

발 간 등 록 번 호

11-1360709-000078-01



상세예보체계 지원을 위한 고해상도 한국형 지역수치예보모델 가이드스 산출방안 연구

2022 년도

기 상 청

- 제 출 문 -

기 상 청 장 귀 하

본 보고서를 “상세예보체계 지원을 위한 고해상도 한국형 지역수치예보모델 가이던스 산출방안 연구”의 최종 보고서로 제출합니다.

2022년 11월 30일

주식회사 환경예측연구소 대표이사 김종균

- 연구용역기관명 : (주)환경예측연구소, (주)투씨솔루션
- 연 구 기 간 : 2022. 3. 30 ~ 2022.11.30
- 연구용역책임자 : 김 종 균
- 참여연구원 - (주)환경예측연구소
.연 구 원 : 이기웅, 김동규, 감은아, 노경아, 이상빈,
박지현, 진종훈
- 참여연구원 - (주)투씨솔루션
.연 구 원 : 현종훈, 송미영, 소재은, 김민지

목 차

제1장 과제 개요	1
제1절 과제의 배경 및 필요성	1
제2절 과제의 목적	1
제3절 과제의 범위	2
제4절 과제 추진 체계	3
제2장 과제 수행 내용	5
제1절 한국형 지역예보모델 기반 단기예보 가이드스 개발	5
제2절 최적 예보 가이드스 생산을 위한 고도화 된 모델 병합기법 연구	40
제3절 한국형 지역예보모델 기반 가이드스를 이용한 예측 특성 진단	94
제4절 예보 가이드스 실시간 운영 및 모니터링 체계 연구	117
제3장 결론 및 기대 효과	125
제4장 참고문헌	129

< 표 차례 >

표 2.1.2.1	2021년 8월 UM 전구모델 지상기온 검증지수 비교(F048)	19
표 2.1.2.2	2021년 1월 UM 전구모델 지상기온 검증지수 비교(F048)	19
표 2.1.2.3	2022년 7월 모델별 지상기온 일별 검증 지수 비교	20
표 2.1.2.4	2022년 1월 모델별 지상기온 일별 검증 지수 비교	21
표 2.1.2.5	2022년 7월 모델별 노점온도 일별 검증 지수 비교	22
표 2.1.2.6	2022년 1월 모델별 노점온도 일별 검증 지수 비교	23
표 2.1.2.7	2022년 7월 모델별 상대습도 일별 검증 지수 비교	24
표 2.1.2.8	2022년 1월 모델별 상대습도 일별 검증 지수 비교	25
표 2.1.2.9	2022년 7월 모델별 풍속 일별 검증 지수 비교	26
표 2.1.2.10	2022년 1월 모델별 풍속 일별 검증 지수 비교	27
표 2.1.2.11	2022년 7월 모델별 강수량 일별 검증 지수 비교1	28
표 2.1.2.12	2022년 7월 모델별 강수량 일별 검증 지수 비교2	29
표 2.1.3.1	단기예보 산출체계 디렉토리 구성	32
표 2.1.3.2	동네예보 요소에 대한 RDAPS-KIM 사용가능한 변수 목록	33
표 2.1.3.3	동네예보 요소 산출 방법	37
표 2.1.3.4	1km 내삽정보	38
표 2.1.3.5	동네예보 지점에 대한 1km 격자 정보파일	39
표 2.2.1.1	모델별 자료 생산 수행시간	40
표 2.2.1.2	각 다중 모델 예측자료 결과 예측 성능 비교	41
표 2.2.1.3	기온요소 모델별 일평균 검증 결과(여름철)	42
표 2.2.1.4	기온요소 모델별 일평균 검증 결과(겨울철)	42
표 2.2.1.5	노점온도 모델별 일평균 검증 결과(여름철)	43
표 2.2.1.6	노점온도 모델별 일평균 검증 결과(겨울철)	43
표 2.2.1.7	습도요소 모델별 일평균 검증 결과(여름철)	44
표 2.2.1.8	습도요소 모델별 일평균 검증 결과(겨울철)	44
표 2.2.1.9	기온 요소 모델별 성능 비교 결과	45
표 2.2.1.10	노점온도 모델별 성능 비교 결과	46
표 2.2.1.11	습도 요소 모델별 성능 비교 결과	47
표 2.2.1.12	풍속 요소 모델별 성능 비교 결과	48

표 2.2.1.13	풍향 요소 모델별 성능 비교 결과	49
표 2.2.1.14	강수량 요소 모델별 성능 비교 결과	50
표 2.2.1.15	한국형지역모델(RDAPS-KIM) 강수량 검증 결과	51
표 2.2.1.16	한국형지역모델(RDAPS-KIM) 기온 검증 결과	52
표 2.2.1.17	한국형지역모델(RDAPS-KIM) 노점온도 검증 결과	53
표 2.2.1.18	한국형지역모델(RDAPS-KIM) 상대습도 검증 결과	54
표 2.2.1.19	한국형지역모델(RDAPS-KIM) 풍속 검증 결과	55
표 2.2.1.20	한국형지역모델(RDAPS-KIM) 풍향 검증 결과	56
표 2.2.1.21	한국형지역모델(RDAPS-KIM) 하늘상태 검증 결과	57
표 2.2.2.1	각 모델별 자료 생산 기간	59
표 2.2.2.2	앙상블 후처리 학습 방법	59
표 2.2.2.3	UM 모델 후처리 사용 변수 목록	60
표 2.2.2.4	ECMWF 모델 후처리 사용 변수 목록	60
표 2.2.2.5	앙상블 모델 후처리 기온 00UTC 검증결과(좌:EPSG, 우:ECME)	61
표 2.2.2.6	앙상블 모델 후처리 기온 12UTC 검증결과(좌:EPSG, 우:ECME)	62
표 2.2.2.7	앙상블 모델 후처리 노점온도 00UTC 검증결과(좌:EPSG, 우:ECME)	63
표 2.2.2.8	앙상블 모델 후처리 노점온도 12UTC 검증결과(좌:EPSG, 우:ECME)	64
표 2.2.2.9	앙상블 모델 후처리 강수량 00UTC 검증결과1(좌:EPSG, 우:ECME)	65
표 2.2.2.10	앙상블 모델 후처리 강수량 00UTC 검증결과2(좌:EPSG, 우:ECME)	66
표 2.2.2.11	앙상블 모델 후처리 강수량 12UTC 검증결과1(좌:EPSG, 우:ECME)	67
표 2.2.2.12	앙상블 모델 후처리 강수량 12UTC 검증결과2(좌:EPSG, 우:ECME)	68
표 2.2.2.13	앙상블 모델 후처리 U10M 00UTC 검증결과(좌:EPSG, 우:ECME)	69
표 2.2.2.14	앙상블 모델 후처리 U10M 12UTC 검증결과(좌:EPSG, 우:ECME)	70
표 2.2.2.15	앙상블 모델 후처리 V10M 00UTC 검증결과(좌:EPSG, 우:ECME)	71
표 2.2.2.16	앙상블 모델 후처리 V10M 12UTC 검증결과(좌:EPSG, 우:ECME)	72
표 2.2.2.17	앙상블 모델 후처리 풍속 00UTC 검증결과(좌:EPSG, 우:ECME)	73
표 2.2.2.18	앙상블 모델 후처리 풍속 12UTC 검증결과(좌:EPSG, 우:ECME)	74
표 2.2.2.19	앙상블 모델 후처리 모델별/요소별/계절별/초기시각별 최적기법	75
표 2.2.2.20	앙상블 모델 후처리 요소별 기법 선정	75
표 2.2.3.1	BEST 후처리 기온 검증 결과(좌: 00UTC, 우: 12UTC)	77
표 2.2.3.2	BEST 후처리 노점온도 검증 결과(좌: 00UTC, 우: 12UTC)	78
표 2.2.3.3	BEST 후처리 U10M 검증 결과(좌: 00UTC, 우: 12UTC)	79

표 2.2.3.4 BEST 후처리 V10M 검증 결과(좌: 00UTC, 우: 12UTC)	80
표 2.2.3.5 BEST 후처리 풍속 검증 결과(좌: 00UTC, 우: 12UTC)	81
표 2.2.3.6 BEST 후처리 강수량 검증 결과1(좌: 00UTC, 우: 12UTC)	82
표 2.2.3.7 BEST 후처리 강수량 검증 결과2(좌: 00UTC, 우: 12UTC)	82
표 2.2.3.8 BEST 후처리 여름철 기온 확률예보 예시	83
표 2.2.3.9 BEST 후처리 확률예보 기온 검증 결과(좌: 00UTC, 우: 12UTC)	84
표 2.2.3.10 BEST 후처리 확률예보 노점온도 검증 결과(좌: 00UTC, 우: 12UTC)	85
표 2.2.3.11 BEST 후처리 확률예보 U10M 검증 결과(좌: 00UTC, 우: 12UTC)	85
표 2.2.3.12 BEST 후처리 확률예보 V10M 검증 결과(좌: 00UTC, 우: 12UTC)	86
표 2.2.3.13 BEST 후처리 확률예보 풍속 검증 결과(좌: 00UTC, 우: 12UTC)	86
표 2.2.3.14 BEST 후처리 확률예보 강수량 검증 결과(좌: 00UTC, 우: 12UTC)	87
표 2.2.3.15 현업 BEST와 올해 연구 개발 BEST 가이드스 기온 비교	88
표 2.2.3.16 현업 BEST와 올해 연구 개발 BEST 가이드스 U10M 비교	89
표 2.2.3.17 현업 BEST와 올해 연구 개발 BEST 가이드스 V10M 비교	90
표 2.2.3.18 현업 BEST와 올해 연구 개발 BEST 가이드스 풍속 비교	91
표 2.2.3.19 현업 BEST와 올해 연구 개발 BEST 가이드스 강수량 비교	92
표 2.3.1.1 단기 및 중기예보 가이드스 검증시스템 구성	95
표 2.3.1.2 기상변수별 검증방법	95
표 2.3.1.3 수치예보 가이드스별 검증을 위한 분석자료	96
표 2.3.1.4 단기 및 중기예보 가이드스 검증 프로그램 디렉터리 구조	98
표 2.3.1.5 단기 및 중기예보 가이드스 검증 프로그램 소스 목록	98
표 2.3.1.6 기상변수별 검증지수 및 파일명	103
표 2.3.1.7 검증결과 가시화 생산 프로그램 및 파일명	105
표 2.3.1.8 기상변수별 검증지수별 최솟값, 최댓값, 간격, 단계 및 사용 범례	108
표 2.3.1.9 수치예보 가이드스 분석 검증시스템 개발 언어	111
표 2.4.1.1 수행 로그 모니터링 체계 구축 대상 목록	117
표 2.4.1.2 다중모델 앙상블 기반 수치예보 가이드스 모니터링 시스템 개발 언어	118
표 2.4.1.3 다중모델 앙상블 기반 수치예보 가이드스 시스템 수행 상태 표기의 예	119
표 2.4.1.4 단기 및 중기예보 검증 프로그램 수행 로그파일 구조	121
표 2.4.1.5 상세단계별 로그 파일명	122
표 2.4.1.6 검증 프로그램 모니터링 시스템 개발 언어	123
표 2.4.1.7 검증 프로그램 모니터링 시스템 수행 상태 표기의 예	124

<그림 차례>

그림 2.1.1.1 점 x에 대한 이중선형 내삽에 사용되는 격자점들	6
그림 2.1.1.2 원본 모델자료 격자와 1km 상세예보 격자체계 차이 예시	7
그림 2.1.1.3 격자 내삽 가중치의 보정 모식도	9
그림 2.1.1.4 육지/해양 격자점 일치/불일치에 따른 가중치 보정 모식도	11
그림 2.1.1.5 마스크 불일치 보정 결과(좌)와 보정 전후 차이값	12
그림 2.1.1.6. 파라미터 값에 따른 가중치 감쇠속도 비교	13
그림 2.1.1.7 마스크 불일치 보정 및 역거리 가중치(IDW) 보정 결과(좌)와 전후 차이(우) ..	13
그림 2.1.1.8 ECMWF 전구 모델 자료에 마스크 불일치 및 거리 가중치 보정 적용 결과 ..	14
그림 2.1.1.9. UM 기온 격자자료(좌)의 재격자화 및 고도보정 결과 예시	16
그림 2.1.2.1 1km 및 5km 격자자료 차이 검증과정 모식도	17
그림 2.1.2.2 2021년 8월(좌) 및 2022년 1월(우) 지상기온의 관측-모델(UM 전구) 산포 도	18
그림 2.1.3.1 모델별 가이드스 자료 생산 흐름도 - 컨트롤(좌), 앙상블(우)	31
그림 2.1.3.2 한국형지역예보모델 동네예보요소 산출 예시(2022.11.12.00UTC +12h 자 료)	34
그림 2.1.3.3 WRF에서의 강수량 산출 방법	35
그림 2.1.3.4 WRF에서의 이슬점 산출 방법	35
그림 2.1.3.5 Maximum overlapping을 적용한 Cloud Fraction	36
그림 2.1.3.6 지점 자료 산출 예시	39
그림 2.2.2.1 PPNN기법 알고리즘	58
그림 2.2.3.1 CRPS(Continuous ranked probability score) 개념도	84
그림 2.2.3.2 다중모델 앙상블 가이드스 작업 흐름도	93
그림 2.3.1.1 검증 프로그램 흐름도	97
그림 2.3.1.2 네임리스트 설정을 위한 변수 셋팅	99
그림 2.3.1.3 네임리스트 설정 파일(예시)	100
그림 2.3.1.4 풍향 구분표	101
그림 2.3.1.5 2022년 9월 GKIM 모델 기온 RMSE 결과 예시	102
그림 2.3.1.6 검증결과 일기도 가시화 생산 프로그램 흐름도	105
그림 2.3.1.7 검증지수 공간분포도 구성	107

그림 2.3.1.8	검증결과 공간분포도 범례	107
그림 2.3.1.9	2022년 9월의 00UTC +6h의 RKIM의 BIAS 공간분포도 예시	110
그림 2.3.1.10	수치예보 가이던스 분석 검증시스템 메인 화면	111
그림 2.3.1.11	수치예보 가이던스 분석 검증시스템 메뉴 설명	112
그림 2.3.1.12	수치예보 가이던스 분석 검증시스템 지점자료 표출	113
그림 2.3.1.13	수치예보 가이던스 분석 검증시스템 시계열 자료 표출	114
그림 2.3.1.14	수치예보 가이던스 분석 검증시스템 공간분포 이미지 표출	115
그림 2.4.1.1	다중모델 앙상블 기반 수치예보 가이던스 시스템 모니터링 화면	118
그림 2.4.1.2	로그파일 내용 예시	120
그림 2.4.1.3	검증 프로그램 수행 로그 예시	122
그림 2.4.1.4	검증 프로그램 모니터링 시스템 모니터링 화면	123

- 요약 문 -

I. 과제의 배경 및 필요성

- 수치모델의 지속적 발달로 기상예보에 있어서 수치모델의 의존도가 점차 높아짐
- 기상청 동네예보 가이드스는 하나의 단일모델을 통한 결정론적 예보가 아닌 가용한 여러 모델을 병합하여 최적의 예측결과를 산출하고 제공하고 있음
- 예보체계의 개편에 따라 상세예보 제공 등을 위해 동네예보 가이드스 예측 성능의 개선뿐만 아니라 향후 UM 모델 생산 중단 및 수치모델의 해상도 변화를 대비하여 고해상도 한국형 모델 추가 적용을 위한 가이드스 생산체계 구축이 필요함
- 고해상도 한국형 지역예보모델 기반의 예보가이드스 생산 기법을 개발하여 고도화 된 예보 가이드스 모델 병합기법을 도출하고, 실시간 운영시스템을 구축하여 예보에 활용될 수 있는 생산체계 구축이 필요함

II. 과제의 목적

- 고해상도 한국형 지역예보모델 기반의 예보 가이드스 생산 기법 개발
- 고도화된 예보 가이드스 모델병합 기법 방안 연구 및 도출
- 다중모델 앙상블을 통한 단일모델 결정론적 예보 불확실성 개선
- 실시간 운영시스템 구축을 통한 현업적 활용 가능 생산 체계 구축

Ⅲ. 과제의 범위

- 한국형 지역예보모델 기반 단기예보 가이드نس 개발
- 최적 예보 가이드نس 생산을 위한 고도화 된 모델 병합기법 연구
- 한국형 지역예보모델 기반 가이드نس를 이용한 예측 특성 진단
- 예보 가이드نس 실시간 운영 및 모니터링 체계 연구

Ⅳ. 최종 산출물

- 다음의 내용을 포함하는 최종보고서
 - 모델별 가중치에 따른 최적 모델 산출 소스코드
 - 앙상블 간의 최적 병합 소스 코드
 - 앙상블과 결정모델 간의 최적 병합 소스 코드
 - 고해상도 지역모델 단기예보 가이드نس 산출 소스코드
 - 육지-해양 경계면 격자변환 최적화 소스코드
 - 고도보정 최적화 소스코드
 - 고해상도 지역모델 가이드نس 시간/지역별 특성 알고리즘(분석체계)
 - 동네예보 가이드نس 정확도 향상 알고리즘(개선 기법)
- 각 연구·실험 결과 및 결과 분석 자료

제1장 과제 개요

제1절 과제의 배경 및 필요성

- 수치모델의 지속적 발달로 기상예보에 있어서 수치모델의 의존도가 점차 높아짐
- 기상청 동네예보 가이드스는 하나의 단일모델을 통한 결정론적 예보가 아닌 가용한 여러 모델을 병합하여 최적의 예측결과를 산출하고 제공하고 있음
- 예보체계의 개편에 따라 상세예보 제공 등을 위해 동네예보 가이드스 예측 성능의 개선뿐만 아니라 향후 UM 모델 생산 중단 및 수치모델의 해상도 변화를 대비하여 고해상도 한국형 모델 추가 적용을 위한 가이드스 생산체계 구축이 필요함
- 고해상도 한국형 지역예보모델 기반의 예보가이드스 생산 기법을 개발하여 고도화된 예보 가이드스 모델 병합기법을 도출하고, 실시간 운영시스템을 구축하여 예보에 활용될 수 있는 생산체계 구축이 필요함

제2절 과제의 목적

- 고해상도 한국형 지역예보모델 기반의 예보 가이드스 생산 기법 개발
- 고도화된 예보 가이드스 모델병합 기법 방안 연구 및 도출
- 다중모델 앙상블을 통한 단일모델 결정론적 예보 불확실성 개선
- 실시간 운영시스템 구축을 통한 현업적 활용 가능 생산 체계 구축

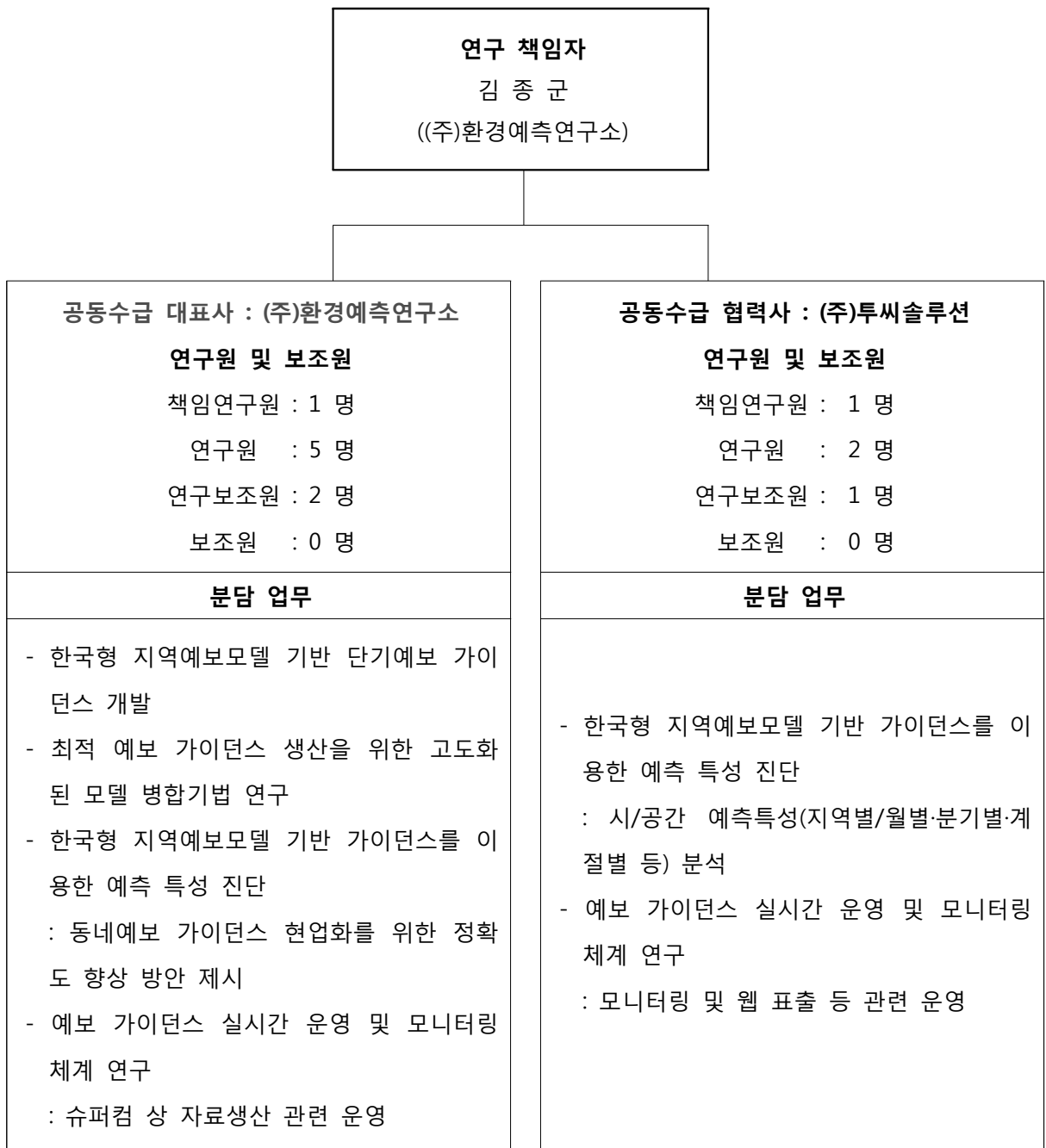
제3절 과제의 범위

- 한국형 지역예보모델 기반 단기예보 가이드스 개발
 - 고해상도(3km) 지역예보모델의 단기예보 가이드스(5km, 1km 간격 격자 및 지점) 적용 기법 개발
 - 육지-해양 경계면 격자변환 및 고도보정 최적화 방안
- 최적 예보 가이드스 생산을 위한 고도화 된 모델 병합기법 연구
 - 단순 가중치 적용 외 다양한 통계기법(인공지능기법 포함)을 활용한 예보 가이드스 모델 병합방안 연구개발 및 정확도 상호 비교검증
 - 다중모델 앙상블 가이드스 최적화 방안(5km, 1km 간격 격자 및 지점)
- 한국형 지역예보모델 기반 가이드스를 이용한 예측 특성 진단
 - 시/공간예측 특성(지역별/월별/분기별/계절별 등) 분석
 - 동네예보 가이드스 현업화를 위한 정확도 향상 방안 제시
- 예보 가이드스 실시간 운영 및 모니터링 체계 연구
 - 기존 가이드스를 포함하여 신규 개선된 가이드스를 활용할 수 있는 최적화 운영 방안 연구 및 모니터링 체계 개발

제4절 과제 추진 체계

1.4.1. 수행 조직도

본 과제는 (주)환경예측연구소를 대표사로 (주)투씨솔루션과 콘소시엄을 구성하여 수행하였다.



1.4.2. 과제 수행 일정

본 과제는 아래 표와 같은 일정 계획에 따라 수행 되었다.

내용		4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월
한국형 지역예보모델 기반 단기예보 가이던스 개발	고해상도 지역예보모델의 단기예보 가이던스 적용 기법 개발(5km)								
	고해상도 지역예보모델의 단기예보 가이던스 적용 기법 개발(1km)								
	기온/습도의 육지-해양 경계면 격자변환 최적화								
	기온/습도의 지점별 고도보정 최적화								
최적 예보 가이던스 생산을 위한 고도화 된 모델 병합 기법 연구	단순가중치 적용 외 다양한 통계기법을 활용한 예보 가이던스 모델 병합방안 개발 및 정확도 비교 검증								
	다중모델 앙상블 가이던스 최적화 방안								
한국형 지역예보모델 기반 가이던스를 이용한 예측 특성 진단	시/공간예측 특성 분석 (지역별/월별·분기별·계절별)								
	동네예보 가이던스 현업화를 위한 정확도 향상 방안 제시								
예보가이던스 실시간 운영 및 모니터링 체계 연구	기존 가이던스를 포함하여 신규 개선된 가이던스를 활용할 수 있는 최적화 된 운영 방안 연구								
	기존 가이던스를 포함하여 신규 개선된 가이던스 모니터링 체계 개발								
주요 일정					중간 보고				최종 보고

제2장 과제 수행 내용

제1절 한국형 지역예보모델 기반 단기예보 가이드스 개발

2.1.1. 육지-해양 경계면 격자변환 및 고도보정 최적화 방안

○ 기온/습도에 대한 육지-해양 경계면 변환 최적화 기법 연구

재격자화(regrid)는 하나의 격자체계에서 다른 격자체계로 변환하고 필요시 해당되는 해상도로 보간하는 과정이다. 이 과정은 시간 차원이나 공간 차원의 격자체계에 대해 이루어지며, 그 방법은 여러가지 존재한다. 사용자는 작업 의도에 맞는 방법을 찾고 자료구조에 맞게 적절하게 적용할 필요가 있다. 부적절한 보간 방법을 선택하여 재격자화를 수행하면 잘못된 결과를 초래할 수 있다.

일반적인 보간 방법으로는 이중선형(bilinear) 방법, 최근린(nearest) 방법, 역거리 방법 등이 있다. 사용할 보간 방법의 선택은 데이터를 어떤 용도로 사용하는지 그 목적과 변수 자체가 가지는 특성에 따라 결정한다. 기온을 비롯한 대부분의 기상/기후 변수는 모든 시간규모에서 높은 공간적 자기상관성(spatial autocorrelation)을 가진다. 강수량과 같은 일부 변수는 시간 단위의 단주기 샘플링에서 공간적 상관관계가 거의 없거나 전혀 없을 수도 있지만 보통 월별, 계절별, 또는 연간 시간척도와 같은 장주기 샘플링에서는 그렇지 않다. 어떤 변수는 재격자화를 위한 보간 작업 수행 시 에너지 보존과 같은 특별한 물리적 고려사항이 필요한 경우도 있다. 이런 경우에는 보간법 자체를 사용하기 어려울 때도 있다. 단계구분으로 이루어진 토지 피복 정보도 그러한 예이다.

기온과 같이 공간적으로 시간적으로 연속적으로 변동하는 변수는 이중선형(bilinear) 보간 방법을 사용하기에 적합한 변수이다. 이중선형 보간 방법은 선형보간법(linear interpolation)의 일종으로서 2차원으로 확장한 방법이라고 할 수 있다. 기본적인 1차원 선형보간법은 직선 위에 위치한 두 점 사이의 값을 추정할 때 사용하는 방법이다. 추정되는 값은 두 점과의 직선상 거리에 따라 선형적으로

계산된다. 직선상에 위치한 두개의 점 x_1 과 x_2 가 있을 때 이 두 점 사이에서 추정하고자 하는 점 x 에 대한 선형보간 함수는 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$f(x) = \frac{d_2}{d_1 + d_2} f(x_1) + \frac{d_1}{d_1 + d_2} f(x_2)$$

이 함수식에서 d_1 은 x_1 에서 x 까지의 거리, d_2 는 x_2 에서 x 까지의 거리이다. 점 x 를 추정하기 위해 참조하는 x_1 과 x_2 가 각각 상대적으로 얼마나 떨어져 있는지 비율 값을 이용한다. 다시 말해서 x_1 와 상대적으로 더 가깝다면 x 의 보간 추정치는 x_1 의 영향을 더 많이 받고 x_2 와 더 가깝다면 x_2 의 영향을 더 받는다.

위와 같은 1차원 선형내삽 과정에서 직선상에서의 점들을 대상으로 계산이 이루어졌던 것과 달리 이중선형 내삽은 2차원 평면상에서의 점들을 기준으로 값을 추정하는 방법이다. 이를 그림으로 표현하면 그림 2.1.1.1과 같다.

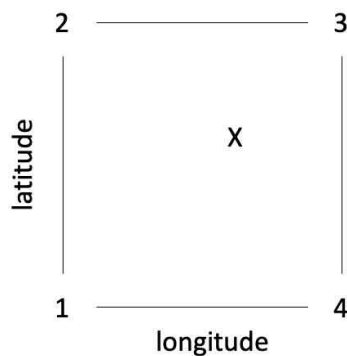


그림 2.1.1.1 점 x 에 대한 이중선형 내삽에 사용되는 격자점들

그런데 지상의 기온이나 습도는 지면 피복상태에 민감한 변수로서 육지-해양 경계에서는 공간적으로 급격한 차이가 나타날 수 있다. 해안선에 위치한 격자점들에서는 변수의 공간적 변동성이 연속적일 것이라는 가정을 유지하기 어려울 수 있다는 의미이다. 그림 2.1.1.2에서는 육지-해양 경계에서 나타나는 지상기온

변수의 불연속성을 예시로 보여준다. 모델 원자료 지상기온 변수의 육지-해양 경계에서 나타나는 공간패턴을 보면 육지인지 해양인지 여부에 따라 급격하게 값이 달라지는 것을 볼 수 있다. 상대적으로 성긴 해상도를 가지는 모델자료는 격자점들이 실제 해안선을 충분히 모사하지 못하기 때문에 이를 기반으로 상세한 해상도로 재격자화를 수행하면 육지와 해양의 특성을 충분히 반영하지 못한다. 따라서 본 연구에서는 모델자료의 재격자화 수행 시 이러한 불연속성을 고려하여 내삽을 하고자 하였다.

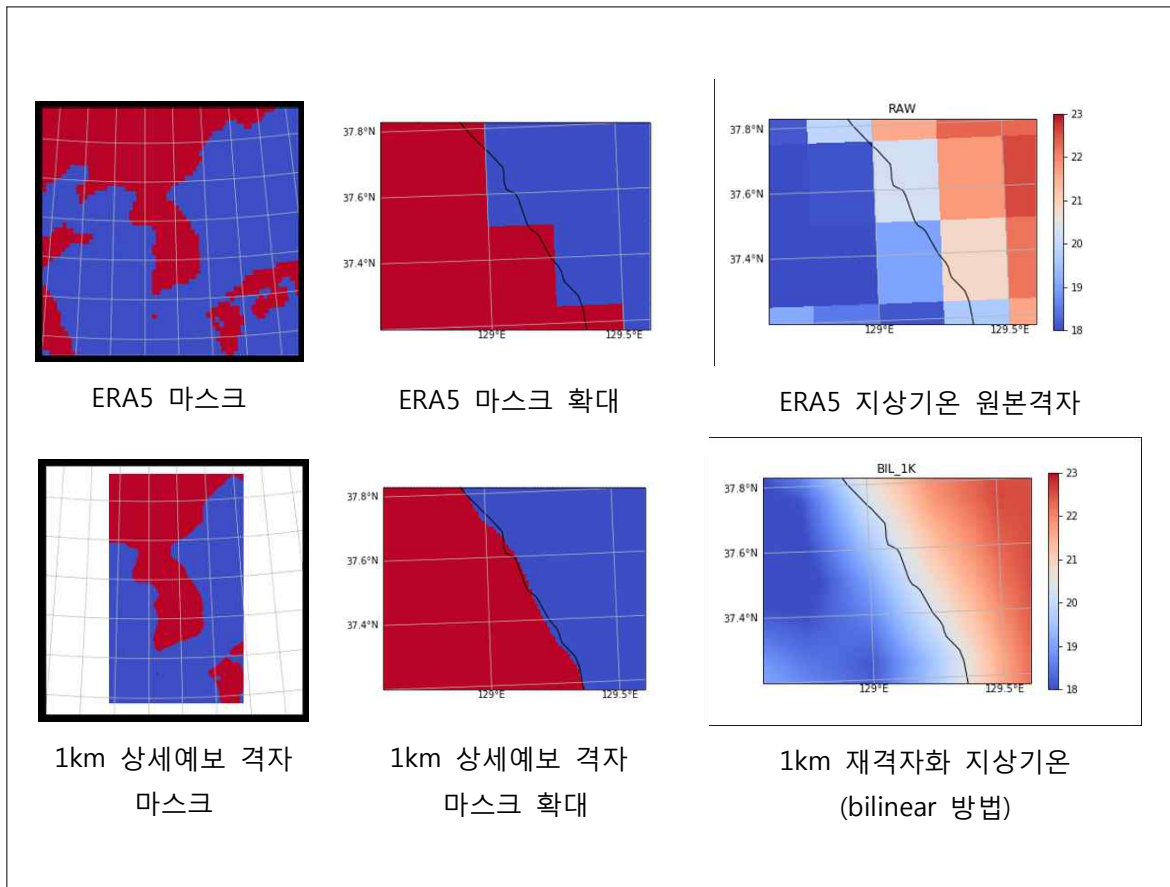


그림 2.1.1.2 원본 모델자료 격자와 1km 상세예보 격자체계 차이 예시

서로 다른 격자 체계 간에 내삽을 수행하는 작업은 처리해야 하는 격자 자료가 커버하는 영역이 넓고 해상도가 조밀할수록 시간이 오래 소요된다. 격자변환 내삽 과정은 크게 두 부분으로 나눌 수 있다. 먼저 가장 시간이 많이 소요되는 부분은

내삽을 위해 가중치를 계산하는 과정이다. 그 다음 계산된 가중치를 이용해서 원본 격자자료를 참조하여 변환 대상 격자자료를 산출하는 과정이 있다.

격자 내삽 가중치는 원본 격자자료의 격자체계와 생성 대상 격자자료의 격자체계의 정의에 따라 결정된다. 그리고 보통 두 격자자료가 가지는 값은 고려되지 않는다. 따라서 원본 격자자료와 대상 격자자료 각각의 격자체계가 변경되지 않고 값만 바뀌는 경우에는 이 가중치 계산 프로세스를 반복해서 수행할 필요가 없다. 더욱이 격자 내삽 과정에서 가장 많은 시간을 필요로 하는 부분이 가중치를 계산하는 부분이기 때문이다.

그러므로 본 연구에서는 원본 격자자료와 대상 격자자료 쌍을 구성하고 이들에 대한 격자변환 내삽 가중치를 미리 계산해두고 재격자화가 필요할 때 불러와서 사용하고자 하였다. 다시 말해서 원본 모델자료 격자 종류별로 1km 상세예보 격자로 변환하기 위한 가중치 파일을 각각 산출해놓는 것이다. 가중치 산출 방법은 각 내삽 기법에 따라 달라지므로 사용되는 기법의 종류의 개수만큼 더 많은 가중치 자료들이 미리 산출되어 있도록 한다.

기온과 습도 변수의 경우에는 육지-해양 경계면의 불연속적인 변동 특성을 고려하기 위해 별도로 보정하여 사용하고, 그 외의 변수들에 대해서는 기본적인 방법으로 산출된 가중치를 그대로 사용한다. 육지-해양 경계면이 고려되지 않은 가중치 계산 방법은 다음 식과 같다.

$$var = \sum_{i=1}^4 weight_i \times var_i$$

$$weight_1 = (lat_2 - lat) * (lon_3 - lon) / area$$

$$weight_2 = (lat - lat_1) * (lon_3 - lon) / area$$

$$weight_3 = (lat - lat_1) * (lon - lon_1) / area$$

$$weight_4 = (lat_2 - lat) * (lon - lon_1) / area$$

$$area = (lat_2 - lat_1) * (lon_3 - lon_1)$$

육지-해양 경계면을 고려하여 내삽 가중치를 보정하는 과정은 그림 2.1.1.3과 같다. 이 과정에서는 우선 육지-해양 경계면에 위치한 격자점에 대해서만 가중치를

보정하기 위해서 이를 판별할 수 있는 자료가 필요하다. 이 자료로는 원본 모델자료와 재격자화 대상인 1km 상세예보 격자체계의 육지-해양 마스크 자료를 이용한다. 이를 이용하여 해안선에 인접한 격자점이 아니거나 보정 조건에 맞지 않는다면 보정 과정을 수행하지 않고 기존의 가중치 값을 그대로 이용한다.

해안선에 인접한 격자점들에 대해서는 보간 추정치를 계산하기 위해 참조하는 원본 격자점 4개 중에서 보간 대상 격자점과 육지 또는 해양 여부가 일치하는 것으로 판별한다. 1개 격자점만 일치하지 않는 경우에는 육지/해양 여부가 일치하는 나머지 3개 격자점만 이용하여 가중치를 계산하게 된다. 이러한 조건에 부합되지 않은 해안선 인접 격자점들에 대해서는 역거리 방법으로 가중치를 보정하게 되는데 이는 뒤에서 구체적으로 설명한다.

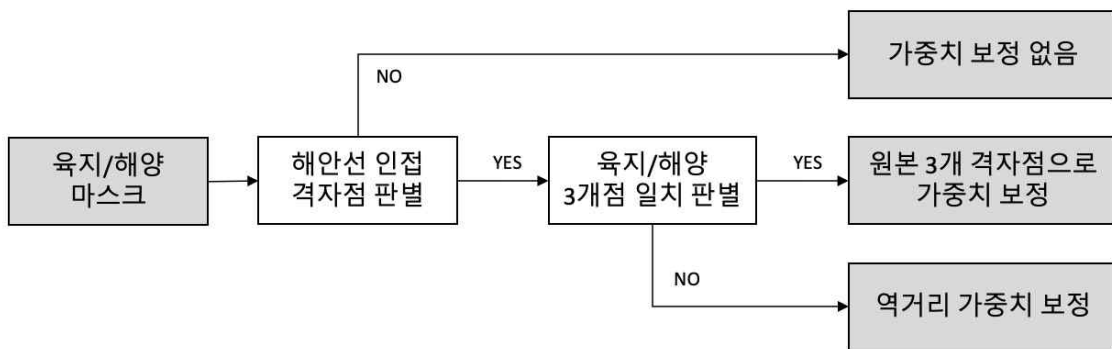


그림 2.1.1.3 격자 내삽 가중치의 보정 모식도

먼저 3개 격자점을 이용해서 내삽 가중치를 보정하는 과정은 그림 2.1.1.4와 같이 이루어진다. 주어진 대상 격자점에 대해서 보간에 사용할 원본 격자점 4개를 선택한다. 그리고 원본 및 대상 격자점들이 위치한 곳이 해양인지 육지인지 육지-해양 마스크 자료를 기준으로 판별한다. 이 때 육지-해양 마스크는 원본 격자용 마스크와 대상 격자용 마스크 두 가지가 모두 필요하다. 이 두 마스크 자료를 이용해서 원본 격자점과 대상 격자점이 각자 자신의 격자체계에서 해양에 위치하는지 육지에 위치하는지 판별하는 것이다. 이렇게 판별한 후에는 원본 격자점들이 육지와 해양 중에서 대상 격자점과 같은 타입으로 분류되었는지

확인한다. 4개의 원본 격자점들에서 모두 동일 한 타입으로 일치한다면 보통의 bilinear 가중치를 그대로 사용한다.

1개의 원본 격자점에서 육지/해양 여부가 불일치(3개의 원본 격자점들에서 일치)할 경우에는 일치하지 않는 점의 위치에 따라 다음과 같은 계산식으로 가중치가 보정된다. 점의 위치는 그림 2.1.1.1을 기준으로 한다. 불일치하는 점에 대한 부분 가중치는 0.0으로 하고 대각선상의 두 점에 대해 부분 가중치를 이용하며 나머지 한 점에 대해서는 1.0에서 두 부분 가중치의 합을 뺀 값으로 정의한다. 원본 격자점 1개만 육지/해양 여부가 일치하지 않는 삼각의 내삽이 이루어진다. 목표 격자점이 3개 점들로 만들어지는 삼각형 내에 대상 격자점이 존재하지 않으면 이 과정은 적용되지 않고, 기존의 가중치를 그대로 이용하게 된다.

- 1번 격자점이 불일치하는 경우

$$\begin{aligned}
 weight_1 &= 0.0 \\
 weight_2 &= (lat_2 - lat_1) * (lon_3 - lon) / area \\
 weight_3 &= 1.0 - weight_2 - weight_4 \\
 weight_4 &= (lat_2 - lat) * (lon_3 - lon_2) / area
 \end{aligned}$$

- 2번 격자점이 불일치하는 경우

$$\begin{aligned}
 weight_1 &= (lat_2 - lat_1) * (lon_3 - lon) / area \\
 weight_2 &= 0.0 \\
 weight_3 &= (lat - lat_1) * (lon_3 - lon_1) / area \\
 weight_4 &= 1.0 - weight_1 - weight_3
 \end{aligned}$$

- 3번 격자점이 불일치하는 경우

$$\begin{aligned}
 weight_1 &= 1.0 - weight_2 - weight_4 \\
 weight_2 &= (lat - lat_1) * (lon_3 - lon_1) / area \\
 weight_3 &= 0.0 \\
 weight_4 &= (lat_2 - lat_1) * (lon - lon_1) / area
 \end{aligned}$$

- 4번 격자점이 불일치하는 경우

$$weight_1 = (lat_2 - lat) * (lon_3 - lon_1) / area$$

$$weight_2 = 1.0 - weight_1 - weight_3$$

$$weight_3 = (lat_2 - lat_1) * (lon - lon_1) / area$$

$$weight_4 = 0.0$$

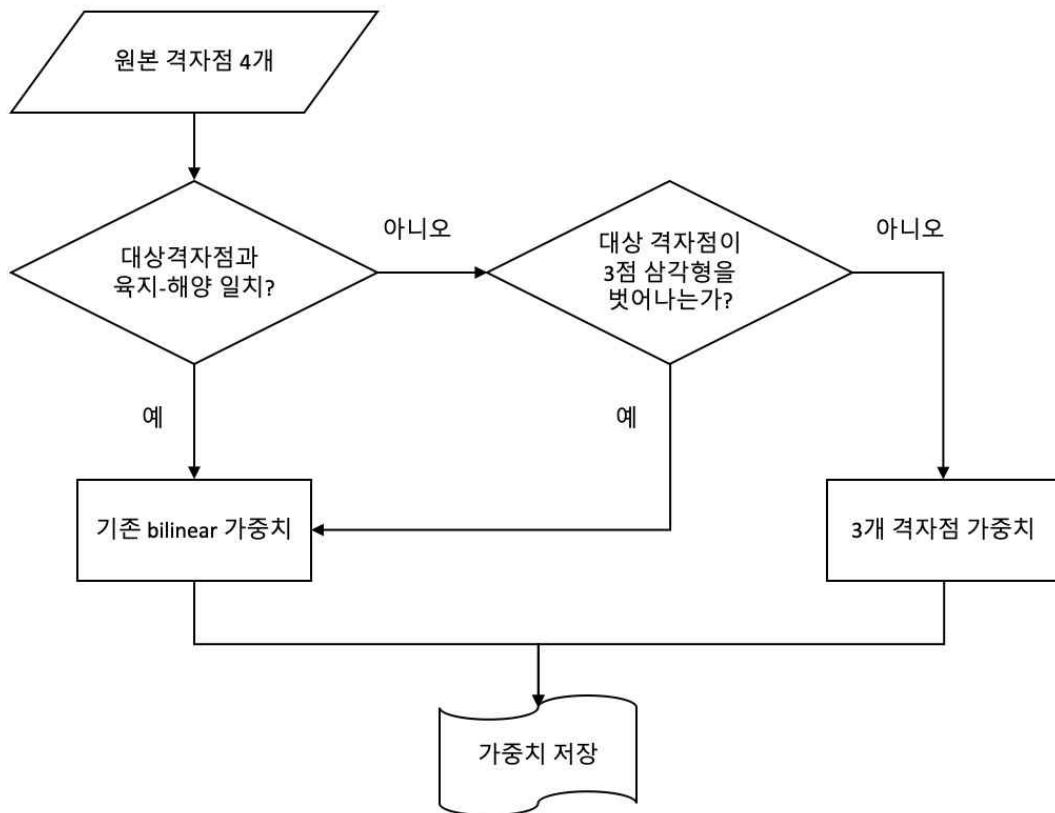


그림 2.1.1.4 육지/해양 격자점 일치/불일치에 따른 가중치 보정 모식도

그림 2.1.1.5는 앞에서 정의된 방법을 테스트하기 위하여 ERA5 2m 지상기온 변수(°C; 2021-07-03 09 UTC) 자료의 재격자화에 적용한 결과이다. 가중치 보정 결과를 부각시켜 보기 위해서 일부 해안선 영역을 확대하여 표출하였다. 테스트용으로 사용된 1km 격자의 육지-해양 마스크는 ERA5 원본 격자 마스크를 이중선형 내삽하여 만들어졌다. 기존 가중치를 이용하여 1km 격자로 내삽된 결과와 보정된 가중치를 이용하여 내삽된 결과의 분포를 비교하면, 해안선을 기준으로 육지

쪽은 상대적으로 한랭한 내륙의 기온값이 더 반영되었고, 바다 쪽은 온난한 해상의 기온값이 더 반영되었다. 해안선에 인접하여 육지나 해양 둘 중 가까운 쪽으로 분류되지 않아서 가중치가 보정되지 않은 격자점들은 결과 그림에서 불연속적인 공간패턴을 보인다.

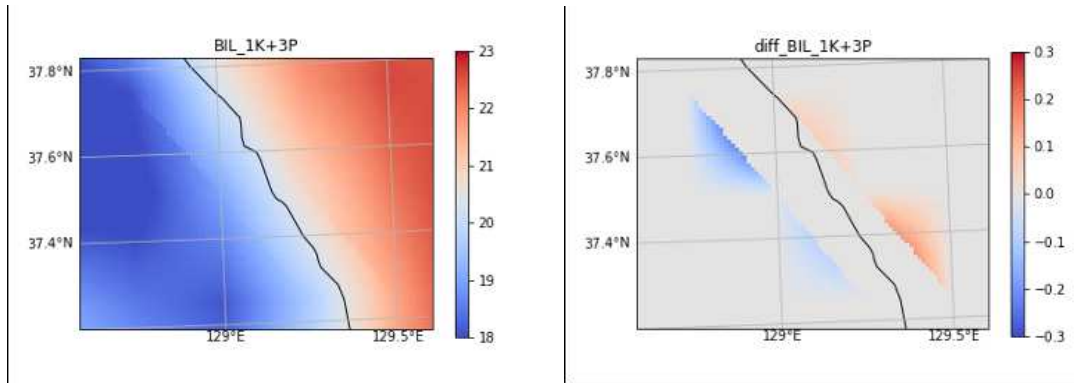


그림 2.1.1.5 마스크 불일치 보정 결과(좌)와 보정 전후 차이값

가중치 보정 대상으로 분류되지 않은 해안선 인근 격자점들에 대해서 추가적으로 보정하기 위해 이 격자들에 대해 역거리 가중치(IDW; Inverse Distance Weighting)을 적용하였다. 내삽 대상 격자점에서 참조하는 원본 격자점들의 거리가 가까울수록 지수적으로 가중치를 증가시키는 방법이다. 대상 지점에 대한 가중치를 결정하는 방법은 다음 식과 같다.

$$weight_i = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^N w_i}, \quad w_i = \frac{1}{distance_i^p}$$

위 식에서 weight는 내삽 대상 격자점에 적용되는 최종 가중치이고, w는 참조하는 원본 격자점별 가중치이고, distance는 참조하는 원본 격자점과의 거리이며, p는 가중치 계산 파라미터이다. 파라미터 p는 본 연구의 산출체계에게 1.80이 기본값으로 설정되어 있으나 사용자가 차후에 변경 가능하다. 이 가중치 파라미터 p가 커질수록

가중치가 원본 격자점과 대상 격자점 간의 거리가 멀어짐에 따라 감소되는 속도가 더 빨라지고, 파라미터 p 가 작을수록 가중치의 거리에 따른 감소 속도는 더 느려진다 (그림 2.1.1.6).

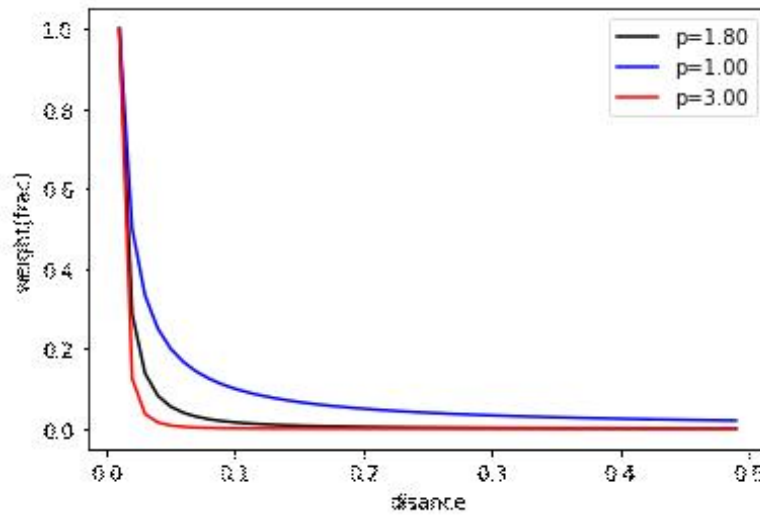


그림 2.1.1.6. 파라미터 값에 따른 가중치 감소속도 비교

육지/해양 여부의 불일치에 따라 가중치 값을 조정하고, 2차로 IDW를 적용한 결과 해안선 인접 격자점들에서 육지와 해양의 기온 특성이 더 뚜렷하게 나타나는 것을 확인할 수 있다 (그림 2.1.1.7).

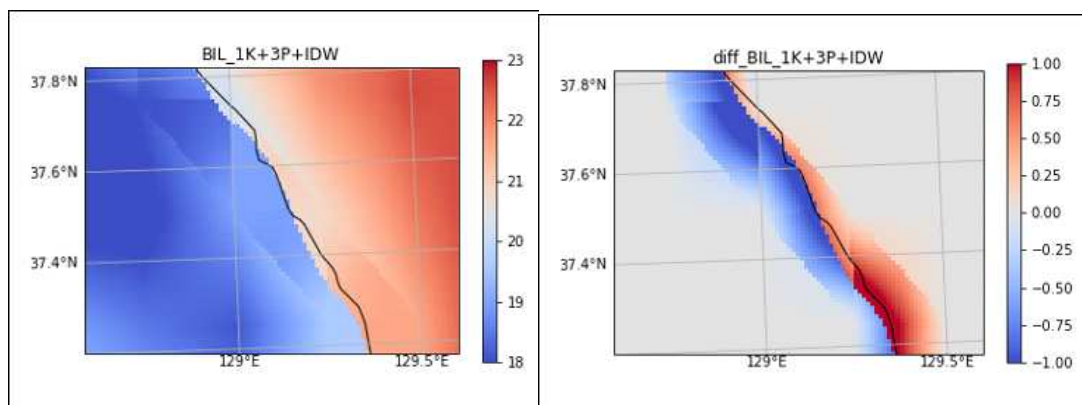


그림 2.1.1.7 마스크 불일치 보정 및 역거리 가중치(IDW) 보정 결과(좌)와 전후 차이(우)

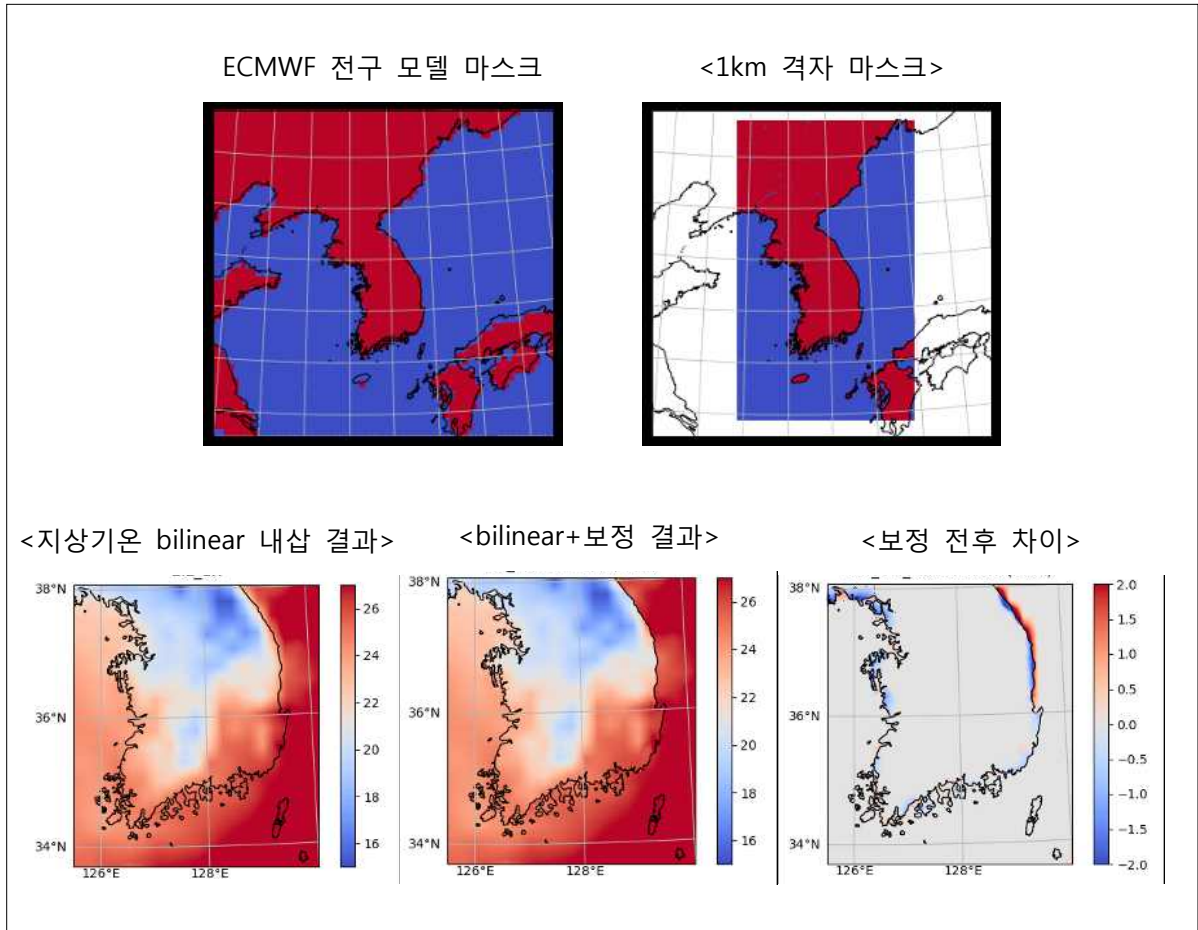


그림 2.1.1.8 ECMWF 전구 모델 자료에 마스크 불일치 및 거리 가중치 보정 적용 결과

○ 기온/습도에 대한 지점별 고도보정 최적화 기법 연구

모델 자료에 비해 상세한 해상도로 재격자화가 수행될 때 해안선에서 육지/해양 여부에 따라서도 보정을 수행하였지만, 상세화된 지형고도에 따라서도 기온과 상대습도 변수에 대해 보정하는 작업을 수행하였다. 기온과 상대습도는 육지/해양 여부에 따라서도 특성을 따라가지만 지형고도에 대해서도 민감하기 때문이다.

보정하는 방법은 기본적으로 고도 변화에 따른 온도의 변화에 기반한다. 고도가 상승함에 따라 기온이 감소하는 감률에 따라 보정을 한다. 식으로 표현하면 다음과 같다. 식에서 γ 는 고도에 따른 감률이다. 이 감률에 따라 기온 보정치(dT)를 계산하고, 원래 기온값에 더하여 보정된 기온값(T')을 계산한다.

$$\begin{aligned} \tau &= -dT/dH \\ -\tau dH &= dT \\ T' &= T_0 + dT \end{aligned}$$

상대습도 또한 기온이 변할 때 따른 수증기압 및 포화수증기압의 변화로 지형고도에 따라 민감하게 반응하기 때문에 함께 보정한다. 다만 상대습도 값 자체를 고도에 따라 보정하기는 곤란하므로, 온도에 관한 함수로 치환할 필요가 있다. 이를 위하여 기온과 이슬점온도로부터 상대습도를 추산하는 Magnus 공식에 기반하여 다음과 같이 정의된다.

$$\begin{aligned} RH &= 100 \times \left[\frac{e^{\frac{\beta D}{\lambda + D}}}{e^{\frac{\beta T}{\lambda + T}}} \right] \\ \beta &= 17.625, \lambda = 243.04^\circ\text{C} \end{aligned}$$

이 식에서 RH는 상대습도, T는 기온, D는 이슬점온도를 의미한다. 본 식에서 사용된 계수 β 와 λ 는 Alduchov and Eskridge (1996)의 값을 이용하였다. 이 식을 이용하여 상대습도를 보정하는 다음과 같다. 먼저 원래 모델자료가 가지는 성긴 해상도의 지형고도 자료와 1km 상세예보 격자체계의 지형고도 차이를 계산하고, 감률을 곱하여 기온/이슬점온도의 보정값을 산출한다. 이는 다른 인자는 고려하지 않는 고도차이의 함수이므로 고정 값으로 취급하여 모델별로 미리 계산한 값을 사용한다. 1km 상세예보 격자체계의 지형고도 격자점 중 동네예보 741개 지점에 해당되는 격자점에 대해서는 지점별 메타데이터로 제공되는 관측지점의 고도 값으로 치환하여 보정한다. 감률은 기온에 대해서 0.0067°C/m를 적용하고, 이슬점온도에 대해서 0.002°C/m를 적용한다. 고도 차이는 기온과 이슬점온도에 대해서 동일한 값을 이용한다.

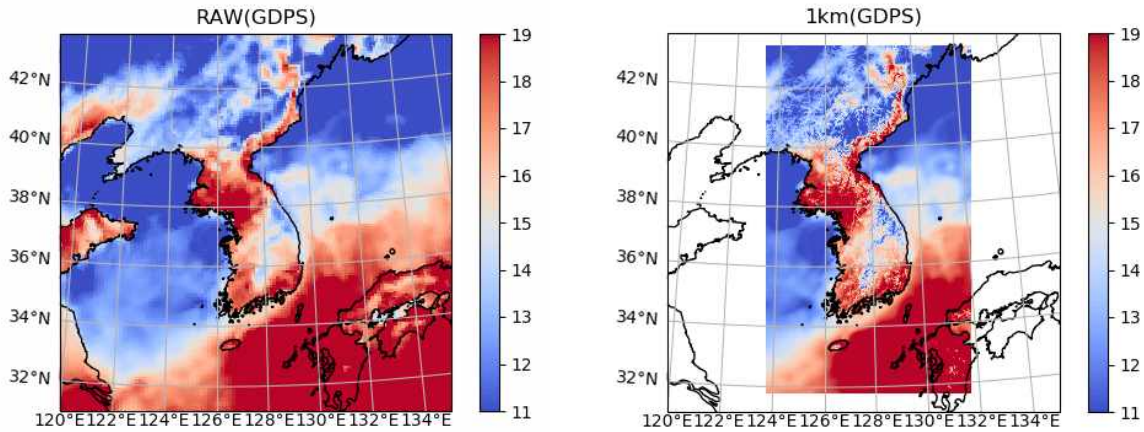


그림 2.1.1.9 UM 기온 격자자료(좌)의 재격자화 및 고도보정 결과 예시

2.1.2. 1km 및 5km 격자 변환 기법 연구

본 연구에서는 1km 상세예보 격자자료 생산과 병행하여 5km 격자자료도 생산이 필요하므로 이를 효율적으로 처리할 수 있는 방안 모색하였다. 제한된 계산 자원 및 저장장치 자원을 충분히 효율적으로 활용할 수 있도록 중복된 작업이 없도록 처리과정 안을 제시하였다. 1km 격자자료 생산을 우선 처리하고 이를 box average 또는 5km 격자체계로 직접 생산하는 방법이다. box average를 통해 산출된 결과가 5km 격자체계로 직접 산출한 결과와 큰 차이가 없으면 자원을 효율적으로 활용할 수 있는 box average 방법이 이용될 수 있다. 따라서 두 방법의 결과 차이를 분석하고 문제가 없는지 검증하기 위한 프로세스를 그림 2.1.2.1과 같이 구성하였다.

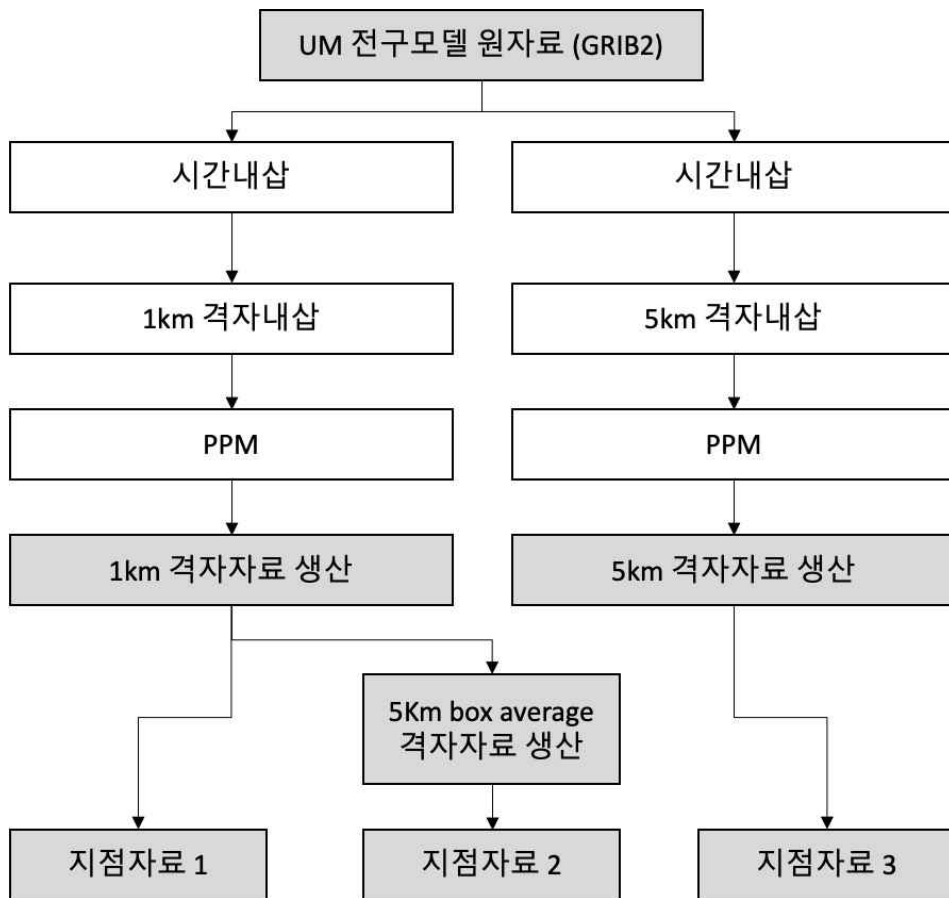


그림 2.1.2.1 1km 및 5km 격자자료 차이 검증과정 모식도

검증에 이용한 자료는 2021년 8월과 2022년 1월의 UM 전구모델 지상기온 자료를 원자료로 1km 및 5km 격자변환을 각 방법으로 수행한 후 741개 지점자료를 추출하여 관측과 비교분석하였다. 관측 자료와의 비교 분석 시에는 관측 값이 존재하는 모든 지점들을 이용하였다. 초기장의 변동성 및 자료동화 과정의 차이를 고려하기 위해서 초기시각 00UTC, 06UTC, 12UTC, 18UTC 각각에 대한 예측자료를 분석하였다.

먼저 관측 대비 모델 기온 자료의 상대적인 값의 분포를 확인하기 위해서 관측-모델 산포도를 확인하였다 (그림 2.1.2.2). 산포도 상에서 5km 재격자화 방법에 따른 분포 차이는 크게 나타나지는 않았다. 그리고 계절 및 초기시각에 따른 차이는 있으나 내삽 방법에 따른 차이로 보기는 어렵다.

또한 기온 변수의 bias와 RMSE를 분석했을 때도 1km 자료를 box average하여 산출된 5km 자료(그림 2.1.2.1의 지점자료2)와 5km 격자체계로 직접 산출한 자료(그림 2.1.2.1의 지점자료3)에서 큰 차이가 나타나지 않았다. 오히려 검증에서 사용한 자료에서는 box average를 통해서 산출된 자료의 성능이 다소 더 높게 평가되기도 하였다(표 2.1.2.1, 표 2.1.2.2). 따라서 본 연구에서는 자료 처리의 효율성을 위하여 먼저 산출된 1km 자료의 box average를 통해 5km 산출을 병행하는 것으로 방법을 선택하였다.

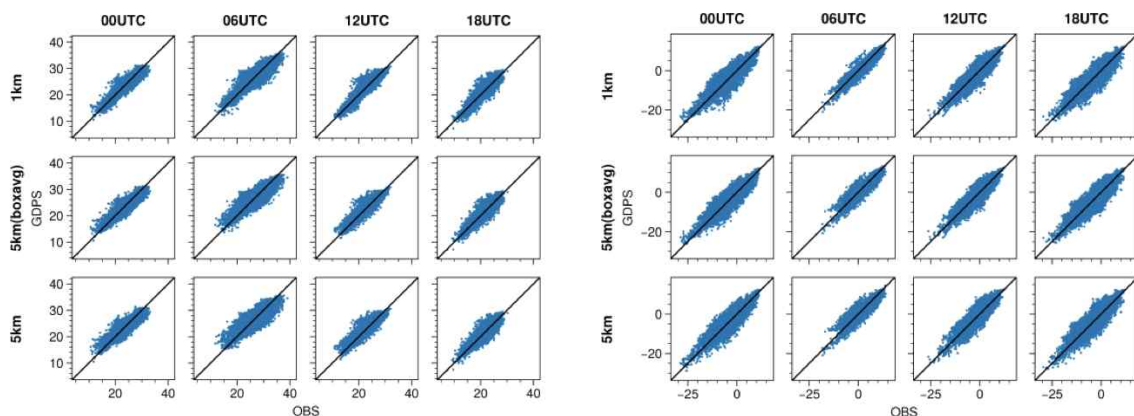


그림 2.1.2.2 2021년 8월(좌) 및 2022년 1월(우) 지상기온의 관측-모델(UM 전구) 산포도

표 2.1.2.1 2021년 8월 UM 전구모델 지상기온 검증지수 비교 (F048)

초기시각	00UTC		06UTC		12UTC		18UTC	
	bias	RMSE	bias	RMSE	bias	RMSE	bias	RMSE
1km	0.16	1.53	-0.16	2.18	0.58	1.66	0.60	1.61
5km(boxavg)	0.01	1.57	-0.34	2.26	0.46	1.65	0.49	1.57
5km	-0.04	1.59	-0.42	2.33	0.42	1.68	0.47	1.61

표 2.1.2.2 2022년 1월 UM 전구모델 지상기온 검증지수 비교 (F048)

초기시각	00UTC		06UTC		12UTC		18UTC	
	bias	RMSE	bias	RMSE	bias	RMSE	bias	RMSE
1km	0.57	2.65	-1.23	2.16	0.04	2.24	0.74	2.87
5km(boxavg)	0.48	2.57	-1.37	2.35	-0.03	2.20	0.67	2.78
5km	0.52	2.60	-1.41	2.43	0.00	2.27	0.72	2.85

추가로 2022년 7월과 2022년 1월 기간 GDPS, EPSG, ECMW, ECMH, ECME, GKIM 모델에 대해서 1km 자료, 5km box average 자료, 5km 직접 내삽 자료의 Bias와 RMSE 값을 비교하였다. 비교 변수는 지상기온, 노점온도, 상대습도, 풍속, 강수량이다. 검증값은 1시간 자료에 대한 검증 지수를 계산하고 일평균 (+0h~+23h)하였다. 풍속의 경우 1km자료, 5km box average 자료, 5km 직접 내삽 자료의 성능 차이는 없었으며, 나머지 변수의 경우 모델에 따라, 예측시간에 따라 성능이 좋은 자료를 종류가 상이하였다.

표 2.1.2.3 2022년 7월 모델별 지상기온 일별 검증 지수 비교

		00UTC						12UTC					
		bias			RMSE			bias			RMSE		
		1km	5km	5km	1km	5km	5km	1km	5km	5km	1km	5km	5km
	boxavg			boxavg			boxavg			boxavg			
G D P S	+1d	0.04	-0.23	0.05	1.41	1.39	1.40	-0.12	-0.42	-0.11	1.53	1.57	1.53
	+2d	-0.15	-0.43	-0.14	1.57	1.60	1.56	-0.09	-0.36	-0.07	1.60	1.62	1.60
	+3d	-0.15	-0.42	-0.13	1.79	1.81	1.79	-0.11	-0.38	-0.10	1.78	1.79	1.77
	+4d	-0.13	-0.41	-0.12	1.85	1.87	1.84	-0.16	-0.44	-0.15	1.87	1.88	1.86
	+5d	-0.17	-0.45	-0.16	2.00	2.02	1.99	-0.13	-0.40	-0.11	1.99	1.99	1.98
	+6d	-0.20	-0.48	-0.19	2.15	2.17	2.15	-0.09	-0.37	-0.07	2.12	2.11	2.11
	+7d	0.03	-0.25	0.05	2.30	2.28	2.29	0.03	-0.26	0.04	2.18	2.16	2.17
	+8d	0.08	-0.21	0.10	2.33	2.30	2.33	0.10	-0.19	0.11	2.21	2.18	2.20
	+9d	0.02	-0.26	0.04	2.34	2.32	2.34	0.19	-0.10	0.20	2.47	2.42	2.47
	+10d	-0.02	-0.31	-0.01	2.49	2.47	2.48	0.29	0.00	0.30	2.52	2.46	2.52
E P S G	+1d	-0.01	-0.27	0.00	1.55	1.54	1.55	-0.36	-0.63	-0.35	1.72	1.78	1.70
	+2d	-0.32	-0.59	-0.31	1.72	1.77	1.71	-0.22	-0.49	-0.21	1.72	1.75	1.71
	+3d	-0.34	-0.61	-0.33	1.82	1.87	1.81	-0.25	-0.51	-0.23	1.77	1.81	1.76
	+4d	-0.34	-0.61	-0.33	1.89	1.94	1.88	-0.31	-0.57	-0.29	1.86	1.90	1.85
	+5d	-0.42	-0.69	-0.41	2.00	2.06	1.99	-0.35	-0.62	-0.34	1.97	2.02	1.96
	+6d	-0.40	-0.67	-0.38	2.10	2.15	2.09	-0.28	-0.55	-0.27	2.01	2.05	2.01
	+7d	-0.21	-0.48	-0.20	2.11	2.13	2.10	-0.15	-0.42	-0.14	2.04	2.06	2.04
	+8d	-0.12	-0.39	-0.11	2.13	2.14	2.12	-0.08	-0.35	-0.06	2.09	2.09	2.08
	+9d	-0.13	-0.41	-0.12	2.12	2.14	2.12	-0.03	-0.31	-0.02	2.11	2.11	2.10
	+10d	-0.12	-0.39	-0.10	2.16	2.17	2.16	0.02	-0.25	0.04	2.13	2.12	2.12
E C M W	+1d	-0.15	-0.41	-0.16	1.39	1.45	1.39	-0.06	-0.35	-0.07	1.52	1.56	1.51
	+2d	-0.12	-0.40	-0.13	1.52	1.57	1.51	-0.11	-0.38	-0.12	1.54	1.60	1.53
	+3d	-0.12	-0.39	-0.13	1.59	1.65	1.58	-0.08	-0.36	-0.09	1.58	1.63	1.58
	+4d	-0.15	-0.42	-0.16	1.71	1.77	1.71	-0.14	-0.41	-0.15	1.69	1.75	1.69
	+5d	-0.15	-0.42	-0.16	1.81	1.87	1.81	-0.15	-0.42	-0.16	1.81	1.87	1.81
	+6d	-0.19	-0.46	-0.20	2.02	2.08	2.02	-0.13	-0.40	-0.14	1.99	2.04	1.99
	+7d	0.04	-0.23	0.03	2.23	2.25	2.23	0.13	-0.14	0.12	2.13	2.14	2.13
	+8d	0.28	0.01	0.27	2.32	2.31	2.32	0.20	-0.08	0.18	2.32	2.31	2.31
	+9d	0.35	0.08	0.34	2.35	2.33	2.34	0.16	-0.11	0.15	2.33	2.33	2.33
	+10d	0.46	0.19	0.45	2.34	2.30	2.33	0.37	0.10	0.36	2.37	2.34	2.36
E C M H	+1d	-0.20	-0.44	-0.19	1.34	1.41	1.35	-0.05	-0.31	-0.05	1.44	1.49	1.44
	+2d	-0.12	-0.38	-0.12	1.46	1.52	1.46	-0.11	-0.36	-0.11	1.49	1.55	1.49
	+3d	-0.11	-0.37	-0.11	1.54	1.60	1.54	-0.08	-0.34	-0.08	1.54	1.59	1.54
	+4d	-0.12	-0.38	-0.12	1.68	1.73	1.68	-0.14	-0.39	-0.14	1.65	1.71	1.65
	+5d	-0.14	-0.40	-0.15	1.77	1.83	1.77	-0.15	-0.40	-0.15	1.76	1.82	1.76
	+6d	-0.18	-0.44	-0.18	1.99	2.04	1.99	-0.13	-0.38	-0.13	1.95	2.01	1.95
	+7d	0.06	-0.20	0.06	2.20	2.21	2.20	0.14	-0.12	0.14	2.10	2.11	2.10
	+8d	0.29	0.03	0.29	2.29	2.28	2.29	0.21	-0.05	0.20	2.29	2.28	2.29
	+9d	0.36	0.10	0.36	2.32	2.30	2.32	0.17	-0.08	0.17	2.31	2.31	2.31
	+10d	0.47	0.21	0.47	2.31	2.28	2.31	0.39	0.13	0.38	2.33	2.31	2.33
E C M E	+1d	-0.19	-0.45	-0.19	1.33	1.41	1.33	-0.10	-0.38	-0.11	1.43	1.50	1.43
	+2d	-0.17	-0.44	-0.17	1.43	1.51	1.42	-0.15	-0.42	-0.15	1.42	1.50	1.42
	+3d	-0.15	-0.42	-0.15	1.47	1.56	1.47	-0.14	-0.40	-0.14	1.46	1.54	1.46
	+4d	-0.14	-0.40	-0.14	1.53	1.61	1.53	-0.13	-0.39	-0.13	1.57	1.65	1.57
	+5d	-0.11	-0.37	-0.11	1.67	1.74	1.67	-0.10	-0.37	-0.11	1.68	1.75	1.68
	+6d	-0.02	-0.29	-0.03	1.79	1.85	1.79	-0.04	-0.31	-0.05	1.78	1.84	1.78
	+7d	0.10	-0.16	0.10	1.95	1.98	1.95	0.15	-0.11	0.15	1.94	1.96	1.94
	+8d	0.25	-0.02	0.25	1.99	1.99	1.98	0.28	0.01	0.27	1.99	1.99	1.99
	+9d	0.34	0.07	0.33	1.99	1.98	1.99	0.35	0.09	0.35	1.99	1.98	1.99
	+10d	0.35	0.09	0.35	2.01	2.00	2.01	0.41	0.14	0.40	2.00	1.98	2.00
G K I M	+1d	0.15	-0.10	0.15	1.40	1.42	1.41	-0.14	-0.41	-0.14	1.50	1.59	1.50
	+2d	0.09	-0.17	0.09	1.58	1.62	1.58	0.10	-0.16	0.10	1.52	1.56	1.52
	+3d	0.19	-0.07	0.19	1.67	1.69	1.67	0.15	-0.11	0.15	1.68	1.70	1.68
	+4d	0.16	-0.10	0.16	1.82	1.84	1.82	0.11	-0.15	0.11	1.77	1.79	1.77
	+5d	0.06	-0.20	0.06	1.91	1.94	1.91	0.12	-0.15	0.12	1.96	1.99	1.97
	+6d	0.07	-0.19	0.07	2.19	2.21	2.19	0.08	-0.18	0.09	2.15	2.18	2.16
	+7d	0.24	-0.03	0.24	2.20	2.21	2.20	0.17	-0.09	0.18	2.29	2.30	2.29
	+8d	0.21	-0.06	0.21	2.48	2.48	2.48	0.28	0.01	0.28	2.43	2.42	2.43
	+9d	0.21	-0.06	0.21	2.48	2.48	2.48	0.42	0.15	0.42	2.48	2.46	2.48
	+10d	0.16	-0.10	0.16	2.62	2.62	2.62	0.20	-0.06	0.20	2.53	2.53	2.53

표 2.1.2.4 2022년 1월 모델별 지상기온 일별 검증 지수 비교

		00UTC						12UTC					
		bias			RMSE			bias			RMSE		
		1km	5km boxavg	5km	1km	5km boxavg	5km	1km	5km boxavg	5km	1km	5km boxavg	5km
G D P S	+1d	0.38	0.27	0.37	2.63	2.54	2.62	0.23	0.08	0.22	2.46	2.47	2.46
	+2d	-0.11	-0.25	-0.12	2.50	2.48	2.50	0.05	-0.10	0.03	2.54	2.51	2.54
	+3d	-0.13	-0.27	-0.14	2.49	2.47	2.49	-0.05	-0.20	-0.07	2.46	2.44	2.45
	+4d	0.05	-0.10	0.04	2.61	2.59	2.60	0.00	-0.14	-0.01	2.50	2.48	2.49
	+5d	0.26	0.12	0.25	2.68	2.66	2.67	0.23	0.09	0.22	2.65	2.63	2.64
	+6d	0.24	0.09	0.23	2.77	2.76	2.77	0.36	0.21	0.34	2.71	2.69	2.70
	+7d	0.55	0.40	0.54	2.93	2.91	2.93	0.54	0.39	0.53	3.12	3.10	3.12
	+8d	0.63	0.48	0.62	3.40	3.38	3.40	0.74	0.59	0.73	3.42	3.41	3.42
	+9d	1.02	0.87	1.01	3.60	3.57	3.60	0.83	0.68	0.82	3.56	3.52	3.56
	+10d	1.04	0.89	1.02	3.98	3.94	3.97	1.42	1.27	1.40	3.86	3.80	3.85
E P S G	+1d	0.86	0.70	0.86	2.67	2.62	2.66	0.52	0.34	0.52	2.54	2.56	2.53
	+2d	0.26	0.08	0.26	2.52	2.52	2.51	0.41	0.23	0.41	2.59	2.58	2.58
	+3d	0.21	0.03	0.21	2.54	2.55	2.53	0.34	0.16	0.34	2.55	2.54	2.54
	+4d	0.35	0.17	0.35	2.65	2.65	2.64	0.36	0.18	0.35	2.59	2.59	2.58
	+5d	0.49	0.31	0.49	2.71	2.71	2.70	0.58	0.40	0.58	2.69	2.69	2.69
	+6d	0.69	0.51	0.69	2.83	2.82	2.83	0.75	0.57	0.75	2.84	2.83	2.83
	+7d	0.77	0.59	0.77	2.93	2.92	2.92	0.87	0.68	0.86	2.99	2.97	2.98
	+8d	0.95	0.77	0.95	3.25	3.23	3.24	1.01	0.83	1.01	3.12	3.09	3.11
	+9d	1.30	1.12	1.30	3.40	3.36	3.39	1.28	1.09	1.27	3.38	3.34	3.38
	+10d	1.34	1.16	1.34	3.57	3.53	3.56	1.28	1.09	1.27	3.50	3.46	3.50
E C M W	+1d	0.06	-0.07	0.08	2.52	2.47	2.52	0.28	0.11	0.29	2.46	2.46	2.46
	+2d	-0.12	-0.27	-0.10	2.45	2.44	2.46	0.05	-0.11	0.07	2.45	2.44	2.46
	+3d	0.02	-0.14	0.03	2.42	2.41	2.42	0.06	-0.10	0.08	2.41	2.40	2.42
	+4d	0.26	0.10	0.27	2.48	2.45	2.48	0.26	0.10	0.28	2.42	2.38	2.42
	+5d	0.38	0.23	0.40	2.49	2.45	2.49	0.47	0.31	0.48	2.49	2.45	2.50
	+6d	0.47	0.31	0.49	2.59	2.56	2.60	0.40	0.24	0.41	2.64	2.61	2.65
	+7d	0.47	0.30	0.48	2.79	2.78	2.80	0.33	0.16	0.34	2.80	2.79	2.80
	+8d	0.57	0.40	0.58	3.01	3.00	3.02	0.25	0.08	0.26	2.90	2.90	2.91
	+9d	1.02	0.85	1.03	3.39	3.35	3.40	0.64	0.47	0.65	3.37	3.35	3.38
	+10d	0.88	0.71	0.89	3.59	3.56	3.60	0.36	0.19	0.37	3.72	3.71	3.73
E C M H	+1d	0.00	-0.17	0.02	2.34	2.35	2.35	0.32	0.13	0.33	2.30	2.31	2.31
	+2d	-0.10	-0.28	-0.09	2.32	2.35	2.33	0.07	-0.11	0.08	2.32	2.34	2.33
	+3d	0.04	-0.15	0.05	2.30	2.31	2.31	0.08	-0.11	0.09	2.30	2.31	2.30
	+4d	0.36	0.17	0.37	2.41	2.40	2.42	0.24	0.05	0.25	2.34	2.33	2.34
	+5d	0.38	0.19	0.39	2.43	2.42	2.44	0.46	0.28	0.47	2.43	2.42	2.44
	+6d	0.47	0.28	0.48	2.54	2.53	2.55	0.40	0.21	0.41	2.59	2.58	2.59
	+7d	0.46	0.27	0.47	2.75	2.76	2.76	0.33	0.13	0.33	2.75	2.77	2.76
	+8d	0.57	0.38	0.58	2.98	2.98	2.99	0.24	0.05	0.25	2.87	2.88	2.88
	+9d	1.01	0.82	1.02	3.37	3.33	3.38	0.63	0.44	0.64	3.35	3.34	3.36
	+10d	0.88	0.69	0.89	3.57	3.55	3.58	0.35	0.16	0.36	3.71	3.70	3.71
E C M E	+1d	-0.05	-0.19	-0.03	2.43	2.41	2.44	0.18	0.01	0.19	2.40	2.41	2.41
	+2d	-0.27	-0.43	-0.26	2.39	2.40	2.39	-0.11	-0.27	-0.10	2.41	2.42	2.42
	+3d	-0.18	-0.34	-0.16	2.37	2.38	2.38	-0.15	-0.31	-0.13	2.37	2.38	2.38
	+4d	0.02	-0.14	0.04	2.39	2.40	2.40	0.01	-0.16	0.02	2.34	2.34	2.34
	+5d	0.15	-0.01	0.17	2.37	2.38	2.38	0.23	0.06	0.24	2.38	2.38	2.39
	+6d	0.19	0.03	0.20	2.43	2.43	2.44	0.17	0.01	0.19	2.43	2.43	2.44
	+7d	0.27	0.10	0.28	2.50	2.51	2.51	0.19	0.02	0.20	2.52	2.53	2.53
	+8d	0.34	0.18	0.36	2.74	2.75	2.75	0.31	0.15	0.33	2.66	2.67	2.67
	+9d	0.61	0.44	0.62	2.89	2.89	2.90	0.63	0.47	0.65	2.97	2.95	2.98
	+10d	0.64	0.48	0.66	3.01	3.00	3.02	0.73	0.56	0.74	3.25	3.23	3.26
G K I M	+1d	-0.08	-0.26	-0.08	2.52	2.58	2.53	-0.28	-0.48	-0.28	2.43	2.53	2.44
	+2d	-0.59	-0.78	-0.60	2.60	2.69	2.61	-0.67	-0.86	-0.67	2.61	2.71	2.62
	+3d	-1.05	-1.23	-1.05	2.74	2.86	2.75	-0.93	-1.12	-0.94	2.73	2.84	2.74
	+4d	-1.06	-1.25	-1.07	2.75	2.87	2.76	-1.14	-1.33	-1.14	2.79	2.91	2.79
	+5d	-0.94	-1.13	-0.94	2.88	2.98	2.88	-1.01	-1.20	-1.01	2.83	2.94	2.83
	+6d	-0.80	-0.99	-0.80	3.14	3.24	3.15	-0.75	-0.94	-0.75	3.01	3.10	3.02
	+7d	-0.90	-1.09	-0.91	3.40	3.50	3.41	-0.70	-0.89	-0.71	3.19	3.28	3.20
	+8d	-0.86	-1.05	-0.87	3.50	3.60	3.51	-0.44	-0.63	-0.45	3.34	3.42	3.34
	+9d	0.11	-0.08	0.11	3.80	3.84	3.80	-0.55	-0.74	-0.56	3.75	3.81	3.75
	+10d	-0.06	-0.25	-0.06	4.26	4.30	4.26	0.05	-0.14	0.04	3.93	3.96	3.94

표 2.1.2.5 2022년 7월 모델별 노점온도 일별 검증 지수 비교

		00UTC						12UTC					
		bias			RMSE			bias			RMSE		
		1km	5km	5km	1km	5km	5km	1km	5km	5km	1km	5km	5km
	boxavg			boxavg			boxavg			boxavg			
G D P S	+1d	0.48	0.41	0.48	1.44	1.45	1.45	0.53	0.46	0.54	1.50	1.51	1.51
	+2d	0.50	0.42	0.50	1.56	1.57	1.57	0.49	0.42	0.49	1.52	1.53	1.52
	+3d	0.50	0.43	0.50	1.65	1.66	1.66	0.46	0.39	0.47	1.64	1.64	1.64
	+4d	0.35	0.28	0.35	1.74	1.75	1.74	0.44	0.37	0.44	1.67	1.67	1.67
	+5d	0.29	0.22	0.30	1.84	1.85	1.84	0.41	0.34	0.41	1.73	1.74	1.74
	+6d	0.29	0.22	0.29	1.86	1.87	1.86	0.32	0.25	0.32	1.80	1.81	1.80
	+7d	0.41	0.34	0.42	1.94	1.94	1.94	0.19	0.13	0.19	1.84	1.85	1.84
	+8d	0.49	0.42	0.50	2.07	2.07	2.07	0.45	0.38	0.45	1.98	1.98	1.98
	+9d	0.40	0.32	0.40	2.20	2.20	2.20	0.57	0.50	0.57	2.16	2.15	2.16
	+10d	0.28	0.21	0.28	2.21	2.21	2.21	0.66	0.59	0.67	2.29	2.28	2.30
E P S G	+1d	0.66	0.59	0.66	1.53	1.54	1.54	0.65	0.58	0.66	1.56	1.56	1.57
	+2d	0.57	0.50	0.58	1.57	1.57	1.57	0.60	0.53	0.61	1.56	1.56	1.56
	+3d	0.51	0.43	0.51	1.58	1.59	1.58	0.51	0.44	0.51	1.58	1.59	1.58
	+4d	0.43	0.36	0.44	1.63	1.64	1.63	0.44	0.36	0.44	1.62	1.63	1.62
	+5d	0.32	0.25	0.33	1.63	1.65	1.64	0.38	0.30	0.38	1.64	1.65	1.64
	+6d	0.33	0.25	0.33	1.67	1.69	1.67	0.40	0.32	0.40	1.67	1.69	1.67
	+7d	0.45	0.37	0.45	1.77	1.78	1.77	0.46	0.38	0.46	1.77	1.78	1.77
	+8d	0.53	0.45	0.53	1.85	1.85	1.85	0.58	0.50	0.58	1.86	1.87	1.87
	+9d	0.48	0.41	0.49	1.88	1.88	1.88	0.58	0.50	0.58	1.92	1.92	1.92
	+10d	0.47	0.40	0.48	1.90	1.91	1.91	0.55	0.47	0.55	1.94	1.94	1.94
E C M W	+1d	-0.30	-0.36	-0.30	1.40	1.45	1.40	-0.37	-0.43	-0.37	1.48	1.53	1.48
	+2d	-0.25	-0.31	-0.25	1.47	1.52	1.47	-0.28	-0.34	-0.28	1.45	1.50	1.45
	+3d	-0.15	-0.22	-0.15	1.48	1.52	1.48	-0.13	-0.19	-0.13	1.46	1.51	1.46
	+4d	-0.15	-0.21	-0.15	1.52	1.56	1.52	-0.07	-0.14	-0.07	1.51	1.55	1.51
	+5d	-0.16	-0.23	-0.16	1.64	1.68	1.63	-0.18	-0.25	-0.19	1.61	1.66	1.61
	+6d	-0.09	-0.15	-0.09	1.74	1.78	1.74	-0.19	-0.25	-0.19	1.72	1.76	1.72
	+7d	0.00	-0.06	0.00	1.80	1.83	1.80	-0.09	-0.15	-0.09	1.71	1.75	1.71
	+8d	0.27	0.21	0.27	1.98	2.00	1.98	0.26	0.19	0.26	1.85	1.87	1.85
	+9d	0.46	0.39	0.46	1.89	1.91	1.89	0.36	0.29	0.35	1.94	1.96	1.94
	+10d	0.39	0.33	0.39	1.87	1.89	1.87	0.25	0.18	0.24	2.00	2.02	2.00
E C M H	+1d	-0.25	-0.31	-0.24	1.37	1.44	1.38	-0.32	-0.38	-0.31	1.45	1.52	1.46
	+2d	-0.20	-0.27	-0.19	1.45	1.50	1.45	-0.23	-0.30	-0.22	1.43	1.48	1.43
	+3d	-0.11	-0.17	-0.10	1.46	1.51	1.47	-0.08	-0.15	-0.08	1.44	1.49	1.45
	+4d	-0.11	-0.17	-0.10	1.50	1.55	1.51	-0.03	-0.10	-0.03	1.49	1.54	1.50
	+5d	-0.13	-0.20	-0.12	1.61	1.66	1.61	-0.15	-0.21	-0.14	1.59	1.64	1.59
	+6d	-0.05	-0.12	-0.04	1.72	1.76	1.73	-0.15	-0.22	-0.15	1.69	1.74	1.70
	+7d	0.04	-0.03	0.05	1.78	1.82	1.78	-0.05	-0.12	-0.04	1.69	1.73	1.70
	+8d	0.31	0.24	0.32	1.97	1.99	1.97	0.29	0.23	0.30	1.83	1.86	1.84
	+9d	0.50	0.43	0.51	1.88	1.90	1.89	0.39	0.32	0.40	1.93	1.95	1.94
	+10d	0.43	0.36	0.44	1.86	1.88	1.86	0.29	0.22	0.30	1.99	2.01	1.99
E C M E	+1d	-0.23	-0.29	-0.22	1.38	1.44	1.38	-0.27	-0.33	-0.27	1.44	1.50	1.44
	+2d	-0.19	-0.25	-0.18	1.43	1.48	1.43	-0.21	-0.27	-0.20	1.41	1.46	1.41
	+3d	-0.12	-0.19	-0.12	1.43	1.48	1.43	-0.10	-0.17	-0.10	1.42	1.47	1.42
	+4d	-0.13	-0.19	-0.12	1.46	1.51	1.46	-0.10	-0.17	-0.10	1.46	1.52	1.47
	+5d	-0.12	-0.19	-0.12	1.53	1.58	1.53	-0.16	-0.22	-0.15	1.51	1.57	1.52
	+6d	-0.09	-0.16	-0.09	1.56	1.61	1.56	-0.12	-0.18	-0.12	1.57	1.63	1.58
	+7d	0.01	-0.05	0.01	1.60	1.64	1.60	0.02	-0.04	0.03	1.60	1.64	1.60
	+8d	0.18	0.11	0.18	1.66	1.69	1.66	0.23	0.17	0.23	1.68	1.71	1.69
	+9d	0.23	0.17	0.23	1.67	1.70	1.67	0.29	0.22	0.29	1.71	1.74	1.71
	+10d	0.27	0.20	0.27	1.69	1.73	1.70	0.29	0.22	0.29	1.69	1.72	1.70
G K I M	+1d	0.00	-0.06	0.00	1.41	1.45	1.42	-0.04	-0.11	-0.05	1.42	1.47	1.43
	+2d	0.03	-0.03	0.03	1.51	1.55	1.52	0.03	-0.03	0.03	1.48	1.52	1.49
	+3d	0.00	-0.07	0.00	1.57	1.61	1.58	0.03	-0.03	0.03	1.56	1.60	1.57
	+4d	0.02	-0.05	0.02	1.68	1.72	1.69	0.00	-0.06	0.00	1.64	1.67	1.64
	+5d	-0.10	-0.16	-0.10	1.82	1.85	1.82	-0.10	-0.17	-0.10	1.77	1.81	1.78
	+6d	-0.19	-0.25	-0.19	1.94	1.98	1.95	-0.29	-0.36	-0.29	2.01	2.05	2.01
	+7d	-0.09	-0.15	-0.09	2.11	2.14	2.12	-0.27	-0.33	-0.27	2.15	2.19	2.16
	+8d	0.01	-0.06	0.01	2.17	2.19	2.18	-0.25	-0.31	-0.25	2.27	2.30	2.28
	+9d	-0.05	-0.11	-0.05	2.20	2.23	2.21	-0.12	-0.19	-0.13	2.22	2.25	2.22
	+10d	0.07	0.01	0.07	2.32	2.34	2.33	-0.07	-0.14	-0.08	2.23	2.25	2.23

표 2.1.2.6 2022년 1월 모델별 노점온도 일별 검증 지수 비교

		00UTC						12UTC					
		bias			RMSE			bias			RMSE		
		1km	5km boxavg	5km	1km	5km boxavg	5km	1km	5km boxavg	5km	1km	5km boxavg	5km
G D P S	+1d	1.91	1.93	1.91	3.48	3.48	3.48	1.16	1.18	1.15	3.17	3.18	3.16
	+2d	1.10	1.13	1.10	3.13	3.15	3.12	1.13	1.16	1.13	3.22	3.25	3.22
	+3d	1.02	1.04	1.01	3.22	3.24	3.22	1.15	1.18	1.15	3.22	3.24	3.21
	+4d	1.24	1.27	1.23	3.53	3.54	3.52	1.03	1.06	1.02	3.40	3.42	3.39
	+5d	1.71	1.73	1.70	4.00	4.01	3.99	1.61	1.64	1.61	3.95	3.97	3.95
	+6d	1.65	1.67	1.63	4.42	4.43	4.42	1.78	1.81	1.77	4.21	4.23	4.20
	+7d	1.96	1.99	1.95	4.78	4.78	4.78	2.33	2.35	2.32	4.98	4.99	4.97
	+8d	2.37	2.40	2.36	5.29	5.30	5.28	2.66	2.69	2.65	5.90	5.91	5.90
	+9d	3.16	3.18	3.15	6.37	6.37	6.36	2.90	2.92	2.88	6.45	6.44	6.45
	+10d	3.62	3.65	3.61	7.25	7.24	7.25	3.90	3.92	3.89	6.95	6.95	6.95
E P S G	+1d	2.28	2.26	2.27	3.64	3.65	3.64	1.79	1.78	1.78	3.37	3.40	3.37
	+2d	1.60	1.59	1.59	3.29	3.32	3.29	1.75	1.73	1.74	3.44	3.47	3.44
	+3d	1.54	1.53	1.53	3.37	3.40	3.37	1.72	1.71	1.71	3.42	3.46	3.42
	+4d	1.78	1.77	1.77	3.64	3.67	3.64	1.75	1.74	1.74	3.57	3.60	3.57
	+5d	2.08	2.07	2.08	3.93	3.95	3.93	2.17	2.16	2.17	3.98	4.01	3.98
	+6d	2.44	2.43	2.44	4.34	4.37	4.34	2.42	2.41	2.41	4.28	4.31	4.28
	+7d	2.51	2.50	2.50	4.46	4.48	4.45	2.63	2.62	2.62	4.65	4.67	4.65
	+8d	2.89	2.88	2.88	5.21	5.23	5.21	2.95	2.94	2.94	5.17	5.19	5.17
	+9d	3.48	3.47	3.47	5.72	5.73	5.72	3.43	3.42	3.43	5.85	5.86	5.85
	+10d	3.63	3.62	3.62	5.93	5.95	5.93	3.52	3.51	3.52	5.96	5.97	5.96
E C M W	+1d	-0.42	-0.38	-0.40	2.97	3.02	2.98	-0.46	-0.43	-0.45	3.08	3.13	3.09
	+2d	-1.41	-1.37	-1.39	3.76	3.79	3.76	-1.14	-1.10	-1.12	3.58	3.63	3.59
	+3d	-1.54	-1.49	-1.52	4.01	4.04	4.02	-1.28	-1.24	-1.26	3.75	3.78	3.75
	+4d	-1.37	-1.33	-1.36	3.96	3.99	3.97	-1.40	-1.35	-1.38	3.98	4.01	3.99
	+5d	-1.24	-1.19	-1.22	4.09	4.12	4.09	-1.03	-0.98	-1.01	4.06	4.09	4.06
	+6d	-1.00	-0.95	-0.98	4.20	4.24	4.21	-1.33	-1.28	-1.31	4.54	4.57	4.54
	+7d	-1.09	-1.05	-1.08	4.98	5.00	4.98	-1.21	-1.16	-1.20	5.18	5.18	5.17
	+8d	-0.51	-0.47	-0.50	5.74	5.77	5.76	-0.85	-0.80	-0.83	5.38	5.39	5.38
	+9d	0.32	0.35	0.33	5.99	6.02	6.00	-0.05	-0.01	-0.04	5.70	5.72	5.71
	+10d	1.02	1.04	1.03	6.94	6.95	6.95	-0.21	-0.17	-0.20	6.54	6.54	6.54
E C M H	+1d	-0.40	-0.37	-0.38	2.96	3.05	2.97	-0.46	-0.44	-0.43	3.13	3.21	3.14
	+2d	-1.40	-1.37	-1.37	3.79	3.86	3.80	-1.13	-1.11	-1.11	3.63	3.70	3.63
	+3d	-1.52	-1.49	-1.50	4.07	4.14	4.07	-1.27	-1.24	-1.24	3.80	3.87	3.80
	+4d	-1.36	-1.33	-1.33	4.01	4.08	4.01	-1.40	-1.37	-1.38	4.02	4.09	4.03
	+5d	-1.22	-1.19	-1.20	4.08	4.15	4.08	-1.01	-0.98	-0.99	4.05	4.12	4.06
	+6d	-1.00	-0.96	-0.97	4.20	4.27	4.20	-1.32	-1.29	-1.29	4.54	4.60	4.54
	+7d	-1.09	-1.06	-1.07	4.97	5.02	4.97	-1.21	-1.17	-1.18	5.16	5.19	5.15
	+8d	-0.51	-0.48	-0.48	5.77	5.81	5.78	-0.85	-0.81	-0.82	5.38	5.41	5.37
	+9d	0.32	0.34	0.34	6.03	6.07	6.04	-0.07	-0.04	-0.04	5.73	5.77	5.73
	+10d	1.01	1.03	1.04	6.96	6.98	6.96	-0.21	-0.18	-0.19	6.55	6.57	6.55
E C M E	+1d	-0.48	-0.40	-0.44	2.97	3.03	3.00	-0.51	-0.44	-0.47	3.10	3.17	3.13
	+2d	-1.45	-1.36	-1.41	3.74	3.77	3.75	-1.16	-1.08	-1.12	3.55	3.60	3.57
	+3d	-1.48	-1.40	-1.44	3.90	3.93	3.91	-1.31	-1.24	-1.28	3.71	3.75	3.72
	+4d	-1.31	-1.23	-1.28	3.78	3.81	3.79	-1.42	-1.34	-1.38	3.85	3.89	3.87
	+5d	-1.21	-1.13	-1.17	3.85	3.89	3.87	-0.94	-0.86	-0.90	3.82	3.87	3.84
	+6d	-0.94	-0.86	-0.90	3.94	3.99	3.96	-0.99	-0.90	-0.95	3.88	3.94	3.91
	+7d	-0.87	-0.78	-0.83	3.99	4.05	4.02	-0.85	-0.76	-0.81	4.10	4.15	4.13
	+8d	-0.38	-0.29	-0.34	4.25	4.32	4.29	-0.36	-0.28	-0.32	4.39	4.44	4.42
	+9d	0.24	0.31	0.27	4.46	4.53	4.49	0.43	0.51	0.47	4.69	4.75	4.72
	+10d	0.67	0.74	0.70	4.67	4.74	4.70	0.89	0.96	0.93	4.99	5.05	5.02
G K I M	+1d	1.23	1.25	1.23	3.19	3.28	3.20	1.26	1.27	1.26	3.35	3.43	3.36
	+2d	0.73	0.75	0.73	3.32	3.41	3.33	0.81	0.84	0.82	3.29	3.37	3.30
	+3d	0.69	0.72	0.69	3.38	3.47	3.39	0.85	0.87	0.85	3.37	3.45	3.38
	+4d	0.67	0.70	0.67	3.34	3.43	3.35	0.52	0.54	0.52	3.50	3.58	3.51
	+5d	0.93	0.96	0.94	3.97	4.03	3.98	0.82	0.85	0.83	4.14	4.20	4.15
	+6d	1.23	1.25	1.23	4.75	4.80	4.76	1.38	1.40	1.38	4.78	4.84	4.79
	+7d	1.58	1.60	1.58	5.36	5.40	5.37	1.46	1.48	1.46	5.28	5.33	5.29
	+8d	1.60	1.62	1.60	5.53	5.57	5.54	2.23	2.24	2.23	5.89	5.91	5.89
	+9d	3.09	3.10	3.09	6.66	6.68	6.66	2.03	2.05	2.03	6.31	6.33	6.31
	+10d	3.06	3.08	3.06	7.27	7.28	7.27	2.88	2.89	2.88	6.96	6.98	6.97

표 2.1.2.7 2022년 7월 모델별 상대습도 일별 검증 지수 비교

		00UTC						12UTC					
		bias			RMSE			bias			RMSE		
		1km	5km	5km	1km	5km	5km	1km	5km	5km	1km	5km	5km
	boxavg			boxavg			boxavg			boxavg			
G D P S	+1d	1.36	2.46	1.32	8.54	8.44	8.51	2.22	3.35	2.16	9.27	9.28	9.22
	+2d	2.29	3.40	2.24	9.23	9.26	9.19	1.99	3.09	1.94	9.33	9.32	9.29
	+3d	2.33	3.44	2.28	10.06	10.09	10.02	2.00	3.09	1.95	9.81	9.81	9.78
	+4d	1.54	2.64	1.49	9.96	9.91	9.93	2.13	3.24	2.08	10.22	10.23	10.18
	+5d	1.49	2.61	1.44	10.32	10.24	10.29	1.85	2.96	1.81	10.68	10.66	10.66
	+6d	1.64	2.77	1.60	10.89	10.83	10.87	1.30	2.42	1.26	11.22	11.13	11.20
	+7d	1.23	2.35	1.18	11.86	11.75	11.84	0.26	1.39	0.22	11.52	11.33	11.50
	+8d	1.43	2.57	1.39	11.83	11.76	11.81	1.01	2.16	0.97	11.41	11.28	11.38
	+9d	1.17	2.30	1.13	11.94	11.85	11.92	1.20	2.35	1.16	12.15	12.04	12.13
	+10d	0.85	1.97	0.81	11.73	11.60	11.70	1.19	2.35	1.15	12.00	11.89	11.98
E P S G	+1d	2.22	3.30	2.19	8.84	8.96	8.82	3.64	4.72	3.60	9.75	10.03	9.72
	+2d	3.20	4.28	3.16	9.65	9.89	9.63	2.90	3.97	2.87	9.68	9.89	9.66
	+3d	2.98	4.05	2.94	9.95	10.17	9.93	2.58	3.65	2.55	9.77	9.96	9.75
	+4d	2.66	3.74	2.62	10.04	10.23	10.02	2.50	3.57	2.47	10.00	10.17	9.98
	+5d	2.49	3.57	2.46	10.17	10.33	10.15	2.43	3.50	2.39	10.31	10.46	10.29
	+6d	2.44	3.52	2.40	10.42	10.58	10.41	2.25	3.33	2.21	10.51	10.65	10.50
	+7d	2.13	3.22	2.10	10.48	10.60	10.46	1.93	3.01	1.89	10.57	10.67	10.56
	+8d	2.12	3.22	2.09	10.77	10.89	10.76	2.11	3.20	2.08	10.58	10.69	10.57
	+9d	1.94	3.04	1.90	10.62	10.71	10.60	1.92	3.01	1.88	10.68	10.77	10.66
	+10d	1.82	2.92	1.79	10.63	10.71	10.61	1.53	2.62	1.49	10.67	10.72	10.65
E C M W	+1d	-1.43	-0.34	-1.38	8.63	8.28	8.60	-2.02	-0.92	-1.96	9.15	8.72	9.10
	+2d	-1.21	-0.13	-1.16	8.97	8.68	8.94	-1.42	-0.34	-1.37	9.13	8.83	9.10
	+3d	-0.82	0.26	-0.77	9.24	9.03	9.21	-0.90	0.18	-0.85	9.25	9.05	9.24
	+4d	-0.72	0.37	-0.67	9.73	9.53	9.71	-0.36	0.71	-0.31	9.67	9.53	9.66
	+5d	-0.75	0.32	-0.69	10.12	9.93	10.11	-0.81	0.26	-0.76	10.20	10.02	10.19
	+6d	-0.19	0.87	-0.15	10.59	10.49	10.58	-0.93	0.14	-0.88	10.84	10.65	10.82
	+7d	-0.97	0.10	-0.92	11.60	11.38	11.58	-1.78	-0.72	-1.74	11.27	10.98	11.26
	+8d	-0.75	0.32	-0.71	11.38	11.17	11.37	-0.46	0.63	-0.41	11.82	11.62	11.80
	+9d	-0.20	0.87	-0.15	11.35	11.20	11.34	0.14	1.21	0.19	11.94	11.81	11.93
	+10d	-1.00	0.06	-0.95	11.72	11.50	11.71	-1.32	-0.26	-1.27	11.93	11.71	11.92
E C M H	+1d	-0.80	0.17	-0.76	8.51	8.21	8.50	-1.65	-0.69	-1.59	8.98	8.64	8.97
	+2d	-0.82	0.15	-0.77	8.89	8.65	8.88	-1.02	-0.05	-0.98	9.01	8.76	9.01
	+3d	-0.46	0.52	-0.42	9.17	9.01	9.17	-0.52	0.46	-0.47	9.22	9.04	9.21
	+4d	-0.46	0.52	-0.42	9.73	9.54	9.72	-0.05	0.93	-0.01	9.62	9.48	9.61
	+5d	-0.50	0.47	-0.45	10.08	9.89	10.07	-0.53	0.45	-0.47	10.13	9.95	10.12
	+6d	0.03	1.01	0.07	10.58	10.47	10.57	-0.68	0.30	-0.63	10.79	10.60	10.78
	+7d	-0.77	0.21	-0.72	11.54	11.33	11.54	-1.56	-0.59	-1.50	11.19	10.91	11.19
	+8d	-0.54	0.44	-0.48	11.30	11.11	11.30	-0.26	0.73	-0.20	11.73	11.55	11.73
	+9d	0.01	1.00	0.07	11.28	11.14	11.28	0.33	1.32	0.39	11.92	11.79	11.91
	+10d	-0.82	0.16	-0.76	11.62	11.41	11.61	-1.10	-0.12	-1.05	11.85	11.63	11.84
E C M E	+1d	-0.93	0.12	-0.91	8.33	8.08	8.31	-1.47	-0.42	-1.44	8.69	8.36	8.65
	+2d	-0.80	0.24	-0.78	8.60	8.38	8.58	-1.01	0.04	-0.98	8.64	8.41	8.61
	+3d	-0.65	0.40	-0.62	8.80	8.63	8.78	-0.65	0.40	-0.62	8.75	8.58	8.73
	+4d	-0.77	0.27	-0.74	9.03	8.85	9.01	-0.73	0.31	-0.70	9.17	9.00	9.15
	+5d	-0.91	0.13	-0.88	9.40	9.21	9.39	-1.08	-0.04	-1.05	9.62	9.41	9.60
	+6d	-1.14	-0.10	-1.11	9.94	9.73	9.92	-1.17	-0.13	-1.14	9.92	9.70	9.90
	+7d	-1.41	-0.37	-1.38	10.40	10.12	10.38	-1.57	-0.52	-1.53	10.40	10.10	10.38
	+8d	-1.31	-0.26	-1.27	10.38	10.12	10.37	-1.17	-0.12	-1.13	10.55	10.28	10.53
	+9d	-1.44	-0.39	-1.40	10.65	10.37	10.63	-1.25	-0.20	-1.21	10.61	10.34	10.59
	+10d	-1.37	-0.32	-1.33	10.68	10.41	10.66	-1.49	-0.44	-1.45	10.64	10.36	10.62
G K I M	+1d	-1.48	-0.46	-1.49	8.81	8.55	8.82	-0.28	0.74	-0.29	8.97	8.91	9.01
	+2d	-0.94	0.07	-0.95	9.42	9.29	9.45	-0.96	0.06	-0.96	9.26	9.12	9.28
	+3d	-1.57	-0.55	-1.58	9.76	9.56	9.78	-1.21	-0.18	-1.21	9.80	9.65	9.82
	+4d	-1.31	-0.28	-1.32	9.90	9.72	9.91	-1.17	-0.14	-1.18	10.09	9.93	10.10
	+5d	-1.35	-0.32	-1.36	10.59	10.41	10.60	-1.65	-0.62	-1.65	10.98	10.78	10.99
	+6d	-1.85	-0.81	-1.86	11.25	11.03	11.27	-2.31	-1.29	-2.32	11.86	11.61	11.86
	+7d	-2.11	-1.08	-2.12	11.32	11.09	11.34	-2.60	-1.59	-2.61	12.21	11.94	12.22
	+8d	-1.54	-0.51	-1.55	12.24	12.06	12.25	-2.97	-1.95	-2.97	12.60	12.32	12.61
	+9d	-1.75	-0.72	-1.76	12.54	12.36	12.55	-2.99	-1.98	-3.00	13.03	12.76	13.04
	+10d	-0.96	0.07	-0.97	13.64	13.54	13.64	-1.80	-0.78	-1.81	13.41	13.23	13.41

표 2.1.2.8 2022년 1월 모델별 상대습도 일별 검증 지수 비교

		00UTC						12UTC					
		bias			RMSE			bias			RMSE		
		1km	5km	5km	1km	5km	5km	1km	5km	5km	1km	5km	5km
			boxavg		boxavg			boxavg		boxavg		boxavg	
G D P S	+1d	5.31	5.95	5.38	16.23	16.07	16.29	2.04	2.74	2.07	14.98	14.84	14.98
	+2d	3.61	4.32	3.64	15.38	15.30	15.40	3.09	3.79	3.12	15.47	15.37	15.51
	+3d	3.37	4.08	3.39	15.50	15.45	15.52	3.74	4.45	3.76	15.44	15.40	15.46
	+4d	3.71	4.42	3.72	16.09	16.05	16.10	2.95	3.67	2.96	15.74	15.67	15.75
	+5d	5.10	5.82	5.12	17.18	17.22	17.20	4.69	5.42	4.71	16.91	16.96	16.94
	+6d	4.95	5.68	4.96	18.01	18.05	18.02	5.06	5.79	5.09	17.59	17.64	17.63
	+7d	5.28	6.02	5.30	18.28	18.36	18.29	6.62	7.38	6.65	18.62	18.77	18.64
	+8d	6.82	7.60	6.83	19.25	19.44	19.26	7.50	8.29	7.53	20.21	20.42	20.23
	+9d	8.53	9.35	8.55	21.09	21.33	21.10	8.17	8.96	8.19	21.62	21.82	21.63
	+10d	10.70	11.51	10.72	23.34	23.62	23.35	10.04	10.82	10.06	22.92	23.21	22.94
E P S G	+1d	4.45	5.20	4.43	15.40	15.41	15.34	2.91	3.66	2.89	14.38	14.39	14.32
	+2d	3.65	4.42	3.63	14.91	14.94	14.85	3.65	4.41	3.63	15.20	15.24	15.15
	+3d	3.53	4.31	3.51	15.10	15.15	15.05	3.89	4.66	3.87	15.19	15.26	15.14
	+4d	4.02	4.79	4.00	15.52	15.59	15.47	3.88	4.65	3.86	15.52	15.58	15.48
	+5d	4.88	5.67	4.86	16.02	16.15	15.98	4.85	5.63	4.83	15.93	16.05	15.88
	+6d	5.55	6.34	5.53	16.49	16.66	16.45	5.24	6.02	5.22	16.17	16.33	16.13
	+7d	5.51	6.30	5.49	16.47	16.66	16.43	5.71	6.49	5.69	16.66	16.86	16.63
	+8d	6.53	7.32	6.50	17.57	17.82	17.53	6.46	7.25	6.45	17.35	17.58	17.32
	+9d	7.66	8.46	7.64	18.35	18.63	18.31	7.51	8.31	7.49	18.87	19.14	18.83
	+10d	8.02	8.82	8.00	18.52	18.81	18.48	7.77	8.57	7.75	18.89	19.16	18.85
E C M W	+1d	-3.46	-2.74	-3.47	16.79	16.54	16.77	-4.21	-3.51	-4.20	15.87	15.63	15.85
	+2d	-5.85	-5.15	-5.85	17.61	17.33	17.58	-5.52	-4.81	-5.51	17.41	17.13	17.39
	+3d	-6.58	-5.91	-6.59	18.15	17.84	18.13	-5.95	-5.26	-5.95	17.69	17.38	17.66
	+4d	-6.72	-6.05	-6.73	18.29	17.97	18.26	-6.81	-6.14	-6.82	18.52	18.20	18.49
	+5d	-6.52	-5.84	-6.52	18.53	18.22	18.50	-6.11	-5.42	-6.10	18.46	18.16	18.43
	+6d	-6.02	-5.34	-6.03	18.81	18.55	18.79	-6.81	-6.13	-6.82	19.38	19.11	19.36
	+7d	-6.42	-5.72	-6.43	19.41	19.17	19.38	-6.41	-5.70	-6.41	19.98	19.72	19.93
	+8d	-4.18	-3.47	-4.19	21.48	21.37	21.47	-4.80	-4.08	-4.81	20.00	19.81	19.97
	+9d	-2.81	-2.09	-2.83	21.23	21.17	21.22	-3.42	-2.70	-3.43	21.12	21.01	21.10
	+10d	0.55	1.32	0.54	23.25	23.34	23.24	-2.55	-1.82	-2.57	22.25	22.18	22.22
E C M H	+1d	-2.98	-2.16	-2.94	16.62	16.47	16.64	-4.05	-3.29	-3.99	15.89	15.69	15.88
	+2d	-5.63	-4.85	-5.57	17.62	17.40	17.61	-5.30	-4.54	-5.26	17.47	17.26	17.47
	+3d	-6.33	-5.58	-6.27	18.22	17.99	18.22	-5.70	-4.94	-5.65	17.72	17.49	17.72
	+4d	-6.80	-6.06	-6.74	18.53	18.28	18.53	-6.56	-5.82	-6.52	18.50	18.26	18.50
	+5d	-6.43	-5.68	-6.37	18.57	18.33	18.57	-6.02	-5.27	-5.97	18.50	18.28	18.50
	+6d	-6.00	-5.23	-5.93	18.88	18.68	18.87	-6.78	-6.03	-6.73	19.45	19.23	19.43
	+7d	-6.43	-5.65	-6.37	19.45	19.25	19.43	-6.41	-5.63	-6.34	19.97	19.78	19.95
	+8d	-4.14	-3.36	-4.08	21.59	21.52	21.57	-4.79	-4.00	-4.74	20.07	19.93	20.06
	+9d	-2.79	-1.99	-2.73	21.32	21.29	21.30	-3.43	-2.64	-3.37	21.22	21.15	21.21
	+10d	0.52	1.35	0.57	23.32	23.43	23.31	-2.54	-1.74	-2.48	22.31	22.28	22.29
E C M E	+1d	-3.30	-2.39	-3.22	16.32	16.14	16.31	-4.02	-3.18	-3.96	15.59	15.40	15.58
	+2d	-5.55	-4.69	-5.48	17.14	16.89	17.13	-5.12	-4.27	-5.05	16.97	16.74	16.96
	+3d	-5.97	-5.13	-5.90	17.46	17.18	17.45	-5.54	-4.70	-5.48	17.21	16.94	17.19
	+4d	-6.06	-5.22	-5.98	17.40	17.09	17.38	-6.41	-5.57	-6.33	17.79	17.48	17.77
	+5d	-6.09	-5.24	-6.01	17.70	17.40	17.68	-5.49	-4.65	-5.42	17.56	17.28	17.54
	+6d	-5.30	-4.44	-5.23	17.50	17.25	17.49	-5.38	-4.52	-5.30	17.40	17.16	17.40
	+7d	-5.63	-4.76	-5.55	17.56	17.30	17.55	-5.33	-4.45	-5.25	17.66	17.43	17.66
	+8d	-4.25	-3.38	-4.18	17.31	17.11	17.31	-4.12	-3.24	-4.05	17.91	17.73	17.91
	+9d	-3.04	-2.16	-2.96	17.63	17.47	17.63	-2.38	-1.49	-2.31	18.23	18.12	18.23
	+10d	-1.51	-0.62	-1.43	17.69	17.60	17.70	-1.03	-0.14	-0.96	18.01	17.93	18.01
G K I M	+1d	4.54	5.54	4.58	16.31	16.65	16.31	5.02	5.97	5.05	15.65	16.00	15.65
	+2d	4.35	5.34	4.38	15.99	16.30	15.99	5.10	6.10	5.13	16.19	16.55	16.20
	+3d	6.14	7.16	6.18	16.80	17.21	16.80	6.30	7.32	6.34	16.77	17.18	16.77
	+4d	5.95	6.97	5.99	16.58	16.97	16.59	5.74	6.75	5.77	16.83	17.19	16.84
	+5d	6.75	7.78	6.78	17.66	18.09	17.67	6.56	7.58	6.59	18.42	18.83	18.43
	+6d	7.75	8.79	7.78	19.68	20.16	19.69	8.10	9.13	8.13	19.98	20.49	19.99
	+7d	9.79	10.86	9.83	21.16	21.72	21.17	8.23	9.26	8.26	20.66	21.15	20.67
	+8d	9.71	10.76	9.75	21.09	21.64	21.11	10.78	11.83	10.81	22.23	22.83	22.25
	+9d	12.34	13.40	12.37	23.00	23.63	23.01	10.08	11.13	10.11	22.45	22.97	22.46
	+10d	12.54	13.60	12.57	24.34	24.94	24.35	11.54	12.56	11.57	23.90	24.49	23.91

표 2.1.2.9 2022년 7월 모델별 풍속 일별 검증 지수 비교

		00UTC						12UTC					
		bias			RMSE			bias			RMSE		
		1km	5km boxavg	5km	1km	5km boxavg	5km	1km	5km boxavg	5km	1km	5km boxavg	5km
G D P S	+1d	0.63	0.63	0.63	1.53	1.52	1.52	0.65	0.65	0.65	1.59	1.58	1.59
	+2d	0.68	0.68	0.68	1.66	1.66	1.66	0.67	0.67	0.67	1.65	1.65	1.65
	+3d	0.63	0.63	0.63	1.70	1.70	1.70	0.71	0.71	0.70	1.77	1.76	1.77
	+4d	0.69	0.69	0.68	1.77	1.76	1.76	0.65	0.65	0.65	1.77	1.76	1.76
	+5d	0.74	0.74	0.74	1.90	1.90	1.90	0.63	0.63	0.63	1.76	1.75	1.75
	+6d	0.63	0.63	0.63	1.87	1.87	1.87	0.73	0.73	0.73	1.93	1.92	1.93
	+7d	0.66	0.66	0.66	1.97	1.97	1.97	0.66	0.66	0.66	1.90	1.89	1.89
	+8d	0.83	0.82	0.82	2.14	2.13	2.13	0.80	0.80	0.80	2.03	2.02	2.02
	+9d	1.11	1.10	1.10	2.35	2.34	2.34	0.99	0.99	0.99	2.42	2.42	2.42
	+10d	0.99	0.98	0.98	2.31	2.30	2.30	1.28	1.28	1.28	2.63	2.63	2.63
E P S G	+1d	0.65	0.65	0.65	1.49	1.49	1.49	0.61	0.62	0.61	1.53	1.53	1.53
	+2d	0.64	0.64	0.64	1.52	1.52	1.52	0.66	0.66	0.66	1.56	1.56	1.56
	+3d	0.61	0.61	0.61	1.51	1.51	1.51	0.62	0.62	0.62	1.54	1.54	1.54
	+4d	0.60	0.60	0.60	1.51	1.51	1.51	0.56	0.56	0.56	1.49	1.49	1.49
	+5d	0.58	0.58	0.58	1.46	1.46	1.46	0.54	0.54	0.54	1.45	1.46	1.46
	+6d	0.57	0.57	0.57	1.45	1.45	1.45	0.55	0.55	0.55	1.45	1.46	1.46
	+7d	0.67	0.67	0.67	1.52	1.52	1.52	0.63	0.63	0.63	1.53	1.53	1.53
	+8d	0.85	0.85	0.85	1.68	1.68	1.68	0.83	0.83	0.83	1.68	1.68	1.68
	+9d	0.92	0.92	0.92	1.74	1.74	1.74	0.96	0.96	0.96	1.76	1.76	1.76
	+10d	0.92	0.92	0.92	1.75	1.75	1.75	1.00	1.00	1.00	1.86	1.86	1.86
E C M W	+1d	0.96	0.96	0.96	1.61	1.61	1.61	0.98	0.98	0.98	1.69	1.69	1.69
	+2d	0.95	0.95	0.94	1.67	1.67	1.67	0.96	0.96	0.96	1.68	1.68	1.68
	+3d	0.93	0.93	0.93	1.70	1.70	1.70	0.92	0.93	0.92	1.68	1.68	1.68
	+4d	0.94	0.94	0.94	1.72	1.72	1.72	0.93	0.93	0.93	1.70	1.70	1.70
	+5d	0.89	0.89	0.89	1.74	1.74	1.74	0.95	0.95	0.95	1.80	1.80	1.80
	+6d	0.89	0.89	0.89	1.82	1.82	1.82	0.84	0.84	0.84	1.78	1.78	1.78
	+7d	0.73	0.73	0.73	1.82	1.82	1.82	0.73	0.73	0.73	1.77	1.77	1.77
	+8d	0.72	0.71	0.71	1.83	1.83	1.83	0.74	0.74	0.74	1.87	1.87	1.87
	+9d	0.83	0.83	0.83	1.99	1.99	1.99	0.80	0.80	0.80	1.92	1.92	1.92
	+10d	1.09	1.09	1.09	2.15	2.15	2.15	1.18	1.18	1.18	2.38	2.38	2.38
E C M H	+1d	0.92	0.93	0.93	1.59	1.60	1.60	0.96	0.96	0.96	1.69	1.69	1.69
	+2d	0.92	0.93	0.92	1.67	1.67	1.67	0.93	0.93	0.93	1.67	1.67	1.67
	+3d	0.90	0.91	0.90	1.69	1.69	1.69	0.90	0.90	0.90	1.68	1.68	1.68
	+4d	0.91	0.91	0.91	1.71	1.71	1.71	0.89	0.89	0.89	1.69	1.69	1.69
	+5d	0.80	0.81	0.81	1.71	1.71	1.71	0.87	0.87	0.87	1.76	1.76	1.77
	+6d	0.81	0.81	0.81	1.79	1.79	1.79	0.75	0.76	0.75	1.75	1.74	1.74
	+7d	0.66	0.66	0.66	1.80	1.80	1.80	0.65	0.65	0.65	1.75	1.75	1.75
	+8d	0.64	0.64	0.64	1.82	1.82	1.82	0.67	0.67	0.66	1.85	1.85	1.85
	+9d	0.75	0.76	0.75	1.97	1.97	1.97	0.73	0.73	0.73	1.91	1.90	1.91
	+10d	1.00	1.00	1.00	2.12	2.12	2.12	1.10	1.10	1.10	2.34	2.35	2.35
E C M E	+1d	0.99	0.99	0.99	1.63	1.64	1.64	1.03	1.03	1.03	1.71	1.71	1.71
	+2d	1.01	1.01	1.01	1.67	1.67	1.67	1.06	1.06	1.06	1.71	1.71	1.71
	+3d	1.00	1.00	1.00	1.64	1.64	1.64	1.04	1.04	1.04	1.67	1.67	1.67
	+4d	1.03	1.03	1.03	1.65	1.65	1.65	1.04	1.04	1.04	1.64	1.64	1.64
	+5d	1.01	1.01	1.01	1.62	1.62	1.62	0.99	0.99	0.98	1.61	1.61	1.61
	+6d	0.99	0.99	0.99	1.61	1.61	1.61	0.93	0.93	0.93	1.56	1.56	1.56
	+7d	0.91	0.91	0.91	1.57	1.57	1.57	0.84	0.84	0.84	1.53	1.53	1.53
	+8d	0.99	0.98	0.98	1.65	1.65	1.65	0.98	0.98	0.97	1.66	1.66	1.65
	+9d	1.01	1.01	1.01	1.69	1.69	1.68	1.05	1.05	1.05	1.72	1.72	1.72
	+10d	1.08	1.08	1.07	1.74	1.74	1.74	1.11	1.11	1.11	1.78	1.78	1.78
G K I M	+1d	0.62	0.63	0.62	1.33	1.34	1.34	0.60	0.60	0.60	1.41	1.41	1.41
	+2d	0.61	0.61	0.61	1.40	1.40	1.40	0.63	0.63	0.63	1.41	1.41	1.41
	+3d	0.69	0.69	0.69	1.50	1.50	1.50	0.72	0.72	0.72	1.56	1.56	1.56
	+4d	0.73	0.73	0.73	1.59	1.60	1.59	0.70	0.70	0.70	1.62	1.62	1.62
	+5d	0.72	0.72	0.72	1.62	1.63	1.63	0.56	0.56	0.56	1.56	1.56	1.56
	+6d	0.64	0.64	0.63	1.61	1.61	1.61	0.54	0.54	0.54	1.59	1.59	1.59
	+7d	0.69	0.69	0.69	1.69	1.69	1.69	0.73	0.73	0.73	1.67	1.67	1.67
	+8d	0.62	0.62	0.62	1.75	1.75	1.75	0.71	0.71	0.70	1.79	1.79	1.79
	+9d	0.64	0.65	0.64	1.81	1.81	1.81	0.63	0.63	0.63	1.82	1.82	1.81
	+10d	0.79	0.79	0.79	1.99	1.99	1.99	0.71	0.71	0.71	1.92	1.92	1.92

표 2.1.2.10 2022년 1월 모델별 풍속 일별 검증 지수 비교

		00UTC						12UTC					
		bias			RMSE			bias			RMSE		
		1km	5km	5km	1km	5km	5km	1km	5km	5km	1km	5km	5km
	boxavg			boxavg			boxavg			boxavg			
G D P S	+1d	1.09	1.09	1.09	2.08	2.08	2.08	1.03	1.03	1.03	2.08	2.08	2.08
	+2d	1.17	1.17	1.17	2.18	2.19	2.19	1.19	1.19	1.19	2.21	2.21	2.21
	+3d	1.13	1.13	1.13	2.15	2.15	2.15	1.16	1.16	1.16	2.20	2.20	2.20
	+4d	1.10	1.10	1.10	2.19	2.20	2.20	1.20	1.20	1.20	2.26	2.26	2.26
	+5d	0.96	0.96	0.96	2.12	2.12	2.12	1.04	1.04	1.04	2.21	2.21	2.21
	+6d	1.05	1.05	1.05	2.30	2.30	2.30	0.93	0.93	0.93	2.24	2.24	2.24
	+7d	0.79	0.79	0.79	2.26	2.26	2.26	0.81	0.81	0.81	2.27	2.27	2.27
	+8d	0.82	0.82	0.82	2.34	2.34	2.34	0.88	0.88	0.88	2.39	2.39	2.40
	+9d	0.97	0.98	0.97	2.59	2.59	2.59	0.77	0.77	0.77	2.34	2.34	2.34
	+10d	0.98	0.98	0.98	2.63	2.63	2.63	1.00	1.00	1.00	2.62	2.62	2.62
E P S G	+1d	1.22	1.23	1.23	2.20	2.21	2.21	1.18	1.18	1.18	2.20	2.21	2.20
	+2d	1.32	1.32	1.32	2.31	2.31	2.31	1.30	1.30	1.30	2.27	2.28	2.28
	+3d	1.33	1.33	1.33	2.29	2.29	2.29	1.33	1.33	1.33	2.29	2.29	2.29
	+4d	1.29	1.29	1.29	2.25	2.26	2.26	1.29	1.29	1.29	2.27	2.27	2.27
	+5d	1.16	1.16	1.16	2.17	2.17	2.17	1.17	1.17	1.17	2.19	2.19	2.19
	+6d	1.14	1.15	1.15	2.18	2.18	2.18	1.12	1.12	1.12	2.19	2.20	2.20
	+7d	1.13	1.13	1.13	2.20	2.20	2.20	1.00	1.00	1.00	2.13	2.13	2.13
	+8d	0.99	0.99	0.99	2.11	2.12	2.12	0.96	0.97	0.97	2.10	2.10	2.10
	+9d	0.97	0.98	0.98	2.13	2.13	2.13	1.04	1.04	1.04	2.16	2.17	2.17
	+10d	1.12	1.12	1.12	2.29	2.30	2.30	1.14	1.14	1.14	2.27	2.27	2.27
E C M W	+1d	1.35	1.35	1.35	2.00	2.00	2.00	1.26	1.26	1.26	1.97	1.97	1.97
	+2d	1.30	1.30	1.29	2.00	2.00	2.00	1.31	1.31	1.31	2.02	2.02	2.02
	+3d	1.21	1.21	1.21	1.94	1.95	1.94	1.23	1.23	1.23	1.96	1.97	1.96
	+4d	1.11	1.11	1.11	1.88	1.89	1.88	1.09	1.09	1.09	1.88	1.88	1.88
	+5d	1.00	1.00	1.00	1.87	1.87	1.87	1.03	1.03	1.03	1.91	1.91	1.91
	+6d	1.08	1.08	1.08	1.97	1.97	1.97	1.17	1.17	1.17	2.08	2.08	2.08
	+7d	1.10	1.10	1.10	2.07	2.07	2.07	1.19	1.19	1.18	2.11	2.11	2.11
	+8d	0.92	0.92	0.92	2.05	2.05	2.05	1.00	1.00	1.00	2.09	2.09	2.09
	+9d	0.99	0.99	0.98	2.15	2.15	2.15	1.00	1.00	0.99	2.12	2.12	2.12
	+10d	1.27	1.27	1.27	2.45	2.45	2.45	1.18	1.18	1.17	2.45	2.45	2.45
E C M H	+1d	1.26	1.27	1.26	1.92	1.93	1.93	1.20	1.21	1.20	1.93	1.94	1.93
	+2d	1.23	1.23	1.23	1.95	1.96	1.96	1.24	1.25	1.24	1.97	1.98	1.98
	+3d	1.14	1.15	1.14	1.90	1.91	1.91	1.17	1.17	1.17	1.92	1.93	1.93
	+4d	1.04	1.05	1.04	1.84	1.85	1.85	1.01	1.02	1.01	1.84	1.84	1.84
	+5d	0.89	0.90	0.89	1.80	1.81	1.81	0.92	0.92	0.92	1.84	1.85	1.85
	+6d	0.96	0.97	0.97	1.90	1.91	1.91	1.06	1.06	1.06	2.01	2.01	2.01
	+7d	0.99	1.00	0.99	2.00	2.00	2.00	1.07	1.07	1.07	2.04	2.04	2.04
	+8d	0.81	0.81	0.81	1.99	1.99	1.99	0.89	0.89	0.89	2.02	2.03	2.03
	+9d	0.87	0.87	0.87	2.08	2.08	2.08	0.89	0.89	0.89	2.05	2.06	2.06
	+10d	1.14	1.14	1.14	2.36	2.36	2.36	1.06	1.06	1.06	2.37	2.38	2.38
E C M E	+1d	1.36	1.36	1.36	2.04	2.04	2.04	1.31	1.31	1.31	2.04	2.04	2.04
	+2d	1.34	1.35	1.34	2.06	2.06	2.06	1.37	1.37	1.37	2.08	2.08	2.08
	+3d	1.29	1.29	1.29	2.01	2.02	2.02	1.31	1.31	1.31	2.03	2.04	2.04
	+4d	1.18	1.18	1.18	1.93	1.94	1.94	1.17	1.17	1.17	1.93	1.93	1.93
	+5d	1.12	1.13	1.12	1.91	1.91	1.91	1.13	1.14	1.13	1.93	1.94	1.93
	+6d	1.19	1.19	1.19	1.99	1.99	1.99	1.20	1.20	1.20	1.99	2.00	2.00
	+7d	1.11	1.11	1.10	1.95	1.95	1.95	1.13	1.13	1.13	1.96	1.97	1.97
	+8d	1.09	1.09	1.09	1.95	1.95	1.95	1.09	1.09	1.09	1.95	1.96	1.95
	+9d	1.08	1.09	1.08	1.95	1.96	1.96	1.07	1.07	1.07	1.95	1.95	1.95
	+10d	1.08	1.08	1.08	1.99	1.99	1.99	1.03	1.03	1.03	1.98	1.99	1.99
G K I M	+1d	0.87	0.87	0.87	1.75	1.76	1.76	0.81	0.82	0.81	1.74	1.74	1.74
	+2d	0.91	0.92	0.92	1.82	1.83	1.83	0.90	0.91	0.91	1.80	1.81	1.81
	+3d	0.94	0.95	0.94	1.86	1.87	1.87	0.93	0.94	0.94	1.85	1.86	1.86
	+4d	0.89	0.90	0.90	1.86	1.87	1.87	0.94	0.95	0.94	1.89	1.90	1.90
	+5d	0.86	0.87	0.87	1.92	1.93	1.93	0.84	0.84	0.84	1.90	1.91	1.91
	+6d	0.84	0.85	0.85	1.98	1.99	1.99	0.81	0.82	0.82	1.96	1.97	1.97
	+7d	0.88	0.88	0.88	2.07	2.08	2.08	0.70	0.71	0.71	1.95	1.96	1.96
	+8d	0.67	0.68	0.68	2.00	2.01	2.01	0.92	0.93	0.92	2.12	2.13	2.13
	+9d	0.75	0.76	0.76	2.16	2.17	2.17	0.84	0.84	0.84	2.25	2.25	2.25
	+10d	0.79	0.79	0.79	2.18	2.18	2.18	0.59	0.59	0.59	2.12	2.13	2.12

표 2.1.2.11 2022년 7월 모델별 강수량 일별 검증 지수 비교1

		00UTC						12UTC					
		CSI 0.1			CSI 0.5			CSI 0.1			CSI 0.5		
		1km	5km boxavg	5km	1km	5km boxavg	5km	1km	5km boxavg	5km	1km	5km boxavg	5km
G D P S	+1d	21.36	21.04	21.29	26.67	26.85	26.75	19.67	19.34	19.69	25.24	25.23	25.26
	+2d	19.17	18.92	19.21	21.49	21.51	21.51	20.83	20.54	20.86	22.64	22.76	22.68
	+3d	16.28	16.34	16.40	15.32	15.46	15.40	17.28	17.20	17.36	15.94	16.14	16.03
	+4d	17.42	17.38	17.48	16.90	17.02	16.86	15.80	15.79	15.75	14.23	14.39	14.25
	+5d	16.25	16.22	16.23	15.91	16.06	15.98	14.13	14.09	14.13	12.11	12.21	12.07
	+6d	14.16	14.20	14.20	12.26	12.32	12.22	14.52	14.45	14.47	13.39	13.35	13.36
	+7d	11.19	11.22	11.20	8.54	8.59	8.58	10.68	10.70	10.68	8.36	8.39	8.34
	+8d	14.64	14.55	14.62	13.88	13.98	13.89	12.38	12.35	12.38	9.55	9.75	9.53
	+9d	11.49	11.49	11.53	9.05	9.16	9.05	11.80	11.84	11.81	10.17	10.33	10.21
	+10d	12.54	12.57	12.56	10.55	10.70	10.56	13.85	13.85	13.88	10.93	10.96	10.88
E P S G	+1d	20.82	20.83	20.85	32.43	32.50	32.32	20.72	20.73	20.75	33.21	33.24	33.18
	+2d	17.86	17.82	17.87	25.63	25.71	25.59	19.49	19.48	19.49	27.08	27.14	27.02
	+3d	15.82	15.81	15.84	20.74	20.79	20.69	17.56	17.55	17.55	21.53	21.59	21.52
	+4d	15.02	15.01	15.02	18.66	18.77	18.68	14.53	14.53	14.53	18.35	18.42	18.34
	+5d	13.34	13.33	13.34	17.89	17.95	17.85	13.18	13.18	13.17	14.37	14.41	14.35
	+6d	13.35	13.36	13.37	12.25	12.18	12.24	11.97	11.99	11.96	11.73	11.81	11.75
	+7d	12.81	12.80	12.81	12.81	12.83	12.77	10.58	10.59	10.57	9.29	9.28	9.28
	+8d	12.15	12.16	12.16	10.80	10.79	10.78	11.56	11.55	11.57	10.07	10.10	10.08
	+9d	12.95	12.95	12.97	12.35	12.41	12.36	12.85	12.86	12.86	12.37	12.34	12.33
	+10d	12.79	12.80	12.80	13.89	13.95	13.91	13.30	13.30	13.31	12.72	12.71	12.71
E C M W	+1d	30.49	30.37	30.52	36.88	37.11	36.89	25.23	25.21	25.39	36.98	37.14	36.95
	+2d	24.89	24.82	24.95	32.39	32.55	32.47	24.71	24.74	24.78	30.49	30.65	30.53
	+3d	22.84	22.80	22.82	29.45	29.51	29.42	24.73	24.75	24.84	30.05	30.07	29.93
	+4d	19.82	19.77	19.85	22.91	22.98	22.88	22.31	22.31	22.35	26.26	26.39	26.22
	+5d	17.78	17.72	17.81	17.15	17.07	17.04	19.62	19.63	19.68	21.73	21.79	21.67
	+6d	14.67	14.59	14.66	14.64	14.69	14.61	16.83	16.90	16.81	14.47	14.55	14.54
	+7d	12.42	12.37	12.36	9.89	10.02	9.90	14.16	14.09	14.15	14.15	14.12	14.10
	+8d	12.84	12.84	12.83	12.24	12.28	12.24	10.63	10.62	10.64	8.77	8.82	8.77
	+9d	12.63	12.66	12.60	10.75	10.64	10.65	11.33	11.36	11.32	8.27	8.23	8.20
	+10d	13.66	13.67	13.63	11.15	11.13	11.17	13.16	13.15	13.13	10.28	10.35	10.32
E C M H	+1d	31.73	31.55	31.70	36.21	36.36	36.12	26.31	26.13	26.28	36.30	36.32	36.22
	+2d	25.79	25.67	25.80	32.41	32.58	32.39	25.64	25.53	25.62	29.92	30.11	29.96
	+3d	23.61	23.48	23.64	28.66	28.84	28.66	25.23	25.10	25.23	28.92	29.09	28.91
	+4d	19.99	19.92	20.01	22.40	22.56	22.46	22.87	22.79	22.80	25.42	25.50	25.44
	+5d	17.83	17.78	17.80	16.99	17.09	17.06	19.77	19.71	19.76	21.75	21.87	21.82
	+6d	14.66	14.72	14.73	14.94	14.91	14.90	16.77	16.72	16.76	14.78	14.79	14.73
	+7d	12.40	12.45	12.44	9.88	10.08	9.95	14.18	14.19	14.12	13.95	14.03	14.04
	+8d	12.65	12.64	12.62	12.43	12.50	12.47	10.62	10.58	10.60	9.00	8.92	9.06
	+9d	12.67	12.72	12.70	10.70	10.62	10.70	11.36	11.27	11.32	8.14	8.15	8.15
	+10d	13.56	13.55	13.51	11.11	11.06	11.06	13.10	13.07	13.13	10.32	10.29	10.26
E C M E	+1d	26.12	26.14	26.17	38.74	38.67	38.70	21.83	21.82	21.88	39.39	39.47	39.44
	+2d	20.55	20.52	20.59	33.96	33.93	33.97	21.65	21.68	21.72	34.51	34.49	34.49
	+3d	18.63	18.61	18.66	31.54	31.63	31.59	19.31	19.32	19.35	32.31	32.36	32.31
	+4d	15.60	15.58	15.63	28.81	28.87	28.82	15.99	15.96	16.00	27.12	27.22	27.12
	+5d	14.91	14.89	14.92	23.57	23.57	23.51	15.26	15.25	15.28	24.73	24.83	24.73
	+6d	13.76	13.73	13.75	16.58	16.52	16.55	13.70	13.70	13.72	16.95	17.04	16.98
	+7d	12.88	12.86	12.87	11.18	11.24	11.18	13.03	13.00	13.03	12.18	12.15	12.19
	+8d	12.06	12.07	12.06	13.31	13.30	13.31	12.68	12.69	12.68	11.57	11.64	11.60
	+9d	12.62	12.63	12.64	10.48	10.54	10.56	13.16	13.15	13.16	13.64	13.71	13.59
	+10d	13.30	13.30	13.31	12.81	12.89	12.83	13.94	13.94	13.95	16.42	16.45	16.46
G K I M	+1d	28.16	28.08	28.14	28.64	28.83	28.76	24.69	24.62	24.69	29.97	29.98	29.96
	+2d	22.83	22.81	22.82	23.30	23.17	23.13	24.24	24.23	24.21	24.65	24.69	24.73
	+3d	21.85	21.88	21.83	20.54	20.64	20.58	22.68	22.78	22.77	21.15	21.23	21.20
	+4d	21.07	21.08	21.08	18.98	18.96	18.96	22.33	22.40	22.29	20.73	20.64	20.61
	+5d	20.44	20.44	20.39	17.76	17.78	17.66	19.30	19.40	19.31	17.21	17.33	17.19
	+6d	14.82	14.78	14.83	11.15	11.23	11.22	13.86	13.84	13.86	10.13	10.23	10.19
	+7d	13.04	13.00	12.99	10.62	10.59	10.54	12.89	12.91	12.90	11.85	11.85	11.89
	+8d	9.65	9.68	9.63	6.54	6.53	6.50	12.03	12.05	11.96	8.09	8.05	8.03
	+9d	6.73	6.76	6.72	4.07	4.18	4.14	10.59	10.61	10.59	8.68	8.66	8.64
	+10d	7.26	7.27	7.25	5.28	5.31	5.34	9.83	9.89	9.77	7.72	7.68	7.67

표 2.1.2.12 2022년 7월 모델별 강수량 일별 검증 지수 비교2

		00UTC						12UTC					
		CSI 1.0			CSI 5.0			CSI 1.0			CSI 5.0		
		1km	5km boxavg	5km	1km	5km boxavg	5km	1km	5km boxavg	5km	1km	5km boxavg	5km
G D P S	+1d	23.01	23.33	23.03	12.57	12.72	12.19	23.91	24.00	23.89	16.89	17.38	17.00
	+2d	17.70	17.82	17.78	9.85	10.00	9.93	18.33	18.55	18.46	9.99	10.38	10.04
	+3d	11.58	11.76	11.67	5.70	5.96	5.76	11.30	11.47	11.36	4.10	4.17	4.15
	+4d	13.57	13.61	13.52	7.05	7.03	6.86	11.36	11.52	11.44	5.61	5.68	5.58
	+5d	12.57	12.76	12.65	5.08	5.28	5.05	8.36	8.56	8.37	3.02	3.13	2.96
	+6d	8.34	8.46	8.38	2.00	1.96	1.93	9.78	9.82	9.83	2.90	2.91	2.84
	+7d	5.84	5.87	5.82	1.91	1.92	1.87	5.52	5.55	5.56	1.27	1.30	1.31
	+8d	10.34	10.51	10.39	5.00	5.19	5.04	7.49	7.57	7.45	3.22	3.37	3.29
	+9d	5.97	6.11	5.95	1.42	1.47	1.53	7.37	7.37	7.31	3.03	3.09	2.99
	+10d	8.30	8.38	8.31	4.63	4.84	4.73	8.08	8.14	8.06	4.25	4.31	4.17
E P S G	+1d	27.32	27.45	27.44	10.46	10.57	10.66	33.99	34.56	34.24	14.26	14.42	14.28
	+2d	21.43	21.43	21.43	8.56	8.61	8.56	22.47	22.57	22.43	8.49	8.72	8.74
	+3d	16.98	16.97	16.98	0.48	0.48	0.48	16.44	16.59	16.49	0.37	0.39	0.37
	+4d	11.98	11.96	11.98	0.00	0.00	0.00	12.74	12.81	12.78	0.21	0.24	0.21
	+5d	10.98	11.25	11.00	0.00	0.00	0.00	8.10	8.17	8.09	0.00	0.00	0.00
	+6d	5.93	5.86	5.90	0.00	0.00	0.00	6.08	6.15	6.10	0.00	0.00	0.00
	+7d	5.89	5.80	5.89	0.00	0.00	0.00	3.73	3.79	3.69	0.00	0.00	0.00
	+8d	5.77	5.84	5.75	0.00	0.00	0.00	4.79	4.75	4.75	0.00	0.00	0.00
	+9d	7.77	7.75	7.73	0.00	0.00	0.00	9.68	9.75	9.68	0.00	0.00	0.00
	+10d	11.23	11.29	11.32	0.00	0.00	0.00	11.01	11.05	11.05	0.00	0.00	0.00
E C M W	+1d	32.41	32.62	32.35	13.46	13.54	13.93	35.24	35.40	35.10	17.44	17.43	17.08
	+2d	29.36	29.48	29.45	15.96	16.17	15.86	27.37	27.35	27.27	12.35	12.37	12.50
	+3d	25.63	25.85	25.69	11.10	11.09	10.84	25.20	25.31	25.18	9.71	10.05	9.80
	+4d	17.81	17.96	17.82	2.77	2.64	2.70	21.33	21.37	21.37	8.12	8.08	8.00
	+5d	11.58	11.66	11.54	2.67	2.67	2.59	17.19	17.13	17.11	3.33	3.44	3.41
	+6d	11.46	11.47	11.40	1.79	1.73	1.77	10.81	10.81	10.78	1.51	1.51	1.58
	+7d	6.52	6.47	6.45	0.36	0.37	0.36	10.28	10.03	10.10	1.54	1.44	1.53
	+8d	9.97	9.98	10.00	1.46	1.47	1.47	6.59	6.69	6.64	0.60	0.56	0.57
	+9d	7.70	7.63	7.62	2.29	1.99	2.01	5.95	5.92	5.83	3.33	3.16	3.15
	+10d	9.16	9.13	9.14	1.95	2.05	1.82	8.56	8.65	8.59	2.49	2.17	2.35
E C M H	+1d	31.59	31.76	31.48	14.58	14.76	14.59	34.84	34.86	34.77	15.62	15.99	15.73
	+2d	28.67	28.85	28.78	14.85	15.08	14.87	26.78	26.83	26.75	12.59	12.57	12.45
	+3d	25.42	25.62	25.45	11.03	11.08	11.04	24.60	24.77	24.63	9.38	9.46	9.15
	+4d	17.19	17.30	17.16	3.05	2.99	3.07	20.38	20.39	20.37	8.42	8.40	8.27
	+5d	11.63	11.71	11.73	2.23	2.32	2.25	17.28	17.39	17.24	3.34	3.27	3.35
	+6d	11.58	11.60	11.48	1.61	1.59	1.51	10.76	10.82	10.73	1.56	1.59	1.53
	+7d	6.51	6.44	6.49	0.29	0.30	0.34	10.15	10.19	10.15	1.60	1.57	1.52
	+8d	9.89	9.78	9.83	1.36	1.33	1.31	6.64	6.60	6.65	0.45	0.50	0.49
	+9d	7.50	7.58	7.56	1.86	1.75	1.82	5.83	5.83	5.79	2.93	3.02	3.03
	+10d	9.05	9.03	9.12	2.22	2.22	2.24	8.65	8.56	8.59	2.14	2.34	2.11
E C M E	+1d	36.72	36.84	36.71	8.69	8.71	8.80	38.79	38.79	38.68	10.67	10.29	10.40
	+2d	33.28	33.17	33.24	10.39	10.21	10.22	32.21	32.20	32.24	6.90	6.93	6.99
	+3d	28.42	28.59	28.51	1.86	1.95	1.97	29.51	29.55	29.48	0.14	0.14	0.14
	+4d	22.44	22.51	22.53	0.00	0.00	0.00	22.11	22.19	22.20	0.09	0.09	0.09
	+5d	15.61	15.65	15.54	0.00	0.00	0.00	14.36	14.29	14.32	0.00	0.00	0.00
	+6d	8.13	7.98	8.09	0.00	0.00	0.00	9.97	9.91	10.02	0.00	0.00	0.00
	+7d	1.84	1.79	1.82	0.00	0.00	0.00	2.55	2.58	2.56	0.00	0.00	0.00
	+8d	5.13	5.20	5.10	0.00	0.00	0.00	2.38	2.36	2.37	0.00	0.00	0.00
	+9d	3.03	2.98	3.03	0.00	0.00	0.00	8.37	8.39	8.39	0.00	0.00	0.00
	+10d	7.78	7.91	7.87	0.00	0.00	0.00	7.18	7.12	7.14	0.00	0.00	0.00
G K I M	+1d	23.81	23.97	23.83	9.72	9.62	9.79	27.30	27.44	27.16	10.46	10.71	10.52
	+2d	21.21	21.37	21.38	7.21	6.75	7.02	20.87	21.00	21.05	7.26	7.27	7.40
	+3d	16.55	16.41	16.56	3.41	3.56	3.77	17.11	17.04	17.10	4.77	4.68	4.88
	+4d	14.42	14.48	14.42	2.80	2.82	2.86	15.43	15.57	15.41	3.59	3.37	3.74
	+5d	13.90	13.93	13.79	3.13	3.02	3.03	14.03	14.04	14.03	5.74	6.03	5.80
	+6d	7.74	7.77	7.74	1.30	1.18	1.23	6.59	6.69	6.71	0.99	1.03	0.95
	+7d	7.61	7.61	7.66	0.98	0.82	1.07	8.55	8.60	8.58	2.56	2.61	2.55
	+8d	4.07	4.04	4.04	0.46	0.33	0.42	4.28	4.22	4.22	0.68	0.65	0.73
	+9d	2.39	2.33	2.39	0.07	0.11	0.07	5.84	5.97	5.88	1.71	1.70	1.74
	+10d	3.91	4.01	3.97	2.53	2.49	2.47	6.45	6.43	6.43	1.72	1.65	1.75

2.1.3. 고해상도(3km) 지역예보모델의 단기예보 가이드스(5km, 1km 간격 격자 및 지점) 적용 기법 개발

○ 단기예보 가이드스 산출 체계 개발

2.1.1에서 산출된 육지-해양 경계면 격자변환 및 고도보정 최적화 방안을 적용하여 한국형 지역예보모델을 포함하여 UM 전지구 및 앙상블 모델, KIM 전지구 및 앙상블 모델, ECMWF 전지구 및 고해상도 전지구, 앙상블 모델의 자료들을 생산하는 산출 체계를 구축하였다.

각 모델별 한반도 주변 영역(120~135°E, 30~45°N)만 추출 후 각 단위별 작업을 진행하였으며, 필요 변수를 추출하고 예측시간을 1시간 간격으로 격자 변환하였다. 이후 상세 예보용으로 정의된 1km 격자체계로 공간 내삽을 진행하였으며, 1km 격자의 가이드스 용 지점 netCDF 자료를 산출하였다. 가이드스 용 지점 자료 산출 후 온도/습도 변수는 육지-해양 마스크와 지형고도에 따라 값을 보정하였으며 예보요소에 따라 필요시 PPM을 적용하였다. 동네예보 가이드스의 경우 00/12UTC의 자료는 288 예측시간까지 자료를 산출하며, 06/18UTC의 경우 135 예측시간까지 자료를 산출한다. 각 모델별 예측시간이 서로 상이하여 산출 가능한 예측시간까지 산출 후 이외의 시간은 결측 값으로 처리한다.

이후 동네예보 체계에 맞는 단위 변환 및 자료 헤더를 변경하였으며, 1km 격자자료로부터 지점자료를 추출하고, 또한 box average하여 5km 격자 및 지점자료를 산출하였다. 내삽 과정은 cdo(climate data operator)를 사용하여 수행하며, 계산 과정은 python을 사용하여 수행되도록 체계를 구축하였다. 격자자료(netCDF)와 지점자료(TXT) 산출물은 기존 동네예보 형식을 동일하게 출력된다.

지역예보 모델의 경우 기온, 최고/최저기온, 강수량, 강수확률, 강수형태, 하늘상태, 적설량, 풍향, 풍속, 상대습도 등 동네예보요소를 생산하며, 이 외의 모델의 경우 기온, 최고/최저기온, 강수량, 풍향, 풍속, 상대습도의 7개 변수만을 생산한다. 각

모델별 자료 생산 흐름도는 동일하며, 앙상블 모델의 경우 확률값(평균, 표준편차, 쿼타일 확률값 - 25%, 50%, 75%)를 계산하는 과정을 추가하였다. 모델별 작업 흐름도는 아래의 그림과 같다.



그림 2.1.3.1 모델별 가이던스 자료 생산 흐름도 - 컨트롤(좌), 앙상블(우)

디렉토리는 보조자료 디렉토리(DABA)와 입력자료 디렉토리(DAIN), 입출력자료 디렉토리(DAIO), 입출력자료 디렉토리(DAOU), 최종저장 디렉토리(DASV), 로그 디렉토리(LOGO), 운영 셸 디렉토리(SHEL), 소스코드 디렉토리(SRCD)로 구성되며 각 디렉토리별 상세 내용은 아래의 표와 같다.

3차	4차	내용	상세 내용
DABA	-	보조자료 디렉토리	• 산출 변수 정보
	GRID		• 동네예보 1/5km 격자 정보
	STNN		• 동네예보 원본 지점 자료 • 지점별 1/5km 내삽 격자 정보
	MASK		• 모델 원본 육지/해양/지형 자료 • 동네예보 1/5km 육지/해양/지형 정보
	WGHT		• 변수별 격자 내삽시 필요한 가중치 및 고도차 정보
DAIN	-	입력자료 디렉토리	• 모델 자료를 링크하여 사용
DAIO	-	입출력자료 디렉토리	• 변수별 시간 내삽 자료
	GUID		• 가이드스용 모델 1시간 내삽 자료 저장
DAOU	-	입출력자료 디렉토리	• 1km/5km 격자내삽, PPM 결과 자료 저장
DASV	-	최종저장 디렉토리	• 동네예보용 1km/5km 격자/지점 자료 저장
	GUID		• 가이드스용 1km 지점 자료 저장
LOGO	-	로그 디렉토리	• 모니터링 로그 및 수행 내용 로그 저장
SHEL	-	운영 셸 디렉토리	• 수행 셸 스크립트 저장
SRCD	-	소스코드 디렉토리	• 수행 소스코드 저장

표 2.1.3.1 단기예보 산출체계 디렉토리 구성

○ 동네예보 요소 생산

동네예보요소는 11개로 기온, 최고/최저기온, 강수량, 강수형태, 강수확률, 하늘상태, 적설량 풍향, 풍속, 상대습도가 있다. 이 11개 요소를 생산하기 위해 한국형지역예보모델(이하 RDAPS-KIM)의 산출물을 먼저 분석하였다.

RDAPS-KIM는 슈퍼컴퓨터 5호기에 netCDF 포맷 및 GRIB2 포맷으로 저장되고 있으며, netCDF 포맷은 model level, GRIB2 포맷은 pressure level로 다른 형태로 저장 되고 있다. 한국형 지역예보모델 기반 단기예보 가이드스에서는 surface 변수만 필요하기 때문에 자료 추출 및 변환에 용이한 cdo 사용을 위해 netCDF 포맷의 산출물을 사용하기로 하였다. 동네예보 요소 산출을 위해 RDAPS-KIM 산출물을 확인하였는데 그대로 사용가능한 변수도 있으며 PPM(Perfect Prog Method)을 통해 산출 가능한 변수도 확인하였다.

생산해야할 동네예보 요소에 대해 확인한 모델 변수는 다음 표와 같다. 기온은 고도 보정하여 최고/최저기온, 강수형태, 상대습도 산출에 사용되며 강수량은 두 변수를 더하여 강수형태, 강수확률에 사용된다. 대부분 모델에 산출되는 변수를 그대로 사용하거나 다른 변수와 함께 PPM을 통해 산출하게 되는데 상대습도 산출에 사용되는 이슬점 온도는 RDAPS-KIM에서 산출되지 않아 추가적으로 산출하였다. 산출된 이슬점 온도 역시 기온과 마찬가지로 고도보정 후 사용하였다.

예보요소	사용가능한 변수
기온	2m 기온(T2)
최고/최저기온	2m 기온(T2)
강수량	RAIN, RAINNC
강수형태	강수량, 적설량, 2m기온, 2m상대습도
강수확률	강수량, 하늘상태
하늘상태	Cloud Fraction
적설량	snow depth
풍속	10m u/v

풍향	10m u/v
상대습도	2m 기온 및 이슬점 온도(이슬점 온도는 Q2, PSFC 필요)

표 2.1.3.2 동네예보 요소에 대한 RDAPS-KIM 사용가능한 변수 목록

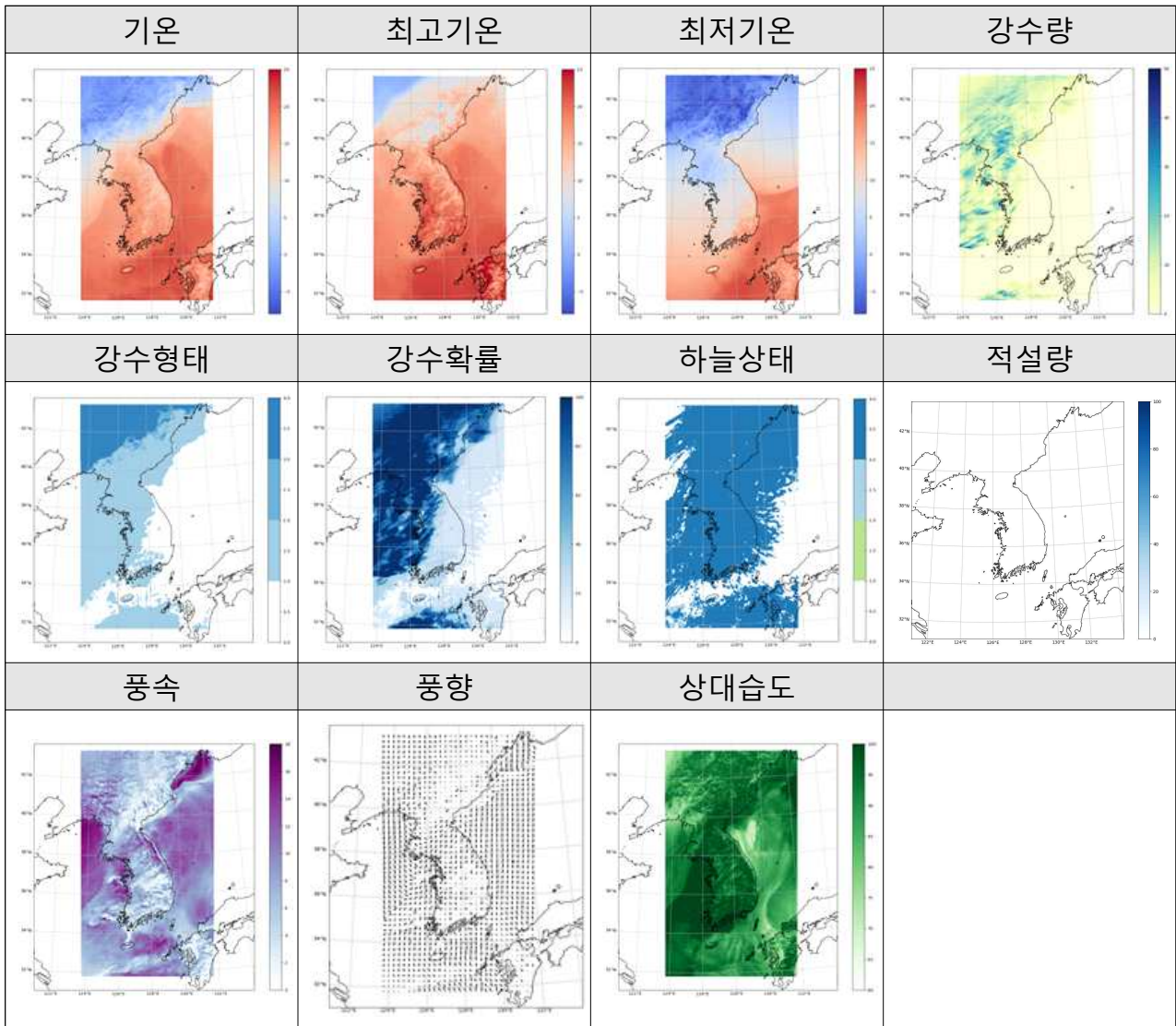


그림 2.1.3.2 한국형지역예보모델 동네예보요소 산출 예시(2022.11.12.00UTC +12h 자료)

○ 동네예보 변수 생산 방법

기온의 경우는 2m 기온을 고도 보정하여 사용하였다. 고도 보정된 기온을 이용하여 KST 기준 03~09시 사이 가장 낮은 기온을 최저기온, 09~18시 사이 가장 높은 기온을 최고기온으로 생산하였다. 강수량의 경우는 "ACCUMULATED TOTAL

CUMULUS PRECIPITATION(RAINC)"와 "ACCUMULATED TOTAL GRID SCALE PRECIPITATION"를 합하여 강수량으로 산출하였다. 이 방법은 WRF(Weather Research & Forecasting Model)에서 사용하는 방법이며, 두 변수는 누적 변수로 1시간 강수량으로 변환하여 산출하였다.

```
def get_accum_precip(wrfin, timeidx=0):
    ncvars = extract_vars(wrfin, timeidx, varnames=("RAINNC", "RAINNC"))
    rainc = ncvars["RAINNC"]
    rainnc = ncvars["RAINNC"]

    rainsum = rainc + rainnc

    return rainsum
```

그림 2.1.3.3 WRF에서의 강수량 산출 방법

강수 형태는 PPM을 통해 산출 하였는데, 산출하는데 필요한 변수는 강수량과 적설량, 기온, 상대습도가 필요하다. RDAPS-KIM에서는 상대습도가 산출되지 않는데, 상대습도는 PPM내에서 기온과 이슬점 온도를 사용하여 산출하도록 되어있다. 이슬점 온도 역시 RDAPS-KIM에서는 제공되지 않아 WRF 코드를 참고하여 산출 하였다. WRF에서는 이슬점 온도는 Q2(water vapor mixing ratio at 2m)와 PSFC(surface pressure)를 이용하여 산출 하도록 되어있어 두 변수도 함께 추출하여 산출하였다. 산출된 이슬점 온도도 기온과 마찬가지로 고도보정 후 다른 변수 산출에 사용하였다.

```
!$OMP PARALLEL DO PRIVATE(i,qv,tdc) SCHEDULE(runtime)
DO i = 1,nx
    qv = MAX(qv_in(i), 0.D0)
    ! vapor pressure
    tdc = qv*pressure(i)/(.622D0 + qv)

    ! avoid problems near zero
    tdc = MAX(tdc, 0.001D0)
    td(i) = (243.5D0*LOG(tdc) - 440.8D0)/(19.48D0 - LOG(tdc))
END DO
!$OMP END PARALLEL DO
```

그림 2.1.3.4 WRF에서의 이슬점 산출 방법

하늘 상태는 모델에서 제공되는 Cloud Fraction 변수를 maximum overlapping 방법을 적용하여 사용하였다. maximum overlapping은 해당 격자점에서의 전체 레벨의 Cloud Fraction 값 중 가장 높은 값을 취하는 방법이다(그림 2.2.3). 해당 격자점의 maximum 값을 취한 뒤 0.5이하는 1(sunny), 0.5~0.8 사이는 2(cloudy), 0.8 이상은 4(overcast)로 변환하였다.

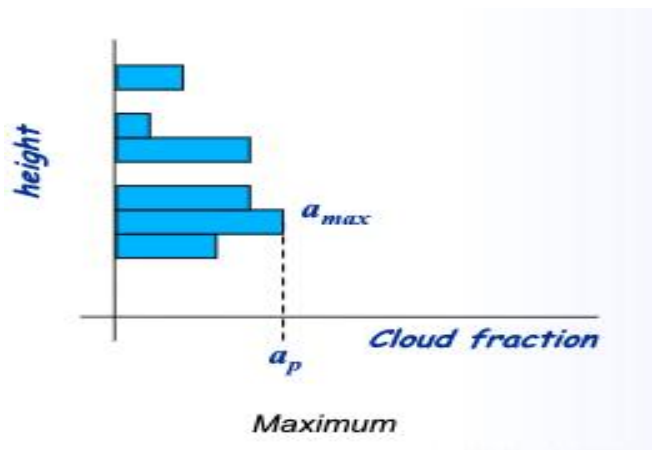


그림 2.1.3.5 Maximum overlapping을 적용한 Cloud Fraction

강수 확률은 PPM을 통해 산출 하였는데 1시간 강수량과 해당 시간의 하늘 상태를 이용하여 산출하였다. 적설량은 단위 변환만 적용하였으며, 풍향, 풍속도 PPM을 통해 산출하도록 하였다.

아래 표는 동네예보 요소를 산출하기 위한 변수 산출 방법을 간략히 정리한 표이다. 나머지 모델도 유사한 방법을 사용하여 변수를 산출한다.

변수	산출 방법	
기온	2m 기온 그대로 사용	
최고기온	KST 기준으로 09~18시 사이 가장 높은 기온 사용	
최저기온	KST 기준으로 03~09시 사이 가장 낮은 기온 사용	
강수량	RAIN,RAINNC 두 변수를 합하여 사용 누적 변수이므로 1시간 강수량으로 변환	WRF 참고
강수확률	1시간 강수량과 해당시간의 하늘상태 사용	PPM 참고
강수형태	1시간 강수량, 적설량, 기온, 상대습도 사용	PPM 참고
하늘상태	maximum overlapping 방법을 적용 후 4 octa 값으로 변환	
적설량	단위 변환 m→cm	
풍향	10m U,V를 사용	PPM 참고
풍속	10m U,V를 사용	PPM 참고
이슬점온도	water vapor mixing ration(Q2)와 surface pressure를 사용	WRF 참고
상대습도	기온과 이슬점 온도를 사용	PPM 참고

표 2.1.3.3 동네예보 요소 산출 방법

○ 현업 가이드스 해상도(5km) 및 공간 상세화 가이드스 해상도(1km) 개발

각 모델에 대해 예보요소를 생산한 다음 현업 가이드스 해상도(5km)와 공간 상세화 가이드스 해상도(1km)로 변환 하도록 개발 하였다. 해상도 변환 방법은 공간 상세화 가이드스 해상도(1km)로 변환한 다음 이를 box average 방법을 사용하여 5km 해상도로 변환하였다. 공간 상세화 가이드스 해상도로 변환하는 방법은 cdo를 사용하였는데, 1km 격자 정보 파일과 가중치 정보파일을 사용하여 변환 하였다. cdo의 경우 격자 내삽시 내삽 정보에 대한 파일을 텍스트로 저장하여 사용가능하도록 되어있어 이를 DABA에 저장하여 사용하도록 하였다. 1km 격자 정보 파일은 다음 표와 같다.

RKIM/DABA/GRID/dfs_1km_grid.info
<pre> gridtype = projection xsize=741 ysize=1261 xname=x xunits="m" yname=y yunits="m" xinc=1000 yinc=1000 grid_mapping_name=lambert_conformal_conic standard_parallel=30.60. longitude_of_central_meridian=126. latitude_of_projection_origin=38. false_easting=210000 false_northing=675000 earth_radius=6371008.77 </pre>

표 2.1.3.4 1km 내삽정보

가중치 자료는 변수별로 다르게 적용하였는데 강수의 경우 Nearest 방법을 사용하며, u-v 바람은 Linear, 지상/노점온도는 IDW 방법을 적용하였다. 가중치 정보는 모델의 지형 정보를 이용하여 미리 생산해 두고 사용하도록 하였다.

○ 동네예보 지점에 대한 가이던스 개발

지점에 대한 가이던스 정보는 동네예보 지점과 가장 가까운 격자점 정보를 저장해두고 지점 값 추출 시 사용하도록 하였다. 아래 표는 동네예보 지점에 대한 1km 해상도 격자 정보와 5km 해상도 격자 정보파일의 일부분이다.

DABA/STNN/dfs_1km_stn.info	
# 지점번호,가까운격자점,지점위경도,지점고도정보,가까운격자점위경도	
047003,561,1150,130.39999,42.31667,3.0,130.41528,42.31306	
047005,395,1089,128.30000,41.81667,1386.0,128.30673,41.81128	
...	
DABA/STNN/dfs_5km_stn.info	
# 지점번호,가까운격자점,지점위경도,지점고도정보,가까운격자점위경도	
047003,113,231,130.39999,42.31667,3.0,130.46899,42.35742	
047005,080,219,128.30000,41.81667,1386.0,128.37125,41.86565	
...	

표 2.1.3.5 동네예보 지점에 대한 1km 격자 정보파일

아래 그림은 지점 자료 산출예시이다. 동네예보 지점에 대한 1km 격자 정보파일을 이용하여 해당 동네예보요소에 대해 값을 추출한 다음 그림과 같은 형식으로 생산하도록 하였다.

```

2022010106+000HOUR      2022010115LST
STNID   6H   7H   8H   9H   10H  11H  12H  13H  14H  15H  16H  17H  18H  19H  20H
 21H   22H  23H  24H  25H  26H  27H  28H  29H  30H  31H  32H  33H  34H  35H  36H
 37H   38H  39H  40H  41H  42H  43H  44H  45H  46H  47H  48H  49H  50H  51H  52H
 53H   54H  55H  56H  57H  58H  59H  60H  61H  62H  63H  64H  65H  66H  67H  68H
 69H   70H  71H  72H  73H  74H  75H  76H  77H  78H  79H  80H  81H  82H  83H  84H
 85H   86H  87H  88H
STNID 010121 010122 010123 010200 010201 010202 010203 010204 010205 010206 010207 010208 010209 010210 010211 0
10212 010213 010214 010215 010216 010217 010218 010219 010220 010221 010222 010223 010300 010301 010302 010303 0
10304 010305 010306 010307 010308 010309 010310 010311 010312 010313 010314 010315 010316 010317 010318 010319 0
10320 010321 010322 010323 010400 010401 010402 010403 010404 010405 010406 010407 010408 010409 010410 010411 0
10412 010413 010414 010415 010416 010417 010418 010419 010420 010421 010422 010423 010500 010501 010502 010503 0
10504 010505 010506 010507LST
47003   0.2   0.5   0.6   0.8   0.9   1.0   1.2   1.3   3.3   5.4   7.4   7.8   8.1   8.5   8.1
 7.7   7.4   6.8   6.2   5.6   5.7   5.7   5.8   6.8   7.8   8.8   9.0   9.2   9.3   9.4   9.4
 9.4   9.0   8.5   8.1   6.1   4.3   2.6   1.6   0.7   0.5   0.9   1.2   1.5   1.0   0.6   0.1
 1.2   2.5   3.8   4.3   4.8   5.4   5.4   5.6   5.7   6.3   6.9   7.5   7.8   8.1   8.4   8.4
 8.5   8.5   8.5   8.4   8.3   7.9   7.5   7.1   6.8   6.5   6.3   5.7   5.1   4.5   4.0   3.4
 2.9   2.4   1.8   1.3
    
```

그림 2.1.3.6 지점 자료 산출 예시

제2절 최적 예보 가이던스 생산을 위한 고도화 된 모델 병합기법 연구

2.2.1. 예보 가이던스 모델 과거 자료 처리 및 비교 검증

각 모델별 후처리 수행시간은 아래의 표와 같으며, 슈퍼컴퓨터의 상태에 따라 수행 시간 달라질 수 있다.

과정	GDPS		EPSG		ECMW		ECMH		ECME		GKIM		EKIM		RKIM	
	3m	8m	30s	2m	20s	40s	20s	30s	5s	6m	3m	12m	25m	23m	2m	3m
영역 추출 및 자료 변환	3m	8m	30s	2m	20s	40s	20s	30s	5s	6m	3m	12m	25m	23m	2m	3m
시간 병합 및 1시간 단위 내삽	10s	10s	40s	40s	5s	5s	5s	10s	1m	1m	10s	5s	40s	30s	2m	10s
변수 생산	10s	10s	5s	5s	5s	5s	5s	5s	5s	10s	5s	5s	5s	5s	40s	2m
확률자료 생산	-	-	1m	1m	-	-	-	-	2m	3m	-	-	2m	2m	-	-
1km 격자 변환	20s	30s	1m	2m	15s	20s	10s	30s	40s	1m	20s	20s	1m	1m	40s	1m
1km 지점 자료 생산 (가이던스)	20s	1m	20s	6m	10s	30s	10s	30s	40s	2m	20s	20s	30s	30s	5s	10s
고도보정	10s	1m	20s	3m	5s	20s	5s	10s	20s	3m	10s	10s	20s	20s	5s	5s
PPM 계산	20s	40s	30s	5m	15s	30s	10s	30s	20s	2m	20s	30s	20s	20s	30s	30s
격자 자료 시간 변환	20s	40s	20s	3m	5s	30s	10s	20s	20s	3m	10s	30s	1m	40s	5s	5s
5km 격자 자료 생산	1m	3m	3m	8m	30s	2m	30s	1m	4m	10m	40s	1m	3m	1m	10s	20s
단위 변환 및 헤더 변경 (1/5km)	10s	3m	20s	6m	10s	4m	10s	3m	20s	3m	5s	3m	17m	3m	5s	5s
지점 자료 생산 (1/5km - 동네예보용)	10s	6m	20s	30m	10s	5m	5s	6m	20s	30m	10s	5m	43m	42m	10s	10s
자료 저장	10s	1m	30s	10m	10s	2m	10s	4m	30s	5m	10s	2m	2m	2m	1m	10s
총합	5m	25m	8m	75m	2m	16m	2m	16m	8m	67m	5m	25m	90m	79m	6m	8m
평균	약16분		약40분		약9분		약8분		약40분		약16분		약80분		약 7분	

표 2.2.1.1 모델별 자료 생산 수행시간

○ 개발된 최적 모델에 대한 예보 요소 검증

육지-해양 경계면을 고려한 내삽 가중치 보정 과정과 지점별 고도보정 과정을 적용한 예측자료의 성능검증을 위해 관측 값과 모델 결과를 비교하였다.

검증자료	ASOS, AWS 자료
검증기간	여름철 : 2022.6~2022.8 겨울철 : 2021.12~ 2022.2
관측지점	247개 지점
대상모델	GDPS, EPSG, ECMW, ECMH, ECME, GKIM, EKIM, RKIM
검증 지수	기온, 노점온도, 습도, 풍향, 풍속 : bias, rmse 강수량 : csi(0.1mm, 0.5mm, 1.0mm)
검증시간	1시간 간격(~240시 까지, RKIM ~72시까지)
검증결과	일별 검증지수 산출(+1h~+24h)

표 2.2.1.2 각 다중 모델 예측자료 결과 예측 성능 비교

- 기온/상대습도에 대한 지점별 고도보정 검증 결과

기온/상대습도에 대해서 육지/해양 경계면 보정하여 1km 내삽한 예측결과(1km)와 지점별 고도보정과정(1km+lapse)을 추가한 예측결과에 대한 검증지수를 산출하였다. 상대습도 요소에 고도보정을 적용하기 위해서 본 연구에서는 노점온도와 기온으로부터 상대습도를 변환하므로, 고도보정을 적용한 노점온도 변수도 추가로 검증을 진행하였다.

기온요소는 여름철, 겨울철, 모든 예측시간에 대해서 고도보정과정을 추가한 예측자료의 RMSE가 낮게 나타났다. 노점온도는 여름철에는 모든 예측시간에 대해서 고도보정과정을 추가한 예측자료 RMSE가 낮게 나타났다. 겨울철에는 GDPS/EPSP/GKIM 모델 1km예측결과와 1km+lapse예측결과 RMSE 값이 큰 차이가 없었으며, ECMWF 관련 모델은 1km+lapse 예측자료의 RMSE가 좀 더 낮게 나타났다. 습도 요소는 여름철 대해서 모든 모델 1km+lapse 예측자료의 RMSE가 높게 나타났고, 겨울철 대해서 GDPS/EPSP/GKIM모델 1km+lapse 예측자료의 RMSE가 낮게 나타났다. 기온과 노점온도 예측성능이 높아졌지만 상대습도는 예측성능이 좋아지지 않았다. 습도 산출 시 모든 모델자료에 동일한 고도 보정값을 적용한 것 때문으로 판단되며, 모델 특성 및 계절 특성에 따라 고도 보정값을 fitting하는 과정이 필요한 것으로 판단된다.

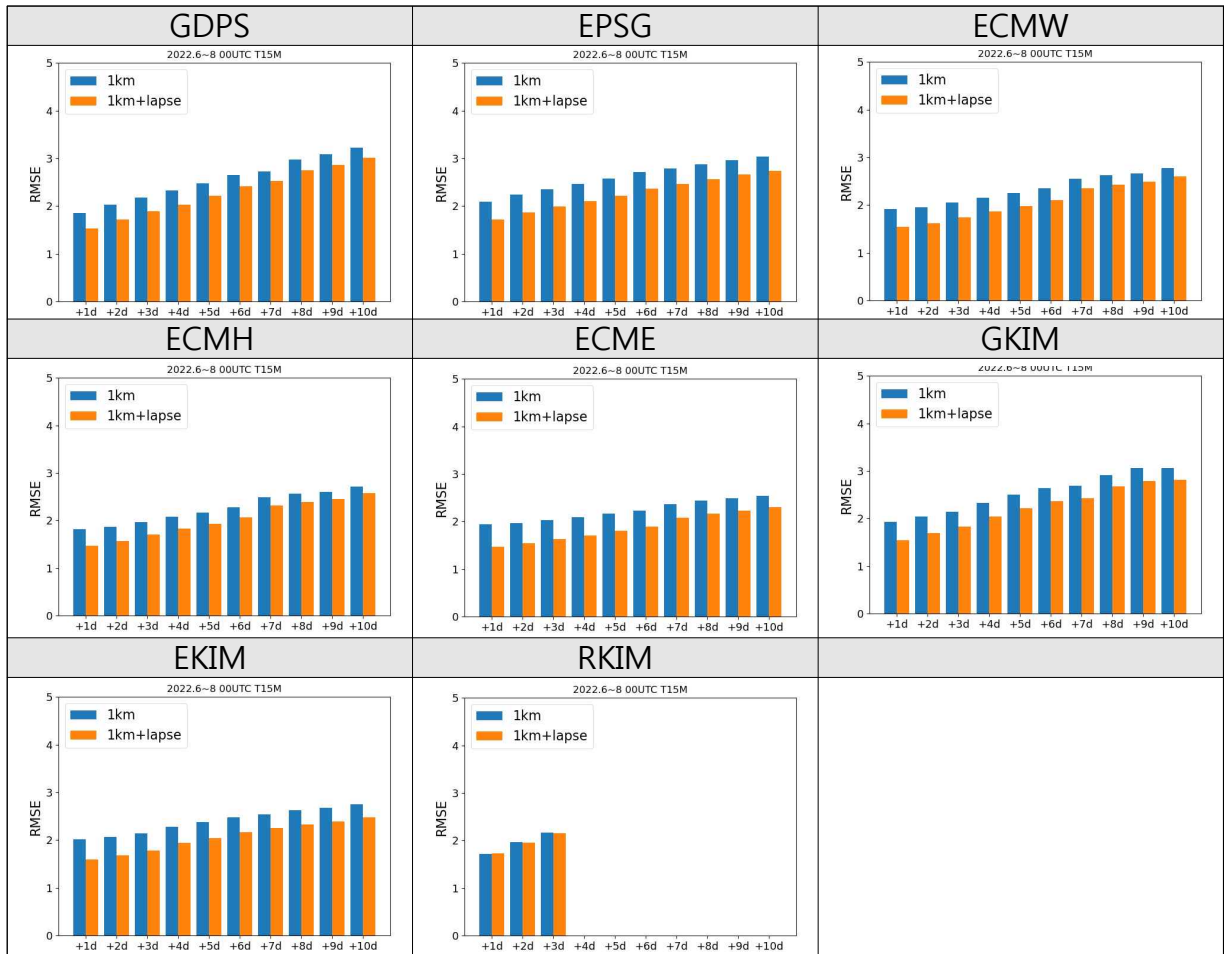


표 2.2.1.3 기온요소 모델별 일평균 검증 결과(여름철)

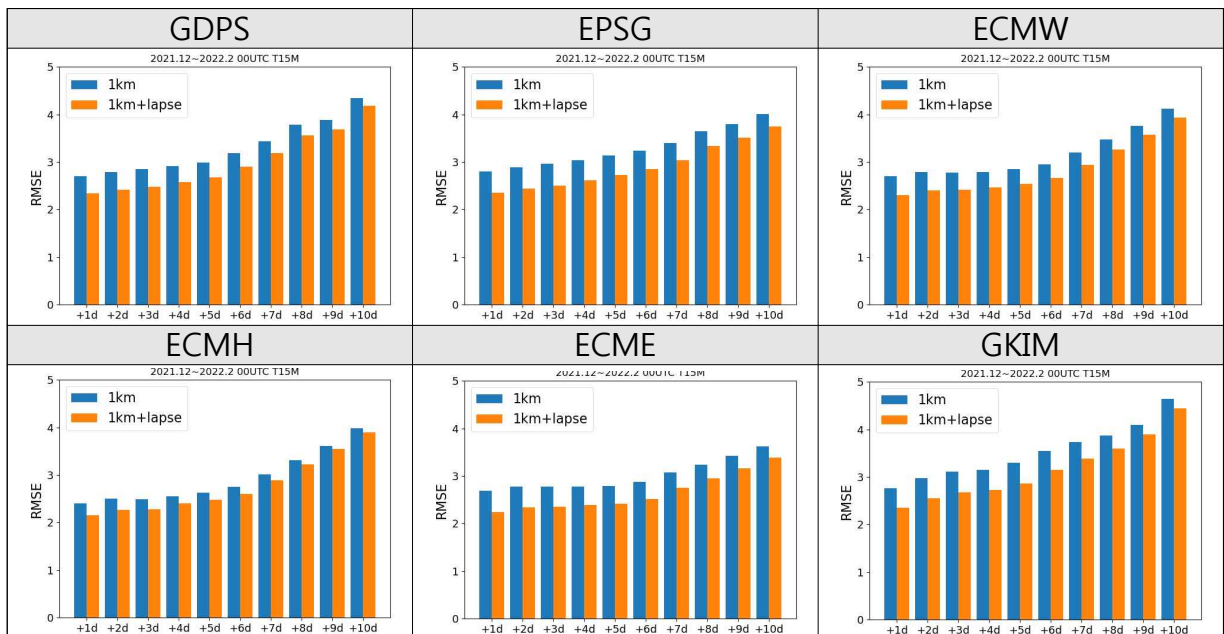


표 2.2.1.4 기온요소 모델별 일평균 검증 결과(겨울철)

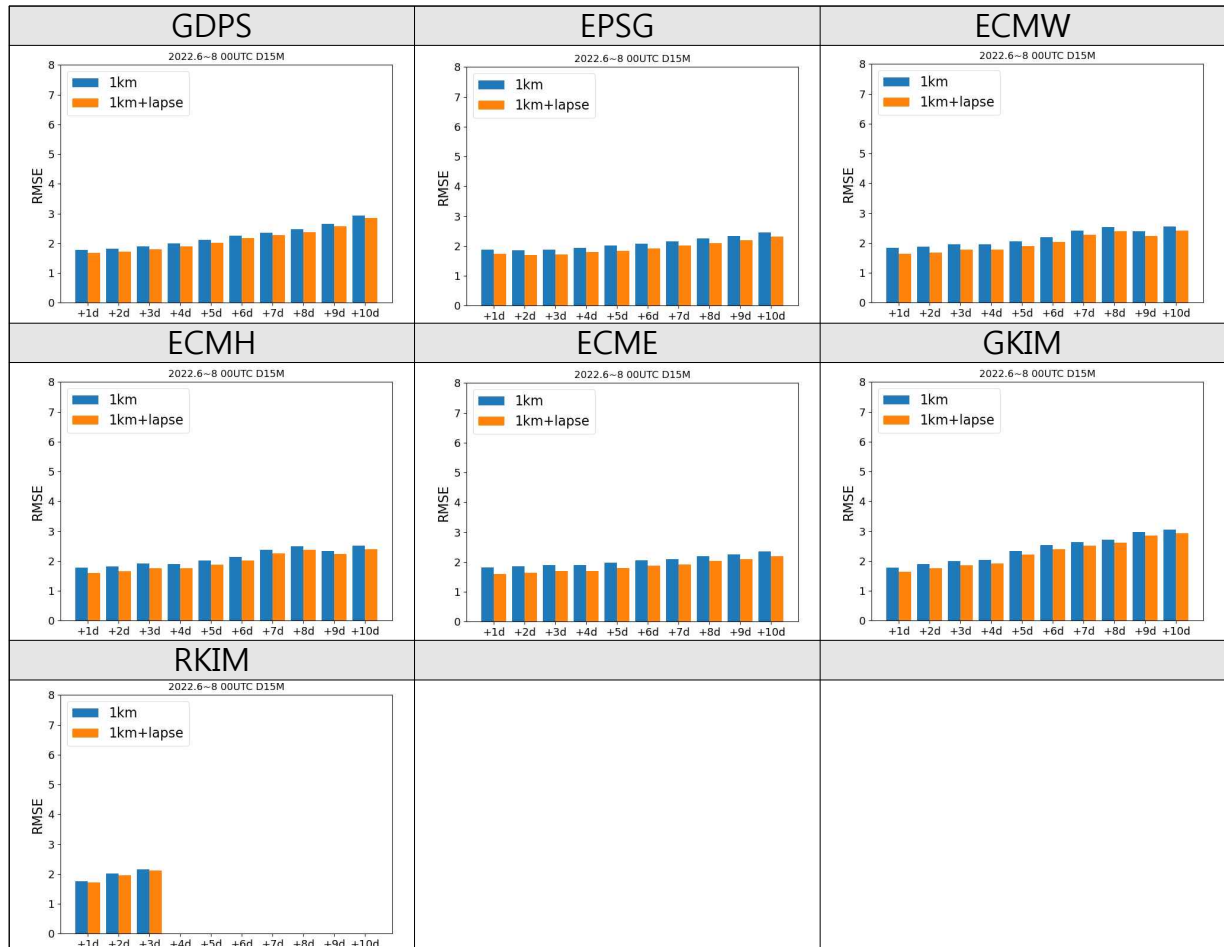


표 2.2.1.5 노점온도 모델별 일평균 검증 결과(여름철)

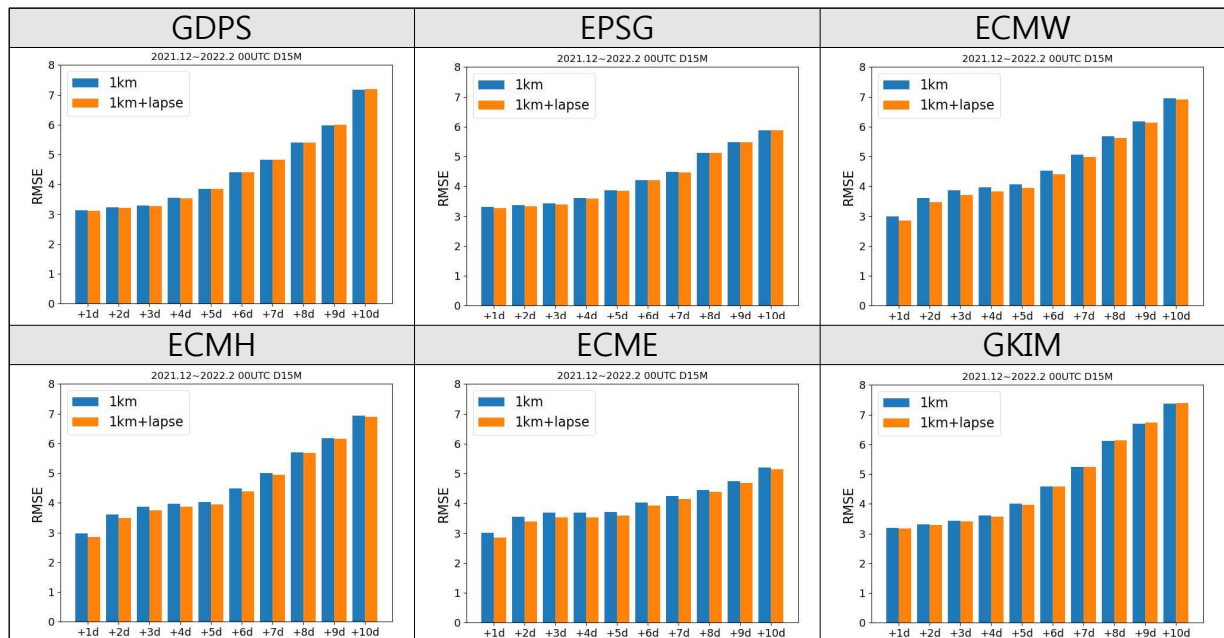


표 2.2.1.6 노점온도 모델별 일평균 검증 결과(겨울철)

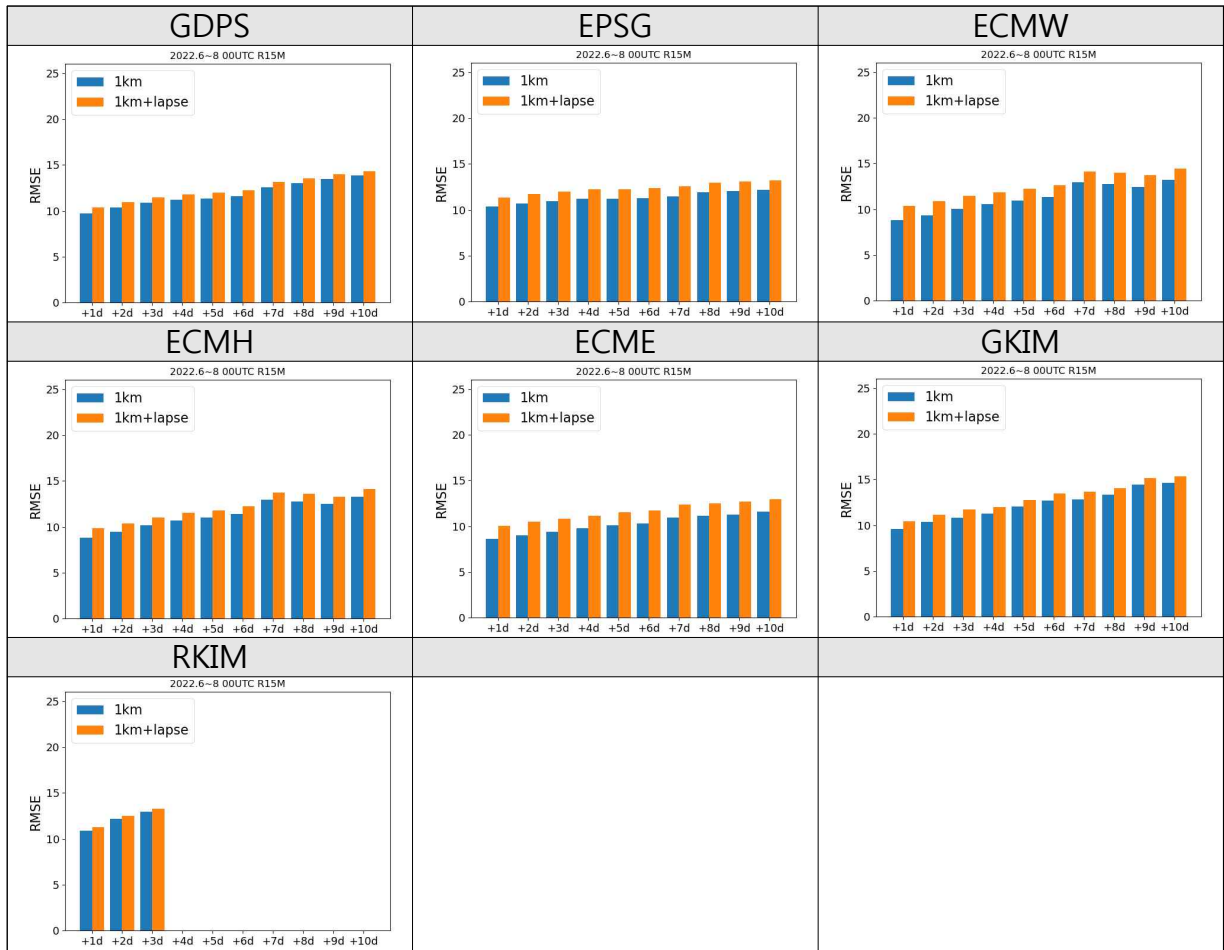


표 2.2.1.7 습도요소 모델별 일평균 검증 결과(여름철)

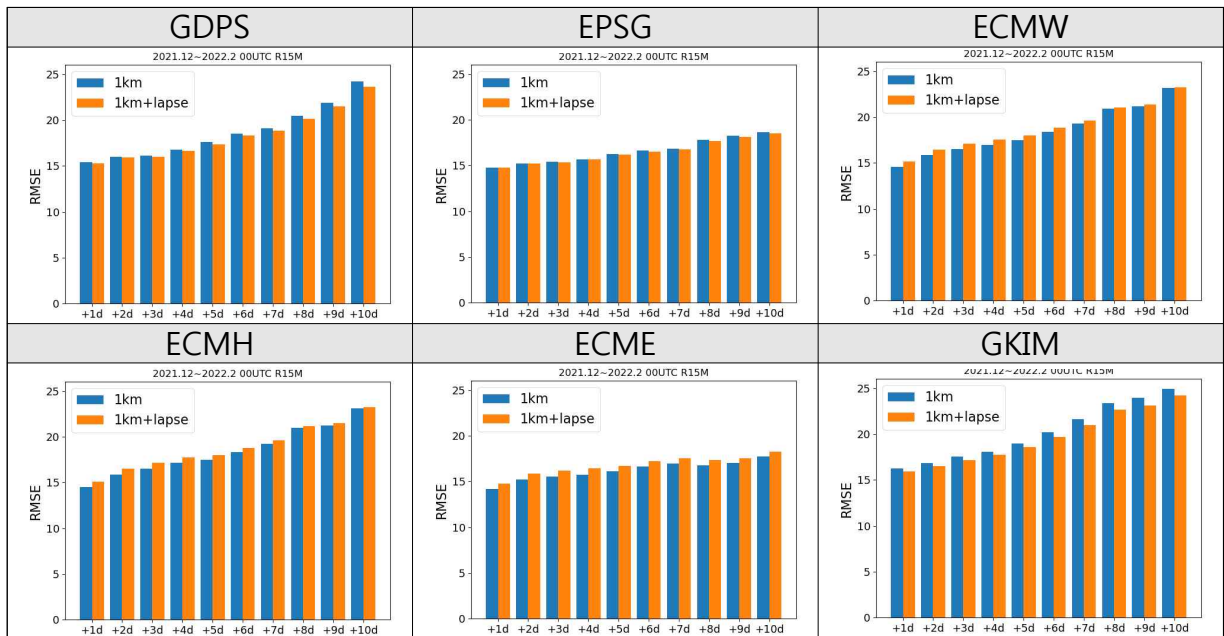


표 2.2.1.8 습도요소 모델별 일평균 검증 결과(겨울철)

- 모델별 성능 결과

각 모델별 예측결과에 대한 검증지수를 산출하여 모델의 예측성능을 비교하였다. 기온 요소에 대한 모델별 성능비교 결과 초기시각 00UTC와 12UTC결과는 비슷한 경향을 나타냈으며, 여름철보다 겨울철에 Bias와 RMSE가 크게 나타났다. ECME 모델이 RMSE가 가장 낮게 나타났으며, GDSP/RKIM 모델이 높게 나타났다.

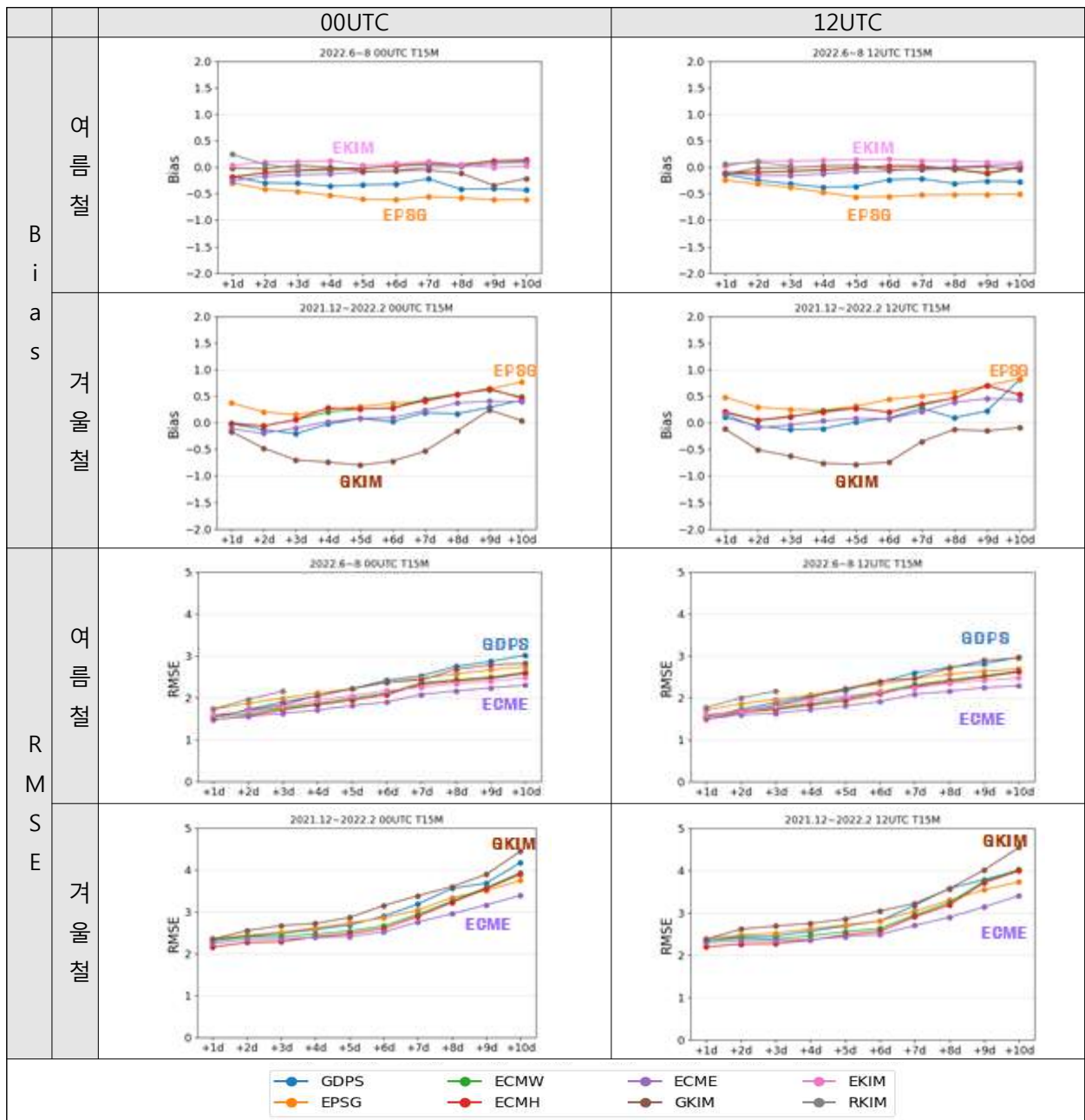


표 2.2.1.9 기온 요소 모델별 성능 비교 결과

노점온도 요소 검증 결과 초기시각 00UTC와 12 00UTC결과는 비슷한 경향을 나타냈으며, 여름철보다 겨울철에 Bias와 RMSE가 크게 나타났다. ECMWF 관련 모델은 음의 Bias, GDPS/EPSS/GKIM 모델은 양의 Bias는 나타냈으며, ECME/EPSS 모델이 RMSE가 낮게 나타났다.

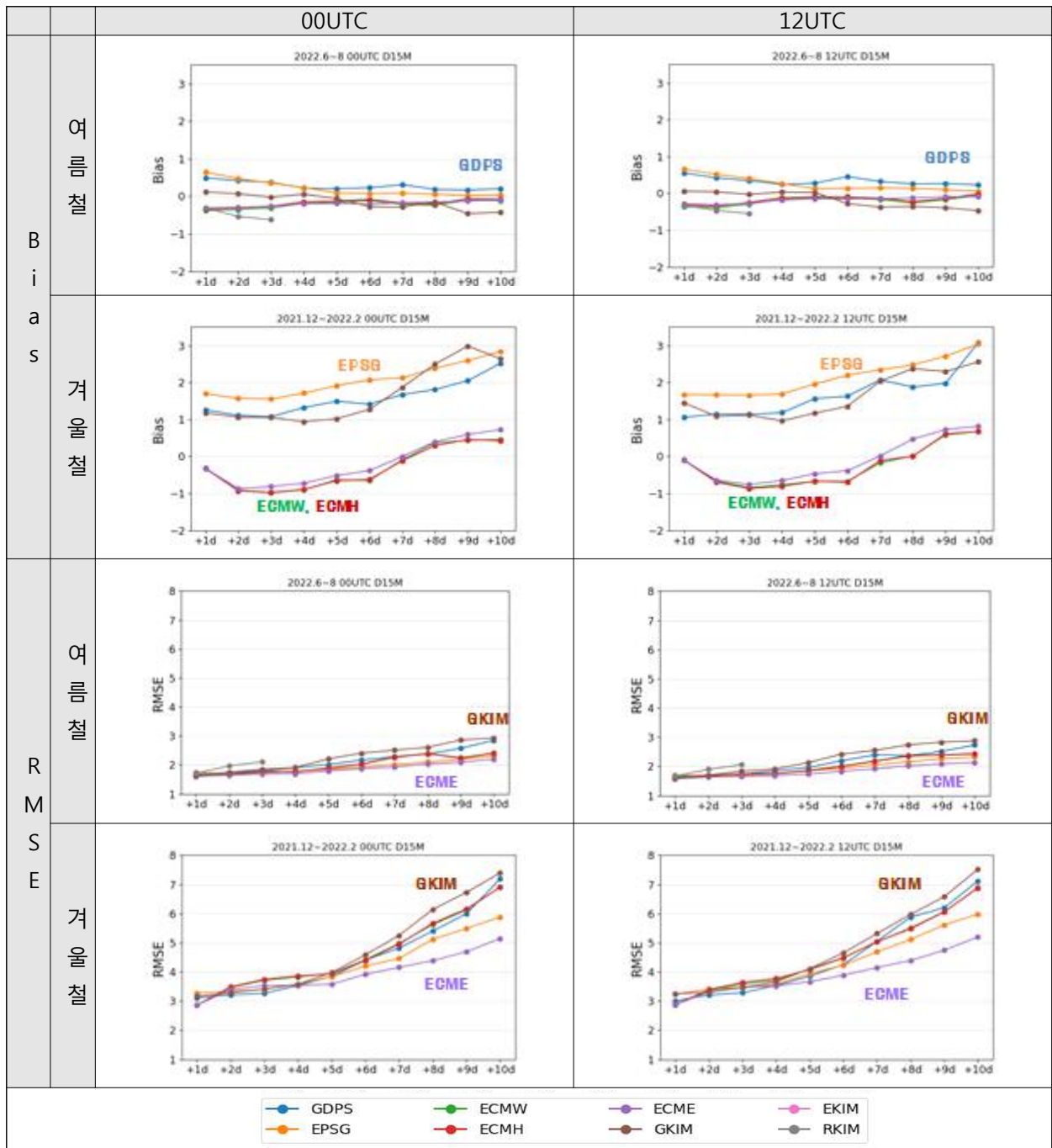


표 2.2.1.10 노점온도 모델별 성능 비교 결과

습도 요소 검증 결과 초기시각 00UTC와 12UTC결과는 비슷한 경향을 나타냈으며, 여름철보다 겨울철에 Bias와 RMSE가 크게 나타났다. 노점온도와 비슷하게 ECMWF 관련 모델은 음의 Bias, GDPS/EPSS/GKIM은 양의 Bias는 나타냈으며, ECME/EPSS 모델이 RMSE가 낮게 나타났다.

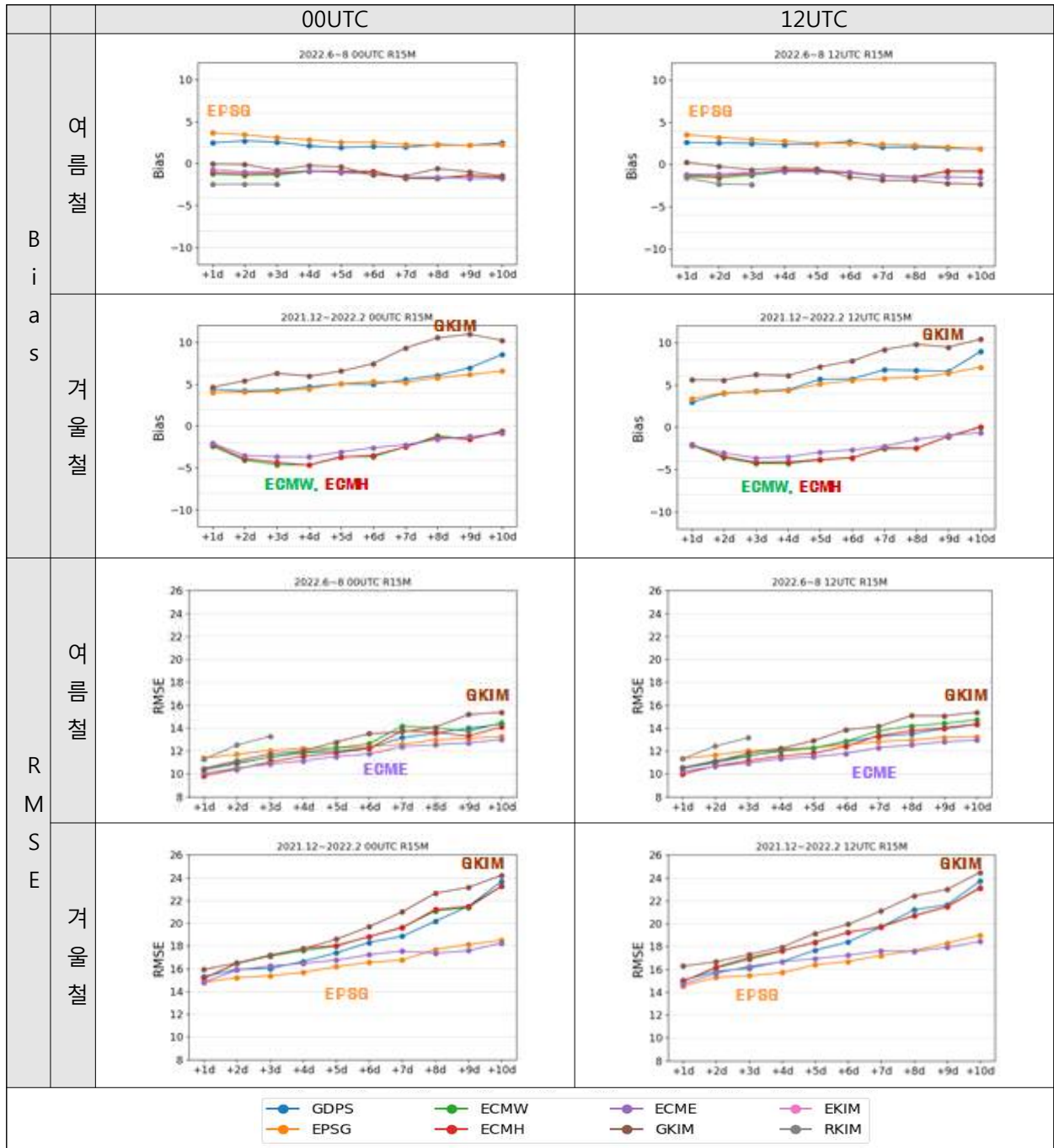


표 2.2.1.11 습도 요소 모델별 성능 비교 결과

풍속 요소의 경우 모든 모델에서 Bias가 양의 값을 나타내었다. 여름철과 겨울철의 차이가 크지 않으며, 앙상블 모델보다 컨트롤 모델이 예측시간이 길어짐에 따라 RMSE값이 높게 나타났다.

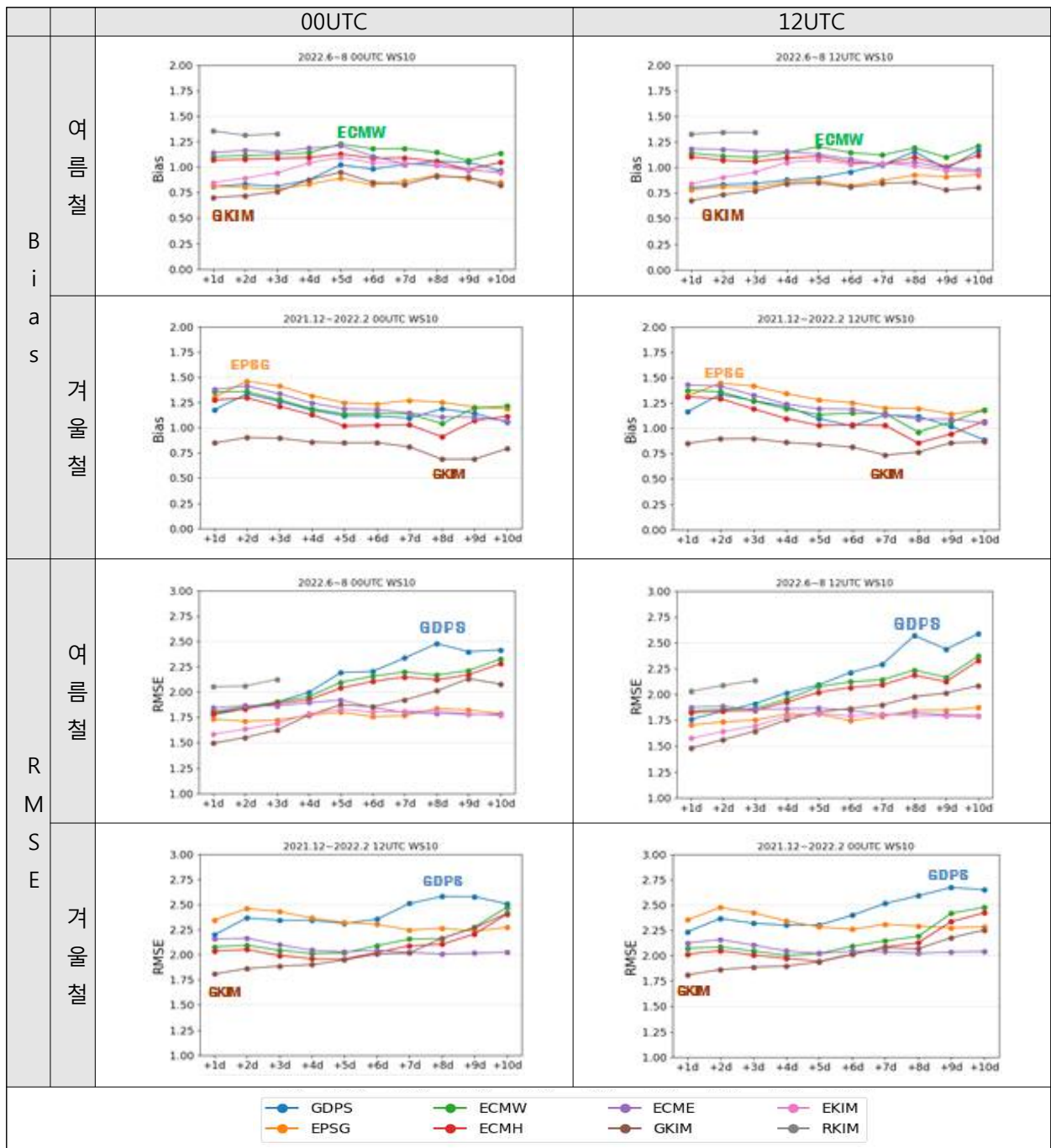


표 2.2.1.12 풍속 요소 모델별 성능 비교 결과

풍향 요소는 여름철이 겨울철보다 Bias, RMSE 값이 크게 나타났고 모든 모델에서 예측시간이 길어짐에 따라 음의 bias를 나타냈다.

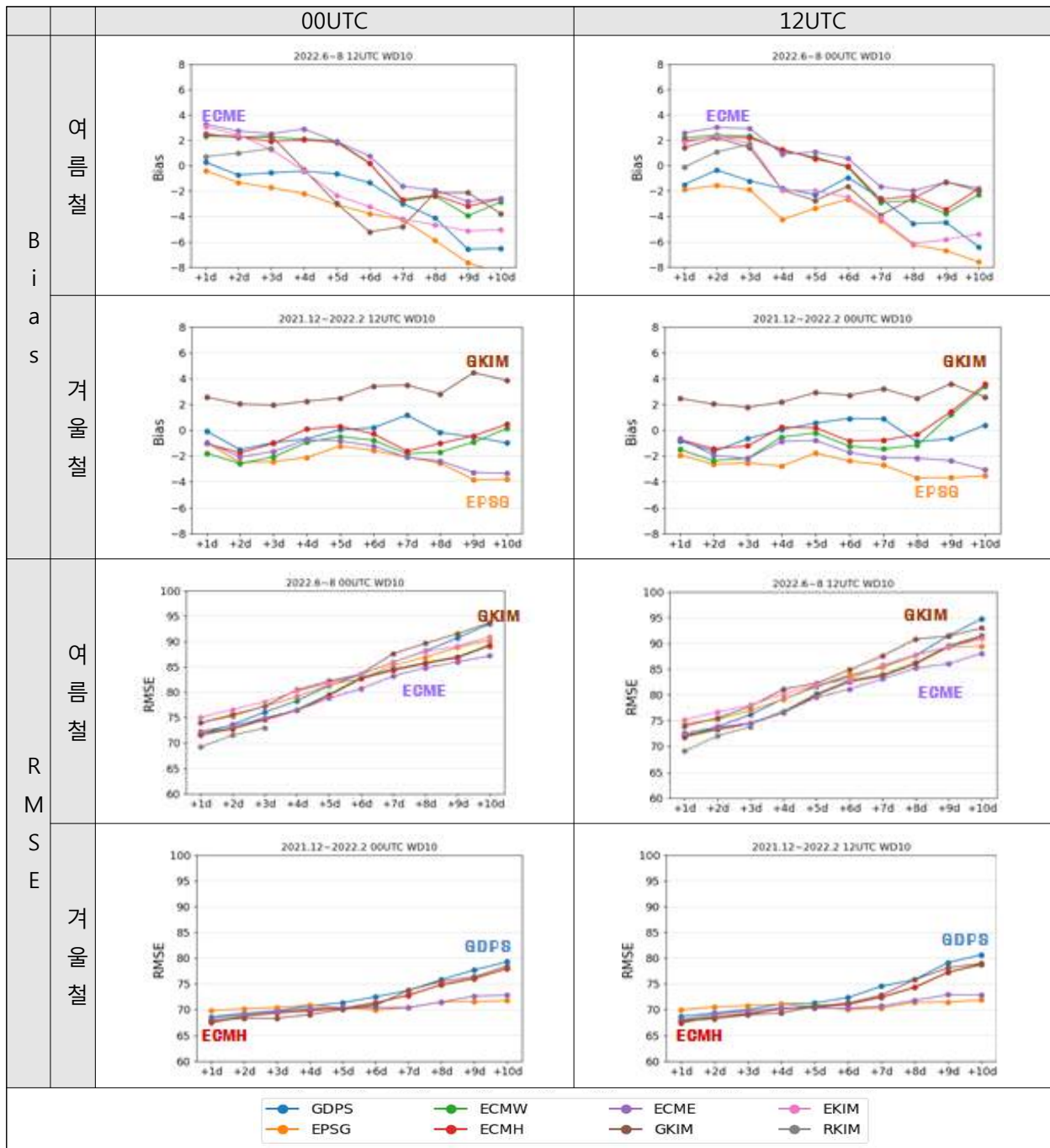


표 2.2.1.13 풍향 요소 모델별 성능 비교 결과

강수량 요소는 예측시간 초기에는 0.5mm 이상 CSI 지수가 높으며, 예측시간이 길어질수록 0.1mm이상 CSI 지수가 높게 나타났다. ECMWF 관련 모델(ECMW, ECMH, ECME)가 다른 모델에 비해 CSI 값이 높게 나타났다.

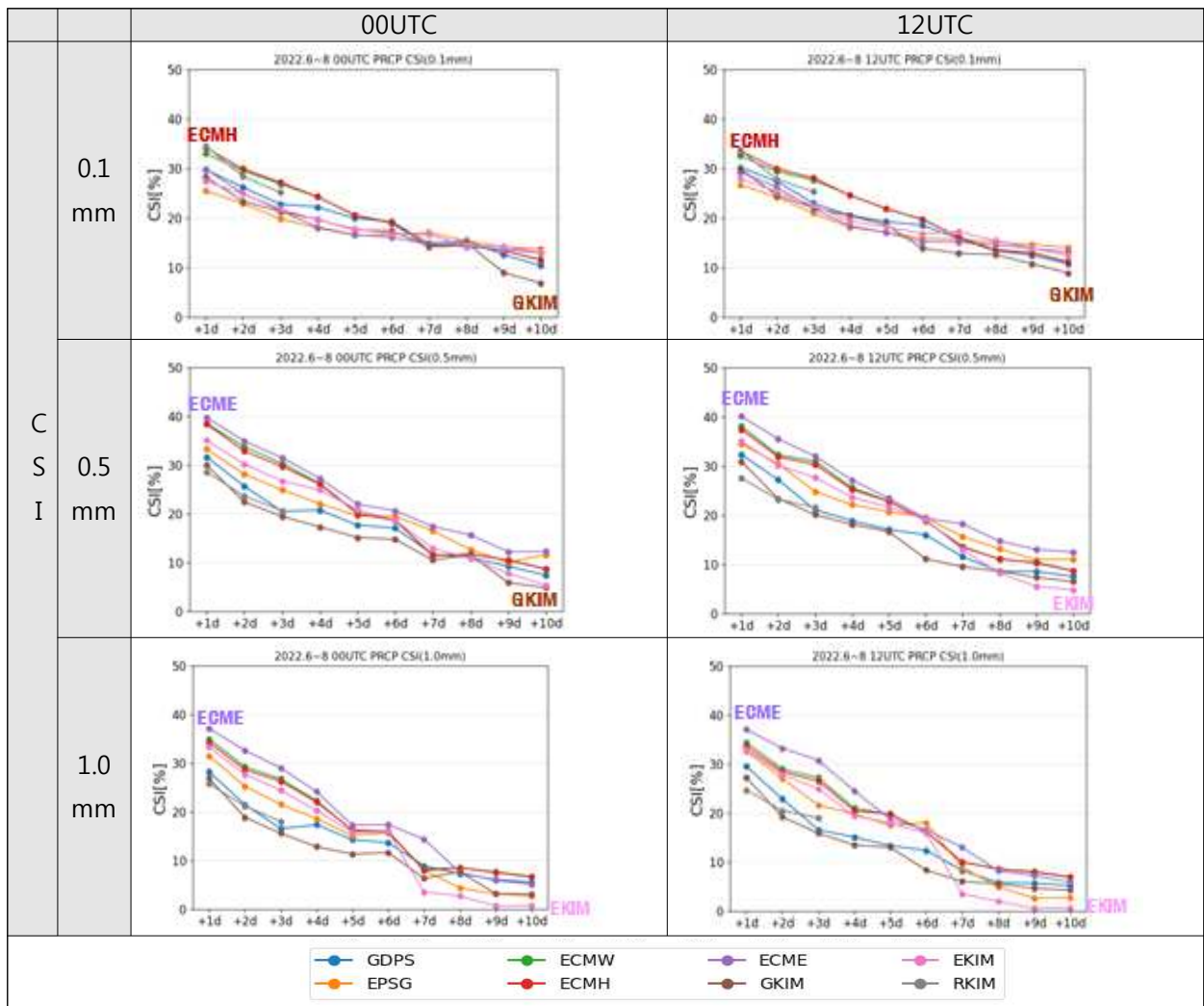


표 2.2.1.14 강수량 요소 모델별 성능 비교 결과

- 한국형지역모델(RDAPS-KIM) 예보요소 검증 결과

RDAPS-KIM 기반 가이던스 예보요소 중 강수량, 기온, 노점온도, 상대습도, 풍속, 풍향, 하늘상태에 대해서 검증을 실시하였다. 검증 기간은 2022년 6~8월이며 1시간 예측시간에 대해 검증결과를 계산하고, 3시간 평균 검증 지수를 산출 하였다. 초기시각 00, 06, 12, 18UTC 자료에 대해 검증을 실시하였으며, 초기시각별 3시간 검증 결과 분석을 통해 일변화 특성도 분석하였다. 각 요소별 검증 지수는 강수량 요소와 하늘상태는 CSI값, 그 외 요소는 Bias, RMSE 값을 계산하였다. 강수량은 0.1mm이상, 0.5mm이상, 1.0mm이상, 5.0mm이상, 10mm이상, 30mm 이상에 대해 검증지수를 산출하였고, 하늘상태는 카테고리 기준인 0.8할 이상, 0.5할 이상에 대해서 조사하였다.

• 강수량

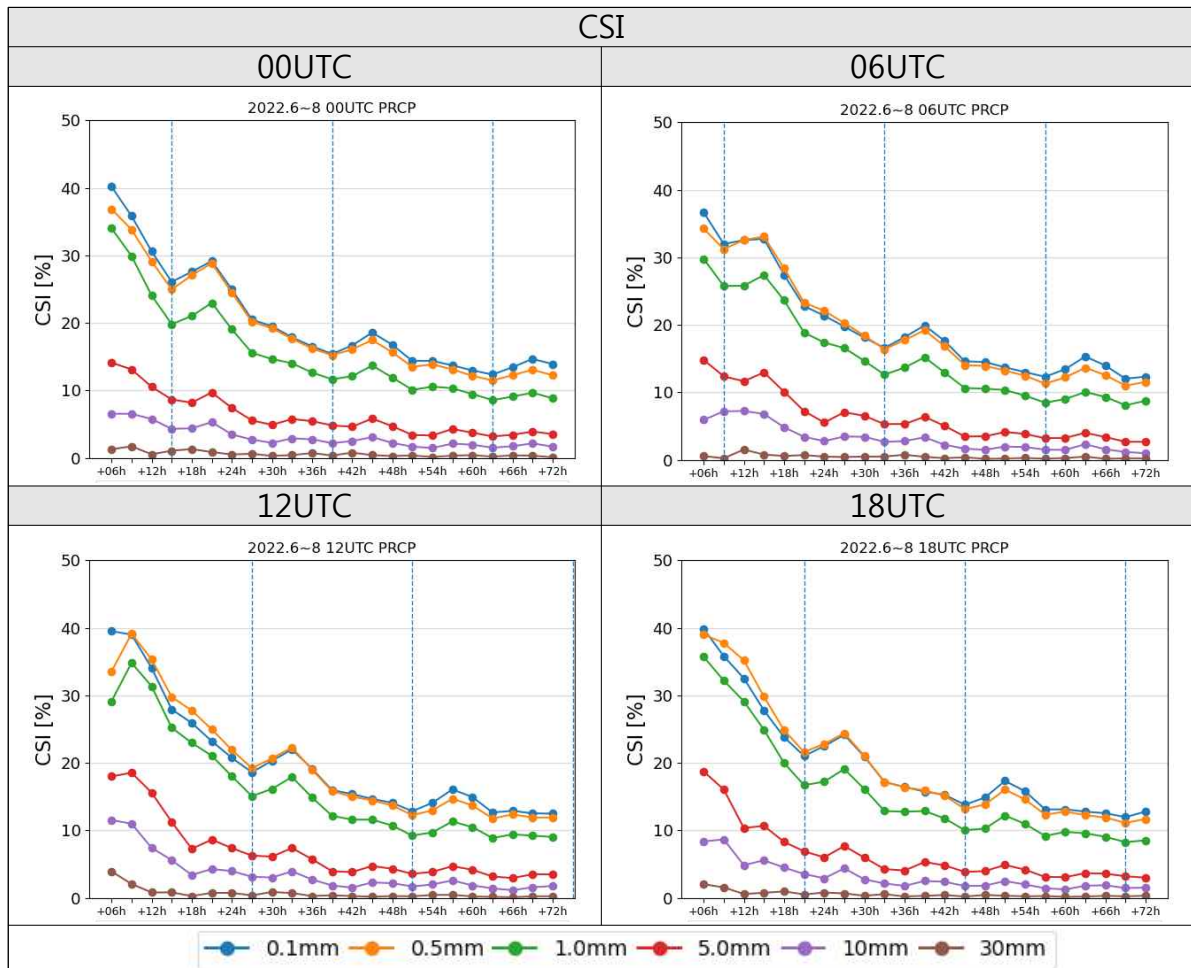


표 2.2.1.15 한국형지역모델(RDAPS-KIM) 강수량 검증 결과

• 기온

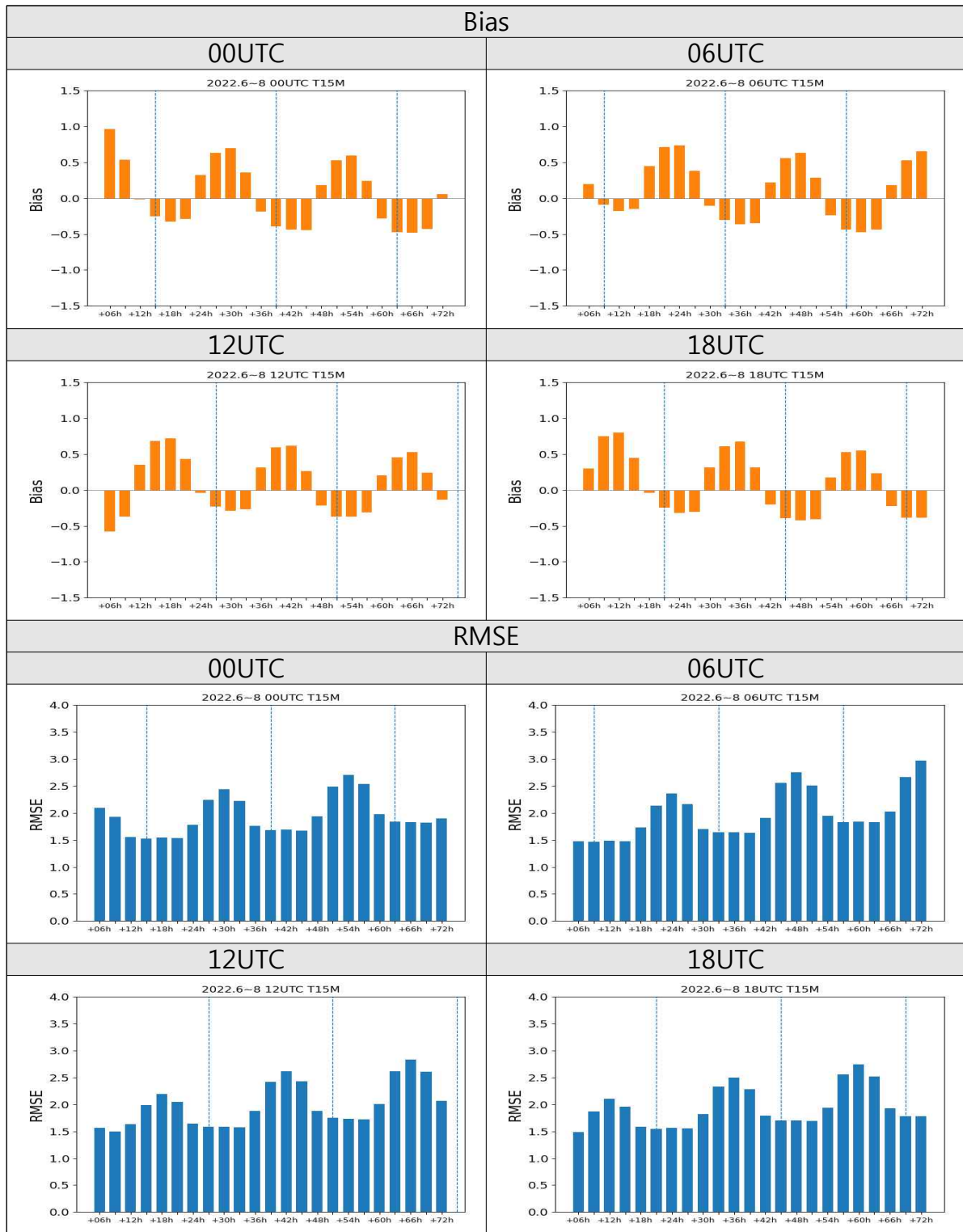


표 2.2.1.16 한국형지역모델(RDAPS-KIM) 기온 검증 결과

• 노점온도

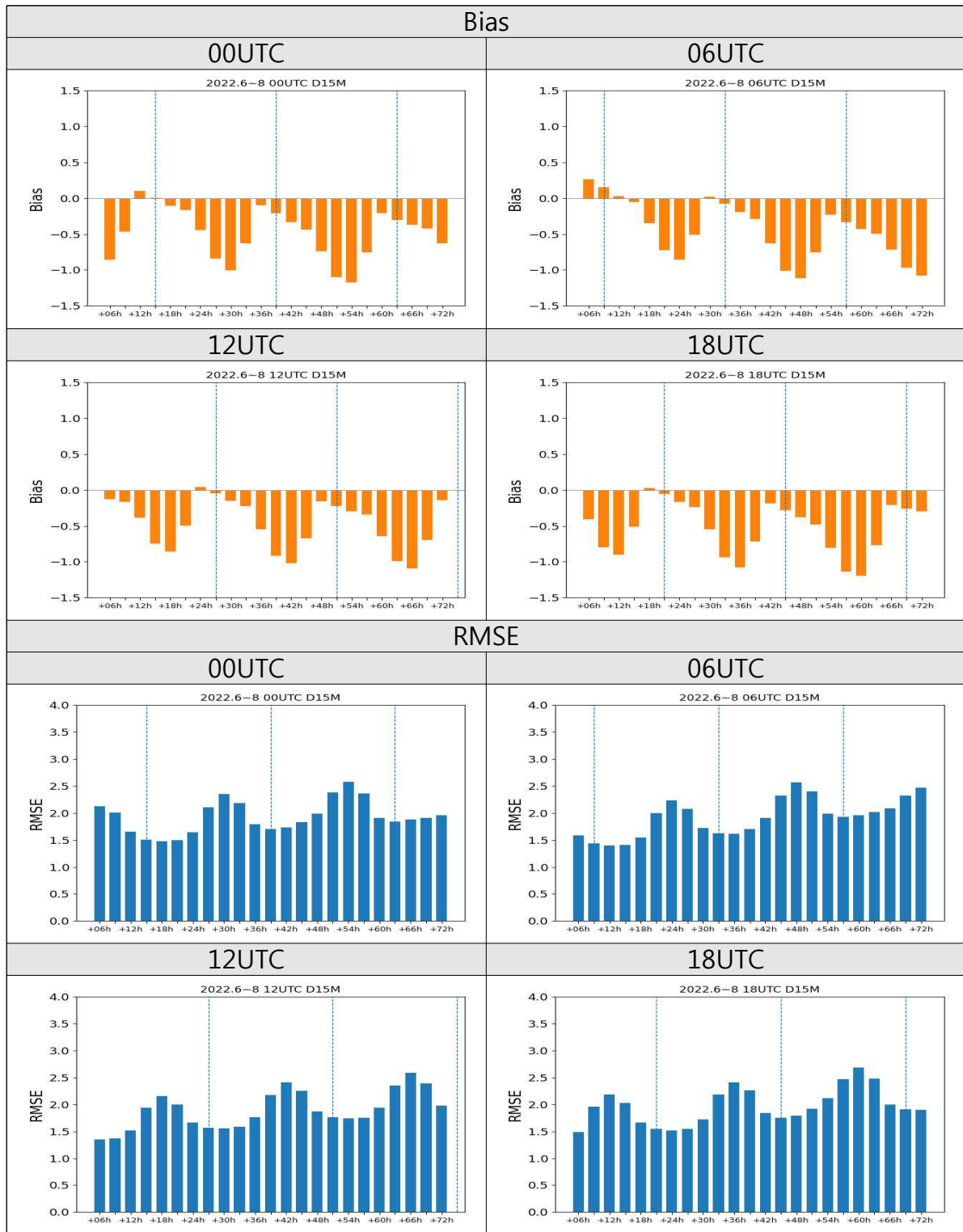


표 2.2.1.17 한국형지역모델(RDAPS-KIM) 노점온도 검증 결과

• 상대습도

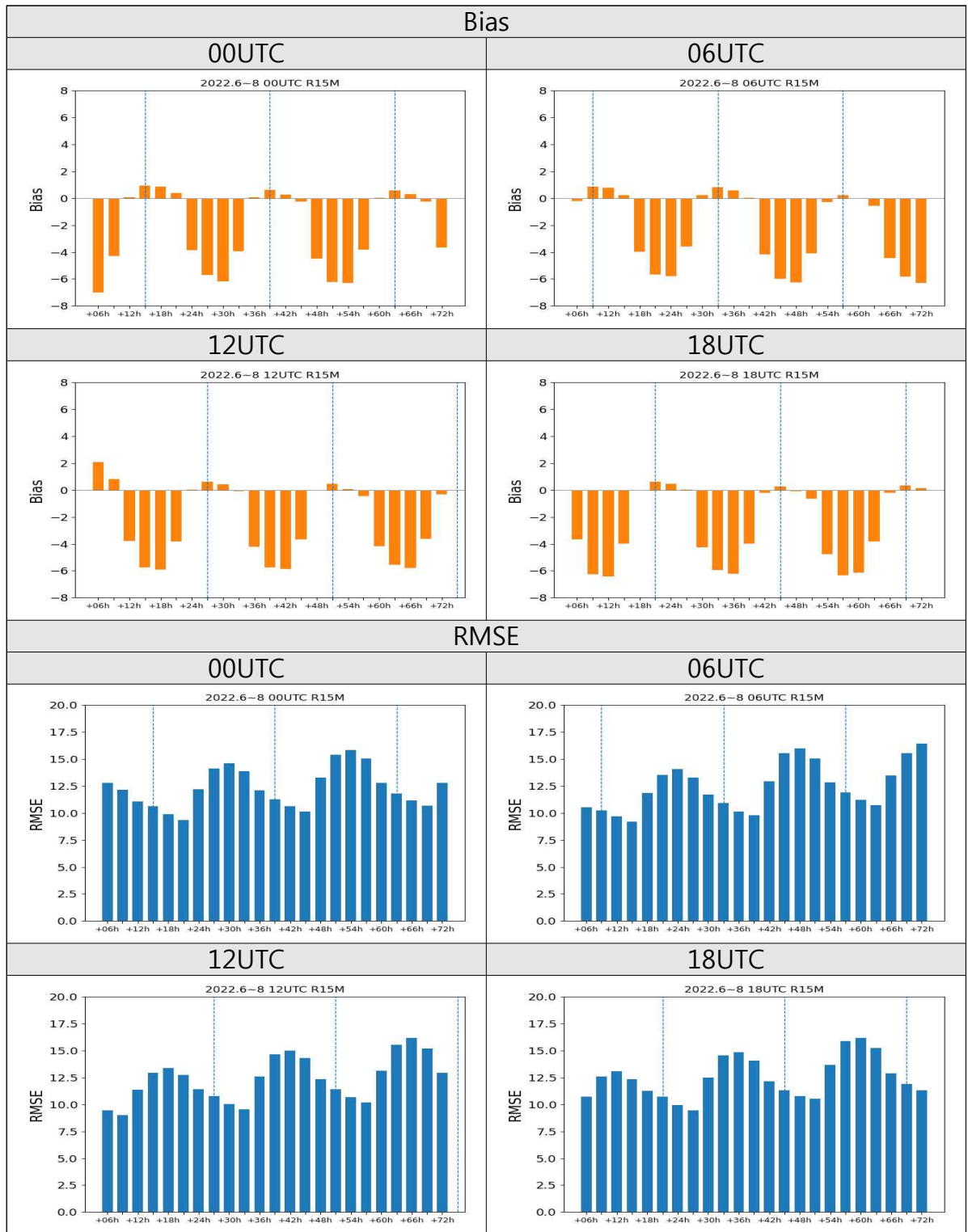


표 2.2.1.18 한국형지역모델(RDAPS-KIM) 상대습도 검증 결과

• 풍속



표 2.2.1.19 한국형지역모델(RDAPS-KIM) 풍속 검증 결과

• 풍향

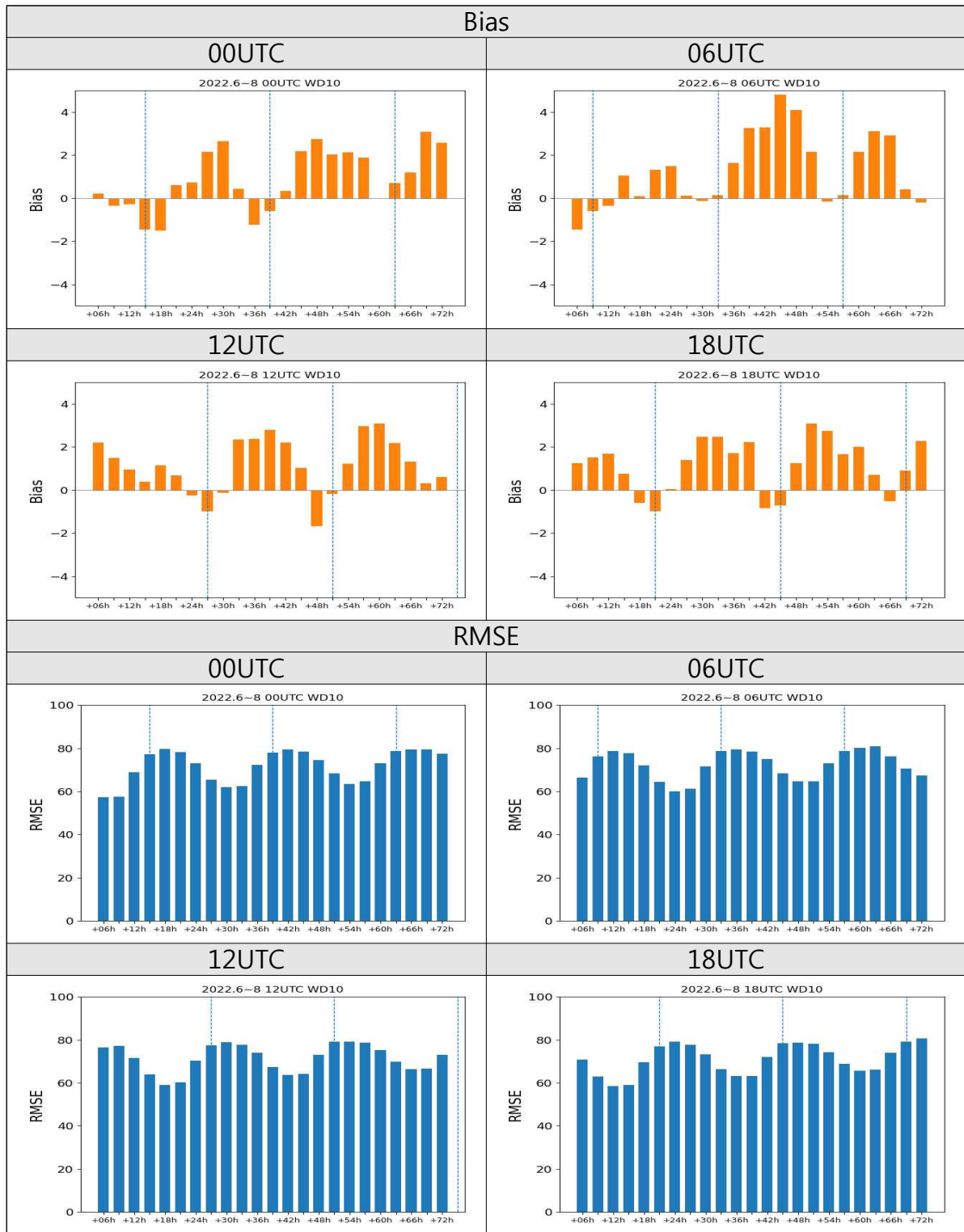


표 2.2.1.20 한국형지역모델(RDAPS-KIM) 풍향 검증 결과

• 하늘상태

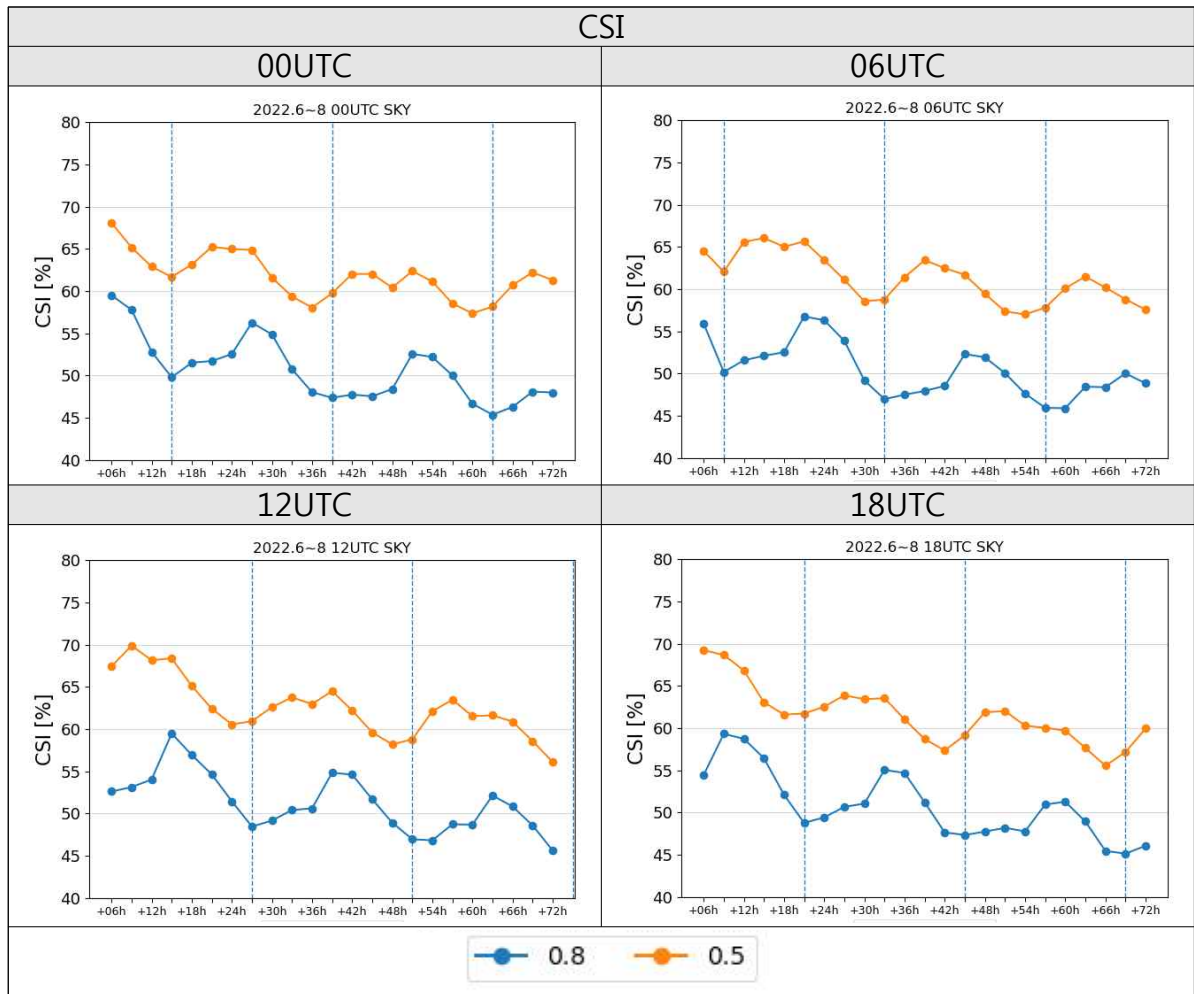


표 2.2.1.21 한국형지역모델(RDAPS-KIM) 하늘상태 검증 결과

2.2.2. 단순 가중치 적용 외 다양한 통계기법(인공지능기법 포함)을 활용한 예보 가이던스 모델 병합방안 연구개발 및 정확도 상호 비교검증

○ 앙상블 후처리 기법 방안 연구

각 앙상블 모델은 시공간 해상도 및 멤버 개수 등의 차이가 존재하므로 단일 모델과 결합할 수 있도록 앙상블 모델에 대한 후처리 기법을 방안을 연구한다. EMOS(Ensemble Model Output Statistics)기법과 PPNN(post-processing neural networks)을 사용하여 앙상블 후처리 과정을 적용할 수 있도록 연구한다.

EMOS기법은 각 변수들에 대해 예측확률밀도함수의 예측을 통해 앙상블들에 대한 확률론적 예측치를 제공한다. 본 연구에서는 예측변수 특성에 따라 다른 확률분포에 Fitting하며, 훈련기간 CRPS(Continuous Ranked Probability Score)의 최적화를 통해 확률분포 매개변수를 추정하는 방법이다.

$$(\mu, \sigma) = (a + bx^{mean}, c + dx^{sd})$$

PPNN기법은 일반적인 regression을 위한 Multi-Layer Perceptron(MLP)기법에 기반하여 정규화된 확률분포 결과를 산출하는 기법이다. 예측변수와 분포 파라미터간의 임의의 비선형 관계를 학습하고, CRPS(Continuous ranked probability score) 최소화를 통한 훈련을 진행한다. 입력자료는 예측변수의 평균 및 표준편차, station 특성, 보조변수(auxiliary variables)가 사용되며, 출력자료로 정규화된 확률분포 파라미터(평균, 표준편차)가 생산된다.

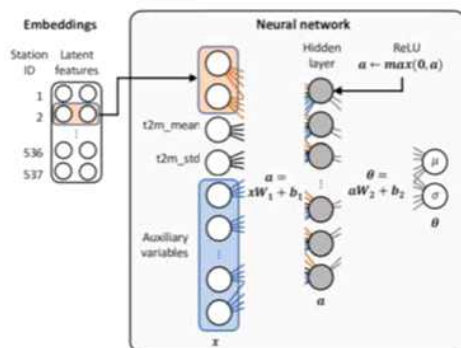


그림 2.2.2.1 PPNN기법 알고리즘

각 모델별 가용기간을 고려한 과거 예측자료 생산 기간은 아래 표와 같다. UM 앙상블 모델 생산 기간은 2018년 8월 ~현재, ECMWF 앙상블 모델 생산 기간은 2013년 3월부터 현재, KIM 앙상블 모델 생산 기간은 2022년 6월부터 자료를 생산하였다. KIM 앙상블 모델은 경우 2020년 여름 이전 자료가 존재하지 않으므로, 앙상블 후처리 과정은 UM 앙상블 모델과 ECMWF 앙상블 모델에 대해 적용이 가능하다.

모델종류			자료 저장 기간	자료 생산 기간
UM	GDPS	단일면	2018.6~현재	2018.6~2022.9.15
		등압면	2018.6~현재	2018.6~2022.9.15
	EPSG	-	2018.8~현재	2018.8~2022.9.15
ECMWF	CNT	0.25도	2013.3~현재	2013.3~2022.9.15
	HCNT	0.1도	2020.10~현재	2020.10~2022.9.15
	ECEN	-	2013.3~현재	2013.3~2022.9.15
KIM	GKIM	단일면	2020.6~현재	2020.6~2022.9.15
		등압면	2020.6~현재	2020.6~2022.9.15
	KIME	단일면	2020.6~현재	2022.6~2022.9.15
		등압면	2020.6~현재	2022.6~2022.9.15
	RKIM	단일면	2022.5~현재	2022.5~2022.9.15

표 2.2.2.1 각 모델별 자료 생산 기간

ECME 모델의 훈련기간은 2017년~ 2020년, EPSG모델의 훈련기간은 2018~2020년으로 하였고, 예측기간은 2021년~2022년으로 사용하였다. 변수는 기온, 노점온도, 강수량, U10, V10, 풍속에 대해서 학습하였다. 학습 지점은 741개 지점 중 북한지점을 제외한 714개 지점을 사용하였다. 각 변수별로 PPNN, EMOS기법을 테스트하였으며, 앙상블 후처리 기법 훈련 방법은 모델의 특성을 고려하여 계절별/ 예측시간 3일 간격 / 낮과 밤 단위로 나눠서 학습을 진행하였다.

계절별	봄: 3~5월 여름: 6~8월 가을: 9월~11월 겨울: 12~2월
예측시간	3일 : +0~72h 6일 : +73~144h 9일 : +145~240h
낮과 밤	낮: 7KST ~ 18KST 밤: 19KST ~ 6KST

표 2.2.2.2 앙상블 후처리 학습 방법

양상블 후처리에 사용된 변수는 양상블 모델 기준으로 컨트롤 모델에도 존재하는 변수로 선정한다. 각 변수들의 스케일을 맞추기 위해 정규화(normalization)과정이 필요하다. 정규화하는 방법은 최댓값과 최솟값을 이용해 입력된 변수값들을 0~1 사이 값으로 변환하는 방식을 사용하였다.

변수	고도	변수명[Long name]
APCP[kg/m ²]	surface	Total Precipitation
TSRATE[m/s]	surface	Total Snowfall Rate
TMP[K]	1.5 m	Temperature
DPT[K]	1.5 m	Dew Point Temperature
TMP[K]	850mb	Temperature
	700mb	Temperature
HGT[gpm]	500 mb	Geopotential Height
PRMSL[Pa]	surface	Pressure Reduced to MSL
RH[%]	850 mb	Relative Humidity
	700mb	Relative Humidity
TCAR[%]	surface	TOTAL CLOUD AMOUNT RANDOM OVERLAP
UGRD[m/s]	850mb	U-Component of Wind
	500mb	U-Component of Wind
	200mb	U-Component of Wind
VGRD[m/s]	850mb	V-Component of Wind
	500mb	V-Component of Wind
	200mb	V-Component of Wind

표 2.2.2.3 UM 모델 후처리 사용 변수 목록

변수	고도	변수명[Long name]
TP[m]	sfc	Total precipitation
SF[m of water equivalent]	-	Snowfall
2T[K]	2m	2metre temperature
2D[K]	2m	2metre dewpoint temperature
MSL[Pa]	-	Mean sea level pressure
CAPE[J kg ⁻¹]	-	Convective available potential energy
TCC[0-1]	-	Total cloud cover
10U[m s ⁻¹]	10m	10metre U wind component
10V[m s ⁻¹]	10m	10metre V wind component
T[K]	850mb	Temperature
GH[gpm]	500mb	Height
R[%]	850mb	Relative humidity
W[Pa s ⁻¹]	700mb	Vertical velocity
U[m s ⁻¹]	850mb	U velocity
	500mb	U velocity
	200mb	U velocity
V[m s ⁻¹]	850mb	V velocity
	500mb	V velocity
	200mb	V velocity

표 2.2.2.4 ECMWF 모델 후처리 사용 변수 목록

○ 앙상블 모델 후처리 방안 검증

EPSPG모델은 UM 앙상블, ECME는 ECMWF 앙상블 모델 후처리 결과이며, PPNN은 모델결과에 PPNN를 적용한 결과이고 EMOS는 모델결과에 EMOS기법을 적용한 결과이다.

기온과 노점온도 요소의 경우 고도보정을 적용한 결과이며, 계절별/예측시간별/주야간별 성능 비교 결과 PPNN 기법을 적용한 결과의 성능이 전반적으로 높게 나왔다.

EPSPG								ECME							
모델	검증 지수	0~72hr		73~144hr		145~240hr		모델	검증 지수	0~72hr		73~144hr		145~240hr	
		주간	야간	주간	야간	주간	야간			주간	야간	주간	야간	주간	야간
겨울철															
EPSPG	CRPS	1.69	1.63	1.81	1.77	2.14	2.10	ECME	CRPS	1.66	1.49	1.63	1.48	1.97	1.89
	BIAS	0.59	-0.38	0.74	-0.36	0.71	-0.42		BIAS	-0.18	-0.22	0.08	0.02	0.40	-0.12
	RMSE	2.60	2.50	2.94	2.86	3.66	3.59		RMSE	2.54	2.34	2.72	2.50	3.46	3.35
PPNN	CRPS	1.19	1.04	1.45	1.29	1.88	1.81	PPNN	CRPS	1.15	0.99	1.33	1.17	1.78	1.65
	BIAS	0.11	-0.33	0.23	-0.16	-0.22	-0.54		BIAS	0.21	-0.02	-0.02	0.02	-0.53	-0.37
	RMSE	2.19	1.92	2.65	2.35	3.40	3.28		RMSE	2.13	1.85	2.42	2.15	3.23	3.02
EMOS	CRPS	2.04	2.19	2.14	2.32	2.32	2.44	EMOS	CRPS	1.50	1.40	1.62	1.54	1.97	1.92
	BIAS	0.50	0.45	0.53	0.50	0.39	0.38		BIAS	0.14	0.10	0.18	0.12	0.07	0.00
	RMSE	3.62	3.89	3.80	4.14	4.15	4.37		RMSE	2.69	2.54	2.90	2.78	3.54	3.48
봄철															
EPSPG	CRPS	1.48	1.73	1.62	1.99	1.81	2.20	ECME	CRPS	1.40	1.33	1.44	1.46	1.77	1.91
	BIAS	-0.25	-1.14	-0.49	-1.46	-0.67	-1.69		BIAS	-0.37	-0.37	-0.22	-0.18	0.08	-0.39
	RMSE	2.29	2.59	2.64	3.10	3.06	3.58		RMSE	2.19	2.10	2.42	2.47	3.06	3.25
PPNN	CRPS	1.08	1.02	1.39	1.41	1.71	1.76	PPNN	CRPS	1.05	0.97	1.26	1.27	1.56	1.62
	BIAS	0.12	-0.10	-0.69	-0.11	-0.79	-0.46		BIAS	0.24	-0.12	-0.12	0.01	-0.14	0.10
	RMSE	1.99	1.88	2.51	2.54	3.08	3.14		RMSE	1.94	1.78	2.29	2.31	2.83	2.92
EMOS	CRPS	1.96	2.18	2.09	2.28	1.98	2.16	EMOS	CRPS	1.22	1.17	1.36	1.41	1.71	1.81
	BIAS	-0.07	0.01	-0.16	-0.08	-0.25	-0.21		BIAS	0.19	0.26	0.16	0.27	0.04	0.17
	RMSE	3.47	3.87	3.69	4.04	3.51	3.85		RMSE	2.20	2.13	2.45	2.55	3.06	3.25
여름철															
EPSPG	CRPS	1.14	1.38	1.26	1.58	1.41	1.74	ECME	CRPS	0.96	1.05	1.03	1.19	1.27	1.48
	BIAS	0.07	-0.73	-0.08	-0.86	-0.08	-0.88		BIAS	-0.03	-0.20	0.10	-0.03	0.44	-0.09
	RMSE	1.80	2.12	2.08	2.53	2.38	2.85		RMSE	1.56	1.71	1.77	2.05	2.21	2.51
PPNN	CRPS	0.86	0.91	1.05	1.20	1.27	1.46	PPNN	CRPS	0.83	0.87	0.97	1.10	1.11	1.29
	BIAS	-0.16	0.01	-0.29	0.06	0.72	0.57		BIAS	0.30	0.29	0.31	-0.02	-0.12	0.39
	RMSE	1.57	1.67	1.89	2.18	2.29	2.63		RMSE	1.51	1.60	1.77	2.01	2.01	2.35
EMOS	CRPS	1.30	1.50	1.38	1.62	1.45	1.70	EMOS	CRPS	0.99	1.13	1.10	1.33	1.27	1.55
	BIAS	0.13	0.07	0.05	-0.01	0.03	-0.09		BIAS	0.12	0.15	0.17	0.19	0.15	0.16
	RMSE	2.33	2.65	2.48	2.87	2.62	3.02		RMSE	1.78	2.03	1.99	2.38	2.31	2.77
가을철															
EPSPG	CRPS	1.50	1.42	1.62	1.53	1.85	1.70	ECME	CRPS	1.33	1.28	1.35	1.30	1.67	1.66
	BIAS	0.98	-0.12	1.15	0.01	1.30	0.12		BIAS	0.25	-0.16	0.37	-0.02	0.86	0.03
	RMSE	2.31	2.16	2.62	2.44	3.15	2.90		RMSE	2.11	2.02	2.28	2.18	2.92	2.86
PPNN	CRPS	1.01	0.92	1.21	1.17	1.55	1.51	PPNN	CRPS	1.01	0.92	1.19	1.06	1.44	1.34
	BIAS	-0.17	0.21	-0.13	-0.01	0.08	-0.18		BIAS	0.07	0.33	0.13	0.14	-0.18	0.02
	RMSE	1.84	1.70	2.20	2.12	2.84	2.72		RMSE	1.86	1.70	2.16	1.95	2.62	2.46
EMOS	CRPS	1.94	2.13	2.07	2.31	1.84	2.02	EMOS	CRPS	1.16	1.11	1.25	1.22	1.53	1.58
	BIAS	0.31	0.31	0.34	0.34	0.30	0.29		BIAS	0.08	0.11	0.07	0.13	0.07	0.03
	RMSE	3.43	3.80	3.67	4.12	3.32	3.66		RMSE	2.10	2.03	2.26	2.22	2.79	2.86

표 2.2.2.5 앙상블 모델 후처리 기온 00UTC 검증결과(좌:EPSPG, 우:ECME)

EPSG								ECME							
모델	검증 지수	0~72hr		73~144hr		145~240hr		모델	검증 지수	0~72hr		73~144hr		145~240hr	
		주간	야간	주간	야간	주간	야간			주간	야간	주간	야간	주간	야간
겨울철															
EPSG	CRPS	1.71	1.68	1.80	1.78	2.14	2.15	ECME	CRPS	1.64	1.48	1.63	1.49	1.97	1.93
	BIAS	0.64	-0.38	0.72	-0.36	0.74	-0.39		BIAS	0.03	-0.15	0.10	0.06	0.43	-0.10
	RMSE	2.60	2.54	2.89	2.86	3.63	3.66		RMSE	2.51	2.33	2.69	2.51	3.44	3.41
PPNN	CRPS	1.18	1.06	1.41	1.31	1.94	2.07	PPNN	CRPS	1.13	0.99	1.31	1.24	1.76	1.73
	BIAS	-0.21	-0.40	0.04	-0.41	-0.33	1.30		BIAS	0.43	0.20	-0.05	-0.45	-0.39	-0.32
	RMSE	2.15	1.95	2.55	2.39	3.48	3.69		RMSE	2.09	1.86	2.38	2.23	3.17	3.15
EMOS	CRPS	2.01	2.23	2.13	2.32	2.31	2.49	EMOS	CRPS	1.47	1.41	1.60	1.55	1.95	1.96
	BIAS	0.50	0.48	0.54	0.49	0.40	0.39		BIAS	0.16	0.09	0.13	0.10	0.09	-0.01
	RMSE	3.57	3.96	3.78	4.12	4.12	4.43		RMSE	2.64	2.56	2.87	2.79	3.51	3.54
봄철															
EPSG	CRPS	1.48	1.78	1.61	1.99	1.79	2.19	ECME	CRPS	1.39	1.34	1.43	1.47	1.76	1.90
	BIAS	-0.17	-1.15	-0.44	-1.43	-0.63	-1.65		BIAS	-0.24	-0.29	-0.22	-0.17	0.09	-0.38
	RMSE	2.27	2.65	2.61	3.12	3.03	3.58		RMSE	2.16	2.15	2.40	2.49	3.03	3.23
PPNN	CRPS	1.08	1.06	1.40	1.40	1.73	1.81	PPNN	CRPS	1.04	1.02	1.24	1.27	1.50	1.63
	BIAS	-0.12	-0.09	-0.76	0.01	-0.94	-0.48		BIAS	0.09	0.38	0.20	0.04	0.03	-0.56
	RMSE	1.98	1.94	2.52	2.55	3.10	3.25		RMSE	1.91	1.89	2.25	2.32	2.72	2.93
EMOS	CRPS	1.91	2.21	2.05	2.29	1.96	2.17	EMOS	CRPS	1.20	1.21	1.35	1.43	1.69	1.81
	BIAS	-0.06	0.02	-0.13	-0.08	-0.21	-0.20		BIAS	0.17	0.23	0.14	0.23	0.03	0.15
	RMSE	3.39	3.92	3.63	4.06	3.48	3.85		RMSE	2.18	2.21	2.42	2.57	3.04	3.24
여름철															
EPSG	CRPS	1.14	1.40	1.24	1.57	1.40	1.71	ECME	CRPS	0.97	1.07	1.02	1.20	1.27	1.49
	BIAS	0.17	-0.65	-0.02	-0.81	-0.04	-0.82		BIAS	0.04	-0.13	0.09	-0.05	0.41	-0.12
	RMSE	1.77	2.15	2.05	2.53	2.36	2.82		RMSE	1.56	1.76	1.75	2.07	2.20	2.52
PPNN	CRPS	0.84	0.95	1.04	1.22	1.25	1.42	PPNN	CRPS	0.82	0.89	0.96	1.11	1.12	1.32
	BIAS	-0.02	0.28	0.30	0.27	0.65	-0.31		BIAS	-0.02	0.08	0.34	0.18	-0.29	0.31
	RMSE	1.53	1.75	1.89	2.23	2.26	2.56		RMSE	1.49	1.63	1.75	2.04	2.02	2.39
EMOS	CRPS	1.29	1.53	1.38	1.62	1.44	1.69	EMOS	CRPS	0.98	1.18	1.09	1.34	1.27	1.55
	BIAS	0.15	0.05	0.03	-0.05	0.01	-0.09		BIAS	0.12	0.12	0.14	0.16	0.13	0.13
	RMSE	2.32	2.70	2.47	2.88	2.60	3.01		RMSE	1.77	2.11	1.97	2.40	2.29	2.76
가을철															
EPSG	CRPS	1.51	1.44	1.62	1.52	1.82	1.70	ECME	CRPS	1.35	1.28	1.35	1.30	1.67	1.69
	BIAS	1.01	-0.07	1.18	0.06	1.30	0.15		BIAS	0.39	-0.10	0.39	0.01	0.84	0.03
	RMSE	2.29	2.17	2.60	2.44	3.10	2.91		RMSE	2.13	2.03	2.26	2.18	2.91	2.91
PPNN	CRPS	0.98	0.95	1.20	1.17	1.52	1.45	PPNN	CRPS	1.01	0.92	1.16	1.10	1.44	1.43
	BIAS	0.00	-0.05	0.33	0.22	0.27	0.07		BIAS	-0.35	0.09	0.11	0.43	-0.17	-0.22
	RMSE	1.80	1.73	2.18	2.13	2.78	2.65		RMSE	1.84	1.69	2.10	2.01	2.64	2.60
EMOS	CRPS	1.89	2.20	2.08	2.32	1.84	2.03	EMOS	CRPS	1.16	1.13	1.24	1.23	1.53	1.61
	BIAS	0.35	0.37	0.37	0.37	0.31	0.33		BIAS	0.08	0.08	0.07	0.10	0.05	-0.01
	RMSE	3.35	3.93	3.67	4.13	3.31	3.67		RMSE	2.10	2.05	2.24	2.22	2.79	2.90

표 2.2.2.6 앙상블 모델 후처리 기온 12UTC 검증결과(좌:EPSG, 우:ECME)

EPSG								ECME							
모델	검증 지수	0~72hr		73~144hr		145~240hr		모델	검증 지수	0~72hr		73~144hr		145~240hr	
		주간	야간	주간	야간	주간	야간			주간	야간	주간	야간	주간	야간
겨울철															
EPSG	CRPS	2.13	2.08	2.35	2.37	2.87	3.00	ECME	CRPS	1.78	1.87	1.92	2.06	2.49	2.64
	BIAS	1.78	1.59	2.07	1.88	2.06	1.92		BIAS	-0.48	-0.58	-0.07	-0.28	-0.01	-0.10
	RMSE	3.45	3.46	4.00	4.09	5.14	5.41		RMSE	3.17	3.26	3.52	3.72	4.64	4.92
PPNN	CRPS	1.43	1.50	1.83	1.93	2.63	2.82	PPNN	CRPS	1.35	1.43	1.71	1.80	2.39	2.65
	BIAS	-0.11	0.44	0.37	0.25	-0.05	-0.19		BIAS	0.11	-0.02	-0.43	-0.23	-0.10	-0.54
	RMSE	2.68	2.84	3.38	3.56	4.77	5.16		RMSE	2.56	2.69	3.16	3.31	4.44	4.82
EMOS	CRPS	2.51	4.46	2.62	4.86	2.95	3.24	EMOS	CRPS	1.63	1.75	1.85	2.00	2.48	2.67
	BIAS	0.89	0.92	0.96	0.96	0.79	0.98		BIAS	0.33	0.34	0.30	0.25	0.12	0.07
	RMSE	4.48	4.99	4.70	5.21	5.32	5.83		RMSE	3.02	3.21	3.40	3.65	4.54	4.88
봄철															
EPSG	CRPS	2.04	2.07	2.13	2.25	2.34	2.50	ECME	CRPS	1.55	1.65	1.70	1.83	1.97	2.11
	BIAS	1.73	1.66	1.54	1.57	1.38	1.43		BIAS	0.07	0.11	0.30	0.32	0.32	0.43
	RMSE	3.48	3.53	3.76	3.94	4.23	4.50		RMSE	2.85	2.92	3.18	3.36	3.69	3.92
PPNN	CRPS	1.41	1.48	1.75	1.89	2.18	2.36	PPNN	CRPS	1.61	1.42	1.60	1.72	1.99	2.15
	BIAS	-0.08	-0.34	-0.39	0.34	-0.25	-0.55		BIAS	-0.34	-0.11	-0.16	0.06	-0.21	-0.54
	RMSE	2.72	2.83	3.29	3.53	4.05	4.34		RMSE	2.65	2.74	3.03	3.25	3.72	3.98
EMOS	CRPS	2.59	4.56	2.74	5.07	2.69	2.96	EMOS	CRPS	1.73	1.79	1.84	2.09	2.03	2.25
	BIAS	0.23	0.27	0.07	0.11	-0.01	0.17		BIAS	0.17	0.29	0.08	0.15	-0.02	0.13
	RMSE	4.63	5.07	4.87	5.34	4.77	5.26		RMSE	3.22	3.32	3.41	3.79	3.75	4.11
여름철															
EPSG	CRPS	1.10	1.17	1.15	1.20	1.31	1.35	ECME	CRPS	0.99	1.06	1.06	1.12	1.20	1.24
	BIAS	0.67	0.65	0.40	0.39	0.34	0.30		BIAS	-0.12	-0.28	-0.03	-0.17	0.09	-0.06
	RMSE	2.00	2.06	2.16	2.21	2.46	2.49		RMSE	1.82	1.88	2.02	2.07	2.29	2.33
PPNN	CRPS	0.91	0.94	1.10	1.15	1.27	1.32	PPNN	CRPS	0.88	0.93	1.02	1.09	1.17	1.35
	BIAS	0.30	0.07	0.25	0.33	0.22	0.01		BIAS	0.22	0.12	0.07	0.43	-0.21	-0.90
	RMSE	1.80	1.84	2.13	2.19	2.41	2.48		RMSE	1.75	1.81	1.99	2.07	2.25	2.47
EMOS	CRPS	1.43	1.55	1.45	1.54	1.49	1.57	EMOS	CRPS	1.09	1.19	1.16	1.25	1.26	1.34
	BIAS	0.41	0.52	0.30	0.37	0.24	0.32		BIAS	0.14	0.23	0.12	0.22	0.11	0.20
	RMSE	2.73	2.94	2.75	2.91	2.84	2.97		RMSE	2.12	2.27	2.23	2.36	2.41	2.53
가을철															
EPSG	CRPS	1.49	1.53	1.71	1.78	2.08	2.17	ECME	CRPS	1.20	1.26	1.32	1.41	1.73	1.82
	BIAS	1.19	1.09	1.35	1.25	1.52	1.43		BIAS	-0.16	-0.14	0.00	0.00	0.26	0.25
	RMSE	2.61	2.69	3.09	3.21	3.90	4.10		RMSE	2.26	2.30	2.54	2.65	3.31	3.47
PPNN	CRPS	1.08	1.25	1.36	1.48	1.85	2.01	PPNN	CRPS	1.04	1.11	1.29	1.41	1.77	1.87
	BIAS	0.27	0.91	0.10	0.36	0.22	0.66		BIAS	0.20	0.31	0.39	-0.18	-0.13	0.52
	RMSE	2.14	2.41	2.62	2.82	3.49	3.85		RMSE	2.08	2.17	2.49	2.68	3.41	3.57
EMOS	CRPS	3.13	6.79	3.14	7.57	2.88	3.25	EMOS	CRPS	1.23	1.48	1.44	1.74	1.76	1.93
	BIAS	0.41	0.41	0.61	0.51	0.74	0.98		BIAS	0.29	0.36	0.30	0.40	0.39	0.52
	RMSE	5.26	5.78	5.57	6.24	5.23	5.90		RMSE	2.40	2.76	2.75	3.22	3.37	3.68

표 2.2.2.7 앙상블 모델 후처리 노점온도 00UTC 검증결과(좌:EPSG, 우:ECME)

EPSG								ECME							
모델	검증 지수	0~72hr		73~144hr		145~240hr		모델	검증 지수	0~72hr		73~144hr		145~240hr	
		주간	야간	주간	야간	주간	야간			주간	야간	주간	야간	주간	야간
겨울철															
EPSG	CRPS	2.11	2.16	2.35	2.43	2.90	3.09	ECME	CRPS	1.69	1.88	1.88	2.06	2.46	2.71
	BIAS	1.77	1.64	2.05	1.91	2.13	1.98		BIAS	-0.22	-0.44	-0.05	-0.19	0.05	-0.04
	RMSE	3.40	3.54	3.97	4.20	5.18	5.58		RMSE	3.01	3.28	3.45	3.72	4.60	5.06
PPNN	CRPS	1.38	1.55	1.80	1.97	2.65	3.02	PPNN	CRPS	1.31	1.46	1.66	1.83	2.39	2.66
	BIAS	0.32	0.37	0.45	0.31	-0.40	-0.32		BIAS	0.17	0.04	0.46	-0.41	0.32	-0.15
	RMSE	2.63	2.90	3.33	3.65	4.86	5.51		RMSE	2.50	2.74	3.12	3.37	4.44	4.91
EMOS	CRPS	2.47	5.63	2.62	5.06	2.95	3.28	EMOS	CRPS	1.57	1.77	1.82	2.02	2.44	2.73
	BIAS	0.93	0.91	0.95	0.95	0.86	1.02		BIAS	0.37	0.26	0.30	0.25	0.18	0.14
	RMSE	4.41	5.05	4.68	5.24	5.31	5.90		RMSE	2.92	3.23	3.34	3.68	4.51	5.01
봄철															
EPSG	CRPS	2.01	2.12	2.12	2.26	2.32	2.49	ECME	CRPS	1.52	1.67	1.66	1.82	1.95	2.14
	BIAS	1.73	1.72	1.56	1.56	1.40	1.43		BIAS	0.13	0.18	0.29	0.35	0.34	0.47
	RMSE	3.43	3.58	3.75	3.99	4.19	4.49		RMSE	2.79	2.97	3.13	3.37	3.66	3.97
PPNN	CRPS	1.36	1.51	1.99	1.96	2.21	2.33	PPNN	CRPS	1.30	1.44	1.62	1.81	2.00	2.14
	BIAS	-0.06	0.14	1.67	1.05	-0.65	-0.12		BIAS	0.37	0.09	0.39	-0.63	-0.85	-0.19
	RMSE	2.65	2.90	3.68	3.69	4.08	4.30		RMSE	2.57	2.78	3.10	3.37	3.70	3.98
EMOS	CRPS	2.55	5.85	2.74	5.10	2.68	2.95	EMOS	CRPS	1.55	1.86	1.81	2.10	2.01	2.28
	BIAS	0.23	0.21	0.12	0.10	0.07	0.23		BIAS	0.20	0.26	0.11	0.19	0.01	0.19
	RMSE	4.56	5.14	4.86	5.34	4.76	5.23		RMSE	2.95	3.42	3.37	3.82	3.73	4.16
여름철															
EPSG	CRPS	1.10	1.19	1.14	1.20	1.31	1.37	ECME	CRPS	0.98	1.06	1.04	1.11	1.20	1.26
	BIAS	0.73	0.70	0.44	0.39	0.35	0.31		BIAS	-0.11	-0.25	-0.03	-0.14	0.07	-0.08
	RMSE	2.00	2.08	2.14	2.21	2.46	2.53		RMSE	1.80	1.90	1.99	2.07	2.28	2.36
PPNN	CRPS	0.91	0.96	1.08	1.15	1.28	1.32	PPNN	CRPS	0.86	0.95	1.01	1.08	1.20	1.26
	BIAS	0.46	0.33	0.42	0.08	0.52	-0.22		BIAS	-0.05	0.19	-0.20	0.36	0.28	0.08
	RMSE	1.80	1.88	2.09	2.19	2.45	2.48		RMSE	1.72	1.85	1.97	2.07	2.30	2.38
EMOS	CRPS	1.41	1.54	1.43	1.53	1.48	1.58	EMOS	CRPS	1.07	1.20	1.16	1.26	1.25	1.34
	BIAS	0.43	0.49	0.26	0.33	0.23	0.29		BIAS	0.12	0.21	0.14	0.23	0.11	0.18
	RMSE	2.70	2.93	2.72	2.88	2.82	2.98		RMSE	2.07	2.28	2.23	2.39	2.39	2.53
가을철															
EPSG	CRPS	1.46	1.57	1.70	1.81	2.05	2.20	ECME	CRPS	1.17	1.26	1.31	1.44	1.73	1.89
	BIAS	1.17	1.12	1.38	1.33	1.55	1.48		BIAS	-0.04	-0.04	0.04	0.09	0.25	0.24
	RMSE	2.56	2.72	3.08	3.29	3.88	4.19		RMSE	2.19	2.30	2.53	2.70	3.32	3.61
PPNN	CRPS	1.04	1.23	1.36	1.53	1.83	2.00	PPNN	CRPS	1.02	1.13	1.26	1.42	1.72	1.91
	BIAS	-0.03	0.63	0.56	0.02	0.67	0.44		BIAS	-0.09	0.20	0.08	-0.13	0.08	0.02
	RMSE	2.07	2.38	2.65	2.90	3.54	3.84		RMSE	2.03	2.21	2.45	2.70	3.30	3.65
EMOS	CRPS	2.97	8.36	3.26	7.72	2.88	3.27	EMOS	CRPS	1.21	1.56	1.43	1.80	1.75	1.98
	BIAS	0.55	0.52	0.61	0.59	0.83	1.09		BIAS	0.31	0.40	0.32	0.46	0.38	0.53
	RMSE	5.20	5.96	5.63	6.29	5.23	5.96		RMSE	2.35	2.89	2.73	3.32	3.38	3.79

표 2.2.2.8 양상블 모델 후처리 노점온도 12UTC 검증결과(좌:EPSG, 우:ECME)

강수량의 경우 PPNN, EMOS 기법을 적용한 결과가 원 모델결과보다 성능이 좋지 않았다. 강수량 같은 경우 연속변수가 아니므로 연속성을 가지는 변수들과는 특성이 달라 올해 연구에서 개발한 방안이 아닌 새로운 방법으로 보완해야 될 것으로 보인다. 또한 원 모델 자료는 강수량 변수가 3시간 누적 강수량이므로, 1시간 내삽 후 이

용해 후처리를 하는 것이 아니라 3시간 누적 강수량을 이용한 후처리 후, 1시간 내삽하는 방안으로 정확도를 향상 시키는 수 있는 방법이 있다.

EPSG								ECME							
모델	검증 지수	0~72hr		73~144hr		145~240hr		모델	검증 지수	0~72hr		73~144hr		145~240hr	
		주간	야간	주간	야간	주간	야간			주간	야간	주간	야간	주간	야간
겨울철															
EPSG	CRPS	0.08	0.11	0.09	0.11	0.08	0.11	ECME	CRPS	0.13	0.14	0.30	0.31	0.33	0.33
	BIAS	-0.04	-0.06	-0.02	-0.04	-0.03	-0.06		BIAS	-0.05	-0.07	-0.03	-0.05	-0.01	-0.04
	RMSE	6.89	7.98	6.24	7.38	5.70	6.85		RMSE	6.92	8.01	6.27	7.41	5.77	6.97
PPNN	CRPS	0.08	0.11	0.08	0.10	0.08	0.10	PPNN	CRPS	0.08	0.11	0.08	0.09	0.08	0.12
	BIAS	-0.06	-0.09	-0.06	-0.07	-0.05	-0.08		BIAS	-0.05	-0.08	-0.06	-0.08	-0.05	-0.04
	RMSE	6.90	7.98	6.24	7.39	5.70	6.85		RMSE	6.92	8.01	6.27	7.41	5.78	6.99
EMOS	CRPS	0.08	0.10	0.08	0.10	0.07	0.09	EMOS	CRPS	0.08	0.11	0.08	0.10	0.07	0.09
	BIAS	-0.06	-0.08	-0.06	-0.08	-0.07	-0.09		BIAS	-0.07	-0.10	-0.08	-0.10	-0.07	-0.09
	RMSE	6.89	7.98	6.24	7.38	5.70	6.85		RMSE	6.93	8.01	6.27	7.42	5.77	6.97
봄철															
EPSG	CRPS	0.13	0.12	0.17	0.16	0.19	0.17	ECME	CRPS	0.26	0.23	0.76	0.71	0.82	0.78
	BIAS	-0.04	-0.03	-0.02	-0.01	-0.08	-0.06		BIAS	-0.04	-0.03	-0.02	-0.01	-0.03	0.00
	RMSE	6.03	5.31	6.01	5.41	6.09	5.57		RMSE	6.07	5.40	6.05	5.50	6.17	5.63
PPNN	CRPS	0.14	0.12	0.17	0.15	0.22	0.16	PPNN	CRPS	0.13	0.11	0.19	0.16	0.22	0.19
	BIAS	-0.07	-0.03	-0.08	-0.06	-0.06	-0.10		BIAS	-0.06	-0.06	-0.05	-0.04	-0.04	-0.05
	RMSE	6.04	5.31	6.03	5.43	6.12	5.58		RMSE	6.07	5.40	6.07	5.53	6.21	5.66
EMOS	CRPS	0.13	0.11	0.15	0.13	0.16	0.14	EMOS	CRPS	0.14	0.13	0.15	0.13	0.16	0.14
	BIAS	-0.09	-0.08	-0.13	-0.13	-0.16	-0.14		BIAS	-0.11	-0.10	-0.15	-0.13	-0.16	-0.14
	RMSE	6.03	5.31	6.02	5.42	6.10	5.57		RMSE	6.08	5.40	6.06	5.51	6.18	5.64
여름철															
EPSG	CRPS	0.33	0.36	0.40	0.41	0.39	0.39	ECME	CRPS	0.72	0.67	1.91	1.83	1.82	1.78
	BIAS	-0.05	-0.03	-0.04	-0.02	-0.18	-0.18		BIAS	-0.07	-0.04	-0.06	-0.02	-0.06	-0.03
	RMSE	6.37	7.37	6.51	7.31	6.70	7.52		RMSE	6.33	7.29	6.56	7.34	6.71	7.52
PPNN	CRPS	0.31	0.31	0.39	0.38	0.38	0.38	PPNN	CRPS	0.30	0.31	0.38	0.37	0.39	0.37
	BIAS	-0.17	-0.18	-0.13	-0.15	-0.24	-0.24		BIAS	-0.13	-0.17	-0.15	-0.15	-0.22	-0.23
	RMSE	6.39	7.38	6.55	7.34	6.72	7.54		RMSE	6.35	7.30	6.60	7.36	6.75	7.54
EMOS	CRPS	0.30	0.31	0.33	0.33	0.33	0.33	EMOS	CRPS	0.32	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
	BIAS	-0.22	-0.22	-0.29	-0.29	-0.33	-0.33		BIAS	-0.26	-0.28	-0.33	-0.33	-0.33	-0.33
	RMSE	6.38	7.38	6.52	7.32	6.71	7.53		RMSE	6.36	7.32	6.58	7.35	6.72	7.53
가을철															
EPSG	CRPS	0.19	0.25	0.22	0.28	0.21	0.25	ECME	CRPS	0.38	0.40	0.90	0.90	0.85	0.86
	BIAS	-0.07	-0.10	-0.06	-0.09	-0.12	-0.16		BIAS	-0.08	-0.10	-0.07	-0.10	-0.07	-0.10
	RMSE	7.54	9.71	7.51	9.75	7.50	9.72		RMSE	7.55	9.73	7.52	9.77	7.45	9.69
PPNN	CRPS	0.20	0.24	0.26	0.31	0.23	0.26	PPNN	CRPS	0.20	0.24	0.22	0.27	0.23	0.27
	BIAS	-0.09	-0.12	-0.02	-0.07	-0.11	-0.18		BIAS	-0.09	-0.16	-0.08	-0.17	-0.09	-0.13
	RMSE	7.56	9.72	7.57	9.80	7.52	9.73		RMSE	7.56	9.74	7.54	9.78	7.49	9.71
EMOS	CRPS	0.19	0.24	0.20	0.25	0.19	0.23	EMOS	CRPS	0.20	0.25	0.20	0.25	0.19	0.23
	BIAS	-0.13	-0.17	-0.17	-0.21	-0.19	-0.23		BIAS	-0.16	-0.21	-0.20	-0.25	-0.19	-0.23
	RMSE	7.55	9.72	7.52	9.76	7.50	9.72		RMSE	7.57	9.74	7.53	9.78	7.46	9.70

표 2.2.2.9 앙상블 모델 후처리 강수량 00UTC 검증결과1(좌:EPSG, 우:ECME)

		EPSG						ECME							
모델	검증 지수	0~72hr		73~144hr		145~240hr		모델	검증 지수	0~72hr		73~144hr		145~240hr	
		주간	야간	주간	야간	주간	야간			주간	야간	주간	야간	주간	야간
겨울철															
EPSG	CSI 0.1	27.45	30.32	16.22	20.06	10.69	13.79	ECME	CSI 0.1	31.79	34.64	18.91	20.73	10.24	12.21
	CSI 0.5	33.61	38.68	22.75	26.45	2.92	4.00		CSI 0.5	36.16	40.32	24.34	24.33	9.97	12.37
	CSI 1.0	31.21	38.12	21.91	25.06	0.03	1.11		CSI 1.0	32.45	38.15	20.84	18.79	3.93	2.93
	CSI 5.0	11.78	14.57	0.17	3.78	0.00	0.00		CSI 5.0	3.58	3.78	1.27	0.00	0.00	0.00
PPNN	CSI 0.1	28.12	35.35	13.06	22.45	2.16	5.86	PPNN	CSI 0.1	32.67	34.97	19.90	25.22	7.41	6.62
	CSI 0.5	24.49	31.61	9.13	19.78	1.04	2.93		CSI 0.5	30.52	31.57	14.74	22.51	5.21	5.06
	CSI 1.0	22.01	31.18	7.23	18.59	0.41	0.98		CSI 1.0	30.00	32.45	10.65	22.46	3.16	3.84
	CSI 5.0	12.77	4.91	0.07	3.30	0.00	0.00		CSI 5.0	11.79	13.05	1.27	2.61	0.04	0.04
EMOS	CSI 0.1	31.62	33.79	22.25	26.84	0.00	0.00	EMOS	CSI 0.1	37.40	41.13	0.00	0.00	0.00	0.00
	CSI 0.5	27.87	35.63	2.22	11.32	0.00	0.00		CSI 0.5	16.77	25.19	0.00	0.00	0.00	0.00
	CSI 1.0	22.13	32.86	0.00	3.16	0.00	0.00		CSI 1.0	7.68	16.31	0.00	0.00	0.00	0.00
	CSI 5.0	0.68	1.12	0.00	0.00	0.00	0.00		CSI 5.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
봄철															
EPSG	CSI 0.1	36.00	33.05	21.10	20.16	14.04	13.17	ECME	CSI 0.1	38.08	34.58	20.10	18.97	12.35	11.55
	CSI 0.5	45.09	41.57	28.66	23.74	7.37	7.86		CSI 0.5	45.82	42.38	29.73	25.25	15.68	13.99
	CSI 1.0	38.64	33.94	23.01	17.05	0.60	0.91		CSI 1.0	40.09	35.79	23.52	18.26	7.79	6.94
	CSI 5.0	7.40	6.32	2.09	1.48	0.00	0.00		CSI 5.0	7.49	3.36	1.31	0.27	0.00	0.00
PPNN	CSI 0.1	38.17	38.82	23.10	22.09	5.99	5.14	PPNN	CSI 0.1	43.07	42.52	22.96	22.94	10.69	9.29
	CSI 0.5	34.31	37.18	17.53	16.42	4.39	3.96		CSI 0.5	40.59	36.78	16.37	16.10	6.89	7.17
	CSI 1.0	27.65	31.12	12.07	12.22	2.69	2.76		CSI 1.0	34.79	30.33	9.70	11.13	3.60	5.26
	CSI 5.0	6.11	17.98	2.18	4.44	0.19	0.46		CSI 5.0	14.11	9.03	1.07	1.70	0.38	0.50
EMOS	CSI 0.1	42.75	39.50	29.05	7.88	0.00	0.00	EMOS	CSI 0.1	46.92	44.26	0.00	0.00	0.00	0.00
	CSI 0.5	37.94	32.59	1.77	0.00	0.00	0.00		CSI 0.5	31.45	22.73	0.00	0.00	0.00	0.00
	CSI 1.0	24.80	19.74	0.03	0.00	0.00	0.00		CSI 1.0	13.68	8.46	0.00	0.00	0.00	0.00
	CSI 5.0	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		CSI 5.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
여름철															
EPSG	CSI 0.1	24.60	21.38	16.84	15.79	13.82	13.16	ECME	CSI 0.1	25.98	23.00	16.31	15.48	12.30	11.82
	CSI 0.5	31.24	28.94	20.37	19.09	11.01	10.42		CSI 0.5	34.93	33.64	21.44	20.51	13.78	13.06
	CSI 1.0	28.27	26.81	17.51	15.29	3.66	2.78		CSI 1.0	32.53	31.99	18.90	16.94	7.68	7.69
	CSI 5.0	12.06	9.60	1.35	0.58	0.00	0.00		CSI 5.0	10.61	7.27	0.72	0.55	0.00	0.00
PPNN	CSI 0.1	29.52	31.77	17.44	18.06	8.92	9.06	PPNN	CSI 0.1	35.27	35.08	19.11	20.23	6.36	7.60
	CSI 0.5	26.47	29.76	13.41	14.39	6.44	6.91		CSI 0.5	33.30	32.36	15.02	15.45	5.17	6.06
	CSI 1.0	22.46	25.39	9.93	10.26	3.93	4.56		CSI 1.0	29.42	27.84	11.07	11.49	3.99	4.28
	CSI 5.0	10.18	6.38	2.79	2.78	0.14	0.19		CSI 5.0	12.97	8.98	3.25	3.80	0.53	0.92
EMOS	CSI 0.1	30.74	28.30	21.57	19.49	0.00	0.00	EMOS	CSI 0.1	36.59	36.82	0.00	0.00	0.00	0.00
	CSI 0.5	27.67	25.18	3.15	1.32	0.00	0.00		CSI 0.5	21.61	13.54	0.00	0.00	0.00	0.00
	CSI 1.0	19.72	14.60	0.03	0.01	0.00	0.00		CSI 1.0	9.04	2.67	0.00	0.00	0.00	0.00
	CSI 5.0	0.55	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00		CSI 5.0	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
가을철															
EPSG	CSI 0.1	27.92	27.24	20.09	20.83	13.94	15.14	ECME	CSI 0.1	28.50	27.05	19.67	20.01	13.62	13.87
	CSI 0.5	31.87	32.86	22.92	24.96	7.82	8.84		CSI 0.5	33.51	35.04	21.97	25.88	16.13	18.08
	CSI 1.0	28.25	30.26	19.54	20.44	3.34	3.42		CSI 1.0	30.25	33.23	19.10	21.88	10.00	11.13
	CSI 5.0	15.52	11.00	4.49	3.91	0.00	0.00		CSI 5.0	15.04	10.54	4.09	4.73	0.02	0.03
PPNN	CSI 0.1	30.05	33.59	16.36	20.70	9.86	9.20	PPNN	CSI 0.1	31.69	35.61	22.34	23.10	11.38	15.56
	CSI 0.5	27.04	32.17	14.75	17.52	6.94	6.11		CSI 0.5	29.34	31.92	19.68	19.40	9.94	11.93
	CSI 1.0	23.81	29.50	13.12	14.61	4.82	3.95		CSI 1.0	26.39	29.02	17.83	16.08	8.37	7.79
	CSI 5.0	14.46	14.23	8.60	5.50	2.57	0.77		CSI 5.0	16.96	13.88	11.98	2.80	4.31	4.38
EMOS	CSI 0.1	31.38	30.56	23.99	26.40	0.00	0.00	EMOS	CSI 0.1	35.08	36.12	0.00	0.00	0.00	0.00
	CSI 0.5	28.06	30.94	8.58	13.09	0.00	0.00		CSI 0.5	20.35	23.19	0.00	0.00	0.00	0.00
	CSI 1.0	22.34	25.25	2.02	4.05	0.00	0.00		CSI 1.0	12.13	10.17	0.00	0.00	0.00	0.00
	CSI 5.0	5.66	3.17	0.00	0.00	0.00	0.00		CSI 5.0	0.51	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00

표 2.2.2.10 앙상블 모델 후처리 강수량 00UTC 검증결과2(좌:EPSG, 우:ECME)

EPSG								ECME							
모델	검증 지수	0~72hr		73~144hr		145~240hr		모델	검증 지수	0~72hr		73~144hr		145~240hr	
		주간	야간	주간	야간	주간	야간			주간	야간	주간	야간	주간	야간
겨울철															
EPSG	CRPS	0.08	0.11	0.09	0.11	0.08	0.11	ECME	CRPS	0.12	0.15	0.29	0.32	0.32	0.34
	BIAS	-0.04	-0.06	-0.02	-0.04	-0.04	-0.06		BIAS	-0.05	-0.07	-0.03	-0.06	-0.01	-0.03
	RMSE	6.84	7.95	6.23	7.39	5.78	6.91		RMSE	6.88	7.99	6.29	7.47	5.70	6.89
PPNN	CRPS	0.08	0.11	0.09	0.10	0.07	0.10	PPNN	CRPS	0.08	0.10	0.08	0.10	0.09	0.11
	BIAS	-0.05	-0.07	-0.05	-0.07	-0.06	-0.08		BIAS	-0.06	-0.09	-0.06	-0.09	-0.02	-0.06
	RMSE	6.84	7.96	6.23	7.40	5.78	6.91		RMSE	6.88	7.99	6.30	7.47	5.71	6.90
EMOS	CRPS	0.08	0.10	0.08	0.10	0.07	0.09	EMOS	CRPS	0.08	0.11	0.07	0.10	0.07	0.09
	BIAS	-0.06	-0.08	-0.06	-0.08	-0.07	-0.09		BIAS	-0.07	-0.10	-0.07	-0.10	-0.07	-0.09
	RMSE	6.84	7.95	6.23	7.39	5.78	6.91		RMSE	6.89	7.99	6.30	7.47	5.70	6.89
봄철															
EPSG	CRPS	0.13	0.12	0.17	0.16	0.19	0.17	ECME	CRPS	0.25	0.26	0.74	0.77	0.80	0.81
	BIAS	-0.03	-0.02	-0.01	0.00	-0.08	-0.06		BIAS	-0.04	-0.02	-0.03	-0.02	-0.02	0.00
	RMSE	5.97	5.29	6.01	5.45	6.09	5.58		RMSE	6.01	5.32	6.02	5.37	6.05	5.50
PPNN	CRPS	0.14	0.12	0.18	0.15	0.20	0.17	PPNN	CRPS	0.13	0.11	0.17	0.16	0.20	0.16
	BIAS	-0.05	-0.06	-0.04	-0.06	-0.08	-0.08		BIAS	-0.08	-0.06	-0.07	-0.05	-0.07	-0.08
	RMSE	5.98	5.30	6.03	5.46	6.11	5.59		RMSE	6.02	5.32	6.03	5.39	6.07	5.51
EMOS	CRPS	0.13	0.12	0.15	0.13	0.16	0.14	EMOS	CRPS	0.14	0.13	0.15	0.13	0.16	0.14
	BIAS	-0.08	-0.08	-0.13	-0.13	-0.16	-0.14		BIAS	-0.11	-0.10	-0.15	-0.13	-0.16	-0.14
	RMSE	5.97	5.30	6.02	5.46	6.10	5.58		RMSE	6.02	5.33	6.03	5.37	6.05	5.50
여름철															
EPSG	CRPS	0.32	0.36	0.39	0.41	0.38	0.39	ECME	CRPS	0.67	0.76	1.84	1.93	1.80	1.85
	BIAS	-0.04	-0.03	-0.03	-0.02	-0.18	-0.18		BIAS	-0.07	-0.03	-0.06	-0.02	-0.05	-0.02
	RMSE	6.27	7.29	6.50	7.31	6.70	7.52		RMSE	6.32	7.29	6.50	7.32	6.70	7.56
PPNN	CRPS	0.31	0.32	0.37	0.37	0.38	0.38	PPNN	CRPS	0.29	0.31	0.37	0.39	0.39	0.39
	BIAS	-0.15	-0.18	-0.20	-0.18	-0.24	-0.21		BIAS	-0.15	-0.13	-0.17	-0.12	-0.19	-0.20
	RMSE	6.30	7.30	6.54	7.33	6.73	7.54		RMSE	6.33	7.30	6.53	7.36	6.74	7.58
EMOS	CRPS	0.29	0.31	0.33	0.33	0.33	0.33	EMOS	CRPS	0.32	0.32	0.33	0.33	0.33	0.33
	BIAS	-0.21	-0.23	-0.28	-0.29	-0.33	-0.33		BIAS	-0.26	-0.27	-0.33	-0.33	-0.33	-0.33
	RMSE	6.29	7.30	6.52	7.32	6.71	7.53		RMSE	6.35	7.31	6.52	7.33	6.71	7.57
가을철															
EPSG	CRPS	0.19	0.25	0.22	0.27	0.21	0.25	ECME	CRPS	0.35	0.43	0.85	0.92	0.80	0.86
	BIAS	-0.07	-0.10	-0.05	-0.09	-0.12	-0.16		BIAS	-0.07	-0.10	-0.07	-0.10	-0.07	-0.10
	RMSE	7.54	9.74	7.51	9.73	7.49	9.67		RMSE	7.54	9.80	7.51	9.67	7.51	9.72
PPNN	CRPS	0.19	0.25	0.23	0.29	0.21	0.25	PPNN	CRPS	0.18	0.24	0.21	0.26	0.27	0.28
	BIAS	-0.10	-0.12	-0.09	-0.11	-0.15	-0.17		BIAS	-0.10	-0.17	-0.12	-0.13	-0.03	-0.10
	RMSE	7.55	9.75	7.54	9.75	7.50	9.68		RMSE	7.55	9.80	7.52	9.69	7.61	9.74
EMOS	CRPS	0.18	0.24	0.20	0.24	0.19	0.23	EMOS	CRPS	0.19	0.25	0.19	0.24	0.19	0.23
	BIAS	-0.12	-0.16	-0.16	-0.21	-0.19	-0.23		BIAS	-0.15	-0.21	-0.19	-0.24	-0.19	-0.23
	RMSE	7.54	9.75	7.52	9.74	7.50	9.68		RMSE	7.55	9.81	7.53	9.68	7.52	9.73

표 2.2.2.11 앙상블 모델 후처리 강수량 12UTC 검증결과1(좌:EPSG, 우:ECME)

		EPSG						ECME							
모델	검증 지수	0~72hr		73~144hr		145~240hr		모델	검증 지수	0~72hr		73~144hr		145~240hr	
		주간	야간	주간	야간	주간	야간			주간	야간	주간	야간	주간	야간
겨울철															
EPSG	CSI 0.1	28.59	29.80	17.39	19.00	11.50	13.05	ECME	CSI 0.1	31.95	34.03	19.72	20.41	10.72	11.59
	CSI 0.5	35.43	37.79	23.45	25.69	4.54	5.11		CSI 0.5	37.07	40.21	24.59	21.88	9.94	10.59
	CSI 1.0	32.41	36.78	20.86	24.13	1.24	0.69		CSI 1.0	35.20	37.39	19.84	15.38	4.47	3.47
	CSI 5.0	9.72	11.24	0.72	2.32	0.00	0.00		CSI 5.0	2.59	1.39	2.14	0.00	0.00	0.00
PPNN	CSI 0.1	29.44	32.68	12.09	18.79	2.64	4.32	PPNN	CSI 0.1	34.01	35.44	18.17	18.69	5.60	6.83
	CSI 0.5	25.82	32.12	9.28	16.26	2.16	3.20		CSI 0.5	31.97	28.82	13.92	13.52	4.72	5.67
	CSI 1.0	22.41	32.02	6.89	16.31	1.75	2.60		CSI 1.0	30.43	28.69	10.63	10.68	3.86	4.49
	CSI 5.0	5.97	12.77	1.19	2.98	0.05	0.00		CSI 5.0	10.76	10.28	2.78	0.65	0.15	3.26
EMOS	CSI 0.1	32.93	33.49	23.14	25.89	0.00	0.00	EMOS	CSI 0.1	37.82	40.87	0.00	0.00	0.00	0.00
	CSI 0.5	29.98	34.54	2.18	10.30	0.00	0.00		CSI 0.5	20.43	20.98	0.00	0.00	0.00	0.00
	CSI 1.0	23.53	31.77	0.30	2.12	0.00	0.00		CSI 1.0	10.95	10.98	0.00	0.00	0.00	0.00
	CSI 5.0	0.12	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00		CSI 5.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
봄철															
EPSG	CSI 0.1	37.54	32.82	21.75	19.57	14.60	12.73	ECME	CSI 0.1	39.28	34.33	21.26	18.39	12.98	11.37
	CSI 0.5	46.55	41.27	30.06	24.44	8.21	7.22		CSI 0.5	47.42	42.79	29.34	23.69	17.23	13.89
	CSI 1.0	40.55	33.87	26.49	20.52	1.58	1.03		CSI 1.0	41.62	35.17	22.83	16.27	10.25	8.00
	CSI 5.0	8.42	4.94	2.82	1.02	0.00	0.00		CSI 5.0	9.78	2.92	1.85	0.22	0.00	0.00
PPNN	CSI 0.1	41.23	37.44	24.10	22.50	8.59	10.29	PPNN	CSI 0.1	45.73	42.57	24.50	20.48	9.74	9.60
	CSI 0.5	38.56	32.93	20.99	16.78	6.29	8.80		CSI 0.5	39.87	37.25	16.81	14.12	7.08	7.55
	CSI 1.0	32.93	28.04	16.18	12.68	3.87	7.10		CSI 1.0	31.81	30.76	10.91	9.28	4.73	5.49
	CSI 5.0	12.07	8.16	2.02	3.24	0.05	0.54		CSI 5.0	10.44	11.49	2.47	0.63	2.65	1.22
EMOS	CSI 0.1	43.58	39.77	32.16	1.15	0.00	0.00	EMOS	CSI 0.1	48.09	45.22	0.00	0.00	0.00	0.00
	CSI 0.5	41.90	32.09	4.50	0.00	0.00	0.00		CSI 0.5	34.84	20.79	0.00	0.00	0.00	0.00
	CSI 1.0	29.23	18.84	0.42	0.00	0.00	0.00		CSI 1.0	16.69	6.33	0.00	0.00	0.00	0.00
	CSI 5.0	1.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		CSI 5.0	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
여름철															
EPSG	CSI 0.1	25.50	21.03	17.03	15.34	13.93	12.91	ECME	CSI 0.1	26.11	22.35	16.48	15.00	12.50	11.87
	CSI 0.5	32.69	28.29	21.04	18.79	11.63	10.25		CSI 0.5	35.15	32.91	22.09	19.39	13.62	12.78
	CSI 1.0	29.75	26.13	19.35	15.70	4.32	2.63		CSI 1.0	33.01	31.30	19.93	16.06	8.71	8.10
	CSI 5.0	14.97	9.15	3.36	0.97	0.00	0.00		CSI 5.0	12.00	6.23	0.40	0.22	0.00	0.00
PPNN	CSI 0.1	31.92	29.38	16.79	17.54	8.21	10.73	PPNN	CSI 0.1	36.37	34.86	20.28	19.53	7.93	10.50
	CSI 0.5	29.47	26.14	12.43	13.99	6.12	7.83		CSI 0.5	34.18	32.71	15.81	15.65	6.12	7.93
	CSI 1.0	25.75	21.80	9.43	10.34	4.43	5.06		CSI 1.0	30.53	28.38	11.69	11.54	4.29	5.31
	CSI 5.0	12.74	7.38	2.15	2.15	0.91	0.66		CSI 5.0	15.00	10.89	2.42	2.49	0.94	0.45
EMOS	CSI 0.1	31.31	27.57	23.15	19.33	0.00	0.00	EMOS	CSI 0.1	36.44	36.36	0.00	0.00	0.00	0.00
	CSI 0.5	30.09	24.13	6.47	1.27	0.00	0.00		CSI 0.5	23.85	12.10	0.00	0.00	0.00	0.00
	CSI 1.0	22.87	13.72	0.62	0.02	0.00	0.00		CSI 1.0	11.03	2.31	0.00	0.00	0.00	0.00
	CSI 5.0	1.16	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00		CSI 5.0	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
가을철															
EPSG	CSI 0.1	29.13	27.18	20.85	20.60	14.97	14.89	ECME	CSI 0.1	28.59	26.89	19.27	19.13	14.24	13.80
	CSI 0.5	32.55	31.75	22.79	23.89	9.70	8.64		CSI 0.5	33.09	34.91	22.17	25.06	16.53	16.98
	CSI 1.0	29.16	28.97	19.71	19.80	3.99	2.50		CSI 1.0	29.98	33.01	18.92	20.97	10.94	10.47
	CSI 5.0	18.12	11.13	4.09	3.27	0.00	0.00		CSI 5.0	13.23	8.87	4.88	3.50	0.00	0.00
PPNN	CSI 0.1	32.13	31.44	17.84	20.63	7.95	8.45	PPNN	CSI 0.1	32.32	33.95	18.73	21.79	11.81	16.03
	CSI 0.5	28.95	29.67	15.62	19.00	6.48	5.82		CSI 0.5	28.89	30.62	14.85	18.72	10.40	13.64
	CSI 1.0	26.11	26.12	13.35	15.91	5.17	3.94		CSI 1.0	25.97	27.71	12.99	15.72	8.73	10.48
	CSI 5.0	15.68	13.25	6.96	4.10	1.95	1.58		CSI 5.0	14.43	12.87	8.60	6.06	4.10	5.95
EMOS	CSI 0.1	31.97	30.13	24.26	25.67	0.00	0.00	EMOS	CSI 0.1	34.60	35.99	0.00	0.00	0.00	0.00
	CSI 0.5	29.57	29.98	10.74	11.88	0.00	0.00		CSI 0.5	22.50	22.80	0.00	0.00	0.00	0.00
	CSI 1.0	25.06	25.63	3.37	3.18	0.00	0.00		CSI 1.0	13.55	9.31	0.00	0.00	0.00	0.00
	CSI 5.0	7.74	3.74	0.00	0.00	0.00	0.00		CSI 5.0	0.38	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00

표 2.2.2.12 앙상블 모델 후처리 강수량 12UTC 검증결과2(좌:EPSG, 우:ECME)

바람의 경우 U10, V10 변수는 PPNN 결과와 EMOS결과의 예측성능이 비슷하게 향상되었다. PPNN기법은 EMOS보다 알고리즘이 복잡하고 학습시간이 더 오래 소요되므로 효율적인 면에서 EMOS기법을 사용하는 것이 좋을 것으로 보인다. 풍속의 경우 PPNN결과가 EMOS보다 약간 예측성능이 더 좋은 결과를 나타냈지만 큰 차이가 아니므로 U10, V10 바람 성분과 동일한 기법을 적용한다면 EMOS 기법을 사용하는 것도 가능하다.

EPSG								ECME							
모델	검증 지수	0~72hr		73~144hr		145~240hr		모델	검증 지수	0~72hr		73~144hr		145~240hr	
		주간	야간	주간	야간	주간	야간			주간	야간	주간	야간	주간	야간
겨울철															
EPSG	CRPS	1.44	1.51	1.28	1.40	1.15	1.28	ECME	CRPS	1.40	1.53	1.25	1.41	1.15	1.28
	BIAS	1.04	1.02	0.91	0.95	0.81	0.84		BIAS	0.89	1.02	0.75	0.92	0.78	0.90
	RMSE	2.35	2.43	2.26	2.42	2.12	2.32		RMSE	2.22	2.38	2.17	2.37	2.08	2.28
PPNN	CRPS	0.68	0.80	0.75	0.89	0.85	1.04	PPNN	CRPS	0.66	0.78	0.71	0.85	0.81	0.97
	BIAS	-0.02	-0.02	-0.06	0.02	-0.18	-0.25		BIAS	-0.06	0.01	-0.10	-0.19	0.06	0.02
	RMSE	1.39	1.56	1.52	1.71	1.65	1.94		RMSE	1.37	1.53	1.45	1.64	1.61	1.83
EMOS	CRPS	0.74	0.86	0.77	0.91	0.81	0.97	EMOS	CRPS	0.72	0.84	0.74	0.88	0.79	0.94
	BIAS	-0.05	-0.03	-0.08	-0.03	-0.13	-0.07		BIAS	-0.06	-0.03	-0.08	-0.05	-0.11	-0.06
	RMSE	1.45	1.62	1.50	1.70	1.59	1.82		RMSE	1.41	1.58	1.45	1.64	1.54	1.76
봄철															
EPSG	CRPS	1.17	1.33	1.06	1.25	0.94	1.16	ECME	CRPS	1.24	1.39	1.11	1.27	0.98	1.16
	BIAS	0.16	0.22	0.14	0.21	0.08	0.15		BIAS	0.20	0.30	0.17	0.29	0.28	0.37
	RMSE	1.97	2.18	1.93	2.20	1.76	2.12		RMSE	1.99	2.20	1.96	2.20	1.80	2.11
PPNN	CRPS	0.69	0.85	0.78	0.96	0.85	1.11	PPNN	CRPS	0.66	0.82	0.72	0.92	0.81	1.03
	BIAS	-0.11	-0.04	0.19	0.10	0.14	-0.13		BIAS	-0.02	0.04	0.00	-0.15	-0.02	0.11
	RMSE	1.38	1.61	1.53	1.80	1.65	2.03		RMSE	1.33	1.56	1.44	1.74	1.59	1.92
EMOS	CRPS	0.72	0.89	0.76	0.95	0.79	1.03	EMOS	CRPS	0.71	0.87	0.74	0.92	0.78	0.99
	BIAS	-0.06	-0.01	0.00	0.07	0.02	0.13		BIAS	-0.01	0.00	0.00	0.02	0.04	0.10
	RMSE	1.40	1.65	1.47	1.76	1.55	1.90		RMSE	1.37	1.60	1.42	1.69	1.51	1.84
여름철															
EPSG	CRPS	1.02	1.16	0.92	1.08	0.84	1.03	ECME	CRPS	1.14	1.26	1.01	1.15	0.91	1.07
	BIAS	-0.22	-0.19	-0.22	-0.20	-0.13	-0.09		BIAS	-0.14	-0.04	-0.15	-0.04	-0.01	0.13
	RMSE	1.76	1.93	1.70	1.93	1.59	1.88		RMSE	1.85	2.02	1.78	1.99	1.65	1.91
PPNN	CRPS	0.61	0.75	0.70	0.87	0.75	0.98	PPNN	CRPS	0.59	0.73	0.66	0.83	0.72	0.92
	BIAS	0.04	-0.10	0.15	0.20	0.15	0.28		BIAS	-0.02	0.04	0.07	-0.24	0.11	0.13
	RMSE	1.21	1.41	1.37	1.62	1.47	1.81		RMSE	1.18	1.38	1.31	1.56	1.43	1.71
EMOS	CRPS	0.63	0.77	0.66	0.83	0.70	0.90	EMOS	CRPS	0.62	0.76	0.66	0.81	0.69	0.88
	BIAS	-0.03	0.00	0.01	0.05	0.07	0.15		BIAS	-0.02	0.00	-0.02	-0.02	0.04	0.08
	RMSE	1.22	1.43	1.30	1.55	1.38	1.67		RMSE	1.20	1.40	1.28	1.50	1.36	1.63
가을철															
EPSG	CRPS	1.17	1.27	1.08	1.22	0.99	1.14	ECME	CRPS	1.22	1.33	1.09	1.22	0.98	1.11
	BIAS	0.25	0.27	0.33	0.36	0.32	0.33		BIAS	0.18	0.30	0.28	0.42	0.33	0.44
	RMSE	2.00	2.13	2.01	2.18	1.92	2.13		RMSE	1.98	2.13	1.92	2.11	1.84	2.02
PPNN	CRPS	0.59	0.72	0.67	0.82	0.71	0.93	PPNN	CRPS	0.58	0.70	0.63	0.77	0.70	0.88
	BIAS	0.04	0.01	0.01	0.15	-0.12	0.05		BIAS	0.03	0.04	-0.04	0.00	0.00	0.05
	RMSE	1.25	1.41	1.41	1.60	1.47	1.76		RMSE	1.23	1.39	1.32	1.51	1.45	1.68
EMOS	CRPS	0.62	0.76	0.65	0.81	0.69	0.87	EMOS	CRPS	0.62	0.75	0.64	0.78	0.67	0.85
	BIAS	-0.02	-0.01	-0.01	-0.01	-0.04	-0.05		BIAS	0.00	0.01	-0.01	0.00	-0.01	-0.01
	RMSE	1.27	1.45	1.34	1.55	1.43	1.67		RMSE	1.24	1.41	1.30	1.49	1.39	1.62

표 2.2.2.13 앙상블 모델 후처리 U10M 00UTC 검증결과(좌:EPSG, 우:ECME)

EPSG								ECME							
모델	검증 지수	0~72hr		73~144hr		145~240hr		모델	검증 지수	0~72hr		73~144hr		145~240hr	
		주간	야간	주간	야간	주간	야간			주간	야간	주간	야간	주간	야간
겨울철															
EPSG	CRPS	1.44	1.55	1.31	1.41	1.15	1.27	ECME	CRPS	1.41	1.53	1.26	1.39	1.14	1.26
	BIAS	1.01	1.06	0.91	0.93	0.81	0.82		BIAS	0.90	1.04	0.76	0.92	0.80	0.90
	RMSE	2.33	2.49	2.29	2.44	2.12	2.31		RMSE	2.22	2.40	2.16	2.35	2.07	2.26
PPNN	CRPS	0.68	0.82	0.74	0.91	0.85	1.03	PPNN	CRPS	0.66	0.79	0.71	0.85	0.80	0.97
	BIAS	0.00	-0.17	0.02	-0.11	-0.15	-0.03		BIAS	-0.06	-0.08	-0.08	-0.03	0.05	0.11
	RMSE	1.39	1.60	1.50	1.73	1.65	1.94		RMSE	1.36	1.55	1.45	1.65	1.59	1.84
EMOS	CRPS	0.74	0.87	0.76	0.91	0.81	0.98	EMOS	CRPS	0.72	0.85	0.74	0.88	0.78	0.94
	BIAS	-0.06	-0.03	-0.07	-0.03	-0.13	-0.10		BIAS	-0.06	-0.05	-0.08	-0.06	-0.11	-0.07
	RMSE	1.44	1.64	1.50	1.71	1.59	1.84		RMSE	1.41	1.59	1.45	1.65	1.53	1.77
봄철															
EPSG	CRPS	1.18	1.36	1.07	1.25	0.94	1.15	ECME	CRPS	1.25	1.38	1.11	1.24	0.98	1.15
	BIAS	0.15	0.23	0.12	0.20	0.09	0.15		BIAS	0.21	0.32	0.18	0.30	0.29	0.40
	RMSE	1.96	2.23	1.93	2.21	1.76	2.10		RMSE	1.99	2.21	1.94	2.16	1.81	2.09
PPNN	CRPS	0.69	0.87	0.79	0.98	0.84	1.11	PPNN	CRPS	0.67	0.83	0.72	0.92	0.80	1.07
	BIAS	-0.02	-0.18	-0.19	0.06	0.09	0.13		BIAS	0.02	0.11	0.02	-0.04	0.06	0.16
	RMSE	1.37	1.64	1.53	1.84	1.64	2.05		RMSE	1.33	1.59	1.43	1.73	1.57	1.99
EMOS	CRPS	0.72	0.90	0.76	0.96	0.79	1.03	EMOS	CRPS	0.71	0.87	0.73	0.92	0.77	1.00
	BIAS	-0.07	-0.02	-0.02	0.07	0.02	0.10		BIAS	-0.03	0.00	-0.01	0.02	0.05	0.11
	RMSE	1.40	1.67	1.47	1.77	1.55	1.90		RMSE	1.36	1.62	1.42	1.70	1.51	1.84
여름철															
EPSG	CRPS	1.03	1.19	0.95	1.10	0.85	1.03	ECME	CRPS	1.15	1.26	1.02	1.14	0.92	1.07
	BIAS	-0.21	-0.18	-0.22	-0.18	-0.10	-0.03		BIAS	-0.11	0.00	-0.15	-0.02	0.01	0.18
	RMSE	1.75	1.97	1.74	1.96	1.60	1.88		RMSE	1.84	2.03	1.79	1.99	1.67	1.91
PPNN	CRPS	0.60	0.76	0.69	0.87	0.73	0.96	PPNN	CRPS	0.59	0.74	0.65	0.83	0.71	1.00
	BIAS	0.01	0.05	0.14	0.07	0.06	0.01		BIAS	-0.01	0.02	0.00	-0.11	0.05	0.52
	RMSE	1.20	1.43	1.37	1.63	1.44	1.78		RMSE	1.18	1.39	1.31	1.56	1.41	1.82
EMOS	CRPS	0.62	0.78	0.66	0.84	0.70	0.90	EMOS	CRPS	0.62	0.77	0.65	0.82	0.69	0.89
	BIAS	-0.03	0.00	0.01	0.05	0.08	0.16		BIAS	0.00	0.00	-0.03	-0.02	0.05	0.11
	RMSE	1.21	1.44	1.31	1.57	1.38	1.68		RMSE	1.20	1.41	1.28	1.52	1.36	1.64
가을철															
EPSG	CRPS	1.18	1.31	1.11	1.23	0.99	1.13	ECME	CRPS	1.22	1.33	1.10	1.22	0.99	1.10
	BIAS	0.24	0.31	0.31	0.34	0.32	0.31		BIAS	0.20	0.35	0.31	0.46	0.35	0.44
	RMSE	1.99	2.18	2.04	2.20	1.93	2.12		RMSE	1.96	2.13	1.92	2.10	1.84	2.01
PPNN	CRPS	0.59	0.73	0.66	0.84	0.71	0.93	PPNN	CRPS	0.57	0.71	0.62	0.78	0.70	0.90
	BIAS	0.00	-0.03	-0.01	0.02	-0.08	-0.08		BIAS	0.00	0.00	0.03	-0.01	0.03	-0.01
	RMSE	1.24	1.43	1.38	1.62	1.47	1.77		RMSE	1.21	1.40	1.31	1.52	1.49	1.74
EMOS	CRPS	0.62	0.77	0.65	0.81	0.69	0.88	EMOS	CRPS	0.62	0.75	0.64	0.79	0.67	0.85
	BIAS	-0.02	-0.01	-0.02	-0.02	-0.05	-0.07		BIAS	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	-0.01	-0.01
	RMSE	1.26	1.46	1.34	1.56	1.43	1.68		RMSE	1.24	1.42	1.30	1.50	1.39	1.63

표 2.2.2.14 앙상블 모델 후처리 U10M 12UTC 검증결과(좌:EPSG, 우:ECME)

EPSG								ECME							
모델	검증 지수	0~72hr		73~144hr		145~240hr		모델	검증 지수	0~72hr		73~144hr		145~240hr	
		주간	야간	주간	야간	주간	야간			주간	야간	주간	야간	주간	야간
겨울철															
EPSG	CRPS	1.35	1.42	1.19	1.32	1.11	1.24	ECME	CRPS	1.24	1.32	1.11	1.22	1.02	1.14
	BIAS	-0.81	-0.80	-0.77	-0.82	-0.82	-0.88		BIAS	-0.54	-0.58	-0.47	-0.53	-0.49	-0.54
	RMSE	2.24	2.30	2.14	2.28	2.11	2.28		RMSE	2.03	2.12	1.95	2.09	1.93	2.09
PPNN	CRPS	0.69	0.81	0.75	0.89	0.86	1.02	PPNN	CRPS	0.66	0.79	0.71	0.85	0.80	0.97
	BIAS	0.03	0.00	0.06	0.10	0.08	-0.01		BIAS	0.05	0.11	0.15	0.17	-0.03	-0.25
	RMSE	1.45	1.61	1.55	1.74	1.73	1.97		RMSE	1.40	1.56	1.48	1.67	1.64	1.88
EMOS	CRPS	0.74	0.87	0.76	0.91	0.80	0.96	EMOS	CRPS	0.73	0.85	0.75	0.89	0.79	0.94
	BIAS	0.01	-0.01	0.02	0.01	0.04	0.01		BIAS	0.01	0.00	0.04	-0.02	0.03	0.00
	RMSE	1.49	1.66	1.54	1.73	1.63	1.84		RMSE	1.46	1.62	1.50	1.68	1.59	1.80
봄철															
EPSG	CRPS	1.11	1.24	1.00	1.17	0.91	1.10	ECME	CRPS	1.12	1.24	1.02	1.16	0.91	1.08
	BIAS	0.00	-0.04	-0.02	-0.07	-0.03	-0.08		BIAS	0.08	0.04	0.12	0.11	0.13	0.10
	RMSE	1.90	2.04	1.86	2.08	1.74	2.03		RMSE	1.85	2.00	1.82	2.03	1.72	1.98
PPNN	CRPS	0.72	0.84	0.74	0.94	0.81	1.05	PPNN	CRPS	0.65	0.82	0.71	0.90	0.79	1.01
	BIAS	-0.39	-0.02	-0.02	-0.04	-0.12	0.29		BIAS	-0.04	-0.01	-0.07	-0.10	-0.01	0.04
	RMSE	1.45	1.61	1.49	1.77	1.62	1.97		RMSE	1.32	1.56	1.42	1.70	1.59	1.90
EMOS	CRPS	0.71	0.89	0.73	0.93	0.75	0.97	EMOS	CRPS	0.70	0.87	0.72	0.91	0.74	0.96
	BIAS	0.02	0.02	0.01	0.03	-0.03	-0.02		BIAS	0.01	0.01	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02
	RMSE	1.39	1.65	1.44	1.73	1.50	1.82		RMSE	1.36	1.60	1.41	1.68	1.47	1.79
여름철															
EPSG	CRPS	0.94	1.06	0.88	1.02	0.89	1.05	ECME	CRPS	0.99	1.10	0.93	1.05	0.90	1.03
	BIAS	0.20	0.21	0.10	0.07	0.17	0.12		BIAS	0.30	0.31	0.29	0.33	0.34	0.33
	RMSE	1.66	1.79	1.67	1.85	1.72	1.93		RMSE	1.70	1.84	1.72	1.89	1.69	1.88
PPNN	CRPS	0.60	0.74	0.68	0.84	0.74	0.92	PPNN	CRPS	0.58	0.72	0.65	0.82	0.71	0.90
	BIAS	-0.06	-0.07	0.04	-0.08	-0.13	-0.16		BIAS	-0.02	-0.05	-0.05	-0.02	-0.05	-0.17
	RMSE	1.22	1.42	1.37	1.59	1.48	1.73		RMSE	1.18	1.37	1.32	1.56	1.42	1.70
EMOS	CRPS	0.62	0.77	0.66	0.82	0.69	0.86	EMOS	CRPS	0.61	0.75	0.65	0.80	0.68	0.85
	BIAS	-0.03	-0.02	-0.04	-0.03	-0.02	-0.03		BIAS	-0.03	-0.03	-0.05	-0.06	-0.06	-0.08
	RMSE	1.24	1.42	1.32	1.54	1.39	1.62		RMSE	1.21	1.39	1.29	1.50	1.37	1.59
가을철															
EPSG	CRPS	1.11	1.21	1.03	1.15	0.95	1.08	ECME	CRPS	1.12	1.20	1.00	1.10	0.90	1.00
	BIAS	-0.46	-0.46	-0.50	-0.54	-0.57	-0.60		BIAS	-0.37	-0.40	-0.32	-0.33	-0.39	-0.38
	RMSE	1.93	2.01	1.92	2.06	1.85	2.01		RMSE	1.88	1.97	1.81	1.94	1.72	1.86
PPNN	CRPS	0.60	0.73	0.67	0.82	0.72	0.89	PPNN	CRPS	0.58	0.70	0.65	0.78	0.70	0.86
	BIAS	0.10	0.12	0.00	0.12	0.04	0.05		BIAS	0.01	-0.02	0.14	0.06	0.08	-0.01
	RMSE	1.28	1.43	1.44	1.61	1.51	1.72		RMSE	1.23	1.39	1.39	1.53	1.52	1.71
EMOS	CRPS	0.63	0.76	0.65	0.80	0.69	0.85	EMOS	CRPS	0.62	0.75	0.65	0.79	0.67	0.83
	BIAS	0.04	0.04	0.04	0.04	0.06	0.07		BIAS	0.01	-0.01	0.04	0.02	0.05	0.03
	RMSE	1.27	1.45	1.36	1.54	1.44	1.65		RMSE	1.25	1.42	1.32	1.50	1.41	1.60

표 2.2.2.15 앙상블 모델 후처리 V10M 00UTC 검증결과(좌:EPSG, 우:ECME)

EPSG								ECME							
모델	검증 지수	0~72hr		73~144hr		145~240hr		모델	검증 지수	0~72hr		73~144hr		145~240hr	
		주간	야간	주간	야간	주간	야간			주간	야간	주간	야간	주간	야간
겨울철															
EPSG	CRPS	1.37	1.45	1.22	1.33	1.12	1.25	ECME	CRPS	1.26	1.32	1.12	1.21	1.02	1.13
	BIAS	-0.82	-0.84	-0.79	-0.83	-0.82	-0.88		BIAS	-0.58	-0.58	-0.47	-0.54	-0.48	-0.53
	RMSE	2.25	2.33	2.16	2.29	2.12	2.29		RMSE	2.04	2.12	1.96	2.09	1.92	2.08
PPNN	CRPS	0.69	0.83	0.75	0.90	0.87	1.02	PPNN	CRPS	0.66	0.80	0.71	0.86	0.79	0.97
	BIAS	0.06	0.03	0.03	-0.06	0.03	0.04		BIAS	0.03	0.08	0.06	0.07	-0.04	-0.15
	RMSE	1.45	1.64	1.55	1.76	1.76	1.96		RMSE	1.40	1.58	1.48	1.69	1.63	1.89
EMOS	CRPS	0.74	0.88	0.76	0.91	0.80	0.97	EMOS	CRPS	0.73	0.86	0.75	0.89	0.79	0.95
	BIAS	0.00	-0.02	0.02	0.01	0.04	0.03		BIAS	0.01	-0.02	0.03	-0.01	0.04	0.00
	RMSE	1.49	1.67	1.54	1.74	1.63	1.85		RMSE	1.46	1.63	1.50	1.69	1.59	1.81
봄철															
EPSG	CRPS	1.13	1.27	1.02	1.18	0.91	1.09	ECME	CRPS	1.13	1.24	1.02	1.15	0.92	1.07
	BIAS	-0.01	-0.06	-0.03	-0.10	-0.02	-0.08		BIAS	0.06	0.06	0.11	0.08	0.14	0.11
	RMSE	1.90	2.08	1.88	2.10	1.75	2.02		RMSE	1.85	2.01	1.81	2.02	1.72	1.96
PPNN	CRPS	0.67	0.86	0.77	0.95	0.81	1.04	PPNN	CRPS	0.65	0.83	0.70	0.91	0.78	1.01
	BIAS	-0.07	-0.06	0.33	-0.02	0.01	0.12		BIAS	-0.05	0.15	0.00	-0.13	0.09	-0.24
	RMSE	1.36	1.63	1.52	1.79	1.61	1.94		RMSE	1.32	1.59	1.40	1.71	1.55	1.90
EMOS	CRPS	0.71	0.89	0.73	0.93	0.75	0.97	EMOS	CRPS	0.70	0.87	0.72	0.91	0.74	0.96
	BIAS	0.01	-0.01	0.01	0.02	-0.02	-0.02		BIAS	0.01	0.01	-0.01	-0.02	-0.03	-0.03
	RMSE	1.39	1.66	1.43	1.73	1.50	1.83		RMSE	1.36	1.61	1.40	1.69	1.47	1.79
여름철															
EPSG	CRPS	0.95	1.07	0.90	1.04	0.90	1.06	ECME	CRPS	1.01	1.11	0.93	1.05	0.91	1.04
	BIAS	0.20	0.17	0.10	0.06	0.16	0.11		BIAS	0.29	0.33	0.31	0.35	0.34	0.34
	RMSE	1.65	1.80	1.70	1.89	1.74	1.95		RMSE	1.71	1.86	1.72	1.89	1.71	1.91
PPNN	CRPS	0.60	0.75	0.68	0.86	0.74	0.93	PPNN	CRPS	0.58	0.73	0.65	0.82	0.71	0.89
	BIAS	-0.01	0.02	0.14	-0.03	-0.12	-0.22		BIAS	-0.03	-0.03	-0.04	0.04	-0.04	0.00
	RMSE	1.21	1.42	1.37	1.63	1.47	1.75		RMSE	1.17	1.39	1.32	1.55	1.42	1.68
EMOS	CRPS	0.62	0.77	0.66	0.82	0.69	0.86	EMOS	CRPS	0.61	0.76	0.65	0.80	0.68	0.85
	BIAS	-0.03	-0.04	-0.03	-0.04	-0.04	-0.05		BIAS	-0.03	-0.03	-0.05	-0.06	-0.06	-0.07
	RMSE	1.22	1.44	1.32	1.55	1.39	1.63		RMSE	1.20	1.41	1.29	1.50	1.37	1.60
가을철															
EPSG	CRPS	1.13	1.23	1.04	1.16	0.94	1.06	ECME	CRPS	1.14	1.20	1.00	1.08	0.91	1.00
	BIAS	-0.47	-0.51	-0.52	-0.56	-0.59	-0.63		BIAS	-0.39	-0.37	-0.33	-0.34	-0.39	-0.38
	RMSE	1.93	2.05	1.94	2.08	1.84	1.99		RMSE	1.88	1.98	1.80	1.93	1.74	1.86
PPNN	CRPS	0.59	0.73	0.68	0.85	0.71	0.90	PPNN	CRPS	0.57	0.71	0.63	0.79	0.70	0.88
	BIAS	0.01	0.00	0.05	-0.06	-0.04	-0.02		BIAS	0.06	-0.03	-0.03	0.23	0.03	-0.02
	RMSE	1.26	1.45	1.45	1.68	1.49	1.74		RMSE	1.22	1.41	1.33	1.55	1.48	1.75
EMOS	CRPS	0.62	0.76	0.65	0.81	0.69	0.85	EMOS	CRPS	0.62	0.75	0.64	0.79	0.67	0.84
	BIAS	0.02	0.03	0.04	0.03	0.06	0.06		BIAS	0.01	-0.01	0.03	0.01	0.05	0.04
	RMSE	1.27	1.46	1.36	1.56	1.44	1.66		RMSE	1.25	1.43	1.32	1.51	1.41	1.61

표 2.2.2.16 앙상블 모델 후처리 V10M 12UTC 검증결과(좌:EPSG, 우:ECME)

EPSG								ECME							
모델	검증 지수	0~72hr		73~144hr		145~240hr		모델	검증 지수	0~72hr		73~144hr		145~240hr	
		주간	야간	주간	야간	주간	야간			주간	야간	주간	야간	주간	야간
겨울철															
EPSG	CRPS	1.54	1.44	1.38	1.33	1.33	1.28	ECME	CRPS	1.50	1.43	1.35	1.31	1.28	1.20
	BIAS	1.48	1.25	1.39	1.22	1.41	1.23		BIAS	1.47	1.33	1.34	1.24	1.28	1.09
	RMSE	2.48	2.36	2.39	2.34	2.40	2.33		RMSE	2.21	2.15	2.15	2.12	2.14	2.06
PPNN	CRPS	0.69	0.71	0.76	0.78	0.92	0.91	PPNN	CRPS	0.64	0.67	0.72	0.74	0.83	0.86
	BIAS	-0.21	-0.21	-0.02	-0.10	-0.32	-0.10		BIAS	-0.03	-0.16	-0.15	-0.07	-0.17	-0.03
	RMSE	1.41	1.40	1.52	1.51	1.77	1.72		RMSE	1.31	1.33	1.45	1.45	1.63	1.63
EMOS	CRPS	0.74	0.78	0.77	0.82	0.83	0.88	EMOS	CRPS	0.70	0.74	0.73	0.78	0.79	0.85
	BIAS	-0.10	-0.13	-0.16	-0.16	-0.19	-0.19		BIAS	-0.07	-0.08	-0.12	-0.11	-0.12	-0.12
	RMSE	1.47	1.50	1.53	1.56	1.64	1.68		RMSE	1.38	1.41	1.45	1.48	1.57	1.61
봄철															
EPSG	CRPS	1.15	1.10	1.09	1.05	1.01	0.99	ECME	CRPS	1.26	1.19	1.15	1.10	1.01	0.95
	BIAS	0.98	0.79	1.03	0.86	0.96	0.80		BIAS	1.18	0.99	1.14	0.97	0.94	0.69
	RMSE	1.96	1.89	1.97	1.92	1.88	1.84		RMSE	1.92	1.87	1.91	1.87	1.77	1.70
PPNN	CRPS	0.65	0.68	0.72	0.75	0.82	0.81	PPNN	CRPS	0.62	0.65	0.68	0.71	0.75	0.79
	BIAS	-0.10	0.08	0.03	-0.02	-0.47	0.02		BIAS	-0.09	-0.13	0.05	-0.09	-0.02	-0.06
	RMSE	1.31	1.30	1.42	1.42	1.56	1.52		RMSE	1.25	1.25	1.34	1.36	1.47	1.49
EMOS	CRPS	0.68	0.73	0.71	0.77	0.73	0.79	EMOS	CRPS	0.67	0.72	0.70	0.75	0.72	0.78
	BIAS	-0.17	-0.12	-0.17	-0.12	-0.20	-0.16		BIAS	-0.09	-0.06	-0.07	-0.07	-0.12	-0.08
	RMSE	1.35	1.38	1.39	1.44	1.43	1.48		RMSE	1.30	1.34	1.35	1.40	1.41	1.46
여름철															
EPSG	CRPS	1.00	0.99	0.96	0.95	0.95	0.93	ECME	CRPS	1.18	1.15	1.09	1.06	1.00	0.95
	BIAS	0.87	0.75	0.93	0.81	0.95	0.84		BIAS	1.17	1.05	1.16	1.04	1.03	0.84
	RMSE	1.76	1.74	1.81	1.78	1.80	1.76		RMSE	1.84	1.84	1.84	1.83	1.75	1.69
PPNN	CRPS	0.57	0.59	0.65	0.67	0.71	0.73	PPNN	CRPS	0.56	0.58	0.62	0.65	0.68	0.70
	BIAS	-0.08	-0.04	0.00	-0.05	-0.16	-0.10		BIAS	-0.05	-0.03	-0.09	-0.19	-0.06	-0.17
	RMSE	1.15	1.15	1.29	1.29	1.40	1.39		RMSE	1.12	1.13	1.24	1.26	1.36	1.34
EMOS	CRPS	0.60	0.64	0.63	0.68	0.66	0.70	EMOS	CRPS	0.59	0.64	0.63	0.68	0.66	0.71
	BIAS	-0.13	-0.12	-0.16	-0.16	-0.18	-0.18		BIAS	-0.09	-0.08	-0.10	-0.11	-0.14	-0.15
	RMSE	1.18	1.22	1.26	1.29	1.32	1.35		RMSE	1.16	1.20	1.23	1.27	1.31	1.35
가을철															
EPSG	CRPS	1.26	1.22	1.21	1.18	1.16	1.12	ECME	CRPS	1.36	1.30	1.23	1.18	1.12	1.04
	BIAS	1.20	1.05	1.24	1.11	1.24	1.08		BIAS	1.38	1.25	1.30	1.19	1.17	0.94
	RMSE	2.13	2.07	2.18	2.15	2.16	2.10		RMSE	2.05	2.02	1.98	1.97	1.92	1.84
PPNN	CRPS	0.60	0.63	0.67	0.71	0.73	0.78	PPNN	CRPS	0.57	0.60	0.65	0.67	0.71	0.77
	BIAS	0.01	-0.05	-0.18	-0.12	-0.13	-0.24		BIAS	-0.04	-0.13	0.03	-0.11	-0.07	-0.13
	RMSE	1.23	1.25	1.39	1.41	1.50	1.52		RMSE	1.20	1.20	1.33	1.34	1.44	1.53
EMOS	CRPS	0.63	0.68	0.66	0.72	0.71	0.77	EMOS	CRPS	0.61	0.66	0.63	0.69	0.68	0.75
	BIAS	-0.12	-0.13	-0.15	-0.16	-0.24	-0.26		BIAS	-0.07	-0.05	-0.09	-0.09	-0.14	-0.16
	RMSE	1.27	1.31	1.35	1.39	1.47	1.50		RMSE	1.22	1.26	1.29	1.33	1.40	1.45

표 2.2.2.17 앙상블 모델 후처리 풍속 00UTC 검증결과(좌:EPSG, 우:ECME)

EPSG								ECME							
모델	검증 지수	0~72hr		73~144hr		145~240hr		모델	검증 지수	0~72hr		73~144hr		145~240hr	
		주간	야간	주간	야간	주간	야간			주간	야간	주간	야간	주간	야간
겨울철															
EPSG	CRPS	1.55	1.48	1.41	1.34	1.33	1.27	ECME	CRPS	1.51	1.43	1.35	1.29	1.27	1.18
	BIAS	1.46	1.30	1.41	1.22	1.40	1.20		BIAS	1.48	1.34	1.34	1.21	1.27	1.07
	RMSE	2.47	2.41	2.42	2.35	2.40	2.32		RMSE	2.22	2.16	2.14	2.10	2.12	2.04
PPNN	CRPS	0.68	0.70	0.75	0.80	0.87	0.93	PPNN	CRPS	0.64	0.68	0.72	0.76	0.81	0.85
	BIAS	-0.08	-0.08	-0.01	-0.02	-0.20	-0.06		BIAS	-0.06	-0.07	-0.16	-0.22	-0.07	-0.03
	RMSE	1.39	1.39	1.51	1.55	1.70	1.77		RMSE	1.32	1.34	1.45	1.48	1.59	1.62
EMOS	CRPS	0.74	0.79	0.77	0.82	0.83	0.89	EMOS	CRPS	0.70	0.75	0.73	0.79	0.79	0.85
	BIAS	-0.11	-0.13	-0.15	-0.15	-0.21	-0.22		BIAS	-0.09	-0.09	-0.12	-0.12	-0.14	-0.13
	RMSE	1.46	1.50	1.53	1.57	1.64	1.69		RMSE	1.38	1.42	1.45	1.49	1.56	1.61
봄철															
EPSG	CRPS	1.16	1.13	1.10	1.06	1.00	0.98	ECME	CRPS	1.26	1.18	1.14	1.07	1.01	0.94
	BIAS	0.98	0.83	1.03	0.87	0.95	0.78		BIAS	1.19	1.00	1.13	0.93	0.95	0.68
	RMSE	1.95	1.92	1.98	1.93	1.87	1.82		RMSE	1.92	1.87	1.89	1.83	1.77	1.69
PPNN	CRPS	0.64	0.68	0.71	0.77	0.77	0.81	PPNN	CRPS	0.62	0.66	0.67	0.72	0.73	0.78
	BIAS	-0.03	-0.06	-0.12	0.19	0.09	-0.09		BIAS	-0.04	-0.02	-0.05	0.06	-0.05	0.04
	RMSE	1.29	1.31	1.42	1.45	1.49	1.53		RMSE	1.23	1.27	1.33	1.37	1.43	1.47
EMOS	CRPS	0.68	0.74	0.71	0.77	0.72	0.79	EMOS	CRPS	0.67	0.72	0.69	0.75	0.72	0.78
	BIAS	-0.16	-0.13	-0.16	-0.12	-0.20	-0.16		BIAS	-0.08	-0.06	-0.10	-0.08	-0.11	-0.08
	RMSE	1.34	1.38	1.39	1.44	1.43	1.48		RMSE	1.29	1.34	1.34	1.40	1.40	1.46
여름철															
EPSG	CRPS	1.00	1.00	0.98	0.96	0.96	0.94	ECME	CRPS	1.18	1.15	1.10	1.05	1.02	0.96
	BIAS	0.85	0.76	0.95	0.83	0.97	0.86		BIAS	1.17	1.07	1.16	1.03	1.05	0.86
	RMSE	1.74	1.77	1.84	1.81	1.82	1.78		RMSE	1.84	1.85	1.84	1.82	1.77	1.71
PPNN	CRPS	0.57	0.61	0.65	0.68	0.69	0.73	PPNN	CRPS	0.55	0.59	0.61	0.65	0.67	0.71
	BIAS	-0.08	0.04	-0.13	0.02	-0.06	-0.18		BIAS	-0.16	-0.06	-0.03	-0.06	-0.16	-0.15
	RMSE	1.14	1.18	1.30	1.31	1.37	1.41		RMSE	1.12	1.14	1.23	1.26	1.35	1.37
EMOS	CRPS	0.59	0.65	0.63	0.68	0.65	0.70	EMOS	CRPS	0.59	0.64	0.62	0.68	0.66	0.71
	BIAS	-0.13	-0.12	-0.15	-0.15	-0.18	-0.19		BIAS	-0.09	-0.08	-0.11	-0.12	-0.13	-0.14
	RMSE	1.18	1.22	1.26	1.30	1.32	1.35		RMSE	1.15	1.20	1.23	1.28	1.32	1.35
가을철															
EPSG	CRPS	1.27	1.25	1.23	1.18	1.16	1.12	ECME	CRPS	1.36	1.29	1.23	1.16	1.13	1.04
	BIAS	1.19	1.09	1.25	1.12	1.24	1.08		BIAS	1.37	1.25	1.29	1.16	1.16	0.92
	RMSE	2.11	2.12	2.19	2.15	2.17	2.10		RMSE	2.03	2.01	1.98	1.95	1.91	1.83
PPNN	CRPS	0.59	0.63	0.68	0.75	0.75	0.81	PPNN	CRPS	0.57	0.61	0.63	0.68	0.71	0.76
	BIAS	-0.05	0.01	0.01	-0.08	-0.16	-0.32		BIAS	0.01	-0.01	-0.08	0.01	0.01	0.00
	RMSE	1.22	1.25	1.41	1.48	1.52	1.57		RMSE	1.18	1.22	1.30	1.34	1.48	1.49
EMOS	CRPS	0.62	0.68	0.66	0.72	0.70	0.77	EMOS	CRPS	0.61	0.67	0.63	0.70	0.68	0.75
	BIAS	-0.12	-0.13	-0.15	-0.16	-0.24	-0.28		BIAS	-0.07	-0.06	-0.09	-0.09	-0.14	-0.16
	RMSE	1.27	1.32	1.35	1.40	1.47	1.52		RMSE	1.21	1.27	1.28	1.33	1.40	1.46

표 2.2.2.18 앙상블 모델 후처리 풍속 12UTC 검증결과(좌:EPSG, 우:ECME)

표 2.2.2.19는 앙상블 모델 후처리 모델별/요소별/계절별/초기시각별 검증 결과에 따른 최적 기법이다. 모델별/계절별/초기시각별 결과는 전반적으로 비슷한 결과를 나타냈으며, 요소별로 기법 차이가 나타났다. 기온/노점온도/풍속은 PPNN기법이 더 우세하였으며, U10/V10M는 EMOS기법이 우세하였다. 강수량의 경우 PPNN기법, EMOS 기법을 적용한 결과 보다 원 모델 자료의 결과가 우세한 것으로 나타났다. 따라서 요소를 기준으로 앙상블 후처리 기법을 선정하였으며, 강수량 경우 기법을 적용한 것보다 모델자료를 그대로 사용하는 것으로 한다.

		00UTC		12UTC	
		EPSG	ECME	EPSG	ECME
기온	M01	PPNN	PPNN	PPNN	PPNN
	M04	PPNN	PPNN	PPNN	PPNN
	M07	PPNN	PPNN	PPNN	PPNN
	M10	PPNN	PPNN	PPNN	PPNN
노점온도	M01	PPNN	PPNN	PPNN	PPNN
	M04	PPNN	PPNN	PPNN	PPNN
	M07	PPNN	PPNN	PPNN	PPNN
	M10	PPNN	ECME	PPNN	PPNN
U10M	M01	PPNN	PPNN	PPNN, EMOS	PPNN
	M04	EMOS	EMOS	EMOS	EMOS
	M07	EMOS	EMOS	EMOS	EMOS
	M10	EMOS	EMOS	EMOS	EMOS
V10M	M01	EMOS	EMOS	EMOS	PPNN, EMOS
	M04	EMOS	EMOS	EMOS	EMOS
	M07	EMOS	EMOS	EMOS	EMOS
	M10	EMOS	EMOS	EMOS	EMOS
풍속	M01	PPNN	PPNN	PPNN	PPNN
	M04	PPNN	PPNN	PPNN, EMOS	PPNN
	M07	PPNN	PPNN	PPNN	PPNN
	M10	PPNN	PPNN, EMOS	PPNN, EMOS	PPNN
강수량	M01	EPSG	ECME	EPSG	ECME
	M04	EPSG	ECME	EPSG	ECME
	M07	EPSG	ECME	EPSG	ECME
	M10	EPSG	ECME	EPSG	ECME

표 2.2.2.19 앙상블 모델 후처리 모델별/요소별/계절별/초기시각별 최적기법

요소	기온	노점온도	U10M	V10M	풍속	강수량
선정기법	PPNN	PPNN	EMOS	EMOS	PPNN	-

표 2.2.2.20 앙상블 모델 후처리 요소별 기법 선정

2.2.3. 다중모델 앙상블 가이드스 최적화 방안(5km, 1km 간격 격자 및 지점)

○ BEST 후처리 기법 방안 연구

서로 다른 특성을 가진 여러 모델을 병합하는 다중모델 병합기법은 단일모델의 불확실성을 줄여, 보다 높은 예측성을 보여주는 것으로 알려져 있다. 다중 모델은 각 시공간적 특성 뿐 아니라 역학적, 물리적 특성 등 다양한 차이를 갖고 있으며, 각 모델의 특성을 고려한 BEST 후처리 기법 방안을 연구한다. BEST 후처리 기법으로 EMOS(Ensemble Model Output Statistics)를 적용할 수 있다. BEST 후처리 병합 시, UM, ECMWF, KIM, ECMH(ECMWF 고해상도) 모델 단위로 병합한다. ECMWF 고해상도 모델은 0.1도 격자자료이며 ECMWF 컨트롤 모델은 0.25도 격자자료로 해상도 차이가 존재하고, 가용 자료 기간이 길지 않다는 특성이 있어 별도의 모델 단위로 구분하여 병합한다. KIM 지역 모델은 올해 5월부터 자료가 생산되어 다른 모델이 비해 사용가능한 자료 기간이 매우 짧아 적용이 불가능하다. UM모델은 UM 전구 모델자료와 후처리된 전구 앙상블 모델 자료들을 병합하여 사용하고, ECMWF모델은 ECMWF 컨트롤 모델 자료와 후처리된 앙상블 자료를 사용한다. KIM모델은 앙상블 자료의 기간이 충분하지 않기 때문에 KIM 전구 자료만 사용한다. 각 모델의 평균값과 표준편차 값을 이용해 BEST 값을 산출 하며 $a_1, a_2, a_3, a_4, b_1, b_2$ 계수 값은 CRPS (Continuous Ranked Probability Score)을 최소화 하는 방법을 통해 추정된다. 평균값은 2개의 앙상블 모델 결과, 2개의 컨트롤 모델 결과를 사용하고, 표준편차는 2개의 앙상블 모델 결과를 사용하였다.

$$\mu = a_1 UM^{mean} + a_2 ECMWF^{mean} + a_3 KIM^{mean} + a_4 ECMH^{mean}$$

$$\sigma = b_1 UM^{sd} + b_2 ECM^{sd}$$

훈련기간은 2020년 9월 ~ 2021년 8월, 예측기간은 2021년 9월 ~2022년 8월 자료를 이용하였다. 실험방법은 앙상블 후처리와 동일한 방법으로 학습 지점은 741개 지점 중 북한지점을 제외한 714개 지점을 사용하였고, 훈련 방법은 모델의 특성을 고려하여 계절별/ 예측시간 3일 간격/ 낮과 밤 단위로 나눠서 학습을 진행하였다.

emos는 본 연구에서 개발한 EMOS 기법을 적용한 BEST 가이드선 결과이며, wgtd는 기존 BEST 가이드선 기법인 1/MSE로 가중치를 주는 방법의 결과이며, 모델 결과(modl)와 앙상블 후처리 결과(post)에 대해 emos와 wgtd기법 비교 검증하였다.

기온은 전반적으로 모델 결과보단 후처리 결과가 성능이 높았다. 가을철은 앙상블 후처리 결과에 wgtd 기법을 적용한 방법이 성능이 좋았고, 나머지 계절에 대해선 emos 기법을 적용한 결과가 성능이 좋았다.

		00UTC						12UTC							
기법	검증 지수	0~72hr		73~144hr		145~240hr		기법	검증 지수	0~72hr		73~144hr		145~240hr	
		주간	야간	주간	야간	주간	야간			주간	야간	주간	야간	주간	야간
겨울철															
modl_wgtd	BIAS	-0.02	-0.38	0.10	-0.30	0.25	0.01	modl_wgtd	BIAS	0.05	-0.26	0.09	-0.29	0.27	0.01
	RMSE	2.33	2.16	2.51	2.32	3.26	2.95		RMSE	2.36	2.15	2.50	2.32	3.23	2.93
modl_emos	BIAS	-0.18	-0.04	0.11	0.08	0.14	0.14	modl_emos	BIAS	0.28	0.18	0.22	-0.15	0.22	1.08
	RMSE	2.31	2.14	2.51	2.30	3.24	2.91		RMSE	2.34	2.15	2.50	2.30	3.22	3.09
post_wgtd	BIAS	-0.05	-0.23	-0.01	-0.32	-0.05	-0.25	post_wgtd	BIAS	-0.02	-0.21	-0.14	-0.30	0.27	-0.10
	RMSE	1.97	1.90	2.22	2.13	2.96	2.84		RMSE	1.98	1.88	2.23	2.15	3.00	2.83
post_emos	BIAS	0.13	0.03	0.30	0.06	0.23	0.06	post_emos	BIAS	0.12	-0.07	0.22	-0.12	0.08	0.54
	RMSE	1.90	1.84	2.17	2.07	2.90	2.80		RMSE	1.89	1.81	2.17	2.10	2.95	2.85
봄철															
modl_wgtd	BIAS	-0.27	-0.54	-0.32	-0.60	-0.50	-0.80	modl_wgtd	BIAS	-0.22	-0.48	-0.31	-0.57	-0.51	-0.80
	RMSE	2.06	2.02	2.42	2.35	3.16	2.95		RMSE	2.08	2.01	2.40	2.33	3.16	2.95
modl_emos	BIAS	0.14	0.23	0.17	0.03	-0.21	-0.26	modl_emos	BIAS	0.22	0.01	0.17	-0.12	-0.26	-0.28
	RMSE	2.03	1.96	2.38	2.26	3.11	2.82		RMSE	2.07	1.96	2.37	2.25	3.11	2.81
post_wgtd	BIAS	-0.10	-0.20	-0.18	-0.44	-0.36	-0.64	post_wgtd	BIAS	-0.02	-0.20	-0.15	-0.38	-0.45	-0.70
	RMSE	1.83	1.81	2.25	2.22	2.91	2.83		RMSE	1.84	1.80	2.23	2.19	2.93	2.85
post_emos	BIAS	-0.01	-0.07	-0.19	-0.25	-0.45	-0.52	post_emos	BIAS	-0.18	-0.14	-0.33	-0.38	-0.23	-0.35
	RMSE	1.79	1.78	2.21	2.16	2.85	2.76		RMSE	1.81	1.77	2.21	2.17	2.82	2.72
여름철															
modl_wgtd	BIAS	-0.17	-0.15	-0.22	-0.19	-0.22	-0.18	modl_wgtd	BIAS	-0.15	-0.12	-0.23	-0.18	-0.21	-0.17
	RMSE	1.61	1.60	1.97	1.90	2.44	2.26		RMSE	1.64	1.60	1.98	1.90	2.46	2.28
modl_emos	BIAS	-0.07	-0.30	-0.15	-0.39	0.07	0.01	modl_emos	BIAS	-0.14	-0.14	-0.02	-0.25	-0.39	-0.60
	RMSE	1.60	1.60	1.94	1.90	2.41	2.20		RMSE	1.62	1.60	1.95	1.89	2.46	2.29
post_wgtd	BIAS	0.05	0.01	-0.06	-0.10	0.07	0.03	post_wgtd	BIAS	0.02	-0.03	0.02	0.02	-0.09	-0.11
	RMSE	1.49	1.48	1.90	1.84	2.30	2.18		RMSE	1.51	1.49	1.89	1.83	2.34	2.22
post_emos	BIAS	-0.11	-0.17	-0.15	-0.33	0.23	-0.30	post_emos	BIAS	0.08	-0.23	-0.22	-0.44	-0.18	-0.23
	RMSE	1.49	1.49	1.89	1.87	2.31	2.20		RMSE	1.51	1.51	1.90	1.88	2.32	2.20
가을철															
modl_wgtd	BIAS	0.25	0.29	0.38	0.41	0.38	0.51	modl_wgtd	BIAS	0.29	0.36	0.40	0.44	0.39	0.52
	RMSE	2.02	1.88	2.27	2.10	3.00	2.72		RMSE	2.04	1.91	2.28	2.12	2.97	2.68
modl_emos	BIAS	0.27	0.18	0.28	0.03	0.17	-0.15	modl_emos	BIAS	0.32	0.17	0.59	0.36	0.01	-0.03
	RMSE	1.99	1.86	2.23	2.04	2.99	2.65		RMSE	2.01	1.88	2.29	2.09	2.96	2.62
post_wgtd	BIAS	0.26	0.18	0.25	0.19	0.14	0.21	post_wgtd	BIAS	0.16	0.12	0.35	0.33	0.15	0.20
	RMSE	1.73	1.66	2.03	1.94	2.70	2.56		RMSE	1.73	1.66	2.07	1.97	2.71	2.54
post_emos	BIAS	0.43	0.29	0.24	0.19	-0.09	0.07	post_emos	BIAS	0.32	0.11	0.30	0.19	-0.16	-0.04
	RMSE	1.71	1.64	1.99	1.91	2.64	2.52		RMSE	1.69	1.61	2.01	1.92	2.70	2.53

표 2.2.3.1 BEST 후처리 기온 검증 결과(좌: 00UTC, 우: 12UTC)

노점온도의 경우 기온과 비슷한 결과를 나타냈다. 전반적으로 모델 결과보단 후처리 결과가 더 좋으며, 가을철을 제외하고 앙상블 후처리 결과에 wgtd 기법 보단 emos 기법을 적용한 결과가 성능이 좋았다.

00UTC								12UTC							
기법	검증 지수	0~72hr		73~144hr		145~240hr		기법	검증 지수	0~72hr		73~144hr		145~240hr	
		주간	야간	주간	야간	주간	야간			주간	야간	주간	야간	주간	야간
겨울철															
modl_wgtd	BIAS	0.27	0.46	0.45	0.55	1.11	1.10	modl_wgtd	BIAS	0.36	0.58	0.45	0.56	1.14	1.11
	RMSE	2.78	2.68	3.25	3.17	4.55	4.46		RMSE	2.81	2.70	3.31	3.24	4.58	4.50
modl_emos	BIAS	-0.10	0.13	0.01	-0.11	0.50	0.05	modl_emos	BIAS	0.03	0.29	-0.16	0.04	0.63	0.14
	RMSE	2.70	2.60	3.14	3.06	4.39	4.26		RMSE	2.73	2.61	3.21	3.13	4.40	4.29
post_wgtd	BIAS	0.15	0.17	0.05	0.00	0.46	0.44	post_wgtd	BIAS	0.18	0.29	0.16	0.31	0.61	0.55
	RMSE	2.57	2.48	3.04	2.97	4.36	4.26		RMSE	2.59	2.49	3.09	3.04	4.43	4.36
post_emos	BIAS	0.06	-0.01	-0.06	-0.13	0.54	0.43	post_emos	BIAS	0.34	-0.20	-0.12	-0.27	0.63	0.37
	RMSE	2.53	2.46	3.02	2.96	4.35	4.24		RMSE	2.58	2.47	3.06	3.01	4.38	4.30
봄철															
modl_wgtd	BIAS	0.34	0.52	0.40	0.54	0.48	0.49	modl_wgtd	BIAS	0.35	0.53	0.39	0.54	0.47	0.48
	RMSE	2.70	2.77	3.20	3.26	3.94	3.96		RMSE	2.71	2.74	3.22	3.28	3.92	3.96
modl_emos	BIAS	-0.16	-0.24	-0.34	-0.05	-0.10	0.07	modl_emos	BIAS	0.26	0.07	0.01	0.20	0.01	0.10
	RMSE	2.67	2.73	3.20	3.21	3.87	3.88		RMSE	2.68	2.69	3.17	3.21	3.84	3.87
post_wgtd	BIAS	-0.04	0.07	0.05	-0.01	-0.26	-0.17	post_wgtd	BIAS	0.11	0.21	0.19	0.41	-0.17	-0.28
	RMSE	2.54	2.57	3.09	3.12	3.89	3.90		RMSE	2.55	2.56	3.13	3.18	3.86	3.89
post_emos	BIAS	0.01	0.09	-0.21	-0.05	-0.05	0.11	post_emos	BIAS	0.15	-0.15	-0.04	-0.12	0.07	-0.02
	RMSE	2.52	2.56	3.09	3.10	3.84	3.84		RMSE	2.54	2.55	3.10	3.13	3.81	3.82
여름철															
modl_wgtd	BIAS	0.05	0.09	-0.03	-0.02	0.01	0.01	modl_wgtd	BIAS	0.04	0.07	-0.03	-0.01	0.04	0.03
	RMSE	1.76	1.79	2.00	2.03	2.35	2.38		RMSE	1.74	1.77	1.99	2.02	2.35	2.39
modl_emos	BIAS	0.04	-0.32	-0.28	-0.12	-0.35	-0.06	modl_emos	BIAS	-0.05	-0.27	-0.34	-0.14	-0.24	-0.06
	RMSE	1.76	1.83	2.02	2.04	2.37	2.38		RMSE	1.75	1.78	2.02	2.03	2.37	2.39
post_wgtd	BIAS	0.03	0.04	0.04	-0.02	-0.24	-0.17	post_wgtd	BIAS	0.08	0.04	0.02	0.02	-0.01	0.03
	RMSE	1.71	1.74	1.98	2.01	2.36	2.37		RMSE	1.71	1.72	1.98	2.01	2.35	2.38
post_emos	BIAS	-0.05	-0.26	-0.09	-0.06	-0.36	-0.52	post_emos	BIAS	-0.13	0.02	-0.05	-0.10	-0.06	-0.12
	RMSE	1.71	1.75	1.99	2.01	2.37	2.41		RMSE	1.70	1.73	1.99	2.01	2.37	2.39
가을철															
modl_wgtd	BIAS	0.26	0.18	0.42	0.33	0.44	0.34	modl_wgtd	BIAS	0.32	0.24	0.48	0.40	0.53	0.42
	RMSE	2.05	1.99	2.41	2.35	3.45	3.37		RMSE	2.07	1.99	2.46	2.40	3.43	3.33
modl_emos	BIAS	0.08	-0.36	-0.24	-0.16	-0.71	-1.01	modl_emos	BIAS	0.19	-0.23	-0.13	0.11	-0.73	-0.58
	RMSE	2.02	2.00	2.39	2.32	3.46	3.46		RMSE	2.04	1.99	2.41	2.35	3.47	3.34
post_wgtd	BIAS	0.26	0.10	0.21	0.11	0.15	0.03	post_wgtd	BIAS	0.22	0.05	0.19	0.17	0.19	0.12
	RMSE	1.97	1.91	2.35	2.29	3.38	3.30		RMSE	1.97	1.91	2.39	2.34	3.38	3.27
post_emos	BIAS	-0.22	-0.05	-0.14	-0.51	-0.56	-0.65	post_emos	BIAS	0.28	-0.33	-0.43	-0.51	-0.55	-0.96
	RMSE	1.96	1.90	2.35	2.36	3.44	3.38		RMSE	1.98	1.93	2.42	2.38	3.44	3.43

표 2.2.3.2 BEST 후처리 노점온도 검증 결과(좌: 00UTC, 우: 12UTC)

바람 관련 변수인 U10M/V10M/풍속 요소는 전반적으로 앙상블 후처리 결과(post)에 emos기법을 적용한 결과가 성능이 좋았으며, V10M는 다른 바람 요소에 비해 모델(modl) 결과에 emos를 적용한 결과가 성능이 높게 나오는 경우도 있었다.

00UTC								12UTC							
기법	검증 지수	0~72hr		73~144hr		145~240hr		기법	검증 지수	0~72hr		73~144hr		145~240hr	
		주간	야간	주간	야간	주간	야간			주간	야간	주간	야간	주간	야간
겨울철															
modl_wgtd	BIAS	1.02	0.99	0.92	0.83	-	0.72	modl_wgtd	BIAS	1.03	0.98	0.91	0.82	0.75	0.71
	RMSE	2.22	2.14	2.21	2.11	-	2.10		RMSE	2.24	2.14	2.22	2.11	2.13	2.06
modl_emos	BIAS	0.00	-0.08	-0.07	-0.14	-0.12	-0.18	modl_emos	BIAS	-0.01	-0.08	-0.08	-0.14	-0.10	-0.17
	RMSE	1.55	1.50	1.62	1.56	1.72	1.66		RMSE	1.56	1.50	1.63	1.57	1.72	1.66
post_wgtd	BIAS	0.30	0.22	0.24	0.13	0.12	0.03	post_wgtd	BIAS	0.29	0.22	0.23	0.13	0.10	0.02
	RMSE	1.60	1.53	1.65	1.57	1.74	1.67		RMSE	1.61	1.53	1.66	1.58	1.74	1.67
post_emos	BIAS	0.00	-0.07	-0.04	-0.09	-0.09	-0.13	post_emos	BIAS	-0.01	-0.06	-0.05	-0.10	-0.10	-0.15
	RMSE	1.55	1.49	1.61	1.55	1.71	1.64		RMSE	1.55	1.49	1.62	1.56	1.72	1.66
봄철															
modl_wgtd	BIAS	0.34	0.32	0.34	0.30	0.34	0.29	modl_wgtd	BIAS	0.37	0.34	0.34	0.31	0.36	0.32
	RMSE	1.98	1.91	2.01	1.93	1.99	1.88		RMSE	1.99	1.91	2.00	1.91	1.97	1.87
modl_emos	BIAS	-0.03	-0.12	-0.04	-0.14	-0.01	-0.12	modl_emos	BIAS	-0.03	-0.13	-0.05	-0.13	0.00	-0.10
	RMSE	1.53	1.48	1.61	1.56	1.74	1.67		RMSE	1.53	1.48	1.62	1.56	1.74	1.67
post_wgtd	BIAS	0.13	0.05	0.13	0.04	0.16	0.04	post_wgtd	BIAS	0.13	0.05	0.14	0.04	0.18	0.07
	RMSE	1.57	1.50	1.64	1.56	1.77	1.68		RMSE	1.58	1.50	1.64	1.56	1.77	1.68
post_emos	BIAS	0.00	-0.09	0.03	-0.07	0.07	-0.01	post_emos	BIAS	0.00	-0.09	0.04	-0.07	0.09	-0.02
	RMSE	1.52	1.48	1.61	1.55	1.74	1.66		RMSE	1.53	1.48	1.61	1.55	1.73	1.66
여름철															
modl_wgtd	BIAS	0.07	0.04	-0.02	-0.05	0.00	-0.05	modl_wgtd	BIAS	0.09	0.05	-0.01	-0.05	0.08	0.02
	RMSE	1.86	1.78	1.89	1.80	1.80	1.69		RMSE	1.87	1.77	1.87	1.78	1.80	1.70
modl_emos	BIAS	-0.03	-0.09	-0.05	-0.10	-0.03	-0.09	modl_emos	BIAS	-0.02	-0.08	-0.04	-0.10	0.00	-0.07
	RMSE	1.38	1.32	1.48	1.41	1.60	1.51		RMSE	1.38	1.32	1.49	1.42	1.61	1.52
post_wgtd	BIAS	0.05	0.00	0.01	-0.03	0.04	-0.02	post_wgtd	BIAS	0.06	0.00	0.01	-0.04	0.11	0.04
	RMSE	1.41	1.34	1.51	1.43	1.60	1.51		RMSE	1.42	1.34	1.51	1.43	1.62	1.52
post_emos	BIAS	0.01	-0.05	-0.01	-0.05	0.03	-0.04	post_emos	BIAS	0.02	-0.05	-0.01	-0.06	0.07	0.00
	RMSE	1.37	1.31	1.48	1.41	1.59	1.50		RMSE	1.38	1.32	1.49	1.41	1.60	1.51
가을철															
modl_wgtd	BIAS	0.17	0.15	0.36	0.32	0.42	0.41	modl_wgtd	BIAS	0.21	0.18	0.38	0.34	0.44	0.42
	RMSE	2.02	1.93	2.06	1.95	1.99	1.91		RMSE	2.03	1.92	2.07	1.97	1.99	1.91
modl_emos	BIAS	-0.01	-0.05	0.04	-0.02	0.06	0.01	modl_emos	BIAS	0.00	-0.06	0.04	-0.02	0.07	0.03
	RMSE	1.35	1.27	1.43	1.34	1.55	1.44		RMSE	1.36	1.27	1.44	1.35	1.55	1.45
post_wgtd	BIAS	0.05	0.01	0.14	0.09	0.15	0.11	post_wgtd	BIAS	0.07	0.03	0.14	0.10	0.15	0.11
	RMSE	1.42	1.32	1.49	1.38	1.58	1.47		RMSE	1.42	1.32	1.49	1.39	1.57	1.46
post_emos	BIAS	0.00	-0.05	0.05	0.01	0.08	0.04	post_emos	BIAS	0.00	-0.05	0.05	0.00	0.09	0.05
	RMSE	1.35	1.27	1.44	1.34	1.54	1.44		RMSE	1.36	1.27	1.44	1.34	1.55	1.45

표 2.2.3.3 BEST 후처리 U10M 검증 결과(좌: 00UTC, 우: 12UTC)

00UTC								12UTC							
기법	검증 지수	0~72hr		73~144hr		145~240hr		기법	검증 지수	0~72hr		73~144hr		145~240hr	
		주간	야간	주간	야간	주간	야간			주간	야간	주간	야간	주간	야간
겨울철															
modl_wgtd	BIAS	-0.66	-0.61	-0.66	-0.56	-0.66	-0.63	modl_wgtd	BIAS	-0.68	-0.62	-0.66	-0.57	-0.67	-0.62
	RMSE	2.01	1.94	2.02	1.91	2.01	1.92		RMSE	2.03	1.95	2.02	1.92	2.01	1.92
modl_emos	BIAS	-0.06	-0.02	-0.04	0.01	-0.02	0.00	modl_emos	BIAS	-0.07	-0.04	-0.03	0.00	-0.02	0.00
	RMSE	1.58	1.51	1.64	1.56	1.73	1.65		RMSE	1.58	1.50	1.64	1.56	1.73	1.65
post_wgtd	BIAS	-0.23	-0.19	-0.23	-0.16	-0.18	-0.15	post_wgtd	BIAS	-0.25	-0.20	-0.22	-0.16	-0.19	-0.15
	RMSE	1.61	1.53	1.67	1.58	1.74	1.65		RMSE	1.62	1.53	1.67	1.57	1.75	1.66
post_emos	BIAS	-0.04	-0.02	-0.03	0.00	-0.02	0.00	post_emos	BIAS	-0.06	-0.03	-0.03	-0.01	-0.01	0.01
	RMSE	1.57	1.50	1.64	1.56	1.72	1.64		RMSE	1.58	1.50	1.64	1.56	1.73	1.65
봄철															
modl_wgtd	BIAS	-0.05	0.00	-0.07	-0.01	0.04	0.08	modl_wgtd	BIAS	-0.06	-0.01	-0.07	0.00	0.05	0.09
	RMSE	1.84	1.78	1.90	1.83	1.88	1.80		RMSE	1.85	1.78	1.91	1.83	1.87	1.80
modl_emos	BIAS	-0.04	0.00	-0.06	-0.02	-0.06	-0.03	modl_emos	BIAS	-0.05	-0.01	-0.07	-0.03	-0.05	-0.03
	RMSE	1.50	1.43	1.58	1.50	1.67	1.60		RMSE	1.50	1.43	1.58	1.50	1.67	1.60
post_wgtd	BIAS	-0.03	-0.01	-0.06	-0.03	-0.01	0.01	post_wgtd	BIAS	-0.04	-0.02	-0.06	-0.02	0.00	0.01
	RMSE	1.53	1.46	1.61	1.52	1.70	1.62		RMSE	1.54	1.45	1.60	1.51	1.70	1.61
post_emos	BIAS	-0.03	-0.01	-0.06	-0.04	-0.06	-0.06	post_emos	BIAS	-0.03	-0.01	-0.06	-0.04	-0.05	-0.05
	RMSE	1.50	1.43	1.57	1.49	1.67	1.59		RMSE	1.51	1.43	1.57	1.49	1.66	1.59
여름철															
modl_wgtd	BIAS	0.29	0.34	0.20	0.20	0.27	0.26	modl_wgtd	BIAS	0.29	0.32	0.21	0.21	0.29	0.29
	RMSE	1.75	1.70	1.85	1.78	1.93	1.83		RMSE	1.77	1.70	1.86	1.78	1.94	1.85
modl_emos	BIAS	-0.06	-0.04	-0.07	-0.09	-0.08	-0.10	modl_emos	BIAS	-0.06	-0.05	-0.06	-0.09	-0.08	-0.08
	RMSE	1.37	1.31	1.48	1.42	1.59	1.53		RMSE	1.38	1.32	1.49	1.43	1.60	1.53
post_wgtd	BIAS	0.07	0.08	0.01	-0.01	0.03	0.00	post_wgtd	BIAS	0.06	0.06	0.01	-0.01	0.03	0.01
	RMSE	1.39	1.33	1.51	1.43	1.62	1.53		RMSE	1.40	1.33	1.51	1.43	1.62	1.53
post_emos	BIAS	-0.04	-0.05	-0.08	-0.12	-0.11	-0.14	post_emos	BIAS	-0.05	-0.05	-0.08	-0.11	-0.11	-0.13
	RMSE	1.37	1.32	1.49	1.43	1.59	1.52		RMSE	1.38	1.31	1.49	1.43	1.60	1.53
가을철															
modl_wgtd	BIAS	-0.25	-0.23	-0.21	-0.18	-0.28	-0.26	modl_wgtd	BIAS	-0.24	-0.24	-0.20	-0.18	-0.28	-0.26
	RMSE	1.78	1.70	1.82	1.73	1.81	1.72		RMSE	1.79	1.70	1.82	1.72	1.80	1.71
modl_emos	BIAS	-0.01	0.01	0.02	0.04	0.00	0.02	modl_emos	BIAS	0.00	0.00	0.03	0.06	0.00	0.02
	RMSE	1.36	1.26	1.45	1.34	1.54	1.42		RMSE	1.37	1.27	1.46	1.34	1.53	1.42
post_wgtd	BIAS	-0.05	-0.04	-0.03	-0.01	-0.04	-0.02	post_wgtd	BIAS	-0.06	-0.05	-0.03	-0.01	-0.04	-0.02
	RMSE	1.40	1.30	1.48	1.37	1.56	1.45		RMSE	1.41	1.30	1.48	1.37	1.56	1.45
post_emos	BIAS	0.01	0.02	0.02	0.04	0.01	0.02	post_emos	BIAS	0.00	0.01	0.02	0.04	0.01	0.01
	RMSE	1.36	1.26	1.45	1.34	1.53	1.41		RMSE	1.37	1.27	1.45	1.34	1.53	1.42

표 2.2.3.4 BEST 후처리 V10M 검증 결과(좌: 00UTC, 우: 12UTC)

		00UTC						12UTC							
기법	검증 지수	0~72hr		73~144hr		145~240hr		기법	검증 지수	0~72hr		73~144hr		145~240hr	
		주간	야간	주간	야간	주간	야간			주간	야간	주간	야간	주간	야간
겨울철															
modl_wgtd	BIAS	1.16	1.20	1.13	1.11	1.05	1.10	modl_wgtd	BIAS	1.18	1.21	1.12	1.10	1.03	1.07
	RMSE	1.97	1.97	1.98	1.96	2.00	2.03		RMSE	1.98	1.97	1.98	1.95	1.97	2.00
modl_emos	BIAS	-0.19	-0.13	-0.19	-0.18	-0.21	-0.16	modl_emos	BIAS	-0.22	-0.17	-0.16	-0.20	-0.22	-0.18
	RMSE	1.39	1.39	1.47	1.47	1.59	1.59		RMSE	1.40	1.39	1.47	1.48	1.59	1.59
post_wgtd	BIAS	0.20	0.22	0.27	0.24	0.22	0.17	post_wgtd	BIAS	0.26	0.26	0.24	0.22	0.21	0.18
	RMSE	1.31	1.33	1.41	1.43	1.54	1.56		RMSE	1.33	1.34	1.41	1.42	1.53	1.56
post_emos	BIAS	-0.15	-0.14	-0.11	-0.15	-0.20	-0.20	post_emos	BIAS	-0.14	-0.13	-0.16	-0.17	-0.20	-0.18
	RMSE	1.29	1.31	1.38	1.41	1.53	1.55		RMSE	1.30	1.31	1.39	1.41	1.52	1.54
봄철															
modl_wgtd	BIAS	0.83	0.89	0.89	0.93	0.81	0.83	modl_wgtd	BIAS	0.84	0.90	0.88	0.92	0.80	0.83
	RMSE	1.65	1.68	1.73	1.76	1.70	1.74		RMSE	1.66	1.69	1.71	1.74	1.69	1.72
modl_emos	BIAS	-0.25	-0.24	-0.17	-0.19	-0.16	-0.20	modl_emos	BIAS	-0.28	-0.25	-0.17	-0.20	-0.17	-0.22
	RMSE	1.30	1.32	1.37	1.39	1.43	1.45		RMSE	1.31	1.32	1.36	1.38	1.42	1.45
post_wgtd	BIAS	0.22	0.21	0.27	0.28	0.24	0.16	post_wgtd	BIAS	0.23	0.23	0.31	0.24	0.24	0.23
	RMSE	1.22	1.25	1.31	1.35	1.40	1.43		RMSE	1.21	1.25	1.31	1.33	1.39	1.43
post_emos	BIAS	-0.11	-0.16	-0.12	-0.15	-0.12	-0.21	post_emos	BIAS	-0.14	-0.15	-0.15	-0.20	-0.16	-0.21
	RMSE	1.19	1.24	1.27	1.32	1.37	1.42		RMSE	1.19	1.23	1.27	1.31	1.36	1.41
여름철															
modl_wgtd	BIAS	0.97	1.00	1.03	1.04	0.92	0.94	modl_wgtd	BIAS	0.98	0.99	1.00	1.02	0.94	0.95
	RMSE	1.71	1.71	1.80	1.80	1.77	1.76		RMSE	1.71	1.70	1.77	1.76	1.77	1.76
modl_emos	BIAS	-0.13	-0.16	-0.12	-0.15	-0.18	-0.22	modl_emos	BIAS	-0.17	-0.19	-0.13	-0.18	-0.19	-0.19
	RMSE	1.22	1.22	1.31	1.31	1.40	1.40		RMSE	1.22	1.22	1.31	1.31	1.41	1.40
post_wgtd	BIAS	0.25	0.25	0.24	0.26	0.15	0.15	post_wgtd	BIAS	0.26	0.23	0.28	0.25	0.17	0.16
	RMSE	1.18	1.20	1.30	1.31	1.40	1.41		RMSE	1.18	1.19	1.30	1.30	1.40	1.40
post_emos	BIAS	-0.12	-0.13	-0.10	-0.16	-0.23	-0.26	post_emos	BIAS	-0.11	-0.15	-0.18	-0.18	-0.21	-0.24
	RMSE	1.14	1.16	1.26	1.28	1.40	1.41		RMSE	1.14	1.16	1.27	1.28	1.40	1.40
가을철															
modl_wgtd	BIAS	1.13	1.17	1.18	1.21	1.07	1.17	modl_wgtd	BIAS	1.13	1.16	1.15	1.19	1.08	1.18
	RMSE	1.87	1.84	1.94	1.92	1.89	1.92		RMSE	1.87	1.83	1.92	1.90	1.90	1.92
modl_emos	BIAS	-0.06	-0.06	0.03	0.05	0.00	0.01	modl_emos	BIAS	-0.08	-0.07	0.05	0.03	0.02	0.04
	RMSE	1.23	1.20	1.31	1.27	1.40	1.36		RMSE	1.24	1.20	1.32	1.27	1.41	1.37
post_wgtd	BIAS	0.27	0.29	0.32	0.34	0.26	0.29	post_wgtd	BIAS	0.31	0.30	0.35	0.34	0.28	0.31
	RMSE	1.22	1.20	1.30	1.29	1.41	1.39		RMSE	1.23	1.20	1.32	1.29	1.40	1.38
post_emos	BIAS	-0.02	-0.05	0.00	0.03	0.03	0.04	post_emos	BIAS	-0.01	-0.04	0.01	-0.03	0.04	-0.02
	RMSE	1.17	1.15	1.25	1.24	1.37	1.34		RMSE	1.17	1.15	1.26	1.23	1.36	1.34

표 2.2.3.5 BEST 후처리 풍속 검증 결과(좌: 00UTC, 우: 12UTC)

강수량의 경우 앙상블 후처리 결과를 사용하지 않고 모델 결과에 대해서 BEST 후처리를 적용하였다. RMSE 검증 지수 비교 결과 봄철/여름철에는 emos 기법, wgtd 기법 성능이 비슷하였으며, 가을/겨울철에는 wgtd 기법을 적용한 결과가 성능이 높게 나타났다. CSI 검증 지수 비교 결과 emos 기법 보다는 wgtd 기법을 적용한 결과가 성능이 높게 나타났다.

00UTC								12UTC							
기법	검증 지수	0~72hr		73~144hr		145~240hr		기법	검증 지수	0~72hr		73~144hr		145~240hr	
		주간	야간	주간	야간	주간	야간			주간	야간	주간	야간	주간	야간
겨울철															
modl_wgtd	BIAS	-0.05	-0.02	-0.04	-0.01	-0.04	-0.01	modl_wgtd	BIAS	-0.05	-0.02	-0.04	-0.01	-0.04	-0.02
	RMSE	6.97	4.96	6.57	4.96	6.02	5.03		RMSE	6.99	4.90	6.57	4.96	5.92	5.09
modl_emos	BIAS	-0.05	-0.03	-0.07	-0.04	-0.07	-0.05	modl_emos	BIAS	-0.05	-0.03	-0.07	-0.04	-0.07	-0.05
	RMSE	6.97	4.96	6.57	4.96	6.02	5.03		RMSE	6.99	4.90	6.57	4.96	5.93	5.09
봄철															
modl_wgtd	BIAS	-0.01	-0.04	0.01	-0.01	-0.01	-0.03	modl_wgtd	BIAS	-0.01	-0.03	0.01	-0.01	-0.01	-0.03
	RMSE	3.78	5.16	3.83	5.01	4.18	5.04		RMSE	3.63	4.94	3.92	5.01	4.21	5.04
modl_emos	BIAS	-0.03	-0.04	-0.06	-0.06	-0.10	-0.12	modl_emos	BIAS	-0.03	-0.04	-0.05	-0.05	-0.10	-0.12
	RMSE	3.78	5.16	3.83	5.01	4.18	5.04		RMSE	3.63	4.94	3.92	5.01	4.21	5.04
여름철															
modl_wgtd	BIAS	0.05	0.04	0.24	0.21	0.07	0.07	modl_wgtd	BIAS	0.04	0.02	0.18	0.16	0.02	0.03
	RMSE	6.64	4.53	7.13	4.83	7.30	4.71		RMSE	6.69	4.46	7.04	4.71	7.20	4.64
modl_emos	BIAS	-0.25	-0.21	-0.34	-0.32	-0.35	-0.32	modl_emos	BIAS	-0.25	-0.21	-0.34	-0.32	-0.34	-0.32
	RMSE	6.61	4.48	6.91	4.53	7.19	4.53		RMSE	6.67	4.43	6.91	4.53	7.13	4.53
가을철															
modl_wgtd	BIAS	-0.10	-0.04	-0.08	-0.01	-0.12	-0.05	modl_wgtd	BIAS	-0.10	-0.04	-0.08	-0.01	-0.13	-0.05
	RMSE	8.93	5.36	8.75	5.30	8.67	5.28		RMSE	8.86	5.39	8.70	5.24	8.69	5.29
modl_emos	BIAS	-0.18	-0.13	-0.25	-0.15	-0.22	-0.14	modl_emos	BIAS	-0.17	-0.13	-0.24	-0.15	-0.22	-0.13
	RMSE	8.93	5.37	8.76	5.30	8.67	5.28		RMSE	8.86	5.41	8.71	5.24	8.69	5.30

표 2.2.3.6 BEST 후처리 강수량 검증 결과1(좌: 00UTC, 우: 12UTC)

00UTC								12UTC							
기법	검증 지수	0~72hr		73~144hr		145~240hr		기법	검증 지수	0~72hr		73~144hr		145~240hr	
		주간	야간	주간	야간	주간	야간			주간	야간	주간	야간	주간	야간
겨울철															
modl_wgtd	CSI 0.1	31.53	23.81	23.15	17.71	12.50	8.74	modl_wgtd	CSI 0.1	32.01	24.53	23.69	17.86	14.49	10.63
	CSI 0.5	38.19	26.34	27.19	20.97	7.52	4.75		CSI 0.5	37.65	24.69	26.99	20.18	10.74	8.77
	CSI 1.0	39.29	23.56	22.10	16.80	1.59	1.84		CSI 1.0	37.50	21.70	22.72	14.82	3.21	3.78
	CSI 5.0	4.07	1.47	3.16	10.83	0.00	0.00		CSI 5.0	3.18	2.78	1.47	7.86	0.00	0.00
modl_emos	CSI 0.1	33.32	26.19	25.36	19.29	0.00	0.00	modl_emos	CSI 0.1	34.29	27.68	25.37	19.59	0.00	0.00
	CSI 0.5	38.28	21.95	4.81	1.75	0.00	0.00		CSI 0.5	36.63	21.51	4.54	0.73	0.00	0.00
	CSI 1.0	38.84	15.11	0.07	0.01	0.00	0.00		CSI 1.0	36.47	16.12	0.08	0.00	0.00	0.00
	CSI 5.0	1.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		CSI 5.0	1.94	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00
봄철															
modl_wgtd	CSI 0.1	33.53	30.19	18.52	16.80	11.00	9.61	modl_wgtd	CSI 0.1	34.67	31.53	18.84	17.35	11.50	9.50
	CSI 0.5	38.55	36.84	20.42	21.28	7.54	6.86		CSI 0.5	38.83	35.47	21.09	20.87	9.40	8.28
	CSI 1.0	30.61	33.38	15.98	21.03	3.66	4.12		CSI 1.0	31.34	32.51	16.72	19.58	4.43	5.20
	CSI 5.0	9.55	12.35	3.25	4.11	0.00	0.00		CSI 5.0	10.82	15.25	5.44	5.08	0.06	0.00
modl_emos	CSI 0.1	36.98	31.27	22.77	22.17	0.00	0.00	modl_emos	CSI 0.1	36.81	31.73	22.24	19.02	0.00	0.00
	CSI 0.5	38.40	38.74	9.33	23.93	0.00	0.00		CSI 0.5	38.73	38.07	11.94	24.00	0.00	0.00
	CSI 1.0	24.62	33.55	1.89	16.50	0.00	0.00		CSI 1.0	27.25	33.44	4.13	16.99	0.00	0.00
	CSI 5.0	2.96	9.94	0.00	0.00	0.00	0.00		CSI 5.0	3.64	13.67	0.00	0.00	0.00	0.00
여름철															
modl_wgtd	CSI 0.1	25.73	26.44	17.75	17.97	13.82	13.70	modl_wgtd	CSI 0.1	25.82	26.68	17.82	18.22	13.63	13.50
	CSI 0.5	33.09	33.73	20.76	22.69	8.53	8.51		CSI 0.5	32.99	33.17	20.97	22.43	9.12	9.43
	CSI 1.0	30.65	30.86	16.46	18.86	3.92	4.25		CSI 1.0	30.57	30.14	16.67	18.90	4.94	5.55
	CSI 5.0	11.00	12.37	2.49	3.42	0.97	0.99		CSI 5.0	12.56	12.91	2.98	3.84	0.97	1.01
modl_emos	CSI 0.1	34.36	33.27	0.00	0.00	0.00	0.00	modl_emos	CSI 0.1	34.66	32.72	0.00	2.26	0.00	0.00
	CSI 0.5	26.57	31.55	0.00	0.00	0.00	0.00		CSI 0.5	27.17	32.02	0.00	0.00	0.00	0.00
	CSI 1.0	13.97	21.13	0.00	0.00	0.00	0.00		CSI 1.0	15.01	23.30	0.00	0.00	0.00	0.00
	CSI 5.0	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00		CSI 5.0	0.03	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00
가을철															
modl_wgtd	CSI 0.1	32.15	29.41	23.76	20.44	16.52	13.68	modl_wgtd	CSI 0.1	32.59	29.59	24.04	20.79	16.34	14.02
	CSI 0.5	36.90	31.41	24.95	18.01	9.66	6.90		CSI 0.5	38.21	31.96	25.13	18.35	11.27	9.12
	CSI 1.0	32.74	24.05	18.90	11.36	4.00	2.74		CSI 1.0	34.58	25.48	19.68	11.00	6.00	4.87
	CSI 5.0	6.15	6.12	1.26	0.59	0.10	0.04		CSI 5.0	7.00	5.77	1.96	0.84	0.06	0.17
modl_emos	CSI 0.1	37.07	34.02	0.00	0.00	0.00	0.00	modl_emos	CSI 0.1	38.65	33.49	0.00	0.00	0.00	0.00
	CSI 0.5	33.43	13.49	0.00	0.00	0.00	0.00		CSI 0.5	33.72	13.23	0.00	0.00	0.00	0.00
	CSI 1.0	25.66	6.01	0.00	0.00	0.00	0.00		CSI 1.0	25.97	6.15	0.00	0.00	0.00	0.00
	CSI 5.0	1.70	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00		CSI 5.0	1.79	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00

표 2.2.3.7 BEST 후처리 강수량 검증 결과2(좌: 00UTC, 우: 12UTC)

○ 앙상블 기반 확률예보 산출 기술 방안 연구

확률예보를 위한 방안으로는 평균, 표준편차를 사용하여 Normal 분포에 fitting 해 각 구간별 확률을 산출 할 수 있도록 한다. 아래 표는 열대야 조건과 비슷한 야간에 매시간별 기온이 25도를 넘을 확률을 나타낸 것이다. Model1은 원 모델의 결과, Model2는 원 모델의 결과에 고도보정 과정을 추가한 결과, PPNN는 PPNN를 적용한 결과, EMOS는 EMOS 기법을 적용한 결과이다. CSI 30/50/70은 각각 30%/50%/70% 이상 확률에 대한 CSI 검증 값이다. 실험결과를 비교해보면 고도보정과정이 포함되어 Model2 결과가 전반적으로 좋은 것을 확인 할 수 있었다. 단일 모델 앙상블 후처리 결과에서 기온 요소의 경우, PPNN 결과가 고도 보정한 모델 결과보다 성능이 좋았지만 BEST 앙상블 후처리 결과에서는 변동된 표준편차에 영향으로 인해 성능 차이가 발생된 것으로 추정된다.

모델	검증 지수	7월			8월		
		0~72hr	73~144hr	145~240hr	0~72hr	73~144hr	145~240hr
		야간	야간	야간	야간	야간	야간
Model1	CSI30	54.70	60.62	73.30	51.67	53.02	48.95
	CSI50	51.11	54.74	64.28	47.51	46.06	38.65
	CSI70	47.30	48.26	54.56	43.47	39.23	29.23
Model2	CSI30	61.38	67.71	80.75	58.71	59.45	55.81
	CSI50	58.06	62.03	73.02	54.88	53.13	45.94
	CSI70	54.58	55.87	63.91	50.87	46.42	35.77
PPNN	CSI30	69.63	68.98	78.38	64.71	59.92	58.15
	CSI50	60.74	59.03	69.07	57.91	50.86	45.87
	CSI70	51.76	48.12	58.08	49.72	40.27	33.20
EMOS	CSI30	71.86	76.40	87.18	66.14	65.78	62.39
	CSI50	58.01	60.22	69.78	54.83	51.70	43.23
	CSI70	43.38	42.50	45.43	40.25	34.39	24.13

표 2.2.3.8 BEST 후처리 여름철 기온 확률예보 예시

확률예측의 경우, 그 예측성을 평가하기 위해 CRPS(Continuous ranked probability score)를 사용한다. CRPS는 확률예보에서 확률 범주에 관측이 적절하게 대응했는지 나타내는 것이다. 정규분포는 관측값을 중심으로 좌우 대칭으로 예측값이 분포하는 반면, CRPS는 예측값이 누적분포함수 형태를 나타내며 관측값과 예측값의 사이의 면적을 의미한다. CRPS는 0값에 가까울수록 완벽한 예보를 나타낸다.

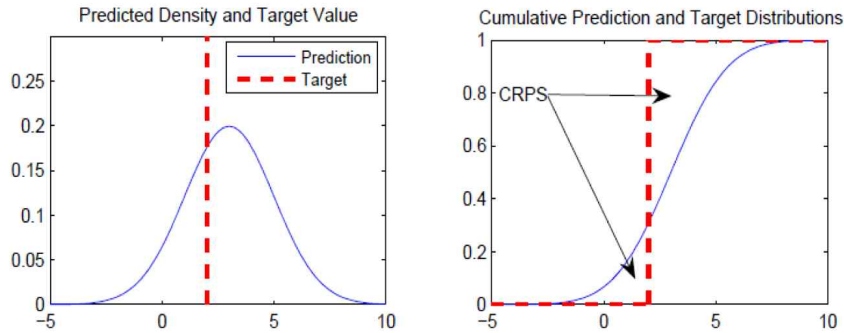


그림 2.2.3.1 CRPS(Continuous ranked probability score) 개념도

2021년 9월 ~2022년 8월에 대한 예측자료를 생산하여 기온, 노점온도, U10M, V10M, 풍속, 강수량에 대해 예측성을 평가하였다. 기온, 노점온도, U10M, V10M, 풍속 변수의 경우 앙상블 후처리결과에 EMOS기법을 적용한 방법이 전반적으로 성능이 높게 나타났으며, 강수량은 모델결과에 EMOS 기법을 적용한 방법이 성능이 높게 나왔다.

		00UTC						12UTC							
기법	검증 지수	0~72hr		73~144hr		145~240hr		기법	검증 지수	0~72hr		73~144hr		145~240hr	
		주간	야간	주간	야간	주간	야간			주간	야간	주간	야간	주간	야간
겨울철															
modl_wgtd	CRPS	1.38	1.51	1.41	1.49	1.70	1.84	modl_wgtd	CRPS	1.46	1.59	1.34	1.49	1.60	1.70
modl_emos	CRPS	1.18	1.37	1.29	1.41	1.66	1.77	modl_emos	CRPS	1.19	1.37	1.31	1.39	1.79	1.74
post_wgtd	CRPS	0.95	1.14	1.10	1.26	1.50	1.68	post_wgtd	CRPS	0.97	1.12	1.14	1.23	1.59	1.64
post_emos	CRPS	0.89	1.11	1.03	1.25	1.46	1.67	post_emos	CRPS	0.91	1.08	1.09	1.24	1.66	1.62
봄철															
modl_wgtd	CRPS	1.29	1.41	1.46	1.45	1.91	1.75	modl_wgtd	CRPS	1.30	1.41	1.45	1.43	1.91	1.70
modl_emos	CRPS	1.07	1.26	1.31	1.37	1.76	1.68	modl_emos	CRPS	1.10	1.25	1.33	1.34	1.76	1.63
post_wgtd	CRPS	0.92	1.11	1.22	1.31	1.64	1.62	post_wgtd	CRPS	0.94	1.09	1.22	1.27	1.67	1.57
post_emos	CRPS	0.90	1.08	1.18	1.30	1.59	1.60	post_emos	CRPS	0.92	1.07	1.22	1.26	1.59	1.52
여름철															
modl_wgtd	CRPS	0.97	0.86	1.19	0.95	1.45	1.14	modl_wgtd	CRPS	1.00	0.85	1.22	0.93	1.48	1.14
modl_emos	CRPS	0.90	0.78	1.13	0.90	1.34	1.12	modl_emos	CRPS	0.93	0.78	1.15	0.87	1.43	1.09
post_wgtd	CRPS	0.80	0.73	1.06	0.88	1.30	1.07	post_wgtd	CRPS	0.83	0.72	1.09	0.85	1.34	1.05
post_emos	CRPS	0.81	0.73	1.08	0.88	1.29	1.07	post_emos	CRPS	0.84	0.71	1.12	0.84	1.32	1.03
가을철															
modl_wgtd	CRPS	1.20	1.32	1.28	1.35	1.61	1.66	modl_wgtd	CRPS	1.22	1.35	1.30	1.36	1.62	1.61
modl_emos	CRPS	1.05	1.17	1.22	1.23	1.65	1.58	modl_emos	CRPS	1.11	1.18	1.22	1.28	1.66	1.50
post_wgtd	CRPS	0.86	1.00	1.04	1.15	1.37	1.43	post_wgtd	CRPS	0.89	0.98	1.07	1.15	1.41	1.42
post_emos	CRPS	0.87	0.98	1.00	1.13	1.33	1.40	post_emos	CRPS	0.85	0.95	1.03	1.11	1.41	1.40

표 2.2.3.9 BEST 후처리 확률예보 기온 검증 결과(좌: 00UTC, 우: 12UTC)

00UTC								12UTC							
기법	검증 지수	0~72hr		73~144hr		145~240hr		기법	검증 지수	0~72hr		73~144hr		145~240hr	
		주간	야간	주간	야간	주간	야간			주간	야간	주간	야간	주간	야간
겨울철															
modl_wgtd	CRPS	1.63	1.47	1.84	1.64	2.64	2.40	modl_wgtd	CRPS	1.69	1.48	1.92	1.63	2.73	2.32
modl_emos	CRPS	1.51	1.34	1.81	1.55	2.53	2.29	modl_emos	CRPS	1.56	1.33	1.87	1.54	2.62	2.21
post_wgtd	CRPS	1.38	1.24	1.69	1.51	2.50	2.26	post_wgtd	CRPS	1.43	1.23	1.75	1.48	2.62	2.20
post_emos	CRPS	1.37	1.22	1.68	1.50	2.48	2.25	post_emos	CRPS	1.42	1.22	1.78	1.46	2.58	2.19
봄철															
modl_wgtd	CRPS	1.65	1.49	1.92	1.72	2.30	2.14	modl_wgtd	CRPS	1.68	1.45	1.95	1.69	2.30	2.07
modl_emos	CRPS	1.55	1.40	1.87	1.69	2.25	2.09	modl_emos	CRPS	1.57	1.36	1.89	1.64	2.26	2.03
post_wgtd	CRPS	1.42	1.35	1.79	1.63	2.24	2.10	post_wgtd	CRPS	1.44	1.26	1.83	1.62	2.24	2.04
post_emos	CRPS	1.41	1.30	1.78	1.65	2.20	2.07	post_emos	CRPS	1.46	1.25	1.83	1.59	2.22	2.00
여름철															
modl_wgtd	CRPS	0.89	0.81	0.96	0.90	1.12	1.06	modl_wgtd	CRPS	0.89	0.79	0.95	0.86	1.13	1.04
modl_emos	CRPS	0.90	0.76	0.96	0.90	1.11	1.07	modl_emos	CRPS	0.88	0.74	0.95	0.88	1.12	1.04
post_wgtd	CRPS	0.81	0.75	0.93	0.87	1.14	1.04	post_wgtd	CRPS	0.81	0.72	0.92	0.84	1.12	1.03
post_emos	CRPS	0.84	0.74	0.93	0.88	1.24	1.03	post_emos	CRPS	0.81	0.72	0.92	0.84	1.14	1.01
가을철															
modl_wgtd	CRPS	1.15	1.06	1.33	1.24	1.72	1.63	modl_wgtd	CRPS	1.18	1.04	1.38	1.22	1.75	1.58
modl_emos	CRPS	1.12	0.98	1.31	1.22	1.83	1.69	modl_emos	CRPS	1.13	0.96	1.34	1.19	1.79	1.66
post_wgtd	CRPS	1.04	0.96	1.27	1.18	1.68	1.58	post_wgtd	CRPS	1.07	0.93	1.33	1.16	1.74	1.55
post_emos	CRPS	1.03	0.99	1.31	1.17	1.70	1.66	post_emos	CRPS	1.06	0.90	1.38	1.17	1.85	1.62

표 2.2.3.10 BEST 후처리 확률예보 노점온도 검증 결과(좌: 00UTC, 우: 12UTC)

00UTC								12UTC							
기법	검증 지수	0~72hr		73~144hr		145~240hr		기법	검증 지수	0~72hr		73~144hr		145~240hr	
		주간	야간	주간	야간	주간	야간			주간	야간	주간	야간	주간	야간
겨울철															
modl_wgtd	CRPS	1.41	1.29	1.29	1.12	1.23	1.07	modl_wgtd	CRPS	1.42	1.30	1.29	1.15	1.22	1.06
modl_emos	CRPS	0.90	0.72	0.93	0.74	1.00	0.80	modl_emos	CRPS	0.89	0.72	0.94	0.74	1.00	0.79
post_wgtd	CRPS	0.88	0.75	0.91	0.76	0.99	0.82	post_wgtd	CRPS	0.88	0.74	0.92	0.76	1.00	0.81
post_emos	CRPS	0.86	0.71	0.90	0.74	0.97	0.79	post_emos	CRPS	0.86	0.70	0.91	0.73	0.99	0.79
봄철															
modl_wgtd	CRPS	1.25	1.03	1.17	0.94	1.15	0.87	modl_wgtd	CRPS	1.25	1.05	1.16	0.95	1.14	0.87
modl_emos	CRPS	0.94	0.68	0.99	0.70	1.06	0.73	modl_emos	CRPS	0.94	0.68	0.99	0.69	1.06	0.73
post_wgtd	CRPS	0.91	0.69	0.96	0.71	1.06	0.75	post_wgtd	CRPS	0.92	0.69	0.97	0.71	1.06	0.74
post_emos	CRPS	0.90	0.66	0.96	0.68	1.05	0.72	post_emos	CRPS	0.91	0.66	0.96	0.68	1.05	0.72
여름철															
modl_wgtd	CRPS	1.14	0.96	1.09	0.89	1.05	0.83	modl_wgtd	CRPS	1.16	0.97	1.08	0.89	1.05	0.82
modl_emos	CRPS	0.81	0.61	0.85	0.63	0.91	0.66	modl_emos	CRPS	0.81	0.61	0.86	0.63	0.92	0.66
post_wgtd	CRPS	0.79	0.63	0.85	0.66	0.91	0.69	post_wgtd	CRPS	0.80	0.63	0.85	0.65	0.92	0.69
post_emos	CRPS	0.77	0.59	0.83	0.62	0.90	0.66	post_emos	CRPS	0.78	0.59	0.84	0.62	0.91	0.66
가을철															
modl_wgtd	CRPS	1.33	1.20	1.23	1.08	1.12	0.95	modl_wgtd	CRPS	1.34	1.20	1.21	1.10	1.12	0.96
modl_emos	CRPS	0.77	0.62	0.81	0.65	0.86	0.67	modl_emos	CRPS	0.78	0.62	0.81	0.65	0.87	0.67
post_wgtd	CRPS	0.79	0.66	0.82	0.67	0.87	0.67	post_wgtd	CRPS	0.80	0.66	0.82	0.67	0.87	0.67
post_emos	CRPS	0.75	0.61	0.79	0.63	0.85	0.64	post_emos	CRPS	0.76	0.61	0.79	0.62	0.87	0.64

표 2.2.3.11 BEST 후처리 확률예보 U10M 검증 결과(좌: 00UTC, 우: 12UTC)

00UTC								12UTC							
기법	검증 지수	0~72hr		73~144hr		145~240hr		기법	검증 지수	0~72hr		73~144hr		145~240hr	
		주간	야간	주간	야간	주간	야간			주간	야간	주간	야간	주간	야간
겨울철															
modl_wgtd	CRPS	1.29	1.19	1.21	1.06	1.15	0.98	modl_wgtd	CRPS	1.29	1.21	1.21	1.08	1.15	0.99
modl_emos	CRPS	0.90	0.72	0.93	0.74	0.99	0.77	modl_emos	CRPS	0.90	0.72	0.94	0.74	0.99	0.77
post_wgtd	CRPS	0.89	0.75	0.92	0.76	0.97	0.79	post_wgtd	CRPS	0.89	0.75	0.92	0.76	0.99	0.79
post_emos	CRPS	0.86	0.71	0.90	0.73	0.96	0.76	post_emos	CRPS	0.87	0.71	0.90	0.72	0.97	0.76
봄철															
modl_wgtd	CRPS	1.18	1.02	1.13	0.93	1.10	0.86	modl_wgtd	CRPS	1.18	1.03	1.12	0.94	1.09	0.86
modl_emos	CRPS	0.92	0.67	0.95	0.67	1.00	0.70	modl_emos	CRPS	0.92	0.66	0.95	0.67	1.00	0.70
post_wgtd	CRPS	0.89	0.69	0.94	0.70	1.00	0.72	post_wgtd	CRPS	0.90	0.68	0.94	0.69	0.99	0.71
post_emos	CRPS	0.88	0.65	0.92	0.66	0.98	0.69	post_emos	CRPS	0.88	0.64	0.92	0.65	0.98	0.68
여름철															
modl_wgtd	CRPS	1.09	0.93	1.06	0.90	1.09	0.93	modl_wgtd	CRPS	1.09	0.95	1.06	0.90	1.10	0.94
modl_emos	CRPS	0.81	0.61	0.86	0.65	0.91	0.69	modl_emos	CRPS	0.81	0.61	0.86	0.65	0.91	0.69
post_wgtd	CRPS	0.78	0.62	0.83	0.66	0.89	0.72	post_wgtd	CRPS	0.78	0.62	0.84	0.66	0.89	0.71
post_emos	CRPS	0.77	0.60	0.83	0.64	0.88	0.69	post_emos	CRPS	0.78	0.60	0.83	0.64	0.89	0.69
가을철															
modl_wgtd	CRPS	1.08	0.98	1.03	0.90	1.00	0.85	modl_wgtd	CRPS	1.09	1.00	1.03	0.90	0.99	0.85
modl_emos	CRPS	0.76	0.62	0.80	0.65	0.83	0.67	modl_emos	CRPS	0.77	0.61	0.80	0.64	0.83	0.66
post_wgtd	CRPS	0.76	0.63	0.80	0.64	0.85	0.66	post_wgtd	CRPS	0.77	0.63	0.80	0.64	0.84	0.66
post_emos	CRPS	0.74	0.59	0.78	0.62	0.83	0.64	post_emos	CRPS	0.75	0.60	0.78	0.61	0.83	0.63

표 2.2.3.12 BEST 후처리 확률예보 V10M 검증 결과(좌: 00UTC, 우: 12UTC)

00UTC								12UTC							
기법	검증 지수	0~72hr		73~144hr		145~240hr		기법	검증 지수	0~72hr		73~144hr		145~240hr	
		주간	야간	주간	야간	주간	야간			주간	야간	주간	야간	주간	야간
겨울철															
modl_wgtd	CRPS	1.23	1.37	1.12	1.20	1.09	1.18	modl_wgtd	CRPS	1.23	1.38	1.12	1.22	1.08	1.17
modl_emos	CRPS	0.75	0.70	0.79	0.73	0.87	0.81	modl_emos	CRPS	0.76	0.70	0.81	0.73	0.88	0.80
post_wgtd	CRPS	0.67	0.67	0.73	0.73	0.83	0.82	post_wgtd	CRPS	0.68	0.67	0.74	0.72	0.84	0.81
post_emos	CRPS	0.66	0.63	0.71	0.69	0.81	0.79	post_emos	CRPS	0.66	0.63	0.72	0.68	0.81	0.77
봄철															
modl_wgtd	CRPS	0.95	1.05	0.91	1.00	0.90	0.96	modl_wgtd	CRPS	0.95	1.06	0.90	1.01	0.88	0.96
modl_emos	CRPS	0.77	0.64	0.79	0.66	0.81	0.70	modl_emos	CRPS	0.77	0.63	0.78	0.66	0.81	0.69
post_wgtd	CRPS	0.64	0.62	0.70	0.68	0.77	0.71	post_wgtd	CRPS	0.65	0.62	0.71	0.65	0.75	0.72
post_emos	CRPS	0.63	0.58	0.69	0.63	0.74	0.68	post_emos	CRPS	0.63	0.58	0.68	0.61	0.73	0.67
여름철															
modl_wgtd	CRPS	0.99	1.02	0.99	1.01	0.95	1.00	modl_wgtd	CRPS	1.01	1.03	0.97	1.00	0.96	1.00
modl_emos	CRPS	0.67	0.59	0.70	0.63	0.74	0.68	modl_emos	CRPS	0.68	0.58	0.71	0.62	0.74	0.67
post_wgtd	CRPS	0.61	0.58	0.67	0.65	0.72	0.73	post_wgtd	CRPS	0.62	0.57	0.68	0.64	0.73	0.71
post_emos	CRPS	0.59	0.55	0.65	0.61	0.70	0.69	post_emos	CRPS	0.59	0.54	0.65	0.60	0.71	0.68
가을철															
modl_wgtd	CRPS	1.17	1.26	1.12	1.18	1.03	1.11	modl_wgtd	CRPS	1.18	1.26	1.10	1.18	1.03	1.12
modl_emos	CRPS	0.67	0.62	0.70	0.66	0.74	0.69	modl_emos	CRPS	0.68	0.61	0.71	0.66	0.74	0.69
post_wgtd	CRPS	0.62	0.61	0.67	0.65	0.72	0.70	post_wgtd	CRPS	0.64	0.60	0.69	0.65	0.73	0.70
post_emos	CRPS	0.59	0.55	0.64	0.60	0.70	0.65	post_emos	CRPS	0.60	0.55	0.64	0.59	0.70	0.64

표 2.2.3.13 BEST 후처리 확률예보 풍속 검증 결과(좌: 00UTC, 우: 12UTC)

00UTC								12UTC							
기법	검증 지수	0~72hr		73~144hr		145~240hr		기법	검증 지수	0~72hr		73~144hr		145~240hr	
		주간	야간	주간	야간	주간	야간			주간	야간	주간	야간	주간	야간
겨울철															
modl_wgtd	CRPS	0.06	0.04	0.07	0.06	0.06	0.06	modl_wgtd	CRPS	0.06	0.04	0.07	0.06	0.06	0.06
modl_emos	CRPS	0.05	0.04	0.05	0.03	0.04	0.03	modl_emos	CRPS	0.05	0.04	0.05	0.03	0.04	0.03
봄철															
modl_wgtd	CRPS	0.07	0.10	0.15	0.19	0.16	0.19	modl_wgtd	CRPS	0.08	0.10	0.17	0.18	0.16	0.19
modl_emos	CRPS	0.06	0.09	0.08	0.11	0.08	0.12	modl_emos	CRPS	0.07	0.09	0.09	0.11	0.08	0.12
여름철															
modl_wgtd	CRPS	0.49	0.53	0.92	0.94	0.79	0.84	modl_wgtd	CRPS	0.51	0.47	0.90	0.84	0.74	0.78
modl_emos	CRPS	0.34	0.34	0.37	0.39	0.38	0.44	modl_emos	CRPS	0.34	0.34	0.37	0.39	0.38	0.44
가을철															
modl_wgtd	CRPS	0.22	0.16	0.32	0.26	0.29	0.20	modl_wgtd	CRPS	0.23	0.15	0.33	0.24	0.28	0.18
modl_emos	CRPS	0.20	0.12	0.21	0.12	0.21	0.11	modl_emos	CRPS	0.20	0.12	0.21	0.12	0.21	0.11

표 2.2.3.14 BEST 후처리 확률예보 강수량 검증 결과(좌: 00UTC, 우: 12UTC)

○ 기상청 현업 BEST와 개발 BEST 성능비교

본 연구에서 개발한 BEST 가이드스와 기상청 현업 BEST 가이드스 성능을 비교하였다. 여름철 자료는 2022년 7월, 겨울철 자료는 2022년 1월 자료를 사용하였다. 기교변수는 기온, U10M, V10M, 풍속이다. 기온/U10M/V10M/풍속은 모델자료에 MSE 가중치를 적용한 방법(MDL_WGTD)과 앙상블 후처리 결과에 EMOS기법을 적용한 방법(POST_EMOS)결과를 비교하였고, 강수량은 모델자료에 MSE 가중치를 적용한 방법(MDL_WGTD)과 EMOS기법을 적용한 방법(MDL_POST)결과를 비교하였다.

기온은 현업 BEST 성능이 좋은 것으로 나타났으며, 바람관련 변수(U10M, V10M, 풍속)은 기존 현업 BEST보다 올해 개발한 방법의 BEST 가이드스 성능이 향상하였다. 강수량의 경우 CSI 검증 구간에 따라 성능이 좋은 기법이 달랐다. 0.1mm 이상 구간에서는 EMOS기법을 적용한 방법(MDL_EMOS), 0.5mm이상 구간에서는 MSE 가중치를 적용한 방법(MDL_WGTD), 5.0mm 이상 구간은 현업 BEST 방법(KMA_BEST)이 성능이 좋았다.

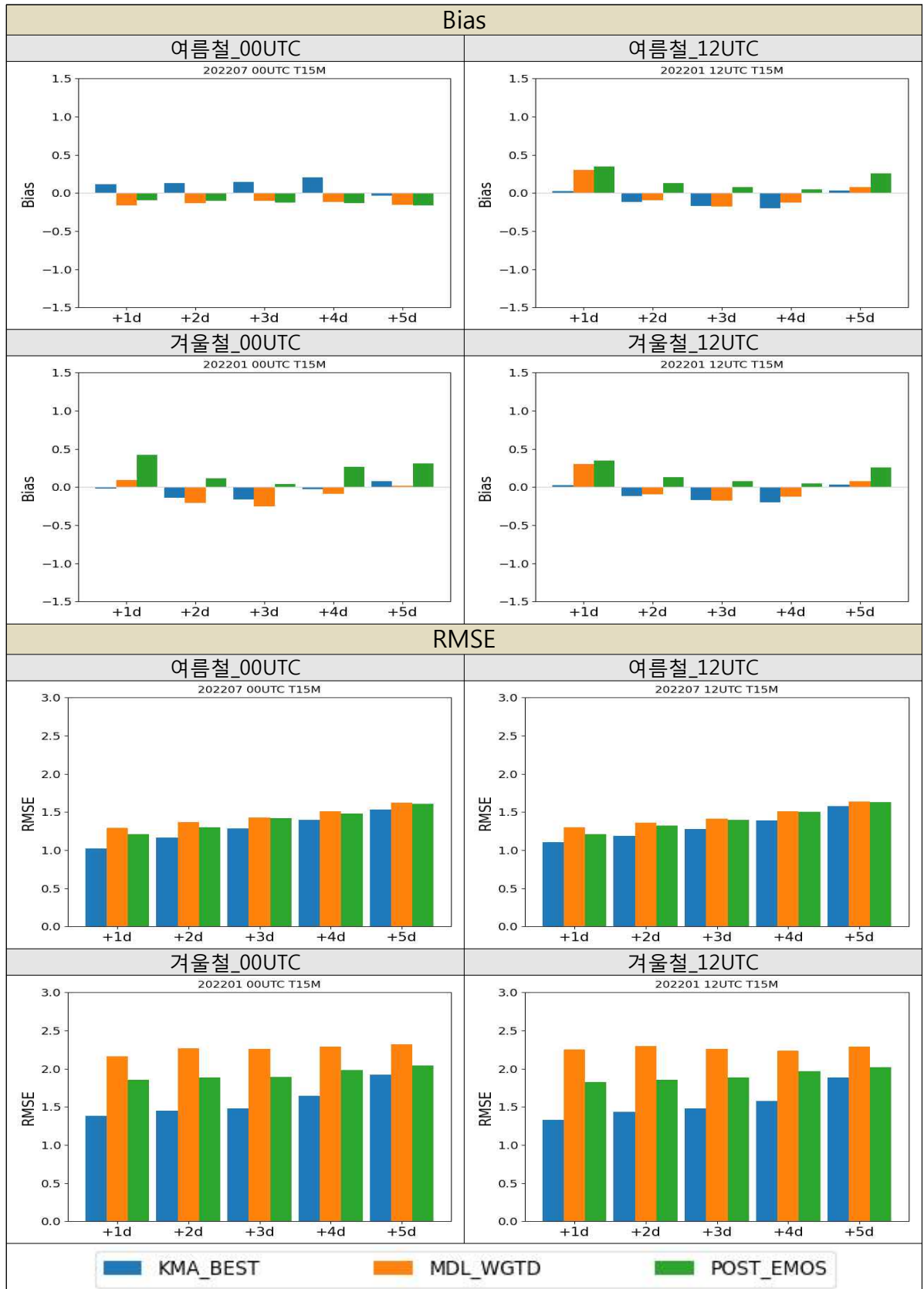


표 2.2.3.15 현업 BEST와 올해 연구 개발 BEST 가이던스 기온 비교



표 2.2.3.16 현업 BEST와 올해 연구 개발 BEST 가이던스 U10M 비교

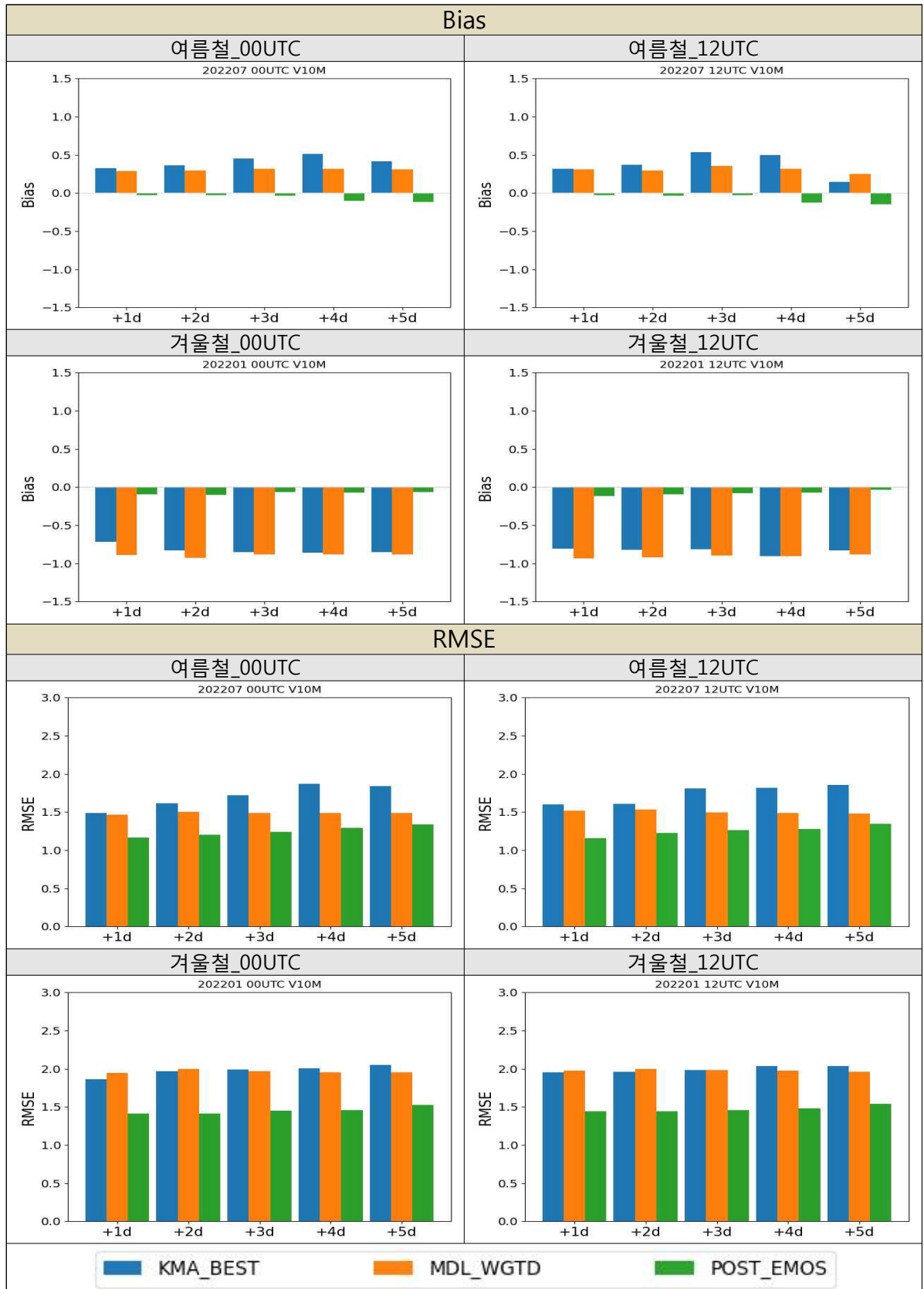


표 2.2.3.17 현업 BEST와 올해 연구 개발 BEST 가이던스 V10M 비교



표 2.2.3.18 현업 BEST와 올해 연구 개발 BEST 가이던스 풍속 비교

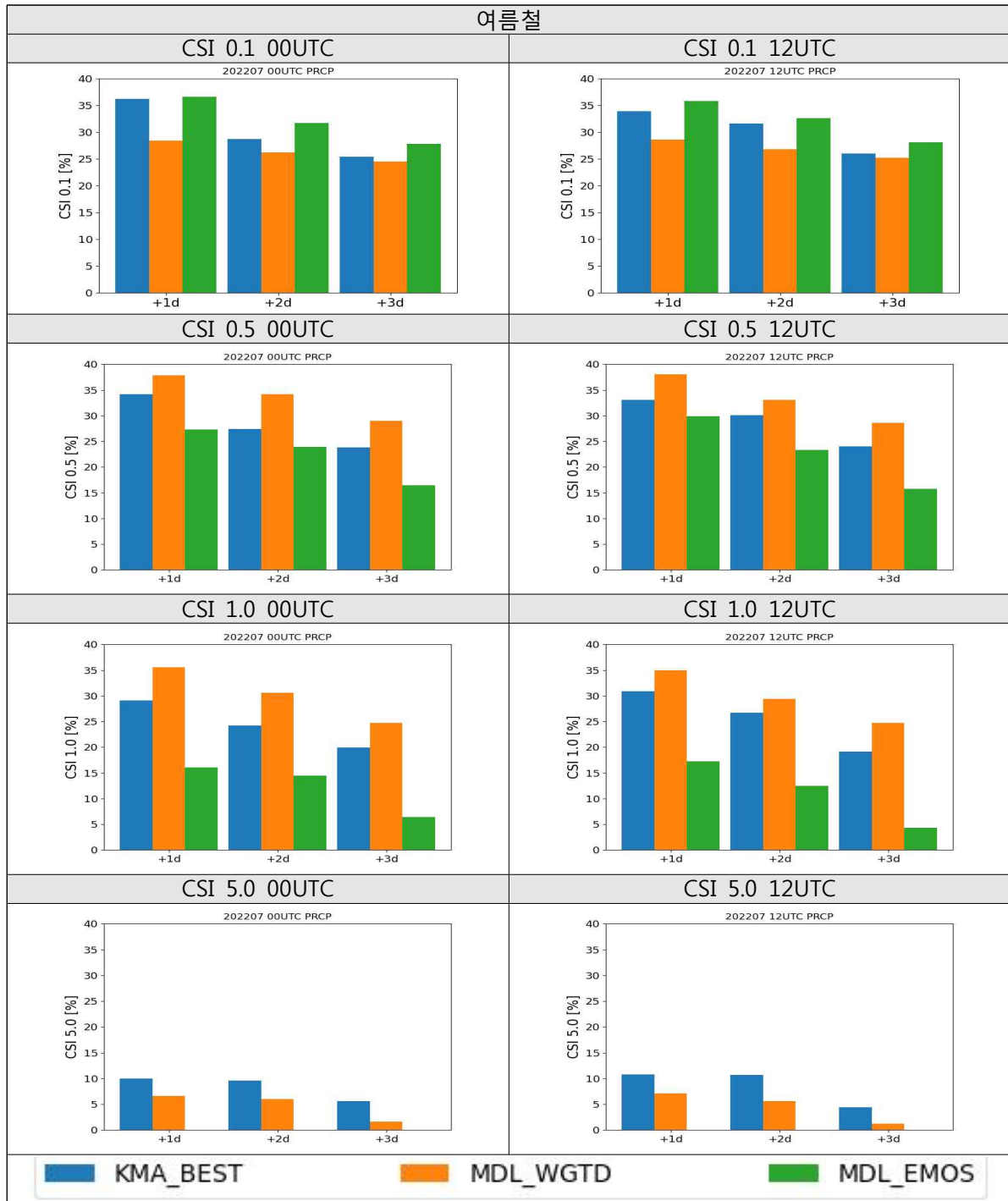


표 2.2.3.19 현업 BEST와 올해 연구 개발 BEST 가이던스 강수량 비교

○ 다중모델 앙상블 기반 가이드스 체계

앙상블 기반 확률예보 자료는 먼저 앙상블 모델(ECME, EPSG)의 1시간 내삽된 모델 원 자료는 확인 후 모델별 PPNN과 EMOS 결과를 생산한다. 이후 기존 가이드스 체계와 동일하게 1km 격자 내삽을 수행하고, 기온가 노점온도에 대해 고도 보정을 수행한다. 이후 풍향 및 습도에 대해 PPM을 적용하며, 격자 및 단위 변환을 수행한다. 이후 1km 및 5km의 BEST 후처리 결과를 생산하고, RKIM의 가중치 계산 후 RKIM 결과까지 포함한 BEST 후처리 결과를 재생산한다. 이후 지점 자료 생산 후 확률예보에 대한 결과를 생산한다. 작업 흐름도는 아래의 그림과 같다.

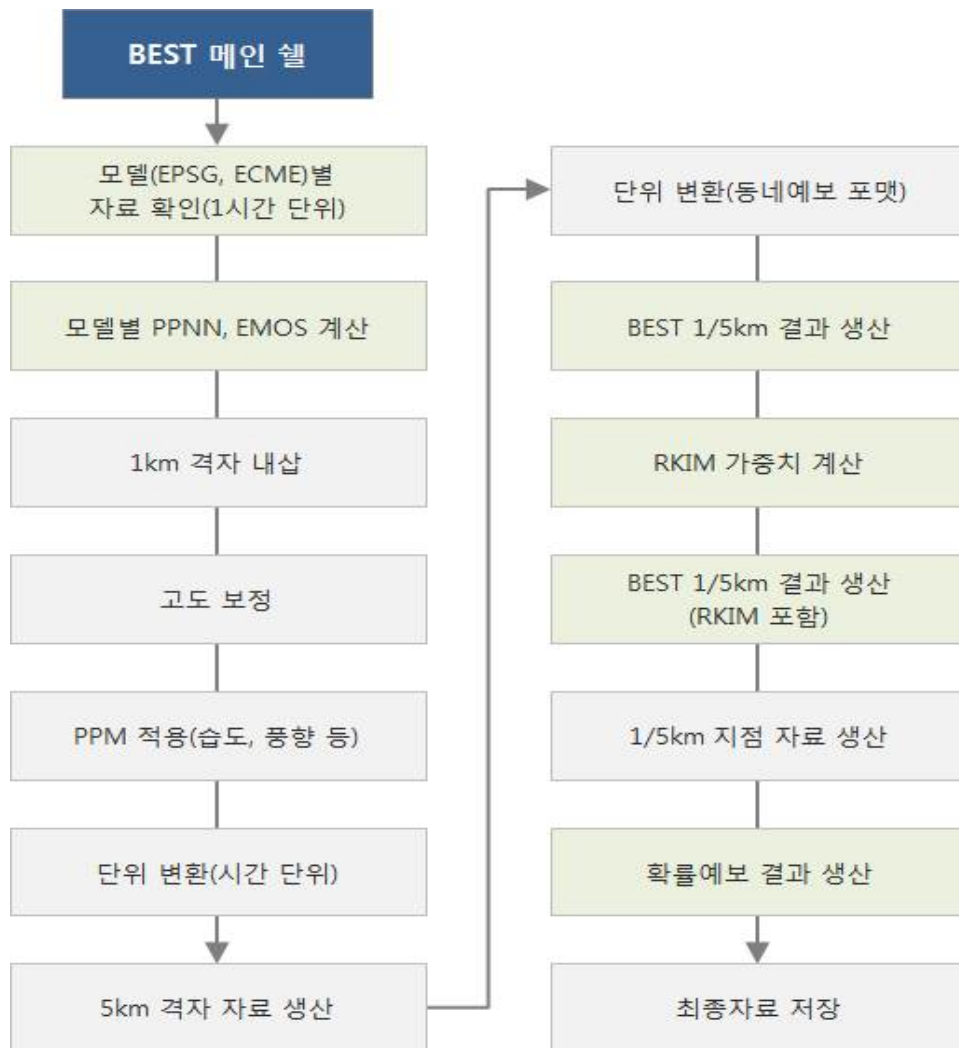


그림 2.2.3.2 다중모델 앙상블 가이드스 작업 흐름도

제3절 한국형 지역예보모델 기반 가이드스를 이용한 예측 특성 진단

2.3.1. 시/공간예측 특성(지역별/월별/분기별/계절별 등) 분석

○ 수치예보 가이드스의 시/공간 예측 특성 분석 검증 프로그램 개발

수치예보 가이드스 검증은 동네예보 가이드스 실시간 운영에 있어 매우 중요한 분야로 검증을 통하여 시/공간적인 예측특성을 진단함으로써 수치예보 가이드스의 지속적인 개선과 예보정확도 향상이 가능하다.

본 과제에서는 예보체계 개편에 따른 상세예보 제공 등을 위하여, 현재 동네예보 가이드스에서 실시간 운영 중인 수치예보모델 결과와 신규 개발된 고해상도 한국형 지역예보모델 결과의 예측 성능을 분석할 수 있는 검증 프로그램을 개발하였다.

검증 프로그램은 단기 및 중기 예보기간에 대하여 한국형 전지구 예보모델(GKIM PPM), 한국형 지역 예보모델(GKIM PPM), UM 전지구 예보모델(GDPS PPM), ECMWF 전지구 예보모델(ECMWF PPM)의 가이드스와 BEST(BEST MERG) 가이드스를 대상으로 11개의 기상변수(기온, 최고기온, 최저기온, 습도, 풍향, 풍속, 하늘상태, 강수유무, 강수확률, 강수량, 적설)를 검증하였다. 자세한 단기 및 중기예보 가이드스 검증시스템 구성은 표 2.3.1.1과 같다. 또한 수치예보 가이드스의 예측성을 검증하기 위하여, 종관 지상관측자료를 참값으로 사용하였다.

검증 프로그램에서는 BIAS, RMSE, MAE, BS, CSI 등 기상변수별 다양한 검증방법을 사용하였으며, 동네예보 308개 지점에 대하여 수치예보모델별 검증을 각각 수행하였다. 자세한 기상변수별 검증방법은 표 2.3.1.2와 같다.

표 2.3.1.1 단기 및 중기예보 가이던스 검증시스템 구성

구분		내용
기간		단기, 중기
모델		GKIM, RKIM, GDAPS, ECMWF, BEST
기법		PPM
변수	단기	기온(1시간), 최고기온, 최저기온, 습도(1시간), 풍속(1시간), 강수확률(1시간), 강수형태(1시간), 강수량(1시간), 적설량(1시간), 풍향(1시간), 하늘상태(1시간)
	중기	기온(3시간), 최고기온, 최저기온, 습도(3시간), 풍속(3시간), 강수확률(3시간), 강수형태(3시간), 강수량(3시간), 적설량(3시간), 풍향(3시간), 하늘상태(3시간)
검증지수		BIAS, RMSE, MAE, BS, CSI, ACC, POD, FAR, HSS, ETS, PC
시간		00, 06, 12, 18(UTC)
월별, 분기별, 계절별		시작일 ~ 종료일
표출		집계표, 공간분포도

표 2.3.1.2 기상변수별 검증방법

구분	기상변수	시간간격 (단기/중기)	검증지수
연속형	기온	1시간/3시간	BIAS, 오차빈도
	최고기온 최저기온	1일/1일	오차빈도, RMSE, MAE
	습도	1시간/3시간	BIAS, 오차빈도, RMSE, MAE
	풍속	1시간/3시간	BIAS, RMSE, MAE
이중범주형	강수유무	1시간/3시간	ACC, BIAS, CSI, FAR, HSS, POD
	강수량	1시간/3시간	BIAS, CSI
	적설	1시간/3시간	BIAS, CSI, ETS
다중범주형	하늘상태	1시간/3시간	BIAS, CSI, ETS
	풍향	1시간/3시간	HSS, PC

수치예보 가이드스의 시·공간적인 예측특성을 분석하기 위하여 사용된 자료는 표 2.3.1.3과 같다. 단기예보 가이드스의 경우 관측자료는 1시간 간격의 종관 지상관측자료를 사용하였으며, 수치예보 가이드스는 6시간부터 135시간까지 1시간 간격의 GDPS PPM, GKIM PPM, BEST MERG와 6시간부터 144시간까지 1시간 간격의 ECMWF PPM와 6시간부터 72시간까지 1시간 간격의 RKIM PPM 자료를 이용하여 수치예보 가이드스 성능을 각각 비교하였다. 중기예보 가이드스의 경우 관측자료는 3시간 간격의 종관 지상관측자료를 사용하였으며, 수치예보 가이드스는 6시간부터 288시간까지 3시간 간격의 GDPS PPM, GKIM PPM, RKIM PPM, ECMWF PPM, BEST MERG 자료를 이용하여 동네예보 308개 지점의 수치예보 가이드스 성능을 각각 비교하였다.

표 2.3.1.3 수치예보 가이드스별 검증을 위한 분석자료

구분		관측자료	수치예보 가이드스
종류		종관 지상관측자료	GDPS PPM, ECMWF PPM, GKIM PPM, RKIM PPM, BEST MERG 가이드스 지점자료
시간	단기	1시간 간격	- ECMWF : 6시간부터 144시간까지 1시간 간격 - RKIM : 6시간부터 72시간까지 1시간 간격 - 그 외 : 6시간부터 135시간까지 1시간 간격
	중기	3시간 간격	6시간부터 288시간까지 3시간 간격
요소		기온, 최고기온, 최저기온, 습도, 풍속, 강수량, 적설량, 풍향, 하늘상태	기온, 최고기온, 최저기온, 습도, 풍속, 강수량, 적설량, 풍향, 하늘상태, 강수형태, 강수확률
지점		동네예보 308개 지점	

검증 프로그램은 네임리스트를 설정한 후 입력자료 읽기, 변수별 편차 및 기준값 계산, 변수별 검증지수 계산, 변수별 검증지수 출력 순서로 수행되며 검증 프로그램의 수행과정은 그림 2.3.1.1과 같다.

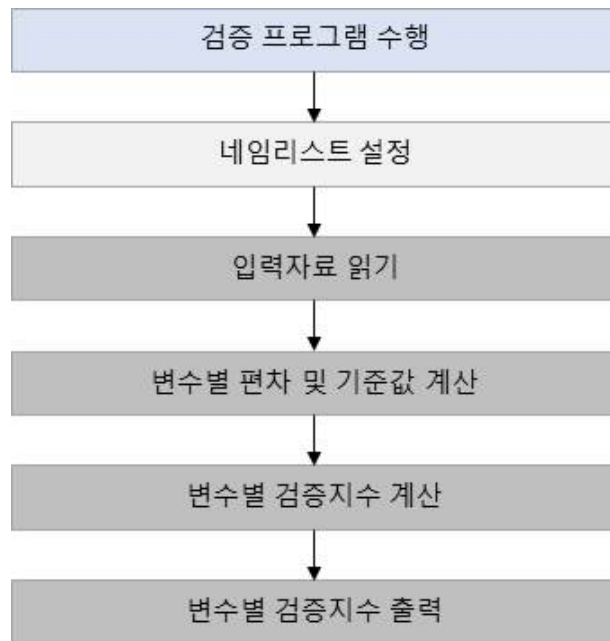


그림 2.3.1.1 검증 프로그램 흐름도

표 2.3.1.4와 표 2.3.1.5는 단기 및 중기예보 가이던스 검증프로그램의 디렉터리 및 소스 프로그램 구조이다. 소스 프로그램은 하나의 메인 셸 프로그램과 2개의 서브 셸 프로그램과 포트란 프로그램을 기반으로 서브루틴 및 함수를 사용하여 수행하며, 각 프로그램을 활용하여 검증 프로그램을 구축하였다.

표 2.3.1.4 단기 및 중기예보 가이드스 검증 프로그램 디렉터리 구조

디렉터리명		내용
SHRT(단기) or MEMD(중기)	COMPILE	컴파일 보조자료
	DAOU	산출물 디렉터리
	SHEL	검증 셸 디렉터리
	EXEC	실행파일 디렉터리
	DABA	데이터베이스 디렉터리
	Makefile	컴파일 프로그램
	inc	포트란 모듈 디렉터리
	src	포트란 메인 및 서브루틴 디렉터리

표 2.3.1.5 단기 및 중기예보 가이드스 검증 프로그램 소스 목록

구분	프로그램명	내용
메인 shell	run.csh	메인 셸 프로그램
서브 shell	dfs_shrt_vrfy_job.f90	단기예보 셸 프로그램
	dfs_medm_vrfy_job.f90	중기예보 셸 프로그램
메인 코드	dfs_verification_job.f90	메인 검증 프로그램
서브루틴	dfs_calc_newdate.f90	날짜 계산
	dfs_read_stn.f90	지점정보 읽기
	dfs_namelist.f90	네임리스트 읽기
	dfs_make_stn_headerA.f90	헤더 출력
	dfs_print_stn_score.f90	검증지수 출력
	dfs_calc_vfy_score.f90	검증지수 계산
	dfs_assign_env.f90	변수 환경 설정
	dfs_allocate_initial.f90	배열 선언
	dfs_read_stn_productA.f90	입력자료 읽기
	dfs_process_fcst_prdd.f90	편차 및 기준값 계산
	함수	dfs_get_unit.f90
dfs_func_score.f90		검증지수 계산
dfs_calc_sum_mean.f90		집계표 계산
dfs_julian.f90		줄리안데이 계산
dfs_find_stn_id.f90		산출 지점 찾기
dfs_time_lib.f90		시간 계산

```

# 1. 단기(SHRT) or 중기(MEDM)
set data_term = "SHRT" ## check

# 2. 지점(STN) or 격자(GRD)
set data_type = "STN" ## check

# 3. 발표(INIT) or 발효(TARG)
set peri = "INIT" ## check

# 4. 변수명
set v_name = "T1H#REH#TMN#TMX#WSD#POP#PTY#RN1#SN1#VEC#SKY"
set v_name = `echo $v_name | sed "s/?/? ?g"`

# 5. 시작날짜(YYYYMMDD)
set s_date = ${YYYYMM}01 ## check

# 6. 끝날짜(YYYYMMDD)
set e_date = ${YYYYMM}${LDAY} ## check

# 7. 모델 기법
if ( $data_term == 'MEDM' ) then
  set modl = "BEST_MERG#GDPS_NPPM#GDPS_MOSM#ECMW_NPPM#ECMW_MOSM#EPSG_NPPM#EPSG_MOSM#ECEN_NPPM#BEST_EPS"
else if ( $data_term == 'SHRT' ) then
  set modl = "BEST_MERG#ECMW_NPPM#GDPS_NPPM#GKIM_NPPM#RKIM_NPPM"
endif

```

그림 2.3.1.2 네임리스트 설정을 위한 변수 셋팅

검증 프로그램은 수치예보 가이드스 또는 기상변수 변경 시 프로그램 코드 수정 없이 네임리스트의 설정 변경만으로 수치예보 가이드스 검증을 수행할 수 있도록 구축하였다. 네임리스트는 최상위 검증 프로그램에서 하위 프로그램으로 수치예보 가이드스 및 변수 정보를 전달시 리스트를 기준으로 설정되며 그림 2.3.1.2와 같다. 전달받은 수치예보 가이드스 리스트 및 변수 정보를 기준으로 하나씩 반복 수행하여 그림 2.3.1.3과 같이 네임리스트를 설정하며, 해당 파일을 기준으로 검증 프로그램이 수행되도록 구성하였다.

```

&record1
sdate1 = 2022090100
edate1 = 2022093012
element = 'sky'
/

&record2
name_stn = '~/VRFY/SHRT/DABA/dfs_vrfy_station_directory.dat'
name_obs = '/DATA2/DFSDISK/ARCH/SHRT/OBSD'
name_oil = 'DFS_SHRT_STN_OBSD_MERG_L1HR_SKY'
name_src = '/DATA2/DFSDISK/ARCH/SHRT/LPPM'
name_fil = 'DFS_SHRT_STN_RKIM_NPPM_HR01_SKY'
name_out = '~/VRFY/DAOU/202209/SKY/DFS_SHRT_STN_RKIM_NPPM_SKY'
/

&record3
dt      = 12
/

```

그림 2.3.1.3 네임리스트 설정 파일(예시)

입력자료 읽기는 네임리스트에 설정된 기상변수에 대하여 검증 시작일부터 종료일까지의 관측자료와 수치예보 가이드스 자료를 읽는다. 한편 강수확률과 강수형태 기상변수는 관측자료에서 산출하고 있지 않으므로, 시간당 강수량 자료를 이용하여 검증을 수행하였다. 강수확률의 경우 해당 지점에 대하여 예측시간에 따른 시간당 강수량이 있는 경우는 1(유강수), 없는 경우는 0(무강수)로 설정하여 검증의 참값으로 사용하였다. 강수형태의 경우 해당지점에 대하여 예측시간에 따른 시간당 강수량이 0.01mm/h 미만인 경우에는 0(무강수), 0.01mm/h 이상인 경우 1(비,비/눈,눈)으로 설정하여 검증의 참값으로 사용하였다. 풍향 및 풍속은 수치예보 가이드스에서는 U와 V변수의 파일을 이용하여 풍향 및 풍속을 계산하였다. 풍향의 경우에는 0 ~ 360°까지 45° 간격으로 1 ~ 8의 숫자를 부여(그림 2.3.1.4 참조)하고, 이를 검증에 사용하였다. 풍향 구간별 범위는 다음과 같다.

- 1구간 : $337^\circ \leq \text{VEC}$ or $0^\circ \leq \text{VEC} < 22^\circ$
- 2구간 : $22^\circ \leq \text{VEC} < 67^\circ$
- 3구간 : $67^\circ \leq \text{VEC} < 112^\circ$
- 4구간 : $112^\circ \leq \text{VEC} < 157^\circ$
- 5구간 : $157^\circ \leq \text{VEC} < 202^\circ$
- 6구간 : $202^\circ \leq \text{VEC} < 247^\circ$
- 7구간 : $247^\circ \leq \text{VEC} < 292^\circ$
- 8구간 : $292^\circ \leq \text{VEC} < 337^\circ$

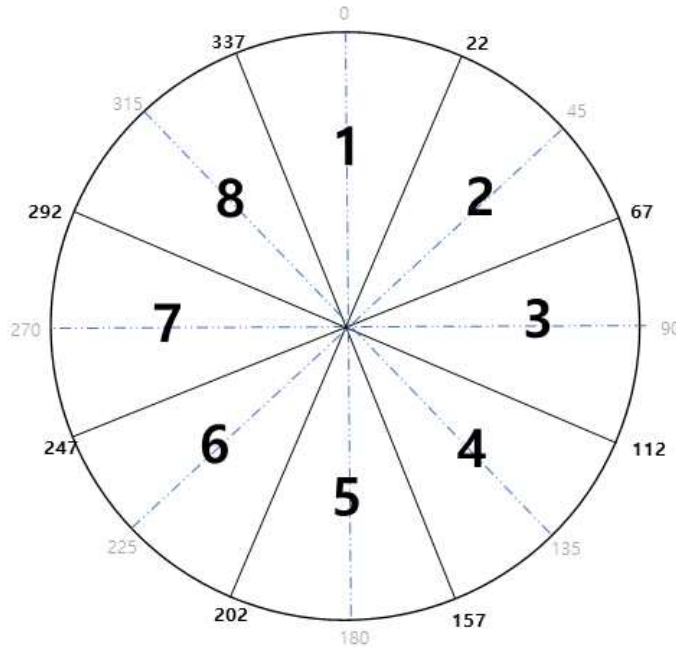


그림 2.3.1.4 풍향 구분표

하늘상태의 경우 1은 맑은, 2는 구름 적음, 3은 구름 많음, 4는 흐름으로 숫자를 부여 검증을 진행하였다, 현재 2번 구름 적음은 사용하지 않는다.

변수별 편차 및 기준값 계산에서는 동네예보 지점별 기상변수별 수치예보와 관측자료의 차를 계산하며, 강수량 및 적설에 대해서는 사전에 정의한 기준값에 속하는 데이터만을 추출하여 검증에 사용하도록 하였다. 강수량의 경우 기준값을 1mm/h 이상, 10mm/h 이상, 60mm/h 이상, 90mm/h 이상으로 설정하였으며, 적설의 경우 기준값을 0.1cm/h 이상, 1cm/h 이상, 5cm/h 이상, 10cm/h 이상으로 설정하였다. 변수별 기준값은 기준값 네임리스트에서 설정하며, 검증 프로그램 변경 없이 기준값 네임리스트를 변경하여 검증을 수행할 수 있도록 개발하였다.

변수별 검증지수 계산에서는 변수별 편차 및 기준값 계산된 결과를 이용하여 검증지수를 계산(표 2.3.1.2 참조)한다.

변수별 검증지수 출력에서는 동네예보 308개 지점에 대하여 기상변수별 계산된 검증지수 결과를 시계열 형식으로 저장되며 그림 2.3.1.5와 같다. 계산된 결과는 표 2.3.1.6과 같이 생산된다.

2022090100-2022093000+000HOUR																			
STNID	+006H	+007H	+008H	+009H	+010H	+011H	+012H	+013H	+014H	+015H	+016H	+017H	+018H	+019H	+020H	+021H	+022H	+023H	
+024H	+025H	+026H	+027H	+028H	+029H	+030H	+031H	+032H	+033H	+034H	+035H	+036H	+037H	+038H	+039H	+040H	+041H	+042H	
+043H	+044H	+045H	+046H	+047H	+048H	+049H	+050H	+051H	+052H	+053H	+054H	+055H	+056H	+057H	+058H	+059H	+060H	+061H	
+062H	+063H	+064H	+065H	+066H	+067H	+068H	+069H	+070H	+071H	+072H	+073H	+074H	+075H	+076H	+077H	+078H	+079H	+080H	
+081H	+082H	+083H	+084H	+085H	+086H	+087H	+088H	+089H	+090H	+091H	+092H	+093H	+094H	+095H	+096H	+097H	+098H	+099H	
+100H	+101H	+102H	+103H	+104H	+105H	+106H	+107H	+108H	+109H	+110H	+111H	+112H	+113H	+114H	+115H	+116H	+117H	+118H	
+119H	+120H	+121H	+122H	+123H	+124H	+125H	+126H	+127H	+128H	+129H	+130H	+131H	+132H	+133H	+134H	+135H			
STNID	015H	016H	017H	018H	019H	020H	021H	022H	023H	000H	001H	002H	003H	004H	005H	006H	007H	008H	009H
010H	011H	012H	013H	014H	015H	016H	017H	018H	019H	020H	021H	022H	023H	000H	001H	002H	003H	004H	005H
006H	007H	008H	009H	010H	011H	012H	013H	014H	015H	016H	017H	018H	019H	020H	021H	022H	023H	000H	001H
002H	003H	004H	005H	006H	007H	008H	009H	010H	011H	012H	013H	014H	015H	016H	017H	018H	019H	020H	021H
022H	023H	000H	001H	002H	003H	004H	005H	006H	007H	008H	009H	010H	011H	012H	013H	014H	015H	016H	017H
018H	019H	020H	021H	022H	023H	000H	001H	002H	003H	004H	005H	006H	007H	008H	009H	010H	011H	012H	013H
014H	015H	016H	017H	018H	019H	020H	021H	022H	023H	000H	AVE								
47003	1.7	-999.0	-999.0	1.6	-999.0	-999.0	1.9	-999.0	-999.0	2.6	-999.0	-999.0	3.0	-999.0	-999.0	3.4	-999.0	-999.0	2.8
-999.0	-999.0	2.0	-999.0	-999.0	1.4	-999.0	-999.0	2.0	-999.0	-999.0	2.8	-999.0	-999.0	3.1	-999.0	-999.0	3.4	-999.0	-999.0
2.4	-999.0	-999.0	2.0	-999.0	-999.0	1.5	-999.0	-999.0	1.9	-999.0	-999.0	2.7	-999.0	-999.0	3.1	-999.0	-999.0	3.3	-999.0
-999.0	2.3	-999.0	-999.0	2.3	-999.0	-999.0	1.7	-999.0	-999.0	1.9	-999.0	-999.0	2.6	-999.0	-999.0	3.0	-999.0	-999.0	3.2
-999.0	-999.0	2.4	-999.0	-999.0	2.4	-999.0	-999.0	1.5	-999.0	-999.0	2.3	-999.0	-999.0	3.0	-999.0	-999.0	3.3	-999.0	-999.0
2.8	-999.0	-999.0	2.5	-999.0	-999.0	2.4	-999.0	-999.0	1.4	-999.0	-999.0	2.7	-999.0	-999.0	3.3	2.5			
47005	2.0	-999.0	-999.0	2.8	-999.0	-999.0	1.9	-999.0	-999.0	2.0	-999.0	-999.0	2.3	-999.0	-999.0	2.5	-999.0	-999.0	2.1
-999.0	-999.0	2.0	-999.0	-999.0	2.8	-999.0	-999.0	2.2	-999.0	-999.0	1.9	-999.0	-999.0	2.2	-999.0	-999.0	2.3	-999.0	-999.0
1.9	-999.0	-999.0	2.1	-999.0	-999.0	3.0	-999.0	-999.0	2.3	-999.0	-999.0	2.0	-999.0	-999.0	2.2	-999.0	-999.0	2.1	-999.0
-999.0	1.8	-999.0	-999.0	2.1	-999.0	-999.0	3.1	-999.0	-999.0	2.4	-999.0	-999.0	1.9	-999.0	-999.0	2.2	-999.0	-999.0	2.3
-999.0	-999.0	1.6	-999.0	-999.0	2.2	-999.0	-999.0	2.8	-999.0	-999.0	2.0	-999.0	-999.0	1.9	-999.0	-999.0	2.2	-999.0	-999.0
2.6	-999.0	-999.0	2.0	-999.0	-999.0	2.8	-999.0	-999.0	3.0	-999.0	-999.0	2.1	-999.0	-999.0	2.5	2.2			
47008	1.5	-999.0	-999.0	1.2	-999.0	-999.0	1.4	-999.0	-999.0	2.4	-999.0	-999.0	2.7	-999.0	-999.0	3.0	-999.0	-999.0	2.5
-999.0	-999.0	1.5	-999.0	-999.0	1.2	-999.0	-999.0	1.5	-999.0	-999.0	2.3	-999.0	-999.0	2.7	-999.0	-999.0	3.0	-999.0	-999.0
1.3	-999.0	-999.0	1.3	-999.0	-999.0	1.3	-999.0	-999.0	1.6	-999.0	-999.0	2.5	-999.0	-999.0	2.8	-999.0	-999.0	3.0	-999.0
-999.0	1.7	-999.0	-999.0	1.7	-999.0	-999.0	1.5	-999.0	-999.0	1.6	-999.0	-999.0	2.3	-999.0	-999.0	2.7	-999.0	-999.0	3.0
-999.0	-999.0	1.7	-999.0	-999.0	1.6	-999.0	-999.0	1.7	-999.0	-999.0	1.8	-999.0	-999.0	2.5	-999.0	-999.0	2.9	-999.0	-999.0
2.5	-999.0	-999.0	1.8	-999.0	-999.0	1.7	-999.0	-999.0	1.9	-999.0	-999.0	1.9	-999.0	-999.0	2.5	2.1			
47014	3.0	-999.0	-999.0	3.8	-999.0	-999.0	2.0	-999.0	-999.0	2.7	-999.0	-999.0	2.8	-999.0	-999.0	2.6	-999.0	-999.0	4.6
-999.0	-999.0	3.2	-999.0	-999.0	3.8	-999.0	-999.0	2.3	-999.0	-999.0	2.9	-999.0	-999.0	3.1	-999.0	-999.0	2.9	-999.0	-999.0
2.8	-999.0	-999.0	3.3	-999.0	-999.0	3.7	-999.0	-999.0	2.2	-999.0	-999.0	3.1	-999.0	-999.0	3.2	-999.0	-999.0	3.1	-999.0
-999.0	2.7	-999.0	-999.0	3.2	-999.0	-999.0	3.7	-999.0	-999.0	2.3	-999.0	-999.0	2.9	-999.0	-999.0	3.3	-999.0	-999.0	3.2
-999.0	-999.0	2.8	-999.0	-999.0	3.3	-999.0	-999.0	3.7	-999.0	-999.0	2.4	-999.0	-999.0	3.1	-999.0	-999.0	3.6	-999.0	-999.0
4.4	-999.0	-999.0	3.0	-999.0	-999.0	3.4	-999.0	-999.0	3.6	-999.0	-999.0	2.8	-999.0	-999.0	3.4	3.2			
AVE	1.5	1.4	1.3	1.4	1.6	1.8	1.9	2.0	2.0	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.2	2.0	2.0	2.1	1.9
1.8	1.7	1.6	1.6	1.8	2.0	2.1	2.2	2.2	2.2	2.3	2.3	2.3	2.3	2.4	2.3	2.2	2.3	2.1	2.0
1.8	1.7	1.7	2.0	2.1	2.2	2.3	2.3	2.3	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.5	2.3	2.3	2.4	2.2	2.1
2.0	2.0	2.2	2.3	2.3	2.4	2.4	2.4	2.5	2.5	2.5	2.5	2.6	2.6	2.5	2.4	2.4	2.2	2.2	2.1
1.9	2.2	2.4	2.4	2.6	2.6	2.6	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.8	2.6	2.5	2.5	2.4	2.3	2.2	2.2
2.2	2.4	2.5	2.7	2.7	2.8	2.2													
NUM	9091	8282	8289	9101	8288	8291	9099	8288	8289	9101	8278	8278	9088	8277	8274	9084	8271	8269	9074
8276	9085	8278	8280	9091	8282	8289	9101	8288	8291	9099	8288	8289	9101	8278	8278	9089	8278	8275	9085
8270	9075	8270	8277	9087	8279	8281	9092	8284	8290	9103	8289	8292	9101	8289	8290	9101	8278	8278	9089
8275	9085	8272	8270	9076	8270	8277	9087	8279	8281	9092	8284	8290	9103	8289	8292	9101	8289	8290	9100
8277	9088	8277	8274	9084	8271	8269	9073	8267	8275	9085	8277	8280	9091	8284	8289	9102	8288	8291	9100
8289	9099	8275	8276	9087	8276	8273	9083	8270	8268	9072	8266	8274	9084	8276	8279	9090	8283	8288	9101
8290	9099	8288	8289	9099	1112138														

그림 2.3.1.5 2022년 9월 GKIM 모델 기온 RMSE 결과 예시

표 2.3.1.6 기상변수별 검증지수 및 파일명

구분	변수	시간 간격		파일명	검증지수	
		단기	중기			
연속형	기온	1시간	3시간	BIAS	BIAS	
				CNT1	오차빈도(0~2)	
				CNT2	오차빈도(2~4)	
				CNT3	오차빈도(4~)	
				RMSE	RMSE	
				MAE	MAE	
	최고기온 최저기온	1일	1일	BIAS	BIAS	
				CNT1	오차빈도(0~2)	
				CNT2	오차빈도(2~4)	
				CNT3	오차빈도(4~)	
				RMSE	RMSE	
				MAE	MAE	
	습도	1시간	3시간	BIAS	BIAS	
				CNT1	오차빈도(0~10)	
				CNT2	오차빈도(10~20)	
				CNT3	오차빈도(20~)	
				RMSE	RMSE	
				MAE	MAE	
	풍속	1시간	3시간	BIAS	BIAS	
				MAE	MAE	
				RMSE	RMSE	
	이중범주형	강수유무	1시간	3시간	ACC	ACC
					BIAS	BIAS
					CSI	CSI
FAR					FAR	
HSS					HSS	
POD					POD	

	강수량	1시간	3시간	BIS1	BIAS(1mm)
				BIS2	BIAS(10mm)
				BIS3	BIAS(60mm)
				BIS4	BIAS(90mm)
				CSI1	CSI(1mm)
				CSI2	CSI(10mm)
	적설	1시간	3시간	BIS1	BIAS(0.1cm)
				BIS2	BIAS(1cm)
				BIS3	BIAS(5cm)
				BIS4	BIAS(10cm)
				CSI1	CSI(0.1cm)
				CSI2	CSI(1cm)
				CSI3	CSI(5cm)
				CSI4	CSI(10cm)
				ETS1	ETS(0.1cm)
				ETS2	ETS(1cm)
				ETS3	ETS(5cm)
				ETS4	ETS(10cm)
	강수유무	1시간	3시간	ACCC	ACC
				BIAS	BIAS
				CSII	CSI
				FARR	FAR
				HSSS	HSS
				PODD	POD
다중범주형	하늘상태 풍향	1시간	3시간	HSSS	HSS
				PCC0	PC
				PCC1	PC(1구간차)

○ 수치예보 가이던스의 시/공간 예측특성 분석 가시화 도구 개발

검증 프로그램에서 산출된 검증 결과를 이용하여 시/공간 예측 특성을 분석하기 위한 가시화 도구를 개발하였다. 시계열 예측 특성은 웹기반 수치예보 가이던스 분석 검증시스템에서 표출되며, “웹기반 수치예보 가이던스 분석 검증시스템 개발” 부분에서 상세히 설명하였다. 한편 공간 예측특성 분석을 위하여 검증결과를 이용한 일기도 가시화 생산 프로그램을 개발하였다. 그림 2.3.1.6은 검증결과를 이용한 일기도 가시화 생산 프로그램 흐름을 나타낸 것이다.

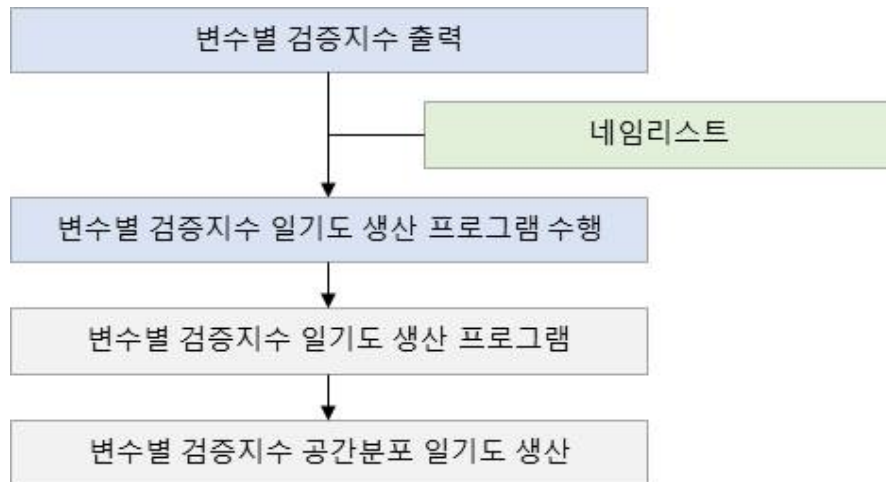


그림 2.3.1.6 검증결과 일기도 가시화 생산 프로그램 흐름도

표 2.3.1.7 검증결과 가시화 생산 프로그램 및 파일명

지점 자료 이미지 생산 프로그램	셸 프로그램	dfs_draw_vrfy_stn.csh
	NCL 프로그램	dfs_draw_vrfy_stn.ncl
환경변수 파일	vrfy_src	
네임리스트	dfs_vrfy.namelist	
공간분포 이미지 파일명	DFS_{\$기간}_{\$구분}_{\$모델}_{\$기법}_{\$변수}_VRFY_{\$검증지수}. {\$검증시작시간}_{\$검증마지막시간}_{\$예측시간시간}.png	

표 2.3.1.7은 가이드스 검증결과 공간분포 생산 프로그램 및 파일명을 나타낸 것으로, 각각의 생산 프로그램 및 공간분포 생산에 필요한 자료 및 디렉터리 구조는 기상청 현업과 유사하게 구성하였다. 또한 일기도 생산을 좀 더 효율적으로 관리하기 위하여 환경설정 파일을 통해 디렉터리 위치 및 일기도 생산에 필요한 파일 경로 등을 설정하였다. 또한 향후 모델의 forecast time 및 timestep 변경을 고려하여 이 부분을 동적으로 계산하여 표출할 수 있도록 프로그램을 구축하였다. 또한 검증지수별 표출 최솟값, 최댓값, 단계값, 컬러바에 대한 정보는 네임리스트를 통하여 관리할 수 있도록 개발하였다.

검증결과 공간분포 일기도는 기간별(단기, 중기), 모델별(GKIM NPPM, RKIM NPPM, GDPS NPPM, ECMWF NPPM, BEST MERG), 모델 초기시간별(00, 06, 12, 18 UTC), 기상변수별 검증지수에 대하여 평균 예측시간 및 예측시간별로 생산된다. 공간분포 일기도는 생산된 이미지는 최종적으로 웹기반 수치예보 가이드스 분석 검증시스템에서 표출된다.

그림 2.3.1.7은 공간분포 일기도 구성을 나타낸 것으로, 공간분포 일기도는 ①표출영역(한반도 영역), ②제목, ③시간 정보, ④범례로 구성되어있다. 범례는 한 방향 10단계(Type-01), 양방향 15단계(Type-02), 한 방향 20단계(Type-03), 양방향 20단계(Type-04) 총 네 종류가 사용되며, 각 요소별 검증지수마다 최솟값, 최댓값, 단계값을 설정하고 검증지수의 특성에 맞는 범례를 사용하여 공간분포 이미지를 생산하도록 하였다.

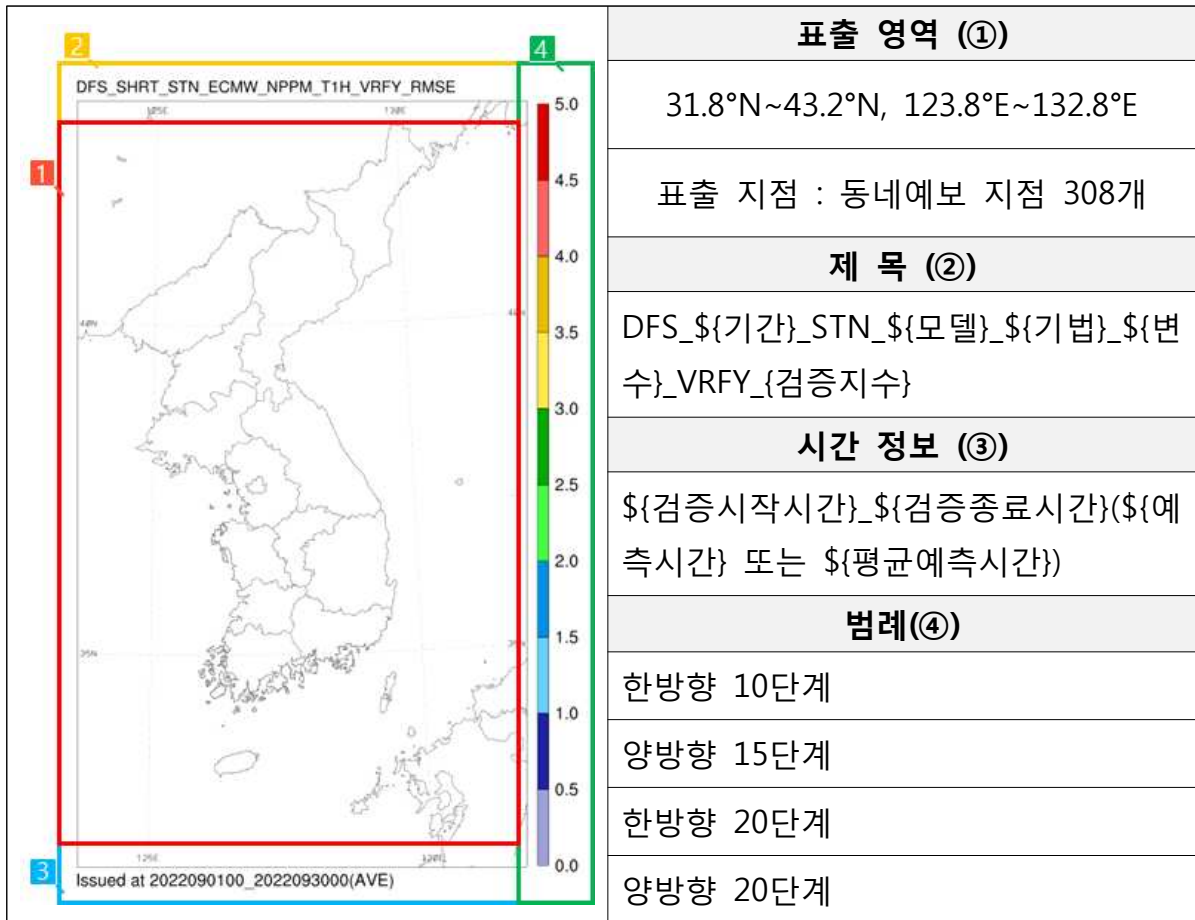


그림 2.3.1.7 검증지수 공간분포도 구성

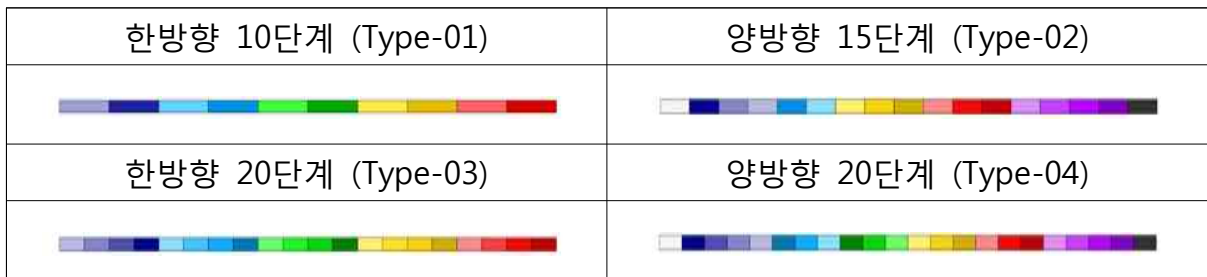


그림 2.3.1.8 검증결과 공간분포도 범례

그림 2.3.1.8은 검증결과 공간분포도 표출시 사용되는 네 가지 종류의 범례를 나타낸 것이며, 표 2.3.1.8은 공간분포 이미지가 생산되는 기상변수별 검증지수별 표출 최솟값, 최댓값, 간격, 단계 그리고 사용 범례를 표로 정리한 것이다.

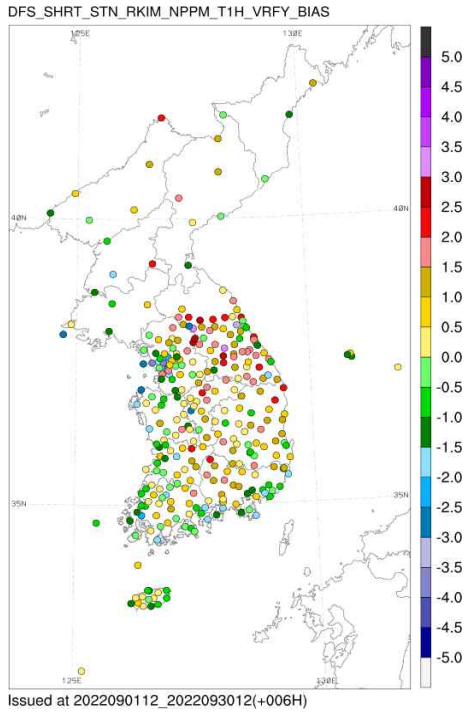
표 2.3.1.8 기상변수별 검증지수별 최솟값, 최댓값, 간격, 단계 및 사용 범례

구분	기상변수	검증지수	최솟값	최댓값	간격	단계	범례
편수형	1 기온 (TMX, TMN, T1H)	BIAS	-5	5	0.5	20	Type-04
		MAE	0	5	0.5	10	Type-01
		RMSE	0	5	0.5	10	Type-01
		오차비율	0	100	5	20	Type-03
	2 습도 (REH)	BIAS	-50	50	5	20	Type-04
		MAE	0	50	5	10	Type-01
		RMSE	0	50	5	10	Type-01
		오차비율	0	100	5	20	Type-03
	3 강수확률 (POP)	BS	0	1	0.05	20	Type-03
	4 풍속 (WSD)	BIAS	-10	10	1	20	Type-04
		MAE	0	10	1	10	Type-01
		RMSE	0	10	1	10	Type-01
이중범주형	5 강수형태 (PTY)	POD	0	100	5	20	Type-03
		FAR	0	100	5	20	Type-03
		BIAS	0	5	0.5	10	Type-01
		CSI	0	100	5	20	Type-03
		ACC	0	100	5	20	Type-03
		HSS	-50	100	10	15	Type-02
	6 강수량 (RN1)	BIAS	0	5	0.5	10	Type-01
		CSI	0	100	5	20	Type-03
		ETS	-50	100	10	15	Type-02
	7 적설	BIAS	0	5	0.5	10	Type-01

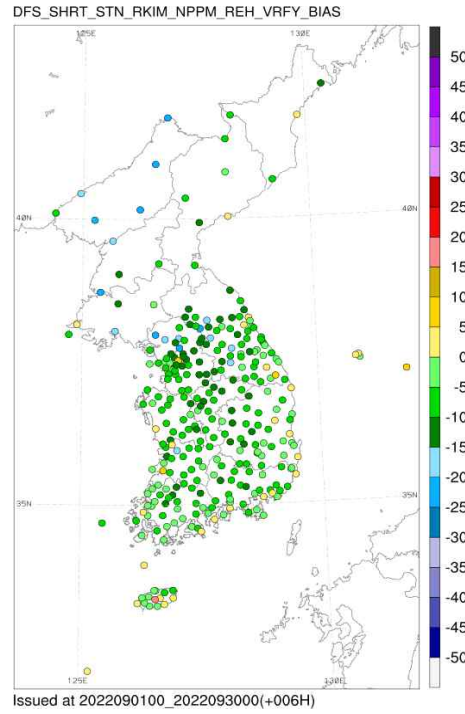
		(SN1)	CSI	0	100	5	20	Type-03
			ETS	-50	100	10	15	Type-02
다중범주형	8	하늘상태 (SKY)	PC	0	100	5	20	Type-03
			HSS	-50	100	10	15	Type-02
	9	풍향 (VEC)	PC	0	100	5	20	Type-03
			HSS	-50	100	10	15	Type-02

공간분포 일기도는 동네예보 표출 지점인 308개의 지점에 대하여 검증결과를 범례에 표시된 색깔을 이용하여 원의 형태로 표시하여 검증지수를 나타내었다. 그림 2.3.1.9는 2022년 9월의 00UTC +6h의 RKIM의 기온, 습도, 풍향, 강수량의 BIAS 공간분포도의 예시이다.

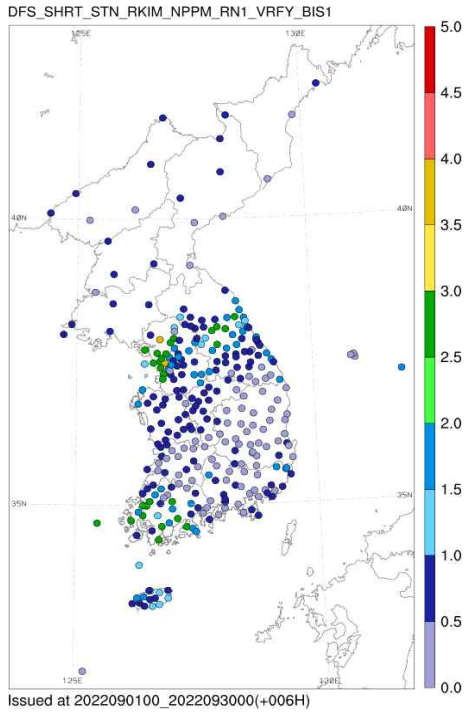
a) 기온



b) 습도



c) 강수량



d) 풍향

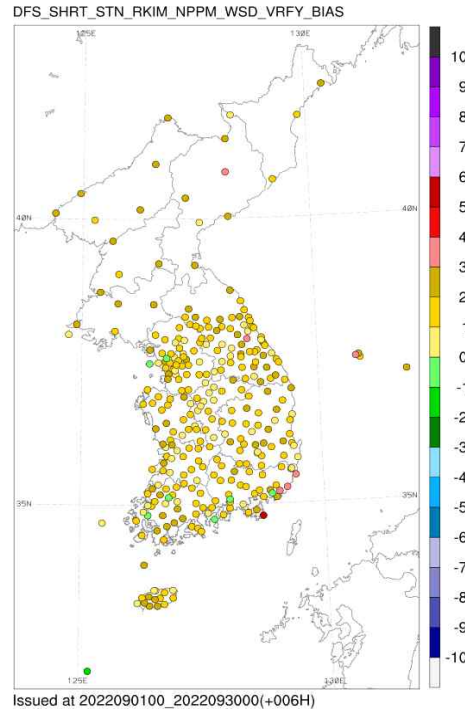


그림 2.3.1.9 2022년 9월의 00UTC +6h의 RKIM의 BIAS 공간분포도 예시

○ 웹기반 수치예보 가이드언스 분석 검증시스템 개발

본 과제에서는 예보체계 개편에 따른 수치예보모델 결과와 신규 개발된 고해상도 한국형 지역예보모델의 가이드언스의 예측 성능을 분석할 수 있는 검증 프로그램의 결과자료를 시각화하여 정보를 제공할 수 있도록 웹기반 수치예보 가이드언스 분석 검증시스템을 개발하여 구축하였다.

구축된 수치예보 가이드언스 분석 검증시스템은 표 2.3.1.9와 같이 Code Igniter 3(PHP) 기반으로 구축되었다.

표 2.3.1.9 수치예보 가이드언스 분석 검증시스템 개발 언어

구 분	규 격
개발 프레임 워크	PHP – Code Igniter 3
웹 스크립트라이브러리	JQuery, Bootstrap 3, JQuery-ui
Front-end개발 언어	PHP, HTML5, Java Script

또한, 구축된 수치예보 가이드언스 분석 검증시스템은 그림 2.3.1.10과 같다.

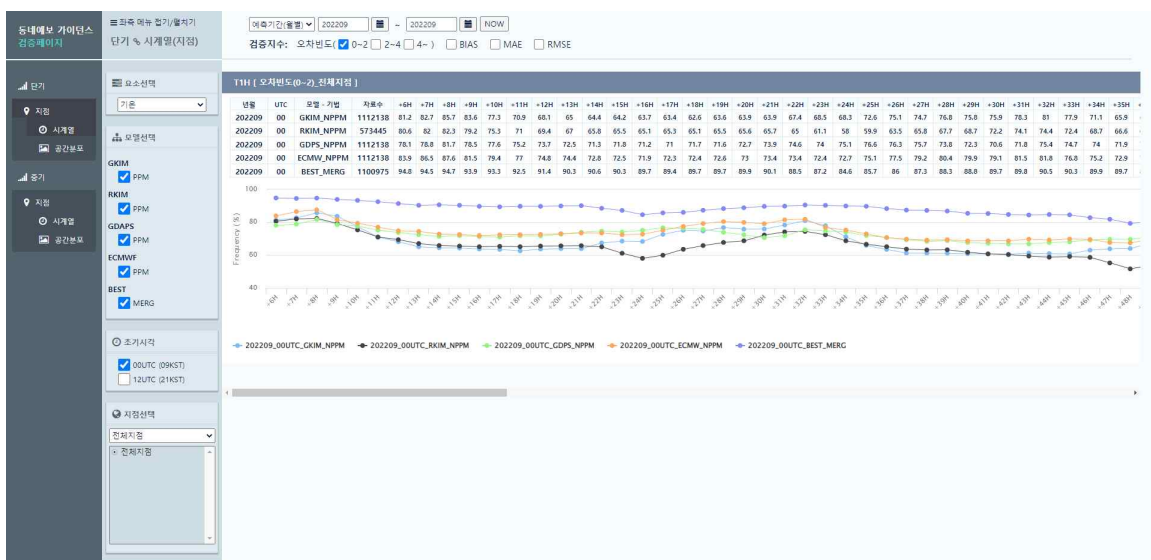


그림 2.3.1.10 수치예보 가이드언스 분석 검증시스템 메인 화면

수치예보 가이던스 분석 검증시스템 메뉴는 그림 2.3.1.11과 같이 3단계로 나뉘어 선택할 수 있도록 구분하였다.

1단계 메뉴는 화면 가장 좌측에 위치하여 예측 기간별(단기-중기) 검증자료의 데이터 표출 종류(시계열-공간분포)를 선택할 수 있도록 구현하였다.

2단계 메뉴는 1단계 메뉴 우측에 위치하여 1단계에서 선택한 검증자료의 예측 기간과 표출 종류에 대한 요소 및 모델-기법, 초기시각, 지점 등의 세부 요소를 선택할 수 있도록 구현하였다.

3단계 메뉴는 화면의 상단 영역에 위치하여 검증 기간, 검증지수를 선택할 수 있도록 구현하였다.

각각의 단계 메뉴의 요소 및 세부 메뉴를 통해 선택된 자료가 화면 우측, 3단계 메뉴 하단 영역에 가시화되어 표출될 수 있도록 시스템이 구축되었다.

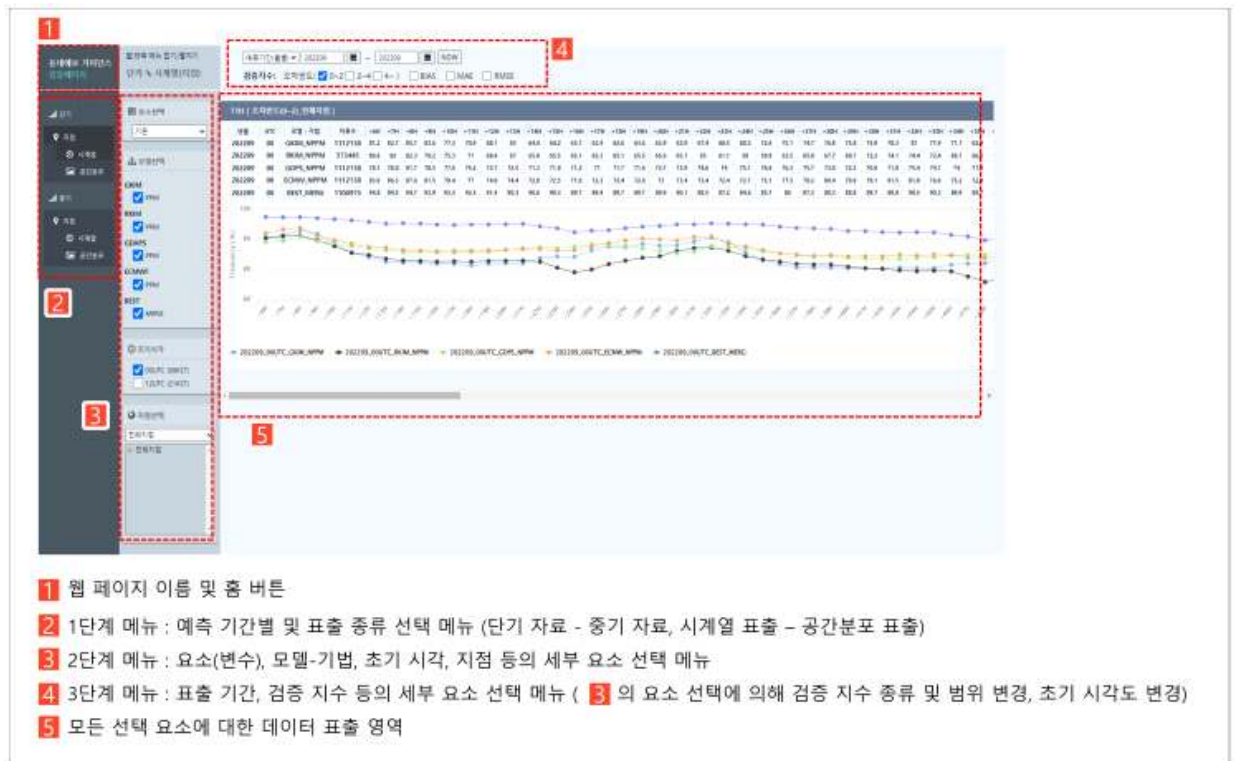


그림 2.3.1.11 수치예보 가이던스 분석 검증시스템 메뉴 설명

수치예보 가이던스 분석 검증시스템의 지점자료는 그림 2.3.1.12과 같이 웹 페이지에서 사용자가 선택한 요소, 기간, 모델-기법, 초기 시각, 검증지수 등의 세부 메뉴 항목에 해당하는 ASCII 파일을 웹 시스템에서 검색하여 해당 정보를 수집하고 추출하여 표출하도록 구현하였다.

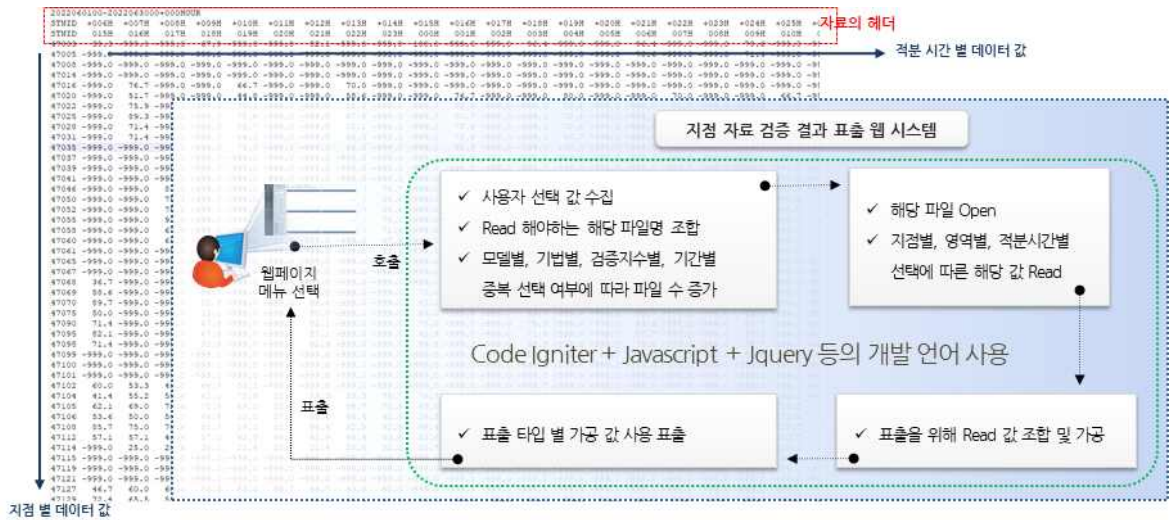


그림 2.3.1.12 수치예보 가이던스 분석 검증시스템 지점자료 표출

지점자료에 대한 시계열 표출은 그림 2.3.1.13과 같이 1단계 메뉴의 시계열 선택을 통해 정보를 제공받을 수 있도록 구현하였다.

표출되는 시계열 데이터는 사용자가 선택 한 세부 메뉴 항목에 대해 해당 검증자료 ASCII 파일을 검색하여 해당 데이터를 추출 후 집계표 및 시계열 형태로 표출되도록 구현하였다.

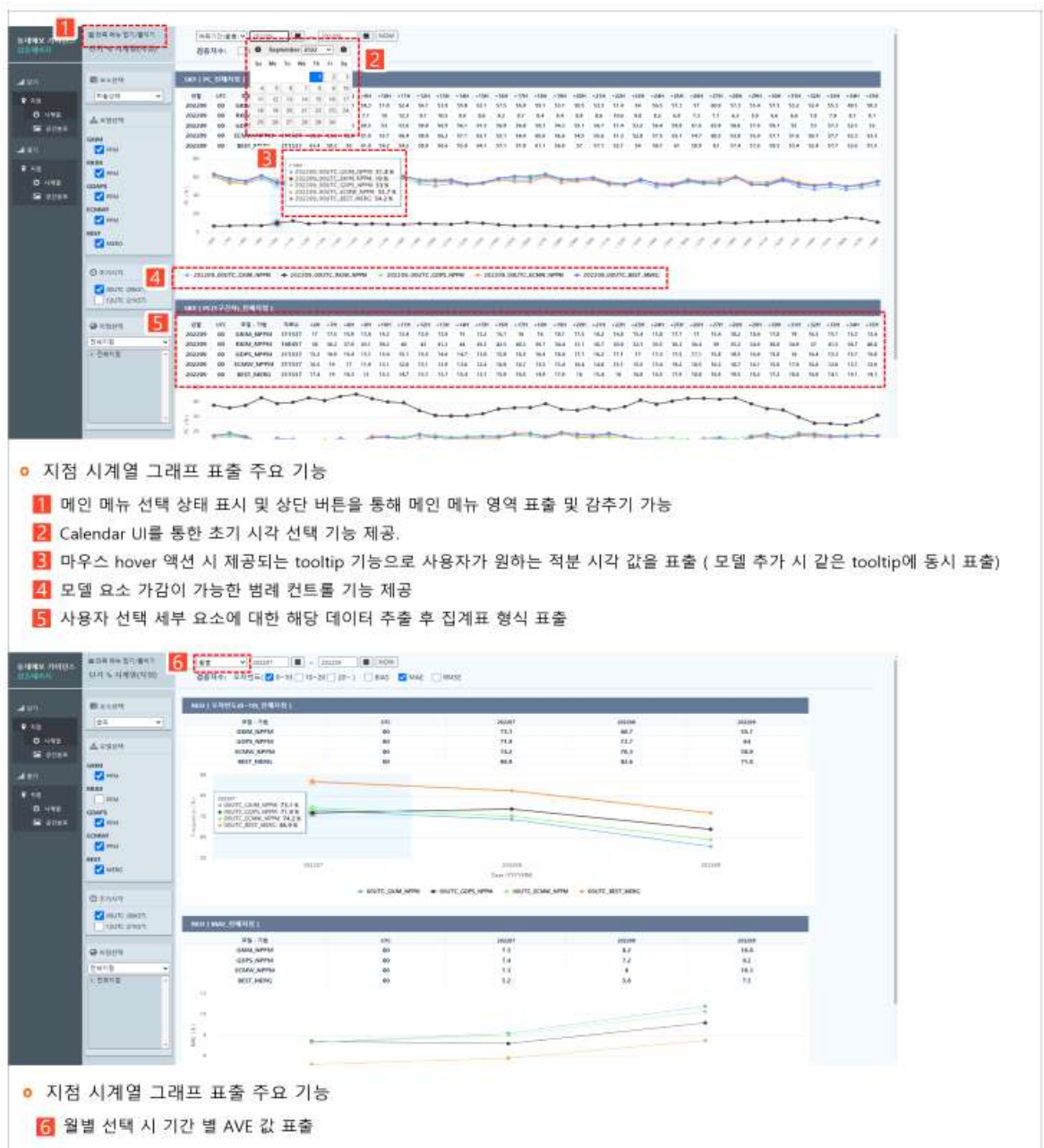


그림 2.3.1.13 수치예보 가이던스 분석 검증시스템 시계열 자료 표출

지점 자료에 대한 공간분포 표출은 그림 2.3.1.14과 같이 1단계 메뉴의 공간분포 선택을 통해 정보를 제공받을 수 있도록 구현하였다.

표출되는 공간분포는 사용자가 선택 한 세부 메뉴 항목에 대해 해당 검증자료 ASCII 파일을 검색하여 파일 내부에 작성된 데이터 헤더(예측시간 정보)를 추출한 후,

데이터 표출 영역 상단에 예측시간 정보 및 선택 바를 생성하고, 사용자가 제공받길 원하는 예측시간을 선택 시 하단 데이터 표출 영역에 해당 공간분포 이미지를 표출하도록 구현하였다. 또한, 생성된 예측시간 선택 바는 마우스 클릭 또는 키보드 방향키 “←”, “→”를 사용하여 예측시간 이동 표출이 가능하도록 구현하였다.

○ 지점 공간분포 이미지 표출 주요 기능

- 1 지점 데이터 ASCII 파일 헤더의 적분 시간 정보를 추출하여 표출 (적분 시간 이동은 마우스 클릭 또는 키보드 방향키 '←', '→' 사용)
- 2 선택 된 세부 요소 및 적분 시간에 대한 공간분포 이미지 표출

그림 2.3.1.14 수치예보 가이던스 분석 검증시스템 공간분포 이미지 표출

2.3.2. 동네예보 가이드스 현업화를 위한 정확도 향상 방안 제시

동네예보 가이드스 요소별 실험결과를 통하여 보완해야 될 부분을 파악하고, 정확도 향상을 위한 방안을 제시하고자 한다. 먼저 각 요소별 정확도를 향상을 목표로 추가 작업을 진행하여 1km 및 5km 상세예보 가이드스 생산 체계 기본 구축에 주력할 필요가 있다. 우선 기온, 노점온도의 경우 실험 관측값을 활용하여 trend를 처방하고, trend로 부터의 편차를 예측하는 방안을 적용할 수 있다. 강수량의 경우 원 모델 자료는 3시간 간격으로 자료가 있으며, 3시간 누적 강수량이다. 상세예보가이드스는 1시간 간격으로 예측자료를 산출하여야 하므로, 3시간 누적 강수량을 1시간 간격으로 시간 내삽한 자료를 이용해 후처리 과정을 진행하였다. 강수량의 3시간 누적 강수량 특성을 고려하여, 시간 내삽된 자료를 이용해 후처리를 하는 것이 아니라 3시간 누적 강수량 자료를 이용한 후처리를 진행 후, 1시간 내삽하는 방안으로 강수량의 정확도를 향상 시키는 수 있는 방법이 있다. 확률 예보 산출 기술 방안으로 모든 요소에 Normal 확률 분포를 적용하였으나, 각 요소별 확률예보의 정확도를 향상시키기 위해 요소별 특성을 분석하여 각 요소에 최적화된 확률분포를 적용할 수 있는 방법이 있다. 풍속의 경우 Weibull 분포에 가까운 Log-normal분포를 이용해 CRPS를 최적화 하는 방안이 있으며, 강수의 경우 Gamma 분포와 비슷한 Log-normal 분포를 이용해 CRPS를 최적화 하는 방안이 있다.

제4절 예보 가이던스 실시간 운영 및 모니터링 체계 연구

2.4.1. 기존 가이던스를 포함하여 신규 개선된 가이던스를 활용할 수 있는 최적화 운영 방안 연구 및 모니터링 체계 개발

○ 기존 및 신규 가이던스 웹기반 모니터링 체계 구축

본 과제에서는 환경예측연구소에서 개발한 다중모델 앙상블 기반 수치예보 가이던스 생산의 과정별 수행 모니터링 체계를 구축하였다.

표 2.4.1.1과 같이 모니터링 체계의 대상 생산 모델 항목은 총 9종이며, 각 모델의 단계별 생산 과정에 대하여 수행 여부를 미수행, 완료, 장애, 수행중 상태로 표기하여 모니터링 할 수 있도록 구축하였다.

표 2.4.1.1 수행 로그 모니터링 체계 구축 대상 목록

구분	컨트롤 모델 생산 체계	앙상블 모델 생산 체계	BEST 가이던스 생산 체계
모델명	GDPS, ECMW, ECMH, GKIM, RKIM	EPSG, ECME, EKIM	BEST
단계명	모델 자료 영역 추출	모델 자료 영역 추출	자료 확인
	시간 병합 및 내삽	시간 병합 및 내삽	PPNN, EMOS 계산
	PPM 적용(풍속)	PPM 적용(풍속)	BEST 1km 결과 생산
	1km 격자 내삽	확률자료 산출	BEST 5m 결과 생산
	1km 지점 자료 생산	1km 격자 내삽	RKIM 가중치 계산
	고도 보정	1km 지점 자료 생산	BEST 1km 결과 생산
	PPM 적용(습도, 풍향 등)	고도 보정	BEST 5m 결과 생산
	단위 변환(시간 단위)	PPM 적용(습도, 풍향 등)	확률예보 결과 생산
	5km 격자 자료 생산	단위 변환(시간 단위)	
	단위 변환(동네예보 포맷)	5km 격자 자료 생산	
	1km 지점 자료 생산	단위 변환(동네예보 포맷)	
	5km 지점 자료 생산	1km 지점 자료 생산	
	1km 최종자료 저장	5km 지점 자료 생산	
	5km 최종자료 저장	1km 최종자료 저장	
	가이던스 최종자료 저장	5km 최종자료 저장	
	가이던스 최종자료 저장		

신규 다중모델 앙상블 기반 수치예보 가이던스 모니터링 시스템은 표 2.4.1.2와 같이 개발되었고, 화면은 그림 2.4.1.1과 같다.

표 2.4.1.2 다중모델 앙상블 기반 수치예보 가이던스 모니터링 시스템 개발 언어

구분	규격
개발 프레임 워크	PHP – Code Igniter 3
웹 스크립트라이브러리	JQuery, Bootstrap 4
Front-end개발 언어	PHP, HTML5, Java Script

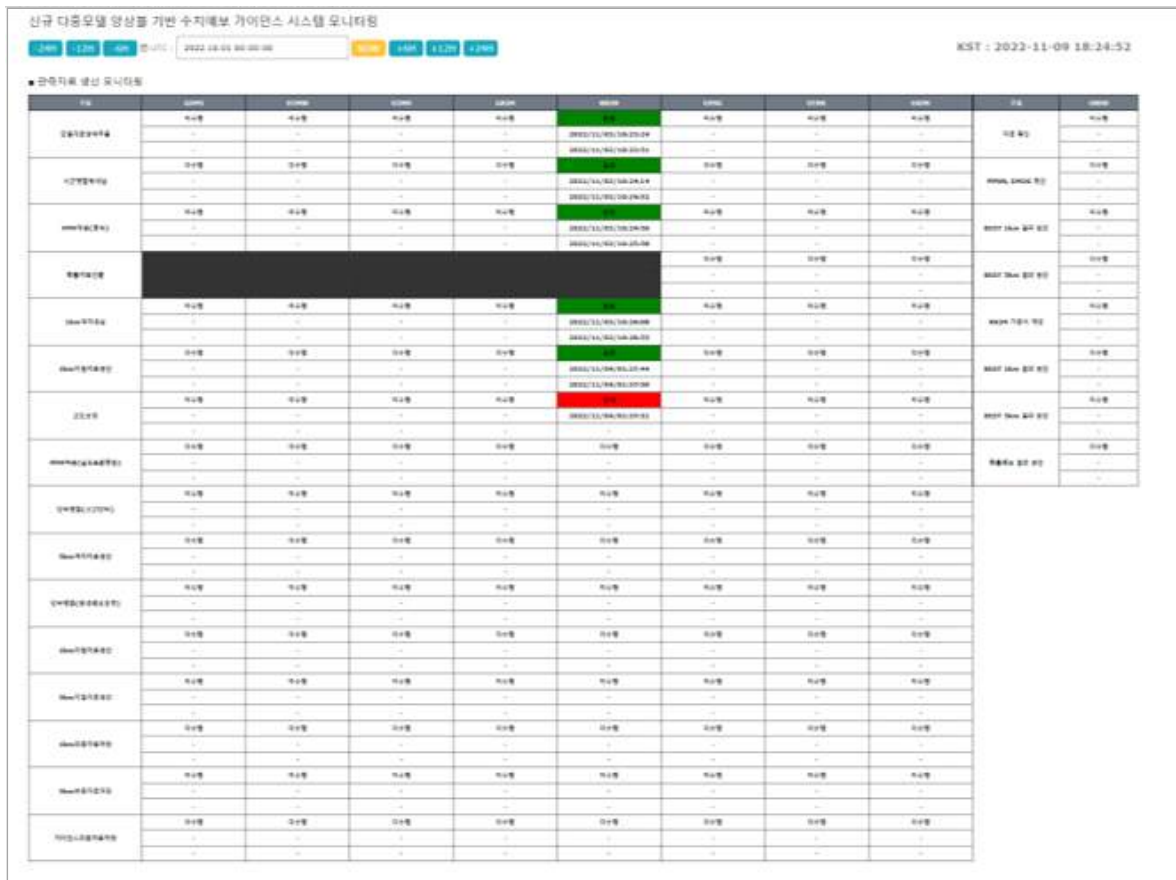


그림 2.4.1.1 다중모델 앙상블 기반 수치예보 가이던스 시스템 모니터링 화면

표출되는 모니터링 시스템은 가로축-모델에 따른 세로축-단계별 생산 과정을 표 형식으로 표출되도록 구현하였다.

모니터링 시스템의 상단에는 생산 자료의 INITDATE 기준으로 검색 할 수 있도록 날짜선택 기능을 구현하였고, 좌측 상단에는 현재 시간을 알려주도록 기능 구현하였다.

각 모델별-단계별 생산 과정에 대해 수행 상태와 수행 시작시간, 수행 완료시간 정보를 제공하고, 수행 상태는 총 4단계로 분류되며 표 2.4.1.3와 같다.

표 2.4.1.3 다중모델 앙상블 기반 수치예보 가이던스 시스템 수행 상태 표기의 예

상태	완료시	수행 중	미수행	장애시
표시	완료	수행중	미수행	장애
	2022/11/03/10:23:24	2022/11/04/01:37:51	-	2022/11/04/01:37:51
	2022/11/03/10:23:51	-	-	-

○ 단기 및 중기예보 가이드스 검증 프로그램 모니터링 로그 체계 구축

단기 및 중기예보 가이드스 검증 프로그램 수행정보를 실시간 모니터링하기 위하여 검증 프로그램의 단계별 수행정보를 수집하는 모니터링 로그 체계를 구축하였다.

모니터링 로그 체계는 관측자료 수집 확인, 수치예보 가이드스 수집 확인, 검증 프로그램 수행, 검증지수 공간분포도 생산 4단계로 구분되며, 단계별 상세 수행정보를 그림 2.4.1.2와 같이 출력하였다. 여기서 ①은 수행결과(Start, Success, Error, End), ②는 검증월 ③은 대구분(OBS, MODL, VRFY_CALC, VRFT_DRAW), ④는 예보기간(SHRT, MEMD) ⑤는 수치예보모델(GDPS, GKIM, RKIM, ECMW, BEST) ⑥는 기상변수(T1H, TMX, TMN, REH, WSD, PTY, RN1, SN1 등) ⑦는 Start의 경우에는 수행시작시각, Success, Error, End의 경우에는 수행종료시각을 의미하며 표 2.4.1.1과 같다.

①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
Start	; 202209	; OBS	; SHRT		; T1H	; 2022/11/04/17:28:58
Success	; 202209	; OBS	; SHRT		; T1H	; 2022/11/04/17:28:59
Start	; 202209	; OBS	; SHRT		; REH	; 2022/11/04/17:28:59
Success	; 202209	; OBS	; SHRT		; REH	; 2022/11/04/17:28:59
Start	; 202209	; OBS	; SHRT		; TMN	; 2022/11/04/17:28:59
Success	; 202209	; OBS	; SHRT		; TMN	; 2022/11/04/17:28:59
Start	; 202209	; OBS	; SHRT		; TMX	; 2022/11/04/17:28:59
Success	; 202209	; OBS	; SHRT		; TMX	; 2022/11/04/17:29:00
Start	; 202209	; OBS	; SHRT		; WSD	; 2022/11/04/17:29:00
Success	; 202209	; OBS	; SHRT		; WSD	; 2022/11/04/17:29:00
Start	; 202209	; OBS	; SHRT		; RN1	; 2022/11/04/17:29:00
Success	; 202209	; OBS	; SHRT		; RN1	; 2022/11/04/17:29:00
Start	; 202209	; OBS	; SHRT		; SN1	; 2022/11/04/17:29:00
Success	; 202209	; OBS	; SHRT		; SN1	; 2022/11/04/17:29:01
Start	; 202209	; OBS	; SHRT		; VEC	; 2022/11/04/17:29:01
Success	; 202209	; OBS	; SHRT		; VEC	; 2022/11/04/17:29:01
Start	; 202209	; OBS	; SHRT		; SKY	; 2022/11/04/17:29:01
Success	; 202209	; OBS	; SHRT		; SKY	; 2022/11/04/17:29:01
Success	; 202209	; OBS	; SHRT		; ALL	; 2022/11/04/17:29:01
Start	; 202209	; MODL	; SHRT	; BEST	; T1H	; 2022/11/04/17:29:01
Success	; 202209	; MODL	; SHRT	; BEST	; T1H	; 2022/11/04/17:29:02
Start	; 202209	; MODL	; SHRT	; BEST	; REH	; 2022/11/04/17:29:02
Success	; 202209	; MODL	; SHRT	; BEST	; REH	; 2022/11/04/17:29:02
Start	; 202209	; MODL	; SHRT	; BEST	; TMN	; 2022/11/04/17:29:02
Success	; 202209	; MODL	; SHRT	; BEST	; TMN	; 2022/11/04/17:29:03
Start	; 202209	; MODL	; SHRT	; BEST	; TMX	; 2022/11/04/17:29:03
Success	; 202209	; MODL	; SHRT	; BEST	; TMX	; 2022/11/04/17:29:03

그림 2.4.1.2 로그파일 내용 예시

표 2.4.1.4 단기 및 중기예보 검증 프로그램 수행 로그파일 구조

구분		설명
통합 로그 파일명		vrfy_post_all_job_log.\${YYYYMM}
구분자		세미콜론(,)
1	수행결과	Start, Success, Error, End
2	검증월	\$YYYYMM(예시 : 202209)
3	대구분	OBS, MODL, VRFY_CALC, VRFT_DRAW
4	기간	SHRT, MEMD
5	수치예보모델	GDPS, GKIM, RKIM, ECMW, BEST
6	기상변수	T1H, TMX, TMN, REH, WSD, PTY, RN1, SN1 등
7	수행종료시간	Start의 경우에는 수행시작시각

단기 및 중기예보 가이드스 검증 프로그램 수행이 최종 종료되면 마지막에 End 상태표시를 출력한다. 4단계로 구분된 모니터링 로그 체계는 각각의 단계별로 프로그램 수행 로그를 확인할 수 있도록 별도의 파일형태로 저장되며, 해당 단계별 로그에는 프로그램의 수행기록들이 자세히 출력된다.

관측자료 수집 확인 및 수치예보 가이드스 수집 확인 단계의 경우 검증기간 동안의 입력자료의 수집 여부를 확인하고 파일이 없는 경우에는 로그 파일에 출력하도록 개발하였다. 검증 프로그램 수행 및 검증지수 공간분포도 수행 단계의 경우 프로그램 수행과정이 자세히 출력된다. 각각의 단계별 로그 파일명 및 예시는 표 2.4.1.2와 그림 2.4.1.3과 같다.

표 2.4.1.5 상세단계별 로그 파일명

구분	설명
디렉터리	\$(TERM)/LOGO/\$YYYYMM
통합 로그 파일명	vrfy_post_all_job_log.\$(YYYYMM)
관측자료 수집 로그	OBS_STN_\$(MODL)_\$(VAR)_log.\$(YYYYMM)
모델자료 수집 로그	MODL_STN_\$(MODL)_\$(VAR)_log.\$(YYYYMM)
검증 프로그램 수행 로그	VERFY_CALC_SHRT_\$(MODL)_\$(VAR)_log.\$(YYYYMM)
검증지수 공간분포도 생산 로그	VERFY_DRAW_SHRT_\$(MODL)_\$(VAR)_log.\$(YYYYMM)

```

2022  9  1  0
2022  9 30 12
      12

t1h
~/VERFY/BK_ORI/SHRT/DABA/dfs_vrfy_station_directory.dat
/DATA2/DFSDISK/ARCH/SHRT/OBSD
DFS_SHRT_STN_OBSD_MERG_L1HR_T1H
/DATA2/DFSDISK/ARCH/SHRT/LPPM
DFS_SHRT_STN_RKIM_NPPM_HR01_T1H
~/VERFY/DAOU/202209/T1H/DFS_SHRT_STN_RKIM_NPPM_T1H
----- namelist -----

Read : ~/VERFY/BK_ORI/SHRT/DABA/dfs_vrfy_station_directory.dat
      308 station read
    
```

그림 2.4.1.3 검증 프로그램 수행 로그 예시

○ 웹기반 동네예보 가이던스 검증 프로그램 모니터링 구축

구축된 검증 프로그램의 단계별 수행정보를 수집하는 로그 체계를 웹기반으로 모니터링 할 수 있도록 시스템을 구축하였고, 관측자료 수집 확인, 수치예보 가이던스 수집 확인, 검증 프로그램 수행 및 공간분포도 생산의 3단계로 구분하여 3개의 표로 표출하도록 구현하였다.

검증 프로그램 모니터링 시스템은 표 2.4.1.6과 같이 개발하였으며, 화면은 그림 2.4.1.9과 같다.

표 2.4.1.6 검증 프로그램 모니터링 시스템 개발 언어

구분	규격
개발 프레임 워크	PHP – Code Igniter 3
웹 스크립트라이브러리	JQuery, Bootstrap 4
Front-end개발 언어	PHP, HTML5, Java Script

검증시스템 모니터링 KST : 2022-11-09 21:06:52

-6M
-3M
-1M
UTC
NOW
+1M
+3M
+6M

■ 관측자료 생산 모니터링

모델명	수행상태	단계		수행상태	중기	
		시작시간	완료시간		시작시간	완료시간
OBSD	완료	2022/11/04/ 16:52:16	2022/11/04/ 16:52:16	미수행	-	-

■ 수치예보모델 자료 생산 모니터링

모델명	수행상태	단계		수행상태	중기	
		시작시간	완료시간		시작시간	완료시간
GDPS	완료	2022/11/04/ 16:52:16	2022/11/04/ 16:52:16	미수행	-	-
ECMW	완료	2022/11/04/ 16:52:16	2022/11/04/ 16:52:16	미수행	-	-
GKIM	완료	2022/11/04/ 16:52:16	2022/11/04/ 16:52:16	미수행	-	-
RKIM	완료	2022/11/04/ 16:52:16	2022/11/04/ 16:52:16	미수행	-	-
BEST	완료	2022/11/04/ 16:52:16	2022/11/04/ 16:52:16	미수행	-	-

■ 수치예보모델 검증 자료 생산 모니터링

모델명	구분	수행상태	단계		수행상태	중기	
			시작시간	완료시간		시작시간	완료시간
GDPS	시계열	완료	2022/11/04/ 16:52:16	2022/11/04/ 16:52:16	미수행	-	-
	공간	완료	2022/11/04/ 16:52:16	2022/11/04/ 16:52:16	미수행	-	-
ECMW	시계열	완료	2022/11/04/ 16:52:16	2022/11/04/ 16:52:16	미수행	-	-
	공간	완료	2022/11/04/ 16:52:16	2022/11/04/ 16:52:16	미수행	-	-
GKIM	시계열	완료	2022/11/04/ 16:52:16	2022/11/04/ 16:52:16	미수행	-	-
	공간	완료	2022/11/04/ 16:52:16	2022/11/04/ 16:52:16	미수행	-	-
RKIM	시계열	완료	2022/11/04/ 16:52:16	2022/11/04/ 16:52:16	미수행	-	-
	공간	완료	2022/11/04/ 16:52:16	2022/11/04/ 16:52:16	미수행	-	-
BEST	시계열	중재	2022/11/04/ 16:52:16	-	미수행	-	-
	공간	중재	2022/11/04/ 16:52:16	-	미수행	-	-

그림 2.4.1.4 검증 프로그램 모니터링 시스템 모니터링 화면

표출되는 모니터링 시스템은 관측자료 수신, 수치예보모델 자료 생산, 수치예보모델 검증 자료 생산에 대해 3개의 표 형식으로 표출하도록 구축되었으며, 모니터링 시스템의 상단에는 생산 자료의 INITDATE 기준으로 검색 할 수 있도록 날짜선택 기능을 구현하였고, 좌측 상단에는 현재 시간을 알려주도록 기능 구현하였다.

각 모델별-단계별 생산 과정에 대해 수행 상태와 수행 시작시간, 수행 완료시간 정보를 제공하고, 수행 상태는 총 4단계로 분류되며 표 2.4.1.7과 같다.

표 2.4.1.7 검증 프로그램 모니터링 시스템 수행 상태 표기의 예

상태	수행상태 표시(그림)								
완료시	<table border="1"> <tr> <td>수행상태</td> <td>시작시간</td> <td>완료시간</td> </tr> <tr> <td>완료</td> <td>2022/11/04/ 16:52:16</td> <td>2022/11/04/ 16:53:06</td> </tr> </table>	수행상태	시작시간	완료시간	완료	2022/11/04/ 16:52:16	2022/11/04/ 16:53:06		
수행상태	시작시간	완료시간							
완료	2022/11/04/ 16:52:16	2022/11/04/ 16:53:06							
수행중	<table border="1"> <tr> <td>수행상태</td> <td>시작시간</td> <td>완료시간</td> </tr> <tr> <td>수행중</td> <td>2022/11/04/ 16:52:16</td> <td>-</td> </tr> </table>	수행상태	시작시간	완료시간	수행중	2022/11/04/ 16:52:16	-		
수행상태	시작시간	완료시간							
수행중	2022/11/04/ 16:52:16	-							
장애시	<table border="1"> <tr> <td>수행상태</td> <td>시작시간</td> <td>완료시간</td> </tr> <tr> <td>장애</td> <td>2022/11/04/ 16:52:16</td> <td>-</td> </tr> </table>	수행상태	시작시간	완료시간	장애	2022/11/04/ 16:52:16	-		
수행상태	시작시간	완료시간							
장애	2022/11/04/ 16:52:16	-							
미수행	<table border="1"> <tr> <td>수행상태</td> <td>시작시간</td> <td>완료시간</td> </tr> <tr> <td>미수행</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </table>	수행상태	시작시간	완료시간	미수행	-	-		
수행상태	시작시간	완료시간							
미수행	-	-							

제3장 결론 및 기대 효과

본 연구에서 개발한 한국형 지역모델 기반 단기예보 가이드스 개발을 통해 UM모델의 생산 종료 이후에 대한 현업 과정을 대비할 수 있으며, 최적 다중모델 앙상블 구성을 통해 신뢰성 높은 단정론 및 확률론적 예측자료를 생산할 수 있게 되었다. 또한 실시간 운영 및 모니터링 체계로 현업적 활용성을 극대화할 수 있도록 지원하고자 하였다.

일반적으로 격자변환에는 bilinear 방법이나 nearest 방법을 주로 사용한다. 기상예보요소에 따라 bilinear처럼 다수의 인접격자를 참조하여 보간 추정치를 계산하는 방법이 적절한 경우도 있고, nearest처럼 최근접 격자의 값을 이용하는 방법이 적절할 수도 있기 때문에 예보요소별로 최적의 기법을 적용한다. 그리고 상대적으로 해상도가 성긴 모델자료를 상세한 해상도로 재격자화를 수행할 때 육지와 해양에 강하게 영향을 받는 기온과 상대습도의 특성을 고려하여 육지-해양 경계면을 고려한 내삽이 이루어지도록 하였다. 또한 기온과 상대습도는 고도에 대해서도 민감하기 때문에 더 해상도가 높은 격자체계에서의 상세한 고도값을 내삽시 재격자화 과정에서 고려하도록 산출체계를 구축하였다. 각 모델 자료의 기온과 상대습도 변수에 대해서는 상세예보 1km 해상도로 재격자화를 수행하면서 육지와 해양 여부에 따라 달라지는 특성을 고려하였다. 육지-해양 마스크 자료를 이용하여 이를 산출체계에 반영하였으며, 재격자화된 자료에서 육지-해양 경계의 특성이 더 뚜렷하게 반영되었다. 또한 기온과 상대습도는 고도에 대해서도 민감하기 때문에 모델자료에서의 고도와 1km 상세예보 격자에서의 고도의 차이에 따른 감률을 고려하여 추가로 보정이 되도록 하였다. 이 결과, 재격자화된 기온 및 상대습도 결과 자료에서 지형고도의 특성을 더 잘 반영하는 분포를 나타내었다.

앞서 산출된 육지-해양 경계면 격자변환 및 고도보정 최적화 방안을 적용하여 한국형 지역예보모델을 포함하는 UM 전지구 및 앙상블 모델, KIM 전지구 및 앙상블 모델, ECMWF 전지구 및 고해상도 전지구, 앙상블 모델의 자료들을 생산하는 산출 체계를 구축하였다. 지역예보 모델의 경우 기온, 최고/최저기온, 강수량, 강수확률,

강수형태, 하늘상태, 적설량, 풍향, 풍속, 상대습도 등 동네예보요소를 생산하며, 이외의 모델의 경우 기온, 최고/최저기온, 강수량, 풍향, 풍속, 상대습도의 7개 변수만을 생산하도록 구축하였다. 각 모델의 가이던스 산출 결과를 검증하였다. 기온/상대습도에 대해서 육지/해양 경계면 보정하여 1km 내삽한 예측결과(1km)와 지점별 고도보정과정(1km+lapse)을 추가한 성능 비교 결과 기온과 노점온도 요소는 고도보정과정을 추가한 예측결과가 성능이 높아졌으며, 상대습도는 예측성능 낮아지는 것을 확인하였다. 이는 습도 산출 시 모든 모델자료에 동일한 고도 보정값을 적용한 것 때문으로 추정되며, 모델 특성 및 계절 특성에 따라 고도 보정값을 fitting하는 과정이 필요한 것으로 추정된다.

각 모델별 예측결과에 대한 검증지수를 산출하여 여름철, 겨울철에 대해 모델의 예측성능을 비교하였다. 기온, 노점온도, 상대 습도 요소는 겨울철보다 여름철 예측성능이 좋은 결과를 보였으며, 풍속 요소는 계절별 차이가 없었고 풍향의 경우 여름철보다 겨울철 예측성능이 좋은 것을 확인하였다. 기온 요소는 컨트롤 모델보다 앙상블 모델 예측성능이 더 높았으며, 노점온도와 상대습도 요소는 겨울철에 ECMWF관련 모델(ECMW, ECMH, ECME)은 음의 편차, GDPS/EPSPG/GKIM 모델은 양의 편차로 모델에 따라 Bias 차이를 나타냈다. 상대습도의 검증 결과는 노점온도 검증 결과와 유사하였으며, 기온요소 성능보다 노점온도요소 성능에 영향을 많이 받는 것으로 추정된다. 풍속 요소는 앙상블 모델보다 컨트롤 모델의 예측성능 변화가 큰 것을 확인하였다. 풍향 요소는 예측시간이 길어짐에 따라 음의 편차를 나타냈다. 강수량의 경우 ECMWF 관련 모델(ECMW, ECMH, ECME)가 다른 모델에 비해 예측성능이 높게 나타났다. 각 모델별, 계절별, 요소별로 모델의 예측성능이 차이가 있는 것을 확인하였으며, 모델의 특성을 고려한 병합 방법이 필요한 것으로 판단된다.

생산된 모델별 가이던스 자료를 사용하여 예보 가이던스 모델 병합방안을 연구하였다. 서로 다른 특성을 가진 여러 모델을 병합하는 다중모델 병합기법은 단일모델의 불확실성을 줄여, 보다 높은 예측성을 보여주는 것으로 알려져 있다. 다중 모델은 각 시공간적 특성 뿐 아니라 역학적, 물리적 특성 등 다양한 차이를 갖고 있으며, 각 모델의 특성을 고려한 BEST 가이던스 후처리 기법 방안을 연구하였다.

BEST 가이드스 후처리 기법을 연구하기 전, 각 단일 모델 앙상블에 대한 후처리 연구를 진행하였다. 단일모델 앙상블 후처리 연구에서는 PPNN기법과, EMOS 기법을 실험하였으며, 실험 결과 요소별 우세한 성능을 나타내는 기법은 상이하였다. 기온과 노점온도는 PPNN기법 결과 성능이 우세하였다. U10/V10는 PPNN기법과 EMOS기법 성능이 비슷하였고, 풍속은 EMOS가 PPNN기법 보다 약간 더 우세하였다. 바람관련요소는 PPNN기법과 EMOS기법의 성능 크지 않으므로, 변수 특성을 고려하여 동일한 기법이 적용한다면 알고리즘이 간단하고 훈련시간 요소시간이 짧은 EMOS기법을 사용하는 것이 가능하다. 강수량의 경우 원 모델 결과의 성능이 가장 좋았으며, 이는 강수량 같은 경우 연속변수가 아니므로 연속성을 가지는 변수들과는 특성이 달라 예측성능이 향상되지 않은 것으로 추정된다.

BEST 가이드스 후처리는 각 모델의 평균값과 표준편차 값을 이용해 CRPS (Continuous Ranked Probability Score)을 최소화 하는 방법을 통해 BEST 값을 산출한다. 평균값은 2개의 앙상블 모델 결과, 2개의 컨트롤 모델 결과를 사용하였고, 표준편차는 2개의 앙상블 모델 결과를 사용하였다. BEST 가이드스 결과를 생산한 후, 본 연구에서 개발한 EMOS 기법을 적용한 BEST 가이드스 결과와 기존 BEST 가이드스 기법인 1/MSE로 가중치를 주는 방법의 결과를 비교하였다. 검증 비교 결과 기온 요소는 기존 방법 보다 EMOS 적용 결과의 예측성능이 약간 상승한 것을 확인할 수 있었으며, 풍속의 경우 기존방법 보다 EMOS 적용 결과의 예측 성능이 상당히 상승한 것을 확인할 수 있는데, 이는 기온 요소는 고도보정으로 보정 작업이 들어가고, 풍속은 추가 보정 없이 원자료를 사용했기 때문으로 추정된다.

BEST 가이드스 확률예보를 위한 방안으로는 평균, 표준편차를 사용하여 Normal 분포에 fitting하여 각 구간별 확률을 산출 할 수 있도록 한다. 실험결과를 비교해보면 고도보정과정도 포함되어 모델이 전반적으로 좋은 것을 확인 할 수 있었다.

본 연구에서 요소별 실험결과를 통하여 보완해야 될 부분을 파악하고, 정확도 향상을 위한 방안을 제시하였다. 먼저 각 요소별 정확도를 향상을 목표로 추가 작업을 진행하여 1km 및 5km 상세예보 가이드스 생산 체계 기본 구축에 주력할 필요가 있다. 기온, 노점온도의 경우 실황 관측값을 활용하여 trend를 처방하고,

trend로 부터의 편차를 예측하는 방안을 적용할 수 있다. 또한 모든 요소에 동일한 확률 분포를 적용하는 것이 아니라 요소의 특성에 맞춰 확률분포를 다르게 적용할 수 있는 방법이 있다. 풍속의 경우 Weibull 분포에 가까운 Log-normal 분포를 이용해 CRPS를 최적화 하는 방안이 있으며, 강수의 경우 Gamma 분포와 비슷한 Log-normal 분포를 이용해 CRPS를 최적화 하는 방안이 있다. 추가로 강수량의 경우 원 모델 자료는 강수량 변수가 3시간 누적 강수량이므로, 1시간 내삽 후 이용해 후처리를 하는 것이 아니라 3시간 누적 강수량을 이용한 후처리 후, 1시간 내삽하는 방안으로 정확도를 향상 시키는 수 있는 방법이 있다.

또한 예보체계 개편에 따른 상세예보 제공 등을 위해 동네예보 가이드스 예측 성능의 개선뿐만 아니라 향후 UM 모델 생산 중단 및 수치모델의 해상도 변화를 대비하여 고해상도 한국형 모델 추가 적용을 위한 가이드스 생산체계를 구축하였고, 이를 이용하여 원활하고 효율적인 예측 특성 진단을 위한 시/공간 시각화 시스템을 구축하였다. 또한, 기존 가이드스를 포함한 신규 개선된 가이드스와 예측 특성 진단의 운영 방안을 최적화하여 활용할 수 있도록 실시간 운영 모니터링 체계를 개발하여 구축하였다.

제4장 참고문헌

Alduchov, O. A., and R. E. Eskridge, 1996: Improved Magnus Form Approximation of Saturation Vapor Pressure. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 35, 601-609.

Rasp, S. and Lerch, S.(2018) Neural networks for post-processing ensemble weather forecasts, *Monthly Weather Review*, 146, 3885- 3900

주 의

1. 이 보고서는 기상청 수치모델링센터에서 시행한 연구개발 사업으로 「수치예보 지원 및 활용 기술 개발」 사업의 연구용역과제 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 기상청 수치모델링센터에서 시행한 연구개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.
4. 이 보고서와 관련된 문의사항은 기상청 수치모델링센터 수치자료응용과, 전화 042-481-7542로 하시면 됩니다.

