에서 보는 것과 같이 환기를 위한 하단의 미서기 창에는 수분사가 영향을 주지 않도록 미서기 창 상부에서 분사된 물을 환수하였다.

실내의 온도 변화를 알아보기 위하여 그림 3, 4.와 같이 실내의 중심축에 3개의 측정봉을 수직으로 설치하고, 각 측정봉에 높이별로 5개 지점에 열전대를 등간격으로 배치하고, 외기와 순환수조의 온도를 각각 측정하도록 하고, 창문에 부착된 3개의 측정점을 평균하여 창 표면의 온도를 나타내고, 측정점 15개를 평균하여 실내의 대표온도로 나타내도록 하였다.

온도 측정을 위한 데이터로거는 NetDAQ (미국)을 사용하도록 하고 T타입의 열전대를 각 측정 점에 설치하여 10초 간격으로 데이터를 수집하여 비교하도록 하였다.

비교실험을 위한 대조군으로는 같은 층에 위치한 그림 3, 4와 동일한 크기의 실제 냉방용량이 부족한 정서향 으로 다른 건물에 의한 음영이 없는 사무실을 선정하였다. 그리고 실내 조건의 간소화를 위하여 모든 집기류와 재실자 등 실내 부하의 변동 요소를 모두 제거 하도록 하고, 버티컬 블라인드를 설치하는

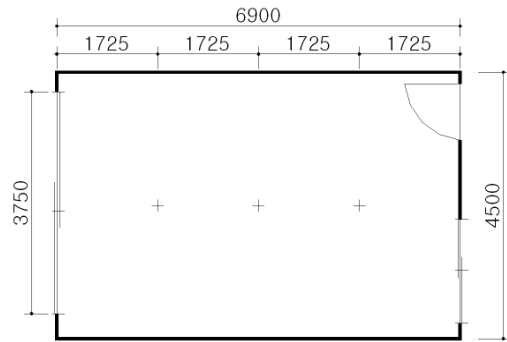


그림 3. 실내 측정점 평면

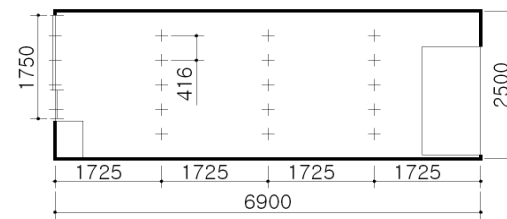


그림 4. 실내 측정점 단면

표 1. 실험 장치 사양

구분	사양
NetDAQ	기본 DC정밀도 : 0.01%
	분해능 : 0.3mV
	DC전압: 90mV to 300V
	기본 채널 : 21
열전대	Type : T
	측정 범위 : -50 ~ 400℃
	정확도 ±0.5%
	분해능 : 0.1℃
창문	적용유리 : 5mm 복층유리
	프레임 종류 : AL
	창호 형식 : 상부 고정창 / 하부 미서기창
	단열성능 : 3.27 W/m ² K
부착물	블라인드 : 버티컬타입(그린)
	코팅필름 : 반사효과 30% 내외((주)솔라메이트)

경우와 유리면 코팅필름을 부착하는 경우, 수분사를 하는 경우를 비교하였다. 표 1에

실험에 사용한 장치들의 사양을 정리 하여 나타내었다. 표 1에 나타낸 버티컬 블라인드는 실험실과 대조군 모두에 일반적인 사무환경과 동일하게 창측 블라인드 슬라이드에 걸어 두고 실험 조건에 따라 펼치거나 접도록 하고, 코팅필름의 경우는 실험 사무실의 창에 전문업체를 통하여 부착 시공하도록 하였다.

2.2 실험 방법

일반적으로 부하계산에 적용되는 일사량은 벽면의 일사를 고려한 상당외기온도와 유리면을 통해 직접 전달되는 일사량이다. 이 중 유리를 통한 직달 일사의 경우는 일반적으로 기상 데이터를 이용하여 서울지방 또는 북위 36°지역, 7월 또는 8월 중 가장 큰 값을 사용하게 된다. 그러나 실제 일사량은 기상 데이터의 값에 주어진 직달 일사로만 구성되어진 것이 아니라 식(1)~(6) 처럼 다양한 변수가 고려된다.

$$S_T = (S_l + S_R + S_A)(1 - a \cdot A) \quad (1)$$

$$S_l = S(\tau_0 \tau_R - \alpha_W) \tau_A \quad (2)$$

$$S_R = S \tau_{a0} (0.5(1 - \tau_R)) \tau_A \quad (3)$$

$$S_A = S(\tau_0 \tau_R - \alpha_W) F_c \omega_o (1 - \tau_A) \quad (4)$$

$$S = I(d_M/d)^2 \cos \theta \quad (5)$$

$$A = \frac{R}{\cos \theta} \quad (6)$$

여기서 S_T 는 총일사량, S_l 은 직달일사량, S_R 는 레일리 산란에 의한 일사량, S_A 는 에어로졸에 의한 산란 일사량이다. τ_0 는 오존흡수에 의한 투과도, τ_R 는 레일리 산란 투과도, α_W 는 수증기에 의한 투과도, τ_A 는 에어로졸에 의해 감소되는 투과도, F_c 는 전 산란에 대한 전방산란비, ω_o 는 단일산란 알베도, A 는 구름에 의한 흡수 값을 나타낸다.

이러한 다양한 변수들로 인해 인공적인 일사 환경을 구축한 실험장치를 구비하기에는

어려움이 있기 때문에 일사량이 동일하도록 서향의 같은 층 사무실들을 대상으로 7월 중순 부터 8월 말까지 일사 취득이 많은 기간 동안 실시하도록 하였다.

표 2. 실험 조건

구분	적용 장치에 따른 실험조건
냉방	블라인드 설치 비교
	코팅필름 설치 비교
	수분사 비교
	냉수분사 비교
비냉방	블라인드 설치 비교
	코팅필름 설치 비교
	수분사 비교
	냉수분사 비교

실험 조건은 표 2와 같이 블라인드, 코팅, 수분사, 냉수분사의 경우를 각각 냉방을 실시하는 경우와 비냉방의 경우에 대하여 각 장치들이 적용되어있는 실험 대상 사무실과 일반 사무실로 나누어 실험을 실시하였다. 냉방의 경우는 실제 FCU로 냉방되는 사무실의 경우를 모사하기 위한 실험을 수행 고, 비냉방의 경우는 냉방실험 전 각 장치의 안정화 및 적용 가능성을 시험하기위하여 수행되었다.

냉방시에는 사무실에 설치된 FCU를 운전하여 냉방하도록 하였다. 실제 서향의 냉방 용량이 모자른 사무실을 선택하여 실험하였으므로 FCU은 최대로 가동하도록 하여 일사의 영향에 따라 실내온도가 상승하는 동안 실험을 하도록 하였다.

각 실험 종료 이후 다음 실험 시작까지는 최소 8시간 이상 완전히 환기를 시켜 주도록 하였다. 이렇게 완전히 외기조건과 동일한 조건이 되면 각 실의 문과 창을 닫고 일출 이전에 실험준비를 완료하여 외란을 방지하도록 하였다.

실험은 사무실에서 집기류를 비우고 맑은 날을 기준으로 일사가 최대한 실내에 영향을

주는 경우에 대하여 효과를 비교하도록 하였으나, 맑은 날에도 구름의 영향이나 외기의 기온, 바람 등의 영향을 고려하여 동일한 실험 일에 대한 비교 실험군의 데이터만을 분석하도록 하였다.

3. 실험 결과

그림 5.에 냉방되고 있는 사무실내에 코팅 된 유리를 설치한 경우와 아무것도 설치되어 있지 않은 일반유리창의 경우에 대한 비교결과를 나타내었다. 결과가 14:30분 이후에 외기온도는 하강하지만 실내온도는 약간 상승하는 것을 볼 수 있다. 이는 구조체의 축열효과에 의해 나타나는 현상으로 판단된다. 그러나 결과에서 볼 수 있듯이 코팅 유리를 설치한 실내 온도가 일반 유리창의 경우보다 약 1.2℃ 정도 낮게 나타나 일반유리에 코팅을 하면 실내온도를 낮출 수 있는 것을 확인할 수 있었다.

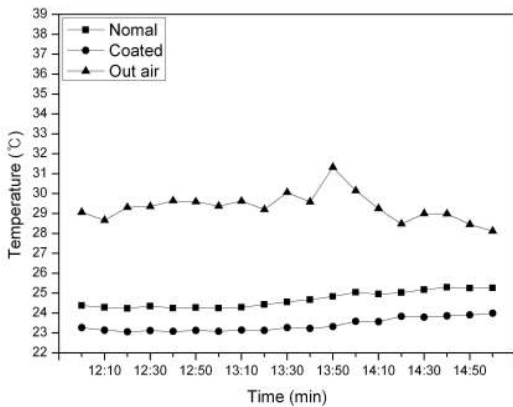


그림 5. 냉방시 코팅유리와 일반유리 비교

그림 6.에 냉방되고 있는 사무실 유리창에 블라인드를 설치한 실과 일반유리에 아무것도 설치되어있지 않은 사무실의 경우에 대한 비교 결과를 나타내었다. 결과에서 알 수 있듯이 블라인드를 설치한 사무실 온도가 일반 유리 사무실보다 약 0.7℃ 정도 낮게 나타나

블라인드를 설치하면 코팅을 하는 것보다는 효과가 약하지만 실내온도를 낮출 수 있는 것을 확인할 수 있었다.

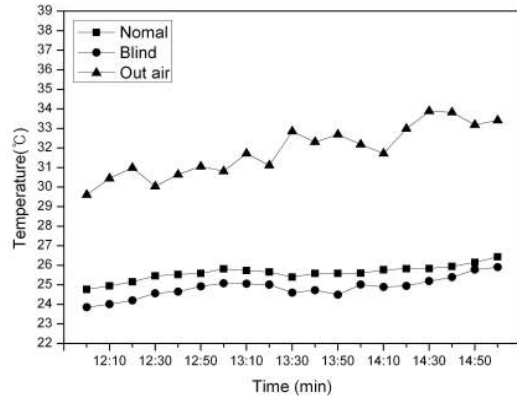


그림 6. 냉방시 블라인드와 일반유리 비교

그림 7.에는 냉방시 블라인드를 설치한 사무실과 코팅유리를 설치한 사무실의 경우를 비교하여 나타내었다. 그림에서 알 수 있는 것과 같이 코팅유리를 사용한 경우 블라인드를 설치하는 경우보다 실온이 약 0.6℃ 정도 낮게 나타나 더 효과적인 것으로 나타났다. 그 이유는 블라인드를 설치하는 경우 일사를

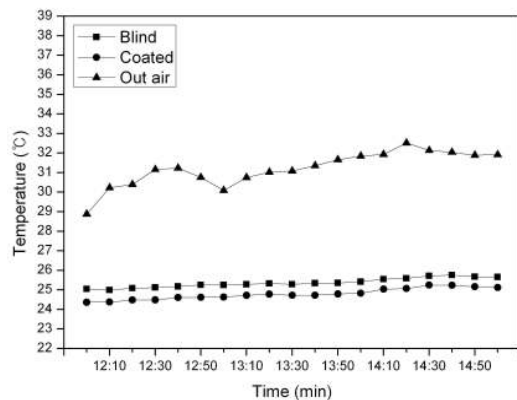


그림 7. 냉방시 코팅 유리와 블라인드 비교

외부로 반사하거나 실내로 들어오는 것을 외부에서 차단하는 것이 아니라 일사가 일단 내부로 유입된 후에 블라인드로 실내측에서 그늘만을 만들기 때문인 것으로 보인다.

그림 8.에 냉방시 유량 20Lpm의 수분사 장치를 설치한 사무실과 일반 유리 사무실에 대한 비교결과를 나타내었다. 분무수의 수온은 실내측 순환수 분무이기 때문에 수온이 실내온도와 동일해지므로 따로 나타내지 않았다. 결과 에서 알 수 있듯이 수분사를 하면 약 1.8℃정도의 실내 온도 하강을 나타내 수분사 장치가 실내온도를 낮추는데 효과가 큰 것으로 나타났다.

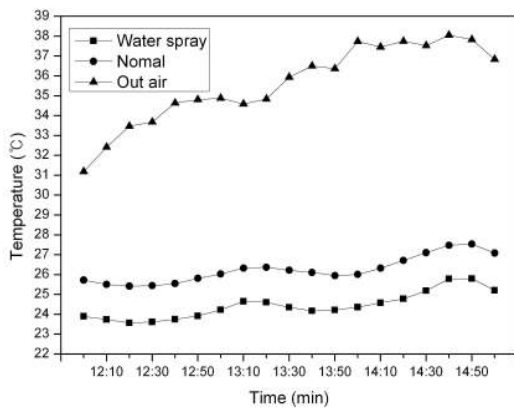


그림 8. 냉방시 수분사와 일반유리 비교

그림 9.에 냉방시 수분사 장치의 사무실과 코팅유리를 사용하는 사무실에 대한 비교결과를 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 수분사가 코팅유리보다 약 1.1℃ 정도 낮은 실내온도를 나타내어 코팅유리를 사용하는 것보다 수분사를 하는 경우가 효과적인 것으로 나타났다. 그림 8.과 그림 9.에서와 같이 수분사 장치를 사용하면 실내온도를 낮추는데 유리한 것으로 나타났다. 이렇게 실내온도를 낮출 수 있는 것은 수분사에 의한 수막이 직달 일사를 차단하는 효과와 수막으로 인한 열전달계수의 하락, 수온에 의한 유리 표면의 냉각효과로 인하여 유리를 통과하는 열전달량의 감소가 주원인으로 판단된다.

그림 10.에 수분사된 환수를 FCU 코일에서 열교환해서 냉수를 만들고 이를 다시 유리면에 분사하는 경우의 냉방되는 사무실을

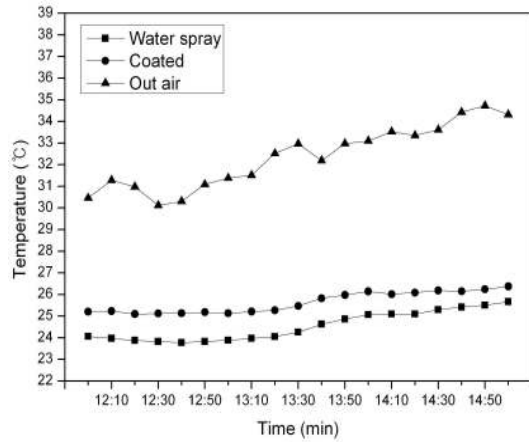


그림 9. 냉방시 수분사와 코팅유리 비교

모사한 경우와 일반유리의 냉방되는 사무실에 대한 결과를 비교하였다. 냉수를 분사하는 사무실과 일반유리의 사무실의 실온, 순환 냉수의 온도 등을 표시하였다.

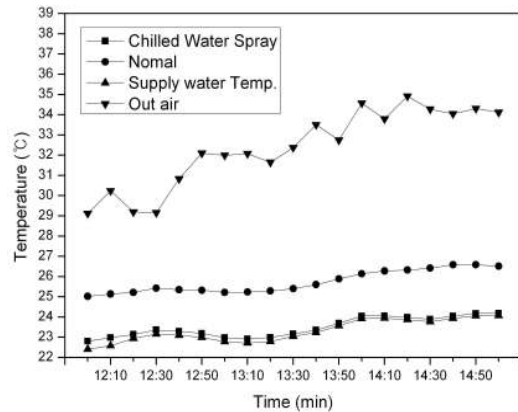


그림 10. 냉방 시 냉수분사와 일반유리 비교

FCU 코일에서 열교환해서 냉수를 만드는 경우를 모사하기 위해 FCU를 2단으로 가동하고 나머지열량을 항온수조로 공급하도록 항온수조의 냉각용량을 조절하여 비교 사무실과 동일한 냉방열량을 공급하여 비교하도록 하였다. 결과에서 알 수 있듯이 냉수를 분무하면 실내온도가 약 2.2℃정도 하강하여 실온 감소 효과가 가장 큰 것으로 나타났다.

그림 11.에 비냉방시 코팅유리를 설치한 경우와 블라인드를 설치한 경우에 대한 결과를 비교하여 나타내었다. 결과에서와 같이 실내온도가 외기온도보다 낮게 유지되지만 코팅된 유리를 사용하는 경우와 블라인드를 사용하는 경우가 거의 차이가 없는 것으로 나타났다. 이는 비냉방의 경우 일사차단효과는 코팅유리와 블라인드가 비슷하고, 실내가 냉방되지 않아 블라인드와 유리창사이에서 발생하는 축열효과가 실내온도에 영향을 미치지 않기 때문으로 사료된다.

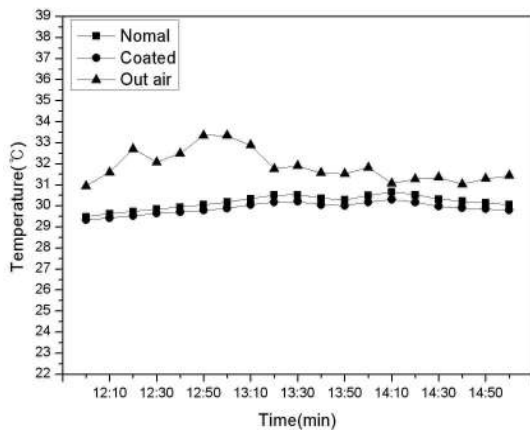


그림 11. 비냉방시 코팅유리와 블라인드 비교

결과 분석을 위해 각각의 실험의 경우 실내온도를 정량적으로 비교하는 것이 좋으나, 결과들에서 알 수 있는 것과 같이 실험기간 동안 외기 온도 차이로 데이터를 일반화하기에는 무리가 있는 것으로 분석되어, 상대적인 비교로 결과를 분석하도록 하였다. 앞선 결과들을 상대 비교했을 때 일반유리, 블라인드, 코팅, 수분사, 냉수분사의 순서로 실내온도의 하강이 큰 것을 알 수 있었다.

4. 결 론

서향 사무실에서 냉방 능력 부족으로 인해 여름철 오후의 실내 환경 개선을 위한 유리

창 수분사 장치에 관한 비교실험을 통하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

- (1) 코팅 유리를 적용하면 일반유리를 사용하는 경우보다 약 1.2°C, 블라인드를 사용하는 경우보다 약 0.5°C의 실내 온도하강 효과가 있는 것으로 나타났다.
- (2) 유리창에 수분사 장치를 적용하면 일반유리를 사용하는 경우보다 약 1.8°C, 코팅유리를 사용하는 경우보다 약 1.1°C의 실내 온도 하강 효과가 있는 것으로 나타났다.
- (3) 분사된 환수를 FCU 코일에서 열교환해서 만든 냉수를 다시 분사하는 경우를 모사한 결과 일반유리를 사용하는 경우보다 약 2.2°C 정도의 실내 온도하강 효과가 있는 것으로 나타났다.
- (4) 상기의 결과들로부터 일반유리, 블라인드, 코팅, 수분사, 냉수분사의 순서로 실내 온도 하강 효과가 큰 것을 알 수 있었다.

이러한 결과들로부터 실내 유리창 수분사 장치가 유리면에 수막을 형성하여 일사 반사효과를 통한 직달일사의 감소와 수막으로 인한 열전달계수의 저하, 유리면의 냉각효과에 의한 열통과율의 감소 등을 통하여 일사에 의한 냉방부하를 저감하여 실내 온도를 낮추는 효과가 있는 것을 알 수 있었다. 냉방 능력이 부족한 경우 추가 공사 없이 실내 유리창 수분사 장치를 이용하여 실내 설계 온도를 유지할 수 있을 것으로 사료된다.

실험값은 외기온도의 영향을 받으므로 장기간의 실험을 통하여 일반화 할 수 있는 데이터의 축적이 필요할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. Dae-Woong Ha, Kyung-soon park and Won-Tug Son, Study on the analysis of energy consumption corresponding window

- area ratio, SAREK proceeding, 2008 summer, pp857 ~ 862.
2. Yool Park and Jong-il Park, A study of energy use impacts by SHGCs of windows in detached house, SAREK, n.22, v4, pp 189 ~ 196.
 3. Dong-Hyuk Choi, Gyoung-seok Choi, Jae-sik Kang and Seung-eon Lee, The evaluation on thermal window high-tight composition of sliding door and open door, SAREK proceeding, 2009 summer, pp 724 ~ 729.
 4. Gyoung-seok Choi, Jae-sik Kang, Kwan-Seob Yang, and Seung-eon Lee, A Reserch on air-tightness and thermal performance of windows system classified by windows type, SAREK proceeding, 2009 summer, pp120 ~ 123.
 5. 대한설비공학회, 공기조화편람, 대한설비공학회, 2001.
 6. ASHRAE, ASHRAE Handbook 2009 Fundamentals, ASHRAE, 2009.
 7. Byungseon Kim, A study on thermal environmental and design methods to save energy in small glass-skin commercial buildings, Journal of Asian architecture and building engineering, n.3 n.1, 2004.
 8. Duffie Jhon and Beckman William, Solar engineering of thermal process, John Wiley & Sons, Inc.