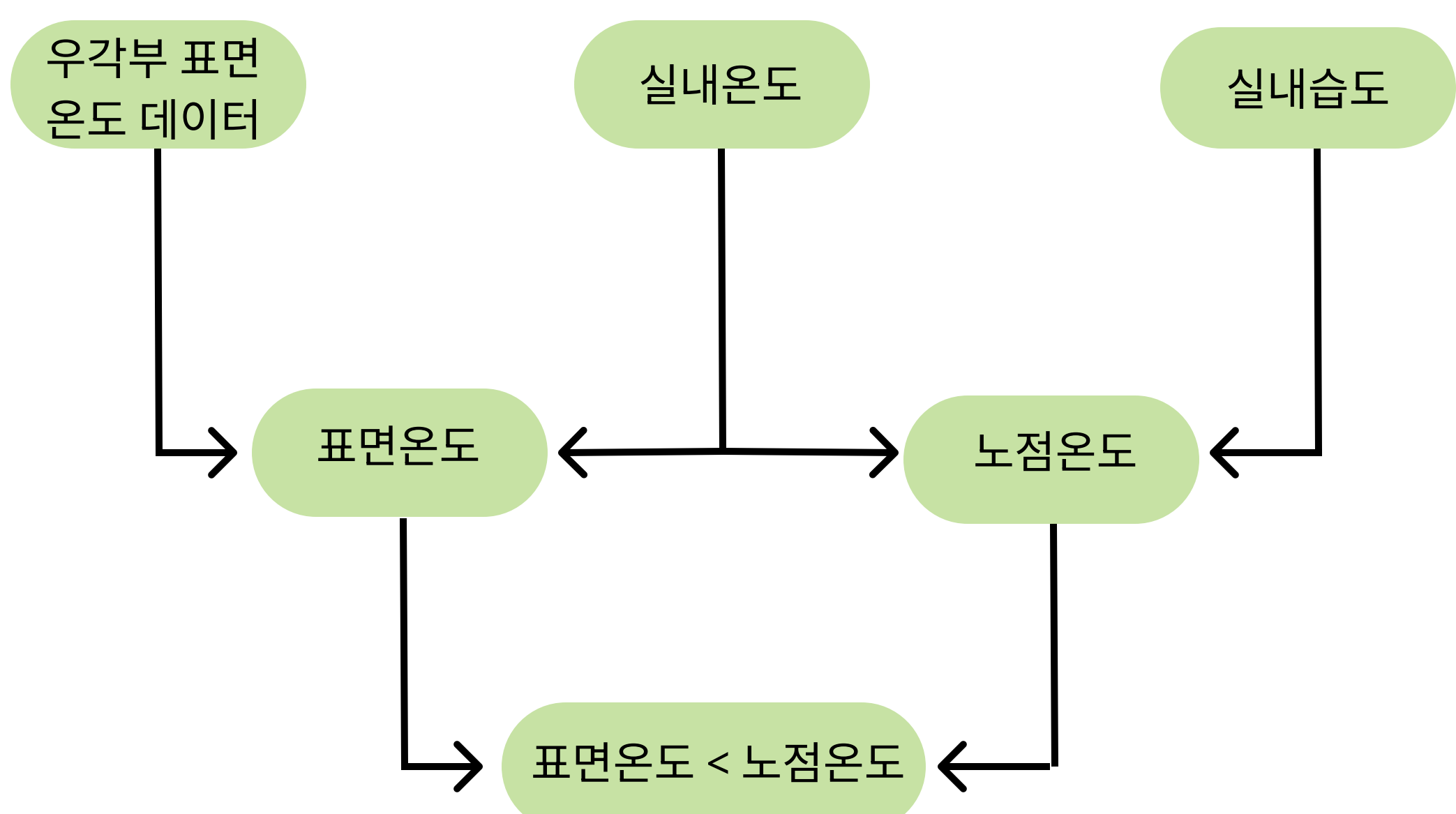


## 연구배경 및 목적

공동주택 주요 5대 하자 중 결로문제는 높은 빈도와 반복되는 특성이 있으며, 특히 겨울철에 두드러지게 나타난다. 그 중 벽체부위가 창호, 개구부에 비해 높은 비율로 발생, 그 중 벽체 접합부 부분에서 열교현상으로 인한 결로가 많이 발생하는 것으로 보고되었다. 이에 대한 원인으로는 크게 내단열 시공, 시공상 결함발생가능성(벽체 접합부 기밀 시공 부족), 환기 부족, 실내습기의 과다발생(높은 실내 습도) 등이 있다.

이에 대한 시공상의 대책으로는 외단열 시공, 결로 방지재 시공을 통한 열교부위의 차단을 하지만 이미 완공된 건물의 내단열을 외단열로 바꾸고, 결로 방지재를 추가 시공하는건 현실적으로 많은 어려움이 따른다. 이에 결로를 방지 하기 위해 재실자들의 능동적인 참여로 결로를 방지하고자 하여, 우각부 부위에 대한 결로 발생 시점을 예측하고 재실자들에게 알림을 주는 시스템을 개발하여 결로 방지에 기여하고자 한다.

## 연구방법



전체적인 프로세스는 다음과 같다.

1. 실내 온도와 실내상대습도를 통해 노점온도를 계산한다.
2. '우각부표면온도데이터'를 통해 표면온도를 예측한다.
3. 예측된 표면온도가 계산된 노점온도 보다 낮은 시점을 예측하여 재실자에게 어느 시점에 결로가 예측되는지에 대한 정보를 제공하여 재실자에게 환기 또는 난방을 제한한다.

## 노점온도 산출 방법

실내온도와 실내습도를 통해 노점온도를 구하는 방법으로는 Hyland and Wexler Formula를 사용하였다.

오른쪽 식의 첫번째 로그식을 통해 포화수증기압을 도출한다.

도출한 포화수증기압을 하단의 노점온도에 대한 자연로그식에 대입하여 노점온도를 산출하는 공식이다.

Hyland and Wexler  
(Hyland and Wexler, 1983):

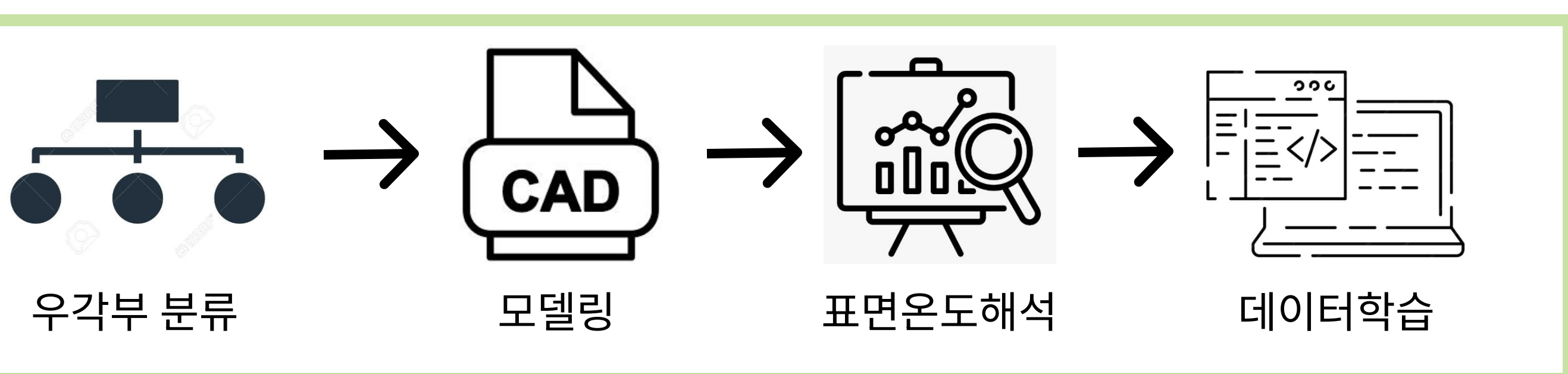
$$\begin{aligned} \log e_w = & -0.58002206 \cdot 10^4 / T \\ & + 0.13914993 \cdot 10^1 \\ & - 0.48640239 \cdot 10^{-1} T \\ & + 0.41764768 \cdot 10^{-4} T^2 \\ & - 0.14452093 \cdot 10^{-7} T^3 \\ & + 0.65459673 \cdot 10^1 \log(T) \end{aligned}$$

with T in [K] and  $e_w$  in [Pa]

$$\begin{aligned} P[\text{kPa}] &= f[\text{mmHg}] / 7.50062 \\ Y &= \ln[1000P] \\ Td &= -77.199 + 13.198Y - 0.63772Y^2 + 0.071098Y^3 \end{aligned}$$

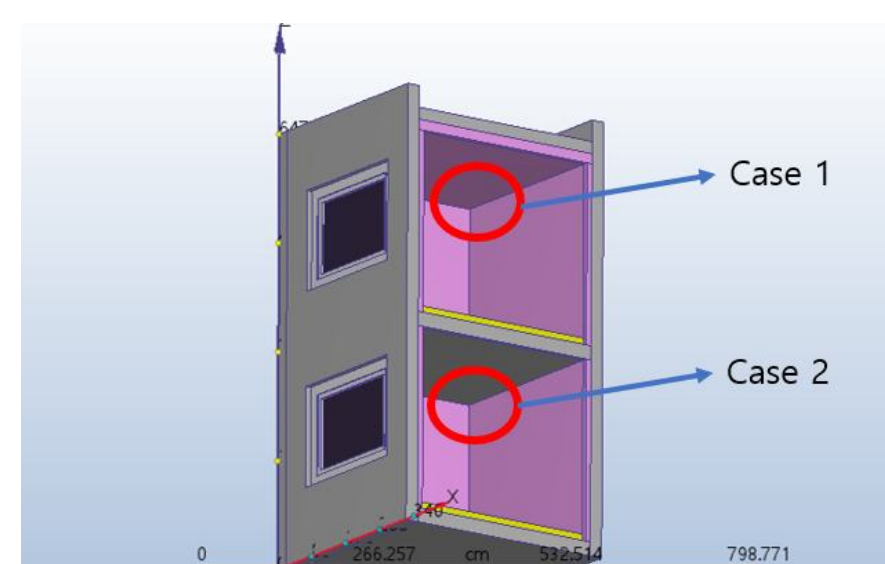
## 표면온도 데이터 취득 과정

표면온도를 예측하기 위한 프로세스는 다음과 같다.



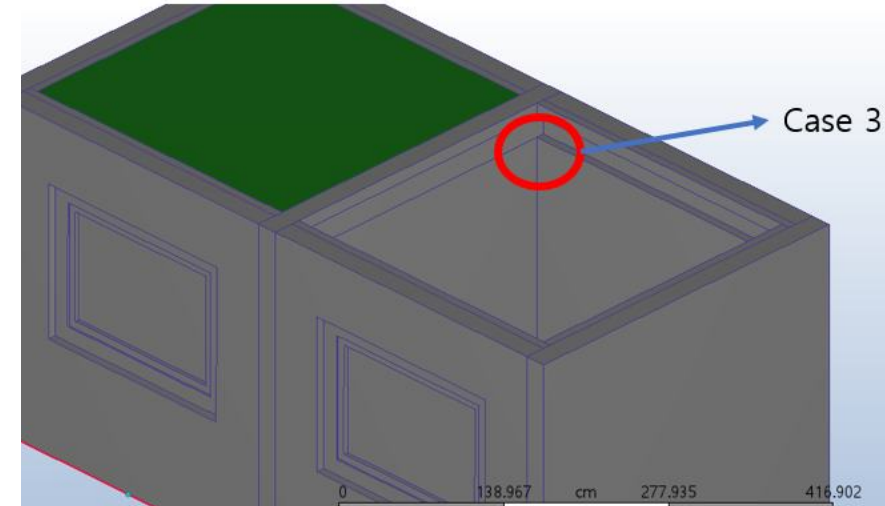
1. 공동주택 실 내의 우각부 형상을 3가지 케이스로 분할

- case 1 : 외기에 3면이 접한 경우
- 최상층 천장 우각부



- case 2 : 외기에 2면이 접한 경우
- 기준층 천장 우각부, 바닥 우각부

- case 3 : 외기에 1면이 접한 경우
- 내측 벽체 접합부

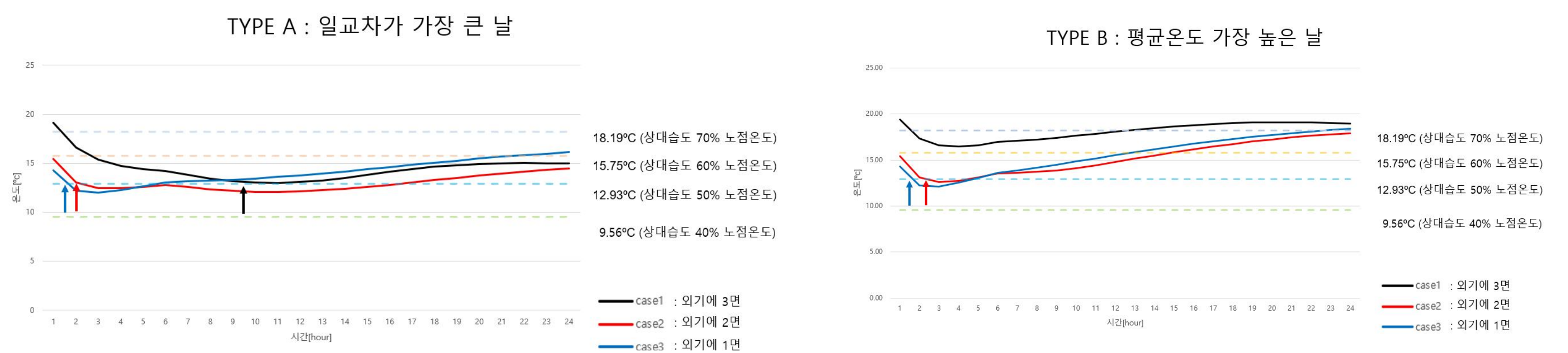


2. 유동열해석프로그램(CFD)를 통한 실 내외 조건별 표면온도 측정

- 실내 온도 18°C~24°C (본 연구에선 실내온도 24°C의 난방상황을 가정)
- 실내 습도 40%~70%
- 외기온도 : 광주지방기상청 23년 1월 전체 일별 시간에 따른 외기온도
- 표면열전달계수값 설정 (국토부 고시 참고)
- case 별 재료 및 물성 조건 설정 (공동주택 세부도면 참고)

## 표면온도 데이터 분석 내용 및 결과

● 광주광역시 23년 1월 전체의 일별 데이터 중 세 경우의 TYPE 선정



상대 습도 50%일 때,

→ case 1의 결로 발생 시점

→ case 2의 결로 발생 시점

→ case 3의 결로 발생 시점

- 결로발생 순서 : Case 3 > Case 2 > Case 1
- 기존 선행 연구와 달리 각 우각부 별 결로발생 시점이 다를 수 있었다.

● TYPE 별 결로 발생 시간 (상대습도 50% 기준)



• TYPE C > TYPE A > TYPE B 순으로 결로 발생시간의 차이가 존재한다.

• 결로발생에 있어 외기 평균 온도가 일교차보다 중요한 지표로 작용한다.

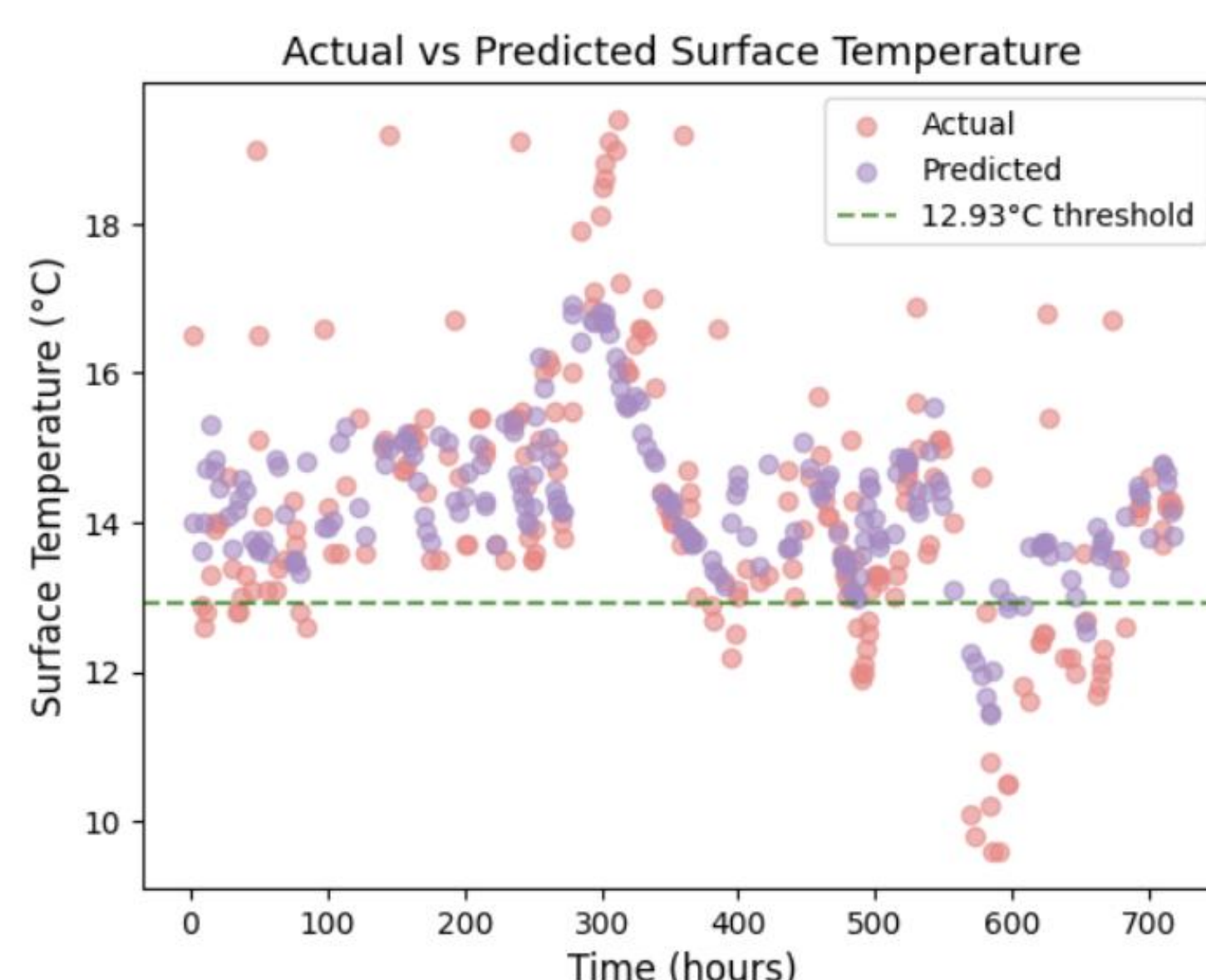
● Case 별 결로 발생 시간



• 상대습도 40%에 비해 50%일 때 15시간 이상 결로 발생 시간 차이가 있었다.

• 실내상대습도 50%가 결로 발생에 있어 중요한 지점이다.

## 예측모델 제안



● 결로발생 예측 모델 프로세스

1. 열해석 프로그램을 통해 얻은 데이터들을 학습
2. 다중회귀모델 학습을 통한 표면온도 예측
3. 예측한 표면온도가 노점온도 이하로 떨어지는 시점 예측 (결로발생 시점 예측)
4. 결로발생시점에 대한 예측값 시각화

## 결론 및 향후 발전 계획

1. 각 우각부 케이스 별로 결로 발생 시점이 다르고, 일교차에 비해 외기 평균 온도가 중요한 지표임과 상대습도가 40%에 비해 50%일때 발생 시간에 가장 큰 차이가 존재했다.
2. 실내 우각부 형상 조건에 따라 결로 발생 시점이 다르며, 그에 따라 결로 예측 시 우각부 조건에 맞추어 분석 및 예측을 실시해야 예측 시스템의 성능 및 신뢰도를 높일 수 있음으로 보인다.
3. 각 우각부의 예측 모델을 설계하고 하나로 통합하여 하나의 시스템으로 다양한 형상의 우각부의 결로 발생 시점을 도출 할 수 있도록 프로그래밍을 하는 과정이 필요하다.