

한국해양대학교

에너지 효율 진단 분석 보고서

2022년 04월 20일

Net-zero

더 늦기전에, 탄소중립 2050

(사)대한필름시공기술인협회

- 본 효과 분석 보고서는 사단법인 대한필름시공기술인협회 홈페이지 katt.or.kr에서도 확인 할 수 있습니다 -

외벽 창유리 에너지 효율 진단 배경 및 필요성

건물 에너지는 국내 전체 에너지 사용량의 약 25.6%를 차지하고 있다. 최근 건물부문 에너지절감을 통한 온실가스 감축을 목표로 하는 ‘(신축)제로에너지건물’ 및 ‘(기축)그린리모델링’ 정책/사업이 공공, 민간을 막론하고 활발히 시행되고 있다.

건물 창유리는 여름철 일사획득으로 인한 냉방부하 증가와 겨울철 열 손실에 따른 난방부하 증가로 인한 건물 에너지소비에 막대한 영향을 주는 주요 경로이다.

창유리용(기능성)필름은 기존 창호의 유리 표면에 용이하게 부착하여 별도의 교체 및 설치 등의 시공 작업 없이, 건물의 외관을 변형시키지 않으면서도 창호를 통한 열 취득 및 손실을 제어할 수 있어 ‘제로에너지빌딩’ 및 ‘그린리모델링’을 위한 핵심기술로써 수요가 증가하고 있다.

본 진단은 건축용 기능성 필름의 기존 건물의 창유리 설치에 따른 창유리의 열성능(열취득/손실방지) 개선효과, 건물단위의 냉·난방 에너지 절감량 및 그에 따른 경제성(비용절감 효과)을 분석하기 위함이다.

◆ 창유리 에너지 효율 진단 흐름도

건물 현황 분석



- 건물 현장 파악
- 건물 현장 분석
- Needs 파악

현장 모니터링



- 일사량 측정 및 분석기 설치
(Solar power meter & Solar module analyzer)
- 일사/실내온도 분단위 측정
- 유해자외선 측정
- 일사유입에 따른 실내온도
상관 관계 파악

필름 테스트



- 열차단/단열 필름 설치
- 일사량 측정 및 분석기 설치
(Solar power meter & Solar module analyzer)
- 일사/실내온도 분단위 측정
- 유해자외선 측정

결과보고서 (개선효과분석)



- 일사량, 온도 상관관계 파악
- 에너지 시뮬레이션
- 경제성분석
- 분석결과 전달
- 개선사항

◆ 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 1.2W/m²이하이며, 준공시 태양열 취득율 기준이 없어 열차단 보다 단열 성능에 치중된 유리가 설치됨.
- 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 -

◆ 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 설치 전/후에 대한 일사량 값을 파악. 이를 근거로 일사량과 실내온도 상승의 상관관계를 분석, 일사량 감소율, 기능성 필름 설치 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 설치된 온도 센서를 통해 창가 온도를 측정 후, 윈도우 필름 설치 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.

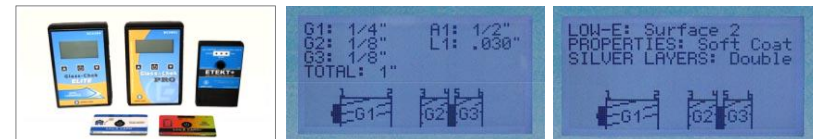
∴ 온도 측정기 사양

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 설치 위치



<그림 #1. 평면도상 계측기 설치 위치>



<그림 #2. 계측기 설치 위치 및 측정 이미지 >



<그림 #3. 윈도우 필름 설치 후 측정 이미지 >

■ 계측기 설치 위치 선정 및 진행

- 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 설치.
- 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 설치하여

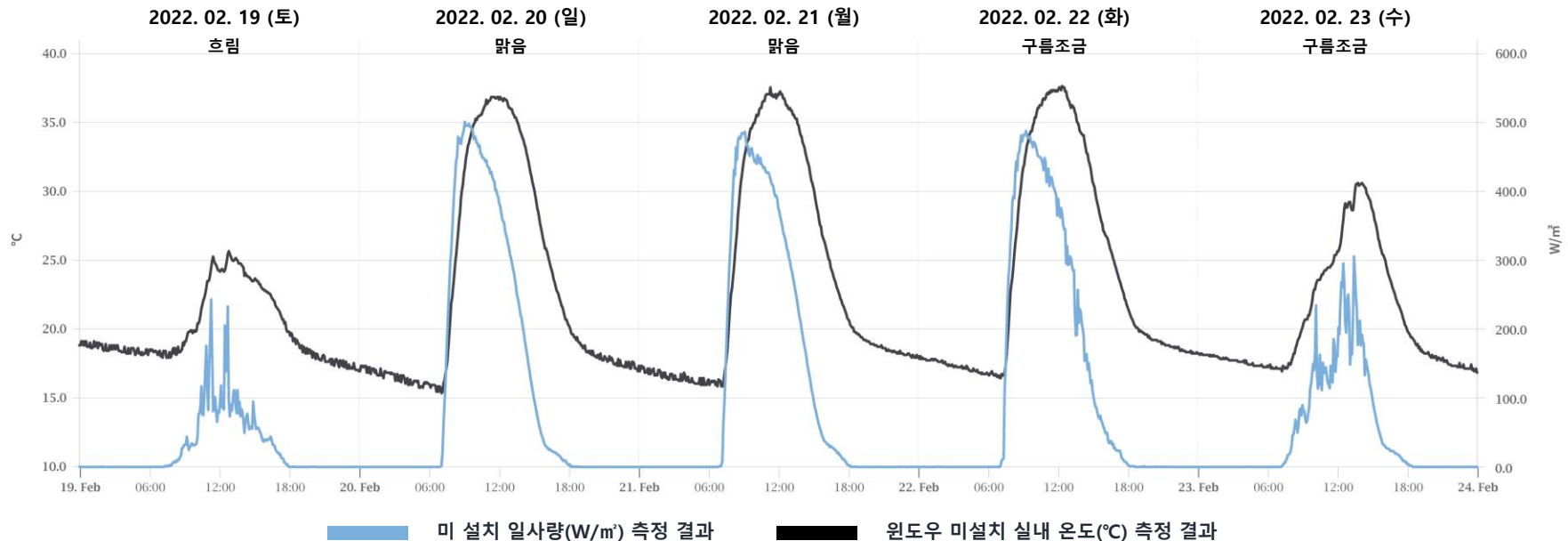
5분 단위로 일사량, 실내온도, 자외선 측정 후 저장하여

이를 근거로 한국해양대학교 실내온도 상승 원인 파악 및 분석합니다.

계측기 측정 기간	측정 일수	측정 단위	계측기 설치 위치
2022. 02. 18(금) ~ 2022. 02 .25(목)	7일	5분	외벽 창유리 실내부

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

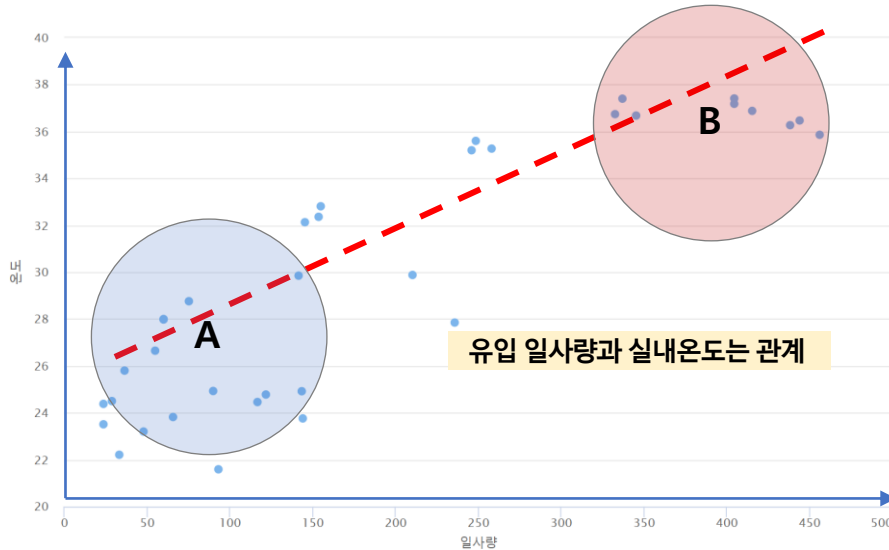
◆ 미설치 유리 일사량 및 실내온도 결과(남측 예시)



◇ 일사 & 실내온도 분석 및 측정 결과

- 테스트 기간 2022년 02월 19일 ~ 2022년 02월 23일 결과 자료임.
- 5분 단위 간격 데이터는 테스트 공간 유입된 일사에 의한 축열 효과를 고려하지 결과치임.
- 외부 일사 유입량이 적을 경우 실내온도는 감소. 일사 유입량 증가시 실내온도 상승 발생 – 일사량과 실내온도 관계성 높음.
- 일사 변화에 따라 실내온도 변화 발생 → 외부 일사량에 따른 실내온도 변화 발생
- 일반 상업용 건물의 일사량이 140~180W/m²인 것을 감안할 경우 한국해양대학교 본 건물의 일사 유입량은 매우 높음.

◆ 주간시간대 일사량 & 실내온도 분포도



▶ 일사량 & 실내온도 분포도 진행 내용

- 테스트 기간 2022년 02월 19일 ~ 2022년 02월 23일 결과.
- 실내온도를 독립변수, 수직면 실내 유입 일사량을 종속변수로 선정 회귀분석을 수행.
- 일별 09시~18시 시간별 값(X축: 일사량평균, Y축: 온도평균)으로 회귀분석 진행.
 - A구역 - 실내 유입 일사량이 낮은 구간 실내온도가 낮은 구역임.
 - B구역 - 실내 유입 일사량이 높은 구간으로 실내온도 높은 구간임.

▶ 한국해양대학교 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

◆ 일사량과 실내온도 상관관계

◇ 일사 & 실내온도 분석 및 측정 결론

- 실내 직접 유입된 태양광이 실내온도 상승과 냉방에너지 발생에 지배적인 요인으로 작용됨.
- 냉방 부하의 주요 변수로 일별 적산 일사량을 선정하여 일별 냉방에너지 소요량과 상관관계를 확인 가능.
- 외부 일사 유입량이 적을 경우 실내온도는 감소. 일사 유입량 증가시 실내온도 상승 발생 - 일사량과 실내온도 관계성 높음.
- 일사 변화에 따라 실내온도 변화 발생 → 외부 일사량에 따른 실내온도 변화 발생 - 일사량과 실내온도 관계성 높음.
- 일반 상업용 건물의 일사량이 140~180W/m²인 것을 감안할 경우 한국해양대학교 본 건물의 일사량 유입량은 매우 높음.

◆ 샘플 윈도우 필름 설치 목적 및 제품 정보

1. 테스트 윈도우 필름 설치 목적

- ① 샘플 윈도우 필름 설치는 단열성능과 열차단성능을 모두 갖춘 윈도우필름으로 건물 특성에 맞는 가장 이상적인 윈도우 필름 찾기 위한 기준이 되는 필름임.
- ② 건물 외벽 유리의 현재 성능을 확인하고 일사 획득에 따른 실내온도 상승과 동절기 실내 열 손실에 의한 실내온도 감소를 측정하여 비교, 외벽 유리의 성능 확인할 수 있음.
- ③ 기준 필름을 통해 외벽유리의 취약부분을 확인하고 건물 에너지 효율에 최적화된 윈도우 필름을 확인, 제안하기 위함.

2. 테스트 윈도우 필름 국가 공인시험성적 결과

가시광선 투과율 (밝기)	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(유리의가시광선 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 흐림도 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

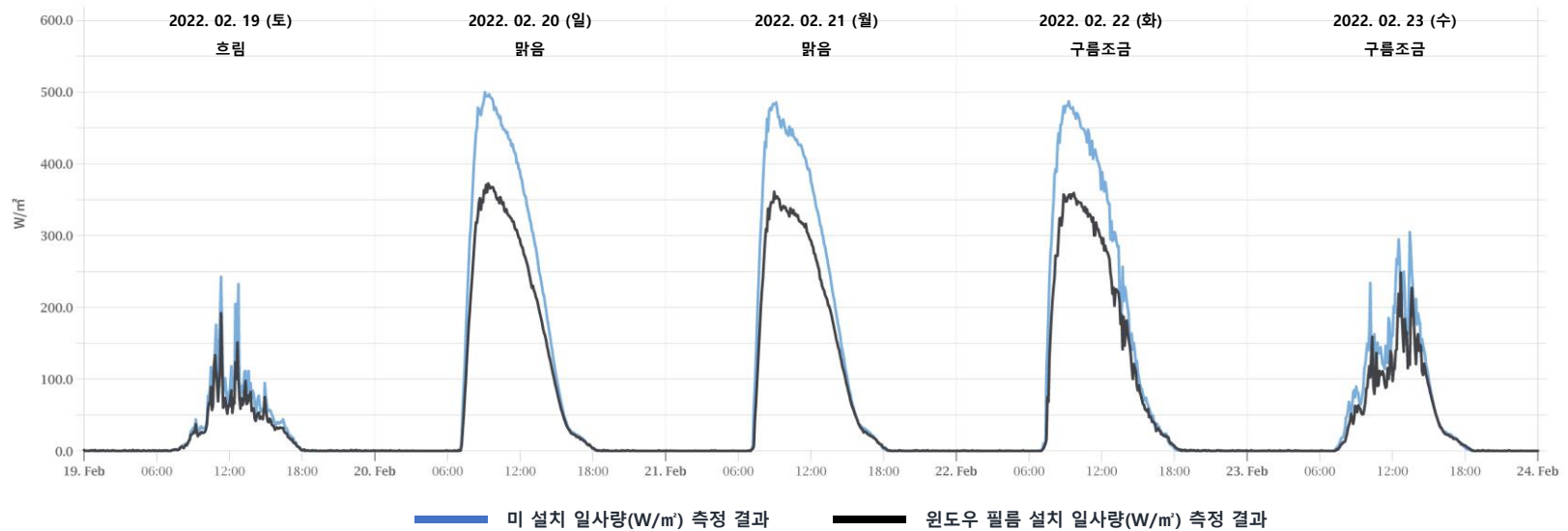
시료명	필요 성능	Glazing 구조	태양열 취득률(-)	감소율 (%)
기존 유리 (윈도우 필름 미설치)		(외부)6mmCL + 12mmAir + 6mmCL(내부)	0.70	-
기존 유리 + 윈도우 필름 설치		(외부)6mmCL + 12mmAir + 6mmCL+필름(내부)	0.33	52.86

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

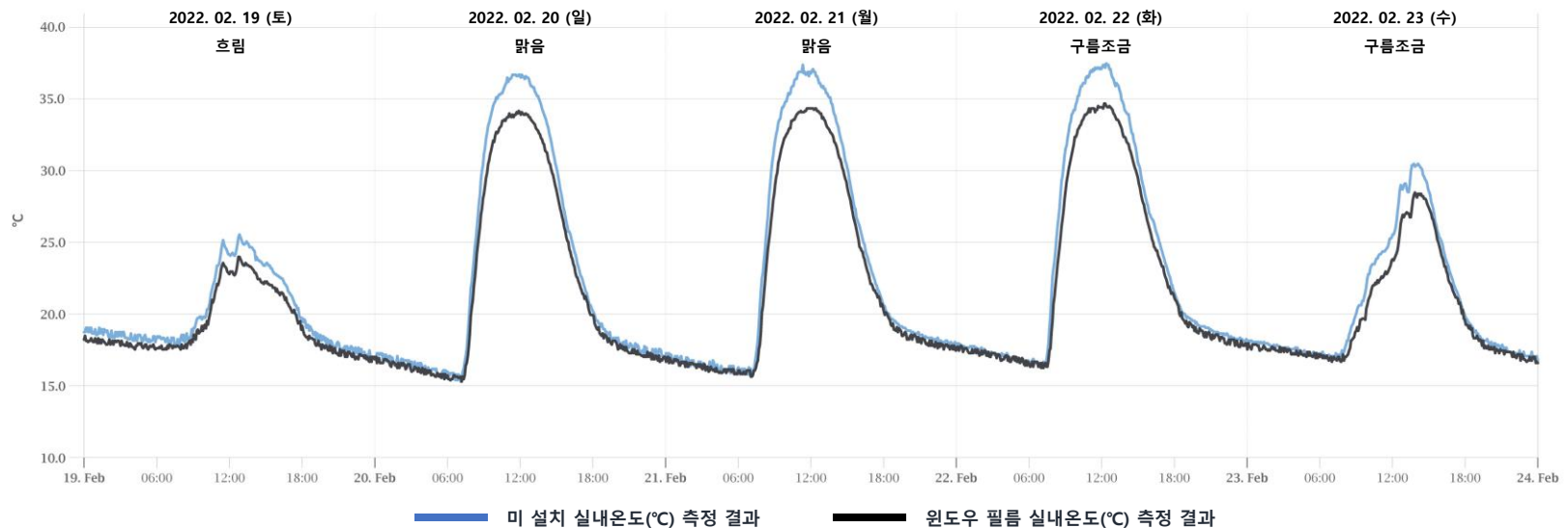
일사량, 실내온도 테스트 결과

- 남향부 -

◆ 일사량 측정 결과 (미설치 유리 VS 윈도우 필름 설치)



◆ 실내온도 측정 결과 (미설치 유리 VS 윈도우 필름 설치)



◆ 일사량 측정 최종 결과

항 목	최대 일사 유입 (2일차 9시 25분경)	평균 일사 유입	전체 유입 일사량
미 설치	496.4 W/m ²	115.73 W/m ²	2,795.98 Wh/m ²
윈도우 필름 설치	359.0 W/m ²	86.37 W/m ²	2,072.88 Wh/m ²
감 소 율	27.67 % 감소	25.36 % 감소	25.86 % 감소

※ 일사량 결과는 측정기 설치 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 (3일차 11시 40분경)	평균 온도
미 설치	37.7 °C	35.59 °C
윈도우 필름 설치	33.8 °C	31.47 °C
감 소 율	3.9 °C 감소	4.12 °C 감소

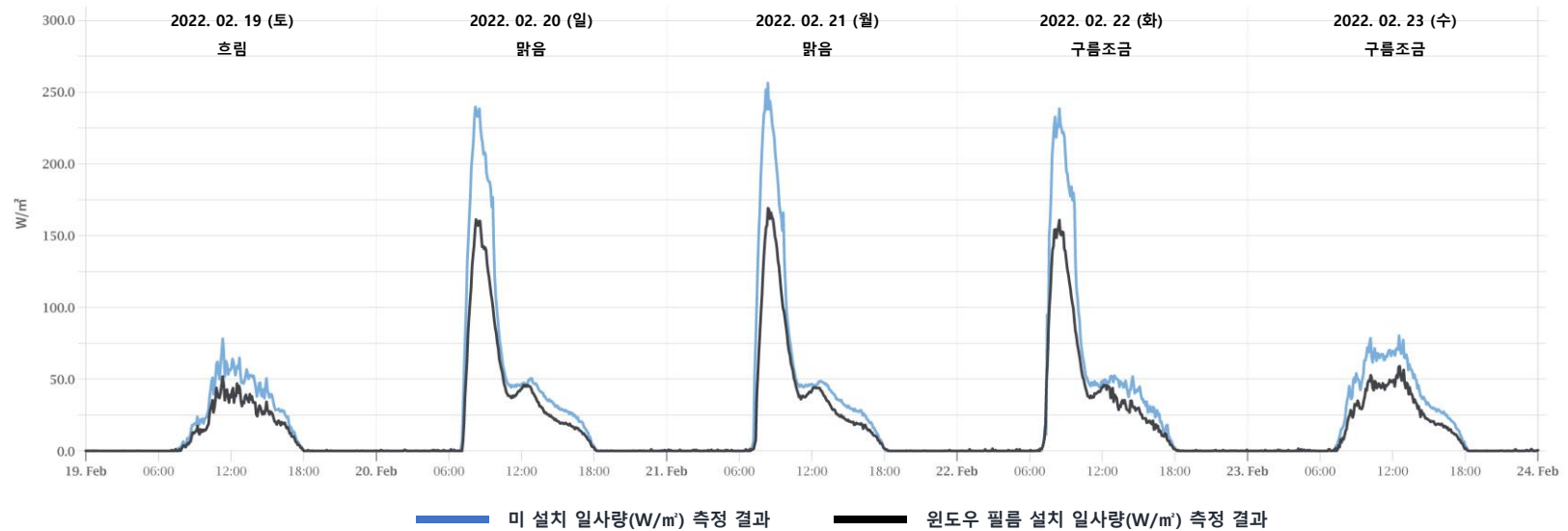
◇ 윈도우 필름 설치 측정 결과

- 테스트 기간 2022년 02월 19일 ~ 2022년 02월 23일 결과 자료임.
- 주변 지역 건물 일사량 유입량 대비 약 175.5% 높음. 이는 전면부 바다 표면의 일사 반사의 유입으로 인한 일사량 증가.
- 테스트 필름 기준 최고 일사량 27.67%, 평균 일사량 25.36%, 전체 유입량 25.86% 감소.
- 외부 일사 유입량이 감소에 의해 실내온도 변화 확인. 일사 증감에 따른 실내온도 변화 발생 → 일사량과 실내온도 관계성 높음
- 테스트 필름 기준 최고 실내 온도 3.9°C, 평균 실내 온도 4.12°C 감소.

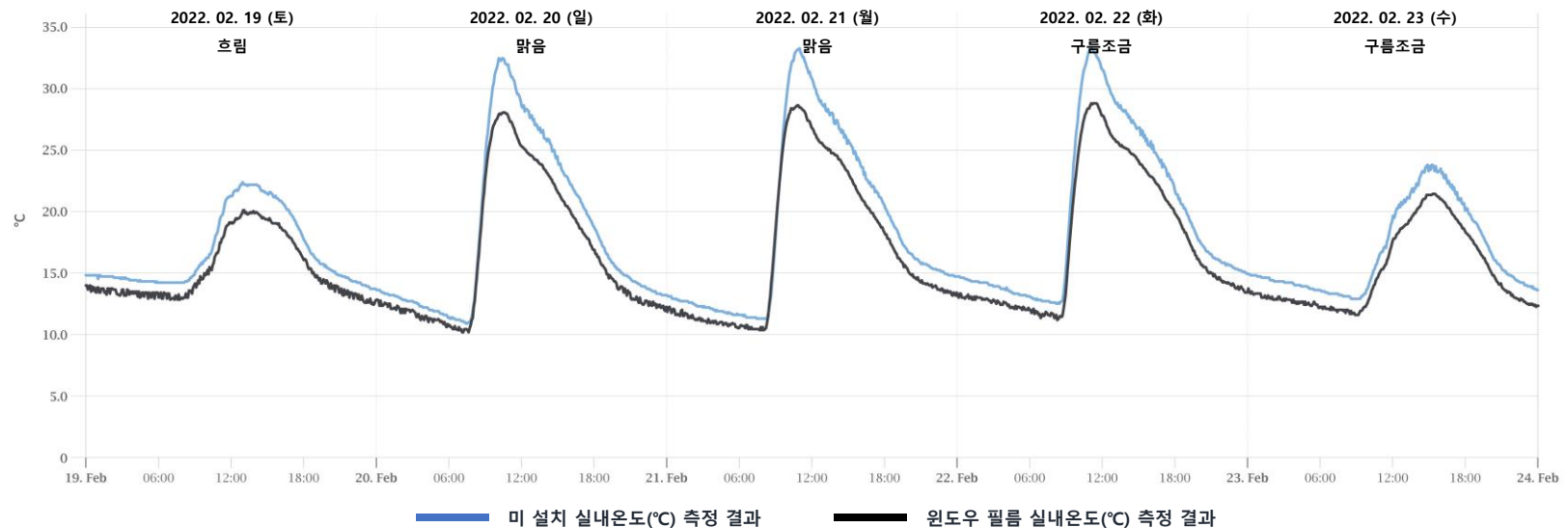
일사량, 실내온도 테스트 결과

- 동향부 -

◆ 일사량 측정 결과 (미설치 유리 VS 윈도우 필름 설치)



◆ 실내온도 측정 결과 (미설치 유리 VS 윈도우 필름 설치)



◆ 일사량 측정 최종 결과

항 목	최대 일사 유입 (3일차 8시 21분경)	평균 일사 유입	전체 유입 일사량
미 설치	239.8 W/m ²	34.09 W/m ²	803.20 Wh/m ²
윈도우 필름 설치	161.3 W/m ²	23.93 W/m ²	570.45 Wh/m ²
감 소 율	32.73 % 감소	29.80 % 감소	28.97 % 감소

※ 일사량 결과는 측정기 설치 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 (3일차 10시 58분경)	평균 온도
미 설치	32.7 °C	28.98 °C
윈도우 필름 설치	28.4 °C	25.11 °C
감 소 율	4.3 °C 감소	3.87 °C 감소

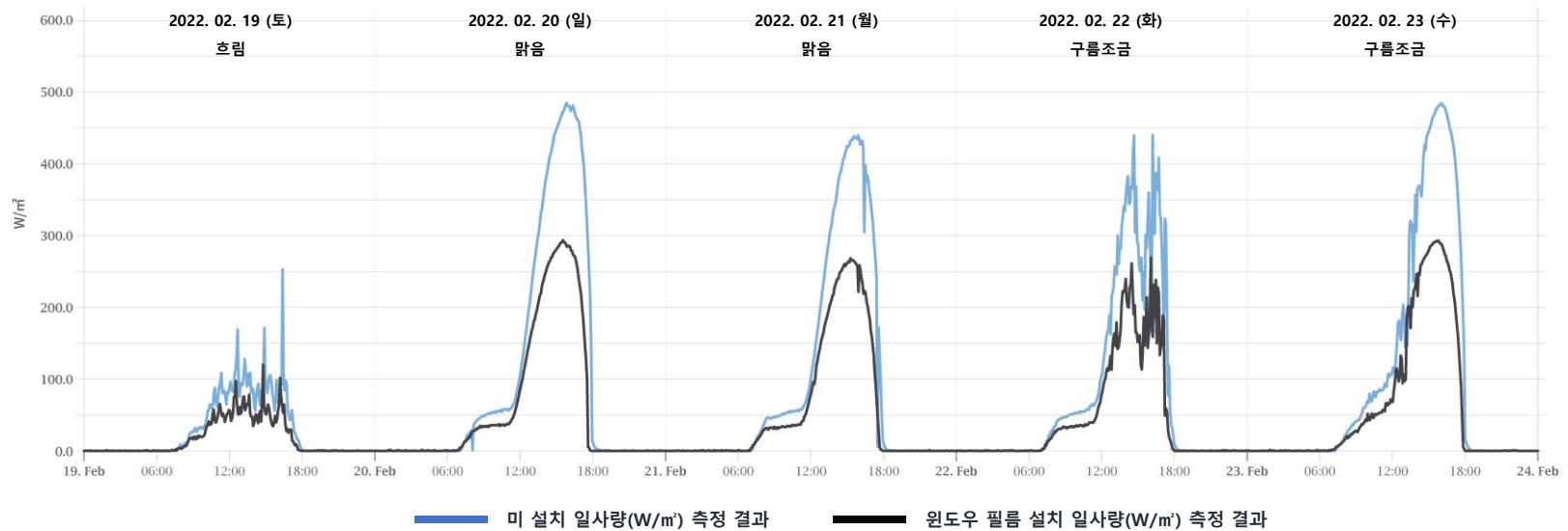
◇ 윈도우 필름 설치 측정 결과

- 테스트 기간 2022년 02월 19일 ~ 2022년 02월 23일 결과 자료임.
- 주변 지역 건물 일사량 유입량 대비 약 32.7% 높음. 이는 전면부 바다 표면의 일사 반사의 유입으로 인한 일사량 증가.
- 테스트 필름 기준 최고 일사량 32.73%, 평균 일사량 29.80%, 전체 유입량 28.97% 감소.
- 외부 일사 유입량이 감소에 의해 실내온도 변화 확인. 일사 증감에 따른 실내온도 변화 발생 → 일사량과 실내온도 관계성 높음
- 테스트 필름 기준 최고 실내 온도 4.3°C, 평균 실내 온도 3.87°C 감소.

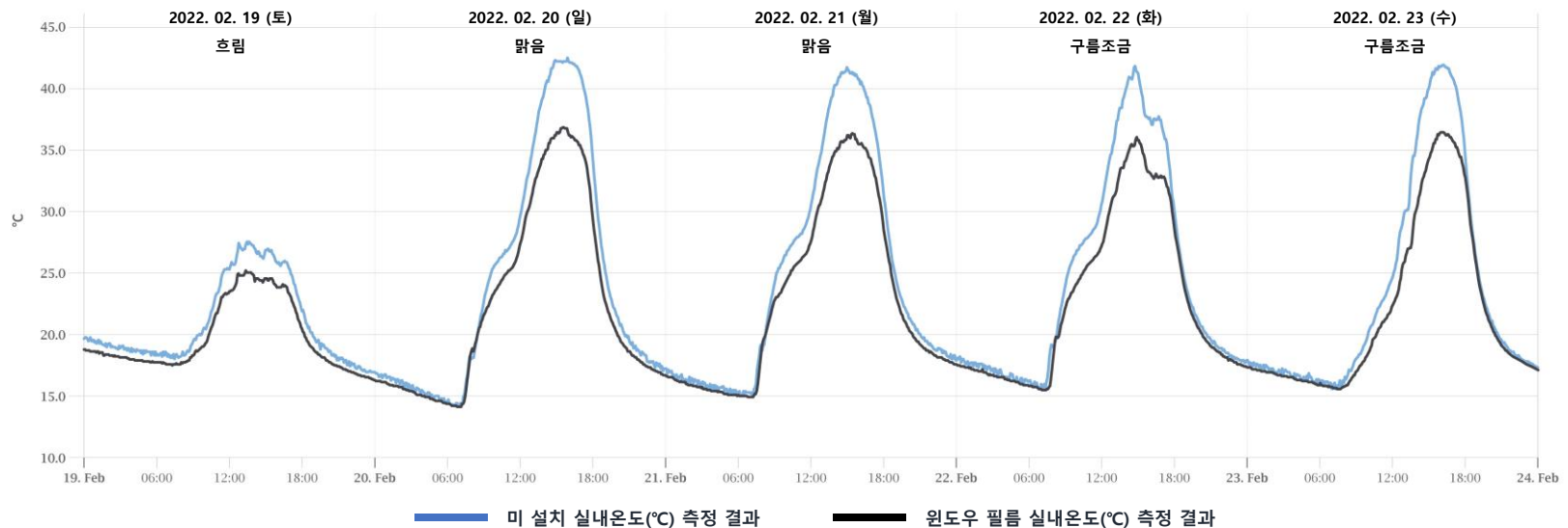
일사량, 실내온도 테스트 결과

- 서향부 -

◆ 일사량 측정 결과 (미설치 유리 VS 윈도우 필름 설치)



◆ 실내온도 측정 결과 (미설치 유리 VS 윈도우 필름 설치)



◆ 일사량 측정 최종 결과

항 목	최대 일사 유입(2일차 15시 50분경)	평균 일사 유입	전체 유입 일사량
미 설치	482.6 W/m ²	98.59 W/m ²	2350.99 Wh/m ²
윈도우 필름 설치	292.2 W/m ²	59.63 W/m ²	1439.25 Wh/m ²
감 소 율	39.45 % 감소	39.51 % 감소	38.78 % 감소

※ 일사량 결과는 측정기 설치 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 (3일차 15시 55분경)	평균 온도
미 설치	42.9 °C	32.65 °C
윈도우 필름 설치	36.8 °C	26.88 °C
감 소 율	6.1 °C 감소	5.77 °C 감소

◇ 윈도우 필름 설치 측정 결과

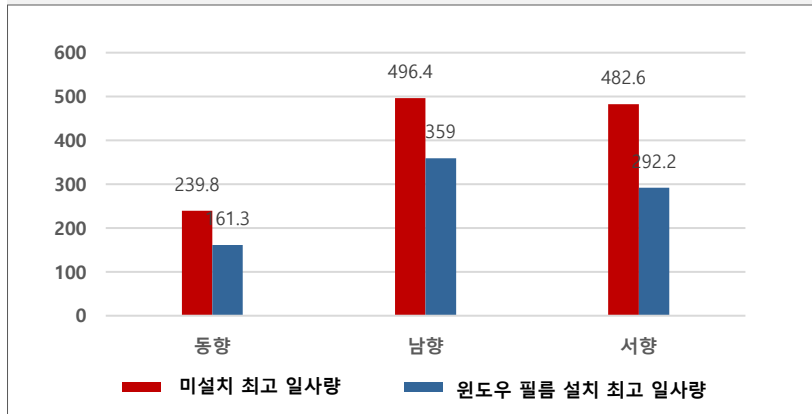
- 테스트 기간 2022년 02월 19일 ~ 2022년 02월 23일 결과 자료임.
- 주변 지역 건물 일사량 유입량 대비 약 167.7% 높음. 이는 전면부 바다 표면의 일사 반사의 유입으로 인한 일사량 증가.
- 테스트 필름 기준 최고 일사량 39.45%, 평균 일사량 39.51%, 전체 유입량 38.78% 감소.
- 외부 일사 유입량이 감소에 의해 실내온도 변화 확인. 일사 증감에 따른 실내온도 변화 발생 → 일사량과 실내온도 관계성 높음
- 테스트 필름 기준 최고 실내 온도 6.1°C, 평균 실내 온도 5.77°C 감소.

일사량, 실내온도 테스트 결과

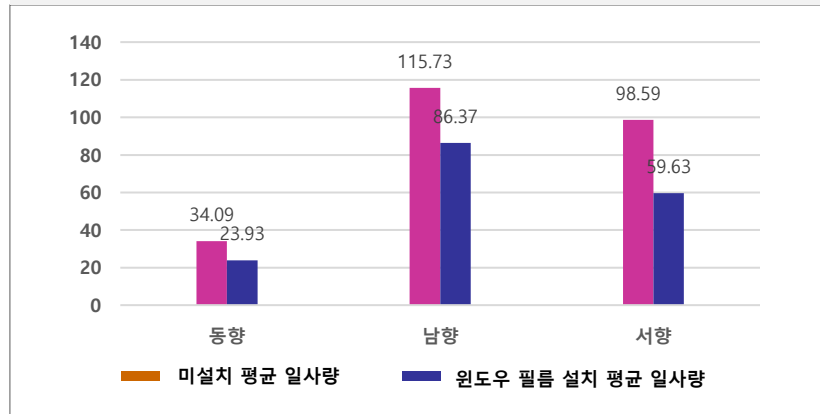
◆ 일사량 측정 최종 결과

항 목	동향부		남향부		서향부	
	최고 일사량 (W/m ²)	평균 일사량 (W/m ²)	최고 일사량 (W/m ²)	평균 일사량 (W/m ²)	최고 일사량 (W/m ²)	평균 일사량 (W/m ²)
미 설치	239.8	34.09	496.4	115.73	482.6	98.59
윈도우 필름 설치	161.3	23.93	359.0	86.37	292.2	59.63
감 소 율 (%)	32.73	29.80	27.67	25.36	39.45	39.51

• 방위각별 미설치 vs 윈도우 필름 설치 최고 일사량 비교 (W/m²)



• 방위각별 미설치 vs 윈도우 필름 설치 평균 일사량 비교 (W/m²)



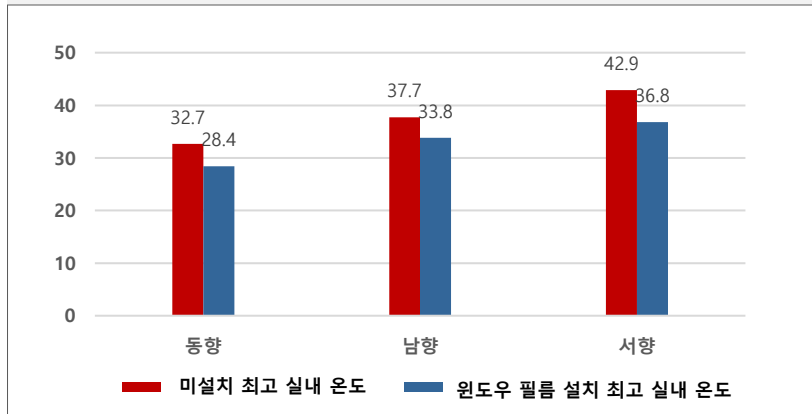
◇ 윈도우 필름 설치 방위별 일사량 측정 결과

- 최고 일사량은 미설치 대비 27.67% ~ 39.45%(테스트 필름 기준) 일사량 감소.
- 평균 일사량 미설치 대비 25.36% ~ 39.51%(테스트 필름 기준) 일사량 감소.
- 윈도우 필름 설치 후 방위각별 일사량, 실내온도 감소율 차는 태양의 남중고도와 일사 각도, 적층 시간, 적층 온도 등에 의한 것임.

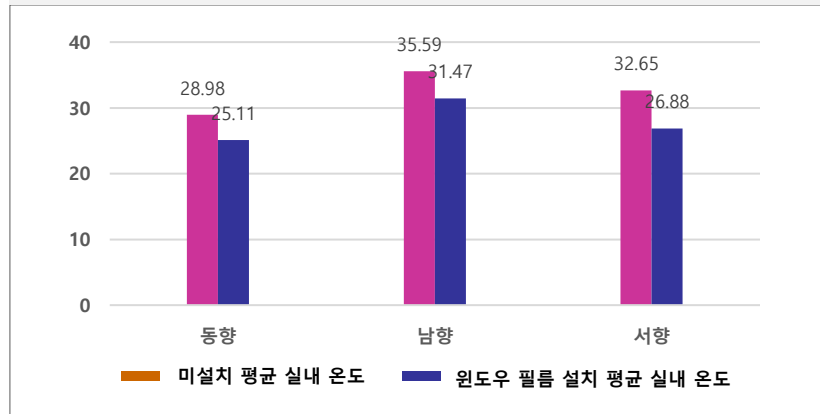
◆ 실내온도 측정 최종 결과

항 목	동향부		남향부		서향부	
	최고 실내 온도 (°C)	평균 실내 온도 (°C)	최고 실내 온도 (°C)	평균 실내 온도 (°C)	최고 실내 온도 (°C)	평균 실내 온도 (°C)
미 설치	32.7	28.98	37.7	35.59	42.9	32.65
윈도우 필름 설치	28.4	25.11	33.8	31.47	36.8	26.88
감 소 율 (°C)	4.3	3.87	3.9	4.12	6.1	5.77

• 방위각별 미설치 vs 윈도우 필름 설치 **최고 실내 온도 (°C)**



• 방위각별 미설치 vs 윈도우 필름 설치 **평균 실내 온도 (°C)**



◇ 윈도우 필름 설치 방위별 실내 온도 측정 결과

- 최고 실내 온도는 미설치 대비 3.9°C ~ 6.1°C(테스트 필름 기준) 실내 온도 감소.
- 평균 실내온도는 미설치 대비 3.87°C ~ 5.77°C(테스트 필름 기준) 실내 온도 감소.
- 윈도우 필름 설치 후 방위각별 일사량, 실내온도 감소율 차는 태양의 남중고도와 일사 각도, 적층 시간, 적층 온도 등에 의한 것임.

◆ 한국해양대학교 윈도우 필름 설치 최종 결과

실내온도 상승 요인

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

- ① 시간대별로 유입된 적산 일사량은 실내온도 상승의 주요원인임.
- ② 한국해양대학교 건물은 주변 지역 건물대비 일사량 유입량이 약 34.85% ~ 93.96% 높음. 이는 전면부 바다 표면에서 반사되는 태양광(일사량)이 원인임.
- ③ 일사량 증가는 실내온도 상승과 냉방기기 부하에 지배적인 요인으로 작용됨.
- ④ 일사량이 높고 주변 건물이 없어 반사타입의 외부용 윈도우 필름이 필요.

실내온도

2. 적산 일사량 및 적산 온도

- ① 적산 일사량과 온도는 시간대별 날씨, 태양의 남중고도와 일사 각도, 적층 시간, 적층 온도 등에 의해 차이가 발생함.
- ② 방위별 평균 실내온도는 미설치 대비 3.9 ~ 6.1℃(테스트 필름 기준)으로 차이 발생.
- ③ 외벽 유리 면적과 테스트 공간 바닥면적 등으로 차이가 발생.
- ④ 테스트 윈도우 필름보다 높은 외부 태양열 차단 필름 적용이 필요하면 설치시 이보다 높은 실내온도 저감 효과를 발생할 것으로 판단됨.

방위별 특징

3. 방위각별 윈도우 필름 설치시 포인트

❖ 동향부

외부 복사열 차단 /
실내온도 저감(외부용 저방사 필름) / 내후성

❖ 남향부

눈부심 / 외부 복사열 차단 /
실내온도 저감(외부용 저방사 필름) / 내후성

❖ 서향부

눈부심 / 외부 복사열 차단 /
실내온도 저감(저방사 필름) / 내후성

환 개 선

4. 적합한 윈도우 필름 사용

- ① 실내온도가 매우 높지만, 건축법상 외부 태양열 차단에 대한 기준이 없기 때문에 현 건물의 외벽 창유리 성능에 문제가 없음.
- ② 본 테스트는 건물 외벽 유리의 성능을 파악하기 위한 목적의 기준 필름 설치로 3.9 ~ 6.1℃(테스트 필름 기준) 감소 효과 발생.
- ③ 기준 테스트보다 높은 태양열 취득율(SHGC) 기준 설정시 보다 높은 실내온도 감소를 보일 것으로 판단됨.
- ④ 한국해양대학교 건물이 해안가 주변 3km이내의 있기 때문에 이에 맞는 내후성 테스트를 거친 제품을 선정하여야 함.

추천 제품 사양

◆ 동향, 남향, 서향부 윈도우 필름 테스트 제품 성능 평가 및 추천 사양

1. 추천 근거 및 이유

• 채광 및 조도

실내 적정 채광을 통한 업무 중 눈부심이 적고 추가 조명을 사용하지 않으며, 피로감이나 불쾌감 감소.

• 우수한 외부 일사량 감소

실내온도 상승이 주요 원인인 외부 일사량 유입을 일정 수준이상 차단시켜, 실내온도 상승 억제 및 냉방부하 감소 목적. 특히, 바다표면 반사에 의한 일사가 추가 유입되고 이는 실내온도 상승이 급격하게 되기 때문에 보다 높은 일사량 유입 감소 차단용 윈도우 필름 필요.

• 건물 외벽의 디자인

건물과 가장 유사한 제품을 추천하고 외부 디자인적 요소를 최대한 손상을 끼치지 않는 제품을 선정.

• 에너지 절감

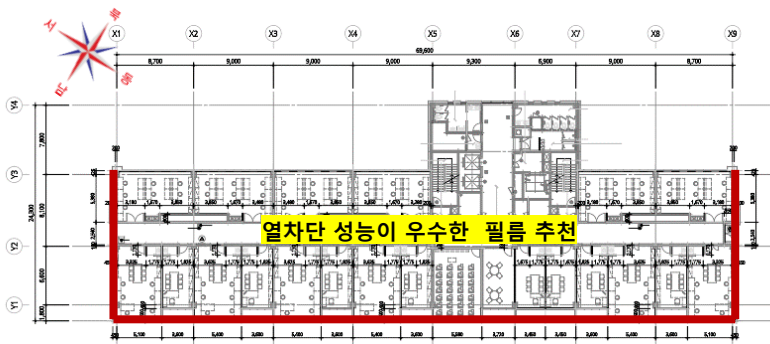
실내온도 상승을 최소화시켜 냉,난방 사용 시간 감소 및 냉방부하 감소로 에너지 효율 상승.

• 안전 및 내후성

바다 인근의 특징으로 국가 공인 시험성적기관의 안전 및 내후성 테스트를 통한 설치시 안전성 고려.



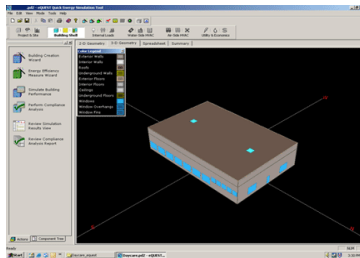
2. 테스트 진행을 통한 방위각별 특징에 따른 추천 윈도우 필름 사양 - 동향, 남향, 서향부



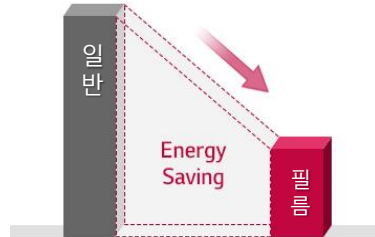
필요 성능	최소 사양	특 징
가시광선 투과율(밝기)	25% 이하	실내 채광, 조도 영향 최소
가시광선반사율(거울현상)	30% 이하	거울현상 최소에 따른 반사 최소
유해 자외선 투과율	0.1% 이하	유해자외선 유입 차단
태양열 취득율	0.20 이하	외부 태양 일사량 유입 감소
수정방사율	0.84 이하	단열(보온)성능 강화
안전성능	비산방지성능, 쇼트백 성능 통과	비산 및 외부 충격 방지
내후성	축진 내후성 테스트 통과	품질보증

에너지절감량/경제성/탄소감축량 평가

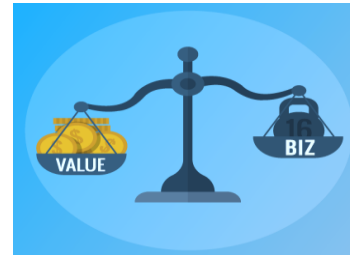
표준건물
에너지 시뮬레이션



필름적용
에너지 절감량 분석



에너지절감액 /
경제성 평가



탄소 감축량 분석



eQUEST 시뮬레이션 분석 ⇒ 에너지절감량

투자비/에너지절감액/탄소배출계수 적용
경제성평가, 탄소감축량 분석

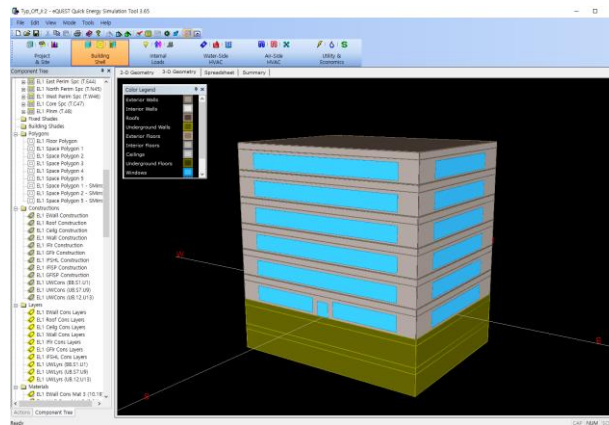
- ◆ 표준건물 : 선행연구(590여개 건물정보 기반)를 통한 업무용 건물 표준 건물 활용
- ◆ 시뮬레이션 프로그램 : DOE-2엔진(미국에너지지성 개발) 기반 eQUEST 활용

표준건물 개요

구분	내용
기상데이터	부산 TMY2
건물용도	교육업무시설
연면적 (m ²)	4,800
공조면적 (m ²)	3,675
층수(지상)	6
층수(지하)	2
외벽 U-value(W/m ² K)	0.58
지붕 U-value(W/m ² K)	0.406
창 U-value(W/m ² K)	3.36
창면적비 (동)	38
창면적비 (서)	42
창면적비 (남)	47
창면적비 (북)	43
유리종류	복층칼라
실내조명밀도(W/m ²)	5.17
냉난방온도(°C)	26 (냉방)
	21 (난방)

※ 출처 : 건물 에너지소비상설표본조사 연구 (에너지경제연구원, 2016)

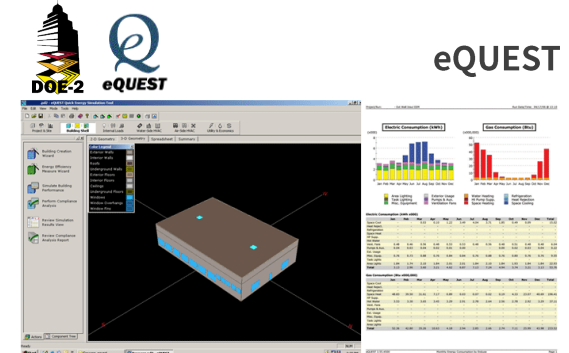
표준건물 eQUEST 모델링



표준건물 창호면적 : 686.37 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

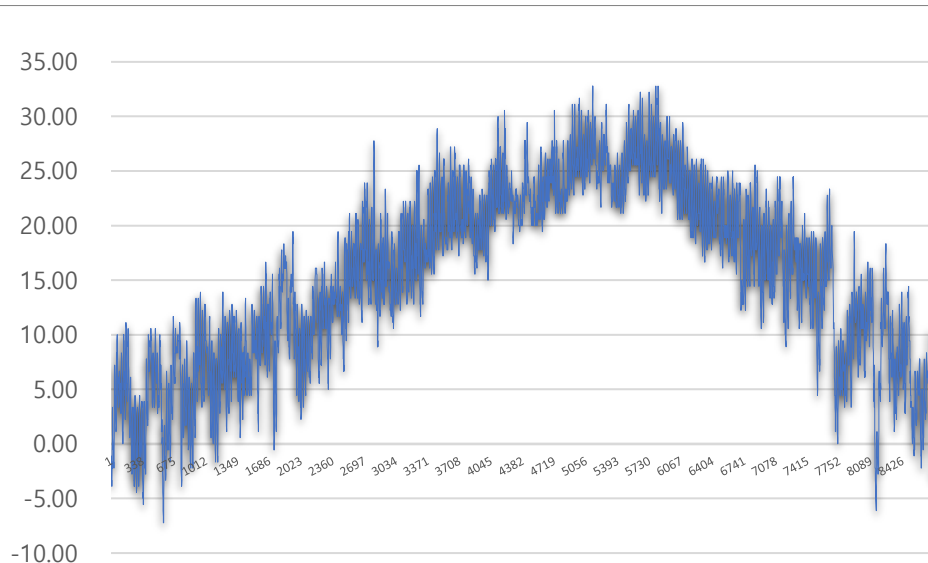
eQUEST allows you to import building geometry from architectural models. Or you can construct a building envelop within the program. From there you can run simple simulations or very complex models. There are three input wizards in eQUEST that all have differing levels of complexity, or you can use the 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)

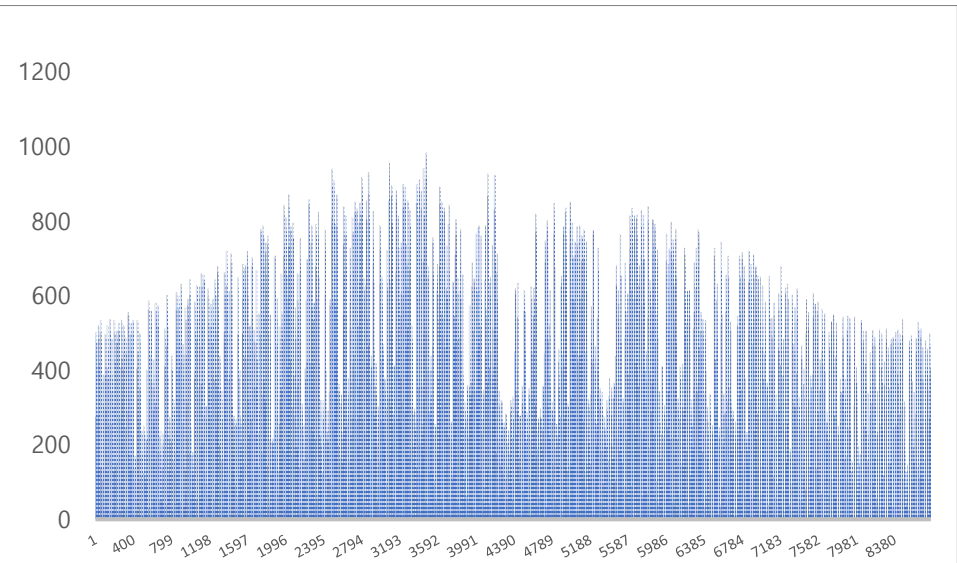
기상데이터 : 부산 TMY

◆ 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.



[연간 외기온도 (°C) 분포]



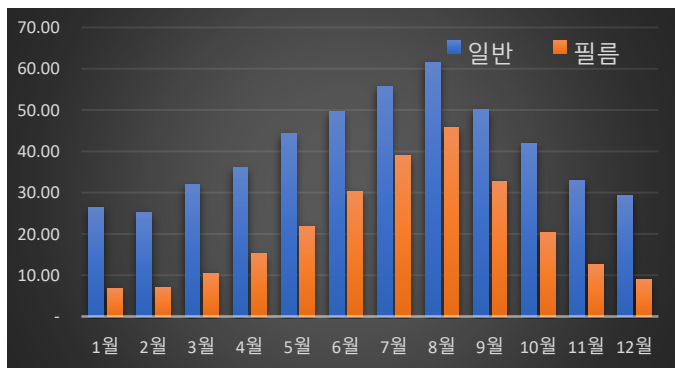
[연간 일사량 (W/m²) 분포]

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

필름적용 창호 단열성능

구분		단열성능(U)	일사열 차단성능(SHGC)	설치 방위(향)
일반(표준건물)		3.36 W/m²K	0.78	-
필름 적용	PX-OF40	3.02 W/m²K	0.25	남/동/서향
	RX-5090R	2.85 W/m²K	0.33	북향

냉방부하(MWh)



• 연간 냉방부하 절감량 : 234.34 MWh/a

- 일반(표준 건물) 연간 냉방부하 : 485.50 MWh

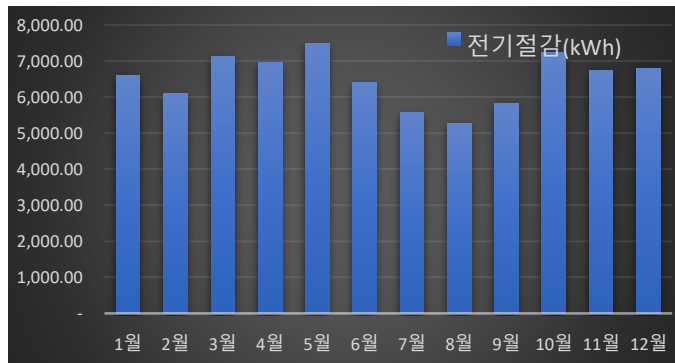
- 필름 적용 연간 냉방부하 : 251.16 MWh

연간
필름 적용 창호
냉방에너지
절감량

188.92 kWh/m²a

※ 연간 에너지절감량 ÷ 창호설치면적 × 항별 절감가중 비율
⇒ 78,113.66 kWh/a ÷ 686.37 m² × 1.66

필름 적용 냉방에너지(전기) 절감량(kWh)



• 연간 에너지(전기)절감량 : 78,113.66 kWh/a

* 전기에너지 산정기준 냉방기기 COP 3적용

* COP = 출력냉방부하(kWh)/투입전력량(kWh)

⇒ 234.34 MWh/3(COP) = 78,113.66 kWh/a

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

연간 필름적용 창호 냉방에너지 절감액

27,459.46 원/m²a

※ 연간 에너지절감량 × 연평균 전력요금 ÷ 창호설치면적 × 항별 절감가중 비율
 ⇒ 78,113.66 kWh/a × 145.35원/kWh ÷ 686.37 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.

필름설치면적	2,274.97	m²
설치비	130,000	원/m²
투자비	295,746.100	원
냉방에너지절감량	429,786.21	kWh/a
냉방에너지절감액	62,469,441.48	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

[현가법 개요도]

내구연한	년간판매액(FC)	년간 수익 (PW)	누적 수익 (PW 합)
0			
1	63,593,891	60,278,570	-235,467,530
2	64,738,581	58,164,535	-177,302,995
3	65,903,876	56,124,641	-121,178,354
4	67,090,146	54,156,289	-67,022,065
5	68,297,768	52,256,969	-14,765,096
6	69,527,128	50,424,260	35,659,164
7	70,778,616	48,655,826	84,314,990
8	72,052,632	46,949,413	131,264,404
9	73,349,579	45,302,846	176,567,250
10	74,669,871	43,714,026	220,281,276

**Payback 5년
순 편익 약 2.2억**

이산화탄소(CO2) 감축량

$$43,882.24 \times 0.4594 \div 1000 = 197.44 \text{ tCO}_2/\text{a}$$

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

* 출처 : 한국에너지공단

내구연한
(10년)

1974.44
(tCO₂)

탄소(C) 감축량

$$116,269.40 \times 0.125 \div 1000 = 53.72 \text{ tC/a}$$

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

* 출처 : 한국에너지공단

내구연한
(10년)

537.23
(tC)



감 사 합 니 다