

태풍 경로에 따른 북서태평양 Sea Surface Temperature(SST) 냉각 및 머신러닝을 활용한 수온 예측 : 황해 저층 냉수대의 영향

Team_럭키미키

전상규, 김아영, 정서윤

목차

01 연구 목적 및 목표

02 데이터 분석

- 데이터 정보

03 모델 구성 및 비교

- 모델 제작
- 모델 비교

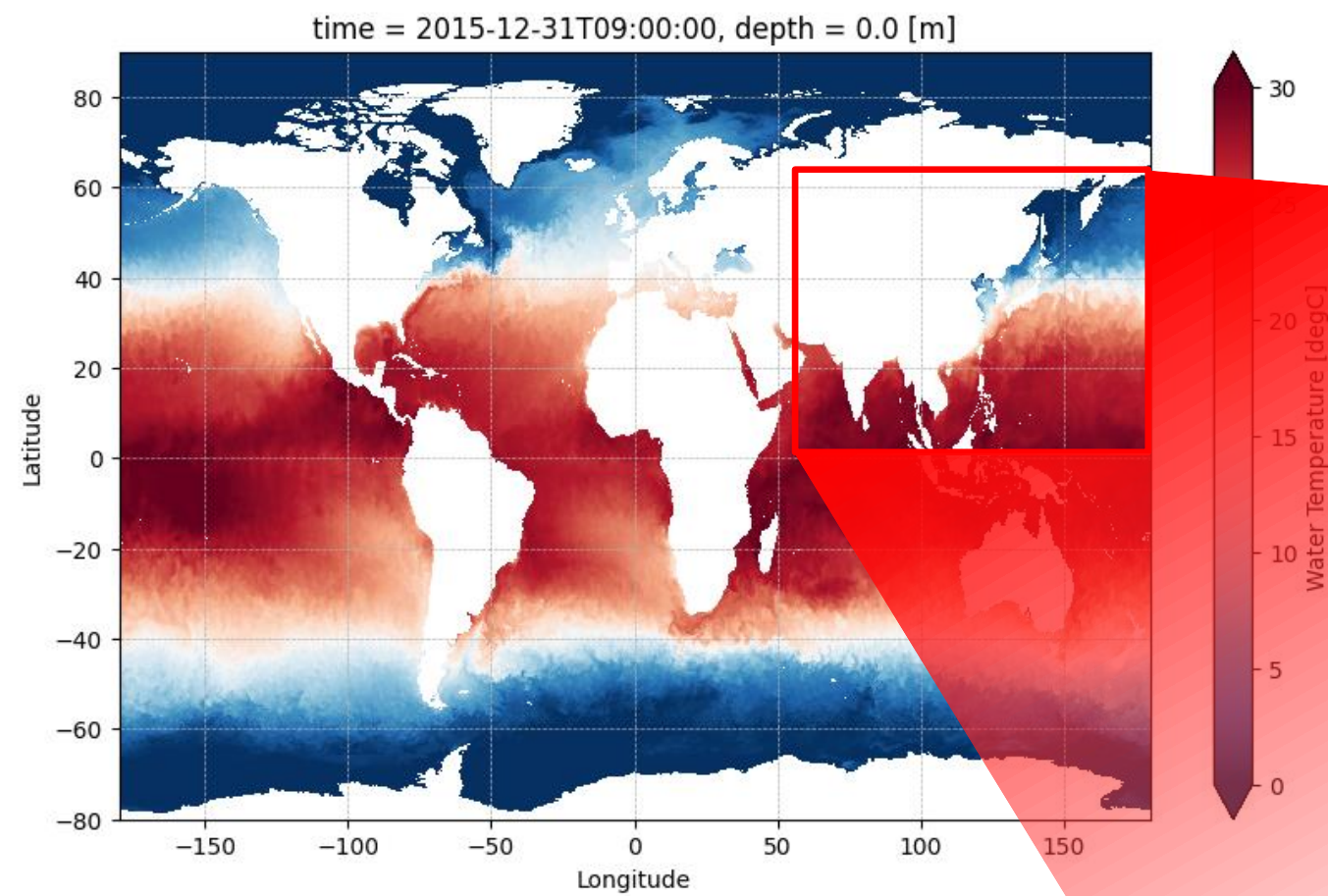
04 결과

- 모델 비교 결과 (GRU, RNN)
- 예측 결과 (LSTM)

05 결론 및 제언

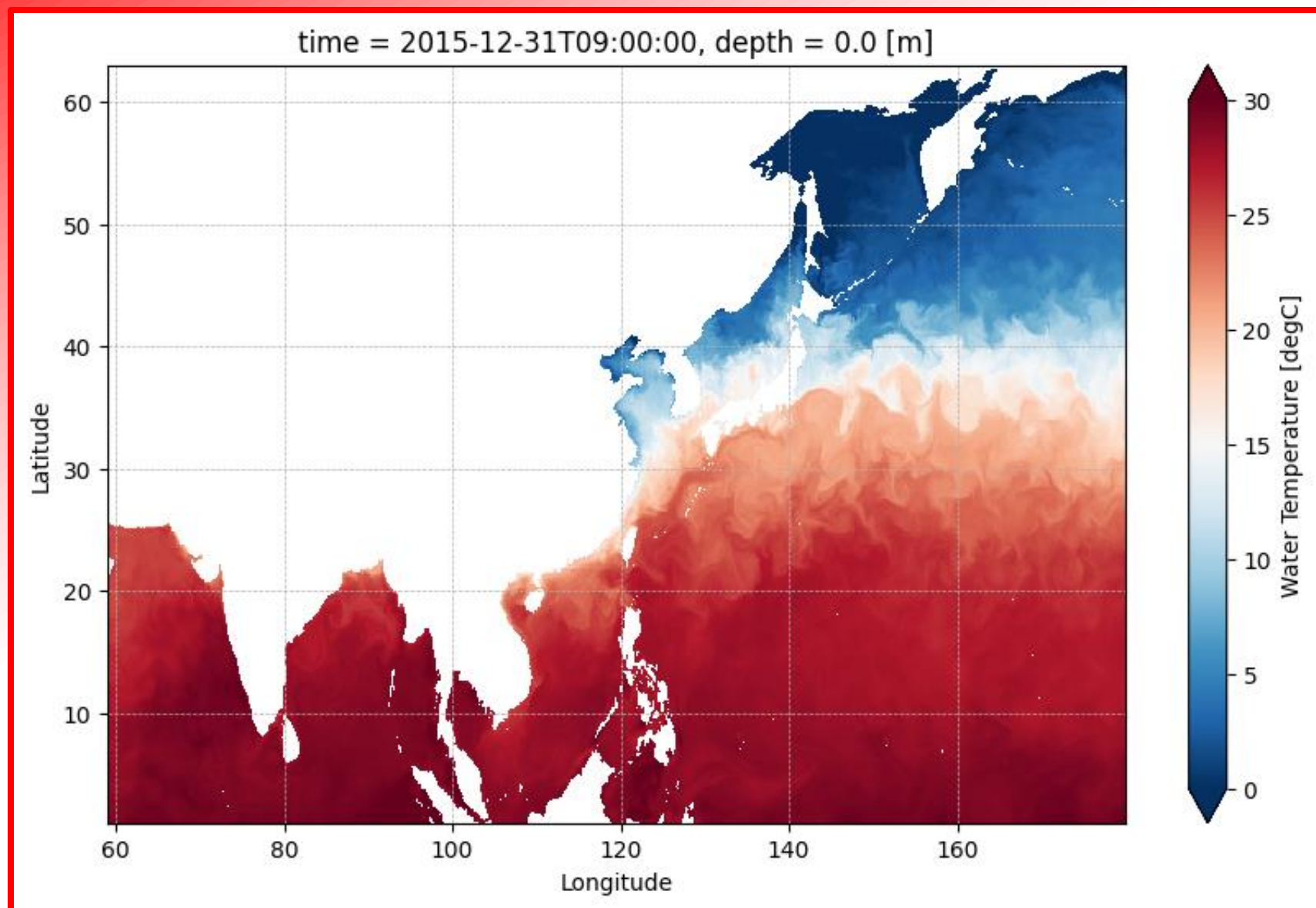
01 연구 목표 및 목적

연구 해역



북서태평양(Northwestern Pacific)

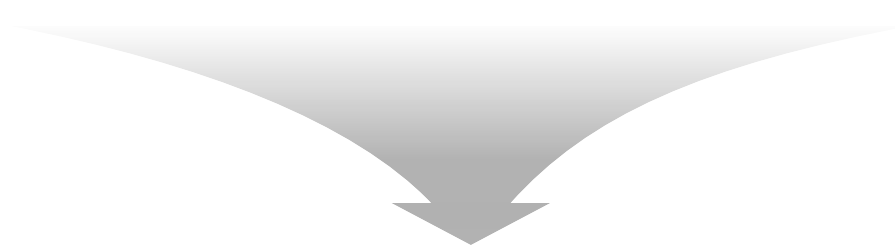
- 위도 : 1° - 63° N
- 경도 : 59° - 100° E



연구 목적 및 목표

연구 목적

- 북서태평양을 지나가는 태풍이 Sea Surface Temperature(SST)에 미치는 영향을 정량적으로 분석하고, 태풍 경로를 따라 발생하는 수온 냉각 현상을 예측하기 위해 머신러닝 모델 활용
- 태풍이 지나간 이후 해수면의 온도 변화를 효과적으로 예측할 수 있는 모델을 개발하여, 태풍이 해양 환경에 미치는 영향을 보다 정확하게 파악



태풍의 경로와 강도가 해양 수온 변화에 미치는 영향에 대해 머신러닝을 기반으로
예측 가능한 높은 신뢰도의 모델 개발

연구 목적 및 목표

연구 목표

머신러닝 모델 개발 및 비교

- LSTM(Long Short-Term Memory), GRU(Gated Recurrent Unit), RNN(Recurrent Neural Network) 등 다양한 모델에 적용
- 각각의 예측 성능을 비교하여 태풍 경로에 따른 SST 변화를 가장 정확하게 예측할 수 있는 모델 선택

황해 저층 냉수대와 태풍의 상호작용 분석

- 선정된 최적의 머신러닝 모델을 기반으로, 태풍이 황해 저층 냉수대(YSBCW)를 통과한 후 황해 지역의 SST 변화 예측
- 태풍과 저층 냉수대의 상호작용에 따른 해양 환경 변화의 메커니즘 파악
- 태풍 통과 이후 황해 해역의 해양 생태계 및 기후 변화를 모니터링 할 수 있는 예측 도구로서의 가능성을 연구

02 데이터 분석

- 데이터 정보
- 데이터 전처리

데이터 정보

- 태풍 정보 자료
- 3차원 해양 자료

태풍 정보 자료

- 미국해양대기청(NOAA)에서 제공하는 International Best Track Archive for Climate Stewardship(IBTrACS)
- 1980-01-01 00:00:00 이후의 3h 단위 자료

3 차원 해양 자료

- HYCOM 재분석자료인 GOFS 3.1: 41-layer HYCOM + NCODA Global 1/12° Reanalysis (NRL) 사용
- 격자 : 약 9km X 약 8km

데이터 전처리

데이터 범위

- **기간:** 1994년 ~ 2015년
- **지역:** 북서태평양(WP) 태풍 및 수온 데이터

태풍 이동 속도 및 경로

- Best Track 자료 활용
- 태풍의 이동 속도 데이터 포함
- 한국, 미국, 중국, 일본, 홍콩 5개 기관에서 제공하는 위도, 경도, 풍속, 기압 데이터를 평균하여 사용

수온 데이터 분석

- 태풍이 지나가는 시간과 해당 시간의 위도·경도를 target으로 설정
- 해당 위치의 target 시간과 24시간 전의 수온 데이터를 0m ~ 100m (10m 간격)으로 수집
- 24시간 후의 SST(해수면 온도) 데이터를 활용하여 분석

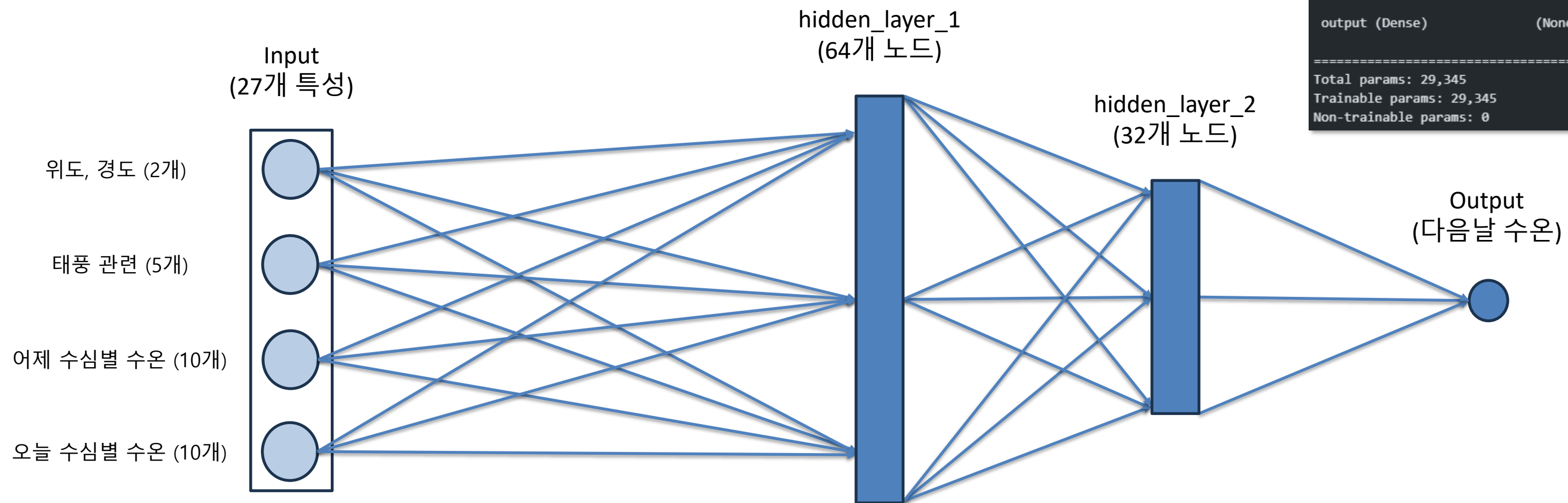
03 모델 구성 및 비교

- 모델 제작
- 모델 비교

모델 제작

- 5,779개의 Dataset (train set: 4623개, validation set: 1156개)
- 27개의 특성
- 2개의 hidden layer (64개의 노드/ 32개의 노드)

모델 구성



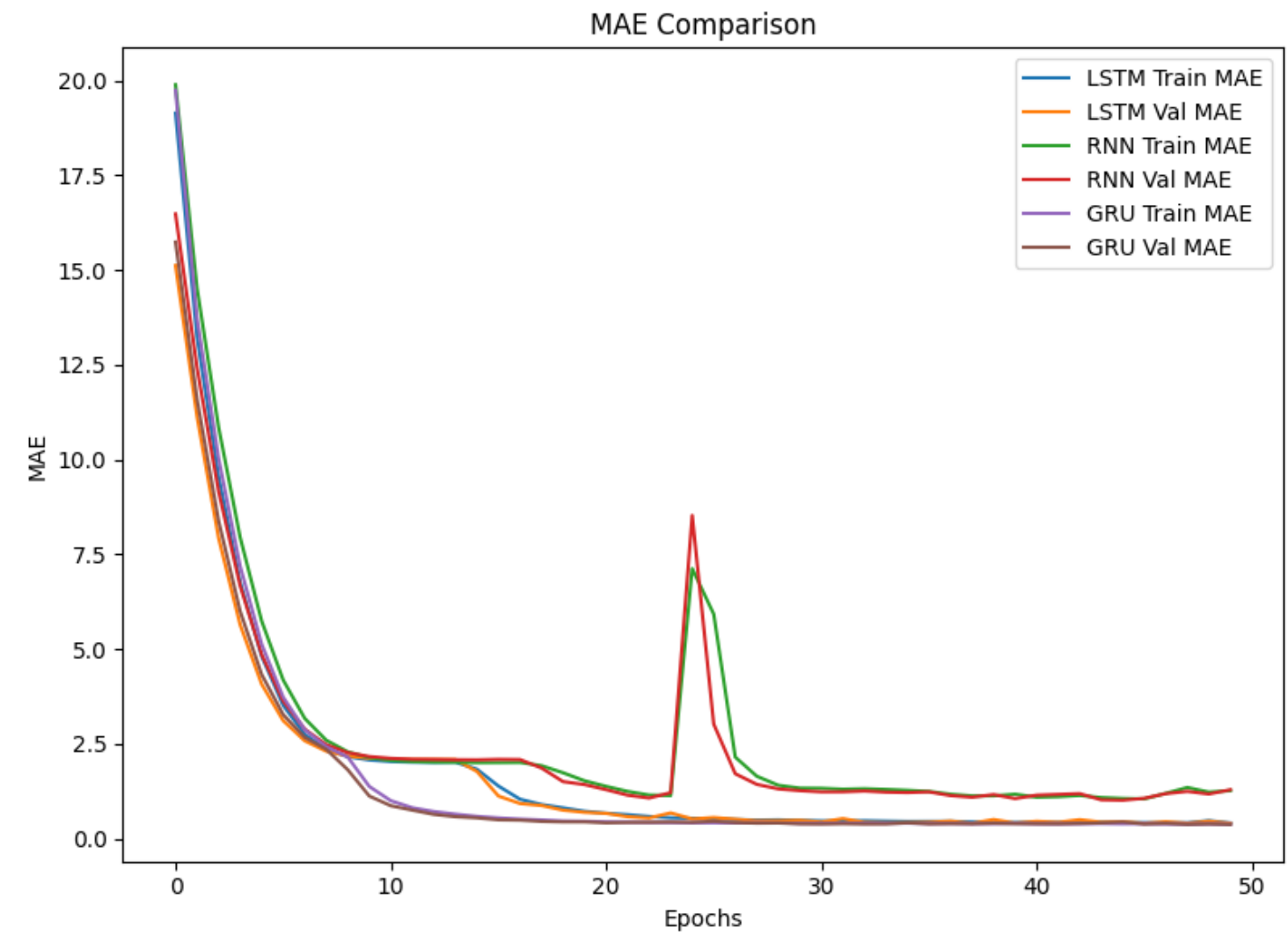
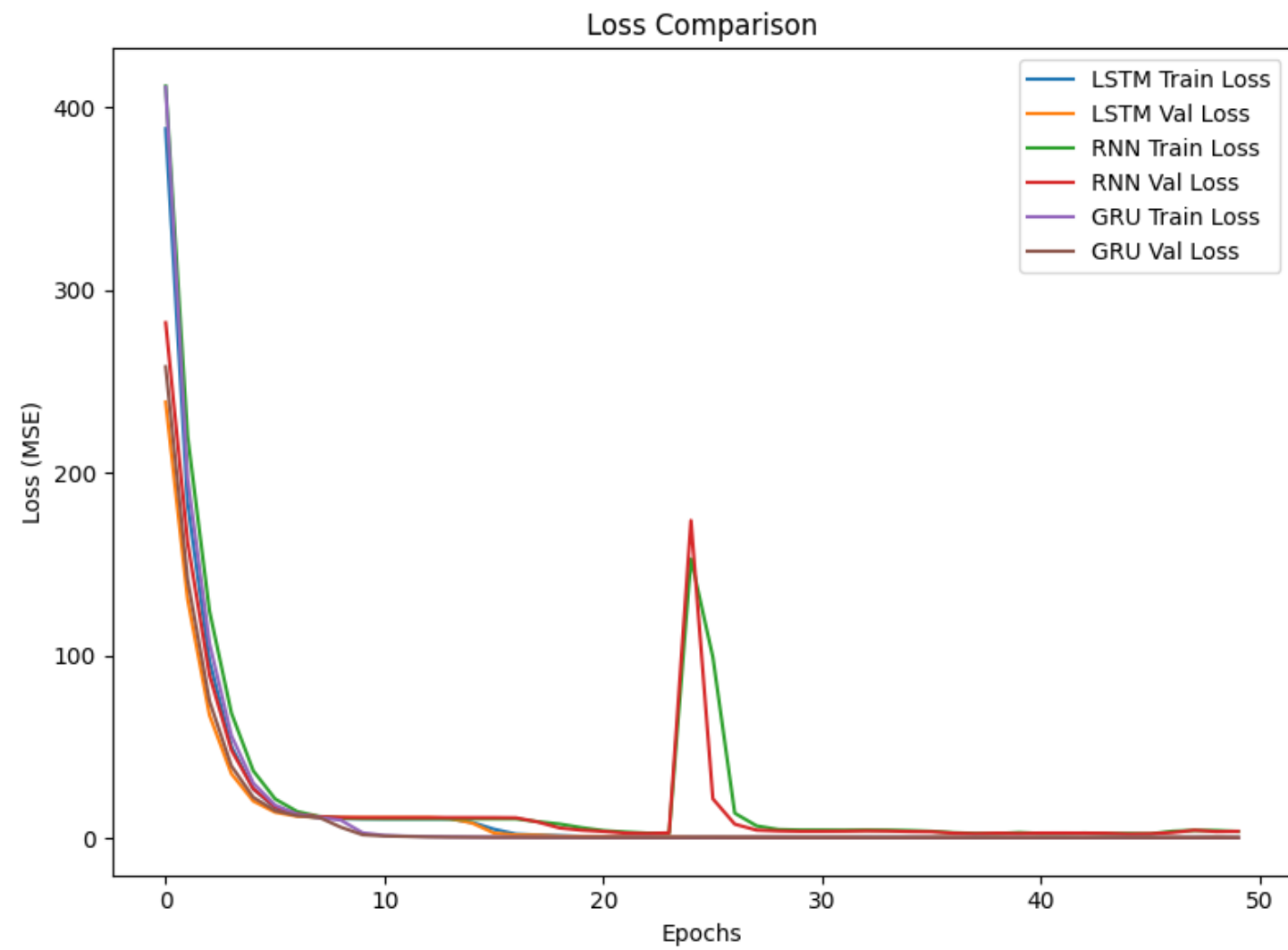
Model: "sequential_2"		
Layer (type)	Output Shape	Param #
=====		
lstm_layer_1 (LSTM)	(None, 27, 64)	16896
lstm_layer_2 (LSTM)	(None, 32)	12416
output (Dense)	(None, 1)	33
=====		
Total params: 29,345		
Trainable params: 29,345		
Non-trainable params: 0		

비교 모델 종류

모델	특징
RNN	<ul style="list-style-type: none">- 기본적인 순환 신경망- 이전의 정보를 hidden layer에 저장하여 순차적 데이터의 패턴을 학습
GRU	<ul style="list-style-type: none">- LSTM의 변형 모델로, 좀 더 간단한 구조- 업데이트 게이트와 리셋 게이트라는 두 개의 게이트만을 사용해 정보를 유지하거나 버릴지 결정
LSTM	<ul style="list-style-type: none">- RNN의 기울기 소멸 문제를 해결하기 위해 설계된 구조- 셀 상태(cell state)와 게이트 구조를 통해 정보가 길게 유지될 수 있음

모델 비교

LSTM & RNN & GRU 모델 비교

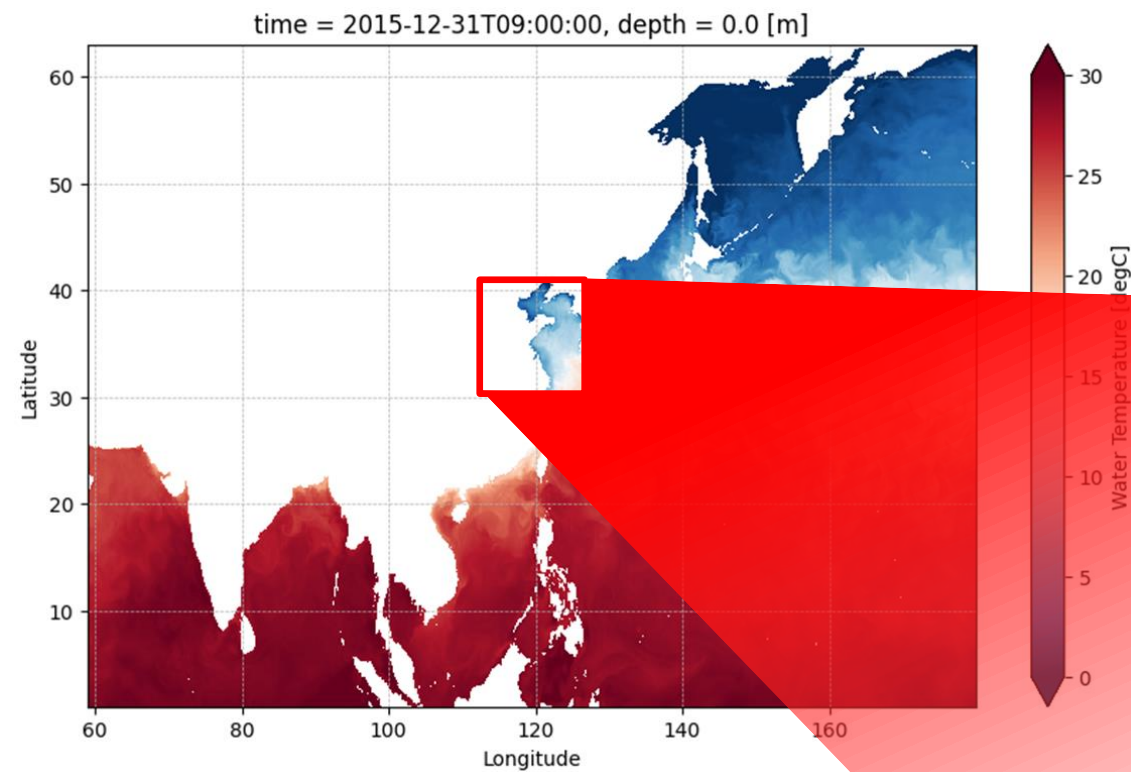


04 결과 (Result)

- 모델 비교 결과 (GRU, RNN)
- 예측 결과 (LSTM)

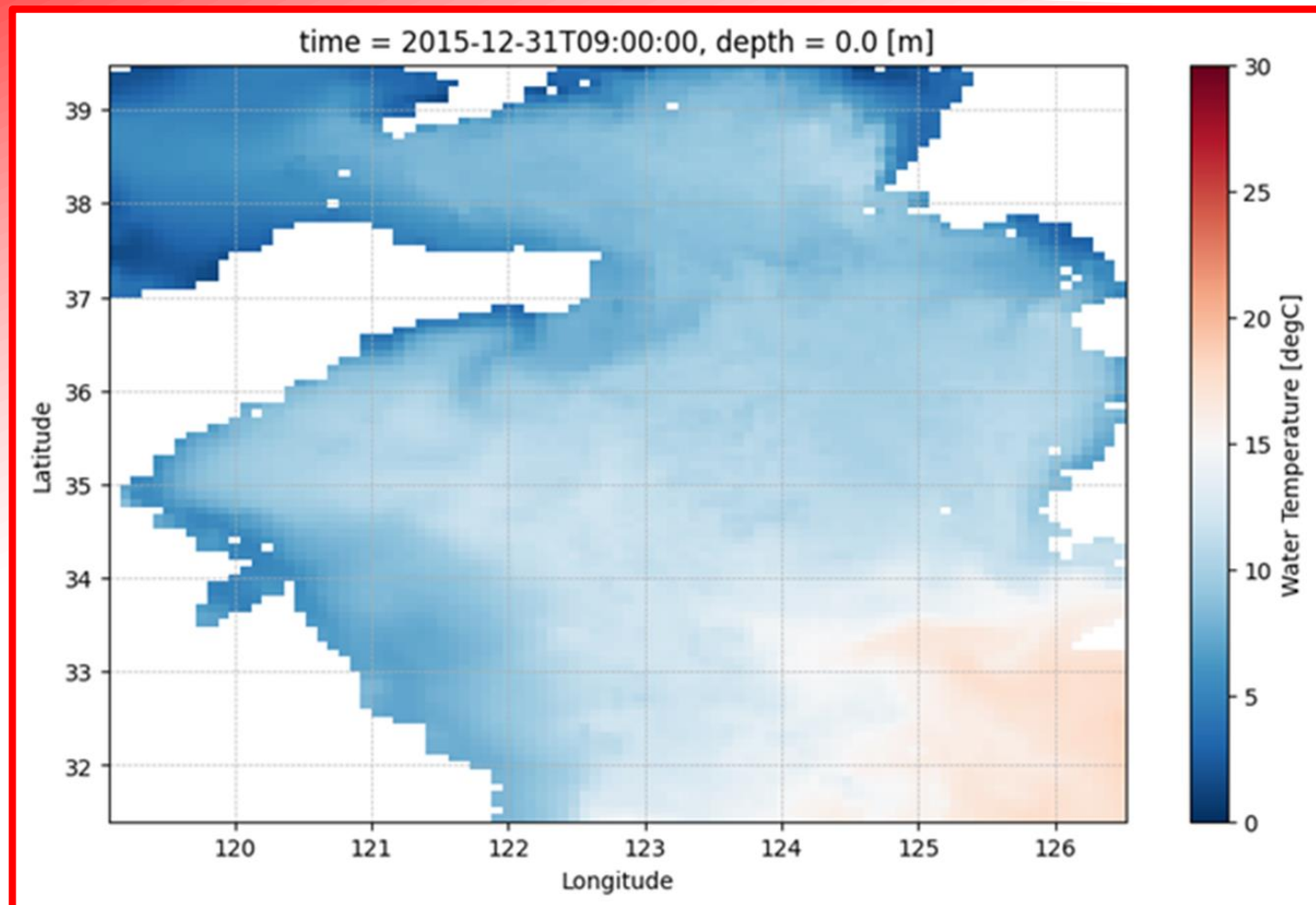
사용한 Test set

- 1999년 ~ 2015년 황해를 지나간 태풍
- 42개 태풍, 243개 데이터

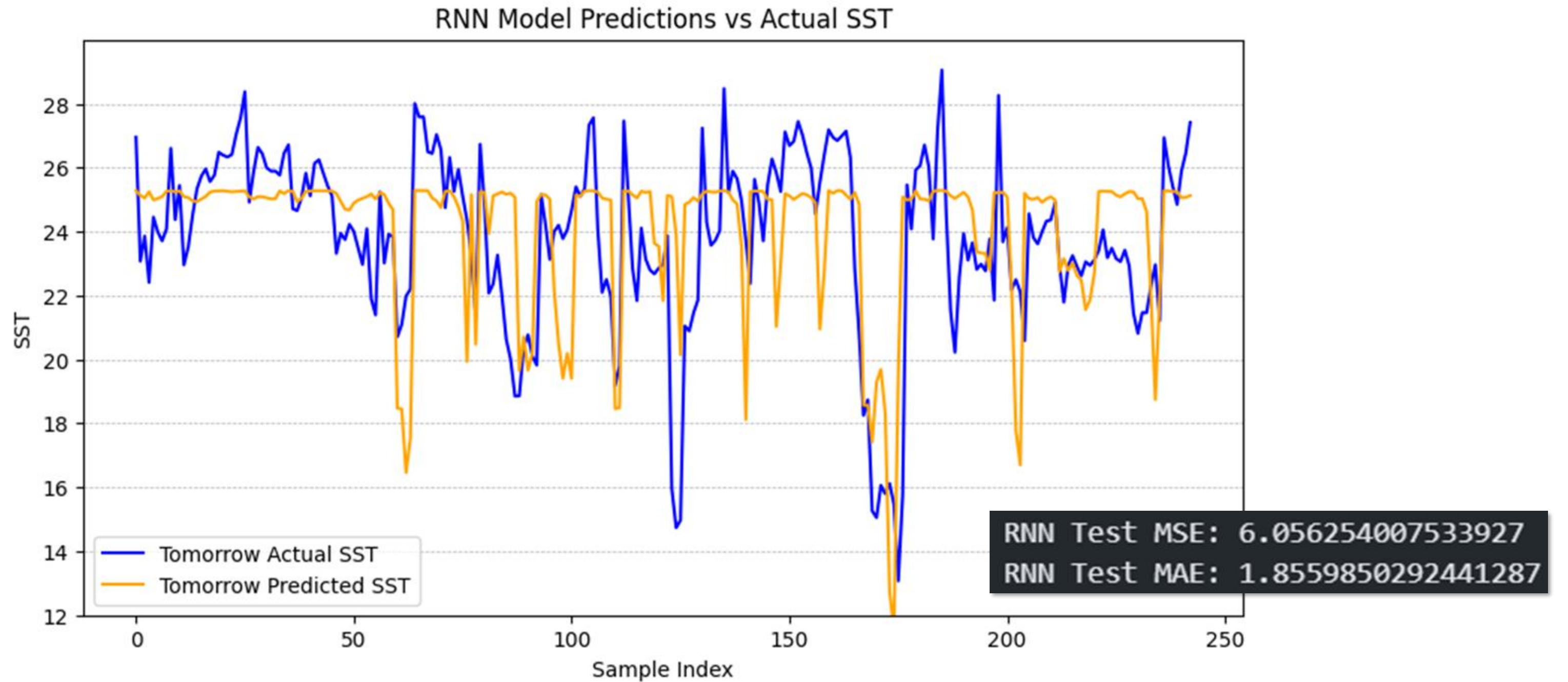


황해 (Yellow Sea)

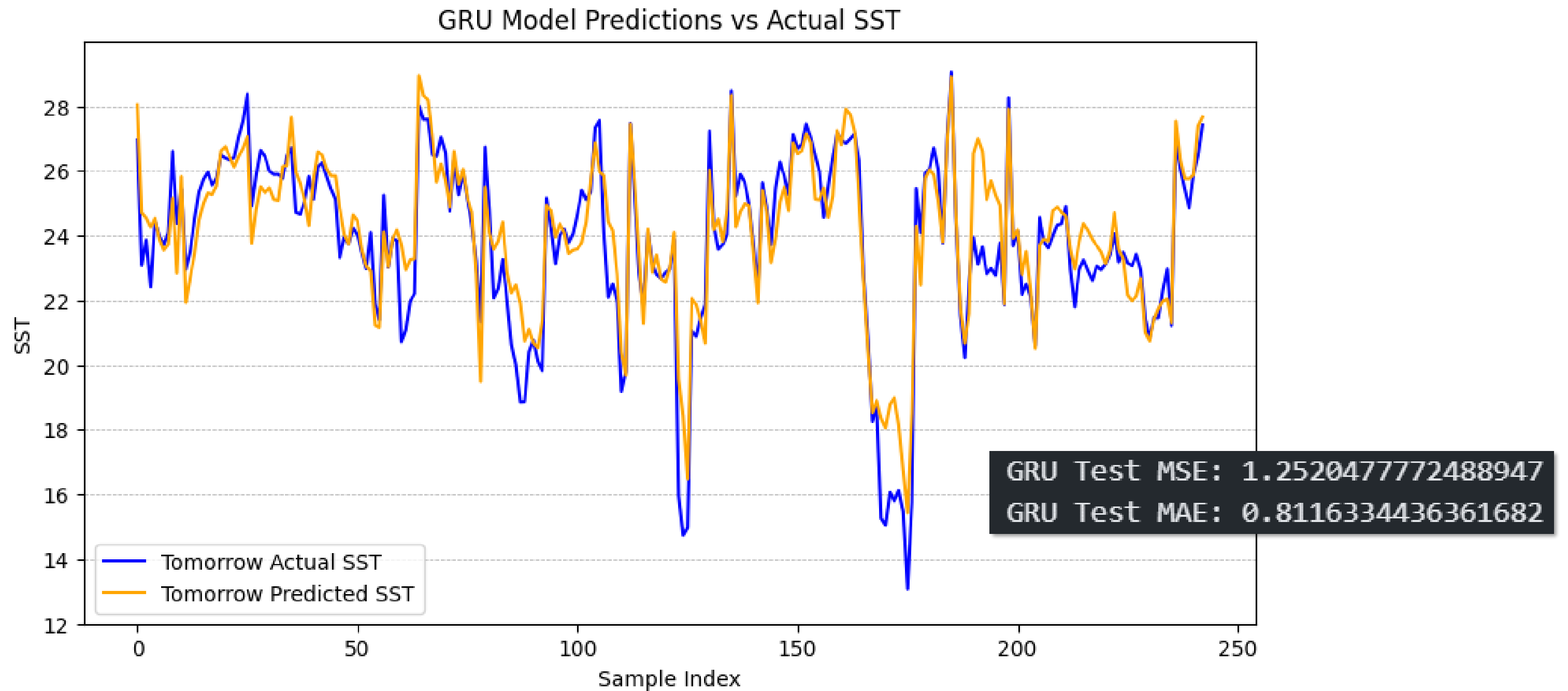
- 위도 : 31°40' - 39°50' N
- 경도 : 119°10' - 126°50' E



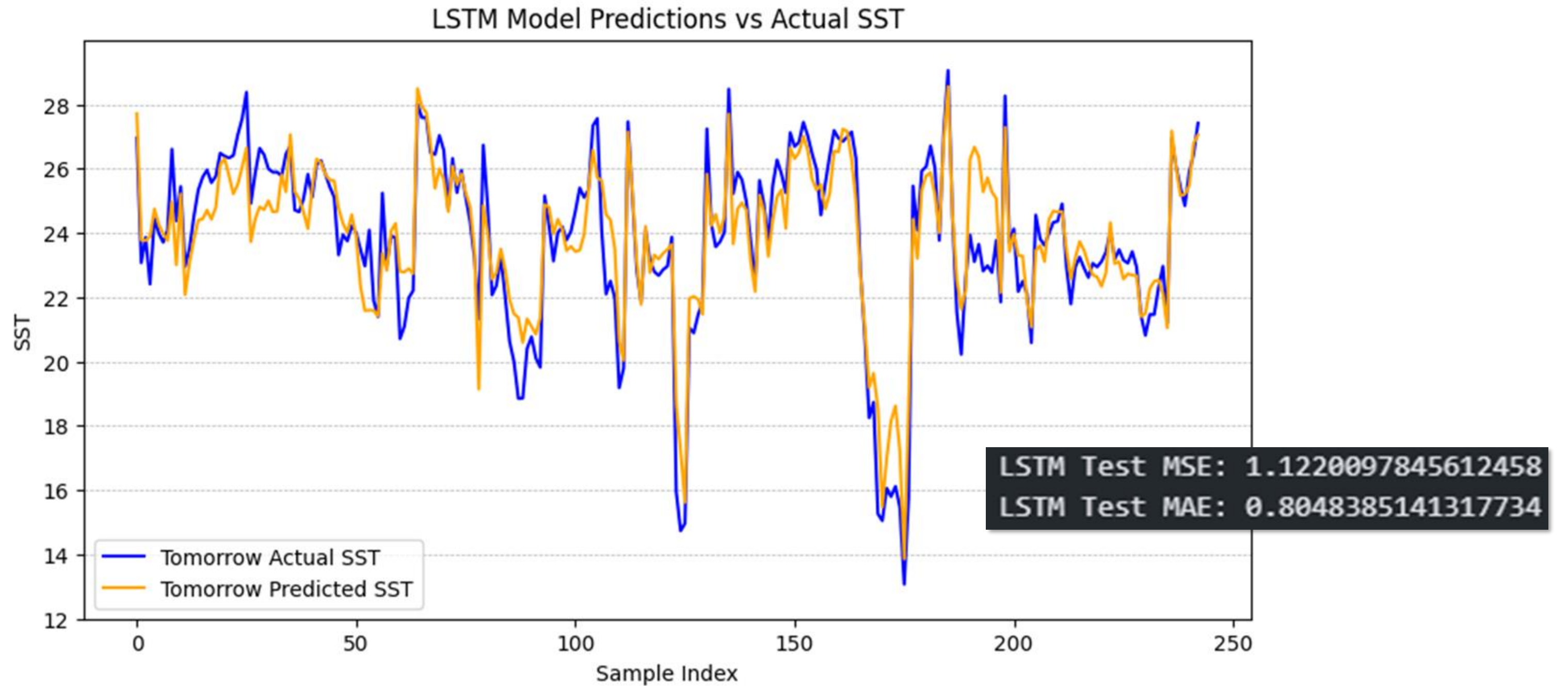
모델 비교 결과 – RNN



모델 비교 결과 – GRU



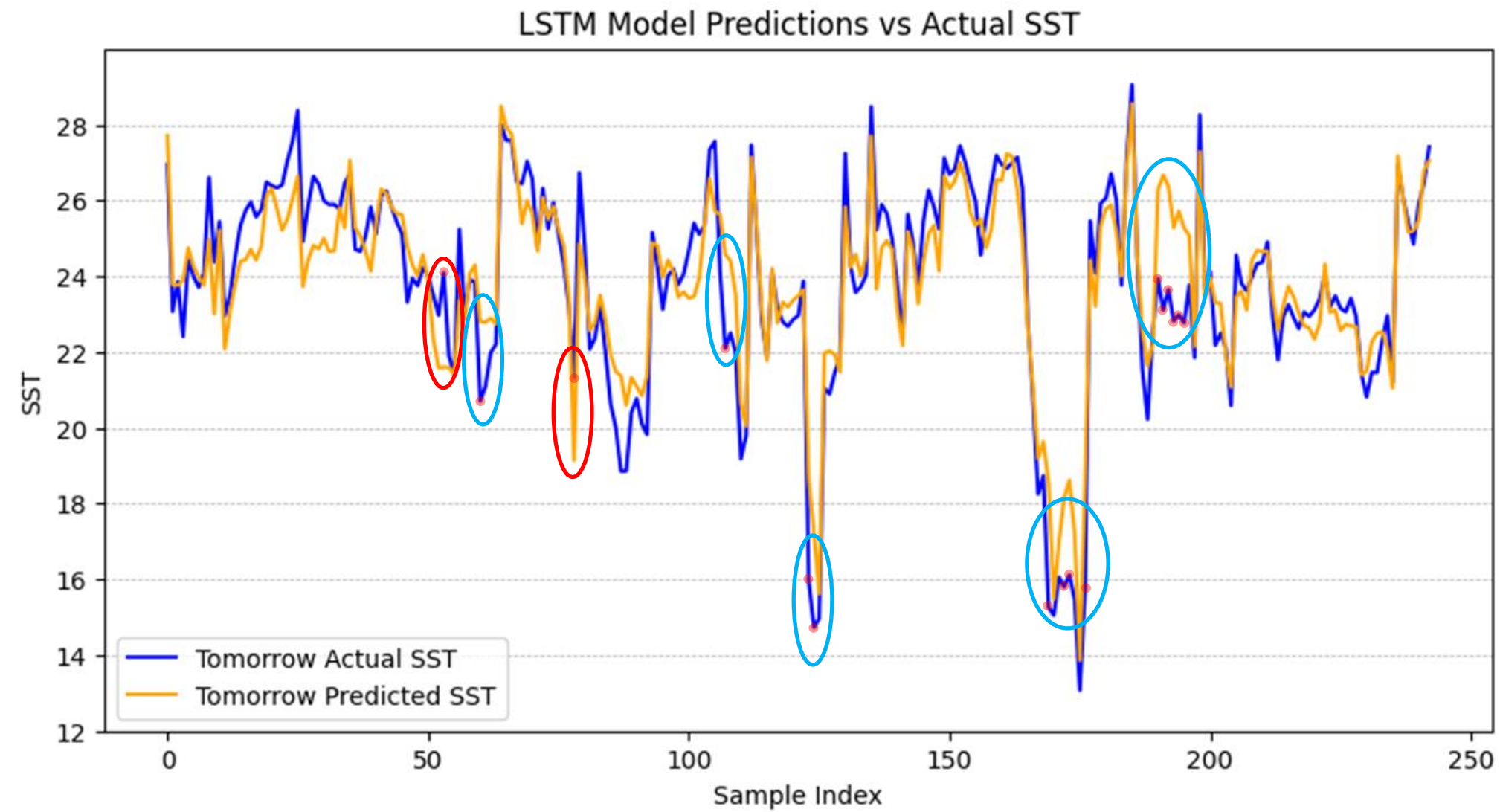
예측 결과 – LSTM



예측 결과 - LSTM

LSTM 모델에서 예측값이 실제값과 2°C 이상 차이나는 곳

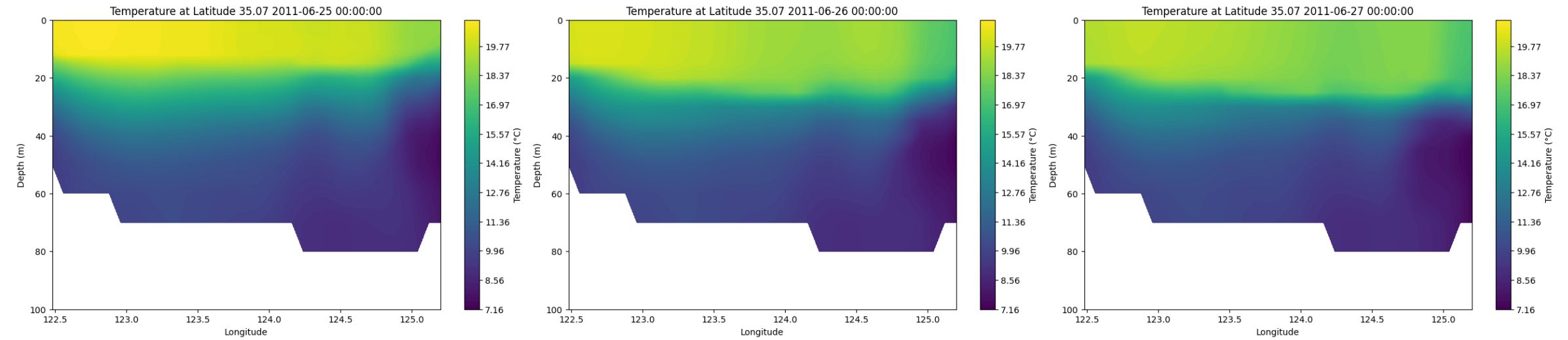
- : 실제값이 예측값 보다 낮은 곳
- : 실제값이 예측값 보다 높은 곳



예측 결과 - LSTM

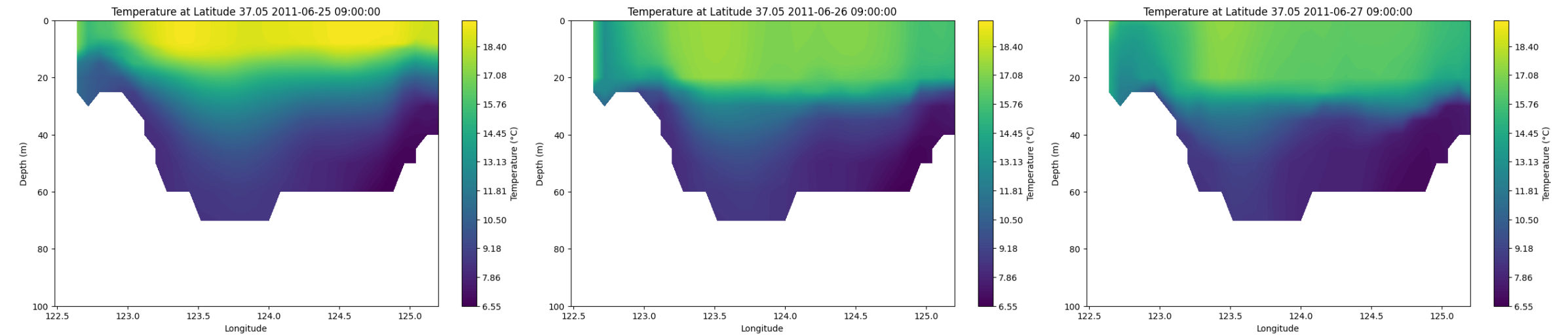
Index 169 (2011_32)

- 위도 : 35.07
- 경도 : 124.37
- 태풍통과시간 : 2011-06-26 0:00



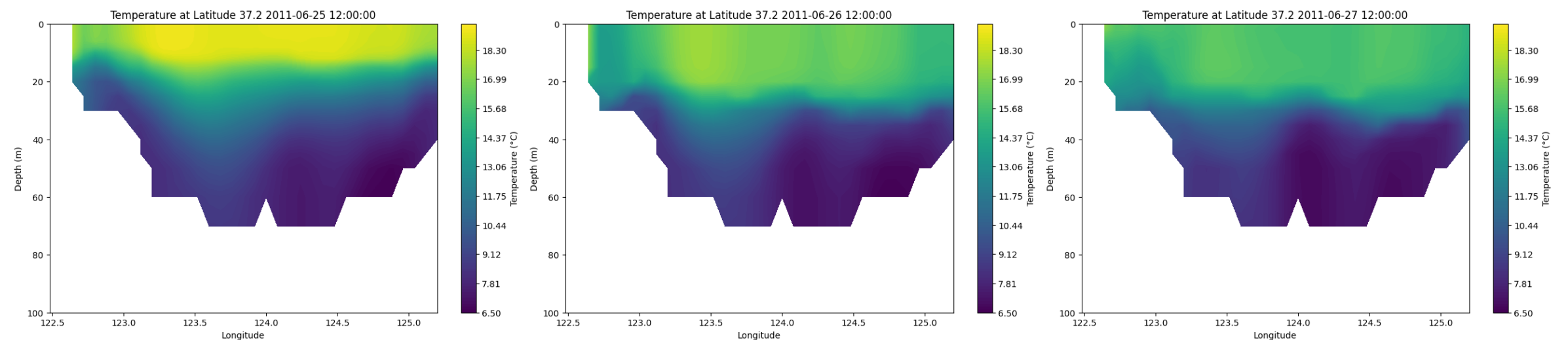
Index 172 (2011_32)

- 위도 : 37.05
- 경도 : 122.72
- 태풍통과시간 : 2011-06-26 9:00



Index 173 (2011_32)

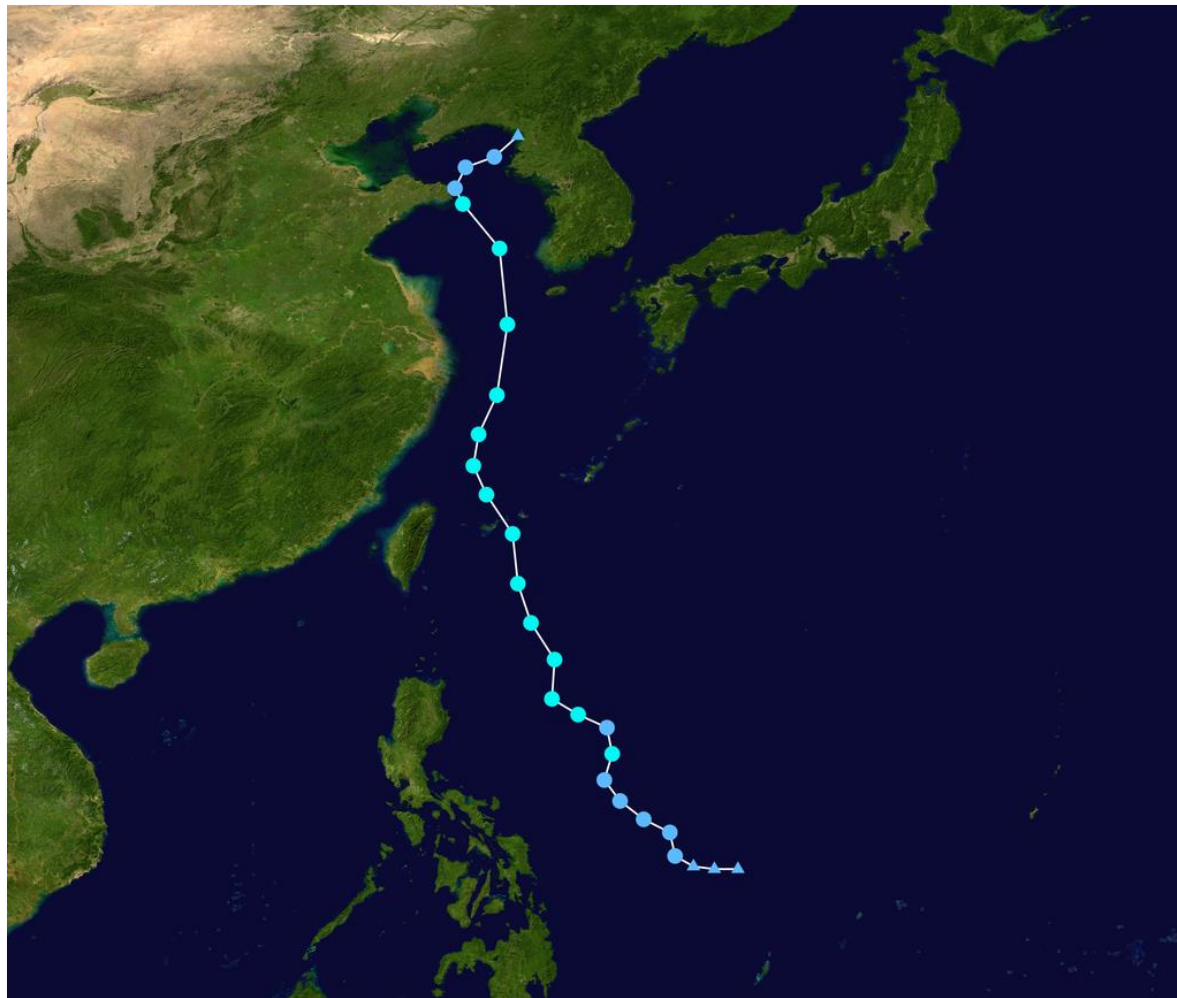
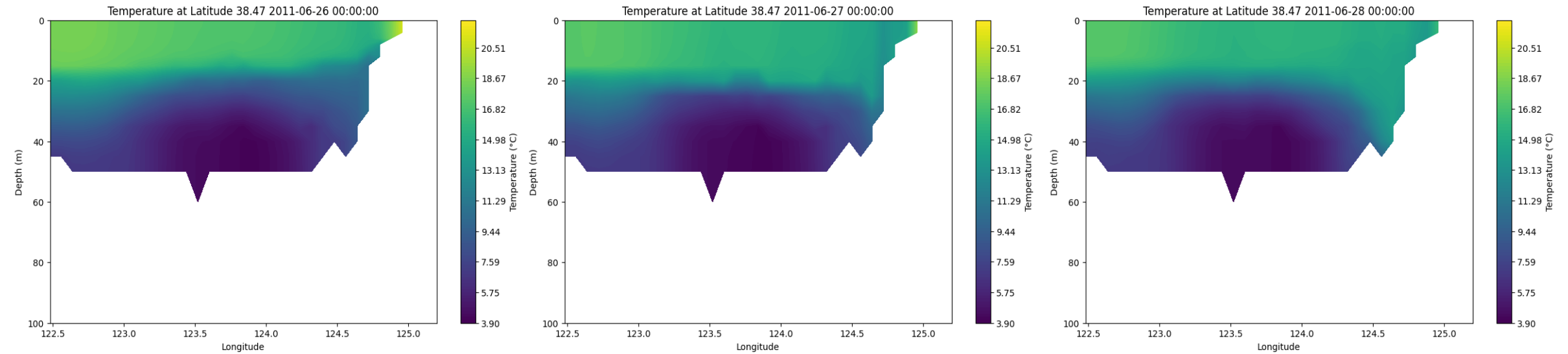
- 위도 : 37.2
- 경도 : 122.72
- 태풍통과시간 : 2011-06-26 12:00



예측 결과 - LSTM

Index 176 (2011_32)

- 위도 : 38.47
- 경도 : 124.3
- 태풍통과시간 : 2011-06-27 0:00



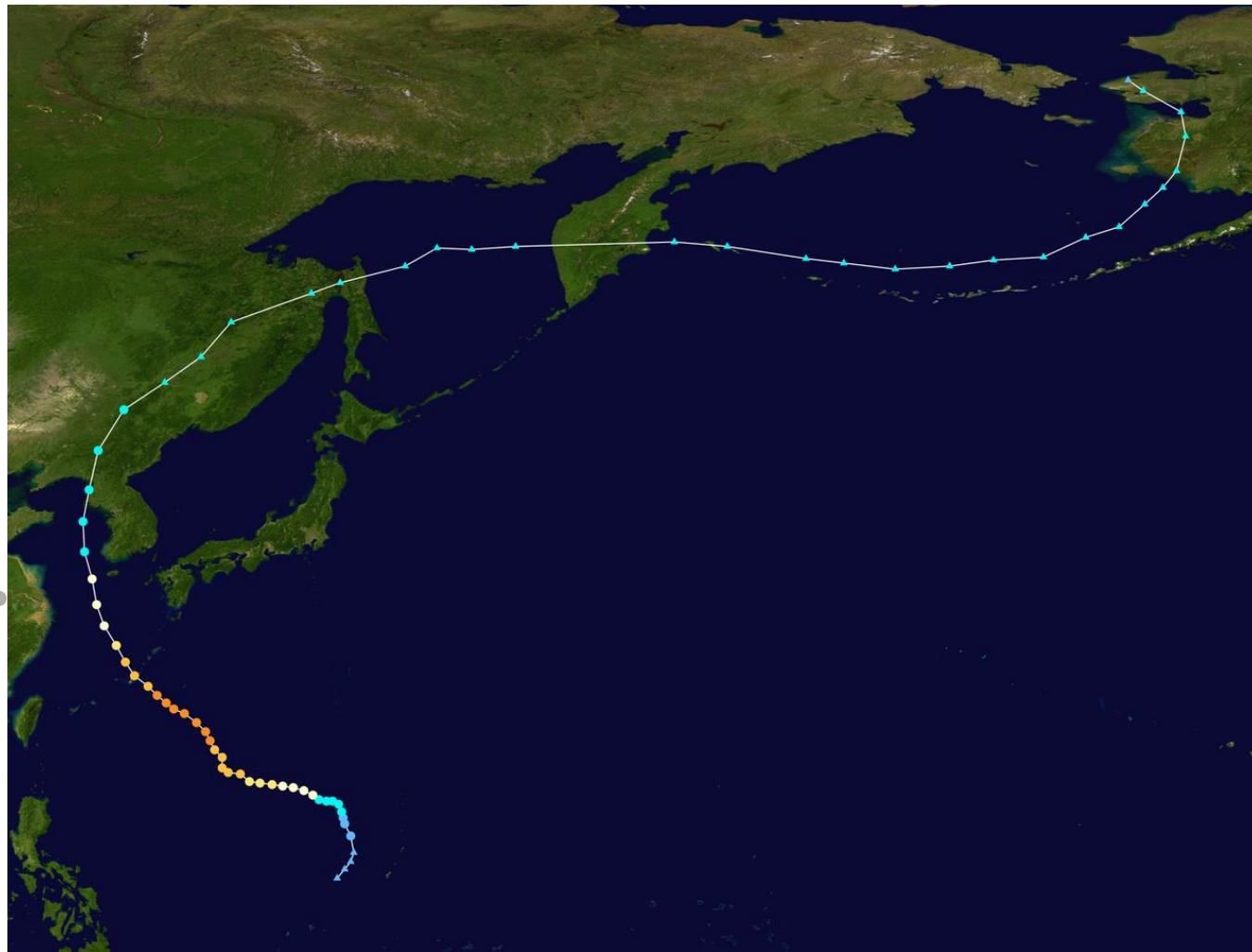
<Index 169~176에 해당하는 태풍 '메아리' 이동경로>

- ✓ 6월말 비교적 얇은 수심(40m)의 수온이 SST와 약 10°C 가까이 차이
- ✓ 태풍이 황해에 비교적 오래 머뭄

➡ 모델이 예측한 SST 감소보다 더 큰 감소가 일어난 것으로 예상

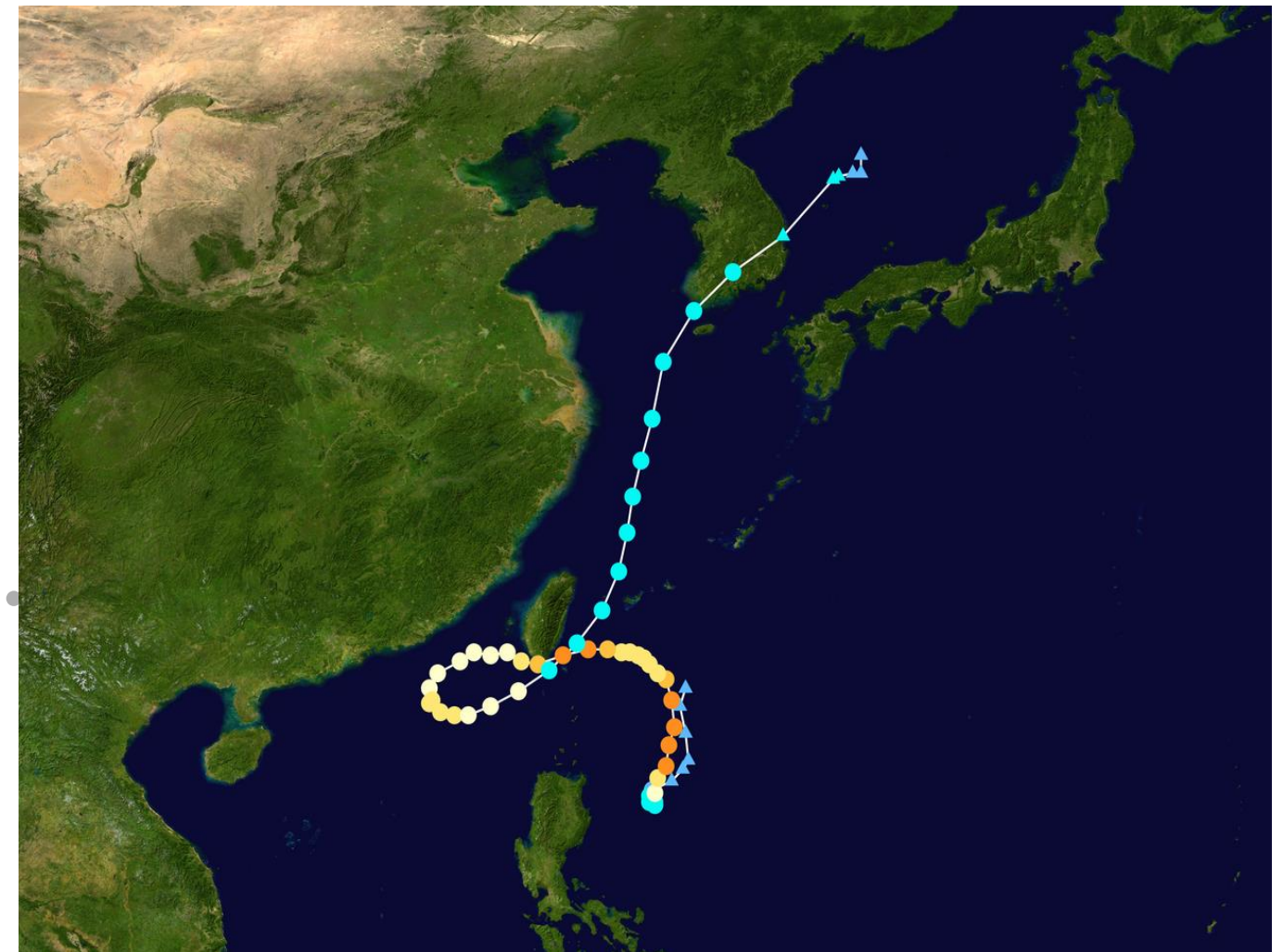
예측 결과 - LSTM

Index 192~195에 해당하는 2012년 51호 태풍 '볼라벤' 이동경로



(선행 태풍)

Index 190~191에 해당하는 2012년 50호 태풍 '덴빈' 이동경로

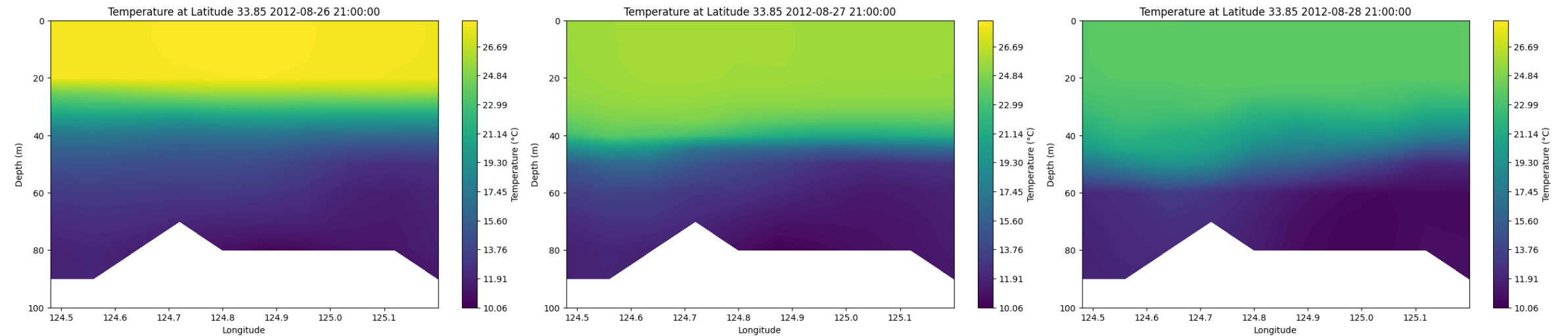


(후행 태풍)

예측 결과 - LSTM

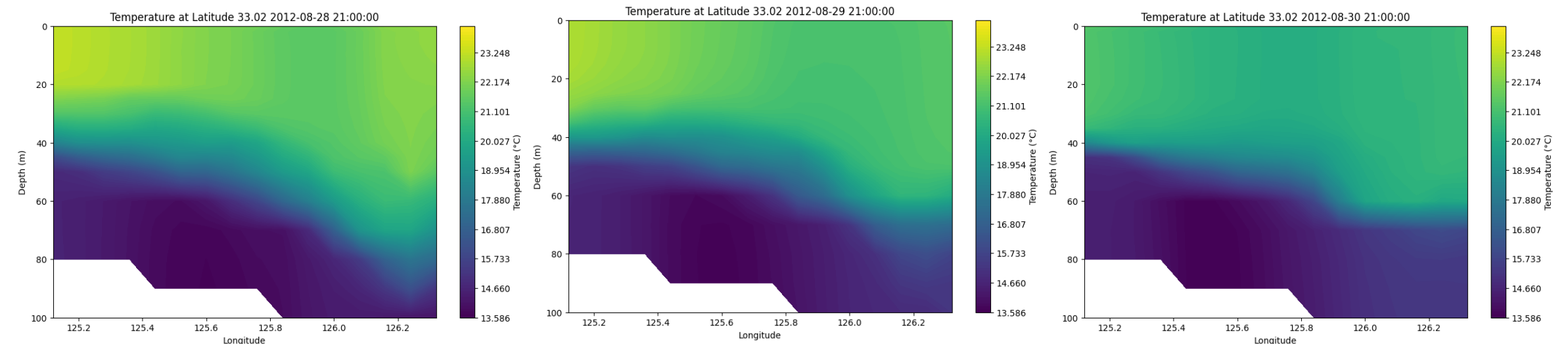
Index 194 (2012_51)

- 위도 : 33.85
- 경도 : 125.02
- 태풍 통과시간 : 2012-08-27 21:00



Index 190 (2012_50)

- 위도 : 33.02
- 경도 : 125.65
- 태풍 통과시간 : 2012-08-29 21:00



- ✓ 여름철 비교적 얇은 수심(40m)의 수온이 SST와 약 10°C 가까이 차이
- ✓ 선행 태풍 볼라벤에 의한 혼합
- ✓ 이틀 뒤 후행 태풍 덴빈에 의한 혼합



모델이 예측한 SST 감소보다 더 큰 감소가
일어난 것으로 예상

05 결론 및 제언


결론 및 제언

황해의 얇은 수심과 여름철 냉수대의 영향으로 LSTM 모델의 예측값에 차이 발생

- 황해와 같이 특성있는 지역해의 경우, 머신러닝을 통한 SST 예측을 위해선 그 해역에 맞는 Dataset을 활용한 모델 훈련이 필요하다.
- 자료 수집에 어려움이 있었으나, 향후 해양 밀도 자료와 강수량 데이터를 추가하면 모델의 예측 정확도를 더욱 개선할 수 있을 것으로 기대된다.

참고 문헌

- Doong, D. J., Peng, J. P., & Babanin, A. V. (2019). Field investigations of coastal sea surface temperature drop after typhoon passages. *Earth System Science Data*, 11(1), 323-340.
- Ik-Sung, S. O. H. N. (2004). Sea surface cooling in the East Sea with the passage of typhoons. *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37(2), 137-147.
- Jin, W., Liang, C., Tian, X., Hu, J., Ding, T., Zhou, B., ... & Wang, Y. (2022). Identifying Oceanic Responses with Validated Satellite Observations after the Passage of Typhoons in the Northern South China Sea. *Remote Sensing*, 14(16), 3872.
- Li, A., Yu, F., Si, G., & Wei, C. (2017). Long-term variation in the salinity of the Southern Yellow Sea Cold Water Mass, 1976–2006. *Journal of oceanography*, 73, 321-331.
- Lin, I. I., Black, P., Price, J. F., Yang, C. Y., Chen, S. S., Lien, C. C., ... & D'Asaro, E. A. (2013). An ocean coupling potential intensity index for tropical cyclones. *Geophysical Research Letters*, 40(9), 1878-1882.
- Li, J., Sun, L., Yang, Y., & Cheng, H. (2020). Accurate evaluation of sea surface temperature cooling induced by typhoons based on satellite remote sensing observations. *Water*, 12(5), 1413.
- Lin, J. Y., Ho, H., Zheng, Z. W., Tseng, Y. C., & Lu, D. G. (2024). Typhoon-Induced Extreme Sea Surface Temperature Drops in the Western North Pacific and the Impact of Extra Cooling Due to Precipitation. *Remote Sensing*, 16(1), 205.
- 문민철, 최유미, & 하경자. (2016). 선행 태풍의 해수 냉각에 의한 해수면 온도 경도가 후행 태풍의 진로에 미치는 영향: 볼라벤 (1215) 과 덴빈 (1214). *Atmosphere*, 26(4), 635-647.



이 연구 2022년 해양수산부 재원으로 한국해양과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(북서태평양
온난화 진단 및 한반도 영향 태풍발생·급강화 연구, RS-2022-KS221667)

This research was a part of the project titled "Study on Northwestern Pacific warming and genesis and rapid intensification of typhoon", funded by the Ministry of Oceans and Fisheries, Korea (RS-2022-KS221667)