

발 간 등 록 번 호

11-1360000-000230-10

2014-01

수치모델관리관실 기술보고서

2014년 2월

수치예보 시스템의 검증 (2013년)

서울 동작구 여의대방로 16길 61 기상청 예보국 수치모델관리관실(156-720)

전화: 02-2181-0517, 본 기술보고서의 저작권은 기상청에 있습니다.

발 간 등 록 번 호
11-1360000-000230-10

2014-01

수치모델관리관실 기술보고서

2014년 2월

수치예보 시스템의 검증 (2013년)

박윤호¹⁾, 이해진¹⁾
변건영²⁾, 이우정²⁾, 신현진²⁾, 김지선²⁾
변재영³⁾, 장필훈³⁾, 박종숙³⁾
김승범⁴⁾, 이상삼⁴⁾

- 1) 기상청 예보국 수치모델개발과
- 2) 기상청 관측기반국 국가태풍센터
- 3) 국립기상연구소 지구환경시스템연구과
- 4) 국립기상연구소 황사연구과

서울 동작구 여의대방로 16길 61 기상청 예보국 수치모델관리관실(156-720)
전화: 02-2181-0517, 본 기술보고서의 저작권은 기상청에 있습니다.

차 례

표 차례	iv
그림 차례	ix
1. 현업 수치모델의 운영 현황 및 주요 특성	1
2. 2013년 모델 성능 분석	8
2.1 전지구예보모델	8
2.2 지역예보모델	11
2.3 전지구 및 지역예보모델 강수	2
2.4 국지예보모델	3
2.5 앙상블 모델	4
2.6 통계모델	5
2.7 파랑모델	5
2.8 태풍모델	6
2.9 황사모델	7
3. 검증 결과	18
3.1 전지구예보모델	8
3.1.1 전지구예보모델 성능 변화 추세	8
3.1.1.1 500hPa 고도장의 RMSE	81
3.1.1.2 850hPa 기온의 RMSE	91
3.1.1.3 250hPa 바람의 RMSE	102
3.1.2 전지구예보모델 분석 검증	2
3.1.2.1 북반구 분석 검증	2
3.1.2.2 적도지역 분석검증	2
3.1.2.3 남반구 분석검증	2
3.1.3 전지구예보모델 관측 검증	3
3.1.3.1 존재자료를 이용한 아시아 영역 검증	4
3.1.3.2 GDAPS(N512L70) ASOS 강수 검증	73
3.2 지역예보모델	40
3.2.1 지역예보모델 성능 변화 추세	40
3.2.1.1 RDAPS(UM 12km L70) 분석장 검증	14
3.2.1.2 RDAPS(KWRF 10km L40; N512L70 경계장) 분석장 검증	34

3.2.2 지역예보모델 관측 검증	5
3.2.2.1 지역예보모델 성능 비교	4
3.2.2.2 존데자료를 이용한 RDAPS(UM 12km L70) 검증	64
3.2.2.3 존데자료를 이용한 RDAPS(KWRF 10km L40: N512L70 경계장) 검증	7·4
3.2.2.4 RDAPS(UM 12km L70) ASOS 강수검증	94
3.2.2.5 RDAPS(KWRF 10km L40: N512L70 경계장) ASOS 강수검증	2·5
3.3 국지예보모델	5
3.3.1 국지예보모델 지상변수 예측 성능	5
3.3.1.1 지상관측자료를 이용한 LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 지상 검증	6·5
3.3.1.2 LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 분석장 검증	7·5
3.3.1.3 존데자료를 이용한 LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 검증	8·5
3.4 앙상블모델	5
3.4.1 앙상블모델 성능 변화 추세	9
3.4.2 앙상블모델 분석검증	6
3.5 통계모델	7
3.5.1 통계모델 성능 변화 추세	7
3.5.2 통계모델(KFM, GDLM) 최고-최저기온(N512L70) 예보 검증	7
3.5.3 통계모델(RDLM) 3시간 기온(UM 12km L70) 예보검증	97
3.6 파랑모델	8
3.6.1 예측 성능 변화 추세	8
3.6.2 부이 검증	8
3.6.2.1 전지구 파랑모델 (GoWW3) 부이 검증	8
3.6.2.2 지역 파랑모델 (ReWW3) 부이 검증	88
3.6.2.3 국지연안 파랑모델 (CoWW3) 부이 검증	0
3.7 태풍모델	114
3.7.1 태풍진로오차	114
3.7.1.1 태풍모델 성능(진로)변화추세	11
3.7.1.2 2013년 태풍진로오차	7
3.7.2 태풍강도오차	12
3.7.2.1 태풍모델 성능(강도)변화추세	12
3.7.2.2 2013년 태풍강도오차	2

3.8 황사모델	127
3.8.1 2013년 황사모델 성능	2
부록 A. 모델 검증 영역 및 관측자료	128
부록 B. 기상청 수치예보 개발 연혁	139
부록 C. 검증 방법	150

표 차례

표 1.1 기상청의 수치예보모델 운영 현황(2013년 12월 현재)	2
표 1.2 전지구예보시스템의 주요 특성	4
표 1.2 지역예보시스템의 주요 특성	4
표 1.3 국지예보시스템의 주요 특성	5
표 1.4 앙상블예측시스템의 주요 특성	5
표 1.5 통계모델의 주요 특성	6
표 1.6 파랑모델 주요 특성	6
표 1.7 태풍모델의 주요 특성	7
표 1.8 황사모델의 주요 특성	7
표 1.9 2013년 모델별 물리과정 변경사항	7
표 2.1 2013년 국외 주요 모델과의 48시간 진로 및 강도예측오차 비교(국외모델은 국가태풍센터 자체검증결과)	17
표 3.1.1 GDAPS 북반구 해면기압(MSLP) Mean Error [hPa] 분석검증	1· 2
표 3.1.2 GDAPS 북반구 해면기압(MSLP) RMSE [hPa] 분석검증	1· 2
표 3.1.3 GDAPS 북반구 해면기압(MSLP) S1 Score [무차원] 분석검증	1· 2
표 3.1.4 GDAPS 북반구 850hPa 기온 Mean Error [°C] 분석검증	2· 2
표 3.1.5 GDAPS 북반구 850hPa 기온 RMSE [°C] 분석검증	2· 2
표 3.1.6 GDAPS 북반구 850hPa 기온 S1 Score [무차원] 분석검증	2· 2
표 3.1.7 GDAPS 북반구 850hPa 기온 이상상관 계수 [무차원] 분석검증	3· 2
표 3.1.8 GDAPS 북반구 500hPa 고도 Mean Error [m] 분석검증	3· 2
표 3.1.9 GDAPS 북반구 500hPa 고도 RMSE [m] 분석검증	3· 2
표 3.1.10 GDAPS 북반구 500hPa 고도 S1 Score [무차원] 분석검증	4· 2
표 3.1.11 GDAPS 북반구 500hPa 고도 이상상관 계수 [무차원] 분석검증	4· 2
표 3.1.12 GDAPS 북반구 250hPa 풍속 Mean Error [m/s] 분석검증	4· 2
표 3.1.13 GDAPS 북반구 250hPa 풍속 RMSE [m/s] 분석검증	5· 2
표 3.1.14 GDAPS 적도지역 해면기압(MSLP) Mean Error [hPa] 분석검증	5· 2
표 3.1.15 GDAPS 적도지역 해면기압(MSLP) RMSE [hPa] 분석검증	5· 2
표 3.1.16 GDAPS 적도지역 해면기압(MSLP) S1 Score [hPa] 분석검증	6· 2
표 3.1.17 GDAPS 적도지역 850hPa 기온 Mean Error [°C] 분석검증	6· 2
표 3.1.18 GDAPS 적도지역 850hPa 기온 RMSE [°C] 분석검증	6· 2
표 3.1.19 GDAPS 적도지역 850hPa 기온 S1 Score [무차원] 분석검증	7· 2
표 3.1.20 GDAPS 적도지역 850hPa 기온 이상상관 계수 [무차원] 분석검증	7· 2
표 3.1.21 GDAPS 적도지역 500hPa 고도 Mean Error [m] 분석검증	7· 2
표 3.1.22 GDAPS 적도지역 500hPa 고도 RMSE [m] 분석검증	8· 2

표 3.1.23	GDAPS 적도지역 500hPa 고도 S1 Score [무차원] 분석검증	8·2
표 3.1.24	GDAPS 적도지역 500hPa 고도 이상상관 계수 [무차원] 분석검증	8·2
표 3.1.25	GDAPS 적도지역 250hPa 풍속 Mean Error [m/s] 분석검증	9·2
표 3.1.26	GDAPS 적도지역 250hPa 풍속 RMSE [m/s] 분석검증	9·2
표 3.1.27	GDAPS 남반구 해면기압(MSLP) Mean Error [hPa] 분석검증	9·2
표 3.1.28	GDAPS 남반구 해면기압(MSLP) RMSE [hPa] 분석검증	9·3
표 3.1.29	GDAPS 남반구 해면기압(MSLP) S1 Score [무차원] 분석검증	9·3
표 3.1.30	GDAPS 남반구 850hPa 기온 Mean Error [°C] 분석검증	9·3
표 3.1.31	GDAPS 남반구 850hPa 기온 RMSE [°C] 분석검증	10·3
표 3.1.32	GDAPS 남반구 850hPa 기온 S1 Score [무차원] 분석검증	10·3
표 3.1.33	GDAPS 남반구 850hPa 기온 이상상관 계수 [무차원] 분석검증	10·3
표 3.1.34	GDAPS 남반구 500hPa 고도 Mean Error [m] 분석검증	10·3
표 3.1.35	GDAPS 남반구 500hPa 고도 RMSE [m] 분석검증	10·3
표 3.1.36	GDAPS 남반구 500hPa 고도 S1 Score [무차원] 분석검증	10·3
표 3.1.37	GDAPS 남반구 500hPa 고도 이상상관 계수 [무차원] 분석검증	10·3
표 3.1.38	GDAPS 남반구 250hPa 풍속 Mean Error [m/s] 분석검증	10·3
표 3.1.39	GDAPS 남반구 250hPa 풍속 RMSE [m/s] 분석검증	10·3
표 3.1.40	GDAPS 아시아 850hPa 기온 Mean Error [°C] 관측검증	11·3
표 3.1.41	GDAPS 아시아 850hPa 기온 RMSE [°C] 관측검증	11·3
표 3.1.42	GDAPS 아시아 850hPa 기온 TREND [무차원] 관측검증	11·3
표 3.1.43	GDAPS 아시아 500hPa 고도 Mean Error [m/s] 관측검증	11·3
표 3.1.44	GDAPS 아시아 500hPa 고도 RMSE [m/s] 관측검증	11·3
표 3.1.45	GDAPS 아시아 500hPa 고도 TREND [무차원] 관측검증	11·3
표 3.1.46	GDAPS 아시아 250hPa 풍속 Mean Error [m/s] 관측검증	11·3
표 3.1.47	GDAPS 아시아 250hPa 풍속 RMSE [m/s] 관측검증	11·3
표 3.1.48	GDAPS(N512L70) 한반도 76개 지점에 대한 강수 TS	12·3
표 3.1.49	GDAPS(N512L70) 한반도 76개 지점에 대한 강수 ETS	12·3
표 3.1.50	GDAPS(N512L70) 한반도 76개 지점에 대한 강수 BIAS	12·3
표 3.2.1	RDAPS(UM 12km L70) 850hPa 기온의 Mean Error [°C] 분석장 검증	13·4
표 3.2.2	RDAPS(UM 12km L70) 850hPa 기온의 RMSE [°C] 분석장 검증	13·4
표 3.2.3	RDAPS(UM 12km L70) 850hPa 기온의 S1 Score [무차원] 분석장 검증	13·4
표 3.2.4	RDAPS(UM 12km L70) 500hPa 고도의 Mean Error [m] 분석장 검증	13·4
표 3.2.5	RDAPS(UM 12km L70) 500hPa 고도의 RMSE [m] 분석장 검증	14·4
표 3.2.6	RDAPS(UM 12km L70) 500hPa 고도의 S1 Score [무차원] 분석장 검증	14·4
표 3.2.7	RDAPS(UM 12km L70) 300hPa 풍속의 Mean Error [m/s] 분석장 검증	14·4
표 3.2.8	RDAPS(UM 12km L70) 300hPa 풍속의 RMSE [m/s] 분석장 검증	14·4
표 3.2.9	RDAPS(KWRF 10km L40: N512L70 경계장) 850hPa 기온의 Mean Error [°C] 분석장 검증	14·4
표 3.2.10	RDAPS(KWRF 10km L40: N512L70 경계장) 850hPa 기온의 RMSE [°C] 분석장 검증	14·4

표 3.2.11	RDAPS(KWRF 10km L40: N512L70 경계장) 850hPa 기온의 S1 Score [무차원] 분석장 검증	· 4
표 3.2.12	RDAPS(KWRF 10km L40: N512L70 경계장) 500hPa 고도의 Mean Error [°C] 분석장 검증	· 4
표 3.2.13	RDAPS(KWRF 10km L40: N512L70 경계장) 500hPa 고도의 RMSE [°C] 분석장 검증	· 4
표 3.2.14	RDAPS(KWRF 10km L40: N512L70 경계장) 500hPa 고도의 S1 Score [무차원] 분석장 검증	· 4
표 3.2.15	RDAPS(KWRF 10km L40: N512L70 경계장) 300hPa 풍속의 Mean Error [m/s] 분석장 검증	· 4
표 3.2.16	RDAPS(KWRF 10km L40: N512L70 경계장) 300hPa 풍속의 RMSE [m/s] 분석장 검증	· 4
표 3.2.17	RDAPS(UM 12km L70) 850hPa 기온의 Mean Error [°C] 관측 검증	· 6 · 4
표 3.2.18	RDAPS(UM 12km L70) 850hPa 기온의 RMSE [°C] 관측 검증	· 6 · 4
표 3.2.19	RDAPS(UM 12km L70) 500hPa 고도의 Mean Error [m] 관측 검증	· 6 · 4
표 3.2.20	RDAPS(UM 12km L70) 500hPa 고도의 RMSE [m] 관측 검증	· 6 · 4
표 3.2.21	RDAPS(UM 12km L70) 300hPa 풍속의 Mean Error [m/s] 관측 검증	· 7 · 4
표 3.2.22	RDAPS(UM 12km L70) 300hPa 풍속의 RMSE [m/s] 관측 검증	· 7 · 4
표 3.2.23	RDAPS(KWRF 10km L40: N512L70 경계장) 850hPa 기온의 Mean Error [°C] 관측 검증	· 4
표 3.2.24	RDAPS(KWRF 10km L40: N512L70 경계장) 850hPa 기온의 RMSE [°C] 관측 검증	· 4
표 3.2.25	RDAPS(KWRF 10km L40: N512L70 경계장) 500hPa 고도의 Mean Error [m] 관측 검증	· 4
표 3.2.26	RDAPS(KWRF 10km L40: N512L70 경계장) 500hPa 고도의 RMSE [m] 관측 검증	· 4
표 3.2.27	RDAPS(KWRF 10km L40: N512L70 경계장) 300hPa 풍속의 Mean Error [m/s] 관측 검증	· 4
표 3.2.28	RDAPS(KWRF 10km L40: N512L70 경계장) 300hPa 풍속의 RMSE [m/s] 관측 검증	· 4
표 3.2.29	RDAPS(UM 12km L70) 한반도 76개 지점에 대한 강수 TS	· 9 · 4
표 3.2.30	RDAPS(UM 12km L70) 한반도 76개 지점에 대한 강수 ETS	· 0 · 5
표 3.2.31	RDAPS(UM 12km L70) 한반도 76개 지점에 대한 강수 BIAS	· 1 · 5
표 3.2.32	RDAPS(KWRF 10km L40: N512L70 경계장) 한반도 76개 지점에 대한 강수 TS ₂	· 5
표 3.2.33	RDAPS(KWRF 10km L40: N512L70 경계장) 한반도 76개 지점에 대한 강수 ETS	· 5
표 3.2.34	RDAPS(KWRF 10km L40: N512L70 경계장) 한반도 76개 지점에 대한 강수 BIAS	· 5
표 3.3.1	LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 지상기온의 Mean Error [°C] 지상 검증	· 6 · 5
표 3.3.2	LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 지상기온의 RMSE [°C] 지상 검증	· 6 · 5
표 3.3.3	LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 지상 상대습도의 Mean Error [m] 지상 검증	· 5
표 3.3.4	LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 지상 상대습도의 RMSE [m] 지상 검증	· 5
표 3.3.5	LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 지상 풍속의 Mean Error [m/s] 지상 검증	· 5
표 3.3.6	LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 지상 풍속의 RMSE [m/s] 지상 검증	· 6 · 5
표 3.3.7	LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 850hPa 기온의 Mean Error [°C] 분석장 검증	· 5
표 3.3.8	LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 850hPa 기온의 RMSE [°C] 분석장 검증	· 5
표 3.3.9	LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 500hPa 고도의 Mean Error [°C] 분석장 검증	· 5
표 3.3.10	LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 500hPa 고도의 RMSE [°C] 분석장 검증	· 5
표 3.3.11	LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 300hPa 풍속의 Mean Error [m/s] 분석장 검증	· 5
표 3.3.12	LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 300hPa 풍속의 RMSE [m/s] 분석장 검증	· 5
표 3.3.13	LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 850hPa 기온의 Mean Error [°C] 관측 검증	· 5
표 3.3.14	LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 850hPa 기온의 RMSE [°C] 관측 검증	· 5

표 3.3.15	LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 500hPa 고도의 Mean Error [m] 관측 검증	5
표 3.3.16	LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 500hPa 고도의 RMSE [m] 관측 검증	5
표 3.3.17	LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 300hPa 풍속의 Mean Error [m/s] 관측 검증	5
표 3.3.18	LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 300hPa 풍속의 RMSE [m/s] 관측 검증	5
표 3.4.1	양상블 북반구 500hPa 고도 RMSE [m] 분석검증	16
표 3.4.2	양상블 북반구 500hPa 고도 이상상관 계수 [무차원] 분석검증	16
표 3.4.3	양상블 북반구 500hPa 고도 CRPSS [무차원] 분석검증	16
표 3.4.4	양상블 북반구 500hPa 고도 +1 표준편차 이상 BSS [무차원] 분석검증	16
표 3.4.5	양상블 북반구 850hPa 기온 RMSE [m] 분석검증	26
표 3.4.6	양상블 북반구 850hPa 기온 이상상관 계수 [무차원] 분석검증	26
표 3.4.7	양상블 북반구 850hPa 기온 CRPSS [무차원] 분석검증	26
표 3.4.8	양상블 북반구 850hPa 기온 +1 표준편차 이상 BSS [무차원] 분석검증	26
표 3.5.1	KFM(N512L70 경계장), GDLM(N512L70) 월별 최고기온 Mean Error	7
표 3.5.2	KFM(N512L70 경계장), GDLM(N512L70) 월별 최저기온 Mean Error	7
표 3.5.3	KFM(N512L70 경계장), GDLM(N512L70) 월별 최고기온 RMSE	7
표 3.5.4	KFM(N512L70 경계장), GDLM(N512L70) 월별 최저기온 RMSE	7
표 3.5.5	RDLM(UM 12km L70) 월별 00UTC 예보기온 Mean Error	9
표 3.5.6	RDLM(UM 12km L70) 월별 12UTC 예보기온 Mean Error	9
표 3.5.7	RDLM(UM 12km L70) 월별 00UTC 예보기온 RMSE	8
표 3.5.8	RDLM(UM 12km L70) 월별 12UTC 예보기온 RMSE	8
표 3.6.1	전지구 파랑모델(GoWW3) 전년 대비 BIAS, RMSE, CORR + 00H 비교	28
표 3.6.2	전지구 파랑모델(GoWW3) 전년 대비 BIAS, RMSE, CORR + 24H 비교	38
표 3.6.3	전지구 파랑모델(GoWW3) 전년 대비 BIAS, RMSE, CORR + 48H 비교	48
표 3.6.4	전지구 파랑모델(GoWW3) 전년 대비 BIAS, RMSE, CORR + 72H 비교	58
표 3.6.5	전지구 파랑모델(GoWW3) 전년 대비 BIAS, RMSE, CORR + 96H 비교	68
표 3.6.6	전지구 파랑모델(GoWW3) 전년 대비 BIAS, RMSE, CORR + 120H 비교	78
표 3.6.7	지역 파랑모델(ReWW3) 덕적도 부이 (22101) 지점 BIAS	88
표 3.6.8	지역 파랑모델(ReWW3) 덕적도 부이 (22101) 지점 RMSE	88
표 3.6.9	지역 파랑모델(ReWW3) 칠발도 부이 (22102) 지점 BIAS	88
표 3.6.10	지역 파랑모델(ReWW3) 칠발도 부이 (22102) 지점 RMSE	88
표 3.6.11	지역 파랑모델(ReWW3) 거문도 부이 (22103) 지점 BIAS	98
표 3.6.12	지역 파랑모델(ReWW3) 거문도 부이 (22103) 지점 RMSE	98
표 3.6.13	지역 파랑모델(ReWW3) 거제도 부이 (22104) 지점 BIAS	98
표 3.6.14	지역 파랑모델(ReWW3) 거제도 부이 (22104) 지점 RMSE	98
표 3.6.15	지역 파랑모델(ReWW3) 동해 부이 (22105) 지점 BIAS	99
표 3.6.16	지역 파랑모델(ReWW3) 동해 부이 (22105) 지점 RMSE	99

표 3.6.17 지역 파랑모델(ReWW3) 포항 부이 (22106) 지점 BIAS	0.9
표 3.6.18 지역 파랑모델(ReWW3) 포항 부이 (22106) 지점 RMSE	0.9
표 3.6.19 지역 파랑모델(ReWW3) 마라도 부이 (22107) 지점 BIAS	1.9
표 3.6.20 지역 파랑모델(ReWW3) 마라도 부이 (22107) 지점 RMSE	1.9
표 3.6.21 지역 파랑모델(ReWW3) 외연도 부이 (22108) 지점 BIAS	1.9
표 3.6.22 지역 파랑모델(ReWW3) 외연도 부이 (22108) 지점 RMSE	1.9
표 3.6.23 국지연안 파랑모델(CoWW3) 덕적도 부이 (22101) 지점 BIAS	0
표 3.6.24 국지연안 파랑모델(CoWW3) 덕적도 부이 (22101) 지점 RMSE	0
표 3.6.25 국지연안 파랑모델(CoWW3) 칠발도 부이 (22102) 지점 BIAS	0
표 3.6.26 국지연안 파랑모델(CoWW3) 칠발도 부이 (22102) 지점 RMSE	0
표 3.6.27 국지연안 파랑모델(CoWW3) 거문도 부이 (22103) 지점 BIAS	0
표 3.6.28 국지연안 파랑모델(CoWW3) 거문도 부이 (22103) 지점 RMSE	0
표 3.6.29 국지연안 파랑모델(CoWW3) 거제도 부이 (22104) 지점 BIAS	0
표 3.6.30 국지연안 파랑모델(CoWW3) 거제도 부이 (22104) 지점 RMSE	0
표 3.6.31 국지연안 파랑모델(CoWW3) 동해 부이 (22105) 지점 BIAS	2
표 3.6.32 국지연안 파랑모델(CoWW3) 동해 부이 (22105) 지점 RMSE	2
표 3.6.33 국지연안 파랑모델(CoWW3) 포항 부이 (22106) 지점 BIAS	2
표 3.6.34 국지연안 파랑모델(CoWW3) 포항 부이 (22106) 지점 RMSE	2
표 3.6.35 국지연안 파랑모델(CoWW3) 마라도 부이 (22107) 지점 BIAS	3
표 3.6.36 국지연안 파랑모델(CoWW3) 마라도 부이 (22107) 지점 RMSE	3
표 3.6.37 국지연안 파랑모델(CoWW3) 외연도 부이 (22108) 지점 BIAS	3
표 3.6.38 국지연안 파랑모델(CoWW3) 외연도 부이 (22108) 지점 RMSE	3
표 3.7.1 2013년 20°N 이북, 140°E 서쪽에 위치한 태풍의 단순거리 오차(단위: km, (): 사례수)	71
표 3.7.2 2013년 20°N 이북, 140°E 서쪽에 위치한 태풍의 이동속도오차 ATE와 ATB (단위: km)	81
표 3.7.3 2013년 20°N 이북, 140°E 서쪽에 위치한 태풍의 방향오차 CTE와 CTB (단위: km)	91
표 3.7.4 2013년 북서태평양 전체 영역에 대한 모델별 태풍의 단순거리 오차(단위: km, (): 사례수)	2
표 3.7.5 2013년 북서태평양 전체 영역에 대한 모델별 태풍의 이동속도오차 ATE와 ATB (단위: km)	2
표 3.7.6 2013년 북서태평양 전체 영역에 대한 모델별 태풍의 방향오차 CTE와 CTB (단위: km)	2
표 3.7.7 2013년 북서태평양 전체 영역에 대한 모델별 태풍의 최대풍속 평균제곱근오차 (단위: m/s, (): 사례수)	125
표 3.8.1 2013년 황사모델 예측률	2

그림 차례

그림 1.1 통합모델 기반 전지구, 지역, 국지 및 전지구양상불예보모델 구성	2
그림 2.1 전지구예보모델(GDAPS) 북반구 분석검증 RMSE 2012년 대비 2013년 개선 정도 ..	8
그림 2.2 전지구예보모델(GDAPS) 북반구 분석검증 RMSE 년 평균 변화	9
그림 2.3 전지구예보모델(GDAPS) 북반구 850hPa 기온 분석검증 이상상관 계수 예보시간별, 년별 변화 ..	9
그림 2.4 전지구예보모델(GDAPS) 북반구 500hPa 고도 분석검증 이상상관 계수 예보시간별, 년별 변화 ..	9
그림 2.5 전지구예보모델(GDAPS) 7일 북반구 500hPa 고도 분석검증 이상상관 계수의 년별 분포(2011년의 경우 5월~12월)	01
그림 2.6 전지구예보모델(GDAPS) 5일 북반구 500hPa 고도 분석검증에 대한 forecast Bust의 년별 및 월별 분포(2011년의 경우 5월~12월)	01
그림 2.7 지역예보모델(UM 12km L70(좌)과 KWRP 10km L40(우)) 분석검증 RMSE 2012년 대비 2013년 개선 정도	1
그림 2.8 모델별 2013년 강수 검증(좌: TS, 우: BIAS)	2
그림 2.9 2005년 이후 지역예보모델 강수 예측에 대한 TS의 년 평균 변화	21
그림 2.10 지역예보모델(UM 12km L70)과 국지예보모델(LDAPS)의 2013년 분석검증 RMSE 및 강수 TS 비교	B
그림 2.11 2012년 및 2013년 양상불 북반구 1월 ~ 12월 평균 RMSE/Spread와 CRP\$S ..	1
그림 2.12 통계모델 GDLM(좌) 및 KFM(우) 2012년 대비 2013년 개선 정도	5
그림 3.1.1 GDAPS 북반구 500hPa 고도의 예측 시간별 월평균 RMSE	81
그림 3.1.2 GDAPS 남반구 500hPa 고도의 예측 시간별 월평균 RMSE	81
그림 3.1.3 GDAPS 적도지역 500hPa 고도의 예측 시간별 월평균 RMSE	81
그림 3.1.4 GDAPS 북반구 850hPa 기온의 예측 시간별 월평균 RMSE	91
그림 3.1.5 GDAPS 남반구 850hPa 기온의 예측 시간별 월평균 RMSE	91
그림 3.1.6 GDAPS 적도지역 850hPa 기온의 예측 시간별 월평균 RMSE	91
그림 3.1.7 GDAPS 북반구 250hPa 풍속의 예측 시간별 월평균 RMSE	02
그림 3.1.8 GDAPS 남반구 250hPa 풍속의 예측 시간별 월평균 RMSE	02
그림 3.1.9 GDAPS 적도지역 250hPa 풍속의 예측 시간별 월평균 RMSE	02
그림 3.2.1 지역예보모델 500hPa 고도의 예측 시간별 월평균 RMSE	04
그림 3.2.2 지역예보모델 850hPa 기온의 예측 시간별 월평균 RMSE	04
그림 3.2.3 지역예보모델 300hPa 풍속의 예측 시간별 월평균 RMSE	04
그림 3.2.4 지역예보모델 500hPa 고도의 관측검증 RMSE의 월평균 시계열	54
그림 3.2.5 지역예보모델 850hPa 기온의 관측검증 RMSE의 월평균 시계열	54
그림 3.2.6 지역예보모델 300hPa 풍속의 관측검증 RMSE의 월평균 시계열	54

그림 3.3.1 국지예보모델(LDAPS)의 2013년 지상변수의 예보시간별 RMSE((a): 기온, (b): 상대습도, (c): 풍속) 및 Bias((d): 기온, (e): 상대습도, (f): 풍속)의 변화	5 5
그림 3.4.1 EPS 북반구 500hPa 고도의 예측 시간별 월평균 RMSE	95
그림 3.4.2 EPS 북반구 500hPa 고도의 예측 시간별 월평균 이상상관 계수	95
그림 3.4.3 EPS 북반구 500hPa 고도의 예측 시간별 월평균 CRPSS	9 5
그림 3.4.4 EPS 북반구 850hPa 기온의 예측 시간별 월평균 RMSE	06
그림 3.4.5 EPS 북반구 850hPa 기온의 예측 시간별 월평균 이상상관 계수	06
그림 3.4.6 EPS 북반구 850hPa 기온의 예측 시간별 월평균 CRPSS	0 6
그림 3.4.7 2013년 1월 앙상블모델 북반구 500 hPa 고도(상)와 850hPa 기온(하)의 +1 표준편차에 대한 확률예측 성능 (왼쪽 상단부터 ROC curve, Economic Value, Rank histogram, 오른쪽 상단부터 Brier Score, Reliability Table)	3· 6
그림 3.4.8 2013년 2월 앙상블모델 북반구 500 hPa 고도(상)와 850hPa 기온(하)의 +1 표준편차에 대한 확률예측 성능 (왼쪽 상단부터 ROC curve, Economic Value, Rank histogram, 오른쪽 상단부터 Brier Score, Reliability Table)	4· 6
그림 3.4.9 2013년 3월 앙상블모델 북반구 500 hPa 고도(상)와 850hPa 기온(하)의 +1 표준편차에 대한 확률예측 성능 (왼쪽 상단부터 ROC curve, Economic Value, Rank histogram, 오른쪽 상단부터 Brier Score, Reliability Table)	5· 6
그림 3.4.10 2013년 4월 앙상블모델 북반구 500 hPa 고도(상)와 850hPa 기온(하)의 +1 표준편차에 대한 확률예측 성능 (왼쪽 상단부터 ROC curve, Economic Value, Rank histogram, 오른쪽 상단부터 Brier Score, Reliability Table)	6· 6
그림 3.4.11 2013년 5월 앙상블모델 북반구 500 hPa 고도(상)와 850hPa 기온(하)의 +1 표준편차에 대한 확률예측 성능 (왼쪽 상단부터 ROC curve, Economic Value, Rank histogram, 오른쪽 상단부터 Brier Score, Reliability Table)	7· 6
그림 3.4.12 2013년 6월 앙상블모델 북반구 500 hPa 고도(상)와 850hPa 기온(하)의 +1 표준편차에 대한 확률예측 성능 (왼쪽 상단부터 ROC curve, Economic Value, Rank histogram, 오른쪽 상단부터 Brier Score, Reliability Table)	8· 6
그림 3.4.13 2013년 7월 앙상블모델 북반구 500 hPa 고도(상)와 850hPa 기온(하)의 +1 표준편차에 대한 확률예측 성능 (왼쪽 상단부터 ROC curve, Economic Value, Rank histogram, 오른쪽 상단부터 Brier Score, Reliability Table)	9· 6
그림 3.4.14 2013년 8월 앙상블모델 북반구 500 hPa 고도(상)와 850hPa 기온(하)의 +1 표준편차에 대한 확률예측 성능 (왼쪽 상단부터 ROC curve, Economic Value, Rank histogram, 오른쪽 상단부터 Brier Score, Reliability Table)	0· 7
그림 3.4.15 2013년 9월 앙상블모델 북반구 500 hPa 고도(상)와 850hPa 기온(하)의 +1 표준편차에 대한 확률예측 성능 (왼쪽 상단부터 ROC curve, Economic Value, Rank histogram, 오른쪽 상단부터 Brier Score, Reliability Table)	1· 7
그림 3.4.16 2013년 10월 앙상블모델 북반구 500 hPa 고도(상)와 850hPa 기온(하)의 +1 표준편차에 대한 확률예측 성능 (왼쪽 상단부터 ROC curve, Economic Value, Rank histogram, 오른쪽 상단부터 Brier Score, Reliability Table)	2· 7

그림 3.4.17 2013년 11월 앙상블모델 북반구 500 hPa 고도(상)와 850hPa 기온(하)의 +1 표준편차에 대한 확률예측 성능 (왼쪽 상단부터 ROC curve, Economic Value, Rank histogram, 오른쪽 상단부터 Brier Score, Reliability Table)	3·7
그림 3.4.18 2013년 12월 앙상블모델 북반구 500 hPa 고도(상)와 850hPa 기온(하)의 +1 표준편차에 대한 확률예측 성능 (왼쪽 상단부터 ROC curve, Economic Value, Rank histogram, 오른쪽 상단부터 Brier Score, Reliability Table)	4·7
그림 3.5.1 KFM 최고기온 월별 RMSE 성능 변화	5
그림 3.5.2 KFM 최저기온 월별 RMSE 성능 변화	5
그림 3.5.3 GDLM 최고기온 월별 RMSE 성능 변화	6
그림 3.5.4 GDLM 최저기온 월별 RMSE 성능 변화	6
그림 3.6.1 전지구 파랑모델(GoWW3) 유의파고 위성검증 RMSE	8
그림 3.6.2 전지구 파랑모델 (GoWW3) 유의파고 부이검증 RMSE	8
그림 3.6.3 지역 파랑모델 (ReWW3) 유의파고 부이검증 RMSE	18
그림 3.6.4 GoWW3 +00H 예보장에 대한 전년 대비 성능 비교. BIAS, RMSE, Correlation	2·8
그림 3.6.5 GoWW3 +24H예보장에 대한 전년 대비 성능 비교. BIAS, RMSE, Correlation	3·8
그림 3.6.6 GoWW3 +48H예보장에 대한 전년 대비 성능 비교. BIAS, RMSE, Correlation	4·8
그림 3.6.7 GoWW3 +72H예보장에 대한 전년 대비 성능 비교. BIAS, RMSE, Correlation	5·8
그림 3.6.8 GoWW3 +96H예보장에 대한 전년 대비 성능 비교. BIAS, RMSE, Correlation	6·8
그림 3.6.9 GoWW3 +120H예보장에 대한 전년 대비 성능 비교. BIAS, RMSE, Correlation	7·8
그림 3.6.10 덕적도 부이 관측(검은색 실선)과 ReWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2013년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고	29
그림 3.6.11 칠발도 부이 관측(검은색 실선)과 ReWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2013년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고	39
그림 3.6.12 거문도 부이 관측(검은색 실선)과 ReWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2013년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고	49
그림 3.6.13 거제도 부이 관측(검은색 실선)과 ReWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2013년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고	59
그림 3.6.14 동해 부이 관측(검은색 실선)과 ReWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2013년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고	69
그림 3.6.15 포항 부이 관측(검은색 실선)과 ReWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2013년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고	79
그림 3.6.16 마라도 부이 관측(검은색 실선)과 ReWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2013년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고	89
그림 3.6.17 외연도 부이 관측(검은색 실선)과 ReWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2013년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고	99
그림 3.6.18 덕적도 부이 관측(검은색 실선)과 CoWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2013년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고	100

그림 3.6.19 칠발도 부이 관측(검은색 실선)과 CoWW3 + 24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2013년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고	㉑
그림 3.6.20 거문도 부이 관측(검은색 실선)과 CoWW3 + 24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2013년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고	㉑
그림 3.6.21 거제도 부이 관측(검은색 실선)과 CoWW3 + 24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2013년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고	㉒
그림 3.6.22 동해 부이 관측(검은색 실선)과 CoWW3 + 24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2013년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고	㉓
그림 3.6.23 포항 부이 관측(검은색 실선)과 CoWW3 + 24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2013년 11월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고	㉔
그림 3.6.24 마라도 부이 관측(검은색 실선)과 CoWW3 + 24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2013년 11월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고	㉕
그림 3.6.25 외연도 부이 관측(검은색 실선)과 CoWW3 + 24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2013년 11월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고	㉖
그림 3.6.26 5개 부이관측지점(22101~22105)에 대한 CoWW3(붉은색)과 ReWW3(파란색)의 + 24H 예측 유의파고의 BIAS(왼쪽)와 RMSE(오른쪽)	㉗
그림 3.6.27 3개 부이관측지점(22106~22108)에 대한 CoWW3(붉은색)과 ReWW3(파란색)의 + 24H 예측 유의파고의 BIAS(왼쪽)와 RMSE(오른쪽)	㉘
그림 3.7.1 전지구예보모델의 태풍진로오차 성능 변화(2006년 이전(T213L30), 2006~2009년 (T426L40), 2010년(UM N320L50), 2011년 이후(UM N512L70))	4-1 1
그림 3.7.2 지역예보모델의 태풍진로오차 성능 변화(2009년 이전(MM5 30km), 2010년(UM 12km L38), 2011년 이후(UM 12km L70))	㉙
그림 3.7.3 앙상블예측모델의 태풍진로오차 성능 변화(2001~2005년(T106L30), 2006~2010년 (T213L40), 2011년 이후(UM N320L70))	511
그림 3.7.4 DBAR의 태풍진로오차 성능 변화(2001~2003년(BATS), 2004 ~2013년(DBAR))	6-1 1
그림 3.7.5 TWRP의 태풍진로오차 성능 변화	16
그림 3.7.6 2013년 모델별 태풍 진로의 단순거리오차(Direct Position Error)	711
그림 3.7.7 2013년 모델별 태풍 진로의 이동속도오차(Along Track Error)	811
그림 3.7.8 2013년 모델별 태풍 진로의 방향오차(Cross Track Error)	911
그림 3.7.9 2013년 모델별 태풍 진로의 Track Bias	1011
그림 3.7.10 전지구예보모델의 태풍 최대풍속 모의 성능 변화(2006~2009년(T426L40), 2010년 (UM N320L50), 2011년 이후(UM N512L70))	221
그림 3.7.11 지역예보모델의 태풍 최대풍속 모의 성능 변화(2009년 이전(MM5 30km), 2010년 (UM 12km L38), 2011년 이후(UM 12km L70))	321
그림 3.7.12 앙상블예측모델의 태풍 최대풍속 모의 성능 변화(2006~2010년(T213L40), 2011년 이후 (UM N320L70))	4
그림 3.7.13 TWRP의 최대풍속 모의 성능 변화	8
그림 3.7.14 2013년 모델별 태풍 최대풍속 평균제곱근오차(Root Mean Square Error)	621

1. 현업 수치모델의 운영 현황 및 주요 특성

기상청은 전지구예보모델(GDAPS¹⁾), 전지구앙상블예보모델(EPSG²⁾), 지역예보모델(RDAPS³⁾), 국지예보모델(LDAPS⁴), 초단기 분석 및 예측 시스템(KLAPS⁵), 해양기상(파랑, 해일), 황사, 태풍 등의 응용예보모델로 구성된 총 10종의 수치예보시스템을 활용 목적에 따라 운영하고 있다(표1.1). 현재(2013년 12월 기준) 기상청이 운영하고 있는 전지구/지역/국지예보시스템은 2010년 5월 슈퍼컴퓨터 3호기로 교체 운영되면서 도입된 영국 통합모델을 기반으로 구축되어 있으며, 그 외 WRF 기반의 지역예보모델을 비롯한 응용모델들의 초기 입력조건이 통합모델 기반으로 변경되어 운영 하고 있다. 보다 자세한 수치모델·자료동화 및 시스템 변경 사항은 부록 B에 기술 되어 있다. 그림 1.1은 기상청 전지구, 지역, 국지 및 전지구앙상블예보모델의 구성을 요약한 것이며, 각 모델별 주요 특성을 표 1.2~표 1.9에 나타내었다.

2013년에 이루어진 수치예보시스템의 주요 개선 사항은 아래와 같다

- (1) 주간·동네 예보확대 지원을 위한 수치예보모델 예측기간의 연장(전지구예보모델, 전지구파랑모델: 10→12일, 지역예보모델, 지역파랑모델, 지역폭풍해일모델: 72→87시간, 국지예보모델: 24→36시간)
- (2) 전지구 융합형(기후특성과 매일 변화하는 대기흐름 동시 반영) 자료동화 적용 및 신규 관측자료(천리안 청천복사량 등) 활용으로 수치예보모델 초기자료 품질개선
- (3) 강수물리과정 및 대기복사, 에어로졸 효과, 대기경계층 대기운동 방안의 개선을 통한 전지구/지역/국지예보모델 물리과정 최적화
- (4) 지방청 관할 해역에 따른 국지연안 파랑모델 도메인 변경과 예측기간 연장(24→72 시간) 및 황사예보모델의 예보주기 단축(2회/일→4회/일)

표1.10은 전지구, 지역 및 국지예보모델의 물리과정 변경 사항을 요약한 것이다.

1) Global Data Assimilation and Prediction System
2) Ensemble Prediction System for Global
3) Regional Data Assimilation and Prediction System
4) Local Data Assimilation and Prediction System
5) Korea Local Analysis and Prediction System

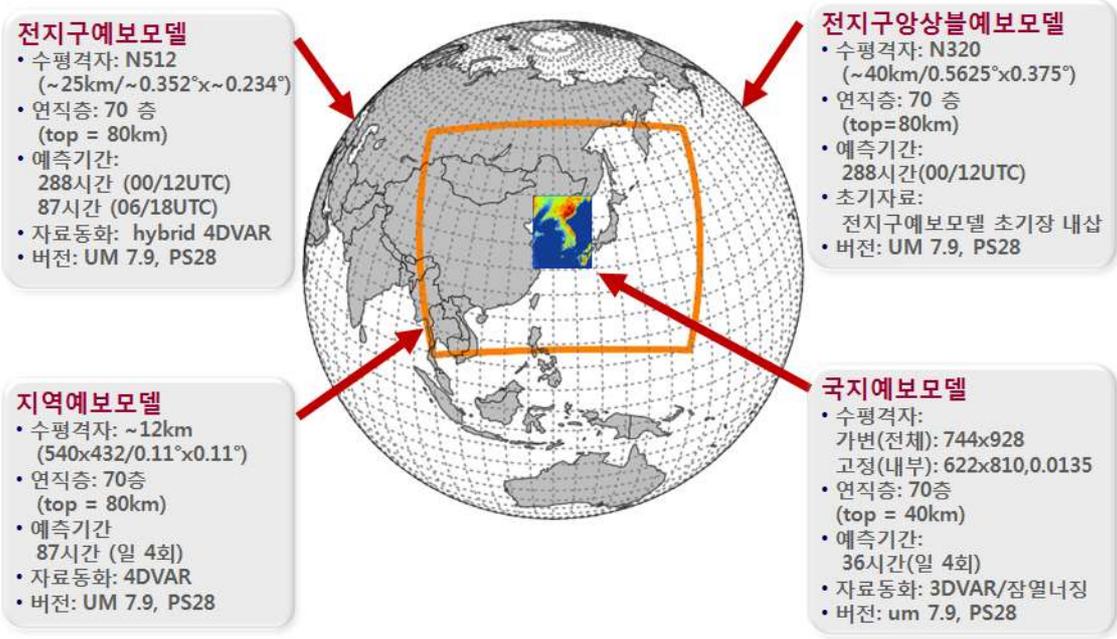


그림 1.1 통합모델 기반 전지구, 지역, 국지 및 전지구앙상블예보모델 구성

표 1.1 기상청의 수치예보모델 운영 현황(2013년 12월 현재)

모 델		구 분	수평분해능 (연직층수)	운영횟수 /일	예측 기간	목 적
전지구 (GDAPS)	전지구예보모델 (UM N512L70)		25km (70층)	4회	12일, 288시간	전지구 날씨 예측 동네예보, 주간예보
지역 (RDAPS)	지역예보모델 (UM 12km L70)		12km (70층)	4회	87시간	아시아 날씨 예측 / 동네예보
	지역예보모델 (KWRF 10kmL40)		10km (40층)	4회	87시간	아시아 날씨 예측 / 동네예보
국지 (LDAPS)	국지예보모델 (UM 1.5kmL70)		1.5km(70층)	4회	36시간	한반도 날씨 예측
파랑	전지구 파랑모델 (GWW3)		약 50km	2회	12일	전지구 해상파랑 동네·주간 해상예보
	지역 파랑모델 (RWW3)		약 8km	2회	87시간	동아시아 해상파랑 동네 해상예보
	국지연안 파랑모델 (CWW3)		약 1km (5개 지방청 관할해역)	2회	72시간	서해 중부/남부, 남해 , 서부/동부, 동해 중부/남부 해상파랑 용도: 동네·국지연안 해상예보
해일	지역폭풍해일모델 (RTSM)		약 8km	2회	87시간	용도: 동아시아 폭풍해일

모 델		구 분	수평분해능 (연직층수)	운영횟수 /일	예측 기간	목 적		
황사	황사모델 (ADAM2)		30km	4회	72시간	용도: 황사 수송 예측		
태풍	태풍모델 (DBAR)		약 35km	4회	72시간	용도: 태풍진로예측		
양상블 (EPS)	전지구 양상블예측시스템 (EPS UM N320 L70 M24)		40km (70층)	2회	12일	대상: 전지구 날씨 예측 용도: 주간 예보		
통계 모델	전구 UM 기반	중기 기온 (GDLM)	6개 주요도시	1회	10일	용도: 중기 기온예보		
		중기 기온(MOS)	주요지점 예보지점	2회	11.5일	용도: 중기 기온예보		
	지역 UM 기반	3시간기온 (RDLM) 최고/최저기온 (KLMN)	주요 예보지점		2회	48시간	용도: 동네 기온예보	
		3시간/최고/최 저기온 강수확률, 강수형태 하늘상태, 신적설, 습도, 바람 (MOS)			2회	87시간		
	KWRF 기반	3시간기온 (KDLM) 최고/최저기온 (KWKM)			2회	48시간		
		최고칼만필터 (KWKM)			2회	48시간		
초단기	초단기 배경분석 (KL15)	15km (22층)			8회	-		대상: 동아시아 영역 용도: 초단기예보모델의 배경장 생성
	초단기 배경예측 (KLBG)	15km (40층) 5km (40층)			4회	30시간		
	초단기 분석 (KL05)	5km (22층)	24회	-	대상: 한반도 영역 용도: 3차원 분석/예측 생산			
	초단기 예측 (KLFS)	5km (40층)	24회	12시간				

표 1.2 전지구예보시스템의 주요 특성

모델명	GDAPS(UM N512 L70)
기본모델	UM(Unified Model) vn 7.9 / PS28
기본방정식	Complete equation (Non-hydrostatic)
수평분해능	25km (1024(동서)x769(남북)) 0.3515625°(동서)×0.234375°(남북)
영역	Global
연직층수	70층 (~80km)
분석	하이브리드 4차원 변분법
예보시간	288h (2회/일, 00, 12UTC) 87h (2회/일, 06, 18UTC)
시간적분	Semi-Implicit semi-Lagrangian scheme
습윤 과정	Mass flux convection with CAPE closure, Mixed phase precipitation
복사	Edward-Slingo general 2-stream scheme
중력파저항	GWDO (G.W. drag due to orography)
PBL 과정	Non-Local PBL
지표면	JULES(Joint UK Land Environment Simulator) land-surface module
지표상태	Surface analysis + climatology

표 1.3 지역예보시스템의 주요 특성

모델명	RDAPS(UM 12km L70)	RDAPS(KWRF 10km L40)
기본모델	UM(Unified Model, vn 7.9 / PS28)	WRF 3.1 ARW
기본방정식	Complete equation (Non-hydrostatic)	Non-hydrostatic
수평분해능	12km (540(동서)×432(남북))	10km (574(동서) x 514(남북))
시간적분간격	200초	60초
연직층수	70층 (~80km)	40층(~50hPa)
분석	4차원 변분법	3차원 변분법
예보시간	87시간 (4회/일)	
시간적분	Semi-Implicit semi-Lagrangian scheme	Finite Difference
습윤 과정	Mass flux convection with CAPE closure, Mixed phase precipitation	WSM6 New Kain-Fritsch
복사	Edward-Slingo general 2-stream scheme	RRTM
중력파저항	GWDO (G.W. drag due to orography)	-
PBL 과정	MOSES-II Non-Local PBL	YSU PBL
지표면	MOSES-II land-surface scheme	Noah LSM
지표상태	Surface analysis + climatology	
해수면	OSTIA SST (0.1× 0.1° daily mean)	

표 1.4 국지예보시스템의 주요 특성

모델명	LDAPS(UM1.5kmL70)
기본모델	UM(Unified Model) vn 7.9 / PS28
수평 해상도와 격자 개수	가변격자(전체): 744×928(동서×남북) 고정격자(내부): 622×810, 0.0135°(해상도)
연직층수	70층(~40km)
시간 적분간격	50초 (계산 불안정 발생시 30초)
자료동화 방법 및 분석 주기	매 3시간 3차원 변분자료동화 (3DVAR)
초기화 방법	분석 증분 갱신법 (IAU)/잠열너징
수행 소요시간	약 60분
시간적분	Semi-Implicit semi-Lagrangian scheme
습윤 과정	Mixed phase precipitation
복사	Edward-Slingo general 2-stream scheme
중력과저항	GWDO (G.W. drag due to orography)
PBL 과정	Non-Local PBL
지표면	JULES(Joint UK Land Environment Simulator) land-surface module
지표상태	Surface analysis + climatology

표 1.5 앙상블예측시스템의 주요 특성

모델명	MOGREPS (N320L50)	MOGREPS (N320L70)	MOGREPS (N320L70)	MOGREPS (N320L70)
운영기간	'11.03.14~'11.05.22 ('10.12~'11.03)	'11.5.23~'12.06.15 ('11.03~'11.05)	'12.06.16~ ('12.06~)	'13.06.20~
슈퍼컴퓨터	CRAY X1E	CRAY XE6	CRAY XE6	CRAY XE6
앙상블 모델	영국 통합모델 6.6버전	영국 통합모델 7.7버전	영국 통합모델 7.9버전	영국 통합모델 7.9버전
섭동장 생성	ETKF	ETKF	ETKF + SST	ETKF + SST
통계물리	SCV, RP1	SKEB2, RP2	SKEB2, RP2	SKEB2, RP2
수평해상도	N320(~60km)	N320(~60km)	N320(~60km)	N320(~60km)
연직해상도	L50	L70	L70	L70
예측기간	10	10	10	12일/9시간
앙상블 멤버수	1+ 23	1+ 23	1+ 23	1+ 23
수행 시간	00, 12UTC	00, 12UTC	00, 12UTC	00,12/06,18UTC

표 1.6 통계모델의 주요 특성

모델명	KFM	GDLM	RDLM
방법	KFM	DLM	
예보인자	RDAPS 시그마 최하층 기온 예보값	GDAPS 최고/최저 기온예보값	RDAPS 최고/최저 기온예보값
예보요소	최고/최저 기온		3시간 간격 기온
예보시간 및 예보기간	00UTC : +2일 12UTC : +3일	12UTC : +10일	00UTC : +2일 12UTC : +2일
예보식	상태방정식, 출력방정식		

표 1.7 파랑모델 주요 특성

	GoWW3	ReWW3	CoWW3	
모델	3세대 파랑모델 (WAVEWATCH-III v. 2.22)			
격자체계	구면좌표계의 위, 경도 격자체계			
스펙트럴 분해능	24 파향(15°) 25 파수	36 파향(10°) 25 파수		
수평분해능 (격자수)	0.5° × 0.5° (720×281)	0.083° × 0.083° (421×361)	0.0083° × 0.0083°	
모델영역	70°S-70°N, 0°E-358.75°E	20°N-50°N, 115°E-150°E	대전청	123°E-127.0°E 36.0°N-39.0°N
			광주청	124°E-128°E 33.0°N-36.5°N
			제주청	123°E-129°E 31°N-35.5°N
			강원청	127°E-132.5°E 36.5°N-40°N
			부산청	127°E-131°E 33.5°N-37°N
적분 시간 간격	720 초	300 초	60초	
예보 시간	288 시간 (00, 12UTC)	87 시간 (00, 12UTC)	72 시간 (00, 12UTC)	
초기조건	전 시간 모델수행에서 12시간 예보된 스펙트럼장			
바람장	UM_N512L70 해상풍	UM_lam12kmL70 해상풍		

표 1.8 태풍모델의 주요 특성

모델명	DBAR	TWRF
격자개수	1024x513	361x361
배경장	전지구 분석장	
모조태풍 작성	GFDL 방식	
모델영역	전지구	북서태평양
수평분해능	0.356°	15km
연직층수	1 층	42 (지상~50 hPa)
예보시간	72시간 (4회/일, 00,06,12,18UTC)	120시간 (2회/일, 00, 12UTC)
사용CPU	1개	456개
모델 수행 시간	약 5분	약 30분

표 1.9 황사모델의 주요 특성

모델명	UM-ADAM2 (UM-Asian Dust Aerosol Model 2)
모델 종류	3차원 황사농도단기예측모델
입력 자료	전지구예보모델 (UM N512L70)
해상도	수평 ~25km, 연직 47층
좌표계	람베르트 등각 좌표
모델 영역	340 x 220, 중심: (126°E, 38°N)
입자크기별 구간	11 구간 (0.2 ~ 74 μm직경)
수행 소요시간	약 60분 (전처리포함)

표 1.10 2013년 모델별 물리과정 변경사항

해당 물리과정	전지구예보모델	지역예보모델	국지예보모델
모델 버전	VN7.7PS26 → VN7.9PS28	VN7.9PS27 → VN7.9PS28	VN7.9PS27 → VN7.9PS28
자료동화 버전		SURF 18.3→SURF 18.5	
대규모 강수과정	수분(qcl, cloud water)변수의 안정적 계산을 위한 CFL 옵션 사용	Abel & Shipway(2007)	얼음입자 크기분포함수 standard parameter → generic ice PSD
적운대류 물리과정	-	-	-
미세물리 과정	-	-	-
경계층 /지면 물리과정	토양 열전도율 계산방법 1 → 2	토양관련 기초자료 버전 변경 식생 내 적설 고려 snow free albedo 고려 식생 내 복사과정 변경 : 2→4 Zero-layer snow	토양 열전도율 계산방법 1 → 2 시정진단에 에어로졸 적용 상수 → Murk 에어로졸
대기복사 물리과정	에어로졸 기후분포 사용 → 단/장과 간접효과 고려	-	지형그늘과 천공조망 보정 orography gradient → unfiltered orography

2. 2013년 모델 성능 분석

2.1 전지구예보모델

- 1) 2012년에 비해 전반적으로 예측 성능 향상이 향상되었다. MSLP는 전 예측기간동안 평균 2%, 예보 후반(5-10일)은 평균 3%, 500hPa 고도의 경우 평균 1%의 향상율을 보여 예측 성능 향상이 크지 않았다.
- 2) 또한, 250hPa 풍속의 경우 전 예측기간동안 평균 2%, 예보 초반(1-3일)은 평균 3%의 향상율을 보였다. 하지만 850hPa 기온은 전 예측기간동안 평균 1%로 예측 성능 향상이 크지 않았다.
- 3) 그림 2.2는 2001년 이후 전지구예보모델의 북반구 5일 예측에 대한 분석검증 평균제곱근오차 (Root Mean Square Error, RMSE)의 년 평균 변화이다. 2010년 통합모델 도입 이후 뚜렷한 예측성능 향상을 보이고 있다.
- 4) 그림 2.3과 2.4는 2002년 이후 전지구예보모델의 북반구 850hPa 기온과 500hPa 고도 예측에 대한 이상상관 계수(Anomaly correlation)의 변화이다. 2010년 통합모델 도입 이후 지속적인 예측성능 향상을 보이고 있다.
- 5) 그림 2.5는 2011년 ~ 2013년 동안의 북반구 500hPa 고도장에 대한 이상상관 계수 범위에 따른 분포를 나타내며, 그림 2.6은 연도별, 월별 낮은 예측 성능(forecast bust: $RMSE > 43m$, $ACC < 0.87$ 을 만족)에 대한 사례의 분포이다. 낮은 예측 성능을 보인 횟수는 2011년(148회:5월~12월), 2012년(161회) 및 2013년(132회)로 2011년 이후 지속적인 감소경향을 보이고 있다.

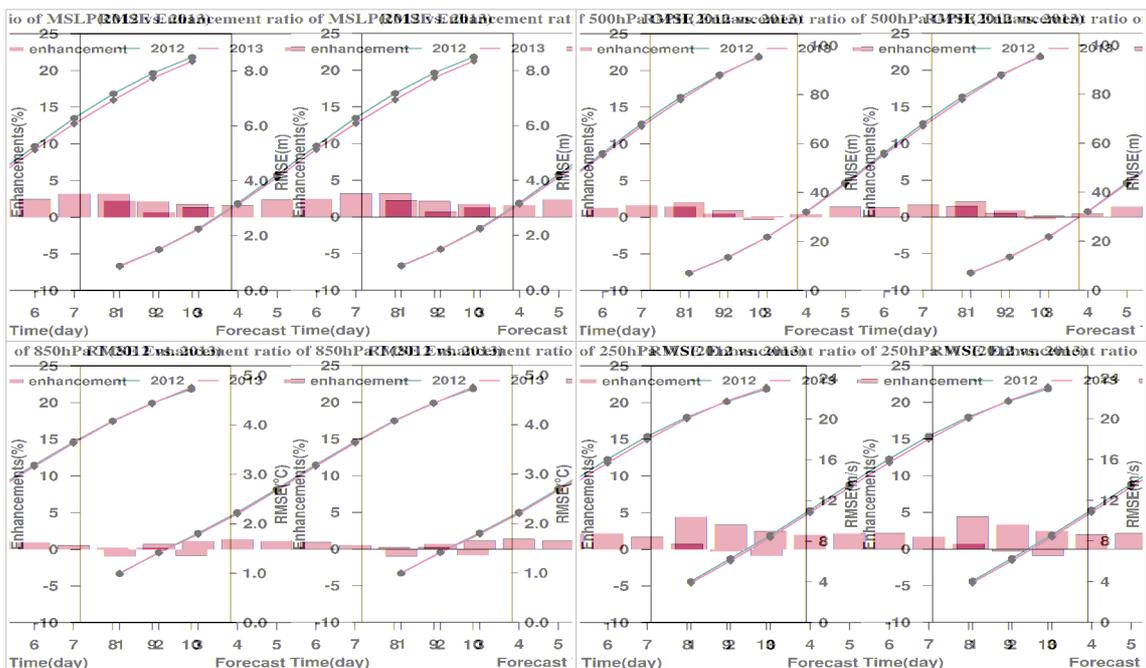


그림 2.1 전지구예보모델(GDAPS) 북반구 분석검증 RMSE 2012년 대비 2013년 개선 정도

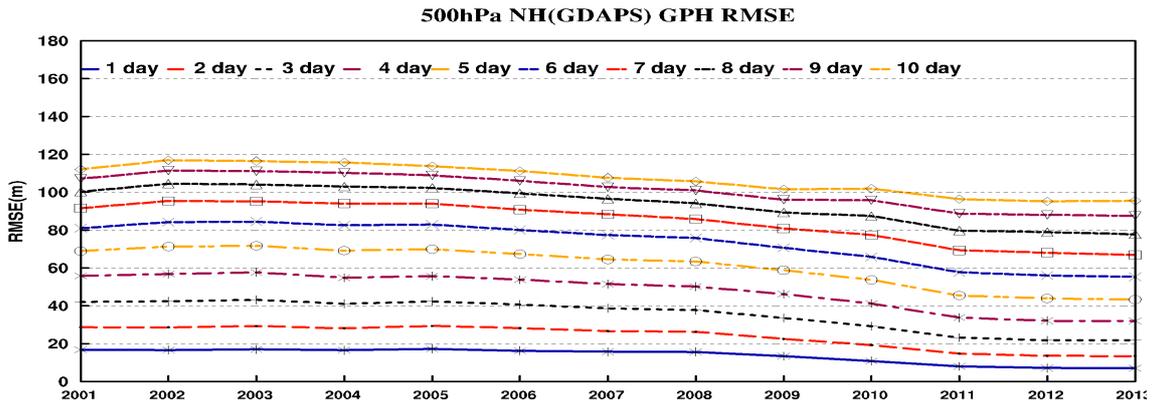


그림 2.2 전지구예보모델(GDAPS) 북반구 분석검증 RMSE 년 평균 변화

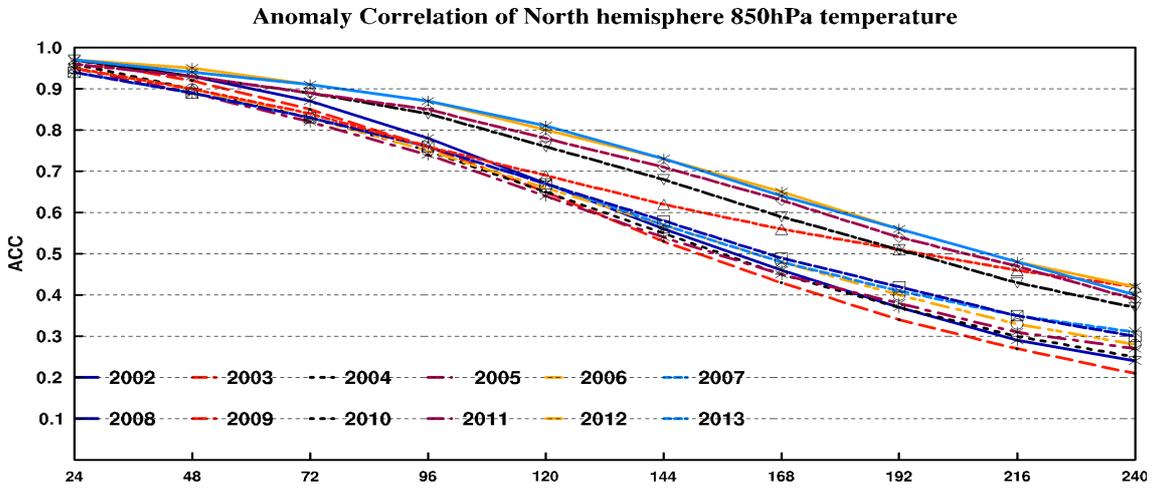


그림 2.3 전지구예보모델(GDAPS) 북반구 850hPa 기온 분석검증 이상상관 계수 예보시간별, 년별 변화

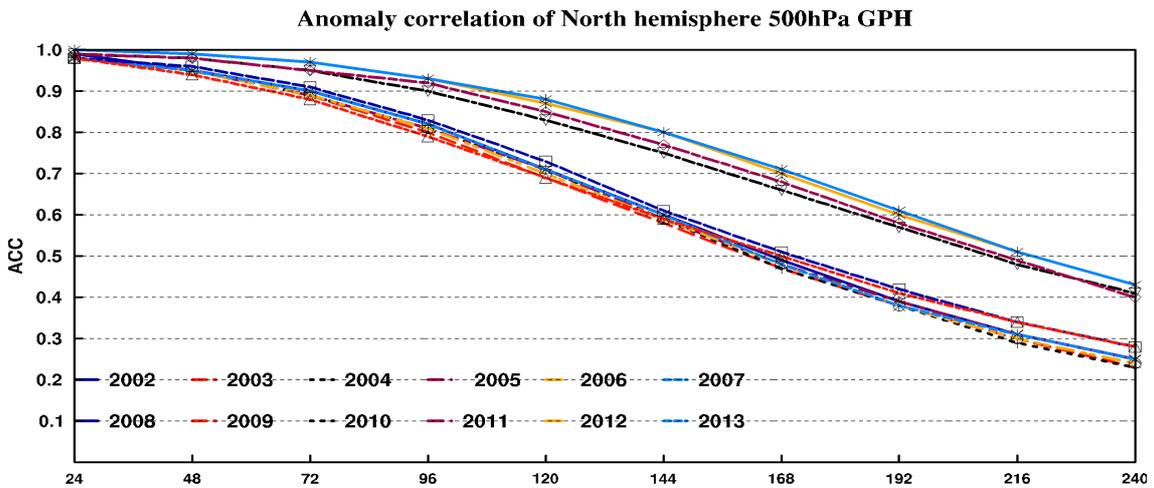


그림 2.4 전지구예보모델(GDAPS) 북반구 500hPa 고도 분석검증 이상상관 계수 예보시간별, 년별 변화

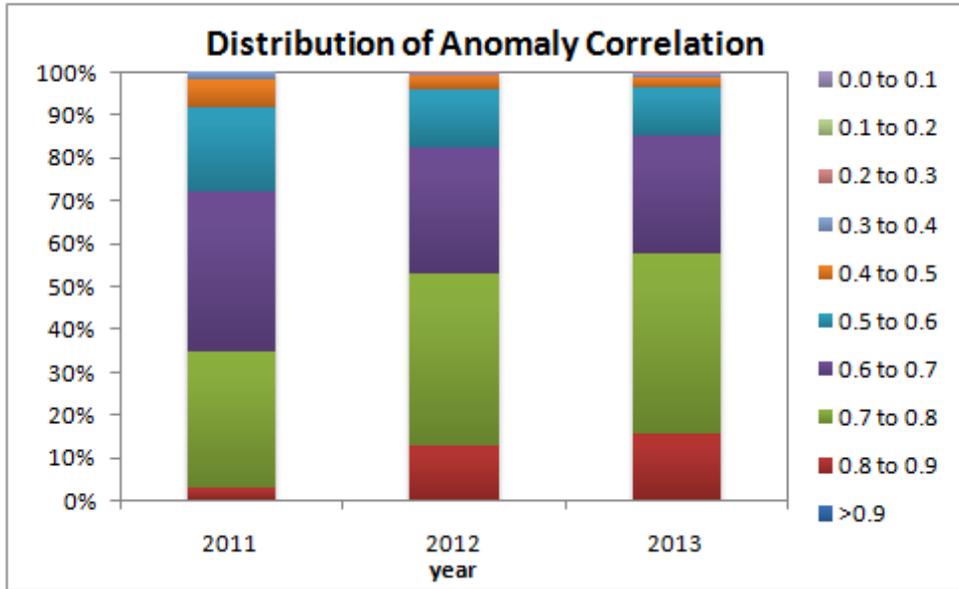


그림 2.5 전지구예보모델(GDAPS) 7일 북반구 500hPa 고도 분석검증 이상상관 계수의 년별 분포(2011년의 경우 5월~12월)

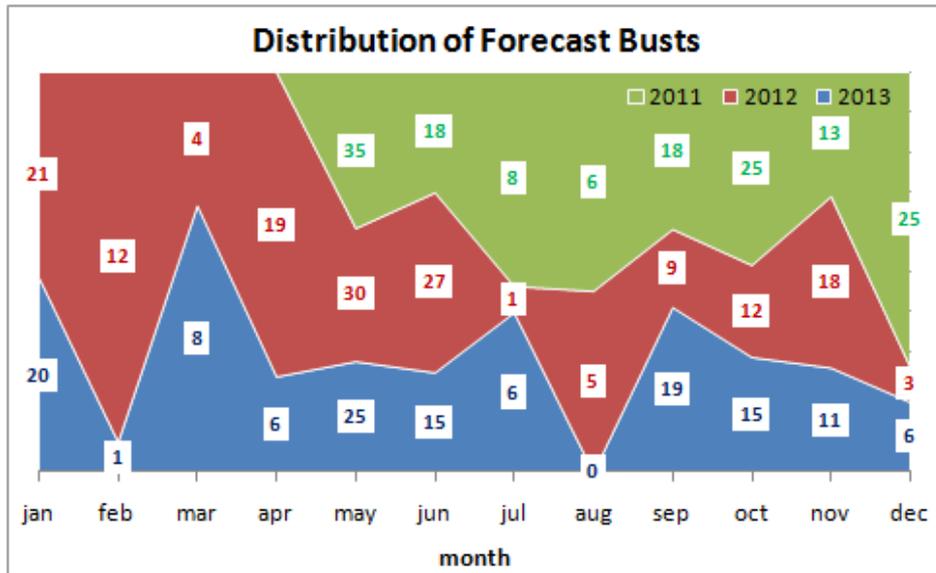


그림 2.6 전지구예보모델(GDAPS) 5일 북반구 500hPa 고도 분석검증에 대한 forecast Bust의 년별 및 월별 분포(2011년의 경우 5월~12월).

2.2 지역예보모델

- 1) 통합모델 기반 지역예보모델(UM 12km L70)의 경우 2012년 대비 성능 변화는 크지 않았다. 300hPa 풍속의 경우 전 예측기간에 대해 약 4%의 예측 성능 향상이 나타났다. 하지만 500hPa 고도 및 850hPa 기온의 경우 2012년 대비 약 1% 내외의 예측 성능 감소가 나타났다.
- 2) WRF 기반의 지역예보모델(KWRF 10km L40)의 경우 예측성능 향상이 2012년 대비 대체로 4% ~ 17%로 향상되었다. 이는 지난 2012년의 큰 성능 감소의 영향으로 분석된다.

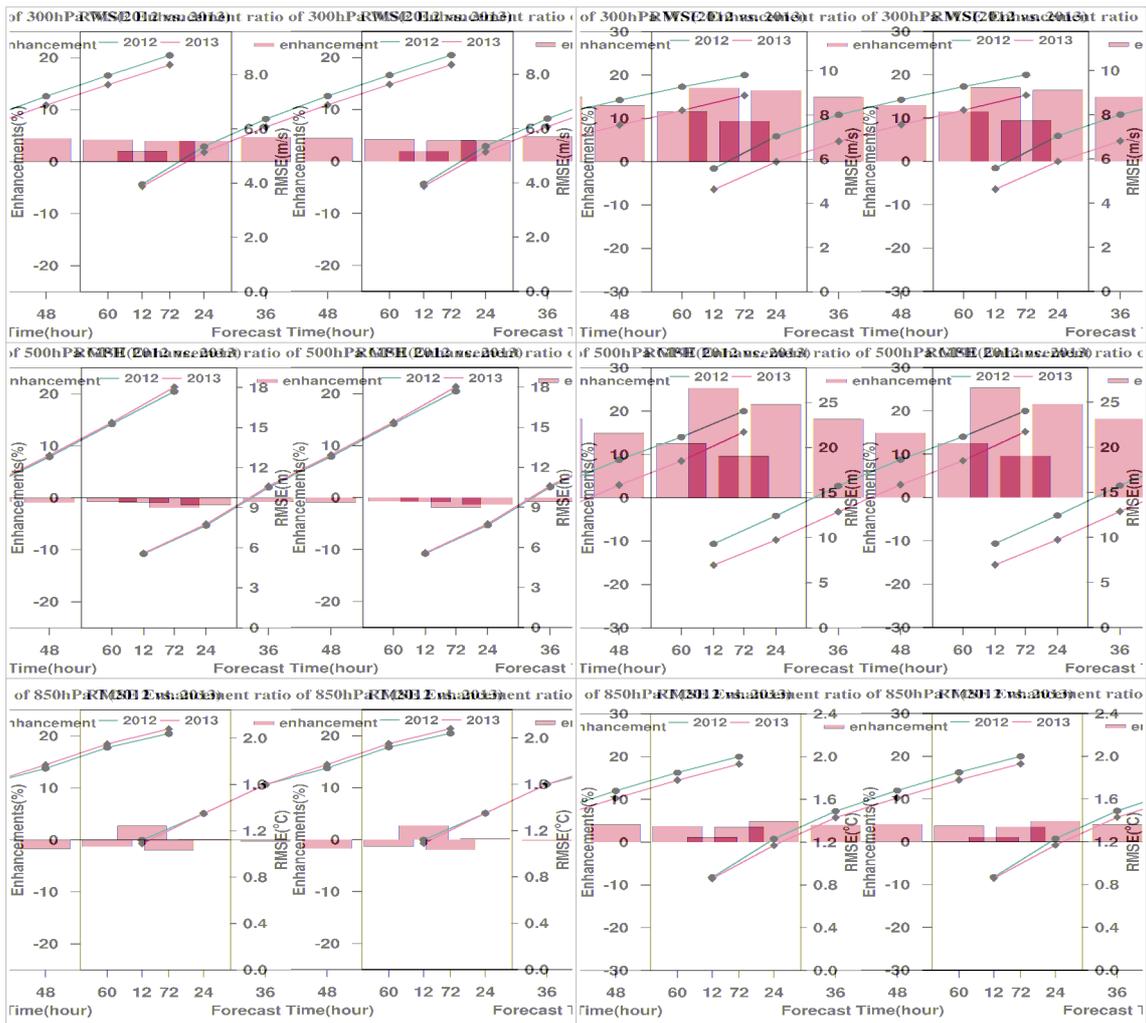


그림 2.7 지역예보모델(UM 12km L70(좌)과 KWRF 10km L40(우)) 분석검증 RMSE 2012년 대비 2013년 개선 정도

2.3 전지구 및 지역예보모델 강수

- 1) 강수유무(0.1mm 이상)의 경우, 12시간 예측까지는 전지구(UM N512L70)예보모델의 성능이 우수하였으나, 이후 부터는 지역(UM 12km L70)예보모델의 성능이 우수하였다.
- 2) 25mm 이상 강수의 경우, 예보시간 전반에 걸쳐 전지구예보모델과 지역예보모델의 성능이 우수 하였다.
- 3) 강수유무에 대한 편차의 경우, 모든 모델에서 과대모의 하는 경향을 보였으며, 상대적으로 전 지구(UM N512L70)와 지역예보모델(UM 12km L70)의 과대모의 경향이 크게 나타났다. 25mm 이상 강수에 대한 편차의 경우, 대부분의 예측시간에서 과소모의 하는 경향을 보였으며, 다만 지역예보 모델(KWRF 10km L40)의 경우, 48시간 예측 시간부터 과대 모의 경향이 나타났다.
- 4) 그림 2.5는 2005년 이후 지역예보모델의 서로 다른 문턱값에 대한 년 평균 TS의 변화이다. 2010년 이후 모든 문턱값에 대해 지역예보모델(UM 12km L70)의 성능 향상이 나타났다.

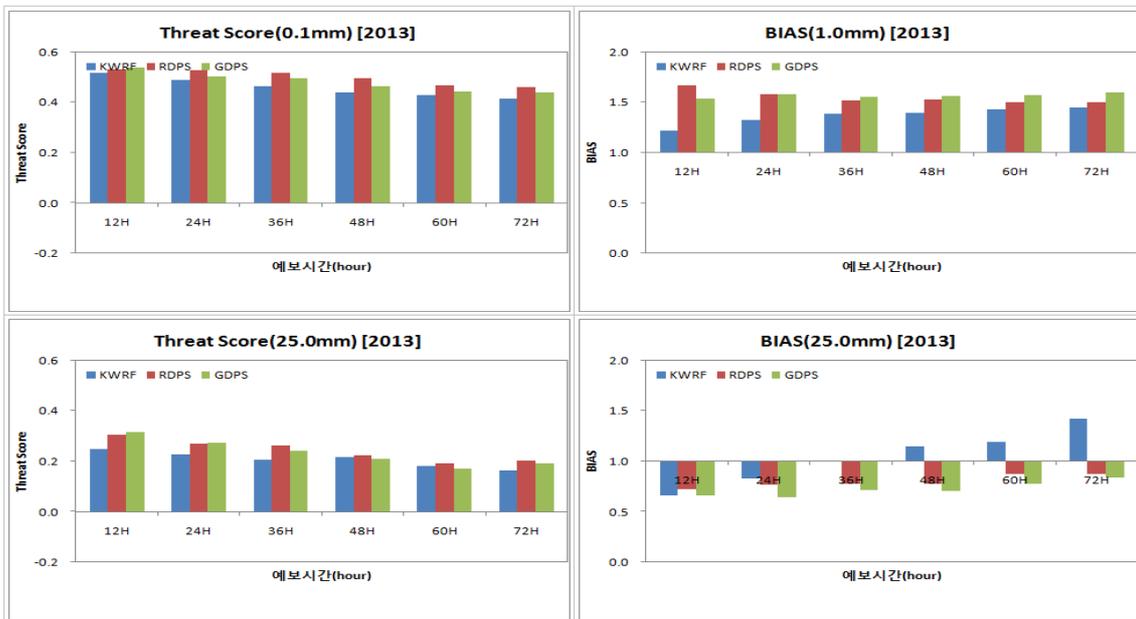


그림 2.8 모델별 2013년 강수 검증(좌: TS, 우: BIAS)

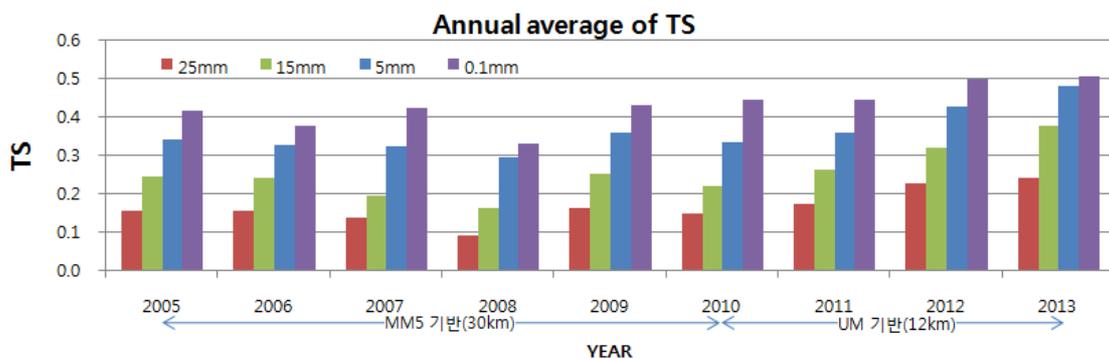


그림 2.9 2005년 이후 지역예보모델 강수 예측에 대한 TS의 년 평균 변화

2.4 국지예보모델

- 1) 국지예보모델(LDAPS)의 성능 비교를 위해 지역예보모델(UM 12km L70)과 비교하였다.
- 2) 예보기간 동안 국지예보모델의 성능이 다소 우수한 것으로 나타났으나, 국지예보모델과 지역예보모델간의 차이는 크지 않았다.
- 3) 강수예보의 경우 강수유무에 대한 성능은 국지예보모델이 다소 우수한 것으로 나타났으나, 25mm/6hr에 대한 성능은 지역예보모델이 다소 우수한 것으로 나타났다.

※ LDAPS 30h 이상의 경우 2013년 7월~12월 동안의 자료를 사용하였다.

※ 25mm/6hr의 경우 2013년 5월~10월 동안의 자료를 사용하였다.

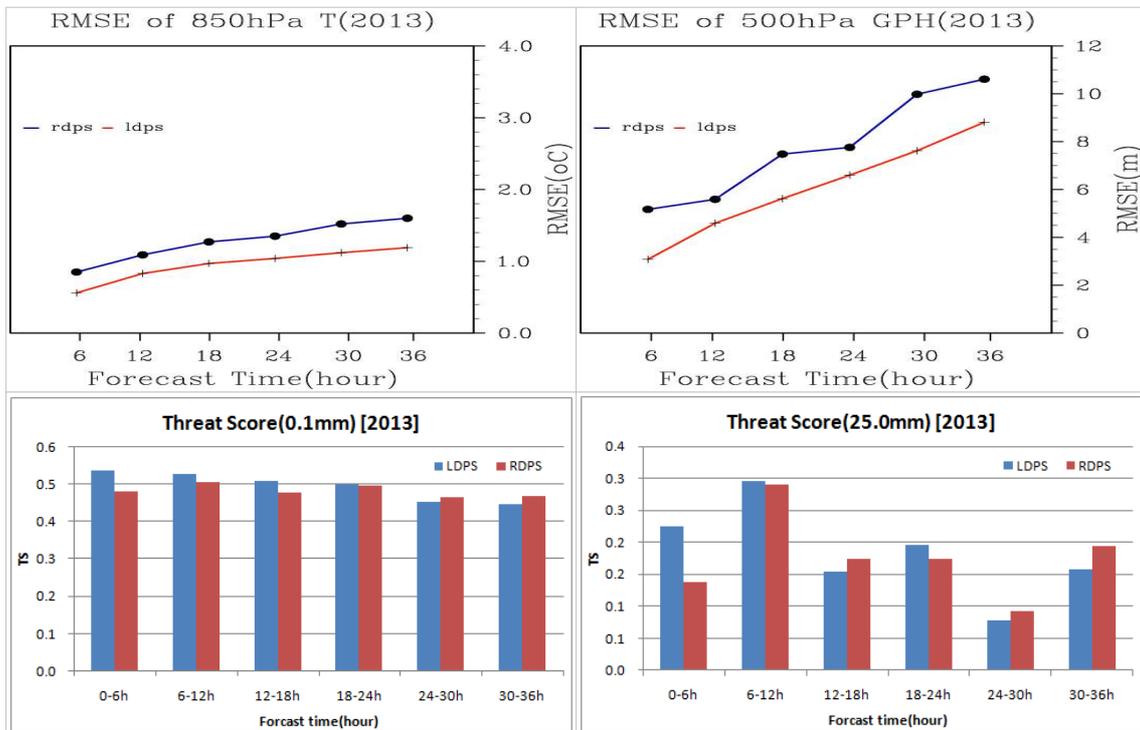


그림 2.10 지역예보모델(UM 12km L70)과 국지예보모델(LDAPS)의 2013년 분석검증 RMSE 및 강수 TS 비교

2.5 앙상블 모델

- 1) 통합모델기반의 앙상블예측시스템의 운영은 2011년 3월 슈퍼컴퓨터 3호기에서 시작되었다. 통합모델기반의 앙상블예측시스템의 기존의 스펙터럴(spectral) 모델 기반의 앙상블예측시스템과 비교하여 상당한 향상을 보였다.
- 2) 2013년 6월 이후 하이브리드 4DVAR 자료 동화와 연동되면서 이에 필요한 error covariance를 생산하기 위해 6시간 사이클로 전환되었다(06,18utc에는 배경장만 생성). 예측 성능은 2012년과 거의 유사하게 나타났다.

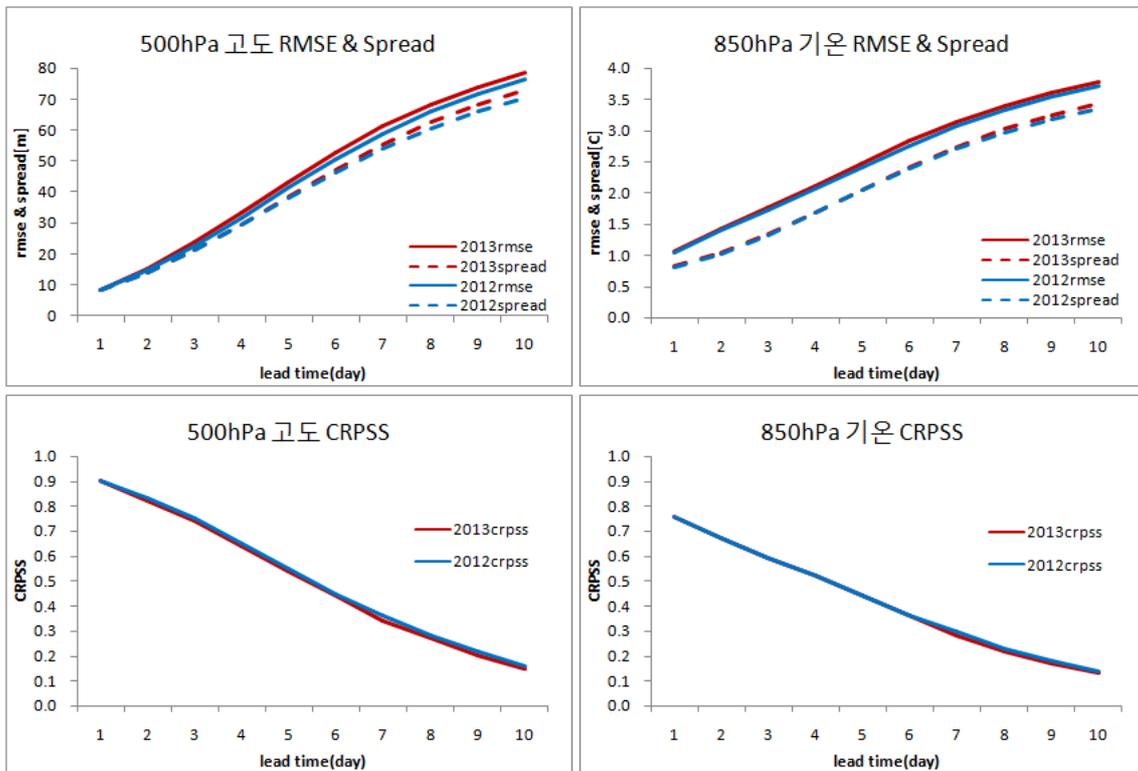


그림 2.11 2012년 및 2013년 앙상블 북반구 1월 ~ 12월 평균 RMSE/Spread와 CRPS

2.6 통계모델

- 1) 통계모델의 성능은 전반적으로 2012년에 비해 전반적으로 오차가 증가하였다.
- 2) 특히 GDLM 최저기온의 경우 예보 중반까지 약 7~8%의 예측성능이 감소하였다.

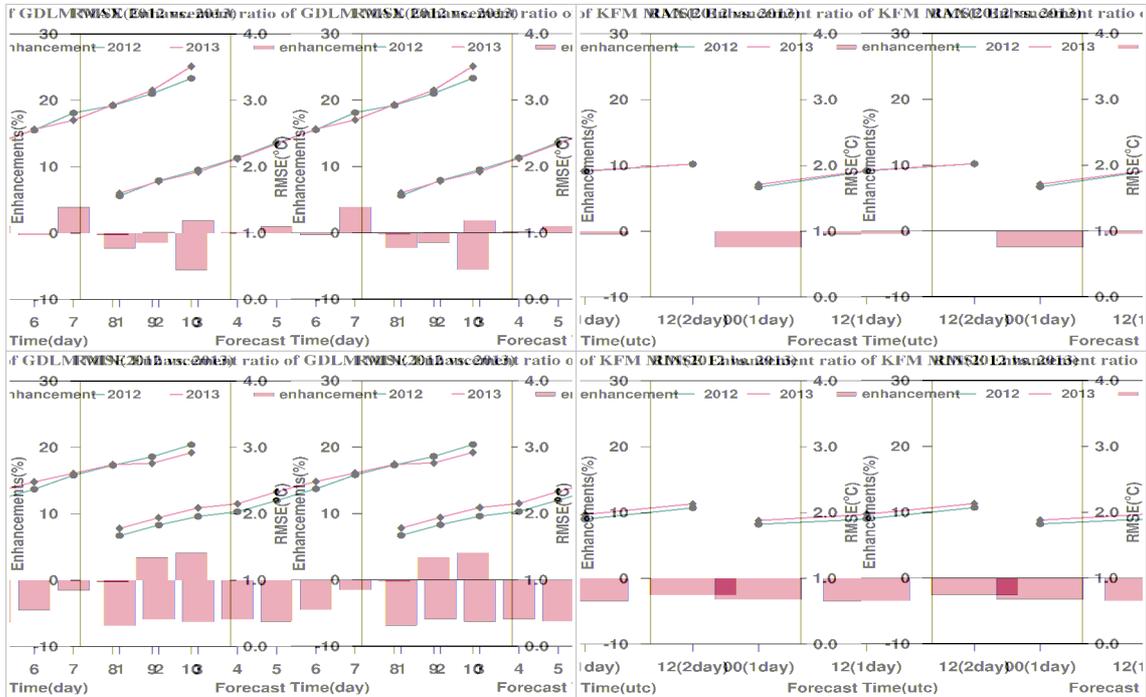


그림 2.12 통계모델 GDLM(좌) 및 KFM(우) 2012년 대비 2013년 개선 정도

2.7 파랑모델

- 1) 전지구 파랑 예측시스템의 예측시간별 연평균 RMSE 분석 결과 00시간과 24시간 예측에서는 전년(2012년)대비 약 4%정도 예측성이 향상되었고, 72시간, 96시간 그리고 120시간 예측에서는 약 6% 예측성능이 향상되었다. 전반적으로 모델이 관측에 비해서 과대모의 경향이 나타나지만 전년(과대모의경향)에 비하여 다소 감소하는 경향을 보였다.
- 2) 전지구 파랑 예측시스템의 RMSE의 계절별 변동을 살펴보면, 2월~4월을 제외한 모든 달에서 예측성능이 전년에 비하여 향상되었으며 특히 8월 경우 평균 10cm 이상 RMSE가 감소하였다. 2월은 전년도에 비해 다소 정확성이 떨어지는 양상을 보였다.
- 3) 지역 파랑 예측시스템의 경우 작년에 비해서 예측성능이 향상되었으며 72시간(3일) 예보의 RMSE의 경우 전년도에 0.48m에서 올해 0.41m로 약 12% 정도 정확성이 향상되었다.

- 4) 지방청 관할 해역 파랑 예측시스템의 경우 기존의 국지연안 파랑 예측시스템과 비교할 때 서해상에서 과대 모의하는 경향이 더욱 뚜렷해지고, RMSE가 증가하였다. 반면 남해상에서는 과소모의 경향이 완화되고 RMSE 도 뚜렷이 감소하였다.
- 5) 결론적으로, 전지구 및 지역/국지연안 파랑 예측시스템의 예측 성능은 전 연도에 비해서 예측성능이 매우 향상되었다. 반면, 국지연안의 경우 특정 해역에서 모델의 과대모의 경향이 뚜렷하여 이에 대한 보완이 필요하다.

2.8 태풍모델

- 1) 태풍모델의 진로예측성능검증은 북위 20도 이북, 동경 140도 서쪽에 해당하는 태풍검증영역(2013년 태풍검증영역에서 수치모델 자료 샘플링 후, 120시간에 해당하는 자료 없음)과 전체 북서태평양영역에 대하여 실시하였으며, 기상청 전지구예보모델(GDAPS), 지역예보모델(RDAPS), 앙상블예측모델(EPS), 태풍전용모델 DBAR, TWRP에 대해서 수행하였다.
- 2) 단순거리오차는 서로 다른 예측위치가 동일한 오차를 가질 가능성을 포함하여 오차의 원인을 구체적으로 파악하기 어렵기 때문에, 이동속도와 방향을 고려한 지표를 추가하여 진로예측검증을 수행하였다.
- 3) DBAR와 TWRP를 제외한 모든 모델이 48시간 이후의 예보시간에서 예보정확도가 전년 대비 향상되었다.
- 4) 전지구예보모델의 96시간(4일) 진로예측 오차는 2012년 48시간(2일)과 비슷한 수준을, 지역예보모델의 72시간(3일) 진로예측 오차는 2012년의 절반수준을, 앙상블예측모델의 96시간 진로예측 오차는 2012년 60시간과 비슷한 수준을 보였다.
- 5) TWRP는 72시간 이전의 예보시간에서 진로예측 오차가 전년대비 감소하였으나, 96시간(4일) 진로예측 오차는 전년대비 증가하여 2012년 120시간(5일)과 비슷한 수준을 보인다. 이는 전년보다 사례개수가 적었을 뿐만 아니라(3개) 그 중에서도 한 사례의 오차가 유난히 컸기 때문으로 확인되었다.
- 6) 각 모델의 단순거리오차를 비교하였을 때, 72시간을 제외한 예측에서 전지구예보모델이 가장 작았다.
- 7) 각 모델의 이동속도오차를 비교하였을 때, 36, 48 및 60시간 예측에서는 지역예보모델이, 12, 24, 72 및 96시간 예측에서는 전지구예보모델의 오차가 가장 작았으며, 각 모델의 방향오차는 60, 72시간을 제외한 예측에서 앙상블예측모델의 오차가 가장 작았다.
- 8) 태풍모델의 태풍강도예측성능 검증은 태풍이 북서태평양에 위치해 있을 때 태풍의 강도별로 나누어 실시하였으며, 전지구예보모델, 지역예보모델, 앙상블예측모델, TWRP에 대해서 수행하였다.

※ 강도는 WMO 기준(풍속이 17~25m/s이면 TS, 25~33m/s이면 STS, 33m/s 이상이면 TY)에 의해 분류함.

- 9) 전지구예보모델, 지역예보모델, 앙상블예측모델의 강도 예보정확도 성능의 연변화는 크지 않았다.
- 10) 태풍강도예측의 경우, 진로와는 다르게 예측시간이 길어질수록 예측오차가 커지지 않는 특징을 보였다.
- 11) 전지구예보모델, 지역예보모델, 앙상블예측모델은 태풍의 강도가 강할수록 평균제곱근오차가 커지는 경향을 보이며, 24, 48, 72시간을 기준으로 태풍의 강도가 TS일 때 RDAPS, STS일 때는 RDAPS, TY일 때는 TWRF의 예측오차가 가장 작았다.

표 2.1 2013년 국외 주요 모델과의 48시간 진로 및 강도에측오차 비교(국외모델은 국가태풍센터 자체검증결과)

	GDAPS	RDAPS	EPS	DBAR	TWRF
진로 (DPE)	176.0	190.8	177.5	372.3	207.8
강도 (RMSE)	20.3	10.4	20.3	-	11.3
	GFS	HWRP	ECMWF	JGSM	
진로 (DPE)	129.5	117.1	112.4	162.4	※ 단위
강도 (RMSE)	9.1	9.0	12.4	13.2	· 진로: km · 강도: m/s

2.9 황사모델

- 1) 황사모델은 고해상도(N512) 사계절용이며 2013년 9월부터 일 4회 운영되고 있다. 2013년의 경우 총 5번의 황사가 우리나라에 영향을 주었으며, 이러한 황사의 출현에 대한 정량적 예보에 지원되었다.

3. 검증 결과

3.1 전지구예보모델

3.1.1 전지구예보모델 성능 변화 추세

3.1.1.1 500hPa 고도장의 RMSE

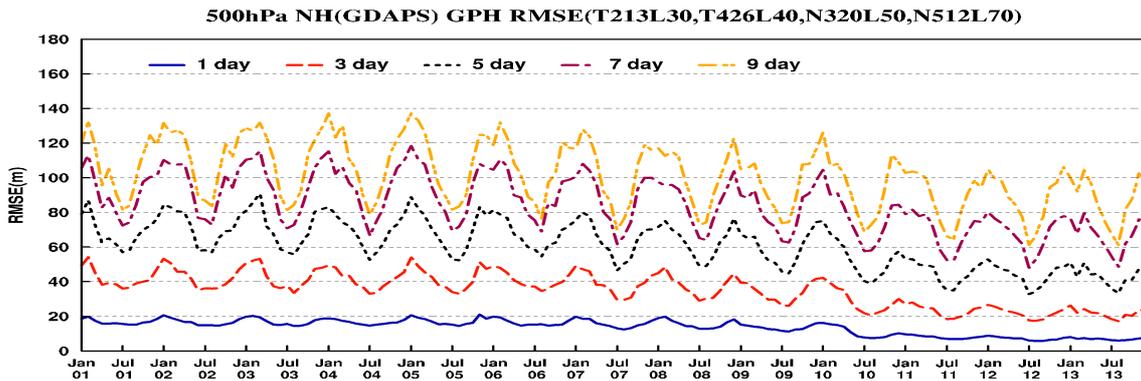


그림 3.1.1 GDAPS 북반구 500hPa 고도의 예측 시간별 월평균 RMSE

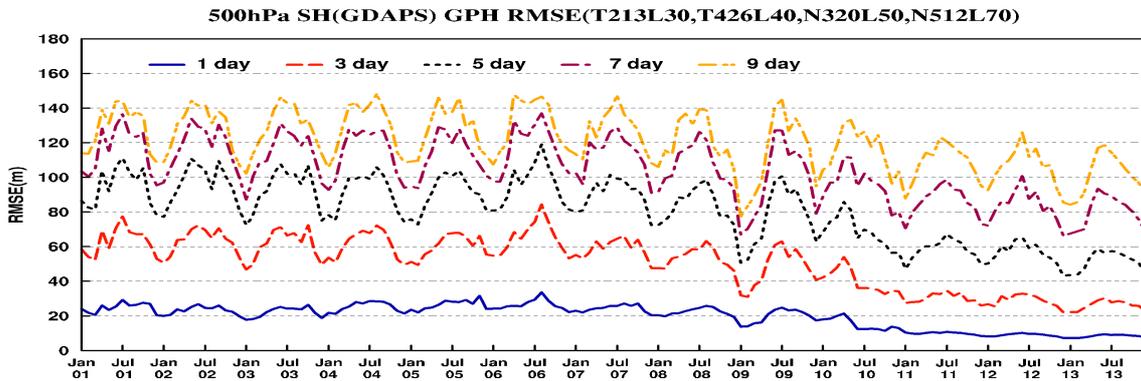


그림 3.1.2 GDAPS 남반구 500hPa 고도의 예측 시간별 월평균 RMSE

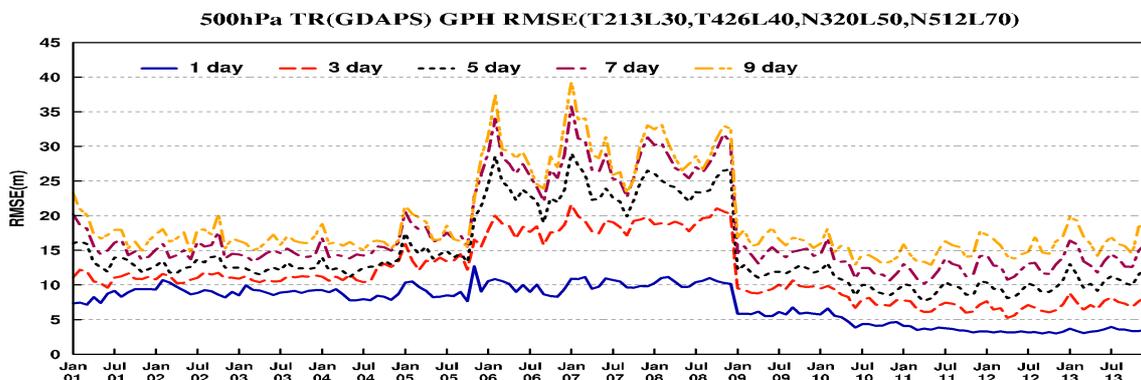


그림 3.1.3 GDAPS 적도지역 500hPa 고도의 예측 시간별 월평균 RMSE

3.1.1.2 850hPa 기온의 RMSE

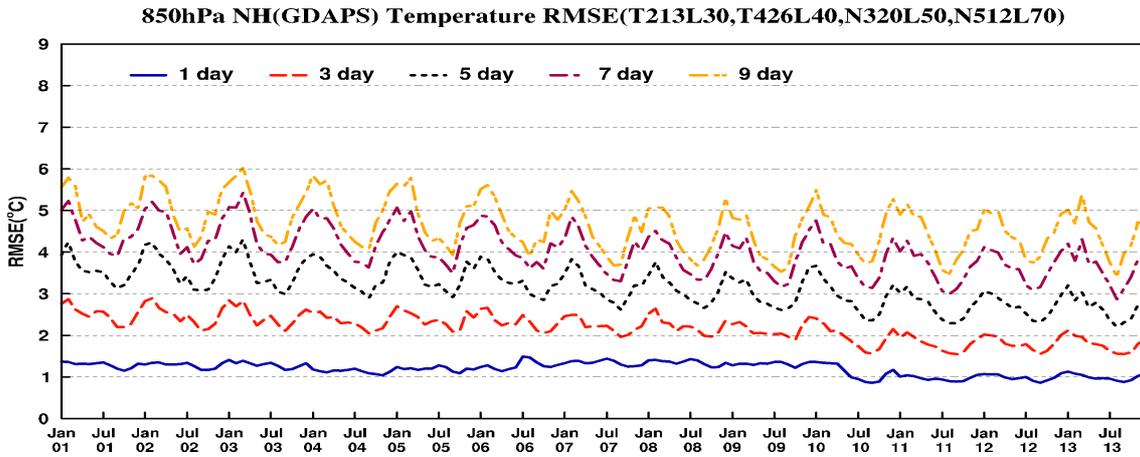


그림 3.1.4 GDAPS 북반구 850hPa 기온의 예측 시간별 월평균 RMSE

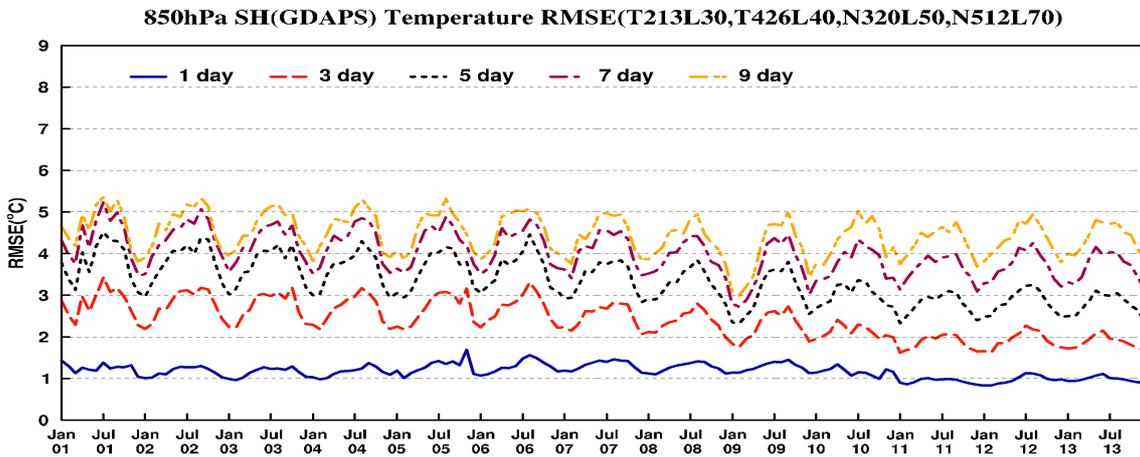


그림 3.1.5 GDAPS 남반구 850hPa 기온의 예측 시간별 월평균 RMSE

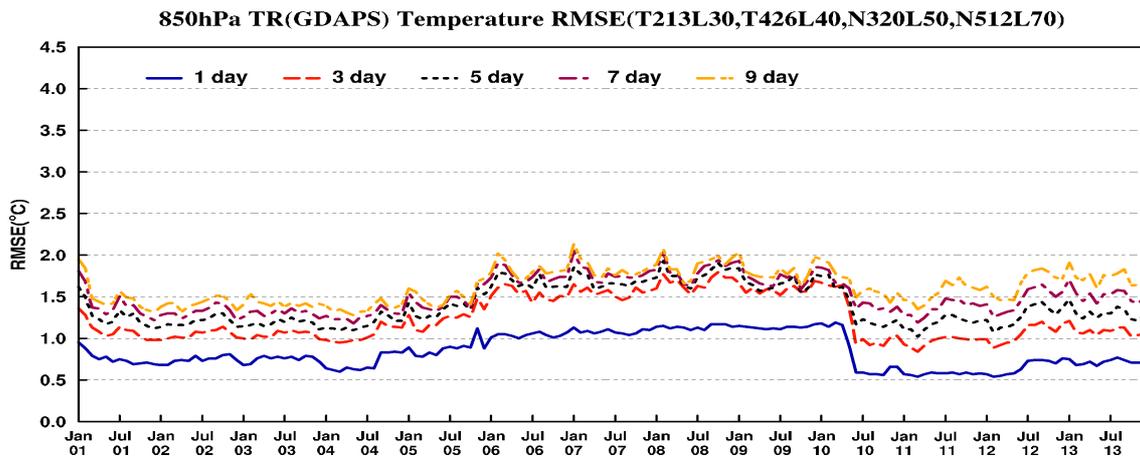


그림 3.1.6 GDAPS 적도지역 850hPa 기온의 예측 시간별 월평균 RMSE

3.1.1.3 250hPa 바람의 RMSE

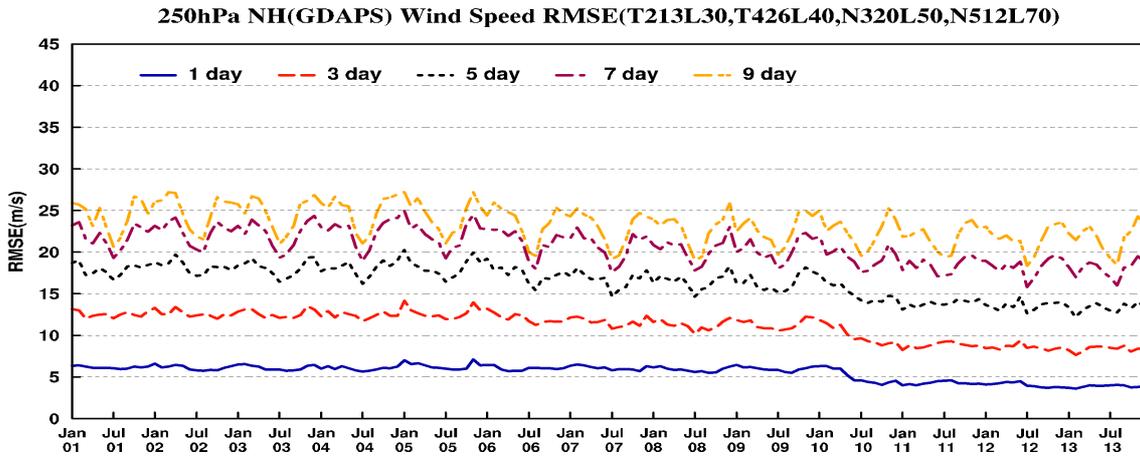


그림 3.1.7 GDAPS 북반구 250hPa 풍속의 예측 시간별 월평균 RMSE

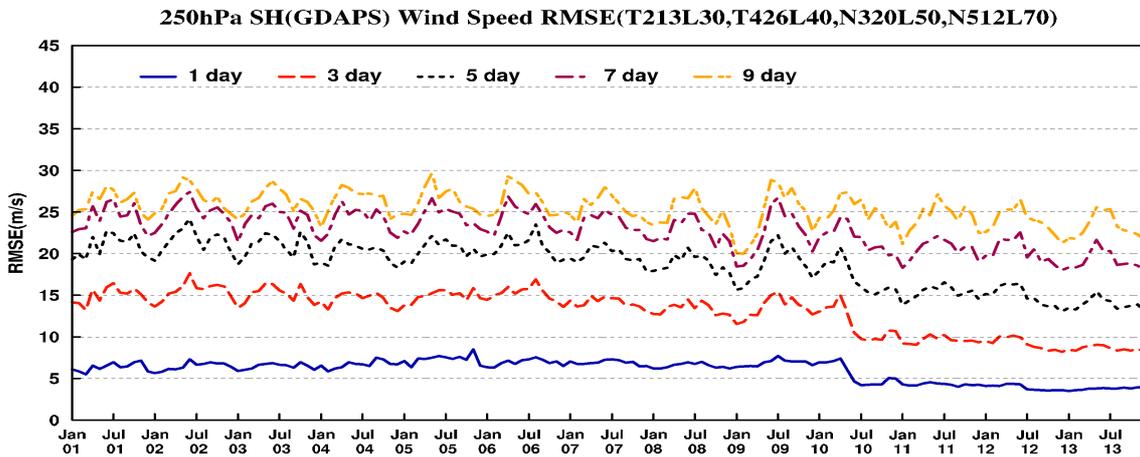


그림 3.1.8 GDAPS 남반구 250hPa 풍속의 예측 시간별 월평균 RMSE

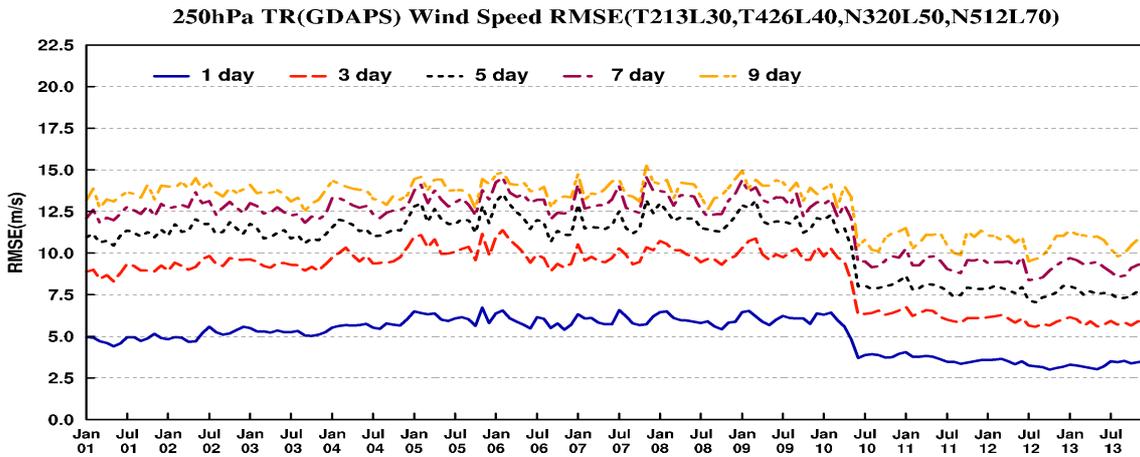


그림 3.1.9 GDAPS 적도지역 250hPa 풍속의 예측 시간별 월평균 RMSE

3.1.2 전지구예보모델 분석 검증

3.1.2.1 북반구 분석 검증

표 3.1.1 GDAPS 북반구 해면기압(MSLP) Mean Error [hPa] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	0.13	0.13	0.10	0.05	-0.06	-0.14	-0.14	-0.14	-0.05	-0.01	0.07	0.10	0.00
48H	0.25	0.24	0.19	0.07	-0.16	-0.30	-0.27	-0.27	-0.12	-0.03	0.13	0.20	-0.01
72H	0.37	0.34	0.28	0.15	-0.17	-0.36	-0.36	-0.34	-0.16	-0.04	0.19	0.29	0.02
96H	0.46	0.42	0.40	0.22	-0.13	-0.40	-0.41	-0.37	-0.20	-0.04	0.22	0.35	0.04
120H	0.51	0.51	0.52	0.25	-0.09	-0.41	-0.45	-0.40	-0.26	-0.06	0.24	0.39	0.06
144H	0.51	0.57	0.66	0.24	-0.07	-0.40	-0.49	-0.43	-0.33	-0.14	0.21	0.41	0.06
168H	0.52	0.59	0.78	0.21	-0.05	-0.38	-0.52	-0.43	-0.35	-0.24	0.14	0.42	0.06
192H	0.52	0.59	0.81	0.20	-0.03	-0.35	-0.51	-0.38	-0.31	-0.33	0.12	0.40	0.06
216H	0.59	0.63	0.79	0.15	-0.06	-0.34	-0.48	-0.34	-0.22	-0.39	0.10	0.32	0.06
240H	0.59	0.61	0.75	0.09	-0.01	-0.34	-0.44	-0.28	-0.11	-0.41	0.02	0.15	0.05

표 3.1.2 GDAPS 북반구 해면기압(MSLP) RMSE [hPa] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	1.02	0.94	0.93	0.88	0.83	0.82	0.80	0.77	0.78	0.85	0.95	0.97	0.88
48H	1.76	1.59	1.60	1.50	1.37	1.39	1.29	1.29	1.35	1.45	1.60	1.65	1.49
72H	2.68	2.39	2.47	2.27	2.07	2.01	1.82	1.85	2.10	2.18	2.42	2.52	2.23
96H	3.79	3.27	3.60	3.14	2.97	2.72	2.44	2.54	3.01	3.06	3.52	3.55	3.13
120H	5.01	4.26	4.88	4.16	3.95	3.45	3.14	3.25	3.85	4.16	4.70	4.63	4.12
144H	6.18	5.36	6.28	5.23	4.88	4.28	3.90	3.85	4.63	5.28	5.93	5.72	5.13
168H	7.33	6.40	7.41	6.29	5.71	5.04	4.56	4.37	5.51	6.36	7.23	6.72	6.08
192H	8.24	7.50	8.44	7.33	6.47	5.66	5.06	4.85	6.31	7.24	8.40	7.80	6.94
216H	9.22	8.64	9.30	8.33	6.98	6.15	5.52	5.34	7.11	7.97	9.58	8.85	7.75
240H	10.07	9.50	10.05	9.08	7.37	6.42	5.79	5.76	7.66	8.52	10.35	9.68	8.35

표 3.1.3 GDAPS 북반구 해면기압(MSLP) S1 Score [무차원] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	16.80	16.26	16.81	17.03	18.68	19.46	20.84	19.97	18.11	16.98	17.46	17.08	17.96
48H	24.85	24.05	24.80	24.96	26.88	27.98	28.40	28.08	25.93	24.56	24.89	24.44	25.82
72H	32.99	31.97	33.14	33.12	35.63	36.30	36.03	36.00	34.65	32.68	32.83	32.33	33.97
96H	41.90	39.56	42.44	41.03	45.73	44.90	44.02	44.64	44.13	40.82	41.71	40.37	42.60
120H	50.39	46.89	52.34	50.06	55.73	52.72	52.21	52.96	52.12	50.30	50.87	48.26	51.24
144H	58.01	53.98	61.18	58.49	63.89	60.17	59.66	59.22	59.88	59.07	59.26	55.43	59.02
168H	64.19	60.63	68.31	66.17	70.68	66.39	65.78	64.82	67.37	67.23	66.86	61.94	65.86
192H	68.78	66.30	74.28	72.85	75.68	70.70	70.11	69.62	73.66	72.61	73.13	67.66	71.28
216H	72.96	72.21	78.95	77.89	78.79	74.66	73.66	73.57	78.20	76.72	79.47	72.54	75.80
240H	75.79	77.06	81.97	81.92	81.13	77.21	75.99	76.60	81.20	80.32	83.51	76.66	79.11

표 3.1.4 GDAPS 북반구 850hPa 기온 Mean Error [°C] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	-0.31	-0.29	-0.24	-0.12	0.04	0.11	0.08	0.07	-0.03	-0.10	-0.14	-0.19	-0.09
48H	-0.52	-0.49	-0.41	-0.23	0.03	0.12	0.08	0.11	-0.05	-0.16	-0.23	-0.31	-0.17
72H	-0.66	-0.64	-0.51	-0.31	0.03	0.11	0.07	0.12	-0.07	-0.18	-0.29	-0.40	-0.23
96H	-0.76	-0.76	-0.59	-0.35	0.01	0.09	0.07	0.12	-0.08	-0.20	-0.34	-0.49	-0.27
120H	-0.85	-0.86	-0.65	-0.40	0.02	0.06	0.06	0.13	-0.05	-0.20	-0.38	-0.56	-0.31
144H	-0.91	-0.97	-0.75	-0.43	0.02	0.04	0.04	0.13	-0.02	-0.21	-0.40	-0.63	-0.34
168H	-0.93	-1.06	-0.81	-0.47	0.02	0.03	0.02	0.14	-0.01	-0.17	-0.41	-0.70	-0.36
192H	-0.99	-1.11	-0.88	-0.54	0.00	0.01	-0.02	0.15	0.02	-0.15	-0.40	-0.73	-0.39
216H	-1.07	-1.18	-0.95	-0.63	-0.02	0.00	-0.03	0.17	0.04	-0.12	-0.38	-0.75	-0.41
240H	-1.17	-1.22	-1.03	-0.68	-0.04	-0.02	-0.05	0.18	0.07	-0.08	-0.38	-0.69	-0.43

표 3.1.5 GDAPS 북반구 850hPa 기온 RMSE [°C] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	1.13	1.08	1.05	0.99	0.96	0.97	0.96	0.91	0.88	0.92	1.02	1.09	1.00
48H	1.65	1.56	1.52	1.41	1.39	1.38	1.30	1.26	1.22	1.28	1.42	1.51	1.41
72H	2.12	1.99	1.96	1.81	1.79	1.75	1.62	1.56	1.55	1.59	1.79	1.90	1.79
96H	2.62	2.40	2.48	2.21	2.26	2.16	1.96	1.88	1.93	1.95	2.24	2.35	2.20
120H	3.20	2.84	3.03	2.68	2.79	2.62	2.36	2.21	2.31	2.40	2.74	2.87	2.67
144H	3.73	3.31	3.65	3.20	3.30	3.07	2.79	2.54	2.72	2.89	3.29	3.40	3.16
168H	4.20	3.79	4.31	3.71	3.77	3.49	3.20	2.87	3.12	3.39	3.84	3.93	3.63
192H	4.63	4.26	4.89	4.24	4.22	3.84	3.51	3.16	3.58	3.83	4.32	4.31	4.07
216H	5.02	4.69	5.37	4.72	4.57	4.16	3.74	3.43	3.96	4.15	4.72	4.66	4.43
240H	5.45	5.12	5.73	5.17	4.77	4.47	3.99	3.71	4.22	4.41	5.07	5.07	4.76

표 3.1.6 GDAPS 북반구 850hPa 기온 S1 Score [무차원] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	26.56	26.52	26.32	27.52	28.43	30.70	33.74	32.73	30.87	29.73	30.05	29.25	29.37
48H	36.00	35.49	35.61	36.92	38.34	40.56	42.82	41.86	39.80	38.38	38.52	37.47	38.48
72H	43.06	42.13	42.50	43.82	45.80	47.73	49.20	48.35	46.56	44.81	45.10	43.85	45.24
96H	49.44	47.43	49.10	49.96	52.95	54.09	54.63	53.92	52.86	50.71	51.32	49.45	51.32
120H	55.36	52.67	55.10	55.74	59.53	59.99	60.20	58.95	58.34	56.55	56.89	55.00	57.03
144H	60.22	57.46	60.54	61.07	64.77	64.75	65.26	62.81	63.10	61.85	62.39	60.08	62.02
168H	63.73	61.51	65.43	65.67	69.41	68.63	69.39	66.54	67.32	66.51	66.98	64.38	66.29
192H	66.85	64.90	69.06	69.88	72.85	71.75	72.24	69.60	71.05	70.18	70.58	67.29	69.69
216H	68.98	67.95	71.90	73.09	75.07	74.49	74.34	71.68	73.79	72.77	73.37	69.93	72.28
240H	71.51	70.90	74.08	75.86	76.53	76.86	76.10	73.76	76.23	74.87	75.52	72.54	74.56

표 3.1.7 GDAPS 북반구 850hPa 기온 이상상관 계수 [무차원] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	0.98	0.98	0.98	0.98	0.97	0.97	0.96	0.96	0.96	0.97	0.97	0.98	0.97
48H	0.95	0.95	0.96	0.96	0.94	0.93	0.93	0.93	0.93	0.95	0.95	0.96	0.94
72H	0.92	0.92	0.94	0.93	0.91	0.89	0.89	0.90	0.90	0.92	0.92	0.93	0.91
96H	0.88	0.88	0.90	0.89	0.85	0.84	0.84	0.85	0.85	0.88	0.87	0.89	0.87
120H	0.81	0.83	0.84	0.84	0.77	0.76	0.78	0.79	0.79	0.82	0.81	0.84	0.81
144H	0.74	0.77	0.77	0.77	0.68	0.67	0.69	0.73	0.71	0.73	0.72	0.77	0.73
168H	0.67	0.70	0.69	0.69	0.58	0.57	0.60	0.65	0.61	0.64	0.62	0.70	0.64
192H	0.61	0.61	0.60	0.60	0.49	0.49	0.52	0.58	0.50	0.53	0.51	0.63	0.56
216H	0.54	0.54	0.52	0.50	0.41	0.40	0.46	0.51	0.40	0.45	0.42	0.57	0.48
240H	0.47	0.45	0.46	0.40	0.36	0.32	0.39	0.43	0.32	0.38	0.33	0.49	0.40

표 3.1.8 GDAPS 북반구 500hPa 고도 Mean Error [m] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	-1.64	-1.20	-1.11	-0.50	0.05	-0.39	-1.25	-1.00	-0.90	-0.99	-1.06	-1.37	-0.95
48H	-3.07	-2.54	-2.20	-1.20	-0.37	-1.23	-2.47	-1.91	-1.79	-1.94	-1.93	-2.51	-1.93
72H	-4.29	-3.69	-3.06	-1.29	-0.22	-1.65	-3.19	-2.24	-2.35	-2.45	-2.59	-3.58	-2.55
96H	-5.40	-4.76	-3.46	-1.35	0.32	-1.75	-3.48	-2.40	-2.60	-2.70	-3.24	-4.91	-2.98
120H	-6.65	-5.61	-3.94	-1.77	0.99	-1.69	-3.77	-2.62	-2.91	-2.96	-3.83	-6.16	-3.41
144H	-7.86	-6.78	-4.31	-2.66	1.49	-1.41	-3.99	-2.65	-3.20	-3.67	-4.58	-7.45	-3.92
168H	-8.83	-8.17	-4.73	-3.89	1.83	-1.01	-4.20	-2.39	-3.20	-4.23	-5.20	-8.30	-4.36
192H	-9.94	-9.03	-5.77	-5.07	2.00	-0.53	-4.21	-1.75	-2.84	-4.80	-5.09	-8.96	-4.67
216H	-10.64	-9.99	-7.41	-6.32	1.77	-0.20	-3.96	-1.32	-1.82	-5.09	-5.17	-9.98	-5.01
240H	-11.54	-10.87	-8.60	-7.67	2.01	-0.20	-3.57	-0.76	-0.55	-5.13	-5.68	-10.80	-5.28

표 3.1.9 GDAPS 북반구 500hPa 고도 RMSE [m] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	8.09	7.14	7.44	6.95	7.17	6.84	6.35	6.02	6.31	6.70	7.29	7.91	7.02
48H	16.24	13.71	14.56	13.69	13.68	12.99	11.60	10.94	12.27	12.89	14.35	15.10	13.50
72H	26.29	22.14	24.20	22.34	21.94	20.36	18.39	17.26	20.78	20.56	23.56	24.04	21.82
96H	38.46	31.66	36.73	32.59	32.58	29.35	26.99	25.10	30.96	29.72	35.18	35.02	32.03
120H	51.20	42.92	50.88	44.29	44.51	40.04	35.96	33.32	41.18	41.22	47.63	47.24	43.37
144H	64.36	55.52	65.85	57.63	56.10	51.08	45.37	41.09	51.51	54.23	61.72	59.83	55.36
168H	76.85	67.87	79.74	71.30	66.58	60.86	54.62	48.62	61.81	66.93	76.16	72.64	67.00
192H	88.91	79.72	93.00	84.80	76.56	68.49	62.01	54.53	72.74	77.78	90.16	85.15	77.82
216H	99.98	92.07	104.48	96.86	84.25	74.94	67.86	61.35	81.88	87.79	102.65	97.50	87.63
240H	111.04	103.30	112.88	106.70	89.44	80.12	72.36	67.68	88.36	94.67	112.45	108.10	95.59

표 3.1.10 GDAPS 북반구 500hPa 고도 S1 Score [무차원] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	9.16	8.62	9.20	9.59	11.22	12.20	12.91	12.51	11.04	9.93	9.46	9.30	10.43
48H	16.41	14.94	16.22	16.93	19.43	20.69	21.23	20.17	18.53	16.92	16.30	16.04	17.82
72H	23.97	21.94	24.00	24.92	27.97	29.42	30.13	28.32	26.99	24.43	23.89	23.26	25.77
96H	31.55	28.44	32.29	32.66	37.26	38.18	39.40	37.05	36.00	32.05	31.77	30.39	33.92
120H	38.66	35.13	40.31	40.34	45.90	46.71	48.06	45.14	43.87	40.06	39.36	37.46	41.75
144H	45.39	41.53	47.78	47.88	53.74	54.41	55.91	51.84	51.59	48.03	46.78	43.84	49.06
168H	50.27	47.14	54.13	54.79	59.97	60.89	63.06	58.02	58.12	55.43	53.32	49.91	55.42
192H	55.01	51.70	59.31	61.17	65.06	65.79	68.53	62.59	64.13	60.78	59.17	55.06	60.69
216H	58.99	56.87	63.63	65.92	68.69	70.17	72.21	67.01	68.75	65.65	64.24	59.35	65.12
240H	62.56	61.29	66.79	69.55	71.24	73.86	74.93	70.74	72.51	68.86	68.26	63.15	68.64

표 3.1.11 GDAPS 북반구 500hPa 고도 이상상관 계수 [무차원] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
48H	0.99	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
72H	0.97	0.98	0.98	0.97	0.96	0.96	0.97	0.97	0.96	0.97	0.97	0.98	0.97
96H	0.93	0.95	0.95	0.94	0.91	0.91	0.92	0.92	0.92	0.94	0.94	0.95	0.93
120H	0.88	0.91	0.90	0.90	0.83	0.83	0.86	0.86	0.86	0.89	0.89	0.91	0.88
144H	0.81	0.85	0.84	0.83	0.73	0.73	0.77	0.78	0.78	0.80	0.82	0.86	0.80
168H	0.73	0.77	0.76	0.74	0.64	0.62	0.67	0.69	0.67	0.70	0.72	0.79	0.71
192H	0.64	0.68	0.68	0.64	0.53	0.52	0.56	0.62	0.54	0.59	0.60	0.72	0.61
216H	0.56	0.58	0.60	0.53	0.45	0.42	0.48	0.51	0.42	0.48	0.49	0.63	0.51
240H	0.48	0.48	0.53	0.43	0.39	0.34	0.41	0.41	0.33	0.40	0.40	0.54	0.43

표 3.1.12 GDAPS 북반구 250hPa 풍속 Mean Error [m/s] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	-0.18	-0.18	-0.13	-0.20	-0.24	-0.25	-0.32	-0.30	-0.35	-0.26	-0.18	-0.17	-0.23
48H	-0.33	-0.26	-0.20	-0.29	-0.33	-0.37	-0.46	-0.54	-0.59	-0.40	-0.32	-0.31	-0.37
72H	-0.46	-0.33	-0.24	-0.35	-0.36	-0.45	-0.57	-0.73	-0.72	-0.53	-0.43	-0.47	-0.47
96H	-0.55	-0.38	-0.34	-0.47	-0.40	-0.51	-0.63	-0.86	-0.82	-0.60	-0.50	-0.52	-0.55
120H	-0.58	-0.46	-0.43	-0.54	-0.43	-0.56	-0.69	-0.96	-0.90	-0.64	-0.51	-0.57	-0.61
144H	-0.62	-0.47	-0.51	-0.60	-0.50	-0.54	-0.80	-1.04	-0.98	-0.65	-0.47	-0.60	-0.65
168H	-0.68	-0.49	-0.48	-0.65	-0.52	-0.62	-0.88	-1.08	-0.96	-0.71	-0.53	-0.57	-0.68
192H	-0.62	-0.56	-0.48	-0.75	-0.51	-0.60	-0.85	-1.13	-0.95	-0.74	-0.64	-0.42	-0.69
216H	-0.60	-0.64	-0.29	-0.88	-0.47	-0.62	-0.78	-1.15	-0.93	-0.70	-0.80	-0.36	-0.68
240H	-0.64	-0.70	-0.30	-0.89	-0.51	-0.61	-0.73	-1.12	-1.02	-0.70	-0.74	-0.49	-0.70

표 3.1.13 GDAPS 북반구 250hPa 풍속 RMSE [m/s] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	3.70	3.62	3.81	4.01	3.99	3.99	4.00	4.08	4.01	3.76	3.82	3.87	3.89
48H	5.88	5.56	5.94	6.29	6.33	6.34	6.20	6.29	6.27	5.86	6.05	6.08	6.09
72H	8.24	7.66	8.08	8.64	8.66	8.67	8.53	8.44	8.78	8.06	8.42	8.35	8.38
96H	10.80	9.86	10.55	11.06	11.20	10.97	10.91	10.64	11.39	10.59	11.23	10.75	10.83
120H	13.40	12.18	13.11	13.53	13.88	13.37	12.97	12.75	13.81	13.29	14.02	13.46	13.31
144H	15.80	14.60	15.63	16.21	16.37	15.66	15.07	14.43	16.06	15.89	16.71	16.09	15.71
168H	18.22	16.99	18.19	18.78	18.50	17.61	16.96	16.04	18.15	18.37	19.52	18.78	18.01
192H	20.38	19.38	20.41	21.14	20.53	18.96	18.42	17.29	20.20	20.60	22.19	21.10	20.05
216H	22.26	21.47	22.47	23.10	22.01	20.32	19.30	18.49	21.83	22.51	24.34	23.16	21.77
240H	24.15	23.24	23.94	24.72	22.90	21.63	19.96	19.49	23.06	23.76	26.10	24.60	23.13

3.1.2.2 적도지역 분석검증

표 3.1.14 GDAPS 적도지역 해면기압(MSLP) Mean Error [hPa] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	-0.09	-0.08	-0.11	-0.09	-0.06	-0.03	-0.04	-0.07	-0.11	-0.12	-0.11	-0.11	-0.09
48H	-0.20	-0.18	-0.21	-0.17	-0.09	-0.03	-0.05	-0.09	-0.16	-0.20	-0.23	-0.24	-0.15
72H	-0.33	-0.30	-0.33	-0.28	-0.16	-0.05	-0.07	-0.11	-0.19	-0.30	-0.38	-0.38	-0.24
96H	-0.44	-0.42	-0.44	-0.38	-0.22	-0.07	-0.09	-0.15	-0.21	-0.37	-0.53	-0.51	-0.32
120H	-0.55	-0.54	-0.53	-0.46	-0.28	-0.11	-0.10	-0.21	-0.22	-0.41	-0.67	-0.61	-0.39
144H	-0.61	-0.64	-0.64	-0.50	-0.34	-0.17	-0.13	-0.26	-0.22	-0.43	-0.76	-0.70	-0.45
168H	-0.65	-0.74	-0.72	-0.51	-0.37	-0.22	-0.17	-0.30	-0.22	-0.44	-0.80	-0.75	-0.49
192H	-0.71	-0.80	-0.76	-0.52	-0.44	-0.24	-0.19	-0.29	-0.21	-0.42	-0.85	-0.77	-0.52
216H	-0.79	-0.86	-0.81	-0.56	-0.48	-0.29	-0.15	-0.30	-0.25	-0.40	-0.85	-0.78	-0.54
240H	-0.85	-0.90	-0.84	-0.59	-0.55	-0.34	-0.11	-0.32	-0.24	-0.40	-0.83	-0.77	-0.56

표 3.1.15 GDAPS 적도지역 해면기압(MSLP) RMSE [hPa] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	0.55	0.54	0.51	0.49	0.48	0.47	0.51	0.54	0.55	0.57	0.52	0.50	0.52
48H	0.78	0.73	0.68	0.69	0.63	0.63	0.69	0.73	0.75	0.76	0.71	0.71	0.71
72H	0.97	0.87	0.81	0.86	0.76	0.74	0.81	0.85	0.90	0.92	0.86	0.85	0.85
96H	1.13	0.98	0.95	1.02	0.85	0.82	0.90	0.94	1.01	1.03	1.00	1.00	0.97
120H	1.28	1.13	1.11	1.16	0.98	0.91	1.00	1.04	1.11	1.15	1.16	1.13	1.10
144H	1.45	1.30	1.27	1.28	1.12	1.03	1.12	1.13	1.23	1.28	1.30	1.27	1.23
168H	1.58	1.49	1.42	1.38	1.29	1.17	1.23	1.23	1.33	1.43	1.42	1.42	1.37
192H	1.71	1.63	1.55	1.50	1.40	1.30	1.36	1.32	1.46	1.53	1.53	1.52	1.48
216H	1.84	1.80	1.68	1.60	1.54	1.44	1.45	1.39	1.60	1.62	1.65	1.64	1.60
240H	1.98	1.94	1.83	1.68	1.67	1.55	1.52	1.45	1.71	1.69	1.78	1.75	1.71

표 3.1.16 GDAPS 적도지역 해면기압(MSLP) S1 Score [hPa] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	25.67	26.15	28.10	28.66	26.17	23.58	24.64	26.16	27.47	28.83	29.16	27.33	26.83
48H	30.96	31.01	32.69	33.82	30.62	27.62	28.85	30.79	32.32	34.18	34.02	31.87	31.56
72H	34.49	34.10	35.65	36.94	33.32	30.06	31.28	33.57	35.33	37.62	36.51	34.39	34.44
96H	37.57	36.28	37.85	39.35	35.26	31.92	32.98	35.76	37.71	40.24	38.63	36.78	36.69
120H	40.19	38.46	40.29	41.22	37.22	33.55	34.74	37.41	39.70	42.79	40.56	38.54	38.72
144H	42.77	40.86	42.77	43.31	39.73	35.10	36.44	38.88	41.72	45.22	42.65	40.75	40.85
168H	45.18	43.42	45.37	45.01	42.31	37.01	38.25	40.35	43.63	47.60	45.06	42.93	43.01
192H	47.52	45.26	47.74	47.44	44.18	38.93	40.01	42.01	45.75	49.57	47.30	45.01	45.06
216H	49.79	47.52	49.84	49.36	46.08	40.52	41.76	43.34	47.66	51.06	49.05	47.25	46.94
240H	51.33	49.39	51.60	51.15	47.60	41.83	43.26	44.58	48.90	52.48	51.05	48.95	48.51

표 3.1.17 GDAPS 적도지역 850hPa 기온 Mean Error [°C] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	-0.06	-0.03	-0.07	-0.13	-0.11	-0.10	-0.06	-0.01	0.01	0.02	0.03	0.01	-0.04
48H	-0.18	-0.11	-0.14	-0.21	-0.19	-0.20	-0.13	-0.04	-0.01	0.01	0.02	-0.02	-0.10
72H	-0.28	-0.19	-0.18	-0.26	-0.25	-0.29	-0.20	-0.09	-0.07	-0.02	-0.02	-0.05	-0.16
96H	-0.34	-0.26	-0.21	-0.29	-0.28	-0.35	-0.26	-0.16	-0.12	-0.05	-0.04	-0.07	-0.20
120H	-0.39	-0.30	-0.24	-0.31	-0.30	-0.40	-0.30	-0.22	-0.16	-0.08	-0.06	-0.07	-0.24
144H	-0.44	-0.35	-0.25	-0.34	-0.30	-0.42	-0.33	-0.28	-0.20	-0.14	-0.07	-0.08	-0.27
168H	-0.47	-0.39	-0.27	-0.37	-0.30	-0.44	-0.35	-0.33	-0.23	-0.16	-0.10	-0.10	-0.29
192H	-0.48	-0.41	-0.28	-0.39	-0.29	-0.46	-0.39	-0.38	-0.27	-0.16	-0.12	-0.14	-0.31
216H	-0.50	-0.44	-0.29	-0.43	-0.29	-0.46	-0.41	-0.41	-0.31	-0.16	-0.16	-0.16	-0.34
240H	-0.51	-0.47	-0.35	-0.44	-0.28	-0.46	-0.41	-0.42	-0.34	-0.18	-0.19	-0.18	-0.35

표 3.1.18 GDAPS 적도지역 850hPa 기온 RMSE [°C] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	0.75	0.68	0.69	0.72	0.67	0.72	0.74	0.77	0.74	0.71	0.71	0.70	0.72
48H	1.03	0.92	0.92	0.96	0.90	0.95	0.95	1.01	0.98	0.91	0.91	0.91	0.95
72H	1.21	1.08	1.06	1.10	1.04	1.10	1.09	1.13	1.13	1.03	1.04	1.05	1.09
96H	1.35	1.19	1.16	1.21	1.15	1.21	1.19	1.25	1.24	1.14	1.13	1.18	1.20
120H	1.47	1.30	1.24	1.32	1.25	1.31	1.30	1.38	1.35	1.23	1.22	1.29	1.31
144H	1.59	1.41	1.33	1.42	1.34	1.42	1.43	1.48	1.46	1.34	1.31	1.40	1.41
168H	1.71	1.54	1.45	1.54	1.42	1.53	1.53	1.58	1.57	1.45	1.42	1.49	1.52
192H	1.80	1.61	1.57	1.66	1.52	1.67	1.67	1.68	1.68	1.53	1.53	1.58	1.63
216H	1.91	1.73	1.70	1.78	1.60	1.76	1.75	1.78	1.83	1.64	1.64	1.67	1.73
240H	1.99	1.83	1.80	1.88	1.67	1.79	1.83	1.88	1.92	1.73	1.75	1.79	1.82

표 3.1.19 GDAPS 적도지역 850hPa 기온 S1 Score [무차원] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	39.59	38.99	39.87	41.30	38.69	38.79	39.65	41.24	40.04	40.73	41.30	40.33	40.04
48H	49.15	48.57	49.27	51.05	48.17	47.57	47.69	50.09	49.14	49.68	49.83	48.52	49.06
72H	54.24	53.74	54.00	55.72	53.00	52.19	52.05	54.39	53.68	54.24	54.53	52.97	53.73
96H	57.72	56.88	57.24	58.79	56.08	55.13	54.59	57.39	56.91	57.43	57.51	56.74	56.87
120H	60.81	59.42	59.71	61.14	58.39	57.44	57.33	59.60	59.26	59.84	59.97	59.37	59.36
144H	63.01	61.64	61.78	63.27	60.44	59.87	60.06	61.19	61.38	61.69	61.92	61.96	61.52
168H	65.28	63.93	64.05	65.24	62.28	61.81	62.06	62.78	62.97	63.84	64.45	63.77	63.54
192H	66.82	65.54	66.29	67.21	64.05	63.67	64.16	64.12	64.68	65.80	66.71	65.42	65.37
216H	68.86	67.36	68.18	69.15	65.53	65.01	65.61	65.53	66.68	67.31	68.56	67.24	67.08
240H	69.99	68.87	69.24	70.69	66.67	65.80	66.89	66.94	67.97	68.59	70.17	68.85	68.39

표 3.1.20 GDAPS 적도지역 850hPa 기온 이상상관 계수 [무차원] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	0.93	0.93	0.92	0.92	0.93	0.92	0.93	0.92	0.91	0.92	0.92	0.93	0.92
48H	0.87	0.87	0.86	0.86	0.87	0.87	0.88	0.86	0.85	0.88	0.87	0.89	0.87
72H	0.82	0.83	0.83	0.81	0.83	0.83	0.84	0.83	0.81	0.84	0.84	0.85	0.83
96H	0.78	0.79	0.80	0.78	0.79	0.79	0.81	0.79	0.78	0.81	0.81	0.82	0.80
120H	0.74	0.76	0.77	0.73	0.76	0.76	0.77	0.75	0.74	0.78	0.78	0.78	0.76
144H	0.70	0.72	0.73	0.70	0.72	0.71	0.73	0.72	0.70	0.75	0.75	0.74	0.72
168H	0.66	0.67	0.68	0.65	0.69	0.66	0.69	0.68	0.66	0.71	0.70	0.71	0.68
192H	0.62	0.64	0.63	0.60	0.64	0.61	0.63	0.65	0.62	0.67	0.65	0.67	0.64
216H	0.57	0.60	0.57	0.54	0.61	0.57	0.59	0.62	0.57	0.62	0.60	0.64	0.59
240H	0.53	0.55	0.52	0.48	0.57	0.54	0.56	0.57	0.54	0.58	0.56	0.60	0.55

표 3.1.21 GDAPS 적도지역 500hPa 고도 Mean Error [m] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	-2.17	-1.61	-1.39	-1.78	-1.86	-2.15	-2.31	-2.05	-1.94	-1.55	-1.80	-2.08	-1.89
48H	-4.55	-3.68	-3.16	-3.50	-3.37	-4.07	-4.38	-4.05	-3.62	-3.00	-3.77	-4.44	-3.80
72H	-6.52	-5.43	-4.60	-5.04	-4.62	-5.63	-5.86	-5.45	-4.97	-4.45	-5.74	-6.45	-5.40
96H	-8.28	-7.08	-5.80	-6.34	-5.44	-6.73	-7.05	-6.66	-6.06	-5.54	-7.52	-8.15	-6.72
120H	-9.78	-8.75	-6.94	-7.37	-6.17	-7.62	-8.01	-8.09	-6.85	-6.53	-9.17	-9.59	-7.91
144H	-10.82	-10.39	-8.30	-8.17	-6.74	-8.43	-8.75	-9.28	-7.40	-7.35	-10.49	-10.76	-8.91
168H	-11.79	-12.06	-9.67	-8.79	-7.20	-8.98	-9.54	-10.01	-8.14	-8.07	-11.44	-11.71	-9.78
192H	-12.82	-13.41	-10.89	-9.50	-7.67	-9.20	-10.10	-10.42	-8.77	-8.45	-12.43	-12.46	-10.51
216H	-14.06	-14.71	-11.96	-10.39	-7.97	-9.65	-10.12	-11.05	-9.52	-8.82	-13.32	-12.89	-11.21
240H	-14.90	-15.67	-13.12	-11.22	-8.84	-9.93	-10.04	-11.73	-9.96	-9.21	-13.99	-13.45	-11.84

표 3.1.22 GDAPS 적도지역 500hPa 고도 RMSE [m] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	3.71	3.35	3.05	3.28	3.38	3.62	3.99	3.60	3.57	3.36	3.37	3.58	3.49
48H	6.38	5.40	4.81	5.21	5.05	5.76	6.19	5.73	5.45	5.08	5.42	6.01	5.54
72H	8.84	7.50	6.48	7.10	6.60	7.73	8.23	7.59	7.31	6.87	7.67	8.26	7.51
96H	11.04	9.45	7.93	8.72	7.85	9.21	9.76	9.15	8.85	8.36	9.60	10.31	9.19
120H	13.02	11.52	9.58	10.17	9.19	10.54	11.30	10.87	10.30	9.94	11.57	12.27	10.86
144H	14.72	13.62	11.51	11.62	10.48	12.01	12.79	12.43	11.51	11.32	13.40	14.11	12.46
168H	16.40	15.89	13.44	12.81	11.84	13.46	14.53	13.74	12.68	12.62	14.99	16.00	14.03
192H	17.98	17.78	15.27	14.24	13.15	14.63	15.92	14.72	14.08	13.54	16.66	17.44	15.45
216H	19.86	19.33	16.94	15.90	14.22	16.06	16.91	15.92	15.61	14.52	18.48	18.56	16.86
240H	21.38	20.92	18.77	17.06	15.52	17.31	17.85	16.89	16.79	15.39	20.02	19.68	18.13

표 3.1.23 GDAPS 적도지역 500hPa 고도 S1 Score [무차원] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	27.67	27.39	29.28	29.83	28.58	27.65	27.54	28.66	29.78	30.88	31.41	29.74	29.03
48H	35.77	34.70	36.62	37.52	35.63	34.95	34.55	35.88	37.00	38.81	38.77	37.32	36.46
72H	41.55	40.09	41.38	43.06	40.68	39.87	39.54	41.25	42.71	44.87	44.28	42.68	41.83
96H	46.68	44.64	45.75	47.29	45.09	43.86	43.88	45.51	47.39	49.84	48.91	47.33	46.35
120H	51.09	48.93	49.81	50.98	49.18	47.49	47.92	49.00	51.26	54.57	53.12	51.69	50.42
144H	54.95	53.36	53.95	54.60	53.45	51.49	51.74	52.16	54.69	58.87	57.34	56.38	54.42
168H	58.82	57.13	57.58	58.33	57.51	55.14	55.74	55.31	58.02	62.82	61.75	60.84	58.25
192H	62.54	60.66	61.38	62.41	61.51	58.78	59.36	58.44	61.89	66.45	65.80	64.64	61.99
216H	65.96	63.61	65.21	66.56	65.22	62.53	62.66	61.59	65.24	69.58	69.91	68.57	65.55
240H	68.77	66.50	68.61	69.46	68.18	65.39	65.71	63.63	67.49	71.78	73.15	71.76	68.37

표 3.1.24 GDAPS 적도지역 500hPa 고도 이상상관 계수 [무차원] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.97	0.97	0.98	0.97	0.94	0.98	0.97
48H	0.96	0.96	0.96	0.95	0.96	0.96	0.95	0.95	0.96	0.95	0.92	0.96	0.95
72H	0.93	0.93	0.94	0.92	0.93	0.92	0.91	0.91	0.94	0.92	0.89	0.93	0.92
96H	0.89	0.91	0.92	0.89	0.90	0.89	0.88	0.87	0.91	0.89	0.86	0.90	0.89
120H	0.85	0.87	0.88	0.85	0.86	0.86	0.83	0.83	0.87	0.84	0.83	0.85	0.85
144H	0.81	0.82	0.83	0.80	0.81	0.82	0.77	0.78	0.83	0.79	0.78	0.79	0.80
168H	0.75	0.75	0.77	0.74	0.75	0.76	0.68	0.71	0.79	0.73	0.72	0.70	0.74
192H	0.70	0.69	0.71	0.67	0.68	0.69	0.60	0.65	0.73	0.68	0.66	0.61	0.67
216H	0.63	0.64	0.64	0.57	0.62	0.61	0.50	0.58	0.65	0.63	0.55	0.53	0.60
240H	0.57	0.57	0.55	0.51	0.56	0.54	0.40	0.52	0.58	0.57	0.47	0.46	0.53

표 3.1.25 GDAPS 적도지역 250hPa 풍속 Mean Error [m/s] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	-0.17	-0.16	-0.21	-0.17	-0.14	-0.10	-0.09	-0.15	-0.22	-0.24	-0.21	-0.16	-0.17
48H	-0.16	-0.17	-0.31	-0.27	-0.22	-0.14	-0.13	-0.26	-0.40	-0.30	-0.28	-0.17	-0.23
72H	-0.08	-0.13	-0.31	-0.37	-0.31	-0.16	-0.14	-0.27	-0.45	-0.36	-0.28	-0.15	-0.25
96H	0.04	-0.05	-0.21	-0.41	-0.39	-0.17	-0.11	-0.27	-0.46	-0.37	-0.29	-0.12	-0.23
120H	0.12	0.06	-0.11	-0.40	-0.42	-0.14	-0.12	-0.19	-0.42	-0.36	-0.29	-0.04	-0.19
144H	0.26	0.18	0.03	-0.34	-0.39	-0.15	-0.14	-0.10	-0.39	-0.35	-0.31	0.00	-0.14
168H	0.37	0.27	0.17	-0.30	-0.31	-0.14	-0.12	-0.01	-0.39	-0.37	-0.32	0.02	-0.09
192H	0.42	0.38	0.30	-0.34	-0.20	-0.08	-0.07	0.09	-0.37	-0.39	-0.33	0.07	-0.04
216H	0.49	0.52	0.44	-0.36	-0.18	-0.03	-0.04	0.20	-0.33	-0.40	-0.38	0.08	0.00
240H	0.52	0.60	0.50	-0.34	-0.11	-0.02	-0.03	0.28	-0.34	-0.42	-0.34	0.09	0.03

표 3.1.26 GDAPS 적도지역 250hPa 풍속 RMSE [m/s] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	3.31	3.25	3.18	3.12	3.04	3.20	3.52	3.46	3.54	3.38	3.45	3.52	3.33
48H	4.94	4.84	4.62	4.72	4.46	4.62	4.89	4.77	4.87	4.67	4.83	4.93	4.76
72H	6.16	6.03	5.66	5.90	5.60	5.70	5.94	5.71	5.83	5.66	5.90	6.03	5.84
96H	7.11	7.03	6.59	6.83	6.60	6.69	6.82	6.59	6.60	6.56	6.90	6.92	6.77
120H	8.02	7.89	7.50	7.71	7.55	7.61	7.54	7.32	7.32	7.43	7.77	7.74	7.62
144H	8.90	8.74	8.40	8.56	8.50	8.40	8.20	7.96	7.99	8.30	8.50	8.52	8.41
168H	9.70	9.58	9.32	9.39	9.48	9.15	8.89	8.56	8.65	9.11	9.32	9.36	9.21
192H	10.58	10.45	10.20	10.22	10.34	9.90	9.63	9.21	9.34	9.79	10.09	10.14	9.99
216H	11.36	11.14	11.08	10.97	11.00	10.79	10.25	9.80	9.99	10.46	10.86	11.07	10.73
240H	12.06	11.67	11.84	11.72	11.46	11.56	10.89	10.20	10.56	11.02	11.61	11.89	11.37

3.1.2.3 남반구 분석검증

표 3.1.27 GDAPS 남반구 해면기압(MSLP) Mean Error [hPa] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	-0.14	-0.16	-0.11	-0.10	-0.03	0.04	0.11	0.12	0.08	0.07	-0.04	-0.07	-0.02
48H	-0.22	-0.22	-0.15	-0.10	0.02	0.12	0.21	0.22	0.13	0.12	-0.06	-0.10	0.00
72H	-0.25	-0.24	-0.16	-0.12	0.06	0.16	0.28	0.24	0.16	0.16	-0.02	-0.10	0.01
96H	-0.26	-0.24	-0.20	-0.14	0.06	0.20	0.33	0.28	0.19	0.19	0.06	-0.07	0.03
120H	-0.23	-0.23	-0.23	-0.14	0.05	0.23	0.38	0.36	0.23	0.23	0.16	-0.03	0.07
144H	-0.19	-0.20	-0.28	-0.11	0.03	0.27	0.43	0.41	0.27	0.27	0.27	0.01	0.10
168H	-0.18	-0.13	-0.35	-0.08	-0.02	0.29	0.49	0.42	0.30	0.33	0.36	0.04	0.12
192H	-0.15	-0.09	-0.34	-0.07	0.03	0.26	0.50	0.36	0.26	0.39	0.43	0.09	0.14
216H	-0.11	-0.06	-0.26	-0.01	0.07	0.28	0.38	0.31	0.22	0.42	0.45	0.15	0.15
240H	-0.04	0.01	-0.18	0.06	0.05	0.35	0.27	0.26	0.12	0.43	0.49	0.28	0.17

표 3.1.28 GDAPS 남반구 해면기압(MSLP) RMSE [hPa] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	0.86	0.83	0.89	0.98	1.03	1.09	1.07	1.09	1.06	0.99	0.93	0.84	0.97
48H	1.49	1.48	1.58	1.75	1.92	2.02	1.93	1.94	1.90	1.69	1.67	1.45	1.74
72H	2.22	2.29	2.49	2.64	2.99	3.14	2.99	3.00	2.91	2.68	2.52	2.21	2.67
96H	3.10	3.18	3.53	3.76	4.34	4.34	4.34	4.33	4.15	3.95	3.55	3.07	3.80
120H	4.09	4.15	4.46	5.17	5.84	5.63	5.89	5.65	5.57	5.25	4.66	4.03	5.03
144H	5.23	5.20	5.44	6.59	7.48	7.29	7.44	6.92	6.95	6.62	5.80	5.07	6.34
168H	6.18	6.27	6.47	7.69	8.90	8.72	8.68	8.30	8.07	7.85	6.87	6.14	7.51
192H	6.88	6.83	7.45	8.57	10.08	9.97	9.94	9.37	9.15	8.70	7.82	7.21	8.50
216H	7.45	7.59	8.21	9.46	10.70	10.99	10.85	10.32	9.93	9.36	8.58	7.93	9.28
240H	8.05	8.19	8.82	10.38	11.51	11.90	11.59	11.41	10.65	9.83	9.62	8.49	10.04

표 3.1.29 GDAPS 남반구 해면기압(MSLP) S1 Score [무차원] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	14.35	13.72	14.00	14.60	14.90	14.84	14.87	15.19	15.16	14.71	15.06	15.25	14.72
48H	22.31	21.52	22.07	23.45	24.64	24.14	23.32	23.91	23.75	22.41	23.17	23.08	23.15
72H	29.51	29.85	30.38	31.53	34.15	33.37	31.93	32.89	32.21	30.98	31.04	30.79	31.55
96H	37.15	37.57	38.75	40.05	43.81	41.67	41.02	42.24	40.88	40.16	39.60	38.61	40.13
120H	44.84	45.08	45.99	49.25	53.27	49.71	50.52	50.48	49.36	48.78	47.37	46.21	48.41
144H	52.67	52.21	52.28	57.64	62.54	58.31	58.46	57.51	57.12	56.61	54.32	53.37	56.09
168H	59.03	58.74	58.53	63.54	69.18	64.15	64.83	64.41	62.90	63.11	60.40	60.04	62.40
192H	63.51	62.84	64.25	67.54	74.17	70.50	71.04	69.35	67.89	67.41	64.89	65.98	67.45
216H	66.99	66.25	68.21	71.48	76.80	74.14	74.15	73.00	70.72	71.03	68.59	69.64	70.92
240H	69.87	69.42	70.82	75.31	79.17	77.84	76.86	76.14	73.74	73.31	73.42	72.27	74.01

표 3.1.30 GDAPS 남반구 850hPa 기온 Mean Error [°C] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	-0.03	-0.06	-0.11	-0.24	-0.36	-0.37	-0.25	-0.20	-0.11	-0.07	0.04	0.04	-0.14
48H	-0.10	-0.14	-0.24	-0.41	-0.58	-0.60	-0.42	-0.34	-0.22	-0.16	0.00	0.03	-0.27
72H	-0.16	-0.21	-0.33	-0.52	-0.69	-0.73	-0.52	-0.45	-0.30	-0.23	-0.07	-0.01	-0.35
96H	-0.22	-0.26	-0.40	-0.59	-0.76	-0.81	-0.60	-0.53	-0.36	-0.30	-0.14	-0.08	-0.42
120H	-0.29	-0.30	-0.43	-0.62	-0.80	-0.86	-0.65	-0.60	-0.42	-0.36	-0.21	-0.13	-0.47
144H	-0.34	-0.34	-0.47	-0.64	-0.85	-0.90	-0.72	-0.67	-0.47	-0.41	-0.26	-0.20	-0.52
168H	-0.36	-0.38	-0.48	-0.66	-0.89	-0.94	-0.77	-0.74	-0.50	-0.46	-0.31	-0.23	-0.56
192H	-0.39	-0.43	-0.46	-0.68	-0.94	-0.95	-0.81	-0.78	-0.56	-0.47	-0.36	-0.29	-0.59
216H	-0.43	-0.49	-0.47	-0.70	-0.95	-0.94	-0.83	-0.81	-0.64	-0.50	-0.41	-0.36	-0.63
240H	-0.50	-0.52	-0.51	-0.72	-0.98	-0.93	-0.82	-0.84	-0.70	-0.54	-0.42	-0.40	-0.66

표 3.1.31 GDAPS 남반구 850hPa 기온 RMSE [°C] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	0.94	0.94	0.97	1.02	1.07	1.11	1.01	1.00	0.98	0.94	0.91	0.90	0.98
48H	1.38	1.36	1.43	1.53	1.62	1.67	1.51	1.48	1.46	1.38	1.35	1.32	1.46
72H	1.72	1.74	1.83	1.94	2.09	2.15	1.96	1.95	1.89	1.81	1.74	1.66	1.87
96H	2.10	2.12	2.25	2.39	2.58	2.57	2.44	2.46	2.39	2.26	2.18	2.02	2.31
120H	2.50	2.49	2.68	2.86	3.11	3.01	2.99	3.05	2.91	2.75	2.64	2.38	2.78
144H	2.92	2.87	3.05	3.38	3.65	3.55	3.55	3.53	3.38	3.23	3.05	2.73	3.24
168H	3.32	3.27	3.45	3.88	4.16	3.98	4.03	4.04	3.81	3.72	3.44	3.12	3.69
192H	3.68	3.66	3.86	4.21	4.51	4.41	4.41	4.43	4.22	4.11	3.77	3.50	4.06
216H	3.99	3.96	4.16	4.45	4.81	4.75	4.72	4.75	4.52	4.45	4.10	3.81	4.37
240H	4.19	4.12	4.31	4.72	5.03	5.02	5.07	4.99	4.78	4.66	4.42	4.06	4.61

표 3.1.32 GDAPS 남반구 850hPa 기온 S1 Score [무차원] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	31.26	29.26	28.72	28.62	29.31	30.37	28.61	28.51	28.43	28.71	29.50	30.97	29.36
48H	42.45	39.77	39.70	39.69	41.14	42.29	39.29	39.11	39.01	39.03	40.74	41.87	40.34
72H	49.14	47.06	46.91	47.09	49.22	50.70	47.05	47.22	46.83	46.94	48.23	49.28	47.97
96H	55.25	53.25	53.02	53.28	55.96	56.66	54.03	54.21	53.71	53.58	55.29	55.54	54.48
120H	60.94	58.29	58.09	59.19	61.69	61.49	60.28	60.26	59.47	59.29	61.34	60.98	60.11
144H	65.55	62.92	62.12	63.62	67.13	66.69	65.39	64.94	64.15	64.08	65.67	65.41	64.81
168H	69.72	66.44	66.01	67.97	71.06	70.42	69.28	69.01	67.96	67.98	69.55	68.79	68.68
192H	72.43	70.06	69.42	70.76	73.47	73.52	72.18	71.69	70.57	70.98	71.83	72.04	71.58
216H	75.03	72.38	71.41	72.08	75.35	75.88	73.84	73.85	72.22	73.10	73.93	74.66	73.64
240H	76.51	73.66	72.43	73.81	76.66	77.09	76.46	74.90	73.84	74.78	76.52	76.38	75.25

표 3.1.33 GDAPS 남반구 850hPa 기온 이상상관 계수 [무차원] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	0.97	0.97	0.97	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.97	0.97	0.98
48H	0.94	0.94	0.94	0.95	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.95	0.93	0.94	0.95
72H	0.90	0.91	0.91	0.92	0.92	0.93	0.92	0.94	0.94	0.91	0.89	0.90	0.92
96H	0.86	0.86	0.86	0.88	0.88	0.89	0.88	0.90	0.91	0.86	0.82	0.85	0.87
120H	0.80	0.80	0.79	0.82	0.82	0.85	0.81	0.84	0.86	0.80	0.74	0.79	0.81
144H	0.72	0.73	0.72	0.74	0.75	0.79	0.73	0.78	0.81	0.72	0.66	0.73	0.74
168H	0.63	0.65	0.64	0.66	0.67	0.73	0.66	0.71	0.76	0.64	0.57	0.64	0.66
192H	0.54	0.56	0.53	0.59	0.61	0.66	0.58	0.65	0.71	0.56	0.49	0.55	0.59
216H	0.46	0.49	0.44	0.54	0.55	0.60	0.53	0.60	0.67	0.48	0.40	0.47	0.52
240H	0.41	0.44	0.39	0.49	0.51	0.54	0.47	0.56	0.63	0.42	0.31	0.40	0.46

표 3.1.34 GDAPS 남반구 500hPa 고도 Mean Error [m] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	-0.16	-0.27	-0.65	-1.68	-2.30	-2.51	-2.57	-2.20	-1.81	-1.22	-1.03	-1.30	-1.47
48H	-0.53	-0.63	-1.50	-2.95	-3.88	-4.16	-4.26	-3.60	-3.22	-2.14	-1.98	-2.24	-2.59
72H	-0.82	-0.77	-2.21	-4.05	-4.94	-5.50	-5.49	-4.91	-4.46	-2.85	-2.40	-2.98	-3.45
96H	-0.95	-0.92	-3.09	-4.76	-5.93	-6.46	-6.65	-5.94	-5.24	-3.64	-2.60	-3.47	-4.14
120H	-1.00	-1.18	-3.81	-5.17	-6.76	-7.21	-7.61	-6.56	-5.95	-4.52	-2.75	-3.87	-4.70
144H	-1.22	-1.44	-4.31	-5.31	-7.65	-7.72	-8.64	-7.02	-6.44	-4.91	-2.91	-4.40	-5.16
168H	-1.78	-1.44	-4.99	-5.40	-8.36	-8.47	-9.62	-7.76	-7.05	-4.99	-3.18	-4.91	-5.66
192H	-2.22	-1.63	-5.35	-5.23	-8.67	-9.31	-10.48	-9.36	-8.16	-4.79	-3.66	-5.32	-6.18
216H	-2.95	-2.26	-5.22	-4.98	-8.63	-9.47	-11.53	-10.16	-9.51	-5.04	-4.03	-5.53	-6.61
240H	-3.45	-2.81	-5.34	-4.40	-8.94	-9.02	-12.33	-11.18	-10.76	-5.78	-4.07	-5.24	-6.94

표 3.1.35 GDAPS 남반구 500hPa 고도 RMSE [m] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	7.36	7.17	7.62	8.24	9.06	9.55	9.10	9.22	9.05	8.58	8.42	7.38	8.40
48H	14.23	13.95	15.01	16.88	18.08	19.44	17.47	18.01	17.35	16.03	16.46	14.19	16.43
72H	22.19	22.25	24.68	26.96	29.16	30.45	27.92	28.76	27.90	26.16	25.89	22.32	26.22
96H	32.53	32.30	35.81	39.86	42.73	42.06	41.71	41.95	40.67	39.08	37.54	31.77	38.17
120H	43.73	43.89	47.33	54.93	58.78	56.35	57.45	56.64	54.57	52.66	50.51	42.53	51.61
144H	56.15	56.19	58.17	70.80	76.60	74.00	74.57	71.52	70.18	66.69	63.73	55.42	66.17
168H	67.75	68.90	70.03	84.18	93.38	90.71	89.46	85.83	84.29	80.51	75.35	68.47	79.90
192H	76.59	77.34	81.82	95.04	106.93	104.71	103.62	98.28	96.55	91.13	86.55	81.14	91.64
216H	84.31	85.79	90.92	104.78	117.01	118.68	114.23	110.06	105.05	100.36	96.95	89.27	101.45
240H	91.50	92.16	98.37	116.17	125.54	130.03	124.52	120.18	112.25	108.37	108.81	95.86	110.31

표 3.1.36 GDAPS 남반구 500hPa 고도 S1 Score [무차원] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	9.35	9.19	9.14	9.26	9.72	10.06	9.44	9.72	9.95	9.89	9.95	9.55	9.60
48H	16.32	15.98	16.09	16.76	17.71	18.17	16.37	17.15	17.05	16.69	17.00	16.46	16.81
72H	23.02	22.84	23.30	23.84	25.56	25.73	23.51	24.37	24.40	24.12	24.06	23.43	24.01
96H	30.14	29.80	30.54	31.32	33.48	32.65	31.22	31.66	31.89	31.92	31.56	30.13	31.36
120H	37.04	36.89	37.05	39.05	41.29	39.75	39.10	38.91	38.67	39.10	38.49	36.73	38.51
144H	43.99	43.67	42.61	46.21	48.98	47.10	46.43	45.16	45.42	45.56	44.97	43.64	45.31
168H	50.15	50.04	48.40	52.02	55.13	53.10	52.27	51.03	51.20	51.23	50.24	49.68	51.21
192H	54.30	54.47	53.36	56.30	60.00	58.61	57.42	55.66	55.63	55.38	54.89	55.07	55.92
216H	58.15	58.06	56.80	59.45	63.37	63.29	61.00	59.72	58.28	58.99	58.59	58.38	59.51
240H	60.99	60.53	59.82	63.45	65.61	66.73	64.19	62.06	60.71	61.99	63.34	61.03	62.54

표 3.1.37 GDAPS 남반구 500hPa 고도 이상상관 계수 [무차원] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
48H	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.98	0.99	0.99
72H	0.97	0.97	0.97	0.97	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98	0.97	0.96	0.97	0.97
96H	0.94	0.94	0.93	0.93	0.91	0.94	0.94	0.94	0.95	0.92	0.91	0.94	0.93
120H	0.89	0.89	0.88	0.86	0.83	0.89	0.88	0.89	0.90	0.86	0.84	0.89	0.88
144H	0.81	0.82	0.82	0.77	0.71	0.80	0.79	0.82	0.84	0.78	0.76	0.81	0.79
168H	0.71	0.73	0.73	0.67	0.58	0.70	0.70	0.74	0.76	0.68	0.66	0.71	0.70
192H	0.63	0.66	0.63	0.58	0.46	0.59	0.60	0.65	0.68	0.59	0.56	0.60	0.60
216H	0.54	0.59	0.55	0.49	0.37	0.48	0.52	0.56	0.62	0.50	0.46	0.51	0.52
240H	0.46	0.52	0.48	0.38	0.29	0.38	0.43	0.47	0.57	0.42	0.35	0.42	0.43

표 3.1.38 GDAPS 남반구 250hPa 풍속 Mean Error [m/s] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	-0.15	-0.14	-0.16	-0.07	-0.04	-0.06	-0.08	-0.03	-0.06	-0.10	-0.08	-0.17	-0.09
48H	-0.24	-0.28	-0.21	-0.07	-0.05	-0.15	-0.18	-0.11	-0.09	-0.16	-0.13	-0.27	-0.16
72H	-0.36	-0.41	-0.24	-0.11	-0.11	-0.18	-0.30	-0.15	-0.07	-0.20	-0.21	-0.33	-0.22
96H	-0.48	-0.52	-0.27	-0.14	-0.20	-0.25	-0.38	-0.20	-0.08	-0.23	-0.34	-0.46	-0.30
120H	-0.60	-0.56	-0.31	-0.24	-0.21	-0.29	-0.51	-0.24	-0.10	-0.27	-0.46	-0.50	-0.36
144H	-0.72	-0.58	-0.35	-0.37	-0.14	-0.27	-0.56	-0.31	-0.13	-0.29	-0.49	-0.52	-0.39
168H	-0.79	-0.59	-0.44	-0.51	-0.08	-0.24	-0.59	-0.19	-0.13	-0.34	-0.59	-0.51	-0.42
192H	-0.84	-0.68	-0.54	-0.62	-0.10	-0.18	-0.63	-0.05	-0.09	-0.32	-0.56	-0.49	-0.42
216H	-0.82	-0.80	-0.64	-0.60	-0.08	-0.27	-0.58	-0.06	-0.04	-0.17	-0.59	-0.57	-0.44
240H	-0.92	-0.92	-0.62	-0.64	0.14	-0.29	-0.54	0.05	0.11	-0.13	-0.62	-0.66	-0.42

표 3.1.39 GDAPS 남반구 250hPa 풍속 RMSE [m/s] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	3.53	3.62	3.67	3.81	3.82	3.85	3.82	3.80	3.93	3.83	3.98	3.95	3.80
48H	6.00	5.99	6.19	6.45	6.43	6.42	6.21	6.14	6.16	6.07	6.27	6.18	6.21
72H	8.46	8.39	8.77	8.92	9.09	9.00	8.66	8.37	8.51	8.39	8.53	8.39	8.62
96H	11.05	10.84	11.44	11.64	12.13	11.64	11.36	10.84	11.03	11.03	11.10	10.59	11.22
120H	13.51	13.31	13.97	14.48	15.48	14.54	14.31	13.42	13.55	13.77	13.91	12.84	13.92
144H	15.94	15.70	16.23	17.37	18.82	17.63	17.49	16.06	16.09	16.46	16.35	15.31	16.62
168H	18.39	18.35	18.65	20.04	21.68	20.32	20.30	18.69	18.79	18.84	18.57	17.70	19.19
192H	20.28	20.35	20.95	22.08	23.88	22.93	23.02	21.27	21.19	20.83	20.72	20.01	21.46
216H	21.89	21.80	22.53	23.88	25.59	25.25	25.36	23.27	22.82	22.63	22.33	21.63	23.25
240H	23.04	22.64	23.57	25.44	27.09	26.80	27.33	24.48	24.15	24.23	23.93	22.69	24.62

3.1.3 전지구예보모델 관측 검증

3.1.3.1 존재자료를 이용한 아시아 영역 검증

표 3.1.40 GDAPS 아시아 850hPa 기온 Mean Error [°C] 관측검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	-0.62	-0.39	-0.34	-0.13	0.08	0.31	0.45	0.41	0.06	-0.27	-0.37	-0.44	-0.10
48H	-0.97	-0.64	-0.42	-0.27	0.09	0.51	0.65	0.65	0.04	-0.35	-0.50	-0.65	-0.16
72H	-1.33	-0.89	-0.49	-0.37	0.02	0.60	0.79	0.83	0.06	-0.36	-0.62	-0.82	-0.22
96H	-1.60	-1.13	-0.41	-0.36	-0.01	0.65	0.97	0.99	0.11	-0.34	-0.65	-1.02	-0.23
120H	-1.84	-1.31	-0.44	-0.32	0.04	0.65	1.07	1.15	0.13	-0.43	-0.59	-1.18	-0.26
144H	-2.20	-1.53	-0.48	-0.20	0.15	0.72	1.19	1.21	0.25	-0.52	-0.64	-1.48	-0.29
168H	-2.40	-1.85	-0.67	-0.33	0.19	0.65	1.30	1.26	0.38	-0.57	-0.56	-1.64	-0.35
192H	-2.61	-1.89	-0.76	-0.56	0.19	0.72	1.35	1.29	0.50	-0.54	-0.60	-1.67	-0.38
216H	-2.75	-1.86	-1.18	-0.69	0.29	0.92	1.38	1.23	0.52	-0.45	-0.72	-1.68	-0.42
240H	-3.00	-2.16	-1.66	-0.57	0.14	1.09	1.44	1.17	0.63	-0.36	-0.96	-1.55	-0.48

표 3.1.41 GDAPS 아시아 850hPa 기온 RMSE [°C] 관측검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	1.62	1.58	1.49	1.28	1.34	1.43	1.39	1.35	1.20	1.29	1.29	1.43	1.39
48H	2.10	1.97	1.89	1.60	1.66	1.77	1.73	1.71	1.45	1.54	1.58	1.76	1.73
72H	2.61	2.34	2.23	1.89	2.01	2.05	1.98	1.99	1.64	1.80	1.81	2.10	2.04
96H	3.05	2.65	2.63	2.17	2.37	2.26	2.27	2.20	1.86	2.03	2.08	2.46	2.34
120H	3.60	3.12	3.25	2.64	2.75	2.61	2.61	2.42	2.13	2.30	2.35	2.78	2.71
144H	4.26	3.58	3.83	3.31	3.24	2.87	2.90	2.61	2.42	2.60	2.77	3.12	3.13
168H	4.65	3.99	4.21	3.64	3.49	3.19	3.20	2.80	2.81	3.03	3.14	3.47	3.47
192H	5.19	4.45	4.76	4.40	3.89	3.42	3.42	2.97	3.14	3.48	3.65	3.78	3.88
216H	5.55	4.77	5.57	4.76	4.08	3.83	3.54	3.21	3.36	3.67	3.95	4.12	4.20
240H	6.01	5.16	6.03	5.21	4.38	4.03	3.63	3.44	3.70	3.87	4.54	4.53	4.54

표 3.1.42 GDAPS 아시아 850hPa 기온 TREND [무차원] 관측검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	0.88	0.90	0.93	0.94	0.91	0.80	0.76	0.78	0.89	0.92	0.91	0.89	0.88
48H	0.90	0.91	0.93	0.94	0.91	0.83	0.78	0.80	0.90	0.94	0.92	0.91	0.89
72H	0.88	0.89	0.92	0.94	0.90	0.85	0.77	0.78	0.90	0.91	0.91	0.90	0.88
96H	0.85	0.88	0.89	0.92	0.88	0.85	0.74	0.76	0.89	0.89	0.91	0.88	0.86
120H	0.82	0.87	0.85	0.89	0.83	0.84	0.69	0.73	0.86	0.86	0.89	0.85	0.83
144H	0.76	0.84	0.79	0.85	0.77	0.81	0.63	0.71	0.85	0.84	0.85	0.82	0.79
168H	0.68	0.81	0.74	0.82	0.74	0.77	0.57	0.69	0.79	0.81	0.78	0.80	0.75
192H	0.59	0.76	0.70	0.75	0.65	0.72	0.54	0.67	0.76	0.74	0.68	0.77	0.69
216H	0.57	0.71	0.57	0.73	0.59	0.67	0.52	0.58	0.71	0.69	0.62	0.75	0.64
240H	0.51	0.66	0.51	0.65	0.58	0.66	0.51	0.52	0.64	0.70	0.56	0.68	0.60

표 3.1.43 GDAPS 아시아 500hPa 고도 Mean Error [m/s] 관측검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	-1.93	0.43	-0.65	0.91	0.82	0.83	-0.57	-0.01	0.15	-1.30	-0.98	-2.64	-0.41
48H	-4.54	-0.27	-2.18	-0.87	0.43	-0.25	-0.87	-0.72	-0.04	-2.10	-2.19	-4.45	-1.50
72H	-6.24	-1.47	-2.35	-1.97	2.11	0.42	1.56	0.54	1.49	-1.40	-2.10	-5.95	-1.28
96H	-7.99	-4.69	-1.61	-2.21	2.61	0.91	2.17	2.02	1.50	-2.87	-3.47	-8.01	-1.80
120H	-8.95	-6.58	-1.73	-1.40	3.96	0.88	1.41	1.90	-0.92	-5.82	-5.04	-10.53	-2.73
144H	-11.95	-7.76	-0.69	-0.08	3.48	1.78	1.30	1.88	-3.07	-6.27	-4.76	-13.80	-3.33
168H	-14.98	-10.65	-1.06	-1.18	4.60	1.40	4.25	3.83	-2.93	-4.34	-2.70	-15.57	-3.28
192H	-14.82	-9.78	-3.54	-3.33	5.69	1.07	6.81	4.08	-2.26	-4.55	-3.80	-16.87	-3.44
216H	-9.98	-7.99	-7.49	-5.57	6.36	2.40	6.15	2.15	-0.47	-4.06	-3.41	-17.68	-3.30
240H	-11.77	-6.24	-10.13	-1.35	5.12	1.75	3.97	1.49	0.29	-2.37	-4.70	-17.39	-3.44

표 3.1.44 GDAPS 아시아 500hPa 고도 RMSE [m/s] 관측검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	12.69	13.14	12.16	12.09	11.95	12.29	11.98	12.24	11.86	11.63	12.25	12.95	12.27
48H	15.98	15.94	16.59	15.33	14.88	15.47	15.11	14.84	14.73	14.91	15.94	16.74	15.54
72H	20.93	19.95	21.71	19.89	19.71	18.83	18.02	17.48	17.22	19.67	19.77	21.78	19.58
96H	27.65	24.66	28.78	25.79	24.27	22.87	21.40	20.21	21.45	24.41	25.01	29.13	24.64
120H	35.31	31.37	38.88	33.22	30.74	27.18	25.66	22.28	26.82	29.94	31.42	35.13	30.66
144H	43.71	40.57	44.52	42.89	38.84	31.40	29.11	25.17	33.72	33.75	39.08	42.24	37.08
168H	52.27	46.96	50.65	51.70	44.42	35.63	32.50	29.07	38.43	40.65	47.83	49.90	43.33
192H	61.34	52.44	59.88	60.21	48.31	38.72	35.79	31.65	43.71	45.49	58.25	56.63	49.37
216H	68.25	57.69	68.76	69.10	53.71	43.29	37.61	35.84	46.23	51.04	65.55	68.68	55.48
240H	74.94	66.09	74.84	73.13	58.37	46.38	37.73	39.41	52.02	59.07	75.53	78.13	61.30

표 3.1.45 GDAPS 아시아 500hPa 고도 TREND [무차원] 관측검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	0.97	0.97	0.97	0.97	0.96	0.91	0.87	0.87	0.95	0.97	0.98	0.97	0.95
48H	0.98	0.97	0.97	0.98	0.97	0.94	0.90	0.91	0.96	0.98	0.98	0.98	0.96
72H	0.97	0.97	0.96	0.97	0.95	0.94	0.89	0.89	0.95	0.96	0.97	0.97	0.95
96H	0.95	0.95	0.93	0.95	0.93	0.94	0.88	0.86	0.93	0.94	0.96	0.95	0.93
120H	0.93	0.93	0.86	0.91	0.90	0.92	0.84	0.83	0.91	0.92	0.94	0.93	0.90
144H	0.87	0.90	0.82	0.86	0.83	0.90	0.79	0.80	0.88	0.90	0.90	0.90	0.86
168H	0.80	0.87	0.77	0.82	0.78	0.88	0.73	0.77	0.83	0.84	0.83	0.87	0.82
192H	0.71	0.83	0.69	0.77	0.74	0.85	0.67	0.74	0.76	0.78	0.72	0.83	0.76
216H	0.68	0.78	0.64	0.72	0.69	0.80	0.66	0.68	0.73	0.73	0.66	0.78	0.71
240H	0.62	0.71	0.63	0.69	0.67	0.77	0.65	0.62	0.67	0.63	0.61	0.71	0.67

표 3.1.46 GDAPS 아시아 250hPa 풍속 Mean Error [m/s] 관측검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	-0.61	-0.77	-0.46	-0.32	-0.40	-0.53	-0.75	-0.74	-0.48	-0.35	-0.50	-0.62	-0.54
48H	-0.75	-1.03	-0.54	-0.66	-0.64	-0.67	-0.97	-1.15	-0.71	-0.62	-0.70	-1.00	-0.79
72H	-0.80	-1.16	-0.56	-0.65	-0.64	-0.90	-1.24	-1.42	-0.70	-0.77	-0.88	-1.08	-0.90
96H	-0.78	-1.28	-0.75	-0.75	-0.68	-0.89	-1.41	-1.58	-0.78	-0.77	-0.91	-1.24	-0.98
120H	-0.64	-1.30	-1.05	-0.89	-0.69	-1.12	-1.65	-1.61	-0.97	-0.66	-0.94	-1.22	-1.06
144H	-0.56	-1.27	-1.25	-1.08	-0.59	-1.14	-1.82	-1.66	-0.89	-0.78	-0.87	-1.23	-1.09
168H	-0.87	-1.54	-1.08	-1.06	-0.60	-1.22	-1.74	-1.70	-0.86	-0.87	-1.19	-1.09	-1.15
192H	-1.23	-1.97	-1.16	-1.11	-0.48	-0.95	-1.61	-1.65	-0.79	-1.08	-1.46	-1.24	-1.23
216H	-1.09	-2.52	-0.92	-1.77	-0.82	-1.15	-1.55	-1.59	-0.73	-1.07	-0.95	-1.15	-1.28
240H	-0.95	-2.88	-0.74	-1.82	-0.81	-1.07	-1.49	-1.51	-1.11	-1.09	-0.46	-1.60	-1.29

표 3.1.47 GDAPS 아시아 250hPa 풍속 RMSE [m/s] 관측검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	4.69	5.05	5.68	5.98	6.26	5.91	5.84	5.38	5.11	4.70	4.30	4.54	5.29
48H	5.61	5.87	7.14	7.57	8.31	8.08	7.53	7.26	6.60	6.27	5.54	5.91	6.81
72H	6.80	7.04	8.65	9.45	10.15	10.15	9.37	8.65	7.99	7.93	7.03	7.25	8.37
96H	8.28	8.24	10.57	11.06	12.19	12.07	11.53	10.10	9.60	9.57	8.76	8.90	10.07
120H	10.21	9.92	12.37	12.57	14.31	13.62	13.33	11.20	11.24	11.29	10.86	10.58	11.79
144H	12.23	11.62	14.12	14.76	16.35	14.77	14.66	12.64	13.14	12.82	13.57	12.69	13.61
168H	13.88	12.72	15.69	17.29	18.00	16.75	16.18	13.83	15.06	14.85	15.89	14.69	15.40
192H	15.73	14.23	17.37	18.94	19.27	18.04	17.57	14.51	16.97	16.59	17.34	16.13	16.89
216H	17.18	16.07	19.65	20.04	20.97	19.41	18.41	15.61	18.02	18.62	18.73	18.58	18.44
240H	17.96	18.20	21.58	21.66	22.11	20.37	18.79	16.57	19.14	20.12	20.54	21.06	19.84

3.1.3.2 GDAPS(N512L70) ASOS 강수 검증

표 3.1.48 GDAPS(N512L70) 한반도 76개 지점에 대한 강수 TS

Threshold = 0.1 mm								Threshold = 5 mm							
MONIH	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL	MONIH	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL
Jan.	0.64	0.60	0.56	0.48	0.48	0.47	0.53	Jan.	0.72	0.73	0.71	0.70	0.64	0.67	0.70
Feb.	0.63	0.62	0.56	0.50	0.47	0.45	0.53	Feb.	0.65	0.56	0.56	0.55	0.53	0.45	0.54
Mar.	0.50	0.49	0.51	0.42	0.42	0.38	0.45	Mar.	0.75	0.75	0.76	0.79	0.70	0.72	0.74
Apr.	0.61	0.59	0.58	0.50	0.50	0.49	0.54	Apr.	0.52	0.48	0.34	0.37	0.42	0.39	0.42
May.	0.50	0.48	0.46	0.45	0.42	0.41	0.45	May.	0.82	0.76	0.77	0.74	0.61	0.52	0.69
Jun.	0.44	0.38	0.36	0.34	0.34	0.36	0.37	Jun.	0.46	0.36	0.29	0.25	0.29	0.30	0.33
Jul.	0.51	0.49	0.51	0.50	0.47	0.47	0.49	Jul.	0.42	0.39	0.41	0.37	0.35	0.34	0.38
Aug.	0.45	0.41	0.42	0.42	0.41	0.41	0.42	Aug.	0.43	0.36	0.34	0.32	0.31	0.30	0.34
Sep.	0.60	0.55	0.51	0.49	0.44	0.45	0.50	Sep.	0.48	0.45	0.39	0.36	0.37	0.30	0.39
Oct.	0.52	0.45	0.44	0.42	0.38	0.40	0.43	Oct.	0.46	0.41	0.36	0.33	0.32	0.34	0.36
Nov.	0.65	0.64	0.60	0.59	0.55	0.57	0.60	Nov.	0.56	0.46	0.42	0.38	0.38	0.37	0.43
Dec.	0.58	0.54	0.56	0.53	0.50	0.44	0.52	Dec.	0.51	0.45	0.42	0.39	0.35	0.35	0.41
TOTAL	0.54	0.50	0.50	0.47	0.44	0.44	0.48	TOTAL	0.52	0.47	0.44	0.42	0.40	0.38	0.44
Threshold = 15 mm								Threshold = 25 mm							
MONIH	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL	MONIH	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL
Jan.	0.40	0.36	0.27	0.25	0.35	0.25	0.32	Jan.	0.20	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
Feb.	0.67	0.58	0.43	0.51	0.48	0.44	0.51	Feb.	0.43	0.30	0.37	0.39	0.22	0.41	0.36
Mar.	0.63	0.62	0.66	0.69	0.67	0.66	0.65	Mar.	0.60	0.36	0.69	0.65	0.47	0.36	0.50
Apr.	0.52	0.30	0.18	0.22	0.23	0.18	0.25	Apr.	0.30	0.20	0.03	0.13	0.19	0.13	0.16
May.	0.79	0.74	0.72	0.75	0.55	0.52	0.68	May.	0.59	0.51	0.44	0.43	0.35	0.39	0.45
Jun.	0.29	0.09	0.21	0.15	0.23	0.31	0.22	Jun.	0.14	0.03	0.10	0.07	0.13	0.21	0.11
Jul.	0.36	0.32	0.32	0.27	0.25	0.24	0.29	Jul.	0.30	0.28	0.24	0.19	0.17	0.15	0.22
Aug.	0.26	0.26	0.24	0.15	0.21	0.17	0.21	Aug.	0.23	0.17	0.13	0.10	0.08	0.08	0.13
Sep.	0.25	0.26	0.23	0.15	0.15	0.24	0.21	Sep.	0.13	0.15	0.11	0.09	0.04	0.14	0.11
Oct.	0.46	0.39	0.32	0.30	0.19	0.30	0.31	Oct.	0.42	0.37	0.29	0.20	0.06	0.23	0.24
Nov.	0.66	0.61	0.43	0.20	0.33	0.30	0.41	Nov.	0.09	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05
Dec.	0.19	0.27	0.13	0.15	0.11	0.04	0.15	Dec.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	0.43	0.38	0.35	0.31	0.29	0.29	0.34	TOTAL	0.32	0.27	0.24	0.21	0.17	0.19	0.23
Threshold = 50 mm															
MONIH	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL								
Jan.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00								
Feb.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00								
Mar.	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05								
Apr.	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05								
May.	0.38	0.37	0.25	0.43	0.49	0.26	0.36								
Jun.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01								
Jul.	0.19	0.16	0.14	0.07	0.05	0.06	0.10								
Aug.	0.06	0.10	0.00	0.04	0.02	0.04	0.04								
Sep.	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.10	0.04								
Oct.	0.29	0.29	0.18	0.06	0.00	0.07	0.14								
Nov.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00								
Dec.	-	-	-	-	-	-	-								
TOTAL	0.16	0.15	0.12	0.09	0.08	0.08	0.11								

표 3.1.49 GDAPS(N512L70) 한반도 76개 지점에 대한 강수 ETS

Threshold = 0.1 mm								Threshold = 5 mm							
MNTH	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL	MNTH	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL
Jan.	0.57	0.53	0.50	0.40	0.40	0.39	0.46	Jan.	0.71	0.72	0.70	0.69	0.63	0.66	0.69
Feb.	0.57	0.55	0.48	0.42	0.37	0.34	0.44	Feb.	0.63	0.54	0.55	0.54	0.50	0.42	0.53
Mar.	0.44	0.44	0.46	0.36	0.36	0.32	0.39	Mar.	0.74	0.75	0.75	0.78	0.69	0.71	0.74
Apr.	0.50	0.49	0.47	0.38	0.38	0.37	0.43	Apr.	0.49	0.45	0.31	0.34	0.38	0.35	0.39
May.	0.41	0.38	0.36	0.35	0.32	0.31	0.35	May.	0.80	0.74	0.75	0.72	0.58	0.49	0.67
Jun.	0.30	0.22	0.20	0.18	0.19	0.20	0.21	Jun.	0.42	0.33	0.26	0.22	0.25	0.27	0.29
Jul.	0.23	0.19	0.23	0.21	0.17	0.17	0.20	Jul.	0.32	0.29	0.31	0.26	0.24	0.24	0.28
Aug.	0.29	0.24	0.27	0.27	0.25	0.25	0.26	Aug.	0.38	0.31	0.28	0.27	0.26	0.24	0.29
Sep.	0.48	0.43	0.38	0.37	0.31	0.32	0.38	Sep.	0.44	0.42	0.34	0.32	0.33	0.26	0.35
Oct.	0.46	0.38	0.37	0.35	0.30	0.32	0.36	Oct.	0.45	0.39	0.34	0.32	0.30	0.32	0.35
Nov.	0.57	0.56	0.51	0.51	0.45	0.47	0.51	Nov.	0.54	0.44	0.40	0.36	0.36	0.35	0.40
Dec.	0.52	0.47	0.49	0.46	0.43	0.37	0.45	Dec.	0.50	0.44	0.41	0.39	0.34	0.34	0.41
TOTAL	0.43	0.39	0.38	0.35	0.33	0.32	0.37	TOTAL	0.49	0.44	0.41	0.39	0.37	0.35	0.40
Threshold = 15 mm								Threshold = 25 mm							
MNTH	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL	MNTH	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL
Jan.	0.40	0.36	0.27	0.25	0.35	0.25	0.32	Jan.	0.20	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
Feb.	0.66	0.57	0.43	0.51	0.47	0.44	0.51	Feb.	0.43	0.29	0.37	0.39	0.22	0.41	0.35
Mar.	0.62	0.61	0.65	0.68	0.66	0.65	0.65	Mar.	0.59	0.36	0.68	0.65	0.46	0.36	0.50
Apr.	0.51	0.29	0.18	0.21	0.21	0.16	0.24	Apr.	0.30	0.20	0.03	0.13	0.19	0.12	0.16
May.	0.78	0.73	0.71	0.74	0.53	0.50	0.66	May.	0.58	0.50	0.43	0.41	0.34	0.38	0.44
Jun.	0.28	0.08	0.20	0.14	0.22	0.30	0.21	Jun.	0.13	0.03	0.10	0.07	0.12	0.20	0.11
Jul.	0.31	0.28	0.27	0.21	0.19	0.19	0.24	Jul.	0.28	0.26	0.21	0.15	0.14	0.12	0.19
Aug.	0.24	0.24	0.22	0.14	0.19	0.14	0.19	Aug.	0.22	0.16	0.12	0.09	0.07	0.07	0.12
Sep.	0.24	0.25	0.21	0.14	0.13	0.23	0.20	Sep.	0.13	0.15	0.10	0.08	0.04	0.13	0.11
Oct.	0.45	0.39	0.31	0.29	0.18	0.29	0.30	Oct.	0.42	0.37	0.29	0.20	0.06	0.22	0.24
Nov.	0.65	0.60	0.42	0.20	0.33	0.29	0.40	Nov.	0.09	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05
Dec.	0.19	0.27	0.12	0.15	0.10	0.04	0.15	Dec.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	0.42	0.37	0.34	0.30	0.28	0.28	0.33	TOTAL	0.31	0.27	0.24	0.20	0.16	0.19	0.22
Threshold = 50 mm															
MNTH	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL								
Jan.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00								
Feb.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00								
Mar.	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05								
Apr.	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05								
May.	0.38	0.37	0.25	0.43	0.48	0.26	0.36								
Jun.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00								
Jul.	0.18	0.16	0.13	0.06	0.04	0.05	0.09								
Aug.	0.05	0.10	0.00	0.04	0.02	0.04	0.04								
Sep.	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.10	0.04								
Oct.	0.29	0.28	0.18	0.06	0.00	0.07	0.14								
Nov.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00								
Dec.	-	-	-	-	-	-	-								
TOTAL	0.16	0.15	0.12	0.09	0.08	0.07	0.11								

표 3.1.50 GDAPS(N512L70) 한반도 76개 지점에 대한 강수 BIAS

Threshold = 0.1 mm								Threshold = 5 mm							
MNTH	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL	MNTH	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL
Jan.	1.35	1.35	1.36	1.41	1.39	1.47	1.39	Jan.	1.01	1.03	0.95	0.76	0.76	0.76	0.88
Feb.	1.24	1.37	1.33	1.37	1.58	1.85	1.46	Feb.	1.01	0.69	0.69	0.79	1.14	1.18	0.92
Mar.	1.73	1.48	1.52	1.79	1.84	1.81	1.69	Mar.	0.90	0.97	0.92	1.09	1.15	1.17	1.04
Apr.	1.47	1.29	1.32	1.26	1.35	1.31	1.33	Apr.	1.04	0.89	0.62	0.81	1.02	1.08	0.91
May.	1.80	1.87	1.91	1.96	1.98	1.84	1.90	May.	1.03	1.09	1.08	1.17	1.23	1.35	1.16
Jun.	1.97	2.16	2.11	2.06	1.97	2.10	2.06	Jun.	1.10	1.00	0.80	0.81	1.03	1.06	0.96
Jul.	1.75	1.84	1.76	1.80	1.81	1.74	1.78	Jul.	1.22	1.18	1.29	1.44	1.44	1.30	1.31
Aug.	1.94	2.07	1.79	1.80	1.83	1.87	1.88	Aug.	1.17	1.17	1.02	0.91	1.01	1.14	1.07
Sep.	1.45	1.43	1.46	1.44	1.24	1.31	1.39	Sep.	0.82	0.90	1.04	0.80	0.87	0.88	0.89
Oct.	1.34	1.52	1.65	1.72	1.84	1.75	1.64	Oct.	0.81	1.01	1.01	1.24	1.44	1.13	1.11
Nov.	0.95	0.99	1.03	0.97	0.99	1.12	1.01	Nov.	0.74	0.78	0.68	0.76	0.70	0.88	0.76
Dec.	1.08	1.18	1.16	1.08	1.02	1.02	1.09	Dec.	0.83	0.90	0.65	0.61	0.58	0.65	0.70
TOTAL	1.54	1.58	1.56	1.57	1.57	1.60	1.57	TOTAL	1.03	1.01	0.97	1.01	1.10	1.11	1.04
Threshold = 15 mm								Threshold = 25 mm							
MNTH	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL	MNTH	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL
Jan.	1.03	1.00	0.69	0.38	0.66	0.47	0.70	Jan.	0.38	0.46	0.08	0.00	0.00	0.00	0.15
Feb.	1.02	1.21	0.79	0.98	0.90	1.44	1.06	Feb.	1.35	1.06	0.53	0.47	0.29	0.82	0.75
Mar.	0.76	0.75	0.78	1.08	1.19	1.27	0.97	Mar.	1.07	0.36	1.07	1.14	1.64	2.41	1.28
Apr.	0.76	0.87	0.32	0.74	1.56	1.96	1.04	Apr.	0.56	0.67	0.03	0.19	1.78	2.64	0.98
May.	1.04	1.02	0.96	1.08	0.79	0.88	0.96	May.	1.11	1.15	1.02	1.06	0.81	0.86	1.00
Jun.	0.73	0.23	0.48	0.29	0.77	0.70	0.53	Jun.	0.39	0.04	0.26	0.10	0.50	0.40	0.28
Jul.	0.80	0.79	1.03	1.16	1.12	0.92	0.97	Jul.	0.65	0.75	0.99	1.10	0.98	0.82	0.88
Aug.	0.76	0.58	0.59	0.45	0.57	0.62	0.60	Aug.	0.66	0.38	0.30	0.35	0.40	0.32	0.40
Sep.	0.46	0.67	0.81	0.50	0.39	0.62	0.58	Sep.	0.34	0.51	0.58	0.29	0.28	0.63	0.44
Oct.	0.60	0.94	1.12	1.05	1.55	1.38	1.11	Oct.	0.48	1.14	1.38	1.00	1.32	1.68	1.17
Nov.	0.91	0.78	0.63	0.41	0.74	1.20	0.78	Nov.	0.24	0.31	0.00	0.03	0.03	0.28	0.15
Dec.	0.36	1.00	0.29	0.64	0.50	0.71	0.58	Dec.	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17
TOTAL	0.79	0.76	0.80	0.81	0.90	0.93	0.83	TOTAL	0.66	0.64	0.71	0.71	0.77	0.84	0.72
Threshold = 50 mm															
MNTH	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL								
Jan.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00								
Feb.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00								
Mar.	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.15								
Apr.	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11								
May.	0.46	0.37	0.29	0.43	0.57	0.26	0.40								
Jun.	0.07	0.00	0.00	0.03	0.21	0.10	0.07								
Jul.	0.38	0.55	0.91	1.12	1.03	1.05	0.84								
Aug.	0.62	0.24	0.04	0.07	0.24	0.13	0.23								
Sep.	0.20	0.07	0.33	0.07	0.07	0.47	0.20								
Oct.	0.38	1.25	1.81	1.06	0.88	0.94	1.05								
Nov.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00								
Dec.	-	-	-	-	-	-	-								
TOTAL	0.40	0.38	0.52	0.57	0.59	0.56	0.51								

3.2 지역예보모델

3.2.1 지역예보모델 성능 변화 추세

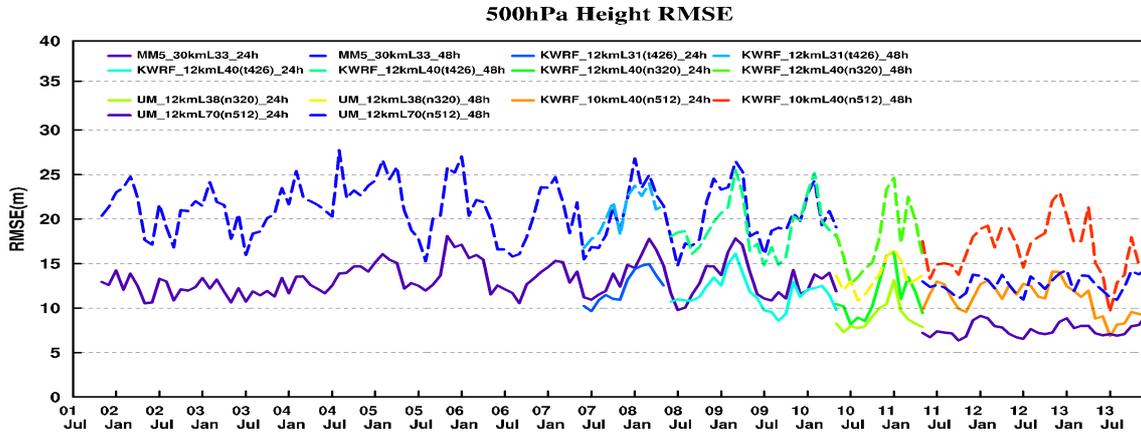


그림 3.2.1 지역예보모델 500hPa 고도의 예측 시간별 월평균 RMSE

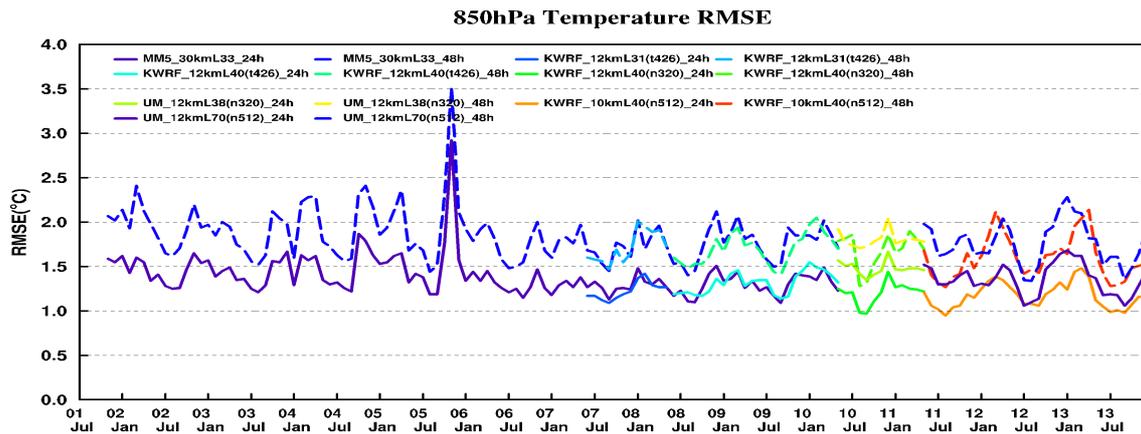


그림 3.2.2 지역예보모델 850hPa 기온의 예측 시간별 월평균 RMSE

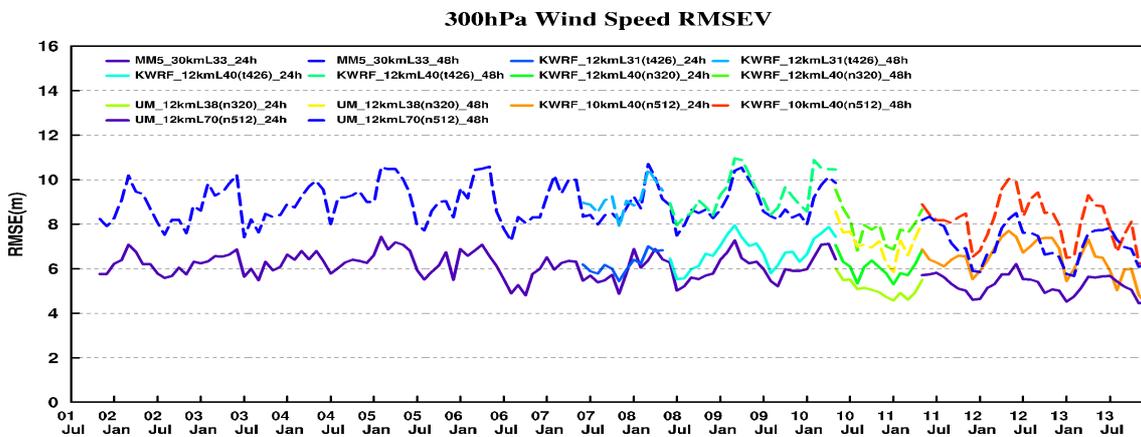


그림 3.2.3 지역예보모델 300hPa 풍속의 예측 시간별 월평균 RMSE

3.2.1.1 RDAPS(UM 12km L70) 분석장 검증

표 3.2.1 RDAPS(UM 12km L70) 850hPa 기온의 Mean Error [°C] 분석장 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	-0.35	-0.34	-0.29	-0.24	-0.28	-0.11	0.14	0.17	0.01	-0.08	-0.21	-0.32	-0.16
24H	-0.53	-0.55	-0.55	-0.49	-0.48	-0.21	0.21	0.28	0.01	-0.18	-0.39	-0.52	-0.28
36H	-0.67	-0.69	-0.72	-0.65	-0.62	-0.28	0.28	0.37	0.00	-0.24	-0.50	-0.65	-0.36
48H	-0.79	-0.80	-0.86	-0.80	-0.75	-0.35	0.31	0.44	-0.01	-0.29	-0.56	-0.76	-0.44
60H	-0.87	-0.92	-0.94	-0.89	-0.85	-0.37	0.37	0.52	-0.01	-0.31	-0.59	-0.85	-0.48
72H	-0.95	-1.03	-1.00	-0.99	-0.90	-0.38	0.42	0.58	-0.02	-0.32	-0.63	-0.91	-0.51

표 3.2.2 RDAPS(UM 12km L70) 850hPa 기온의 RMSE [°C] 분석장 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	1.32	1.29	1.34	1.15	1.13	0.99	0.94	0.93	0.90	0.97	1.02	1.10	1.09
24H	1.68	1.62	1.62	1.40	1.37	1.18	1.19	1.18	1.06	1.14	1.29	1.44	1.35
36H	2.06	1.95	1.93	1.65	1.62	1.37	1.42	1.43	1.23	1.35	1.53	1.71	1.60
48H	2.28	2.12	2.10	1.82	1.81	1.52	1.61	1.61	1.36	1.48	1.65	1.89	1.77
60H	2.50	2.32	2.30	1.99	2.03	1.65	1.78	1.79	1.51	1.64	1.77	2.06	1.95
72H	2.64	2.45	2.44	2.16	2.18	1.76	1.93	1.92	1.66	1.75	1.86	2.21	2.08

표 3.2.3 RDAPS(UM 12km L70) 850hPa 기온의 S1 Score [무차원] 분석장 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	54.06	55.02	57.77	61.20	65.24	68.03	68.47	68.03	64.99	62.55	58.57	55.48	61.62
24H	60.54	61.84	65.06	68.89	73.38	75.93	77.13	75.99	72.64	69.79	65.73	62.21	69.09
36H	62.99	64.18	67.84	71.58	76.30	78.75	80.07	79.17	75.32	72.49	68.37	64.70	71.81
48H	64.47	65.63	69.48	73.33	78.10	80.59	82.09	81.09	77.20	74.34	70.11	66.26	73.56
60H	65.52	66.98	70.94	74.73	79.59	81.81	83.48	82.30	78.66	75.60	71.17	67.45	74.85
72H	66.43	67.91	72.10	75.99	80.89	82.98	84.77	83.36	79.81	76.80	72.08	68.75	75.99

표 3.2.4 RDAPS(UM 12km L70) 500hPa 고도의 Mean Error [m] 분석장 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	-2.97	-1.53	-1.04	-1.56	-1.12	-1.15	-0.96	-1.24	-1.24	-1.32	-1.56	-3.28	-1.58
24H	-5.17	-2.43	-2.57	-2.44	-1.59	-1.95	-1.41	-1.83	-1.81	-2.63	-2.80	-5.77	-2.70
36H	-7.17	-3.38	-4.06	-4.29	-2.87	-3.38	-2.19	-2.51	-2.72	-3.70	-4.33	-7.80	-4.03
48H	-8.01	-4.35	-5.40	-5.88	-4.19	-3.78	-1.72	-2.31	-2.84	-4.51	-5.12	-8.86	-4.75
60H	-8.54	-5.51	-5.97	-6.62	-4.53	-3.39	-0.33	-1.03	-2.45	-4.75	-5.34	-9.76	-4.85
72H	-9.22	-7.85	-6.26	-7.22	-4.14	-2.62	0.85	-0.07	-1.87	-5.19	-6.08	-10.30	-5.00

표 3.2.5 RDAPS(UM 12km L70) 500hPa 고도의 RMSE [m] 분석장 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	6.60	5.74	5.64	5.78	5.39	5.03	5.14	5.11	5.43	5.58	5.35	6.26	5.59
24H	8.85	7.76	8.03	8.02	7.19	6.95	7.09	6.90	7.10	7.96	8.09	9.20	7.76
36H	12.08	10.11	10.98	10.84	10.03	9.66	9.39	8.92	10.15	11.35	11.50	12.26	10.61
48H	14.26	11.91	13.68	13.60	12.68	11.96	11.24	10.94	12.38	14.20	13.78	14.38	12.92
60H	16.99	14.16	16.96	16.46	15.20	13.94	13.16	12.92	14.72	17.66	15.69	16.63	15.37
72H	19.88	17.57	20.05	19.58	17.74	15.98	15.80	14.98	17.00	20.73	17.83	19.36	18.04

표 3.2.6 RDAPS(UM 12km L70) 500hPa 고도의 S1 Score [무차원] 분석장 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	17.41	16.90	17.70	21.15	28.02	35.91	38.27	35.54	28.62	25.25	19.12	18.28	25.18
24H	19.92	19.24	20.32	24.33	31.91	40.07	42.94	39.62	32.24	29.07	22.19	20.97	28.57
36H	21.60	20.57	21.98	26.23	34.28	42.68	45.73	42.15	34.88	31.80	24.44	22.80	30.76
48H	23.02	21.60	23.54	28.02	36.72	45.15	47.94	44.38	37.24	34.23	26.16	24.43	32.70
60H	24.62	22.75	25.19	30.09	38.88	47.46	50.13	46.20	39.46	36.70	27.52	26.03	34.59
72H	26.28	23.96	26.70	32.04	40.98	49.47	52.59	48.01	41.42	38.65	28.85	27.86	36.40

표 3.2.7 RDAPS(UM 12km L70) 300hPa 풍속의 Mean Error [m/s] 분석장 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	-0.31	-0.35	-0.18	-0.08	-0.11	-0.21	-0.24	-0.16	-0.15	-0.08	-0.02	-0.18	-0.17
24H	-0.20	-0.18	-0.05	0.05	0.05	-0.21	-0.25	-0.12	-0.22	-0.11	-0.02	-0.15	-0.12
36H	-0.27	-0.28	-0.14	0.02	-0.07	-0.30	-0.35	-0.25	-0.33	-0.14	-0.08	-0.22	-0.20
48H	-0.28	-0.31	-0.17	-0.01	-0.01	-0.38	-0.37	-0.44	-0.41	-0.21	-0.19	-0.27	-0.25
60H	-0.26	-0.34	-0.18	-0.06	0.00	-0.40	-0.40	-0.59	-0.48	-0.21	-0.25	-0.28	-0.29
72H	-0.26	-0.31	-0.19	-0.11	-0.09	-0.49	-0.43	-0.70	-0.49	-0.26	-0.29	-0.29	-0.33

표 3.2.8 RDAPS(UM 12km L70) 300hPa 풍속의 RMSE [m/s] 분석장 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	3.52	3.69	3.86	4.12	4.26	4.22	4.22	4.06	3.92	3.79	3.40	3.53	3.88
24H	4.53	4.76	5.12	5.65	5.61	5.66	5.68	5.43	5.20	5.05	4.45	4.50	5.14
36H	5.20	5.32	6.01	6.72	6.60	6.74	6.86	6.43	6.21	5.98	5.33	5.39	6.07
48H	5.76	5.68	6.81	7.58	7.72	7.74	7.84	7.30	6.98	6.88	6.09	6.17	6.88
60H	6.32	6.26	7.72	8.48	8.73	8.51	8.57	7.87	7.79	7.73	6.73	6.86	7.63
72H	6.92	6.97	8.49	9.28	9.57	9.32	9.40	8.42	8.53	8.51	7.33	7.61	8.36

3.2.1.2 RDAPS(KWRF 10km L40: N512L70 경계장) 분석장 검증

표 3.2.9 RDAPS(KWRF 10km L40: N512L70 경계장) 850hPa 기온의 Mean Error [°C] 분석장 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	-0.22	-0.36	-0.36	-0.24	-0.16	-0.02	0.02	0.01	-0.02	-0.05	-0.18	-0.14	-0.14
24H	-0.46	-0.75	-0.81	-0.65	-0.39	-0.15	-0.07	-0.12	-0.15	-0.22	-0.38	-0.26	-0.37
36H	-0.62	-1.01	-1.11	-0.94	-0.62	-0.27	-0.14	-0.24	-0.28	-0.30	-0.52	-0.38	-0.54
48H	-0.75	-1.18	-1.34	-1.26	-0.84	-0.40	-0.23	-0.34	-0.38	-0.35	-0.58	-0.45	-0.68
60H	-0.83	-1.30	-1.54	-1.52	-1.01	-0.51	-0.30	-0.37	-0.47	-0.38	-0.62	-0.52	-0.78
72H	-0.87	-1.41	-1.69	-1.83	-1.15	-0.58	-0.36	-0.38	-0.56	-0.45	-0.63	-0.57	-0.87

표 3.2.10 RDAPS(KWRF 10km L40: N512L70 경계장) 850hPa 기온의 RMSE [°C] 분석장 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	0.91	0.97	0.96	0.86	0.82	0.76	0.80	0.75	0.71	0.80	0.92	1.00	0.86
24H	1.24	1.44	1.48	1.39	1.12	1.05	0.99	1.01	0.98	1.07	1.16	1.16	1.17
36H	1.51	1.76	1.82	1.76	1.41	1.26	1.13	1.16	1.17	1.32	1.41	1.39	1.43
48H	1.64	1.95	2.04	2.14	1.66	1.43	1.28	1.29	1.33	1.48	1.51	1.54	1.61
60H	1.79	2.09	2.27	2.43	1.90	1.58	1.40	1.38	1.47	1.68	1.64	1.70	1.78
72H	1.90	2.27	2.47	2.79	2.08	1.66	1.51	1.46	1.62	1.80	1.71	1.85	1.93

표 3.2.11 RDAPS(KWRF 10km L40: N512L70 경계장) 850hPa 기온의 S1 Score [무차원] 분석장 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	44.58	43.17	46.51	49.28	56.12	59.77	65.31	64.01	57.35	53.61	54.79	55.08	54.13
24H	54.72	53.90	57.81	61.36	67.74	73.20	75.39	74.99	70.23	66.13	61.97	59.55	64.75
36H	57.97	57.23	61.51	65.38	72.29	77.54	78.78	78.37	74.42	70.85	64.64	61.57	68.38
48H	59.36	58.63	63.03	67.73	74.79	80.36	80.87	80.83	76.82	73.04	65.73	63.04	70.35
60H	60.36	59.21	64.38	68.62	76.56	82.08	82.47	81.73	78.08	74.55	66.92	63.96	71.58
72H	61.32	60.33	65.19	70.09	78.01	82.97	83.40	82.50	79.21	75.48	67.74	65.32	72.63

표 3.2.12 RDAPS(KWRF 10km L40: N512L70 경계장) 500hPa 고도의 Mean Error [°C] 분석장 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	-6.16	-5.88	-2.61	-2.96	-0.26	1.55	1.93	1.49	0.06	-2.29	-3.62	-4.23	-1.91
24H	-7.38	-6.73	-4.37	-4.45	-0.21	2.07	2.67	1.65	0.42	-3.02	-4.63	-5.25	-2.44
36H	10.93	-9.11	-7.50	-8.06	-2.31	-0.29	1.40	-0.22	-1.43	-5.25	-6.51	-7.52	-4.81
48H	13.73	-11.32	-10.38	-12.50	-4.24	-1.78	1.49	-0.86	-2.79	-7.10	-7.92	-9.43	-6.71
60H	14.79	-12.56	-12.41	-16.35	-5.44	-2.32	1.60	-0.44	-4.41	-8.39	-8.32	-11.09	-7.91
72H	16.03	-14.66	-13.92	-20.70	-6.67	-2.77	0.77	-0.62	-6.30	-10.70	-9.19	-13.07	-9.49

표 3.2.13 RDAPS(KWRF 10km L40: N512L70 경계장) 500hPa 고도의 RMSE [°C] 분석장 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	9.37	8.95	7.31	7.68	6.14	6.41	5.30	5.62	5.63	6.53	6.74	7.68	6.95
24H	12.44	11.93	11.28	11.99	8.82	9.08	6.88	8.14	8.29	9.55	9.36	9.17	9.74
36H	16.84	15.16	14.68	16.40	12.26	11.03	8.00	10.15	11.18	13.70	12.55	12.43	12.87
48H	20.36	17.43	17.52	21.38	15.07	13.66	9.59	12.86	13.76	17.96	14.96	15.58	15.84
60H	22.15	18.89	20.60	26.17	17.79	15.97	11.84	14.98	16.64	21.65	16.76	18.66	18.51
72H	24.30	21.78	24.16	31.73	20.22	18.13	14.59	17.53	20.57	25.74	19.59	22.31	21.72

표 3.2.14 RDAPS(KWRF 10km L40: N512L70 경계장) 500hPa 고도의 S1 Score [무차원] 분석장 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	15.97	14.05	14.89	16.64	22.58	27.87	29.71	26.90	23.89	21.46	15.72	15.50	20.43
24H	20.18	17.99	19.25	21.43	27.49	34.44	34.90	32.38	29.63	27.16	19.04	17.83	25.14
36H	22.29	19.43	21.34	23.91	30.47	38.17	37.63	35.36	32.74	30.93	21.37	19.86	27.79
48H	23.78	20.25	22.58	25.87	32.88	41.49	39.96	38.29	34.87	33.98	22.85	21.96	29.90
60H	24.73	20.94	23.50	27.51	35.08	43.95	41.85	40.90	36.92	36.17	24.05	23.98	31.63
72H	26.02	22.03	24.73	29.37	36.98	45.99	43.95	43.63	38.89	37.87	24.97	25.97	33.37

표 3.2.15 RDAPS(KWRF 10km L40: N512L70 경계장) 300hPa 풍속의 Mean Error [m/s] 분석장 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	0.04	-0.07	-0.20	-0.39	-0.55	-0.43	-0.41	-0.33	-0.41	-0.14	0.29	0.26	-0.20
24H	-0.03	-0.27	-0.21	-0.51	-0.34	-0.53	-0.37	-0.42	-0.41	-0.24	0.28	0.16	-0.24
36H	-0.11	-0.32	-0.15	-0.43	-0.25	-0.68	-0.30	-0.54	-0.40	0.00	0.34	0.16	-0.22
48H	0.00	-0.29	-0.11	-0.09	-0.06	-0.52	-0.08	-0.61	-0.46	0.03	0.36	0.18	-0.14
60H	0.05	-0.17	0.00	0.09	0.08	-0.43	0.19	-0.69	-0.56	0.03	0.34	0.23	-0.07
72H	-0.02	-0.12	0.16	0.32	0.31	-0.30	0.35	-0.72	-0.40	-0.01	0.37	0.34	0.02

표 3.2.16 RDAPS(KWRF 10km L40: N512L70 경계장) 300hPa 풍속의 RMSE [m/s] 분석장 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	4.47	4.82	5.13	5.63	5.20	4.95	4.81	4.12	4.59	4.67	3.72	3.41	4.63
24H	5.45	5.98	6.60	7.32	6.54	6.49	5.91	5.04	5.96	5.99	4.82	4.43	5.88
36H	6.04	6.30	7.55	8.49	7.79	7.64	6.95	5.89	6.96	7.07	5.65	5.33	6.81
48H	6.49	6.52	8.07	9.30	8.85	8.80	7.82	6.77	7.53	8.12	6.27	6.07	7.55
60H	6.95	6.86	8.57	9.86	9.71	9.68	8.53	7.38	8.12	8.97	6.99	6.89	8.21
72H	7.39	7.35	9.29	10.52	10.77	10.50	9.08	8.17	8.68	9.73	7.56	7.69	8.89

3.2.2 지역예보모델 관측 검증

3.2.2.1 지역예보모델 성능 비교

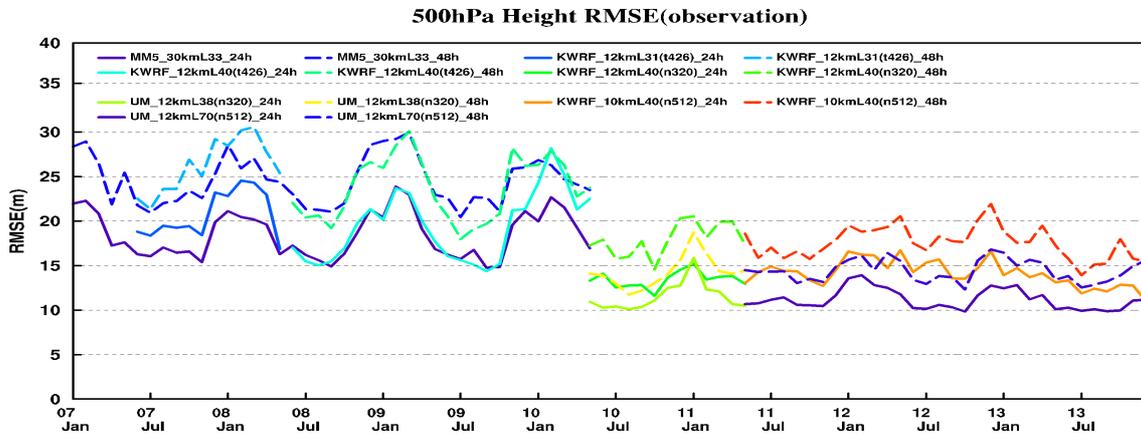


그림 3.2.4 지역예보모델 500hPa 고도의 관측검증 RMSE의 월평균 시계열

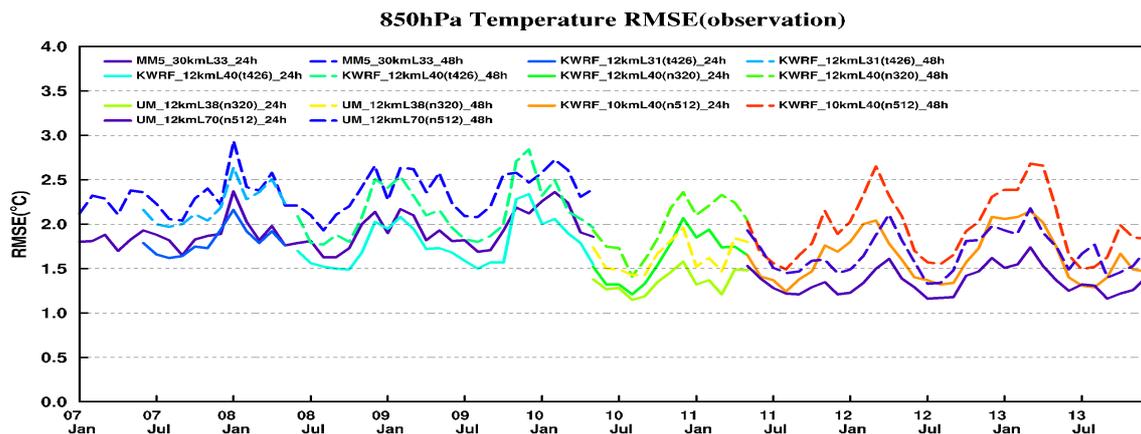


그림 3.2.5 지역예보모델 850hPa 기온의 관측검증 RMSE의 월평균 시계열

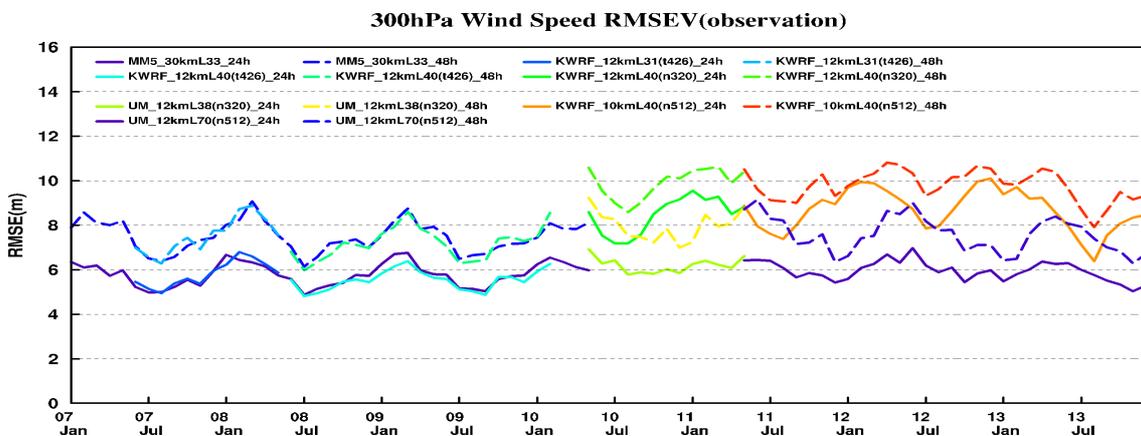


그림 3.2.6 지역예보모델 300hPa 풍속의 관측검증 RMSE의 월평균 시계열

3.2.2.2 존재자료를 이용한 RDAPS(UM 12km L70) 검증

표 3.2.17 RDAPS(UM 12km L70) 850hPa 기온의 Mean Error [°C] 관측 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	-0.41	-0.32	-0.38	-0.24	-0.23	-0.08	0.31	0.26	0.05	-0.15	-0.25	-0.30	-0.15
24H	-0.53	-0.40	-0.55	-0.42	-0.33	-0.12	0.49	0.50	0.11	-0.21	-0.34	-0.46	-0.19
36H	-0.68	-0.48	-0.72	-0.55	-0.46	-0.16	0.63	0.65	0.13	-0.27	-0.42	-0.54	-0.24
48H	-0.84	-0.59	-0.83	-0.69	-0.60	-0.20	0.72	0.78	0.15	-0.31	-0.52	-0.63	-0.30
60H	-1.00	-0.76	-0.93	-0.83	-0.71	-0.21	0.80	0.89	0.15	-0.34	-0.57	-0.72	-0.35
72H	-1.13	-0.97	-1.04	-0.96	-0.79	-0.20	0.85	1.00	0.16	-0.35	-0.63	-0.81	-0.41

표 3.2.18 RDAPS(UM 12km L70) 850hPa 기온의 RMSE [°C] 관측 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	1.37	1.38	1.49	1.32	1.27	1.17	1.17	1.16	1.09	1.14	1.14	1.26	1.25
24H	1.51	1.55	1.74	1.53	1.37	1.25	1.32	1.31	1.16	1.22	1.26	1.40	1.39
36H	1.73	1.75	1.96	1.72	1.55	1.36	1.48	1.55	1.27	1.32	1.40	1.59	1.56
48H	1.93	1.89	2.18	1.90	1.75	1.49	1.67	1.77	1.40	1.46	1.53	1.71	1.72
60H	2.15	2.08	2.36	2.03	1.94	1.62	1.82	1.95	1.54	1.61	1.66	1.88	1.89
72H	2.32	2.25	2.48	2.21	2.11	1.73	1.96	2.08	1.62	1.74	1.77	2.04	2.03

표 3.2.19 RDAPS(UM 12km L70) 500hPa 고도의 Mean Error [m] 관측 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	-3.17	-0.60	-1.35	-1.26	0.09	-0.02	-0.11	-0.30	-0.97	-1.78	-2.00	-3.39	-1.24
24H	-5.46	-1.27	-2.63	-1.61	-0.06	-0.87	-0.67	-0.88	-1.27	-3.10	-3.28	-5.86	-2.25
36H	-8.05	-2.76	-4.47	-3.31	-1.06	-2.49	-1.90	-1.87	-2.26	-4.38	-5.12	-8.30	-3.83
48H	-9.36	-4.12	-5.96	-5.11	-1.88	-2.74	-1.32	-2.03	-2.38	-5.16	-6.26	-9.57	-4.66
60H	-10.50	-5.87	-6.94	-6.60	-2.13	-2.57	-0.19	-1.23	-1.97	-5.37	-6.52	-10.60	-5.04
72H	-11.88	-8.81	-7.67	-8.10	-1.80	-2.14	1.04	-0.14	-1.14	-5.79	-7.42	-11.71	-5.46

표 3.2.20 RDAPS(UM 12km L70) 500hPa 고도의 RMSE [m] 관측 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	11.01	11.66	9.46	10.12	8.91	8.99	8.80	8.95	8.60	8.65	9.43	9.21	9.48
24H	12.47	12.81	11.22	11.70	10.12	10.26	9.94	10.12	9.89	9.98	11.08	11.19	10.90
36H	14.60	13.63	13.08	13.35	11.59	11.90	11.20	11.13	11.46	11.76	13.01	13.81	12.54
48H	16.45	14.99	15.64	15.35	13.44	13.82	12.56	12.86	13.22	13.90	14.91	15.65	14.40
60H	18.59	16.56	17.89	17.53	15.32	15.34	13.56	13.99	14.43	15.97	16.22	17.91	16.11
72H	21.35	19.73	20.39	20.45	16.90	17.50	15.42	15.79	15.79	19.11	18.10	20.61	18.43

표 3.2.21 RDAPS(UM 12km L70) 300hPa 풍속의 Mean Error [m/s] 관측 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	-1.11	-1.03	-0.64	-0.60	-0.44	-0.52	-0.51	-0.49	-0.38	-0.51	-0.66	-1.01	-0.66
24H	-0.95	-0.74	-0.52	-0.44	-0.16	-0.47	-0.45	-0.48	-0.43	-0.39	-0.56	-1.04	-0.55
36H	-1.06	-0.94	-0.71	-0.63	-0.37	-0.53	-0.50	-0.67	-0.57	-0.50	-0.69	-1.18	-0.70
48H	-1.03	-0.93	-0.68	-0.70	-0.38	-0.57	-0.55	-0.84	-0.63	-0.66	-0.73	-1.20	-0.74
60H	-1.04	-0.83	-0.62	-0.67	-0.45	-0.61	-0.58	-0.96	-0.71	-0.62	-0.74	-1.22	-0.75
72H	-1.10	-0.81	-0.51	-0.67	-0.57	-0.77	-0.60	-1.15	-0.69	-0.76	-0.72	-1.26	-0.80

표 3.2.22 RDAPS(UM 12km L70) 300hPa 풍속의 RMSE [m/s] 관측 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	4.97	5.20	5.17	5.41	5.42	5.28	5.07	4.83	4.69	4.54	4.44	4.76	4.98
24H	5.48	5.80	6.01	6.37	6.27	6.30	6.00	5.76	5.51	5.34	5.04	5.31	5.77
36H	5.98	6.17	6.87	7.26	7.21	7.15	7.02	6.52	6.39	6.04	5.67	6.06	6.53
48H	6.42	6.49	7.61	8.16	8.40	8.07	7.93	7.40	7.01	6.85	6.29	6.73	7.28
60H	6.86	7.00	8.36	9.03	9.20	8.64	8.53	7.90	7.72	7.74	6.93	7.45	7.95
72H	7.36	7.66	9.07	9.86	9.87	9.49	9.27	8.31	8.17	8.38	7.42	8.13	8.58

3.2.2.3 존재자료를 이용한 RDAPS(KWRF 10km L40: N512L70 경계장) 검증

표 3.2.23 RDAPS(KWRF 10km L40: N512L70 경계장) 850hPa 기온의 Mean Error [°C] 관측 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	-0.60	-0.59	-0.73	-0.49	-0.34	-0.10	-0.03	-0.12	-0.21	-0.46	-0.33	-0.34	-0.36
24H	-0.81	-0.87	-1.13	-0.86	-0.59	-0.20	-0.12	-0.23	-0.33	-0.62	-0.49	-0.47	-0.56
36H	-0.97	-1.09	-1.46	-1.15	-0.76	-0.29	-0.15	-0.34	-0.51	-0.80	-0.67	-0.60	-0.73
48H	-1.13	-1.23	-1.73	-1.56	-1.03	-0.41	-0.21	-0.42	-0.61	-0.90	-0.77	-0.71	-0.89
60H	-1.26	-1.36	-1.95	-1.81	-1.19	-0.50	-0.27	-0.47	-0.72	-1.01	-0.88	-0.82	-1.02
72H	-1.36	-1.50	-2.11	-2.17	-1.38	-0.63	-0.27	-0.49	-0.78	-1.09	-0.93	-0.87	-1.13

표 3.2.24 RDAPS(KWRF 10km L40: N512L70 경계장) 850hPa 기온의 RMSE [°C] 관측 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	1.88	1.88	1.85	1.66	1.47	1.26	1.24	1.17	1.29	1.57	1.33	1.33	1.49
24H	2.06	2.08	2.15	2.02	1.75	1.40	1.31	1.29	1.40	1.67	1.49	1.47	1.67
36H	2.27	2.30	2.44	2.27	1.86	1.52	1.41	1.41	1.52	1.82	1.70	1.68	1.85
48H	2.39	2.39	2.68	2.66	2.17	1.65	1.49	1.52	1.63	1.99	1.85	1.84	2.02
60H	2.55	2.54	2.88	2.86	2.31	1.76	1.58	1.60	1.79	2.18	2.00	2.02	2.17
72H	2.68	2.65	3.07	3.24	2.56	1.88	1.71	1.68	1.91	2.30	2.09	2.16	2.33

표 3.2.25 RDAPS(KWRF 10km L40: N512L70 경계장) 500hPa 고도의 Mean Error [m] 관측 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	-0.81	2.91	4.20	4.46	5.45	4.76	4.93	3.93	2.83	1.34	3.00	2.42	3.28
24H	-1.06	3.30	3.03	3.62	5.77	4.69	4.83	3.99	3.15	1.11	2.11	0.97	2.96
36H	-4.38	0.99	-0.27	0.52	4.26	2.36	3.38	2.16	1.46	-0.53	0.36	-1.36	0.75
48H	-6.85	-1.02	-2.97	-3.98	2.18	0.90	3.90	1.65	0.60	-1.88	-1.28	-3.69	-1.04
60H	-8.20	-2.14	-4.60	-7.65	0.97	0.14	4.36	1.97	-0.19	-2.94	-2.14	-5.61	-2.17
72H	-9.42	-4.19	-6.09	-12.30	-0.25	-0.63	4.57	2.40	-1.21	-5.11	-2.98	-7.95	-3.60

표 3.2.26 RDAPS(KWRF 10km L40: N512L70 경계장) 500hPa 고도의 RMSE [m] 관측 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	12.16	13.16	12.12	12.17	12.04	12.17	11.22	11.00	10.67	11.18	11.29	10.18	11.61
24H	13.92	14.73	13.70	14.13	13.11	13.35	11.86	12.40	12.09	12.86	12.78	11.00	12.99
36H	16.52	16.25	15.60	16.22	14.88	14.12	12.17	13.20	13.51	15.26	14.37	12.86	14.58
48H	18.86	17.58	17.68	19.49	17.25	15.80	13.94	15.13	15.26	17.97	15.81	15.45	16.68
60H	20.62	18.55	20.31	22.95	19.15	17.50	15.58	17.01	17.09	20.57	17.48	18.48	18.77
72H	22.51	20.60	23.22	27.53	21.40	19.55	17.58	19.03	19.95	24.19	19.85	21.99	21.45

표 3.2.27 RDAPS(KWRF 10km L40: N512L70 경계장) 300hPa 풍속의 Mean Error [m/s] 관측 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	-0.19	-0.27	-0.13	0.06	0.25	-0.23	-0.30	-0.55	-0.45	-0.08	-0.16	-0.37	-0.20
24H	-0.32	-0.47	-0.15	0.06	0.29	-0.30	-0.30	-0.65	-0.47	-0.23	-0.15	-0.51	-0.27
36H	-0.46	-0.62	-0.02	0.23	0.39	-0.30	-0.22	-0.69	-0.51	-0.12	-0.25	-0.52	-0.26
48H	-0.49	-0.69	0.06	0.45	0.46	-0.16	-0.05	-0.70	-0.54	-0.15	-0.28	-0.60	-0.22
60H	-0.53	-0.65	0.16	0.57	0.58	-0.07	0.08	-0.73	-0.53	-0.06	-0.29	-0.59	-0.17
72H	-0.56	-0.61	0.19	0.76	0.73	-0.06	0.06	-0.75	-0.36	-0.11	-0.20	-0.53	-0.12

표 3.2.28 RDAPS(KWRF 10km L40: N512L70 경계장) 300hPa 풍속의 RMSE [m/s] 관측 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	9.02	9.55	8.56	8.38	7.67	7.18	6.60	5.88	6.90	7.37	7.84	8.09	7.75
24H	9.40	9.72	9.19	9.23	8.58	7.97	7.12	6.38	7.54	8.07	8.35	8.47	8.34
36H	9.69	9.75	9.68	9.89	9.47	8.73	7.99	7.17	8.16	8.73	8.74	8.79	8.90
48H	9.87	9.81	10.15	10.54	10.40	9.65	8.70	7.91	8.67	9.50	9.17	9.33	9.47
60H	10.19	10.13	10.75	11.15	11.05	10.46	9.33	8.66	9.13	10.33	9.59	9.93	10.06
72H	10.64	10.61	11.29	11.98	11.87	11.05	9.95	9.48	9.75	10.95	9.91	10.48	10.66

3.2.2.4 RDAPS(UM 12km L70) ASOS 강수검증

표 3.2.29 RDAPS(UM 12km L70) 한반도 76개 지점에 대한 강수 TS

Threshold = 0.1 mm								Threshold = 5 mm							
MONIH	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL	MONIH	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL
Jan.	0.58	0.61	0.60	0.54	0.51	0.51	0.56	Jan.	0.80	0.78	0.73	0.74	0.80	0.71	0.76
Feb.	0.59	0.62	0.61	0.56	0.49	0.51	0.56	Feb.	0.63	0.61	0.57	0.57	0.52	0.51	0.56
Mar.	0.49	0.49	0.56	0.45	0.44	0.37	0.46	Mar.	0.80	0.75	0.77	0.71	0.61	0.63	0.70
Apr.	0.61	0.64	0.57	0.55	0.54	0.54	0.57	Apr.	0.57	0.52	0.47	0.38	0.45	0.39	0.46
May.	0.51	0.52	0.50	0.47	0.46	0.43	0.48	May.	0.81	0.75	0.80	0.76	0.66	0.50	0.69
Jun.	0.44	0.43	0.46	0.42	0.42	0.40	0.43	Jun.	0.54	0.39	0.34	0.26	0.38	0.40	0.38
Jul.	0.53	0.52	0.52	0.51	0.49	0.49	0.51	Jul.	0.46	0.44	0.38	0.36	0.33	0.28	0.37
Aug.	0.43	0.42	0.41	0.40	0.35	0.38	0.40	Aug.	0.37	0.36	0.29	0.23	0.24	0.27	0.30
Sep.	0.61	0.63	0.55	0.56	0.48	0.47	0.55	Sep.	0.53	0.44	0.33	0.28	0.22	0.29	0.35
Oct.	0.48	0.46	0.42	0.40	0.35	0.32	0.40	Oct.	0.40	0.40	0.34	0.32	0.33	0.33	0.35
Nov.	0.64	0.60	0.60	0.59	0.57	0.58	0.60	Nov.	0.55	0.49	0.41	0.43	0.34	0.38	0.43
Dec.	0.54	0.53	0.50	0.52	0.50	0.46	0.51	Dec.	0.45	0.42	0.35	0.39	0.41	0.45	0.41
TOTAL	0.53	0.53	0.52	0.50	0.47	0.46	0.50	TOTAL	0.54	0.49	0.44	0.41	0.40	0.38	0.44
Threshold = 15 mm								Threshold = 25 mm							
MONIH	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL	MONIH	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL
Jan.	0.51	0.44	0.41	0.49	0.46	0.43	0.46	Jan.	0.10	0.33	0.11	0.24	0.23	0.29	0.22
Feb.	0.63	0.63	0.57	0.52	0.12	0.15	0.41	Feb.	0.32	0.27	0.39	0.32	0.00	0.15	0.26
Mar.	0.66	0.69	0.77	0.70	0.66	0.66	0.69	Mar.	0.63	0.66	0.61	0.55	0.43	0.39	0.52
Apr.	0.53	0.33	0.27	0.35	0.37	0.32	0.36	Apr.	0.32	0.10	0.13	0.17	0.18	0.25	0.19
May.	0.76	0.68	0.74	0.71	0.66	0.55	0.68	May.	0.59	0.45	0.51	0.49	0.48	0.44	0.49
Jun.	0.43	0.26	0.27	0.23	0.31	0.27	0.29	Jun.	0.27	0.15	0.25	0.21	0.26	0.23	0.23
Jul.	0.37	0.32	0.22	0.25	0.17	0.15	0.24	Jul.	0.26	0.23	0.16	0.17	0.09	0.10	0.17
Aug.	0.24	0.26	0.23	0.14	0.11	0.17	0.19	Aug.	0.18	0.23	0.20	0.07	0.06	0.11	0.14
Sep.	0.37	0.27	0.16	0.15	0.22	0.17	0.22	Sep.	0.16	0.14	0.16	0.04	0.08	0.08	0.11
Oct.	0.46	0.35	0.31	0.28	0.31	0.32	0.33	Oct.	0.38	0.36	0.29	0.22	0.24	0.24	0.28
Nov.	0.67	0.55	0.48	0.40	0.47	0.52	0.51	Nov.	0.33	0.27	0.21	0.26	0.23	0.35	0.27
Dec.	0.05	0.16	0.10	0.19	0.13	0.07	0.12	Dec.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	0.45	0.38	0.34	0.33	0.31	0.29	0.35	TOTAL	0.31	0.27	0.26	0.22	0.19	0.20	0.24
Threshold = 50 mm															
MONTH	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL								
Jan.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00								
Feb.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00								
Mar.	0.06	0.22	0.21	0.20	0.18	0.00	0.14								
Apr.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.02								
May.	0.26	0.29	0.21	0.23	0.33	0.35	0.28								
Jun.	0.17	0.00	0.05	0.06	0.00	0.06	0.06								
Jul.	0.22	0.15	0.08	0.09	0.00	0.02	0.09								
Aug.	0.08	0.18	0.03	0.00	0.03	0.03	0.07								
Sep.	0.05	0.09	0.05	0.00	0.00	0.00	0.03								
Oct.	0.48	0.33	0.21	0.17	0.10	0.08	0.21								
Nov.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00								
Dec.	-	-	-	-	-	-	-								
TOTAL	0.18	0.17	0.11	0.10	0.05	0.07	0.11								

표 3.2.30 RDAPS(UM 12km L70) 한반도 76개 지점에 대한 강수 ETS

Threshold = 0.1 mm								Threshold = 5 mm							
MN1H	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL	MN1H	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL
Jan.	0.51	0.54	0.53	0.47	0.43	0.43	0.48	Jan.	0.79	0.77	0.72	0.73	0.80	0.70	0.75
Feb.	0.52	0.54	0.54	0.48	0.40	0.41	0.48	Feb.	0.62	0.60	0.55	0.55	0.49	0.49	0.54
Mar.	0.43	0.44	0.51	0.39	0.38	0.30	0.40	Mar.	0.80	0.74	0.76	0.70	0.60	0.61	0.69
Apr.	0.50	0.54	0.46	0.42	0.41	0.42	0.46	Apr.	0.54	0.49	0.44	0.35	0.42	0.36	0.43
May.	0.41	0.42	0.41	0.37	0.35	0.33	0.38	May.	0.80	0.73	0.78	0.74	0.64	0.46	0.67
Jun.	0.29	0.28	0.32	0.28	0.28	0.26	0.28	Jun.	0.51	0.36	0.32	0.23	0.35	0.36	0.35
Jul.	0.25	0.24	0.24	0.24	0.22	0.23	0.24	Jul.	0.37	0.35	0.28	0.27	0.24	0.19	0.28
Aug.	0.27	0.27	0.26	0.27	0.22	0.25	0.26	Aug.	0.32	0.31	0.25	0.20	0.20	0.23	0.26
Sep.	0.51	0.53	0.44	0.45	0.37	0.36	0.45	Sep.	0.50	0.40	0.29	0.24	0.19	0.26	0.31
Oct.	0.41	0.39	0.35	0.32	0.28	0.25	0.33	Oct.	0.39	0.38	0.32	0.30	0.31	0.32	0.33
Nov.	0.55	0.51	0.51	0.49	0.46	0.47	0.50	Nov.	0.54	0.47	0.39	0.40	0.32	0.35	0.41
Dec.	0.46	0.45	0.41	0.44	0.42	0.38	0.43	Dec.	0.44	0.41	0.34	0.38	0.40	0.44	0.40
TOTAL	0.42	0.42	0.41	0.39	0.36	0.35	0.39	TOTAL	0.51	0.46	0.41	0.38	0.37	0.35	0.41
Threshold = 15 mm								Threshold = 25 mm							
MN1H	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL	MN1H	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL
Jan.	0.51	0.43	0.41	0.49	0.45	0.43	0.45	Jan.	0.09	0.33	0.11	0.24	0.23	0.29	0.22
Feb.	0.63	0.63	0.57	0.51	0.11	0.15	0.41	Feb.	0.32	0.26	0.39	0.32	0.00	0.15	0.26
Mar.	0.66	0.68	0.76	0.70	0.65	0.66	0.68	Mar.	0.63	0.66	0.60	0.54	0.43	0.39	0.52
Apr.	0.52	0.33	0.27	0.34	0.35	0.31	0.35	Apr.	0.31	0.10	0.13	0.16	0.17	0.25	0.19
May.	0.75	0.66	0.73	0.70	0.65	0.53	0.67	May.	0.58	0.44	0.50	0.48	0.47	0.43	0.48
Jun.	0.42	0.25	0.26	0.21	0.30	0.25	0.28	Jun.	0.27	0.15	0.24	0.21	0.25	0.22	0.23
Jul.	0.32	0.27	0.17	0.20	0.13	0.10	0.20	Jul.	0.23	0.20	0.13	0.14	0.06	0.07	0.14
Aug.	0.22	0.24	0.21	0.13	0.10	0.16	0.18	Aug.	0.17	0.22	0.19	0.06	0.05	0.10	0.13
Sep.	0.36	0.25	0.14	0.14	0.21	0.15	0.21	Sep.	0.16	0.13	0.15	0.03	0.08	0.07	0.10
Oct.	0.45	0.35	0.30	0.27	0.30	0.31	0.32	Oct.	0.37	0.36	0.28	0.21	0.23	0.23	0.27
Nov.	0.67	0.54	0.48	0.39	0.46	0.51	0.50	Nov.	0.32	0.26	0.21	0.25	0.23	0.34	0.27
Dec.	0.05	0.16	0.09	0.19	0.13	0.07	0.12	Dec.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	0.44	0.37	0.33	0.32	0.29	0.27	0.34	TOTAL	0.30	0.26	0.25	0.22	0.18	0.19	0.23
Threshold = 50 mm															
MN1H	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL								
Jan.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00								
Feb.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00								
Mar.	0.06	0.22	0.21	0.20	0.18	0.00	0.14								
Apr.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.02								
May.	0.26	0.28	0.21	0.23	0.33	0.35	0.28								
Jun.	0.16	0.00	0.04	0.06	0.00	0.05	0.06								
Jul.	0.21	0.14	0.08	0.08	-0.01	0.01	0.08								
Aug.	0.08	0.18	0.03	0.00	0.03	0.03	0.06								
Sep.	0.05	0.09	0.04	0.00	0.00	0.00	0.03								
Oct.	0.47	0.33	0.21	0.16	0.10	0.08	0.20								
Nov.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00								
Dec.	-	-	-	-	-	-	-								
TOTAL	0.18	0.16	0.10	0.10	0.05	0.07	0.11								

표 3.2.31 RDAPS(UM 12km L70) 한반도 76개 지점에 대한 강수 BIAS

Threshold = 0.1 mm								Threshold = 5 mm							
MNTH	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL	MNTH	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL
Jan.	1.59	1.44	1.37	1.52	1.49	1.60	1.50	Jan.	1.04	1.05	0.96	1.06	1.02	0.95	1.01
Feb.	1.49	1.45	1.30	1.54	1.64	1.75	1.53	Feb.	0.83	0.84	0.97	0.97	1.27	1.08	0.99
Mar.	1.78	1.54	1.57	1.93	2.02	2.01	1.81	Mar.	0.92	0.95	0.99	1.13	1.35	1.28	1.10
Apr.	1.48	1.38	1.42	1.49	1.61	1.56	1.49	Apr.	0.96	0.90	0.84	0.80	1.24	0.97	0.95
May.	1.82	1.76	1.80	1.86	1.92	1.81	1.83	May.	0.99	1.04	1.02	1.10	1.20	1.54	1.15
Jun.	2.04	2.01	1.84	1.69	1.82	1.83	1.87	Jun.	0.96	0.97	0.73	0.70	0.95	1.41	0.96
Jul.	1.80	1.80	1.74	1.64	1.52	1.54	1.68	Jul.	1.11	1.14	1.14	1.06	0.95	0.95	1.06
Aug.	1.97	1.84	1.52	1.38	1.28	1.30	1.55	Aug.	0.99	0.90	0.61	0.42	0.50	0.54	0.66
Sep.	1.44	1.28	1.25	1.19	0.96	0.97	1.18	Sep.	0.84	0.88	0.64	0.61	0.38	0.53	0.65
Oct.	1.65	1.50	1.49	1.47	1.35	1.35	1.47	Oct.	1.08	1.32	1.31	1.45	1.26	1.11	1.26
Nov.	1.25	1.18	1.17	1.29	1.26	1.29	1.24	Nov.	0.85	0.83	0.84	0.84	0.73	0.89	0.83
Dec.	1.61	1.46	1.57	1.48	1.49	1.36	1.50	Dec.	0.95	0.88	0.72	0.66	0.65	0.76	0.77
TOTAL	1.67	1.58	1.52	1.52	1.50	1.50	1.55	TOTAL	0.98	0.99	0.90	0.87	0.91	0.96	0.94
Threshold = 15 mm								Threshold = 25 mm							
MNTH	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL	MNTH	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL
Jan.	1.29	1.33	1.00	1.29	0.98	0.95	1.14	Jan.	0.77	1.15	0.54	1.77	1.08	1.38	1.12
Feb.	0.88	0.94	1.12	0.92	0.83	0.62	0.88	Feb.	0.71	1.24	1.71	0.71	0.06	0.35	0.79
Mar.	0.77	0.92	1.13	1.22	1.18	1.20	1.07	Mar.	1.00	1.00	1.41	1.64	1.93	2.14	1.52
Apr.	0.84	0.59	0.45	0.95	1.76	1.43	1.00	Apr.	0.50	0.19	0.19	0.56	2.89	1.08	0.90
May.	0.88	0.93	1.04	0.97	0.96	0.94	0.96	May.	0.88	0.79	1.14	1.07	0.94	0.99	0.97
Jun.	0.82	0.47	0.63	0.55	0.99	1.49	0.83	Jun.	0.56	0.26	0.49	0.41	0.85	1.40	0.66
Jul.	0.83	0.90	0.81	0.83	0.79	0.75	0.82	Jul.	0.72	0.91	0.72	0.77	0.80	0.74	0.77
Aug.	0.73	0.61	0.49	0.29	0.31	0.43	0.48	Aug.	0.68	0.62	0.46	0.18	0.30	0.38	0.43
Sep.	0.63	0.65	0.34	0.49	0.33	0.48	0.49	Sep.	0.42	0.72	0.33	0.43	0.37	0.48	0.46
Oct.	0.99	1.33	1.54	1.88	1.51	1.28	1.42	Oct.	0.90	1.18	1.76	2.22	1.70	1.28	1.51
Nov.	0.89	0.84	1.07	0.83	1.11	1.17	0.98	Nov.	1.24	0.97	1.38	1.03	1.03	1.14	1.13
Dec.	0.57	1.07	0.64	1.21	0.86	0.14	0.75	Dec.	0.00	1.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.50
TOTAL	0.82	0.82	0.79	0.81	0.85	0.87	0.83	TOTAL	0.72	0.77	0.77	0.78	0.88	0.88	0.80
Threshold = 50 mm															
MNTH	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL								
Jan.	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.00	0.17								
Feb.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.17								
Mar.	0.89	0.22	2.78	1.00	0.44	1.22	1.09								
Apr.	0.00	0.00	0.00	0.00	4.83	0.00	0.81								
May.	0.37	0.29	0.46	0.37	0.60	1.09	0.53								
Jun.	0.69	0.07	0.55	0.17	0.28	0.97	0.45								
Jul.	0.59	1.06	0.61	1.15	0.85	0.99	0.87								
Aug.	0.47	0.71	0.49	0.02	0.33	0.33	0.39								
Sep.	0.40	0.60	0.53	0.47	0.07	1.07	0.52								
Oct.	0.94	1.75	3.00	3.38	1.00	1.44	1.92								
Nov.	3.00	2.00	4.00	1.00	0.00	1.00	1.83								
Dec.	-	-	-	-	-	-	-								
TOTAL	0.56	0.74	0.77	0.79	0.69	0.90	0.74								

3.2.2.5 RDAPS(KWRF 10km L40: N512L70 경계장) ASOS 강수검증

표 3.2.32 RDAPS(KWRF 10km L40: N512L70 경계장) 한반도 76개 지점에 대한 강수 TS

Threshold = 0.1 mm								Threshold = 5 mm							
MONIH	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL	MONIH	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL
Jan.	0.51	0.47	0.43	0.38	0.35	0.34	0.41	Jan.	0.57	0.60	0.46	0.39	0.32	0.21	0.42
Feb.	0.53	0.46	0.43	0.41	0.43	0.43	0.44	Feb.	0.47	0.43	0.36	0.49	0.48	0.41	0.44
Mar.	0.47	0.41	0.45	0.43	0.42	0.38	0.42	Mar.	0.71	0.69	0.66	0.58	0.53	0.53	0.60
Apr.	0.59	0.57	0.54	0.51	0.49	0.51	0.53	Apr.	0.56	0.54	0.42	0.42	0.31	0.37	0.43
May.	0.51	0.53	0.50	0.53	0.51	0.47	0.51	May.	0.71	0.71	0.74	0.72	0.60	0.50	0.66
Jun.	0.44	0.41	0.37	0.33	0.33	0.29	0.36	Jun.	0.28	0.38	0.31	0.22	0.28	0.17	0.27
Jul.	0.52	0.51	0.51	0.49	0.49	0.45	0.49	Jul.	0.39	0.37	0.35	0.32	0.32	0.30	0.34
Aug.	0.43	0.41	0.39	0.39	0.42	0.40	0.41	Aug.	0.40	0.34	0.29	0.29	0.30	0.30	0.32
Sep.	0.54	0.51	0.48	0.42	0.43	0.43	0.47	Sep.	0.43	0.40	0.31	0.31	0.32	0.27	0.34
Oct.	0.47	0.45	0.37	0.35	0.32	0.33	0.38	Oct.	0.39	0.32	0.25	0.24	0.23	0.21	0.26
Nov.	0.63	0.60	0.57	0.50	0.46	0.52	0.54	Nov.	0.52	0.46	0.40	0.35	0.32	0.29	0.38
Dec.	0.58	0.51	0.48	0.46	0.43	0.39	0.47	Dec.	0.50	0.42	0.26	0.28	0.34	0.23	0.33
TOTAL	0.52	0.49	0.46	0.44	0.43	0.42	0.46	TOTAL	0.46	0.43	0.38	0.36	0.35	0.31	0.38
Threshold = 15 mm								Threshold = 25 mm							
MONIH	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL	MONIH	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL
Jan.	0.45	0.33	0.16	0.18	0.14	0.13	0.23	Jan.	0.19	0.11	0.00	0.13	0.00	0.00	0.07
Feb.	0.52	0.31	0.39	0.52	0.40	0.33	0.40	Feb.	0.38	0.10	0.33	0.20	0.40	0.20	0.26
Mar.	0.54	0.60	0.64	0.69	0.55	0.59	0.60	Mar.	0.55	0.50	0.65	0.53	0.36	0.36	0.45
Apr.	0.39	0.42	0.22	0.32	0.24	0.25	0.30	Apr.	0.37	0.33	0.08	0.18	0.18	0.14	0.19
May.	0.67	0.68	0.69	0.71	0.52	0.37	0.60	May.	0.46	0.48	0.50	0.45	0.41	0.32	0.44
Jun.	0.19	0.28	0.18	0.22	0.22	0.13	0.20	Jun.	0.16	0.17	0.03	0.19	0.18	0.08	0.14
Jul.	0.26	0.22	0.24	0.22	0.19	0.20	0.22	Jul.	0.18	0.17	0.18	0.18	0.12	0.15	0.16
Aug.	0.28	0.23	0.24	0.19	0.16	0.20	0.21	Aug.	0.23	0.18	0.13	0.13	0.10	0.14	0.15
Sep.	0.26	0.23	0.18	0.17	0.20	0.15	0.20	Sep.	0.09	0.09	0.05	0.08	0.05	0.06	0.07
Oct.	0.41	0.23	0.19	0.20	0.23	0.15	0.22	Oct.	0.38	0.15	0.14	0.16	0.19	0.10	0.16
Nov.	0.56	0.57	0.55	0.34	0.47	0.46	0.49	Nov.	0.30	0.43	0.50	0.36	0.40	0.37	0.39
Dec.	0.12	0.12	0.07	0.00	0.10	0.13	0.09	Dec.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	0.35	0.32	0.30	0.29	0.26	0.24	0.29	TOTAL	0.25	0.23	0.21	0.22	0.18	0.16	0.20
Threshold = 50 mm															
MONTH	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL								
Jan.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00								
Feb.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00								
Mar.	0.00	0.22	0.31	0.47	0.21	0.08	0.22								
Apr.	0.33	0.17	0.14	0.00	0.04	0.06	0.08								
May.	0.49	0.47	0.40	0.43	0.38	0.22	0.39								
Jun.	0.06	0.03	0.00	0.05	0.10	0.04	0.05								
Jul.	0.11	0.11	0.14	0.14	0.04	0.06	0.10								
Aug.	0.05	0.09	0.06	0.03	0.02	0.04	0.05								
Sep.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00								
Oct.	0.45	0.12	0.05	0.00	0.09	0.03	0.08								
Nov.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00								
Dec.	-	0.00	-	-	-	-	0.00								
TOTAL	0.15	0.14	0.14	0.12	0.09	0.06	0.11								

표 3.2.33 RDAPS(KWRF 10km L40: N512L70 경계장) 한반도 76개 지점에 대한 강수 ETS

Threshold = 0.1 mm								Threshold = 5 mm							
MNTH	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL	MNTH	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL
Jan.	0.43	0.39	0.33	0.28	0.26	0.24	0.32	Jan.	0.56	0.58	0.45	0.38	0.31	0.20	0.40
Feb.	0.46	0.37	0.34	0.32	0.33	0.33	0.35	Feb.	0.45	0.41	0.35	0.47	0.46	0.38	0.42
Mar.	0.43	0.36	0.40	0.37	0.35	0.31	0.37	Mar.	0.70	0.68	0.64	0.56	0.52	0.51	0.59
Apr.	0.50	0.46	0.43	0.39	0.36	0.39	0.42	Apr.	0.53	0.51	0.39	0.38	0.27	0.33	0.39
May.	0.43	0.45	0.42	0.45	0.43	0.40	0.43	May.	0.69	0.69	0.73	0.70	0.57	0.47	0.64
Jun.	0.32	0.28	0.25	0.21	0.20	0.15	0.23	Jun.	0.25	0.34	0.27	0.19	0.24	0.14	0.23
Jul.	0.27	0.25	0.24	0.21	0.21	0.17	0.22	Jul.	0.29	0.26	0.23	0.20	0.20	0.18	0.22
Aug.	0.30	0.27	0.25	0.25	0.28	0.26	0.27	Aug.	0.36	0.28	0.24	0.23	0.24	0.24	0.26
Sep.	0.45	0.41	0.38	0.33	0.33	0.33	0.37	Sep.	0.39	0.36	0.27	0.27	0.28	0.23	0.30
Oct.	0.41	0.39	0.29	0.27	0.24	0.25	0.30	Oct.	0.38	0.30	0.23	0.22	0.20	0.19	0.24
Nov.	0.55	0.51	0.47	0.39	0.34	0.41	0.44	Nov.	0.50	0.44	0.38	0.32	0.29	0.26	0.36
Dec.	0.51	0.43	0.39	0.38	0.33	0.29	0.38	Dec.	0.49	0.41	0.25	0.27	0.33	0.22	0.32
TOTAL	0.42	0.38	0.35	0.33	0.31	0.30	0.35	TOTAL	0.43	0.40	0.34	0.32	0.31	0.27	0.34
Threshold = 15 mm								Threshold = 25 mm							
MNTH	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL	MNTH	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL
Jan.	0.45	0.33	0.16	0.17	0.13	0.13	0.23	Jan.	0.19	0.10	0.00	0.12	0.00	0.00	0.07
Feb.	0.51	0.30	0.38	0.52	0.39	0.32	0.40	Feb.	0.38	0.09	0.33	0.20	0.40	0.20	0.26
Mar.	0.54	0.59	0.64	0.68	0.54	0.58	0.59	Mar.	0.54	0.50	0.64	0.53	0.36	0.35	0.45
Apr.	0.38	0.41	0.21	0.30	0.22	0.24	0.28	Apr.	0.37	0.33	0.08	0.18	0.18	0.14	0.18
May.	0.66	0.67	0.67	0.70	0.50	0.35	0.59	May.	0.45	0.47	0.48	0.43	0.40	0.30	0.42
Jun.	0.18	0.27	0.17	0.21	0.20	0.11	0.19	Jun.	0.15	0.17	0.02	0.18	0.17	0.07	0.13
Jul.	0.21	0.17	0.18	0.16	0.13	0.13	0.16	Jul.	0.16	0.14	0.15	0.15	0.09	0.11	0.13
Aug.	0.25	0.21	0.21	0.17	0.13	0.17	0.18	Aug.	0.22	0.17	0.12	0.12	0.08	0.12	0.13
Sep.	0.24	0.21	0.16	0.15	0.19	0.13	0.18	Sep.	0.08	0.08	0.05	0.07	0.05	0.05	0.06
Oct.	0.40	0.22	0.18	0.19	0.22	0.14	0.21	Oct.	0.37	0.15	0.13	0.16	0.18	0.10	0.16
Nov.	0.56	0.56	0.54	0.33	0.47	0.45	0.48	Nov.	0.29	0.43	0.50	0.36	0.40	0.37	0.39
Dec.	0.12	0.12	0.07	0.00	0.09	0.13	0.09	Dec.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	0.34	0.31	0.28	0.28	0.24	0.22	0.27	TOTAL	0.24	0.22	0.20	0.21	0.17	0.15	0.19
Threshold = 50 mm															
MNTH	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL								
Jan.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00								
Feb.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00								
Mar.	0.00	0.22	0.31	0.47	0.21	0.08	0.22								
Apr.	0.33	0.17	0.14	0.00	0.04	0.05	0.08								
May.	0.48	0.47	0.40	0.42	0.38	0.21	0.39								
Jun.	0.06	0.03	0.00	0.05	0.10	0.03	0.05								
Jul.	0.11	0.10	0.14	0.13	0.03	0.05	0.09								
Aug.	0.05	0.09	0.06	0.02	0.02	0.04	0.04								
Sep.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00								
Oct.	0.45	0.12	0.05	0.00	0.09	0.02	0.07								
Nov.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00								
Dec.	-	0.00	-	-	-	-	0.00								
TOTAL	0.15	0.14	0.13	0.12	0.09	0.06	0.11								

표 3.2.34 RDAPS(KWRF 10km L40: N512L70 경계장) 한반도 76개 지점에 대한 강수 BIAS

Threshold = 0.1 mm								Threshold = 5 mm							
MNTH	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL	MNTH	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL
Jan.	1.63	1.73	1.75	1.67	1.68	1.74	1.70	Jan.	0.72	0.79	0.81	0.72	0.67	0.56	0.71
Feb.	1.05	1.25	1.28	1.37	1.61	1.67	1.37	Feb.	0.78	0.74	0.51	0.92	1.28	1.50	0.96
Mar.	1.05	1.30	1.49	1.65	1.87	1.94	1.55	Mar.	0.86	0.95	0.98	1.26	1.52	1.67	1.21
Apr.	1.10	1.22	1.21	1.29	1.39	1.35	1.26	Apr.	0.87	0.94	0.86	0.97	1.10	1.17	0.98
May.	1.30	1.30	1.34	1.27	1.26	1.16	1.27	May.	1.00	1.02	1.00	1.07	1.04	1.01	1.02
Jun.	1.24	1.30	1.30	1.26	1.44	1.37	1.32	Jun.	0.93	1.10	1.06	1.04	1.30	1.13	1.09
Jul.	1.44	1.50	1.65	1.66	1.58	1.66	1.58	Jul.	1.26	1.47	1.66	1.72	1.58	1.73	1.57
Aug.	1.35	1.31	1.32	1.42	1.41	1.44	1.37	Aug.	0.96	1.00	0.97	1.32	1.39	1.31	1.16
Sep.	0.95	0.96	0.96	0.79	0.81	0.86	0.89	Sep.	0.88	0.95	0.91	0.77	0.79	0.80	0.85
Oct.	1.07	1.33	1.69	1.71	1.67	1.65	1.52	Oct.	1.03	1.76	2.23	2.35	2.02	2.15	1.92
Nov.	0.96	1.15	1.23	1.24	1.18	1.17	1.16	Nov.	0.82	1.02	1.02	0.89	0.92	1.02	0.95
Dec.	1.23	1.50	1.59	1.61	1.62	1.68	1.54	Dec.	1.15	1.36	1.19	1.46	1.13	1.27	1.26
TOTAL	1.22	1.32	1.39	1.40	1.43	1.45	1.37	TOTAL	0.98	1.12	1.14	1.23	1.26	1.30	1.17
Threshold = 15 mm								Threshold = 25 mm							
MNTH	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL	MNTH	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL
Jan.	0.78	0.59	0.38	0.38	0.29	0.47	0.48	Jan.	0.46	0.62	0.38	0.38	0.38	0.46	0.45
Feb.	0.81	0.71	0.65	0.90	1.17	1.71	0.99	Feb.	0.71	0.35	0.65	0.76	1.06	1.82	0.89
Mar.	0.63	0.87	0.91	1.22	1.39	1.58	1.10	Mar.	0.55	0.64	0.91	1.61	2.50	2.64	1.47
Apr.	1.04	0.99	1.17	1.35	1.50	2.14	1.36	Apr.	0.64	0.78	1.14	1.86	2.39	3.69	1.75
May.	0.83	0.94	0.98	0.94	0.80	0.73	0.87	May.	0.83	1.11	1.24	1.13	0.88	0.72	0.98
Jun.	0.52	0.67	0.79	0.81	1.10	0.86	0.79	Jun.	0.38	0.36	0.36	0.69	1.06	0.67	0.59
Jul.	0.89	1.15	1.31	1.41	1.33	1.45	1.26	Jul.	0.68	0.85	1.11	1.27	1.03	1.37	1.05
Aug.	0.81	0.91	0.93	1.12	1.31	1.40	1.08	Aug.	0.70	0.84	0.95	1.09	1.22	1.42	1.04
Sep.	0.69	0.77	0.64	0.61	0.71	0.76	0.70	Sep.	0.65	0.54	0.45	0.47	0.62	0.81	0.59
Oct.	0.94	1.74	2.16	2.38	2.11	2.88	2.03	Oct.	0.68	1.72	2.40	2.40	2.32	3.46	2.16
Nov.	0.75	0.80	0.84	0.55	1.13	1.17	0.88	Nov.	0.66	0.83	1.07	0.69	1.66	1.93	1.14
Dec.	1.00	1.71	1.07	1.21	0.64	0.86	1.08	Dec.	2.00	2.00	3.00	6.00	1.00	5.00	3.17
TOTAL	0.80	0.97	1.03	1.11	1.16	1.29	1.06	TOTAL	0.66	0.83	1.01	1.15	1.19	1.42	1.04
Threshold = 50 mm															
MNTH	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL								
Jan.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00								
Feb.	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	3.00	0.67								
Mar.	0.00	0.22	0.89	1.78	3.44	2.00	1.39								
Apr.	0.33	0.17	0.33	0.83	3.17	5.33	1.69								
May.	0.66	0.97	1.20	0.91	1.17	0.60	0.92								
Jun.	0.24	0.17	0.10	0.45	0.86	0.93	0.46								
Jul.	0.53	0.65	0.88	0.97	0.93	0.99	0.82								
Aug.	0.42	0.58	0.91	1.31	1.20	1.18	0.93								
Sep.	0.40	0.33	0.20	0.13	1.00	0.60	0.44								
Oct.	0.81	0.75	2.63	2.69	2.63	4.06	2.26								
Nov.	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	2.00	0.50								
Dec.	-	-	-	-	-	-	-								
TOTAL	0.47	0.58	0.89	1.04	1.24	1.27	0.92								

3.3 국지예보모델

3.3.1 국지예보모델 지상변수 예측 성능



그림 3.3.1 국지예보모델(LDAPS)의 2013년 지상변수의 예보시간별 RMSE((a): 기온, (b): 상대습도, (c): 풍속) 및 Bias((d): 기온, (e): 상대습도, (f): 풍속)의 변화

3.3.1.1 지상 관측자료를 이용한 LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 지상 검증

표 3.3.1 LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 지상기온의 Mean Error [°C] 지상 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
6H	-0.22	0.03	-0.16	0.17	0.48	0.53	0.43	0.49	0.20	0.03	-0.35	-0.43	0.10
12H	0.19	0.00	-0.17	-0.16	0.12	0.16	0.04	0.37	0.61	0.71	0.24	0.23	0.20
18H	-0.06	0.15	-0.34	0.07	0.14	0.25	0.28	0.57	0.48	0.27	-0.16	-0.22	0.12
24H	0.29	0.09	-0.20	-0.08	0.06	0.12	0.13	0.57	0.85	0.95	0.50	0.31	0.30

표 3.3.2 LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 지상기온의 RMSE [°C] 지상 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
6H	2.33	1.88	2.04	2.09	2.15	1.98	1.90	2.03	1.75	2.08	2.18	2.35	2.06
12H	2.46	1.89	1.99	1.87	1.98	1.78	1.64	1.81	1.81	2.12	2.15	2.37	1.99
18H	2.21	1.93	2.11	2.15	2.27	1.99	2.02	2.12	1.97	2.23	2.15	2.27	2.12
24H	2.47	1.94	2.02	1.96	2.10	1.79	1.71	1.90	1.95	2.32	2.23	2.46	2.07

표 3.3.3 LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 지상 상대습도의 Mean Error [m] 지상 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
6H	4.08	1.27	0.73	-1.71	-5.30	-5.99	-4.50	-5.20	-4.17	-4.17	-0.93	1.72	-2.01
12H	2.13	0.36	0.35	-0.42	-4.54	-5.89	-2.33	-5.30	-7.18	-9.32	-3.34	-0.17	-2.97
18H	2.19	-0.05	0.52	-2.16	-5.26	-6.84	-3.73	-5.83	-6.27	-6.16	-1.31	1.12	-2.82
24H	1.32	0.21	-0.50	-1.07	-5.41	-7.14	-3.47	-6.96	-8.56	-10.24	-3.11	0.13	-3.73

표 3.3.4 LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 지상 상대습도의 RMSE [m] 지상 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
6H	15.25	13.76	13.55	13.41	13.87	12.97	11.74	12.47	11.46	12.54	12.80	14.17	13.17
12H	15.44	15.67	16.10	13.90	15.20	14.16	10.55	13.02	14.51	16.68	14.53	15.00	14.56
18H	14.84	14.21	14.18	14.18	15.05	14.08	11.62	13.34	13.61	14.43	12.90	14.19	13.89
24H	15.77	16.17	16.29	14.46	16.18	14.62	10.89	14.00	15.60	18.10	15.23	15.32	15.22

표 3.3.5 LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 지상 풍속의 Mean Error [m/s] 지상 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
6H	1.21	1.21	1.19	1.41	1.26	0.99	1.46	1.15	1.12	1.35	1.37	1.19	1.24
12H	1.35	1.25	1.18	1.27	1.13	0.94	1.33	1.10	1.16	1.47	1.42	1.32	1.24
18H	1.33	1.29	1.21	1.50	1.23	1.02	1.37	1.14	1.11	1.40	1.44	1.34	1.28
24H	1.37	1.25	1.17	1.27	1.08	0.89	1.34	1.04	1.20	1.49	1.46	1.42	1.25

표 3.3.6 LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 지상 풍속의 RMSE [m/s] 지상 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
6H	2.15	2.13	2.12	2.36	2.07	1.71	2.31	1.88	1.83	2.17	2.36	2.21	2.11
12H	2.18	2.11	2.07	2.20	1.98	1.67	2.17	1.81	1.89	2.25	2.32	2.19	2.07
18H	2.23	2.18	2.11	2.42	2.06	1.74	2.22	1.87	1.84	2.21	2.42	2.29	2.13
24H	2.20	2.14	2.08	2.25	1.95	1.66	2.17	1.78	1.93	2.28	2.35	2.31	2.09

3.3.1.2 LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 분석장 검증

표 3.3.7 LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 850hPa 기온의 Mean Error [°C] 분석장 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
6H	0.04	0.07	0.05	0.07	0.08	0.21	0.20	0.20	0.16	0.07	0.04	0.02	0.10
12H	-0.19	-0.10	-0.06	0.11	0.19	0.36	0.36	0.35	0.16	-0.04	-0.07	-0.21	0.07
18H	0.07	0.06	0.00	0.17	0.24	0.44	0.39	0.39	0.22	-0.01	0.01	-0.07	0.16
24H	-0.17	-0.04	-0.07	0.18	0.29	0.55	0.53	0.50	0.20	-0.08	-0.08	-0.25	0.13

표 3.3.8 LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 850hPa 기온의 RMSE [°C] 분석장 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
6H	0.53	0.53	0.52	0.51	0.56	0.56	0.62	0.65	0.56	0.59	0.53	0.51	0.56
12H	0.82	0.78	0.79	0.76	0.83	0.87	0.88	0.94	0.80	0.86	0.77	0.80	0.83
18H	0.93	0.91	0.95	0.92	1.02	1.04	1.00	1.11	0.94	1.06	0.90	0.89	0.97
24H	0.99	1.00	1.03	0.98	1.07	1.14	1.11	1.19	0.97	1.08	0.96	0.93	1.04

표 3.3.9 LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 500hPa 고도의 Mean Error [°C] 분석장 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	-0.24	0.47	0.45	0.07	-1.07	-0.62	0.03	-0.33	-0.47	-0.97	-2.20	-2.17	-0.59
24H	-3.47	-2.93	-1.00	-1.42	-1.32	-0.61	-0.21	-0.05	-0.48	-2.02	-3.81	-4.56	-1.82
36H	-1.09	-0.15	-0.26	-0.17	-1.52	-1.03	-0.61	-0.30	-0.39	-2.60	-3.30	-3.04	-1.21
48H	-2.57	-0.41	-0.36	0.43	-0.73	0.13	-0.34	0.57	0.51	-2.74	-4.26	-5.40	-1.26

표 3.3.10 LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 500hPa 고도의 RMSE [°C] 분석장 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
6H	3.02	3.18	2.89	3.04	3.07	2.67	3.06	3.00	2.84	3.03	3.69	3.52	3.08
12H	5.51	5.16	4.38	4.69	4.12	3.67	4.11	4.07	3.70	4.44	5.40	5.85	4.59
18H	5.46	5.77	6.07	6.05	5.61	5.01	4.93	4.92	5.08	5.62	6.45	6.42	5.62
24H	6.49	6.88	7.32	7.24	5.92	5.91	5.69	5.68	5.91	6.63	7.55	7.99	6.60

표 3.3.11 LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 300hPa 풍속의 Mean Error [m/s] 분석장 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
6H	-0.44	-0.37	-0.27	-0.27	-0.01	-0.01	-0.02	-0.07	0.08	0.05	-0.16	-0.24	-0.14
12H	-0.75	-1.03	-0.69	-0.70	-0.28	-0.06	-0.17	-0.03	0.20	0.00	-0.32	-0.52	-0.36
18H	-0.72	-0.36	-0.52	-0.47	-0.26	-0.35	-0.27	-0.20	-0.02	-0.14	-0.48	-0.30	-0.34
24H	-0.80	-0.42	-0.73	-0.58	-0.45	-0.57	-0.37	-0.32	-0.20	-0.14	-0.37	-0.45	-0.45

표 3.3.12 LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 300hPa 풍속의 RMSE [m/s] 분석장 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
6H	1.41	1.74	1.53	1.60	1.60	1.80	2.45	2.21	1.65	1.52	1.48	1.46	1.70
12H	2.44	3.34	2.89	2.96	2.99	3.33	3.87	3.26	3.04	2.71	2.57	2.53	2.99
18H	3.37	4.09	4.11	4.11	4.28	4.62	4.73	4.13	4.17	3.59	3.42	3.39	4.00
24H	3.90	4.77	4.62	4.90	4.76	5.19	5.17	4.53	4.63	4.18	3.99	3.88	4.54

3.3.1.3 존재자료를 이용한 LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 검증

표 3.3.13 LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 850hPa 기온의 Mean Error [°C] 관측 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
6H	-0.40	-0.59	-0.63	-0.35	-0.18	0.06	0.01	-0.09	-0.14	-0.46	-0.40	-0.49	-0.31
12H	-0.62	-0.74	-0.69	-0.28	-0.04	0.27	0.25	0.07	-0.19	-0.53	-0.50	-0.75	-0.31
18H	-0.34	-0.57	-0.61	-0.22	0.01	0.32	0.27	0.20	-0.09	-0.51	-0.44	-0.59	-0.21
24H	-0.54	-0.63	-0.71	-0.19	0.05	0.43	0.40	0.29	-0.06	-0.59	-0.56	-0.77	-0.24

표 3.3.14 LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 850hPa 기온의 RMSE [°C] 관측 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
6H	1.84	2.28	2.21	1.77	1.32	1.07	1.19	1.09	1.16	1.57	1.68	1.80	1.58
12H	1.93	2.29	2.21	1.75	1.26	1.15	1.28	1.06	1.17	1.60	1.69	1.85	1.60
18H	1.92	2.31	2.21	1.74	1.32	1.22	1.30	1.19	1.20	1.65	1.70	1.78	1.63
24H	1.95	2.34	2.22	1.79	1.30	1.23	1.33	1.17	1.21	1.64	1.75	1.84	1.65

표 3.3.15 LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 500hPa 고도의 Mean Error [m] 관측 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
6H	-10.23	-13.32	-8.90	-8.19	-4.74	-0.45	0.99	-0.13	-2.20	-4.43	-9.98	-10.09	-5.97
12H	-13.35	-16.67	-10.19	-9.55	-4.94	-0.50	0.83	-0.11	-2.34	-5.66	-11.35	-12.52	-7.20
18H	-10.93	-13.78	-9.20	-8.42	-4.96	-0.94	0.11	-0.48	-2.08	-6.06	-10.77	-10.96	-6.54
24H	-12.47	-14.20	-9.60	-7.76	-4.50	0.32	0.69	0.49	-1.07	-6.07	-11.68	-13.29	-6.60

표 3.3.16 LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 500hPa 고도의 RMSE [m] 관측 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
6H	32.36	42.39	33.19	31.08	16.51	13.84	14.64	13.04	17.91	19.26	28.05	30.05	24.36
12H	33.52	43.75	33.54	31.61	16.58	14.03	14.78	13.13	17.90	19.71	28.87	31.09	24.88
18H	32.66	42.72	33.49	31.16	16.87	14.34	14.74	12.99	18.27	19.91	28.64	30.69	24.71
24H	33.24	42.98	33.55	31.49	16.89	14.72	15.06	13.84	18.52	20.38	29.34	31.81	25.15

표 3.3.17 LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 300hPa 풍속의 Mean Error [m/s] 관측 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
6H	-1.86	-0.91	-0.79	-1.02	-0.18	-0.17	0.41	0.14	0.41	-0.59	-1.54	-1.60	-0.64
12H	-2.29	-1.70	-1.27	-1.44	-0.51	-0.30	0.39	0.04	0.46	-0.66	-1.81	-1.82	-0.91
18H	-2.15	-1.01	-1.26	-1.18	-0.49	-0.50	0.23	0.02	0.26	-0.75	-1.79	-1.55	-0.85
24H	-2.28	-1.07	-1.43	-1.27	-0.64	-0.82	0.03	0.02	-0.03	-0.82	-1.78	-1.72	-0.98

표 3.3.18 LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 300hPa 풍속의 RMSE [m/s] 관측 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
6H	6.70	6.78	6.45	7.18	6.55	6.48	6.57	6.11	6.46	5.72	7.02	7.28	6.61
12H	7.01	7.24	6.83	7.41	6.94	6.89	6.79	6.01	6.51	5.73	7.13	7.46	6.83
18H	7.15	7.41	7.06	7.71	6.99	7.18	7.17	6.46	6.81	5.99	7.37	7.46	7.06
24H	7.48	7.90	7.29	8.19	7.20	7.53	7.29	6.82	7.04	6.16	7.65	7.73	7.36

3.4 앙상블 모델

3.4.1 앙상블모델 성능 변화 추세

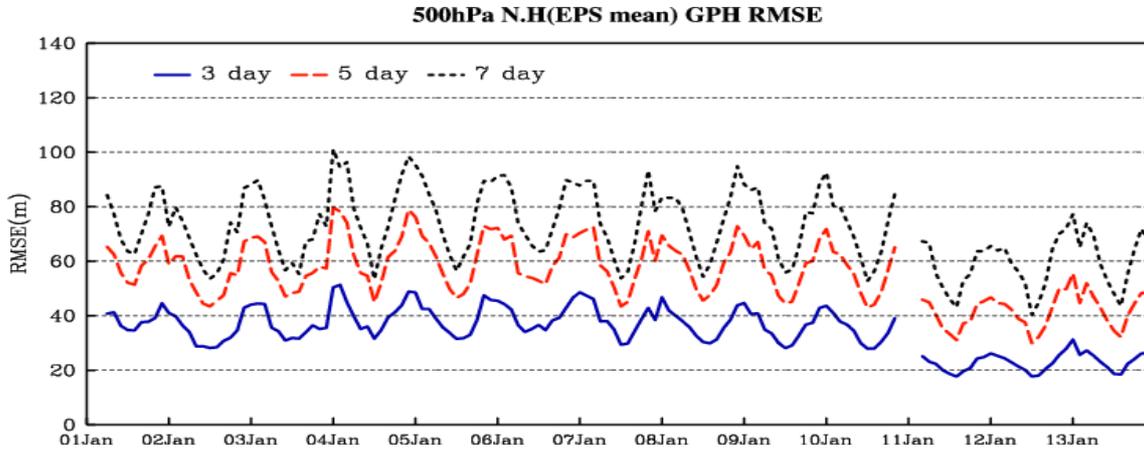


그림 3.4.1 EPS 북반구 500hPa 고도의 예측 시간별 월평균 RMSE

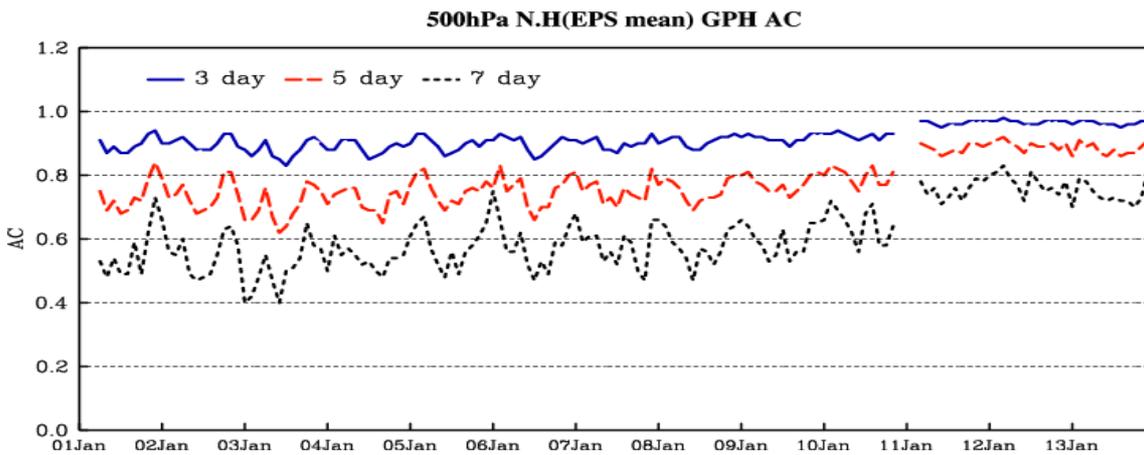


그림 3.4.2 EPS 북반구 500hPa 고도의 예측 시간별 월평균 이상상관 계수

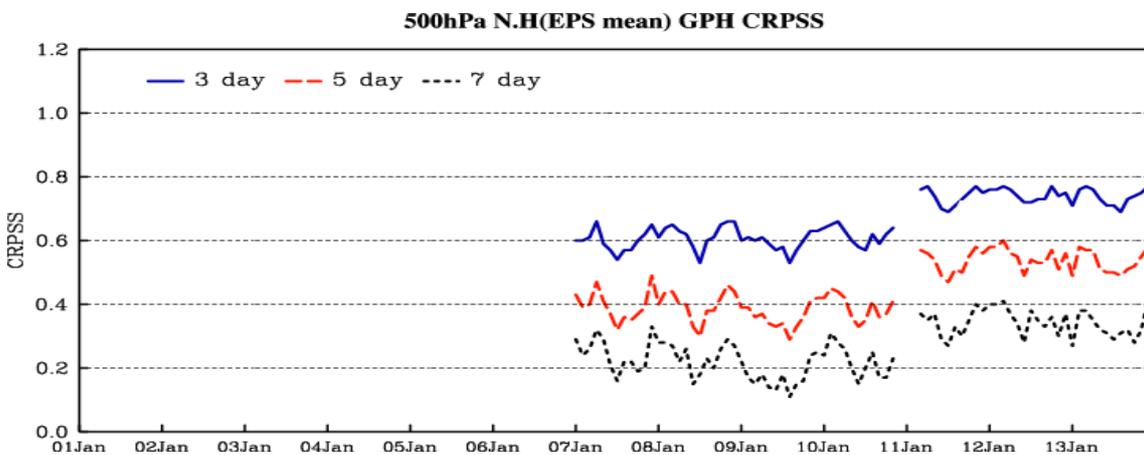


그림 3.4.3 EPS 북반구 500hPa 고도의 예측 시간별 월평균 CRPSS

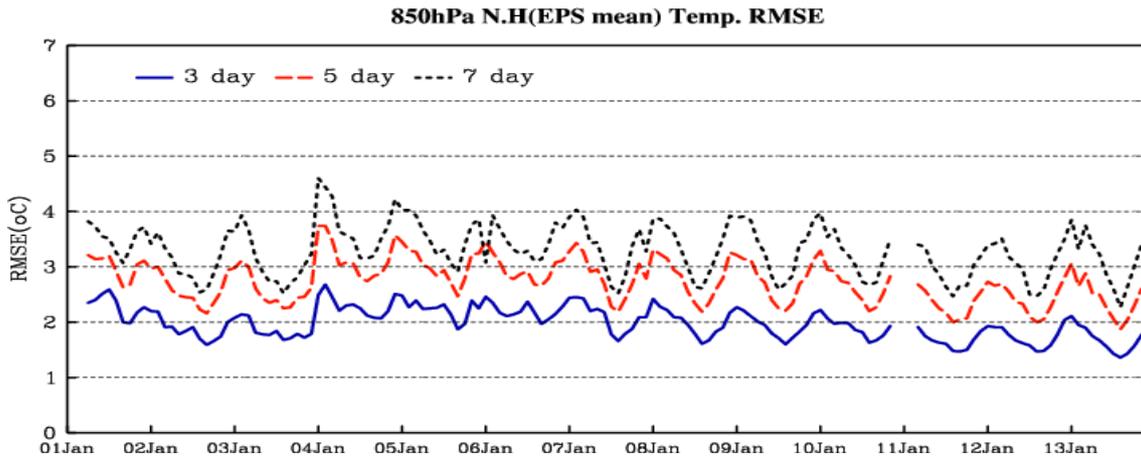


그림 3.4.4 EPS 북반구 850hPa 기온의 예측 시간별 월평균 RMSE

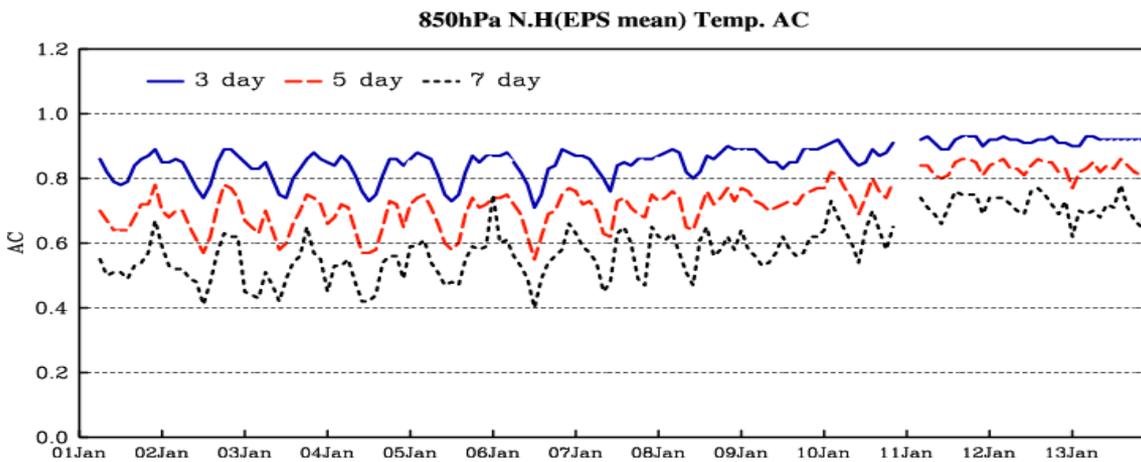


그림 3.4.5 EPS 북반구 850hPa 기온의 예측 시간별 월평균 이상상관 계수

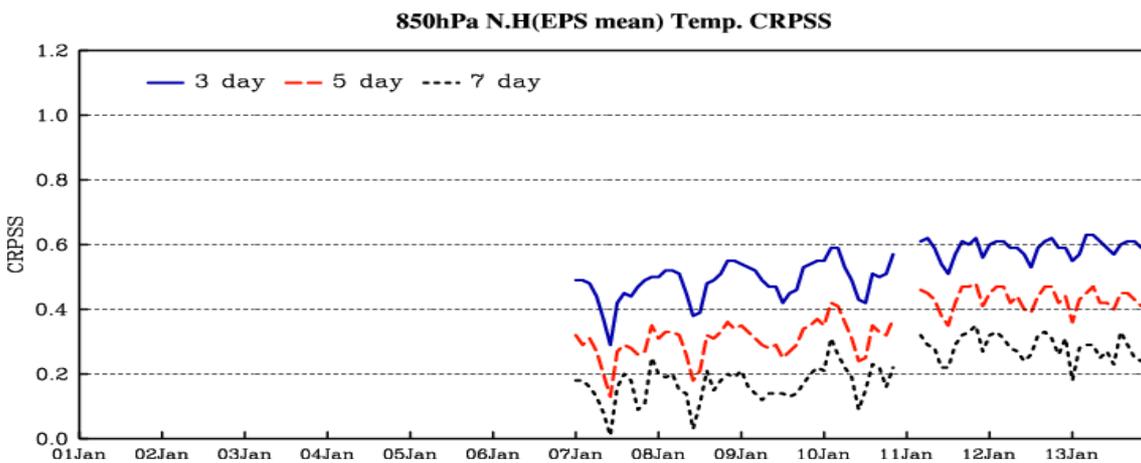


그림 3.4.6 EPS 북반구 850hPa 기온의 예측 시간별 월평균 CRPSS

3.4.2 앙상블모델 분석검증

표 3.4.1 앙상블 북반구 500hPa 고도 RMSE [m] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	10.44	9.60	9.36	8.35	8.07	7.60	6.85	6.85	7.56	8.13	8.88	9.35	8.42
72H	31.22	25.65	27.27	25.37	23.10	21.18	18.66	18.44	22.37	24.14	26.15	26.40	24.16
120H	55.46	44.65	51.92	46.96	43.02	38.31	34.44	32.19	40.10	44.56	48.31	48.46	44.03
168H	77.27	65.19	74.02	69.48	58.99	52.90	48.03	43.61	55.43	64.58	71.83	67.36	62.39

표 3.4.2 앙상블 북반구 500hPa 고도 이상상관 계수 [무차원] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
72H	0.96	0.97	0.97	0.97	0.96	0.96	0.96	0.95	0.96	0.96	0.97	0.97	0.96
120H	0.86	0.91	0.89	0.90	0.87	0.86	0.88	0.86	0.87	0.87	0.89	0.91	0.88
168H	0.70	0.79	0.78	0.75	0.73	0.72	0.73	0.72	0.72	0.70	0.73	0.82	0.74

표 3.4.3 앙상블 북반구 500hPa 고도 CRPSS [무차원] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	0.90	0.91	0.92	0.92	0.90	0.89	0.89	0.88	0.90	0.90	0.92	0.92	0.90
72H	0.71	0.76	0.77	0.76	0.73	0.71	0.71	0.69	0.73	0.74	0.75	0.77	0.74
120H	0.49	0.58	0.57	0.57	0.51	0.50	0.50	0.49	0.51	0.52	0.55	0.58	0.53
168H	0.27	0.38	0.38	0.35	0.32	0.31	0.29	0.31	0.32	0.28	0.32	0.42	0.33

표 3.4.4 앙상블 북반구 500hPa 고도 +1 표준편차 이상 BSS [무차원] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	0.89	0.90	0.90	0.91	0.88	0.85	0.86	0.82	0.87	0.88	0.90	0.92	0.88
72H	0.72	0.78	0.77	0.77	0.73	0.69	0.69	0.64	0.71	0.72	0.72	0.78	0.73
120H	0.53	0.64	0.58	0.58	0.52	0.51	0.50	0.47	0.51	0.51	0.53	0.60	0.54
168H	0.32	0.44	0.41	0.38	0.33	0.34	0.31	0.31	0.33	0.31	0.30	0.42	0.35

표 3.4.5 앙상블 북반구 850hPa 기온 RMSE [m] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	1.20	1.08	1.07	0.96	0.91	0.88	0.86	0.82	0.83	0.91	1.04	1.15	0.98
72H	2.11	1.95	1.90	1.75	1.67	1.56	1.43	1.36	1.43	1.57	1.76	1.91	1.70
120H	3.06	2.65	2.88	2.52	2.50	2.26	2.06	1.87	2.04	2.30	2.59	2.73	2.46
168H	3.85	3.32	3.75	3.40	3.23	2.86	2.61	2.27	2.63	3.01	3.38	3.39	3.14

표 3.4.6 앙상블 북반구 850hPa 기온 이상상관 계수 [무차원] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	0.97	0.97	0.98	0.98	0.98	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
72H	0.90	0.90	0.93	0.93	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
120H	0.77	0.82	0.83	0.85	0.82	0.84	0.83	0.86	0.84	0.82	0.81	0.83	0.83
168H	0.62	0.70	0.69	0.70	0.68	0.72	0.71	0.78	0.71	0.67	0.65	0.73	0.70

표 3.4.7 앙상블 북반구 850hPa 기온 CRPSS [무차원] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	0.75	0.77	0.80	0.80	0.79	0.77	0.74	0.75	0.77	0.77	0.76	0.77	0.77
72H	0.55	0.57	0.63	0.63	0.61	0.59	0.57	0.60	0.61	0.61	0.59	0.60	0.60
120H	0.36	0.43	0.45	0.47	0.42	0.42	0.40	0.45	0.45	0.43	0.41	0.44	0.43
168H	0.18	0.28	0.29	0.29	0.25	0.27	0.23	0.33	0.29	0.25	0.24	0.31	0.27

표 3.4.8 앙상블 북반구 850hPa 기온 +1 표준편차 이상 BSS [무차원] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	0.74	0.76	0.78	0.77	0.78	0.75	0.71	0.72	0.76	0.76	0.75	0.74	0.75
72H	0.55	0.56	0.61	0.61	0.61	0.57	0.53	0.57	0.61	0.62	0.60	0.58	0.59
120H	0.36	0.42	0.44	0.45	0.43	0.40	0.38	0.43	0.47	0.47	0.44	0.44	0.43
168H	0.18	0.29	0.28	0.28	0.26	0.26	0.22	0.31	0.31	0.31	0.28	0.31	0.27

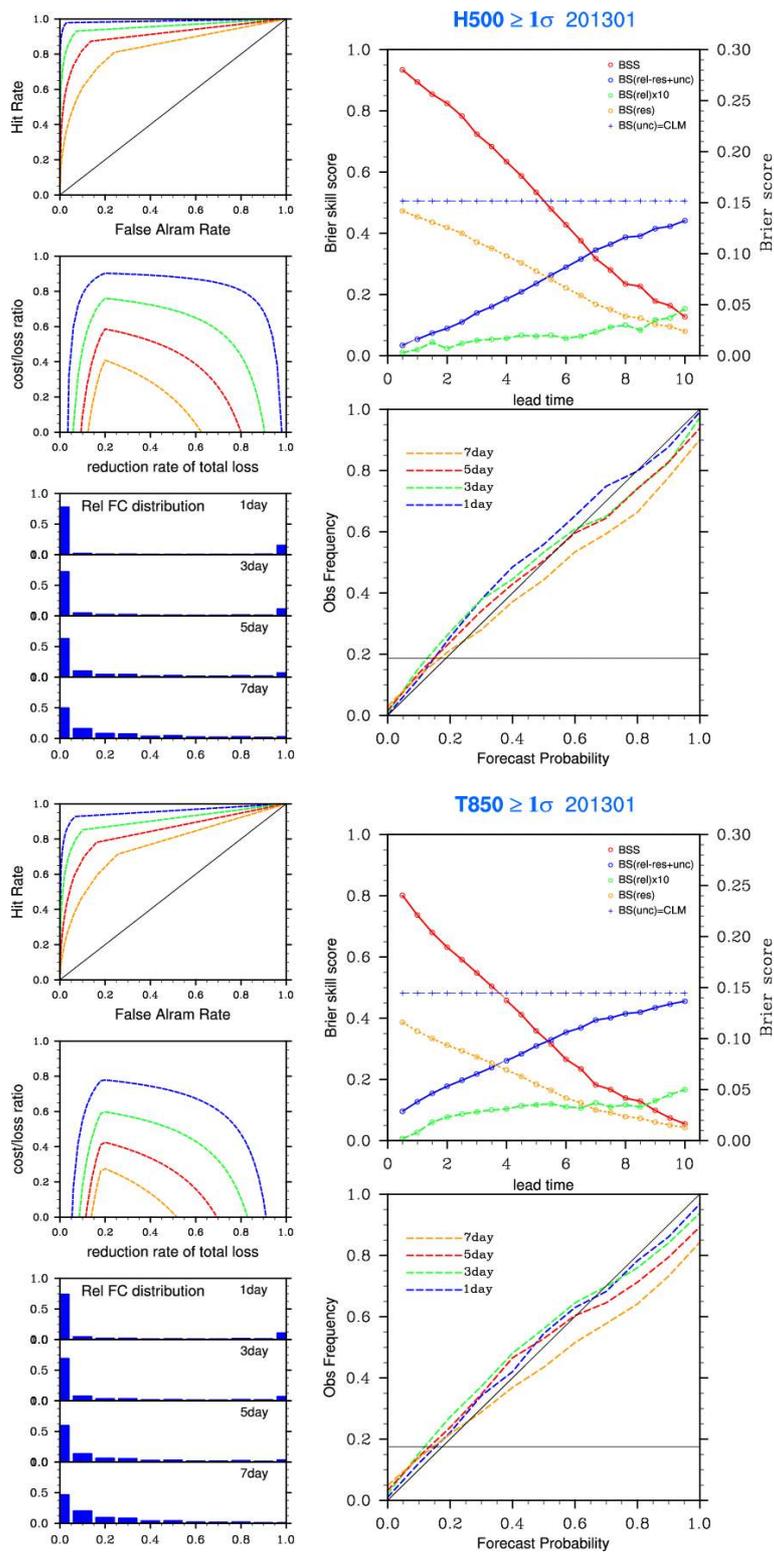


그림 3.4.7 2013년 1월 앙상블모델 북반구 500 hPa 고도(상)와 850hPa 기온(하)의 +1 표준편차에 대한 확률예측 성능 (왼쪽 상단부터 ROC curve, Economic Value, Rank histogram, 오른쪽 상단부터 Brier Score, Reliability Table)

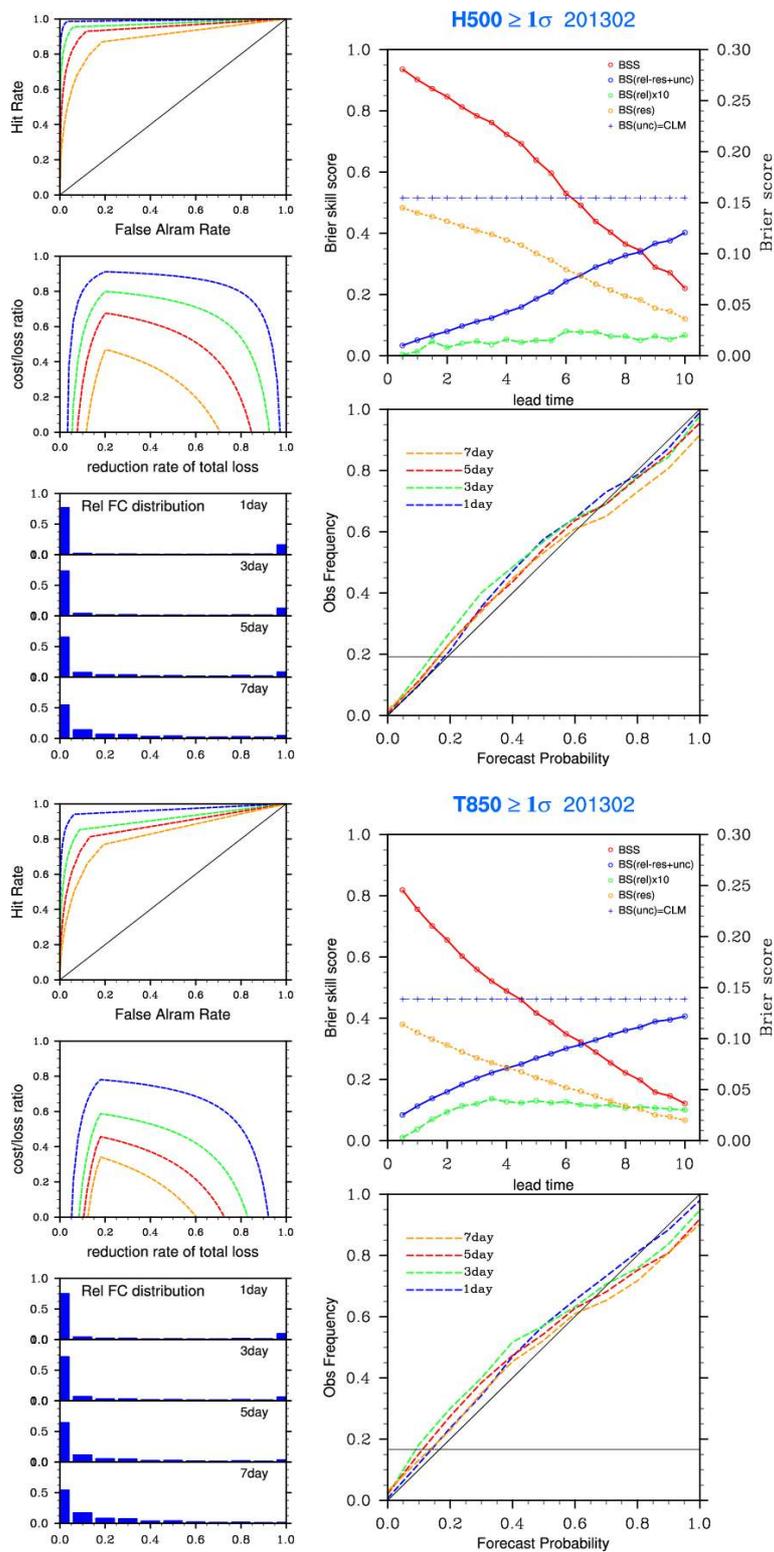


그림 3.4.8 2013년 2월 앙상블모델 북반구 500 hPa 고도(상)와 850hPa 기온(하)의 +1 표준편차에 대한 확률예측 성능 (왼쪽 상단부터 ROC curve, Economic Value, Rank histogram, 오른쪽 상단부터 Brier Score, Reliability Table)

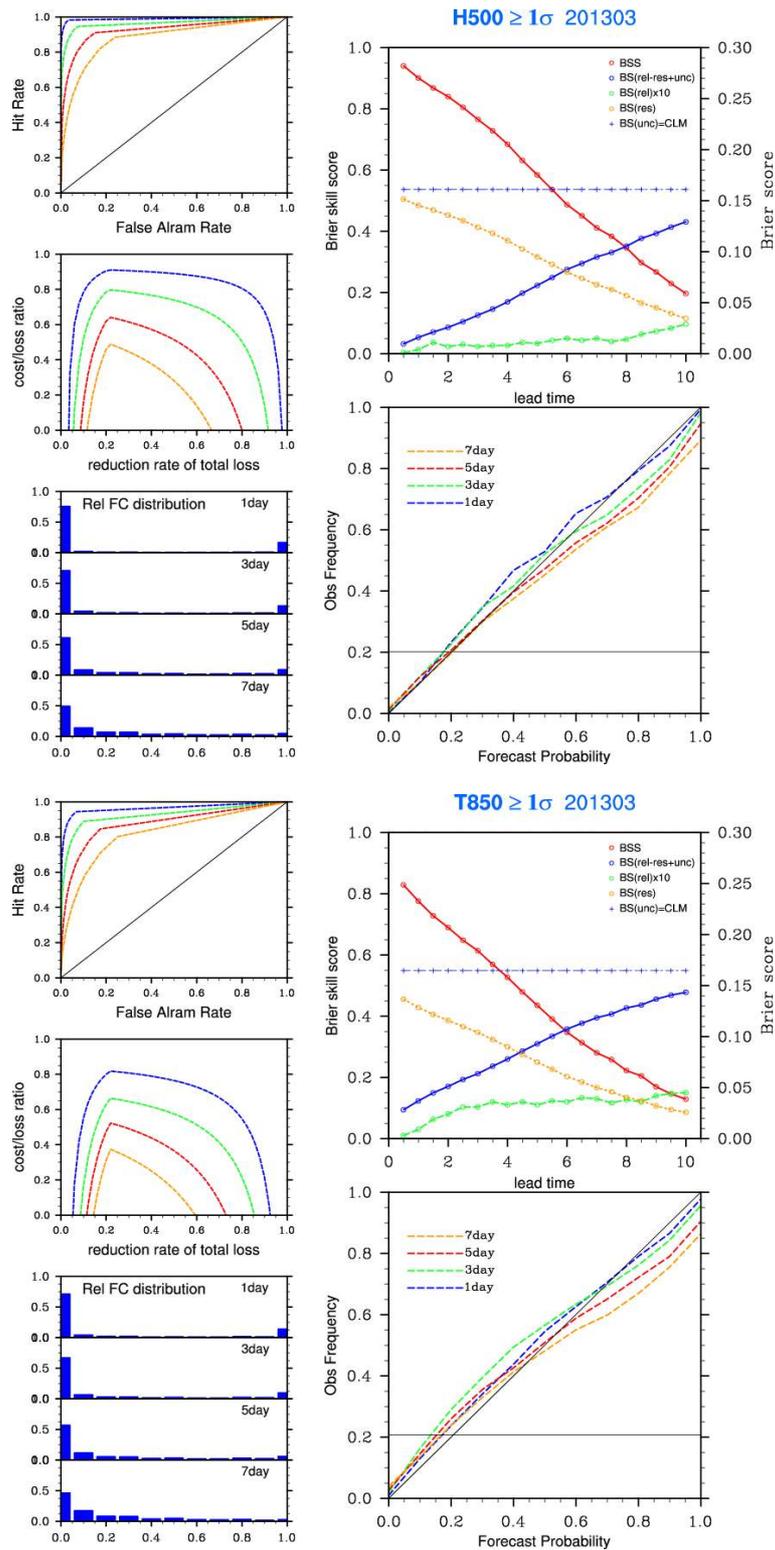


그림 3.4.9 2013년 3월 앙상블모델 북반구 500 hPa 고도(상)와 850hPa 기온(하)의 +1 표준편차에 대한 확률예측 성능 (왼쪽 상단부터 ROC curve, Economic Value, Rank histogram, 오른쪽 상단부터 Brier Score, Reliability Table)

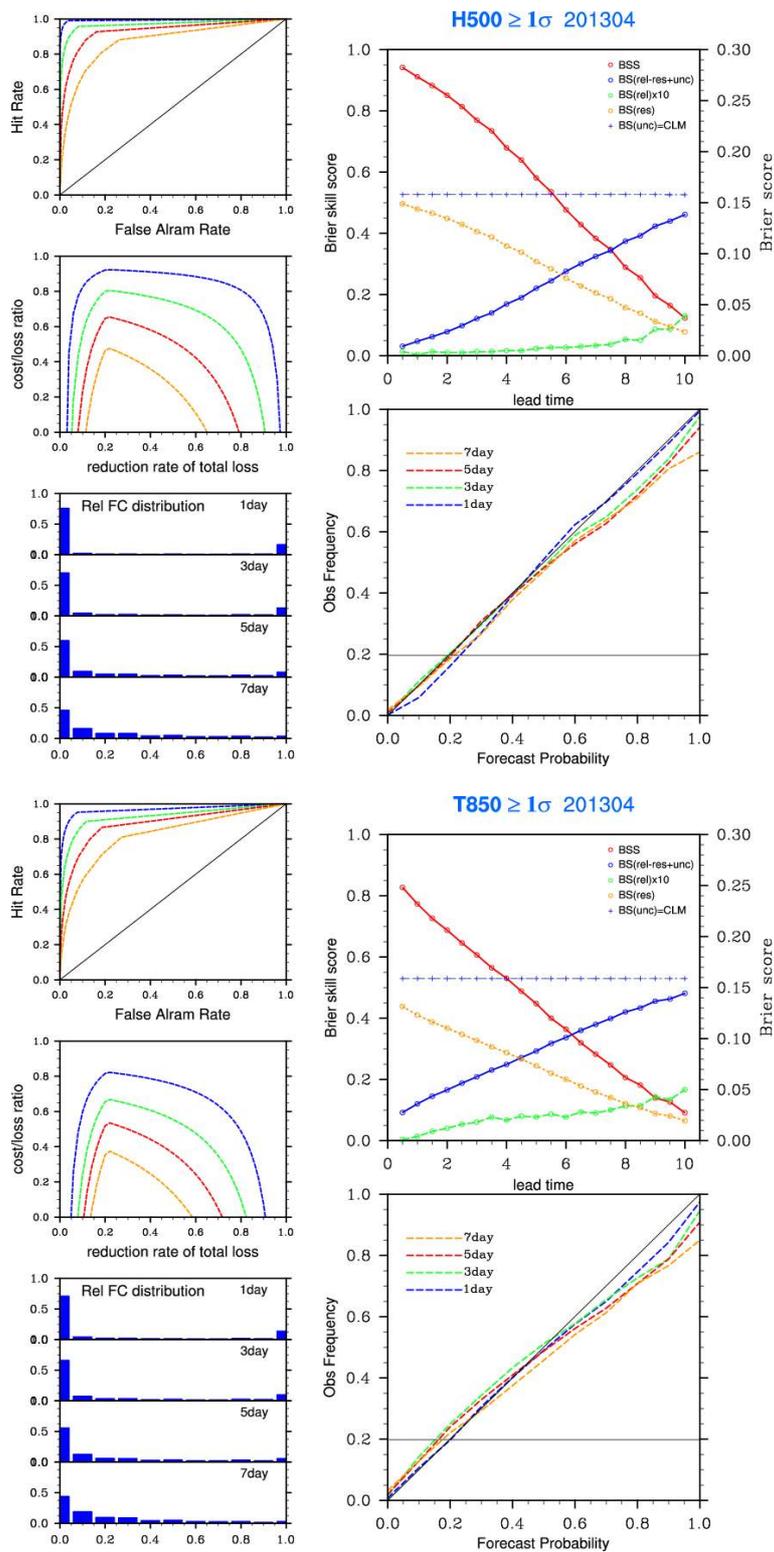


그림 3.4.10 2013년 4월 앙상블모델 북반구 500 hPa 고도(상)와 850hPa 기온(하)의 +1 표준 편차에 대한 확률예측 성능 (왼쪽 상단부터 ROC curve, Economic Value, Rank histogram, 오른쪽 상단부터 Brier Score, Reliability Table)

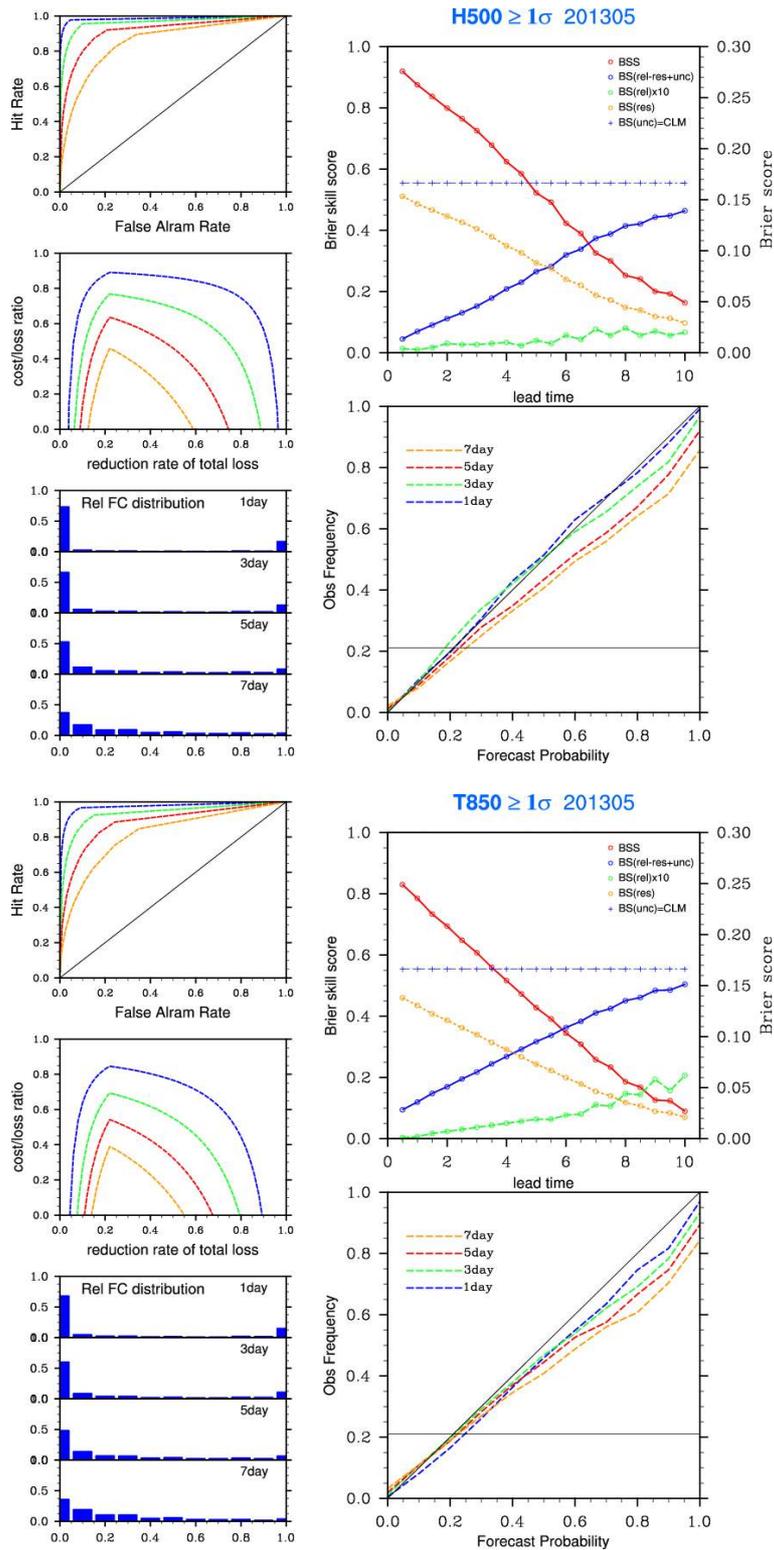


그림 3.4.11 2013년 5월 앙상블모델 북반구 500 hPa 고도(상)와 850hPa 기온(하)의 +1 표준 편차에 대한 확률예측 성능 (왼쪽 상단부터 ROC curve, Economic Value, Rank histogram, 오른쪽 상단부터 Brier Score, Reliability Table)

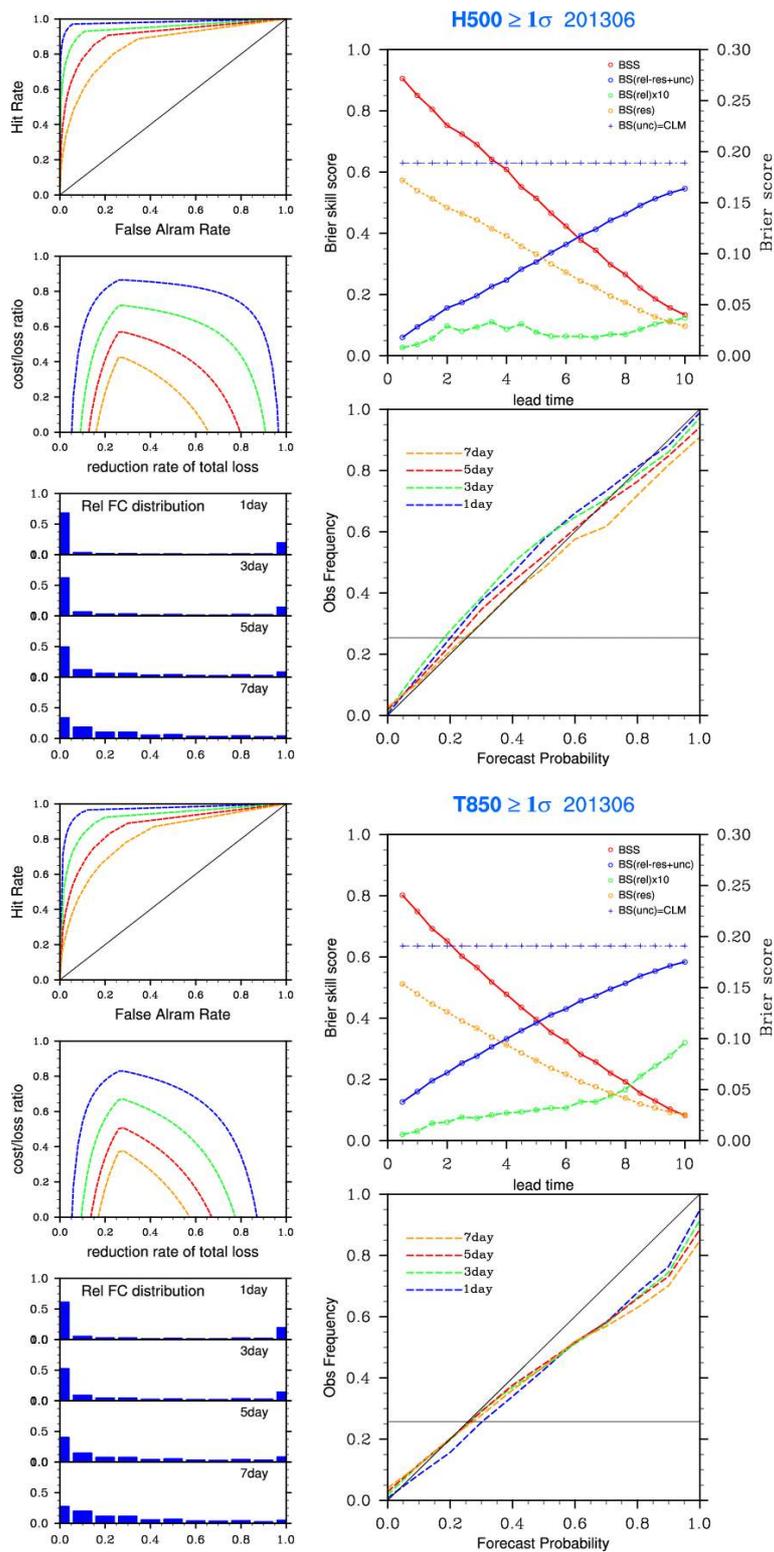


그림 3.4.12 2013년 6월 앙상블모델 북반구 500 hPa 고도(상)와 850hPa 기온(하)의 +1 표준 편차에 대한 확률예측 성능 (왼쪽 상단부터 ROC curve, Economic Value, Rank histogram, 오른쪽 상단부터 Brier Score, Reliability Table)

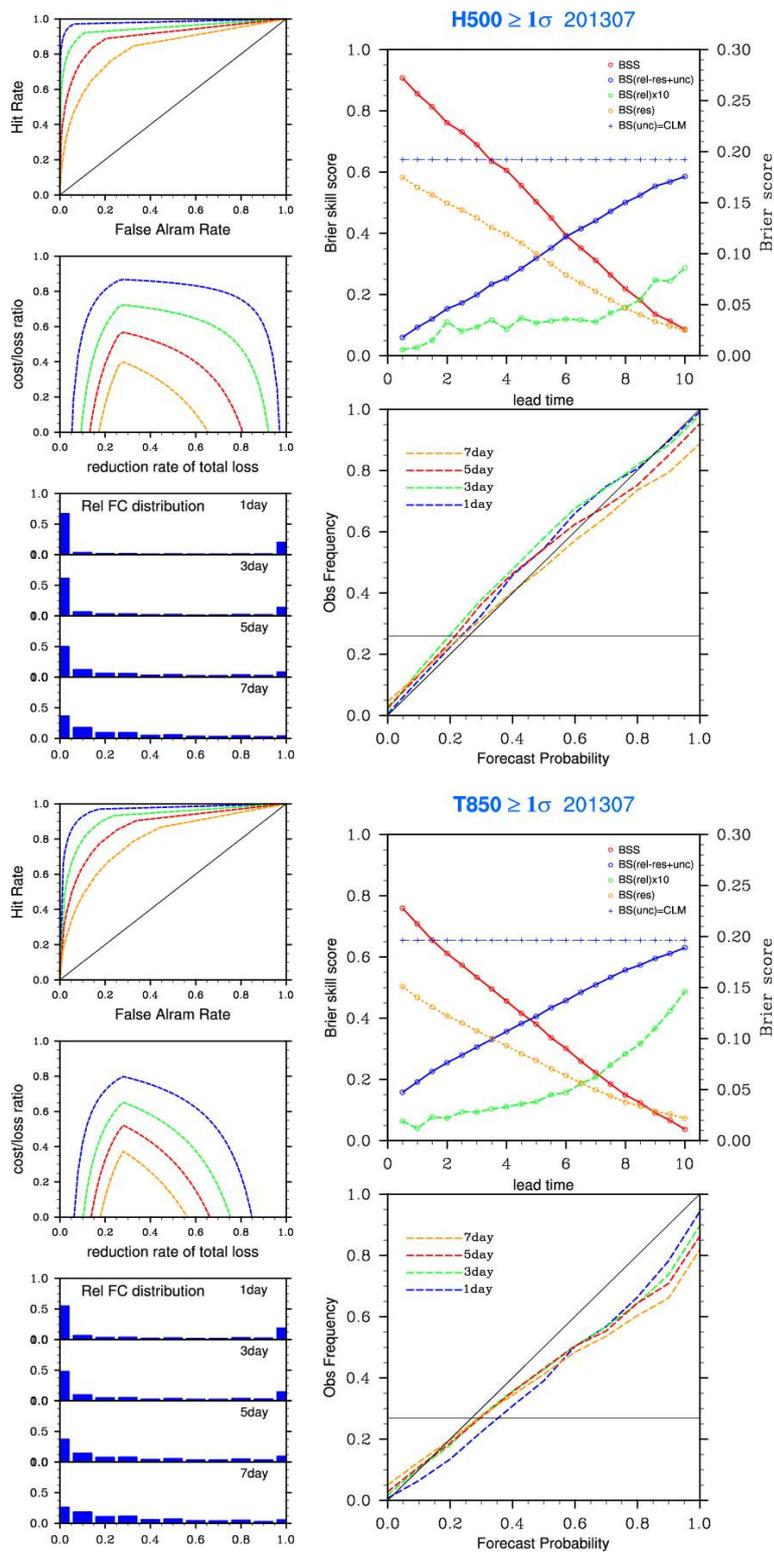


그림 3.4.13 2013년 7월 앙상블모델 북반구 500 hPa 고도(상)와 850hPa 기온(하)의 +1 표준 편차에 대한 확률예측 성능 (왼쪽 상단부터 ROC curve, Economic Value, Rank histogram, 오른쪽 상단부터 Brier Score, Reliability Table)

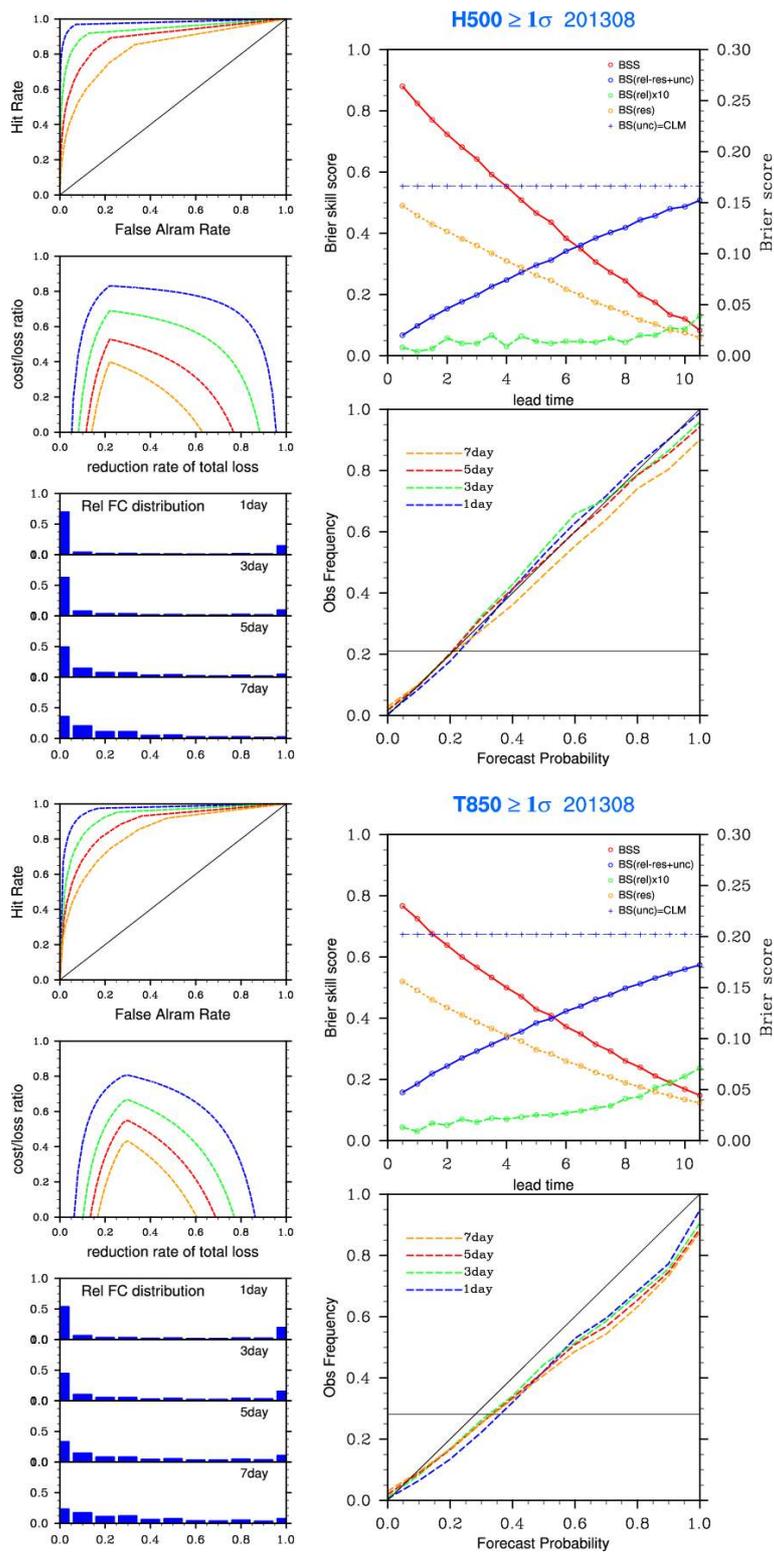


그림 3.4.14 2013년 8월 앙상블모델 북반구 500 hPa 고도(상)와 850hPa 기온(하)의 +1 표준 편차에 대한 확률예측 성능 (왼쪽 상단부터 ROC curve, Economic Value, Rank histogram, 오른쪽 상단부터 Brier Score, Reliability Table)

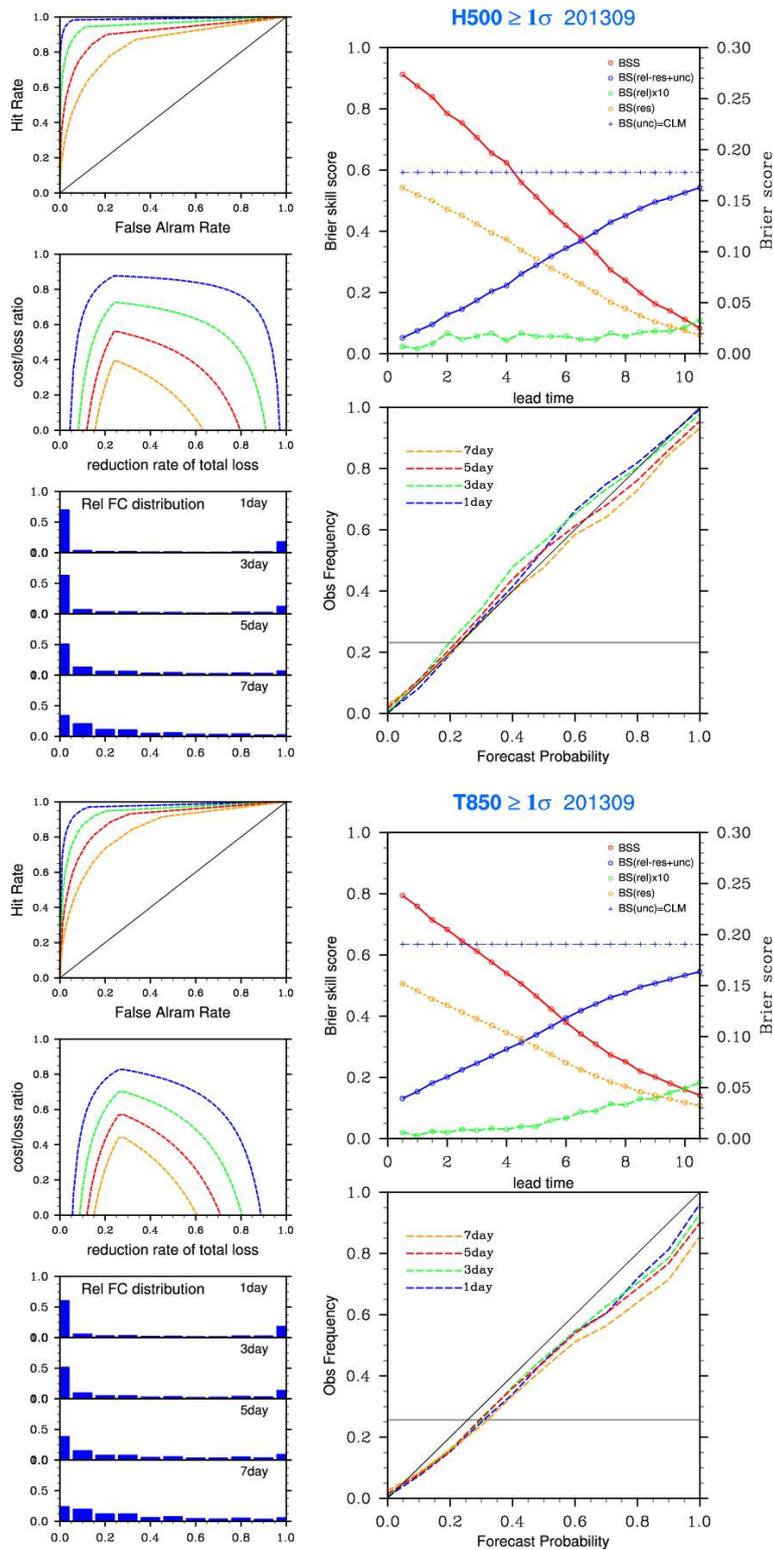


그림 3.4.15 2013년 9월 앙상블모델 북반구 500 hPa 고도(상)와 850hPa 기온(하)의 +1 표준 편차에 대한 확률예측 성능 (왼쪽 상단부터 ROC curve, Economic Value, Rank histogram, 오른쪽 상단부터 Brier Score, Reliability Table)

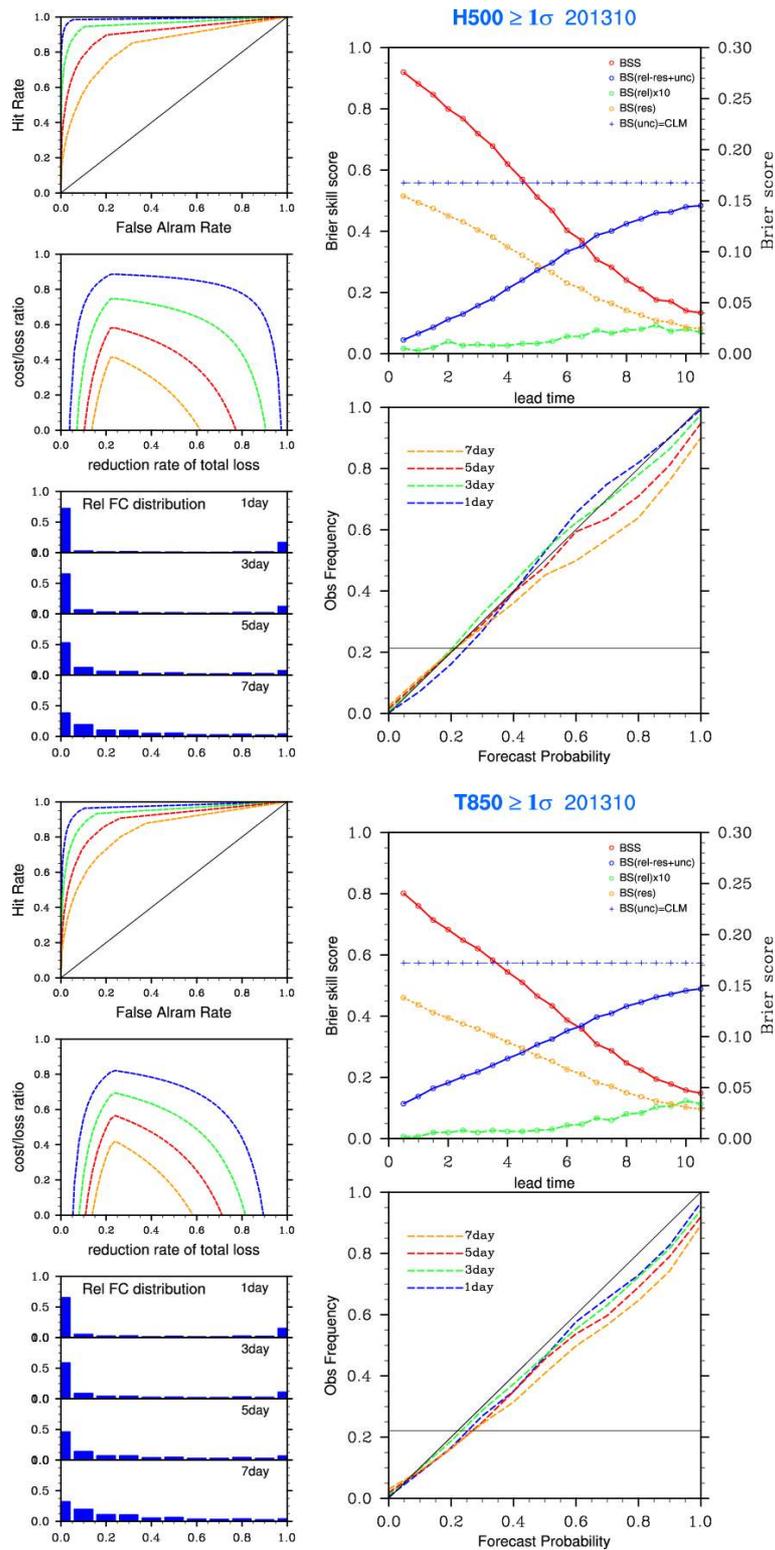


그림 3.4.16 2013년 10월 앙상블모델 북반구 500 hPa 고도(상)와 850hPa 기온(하)의 +1 표준 편차에 대한 확률예측 성능 (왼쪽 상단부터 ROC curve, Economic Value, Rank histogram, 오른쪽 상단부터 Brier Score, Reliability Table)

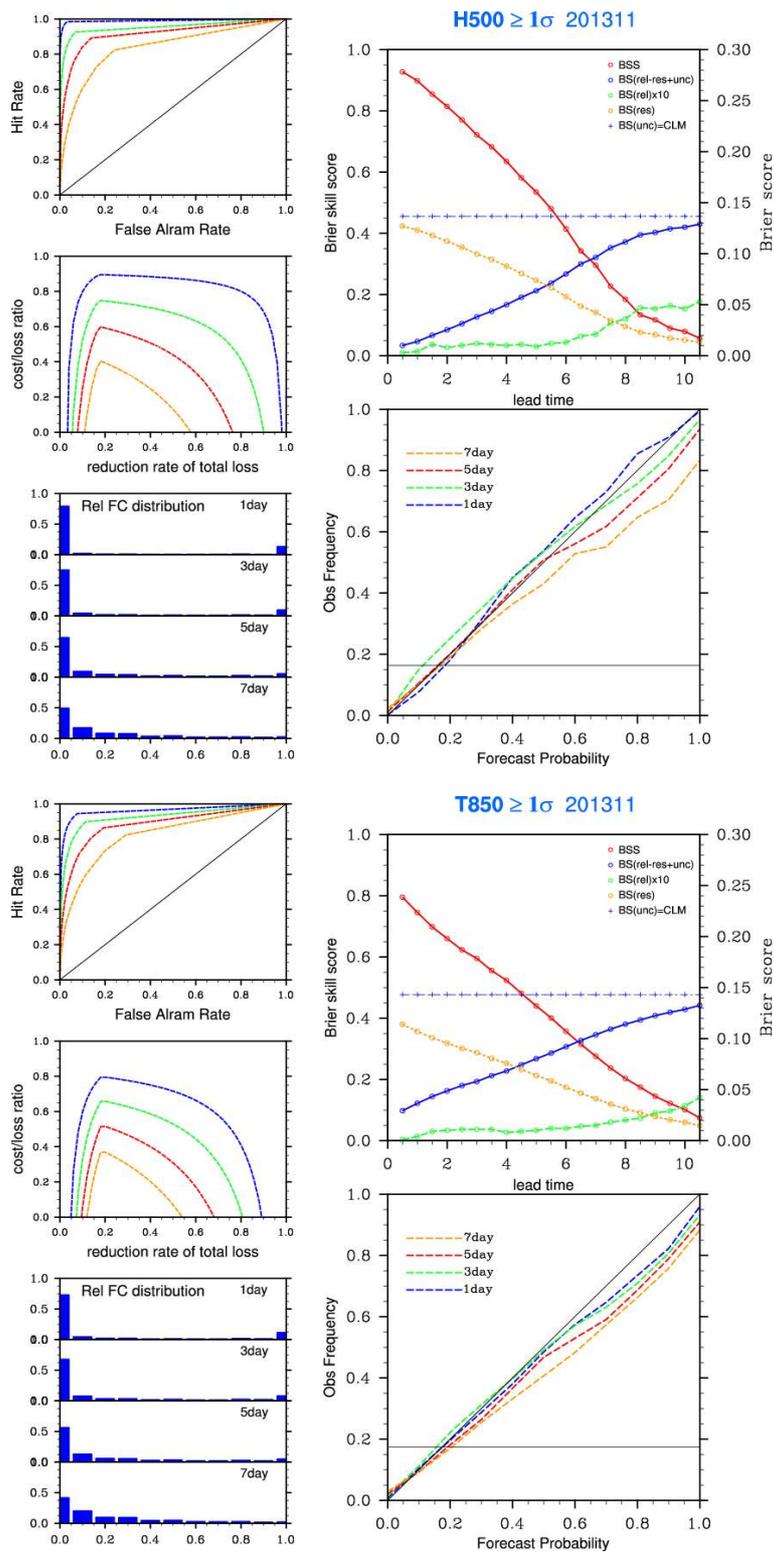


그림 3.4.17 2013년 11월 앙상블모델 북반구 500 hPa 고도(상)와 850hPa 기온(하)의 +1 표준 편차에 대한 확률예측 성능 (왼쪽 상단부터 ROC curve, Economic Value, Rank histogram, 오른쪽 상단부터 Brier Score, Reliability Table)

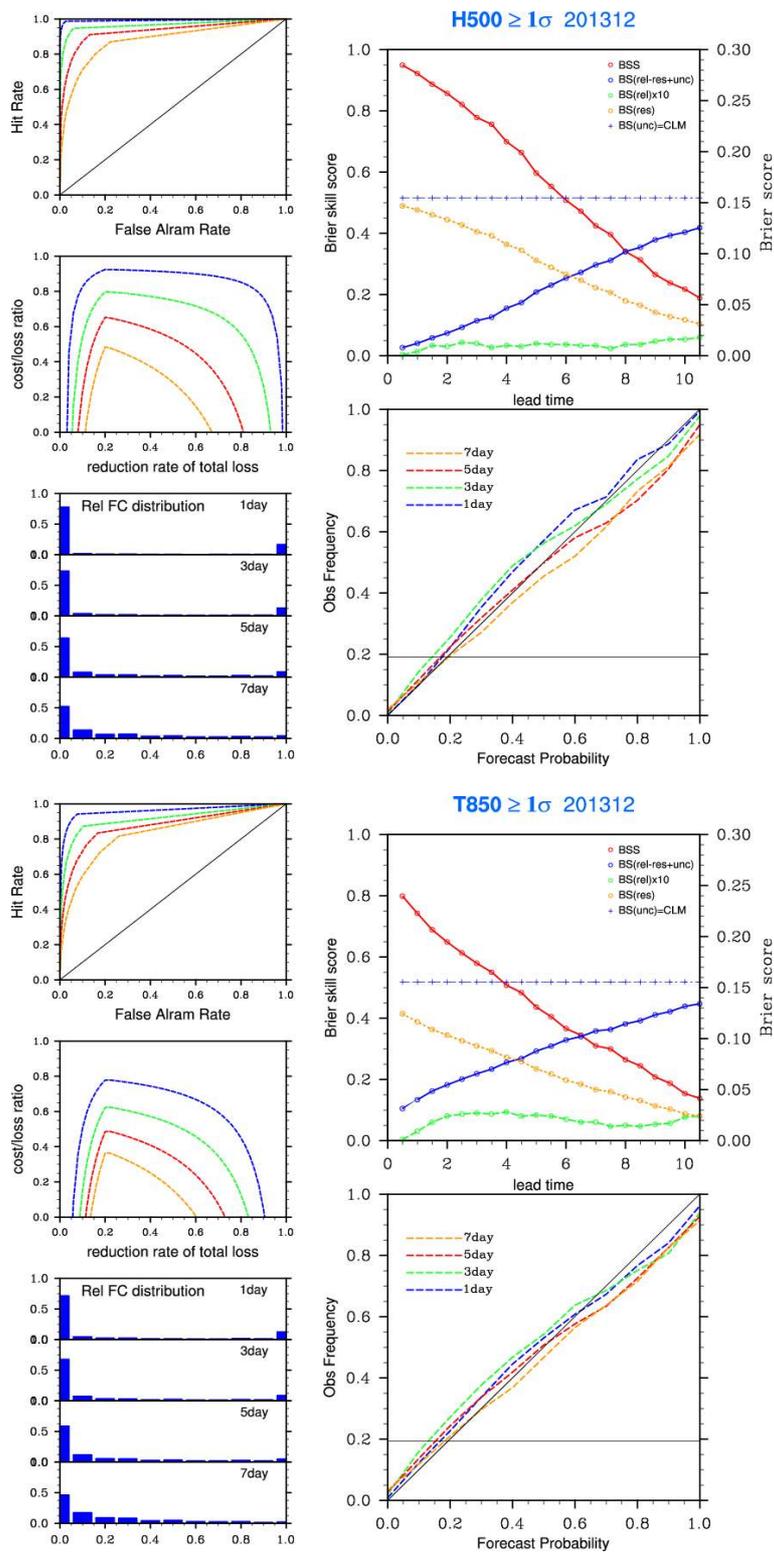


그림 3.4.18 2013년 12월 앙상블모델 북반구 500 hPa 고도(상)와 850hPa 기온(하)의 +1 표준 편차에 대한 확률예측 성능 (왼쪽 상단부터 ROC curve, Economic Value, Rank histogram, 오른쪽 상단부터 Brier Score, Reliability Table)

3.5 통계모델

3.5.1 통계모델 성능 변화 추세

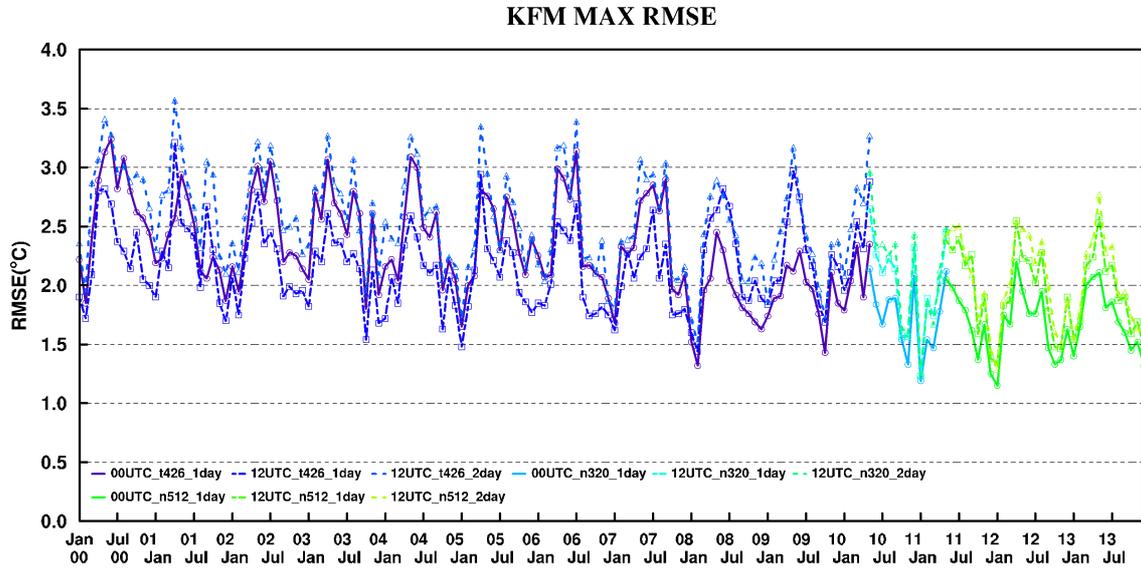


그림 3.5.1 KFM 최고기온 월별 RMSE 성능 변화

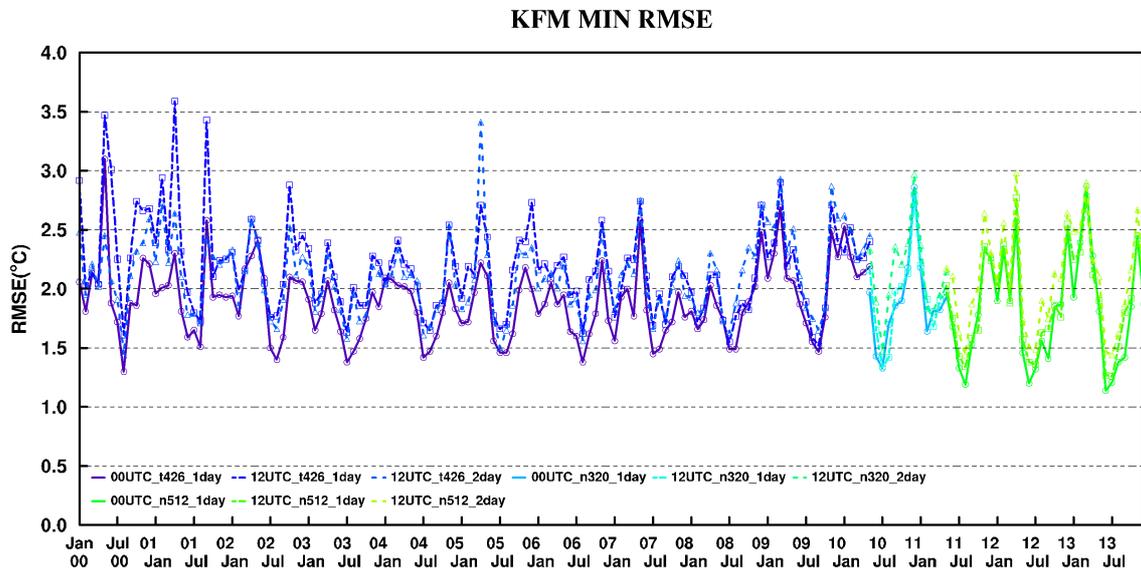


그림 3.5.2 KFM 최저기온 월별 RMSE 성능 변화

GDLM MAX RMSE

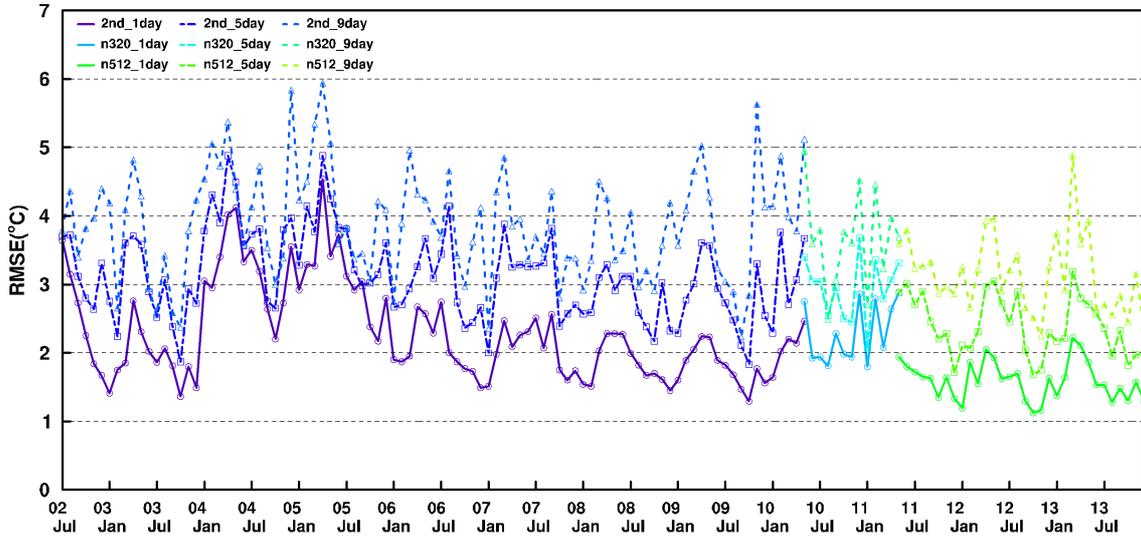


그림 3.5.3 GDLM 최고기온 월별 RMSE 성능 변화

GDLM MIN RMSE

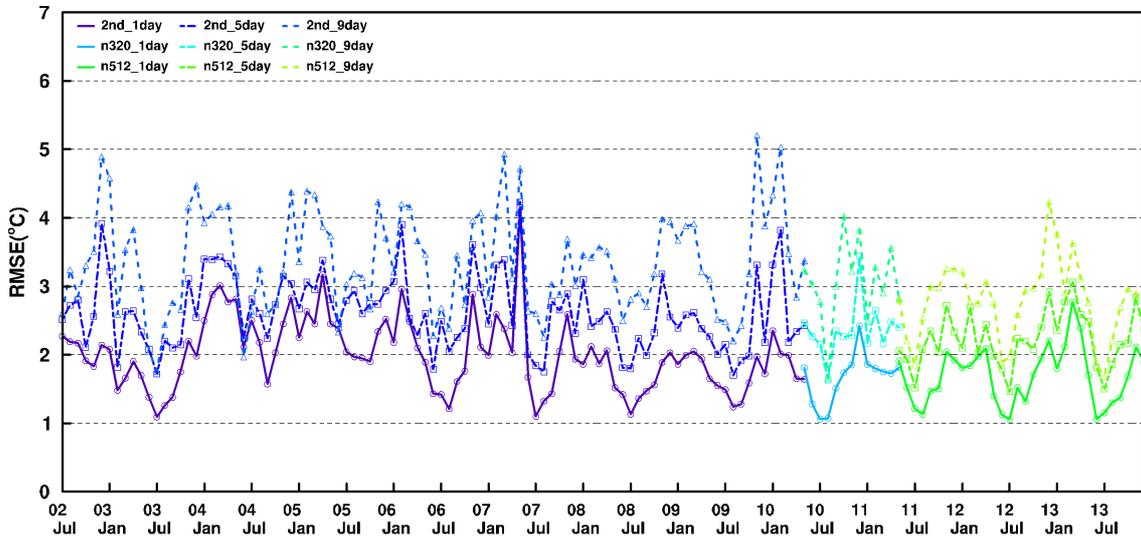


그림 3.5.4 GDLM 최저기온 월별 RMSE 성능 변화

3.5.2 통계모델(KFM, GDLM) 최고·최저기온(N512L70) 예보 검증

표 3.5.1 KFM(N512L70 경계장), GDLM(N512L70) 월별 최고기온 Mean Error

최고기온		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
KFM	1일12H	0.04	-0.30	-0.01	-0.03	0.04	0.01	0.04	0.06	-0.02	-0.04	-0.06	0.13	-0.01
	1일00H	0.08	-0.34	0.05	-0.08	0.12	0.06	0.14	0.07	-0.01	-0.04	-0.03	0.17	0.02
	2일12H	0.11	-0.36	0.05	-0.09	0.08	0.16	0.08	0.09	-0.01	-0.03	0.01	0.26	0.03
GDLM	1일	-0.09	-0.06	0.09	0.50	0.29	0.13	0.01	0.08	-0.02	-0.21	-0.01	0.10	0.07
	2일	0.03	-0.06	0.22	0.67	0.31	0.31	-0.22	0.22	0.04	-0.22	0.08	0.06	0.12
	3일	-0.01	-0.19	0.32	0.92	0.19	0.12	-0.20	0.41	0.16	-0.29	0.22	-0.02	0.14
	4일	-0.16	-0.40	0.41	0.82	0.17	0.30	-0.36	0.53	0.30	-0.16	0.11	-0.19	0.11
	5일	-0.37	-0.36	0.68	0.83	-0.05	0.29	-0.45	0.62	0.35	0.06	0.26	-0.40	0.12
	6일	-0.72	-0.24	0.50	0.52	-0.15	0.15	-0.61	0.54	0.56	-0.11	0.28	-0.34	0.03
	7일	-1.26	0.04	0.81	0.05	-0.54	0.04	-0.45	0.68	0.71	0.03	0.58	-0.57	0.01
	8일	-1.39	-0.61	1.11	0.19	-0.73	0.25	-0.31	0.71	0.78	0.18	0.58	-0.55	0.02
	9일	-1.61	-0.65	0.93	0.24	-1.02	0.24	-0.42	0.68	1.10	0.09	1.15	-0.58	0.01
	10일	-2.05	-0.68	0.12	0.41	-1.11	-0.20	-0.49	0.71	1.21	0.18	1.27	-0.68	-0.11

표 3.5.2 KFM(N512L70 경계장), GDLM(N512L70) 월별 최저기온 Mean Error

최저기온		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
KFM	1일00H	0.25	0.69	0.82	0.71	0.34	0.17	0.24	0.30	0.27	0.63	0.93	0.48	0.49
	2일12H	-0.40	0.05	-0.34	-0.28	-0.01	0.02	0.06	0.15	0.08	0.31	0.88	0.29	0.07
	2일00H	0.16	0.73	0.43	0.48	0.45	0.12	0.29	0.39	0.26	0.67	1.13	0.55	0.47
GDLM	1일	0.60	1.22	1.02	1.09	0.67	0.33	0.48	0.60	0.48	0.61	0.86	0.81	0.73
	2일	0.48	1.19	0.89	1.08	0.58	0.34	0.46	0.62	0.71	0.61	1.10	0.77	0.74
	3일	0.60	1.31	0.86	1.00	0.61	0.32	0.37	0.69	0.75	0.72	0.95	0.73	0.74
	4일	0.70	1.17	0.86	0.87	0.52	0.15	0.38	0.75	0.82	0.75	0.93	0.69	0.72
	5일	0.34	1.16	1.14	0.69	0.46	0.21	0.35	0.95	1.02	0.76	0.96	0.68	0.73
	6일	-0.26	1.30	1.34	0.41	-0.20	0.00	0.30	1.13	0.96	1.03	0.90	0.58	0.62
	7일	-0.81	1.37	1.16	0.17	-0.37	0.03	0.10	1.27	0.95	1.21	1.28	0.56	0.58
	8일	-1.04	1.02	1.64	-0.52	-0.80	0.28	0.00	1.42	0.97	1.60	1.06	0.44	0.51
	9일	-0.88	0.83	1.16	-1.06	-0.96	0.24	0.18	1.44	1.17	1.51	1.15	0.74	0.46
	10일	-1.33	0.66	0.18	-0.91	-0.92	0.27	0.26	1.38	1.41	1.40	1.61	0.48	0.37

표 3.5.3 KFM(N512L70 경계장), GDLM(N512L70) 월별 최고기온 RMSE

최고기온		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
KFM	1일12H	1.40	1.65	2.00	2.07	2.11	1.81	1.86	1.69	1.60	1.45	1.52	1.32	1.71
	1일00H	1.54	1.70	2.17	2.24	2.58	2.12	2.17	1.87	1.90	1.59	1.69	1.48	1.92
	2일12H	1.55	1.78	2.27	2.38	2.77	2.28	2.33	1.93	1.94	1.73	1.64	1.58	2.01
GDLM	1일	1.37	1.64	2.22	2.11	1.86	1.53	1.53	1.28	1.48	1.30	1.57	1.29	1.60
	2일	1.49	1.75	2.35	2.27	2.08	1.90	1.85	1.49	1.76	1.48	1.53	1.44	1.78
	3일	1.57	1.81	2.48	2.41	2.29	2.13	2.04	1.63	1.81	1.66	1.60	1.58	1.92
	4일	1.88	2.07	2.60	2.42	2.45	2.40	2.24	1.80	2.08	1.83	1.84	1.85	2.12
	5일	2.17	2.21	3.19	2.79	2.71	2.57	2.36	1.95	2.32	1.82	1.97	1.99	2.34
	6일	2.39	2.67	3.48	3.24	2.86	2.68	2.51	2.03	2.45	1.89	2.28	2.21	2.56
	7일	2.88	2.76	3.79	3.28	3.13	2.70	2.57	2.20	2.62	1.92	2.36	2.21	2.70
	8일	3.27	2.77	4.40	3.61	3.60	2.77	2.66	2.25	2.59	2.13	2.60	2.46	2.93
	9일	3.75	2.92	4.89	3.59	3.94	2.64	2.70	2.55	2.84	2.45	3.15	2.38	3.15
	10일	4.11	3.46	5.76	3.85	4.13	2.92	2.75	2.65	3.18	2.72	3.75	2.88	3.51

표 3.5.4 KFM(N512L70 경계장), GDLM(N512L70) 월별 최저기온 RMSE

최저기온		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
KFM	1일00H	1.93	2.39	2.87	2.28	1.81	1.14	1.21	1.38	1.42	1.85	2.45	1.87	1.88
	2일12H	2.25	2.31	2.78	2.12	1.90	1.27	1.26	1.51	1.80	1.92	2.42	2.07	1.97
	2일00H	2.49	2.50	2.90	2.24	2.10	1.47	1.44	1.62	1.87	2.16	2.67	2.05	2.13
GDLM	1일	1.80	2.12	2.77	2.39	1.70	1.06	1.15	1.30	1.37	1.69	2.11	1.89	1.78
	2일	1.90	2.24	2.98	2.45	1.89	1.20	1.23	1.48	1.67	1.74	2.44	2.03	1.94
	3일	2.05	2.43	2.98	2.57	2.17	1.45	1.40	1.59	1.95	1.87	2.46	2.11	2.09
	4일	2.08	2.38	2.88	2.62	2.25	1.60	1.46	1.71	2.06	2.11	2.42	2.25	2.15
	5일	2.36	2.77	3.06	2.59	2.49	1.82	1.50	1.86	2.15	2.17	2.84	2.37	2.33
	6일	2.69	2.98	3.59	2.62	2.58	1.93	1.55	1.99	2.24	2.19	2.85	2.54	2.48
	7일	3.33	3.20	3.42	2.56	2.47	2.08	1.59	2.09	2.53	2.36	3.25	2.49	2.61
	8일	3.64	2.97	3.84	2.92	2.69	1.99	1.70	2.22	2.58	2.79	2.98	2.52	2.74
	9일	3.76	2.90	3.63	3.12	2.76	1.84	1.69	2.20	2.69	2.96	2.89	2.70	2.76
	10일	4.21	3.61	3.56	2.85	2.86	1.77	1.74	2.21	2.70	3.56	3.16	2.76	2.92

3.5.3 통계모델(RDLM) 3시간 기온(UM 12km L70) 예보검증

표 3.5.5 RDLM(UM 12km L70) 월별 00UTC 예보기온 Mean Error

00 UTC	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
+ 3hr	-0.07	-0.06	-0.14	0.33	0.13	0.05	0.11	-0.14	-0.12	-0.20	0.18	-0.02	0.00
+ 6hr	-0.10	-0.03	-0.04	0.24	0.17	0.02	0.14	-0.04	-0.14	-0.17	0.16	-0.04	0.01
+ 9hr	-0.15	-0.10	0.08	0.22	0.18	0.13	0.11	0.11	0.01	-0.08	0.07	-0.07	0.04
+ 12hr	-0.14	-0.20	0.13	0.24	0.14	0.20	0.07	0.15	0.05	-0.10	-0.12	-0.06	0.03
+ 15hr	-0.10	-0.28	0.17	0.16	0.07	0.15	0.03	0.19	0.06	-0.10	-0.16	-0.07	0.01
+ 18hr	-0.06	-0.31	0.16	0.17	0.08	0.12	0.02	0.22	0.11	-0.09	-0.17	-0.07	0.01
+ 21hr	0.03	-0.21	0.13	0.15	0.04	0.07	-0.01	0.23	0.11	-0.05	-0.13	-0.05	0.03
+ 24hr	-0.02	-0.36	-0.14	0.21	0.08	0.05	-0.05	0.20	0.10	-0.01	-0.03	0.00	0.00
+ 27hr	0.31	-0.16	-0.28	0.72	0.39	0.14	-0.03	0.08	0.01	-0.36	-0.01	0.05	0.07
+ 30hr	0.34	-0.09	-0.30	0.50	0.40	0.17	0.01	0.04	-0.07	-0.32	0.08	-0.04	0.06
+ 33hr	0.30	-0.19	-0.16	0.38	0.42	0.32	0.01	0.09	0.00	-0.30	-0.10	-0.05	0.06
+ 36hr	0.28	-0.40	-0.37	0.27	0.36	0.34	0.06	0.14	0.01	-0.33	-0.26	-0.05	0.00
+ 39hr	0.30	-0.44	-0.56	0.07	0.33	0.23	0.13	0.21	0.02	-0.35	-0.24	-0.07	-0.03
+ 42hr	0.40	-0.39	-0.73	-0.02	0.36	0.18	0.12	0.27	0.08	-0.37	-0.22	-0.13	-0.04
+ 45hr	0.53	-0.25	-0.78	0.00	0.38	0.15	0.07	0.21	0.14	-0.34	-0.26	-0.13	-0.02
+ 48hr	0.41	-0.57	-0.51	0.04	0.36	0.30	-0.05	0.18	0.06	-0.32	-0.25	0.04	-0.03

표 3.5.6 RDLM(UM 12km L70) 월별 12UTC 예보기온 Mean Error

12 UTC	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
+ 3hr	0.07	-0.09	0.16	0.02	0.11	0.03	-0.03	0.13	-0.01	-0.05	-0.18	0.03	0.02
+ 6hr	0.12	-0.13	0.13	0.07	0.19	0.10	-0.06	0.24	0.01	-0.09	-0.27	0.09	0.03
+ 9hr	0.16	-0.03	0.06	0.03	0.17	0.11	-0.06	0.26	-0.01	-0.09	-0.27	0.09	0.04
+ 12hr	0.16	-0.25	-0.08	0.09	0.15	0.09	-0.01	0.15	0.09	0.02	-0.05	0.18	0.05
+ 15hr	-0.09	-0.20	-0.03	0.37	0.21	0.06	0.07	0.09	0.01	-0.20	0.16	0.08	0.04
+ 18hr	-0.13	-0.14	0.04	0.34	0.17	0.04	0.06	0.06	0.05	-0.21	0.19	-0.03	0.04
+ 21hr	-0.11	-0.18	0.17	0.23	0.17	0.06	0.06	0.16	0.07	-0.16	0.07	-0.05	0.04
+ 24hr	-0.14	-0.36	0.15	0.06	0.17	0.15	0.05	0.20	0.05	-0.12	-0.11	-0.11	0.00
+ 27hr	0.26	-0.45	-0.45	0.09	0.41	0.30	0.12	0.18	0.07	-0.37	-0.35	-0.03	-0.02
+ 30hr	0.33	-0.45	-0.66	0.05	0.44	0.28	0.08	0.23	0.14	-0.36	-0.39	-0.02	-0.03
+ 33hr	0.47	-0.31	-0.80	0.07	0.46	0.24	0.03	0.20	0.14	-0.34	-0.42	-0.02	-0.02
+ 36hr	0.54	-0.48	-0.65	0.13	0.36	0.38	-0.06	0.21	0.09	-0.26	-0.30	0.06	0.00
+ 39hr	0.25	-0.45	-0.13	0.29	0.50	0.45	-0.12	0.16	0.01	-0.22	-0.02	0.05	0.06
+ 42hr	0.22	-0.40	0.22	0.16	0.57	0.52	-0.02	0.18	-0.02	-0.25	0.06	0.02	0.10
+ 45hr	0.28	-0.51	0.48	0.17	0.53	0.53	0.04	0.19	0.05	-0.24	-0.17	-0.08	0.11
+ 48hr	0.28	-0.66	0.36	0.07	0.44	0.38	0.05	0.16	0.06	-0.25	-0.39	-0.08	0.04

표 3.5.7 RDLM(UM 12km L70) 월별 00UTC 예보기온 RMSE

00 UTC	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
+ 3hr	1.35	1.29	1.51	1.57	1.68	1.34	1.44	1.41	1.27	1.19	1.34	1.33	1.39
+ 6hr	1.35	1.34	1.64	1.78	1.97	1.59	1.77	1.77	1.28	1.29	1.33	1.30	1.53
+ 9hr	1.19	1.34	1.54	1.56	1.90	1.51	1.64	1.48	0.99	1.04	1.17	1.20	1.38
+ 12hr	1.45	1.26	1.85	1.48	1.65	1.18	1.28	1.26	1.07	1.18	1.35	1.44	1.37
+ 15hr	1.65	1.43	1.90	1.61	1.72	1.10	1.23	1.23	1.19	1.31	1.48	1.61	1.46
+ 18hr	2.01	1.66	1.91	1.61	1.72	1.12	1.23	1.23	1.22	1.36	1.58	1.73	1.53
+ 21hr	2.09	1.76	1.85	1.68	1.70	1.08	1.21	1.22	1.27	1.43	1.62	1.86	1.56
+ 24hr	1.88	1.58	1.70	1.67	1.98	1.49	1.45	1.40	1.48	1.32	1.49	1.67	1.59
+ 27hr	3.27	3.25	4.09	4.77	3.63	2.44	2.33	2.06	2.30	2.29	2.74	2.74	2.99
+ 30hr	3.19	3.10	4.81	5.48	4.05	2.84	2.69	2.26	2.38	2.59	2.89	2.89	3.26
+ 33hr	3.07	3.13	4.93	4.86	3.67	2.56	2.48	1.97	1.91	2.26	2.69	2.87	3.03
+ 36hr	3.47	3.46	5.27	4.18	2.74	1.77	1.70	1.56	1.76	2.47	3.28	3.18	2.90
+ 39hr	3.93	3.97	5.37	4.31	2.60	1.56	1.61	1.62	1.93	2.80	3.89	3.28	3.07
+ 42hr	4.21	4.32	5.36	4.53	2.69	1.56	1.53	1.70	2.02	3.04	4.27	3.20	3.20
+ 45hr	4.30	4.59	5.08	4.62	2.77	1.51	1.54	1.64	2.10	3.22	4.25	3.30	3.24
+ 48hr	3.99	4.04	3.82	3.37	2.81	1.82	1.85	1.59	1.85	2.45	3.32	2.95	2.82

표 3.5.8 RDLM(UM 12km L70) 월별 12UTC 예보기온 RMSE

12 UTC	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
+ 3hr	1.00	1.03	1.39	1.11	1.17	0.73	0.86	0.73	0.77	0.89	1.06	1.01	0.98
+ 6hr	1.43	1.30	1.63	1.36	1.43	0.90	0.93	0.97	0.97	1.16	1.29	1.34	1.23
+ 9hr	1.67	1.49	1.72	1.53	1.52	0.93	1.04	1.10	1.10	1.29	1.45	1.52	1.36
+ 12hr	1.58	1.39	1.63	1.53	1.78	1.34	1.38	1.28	1.36	1.22	1.44	1.48	1.45
+ 15hr	1.34	1.41	1.68	1.74	1.97	1.66	1.80	1.69	1.66	1.33	1.43	1.39	1.59
+ 18hr	1.27	1.40	1.82	1.92	2.14	1.78	2.00	1.94	1.64	1.34	1.29	1.31	1.65
+ 21hr	1.42	1.29	1.72	1.79	1.97	1.60	1.80	1.65	1.27	1.07	1.24	1.23	1.50
+ 24hr	1.62	1.43	1.76	1.66	1.78	1.24	1.35	1.37	1.31	1.28	1.47	1.53	1.48
+ 27hr	3.65	3.89	5.15	4.38	2.55	1.45	1.44	1.48	1.76	2.68	3.64	3.03	2.92
+ 30hr	3.90	4.25	5.20	4.57	2.64	1.47	1.47	1.58	1.90	2.98	4.03	3.03	3.08
+ 33hr	4.03	4.52	5.01	4.65	2.74	1.40	1.54	1.62	2.05	3.22	4.09	3.14	3.17
+ 36hr	3.82	3.85	3.82	3.42	2.66	1.78	1.80	1.55	1.77	2.33	3.24	2.78	2.73
+ 39hr	3.13	3.48	3.85	4.76	3.50	2.43	2.53	2.09	2.38	2.34	2.75	2.66	2.99
+ 42hr	3.02	3.55	4.39	5.42	3.99	2.77	2.70	2.35	2.52	2.61	2.86	2.74	3.24
+ 45hr	2.98	3.63	4.46	4.83	3.66	2.51	2.48	2.06	1.99	2.26	2.70	2.84	3.03
+ 48hr	3.42	4.04	4.68	4.12	2.79	1.73	1.67	1.66	1.81	2.59	3.32	3.27	2.92

3.6 파랑모델

3.6.1 예측 성능 변화 추세

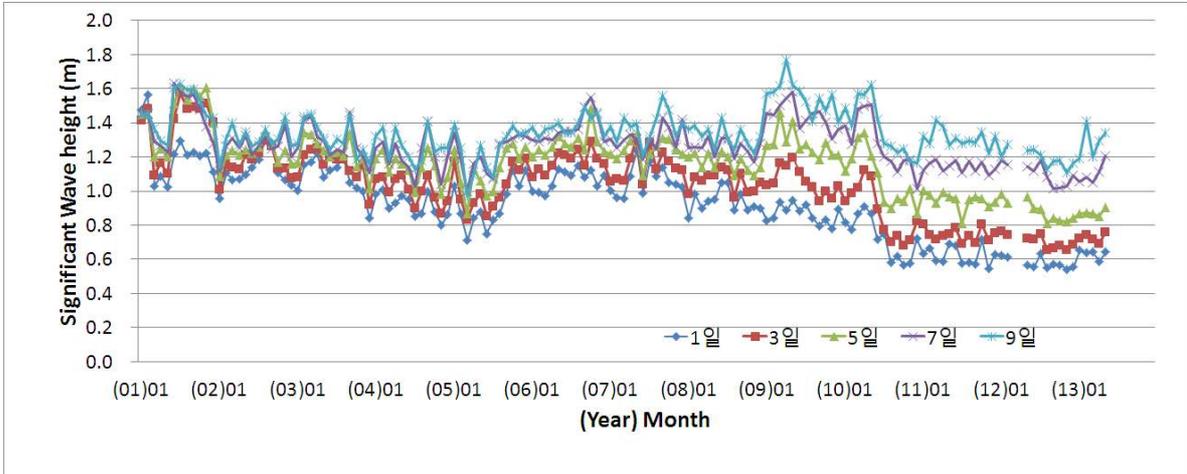


그림 3.6.1 전지구 파랑모델(GoWW3) 유의파고 위성검증 RMSE

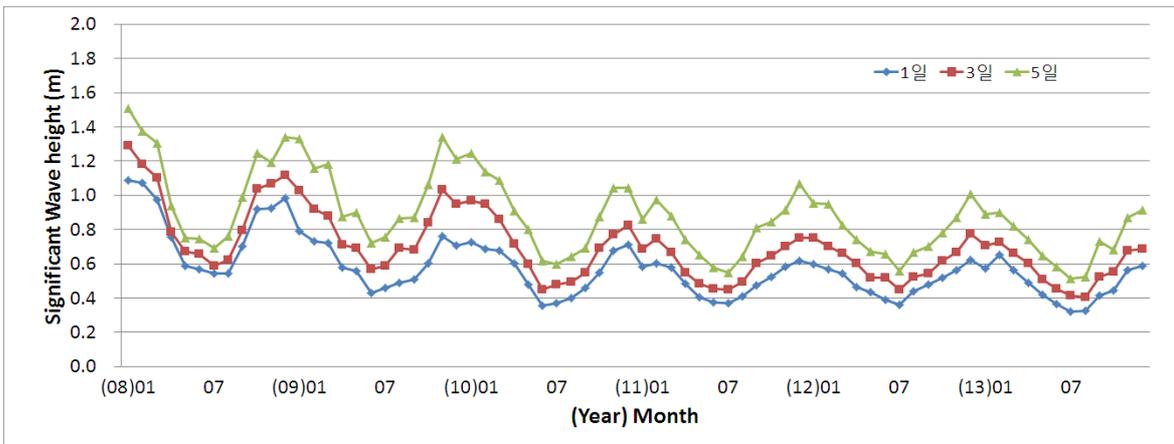


그림 3.6.2 전지구 파랑모델 (GoWW3) 유의파고 부이검증 RMSE

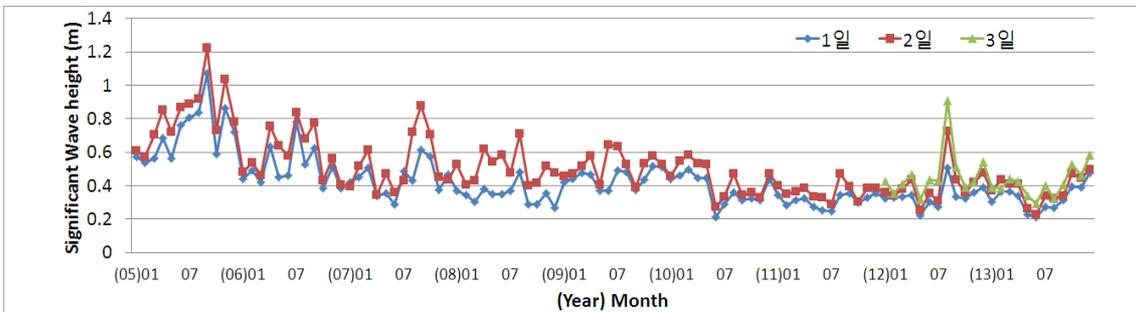


그림 3.6.3 지역 파랑모델 (ReWW3) 유의파고 부이검증 RMSE

3.6.2 부이 검증

3.6.2.1 전지구 파랑모델 (GoWW3) 부이 검증

표 3.6.1 전지구 파랑모델(GoWW3) 전년 대비 BIAS, RMSE, CORR + 00H 비교

month	2012 년				2013 년				2012-2013 (RMSE)
	bias (m)	RMSE (m)	C.C	entries	bias (m)	RMSE (m)	C.C	entries	
Jan.	0.084	0.576	0.936	12534	0.123	0.567	0.916	10882	0.009
Feb.	0.057	0.549	0.922	11482	0.137	0.633	0.913	9762	-0.084
Mar.	0.088	0.526	0.929	12020	0.065	0.550	0.889	10852	-0.024
Apr.	0.064	0.445	0.920	11367	0.101	0.476	0.909	10571	-0.031
May.	0.049	0.418	0.894	11792	0.102	0.410	0.903	11125	0.008
Jun.	0.093	0.374	0.898	11386	0.107	0.351	0.919	10614	0.023
Jul.	0.117	0.348	0.906	11257	0.079	0.312	0.921	10969	0.036
Aug.	0.097	0.427	0.881	11074	0.040	0.309	0.906	10937	0.118
Sep.	0.132	0.463	0.911	10765	0.052	0.406	0.928	10736	0.057
Oct.	0.132	0.507	0.905	11505	0.048	0.439	0.924	10184	0.068
Nov.	0.086	0.547	0.912	11118	0.054	0.544	0.914	9964	0.003
Dec.	0.076	0.611	0.913	11177	0.099	0.571	0.941	9777	0.040
Ave.	0.090	0.483	0.911	11456	0.084	0.464	0.915	10531	0.019

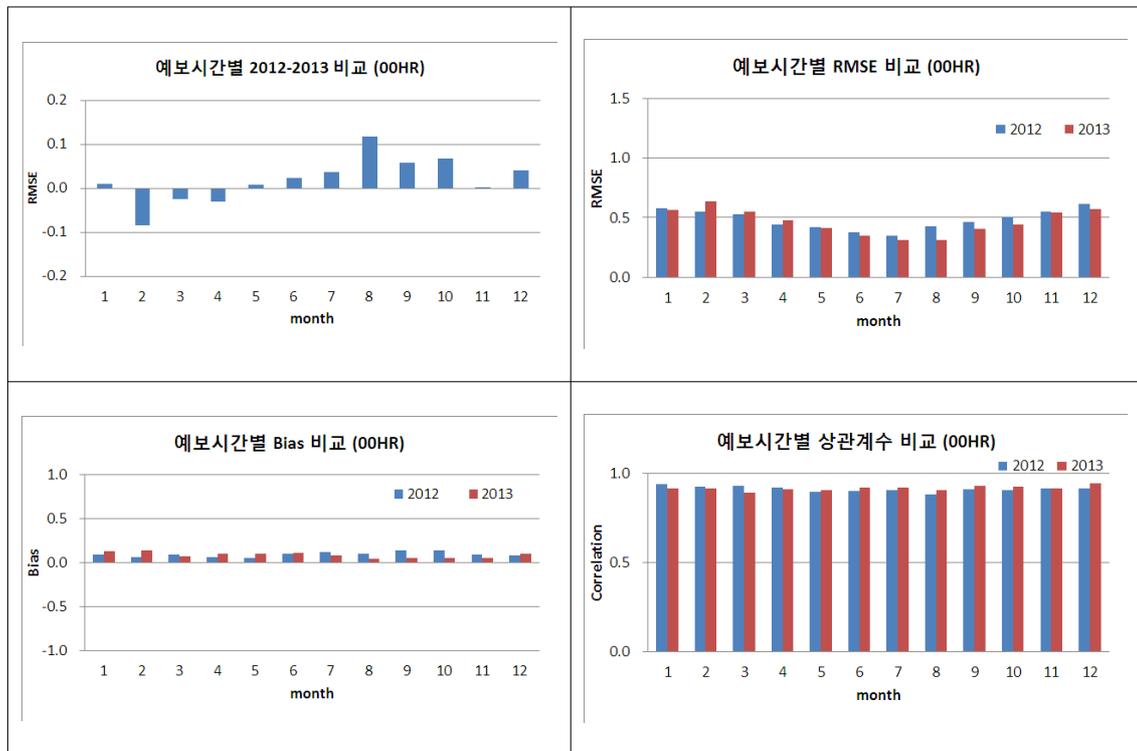


그림 3.6.4 GoWW3 + 00H 예보장에 대한 전년 대비 성능 비교. BIAS, RMSE, Correlation

표 3.6.2 전지구 파랑모델(GoWW3) 전년 대비 BIAS, RMSE, CORR + 24H 비교

month	2012 년				2013 년				2012-2013 (RMSE)
	bias (m)	RMSE (m)	C.C	entries	bias (m)	RMSE (m)	C.C	entries	
Jan.	0.095	0.597	0.932	12534	0.117	0.572	0.914	10882	0.025
Feb.	0.071	0.567	0.918	11482	0.148	0.652	0.909	9762	-0.085
Mar.	0.096	0.544	0.926	12020	0.069	0.561	0.884	10852	-0.017
Apr.	0.079	0.462	0.916	11367	0.116	0.489	0.907	10571	-0.027
May.	0.065	0.432	0.889	11792	0.113	0.422	0.900	11125	0.010
Jun.	0.115	0.390	0.896	11386	0.123	0.365	0.916	10614	0.025
Jul.	0.135	0.362	0.903	11257	0.094	0.322	0.919	10969	0.040
Aug.	0.107	0.439	0.877	11074	0.054	0.326	0.898	10937	0.113
Sep.	0.146	0.477	0.909	10765	0.062	0.417	0.925	10736	0.060
Oct.	0.143	0.519	0.903	11505	0.059	0.446	0.922	10184	0.073
Nov.	0.092	0.563	0.907	11118	0.060	0.562	0.909	9964	0.001
Dec.	0.085	0.625	0.910	11177	0.106	0.589	0.938	9777	0.036
Ave.	0.102	0.498	0.907	11456	0.093	0.477	0.912	10531	0.021

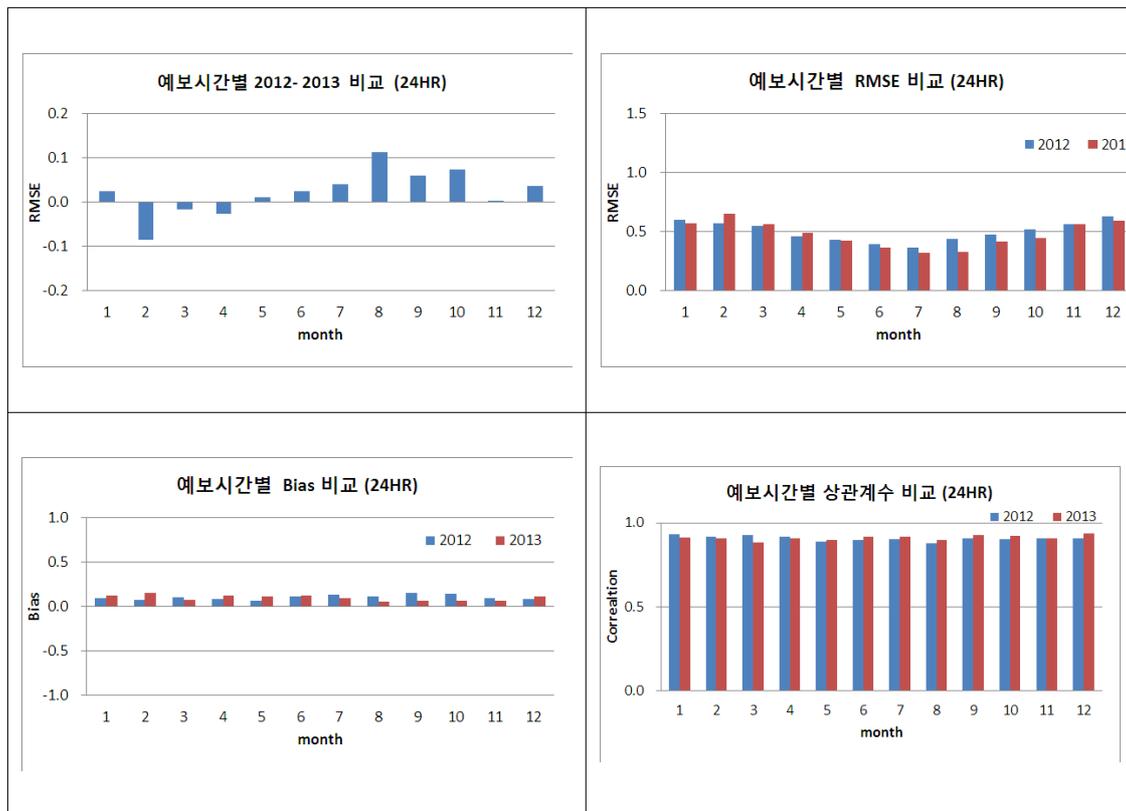


그림 3.6.5 GoWW3 + 24H예보장에 대한 전년 대비 성능 비교. BIAS, RMSE, Correlation

표 3.6.3 전지구 파랑모델(GoWW3) 전년 대비 BIAS, RMSE, CORR + 48H 비교

month	2012 년				2013 년				2012-2013 (RMSE)
	bias (m)	RMSE (m)	C.C	entries	bias (m)	RMSE (m)	C.C	entries	
Jan.	0.104	0.653	0.921	12534	0.108	0.630	0.896	10882	0.023
Feb.	0.076	0.613	0.904	11482	0.150	0.686	0.900	9762	-0.073
Mar.	0.115	0.598	0.913	12020	0.077	0.601	0.869	10852	-0.003
Apr.	0.103	0.513	0.899	11367	0.140	0.545	0.887	10571	-0.032
May.	0.093	0.472	0.873	11792	0.130	0.453	0.886	11125	0.019
Jun.	0.152	0.450	0.872	11386	0.139	0.400	0.903	10614	0.050
Jul.	0.161	0.401	0.887	11257	0.109	0.361	0.900	10969	0.040
Aug.	0.119	0.472	0.860	11074	0.069	0.363	0.876	10937	0.109
Sep.	0.164	0.516	0.897	10765	0.071	0.459	0.911	10736	0.057
Oct.	0.145	0.559	0.885	11505	0.065	0.483	0.909	10184	0.076
Nov.	0.098	0.602	0.895	11118	0.059	0.609	0.894	9964	-0.007
Dec.	0.106	0.690	0.893	11177	0.098	0.649	0.924	9777	0.041
Ave.	0.120	0.545	0.892	11456	0.101	0.520	0.896	10531	0.025

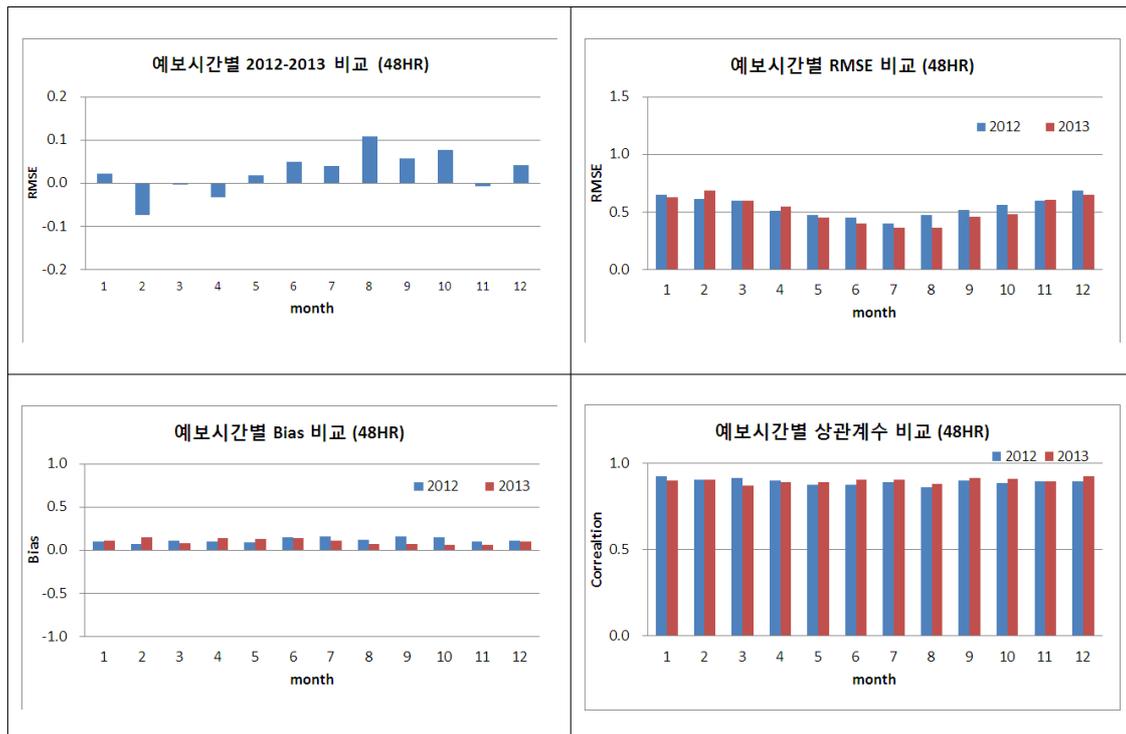


그림 3.6.6 GoWW3 + 48H예보장에 대한 전년 대비 성능 비교. BIAS, RMSE, Correlation

표 3.6.4 전지구 파랑모델(GoWW3) 전년 대비 BIAS, RMSE, CORR + 72H 비교

month	2012 년				2013 년				2012-2013 (RMSE)
	bias (m)	RMSE (m)	C.C	entries	bias (m)	RMSE (m)	C.C	entries	
Jan.	0.106	0.751	0.894	12534	0.124	0.707	0.875	10882	0.044
Feb.	0.077	0.701	0.875	11482	0.133	0.727	0.883	9762	-0.026
Mar.	0.133	0.660	0.895	12020	0.075	0.662	0.839	10852	-0.002
Apr.	0.120	0.602	0.864	11367	0.141	0.601	0.857	10571	0.001
May.	0.106	0.519	0.850	11792	0.141	0.511	0.854	11125	0.008
Jun.	0.177	0.521	0.827	11386	0.152	0.453	0.873	10614	0.068
Jul.	0.185	0.449	0.863	11257	0.102	0.416	0.864	10969	0.033
Aug.	0.128	0.525	0.827	11074	0.077	0.406	0.844	10937	0.119
Sep.	0.155	0.545	0.877	10765	0.086	0.523	0.886	10736	0.022
Oct.	0.114	0.620	0.851	11505	0.069	0.552	0.882	10184	0.068
Nov.	0.109	0.666	0.872	11118	0.043	0.677	0.867	9964	-0.011
Dec.	0.112	0.775	0.866	11177	0.106	0.688	0.915	9777	0.087
Ave.	0.127	0.611	0.863	11456	0.104	0.577	0.870	10531	0.034

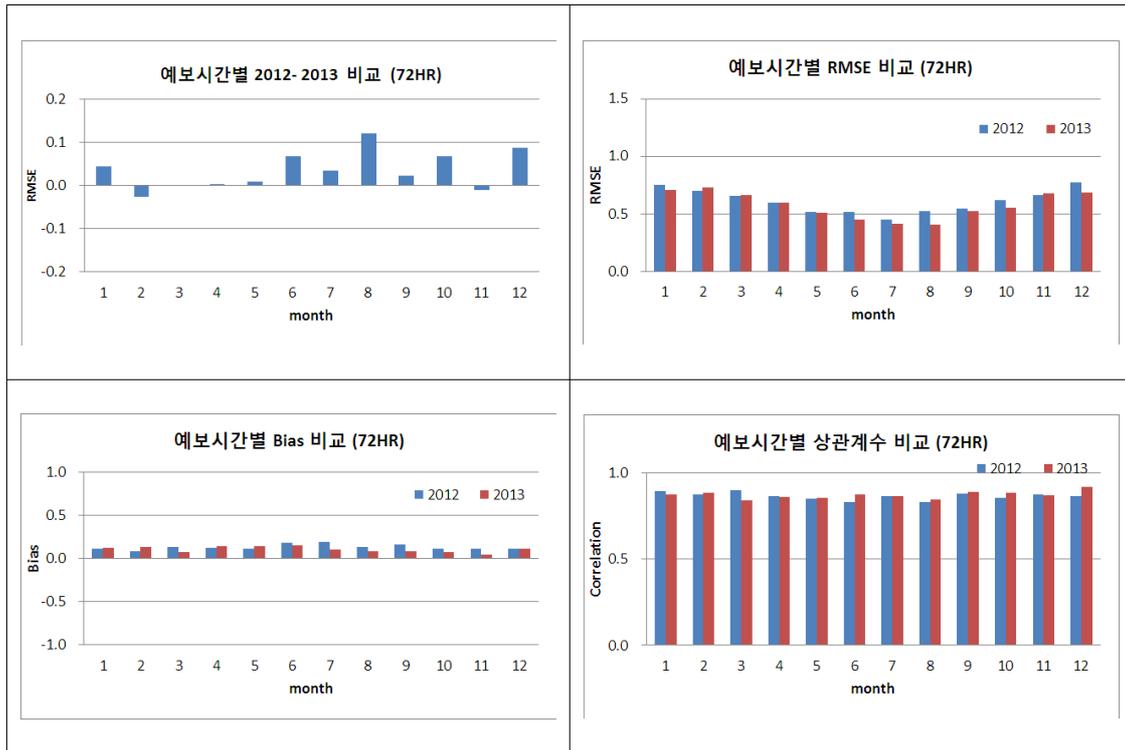


그림 3.6.7 GoWW3 + 72H예보장에 대한 전년 대비 성능 비교. BIAS, RMSE, Correlation

표 3.6.5 전지구 파랑모델(GoWW3) 전년 대비 BIAS, RMSE, CORR + 96H 비교

month	2012 년				2013 년				2012-2013 (RMSE)
	bias (m)	RMSE (m)	C.C	entries	bias (m)	RMSE (m)	C.C	entries	
Jan.	0.090	0.853	0.857	12534	0.140	0.788	0.841	10882	0.065
Feb.	0.056	0.784	0.840	11482	0.123	0.796	0.854	9762	-0.012
Mar.	0.147	0.740	0.867	12020	0.072	0.748	0.792	10852	-0.008
Apr.	0.122	0.694	0.813	11367	0.141	0.679	0.814	10571	0.015
May.	0.119	0.578	0.811	11792	0.143	0.585	0.809	11125	-0.007
Jun.	0.185	0.593	0.768	11386	0.158	0.517	0.833	10614	0.076
Jul.	0.193	0.506	0.819	11257	0.102	0.461	0.829	10969	0.045
Aug.	0.137	0.605	0.775	11074	0.071	0.466	0.792	10937	0.139
Sep.	0.147	0.598	0.846	10765	0.088	0.603	0.849	10736	-0.005
Oct.	0.092	0.669	0.816	11505	0.061	0.611	0.850	10184	0.058
Nov.	0.115	0.765	0.829	11118	0.029	0.776	0.824	9964	-0.011
Dec.	0.100	0.878	0.825	11177	0.097	0.789	0.884	9777	0.089
Ave.	0.125	0.689	0.822	11456	0.102	0.652	0.831	10531	0.037

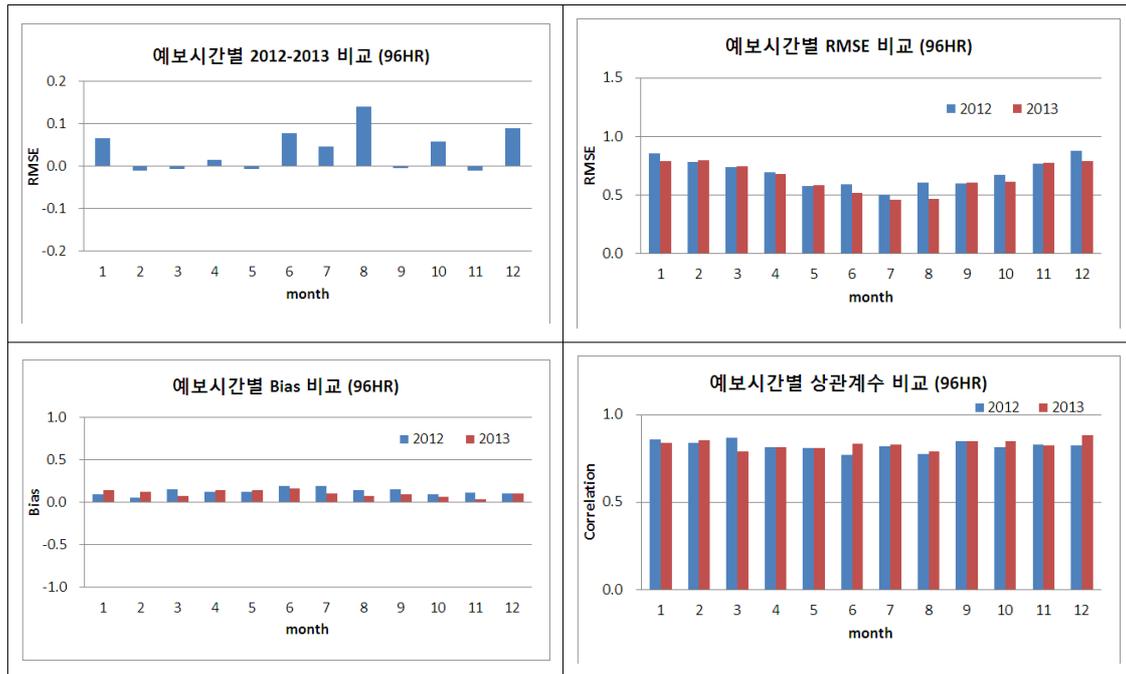


그림 3.6.8 GoWW3 + 96H예보장에 대한 전년 대비 성능 비교. BIAS, RMSE, Correlation

표 3.6.6 전지구 파랑모델(GoWW3) 전년 대비 BIAS, RMSE, CORR + 120H 비교

month	2012 년				2013 년				2012-2013 (RMSE)
	bias (m)	RMSE (m)	C.C	entries	bias (m)	RMSE (m)	C.C	entries	
Jan.	0.088	0.955	0.818	12534	0.143	0.892	0.797	10882	0.063
Feb.	0.088	0.948	0.775	11482	0.086	0.901	0.808	9762	0.047
Mar.	0.137	0.827	0.825	12020	0.067	0.822	0.745	10852	0.005
Apr.	0.123	0.742	0.779	11367	0.111	0.742	0.765	10571	0.000
May.	0.132	0.674	0.747	11792	0.097	0.646	0.746	11125	0.028
Jun.	0.167	0.656	0.694	11386	0.148	0.582	0.776	10614	0.074
Jul.	0.204	0.560	0.776	11257	0.099	0.514	0.779	10969	0.046
Aug.	0.130	0.668	0.709	11074	0.057	0.524	0.729	10937	0.144
Sep.	0.154	0.700	0.782	10765	0.108	0.733	0.776	10736	-0.033
Oct.	0.102	0.780	0.751	11505	0.029	0.681	0.807	10184	0.099
Nov.	0.119	0.870	0.774	11118	0.015	0.871	0.778	9964	-0.001
Dec.	0.123	1.008	0.769	11177	0.129	0.914	0.848	9777	0.094
Ave.	0.131	0.782	0.767	11456	0.091	0.735	0.779	10531	0.047

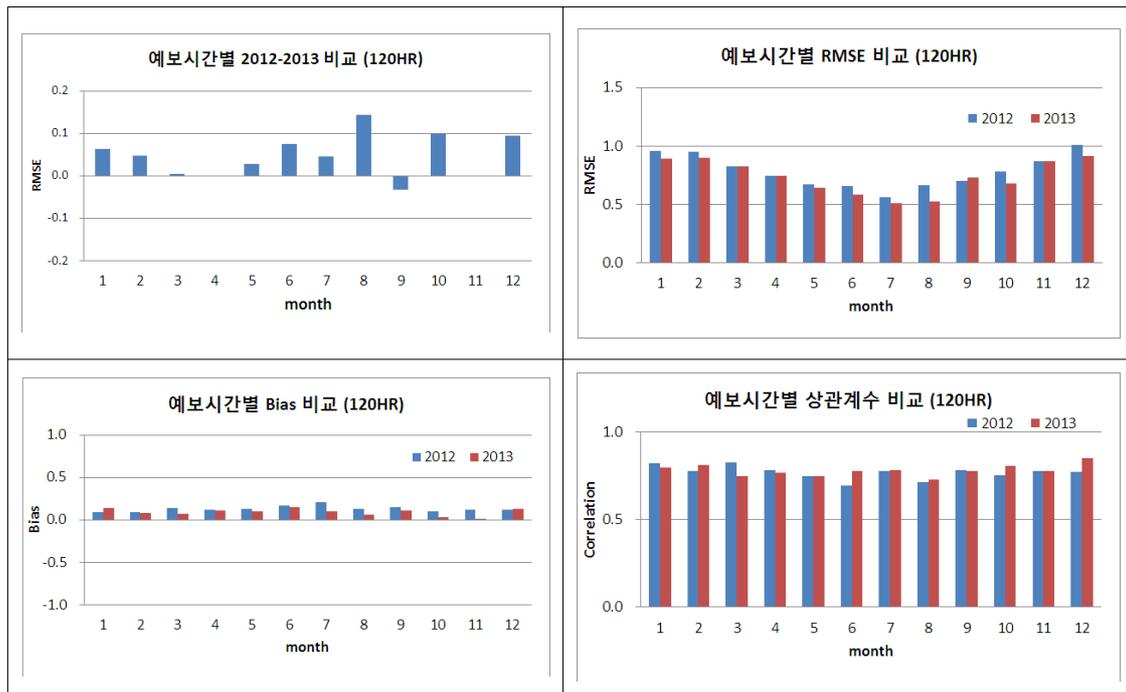


그림 3.6.9 GoWW3 + 120H예보장에 대한 전년 대비 성능 비교. BIAS, RMSE, Correlation

3.6.2.2 지역 파랑모델 (ReWW3) 부이 검증

표 3.6.7 지역 파랑모델(ReWW3) 덕적도 부이 (22101) 지점 BIAS

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	-0.07	-0.14	-0.15	-0.05	0.00	-0.09	-0.02	-0.11	-0.11	-0.05	-0.15	0.09	-0.07
24hr	-0.07	-0.13	-0.13	-0.03	0.02	-0.09	0.00	-0.12	-0.05	-0.06	-0.12	0.13	-0.05
36hr	-0.07	-0.14	-0.13	0.04	0.02	-0.09	0.01	-0.16	-0.05	-0.05	-0.06	0.15	-0.04
48hr	-0.06	-0.11	-0.11	0.02	0.05	-0.08	0.06	-0.16	-0.05	-0.04	-0.05	0.16	-0.03
60hr	-0.02	-0.05	-0.09	0.03	0.07	-0.08	0.07	-0.16	-0.08	-0.06	-0.02	0.16	-0.02
72hr	-0.02	-0.03	-0.08	0.05	0.06	-0.06	0.18	-0.13	-0.07	-0.03	0.02	0.16	0.00

표 3.6.8 지역 파랑모델(ReWW3) 덕적도 부이 (22101) 지점 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.21	0.23	0.23	0.21	0.15	0.12	0.15	0.21	0.23	0.17	0.30	0.31	0.21
24hr	0.19	0.24	0.23	0.22	0.16	0.13	0.14	0.21	0.21	0.16	0.25	0.34	0.21
36hr	0.20	0.29	0.25	0.25	0.16	0.12	0.20	0.25	0.18	0.14	0.28	0.34	0.22
48hr	0.23	0.27	0.25	0.28	0.18	0.12	0.33	0.27	0.24	0.19	0.33	0.32	0.25
60hr	0.25	0.23	0.28	0.28	0.22	0.13	0.25	0.29	0.24	0.22	0.34	0.34	0.26
72hr	0.26	0.25	0.28	0.29	0.21	0.13	0.39	0.30	0.27	0.23	0.33	0.37	0.28

표 3.6.9 지역 파랑모델(ReWW3) 칠발도 부이 (22102) 지점 BIAS

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	-0.05	-0.15	-0.36	-0.22	0.07	-0.05	-0.13	-0.17	-0.16	-0.13	0.11	0.59	-0.05
24hr	-0.04	-0.18	-0.35	-0.18	0.08	-0.05	-0.09	-0.16	-0.14	-0.13	0.09	0.63	-0.04
36hr	-0.08	-0.21	-0.37	-0.17	0.10	-0.05	-0.04	-0.15	-0.11	-0.10	0.07	0.64	-0.04
48hr	-0.10	-0.23	-0.35	-0.17	0.09	-0.05	-0.01	-0.13	-0.14	-0.10	0.09	0.64	-0.04
60hr	-0.04	-0.11	-0.32	-0.09	0.09	-0.03	0.03	-0.12	-0.15	-0.12	0.04	0.63	-0.02
72hr	-0.01	-0.02	-0.32	-0.03	0.12	0.02	0.04	-0.07	-0.15	-0.08	0.15	0.59	0.02

표 3.6.10 지역 파랑모델(ReWW3) 칠발도 부이 (22102) 지점 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.20	0.28	0.49	0.38	0.18	0.13	0.22	0.24	0.25	0.27	0.41	0.78	0.32
24hr	0.20	0.30	0.49	0.41	0.18	0.15	0.21	0.24	0.26	0.29	0.35	0.80	0.32
36hr	0.23	0.35	0.52	0.47	0.22	0.15	0.22	0.24	0.25	0.35	0.43	0.81	0.35
48hr	0.30	0.37	0.54	0.55	0.21	0.14	0.25	0.25	0.27	0.41	0.50	0.78	0.38
60hr	0.23	0.36	0.55	0.49	0.24	0.16	0.28	0.24	0.26	0.46	0.56	0.80	0.39
72hr	0.28	0.34	0.58	0.55	0.25	0.19	0.29	0.24	0.31	0.35	0.57	0.77	0.39

표 3.6.11 지역 파랑모델(ReWW3) 거문도 부이 (22103) 지점 BIAS

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	-0.46	-0.43	-0.44	-0.37	-0.23	-0.26	-0.27	-0.37	-0.58	-0.52	-0.74	-0.75	-0.45
24hr	-0.45	-0.45	-0.43	-0.36	-0.22	-0.23	-0.25	-0.36	-0.51	-0.48	-0.69	-0.74	-0.43
36hr	-0.43	-0.47	-0.42	-0.35	-0.17	-0.22	-0.25	-0.37	-0.45	-0.43	-0.65	-0.74	-0.41
48hr	-0.45	-0.45	-0.40	-0.35	-0.14	-0.26	-0.23	-0.35	-0.41	-0.51	-0.66	-0.74	-0.41
60hr	-0.44	-0.40	-0.38	-0.31	-0.13	-0.22	-0.24	-0.33	-0.39	-0.57	-0.66	-0.77	-0.40
72hr	-0.44	-0.33	-0.38	-0.26	-0.12	-0.15	-0.24	-0.32	-0.31	-0.57	-0.67	-0.80	-0.38

표 3.6.12 지역 파랑모델(ReWW3) 거문도 부이 (22103) 지점 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.50	0.47	0.48	0.44	0.36	0.36	0.40	0.50	0.63	0.63	0.79	0.79	0.53
24hr	0.50	0.49	0.47	0.43	0.32	0.36	0.40	0.49	0.58	0.61	0.75	0.78	0.51
36hr	0.49	0.52	0.46	0.42	0.32	0.37	0.38	0.51	0.55	0.91	0.71	0.79	0.54
48hr	0.52	0.52	0.46	0.44	0.32	0.41	0.40	0.53	0.54	0.58	0.72	0.80	0.52
60hr	0.53	0.46	0.45	0.41	0.39	0.36	0.41	0.54	0.54	0.68	0.72	0.82	0.53
72hr	0.50	0.41	0.46	0.38	0.45	0.41	0.45	0.52	0.53	0.72	0.73	0.86	0.53

표 3.6.13 지역 파랑모델(ReWW3) 거제도 부이 (22104) 지점 BIAS

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	-0.29	-0.32	-0.27	-0.14	-0.12	-0.05	-0.07	-0.11	-0.11	-0.28	-0.24	-0.29	-0.19
24hr	-0.28	-0.31	-0.28	-0.14	-0.08	-0.03	-0.03	-0.06	-0.02	-0.24	-0.22	-0.22	-0.16
36hr	-0.31	-0.38	-0.29	-0.13	-0.04	0.00	-0.06	-0.06	0.03	-0.27	-0.19	-0.24	-0.16
48hr	-0.33	-0.38	-0.25	-0.15	-0.02	-0.02	-0.04	-0.04	0.12	-0.29	-0.16	-0.26	-0.15
60hr	-0.32	-0.33	-0.23	-0.10	-0.05	0.02	-0.04	-0.07	0.18	-0.35	-0.15	-0.28	-0.14
72hr	-0.33	-0.29	-0.24	-0.07	-0.03	0.07	-0.03	-0.08	0.24	-0.36	-0.13	-0.30	-0.13

표 3.6.14 지역 파랑모델(ReWW3) 거제도 부이 (22104) 지점 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.36	0.42	0.40	0.31	0.20	0.19	0.24	0.18	0.27	0.55	0.33	0.39	0.32
24hr	0.36	0.41	0.41	0.30	0.20	0.22	0.18	0.18	0.25	0.53	0.30	0.35	0.31
36hr	0.37	0.46	0.42	0.32	0.21	0.23	0.20	0.20	0.28	0.64	0.30	0.36	0.33
48hr	0.40	0.49	0.42	0.37	0.23	0.25	0.19	0.22	0.39	0.66	0.31	0.38	0.36
60hr	0.40	0.45	0.41	0.33	0.28	0.26	0.23	0.22	0.45	0.80	0.30	0.42	0.38
72hr	0.42	0.41	0.47	0.35	0.35	0.38	0.22	0.22	0.55	0.84	0.29	0.45	0.41

표 3.6.15 지역 파랑모델(ReWW3) 동해 부이 (22105) 지점 BIAS

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	-0.26	-0.21	-0.10	-0.19	-0.02	-0.09	0.24	-0.01	-0.10	0.02	-0.32	-0.17	-0.10
24hr	-0.21	-0.22	-0.08	-0.13	0.01	-0.08	0.28	0.00	-0.10	0.00	-0.32	-0.15	-0.08
36hr	-0.23	-0.29	-0.12	-0.15	0.00	-0.04	0.30	-0.01	-0.06	0.03	-0.31	-0.16	-0.09
48hr	-0.24	-0.31	-0.12	-0.11	0.03	-0.02	0.27	-0.03	-0.07	0.00	-0.30	-0.20	-0.09
60hr	-0.27	-0.25	-0.12	-0.15	0.04	-0.04	0.25	0.04	-0.04	-0.02	-0.30	-0.27	-0.09
72hr	-0.24	-0.18	-0.08	-0.09	0.04	0.05	0.27	0.10	0.01	0.00	-0.29	-0.23	-0.05

표 3.6.16 지역 파랑모델(ReWW3) 동해 부이 (22105) 지점 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.39	0.41	0.29	0.35	0.25	0.19	0.39	0.21	0.33	0.34	0.41	0.44	0.33
24hr	0.40	0.39	0.32	0.35	0.26	0.21	0.40	0.20	0.32	0.40	0.42	0.58	0.35
36hr	0.41	0.51	0.37	0.38	0.26	0.21	0.43	0.23	0.32	0.40	0.43	0.61	0.38
48hr	0.43	0.59	0.40	0.42	0.30	0.21	0.46	0.28	0.33	0.50	0.45	0.58	0.41
60hr	0.47	0.54	0.41	0.46	0.36	0.20	0.44	0.29	0.32	0.59	0.50	0.55	0.43
72hr	0.48	0.47	0.40	0.51	0.39	0.24	0.53	0.28	0.35	0.63	0.47	0.72	0.46

표 3.6.17 지역 파랑모델(ReWW3) 포항 부이 (22106) 지점 BIAS

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	-0.20	-0.28	-0.20	-0.15	-0.06	0.04	0.15	-0.04	-0.04	-0.04	-	-0.06	-0.08
24hr	-0.18	-0.28	-0.21	-0.10	-0.01	0.01	0.21	-0.05	0.01	-0.03	-	-0.06	-0.06
36hr	-0.19	-0.29	-0.23	-0.12	-0.01	0.05	0.21	-0.03	0.02	-0.01	-	-0.10	-0.06
48hr	-0.24	-0.31	-0.22	-0.06	0.01	0.07	0.23	-0.01	0.08	-0.03	-	-0.11	-0.05
60hr	-0.27	-0.29	-0.22	-0.08	0.01	0.06	0.23	0.00	0.14	-0.03	-	-0.15	-0.05
72hr	-0.24	-0.23	-0.20	-0.11	-0.02	0.13	0.27	0.01	0.21	0.00	-	-0.14	-0.03

표 3.6.18 지역 파랑모델(ReWW3) 포항 부이 (22106) 지점 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.32	0.46	0.35	0.31	0.27	0.20	0.27	0.21	0.34	0.47	-	0.37	0.32
24hr	0.30	0.46	0.38	0.32	0.28	0.15	0.33	0.21	0.31	0.50	-	0.35	0.33
36hr	0.36	0.49	0.41	0.35	0.32	0.21	0.33	0.20	0.32	0.49	-	0.37	0.35
48hr	0.43	0.52	0.46	0.34	0.35	0.21	0.35	0.30	0.37	0.66	-	0.37	0.39
60hr	0.48	0.51	0.45	0.34	0.39	0.18	0.37	0.31	0.45	0.52	-	0.44	0.40
72hr	0.49	0.48	0.47	0.43	0.39	0.29	0.43	0.27	0.53	0.60	-	0.49	0.44

표 3.6.19 지역 파랑모델(ReWW3) 마라도 부이 (22107) 지점 BIAS

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.02	-0.16	-0.07	0.01	0.04	-0.12	-0.08	-0.12	-0.18	-0.23	-0.07	0.01	-0.08
24hr	-0.01	-0.22	-0.11	0.03	0.02	-0.14	-0.07	-0.13	-0.17	-0.20	-0.08	-0.03	-0.09
36hr	-0.04	-0.28	-0.13	-0.13	0.05	-0.13	-0.01	-0.12	-0.14	-0.17	-0.05	-0.04	-0.10
48hr	-0.10	-0.25	-0.14	-0.09	0.08	-0.12	0.05	-0.11	-0.11	-0.16	-0.06	-0.11	-0.09
60hr	-0.11	-0.20	-0.13	0.14	0.11	0.00	0.04	-0.03	-0.07	-0.20	-0.05	-0.12	-0.05
72hr	-0.02	-0.09	-0.13	0.20	0.14	0.07	0.00	0.02	-0.05	-0.22	0.01	-0.16	-0.02

표 3.6.20 지역 파랑모델(ReWW3) 마라도 부이 (22107) 지점 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.27	0.27	0.22	0.31	0.27	0.22	0.30	0.33	0.29	0.36	0.27	0.26	0.28
24hr	0.24	0.34	0.24	0.40	0.23	0.30	0.32	0.35	0.32	0.36	0.34	0.28	0.31
36hr	0.30	0.38	0.32	0.43	0.26	0.35	0.32	0.36	0.34	0.42	0.41	0.39	0.36
48hr	0.35	0.40	0.37	0.54	0.30	0.31	0.41	0.39	0.29	0.41	0.41	0.37	0.38
60hr	0.34	0.40	0.34	0.41	0.35	0.32	0.41	0.43	0.32	0.44	0.46	0.40	0.38
72hr	0.38	0.39	0.43	0.40	0.40	0.54	0.43	0.44	0.37	0.46	0.41	0.47	0.43

표 3.6.21 지역 파랑모델(ReWW3) 외연도 부이 (22108) 지점 BIAS

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	-0.12	-0.17	-0.18	0.01	0.02	-0.12	-0.08	-0.17	-0.20	-0.17	-0.17	-0.16	-0.13
24hr	-0.13	-0.17	-0.18	0.05	0.03	-0.13	-0.07	-0.24	-0.18	-0.16	-0.10	-0.12	-0.12
36hr	-0.14	-0.19	-0.15	0.08	0.05	-0.13	-0.04	-0.27	-0.14	-0.14	-0.05	-0.08	-0.10
48hr	-0.11	-0.13	-0.14	0.06	0.08	-0.13	-0.01	-0.27	-0.18	-0.12	-0.01	-0.08	-0.09
60hr	-0.05	-0.04	-0.12	0.15	0.09	-0.10	0.08	-0.24	-0.13	-0.11	0.06	-0.11	-0.04
72hr	-0.06	-0.01	-0.12	0.16	0.04	-0.08	0.13	-0.20	-0.16	-0.09	0.08	-0.15	-0.04

표 3.6.22 지역 파랑모델(ReWW3) 외연도 부이 (22108) 지점 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.26	0.29	0.36	0.24	0.19	0.19	0.20	0.23	0.27	0.32	0.30	0.33	0.26
24hr	0.25	0.31	0.37	0.29	0.19	0.19	0.21	0.29	0.27	0.33	0.31	0.35	0.28
36hr	0.28	0.34	0.38	0.35	0.20	0.18	0.25	0.34	0.27	0.34	0.35	0.39	0.31
48hr	0.32	0.33	0.39	0.37	0.22	0.18	0.35	0.36	0.30	0.35	0.43	0.39	0.33
60hr	0.30	0.34	0.41	0.42	0.28	0.18	0.38	0.35	0.35	0.36	0.47	0.44	0.36
72hr	0.31	0.32	0.43	0.50	0.26	0.18	0.49	0.34	0.35	0.38	0.44	0.52	0.38

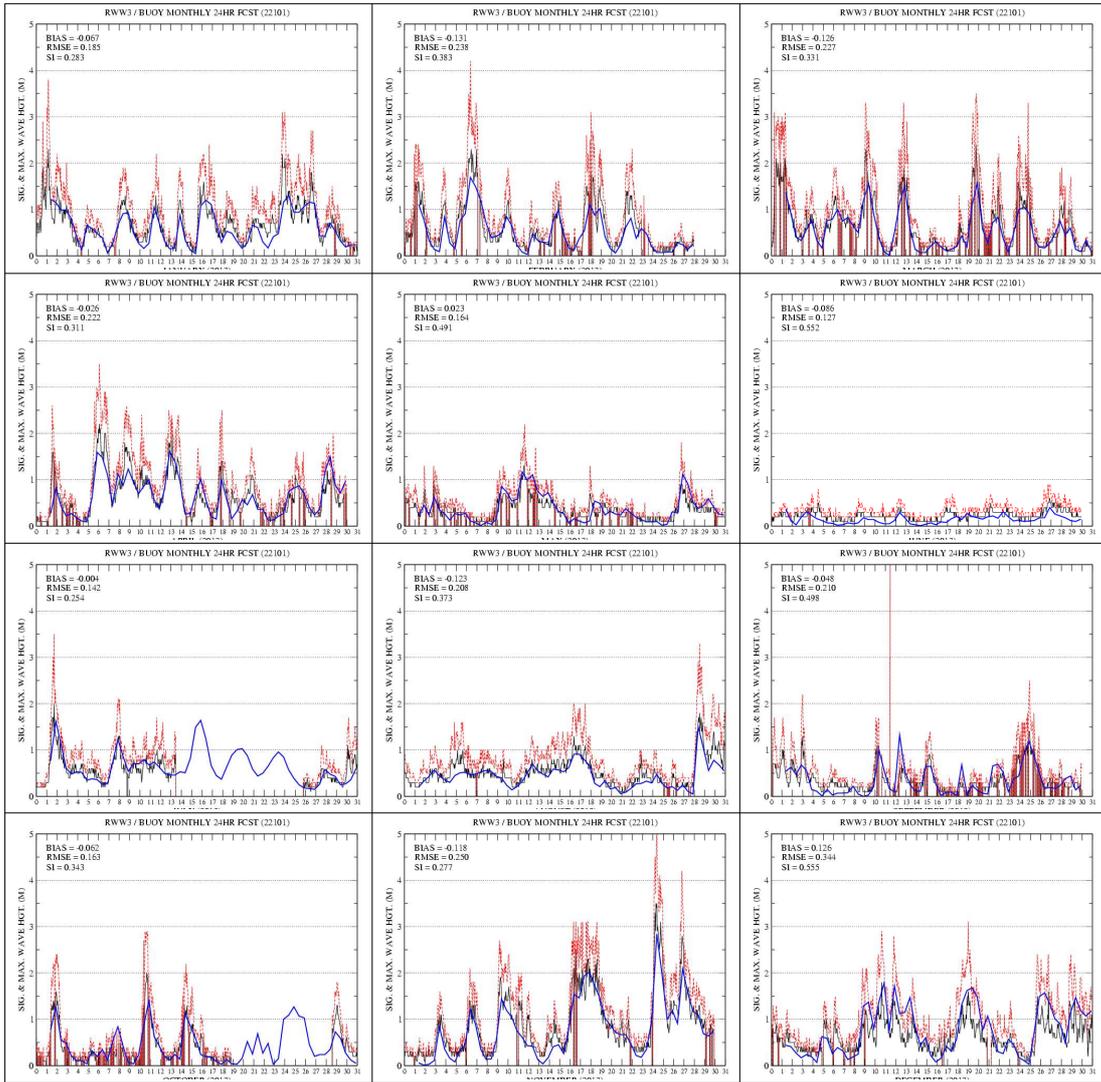


그림 3.6.10 덕적도 부이 관측(검은색 실선)과 ReWW3 + 24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2013년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고.

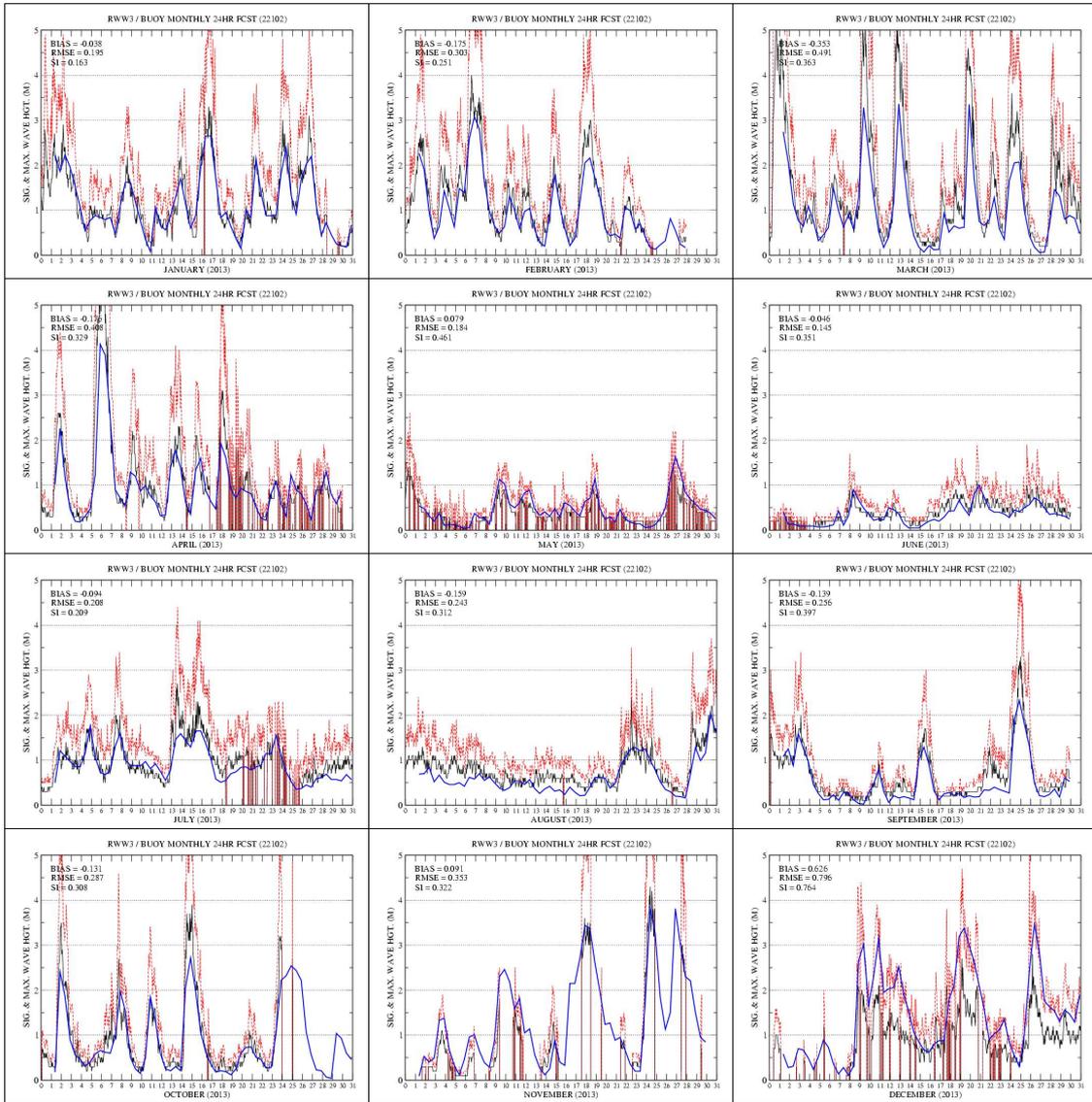


그림 3.6.11 칠발도 부이 관측(검은색 실선)과 ReWW3 + 24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2013년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고.

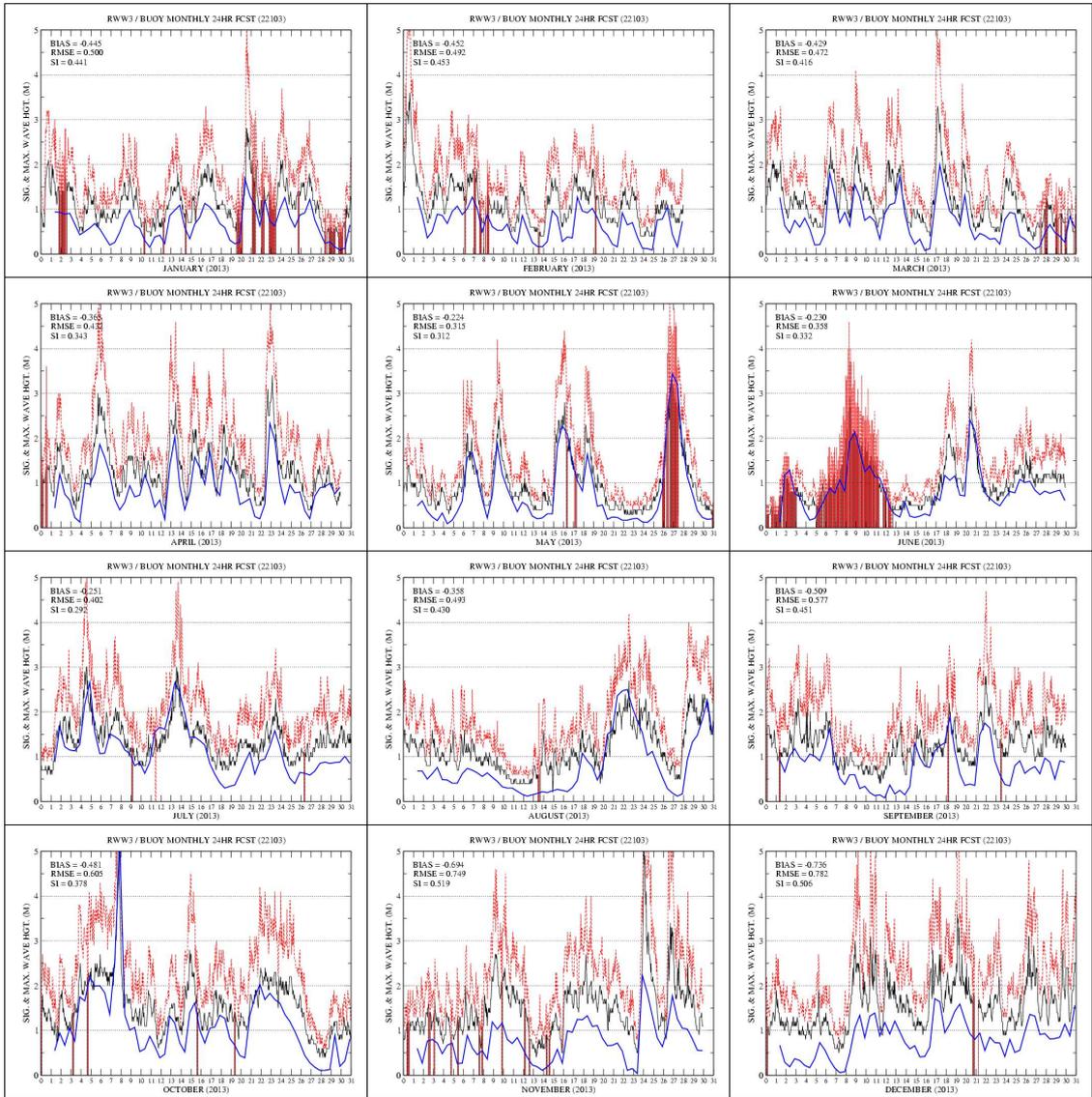


그림 3.6.12 거문도 부이 관측(검은색 실선)과 ReWW3 + 24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2013년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고

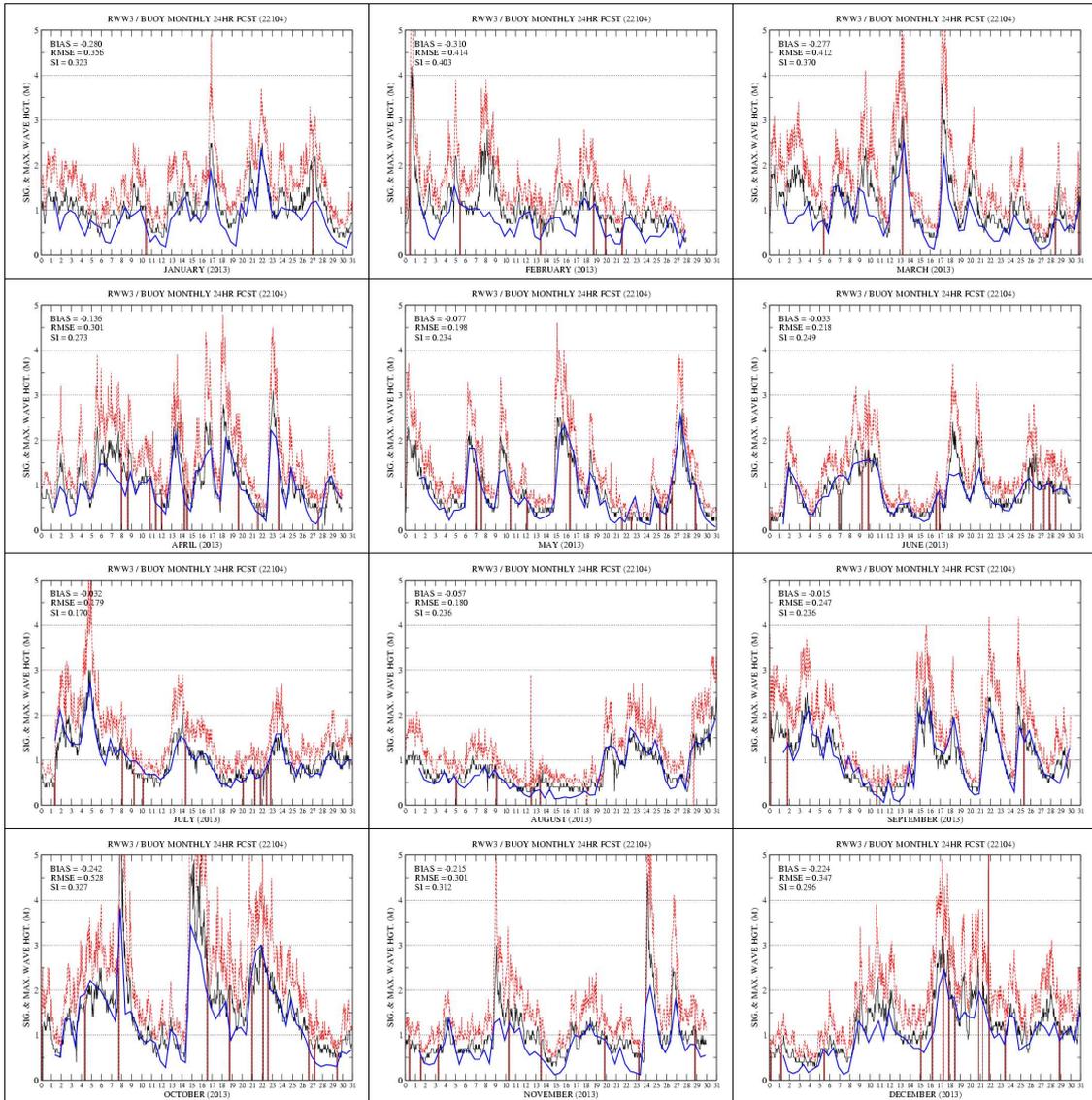


그림 3.6.13 거제도 부이 관측(검은색 실선)과 ReWW3 + 24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2013년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고

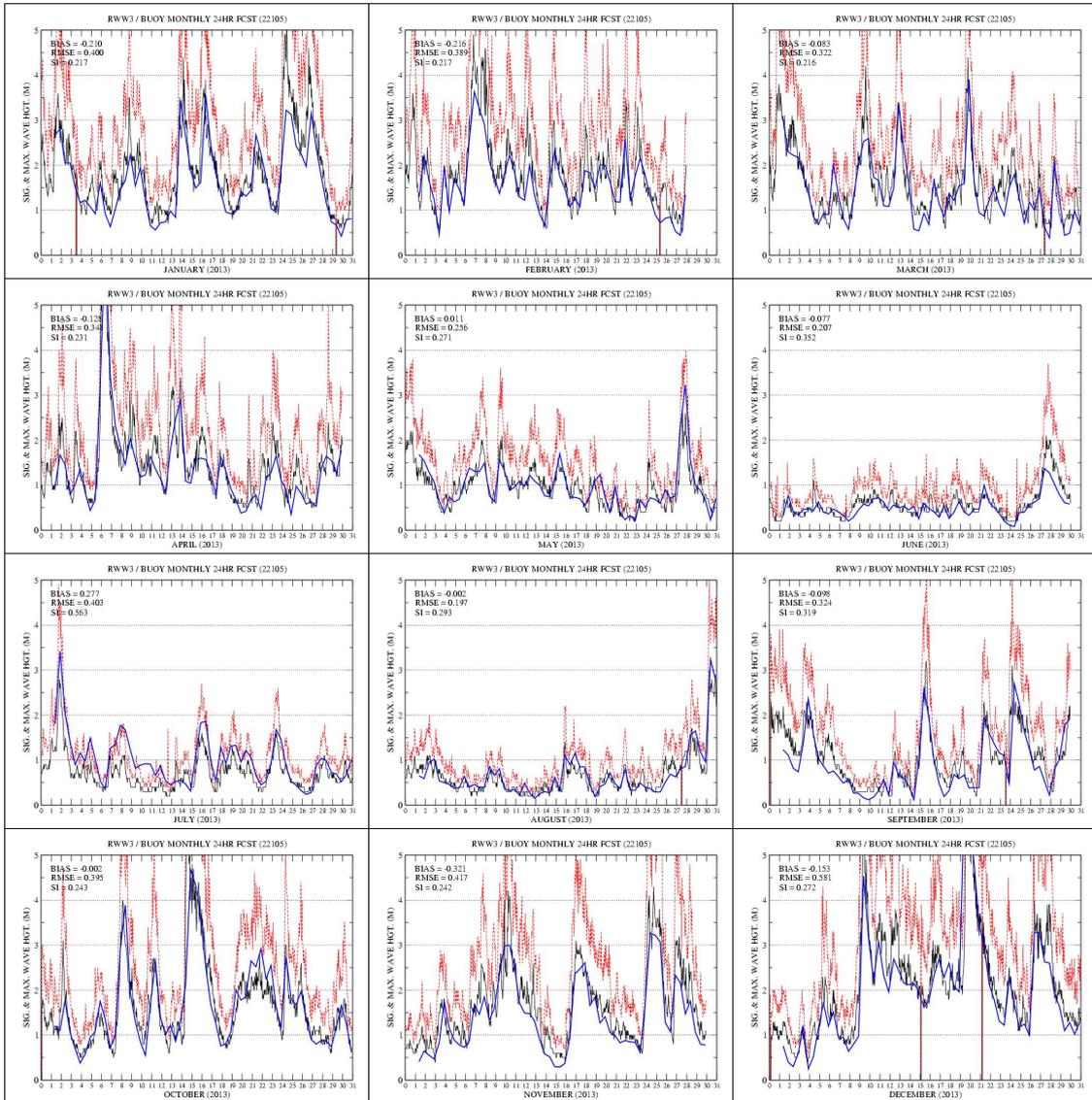


그림 3.6.14 동해 부이 관측(검은색 실선)과 ReWW3 + 24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2013년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고

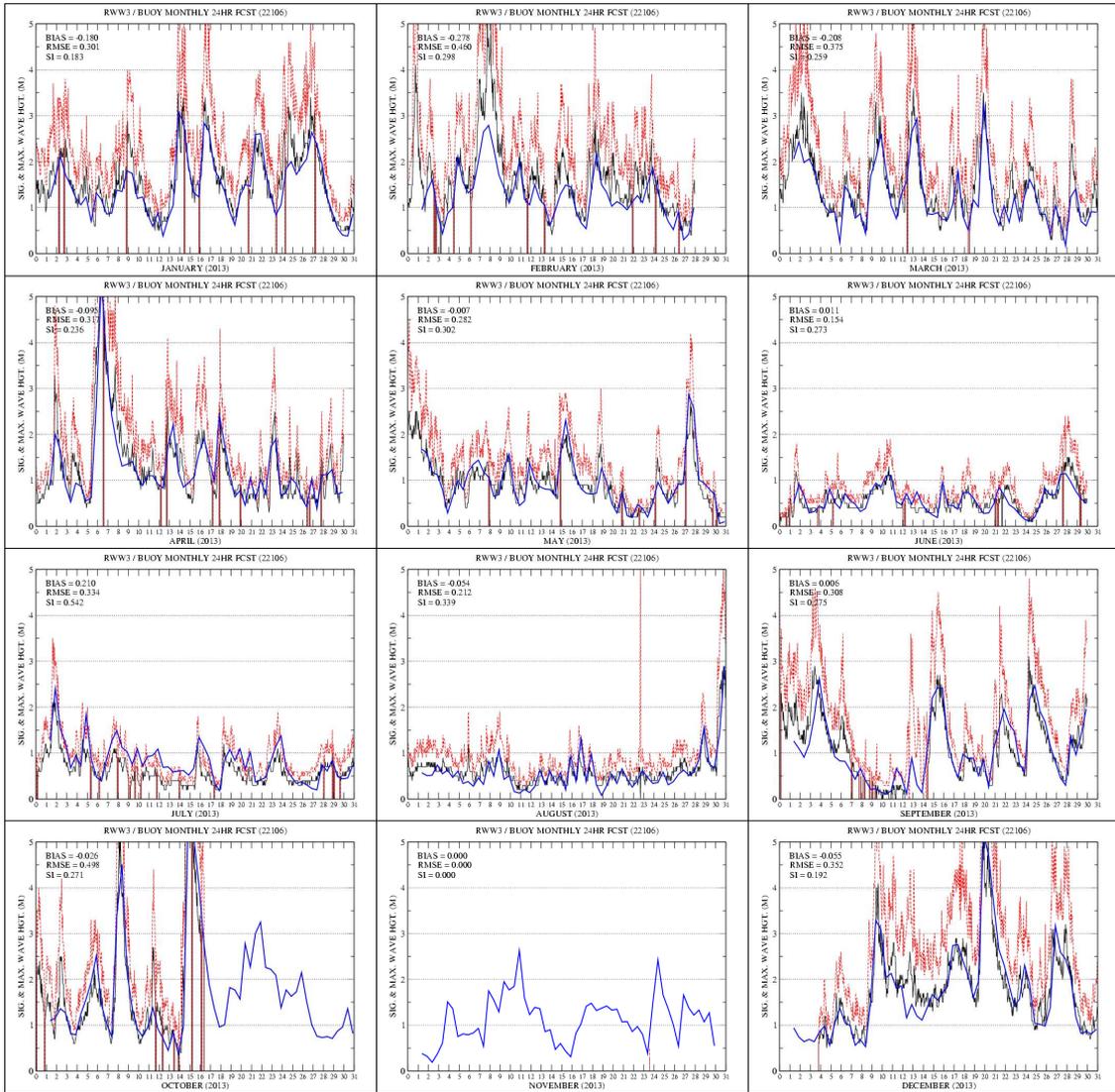


그림 3.6.15 포항 부이 관측(검은색 실선)과 ReWW3 + 24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2013년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고

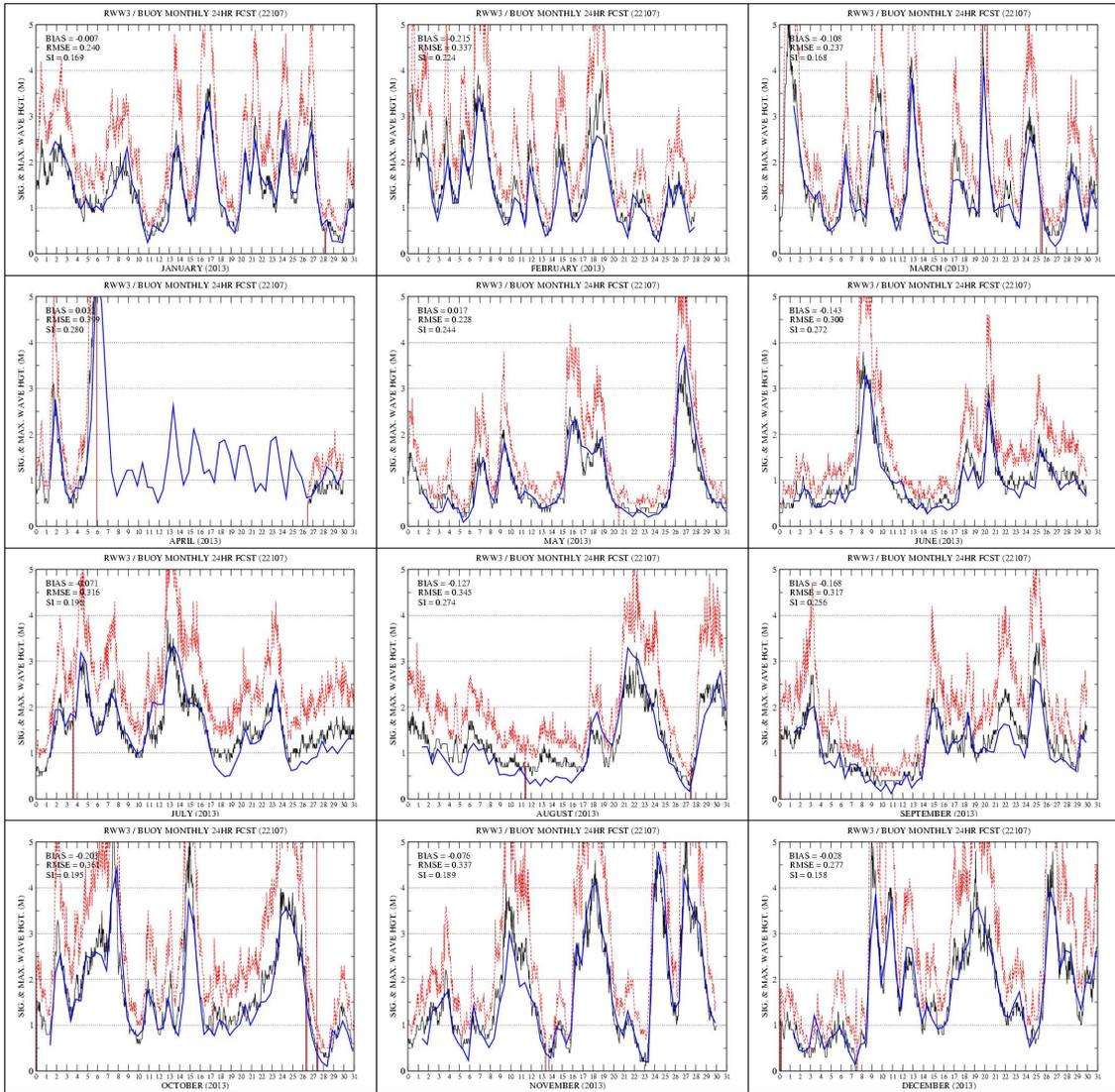


그림 3.6.16 마라도 부이 관측(검은색 실선)과 ReWW3 + 24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2013년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고

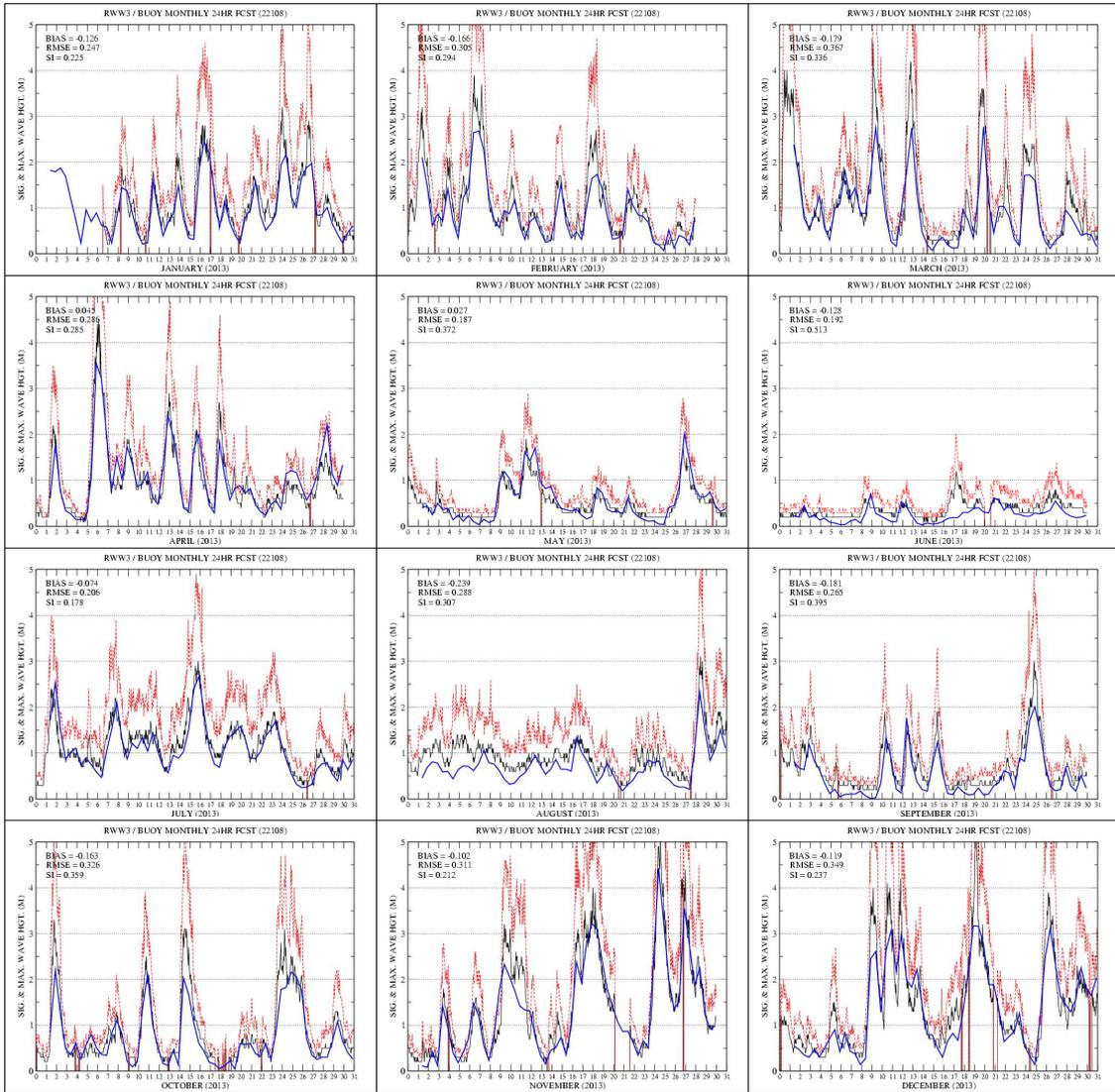


그림 3.6.17 외연도 부이 관측(검은색 실선)과 ReWW3 + 24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2013년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고

3.6.2.3 국지연안 파랑모델 (CoWW3) 부이 검증

표 3.6.23 국지연안 파랑모델(CoWW3) 덕적도 부이 (22101) 지점 BIAS

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
0hr	0.14	0.05	0.03	0.16	0.09	-0.06	0.12	0.01	0.03	0.11	0.01	0.27	0.08
12hr	0.14	0.05	0.03	0.17	0.10	-0.06	0.12	0.01	0.03	0.10	0.01	0.27	0.08
24hr	0.14	0.05	0.03	0.21	0.13	-0.06	0.13	-0.03	0.09	0.10	0.07	0.32	0.10
36hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.16	0.36	0.26
48hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.16	0.37	0.26
60hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.21	0.38	0.29
72hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.25	0.38	0.31

표 3.6.24 국지연안 파랑모델(CoWW3) 덕적도 부이 (22101) 지점 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
0hr	0.29	0.17	0.17	0.27	0.21	0.12	0.23	0.19	0.20	0.22	0.26	0.50	0.24
12hr	0.29	0.18	0.17	0.28	0.21	0.12	0.24	0.19	0.20	0.22	0.27	0.50	0.24
24hr	0.27	0.21	0.18	0.34	0.24	0.12	0.24	0.17	0.28	0.22	0.30	0.56	0.26
36hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.39	0.57	0.48
48hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.45	0.55	0.50
60hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.45	0.56	0.50
72hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.47	0.59	0.53

표 3.6.25 국지연안 파랑모델(CoWW3) 칠발도 부이 (22102) 지점 BIAS

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
0hr	0.07	-0.01	-0.24	-0.10	0.11	-0.03	-0.14	-0.17	-0.08	0.00	0.28	0.81	0.04
12hr	0.08	-0.02	-0.23	-0.10	0.11	-0.03	-0.14	-0.17	-0.08	0.00	0.28	0.81	0.04
24hr	0.10	-0.04	-0.23	-0.06	0.11	-0.04	-0.11	-0.15	-0.06	0.03	0.26	0.85	0.06
36hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.23	0.88	0.55
48hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.25	0.87	0.56
60hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.20	0.83	0.52
72hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.35	0.81	0.58

표 3.6.26 국지연안 파랑모델(CoWW3) 칠발도 부이 (22102) 지점 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
0hr	0.25	0.22	0.38	0.33	0.23	0.14	0.22	0.24	0.24	0.22	0.48	1.03	0.33
12hr	0.23	0.22	0.36	0.33	0.23	0.14	0.22	0.24	0.24	0.22	0.48	1.03	0.33
24hr	0.23	0.24	0.37	0.34	0.22	0.15	0.22	0.25	0.26	0.28	0.41	1.05	0.33
36hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.44	1.06	0.75
48hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.51	1.03	0.77
60hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.57	1.04	0.80
72hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.67	1.02	0.84

표 3.6.27 국지연안 파랑모델(CoWW3) 거문도 부이 (22103) 지점 BIAS

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
0hr	-0.23	-0.23	-0.25	-0.13	-0.10	-0.15	-0.18	-0.28	-0.45	-0.33	-0.51	-0.48	-0.28
12hr	-0.24	-0.22	-0.24	-0.14	-0.10	-0.15	-0.19	-0.28	-0.47	-0.33	-0.51	-0.49	-0.28
24hr	-0.21	-0.25	-0.26	-0.13	-0.07	-0.13	-0.16	-0.26	-0.38	-0.25	-0.43	-0.46	-0.25
36hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.38	-0.44	-0.41
48hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.39	-0.47	-0.43
60hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.38	-0.47	-0.42
72hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.32	-0.52	-0.42

표 3.6.28 국지연안 파랑모델(CoWW3) 거문도 부이 (22103) 지점 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
0hr	0.32	0.32	0.34	0.26	0.33	0.27	0.34	0.45	0.54	0.49	0.56	0.56	0.40
12hr	0.32	0.32	0.34	0.26	0.33	0.27	0.34	0.45	0.54	0.49	0.56	0.56	0.40
24hr	0.30	0.33	0.33	0.28	0.30	0.29	0.36	0.46	0.50	0.49	0.52	0.55	0.39
36hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.48	0.56	0.52
48hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.51	0.56	0.53
60hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.48	0.57	0.52
72hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.46	0.63	0.55

표 3.6.29 국지연안 파랑모델(CoWW3) 거제도 부이 (22104) 지점 BIAS

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
0hr	-0.19	-0.20	-0.21	-0.06	-0.08	-0.02	0.07	-0.03	-0.10	-0.24	-0.14	-0.19	-0.12
12hr	-0.19	-0.21	-0.21	-0.07	-0.07	-0.02	0.06	-0.03	-0.10	-0.24	-0.13	-0.19	-0.12
24hr	-0.19	-0.25	-0.21	-0.05	-0.01	0.00	0.11	0.03	-0.01	-0.20	-0.08	-0.13	-0.08
36hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.05	-0.13	-0.09
48hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.03	-0.17	-0.10
60hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.04	-0.18	-0.11
72hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.02	-0.20	-0.11

표 3.6.30 국지연안 파랑모델(CoWW3) 거제도 부이 (22104) 지점 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
0hr	0.30	0.39	0.37	0.28	0.21	0.15	0.24	0.21	0.28	0.57	0.28	0.35	0.30
12hr	0.30	0.40	0.37	0.29	0.21	0.15	0.24	0.21	0.28	0.57	0.28	0.35	0.30
24hr	0.31	0.39	0.38	0.29	0.21	0.19	0.21	0.23	0.27	0.55	0.25	0.33	0.30
36hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.27	0.33	0.30
48hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.31	0.34	0.32
60hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.28	0.39	0.34
72hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.29	0.43	0.36

표 3.6.31 국지연안 파랑모델(CoWW3) 동해 부이 (22105) 지점 BIAS

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
0hr	-0.31	-0.26	-0.15	-0.23	-0.02	-0.11	0.21	-0.03	-0.13	-0.03	-0.33	-0.19	-0.13
12hr	-0.31	-0.26	-0.14	-0.23	-0.03	-0.11	0.22	-0.03	-0.13	-0.04	-0.33	-0.19	-0.13
24hr	-0.25	-0.26	-0.13	-0.17	0.00	-0.08	0.25	-0.03	-0.11	-0.05	-0.32	-0.16	-0.11
36hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.32	-0.18	-0.25
48hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.30	-0.21	-0.25
60hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.30	-0.28	-0.29
72hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.30	-0.24	-0.27

표 3.6.32 국지연안 파랑모델(CoWW3) 동해 부이 (22105) 지점 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
0hr	0.43	0.44	0.30	0.37	0.27	0.22	0.36	0.20	0.33	0.33	0.42	0.44	0.34
12hr	0.43	0.44	0.30	0.37	0.27	0.22	0.37	0.21	0.33	0.33	0.42	0.45	0.34
24hr	0.42	0.42	0.34	0.36	0.26	0.23	0.39	0.19	0.32	0.39	0.42	0.60	0.36
36hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.44	0.63	0.53
48hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.46	0.60	0.53
60hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.50	0.56	0.53
72hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.47	0.74	0.60

표 3.6.33 국지연안 파랑모델(CoWW3) 포항 부이 (22106) 지점 BIAS

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
0hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.03	-0.03
12hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.03	-0.03
24hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.04	-0.04
36hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.10	-0.10
48hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.10	-0.10
60hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.13	-0.13
72hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.12	-0.12

표 3.6.34 국지연안 파랑모델(CoWW3) 포항 부이 (22106) 지점 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
0hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.36	0.36
12hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.36	0.36
24hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.35	0.35
36hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.35	0.35
48hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.37	0.37
60hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.44	0.44
72hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.49	0.49

표 3.6.35 국지연안 파랑모델(CoWW3) 마라도 부이 (22107) 지점 BIAS

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
0hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.03	0.28	0.15
12hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.03	0.29	0.16
24hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.02	0.34	0.18
36hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.04	0.42	0.23
48hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.05	0.45	0.25
60hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.07	0.51	0.29
72hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.14	0.48	0.31

표 3.6.36 국지연안 파랑모델(CoWW3) 마라도 부이 (22107) 지점 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
0hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.13	0.34	0.23
12hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.13	0.34	0.24
24hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.09	0.34	0.21
36hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.08	0.45	0.27
48hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01	0.39	0.20
60hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.42	0.21
72hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.04	0.49	0.23

표 3.6.37 국지연안 파랑모델(CoWW3) 외연도 부이 (22108) 지점 BIAS

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
0hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.08	0.11	0.09
12hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.09	0.11	0.10
24hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.15	0.14	0.14
36hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.21	0.20	0.20
48hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.27	0.18	0.22
60hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.34	0.15	0.24
72hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.37	0.11	0.24

표 3.6.38 국지연안 파랑모델(CoWW3) 외연도 부이 (22108) 지점 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
0hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.26	0.34	0.30
12hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.27	0.35	0.31
24hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.34	0.40	0.37
36hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.46	0.44	0.45
48hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.58	0.44	0.51
60hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.64	0.48	0.56
72hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.64	0.55	0.59

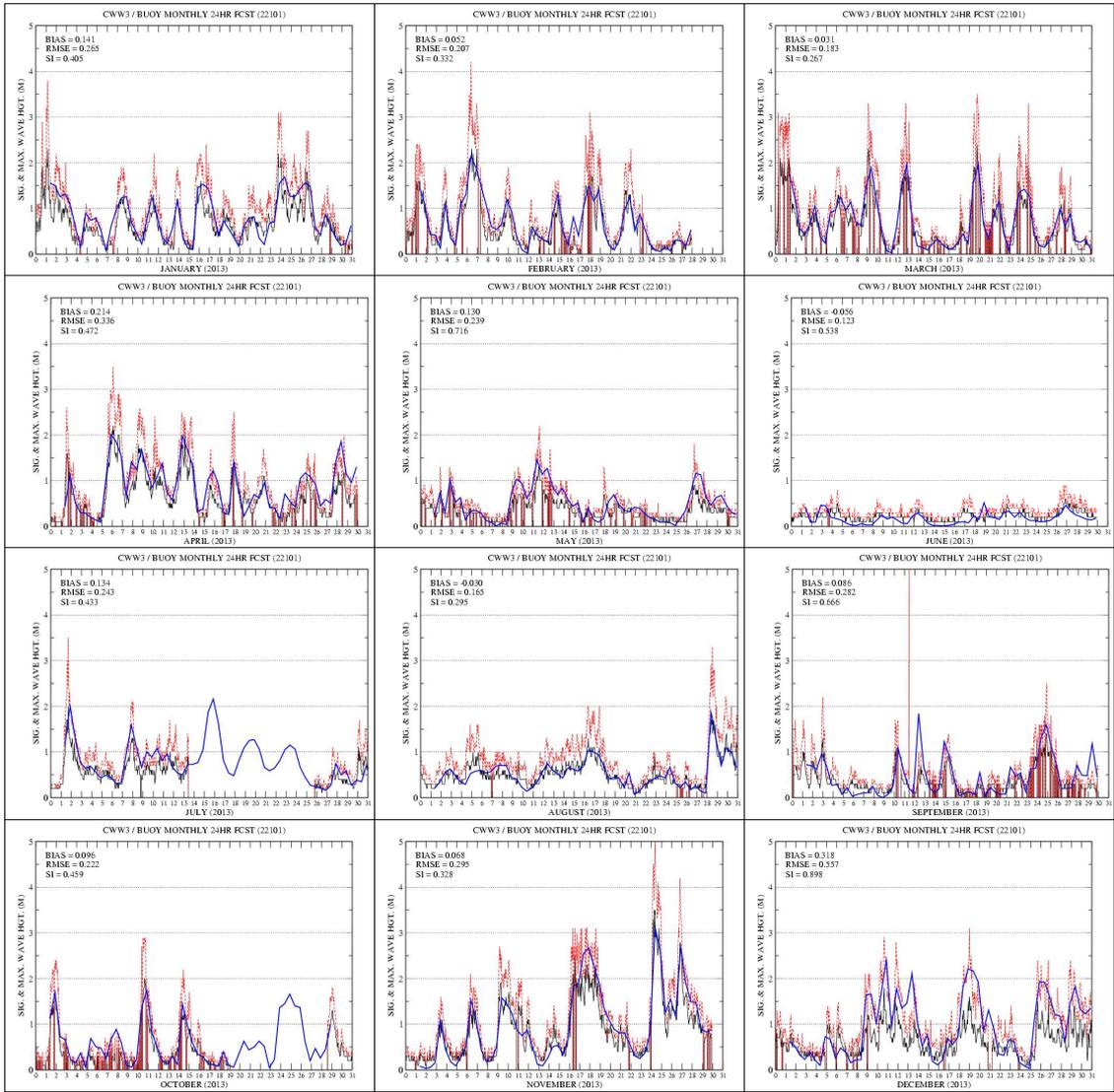


그림 3.6.18 덕적도 부이 관측(검은색 실선)과 CoWW3 + 24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2013년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고

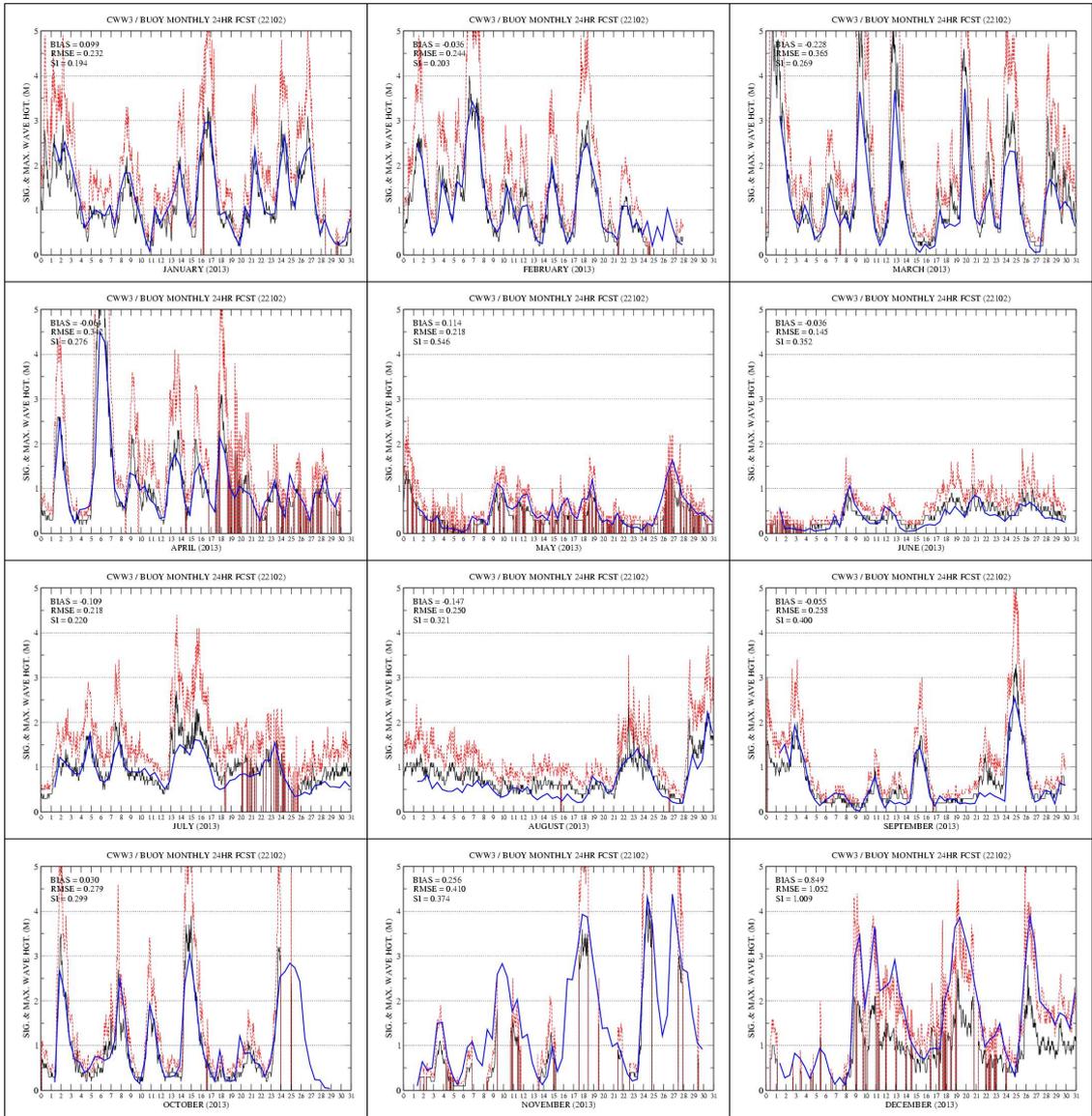


그림 3.6.19 칠발도 부이 관측(검은색 실선)과 CoWW3 + 24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2013년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고

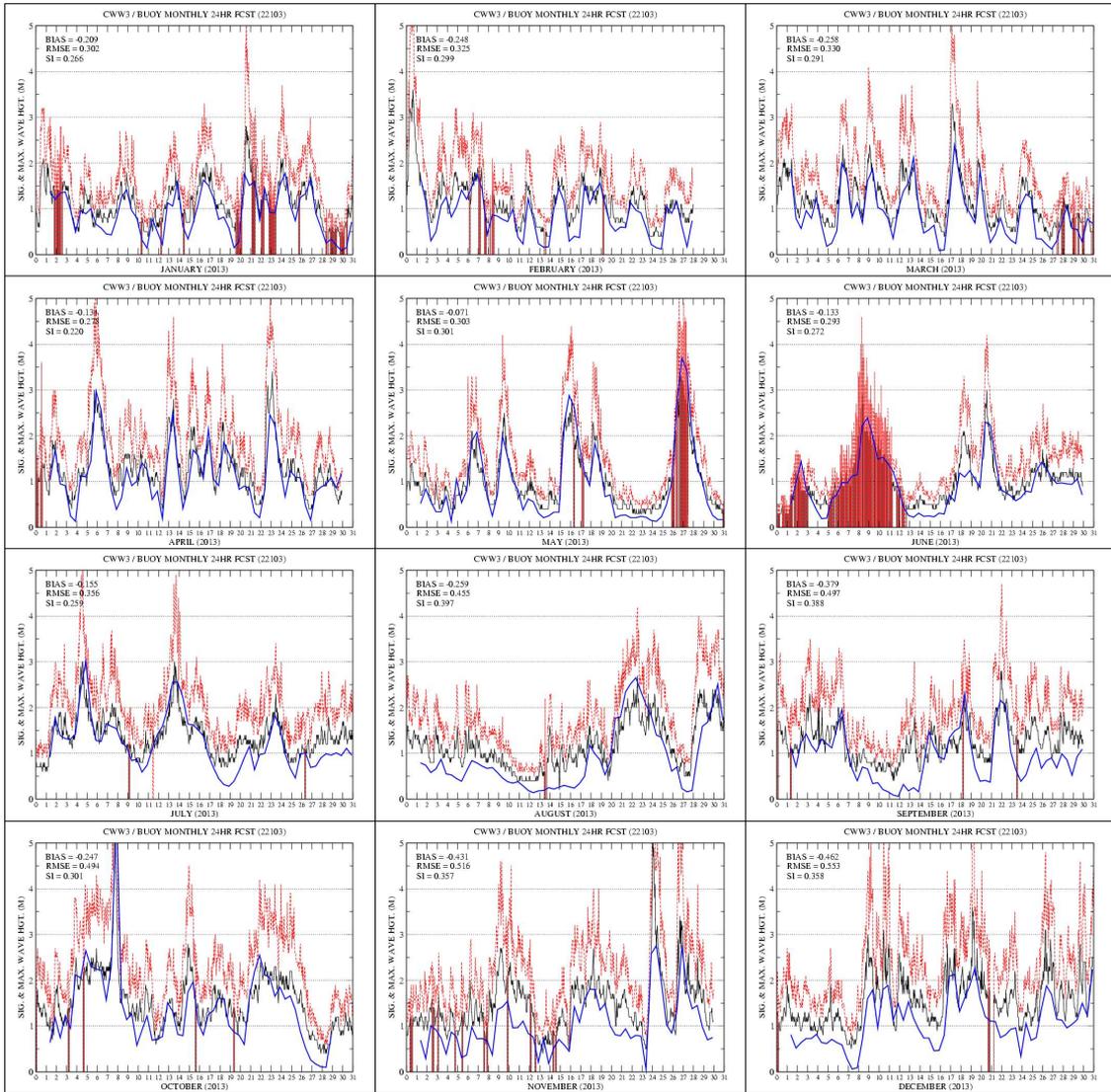


그림 3.6.20 거문도 부이 관측(검은색 실선)과 CoWW3 + 24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2013년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고

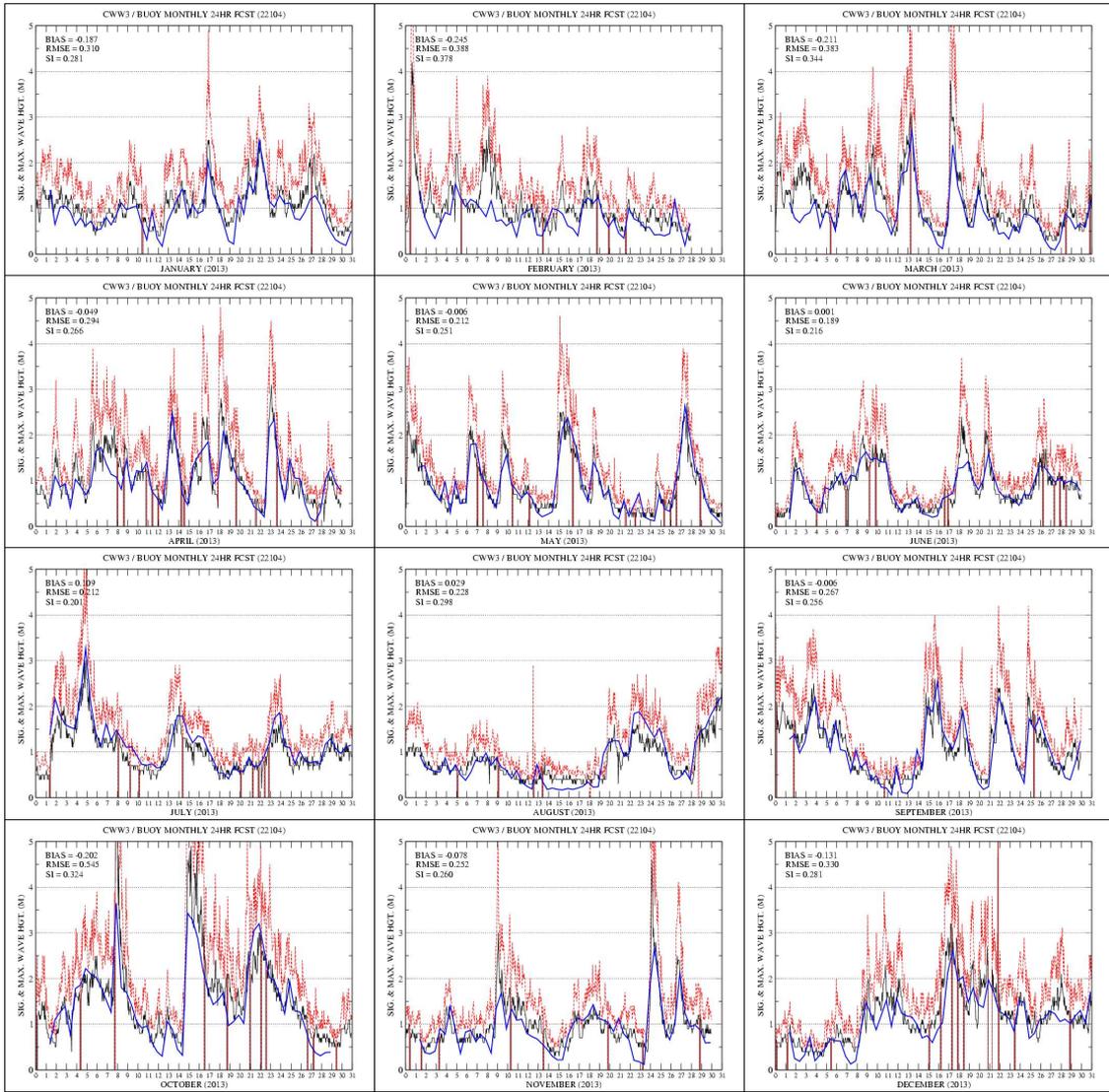


그림 3.6.21 거제도 부이 관측(검은색 실선)과 CoWW3 + 24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2013년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고

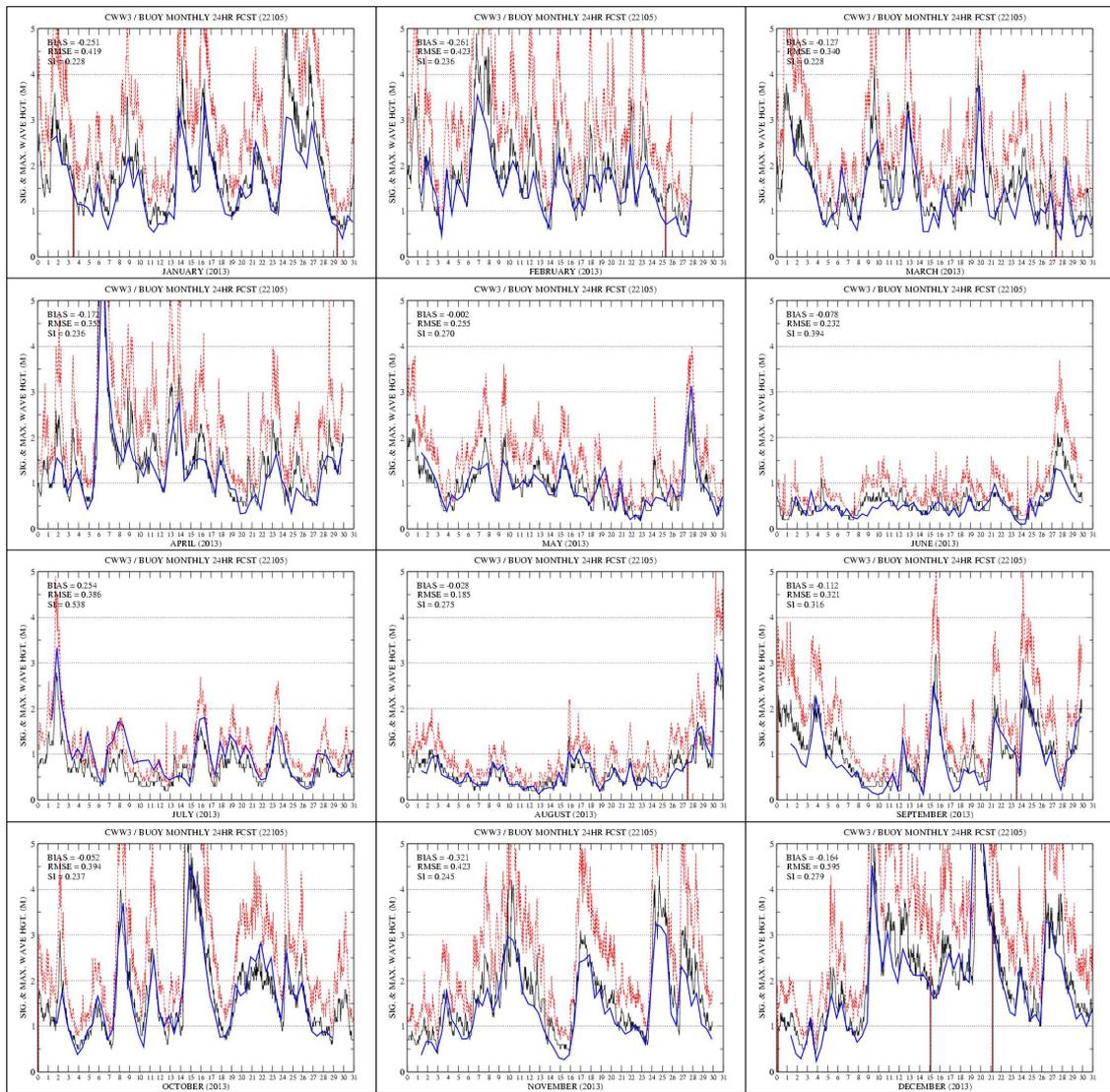


그림 3.6.22 동해 부이 관측(검은색 실선)과 CoWW3 + 24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2013년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고

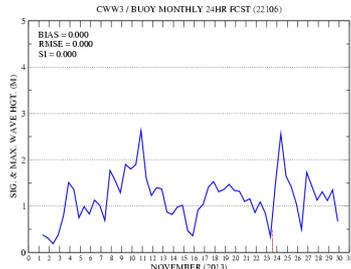
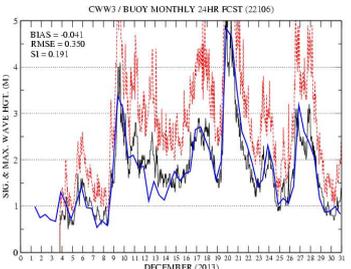
2013년 10월 이후 자료 생산	2013년 10월 이후 자료 생산	2013년 10월 이후 자료 생산
2013년 10월 이후 자료 생산	2013년 10월 이후 자료 생산	2013년 10월 이후 자료 생산
2013년 10월 이후 자료 생산	2013년 10월 이후 자료 생산	2013년 10월 이후 자료 생산
2013년 10월 이후 자료 생산		

그림 3.6.23 포항 부이 관측(검은색 실선)과 CoWW3 + 24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2013년 11월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고

2013년 10월 이후 자료 생산	2013년 10월 이후 자료 생산	2013년 10월 이후 자료 생산
2013년 10월 이후 자료 생산	2013년 10월 이후 자료 생산	2013년 10월 이후 자료 생산
2013년 10월 이후 자료 생산	2013년 10월 이후 자료 생산	2013년 10월 이후 자료 생산
2013년 10월 이후 자료 생산		

그림 3.6.24 마라도 부이 관측(검은색 실선)과 CoWW3 + 24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2013년 11월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고

2013년 10월 이후 자료 생산	2013년 10월 이후 자료 생산	2013년 10월 이후 자료 생산
2013년 10월 이후 자료 생산	2013년 10월 이후 자료 생산	2013년 10월 이후 자료 생산
2013년 10월 이후 자료 생산	2013년 10월 이후 자료 생산	2013년 10월 이후 자료 생산
2013년 10월 이후 자료 생산		

그림 3.6.25 외연도 부이 관측(검은색 실선)과 CoWW3 + 24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2013년 11월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고

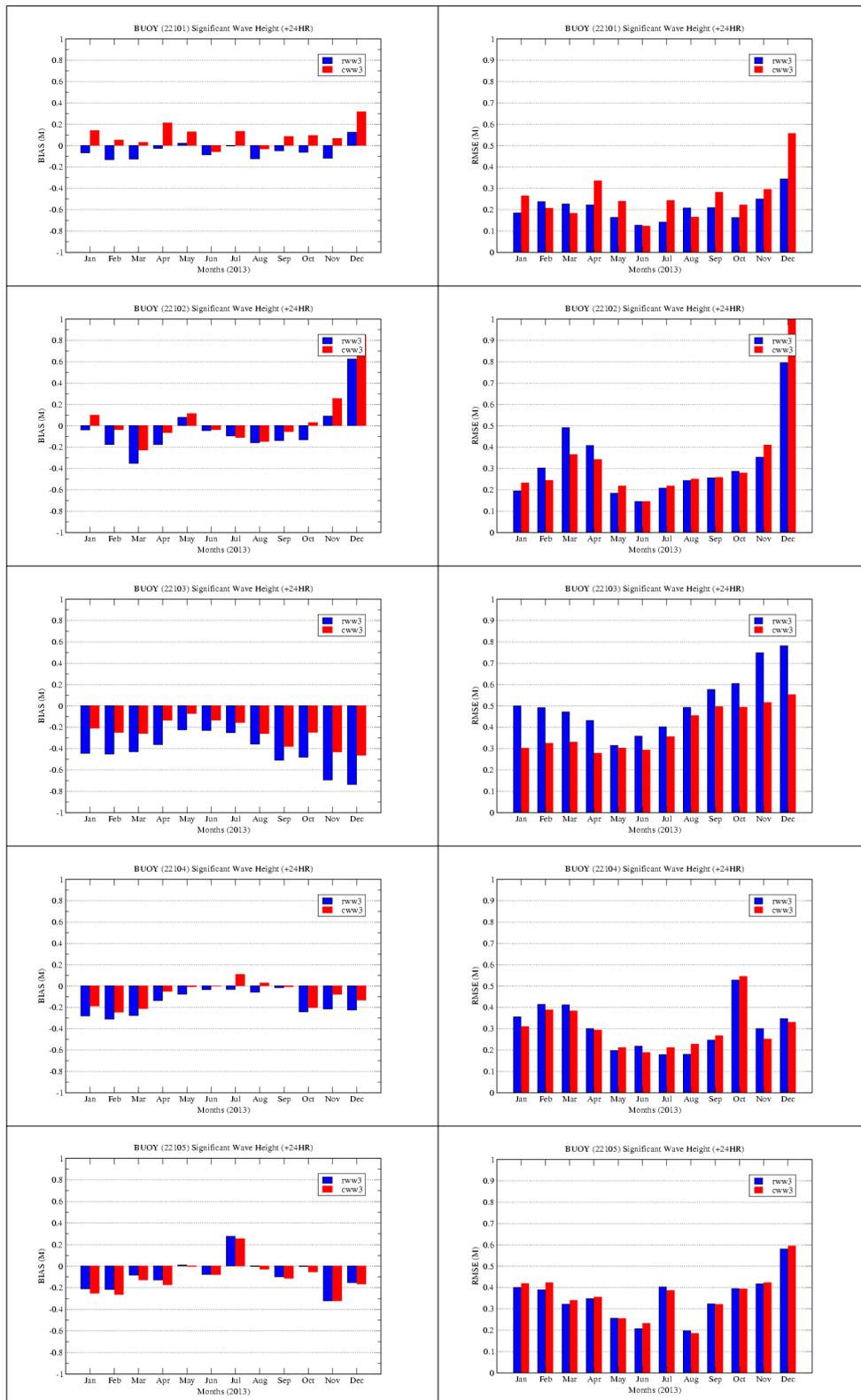


그림 3.6.26 5개 부이관측지점(22101~22105)에 대한 CoWW3(붉은색)과 ReWW3(파란색)의 +24H 예측 유의파고의 BIAS(왼쪽)와 RMSE(오른쪽)

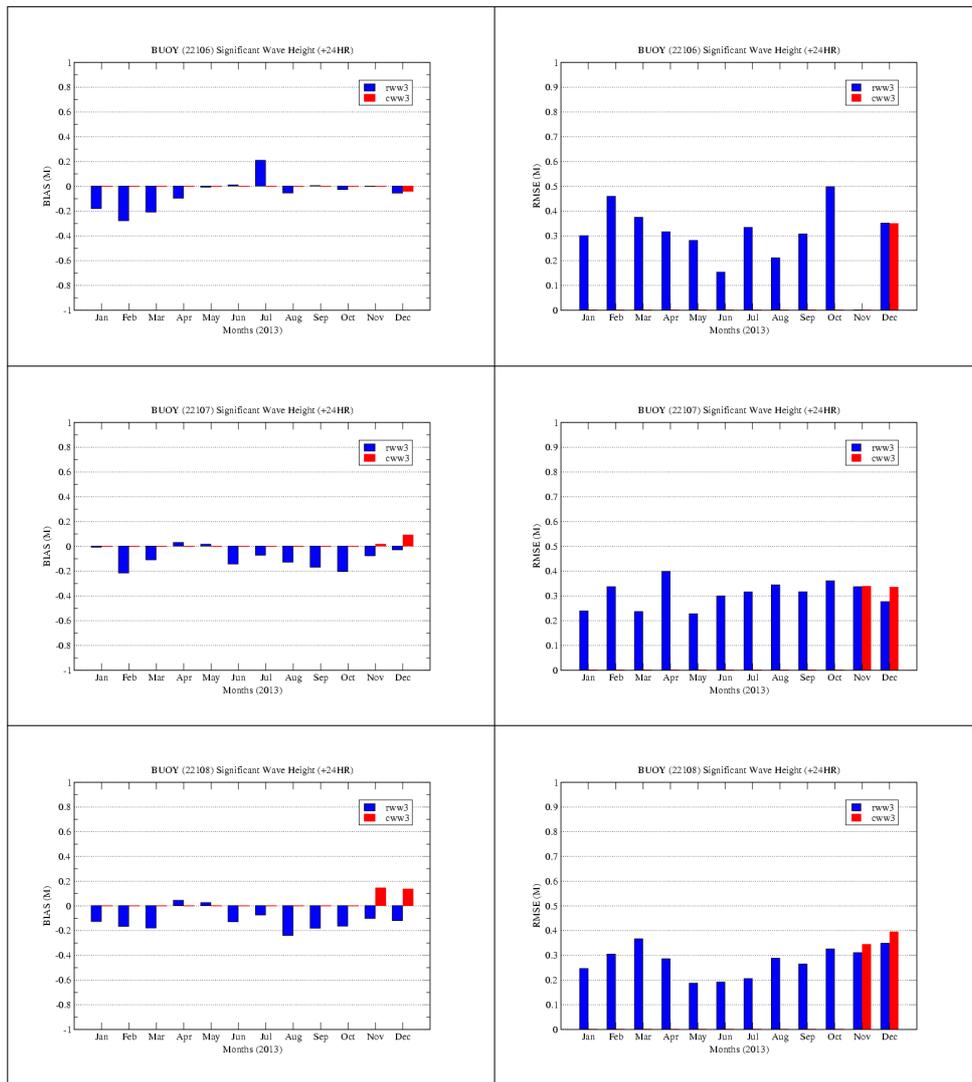


그림 3.6.27 3개 부이관측지점(22106~22108)에 대한 CoWW3(붉은색)과 ReWW3(파란색)의 +24H 예측 유의파고의 BIAS(왼쪽)와 RMSE(오른쪽)

3.7 태풍모델

- 수치예보모델의 태풍 진로오차는 태풍이 북위 20도 이북, 동경 140도 서쪽에 위치한 시간을 검증하였다.
- 수치예보모델의 태풍 강도오차는 태풍이 북서태평양에 위치한 모든 시간을 검증하였다.

3.7.1 태풍진로오차

3.7.1.1 태풍모델 성능(진로)변화추세

① 전지구예보모델(GDAPS)

- 2006년 이전은 T213L30에 대한 검증결과이며, 2006년부터 2009년까지는 T426L40, 2010년부터는 통합예보모델(2010년: UM N320L50, 2011~12년: UM N512 L70)에 대한 검증 결과이다.

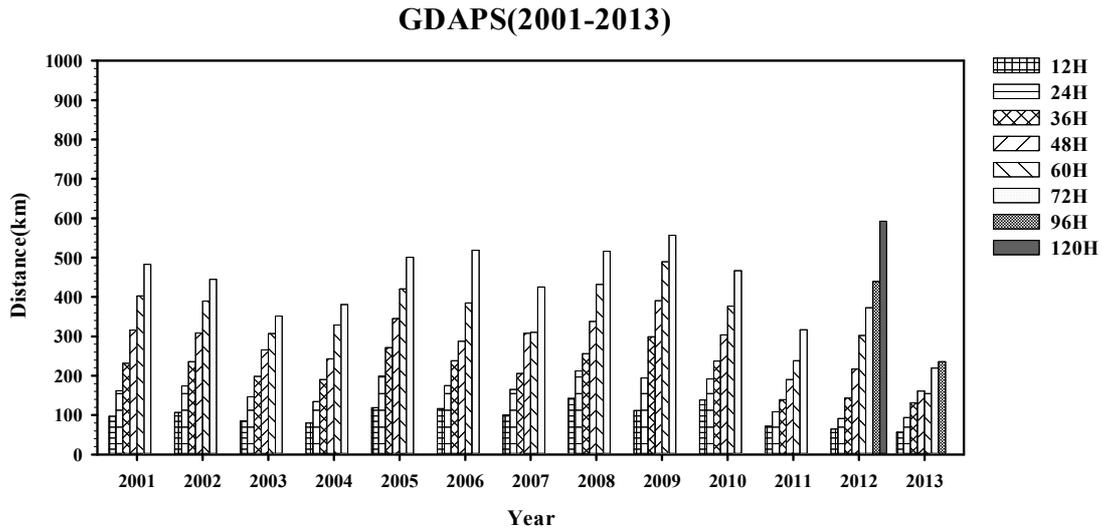


그림 3.7.1 전지구예보모델의 태풍진로오차 성능 변화(2006년 이전(T213L30), 2006~2009년 (T426L40), 2010년(UM N320L50), 2011년 이후(UM N512L70))

② 지역예보모델(RDAPS)

- 2009년까지는 30km 해상도의 지역예보모델 자료에 대한 검증결과이며, 2010년부터는 통합예보모델(2010년: UM 12km L38, 2011~12년: UM 12km L70)에 대한 검증 결과이다.

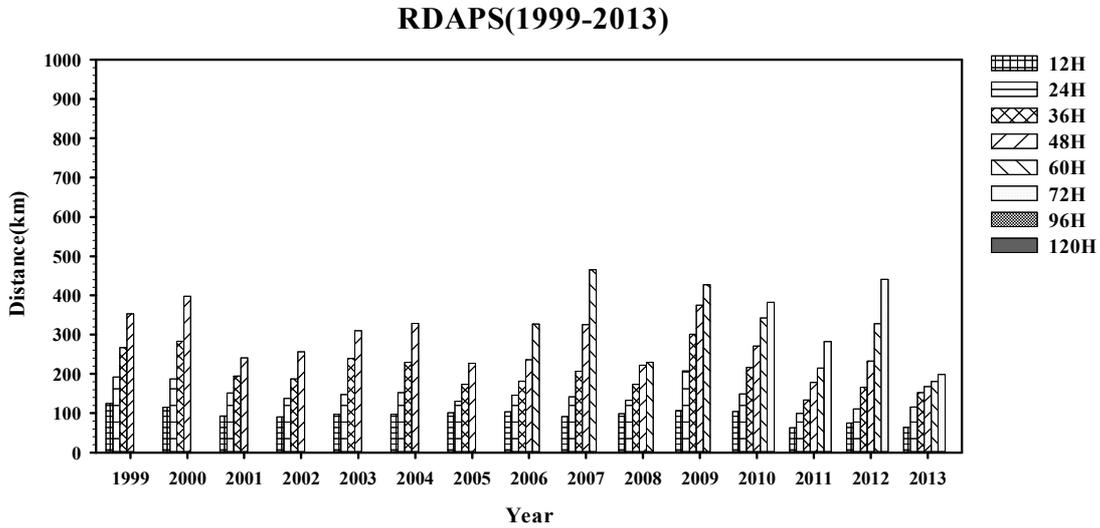


그림 3.7.2 지역예보모델의 태풍진로오차 성능 변화(2009년 이전(MM5 30km), 2010년(UM 12km L38), 2011년 이후(UM 12km L70))

③ 앙상블예측모델(EPS)

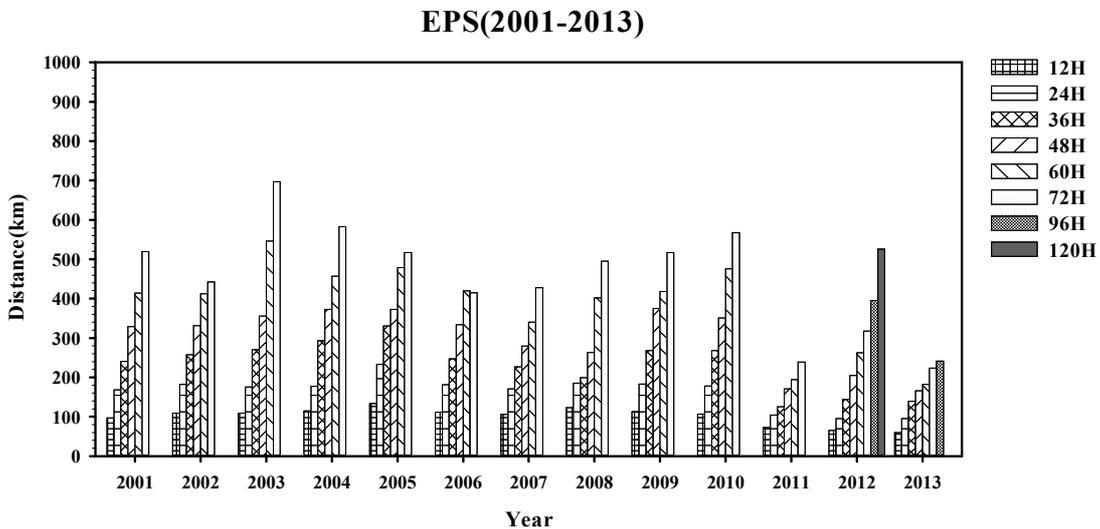


그림 3.7.3 앙상블예측모델의 태풍진로오차 성능 변화(2001~2005년(T106L30), 2006~2010년(T213L40), 2011년 이후(UM N320L70))

④ DBAR

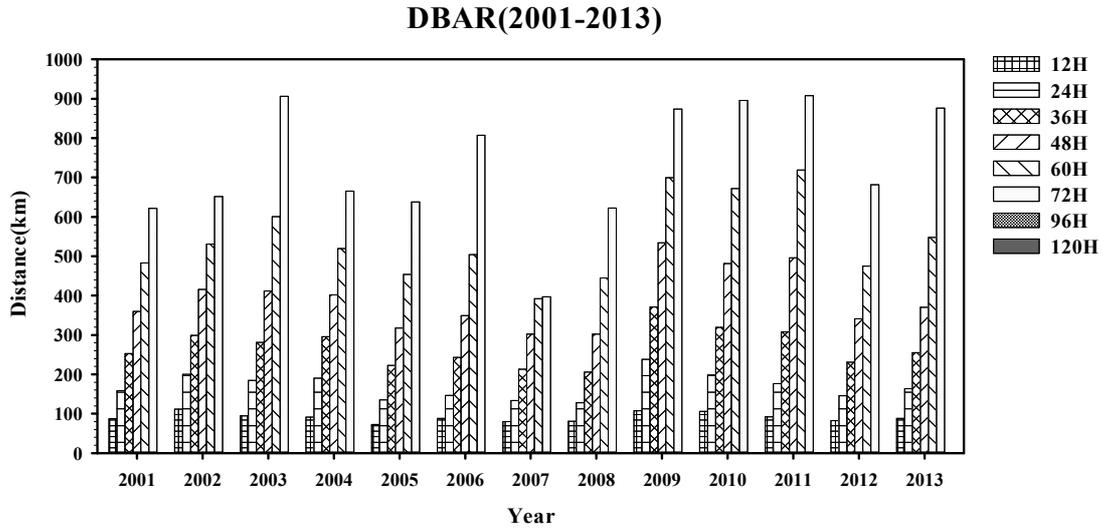


그림 3.7.4 DBAR의 태풍진로오차 성능 변화(2001~2003년(BATS), 2004 ~2013년(DBAR))

⑤ TWRF

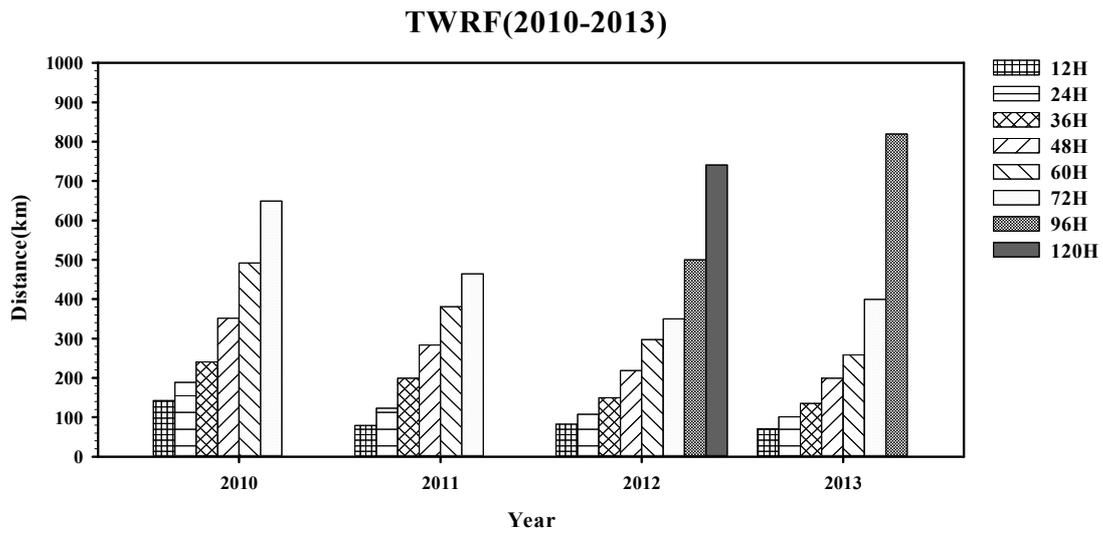


그림 3.7.5 TWRF의 태풍진로오차 성능 변화

3.7.1.2 2013년 태풍진로오차

표 3.7.1 2013년 20°N 이북, 140°E 서쪽에 위치한 태풍의 단순거리 오차(단위: km, (): 사례수)

FCST	GDAPS (UM N512L70)		RDAPS (UM 12km L70)		EPS (UM N320L70)		DBAR		TWRF	
12hr	57.0	(61)	64.2	(62)	59.7	(61)	87.8	(63)	71.0	(56)
24hr	93.8	(48)	115.5	(48)	95.3	(48)	163.4	(48)	101.1	(42)
36hr	131.1	(38)	152.0	(38)	139.0	(38)	254.6	(38)	135.2	(32)
48hr	161.1	(27)	167.8	(28)	165.7	(28)	370.2	(28)	199.1	(23)
60hr	154.3	(17)	181.0	(17)	182.2	(17)	548.4	(17)	258.8	(13)
72hr	219.6	(9)	198.6	(9)	223.8	(9)	875.9	(9)	399.4	(8)
96hr	235.6	(3)			241.4	(3)			819.1	(3)
120hr										

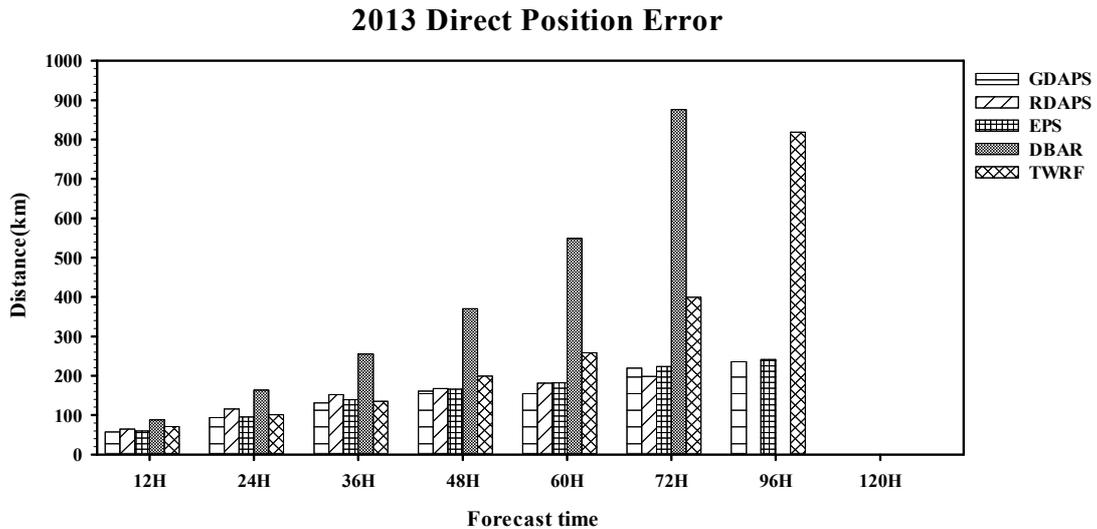


그림 3.7.6 2013년 모델별 태풍 진로의 단순거리오차(Direct Position Error)

표 3.7.2 2013년 20°N 이북, 140°E 서쪽에 위치한 태풍의 이동속도오차 ATE와 ATB (단위: km)

FCST	GDAPS (UM N512L70)		RDAPS (UM 12km L70)		EPS (UM N320L70)		DBAR		TWRP	
	ATE	ATB	ATE	ATB	ATE	ATB	ATE	ATB	ATE	ATB
12hr	37.2	-19.9	40.2	-22.1	40.3	-26.4	54.8	-20.1	44.2	15.4
24hr	67.1	-48.8	74.1	-58.1	72.5	-53.9	111.4	-44.3	68.3	15.6
36hr	108.1	-89.3	99.4	-77.1	118.6	-101.7	164.3	-39.8	77.4	19.6
48hr	123.2	-106.5	104.5	-100.1	134.3	-123.5	208.4	-2.9	121.1	44.1
60hr	101.2	-86.3	95.5	-91.0	135.3	-120.8	288.1	47.9	195.8	164.6
72hr	129.8	-58.1	147.2	-139.7	158.3	-84.3	473.2	336.4	259.3	257.8
96hr	55.5	-1.9			128.0	-93.0			536.5	536.5
120hr										

2013 Along Track Error

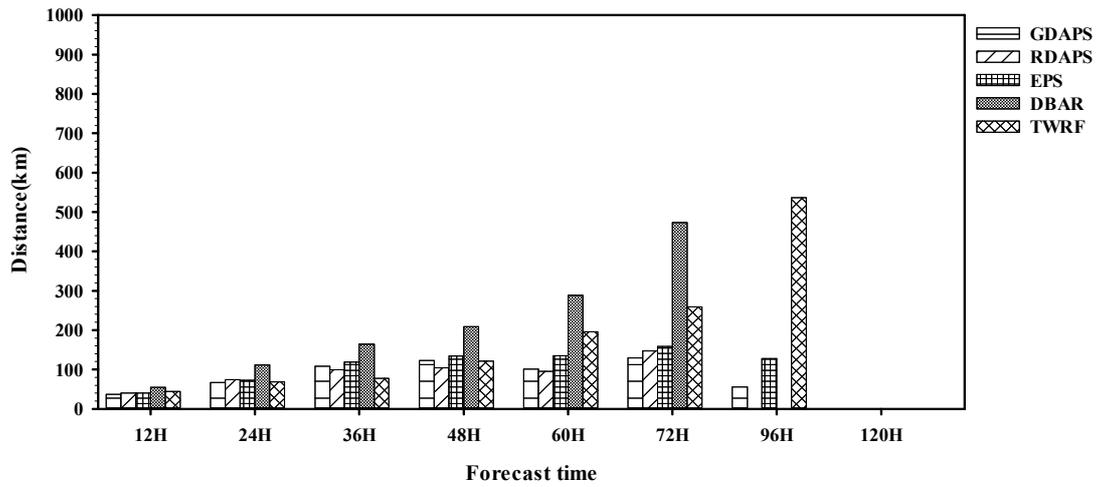


그림 3.7.7 2013년 모델별 태풍 진로의 이동속도오차(Along Track Error)

표 3.7.3 2013년 20°N 이북, 140°E 서쪽에 위치한 태풍의 방향오차 CTE와 CTB (단위: km)

FCST	GDAPS (UM N512L70)		RDAPS (UM 12km L70)		EPS (UM N320L70)		DBAR		TWRF	
	CTE	CTB	CTE	CTB	CTE	CTB	CTE	CTB	CTE	CTB
12hr	35.6	-15.8	39.9	-21.8	35.4	-16.0	55.6	17.5	47.0	-26.1
24hr	52.9	-23.1	66.5	-32.2	49.5	-19.9	98.7	11.2	60.9	-39.5
36hr	60.5	-8.4	93.4	-50.6	56.8	-8.0	163.3	10.3	91.3	-50.2
48hr	77.9	3.4	103.3	-64.4	72.0	-1.6	242.2	80.2	135.1	-43.7
60hr	88.3	-6.0	137.7	-84.6	99.7	13.2	391.7	213.9	140.4	13.9
72hr	162.1	10.2	115.3	-43.8	142.9	27.4	621.4	314.3	265.3	-61.4
96hr	221.7	-111.9			177.0	-70.8			555.6	-276.8
120hr										

2013 Cross Track Error

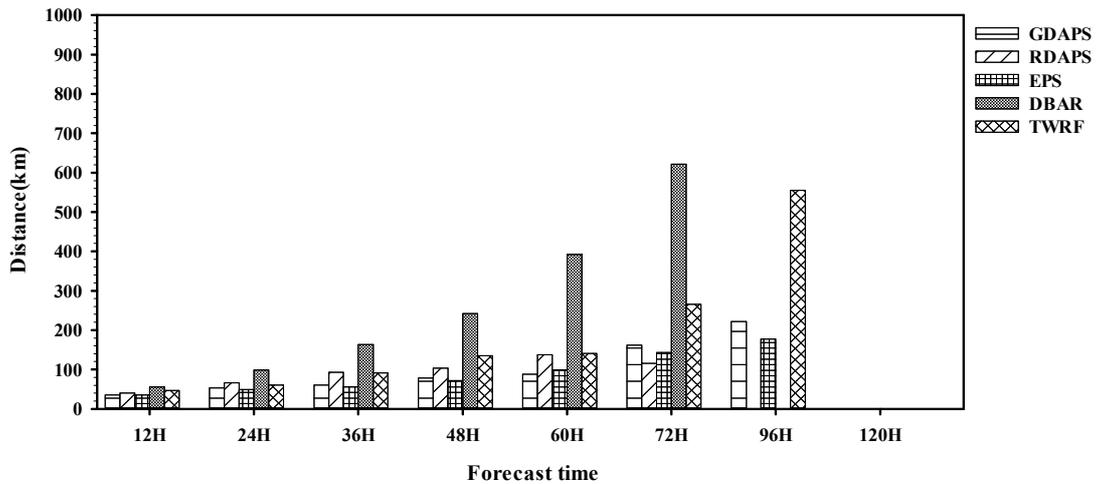


그림 3.7.8 2013년 모델별 태풍 진로의 방향오차(Cross Track Error)

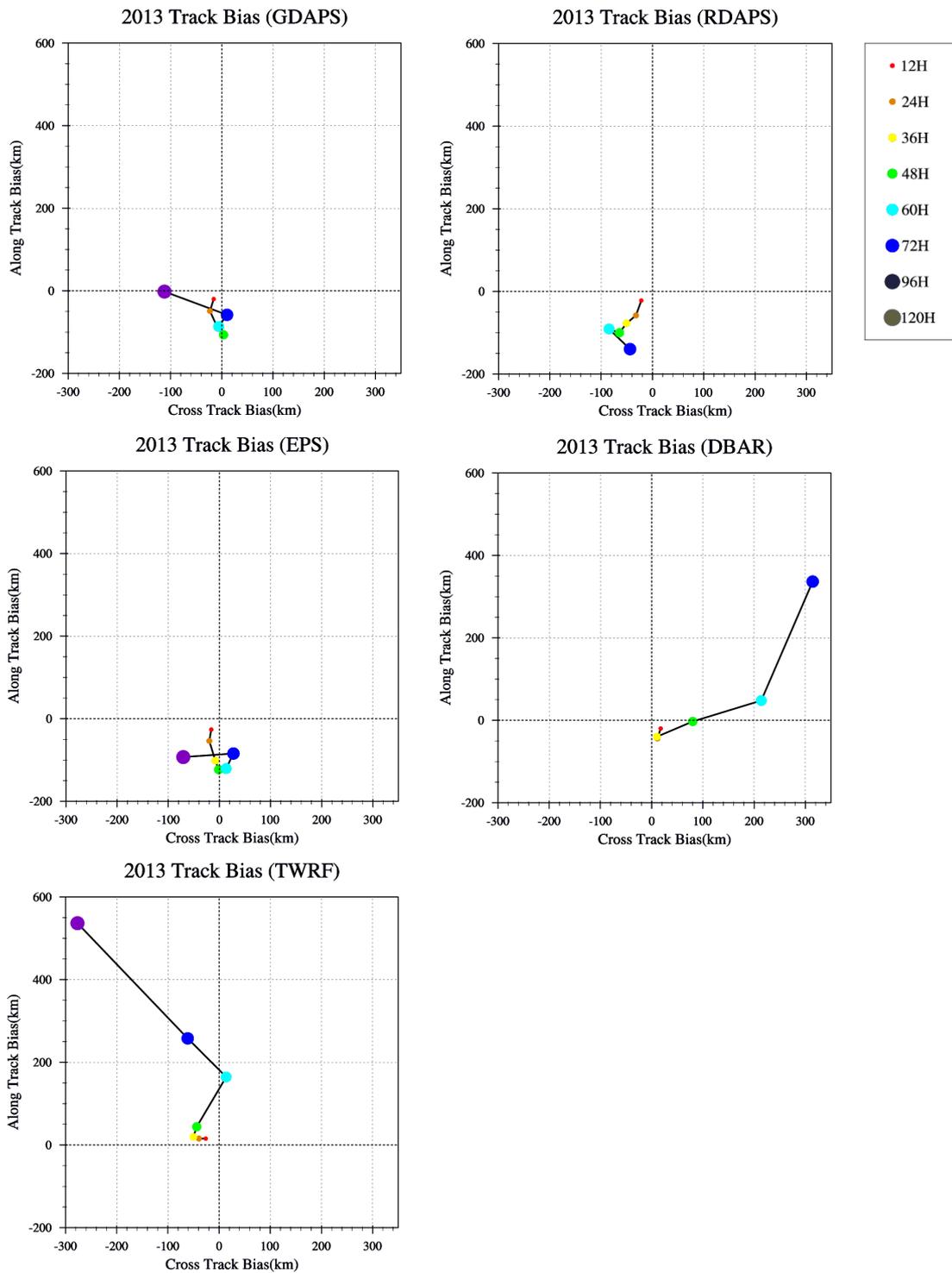


그림 3.7.9 2013년 모델별 태풍 진로의 Track Bias

표 3.7.4 2013년 북서태평양 전체 영역에 대한 모델별 태풍의 단순거리 오차(단위: km, (): 사례수)

FCST	GDAPS (UM N512L70)		RDAPS (UM 12km L70)		EPS		DBAR		TWRF	
12hr	59.3	(127)	67.1	(123)	60.0	(126)	91.4	(129)	73.2	(113)
24hr	92.0	(108)	110.9	(103)	93.8	(107)	153.1	(108)	109.3	(93)
36hr	136.1	(92)	155.4	(87)	137.4	(91)	241.8	(92)	149.2	(75)
48hr	176.0	(75)	190.8	(72)	177.5	(75)	372.3	(76)	207.8	(61)
60hr	203.5	(57)	226.8	(55)	214.1	(57)	508.5	(59)	283.1	(46)
72hr	274.1	(42)	273.1	(41)	279.2	(41)	631.3	(43)	349.6	(34)
96hr	422.6	(22)			411.1	(22)			613.5	(17)
120hr	679.8	(10)			658.2	(11)			1373.9	(7)

표 3.7.5 2013년 북서태평양 전체 영역에 대한 모델별 태풍의 이동속도오차 ATE와 ATB (단위: km)

FCST	GDAPS (UM N512L70)		RDAPS (UM 12km L70)		EPS (UM N320L70)		DBAR		TWRF	
	ATE	ATB	ATE	ATB	ATE	ATB	ATE	ATB	ATE	ATB
12hr	36.5	-18.3	41.3	-24.2	39.7	-23.3	56.7	-30.7	44.1	19.4
24hr	61.6	-34.6	75.6	-52.3	65.5	-39.0	92.8	-22.5	72.1	39.9
36hr	96.4	-62.6	109.5	-69.4	100.0	-68.8	154.2	-5.0	87.8	48.1
48hr	126.5	-78.3	135.5	-92.7	124.2	-88.6	232.0	-12.3	127.0	66.5
60hr	153.4	-106.0	170.3	-112.7	160.2	-116.0	338.6	-43.5	189.2	118.7
72hr	201.1	-119.6	202.6	-169.7	207.8	-125.3	434.2	-6.3	223.2	179.4
96hr	346.8	-105.2			326.8	-117.7			330.4	169.1
120hr	583.5	-81.3			583.0	-43.7			1163.3	-395.8

표 3.7.6 2013년 북서태평양 전체 영역에 대한 모델별 태풍의 방향오차 CTE와 CTB (단위: km)

FCST	GDAPS (UM N512L70)		RDAPS (UM 12km L70)		EPS (UM N320L70)		DBAR		TWRF	
	CTE	CTB	CTE	CTB	CTE	CTB	CTE	CTB	CTE	CTB
12hr	38.0	-8.4	42.4	-18.6	36.6	-9.1	57.9	20.9	48.6	-9.9
24hr	56.0	-7.0	61.8	-16.8	54.7	-7.8	101.1	27.1	65.4	-19.1
36hr	77.4	-3.2	85.1	-22.2	73.1	-2.3	150.9	28.1	98.7	-35.1
48hr	93.0	7.8	103.3	-26.0	96.6	6.1	231.8	52.8	132.0	-17.1
60hr	93.9	3.9	110.6	-29.7	103.3	16.7	298.3	56.5	169.8	0.5
72hr	136.6	25.4	142.7	-12.9	136.5	45.1	374.2	41.2	225.3	39.5
96hr	164.3	30.6			166.3	76.4			450.7	239.4
120hr	262.0	29.8			210.5	-15.5			411.4	266.0

3.7.2 태풍강도오차

3.7.2.1 태풍모델 성능(강도)변화추세

① 전지구예보모델(GDAPS)

- 2006년부터 2009년까지는 T426L40, 2010년부터는 통합예보모델(2010년: UM N320L50, 2011~12년: UM N512 L70)에 대한 검증 결과이다.

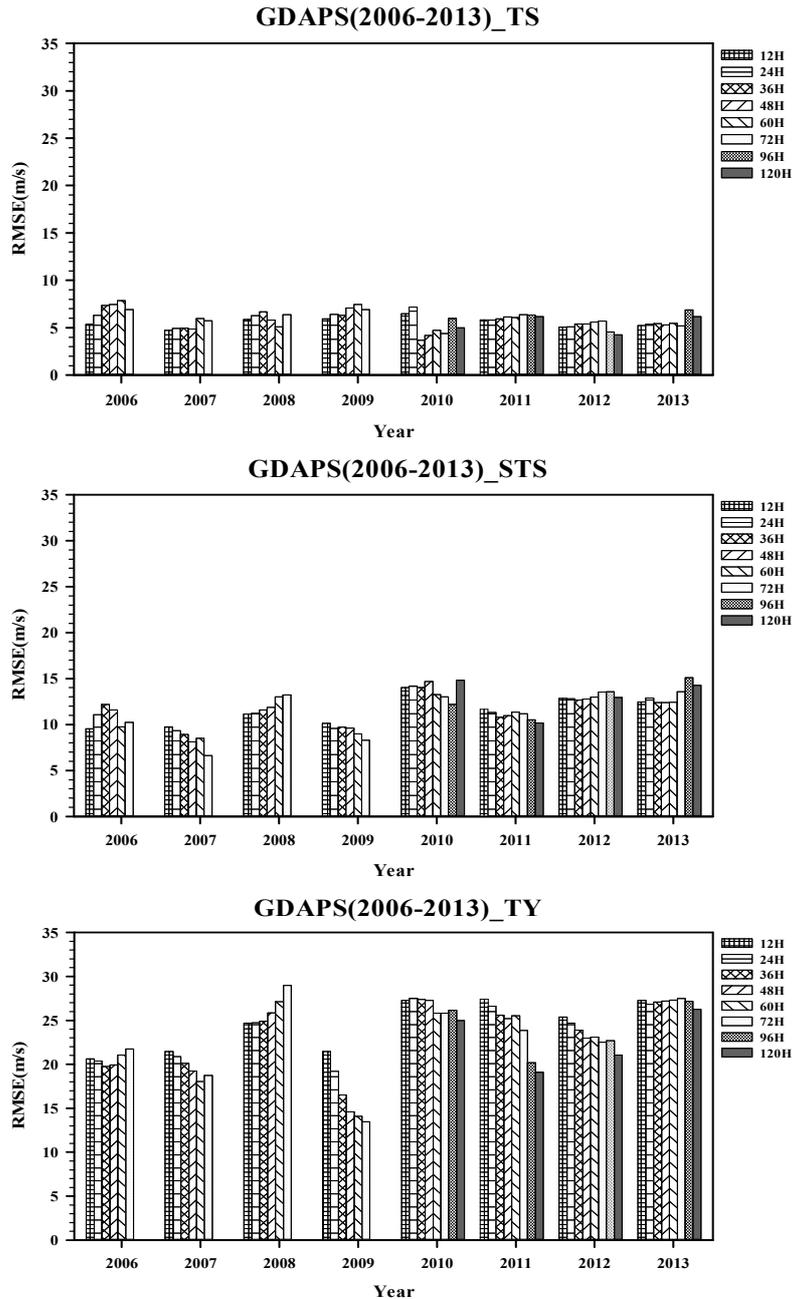


그림 3.7.10 전지구예보모델의 태풍 최대풍속 모의 성능 변화(2006~2009년(T426L40), 2010년(UM N320L50), 2011년 이후(UM N512L70))

② 지역예보모델(RDAPS)

- 2009년까지는 30km 해상도의 지역예보모델 자료에 대한 검증결과이며, 2010년부터는 통합예보모델 (2010년: UM 12km L38, 2011~12년: UM 12km L70)에 대한 검증 결과이다.

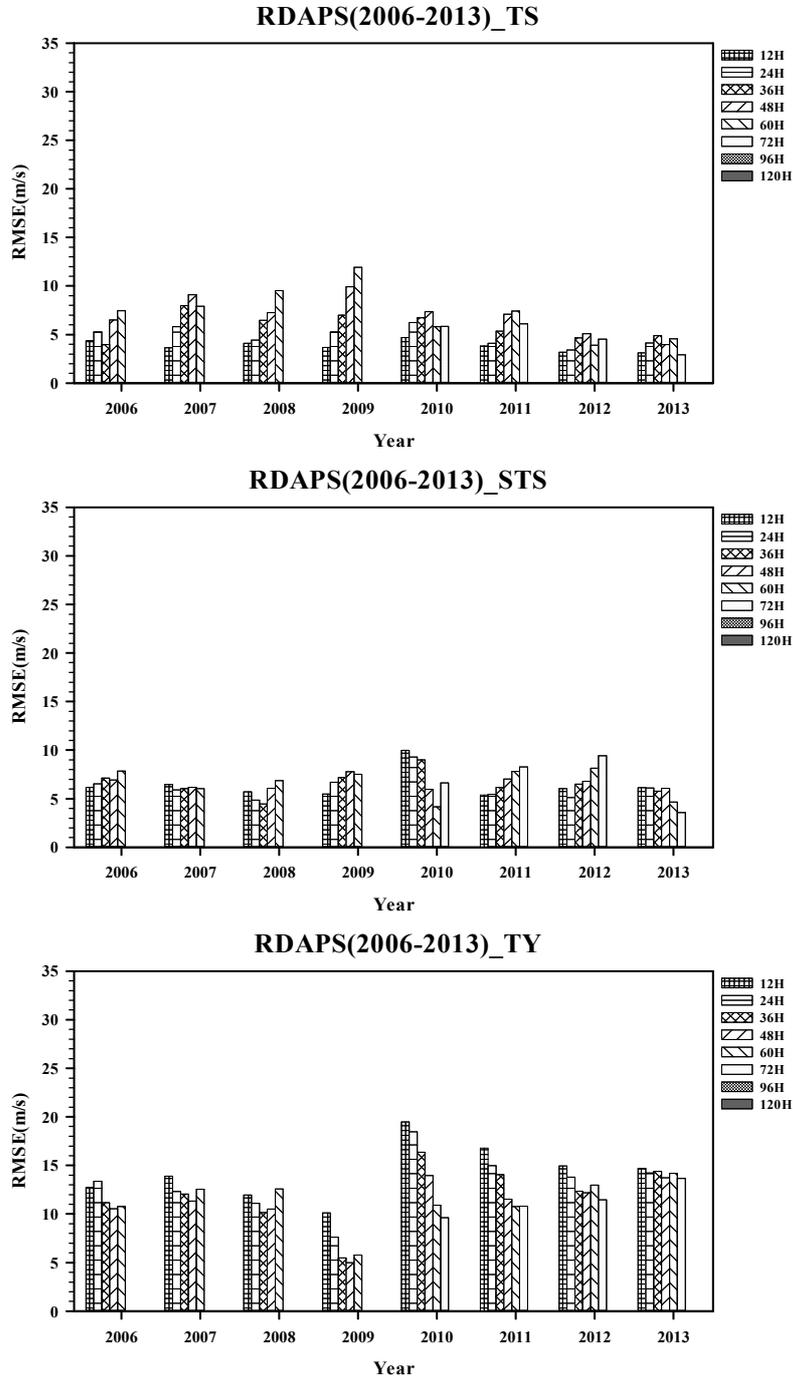


그림 3.7.11 지역예보모델의 태풍 최대풍속 모의 성능 변화(2009년 이전(MM5 30km), 2010년 (UM 12km L38), 2011년 이후(UM 12km L70))

③ 앙상블예측모델(EPS)

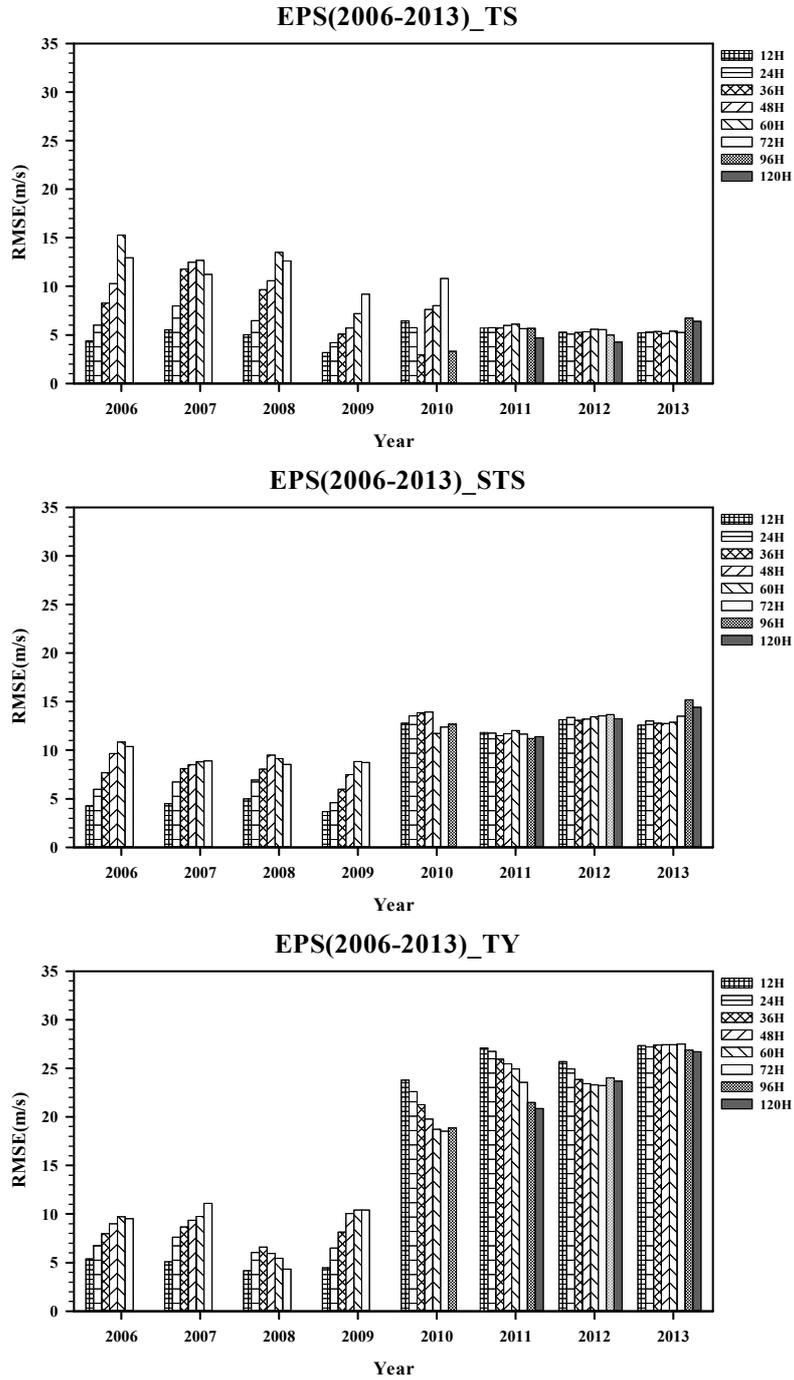


그림 3.7.12 앙상블예측모델의 태풍 최대풍속 모의 성능 변화(2006~2010년(T213L40), 2011년 이후 (UM N320L70))

④ TWRF

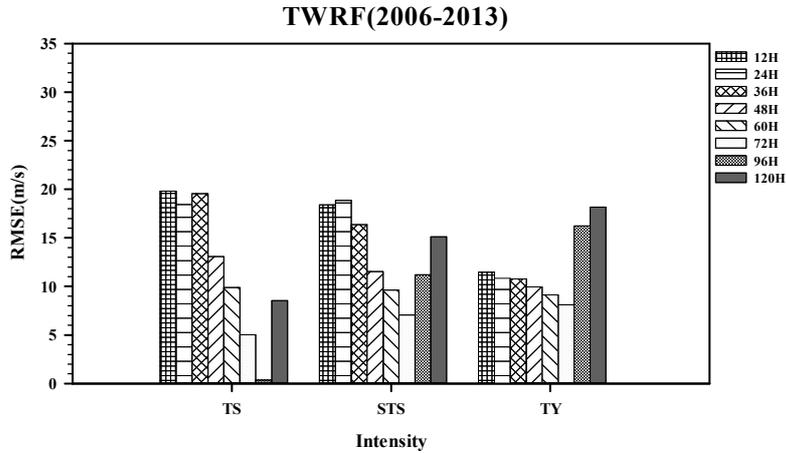


그림 3.6.13 TWRF의 최대풍속 모의 성능 변화

3.7.2.2 2013년 태풍강도오차

표 3.7.7 2013년 북서태평양 전체 영역에 대한 모델별 태풍의 최대풍속 평균제곱근오차(단위: m/s, (): 사례수)

Intensity	FCST	GDAPS (UM N512L70)		RDAPS (UM 12km L70)		EPS (UM N320L70)		TWRF	
		m/s	()	m/s	()	m/s	()	m/s	()
TS (17~25m/s)	12hr	5.2	(39)	3.1	(36)	5.3	(39)	19.8	(32)
	24hr	5.4	(26)	4.1	(22)	5.3	(26)	18.4	(18)
	36hr	5.4	(16)	4.9	(12)	5.1	(16)	19.5	(10)
	48hr	5.3	(14)	4.0	(12)	5.4	(15)	13.1	(11)
	60hr	5.5	(9)	4.6	(8)	5.3	(10)	9.9	(8)
	72hr	5.2	(7)	2.9	(7)	6.7	(6)	5	(6)
	96hr	6.9	(4)			6.4	(4)	0.4	(3)
	120hr	6.2	(2)				(2)	8.5	(2)
STS (25~33m/s)	12hr	12.5	(48)	6.4	(47)	12.6	(48)	18.4	(35)
	24hr	12.9	(41)	6.4	(40)	13	(41)	18.9	(31)
	36hr	12.4	(36)	5.8	(36)	12.8	(36)	16.4	(24)
	48hr	12.4	(25)	6.4	(25)	12.8	(25)	11.5	(16)
	60hr	12.4	(19)	4.7	(19)	12.9	(18)	9.6	(9)
	72hr	13.6	(14)	3.6	(14)	13.5	(14)	7.1	(7)
	96hr	15.1	(10)			15.2	(10)	11.2	(4)
	120hr	14.2	(6)			14.4	(7)	15.1	(1)
TY (33 ~ m/s)	12hr	27.3	(40)	14.7	(40)	27.3	(39)	11.5	(23)
	24hr	26.8	(41)	14.2	(41)	27.2	(40)	10.8	(24)
	36hr	27.1	(40)	14.4	(39)	27.4	(39)	10.8	(24)
	48hr	27.2	(36)	13.7	(35)	27.4	(35)	9.9	(21)
	60hr	27.3	(29)	14.2	(28)	27.5	(29)	9.1	(18)
	72hr	27.5	(21)	13.6	(20)	27.5	(21)	8.1	(12)
	96hr	27.2	(8)			26.9	(8)	16.2	(4)
	120hr	26.3	(2)			26.7	(2)	18.1	(2)

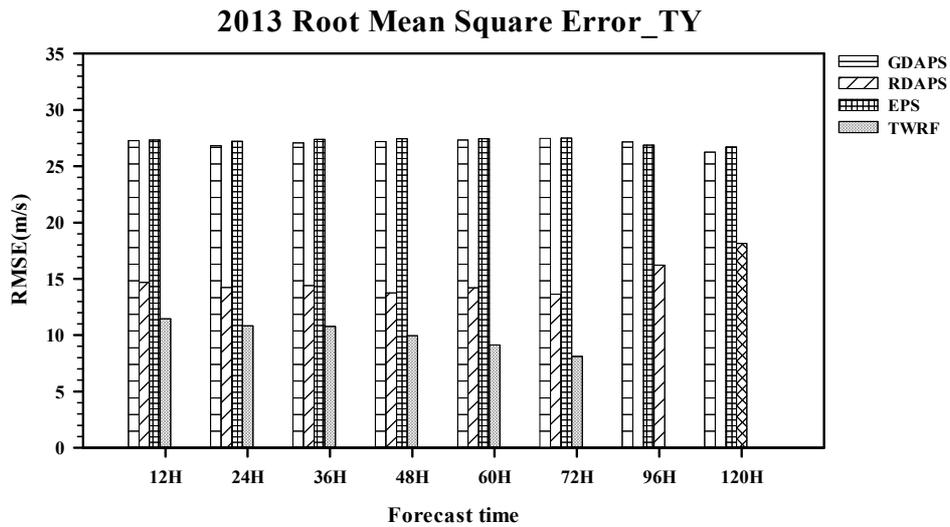
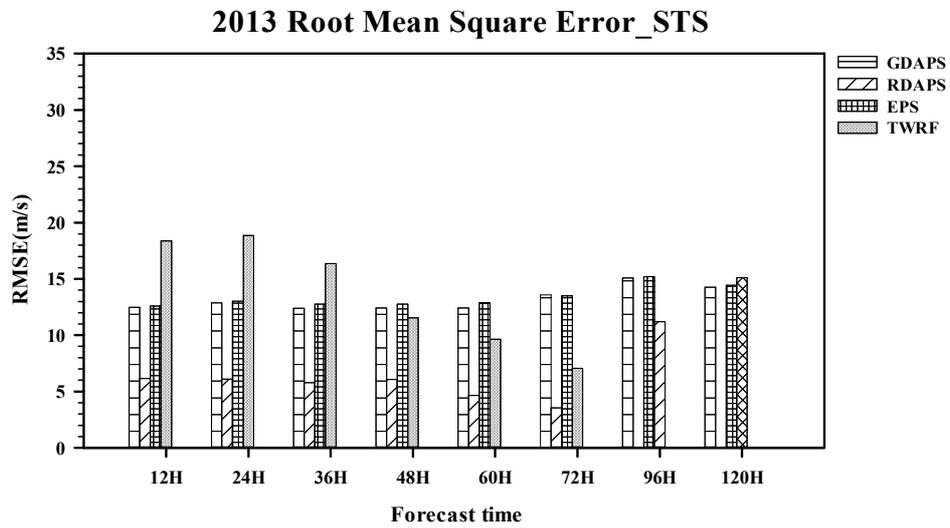
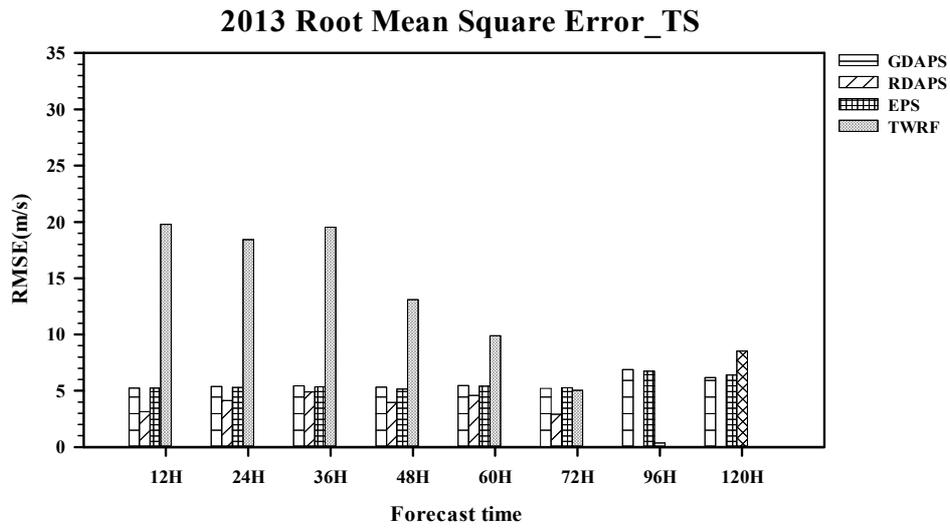


그림 3.7.14 2013년 모델별 태풍 최대풍속 평균제곱근오차(Root Mean Square Error)

3.8 황사모델

3.8.1 2013년 황사모델 성능

※ 각 황사 사례별로 48시간 이전부터 12시간의 3차례 예보를 가지고 평균함.

- 출현 : 총 먼지량 100mg/m³ 이상의 통과여부.
- 경로 : 지표 200μg/m³ 이상의 통과여부.
- 강도 : 지표 농도를 특보기준에 따라 3등분으로 구분함.
- 지수 : 출현 적중시 2점, 경로 적중시 3점, 강도 적중시 5점의 가중치를 줌.

표 3.8.1 2013년 황사모델 예측률

황사		모델 수행		출현	경로	강도	지수	목적
1호	1.1 ~ 2	12월 30일	12UTC	H	M	M	2	최초 관측 : 흑산도 15:09 시간최고농도 : 고산 226 열은 황사(400이하)
		12월 31일	00UTC	H	M	M	2	
			12UTC	H	M	M	2	
2호	3.1	2월 27일	00UTC	H	H	H	10	최초 관측 : 백령도 00:45 시간최고농도 : 백령도 156 열은 황사(400이하)
			12UTC	H	H	H	10	
		2월 28일	00UTC	H	H	H	10	
3호	3.9 ~ 10	3월 7일	12UTC	H	H	H	10	최초 관측 : 백령도 21:25 시간최고농도 : 백령도 299 열은 황사(400이하)
		3월 8일	00UTC	H	H	H	10	
			12UTC	H	H	H	10	
4호	3.19	3월 17일	00UTC	H	M	M	2	최초 관측 : 성산 00:48 시간최고농도 : 진도 275 열은 황사(400이하)
			12UTC	H	M	M	2	
		3월 18일	00UTC	H	M	M	2	
5호	4.9	4월 7일	12UTC	H	H	H	10	최초 관측 : 고산 11:10 시간최고농도 : 고산 146 열은 황사(400이하)
		4월 8일	00UTC	H	H	H	10	
			12UTC	H	H	H	10	
예측률				H(15) M(0)	H(9) M(6)	H(9) M(6)	6.80	
				100%	60%	60%		

부록 A. 모델 검증 영역 및 관측자료

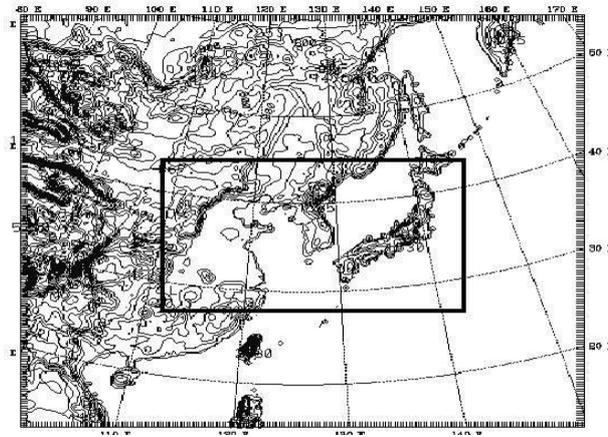
A.1 전지구예보모델의 검증 영역

검증 방법	검증 영역	위도	경도	비고
분석검증	북반구	20 N - 90 N	0 - 360°	
	남반구	20 S - 90 N	0 - 360°	
	적도	20 S - 20 N	0 - 360°	
관측검증	아시아	25 N - 65 N	60 E - 145 E	
	적도	20 N - 20 N	0 - 360°	
	북미	25 N - 60 N	50 W - 145 W	
	유럽/북아프리카	25 N - 70 N	10 W - 28 E	
	호우/뉴질랜드	10 S - 55 S	90 E - 180 E	
강수검증	76개 관서 검증			2009년부터 변경

A.2 전지구예보모델의 검증 주요 변경 사항

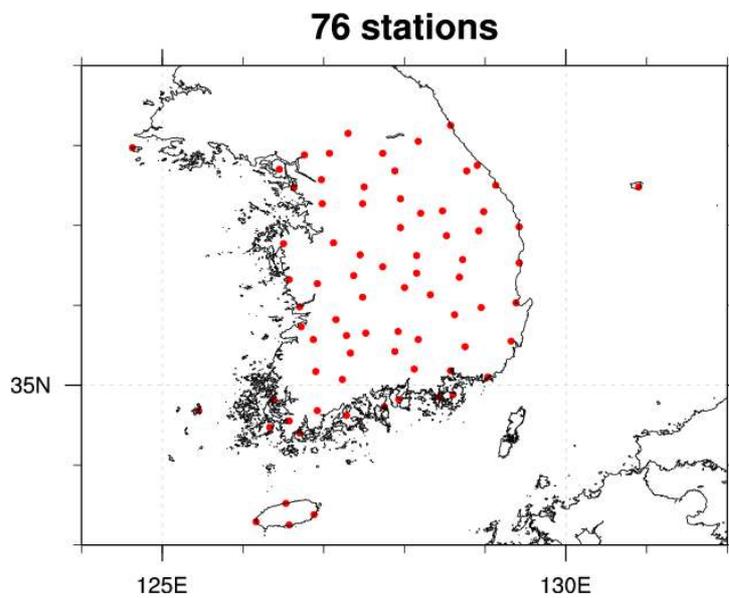
검증 방법	이른분석 검증	2001년 1월 ~ 2005년 11월
	늦은분석	2005년 12월 ~ 2006년 4월
	이른분석	2006년 5월 ~ 현재
모델 분해능	T213L30	2001년 1월 ~ 2005년 11월
	T426L40(고분해능)	2005년 12월 ~ 2010년 5월 14일
	N320L50(vn.6.6)	2010년 5월 15일 ~ 2011년 5월 22일
	N512L70(vn.7.7)	2011년 5월 23일 ~ 2012년 5월
	N512L70(vn.7.9)	2012년 6월 ~ 현재
검증 격자 간격	1.125°	2001년 1월 ~ 2005년 11월
	0.5625°	2005년 12월 ~ 2006년 7월
	2.5°	2006년 8월 ~ 현재

A.3 지역예보모델의 분석 및 관측검증 영역



검증 방법	검증 영역	비고
분석검증	위 그림의 검증 영역	
관측검증	위 그림의 검증 영역	
강수검증	76개 관서 지점	2009년부터 변경

A.4 전지구·지역예보모델의 강수검증 지점(관서 76개 지점)



A.5 앙상블예보 모델 변경 사항

검증	이른분석	2001년 1월 ~ 2005년 11월
	늦은분석	2005년 12월 ~ 2006년 4월
	이른분석	2006년 5월 ~ 2010년 11월
	이른분석	2011년 3월 ~ 현재
검증범위	20N-70N	2001년 4월 ~ 2003년 12월
	20N-90N	2004년 1월 ~ 2010년 11월
	20N-90N	2011년 3월 ~ 현재
편차보정	2009-2 '앙상블 예측모델 편차 보정' 참고	2008년 7월 이후
기후자료	일별 NCEP 재분석 평균값	2007년 12월 까지
	일별 NCEP 40년 재분석 평균 및 표준편차 자료(1959~1998년) 활용	2008년 1월 ~ 현재
요소 추가	해면기압, RPS⁶⁾, RPSS⁷⁾, CRPS⁸⁾, CRPSS⁹⁾ 추가	2008년 1월 ~ 현재
통합모델 기반	N320L50 M24 앙상블예측시스템	2011년 3월
	N320L70 M24 앙상블예측시스템 (vn.7.6(ps26))	2011년 5월 ~ 2012년 5월
	N320L70 M24 앙상블예측시스템 (vn.7.9(ps28))	2012년 6월 ~ 현재
	- 지상섭동(SST perturbation) 추가	

A.6 앙상블 예보 모델 변수별 확률검증 변경 사항

요소	기후값 변경 전 (2007년 12월 이전)	기후값 변경 후 (2009년 1월 이후)
500hPa 고도	± 1sd, ± 1.5sd, ± 2.0sd	± 1sd, ± 1.5sd, ± 2.0sd
850hPa 기온	± 2℃, ± 4℃, ± 8℃	± 1sd, ± 1.5sd, ± 2.0sd
850hPa 풍속	± 10m/s, ± 15m/s, ± 25m/s	± 1sd, ± 1.5sd, ± 2.0sd
지상 10m 풍속	± 10m/s, ± 15m/s, ± 25m/s	± 1sd, ± 1.5sd, ± 2.0sd
해면기압	-	± 1sd, ± 1.5sd, ± 2.0sd

6) RPS: Ranked Probability Score

7) RPSS: Ranked Probability Skill Score

8) CRPS: Continuous Ranked Probability Score

9) CRPSS: Continuous Ranked Probability Skill Score

A.7 전지구 파랑모델(GoWW3) 검증에 사용된 부이 ID 번호와 위치

전지구 파랑 예측 시스템에서는 부이 관측 자료 및 위성자료를 예측 성능 검증에 사용하게 된다. 새로이 모델 수행이 시작되는 시각은 매일 2회 00 과 12 UTC 이다. 이러한 모델 수행 주기에 맞추어 12 시간 간격으로 00, 24, 48, 72, 96, 120 시간 모델 예측 자료를 해당 시각의 관측 자료와 비교하였다. 1일 2회 수집된 비교 자료는 월 단위로 편차(BIAS, 모델 - 관측) 및 평방 제곱근 오차 평균(root mean square error, RMSE), 상관지수(Correlation), 산포도(Scatter Index, SI)를 계산하였다.

전지구 파랑모델 검증에 사용된 관측 자료는 JCOMM (Joint Committee of Oceanography and Marine Meteorology) 주관으로 ECMWF에서 추진하는 전 세계 파랑모델 운영 기관을 대상 비교 검증 프로젝트에 사용되는 계류부이 및 기타 관측 자료를 이용하여 2013년 1월~12월 각 월별 GoWW3의 예보 시간별 통계 검증 자료 (BIAS, RMSE, Correlation, Scatter Index)를 산출 비교하였다. 검증 변수는 유의파고와 해상풍이며 총 381개의 지점에 대해서 검증이 이루어진다. 지역 및 국지연안 파랑 예측시스템은 기상청에서 운영 중인 8개의 계류부이 관측자료를 이용하였다. 국지연안 파랑 예측시스템의 경우 11월 이후부터는 기존의 6개 영역에서 각 지방청 관할 해역으로 변경되었고 예측시간도 72시간으로 연장되어 포항, 마라도, 외연도 부이지점에서의 국지연안 파랑 예측시스템의 검증결과를 추가하였다. 전지구 파랑 예측시스템은 전지구 예보모델 (UM N512L70)을 입력장으로 사용하고, 지역 및 국지연안 파랑 예측시스템은 지역 예보 모델(UM lam12kmL70)의 해상풍을 입력장으로 사용하고 있다.

o 전지구 파랑모델 (GoWW3) 검증에 사용된 부이들의 ID 번호와 위치

13130	28.183	-15.817	0	Gran Canaria (Spain)
13131	28.000	-16.583	0	Tenerife (Spain)
21178	33.190	133.620	1	Japan, Tosa Bay
22101	37.230	126.020	1	Deok-Jeok-Do , Yellow Sea, South Korea
22102	34.800	125.770	1	Chil-Bal-Do Yellow Sea, South Korea
22103	34.000	127.500	1	Geo-Mun-Do, Korean Strait, South Korea
22104	34.770	128.900	1	Geo-Jae-Do, Korean Strait, South Korea
22105	37.530	130.000	1	Dong-Hae, Eastern Sea, South Korea
22106	36.350	129.780	0	Fohang, Eastern Sea, South Korea
22107	33.000	126.330	0	Jeju, Korean Strait, South Korea
22108	36.250	125.750	0	Oeyeondo, Yellow Sea South Korea
23020	22.200	38.501	1	Red Sea (KAUST buoy)
23092	16.960	71.120	0	Arabian Sea
23097	15.470	69.240	0	Arabian Sea
23098	10.650	72.510	0	Arabian Sea
23099	12.140	90.740	0	Bay of Bengal
23100	18.350	87.560	0	Bay of Bengal
23101	13.970	83.270	0	Bay of Bengal
23167	12.600	85.000	0	Bay of Bengal
23168	15.000	87.500	0	Bay of Bengal
23169	18.130	90.140	0	Bay of Bengal
23170	8.330	72.660	0	Arabian Sea
23171	12.000	69.000	0	Arabian Sea
23172	12.500	72.001	0	Arabian Sea
23174	11.570	81.530	0	Bay of Bengal

23451	10.520	91.660	0	Bay of Bengal
23455	10.970	89.040	0	Bay of Bengal
23456	9.990	86.980	0	Bay of Bengal
23491	5.160	70.100	0	Arabian Sea
23492	13.890	68.080	0	Arabian Sea
23493	11.120	66.980	0	Arabian Sea
23494	6.460	75.000	0	Arabian Sea
23495	7.130	68.970	0	Arabian Sea
31260	-28.490	-47.530	1	PNBOIA-INPE (Brazil)
31261	-31.540	-49.860	1	PNBOIA-INPE (Brazil)
32012	-19.620	-85.380	1	Peru-Chile (WHOI stratus wave buoy)
32487	3.517	-77.737	1	Buenaventura, Pacific Coast, Columbia (DIMAR buoy)
32488	6.258	-77.511	1	Bahia Solano, Pacific Coast, Columbia (DIMAR buoy)
3ERR2	63.200	5.200	1	Norwegian Sea
3FYT	71.600	21.100	0	N Norwegian Sea (Snohvit, StatoilHydro)
41001	34.700	-72.700	1	US East Coast, E Hatteras
41002	32.380	-75.420	1	US South-East Coast, S Hatteras
41004	32.500	-79.100	1	US South-East Coast, Edisto
41008	31.400	-80.870	1	US South-East Coast, Grays reef
41009	28.500	-80.180	1	US East Florida, Cape Canaveral
41010	28.950	-78.470	1	US East Florida, Cape Canaveral East
41012	30.400	-80.550	1	US East Florida, St Augustine
41013	33.440	-77.740	1	US South-East Coast, Frying Pan Shoals
41025	35.010	-75.400	1	US East Coast, Diamond Shoals (Red Buoy)
41035	34.480	-77.280	1	US East Coast, Onslow Bay onshore
41036	34.210	-76.950	1	US East Coast, Onslow Bay offshore
41040	14.500	-53.020	1	Tropical Atlantic, West Atlantic
41041	14.530	-46.000	1	Tropical Atlantic, Middle Atlantic
41043	20.990	-65.010	1	South Western Atlantic
41044	21.652	-58.695	1	South Western Atlantic
41046	23.840	-70.860	1	E Bahamas
41047	27.470	-71.490	1	NE Bahamas
41048	31.978	-69.640	1	W Bermuda
41049	27.500	-63.000	1	South Western Atlantic
41053	18.476	-66.099	1	San Juan, Puerto Rico (CarlCoos)
41100	15.900	-57.900	1	French West Indies (Antilles 1)
41101	14.600	-56.200	1	French West Indies (Antilles 2)
41141	17.684	-64.635	1	Fareham, St Croix, Virgin Island (scripps 432)
41193	12.351	-72.218	1	Puerto Bolivar, Gulf of Mexico, Columbia (DIMAR buoy)
42001	25.860	-89.670	1	Mid Gulf of Mexico
42002	25.790	-93.670	1	Western Gulf of Mexico
42003	26.030	-85.890	1	East Gulf of Mexico
42012	30.065	-87.555	1	Gulf of Mexico, Orange Beach (AL)
42019	27.910	-95.360	1	Gulf of Mexico Lanelle
42020	26.950	-96.700	1	Gulf of Mexico Corpus Christi
42035	29.250	-94.410	1	Gulf of Mexico Galveston
42036	28.510	-84.510	1	Gulf of Mexico W Tampa
42039	28.800	-86.060	1	Gulf of Mexico Pensacola S
42040	29.212	-88.207	1	Gulf of Mexico Mobile S
42055	22.020	-94.050	1	Bay of Campeche
42056	19.870	-85.060	1	Yucatan Basin
42057	16.830	-81.500	1	Western Caribbean
42058	14.980	-74.990	1	Central Caribbean
42059	15.010	-67.500	1	Eastern Caribbean
42060	16.500	-63.500	1	Eastern Caribbean
42099	27.340	-84.245	1	Gulf Mexico, St Peterburg (scripps 144)
42360	26.700	-90.460	1	Gulf Mexico, BW Pioneer buoy
42369	27.189	-90.269	0	Gulf Mexico, Mad Dog platform (BP)
42376	29.108	-87.944	0	Gulf Mexico, Marlin platform (BP)
42392	27.196	-90.027	0	Gulf Mexico, Atlantis platform (BP)
42887	28.191	-88.496	0	Gulf Mexico, ThunderHorse platform (BP)

44004	38.500	-70.470	1	US North East Coast, Hotel
44005	43.190	-69.160	1	US North East Coast, Gulf of Maine
44008	40.500	-69.250	1	US North-East Coast, Nantucket
44009	38.460	-74.700	1	US North-East Coast, Delaware bay
44011	41.110	-66.580	1	US North-East Coast, Georges Bank
44014	36.610	-74.840	1	US East Coast, Virginia Beach
44017	40.700	-72.000	1	US North-East Coast, Momauk Point
44018	41.260	-69.300	1	US North-East Coast, SE Cape Cod
44024	42.310	-65.930	1	US North East Coast, Northeast Channel
44025	40.250	-73.170	1	US North East Coast, Long Island
44027	44.270	-67.310	1	US North East Coast, Jonesport
44030	43.183	-70.418	1	US North East Coast, GMOOS B0102 Western Maine Shelf
44032	43.715	-69.358	1	US North East Coast, GMOOS E0104 Central Maine Shelf
44034	44.110	-68.110	1	US North East Coast, GMOOS I0103 Eastern Maine Shelf
44037	43.484	-67.883	1	US North East Coast, GMOOS M0102 Jordan Basin
44038	43.633	-66.550	1	US North East Coast, GMOOS L0102 Scotian Shelf
44056	36.200	-75.720	1	US South East Coast, Duck FRF
44066	39.583	-72.601	1	US North East Coast, Texas #4
44097	40.981	-71.117	1	US North East Coast, Block Island RI (scripps 154)
44098	42.801	-70.169	1	US North East Coast, Jeffrey's Ledge, NH(scripps 160)
44099	36.910	-75.780	1	US South East Coast, Cape Henry (scripps 147)
44100	36.260	-75.590	1	US South East Coast, Duck FRF (scripps 430)
44137	42.270	-62.000	1	Nova Scotia, East Scotia slope
44138	44.260	-53.620	1	Newfoundland, SW Grand Bank
44139	44.250	-57.080	1	Newfoundland, Banquerau
44140	43.750	-51.750	1	Newfoundland, Tail Of The Bank
44141	43.000	-58.000	1	Nova Scotia, Laurentian Fan
44150	42.500	-64.010	1	Nova Scotia, La Have Bank
44235	47.263	-57.341	1	Newfoundland, South Ramea Island (scripps 170)
44251	46.440	-53.390	1	Newfoundland, Nickerson Bank
44255	47.280	-57.350	1	Newfoundland, NE Bugeo Bank
46001	56.300	-148.170	1	Gulf of Alaska
46002	42.580	-130.360	1	US West Coast, Oregon
46004	50.930	-136.100	1	Canada West Coast, Middle Nomad
46005	46.050	-131.020	1	US North-West Coast, W Astoria
46006	40.840	-137.490	1	US West Coast, SW Astoria
46011	34.868	-120.857	1	US South-West Coast, Santa Maria
46012	37.360	-122.880	1	US South-West Coast, Half Moon Bay
46013	38.240	-123.300	1	US South-West Coast, Bodega
46014	39.220	-123.970	1	US South-West Coast, Point Arena
46015	42.750	-124.850	1	US West Coast, Port Orford
46022	40.763	-124.577	1	US West Coast, Eel River
46026	37.760	-122.840	1	US West Coast, San Francisco
46027	41.850	-124.381	1	US West Coast, St Georges
46028	35.740	-121.890	1	US South-West Coast, Cape St Martin
46029	46.120	-124.510	1	US West Coast, Columbia River Bar
46030	40.420	-124.530	1	US West Coast, Blunt Reef
46035	57.050	-177.590	1	Bering Sea
46036	48.350	-133.940	1	Canada West Coast, South Nomad
46041	47.340	-124.750	1	US North-West Coast, Cape Elisabeth
46042	36.750	-122.420	1	US South-West Coast, Monterey
46047	32.430	-119.530	1	US South-West Coast, Tanner Banks
46050	44.610	-124.500	1	US West Coast, Yaquina Bay
46054	34.274	-120.459	1	US South-West Coast, Santa Barbara
46059	37.980	-129.950	1	US West Coast, California
46061	60.220	-146.830	1	Gulf of Alaska, S.P.WM. Sound
46062	35.100	-121.010	1	US West Coast, Pt San Luis
46063	34.280	-120.670	1	US West Coast, Pt Conception
46066	52.700	-155.000	1	Gulf of Alaska, S Aleutians
46069	33.650	-120.200	1	US West Coast, South Santa Rosa Island
46070	55.000	175.280	1	Southwest Bering Sea

46071	51.100	179.100	1	North Pacific, Western Aleutians
46072	51.630	-172.160	1	North Pacific, Central Aleutians
46073	54.991	-172.011	1	Southeast Bering Sea
46075	53.930	-160.810	1	North Pacific, Shumagin Islands
46076	59.500	-148.000	1	Gulf of Alaska, Cape Cleare
46078	56.074	-152.572	1	Gulf of Alaska, Albatross Banks
46080	58.000	-150.000	1	Gulf of Alaska, Kennedy Entrance
46082	59.690	-143.420	1	Gulf of Alaska, Cape Suckling
46083	58.250	-138.000	1	Gulf of Alaska, Fairweather Grounds
46084	56.590	-136.160	1	Gulf of Alaska, Cape Edgecumbe
46085	55.860	-142.560	1	Central Gulf of Alaska
46086	32.500	-118.000	1	US South-West Coast, San Clemente Basin
46089	45.880	-125.770	1	US West Coast, Tillamook, OR
46132	49.740	-127.930	1	Canada West Coast, South Brooks
46147	51.830	-131.220	1	Canada West Coast, South Moresby
46184	53.910	-138.850	1	Canada West Coast, North Nomad
46185	52.420	-129.810	1	Canada West Coast, South Hecate Strait
46204	51.370	-128.750	1	Canada West Coast, West Sea Otter
46205	54.160	-134.280	1	Canada West Coast, W. Dixon Entrance
46206	48.840	-126.000	1	Canada West Coast, La Perouse Bank
46207	50.870	-129.920	1	Canada West Coast, East Dellwood
46208	52.520	-132.680	1	Canada West Coast, West Moresby
46211	46.860	-124.240	1	US North-West Coast, Gays Harbor (scripps 036)
46212	40.750	-124.310	1	US West Coast, Humboldt Bay South Spit (scripps 128)
46213	40.290	-124.740	1	US South-West Coast, Cape Mendocino (scripps 094)
46214	37.950	-123.470	1	US South-West Coast, Point Reyes (scripps 029)
46218	34.450	-120.770	1	US South-West Coast, Harvest (scripps 071)
46219	33.220	-119.880	1	US South-West Coast, San Nicolas Island (scripps 067)
46227	32.630	-117.440	1	US South-West Coast, Point Loma (scripps 091)
46229	43.400	-124.650	1	US West Coast, Coos Bay (scripps 126)
46232	32.425	-117.330	1	US South West Coast, Coronado Islands MX (scripps 133)
46238	33.400	-119.470	1	US South West Coast, San Nicolas Island North (scripps 167)
46239	36.338	-122.101	1	US South West Coast, Point Sur (scripps 157)
46244	40.890	-124.360	1	US West Coast, Humboldt Bay North Spit (scripps 168)
46246	49.985	-145.089	1	US West Coast, Ocean Station PAPA (scripps 166)
48400	50.000	-145.000	1	US West Coast, Ocean Climate Station PAPA
51000	23.464	-154.000	1	Northern Hawaii
51001	23.430	-162.210	1	Hawaii North West
51002	17.150	-157.790	1	Hawaii South West
51003	19.160	-160.740	1	Hawaii West
51004	17.520	-152.380	1	Hawaii South East
51028	0.000	-153.910	1	Christmas Island DWA
51100	23.558	-153.900	1	Northern Hawaii
51101	24.321	-162.058	1	North West Hawaii
51200	21.196	-158.303	1	Hawaii Barbers Point (scripps 164)
51202	21.420	-157.600	1	Hawaii Mokapu Point (scripps 098)
52121	-12.680	141.750	1	Weipa
52200	13.540	144.790	1	Guam Ipan (scripps 131)
52201	7.092	171.395	1	Kalo, Majuro, Marshall Islands (scripps 163)
55014	-35.710	150.340	1	Bateman's Bay
55017	-28.690	153.730	1	Byron Bay
55018	-30.350	153.270	1	Coffs Harbour
55019	-31.830	152.860	1	Crowdy Head
55020	-37.290	150.180	1	Eden
55022	-34.480	151.030	1	Port Kembla
55024	-33.770	151.420	1	Sydney
55026	-42.080	145.010	1	Strahan
55028	-16.730	145.710	1	Cairns
55029	-19.160	147.060	1	Townsville
55031	-21.040	149.550	1	Mackay
55032	-21.270	149.310	1	Hay Point

55033	-23.310	151.070	1	Emu Park
55034	-27.250	153.200	1	Moreton Bay
55035	-27.490	153.630	1	Brisbane
55036	-27.960	153.440	1	Gold Coast
55037	-28.180	153.580	1	Tweed Heads
55039	-38.600	148.190	1	Kingfish B
55040	-36.070	136.620	1	Cape Du Couedic
56002	-19.590	116.140	1	North Rankin
56004	-30.290	114.910	1	Jurien
56005	-32.110	115.400	1	Rottnest Island
56006	-33.360	114.780	1	Cape Naturaliste
56007	-21.410	114.940	1	Thevenard
56008	-31.980	115.690	1	Cottesloe
56010	-34.000	121.900	1	Esperance
56011	-35.200	117.720	1	Albany
56012	-21.700	114.100	1	Exmouth
61001	43.400	7.800	1	Ligurian Sea (Cote d'Azur)
61002	42.100	4.700	1	Gulf of Lion
61004	42.930	6.210	1	CANHIS Porquerolles
61005	43.060	9.280	1	CANHIS Cap Corse
61196	41.917	3.650	0	Begur (Spain)
61197	39.700	4.417	0	Mahon (Spain)
61198	36.500	-2.333	0	Cabo Gata (Spain)
61199	36.233	-5.033	0	Alboran (Spain)
61208	37.520	12.530	1	Mazara (Italy)
61209	38.260	13.330	1	Palermo (Italy)
61211	39.450	15.920	1	Cetraro (Italy)
61212	40.620	9.890	1	Siniscola (Italy)
61213	40.550	8.110	1	Alghero (Italy)
61214	40.870	12.950	1	Ponza (Italy)
61215	40.970	17.380	1	Monopoli (Italy)
61216	42.240	11.550	1	Civitavecchia (Italy)
61217	42.410	14.540	1	Ortona (Italy)
61218	43.830	13.720	1	Ancona (Italy)
61280	40.772	1.473	0	Tarragona (Spain)
61281	39.517	0.208	0	Valencia (Spain)
61417	37.650	-0.317	0	Cabo de Palos (Spain)
61430	39.550	2.100	0	Dragonera (Spain)
61X00	39.100	24.500	0	Skyros, North Aegean Sea (HCMR)
61X03	40.000	24.700	0	Athos, North Aegean Sea (HCMR)
61X05	37.500	25.500	0	Mykonos, Central Aegean Sea (HCMR)
61X07	35.800	24.900	0	E1M3A, North Crete (HCMR)
61X08	36.800	21.600	0	Pytos, Ionian Sea (HCMR)
61X09	38.000	20.600	0	Zakynthos, Ionian Sea (HCMR)
62001	45.200	-5.000	0	Gulf of Biscay, Gascogne
62023	51.400	-7.900	0	South Ireland, Marathon rig
62024	43.733	-3.033	0	Bilbao (Spain)
62025	43.750	-6.000	0	Cabo de Penas (Spain)
62026	55.300	1.100	0	North Sea (K17)
62029	48.700	-12.400	0	UK Celtic Sea shelf break (K1)
62042	53.057	1.111	1	North Sea, Blakeney, CEFAS
62044	51.571	1.580	1	English Channel, South Knock CEFAS
62045	56.188	-2.504	1	North Sea, Firth of Forth, CEFAS
62046	57.966	-3.332	1	North Sea, Moray Firth, CEFAS
62047	56.062	-7.056	1	UK East Atlantic, Blackstones, CEFAS
62048	57.292	-7.914	1	UK East Atlantic, West of Hebrides, CEFAS
62052	48.500	-5.800	0	CETMEF Ouessant (Brest)
62060	49.650	0.130	1	CANHIS Antifer
62064	44.650	-1.450	0	SHOM Cap Ferret
62067	46.830	-2.290	1	CANHIS Ile d'Yeu Nord
62069	48.290	-4.970	1	CANHIS Les Pierres Noires

62081	51.000	-13.300	0	UK East Atlantic (K2)
62082	44.067	-7.617	0	Estaca de Bares (Spain)
62083	43.483	-9.217	0	Villano-Sisargas (Spain)
62084	42.117	-9.400	0	Silleiro Spain)
62085	36.483	-6.967	0	Cadiz (Spain)
62090	53.100	-11.200	0	West Ireland (M1), Aran Islands
62091	53.500	-5.400	0	Irish Sea (M2), Lambay
62092	51.200	-10.400	0	South West Ireland (M3), Mizen Head
62093	55.000	-10.000	0	North West Ireland (M4), Donegal Bay
62094	51.700	-6.700	0	South Ireland (M5), South East
62095	53.060	-15.920	0	West Ireland (M6), West Coast
62103	49.900	-2.900	0	Channel light vessel
62105	55.400	-12.600	0	UK East Atlantic (K4)
62106	57.000	-9.900	0	UK North-East Atlantic (RARH)
62107	50.100	-6.100	0	Isle of Scilly (7 stones)
62108	53.500	-18.400	0	UK East Atlantic (K3)
62109	57.000	0.000	0	North Sea (K16)
62111	58.100	0.400	0	North Sea (Ivanhoe, shell UK)
62112	58.700	1.300	0	North Sea (Brae A, Marathon UK)
62116	57.700	1.400	0	North Sea (Nelson A, Shell UK)
62117	57.900	0.000	0	North Sea (Buchan A, Talisman)
62118	57.700	0.900	0	North Sea (Forties, BP UK)
62119	57.000	2.000	0	North Sea (Shearwater, Shell UK)
62125	53.800	-3.500	0	Liverpool Bay, Douglas Complex AP1
62126	53.900	-3.600	0	Liverpool Bay, Douglas Complex
62128	58.700	1.400	0	North Sea (Brae West, Marathon UK)
62132	56.400	2.000	0	North Sea (Auk Alpha, Shell UK)
62133	57.100	1.000	0	North Sea (Gannet, Shell UK)
62135	54.000	-3.800	0	Liverpool Bay, Douglas Complex
62142	53.000	2.100	0	North Sea (Leman AD1, Shell UK)
62143	57.700	1.800	0	North Sea (Everest, BP UK)
62144	53.400	1.700	0	North Sea (Clipper PT, Shell UK)
62145	53.100	2.800	0	North Sea (Sean PaPa, Shell UK)
62146	57.100	2.100	0	North Sea (Lomond, BP-Amoco)
62152	57.000	1.800	0	North Sea (Elgin, TotalFinaElf)
62162	57.400	0.500	0	North Sea (Kittiwake, Shell UK)
62163	47.500	-8.400	0	UK Celtic Sea shelf break (Brittany)
62164	57.200	0.800	0	North Sea (Anasuria, Shell UK)
62165	54.000	1.100	0	North Sea (Ravenspurn South, BP-Amoco)
62170	51.400	2.000	0	Channel (F3 light vessel)
62287	53.534	-3.352	1	Irish Sea, Liverpool Bay, CEFAS
62288	50.745	0.753	1	English Channel, Hastings, CEFAS
62289	53.531	1.053	1	North Sea, Dowsing, CEFAS
62293	54.920	-0.750	1	North Sea, Tyne and Tees, CEFAS
62301	52.400	-4.700	0	Irish Sea (Cardigan Bay)
62303	51.500	-5.100	0	Bristol Channel (Pembroke buoy)
62304	51.150	1.800	0	Channel (Sandettie light vessel)
62305	50.400	0.000	0	Channel (Greenwich light vessel)
62442	49.000	-16.400	0	UK East Atlantic (Porcupine Abyssal Plain)
62X20	54.000	-3.433	1	Irish Sea, Barrow, CEFAS
63055	60.600	1.700	0	North Sea shelf break (Dunbar, TotalFinaElf)
63056	59.500	1.600	0	North Sea shelf break (Beryl B, Exxon-Mobil)
63057	59.200	1.500	0	North Sea shelf break (Harding, BP-Amoco)
63103	61.200	1.100	0	S Norwegian Sea (North Cormorant, Shell UK)
63108	60.800	1.700	0	S Norwegian Sea (North Alwyn, Total UK)
63110	59.500	1.500	0	North Sea shelf break (Beryl A, Exxon-Mobil)
63111	59.500	1.500	0	North Sea shelf break (Beryl A, Exxon-Mobil)
63112	61.100	1.000	0	North Sea shelf break (Cormorant Alpha, Shell UK)
63113	61.000	1.700	0	North Sea shelf break (Brent A, Shell UK)
63115	61.600	1.300	0	North Sea shelf break (Magnus, BP-Amoco)
64045	59.100	-11.700	0	UK North-East Atlantic (K5)

64046	60.600	-4.900	0	UK North-East Atlantic (K7)
64071	68.480	-9.260	1	North East Iceland (Dreki buoy)
66021	54.880	13.870	1	Baltic Sea (Arkona Becken)
66022	54.100	14.200	1	Baltic Sea (Oder Bank)
66024	54.700	12.700	1	Baltic Sea (Darsser Schwelle)
BSH01	55.000	6.330	1	North Sea, German Bight (NSB2)
BSH02	54.160	7.890	1	North Sea, German Bight (Helgoland)
BSH03	54.000	8.120	1	North Sea, German Bight (Elbe)
BSH04	54.000	6.580	1	North Sea, German Bight (FINO 1)
BSH05	54.920	8.220	1	North Sea, German Bight (Westerland)
BSH54	54.880	13.870	1	Baltic Sea (Arkona Becken)
BSH71	54.700	12.700	1	Baltic Sea (Darsser Schwelle)
CNCAL	32.700	-16.700	0	Canical (Madeira)
FARO	36.906	-7.899	0	Faro (Portugal)
FCHAL	32.600	-16.950	0	Funchal (Madeira)
KCH10	33.030	134.120	1	Japan, off Muroto
KCH13	32.380	132.860	1	Japan, off Tosashimizu
LDWR	66.000	2.000	0	N Norwegian Sea (Mike)
LEIXS	41.315	-8.985	0	Leixoes (Portugal)
LF3F	64.300	7.800	0	N Norwegian Sea (Draugen, Norske Shell)
LF3J	61.200	2.300	0	S Norwegian Sea (Gullfaks, StatoilHydro)
LF3N	65.300	7.300	0	N Norwegian Sea (Heidrun, StatoilHydro)
LF4B	60.600	3.700	0	S Norwegian Sea (Troll A, StatoilHydro)
LF4C	58.400	1.900	0	North Sea (Sleipner, StatoilHydro)
LF4H	59.600	2.200	0	S Norwegian Sea (Heimdal, StatoilHydro)
LF5T	66.000	8.100	0	N Norwegian Sea (Norne FPSO, StatoilHydro)
LF5U	56.500	3.200	0	North Sea (Ekofisk, ConoccoPhillips)
LFB1	73.550	16.500	0	Barents Sea (Oceanor buoy)
LFB2	74.000	30.000	0	Barents Sea (Oceanor buoy)
LFB3	71.580	28.500	0	Barents Sea (Oceanor buoy, Nordkyn)
AUK	56.390	2.050	0	North Sea (Auk buoy, RWS. The Netherlands)
K13	53.200	3.220	0	North Sea (K13 buoy, RWS. The Netherlands)
EURO	51.990	3.270	0	North Sea (Euro platform buoy, RWS. The Netherlands)
NZBHd	-41.402	174.847	1	Baring Head, NZ
NZBan	-43.760	173.340	1	Banks Peninsula, NZ
PRDVA	38.900	-27.000	0	Praia da Victoria (Azores)
PTDGD	37.700	-25.800	0	Ponta Delgada (Azores)
FLRES	39.360	-31.170	0	Lajes des Flores (Azores)
GRCSA	39.090	-27.960	0	Graciosa (Azores)
STMRA	36.920	-25.170	0	Vila do Porto, Santa Maria (Azores)
SINES	37.923	-8.930	0	Sines (Portugal)
TFBLK	65.600	-25.100	0	West Iceland (Blakksnes)
TFDRN	65.766	-21.122	0	North Iceland (Drangsnæs)
TFGRS	66.500	-18.200	0	North Iceland (Grimseyjarsund)
TFGRV	63.822	-22.468	0	West Iceland (Grindavik)
TFGSK	64.100	-22.900	0	West Iceland (Gardskagi)
TFHFN	64.000	-15.200	0	South Iceland (Hornafjörður)
TFKGR	65.658	-13.500	0	East Iceland (Kogur)
TFSRT	63.170	-20.353	0	South Iceland (Surtsey)
TFSTD	66.500	-23.400	0	North West Iceland (Straumnes)
ZSWAV	-35.000	22.200	0	SA Agulhas Bank

A.8 지역파랑모델(ReWW3)과 국지연안 파랑모델(CoWW3) 검증에 사용된 부이 ID 번호와 위치

부이이름	부이 ID	위 치	수 심
덕적도	22101	37.23N, 126.02E (덕적도 서방 15km)	30 m
칠발도	22102	34.80N, 125.77E (칠발도 북서방 2km)	33 m
거문도	22103	34.00N, 127.50E (거문도 동방 14km)	80 m
거제도	22104	34.77N, 128.90E (거제도 동방 16km)	84 m
동 해	22105	37.53N, 129.92E (동해시 동방 70km)	1,518 m
포 향	22106	36.35N, 129.78E (포항시 북동방 32km)	400 m
마라도	22107	33.08N, 126.03E (제주도 화순 남방 24km)	110 m
외연도	22108	36.25N, 125.75E (보령 서방 70km)	45 m

A.9 통계모델 검증 자료

검증변수	모 델	검 증
최고/최저	GDLM	45개 지점의 도시별 검증과 전체 평균
	KFM	41개 지점의 도시별 검증과 전체 평균
3시간 기온	RDLM	41개 지점의 도시별 검증과 전체 평균

부록 B. 기상청 수치예보 개발 연혁

년월	주요 변경 사항			
	조직	모델	분석	컴퓨터 환경
1989.05	수치예보반 신설			Cray2s (KISTI)
1990.12	수치예보과 ¹⁾ 신설			
1991.02	수치예보과	A-LAM ²⁾ , F-LAM ³⁾ , OFM ⁴⁾ 공식 현업 운영		Cray2s (KISTI)
1991.02		F-LAM(46X61, 80km/L10)	객관분석(Barnse 방법, 관측 + JMA GSM + 12 예측장)	
1992.04		F-LAM(46X61, 80km/L15) 연직층 증가 해상풍 모델(Cardone Model, 19X15, 2.5°) 및 제 1세대 파랑모델(DAS-5) 운영		Cray2s (KISTI)
1993.03		PPM(Perfect Prog Method) ⁵⁾ 을 이용한 최저·최고 기온 현업 제공		Cyber932 (KMA, 백업)
1993.07		K-LAM ⁶⁾ (59x59, 40km/L15)		CrayC90 (KISTI)
1994.06		태풍 모델 운영 (KTM, Korea Typhoon Model, 109x109, 50km, 연직 8층)		Cyber932 (KMA, 백업)

1) 수치예보과는 1991년 1월 1990년 12월에 신설되어 수치예보반에서 운영하던 3가지의 수치예보모델(아시아 수치예보모델 A-LAM, 극동아시아 수치예보모델 F-LAM, 해양 수치예보모델 OFM)을 인수하여 1991년 2월부터 수치예보자료의 현업 제공을 위하여 현업 근무를 정식적으로 시작하였다.

2) A-LAM(Asia Limited Area Model) : 아시아 수치예보모델(아일랜드에서 도입한 dry model)

3) F-LAM : 극동아시아 수치예보모델. Far East Limited Area Model. F-LAM은 미국 대기과학연구소(NCAR)와 펜실베이니아 주립대학(PSU)이 공동으로 개발한 NCAR/PSU 중간규모 모델(MM4)을 기반으로 하여 기상청의 용역과제로 서울대학교 대기과학과 수치예보연구실이 개발하여 기상청과 협동으로 현업화한 수치모델이다. 전처리와 후처리과정은 기상청이 자체 개발하였다.

4) OFM(Ocean Forecast Model) : 해양 수치예보모델로 서울대 해양학과와의 용역을 통해 공동으로 개발한 모델이다. WW3의 전신이다.

5) PPM 모델은 1990년 UNDP 자금으로 일본기상청 MOS 연수를 통하여, 일본기상청 ASM(80km) 분석 자료를 활용하여 개발하였다. 1992년 1990~1991년 분석 자료를 일본 기상청 방문하여 추가 입수하고 기존 입수한 자료(1987~1989)를 활용하여 개발하였는데, 이 당시 수치예보자료의 계속적인 개선 때문에 MOS 개발대신 PPM 개발을 추진하였다. 또한 ECMWF와 미국 기상청의 분석 자료가 160km 정도이었기 때문에 일본의 ASM 분석 자료를 활용하였다.

년월	주요 변경 사항				
	조직	모델	분석	컴퓨터 환경	
1994.10	수치 예보과	PPM(Perfect Prog Method)을 이용한 강수 확률 예보 현업 지원		CrayC90 (KISTI) Cyber932 (KMA, 백업)	
1995.03		F-LAM(77x63, 60km/L15) 수평 해상도 증가		Fujitsu VPX220(KMA) CrayC90 (KISTI, 백업)	
1997.02		전지구(GDAPS) 및 지역(RDAPS) 수치예보 시스템 현업 운영 ⁷⁾			
		GDAPS(T106L21, 110km, 모델 top 10hPa) 현업 운영 RDAPS(105x121, 40km/L22, MM4) ⁸⁾ 현업 운영 BATS(Barotropic Typhoon forecast System) 현업 운영 천해(40km) 및 심해(80km) 파랑 모델 운영	G-2DOI(최적 내삽법) R-전구 분석장 사용		
		KF(Kalman Filter)를 이용한 최저·최고 기온 현업 제공			
1998.04		KF(Kalman Filter)를 이용한 3시간 기온 현업 제공			
1999.03					
1999.05			G-1dVar(TOVS 동화)		

※ G: 전지구 자료동화 시스템, R: 지역 자료동화 시스템

6) K-LAM(Korea Limited Area Model) : 국지 예보모델. F-LAM과 동일하게 MM4를 기반에 Barnes 분석체계를 적용한 국지 기상 예보용 모델로 개발하여 시험만 하였다.

7) 전지구예보모델은 1993년 일본 기상청 연수를 통하여 일본 기상청의 GSM89를 도입하였으며, 1994년 KISTI Cray90에 모델부분 시험 가동을 시작으로 하여 1995년 3월 Fujitsu VPX220(기상청)에 이식하였으며, 1997년 2월부터 6시간 간격의 자료동화 체계를 가지는 전지구 자료동화 및 예측시스템(GDAPS, Global Data Assimilation and Prediction System)을 공식 운영하였다.

8) 1997년 2월부터 F-LAM을 개선한 지역예보시스템(RDAPS, Regional Data Assimilation and Prediction System) 현업 운영을 시작하였다. 자료동화 부분을 6시간으로 시도 하였으나, 동쪽 경계부분에서 단파가 지속적으로 형성되어 3일 경과시 blow-up 되어 GDAPS GPV를 활용한 12시간 간격으로 cold start로 모델을 운영하였다.

년월	주요 변경 사항				
	조직	모델	분석	컴퓨터 환경	
1999.06	수치 예보과	RDAPS 수평 및 연직 해상도 개선 (171x191, 30km/L33, MM4) GoWAM(2.0°)/ReWAM(1/4°) ⁹⁾	R-전구 분석장 사용	1호기 도입 NEC SX-5/16 (128Gflops)	
2000.06		RDAPS 정역학 → 비정역학 역학체계 개선(MM4 → MM5) 및 고해상도(10km, 5km) 지역예보모델 운영 ¹⁰⁾	R-전구 분석장 사용	NEC SX-5/28M2 (224Gflops)	
2001.03		전지구 예보시스템 개선(T213L30) 운영			G-3DOI(3차원 최적 내삽법)
		GDAPS 수평 및 연직 해상도 개선 (T106L21 → T213L30, 모델 top 10hPa) 및 NNMI 초기화 도입 GBEPS 현업 운영(T106L21, 16멤버) RDAPS 전처리 개선 전지구 파랑 예보시스템 수평 해상도 개선(GoWAM, 2.0° → 1.25°)			
2001.11		R-3DOI(3차원 최적 내삽법)			
2001.12		DLM(Dynamic Linear Model)를 이용한 중기 최저·최고 기온 현업 제공			

※ GBEPS: Global Breeding Ensemble Prediction System

9) 독일 DKRZ 연구소에서 개발된 3세대 파랑 모델 WAM을 기반으로 수평해상도 2.0°(약 220km) 와 1/4°(약30km) 의 전구(GeWAM, Global Wave Model) 및 지역(ReWAM, Regional Wave Mode) 파랑 예보시스템을 구성하여 운영하였다. 특히, 지역예보시스템(RDAPS, MM5, 30km)의 영역 및 분해능 개선에 따라 기존 예보영역을 확대하고 분해능을 증가시켜 운영을 시작하였다. 수치예보과 기술보고서 2000-2 참조.

10) 미국 대기과학연구소(NCAR)와 펜실베이니아 주립대학(PSU)이 공동 개발한 NCAR/PSU 중규모모델(MM5)에 기초한 비정수계 역학체계로의 변경 및 2개의 등지격자 체계(10km, 5km)를 가지는 고해상도 지역예보모델 운영. 수치예보과 기술보고서 2002-3 참조.

년월	주요 변경 사항			
	조직	모델	분석	컴퓨터 환경
2002.02	수치 예보과	DLM(Dynamic Linear Model)을 이용한 3시간 기온 현업 제공		NEC SX-5/28M2 (224Gflops)
2002.04			SATEM, SATOB 자료 동화	
2002.11		NCEP daily SST 자료 적용		
2003.11		GBEPS 연직층 증가 (T106L21 → T106L30, 16멤버) ¹¹⁾	R-3dVar(10 km) AWS 동화 포함	
2003.12		RDAPS 적운모수화 방안 교체 ¹²⁾	G-3dVar(inner loop : T63) ¹³⁾	
2004.03		GBEPS 초기장 변경 ¹⁴⁾		
2004.08			G-direct 3dVar R-3dVar(10 km) 레이더 자료 동화 현업 운영	

11) 중기 확률 예보를 위한 앙상블 모델은 2001년 3월부터 T106L21 저해상도 전지구예보모델을 바탕으로 구축되어 운영하여왔다. 이에 따라 연직 분해능을 기존 21층에서 전지구예보모델과 동일한 30층으로 증가시켰으며, 전구 영역에 적용하였던 Bread vector를 복반구로 한정시켜 섭동장을 생산하도록 개선하였다.

12) 기존 KF(Kain-Fritsch) 적운모수화 방안의 계통적 오차를 수정한 KF 적운모수화 방안(MM5V3.5 공개 버전)을 RDAPS에 적용시켜 기존 강수 예측 오차를 상당부분 개선시키는 효과를 보였다. 수치예보과 기술보고서 2003-3 참조.

13) 다양한 관측자료를 제한 없이 동시 동화 할 수 있는 3차원 변분법 체계로 진일보한 개선이다. 수치예보과 기술보고서 2004-2 참조.

14) 중기 확률 예보를 위한 앙상블 모델의 초기장은 자체 동화 없이 전지구예보모델의 초기장을 그대로 사용하였다. 2001년 3월부터 전지구예보모델의 분석 체계가 3차원 최적내삽(3DOD)에서 3차원 변분법(3dVar)로 변경됨에 따라서 전지구예보모델의 초기장을 사용하도록 변경하였다.

년월	주요 변경 사항			
	조직	모델	분석	컴퓨터 환경
2004.09				2호기 도입 Cray X1 (2.45Tflops)
2005.04	수치 예보과	GBEPS 섭동장 개선 (요인 회전 도입)		Cray X1 (2.45Tflops)
2005.05			G-QuikSCAT(해상풍 자료) 동화	
2005.06		MOS(Model Output Statics)를 이용한 3시간 기온 현업 제공		
2005.08		MOS(Model Output Statics)를 이용한 최저·최고 기온 및 강수 확률 현업 제공		
2005.12		전지구 예보시스템 개선(T426L40) 운영 ¹⁵⁾		
	GDAPS 수평 및 연직 해상도 개선(T213L30 → T426L40, 모델 top 10hPa → 0.4hPa) GBEPS 수평 및 연직 해상도 개선 (T106L30 → T213L40) 및 초기장 변경 ¹⁶⁾	G-3dVar(inner loop : T106) G-ECMWF ERA40 기후값에 대한 비용함수 제어조건 적용		
2006.01	전구 및 지역 파랑예측 시스템 모델 소스 대체 (WAM → WAVEWATCH-III)			

15) 2005년 2월 시험운영을 시작하여 2005년 8월 1단계 물리과정 튜닝 후 2005년 12월 현업 운영되었다. 고해상도 전지구예보모델은 기존 10hPa의 대기 상한을 0.4hPa까지 확대함에 따라 지면으로부터 약 55km까지의 대기 운동을 포함하게 되었으며, 기존 30층의 연직층이 40층으로 증가하였다. 또한 수평 해상도는 기존 55km에서 30km로 개선되었다. 1차 물리과정 튜닝을 통하여 적용된 물리과정 개선 사항은 수치예보과 기술 노트 2005-08 참조. 또한 3차원 변분법을 위한 분석 분해능이 T63에서 T106으로 개선되었으며, 적도 대류권 상부의 동서 바람의 비정상적인 성장을 제어하기 위하여 유럽중기예보센터(ECMWF) 재분석자료인 ERA40 기후값을 비용함수로 제한하는 처방을 적용하였다.

16) 2005년 12월부터 기존 T213L30 전지구예보모델의 운영이 중단됨에 따라서 앙상블 모델의 초기장은 고해상도 전지구예보모델(T426L40)의 초기장을 내삽 하여 사용하였다.

년월	주요 변경 사항			
	조직	모델	분석	컴퓨터 환경
2006.05	수치 예보과	GBEFS(T213L40, 32멤버, 1일 2회, 10일 예보)		Cray X1E (18.5Tflops)
2006.07		광역 폭풍해일 모델 (RTSSM, Regional Tide/Storm Surge Model) 현업화 ¹⁷⁾	3차원 분석시스템(KLAPS, Korea Local Analysis and Prediction System) 현업 운영	
2006.11		MOS(Model Output Statics)를 이용한 강수 형태 현업 제공	Burf 형식 자료 해독 S/W 개선	
2006.12			G-FGAT(배경장 적시 활용법) 적용	
2007.03	수치 예보 센터 설립	황사농도 단기예측모델(ADAM) 현업 운영 ¹⁸⁾		
2007.05	수치 예보 센터	KWRF(10km) 현업 운영	G-MODIS 극지역 바람자료 동화	

17) 2004년 8월 8km 광역 폭풍해일 모델(RTSSM, Regional Tide/Storm Surge Model) 구축을 시작하여, 슈퍼 컴퓨터 2호기 도입과 더불어 2005년 6월부터 시험운영 하였으며, 수평 해상도 및 모델 수행 영역은 지역 파랑 예측 시스템 모델(ReWWW3, 2007년 12월 현업 버전)과 동일하다.

18) 황사농도 단기예측모델(ADAM, Asian Dust Aerosol Model)은 미국 환경보호청(ERA)의 대기질 확산 모델인 CMAQ(Community Multiscale Air Quality)를 기본으로 2003년 3월부터 기상연구소 응용기상연구실에서 시험운영을 시작하였으며, 이후 최적화 및 병렬화 작업을 거쳐 2007년 3월부터 현업 운영을 시작하였다.

년월	주요 변경 사항			
	조직	모델	분석	컴퓨터 환경
2007.07	수치예보센터	GBEPS 편차 보정 적용		Cray X1E (18.5Tflops)
2007.08		GDAPS 레일리마찰(Rayleigh Friction) 적용		
2007.09			KWRF-레이더 자료동화	
2007.11			G-BUFR MTSAT-1R AMV 자료 추가 KWRF-QuikSCAT	
2008.01		GDAPS 상층 오차 교정을 위한 배경장 수정	G-ECMWF ERA40 기후값에 대한 비용함수 제어조건 제거 KWRF-태풍 보거싱 적용	
2008.02			KWRF-MTSAT 위성자료 적용	
2008.03	수치예보센터 → 수치모델 관리관실	지역 파랑 예측 시스템(ReWW3) 해상도 개선(1/4°→1/12°) 및 국지 연안 파랑 예측시스템(CoWW3, 1/120°) 6개 영역 현업 운영 ¹⁹⁾	국내 수직측풍 장비(windprofiler) 7개 지점 추가	
2008.04	수치모델 관리관실		G-1dVar(NOAA18호 ATOVS 동화)	
2008.05			G-ECMWF 분석장을 이용한 보거싱 적용 (제한적 적용 :5-10월)	
2008.06		KWRF 연직 해상도 개선(31층 → 40층) 및 예보시간 증가(60시간 → 66시간) ²⁰⁾	KWRF-늦은 분석 cycle 운영 및 계절별 배경오차 적용	
2008.08		GBEPS T213L40 자체 자료동화 시스템 운영		

19) 2006년 1월 전구 및 지역 파랑 예측 시스템 모델 소스를 기존 WAM에서 WAVEWATCH-III로의 교체 작업을 수행하였으며, 2006년 12월부터 고해상도 지역 파랑예측 시스템(ReWWW3) 및 국지연안 파랑예측 시스템(CoWWW3) 6개 영역에 대한 시험운영 시작. 이후, 2007년 12월부터 현업 운영을 위한 안정도 테스트 후 2008년 3월부터 현업 운영.

20) 개선 사항: 모델(KWRF) 및 분석 시스템(U3VR) 버전 업그레이드(WRF V2.1 → V2.3), 복사 계산 정확도 증가를 위한 NCEP SST(수평해상도 0.083°)로 변경, 분석시스템(U3VR)의 수행 시간 단축을 위한 계산 환경 변경(Cray X1E → New Prepost)

년월	주요 변경 사항			
	조직	모델	분석	컴퓨터 환경
2009.01	수치모델 관리관실	전지구모델의 개선된 구름양 진단과정 현업 적용 ²¹⁾		Cray X1E (18.5Tflops)
2009.05		전지구 고해상도 파랑예측 시스템 현업 운영 ²²⁾		
2009.06		KWRF 현업 개선 -적운물리방안, 초기화 과정 개선 -자료동화(ATOVS 추가) 개선 -버전 업그레이드(V2.3→ V3.0)		
2009.08		초단기 분석 및 예측 시스템 (KLAPS) 현업 운영 -현업 성능 개선(관측 자료 추가) -초기화 과정, 물리과정 개선		
2009.09		GDAPS 현업 개선 -전지구모델 편차 보정 -편차보정방법 : Decaying average method		

21) 전지구모델의 구름양이 관측보다 적게 예측하는 현상을 개선하기 위하여 상대습도를 이용한 확률함수 형태의 진단식으로 교체

22) 개선 사항: 수치예보 모델의 대체(WAM cycle4→WAVEWATCH-III V2.22), 수치예보 모델의 공간해상도와 스펙트럴 해상도 개선, 입력 자료의 주기를 12시간에서 6시간으로 단축

년월	주요 변경 사항			
	조직	모델	분석	컴퓨터 환경
2009.11	수치모델 관리관실	황사예측모델(ADAM) 현업 개선 (과대 모의를 일으키는 소스코드 수정)		3호기 인터림 시스템 Cray XT5 (14.17TF)
2010.01			통합모델 관측 자료 전처리 과정 개선 ²³⁾	
2010.03		KWRF 경계장을 UM으로 변경		
2010.05		통합모델(전구, 지역) 현업 운영 -전구(N320L50), 지역(12kmL38)	전구: 4DVAR, 지역: No DA GPSRO 자료동화 현업적용	3호기 초기분 시스템 Cray XT5 (27.65TF) N320L50 현업운영 (2010.5.14~)
2010.06		개선된 초단기 분석 및 예측 시스템 (KLAPS) 현업 운영 ²⁴⁾		
2010.07		통합모델 기반 황사농도단기 예측모델(ADAM) 현업 운영 ²⁵⁾ KWRF 모델 늦은분석 체계로 현업 적용	SSMIS 위성자료동화 현업 적용	
2010.08		통합모델 출력변수 조정에 관한 현업 변경 -84시간까지 모델면 자료 출력간격 조정		
2010.09		슈퍼컴퓨터 3호기 기반 수치예보 현업 개선 ²⁶⁾		3호기 최종분 시스템 Cray XE6 (758TF)

23) 개선 사항: Satwind 극 상층 바람 개선(ODB), GOES wind QI(품질신뢰도) 값 조정, 관측종별 station list 및 위성계수, 편차값 갱신, ATOVS, AIRS 자료처리 개선

24) 변경 사항: 버전 업그레이드(V2.2→V3.0), 1시간 간격 5km 예보, 분석시스템과 예측시스템을 통합하여 운영

25) 변경 사항: ADAM의 입력 기상장을 RDAPS에서 통합모델(UM 40km L50)로 전환, 모델 예측시간을 48시간에서 72시간으로 변경

26) 현업 개선 내용: 초단기예측시스템 하늘상태 실험/예측 자료 개선, 파랑실험도 현업화, 지역통합모델 레이다 자료 처리과정 추가

년월	주요 변경 사항			
	조직	모델	분석	컴퓨터 환경
2010.10	수치모델 관리관실	사계절 황사농도예측모델 (UM-ADAM2) 현업 운영		3호기 최종분 시스템 Cray XE6 (758TF) N512L70 현업운영 (2011.5.23~)
2010.11		수치예보 현업 개선 ²⁷⁾	지상자료 결측자료 오류 개선	
2010.12			Satwind 관측오차 개선을 위한 신뢰도 지수(QI) 배열 조정	
2011.03		통합모델 기반 앙상블 예측시스템 현업 운영 (UM N320 L50 M24)	윈드프로파일러 결측자료 오류개선	
2011.04		수치예보 현업 개선 ²⁸⁾		
2011.05		고해상도 통합모델(전구,지역) 현업 운영 -전구(N512L70), 지역(12kmL70)	전구, 지역: 4DVAR 태풍보거상기법개선 (지상기압추가) 직수신 MetOp ATOVS 자료 현업적용	
		연직축 확장 앙상블 예측시스템 현업 운영 (UM N320 L70 M24)		
		지역자료동화체계(4DVAR) 운영		
2011.06		수치예보 현업 개선 ²⁹⁾		
		후처리 구름모의 운영 시작 (RADM)	RTTOV 9.3 기반의 구름복사모의와 표출	

27) 개선 사항: 초단기예측시스템 강수유형 판별 알고리즘 개선 적용, 강설 및 눈혼합비 자료 생산 추가, 북반구 분석일기도 및 북반구 예상일기도 확대 생산

28) 개선 사항: KLAPS 분석장과 모델 초기장 일치성 개선, 지역해양모델 해역별 파고시계열 그래픽 추가

29) 개선 사항: 고해상도 통합모델기반의 모의 위성영상 생산, 고해상도 통합모델기반의 황사추적도 현업 운영

년월	주요 변경 사항			
	조직	모델	분석	컴퓨터 환경
2011.08	수치모델 관리관실		기상1호 자료 현업 적용	3호기 최종분 시스템 Cray XE6 (758TF)
2011.12		천리안 대기운동벡터 활용 시작	고도별 에리분석, 가변적 QI 활용 기술 적용 드롭존데이터입력 모듈 현업적용 고해상도 존데이터 모니터링 파일 출력	
2012.01.		양상블 TrimObstore 관측 자료 전처리 개선 -missing된 관측 자료에서 발 생하던 오류 처리		
2012.05		1.5km 재해기상예측모델 현업운영 ³⁰⁾ 확률예보기반 악기상예측 지수(EFI) 현업 제공	3DVAR(재해기상예보모델)	
2012.06		전지구 및 지역예보모델 물리 과정 개선 ³¹⁾	전지구 분석해상도 개선(N144->N216)	
2013.06		전지구, 지역, 국지예보모 델 예측기간 ³²⁾ 연장 전지구, 지역, 국지예보모 델 물리과정 개선 ³³⁾ PS01 현업 운영(전지구, 지역 및 국지 개선)	하이브리드 4차원 변분 자료 동화 적용	PS01 (N512L70) 현업운영 (2013.6.20~)
2013.10		모델 출력물 중 grain 추가		

30) 국지적으로 단시간에 발생하여 인명 및 재산 피해를 초래하는 위험/재해기상(이하 위험기상) 현상의 예측
능력 향상을 위하여 지형, 토지이용도, 식생 등 지표자료 고도화('11.2), 잠열너징 기법 최적화('11.3), 레이더
시선속도 활용 체계를 최적화('11.4)하고 대규모 강수 생산 방안이 강수 예측에 미치는 영향을 평가 및 적용
('11.5)하였음. 이를 기반으로 3시간 간격의 분석-예측 순환 시스템을 정규적으로 운영('11.7.1 부터)하여 예보관에게
제공

31) 전지구/지역예보모델의 대규모 강수과정, 대류물리과정, 복사물리과정 개선 적용, 전지구모델 구름량
예단 적용

32) 전지구예보모델 252→288시간, 지역예보모델 72 → 87시간, 국지예보모델 24→36시간

33) 전지구예보모델 VN7.7PS26→VN7.9PS28, 지역예보모델 VN7.9PS26→VN7.9PS28, 국지예보모델
VN7.9PS27 → VN7.9PS28

부록 C. 검증 방법

C.1 검증의 개요

1) 검증이란?

예보를 미래의 상태에 대한 예측이라고 하면, 예보검증은 예보의 질을 평가하는 과정이라 할 수 있다. 예보는 실제 관측자료 혹은 실제 상태에 가깝게 추정된 분석 자료를 이용하여 평가한다. 이러한 평가과정을 검증이라고 하며, 검증은 질적인(예를 들어, 맞은 것인가?) 혹은 양적인(얼마나 정확한가?) 것으로 정의할 수 있다. 검증과정을 통해 예보 오차에 대한 상태 정보를 제공하게 된다.

예보를 검증하는 3가지 주된 이유는 아래와 같다.

- ① 예보의 질을 감시
- ② 예보의 질을 향상시키기 위하여 잘못된 요소를 찾아내어 해결
- ③ 서로 다른 예보시스템의 예보 질을 상호 비교함으로써 각각의 장·단점을 파악하여 적절한 예보시스템을 판단

즉 검증은 예보 생산자에게 각 예보시스템의 장점과 단점을 판단할 수 있는 객관적인 정보를 제공하고, 모델 개발자들에게는 예보 모델을 향상시키기 위하여 개선해야 할 부분을 제시해 준다. 이는 검증·평가 없이 발표된 예보는 예보의 질과 예보값이 신뢰할 수 없음을 간접적으로 드러낸 것이다.

다양한 예보형태에 따라 검증방법 또한 다양하다. 표 1.은 David Stephenson에 의해 분류된 예보의 3가지 형태와 각 예보 형태의 예시를 나타낸다. 각각의 예보 형태는 자료의 재배열, 분류, 자료의 임계치 등으로 분류될 수 있다.

좋은 예보란 어떤 것인가? Allen Murphy(1993)는 그의 저서에서 좋은 예보를 만드는 세 가지 요소로 일관성(Consistency), 품질(Quality), 가치(Value)를 제시하였다. 일관성은 예보관이 그들의 지식기반에 근거하여 주어진 상황에 대해 최상의 판단을 내렸을 때 예보관의 판단과 예보가 일치하는 정도, 품질은 실제로 일어난 사건과 예보가 일치하는 정도, 가치는 예보를 활용하여 예보관이 경제적 혹은 다른 종류의 이익을 인식하도록 도울 수 있는 정도를 의미한다. 그렇다고 하여 예보의 품질이 예보의 가치와 동일한 것은 아니다. 객관적 혹은 주관적 기준을 통해 관측된 조건이 적절히 예측되었다면 예보의 품질은 높은 것인 반면, 예보가 사용자로 하여금 보다 나은 결정을 내릴 수 있도록 도움을 주었다면 그것은 가치 있는 예보로

간주할 수 있다. 예를 들어, 고분해능 수치예보 모델이 특정지점에서 독립적인 뇌우의 발달을 예보하였다고 할 때, 뇌우 자체는 그 지역(넓은 지역)에서 실제로 관측되었지만 모델에서 추정된 특정 지점에서는 관측되지 않을 수 있다. 이러한 경우, 대부분의 표준 검증에 따르면 예보의 품질이 낮은 것으로 평가되지만, 예보관의 입장에서는 매우 가치 있는 예보가 되는 것이다.

표 1. David Stephenson에 의해 분류된 예보의 3가지 형태와 예시

예보 상태:	예시
단일예보(deterministic)	정량적 강수 예보
확률예보(probabilistic)	강수 확률, 앙상블 예보
질적예보(qualitative, worded)	5일 전망
시공간 영역:	
시계열(time series)	지점의 일 최고기온
공간분포(spatial distribution)	지위고도, 강수 분포도
합동 공간과 시간(pooled space and time)	월평균 전지구 이상기온
예보의 특수성:	
양분예보(dichotomous, yes/no)	안개 발생 여부
다중범주(multi-category)	추움, 정상(normal), 더움 조건들
연속적(continuous)	최고기온
객체 혹은 사건 지향(object-or event-oriented)	열대저기압 이동 및 강도

2) 관측 자료

일반적으로 예보를 검증하기 위해 사용하는 참값은 관측 자료이다. 우량계 관측, 기온 관측, 위성자료로부터 유도된 운량, 지위고도 분석 등이 관측 자료로 이용된다. 그러나 관측 자체에도 오차가 내포되어있으므로 정확한 참값으로 보기에 어려운 점이 있다. 관측 자체에 내재된 무작위 오차(Random error)와 편차(BIAS error), 표본 오차와 대표값 자체의 오차, 그리고 관측 자료를 분석할 때 혹은 예보 규모에 일치시키기 위해 관측 자료를 변환할 때 발생하는 분석 오차 등이 불확실성(Uncertainty)의 원인이 된다. 오랫동안 우리는 참값 속에 내재된 이러한 관측 오차를 무시하여 왔다. 만일 관측 오차가 예보에서 예측된 오차보다 훨씬 작다면(높은 신호대의 잡음비를 가진다면) 이러한 오차는 무시될 수 있다. 그러나 관측 오차를 가진다 하더라도 치우침이 심하거나 작은 표본의 검증 자료라 할지라도 다양한

예측 방법으로 예측된 결과를 상호 비교할 때는 유용한 정보를 제공할 수 있다.

검증결과는 검증자료의 양과 품질이 높을 때 자연적으로 신뢰도가 높아진다. 따라서 검증결과 자체에 오차 한계를 넣어주는 것이 좋다. 이는 특히 검증 표본이 작은(Rare event), 검증 자료가 가변적일 때, 통계적 관점에서 두 예측 자료를 비교하고자 할 때 유용하다. 검증 스코어에서 신뢰구간을 주는 여러 가지 방법들이 있다.

신뢰할만한 검증 통계를 얻기 위하여 시공간적으로 상당한 양의 예보와 관측 표본이 필요하다. 표본이 많을수록 검증결과의 신뢰도 또한 높아진다. 그러나 표본을 추출할 때 주의해야 할 점은 자료가 균질하지 않을 때 예보 성능에 많은 차이가 날 수 있다는 점이다. 일반적으로 표본이 많은 구간(예를 들면 관측지점이 밀집한 지역이나 악기상이 나타나지 않은 일)으로 편향될 수 있다. 이러한 비균질 표본은 예보성능을 과대평가할 수 있는 여지를 제공한다. 표본들을 비슷한 균질 집합으로 나누는 것은(계절별, 지역별, 관측의 강도 별 등) 특정 구간의 예보의 양상을 추출하는 데 도움을 준다. 신뢰도 높은 검증결과를 제공하기 위해서는 충분한 양의 표본들을 포함하도록 하여야 한다.

C.2 표준 검증 방법

가장 오래되고 가장 뛰어난 검증 방법의 하나는 눈으로 직접 비교하는 방법으로 예보와 관측을 나란히 놓고 비교하여 사람의 판단력으로 예보 오차를 가려내는 방법이다. 일반적으로 사용되는 방법으로는 시계열이 있다. 눈으로 직접 비교하는 방법은 예보의 수가 적고, 시간은 많고, 정량적인 검증 통계가 필요 없을 때 유용하다. 그러나 이 방법은 정량적이지 않고 해석하는 과정에서 개인이나 주관적인 편차가 있을 수 있으므로 공식적인 예보 검증시 주의가 요구된다. 아래에 양분 예보(Dichotomous), 연속 예보, 확률예보에 관한 검증 스코어를 간략히 설명하였다.

1) 양분 예보(예/아니요)에 대한 방법

양분(Dichotomous) 예보는 “사건이 일어날 것인가?”에 대해 “예 혹은 아니요”라 말하는 것과 같다. 강우와 안개가 일반적인 양분 예보의 예이다. 바람이 10m/s 이상이나 아니냐를 분류하는 것도 양분 예보의 예가 될 수 있다. 이런 형태의 예보를 검증하기 위해서는 예보와 발생여부 각각에 대한 “예”와 “아니요”의 빈도수를 보여주는 분할표(Contingency Table)가 필요하다. 분할표는 조건 분포(Joint distribution)라 부르기도 하며, 예보와 관측에 대한 “예”와 “아니요”로 구성된 4개의 조합으로 구성된다.

- 맞힘(Hit) : 사건이 발생할 것으로 예측, 실제로 발생
- 놓침(Miss) : 사건이 발생하지 않을 것으로 예측, 실제로 발생
- 거짓 알람(False alarm) : 사건이 발생할 것으로 예측, 실제로 발생하지 않음
- 부의 정확(Correct negative) : 사건이 발생하지 않을 것으로 예측, 실제로 발생하지 않음

분할표는 오차의 분류가 어떻게 만들어지는지를 볼 수 있는 가장 효과적인 방법이다. 완벽한 예보 체계는 맞힘(Hits, 이하 H)과 부의 정확(Correct negatives, 이하 C)만이 존재하고 놓침(Misses, 이하 M)과 거짓 알람(False alarms, 이하 F)이 없는 결과를 산출한다. 예보 성능의 특정 상태를 설명하기 위해 분할표의 요소들을 이용하여 다양한 형태의 범주형 통계를 계산한다.

표 1. 분할표(Contingency Table)

		Forecast		
		Yes	No	Total
Observed	Yes	H	M	H+M
	No	F	C	F+C
	Total	H+F	M+C	H+M+F+C

(1) 정확도(Accuracy)

개개의 예보와 관측간의 평균적인 일치 정도를 나타내는 것으로 정확히 예보한 것에 대한 백분율로 나타낸다. 값의 범위는 0에서 1이며 완벽한 예보는 1의 값을 갖는다. 문제는 가장 일상적인 범주, 즉 거의 발생하지 않는 현상에 대해 발생하지 않는다고 예보한 것에 의해 심각히 영향을 받을 수 있다는 점이다.

$$accuracy = \frac{H + C}{H + M + F + C}$$

(2) 치우침(BIAS score)

평균적인 예보와 평균적인 관측간의 일치 정도를 나타내는 것으로 전체적인 치우침(Overall BIAS), 체계적 치우침(Systematic BIAS), 혹은 무조건적 치우침(Unconditional BIAS)으로 알려져 있다. 범주형 예보에 대한 BIAS의 척도는 사건 예보 총수를 관측된 사건의 총수로 나눈 것이다. 값의 범위는 0에서 무한대까지이며 완벽한 예보는 1의 값을 갖는다. 1 보다 작은 값은 예보 시스템이 과소예보 경향, 1 보다 큰 경우에는 예보 시스템이 과대 예보 경향을 보인다고 말한다. 따라서 예보가 얼마나 정확히 관측에 대응하는지를 측정하는 것이 아니라 단지 상대적 빈도를 측정한다.

$$Bias\ score = \frac{H+F}{H+M}$$

(3) 성공 임계 지수(CSI, Critical Success Index)

Threat Score 혹은 Gilbert Score로도 불리며 정확히 예측하였던 사건 수를 예보된 관측 이든 간에 사건 발생과 관련된 총수를 합하여 나눈 것이다. 값은 0에서 1의 값을 가지며, 1은 완벽한 예보를 의미한다. CSI는 사건이 발생하지 않는다고 예보하였고 실제 발생하지 않은 경우의 수(Correct negatives)에 의해 영향을 받지 않는다. 따라서 사건의 빈도수에 따라 좌우되는 경향이 있다. 또한, CSI는 무강수에 대한 정확한 예측(H)값을 고려하지 않기 때문에 강수일수가 적은 경우 정확도(Accuracy, ACC)를 의미하게 된다. 예를 들면 CSI가 0인 경우 무강수가 많았던 경우이다. 특히, 집중성 강수가 많아 상대적으로 강수일수가 적은 지역에 대해서는 잘못된 통계치를 유발할 가능성이 크다. 단점은 예보오차의 원인을 구별할 수 없다는 것이다. 어떤 경우에 맞힌 것(Hits) 자체가 우연한 기회에 의한 것일 수 있기 때문에 사건의 기후학적 발생빈도에 의존하는 경향을 가지고 있다.

$$TS = CSI = \frac{H}{H+M+F}$$

(4) 공정 임계 지수(ETS, Equivalent Threat Score)

Gilbert Skill Score로도 불리며 성공 임계 지수의 분모, 분자에 각각 무작위 맞힘(Random hit, a_r) 만큼을 뺀 것으로 성공 임계 지수에서 우연에 의한 맞힘을 고려한 지수이다. 값은 -1/3에서 1의 값을 가지며, 1은 완벽한 예보를, 0은 예측 능력이 없음을 의미한다. ETS는 강수검증에 주로 사용되며 이는 ETS가 가지는 공정성이 다양한 상황에서 공정하게 비교될 수 있기 때문이다. ETS는 맞힘(Hit)에 민감하다. 또한 놓침(Miss)과 거짓 알람(False alarm)에는 분리하기 때문에 예측 오차의 원인을 구별하지는 않는다.

$$ETS = GSS = \frac{H - a_r}{H + M + F - a_r}, \quad \text{where } a_r = \frac{(H - M)(H + F)}{H + M + F + C}$$

2) 연속 변수형 예보에 대한 검증방법

연속 변수의 예보에 대한 검증은 관측과 예보의 차이를 측정하는 것이다.

(1) 편차 또는 평균오차(BIAS or Mean Error)

예보값과 관측값의 차이를 평균한 값이다. 음의 무한대에서 양의 무한대까지의 값을 가지며 평균오차가 양수이면 관측값보다 크게 예보가 되고 있음을 나타낸다. 완벽한 경우는

0의 값을 가진다. 간단한 척도로 오차의 크기를 측정하지 않으며 예보와 오차 사이의 일치성도 측정하지 않는다.

$$Mean\ Error = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (F_i - O_i)$$

(2) Root Mean Square Error(RMSE)

예보값과 관측값의 차이를 제곱근하여 평균을 취한 값이다. 0에서 무한대까지 값을 가지며 완벽한 경우는 0의 값을 가진다. RMSE는 편차(Deviation)에 대한 방향성을 지시하지 않는다.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (F_i - O_i)^2}$$

(3) 상관계수(Correlation Coefficient)

예보와 관측 차이의 일치와 위상을 측정하며 -1에서 1 사이의 값을 갖는다. 만점은 1이다. 일치성을 측정하는 좋은 도구이며 예보의 편차(BIAS)에 민감하지 않다.

$$r = \frac{\sum (F - \bar{F})(O - \bar{O})}{\sqrt{\sum (F - \bar{F})^2} \sqrt{\sum (O - \bar{O})^2}}$$

(4) 이상 상관(AC, Anomaly Correlation)

표본 평균 값 대신에 기후 평균값, C를 사용하여 예보와 관측 차이의 일치와 위상 차이를 측정한다. 이상상관은 수치예보모델의 결과를 검증하는 데 자주 사용된다. 값은 -1에서 1 사이이며 만점은 1이다. 상관 계수와 같이 예보 BIAS에 덜 민감하며 일치성의 척도로서 좋은 도구의 하나이다.

$$AC = \frac{\sum (F - C)(O - C)}{\sqrt{\sum (F - C)^2} \sqrt{\sum (O - C)^2}}$$

(5) S1 score

예보 공간 기술기의 정확도를 측정한다. 보통은 지위고도 혹은 해면기압장에 적용한다. 0에서 무한대의 값을 가지며 완벽한 예보는 0이다. 수치예보 기록에서 긴 역사를 가지고 있으며 다년간의 모델 성능이 향상되는 것을 보여주기에 좋은 도구이다. 또한 예보의 공간 분해능에도 좌우된다.

$$S1 = \frac{\sum_{adjacent\ pairs} |\Delta F - \Delta O|}{\sum_{adjacent\ pairs} \max(|\Delta F|, |\Delta O|)} \times 100$$

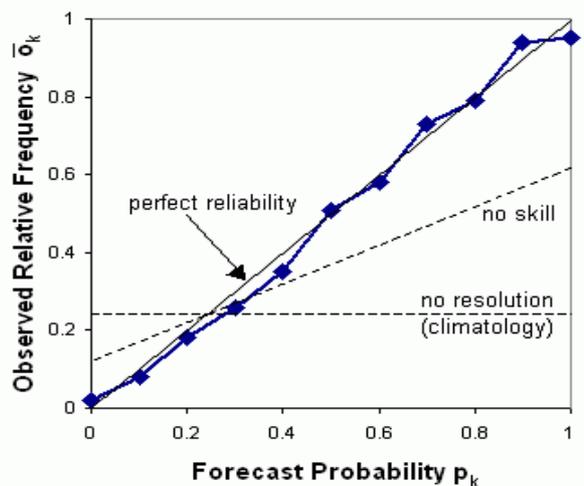
3) 확률 예측에 대한 검증방법

확률예보는 어떠한 사건이 발생할 확률을 0과 1 사이의 값(혹은 0에서 100%)으로 나타낸다. 일반적으로 단일 확률 예보를 검증하기는 어렵다. 대신 일련의 확률 예보 p_i 를 관측, 즉 사건의 발생($o_i=1$) 혹은 발생하지 않음($o_i=0$)을 이용하여 검증하고 있다. 정확한 확률예보시스템은 다음과 같은 특성을 가진다.

- 신뢰도(Reliability): 예측 확률과 평균 관측 빈도 사이의 일치성
- 예리함(Sharpness): 극값을 예보하는 경향
- 분해능(Resolution): 표본 사건들을 특징적으로 상이한 빈도수를 가지는 부분집합으로 분해할 수 있는 능력.

(1) 신뢰도 그림(Reliability diagram)

Reliability diagram은 예보 확률에 대한 관측빈도를 표시한 것으로 예보 확률의 범위는 K 개의 구간으로 나누고, 각 구간의 표본 빈도를 히스토그램이나 데이터 포인트 사이의 값으로 나타낸 것이다. 신뢰도는 구간별 표본 빈도를 이은 선과 대각선이 근접한 정도를 나타낸다. 대각선으로부터의 편차(Deviation)는 조건부 편차(Conditional BIAS)이다. 표본 빈도를 이은 선이 대각선 아래에 위치하면 과대모의(확률이 높음), 대각선 위에 위치하면 과소모의(확률이 낮음) 임을 의미한다. Reliability Diagram에서 표본 빈도를 이은 선이 편편한 경우 분해능(Resolution)이 낮음을 의미한다. No skill 선과 대각선 사이의 빈도 분포는 BSS(Brier Skill Score)에 긍정적으로 기여하며, 각각의 확률 구간의 빈도는 예보의 예리함(Sharpness)을 나타낸다.



확률예보의 신뢰성을 평가하는 검증방법으로 특정 현상(예 : 일강수량이 10mm이상일 경우)에 대한 확률 예보값과 실제 발생 빈도의 관계를 나타내는 Reliability Diagram(Atger, 1999)이 있다. 이 때 사용되는 확률예보와 실황에 따른 Reliability 표는 다음과 같이 두 가지 방법으로 나타낼 수 있다. 첫째는 실제로 어떠한 현상이 나타난 경우를 O라 하고 나타나지 않은 경우는 NO라 하자. 그 현상을 예상했을 때를 F로, 예상하지 못했을 때를 NF로 표시할 때, 표 2.에 N개의 앙상블 멤버를 구간으로 나누어 그 해당구간의 빈도(HN 또는 FN 등)를 표시하는 방법이다. 다른 한 가지 방법은 표 3.과 같이 어떤 현상의 예상 확률을 100%에서 0%까지로 구분하고 실황에서 그 현상을 보인 경우와 보이지 않은 경우를 나누어서 그 해당 확률 구간의 빈도(H100 또는 F0 등)를 표시하는 방법이다.

표 2. 앙상블 멤버 N개로 구간을 나누어 만든 Reliability 표

	F=N NF=0	F≥N-1 NF≤1	F≥N-2 NF≤2	...	F≥1 NF≤N-1	F≥0 NF≤N
O	H _N	H _{N-1}	H _{N-2}	...	H ₁	H ₀
NO	F _N	F _{N-1}	F _{N-2}	...	F ₁	F ₀

표 3. 10% 간격의 확률 구간으로 나누어 만든 Reliability 표

	P=100%	P≥90%	P≥80%	P≥10%	P≥0%
O	H ₁₀₀	H ₉₀	H ₈₀	H ₁₀	H ₀
NO	F ₁₀₀	F ₉₀	F ₈₀	F ₁₀	F ₀

(2) Brier Score(BS)

확률 오차를 제공하여 평균한 수치로 다음과 같은 3가지 항: (1) 신뢰도, (2) 분해능, (3) 불확정성으로 나눈다. 값의 범위는 0에서 1이며 완벽한 예보는 0의 값을 갖는다. 일반적으로 사건의 기후학적 빈도에 민감하다

$$BS = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (p_i - o_i)^2$$

$$= \frac{1}{N} \sum_{k=1}^K n_k (p_k - o_k)^2 - \frac{1}{N} \sum_{k=1}^K n_k (\bar{o}_k - \bar{o})^2 + \bar{o} (1 - \bar{o})$$

(3) Brier skill score(BSS)

기준 예보에 대한 확률예보의 향상 정도를 측정하는 요소로 기준 예보로는 보통 장기간 혹은 기후 표본을 사용한다. 값의 범위는 음의 무한대로부터 1까지이며 0은 기준 예보에 비해

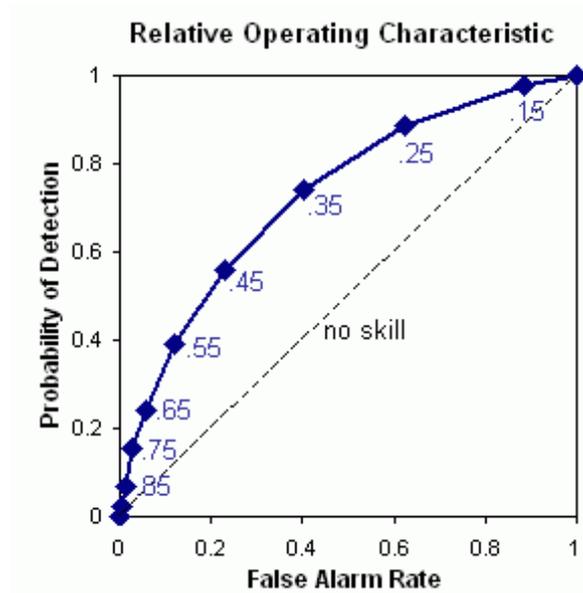
skill이 없음을 완벽한 예보는 1의 값을 갖는다. 기후학적 발생 빈도수를 고려한다. 소량의 자료에 적용할 때는 불안정해진다; 사건이 적을수록 더 많은 표본 수를 필요로 한다.

$$BSS = \frac{BS - BS_{reference}}{0 - BS_{reference}} = 1 - \frac{BS}{BS_{reference}}$$

(4) Relative Operating Characteristic(ROC)

양분 예보를 위해 일련의 누적 확률 임계(Threshold) 값들을(예를 들어, 0.05, 0.15, 0.25 등) 사용하여 Hit Rate 대 false alarm rate를 기입한 것이다. 두개의 선택적 결과를 구분하기 위해 예보의 능력을 측정한다. 0에서 1 사이의 값을 가지며 0.5는 Skill 이 없음을 1은 완벽한 예보를 의미한다. 신뢰도에 대해서는 아무것도 말할 수 없다.

Relative Operating Characteristics(이하, ROC) 곡선은 어떤 현상을 확률예보에서 얼마나 잘 감지할 수 있는지를 판단하는 “Signal detection theory”를 기초로 하고 있다(Swets, 1973). 이 ROC 곡선은 앙상블 확률예보의 성능을 평가하는 방법으로 ECMWF를 비롯하여 미국 기상청(NCEP)과 일본 기상청(JMA)에서도 채택하여 사용하고 있다. ROC 곡선은 적중률을 표현하는 Hit Rate(HR)와 비적중률을 나타내는 False Alarm Rate(FAR) 사이의 분포도를 각 확률 구간별로 구해서 한 그래프에 곡선으로 나타낸 것이다. 적중률과 비적중률 계산은 표 4로부터 다음과 같이 구해진다. 그리고 ROC 곡선에서 HR=1이고 FAR=0 일 때가 완벽한 예보이므로 좌측상단으로 가까이 갈수록 확률예보의 감지 성능이 뛰어나다고 볼 수 있다. 일반적으로 예보시간이 길어질수록 좌측하단으로 치우치는 경향을 보인다.



여기서 $y=x$ 의 직선은 " $HR = FAR$ " 이므로 이 대각선 하단으로 곡선이 존재할 경우 예보의 가치가 없음을 의미한다. 이에 따라 스코어 중의 하나로 ROC 곡선과 $y=x$ 의 대각선이 이루는 ROC 면적(ROC Area)을 구해서 예보기술의 척도로 사용하고 있다. 예보가 완전하다면 ROC 면적 =1이고, ROC 면적 =0.5일 때 예보의 기술이 없다(No-skill)고 판단하게 된다.

표 4. 실황에 따른 예보 분할표 (Contingency table)

		실황	
		Yes	No
예보	Yes	Hit(H)	False(F)
	No	Missing(M)	correct Rejection(R)

- 적중률 = Hit Rate(HR) = $H / (H + M)$
- 비적중률 = False Alarm Rate(FAR) = $F / (F + R)$

(5) RPS(Ranked Probability Score), CRPS(Continuous RPS)

RPS는 확률예보에서 확률 범주에 관측이 적절히 대응했는지를 나타낸다. 아래 RPS 식에서 M 은 확률 예보의 범주를, p_k 는 예보 범주 k 에서의 예측 확률, o_k 는 범주 k 에서 관측유무에 대한 지시자(0="아니요", 1="예")이다. RPS는 다중 범주 확률 예보에서 확률 공간에서 제곱 차의 누적 합이다. 범주가 2일 경우 RPS는 BS와 동일하며, 범주가 연속적일 경우 CRPS가 된다.

$$RPS = \frac{1}{M-1} \sum_{i=1}^M \left[\left(\sum_{k=1}^m p_k \right) - \left(\sum_{k=0}^m o_k \right) \right]^2$$

$$CRPS = \int_{-\infty}^{\infty} (P_f(x) - P_o(X))^2 dx$$

(6) RPSS(Ranked Probability Skill Score), CRPSS(Continuous RPSS)

기준 예보에 대한 확률예보의 향상 정도를 측정하는 요소로 기준 예보로는 보통 장기간 혹은 기후 표본을 사용한다. 값의 범위는 음의 무한대로부터 1까지이며 0은 기준 예보에 비해 Skill이 없음을 완벽한 예보는 1의 값을 갖는다. 기후학적 발생 빈도수를 고려한다. 소량의 자료에 적용할 때는 불안정해진다. 사건이 적을수록 더 많은 표본 수를 필요로 한다.

$$RPSS = \frac{RPS - RPS_{reference}}{0 - RPS_{reference}} = 1 - \frac{RPS}{RPS_{reference}}$$

$$CRPSS = \frac{CRPS - CRPS_{reference}}{0 - CRPS_{reference}} = 1 - \frac{CRPS}{CRPS_{reference}}$$

(7) Economic Value : 사용자 측면에서의 평가 방법

예보의 경제 가치에 대한 자세한 논의는 “Economic Value of Weather and Climate Forecasts(Kats & Murphy, 1997)”를 참고하면 된다. 여기서 설명하는 경제 가치(EV)는 1998년 이후부터 앙상블 예보의 성능 평가 기준으로 사용되고 있다(Richardson 2000, Zhu et al. 2001). 예보의 경제 가치는 예보의 정확도에도 의존하지만 어떤 기상 현상이 발생했을 경우 대책을 세우는 데 필요한 비용(Cost)과 대책이 없었을 때 생기는 손실(Loss)에도 관계가 있는데 이 값들은 사용자에게 따라 각기 다르다.

표 5.는 상황에 따른 예보의 분할표와 비용(C)과 손실(L)의 비용 매트릭스(Expense matrix)를 함께 나타낸 것이다. 이들 관계로부터 해당 예보를 이용했을 때의 지출 비용이 기후정보를 이용했을 때에 비해 절감되는 경제적인 비용에 대한 값으로 EV를 정의하면 다음과 같이 구할 수 있다.먼저 해당 예보를 항상 이용하여 대책을 세울 때의 지출 비용(EF)은 표 5.에서 얻어지는 모든 경우에 대한 지출비용의 합계로 구할 수 있다. 여기서 지출이 발생하는 경우는 모두 세 경우이다.

표 5. 상황에 따른 예보의 분할표와 비용 매트릭스

		상황	
		Yes	No
예보와 대책	Yes	Hit(H) Cost(C)	False(F) Cost(C)
	No	Missing(M) Loss(L)	Rejection(R) No cost(=0)

- ① 실제로 그 현상이 발생했을 때 예보가 이를 맞추었고 대책을 세웠으므로 이 때 지출은 맞춘 예보 빈도(H)×대책비용(C)이 된다.
- ② 둘째, 그 현상이 발생했는데 예보가 빗나간 경우 대책을 세우지 않았으므로 이 때 지출은 놓친 예보빈도(M)×손실비용(L)이 된다.
- ③ 셋째, 실제로 어떤 현상이 발생하지 않았고 예보가 틀린 경우에도 대책을 세워야 하므로 지출은 틀린 예보 빈도(F)×대책비용(C)이 된다.

여기서, 현상이 발생하지 않았고 예보가 이를 맞추었을 때의 빈도를 R이라고 할 경우 대책 비용이나 손실 비용이 없으므로 0이다. 따라서 EF는 세 경우에 발생하는 지출의 합이 되므로 지출 비용은 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$E_F = HC + FC + ML \quad (1)$$

다음으로 예보가 완벽하게 적중할 경우 지출비용(E_P)을 구하면 F (예보가 빗나간 경우)나 M (현상을 놓친 경우)이 없으므로 위 식(1)에서 $FC=0$, $ML=0$ 이다. 그러므로 지출 비용 $E=HC$ 인데, 예보가 적중한 빈도가 그 현상이 일어난 빈도(\bar{o})와 같으므로 아래와 같은 비용이 지출된다.

$$E_P = \bar{o}C \quad (2)$$

또한, 기후 정보를 이용할 때의 지출 비용(E_C)은 대책을 마련할 때 드는 비용(C)이 예상되는 손실액($\bar{o}L$)보다 적을 때만 대비를 할 것이므로 아래와 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$E_C = \text{Min}(C, \bar{o}L) \quad (3)$$

경제 가치(EV)는 특정 예보를 이용했을 때의 경제적인 비용 절감으로 정의되며 식(4)로 구할 수 있다.

$$EV = \frac{E_C - E_F}{E_C - E_P} = \text{saving} \quad (4)$$

식(4)에 식(1), 식(2), 식(3)을 대입하면 식(5)이 얻어진다.

$$EV = \frac{\text{min}[\bar{o}L, C] - (H+F)C - ML}{\text{min}[\bar{o}L, C] - \bar{o}C} \quad (5)$$

여기서 모든 항을 L 로 나누고 비용/손실의 비를 $C/L=r$ 로 정의하면 식(6)이 유도된다.

$$EV = \frac{\text{min}[\bar{o}, r] - (H+F)r - M}{\text{min}[\bar{o}, r] - \bar{o}r} \quad (6)$$

이 식은 비용/손실의 비가 현상 발생 빈도(\bar{o})보다 클 때와 작을 때로 나누어 구해야 됨으로 식(7)이 최종적으로 EV 값이 된다.

$$EV = (1 - FAR) - \left(\frac{1 - C/L}{C/L} \right) \left(\frac{\bar{o}}{1 - \bar{o}} \right) (1 - HR) \quad \text{if } C/L < \bar{o} \quad (7)$$

$$EV = HR - \left(\frac{C/L}{1 - C/L} \right) \left(\frac{1 - \bar{o}}{\bar{o}} \right) FAR \quad \text{if } C/L > \bar{o}$$

