

인천 남동구청

에너지 효율 진단 분석 보고서


2022년 10월 27일

Net-zero

더 늦기전에, 탄소중립 2050

(사)대한필름시공기술인협회

- 본 에너지 효율 진단 분석 보고서는 (사)대한필름시공기술인협회 홈페이지 katt.or.kr에서도 확인 할 수 있습니다 -



외벽 창유리 에너지 효율 진단 배경 및 목적

우리나라는 에너지 부족국가이자 에너지 다소비국으로 건물 에너지는 국내 전체 에너지 사용량의 약 25.6%를 차지하고 있다.

건물부문 에너지 절감을 통한 온실가스 감축을 목표로 하는 '신축) 제로에너지 건물' 및 '(기축) 그린 리모델링' 정책/사업이 공공, 민간을 막론하고 활발히 시행되고 있었으며, 최근 탄소중립 기본법 시행됨에 따라 기존 건물의 에너지 절감 및 온실가스 감축 목표를 시행 중이다.

특히, 최근 우크라이나 전쟁 등으로 에너지 공급 불안이 커지면서 에너지 수요 효율화의 중요성이 크게 증대되고 있고, 정부의 공급 위주의 에너지 정책을 보완하고 사회·경제적 비용을 저감하기 위해 에너지 수요 효율화의 중요성이 대두되고 있다.

창유리 기능성 필름은 기존 창호의 유리 표면에 용이하게 부착하여 별도의 교체 및 부착 등 추가 시공 작업 없이, 건물의 외관을 변형시키지 않으면서도 창호를 통한 열 취득 및 열 손실을 제어할 수 있어 '제로 에너지 빌딩' 및 '그린 리모델링'을 위한 핵심기술로써 수요가 꾸준히 증가되고 있다.

본 협회는 건물 에너지 절감을 위해 건물 특징과 환경 등에 대한 조사, 계측, 분석, 진단을 통해 건물에 적합한 기능성 필름이 사용될 수 있도록 제안하며, 기능성 윈도우 필름 부착 시 건물 에너지 절감 효과가 극대화 되도록 **에너지 효율 진단 컨설팅을 통해 투자비 회수기간, 에너지 절감량, 탄소배출량 감소량** 등의 실질적인 에너지 절감을 보여줌으로 보다 쉽고 에너지 절감을 할 수 있도록 사회적 가치 창출에 앞장 서고 있는 중이다.

◆ 창유리 에너지 효율 진단 흐름도

1 stage 건물 현황 분석

- 건물 외관 및 내부 현장 파악
- 건물 창호 및 창유리 분석
- 이용자 및 근무자 Needs 파악

2 stage 현장 모니터링

(Solar power meter & Solar module analyzer)

- 실내 유입 일사량 계측
- 실내 온도 측정
- 실내 유입 유해 자외선 측정
- 실내 유입 근적외선 측정
- 일사유입에 따른 실내온도 상관관계 파악
- 기타 데이터 현장 축적

3 stage 필름 성능 모니터링

- 일사열 취득 계수 적합성 검사
- 열전도율, 열관류율 검사
- 기밀성 검사
- 일사 유입에 따른 실내온도 상관관계 파악
- 건물 디자인 적합성 검사

4 stage 결과보고서 (개선 효과 분석)

- 일사량, 온도 상관관계 파악
- 에너지 시뮬레이션(eQUEST)
- 경제성 분석
- 에너지 절감량 파악
- 탄소, 이산화탄소 감축량 파악
- 개선사항 및 방법론 제안

◆ 인천 남동구청 현황 및 분석

구 분	내 용
건물명(기관명)	인천 남동구청
유 형	업무시설
연면적	22,236.62 m ²
층수(지상)	지상 7층
건물 방위각 (주 향)	남향
위 치	인천광역시 남동구 소래로 633

- 1993년에 준공. 철근 콘크리트 구조 건물.
- 1993년 준공 당시 창유리의 성능은 열관류율 $2.8\text{Kcal/m}^2\cdot\text{h}\cdot^\circ\text{C}$ 이하 창유리 사용. 건축법상 태양열취득율은 기준이 없어 외부 일사 유입량에 대한 성능 파악 불가.
- 외벽 유리는 22mm 싱글 일반유리는 6mm+10mm air+6mm 지만, 측정 결과 성능 감소 발생. 1993년 당시 열관류율 측정 기준($\text{Kcal/m}^2\cdot\text{h}\cdot^\circ\text{C}$)이 현재 기준($\text{W/m}^2\cdot\text{K}$)과 달라 성능 감소 표기 제외함. 준공 당시 태양열 취득(열차단)에 대한 성능 기준이 없고(2022년 현재도 없음), 단열성능(열관류율)이 준공 당시보다 떨어져 있어 실내 온도 상승 및 열 손실 발생 가능성 있음.
- 주변에 그림자 및 조도에 영향 끼칠 환경인자가 없고, 건물 외벽 대비 유리 사용량이 많아 채광은 좋으나 일사 유입량이 많은 건물 구조임.
- 주 방위각인 남향에서 유입되는 강한 일사량으로 오전 시간대 눈부심과 일사 유입량이 높고 남향 방위각 특징 (예 : 전면부 지면에서 반사되는 복사열에 유입량이 있음.)
- 남향은 건물 외벽 대비 유리 면적이 많아 태양에서 내려오는 일사와 지면에서 복사되는 열 유입으로 실내 온도 변화가 발생함.
- 일출부터 유입 된 실내온도 영향은 오후시간 될수록 실내유입 열의 축적에 따라 실내온도 상승 발생.
- 창 유리의 단열성능 저하로 열손실이 발생, 동절기 춥다는 민원 발생과 난방기 사용 많음.
- 중앙 복도식으로 건물 방위각별 온도 불균형 현상 및 이용자의 민원 발생 여지 높음.

◆ 인천 남동구청 외관 이미지 및 방위각



- 외관 이미지 -



- 위성사진 및 방위각 -

◆ 진단 계측기 특징과 사양

• 일사량/온도측정

일사량 측정이란 태양의 복사 에너지를 측정 외에 건물 외벽에 유리(수직면)에 유입되는 다양한 복사열을 측정(수직면 일사량, 지면(해수면) 반사 복사량 등을 측정하는 것으로 외부에서 들어오는 복사열 유입량(태양열, 복사열 등)에 대한 측정으로 그 값을 W/m^2 로 환산 후, 소비하는 전력 에너지로 표현하여 실내 유입량 변환.

일사량 측정기로 측정된 실내 유입 일사량의 결과값을 분당 저장하여 해당 건물에 대한 일사량 유입량 및 실내 온도에 대한 영향 등 파악하고 일사량 측정기를 통해 방위각별, 층별 일사량과 윈도우 필름 부착 전/후에 대한 일사량 값을 파악.

이를 근거로 일사량과 실내온도 상승의 상관관계를 분석, 일사량 감소율, 기능성 필름 부착 후 감소된 일사량과 실내온도를 통해 에너지 절감율을 예측.



- 일사량 · 실내온도 측정기 부착 모습 -

• 실내온도 측정

실내온도 측정은 측정기에 부착된 온도 센서를 통해 창가 온도를 측정 후, 윈도우 필름 부착 전후의 실내온도를 비교하여 실질적인 온도 데이터를 확보.

온도 센서를 통해 실내 온도의 결과값을 측정기간 동안 1분~5분단위로 저장, 측정 기관 또는 공간에 대한 온도 변화를 파악하고 이를 토대로 실내의 환경 변화 및 에너지 절감율 예측.

• 자외선, 근적외선 측정

실내온도 측정은 측정기에 부착된 온도 센서를 통해 창가 온도를 측정 후, 윈도우 필름 부착 전후의 실내온도를 비교하여 실질적인 온도 데이터를 확보.

온도 센서를 통해 실내 온도의 결과값을 측정기간 동안 1분~5분단위로 저장, 측정 기관 또는 공간에 대한 온도 변화를 파악하고 이를 토대로 실내의 환경 변화 및 에너지 절감율 예측합니다.

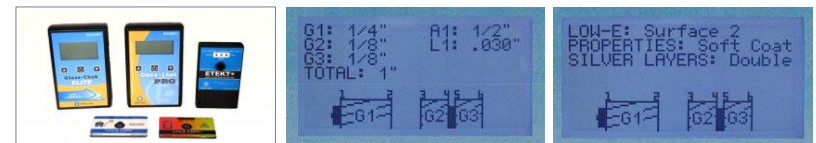
∴ 계측기 사양

일사량 센서 사양	일사량 측정 범위	분해능	일사량 파장대역	정밀도
	0 ~ 2,500 W/m^2	0.1 W/m^2	400 ~ 2,500nm	$\pm 5 W/m^2$ 또는 $\pm 5\%$ 이내
실내온도 센서 사양	온도 측정 센서	NTC 센서 측정 범위	NTC 센서 정확도	NTC 센서 분해능
	NTC	-30 ~ +90 $^{\circ}C$	$\pm 0.2 ^{\circ}C$	0.1 $^{\circ}C$
자외선 센서 사양	센서 스펙트럼	센서 측정 범위	분해능	NTC 센서 분해능
	Band pass 248 ~ 260nm	0 ~ 1.999 mW/cm^2 ~ 19.99 mW/cm^2	0.001 mW/cm^2 ~ 0.01 mW/cm^2	$\pm (4\% F.S. + 2022년 09월 25일(일)igit)$
근적외선 센서 사양	측정방식		스펙트럼 레인지	
	근적외선 투과방식		893~1045nm	

• 유리 성능 측정 및 Low-E 테스트기

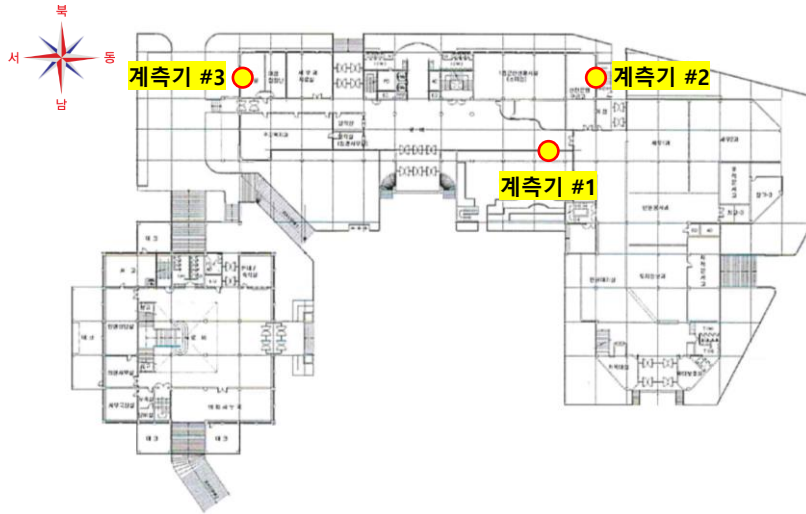
유리의 두께 및 단일, 이중, 삼중 및 사중 창 유리 및 공기 공간 두께를 한 면에서 측정.

Low-E 코팅의 존재, 위치 및 유형을 결정할 수 있을 뿐만 아니라 접합 유리(내층 두께)를 식별 및 측정.



- 유리 성능 측정, 두께 측정, Low-E 테스트 이미지 -

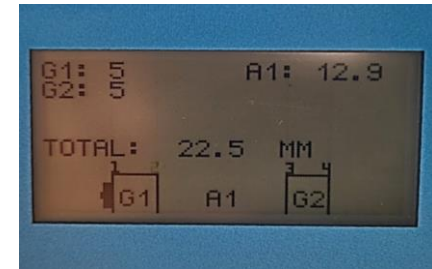
◆ 남동구청 진단 계측기 부착 위치



- 그림 #1. 평면도상 계측기 부착 위치 -



- 그림 #2. 계측기부착위치및측정이미지 -



- 그림 #2. 계측기부착위치및측정이미지 -

- 그림 #3. 유리측정기이미지 -

■ 계측기 설치 위치 선정 및 진행 방법

- ① 창유리는 건물 외벽에 사용되는 건축 자재 중 에너지 손실이 가장 크기 때문에 이에 대한 창유리의 분석이 필요.
- ② 냉,난방기기가 가장 많이 사용되는 공간 또는 민원이 가장 많은 공간에 대한 측정기 부착.
- ③ 건물 외벽 창유리에 유입되는 일사량과 실내온도를 일정 간격으로 측정하여 저장.
- ④ 일사량과 실내온도 측정 후 공간 및 건물 실내온도 상승과 감소의 상관관계 파악(근거 자료).
- ⑤ 건물의 주중(냉난방기 사용)과 주말(냉난방기 미사용)의 실내온도 변화 및 특징 파악.
- ⑥ 건물 주간, 야간, 업무시간대, 냉난방기 사용시간의 실내온도 변화 및 특징 파악.
- ⑦ 외부 기온, 기후, 날씨 등의 영향에 따른 실내온도 변화 파악 후 실내 온도 상승 원인 파악.
- ⑧ 건물 층간 높이와 위치, 외벽 유리 면적 계산을 통해 태양열 유입이 실내온도 상승의 원인을 파악.

실내온도 변화 원인

진단 계측기를 일정기간 동안 외벽 창유리의 실내부에 부착하여
5분 단위로 일사량, 실내온도, 자외선 측정 후 저장하여
이를 근거로 인천 남동구청 실내온도 상승 원인 파악 및 분석합니다.

계측기 측정 기간	측정 일수	측정 단위	계측기 부착 위치
2022년 09월 23일(금) ~ 2022년 09월 29일(목)	7일	5분	외벽 창유리 실내면

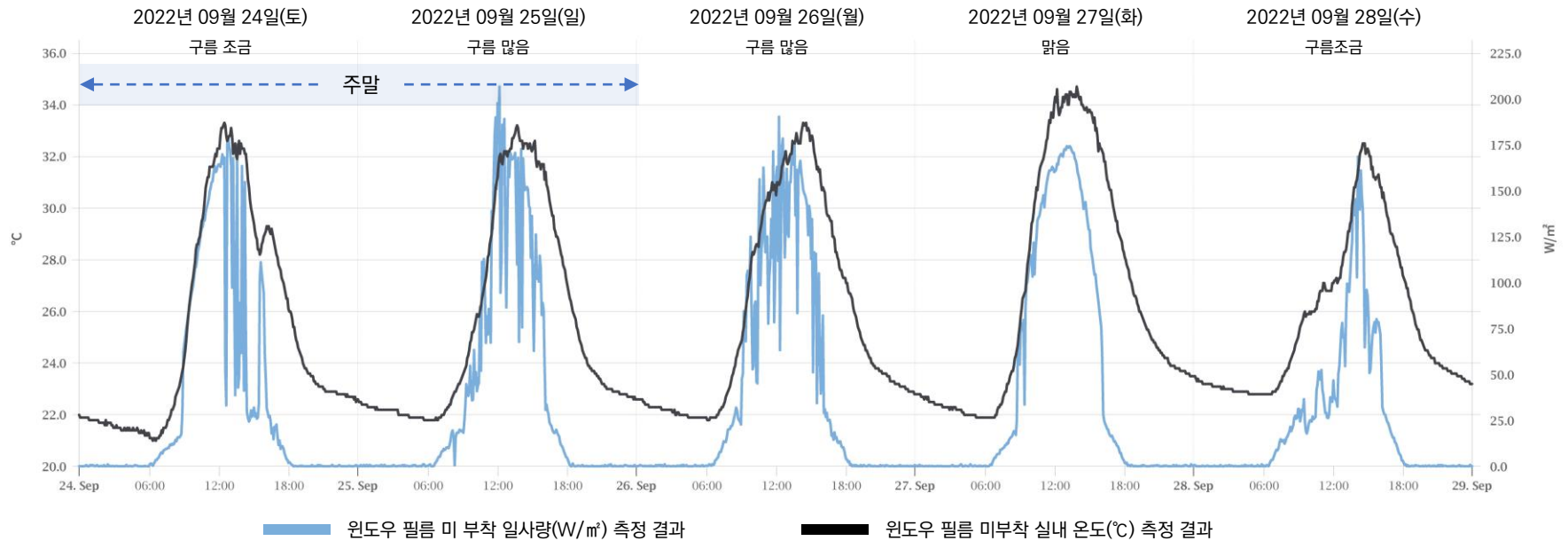
※ 측정기간 중 1일 24시간 미만 측정 데이터는 제외됩니다.

인천 남동구청

미부착 유리 측정 결과 - 남향

[일사량, 실내온도]

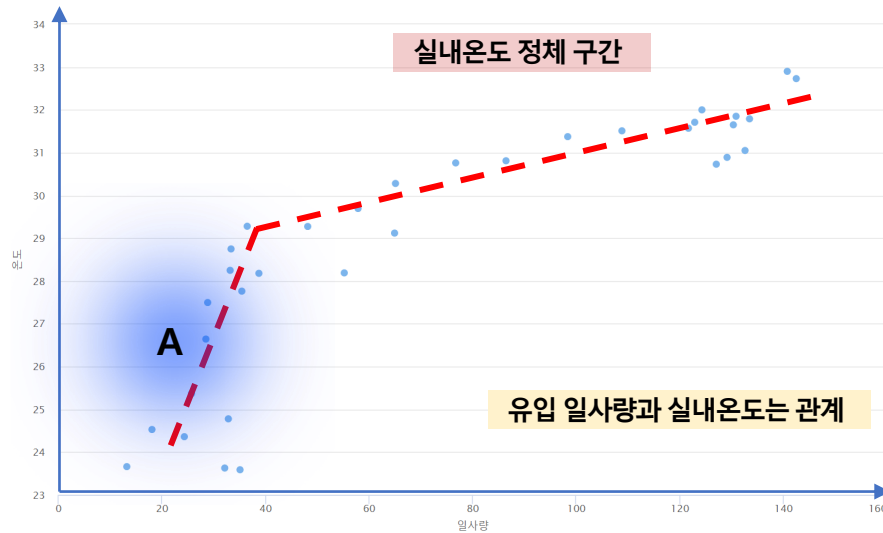
◆ 미부착 유리 일사량 및 실내온도 결과



◇ 일사 & 실내온도 분석 및 측정 결과

- 테스트 기간 2022년 09월 24일(토) ~ 09월 28일(수) 결과 자료임.
- 5분 단위 간격 데이터는 테스트 공간 유입된 일사에 의한 축열 효과를 고려하지 않는 결과치임.
- 외부 일사 유입량 증가와 동시(일출)에 실내온도 상승, 외부 일사 유입량이 감소(일몰) 이후 실내온도 감소.
- 일사량 그래프와 실내온도 그래프 변동 유사(냉/난방기를 사용하지 않은 기간) - 외부 일사량 변동에 따라 실내 온도 변화 발생.
- 일사 유입량 변동에 따라 실내온도 변화 발생 결과는 외부 일사량 및 복사열이 실내온도에 지배적인 영향을 끼치는 것을 확인함.

◆ 주간시간대 일사량 & 실내온도 분포도



◆ 일사량 & 실내온도 분포도 진행 내용

- 테스트 기간 2022년 09월 24일(토) ~ 09월 28일(수) 결과.
- 실내온도를 독립변수, 수직면 실내 유입 일사량을 종속변수로 선정 회귀분석을 수행.
- 일별 09시~18시 시간별 값(X축 : 일사량 평균, Y축 : 온도 평균)으로 회귀분석 진행.
 - A구역 - 실내 유입 일사량이 낮은 구간 실내온도가 낮은 구역임.
 - B구역 - 실내 유입 일사량이 높은 구간으로 실내온도 높은 구간임.

◆ 인천 남동구청 일사량 & 실내온도 분포도 결과

일사량이 낮을수록 실내온도가 낮고 일사량이 높을수록 실내온도가 상승함.

※ 1시간 간격 평균 데이터 값은 테스트 공간 내부에 유입된 일사에 의한 축열 효과를 고려하지 않은 결과값임.

◆ 일사 & 실내온도 분석 및 측정 결론

- 외부 일사 유입량이 적을 경우 실내온도는 낮고 일사 유입량 증가시 실내온도 상승 발생 - 일사량과 실내온도 관계성 높음.
- A구간 - 외부 일사 유입량이 적고 실내온도 낮은 구간으로 테스트 기간동안 오전 시간대 주로 발생.
- B구간 - 일사 유입량 증가시 실내온도 상승 구간, 일사량과 실내온도 관계성 높은 구간으로 정체 및 실내온도 변동이 심함.
- 분포도 회귀분석을 통해 실내 유입된 태양광이 실내온도 상승과 냉방에너지 발생에 지배적인 요인으로 작용되는 것을 확인 할 수 있음.
- 표준 업무시설 건물 남향 일사량이 $110/\text{m}^2 \sim 124\text{W}/\text{m}^2$ 인 것을 감안할 인천 남동구청은 일사량 유입량 매우 높음.

◆ 샘플 윈도우 필름 부착 목적 및 제품 정보

1. 테스트 윈도우 필름 부착 목적

건물 외벽 유리에 부착하는 윈도우 필름은 시중에서 유통, 구매할 수 있는 윈도우 필름이 아닌 건물 외벽 유리 에너지 진단 전용 윈도우 필름으로 건물 유리의 성능 파악 및 필름의 성능 기준 설정을 목적으로 함.

부착하는 테스트 윈도우 필름을 통해 건물 특성에 맞는 가장 이상적인 윈도우 필름에 대한 기준이 되며, 이는 동절기 단열 성능과 하절기 열차단 성능에 대한 기준을 만들게 된다.

또한, 샘플 필름 부착을 통해 실내 밝기 영향을 비롯하여 실내 조도, 유해 자외선 투과율, 근적외선 투과율, 하절기 일사 획득에 따른 실내온도 상승과 동절기 실내 열 손실에 의한 실내온도 감소등을 측정, 비교하여 외벽 유리의 성능 확인할 수 있고 이를 통해 에너지 절감 효과가 극대화 되도록 위함임.

2. 테스트 윈도우 필름 국가 공인시험성적 결과

가시광선 투과율 (평균)	가시광선 내부 반사율 (내부 거울현상)	가시광선 외부 반사율 (외부 빛 반사)	자외선 투과율	태양열 취득율	수정방사율	태양열 흡수율
50.1 %	7.7 %	21.2 %	0.0 %	0.33	0.13	36.5 %

∴ 상기 제품 정보는 한국산업표준 규격에 의한 국가공인시험기관의 시험성적서 결과 자료임.

KS L 2016(창 유리용 필름), KS L 2514(유리의 가시광선 투과율, 반사율, 방사율, 태양열 취득률, 자외선 투과율, 연색성 시험방법), KS L 9107(솔라 시뮬레이터에 의한 태양열 취득률 측정 시험방법),

KS F 2278(창호의 단열성 시험방법), KS M ISO 4593(플라스틱 기계적 주사에 의한 두께 측정), KS M ISO 14782(플라스틱-투명 재료의 흐름도 측정) KS L 2525(판유리류의 열저항 및 건축 관련 열관류율의 계산 방법)

3. 테스트 윈도우 필름 Glazing 구조화 단위(창호) 태양열 취득률 측정 테스트 결과

시 료 명	필 요 성 능	Glazing 구조	태양열 취득률 (-)	감소율 (%)
기존 유리 (윈도우 필름 미부착)		(외부)6mmCL + 12mmAir + 6mmCL(내부)	0.70	-
기존 유리 + 윈도우 필름 부착		(외부)6mmCL + 12mmAir + 6mmCL+필름(내부)	0.33	52.86

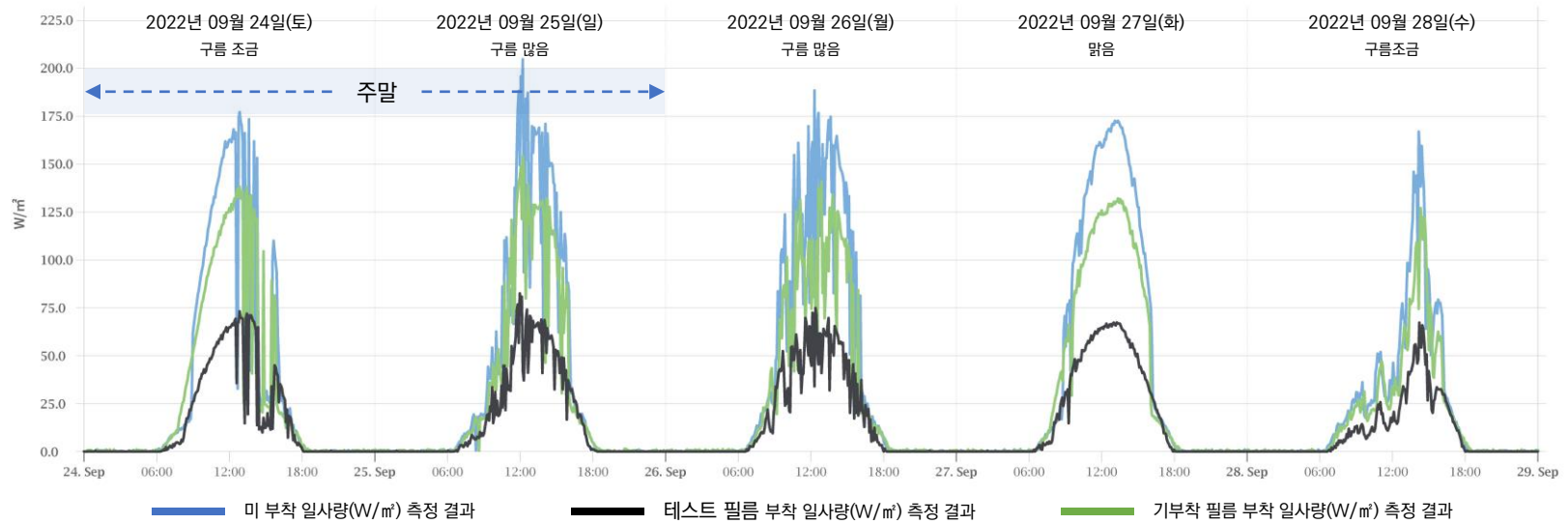
- 샘플 부착한 윈도우 필름의 태양열취득률(0.33)은 기존 창유리(윈도우 필름 미부착) 창호의 태양열취득률(0.70) 대비 52.86% 감소한 결과가 나왔음.
- 미부착 창호의 태양열 취득률은 창호, 유리의 열전달 및 결로 여부를 해석하는 WINDOW 7.6 프로그램을 활용하여 결과를 산정하였음.
- 이는 윈도우 필름 부착 창호는 하절기에 창호를 통해 유입되는 태양열 차단 성능이 미부착 창호보다 높은 것으로 볼 수 있음.
- 따라서, 윈도우 필름 부착 창호는 미부착 창호보다 하절기 냉방부하 절감에 효과가 있을 것으로 예상됨.

인천 남동구청

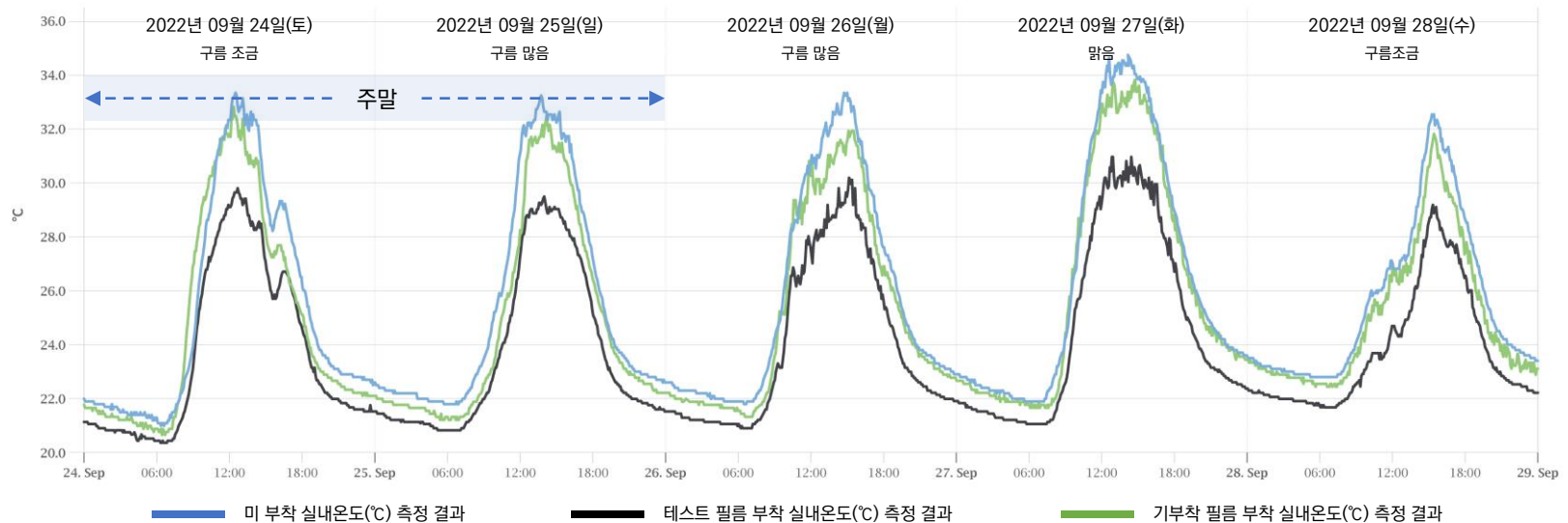
원도우 필름 부착 측정 결과 - 남향

[미부착 vs 테스트 필름 vs 기부착 필름]

◆ 일사량 측정 결과 (미부착 유리 VS 윈도우 필름 부착)



◆ 실내온도 측정 결과 (미부착 유리 VS 윈도우 필름 부착)



◆ 일사량 측정 최종 결과

항 목	최대 일사 유입	평균 일사 유입	전체 유입 일사량
미 부착 유리면	204 W/m ²	109.21 W/m ²	2344.07 Wh/m ²
테스트 필름 부착 유리면	82.2 W/m ²	44.64 W/m ²	1024.04 Wh/m ²
미 부착 대비 감소율	59.71 % 감소	59.12 % 감소	56.31 % 감소
기부착 필름 부착 유리면	153.4 W/m ²	71.89 W/m ²	1580.42 Wh/m ²
미 부착 대비 감소율	24.80 % 감소	34.17 % 감소	32.57 % 감소

※ 일사량 결과는 측정기 부착 방위각부에 대한 결과값임 시간대별 날씨(맑음, 비, 구름)와 주변 환경(그림자, 지면 반사)등의 영향으로 일자별, 시간별 차이가 발생함.

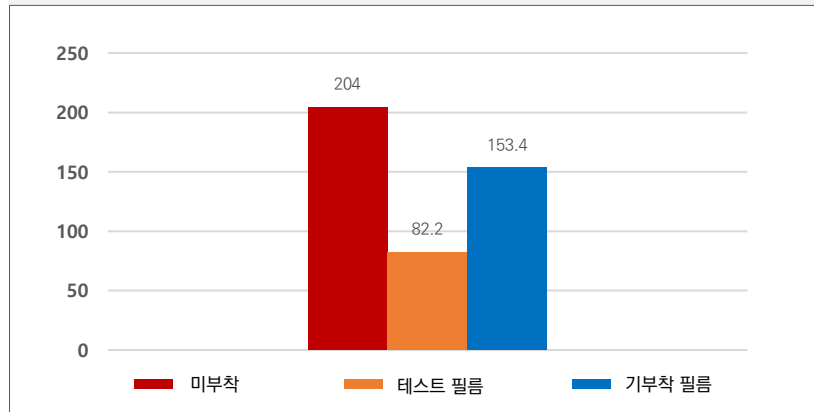
◇ 윈도우 필름 부착 일사량 측정 결과

- 테스트 기간 2022년 09월 24일(토) ~ 09월 28일(수) 결과 자료임.
- 인천 남동구청은 표준 업무시설 건물 평균 일사량 대비 일사 유입량이 약 196.15% 높음. 이는 창유리의 태양방사(태양열선) 반사와 태양열 취득율의 성능 차임.
- 테스트 필름 부착 일사량 측정 결과 : 미부착 유리면 대비 최고 일사량 59.71%, 평균 일사량 59.12%, 전체 유입 일사량 56.31% 감소.
- 기부착 필름 부착 일사량 측정 결과 : 미부착 유리면 대비 최고 일사량 24.80%, 평균 일사량 34.17%, 전체 유입 일사량 32.57% 감소.
- 위 결과는 인천 남동구청 미부착 vs 테스트 필름 vs 기부착 필름 일사 유입량 결과로 건물 창유리 성능 + 필름의 태양방사(태양열선) 반사와 태양열 취득율 성능에 의한 차이가 발생된 것임.
- 외부 일사 유입량이 감소에 의해 실내온도 감소가 되며, 일사 증감에 따른 실내온도 변화 발생 → 일사량과 실내온도 관계가 높음이 증명됨.

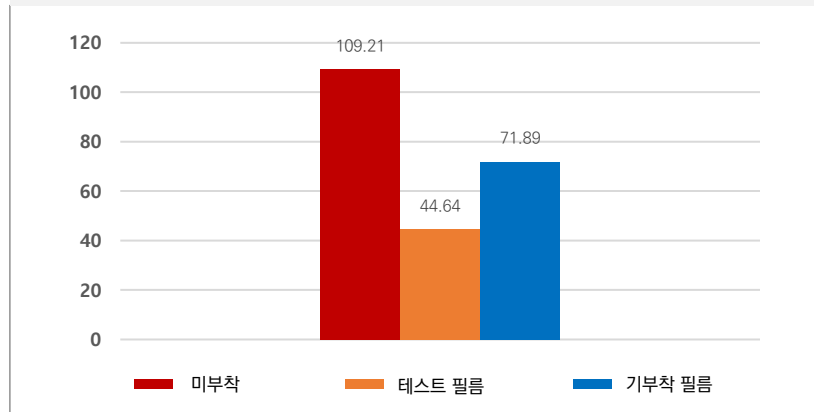
◆ 일사량 측정 최종 결과

항 목	남향	
	최고 일사 유입량 (W/㎡)	주간 평균 일사 유입량 (W/㎡)
미 부착 유리면	204	109.21
테스트 필름 부착 유리면	82.2	44.64
미 부착 대비 감소율	59.71	59.12
기부착 필름 부착 유리면	153.4	71.89
미 부착 대비 감소율	24.80	34.17

• 미부착 vs 테스트 필름 vs 기부착 필름 최고 일사 유입량 비교 (W/㎡)



• 미부착 vs 테스트 필름 vs 기부착 필름 평균 일사 유입량 비교 (W/㎡)



◇ 윈도우 필름 부착 방위각 일사량 측정 결과

- 테스트 필름은 최고 일사량은 미부착 대비 53.82% ~ 59.71 %, 평균 일사량은 미부착 대비 54.32% ~ 59.12% 일사량 감소를 나타냄.
- 기부착 필름은 최고 일사량은 미부착 대비 19.34% ~ 24.80%, 평균 일사량은 미부착 대비 29.59% ~ 34.17% 일사량 감소를 나타냄.
- 인천 남동구청은 윈도우 필름 부착 후 일사량 감소 변화는 건물 방위각과 태양의 남중고도와 일사 각도, 적층 시간 등에 영향을 받음.

◆ 실내온도 측정 최종 결과

항 목	최고 온도	업무 시간 평균 온도
미 부착 유리면	34.7℃	32.27℃
테스트 필름 부착 유리면	31.0℃	28.31℃
미 부착 대비 감소율	3.7℃ 감소	3.96℃ 감소
기부착 필름 부착 유리면	34.2℃	31.61℃
미 부착 대비 감소율	0.5℃ 감소	0.66℃ 감소

※ 실내온도 결과는 업무시간대(09:00~18:00) 측정온도이며, 테스트 기간 중 최고 온도 일자를 기준임.

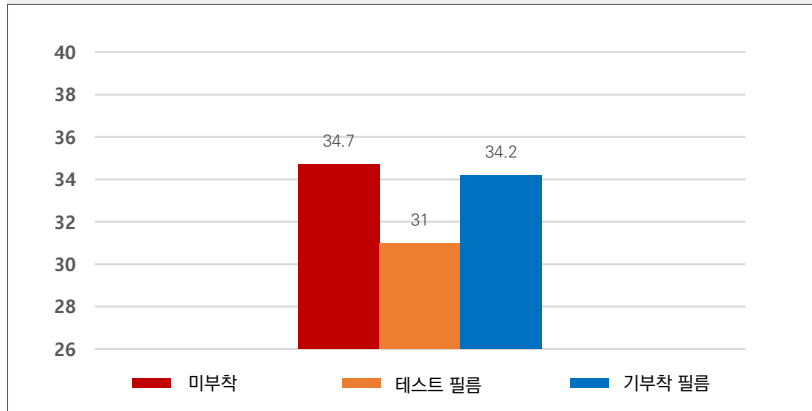
◇ 윈도우 필름 부착 실내온도 측정 결과

- 테스트 기간 2022년 09월 24일(토) ~ 09월 28일(수) 결과 자료임.
- 테스트 필름 실내온도 측정 결과 : 미부착면 대비 최고 온도는 3.7℃ 감소, 업무 시간 평균 온도 3.96℃ 감소.
 ※ 테스트 필름은 Low-E 필름으로 외부 태양열을 반사하고 실내 복사열을 반사하여 열을 차단하여 실내온도 감소 시킴.
- 기부착 필름 부착 결과 : 미부착면 대비 최고 실내 온도 0.5℃, 업무 시간 평균 실내 온도 0.7℃ 감소.
- ※ 기부착 필름으로 유리 외부면에 부착되어 외부 태양열을 외부로 반사하기 때문에 실질적인 에너지 효율이 좋음.
- 테스트 필름 부착 결과 외부 일사 유입량 감소 및 실내온도 감소되나 적정 실내 목표 온도에는 다소 부족하여 보다 높은 태양열 취득을 제품 사용을 권장함.
- 본 테스트는 야간시간대에 대한 결과는 배제한 실내온도 결과임.

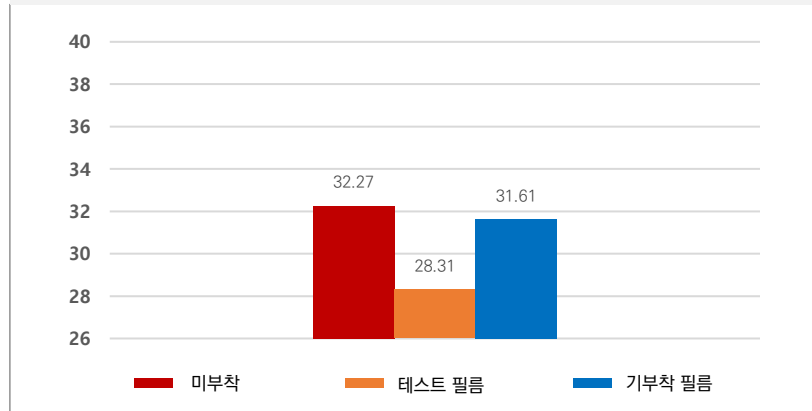
◆ 실내온도 측정 최종 결과

항 목	남향	
	최고 실내 온도 (℃)	업무 시간 평균 실내 온도 (℃)
미 부착 유리면	34.7	32.27
테스트 필름 부착 유리면	31.0	28.31
미부착 대비 감소율	3.7	3.96
기부착 필름 부착 유리면	34.2	31.61
미부착 대비 감소율	0.5	0.66

• 미부착 vs 테스트 필름 vs 기부착 필름 최고 실내 온도 (℃)



• 미부착 vs 테스트 필름 vs 기부착 필름 업무 시간 평균 실내 온도 (℃)



◇ 윈도우 필름 부착 방위각 실내 온도 측정 결과

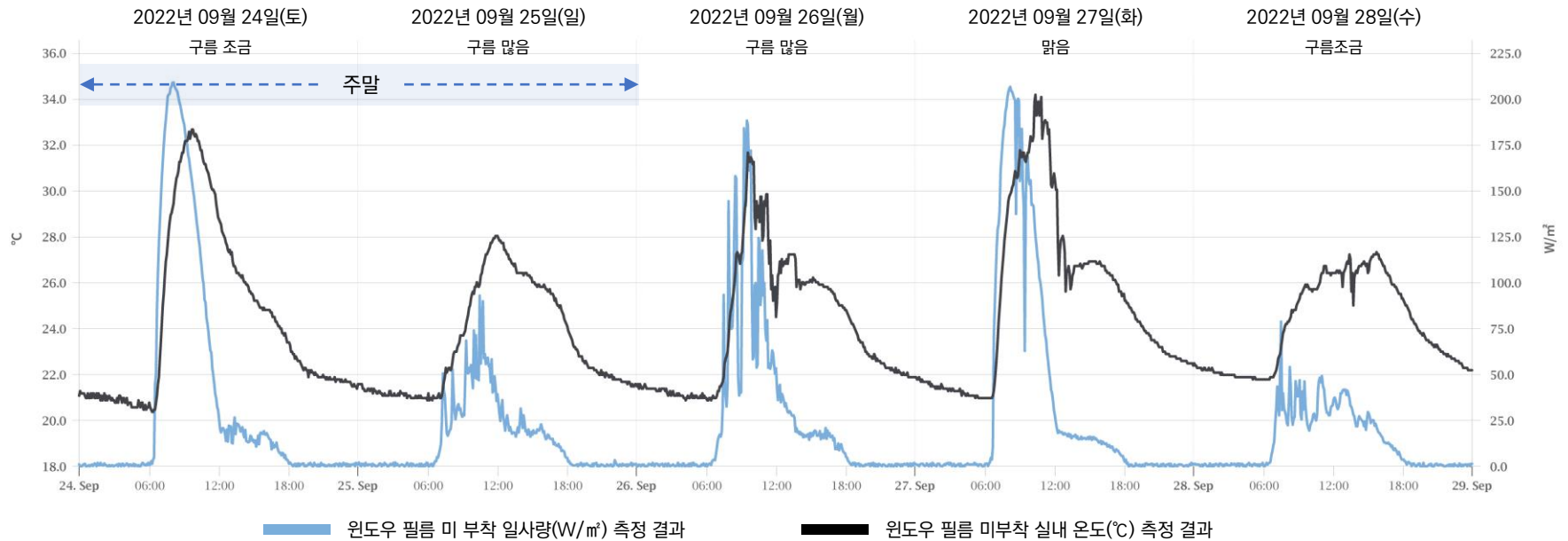
- 테스트 필름은 최고 온도는 미부착 대비 3.5℃ ~ 3.7℃ 감소, 업무시간 평균 온도는 미부착 대비 3.39℃ ~ 3.96℃ 온도 감소를 나타냄.
- 기부착 필름은 최고 온도는 미부착 대비 0.3℃ ~ 0.5℃, 업무시간 평균 온도는 미부착 대비 0.41℃ ~ 0.66℃ 온도 감소를 나타냄.
- 인천 남동구청은 윈도우 필름 부착 결과는 방위각과 바닥면적, 일사량 유입, 층고, 전면부, 지형 등에 영향을 받음.

인천 남동구청

미부착 유리 측정 결과 - 동향

[일사량, 실내온도]

◆ 미부착 유리 일사량 및 실내온도 결과



◇ 일사 & 실내온도 분석 및 측정 결과

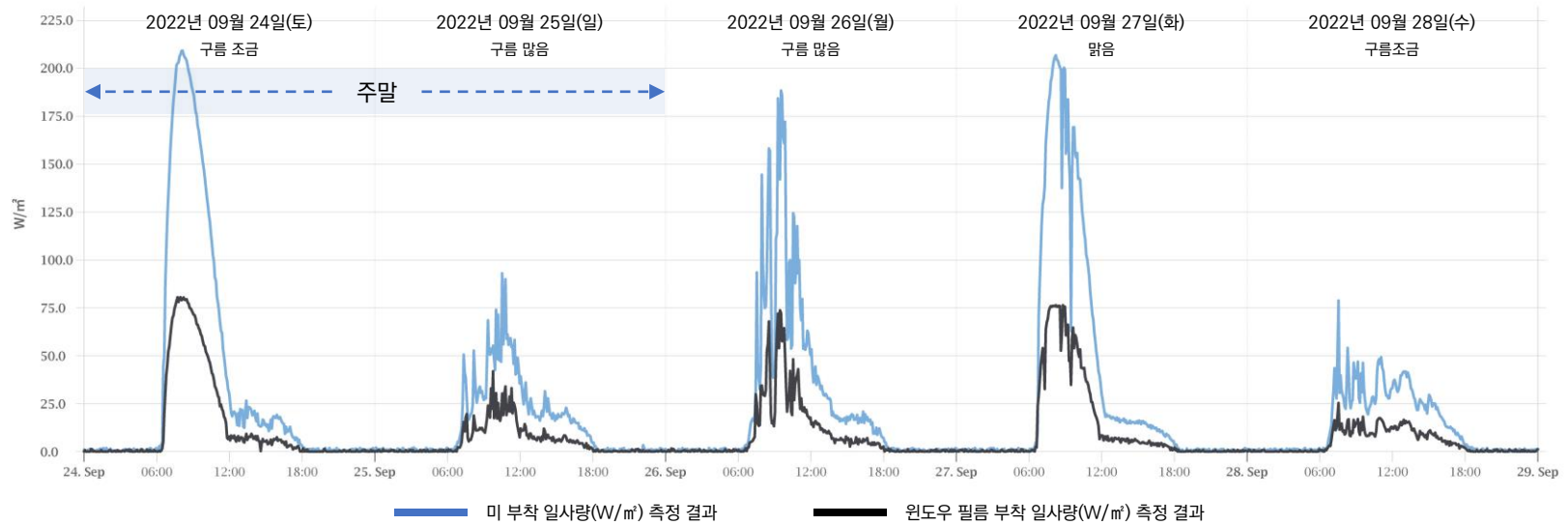
- 테스트 기간 2022년 09월 24일(토) ~ 09월 28일(수) 결과 자료임.
- 5분 단위 간격 데이터는 테스트 공간 유입된 일사에 의한 축열 효과를 고려하지 않는 결과치임.
- 외부 일사 유입량 증가와 동시(일출)에 실내온도 상승, 외부 일사 유입량이 감소(일몰) 이후 실내온도 감소.
- 일사량 그래프와 실내온도 그래프 변동 유사(냉/난방기를 사용하지 않은 기간) - 외부 일사량 변동에 따라 실내 온도 변화 발생.
- 일사 유입량 변동에 따라 실내온도 변화 발생 결과는 외부 일사량 및 복사열이 실내온도에 지배적인 영향을 끼치는 것을 확인함.

인천 남동구청

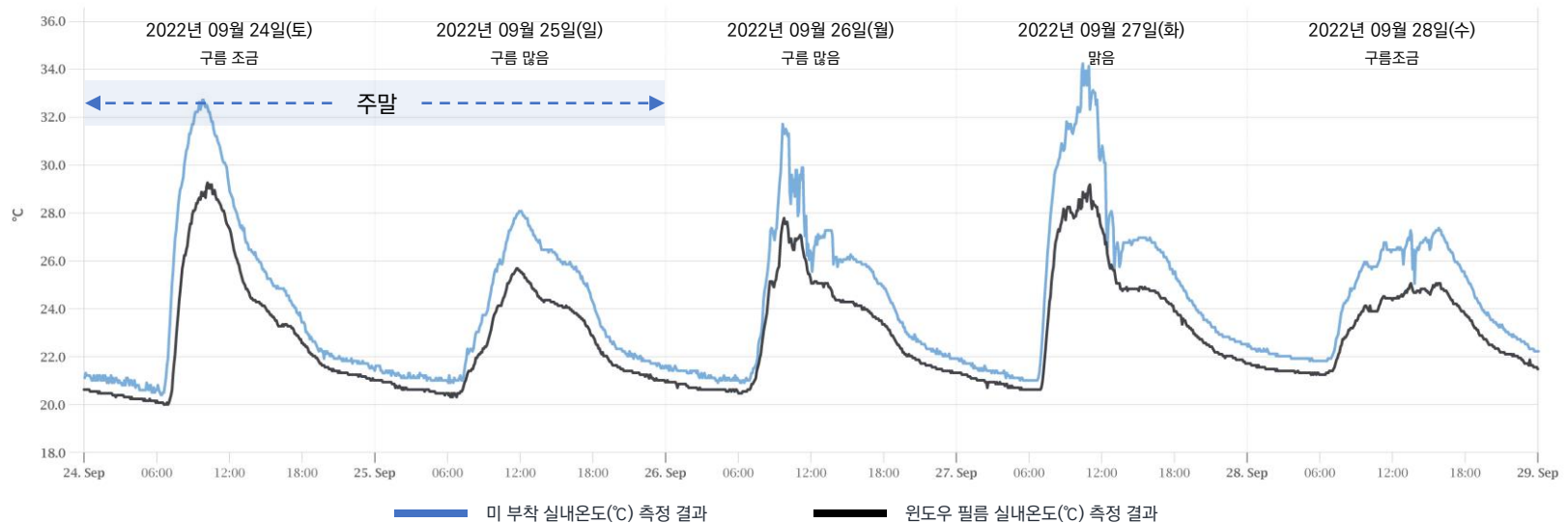
테스트 윈도우 필름 부착 측정 결과 - 동향

[일사량, 실내온도]

◆ 일사량 측정 결과 (미부착 유리 VS 윈도우 필름 부착)



◆ 실내온도 측정 결과 (미부착 유리 VS 윈도우 필름 부착)



◆ 일사량 측정 최종 결과

항 목	최대 일사 유입량	평균 일사 유입량	전체 유입 일사량
미 부착	209 W/m ²	48.18 W/m ²	2405.03 Wh/m ²
윈도우 필름 부착	80.4 W/m ²	17.39 W/m ²	915.48 Wh/m ²
감 소 율	61.53% % 감소	63.91% % 감소	61.93% % 감소

※ 일사량 결과는 측정기 부착 방위각부에 대한 결과값임 시간대별 날씨(맑음, 비, 구름)와 주변 환경(그림자, 지면 반사)등의 영향으로 일자별, 시간별 차이가 발생함.

◆ 실내온도 측정 최종 결과

항 목	최고 실내 온도	주간 평균 실내 온도 비교
미 부착	34.2 ℃	29.0 ℃
윈도우 필름 부착	29.3 ℃	23.7 ℃
감 소 율	4.9 ℃ 감소	5.3 ℃ 감소

※ 주간 평균 온도 결과는 주간시간(06:00~19:00) 측정 온도이며, 테스트 기간 중 최고 온도 일자 기준임.

◇ 윈도우 필름 부착 측정 결과

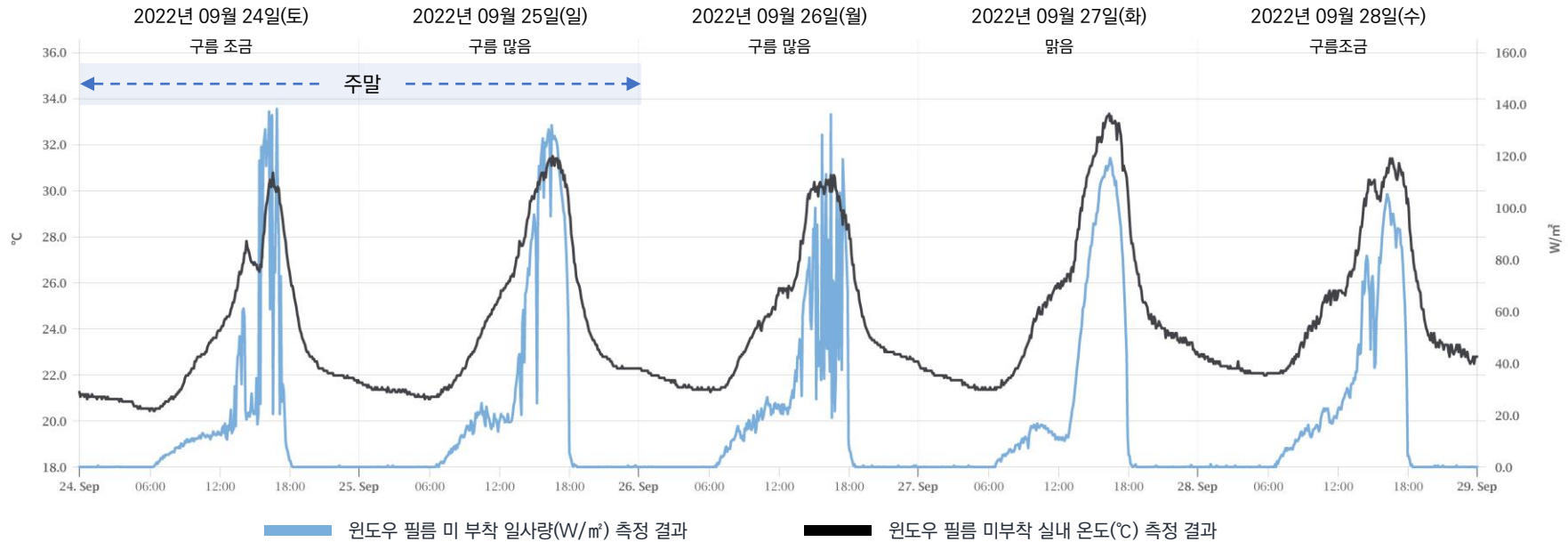
- 테스트 기간 2022년 09월 24일(토) ~ 09월 28일(수) 결과 자료임.
- 표준 업무시설 건물 동향 평균 일사량 대비 일사 유입량이 약 149.91% 높음. 이는 창유리의 성능 저하에 따른 태양열 유입량 증가 및 태양열 취득율에 의한 결과임.
- 일사량은 테스트 필름 부착 후 최고 일사량 61.53%, 평균 일사량 63.91%, 전체 유입 일사량 61.93% 감소.
- 실내온도는 테스트 필름 부착 후 최고 실내 온도 4.9℃, 평균 실내 온도 5.3℃ 감소.

인천 남동구청

미부착 유리 측정 결과 - 서향

[일사량, 실내온도]

◆ 미부착 유리 일사량 및 실내온도 결과



◇ 일사 & 실내온도 분석 및 측정 결과

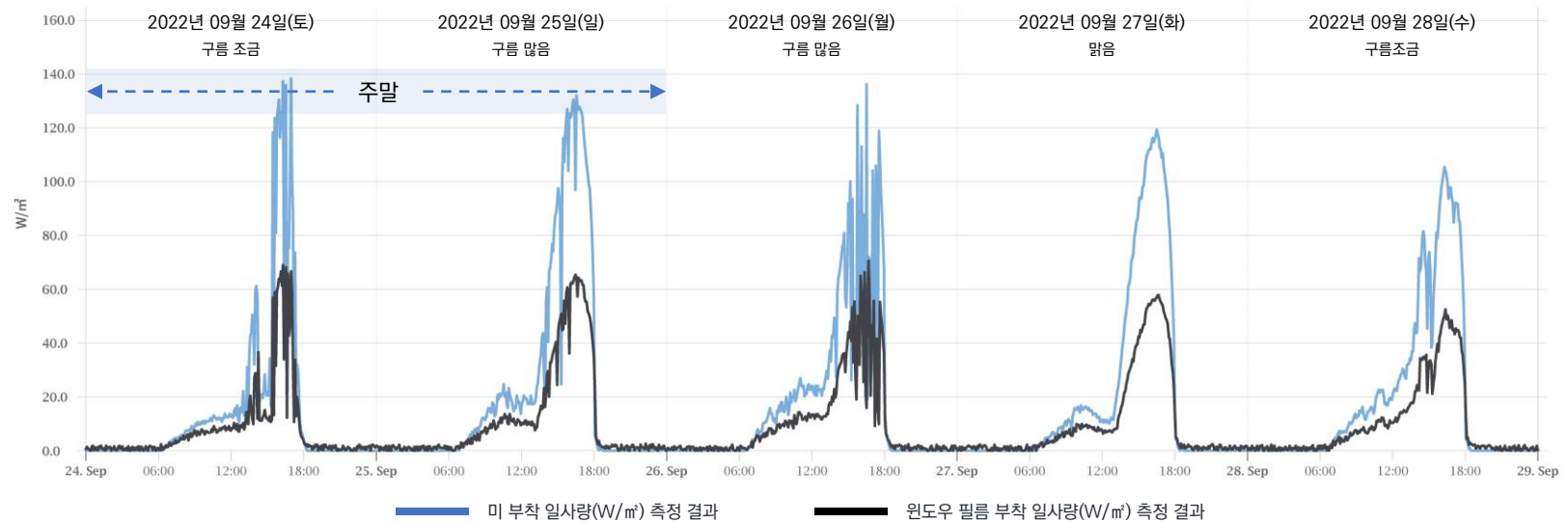
- 테스트 기간 2022년 09월 24일(토) ~ 09월 28일(수) 결과 자료임.
- 5분 단위 간격 데이터는 테스트 공간 유입된 일사에 의한 축열 효과를 고려하지 않는 결과치임.
- 외부 일사 유입량 증가와 동시(일출)에 실내온도 상승, 외부 일사 유입량이 감소(일몰) 이후 실내온도 감소.
- 일사량 그래프와 실내온도 그래프 변동 유사(냉/난방기를 사용하지 않은 기간) - 외부 일사량 변동에 따라 실내 온도 변화 발생.
- 일사 유입량 변동에 따라 실내온도 변화 발생 결과는 외부 일사량 및 복사열이 실내온도에 지배적인 영향을 끼치는 것을 확인함.

인천 남동구청

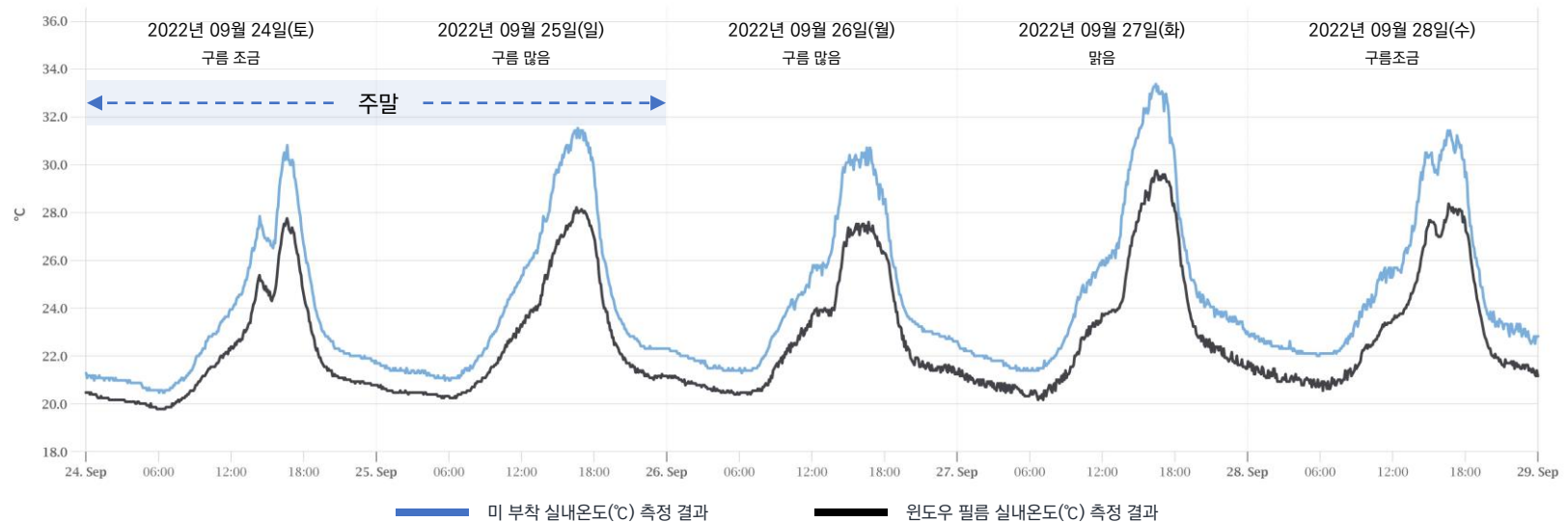
테스트 윈도우 필름 부착 측정 결과 - 서향

[일사량, 실내온도]

◆ 일사량 측정 결과 (미부착 유리 VS 윈도우 필름 부착)



◆ 실내온도 측정 결과 (미부착 유리 VS 윈도우 필름 부착)



◆ 일사량 측정 최종 결과

항 목	최대 일사 유입량	평균 일사 유입량	전체 유입 일사량
미 부착	138.6 W/m ²	55.18 W/m ²	1454.93 Wh/m ²
윈도우 필름 부착	69.1 W/m ²	27.98 W/m ²	773.78 Wh/m ²
감 소 율	50.14% % 감소	49.29% % 감소	46.82% % 감소

※ 일사량 결과는 측정기 부착 방위각부에 대한 결과값임 시간대별 날씨(맑음, 비, 구름)와 주변 환경(그림자, 지면 반사)등의 영향으로 일자별, 시간별 차이가 발생함.

◆ 실내온도 측정 최종 결과

항 목	최고 실내 온도	주간 평균 실내 온도 비교
미 부착	33.2 ℃	27.8 ℃
윈도우 필름 부착	29.8 ℃	23.9 ℃
감 소 율	3.4 ℃ 감소	3.9 ℃ 감소

※ 주간 평균 온도 결과는 주간시간(06:00~19:00) 측정 온도이며, 테스트 기간 중 최고 온도 일자 기준임.

◇ 윈도우 필름 부착 측정 결과

- 테스트 기간 2022년 09월 24일(토) ~ 09월 28일(수) 결과 자료임.
- 표준 업무시설 건물 서향 평균 일사량 대비 일사 유입량이 약 145.36% 높음. 이는 창유리의 성능 저하에 따른 태양열 유입량 증가 및 태양열 취득율에 의한 결과임.
- 일사량은 테스트 필름 부착 후 최고 일사량 50.14%, 평균 일사량 49.29%, 전체 유입 일사량 46.82% 감소.
- 실내온도는 테스트 필름 부착 후 최고 실내 온도 3.4℃, 평균 실내 온도 3.9℃ 감소.

인천 남동구청

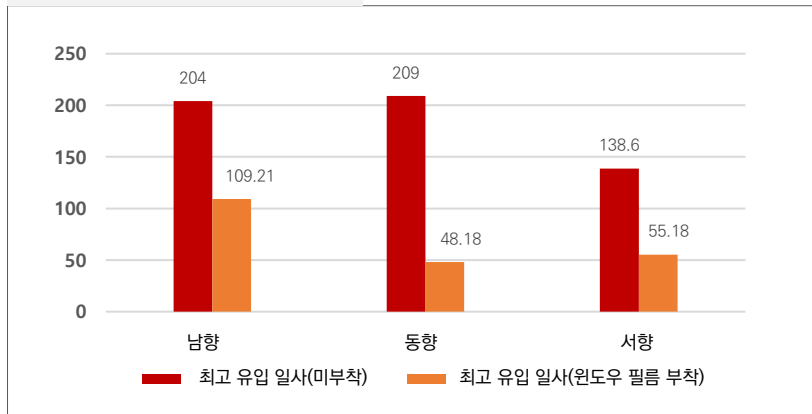
테스트 윈도우 필름 부착 측정 결과 비교

[일사량, 실내온도]

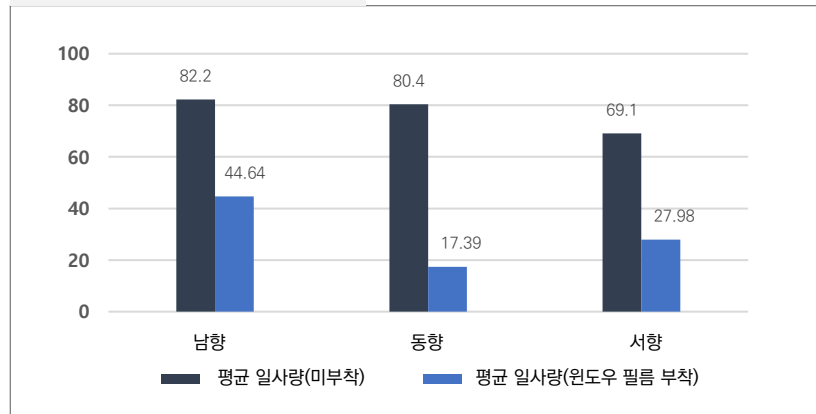
◆ 일사량 측정 최종 결과 비교

항 목	남향		동향		서향	
	최고 일사량 (W/㎡)	평균 일사량 (W/㎡)	최고 일사량 (W/㎡)	평균 일사량 (W/㎡)	최고 일사량 (W/㎡)	평균 일사량 (W/㎡)
미 부착	204	109.21	209	48.18	138.6	55.18
윈도우 필름 부착	82.2	44.64	80.4	17.39	69.1	27.98
감 소 율 (%)	59.71	59.12	61.53%	63.91%	50.14%	49.29%

• 최고 일사 유입량 비교 (W/㎡)



• 평균 일사 유입량 비교 (W/㎡)



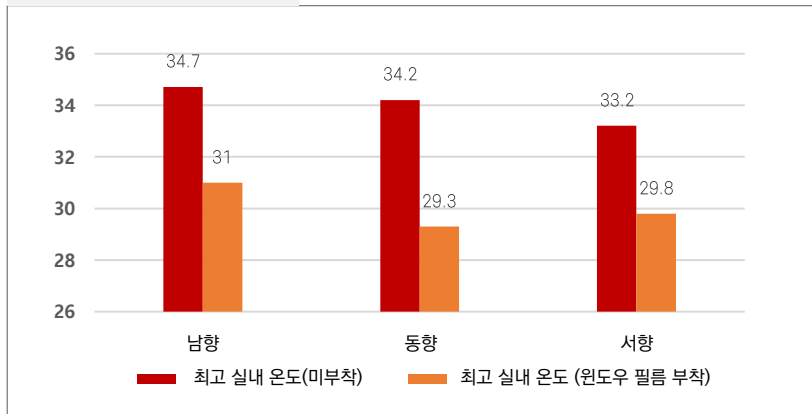
◇ 윈도우 필름 부착 남향, 동향, 서향 일사량 측정 결과 비교

- 남향, 동향, 서향 실내 유입 최고 일사량은 남향 204W/㎡, 동향 209W/㎡, 서향 138.6W/㎡ 로 동향 > 남향 > 서향 순으로 많은 일사가 실내로 유입됨. 동향이 남향, 서향보다 최고 일사 유입량이 높은 이유는 태양의 고도(지표면과의 각)에 따라 실내에 유입되는 일사의 강도가 다르기 때문임.
- 남향, 동향, 서향 실내 유입 평균 일사량은 남향 82.2W/㎡, 동향 80.4W/㎡, 서향 69.1W/㎡ 로 남향 > 동향 > 서향 순으로 많은 일사가 실내로 유입됨.
- 인천 남동구청은 필름 부착시 최고 일사량은 미부착 대비 50.14% ~ 61.53% 감소, 평균 일사량은 미부착 대비 49.29% ~ 63.91% 감소됨.

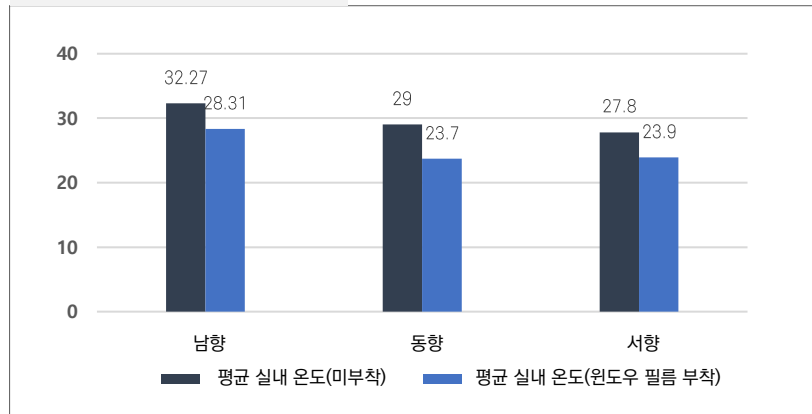
◆ 실내 온도 측정 최종 결과 비교

항 목	남향		동향		서향	
	최고 실내 온도 (℃)	주간 평균 실내 온도 비교 (℃)	최고 실내 온도 (℃)	주간 평균 실내 온도 비교 (℃)	최고 실내 온도 (℃)	주간 평균 실내 온도 비교 (℃)
미 부착	34.7	32.27	34.2	29.0	33.2	27.8
원도우 필름 부착	31.0	28.31	29.3	23.7	29.8	23.9
감 소 율 (%)	3.7	3.96	4.9	5.3	3.4	3.9

• 최고 실내 온도 비교 (℃)



• 주간 평균 실내 온도 비교 (℃)



◇ 원도우 필름 부착 남향, 동향, 서향 실내 온도 측정 결과 비교

- 미부착 남향, 동향, 서향의 실내 최고 온도는 남향 34.7℃, 동향 34.2℃, 서향 33.2℃로 남향 > 동향 > 서향 순으로 실내온도가 높음.
- 미부착 남향, 동향, 서향의 실내 평균 온도는 남향 32.27℃, 동향 29.0℃, 서향 27.8℃로 남향 > 동향 > 서향 순으로 실내온도가 높음.
- 테스트 필름 부착 결과 모든 방위각에서 외부 일사 유입량이 감소되어 실내온도가 낮아진 것을 확인 할 수 있고, 최고, 평균 실내온도 모두 낮아짐을 확인 할 수 있다.
- 테스트 필름 부착 후 인천 남동구청 실내 최고 온도는 미부착 대비 3.4℃ ~ 4.9℃ 감소, 평균 온도 미부착 대비 3.9℃ ~ 5.3℃ 감소됨.
- 하지만, 테스트 필름 부착 결과 실내 적정 목표 온도에 도달하기에는 성능이 부족하며, 테스트 필름 보다 높은 일사 차단 성능이 필요하다고 판단됨.

인천 남동구청

건물 외벽 에너지 진단 결론

◆ 인천 남동구청 남향, 동향, 서향 윈도우 필름 부착 최종 결과

실내 온도 상승 & 감소 요 인

1. 실내 직접 유입된 태양광이 실내온도 상승과 냉방에너지 발생에 지배적인 요인으로 작용.

- ① 인천 남동구청은 표준 업무시설 건물 평균 일사량 대비 일사 유입량이 남향 기준 약 196.15% 높음.
- ② 표준 업무시설 건물 대비 일사량 유입량이 높은 이유는 창유리 성능[태양방사(태양열선) 반사와 태양열 취득율의 차이임.
- ③ 테스트 결과 일사량이 실내 온도 상승과 냉방기기 부하에 지배적인 요인으로 작용되고, 시간대별 유입된 적산 일사량은 실내 온도 상승의 주요 원인임.
- ④ 실내 온도 상승 요인은 외부 날씨, 적산된 일사량, 적산온도로 인해 실내 온도 상승이 점진적으로 높아지고 이에 따라 냉방에너지 사용량도 증가됨.

적 정 실내 온도 유지 방안

2. 일사량 유입에 의한 실내온도 상승을 막고 적정 실내온도 유지.

- ① 인천 남동구청은 실내 최고 온도와 평균 온도는 미부착 대비 실내온도 크게 감소하였으나 적정 실내 온도에는 다소 부족함.
- ② 적정 실내 온도 유지를 위해 테스트 필름 보다 뛰어난 태양열 차단 필름 적용시 테스트 결과보다 우수한 실내 온도 저감 효과를 발생할 것으로 판단됨.
- ③ 부착되는 제품의 태양열 차단[태양열 취득율(SHGC)] 성능에 따라 적산 일사량, 적산 온도, 냉방기 사용시간, 냉방기 효율성 등의 변화 발생 될 것임.
- ④ 또한, 동절기 열손실을 대비하여 기존 유리의 단열성능은 유지 또는 성능 강화하여 적정 실내 온도 유지를 위해 단열성능(열관류율)이 있는 외부용 Low-E 윈도우 필름을 추천.

방위별 특 징

3. 남향, 동향, 서향 윈도우 필름 부착시 포인트

❖ 남향, 동향, 서향

외부 복사열 차단 / 현 유리의 단열성능 유지하면서 단열성능을 강화할 수 있는 외부용 Low-E 윈도우 필름 추천 (외부용 > 내부용 추천)
유해 자외선 차단 / 안전 성능 통과 제품 / 내후성 통과 제품

환 개 방 안

4. 적합한 윈도우 필름 사용

- ① 사계절 에너지 절감 및 적정 실내온도 유지를 위해 외부용 Low-E 필름 또는 열차단 필름 제안.
- ② 본 테스트에 사용된 기준 테스트보다 높은 외부 태양열 차단[낮은 태양열 취득율(SHGC)] 필름 부착시 보다 높은 실내온도 감소를 보일 것임.
- ③ 유리의 단열성능을 유지하면서 및 외부 유리면에 부착되어 유리의 태양열 취득율 향상에 따른 실내온도 저감, 열손실 최소 및 에너지 절감 효과 우수.
- ④ 하절기 적정 실내온도(26℃) 수준까지 실내온도를 감소시킬 경우 냉방기 사용 시간대 감소 및 냉방부하(에너지 절감 효과) 우수.
- ⑤ 인천 남동구청은 일사량이 유입이 많고 실내온도 상승이 급격하여 내후성 테스트를 거친 외부용 제품을 선정하는 것을 권유함.

인천 남동구청

원도우 필름 부착시 장점

◆ 인천 남동구청 윈도우 필름 부착시 장점

윈도우
필름
장점
01

» 창유리로 유입되는 일사량과 복사열이 인천 남동구청 실내온도 상승의 가장 큰 원인

근본적인 실내 온도 증감 문제 해결

윈도우
필름
장점
02

» 실내 적정 온도 유지 (건물 에너지 중 냉·난방 비용이 35%이상 차지)

냉, 난방기 가동시간 감소

윈도우
필름
장점
03

» 뛰어난 건물 에너지 절감과 환경 개선

적정온도 유지로 냉, 난방기 효율 상승 발생

윈도우
필름
장점
04

» 다양한 기능에 따른 추가 비용 절감 (외벽 청소 비용 절감 / 블라인드 비용 / 인테리어 변색, 변질 방지)

추가적인 비용 절감 & 건물 관리 용이

인천 남동구청

원도우 필름 추천 사양

◆ 남향, 동향, 서향 특성에 따른 추천 성능 사양 및 장점

구 분	주요 규격	추천 성능	추천 근거
제품 소재 및 두께	필름 소재	PET	PET (수축, 팽창 없음) / 기타 PVC 소재 사용시 수축의 위험이 있음.
	필름 두께	2mil(≒0.05mm) 이상	적정 두께 이상 사용시 안전 성능 기대
밝기 및 시인성	가시광선 투과율	40% 이하	적정 밝기에 따른 시야 확보 및 눈부심 방지
	가시광선 반사율	30% 이하	거울 현상 방지
	헤이즈	0.3% 이하	백탁현상 방지
에너지 절감 (냉방비)	태양열 반사율	30% 이상	일사 취득 감소에 따른 높은 열차단 성능으로 에너지 절감 가능
	태양열 취득율(SHGC)	0.20 이하	“
에너지 절감 (난방비)	열관류율	6.0 이하	동절기 창유리 열손실 최소화로 에너지 절감 가능
	수정방사율	0.87 이하	“
안전 성능	자외선 투과율	0.1% 이하	유해 자외선 차단
	태양열 흡수율	50% 이하	태양열 흡수율이 높을 경우 유리 깨짐 등의 안전 문제 발생
	비산 방지 성능	0g	유리 깨짐에 따른 안전성능 확보
	쇼트백 충격	파괴되지 않음	유리에 충격이 가했을 경우 안전성능 확보
내후성 테스트	촉진내후성시험 - 외관	부품, 잔금, 끝이 벗겨짐 없음	변질, 변형에 대해 품질보증
	촉진내후성시험 - 색차	0.7 이하	변색에 대해 품질보증

※ 본 추천 성능 사양은 국가공인시험기관의 시험규정에 근거하여 작성됨.

인천 남동구청

에너지절감량 / 경제성 / 탄소감축량 평가

표준 건물
에너지 시뮬레이션



eQUEST 시뮬레이션 분석 ⇒ 에너지 절감량

필름 적용
에너지 절감량 분석

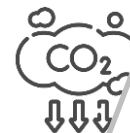


에너지 절감액
경제성 평가



투자비 / 에너지절감액 / 탄소 배출 계수 적용
경제성 평가, 탄소 감축량 분석

탄소 감축량 분석



표준 건물 시뮬레이션 (유사 건물에너지 스펙의 표준건물을 대상으로 동적 건물 에너지 시뮬레이션 실시)

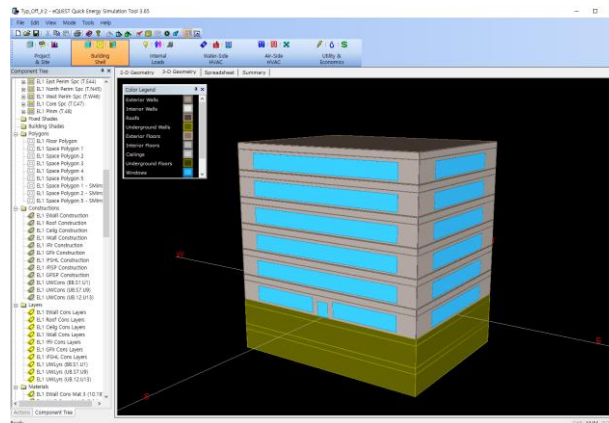
- ◆ 표준건물 : 선행연구(590여개 건물정보 기반)를 통한 업무용 건물 표준 건물 활용
- ◆ 시뮬레이션 프로그램 : DOE-2엔진(미국에너지지성 개발) 기반 eQUEST 활용

표준건물 개요

구분	내용
기상데이터	인천 TMY2
건물용도	업무시설
연면적 (m ²)	25,087
공조면적 (m ²)	18,291
층수(지상)	12
층수(지하)	4
외벽 U-value(W/m ² K)	0.58
지붕 U-value(W/m ² K)	0.29
창 U-value(W/m ² K)	3.36
창면적비 (동)	47
창면적비 (서)	50
창면적비 (남)	55
창면적비 (북)	47
유리종류	복층투명
실내조명밀도(W/m ²)	6.14
냉난방온도(°C)	26 (냉방)
	21 (난방)

※ 출처 : 건물 에너지소비상설표본조사 연구 (에너지경제연구원, 2016)

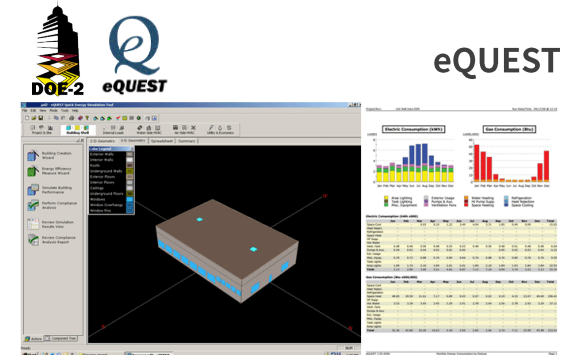
표준건물 eQUEST 모델링



창호면적 : 3,120.5 m²

대상건물과 유사한 건물에너지 스펙의
표준건물을 대상으로 동적 건물 에너지
시뮬레이션 실시

시뮬레이션 개요



국제 공인 시뮬레이션으로 미국 에너지성(USDOE : Department of Energy)의 지원하에 LBL(Lawrence Berkely Laboratory)에서 개발된 건물에너지해석 DOE-2엔진의 건물 에너지 시뮬레이션 도구

What is eQUEST

eQUEST is the DOE 2 engine with wizards and graphics built on top of it. eQUEST is the most popular energy modeling program in existence. It's used by energy modelers and engineers all over the world. One big contributing factor to its popularity is its cost, FREE, and the fact that it's built on the DOE 2 simulation engine. The other benefit of eQUEST is that it can be used at every stage of building development, from the early designs to final stages.

Using eQUEST

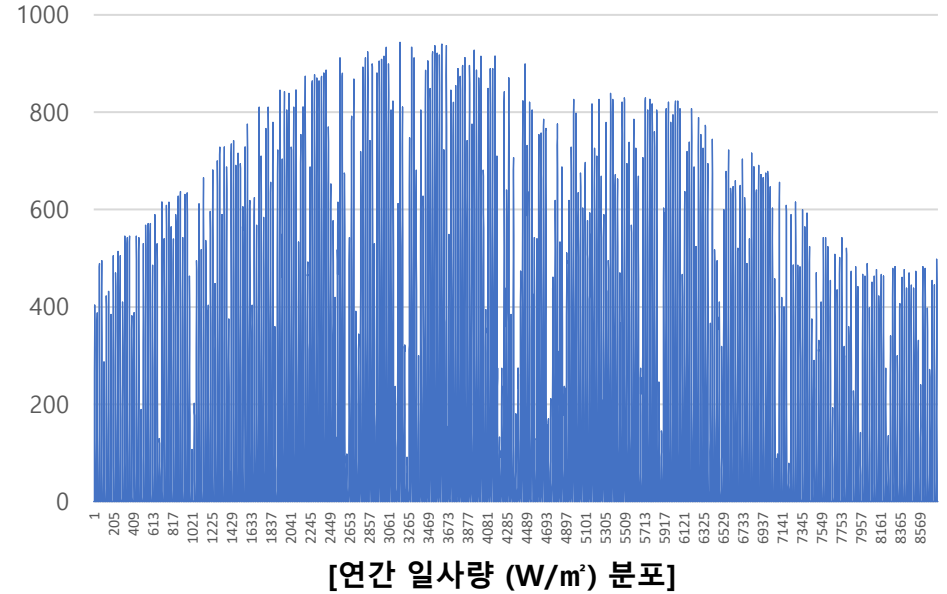
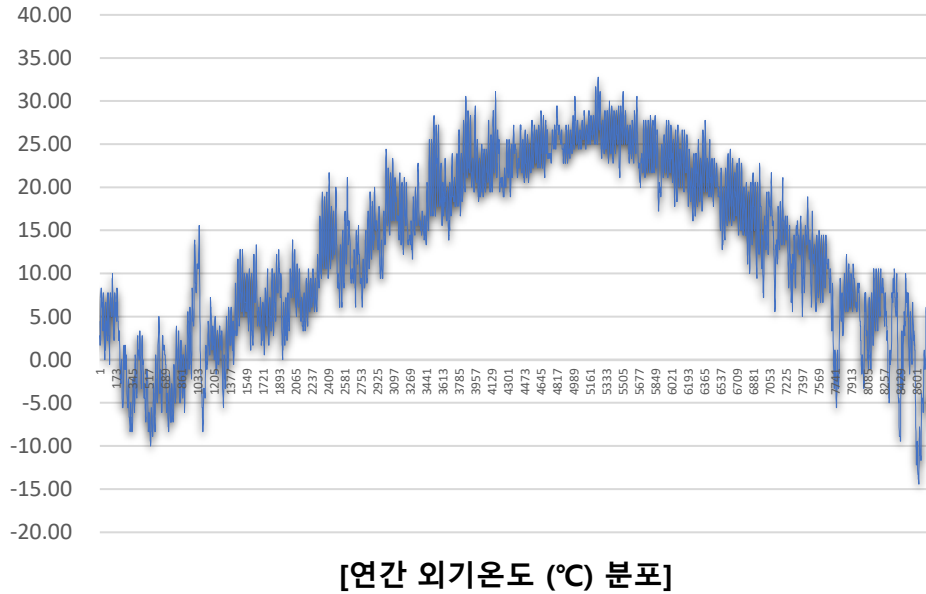
eQUEST allows you to import building geometry from architectural models. Or you can construct a building envelop within the program. From there you can run simple simulations or very complex models. There are three input wizards in eQUEST that all have differing levels of complexity, or you can use the detailed DOE-2 interface. They wizards are as follows: Schematic Design Wizard (simple inputs), Design Development Wizard (detailed input) and Energy Efficiency Wizard. Each wizard has extensive default inputs that are based off California Title 24 building energy code. Long-term average weather data (TMY, TMY2, TMY3, etc.) for 1000+ locations in North America are available via automatic download from within eQUEST (requires Internet connection).

필름 적용 에너지 절감량 분석 (대상건물이 위치한 지역의 표준 기후 데이터 확인)

기상데이터 : 인천 TMY

◆ TMY : 표준기상데이터(Typical Meteorological Year)

기간부하용 동적 건물에너지 시뮬레이션을 위해 1년 8760시간에 대한 시간별 기상자료(20년 통계) 형식이며, 건물에너지부하에 영향을 주는 일사량, 외기온도, 습도, 대기압, 풍향/풍속 등이 포함되어 있음.

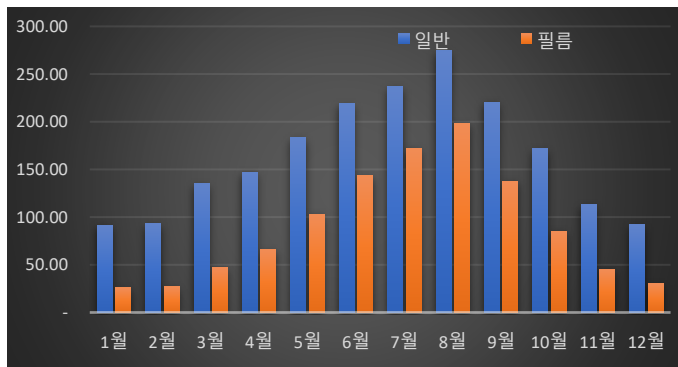


필름적용 에너지 절감량 분석 시뮬레이션 결과 (표준건물을 대상으로 필름적용에 따른 단위면적당(m²) 에너지 절감량 평가)

필름적용 창호 단열성능

구분	단열성능(U)	일사열 차단성능(SHGC)	부착 방위(향)
일반 (표준 건물)	3.36 W/m²K	0.78	-
필름 적용 건물	3.02 W/m²K	0.20	동향 / 서향 / 남향
	2.85 W/m²K	0.33	북향

냉방부하(MWh)



• 연간 냉방부하 절감량 : 897.23 MWh/a

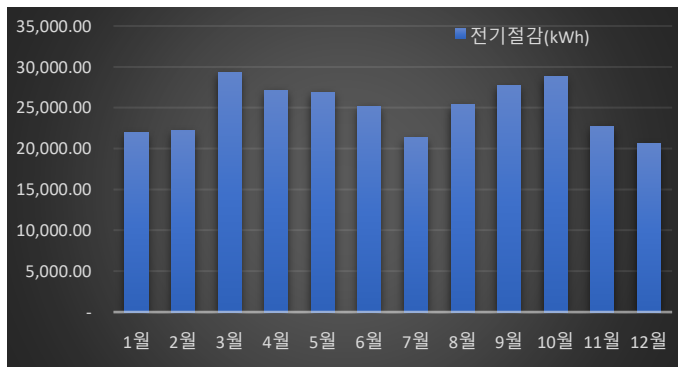
- 일반(표준 건물) 연간 냉방부하 : 1,977.53 MWh
- 필름 적용 연간 냉방부하 : 1,080.29 MWh

연간 필름 적용 창호 냉방에너지 절감량

159.10 kWh/m²a

※ 연간 에너지절감량 ÷ 창호부착면적 × 향별 절감가중 비율
⇒ 229,077.70 kWh/a ÷ 3,120.5 m² × 1.66

필름 적용 냉방에너지(전기) 절감량(kWh)



• 연간 에너지(전기)절감량 : 299,077.70 kWh/a

- * 전기에너지 산정기준 냉방기기 COP 3적용
 - * COP = 출력냉방부하(kWh)/투입전력량(kWh)
- ⇒ 897.23 MWh/3(COP) = 299,077.70 kWh/a

필름 적용 경제성 평가 (실제 부착면적에 따른 에너지절감액 및 내구연한동안의 경제성 분석)

연간 필름적용 창호 냉방에너지 절감액

22,987.31 원/m²a

※ 연간 에너지절감량 × 연평균 전력요금 ÷ 창호부착면적 × 항별 절감가중 비율
⇒ 229,077.70 kWh/a × 142.91원/kWh ÷ 3,120.5 m² × 1.66

경제성 평가(현가법)

현재가격은 물가상승률(j)에 따라 미래의 비용(FC; Future Cost)이 되며, 미래의 비용은 할인률(d)에 의해 현재 가치(PW ; Present Worth)가 됨.

필름부착면적	1,087.53	m²
부착비	135,000	원/m²
투자비	146,816,010	원
냉방에너지절감량	173,024.49	kWh/a
냉방에너지절감액	24,999,300.50	원/a
에너지물가 상승률	1.8	%
할인률	5.5	%
내구연한	10	년

계산식

$$PW(n,d) = \frac{FC}{(1+d)^n}$$

d : 할인율
n : 시간(년)

$$FC(n,j) = AP(1 + \frac{j}{100})^n$$

AP : 연간 판매액(원)
j : 물가상승률

내구연한	년간판매액(FC)	년간 수익 (PW)	누적 수익 (PW 합)
0			
1	25,449,288	25,449,288	-122,693,462
2	25,907,375	25,907,375	-99,416,918
3	26,373,708	26,373,708	-76,956,709
4	26,848,435	26,848,435	-55,284,203
5	27,331,706	27,331,706	-34,371,775
6	27,823,677	27,823,677	-14,192,769
7	28,324,503	28,324,503	5,278,537
8	28,834,344	28,834,344	24,066,963
9	29,353,363	29,353,363	42,196,459
10	29,881,723	29,881,723	59,690,133

Payback 6년
순 편익 약 6,000만

이산화탄소(CO2) 감축량

$$173,024.49 \times 0.4594 \div 1000 = 79.49 \text{ tCO}_2/\text{a}$$

* 연간에너지절감량(kWh) x 전력 CO2 배출계수(0.4594 tCO₂eq/MWh) ÷ 1000

* 출처 : 한국에너지공단

내구연한
(10년)

794.87
(tCO₂)

탄소(C) 감축량

$$173,024.49 \times 0.125 \div 1000 = 21.63 \text{ tC/a}$$

*연간에너지절감량(kWh) x 전력 탄소 배출계수(0.125 tCeq/MWh) ÷ 1000

* 출처 : 한국에너지공단

내구연한
(10년)

216.28
(tC)

인천 남동구청

원도우 필름 부착 최종 결론

◆ 외벽 유리부 에너지 진단 결과 및 에너지 절감 효과

1. 테스트 결과

- 남동구청은 테스트 결과 외부 일사 유입량이 높고 일사 유입으로 실내온도 상승, 온도 불균형, 냉방기 사용과 냉방부하 상승 등의 문제가 있음을 확인됨.
- 남동구청은 외벽 대비 유리 사용량이 많아 일사 유입량 많고 이에 대해 기능성 원도우 필름 부착으로 정부정책에 따른 에너지 절감 및 적정 실내온도 유지에 탁월한 효과가 있을 것으로 사료됨.



2. 제품 추천 사양

- 에너지 공단 에너지 성능지표에 의거하여 태양열 유입에 의한 냉·난방부하를 저감 할 수 있도록 일사조절장치, 태양열투과율, 창 면적비 등을 고려하여 남동구청 특성에 맞는 적합한 원도우 필름 제안하고 비, 바람, 눈, 고드름 등의 낙하 및 화재 등의 사고에 대비하여 안전성을 검토하고 주변 건축물에 빛 반사에 의한 피해 영향을 고려하여 제품 사양을 추천함.

3. 제품 사양에 따른 남동구청 에너지 절감 효과

- 창유리 단열성능과 태양열 취득률 향상에 따른 효과는 다음과 같다.

• 경제성 분석 결과

필름부착면적	1,087.53 m ²
부착비	135,000 원/m ²
투자비	146,816,010 원
투자비 회수기간	6 년
편익 수익	약 6,000 만원

• 에너지 절감 효과

구 분	절감량
연간 냉/난방부하 절감량	897.23 MWh/a
필름 적용 냉/난방부하	1,080.29 MWh
냉방에너지 절감량	159.10 kWh/m ² a
연간 에너지 절감량	299,077.70 kWh/a

• 이산화탄소, 탄소 감축효과

구 분	감축량
연간 이산화탄소(CO ₂) 감축량	79.49 tCO ₂ /a
총 이산화탄소(CO ₂) 감축량	794.87 tCO ₂
연간 탄소(C) 감축량	21.63 tC/a
총 탄소(C) 감축량	216.28 tC



감 사 합 니 다