

발 간 등 록 번 호

11-1360709-000001-10

2017-01



수치모델링센터 기술보고서

2017년 5월

수치예측시스템의 검증 (2016년)

서울시 동작구 여의대방로 16길 61 수치모델링센터(07062)

전화: 02-2181-0007, 본 기술보고서의 저작권은 수치모델링센터에 있습니다.

발 간 등 록 번 호

11-1360709-000001-10

2017-01

수치모델링센터 기술보고서

2017년 5월

수치예측시스템의 검증 (2016년)

정남재¹⁾, 이재복¹⁾, 박상욱¹⁾, 김진철¹⁾
이우정²⁾, 신현진²⁾, 강남영²⁾
박종숙³⁾, 손고은³⁾, 박영산³⁾
이상삼⁴⁾, 조정훈⁴⁾, 이희춘⁴⁾

- 1) 수치모델링센터 미래수치기술팀
- 2) 기상청 예보국 국가태풍센터
- 3) 국립기상과학원 지구환경시스템연구과
- 4) 국립기상과학원 환경기상연구과

서울시 동작구 여의대방로 16길 61 기상청 수치모델링센터 (07062)

전화: 02-2181-0007, 본 기술보고서의 저작권은 기상청에 있습니다.

차 례

표 차례	iii
그림 차례	ix
1. 현업 수치예측시스템의 운영 현황 및 주요 특성	1
2. 2015년 수치예측시스템 성능 분석	11
2.1 전지구예측시스템(GDAPS)	11
2.2 지역예측시스템(RDAPS)	14
2.3 예측시스템(전지구, 지역, 국지)별 강수 예측성능 비교	15
2.4 국지예측시스템(LDAPS) 대비 전지구, 지역예측시스템 예측성능 비교	16
2.5 전지구 앙상블예측시스템(EPSP)	17
2.6 통계예측시스템	18
2.7 파랑예측시스템	19
2.8 태풍예측시스템	20
2.9 황사예측시스템	22
3. 검증 결과	23
3.1 전지구예측시스템(GDAPS)	23
3.1.1 전지구예측시스템 성능 변화 추세	23
3.1.1.1 500hPa 고도장의 RMSE	23
3.1.1.2 850hPa 기온의 RMSE	24
3.1.1.3 250hPa 풍속의 RMSE	25
3.1.2 전지구예측시스템 분석 검증	26
3.1.2.1 북반구 분석 검증	26
3.1.2.2 적도지역 분석검증	30
3.1.2.3 남반구 분석검증	34
3.1.3 전지구예측시스템 관측 검증	39
3.1.3.1 존재자료를 이용한 아시아 영역 검증	39
3.1.3.2 GDAPS(N512L70) ASOS 강수 검증	42
3.2 지역예측시스템(RDAPS)	45
3.2.1 지역예측시스템 성능 변화 추세	45
3.2.2 RDAPS(UM 12km L70) 분석장 검증	46
3.2.3 지역예측시스템 관측 검증	48
3.2.3.1 지역예측시스템 관측검증 성능변화 추세	48
3.2.3.2 존재자료를 이용한 RDAPS(UM 12km L70) 검증	49
3.2.3.3 RDAPS(UM 12km L70) ASOS 강수검증	51

3.3	국지예측시스템(LDAPS)	54
3.3.1	국지예측시스템 지상변수 예측 성능	54
3.3.1.1	지상관측자료를 이용한 LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 지상 검증	55
3.3.1.2	LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 분석장 검증	56
3.3.1.3	존데자료를 이용한 LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 검증	57
3.3.1.4	LDAPS(UM 1.5km L70) ASOS 강수검증	59
3.4	양상블예측시스템(EPSC)	62
3.4.1	양상블예측시스템 성능 변화 추세	62
3.4.2	양상블예측시스템 분석검증	64
3.5	통계예측시스템	79
3.5.1	통계예측시스템 성능 변화 추세	79
3.5.2	KLMN과 GDLM 최고·최저기온(N512L70) 예보 검증	81
3.5.3	RDLM(UM 12km L70) 3시간 기온 예보검증	83
3.6	파랑예측시스템	85
3.6.1	파랑예측시스템 예측 성능 변화 추세	85
3.6.2	부이 검증	86
3.6.2.1	전지구 파랑예측시스템(GWW3) 부이 검증	86
3.6.2.2	지역 파랑예측시스템(RWW3) 부이 검증	92
3.6.2.3	국지연안 파랑예측시스템(CWW3) 부이 검증	116
3.6.3	위성 검증	144
3.6.3.1	전지구 파랑예측시스템(GWW3) 위성 검증	144
3.7	태풍예측시스템	146
3.7.1	태풍진로오차	146
3.7.1.1	모델의 태풍진로 예측성능 변화 추세	146
3.7.1.2	2016년 태풍진로오차	148
3.7.2	태풍강도오차	153
3.7.2.1	모델의 태풍강도 예측성능 변화 추세	153
3.7.2.2	강도 등급에 따른 모델의 태풍강도 예측성능 변화 추세	156
3.7.2.3	2016년 태풍강도 등급에 따른 태풍강도 오차	159
3.8	황사예측시스템	161
3.8.1	2016년 황사예측시스템 성능	161
부록 A.	예측시스템 검증 영역 및 관측자료	162
부록 B.	기상청 수치예측시스템 개발 연혁	174
부록 C.	검증 방법	185

표 차례

표 1.1 기상청의 수치예측시스템 운영 현황(2016년 12월 현재)	4
표 1.2 전지구예측시스템 주요 특성	6
표 1.3 지역예측시스템 주요 특성	6
표 1.4 국지예측시스템 주요 특성	7
표 1.5 전지구확률예측시스템 주요 특성	7
표 1.6 국지확률예측시스템 주요 특성	8
표 1.7 통계예측시스템 주요 특성	8
표 1.8 전지구/지역/국지연안 파랑예측시스템 주요 특성	9
표 1.9 황사/연무예측시스템 주요 특성	10
표 3.1.1 GDAPS 북반구 해면기압(MSLP) Mean Error [hPa] 분석검증	26
표 3.1.2 GDAPS 북반구 해면기압(MSLP) RMSE [hPa] 분석검증	26
표 3.1.3 GDAPS 북반구 해면기압(MSLP) S1 Score [무차원] 분석검증	26
표 3.1.4 GDAPS 북반구 850hPa 기온 Mean Error [°C] 분석검증	27
표 3.1.5 GDAPS 북반구 850hPa 기온 RMSE [°C] 분석검증	27
표 3.1.6 GDAPS 북반구 850hPa 기온 S1 Score [무차원] 분석검증	27
표 3.1.7 GDAPS 북반구 850hPa 기온 이상상관 계수 [무차원] 분석검증	28
표 3.1.8 GDAPS 북반구 500hPa 고도 Mean Error [m] 분석검증	28
표 3.1.9 GDAPS 북반구 500hPa 고도 RMSE [m] 분석검증	28
표 3.1.10 GDAPS 북반구 500hPa 고도 S1 Score [무차원] 분석검증	29
표 3.1.11 GDAPS 북반구 500hPa 고도 이상상관 계수 [무차원] 분석검증	29
표 3.1.12 GDAPS 북반구 250hPa 풍속 Mean Error [m/s] 분석검증	29
표 3.1.13 GDAPS 북반구 250hPa 풍속 RMSE [m/s] 분석검증	30
표 3.1.14 GDAPS 적도지역 해면기압(MSLP) Mean Error [hPa] 분석검증	30
표 3.1.15 GDAPS 적도지역 해면기압(MSLP) RMSE [hPa] 분석검증	30
표 3.1.16 GDAPS 적도지역 해면기압(MSLP) S1 Score [무차원] 분석검증	31
표 3.1.17 GDAPS 적도지역 850hPa 기온 Mean Error [°C] 분석검증	31
표 3.1.18 GDAPS 적도지역 850hPa 기온 RMSE [°C] 분석검증	31
표 3.1.19 GDAPS 적도지역 850hPa 기온 S1 Score [무차원] 분석검증	32
표 3.1.20 GDAPS 적도지역 850hPa 기온 이상상관 계수 [무차원] 분석검증	32
표 3.1.21 GDAPS 적도지역 500hPa 고도 Mean Error [m] 분석검증	32
표 3.1.22 GDAPS 적도지역 500hPa 고도 RMSE [m] 분석검증	33

표 3.1.23	GDAPS 적도지역 500hPa 고도 S1 Score [무차원] 분석검증	33
표 3.1.24	GDAPS 적도지역 500hPa 고도 이상상관 계수 [무차원] 분석검증	33
표 3.1.25	GDAPS 적도지역 250hPa 풍속 Mean Error [m/s] 분석검증	34
표 3.1.26	GDAPS 적도지역 250hPa 풍속 RMSE [m/s] 분석검증	34
표 3.1.27	GDAPS 남반구 해면기압(MSLP) Mean Error [hPa] 분석검증	34
표 3.1.28	GDAPS 남반구 해면기압(MSLP) RMSE [hPa] 분석검증	35
표 3.1.29	GDAPS 남반구 해면기압(MSLP) S1 Score [무차원] 분석검증	35
표 3.1.30	GDAPS 남반구 850hPa 기온 Mean Error [°C] 분석검증	35
표 3.1.31	GDAPS 남반구 850hPa 기온 RMSE [°C] 분석검증	36
표 3.1.32	GDAPS 남반구 850hPa 기온 S1 Score [무차원] 분석검증	36
표 3.1.33	GDAPS 남반구 850hPa 기온 이상상관 계수 [무차원] 분석검증	36
표 3.1.34	GDAPS 남반구 500hPa 고도 Mean Error [m] 분석검증	37
표 3.1.35	GDAPS 남반구 500hPa 고도 RMSE [m] 분석검증	37
표 3.1.36	GDAPS 남반구 500hPa 고도 S1 Score [무차원] 분석검증	37
표 3.1.37	GDAPS 남반구 500hPa 고도 이상상관 계수 [무차원] 분석검증	38
표 3.1.38	GDAPS 남반구 250hPa 풍속 Mean Error [m/s] 분석검증	38
표 3.1.39	GDAPS 남반구 250hPa 풍속 RMSE [m/s] 분석검증	38
표 3.1.40	GDAPS 아시아 850hPa 기온 Mean Error [°C] 관측검증	39
표 3.1.41	GDAPS 아시아 850hPa 기온 RMSE [°C] 관측검증	39
표 3.1.42	GDAPS 아시아 850hPa 기온 TREND [무차원] 관측검증	39
표 3.1.43	GDAPS 아시아 500hPa 고도 Mean Error [m/s] 관측검증	40
표 3.1.44	GDAPS 아시아 500hPa 고도 RMSE [m/s] 관측검증	40
표 3.1.45	GDAPS 아시아 500hPa 고도 TREND [무차원] 관측검증	40
표 3.1.46	GDAPS 아시아 250hPa 풍속 Mean Error [m/s] 관측검증	41
표 3.1.47	GDAPS 아시아 250hPa 풍속 RMSE [m/s] 관측검증	41
표 3.1.48	GDAPS(N512L70) 한반도 76개 지점에 대한 강수 TS	42
표 3.1.49	GDAPS(N512L70) 한반도 76개 지점에 대한 강수 ETS	43
표 3.1.50	GDAPS(N512L70) 한반도 76개 지점에 대한 강수 BIAS	44
표 3.2.1	RDAPS(UM 12km L70) 850hPa 기온의 Mean Error [°C] 분석장 검증	46
표 3.2.2	RDAPS(UM 12km L70) 850hPa 기온의 RMSE [°C] 분석장 검증	46
표 3.2.3	RDAPS(UM 12km L70) 850hPa 기온의 S1 Score [무차원] 분석장 검증	46
표 3.2.4	RDAPS(UM 12km L70) 500hPa 고도의 Mean Error [m] 분석장 검증	46
표 3.2.5	RDAPS(UM 12km L70) 500hPa 고도의 RMSE [m] 분석장 검증	47
표 3.2.6	RDAPS(UM 12km L70) 500hPa 고도의 S1 Score [무차원] 분석장 검증	47

표 3.2.7 RDAPS(UM 12km L70) 300hPa 풍속의 Mean Error [m/s] 분석장 검증	47
표 3.2.8 RDAPS(UM 12km L70) 300hPa 풍속의 RMSE [m/s] 분석장 검증	47
표 3.2.9 RDAPS(UM 12km L70) 850hPa 기온의 Mean Error [°C] 관측 검증	49
표 3.2.10 RDAPS(UM 12km L70) 850hPa 기온의 RMSE [°C] 관측 검증	49
표 3.2.11 RDAPS(UM 12km L70) 500hPa 고도의 Mean Error [m] 관측 검증	49
표 3.2.12 RDAPS(UM 12km L70) 500hPa 고도의 RMSE [m] 관측 검증	49
표 3.2.13 RDAPS(UM 12km L70) 300hPa 풍속의 Mean Error [m/s] 관측 검증	50
표 3.2.14 RDAPS(UM 12km L70) 300hPa 풍속의 RMSE [m/s] 관측 검증	50
표 3.2.15 RDAPS(UM 12km L70) 한반도 76개 지점에 대한 강수 TS	51
표 3.2.16 RDAPS(UM 12km L70) 한반도 76개 지점에 대한 강수 ETS	52
표 3.2.17 RDAPS(UM 12km L70) 한반도 76개 지점에 대한 강수 BIAS	53
표 3.3.1 LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 지상기온의 Mean Error [°C] 지상 검증	55
표 3.3.2 LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 지상기온의 RMSE [°C] 지상 검증	55
표 3.3.3 LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 지상 상대습도의 Mean Error [%] 지상 검증	55
표 3.3.4 LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 지상 상대습도의 RMSE [%] 지상 검증	55
표 3.3.5 LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 지상 풍속의 Mean Error [m/s] 지상 검증	55
표 3.3.6 LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 지상 풍속의 RMSE [m/s] 지상 검증	56
표 3.3.7 LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 850hPa 기온의 Mean Error [°C] 분석장 검증	56
표 3.3.8 LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 850hPa 기온의 RMSE [°C] 분석장 검증	56
표 3.3.9 LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 500hPa 고도의 Mean Error [m] 분석장 검증	56
표 3.3.10 LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 500hPa 고도의 RMSE [m] 분석장 검증	56
표 3.3.11 LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 300hPa 풍속의 Mean Error [m/s] 분석장 검증	57
표 3.3.12 LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 300hPa 풍속의 RMSE [m/s] 분석장 검증	57
표 3.3.13 LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 850hPa 기온의 Mean Error [°C] 관측 검증	57
표 3.3.14 LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 850hPa 기온의 RMSE [°C] 관측 검증	57
표 3.3.15 LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 500hPa 고도의 Mean Error [m] 관측 검증	57
표 3.3.16 LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 500hPa 고도의 RMSE [m] 관측 검증	58
표 3.3.17 LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 300hPa 풍속의 Mean Error [m/s] 관측 검증	58
표 3.3.18 LDAPS(UM 1.5km L70: N512L70 경계장) 300hPa 풍속의 RMSE [m/s] 관측 검증	58
표 3.3.19 LDAPS(UM 1.5km L70) 한반도 76개 지점에 대한 강수 TS	59
표 3.3.20 LDAPS(UM 1.5km L70) 한반도 76개 지점에 대한 강수 ETS	60
표 3.3.21 LDAPS(UM 1.5km L70) 한반도 76개 지점에 대한 강수 BIAS	61

표 3.4.1	EPSG 북반구 500hPa 고도 RMSE [m] 분석검증	64
표 3.4.2	EPSG 북반구 500hPa 고도 이상상관 계수 [무차원] 분석검증	64
표 3.4.3	EPSG 북반구 500hPa 고도 CRPSS [무차원] 분석검증	64
표 3.4.4	EPSG 북반구 500hPa 고도 +1 표준편차 이상 BSS [무차원] 분석검증	65
표 3.4.5	EPSG 북반구 850hPa 기온 RMSE [°C] 분석검증	65
표 3.4.6	EPSG 북반구 850hPa 기온 이상상관 계수 [무차원] 분석검증	65
표 3.4.7	EPSG 북반구 850hPa 기온 CRPSS [무차원] 분석검증	66
표 3.4.8	EPSG 북반구 850hPa 기온 +1 표준편차 이상 BSS [무차원] 분석검증	66
표 3.5.1	KLMN(N512L70 경계장), GDLM(N512L70) 월별 최고기온 Mean Error	81
표 3.5.2	KLMN(N512L70 경계장), GDLM(N512L70) 월별 최저기온 Mean Error	81
표 3.5.3	KLMN(N512L70 경계장), GDLM(N512L70) 월별 최고기온 RMSE	82
표 3.5.4	KLMN(N512L70 경계장), GDLM(N512L70) 월별 최저기온 RMSE	82
표 3.5.5	RDLM(UM 12km L70) 월별 00UTC 예보기온 Mean Error	83
표 3.5.6	RDLM(UM 12km L70) 월별 12UTC 예보기온 Mean Error	83
표 3.5.7	RDLM(UM 12km L70) 월별 00UTC 예보기온 RMSE	84
표 3.5.8	RDLM(UM 12km L70) 월별 12UTC 예보기온 RMSE	84
표 3.6.1	전지구 파랑예측시스템(GWW3) 전년 대비 BIAS, RMSE, CORR +00H 비교	86
표 3.6.2	전지구 파랑예측시스템(GWW3) 전년 대비 BIAS, RMSE, CORR +24H 비교	87
표 3.6.3	전지구 파랑예측시스템(GWW3) 전년 대비 BIAS, RMSE, CORR +48H 비교	88
표 3.6.4	전지구 파랑예측시스템(GWW3) 전년 대비 BIAS, RMSE, CORR +72H 비교	89
표 3.6.5	전지구 파랑예측시스템(GWW3) 전년 대비 BIAS, RMSE, CORR +96H 비교	90
표 3.6.6	전지구 파랑예측시스템(GWW3) 전년 대비 BIAS, RMSE, CORR +120H 비교	91
표 3.6.7	지역 파랑예측시스템(RWW3) 덕적도 부이 (22101) 지점 BIAS	92
표 3.6.8	지역 파랑예측시스템(RWW3) 덕적도 부이 (22101) 지점 RMSE	92
표 3.6.9	지역 파랑예측시스템(RWW3) 칠발도 부이 (22102) 지점 BIAS	92
표 3.6.10	지역 파랑예측시스템(RWW3) 칠발도 부이 (22102) 지점 RMSE	92
표 3.6.11	지역 파랑예측시스템(RWW3) 거문도 부이 (22103) 지점 BIAS	93
표 3.6.12	지역 파랑예측시스템(RWW3) 거문도 부이 (22103) 지점 RMSE	93
표 3.6.13	지역 파랑예측시스템(RWW3) 거제도 부이 (22104) 지점 BIAS	93
표 3.6.14	지역 파랑예측시스템(RWW3) 거제도 부이 (22104) 지점 RMSE	93
표 3.6.15	지역 파랑예측시스템(RWW3) 동해 부이 (22105) 지점 BIAS	94
표 3.6.16	지역 파랑예측시스템(RWW3) 동해 부이 (22105) 지점 RMSE	94
표 3.6.17	지역 파랑예측시스템(RWW3) 포항 부이 (22106) 지점 BIAS	94
표 3.6.18	지역 파랑예측시스템(RWW3) 포항 부이 (22106) 지점 RMSE	94

표 3.6.19	지역 파랑예측시스템(RWW3) 마라도 부이 (22107) 지점 BIAS	95
표 3.6.20	지역 파랑예측시스템(RWW3) 마라도 부이 (22107) 지점 RMSE	95
표 3.6.21	지역 파랑예측시스템(RWW3) 외연도 부이 (22108) 지점 BIAS	95
표 3.6.22	지역 파랑예측시스템(RWW3) 외연도 부이 (22108) 지점 RMSE	95
표 3.6.23	지역 파랑예측시스템(CWW3) 울릉도 부이 (21229) 지점 BIAS	96
표 3.6.24	지역 파랑예측시스템(CWW3) 울릉도 부이 (21229) 지점 RMSE	96
표 3.6.25	지역 파랑예측시스템(CWW3) 추자도 부이 (22184) 지점 BIAS	96
표 3.6.26	지역 파랑예측시스템(CWW3) 추자도 부이 (22184) 지점 RMSE	96
표 3.6.27	지역 파랑예측시스템(CWW3) 인천 부이 (22185) 지점 BIAS	97
표 3.6.28	지역 파랑예측시스템(CWW3) 인천 부이 (22185) 지점 RMSE	97
표 3.6.29	지역 파랑예측시스템(CWW3) 부안 부이 (22186) 지점 BIAS	97
표 3.6.30	지역 파랑예측시스템(CWW3) 부안 부이 (22186) 지점 RMSE	97
표 3.6.31	지역 파랑예측시스템(CWW3) 서귀포 부이 (22187) 지점 BIAS	98
표 3.6.32	지역 파랑예측시스템(CWW3) 서귀포 부이 (22187) 지점 RMSE	98
표 3.6.33	지역 파랑예측시스템(CWW3) 통영 부이 (22188) 지점 BIAS	98
표 3.6.34	지역 파랑예측시스템(CWW3) 통영 부이 (22188) 지점 RMSE	98
표 3.6.35	지역 파랑예측시스템(CWW3) 울산 부이 (22189) 지점 BIAS	99
표 3.6.36	지역 파랑예측시스템(CWW3) 울산 부이 (22189) 지점 RMSE	99
표 3.6.37	지역 파랑예측시스템(CWW3) 울진 부이 (22190) 지점 BIAS	99
표 3.6.38	지역 파랑예측시스템(CWW3) 울진 부이 (22190) 지점 RMSE	99
표 3.6.39	국지연안 파랑예측시스템(CWW3) 덕적도 부이 (22101) 지점 BIAS	116
표 3.6.40	국지연안 파랑예측시스템(CWW3) 덕적도 부이 (22101) 지점 RMSE	116
표 3.6.41	국지연안 파랑예측시스템(CWW3) 칠발도 부이 (22102) 지점 BIAS	116
표 3.6.42	국지연안 파랑예측시스템(CWW3) 칠발도 부이 (22102) 지점 RMSE	116
표 3.6.43	국지연안 파랑예측시스템(CWW3) 거문도 부이 (22103) 지점 BIAS	117
표 3.6.44	국지연안 파랑예측시스템(CWW3) 거문도 부이 (22103) 지점 RMSE	117
표 3.6.45	국지연안 파랑예측시스템(CWW3) 거제도 부이 (22104) 지점 BIAS	117
표 3.6.46	국지연안 파랑예측시스템(CWW3) 거제도 부이 (22104) 지점 RMSE	117
표 3.6.47	국지연안 파랑예측시스템(CWW3) 동해 부이 (22105) 지점 BIAS	118
표 3.6.48	국지연안 파랑예측시스템(CWW3) 동해 부이 (22105) 지점 RMSE	118
표 3.6.49	국지연안 파랑예측시스템(CWW3) 포항 부이 (22106) 지점 BIAS	118
표 3.6.50	국지연안 파랑예측시스템(CWW3) 포항 부이 (22106) 지점 RMSE	118
표 3.6.51	국지연안 파랑예측시스템(CWW3) 마라도 부이 (22107) 지점 BIAS	119
표 3.6.52	국지연안 파랑예측시스템(CWW3) 마라도 부이 (22107) 지점 RMSE	119
표 3.6.53	국지연안 파랑예측시스템(CWW3) 외연도 부이 (22108) 지점 BIAS	119

표 3.6.54	국지연안 파랑예측시스템(CWW3) 외연도 부이 (22108) 지점 RMSE	119
표 3.6.55	국지연안 파랑예측시스템(CWW3) 울릉도 부이 (21229) 지점 BIAS	120
표 3.6.56	국지연안 파랑예측시스템(CWW3) 울릉도 부이 (21229) 지점 RMSE	120
표 3.6.57	국지연안 파랑예측시스템(CWW3) 추자도 부이 (22184) 지점 BIAS	120
표 3.6.58	국지연안 파랑예측시스템(CWW3) 추자도 부이 (22184) 지점 RMSE	120
표 3.6.59	국지연안 파랑예측시스템(CWW3) 인천 부이 (22185) 지점 BIAS	121
표 3.6.60	국지연안 파랑예측시스템(CWW3) 인천 부이 (22185) 지점 RMSE	121
표 3.6.61	국지연안 파랑예측시스템(CWW3) 부안 부이 (22186) 지점 BIAS	121
표 3.6.62	국지연안 파랑예측시스템(CWW3) 부안 부이 (22186) 지점 RMSE	121
표 3.6.63	국지연안 파랑예측시스템(CWW3) 서귀포 부이 (22187) 지점 BIAS	122
표 3.6.64	국지연안 파랑예측시스템(CWW3) 서귀포 부이 (22187) 지점 RMSE	122
표 3.6.65	국지연안 파랑예측시스템(CWW3) 통영 부이 (22188) 지점 BIAS	122
표 3.6.66	국지연안 파랑예측시스템(CWW3) 통영 부이 (22188) 지점 RMSE	122
표 3.6.67	국지연안 파랑예측시스템(CWW3) 울산 부이 (22189) 지점 BIAS	123
표 3.6.68	국지연안 파랑예측시스템(CWW3) 울산 부이 (22189) 지점 RMSE	123
표 3.6.69	국지연안 파랑예측시스템(CWW3) 울진 부이 (22190) 지점 BIAS	123
표 3.6.70	국지연안 파랑예측시스템(CWW3) 울진 부이 (22190) 지점 RMSE	123
표 3.6.71	전지구 파랑예측시스템(GWW3) 위성에 대한 유의파고 BIAS	144
표 3.6.72	전지구 파랑예측시스템(GWW3) 위성에 대한 유의파고 RMSE	144
표 3.7.1	2016년 20°N 이북, 140°E 서쪽에 위치한 태풍에 대한 모델별 단순거리오차	148
표 3.7.2	2016년 20°N 이북, 140°E 서쪽에 위치한 태풍에 대한 모델별 태풍진행방향 오차(ATE, Along Track Error)의 평균과 태풍진행방향 편차(ATB, Along Track Bias)의 중간 값	149
표 3.7.3	2016년 20°N 이북, 140°E 서쪽에 위치한 태풍에 대한 모델별 태풍진행 수직방향 오차(CIE, Cross Track Error)의 평균과 태풍진행 수직방향 편차(CIB, Cross Track Bias)의 중간 값	152
표 3.7.4	2016년 북서태평양 전체 영역에 대한 모델별 단순거리오차	152
표 3.7.5	2016년 북서태평양 전체 영역에 대한 모델별 태풍진행방향의 오차(ATE)와 편차(ATB)	152
표 3.7.6	2016년 북서태평양 전체 영역에 대한 모델별 태풍진행 수직방향의 오차(CIE)와 편차(CIB)	152
표 3.7.7	2016년 수치예보모델의 최대풍속 평균제곱근오차, 평균편차, 상관계수	153
표 3.7.8	2016년 수치예보모델의 태풍 강도별 최대풍속 평균제곱근오차	159
표 3.8.1	2016년 황사예측시스템 예측률	161

그림 차례

그림 1.1 통합모델 기반 전지구, 지역, 국지 및 전지구/국지이상블예측모델 구성	3
그림 1.2 가변격자 영역확장 국지모델 격자계	4
그림 2.1 전지구예측시스템(GDAPS) 북반구 분석검증 RMSE 2015년 대비 2016년 개선 정도	11
그림 2.2 전지구예측시스템(GDAPS) 북반구 분석검증 RMSE 연 평균 변화	12
그림 2.3 전지구예측시스템(GDAPS) 북반구 850hPa 기온 분석검증 이상상관 계수 예보시간별 연별 변화	12
그림 2.4 전지구예측시스템(GDAPS) 북반구 500hPa 고도 분석검증 이상상관 계수 예보시간별 연별 변화	12
그림 2.5 전지구예측시스템(GDAPS) 5일 북반구 500hPa 고도 분석검증에 대한 forecast Bust의 연별 및 월별 분포	13
그림 2.6 전지구예측시스템(GDAPS) 7일 북반구 500hPa 고도 분석검증에 대한 이상상관 계수의 연별 분포	13
그림 2.7 지역예측시스템(UM 12km L70) 분석검증 RMSE 2015년 대비 2016년 개선 정도	14
그림 2.8 예측시스템별 2016년 강수 검증	15
그림 2.9 2005년 이후 지역예측시스템 강수 예측에 대한 임계성공지수의 연 평균 변화	15
그림 2.10 2016년 여름철(6~8월) 국지(LDAPS), 지역(RDAPS), 전지구(GDAPS) 예측시스템의 500hPa 고도, 850hPa 기온에 대한 분석검증(상) 및 관측검증(하) RMSE 비교	16
그림 2.11 2014년 및 2015년 EPSG 북반구 평균 RMSE/Spread와 CRPSS	17
그림 3.1.1 GDAPS 북반구 500hPa 고도의 예측 시간별 월평균 RMSE	23
그림 3.1.2 GDAPS 남반구 500hPa 고도의 예측 시간별 월평균 RMSE	23
그림 3.1.3 GDAPS 적도지역 500hPa 고도의 예측 시간별 월평균 RMSE	23
그림 3.1.4 GDAPS 북반구 850hPa 기온의 예측 시간별 월평균 RMSE	24
그림 3.1.5 GDAPS 남반구 850hPa 기온의 예측 시간별 월평균 RMSE	24
그림 3.1.6 GDAPS 적도지역 850hPa 기온의 예측 시간별 월평균 RMSE	24
그림 3.1.7 GDAPS 북반구 250hPa 풍속의 예측 시간별 월평균 RMSE	25
그림 3.1.8 GDAPS 남반구 250hPa 풍속의 예측 시간별 월평균 RMSE	25
그림 3.1.9 GDAPS 적도지역 250hPa 풍속의 예측 시간별 월평균 RMSE	25
그림 3.2.1 RDAPS 500hPa 고도의 예측 시간별 월평균 RMSE	45
그림 3.2.2 RDAPS 850hPa 기온의 예측 시간별 월평균 RMSE	45
그림 3.2.3 RDAPS 300hPa 풍속의 예측 시간별 월평균 RMSE	45
그림 3.2.4 RDAPS 500hPa 고도의 관측검증 RMSE의 월평균 시계열	48
그림 3.2.5 RDAPS 850hPa 기온의 관측검증 RMSE의 월평균 시계열	48
그림 3.2.6 RDAPS 300hPa 풍속의 관측검증 RMSE의 월평균 시계열	48
그림 3.3.1 국지예측시스템(LDAPS)의 2016년 지상변수의 예보시간별 RMSE(기온, 상대 습도, 풍속) 및 Bias(기온, 상대습도, 풍속)의 변화	54

그림 3.4.1	EPSG 북반구 500hPa 고도의 예측 시간별 월평균 RMSE	62
그림 3.4.2	EPSG 북반구 500hPa 고도의 예측 시간별 월평균 이상상관 계수	62
그림 3.4.3	EPSG 북반구 500hPa 고도의 예측 시간별 월평균 CRPSS	62
그림 3.4.4	EPSG 북반구 850hPa 기온의 예측 시간별 월평균 RMSE	63
그림 3.4.5	EPSG 북반구 850hPa 기온의 예측 시간별 월평균 이상상관 계수	63
그림 3.4.6	EPSG 북반구 850hPa 기온의 예측 시간별 월평균 CRPSS	63
그림 3.4.7	2016년 1월 EPSG 북반구 500 hPa 고도와 850hPa 기온의 +1 표준편차에 대한 확률예측 성능	67
그림 3.4.8	2016년 2월 EPSG 북반구 500 hPa 고도와 850hPa 기온의 +1 표준편차에 대한 확률예측 성능	68
그림 3.4.9	2016년 3월 EPSG 북반구 500 hPa 고도와 850hPa 기온의 +1 표준편차에 대한 확률예측 성능	69
그림 3.4.10	2016년 4월 EPSG 북반구 500 hPa 고도와 850hPa 기온의 +1 표준편차에 대한 확률예측 성능	70
그림 3.4.11	2016년 5월 EPSG 북반구 500 hPa 고도와 850hPa 기온의 +1 표준편차에 대한 확률예측 성능	71
그림 3.4.12	2016년 6월 EPSG 북반구 500 hPa 고도와 850hPa 기온의 +1 표준편차에 대한 확률예측 성능	72
그림 3.4.13	2016년 7월 EPSG 북반구 500 hPa 고도와 850hPa 기온의 +1 표준편차에 대한 확률예측 성능	73
그림 3.4.14	2016년 8월 EPSG 북반구 500 hPa 고도와 850hPa 기온의 +1 표준편차에 대한 확률예측 성능	74
그림 3.4.15	2016년 9월 EPSG 북반구 500 hPa 고도와 850hPa 기온의 +1 표준편차에 대한 확률예측 성능	75
그림 3.4.16	2016년 10월 EPSG 북반구 500 hPa 고도와 850hPa 기온의 +1 표준편차에 대한 확률예측 성능	76
그림 3.4.17	2016년 11월 EPSG 북반구 500 hPa 고도와 850hPa 기온의 +1 표준편차에 대한 확률예측 성능	77
그림 3.4.18	2016년 12월 EPSG 북반구 500 hPa 고도와 850hPa 기온의 +1 표준편차에 대한 확률예측 성능	78
그림 3.5.1	KLMN 최고기온 월별 RMSE 성능 변화	79
그림 3.5.2	KLMN 최저기온 월별 RMSE 성능 변화	79
그림 3.5.3	GDLM 최고기온 월별 RMSE 성능 변화	80
그림 3.5.4	GDLM 최저기온 월별 RMSE 성능 변화	80
그림 3.6.1	전지구 파랑예측시스템(GWW3) 유의파고 위성검증 RMSE	85
그림 3.6.2	전지구 파랑예측시스템 (GWW3) 유의파고 부이검증 RMSE	85
그림 3.6.3	지역 파랑예측시스템 (RWW3) 유의파고 부이검증 RMSE	85
그림 3.6.4	GWW3 +00H 예측장에 대한 전년 대비 성능 비교. BIAS, RMSE, Correlation	86
그림 3.6.5	GWW3 +24H 예측장에 대한 전년 대비 성능 비교. BIAS, RMSE, Correlation	87
그림 3.6.6	GWW3 +48H 예측장에 대한 전년 대비 성능 비교. BIAS, RMSE, Correlation	88
그림 3.6.7	GWW3 +72H 예측장에 대한 전년 대비 성능 비교. BIAS, RMSE, Correlation	89
그림 3.6.8	GWW3 +96H 예측장에 대한 전년 대비 성능 비교. BIAS, RMSE, Correlation	90
그림 3.6.9	GWW3 +120H 예측장에 대한 전년 대비 성능 비교. BIAS, RMSE, Correlation	91
그림 3.6.10	덕적도 부이 관측과 RWW3 +24H 예측 유의파고 시계열	100
그림 3.6.11	칠발도 부이 관측과 RWW3 +24H 예측 유의파고 시계열	101
그림 3.6.12	거문도 부이 관측과 RWW3 +24H 예측 유의파고 시계열	102
그림 3.6.13	거제도 부이 관측과 RWW3 +24H 예측 유의파고 시계열	103
그림 3.6.14	동해 부이 관측과 RWW3 +24H 예측 유의파고 시계열	104

그림 3.6.15	포항 부이 관측과 RWW3 +24H 예측 유의파고 시계열	105
그림 3.6.16	마라도 부이 관측과 RWW3 +24H 예측 유의파고 시계열	106
그림 3.6.17	외연도 부이 관측과 RWW3 +24H 예측 유의파고 시계열	107
그림 3.6.18	울릉도 부이 관측과 RWW3 +24H 예측 유의파고 시계열	108
그림 3.6.19	추자도 부이 관측과 RWW3 +24H 예측 유의파고 시계열	109
그림 3.6.20	인천 부이 관측과 RWW3 +24H 예측 유의파고 시계열	110
그림 3.6.21	부안 부이 관측과 RWW3 +24H 예측 유의파고 시계열	111
그림 3.6.22	서귀포 부이 관측과 RWW3 +24H 예측 유의파고 시계열	112
그림 3.6.23	통영 부이 관측과 RWW3 +24H 예측 유의파고 시계열	113
그림 3.6.24	울산 부이 관측과 CWW3 +24H 예측 유의파고 시계열	114
그림 3.6.25	울진 부이 관측과 CWW3 +24H 예측 유의파고 시계열	115
그림 3.6.19	칠발도 부이 관측과 CWW3 +24H 예측 유의파고 시계열	105
그림 3.6.20	거문도 부이 관측과 CWW3 +24H 예측 유의파고 시계열	106
그림 3.6.21	거제도 부이 관측과 CWW3 +24H 예측 유의파고 시계열	107
그림 3.6.22	동해 부이 관측과 CWW3 +24H 예측 유의파고 시계열	108
그림 3.6.23	포항 부이 관측과 CWW3 +24H 예측 유의파고 시계열	109
그림 3.6.24	마라도 부이 관측과 CWW3 +24H 예측 유의파고 시계열	110
그림 3.6.25	외연도 부이 관측과 CWW3 +24H 예측 유의파고 시계열	111
그림 3.6.26	덕적도 부이 관측과 CWW3 +24H 예측 유의파고 시계열	124
그림 3.6.27	칠발도 부이 관측과 RWW3 +24H 예측 유의파고 시계열	125
그림 3.6.28	거문도 부이 관측과 RWW3 +24H 예측 유의파고 시계열	126
그림 3.6.29	거제도 부이 관측과 RWW3 +24H 예측 유의파고 시계열	127
그림 3.6.30	동해 부이 관측과 RWW3 +24H 예측 유의파고 시계열	128
그림 3.6.31	포항 부이 관측과 RWW3 +24H 예측 유의파고 시계열	129
그림 3.6.32	마라도 부이 관측과 RWW3 +24H 예측 유의파고 시계열	130
그림 3.6.33	외연도 부이 관측과 RWW3 +24H 예측 유의파고 시계열	131
그림 3.6.34	울릉도 부이 관측과 RWW3 +24H 예측 유의파고 시계열	132
그림 3.6.35	추자도 부이 관측과 RWW3 +24H 예측 유의파고 시계열	133
그림 3.6.36	인천 부이 관측과 RWW3 +24H 예측 유의파고 시계열	134
그림 3.6.37	부안 부이 관측과 RWW3 +24H 예측 유의파고 시계열	135
그림 3.6.38	서귀포 부이 관측과 RWW3 +24H 예측 유의파고 시계열	136
그림 3.6.39	통영 부이 관측과 RWW3 +24H 예측 유의파고 시계열	137
그림 3.6.40	울산 부이 관측과 CWW3 +24H 예측 유의파고 시계열	138
그림 3.6.41	울진 부이 관측과 CWW3 +24H 예측 유의파고 시계열	139
그림 3.6.42	4개 부이관측지점(22101~22104)에 대한 CWW3과 RWW3의 +24H 예측 유의파고의 BIAS와 RMSE	140

그림 3.6.43 4개 부이관측지점(22105~22108)에 대한 CWW3과 RWW3의 +24H 예측 유의 과고의 BIAS와 RMSE	141
그림 3.6.44 4개 부이관측지점(21229, 22184~22186)에 대한 CWW3과 RWW3의 +24H 예 측 유의과고의 BIAS와 RMSE	142
그림 3.6.45 4개 부이관측지점(22187~22190)에 대한 CWW3과 RWW3의 +24H 예측 유의 과고의 BIAS와 RMSE	143
그림 3.6.46 Jason-2 위성에 대한 GWW3의 +24H 예측 유의과고의 월별 산포도	145
그림 3.7.1 전지구예측시스템의 태풍진로 모의 성능 변화(2006년 이전(T213L30), 2006~2009년 (T426L40), 2010년(UM N320L50), 2011년 이후(UM N512L70), 2016년 이후 (UM N768L70))	146
그림 3.7.2 지역예측시스템의 태풍진로 모의 성능 변화(2009년 이전(MM5 30km), 2010년 (UM 12km L38), 2011년 이후(UM 12km L70))	147
그림 3.7.3 앙상블예측시스템의 태풍진로 모의 성능 변화(2001~2005년(T106L30), 2006~2010년 (T213L40), 2011년 이후(UM N320L70), 2016년 이후(UM N768L70))	147
그림 3.7.4 2016년 수치예보모델별 평균단순거리오차	148
그림 3.7.5 2016년 수치예보모델별 평균이동속도오차	149
그림 3.7.6 2016년 수치예보모델별 평균방향오차	150
그림 3.7.7 2016년 수치예보모델별 모의경향	151
그림 3.7.8 2016년 전지구예보모델의 태풍 최대풍속 모의성능 변화	154
그림 3.7.9 2016년 지역예보모델의 태풍 최대풍속 모의성능 변화	154
그림 3.7.9 2016년 지역예보모델의 태풍 최대풍속 모의성능 변화	154
그림 3.7.10 앙상블예보모델의 태풍 최대풍속 모의성능 변화	155
그림 3.7.11 전지구예보모델의 태풍 강도별 최대풍속 모의성능 변화	156
그림 3.7.12 지역예보모델의 태풍 강도별 최대풍속 모의성능 변화	157
그림 3.7.13 앙상블예보모델의 태풍 강도별 최대풍속 모의성능 변화	158
그림 3.7.14 2016년 수치예보모델의 태풍 강도별 최대풍속 평균제공근 오차	160

1. 현업 수치예측시스템의 운영 현황 및 주요 특성

기상청은 전지구예측시스템(GDAPS¹), 전지구확률예측시스템(EPSPG²), 지역예측시스템(RDAPS³), 국지예측시스템(LDAPS⁴), 국지확률예측시스템(LENS⁵), 초단기 분석 및 예측 시스템(KLAPS⁶), 해양기상모델(파랑, 폭풍해일), 황사모델, 통계모델 등의 응용예측시스템으로 구성된 총 10종의 수치예측시스템을 활용 목적에 따라 운영하고 있다(표1.1). 현재(2016년 12월 기준) 기상청이 운영하고 있는 전지구/지역/국지예측시스템 및 전지구/국지양상블예측시스템은 영국 통합모델(UM)을 기반으로 구축되어 있으며 매년 새로운 버전으로 업그레이드하여 사용하고 있다. 2016년에 이루어진 수치모델·자료동화 및 시스템 변경 사항은 부록 B에 기술되어 있다. 그림 1.1은 기상청 전지구, 지역, 국지 및 전지구/국지 확률예측시스템의 구성을 요약한 것이며, 각 예측시스템별 주요 특성을 표 1.2 ~ 표 1.9에 나타내었다.

2016년에는 슈퍼컴퓨터 4호기로 현업 수치예측시스템이 이전 운영되었으며, 주요 개선 사항은 6월29일 00UTC 이후 현업운영에서 적용되고 있다.

(1) 관측자료 전처리 및 자료동화 (OPS, ODB, VAR) 개선

- 관측자료 전처리
 - OPS버전 업그레이드 (vn32.0)
 - ODB포맷의 관측입력자료 생산과정 추가
 - 정지위성 복사량(GOES E/W, MVIRI, SEVIRI), 극궤도위성자료(CrIS, ATMS) 및 GroundGPS 활용 추가
- 자료동화 개선
 - VAR 버전 업그레이드 (vn32.0) : 극지방의 PF모델 안정성 향상
 - 자료동화 해상도 증가 : 기존 60km (N216) → 변경 40km (N320)
 - 하이브리드 4DVAR : 49개 멤버의 앙상블 섭동장 사용
 - 이른분석에 지면자료동화 (SURF vn30.0.1) 적용 추가

(2) 전지구예측시스템 (GDAPS) 개선

- 모델 역학과정
 - UM 버전 업그레이드 : vn7.9 => vn8.5

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) Limited area ENsemble prediction System
6) Korea Local Analysis and Prediction System

- 해상도 변경 : N512(25km) => N768(17km)
- 역학체계 변경 : New Dynamics => ENDGame
- 역학 과정(Dynamics/Solver/Diffusion) : 이류 운동방정식의 연직 내삽 방법 개선
- 중력과 항력(Gravity Wave Drag) : 지형에 의한 중력과 항력 및 유연성 개선
- 모델 물리과정
 - 대규모 강수과정(large scale precipitation) : 보슬비 입자크기 분포 개선 (Abel & Boutle, 2011)
 - 대류물리과정(convection) : 대류 상승/하강 비율 및 QCL, QCF 하강 과정 개선
 - 미세물리과정(large scale cloud) : 구름침식과정 개선
 - 경계층 및 지면 물리과정 (PBL & Land-Surface process) : 대류 진단방식 (convective diagnosis) 중 해안 타일의 지면 알베도 개선
- (3) 국지예측시스템 (LDAPS) 개선
 - 모델 역학과정
 - UM 버전 업그레이드 : vn8.2 => vn10.1
 - 역학체계 변경 : New Dynamics => ENDGame
 - 모델 가변격자 영역 확장 : 744 x 928 => 1188 x 1148 (그림 1.2)
 - 자료동화
 - 관측자료전처리 : OPS vn27.2 => vn32.0
 - 자료동화 : VAR vn29.2 => vn32.0
 - 자료동화 도메인 확장 : 고정격자 도메인에서 가변격자 도메인으로 확장
- (4) 전지구 및 국지 확률예측시스템 (EPSG & LENS) 개선
 - 전지구확률예측시스템
 - UM 버전 업그레이드 : vn7.9 => vn8.5
 - 해상도 변경 : N320(40km) => N400(32km)
 - 역학체계 변경 : New Dynamics => ENDGame
 - 앙상블 멤버 확장(24개→49개): 장시간(12일) 예측멤버 전환구성
 - 00Z: 12일 예측(0, 1~24번 멤버)/6시간 예측(25~48번 멤버)
 - 12Z: 12일 예측(0, 25~48번 멤버)/6시간 예측(1~24번 멤버)
 - 06/18Z: 전멤버 6시간 예측
 - 국지확률예측시스템
 - UM 버전 업그레이드 : vn8.2 => vn10.1
 - 역학체계 변경 : New Dynamics => ENDGame

현업운영 응용예측시스템 (파랑 및 황사연무모델)에서 이루어진 업그레이드 현황은 다음 같다.

- (1) 전지구, 지역, 국지 파랑예측시스템 (GWW3, RWW3, CWW3) 개선 (10.31 현업적용)
 - 모델버전 업그레이드 : WAVEWATCH-III vn2.22 => vn3.14
 - 전지구 파랑모델 해상도 입력주기 변경 : 6시간 => 3시간
 - 지역 파랑모델 : 전지구 파랑모델로부터 제공된 측면경계자료 사용
 - 유의파고 예측장의 풍파성분과 너울성분 분리 표출
- (2) 황사, 연무예측시스템 (ADAM2, ADAM3) 개선 (12.29 현업적용)
 - 자료동화 모듈 적용 : 황사, 연무 관측자료(중국 및 한국관측 PM10 자료) 자료동화(최적내삽법)

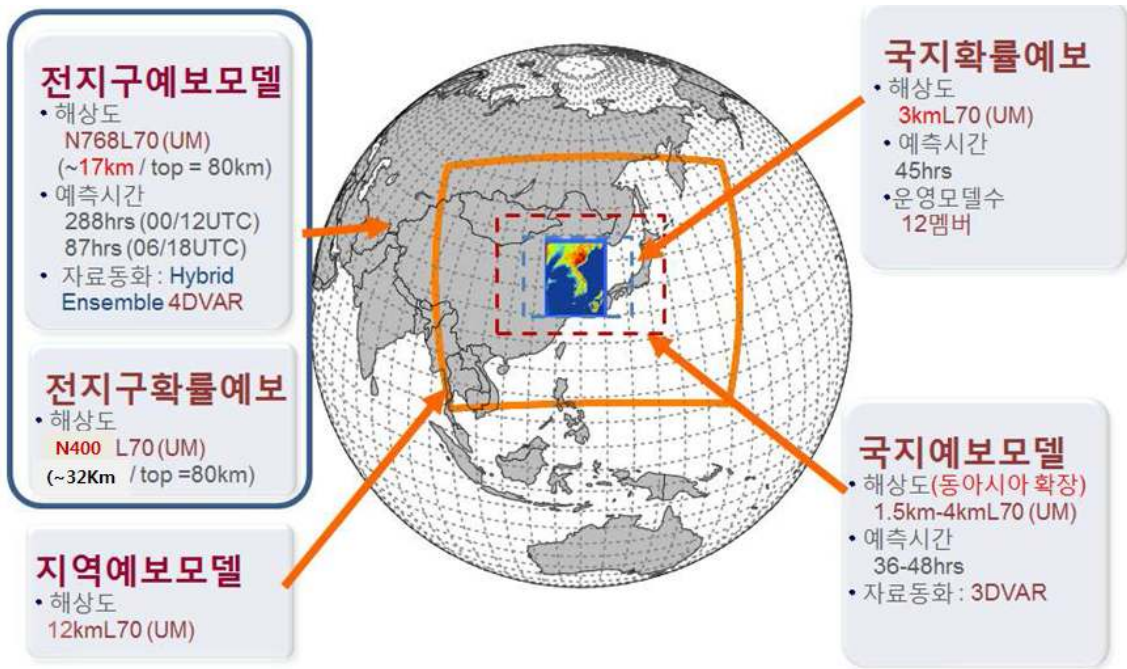


그림 1.1 통합모델 기반 전지구, 지역, 국지 및 전지구/국지 앙상블예측모델 구성

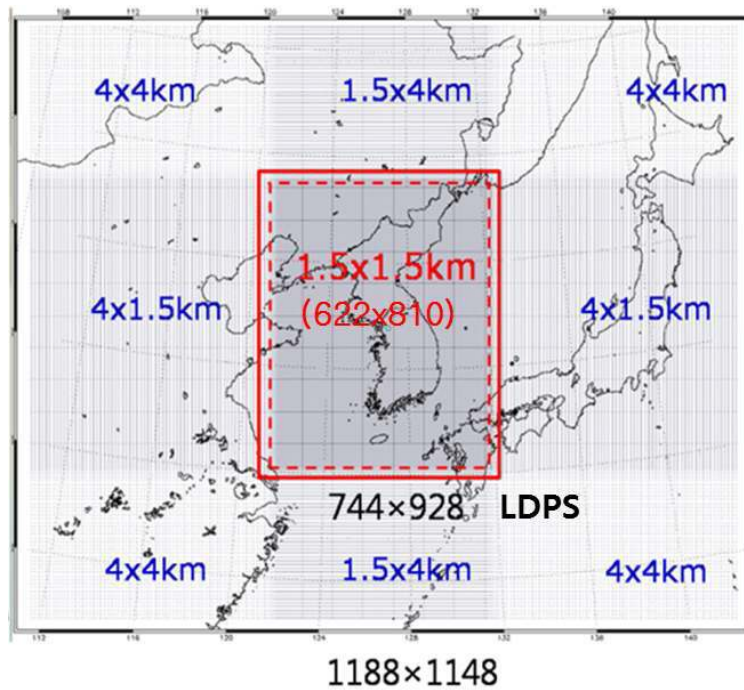


그림 1.2 가변격자 영역확장 국지모델 격자계 (내부 고정격자계는 이전과 동일)

표 1.1 기상청의 수치예측시스템 운영 현황(2016년 12월 현재)

시스템 (모 델)		구 분	수평분해능 (연직층수)	운영횟수 /일	예측 기간	목 적
전지구 (GDAPS)	전지구모델 (UM N768L70)		17km (70층)	4회	12일, 288시간	전지구 날씨 예측 동네예보, 주간예보
지역 (RDAPS)	지역모델 (UM 12km L70)		12km (70층)	4회	87시간	아시아 날씨 예측 / 동네예보
국지 (LDAPS)	국지모델 (UM 1.5kmL70)		1.5km(70층)	4회	36시간	한반도 날씨 예측
초단기 (KLAPS)	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	
전지구 확률 (EPSG)	전지구 확률모델 (UM N400 L70 M49)		32km (70층)	2회	12일	대상: 전지구 날씨 예측 용도: 주간 예보

시스템 (모델)		구분	수평분해능 (연직층수)	운영횟수 /일	예측 기간	목적
국지 확률 (LENS)	국지 확률모델 (UM 3km L70 M13)		3km (70층)	2회	72시간	대상: 국지규모 확률 예측 용도: 위험기상 예측
파랑	전지구 파랑모델 (GWW3)		약 55km	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	대전청, 광주청, 제주청, 강원청, 부산청 관할해역 해상예보
폭풍 해일	지역폭풍해일모델 (RTSM)		약 8km	2회	87시간	용도: 동아시아 폭풍해일
	국지연안폭풍해일모델 (CTSM)		약 1km (5개 지역청 관할 해역)	2회	72시간	대상: 대전청, 광주청, 부산청, 강원청, 제주청 용도: 국지연안 폭풍해일
황사	황사모델 (UM-ADAM2)		25km(47층)	4회	72시간	용도: 황사 수송 예측
연무	연무모델 (UM-ADAM3)		25km(47층)	4회	72시간	용도: 연무 예측
통계	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/최저 기온, 강수확률, 강수형태, 하늘상태, 신적설, 습도, 바람(MOS)		2회	87시간	

표 1.2 전지구예측시스템 주요 특성

모델명	GDAPS(UM N768 L70)
기본모델	UM(Unified Model) vn 8.5 / PS34
기본방정식	Complete equation (Non-hydrostatic)
수평분해능	17km (1536(동서)×1152(남북)) 0.234375(동서)×0.15625(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 지역예측시스템 주요 특성

모델명	RDAPS(UM 12km L70)
기본모델	UM(Unified Model, vn 8.2 / PS30)
기본방정식	Complete equation (Non-hydrostatic)
수평분해능	12km (540(동서)×432(남북))
시간적분간격	200초
연직층수	70층 (~80km)
분석	4차원 변분법
예보시간	87시간 (4회/일)
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	MOSES-II Non-Local PBL
지표면	MOSES-II land-surface scheme
지표상태	Surface analysis + climatology
해수면온도	OSTIA SST (0.054° × 0.054° daily mean)

표 1.4 국지예측시스템 주요 특성

모델명	LDAPS(UM1.5kmL70)
기본모델	UM(Unified Model) vn 10.1 / PS34
수평 해상도와 격자 개수	가변격자(전체): 1188×1148(동서×남북) 고정격자(내부): 622×810, 0.0135° (해상도)
연직층수/적분간격	70층(~40km) / 50초 (계산 불안정 발생시 30초)
자료동화 방법	매 3시간 3차원 변분자료동화 (3DVAR)
초기화 방법	분석 증분 갱신법 (IAU)/잠열너징
수행 소요시간	약 45분 / 150노드 사용시
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 전지구확률예측시스템 주요 특성

모델명	MOGREPS-G (UM vn.7.7,N320L70)	EPSC (UM vn.7.9,N320L70)	EPSC (UM vn.7.9,N320L70)	EPSC (UM vn.8.5,N400L70)
운영기간	'11.5.23~'12.6.15 ('11.3~'11.5)	'12.6.16~'13.6.19	'13.6.20~'16.6.28	'16.6.29~
섭동장 생성	ETKF	ETKF + SST	ETKF + SST	ETKF + SST
통계물리	SKEB2, RP2	SKEB2, RP2	SKEB2, RP2	SKEB2, RP2
수평해상도	N320(~40km)	N320(~40km)	N320(~40km)	N400(~32km)
연직해상도	L70	L70	L70	L70
예측기간	10	10	12일/9시간	12일/9시간
앙상블 멤버수	1+23	1+23	1+23	1+48
수행 시간	00, 12UTC	00, 12UTC	00,12/06,18UTC	00,12/06,18UTC

표 1.6 국지확률예측시스템 주요 특성

모델명	LENS (UM vn8.2)	LENS (UM vn10.1)
운영기간	'15.10.29 ~ '16.6.28	'16.6.29 ~
역학코어	New Dynamics	ENDGame
섭동장 생성	전지구확률예측시스템(N320) 섭동장 규모축소 재구성	전지구확률예측시스템(N400) 섭동장 규모축소 재구성
통계물리	SKEB2, RP2	SKEB2, RP2
수평해상도	3km (460x482)	3km (460x482)
연직해상도	L70	L70
예측기간	72시간	72시간
앙상블 멤버수	1+12	1+12
수행 시간	00, 12UTC	00, 12UTC

표 1.7 통계예측시스템 주요 특성

모델명	KLMN ⁷⁾	GDLM ⁸⁾	RDLM ⁹⁾
방법	Kalman Filter	Dynamic Linear Model	
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		

7) Kalman filter(KF) for max & min

8) Global Dynamic Linear Model

9) Regional Dynamic Linear Model

표 1.8 전지구/지역/국지연안 파랑예측시스템 주요 특성

	전지구(GWW3)	지역(RWW3)	국지연안(CWW3)	
모 델	3세대 파랑모델 (WAVEWATCH-III v. 2.22 : ~ 2016.10.30. / v. 4.18 : 2016.10.31.~)			
격자체계	구면좌표계의 위, 경도 격자체계			
스펙트럴 분해능	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 시간격	720 초	300 초	60초	
예보 시간	288 시간 (00, 12UTC)	87 시간 (00, 12UTC)	72 시간 (00, 12UTC)	
초기조건	전 시간 모델수행에서 12시간 예측된 스펙트럼장			
바람장	UM_N512L70 (2016.01~05) UM_N768L70 (2016.06~12) 해상풍	UM_lam12kmL70 해상풍		

표 1.9 황사/연무예측시스템 주요 특성

모델명	UM-ADAM2 (UM-Asian Dust Aerosol Model 2)
모델 종류	3차원 황사농도단기예측모델
입력 자료	전지구예보모델 (UM N768L70)
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 μm 직경)
수행 소요시간	약 60분 (전처리포함)

2. 2016년 수치예측시스템 성능 분석

2.1 전지구예측시스템(GDAPS)

- 1) 지상기압은 전 예측기간 동안 전년(2015년) 보다 성능이 향상(향상률 +1.49%) 되었으며, 500hPa 고도의 경우 전년과 비슷(향상률 -0.04%)하였으나, 예측 전반(1~5일)에는 향상률이 +0.90%로 조금 높고, 후반(6~10일)에는 조금 낮았다.
- 2) 850hPa 기온은 전 예측기간 동안 +0.95%의 향상률을 보였고, 250hPa 풍속의 경우에는 전 예측기간동안 평균 - 0.62%의 성능 향상을 보였다.
- 3) 그림 2.2는 2001년 이후 전지구예측시스템의 북반구 5일 예측에 대한 분석검증 평균제곱근오차¹⁰⁾의 연 평균 변화이다. 2010년 통합모델 도입 이후 지속적인 예측성능 향상을 보였으나, 2016년은 2015년과 비교하여 1~5일 예측은 향상된 경향을 5~10일은 비슷한 수준이다.
- 4) 그림 2.3과 2.4는 2002년 이후 전지구예측시스템의 북반구 850hPa 기온과 500hPa 고도 예측에 대한 이상상관 계수(Anomaly correlation)의 변화이다. 2010년 통합모델 도입 이후 예측성능 향상을 보이고 있으며, 2016년도 2015년 대비 향상된 결과를 보였다.
- 5) 그림 2.5는 북반구 500hPa 고도장 5일 예측에 대한 낮은 예측 성능(Forecast Bust: RMSE>43m, ACC<0.87 조건을 동시 만족하는 경우) 사례의 분포이다. 낮은 예측 성능을 보인 횟수는 2011년(148회:5월~12월), 2012년(161회), 2013년(132회) 및 2014년(108회)로 2011년 이후 지속적인 감소경향을 보이다가 2015년(171회)에 증가하였다가, 2016년(150회)에는 감소된 경향을 나타냈다.
- 6) 그림 2.6은 2016년 북반구 500hPa 고도장 7일 예측에 대한 이상상관 계수 누적분포를 나타낸다. 2015년 대비 향상된(0.8이상 및 0.7이상 빈도증가) 경향을 보였다.

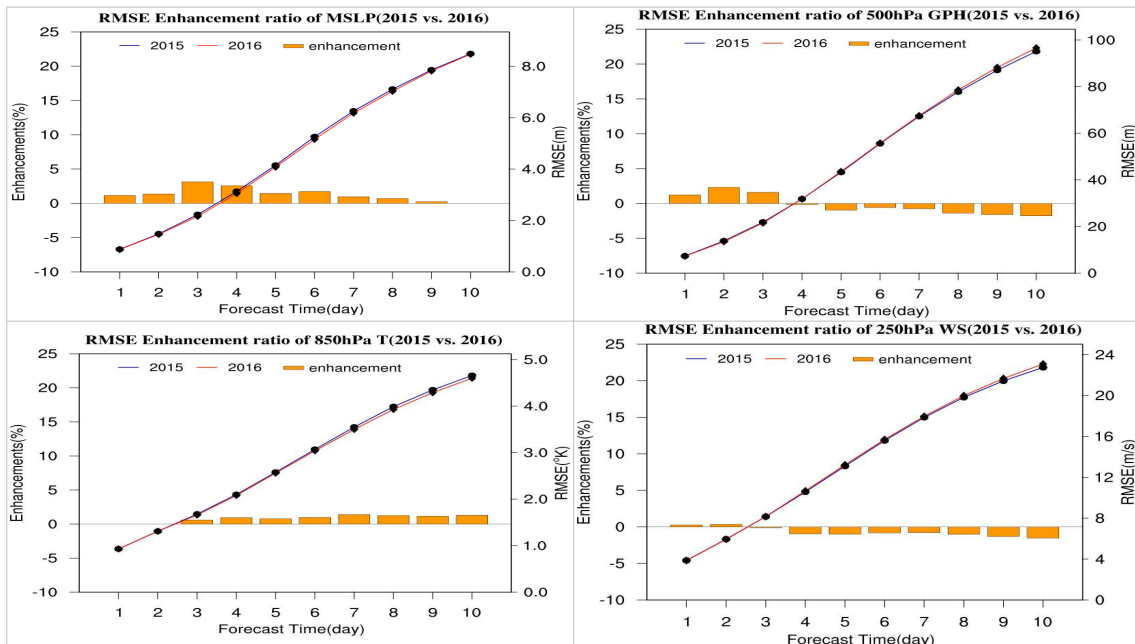


그림 2.1 전지구예측시스템(GDAPS) 북반구 분석검증 RMSE 2015년 대비 2016년 개선 정도

10) Root Mean Square Error(RMSE)

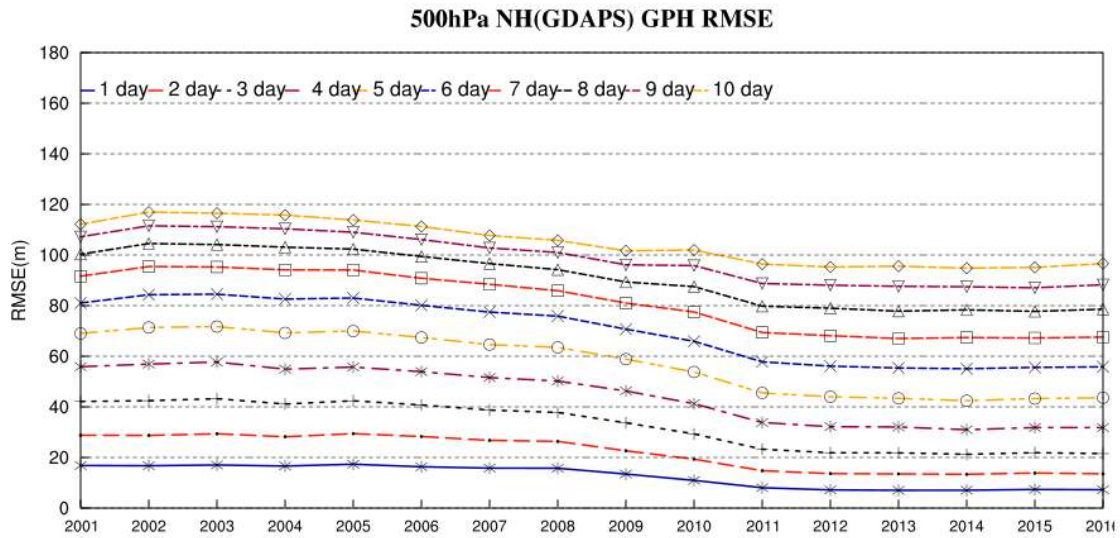


그림 2.2 전지구예측시스템(GDAPS) 북반구 분석검증 RMSE 연 평균 변화

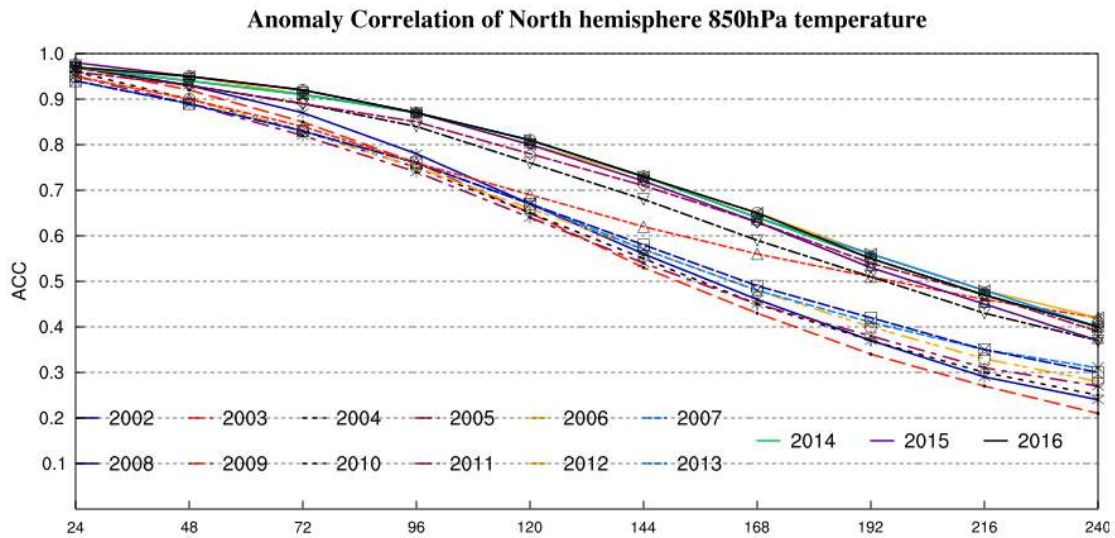


그림 2.3 전지구예측시스템(GDAPS) 북반구 850hPa 기온 분석검증 이상상관 계수 예보시간별, 연별 변화

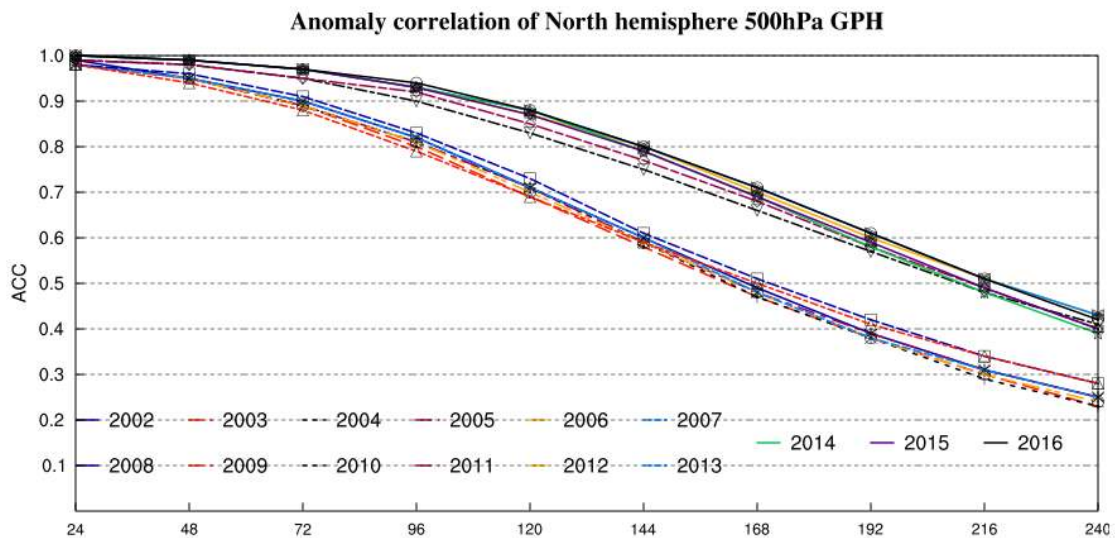


그림 2.4 전지구예측시스템(GDAPS) 북반구 500hPa 고도 분석검증 이상상관 계수 예보시간별, 연별 변화

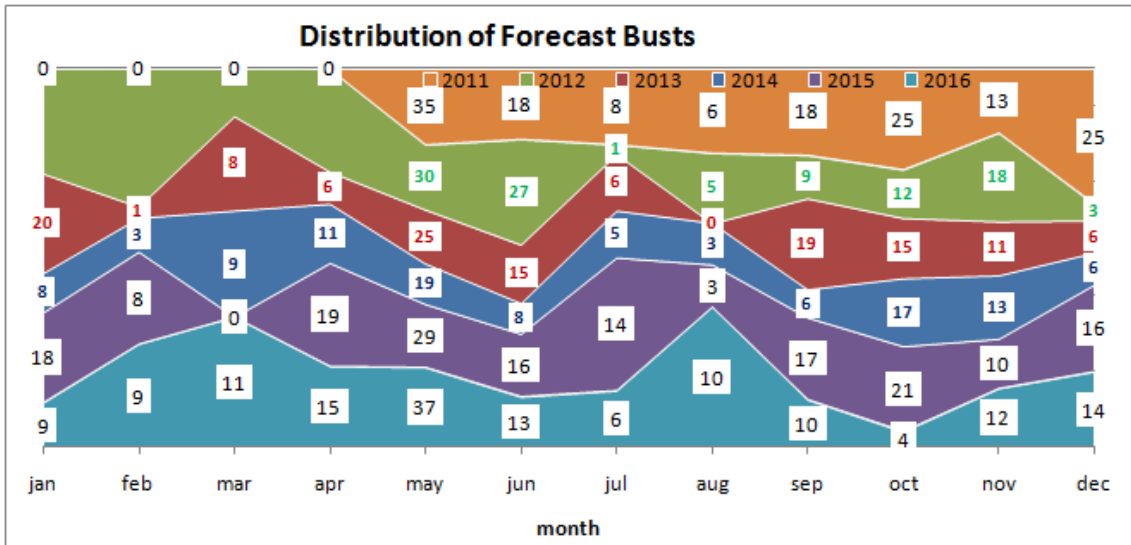


그림 2.5 전지구예측시스템(GDAPS) 5일 북반구 500hPa 고도 분석검증에 대한 forecast Bust의 연별 및 월별 분포(2011년은 5월~12월 기간임)

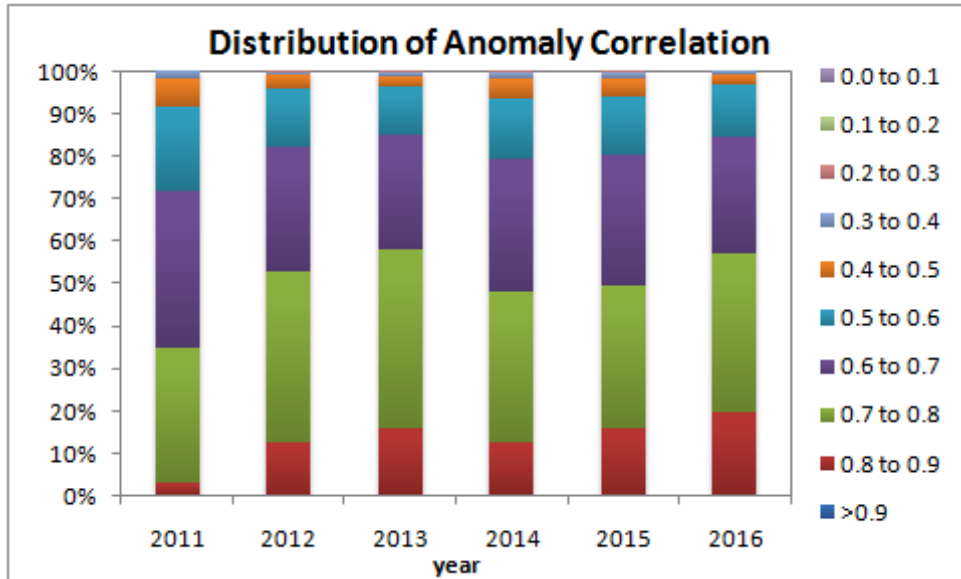


그림 2.6 전지구예측시스템(GDAPS) 7일 북반구 500hPa 고도 분석검증에 대한 이상상관 계수의 연별 분포(2011년은 5월~12월 기간임)

2.2 지역예측시스템(RDAPS)

1) 통합모델 기반 지역예측시스템(UM 12km L70)은 전체예측시간에 대하여 2015년 대비 500hPa 고도의 경우 약 -0.07%, 850hPa 기온 약 -1.96%의 예측성능을 보였으나, 300hPa 풍속의 경우 0.8%의 예측 성능 향상을 보였다.

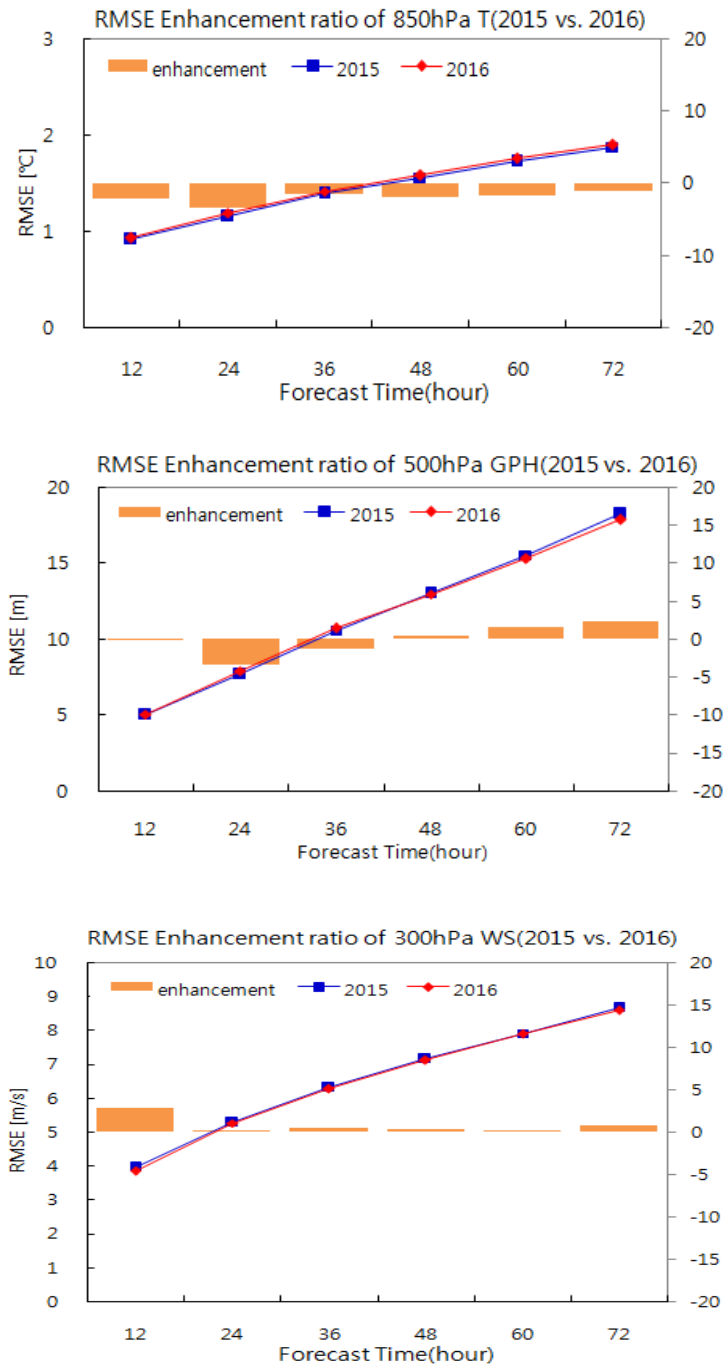


그림 2.7 지역예측시스템(UM 12km L70) 분석검증 RMSE 2015년 대비 2016년 개선 정도

2.3 예측시스템(전지구, 지역, 국지)별 강수 예측성능 비교

- 1) 강수유무(0.1mm/12hr 이상) 성공임계지수(Threat Score(TS))는 모든 예측 시간에 대해 지역예측시스템(UM 12km L70)의 성능이 우수하였다.
- 2) 25mm/12hr 이상 강수의 성공임계지수(TS)는 전반적으로 전지구예측시스템의 성능이 우수하였으나, 24시간 예측의 경우 지역예측시스템이 높게 나타났다.
- 3) 강수유무(0.1mm/12hr 이상)에 대한 편차(BIAS)는 전지구와 지역예측시스템 모두 과대모의 경향을 보였으며, 국지예측시스템(UM 1.5km L70)은 1에 가까워 편차가 작았다. 25mm/12hr 이상 강수에 대한 편차(BIAS)는 국지예측시스템에서 과대모의 경향을 보이며, 지역예측시스템과 전지구예측시스템은 과소모의 경향을 보였다.
- 4) 그림 2.9는 2005년 이후 지역예측시스템(UM 12km L70)의 서로 다른 강수량 문턱 값에 대한 연 평균 성공임계지수(TS)의 변화이다. 2016년은 2015년에 비하여 예측성능이 감소된 경향을 나타냈다.

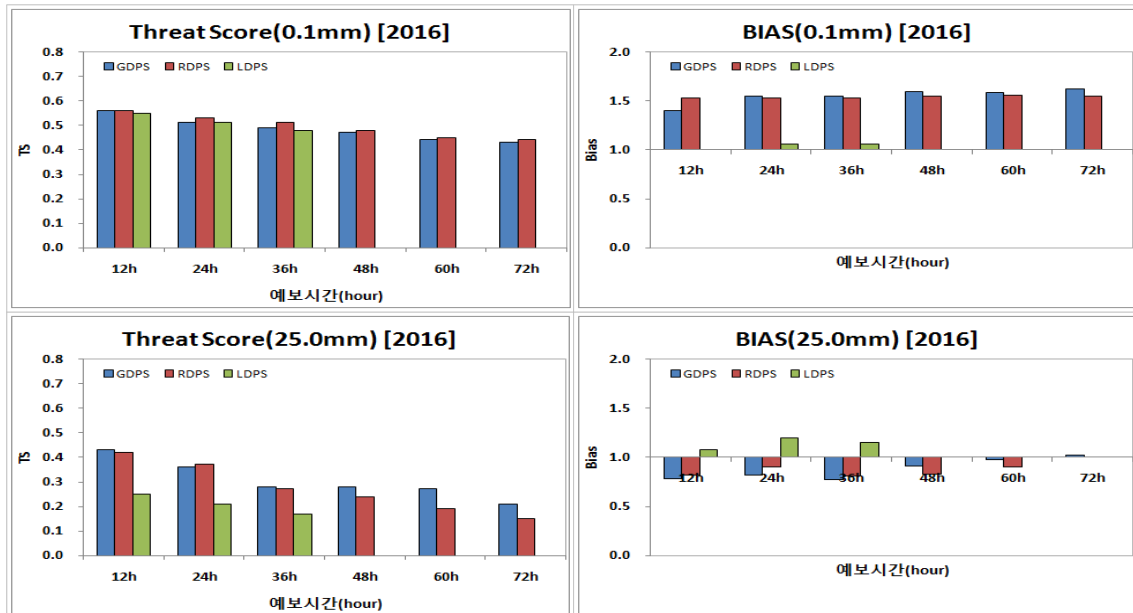


그림 2.8 예측시스템별 2016년 강수 검증(좌: TS, 우: BIAS)

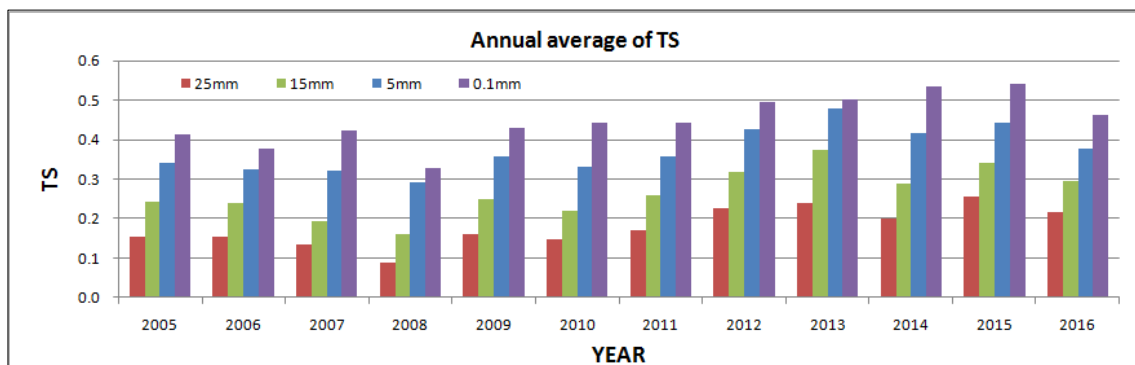


그림 2.9 2005년 이후 지역예측시스템 강수 예측(12~72h TS평균)에 대한 TS의 연 평균 변화

2.4 국지예측시스템(LDAPS) 대비 전지구, 지역예측시스템 예측성능 비교

- 1) 국지예측시스템(LDAPS)의 성능 비교를 위해 2016년 여름철(6~8월)을 국지예측시스템 검증과 영역을 동일하게 지역예측시스템(RDAPS), 전지구예측시스템(GDAPS)을 검증하여 비교하였다.
- 2) 전반적으로 분석검증이 관측검증에 비해 예측오차가 적었으나, 분석검증 500hPa 고도 RMSE는 예보시간이 길어지면서 오차의 증가폭 기울기가 관측 검증에 비해 크게 나타났다.
- 3) 분석검증에서는 GDAPS 예측성능이 가장 좋으며, 관측검증¹¹⁾ 500hPa 고도 RMSE의 예측 성능은 예보시간 전반에 RDAPS가 후반(54~66H)에는 GDAPS가 좋게 나타났다.

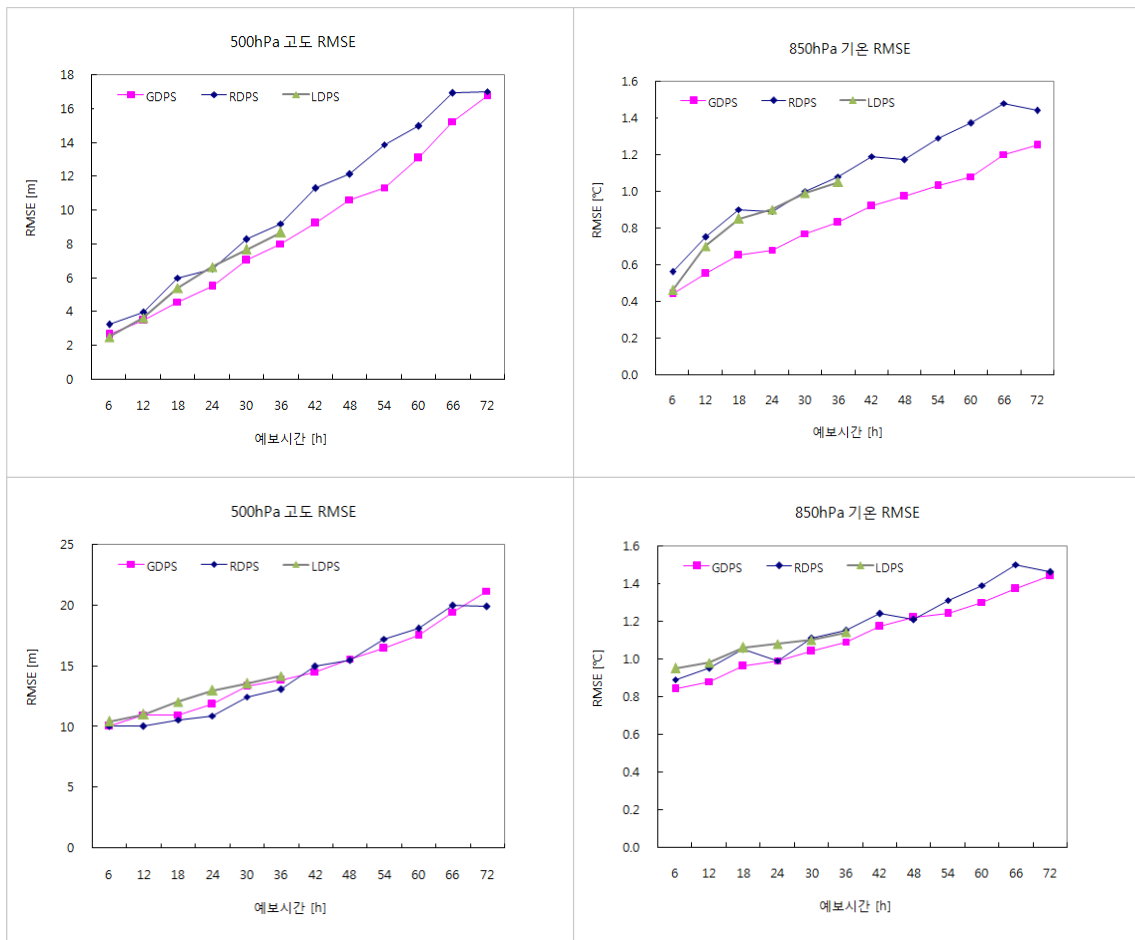


그림 2.10 2016년 여름철(6~8월) 국지(LDAPS), 지역(RDAPS), 전지구(GDAPS) 예측시스템의 500hPa 고도, 850hPa 기온에 대한 분석검증(상) 및 관측검증(하) RMSE 비교

11) 국지예보모델 검증영역 고층관측지점(12개소)

2.5 전지구 앙상블예측시스템(EPSG)

- 1) 2013년 6월 이후 하이브리드 4DVAR 자료 동화와 연동되면서 이에 필요한 오차공분산 (error covariance)을 생산하기 위해 6시간 사이클로 전환되었다(06,18UTC에는 배경장만 생성).
- 2) 2016년 6월 29일 이후 EPSG는 ①통합모델(UM) 버전: vn7.9 => vn8.5, ②해상도: N320 (40km) => N400(32km), ③역학체계: New Dynamics => ENDGame, ④앙상블멤버: 24개→49개(12일 예측은 25개 멤버)로 업그레이드되었다.
- 3) 2016년 500hPa 고도와 850hPa 기온 앙상블 평균의 RMSE는 2015년 대비 전 예측시간에 걸쳐 감소하여 개선된 예측성능을 보였으며, 스프레드(spread)는 감소한 것으로 나타났다. CRPSS¹²⁾ 는 2015년 대비 증가하여 향상된 앙상블 스킬스코어(skill score)를 보였다.

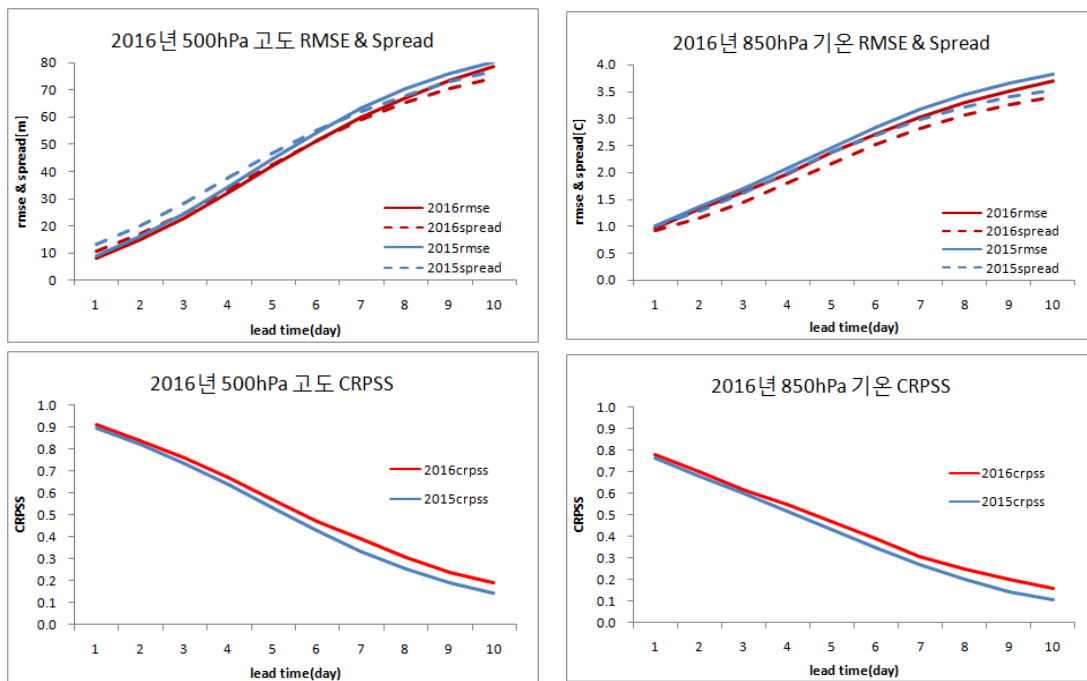


그림 2.11 2015년 및 2016년 EPSG 북반구 평균 RMSE/Spread와 CRPSS

12) Continuous Ranked Probability Skill Score (부록 C 참조)

2.6 통계예측시스템

- 1) 2016년 6월29일 업그레이드된 현업 수치예보시스템에서는 전지구모델(지역모델) 기반 중기(단기)기온 예측 통계모델인 GDLM(RDLM)과 앙상블칼만필터 기법을 이용한 최고최저기온 예측 KLMN의 운영은 종료되었다.

2.7 파랑예측시스템

- 1) 2016년 10월 31일부터 개선된 파랑예측시스템이 현업 운영됨에 따라 2016년 1월부터 10월까지는 이전 현업 버전의 검증결과이고, 11월과 12월은 개선된 현업 시스템의 검증결과를 나타낸다. 지역 및 국지연안의 경우 올해 8개 지점을 추가하여 총 16개 부이지점에 대하여 검증을 수행하였다. 한편, 2016년 6월부터 개선된 현업 수치예보시스템의 해상풍 자료를 입력장으로 사용하였다.
- 2) 전지구 계류 부이자료를 이용한 전지구 예측 유의파고 검증분석 결과, 전반적으로 과대모의 하는 경향을 보였고 새로운 해상풍 자료가 입력되면서 모델의 과대모의 경향이 더욱 강화되고, 예측성능도 하락하였다. 반면, 개선된 파랑예측시스템이 현업 운영된 이후 평균 약 10.5 % 예측성능이 향상된 결과를 나타냈다. Jason-2 위성자료를 이용한 검증결과 봄철 및 여름철에 RMSE 값이 상승하는 경향을 보였으나 전반적으로 예측성능이 향상된 모습을 보였다.
- 3) 지역 파랑 예측시스템(RWW3)의 경우 관측에 비하여 과소모의하는 경향을 보였다. RWW3의 검증 결과 부이 지점별 예측성능의 차이를 보였으며 특히 남해상에 위치한 부이 지점의 경우 겨울철 관측과의 파고가 크게 관측된 구간에서 오차가 상대적으로 크게 나타났다. 전년대비 월별 RMSE 검증 오차를 살펴본 결과 2월 및 8월 동해에서 발생한 너울성 고파 사례와 10월 18호 태풍인 차바(CHABA)가 내습했을 경우를 제외하곤 전년 대비 예측성능이 향상된 모습을 보였다. 또한 전년대비 남해 해역에서의 예측성능이 약 6 % 하락하였으며, 앞선 고파 사례에도 불구하고 동해와 서해 각각 1 %, 4 % 향상되었다.
- 4) 지방청 관할해역 파랑 예측시스템(CWW3)의 경우 과소모의하는 경향을 보였으며, 지역파랑예측시스템과 비교하였을 때 대전청에서 예측성능이 다소 높은 모습을 보였다. 그러나 추자도 및 대전청에서 봄철 및 9월 RWW3 대비 RMSE 값이 현저하게 큰 모습을 보였는데 이는 CWW3 예측 시 연속된 높은 파고 관측에서 파고를 보다 크게 모의한 것에 의한 것으로 사료된다.
- 5) 결론적으로, GWW3의 경우 전년도에 비해 여름철과 가을철 과대모의하는 경향을 보였으며, 개선 파랑예측시스템의 현업화 이후로 예측정확도가 향상되었다. RWW3의 경우 전반적으로 과대모의하는 경향을 보였으며, CWW3의 경우 지점별 차이를 보이나 전반적으로 과소모의 하는 경향을 보였다. RWW3와 CWW3 두 시스템에서 순간적 고파와 파고가 낮게 관측된 지점에서 과소모의 하는 결과를 보였으며, 대체로 CWW3가 RWW3보다 예측 성능이 좋은 결과를 나타냈다.

2.8 태풍예측시스템

2.8.1. 태풍진로예측성능 검증

- 태풍모델의 진로예측성능검증은 북위 20도 이북, 동경 140도 서쪽에 해당하는 태풍검증영역과 전체 북서태평양 영역에 대하여 실시하였으며, 기상청 전지구예보모델, 지역예보모델, 앙상블예측모델을 대상으로 하였다.
- 단순거리오차는 서로 다른 예측위치가 동일한 오차를 가질 가능성을 포함하여 오차의 원인을 구체적으로 파악하기 어렵기 때문에, 이동속도와 방향을 고려한 지표인 태풍진행방향 편·오차와 태풍진행 수직방향 편·오차를 이용하여 진로예측검증을 수행하였다(첨부 1).
- 모든 모델의 예보오차가 대부분의 예측시간에서 전년대비 유사하거나 증가하였지만, 앙상블예측모델의 120시간 예측에서는(373.4km) 전년도(671.6km)보다 감소하였다. 전년도의 큰 오차는 적은 샘플 개수에 영향을 받은 것으로 사료된다.
- 각 모델의 단순거리오차를 비교하였을 때, 대체적으로 전지구예보모델의 오차가 가장 작았으나, 120시간 예측에서 이상진로(남서진하다가 유턴하여 북동진함)를 보인 10호 태풍 라이언록 사례로 인해 큰 오차를 보였다.
- 태풍진행방향 오차(이동속도 오차)는 대부분의 예측시간에서 전지구예보모델의 예측성능이 가장 우수하였다(120 시간 예측 제외).
- 태풍진행 수직방향 오차(방향 오차) 또한 대부분의 예측시간에서 전지구예보모델의 오차가 가장 작았으나, 12시간과 120시간 예측에서는 앙상블예측모델의 오차가 가장 작았다.
- 전지구예보모델과 앙상블예측모델은 48시간 예측 이전에는 이동속도오차와 방향오차의 크기가 유사한 수준이었으나, 48시간 예측부터 이동속도오차가 방향오차보다 크게 나타났다. 지역예보모델은 이동속도오차와 방향오차의 크기가 대체로 유사한 수준이었으나 24, 72시간 예측에서는 이동속도오차가, 이 두 시간을 제외한 예측에서는 방향오차가 좀 더 크게 나타났다. 그리고 대부분의 모델들이 이동속도를 느리게 예측하고, 관측진로에 비해 왼쪽으로 예측한 경향이 있었다.

2.1.2. 태풍강도예측성능 검증

- 태풍강도예측성능 검증은 전체 북서태평양 영역에 대하여, 모든 태풍에 대한 검증과

강도 등급에 따라 분류한 태풍에 대한 검증은 실시하였으며, 전지구예보모델, 지역예보 모델, 앙상블예측모델을 대상으로 하였다.

※ 강도는 WMO 기준에 의해 분류함.(최대풍속이 17~24m/s이면 TS, 25~32m/s이면 STS, 33m/s 이상이면 TY)

- 태풍강도예측성능 검증 결과, 지역예보모델이 모든 예측시간에서 평균제곱근오차(RMSE, Root Mean Square Error)가 가장 작고 상관관계도 가장 높게 나타나 강도예측성능이 가장 우수하였다. 전지구예보모델과 앙상블예측모델은 유사한 수준의 오차를 가졌다. 그리고 세 모델 모두 음의 평균편차(Bias)를 가져 관측에 비해 강도를 과소모의 했음을 알 수 있다.
- 전지구예보모델의 강도오차는 대부분의 예측시간에서 전년 대비 감소하였으나 120시간 예측에서는 오차가 다소 증가하였다.
- 지역예보모델의 강도오차는 2015년부터 예측시간이 늘어남에 따라 오차가 증가하는 경향을 보였다. 2016년에는 대부분의 예측시간에서 강도오차가 전년 대비 증가하였다.
- 앙상블예측모델의 강도오차는 2010년을 기점으로 큰 폭으로 증가하였으며 예측시간에 따른 오차 증감경향도 변하였다. 2016년 강도오차는 대부분의 예측시간에서 전년 대비 감소하였으나 120시간 예측에서는 전년도와 유사한 수준이었다.
- 태풍의 강도가 강할수록 평균제곱근오차가 커지는 경향이 세 모델 모두에서 나타났다.
- 전지구예보모델은 모든 강도 등급에 대해서 오차가 전년도와 유사하였으나, 강도가 TS와 STS 등급에서는 120 시간 예측오차가 증가하였다. 그러나 TY 등급에서는 72~120 시간 예측오차가 전년대비 감소하였다.
- 지역예보모델은 모든 강도 등급의 태풍에 대하여 전년대비 오차가 증가하였으며, 예측시간이 길어짐에 따라 오차가 증가하였다.
- 앙상블예측모델은 모든 강도 등급에 대해서 전년도와 유사한 오차를 보였다. TS와 STS 등급의 태풍에서는 대체로 모든 예측시간에 대해서 오차의 크기가 유사하였다 (TS 등급의 12시간 예측, STS 등급의 120시간 예측 제외). TY 등급의 태풍에 대한 오차는 120시간 예측에서 전년대비 오차가 감소하였다.
- 2010년 이후에 앙상블예측모델의 강도오차가 큰 폭으로 증가한 것은 강도가 비교적 강한 태풍(STS, TY 등급)의 오차가 증가한 것이 원인으로 여겨지며, 예측시간에 따라 오차 증감경향이 변한 것은 2010년에 모델과 모델의 해상도가 달라졌기 때문인 것으로 사료된다.
- 각 모델의 평균제곱근오차를 비교하였을 때, TS 등급에서는 12, 24시간 예측에서 지역예보모델의 오차가 가장 작게 나타났고, 그 외의 예측에서 앙상블예측모델의 오차가 가장 작게 나타났다. STS와 TY 등급에서는 지역예보모델의 오차가 가장 작게 나타났고, 전지구예보모델과 앙상블예측모델의 오차는 유사하였다.

※ 태풍모델 TWRP는 2015년 이후로 운영을 중단함.

※ 태풍모델 DBAR는 2016년 이후로 운영을 중단함.

2.9 황사예측시스템

- 1) 황사예측시스템은 고해상도(N512) 사계절용이며 2013년 9월부터 일 4회 운영되고 있으며, 황사의 출현에 대한 정량적 예보에 지원되었다.
- 2) 2016년의 경우 3월에 1회, 4월에 4회, 5월에 1회, 그리고 11월에 1회 발생하여 총 7번의 황사가 우리나라에 영향을 주었다.
- 3) 황사 예측 지수는 황사의 출현, 경로 및 강도 예측에 따른 가중치가 반영된 결과로서 2016년에는 7.86으로 2015년의 7.81보다 미약하게나마(약 0.6%) 향상되었다.

3. 검증 결과

3.1 전지구예측시스템 (GDAPS)

3.1.1 전지구예측시스템 성능변화 추세

3.1.1.1 500hPa 고도장의 RMSE 성능변화 시계열

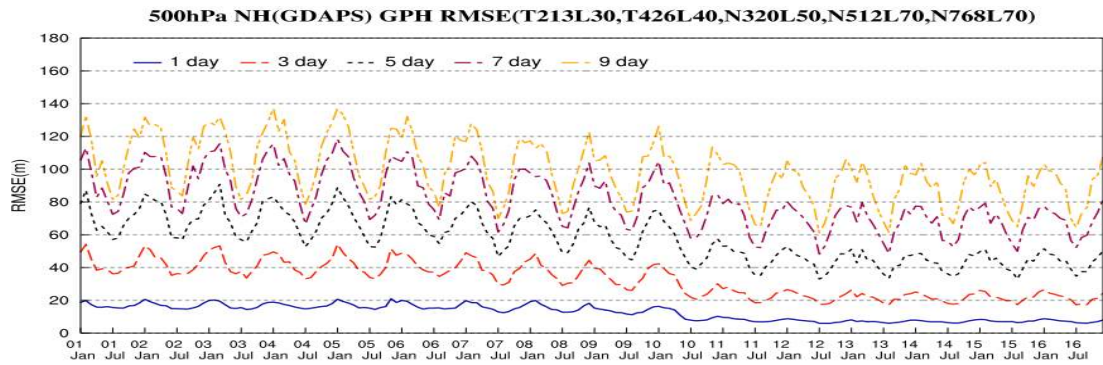


그림 3.1.1 GDAPS 북반구 500hPa 지위고도 예측 시간별 월평균 RMSE

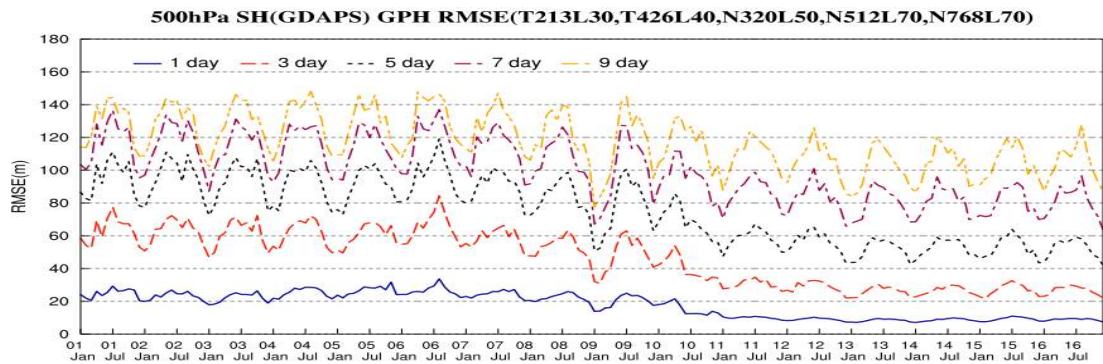


그림 3.1.2 GDAPS 남반구 500hPa 지위고도 예측 시간별 월평균 RMSE

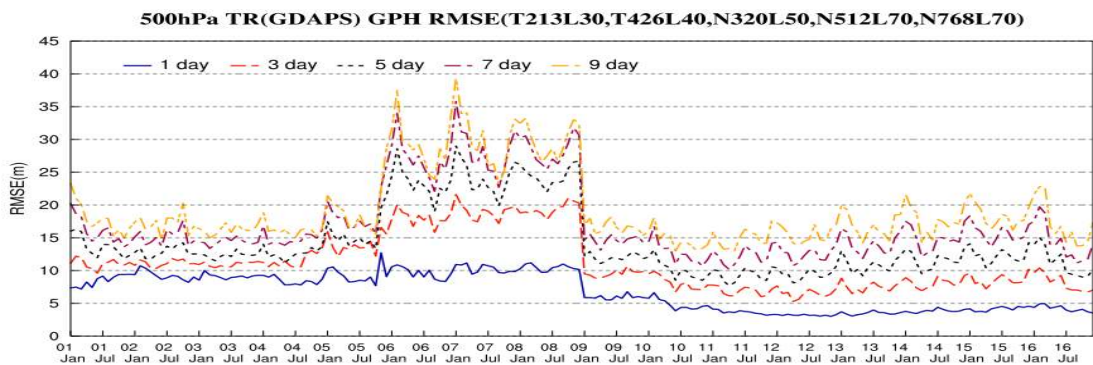


그림 3.1.3 GDAPS 적도지역 500hPa 지위고도 예측 시간별 월평균 RMSE

3.1.1.2 850hPa 기온의 RMSE 성능변화 시계열

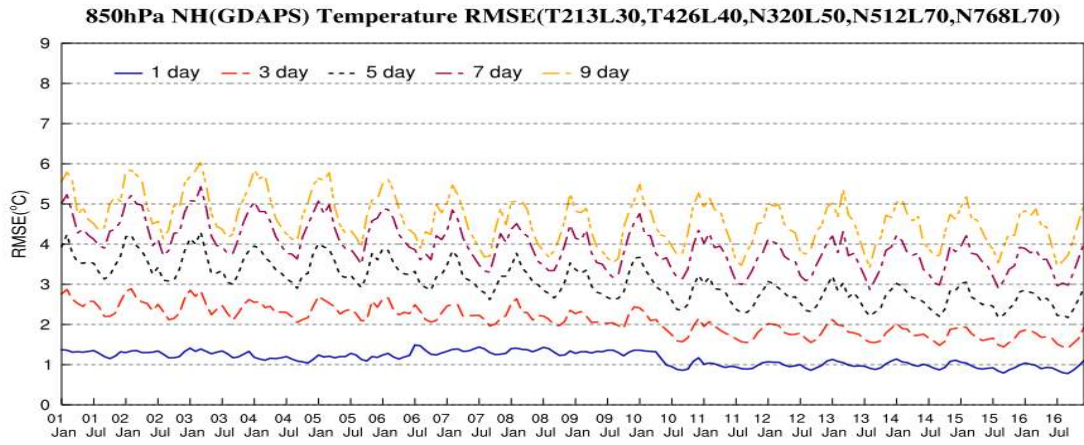


그림 3.1.4 GDAPS 북반구 850hPa 기온 예측 시간별 월평균 RMSE

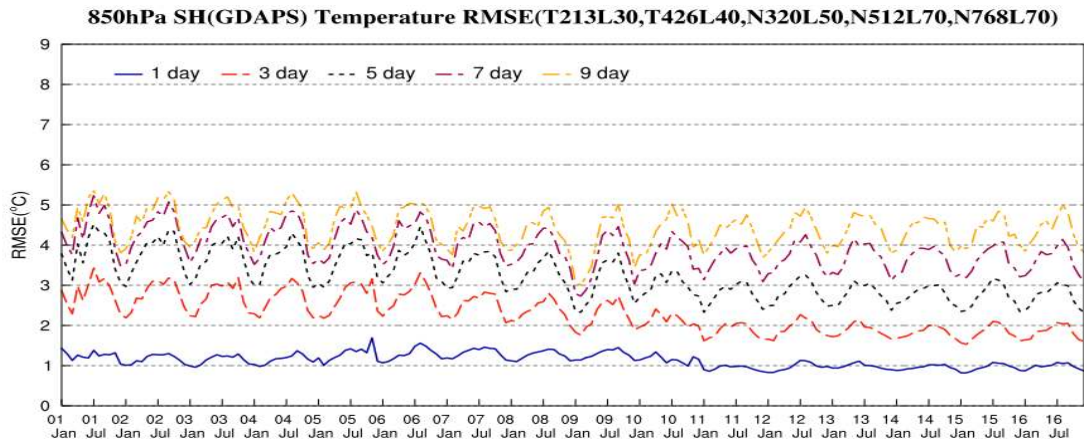


그림 3.1.5 GDAPS 남반구 850hPa 기온 예측 시간별 월평균 RMSE

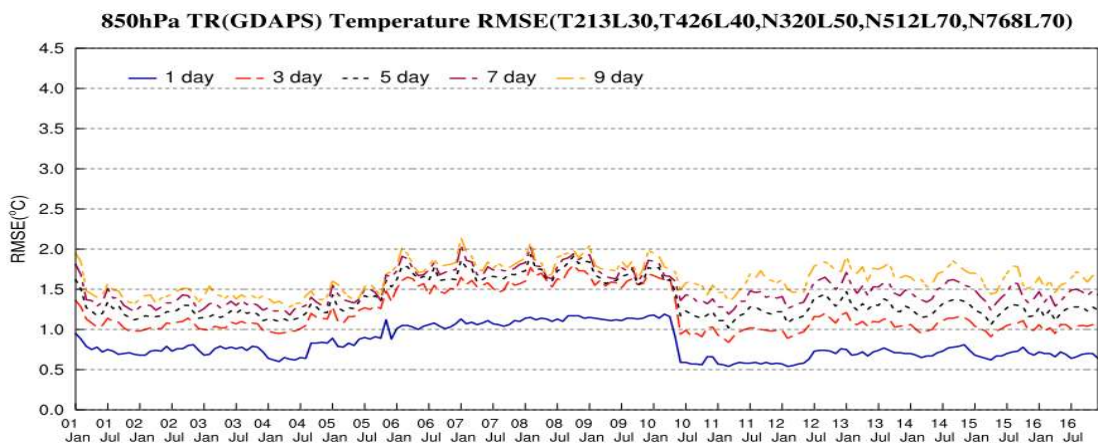


그림 3.1.6 GDAPS 적도지역 850hPa 기온 예측 시간별 월평균 RMSE

3.1.1.3 250hPa 풍속의 RMSE 성능변화 시계열

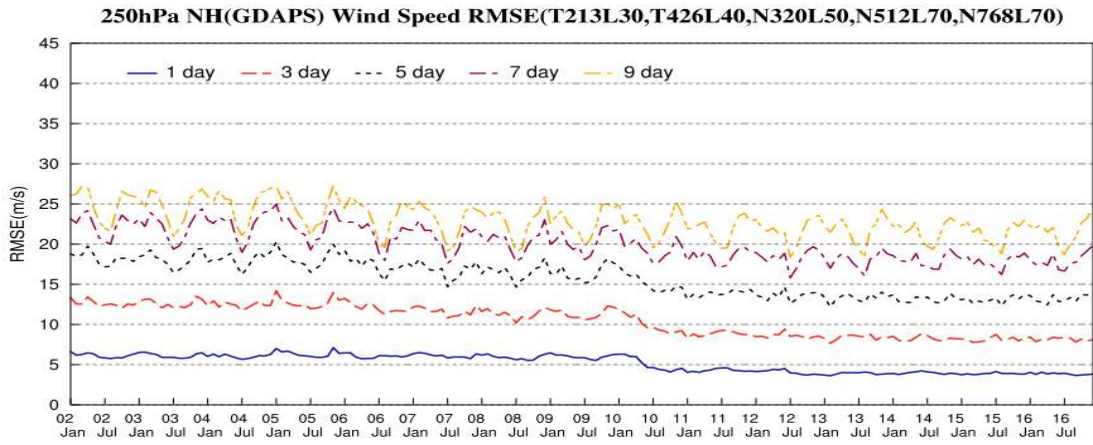


그림 3.1.7 GDAPS 북반구 250hPa 풍속 예측 시간별 월평균 RMSE

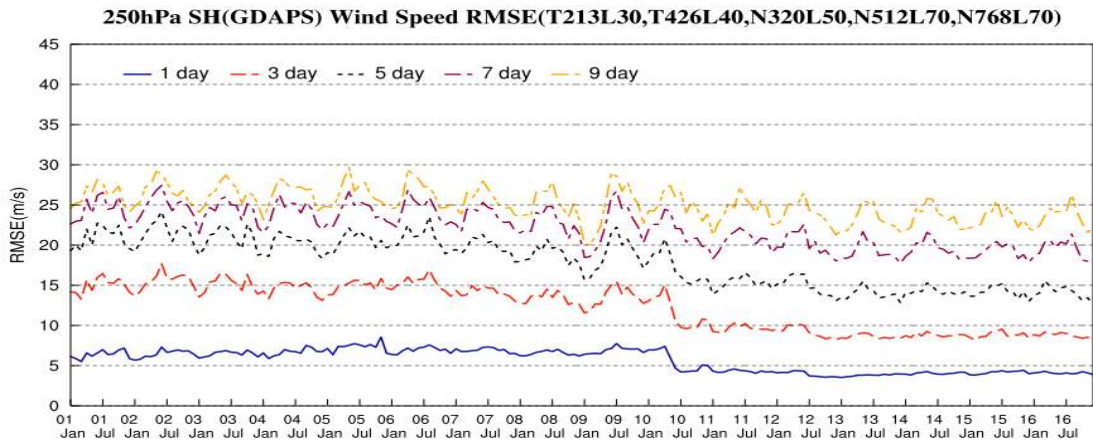


그림 3.1.8 GDAPS 남반구 250hPa 풍속 예측 시간별 월평균 RMSE

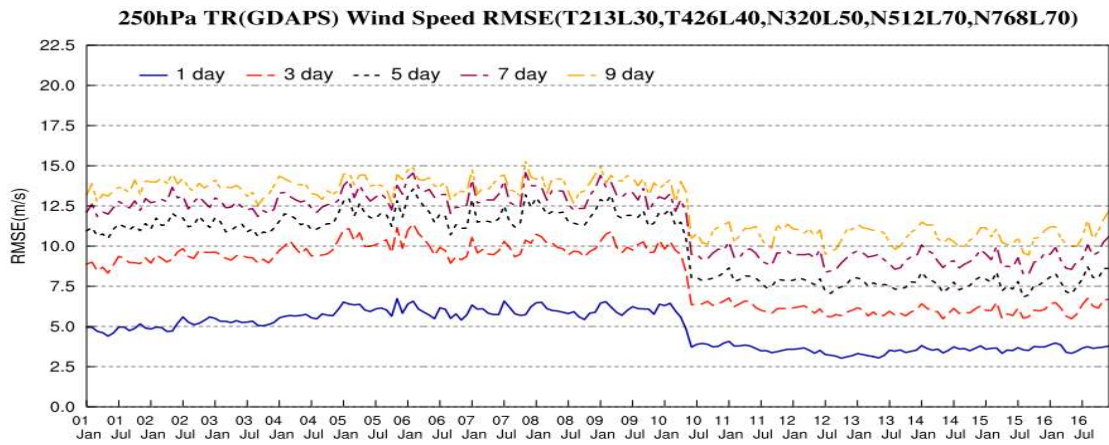


그림 3.1.9 GDAPS 적도지역 250hPa 풍속 예측 시간별 월평균 RMSE

3.1.2 전지구예측시스템 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	0.06	0.10	0.11	0.05	-0.01	-0.09	-0.16	-0.16	-0.11	-0.12	-0.10	-0.10	-0.04
48H	0.13	0.18	0.13	0.06	-0.10	-0.22	-0.32	-0.33	-0.25	-0.23	-0.17	-0.15	-0.11
72H	0.18	0.26	0.19	0.08	-0.11	-0.27	-0.41	-0.45	-0.36	-0.32	-0.20	-0.14	-0.13
96H	0.24	0.33	0.32	0.13	-0.07	-0.30	-0.48	-0.60	-0.46	-0.42	-0.23	-0.12	-0.14
120H	0.25	0.40	0.41	0.18	-0.01	-0.28	-0.55	-0.74	-0.56	-0.48	-0.25	-0.11	-0.14
144H	0.30	0.44	0.51	0.25	0.02	-0.26	-0.59	-0.82	-0.65	-0.55	-0.33	-0.12	-0.15
168H	0.30	0.53	0.59	0.34	0.07	-0.22	-0.62	-0.86	-0.72	-0.63	-0.34	-0.13	-0.14
192H	0.28	0.65	0.61	0.42	0.08	-0.19	-0.64	-0.90	-0.74	-0.70	-0.36	-0.18	-0.14
216H	0.19	0.71	0.60	0.50	0.03	-0.17	-0.65	-0.97	-0.75	-0.80	-0.47	-0.28	-0.17
240H	0.16	0.73	0.58	0.54	0.06	-0.20	-0.66	-0.96	-0.80	-0.84	-0.72	-0.34	-0.20
264H	0.13	0.74	0.63	0.64	0.09	-0.20	-0.66	-0.92	-0.84	-0.87	-0.85	-0.36	-0.21
288H	0.08	0.83	0.70	0.66	0.16	-0.17	-0.68	-0.89	-0.78	-1.00	-0.98	-0.37	-0.20

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	1.04	0.99	0.93	0.85	0.83	0.80	0.77	0.74	0.72	0.83	0.91	1.07	0.87
48H	1.78	1.70	1.57	1.42	1.36	1.31	1.22	1.21	1.21	1.42	1.49	1.79	1.46
72H	2.65	2.53	2.35	2.17	2.03	1.89	1.71	1.81	1.80	2.16	2.23	2.56	2.16
96H	3.75	3.60	3.31	3.03	2.89	2.56	2.35	2.58	2.59	3.12	3.21	3.59	3.05
120H	4.90	4.72	4.49	4.07	3.78	3.36	3.07	3.46	3.50	4.25	4.55	4.87	4.08
144H	5.99	5.83	5.76	5.17	4.71	4.13	3.86	4.33	4.54	5.37	5.92	6.33	5.16
168H	7.09	7.03	6.92	6.28	5.63	4.79	4.49	5.14	5.44	6.47	7.13	7.76	6.18
192H	8.33	8.00	8.04	6.96	6.41	5.28	5.02	5.78	6.07	7.69	8.01	8.83	7.03
216H	9.45	9.00	8.81	7.61	7.09	5.76	5.40	6.31	6.63	8.78	9.00	9.98	7.82
240H	10.21	10.00	9.61	8.36	7.55	6.19	5.66	6.84	7.37	9.38	9.60	10.86	8.47
264H	10.84	10.68	10.18	8.99	7.73	6.35	5.96	7.10	7.84	10.01	10.02	11.64	8.94
288H	11.46	11.08	10.58	9.16	8.02	6.69	6.24	7.19	8.10	10.48	10.72	11.88	9.30

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	19.62	18.76	19.50	20.03	21.97	22.92	22.15	20.43	19.38	18.66	19.10	19.98	20.21
48H	27.52	26.23	27.14	27.70	29.95	30.85	29.63	28.13	26.73	26.10	26.08	27.24	27.78
72H	35.49	33.70	34.92	35.69	38.13	38.53	36.80	35.89	34.26	33.95	33.53	34.37	35.44
96H	44.00	41.88	43.79	44.02	47.01	46.64	44.82	44.38	42.73	42.93	42.19	42.73	43.93
120H	52.34	49.55	52.84	52.62	56.10	55.23	52.81	53.11	51.72	51.67	51.84	51.40	52.60
144H	59.35	55.93	60.85	60.66	64.45	62.33	60.15	60.46	60.10	59.45	59.81	59.60	60.26
168H	64.37	62.46	67.92	68.04	71.31	67.85	65.73	67.24	67.01	66.33	66.58	66.88	66.81
192H	69.79	66.77	73.92	73.21	76.97	71.70	70.04	71.74	72.23	73.36	72.21	72.13	72.01
216H	74.08	71.24	77.63	76.82	81.48	74.98	72.77	75.55	76.79	78.19	77.51	77.87	76.24
240H	77.13	75.68	81.44	80.34	83.98	78.20	75.07	78.57	80.87	81.93	80.21	80.99	79.53
264H	79.65	78.64	83.44	84.24	84.74	79.01	76.42	79.52	84.13	84.70	82.36	83.76	81.72
288H	81.42	79.52	85.32	85.83	85.94	80.66	77.90	80.74	85.14	85.82	84.86	84.84	83.17

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	-0.22	-0.21	-0.17	-0.07	0.01	0.03	0.00	-0.03	-0.11	-0.07	-0.10	-0.06	-0.08
48H	-0.34	-0.35	-0.30	-0.15	-0.01	0.02	-0.04	-0.08	-0.19	-0.10	-0.14	-0.09	-0.15
72H	-0.44	-0.46	-0.41	-0.21	-0.04	0.01	-0.08	-0.12	-0.24	-0.10	-0.15	-0.10	-0.19
96H	-0.53	-0.55	-0.50	-0.28	-0.07	-0.01	-0.11	-0.14	-0.28	-0.09	-0.14	-0.12	-0.24
120H	-0.60	-0.65	-0.56	-0.34	-0.10	-0.02	-0.14	-0.16	-0.32	-0.10	-0.13	-0.14	-0.27
144H	-0.65	-0.71	-0.62	-0.38	-0.13	-0.03	-0.15	-0.17	-0.34	-0.09	-0.12	-0.14	-0.29
168H	-0.71	-0.80	-0.71	-0.44	-0.16	-0.05	-0.16	-0.19	-0.33	-0.06	-0.09	-0.10	-0.32
192H	-0.77	-0.87	-0.78	-0.50	-0.20	-0.07	-0.15	-0.20	-0.30	-0.03	-0.06	-0.07	-0.33
216H	-0.83	-0.95	-0.85	-0.53	-0.23	-0.09	-0.15	-0.19	-0.28	0.03	0.00	-0.04	-0.34
240H	-0.86	-0.98	-0.91	-0.57	-0.25	-0.11	-0.16	-0.17	-0.28	0.06	0.09	-0.02	-0.35
264H	-0.91	-1.04	-0.89	-0.61	-0.26	-0.12	-0.17	-0.18	-0.27	0.06	0.14	0.02	-0.35
288H	-0.96	-1.12	-0.91	-0.66	-0.27	-0.14	-0.20	-0.19	-0.24	0.09	0.18	0.07	-0.36

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	1.04	1.01	0.98	0.90	0.93	0.91	0.86	0.80	0.77	0.86	0.97	1.10	0.93
48H	1.46	1.44	1.38	1.30	1.32	1.30	1.21	1.13	1.09	1.20	1.33	1.53	1.31
72H	1.86	1.85	1.77	1.67	1.69	1.65	1.51	1.44	1.41	1.53	1.65	1.93	1.66
96H	2.33	2.29	2.25	2.09	2.14	2.06	1.84	1.80	1.73	1.93	2.10	2.38	2.08
120H	2.85	2.79	2.76	2.58	2.65	2.52	2.22	2.22	2.17	2.36	2.63	2.91	2.56
144H	3.37	3.28	3.30	3.07	3.15	2.96	2.62	2.61	2.60	2.83	3.14	3.50	3.04
168H	3.88	3.77	3.86	3.62	3.61	3.35	2.96	3.01	2.98	3.28	3.65	4.03	3.50
192H	4.36	4.26	4.39	4.15	4.06	3.67	3.23	3.30	3.36	3.75	4.14	4.51	3.93
216H	4.83	4.70	4.86	4.46	4.42	3.94	3.45	3.51	3.72	4.10	4.56	4.97	4.29
240H	5.19	5.13	5.18	4.72	4.69	4.20	3.67	3.75	3.95	4.42	4.89	5.37	4.60
264H	5.54	5.50	5.43	5.03	4.87	4.38	3.83	3.94	4.21	4.70	5.09	5.70	4.85
288H	5.77	5.74	5.68	5.17	4.97	4.50	3.96	4.11	4.42	4.90	5.34	5.99	5.04

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	32.57	32.02	32.69	32.37	34.64	35.85	37.10	35.43	34.10	33.79	34.28	34.61	34.12
48H	41.37	40.91	41.57	41.74	44.52	45.78	47.19	45.54	43.74	42.80	42.98	43.37	43.46
72H	47.87	47.23	48.22	48.47	51.89	52.51	53.74	52.65	50.86	49.50	49.11	49.66	50.14
96H	53.64	52.89	54.51	54.34	58.23	58.56	59.34	58.81	56.72	55.87	55.38	55.57	56.15
120H	58.98	57.77	60.18	60.00	64.19	64.18	64.29	64.46	62.58	61.18	61.46	60.94	61.68
144H	63.23	62.06	65.14	64.38	69.00	68.54	68.52	68.63	67.36	66.22	65.85	65.94	66.24
168H	67.12	65.95	69.13	68.88	72.84	72.16	71.90	72.48	71.16	69.88	69.84	69.81	70.10
192H	69.86	68.95	72.43	72.72	76.31	74.74	74.16	75.00	74.30	73.51	73.34	72.83	73.18
216H	72.40	71.49	75.38	75.09	78.81	76.83	75.89	76.68	76.76	75.88	75.74	75.46	75.53
240H	74.22	73.69	77.16	76.89	80.61	78.71	77.29	78.54	78.29	77.89	78.10	77.64	77.42
264H	76.11	75.51	78.46	78.85	81.42	79.56	78.40	79.71	80.08	79.50	79.51	79.37	78.87
288H	76.90	76.93	79.82	79.57	81.80	80.33	79.41	80.82	81.18	80.44	80.49	80.28	79.83

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	0.97	0.98	0.98	0.98	0.97	0.97
48H	0.96	0.96	0.95	0.95	0.94	0.94	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.95	0.95
72H	0.93	0.93	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89	0.91	0.92	0.94	0.94	0.92	0.92
96H	0.89	0.90	0.88	0.88	0.85	0.84	0.84	0.86	0.88	0.90	0.90	0.88	0.87
120H	0.84	0.84	0.81	0.82	0.77	0.76	0.77	0.79	0.81	0.85	0.83	0.81	0.81
144H	0.77	0.78	0.73	0.75	0.68	0.68	0.68	0.71	0.73	0.79	0.76	0.73	0.73
168H	0.69	0.71	0.63	0.65	0.58	0.59	0.60	0.62	0.64	0.71	0.68	0.65	0.65
192H	0.61	0.63	0.54	0.55	0.47	0.50	0.52	0.54	0.54	0.61	0.59	0.56	0.55
216H	0.52	0.54	0.44	0.47	0.37	0.43	0.46	0.48	0.43	0.53	0.49	0.46	0.47
240H	0.44	0.45	0.37	0.40	0.30	0.36	0.40	0.41	0.36	0.46	0.41	0.39	0.40
264H	0.37	0.37	0.30	0.32	0.26	0.31	0.35	0.36	0.27	0.39	0.37	0.32	0.33
288H	0.30	0.31	0.24	0.28	0.22	0.28	0.31	0.31	0.20	0.33	0.31	0.25	0.28

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	-2.18	-2.16	-1.80	-1.17	-0.95	-1.52	-1.75	-2.07	-2.03	-1.46	-0.95	-1.05	-1.59
48H	-3.62	-3.84	-3.55	-2.08	-1.84	-2.81	-3.00	-3.65	-3.51	-2.45	-1.52	-1.57	-2.79
72H	-5.14	-5.30	-4.93	-2.69	-2.09	-3.44	-3.59	-4.78	-4.63	-3.01	-1.54	-1.45	-3.55
96H	-6.28	-6.68	-5.48	-3.14	-1.91	-3.66	-4.19	-5.94	-5.55	-3.51	-1.54	-1.22	-4.09
120H	-7.69	-7.93	-6.25	-3.43	-1.58	-3.62	-4.72	-6.93	-6.36	-3.83	-1.10	-1.12	-4.55
144H	-8.99	-9.02	-6.98	-3.36	-1.54	-3.62	-4.93	-7.53	-6.93	-4.24	-0.98	-0.78	-4.91
168H	-10.37	-9.74	-7.84	-3.27	-1.46	-3.62	-4.93	-7.91	-7.26	-4.47	-0.32	0.10	-5.09
192H	-11.80	-10.10	-9.01	-3.05	-1.70	-3.43	-4.99	-8.36	-7.03	-4.28	0.58	0.73	-5.20
216H	-13.61	-11.53	-9.99	-3.05	-2.33	-3.18	-5.24	-9.00	-6.93	-4.30	0.80	0.92	-5.62
240H	-14.91	-12.75	-10.88	-3.91	-2.48	-3.40	-5.56	-9.18	-7.30	-3.80	0.15	1.11	-6.08
264H	-16.11	-14.36	-10.84	-4.37	-2.52	-3.57	-5.64	-9.32	-7.30	-3.22	0.09	2.21	-6.25
288H	-17.25	-15.62	-10.67	-5.72	-2.41	-3.57	-6.02	-9.49	-6.68	-3.60	-0.04	3.26	-6.48

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	8.75	8.44	7.98	7.48	7.29	7.08	6.30	6.14	6.03	6.54	7.02	8.03	7.26
48H	16.57	15.80	14.92	13.99	13.60	13.05	11.26	11.32	11.01	12.52	13.00	15.19	13.52
72H	26.46	24.38	23.64	22.62	21.97	20.31	17.20	18.01	17.34	20.73	21.25	24.28	21.52
96H	38.37	35.92	34.53	32.14	32.77	28.88	25.51	26.78	26.44	31.49	32.39	36.38	31.80
120H	51.41	48.32	47.50	43.95	44.46	38.92	34.72	36.56	37.48	43.39	46.31	50.12	43.59
144H	64.06	60.28	60.66	57.13	56.51	48.59	44.49	46.68	48.70	55.82	60.76	65.95	55.80
168H	77.41	73.50	72.91	70.05	68.75	56.41	52.21	56.81	59.80	67.84	73.62	81.43	67.56
192H	90.68	86.78	87.48	80.99	79.22	63.61	59.14	64.80	68.97	82.14	85.08	94.02	78.58
216H	102.93	98.76	98.50	91.57	88.06	69.73	64.19	70.83	76.77	93.76	96.53	107.27	88.24
240H	111.61	110.26	109.15	101.25	94.83	75.74	68.74	77.28	84.99	102.39	106.22	117.03	96.62
264H	119.67	119.65	116.73	108.11	99.39	79.24	72.45	81.68	91.48	111.01	111.01	127.79	103.18
288H	127.76	124.61	122.20	111.11	101.86	83.05	75.88	84.73	96.69	115.93	117.41	133.33	107.88

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	11.23	10.89	11.09	11.36	13.00	14.41	15.32	14.21	12.34	11.70	11.32	11.33	12.35
48H	18.50	17.64	17.96	18.67	21.06	22.76	23.88	22.56	19.43	18.90	18.06	18.27	19.81
72H	26.01	24.40	25.24	26.47	29.67	31.10	32.41	31.34	26.88	26.84	25.36	25.24	27.58
96H	33.35	31.75	32.98	34.13	38.85	39.53	41.22	40.14	35.04	35.21	33.41	33.07	35.72
120H	40.64	38.54	40.86	41.44	47.63	47.85	49.52	48.77	43.67	43.32	41.74	40.42	43.70
144H	46.79	44.14	48.07	48.60	55.42	55.06	57.57	56.54	51.19	50.25	48.94	47.22	50.82
168H	51.76	49.67	53.55	54.95	62.23	60.87	63.51	63.63	58.12	56.23	54.95	53.68	56.93
192H	56.29	54.30	59.07	59.96	67.65	65.44	68.41	68.26	63.64	62.50	60.20	58.35	62.01
216H	60.01	58.53	63.00	64.31	71.71	69.17	71.82	71.84	67.48	67.52	64.62	62.94	66.08
240H	62.78	62.67	66.64	68.38	74.86	72.75	74.48	75.26	71.66	71.57	68.18	66.12	69.61
264H	65.60	65.11	68.62	71.29	76.67	74.98	76.26	77.39	74.71	74.80	70.01	69.41	72.07
288H	67.45	66.33	70.20	72.93	77.49	76.30	78.09	78.62	76.79	76.42	72.23	70.89	73.65

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	0.99	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	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
72H	0.97	0.98	0.97	0.97	0.96	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.98	0.98	0.97
96H	0.95	0.95	0.94	0.94	0.91	0.91	0.91	0.93	0.95	0.95	0.95	0.94	0.94
120H	0.90	0.90	0.89	0.89	0.83	0.84	0.84	0.87	0.89	0.91	0.89	0.89	0.88
144H	0.85	0.84	0.82	0.81	0.73	0.75	0.74	0.78	0.82	0.84	0.82	0.82	0.80
168H	0.77	0.77	0.74	0.71	0.61	0.66	0.63	0.67	0.73	0.76	0.73	0.72	0.71
192H	0.69	0.68	0.63	0.63	0.49	0.57	0.52	0.56	0.63	0.65	0.64	0.63	0.61
216H	0.59	0.58	0.53	0.53	0.38	0.49	0.44	0.48	0.53	0.53	0.54	0.51	0.51
240H	0.51	0.48	0.43	0.42	0.28	0.40	0.36	0.38	0.42	0.44	0.45	0.43	0.42
264H	0.43	0.39	0.35	0.33	0.22	0.34	0.29	0.31	0.31	0.33	0.41	0.33	0.34
288H	0.35	0.34	0.29	0.28	0.18	0.28	0.24	0.26	0.21	0.25	0.33	0.29	0.28

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	-0.25	-0.19	-0.24	-0.25	-0.26	-0.30	-0.17	-0.15	-0.14	-0.18	-0.11	-0.10	-0.19
48H	-0.44	-0.42	-0.40	-0.34	-0.41	-0.47	-0.19	-0.18	-0.19	-0.23	-0.10	-0.10	-0.29
72H	-0.53	-0.51	-0.45	-0.38	-0.53	-0.60	-0.19	-0.19	-0.23	-0.26	-0.12	-0.17	-0.35
96H	-0.60	-0.60	-0.54	-0.34	-0.62	-0.71	-0.21	-0.24	-0.23	-0.28	-0.15	-0.29	-0.40
120H	-0.60	-0.68	-0.65	-0.30	-0.69	-0.75	-0.21	-0.25	-0.18	-0.34	-0.17	-0.33	-0.43
144H	-0.71	-0.74	-0.68	-0.34	-0.79	-0.81	-0.28	-0.36	-0.13	-0.39	-0.17	-0.28	-0.47
168H	-0.77	-0.76	-0.66	-0.30	-0.79	-0.88	-0.32	-0.48	-0.14	-0.48	-0.23	-0.27	-0.51
192H	-0.77	-0.74	-0.66	-0.19	-0.80	-0.86	-0.41	-0.47	-0.26	-0.58	-0.45	-0.38	-0.55
216H	-0.81	-0.79	-0.56	-0.21	-0.75	-0.89	-0.36	-0.49	-0.37	-0.70	-0.61	-0.41	-0.58
240H	-0.90	-0.95	-0.49	-0.39	-0.72	-0.95	-0.30	-0.47	-0.40	-0.81	-0.69	-0.48	-0.63
264H	-0.98	-1.04	-0.55	-0.62	-0.72	-0.98	-0.29	-0.44	-0.54	-0.80	-0.66	-0.56	-0.68
288H	-0.96	-1.13	-0.62	-0.88	-0.75	-0.98	-0.27	-0.36	-0.61	-0.74	-0.61	-0.76	-0.72

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	4.05	3.79	4.07	3.84	3.97	3.87	3.94	3.79	3.65	3.71	3.76	3.83	3.86
48H	6.20	5.77	6.07	5.92	6.16	6.06	6.17	5.95	5.61	5.76	5.68	5.80	5.93
72H	8.42	7.86	8.15	8.07	8.42	8.29	8.40	8.32	7.82	8.18	7.93	8.13	8.16
96H	10.94	10.28	10.51	10.31	11.01	10.51	10.71	10.89	10.27	10.92	10.76	10.91	10.67
120H	13.59	12.92	12.78	12.43	13.69	12.85	12.90	13.34	12.89	13.70	13.67	13.90	13.22
144H	16.05	15.18	15.43	14.85	16.42	14.96	14.92	15.62	15.49	16.02	16.55	16.94	15.70
168H	18.01	17.45	17.72	17.35	18.77	16.82	16.64	17.57	17.75	18.56	19.19	19.81	17.97
192H	20.19	19.83	20.30	19.52	20.61	18.33	17.87	19.11	19.60	20.87	21.32	22.34	19.99
216H	22.21	22.06	22.45	21.47	22.05	19.59	18.72	19.98	20.89	22.67	23.25	24.71	21.67
240H	23.40	23.83	24.40	23.12	23.28	20.71	19.50	20.91	22.27	24.07	25.30	26.15	23.08
264H	24.82	25.27	25.75	24.22	24.21	21.38	20.23	21.49	23.32	25.27	26.32	27.72	24.00
288H	25.97	25.94	26.34	24.84	24.63	21.94	20.55	21.92	24.15	26.38	27.26	28.43	24.86

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	-0.06	-0.05	-0.08	-0.09	-0.07	-0.03	0.02	0.01	-0.01	0.01	0.02	0.05	-0.02
48H	-0.18	-0.15	-0.17	-0.17	-0.09	-0.02	0.08	0.04	0.00	0.01	0.02	0.04	-0.05
72H	-0.30	-0.28	-0.29	-0.26	-0.14	-0.05	0.12	0.08	0.02	0.00	-0.01	-0.02	-0.09
96H	-0.44	-0.40	-0.44	-0.33	-0.21	-0.08	0.12	0.12	0.05	-0.02	-0.08	-0.11	-0.15
120H	-0.55	-0.52	-0.57	-0.40	-0.30	-0.13	0.15	0.12	0.09	-0.05	-0.15	-0.18	-0.21
144H	-0.65	-0.66	-0.70	-0.46	-0.33	-0.18	0.17	0.09	0.15	-0.04	-0.16	-0.25	-0.25
168H	-0.72	-0.80	-0.85	-0.53	-0.38	-0.22	0.15	0.04	0.19	-0.03	-0.20	-0.32	-0.30
192H	-0.77	-0.84	-0.96	-0.57	-0.35	-0.27	0.08	-0.02	0.18	-0.01	-0.22	-0.37	-0.34
216H	-0.84	-0.89	-1.01	-0.61	-0.33	-0.35	-0.02	-0.12	0.15	0.00	-0.22	-0.44	-0.39
240H	-0.88	-0.91	-1.06	-0.59	-0.37	-0.44	-0.10	-0.19	0.07	0.04	-0.14	-0.52	-0.43
264H	-0.92	-0.93	-1.12	-0.56	-0.42	-0.51	-0.13	-0.21	0.02	0.05	-0.08	-0.58	-0.45
288H	-0.97	-0.99	-1.15	-0.52	-0.45	-0.52	-0.16	-0.18	0.03	0.07	-0.02	-0.61	-0.46

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	0.59	0.64	0.62	0.57	0.54	0.55	0.49	0.51	0.54	0.55	0.54	0.53	0.56
48H	0.83	0.85	0.80	0.76	0.69	0.73	0.69	0.71	0.77	0.72	0.70	0.71	0.75
72H	0.99	1.01	0.96	0.87	0.80	0.85	0.82	0.85	0.94	0.84	0.82	0.82	0.88
96H	1.10	1.13	1.11	0.97	0.90	0.93	0.92	0.95	1.06	0.94	0.88	0.90	0.98
120H	1.24	1.25	1.24	1.08	1.01	1.04	1.02	1.07	1.15	1.02	0.99	1.03	1.10
144H	1.38	1.42	1.39	1.20	1.11	1.17	1.18	1.21	1.22	1.16	1.13	1.18	1.23
168H	1.53	1.58	1.56	1.35	1.22	1.29	1.28	1.33	1.33	1.33	1.27	1.34	1.37
192H	1.69	1.67	1.71	1.48	1.32	1.42	1.37	1.49	1.46	1.46	1.39	1.47	1.49
216H	1.85	1.78	1.81	1.59	1.50	1.52	1.43	1.71	1.63	1.52	1.55	1.60	1.62
240H	1.99	1.89	1.91	1.74	1.67	1.62	1.53	1.84	1.73	1.60	1.64	1.71	1.74
264H	2.16	1.95	2.03	1.87	1.78	1.72	1.65	1.90	1.79	1.71	1.72	1.81	1.84
288H	2.30	2.06	2.11	1.92	1.80	1.82	1.74	1.96	1.84	1.82	1.82	1.94	1.93

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

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	31.45	31.30	34.52	32.07	32.11	30.09	28.43	28.55	30.90	32.87	32.76	31.04	31.34
48H	36.57	35.86	39.14	36.94	36.52	34.27	33.11	33.39	36.45	38.28	38.13	36.19	36.24
72H	39.28	38.64	41.74	39.64	38.80	36.67	36.01	36.64	40.13	41.48	41.37	39.00	39.12
96H	41.26	40.73	43.79	41.71	40.59	38.68	38.32	38.92	42.59	43.79	43.83	41.33	41.29
120H	43.61	42.33	45.37	43.60	42.39	40.47	40.39	40.84	44.72	45.93	46.09	43.79	43.29
144H	45.94	44.13	47.17	45.55	44.10	42.34	42.65	42.87	46.57	48.24	48.19	46.19	45.33
168H	48.18	45.87	49.08	47.44	45.98	43.92	44.72	45.13	48.40	50.52	50.42	48.81	47.37
192H	50.29	47.89	50.64	49.39	48.02	45.33	46.39	47.14	50.19	52.65	52.51	50.94	49.28
216H	51.99	49.52	52.16	51.18	50.14	46.87	47.86	49.10	52.18	54.30	54.44	52.68	51.04
240H	53.38	51.30	53.83	52.80	51.55	48.67	49.45	50.88	53.99	55.73	55.73	54.23	52.63
264H	54.52	52.83	55.22	54.29	53.01	49.77	50.68	51.93	55.22	57.51	57.53	55.96	54.04
288H	55.55	54.17	56.33	55.52	53.57	50.81	51.77	52.90	56.10	59.20	59.02	57.30	55.19

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	0.01	0.03	0.02	-0.01	-0.08	-0.08	-0.12	-0.08	-0.05	-0.03	-0.05	-0.06	-0.04
48H	-0.04	0.00	0.01	-0.02	-0.14	-0.16	-0.24	-0.19	-0.08	-0.07	-0.11	-0.14	-0.09
72H	-0.12	-0.07	-0.04	-0.05	-0.19	-0.25	-0.36	-0.29	-0.16	-0.12	-0.17	-0.21	-0.17
96H	-0.19	-0.14	-0.09	-0.07	-0.22	-0.28	-0.46	-0.38	-0.23	-0.17	-0.20	-0.25	-0.22
120H	-0.23	-0.18	-0.14	-0.09	-0.24	-0.31	-0.53	-0.45	-0.30	-0.21	-0.23	-0.29	-0.27
144H	-0.25	-0.22	-0.17	-0.09	-0.26	-0.33	-0.58	-0.49	-0.35	-0.26	-0.27	-0.34	-0.30
168H	-0.27	-0.24	-0.22	-0.10	-0.27	-0.34	-0.60	-0.51	-0.39	-0.31	-0.32	-0.39	-0.33
192H	-0.29	-0.27	-0.26	-0.11	-0.28	-0.36	-0.61	-0.54	-0.43	-0.32	-0.35	-0.43	-0.35
216H	-0.32	-0.30	-0.31	-0.13	-0.28	-0.35	-0.60	-0.55	-0.43	-0.34	-0.36	-0.47	-0.37
240H	-0.35	-0.30	-0.35	-0.14	-0.29	-0.35	-0.58	-0.56	-0.46	-0.34	-0.37	-0.51	-0.38
264H	-0.37	-0.30	-0.35	-0.16	-0.32	-0.34	-0.57	-0.57	-0.48	-0.38	-0.40	-0.54	-0.40
288H	-0.39	-0.30	-0.35	-0.19	-0.32	-0.34	-0.56	-0.56	-0.47	-0.39	-0.41	-0.54	-0.40

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	0.72	0.70	0.71	0.66	0.72	0.69	0.65	0.68	0.70	0.71	0.70	0.65	0.69
48H	0.94	0.89	0.91	0.85	0.95	0.91	0.87	0.91	0.92	0.92	0.93	0.90	0.91
72H	1.07	1.00	1.03	0.96	1.07	1.07	1.03	1.07	1.07	1.05	1.08	1.05	1.05
96H	1.19	1.10	1.15	1.04	1.16	1.18	1.17	1.20	1.19	1.17	1.19	1.16	1.16
120H	1.29	1.18	1.26	1.13	1.22	1.28	1.31	1.32	1.31	1.26	1.30	1.25	1.26
144H	1.39	1.28	1.37	1.23	1.30	1.37	1.43	1.46	1.41	1.36	1.42	1.35	1.37
168H	1.50	1.38	1.45	1.32	1.38	1.47	1.54	1.57	1.51	1.46	1.52	1.46	1.46
192H	1.61	1.48	1.54	1.41	1.50	1.55	1.64	1.71	1.64	1.56	1.62	1.59	1.57
216H	1.69	1.57	1.63	1.50	1.60	1.63	1.70	1.84	1.72	1.65	1.72	1.71	1.66
240H	1.82	1.66	1.71	1.58	1.67	1.71	1.78	1.92	1.82	1.75	1.80	1.81	1.75
264H	1.90	1.74	1.78	1.68	1.74	1.77	1.86	2.01	1.92	1.84	1.86	1.90	1.83
288H	1.97	1.83	1.85	1.72	1.83	1.80	1.92	2.07	1.99	1.93	1.93	1.97	1.90

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	46.50	46.12	46.83	46.14	45.92	44.76	42.46	42.12	43.17	45.41	45.27	44.54	44.94
48H	55.99	54.08	55.66	55.30	55.71	53.93	52.09	51.73	53.18	54.94	55.40	54.82	54.40
72H	60.68	57.86	59.85	59.26	59.86	58.65	56.90	56.68	58.19	59.53	60.48	59.80	58.98
96H	63.55	60.40	62.50	61.43	62.10	61.39	60.07	59.79	61.63	62.78	63.67	62.85	61.85
120H	65.76	62.47	65.00	63.43	64.02	63.31	62.38	62.15	63.75	64.95	66.28	65.28	64.07
144H	67.52	64.14	66.69	65.24	65.52	64.90	64.38	64.74	65.49	66.90	68.46	67.55	65.96
168H	69.30	65.99	68.16	66.39	66.85	66.75	66.25	66.68	67.17	68.57	69.94	69.56	67.63
192H	70.84	67.67	69.62	68.18	68.64	67.74	67.90	68.36	69.14	70.28	71.38	71.36	69.26
216H	72.07	68.97	70.47	69.44	70.39	68.90	69.14	69.95	70.33	71.36	72.59	73.08	70.56
240H	73.57	70.31	71.89	70.63	71.29	70.23	70.10	71.14	71.69	72.74	74.03	74.55	71.85
264H	74.39	71.49	72.68	72.23	72.50	71.04	71.33	72.11	72.68	73.42	74.98	75.45	72.86
288H	75.44	72.64	73.22	73.27	73.49	71.54	72.06	72.93	73.09	74.44	76.16	76.10	73.70

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	0.92	0.92	0.91	0.91	0.88	0.89	0.91	0.90	0.90	0.89	0.90	0.91	0.90
48H	0.87	0.87	0.86	0.85	0.79	0.82	0.86	0.83	0.84	0.82	0.82	0.84	0.84
72H	0.83	0.84	0.82	0.81	0.74	0.76	0.81	0.78	0.79	0.78	0.77	0.79	0.79
96H	0.79	0.81	0.78	0.78	0.69	0.71	0.76	0.73	0.75	0.73	0.73	0.75	0.75
120H	0.76	0.78	0.73	0.75	0.66	0.67	0.71	0.68	0.70	0.69	0.68	0.71	0.71
144H	0.72	0.74	0.69	0.71	0.62	0.62	0.65	0.61	0.65	0.64	0.62	0.67	0.66
168H	0.67	0.71	0.65	0.67	0.58	0.58	0.59	0.55	0.60	0.60	0.58	0.62	0.62
192H	0.62	0.66	0.61	0.62	0.51	0.54	0.53	0.47	0.54	0.54	0.53	0.55	0.56
216H	0.59	0.61	0.57	0.57	0.45	0.49	0.49	0.39	0.48	0.48	0.49	0.48	0.51
240H	0.53	0.57	0.54	0.53	0.40	0.43	0.43	0.34	0.41	0.43	0.45	0.43	0.46
264H	0.48	0.52	0.50	0.48	0.36	0.39	0.36	0.29	0.36	0.38	0.40	0.38	0.41
288H	0.45	0.47	0.47	0.44	0.31	0.38	0.33	0.25	0.31	0.33	0.36	0.34	0.37

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	-2.32	-2.52	-2.69	-2.68	-3.03	-3.15	-2.16	-1.96	-1.97	-1.72	-1.62	-1.56	-2.28
48H	-5.06	-5.43	-5.08	-4.75	-5.20	-5.52	-3.64	-3.28	-3.15	-2.72	-2.77	-3.15	-4.15
72H	-7.34	-8.04	-7.46	-6.51	-6.93	-7.27	-4.64	-4.12	-3.91	-3.54	-3.59	-4.55	-5.66
96H	-9.52	-10.41	-9.80	-7.73	-8.28	-8.55	-5.59	-4.91	-4.67	-4.38	-4.44	-5.86	-7.01
120H	-11.41	-12.49	-11.89	-8.74	-9.45	-9.63	-6.22	-5.85	-5.11	-5.33	-5.37	-7.11	-8.22
144H	-12.99	-14.61	-13.92	-9.78	-10.20	-10.41	-6.66	-6.68	-5.39	-5.90	-6.07	-8.37	-9.25
168H	-14.23	-16.39	-16.06	-10.84	-10.92	-10.97	-7.02	-7.55	-5.69	-6.50	-6.97	-9.60	-10.23
192H	-15.63	-17.54	-18.00	-11.68	-11.05	-11.58	-7.78	-8.36	-6.32	-6.82	-7.73	-10.66	-11.10
216H	-17.12	-18.52	-19.41	-12.63	-11.06	-11.94	-8.60	-9.39	-7.01	-7.24	-8.25	-11.69	-11.91
240H	-18.37	-19.19	-20.58	-12.98	-11.63	-12.26	-9.31	-9.95	-7.82	-7.60	-8.02	-12.91	-12.55
264H	-19.32	-19.72	-21.57	-13.55	-12.40	-12.32	-9.44	-10.13	-8.47	-8.11	-8.27	-13.79	-13.09
288H	-20.28	-20.38	-22.40	-14.04	-12.91	-12.14	-9.51	-10.00	-8.84	-8.37	-8.49	-14.13	-13.46

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	4.39	4.94	4.97	4.27	4.49	4.72	3.99	3.77	3.94	4.11	3.73	3.52	4.24
48H	7.22	7.83	7.36	6.42	6.74	7.29	5.91	5.66	5.77	5.80	5.57	5.45	6.42
72H	9.71	10.53	9.74	8.35	8.79	9.44	7.39	7.12	7.14	6.89	6.83	7.04	8.25
96H	12.01	12.97	12.00	9.80	10.44	11.16	8.74	8.47	8.48	8.27	8.01	8.74	9.92
120H	14.10	15.25	14.19	11.17	11.91	12.84	9.95	9.81	9.52	9.16	9.25	10.36	11.46
144H	16.00	17.80	16.44	12.58	13.07	14.18	11.29	11.32	10.50	10.52	10.60	12.24	13.04
168H	17.82	19.89	18.97	14.17	14.32	15.68	12.53	13.25	11.63	11.86	11.96	14.24	14.69
192H	19.82	21.47	21.36	15.76	15.32	16.83	13.88	15.27	12.93	13.31	13.27	15.99	16.27
216H	21.86	23.14	23.12	17.19	16.36	17.68	14.97	17.39	14.45	14.35	14.76	17.51	17.73
240H	23.47	24.24	24.59	18.16	17.68	18.19	16.31	18.76	15.95	15.16	15.54	19.07	18.93
264H	24.98	25.10	25.97	19.50	19.04	18.91	17.56	19.52	17.40	16.03	16.34	20.43	20.07
288H	26.38	25.97	27.25	20.50	19.72	19.69	18.56	20.13	18.05	17.15	17.39	21.56	21.03

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	34.29	38.19	38.62	37.20	35.40	32.86	32.88	32.90	36.03	37.88	37.76	37.43	35.95
48H	41.38	45.33	44.98	44.15	41.75	39.50	40.46	40.66	44.41	45.75	46.03	45.55	43.33
72H	45.98	49.86	49.11	48.94	45.57	43.65	45.14	46.35	50.08	50.79	51.29	50.59	48.11
96H	50.50	53.76	52.48	52.58	48.86	47.75	48.96	50.39	53.95	54.51	55.31	54.66	51.97
120H	54.21	58.03	55.63	55.99	51.89	51.36	52.48	53.65	57.65	58.00	59.12	58.67	55.56
144H	57.55	61.91	58.66	59.26	54.90	55.23	56.17	57.17	61.05	61.61	62.88	62.76	59.10
168H	61.03	64.95	62.12	62.60	58.30	58.91	59.09	61.47	64.77	64.84	65.57	66.50	62.51
192H	64.71	68.29	65.37	66.19	61.58	61.56	62.00	65.30	67.42	67.91	69.11	70.26	65.81
216H	67.78	71.87	68.01	69.71	64.92	63.94	64.35	68.20	69.99	70.83	71.75	73.82	68.76
240H	70.24	74.55	70.12	72.45	67.67	66.27	67.20	70.03	72.67	72.82	74.56	76.98	71.30
264H	72.97	77.18	72.46	75.40	70.09	67.80	70.15	71.75	75.65	75.66	76.81	79.74	73.80
288H	75.05	78.51	74.68	77.37	71.51	70.50	71.82	73.67	76.85	77.84	79.34	81.89	75.75

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	0.96	0.95	0.96	0.96	0.97	0.97	0.97	0.96	0.96	0.96	0.97	0.96
48H	0.95	0.93	0.92	0.94	0.94	0.94	0.94	0.95	0.92	0.93	0.93	0.94	0.93
72H	0.93	0.89	0.88	0.91	0.90	0.90	0.91	0.92	0.88	0.90	0.90	0.92	0.90
96H	0.90	0.86	0.85	0.88	0.86	0.86	0.88	0.88	0.84	0.86	0.86	0.88	0.87
120H	0.87	0.82	0.82	0.83	0.82	0.80	0.84	0.84	0.80	0.84	0.83	0.84	0.83
144H	0.84	0.76	0.76	0.78	0.78	0.75	0.77	0.79	0.75	0.79	0.77	0.78	0.78
168H	0.79	0.71	0.69	0.72	0.72	0.67	0.69	0.71	0.67	0.72	0.72	0.71	0.71
192H	0.73	0.65	0.61	0.63	0.63	0.62	0.63	0.60	0.59	0.64	0.66	0.63	0.63
216H	0.67	0.57	0.55	0.55	0.52	0.55	0.57	0.49	0.49	0.58	0.59	0.54	0.56
240H	0.62	0.51	0.49	0.48	0.45	0.50	0.49	0.41	0.38	0.53	0.53	0.46	0.49
264H	0.56	0.45	0.42	0.38	0.39	0.43	0.41	0.36	0.25	0.46	0.45	0.37	0.41
288H	0.50	0.40	0.36	0.32	0.35	0.35	0.33	0.32	0.21	0.36	0.35	0.30	0.34

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	-0.31	-0.35	-0.41	-0.33	-0.27	-0.20	0.01	0.07	-0.04	-0.14	-0.15	-0.09	-0.18
48H	-0.44	-0.49	-0.61	-0.45	-0.35	-0.21	0.12	0.07	-0.03	-0.15	-0.13	-0.05	-0.23
72H	-0.42	-0.54	-0.68	-0.49	-0.40	-0.19	0.28	0.12	0.04	-0.16	-0.05	0.09	-0.20
96H	-0.36	-0.54	-0.71	-0.51	-0.39	-0.19	0.29	0.24	0.08	-0.15	-0.01	0.15	-0.18
120H	-0.22	-0.50	-0.60	-0.48	-0.37	-0.20	0.26	0.37	0.11	-0.08	-0.02	0.24	-0.12
144H	-0.15	-0.39	-0.53	-0.45	-0.37	-0.18	0.17	0.54	0.14	-0.07	-0.02	0.37	-0.07
168H	-0.11	-0.18	-0.40	-0.38	-0.41	-0.23	0.14	0.63	0.11	-0.07	-0.02	0.50	-0.03
192H	-0.03	-0.05	-0.27	-0.28	-0.40	-0.26	0.18	0.68	0.01	-0.07	-0.03	0.51	0.00
216H	0.06	-0.02	-0.13	-0.27	-0.37	-0.33	0.19	0.67	-0.10	-0.07	-0.06	0.51	0.00
240H	0.17	-0.01	-0.04	-0.29	-0.35	-0.45	0.24	0.62	-0.24	-0.07	-0.04	0.58	0.00
264H	0.20	-0.15	0.06	-0.17	-0.28	-0.56	0.31	0.57	-0.16	-0.09	-0.17	0.77	0.02
288H	0.13	-0.09	0.11	-0.05	-0.27	-0.54	0.38	0.54	-0.11	-0.02	-0.17	0.82	0.05

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	3.86	3.95	3.85	3.40	3.34	3.48	3.65	3.72	3.65	3.70	3.73	3.78	3.67
48H	5.34	5.42	5.22	4.68	4.58	4.80	5.24	5.39	5.16	5.12	5.37	5.47	5.15
72H	6.42	6.47	6.16	5.67	5.53	5.83	6.38	6.65	6.28	6.18	6.67	6.69	6.25
96H	7.36	7.43	7.02	6.47	6.34	6.70	7.29	7.70	7.23	7.15	7.72	7.73	7.18
120H	8.14	8.30	7.83	7.24	7.11	7.62	8.01	8.67	8.12	8.07	8.67	8.64	8.04
144H	8.86	9.14	8.49	7.97	7.89	8.56	8.73	9.45	8.81	8.91	9.52	9.57	8.83
168H	9.60	9.94	9.22	8.78	8.70	9.32	9.36	10.15	9.61	9.74	10.35	10.63	9.62
192H	10.44	10.71	9.95	9.64	9.53	9.79	10.13	10.98	10.22	10.48	11.10	11.60	10.38
216H	11.30	11.27	10.64	10.33	10.22	10.32	10.78	11.67	10.68	11.18	11.80	12.25	11.04
240H	12.11	11.78	11.31	11.03	10.87	10.87	11.42	12.20	11.20	11.72	12.47	12.75	11.64
264H	12.82	12.20	12.03	11.61	11.46	11.16	11.93	12.56	11.92	12.15	13.07	13.49	12.20
288H	13.30	12.56	12.64	12.06	12.08	11.69	12.39	13.05	12.35	12.76	13.55	13.99	12.70

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	-0.05	-0.08	-0.04	0.02	0.04	0.08	0.07	0.09	0.10	0.06	-0.01	-0.06	0.02
48H	-0.06	-0.08	-0.02	0.05	0.09	0.14	0.12	0.16	0.17	0.11	0.00	-0.08	0.04
72H	-0.02	-0.05	0.00	0.05	0.11	0.18	0.11	0.17	0.21	0.16	0.02	-0.11	0.07
96H	0.02	-0.02	0.00	0.05	0.11	0.21	0.12	0.26	0.26	0.25	0.07	-0.07	0.10
120H	0.10	0.01	0.03	0.01	0.11	0.19	0.14	0.38	0.30	0.32	0.14	-0.06	0.14
144H	0.16	0.10	0.05	-0.04	0.11	0.19	0.16	0.47	0.30	0.34	0.20	0.00	0.17
168H	0.21	0.16	0.13	-0.08	0.15	0.17	0.17	0.53	0.32	0.39	0.23	0.08	0.21
192H	0.27	0.11	0.21	-0.11	0.12	0.18	0.23	0.63	0.34	0.47	0.26	0.15	0.24
216H	0.41	0.11	0.28	-0.14	0.14	0.25	0.34	0.82	0.38	0.57	0.35	0.30	0.32
240H	0.50	0.10	0.36	-0.19	0.17	0.34	0.45	0.89	0.50	0.55	0.51	0.45	0.39
264H	0.60	0.10	0.35	-0.32	0.20	0.41	0.46	0.88	0.58	0.55	0.60	0.53	0.41
288H	0.72	0.05	0.30	-0.38	0.17	0.37	0.52	0.81	0.51	0.66	0.67	0.55	0.41

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	0.88	0.92	0.98	1.04	1.00	1.07	1.06	1.06	1.06	1.00	0.89	0.81	0.98
48H	1.49	1.57	1.74	1.86	1.80	1.93	1.94	1.92	1.88	1.73	1.56	1.42	1.74
72H	2.26	2.42	2.70	2.87	2.85	2.98	3.08	3.05	2.90	2.57	2.34	2.21	2.69
96H	3.21	3.44	3.91	4.14	4.09	4.28	4.56	4.55	4.08	3.56	3.31	3.13	3.86
120H	4.23	4.49	5.21	5.52	5.51	5.69	6.20	6.27	5.34	4.80	4.49	4.09	5.15
144H	5.28	5.59	6.29	7.02	6.81	7.10	7.63	7.92	6.60	6.08	5.72	5.08	6.43
168H	6.38	6.70	7.30	8.40	8.29	8.31	8.66	9.65	7.98	7.42	6.80	5.96	7.65
192H	7.11	7.55	8.18	9.46	9.40	9.40	9.94	11.22	9.34	8.62	7.77	6.98	8.75
216H	7.81	8.50	9.13	10.26	10.15	10.45	11.27	12.28	10.30	9.54	8.71	7.93	9.69
240H	8.41	9.47	9.78	11.10	10.97	11.24	12.18	13.19	11.01	10.02	9.41	8.59	10.45
264H	9.02	10.08	10.52	11.73	11.58	11.83	13.04	13.50	11.87	10.59	9.85	9.10	11.06
288H	9.36	10.36	11.11	12.10	12.10	12.33	13.52	13.76	12.22	11.33	10.30	9.35	11.48

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	16.55	16.54	17.14	16.78	16.64	16.74	17.07	17.17	16.63	17.07	16.64	17.07	16.84
48H	24.27	24.04	25.28	25.46	25.08	25.55	25.97	25.95	24.88	24.85	24.52	24.90	25.06
72H	31.94	31.79	33.59	34.08	33.90	34.16	35.03	35.13	32.97	32.55	31.94	32.66	33.31
96H	39.95	40.21	42.75	42.77	42.52	42.93	44.24	44.74	40.85	40.03	39.67	40.46	41.76
120H	47.47	47.81	51.10	51.27	50.78	50.77	52.97	53.56	48.53	47.76	47.38	47.86	49.77
144H	54.33	55.01	57.69	58.98	58.11	58.05	59.53	61.91	55.14	54.82	54.76	55.20	56.96
168H	60.73	61.52	63.01	65.60	65.32	63.91	63.92	68.85	62.02	61.20	60.58	61.19	63.15
192H	65.05	65.55	66.85	70.75	71.01	68.59	68.72	74.90	67.18	66.18	65.08	66.57	68.04
216H	69.14	69.62	70.40	73.68	74.44	71.96	73.12	78.31	70.57	70.96	69.00	71.55	71.90
240H	72.15	73.37	73.55	77.06	77.70	75.15	76.67	80.85	73.00	72.76	72.57	74.43	74.94
264H	73.83	75.59	75.27	79.67	78.52	77.12	79.95	82.65	76.26	75.09	75.03	76.63	77.13
288H	75.08	76.77	77.47	79.64	80.16	78.23	81.03	83.54	77.26	78.16	77.27	77.57	78.52

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	0.07	0.00	-0.10	-0.26	-0.29	-0.42	-0.35	-0.25	-0.12	-0.05	-0.07	-0.15
48H	-0.02	0.05	-0.06	-0.20	-0.43	-0.48	-0.66	-0.55	-0.44	-0.23	-0.13	-0.16	-0.28
72H	-0.08	0.01	-0.13	-0.27	-0.54	-0.60	-0.79	-0.67	-0.55	-0.31	-0.19	-0.24	-0.36
96H	-0.13	-0.03	-0.20	-0.34	-0.62	-0.69	-0.89	-0.74	-0.61	-0.36	-0.24	-0.31	-0.43
120H	-0.17	-0.06	-0.28	-0.39	-0.67	-0.74	-0.96	-0.76	-0.64	-0.40	-0.28	-0.37	-0.48
144H	-0.22	-0.09	-0.36	-0.41	-0.72	-0.77	-1.01	-0.80	-0.68	-0.42	-0.32	-0.40	-0.52
168H	-0.27	-0.17	-0.44	-0.42	-0.78	-0.80	-1.06	-0.79	-0.70	-0.41	-0.35	-0.42	-0.55
192H	-0.33	-0.26	-0.47	-0.42	-0.81	-0.80	-1.09	-0.79	-0.71	-0.44	-0.37	-0.46	-0.58
216H	-0.38	-0.34	-0.52	-0.40	-0.82	-0.78	-1.12	-0.80	-0.70	-0.48	-0.44	-0.50	-0.61
240H	-0.42	-0.37	-0.56	-0.39	-0.81	-0.77	-1.19	-0.77	-0.70	-0.50	-0.51	-0.52	-0.63
264H	-0.45	-0.39	-0.57	-0.38	-0.81	-0.73	-1.19	-0.75	-0.68	-0.50	-0.54	-0.56	-0.63
288H	-0.48	-0.41	-0.57	-0.38	-0.80	-0.69	-1.19	-0.73	-0.68	-0.52	-0.55	-0.61	-0.63

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	0.88	0.94	1.02	0.98	1.00	1.02	1.09	1.06	1.08	0.98	0.92	0.88	0.99
48H	1.29	1.33	1.46	1.45	1.47	1.53	1.65	1.58	1.60	1.43	1.33	1.28	1.45
72H	1.66	1.68	1.87	1.88	1.91	2.00	2.10	2.08	2.07	1.82	1.66	1.61	1.86
96H	2.03	2.10	2.34	2.39	2.38	2.47	2.58	2.58	2.54	2.20	2.04	1.95	2.30
120H	2.40	2.53	2.81	2.86	2.85	2.98	3.10	3.10	3.02	2.65	2.45	2.34	2.76
144H	2.82	3.00	3.29	3.42	3.38	3.44	3.63	3.69	3.54	3.07	2.89	2.73	3.24
168H	3.28	3.40	3.67	3.91	3.82	3.85	4.03	4.22	3.99	3.53	3.29	3.13	3.68
192H	3.68	3.76	3.99	4.32	4.30	4.18	4.39	4.68	4.45	3.92	3.66	3.50	4.07
216H	3.90	4.09	4.31	4.59	4.66	4.46	4.76	5.06	4.88	4.32	4.01	3.86	4.41
240H	4.11	4.34	4.48	4.82	4.83	4.68	5.11	5.42	5.14	4.61	4.31	4.14	4.67
264H	4.25	4.61	4.65	5.10	4.95	4.92	5.39	5.58	5.31	4.92	4.54	4.33	4.88
288H	4.41	4.82	4.86	5.20	5.16	5.07	5.50	5.69	5.41	5.18	4.68	4.50	5.04

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	35.85	35.31	35.00	32.97	33.50	33.86	35.71	35.04	34.89	35.54	35.75	35.74	34.93
48H	47.74	45.82	46.18	44.38	45.17	45.94	47.83	46.74	46.41	46.33	47.34	47.50	46.45
72H	55.44	52.86	53.66	51.94	53.16	54.18	55.70	54.87	54.35	53.44	54.36	54.66	54.05
96H	61.46	58.97	60.00	58.44	59.29	60.51	62.06	61.57	60.27	58.82	60.26	60.06	60.14
120H	66.25	63.96	65.18	63.00	64.54	65.67	67.09	66.73	65.43	64.08	65.04	65.28	65.19
144H	70.16	68.20	68.91	67.78	68.91	69.66	71.19	71.50	69.58	68.06	69.27	69.64	69.41
168H	73.84	71.54	71.90	71.12	72.19	72.65	73.81	75.23	72.92	71.33	72.66	73.01	72.68
192H	76.87	73.87	73.66	73.62	75.07	75.28	75.96	77.98	75.58	73.88	75.25	76.05	75.26
216H	78.20	75.72	75.51	75.48	76.75	77.03	77.90	79.78	77.97	76.32	77.44	78.61	77.23
240H	79.41	77.43	76.81	77.14	78.08	78.31	79.29	81.23	79.33	77.53	79.24	80.58	78.70
264H	80.23	78.97	77.85	78.09	78.69	79.38	80.92	81.99	80.27	78.73	80.78	81.27	79.76
288H	80.86	80.02	78.40	78.25	79.33	79.99	81.52	82.34	80.35	80.44	81.84	82.06	80.45

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	0.96	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
48H	0.94	0.94	0.92	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.93	0.94	0.93	0.93	0.94
72H	0.90	0.90	0.87	0.90	0.90	0.89	0.90	0.90	0.89	0.91	0.90	0.90	0.90
96H	0.84	0.85	0.80	0.84	0.85	0.83	0.84	0.84	0.83	0.86	0.85	0.85	0.84
120H	0.78	0.77	0.71	0.77	0.78	0.75	0.76	0.77	0.76	0.80	0.78	0.78	0.77
144H	0.69	0.67	0.60	0.66	0.68	0.65	0.66	0.66	0.67	0.73	0.70	0.70	0.67
168H	0.58	0.57	0.51	0.56	0.58	0.55	0.57	0.55	0.58	0.64	0.62	0.61	0.58
192H	0.48	0.48	0.43	0.45	0.47	0.47	0.48	0.44	0.48	0.55	0.53	0.51	0.48
216H	0.41	0.39	0.33	0.37	0.38	0.40	0.38	0.35	0.36	0.45	0.44	0.40	0.39
240H	0.34	0.33	0.27	0.30	0.33	0.33	0.29	0.25	0.29	0.37	0.35	0.31	0.31
264H	0.30	0.26	0.23	0.22	0.29	0.27	0.21	0.22	0.23	0.27	0.29	0.23	0.25
288H	0.24	0.20	0.18	0.19	0.23	0.23	0.18	0.19	0.20	0.20	0.22	0.18	0.20

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	-1.60	-1.75	-2.94	-2.82	-3.66	-3.61	-3.11	-2.41	-1.90	-1.01	-0.73	-1.01	-2.21
48H	-2.51	-2.72	-4.64	-4.55	-5.71	-5.68	-4.67	-3.42	-2.84	-1.52	-1.08	-1.37	-3.39
72H	-3.01	-3.38	-5.92	-5.75	-7.07	-7.18	-5.68	-3.97	-3.26	-1.72	-1.22	-1.61	-4.15
96H	-3.36	-3.88	-7.36	-6.76	-8.35	-8.41	-6.14	-3.62	-3.32	-1.25	-1.03	-1.52	-4.58
120H	-3.57	-4.41	-8.70	-7.67	-9.54	-9.42	-6.27	-2.85	-3.25	-0.93	-0.80	-1.44	-4.90
144H	-4.01	-4.65	-9.83	-8.76	-10.42	-9.88	-6.25	-2.29	-3.43	-0.72	-0.79	-1.09	-5.18
168H	-4.81	-5.47	-10.62	-9.60	-11.17	-10.19	-6.34	-1.53	-3.21	-0.33	-0.95	-0.61	-5.40
192H	-5.62	-6.95	-10.81	-10.49	-11.67	-10.61	-6.06	-0.96	-2.91	0.13	-1.19	-0.34	-5.62
216H	-5.63	-8.09	-11.15	-10.92	-11.77	-10.25	-5.81	0.47	-2.36	0.56	-1.21	-0.13	-5.52
240H	-6.13	-8.77	-11.08	-11.29	-11.88	-9.40	-5.92	1.37	-1.59	-0.18	-0.81	0.26	-5.45
264H	-6.62	-9.24	-11.50	-12.02	-11.46	-8.49	-6.02	1.18	-1.63	-0.43	-1.21	0.14	-5.61
288H	-6.96	-9.60	-11.88	-12.32	-11.16	-8.04	-5.58	1.05	-2.91	-0.70	-1.68	-0.08	-5.82

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	8.00	8.58	9.42	9.17	9.43	9.74	9.63	9.27	9.62	9.32	8.40	7.63	9.02
48H	14.85	15.47	17.76	18.13	18.07	18.87	18.80	17.84	17.95	17.00	15.84	14.31	17.07
72H	23.50	24.48	28.80	29.04	28.90	30.45	29.84	29.10	28.47	26.01	24.46	22.45	27.13
96H	33.46	36.09	42.27	42.37	42.06	43.80	44.48	43.39	41.43	36.81	35.00	32.03	39.43
120H	44.65	48.93	57.00	58.00	56.52	58.57	60.37	60.19	55.18	49.61	47.64	42.81	53.29
144H	58.44	62.52	70.04	75.22	70.62	73.33	76.44	78.86	68.93	63.51	60.95	54.60	67.79
168H	71.88	75.64	82.21	92.19	87.81	88.13	89.54	98.11	84.63	78.02	73.32	64.91	82.20
192H	81.56	85.45	92.27	106.13	103.63	99.60	102.60	115.34	100.63	91.31	85.59	76.77	95.07
216H	88.70	96.54	103.28	115.30	113.39	110.21	116.77	128.83	113.66	102.54	94.83	88.79	106.07
240H	96.12	107.32	110.82	125.30	120.85	119.31	129.54	140.44	121.73	111.10	102.87	96.92	115.20
264H	102.44	116.49	118.68	134.45	127.72	126.92	139.89	146.09	128.25	119.95	109.57	103.51	122.83
288H	108.64	121.75	126.40	139.13	135.04	134.21	145.91	150.24	133.32	130.41	115.40	106.25	128.89

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	11.31	11.56	11.59	10.67	10.55	10.91	11.56	11.62	11.56	11.97	11.95	11.71	11.41
48H	18.38	18.42	18.77	18.23	17.95	18.85	19.42	19.28	18.86	19.02	19.42	19.01	18.80
72H	25.39	25.34	26.25	25.75	25.37	26.72	26.77	26.87	25.86	25.48	26.26	26.06	26.01
96H	32.41	32.82	34.34	33.31	32.54	34.17	34.55	34.66	32.75	31.85	33.18	32.87	33.29
120H	38.85	39.82	41.86	40.83	39.47	41.08	41.66	42.13	39.19	38.54	40.04	39.58	40.25
144H	45.60	46.23	47.78	48.09	45.63	46.86	47.63	49.43	44.87	44.56	46.38	46.02	46.59
168H	51.56	52.09	52.67	54.42	52.26	52.69	52.03	55.81	50.98	50.16	51.68	51.66	52.33
192H	55.64	56.09	56.44	59.14	57.60	56.74	55.82	61.22	55.96	55.02	56.14	56.70	56.88
216H	58.88	60.15	60.05	61.66	60.84	59.91	60.00	65.24	60.04	59.28	59.76	61.33	60.60
240H	61.83	63.53	63.05	64.73	63.41	62.29	63.70	68.02	62.58	61.59	63.04	63.84	63.47
264H	63.54	66.45	65.08	67.39	65.11	64.58	66.95	69.82	64.78	64.21	65.80	66.29	65.83
288H	65.30	68.14	67.17	68.39	67.08	65.95	68.52	71.02	65.81	67.26	68.18	67.55	67.53

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	0.99	0.99	0.99
72H	0.97	0.97	0.96	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
96H	0.94	0.93	0.91	0.93	0.94	0.94	0.93	0.93	0.94	0.95	0.94	0.93	0.93
120H	0.88	0.87	0.84	0.87	0.89	0.89	0.88	0.87	0.89	0.90	0.89	0.87	0.88
144H	0.80	0.79	0.75	0.77	0.82	0.82	0.80	0.77	0.82	0.83	0.82	0.80	0.80
168H	0.70	0.68	0.66	0.65	0.71	0.74	0.72	0.65	0.73	0.75	0.74	0.72	0.70
192H	0.61	0.59	0.57	0.53	0.60	0.66	0.63	0.52	0.61	0.65	0.66	0.61	0.60
216H	0.55	0.49	0.46	0.44	0.51	0.58	0.52	0.42	0.51	0.55	0.57	0.48	0.51
240H	0.47	0.38	0.39	0.34	0.45	0.51	0.41	0.31	0.44	0.47	0.48	0.39	0.42
264H	0.40	0.28	0.31	0.25	0.39	0.44	0.32	0.24	0.37	0.38	0.39	0.30	0.34
288H	0.31	0.23	0.22	0.20	0.31	0.38	0.26	0.19	0.31	0.28	0.32	0.26	0.27

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	-0.22	-0.24	-0.20	-0.17	-0.12	-0.09	0.08	0.02	-0.02	-0.11	-0.16	-0.08	-0.11
48H	-0.34	-0.42	-0.31	-0.22	-0.15	-0.19	0.15	0.06	0.04	-0.07	-0.11	-0.02	-0.13
72H	-0.41	-0.55	-0.46	-0.24	-0.18	-0.25	0.21	0.15	0.07	-0.04	-0.07	0.00	-0.15
96H	-0.42	-0.67	-0.54	-0.29	-0.24	-0.29	0.19	0.15	0.08	-0.05	-0.08	0.02	-0.18
120H	-0.47	-0.86	-0.61	-0.30	-0.28	-0.39	0.10	0.17	0.10	-0.11	-0.07	-0.01	-0.23
144H	-0.60	-1.09	-0.56	-0.48	-0.38	-0.49	-0.02	0.17	0.10	-0.17	0.00	-0.04	-0.30
168H	-0.66	-1.25	-0.49	-0.65	-0.45	-0.52	0.00	0.03	0.08	-0.28	-0.06	-0.11	-0.36
192H	-0.78	-1.28	-0.52	-0.70	-0.43	-0.48	-0.16	-0.06	0.04	-0.41	-0.01	-0.19	-0.41
216H	-0.83	-1.17	-0.64	-0.67	-0.36	-0.39	-0.31	-0.15	-0.07	-0.50	-0.04	-0.26	-0.45
240H	-0.91	-1.03	-0.66	-0.64	-0.35	-0.29	-0.40	-0.25	-0.22	-0.52	-0.17	-0.30	-0.48
264H	-0.97	-0.96	-0.56	-0.62	-0.43	-0.31	-0.47	-0.13	-0.39	-0.63	-0.25	-0.35	-0.50
288H	-1.09	-0.80	-0.49	-0.60	-0.51	-0.28	-0.55	0.04	-0.38	-0.65	-0.49	-0.34	-0.51

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	4.10	4.17	4.33	4.12	4.03	3.97	4.12	4.00	4.03	4.26	4.10	3.89	4.09
48H	6.41	6.39	6.68	6.49	6.50	6.50	6.53	6.30	6.27	6.48	6.43	6.07	6.42
72H	8.94	8.74	9.28	9.03	8.95	9.21	9.07	8.81	8.65	8.43	8.60	8.23	8.83
96H	11.48	11.37	12.66	11.86	11.50	12.12	12.05	11.57	11.33	10.77	11.00	10.32	11.50
120H	13.91	14.14	15.79	14.99	14.39	14.82	15.00	14.57	14.00	13.22	13.58	12.76	14.26
144H	16.51	16.69	18.51	18.04	17.11	17.84	17.70	18.10	16.96	15.77	15.98	15.28	17.04
168H	18.89	19.11	20.67	20.92	19.94	20.60	20.37	21.31	19.77	18.34	18.18	17.79	19.66
192H	20.70	21.02	22.13	23.34	22.51	22.65	22.30	24.07	22.20	20.61	20.36	20.17	21.84
216H	22.02	22.64	23.99	24.90	24.46	24.51	24.43	26.20	24.40	22.93	21.85	22.33	23.72
240H	23.17	24.01	25.33	26.08	25.76	26.08	26.59	27.78	25.96	24.53	23.40	23.51	25.18
264H	23.94	25.30	26.21	27.30	26.67	27.73	28.29	29.06	27.24	25.62	24.85	24.52	26.40
288H	24.63	26.31	27.10	28.44	27.67	28.47	29.35	30.22	27.84	27.14	26.07	25.41	27.39

3.1.3 전지구예측시스템 관측 검증

3.1.3.1 존재자료를 이용한 아시아 영역 관측검증

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	-0.46	-0.54	-0.36	-0.12	-0.10	0.18	0.11	-0.05	-0.15	0.00	0.00	0.01	-0.12
48H	-0.65	-0.86	-0.57	-0.13	-0.11	0.27	0.15	-0.12	-0.27	0.08	0.09	0.10	-0.17
72H	-0.82	-1.07	-0.68	-0.11	-0.06	0.32	0.17	-0.11	-0.33	0.16	0.23	0.28	-0.17
96H	-0.90	-1.28	-0.76	-0.14	-0.05	0.39	0.27	-0.06	-0.29	0.24	0.44	0.40	-0.14
120H	-1.01	-1.40	-0.78	-0.23	-0.06	0.36	0.25	-0.11	-0.28	0.23	0.47	0.36	-0.18
144H	-1.05	-1.39	-0.85	-0.31	-0.11	0.31	0.26	-0.14	-0.31	0.36	0.52	0.46	-0.19
168H	-1.16	-1.59	-0.98	-0.44	-0.14	0.28	0.35	-0.13	-0.27	0.37	0.70	0.56	-0.21
192H	-1.27	-1.97	-1.11	-0.33	-0.13	0.20	0.42	-0.28	-0.27	0.30	0.59	0.46	-0.28
216H	-1.50	-2.25	-1.28	-0.21	0.01	0.10	0.47	-0.45	-0.39	0.36	0.35	0.09	-0.39
240H	-1.49	-2.23	-1.25	-0.23	0.04	0.15	0.43	-0.48	-0.36	0.12	0.10	-0.06	-0.44
264H	-1.36	-2.22	-0.85	-0.31	0.26	0.11	0.48	-0.44	-0.21	-0.08	-0.01	0.31	-0.36
288H	-1.42	-2.11	-0.81	-0.40	0.14	0.30	0.58	-0.44	-0.39	-0.01	0.00	0.25	-0.36

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	1.61	1.65	1.46	1.27	1.37	1.39	1.24	1.13	1.20	1.27	1.56	1.81	1.41
48H	1.91	2.02	1.77	1.58	1.81	1.78	1.51	1.36	1.45	1.48	1.74	2.07	1.71
72H	2.26	2.36	2.08	1.85	2.21	2.12	1.81	1.63	1.67	1.73	2.01	2.37	2.01
96H	2.65	2.70	2.48	2.14	2.64	2.40	2.08	1.92	1.96	2.03	2.27	2.67	2.33
120H	3.09	3.17	2.91	2.63	3.08	2.66	2.35	2.30	2.34	2.34	2.75	3.19	2.73
144H	3.51	3.54	3.29	3.13	3.44	2.99	2.65	2.68	2.78	2.76	3.33	3.57	3.14
168H	3.97	4.05	3.84	3.65	3.76	3.37	2.85	2.95	3.08	3.11	3.73	3.83	3.51
192H	4.33	4.50	4.41	4.26	4.28	3.57	3.03	3.29	3.35	3.64	4.33	4.33	3.94
216H	4.85	5.17	5.05	4.31	4.85	3.77	3.23	3.54	3.67	3.89	4.98	4.90	4.35
240H	5.26	5.67	5.45	4.40	5.06	4.02	3.34	3.84	3.72	4.30	5.31	5.31	4.64
264H	5.67	6.18	5.54	4.84	5.25	4.17	3.54	4.05	3.74	4.62	5.37	5.41	4.86
288H	5.93	6.83	5.77	5.05	5.36	4.28	3.57	4.12	4.04	4.94	5.70	5.81	5.12

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	0.89	0.91	0.92	0.92	0.94	0.85	0.82	0.87	0.87	0.92	0.91	0.90	0.89
48H	0.92	0.93	0.94	0.93	0.94	0.86	0.85	0.89	0.89	0.93	0.93	0.92	0.91
72H	0.92	0.92	0.93	0.91	0.93	0.83	0.82	0.88	0.89	0.92	0.92	0.91	0.90
96H	0.88	0.90	0.91	0.88	0.90	0.80	0.79	0.85	0.87	0.91	0.90	0.88	0.87
120H	0.84	0.88	0.89	0.84	0.86	0.77	0.76	0.80	0.83	0.89	0.88	0.86	0.84
144H	0.80	0.85	0.88	0.80	0.78	0.73	0.72	0.75	0.77	0.85	0.84	0.84	0.80
168H	0.78	0.82	0.84	0.77	0.78	0.69	0.69	0.69	0.71	0.82	0.80	0.81	0.77
192H	0.76	0.79	0.80	0.69	0.74	0.66	0.67	0.63	0.66	0.78	0.75	0.74	0.72
216H	0.70	0.71	0.74	0.65	0.66	0.63	0.65	0.58	0.61	0.75	0.71	0.72	0.68
240H	0.63	0.66	0.70	0.63	0.63	0.61	0.64	0.52	0.60	0.72	0.67	0.69	0.64
264H	0.56	0.62	0.66	0.61	0.61	0.58	0.60	0.48	0.59	0.68	0.64	0.67	0.61
288H	0.50	0.56	0.61	0.58	0.59	0.58	0.59	0.46	0.57	0.64	0.58	0.58	0.57

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	-2.44	-2.13	-1.57	2.13	3.11	2.67	1.59	2.02	0.82	2.71	1.44	0.20	0.88
48H	-4.99	-4.90	-3.73	2.83	3.45	2.76	1.91	1.44	0.57	2.86	0.73	-2.19	0.06
72H	-6.43	-6.53	-4.74	3.44	3.85	4.15	2.53	1.62	-0.06	2.93	1.49	-2.56	-0.02
96H	-7.29	-7.03	-4.43	2.01	3.40	4.42	1.33	0.97	-1.14	3.12	4.09	-2.37	-0.24
120H	-8.91	-8.81	-3.78	0.27	2.60	4.10	-0.29	-0.71	-2.29	2.63	6.02	-3.76	-1.08
144H	-9.74	-10.92	-3.67	-1.49	2.87	3.28	-1.92	-3.12	-4.15	3.19	7.33	-5.03	-1.95
168H	-10.15	-12.68	-6.56	-1.03	2.75	3.63	-3.11	-5.02	-7.15	6.29	8.81	-4.34	-2.38
192H	-11.20	-11.32	-10.42	0.30	3.16	3.33	-3.83	-10.09	-8.93	10.28	12.03	-6.71	-2.78
216H	-15.57	-10.40	-15.58	2.03	3.66	2.78	-3.16	-13.85	-9.05	10.61	12.04	-11.68	-4.01
240H	-16.12	-9.37	-19.63	3.17	5.63	-0.66	-4.04	-15.85	-6.49	9.86	9.96	-13.84	-4.78
264H	-12.90	-9.84	-20.76	5.35	6.46	-0.89	-2.27	-17.67	-4.50	13.10	7.17	-9.76	-3.88
288H	-8.64	-9.87	-16.21	6.70	2.45	-1.53	-2.00	-21.30	-6.75	17.57	11.82	-4.23	-2.67

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	12.40	12.69	11.85	11.37	11.98	12.13	11.68	13.25	12.21	12.63	13.21	12.78	12.35
48H	17.03	16.65	15.40	15.21	15.09	16.01	14.52	15.71	13.92	15.45	15.69	15.90	15.55
72H	23.44	22.45	20.87	19.38	20.33	21.06	18.47	19.68	17.09	19.76	20.13	20.80	20.29
96H	31.36	30.48	28.31	24.17	26.76	25.78	23.15	25.81	22.79	25.29	27.74	29.54	26.77
120H	40.31	38.86	36.67	32.36	35.17	30.61	28.37	33.44	29.07	32.27	37.92	39.09	34.51
144H	50.55	46.25	46.04	40.96	41.92	35.76	34.80	39.05	36.74	39.58	47.58	46.46	42.14
168H	61.80	55.94	57.36	52.58	51.63	42.96	38.61	44.64	45.12	47.47	57.33	53.29	50.73
192H	71.08	66.55	66.52	59.66	58.22	47.76	41.86	51.17	51.56	57.04	66.26	63.72	58.45
216H	79.24	79.70	77.45	65.46	67.59	50.29	46.69	58.64	57.92	62.75	75.75	75.77	66.44
240H	85.49	87.48	87.72	71.20	71.81	55.50	50.49	66.09	59.12	68.69	78.90	80.66	71.93
264H	90.13	94.18	88.46	76.86	74.87	57.66	53.65	71.18	64.06	75.62	83.79	86.37	76.40
288H	92.79	100.23	89.81	82.44	78.10	61.01	56.32	72.36	70.68	79.76	93.38	94.62	80.96

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	0.98	0.98	0.98	0.97	0.98	0.94	0.92	0.94	0.94	0.97	0.97	0.98	0.96
48H	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.94	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.97
72H	0.97	0.97	0.98	0.97	0.97	0.92	0.91	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.96
96H	0.94	0.94	0.97	0.94	0.95	0.89	0.88	0.90	0.93	0.95	0.95	0.93	0.93
120H	0.89	0.91	0.95	0.91	0.92	0.86	0.85	0.84	0.90	0.92	0.92	0.92	0.90
144H	0.85	0.90	0.93	0.87	0.88	0.83	0.81	0.79	0.87	0.89	0.88	0.89	0.87
168H	0.82	0.85	0.90	0.83	0.83	0.78	0.78	0.74	0.82	0.85	0.83	0.84	0.82
192H	0.79	0.80	0.86	0.79	0.78	0.73	0.75	0.70	0.77	0.80	0.79	0.77	0.78
216H	0.74	0.73	0.81	0.73	0.69	0.71	0.71	0.63	0.74	0.77	0.76	0.72	0.73
240H	0.69	0.67	0.72	0.66	0.67	0.69	0.68	0.60	0.74	0.74	0.72	0.72	0.69
264H	0.66	0.64	0.67	0.62	0.66	0.67	0.66	0.57	0.69	0.69	0.68	0.69	0.66
288H	0.63	0.58	0.67	0.59	0.60	0.65	0.60	0.56	0.66	0.66	0.61	0.62	0.62

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	-0.83	-0.51	-0.60	-0.51	-0.22	-0.61	-0.37	-0.34	-0.30	-0.57	-0.59	-0.56	-0.50
48H	-1.18	-0.95	-0.76	-0.84	-0.57	-0.98	-0.48	-0.39	-0.37	-0.70	-0.73	-0.59	-0.71
72H	-1.13	-1.05	-0.96	-1.05	-0.63	-1.18	-0.67	-0.33	-0.59	-0.64	-0.81	-0.57	-0.80
96H	-1.20	-1.05	-1.11	-1.11	-0.70	-1.44	-0.73	-0.42	-0.48	-0.72	-0.73	-0.50	-0.85
120H	-1.25	-1.11	-0.68	-1.09	-0.64	-1.44	-0.70	-0.47	-0.32	-0.63	-0.68	-0.33	-0.78
144H	-1.21	-1.35	-0.31	-1.33	-0.82	-1.48	-0.85	-0.31	-0.18	-0.69	-0.73	-0.30	-0.80
168H	-1.03	-1.32	-0.11	-1.09	-0.80	-1.47	-0.78	-0.62	0.21	-0.75	-0.97	-0.10	-0.74
192H	-1.19	-1.59	0.06	-0.77	-0.87	-1.47	-0.62	-0.23	0.12	-0.86	-0.98	0.13	-0.69
216H	-1.72	-1.93	0.17	-1.18	-1.24	-1.55	-0.78	-0.07	-0.10	-0.86	-1.00	0.50	-0.81
240H	-2.26	-1.92	-0.14	-1.39	-1.32	-1.39	-0.74	0.14	-0.10	-0.96	-1.17	0.18	-0.92
264H	-2.47	-1.85	-0.30	-1.70	-1.30	-1.23	-0.72	0.39	0.14	-1.09	-1.36	-0.08	-0.96
288H	-2.21	-1.83	-0.15	-1.59	-1.03	-1.54	-0.76	0.36	0.44	-0.96	-1.39	-0.13	-0.90

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	5.15	4.91	5.69	6.22	6.23	6.33	6.19	5.30	5.58	4.98	4.79	4.86	5.52
48H	6.32	6.18	7.06	8.14	7.92	8.49	8.63	7.01	7.06	5.85	5.88	5.72	7.02
72H	7.60	7.32	8.82	9.42	9.42	10.38	10.75	9.22	8.51	7.13	7.25	7.00	8.57
96H	9.59	9.19	10.45	11.01	11.16	12.23	12.57	11.44	10.26	8.57	8.74	8.62	10.32
120H	11.43	10.83	12.06	12.70	13.10	13.87	14.01	13.48	12.10	10.06	11.09	11.11	12.15
144H	13.41	12.28	14.25	14.98	15.07	15.59	15.41	15.55	13.92	11.81	13.00	12.77	14.00
168H	15.12	14.46	16.20	17.36	17.29	17.62	17.06	16.84	15.38	13.34	14.98	13.99	15.80
192H	16.86	17.12	18.15	18.96	19.31	18.78	17.96	18.24	16.53	15.39	17.37	15.85	17.54
216H	18.42	19.44	20.12	19.91	21.41	19.67	19.09	19.86	17.43	16.75	19.43	17.87	19.12
240H	19.86	21.41	21.56	20.46	22.42	20.77	20.08	21.00	18.29	18.09	20.75	19.42	20.34
264H	21.32	22.75	21.81	21.70	23.62	21.45	20.55	21.30	19.62	19.25	21.32	20.56	21.27
288H	22.22	23.62	21.93	22.54	23.18	21.59	21.30	21.04	19.83	20.62	22.59	21.35	21.82

3.1.3.2 GDAPS 강수검증 (한반도 76개 ASOS 지점 관측자료)

표 3.1.48 GDAPS 강수 Threat Score

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

표 3.1.49 GDAPS 강수 Equitable Threat Score

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

표 3.1.50 GDAPS 강수 BIAS

Threshold = 0.1 mm								Threshold = 5 mm							
MNIH	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL	MNIH	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL
Jan.	1.01	1.16	1.17	1.17	1.25	1.27	1.17	Jan.	0.87	0.50	0.50	0.53	0.47	0.75	0.60
Feb.	1.02	1.11	1.07	1.26	1.30	1.20	1.16	Feb.	0.77	0.88	0.99	1.10	1.20	1.31	1.04
Mar.	1.17	1.42	1.48	1.53	1.56	1.71	1.48	Mar.	0.80	0.96	0.84	0.72	0.81	0.83	0.83
Apr.	1.28	1.43	1.39	1.40	1.45	1.57	1.42	Apr.	0.91	0.97	0.95	0.81	0.92	0.95	0.92
May.	1.29	1.38	1.37	1.33	1.38	1.54	1.38	May.	1.08	1.08	0.93	0.87	0.88	0.96	0.97
Jun.	1.93	2.17	2.05	2.12	2.23	2.20	2.12	Jun.	1.21	1.09	0.75	1.02	1.27	1.47	1.14
Jul.	1.57	1.78	1.83	1.93	1.90	1.96	1.83	Jul.	1.14	1.27	1.25	1.45	1.35	1.31	1.29
Aug.	1.97	2.23	2.27	2.22	2.07	2.13	2.15	Aug.	0.92	1.23	1.28	1.17	0.81	0.78	1.03
Sep.	1.59	1.70	1.65	1.65	1.59	1.63	1.63	Sep.	0.95	1.10	1.10	0.94	0.86	0.95	0.98
Oct.	1.25	1.27	1.24	1.33	1.37	1.28	1.29	Oct.	1.02	1.03	1.13	1.28	1.33	1.13	1.15
Nov.	1.16	1.37	1.44	1.39	1.18	1.34	1.31	Nov.	0.96	0.99	1.12	0.88	0.69	0.93	0.93
Dec.	1.15	1.32	1.42	1.44	1.44	1.32	1.35	Dec.	0.94	0.93	0.79	0.84	0.89	1.05	0.91
TOTAL	1.40	1.55	1.55	1.59	1.58	1.62	1.55	TOTAL	0.99	1.06	1.02	1.03	1.02	1.06	1.03
Threshold = 15 mm								Threshold = 25 mm							
MNIH	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL	MNIH	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL
Jan.	0.80	0.29	0.29	0.40	0.40	0.17	0.39	Jan.	0.64	0.27	0.45	0.45	0.36	0.09	0.38
Feb.	0.43	0.58	1.12	1.67	1.60	1.95	1.23	Feb.	0.18	0.05	0.23	1.00	1.59	1.77	0.80
Mar.	0.81	0.69	0.74	0.49	0.78	0.60	0.68	Mar.	0.67	0.55	0.59	0.37	0.57	0.57	0.55
Apr.	0.97	0.95	0.78	0.73	0.84	1.13	0.90	Apr.	0.87	0.84	0.68	0.64	0.72	0.99	0.79
May.	0.74	1.06	1.01	1.01	1.53	1.25	1.10	May.	0.86	0.78	1.10	1.41	1.89	1.21	1.21
Jun.	0.80	0.99	0.76	1.32	1.45	1.99	1.22	Jun.	0.51	1.10	0.80	1.88	1.45	2.29	1.34
Jul.	0.91	1.02	0.83	1.09	1.08	1.10	1.01	Jul.	0.82	0.84	0.61	0.91	0.89	1.05	0.86
Aug.	0.47	0.67	0.75	0.52	0.41	0.29	0.52	Aug.	0.29	0.42	0.61	0.39	0.29	0.08	0.35
Sep.	0.83	0.93	0.95	0.66	0.68	0.86	0.82	Sep.	0.83	0.88	0.72	0.59	0.60	0.77	0.73
Oct.	0.98	1.04	1.26	1.31	1.38	1.11	1.18	Oct.	0.87	1.03	1.24	1.28	1.63	1.34	1.23
Nov.	0.79	0.88	1.00	0.58	0.42	1.09	0.79	Nov.	0.30	0.30	0.20	0.00	0.40	1.00	0.37
Dec.	1.05	0.94	1.08	1.18	0.92	1.10	1.04	Dec.	1.17	1.12	1.69	1.98	1.57	0.90	1.40
TOTAL	0.85	0.93	0.90	0.94	1.01	1.06	0.95	TOTAL	0.78	0.82	0.77	0.91	0.97	1.02	0.88
Threshold = 50 mm															
MNIH	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	0.50	0.00	0.08								
Mar.	0.17	0.50	0.00	0.67	0.00	0.00	0.22								
Apr.	0.12	0.00	0.24	0.41	0.59	1.41	0.46								
May.	1.00	1.71	2.43	4.14	2.29	1.57	2.19								
Jun.	0.00	0.62	0.38	1.54	0.77	1.23	0.76								
Jul.	0.65	1.05	0.67	1.02	1.25	1.42	1.01								
Aug.	0.14	0.57	0.43	0.36	0.07	0.00	0.26								
Sep.	0.72	0.67	0.46	0.46	0.41	0.47	0.53								
Oct.	0.54	1.00	1.28	1.07	1.91	1.63	1.24								
Nov.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.33								
Dec.	0.82	0.82	2.64	2.27	2.36	0.36	1.55								
TOTAL	0.57	0.83	0.75	0.94	1.06	1.07	0.87								

3.2 지역예측시스템 (RDAPS)

3.2.1 지역예측시스템 분석검증 성능변화 추세

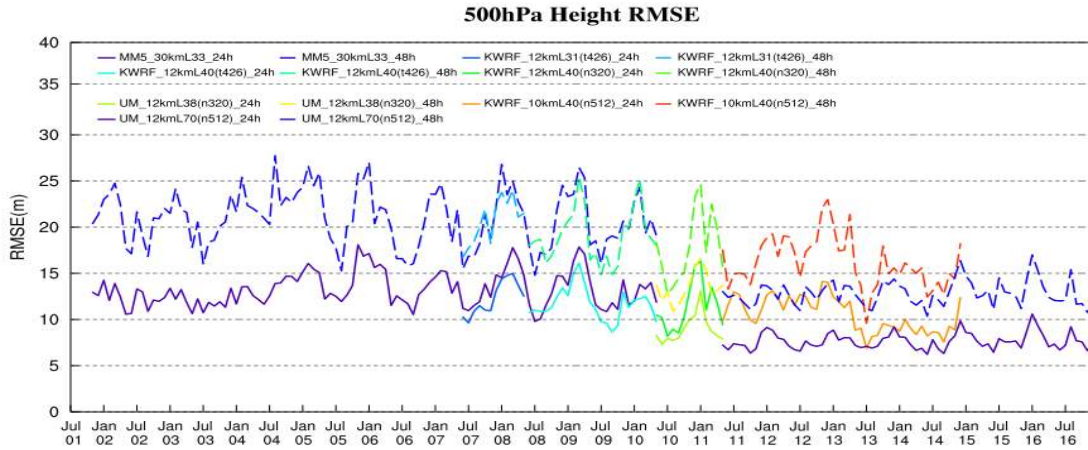


그림 3.2.1 RDAPS 500hPa 지위고도 예측 시간별 월평균 RMSE

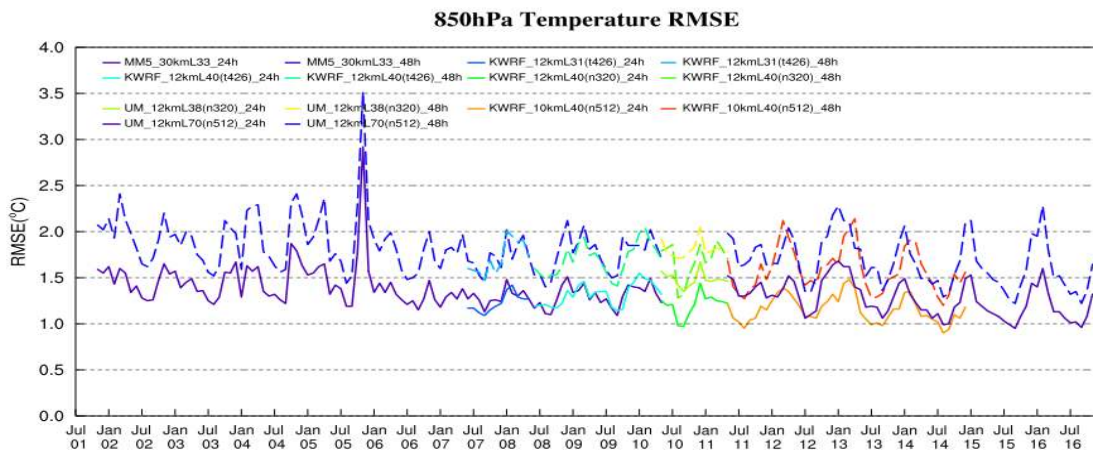


그림 3.2.2 RDAPS 850hPa 기온 예측 시간별 월평균 RMSE

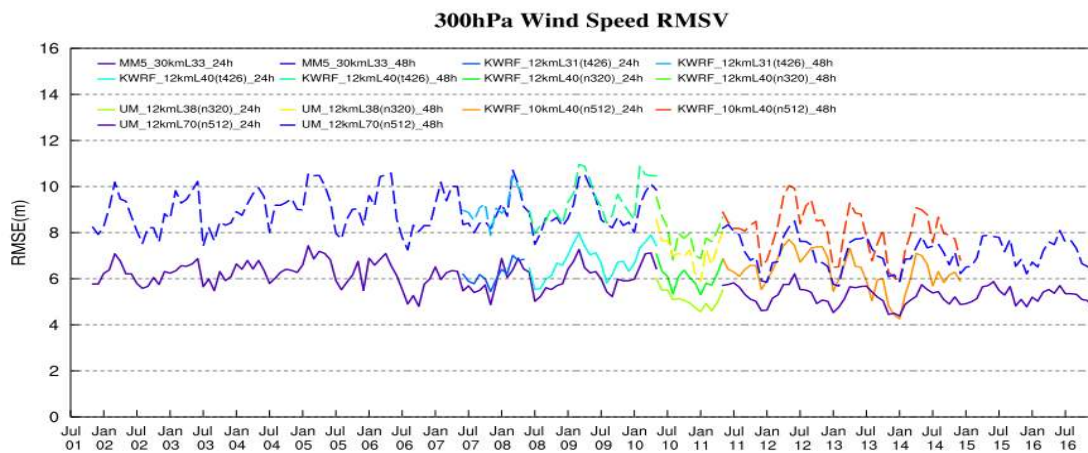


그림 3.2.3 RDAPS 300hPa 풍속 예측 시간별 월평균 RMSE

3.2.2 RDAPS 분석검증

표 3.2.1 RDAPS 850hPa 기온 Mean Error [°C] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	-0.25	-0.32	-0.20	-0.06	-0.04	0.05	-0.05	-0.10	-0.06	-0.09	-0.15	-0.20	-0.12
24H	-0.48	-0.61	-0.41	-0.12	-0.12	0.05	-0.09	-0.19	-0.14	-0.15	-0.26	-0.32	-0.23
36H	-0.64	-0.85	-0.56	-0.17	-0.17	0.06	-0.11	-0.23	-0.16	-0.13	-0.28	-0.37	-0.30
48H	-0.76	-1.05	-0.68	-0.23	-0.23	0.06	-0.13	-0.28	-0.19	-0.07	-0.28	-0.35	-0.35
60H	-0.87	-1.22	-0.76	-0.28	-0.27	0.07	-0.16	-0.28	-0.19	-0.01	-0.28	-0.32	-0.38
72H	-0.97	-1.37	-0.84	-0.31	-0.29	0.08	-0.17	-0.26	-0.19	0.03	-0.26	-0.28	-0.40
84H	-1.05	-1.52	-0.91	-0.36	-0.32	0.09	-0.17	-0.24	-0.20	0.08	-0.22	-0.27	-0.42

표 3.2.2 RDAPS 850hPa 기온 RMSE [°C] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	1.06	1.18	0.99	0.88	0.87	0.84	0.82	0.86	0.79	0.88	1.07	1.08	0.94
24H	1.40	1.60	1.33	1.13	1.13	1.06	1.01	1.02	0.96	1.08	1.32	1.33	1.20
36H	1.72	2.00	1.60	1.33	1.34	1.24	1.19	1.20	1.12	1.25	1.51	1.55	1.42
48H	1.95	2.28	1.80	1.50	1.52	1.42	1.32	1.35	1.22	1.36	1.64	1.69	1.59
60H	2.17	2.55	1.98	1.66	1.71	1.58	1.47	1.50	1.35	1.49	1.78	1.84	1.76
72H	2.37	2.73	2.14	1.82	1.90	1.72	1.60	1.60	1.46	1.62	1.88	1.94	1.90
84H	2.55	2.90	2.32	1.98	2.07	1.87	1.73	1.71	1.58	1.77	2.03	2.08	2.05

표 3.2.3 RDAPS 850hPa 기온 S1 Score [무차원] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	50.20	51.60	54.44	57.44	59.01	64.08	63.86	65.62	63.38	58.41	55.00	51.61	57.89
24H	56.79	58.28	61.91	65.92	67.65	73.04	73.25	73.97	72.12	66.26	61.87	58.41	65.79
36H	59.27	60.77	64.53	69.15	71.14	76.37	76.93	76.98	75.14	69.08	64.23	60.89	68.70
48H	60.84	62.46	66.37	71.34	73.34	78.55	79.06	79.11	77.04	70.62	65.84	62.36	70.58
60H	62.16	63.76	67.85	72.99	75.31	79.97	80.45	80.54	78.58	72.09	67.09	63.54	72.03
72H	63.44	64.70	69.00	74.44	76.92	81.51	81.56	81.64	79.73	73.24	67.99	64.68	73.24
84H	64.63	65.62	70.14	75.45	78.12	82.68	82.60	82.71	80.75	74.46	69.16	66.17	74.37

표 3.2.4 RDAPS 500hPa 지위고도 Mean Error [m] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	-3.75	-2.34	-1.72	-0.74	-0.54	-0.98	-1.46	-2.55	-2.34	-0.54	-0.66	-1.60	-1.60
24H	-7.55	-5.93	-3.84	-1.05	-0.09	-1.11	-2.20	-4.35	-4.60	-2.08	-1.92	-3.53	-3.19
36H	-10.28	-9.17	-6.14	-1.71	-0.65	-1.86	-2.73	-5.01	-5.38	-2.25	-2.53	-4.80	-4.37
48H	-11.52	-10.33	-6.65	-2.18	-1.11	-2.09	-2.86	-4.83	-4.93	-1.31	-1.90	-3.95	-4.47
60H	-12.95	-11.36	-6.66	-2.53	-1.47	-1.77	-3.45	-4.23	-5.05	-0.69	-1.02	-3.11	-4.52
72H	-14.46	-12.71	-6.84	-3.07	-1.37	-1.53	-3.98	-3.27	-5.41	-0.10	-0.90	-2.78	-4.70
84H	-15.23	-14.11	-6.95	-4.01	-1.44	-1.54	-5.15	-2.90	-6.30	-0.13	-0.49	-3.16	-5.12

표 3.2.5 RDAPS 500hPa 지위고도 RMSE [m] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	6.33	5.59	5.09	4.55	4.85	4.45	4.71	5.72	4.93	4.75	4.63	4.96	5.05
24H	10.59	9.35	8.26	7.03	7.33	6.70	7.20	9.21	7.69	7.58	6.61	7.55	7.93
36H	14.25	13.17	11.40	9.59	9.82	9.29	9.75	12.47	9.96	9.95	9.04	9.96	10.72
48H	17.00	15.33	13.50	12.40	12.06	12.01	12.06	15.40	11.65	11.72	10.77	11.61	12.96
60H	19.90	17.84	15.38	15.17	14.84	14.93	14.36	17.99	13.69	13.59	12.50	13.39	15.30
72H	22.87	20.20	17.97	18.22	17.72	17.58	16.59	20.54	15.83	16.15	14.55	16.00	17.85
84H	25.25	23.36	20.48	21.08	20.74	19.76	18.62	23.05	18.49	19.02	16.60	18.76	20.43

표 3.2.6 RDAPS 500hPa 지위고도 S1 Score [무차원] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	17.14	17.49	19.42	21.87	27.31	32.82	40.57	35.30	33.00	21.80	18.28	18.29	25.27
24H	19.94	20.29	22.41	25.39	31.11	37.18	45.98	40.64	37.27	25.18	20.95	21.23	28.96
36H	21.62	21.98	24.23	27.54	33.55	39.88	49.17	44.53	40.04	27.11	22.52	22.78	31.24
48H	23.19	23.27	25.84	29.43	35.63	42.48	52.03	47.83	42.45	28.51	23.73	24.14	33.21
60H	24.65	24.42	27.31	31.11	37.83	44.98	54.92	50.82	44.66	29.90	24.77	25.43	35.07
72H	26.09	25.47	28.80	32.64	40.23	47.23	57.58	53.38	46.47	31.36	25.87	26.76	36.82
84H	27.30	26.79	30.32	34.19	42.12	48.92	60.00	55.59	48.71	32.94	26.97	28.27	38.51

표 3.2.7 RDAPS 300hPa 풍속 Mean Error [m/s] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	-0.36	-0.18	-0.15	-0.15	-0.02	-0.06	-0.07	-0.10	0.06	0.01	-0.13	-0.12	-0.10
24H	-0.34	-0.16	-0.22	-0.20	-0.13	-0.14	-0.15	-0.20	0.01	-0.09	-0.15	-0.16	-0.16
36H	-0.48	-0.34	-0.37	-0.31	-0.22	-0.27	-0.20	-0.30	-0.07	-0.16	-0.21	-0.12	-0.25
48H	-0.51	-0.33	-0.46	-0.32	-0.30	-0.38	-0.29	-0.34	-0.13	-0.22	-0.28	-0.09	-0.30
60H	-0.56	-0.36	-0.52	-0.45	-0.39	-0.49	-0.28	-0.50	-0.25	-0.36	-0.33	-0.16	-0.39
72H	-0.57	-0.41	-0.54	-0.48	-0.42	-0.61	-0.32	-0.60	-0.33	-0.42	-0.31	-0.14	-0.43
84H	-0.57	-0.36	-0.53	-0.49	-0.46	-0.74	-0.29	-0.74	-0.43	-0.48	-0.40	-0.09	-0.47

표 3.2.8 RDAPS 300hPa 풍속 RMSE [m/s] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	3.87	3.73	3.92	4.00	3.97	4.10	3.79	3.88	3.81	3.72	3.67	3.56	3.84
24H	5.20	5.02	5.42	5.53	5.37	5.70	5.35	5.35	5.32	5.10	5.05	4.79	5.27
36H	6.07	5.83	6.41	6.67	6.46	6.97	6.53	6.57	6.37	5.98	5.84	5.58	6.27
48H	6.72	6.51	7.21	7.60	7.48	8.09	7.59	7.66	7.31	6.65	6.53	6.24	7.13
60H	7.39	7.03	8.01	8.33	8.40	8.95	8.64	8.56	8.13	7.22	7.13	6.88	7.89
72H	8.06	7.59	8.76	8.92	9.26	9.76	9.51	9.21	8.78	7.78	7.70	7.58	8.58
84H	8.81	8.32	9.57	9.76	10.06	10.25	10.19	9.91	9.41	8.40	8.27	8.22	9.26

3.2.3 지역예측시스템 관측검증

3.2.3.1 지역예측시스템 관측검증 성능변화 추세

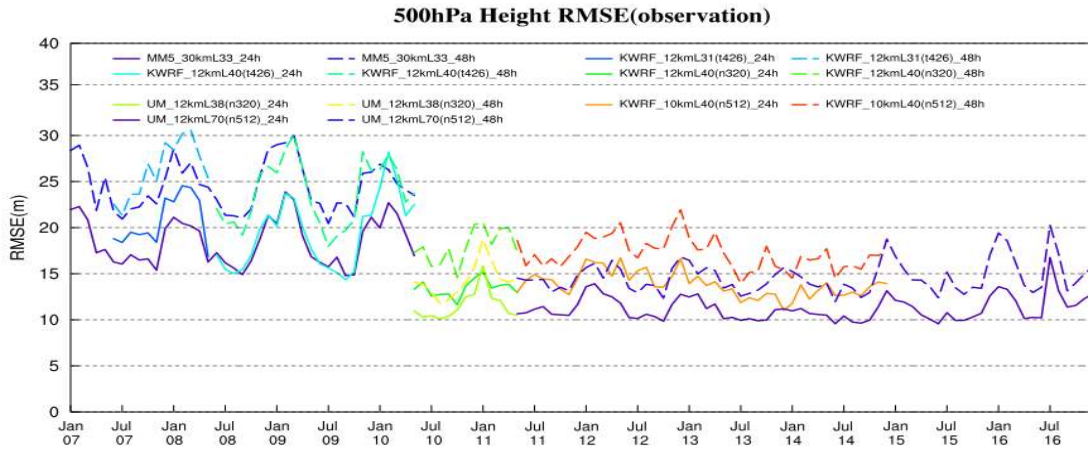


그림 3.2.4 RDAPS 500hPa 지위고도 관측검증 RMSE 월평균 시계열

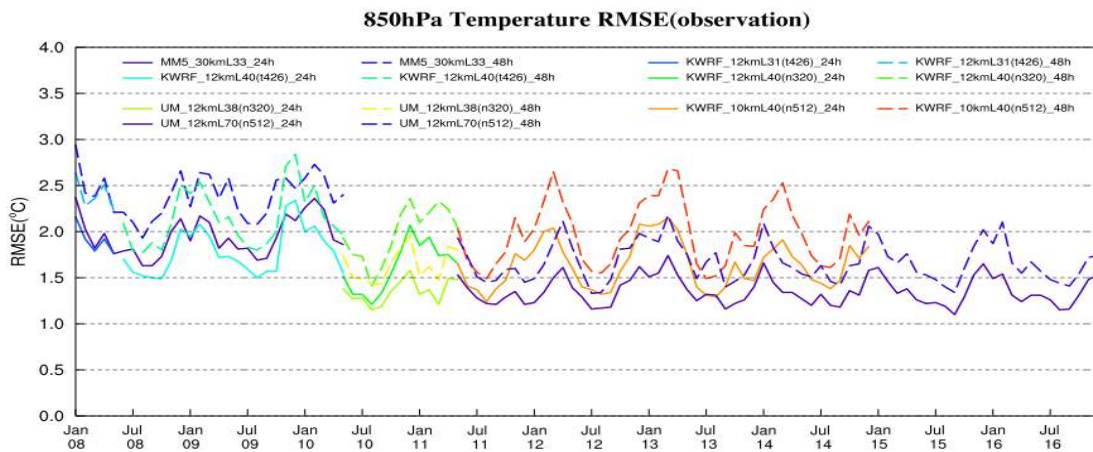


그림 3.2.5 RDAPS 850hPa 기온 관측검증 RMSE 월평균 시계열

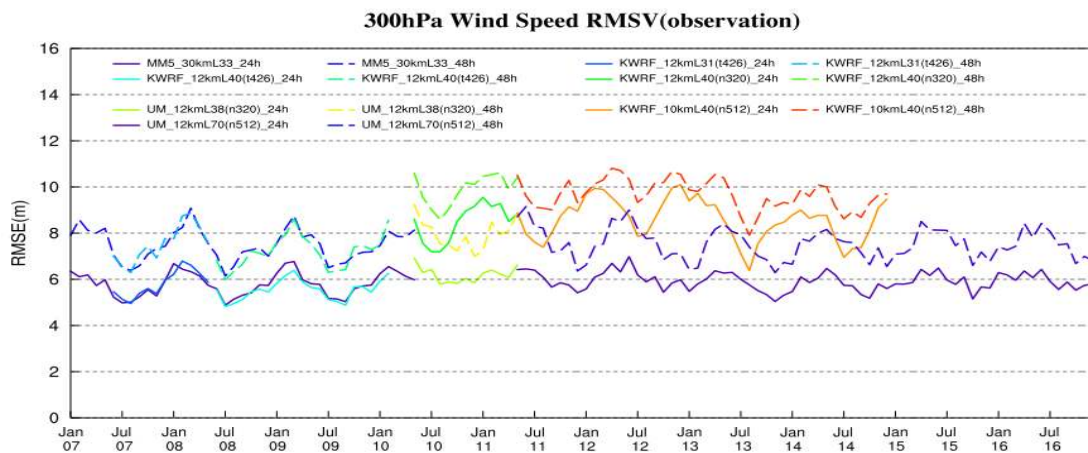


그림 3.2.6 RDAPS 300hPa 풍속 관측검증 RMSE 월평균 시계열

3.2.3.2 존재자료를 이용한 RDAPS 관측검증

표 3.2.9 RDAPS 850hPa 기온 Mean Error [°C] 관측검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	-0.24	-0.33	-0.26	-0.15	-0.10	0.00	-0.07	-0.20	-0.14	-0.21	-0.21	-0.17	-0.17
24H	-0.39	-0.55	-0.38	-0.14	-0.11	0.03	-0.12	-0.30	-0.23	-0.26	-0.28	-0.25	-0.25
36H	-0.55	-0.77	-0.48	-0.14	-0.14	0.05	-0.15	-0.38	-0.27	-0.25	-0.30	-0.30	-0.31
48H	-0.68	-1.01	-0.57	-0.19	-0.20	0.06	-0.19	-0.46	-0.29	-0.18	-0.31	-0.28	-0.36
60H	-0.88	-1.26	-0.66	-0.27	-0.22	0.07	-0.21	-0.46	-0.31	-0.11	-0.32	-0.21	-0.40
72H	-1.09	-1.46	-0.75	-0.35	-0.23	0.05	-0.26	-0.48	-0.35	-0.08	-0.34	-0.17	-0.46
84H	-1.21	-1.63	-0.85	-0.44	-0.24	0.08	-0.26	-0.47	-0.34	-0.01	-0.28	-0.16	-0.48

표 3.2.10 RDAPS 850hPa 기온 RMSE [°C] 관측검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	1.38	1.37	1.16	1.12	1.17	1.18	1.20	1.08	1.09	1.20	1.40	1.45	1.23
24H	1.49	1.54	1.31	1.24	1.31	1.31	1.26	1.15	1.16	1.31	1.48	1.53	1.34
36H	1.70	1.84	1.48	1.39	1.51	1.44	1.36	1.30	1.33	1.42	1.61	1.66	1.50
48H	1.87	2.10	1.66	1.55	1.67	1.57	1.48	1.44	1.41	1.54	1.72	1.74	1.65
60H	2.09	2.39	1.81	1.70	1.82	1.72	1.62	1.60	1.55	1.65	1.86	1.85	1.81
72H	2.29	2.58	1.95	1.83	2.06	1.85	1.71	1.70	1.63	1.78	1.97	2.00	1.95
84H	2.46	2.71	2.09	1.97	2.20	1.97	1.85	1.81	1.77	1.90	2.10	2.11	2.08

표 3.2.11 RDAPS 500hPa 지위고도 Mean Error [m] 관측검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	-5.05	-5.08	-4.62	-2.02	-1.59	-1.21	-0.18	-1.41	-2.27	-0.45	-1.81	-3.27	-2.41
24H	-8.58	-8.46	-6.01	-1.77	-1.04	-1.00	-0.76	-3.26	-4.43	-1.75	-3.10	-5.32	-3.79
36H	-11.68	-12.10	-8.24	-2.07	-1.41	-1.96	-1.41	-3.91	-5.25	-2.16	-4.16	-6.77	-5.09
48H	-13.36	-13.51	-8.78	-2.43	-1.44	-2.17	-1.49	-3.70	-4.60	-1.26	-3.69	-6.14	-5.21
60H	-15.17	-14.74	-9.02	-3.10	-1.50	-1.79	-2.18	-2.94	-4.32	-0.31	-2.93	-5.48	-5.29
72H	-16.95	-16.34	-9.73	-4.08	-1.23	-1.38	-2.63	-2.10	-4.47	0.38	-3.17	-5.36	-5.59
84H	-18.14	-17.68	-9.96	-5.06	-1.19	-1.17	-3.78	-1.78	-5.31	0.35	-2.90	-5.82	-6.04

표 3.2.12 RDAPS 500hPa 지위고도 RMSE [m] 관측검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	10.49	10.45	9.92	9.03	9.28	9.15	15.44	11.60	10.08	10.49	11.06	11.19	10.68
24H	13.59	13.31	12.06	10.14	10.25	10.22	16.75	13.13	11.38	11.56	12.29	12.81	12.29
36H	16.84	16.68	14.62	11.74	11.64	11.81	18.36	15.10	12.52	12.90	13.92	14.76	14.24
48H	19.42	18.58	16.19	13.73	12.96	13.53	20.27	17.12	13.14	14.01	14.97	15.76	15.81
60H	22.42	20.74	17.55	15.74	15.58	15.51	22.00	18.76	14.39	15.52	15.89	16.98	17.59
72H	25.29	23.56	19.74	17.86	18.37	17.48	23.70	20.79	16.07	17.66	17.61	18.91	19.75
84H	27.77	26.39	21.55	20.11	20.38	19.25	25.30	22.92	18.67	20.07	19.39	21.20	21.92

표 3.2.13 RDAPS 300hPa 풍속 Mean Error [m/s] 관측검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	-1.28	-0.82	-0.51	-0.33	-0.10	-0.27	-0.39	-0.34	-0.19	-0.30	-0.78	-0.79	-0.51
24H	-1.34	-0.77	-0.58	-0.35	-0.37	-0.34	-0.61	-0.46	-0.26	-0.45	-0.73	-0.73	-0.58
36H	-1.53	-1.00	-0.80	-0.44	-0.61	-0.46	-0.61	-0.62	-0.37	-0.61	-0.82	-0.75	-0.72
48H	-1.53	-0.96	-0.84	-0.48	-0.72	-0.63	-0.79	-0.58	-0.39	-0.73	-0.94	-0.67	-0.77
60H	-1.48	-0.97	-0.87	-0.55	-0.83	-0.79	-0.72	-0.75	-0.62	-0.88	-0.97	-0.70	-0.84
72H	-1.55	-1.05	-0.93	-0.58	-0.94	-0.94	-0.77	-0.84	-0.61	-0.89	-1.02	-0.66	-0.90
84H	-1.52	-1.00	-0.94	-0.66	-1.00	-1.03	-0.65	-0.98	-0.69	-0.85	-1.09	-0.59	-0.92

표 3.2.14 RDAPS 300hPa 풍속 RMSE [m/s] 관측검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	5.40	5.27	5.10	5.35	5.19	5.39	5.03	4.72	4.81	4.86	4.95	5.09	5.10
24H	6.29	6.19	5.96	6.36	6.07	6.43	5.91	5.56	5.88	5.53	5.74	5.79	5.98
36H	6.89	6.74	6.79	7.55	6.91	7.43	7.02	6.52	6.69	6.17	6.40	6.29	6.78
48H	7.41	7.27	7.43	8.42	7.81	8.42	8.07	7.49	7.54	6.68	6.99	6.82	7.53
60H	7.92	7.77	8.27	8.99	8.63	9.24	9.08	8.41	8.35	7.23	7.53	7.31	8.23
72H	8.56	8.33	8.94	9.57	9.34	9.95	9.92	8.91	8.75	7.78	8.02	7.92	8.83
84H	9.32	9.01	9.80	10.02	10.09	10.47	10.52	9.59	9.38	8.41	8.43	8.45	9.46

3.2.3.3 RDAPS 강수검증 (한반도 76개 ASOS 지점 관측자료)

표 3.2.15 RDAPS 강수 Threat Score

Threshold = 0.1 mm								Threshold = 5 mm							
MNIH	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL	MNIH	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL
Jan.	0.58	0.54	0.51	0.49	0.43	0.42	0.49	Jan.	0.52	0.39	0.37	0.30	0.14	0.15	0.31
Feb.	0.65	0.63	0.58	0.52	0.49	0.47	0.55	Feb.	0.57	0.58	0.51	0.46	0.38	0.38	0.47
Mar.	0.59	0.55	0.53	0.47	0.45	0.39	0.49	Mar.	0.57	0.56	0.53	0.50	0.47	0.37	0.49
Apr.	0.67	0.67	0.64	0.62	0.59	0.53	0.62	Apr.	0.76	0.70	0.68	0.61	0.63	0.50	0.64
May.	0.68	0.65	0.59	0.60	0.57	0.55	0.60	May.	0.72	0.68	0.64	0.58	0.57	0.53	0.62
Jun.	0.40	0.39	0.36	0.34	0.34	0.32	0.36	Jun.	0.46	0.42	0.25	0.17	0.17	0.14	0.25
Jul.	0.51	0.49	0.48	0.45	0.44	0.41	0.46	Jul.	0.54	0.48	0.43	0.43	0.36	0.31	0.42
Aug.	0.37	0.35	0.34	0.33	0.29	0.28	0.33	Aug.	0.34	0.30	0.24	0.23	0.13	0.10	0.22
Sep.	0.54	0.51	0.48	0.45	0.43	0.40	0.47	Sep.	0.52	0.41	0.34	0.26	0.18	0.17	0.31
Oct.	0.66	0.63	0.60	0.56	0.50	0.49	0.57	Oct.	0.61	0.58	0.50	0.48	0.41	0.25	0.46
Nov.	0.59	0.58	0.55	0.52	0.48	0.53	0.54	Nov.	0.43	0.36	0.35	0.43	0.31	0.39	0.38
Dec.	0.65	0.62	0.57	0.55	0.54	0.55	0.58	Dec.	0.63	0.64	0.59	0.57	0.52	0.49	0.57
TOTAL	0.56	0.53	0.51	0.48	0.45	0.44	0.49	TOTAL	0.57	0.52	0.46	0.42	0.37	0.31	0.44
Threshold = 15 mm								Threshold = 25 mm							
MNIH	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL	MNIH	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL
Jan.	0.63	0.28	0.28	0.15	0.00	0.07	0.23	Jan.	0.54	0.33	0.31	0.08	0.00	0.00	0.22
Feb.	0.40	0.36	0.38	0.31	0.20	0.31	0.32	Feb.	0.47	0.34	0.33	0.23	0.19	0.33	0.30
Mar.	0.40	0.45	0.50	0.41	0.40	0.31	0.40	Mar.	0.28	0.35	0.35	0.36	0.28	0.20	0.29
Apr.	0.64	0.63	0.49	0.50	0.55	0.41	0.53	Apr.	0.46	0.44	0.34	0.42	0.44	0.31	0.39
May.	0.48	0.43	0.45	0.36	0.28	0.31	0.37	May.	0.55	0.53	0.58	0.33	0.19	0.17	0.33
Jun.	0.25	0.21	0.09	0.05	0.07	0.05	0.11	Jun.	0.11	0.10	0.08	0.00	0.01	0.01	0.04
Jul.	0.46	0.39	0.35	0.35	0.26	0.25	0.34	Jul.	0.41	0.33	0.24	0.28	0.20	0.14	0.26
Aug.	0.18	0.27	0.15	0.16	0.08	0.05	0.15	Aug.	0.15	0.19	0.14	0.12	0.02	0.05	0.11
Sep.	0.50	0.44	0.29	0.12	0.07	0.04	0.23	Sep.	0.52	0.43	0.21	0.03	0.02	0.01	0.19
Oct.	0.69	0.59	0.43	0.43	0.28	0.17	0.42	Oct.	0.52	0.49	0.29	0.32	0.21	0.08	0.31
Nov.	0.33	0.25	0.27	0.14	0.00	0.10	0.19	Nov.	0.30	0.15	0.07	0.00	0.00	0.16	0.12
Dec.	0.52	0.53	0.46	0.45	0.45	0.40	0.47	Dec.	0.47	0.53	0.37	0.37	0.34	0.43	0.41
TOTAL	0.48	0.44	0.36	0.31	0.26	0.23	0.34	TOTAL	0.42	0.37	0.27	0.24	0.19	0.15	0.27
Threshold = 50 mm															
MNIH	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL								
Jan.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00								
Feb.	0.25	0.50	0.17	0.25	0.00	0.18	0.18								
Mar.	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02								
Apr.	0.11	0.08	0.08	0.08	0.03	0.11	0.08								
May.	0.30	0.32	0.38	0.23	0.06	0.03	0.19								
Jun.	0.00	0.11	0.20	0.00	0.00	0.00	0.03								
Jul.	0.24	0.17	0.11	0.15	0.15	0.07	0.14								
Aug.	0.11	0.05	0.05	0.00	0.00	0.00	0.04								
Sep.	0.39	0.30	0.13	0.00	0.00	0.00	0.13								
Oct.	0.52	0.47	0.26	0.25	0.15	0.05	0.28								
Nov.	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14								
Dec.	0.31	0.38	0.05	0.06	0.06	0.50	0.15								
TOTAL	0.29	0.24	0.13	0.11	0.09	0.06	0.15								

표 3.2.16 RDAPS 강수 Equitable Threat Score

Threshold = 0.1 mm								Threshold = 5 mm							
MNIH	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL	MNIH	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL
Jan.	0.52	0.47	0.44	0.42	0.35	0.34	0.42	Jan.	0.51	0.38	0.36	0.29	0.13	0.14	0.30
Feb.	0.58	0.56	0.50	0.42	0.39	0.38	0.46	Feb.	0.56	0.56	0.49	0.43	0.35	0.35	0.45
Mar.	0.54	0.49	0.47	0.40	0.38	0.32	0.43	Mar.	0.56	0.54	0.51	0.48	0.44	0.34	0.47
Apr.	0.58	0.57	0.55	0.52	0.48	0.40	0.51	Apr.	0.73	0.66	0.65	0.56	0.58	0.45	0.60
May.	0.61	0.57	0.50	0.50	0.48	0.45	0.52	May.	0.70	0.65	0.61	0.55	0.53	0.49	0.58
Jun.	0.26	0.26	0.23	0.21	0.20	0.17	0.22	Jun.	0.43	0.39	0.22	0.15	0.13	0.10	0.22
Jul.	0.32	0.28	0.28	0.24	0.22	0.18	0.25	Jul.	0.48	0.41	0.36	0.36	0.27	0.22	0.34
Aug.	0.25	0.23	0.23	0.21	0.17	0.17	0.21	Aug.	0.31	0.27	0.21	0.20	0.11	0.07	0.19
Sep.	0.37	0.34	0.30	0.28	0.25	0.23	0.29	Sep.	0.48	0.36	0.29	0.21	0.13	0.12	0.25
Oct.	0.56	0.52	0.48	0.44	0.37	0.37	0.46	Oct.	0.57	0.54	0.46	0.43	0.37	0.21	0.42
Nov.	0.52	0.50	0.48	0.44	0.40	0.45	0.46	Nov.	0.41	0.34	0.33	0.41	0.29	0.37	0.36
Dec.	0.59	0.55	0.49	0.47	0.46	0.47	0.50	Dec.	0.61	0.63	0.57	0.55	0.50	0.47	0.55
TOTAL	0.45	0.43	0.40	0.37	0.34	0.32	0.38	TOTAL	0.54	0.48	0.43	0.39	0.33	0.28	0.40
Threshold = 15 mm								Threshold = 25 mm							
MNIH	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL	MNIH	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL
Jan.	0.63	0.28	0.28	0.14	0.00	0.07	0.23	Jan.	0.54	0.33	0.31	0.08	0.00	0.00	0.22
Feb.	0.39	0.36	0.38	0.30	0.19	0.30	0.31	Feb.	0.46	0.34	0.33	0.22	0.18	0.33	0.30
Mar.	0.39	0.44	0.49	0.40	0.39	0.30	0.39	Mar.	0.27	0.35	0.35	0.36	0.27	0.19	0.29
Apr.	0.62	0.61	0.47	0.48	0.52	0.38	0.51	Apr.	0.45	0.42	0.32	0.41	0.43	0.29	0.38
May.	0.47	0.41	0.44	0.34	0.26	0.29	0.35	May.	0.55	0.52	0.58	0.33	0.18	0.16	0.33
Jun.	0.24	0.20	0.08	0.04	0.06	0.04	0.10	Jun.	0.10	0.09	0.08	0.00	0.00	0.01	0.04
Jul.	0.42	0.35	0.30	0.30	0.21	0.20	0.29	Jul.	0.39	0.30	0.21	0.25	0.17	0.11	0.23
Aug.	0.17	0.26	0.14	0.15	0.07	0.04	0.14	Aug.	0.15	0.18	0.13	0.12	0.02	0.05	0.11
Sep.	0.48	0.42	0.26	0.10	0.05	0.02	0.21	Sep.	0.50	0.42	0.20	0.01	0.01	0.00	0.17
Oct.	0.68	0.57	0.41	0.41	0.27	0.16	0.40	Oct.	0.51	0.48	0.28	0.31	0.20	0.07	0.30
Nov.	0.32	0.25	0.27	0.14	0.00	0.10	0.18	Nov.	0.30	0.15	0.07	0.00	0.00	0.16	0.12
Dec.	0.52	0.53	0.45	0.44	0.44	0.39	0.46	Dec.	0.47	0.52	0.37	0.36	0.34	0.43	0.40
TOTAL	0.47	0.42	0.35	0.30	0.24	0.21	0.32	TOTAL	0.41	0.36	0.26	0.23	0.18	0.14	0.26
Threshold = 50 mm															
MNIH	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL								
Jan.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00								
Feb.	0.25	0.50	0.17	0.25	0.00	0.18	0.18								
Mar.	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02								
Apr.	0.11	0.08	0.08	0.08	0.03	0.11	0.08								
May.	0.30	0.31	0.37	0.23	0.05	0.03	0.19								
Jun.	0.00	0.11	0.20	0.00	0.00	0.00	0.03								
Jul.	0.23	0.16	0.10	0.14	0.13	0.05	0.13								
Aug.	0.10	0.05	0.04	0.00	0.00	0.00	0.03								
Sep.	0.39	0.29	0.12	-0.01	0.00	0.00	0.13								
Oct.	0.51	0.46	0.26	0.25	0.14	0.05	0.28								
Nov.	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14								
Dec.	0.31	0.38	0.05	0.06	0.06	0.50	0.15								
TOTAL	0.29	0.24	0.13	0.11	0.09	0.06	0.14								

표 3.2.17 RDAPS 강수 BIAS

Threshold = 0.1 mm								Threshold = 5 mm							
MNIH	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL	MNIH	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL
Jan.	1.36	1.52	1.64	1.66	1.74	1.55	1.58	Jan.	1.01	0.75	0.93	1.18	0.46	0.42	0.79
Feb.	1.32	1.36	1.31	1.58	1.52	1.43	1.42	Feb.	0.90	0.90	0.96	1.11	1.29	1.10	1.04
Mar.	1.30	1.56	1.52	1.61	1.66	1.66	1.55	Mar.	0.86	0.98	0.96	0.94	1.06	1.10	0.98
Apr.	1.34	1.35	1.40	1.45	1.45	1.57	1.43	Apr.	0.92	0.96	0.90	0.89	1.02	0.96	0.94
May.	1.32	1.38	1.42	1.50	1.54	1.54	1.45	May.	0.99	0.98	0.91	0.88	1.21	1.10	1.01
Jun.	2.10	1.93	1.88	1.72	1.94	2.09	1.94	Jun.	0.89	0.93	0.55	0.46	1.15	1.42	0.90
Jul.	1.77	1.81	1.82	1.89	1.94	2.05	1.88	Jul.	1.13	1.13	1.13	1.16	1.33	1.36	1.21
Aug.	2.28	2.25	1.98	1.92	1.79	1.80	2.00	Aug.	0.77	0.89	0.89	0.84	0.65	0.64	0.78
Sep.	1.57	1.46	1.42	1.34	1.33	1.21	1.39	Sep.	0.90	0.89	0.84	0.83	0.80	0.74	0.83
Oct.	1.41	1.27	1.33	1.34	1.29	1.18	1.30	Oct.	1.02	1.05	1.13	1.27	1.02	0.89	1.07
Nov.	1.21	1.21	1.31	1.31	1.17	1.28	1.25	Nov.	0.91	1.10	1.19	1.22	0.78	1.04	1.04
Dec.	1.20	1.28	1.26	1.32	1.32	1.23	1.27	Dec.	0.90	0.96	0.88	0.87	0.92	1.01	0.92
TOTAL	1.53	1.53	1.53	1.55	1.56	1.55	1.54	TOTAL	0.95	0.98	0.94	0.96	1.03	1.02	0.98
Threshold = 15 mm								Threshold = 25 mm							
MNIH	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL	MNIH	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL
Jan.	0.77	0.43	0.43	0.34	0.09	0.31	0.40	Jan.	0.82	0.45	0.55	0.18	0.00	0.09	0.35
Feb.	0.88	1.07	1.17	1.13	1.62	1.18	1.17	Feb.	1.00	1.14	1.36	0.73	1.91	1.55	1.28
Mar.	0.79	0.97	1.00	0.92	1.31	1.46	1.08	Mar.	0.80	1.18	0.88	0.76	1.53	1.51	1.11
Apr.	0.87	0.98	0.81	0.73	0.90	1.08	0.89	Apr.	0.72	0.72	0.59	0.68	0.75	1.11	0.76
May.	0.98	1.07	0.95	1.03	1.80	1.66	1.25	May.	0.92	1.16	1.03	1.35	2.14	2.43	1.51
Jun.	0.79	1.04	0.35	0.47	1.33	1.62	0.93	Jun.	0.43	0.96	0.29	0.33	1.55	1.71	0.88
Jul.	0.85	0.94	0.92	0.91	0.99	1.07	0.95	Jul.	0.84	0.81	0.81	0.82	0.84	0.95	0.84
Aug.	0.48	0.60	0.69	0.63	0.47	0.34	0.53	Aug.	0.48	0.55	0.71	0.50	0.42	0.34	0.50
Sep.	0.91	0.85	0.76	0.82	0.59	0.59	0.75	Sep.	0.83	0.88	0.76	0.73	0.41	0.41	0.67
Oct.	0.93	0.97	0.96	1.04	0.71	0.71	0.89	Oct.	1.06	1.13	0.85	1.15	0.66	0.76	0.93
Nov.	0.97	1.42	1.39	1.18	0.12	1.33	1.07	Nov.	1.60	2.00	1.90	1.00	0.00	1.20	1.28
Dec.	0.94	1.00	1.02	1.00	0.94	0.91	0.97	Dec.	0.93	1.14	1.64	1.57	1.62	1.21	1.35
TOTAL	0.86	0.94	0.86	0.86	0.95	1.01	0.91	TOTAL	0.82	0.90	0.81	0.83	0.90	1.00	0.88
Threshold = 50 mm															
MNIH	12H	24H	36H	48H	60H	72H	TOTAL								
Jan.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00								
Feb.	1.50	0.50	2.50	1.50	2.00	5.50	2.25								
Mar.	0.50	1.17	0.67	1.00	0.33	0.00	0.61								
Apr.	0.18	0.53	0.65	0.59	0.82	2.59	0.89								
May.	0.86	2.57	2.14	3.57	1.71	3.43	2.38								
Jun.	0.31	0.54	0.38	0.46	1.15	2.54	0.90								
Jul.	0.81	0.89	0.84	0.80	1.11	1.14	0.93								
Aug.	0.50	0.43	0.64	0.29	0.21	0.29	0.39								
Sep.	0.64	0.79	0.62	0.49	0.17	0.28	0.50								
Oct.	0.91	1.04	0.87	1.17	0.52	0.33	0.81								
Nov.	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.33								
Dec.	0.55	0.64	2.64	2.18	2.00	0.64	1.44								
TOTAL	0.70	0.86	0.85	0.84	0.76	0.94	0.83								

3.3 국지예측시스템 (LDAPS)

3.3.1 국지예측시스템 지상변수 예측 성능

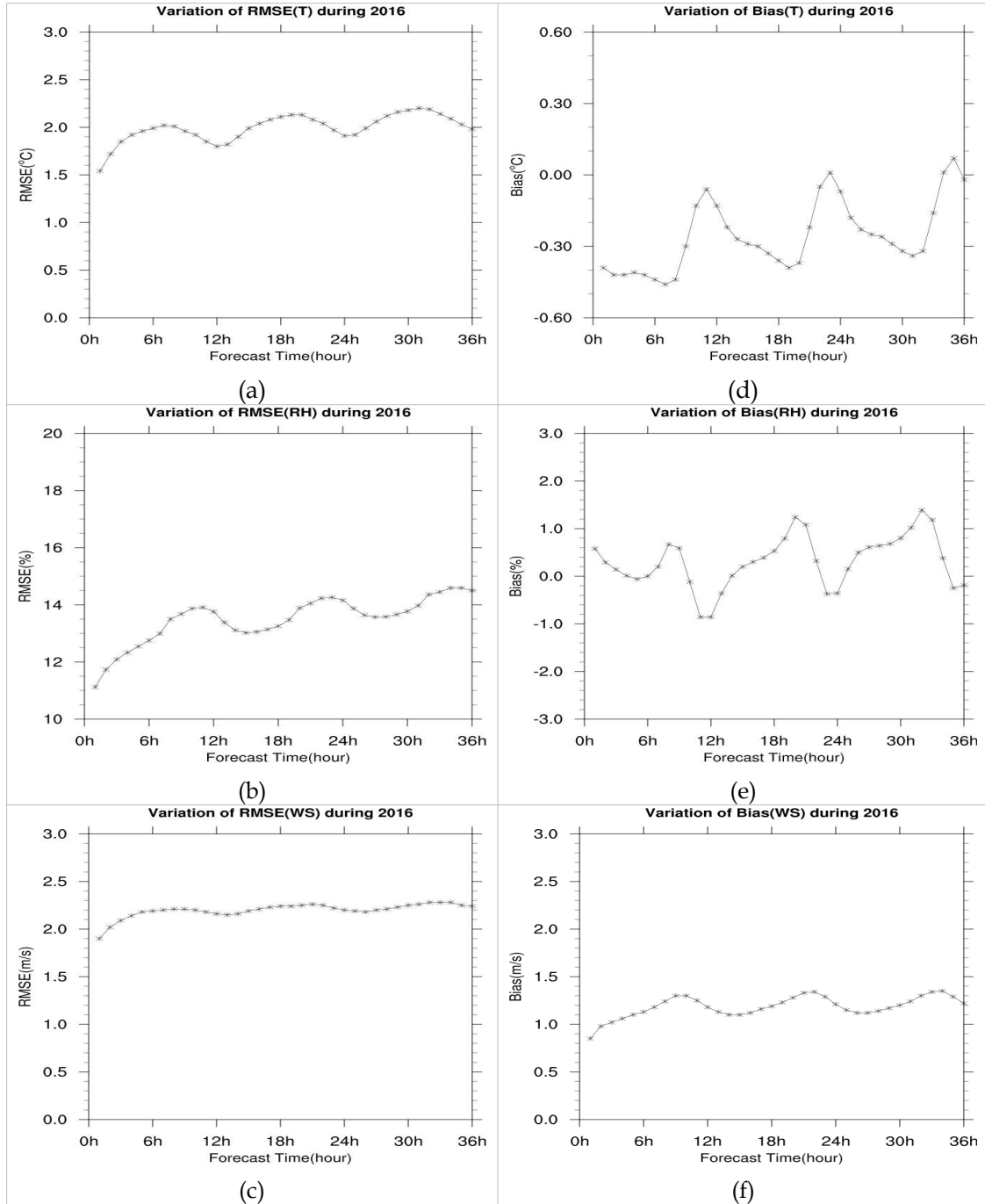


그림 3.3.1 LDAPS의 2016년 지상변수의 예보시간별 RMSE((a): 기온, (b): 상대습도, (c): 풍속) 및 Bias((d): 기온, (e): 상대습도, (f): 풍속)의 변화

3.3.1.1 지상관측 자료(AWS)를 이용한 LDAPS 관측검증

표 3.3.1 LDAPS 지상기온 Mean Error [°C] 관측검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
6H	-0.57	-0.41	-0.34	-0.31	-0.18	-0.28	-0.38	-0.53	-0.51	-0.7	-0.87	-0.79	-0.49
12H	-0.09	-0.18	-0.24	-0.42	-0.36	-0.45	-0.28	-0.33	0.07	0.08	0.04	0.28	-0.16
18H	-0.43	-0.41	-0.35	-0.49	-0.31	-0.39	-0.38	-0.44	-0.23	-0.49	-0.51	-0.32	-0.40
24H	-0.05	-0.15	-0.25	-0.43	-0.45	-0.39	-0.35	-0.38	0.25	0.2	0.25	0.61	-0.10
30H	-0.43	-0.42	-0.38	-0.47	-0.35	-0.08	-0.42	-0.53	-0.11	-0.41	-0.4	-0.16	-0.35
36H	0.04	-0.14	-0.31	-0.46	-0.42	-0.37	-0.39	-0.39	0.35	0.36	0.4	0.77	-0.05

표 3.3.2 LDAPS 지상기온 RMSE [°C] 관측검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
6H	2.12	2.14	2.01	1.99	2.01	1.71	1.62	1.89	1.79	1.83	2.15	2.44	1.98
12H	1.96	1.91	1.77	1.73	1.77	1.51	1.43	1.5	1.5	1.72	1.96	2.2	1.75
18H	2.1	2.14	2.18	2.17	2.16	1.85	1.79	2.04	2.05	2	2.33	2.37	2.10
24H	2.03	1.95	1.91	1.84	1.88	1.51	1.59	1.61	1.61	1.85	2.17	2.35	1.86
30H	2.29	2.37	2.32	2.22	2.25	1.87	1.86	2.18	1.92	1.96	2.43	2.46	2.18
36H	2.09	2.09	1.91	1.88	1.95	1.61	1.68	1.67	1.75	1.85	2.28	2.47	1.94

표 3.3.3 LDAPS 지상 상대습도 Mean Error [%] 관측검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
6H	-0.24	-0.05	-0.02	-0.98	-3.22	-1.68	-0.96	0.34	0	-0.51	2.84	4.29	-0.02
12H	0.32	1.19	1.76	1.36	-1.75	-1.28	-2.14	-0.88	-3.61	-5.62	-0.83	0.98	-0.88
18H	1.13	2.15	2.37	1.67	-2.34	-1.67	-1.54	-0.15	-0.92	-2.09	2.74	4.84	0.52
24H	0.88	2.71	3.77	2.48	-0.9	-2.18	-2.16	-0.69	-3.93	-6.19	-0.12	1.8	-0.38
30H	2.06	2.99	2.94	1.89	-1.69	-3.28	-1.21	0.04	-1.09	-2.05	3.21	5.55	0.78
36H	1.44	3.35	4.53	2.78	-0.9	-2.35	-1.88	-1.06	-4.19	-6.01	-0.25	2.02	-0.21

표 3.3.4 LDAPS 지상 상대습도 RMSE [%] 관측검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
6H	13.11	13.52	13.65	14.1	13.96	11.65	10.41	11.25	10.75	12.59	13.81	14.53	12.78
12H	14.86	15.47	15.87	15.2	14.69	12.2	10.63	11.24	11.21	14.72	14.28	15.07	13.79
18H	13.47	14.28	14.05	14.52	14.55	12.3	10.76	11.68	11.15	14.56	14.02	14.04	13.28
24H	15.41	16	16.15	15.78	15.21	12.58	10.89	11.76	11.53	15.99	14.54	14.47	14.19
30H	14.42	15.62	14.7	14.72	14.62	12.81	11.08	12.52	11.36	13.8	14.92	15.01	13.80
36H	15.68	16.63	16.77	16.16	15.61	12.99	10.94	12.14	11.67	16.11	14.88	14.74	14.53

표 3.3.5 LDAPS 지상 풍속 Mean Error [m/s] 관측검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
6H	1.12	1.15	0.94	1.09	1.22	0.98	1.12	1.03	1.1	1.51	1.21	1.14	1.13
12H	1.29	1.2	1.02	1.05	1.1	0.89	1.13	1.02	1.15	1.54	1.37	1.41	1.18
18H	1.24	1.18	0.99	1.06	1.19	0.97	1.22	1.12	1.17	1.54	1.33	1.3	1.19
24H	1.37	1.27	1.04	1.07	1.08	0.89	1.09	1.1	1.22	1.53	1.44	1.46	1.21
30H	1.19	1.17	1.02	1.05	1.23	1.07	1.1	1.16	1.19	1.49	1.39	1.38	1.20
36H	1.33	1.26	1.05	1.08	1.06	0.94	1.07	1.13	1.26	1.53	1.48	1.51	1.23

표 3.3.6 LDAPS 지상 풍속 RMSE [m/s] 관측검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
6H	2.17	2.12	1.89	2.08	2.2	1.99	2.26	1.82	2.28	3.16	2.13	2.1	2.18
12H	2.17	2.05	1.89	1.99	2.09	1.94	2.26	1.86	2.3	2.9	2.14	2.21	2.15
18H	2.24	2.11	1.96	2.06	2.2	1.99	2.35	1.95	2.5	2.89	2.24	2.23	2.23
24H	2.27	2.12	1.84	2.03	2.15	1.96	2.23	2	2.43	2.76	2.23	2.25	2.19
30H	2.26	2.16	1.88	2.07	2.24	2.11	2.25	2.03	2.37	2.89	2.3	2.33	2.24
36H	2.25	2.16	1.87	2.03	2.16	2.03	2.23	2.02	2.53	2.93	2.3	2.32	2.24

3.3.1.2 LDAPS 분석검증

표 3.3.7 LDAPS 850hPa 기온 Mean Error [°C] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
6H	0.05	-0.02	0.00	0.06	0.17	0.16	0.11	0.05	0.03	-0.09	-0.03	0.02	0.04
12H	-0.20	-0.16	-0.15	-0.07	0.08	0.18	0.26	0.16	0.15	0.00	0.04	0.09	0.03
18H	-0.08	-0.11	-0.08	-0.04	0.16	0.25	0.31	0.11	0.15	0.01	0.06	0.10	0.07
24H	-0.27	-0.28	-0.25	-0.14	0.10	0.35	0.39	0.21	0.22	0.10	0.08	0.12	0.05
30H	-0.13	-0.14	-0.15	-0.10	0.16	0.42	0.43	0.14	0.25	0.18	0.10	0.13	0.11
36H	-0.38	-0.35	-0.38	-0.17	0.11	0.49	0.46	0.23	0.28	0.19	0.00	0.08	0.05

표 3.3.8 LDAPS 850hPa 기온 RMSE [°C] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
6H	0.54	0.48	0.47	0.51	0.59	0.56	0.42	0.38	0.36	0.49	0.50	0.49	0.48
12H	0.81	0.76	0.74	0.79	0.82	0.80	0.65	0.62	0.62	0.74	0.75	0.73	0.74
18H	0.92	0.88	0.87	0.95	1.01	0.98	0.82	0.77	0.78	0.92	0.91	0.92	0.90
24H	0.98	0.96	0.94	1.02	1.09	1.05	0.90	0.82	0.82	0.96	0.99	0.96	0.96
30H	1.04	1.05	0.99	1.10	1.17	1.14	1.02	0.91	0.92	1.09	1.10	1.12	1.06
36H	1.15	1.15	1.06	1.16	1.24	1.21	1.05	0.95	0.97	1.14	1.18	1.16	1.12

표 3.3.9 LDAPS 500hPa 지위고도 Mean Error [m] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
6H	-1.61	-1.37	0.53	1.47	1.84	0.71	0.63	-1.13	-0.52	-1.22	-1.79	-1.72	-0.35
12H	-4.71	-3.03	-2.54	0.23	0.36	0.98	0.61	-2.10	-1.13	-1.70	-2.98	-3.15	-1.60
18H	-3.97	-4.40	-2.11	0.79	1.60	1.52	0.13	-4.39	-3.19	-3.81	-5.57	-4.83	-2.35
24H	-5.74	-5.43	-4.13	1.75	1.75	3.79	-0.05	-5.04	-3.09	-3.28	-5.81	-4.82	-2.51
30H	-4.31	-5.13	-3.86	1.28	2.11	4.33	-0.34	-5.93	-3.78	-3.08	-7.69	-7.34	-2.81
36H	-5.47	-5.85	-5.47	2.59	1.89	5.91	-0.89	-6.61	-4.46	-3.58	-9.48	-8.11	-3.29

표 3.3.10 LDAPS 500hPa 지위고도 RMSE [m] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
6H	3.23	3.40	3.07	3.28	3.32	2.76	2.59	2.42	2.15	2.96	3.07	2.97	2.94
12H	5.76	5.10	4.50	4.45	3.95	3.83	3.34	3.68	3.06	4.00	4.27	4.38	4.19
18H	6.15	7.26	5.68	5.71	5.41	5.25	4.52	5.89	5.20	6.53	7.22	6.62	5.95
24H	8.07	8.20	7.13	6.94	6.18	6.82	5.16	6.86	5.56	7.12	7.93	7.51	6.96
30H	8.71	9.96	8.15	8.03	7.71	8.61	6.35	8.26	6.83	8.11	9.87	9.94	8.38
36H	10.17	10.59	9.39	9.38	8.13	10.07	7.29	9.02	7.58	8.66	11.65	11.08	9.42

표 3.3.11 LDAPS 300hPa 풍속 Mean Error [m/s] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
6H	-0.34	-0.24	-0.10	0.06	0.12	0.06	-0.03	0.06	0.11	0.03	0.03	0.04	-0.02
12H	-0.75	-0.46	-0.58	-0.43	-0.10	-0.07	-0.17	0.01	0.18	-0.07	-0.22	-0.09	-0.23
18H	-1.03	-0.42	-0.74	-0.42	-0.09	-0.23	-0.40	-0.15	0.16	0.09	-0.34	-0.20	-0.32
24H	-1.29	-0.66	-0.98	-0.59	-0.18	-0.31	-0.46	-0.20	0.04	0.16	-0.34	-0.49	-0.44
30H	-1.03	-0.54	-0.76	-0.63	-0.29	-0.59	-0.47	-0.14	0.12	0.18	-0.31	-0.42	-0.41
36H	-1.09	-0.28	-0.63	-0.76	-0.43	-0.81	-0.42	-0.15	-0.10	0.09	-0.32	-0.78	-0.47

표 3.3.12 LDAPS 300hPa 풍속 RMSE [m/s] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
6H	1.59	1.59	1.48	1.81	1.65	2.10	1.87	1.23	1.48	1.27	0.95	0.89	1.49
12H	2.94	2.88	2.68	3.19	3.04	3.89	3.02	2.22	2.57	2.24	1.89	1.70	2.69
18H	4.12	3.99	3.68	4.27	4.17	5.36	4.05	3.38	3.74	3.52	3.36	3.09	3.89
24H	4.95	4.63	4.52	5.09	4.82	5.99	4.43	4.03	4.33	4.28	4.00	3.91	4.58
30H	4.97	5.36	5.11	6.20	5.71	7.13	5.32	5.08	5.37	4.87	4.79	4.60	5.37
36H	5.71	5.45	5.52	6.60	6.23	7.50	5.67	5.55	5.77	5.30	5.50	5.33	5.84

3.3.1.3 존재자료를 이용한 LDAPS 관측검증

표 3.3.13 LDAPS 850hPa 기온 Mean Error [°C] 관측검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
6H	0.17	0.08	0.09	0.11	0.18	0.17	0.05	-0.20	-0.10	-0.32	-0.25	-0.39	-0.03
12H	-0.13	-0.07	-0.09	-0.09	0.12	0.15	0.24	-0.11	-0.04	-0.25	-0.16	-0.40	-0.07
18H	-0.05	-0.05	0.00	-0.05	0.23	0.25	0.29	-0.15	-0.04	-0.23	-0.19	-0.41	-0.04
24H	-0.18	-0.19	-0.18	-0.11	0.14	0.36	0.31	-0.06	0.01	-0.14	-0.15	-0.34	-0.04
30H	-0.08	-0.07	-0.10	-0.05	0.17	0.39	0.36	-0.17	0.07	-0.05	-0.13	-0.32	0.00
36H	-0.35	-0.28	-0.31	-0.17	0.15	0.50	0.39	-0.04	0.08	-0.05	-0.21	-0.39	-0.06

표 3.3.14 LDAPS 850hPa 기온 RMSE [°C] 관측검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
6H	1.39	1.13	1.04	1.16	1.15	1.00	0.99	0.90	0.93	1.23	1.34	1.41	1.14
12H	1.34	1.16	1.09	1.17	1.10	0.97	1.06	0.89	0.97	1.19	1.33	1.32	1.13
18H	1.30	1.17	1.13	1.25	1.18	0.96	1.13	0.92	1.01	1.24	1.40	1.42	1.18
24H	1.34	1.24	1.09	1.28	1.21	1.02	1.14	0.95	1.04	1.22	1.39	1.38	1.19
30H	1.40	1.28	1.19	1.35	1.24	1.09	1.18	1.03	1.08	1.35	1.45	1.48	1.26
36H	1.46	1.41	1.20	1.38	1.29	1.16	1.21	1.02	1.12	1.35	1.55	1.51	1.31

표 3.3.15 LDAPS 500hPa 지위고도 Mean Error [m] 관측검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
6H	-3.52	-3.53	-1.63	0.95	2.39	1.62	-2.46	-4.27	-3.33	-4.67	-7.96	-9.12	-2.96
12H	-6.51	-4.99	-4.65	-0.14	1.00	2.03	-2.55	-5.15	-4.00	-5.28	-9.05	-10.49	-4.15
18H	-5.86	-6.54	-4.38	0.31	2.12	2.24	-3.09	-7.54	-5.91	-7.21	-11.67	-12.14	-4.97
24H	-7.78	-7.55	-6.42	1.39	2.37	4.48	-3.27	-8.10	-5.86	-6.81	-12.01	-12.09	-5.14
30H	-6.12	-7.53	-6.34	0.85	2.65	5.03	-3.36	-9.20	-6.55	-6.37	-14.02	-14.55	-5.46
36H	-7.25	-7.91	-8.10	2.07	2.28	6.58	-4.00	-9.89	-7.39	-6.97	-15.82	-15.43	-5.99

표 3.3.16 LDAPS 500hPa 지위고도 RMSE [m] 관측검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
6H	9.94	10.23	8.89	8.53	9.83	10.23	10.11	11.72	11.11	12.06	14.42	16.66	11.14
12H	11.44	11.68	9.91	8.97	10.15	11.17	10.24	12.42	11.54	12.48	15.23	17.52	11.90
18H	11.46	12.55	10.34	9.67	10.59	11.12	10.82	13.73	12.63	13.96	17.31	19.08	12.77
24H	12.89	13.43	11.43	10.39	11.32	12.08	10.97	14.67	12.71	14.28	17.78	19.06	13.42
30H	12.59	14.71	12.08	10.95	11.98	13.38	11.38	15.78	13.42	14.11	19.39	21.27	14.25
36H	14.04	14.96	13.48	11.92	12.23	14.21	11.91	16.35	14.00	14.82	21.14	22.12	15.10

표 3.3.17 LDAPS 300hPa 풍속 Mean Error [m/s] 관측검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
6H	-0.90	-0.65	-0.45	-0.44	-0.48	-0.35	-0.16	-0.14	-0.43	-1.19	-0.83	-0.74	-0.56
12H	-1.24	-0.78	-0.98	-0.94	-0.67	-0.45	-0.31	-0.22	-0.34	-1.35	-0.99	-0.86	-0.76
18H	-1.52	-0.68	-1.16	-0.85	-0.79	-0.71	-0.54	-0.36	-0.40	-1.11	-1.18	-1.03	-0.86
24H	-1.78	-1.08	-1.40	-1.10	-0.75	-0.71	-0.64	-0.39	-0.57	-1.05	-1.13	-1.43	-1.00
30H	-1.61	-0.84	-1.21	-1.17	-0.98	-1.09	-0.76	-0.30	-0.36	-1.07	-1.08	-1.26	-0.98
36H	-1.64	-0.50	-0.84	-1.19	-1.11	-1.32	-0.46	-0.19	-0.61	-1.18	-1.06	-1.64	-0.98

표 3.3.18 LDAPS 300hPa 풍속 RMSE [m/s] 관측검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
6H	4.66	4.76	4.13	4.91	4.62	5.27	5.20	4.81	5.12	5.47	5.04	5.00	4.92
12H	5.31	5.10	4.64	5.32	5.12	5.56	5.47	5.11	5.26	5.68	5.22	5.16	5.25
18H	5.86	5.63	4.96	5.69	5.62	6.50	5.96	5.68	5.84	5.84	5.72	5.65	5.75
24H	6.55	6.10	5.62	6.29	5.92	6.69	6.03	5.95	6.04	6.19	6.08	6.31	6.15
30H	6.43	6.67	5.86	7.39	6.58	7.91	6.38	6.42	6.85	6.57	6.45	6.49	6.67
36H	7.01	6.61	6.14	7.53	7.11	8.11	6.61	6.97	6.72	6.92	6.94	7.18	6.99

3.3.1.4 LDAPS 강수검증 (한반도 76개 ASOS 지점 관측자료)

표 3.3.19 LDAPS 강수 Threat Score

Threshold = 0.1 mm								Threshold = 5 mm							
MNIH	06H	12H	18H	24H	30H	36H	TOTAL	MNIH	06H	12H	18H	24H	30H	36H	TOTAL
Jan.	0.47	0.53	0.48	0.45	0.42	0.42	0.46	Jan.	0.32	0.38	0.30	0.24	0.16	0.22	0.27
Feb.	0.54	0.59	0.55	0.56	0.47	0.51	0.54	Feb.	0.43	0.50	0.42	0.41	0.43	0.45	0.44
Mar.	0.55	0.50	0.54	0.49	0.54	0.47	0.52	Mar.	0.37	0.51	0.35	0.56	0.33	0.53	0.45
Apr.	0.66	0.71	0.64	0.66	0.65	0.67	0.67	Apr.	0.60	0.68	0.58	0.62	0.49	0.60	0.60
May.	0.69	0.68	0.68	0.63	0.65	0.58	0.65	May.	0.59	0.58	0.61	0.48	0.59	0.47	0.56
Jun.	0.36	0.40	0.40	0.36	0.31	0.29	0.35	Jun.	0.37	0.30	0.35	0.27	0.24	0.14	0.28
Jul.	0.55	0.52	0.46	0.50	0.46	0.48	0.49	Jul.	0.48	0.45	0.34	0.41	0.32	0.33	0.39
Aug.	0.42	0.41	0.38	0.35	0.35	0.35	0.38	Aug.	0.26	0.32	0.21	0.26	0.21	0.27	0.26
Sep.	0.53	0.51	0.48	0.49	0.46	0.46	0.49	Sep.	0.46	0.44	0.40	0.36	0.34	0.33	0.38
Oct.	0.60	0.63	0.59	0.57	0.59	0.51	0.58	Oct.	0.49	0.61	0.41	0.56	0.43	0.50	0.50
Nov.	0.54	0.54	0.47	0.53	0.45	0.50	0.50	Nov.	0.46	0.28	0.36	0.32	0.28	0.25	0.32
Dec.	0.57	0.59	0.55	0.57	0.52	0.49	0.55	Dec.	0.58	0.44	0.54	0.39	0.49	0.36	0.47
TOTAL	0.53	0.55	0.52	0.51	0.49	0.48	0.51	TOTAL	0.47	0.48	0.42	0.43	0.38	0.39	0.42
Threshold = 15 mm								Threshold = 25 mm							
MNIH	06H	12H	18H	24H	30H	36H	TOTAL	MNIH	06H	12H	18H	24H	30H	36H	TOTAL
Jan.	0.33	0.25	0.11	0.00	0.13	0.06	0.14	Jan.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Feb.	0.29	0.33	0.43	0.30	0.11	0.23	0.26	Feb.	0.20	0.00	0.31	0.00	0.13	0.17	0.16
Mar.	0.24	0.26	0.44	0.38	0.33	0.45	0.36	Mar.	0.21	0.15	0.20	0.06	0.17	0.11	0.14
Apr.	0.58	0.47	0.46	0.38	0.41	0.30	0.42	Apr.	0.44	0.35	0.32	0.24	0.33	0.28	0.33
May.	0.37	0.45	0.30	0.39	0.31	0.43	0.37	May.	0.08	0.25	0.19	0.27	0.05	0.28	0.22
Jun.	0.20	0.18	0.19	0.19	0.12	0.10	0.17	Jun.	0.02	0.03	0.14	0.12	0.04	0.02	0.06
Jul.	0.39	0.37	0.26	0.30	0.28	0.24	0.31	Jul.	0.33	0.27	0.21	0.22	0.24	0.14	0.24
Aug.	0.04	0.25	0.09	0.20	0.08	0.15	0.15	Aug.	0.03	0.13	0.05	0.10	0.03	0.07	0.07
Sep.	0.43	0.32	0.41	0.27	0.29	0.23	0.32	Sep.	0.42	0.28	0.36	0.20	0.27	0.17	0.28
Oct.	0.32	0.51	0.22	0.45	0.20	0.41	0.36	Oct.	0.24	0.40	0.17	0.30	0.11	0.29	0.26
Nov.	0.20	0.39	0.23	0.35	0.00	0.15	0.21	Nov.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Dec.	0.59	0.29	0.46	0.20	0.50	0.10	0.39	Dec.	0.43	0.20	0.21	0.00	0.20	0.00	0.21
TOTAL	0.36	0.36	0.31	0.32	0.26	0.27	0.31	TOTAL	0.29	0.25	0.23	0.21	0.19	0.17	0.22
Threshold = 50 mm															
MNIH	06H	12H	18H	24H	30H	36H	TOTAL								
Jan.	-	-	-	-	-	-	-								
Feb.	-	0.00	-	0.00	-	0.00	0.00								
Mar.	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.06								
Apr.	0.00	0.00	0.25	0.00	0.33	0.00	0.07								
May.	-	0.13	0.00	0.13	0.00	0.17	0.13								
Jun.	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.01								
Jul.	0.12	0.17	0.09	0.07	0.08	0.04	0.09								
Aug.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00								
Sep.	0.19	0.07	0.15	0.09	0.18	0.08	0.13								
Oct.	0.35	0.29	0.24	0.24	0.14	0.31	0.25								
Nov.	-	0.00	-	0.00	-	0.00	0.00								
Dec.	0.33	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.12								
TOTAL	0.16	0.11	0.14	0.10	0.10	0.10	0.12								

표 3.3.20 LDAPS 강수 Equitable Threat Score

Threshold = 0.1 mm								Threshold = 5 mm							
MNIH	06H	12H	18H	24H	30H	36H	TOTAL	MNIH	06H	12H	18H	24H	30H	36H	TOTAL
Jan.	0.43	0.48	0.43	0.40	0.37	0.36	0.41	Jan.	0.32	0.37	0.30	0.23	0.16	0.22	0.27
Feb.	0.50	0.54	0.50	0.50	0.41	0.44	0.48	Feb.	0.43	0.49	0.41	0.40	0.42	0.44	0.43
Mar.	0.52	0.47	0.50	0.45	0.51	0.43	0.48	Mar.	0.36	0.50	0.34	0.55	0.32	0.52	0.44
Apr.	0.60	0.66	0.58	0.60	0.59	0.62	0.61	Apr.	0.58	0.66	0.56	0.59	0.47	0.57	0.57
May.	0.65	0.64	0.64	0.57	0.61	0.53	0.60	May.	0.57	0.57	0.59	0.46	0.57	0.45	0.54
Jun.	0.28	0.32	0.34	0.29	0.25	0.21	0.28	Jun.	0.35	0.28	0.33	0.25	0.23	0.13	0.26
Jul.	0.46	0.44	0.38	0.42	0.37	0.38	0.41	Jul.	0.44	0.41	0.31	0.37	0.28	0.29	0.35
Aug.	0.36	0.36	0.33	0.30	0.30	0.29	0.32	Aug.	0.25	0.30	0.20	0.24	0.19	0.24	0.24
Sep.	0.45	0.42	0.39	0.40	0.36	0.37	0.40	Sep.	0.43	0.41	0.37	0.33	0.30	0.30	0.35
Oct.	0.54	0.58	0.53	0.51	0.54	0.44	0.52	Oct.	0.47	0.59	0.38	0.54	0.40	0.48	0.48
Nov.	0.50	0.50	0.43	0.48	0.40	0.45	0.46	Nov.	0.45	0.28	0.35	0.31	0.27	0.24	0.31
Dec.	0.52	0.55	0.51	0.52	0.47	0.43	0.50	Dec.	0.57	0.43	0.53	0.38	0.48	0.34	0.45
TOTAL	0.48	0.49	0.46	0.45	0.43	0.41	0.45	TOTAL	0.45	0.46	0.40	0.41	0.36	0.37	0.40
Threshold = 15 mm								Threshold = 25 mm							
MNIH	06H	12H	18H	24H	30H	36H	TOTAL	MNIH	06H	12H	18H	24H	30H	36H	TOTAL
Jan.	0.33	0.25	0.11	0.00	0.12	0.06	0.14	Jan.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Feb.	0.29	0.33	0.43	0.29	0.11	0.23	0.26	Feb.	0.20	0.00	0.31	0.00	0.12	0.17	0.16
Mar.	0.24	0.25	0.44	0.38	0.32	0.45	0.36	Mar.	0.21	0.15	0.20	0.06	0.17	0.10	0.14
Apr.	0.57	0.46	0.45	0.36	0.40	0.29	0.41	Apr.	0.44	0.35	0.32	0.24	0.33	0.28	0.33
May.	0.36	0.44	0.29	0.38	0.30	0.42	0.37	May.	0.08	0.25	0.19	0.27	0.05	0.27	0.22
Jun.	0.19	0.18	0.19	0.19	0.12	0.09	0.16	Jun.	0.02	0.03	0.14	0.12	0.03	0.02	0.05
Jul.	0.37	0.35	0.24	0.28	0.25	0.21	0.29	Jul.	0.31	0.25	0.20	0.20	0.23	0.13	0.22
Aug.	0.04	0.24	0.09	0.19	0.08	0.14	0.14	Aug.	0.03	0.13	0.05	0.09	0.03	0.07	0.07
Sep.	0.42	0.31	0.40	0.26	0.28	0.21	0.31	Sep.	0.41	0.27	0.35	0.19	0.26	0.16	0.27
Oct.	0.31	0.50	0.21	0.44	0.19	0.40	0.35	Oct.	0.23	0.39	0.16	0.29	0.11	0.29	0.25
Nov.	0.20	0.39	0.23	0.35	0.00	0.15	0.21	Nov.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Dec.	0.59	0.28	0.46	0.20	0.49	0.10	0.39	Dec.	0.42	0.20	0.21	0.00	0.19	0.00	0.21
TOTAL	0.36	0.36	0.31	0.31	0.26	0.26	0.30	TOTAL	0.29	0.25	0.23	0.20	0.18	0.17	0.22
Threshold = 50 mm															
MNIH	06H	12H	18H	24H	30H	36H	TOTAL								
Jan.	-	-	-	-	-	-	-								
Feb.	-	0.00	-	0.00	-	0.00	0.00								
Mar.	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.06								
Apr.	0.00	0.00	0.25	0.00	0.33	0.00	0.07								
May.	-	0.12	0.00	0.13	0.00	0.17	0.12								
Jun.	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.01								
Jul.	0.12	0.16	0.09	0.06	0.07	0.04	0.09								
Aug.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00								
Sep.	0.18	0.07	0.15	0.09	0.18	0.08	0.13								
Oct.	0.34	0.28	0.24	0.24	0.13	0.31	0.25								
Nov.	-	0.00	-	0.00	-	0.00	0.00								
Dec.	0.33	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.12								
TOTAL	0.16	0.11	0.14	0.10	0.10	0.10	0.12								

표 3.3.21 LDAPS 강수 BIAS

Threshold = 0.1 mm								Threshold = 5 mm							
MNIH	06H	12H	18H	24H	30H	36H	TOTAL	MNIH	06H	12H	18H	24H	30H	36H	TOTAL
Jan.	0.73	1.19	1.13	1.36	1.20	1.35	1.16	Jan.	0.69	0.64	0.94	0.47	0.67	0.55	0.63
Feb.	0.82	1.06	1.10	1.18	1.12	1.19	1.08	Feb.	0.74	0.83	1.21	0.97	1.32	1.08	1.01
Mar.	1.04	1.18	1.14	1.44	1.30	1.46	1.26	Mar.	0.75	0.81	1.12	1.10	0.89	1.02	0.95
Apr.	1.03	1.16	1.18	1.18	1.16	1.13	1.14	Apr.	0.86	0.88	0.96	0.89	0.90	0.89	0.89
May.	1.13	1.13	1.04	1.19	1.05	1.06	1.10	May.	0.88	0.99	0.99	1.07	0.95	0.94	0.96
Jun.	1.96	1.48	1.32	1.26	1.10	1.14	1.37	Jun.	1.60	1.43	1.08	1.05	0.90	0.81	1.14
Jul.	0.95	0.74	0.68	0.74	0.78	0.78	0.78	Jul.	1.07	0.89	0.73	0.87	0.81	0.80	0.86
Aug.	1.28	0.94	1.05	1.02	1.21	1.14	1.10	Aug.	1.42	1.00	1.33	1.14	1.63	1.23	1.26
Sep.	0.84	0.81	0.86	0.88	0.88	0.87	0.86	Sep.	0.84	0.97	0.98	1.20	1.15	1.17	1.05
Oct.	0.83	0.84	0.82	0.94	0.83	0.96	0.87	Oct.	0.87	0.92	0.90	1.08	1.07	1.04	0.98
Nov.	0.80	0.91	0.86	1.02	1.05	1.04	0.95	Nov.	1.02	0.75	1.00	1.13	1.24	1.48	1.10
Dec.	0.97	0.97	0.97	1.06	1.10	1.11	1.03	Dec.	0.93	0.97	0.93	1.11	0.96	1.05	0.99
TOTAL	1.01	1.00	0.98	1.06	1.03	1.06	1.02	TOTAL	0.98	0.94	0.96	1.01	1.01	0.98	0.98
Threshold = 15 mm								Threshold = 25 mm							
MNIH	06H	12H	18H	24H	30H	36H	TOTAL	MNIH	06H	12H	18H	24H	30H	36H	TOTAL
Jan.	0.71	0.36	0.43	0.00	0.29	0.55	0.37	Jan.	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08
Feb.	0.72	1.25	1.39	1.19	1.83	2.63	1.49	Feb.	0.50	0.60	0.75	0.80	0.50	3.20	0.86
Mar.	0.38	0.79	1.11	0.96	0.76	1.19	0.89	Mar.	0.53	0.70	1.00	0.43	0.40	1.26	0.74
Apr.	0.87	0.86	1.20	0.76	0.85	0.65	0.84	Apr.	0.69	1.00	0.74	0.75	0.63	0.55	0.72
May.	0.76	1.22	1.59	1.55	1.59	1.47	1.37	May.	1.60	1.03	4.00	1.74	7.20	1.85	1.89
Jun.	2.17	1.50	1.67	0.94	1.59	0.69	1.40	Jun.	3.50	1.33	3.08	0.74	3.83	0.56	1.68
Jul.	1.09	0.96	0.70	0.97	0.82	0.78	0.89	Jul.	1.02	1.07	0.70	1.15	0.81	0.84	0.93
Aug.	2.77	0.94	2.58	1.19	3.42	1.22	1.51	Aug.	2.81	1.20	1.56	1.57	3.13	1.51	1.76
Sep.	1.13	1.23	1.21	1.73	1.41	1.71	1.39	Sep.	1.15	1.10	1.26	1.52	1.33	1.52	1.31
Oct.	1.27	1.09	1.56	1.34	1.82	1.15	1.33	Oct.	2.25	1.28	3.63	1.44	4.00	1.30	1.83
Nov.	1.73	0.92	1.91	1.08	1.00	1.38	1.32	Nov.	5.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.33	0.67
Dec.	1.19	0.73	1.26	1.08	1.43	1.54	1.24	Dec.	1.38	0.71	1.17	0.57	1.54	2.14	1.31
TOTAL	1.15	1.02	1.19	1.13	1.25	1.08	1.13	TOTAL	1.22	1.08	1.17	1.20	1.35	1.15	1.19
Threshold = 50 mm															
MNIH	06H	12H	18H	24H	30H	36H	TOTAL								
Jan.	-	-	-	-	-	-	-								
Feb.	-	0.00	-	0.00	-	1.00	0.33								
Mar.	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.25	0.13								
Apr.	0.00	0.67	1.50	1.67	1.00	1.33	1.07								
May.	-	0.80	-	4.20	-	3.20	3.20								
Jun.	-	1.20	-	0.60	-	0.20	1.77								
Jul.	1.66	1.10	1.31	1.35	1.00	0.93	1.22								
Aug.	2.40	2.13	1.60	1.25	3.40	2.00	2.05								
Sep.	1.56	0.92	2.00	1.42	1.64	1.17	1.46								
Oct.	2.18	0.71	3.27	1.43	3.55	1.81	1.90								
Nov.	-	0.00	-	0.00	-	0.00	0.00								
Dec.	3.00	0.00	3.00	0.00	4.00	3.00	2.17								
TOTAL	1.77	0.98	1.95	1.36	2.04	1.24	1.49								

3.4 앙상블예측시스템 (EPSG)

3.4.1 앙상블예측시스템 성능변화 추세

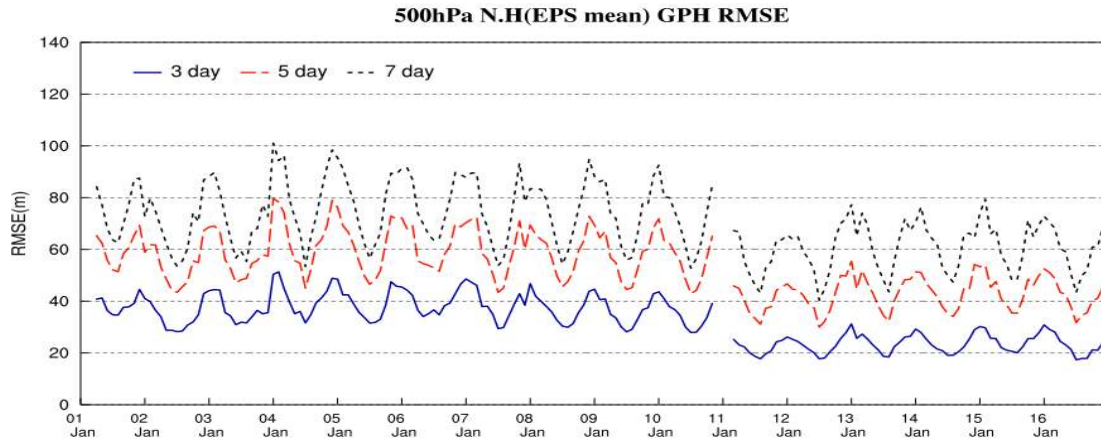


그림 3.4.1 EPSG 북반구 500hPa 지위고도 예측 시간별 월평균 RMSE

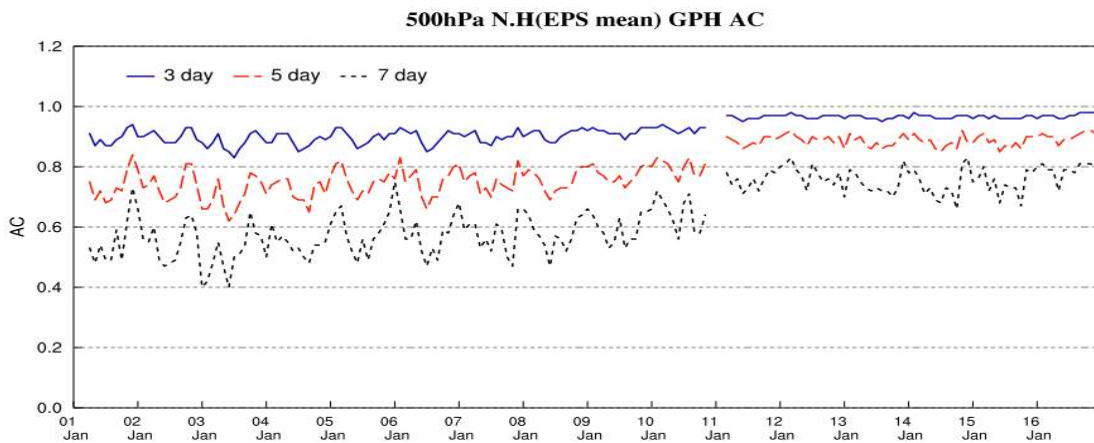


그림 3.4.2 EPSG 북반구 500hPa 지위고도 예측 시간별 월평균 이상상관 계수

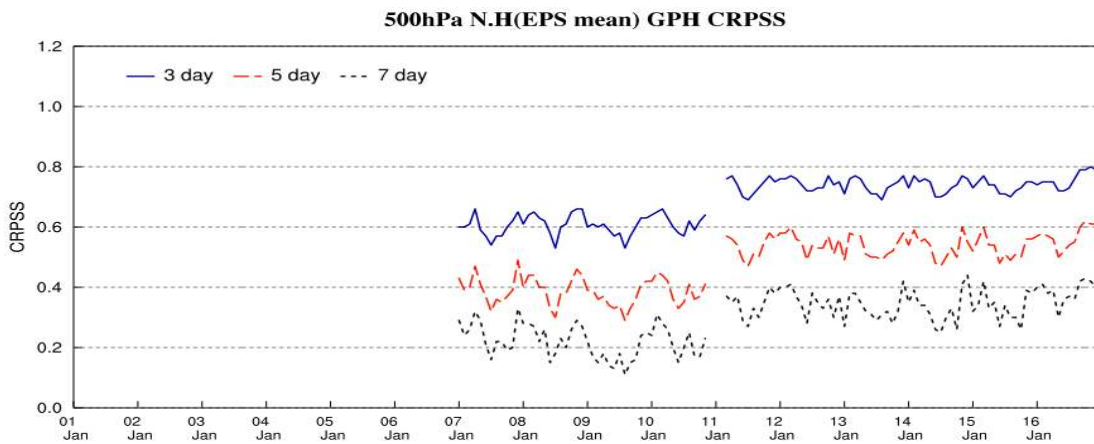


그림 3.4.3 EPSG 북반구 500hPa 지위고도 예측 시간별 월평균 CRPSS

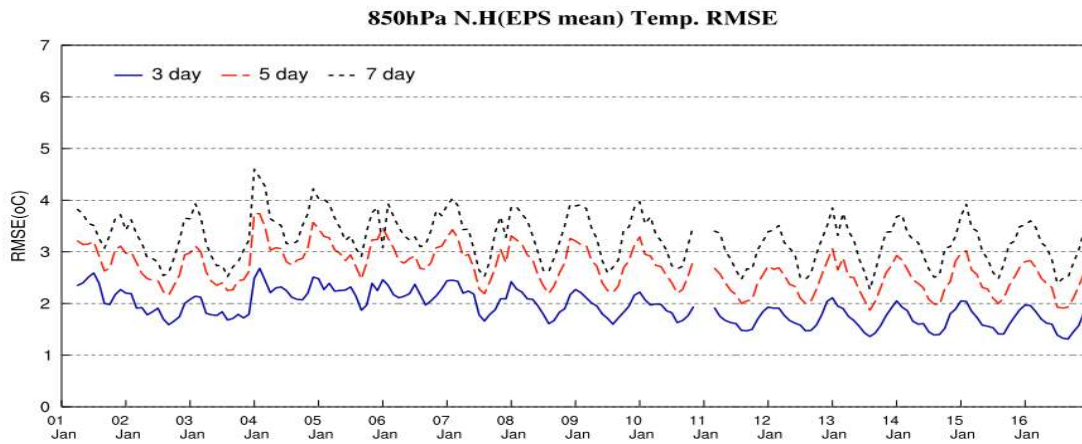


그림 3.4.4 EPSG 북반구 850hPa 기온 예측 시간별 월평균 RMSE

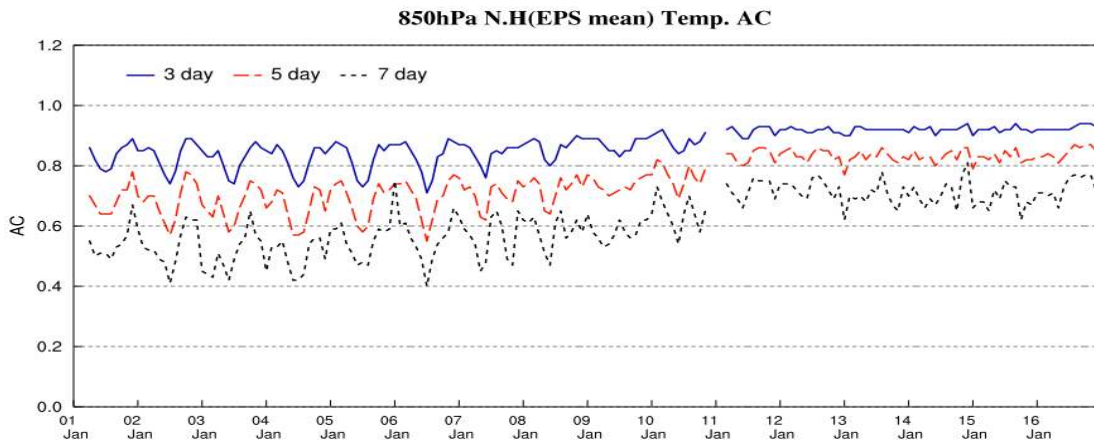


그림 3.4.5 EPSG 북반구 850hPa 기온 예측 시간별 월평균 이상상관 계수

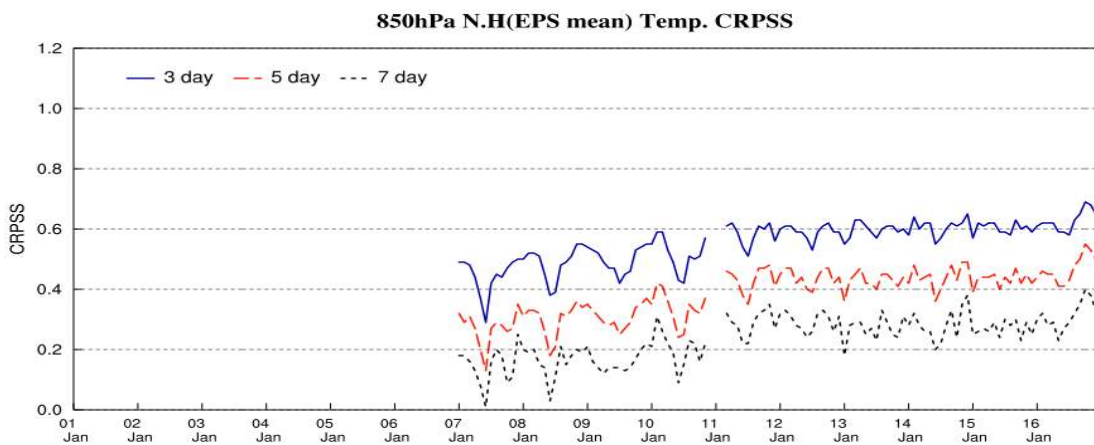


그림 3.4.6 EPSG 북반구 850hPa 기온 예측 시간별 월평균 CRPSS

3.4.2 앙상블예측시스템 분석검증

표 3.4.1 EPSG 북반구 500hPa 지위고도 RMSE [m] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	10.74	10.71	9.78	8.64	7.91	8.02	6.78	6.69	6.57	7.13	7.44	8.55	8.25
48H	19.82	19.36	17.79	15.76	14.81	14.40	11.95	11.95	11.80	13.34	13.28	15.56	14.99
72H	30.82	29.07	28.08	24.48	23.16	21.40	17.33	17.85	17.88	21.17	21.05	23.94	23.02
96H	42.01	40.11	38.55	33.73	32.55	29.33	24.20	25.69	26.01	30.35	30.34	34.05	32.24
120H	52.49	51.14	48.76	43.42	42.65	37.90	31.64	34.54	35.44	40.02	41.13	45.31	42.04
144H	62.52	61.24	58.60	52.50	51.33	45.55	38.26	42.45	44.14	50.17	51.63	57.78	51.35
168H	72.83	70.51	68.13	60.38	59.12	50.64	43.34	49.77	51.83	60.90	61.05	68.75	59.77
192H	82.47	78.76	76.70	67.53	65.13	55.43	48.24	55.83	59.04	71.77	68.39	78.35	67.30
216H	90.48	85.62	84.71	73.84	69.66	58.91	52.58	60.78	64.90	79.99	74.84	86.71	73.59
240H	96.00	90.46	90.68	79.79	72.55	62.25	56.24	64.83	69.65	85.65	80.49	92.29	78.41
264H	100.77	93.76	95.40	85.11	75.66	64.99	58.45	67.41	73.58	90.49	85.22	96.24	82.26
288H	105.07	96.63	99.89	88.89	77.65	67.15	60.36	69.35	76.93	93.84	90.29	99.96	85.50

표 3.4.2 EPSG 북반구 500hPa 지위고도 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	0.99	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	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
72H	0.96	0.97	0.97	0.97	0.96	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98	0.98	0.98	0.97
96H	0.94	0.94	0.94	0.94	0.92	0.94	0.94	0.94	0.95	0.95	0.96	0.95	0.94
120H	0.90	0.91	0.90	0.90	0.87	0.89	0.89	0.90	0.91	0.92	0.92	0.91	0.90
144H	0.85	0.86	0.85	0.85	0.80	0.84	0.84	0.84	0.86	0.87	0.87	0.85	0.85
168H	0.80	0.81	0.79	0.79	0.72	0.79	0.79	0.78	0.81	0.81	0.81	0.79	0.79
192H	0.73	0.76	0.73	0.73	0.64	0.73	0.73	0.72	0.75	0.73	0.76	0.71	0.73
216H	0.66	0.70	0.65	0.67	0.58	0.68	0.66	0.65	0.68	0.65	0.70	0.64	0.66
240H	0.61	0.65	0.59	0.60	0.53	0.63	0.60	0.58	0.62	0.58	0.64	0.58	0.60
264H	0.55	0.62	0.54	0.51	0.46	0.59	0.55	0.53	0.55	0.50	0.58	0.54	0.54
288H	0.50	0.58	0.48	0.45	0.41	0.55	0.51	0.50	0.49	0.44	0.51	0.49	0.49

표 3.4.3 EPSG 북반구 500hPa 지위고도 CRPSS [무차원] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	0.91	0.90	0.90	0.90	0.90	0.89	0.89	0.90	0.92	0.92	0.92	0.92	0.91
48H	0.83	0.83	0.83	0.83	0.81	0.81	0.81	0.83	0.86	0.87	0.87	0.86	0.84
72H	0.74	0.75	0.75	0.75	0.72	0.72	0.73	0.76	0.79	0.79	0.80	0.79	0.76
96H	0.65	0.67	0.66	0.66	0.62	0.63	0.64	0.66	0.70	0.71	0.71	0.70	0.67
120H	0.57	0.58	0.57	0.56	0.50	0.52	0.54	0.55	0.60	0.62	0.61	0.61	0.57
144H	0.48	0.49	0.47	0.47	0.40	0.43	0.44	0.45	0.50	0.53	0.51	0.50	0.47
168H	0.40	0.41	0.38	0.39	0.30	0.36	0.37	0.36	0.42	0.43	0.42	0.40	0.39
192H	0.32	0.34	0.30	0.31	0.23	0.30	0.30	0.28	0.34	0.33	0.35	0.32	0.31
216H	0.25	0.28	0.23	0.24	0.17	0.25	0.23	0.22	0.27	0.25	0.28	0.24	0.24
240H	0.20	0.24	0.17	0.18	0.13	0.20	0.18	0.16	0.21	0.18	0.23	0.19	0.19
264H	0.16	0.20	0.12	0.12	0.09	0.17	0.15	0.12	0.17	0.13	0.18	0.15	0.15
288H	0.13	0.17	0.08	0.08	0.06	0.14	0.12	0.09	0.13	0.10	0.13	0.11	0.11

표 3.4.4 EPSG 북반구 500hPa 지위고도 +1 표준편차 이상 BSS [무차원] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	0.91	0.91	0.89	0.90	0.88	0.88	0.85	0.87	0.88	0.90	0.90	0.91	0.96
48H	0.84	0.84	0.82	0.84	0.80	0.80	0.74	0.78	0.79	0.82	0.85	0.86	0.88
72H	0.77	0.78	0.73	0.76	0.72	0.73	0.68	0.72	0.73	0.75	0.78	0.79	0.81
96H	0.69	0.71	0.66	0.68	0.62	0.65	0.61	0.64	0.64	0.67	0.70	0.71	0.72
120H	0.61	0.62	0.59	0.59	0.52	0.57	0.52	0.52	0.54	0.60	0.60	0.63	0.62
144H	0.52	0.53	0.49	0.52	0.41	0.49	0.44	0.43	0.45	0.52	0.51	0.53	0.53
168H	0.42	0.45	0.40	0.44	0.33	0.44	0.36	0.35	0.37	0.42	0.42	0.43	0.43
192H	0.33	0.38	0.31	0.36	0.26	0.37	0.29	0.27	0.30	0.31	0.35	0.33	0.35
216H	0.27	0.32	0.23	0.29	0.20	0.31	0.23	0.19	0.22	0.22	0.29	0.25	0.27
240H	0.21	0.27	0.16	0.24	0.15	0.25	0.19	0.14	0.15	0.15	0.22	0.20	0.21
264H	0.18	0.21	0.10	0.17	0.11	0.20	0.16	0.09	0.11	0.10	0.16	0.16	0.16
288H	0.14	0.17	0.06	0.11	0.08	0.18	0.11	0.06	0.06	0.06	0.12	0.12	0.12

표 3.4.5 EPSG 북반구 850hPa 기온 RMSE [°C] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	1.17	1.15	1.06	0.96	0.96	0.93	0.85	0.79	0.78	0.86	0.96	1.10	0.96
48H	1.58	1.56	1.45	1.34	1.31	1.28	1.14	1.07	1.05	1.16	1.28	1.48	1.31
72H	1.97	1.96	1.84	1.70	1.62	1.60	1.39	1.33	1.31	1.45	1.57	1.82	1.63
96H	2.41	2.37	2.29	2.08	1.97	1.95	1.66	1.62	1.60	1.76	1.93	2.17	1.98
120H	2.81	2.83	2.69	2.49	2.39	2.31	1.93	1.91	1.93	2.10	2.33	2.58	2.36
144H	3.17	3.27	3.08	2.86	2.78	2.62	2.18	2.20	2.24	2.43	2.69	3.02	2.71
168H	3.52	3.60	3.47	3.18	3.09	2.85	2.39	2.48	2.50	2.78	3.03	3.39	3.02
192H	3.82	3.92	3.81	3.42	3.34	3.06	2.56	2.68	2.76	3.10	3.33	3.68	3.29
216H	4.06	4.20	4.08	3.59	3.52	3.20	2.71	2.84	2.97	3.37	3.62	3.95	3.51
240H	4.24	4.43	4.26	3.74	3.62	3.31	2.86	2.96	3.14	3.59	3.86	4.20	3.69
264H	4.40	4.56	4.40	3.92	3.74	3.40	2.95	3.07	3.29	3.77	4.05	4.39	3.83
288H	4.55	4.66	4.55	4.06	3.82	3.47	3.04	3.17	3.38	3.91	4.22	4.56	3.95

표 3.4.6 EPSG 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	0.97	0.97	0.97	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.97
48H	0.95	0.95	0.95	0.95	0.94	0.95	0.95	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.95
72H	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.93	0.94	0.94	0.94	0.93	0.93
96H	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.89	0.90	0.91	0.91	0.91	0.90	0.89
120H	0.83	0.83	0.84	0.83	0.81	0.83	0.85	0.87	0.86	0.87	0.87	0.85	0.85
144H	0.77	0.77	0.77	0.77	0.74	0.78	0.81	0.82	0.81	0.83	0.82	0.79	0.79
168H	0.71	0.71	0.70	0.71	0.66	0.73	0.76	0.77	0.76	0.77	0.77	0.72	0.73
192H	0.65	0.64	0.62	0.66	0.58	0.68	0.72	0.72	0.70	0.71	0.71	0.66	0.67
216H	0.59	0.58	0.54	0.61	0.52	0.63	0.68	0.68	0.64	0.65	0.64	0.59	0.61
240H	0.54	0.51	0.49	0.56	0.47	0.60	0.63	0.64	0.59	0.59	0.58	0.52	0.56
264H	0.49	0.46	0.44	0.50	0.41	0.56	0.61	0.61	0.54	0.53	0.52	0.47	0.51
288H	0.44	0.41	0.39	0.45	0.36	0.54	0.58	0.57	0.50	0.47	0.47	0.41	0.47

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

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	0.77	0.77	0.77	0.78	0.76	0.76	0.75	0.78	0.79	0.81	0.80	0.79	0.78
48H	0.68	0.69	0.69	0.70	0.67	0.67	0.65	0.70	0.72	0.75	0.73	0.71	0.70
72H	0.61	0.62	0.62	0.62	0.59	0.59	0.58	0.63	0.65	0.69	0.68	0.65	0.62
96H	0.52	0.54	0.53	0.54	0.51	0.50	0.50	0.55	0.58	0.62	0.60	0.58	0.55
120H	0.44	0.46	0.45	0.45	0.41	0.41	0.43	0.48	0.50	0.55	0.53	0.50	0.47
144H	0.37	0.38	0.36	0.37	0.31	0.33	0.36	0.40	0.42	0.47	0.45	0.41	0.39
168H	0.30	0.32	0.28	0.29	0.23	0.27	0.29	0.32	0.35	0.40	0.38	0.33	0.31
192H	0.25	0.25	0.20	0.24	0.17	0.21	0.24	0.26	0.29	0.33	0.31	0.27	0.25
216H	0.20	0.19	0.15	0.20	0.12	0.17	0.20	0.22	0.23	0.26	0.25	0.21	0.20
240H	0.16	0.14	0.10	0.16	0.09	0.14	0.15	0.18	0.19	0.21	0.20	0.16	0.16
264H	0.13	0.12	0.07	0.12	0.05	0.12	0.12	0.14	0.14	0.17	0.16	0.12	0.12
288H	0.10	0.09	0.04	0.08	0.03	0.09	0.09	0.12	0.12	0.13	0.12	0.08	0.09

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

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	0.76	0.76	0.76	0.75	0.74	0.74	0.71	0.76	0.76	0.78	0.79	0.77	0.82
48H	0.68	0.69	0.68	0.67	0.65	0.65	0.61	0.67	0.68	0.72	0.73	0.70	0.73
72H	0.61	0.62	0.60	0.59	0.57	0.57	0.54	0.61	0.62	0.66	0.66	0.64	0.66
96H	0.53	0.56	0.51	0.52	0.48	0.49	0.46	0.53	0.56	0.60	0.59	0.57	0.58
120H	0.44	0.48	0.44	0.44	0.38	0.41	0.39	0.46	0.48	0.53	0.52	0.49	0.49
144H	0.37	0.40	0.36	0.35	0.29	0.33	0.32	0.39	0.41	0.47	0.44	0.41	0.41
168H	0.30	0.33	0.29	0.28	0.21	0.27	0.26	0.32	0.35	0.40	0.37	0.33	0.33
192H	0.24	0.27	0.22	0.23	0.16	0.21	0.21	0.26	0.29	0.33	0.30	0.27	0.27
216H	0.19	0.20	0.17	0.20	0.12	0.17	0.16	0.21	0.24	0.27	0.24	0.21	0.21
240H	0.15	0.15	0.13	0.16	0.09	0.13	0.11	0.17	0.20	0.22	0.19	0.16	0.17
264H	0.12	0.12	0.09	0.13	0.06	0.10	0.07	0.13	0.16	0.18	0.16	0.13	0.13
288H	0.10	0.09	0.06	0.09	0.04	0.07	0.04	0.10	0.13	0.14	0.12	0.09	0.10

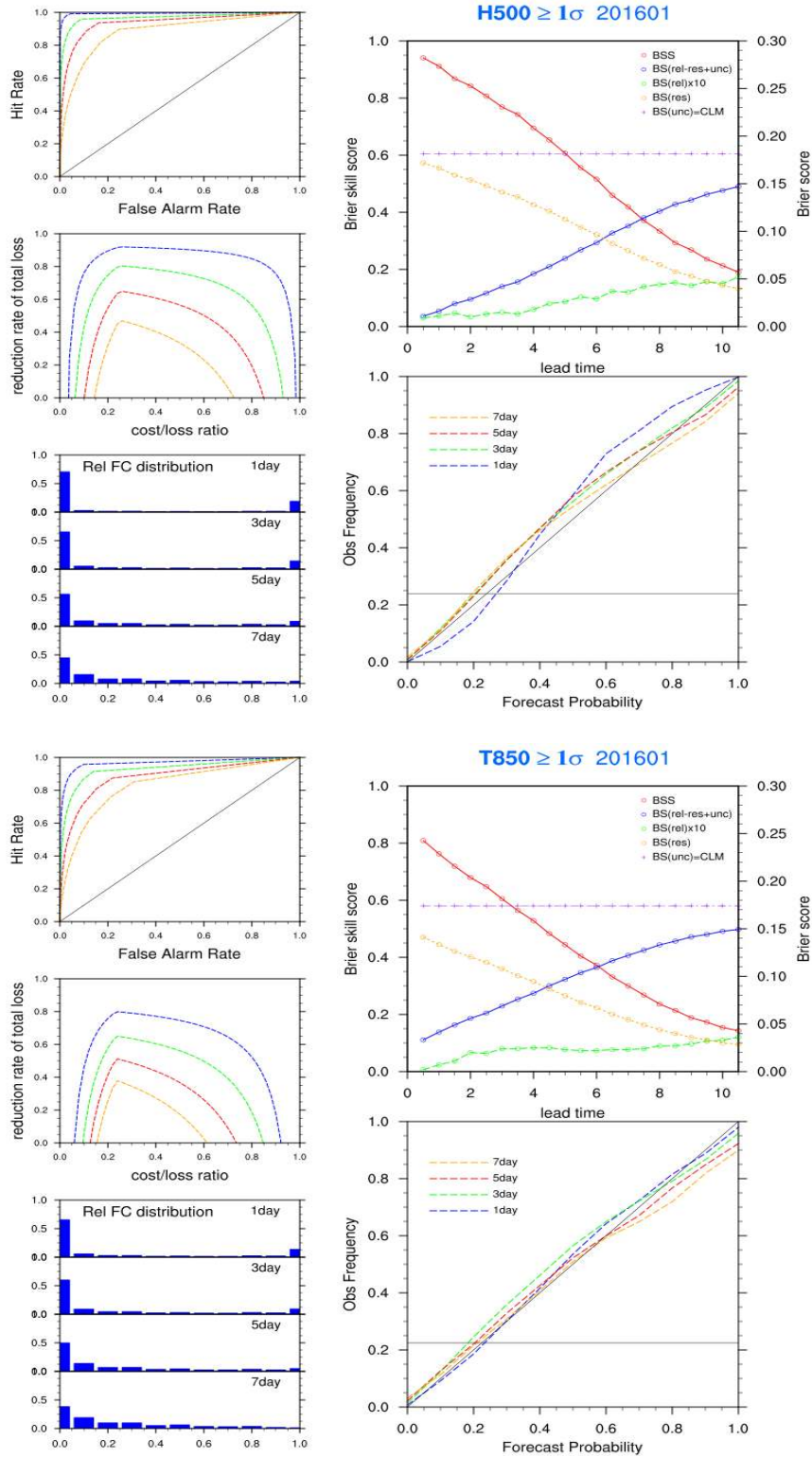


그림 3.4.7 2016년 1월 EPSG 북반구 500hPa 지위고도(상)와 850hPa 기온(하)의 +1 표준편차에 대한 확률예측 성능 (왼쪽 상단부터 ROC curve, Economic Value, Rank histogram, 오른쪽 상단부터 Brier Score, Reliability Table)

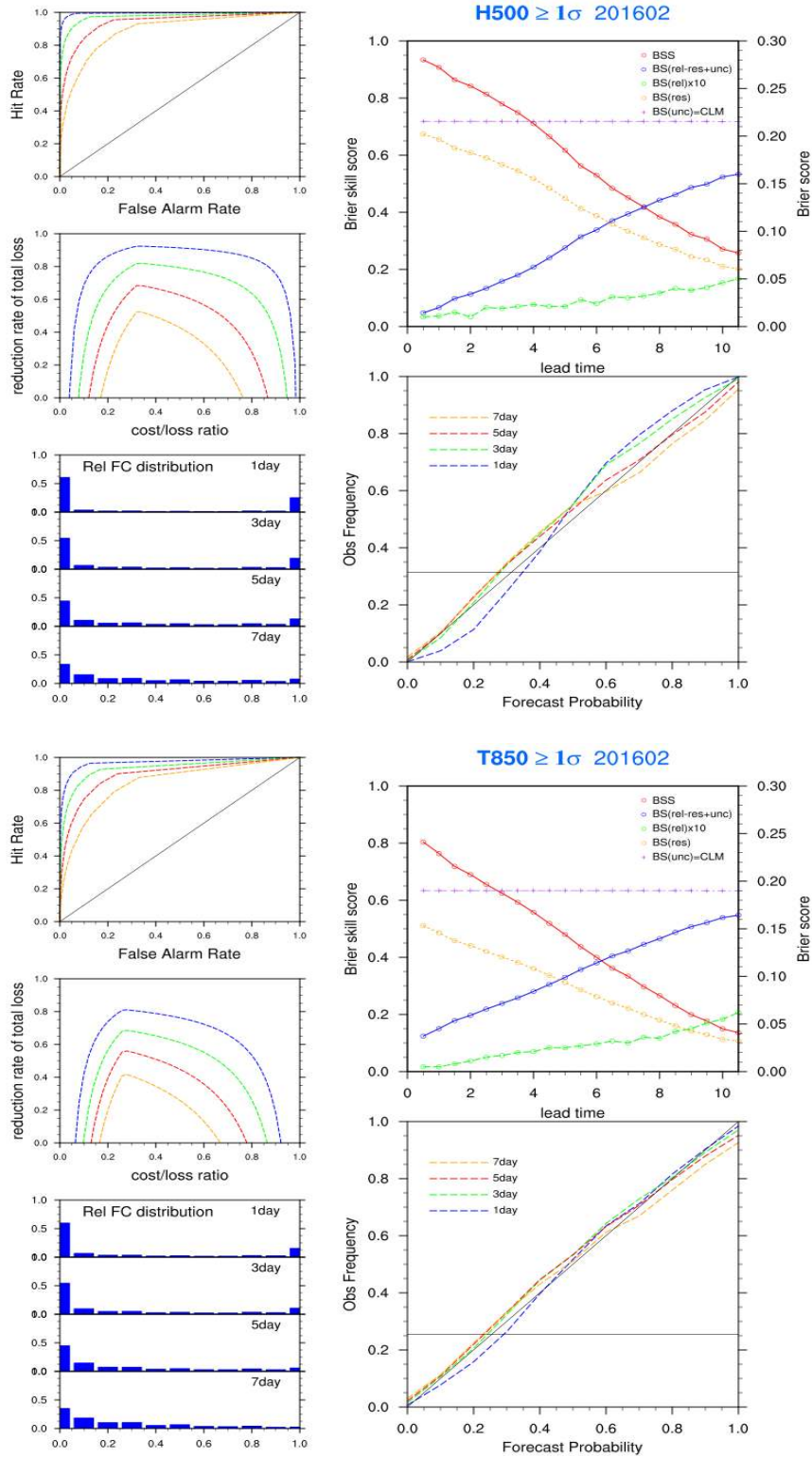


그림 3.4.8 2016년 2월 EPSG 북반구 500hPa 지위고도(상)와 850hPa 기온(하)의 +1 표준편차에 대한 확률예측 성능 (왼쪽 상단부터 ROC curve, Economic Value, Rank histogram, 오른쪽 상단부터 Brier Score, Reliability Table)

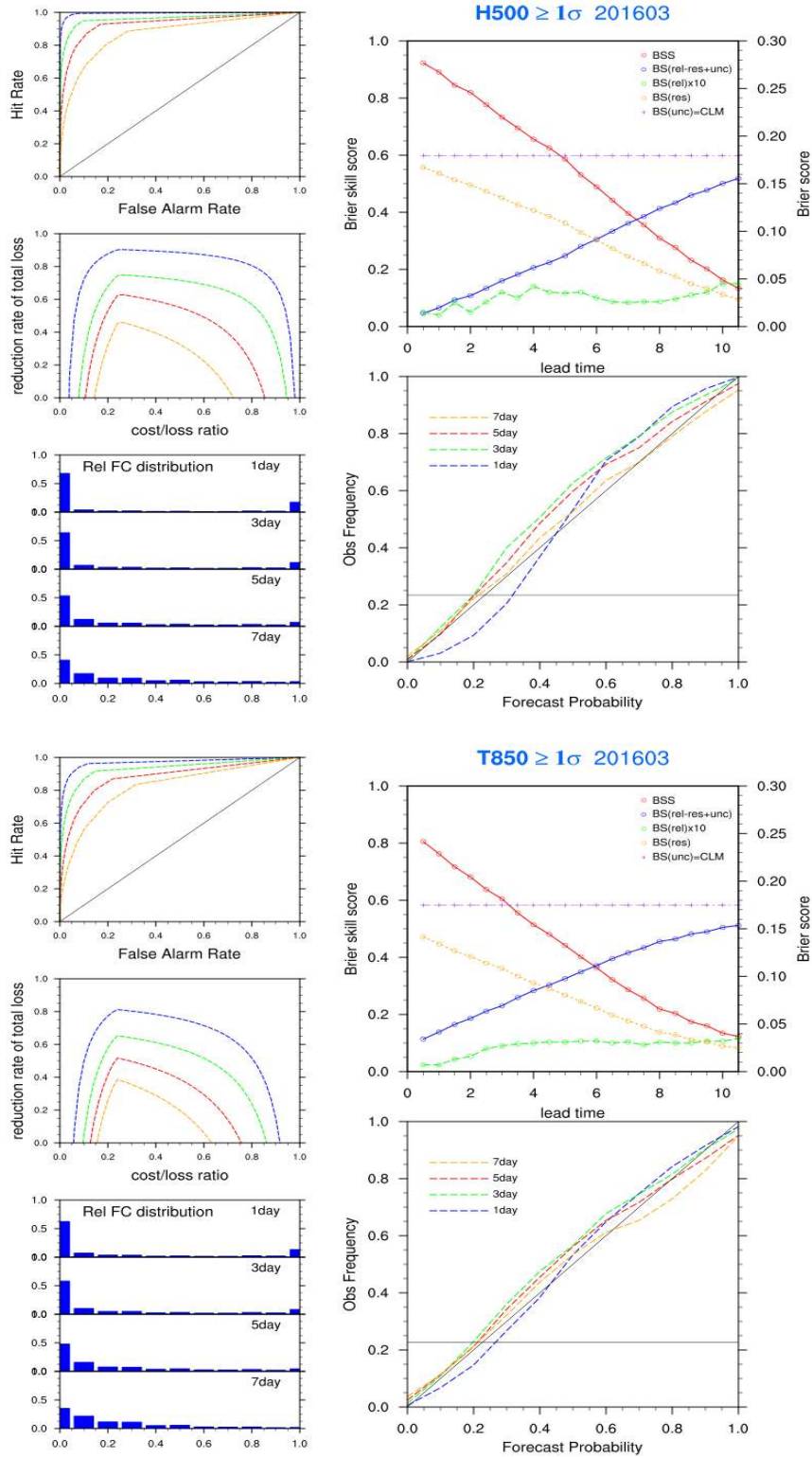


그림 3.4.9 2016년 3월 EPSG 북반구 500hPa 지위고도(상)와 850hPa 기온(하)의 +1 표준편차에 대한 확률예측 성능 (왼쪽 상단부터 ROC curve, Economic Value, Rank histogram, 오른쪽 상단부터 Brier Score, Reliability Table)

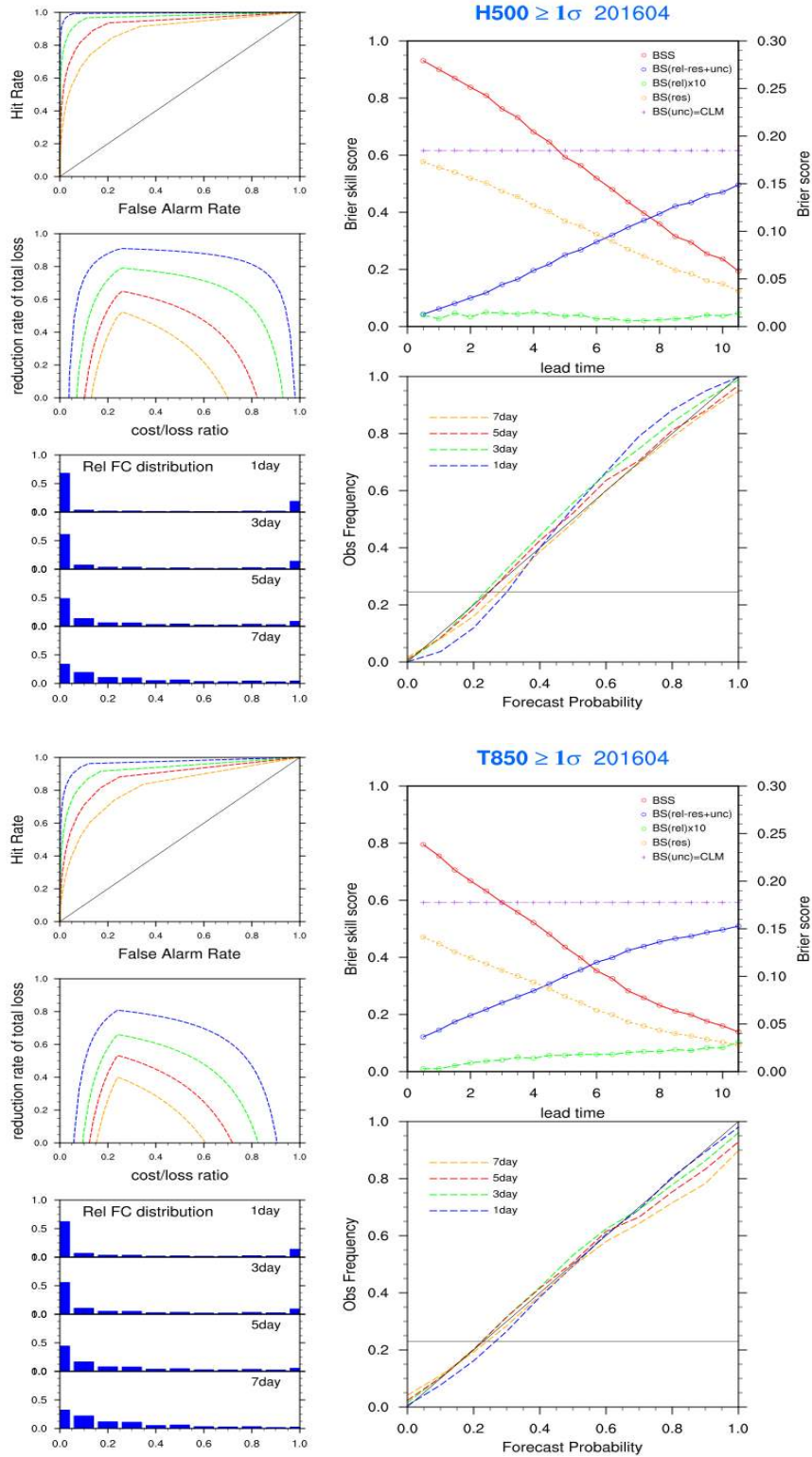


그림 3.4.10 2016년 4월 EPSG 북반구 500hPa 지위고도(상)와 850hPa 기온(하)의 +1 표준편차에 대한 확률예측 성능 (왼쪽 상단부터 ROC curve, Economic Value, Rank histogram, 오른쪽 상단부터 Brier Score, Reliability Table)

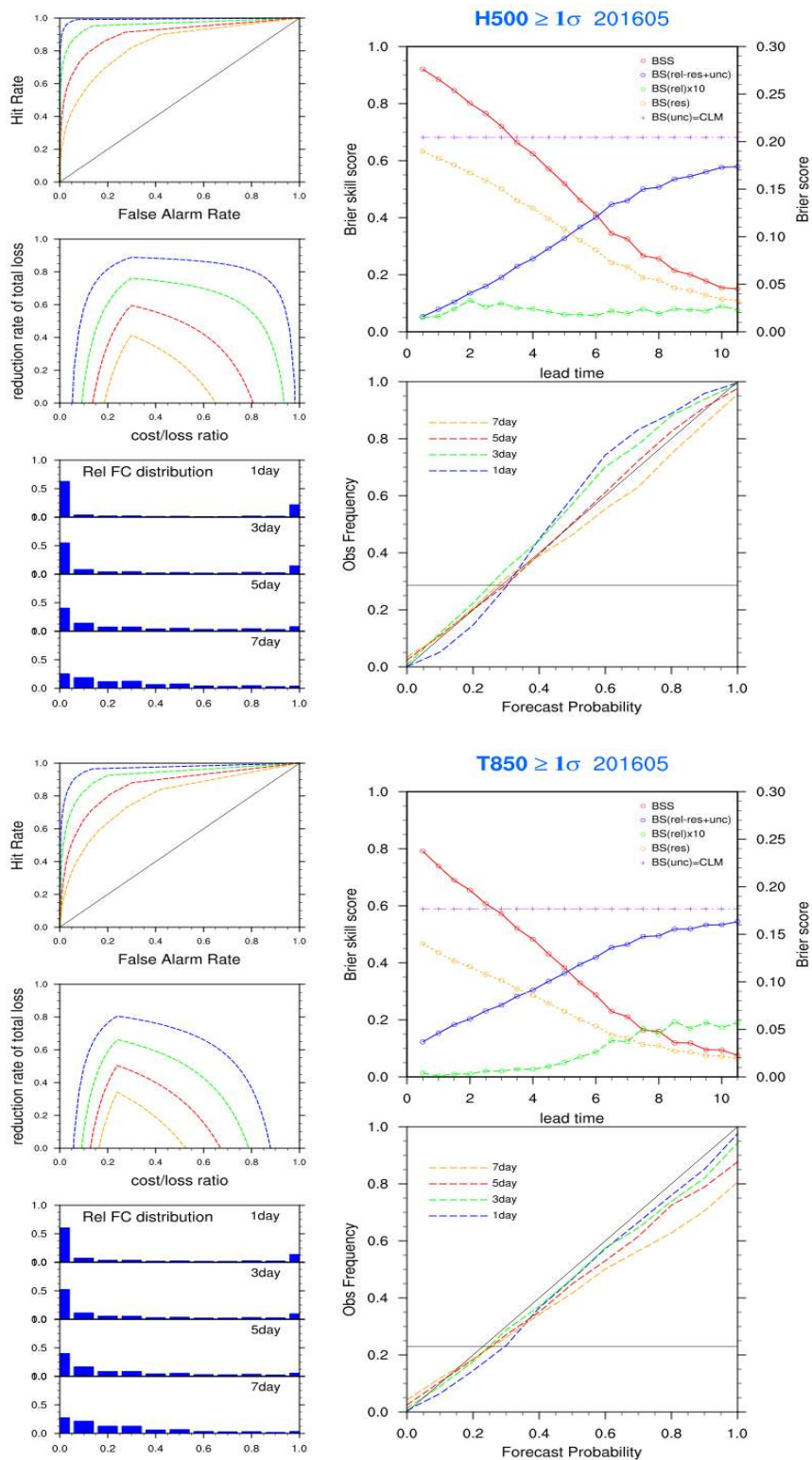


그림 3.4.11 2016년 5월 EPSG 북반구 500hPa 지위고도(상)와 850hPa 기온(하)의 +1 표준편차에 대한 확률예측 성능 (왼쪽 상단부터 ROC curve, Economic Value, Rank histogram, 오른쪽 상단부터 Brier Score, Reliability Table)

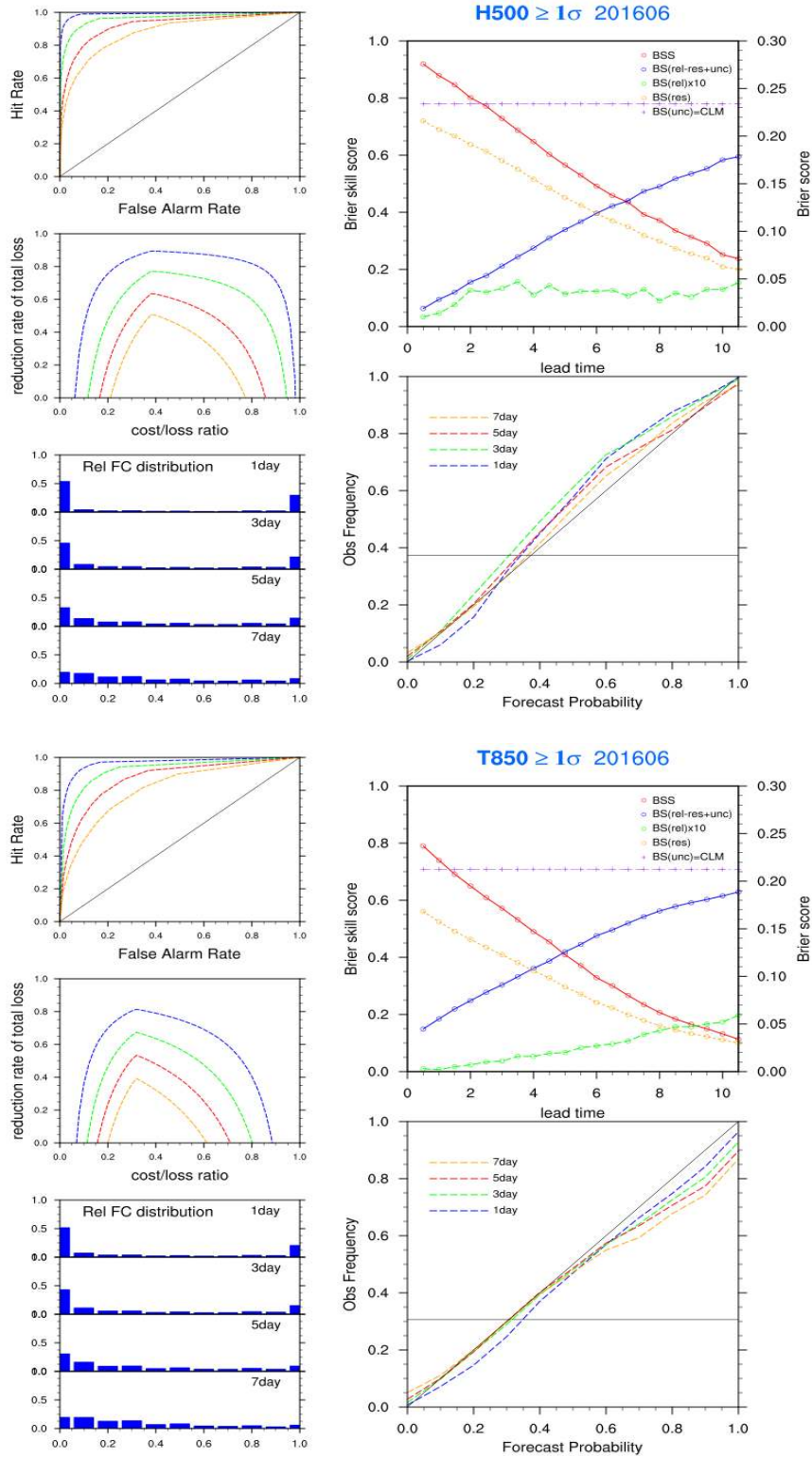


그림 3.4.12 2016년 6월 EPSG 북반구 500hPa 지위고도(상)와 850hPa 기온(하)의 +1 표준편차에 대한 확률예측 성능 (왼쪽 상단부터 ROC curve, Economic Value, Rank histogram, 오른쪽 상단부터 Brier Score, Reliability Table)

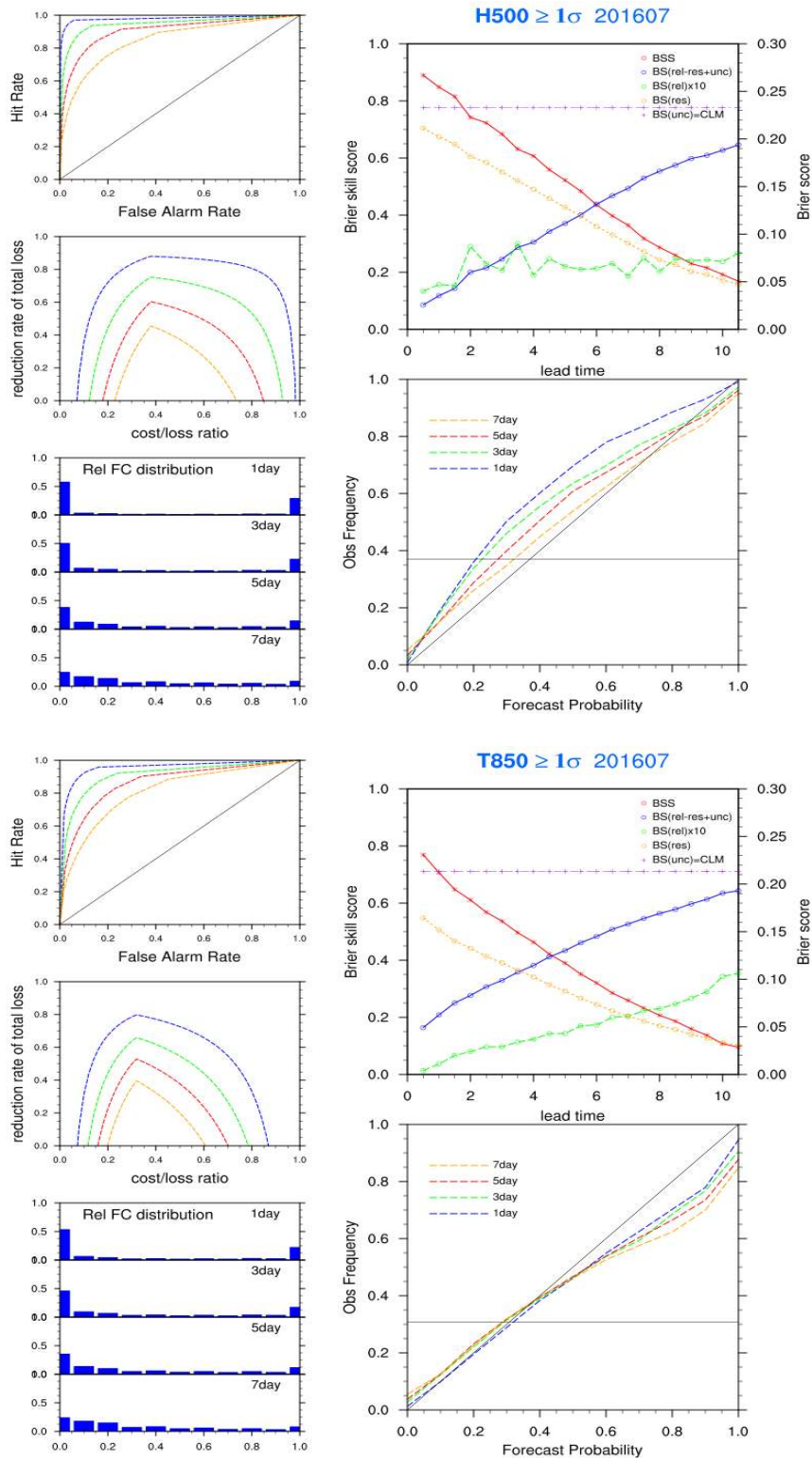


그림 3.4.13 2016년 7월 EPSG 북반구 500hPa 지위고도(상)와 850hPa 기온(하)의 +1 표준편차에 대한 확률예측 성능 (왼쪽 상단부터 ROC curve, Economic Value, Rank histogram, 오른쪽 상단부터 Brier Score, Reliability Table)

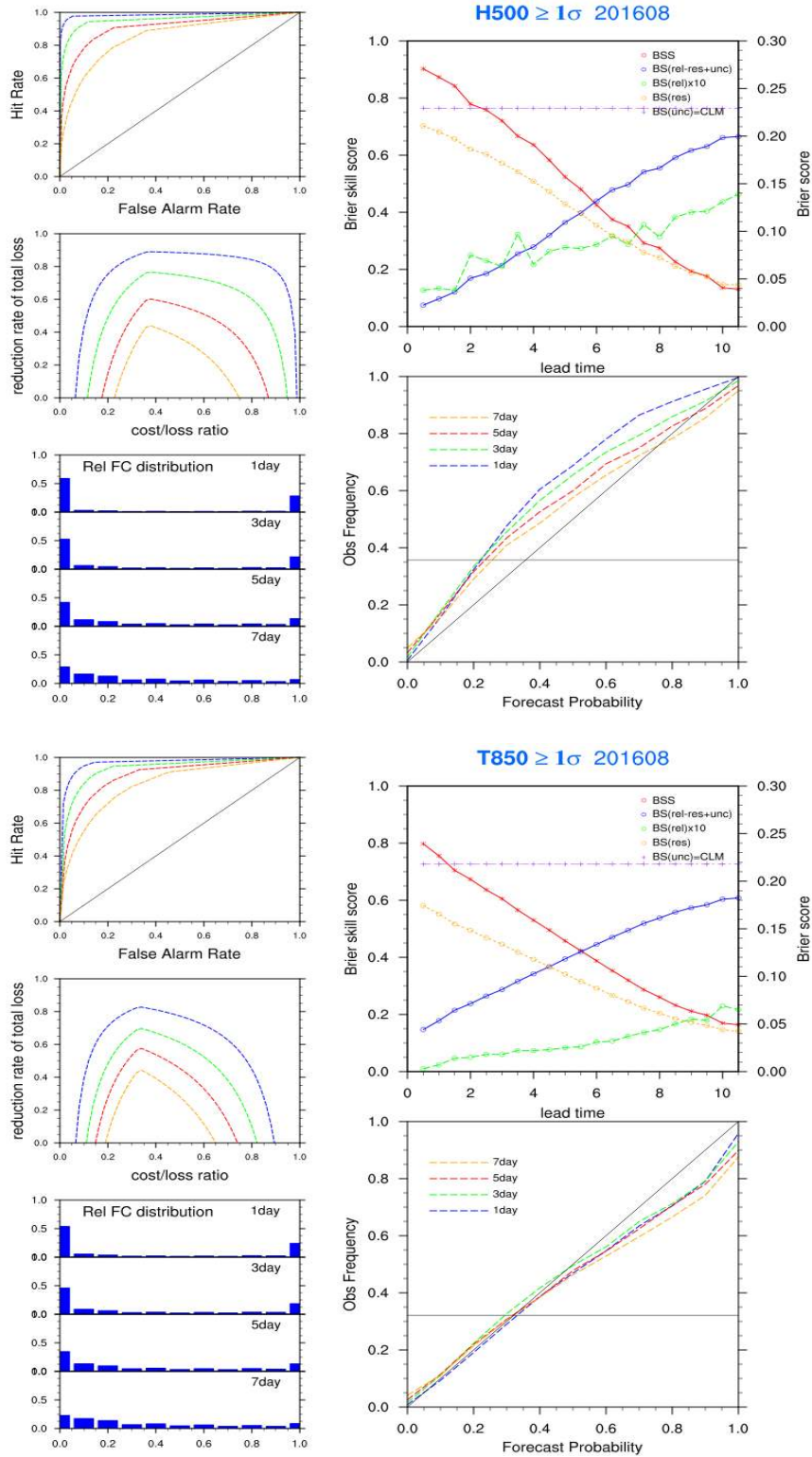


그림 3.4.14 2016년 8월 EPSG 북반구 500hPa 지위고도(상)와 850hPa 기온(하)의 +1 표준편차에 대한 확률예측 성능 (왼쪽 상단부터 ROC curve, Economic Value, Rank histogram, 오른쪽 상단부터 Brier Score, Reliability Table)

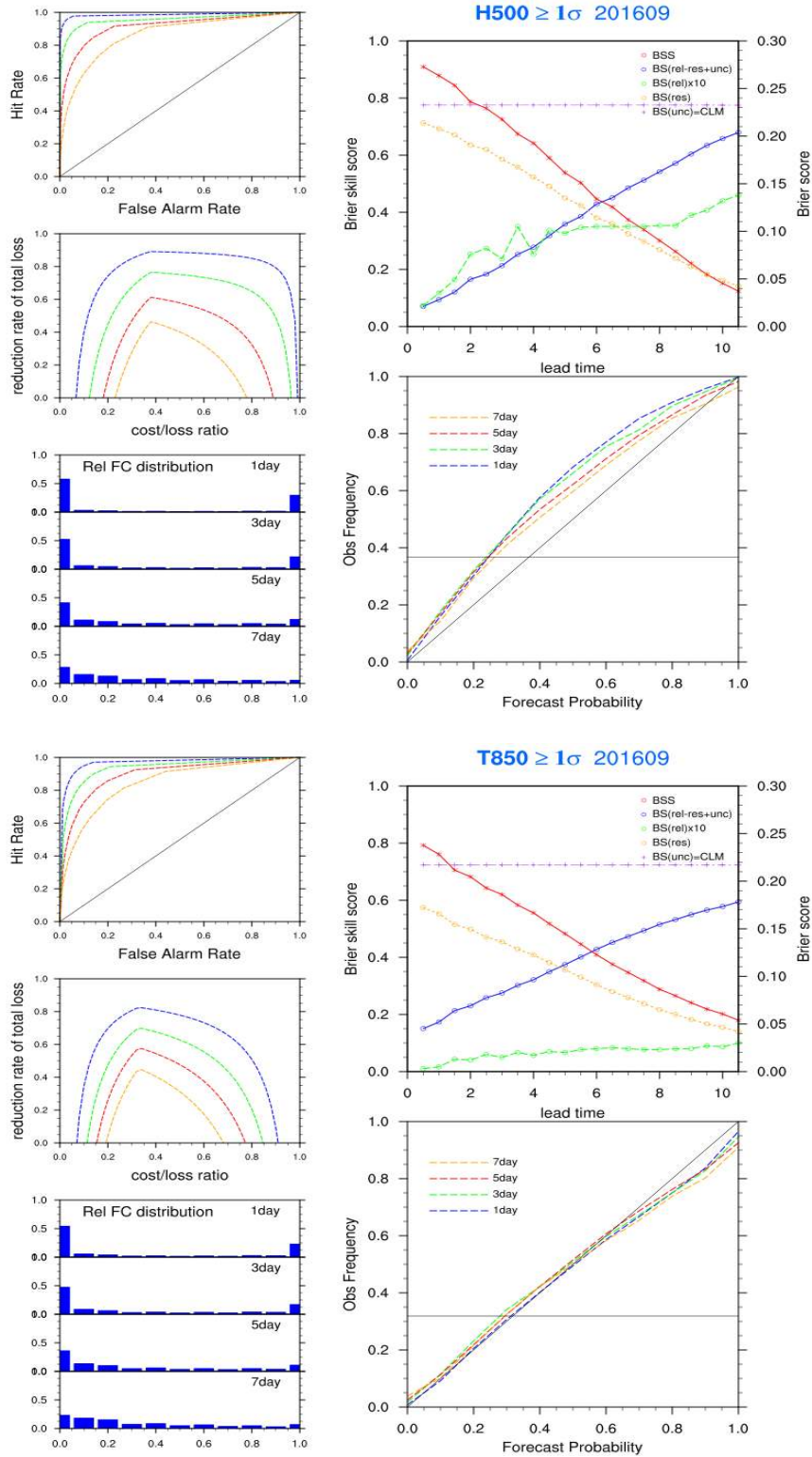


그림 3.4.15 2016년 9월 EPSG 북반구 500hPa 지위고도(상)와 850hPa 기온(하)의 +1 표준편차에 대한 확률예측 성능 (왼쪽 상단부터 ROC curve, Economic Value, Rank histogram, 오른쪽 상단부터 Brier Score, Reliability Table)

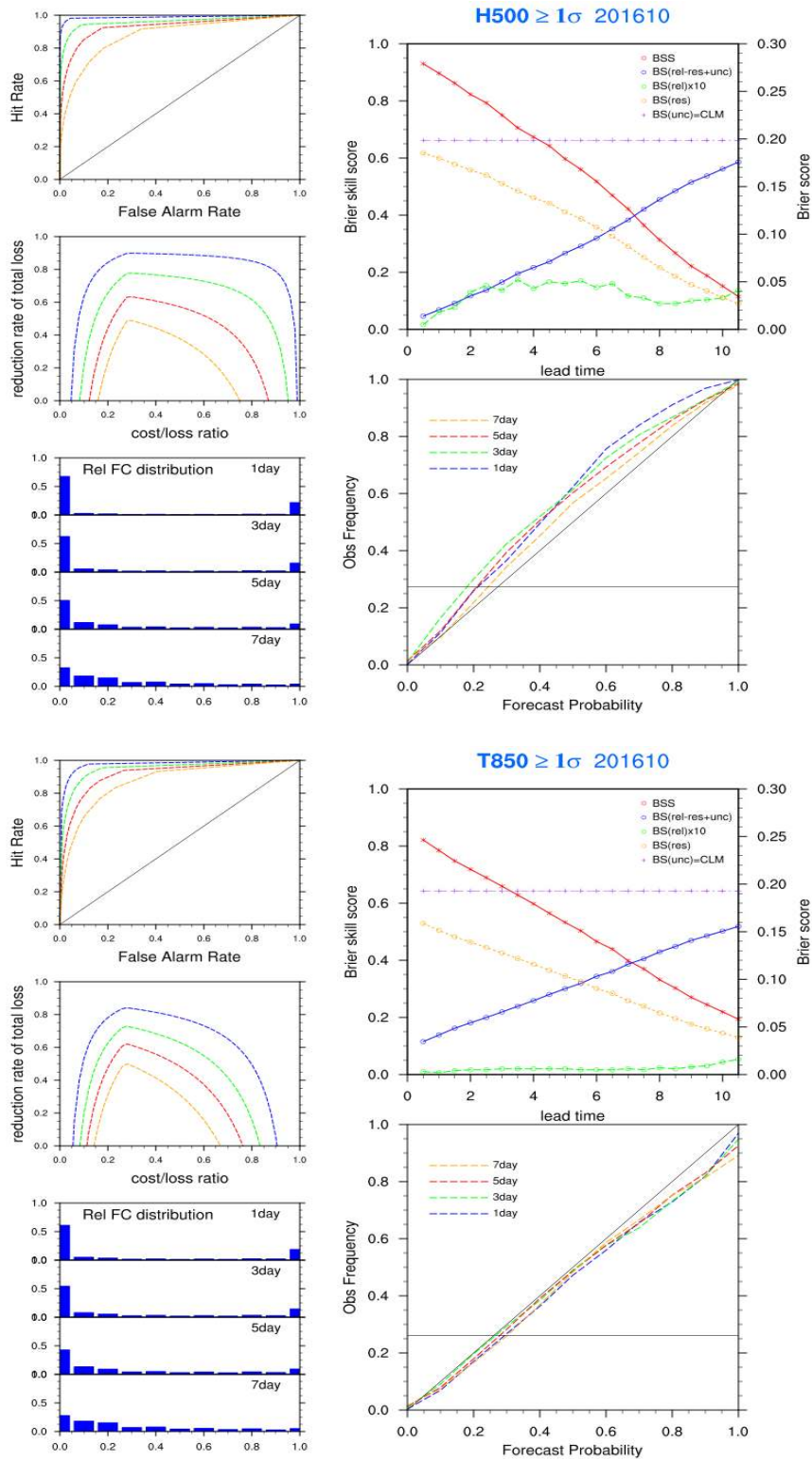


그림 3.4.16 2016년 10월 EPSG 북반구 500hPa 지위고도(상)와 850hPa 기온(하)의 +1 표준편차에 대한 확률예측 성능 (왼쪽 상단부터 ROC curve, Economic Value, Rank histogram, 오른쪽 상단부터 Brier Score, Reliability Table)

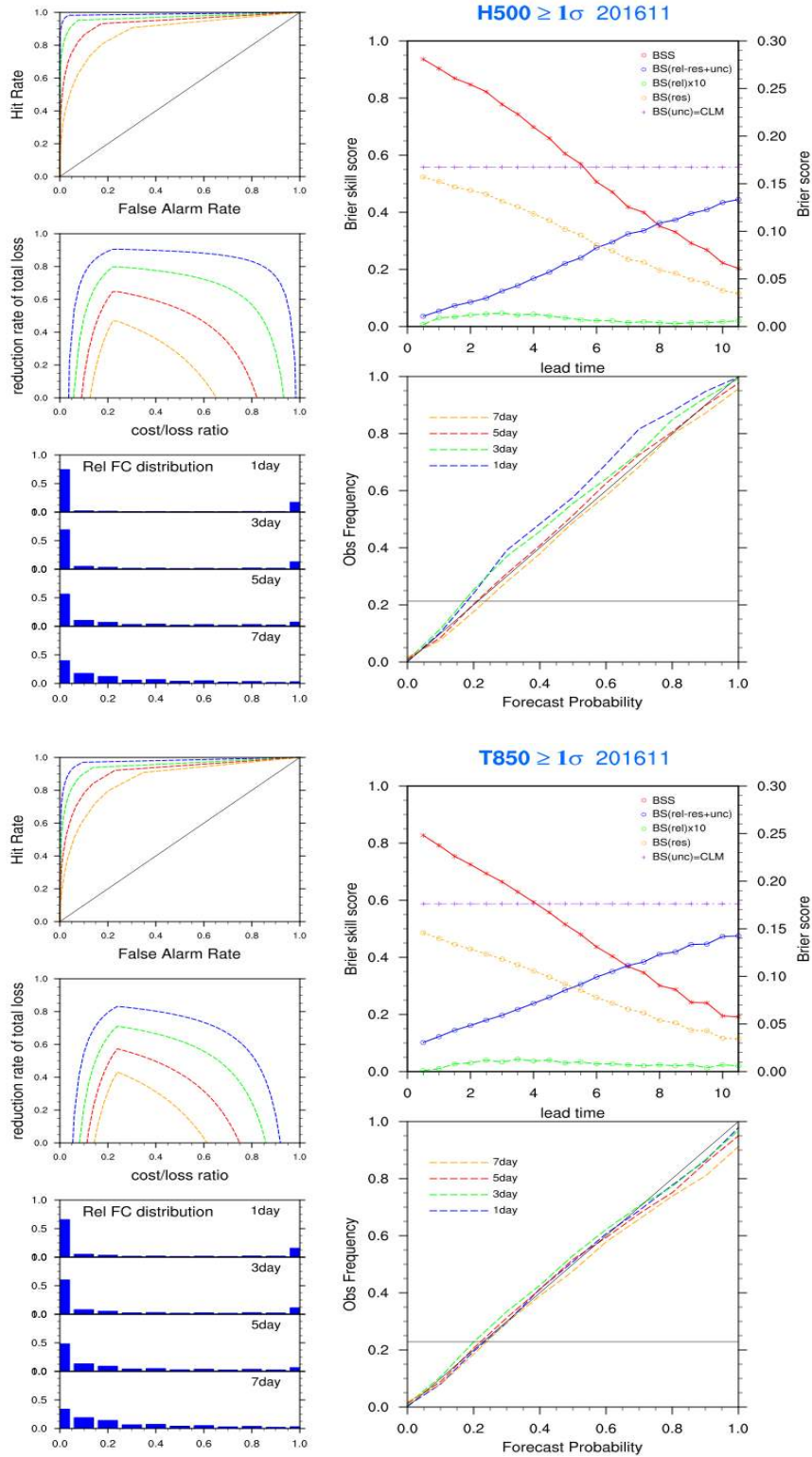


그림 3.4.17 2016년 11월 EPSG 북반구 500hPa 지위고도(상)와 850hPa 기온(하)의 +1 표준편차에 대한 확률예측 성능 (왼쪽 상단부터 ROC curve, Economic Value, Rank histogram, 오른쪽 상단부터 Brier Score, Reliability Table)

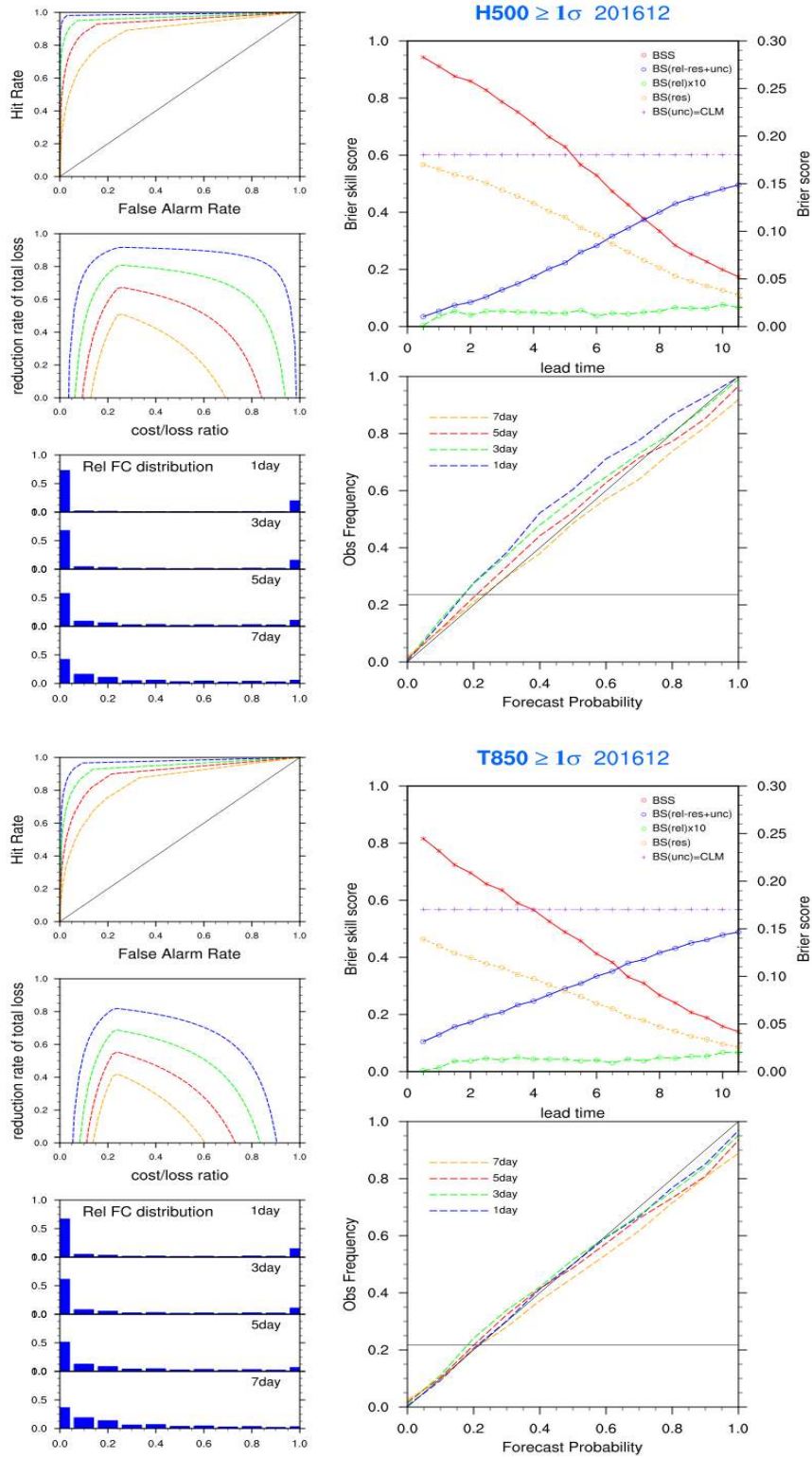


그림 3.4.18 2016년 12월 EPSG 북반구 500hPa 지위고도(상)와 850hPa 기온(하)의 +1 표준편차에 대한 확률예측 성능 (왼쪽 상단부터 ROC curve, Economic Value, Rank histogram, 오른쪽 상단부터 Brier Score, Reliability Table)

3.5 통계예측시스템

3.5.1 통계예측시스템 성능변화 추세

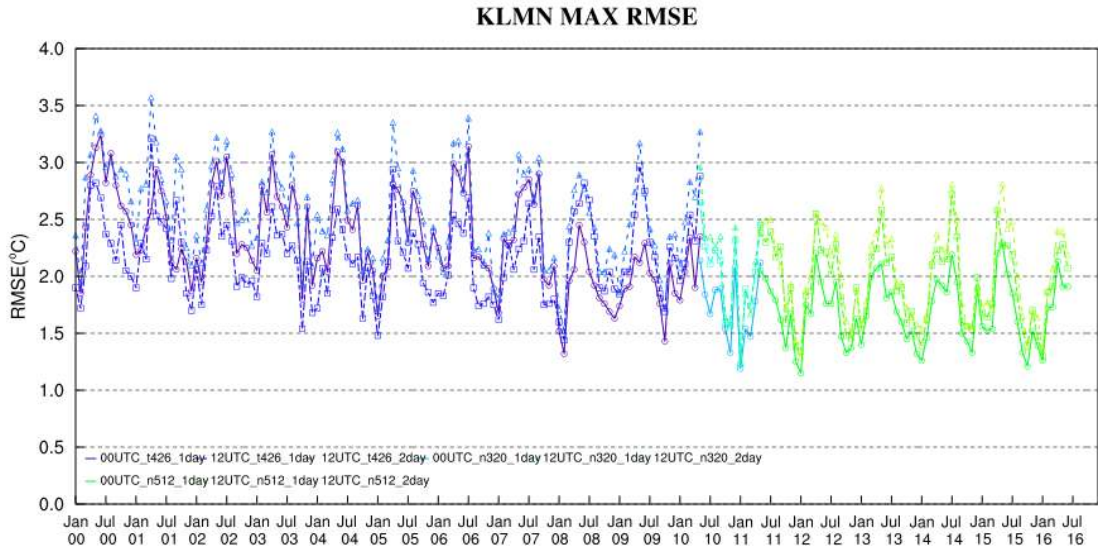


그림 3.5.1 KLMN 최고기온 월별 RMSE 성능 변화

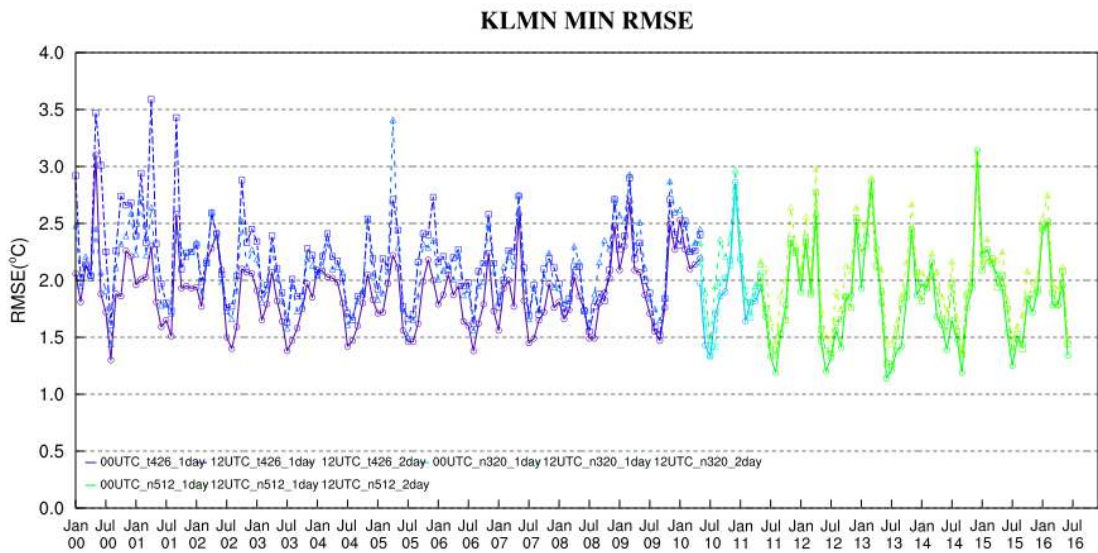


그림 3.5.2 KLMN 최저기온 월별 RMSE 성능 변화

GDLM MAX RMSE

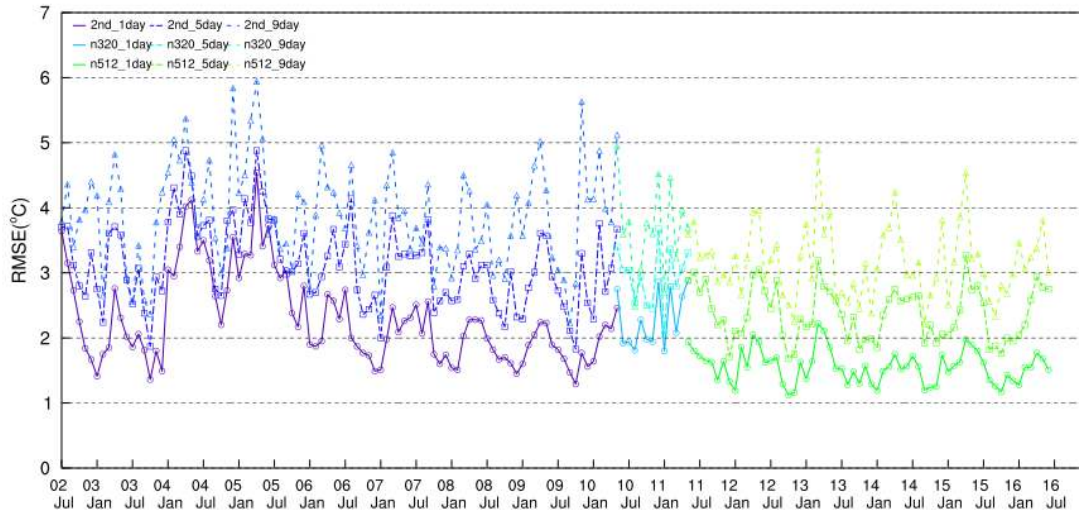


그림 3.5.3 GDLM 최고기온 월별 RMSE 성능 변화

GDLM MIN RMSE

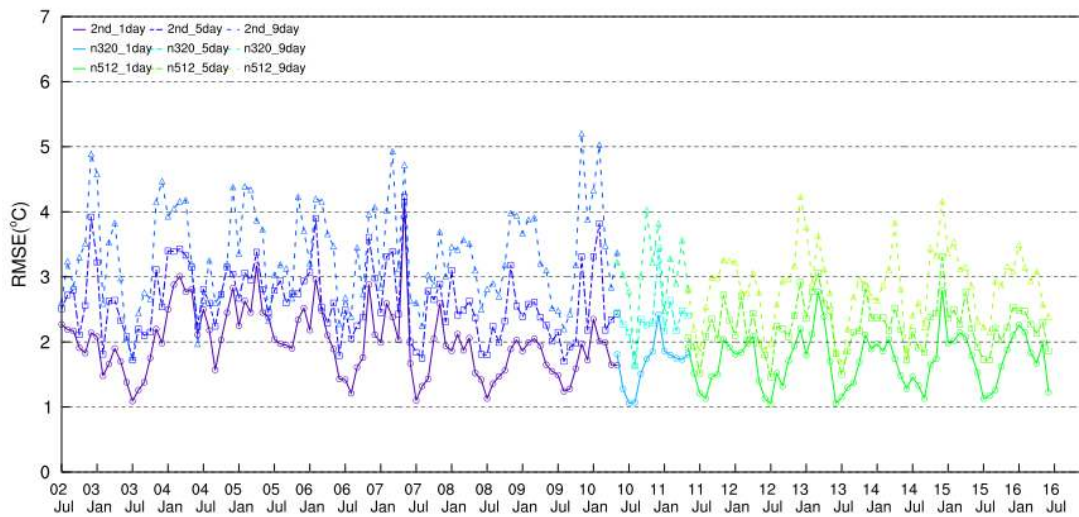


그림 3.5.4 GDLM 최저기온 월별 RMSE 성능 변화

3.5.2 KLMN과 GDLM 최고·최저기온 예보 검증

표 3.5.1 KLMN, GDLM 월별 최고기온 Mean Error

최고기온		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
KLMN	1일12H	-0.07	-0.18	-0.01	0.06	-0.02	0.04							
	1일00H	-0.08	-0.01	-0.09	0.08	-0.01	0.13							
	2일12H	-0.03	-0.12	-0.06	0.10	0.00	0.16							
GDLM	1일	0.08	-0.21	-0.16	-0.04	0.19	0.30							
	2일	0.11	-0.22	-0.28	0.08	-0.02	0.57							
	3일	0.15	-0.49	-0.12	-0.01	-0.10	0.66							
	4일	0.24	-0.47	0.00	-0.15	-0.04	0.56							
	5일	0.25	-0.48	0.00	-0.25	-0.06	0.47							
	6일	0.51	-0.81	-0.30	-0.24	-0.58	0.90							
	7일	0.93	-0.49	-0.93	0.20	-0.97	0.91							
	8일	0.92	-0.96	-0.69	0.15	-0.87	0.78							
	9일	1.16	-0.91	-0.55	0.32	-0.98	0.92							
	10일	1.07	-1.05	-0.90	0.15	-1.20	0.72							

표 3.5.2 KLMN, GDLM 월별 최저기온 Mean Error

최저기온		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
KLMN	1일00H	0.67	0.67	0.34	0.36	0.38	0.24							
	2일12H	0.31	0.22	-0.28	0.10	0.01	0.01							
	2일00H	0.67	0.72	0.18	0.36	0.40	0.22							
GDLM	1일	0.88	0.93	0.39	0.85	0.78	0.45							
	2일	0.87	0.97	0.36	0.75	0.69	0.53							
	3일	1.18	0.82	0.42	0.71	0.62	0.44							
	4일	0.97	0.82	0.55	0.57	0.48	0.56							
	5일	0.91	0.75	0.73	0.30	0.47	0.63							
	6일	1.42	0.53	0.65	0.12	0.58	0.50							
	7일	1.50	0.68	0.61	0.05	0.41	0.25							
	8일	1.51	0.64	0.45	0.73	0.31	0.05							
	9일	1.59	0.47	0.25	0.66	0.08	0.16							
	10일	1.43	-0.11	0.64	0.18	-0.24	-0.05							

표 3.5.3 KLMN, GDLM 월별 최고기온 RMSE

최고기온		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
KLMN	1일12H	1.26	1.72	1.73	2.13	1.91	1.91							
	1일00H	1.30	1.86	1.91	2.23	2.28	2.07							
	2일12H	1.37	1.87	2.07	2.40	2.39	2.19							
GDLM	1일	1.28	1.55	1.55	1.77	1.68	1.51							
	2일	1.29	1.65	1.75	2.10	1.86	1.79							
	3일	1.52	1.81	2.10	2.36	2.02	2.12							
	4일	1.90	2.04	2.09	2.66	2.33	2.50							
	5일	2.04	2.20	2.58	2.94	2.78	2.75							
	6일	2.72	2.65	2.88	3.28	2.87	2.69							
	7일	3.16	2.66	3.14	3.56	3.40	2.89							
	8일	3.32	2.86	3.06	3.40	3.82	3.12							
	9일	3.46	3.06	3.24	3.38	3.81	3.01							
	10일	3.63	3.72	3.91	4.13	3.76	3.11							

표 3.5.4 KLMN, GDLM 월별 최저기온 RMSE

최저기온		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
KLMN	1일00H	2.44	2.49	1.78	1.78	1.96	1.34							
	2일12H	2.46	2.51	1.89	1.79	2.08	1.44							
	2일00H	2.54	2.75	1.97	1.92	2.12	1.48							
GDLM	1일	2.26	2.15	1.83	1.67	1.98	1.23							
	2일	2.16	2.33	1.90	1.83	2.00	1.40							
	3일	2.31	2.49	2.00	1.84	2.07	1.56							
	4일	2.21	2.66	2.17	1.89	2.14	1.70							
	5일	2.48	2.47	2.27	2.13	2.30	1.86							
	6일	3.02	2.60	2.35	2.44	2.47	1.79							
	7일	3.00	2.94	2.76	2.54	2.32	1.98							
	8일	3.37	3.10	3.00	2.77	2.30	2.13							
	9일	3.49	3.15	2.94	3.08	2.58	2.39							
	10일	3.59	3.63	4.02	2.80	2.65	2.50							

3.5.3 RDLM(UM 12km L70) 3시간 기온 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	0.00	-0.09	0.12	0.22	0.17							
+ 6hr	0.09	0.11	-0.04	0.00	0.23	0.22							
+ 9hr	0.07	0.05	0.07	0.03	0.11	0.28							
+ 12hr	0.11	-0.13	0.08	0.12	0.09	0.19							
+ 15hr	0.13	-0.14	0.13	0.15	0.08	0.14							
+ 18hr	0.04	0.06	0.19	0.19	0.12	0.11							
+ 21hr	-0.04	0.29	0.09	0.11	0.18	0.07							
+ 24hr	-0.05	0.14	-0.20	0.29	-0.04	0.20							
+ 27hr	0.05	0.04	-0.13	0.07	0.15	0.41							
+ 30hr	0.11	-0.01	-0.09	-0.07	0.12	0.52							
+ 33hr	0.09	-0.09	-0.02	0.01	0.08	0.47							
+ 36hr	0.13	-0.28	-0.05	0.12	0.05	0.36							
+ 39hr	0.13	-0.32	-0.02	0.13	0.01	0.27							
+ 42hr	0.05	-0.18	0.09	0.04	0.08	0.17							
+ 45hr	0.05	0.06	0.08	0.01	0.15	0.09							
+ 48hr	0.03	-0.22	-0.21	-0.03	-0.04	0.20							

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	1.22	1.24	1.41	1.58	1.39	1.30							
+ 6hr	1.20	1.36	1.56	1.77	1.65	1.49							
+ 9hr	1.08	1.19	1.38	1.67	1.58	1.41							
+ 12hr	1.25	1.38	1.41	1.64	1.52	1.18							
+ 15hr	1.44	1.52	1.52	1.78	1.54	1.19							
+ 18hr	1.70	1.70	1.50	1.72	1.62	1.18							
+ 21hr	1.79	1.80	1.58	1.64	1.67	1.18							
+ 24hr	1.57	1.56	1.46	7.10	2.61	2.84							
+ 27hr	1.35	1.38	1.61	1.90	2.05	1.75							
+ 30hr	1.37	1.48	1.80	1.99	2.10	1.92							
+ 33hr	1.27	1.36	1.56	1.84	1.94	1.80							
+ 36hr	1.44	1.60	1.52	1.86	1.75	1.39							
+ 39hr	1.60	1.75	1.70	1.98	1.77	1.34							
+ 42hr	1.86	1.93	1.70	1.93	1.81	1.32							
+ 45hr	1.90	1.99	1.76	1.82	1.79	1.26							
+ 48hr	1.62	2.04	2.34	4.67	2.24	3.99							

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	0.97	1.12	1.00	1.20	1.12	0.76							
+ 6hr	1.47	1.53	1.24	1.48	1.40	0.99							
+ 9hr	1.71	1.85	1.39	1.53	1.57	1.01							
+ 12hr	1.52	1.49	1.22	1.48	1.61	1.34							
+ 15hr	1.26	1.31	1.54	1.85	1.91	1.68							
+ 18hr	1.18	1.35	1.62	1.99	1.87	1.83							
+ 21hr	1.18	1.33	1.39	1.78	1.76	1.57							
+ 24hr	1.34	1.52	1.48	2.45	1.71	1.55							
+ 27hr	1.63	1.70	1.54	1.87	1.69	1.30							
+ 30hr	1.82	1.90	1.55	1.84	1.77	1.32							
+ 33hr	1.83	2.01	1.64	1.76	1.82	1.29							
+ 36hr	1.55	1.67	1.41	1.71	1.87	1.55							
+ 39hr	1.37	1.51	1.74	2.09	2.16	1.92							
+ 42hr	1.41	1.63	1.90	2.21	2.29	2.12							
+ 45hr	1.38	1.62	1.69	1.94	2.09	2.05							
+ 48hr	1.52	1.73	1.99	1.98	2.61	1.65							

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	0.95	0.97	1.12	1.17	1.14	0.86							
+ 6hr	1.31	1.33	1.40	1.36	1.43	1.09							
+ 9hr	1.49	1.57	1.51	1.42	1.58	1.21							
+ 12hr	1.42	1.38	1.35	1.60	1.61	1.52							
+ 15hr	1.33	1.20	1.55	1.88	1.84	1.84							
+ 18hr	1.40	1.21	1.64	2.00	1.89	1.98							
+ 21hr	1.27	1.11	1.25	1.77	1.80	1.75							
+ 24hr	1.35	1.26	1.33	1.81	1.58	1.50							
+ 27hr	1.48	1.63	1.52	1.87	1.77	1.48							
+ 30hr	1.63	1.73	1.68	1.81	1.84	1.52							
+ 33hr	1.70	1.83	1.68	1.85	1.88	1.48							
+ 36hr	1.51	1.45	1.57	1.87	1.90	1.75							
+ 39hr	1.44	1.27	1.72	2.21	2.21	2.14							
+ 42hr	1.56	1.45	1.83	2.50	2.28	2.26							
+ 45hr	1.39	1.24	1.59	2.27	2.13	1.95							
+ 48hr	1.42	1.37	1.71	2.11	1.87	1.66							

3.6 전지구/지역/국지연안 파랑예보 검증

3.6.1 예측 성능 변화 추세

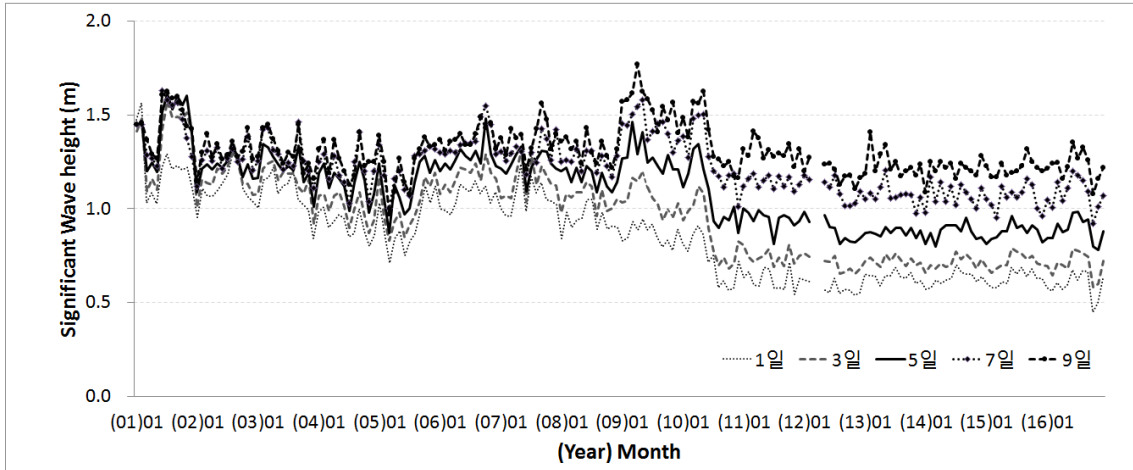


그림 3.6.1 전지구 파랑모델(GWW3) 유의파고 위성검증 RMSE

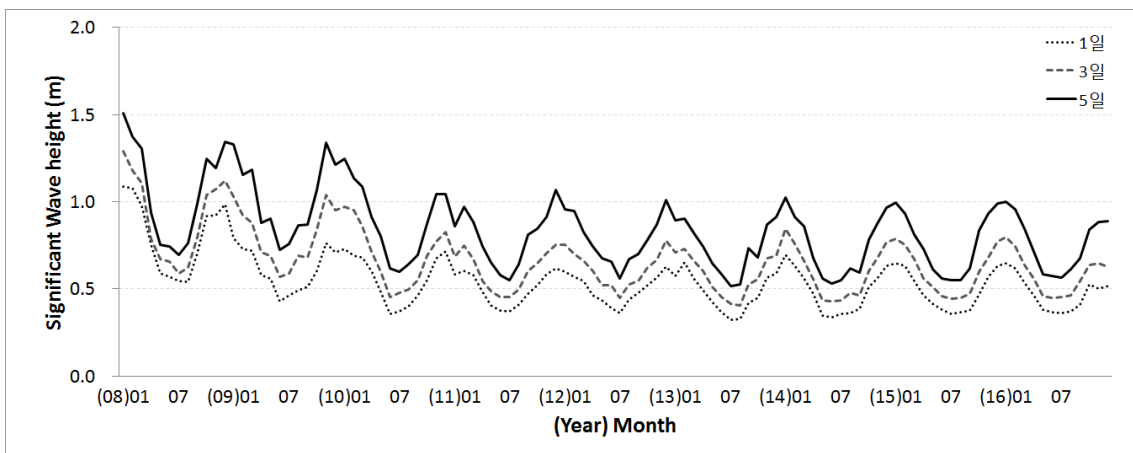


그림 3.6.2 전지구 파랑모델(GWW3) 유의파고 부이검증 RMSE

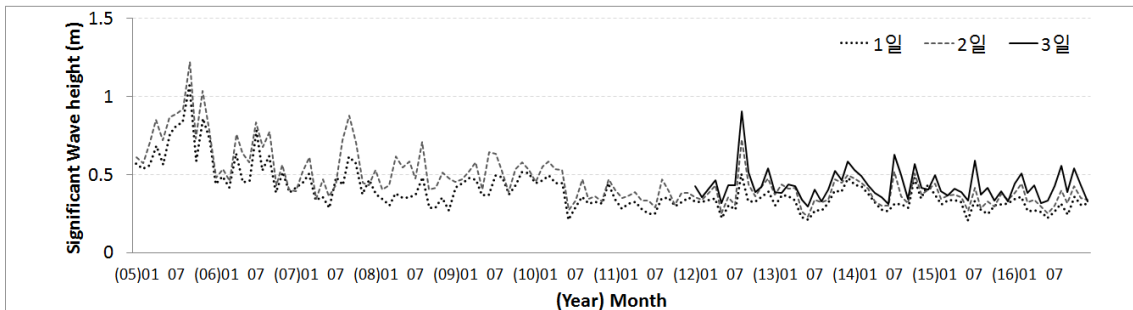


그림 3.6.3 지역 파랑모델(RWW3) 유의파고 부이검증 RMSE

3.6.2 부이 검증

3.6.2.1 전지구 파랑예측시스템(GWW3) 부이 검증

표 3.6.1 전지구 파랑모델(GWW3) 전년 대비 BIAS, RMSE, CORR +00H 비교

month	2015 년				2016 년				2015-2016 (RMSE)
	bias (m)	RMSE (m)	C.C	entries	bias (m)	RMSE (m)	C.C	entries	
Jan.	0.135	0.625	0.928	10902	0.130	0.629	0.925	10871	-0.004
Feb.	0.093	0.618	0.916	9913	0.136	0.601	0.925	10210	0.017
Mar.	0.091	0.531	0.926	11108	0.089	0.517	0.928	10817	0.014
Apr.	0.063	0.453	0.920	10576	0.089	0.452	0.914	10492	0.001
May.	0.100	0.397	0.906	11320	0.069	0.369	0.915	10397	0.028
Jun.	0.069	0.365	0.902	10726	0.092	0.353	0.908	10638	0.012
Jul.	0.088	0.344	0.902	11112	0.127	0.347	0.916	10829	-0.003
Aug.	0.078	0.349	0.903	11400	0.103	0.351	0.926	10754	-0.002
Sep.	0.059	0.365	0.914	11047	0.136	0.400	0.928	10252	-0.035
Oct.	0.082	0.457	0.922	11433	0.153	0.510	0.926	10491	-0.053
Nov.	0.123	0.553	0.933	11205	0.016	0.485	0.942	10670	0.068
Dec.	0.107	0.614	0.940	11328	0.000	0.502	0.955	10739	0.112
Ave.	0.091	0.473	0.918	11006	0.095	0.460	0.926	10597	0.013

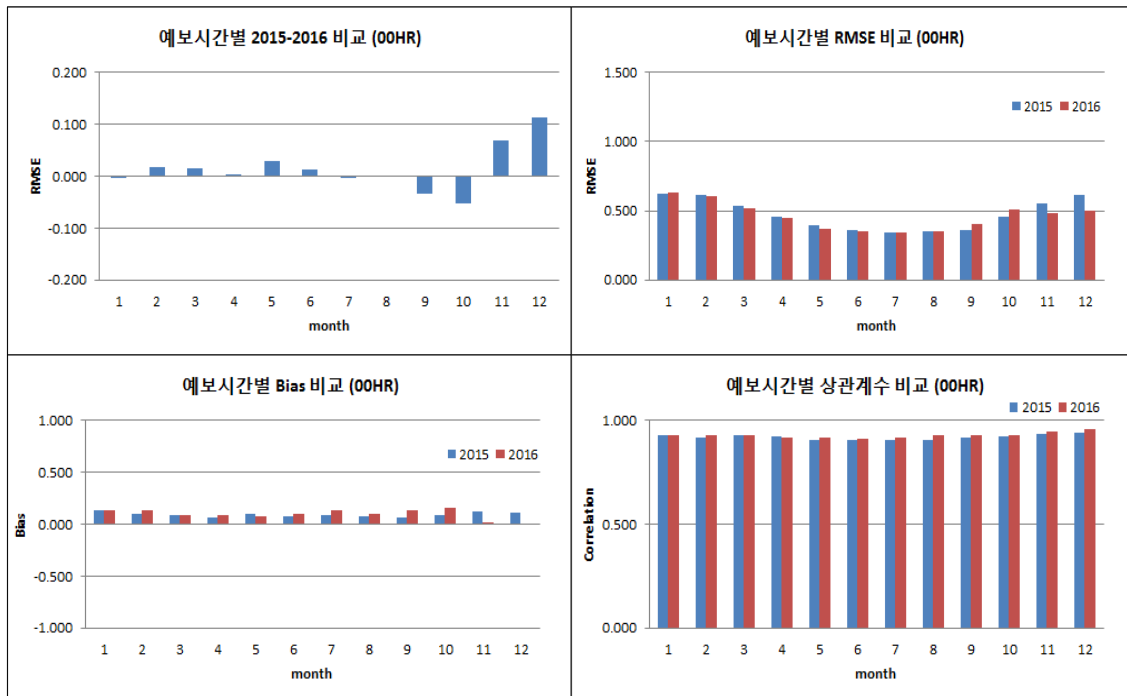


그림 3.6.4 GWW3 +00H 예보장에 대한 전년 대비 성능 비교. BIAS, RMSE, Correlation

표 3.6.2 전지구 파랑모델(GWW3) 전년 대비 BIAS, RMSE, CORR +24H 비교

month	2015 년				2016 년				2015-2016 (RMSE)
	bias (m)	RMSE (m)	C.C	entries	bias (m)	RMSE (m)	C.C	entries	
Jan.	0.138	0.648	0.923	10902	0.133	0.644	0.922	10871	0.004
Feb.	0.098	0.634	0.912	9913	0.145	0.619	0.921	10210	0.015
Mar.	0.101	0.544	0.923	11108	0.095	0.534	0.923	10817	0.010
Apr.	0.075	0.464	0.918	10576	0.099	0.462	0.911	10492	0.002
May.	0.117	0.414	0.902	11320	0.085	0.381	0.913	10397	0.033
Jun.	0.085	0.378	0.898	10726	0.107	0.365	0.906	10638	0.013
Jul.	0.103	0.356	0.900	11112	0.140	0.363	0.912	10829	-0.007
Aug.	0.092	0.367	0.896	11400	0.114	0.370	0.921	10754	-0.003
Sep.	0.072	0.377	0.910	11047	0.150	0.411	0.926	10252	-0.034
Oct.	0.088	0.466	0.920	11433	0.167	0.527	0.922	10491	-0.061
Nov.	0.134	0.568	0.930	11205	0.028	0.503	0.938	10670	0.065
Dec.	0.109	0.632	0.936	11328	0.007	0.515	0.952	10739	0.117
Ave.	0.101	0.487	0.914	11006	0.106	0.475	0.922	10597	0.013

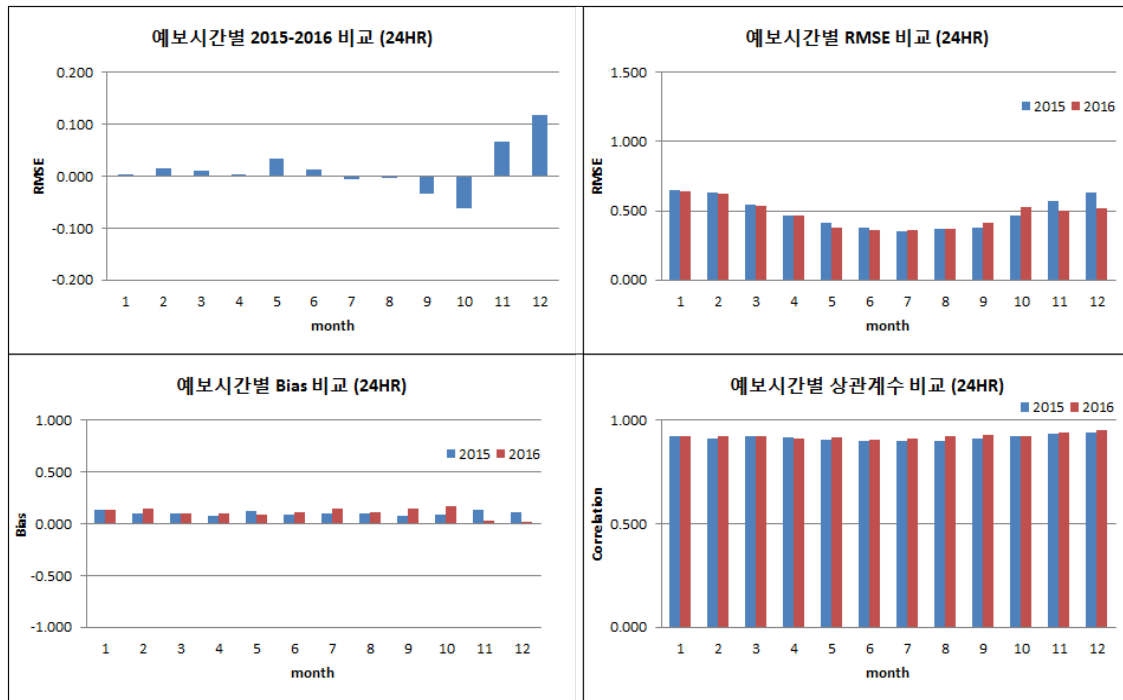


그림 3.6.5 GWW3 +24H예보장에 대한 전년 대비 성능 비교. BIAS, RMSE, Correlation

표 3.6.3 전지구 파랑모델(GWW3) 전년 대비 BIAS, RMSE, CORR +48H 비교

month	2015 년				2016 년				2015-2016 (RMSE)
	bias (m)	RMSE (m)	C.C	entries	bias (m)	RMSE (m)	C.C	entries	
Jan.	0.135	0.625	0.928	10902	0.115	0.706	0.905	10871	-0.081
Feb.	0.093	0.618	0.916	9913	0.143	0.674	0.906	10210	-0.056
Mar.	0.091	0.531	0.926	11108	0.094	0.594	0.904	10817	-0.063
Apr.	0.063	0.453	0.920	10576	0.105	0.503	0.894	10492	-0.050
May.	0.100	0.397	0.906	11320	0.108	0.418	0.899	10397	-0.021
Jun.	0.069	0.365	0.902	10726	0.139	0.400	0.897	10638	-0.035
Jul.	0.088	0.344	0.902	11112	0.264	0.401	0.899	10829	-0.057
Aug.	0.078	0.349	0.903	11400	0.133	0.406	0.909	10754	-0.057
Sep.	0.059	0.365	0.914	11047	0.184	0.461	0.914	10252	-0.096
Oct.	0.082	0.457	0.922	11433	0.178	0.566	0.910	10491	-0.109
Nov.	0.123	0.553	0.933	11205	0.049	0.549	0.927	10670	0.004
Dec.	0.107	0.614	0.940	11328	0.025	0.553	0.946	10739	0.061
Ave.	0.091	0.473	0.918	11006	0.128	0.519	0.909	10597	-0.047

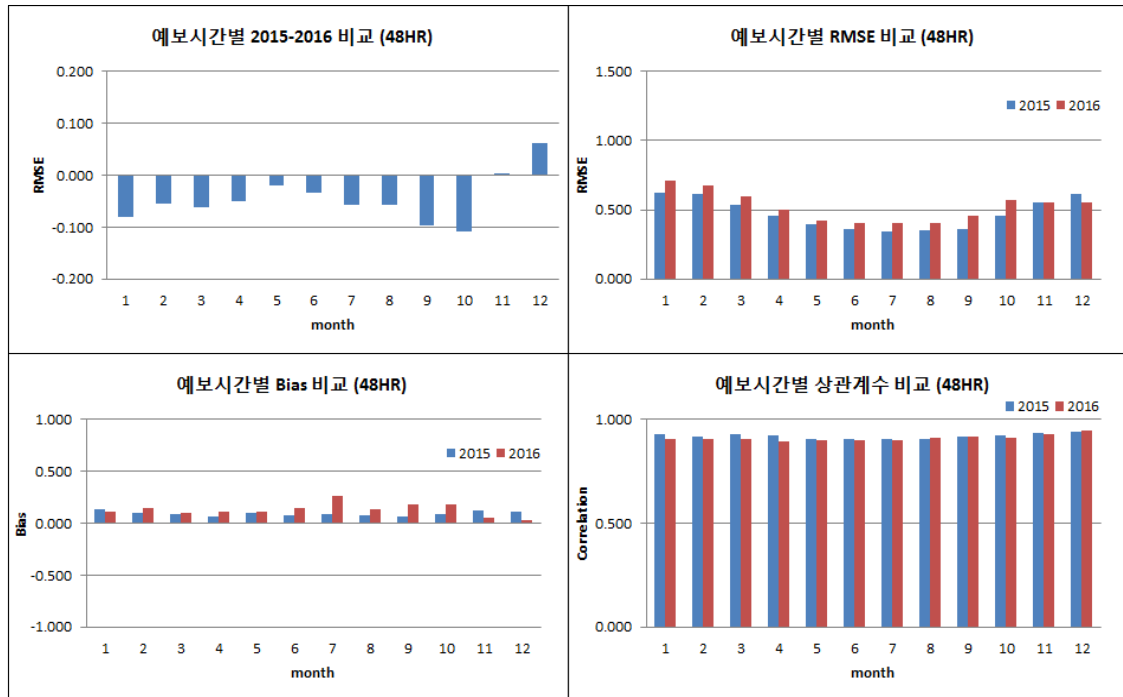


그림 3.6.6 GWW3 +48H예보장에 대한 전년 대비 성능 비교. BIAS, RMSE, Correlation

표 3.6.4 전지구 파랑모델(GWW3) 전년 대비 BIAS, RMSE, CORR +72H 비교

month	2015 년				2016 년				2015-2016 (RMSE)
	bias (m)	RMSE (m)	C.C	entries	bias (m)	RMSE (m)	C.C	entries	
Jan.	0.142	0.788	0.886	10902	0.090	0.795	0.874	10871	-0.007
Feb.	0.115	0.754	0.879	9913	0.133	0.741	0.885	10210	0.013
Mar.	0.104	0.670	0.878	11108	0.092	0.637	0.889	10817	0.033
Apr.	0.102	0.557	0.885	10576	0.105	0.557	0.869	10492	0.000
May.	0.137	0.509	0.853	11320	0.117	0.458	0.879	10397	0.051
Jun.	0.116	0.457	0.855	10726	0.161	0.447	0.875	10638	0.010
Jul.	0.125	0.445	0.839	11112	0.179	0.452	0.871	10829	-0.007
Aug.	0.114	0.449	0.850	11400	0.145	0.461	0.878	10754	-0.012
Sep.	0.112	0.473	0.865	11047	0.197	0.544	0.878	10252	-0.071
Oct.	0.082	0.599	0.868	11433	0.184	0.638	0.885	10491	-0.039
Nov.	0.118	0.680	0.895	11205	0.055	0.644	0.901	10670	0.036
Dec.	0.117	0.771	0.905	11328	0.054	0.629	0.932	10739	0.142
Ave.	0.115	0.596	0.872	11006	0.126	0.584	0.885	10597	0.012

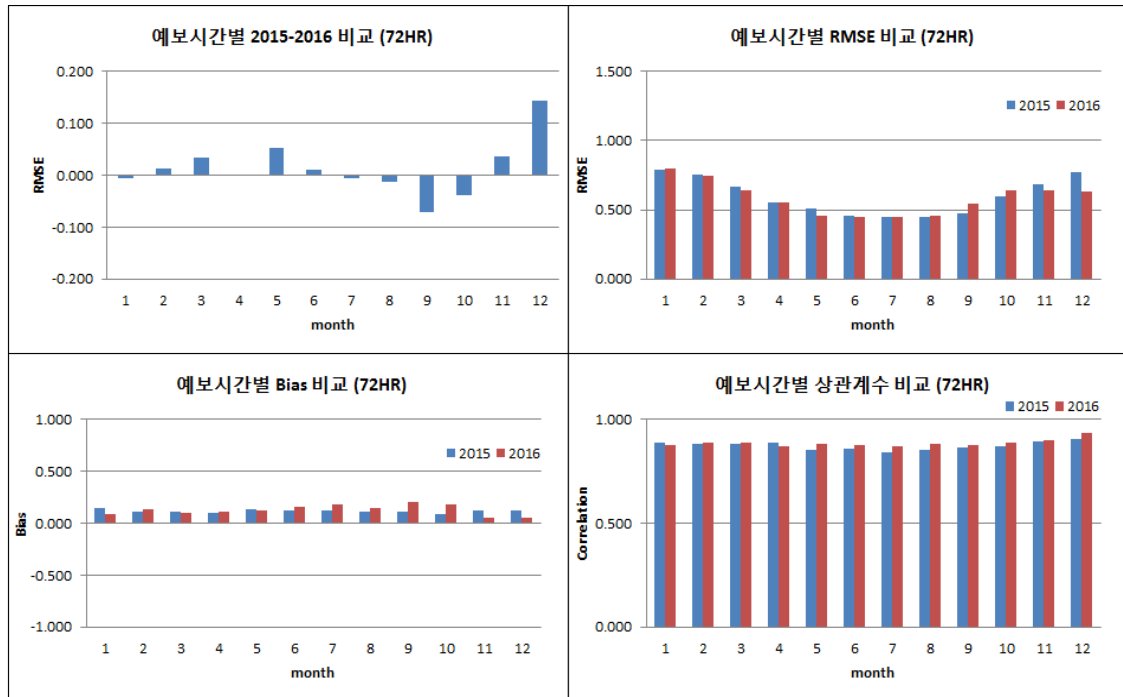


그림 3.6.7 GWW3 +72H예보장에 대한 전년 대비 성능 비교. BIAS, RMSE, Correlation

표 3.6.5 전지구 파랑모델(GWW3) 전년 대비 BIAS, RMSE, CORR +96H 비교

month	2015 년				2016 년				2015-2016 (RMSE)
	bias (m)	RMSE (m)	C.C	entries	bias (m)	RMSE (m)	C.C	entries	
Jan.	0.160	0.893	0.857	10902	0.068	0.891	0.838	10871	0.002
Feb.	0.110	0.827	0.853	9913	0.104	0.826	0.851	10210	0.001
Mar.	0.095	0.722	0.857	11108	0.085	0.740	0.848	10817	-0.018
Apr.	0.101	0.627	0.849	10576	0.109	0.624	0.836	10492	0.003
May.	0.127	0.554	0.814	11320	0.127	0.513	0.849	10397	0.041
Jun.	0.123	0.517	0.812	10726	0.180	0.510	0.839	10638	0.007
Jul.	0.106	0.494	0.785	11112	0.203	0.513	0.831	10829	-0.019
Aug.	0.104	0.495	0.809	11400	0.148	0.535	0.823	10754	-0.040
Sep.	0.094	0.521	0.830	11047	0.213	0.621	0.840	10252	-0.100
Oct.	0.072	0.669	0.834	11433	0.184	0.759	0.835	10491	-0.090
Nov.	0.110	0.796	0.852	11205	0.060	0.748	0.866	10670	0.048
Dec.	0.100	0.869	0.875	11328	0.043	0.753	0.901	10739	0.116
Ave.	0.109	0.665	0.836	11006	0.127	0.669	0.846	10597	-0.004

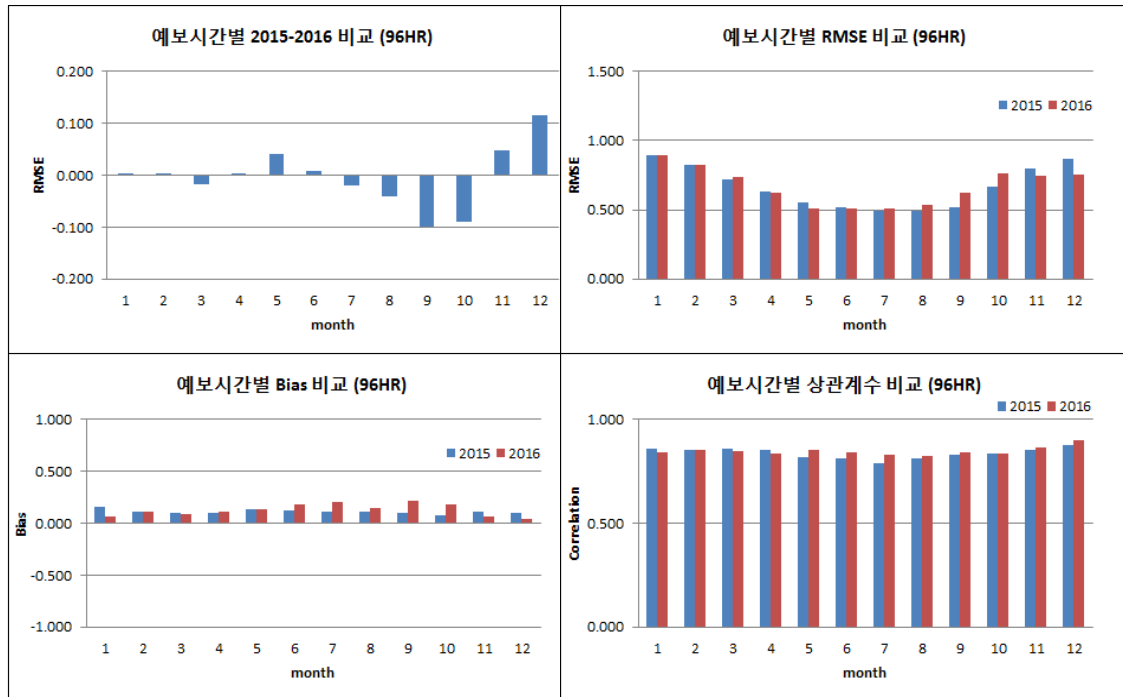


그림 3.6.8 GWW3 +96H예보장에 대한 전년 대비 성능 비교. BIAS, RMSE, Correlation

표 3.6.6 전지구 파랑모델(GWW3) 전년 대비 BIAS, RMSE, CORR +120H 비교

month	2015 년				2016 년				2015-2016 (RMSE)
	bias (m)	RMSE (m)	C.C	entries	bias (m)	RMSE (m)	C.C	entries	
Jan.	0.117	0.997	0.808	10902	0.097	0.999	0.797	10871	-0.002
Feb.	0.110	0.933	0.812	9913	0.049	0.954	0.791	10210	-0.021
Mar.	0.078	0.813	0.811	11108	0.082	0.844	0.800	10817	-0.031
Apr.	0.116	0.730	0.796	10576	0.099	0.714	0.778	10492	0.016
May.	0.106	0.612	0.757	11320	0.109	0.581	0.798	10397	0.031
Jun.	0.106	0.559	0.767	10726	0.182	0.574	0.793	10638	-0.015
Jul.	0.097	0.550	0.727	11112	0.201	0.564	0.778	10829	-0.014
Aug.	0.099	0.551	0.754	11400	0.152	0.610	0.763	10754	-0.059
Sep.	0.084	0.619	0.752	11047	0.238	0.676	0.808	10252	-0.057
Oct.	0.079	0.833	0.744	11433	0.191	0.842	0.795	10491	-0.009
Nov.	0.101	0.931	0.791	11205	0.053	0.882	0.819	10670	0.049
Dec.	0.087	0.989	0.837	11328	0.022	0.889	0.856	10739	0.100
Ave.	0.098	0.760	0.780	11006	0.123	0.761	0.798	10597	-0.001

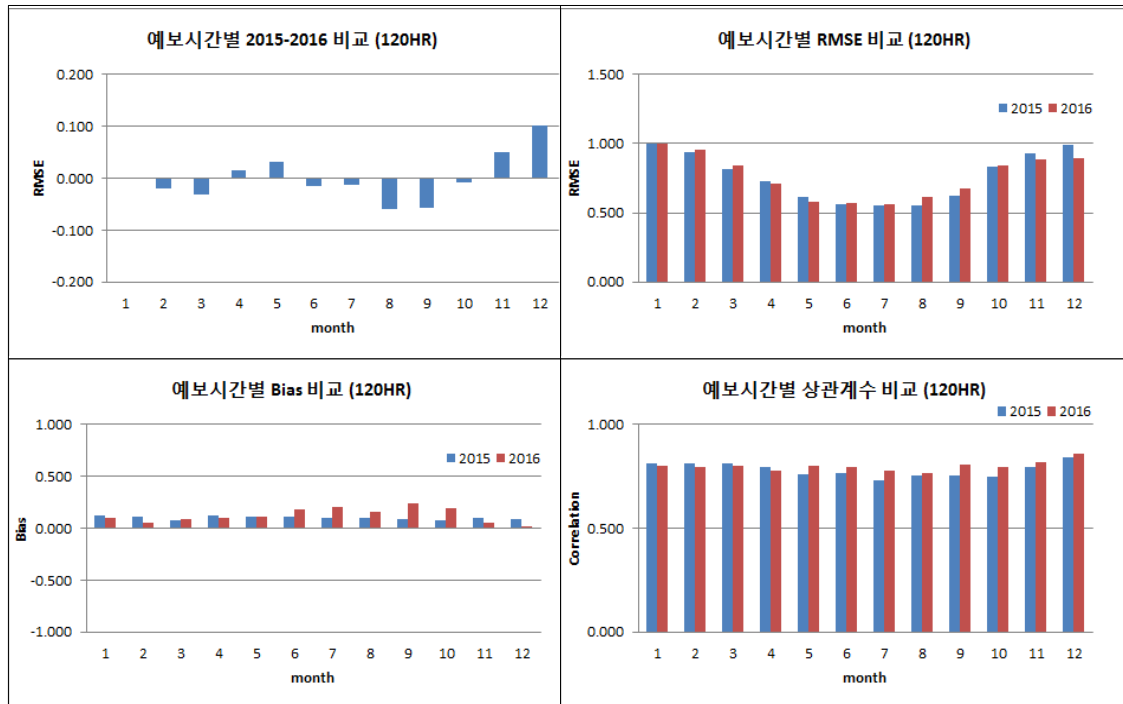


그림 3.6.9 GWW3 +120H예보장에 대한 전년 대비 성능 비교. BIAS, RMSE, Correlation

3.6.2.2 지역 파랑모델 (RWW3) 부이 검증

표 3.6.7 지역 파랑모델(RWW3) 덕적도 부이 (22101) 지점 BIAS

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

표 3.6.8 지역 파랑모델(RWW3) 덕적도 부이 (22101) 지점 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.22	0.27	0.17	0.22	0.20	0.16	0.15	0.17	0.13	0.21	0.21	0.25	0.20
24hr	0.22	0.28	0.14	0.26	0.26	0.17	0.21	0.17	0.13	0.25	0.21	0.30	0.22
36hr	0.21	0.30	0.19	0.23	0.24	0.15	0.20	0.23	0.14	0.25	0.24	0.28	0.22
48hr	0.26	0.31	0.23	0.23	0.22	0.15	0.17	0.18	0.15	0.22	0.23	0.34	0.23
60hr	0.31	0.33	0.24	0.22	0.21	0.18	0.32	0.22	0.14	0.21	0.27	0.35	0.25
72hr	0.33	0.35	0.24	0.24	0.22	0.27	0.42	0.25	0.14	0.21	0.28	0.37	0.27

표 3.6.9 지역 파랑모델(RWW3) 칠발도 부이 (22102) 지점 BIAS

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	-0.11	-0.07	-0.07	0.01	0.00	-0.02	0.04	-0.10	-0.10	-0.11	-0.07	-0.08	-0.06
24hr	-0.09	-0.02	-0.04	0.05	-0.02	-0.04	0.06	-0.06	-0.10	-0.10	-0.07	-0.08	-0.04
36hr	-0.08	-0.01	-0.04	0.03	-0.04	-0.03	0.03	-0.07	-0.10	-0.17	-0.09	-0.10	-0.06
48hr	-0.12	0.02	-0.04	0.01	-0.03	-0.03	0.03	-0.04	-0.12	-0.19	-0.12	-0.10	-0.06
60hr	-0.04	0.02	-0.04	0.02	-0.02	-0.03	0.00	0.01	-0.14	-0.21	-0.11	-0.13	-0.06
72hr	0.03	0.06	-0.03	0.04	0.01	-0.02	-0.02	0.01	-0.16	-0.22	-0.12	-0.16	-0.05

표 3.6.10 지역 파랑모델(RWW3) 칠발도 부이 (22102) 지점 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.23	0.28	0.20	0.18	0.20	0.15	0.17	0.22	0.18	0.21	0.21	0.25	0.21
24hr	0.26	0.31	0.20	0.21	0.20	0.13	0.20	0.29	0.19	0.25	0.21	0.24	0.22
36hr	0.29	0.37	0.23	0.25	0.23	0.14	0.15	0.30	0.19	0.32	0.26	0.27	0.25
48hr	0.33	0.43	0.24	0.28	0.28	0.14	0.22	0.34	0.21	0.37	0.25	0.33	0.28
60hr	0.38	0.38	0.24	0.33	0.27	0.21	0.29	0.45	0.25	0.35	0.28	0.31	0.31
72hr	0.43	0.42	0.30	0.36	0.27	0.24	0.31	0.49	0.29	0.36	0.42	0.41	0.36

표 3.6.11 지역 파랑모델(RWW3) 거문도 부이 (22103) 지점 BIAS

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	-0.33	-0.30	-0.13	-0.13	-0.09	-0.10	-0.01	-0.17	0.01	-0.11	-0.14	-0.18	-0.14
24hr	-0.31	-0.28	-0.13	-0.11	-0.10	-0.11	0.02	-0.11	0.05	-0.09	-0.11	-0.16	-0.12
36hr	-0.29	-0.25	-0.13	-0.10	-0.07	-0.10	0.02	-0.07	0.08	-0.16	-0.12	-0.16	-0.11
48hr	-0.30	-0.23	-0.15	-0.06	-0.06	-0.11	0.00	0.01	0.09	-0.17	-0.14	-0.13	-0.11
60hr	-0.29	-0.25	-0.15	-0.04	-0.03	-0.08	-0.03	0.03	0.08	-0.21	-0.21	-0.19	-0.11
72hr	-0.27	-0.24	-0.11	0.02	-0.02	-0.04	-0.06	0.05	0.06	-0.23	-0.20	-0.23	-0.11

표 3.6.12 지역 파랑모델(RWW3) 거문도 부이 (22103) 지점 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.42	0.39	0.24	0.25	0.22	0.24	0.32	0.25	0.25	0.43	0.25	0.29	0.29
24hr	0.39	0.34	0.25	0.31	0.21	0.24	0.35	0.24	0.28	0.36	0.28	0.27	0.29
36hr	0.38	0.34	0.26	0.30	0.22	0.27	0.37	0.26	0.32	0.39	0.32	0.29	0.31
48hr	0.41	0.36	0.30	0.36	0.23	0.28	0.37	0.30	0.33	0.46	0.36	0.27	0.34
60hr	0.42	0.43	0.32	0.30	0.25	0.27	0.45	0.32	0.40	0.67	0.36	0.36	0.38
72hr	0.44	0.46	0.36	0.42	0.32	0.31	0.44	0.37	0.44	0.83	0.41	0.42	0.44

표 3.6.13 지역 파랑모델(RWW3) 거제도 부이 (22104) 지점 BIAS

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	-0.31	-0.23	-0.14	-0.07	-0.02	-0.09	-0.01	-0.03	-0.01	-0.10	-0.15	-0.20	-0.11
24hr	-0.28	-0.20	-0.12	-0.03	0.02	-0.07	0.02	0.00	0.01	-0.11	-0.15	-0.16	-0.09
36hr	-0.25	-0.20	-0.10	-0.02	0.04	-0.04	0.06	0.06	0.02	-0.13	-0.19	-0.13	-0.07
48hr	-0.22	-0.20	-0.08	-0.05	0.00	-0.07	0.04	0.10	0.02	-0.06	-0.24	-0.15	-0.08
60hr	-0.22	-0.15	-0.11	0.00	0.02	-0.11	0.02	0.15	-0.01	-0.07	-0.28	-0.12	-0.07
72hr	-0.25	-0.17	-0.09	0.01	0.08	0.01	0.01	0.21	-0.01	-0.08	-0.24	-0.24	-0.06

표 3.6.14 지역 파랑모델(RWW3) 거제도 부이 (22104) 지점 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.41	0.37	0.32	0.25	0.26	0.20	0.16	0.28	0.29	0.48	0.29	0.35	0.30
24hr	0.39	0.33	0.30	0.28	0.26	0.19	0.21	0.30	0.31	0.53	0.30	0.30	0.31
36hr	0.37	0.39	0.32	0.30	0.33	0.27	0.27	0.38	0.35	0.61	0.38	0.30	0.36
48hr	0.39	0.37	0.35	0.35	0.30	0.25	0.21	0.44	0.43	0.50	0.44	0.34	0.36
60hr	0.41	0.46	0.39	0.39	0.33	0.32	0.28	0.48	0.52	0.65	0.48	0.35	0.42
72hr	0.42	0.50	0.43	0.48	0.36	0.31	0.32	0.56	0.61	0.72	0.47	0.40	0.46

표 3.6.15 지역 파랑모델(RWW3) 동해 부이 (22105) 지점 BIAS

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	-0.14	-0.20	-0.12	-0.03	0.02	-0.15	-0.01	-0.05	-0.09	-0.06	-0.11	-0.13	-0.09
24hr	-0.08	-0.10	-0.06	0.01	0.08	-0.12	0.03	0.01	-0.08	-0.09	-0.14	-0.13	-0.06
36hr	-0.09	-0.12	-0.08	-0.01	0.08	-0.12	0.03	0.03	-0.12	-0.10	-0.13	-0.13	-0.06
48hr	-0.14	-0.10	-0.08	0.02	0.08	-0.12	0.08	0.02	-0.17	-0.07	-0.11	-0.15	-0.06
60hr	-0.11	-0.08	-0.06	0.01	0.05	-0.14	0.06	-0.04	-0.22	-0.08	-0.12	-0.17	-0.08
72hr	-0.09	-0.07	-0.08	0.04	0.08	-0.16	0.06	0.04	-0.17	-0.04	-0.14	-0.15	-0.05

표 3.6.16 지역 파랑모델(RWW3) 동해 부이 (22105) 지점 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.30	0.36	0.28	0.24	0.24	0.35	0.17	0.27	0.25	0.31	0.31	0.32	0.28
24hr	0.27	0.32	0.29	0.29	0.25	0.38	0.21	0.48	0.25	0.32	0.32	0.34	0.31
36hr	0.28	0.36	0.30	0.34	0.28	0.39	0.24	0.35	0.27	0.32	0.34	0.41	0.32
48hr	0.33	0.43	0.31	0.35	0.34	0.39	0.37	0.47	0.33	0.32	0.33	0.40	0.36
60hr	0.32	0.45	0.33	0.39	0.30	0.41	0.28	0.43	0.39	0.39	0.36	0.43	0.37
72hr	0.40	0.57	0.39	0.40	0.38	0.48	0.38	0.64	0.39	0.40	0.33	0.46	0.43

표 3.6.17 지역 파랑모델(RWW3) 포항 부이 (22106) 지점 BIAS

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	-0.30	-0.26	-0.18	-0.08	-0.01	-0.02	-0.06	-0.09	-0.03	-0.07	-0.17	-0.20	-0.12
24hr	-0.28	-0.24	-0.12	-0.08	0.06	0.00	-0.03	-0.01	0.00	-0.10	-0.18	-0.19	-0.10
36hr	-0.24	-0.21	-0.11	-0.08	0.07	0.00	0.00	0.06	-0.02	-0.13	-0.22	-0.17	-0.09
48hr	-0.26	-0.21	-0.11	-0.09	0.10	-0.03	0.00	0.05	-0.07	-0.11	-0.23	-0.21	-0.10
60hr	-0.29	-0.17	-0.14	-0.06	0.09	-0.02	0.03	0.03	-0.12	-0.08	-0.24	-0.21	-0.10
72hr	-0.28	-0.14	-0.08	-0.01	0.08	-0.05	0.00	0.13	-0.08	-0.10	-0.29	-0.25	-0.09

표 3.6.18 지역 파랑모델(RWW3) 포항 부이 (22106) 지점 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.42	0.38	0.31	0.30	0.27	0.16	0.16	0.38	0.23	0.35	0.32	0.36	0.30
24hr	0.40	0.39	0.35	0.29	0.28	0.21	0.20	0.35	0.26	0.37	0.32	0.35	0.31
36hr	0.42	0.50	0.32	0.35	0.32	0.21	0.22	0.40	0.34	0.43	0.40	0.42	0.36
48hr	0.42	0.43	0.33	0.37	0.34	0.23	0.23	0.49	0.34	0.41	0.40	0.41	0.37
60hr	0.45	0.45	0.35	0.48	0.30	0.26	0.33	0.70	0.38	0.41	0.43	0.44	0.42
72hr	0.48	0.49	0.42	0.52	0.32	0.32	0.34	0.78	0.40	0.46	0.62	0.45	0.47

표 3.6.19 지역 파랑모델(RWW3) 마라도 부이 (22107) 지점 BIAS

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	-0.07	-0.01	-0.04	-0.03	-0.01	0.01	0.22	0.03	0.01	-0.11	-0.14	-0.11	-0.02
24hr	-0.07	-0.04	-0.02	-0.04	0.00	0.03	0.20	0.08	0.02	-0.10	-0.17	-0.10	-0.02
36hr	-0.09	-0.06	-0.05	0.01	0.03	0.02	0.17	0.17	0.06	-0.09	-0.18	-0.13	-0.01
48hr	-0.09	-0.02	-0.09	0.04	0.04	0.01	0.16	0.25	0.09	-0.14	-0.25	-0.16	-0.01
60hr	-0.07	-0.12	-0.07	0.07	0.04	0.08	0.15	0.31	0.07	-0.21	-0.26	-0.19	-0.02
72hr	-0.01	-0.08	-0.04	0.17	0.09	0.13	0.17	0.35	0.05	-0.21	-0.29	-0.20	0.01

표 3.6.20 지역 파랑모델(RWW3) 마라도 부이 (22107) 지점 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.28	0.30	0.30	0.19	0.21	0.23	0.38	0.26	0.22	0.32	0.28	0.25	0.27
24hr	0.31	0.37	0.27	0.26	0.23	0.25	0.39	0.29	0.23	0.33	0.29	0.27	0.29
36hr	0.31	0.34	0.33	0.27	0.25	0.27	0.40	0.40	0.28	0.44	0.36	0.31	0.33
48hr	0.37	0.50	0.36	0.40	0.29	0.30	0.44	0.48	0.31	0.44	0.42	0.43	0.39
60hr	0.41	0.50	0.42	0.37	0.37	0.31	0.50	0.61	0.36	0.48	0.38	0.38	0.42
72hr	0.39	0.56	0.41	0.50	0.32	0.44	0.54	0.74	0.38	0.57	0.50	0.39	0.48

표 3.6.21 지역 파랑모델(RWW3) 외연도 부이 (22108) 지점 BIAS

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	-0.23	-0.12	-0.02	0.06	0.07	-0.05	-0.02	-0.14	-0.11	-0.16	-0.07	-0.09	-0.07
24hr	-0.19	-0.07	0.03	0.10	0.06	-0.03	0.04	-0.11	-0.13	-0.13	-0.05	-0.04	-0.04
36hr	-0.17	-0.07	0.04	0.13	0.04	-0.06	0.01	-0.12	-0.13	-0.14	-0.06	-0.04	-0.05
48hr	-0.16	-0.04	0.03	0.09	0.03	-0.02	-0.02	-0.12	-0.12	-0.20	-0.07	-0.01	-0.05
60hr	-0.12	0.01	0.09	0.06	0.02	-0.03	0.00	-0.06	-0.14	-0.18	-0.05	-0.05	-0.04
72hr	-0.05	-0.01	0.06	0.05	0.04	-0.02	-0.01	-0.06	-0.12	-0.20	-0.07	-0.06	-0.04

표 3.6.22 지역 파랑모델(RWW3) 외연도 부이 (22108) 지점 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.35	0.31	0.28	0.21	0.28	0.16	0.27	0.24	0.16	0.29	0.22	0.21	0.25
24hr	0.36	0.34	0.28	0.27	0.33	0.18	0.29	0.26	0.18	0.30	0.24	0.22	0.27
36hr	0.36	0.42	0.32	0.35	0.30	0.21	0.24	0.28	0.19	0.33	0.28	0.23	0.29
48hr	0.40	0.42	0.36	0.40	0.31	0.25	0.36	0.22	0.24	0.37	0.30	0.30	0.33
60hr	0.48	0.42	0.38	0.43	0.24	0.25	0.47	0.27	0.24	0.34	0.33	0.30	0.34
72hr	0.51	0.38	0.38	0.35	0.31	0.31	0.58	0.33	0.23	0.35	0.36	0.40	0.37

표 3.6.23 지역 파랑모델(RWW3) 울릉도 부이 (21229) 지점 BIAS

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.03	0.01	0.03	0.12	0.09	0.08	0.11	0.09	-0.01	-0.13	-0.21	-0.21	0.00
24hr	0.09	0.11	0.09	0.15	0.11	0.08	0.18	0.07	0.01	-0.14	-0.24	-0.19	0.03
36hr	0.08	0.07	0.11	0.16	0.12	0.08	0.17	0.04	-0.02	-0.17	-0.25	-0.17	0.02
48hr	0.02	0.11	0.10	0.13	0.16	0.10	0.22	-0.01	-0.08	-0.17	-0.21	-0.19	0.02
60hr	0.03	0.10	0.12	0.10	0.17	0.07	0.20	0.01	-0.10	-0.16	-0.21	-0.16	0.01
72hr	0.07	0.15	0.09	0.16	0.19	0.05	0.18	0.09	-0.04	-0.16	-0.24	-0.20	0.03

표 3.6.24 지역 파랑모델(RWW3) 울릉도 부이 (21229) 지점 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.31	0.37	0.29	0.27	0.35	0.23	0.26	0.42	0.25	0.29	0.37	0.36	0.31
24hr	0.28	0.43	0.29	0.32	0.32	0.25	0.32	0.41	0.24	0.31	0.36	0.38	0.33
36hr	0.37	0.47	0.34	0.33	0.35	0.27	0.31	0.36	0.29	0.37	0.41	0.39	0.35
48hr	0.36	0.52	0.33	0.38	0.43	0.28	0.39	0.40	0.31	0.38	0.39	0.41	0.38
60hr	0.36	0.57	0.38	0.49	0.48	0.30	0.40	0.51	0.42	0.41	0.40	0.49	0.43
72hr	0.46	0.67	0.39	0.52	0.52	0.31	0.42	0.66	0.40	0.49	0.45	0.49	0.48

표 3.6.25 지역 파랑모델(RWW3) 추자도 부이 (22184) 지점 BIAS

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	-0.07	-0.02	-0.03	0.02	0.09	0.02	0.03	0.07	0.01	-0.04	-0.09	-0.08	-0.01
24hr	-0.07	-0.02	-0.02	0.03	0.08	0.03	-0.01	0.14	0.04	-0.05	-0.10	-0.10	0.00
36hr	-0.06	-0.01	-0.05	0.04	0.09	0.01	0.00	0.20	0.08	-0.05	-0.11	-0.12	0.00
48hr	-0.06	0.04	-0.05	0.04	0.11	0.02	-0.05	0.29	0.13	-0.08	-0.14	-0.13	0.01
60hr	-0.04	-0.02	-0.03	0.07	0.07	0.08	-0.08	0.32	0.14	-0.10	-0.21	-0.17	0.00
72hr	-0.01	0.04	-0.03	0.16	0.11	0.12	-0.15	0.34	0.15	-0.05	-0.24	-0.17	0.02

표 3.6.26 지역 파랑모델(RWW3) 추자도 부이 (22184) 지점 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.21	0.26	0.22	0.20	0.29	0.20	0.18	0.32	0.19	0.30	0.28	0.26	0.24
24hr	0.22	0.28	0.23	0.25	0.32	0.23	0.18	0.39	0.22	0.32	0.29	0.27	0.27
36hr	0.25	0.32	0.25	0.28	0.28	0.23	0.15	0.46	0.24	0.34	0.29	0.32	0.28
48hr	0.27	0.39	0.28	0.36	0.32	0.25	0.26	0.56	0.27	0.46	0.34	0.35	0.34
60hr	0.27	0.42	0.32	0.37	0.30	0.30	0.37	0.67	0.33	0.50	0.34	0.38	0.38
72hr	0.28	0.48	0.36	0.49	0.26	0.38	0.41	0.78	0.38	0.59	0.49	0.41	0.44

표 3.6.27 지역 파랑모델(RWW3) 인천 부이 (22185) 지점 BIAS

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	-0.34	-0.23	-0.12	0.01	-0.03	-0.08	-0.10	-0.14	-0.14	-0.27	-0.04	0.04	-0.12
24hr	-0.30	-0.20	-0.08	0.04	0.01	-0.06	-0.06	-0.14	-0.13	-0.29	-0.03	0.09	-0.10
36hr	-0.28	-0.17	-0.06	0.06	-0.02	-0.08	-0.08	-0.13	-0.15	-0.32	-0.02	0.08	-0.10
48hr	-0.28	-0.16	-0.05	0.02	-0.03	-0.08	-0.10	-0.14	-0.15	-0.32	-0.02	0.10	-0.10
60hr	-0.22	-0.13	-0.03	-0.04	-0.05	-0.05	-0.03	-0.14	-0.19	-0.31	-0.02	0.08	-0.09
72hr	-0.19	-0.10	-0.06	-0.03	-0.02	-0.08	-0.04	-0.11	-0.17	-0.31	0.00	0.09	-0.09

표 3.6.28 지역 파랑모델(RWW3) 인천 부이 (22185) 지점 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.45	0.38	0.25	0.16	0.16	0.15	0.20	0.24	0.22	0.36	0.21	0.41	0.27
24hr	0.45	0.41	0.26	0.19	0.28	0.21	0.21	0.22	0.22	0.40	0.22	0.41	0.29
36hr	0.44	0.43	0.27	0.23	0.22	0.23	0.20	0.28	0.23	0.44	0.25	0.44	0.30
48hr	0.48	0.45	0.31	0.22	0.21	0.19	0.32	0.25	0.25	0.43	0.29	0.48	0.32
60hr	0.52	0.43	0.32	0.25	0.17	0.24	0.43	0.25	0.28	0.41	0.33	0.51	0.34
72hr	0.54	0.42	0.30	0.29	0.19	0.24	0.49	0.32	0.22	0.41	0.29	0.48	0.35

표 3.6.29 지역 파랑모델(RWW3) 부안 부이 (22186) 지점 BIAS

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.01	0.00	0.05	0.08	0.06	-0.03	0.08	-0.08	-0.08	-0.09	-0.07	-0.07	-0.01
24hr	0.04	0.06	0.07	0.13	0.05	-0.02	0.12	-0.04	-0.08	-0.07	-0.06	-0.05	0.01
36hr	0.02	0.08	0.11	0.11	0.03	-0.03	0.13	-0.03	-0.08	-0.11	-0.05	-0.05	0.01
48hr	0.05	0.10	0.11	0.10	0.03	-0.01	0.10	-0.01	-0.09	-0.19	-0.07	-0.05	0.01
60hr	0.12	0.13	0.13	0.08	0.04	-0.01	0.09	0.04	-0.12	-0.16	-0.05	-0.11	0.02
72hr	0.23	0.15	0.14	0.09	0.03	0.02	0.07	0.05	-0.11	-0.17	-0.07	-0.13	0.02

표 3.6.30 지역 파랑모델(RWW3) 부안 부이 (22186) 지점 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.28	0.22	0.22	0.24	0.26	0.15	0.27	0.19	0.16	0.26	0.23	0.23	0.22
24hr	0.32	0.26	0.22	0.28	0.28	0.16	0.28	0.25	0.21	0.29	0.22	0.21	0.25
36hr	0.37	0.37	0.28	0.32	0.28	0.20	0.27	0.26	0.24	0.28	0.28	0.26	0.28
48hr	0.40	0.40	0.33	0.39	0.31	0.19	0.27	0.27	0.31	0.33	0.28	0.36	0.32
60hr	0.52	0.39	0.30	0.47	0.26	0.21	0.37	0.37	0.28	0.29	0.29	0.40	0.35
72hr	0.61	0.44	0.39	0.39	0.30	0.28	0.45	0.47	0.30	0.33	0.35	0.45	0.40

표 3.6.31 지역 파랑모델(RWW3) 서귀포 부이 (22187) 지점 BIAS

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	-0.30	-0.25	-0.09	-0.05	-0.04	-0.03	0.12	-0.08	0.08	0.03	-0.22	-0.25	-0.09
24hr	-0.27	-0.25	-0.10	-0.07	-0.04	-0.02	0.12	-0.02	0.12	0.05	-0.20	-0.26	-0.08
36hr	-0.30	-0.22	-0.13	-0.01	0.01	-0.03	0.09	0.11	0.17	0.10	-0.24	-0.27	-0.06
48hr	-0.26	-0.19	-0.12	0.04	0.05	-0.06	0.08	0.23	0.24	0.00	-0.29	-0.23	-0.04
60hr	-0.27	-0.23	-0.11	0.08	0.04	0.02	0.06	0.32	0.26	0.01	-0.36	-0.27	-0.04
72hr	-0.25	-0.24	-0.13	0.13	0.08	0.06	0.08	0.30	0.22	-0.01	-0.30	-0.31	-0.03

표 3.6.32 지역 파랑모델(RWW3) 서귀포 부이 (22187) 지점 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.35	0.43	0.32	0.24	0.22	0.21	0.34	0.25	0.30	0.32	0.33	0.34	0.30
24hr	0.35	0.42	0.31	0.23	0.25	0.24	0.37	0.29	0.35	0.35	0.36	0.35	0.32
36hr	0.35	0.42	0.32	0.26	0.30	0.26	0.39	0.37	0.45	0.62	0.38	0.39	0.38
48hr	0.36	0.49	0.37	0.41	0.30	0.31	0.41	0.49	0.48	0.45	0.44	0.41	0.41
60hr	0.39	0.51	0.42	0.38	0.33	0.34	0.48	0.60	0.57	0.40	0.53	0.41	0.45
72hr	0.38	0.59	0.41	0.51	0.37	0.39	0.54	0.69	0.59	0.56	0.53	0.43	0.50

표 3.6.33 지역 파랑모델(RWW3) 통영 부이 (22188) 지점 BIAS

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	-0.43	-0.37	-0.15	-0.14	-0.10	-0.06	0.02	-0.20	-0.11	-0.30	-0.30	-0.36	-0.21
24hr	-0.40	-0.31	-0.12	-0.11	-0.07	-0.06	0.04	-0.15	-0.10	-0.29	-0.29	-0.30	-0.18
36hr	-0.39	-0.29	-0.11	-0.11	-0.05	-0.05	0.05	-0.10	-0.08	-0.36	-0.31	-0.28	-0.17
48hr	-0.39	-0.32	-0.11	-0.12	-0.07	-0.06	0.02	-0.06	-0.10	-0.31	-0.30	-0.28	-0.17
60hr	-0.38	-0.26	-0.12	-0.08	-0.05	-0.07	0.01	-0.04	-0.07	-0.35	-0.33	-0.29	-0.17
72hr	-0.39	-0.25	-0.07	-0.06	-0.01	0.03	-0.01	0.00	-0.11	-0.38	-0.35	-0.37	-0.16

표 3.6.34 지역 파랑모델(RWW3) 통영 부이 (22188) 지점 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.50	0.52	0.29	0.27	0.24	0.21	0.20	0.30	0.32	0.78	0.35	0.44	0.37
24hr	0.47	0.44	0.28	0.29	0.22	0.18	0.23	0.29	0.29	0.75	0.36	0.41	0.35
36hr	0.48	0.47	0.29	0.33	0.27	0.27	0.28	0.31	0.33	1.19	0.41	0.42	0.42
48hr	0.49	0.52	0.35	0.36	0.30	0.23	0.24	0.34	0.32	0.98	0.45	0.45	0.42
60hr	0.51	0.57	0.39	0.39	0.34	0.24	0.32	0.34	0.38	1.37	0.42	0.44	0.48
72hr	0.53	0.61	0.39	0.46	0.35	0.32	0.37	0.34	0.44	1.47	0.50	0.47	0.52

표 3.6.35 지역 파랑모델(RWW3) 울산 부이 (22189) 지점 BIAS

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	-0.04	-0.10	-0.05	0.01	-0.01	-0.01	0.06	-0.03	0.04	0.08	-0.09	-0.12	-0.02
24hr	-0.01	-0.07	0.00	0.04	0.01	0.00	0.10	0.01	0.07	0.05	-0.07	-0.09	0.00
36hr	0.05	-0.06	0.02	0.03	0.03	0.00	0.16	0.07	0.06	0.01	-0.09	-0.08	0.02
48hr	0.06	-0.03	0.00	0.03	-0.01	0.01	0.10	0.05	0.02	0.09	-0.13	-0.08	0.01
60hr	0.03	0.00	0.00	0.01	0.05	-0.05	0.08	0.11	-0.04	0.09	-0.20	-0.09	0.00
72hr	0.06	-0.01	0.01	0.09	0.05	0.01	0.09	0.24	-0.02	0.09	-0.18	-0.17	0.02

표 3.6.36 지역 파랑모델(RWW3) 울산 부이 (22189) 지점 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.39	0.44	0.33	0.26	0.23	0.21	0.15	0.34	0.26	0.24	0.26	0.28	0.28
24hr	0.37	0.46	0.30	0.26	0.25	0.23	0.27	0.40	0.27	0.24	0.22	0.32	0.30
36hr	0.39	0.54	0.36	0.25	0.31	0.26	0.32	0.55	0.34	0.27	0.35	0.32	0.35
48hr	0.40	0.56	0.40	0.27	0.31	0.23	0.27	0.62	0.41	0.32	0.34	0.39	0.38
60hr	0.41	0.62	0.41	0.35	0.33	0.29	0.32	0.61	0.50	0.34	0.48	0.42	0.42
72hr	0.38	0.64	0.56	0.53	0.35	0.36	0.43	0.73	0.52	0.39	0.50	0.41	0.48

표 3.6.37 지역 파랑모델(RWW3) 울진 부이 (22190) 지점 BIAS

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	-0.31	-0.30	-0.19	-0.16	-0.07	-0.14	-0.06	-0.04	-0.03	-0.10	-0.22	-0.27	-0.16
24hr	-0.27	-0.22	-0.15	-0.17	-0.01	-0.11	0.00	0.05	0.01	-0.16	-0.24	-0.25	-0.13
36hr	-0.25	-0.24	-0.13	-0.13	0.00	-0.12	-0.01	0.10	-0.04	-0.16	-0.26	-0.25	-0.12
48hr	-0.26	-0.23	-0.14	-0.13	0.02	-0.13	0.03	0.08	-0.08	-0.16	-0.24	-0.29	-0.13
60hr	-0.29	-0.20	-0.14	-0.15	0.00	-0.13	0.06	0.02	-0.13	-0.16	-0.25	-0.31	-0.14
72hr	-0.29	-0.17	-0.12	-0.09	0.02	-0.12	0.05	0.12	-0.09	-0.18	-0.29	-0.34	-0.13

표 3.6.38 지역 파랑모델(RWW3) 울진 부이 (22190) 지점 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.45	0.41	0.30	0.31	0.24	0.26	0.18	0.28	0.25	0.33	0.34	0.48	0.32
24hr	0.44	0.41	0.30	0.35	0.23	0.28	0.24	0.44	0.29	0.34	0.35	0.47	0.34
36hr	0.44	0.48	0.32	0.33	0.23	0.29	0.25	0.46	0.37	0.35	0.40	0.51	0.37
48hr	0.48	0.47	0.32	0.34	0.26	0.34	0.30	0.56	0.42	0.35	0.39	0.48	0.39
60hr	0.44	0.49	0.34	0.46	0.26	0.35	0.32	0.65	0.42	0.39	0.38	0.54	0.42
72hr	0.51	0.58	0.38	0.45	0.30	0.40	0.36	0.77	0.46	0.46	0.42	0.53	0.47

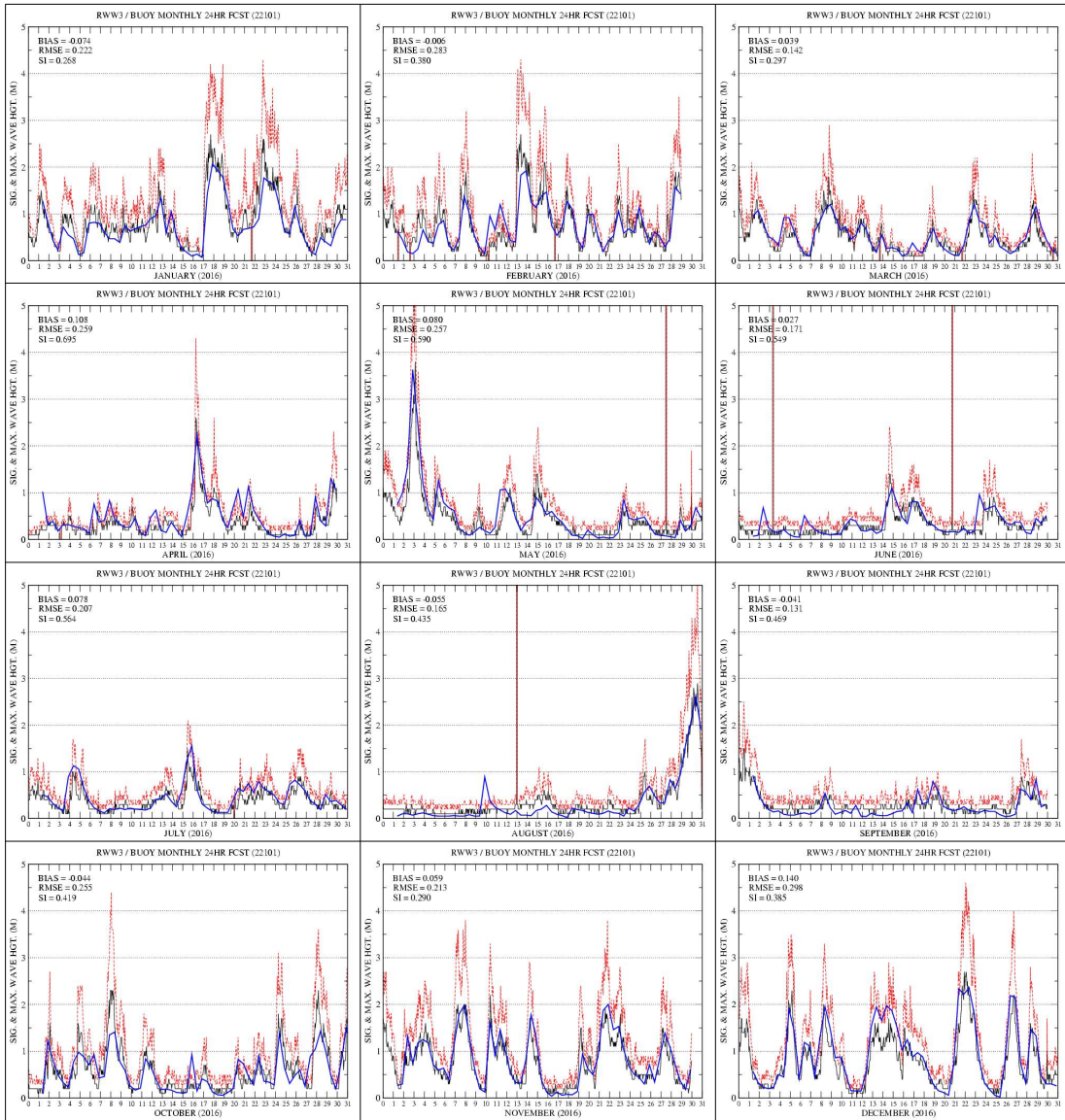


그림 3.6.10 덕적도 부이 관측(검은색 실선)과 RWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2016년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고.

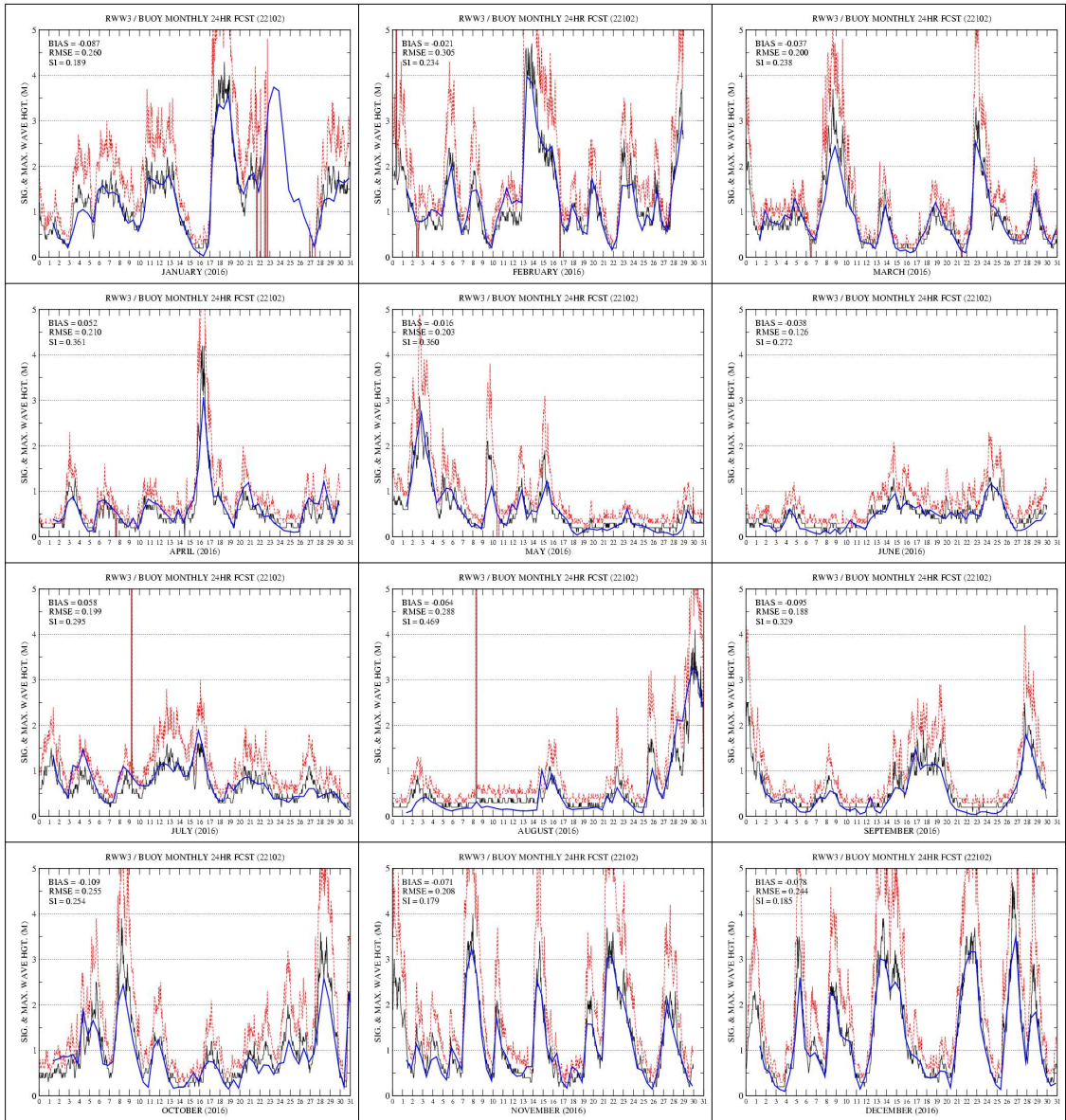


그림 3.6.11 칠발도 부이 관측(검은색 실선)과 RWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2016년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고.

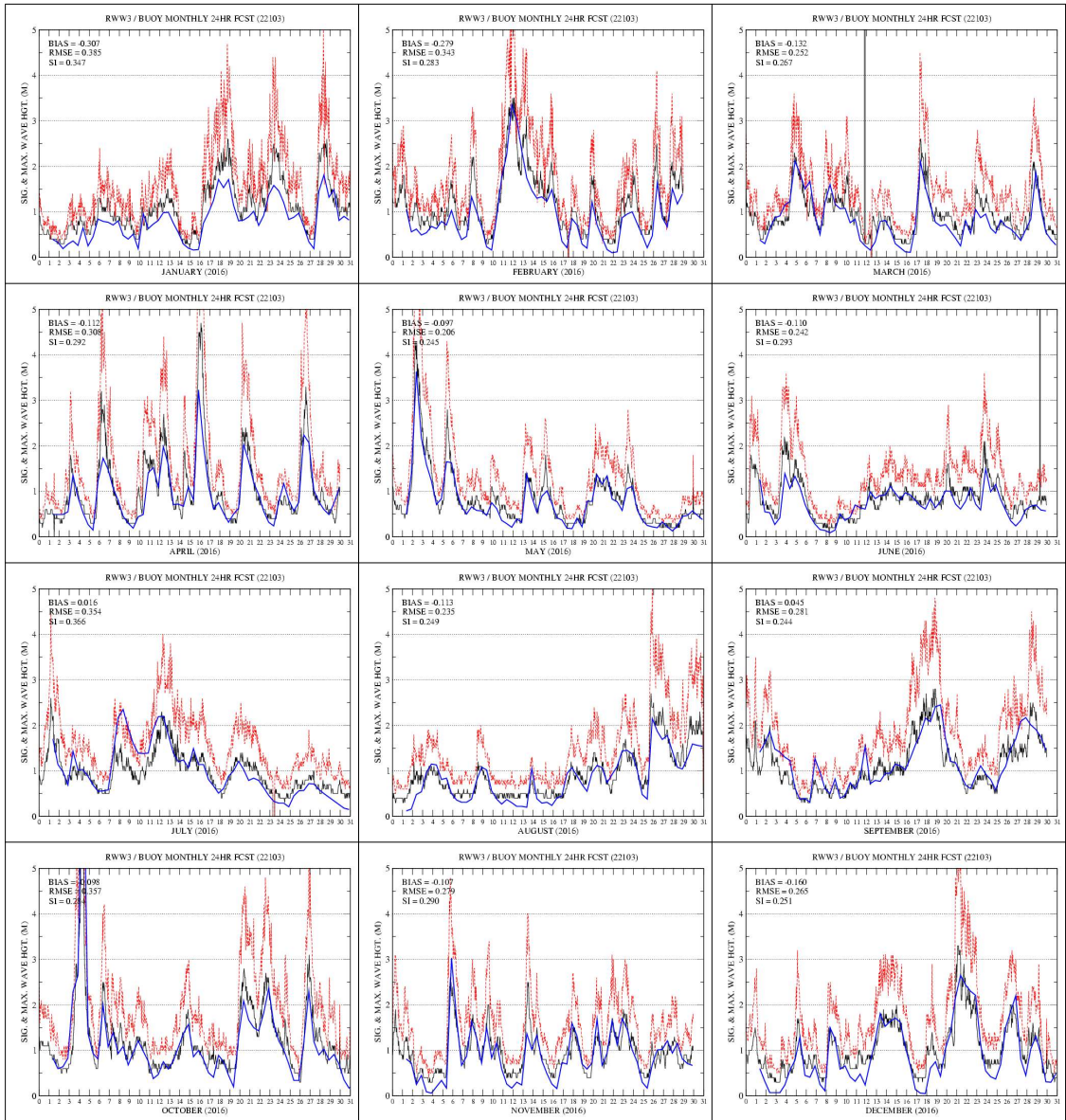


그림 3.6.12 거문도 부이 관측(검은색 실선)과 RWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2016년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고.

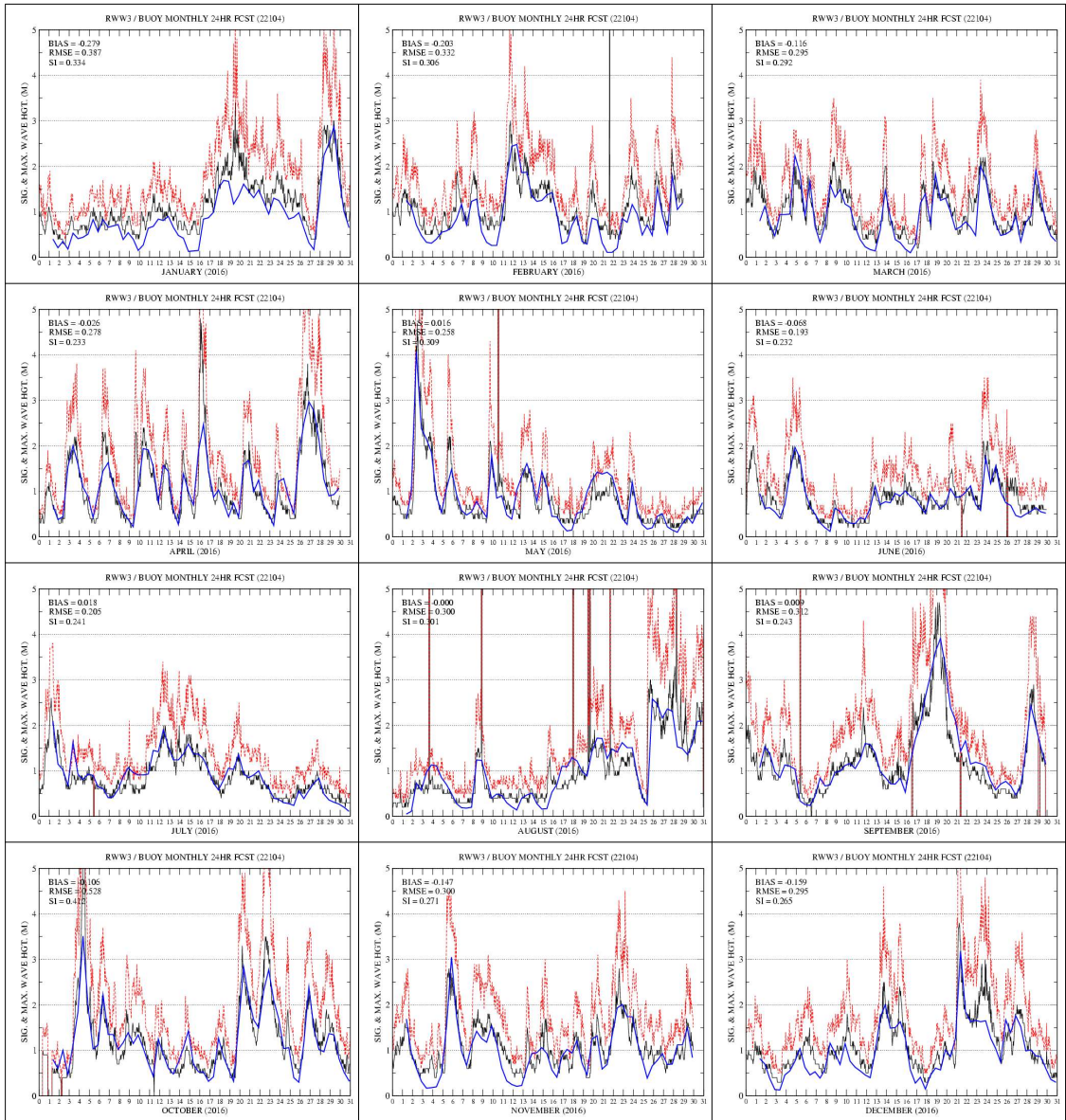


그림 3.6.13 거제도 부이 관측(검은색 실선)과 RWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2016년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고.

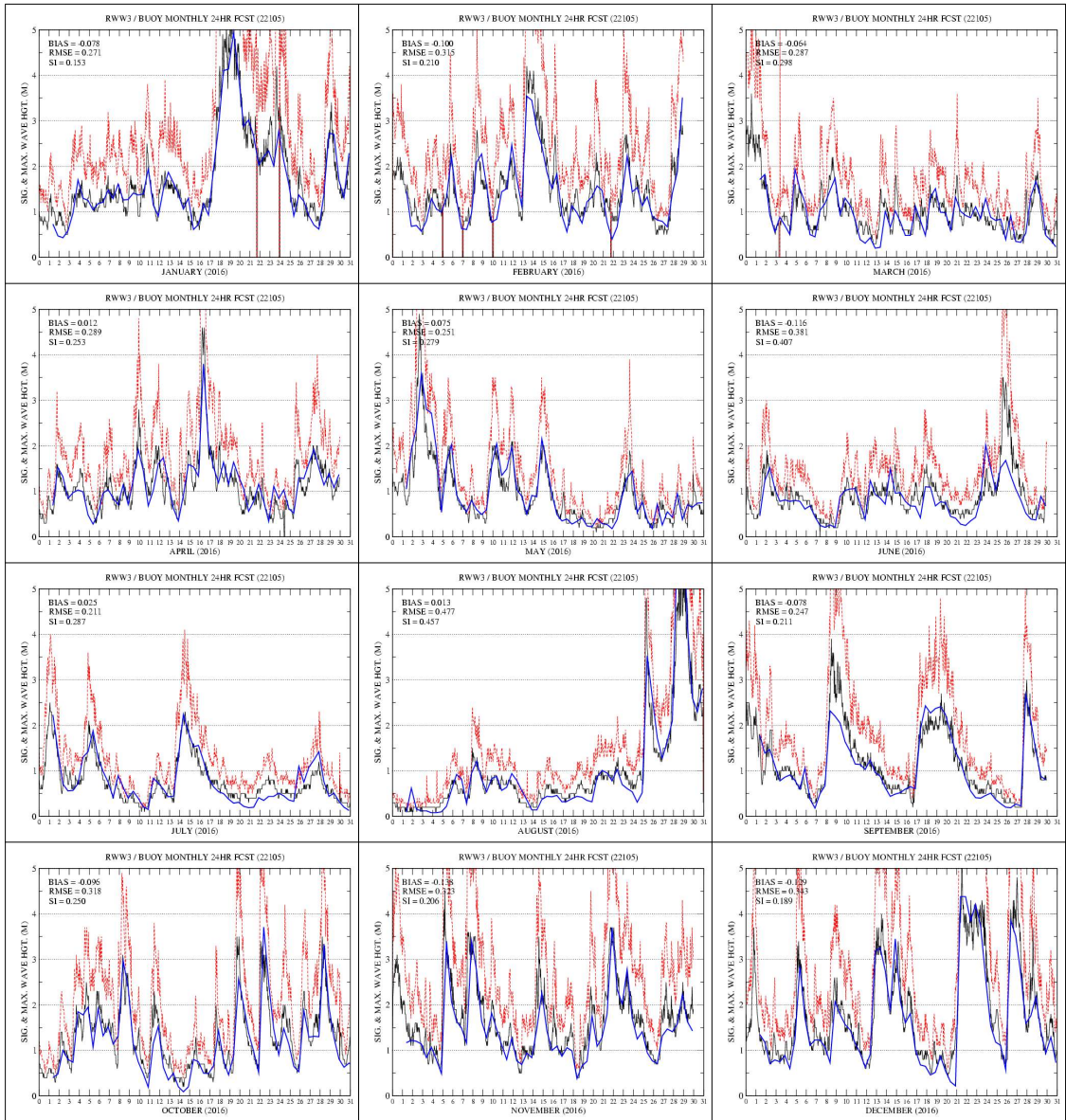


그림 3.6.14 동해 부이 관측(검은색 실선)과 RWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2016년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고.

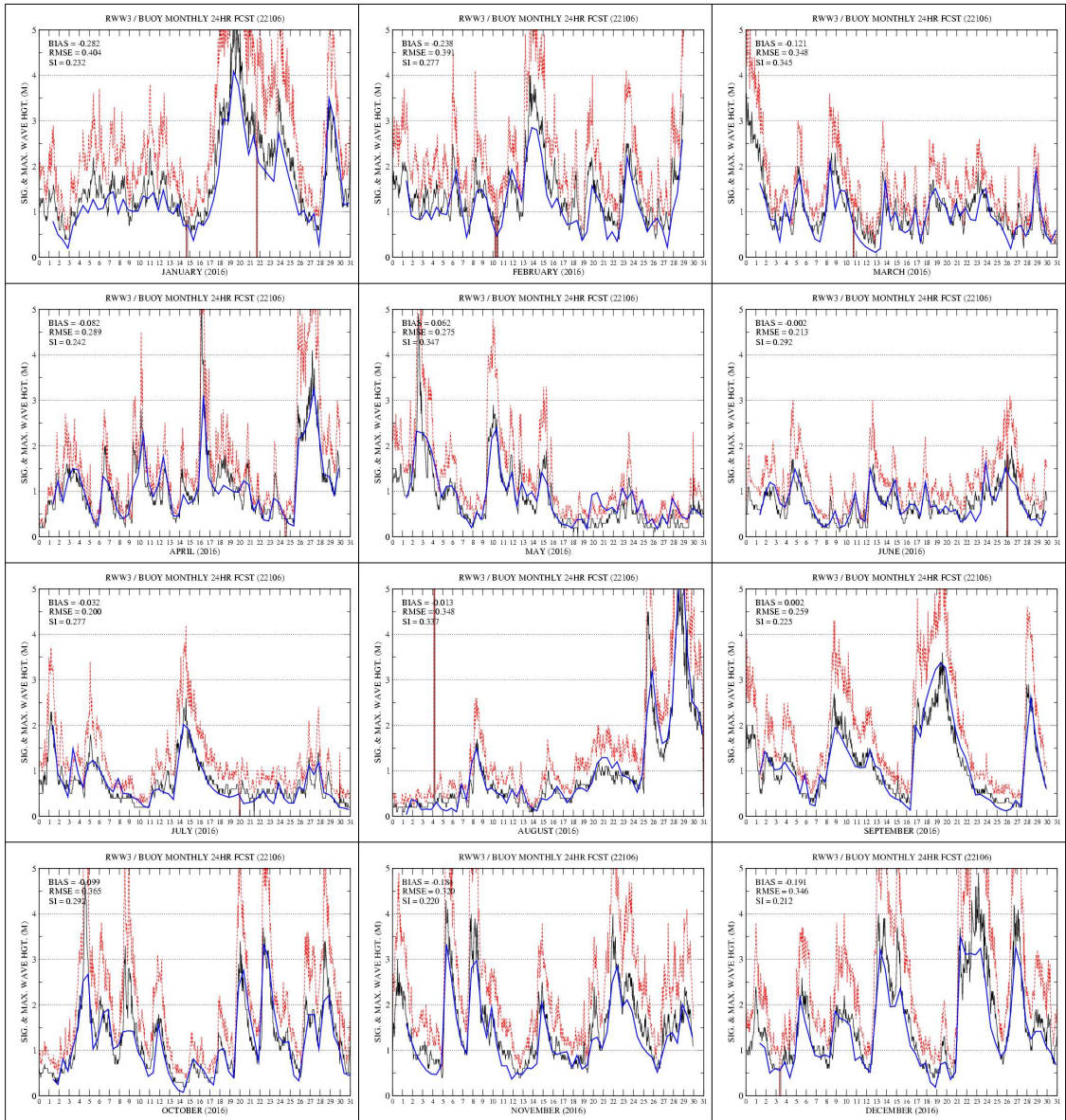


그림 3.6.15 포항 부이 관측(검은색 실선)과 RWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2016년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고.

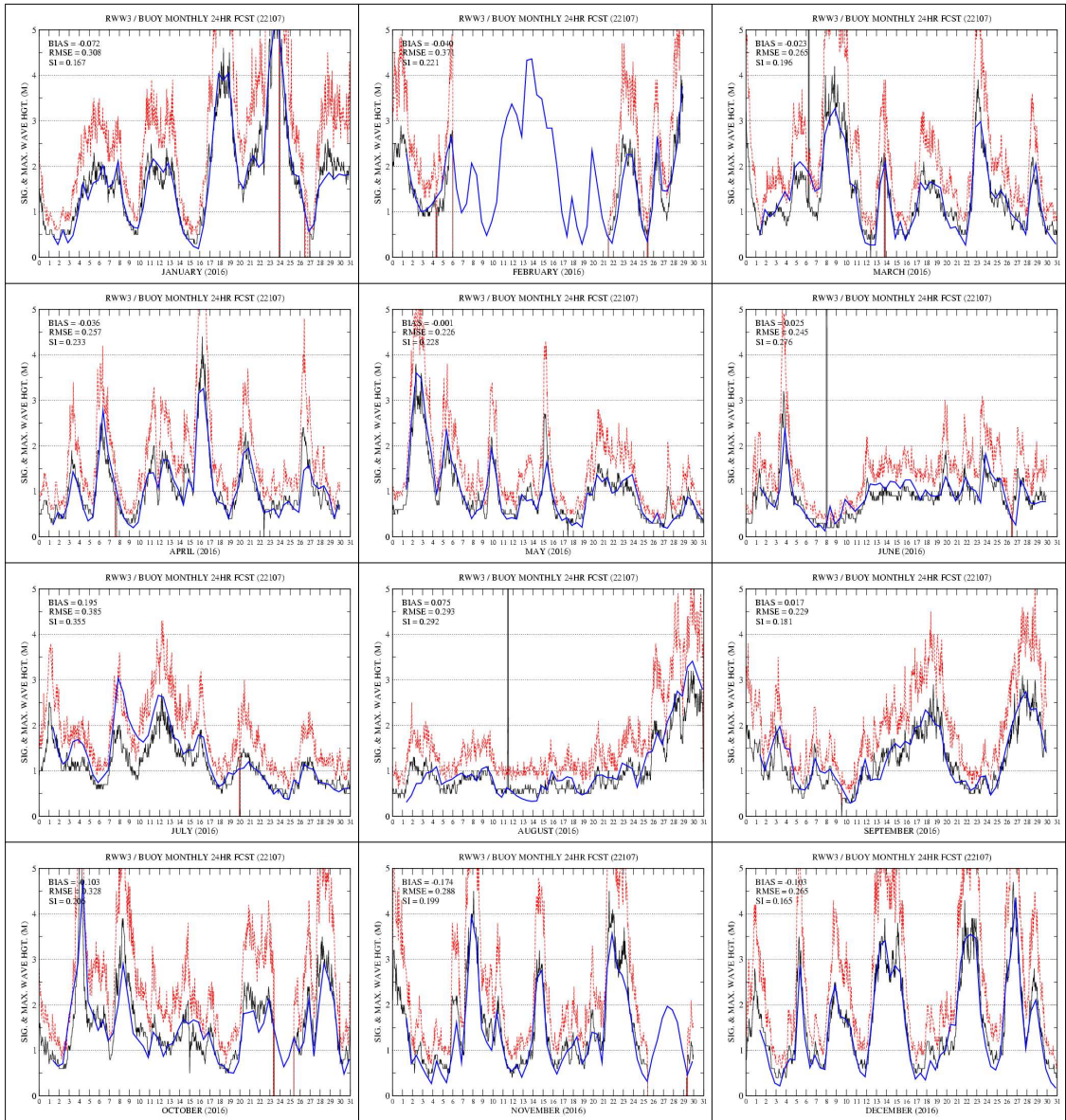


그림 3.6.16 마라도 부이 관측(검은색 실선)과 RWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2016년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고.

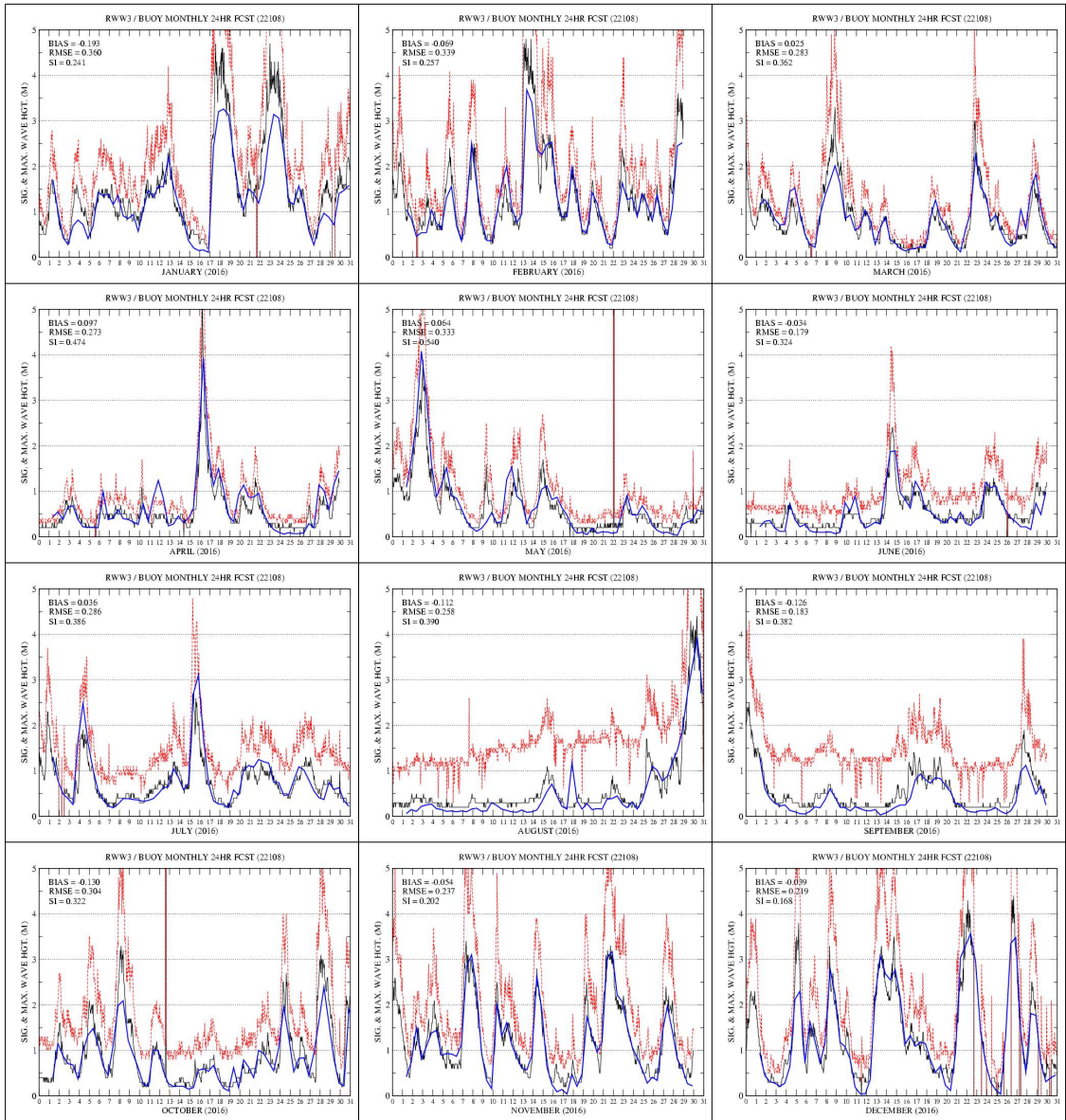


그림 3.6.17 외연도 부이 관측(검은색 실선)과 RWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2016년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고.

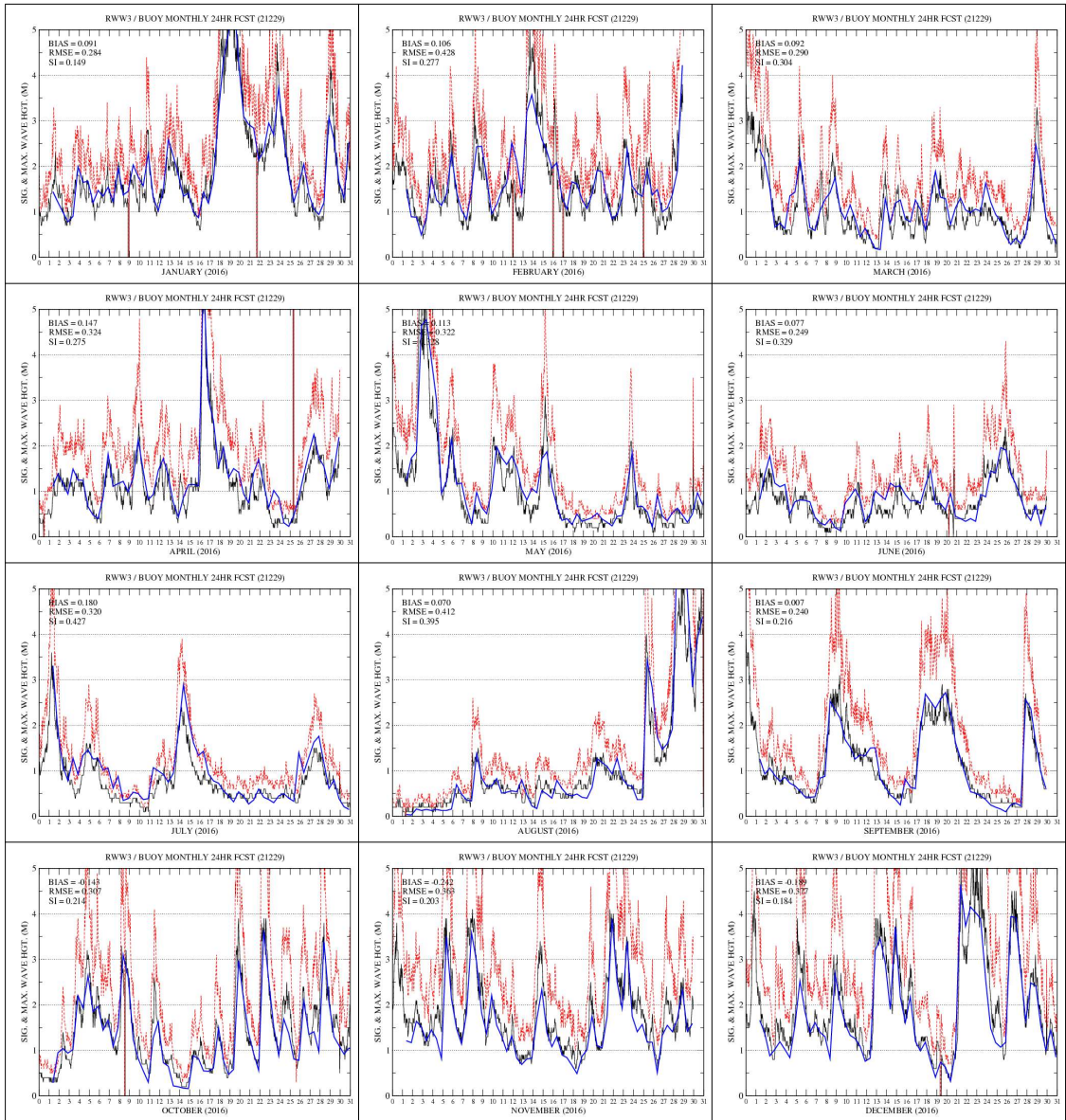


그림 3.6.18 울릉도 부이 관측(검은색 실선)과 RWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2016년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고.

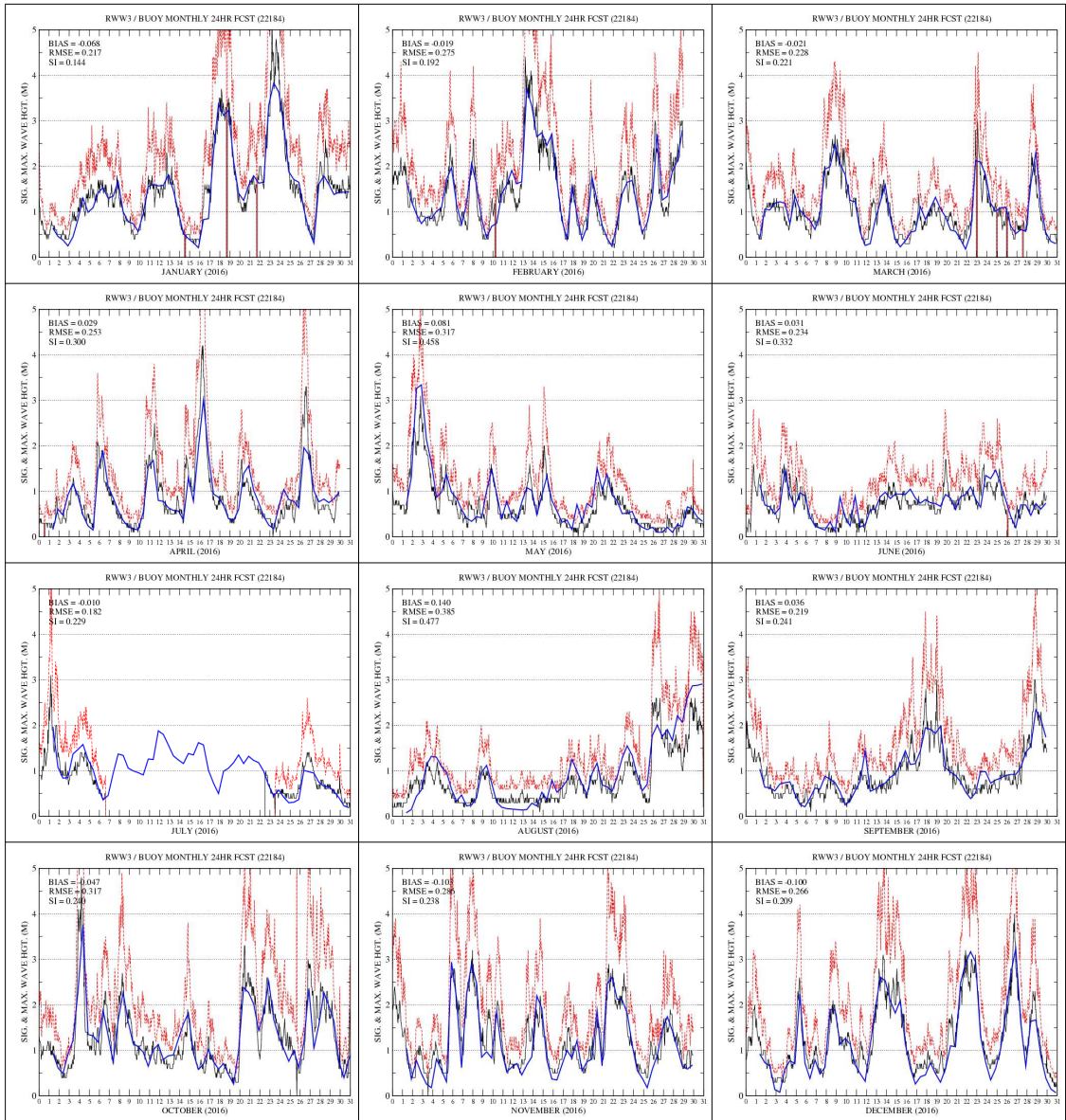


그림 3.6.19 추자도 부이 관측(검은색 실선)과 RWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2016년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고.

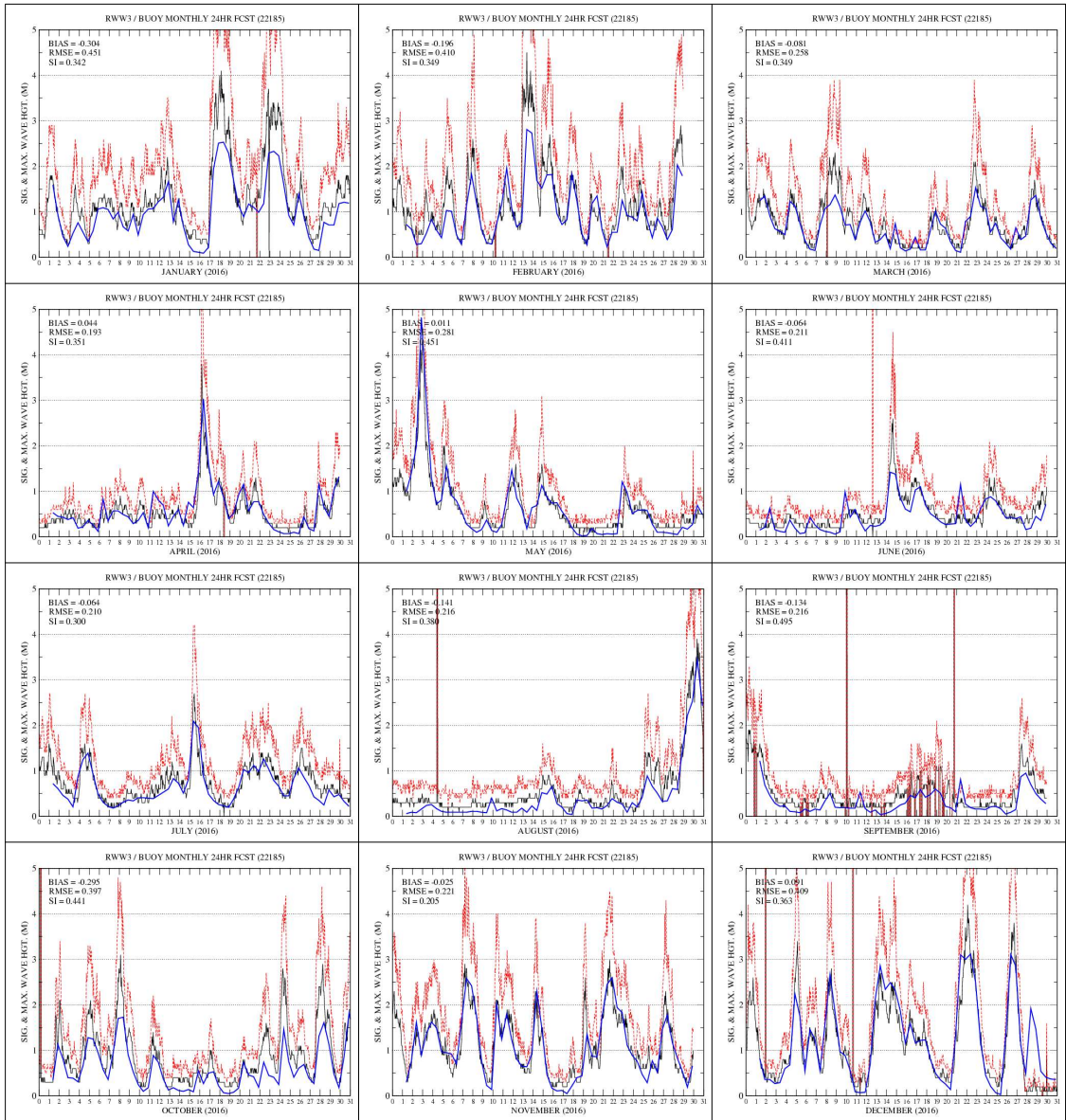


그림 3.6.20 인천 부이 관측(검은색 실선)과 RWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2016년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고.

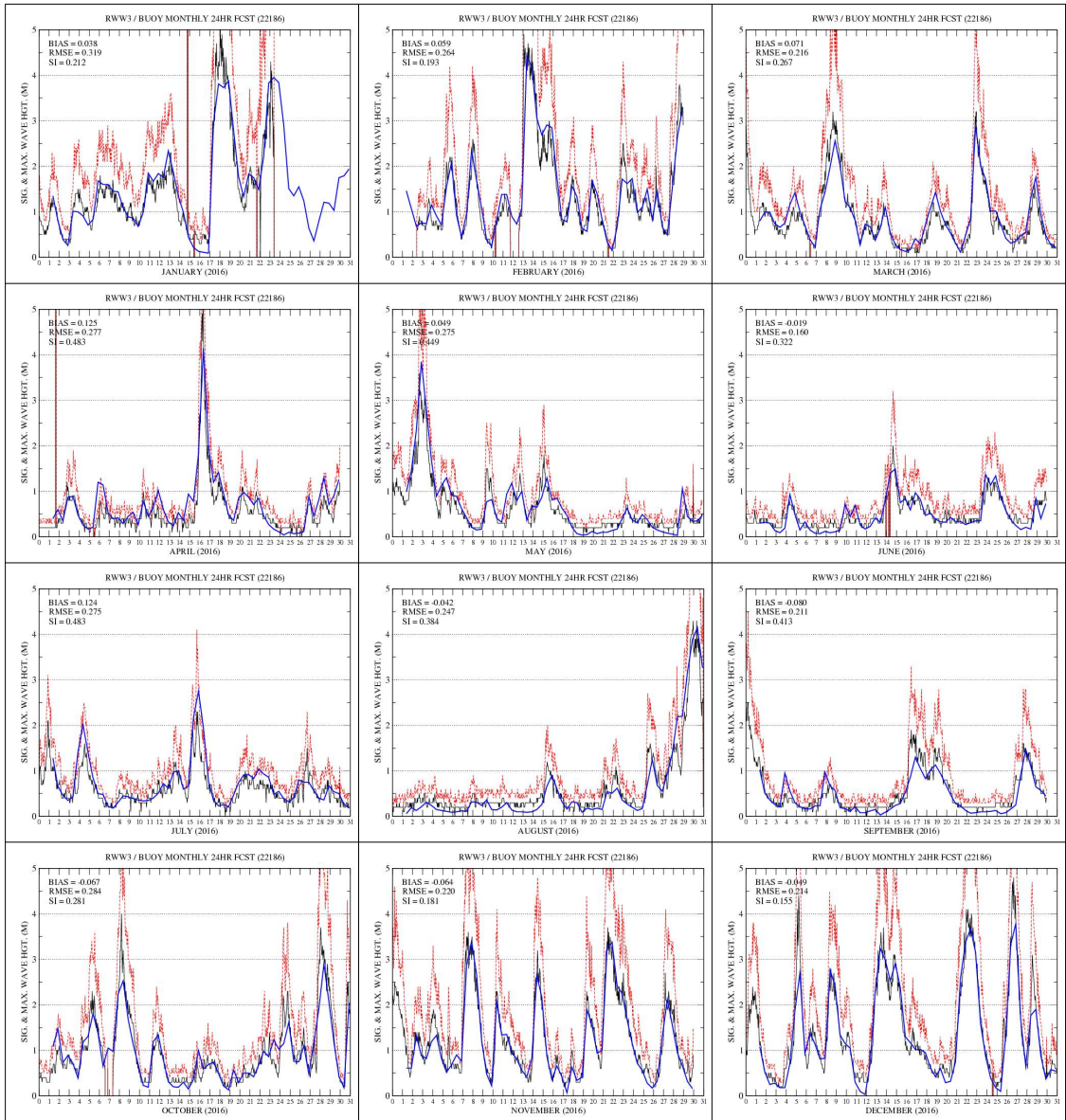


그림 3.6.21 부안 부이 관측(검은색 실선)과 RWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2016년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고.

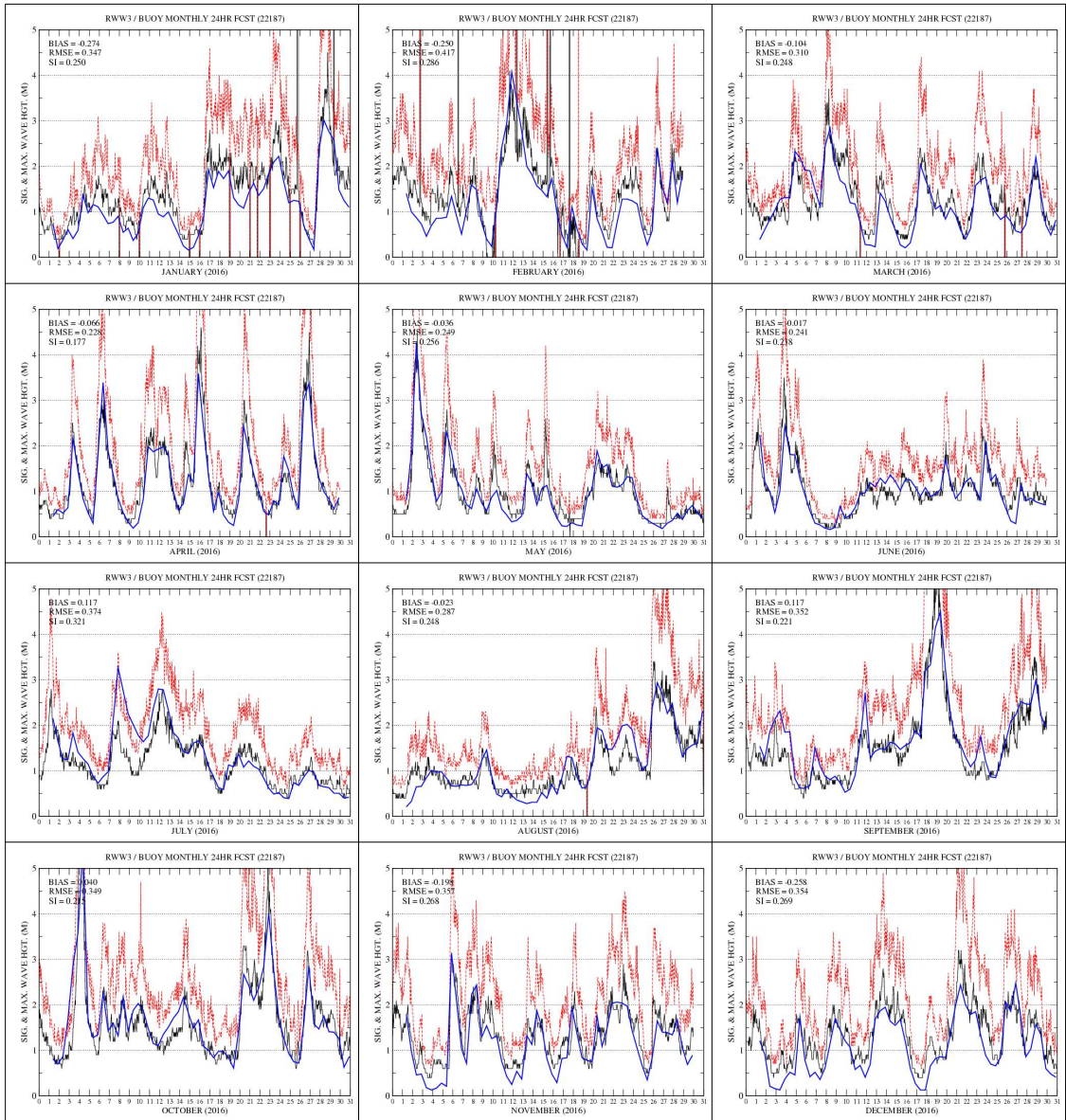


그림 3.6.22 서귀포 부이 관측(검은색 실선)과 RWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2016년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고.

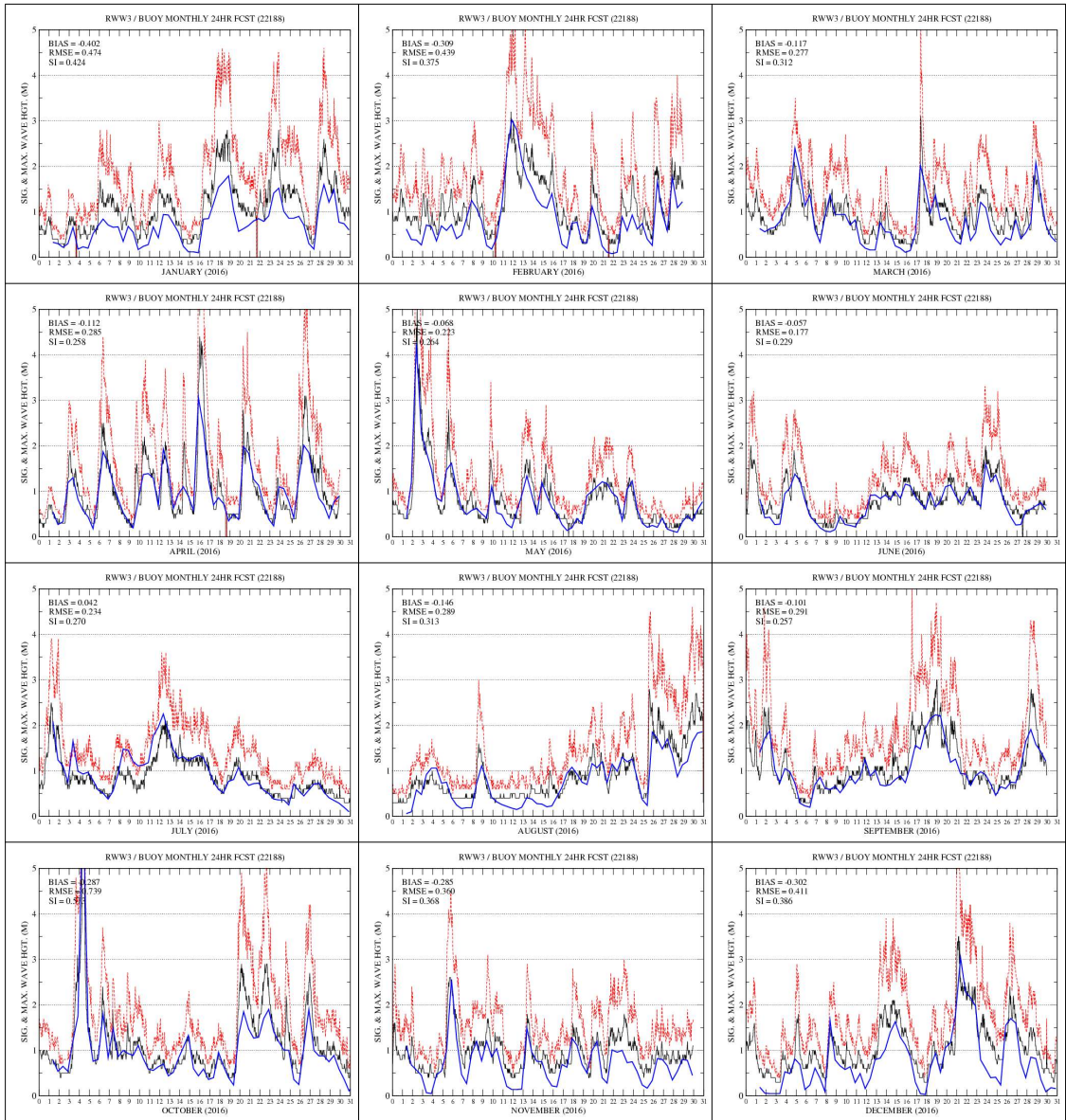


그림 3.6.23 통영 부이 관측(검은색 실선)과 RWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2016년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고.

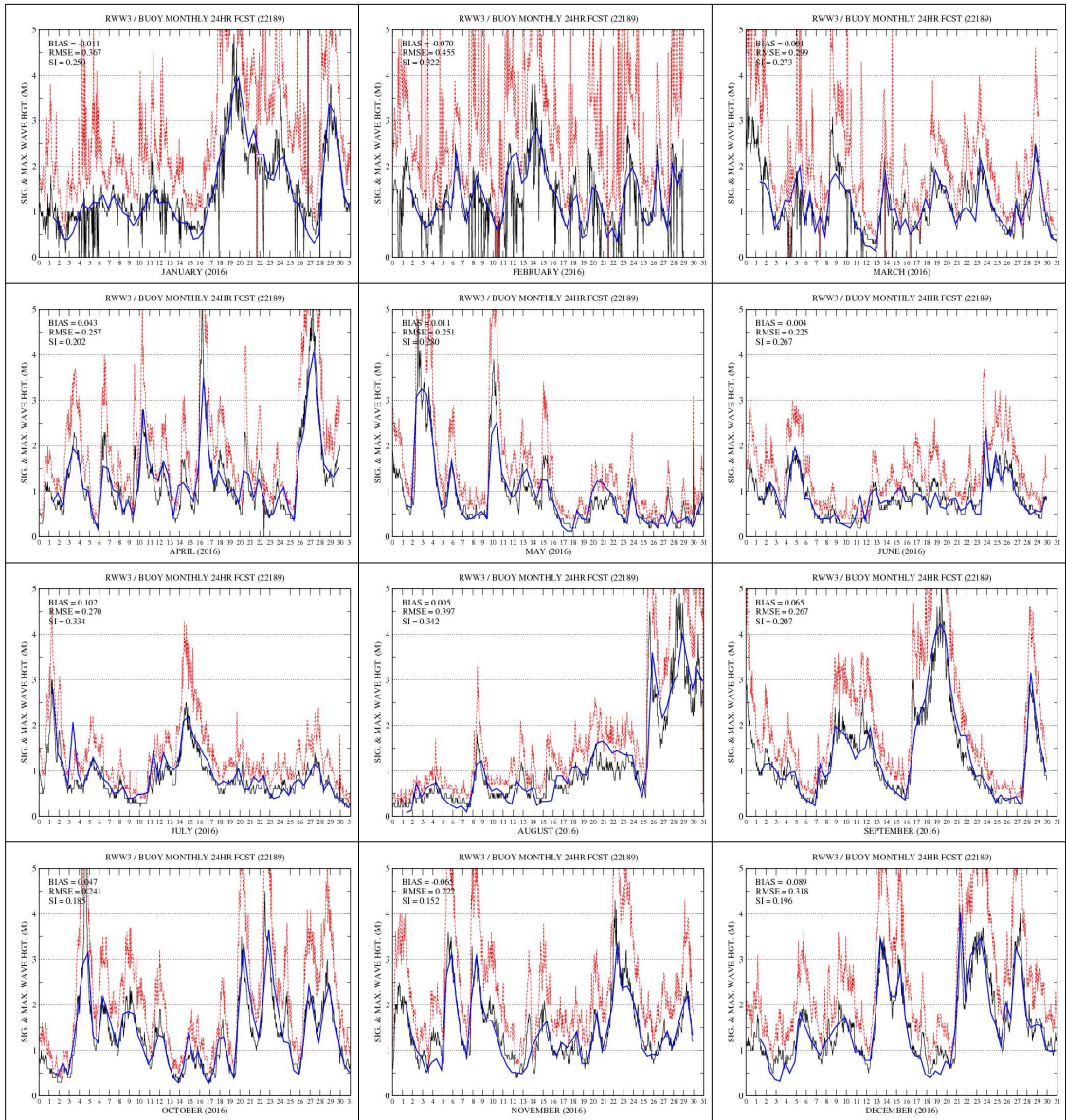


그림 3.6.24 울산 부이 관측(검은색 실선)과 RWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2016년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고.

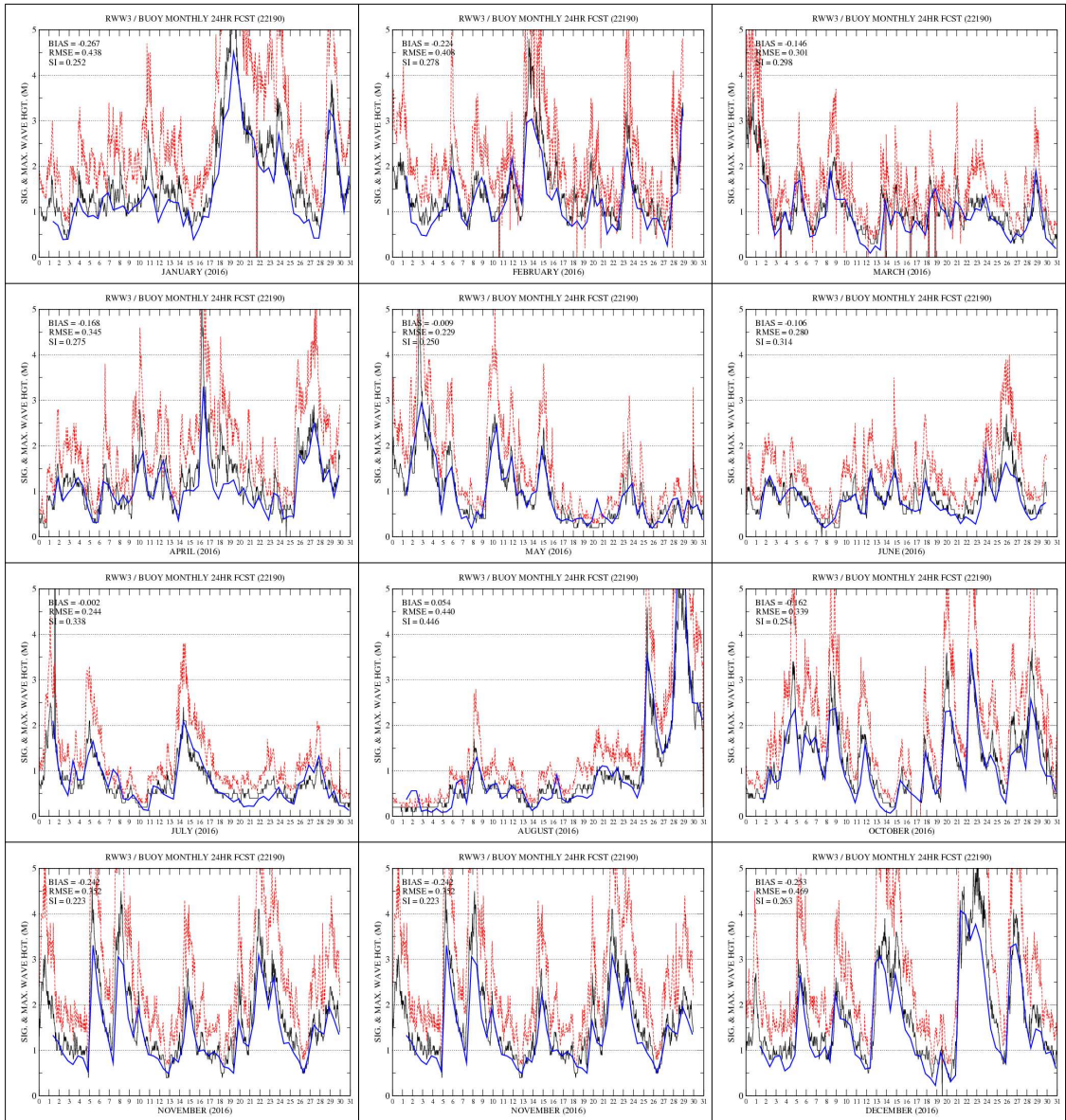


그림 3.6.25 울진 부이 관측(검은색 실선)과 RWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2016년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고.

3.6.2.3 국지연안 파랑모델 (CWW3) 부이 검증

표 3.6.39 국지연안 파랑모델(CWW3) 덕적도 부이 (22101) 지점 BIAS

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
0hr	0.06	0.07	0.03	0.07	0.03	-0.04	-0.07	-0.06	-0.08	-0.09	0.00	0.04	0.00
12hr	0.07	0.07	0.03	0.07	0.03	-0.04	-0.07	-0.06	-0.09	-0.09	-0.01	0.04	0.00
24hr	0.10	0.10	0.07	0.05	0.07	-0.04	-0.04	-0.05	-0.06	-0.08	0.00	0.07	0.02
36hr	0.12	0.12	0.10	0.08	0.06	-0.05	-0.03	-0.04	-0.08	-0.11	-0.01	0.04	0.02
48hr	0.12	0.13	0.10	0.04	0.06	-0.02	-0.05	-0.05	-0.07	-0.08	0.01	0.06	0.02
60hr	0.22	0.17	0.13	0.04	0.04	-0.03	-0.04	-0.05	-0.09	-0.12	0.01	0.05	0.03
72hr	0.26	0.19	0.11	0.02	0.04	-0.02	-0.03	-0.03	-0.08	-0.12	0.03	0.08	0.04

표 3.6.40 국지연안 파랑모델(CWW3) 덕적도 부이 (22101) 지점 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
0hr	0.22	0.27	0.12	0.19	0.18	0.10	0.12	0.24	0.15	0.17	0.20	0.21	0.18
12hr	0.22	0.27	0.12	0.19	0.18	0.10	0.12	0.24	0.14	0.18	0.20	0.21	0.18
24hr	0.28	0.28	0.15	0.19	0.30	0.10	0.13	0.22	0.15	0.21	0.20	0.24	0.20
36hr	0.28	0.32	0.19	0.21	0.26	0.14	0.19	0.30	0.14	0.22	0.21	0.22	0.22
48hr	0.32	0.33	0.23	0.18	0.25	0.14	0.17	0.22	0.15	0.20	0.21	0.26	0.22
60hr	0.39	0.33	0.24	0.20	0.17	0.14	0.26	0.21	0.17	0.23	0.26	0.24	0.24
72hr	0.42	0.36	0.22	0.20	0.19	0.16	0.36	0.30	0.15	0.24	0.27	0.30	0.26

표 3.6.41 국지연안 파랑모델(CWW3) 칠발도 부이 (22102) 지점 BIAS

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
0hr	0.06	-0.01	0.03	0.09	0.08	0.06	0.15	-0.06	-0.08	-0.03	0.00	0.00	0.02
12hr	0.07	0.10	0.03	0.09	0.07	0.06	0.15	-0.06	-0.08	-0.02	0.00	0.00	0.03
24hr	0.09	0.13	0.05	0.12	0.05	0.04	0.15	-0.03	-0.07	-0.04	-0.01	-0.01	0.04
36hr	0.08	0.16	0.06	0.09	0.04	0.07	0.14	-0.04	-0.08	-0.10	-0.02	-0.03	0.03
48hr	0.04	0.19	0.04	0.07	0.04	0.07	0.13	0.00	-0.11	-0.13	-0.04	-0.03	0.02
60hr	0.14	0.21	0.03	0.10	0.02	0.09	0.11	0.04	-0.10	-0.15	-0.05	-0.07	0.03
72hr	0.22	0.24	0.06	0.13	0.06	0.09	0.07	0.04	-0.12	-0.16	-0.06	-0.09	0.04

표 3.6.42 국지연안 파랑모델(CWW3) 칠발도 부이 (22102) 지점 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
0hr	0.25	0.86	0.22	0.19	0.28	0.18	0.26	0.25	0.19	0.20	0.20	0.24	0.28
12hr	0.25	0.31	0.22	0.20	0.28	0.18	0.27	0.25	0.18	0.20	0.20	0.24	0.23
24hr	0.29	0.34	0.22	0.24	0.28	0.15	0.27	0.33	0.21	0.21	0.20	0.23	0.25
36hr	0.35	0.42	0.25	0.26	0.31	0.18	0.25	0.36	0.17	0.30	0.24	0.25	0.28
48hr	0.34	0.47	0.26	0.27	0.35	0.21	0.29	0.42	0.19	0.36	0.22	0.32	0.31
60hr	0.45	0.48	0.23	0.36	0.31	0.24	0.36	0.56	0.23	0.35	0.25	0.29	0.34
72hr	0.49	0.51	0.30	0.38	0.31	0.27	0.35	0.60	0.30	0.41	0.41	0.38	0.39

표 3.6.43 국지연안 파랑모델(CWW3) 거문도 부이 (22103) 지점 BIAS

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
0hr	-0.07	-0.04	-0.02	0.05	0.04	0.02	0.11	-0.02	0.16	0.04	-0.10	-0.17	0.00
12hr	-0.06	-0.04	-0.02	0.05	0.03	0.02	0.12	-0.02	0.16	0.04	-0.10	-0.17	0.00
24hr	0.00	0.00	-0.01	0.09	0.05	0.02	0.15	0.04	0.18	0.05	-0.08	-0.15	0.03
36hr	-0.02	0.03	-0.01	0.10	0.07	-0.01	0.14	0.11	0.21	-0.01	-0.08	-0.14	0.03
48hr	-0.01	0.04	-0.04	0.11	0.10	0.00	0.12	0.20	0.21	-0.02	-0.10	-0.12	0.04
60hr	0.03	0.03	-0.03	0.16	0.09	0.03	0.08	0.23	0.22	-0.05	-0.17	-0.16	0.04
72hr	0.01	0.02	0.01	0.21	0.08	0.05	0.06	0.26	0.20	-0.03	-0.17	-0.21	0.04

표 3.6.44 국지연안 파랑모델(CWW3) 거문도 부이 (22103) 지점 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
0hr	0.21	0.28	0.22	0.23	0.23	0.19	0.34	0.22	0.31	0.29	0.22	0.27	0.25
12hr	0.21	0.28	0.22	0.23	0.23	0.19	0.34	0.22	0.31	0.29	0.22	0.27	0.25
24hr	0.24	0.25	0.24	0.28	0.22	0.22	0.39	0.24	0.33	0.29	0.25	0.26	0.27
36hr	0.24	0.23	0.23	0.28	0.25	0.26	0.41	0.32	0.38	0.34	0.31	0.28	0.29
48hr	0.28	0.28	0.29	0.39	0.24	0.29	0.39	0.40	0.38	0.42	0.32	0.28	0.33
60hr	0.31	0.36	0.32	0.32	0.26	0.25	0.44	0.47	0.45	0.63	0.32	0.36	0.37
72hr	0.35	0.41	0.39	0.48	0.35	0.32	0.46	0.56	0.50	0.80	0.39	0.42	0.45

표 3.6.45 국지연안 파랑모델(CWW3) 거제도 부이 (22104) 지점 BIAS

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
0hr	-0.18	-0.11	-0.12	0.02	0.04	-0.02	0.11	-0.02	0.05	-0.05	-0.10	-0.17	-0.05
12hr	-0.18	-0.10	-0.11	0.02	0.03	-0.01	0.11	-0.02	0.05	-0.05	-0.11	-0.17	-0.04
24hr	-0.16	-0.06	-0.08	0.05	0.07	0.03	0.14	0.05	0.06	-0.06	-0.10	-0.12	-0.02
36hr	-0.15	-0.04	-0.05	0.08	0.08	0.02	0.18	0.09	0.07	-0.10	-0.14	-0.09	0.00
48hr	-0.12	-0.05	-0.06	0.04	0.05	0.02	0.16	0.12	0.06	-0.02	-0.19	-0.11	-0.01
60hr	-0.11	-0.03	-0.09	0.09	0.06	-0.01	0.13	0.20	0.03	-0.03	-0.23	-0.08	-0.01
72hr	-0.14	-0.03	-0.04	0.11	0.11	0.06	0.12	0.27	0.03	-0.02	-0.20	-0.20	0.00

표 3.6.46 국지연안 파랑모델(CWW3) 거제도 부이 (22104) 지점 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
0hr	0.37	0.36	0.36	0.26	0.26	0.19	0.24	0.26	0.30	0.47	0.27	0.34	0.31
12hr	0.37	0.37	0.35	0.26	0.26	0.19	0.24	0.26	0.30	0.48	0.27	0.34	0.31
24hr	0.35	0.35	0.33	0.27	0.27	0.19	0.29	0.31	0.33	0.53	0.27	0.30	0.32
36hr	0.35	0.42	0.36	0.32	0.32	0.24	0.36	0.39	0.36	0.59	0.35	0.32	0.36
48hr	0.37	0.42	0.37	0.35	0.29	0.24	0.30	0.46	0.43	0.50	0.42	0.37	0.38
60hr	0.39	0.50	0.40	0.41	0.33	0.27	0.34	0.50	0.52	0.63	0.44	0.38	0.43
72hr	0.40	0.56	0.48	0.54	0.39	0.27	0.39	0.64	0.62	0.72	0.45	0.39	0.49

표 3.6.47 국지연안 파랑모델(CWW3) 동해 부이 (22105) 지점 BIAS

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
0hr	-0.16	-0.17	-0.13	-0.02	0.03	-0.10	-0.04	-0.05	-0.09	-0.05	-0.13	-0.16	-0.09
12hr	-0.16	-0.17	-0.13	-0.03	0.02	-0.10	-0.04	-0.05	-0.09	-0.06	-0.13	-0.16	-0.09
24hr	-0.08	-0.10	-0.09	0.01	0.07	-0.09	0.01	0.01	-0.08	-0.09	-0.16	-0.16	-0.06
36hr	-0.11	-0.10	-0.09	-0.03	0.07	-0.11	0.03	0.01	-0.13	-0.11	-0.15	-0.16	-0.07
48hr	-0.15	-0.10	-0.07	0.03	0.07	-0.11	0.10	0.02	-0.17	-0.07	-0.14	-0.19	-0.07
60hr	-0.13	-0.06	-0.06	0.00	0.05	-0.08	0.06	-0.05	-0.22	-0.08	-0.14	-0.21	-0.08
72hr	-0.09	-0.08	-0.09	0.02	0.07	-0.09	0.07	0.01	-0.15	-0.04	-0.15	-0.19	-0.06

표 3.6.48 국지연안 파랑모델(CWW3) 동해 부이 (22105) 지점 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
0hr	0.33	0.35	0.29	0.26	0.24	0.34	0.17	0.29	0.26	0.31	0.33	0.33	0.29
12hr	0.33	0.34	0.29	0.26	0.24	0.35	0.17	0.29	0.26	0.32	0.33	0.33	0.29
24hr	0.31	0.31	0.28	0.30	0.26	0.36	0.19	0.48	0.25	0.32	0.33	0.34	0.31
36hr	0.29	0.36	0.29	0.35	0.26	0.39	0.25	0.35	0.28	0.33	0.35	0.41	0.33
48hr	0.35	0.46	0.29	0.38	0.33	0.40	0.39	0.47	0.32	0.33	0.33	0.40	0.37
60hr	0.35	0.43	0.34	0.38	0.29	0.44	0.31	0.42	0.38	0.38	0.37	0.45	0.38
72hr	0.42	0.56	0.39	0.41	0.38	0.45	0.39	0.65	0.42	0.41	0.33	0.48	0.44

표 3.6.49 국지연안 파랑모델(CWW3) 포항 부이 (22106) 지점 BIAS

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
0hr	-0.24	-0.19	-0.19	-0.10	-0.02	-0.01	-0.07	-0.08	-0.04	-0.06	-0.17	-0.19	-0.11
12hr	-0.24	-0.19	-0.18	-0.10	-0.02	-0.01	-0.07	-0.08	-0.04	-0.05	-0.17	-0.19	-0.11
24hr	-0.27	-0.19	-0.14	-0.09	0.05	0.03	-0.04	-0.02	0.00	-0.09	-0.18	-0.19	-0.09
36hr	-0.23	-0.17	-0.11	-0.07	0.07	0.02	-0.02	0.05	-0.03	-0.09	-0.21	-0.18	-0.08
48hr	-0.23	-0.19	-0.09	-0.09	0.10	0.02	0.00	0.04	-0.08	-0.11	-0.20	-0.22	-0.09
60hr	-0.27	-0.13	-0.13	-0.06	0.08	-0.02	0.02	0.02	-0.13	-0.07	-0.22	-0.21	-0.09
72hr	-0.25	-0.10	-0.07	0.01	0.07	-0.04	-0.02	0.12	-0.09	-0.09	-0.26	-0.25	-0.08

표 3.6.50 국지연안 파랑모델(CWW3) 포항 부이 (22106) 지점 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
0hr	0.42	0.35	0.34	0.30	0.27	0.20	0.18	0.39	0.23	0.33	0.31	0.35	0.31
12hr	0.42	0.36	0.32	0.31	0.27	0.20	0.18	0.39	0.23	0.33	0.31	0.36	0.31
24hr	0.43	0.35	0.37	0.29	0.29	0.23	0.22	0.35	0.26	0.36	0.31	0.35	0.32
36hr	0.43	0.49	0.33	0.33	0.35	0.23	0.21	0.40	0.33	0.43	0.38	0.44	0.36
48hr	0.43	0.44	0.35	0.35	0.34	0.28	0.24	0.49	0.33	0.41	0.38	0.41	0.37
60hr	0.45	0.43	0.36	0.49	0.30	0.28	0.34	0.70	0.38	0.39	0.42	0.44	0.41
72hr	0.50	0.47	0.43	0.48	0.32	0.30	0.33	0.78	0.41	0.46	0.60	0.45	0.46

표 3.6.51 국지연안 파랑모델(CWW3) 마라도 부이 (22107) 지점 BIAS

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
0hr	0.05	0.05	0.00	-0.03	-0.01	0.03	0.20	0.05	0.00	-0.04	-0.19	-0.17	0.00
12hr	0.05	0.05	-0.01	-0.03	-0.01	0.03	0.20	0.06	-0.01	-0.04	-0.19	-0.17	0.00
24hr	0.05	0.02	0.00	-0.03	0.00	0.03	0.19	0.10	0.01	-0.03	-0.22	-0.16	0.00
36hr	0.04	0.02	-0.02	0.02	0.02	0.02	0.16	0.20	0.05	-0.02	-0.22	-0.18	0.01
48hr	0.03	0.06	-0.06	0.05	0.04	-0.01	0.15	0.29	0.08	-0.08	-0.29	-0.20	0.01
60hr	0.05	-0.02	-0.03	0.08	0.03	0.07	0.14	0.36	0.08	-0.14	-0.30	-0.23	0.01
72hr	0.13	0.02	0.00	0.20	0.08	0.04	0.17	0.41	0.06	-0.14	-0.32	-0.24	0.03

표 3.6.52 국지연안 파랑모델(CWW3) 마라도 부이 (22107) 지점 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
0hr	0.32	0.31	0.31	0.19	0.21	0.22	0.37	0.30	0.23	0.29	0.30	0.27	0.28
12hr	0.33	0.32	0.30	0.19	0.21	0.22	0.38	0.30	0.23	0.29	0.30	0.27	0.28
24hr	0.36	0.37	0.28	0.26	0.24	0.22	0.39	0.34	0.23	0.32	0.34	0.27	0.30
36hr	0.36	0.34	0.34	0.29	0.25	0.27	0.40	0.47	0.28	0.44	0.38	0.30	0.34
48hr	0.42	0.49	0.36	0.41	0.30	0.26	0.44	0.55	0.32	0.41	0.46	0.41	0.40
60hr	0.44	0.50	0.42	0.38	0.38	0.31	0.49	0.69	0.39	0.45	0.44	0.38	0.44
72hr	0.47	0.60	0.43	0.52	0.33	0.32	0.54	0.84	0.41	0.53	0.53	0.41	0.49

표 3.6.53 국지연안 파랑모델(CWW3) 외연도 부이 (22108) 지점 BIAS

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
0hr	-0.02	0.02	0.02	0.11	0.08	0.09	0.10	0.09	-0.02	-0.12	-0.18	-0.14	0.00
12hr	-0.02	0.03	0.03	0.11	0.09	0.10	0.10	0.09	-0.02	-0.12	-0.18	-0.15	0.01
24hr	0.05	0.08	0.09	0.15	0.11	0.09	0.19	0.07	0.01	-0.14	-0.20	-0.13	0.03
36hr	0.04	0.09	0.11	0.15	0.12	0.09	0.18	0.04	-0.01	-0.19	-0.21	-0.11	0.03
48hr	0.01	0.09	0.09	0.12	0.16	0.11	0.23	0.00	-0.08	-0.18	-0.17	-0.13	0.02
60hr	-0.03	0.11	0.10	0.09	0.17	0.07	0.23	0.00	-0.09	-0.17	-0.16	-0.10	0.02
72hr	0.02	0.14	0.08	0.15	0.19	0.04	0.20	0.08	-0.04	-0.17	-0.19	-0.13	0.03

표 3.6.54 국지연안 파랑모델(CWW3) 외연도 부이 (22108) 지점 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
0hr	0.30	0.36	0.30	0.27	0.35	0.24	0.24	0.41	0.24	0.30	0.35	0.34	0.31
12hr	0.30	0.36	0.29	0.27	0.35	0.24	0.24	0.42	0.24	0.30	0.35	0.34	0.31
24hr	0.27	0.42	0.30	0.34	0.31	0.26	0.33	0.39	0.24	0.32	0.33	0.36	0.32
36hr	0.32	0.50	0.35	0.34	0.34	0.28	0.31	0.37	0.31	0.39	0.38	0.38	0.36
48hr	0.41	0.51	0.32	0.39	0.42	0.29	0.41	0.41	0.31	0.39	0.36	0.40	0.38
60hr	0.33	0.55	0.37	0.48	0.47	0.30	0.44	0.52	0.41	0.42	0.38	0.50	0.43
72hr	0.45	0.66	0.38	0.52	0.51	0.31	0.48	0.66	0.41	0.49	0.43	0.48	0.48

표 3.6.55 국지연안 파랑모델(CWW3) 울릉도 부이 (21229) 지점 BIAS

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
0hr	-0.02	0.02	0.02	0.11	0.08	0.09	0.10	0.09	-0.02	-0.12	-0.18	0.00	0.02
12hr	-0.02	0.03	0.03	0.11	0.09	0.10	0.10	0.09	-0.02	-0.12	-0.18	0.00	0.02
24hr	0.05	0.08	0.09	0.15	0.11	0.09	0.19	0.07	0.01	-0.14	-0.20	0.00	0.04
36hr	0.04	0.09	0.11	0.15	0.12	0.09	0.18	0.04	-0.01	-0.19	-0.21	0.00	0.03
48hr	0.01	0.09	0.09	0.12	0.16	0.11	0.23	0.00	-0.08	-0.18	-0.17	0.00	0.03
60hr	-0.03	0.11	0.10	0.09	0.17	0.07	0.23	0.00	-0.09	-0.17	-0.16	0.00	0.03
72hr	0.02	0.14	0.08	0.15	0.19	0.04	0.20	0.08	-0.04	-0.17	-0.19	0.00	0.04

표 3.6.56 국지연안 파랑모델(CWW3) 울릉도 부이 (21229) 지점 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
0hr	0.30	0.36	0.30	0.27	0.35	0.24	0.24	0.41	0.24	0.30	0.35	0.00	0.28
12hr	0.30	0.36	0.29	0.27	0.35	0.24	0.24	0.42	0.24	0.30	0.35	0.00	0.28
24hr	0.27	0.42	0.30	0.34	0.31	0.26	0.33	0.39	0.24	0.32	0.33	0.00	0.29
36hr	0.32	0.50	0.35	0.34	0.34	0.28	0.31	0.37	0.31	0.39	0.38	0.00	0.32
48hr	0.41	0.51	0.32	0.39	0.42	0.29	0.41	0.41	0.31	0.39	0.36	0.00	0.35
60hr	0.33	0.55	0.37	0.48	0.47	0.30	0.44	0.52	0.41	0.42	0.38	0.00	0.39
72hr	0.45	0.66	0.38	0.52	0.51	0.31	0.48	0.66	0.41	0.49	0.43	0.00	0.44

표 3.6.57 국지연안 파랑모델(CWW3) 추자도 부이 (22184) 지점 BIAS

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
0hr	0.02	0.03	-0.04	0.07	0.09	0.03	0.01	0.13	0.08	0.06	-0.02	-0.02	0.04
12hr	0.02	0.03	-0.04	0.07	0.09	0.02	0.01	0.14	0.07	0.05	-0.02	-0.02	0.04
24hr	0.02	0.04	-0.02	0.09	0.10	0.05	-0.01	0.23	0.11	0.05	-0.03	-0.04	0.05
36hr	0.04	0.07	-0.03	0.11	0.11	0.04	-0.01	0.29	0.15	0.04	-0.05	-0.06	0.06
48hr	0.05	0.11	-0.03	0.10	0.15	0.05	-0.05	0.39	0.22	0.02	-0.08	-0.07	0.07
60hr	0.07	0.08	-0.04	0.15	0.08	0.10	-0.06	0.44	0.22	0.00	-0.14	-0.12	0.06
72hr	0.10	0.08	-0.01	0.23	0.12	0.15	-0.18	0.44	0.26	0.06	-0.17	-0.12	0.08

표 3.6.58 국지연안 파랑모델(CWW3) 추자도 부이 (22184) 지점 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
0hr	0.21	0.26	0.22	0.20	0.32	0.20	0.19	0.37	0.24	0.28	0.24	0.25	0.25
12hr	0.22	0.26	0.22	0.20	0.32	0.20	0.19	0.38	0.23	0.27	0.25	0.25	0.25
24hr	0.22	0.27	0.23	0.28	0.36	0.23	0.18	0.47	0.28	0.32	0.26	0.24	0.28
36hr	0.25	0.32	0.25	0.29	0.32	0.25	0.17	0.55	0.29	0.35	0.25	0.29	0.30
48hr	0.28	0.39	0.31	0.37	0.38	0.27	0.30	0.66	0.35	0.44	0.31	0.33	0.36
60hr	0.28	0.44	0.31	0.42	0.31	0.34	0.42	0.79	0.42	0.48	0.28	0.35	0.40
72hr	0.30	0.50	0.39	0.52	0.28	0.42	0.41	0.92	0.51	0.62	0.46	0.39	0.48

표 3.6.59 국지연안 파랑모델(CWW3) 인천 부이 (22185) 지점 BIAS

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
0hr	-0.01	0.10	0.08	0.17	0.15	0.04	0.08	-0.01	-0.10	-0.04	-0.04	0.03	0.04
12hr	-0.01	0.09	0.08	0.17	0.15	0.03	0.08	-0.01	-0.10	-0.04	-0.04	0.04	0.04
24hr	0.05	0.16	0.11	0.21	0.20	0.03	0.13	-0.01	-0.07	-0.11	-0.02	0.07	0.06
36hr	0.08	0.18	0.16	0.20	0.17	0.03	0.12	0.01	-0.08	-0.09	-0.03	0.08	0.07
48hr	0.06	0.18	0.16	0.20	0.16	0.03	0.10	0.02	-0.09	-0.10	-0.03	0.09	0.06
60hr	0.17	0.23	0.19	0.12	0.15	0.07	0.13	0.03	-0.13	-0.11	-0.02	0.07	0.08
72hr	0.21	0.30	0.17	0.16	0.14	0.05	0.15	0.06	-0.05	-0.12	0.00	0.09	0.10

표 3.6.60 국지연안 파랑모델(CWW3) 인천 부이 (22185) 지점 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
0hr	0.21	0.29	0.21	0.30	0.33	0.16	0.21	0.23	0.16	0.26	0.20	0.40	0.25
12hr	0.21	0.28	0.21	0.30	0.33	0.16	0.21	0.23	0.16	0.26	0.20	0.40	0.25
24hr	0.29	0.39	0.25	0.37	0.47	0.15	0.31	0.24	0.14	0.26	0.20	0.39	0.29
36hr	0.28	0.39	0.31	0.34	0.40	0.18	0.29	0.39	0.17	0.29	0.25	0.43	0.31
48hr	0.35	0.44	0.35	0.35	0.40	0.23	0.32	0.32	0.18	0.25	0.28	0.46	0.33
60hr	0.49	0.43	0.38	0.29	0.30	0.31	0.53	0.31	0.26	0.27	0.33	0.48	0.36
72hr	0.53	0.52	0.38	0.38	0.32	0.28	0.61	0.44	0.24	0.31	0.29	0.46	0.40

표 3.6.61 국지연안 파랑모델(CWW3) 부안 부이 (22186) 지점 BIAS

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
0hr	0.07	0.06	0.07	0.10	0.08	-0.01	0.14	-0.07	-0.08	-0.05	-0.05	-0.04	0.02
12hr	0.07	0.06	0.07	0.10	0.07	-0.01	0.14	-0.06	-0.09	-0.05	-0.05	-0.05	0.02
24hr	0.11	0.11	0.11	0.15	0.06	-0.02	0.17	-0.03	-0.09	-0.06	-0.05	-0.03	0.04
36hr	0.08	0.14	0.14	0.13	0.04	-0.02	0.16	-0.02	-0.08	-0.08	-0.04	-0.04	0.03
48hr	0.11	0.17	0.12	0.12	0.03	0.01	0.13	0.02	-0.07	-0.15	-0.05	-0.05	0.03
60hr	0.20	0.20	0.16	0.12	0.05	0.03	0.10	0.05	-0.10	-0.11	-0.04	-0.09	0.05
72hr	0.28	0.21	0.14	0.10	0.06	0.02	0.10	0.06	-0.08	-0.16	-0.05	-0.12	0.05

표 3.6.62 국지연안 파랑모델(CWW3) 부안 부이 (22186) 지점 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
0hr	0.31	0.22	0.23	0.24	0.28	0.19	0.33	0.21	0.16	0.27	0.21	0.21	0.24
12hr	0.31	0.22	0.23	0.24	0.28	0.19	0.33	0.21	0.16	0.27	0.22	0.21	0.24
24hr	0.34	0.27	0.25	0.32	0.30	0.16	0.32	0.28	0.23	0.27	0.22	0.19	0.26
36hr	0.39	0.39	0.28	0.33	0.30	0.20	0.29	0.29	0.26	0.26	0.28	0.24	0.29
48hr	0.44	0.42	0.33	0.41	0.33	0.20	0.29	0.30	0.26	0.30	0.27	0.35	0.32
60hr	0.56	0.39	0.33	0.50	0.30	0.23	0.37	0.43	0.28	0.29	0.28	0.38	0.36
72hr	0.63	0.45	0.38	0.40	0.32	0.29	0.47	0.52	0.34	0.33	0.34	0.45	0.41

표 3.6.63 국지연안 파랑모델(CWW3) 서귀포 부이 (22187) 지점 BIAS

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
0hr	-0.26	-0.21	-0.10	-0.05	-0.04	-0.02	0.12	-0.06	0.10	0.04	-0.29	-0.34	-0.09
12hr	-0.26	-0.21	-0.10	-0.04	-0.04	-0.02	0.12	-0.06	0.09	0.04	-0.29	-0.33	-0.09
24hr	-0.27	-0.22	-0.11	-0.06	-0.03	-0.02	0.12	-0.01	0.13	0.07	-0.28	-0.34	-0.09
36hr	-0.30	-0.18	-0.14	0.00	0.02	-0.03	0.09	0.13	0.19	0.11	-0.32	-0.35	-0.06
48hr	-0.25	-0.14	-0.16	0.05	0.05	-0.05	0.08	0.24	0.26	0.02	-0.36	-0.31	-0.05
60hr	-0.25	-0.20	-0.12	0.11	0.04	0.01	0.06	0.34	0.28	0.02	-0.43	-0.35	-0.04
72hr	-0.25	-0.21	-0.16	0.15	0.08	0.08	0.08	0.32	0.24	0.02	-0.38	-0.38	-0.04

표 3.6.64 국지연안 파랑모델(CWW3) 서귀포 부이 (22187) 지점 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
0hr	0.34	0.41	0.33	0.21	0.23	0.21	0.33	0.27	0.30	0.33	0.36	0.39	0.31
12hr	0.34	0.42	0.34	0.22	0.23	0.21	0.33	0.27	0.29	0.33	0.35	0.39	0.31
24hr	0.34	0.41	0.32	0.23	0.26	0.26	0.36	0.31	0.35	0.36	0.37	0.40	0.33
36hr	0.37	0.42	0.34	0.27	0.29	0.25	0.38	0.41	0.46	0.61	0.42	0.42	0.39
48hr	0.36	0.50	0.37	0.42	0.30	0.32	0.39	0.52	0.49	0.44	0.47	0.42	0.42
60hr	0.40	0.50	0.45	0.40	0.33	0.34	0.47	0.62	0.59	0.42	0.56	0.43	0.46
72hr	0.39	0.58	0.42	0.52	0.38	0.40	0.54	0.72	0.62	0.57	0.56	0.46	0.51

표 3.6.65 국지연안 파랑모델(CWW3) 통영 부이 (22188) 지점 BIAS

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
0hr	-0.18	-0.14	0.00	0.07	0.02	0.02	0.12	-0.03	0.14	-0.08	-0.12	-0.21	-0.03
12hr	-0.18	-0.13	0.01	0.07	0.02	0.03	0.12	-0.02	0.14	-0.08	-0.12	-0.21	-0.03
24hr	-0.15	-0.09	0.03	0.10	0.06	0.04	0.16	0.05	0.15	-0.07	-0.10	-0.15	0.00
36hr	-0.13	-0.05	0.04	0.12	0.07	0.04	0.19	0.12	0.16	-0.15	-0.13	-0.14	0.01
48hr	-0.13	-0.03	0.01	0.10	0.05	0.05	0.14	0.17	0.16	-0.10	-0.13	-0.15	0.01
60hr	-0.11	-0.01	0.01	0.15	0.06	0.02	0.12	0.22	0.18	-0.12	-0.19	-0.17	0.01
72hr	-0.09	-0.01	0.06	0.19	0.08	0.13	0.09	0.28	0.15	-0.11	-0.19	-0.25	0.03

표 3.6.66 국지연안 파랑모델(CWW3) 통영 부이 (22188) 지점 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
0hr	0.32	0.38	0.28	0.23	0.22	0.20	0.26	0.24	0.39	0.72	0.21	0.30	0.31
12hr	0.32	0.38	0.28	0.23	0.23	0.19	0.26	0.24	0.40	0.72	0.21	0.30	0.31
24hr	0.31	0.32	0.30	0.26	0.22	0.19	0.32	0.30	0.37	0.67	0.23	0.29	0.31
36hr	0.31	0.40	0.30	0.34	0.28	0.26	0.39	0.38	0.42	1.11	0.27	0.31	0.40
48hr	0.36	0.43	0.35	0.36	0.28	0.26	0.31	0.43	0.42	0.91	0.33	0.35	0.40
60hr	0.40	0.50	0.42	0.42	0.36	0.30	0.37	0.48	0.49	1.25	0.31	0.35	0.47
72hr	0.41	0.57	0.43	0.50	0.38	0.35	0.41	0.55	0.55	1.40	0.41	0.36	0.53

표 3.6.67 국지연안 파랑모델(CWW3) 울산 부이 (22189) 지점 BIAS

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

표 3.6.68 국지연안 파랑모델(CWW3) 울산 부이 (22189) 지점 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
0hr	0.38	0.44	0.36	0.27	0.24	0.19	0.20	0.33	0.26	0.24	0.26	0.27	0.29
12hr	0.39	0.45	0.35	0.27	0.24	0.19	0.20	0.33	0.26	0.24	0.26	0.27	0.29
24hr	0.37	0.45	0.33	0.27	0.28	0.22	0.29	0.39	0.26	0.25	0.22	0.32	0.30
36hr	0.44	0.54	0.37	0.26	0.31	0.27	0.37	0.54	0.34	0.27	0.34	0.32	0.36
48hr	0.38	0.58	0.41	0.27	0.33	0.24	0.29	0.62	0.40	0.32	0.33	0.39	0.38
60hr	0.40	0.63	0.41	0.34	0.34	0.31	0.34	0.60	0.50	0.34	0.48	0.42	0.43
72hr	0.40	0.65	0.57	0.52	0.37	0.36	0.44	0.73	0.52	0.38	0.50	0.41	0.49

표 3.6.69 국지연안 파랑모델(CWW3) 울진 부이 (22190) 지점 BIAS

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
0hr	-0.27	-0.27	-0.21	-0.17	-0.07	-0.15	-0.06	-0.04	-0.05	-0.10	-0.20	-0.25	-0.15
12hr	-0.28	-0.26	-0.20	-0.17	-0.07	-0.14	-0.06	-0.04	-0.05	-0.10	-0.20	-0.25	-0.15
24hr	-0.23	-0.19	-0.15	-0.18	-0.01	-0.12	0.00	0.05	-0.01	-0.15	-0.23	-0.23	-0.12
36hr	-0.23	-0.21	-0.13	-0.15	0.01	-0.11	-0.01	0.10	-0.04	-0.16	-0.25	-0.23	-0.12
48hr	-0.25	-0.19	-0.15	-0.15	0.03	-0.11	0.04	0.09	-0.09	-0.14	-0.23	-0.27	-0.12
60hr	-0.26	-0.16	-0.15	-0.14	0.01	-0.13	0.06	0.01	-0.14	-0.17	-0.23	-0.29	-0.13
72hr	-0.26	-0.15	-0.13	-0.09	0.01	-0.14	0.04	0.11	-0.10	-0.15	-0.27	-0.32	-0.12

표 3.6.70 국지연안 파랑모델(CWW3) 울진 부이 (22190) 지점 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
0hr	0.46	0.40	0.31	0.32	0.24	0.26	0.18	0.29	0.26	0.32	0.33	0.47	0.32
12hr	0.46	0.40	0.31	0.32	0.24	0.26	0.18	0.29	0.27	0.33	0.33	0.47	0.32
24hr	0.46	0.41	0.31	0.36	0.23	0.28	0.24	0.42	0.30	0.35	0.34	0.47	0.35
36hr	0.44	0.48	0.32	0.34	0.25	0.30	0.25	0.45	0.38	0.34	0.39	0.51	0.37
48hr	0.49	0.47	0.31	0.36	0.30	0.33	0.31	0.55	0.42	0.35	0.39	0.48	0.40
60hr	0.45	0.47	0.34	0.44	0.27	0.34	0.32	0.66	0.41	0.39	0.36	0.54	0.42
72hr	0.52	0.56	0.38	0.46	0.31	0.41	0.35	0.77	0.46	0.47	0.40	0.53	0.47

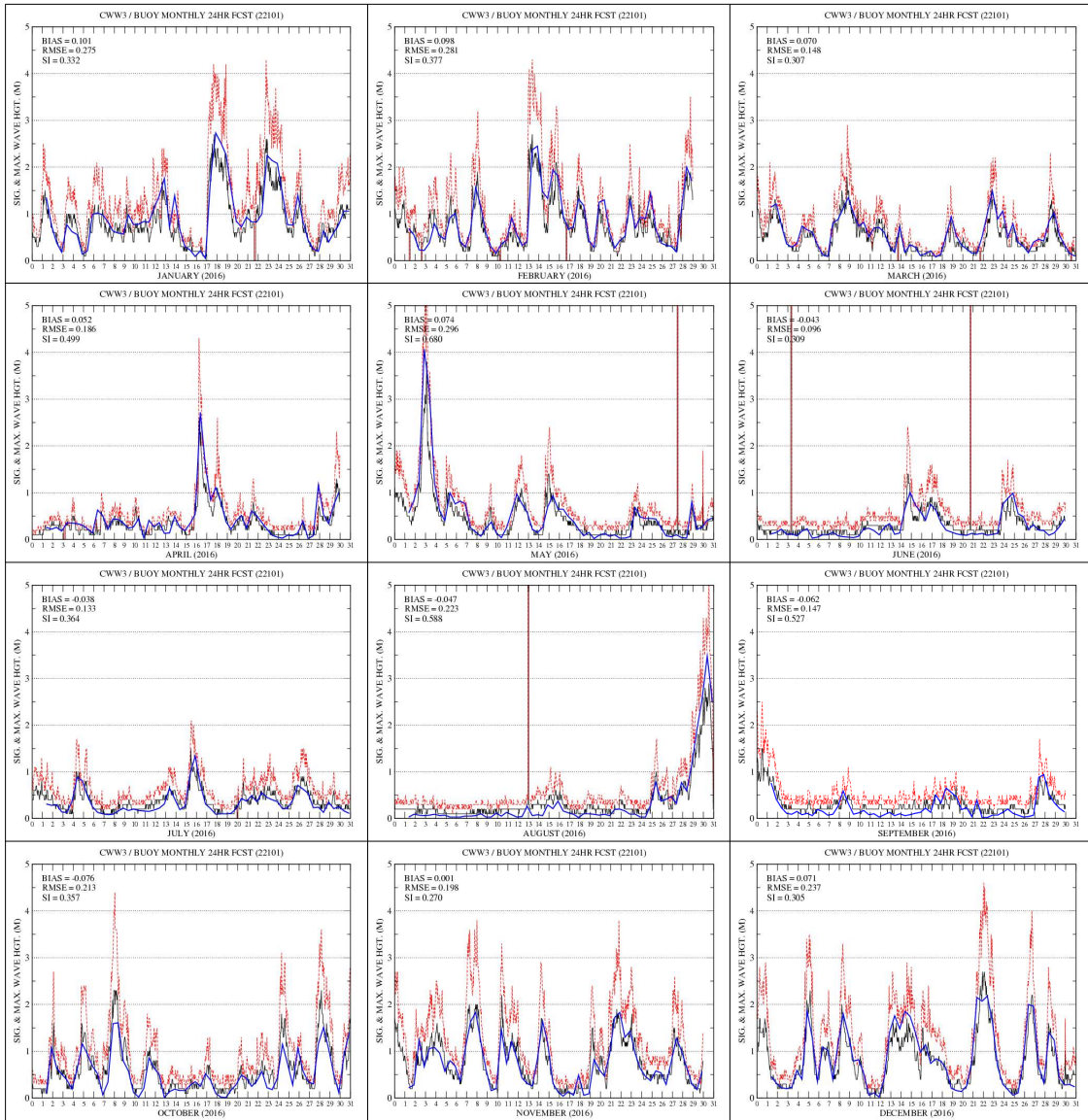


그림 3.6.26 덕적도 부이 관측(검은색 실선)과 CWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2016년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고.

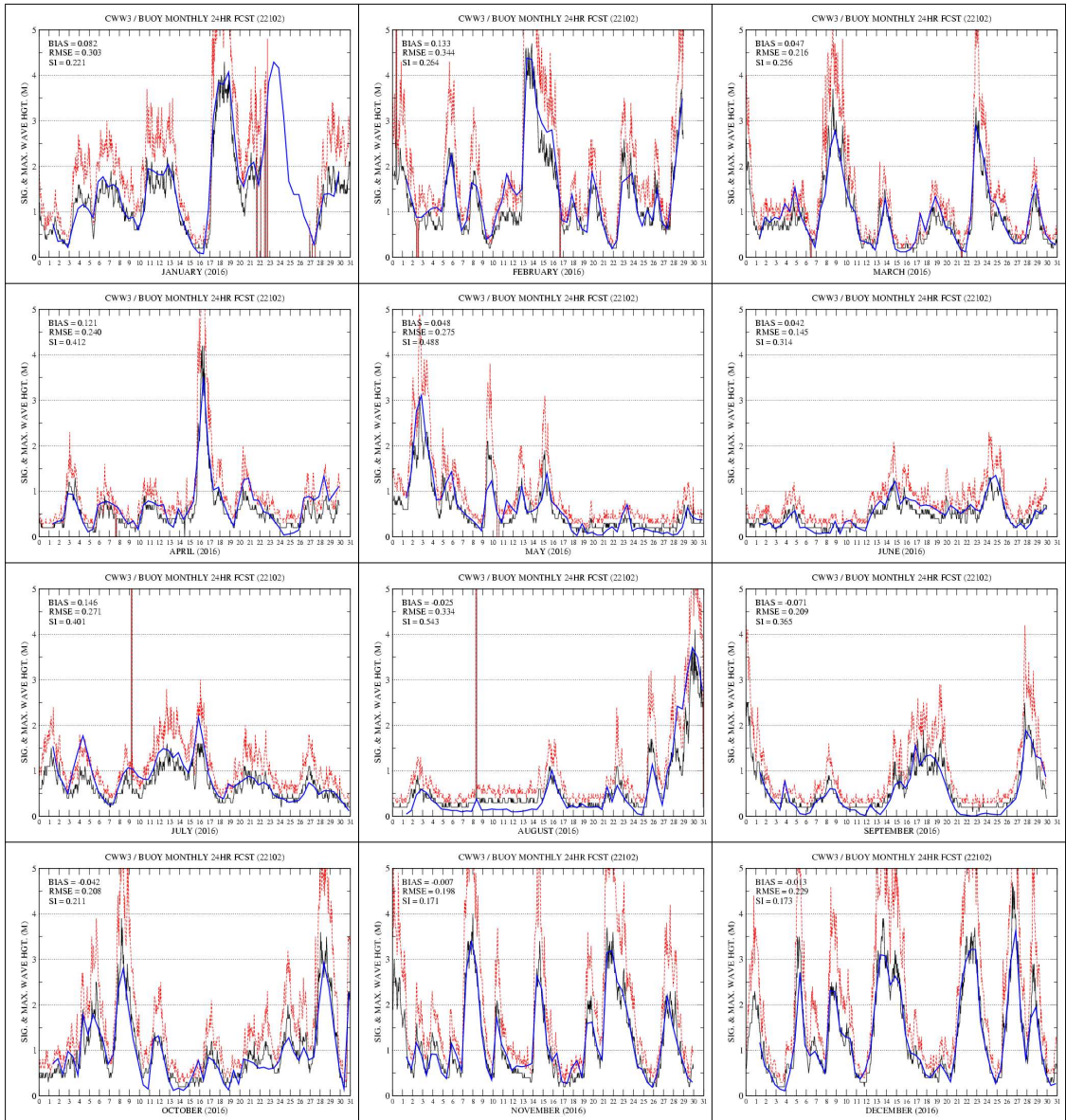


그림 3.6.27 칠발도 부이 관측(검은색 실선)과 CWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2016년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고.

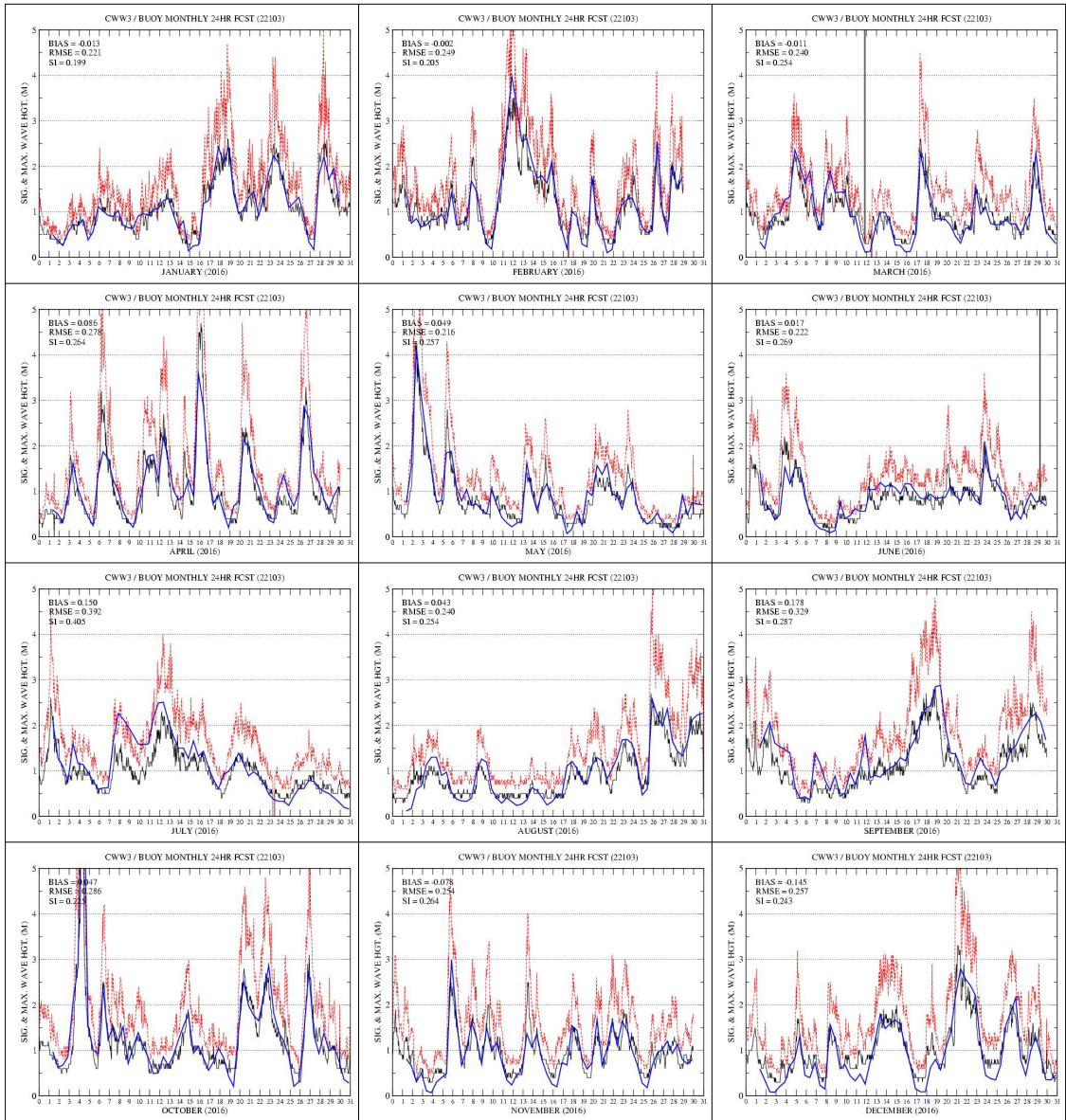


그림 3.6.28 거문도 부이 관측(검은색 실선)과 CWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2016년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고.

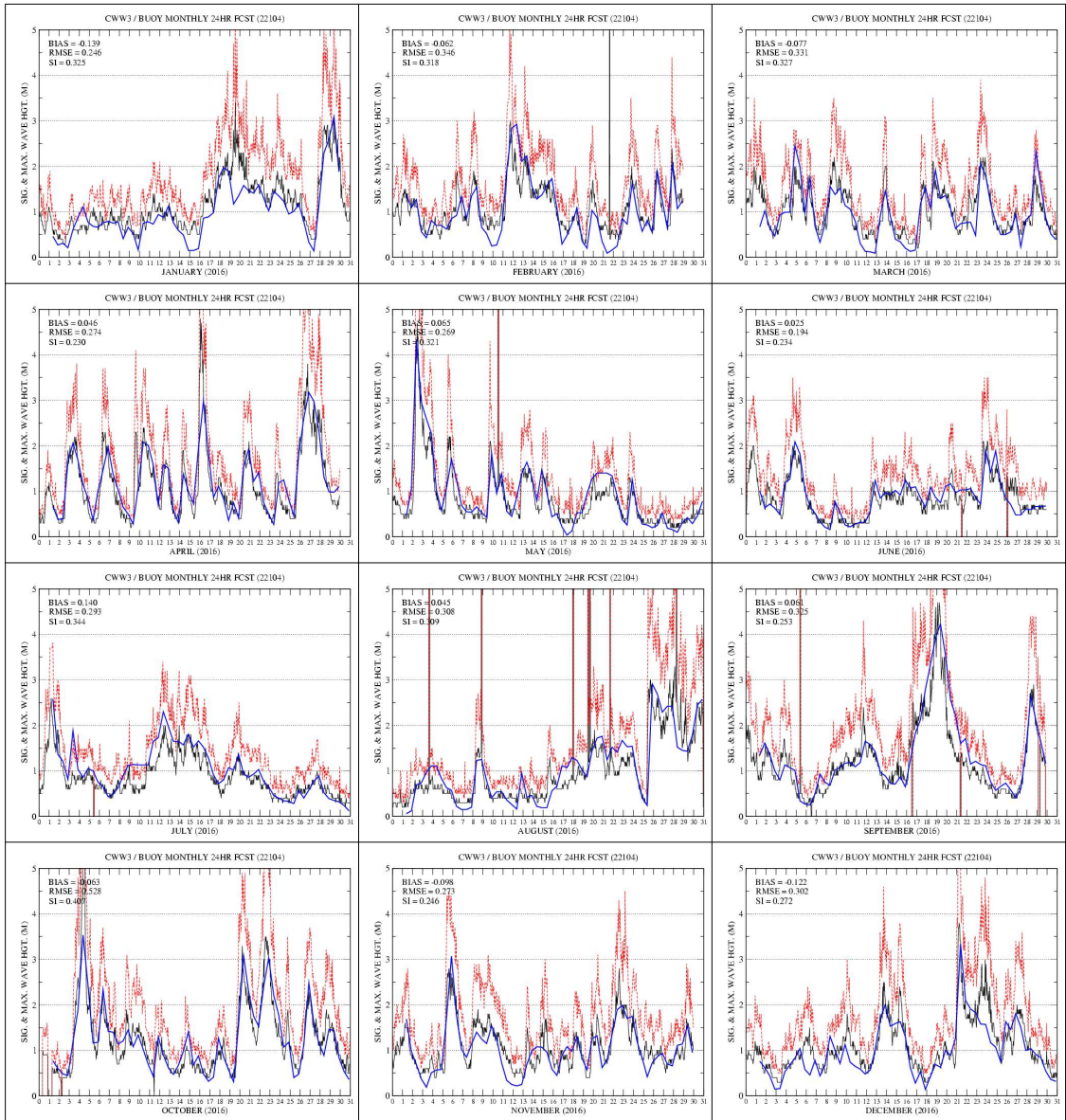


그림 3.6.29 거제도 부이 관측(검은색 실선)과 CWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2016년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고.

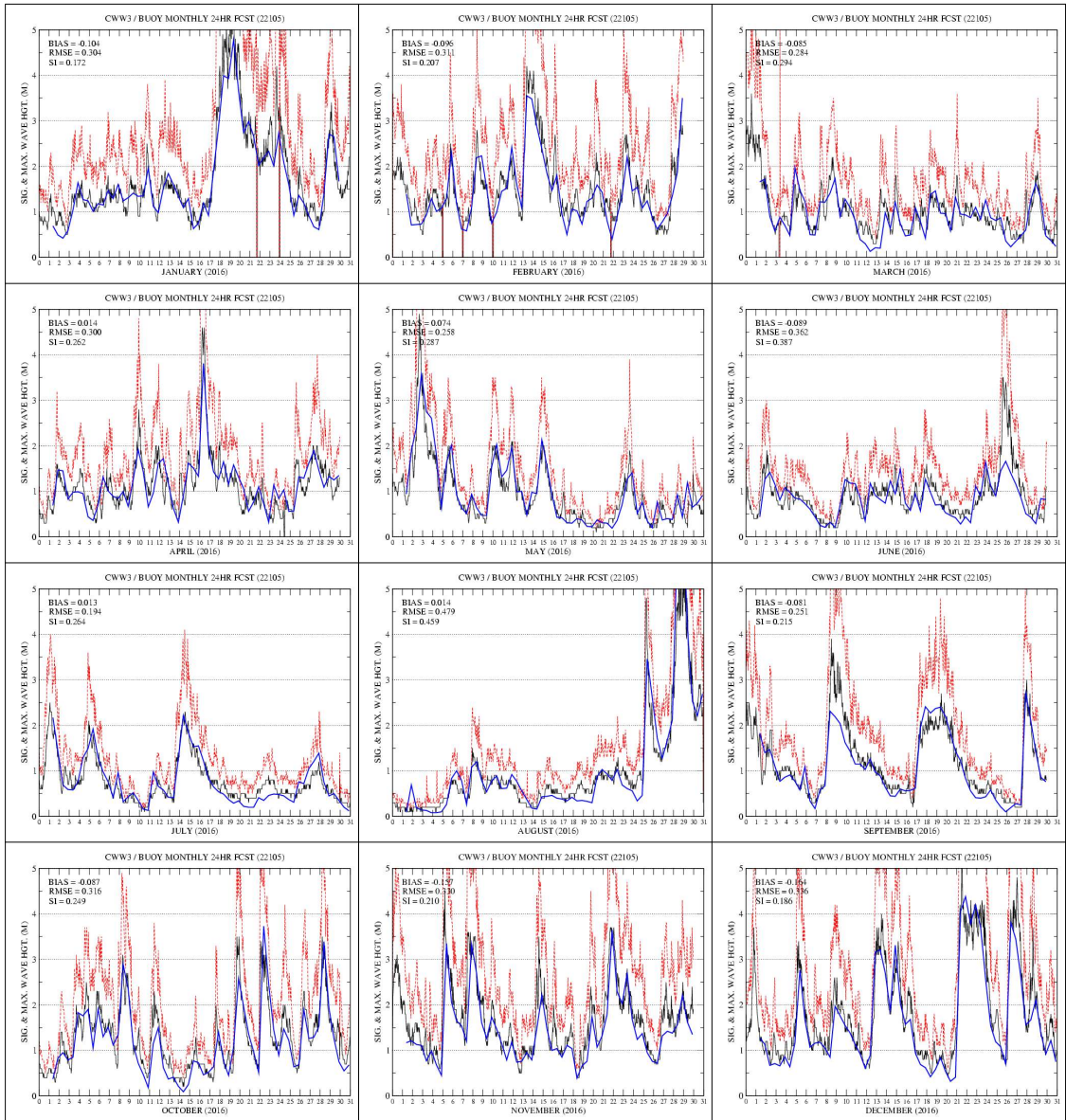


그림 3.6.30 동해 부이 관측(검은색 실선)과 CWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2016년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고.

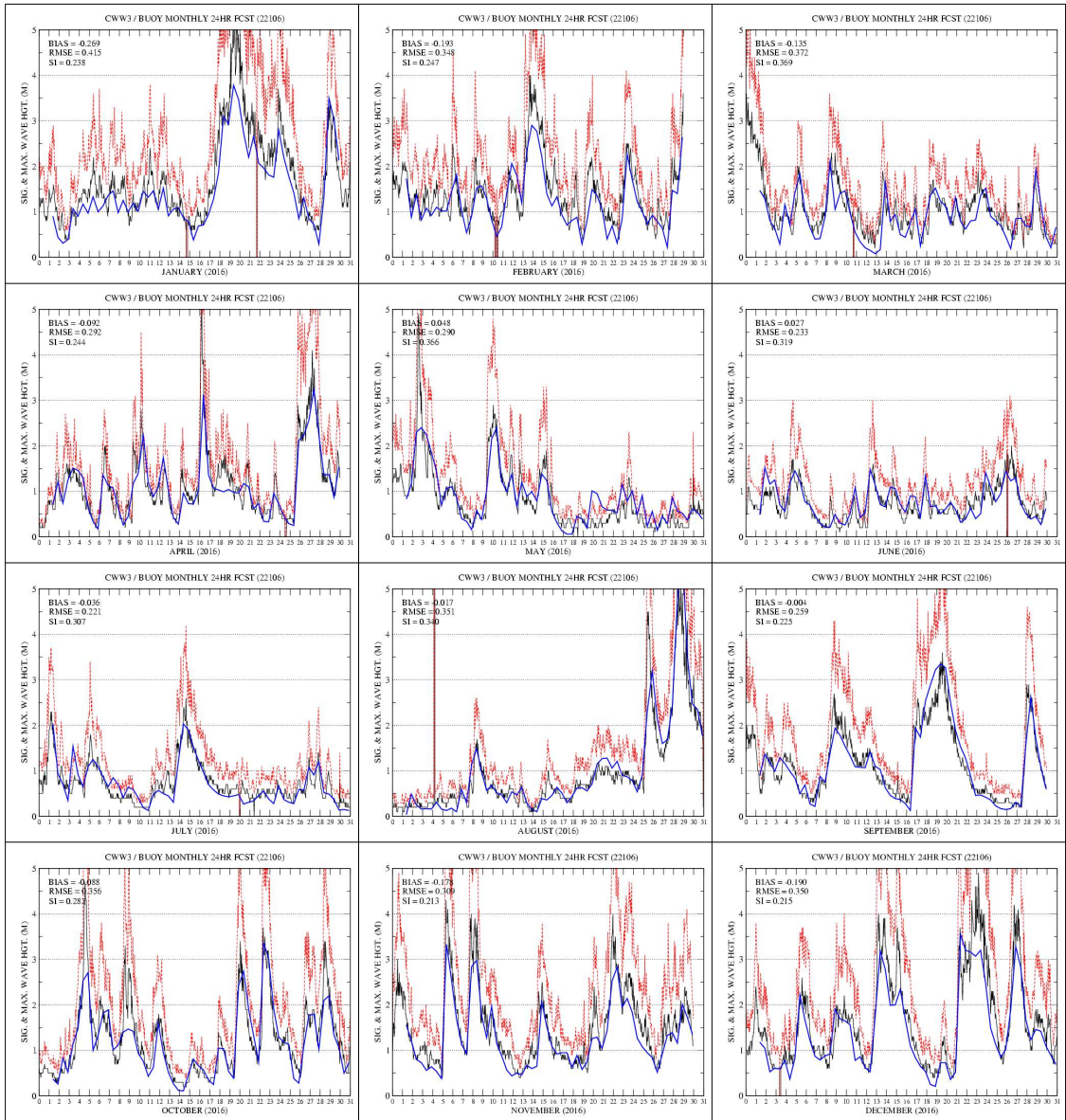


그림 3.6.31 포항 부이 관측(검은색 실선)과 CWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2016년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고.

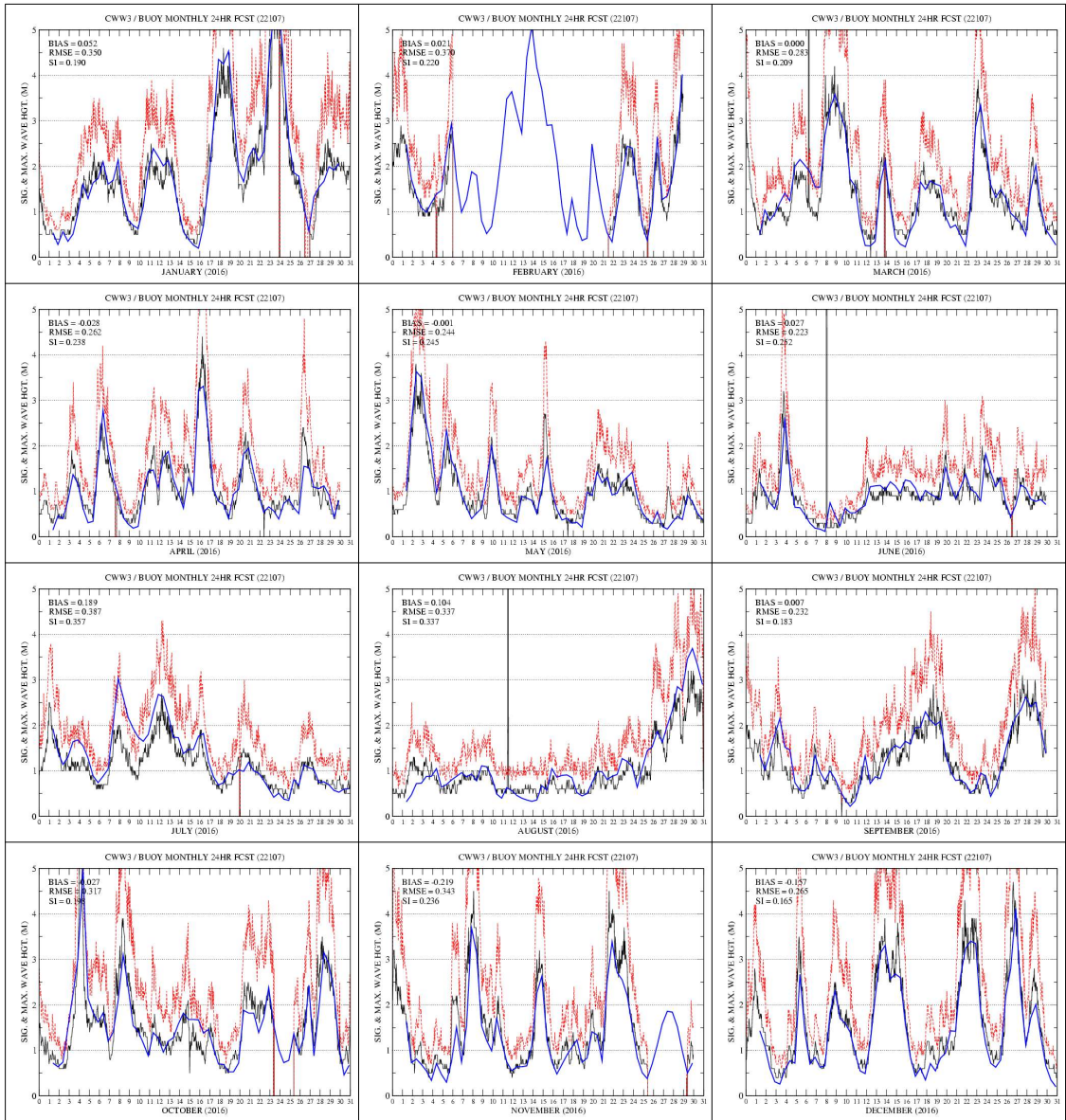


그림 3.6.32 마라도 부이 관측(검은색 실선)과 CWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2016년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고.

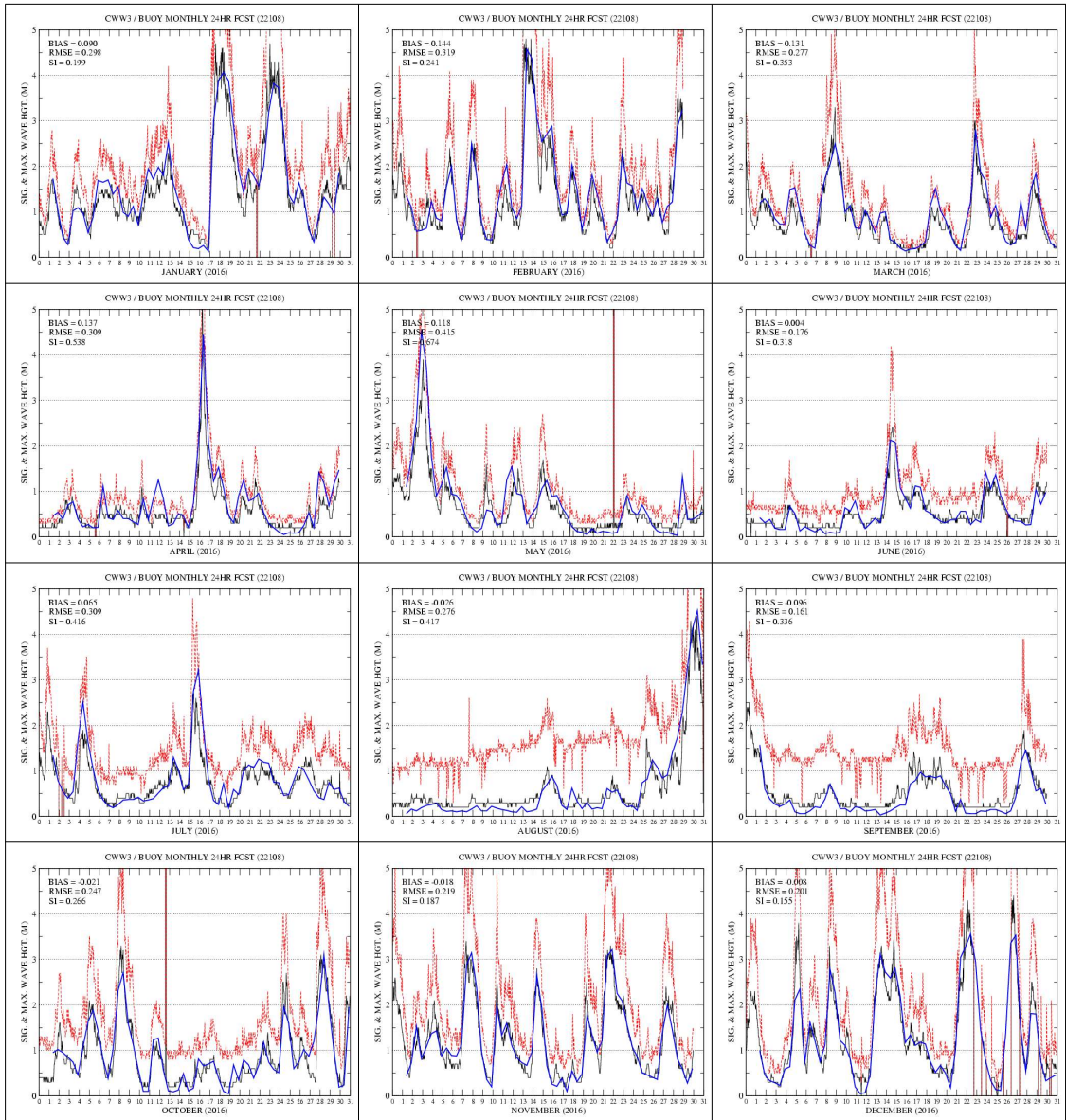


그림 3.6.33 외연도 부이 관측(검은색 실선)과 CWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2016년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고.

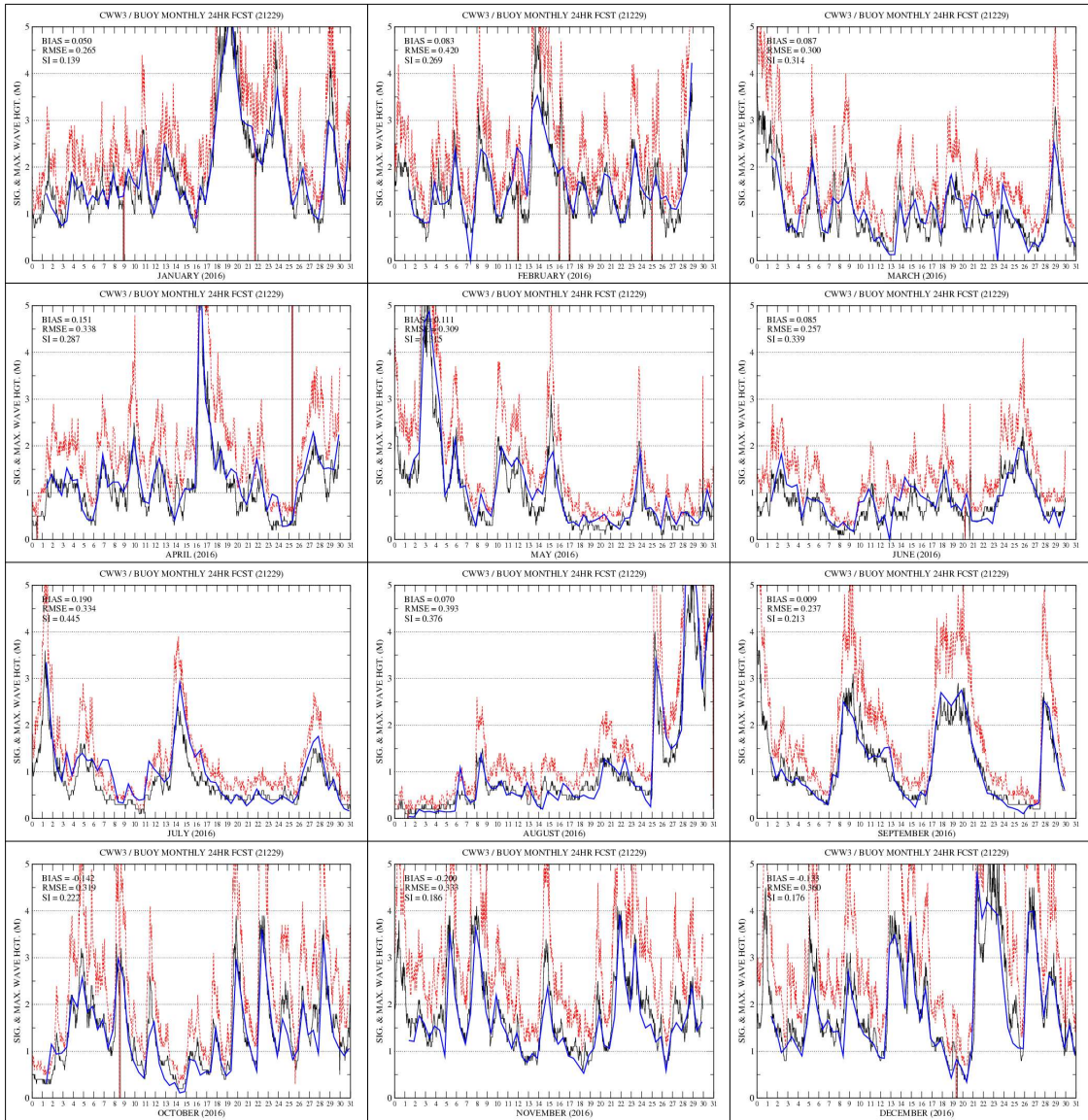


그림 3.6.34 울릉도 부이 관측(검은색 실선)과 CWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2016년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고.

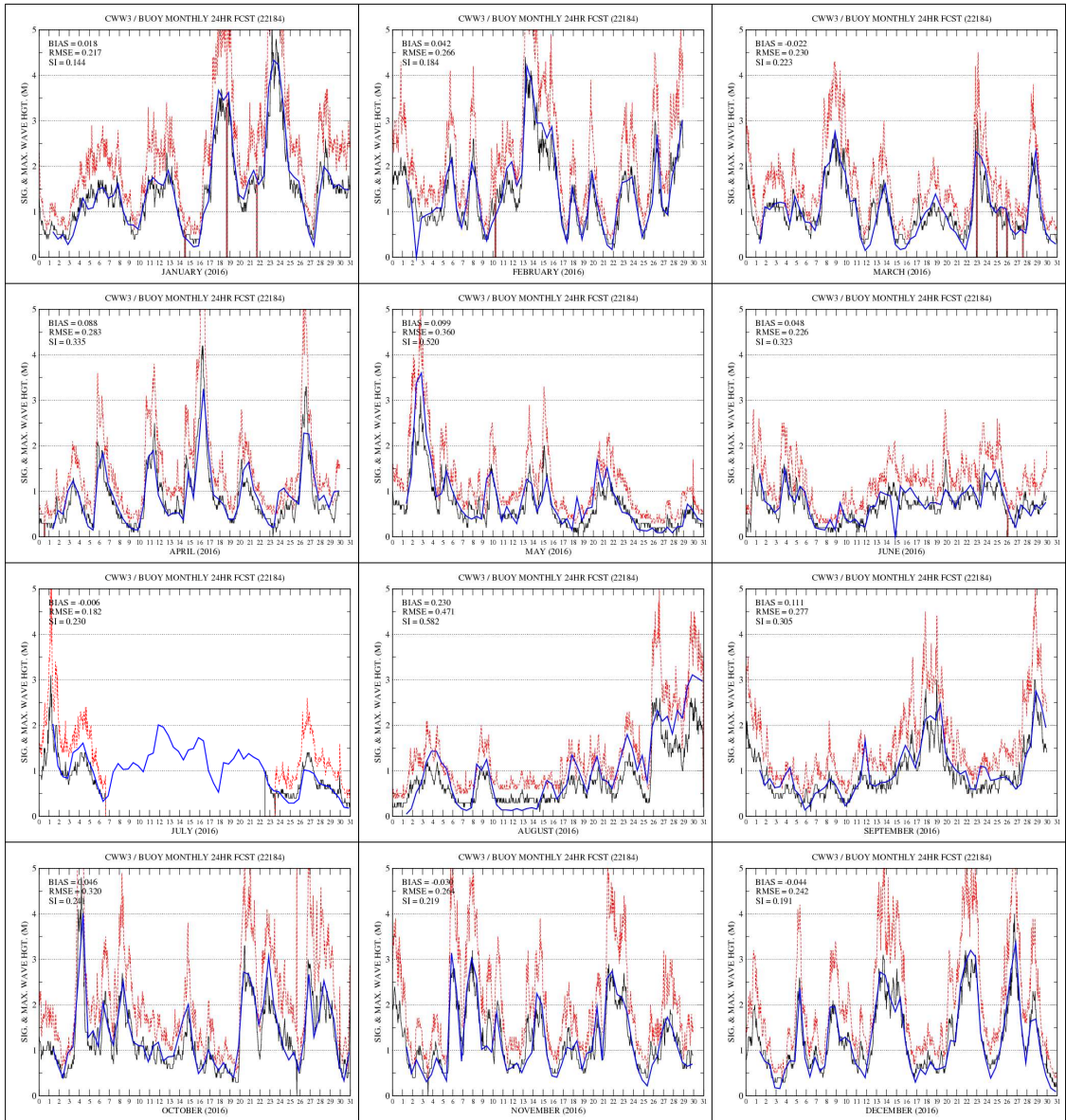


그림 3.6.35 추자도 부이 관측(검은색 실선)과 CWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2016년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고.

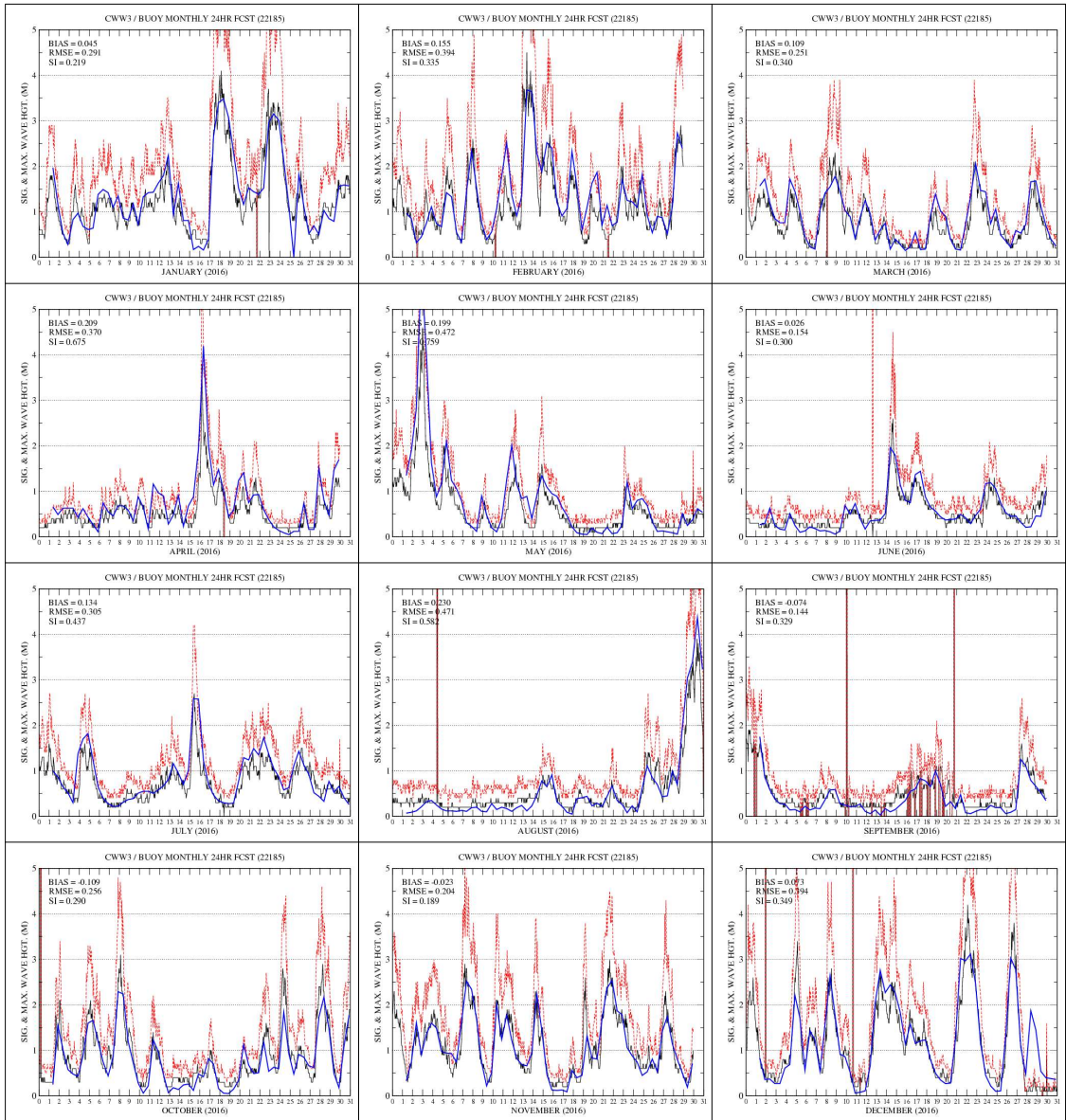


그림 3.6.36 인천 부이 관측(검은색 실선)과 CWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2016년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고.

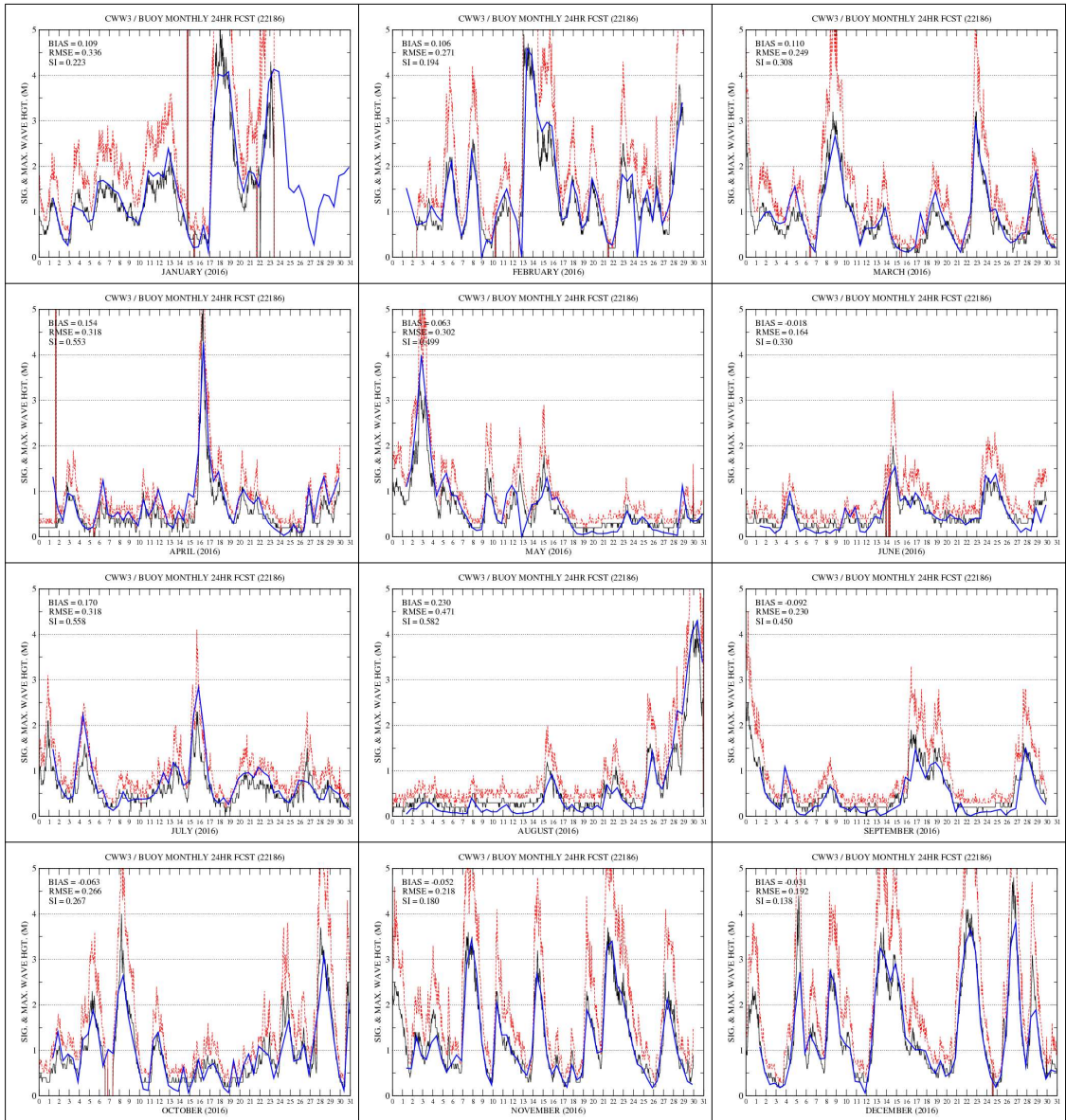


그림 3.6.37 부안 부이 관측(검은색 실선)과 CWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2016년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고.

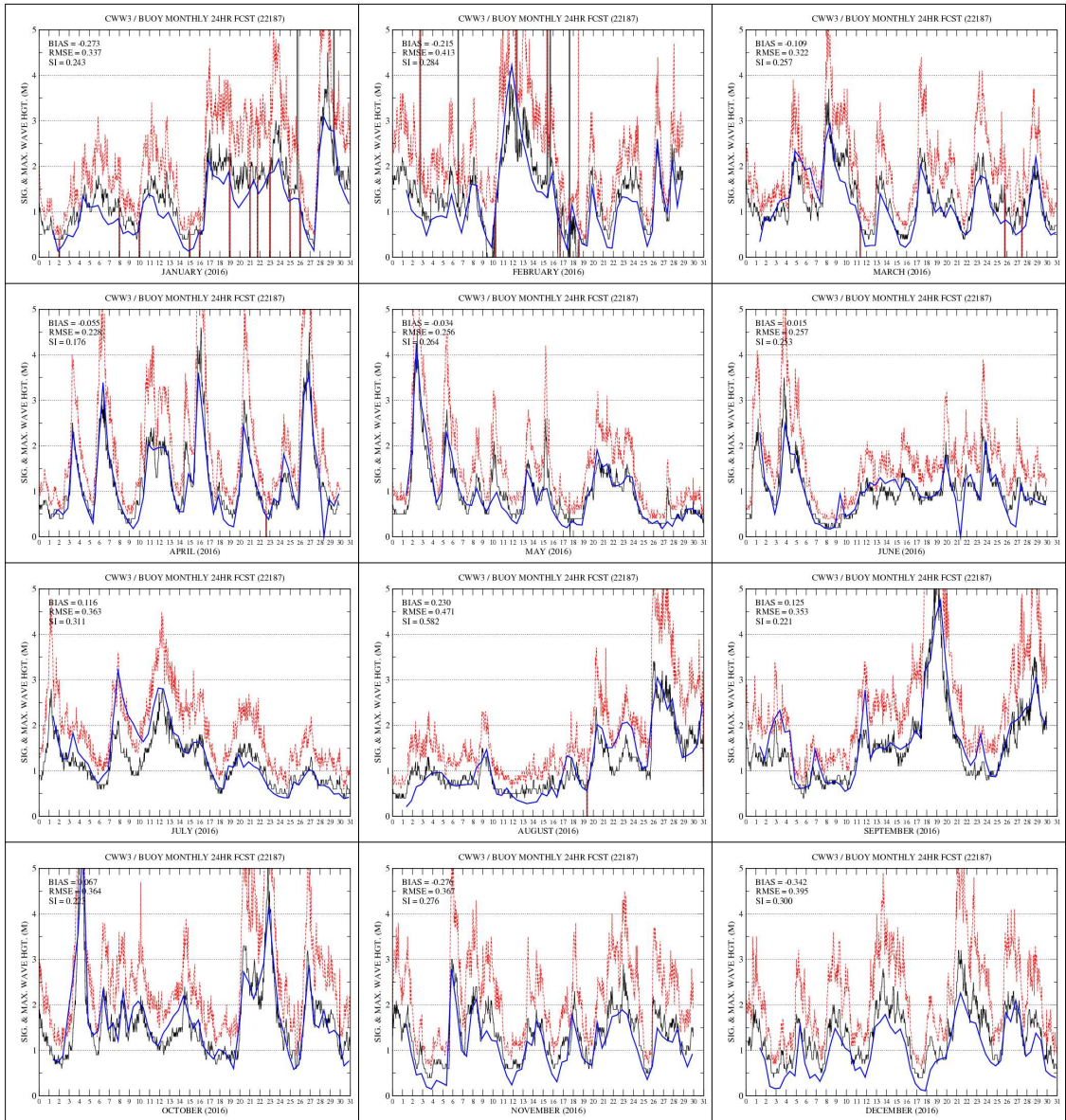


그림 3.6.38 서귀포 부이 관측(검은색 실선)과 CWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2016년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고.

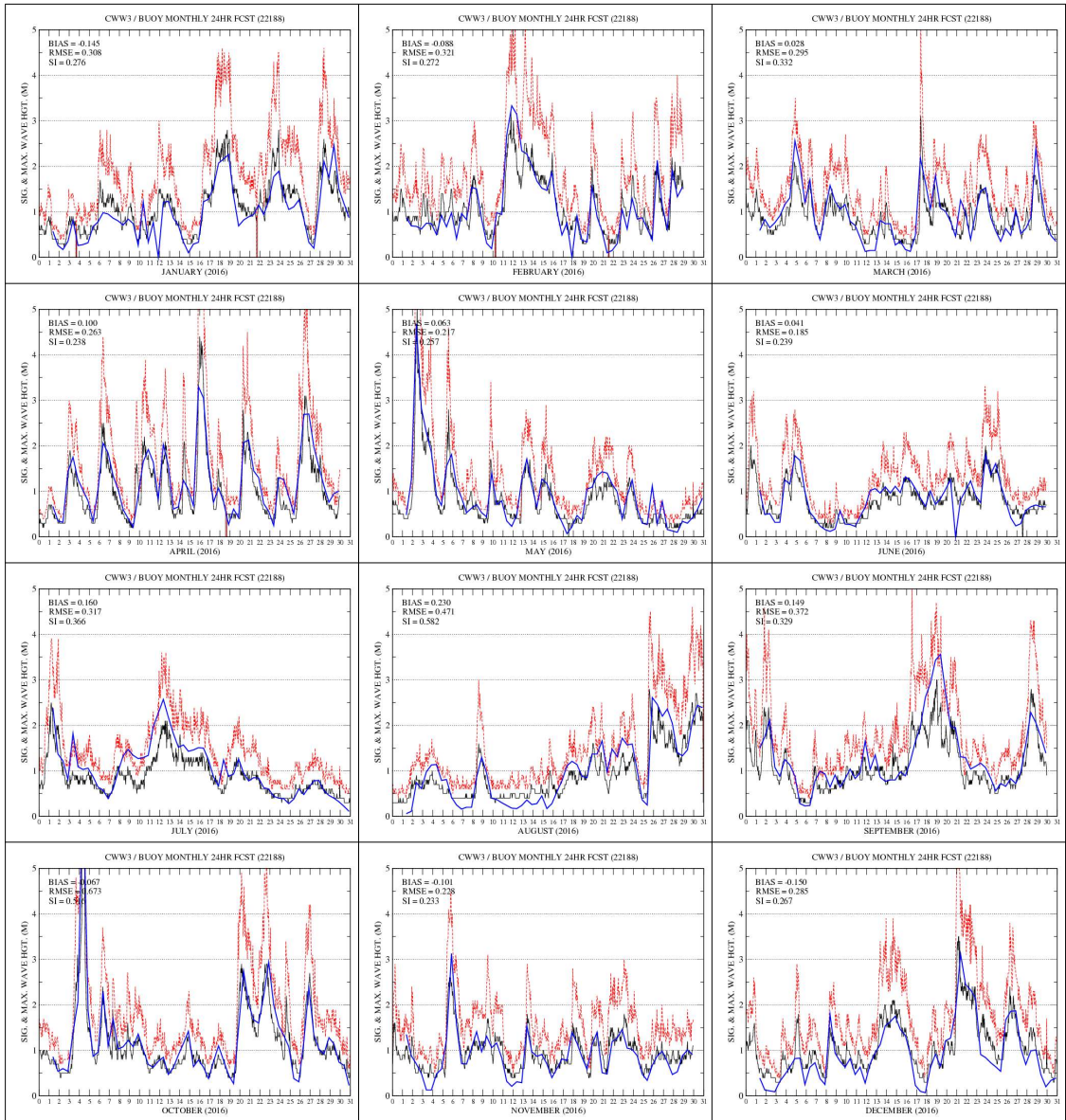


그림 3.6.39 통영 부이 관측(검은색 실선)과 CWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2016년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고.

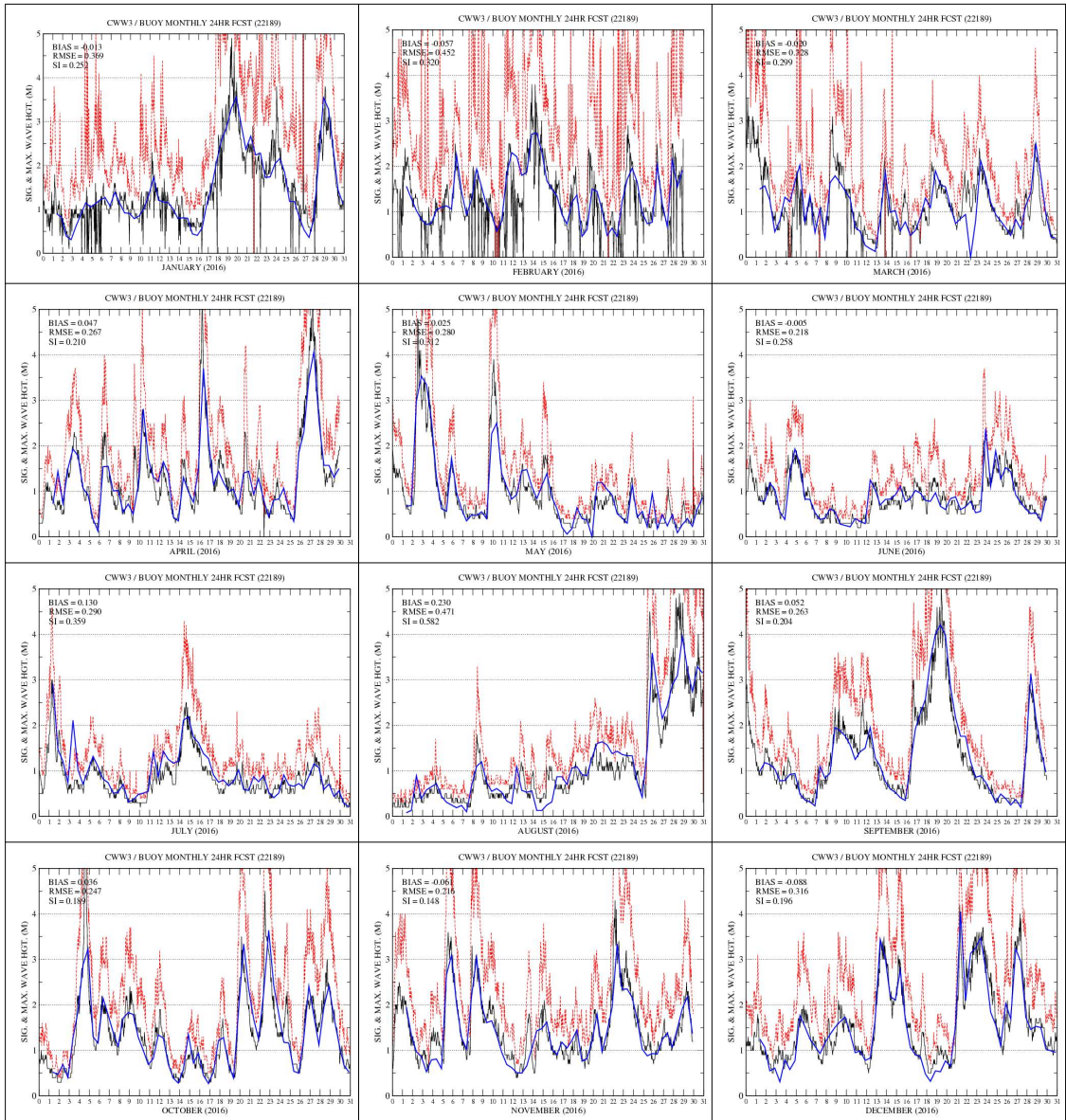


그림 3.6.40 울산 부이 관측(검은색 실선)과 CWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2016년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고.

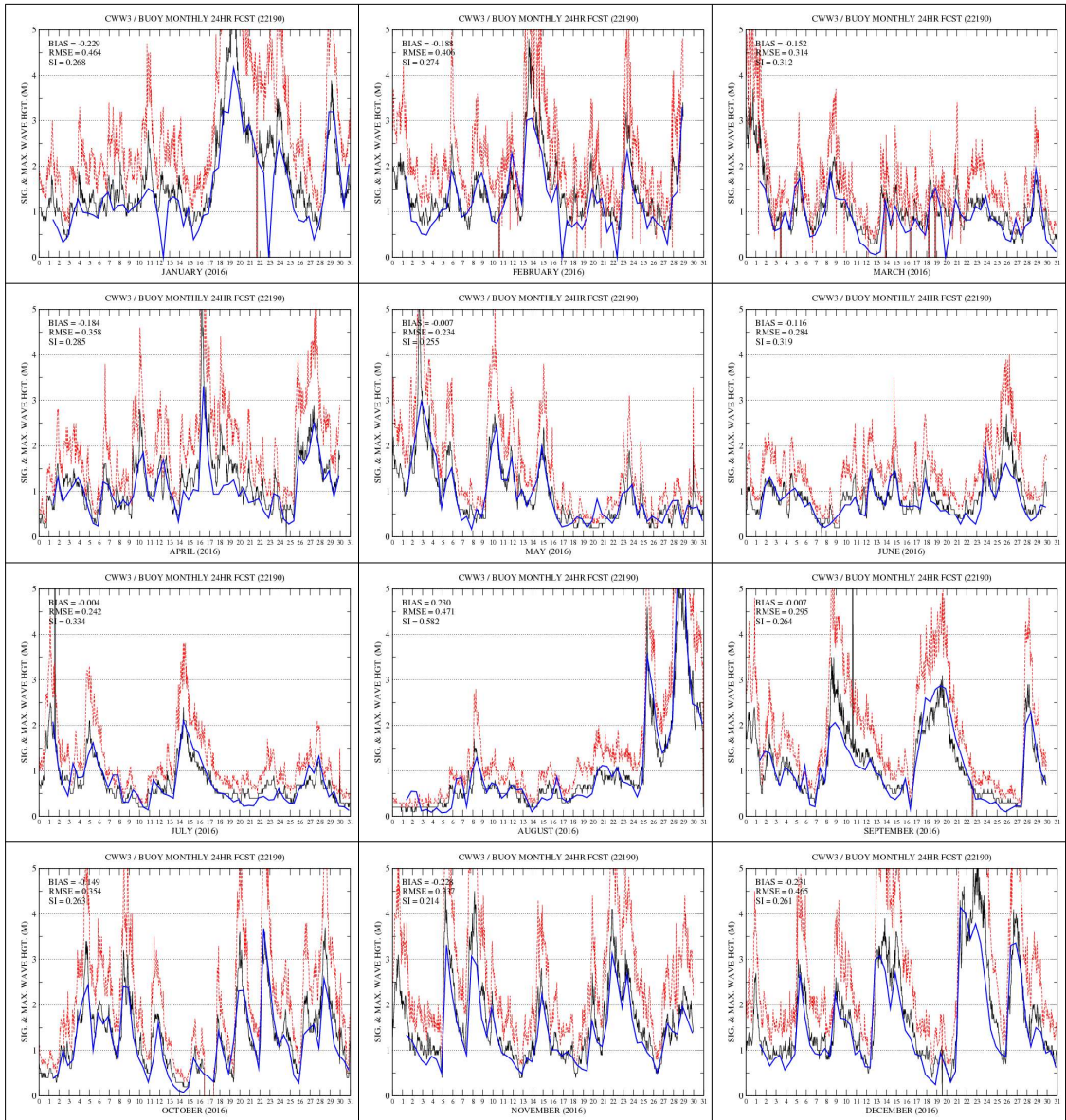


그림 3.6.41 울진 부이 관측(검은색 실선)과 CWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2016년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고.

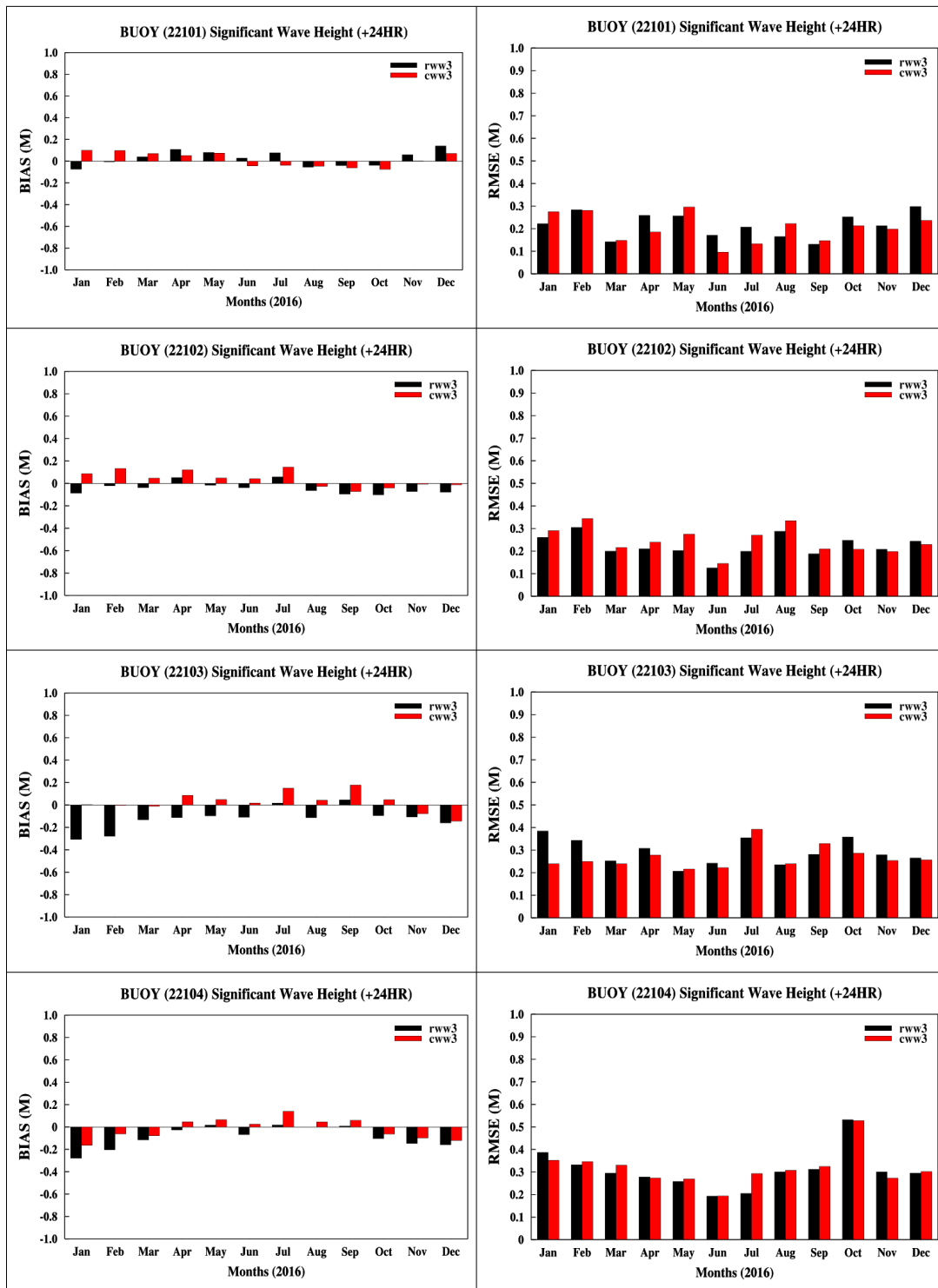


그림 3.6.42 4개 부이관측지점(22101~22104)에 대한 CWW3(붉은색)과 RWW3(검정색)의 +24H 예측 유의파고의 BIAS(왼쪽)와 RMSE(오른쪽)

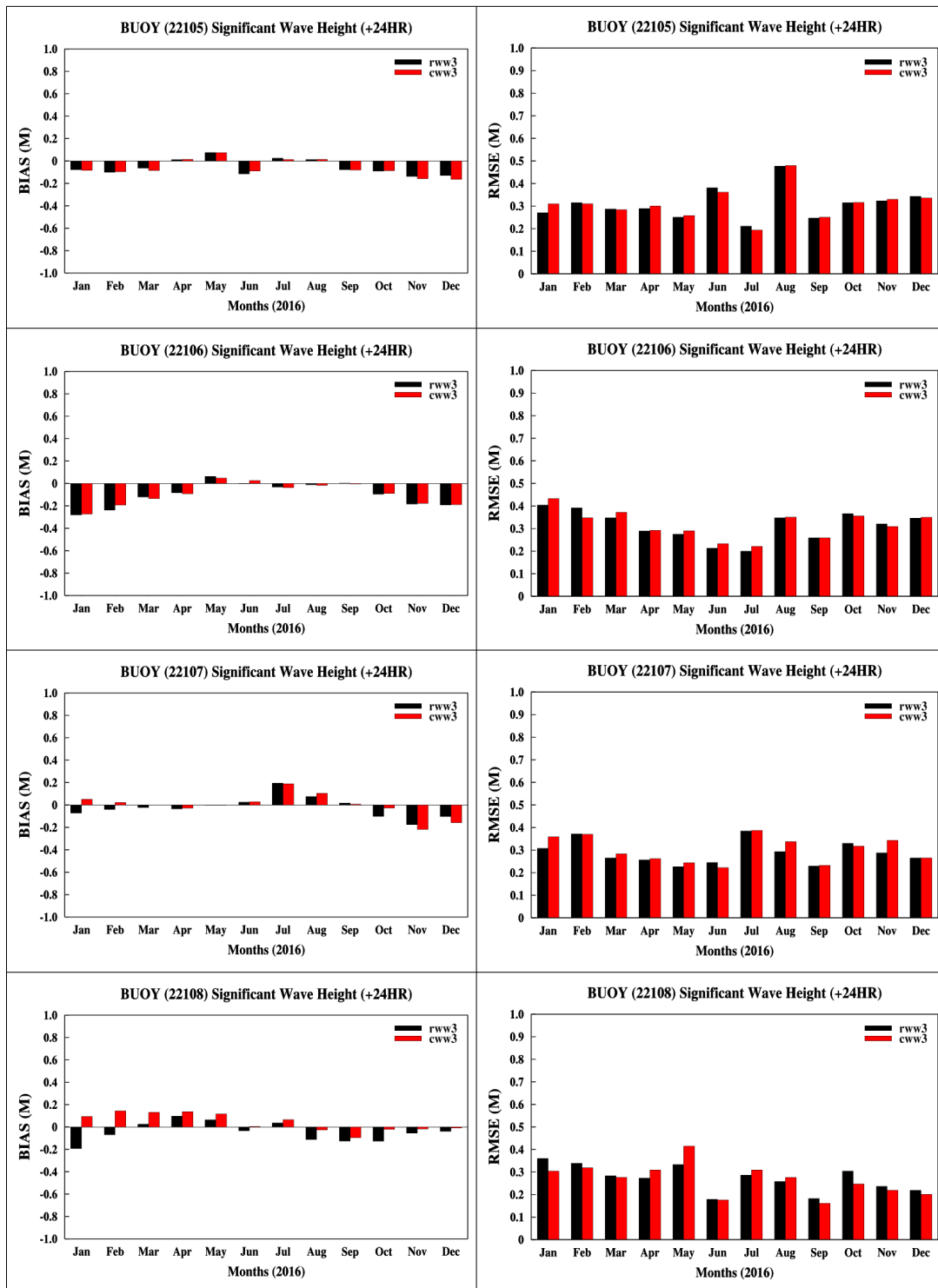


그림 3.6.43 4개 부이관측지점(22105~22108)에 대한 CWW3(붉은색)과 RWW3(검정색)의 +24H 예측 유의파고의 BIAS(왼쪽)와 RMSE(오른쪽)



그림 3.6.44 4개 부이관측지점(21229, 22184~22186)에 대한 CWW3(붉은색)과 RWW3(검정색)의 +24H 예측 유의파고의 BIAS(왼쪽)와 RMSE(오른쪽)

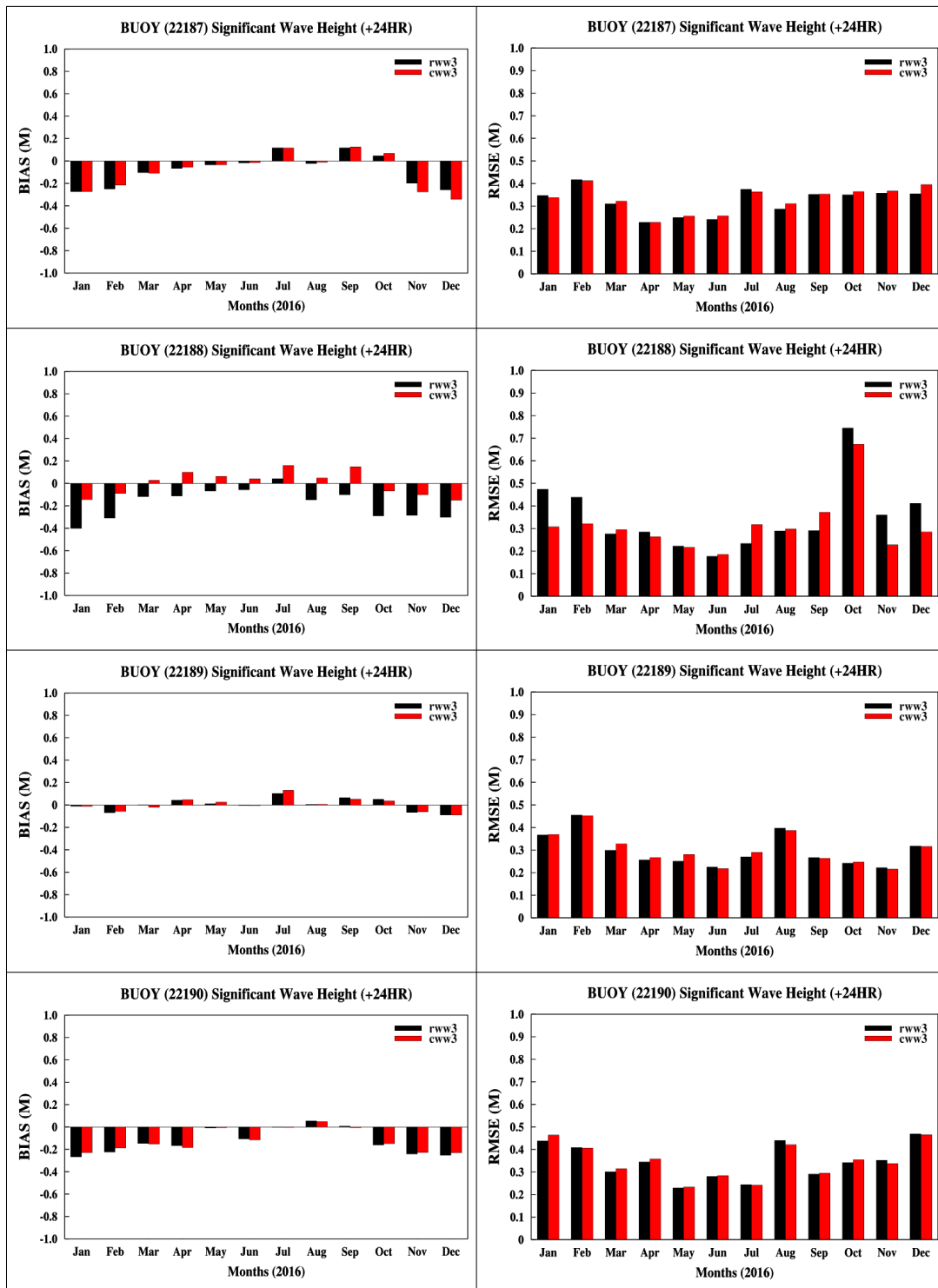


그림 3.6.45 4개 부이관측지점(22187~22190)에 대한 CWW3(붉은색)과 RWW3(검정색)의 +24H 예측 유의파고의 BIAS(왼쪽)와 RMSE(오른쪽)

3.6.3 위성 검증

3.6.3.1 전지구 파랑예측시스템(GWW3) 위성 검증

표 3.6.71 전지구 파랑모델 (GWW3) 위성에 대한 유의파고 BIAS

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
1일	0.20	0.21	0.21	0.18	0.12	0.28	0.20	0.24	0.21	0.21	0.09	0.11	0.22
3일	0.21	0.20	0.19	0.20	0.13	0.33	0.24	0.29	0.26	0.22	0.12	0.15	0.25
5일	0.21	0.21	0.15	0.19	0.12	0.39	0.29	0.30	0.24	0.24	0.10	0.16	0.27
7일	0.11	0.17	0.06	0.18	0.15	0.38	0.29	0.36	0.25	0.24	0.10	0.16	0.27
9일	0.10	0.17	0.02	0.17	0.10	0.39	0.25	0.37	0.25	0.21	0.11	0.14	0.27

표 3.6.72 전지구 파랑모델 (GWW3) 위성에 대한 유의파고 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
1일	0.58	0.56	0.61	0.57	0.60	0.67	0.62	0.67	0.67	0.59	0.45	0.50	0.59
3일	0.69	0.65	0.71	0.70	0.68	0.78	0.78	0.76	0.75	0.66	0.58	0.60	0.70
5일	0.84	0.84	0.92	0.88	0.89	0.98	0.99	0.93	0.94	0.84	0.80	0.78	0.89
7일	1.05	1.01	1.14	1.04	1.11	1.20	1.18	1.15	1.09	1.07	0.92	1.01	1.08
9일	1.22	1.24	1.25	1.16	1.22	1.35	1.27	1.33	1.26	1.20	1.08	1.16	1.23

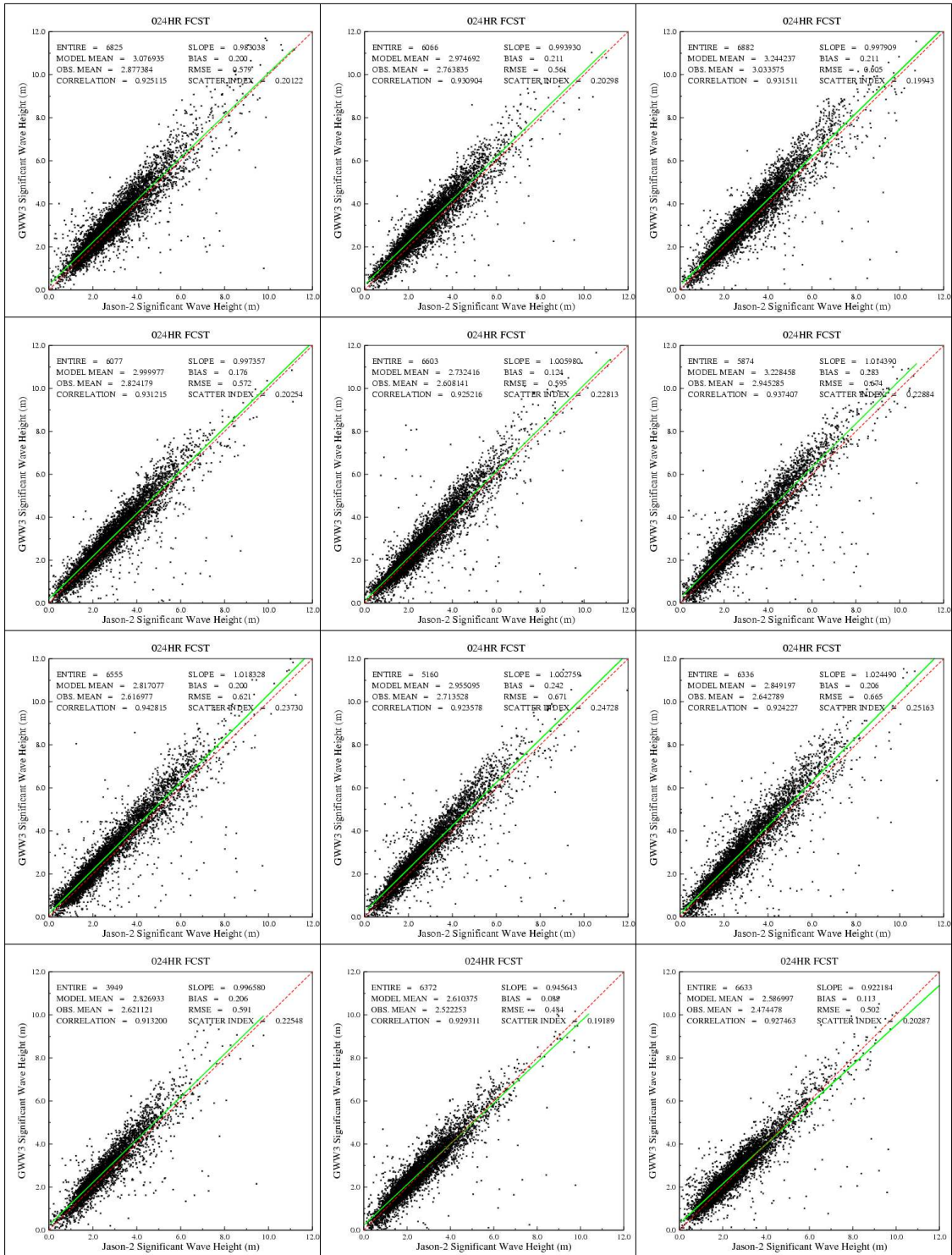


그림 3.6.46 Jason-2위성에 대한 GWW3 의 +24H 예측 유의파고의 월별 산포도

3.7 태풍예측시스템

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

3.7.1. 태풍진로오차

3.7.1.1. 모델의 태풍진로 예측성능 변화 추세

① 전지구예보모델

- 2006년 이전은 T213L30에 대한 검증결과이며, 2006년부터 2009년까지는 T426L40, 2010년부터는 통합예보모델(2010년: UM N320L50, 2011년~: UM N512L70, 2016년~: UM N768L70)에 대한 검증 결과이다.

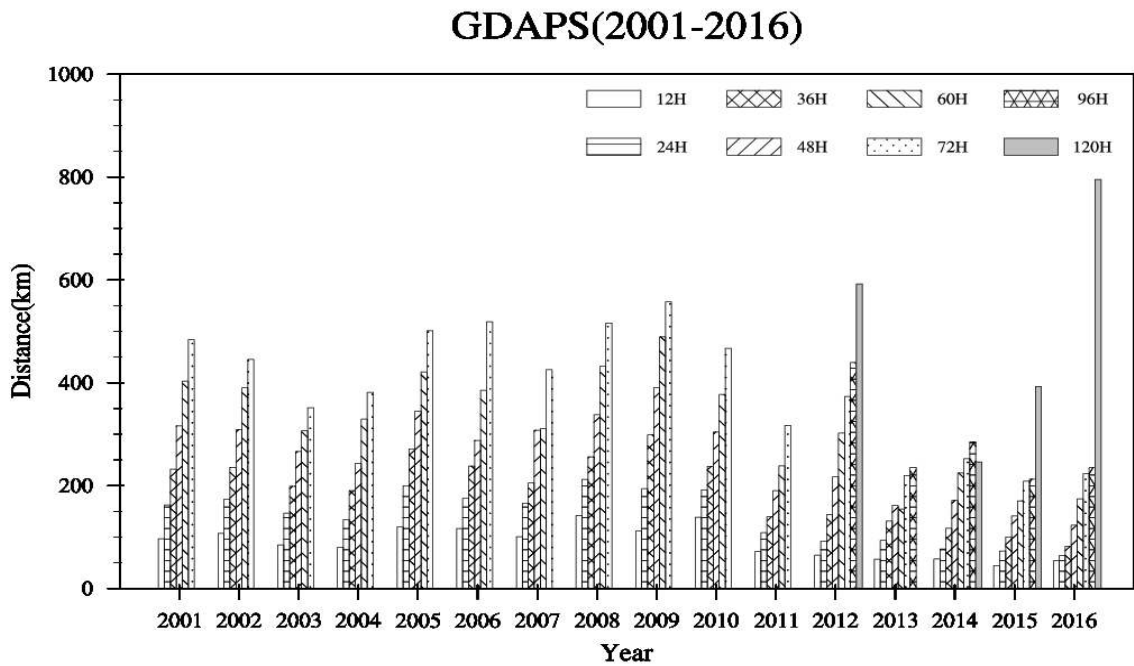


그림 3.7.1 전지구예측시스템의 태풍진로 모의성능 변화(2006년 이전(T213L30), 2006~2009년(T426L40), 2010년(UM N320L50), 2011년 이후(UM N512L70), 2016년 이후(UM N768L70)).

② 지역예보모델

- 2009년까지는 30km 해상도의 지역예보모델 자료에 대한 검증결과이며, 2010년부터는 통합예보모델 (2010년: UM 12kmL38, 2011년~: UM 12kmL70)에 대한 검증 결과이다

RDAPS(1999-2016)

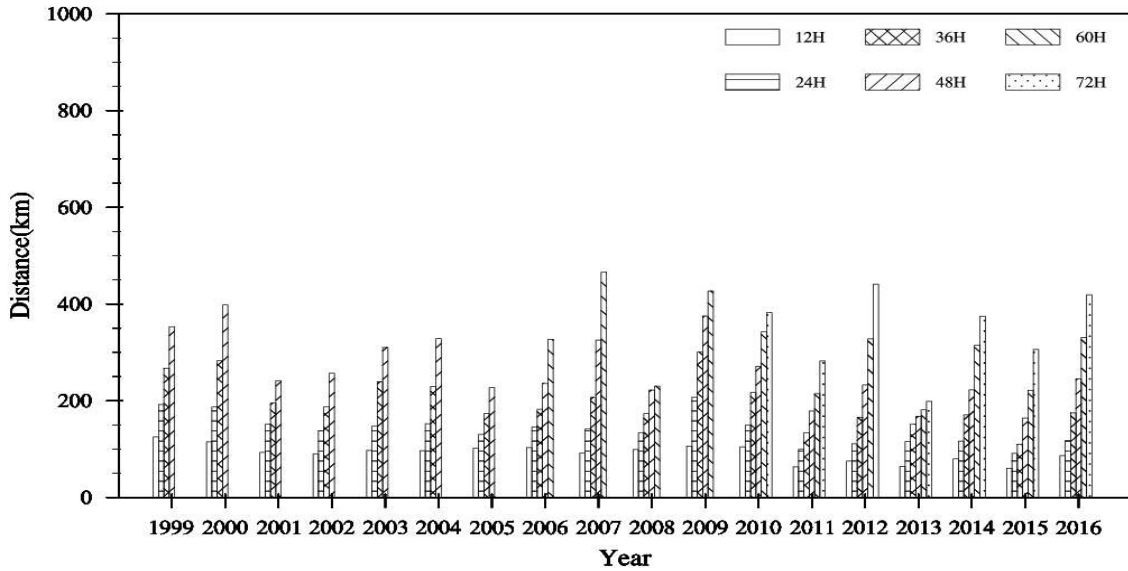


그림 3.7.2 지역예보모델의 태풍진로 모의성능 변화(2009년 이전(MM5 30km), 2010년(UM 12kmL38), 2011년 이후(UM 12kmL70)).

③ 앙상블예측모델

EPS(2001-2016)

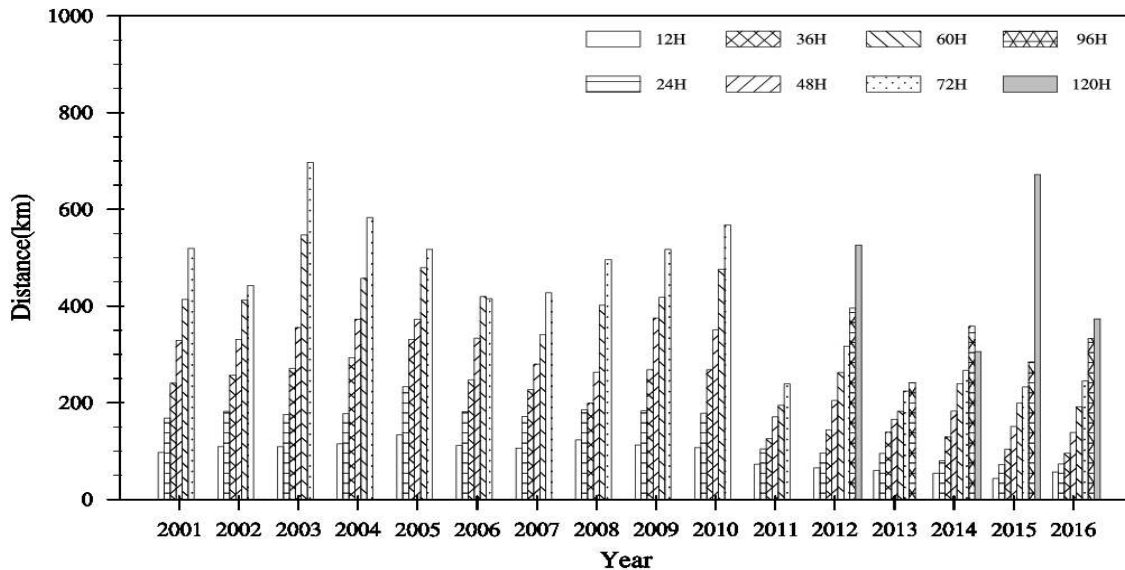


그림 3.7.3 앙상블예측모델의 태풍진로 모의성능 변화(2001~2005년(T106L30), 2006~2010년(T213L40), 2011년 이후(UM N320L70), 2016년 이후(UM N400L70)).

3.7.1.2. 2016년 태풍진로오차

표 3.7.1 2016년 20°N 이북, 140°E 서쪽에 위치한 태풍에 대한 수치예보모델의 단순거리오차 (단위: km, (): 사례수)

FCST Time	GDAPS (UM N768L70)		RDAPS (UM 12kmL70)		EPS (UM N400L70)	
12hr	53.7	(61)	86.7	(59)	56.6	(61)
24hr	64.4	(51)	116.8	(49)	73.4	(51)
36hr	81.9	(41)	174.8	(40)	95.4	(41)
48hr	122.7	(33)	245.4	(32)	138.5	(33)
60hr	174.2	(26)	330.9	(25)	191.5	(26)
72hr	222.9	(19)	419.0	(18)	244.8	(19)
96hr	234.7	(10)	—	—	333.1	(12)
120hr	794.8	(6)	—	—	373.4	(9)

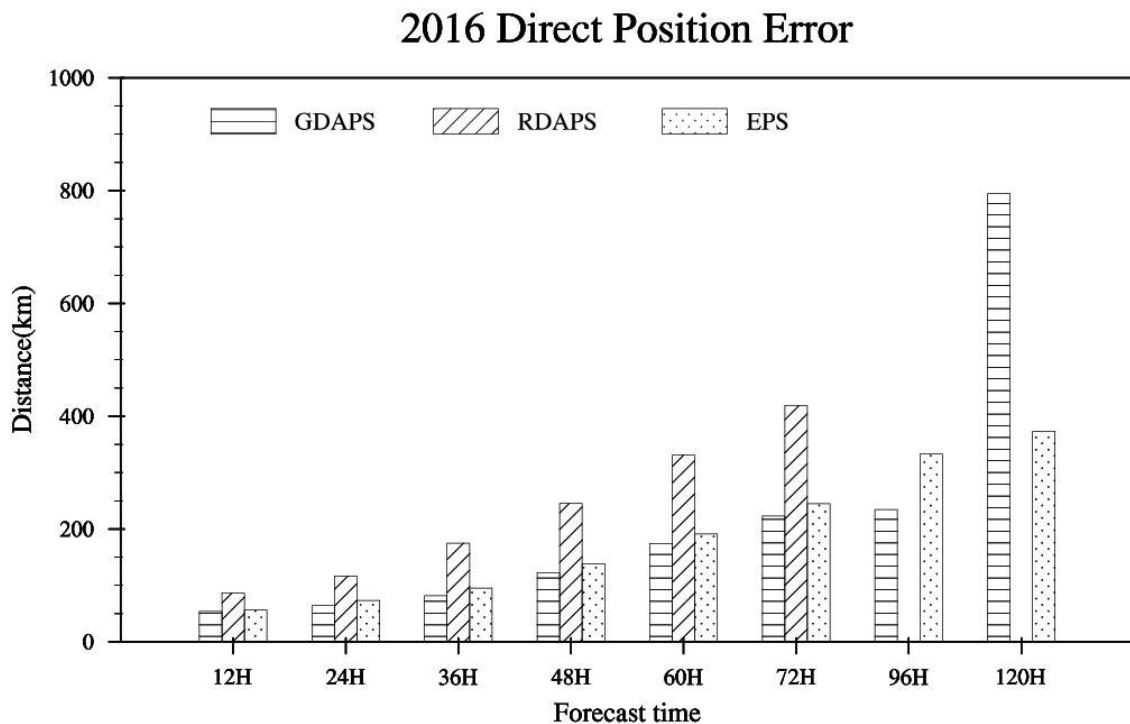


그림 3.7.4 2016년 수치예보모델별 평균단순거리오차(Direct Position Error).

표 3.7.2 2016년 20°N 이북, 140°E 서쪽에 위치한 태풍에 대한 수치예보모델의 태풍진행 방향 오차(ATE, Along Track Error)의 평균과 태풍진행방향 편차(ATB, Along Track Bias)의 중간값(Median) (단위: km)

FCST Time	GDAPS (UM N768L70)		RDAPS (UM 12kmL70)		EPS (UM N400L70)	
	ATE	ATB	ATE	ATB	ATE	ATB
12hr	30.6	-13.9	53.0	-37.4	33.8	-6.9
24hr	36.9	-10.7	76.1	-54.7	45.3	-20.8
36hr	49.0	-11.5	101.8	-99.7	60.0	-7.1
48hr	84.9	-45.3	147.6	-121.6	95.7	-13.2
60hr	132.7	-61.2	204.9	-51.1	146.5	-35.7
72hr	171.1	-32.6	267.3	13.9	192.4	-19.5
96hr	210.8	-236.4	—	—	283.8	-107.2
120hr	592.8	-780.4	—	—	317.8	-137.3

2016 Along Track Error

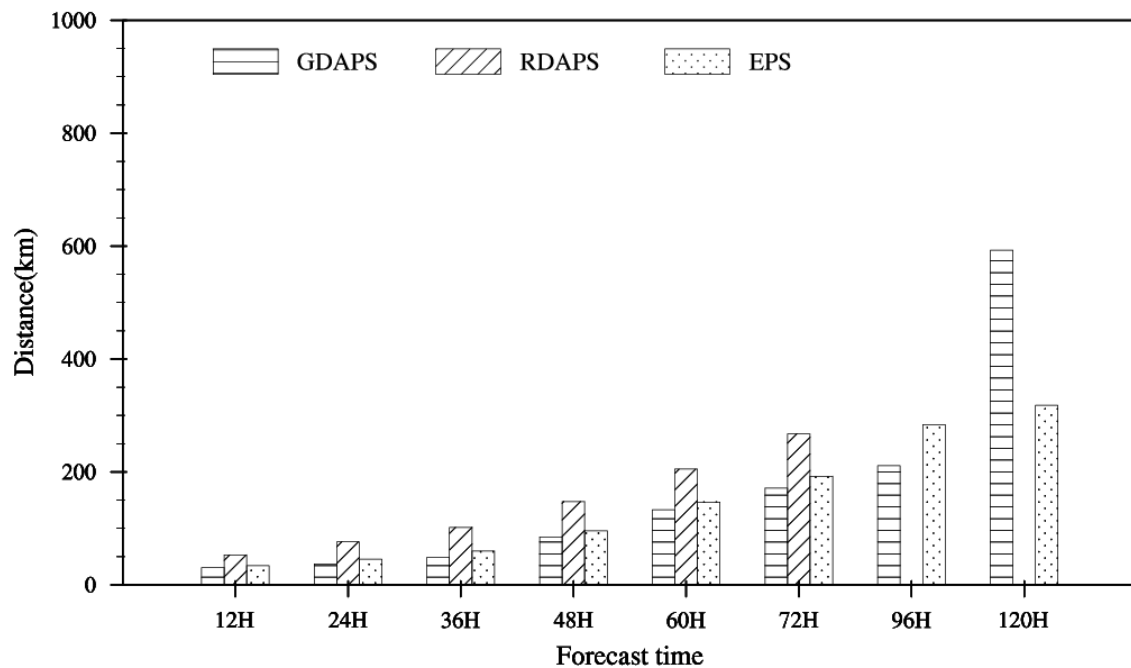


그림 3.7.5 2016년 수치예보모델별 평균이동속도오차(Along Track Error).

표 3.7.3 2016년 20°N 이북, 140°E 서쪽에 위치한 태풍에 대한 수치예보모델의 태풍진행 수직 방향 오차(CTE, Cross Track Error)의 평균과 태풍진행 수직방향 편차(CTB, Cross Track Bias)의 중간값(Median) (단위: km)

FCST Time	GDAPS (UM N768L70)		RDAPS (UM 12kmL70)		EPS (UM N400L70)	
	CTE	CTB	CTE	CTB	CTE	CTB
12hr	40.3	-19.6	56.8	-10.7	39.4	-27.5
24hr	43.9	-17.3	74.0	-8.0	49.8	-22.2
36hr	54.1	-14.9	111.8	5.8	60.5	-15.1
48hr	73.1	-8.1	169.9	-48.8	81.5	-29.7
60hr	83.6	6.3	215.3	-88.8	87.8	-6.1
72hr	108.7	-13.3	260.2	-148.9	109.5	-37.5
96hr	97.2	-36.0	—	—	124.7	-67.2
120hr	451.1	-531.2	—	—	153.9	-24.0

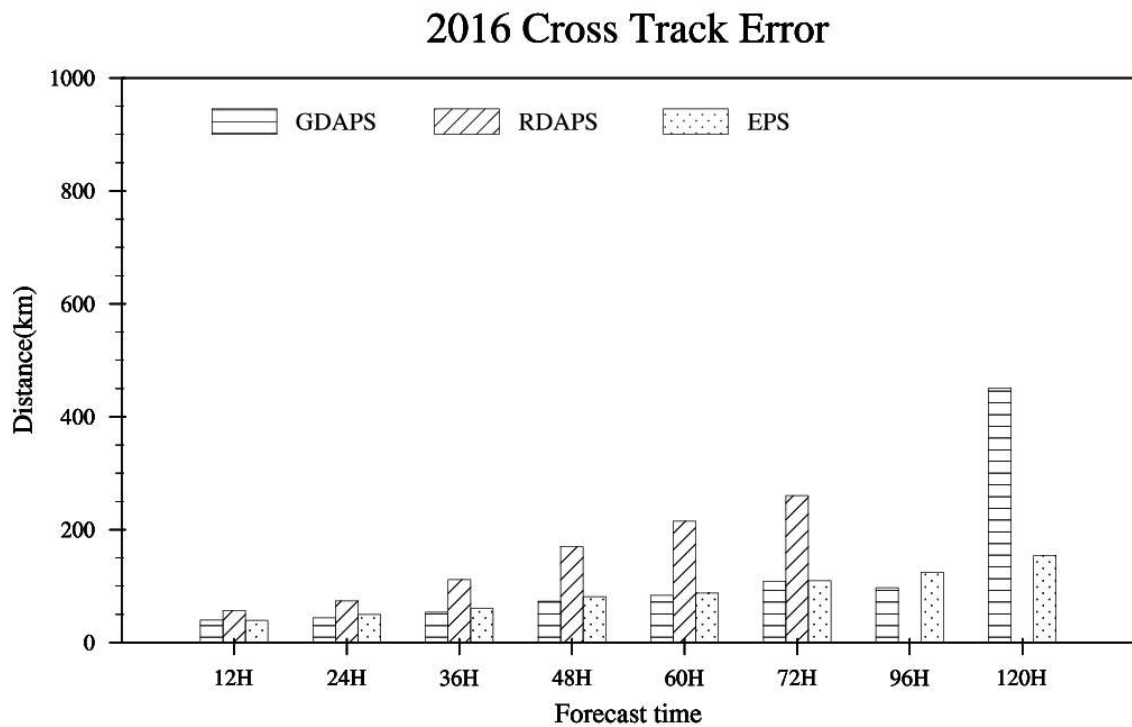


그림 3.7.6 2016년 수치예보모델별 평균방향오차(Cross Track Error).

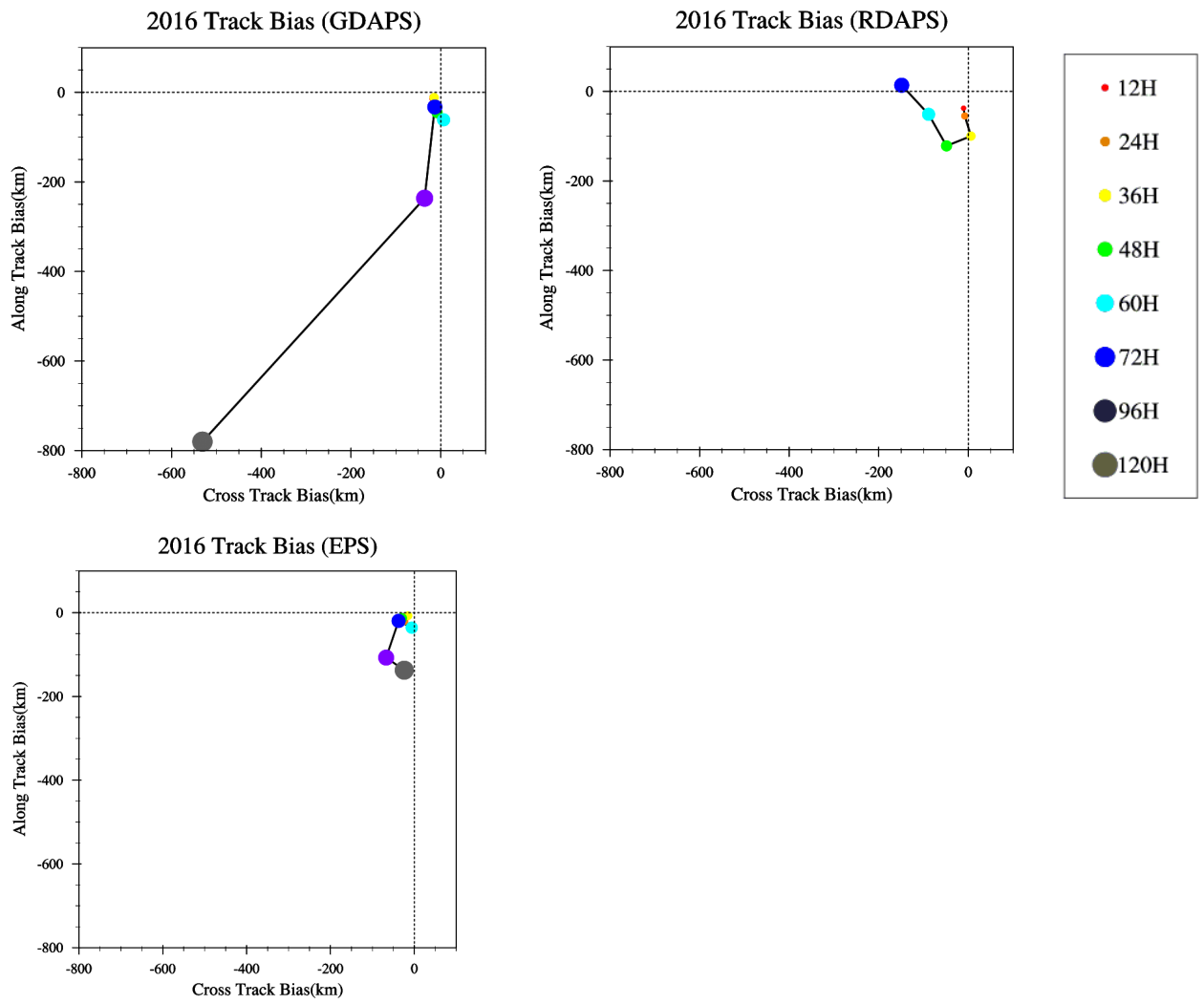


그림 3.7.7 2016년 수치예보모델별 모의경향(Track Bias (Median)).

표 3.7.4 2016년 북서태평양 전체 영역에 대한 수치예보모델별 단순거리오차 (단위: km, (): 사례수)

FCST Time	GDAPS (UM N768L70)		RDAPS (UM 12kmL70)		EPS (UM N400L70)	
	12hr	63.6	(87)	115.6	(82)	74.0
24hr	76.1	(74)	151.6	(67)	98.9	(76)
36hr	81.2	(61)	219.0	(56)	129.3	(63)
48hr	104.9	(48)	298.6	(44)	169.3	(50)
60hr	151.3	(38)	426.0	(35)	245.5	(40)
72hr	221.4	(28)	585.1	(28)	333.2	(30)
96hr	409.0	(12)	—		337.2	(16)
120hr	419.4	(6)	—		345.0	(10)

표 3.7.5 2016년 북서태평양 전체 영역에 대한 수치예보모델별 태풍진행방향 오차(ATE)와 태풍진행 방향 편차(ATB) (단위: km)

FCST Time	GDAPS (UM N768L70)		RDAPS (UM 12kmL70)		EPS (UM N400L70)	
	ATE	ATB	ATE	ATB	ATE	ATB
12hr	39.9	-9.1	75.3	-29.1	46.4	-10.2
24hr	52.5	-16.5	101.3	-53.2	66.7	-21.3
36hr	65.5	-14.4	136.4	-69.7	90.4	-7.9
48hr	105.1	-45.3	199.5	-116.2	125.9	-33.4
60hr	169.2	-66.0	311.3	-122.3	196.8	-69.0
72hr	251.0	-60.3	452.7	-70.0	274.0	-68.2
96hr	262.7	-236.4	—		284.0	-109.0
120hr	592.8	-780.4	—		291.5	-137.3

표 3.7.6 2016년 북서태평양 전체 영역에 대한 수치예보모델별 태풍진행 수직방향 오차(CTE)와 태풍진행 수직방향 편차(CTB) (단위: km)

FCST Time	GDAPS (UM N768L70)		RDAPS (UM 12kmL70)		EPS (UM N400L70)	
	CTE	CTB	CTE	CTB	CTE	CTB
12hr	43.2	-18.1	73.9	-15.0	48.9	-22.2
24hr	49.9	-14.8	93.6	-4.9	60.3	-27.5
36hr	68.3	-14.9	137.4	-14.2	74.8	-37.2
48hr	89.9	-40.1	182.1	-23.9	90.6	-54.6
60hr	109.9	-52.3	227.9	-88.8	108.8	-50.8
72hr	127.1	-68.1	272.8	-143.9	124.0	-60.0
96hr	115.3	-98.7	—		136.2	-70.3
120hr	451.1	-531.2	—		145.5	-69.7

3.7.2. 태풍강도오차

3.7.2.1. 모델의 태풍강도 예측성능 변화추세

표 3.7.7 2016년 수치예보모델의 최대풍속 평균제곱근오차, 평균편차, 상관관계 ((): 사례수)

Intensity Grade	FCST Time	GDAPS (UM N768L70)		RDAPS (UM 12kmL70)		EPS (UM N400L70)	
RMSE (m/s)	12hr	19.5	(130)	12.8	(123)	19.9	(112)
	24hr	19.8	(109)	14.9	(101)	20.4	(92)
	36hr	20.0	(89)	16.4	(84)	20.6	(72)
	48hr	20.3	(70)	17.7	(63)	19.8	(55)
	60hr	19.0	(53)	17.9	(48)	19.6	(40)
	72hr	18.9	(38)	18.2	(38)	19.2	(29)
	96hr	22.1	(12)	—	—	21.3	(13)
	120hr	20.7	(6)	—	—	22.1	(8)
Bias (m/s)	12hr	-14.7	(130)	-10.0	(123)	-15.9	(112)
	24hr	-15.7	(109)	-11.6	(101)	-16.7	(92)
	36hr	-16.3	(89)	-12.9	(84)	-17.2	(72)
	48hr	-16.8	(70)	-14.1	(63)	-16.7	(55)
	60hr	-15.9	(53)	-14.8	(48)	-16.8	(40)
	72hr	-16.2	(38)	-15.5	(38)	-16.8	(29)
	96hr	-21.7	(12)	—	—	-20.7	(13)
	120hr	-20.3	(6)	—	—	-21.7	(8)
R (m/s)	12hr	-0.26	(130)	0.65	(123)	-0.25	(112)
	24hr	-0.23	(109)	0.49	(101)	-0.22	(92)
	36hr	-0.17	(89)	0.35	(84)	-0.16	(72)
	48hr	-0.04	(70)	0.21	(63)	-0.10	(55)
	60hr	-0.08	(53)	0.24	(48)	-0.06	(40)
	72hr	0.02	(38)	0.23	(38)	-0.09	(29)
	96hr	0.44	(12)	—	—	0.24	(13)
	120hr	0.52	(6)	—	—	0.82	(8)

① 전지구예보모델

- 2006년부터 2009년까지는 T426L40, 2010년부터는 통합예보모델(2010년: UM N320L50, 2011년~: UM N512L70, 2016년~: UM N768L70)에 대한 검증 결과이다.

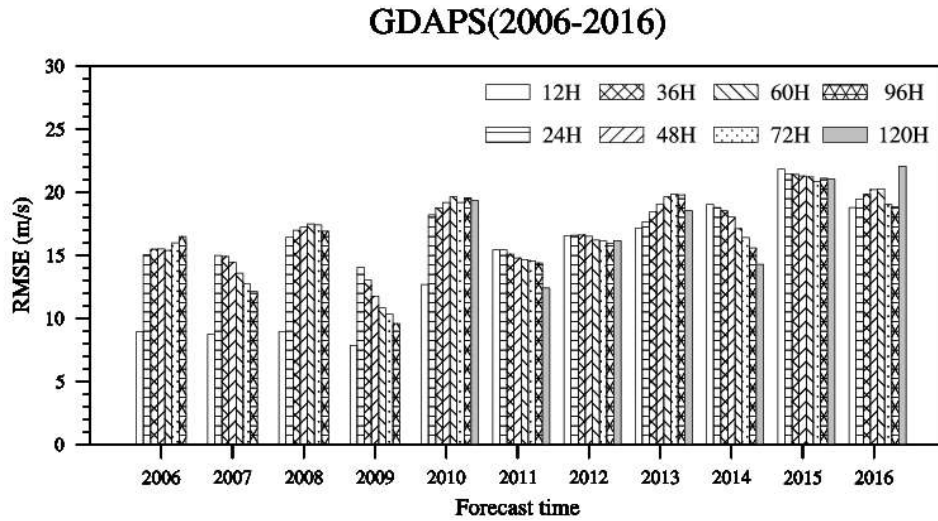


그림 3.7.8 전지구예보모델의 태풍 최대풍속 모의성능 변화(2006년 이전(T213L30), 2006~2009년(T426L40), 2010년(UM N320L50), 2011년 이후(UM N512L70), 2016년 이후(UM N768L70)).

② 지역예보모델

- 2009년까지는 30km 해상도의 지역예보모델 자료에 대한 검증결과이며, 2010년부터는 통합예보모델 (2010년: UM 12kmL38, 2011년~: UM 12kmL70)에 대한 검증 결과이다.

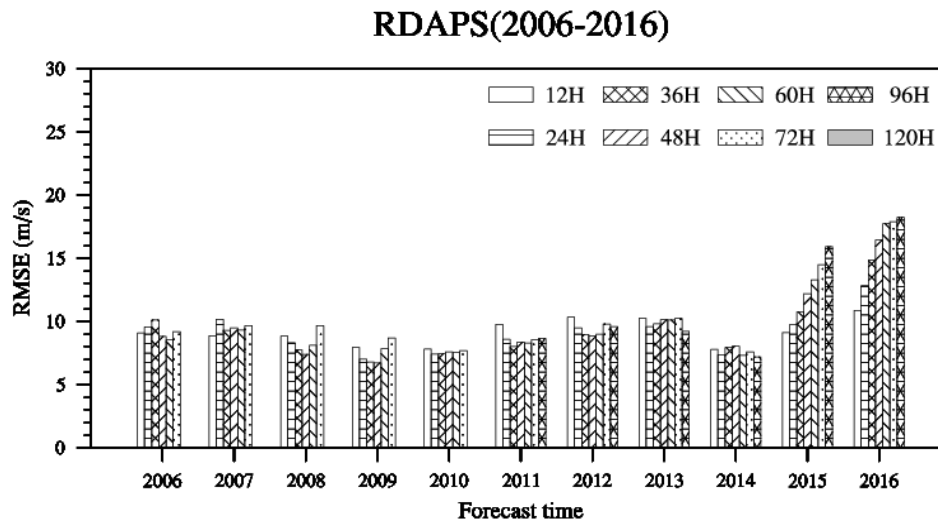


그림 3.7.9 지역예보모델의 태풍 최대풍속 모의성능 변화(2009년 이전(MM5 30km), 2010년(UM 12kmL38), 2011년 이후(UM 12kmL70)).

③ 앙상블예측모델

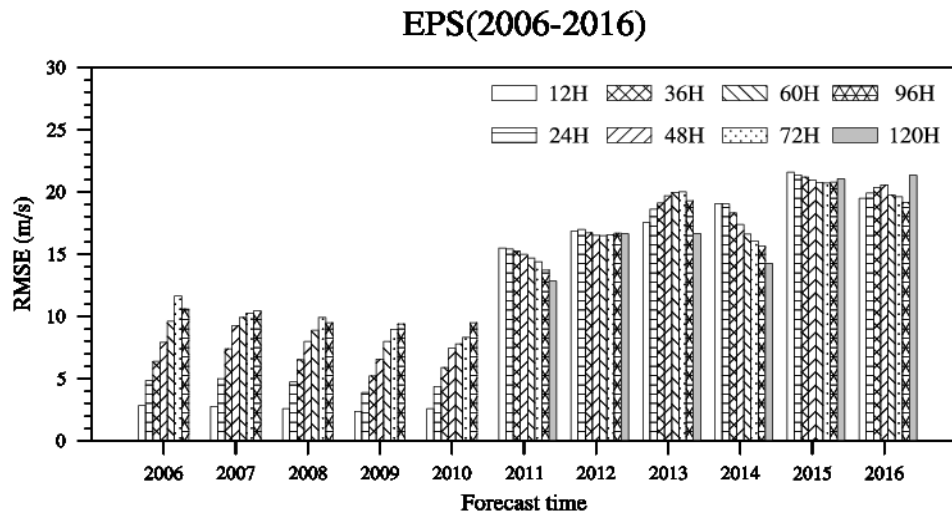


그림 3.7.10 앙상블예보모델의 태풍 최대풍속 모의성능 변화(2001~2005년(T106L30), 2006~2010년(T213L40), 2011년 이후(UM N320L70), 2016년 이후(UM N400L70)).

3.7.2.2. 강도 등급에 따른 모델의 태풍강도 예측성능 변화 추세

① 전지구예보모델

- 2006년부터 2009년까지는 T426L40, 2010년부터는 통합예보모델(2010년: UM N320L50, 2011년~: UM N512L70, 2016년~: UM N768L70)에 대한 검증 결과이다.

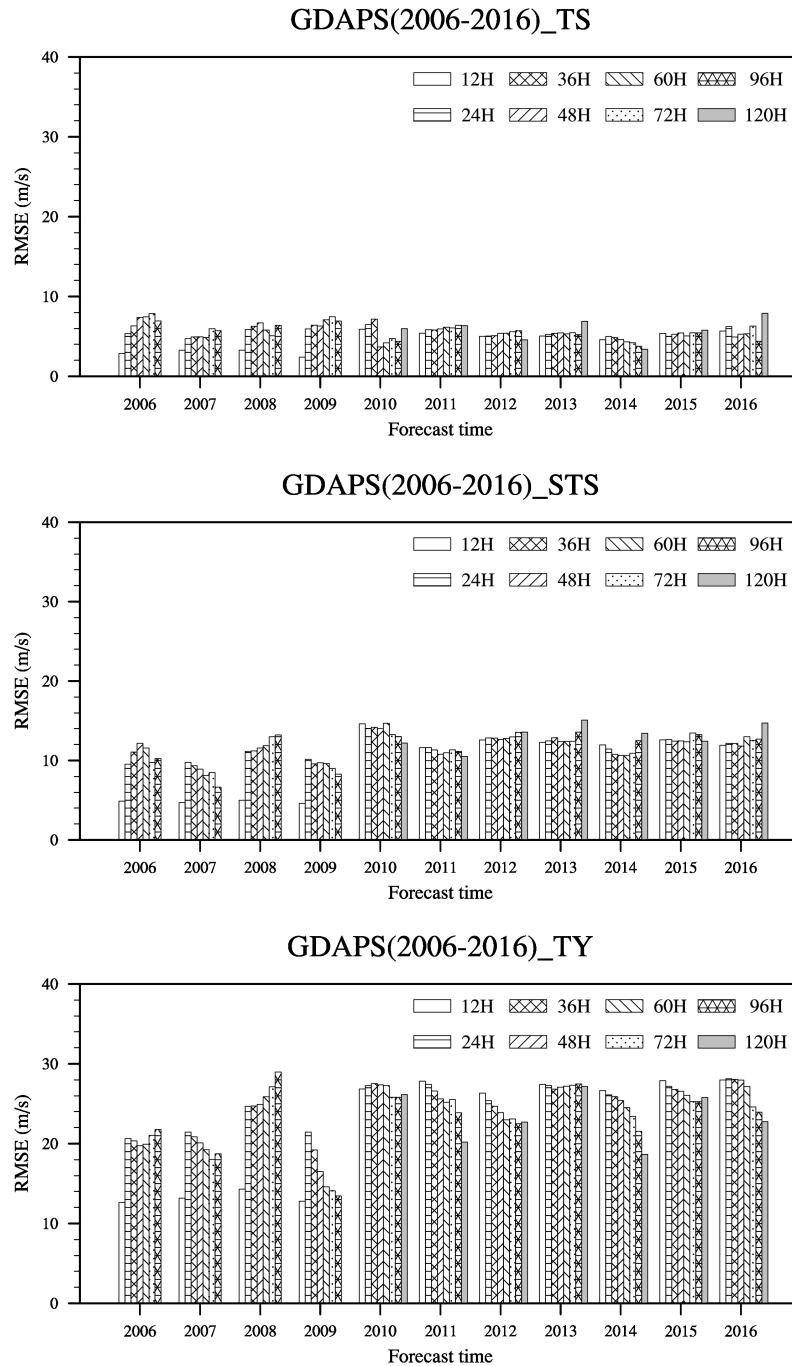
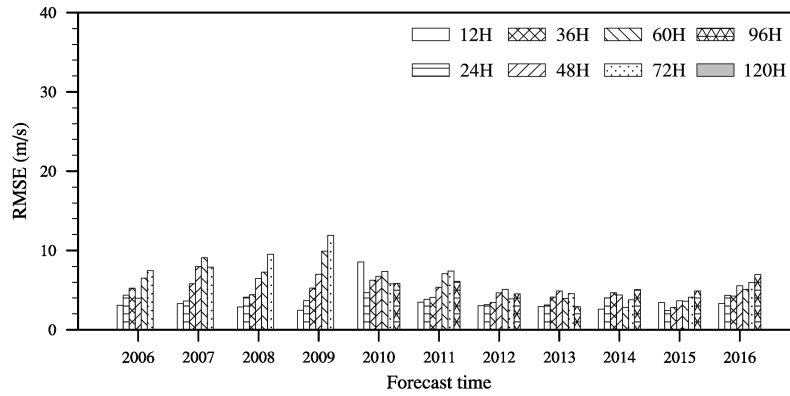


그림 3.7.11 전지구예보모델의 태풍 강도별 최대풍속 모의성능 변화(2006~2009년(T426L40), 2010년(UM N320L50), 2011년 이후(UM N512L70), 2016년 이후(UM N768L70)).

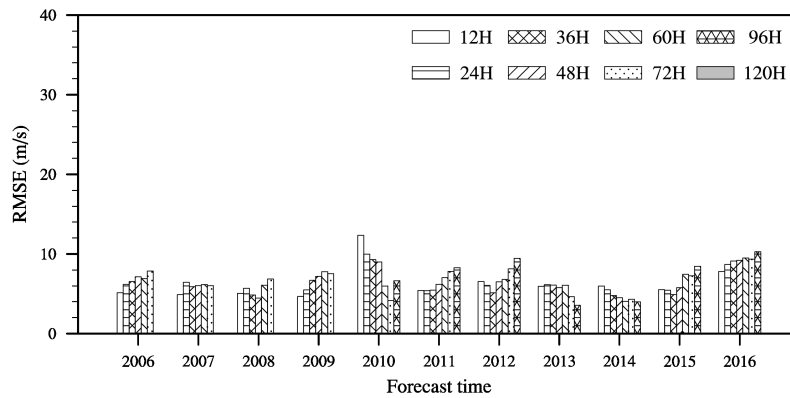
② 지역예보모델

- 2009년까지는 30km 해상도의 지역예보모델 자료에 대한 검증결과이며, 2010년부터는 통합예보모델 (2010년: UM 12kmL38, 2011년~: UM 12kmL70)에 대한 검증 결과이다.

RDAPS(2006-2016)_TS



RDAPS(2006-2016)_STS



RDAPS(2006-2016)_TY

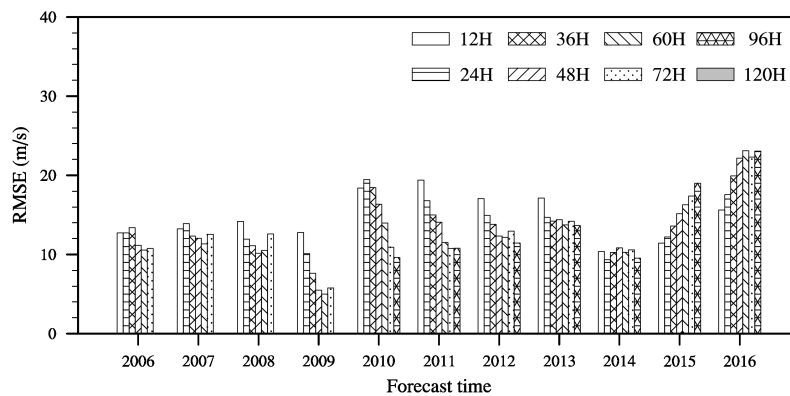


그림 3.7.12 지역예보모델의 태풍 강도별 최대풍속 모의성능 변화(2009년 이전(MM5 30km), 2010년(UM 12kmL38), 2011년 이후(UM 12kmL70)).

③ 앙상블예측모델

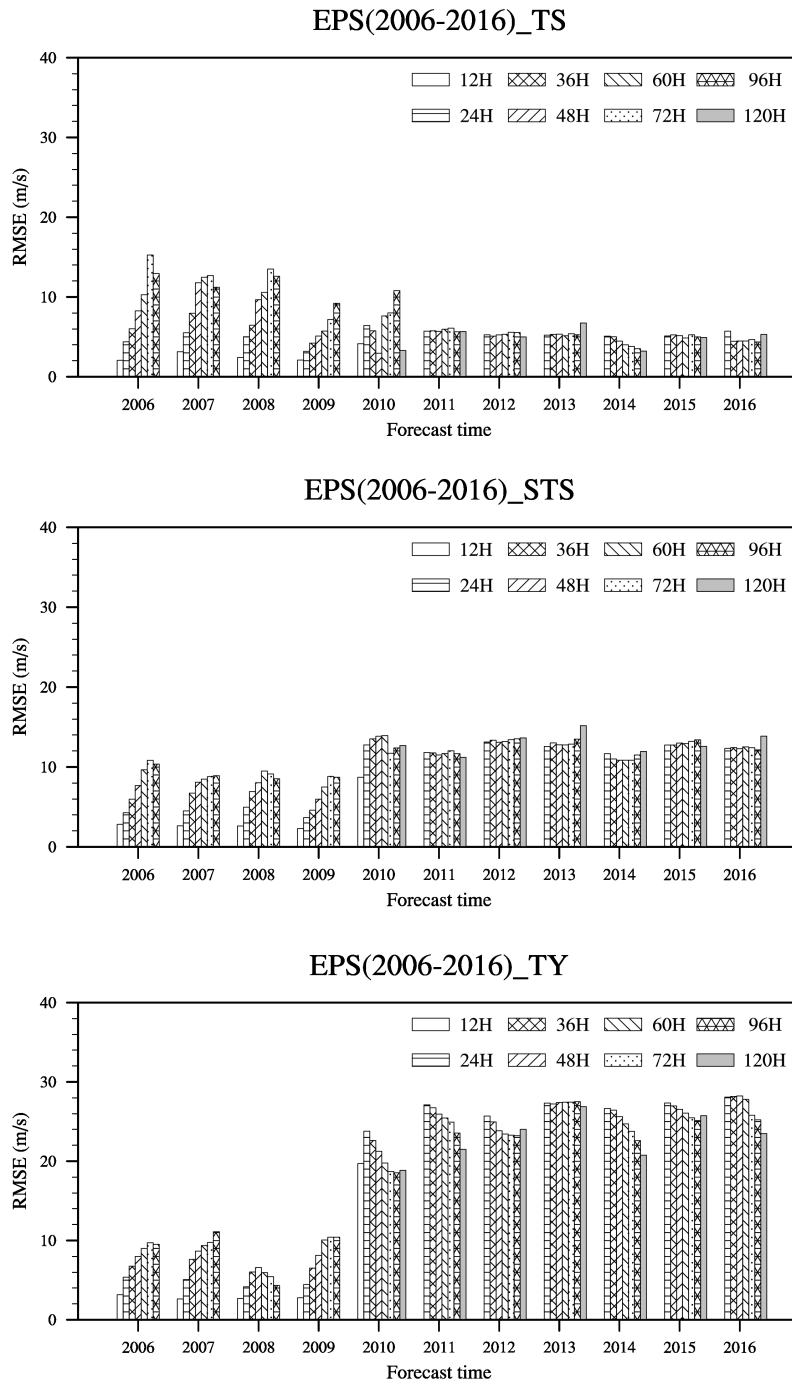


그림 3.7.13 앙상블예측모델의 태풍 강도별 최대풍속 모의성능 변화(2006~2010년(T213L40), 2011년 이후(UM N320L70), 2016년 이후(UM N400L70)).

3.7.2.3. 2016년 태풍 강도 등급에 따른 태풍강도 오차

표 3.7.8 2016년 수치예보모델의 태풍 강도별 최대풍속 평균제곱근오차 (단위: m/s, (): 사례수)

Intensity Grade	FCST Time	GDAPS (UM N768L70)		RDAPS (UM 12kmL70)		EPS (UM N400L70)	
TS (17~24m/s)	12hr	6.2	(31)	4.4	(26)	5.7	(31)
	24hr	4.9	(22)	4.2	(15)	4.4	(22)
	36hr	5.3	(17)	5.5	(13)	4.5	(17)
	48hr	5.3	(13)	5.1	(11)	4.5	(13)
	60hr	6.3	(10)	6.0	(8)	4.7	(10)
	72hr	4.4	(6)	7.0	(6)	4.4	(6)
	96hr	7.9	(1)	—	—	5.3	(1)
	120hr	—	—	—	—	—	—
STS (25~32m/s)	12hr	12.2	(47)	8.7	(45)	12.3	(48)
	24hr	12.1	(42)	9.1	(40)	12.4	(43)
	36hr	11.8	(33)	9.2	(31)	12.3	(34)
	48hr	13.0	(24)	9.5	(21)	12.5	(25)
	60hr	12.5	(16)	9.4	(13)	12.4	(17)
	72hr	12.7	(12)	10.3	(11)	12.1	(13)
	96hr	14.7	(3)	—	—	13.9	(5)
	120hr	16.1	(2)	—	—	18.2	(2)
TY (33 ~ m/s)	12hr	28.1	(52)	17.6	(53)	28.1	(53)
	24hr	28.1	(46)	19.9	(47)	28.2	(47)
	36hr	28.0	(40)	22.2	(40)	28.2	(41)
	48hr	27.2	(33)	23.1	(33)	27.8	(34)
	60hr	24.6	(27)	22.3	(28)	25.8	(28)
	72hr	23.9	(20)	23.1	(21)	25.2	(21)
	96hr	22.8	(12)	—	—	23.5	(12)
	120hr	22.2	(8)	—	—	23.1	(8)

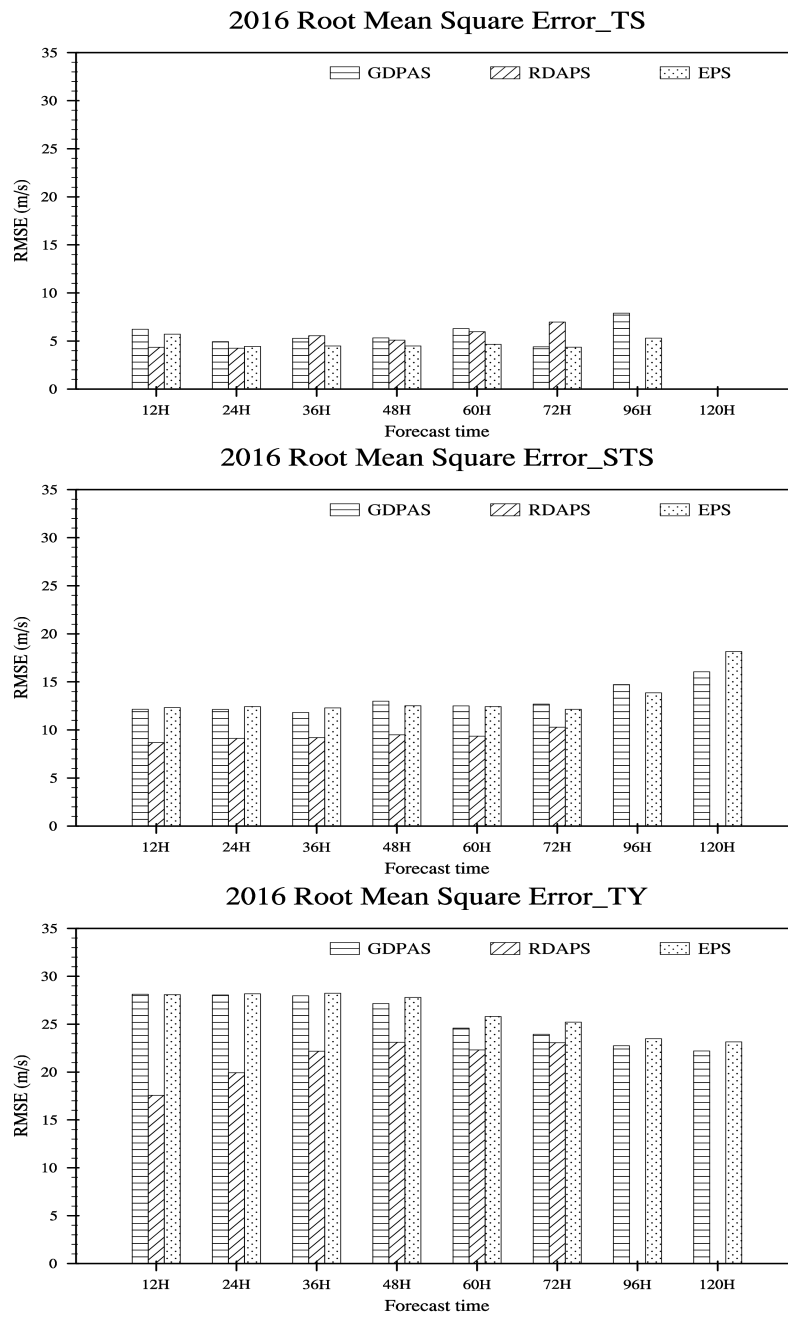


그림 3.7.14 2016년 수치예보모델의 태풍 강도별 최대풍속 평균제곱근오차(Root Mean Square Error).

3.8 황사예측시스템

3.8.1 2016년 황사예측시스템 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 2016년 황사예측시스템 예측률

황사	모델 수행	출현	경로	강도	지수	목적		
1호	3.6.~8.	3월 4일	00UTC	H	H	M	최초 관측 : 백령도 00:30 시간최고농도 : 백령도 706 질은황사(400이상)	
		12UTC	H	H	M	5		
	3월 5일	00UTC	H	H	M	5		
2호	4.9.~10.	4월 7일	12UTC	H	H	H	최초 관측 : 안동 12:05 시간최고농도 : 군산 222 열은황사(400이하)	
		4월 8일	00UTC	H	H	H		10
			12UTC	H	H	H		10
3호	4.14.	4월 12일	12UTC	H	H	H	최초 관측 : 부산 14:40 시간최고농도 : 구덕산 128 열은황사(400이하)	
		4월 13일	00UTC	H	H	H		10
			12UTC	H	H	H		10
4호	4.17.	4월 15일	12UTC	H	H	H	최초 관측 : 인천 12:10 시간최고농도 : 서울 143 열은황사(400이하)	
		4월 16일	00UTC	H	H	H		10
			12UTC	H	H	H		10
5호	4.22.~25.	4월 20일	12UTC	H	H	M	최초 관측 : 백령도 16:20 시간최고농도 : 백령도 852 매우질은황사(800이상)	
		4월 21일	00UTC	H	H	M		5
			12UTC	H	H	M		5
6호	5.6.~8.	5월 4일	12UTC	H	H	M	최초 관측 : 백령도 16:45 시간최고농도 : 광주 468 질은황사(400이상)	
		5월 5일	00UTC	H	H	M		5
			12UTC	H	H	M		5
7호	11.27.	11월 25일	12UTC	H	H	H	최초 관측 : 백령도 14:20 시간최고농도 : 백령도 228 열은황사(400이하)	
		11월 26일	00UTC	H	H	H		10
			12UTC	H	H	H		10
예측률			H(21) M(0) 100%	H(21) M(0) 100%	H(12) M(9) 57%	7.86		

부록 A. 수치예측시스템 검증 영역 및 관측자료

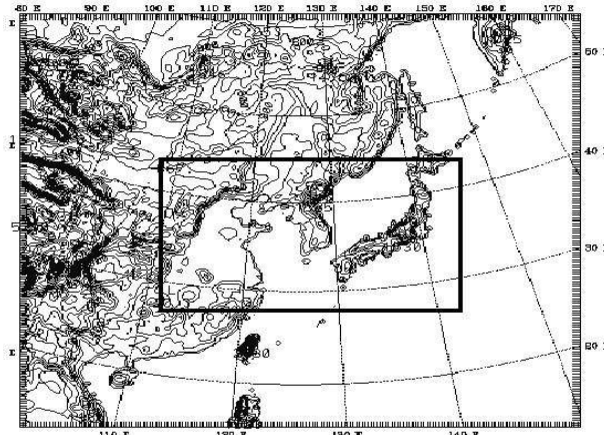
A.1 전지구예측시스템의 검증 영역 (WMO CBS 공통)

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 ASOS 검증			2009년부터 변경

A.2 전지구예측시스템의 검증 변경 사항

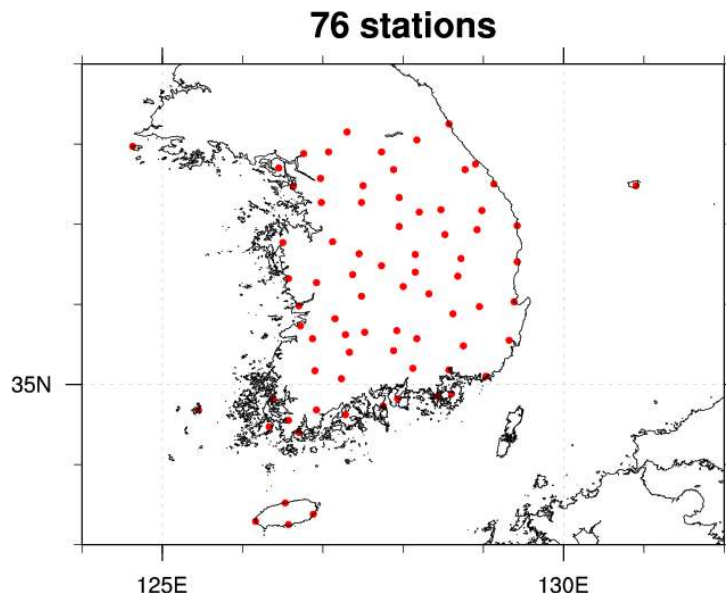
검증 방법	이른 분석	2001년 1월 ~ 2005년 11월
	늦은 분석	2005년 12월 ~ 2006년 4월
	이른 분석	2006년 5월 ~ 현재
모델 분해능	T213L30 (~60km)	2001년 1월 ~ 2005년 11월
	T426L40 (~40km)	2005년 12월 ~ 2010년 5월 14일
	N320L50(vn.6.6) (~40km)	2010년 5월 15일 ~ 2011년 5월 22일
	N512L70(vn.7.7) (~25km)	2011년 5월 23일 ~ 2012년 5월
	N512L70(vn.7.9) (~25km)	2012년 6월 ~ 2016년 6월 28일
	N768L70(vn8.5) (~17km)	2016년 6월 29일 ~ 현재
검증 격자 분해능 및 내삽방안	1.125° x 1.125° , bi-linear	2001년 1월 ~ 2005년 11월
	0.5625° x 0.5625° , bi-linear	2005년 12월 ~ 2006년 7월
	2.5° x 2.5° , bi-linear	2006년 8월 ~ 2014년12월
	1.5° x 1.5° , area weight	2015년 1월 ~ 현재

A.3 지역예측시스템의 분석 및 관측검증 영역



검증 방법	검증 영역	비고
분석검증	위 그림의 검증 영역 (바깥영역)	
관측검증	위 그림의 검증 영역 (안쪽영역)	
강수검증	한반도 76개 ASOS 지점	2009년부터 변경

A.4 전지구·지역예측시스템의 강수검증 지점(ASOS 76개 지점)



A.5 앙상블예측시스템 검증 변경 사항

검증	이른 분석	2001년 1월 ~ 2005년 11월
	늦은 분석	2005년 12월 ~ 2006년 4월
	이른 분석	2006년 5월 ~ 2010년 11월
	이른 분석	2011년 3월 ~ 현재
검증영역	20°N-70°N	2001년 4월 ~ 2003년 12월
	20°N-90°N	2004년 1월 ~ 2010년 11월
	20°N-90°N	2011년 3월 ~ 현재
편차보정	2009-2 ' 앙상블예측시스템편차 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, RPS ¹³⁾ , RPSS ¹⁴⁾ , CRPS ¹⁵⁾ , CRPSS ¹⁶⁾ 추가	2008년 1월 ~ 현재
통합모델 기반	N320L50 M24 앙상블예측시스템	2011년 3월
	N320L70 M24 앙상블예측시스템 (vn7.6(ps26))	2011년 5월 ~ 2012년 5월
	N320L70 M24 앙상블예측시스템 (vn7.9(ps28)) - 지상섭동(SST perturbation) 추가	2012년 6월 ~ 2016년 6월28일
	N400L70 M49 앙상블예측시스템 (vn8.5(ps34))	2016년 6월 29일 ~ 현재

13) RPS: Ranked Probability Score

14) RPSS: Ranked Probability Skill Score

15) CRPS: Continuous Ranked Probability Score

16) CRPSS: Continuous Ranked Probability Skill Score

A.6 앙상블예측시스템 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°C, ± 4°C, ± 8°C	± 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

A.4 전지구 파랑모델(GWW3) 검증에 사용된 부이 ID 번호와 위치

전지구 파랑 예측 시스템은 전지구 부이 관측 자료 및 위성자료를 예측 성능 검증에 사용하게 된다. 모델검증은 00, 24, 48, 72, 96, 120 시간 모델 예측 자료를 해당 시각의 관측 자료와 비교하였으며 1일 2회 취합된 비교 자료는 월 단위로 모아서 편차(BIAS, 모델 - 관측) 및 평방 제곱근 오차 평균(root mean square error, RMSE), 상관지수(Correlation), 산포도(Scatter Index, SI)를 계산하였다.

관측자료는 JCOMM (Joint Committee of Oceanography and Marine Meteorology) 주관으로 ECMWF에서 추진하는 전 세계 파랑모델 운영 기관을 대상 비교 검증 프로젝트에 사용되는 전지구 계류부이 및 Jason-2에서 관측된 유의파고 자료이다. 참고로, 위성자료의 경우 2014년 초반부터 Jason-1에서 Jason-2로 변경되었다. 검증 변수는 유의파고와 해상풍이며 전지구 계류부이 자료의 경우 총 381개의 지점에 대해서 검증이 이루어진다. 지역 및 국지연안 파랑 예측시스템은 기상청에서 운영 중인 8개의 계류부이 관측 자료를 이용하였다.

o 전지구 파랑모델 (GWW3) 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	PNB01A-INPE (Brazil)
31261	-31.540	-49.860	1	PNB01A-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 Moeresby
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 Moeresby
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'Azure)
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 FPS0, 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 (Drangsnes)
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 (Hornafjordur)
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(RWW3)과 국지연안 파랑모델(CWW3) 검증에 사용된 부이 ID 번호와 위치

부이이름	부이 ID	위 치	수 심
덕적도	22101	37.23N, 126.02E	30 m
칠발도	22102	34.80N, 125.77E	33 m
거문도	22103	34.00N, 127.50E	80 m
거제도	22104	34.77N, 128.90E	84 m
동 해	22105	37.53N, 129.92E	1518 m
포 향	22106	36.35N, 129.78E	400m
마라도	22107	33.08N, 126.03E	110 m
외연도	22108	36.25N, 125.75E	45 m
울릉도	21229	37.46N, 131.11E	2200 m
추자도	22184	33.79N, 126.14E	85 m
인 천	22185	37.09N, 125.43E	40 m
부 안	22186	35.66N, 125.82E	50 m
서귀포	22187	33.13N, 127.02E	105 m
통 영	22188	34.39N, 128.23E	55 m
울 산	22189	35.35N, 129.84E	145 m
울 진	22190	36.91N, 129.87E	700 m

A.6 파랑모델의 위성검증에 사용되는 자료

검증변수	위 성	비 고
유의파고	Jason-2	1 cycle = 약 10 days

A.10 통계예측시스템 검증 자료

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

부록 B. 기상청 수치예측시스템 개발 연혁

연월	주요 변경 사항			
	조직	모델	분석	컴퓨터 환경
1989.05	수치예보반 신설			Cray2s (KIST ¹⁷⁾)
1990.12	수치예보과 ¹⁸⁾ 신설			
1991.02	수치예보과	A-LAM ¹⁹⁾ , F-LAM ²⁰⁾ , OFM ²¹⁾ 공식 현업 운영		Cray2s (KIST) Cyber932 (KMA, 백업)
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		
1993.03		PPM(Perfect Prog Method) ²²⁾ 을 이용한 최저·최고 기온 현업 제공		
1993.07		K-LAM ²³⁾ (59x59, 40km/L15)		
1994.06		태풍 모델 운영 (KTM, Korea Typhoon Model, 109x109, 50km, 연직 8층)		

17) Korea Institute of Science & Technology

18) 수치예보과는 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.

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

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

21) OFM(Ocean Forecast Model) : 파랑 수치예보모델로 서울대 해양학과와의 용역을 통해 공동으로 개발된 모델이다. ECMWF에서 개발된 파랑모델 WAM(WAVE Model)을 기반으로 사용하고 있다.

22) 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.

23) K-LAM(Korea Limited Area Model) : 국지 예보모델. F-LAM과 동일하게 MM4에 기반하고 Barnes 분석체계를 적용한 국지 지상예보용 모델로 개발하여 시험운영만 하였다.

연월	주요 변경 사항				
	조직	모델	분석	컴퓨터 환경	
1994.10	수치예보과	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			
1997.02		전지구(GDAPS) 및 지역(RDAPS) 수치예측시스템 현업 운영 ²⁴⁾			
		GDAPS(T106L21, 110km, 모델 top 10hPa) 현업 운영 RDAPS(105x121, 40km/L22, MM4) ²⁵⁾ 현업 운영 BAIS(Barotropic Typhoon forecast System) 현업 운영 천해(40km) 및 심해(80km) 파랑 모델 운영	G-2DOI(최적 내삽법) R-전구 분석장 사용	Fujitsu VPX220(KMA) CrayC90 (KISTI, 백업)	
		1998.04	KF(Kalman Filter)를 이용한 최저·최고 기온 현업 제공		
1999.03		KF(Kalman Filter)를 이용한 3시간 기온 현업 제공			
1999.05			G-1dVar(TOVS 동화)		
1999.06		RDAPS 수평 및 연직 해상도 개선(171x191, 30km/L33, MM4) GoWAM(2.0°)/ReWAM(1/4°) ²⁶⁾	R-전구 분석장 사용	1호기 도입 NEC SX-5/16 (128Gflops)	

※ G: 전지구 자료동화 시스템, R: 지역 자료동화 시스템

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

25) 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 경과 시 blow-up 되어 GDAPS GPV를 활용한 12시간 간격으로 cold start로 모델을 운영하였다.

26) 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 예보 영역을 확대하고 분해능을 증가시켜 운영을 시작하였다. 수치예보과 기술보고서 2000-2 참조.

연월	주요 변경 사항				
	조직	모델	분석	컴퓨터 환경	
2000.06	수치 예보과	RDAPS 정역학 → 비정역학 역학체계 개선(MM4 → MM5) 및 고해상도(10km, 5km) 지역예보모델 운영 ²⁷⁾	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 NNM 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			
2002.02		DLM(Dynamic Linear Model)을 이용한 3시간 기온 현업 제공			
2002.04			SATEM, SATOB 자료 동화		
2002.11		NCEP daily SST 자료 적용			
2003.11		GBEPS 연직층 증가 (T106L21 → T106L30, 16멤버) ²⁸⁾	R-3dVar(10 km) AWS 동화 포함		
2003.12		RDAPS 적운모수화 방안 교체 ²⁹⁾	G-3dVar(inner loop : T63) ³⁰⁾		

※ GBEPS: Global Breeding Ensemble Prediction System

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

28) 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 북반구로 한정시켜 섭동장을 생산하도록 개선하였다.

29) 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.

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

연월	주요 변경 사항				
	조직	모델	분석	컴퓨터 환경	
2004.03	수치 예보과	GBEPS 초기장 변경 ³¹⁾		NEC SX-5/28M2 (224Gflops)	
2004.08			G-direct 3dVar R-3dVar(10 km) 레이더 자료 동화 현업 운영		
2004.09				2호기 도입 Cray X1 (2.45Tflops)	
2005.04		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 ³²⁾			Cray X1E (18.5Tflops)
		GDAPS 수평 및 연직 해상도 개선(T213L30 → T426L40, 모델 top 10hPa → 0.4hPa) GBEPS 수평 및 연직 해상도 개선 (T106L30 → T213L40) 및 초기장 변경 ³³⁾	G-3dVar(inner loop : T106) G-ECMWF ERA40 기후값에 대한 비용함수 제어조건 적용		
2006.01		전구 및 지역 파랑예측 시스템 모델 코드 대체 (WAM → WAVEWATCH-III)			

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

32) 2005년 2월 시험운영을 시작하여 2005년 8월 1단계 물리과정 튜닝 후 2005년 12월 현업 운영되었다. 고해상도 전지구예보 모델은 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.

33) 2005년 12월부터 기존 T213L30 전지구예보모델의 운영이 중단됨에 따라서 앙상블 모델의 초기장은 고해상도 전지구예보 모델(T426L40)의 초기장을 내삽 하여 사용하였다.

연월	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 (RTSM, Regional Tide/ Storm surge Model) 현업화 ³⁴⁾	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 ³⁵⁾		
2007.05	수치 예보 센터	KWRF(10km) 현업 운영	G-MODIS 극지역 바람자료 동화	
2007.07		GBEPS 편차 보정 적용		
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-태풍보거싱 적용	
2008.02			KWRF-MTSAT 위성자료 적용	

34) 2004년 8월 8km 광역 폭풍해일 모델(RTSM, Regional Tide/Storm surge Model) 구축을 시작하여, 슈퍼컴퓨터 2호기 도입과 더불어 2005년 6월부터 시험운영 하였으며, 수평 해상도 및 모델 수행 영역은 지역 파랑 예측 시스템 모델(ReWW3, 2007년 12월 현업 버전)과 동일하다.

35) 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.

연월	주요 변경 사항			
	조직	모델	분석	컴퓨터 환경
2008.03	수치예보센터 → 수치모델관리관실	지역 파랑 예측 시스템(ReWW3) 해상도 개선(1/4°→1/12°) 및 국지 연안 파랑 예측시스템(CoWW3, 1/120°) 6개 영역 현업 운영 ³⁶⁾	국내 수직측풍 장비(windprofiler) 7개 지점 추가	Cray X1E (18.5Tflops)
2008.04			G-1dVar(NOAA18호 ATOVS 동화)	
2008.05	수치모델 관리관실		G-ECMWF 분석장을 이용한 보거싱 적용 (제한적 적용 :5-10월)	
2008.06		KWRF 연직 해상도 개선(31층 → 40층) 및 예보시간 증가(60시간 → 66시간) ³⁷⁾	KWRF-낮은 분석 cycle 운영 및 계절별 배경오차 적용	
2008.08		GBEFS T213L40 자체 자료동화 시스템 운영		
2009.01		전지구모델의 개선된 구름양진단과정 현업 적용 ³⁸⁾		Cray X1E (18.5Tflops)
2009.05		전지구 고해상도 파랑예측 시스템 현업 운영 ³⁹⁾		
2009.06	수치모델 관리관실	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(관측자료 추가) -초기화 과정, 물리과정 개선		
2009.09		GDAPS 현업 개선 -전지구모델 편차 보정 -편차보정방법 : Decaying average method		

36) 기상연구소 해양기상연구실에서는 2006년 1월 전구 및 지역 파랑 예측 시스템 모델 소스를 기존 WAM에서 WAVEWATCH-III로의 교체 작업을 수행하였으며, 2006년 12월부터 고해상도 지역 파랑예측 시스템(ReWW3) 및 국지연안 파랑예측 시스템(CoWW3) 6개 영역에 대한 시험운영 시작. 이후, 2007년 12월부터 현업 운영을 위한 안정도 테스트 후 2008년 3월부터 현업 운영.

37) 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)

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

39) 개선 사항: 수치예보 모델의 대체(WAM cycle4→WAVEWATCH-III V2.22), 수치예보 모델의 공간해상도와 스펙트럴 해상

연월	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 관측자료 전처리 과정 개선 ⁴⁰⁾	
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)
2010.06		개선된 초단기 분석 및 예측 시스템 (KLAPS) 현업 운영 ⁴¹⁾		
2010.07		통합모델 기반 황사농도단기 예측모델(ADAM) 현업 운영 ⁴²⁾ KWRF 모델 낮은 분석 체계로 현업 적용	SSMIS 위성자료동화 현업 적용	N320L50 현업운영 (2010.5.14~)
2010.08		통합모델 출력변수 조정에 관한 현업 변경 -84시간까지 모델면 자료 출력간격 조정		
2010.09		슈퍼컴퓨터 3호기 기반 수치예보 현업 개선 ⁴³⁾		
2010.10		사계절 황사농도예측모델 (UM-ADAM2) 현업 운영		
2010.11		수치예보 현업 개선 ⁴⁴⁾	지상자료 결측자료 오류 개선	3호기 최종분 시스템 Cray XE6 (758TF)
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 ⁴⁵⁾		

도 개선, 입력 자료의 주기를 12시간에서 6시간으로 단축

- 40) 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
- 41) 변경 사항: 버전 업그레이드(V2.2→V3.0), 1시간 간격 5km 예보, 분석시스템과 예측시스템을 통합하여 운영
- 42) 변경 사항: ADAM의 입력 기상장을 RDAPS에서 통합모델(UM 40km L50)로 전환, 모델 예측시간을 48시간에서 72시간으로 변경
- 43) 현업 개선 내용: 초단기예측시스템 하늘상태 실황/예측 자료 개선, 파랑실황도 현업화, 지역통합모델 레이어자료 처리과정 추가
- 44) 개선 사항: 초단기예측시스템 강수유형 판별 알고리즘 개선 적용, 강설 및 눈 혼합비 자료 생산 추가, 북반구 분석일기도 및 북반구 예상일기도 확대 생산

연월	주요 변경 사항			
	조직	모델	분석	컴퓨터 환경
2011.05	수치모델 관리관실	고해상도 통합모델(전구, 지역) 현업 운영 -전구(N512L70), 지역 (12kmL70)	전구, 지역: 4DVAR 태풍보거성기법개선 (지상기압추가) 직수신 MetOp ATOVS 자료 현업적용	3호기 최종분 시스템 Cray XE6 (758TF) N512L70 현업운영 (2011.5.23~)
		연직축 확장 앙상블 예측시스템 현업 운영 (UM N320 L70 M24)		
		지역자료동화체계(4DVAR) 운영		
2011.06		수치예보 현업 개선 ⁴⁶⁾		
		후처리 구름모의 운영 시작 (RADM)	RITOV 93 기반의 구름복사모의와 표출	
2011.08			기상1호 자료 현업 적용	
2011.12		천리안 대기운동벡터 활용 시작	고도별 에어분석, 가변적 QI 활용 기술 적용 드롭존데자료입력 모듈 현업적용 고해상도 존데자료 모니터링 파일 출력	
2012.01.		앙상블 TrimObstore 관측자료 전처리 개선 -missing된 관측 자료에서 발생하던 오류 처리		
2012.05		1.5km 재해기상예측모델 현업운영 ⁴⁷⁾ 확률예보기반 악기상예측 지수(EFI) 현업 제공	3DVAR(재해기상예보모델)	
2012.06		전지구 및 지역예보모델 물리 과정 개선 ⁴⁸⁾	전지구 분석해상도 개선(N144->N216)	
2013.06	전지구, 지역, 국지예보모델 예 측기간 ⁴⁹⁾ 연장 전지구, 지역, 국지예보모델 물 리과정 개선 ⁵⁰⁾ PS01 현업 운영(전지구, 지역 및 국지 개선)	하이브리드 4차원 변분자료 동 화 적용	PS01 ⁵¹⁾ (N512L70) 현업운영 (2013.6.20~)	
2013.10	모델 출력물 중 grain 추가			

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

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

47) 국지적으로 단시간에 발생하여 인명 및 재산 피해를 초래하는 위험/재해기상(이하 위험기상) 현상의 예측능력 향상을 위하여 지형, 토지이용도, 식생 등 지표자료 고도화(11.2), 잠열녀징 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

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

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

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

연월	주요 변경 사항			
	조직	모델	분석	컴퓨터 환경
2014.06	수치모델 관리관실	지역예보모델 입력용 기초자료 (Ancillary) 갱신(CAP7.7-8.1)	지점특화가이던스 산출 시스템 지원을 위한 출력자료 변경	PS02(지역/국지) 현업운영 (2014.6.20~)
		국지예보모델 입력용 기초자료 (Ancillary) 갱신(CAP7.7-8.1)	대규모 강수과정 및 경계층 물리과정 개선	
		지역/국지예보모델 버전 갱신52)		
2015.6	국립기상 과학원 수치모델 연구부	지역자료동화 및 모델 (RODB, R4VR - OPS, SURF, RDAPS) 개선 - SURF 활용 주기 강화(일 1회→4회) - 전지구예보모델에 활용 중인 8종의 에어러졸 기후값 처방의 지역모델 적용 - 전지구모델에 적용된 개선된 태풍보거싱 적용 - 위성자료 썬아내기(thinning) 조정 : 전지구와 동기화	전지구 자료동화 시스템 (G4VR - OPS, SURF) 개선 - 태풍보거싱 알고리즘개선 · 태풍의 강도가 약할 경우, 모조태풍 알고리즘 미적용 · 모조태풍 자료가 모두 사용될 수 있도록 QC 변수 조정 - SURF 개선 · 위성자료를 이용한 토양수분 정보 보정 작업 시 기존 MetOpA에 부가하여 MetOpB 정보 추가	슈퍼컴 4호기 초기분 시스템 Cray XC-40
2016.6	국립기상 과학원 수치모델 연구부	전지구예측시스템 (GDAPS) - 모델 역학과정 · UM 버전 업그레이드 : vn7.9 => vn8.5 · 해상도 변경 : N512(25km) => N768(17km) · 역학체계 변경 : New Dynamics => ENDGame · 역학 과정(Dynamics/ Solver/Diffusion) : 이류 운동방정식의 연직 내삽 방법 개선 · 중력과 항력(Gravity Wave Drag) : 지형에 의한 중력과 항력 및 유연성 개선	관측자료 전처리 및 자료동화 (OPS, ODB, VAR) 개선 - 관측자료 전처리 · OPS버전 업그레이드 (vn32.0) · ODB포맷의 관측 입력자료 생산과정 추가 · 정지위성 복사량(GOES E/W, MVIRI, SEVIRI), 극궤도위성자료(CrIS, ATMS) 및 GroundGPS 활용 추가	슈퍼컴 4호기 시스템 Cray XC-40 PS03 현업운영 (전지구/지역/국 지/양상블/ 국지양상블)

VN7.9PS28

51) Parallel Suite

연월	주요 변경 사항			
	조직	모델	분석	컴퓨터 환경
2016.6	국립기상과학원 수치모델연구부	<ul style="list-style-type: none"> - 모델 물리과정 <ul style="list-style-type: none"> · 대규모 강수과정(large scale precipitation) : 보슬비 입자크기 분포 개선 (Abel & Boutle, 2011) · 대류물리과정 (convection) : 대류 상승/하강 비율 및 QCL, QCF 하강 과정 개선 · 미세물리과정(large scale cloud) : 구름침식과정 개선 · 경계층 및 지면 물리과정 (PBL & Land-Surface process) : 대류 진단방식 (convective diagnosis) 중 해안 타일의 지면 알베도 개선 <p>국지예측시스템 (LDAPS)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 모델 역학과정 <ul style="list-style-type: none"> · UM 버전 업그레이드 : vn8.2 => vn10.1 · 역학체계 변경 : New Dynamics => ENDGame · 모델 가변격자 영역 확장 : 744 x 928 => 1188 x 1148 <p>전지구 확률예측시스템 (EPSG)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 모델 역학과정 <ul style="list-style-type: none"> · UM 버전 업그레이드 : vn7.9 => vn8.5 · 해상도 변경 : N320(40km) => N400(32km) · 역학체계 변경 : New Dynamics => ENDGame 	<p>전지구예측시스템 (GDAPS)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 자료동화 개선 <ul style="list-style-type: none"> · VAR 버전 업그레이드 (vn32.0) : 극지방의 PF모델 안정성 향상 · 자료동화 해상도 증가 : 기존 60km (N216) → 변경 40km (N320) · 하이브리드 4DVAR : 49개 멤버의 앙상블 섭동장 사용 · 이른분석에 지면자료동화 (SURF vn30.0.1) 적용 추가 <p>국지예측시스템 (LDAPS)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 자료동화 <ul style="list-style-type: none"> · 관측자료 전처리 : OPS vn27.2 => vn32.0 · 자료동화 : VAR vn29.2 => vn32.0 · 자료동화 도메인 확장 : 고정격자 도메인에서 가변격자 도메인으로 확장 	<p>슈퍼컴 4호기 시스템 Cray XC-40</p> <p>PS03 현업운영 (전지구/지역/국지/앙상블/국지앙상블)</p>

52) 지역예보모델 VN7.9PS28→VN8.2PS30, 국지예보모델 VN7.9PS28→VN8.2PS31

연월	주요 변경 사항			
	조직	모델	분석	컴퓨터 환경
2016.6	국립기상 과학원 수치모델 연구부	국지확률예측시스템 (LENS) · UM 버전 업그레이드 : vn8.2 => vn10.1 · 역학체계 변경 : New Dynamics => ENDGame		슈퍼컴 4호기 시스템 Cray XC-40 PS03 현업운영 (전지구/지역/국 지/양상블/ 국지양상블)
2016.10		전지구, 지역, 국지 파랑예측시스템 (GWW3, RWW3, CWW3) (10.31 현업적용) - 모델버전 업그레이드 : WAVEWATCH-III vn2.22 => vn3.14 - 전지구 파랑모델 해상도 입력주기 변경 : 6시간 => 3시간 - 지역 파랑모델 : 전지구 파랑모델로부터 제공된 측면경계자료 사용 - 유의파고 예측장의 풍파성분과 너울성분 분리 표출		
2016.12		황사, 연무예측시스템 (ADAM2, ADAM3) (12.29 현업적용) - 자료동화 모듈 적용 : 황사, 연무 관측자료(중국 및 한국관측 PM10 자료) 자료동화(최적내삽법)		

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) 관측자료

일반적으로 예보를 검증하기 위해 사용하는 참값은 관측 자료다. 우량계 관측, 기온 관측, 위성자료로부터 유도된 운량, 지위고도 분석 등이 관측 자료로 이용된다. 그러나 관측 자체에도 오차가 내포되어있으므로 정확한 참값으로 보기에는 어려운 점이 있다. 관측 자체에 내재된 무작위 오차(Random error)와 편차(BIAS error), 표본 오차와 대푯값 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 하여야한다.

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 검증 시 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 예시가 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 알림(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 만들어지는 지를 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 알림(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 대응하는 지를 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 예보든 관측이든 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 기율기의 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 보여주기 좋은 도구이다. 또한 예보의 공간 분해능에도 좌우된다.

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

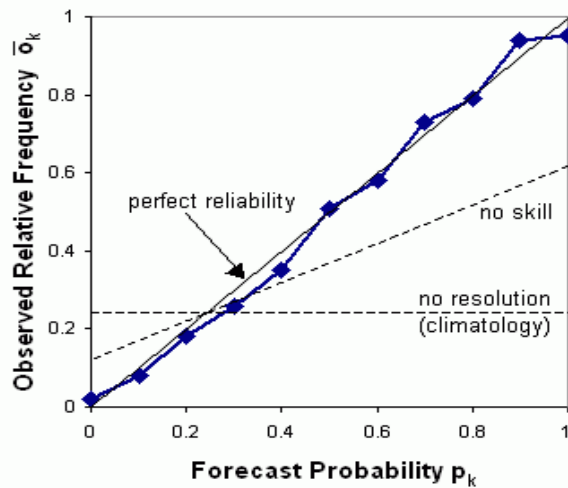
3) 확률 예측에 대한 검증방법

확률예보는 어떠한 사건이 발생할 확률을 0과 1 사이의 값(혹은 0에서 100%)으로 나타낸다. 일반적으로 단일 확률 예측을 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 확률 예보시스템은 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.

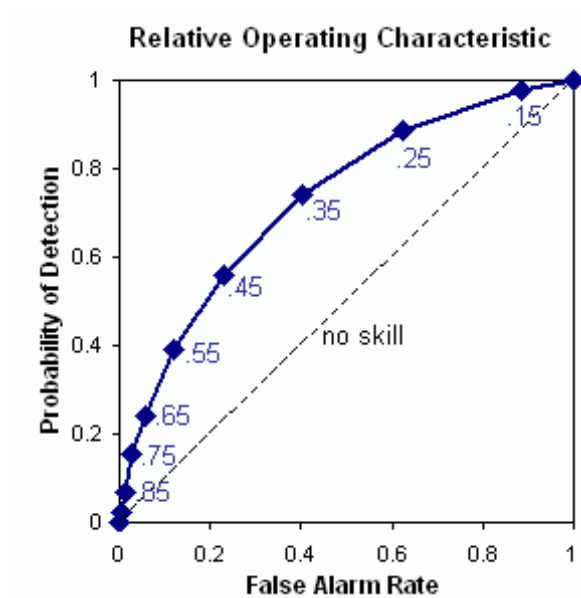
$$BSS = \frac{BS - BS_{reference}}{0 - BS_{reference}} = 1 - \frac{BS}{BS_{reference}}$$

(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. 상황에 따른 예보 분할표 (Contingency table)

		상황	
		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 M은 확률 예보의 범주를, p_k 는 예보 범주 k에서의 예측 확률, o_k 는 범주 k에서 관측유무에 대한 지시자(0=“아니요”, 1=“예”)이다. RPS는 다중 범주 확률 예보에서 확률 공간에서 제공 차의 누적 합이다. 범주가 2일 경우 RPS는 BS와 동일하며, 범주가 연속적일 경우 CRPS가 된다.

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

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

(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 사용자에 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(EP)을 구하면 F(예보가 빗나간 경우)나 M(현상을 놓친 경우)이 없으므로 위 식(1)에서 FC=0, ML=0이다. 그러므로 지출 비용 E=HC인데, 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(EC)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.

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

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

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

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

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

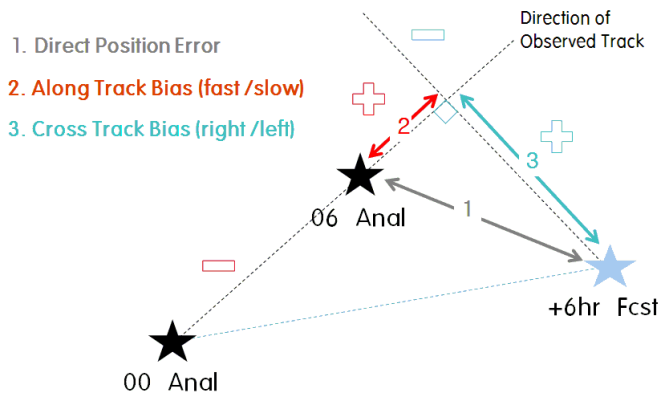
$$EV = HR - \left(\frac{C/L}{1 - C/L} \right) \left(\frac{1 - \bar{o}}{\bar{o}} \right) FAR \quad \text{if } C/L > \bar{o}$$

C.3 태풍 검증 방법

1) 이동속도와 방향성분을 고려한 오차 계산

태풍진로 예보검증에 사용되는 DPE는 예보위치와 분석위치 사이의 거리를 대권거리(大圈距離)로 정의한다. 대권거리를 구하는 방법으로는 간단하면서도 정확한 하버사인(Haversine) 식을 사용하였다. DPE는 이동속도와 방향의 개념을 포함하는 두 가지 지표 Along-Track Bias (ATB)와 Cross-Track Bias (CTB)로 다시 나누어 생각할 수 있다. Along-Track Error (ATE)는 $ATE = |ATB|$ 로, Cross-Track Error (CTE)는 $CTE = |CTB|$ 로 정의된다.

이동속도개념이 포함된 ATB는 태풍의 진행방향을 따르는 위치오차로, 이는 분석된 태풍이 예측된 태풍과 다른 속도로 움직였을 때 발생하는 오차이다. 양의 값은 예측된 태풍의 이동속도가 더 빨랐다는 의미이고, 음의 값은 예측된 태풍의 이동속도가 더 느렸다는 의미이다. 방향개념이 포함된 지표 CTB는 태풍의 진행방향에 수직인 축을 따르는 위치오차로 이는 분석된 태풍이 예측된 태풍과 다른 방향으로 움직였을 때 발생하는 오차이며, 예측위치가 태풍의 진행방향 양 옆으로 얼마나 벗어나 있는지 알 수 있다. 양의 값은 (북반구 기준) 예측된 태풍의 위치가 분석된 태풍의 진로에 대해 오른쪽으로 치우쳐 있다는 의미이고, 음의 값은 분석된 예측된 태풍의 위치가 분석된 태풍의 진로에 대해 왼쪽으로 치우쳐 있다는 의미이다. ATB와 CTB의 개념도는 아래의 그림과 같으며, 그림의 00 Anal과 06 Anal을 OB1, OB2 (태풍의 실제경로)로 두고, +6hr Fcst를 FC (6시간 후의 태풍예상 위치)로 두었을 때 ATB와 CTB를 구하는 공식은 식(1), (2)와 같다(Aemisegger, 2009).



$$ATB = \frac{(\overrightarrow{OB1\ OB2} \cdot \overrightarrow{OB1\ FC})}{\|\overrightarrow{OB1\ OB2}\|} - \|\overrightarrow{OB1\ OB2}\| \quad , \quad ATE = |ATB| \quad \dots\dots (1)$$

$$CTB = \sqrt{\|\overrightarrow{OB1\ FC}\|^2 - \frac{(\overrightarrow{OB1\ OB2} \cdot \overrightarrow{OB1\ FC})^2}{\|\overrightarrow{OB1\ OB2}\|^2}} \quad , \quad CTE = |CTB| \quad \dots\dots (2)$$

(※ $\| \ \|$ 는 벡터의 크기를 의미함.)