

# 한국해양대학교

## 윈도우 필름 부착 효과 분석 보고서

2022년 6월 17일

### Net-zero

더 늦기전에, 탄소중립 2050



### (사)대한필름시공기술인협회

- 본 효과 분석 보고서는 사단법인 대한필름시공기술인협회 홈페이지 [katt.or.kr](http://katt.or.kr)에서도 확인 할 수 있습니다 -

## 외벽 창유리 효과 분석 보고 배경 및 필요성

---

전세계적으로 지구 온난화의 주범인 온실가스 배출량을 줄이기 위한 방법으로 에너지 절약, 폐기물 재활용, 환경친화적 상품 사용, 신에너지 개발 등의 노력이 진행중이며, 우리나라도 온실가스 배출량 감소와 기후변화에 대처하기 위하여 많은 노력을 하고 있다.

우리나라는 전체 에너지의 95% 이상을 수입에 의존하는 에너지 부족국가이며, 건물 에너지는 국내 전체 에너지 사용량의 약 25.6%를 차지하고 있다.

특히, 건물의 창유리는 여름철 일사획득으로 인한 냉방부하 증가와 겨울철 열 손실에 따른 난방부하 증가로 인한 건물 에너지 소비에 막대한 영향을 주는 주요 경로이다. 건물 창유리 열유입과 열손실은 건물 외벽 유리 면적에 따라 차이는 발생하지만, 건물 에너지 사용량 중 최소 36%이상으로 에너지 손실이 가장 많은 곳이다.

유가상승 등 에너지 가격의 폭등과 기온 상승에 따른 실내 냉방 수요의 증가는 운영 관리의 어려움과 이용자의 불편, 경제적 부담, 실내 환경 개선의 어려움이 발생하기에 창유리용 기능성 필름 부착에 따른 외벽 창유리 개선사업은 효과에 대한 결과가 필요하며 정량화가 필요하다.

본 보고서는 건물 외벽 창호의 유리 표면에 창유리용 기능성필름을 부착하여 미부착면과 부착면의 실내온도 변화, 조도변화, 일사량 변화 등을 분석함으로 기능성 필름 부착 후 실내온도 변화 등의 냉난방기 사용 절감 외 실내 이용자를 위한 실내환경 개선과 변화를 확인하기 위함이다.

## ◆ 창유리 기능성 필름 부착 효과 분석 흐름도

### 원도우 필름 부착



- 기능성 필름 부착

### 현장 파악



- 윈도우 필름 부착 확인
- 미부착 vs 부착 현장 파악
- 현장 분석

### 현장 모니터링



- 일사량 측정 및 분석기 부착  
(Solar power meter & Solar module analyzer)
- 미부착, 부착 공간 일사/실내 온도 분단위 측정
- 유해자외선 측정

### 결과보고서



- 일사량, 온도 변화 파악
- 분석결과 전달
- 개선사항 전달

## ◆ 한국해양대학교 현황 및 분석

구 분	내 용
건물명(기관명)	한국해양대학교
유 형	교육연구시설
연면적	14,254.87㎡
층수(지상)	11층
건물 방위각 (주 향)	남향
위 치	부산 영도구 태종로 727

- 2021년에 준공. 철근콘크리트 구조 건물.
- 주변에 그림자 및 조도에 영향 끼칠 환경인자가 없고, 전면 유리 사용량이 입면 대비 높아 채광은 좋으나 일사 유입량이 높은 건물 구조.
- 전면부가 남동향으로 일출에서 오후 시간대 눈부심과 일사 유입량이 높음.
- 2021년 준공 당시 창유리의 성능은 열관류율  $1.2\text{W/m}^2\text{K}$  이하이며, 준공시 태양열 취득을 기준이 없어 열차단 보다 단열 성능에 치중된 유리가 부착됨.
- 또한, 외벽을 둘러싼 유리는 24mm Low-E 유리지만, 가시광선 투과율이 높아 외부 태양열 일사량 유입량 많음.
- 외부 복사열 차단 성능이 낮아 실내온도 상승 및 손실이 커 효율이 나쁨.
- 일출부터 유입 된 실내온도 영향은 오후시간 될수록 실내유입 열의 축적에 따라 실내온도 상승이 발생함.
- 특히, 전면부 지면과 바다에 의한 복사열 유입량이 높을 것으로 판단됨.

## ◆ 한국해양대학교 외관 이미지 및 방위각

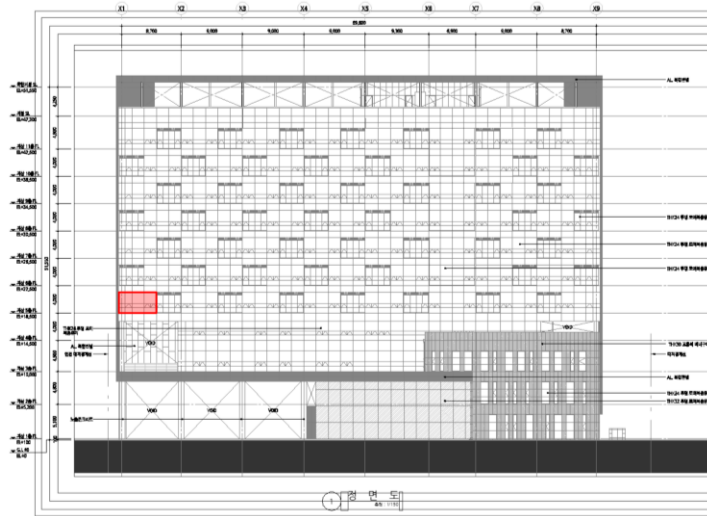


- 외관 이미지 -

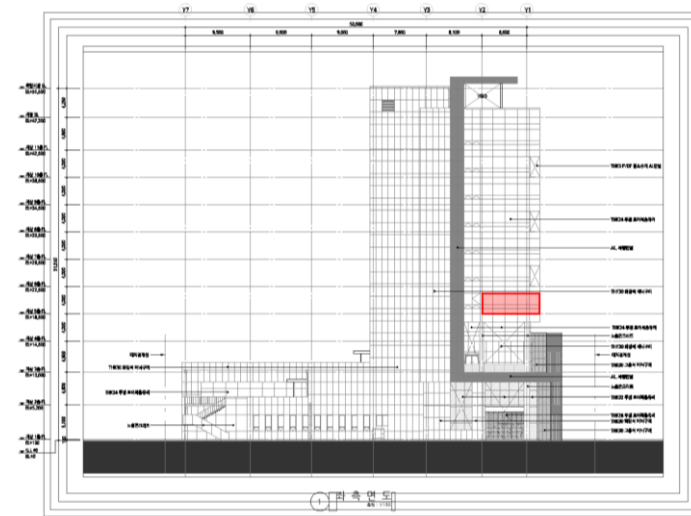


- 위성사진 및 방위각 -

## ◆ 윈도우 필름 부착 위치



<그림 #1. 윈도우 필름 부착 위치 - 정면도 >



<그림 #2. 윈도우 필름 부착 위치 - 좌측면도 >

## ◆ 부착된 윈도우 필름 제품 사양

※ 아래 제품 사양은 KOLAS 인증 국가공인 시험기관의 시험성적서에 근거하여 작성되었습니다.

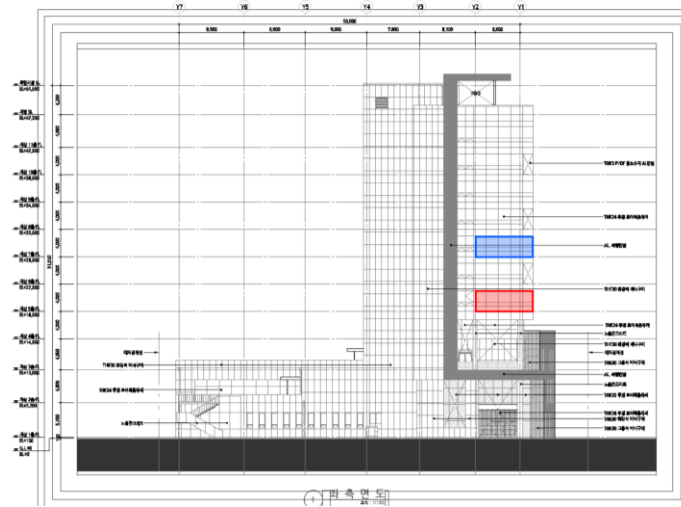
시험 항목	제품 사양 (국가 공인 시험성적서)	국가 공인 시험 방법	필요 성능
가시광선 투과율(밝기)	22.8 %	KS L 2016 : 2014	25% 이하
가시광선반사율(거울현상)	24.6%	KS L 2016 : 2014	30% 이하
자외선(UV) 투과율	0.0 %	KS L 2514 : 2014	0.1% 이하
태양열 취득율	0.20	KS L 9107 : 2014	0.20 이하
수정방사율	0.84 이하	KS L 2016 : 2014	0.84 이하
안전성능	비산방지성능 통과 (파편 없음)	KS L 2016 : 2014	물리적 안전 성능 테스트 통과 제품
	쇼트백 성능 통과 (깨짐 없음)	KS L 2016 : 2014	충격파괴 테스트 통과 제품
내후성	500시간 촉진내후성 테스트 통과(부품, 잔금, 끝이 벗겨짐 없음)	KS L 2016 : 2014	내후성 테스트 통과 제품
	500시간 촉진 내후성 테스트 후 색차 - 0.7	KS L 2016 : 2014	내후성 테스트 후 색차 통과 제품



## ◆ 미 부착 측정 위치 VS 원도우 필름 부착 측정 위치 정보



<그림 #3. 미 부착 vs 원도우 필름 부착 위치 정보 - 정면도 >



<그림 #4. 미 부착 vs 원도우 필름 부착 위치 정보 - 좌측면도 >

■ 원도우 필름 미부착 측정 위치 (716호)

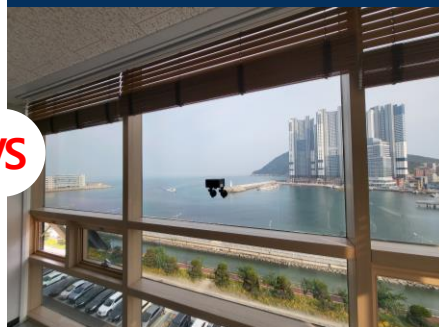
■ 원도우 필름 부착 측정 위치 (515호)

## ◆ 미 부착 측정 위치 VS 원도우 필름 부착 측정 위치 이미지

>> 미 부착(716호) 남향부



>> 원도우 필름 부착(515호) 남향부



VS

>> 미 부착(716호) 서향부



>> 원도우 필름 부착(515호) 서향부



VS

<그림 #5. 미 부착(716호) vs 원도우 필름 부착(515호) 남향부 이미지 >

<그림 #6. 미 부착(716호) vs 원도우 필름 부착(515호) 서향부 이미지 >

## ◆ 실내온도, 일사량 측정기 & 유리 성능 측정기

### • 일사량 /온도측정

일사량 측정은 외부에서 들어오는 일사량(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 파악.

일사량 측정기를 통해 방위각별, 위치별, 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 -

### ∴ 일사량 측정기 사양

일사량 측정 범위	분해능 (Resolution)	입사광 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 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, 한국해양대학교에 대한 온도 변화를 파악하고 이를 토대로 실내의 환경 변화 및 에너지 절감율 예측.

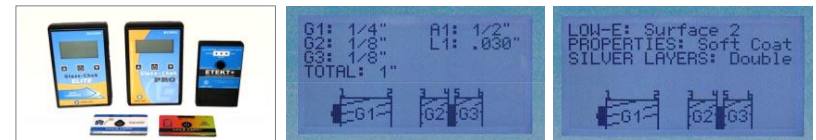
### ∴ 온도 측정기 사양

온도 측정 센서	정밀도	측정방식
NTC	$\pm 0.2^\circ C$	대기측정

### • 유리 성능 측정기 두께 측정기 및 Low-E 테스트기

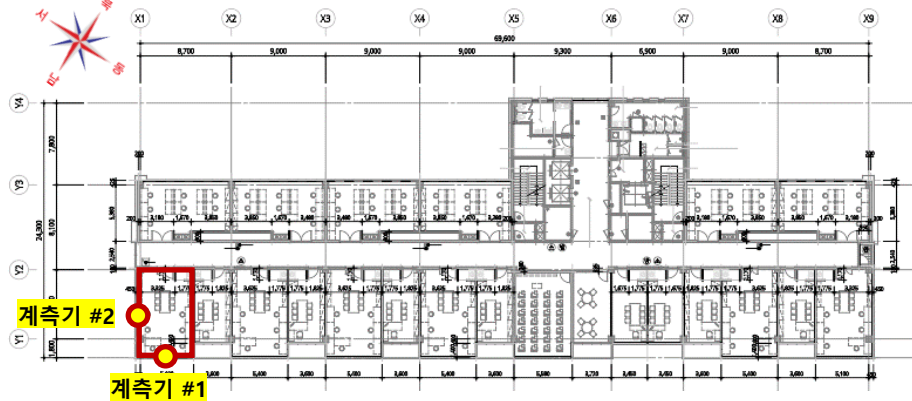
유리의 두께 및 단일, 이중, 삼중 및 사중 창 유리 및 공기 공간 두께를 한 면에서 측정.

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



- 유리 성능 측정기 두께 측정기 및 Low-E 테스트기 -

## ◆ 한국해양대학교 진단 계측기 부착 위치



<그림 #7. 평면도상 계측기 부착 위치>



<그림 #8. 방위각별 계측기 부착 이미지 >

## ■ 계측기 부착 위치 선정 및 진행 방법

- ① 원도우 필름이 부착된 동일한 면적의 미부착 공간에 계측기 부착.
- ② 미부착 vs 원도우 필름 부착 공간에 동일한 방위별 일사량, 자외선, 적외선을 측정하기 위해 계측기 부착.
- ③ 건물 외벽 창유리에 유입되는 일사량과 실내온도를 일정 간격으로 측정하여 저장.
- ④ 건물의 주중(냉난방기 사용)과 주말(냉난방기 미사용)의 실내온도 변화 및 특징 파악.
- ⑤ 건물 주간, 야간, 업무시간대, 냉난방기 사용시간의 실내온도 변화 및 특징 파악.
- ⑥ 외부 기온, 기후, 날씨 등의 영향에 따른 실내온도 변화 파악 후 실내 온도 변화 확인.



## 실내온도 변화 확인

---

진단 계측기를 일정기간 동안 외벽 창유리의 실내부에 부착하여

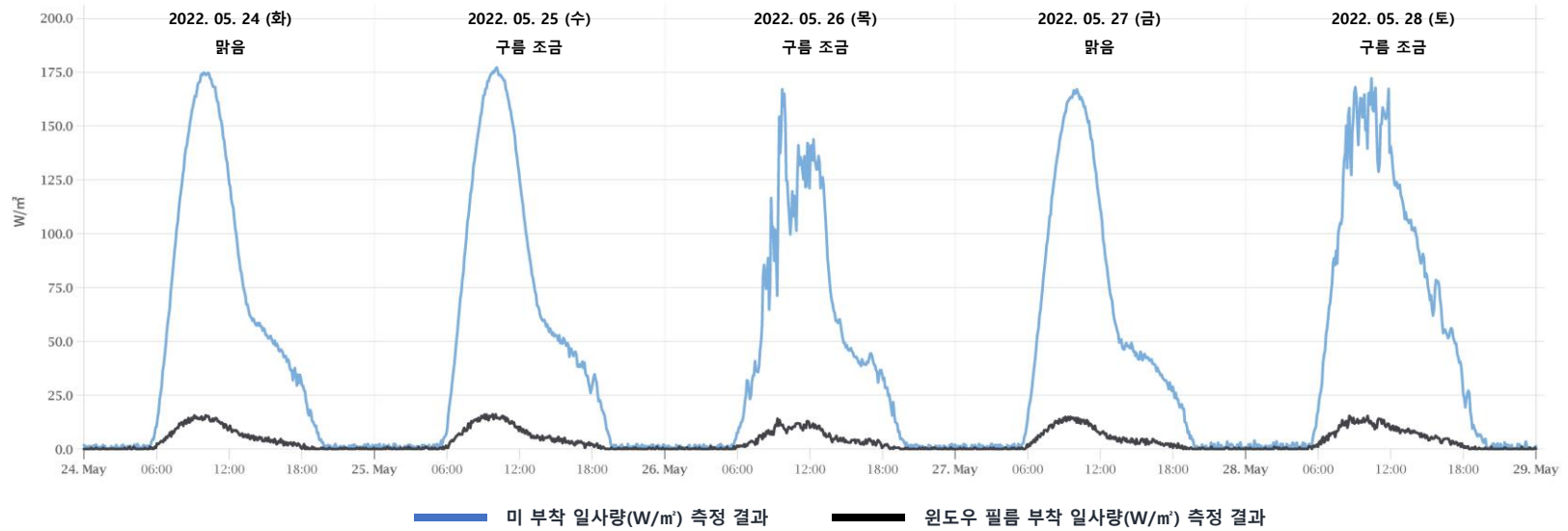
5분 단위로 일사량, 실내온도, 자외선 측정 후 저장하여

이를 근거로 한국해양대학교 실내온도 상승 변화를 분석합니다.

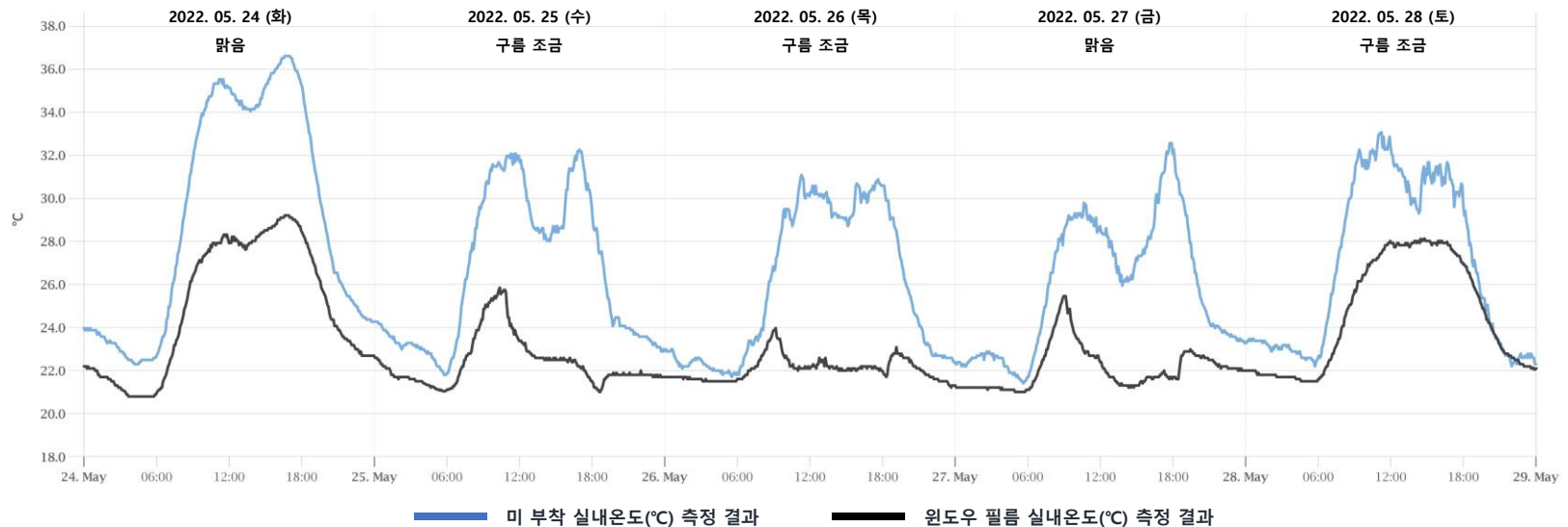
계측기 측정 기간	측정 일수	측정 단위	계측기 부착 위치
2022. 05. 23(월) ~ 2022. 05 .29(목)	7일	5분	외벽 창유리 실내면

※ 측정기간 중 24시간 미만 측정 데이터는 측정 근거로 사용하지 않습니다.

## ◆ 일사량 측정 결과 (미부착 716호 VS 윈도우 필름 부착 515호)



## ◆ 실내온도 측정 결과 (미부착 716호 VS 윈도우 필름 부착 515호)



## ◆ 일사량 측정 최종 결과

항 목	최대 일사 유입(2일차 10시 25분경)	평균 일사 유입	전체 유입 일사량
미 부착	177.9 W/m <sup>2</sup>	48.39 W/m <sup>2</sup>	2909.2 Wh/m <sup>2</sup>
윈도우 필름 부착	18.9 W/m <sup>2</sup>	6.87 W/m <sup>2</sup>	304.8 Wh/m <sup>2</sup>
감 소 율	89.37 % 감소	85.80 % 감소	89.52 % 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

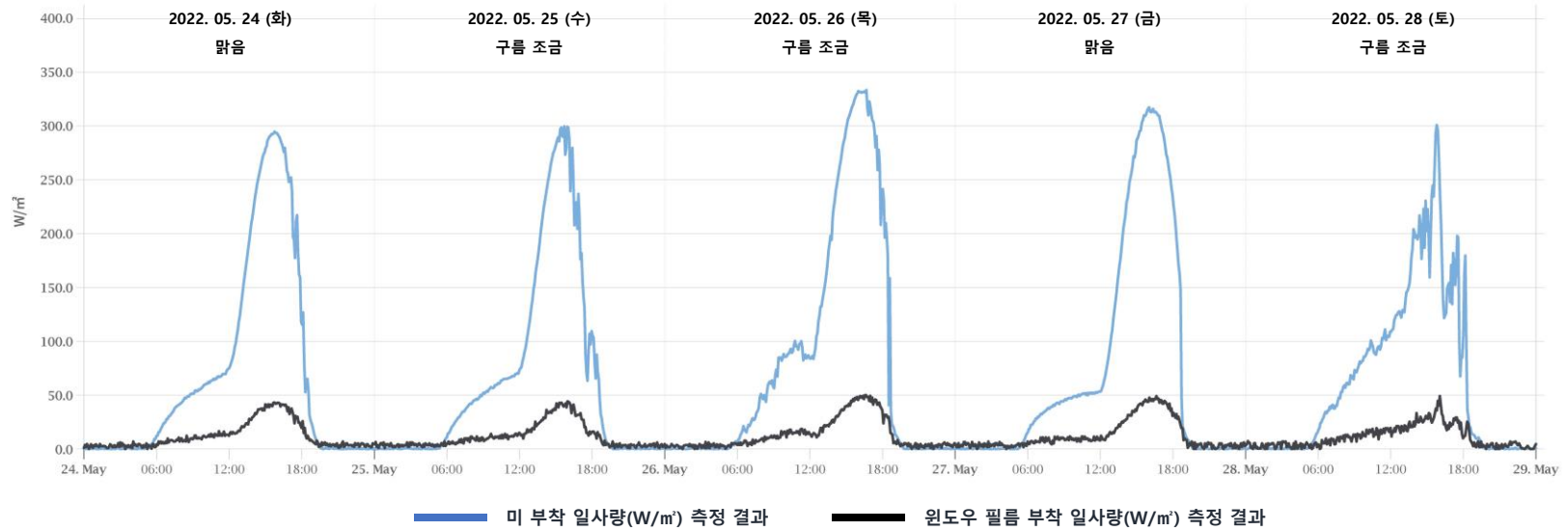
항 목	최고 온도 (1일차 17시 00분경)	주간 평균 온도 (1일차)
미 부착	36.7 °C	34.51 °C
윈도우 필름 부착	29.2 °C	26.77 °C
감 소 율	7.5 °C 감소	7.74 °C 감소

※ 실내온도 결과는 2~4일차 윈도우 필름 부착 공간에 냉방기 사용이 의심되는 부분이 있어 1일차 기준으로 작성되었음.

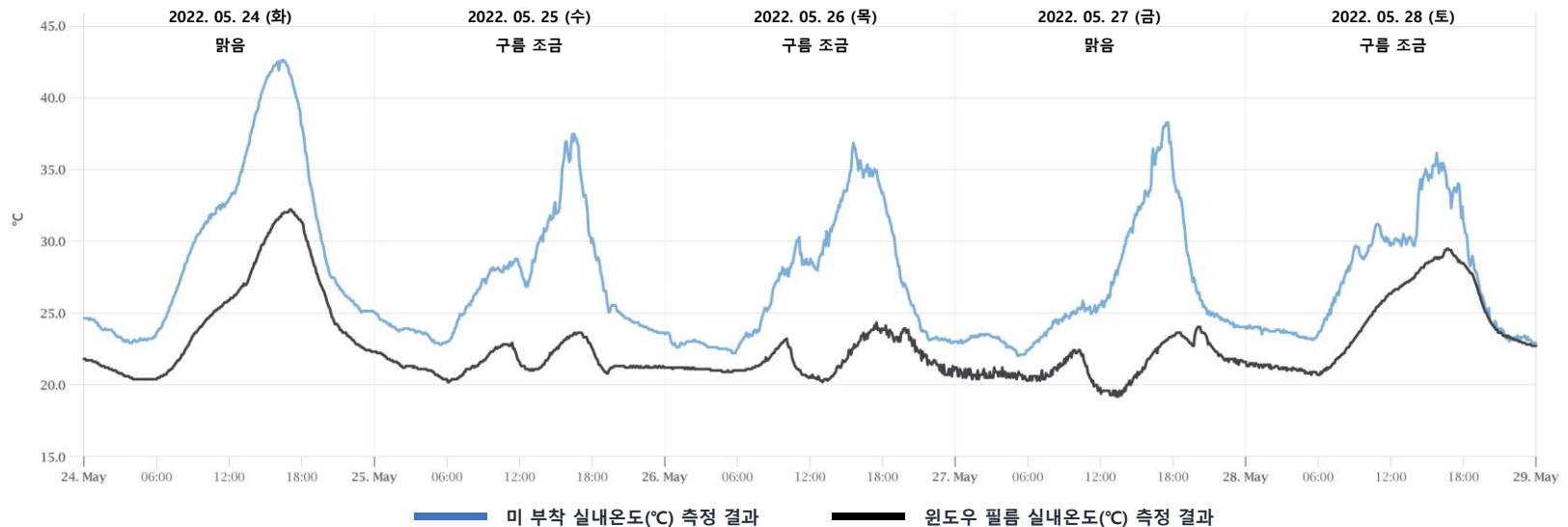
### ◇ 윈도우 필름 부착 측정 결과

- 테스트 기간 2022년 05월 24일 ~ 2022년 05월 28일 결과 자료임.
- 실내온도 테스트 결과에서 2~4일차 윈도우 필름 부착 공간에 냉방기 사용이 의심되는 부분이 있어 결과에서 제외 됨.
- 1일차(2022년 05월 24일, 맑음), 5일차(2022년 05월 28일, 구름조금) 결과에 기준을 두어 작성됨.
- 외부 일사 유입량이 감소(평균일사량 85.80% 감소, 최대 일사량 89.37% 감소)에 의한 실내온도 변화 확인.
- 일사 증감에 따른 실내온도 변화 발생 → 주간 평균 온도 최소 5.67°C~7.74°C 감소

## ◆ 일사량 측정 결과 (미부착 716호 VS 윈도우 필름 부착 515호)



## ◆ 실내온도 측정 결과 (미부착 716호 VS 윈도우 필름 부착 515호)



## ◆ 일사량 측정 최종 결과

항 목	최대 일사 유입(3일차 15시 55분경)	평균 일사 유입	전체 유입 일사량
미 부착	333.6 W/m <sup>2</sup>	81.92 W/m <sup>2</sup>	3358.8 Wh/m <sup>2</sup>
윈도우 필름 부착	23.3 W/m <sup>2</sup>	8.34 W/m <sup>2</sup>	346.7 Wh/m <sup>2</sup>
감 소 율	93.01 % 감소	89.81 % 감소	89.67 % 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 온도 (1일차 16시 55분경)	주간 평균 온도 (1일차)
미 부착	42.3 °C	33.79 °C
윈도우 필름 부착	32.0 °C	26.15 °C
감 소 율	10.3 °C 감소	7.64 °C 감소

※ 실내온도 결과는 2~4일차 윈도우 필름 부착 공간에 냉방기 사용이 의심되는 부분이 있어 1일차 기준으로 작성되었음.

### ◇ 윈도우 필름 부착 측정 결과

- 테스트 기간 2022년 05월 24일 ~ 2022년 05월 28일 결과 자료임.
- 실내온도 테스트 결과에서 2~4일차 윈도우 필름 부착 공간에 냉방기 사용이 의심되는 부분이 있어 결과에서 제외 됨.
- 1일차(2022년 05월 24일, 맑음), 5일차(2022년 05월 28일, 구름조금) 결과에 기준을 두어 작성됨.
- 외부 일사 유입량이 감소(평균일사량 89.81% 감소, 최대 일사량 93.01% 감소)에 의한 실내온도 변화 확인.
- 일사 증감에 따른 실내온도 변화 발생 → 주간 평균 온도 최소 5.14°C~7.64°C 감소

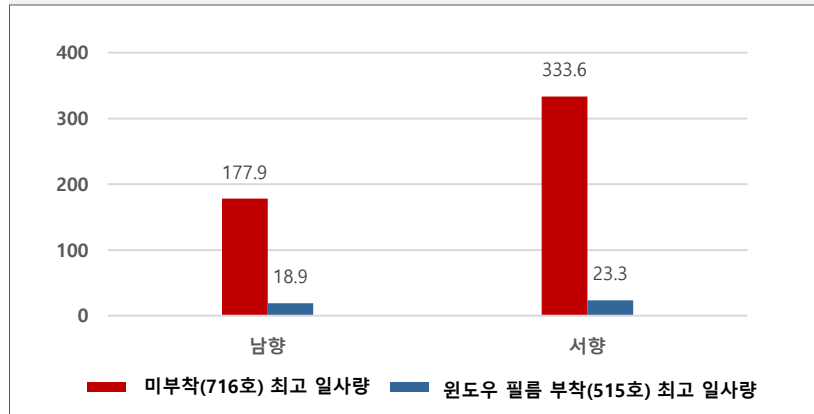


## 일사량, 실내온도 테스트 결과

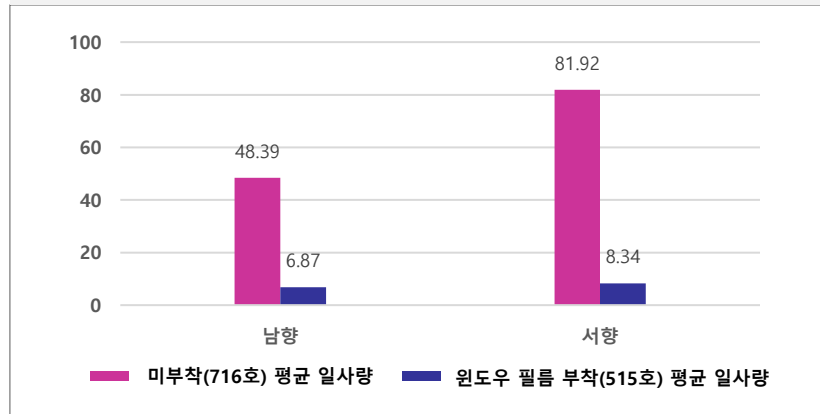
## ◆ 일사량 측정 최종 결과

항 목	남향부		서향부	
	최고 일사량 (W/m <sup>2</sup> )	평균 일사량 (W/m <sup>2</sup> )	최고 일사량 (W/m <sup>2</sup> )	평균 일사량 (W/m <sup>2</sup> )
미 부착	177.9	48.39	333.6	81.92
윈도우 필름 부착	18.9	6.87	23.3	8.34
감 소 율 (%)	89.37	85.80	93.01	89.81

### • 방위각별 미부착 vs 윈도우 필름 부착 최고 일사량 비교 (W/m<sup>2</sup>)



### • 방위각별 미부착 vs 윈도우 필름 부착 평균 일사량 비교 (W/m<sup>2</sup>)



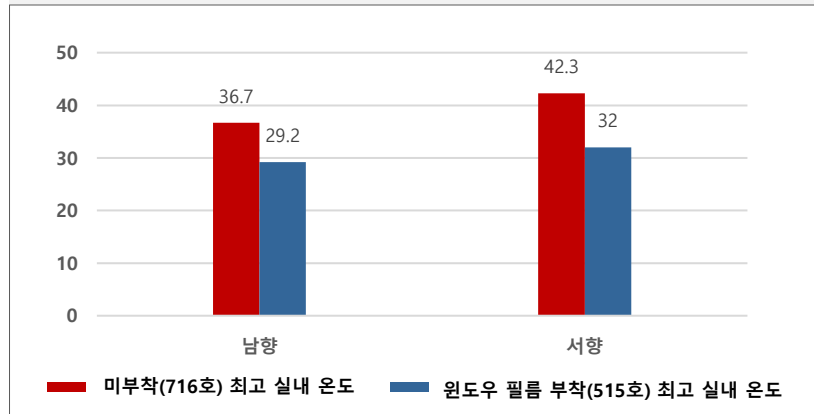
## ◇ 윈도우 필름 부착 방위별 일사량 측정 결과

- 최고 일사량은 미부착(716호) 대비 윈도우 필름 부착(515호)가 89.37% ~ 93.01% 일사량 감소.
- 평균 일사량 미부착(716호) 대비 윈도우 필름 부착(515호)가 85.80% ~ 89.81% 일사량 감소.
- 윈도우 필름 부착 후 방위각별 일사량, 실내온도 감소율 차는 태양의 남중고도와 일사 각도, 적층 시간, 적층 온도 등에 의한 것임.

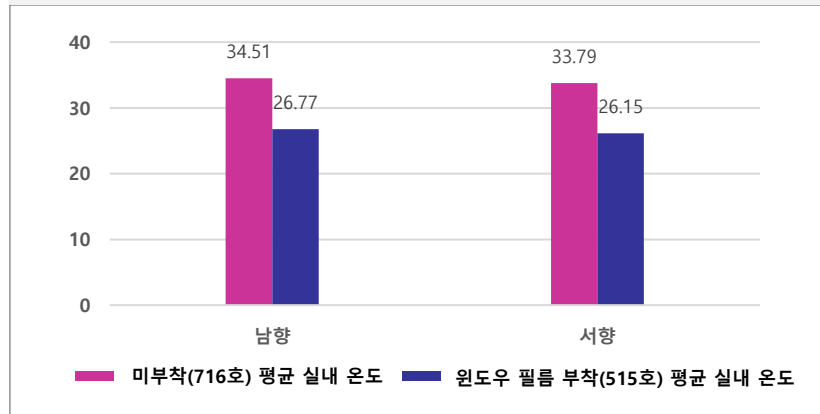
## ◆ 실내온도 측정 최종 결과

항 목	남향부		서향부	
	최고 실내 온도 (°C)	평균 실내 온도 (°C)	최고 실내 온도 (°C)	평균 실내 온도 (°C)
미 부착	36.7	34.51	42.3	33.79
윈도우 필름 부착	29.2	26.77	32.0	26.15
감 소 율 (°C)	7.5	7.74	10.3	7.64

### • 방위각별 미부착 vs 윈도우 필름 부착 최고 실내 온도 (°C)



### • 방위각별 미부착 vs 윈도우 필름 부착 평균 실내 온도 (°C)



## ◇ 윈도우 필름 부착 방위별 실내 온도 측정 결과

- 최고 실내 온도는 미부착(716호) 대비 윈도우 필름 부착(515호)가 7.5°C ~ 10.3°C 실내 온도 감소.
- 평균 실내온도는 미부착(716호) 대비 윈도우 필름 부착(515호)가 7.74°C ~ 7.64°C 실내 온도 감소.
- 실내온도 테스트 결과에서 2~4일차 윈도우 필름 부착 공간에 냉방기 사용이 의심되는 부분이 있어 결과에서 제외 됨.

## 열화상 카메라 바닥 온도 테스트 결과

## ◆ 미 부착 측정 위치(716호) VS 원도우 필름 부착(515호) 열화상 카메라 비교 테스트



<그림 #9. 미 부착(716호) vs 원도우 필름 부착(515호) 바닥 표면 온도 >

- 계측기 설치를 위해 방문 당시 동시간대 실내 온도 촬영 결과값임(이미지상 상단 소화기와 의자 차이 발생)
- 미부착(716호) 실내 바닥온도는 38.5°C VS 원도우 필름 부착(515호) 실내 바닥온도는 32.9°C.
- 원도우 필름 부착 실내 바닥온도가 약 5.6°C 낮음. 서향부 실내온도와 유사한 온도차 발생을 확인함.



## 실내 조도(lux) 테스트 결과

## ◆ 미 부착 측정 위치(716호) VS 원도우 필름 부착(515호) 실내 조도 테스트



<그림 #10. 미 부착(716호) vs 원도우 필름 부착(515호) 실내 조도(lux) 테스트 이미지 >

- 계측기 설치를 위해 방문 당시 동시간대 실내 조도 측정기 촬영 결과값임
- 미부착(716호) 실내 조도는 12017 Lux VS 원도우 필름 부착(515호) 실내 조도는 1683 Lux.
- 일사량 감소율과 비슷한 수준의 85.99% 감소를 통해 눈부심, 모니터 반사등의 실내환경 개선 효과가 있음을 확인함.

• ※ 본 결과는 조도기 각도에 따라 달라질 수 있기때문에 참고용 자료로만 사용하시기 바랍니다.

**미부착 vs 윈도우 필름 부착**

**효과분석 보고서 결론**

## ◆ 한국해양대학교 윈도우 필름 설치 최종 결과

### 일사량 감소

- 실내 직접 유입된 태양광이 실내온도 상승과 냉방에너지 발생에 지배적인 요인으로 작용.
  - ① 하늘의 태양 일사량과 전면부 바다 표면에서 반사된 복사 일사 유입량이 실내온도 상승의 주요 원인임.
  - ② 최고 일사량은 미부착(716호) 대비 윈도우 필름 부착(515호)가 89.37% ~ 93.01% 일사량 감소.
  - ③ 평균 일사량 미부착(716호) 대비 윈도우 필름 부착(515호)가 85.80% ~ 89.81% 일사량 감소

### 실내온도 감소

- 외부용 윈도우 필름 부착 후 적산 일사량 감소로 실내 온도 감소.
  - ① 실내 유입되는 일사량이 감소율이 높고 적산되는 일사량이 적어 실내온도 감소로 이뤄짐.
  - ② 최고 실내 온도는 미부착(716호) 대비 윈도우 필름 부착(515호)가 7.5℃ ~ 10.3℃ 실내 온도 감소.
  - ③ 평균 실내온도는 미부착(716호) 대비 윈도우 필름 부착(515호)가 7.74℃ ~ 7.64℃ 실내 온도 감소.

### 동절기 실내온도 유지

- 외부용 윈도우 필름 부착에 따른 동절기 열손실 최소화.
  - ① 창 유리면 Low-E 성능이 3면(실내면)에 있기 때문에 외부용 필름 부착으로 기능의 변동이 없음.
  - ② 일사량 감소가 심하여 동절기 외부의 온기는 줄어들지만, 실내/외 온도차에 의한 열손실은 최소화 되어 큰 손실은 없을 것으로 판단됨.
  - ③ 기존 내부용 설치시 Low-E 기능변화에 따른 열손실 발생 가능성 높음.

### 환 개 선

- 실내온도 상승 억제와 냉방기기 사용 시간대 감소로 에너지 절감 효과
  - ① 외부 일사량 감소는 실내온도 상승 억제로 이어져 7℃ 이상의 실내온도 억제 효과 발생.
  - ② 외부용 기능성 윈도우 필름 부착으로 실내온도 억제에 따른 적정 실내온도 유지 가능 → 냉방기기 사용시간 감소.
  - ③ 실내 이용자의 온도 불균형, 적정 실내 온도, 냉난방기 적정 사용등 환경 개선 효과 탁월.
  - ④ 해안가 주변 3km 이내 내후성 테스트를 거친 제품 선정에 따른 장기간(10년) 사용에 따른 에너지 절감 효과 탁월.



감 사 합 니 다