

발 간 등 록 번 호

11-1360000-000230-10

2010-01

수치모델관리관실 기술보고서

2010년 2월

수치예보 시스템의 검증 (2009년)

손주형¹⁾, 박상욱²⁾, 원성희³⁾,
박종숙²⁾, 박영연¹⁾

- 1) 기상청 예보국 수치모델개발과
- 2) 국립기상연구소 지구환경시스템연구과
- 3) 기상청 예보국 국가태풍센터

서울 동작구 기상청길 45 기상청 예보국 수치모델관리관실 (156-720)

전화: 02-2181-0522, 본 기술노트의 저작권은 기상청에 있습니다.

차 례

표 차례	ii
그림 차례	vii
1. 현업 수치모델 운영 현황 및 주요 특성	1
2. 2009년 수치예보 현업 모델 변경 사항	5
2.1 전지구모델 현업 개선 사항	5
2.1.1 500hPa 고도 편차보정(Decaying Average Method) 적용 (2009.01)	5
2.1.2 구름양 진단법 교체 (2009.01)	5
2.2 지역모델 현업 개선 사항	6
2.2.1 KWRF 모델개선	6
2.2.2 분석(U3VR) 개선	6
2.3 파랑모델 현업 개선 사항	7
2.3.1 전지구 고해상도 파랑예측 시스템(GWW3) 운영 (2009.05)	7
3. 2009년 모델 성능 분석	8
3.1 전지구 모델	8
3.2 지역 모델	8
3.3 앙상블 모델	10
3.4 통계 모델	11
3.5 파랑 모델	11
3.6 태풍 모델	11
4. 검증 결과	12
4.1 전지구예보 모델	12
4.1.1 전지구 모델 성능 변화 추세	12
4.1.1.1 500 hPa 고도장의 RMSE	12
4.1.1.2 850 hPa 기온의 RMSE	14
4.1.1.3 250 hPa 바람의 RMSE	15
4.1.2 전지구모델 분석 검증	17
4.1.2.1 북반구 분석 검증	17
4.1.2.2 열대지역 분석검증	21
4.1.2.3 남반구 분석검증	25
4.1.3 전지구모델 관측 검증	30
4.1.3.1 존데자료를 이용한 아시아 영역 검증	30
4.1.3.2 ASOS 강수 검증	33
4.2 지역예보 모델	36

4.2.1 지역모델 성능 변화 추세	36
4.2.2 지역모델 초기장/분석장 검증	38
4.2.2.1 RDAPS 30km 초기장 검증	38
4.2.2.2 KWRF 10km 분석장 검증	40
4.2.3 지역모델 관측 검증	42
4.2.3.1 KWRF, RDAPS 성능 비교	42
4.2.3.2 존데자료를 이용한 RDAPS 30km 검증	43
4.2.3.3 존데자료를 이용한 KWRF 10km 검증	45
4.2.3.4 ASOS RDAPS 30km 강수검증	47
4.2.3.5 ASOS KWRF 10km 강수검증	50
4.3 양상블예보 모델	53
4.3.1 양상블모델 성능 변화 추세	54
4.3.2 양상블모델 분석검증	57
4.4 통계 모델 및 강수 확률 검증	77
4.4.1 통계모델 성능 변화 추세	77
4.4.2 통계모델 최고·최저기온(PPM, KLMN, GDLM) 예보 검증	80
4.4.3 3시간 기온(RDLM) 예보 검증	82
4.4.4 강수 확률(PPM PoP) 검증	84
4.5 전지구/지역/국지연안 파랑예보 검증	91
4.5.1 예측 성능 변화 추세	91
4.5.2 부이 검증	92
4.5.2.1 전지구 파랑모델 (GoWW3) 부이 검증	92
4.5.2.2 지역 파랑모델 (ReWW3) 부이 검증	98
4.5.2.3 국지연안 파랑모델 (CoWW3) 부이 검증	108
4.5.3 위성 검증	116
4.5.3.1 전지구파랑모델 (GoWW3) 위성 검증	116
4.6 태풍 모델	118
4.6.1 태풍모델의 성능 변화 추세	118
4.6.1.1 태풍진로오차	118
4.6.2 태풍진로오차	120
부록 A. 모델 검증 영역 및 관측자료	121
부록 B. 검증 방법	128

표 차례

표 1.1 전지구 예보시스템 모델 특성.	1
표 1.2 지역 예보시스템의 모델 특성	2

표 1.3	앙상블 예측 시스템의 주요 특성	3
표 1.4	통계 모델들의 주요 특성	3
표 1.5	전지구/지역/국지연안 파랑모델 주요 특성	4
표 1.6	태풍 모델의 주요 특성	4
표 4.1.1	GDAPS 북반구 해면기압(MSLP) Mean Error [hPa] 분석검증	17
표 4.1.2	GDAPS 북반구 해면기압(MSLP) RMSE [hPa] 분석검증	17
표 4.1.3	GDAPS 북반구 해면기압(MSLP) S1 Score [무차원] 분석검증	17
표 4.1.4	GDAPS 북반구 850hPa 기온 Mean Error [°C] 분석검증	18
표 4.1.5	GDAPS 북반구 850hPa 기온 RMSE [°C] 분석검증	18
표 4.1.6	GDAPS 북반구 850hPa 기온 S1 Score [무차원] 분석검증	18
표 4.1.7	GDAPS 북반구 850hPa 기온 Anomaly Correlation [무차원] 분석검증	19
표 4.1.8	GDAPS 북반구 500hPa 고도 Mean Error [m] 분석검증	19
표 4.1.9	GDAPS 북반구 500hPa 고도 RMSE [m] 분석검증	19
표 4.1.10	GDAPS 북반구 500hPa 고도 S1 Score [무차원] 분석검증	20
표 4.1.11	GDAPS 북반구 500hPa 고도 Anomaly Correlation [무차원] 분석검증	20
표 4.1.12	GDAPS 북반구 250hPa 풍속 Mean Error [m/s] 분석검증	20
표 4.1.13	GDAPS 북반구 250hPa 풍속 RMSE [m/s] 분석검증	21
표 4.1.14	GDAPS 열대 해면기압(MSLP) Mean Error [hPa] 분석검증	21
표 4.1.15	GDAPS 열대 해면기압(MSLP) RMSE [hPa] 분석검증	21
표 4.1.16	GDAPS 열대 해면기압(MSLP) S1 Score [hPa] 분석검증	22
표 4.1.17	GDAPS 열대 850hPa 기온 Mean Error [°C] 분석검증	22
표 4.1.18	GDAPS 열대 850hPa 기온 RMSE [°C] 분석검증	22
표 4.1.19	GDAPS 열대 850hPa 기온 S1 Score [무차원] 분석검증	23
표 4.1.20	GDAPS 열대 850hPa 기온 Anomaly Correlation [무차원] 분석검증	23
표 4.1.21	GDAPS 열대 500hPa 고도 Mean Error [m] 분석검증	23
표 4.1.22	GDAPS 열대 500hPa 고도 RMSE [m] 분석검증	24
표 4.1.23	GDAPS 열대 500hPa 고도 S1 Score [무차원] 분석검증	24
표 4.1.24	GDAPS 열대 500hPa 고도 Anomaly Correlation [무차원] 분석검증	24
표 4.1.25	GDAPS 열대 250hPa 풍속 Mean Error [m/s] 분석검증	25
표 4.1.26	GDAPS 열대 250hPa 풍속 RMSE [m/s] 분석검증	25
표 4.1.27	GDAPS 남반구 해면기압(MSLP) Mean Error [hPa] 분석검증	25
표 4.1.28	GDAPS 남반구 해면기압(MSLP) RMSE [hPa] 분석검증	26
표 4.1.29	GDAPS 남반구 해면기압(MSLP) S1 Score [무차원] 분석검증	26
표 4.1.30	GDAPS 남반구 850 hPa 기온 Mean Error [°C] 분석검증	26
표 4.1.31	GDAPS 남반구 850 hPa 기온 RMSE [°C] 분석검증	27
표 4.1.32	GDAPS 남반구 850 hPa 기온 S1 Score [무차원] 분석검증	27
표 4.1.33	GDAPS 남반구 850 hPa 기온 Anomaly Correlation [무차원] 분석검증	27
표 4.1.34	GDAPS 남반구 500 hPa 고도 Mean Error [m] 분석검증	28
표 4.1.35	GDAPS 남반구 500 hPa 고도 RMSE [m] 분석검증	28
표 4.1.36	GDAPS 남반구 500 hPa 고도 S1 Score [무차원] 분석검증	28

표 4.1.37 GDAPS 남반구 500 hPa 고도 Anomaly Correlation [무차원] 분석검증	29
표 4.1.38 GDAPS 남반구 250 hPa 풍속 Mean Error [m/s] 분석검증	29
표 4.1.39 GDAPS 남반구 250 hPa 풍속 RMSE [m/s] 분석검증	29
표 4.1.40 GDAPS 아시아 850 hPa 기온 Mean Error [°C] 관측검증	30
표 4.1.41 GDAPS 아시아 850 hPa 기온 RMSE [°C] 관측검증	30
표 4.1.42 GDAPS 아시아 850 hPa 기온 TRAND [무차원] 관측검증	30
표 4.1.43 GDAPS 아시아 500 hPa 고도 Mean Error [m/s] 관측검증	31
표 4.1.44 GDAPS 아시아 500 hPa 고도 RMSE [m/s] 관측검증	31
표 4.1.45 GDAPS 아시아 500 hPa 고도 TRAND [무차원] 관측검증	31
표 4.1.46 GDAPS 아시아 250 hPa 풍속 Mean Error [m/s] 관측검증	32
표 4.1.47 GDAPS 아시아 250 hPa 풍속 RMSE [m/s] 관측검증	32
표 4.1.48 GDAPS 한반도 76개 지점에 대한 강수 TS	33
표 4.1.49 GDAPS 한반도 76개 지점에 대한 강수 ETS	34
표 4.1.50 GDAPS 한반도 76개 지점에 대한 강수 BIAS	35
 표 4.2.1 RDAPS 30km 850 hPa 기온의 Mean Error [°C] 초기장 검증	38
표 4.2.2 RDAPS 30km 850 hPa 기온의 RMSE [°C] 초기장 검증	38
표 4.2.3 RDAPS 30km 850 hPa 기온의 S1 Score [무차원] 초기장 검증	38
표 4.2.4 RDAPS 30km 500 hPa 고도의 Mean Error [m] 초기장 검증	38
표 4.2.5 RDAPS 30km 500 hPa 고도의 RMSE [m] 초기장 검증	39
표 4.2.6 RDAPS 30km 500 hPa 고도의 S1 Score [무차원] 초기장 검증	39
표 4.2.7 RDAPS 30km 300 hPa 풍속의 Mean Error [m/s] 초기장 검증	39
표 4.2.8 RDAPS 30km 300 hPa 풍속의 RMSE [m/s] 초기장 검증	39
표 4.2.9 KWRF 10km 850 hPa 기온의 Mean Error [°C] 초기장 검증	40
표 4.2.10 KWRF 10km 850 hPa 기온의 RMSE [°C] 초기장 검증	40
표 4.2.11 KWRF 10km 850 hPa 기온의 S1 Score [무차원] 초기장 검증	40
표 4.2.12 KWRF 10km 500 hPa 고도의 Mean Error [°C] 초기장 검증	40
표 4.2.13 KWRF 10km 500 hPa 고도의 RMSE [°C] 초기장 검증	41
표 4.2.14 KWRF 10km 500 hPa 고도의 S1 Score [무차원] 초기장 검증	41
표 4.2.15 KWRF 10km 300 hPa 풍속의 Mean Error [m/s] 초기장 검증	41
표 4.2.16 KWRF 10km 300 hPa 풍속의 RMSE [m/s] 초기장 검증	41
표 4.2.17 RDAPS 30km 850 hPa 기온의 Mean Error [°C] 관측 검증	43
표 4.2.18 RDAPS 30km 850 hPa 기온의 RMSE [°C] 관측 검증	43
표 4.2.19 RDAPS 30km 500 hPa 고도의 Mean Error [m] 관측 검증	44
표 4.2.20 RDAPS 30km 500 hPa 고도의 RMSE [m] 관측 검증	44
표 4.2.21 RDAPS 30km 300 hPa 풍속의 Mean Error [m/s] 관측 검증	44
표 4.2.22 RDAPS 30km 300 hPa 풍속의 RMSE [m/s] 관측 검증	44
표 4.2.23 KWRF 10km 850 hPa 기온의 Mean Error [°C] 관측 검증	45
표 4.2.24 KWRF 10km 850 hPa 기온의 RMSE [°C] 관측 검증	45
표 4.2.25 KWRF 10km 500 hPa 고도의 Mean Error [m] 관측 검증	45
표 4.2.26 KWRF 10km 500 hPa 고도의 RMSE [m] 관측 검증	45

표 4.2.27 KWRF 10km 300 hPa 풍속의 Mean Error [m/s] 관측 검증	46
표 4.2.28 KWRF 10km 300 hPa 풍속의 RMSE [m/s] 관측 검증	46
표 4.2.29 RDAPS 한반도 76개 지점에 대한 강수 TS	47
표 4.2.30 RDAPS 한반도 76개 지점에 대한 강수 ETS	48
표 4.2.31 RDAPS 한반도 76개 지점에 대한 강수 BIAS	49
표 4.2.32 KWRF 한반도 76개 지점에 대한 강수 TS	50
표 4.2.33 KWRF 한반도 76개 지점에 대한 강수 ETS	51
표 4.2.34 KWRF 한반도 76개 지점에 대한 강수 BIAS	52
표 4.3.1 2008년 1월 전후 변수별 확률검증 변경 사항	53
표 4.3.2 양상블 북반구 500hPa 고도 RMSE [m] 분석검증	57
표 4.3.3 양상블 북반구 500hPa 고도 Anomaly Correlation [무차원] 분석검증	57
표 4.3.4 양상블 북반구 500hPa 고도 CRPSS [무차원] 분석검증	57
표 4.3.5 양상블 북반구 500hPa 고도 +1 표준편자 이상 BSS [무차원] 분석검증	57
표 4.3.6 양상블 북반구 850hPa 기온 RMSE [m] 분석검증	67
표 4.3.7 양상블 북반구 850hPa 기온 Anomaly Correlation [무차원] 분석검증	67
표 4.3.8 양상블 북반구 850hPa 기온 CRPSS [무차원] 분석검증	67
표 4.3.9 양상블 북반구 850hPa 기온 +1 표준편자 이상 BSS [무차원] 분석검증	67
표 4.4.1 PPM, KLMN, GDLM 월별 최고기온 Mean Error	80
표 4.4.2 PPM, KLMN, GDLM 월별 최저기온 Mean Error	80
표 4.4.3 PPM, KLMN, GDLM 월별 최고기온 RMSE	81
표 4.4.4 PPM, KLMN, GDLM 월별 최저기온 RMSE	81
표 4.4.5 RDLM 월별 00UTC 예보기온 Mean Error	82
표 4.4.6 RDLM 월별 12UTC 예보기온 Mean Error	82
표 4.4.7 RDLM 월별 00UTC 예보기온 RMSE	83
표 4.4.8 RDLM 월별 12UTC 예보기온 RMSE	83
표 4.4.9 남한 31개 지점의 평균 월별 PPM PoP Brier Score	84
표 4.4.10 속초 지점의 월별 PPM PoP Brier Score	84
표 4.4.11 철원 지점의 월별 PPM PoP Brier Score	84
표 4.4.12 춘천 지점의 월별 PPM PoP Brier Score	84
표 4.4.13 강릉 지점의 월별 PPM PoP Brier Score	85
표 4.4.14 서울 지점의 월별 PPM PoP Brier Score	85
표 4.4.15 인천 지점의 월별 PPM PoP Brier Score	85
표 4.4.16 원주 지점의 월별 PPM PoP Brier Score	85
표 4.4.17 울릉도 지점의 월별 PPM PoP Brier Score	85
표 4.4.18 수원 지점의 월별 PPM PoP Brier Score	86
표 4.4.19 서산 지점의 월별 PPM PoP Brier Score	86
표 4.4.20 울진 지점의 월별 PPM PoP Brier Score	86
표 4.4.21 청주 지점의 월별 PPM PoP Brier Score	86
표 4.4.22 대전 지점의 월별 PPM PoP Brier Score	86

표 4.4.23	추풍령 지점의 월별 PPM PoP Brier Score	87
표 4.4.24	안동 지점의 월별 PPM PoP Brier Score	87
표 4.4.25	포항 지점의 월별 PPM PoP Brier Score	87
표 4.4.26	군산 지점의 월별 PPM PoP Brier Score	87
표 4.4.27	대구 지점의 월별 PPM PoP Brier Score	87
표 4.4.28	전주 지점의 월별 PPM PoP Brier Score	88
표 4.4.29	울산 지점의 월별 PPM PoP Brier Score	88
표 4.4.30	마산 지점의 월별 PPM PoP Brier Score	88
표 4.4.31	광주 지점의 월별 PPM PoP Brier Score	88
표 4.4.32	부산 지점의 월별 PPM PoP Brier Score	88
표 4.4.33	통영 지점의 월별 PPM PoP Brier Score	89
표 4.4.34	목포 지점의 월별 PPM PoP Brier Score	89
표 4.4.35	여수 지점의 월별 PPM PoP Brier Score	89
표 4.4.36	완도 지점의 월별 PPM PoP Brier Score	89
표 4.4.37	제주 지점의 월별 PPM PoP Brier Score	89
표 4.4.38	고산 지점의 월별 PPM PoP Brier Score	90
표 4.4.39	서귀포 지점의 월별 PPM PoP Brier Score	90
표 4.4.40	진주 지점의 월별 PPM PoP Brier Score	90
표 4.5.1	전지구 파랑모델(GoWW3) 2008년도와 2009년도 BIAS, RMSE, CORR +00H 비교	92
표 4.5.2	전지구 파랑모델(GoWW3) 2008년도와 2009년도 BIAS, RMSE, CORR +24H 비교	93
표 4.5.3	전지구 파랑모델(GoWW3) 2008년도와 2009년도 BIAS, RMSE, CORR +48H 비교	94
표 4.5.4	전지구 파랑모델(GoWW3) 2008년도와 2009년도 BIAS, RMSE, CORR +72H 비교	95
표 4.5.5	전지구 파랑모델(GoWW3) 2008년도와 2009년도 BIAS, RMSE, CORR +96H 비교	96
표 4.5.6	전지구 파랑모델(GoWW3) 2008년도와 2009년도 BIAS, RMSE, CORR +120H 비교	97
표 4.5.7	지역 파랑모델(ReWW3) 덕적도 부이 (22101) 지점 BIAS	98
표 4.5.8	지역 파랑모델(ReWW3) 덕적도 부이 (22101) 지점 RMSE	98
표 4.5.9	지역 파랑모델(ReWW3) 칠발도 부이 (22102) 지점 BIAS	98
표 4.5.10	지역 파랑모델(ReWW3) 칠발도 부이 (22102) 지점 RMSE	98
표 4.5.11	지역 파랑모델(ReWW3) 거문도 부이 (22103) 지점 BIAS	98
표 4.5.12	지역 파랑모델(ReWW3) 거문도 부이 (22103) 지점 RMSE	99
표 4.5.13	지역 파랑모델(ReWW3) 거제도 부이 (22104) 지점 BIAS	99
표 4.5.14	지역 파랑모델(ReWW3) 거제도 부이 (22104) 지점 RMSE	99
표 4.5.15	지역 파랑모델(ReWW3) 동해 부이 (22105) 지점 BIAS	99
표 4.5.16	지역 파랑모델(ReWW3) 동해 부이 (22105) 지점 RMSE	99

표 4.5.13 지역 파랑모델(ReWW3) 포항 부이 (22106) 지점 BIAS	100
표 4.5.14 지역 파랑모델(ReWW3) 포항 부이 (22106) 지점 RMSE	100
표 4.5.15 지역 파랑모델(ReWW3) 마라도 부이 (22107) 지점 BIAS	100
표 4.5.16 지역 파랑모델(ReWW3) 마라도 부이 (22107) 지점 RMSE	100
표 4.5.17 국지연안 파랑모델(CoWW3) 덕적도 부이 (22101) 지점 BIAS	108
표 4.5.18 국지연안 파랑모델(CoWW3) 덕적도 부이 (22101) 지점 RMSE	108
표 4.5.19 국지연안 파랑모델(CoWW3) 칠발도 부이 (22102) 지점 BIAS	108
표 4.5.20 국지연안 파랑모델(CoWW3) 칠발도 부이 (22102) 지점 RMSE	108
표 4.5.21 국지연안 파랑모델(CoWW3) 거문도 부이 (22103) 지점 BIAS	108
표 4.5.22 국지연안 파랑모델(CoWW3) 거문도 부이 (22103) 지점 RMSE	108
표 4.5.23 국지연안 파랑모델(CoWW3) 거제도 부이 (22104) 지점 BIAS	109
표 4.5.24 국지연안 파랑모델(CoWW3) 거제도 부이 (22104) 지점 RMSE	109
표 4.5.25 국지연안 파랑모델(CoWW3) 동해 부이 (22105) 지점 BIAS	109
표 4.5.26 국지연안 파랑모델(CoWW3) 동해 부이 (22105) 지점 RMSE	109
표 4.5.27 전지구파랑모델 (GoWW3) 위성에 대한 유의파고 BIAS	116
표 4.5.28 전지구파랑모델 (GoWW3) 위성에 대한 유의파고 RMSE	116
 표 4.6.1 2009년도 모델별 태풍 진로 오차 [단위: km]	120

그림 차례

그림 3.1 GDAPS 북반구 분석검증 RMSE 2008년 대비 개선 정도	8
그림 3.2 RDAPS · KWRF 관측검증 RMSE 2008년 대비 개선 정도	9
그림 3.3 RDAPS · KWRF 강수 검증 비교	10
그림 3.4 앙상블 북반구 CRPSS 2008년 대비 개선 정도	10
 그림 4.1.1 GDAPS 북반구 500 hPa 고도의 예측 시간별 월평균 RMSE	12
그림 4.1.2 GDAPS 남반구 500 hPa 고도의 예측 시간별 월평균 RMSE	13
그림 4.1.3 GDAPS 적도 500 hPa 고도의 예측 시간별 월평균 RMSE	13
그림 4.1.4 GDAPS 북반구 850 hPa 기온의 예측 시간별 월평균 RMSE	14
그림 4.1.5 GDAPS 남반구 850 hPa 기온의 예측 시간별 월평균 RMSE	14
그림 4.1.6 GDAPS 적도 850 hPa 기온의 예측 시간별 월평균 RMSE	15
그림 4.1.7 GDAPS 북반구 250 hPa 풍속의 예측 시간별 월평균 RMSE	15
그림 4.1.8 GDAPS 남반구 250 hPa 풍속의 예측 시간별 월평균 RMSE	16
그림 4.1.9 GDAPS 적반구 250 hPa 풍속의 예측 시간별 월평균 RMSE	16
 그림 4.2.1 지역모델 500 hPa 고도의 예측 시간별 월평균 RMSE	36
그림 4.2.2 지역모델 850 hPa 기온의 예측 시간별 월평균 RMSE	36
그림 4.2.3 지역모델 300 hPa 풍속의 예측 시간별 월평균 RMSE	37

그림 4.2.4 KWRF, RDAPS 850 hPa 기온 관측검증 RMSE의 월평균 시계열	42
그림 4.2.5 KWRF, RDAPS 500 hPa 고도 관측검증 RMSE의 월평균 시계열	42
그림 4.2.6 KWRF, RDAPS 850 hPa 기온 관측검증 RMSE의 월평균 시계열	43
그림 4.3.1 앙상블모델 북반구 500 hPa 고도의 예측 시간별 월평균 RMSE	54
그림 4.3.2 앙상블모델 북반구 500 hPa 고도의 예측 시간별 월평균 Anomaly correlation	54
그림 4.3.3 앙상블모델 북반구 500 hPa 고도의 예측 시간별 월평균 CRPSS	55
그림 4.3.4 앙상블모델 북반구 850 hPa 기온의 예측 시간별 월평균 RMSE	55
그림 4.3.5 앙상블모델 북반구 850 hPa 기온의 예측 시간별 월평균 Anomaly correlation	56
그림 4.3.6 앙상블모델 북반구 850 hPa 기온의 예측 시간별 월평균 CRPSS	56
그림 4.3.7 앙상블모델 북반구 500 hPa 고도 5일 예보의 +1 표준편차에 대한 월별 Reliability Diagram과 Talagrand Diagram. 1월-4월	58
그림 4.3.7 (계속) 단 5월-8월	59
그림 4.3.7 (계속) 단 9월-12월	60
그림 4.3.8 앙상블모델 북반구 500 hPa 고도 5일 예보의 +1 표준편차에 대한 월별 Brier Score. 1월-6월	61
그림 4.3.8 (계속) 단 7월-12월	62
그림 4.3.9 앙상블모델 북반구 500 hPa 고도 5일 예보의 +1 표준편차에 대한 월별 ROC Curve 1월-6월	63
그림 4.3.9 (계속) 단, 7월-12월	64
그림 4.3.10 앙상블모델 북반구 500 hPa 고도 5일 예보의 +1 표준편차에 대한 월별 Economic Value Curve. 1월-6월	65
그림 4.3.10 (계속) 단, 1월-6월	66
그림 4.3.11 앙상블모델 북반구 850 hPa 기온 5일 예보의 +1 표준편차에 대한 월별 Reliability Diagram과 Talagrand Diagram. 1월-4월	68
그림 4.3.11 (계속) 단, 5월-8월	69
그림 4.3.11 (계속) 단, 9월-12월	70
그림 4.3.12 앙상블모델 북반구 850 hPa 기온 5일 예보의 +1 표준편차에 대한 월별 Brier Score. 1월-6월	71
그림 4.3.12 (계속) 단, 7월-12월	72
그림 4.3.13 앙상블모델 북반구 850 hPa 기온 5일 예보의 +1 표준편차에 대한 월별 ROC Curve. 1월-6월	73
그림 4.3.13 (계속), 단 7월-12월	74
그림 4.3.14 앙상블모델 북반구 850 hPa 기온 5일 예보의 +1 표준편차에 대한 월별 Economic Value Curve. 1월-6월	75
그림 4.3.14 (계속) 단, 7월-12월	76
그림 4.4.1 KLMN 최고기온 월별 RMSE 성능 변화	77
그림 4.4.2 KLMN 최저기온 월별 RMSE 성능 변화	77
그림 4.4.3 PPM 최고기온 월별 RMSE 성능 변화	78
그림 4.4.4 PPM 최저기온 월별 RMSE 성능 변화	78

그림 4.4.5 GDLM 최고기온 월별 RMSE 성능 변화	79
그림 4.4.6 GDLM 최저기온 월별 RMSE 성능 변화	79
그림 4.5.1 전지구 파랑모델(GoWW3) 유의파고 위성검증 RMSE	91
그림 4.5.2 전지구 파랑모델 (GoWW3) 유의파고 부이검증 RMSE	91
그림 4.5.3 지역 파랑모델 (ReWW3) 유의파고 부이검증 RMSE	91
그림 4.5.4 CoWW3 +00H 예보장에 대한 2008년 대비 2009년 성능 비교. BIAS, RMSE, Correlation	92
그림 4.5.5 CoWW3 +24H예보장에 대한 2008년 대비 2009년 성능 비교. BIAS, RMSE, Correlation	93
그림 4.5.6 CoWW3 +48H예보장에 대한 2008년 대비 2009년 성능 비교. BIAS, RMSE, Correlation	94
그림 4.5.7 CoWW3 +72H예보장에 대한 2008년 대비 2009년 성능 비교. BIAS, RMSE, Correlation	95
그림 4.5.8 CoWW3 +96H예보장에 대한 2008년 대비 2009년 성능 비교. BIAS, RMSE, Correlation	96
그림 4.5.9 CoWW3 +120H예보장에 대한 2008년 대비 2009년 성능 비교. BIAS, RMSE, Correlation	97
그림 4.5.10 덕적도 부이 관측(검은색 실선)과 ReWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2009년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고.	101
그림 4.5.11 칠발도 부이 관측(검은색 실선)과 ReWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2009년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고.	102
그림 4.5.13 거제도 부이 관측(검은색 실선)과 ReWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2009년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고.	104
그림 4.5.14 동해 부이 관측(검은색 실선)과 ReWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2009년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고.	105
그림 4.5.15 포항 부이 관측(검은색 실선)과 ReWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2009년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고	106
그림 4.5.16 마라도 부이 관측(검은색 실선)과 ReWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2009년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고.	107
그림 4.5.17 덕적도 부이 관측(검은색 실선)과 CoWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2009년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고.	110
그림 4.5.18 칠발도 부이 관측(검은색 실선)과 CoWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2009년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고.	111
그림 4.5.19 거문도 부이 관측(검은색 실선)과 CoWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2009년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고.	112
그림 4.5.20 거제도 부이 관측(검은색 실선)과 CoWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2009년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고.	113
그림 4.5.21 동해 부이 관측(검은색 실선)과 CoWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2009년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고.	114
그림 4.5.22 5개 부이관측지점(22101~22105)에 대한 CoWW3(붉은색)과 ReWW3(파란색)의 +24H 예측 유의파고의 BIAS(왼쪽)와 RMSE(오른쪽)	115

그림 4.5.23 Jason 위성에 대한 GoWW3 의 +24H 예측 유의파고의 월별 산포도	117
그림 4.6.1 GDAPS의 태풍진로오차 성능 변화. (T213L40: 2005년 이전, T426L40: 2006년 이후)	118
그림 4.6.2 RDAPS의 태풍진로오차 성능 변화	118
그림 4.6.3 순압태풍모델의 태풍진로오차 성능 변화. (BATS: 2003년 이전, DVAR: 2004년 이후)	119
그림 4.6.4 앙상블모델의 태풍진로오차 성능 변화	119
그림 4.6.5 2009년도 모델별 태풍 진로 오차	120

1. 현업 수치모델의 운영 현황 및 주요 특성

2005년 11월까지 슈퍼컴퓨터 1호기에서 현업 운영했던 모델들은 전지구 예보시스템(Global Data Assimilation and Prediction System, GDAPS) 2종, 지역 예보시스템(Regional Data Assimilation and Prediction System, RDAPS) 3종, 태풍 모델(Double-Fourier Series Barotropic Typhoon Model, DBAR), 통계 모델, 파랑 모델(Wave Model, WAM), 앙상블 예보시스템(Ensemble Prediction System, EPS)이다. 통계 모델은 KFM(Kalman Filter Method), GDLM(GDAPS Dynamic Linear Model), RDLM(RDAPS Dynamic Linear Model), PPM(Perfect Prog Method)이며, 파랑 모델은 전지구파랑 모델(Global WAVEWATCH-III, GoWW3), 지역파랑 모델(Regional WAVEWATCH-III, ReWW3), 국지연안 파랑모델(Coastal WAVEWATCH-III, CoWW3)로 구성되어 있다.

2004년 12월 슈퍼컴퓨터 2호기가 가동되면서 T426L40의 전구모델을 시험운영 하다 슈퍼컴퓨터 1호기 가동이 중단된 2005년 12월 이후 현업화 되었다. 따라서 향상된 해상도의 전구모델을 기본으로 30km 지역모델의 영역을 확장하였고, 예보시간도 66시간으로 늘어났다. 또한 앙상블 모델의 해상도도 T106L30에서 T213L40으로 향상되었다. 2007년 5월에는 10km 해상도의 KWRF 지역모델이 현업화 되었으며 이에 대응하여 같은 해 6월부터 KWRF 월검증이 수행되고 있다. 2008년 3월에는 이전 지역 파랑모델(Regional WAM, ReWAM)의 모델을 대체하고(WAM → WAVEWATCH-III) 수평해상도를 개선한($1/4^\circ \rightarrow 1/12^\circ$) 새로운 지역파랑모델(Regional WAVEWATCH-III, ReWW3)의 운영을 시작하였다. 또한 기상청 해양 예보구역에 따른 6개 영역으로 구분된 국지연안 파랑모델(Coastal WAVEWATCH-III, CoWW3)의 운영을 새롭게 시작하였다. 2009년 5월에는 이전 전지구 파랑모델(Global WAM, GoWAM)의 모델을 대체하고(WAM → WAVEWATCH-III) 수평해상도를 개선한($1.25^\circ \rightarrow 0.5^\circ$) 새로운 전지구 파랑모델(Global WAVEWATCH-III, GoWW3)의 운영을 시작하였다.

표 1.1은 전지구 예보시스템, 표 1.2는 지역 예보시스템, 표 1.3은 앙상블 모델에 관련된 주요 특성, 표 1.4는 통계 모델, 표 1.5는 파랑 모델, 표 1.6는 태풍 모델(DBAR)을 간략히 나타낸 것이다.

표 1.1 전지구 예보시스템 모델 특성.

시스템	슈퍼컴퓨터 2호기
모델	GDAPS (T426L40)
기본방정식	하이브리드 좌표계를 이용한 원시방정식

수평분해능	30km
영역	Global
연직층수	40층 ($\sim 0.4\text{hPa}$)
분석	3차원 변분법
예보시간	10일 (2회/일, 00, 12UTC)
시간적분	반암시적 시간적분
수평확산	2차 수평확산
습윤과정	Kuo 방안, 대규모 응결, 천해대류방안
복사	장파복사, 단파복사를 매 1시간마다 계산
중력파저항	장파(파장 $> 100\text{km}$), 단파(파장 10km)
PBL 과정	비국지 방안
지표면	Simple biosphere model
지표상태	NOAA 일별 SST, 토양수분, 적설량, 지중온도는 기후값 사용

표 1.2 지역 예보시스템의 모델 특성

시스템	슈퍼컴퓨터 2호기					
	지역모델 KWRF	지역모델 RDAPS	고분해능 모델 RDAPS			
역학과정	비정역학계		비정역학계			
분해능	10 km	30 km	10 km	5 km		
격자개수	574 × 514	201 × 251	160 × 178	141 × 141		
시간적분간격	60초	75초	30초	15초		
연직층수	31층(지상 ~ 50hPa)	33층(지상 ~ 50hPa)				
예보시간	60시간 (00, 12UTC)	66시간 (00, 12UTC)	24시간 (00, 06, 12, 18UTC)	24시간 (00, 12, UTC)		
초기화방법	3차원 변분자료동화(U3VR): 6시간 사이클	FDDA(12시간)	1-way Interaction			
미세물리과정	WSM6 미세물리과정(수증기), 구름, 비, 열음, 눈, 우박)	혼합상 미세물리과정 (수증기, 구름, 비, 열음, 눈)				
적운모수화	new Kain-Fritsch	Kain-Fritsch	None			
PBL 방안	YSU PBL	비국지 행성경계층				
지상온도	4층 NOAH LSM	5층 토양모델				
복사과정	RRTM 구름복사과정	구름복사과정				
해수면	0.1× 0.1° SST	NOAA 일별 SST				

표 1.3 앙상블 예측 시스템의 주요 특성

시스템	슈퍼컴퓨터 2호기
기본방정식	하이브리드 좌표계를 이용한 원시방정식
초기자료	전지구 분석장
모델영역	전지구(지상 ~ 0.4hPa)
수평분해능	0.5625° Gaussian grid (55km)
연직총수	40 층
적운모수화	Kuo 방안
지표면	Simple Biosphere Model
섭동생성방법	BGM + FROT method
섭동생성영역	전지구
예보시간	10 일(2회/일, 00,12UTC)
Ensemble 멤버수	(control 1개, member 16 개) × 2

표 1.4 통계 모델들의 주요 특성

방법	모델명	예보인자	예보요소	예보시간 및 예보기간	예보식
PPM	PPM	RDAPS 예보 변수를 이용하여 재 산출된 45개 잠재예보인자	최고/최저 기온	00UTC : +1일 12UTC : +2일	다중회귀식
KFM	KFM	RDAPS 시그마 최하층 기온 예보값	최고/최저 기온	00UTC : +2일 12UTC : +3일	상태방정식 출력방정식
	KF3H	RDAPS 시그마 최하층 기온 예보값	3시간 간격 기온	00UTC : +2일 12UTC : +2일	
DLM	GDLM	GDAPS 최고/최저 기온 예보값	최고/최저 기온	12UTC : +10일	상태방정식 출력방정식
	RDLM	RDAPS 시그마 최하층 기온 예보값	3시간 간격 기온	00UTC : +2일 12UTC : +2일	

표 1.5 전지구/지역/국지연안 파랑모델 주요 특성

	GoWW3	ReWW3	CoWW3												
모 델	3세대 파랑모델 (WAVEWATCH-III v. 2.22)														
격자체계	구면좌표계의 위, 경도 격자계														
스펙트럴 분해능	24 파향(15°) 25 파수	36 파향(10°) 25 파수													
수평분해능 (격자수)	0.5° × 0.5° (720×281)	0.083°× 0.083° (421×361)	0.0083°× 0.0083° (361×241)												
모델영역	70°S-70°N, 0°E-358.75°E	20°N-50°N, 115°E-150°E	<table border="1"> <tr> <td>서해중부</td><td>124.0°E-127.0°E 36.5°N-38.5°N</td></tr> <tr> <td>서해남부</td><td>124.0°E-127.0°E 34.75°N-36.75°N</td></tr> <tr> <td>남해서부</td><td>125.0°E-128.0°E 33.0°N-35.0°N</td></tr> <tr> <td>남해동부</td><td>127.5°E-130.5°E 33.5°N-35.5°N</td></tr> <tr> <td>동해중부</td><td>128.5°E-131.5°E 37.0°N-39.0°N</td></tr> <tr> <td>동해남부</td><td>128.5°E-131.5°E 35.25°N-37.25°N</td></tr> </table>	서해중부	124.0°E-127.0°E 36.5°N-38.5°N	서해남부	124.0°E-127.0°E 34.75°N-36.75°N	남해서부	125.0°E-128.0°E 33.0°N-35.0°N	남해동부	127.5°E-130.5°E 33.5°N-35.5°N	동해중부	128.5°E-131.5°E 37.0°N-39.0°N	동해남부	128.5°E-131.5°E 35.25°N-37.25°N
서해중부	124.0°E-127.0°E 36.5°N-38.5°N														
서해남부	124.0°E-127.0°E 34.75°N-36.75°N														
남해서부	125.0°E-128.0°E 33.0°N-35.0°N														
남해동부	127.5°E-130.5°E 33.5°N-35.5°N														
동해중부	128.5°E-131.5°E 37.0°N-39.0°N														
동해남부	128.5°E-131.5°E 35.25°N-37.25°N														
적분 시간격	720 초	300 초	60초												
예보 시간	240 시간 (00, 12UTC)	66 시간 (00, 12UTC)	24 시간 (00, 12UTC)												
초기조건	전 시간 모델수행에서 12시간 예보된 스펙트럼장														
바람장	GDAPS 해상풍														

표 1.6 태풍 모델의 주요 특성

시스템	슈퍼컴퓨터 2호기
기본방정식	천수방정식
초기자료	전지구 분석장
모델영역	전지구
수평분해능	0.356°
연직총수	1 층
모조태풍 작성	GFDL 방식, 비대칭
예보시간	3일(4회/일, 00,06,12,18UTC)

2. 2009년 수치예보 현업 모델 변경 사항

2.1 전지구모델 현업 개선 사항

2.1.1 500hPa 고도 편차보정(Decaying Average Method) 적용 (2009.01)

- 1) 편차보정 방법: Decaying Average method

$$\hat{b}_n = (1 - \kappa)\hat{b}_{n-1} + \kappa(f - a)_n, \quad \kappa=0.02: \text{Kalman Filter weight}$$

- 2) 500hPa 고도 예측 성능 향상

2.1.2 구름양 진단법 교체 (2009.01)

- 1) 기존방법: 총 4개(상층운, 중상층운, 중하층운, 하층운) 층으로 구분하여 아래 식에 근거하여 구름량($C(R)$) 계산

$$C(R) = 0 \quad R < R_c \\ C(R) = B(R - R_c)tune \quad R > R_c$$

여기서, R 은 상대습도, R_c 는 임계상대습도, B 와 tune은 튜닝 계수이며, 구름층에 따라 적용된 튜닝 계수는 표1과 같다.

표 2.1 층별 전지구예보모델에 적용된 튜닝 계수

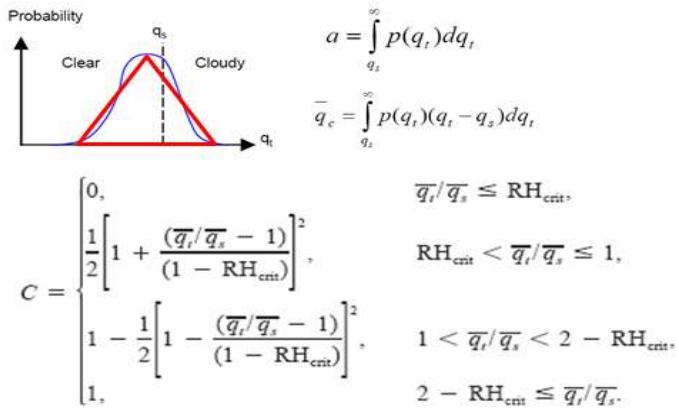
	하층운	중하층운	중상층운	상층운
B	1.6	0.6	0.3	0.7
R_c	0.45	0.35	0.3	0.15
TUNE	0.5	0.5	0.5	0.5

표1의 층별 튜닝 계수는 관측에 근거한 경험적 관계식에서 산출된 값으로 모델의 특성 변화에 따른 튜닝 계수의 유연한 변경이 어렵다

- 2) 변경된 방법

- 구름의 분포가 상대습도에 대한 확률분포함수로 가정하고 계산하는 Smith(1990)의 구름량 진단법 적용
- 기존 방법과 달리 구름층의 구분 없이 모든 층에 대하여 동일한 진단식을 아래와 같이 적용

❖ stratiform cloud : UM (Smith, 1990)



❖ convective cloud : RegCM

$$cldfra = 1.0 - (1.0 - clfrcv)^{1/kclth}$$

- 변경된 구름양 진단법을 적용함에 따라서 구름이 생성되는 대기층 전역에서 구름양 증가 효과 보임.

2.2 지역모델 현업 개선 사항

2.2.1 KWRF 모델개선

1) 버전 업그레이드(V2.3 → V3.0)

- 이전 버전의 프로그램 오류 수정과 물리과정 추가 및 개선

2) 적운물리방안 개선

- Kain-Fritsch 적운물리방안 강수과정을 자체 개선하여 열대해상의 약한 강수 과대모의 완화

3) DFI 초기화 개선

- 단계적으로 수행하던 후방 및 전방분석과정을 모델적분과정에서 연속적으로 수행
- 모델 입출력 과정 제거에 따라 수행시간 약 10분 단축

4) 통합 전지구모델 결과를 이용한 분석-예측 순환체계 복원

- KWRF 모델 경계자료를 통합 전지구모델(12시간 전)로 변경
- 기존 12시간 간격의 경계자료를 6시간 간격으로 변경
- 강수 생산 자체시간 단축

2.2.2 분석(U3VR) 개선

1) 버전 업그레이드(V2.3 → V3.0)

- 모델 버전과 동일한 버전으로 교체
- SATEM 관측자료 활용 관련 프로그램 오류 수정

2.3 파랑모델 현업 개선 사항

2.3.1 전지구 고해상도 파랑예측 시스템(GWW3) 운영 (2009.05)

- 1) 전구 파랑 수치예보 모델의 대체
 - WAM cycle4 (1992) → WAVEWATCH-III V2.22 (2002)
- 2) 공간해상도 개선: $1.25^\circ \rightarrow 0.5^\circ$
- 3) 스펙트럴 해상도 개선: 25 파수 24 파향 → 25 파수 36 파향
- 4) 입력자료(바람장) 주기 단축: 12시간 → 6시간

3. 2009년 모델 성능 분석

3.1 전지구 모델

- 1) 전반적인 예측성능 향상
- 2) MSLP, 850 hPa 기온의 경우 약 4%, 500 hPa 고도는 약 8% 향상되었으나 250 hPa 풍속은 전년과 거의 유사하다
- 3) MSLP와 500 hPa 고도는 예보 초반의 예측 성능이 크게 향상되었으며, 특히 2009년 1월부터 편차보정을 적용한 500hPa 고도의 향상률을 10%이상으로 2007년 대비 2008년 향상률에 비해 약 5% 증가하였다.

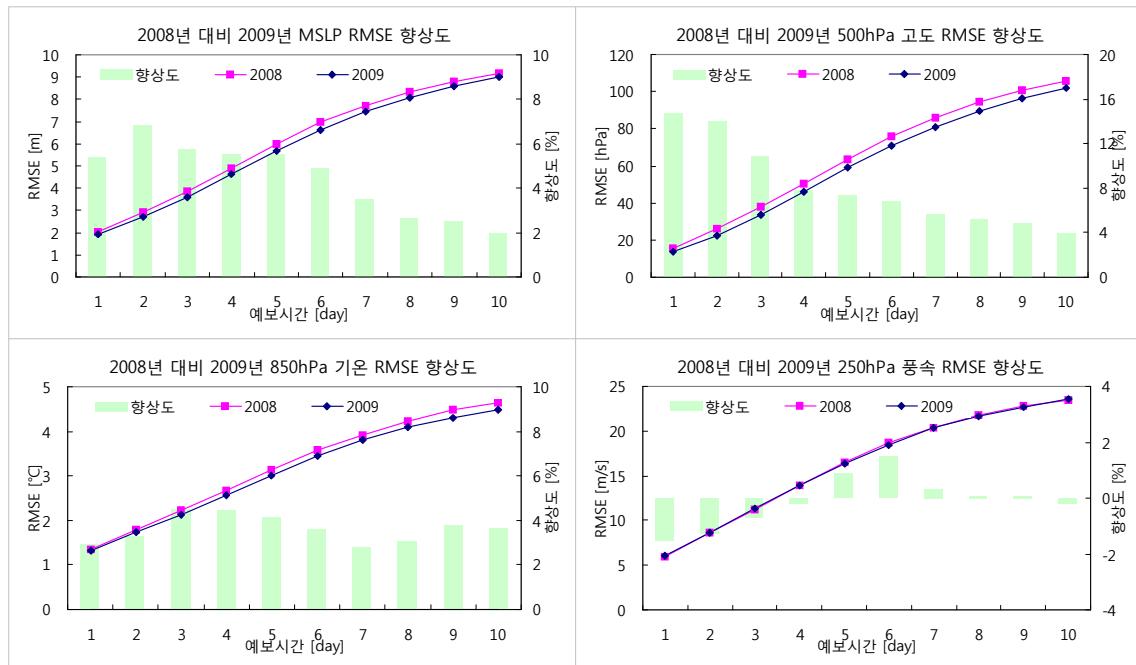


그림 3.1 GDAPS 북반구 분석검증 RMSE 2008년 대비 개선 정도

3.2 지역 모델

- 1) RDAPS 30km 예측성능은 2008년보다 저하되었다.
- 2) KWRF 10km는 850hPa 기온을 제외하고 2008년 대비 성능이 향상되었다.
- 3) KWRF의 성능이 RDAPS에 비해 전반적으로 우수하다.
- 4) 강수검증은 전반적으로 KWRF의 성능이 RDAPS보다 우수하다.

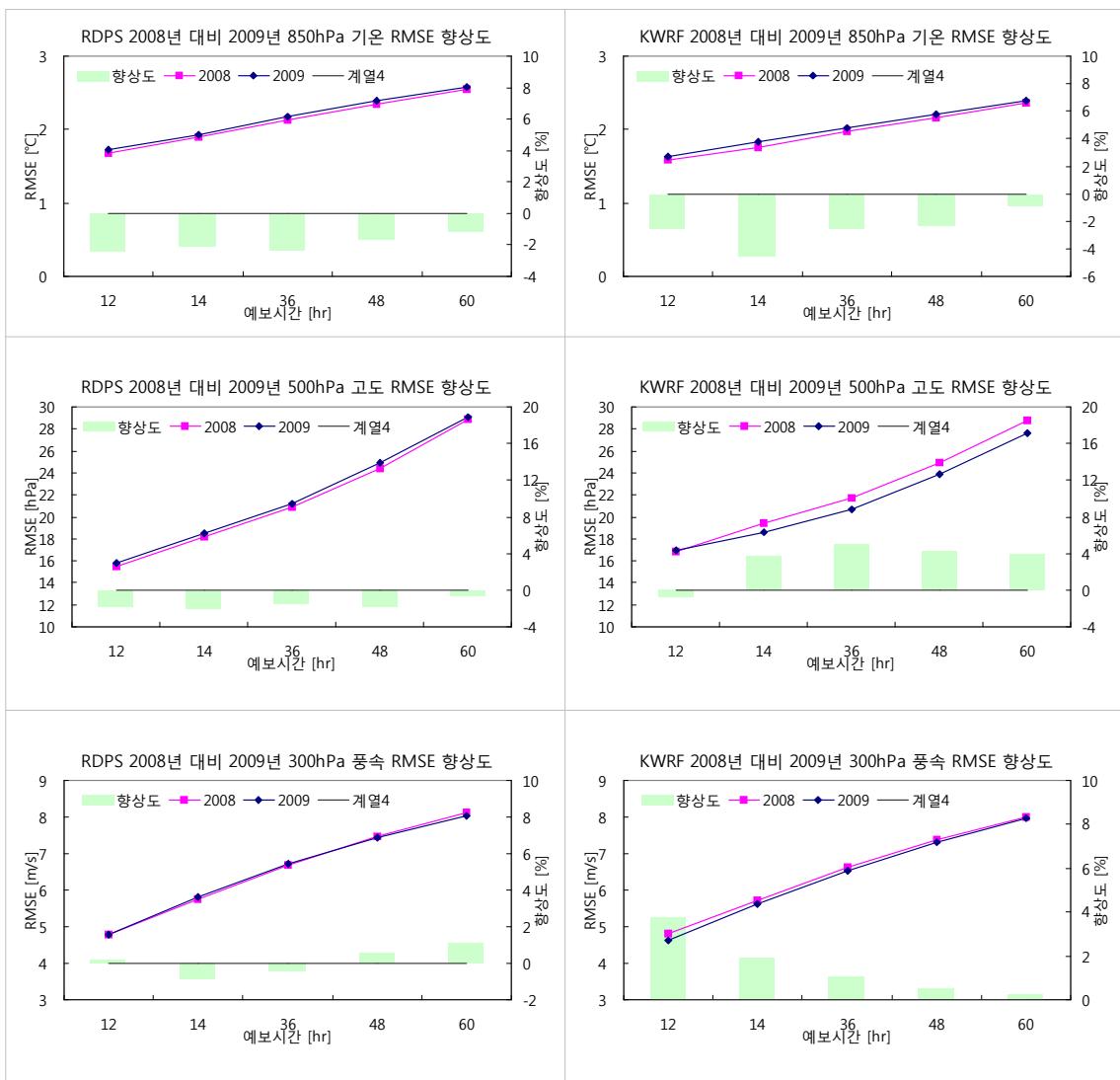


그림 3.2 RDAPS-KWRF 관측검증 RMSE 2008년 대비 개선 정도

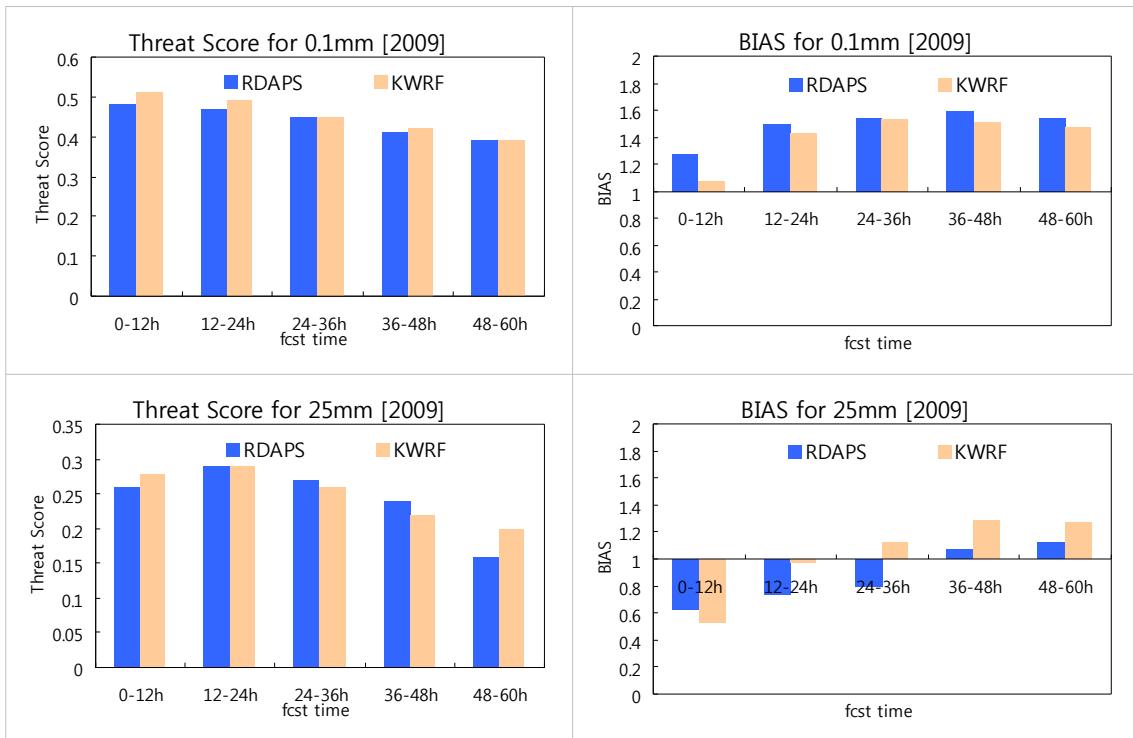


그림 3.3 RDAPS-KWRF 강수 검증 비교

3.3 양상블 모델

- 1) CRPSS를 참고했을 때 2007년에 비해 북반구 500hPa 고도의 예측성능은 감소, 반면, 850hPa 기온은 향상되었다.
- 2) 850 hPa 기온은 2008년에 이어 지속적으로 예보 후반부의 정확도가 크게 향상되었다.

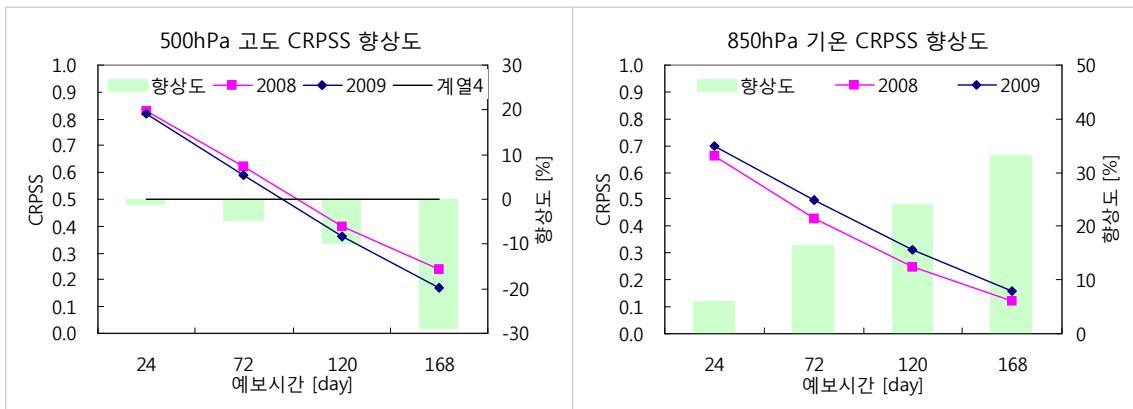


그림 3.4 양상블 북반구 CRPSS 2008년 대비 개선 정도

3.4 통계 모델

- 1) 최고기온은 PPM, KF, GDLM 모두 평균적으로 음의 편차를 가지는 반면, 최저기온의 경우 GDLM은 전반적으로 양의 편차를 가진다.
- 2) 예보 성능은 대부분의 모델이 작년에 비해 향상되었다.

3.5 파랑 모델

- 1) 전지구 파랑예측 시스템의 72시간 예측에 대한 년 평균 RMSE가 2008년 0.827m에서 2009년 0.799m로 감소하였다.
- 2) 지역 및 국지연안 파랑예측 시스템은 2008년과 유사한 예측 성능을 보이고 있다.

3.6 태풍 모델

- 1) 전반적으로 2008년 대비 정확도가 감소하였다.
- 2) 각 모델들을 비교하였을 때 앙상블 예측 성능이 가장 우수하다.

4. 검증 결과

4.1 전지구예보 모델

1) 검증 방법 : 분석 검증 (이른분석 결과)

- 이른분석 검증 : 2001년 1월 ~ 2005년 11월
- 늦은분석 검증 : 2005년 12월 ~ 2006년 4월
- 이른분석 검증 : 2006년 5월 ~ 현재

2) 모델 분해능

- T213L30 : 2001년 1월 ~ 2005년 11월
- T426L40(고분해능) : 2005년 12월 ~ 현재

3) 검증 격자 간격

- 1.125° : 2001년 1월 ~ 2005년 11월
- 0.5625° : 2005년 12월 ~ 2006년 7월
- 2.5° : 2006년 8월 ~ 현재

4) 2009년 1월 이후 500 hPa 고도에 편차보정 적용

4.1.1 전지구 모델 성능 변화 추세

4.1.1.1 500 hPa 고도장의 RMSE

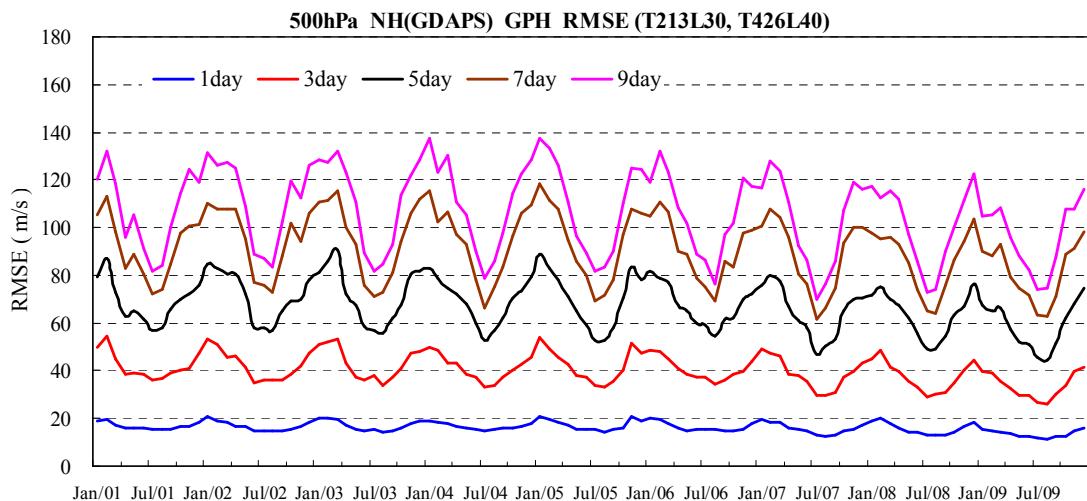


그림 4.1.1 GDAPS 북반구 500 hPa 고도의 예측 시간별 월평균 RMSE

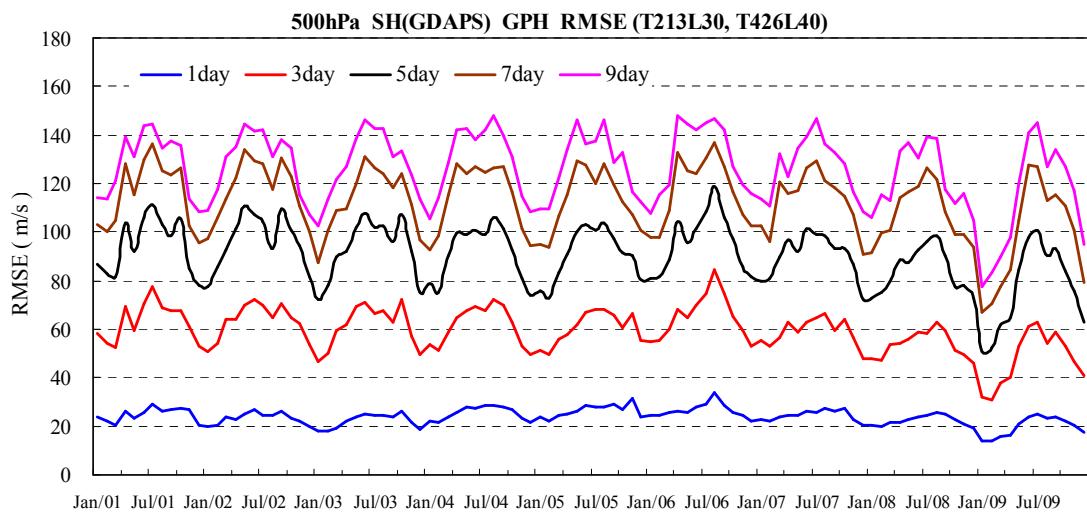


그림 4.1.2 GDAPS 남반구 500 hPa 고도의 예측 시간별 월평균 RMSE

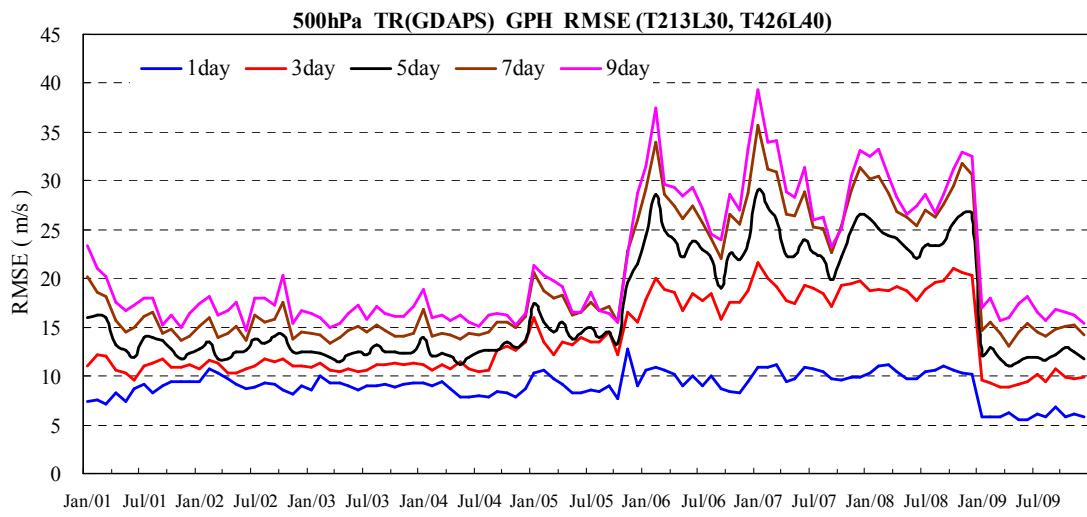


그림 4.1.3 GDAPS 적도 500 hPa 고도의 예측 시간별 월평균 RMSE

4.1.1.2 850 hPa 기온의 RMSE

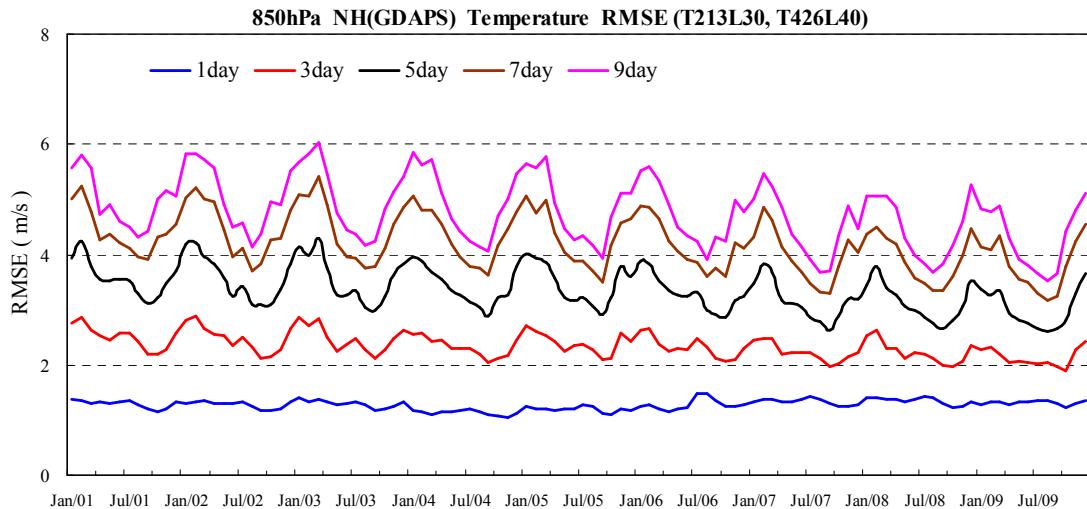


그림 4.1.4 GDAPS 북반구 850 hPa 기온의 예측 시간별 월평균 RMSE

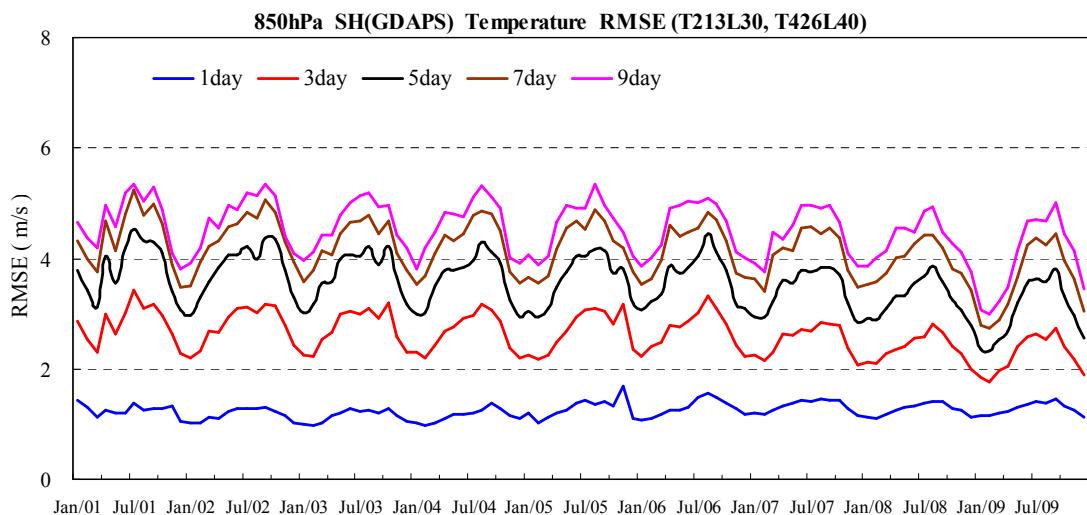


그림 4.1.5 GDAPS 남반구 850 hPa 기온의 예측 시간별 월평균 RMSE

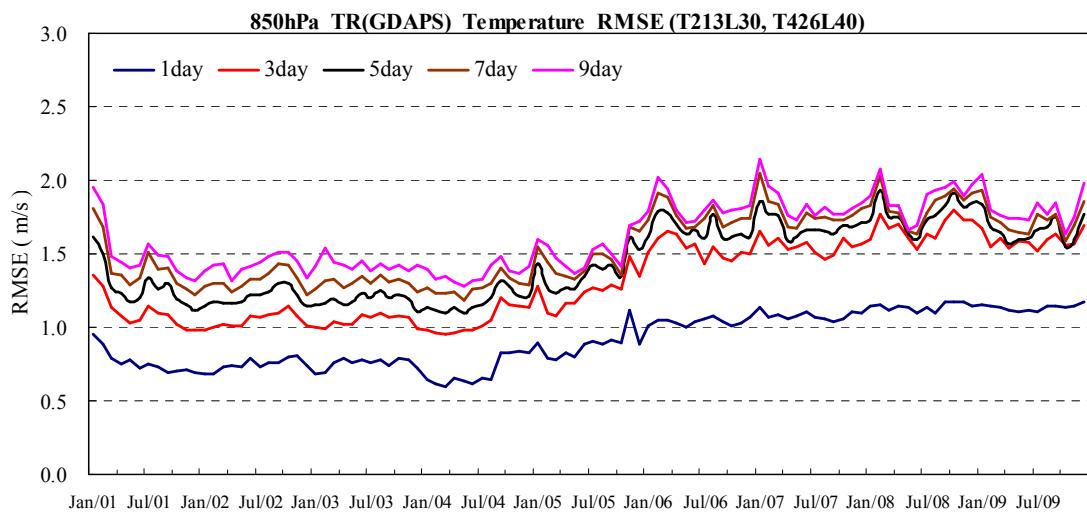


그림 4.1.6 GDAPS 적도 850 hPa 기온의 예측 시간별 월평균 RMSE

4.1.1.3 250 hPa 바람의 RMSE

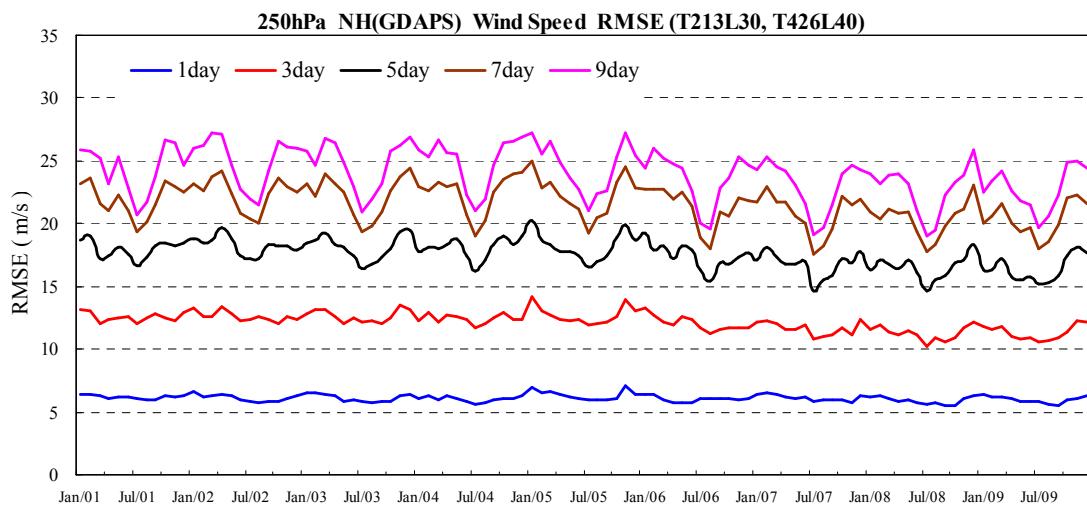


그림 4.1.7 GDAPS 북반구 250 hPa 풍속의 예측 시간별 월평균 RMSE

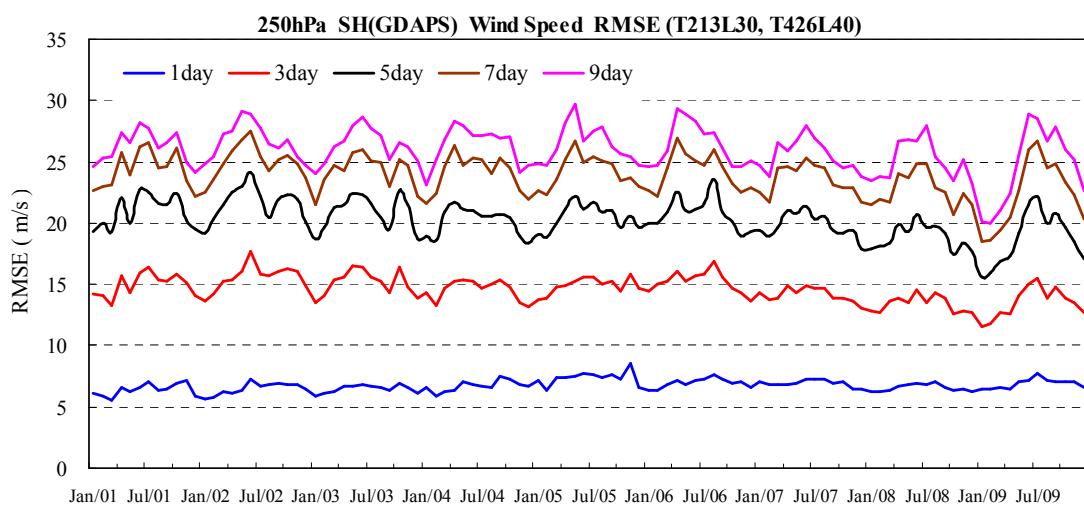


그림 4.1.8 GDAPS 남반구 250 hPa 풍속의 예측 시간별 월평균 RMSE

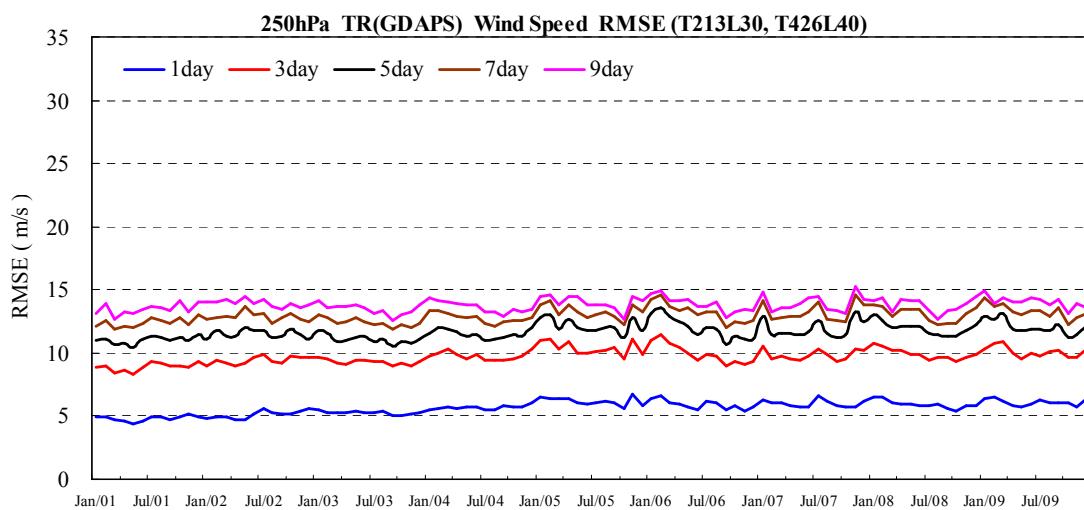


그림 4.1.9 GDAPS 적반구 250 hPa 풍속의 예측 시간별 월평균 RMSE

4.1.2 전지구모델 분석 검증

4.1.2.1 북반구 분석 검증

표 4.1.1 GDAPS 북반구 해면기압(MSLP) Mean Error [hPa] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	0.02	0.12	0.11	0.20	0.13	0.11	0.03	0.07	0.14	0.05	-0.02	-0.04	0.08
48H	-0.05	0.09	0.06	0.21	0.10	0.10	-0.02	0.06	0.29	0.04	-0.04	-0.05	0.07
72H	-0.05	0.15	0.09	0.27	0.09	0.15	0.00	0.14	0.34	0.07	0.00	0.04	0.11
96H	0.03	0.29	0.18	0.34	0.11	0.34	0.08	0.21	0.45	0.19	0.11	0.18	0.21
120H	0.10	0.35	0.24	0.39	0.17	0.54	0.19	0.28	0.59	0.37	0.23	0.23	0.31
144H	0.22	0.41	0.25	0.43	0.20	0.68	0.19	0.27	0.65	0.46	0.31	0.24	0.36
168H	0.28	0.41	0.33	0.48	0.23	0.76	0.17	0.21	0.58	0.51	0.27	0.24	0.37
192H	0.33	0.43	0.40	0.52	0.24	0.74	0.14	0.18	0.54	0.53	0.15	0.16	0.36
216H	0.43	0.47	0.43	0.52	0.26	0.69	0.08	0.15	0.49	0.50	0.09	0.04	0.35
240H	0.51	0.51	0.37	0.52	0.28	0.62	-0.01	0.14	0.42	0.45	0.12	-0.09	0.32

표 4.1.2 GDAPS 북반구 해면기압(MSLP) RMSE [hPa] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	2.17	2.18	2.07	1.93	1.84	1.81	1.78	1.79	1.85	1.74	1.95	2.13	1.94
48H	3.17	3.18	2.90	2.60	2.51	2.42	2.34	2.41	2.63	2.60	2.91	3.15	2.73
72H	4.11	4.20	3.85	3.39	3.23	3.13	2.92	3.09	3.49	3.60	4.06	4.29	3.61
96H	5.28	5.25	4.99	4.38	3.99	3.90	3.56	3.69	4.29	4.67	5.52	5.76	4.61
120H	6.43	6.40	6.31	5.37	4.99	4.75	4.29	4.36	5.12	5.91	6.89	7.15	5.66
144H	7.49	7.37	7.38	6.21	5.87	5.55	4.97	5.13	5.96	7.25	8.06	8.24	6.62
168H	8.46	8.35	8.33	7.10	6.56	6.17	5.59	5.69	6.82	8.24	8.89	9.09	7.44
192H	9.17	9.11	8.95	7.78	7.15	6.48	6.07	6.17	7.57	8.96	9.54	10.12	8.09
216H	9.98	9.80	9.35	8.27	7.62	6.72	6.37	6.60	8.08	9.52	10.15	10.72	8.60
240H	10.52	10.27	9.56	8.76	7.87	7.03	6.49	6.95	8.56	10.20	10.94	11.03	9.01

표 4.1.3 GDAPS 북반구 해면기압(MSLP) S1 Score [무차원] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	32.65	34.76	34.74	36.12	36.87	39.84	39.59	39.09	35.94	33.96	32.55	33.98	35.84
48H	40.18	42.76	42.27	43.15	44.61	47.57	46.81	46.82	43.80	41.53	40.61	42.00	43.51
72H	47.67	51.20	50.69	50.56	51.86	55.21	53.56	54.30	52.12	49.85	49.67	50.73	51.45
96H	55.31	58.68	59.39	58.98	59.03	62.66	60.50	61.39	60.19	58.88	59.26	60.12	59.53
120H	61.84	65.53	67.84	66.14	65.95	69.86	67.15	67.40	66.69	67.66	67.26	67.48	66.73
144H	66.76	71.39	74.35	71.46	72.48	76.12	72.02	73.15	71.81	75.35	73.85	73.28	72.67
168H	71.27	77.32	79.49	76.87	78.14	80.51	76.18	76.80	77.25	79.98	77.89	77.24	77.41
192H	74.69	80.35	82.40	80.58	82.20	83.10	79.16	78.97	81.46	83.95	81.15	81.86	80.82
216H	78.29	82.64	83.76	82.75	85.24	84.54	81.12	81.22	84.50	86.87	83.22	84.17	83.19
240H	80.17	83.57	85.14	84.62	86.79	85.74	81.79	82.91	86.46	89.04	85.25	85.07	84.71

표 4.1.4 GDAPS 북반구 850hPa 기온 Mean Error [°C] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	-0.17	-0.17	-0.17	-0.26	-0.28	-0.26	-0.20	-0.21	-0.23	-0.13	-0.01	0.10	-0.17
48H	-0.25	-0.22	-0.24	-0.38	-0.38	-0.38	-0.27	-0.28	-0.33	-0.15	0.01	0.18	-0.22
72H	-0.29	-0.23	-0.26	-0.43	-0.41	-0.42	-0.29	-0.29	-0.36	-0.11	0.08	0.25	-0.23
96H	-0.33	-0.25	-0.29	-0.47	-0.40	-0.43	-0.29	-0.26	-0.36	-0.05	0.14	0.30	-0.22
120H	-0.38	-0.25	-0.31	-0.52	-0.40	-0.40	-0.31	-0.25	-0.35	0.01	0.18	0.33	-0.22
144H	-0.43	-0.26	-0.31	-0.61	-0.41	-0.40	-0.33	-0.25	-0.34	0.03	0.21	0.32	-0.23
168H	-0.47	-0.25	-0.33	-0.67	-0.41	-0.41	-0.33	-0.24	-0.33	0.04	0.22	0.32	-0.24
192H	-0.51	-0.27	-0.35	-0.70	-0.41	-0.41	-0.33	-0.22	-0.30	0.08	0.20	0.29	-0.24
216H	-0.56	-0.28	-0.40	-0.73	-0.43	-0.42	-0.31	-0.21	-0.30	0.09	0.17	0.29	-0.26
240H	-0.60	-0.29	-0.47	-0.73	-0.43	-0.44	-0.31	-0.20	-0.30	0.11	0.13	0.29	-0.27

표 4.1.5 GDAPS 북반구 850hPa 기온 RMSE [°C] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	1.28	1.32	1.32	1.29	1.33	1.32	1.36	1.36	1.30	1.22	1.31	1.36	1.31
48H	1.76	1.81	1.77	1.70	1.74	1.71	1.72	1.74	1.66	1.55	1.77	1.89	1.74
72H	2.27	2.32	2.21	2.05	2.06	2.04	2.03	2.04	1.97	1.90	2.27	2.44	2.13
96H	2.84	2.81	2.74	2.49	2.42	2.38	2.35	2.30	2.29	2.33	2.79	3.04	2.56
120H	3.37	3.27	3.35	2.95	2.80	2.76	2.67	2.61	2.65	2.80	3.29	3.65	3.01
144H	3.80	3.69	3.88	3.38	3.20	3.16	2.97	2.89	3.00	3.30	3.79	4.17	3.44
168H	4.15	4.09	4.35	3.78	3.54	3.50	3.30	3.17	3.24	3.77	4.24	4.54	3.81
192H	4.49	4.47	4.69	4.08	3.74	3.69	3.51	3.38	3.43	4.14	4.55	4.88	4.09
216H	4.82	4.78	4.89	4.29	3.92	3.82	3.65	3.53	3.65	4.41	4.81	5.10	4.31
240H	5.05	4.96	5.08	4.48	4.10	3.97	3.75	3.65	3.85	4.63	4.98	5.31	4.48

표 4.1.6 GDAPS 북반구 850hPa 기온 S1 Score [무차원] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	36.88	37.17	36.95	38.61	40.59	41.51	44.98	44.65	42.02	40.19	37.90	36.59	39.84
48H	43.39	44.01	43.53	44.87	47.53	48.69	51.43	51.09	48.84	46.38	44.35	43.51	46.47
72H	49.47	50.23	49.22	50.27	52.83	54.42	56.92	56.64	54.74	52.05	50.84	49.88	52.29
96H	55.24	55.54	54.76	55.98	58.01	59.87	62.11	61.56	59.69	57.95	56.51	56.11	57.78
120H	59.80	59.75	60.24	60.98	62.68	65.29	66.56	66.15	64.26	62.83	61.73	61.32	62.63
144H	63.36	62.97	64.47	64.90	67.03	70.00	70.45	69.80	68.30	67.22	66.38	65.00	66.66
168H	65.94	66.41	68.15	68.29	70.71	73.35	73.59	72.84	71.25	70.83	69.93	67.75	69.92
192H	67.99	68.89	70.66	70.82	72.89	75.03	75.46	74.82	73.37	73.13	71.94	70.32	72.11
216H	69.90	71.22	72.29	72.39	74.39	75.83	76.71	76.12	75.34	74.60	73.88	71.73	73.70
240H	70.92	72.11	73.33	73.93	75.60	76.76	77.81	77.27	76.80	76.08	75.07	72.45	74.84

표 4.1.7 GDAPS 북반구 850hPa 기온 Anomaly Correlation [무차원] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	0.96	0.95	0.95	0.94	0.94	0.93	0.91	0.90	0.92	0.95	0.95	0.95	0.94
48H	0.91	0.91	0.90	0.90	0.89	0.89	0.85	0.84	0.87	0.91	0.91	0.91	0.89
72H	0.85	0.84	0.84	0.85	0.84	0.84	0.79	0.78	0.81	0.87	0.84	0.85	0.83
96H	0.77	0.76	0.76	0.78	0.77	0.77	0.71	0.71	0.74	0.80	0.76	0.77	0.76
120H	0.68	0.67	0.64	0.69	0.69	0.68	0.63	0.63	0.66	0.71	0.67	0.67	0.67
144H	0.60	0.58	0.52	0.59	0.58	0.56	0.54	0.54	0.56	0.61	0.56	0.57	0.57
168H	0.51	0.47	0.40	0.49	0.48	0.46	0.44	0.44	0.49	0.50	0.45	0.50	0.47
192H	0.42	0.37	0.30	0.41	0.41	0.39	0.38	0.36	0.42	0.42	0.37	0.42	0.39
216H	0.34	0.29	0.25	0.35	0.35	0.35	0.33	0.30	0.34	0.36	0.29	0.37	0.33
240H	0.29	0.26	0.20	0.29	0.29	0.31	0.29	0.26	0.28	0.31	0.24	0.33	0.28

표 4.1.8 GDAPS 북반구 500hPa 고도 Mean Error [m] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	-0.82	-0.08	-0.28	-0.30	-0.58	-0.36	-0.28	-0.09	0.14	0.90	0.11	0.08	-0.13
48H	-0.96	0.38	-0.49	-0.62	-0.83	-0.70	-0.44	-0.25	0.45	0.94	0.33	-0.02	-0.18
72H	-1.15	0.94	-0.46	-0.65	-0.73	-0.32	-0.62	-0.04	0.10	1.07	0.65	0.09	-0.09
96H	-1.57	1.58	-0.44	-0.49	-0.41	0.69	-0.82	0.20	0.17	1.91	0.88	-0.18	0.13
120H	-1.80	1.93	-0.74	-0.56	-0.20	1.76	-1.34	0.05	0.48	2.76	0.78	-0.98	0.18
144H	-1.67	2.31	-0.76	-0.88	0.10	2.28	-2.02	-0.14	0.64	3.21	0.84	-1.60	0.19
168H	-1.53	2.30	-0.24	-1.11	0.45	2.60	-2.25	-0.26	0.36	3.84	0.77	-1.85	0.26
192H	-1.74	2.58	0.30	-1.16	0.77	2.65	-2.08	0.09	0.22	4.53	0.20	-2.43	0.33
216H	-1.77	2.81	-0.02	-1.13	1.13	2.64	-2.07	0.09	-0.51	4.50	-0.14	-2.96	0.21
240H	-1.84	3.27	-0.81	-0.76	1.53	2.42	-2.12	0.33	-0.82	4.79	0.21	-3.52	0.22

표 4.1.9 GDAPS 북반구 500hPa 고도 RMSE [m] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	15.24	14.64	14.09	13.58	12.61	12.47	11.63	11.17	12.42	12.71	14.52	16.02	13.43
48H	27.02	26.06	23.66	22.54	20.57	20.15	18.08	17.93	20.79	21.63	25.37	27.82	22.64
72H	39.52	39.18	35.80	32.80	29.65	29.63	26.51	26.07	30.33	33.49	39.48	41.74	33.68
96H	53.21	52.53	50.69	45.30	40.45	40.00	35.84	34.99	40.59	48.07	55.16	58.50	46.28
120H	67.66	64.96	66.04	57.46	52.23	50.95	45.86	44.69	51.64	62.01	68.24	74.49	58.85
144H	80.01	76.61	79.88	69.22	63.85	62.37	55.42	54.21	61.90	76.23	80.75	87.86	70.69
168H	89.77	88.32	92.95	79.34	74.37	71.93	63.37	62.62	71.22	88.73	91.15	98.31	81.01
192H	97.14	97.58	103.25	87.96	81.65	78.16	69.56	68.87	79.77	99.01	100.42	108.74	89.34
216H	105.09	105.57	108.32	96.17	88.31	82.46	73.89	74.45	87.42	107.59	108.05	116.27	96.13
240H	111.14	110.72	112.41	103.61	92.23	85.71	77.34	79.63	93.16	115.39	116.20	122.35	101.66

표 4.1.10 GDAPS 북반구 500hPa 고도 S1 Score [무차원] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	16.59	17.61	17.57	18.22	19.04	19.53	20.55	19.97	18.79	17.74	17.11	17.29	18.33
48H	25.52	26.92	26.35	26.97	28.02	28.81	29.55	29.42	27.86	26.32	26.05	26.65	27.37
72H	34.15	36.01	35.33	35.65	36.83	38.33	39.21	38.74	37.12	35.58	35.63	36.00	36.55
96H	41.42	43.90	43.98	44.29	45.45	47.32	48.20	47.62	45.64	45.43	44.87	44.73	45.24
120H	48.15	50.38	51.85	51.87	53.03	55.82	56.42	55.74	53.10	53.31	52.01	51.96	52.80
144H	53.15	55.85	58.45	57.80	60.24	63.43	62.91	62.22	59.41	60.08	58.25	57.11	59.07
168H	57.27	61.13	63.76	63.13	66.39	69.34	67.90	67.28	65.13	65.18	62.45	61.09	64.17
192H	60.08	64.90	67.66	67.18	70.56	72.84	71.49	70.58	69.22	69.37	65.74	64.80	67.87
216H	62.50	67.48	69.60	70.28	74.29	75.15	74.19	73.37	72.44	72.32	68.19	67.25	70.59
240H	64.29	69.11	71.25	72.91	76.54	76.87	76.34	76.03	74.94	74.73	70.11	68.91	72.67

표 4.1.11 GDAPS 북반구 500hPa 고도 Anomaly Correlation [무차원] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
48H	0.96	0.96	0.97	0.96	0.97	0.96	0.96	0.96	0.96	0.97	0.96	0.97	0.96
72H	0.92	0.91	0.92	0.92	0.93	0.92	0.92	0.91	0.91	0.93	0.91	0.93	0.92
96H	0.86	0.84	0.85	0.85	0.86	0.85	0.86	0.83	0.84	0.86	0.84	0.86	0.85
120H	0.77	0.76	0.74	0.75	0.77	0.75	0.76	0.73	0.74	0.76	0.75	0.78	0.76
144H	0.69	0.66	0.62	0.64	0.66	0.62	0.66	0.61	0.64	0.65	0.65	0.69	0.65
168H	0.61	0.55	0.50	0.55	0.54	0.49	0.56	0.50	0.54	0.54	0.56	0.62	0.55
192H	0.54	0.46	0.39	0.45	0.44	0.41	0.47	0.42	0.43	0.44	0.46	0.55	0.46
216H	0.47	0.38	0.32	0.34	0.35	0.35	0.40	0.34	0.34	0.36	0.38	0.50	0.38
240H	0.41	0.33	0.27	0.24	0.29	0.30	0.34	0.26	0.28	0.29	0.31	0.46	0.31

표 4.1.12 GDAPS 북반구 250hPa 풍속 Mean Error [m/s] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	0.02	-0.09	-0.05	0.14	0.40	0.64	1.05	0.90	0.76	0.67	0.32	0.13	0.41
48H	-0.34	-0.43	-0.29	-0.12	0.25	0.45	0.94	0.73	0.57	0.42	0.09	-0.15	0.18
72H	-0.53	-0.56	-0.34	-0.17	0.22	0.50	0.87	0.67	0.52	0.34	0.06	-0.23	0.11
96H	-0.61	-0.60	-0.35	-0.09	0.25	0.56	0.83	0.66	0.55	0.27	0.00	-0.24	0.10
120H	-0.72	-0.64	-0.18	0.05	0.33	0.67	0.81	0.69	0.57	0.30	0.01	-0.17	0.14
144H	-0.69	-0.70	-0.06	0.17	0.44	0.80	0.85	0.83	0.63	0.46	-0.01	-0.11	0.22
168H	-0.59	-0.66	-0.04	0.31	0.52	0.80	0.90	0.95	0.80	0.52	0.04	-0.06	0.29
192H	-0.47	-0.67	0.05	0.32	0.53	1.01	0.93	1.05	0.87	0.58	0.30	0.01	0.38
216H	-0.42	-0.69	0.08	0.32	0.59	1.24	1.00	1.12	0.95	0.65	0.56	0.04	0.45
240H	-0.39	-0.77	0.13	0.22	0.56	1.39	1.01	1.21	1.09	0.77	0.89	0.11	0.52

표 4.1.13 GDAPS 북반구 250hPa 풍속 RMSE [m/s] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	6.47	6.19	6.20	6.09	5.90	5.86	5.86	5.63	5.53	5.92	6.09	6.26	6.00
48H	9.35	8.96	9.03	8.65	8.41	8.46	8.28	8.21	8.20	8.44	9.04	9.22	8.69
72H	11.83	11.62	11.80	11.01	10.86	10.88	10.59	10.70	10.87	11.42	12.29	12.16	11.34
96H	14.18	14.23	14.56	13.49	13.33	13.30	12.97	13.13	13.48	14.58	15.54	14.98	13.98
120H	16.33	16.28	17.26	15.78	15.49	15.74	15.17	15.32	15.90	17.47	18.17	17.67	16.38
144H	18.22	18.48	19.53	17.89	17.47	18.04	16.86	17.11	17.98	19.93	20.34	19.74	18.47
168H	19.98	20.54	21.56	19.98	19.34	19.69	18.06	18.53	19.95	22.04	22.30	21.64	20.30
192H	21.48	22.13	23.31	21.39	20.76	20.73	18.95	19.80	21.22	23.79	23.77	23.14	21.71
216H	22.48	23.46	24.14	22.59	21.82	21.48	19.70	20.60	22.28	24.84	25.02	24.37	22.73
240H	23.34	24.19	24.91	23.56	22.46	22.07	20.27	21.36	23.18	25.98	26.19	25.25	23.56

4.1.2.2 열대지역 분석검증

표 4.1.14 GDAPS 열대 해면기압(MSLP) Mean Error [hPa] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	0.30	0.31	0.34	0.24	0.26	0.21	0.20	0.25	0.16	0.29	0.28	0.33	0.26
48H	0.31	0.30	0.40	0.24	0.33	0.21	0.22	0.29	0.12	0.35	0.32	0.44	0.29
72H	0.19	0.11	0.35	0.14	0.30	0.09	0.15	0.17	0.03	0.30	0.24	0.36	0.20
96H	-0.04	-0.19	0.20	0.02	0.18	-0.12	0.00	0.01	-0.14	0.14	0.05	0.15	0.02
120H	-0.34	-0.42	0.02	-0.11	0.02	-0.36	-0.10	-0.15	-0.30	-0.06	-0.17	-0.06	-0.17
144H	-0.65	-0.64	-0.22	-0.19	-0.12	-0.56	-0.17	-0.25	-0.45	-0.25	-0.38	-0.23	-0.34
168H	-0.88	-0.75	-0.41	-0.29	-0.22	-0.71	-0.16	-0.29	-0.49	-0.38	-0.54	-0.34	-0.46
192H	-1.04	-0.83	-0.50	-0.38	-0.33	-0.76	-0.13	-0.29	-0.42	-0.50	-0.60	-0.39	-0.51
216H	-1.17	-0.90	-0.47	-0.42	-0.37	-0.74	-0.17	-0.30	-0.35	-0.57	-0.63	-0.40	-0.54
240H	-1.26	-0.95	-0.38	-0.45	-0.30	-0.73	-0.17	-0.24	-0.34	-0.56	-0.55	-0.39	-0.53

표 4.1.15 GDAPS 열대 해면기압(MSLP) RMSE [hPa] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	1.57	1.72	1.54	1.42	1.45	1.40	1.56	1.55	1.64	1.43	1.41	1.34	1.50
48H	1.99	2.09	1.91	1.69	1.71	1.80	1.98	2.01	2.12	1.93	1.76	1.78	1.90
72H	2.00	1.97	1.92	1.75	1.79	1.83	1.92	2.13	2.25	2.09	1.81	1.82	1.94
96H	1.94	2.01	1.82	1.75	1.72	1.73	1.87	1.99	2.11	1.86	1.69	1.64	1.84
120H	2.20	2.23	2.08	2.04	1.86	1.89	2.02	2.09	2.19	1.95	1.89	1.73	2.01
144H	2.30	2.32	2.26	2.09	1.95	2.08	2.11	2.15	2.33	2.11	2.01	1.81	2.13
168H	2.35	2.27	2.33	2.18	2.03	2.23	2.15	2.18	2.43	2.18	2.17	1.91	2.20
192H	2.31	2.24	2.24	2.20	2.15	2.23	2.26	2.28	2.53	2.27	2.12	1.87	2.23
216H	2.43	2.36	2.27	2.28	2.27	2.36	2.41	2.31	2.61	2.36	2.19	1.95	2.32
240H	2.49	2.48	2.31	2.32	2.40	2.49	2.49	2.33	2.64	2.50	2.25	2.01	2.39

표 4.1.16 GDAPS 열대 해면기압(MSLP) S1 Score [hPa] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	45.14	45.83	48.35	47.24	45.88	43.00	41.30	41.69	44.94	47.09	46.09	45.39	45.16
48H	51.39	51.99	55.43	53.39	52.00	49.13	47.86	48.38	52.21	54.08	52.50	52.23	51.72
72H	54.55	54.72	58.78	56.51	55.16	52.60	51.40	52.72	56.26	57.98	55.93	55.84	55.20
96H	55.87	56.39	61.14	58.65	56.84	54.66	53.03	54.84	57.99	60.33	58.16	57.07	57.08
120H	57.38	57.77	62.96	60.37	58.55	56.60	54.43	57.03	59.40	61.99	59.93	57.85	58.69
144H	58.27	58.73	64.32	61.45	60.13	58.04	55.82	58.48	60.90	63.75	61.11	59.03	60.00
168H	58.94	59.97	65.08	62.29	61.62	59.37	56.83	59.49	61.90	65.28	62.15	60.52	61.12
192H	60.14	60.81	65.60	62.90	62.97	60.27	57.45	60.10	62.87	66.72	62.41	61.67	61.99
216H	60.79	61.50	65.75	62.64	64.14	60.99	58.27	60.79	63.73	67.96	62.45	62.17	62.60
240H	61.32	62.22	65.83	62.73	64.60	61.63	58.69	61.45	64.10	69.13	62.66	62.87	63.10

표 4.1.17 GDAPS 열대 850hPa 기온 Mean Error [°C] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	-0.68	-0.67	-0.67	-0.64	-0.63	-0.66	-0.59	-0.65	-0.63	-0.60	-0.64	-0.70	-0.65
48H	-0.98	-0.89	-0.92	-0.87	-0.87	-0.91	-0.78	-0.86	-0.81	-0.80	-0.89	-1.04	-0.88
72H	-1.09	-0.93	-0.98	-0.90	-0.92	-0.97	-0.84	-0.87	-0.85	-0.82	-0.97	-1.16	-0.94
96H	-1.15	-0.95	-0.97	-0.87	-0.87	-0.92	-0.83	-0.83	-0.84	-0.75	-0.96	-1.19	-0.93
120H	-1.17	-0.94	-0.92	-0.84	-0.81	-0.83	-0.83	-0.79	-0.80	-0.65	-0.92	-1.21	-0.89
144H	-1.15	-0.92	-0.87	-0.84	-0.77	-0.73	-0.84	-0.75	-0.73	-0.58	-0.90	-1.21	-0.86
168H	-1.12	-0.89	-0.83	-0.85	-0.73	-0.68	-0.88	-0.75	-0.72	-0.54	-0.89	-1.23	-0.84
192H	-1.11	-0.85	-0.80	-0.84	-0.71	-0.67	-0.93	-0.75	-0.74	-0.50	-0.88	-1.25	-0.84
216H	-1.12	-0.82	-0.79	-0.81	-0.70	-0.66	-0.94	-0.76	-0.77	-0.45	-0.86	-1.29	-0.83
240H	-1.13	-0.78	-0.80	-0.79	-0.70	-0.67	-0.95	-0.79	-0.77	-0.45	-0.86	-1.31	-0.83

표 4.1.18 GDAPS 열대 850hPa 기온 RMSE [°C] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	1.15	1.14	1.13	1.12	1.11	1.12	1.11	1.14	1.14	1.13	1.14	1.17	1.13
48H	1.52	1.46	1.51	1.47	1.48	1.47	1.42	1.48	1.48	1.46	1.46	1.55	1.48
72H	1.67	1.55	1.61	1.54	1.59	1.58	1.52	1.60	1.63	1.56	1.57	1.69	1.59
96H	1.76	1.62	1.63	1.55	1.60	1.60	1.58	1.64	1.70	1.57	1.58	1.74	1.63
120H	1.84	1.68	1.64	1.57	1.60	1.61	1.66	1.68	1.75	1.55	1.60	1.77	1.66
144H	1.89	1.72	1.67	1.60	1.60	1.61	1.71	1.70	1.77	1.56	1.64	1.81	1.69
168H	1.93	1.75	1.71	1.66	1.64	1.63	1.77	1.73	1.77	1.59	1.69	1.86	1.73
192H	1.96	1.76	1.73	1.71	1.69	1.68	1.82	1.74	1.80	1.61	1.73	1.91	1.76
216H	2.04	1.80	1.76	1.74	1.74	1.73	1.85	1.77	1.85	1.63	1.75	1.98	1.80
240H	2.09	1.84	1.81	1.74	1.78	1.78	1.86	1.84	1.88	1.67	1.79	2.02	1.84

표 4.1.19 GDAPS 열대 850hPa 기온 S1 Score [무차원] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	58.20	59.62	57.24	58.11	55.23	54.71	55.38	53.64	53.60	58.08	58.03	59.49	56.78
48H	65.85	67.10	65.14	65.51	62.62	61.82	63.18	61.18	62.13	65.46	65.75	67.38	64.43
72H	69.97	71.00	68.57	69.07	66.36	65.77	67.29	65.91	67.11	69.38	69.42	71.31	68.43
96H	71.93	73.34	70.53	71.26	68.62	68.25	69.22	68.66	69.15	71.45	71.30	73.69	70.62
120H	73.76	74.51	72.65	72.65	70.03	69.96	70.77	70.49	71.22	73.05	72.69	75.07	72.24
144H	75.19	75.72	73.51	73.72	71.04	71.33	71.91	71.80	72.94	74.42	74.34	75.85	73.48
168H	76.07	76.66	74.47	74.63	72.01	72.13	73.07	72.52	73.85	75.36	75.67	77.01	74.45
192H	77.29	77.15	75.25	75.22	72.94	72.80	73.74	73.21	74.12	76.23	76.38	77.71	75.17
216H	78.31	77.78	75.64	75.60	73.82	73.46	74.38	73.68	74.98	76.82	77.02	78.72	75.85
240H	78.80	78.47	76.03	75.87	74.37	74.31	74.41	74.37	75.51	77.53	77.49	79.12	76.36

표 4.1.20 GDAPS 열대 850hPa 기온 Anomaly Correlation [무차원] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	0.85	0.83	0.85	0.83	0.85	0.85	0.83	0.86	0.83	0.84	0.87	0.87	0.85
48H	0.76	0.73	0.75	0.73	0.76	0.75	0.73	0.76	0.73	0.76	0.81	0.79	0.76
72H	0.70	0.68	0.70	0.70	0.71	0.70	0.67	0.70	0.65	0.70	0.75	0.74	0.70
96H	0.66	0.64	0.67	0.67	0.68	0.66	0.62	0.67	0.62	0.66	0.72	0.70	0.66
120H	0.62	0.60	0.63	0.64	0.66	0.62	0.57	0.65	0.60	0.64	0.69	0.66	0.63
144H	0.58	0.58	0.60	0.61	0.64	0.59	0.54	0.63	0.57	0.61	0.65	0.63	0.60
168H	0.55	0.55	0.58	0.59	0.61	0.57	0.52	0.62	0.56	0.60	0.62	0.59	0.58
192H	0.51	0.53	0.55	0.56	0.58	0.54	0.50	0.60	0.54	0.57	0.58	0.55	0.55
216H	0.46	0.49	0.54	0.53	0.55	0.50	0.49	0.58	0.51	0.55	0.56	0.51	0.52
240H	0.42	0.46	0.51	0.53	0.53	0.46	0.49	0.54	0.48	0.52	0.53	0.49	0.50

표 4.1.21 GDAPS 열대 500hPa 고도 Mean Error [m] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	-0.01	-0.15	0.07	-0.40	-0.22	-0.68	0.02	-0.28	-0.26	0.85	-0.42	-0.30	-0.15
48H	-0.03	0.45	0.28	-0.50	-0.14	-1.09	0.70	-0.32	-0.30	0.97	-0.66	-1.08	-0.14
72H	0.30	1.02	1.02	-0.08	0.04	-1.33	1.03	0.15	-0.12	1.01	-1.30	-1.91	-0.01
96H	0.36	1.35	1.83	0.55	0.24	-1.55	0.92	0.48	-0.32	1.46	-1.99	-2.54	0.07
120H	0.07	2.17	2.28	0.64	0.16	-1.69	0.60	0.49	-0.38	1.92	-2.54	-2.78	0.08
144H	-0.29	3.11	2.32	0.94	0.16	-1.49	0.23	0.83	-0.12	1.95	-3.26	-2.79	0.13
168H	-0.64	4.18	2.29	0.64	0.51	-1.52	0.20	1.15	0.18	1.70	-3.92	-2.78	0.17
192H	-0.96	4.96	2.33	0.19	0.20	-1.33	-0.02	1.40	0.83	1.24	-4.08	-2.63	0.18
216H	-1.64	5.51	2.87	0.14	-0.17	-1.03	-0.57	1.56	1.08	0.91	-4.29	-2.84	0.13
240H	-2.20	6.07	3.64	0.02	-0.14	-1.12	-0.76	1.68	1.05	0.81	-4.43	-3.36	0.11

표 4.1.22 GDAPS 열대 500hPa 고도 RMSE [m] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	5.87	5.87	5.80	6.19	5.53	5.52	6.12	5.76	6.77	5.87	6.04	5.87	5.93
48H	8.31	8.52	7.78	8.13	7.51	8.42	9.08	8.16	8.78	8.81	8.30	8.63	8.37
72H	9.51	9.31	8.85	8.83	9.14	9.43	10.09	9.42	10.69	9.85	9.74	9.83	9.56
96H	10.63	11.13	10.50	10.02	10.43	10.56	10.71	10.52	11.05	11.06	10.92	10.70	10.69
120H	12.17	12.88	11.73	11.07	11.44	11.94	11.92	11.66	12.21	12.85	12.48	11.83	12.01
144H	13.70	14.57	13.30	12.01	13.15	13.72	13.21	12.87	13.56	13.92	13.80	13.03	13.40
168H	14.64	15.57	14.38	13.11	14.57	15.45	14.58	14.02	14.82	15.03	15.27	14.23	14.64
192H	15.62	16.65	14.96	14.65	16.33	16.65	15.61	14.96	16.27	15.90	15.46	14.58	15.64
216H	16.94	17.97	15.64	15.93	17.38	18.16	16.60	15.71	16.81	16.62	16.32	15.39	16.62
240H	17.89	19.19	16.72	16.55	18.69	19.33	17.27	17.01	17.65	17.84	17.42	16.24	17.65

표 4.1.23 GDAPS 열대 500hPa 고도 S1 Score [무차원] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	41.57	41.88	40.51	41.77	40.61	37.22	37.64	37.83	40.23	41.60	42.74	42.44	40.50
48H	50.78	51.18	49.60	51.51	49.95	46.72	47.03	47.89	50.09	51.82	52.74	52.19	50.12
72H	56.37	57.67	55.72	57.64	56.12	52.96	53.76	54.44	57.07	58.82	59.43	58.28	56.52
96H	60.57	62.19	60.40	61.91	61.01	57.68	58.28	59.17	61.20	63.88	64.04	62.72	61.09
120H	64.21	65.90	64.10	65.98	64.69	62.12	61.76	62.64	65.40	68.00	68.05	65.45	64.86
144H	67.82	69.11	67.54	69.23	68.28	65.89	65.21	65.60	69.47	71.30	71.27	67.90	68.22
168H	70.94	72.09	70.53	71.57	71.23	69.49	68.35	68.70	71.76	74.05	73.98	69.88	71.05
192H	73.61	73.96	72.27	73.81	74.09	71.84	70.19	70.07	73.69	76.47	75.78	71.87	73.14
216H	75.55	75.64	73.57	76.01	76.10	74.10	71.95	71.60	74.42	78.58	77.40	72.45	74.78
240H	77.22	77.48	74.98	77.60	77.93	75.31	72.49	73.29	75.77	80.39	78.92	74.35	76.31

표 4.1.24 GDAPS 열대 500hPa 고도 Anomaly Correlation [무차원] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	0.92	0.92	0.93	0.91	0.93	0.93	0.92	0.93	0.90	0.93	0.93	0.91	0.92
48H	0.85	0.83	0.88	0.84	0.88	0.85	0.82	0.84	0.82	0.85	0.86	0.81	0.84
72H	0.80	0.80	0.84	0.81	0.83	0.80	0.76	0.80	0.76	0.81	0.80	0.76	0.80
96H	0.75	0.74	0.79	0.75	0.79	0.77	0.73	0.77	0.75	0.76	0.75	0.72	0.76
120H	0.67	0.67	0.73	0.71	0.75	0.70	0.66	0.70	0.70	0.67	0.67	0.66	0.69
144H	0.59	0.59	0.67	0.67	0.68	0.61	0.60	0.65	0.64	0.61	0.60	0.61	0.63
168H	0.53	0.53	0.60	0.61	0.59	0.52	0.51	0.60	0.58	0.54	0.53	0.55	0.56
192H	0.49	0.51	0.58	0.56	0.50	0.49	0.48	0.58	0.55	0.49	0.51	0.53	0.52
216H	0.40	0.44	0.52	0.51	0.44	0.41	0.40	0.52	0.53	0.45	0.48	0.50	0.47
240H	0.35	0.40	0.45	0.45	0.36	0.36	0.36	0.44	0.48	0.38	0.43	0.45	0.41

표 4.1.25 GDAPS 열대 250hPa 풍속 Mean Error [m/s] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	0.67	0.37	0.45	0.37	0.47	0.45	0.75	0.60	0.49	0.64	0.70	0.32	0.52
48H	0.52	-0.12	0.06	-0.06	0.15	0.20	0.71	0.70	0.41	0.55	0.73	0.17	0.34
72H	0.32	-0.39	-0.23	-0.27	0.10	0.36	0.95	1.13	0.61	0.64	0.88	0.09	0.35
96H	0.39	-0.20	-0.23	-0.30	0.08	0.78	1.41	1.37	0.80	0.82	0.97	0.19	0.51
120H	0.49	0.07	-0.15	-0.24	0.15	1.11	1.80	1.57	0.99	0.93	1.09	0.30	0.68
144H	0.72	0.21	-0.12	-0.16	0.29	1.40	2.16	1.58	1.15	1.07	1.20	0.41	0.83
168H	0.89	0.36	-0.13	-0.10	0.47	1.68	2.44	1.55	1.38	1.19	1.19	0.54	0.95
192H	1.10	0.47	-0.07	-0.07	0.55	1.90	2.52	1.65	1.53	1.30	1.19	0.75	1.07
216H	1.28	0.55	-0.09	0.00	0.55	2.16	2.63	1.64	1.62	1.46	1.16	0.95	1.16
240H	1.45	0.64	-0.10	0.03	0.57	2.32	2.54	1.60	1.62	1.74	1.18	1.13	1.23

표 4.1.26 GDAPS 열대 250hPa 풍속 RMSE [m/s] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	6.45	6.54	6.20	5.88	5.69	6.00	6.23	6.11	6.09	6.08	5.76	6.38	6.12
48H	8.67	8.96	8.86	8.29	8.01	8.41	8.37	8.55	8.68	8.24	8.13	8.82	8.50
72H	10.30	10.74	10.89	9.93	9.59	9.93	9.75	10.10	10.26	9.60	9.62	10.36	10.09
96H	11.64	12.02	12.27	11.09	10.79	11.04	10.95	11.07	11.26	10.52	10.64	11.38	11.22
120H	12.90	12.71	13.16	11.92	11.73	11.91	11.92	11.79	12.20	11.24	11.44	12.11	12.09
144H	13.82	13.35	13.67	12.65	12.40	12.77	12.70	12.43	12.97	11.75	12.18	12.64	12.78
168H	14.40	13.68	13.96	13.19	13.04	13.37	13.33	12.87	13.59	12.19	12.76	13.07	13.29
192H	14.74	13.83	14.27	13.54	13.58	13.96	13.84	13.35	14.03	12.72	13.36	13.31	13.71
216H	14.97	13.92	14.40	14.06	14.06	14.38	14.27	13.75	14.23	13.16	13.94	13.55	14.06
240H	15.38	14.06	14.56	14.52	14.41	14.79	14.39	14.05	14.41	13.52	14.39	13.83	14.36

4.1.2.3 남반구 분석검증

표 4.1.27 GDAPS 남반구 해면기압(MSLP) Mean Error [hPa] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	-0.03	-0.08	-0.03	-0.07	-0.18	-0.29	-0.25	-0.31	-0.29	-0.37	-0.32	-0.42	-0.22
48H	0.01	-0.08	0.01	-0.05	-0.17	-0.29	-0.25	-0.34	-0.44	-0.42	-0.37	-0.54	-0.24
72H	0.01	-0.12	-0.01	-0.09	-0.15	-0.21	-0.23	-0.29	-0.40	-0.39	-0.33	-0.52	-0.23
96H	-0.04	-0.23	-0.08	-0.15	-0.12	-0.16	-0.21	-0.18	-0.33	-0.30	-0.25	-0.41	-0.20
120H	-0.09	-0.28	-0.12	-0.17	-0.13	-0.16	-0.19	-0.10	-0.31	-0.27	-0.12	-0.22	-0.18
144H	-0.17	-0.31	-0.13	-0.18	-0.12	-0.10	-0.08	0.02	-0.23	-0.18	0.05	-0.02	-0.12
168H	-0.21	-0.32	-0.17	-0.23	-0.10	-0.08	-0.07	0.14	-0.13	-0.06	0.28	0.16	-0.07
192H	-0.24	-0.34	-0.23	-0.27	-0.07	-0.06	-0.06	0.18	-0.12	0.09	0.48	0.34	-0.02
216H	-0.29	-0.36	-0.25	-0.27	-0.05	-0.05	0.05	0.19	-0.12	0.24	0.59	0.50	0.02
240H	-0.33	-0.37	-0.23	-0.26	-0.09	0.04	0.15	0.15	-0.05	0.30	0.50	0.66	0.04

표 4.1.28 GDAPS 남반구 해면기압(MSLP) RMSE [hPa] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	2.02	2.14	2.25	2.37	2.92	3.01	3.15	3.23	3.26	2.78	2.51	2.25	2.66
48H	2.87	2.94	3.25	3.44	4.35	4.52	4.79	4.85	4.92	4.28	3.77	3.28	3.94
72H	3.60	3.57	4.10	4.43	5.70	6.18	6.43	6.17	6.50	5.62	4.87	4.30	5.12
96H	4.33	4.30	5.01	5.40	7.17	7.98	8.06	7.63	8.11	6.98	5.98	5.23	6.35
120H	5.12	5.22	5.97	6.29	8.39	9.58	9.80	9.29	9.46	8.30	7.26	6.00	7.56
144H	5.75	6.01	6.65	7.25	9.19	11.08	10.98	10.41	10.56	9.46	8.23	6.78	8.53
168H	6.31	6.64	7.27	7.77	9.83	11.98	11.89	11.09	11.54	10.46	9.11	7.44	9.28
192H	6.64	7.20	7.71	8.41	10.44	12.70	12.62	11.71	12.45	11.16	9.86	8.13	9.92
216H	7.02	7.62	8.18	8.92	10.92	13.11	13.37	12.45	13.04	11.51	10.44	8.52	10.43
240H	7.39	7.99	8.63	9.19	11.40	13.58	13.69	13.22	13.32	11.98	11.04	8.89	10.86

표 4.1.29 GDAPS 남반구 해면기압(MSLP) S1 Score [무차원] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	32.93	33.37	33.82	34.36	33.25	32.07	32.26	31.47	32.00	29.56	30.17	30.05	32.11
48H	41.54	41.87	43.64	44.26	43.72	42.73	43.04	41.66	42.85	39.44	39.77	38.77	41.94
72H	48.69	49.00	51.18	52.08	51.78	51.97	51.65	50.08	51.91	47.34	47.43	46.51	49.97
96H	54.97	55.14	58.22	58.41	59.12	59.94	59.58	58.02	60.17	54.25	54.10	53.80	57.14
120H	60.28	60.73	64.10	63.15	64.79	67.02	66.60	64.78	65.79	60.10	60.72	58.84	63.07
144H	64.08	65.46	67.64	67.58	67.91	71.35	71.12	69.35	69.32	64.36	65.44	62.90	67.21
168H	67.78	68.79	70.76	70.40	71.28	74.52	74.25	72.33	72.70	68.36	69.32	66.72	70.60
192H	69.65	71.94	72.72	73.48	74.40	76.67	76.17	74.58	75.69	70.92	72.66	70.11	73.25
216H	72.01	73.70	74.63	74.70	76.06	78.35	78.45	76.67	76.38	72.89	74.00	71.72	74.96
240H	73.54	75.25	76.18	75.74	77.23	79.64	78.81	78.58	76.82	74.85	76.15	72.60	76.28

표 4.1.30 GDAPS 남반구 850 hPa 기온 Mean Error [°C] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	-0.38	-0.38	-0.41	-0.42	-0.27	-0.17	-0.14	-0.08	0.00	0.02	-0.06	0.03	-0.19
48H	-0.62	-0.56	-0.61	-0.61	-0.46	-0.29	-0.24	-0.15	-0.01	-0.01	-0.16	-0.04	-0.31
72H	-0.74	-0.62	-0.66	-0.66	-0.53	-0.33	-0.28	-0.13	0.01	0.00	-0.22	-0.10	-0.35
96H	-0.81	-0.64	-0.66	-0.66	-0.56	-0.35	-0.30	-0.12	0.04	-0.01	-0.26	-0.14	-0.37
120H	-0.86	-0.65	-0.64	-0.64	-0.54	-0.33	-0.33	-0.13	0.03	-0.01	-0.28	-0.16	-0.38
144H	-0.88	-0.64	-0.61	-0.62	-0.54	-0.30	-0.39	-0.13	0.05	-0.01	-0.30	-0.18	-0.38
168H	-0.89	-0.63	-0.59	-0.60	-0.54	-0.31	-0.43	-0.14	0.06	-0.01	-0.29	-0.18	-0.38
192H	-0.88	-0.62	-0.58	-0.56	-0.53	-0.34	-0.45	-0.15	0.04	0.00	-0.31	-0.19	-0.38
216H	-0.89	-0.60	-0.59	-0.55	-0.51	-0.35	-0.47	-0.16	0.02	-0.02	-0.32	-0.23	-0.39
240H	-0.90	-0.58	-0.60	-0.55	-0.48	-0.35	-0.49	-0.17	0.03	-0.03	-0.35	-0.28	-0.40

표 4.1.31 GDAPS 남반구 850 hPa 기온 RMSE [°C] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	1.14	1.14	1.20	1.23	1.30	1.36	1.40	1.39	1.45	1.33	1.26	1.13	1.28
48H	1.55	1.51	1.66	1.69	1.86	1.98	2.02	1.96	2.12	1.89	1.75	1.54	1.79
72H	1.83	1.76	1.96	2.04	2.39	2.58	2.62	2.52	2.73	2.40	2.16	1.89	2.24
96H	2.11	2.05	2.24	2.34	2.85	3.12	3.14	3.08	3.32	2.88	2.56	2.24	2.66
120H	2.35	2.33	2.52	2.68	3.19	3.56	3.63	3.58	3.80	3.31	2.97	2.55	3.04
144H	2.60	2.56	2.73	2.96	3.43	3.95	4.10	3.95	4.14	3.69	3.32	2.80	3.35
168H	2.79	2.73	2.89	3.18	3.66	4.24	4.37	4.24	4.46	3.97	3.63	3.03	3.60
192H	2.94	2.89	3.08	3.32	3.93	4.48	4.55	4.42	4.80	4.24	3.91	3.25	3.82
216H	3.06	3.00	3.22	3.47	4.15	4.69	4.71	4.68	5.01	4.45	4.15	3.44	4.00
240H	3.16	3.08	3.38	3.55	4.27	4.86	4.79	4.90	5.04	4.66	4.29	3.63	4.13

표 4.1.32 GDAPS 남반구 850 hPa 기온 S1 Score [무차원] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	42.34	42.63	42.86	42.90	40.45	39.03	38.68	37.67	36.94	37.25	36.79	36.61	39.51
48H	50.14	50.33	51.72	51.47	49.58	48.68	48.34	46.86	46.60	46.28	45.24	44.16	48.28
72H	55.80	55.77	57.59	57.45	56.17	56.04	55.38	53.59	53.70	52.93	51.00	49.94	54.61
96H	60.18	60.45	62.19	61.95	61.11	61.22	60.88	58.82	59.31	58.00	55.38	54.59	59.51
120H	63.72	64.50	65.86	65.84	64.80	65.57	65.13	63.14	63.13	61.39	59.30	58.37	63.40
144H	66.67	67.43	68.40	68.52	66.76	67.96	68.48	66.30	65.54	64.03	62.65	60.93	66.14
168H	69.03	69.38	69.83	70.68	68.11	70.16	70.46	68.10	67.58	66.39	64.88	63.47	68.17
192H	70.66	70.84	71.10	71.92	69.95	71.54	71.90	68.91	69.87	68.02	66.82	65.15	69.72
216H	71.78	72.14	72.22	72.90	71.84	72.57	72.87	70.55	71.20	69.22	68.35	66.61	71.02
240H	72.56	72.95	73.65	73.46	72.63	73.43	72.98	71.68	71.74	70.45	69.55	68.01	71.92

표 4.1.33 GDAPS 남반구 850 hPa 기온 Anomaly Correlation [무차원] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	0.93	0.93	0.94	0.94	0.96	0.96	0.96	0.96	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
48H	0.87	0.87	0.88	0.89	0.92	0.91	0.91	0.92	0.89	0.89	0.90	0.90	0.90
72H	0.81	0.82	0.83	0.85	0.86	0.85	0.85	0.86	0.81	0.81	0.84	0.85	0.84
96H	0.74	0.74	0.77	0.79	0.79	0.77	0.79	0.79	0.72	0.72	0.77	0.79	0.76
120H	0.67	0.65	0.70	0.73	0.74	0.70	0.71	0.72	0.64	0.63	0.68	0.73	0.69
144H	0.59	0.56	0.64	0.66	0.70	0.64	0.63	0.66	0.58	0.53	0.60	0.67	0.62
168H	0.51	0.49	0.61	0.61	0.66	0.58	0.57	0.61	0.52	0.45	0.53	0.62	0.56
192H	0.45	0.41	0.57	0.58	0.61	0.54	0.53	0.58	0.45	0.37	0.45	0.57	0.51
216H	0.40	0.35	0.53	0.54	0.57	0.48	0.50	0.53	0.40	0.30	0.38	0.53	0.46
240H	0.35	0.30	0.50	0.53	0.54	0.45	0.49	0.49	0.39	0.23	0.32	0.48	0.42

표 4.1.34 GDAPS 남반구 500 hPa 고도 Mean Error [m] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	0.12	-0.04	0.06	-0.28	-0.08	0.16	0.18	0.61	0.85	0.35	-0.41	0.05	0.13
48H	0.16	0.43	0.25	-0.26	-0.04	0.62	0.71	1.07	0.72	0.81	-0.83	-0.34	0.28
72H	0.35	1.00	0.43	-0.10	-0.03	1.12	0.62	1.76	1.02	1.10	-1.31	-0.62	0.44
96H	0.50	1.39	0.74	0.20	-0.14	1.07	0.25	2.46	1.17	1.18	-1.76	-0.44	0.55
120H	0.36	2.14	0.89	0.34	-0.25	1.01	-0.47	2.96	1.00	1.08	-1.56	0.09	0.63
144H	0.00	2.79	1.10	0.60	-0.42	0.93	-0.95	3.45	1.51	1.10	-1.17	0.27	0.77
168H	-0.43	3.45	1.09	0.56	-0.99	0.45	-1.53	4.00	1.90	1.05	-0.49	0.20	0.77
192H	-0.76	3.77	0.65	0.67	-1.16	-0.23	-2.04	4.48	1.98	1.26	-0.06	0.24	0.73
216H	-1.17	4.27	0.66	0.81	-1.18	-0.62	-2.14	5.25	2.45	1.63	0.27	0.21	0.87
240H	-1.32	4.69	0.90	0.91	-1.47	0.04	-2.75	5.35	3.50	1.45	-0.27	0.15	0.93

표 4.1.35 GDAPS 남반구 500 hPa 고도 RMSE [m] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	13.86	14.00	15.92	16.25	20.98	23.70	24.95	23.36	23.66	22.28	20.18	17.53	19.72
48H	22.57	22.29	27.11	28.15	36.50	42.22	43.89	39.02	41.05	37.48	33.83	28.36	33.54
72H	31.95	30.99	37.90	40.25	52.94	61.11	63.04	54.06	58.60	52.98	46.72	40.96	47.63
96H	41.69	41.29	50.19	52.17	70.37	79.40	81.75	71.29	77.20	69.14	60.93	52.90	62.36
120H	50.68	52.41	61.67	64.44	84.48	98.03	100.66	90.18	93.27	84.13	75.75	63.03	76.56
144H	59.23	62.73	69.93	76.28	95.55	115.45	115.67	104.94	104.96	98.09	88.71	71.25	88.57
168H	67.06	70.50	77.30	84.19	104.93	127.30	127.14	113.07	115.35	110.59	100.53	79.11	98.09
192H	72.67	77.56	83.62	91.86	113.33	136.30	135.57	120.19	126.31	120.87	110.20	88.58	106.42
216H	77.56	83.43	89.42	97.72	119.80	141.24	144.88	126.95	134.01	126.93	117.36	94.89	112.85
240H	81.74	88.82	95.19	100.23	126.25	145.96	150.17	132.78	137.15	132.21	124.20	100.16	117.90

표 4.1.36 GDAPS 남반구 500 hPa 고도 S1 Score [무차원] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	21.17	20.65	21.46	21.72	21.24	20.39	20.36	19.63	19.62	19.52	19.59	18.69	20.34
48H	30.62	29.84	31.95	32.76	32.71	32.23	32.13	30.01	30.60	29.72	29.66	27.75	30.83
72H	38.62	37.65	40.46	41.89	41.97	41.85	41.33	38.04	39.65	38.25	37.36	36.02	39.42
96H	45.52	44.94	48.40	49.15	49.78	49.39	49.44	45.61	47.39	45.26	44.33	42.85	46.84
120H	51.18	51.47	54.57	55.29	55.44	56.13	56.77	52.38	53.55	50.99	50.62	48.25	53.05
144H	55.73	57.28	58.92	60.27	59.58	61.31	62.16	57.65	57.85	55.63	55.46	52.09	57.83
168H	59.59	61.56	62.39	63.79	62.66	64.88	65.20	60.91	61.26	58.96	59.72	55.81	61.39
192H	61.76	64.57	64.94	66.83	65.97	67.16	67.03	63.45	64.74	62.24	63.37	59.38	64.29
216H	64.50	67.14	67.37	68.62	68.13	68.88	69.64	64.89	66.21	64.59	65.75	61.37	66.42
240H	66.72	69.36	69.79	69.47	70.20	70.40	70.73	66.31	67.18	66.90	67.85	63.03	68.16

표 4.1.37 GDAPS 남반구 500 hPa 고도 Anomaly Correlation [무차원] 분석검증

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	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.99	0.98	0.98
48H	0.94	0.95	0.93	0.92	0.94	0.93	0.94	0.94	0.92	0.94	0.96	0.95	0.94
72H	0.89	0.90	0.86	0.84	0.88	0.86	0.88	0.89	0.84	0.88	0.92	0.90	0.88
96H	0.81	0.82	0.75	0.75	0.78	0.76	0.78	0.81	0.73	0.80	0.85	0.83	0.79
120H	0.72	0.71	0.63	0.63	0.69	0.65	0.67	0.70	0.61	0.72	0.77	0.75	0.69
144H	0.63	0.59	0.52	0.50	0.61	0.53	0.56	0.59	0.52	0.61	0.69	0.68	0.59
168H	0.53	0.48	0.42	0.41	0.54	0.43	0.46	0.51	0.43	0.51	0.61	0.61	0.50
192H	0.45	0.37	0.34	0.31	0.48	0.36	0.38	0.45	0.32	0.42	0.54	0.52	0.41
216H	0.37	0.27	0.26	0.24	0.42	0.31	0.29	0.39	0.24	0.36	0.48	0.44	0.34
240H	0.30	0.16	0.18	0.22	0.37	0.27	0.25	0.33	0.21	0.29	0.41	0.37	0.28

표 4.1.38 GDAPS 남반구 250 hPa 풍속 Mean Error [m/s] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	0.80	0.69	0.73	0.63	0.40	0.41	0.46	0.31	0.37	0.47	0.54	0.48	0.52
48H	0.71	0.46	0.49	0.47	0.36	0.34	0.53	0.30	0.36	0.41	0.68	0.44	0.46
72H	0.66	0.35	0.31	0.51	0.60	0.49	0.68	0.53	0.59	0.55	0.88	0.46	0.55
96H	0.77	0.42	0.27	0.58	0.73	0.57	0.71	0.68	0.62	0.68	0.93	0.49	0.62
120H	0.92	0.62	0.31	0.70	0.74	0.74	0.78	0.93	0.74	0.88	0.94	0.56	0.74
144H	1.10	0.73	0.40	0.86	0.85	0.95	0.85	1.12	0.77	1.05	1.09	0.59	0.86
168H	1.23	0.88	0.53	0.92	1.12	1.11	0.78	1.27	0.98	1.19	1.19	0.63	0.99
192H	1.37	1.07	0.70	0.98	1.22	1.32	0.59	1.36	1.23	1.29	1.31	0.72	1.10
216H	1.53	1.21	0.90	1.16	1.23	1.62	0.56	1.50	1.33	1.57	1.38	0.88	1.24
240H	1.65	1.23	1.06	1.23	1.32	1.55	0.65	1.70	1.31	1.76	1.53	1.08	1.34

표 4.1.39 GDAPS 남반구 250 hPa 풍속 RMSE [m/s] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	6.42	6.48	6.54	6.48	6.99	7.13	7.74	7.16	7.08	7.06	7.09	6.64	6.90
48H	9.20	9.31	9.86	9.70	10.87	11.20	11.96	10.87	11.18	10.70	10.50	9.75	10.43
72H	11.55	11.80	12.68	12.63	14.14	15.01	15.47	13.90	14.77	13.89	13.47	12.74	13.50
96H	13.65	14.09	14.96	15.05	17.07	18.46	18.88	16.85	17.82	17.07	16.17	15.13	16.27
120H	15.65	15.90	16.87	17.29	19.16	21.53	22.22	20.04	20.77	19.59	18.53	17.11	18.72
144H	17.18	17.50	18.31	19.07	20.99	24.05	25.11	22.71	23.11	21.63	20.51	18.71	20.74
168H	18.46	18.56	19.35	20.41	22.65	25.98	26.73	24.50	24.80	23.33	22.26	20.28	22.28
192H	19.33	19.50	20.29	21.30	24.10	27.67	27.55	25.57	26.61	24.67	23.84	21.60	23.50
216H	20.08	20.04	21.00	22.36	25.52	28.88	28.58	26.71	27.88	26.00	25.19	22.67	24.58
240H	20.63	20.70	22.04	22.73	26.67	29.53	28.81	27.80	28.58	27.27	26.29	23.43	25.37

4.1.3 전지구모델 관측 검증

4.1.3.1 존데자료를 이용한 아시아 영역 검증

표 4.1.40 GDAPS 아시아 850 hPa 기온 Mean Error [°C] 관측검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	0.55	0.13	-0.11	-0.87	-0.94	-0.63	-0.23	-0.46	-0.62	-0.79	0.50	0.96	-0.21
48H	0.84	0.33	-0.01	-1.11	-1.05	-0.57	-0.07	-0.36	-0.61	-0.83	0.88	1.45	-0.09
72H	1.04	0.45	-0.05	-1.25	-1.07	-0.51	-0.08	-0.32	-0.48	-0.72	1.32	1.79	0.01
96H	1.14	0.46	-0.18	-1.28	-1.11	-0.58	-0.02	-0.29	-0.57	-0.78	1.64	2.07	0.04
120H	1.13	0.57	-0.19	-1.29	-1.09	-0.65	0.03	-0.39	-0.72	-0.94	1.85	2.25	0.05
144H	1.07	0.72	-0.17	-1.32	-1.11	-0.79	0.05	-0.56	-0.88	-1.11	1.90	2.42	0.02
168H	0.89	0.79	-0.14	-1.37	-1.23	-0.86	0.17	-0.65	-0.94	-1.26	1.93	2.49	-0.02
192H	0.71	0.36	-0.34	-1.53	-1.31	-0.76	0.22	-0.71	-1.02	-1.26	2.03	2.55	-0.09
216H	0.63	0.09	-0.29	-1.81	-1.40	-0.67	0.23	-0.77	-1.03	-1.32	2.18	2.27	-0.16
240H	0.54	0.11	-0.19	-2.07	-1.44	-0.69	0.31	-0.84	-1.09	-1.32	2.12	2.17	-0.20

표 4.1.41 GDAPS 아시아 850 hPa 기온 RMSE [°C] 관측검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	2.10	2.33	2.49	2.70	2.58	2.35	2.07	2.10	2.37	2.15	2.58	2.44	2.36
48H	2.45	2.72	2.81	3.04	2.97	2.67	2.43	2.46	2.64	2.40	3.15	2.99	2.73
72H	2.89	3.08	3.13	3.26	3.30	2.99	2.76	2.71	2.91	2.63	3.70	3.47	3.07
96H	3.29	3.40	3.59	3.63	3.74	3.26	3.12	3.01	3.18	3.00	4.15	3.96	3.44
120H	3.67	3.83	4.14	4.06	4.16	3.65	3.42	3.29	3.56	3.46	4.60	4.37	3.85
144H	4.08	4.42	4.72	4.62	4.57	3.98	3.63	3.52	3.91	4.01	5.14	4.93	4.29
168H	4.44	4.86	5.20	5.16	5.02	4.36	3.89	3.80	4.19	4.56	5.60	5.45	4.71
192H	4.77	5.37	5.50	5.58	5.27	4.61	4.07	3.94	4.37	5.05	6.11	6.11	5.06
216H	4.97	5.64	5.85	5.88	5.56	4.73	4.08	4.10	4.55	5.48	6.28	6.57	5.31
240H	5.23	5.94	6.33	6.14	5.71	4.91	4.21	4.26	4.71	5.56	6.26	6.78	5.50

표 4.1.42 GDAPS 아시아 850 hPa 기온 TRAND [무차원] 관측검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	0.85	0.83	0.85	0.83	0.84	0.81	0.68	0.63	0.77	0.83	0.83	0.80	0.80
48H	0.86	0.83	0.87	0.86	0.86	0.84	0.68	0.67	0.82	0.85	0.86	0.81	0.82
72H	0.84	0.82	0.85	0.85	0.84	0.82	0.64	0.67	0.82	0.84	0.86	0.80	0.80
96H	0.81	0.80	0.82	0.82	0.80	0.82	0.62	0.64	0.80	0.81	0.83	0.77	0.78
120H	0.77	0.77	0.79	0.79	0.75	0.81	0.58	0.58	0.75	0.77	0.83	0.74	0.74
144H	0.74	0.73	0.75	0.76	0.72	0.77	0.55	0.52	0.68	0.70	0.82	0.70	0.70
168H	0.70	0.70	0.68	0.73	0.66	0.70	0.53	0.46	0.64	0.62	0.79	0.61	0.65
192H	0.64	0.67	0.66	0.69	0.64	0.63	0.50	0.46	0.61	0.57	0.73	0.52	0.61
216H	0.60	0.67	0.66	0.67	0.59	0.58	0.52	0.45	0.57	0.55	0.67	0.46	0.58
240H	0.52	0.64	0.59	0.68	0.61	0.54	0.49	0.46	0.53	0.55	0.63	0.44	0.56

표 4.1.43 GDAPS 아시아 500 hPa 고도 Mean Error [m/s] 관측검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	4.99	10.65	11.42	6.37	2.31	2.98	3.86	0.51	-1.29	-0.03	7.38	9.36	4.88
48H	6.25	15.16	15.82	4.22	1.07	3.52	6.94	3.44	2.95	5.45	11.26	13.83	7.49
72H	7.13	15.88	17.62	4.32	3.94	6.35	8.80	7.37	8.62	15.80	18.63	20.77	11.27
96H	4.93	12.97	15.15	2.65	-0.45	0.85	2.67	1.07	1.35	10.75	19.49	19.47	7.57
120H	6.09	17.46	17.65	5.55	2.05	-1.63	2.40	-3.27	-4.69	4.72	19.67	21.01	7.25
144H	5.00	19.04	21.17	6.63	4.19	0.92	5.35	-6.11	-5.13	4.38	20.66	21.30	8.12
168H	3.96	15.72	24.11	7.92	3.94	5.91	9.25	-6.97	-1.13	6.67	18.50	26.47	9.53
192H	-0.66	7.59	22.75	6.08	1.47	7.26	11.21	-6.49	0.33	10.13	14.79	27.31	8.48
216H	-1.69	9.13	17.52	0.62	-0.03	6.39	11.05	-8.38	-1.18	8.56	9.86	22.60	6.20
240H	-0.72	14.21	17.03	-2.71	0.49	6.59	9.31	-10.02	-3.82	4.91	8.62	21.19	5.42

표 4.1.44 GDAPS 아시아 500 hPa 고도 RMSE [m/s] 관측검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	18.98	21.25	21.52	17.70	16.90	17.28	18.33	17.25	17.17	15.29	19.68	19.23	18.38
48H	29.43	32.51	29.82	24.12	23.80	24.07	23.99	22.60	23.83	23.74	29.73	28.71	26.36
72H	41.38	39.94	38.74	32.72	30.93	30.75	30.21	27.42	29.81	33.15	40.63	40.29	34.66
96H	52.91	46.85	49.46	42.47	38.55	36.18	36.60	33.83	35.90	39.38	50.32	50.10	42.71
120H	63.41	56.41	63.55	52.55	47.62	45.30	44.59	41.65	45.00	52.61	57.99	60.52	52.60
144H	72.41	66.91	75.09	62.76	56.88	53.38	50.69	47.73	52.51	65.48	68.93	73.81	62.22
168H	82.09	74.93	84.80	72.55	67.29	62.05	56.40	53.80	61.05	75.42	79.28	85.10	71.23
192H	88.98	81.41	92.95	78.22	71.97	67.57	60.33	57.53	66.78	85.27	87.90	97.47	78.03
216H	91.61	89.39	99.02	85.65	75.30	72.29	63.38	59.19	71.88	92.31	88.75	105.61	82.86
240H	98.81	97.19	101.52	92.73	81.73	74.49	66.17	62.21	75.91	96.05	91.80	108.51	87.26

표 4.1.45 GDAPS 아시아 500 hPa 고도 TRAND [무차원] 관측검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	0.95	0.94	0.94	0.96	0.95	0.92	0.87	0.85	0.91	0.94	0.95	0.94	0.93
48H	0.94	0.92	0.93	0.96	0.95	0.94	0.88	0.87	0.93	0.94	0.94	0.93	0.93
72H	0.90	0.90	0.90	0.95	0.94	0.93	0.85	0.85	0.92	0.91	0.92	0.88	0.90
96H	0.86	0.86	0.85	0.92	0.91	0.91	0.80	0.79	0.89	0.89	0.86	0.85	0.87
120H	0.82	0.79	0.79	0.89	0.84	0.87	0.74	0.71	0.83	0.81	0.86	0.82	0.81
144H	0.78	0.73	0.73	0.86	0.80	0.82	0.70	0.64	0.77	0.73	0.84	0.76	0.76
168H	0.71	0.67	0.67	0.81	0.76	0.75	0.66	0.58	0.68	0.67	0.79	0.69	0.70
192H	0.67	0.66	0.62	0.76	0.74	0.69	0.62	0.53	0.65	0.62	0.73	0.58	0.66
216H	0.63	0.63	0.58	0.71	0.72	0.62	0.60	0.54	0.58	0.59	0.69	0.56	0.62
240H	0.56	0.58	0.58	0.68	0.68	0.60	0.58	0.52	0.50	0.60	0.65	0.56	0.59

표 4.1.46 GDAPS 아시아 250 hPa 풍속 Mean Error [m/s] 관측검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	-2.29	-2.15	-2.34	-2.02	-1.81	-1.43	-0.77	-1.01	-1.52	-1.35	-1.82	-1.61	-1.68
48H	-3.28	-3.19	-3.11	-2.41	-2.19	-1.53	-0.58	-1.04	-1.80	-2.16	-2.62	-2.29	-2.18
72H	-3.69	-3.45	-3.18	-2.03	-2.18	-1.11	-0.45	-0.85	-1.88	-2.26	-2.91	-2.70	-2.22
96H	-4.07	-4.17	-3.39	-1.60	-2.14	-1.10	-0.57	-0.40	-1.69	-2.21	-3.14	-3.04	-2.29
120H	-3.74	-4.40	-3.64	-1.58	-2.07	-0.84	-0.59	-0.44	-1.48	-2.00	-3.03	-2.87	-2.22
144H	-3.61	-4.63	-4.21	-1.40	-1.76	-0.57	-0.67	-0.10	-1.53	-1.74	-2.70	-2.49	-2.12
168H	-3.32	-4.25	-4.19	-1.07	-1.59	-0.40	-0.71	-0.06	-1.39	-1.93	-2.78	-2.11	-1.98
192H	-2.96	-4.43	-4.10	-0.91	-1.73	-0.32	-0.83	-0.07	-1.42	-1.96	-2.46	-1.75	-1.91
216H	-2.80	-4.50	-4.03	-0.58	-1.89	-0.57	-0.63	-0.06	-1.61	-1.96	-2.91	-1.51	-1.92
240H	-2.65	-4.65	-3.32	-0.51	-1.62	-0.73	-0.57	0.16	-1.67	-2.26	-2.91	-1.31	-1.84

표 4.1.47 GDAPS 아시아 250 hPa 풍속 RMSE [m/s] 관측검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	7.20	7.25	8.17	8.24	8.06	8.12	8.28	7.89	6.94	6.50	7.04	6.50	7.52
48H	9.43	9.67	10.30	10.72	10.22	10.79	10.79	10.33	9.00	8.95	9.43	8.84	9.87
72H	11.46	11.25	12.57	13.31	12.33	12.72	13.01	12.32	10.66	10.95	11.75	10.80	11.93
96H	13.32	13.29	14.71	15.43	14.84	14.63	15.22	14.07	12.95	12.88	13.92	12.67	13.99
120H	14.80	14.76	16.84	16.93	17.50	16.41	16.88	15.62	14.42	15.01	15.48	14.27	15.74
144H	16.04	16.46	19.16	18.50	19.64	18.09	18.24	16.89	16.10	17.22	17.23	16.73	17.52
168H	17.40	17.98	21.19	21.00	21.69	19.34	20.49	18.27	18.29	19.24	19.09	18.18	19.35
192H	18.43	19.01	22.23	22.52	22.81	20.99	20.92	19.08	19.41	20.14	20.31	19.35	20.43
216H	18.89	19.53	22.62	23.55	23.29	21.34	21.10	20.01	20.15	21.48	20.29	20.83	21.09
240H	19.59	20.27	23.74	24.50	24.35	22.02	21.22	20.12	21.01	22.02	20.93	21.92	21.81

4.1.3.2 ASOS 강수 검증

표 4.1.48 GDAPS 한반도 76개 지점에 대한 강수 TS

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

표 4.1.49 GDAPS 한반도 76개 지점에 대한 강수 ETS

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

표 4.1.50 GDAPS 한반도 76개 지점에 대한 강수 BIAS

Threshold = 0.1 mm							Threshold = 5 mm						
MONTH	12H	24H	36H	48H	60H	TOTAL	MONTH	12H	24H	36H	48H	60H	TOTAL
Jan.	1.99	2.36	2.43	2.45	2.32	2.31	Jan.	1.52	2.19	1.32	2.35	3.37	2.15
Feb.	1.88	2.28	2.38	2.56	2.86	2.39	Feb.	0.82	0.82	1.05	1.51	1.50	1.14
Mar.	1.76	1.95	2.07	2.05	2.07	1.98	Mar.	1.03	1.22	1.01	1.09	1.23	1.12
Apr.	1.59	1.77	1.75	1.69	1.69	1.70	Apr.	0.87	1.18	1.34	1.42	1.24	1.21
May.	1.14	1.22	1.27	1.12	1.06	1.16	May.	0.85	1.02	0.77	0.74	0.69	0.82
Jun.	1.37	1.63	1.67	1.72	1.76	1.63	Jun.	0.61	1.15	1.17	1.56	1.36	1.17
Jul.	1.23	1.46	1.49	1.55	1.55	1.45	Jul.	0.68	0.89	0.90	1.16	1.14	0.95
Aug.	1.18	1.56	1.88	2.06	2.00	1.74	Aug.	0.39	0.97	1.42	1.76	1.44	1.20
Sep.	1.59	2.01	2.04	2.11	2.10	1.97	Sep.	0.76	1.15	1.12	1.22	1.74	1.20
Oct.	1.51	1.93	2.20	1.95	2.04	1.93	Oct.	0.60	0.57	0.63	0.66	0.68	0.63
Nov.	2.22	2.74	2.74	2.92	2.99	2.72	Nov.	0.58	1.14	0.87	0.95	1.09	0.93
Dec.	1.68	1.96	2.00	1.94	1.85	1.89	Dec.	0.38	0.49	0.36	0.28	0.15	0.33
TOTAL	1.53	1.82	1.90	1.93	1.94	1.82	TOTAL	0.70	1.00	1.00	1.20	1.18	1.01
Threshold = 15 mm							Threshold = 25 mm						
MONTH	12H	24H	36H	48H	60H	TOTAL	MONTH	12H	24H	36H	48H	60H	TOTAL
Jan.	0.00	5.67	3.67	19.00	43.33	14.33	Jan.	0.00	0.00	0.00	20.00	89.00	21.80
Feb.	0.95	0.44	0.75	1.75	1.89	1.16	Feb.	0.00	0.00	1.00	3.67	2.67	1.47
Mar.	0.91	1.15	1.07	1.41	1.58	1.22	Mar.	0.88	1.73	1.54	1.46	3.00	1.72
Apr.	0.82	1.10	1.59	1.59	0.80	1.18	Apr.	0.74	1.07	1.22	1.31	0.74	1.02
May.	0.55	0.92	0.75	0.62	0.53	0.67	May.	0.31	0.62	0.55	0.38	0.48	0.47
Jun.	0.36	1.23	1.31	2.04	1.46	1.28	Jun.	0.23	1.16	1.31	2.23	1.34	1.25
Jul.	0.64	0.80	0.74	1.00	0.99	0.83	Jul.	0.66	0.70	0.62	0.91	0.88	0.75
Aug.	0.26	0.81	1.48	1.89	1.55	1.20	Aug.	0.26	0.78	1.74	2.07	1.85	1.34
Sep.	0.51	1.63	1.44	1.54	2.46	1.52	Sep.	0.28	2.31	2.05	2.28	3.97	2.18
Oct.	0.43	0.82	0.69	1.02	1.20	0.83	Oct.	0.42	1.04	0.62	0.88	1.04	0.80
Nov.	0.22	1.42	0.90	1.22	1.58	1.07	Nov.	0.31	2.10	1.14	2.17	2.55	1.66
Dec.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Dec.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	0.55	0.96	1.01	1.33	1.28	1.02	TOTAL	0.49	0.91	0.97	1.33	1.33	1.01
Threshold = 50 mm													
MONTH	12H	24H	36H	48H	60H	TOTAL							
Jan.	-	-	-	-	-	-							
Feb.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00							
Mar.	0.00	0.67	1.00	0.00	1.33	0.60							
Apr.	0.21	0.21	0.21	0.00	0.00	0.13							
May.	0.55	0.10	0.65	0.35	0.30	0.39							
Jun.	0.24	1.14	2.03	4.14	2.52	2.01							
Jul.	0.60	0.59	0.49	0.77	0.59	0.61							
Aug.	0.13	0.96	2.22	1.71	2.62	1.53							
Sep.	0.00	3.75	4.75	2.50	7.75	3.75							
Oct.	0.11	1.00	0.33	0.11	0.56	0.42							
Nov.	0.67	5.00	0.00	8.00	3.67	3.47							
Dec.	-	-	-	-	-	-							
TOTAL	0.47	0.74	0.89	1.16	1.11	0.88							

4.2 지역 예보 모델

4.2.1 지역모델 성능 변화 추세

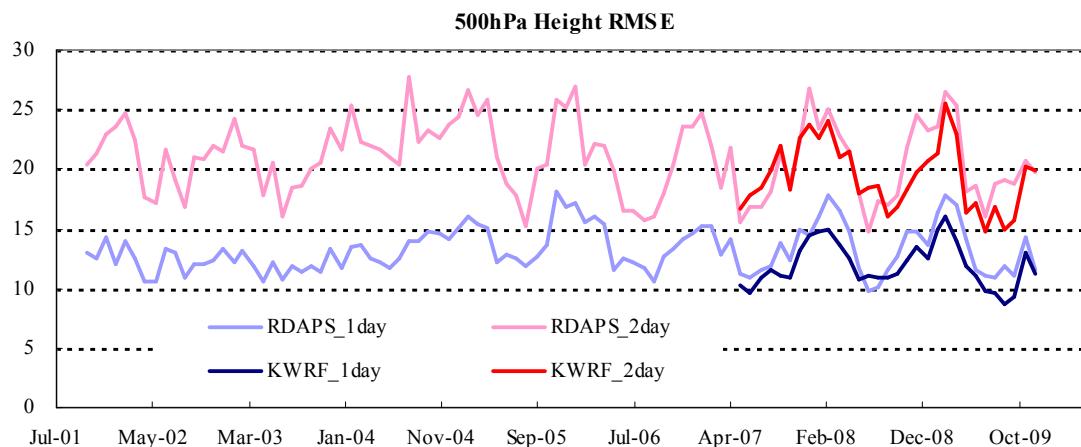


그림 4.2.1 지역모델 500 hPa 고도의 예측 시간별 월평균 RMSE

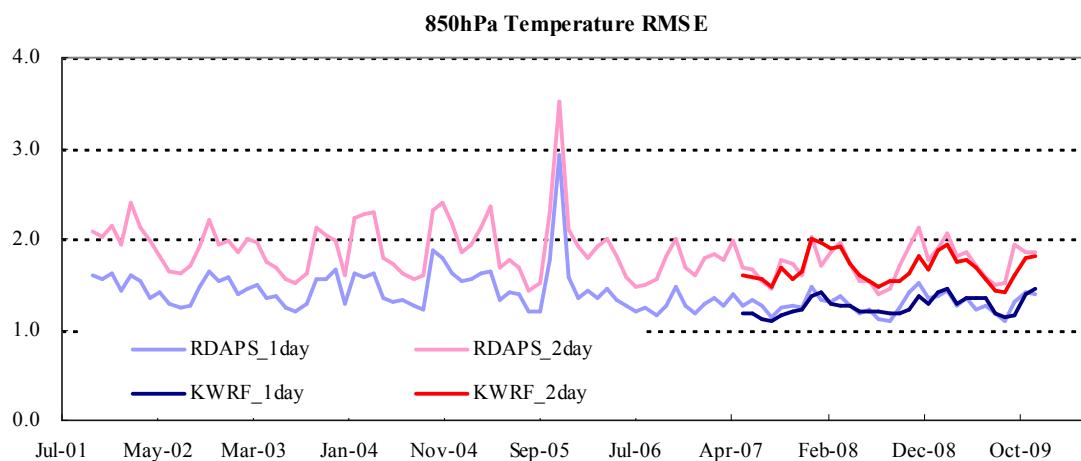


그림 4.2.2 지역모델 850 hPa 기온의 예측 시간별 월평균 RMSE

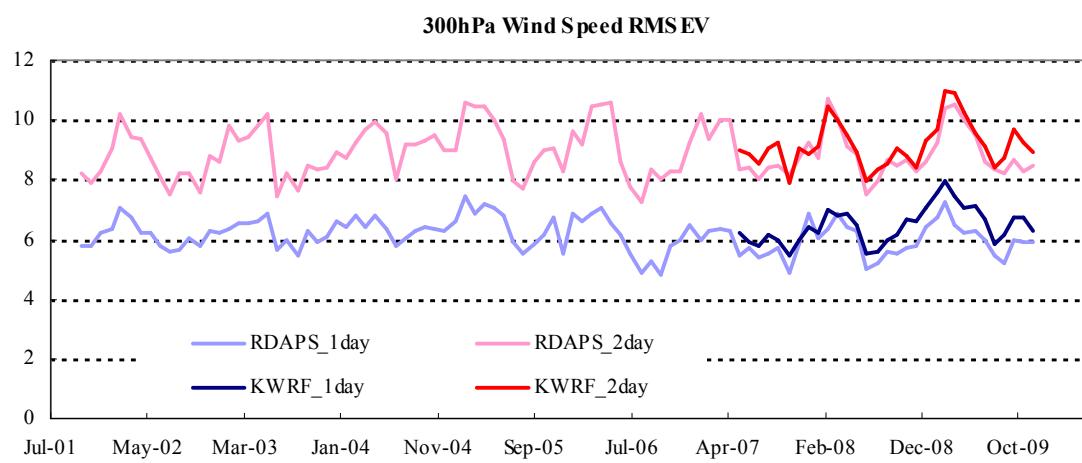


그림 4.2.3 지역모델 300 hPa 풍속의 예측 시간별 월평균 RMSE

4.2.2 지역모델 초기장/ 분석장 검증

4.2.2.1 RDAPS 30km 초기장 검증

표 4.2.1 RDAPS 30km 850 hPa 기온의 Mean Error [°C] 초기장 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	0.10	-0.11	-0.10	-0.14	-0.30	-0.21	-0.28	-0.36	-0.19	-0.30	0.03	0.02	-0.15
24H	0.20	-0.13	-0.17	-0.31	-0.50	-0.39	-0.42	-0.49	-0.36	-0.59	0.07	0.07	-0.25
36H	0.23	-0.10	-0.29	-0.46	-0.65	-0.57	-0.53	-0.55	-0.51	-0.83	0.11	0.00	-0.35
48H	0.22	0.02	-0.31	-0.61	-0.75	-0.68	-0.60	-0.61	-0.67	-1.01	0.17	-0.02	-0.40
60H	0.17	0.12	-0.30	-0.79	-0.86	-0.77	-0.64	-0.67	-0.79	-1.11	0.26	0.03	-0.44

표 4.2.2 RDAPS 30km 850 hPa 기온의 RMSE [°C] 초기장 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	1.03	1.03	1.04	0.93	1.00	0.95	1.05	0.98	0.87	0.90	1.04	1.04	0.99
24H	1.34	1.36	1.44	1.26	1.34	1.23	1.27	1.17	1.09	1.30	1.42	1.40	1.30
36H	1.57	1.64	1.82	1.55	1.64	1.48	1.48	1.36	1.30	1.66	1.65	1.64	1.57
48H	1.77	1.89	2.07	1.81	1.86	1.70	1.58	1.50	1.52	1.94	1.85	1.85	1.78
60H	1.99	2.11	2.29	2.09	2.05	1.90	1.69	1.62	1.72	2.13	2.05	2.06	1.98

표 4.2.3 RDAPS 30km 850 hPa 기온의 S1 Score [무차원] 초기장 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	46.35	47.73	47.44	51.27	55.93	59.18	67.35	66.43	60.36	54.51	47.91	46.40	54.24
24H	51.29	53.03	54.13	59.31	64.44	68.19	75.71	73.02	66.12	61.17	53.78	52.14	61.03
36H	53.77	55.94	58.18	63.73	69.57	73.08	79.27	76.94	69.89	65.48	56.58	54.73	64.76
48H	55.26	57.74	60.60	66.75	73.57	75.81	81.06	79.45	72.99	67.77	58.51	56.25	67.15
60H	56.75	58.59	62.14	69.13	75.89	77.50	82.40	80.90	74.91	68.80	59.78	57.43	68.68

표 4.2.4 RDAPS 30km 500 hPa 고도의 Mean Error [m] 초기장 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	0.34	8.53	9.92	12.14	10.87	9.58	9.19	8.40	10.37	7.21	7.18	-0.87	7.74
24H	2.81	11.14	11.08	12.61	10.63	5.63	4.46	3.19	7.26	4.16	8.72	1.78	6.96
36H	-0.64	9.56	9.20	11.86	9.70	2.28	0.98	0.90	5.24	2.00	7.99	-2.82	4.69
48H	-1.99	9.56	7.12	10.70	7.97	-3.20	-3.57	-3.50	2.71	2.63	8.79	-3.76	2.79
60H	-4.62	8.69	5.70	10.96	7.21	-9.65	-8.47	-8.98	-0.05	5.55	9.61	-3.03	1.08

표 4.2.5 RDAPS 30km 500 hPa 고도의 RMSE [m] 초기장 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	9.25	12.22	14.11	14.51	12.84	12.05	11.67	10.61	11.95	10.06	10.57	8.06	11.49
24H	13.70	16.33	17.85	17.08	14.08	11.58	11.09	10.86	11.81	11.09	14.29	11.57	13.44
36H	18.81	19.45	21.83	21.14	15.63	13.68	13.03	14.96	15.53	14.81	17.49	16.04	16.87
48H	23.31	23.55	26.47	25.35	18.07	18.53	16.06	18.69	19.05	18.79	20.67	19.81	20.70
60H	27.77	27.64	30.90	30.50	21.55	24.64	20.18	23.05	22.82	22.25	23.95	23.85	24.92

표 4.2.6 RDAPS 30km 500 hPa 고도의 S1 Score [무차원] 초기장 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	12.48	12.85	13.73	15.45	19.74	19.80	24.25	24.70	19.33	15.96	13.45	12.07	16.98
24H	16.25	16.33	17.27	20.05	24.63	25.16	29.68	31.46	24.40	19.84	17.17	15.97	21.52
36H	19.68	19.45	20.61	24.39	28.87	28.88	33.42	36.58	29.36	23.86	20.63	19.21	25.41
48H	22.17	21.90	23.53	28.61	33.18	32.81	37.33	41.18	33.16	26.70	23.65	21.57	28.82
60H	24.65	23.48	26.18	33.30	37.02	36.17	40.91	45.22	35.94	28.86	25.97	23.45	31.76

표 4.2.7 RDAPS 30km 300 hPa 풍속의 Mean Error [m/s] 초기장 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	-0.20	-0.71	-0.54	-0.56	-0.45	-0.29	-0.13	-0.01	-0.40	-0.38	-0.36	-0.24	-0.36
24H	-1.05	-1.80	-1.22	-0.71	-0.61	-0.32	-0.10	0.00	-0.61	-0.75	-0.88	-1.02	-0.75
36H	-1.21	-2.63	-1.65	-0.53	-0.72	-0.19	-0.04	0.08	-0.67	-0.91	-1.16	-1.26	-0.91
48H	-1.21	-3.19	-1.99	-0.36	-0.82	-0.06	0.06	0.34	-0.73	-1.05	-1.24	-1.52	-0.98
60H	-0.99	-3.07	-1.72	0.19	-0.98	0.10	0.08	0.67	-0.55	-0.89	-0.86	-1.41	-0.79

표 4.2.8 RDAPS 30km 300 hPa 풍속의 RMSE [m/s] 초기장 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	3.79	4.25	4.65	4.17	4.33	4.31	4.39	3.55	3.46	3.87	3.89	3.54	4.02
24H	6.41	6.75	7.27	6.48	6.25	6.31	5.99	5.44	5.22	5.98	5.91	5.91	6.16
36H	7.86	8.30	9.16	8.76	8.08	7.94	7.46	7.00	6.82	7.49	7.32	7.38	7.80
48H	8.62	9.21	10.40	10.54	9.99	9.51	8.57	8.36	8.21	8.67	8.31	8.45	9.07
60H	9.35	10.13	11.44	12.13	11.39	10.43	9.60	9.27	8.90	9.54	9.31	9.31	10.07

4.2.2.2 KWRF 10km 분석장 검증

표 4.2.9 KWRF 10km 850 hPa 기온의 Mean Error [°C] 초기장 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	-0.01	0.04	-0.02	-0.02	-0.08	0.05	-0.02	-0.14	-0.12	-0.12	0.02	0.10	-0.03
24H	0.03	-0.08	-0.18	-0.15	-0.21	0.04	-0.16	-0.31	-0.29	-0.36	0.09	0.20	-0.12
36H	0.07	-0.16	-0.27	-0.26	-0.36	-0.01	-0.32	-0.42	-0.42	-0.51	0.17	0.19	-0.19
48H	0.14	-0.28	-0.33	-0.39	-0.44	-0.04	-0.45	-0.49	-0.52	-0.61	0.30	0.19	-0.24
60H	0.15	-0.30	-0.39	-0.55	-0.51	-0.06	-0.55	-0.56	-0.58	-0.63	0.45	0.26	-0.27

표 4.2.10 KWRF 10km 850 hPa 기온의 RMSE [°C] 초기장 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	1.09	1.16	1.16	1.08	1.11	1.15	1.18	1.00	0.97	0.97	1.14	1.19	1.10
24H	1.29	1.42	1.46	1.28	1.34	1.35	1.35	1.18	1.14	1.16	1.39	1.45	1.32
36H	1.50	1.67	1.74	1.52	1.58	1.50	1.43	1.30	1.28	1.41	1.60	1.65	1.51
48H	1.67	1.87	1.94	1.74	1.77	1.68	1.56	1.44	1.41	1.59	1.78	1.81	1.69
60H	1.83	2.06	2.16	1.99	1.96	1.86	1.65	1.58	1.52	1.70	1.98	1.96	1.85

표 4.2.11 KWRF 10km 850 hPa 기온의 S1 Score [무차원] 초기장 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	61.88	61.71	61.84	67.72	71.52	74.47	78.75	76.64	73.71	69.38	62.10	62.26	68.50
24H	65.86	65.86	66.56	72.70	76.76	79.96	83.66	81.01	77.96	73.53	66.01	65.95	72.98
36H	67.73	67.62	69.20	75.25	79.05	82.31	85.34	82.78	79.92	75.65	67.79	67.40	75.00
48H	68.68	68.76	70.82	77.07	80.92	83.65	86.47	83.72	81.03	77.03	69.17	68.01	76.28
60H	69.50	69.30	71.82	78.29	82.55	84.99	87.05	84.58	81.73	77.46	70.35	68.53	77.18

표 4.2.12 KWRF 10km 500 hPa 고도의 Mean Error [°C] 초기장 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	4.57	10.09	9.12	8.01	6.17	6.72	4.50	1.73	-0.06	-0.32	2.07	0.46	4.42
24H	2.46	9.33	7.87	8.48	6.57	5.80	2.80	-0.20	-1.14	-1.68	2.99	-0.56	3.56
36H	-1.85	5.91	4.03	6.75	4.83	1.65	-0.82	-1.38	-0.93	-0.50	3.55	-4.89	1.36
48H	-4.21	4.42	1.12	5.26	3.97	-3.17	-4.80	-3.38	-0.85	2.38	6.38	-6.63	0.04
60H	-7.82	2.38	-2.31	4.19	3.16	-8.88	-9.42	-7.68	-1.80	5.82	8.30	-6.81	-1.74

표 4.2.13 KWRF 10km 500 hPa 고도의 RMSE [°C] 초기장 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	10.03	12.83	13.16	11.14	10.10	9.42	8.12	7.10	7.19	7.83	9.46	8.04	9.54
24H	12.57	14.98	16.12	14.01	11.84	11.11	9.75	9.57	8.61	9.37	12.94	11.28	11.85
36H	16.62	17.08	20.20	18.12	13.95	13.08	11.51	13.17	11.80	12.40	16.67	15.91	15.04
48H	20.66	21.34	25.46	22.88	16.42	17.21	14.82	16.86	14.86	15.74	20.29	19.90	18.87
60H	25.55	25.40	30.36	27.40	19.73	22.80	19.20	22.35	17.96	19.44	23.53	23.73	23.12

표 4.2.14 KWRF 10km 500 hPa 고도의 S1 Score [무차원] 초기장 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	19.97	20.03	20.43	22.28	26.34	26.48	30.89	31.14	25.52	23.12	20.11	18.76	23.76
24H	23.02	22.93	23.61	25.88	30.21	30.82	34.87	35.27	28.84	25.86	23.00	21.52	27.15
36H	25.44	25.12	26.45	29.63	33.71	33.73	37.21	38.45	32.22	28.43	25.49	24.23	30.01
48H	27.64	26.76	28.89	33.16	37.13	36.74	40.32	41.58	35.32	31.13	28.00	26.28	32.75
60H	29.72	28.00	31.16	36.40	39.76	39.63	43.00	45.60	37.48	33.00	30.33	27.99	35.17

표 4.2.15 KWRF 10km 300 hPa 풍속의 Mean Error [m/s] 초기장 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	-0.37	-0.32	-0.15	-0.71	-0.67	-0.33	-0.30	-0.19	-0.51	-0.60	-0.19	-0.11	-0.37
24H	-1.23	-1.18	-0.81	-0.75	-0.87	-0.37	-0.54	-0.25	-0.81	-1.15	-0.92	-0.66	-0.80
36H	-1.76	-2.07	-1.32	-0.76	-1.08	-0.33	-0.26	0.00	-1.04	-1.35	-1.27	-1.00	-1.02
48H	-1.99	-2.68	-1.70	-0.45	-1.30	-0.20	-0.19	0.28	-1.07	-1.60	-1.62	-1.31	-1.15
60H	-2.13	-2.93	-1.57	0.21	-1.43	0.31	-0.15	0.58	-0.78	-1.52	-1.50	-1.46	-1.03

표 4.2.16 KWRF 10km 300 hPa 풍속의 RMSE [m/s] 초기장 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	5.32	5.71	6.06	5.74	5.48	5.58	5.14	4.28	4.61	5.24	5.48	4.92	5.30
24H	7.04	7.55	7.96	7.42	7.03	7.13	6.67	5.81	6.16	6.72	6.76	6.32	6.88
36H	8.41	8.63	9.61	9.41	8.64	8.28	7.75	7.33	7.53	8.14	8.09	7.68	8.29
48H	9.33	9.70	10.96	10.88	10.27	9.53	9.13	8.42	8.74	9.66	9.24	8.90	9.56
60H	10.26	10.68	12.27	11.99	11.70	10.50	9.99	9.06	9.63	10.31	10.34	9.96	10.56

4.2.3 지역모델 관측 검증

4.2.3.1 KWRF, RDAPS 성능 비교

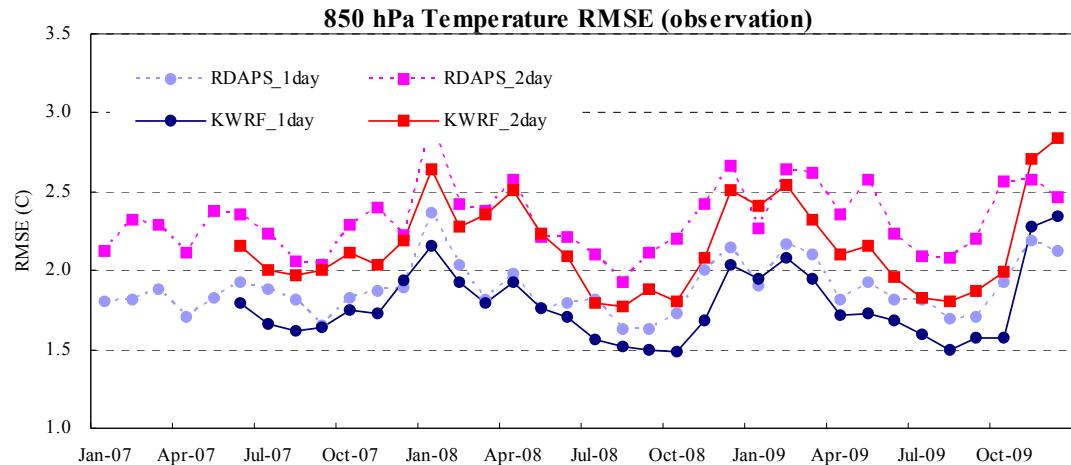


그림 4.2.4 KWRF, RDAPS 850 hPa 기온 관측검증 RMSE의 월평균 시계열

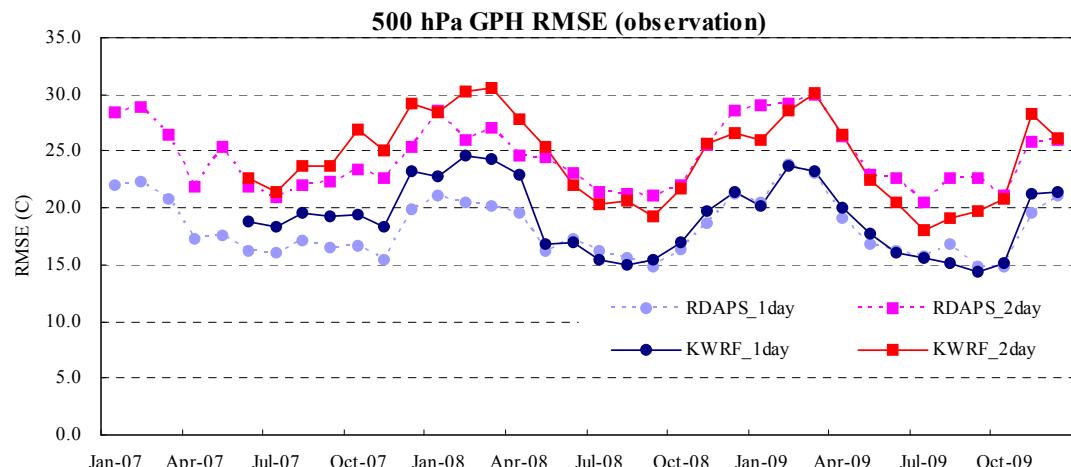


그림 4.2.5 KWRF, RDAPS 500 hPa 고도 관측검증 RMSE의 월평균 시계열

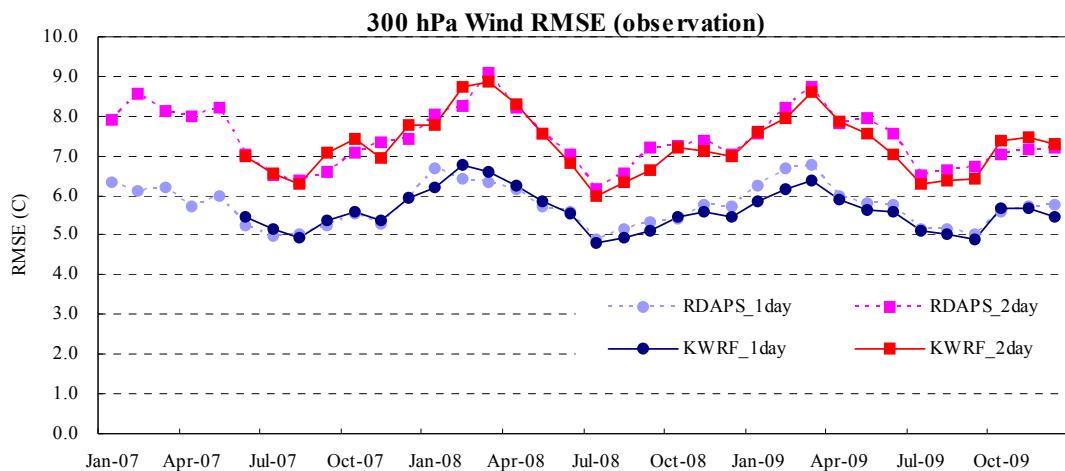


그림 4.2.6 KWRF, RDAPS 850 hPa 기온 관측검증 RMSE의 월평균 시계열

4.2.3.2 존데자료를 이용한 RDAPS 30km 검증

표 4.2.17 RDAPS 30km 850 hPa 기온의 Mean Error [°C] 관측 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	0.25	-0.03	-0.10	-0.31	-0.29	-0.22	-0.17	-0.32	-0.39	-0.65	0.12	0.37	-0.14
24H	0.30	0.09	-0.07	-0.39	-0.39	-0.29	-0.16	-0.33	-0.54	-0.98	0.13	0.45	-0.18
36H	0.27	0.14	-0.12	-0.52	-0.50	-0.43	-0.22	-0.37	-0.70	-1.23	0.13	0.39	-0.26
48H	0.22	0.17	-0.20	-0.66	-0.58	-0.56	-0.29	-0.47	-0.87	-1.45	0.13	0.34	-0.35
60H	0.12	0.14	-0.35	-0.81	-0.72	-0.67	-0.35	-0.56	-0.98	-1.59	0.19	0.36	-0.43

표 4.2.18 RDAPS 30km 850 hPa 기온의 RMSE [°C] 관측 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	1.77	1.93	1.80	1.63	1.70	1.62	1.65	1.50	1.53	1.63	1.96	1.92	1.72
24H	1.90	2.17	2.10	1.82	1.93	1.81	1.82	1.69	1.71	1.93	2.19	2.12	1.93
36H	2.08	2.41	2.43	2.09	2.28	2.03	2.03	1.91	1.98	2.28	2.38	2.30	2.18
48H	2.27	2.64	2.62	2.36	2.58	2.23	2.09	2.08	2.20	2.56	2.58	2.47	2.39
60H	2.50	2.80	2.79	2.60	2.80	2.36	2.23	2.20	2.45	2.75	2.81	2.67	2.58

표 4.2.19 RDAPS 30km 500 hPa 고도의 Mean Error [m] 관측 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	1.95	10.34	9.88	8.57	4.29	1.38	-0.12	-2.23	-0.86	-0.25	5.15	4.78	3.57
24H	3.44	12.95	11.40	9.78	3.85	-2.29	-3.69	-6.40	-2.81	-2.22	7.13	7.62	3.23
36H	-1.20	10.83	9.31	9.43	2.63	-4.27	-5.35	-7.29	-3.45	-4.34	5.51	3.27	1.26
48H	-4.20	9.39	6.18	8.12	0.61	-7.55	-8.03	-9.63	-4.93	-4.72	4.81	1.34	-0.72
60H	-7.96	7.64	3.67	7.77	-0.43	-11.41	-11.08	-12.23	-6.34	-3.10	5.24	0.72	-2.29

표 4.2.20 RDAPS 30km 500 hPa 고도의 RMSE [m] 관측 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	16.64	19.93	19.71	16.41	14.73	14.30	14.31	13.59	12.60	12.88	16.21	17.97	15.77
24H	20.41	23.88	23.01	19.11	16.85	16.24	15.75	16.79	14.79	14.87	19.58	21.12	18.53
36H	24.21	26.01	25.62	22.58	19.36	18.68	17.31	19.49	18.19	17.88	22.39	22.89	21.22
48H	29.00	29.21	29.96	26.34	22.95	22.62	20.45	22.67	22.65	21.14	25.89	26.02	24.91
60H	34.18	32.05	34.75	30.52	27.13	27.83	24.62	26.26	27.23	24.75	29.11	30.00	29.04

표 4.2.21 RDAPS 30km 300 hPa 풍속의 Mean Error [m/s] 관측 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	-0.92	-1.32	-1.27	-1.01	-0.98	-0.83	-0.66	-0.47	-0.83	-1.09	-1.10	-0.92	-0.95
24H	-1.81	-2.23	-1.85	-1.09	-1.13	-1.04	-0.70	-0.65	-0.99	-1.58	-1.70	-1.60	-1.36
36H	-2.10	-2.60	-2.09	-1.24	-1.33	-1.22	-0.82	-0.67	-1.07	-1.90	-1.92	-1.81	-1.56
48H	-2.19	-2.85	-2.37	-1.22	-1.57	-1.09	-0.80	-0.51	-1.16	-2.03	-1.89	-2.07	-1.65
60H	-2.17	-2.78	-2.12	-0.99	-1.76	-0.99	-0.89	-0.39	-0.98	-1.91	-1.50	-2.09	-1.55

표 4.2.22 RDAPS 30km 300 hPa 풍속의 RMSE [m/s] 관측 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	4.82	5.40	5.65	4.87	4.80	4.88	4.56	4.27	4.14	4.60	4.66	4.62	4.77
24H	6.26	6.70	6.77	5.98	5.81	5.78	5.17	5.15	5.03	5.59	5.71	5.75	5.81
36H	7.16	7.65	7.87	7.00	6.83	6.66	5.97	5.96	5.93	6.48	6.59	6.56	6.72
48H	7.56	8.20	8.75	7.83	7.93	7.55	6.50	6.65	6.71	7.05	7.17	7.19	7.43
60H	7.90	8.58	9.46	8.73	8.84	8.21	7.12	7.11	7.27	7.63	7.91	7.74	8.04

4.2.3.3 존데자료를 이용한 KWRF 10km 검증

표 4.2.23 KWRF 10km 850 hPa 기온의 Mean Error [°C] 관측 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	0.36	0.25	0.15	0.02	0.05	0.00	0.07	-0.05	-0.05	-0.14	0.49	0.71	0.16
24H	0.51	0.31	0.17	-0.09	-0.05	0.00	0.00	-0.13	-0.17	-0.32	0.66	0.91	0.15
36H	0.62	0.35	0.16	-0.23	-0.15	-0.03	-0.14	-0.26	-0.32	-0.47	0.81	1.05	0.12
48H	0.70	0.34	0.10	-0.35	-0.24	-0.04	-0.26	-0.36	-0.43	-0.57	0.97	1.16	0.09
60H	0.75	0.34	0.01	-0.45	-0.34	-0.04	-0.34	-0.48	-0.49	-0.61	1.14	1.33	0.07

표 4.2.24 KWRF 10km 850 hPa 기온의 RMSE [°C] 관측 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	1.71	1.86	1.70	1.55	1.55	1.49	1.48	1.36	1.44	1.40	2.03	2.04	1.63
24H	1.95	2.08	1.95	1.72	1.73	1.68	1.59	1.50	1.57	1.57	2.28	2.34	1.83
36H	2.19	2.29	2.15	1.89	1.95	1.81	1.68	1.64	1.75	1.79	2.49	2.61	2.02
48H	2.41	2.54	2.32	2.10	2.16	1.96	1.83	1.80	1.87	1.99	2.71	2.84	2.21
60H	2.65	2.73	2.49	2.29	2.36	2.12	1.95	1.96	2.01	2.12	2.97	3.07	2.39

표 4.2.25 KWRF 10km 500 hPa 고도의 Mean Error [m] 관측 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	10.27	15.37	13.87	11.72	8.70	5.84	4.77	1.44	1.33	3.21	10.01	10.62	8.10
24H	8.43	15.16	13.12	12.23	8.14	4.21	3.09	-0.84	0.10	2.46	11.57	10.98	7.39
36H	4.29	12.72	9.67	10.97	6.88	1.60	1.67	-0.52	1.01	2.64	11.70	8.28	5.91
48H	1.37	11.53	5.88	9.15	5.44	-1.75	-0.01	-1.29	1.86	4.50	13.47	7.03	4.76
60H	-2.61	10.06	2.11	7.84	4.77	-4.91	-2.51	-3.23	2.39	7.48	15.14	7.17	3.64

표 4.2.26 KWRF 10km 500 hPa 고도의 RMSE [m] 관측 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	18.35	21.90	21.17	18.07	16.42	14.60	14.38	13.40	13.39	14.04	18.35	19.28	16.95
24H	20.15	23.71	23.19	20.07	17.70	16.07	15.63	15.12	14.36	15.17	21.22	21.33	18.65
36H	22.40	25.24	25.70	22.94	19.44	17.45	15.91	16.83	16.85	17.72	24.30	23.29	20.67
48H	25.95	28.52	30.12	26.48	22.46	20.53	17.96	19.09	19.72	20.82	28.22	26.19	23.84
60H	30.03	31.49	35.58	29.84	25.52	25.01	20.91	22.68	23.30	25.16	31.96	29.92	27.62

표 4.2.27 KWRF 10km 300 hPa 풍속의 Mean Error [m/s] 관측 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	-0.73	-1.07	-0.85	-0.75	-0.68	-0.48	-0.24	-0.35	-0.65	-1.07	-0.95	-0.77	-0.72
24H	-1.62	-1.81	-1.48	-0.85	-0.91	-0.68	-0.53	-0.64	-0.93	-1.71	-1.67	-1.40	-1.19
36H	-2.27	-2.59	-1.90	-0.97	-1.12	-0.64	-0.43	-0.55	-1.01	-2.00	-2.13	-1.78	-1.45
48H	-2.65	-2.92	-2.11	-1.03	-1.34	-0.45	-0.42	-0.48	-0.98	-2.21	-2.48	-2.23	-1.61
60H	-2.85	-3.10	-1.95	-0.87	-1.41	-0.05	-0.34	-0.27	-0.71	-2.14	-2.48	-2.51	-1.56

표 4.2.28 KWRF 10km 300 hPa 풍속의 RMSE [m/s] 관측 검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	4.58	5.04	5.23	4.92	4.71	4.75	4.26	4.10	3.98	4.66	4.79	4.38	4.62
24H	5.83	6.16	6.39	5.89	5.64	5.59	5.12	5.04	4.88	5.68	5.68	5.44	5.61
36H	6.91	7.21	7.67	7.06	6.56	6.33	5.75	5.85	5.70	6.50	6.64	6.32	6.54
48H	7.61	7.93	8.61	7.84	7.54	7.05	6.30	6.37	6.42	7.40	7.46	7.29	7.32
60H	8.28	8.53	9.53	8.53	8.40	7.62	6.93	6.87	6.96	7.71	8.18	8.06	7.97

4.2.3.4 ASOS RDAPS 30km 강수검증

표 4.2.29 RDAPS 한반도 76개 지점에 대한 강수 TS

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

표 4.2.30 RDAPS 한반도 76개 지점에 대한 강수 ETS

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

표 4.2.31 RDAPS 한반도 76개 지점에 대한 강수 BIAS

Threshold = 0.1 mm							Threshold = 5 mm						
MONTH	12H	24H	36H	48H	60H	TOTAL	MONTH	12H	24H	36H	48H	60H	TOTAL
Jan.	1.54	1.77	1.90	2.07	2.17	1.89	Jan.	1.65	2.16	1.84	4.23	4.89	2.95
Feb.	1.31	1.70	1.83	2.22	2.47	1.91	Feb.	0.58	0.75	1.17	1.78	2.03	1.26
Mar.	1.34	1.60	1.60	1.58	1.57	1.54	Mar.	0.89	1.10	1.05	1.18	1.17	1.08
Apr.	1.10	1.28	1.40	1.37	1.44	1.32	Apr.	0.70	0.79	1.09	0.99	1.18	0.95
May.	1.06	1.19	1.22	1.13	0.86	1.09	May.	0.85	1.05	0.98	0.82	0.56	0.85
Jun.	1.33	1.53	1.64	1.71	1.77	1.60	Jun.	1.22	1.25	1.42	1.61	1.61	1.42
Jul.	1.23	1.30	1.25	1.23	0.99	1.20	Jul.	1.20	1.21	1.20	1.30	0.91	1.17
Aug.	1.13	1.49	1.37	1.42	1.34	1.35	Aug.	0.94	1.16	1.08	1.19	1.36	1.15
Sep.	1.07	1.35	1.46	1.32	1.13	1.26	Sep.	0.70	1.10	1.32	1.13	1.24	1.10
Oct.	1.18	1.61	1.96	2.27	2.15	1.83	Oct.	0.70	0.69	1.16	1.48	1.24	1.05
Nov.	1.68	2.11	2.08	2.08	1.94	1.98	Nov.	0.99	1.66	1.29	1.68	1.74	1.47
Dec.	1.35	1.49	1.56	1.68	1.92	1.60	Dec.	0.72	0.67	0.84	0.70	1.84	0.95
TOTAL	1.27	1.50	1.54	1.59	1.54	1.49	TOTAL	0.97	1.12	1.17	1.31	1.29	1.17
Threshold = 15 mm							Threshold = 25 mm						
MONTH	12H	24H	36H	48H	60H	TOTAL	MONTH	12H	24H	36H	48H	60H	TOTAL
Jan.	3.00	11.67	4.00	31.00	47.00	19.33	Jan.	2.00	8.00	0.00	36.00	43.00	17.80
Feb.	0.25	0.58	1.40	1.14	1.40	0.95	Feb.	0.78	1.11	2.33	2.00	0.44	1.33
Mar.	0.87	1.55	1.27	1.72	1.57	1.40	Mar.	1.19	1.04	1.08	2.46	2.81	1.72
Apr.	0.75	0.84	1.19	1.31	2.08	1.23	Apr.	0.70	1.06	0.89	1.43	2.80	1.37
May.	0.71	0.83	0.60	0.67	0.50	0.66	May.	0.56	0.69	0.59	0.45	0.33	0.52
Jun.	0.79	0.78	1.22	1.70	1.61	1.22	Jun.	0.60	0.37	0.96	1.51	1.39	0.97
Jul.	0.87	0.91	0.96	1.13	0.80	0.93	Jul.	0.68	0.72	0.75	0.82	0.61	0.72
Aug.	0.69	0.89	0.76	0.96	1.28	0.91	Aug.	0.43	0.66	0.55	0.69	1.27	0.72
Sep.	0.63	0.76	1.14	1.39	1.58	1.10	Sep.	0.59	0.62	1.21	1.62	2.00	1.21
Oct.	0.86	0.53	0.69	1.51	0.86	0.89	Oct.	0.29	0.29	0.25	0.58	0.42	0.37
Nov.	0.94	2.44	1.33	2.68	2.44	1.97	Nov.	0.83	2.62	1.62	3.79	4.10	2.59
Dec.	0.08	0.00	1.92	0.15	0.92	0.62	Dec.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	0.78	0.96	0.99	1.29	1.24	1.05	TOTAL	0.63	0.74	0.79	1.07	1.12	0.87
Threshold = 50 mm													
MONTH	12H	24H	36H	48H	60H	TOTAL							
Jan.	-	-	-	-	-	-							
Feb.	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.40							
Mar.	0.67	0.00	0.00	0.00	0.33	0.20							
Apr.	0.00	0.50	0.93	0.29	0.86	0.51							
May.	0.50	0.30	0.60	0.00	0.30	0.34							
Jun.	1.17	0.31	1.31	1.83	1.66	1.26							
Jul.	0.45	0.42	0.46	0.39	0.38	0.42							
Aug.	0.24	0.40	0.56	0.49	1.29	0.60							
Sep.	0.00	1.00	1.00	1.00	2.62	1.12							
Oct.	0.11	0.11	0.00	0.22	0.00	0.09							
Nov.	0.67	5.33	1.33	6.00	12.00	5.07							
Dec.	-	-	-	-	-	-							
TOTAL	0.45	0.45	0.56	0.55	0.73	0.55							

4.2.3.5 ASOS KWRF 10km 강수검증

표 4.2.32 KWRF 한반도 76개 지점에 대한 강수 TS

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

표 4.2.33 KWRF 한반도 76개 지점에 대한 강수 ETS

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

표 4.2.34 KWRF 한반도 76개 지점에 대한 강수 BIAS

Threshold = 0.1 mm							Threshold = 5 mm						
MONTH	12H	24H	36H	48H	60H	TOTAL	MONTH	12H	24H	36H	48H	60H	TOTAL
Jan.	1.17	1.67	1.76	1.75	1.70	1.61	Jan.	1.60	3.18	1.95	2.11	2.47	2.26
Feb.	1.08	1.62	1.76	1.82	2.00	1.65	Feb.	0.80	0.86	1.57	1.77	2.09	1.42
Mar.	1.16	1.53	1.49	1.29	1.14	1.32	Mar.	0.86	1.31	1.20	0.95	0.92	1.05
Apr.	1.05	1.30	1.35	1.36	1.25	1.26	Apr.	0.71	1.09	1.12	1.31	1.06	1.06
May.	1.18	1.27	1.29	1.22	1.14	1.22	May.	0.82	0.98	0.93	0.98	0.72	0.89
Jun.	1.50	1.86	1.99	1.98	2.06	1.88	Jun.	1.39	1.82	1.54	1.88	1.97	1.72
Jul.	1.05	1.32	1.33	1.33	1.23	1.25	Jul.	0.79	1.16	1.32	1.22	1.05	1.11
Aug.	0.79	1.28	1.52	1.56	1.47	1.33	Aug.	0.53	0.93	1.32	1.32	1.32	1.08
Sep.	0.63	1.00	1.05	1.13	1.30	1.02	Sep.	0.49	0.77	1.10	1.37	1.72	1.09
Oct.	1.11	1.67	1.98	1.93	1.91	1.72	Oct.	0.75	0.86	1.22	1.47	0.91	1.04
Nov.	1.08	1.46	1.54	1.55	1.55	1.44	Nov.	0.92	1.68	1.57	1.66	1.72	1.51
Dec.	1.14	1.44	1.59	1.52	1.58	1.45	Dec.	0.81	1.34	1.33	1.25	1.31	1.21
TOTAL	1.08	1.43	1.53	1.51	1.48	1.41	TOTAL	0.83	1.21	1.30	1.35	1.29	1.20
Threshold = 15 mm							Threshold = 25 mm						
MONTH	12H	24H	36H	48H	60H	TOTAL	MONTH	12H	24H	36H	48H	60H	TOTAL
Jan.	4.33	21.00	7.67	9.67	11.00	10.73	Jan.	3.00	26.00	3.00	8.00	11.00	10.20
Feb.	0.40	0.51	1.77	2.28	2.18	1.43	Feb.	0.56	0.44	3.22	5.22	5.00	2.89
Mar.	0.86	1.13	1.45	0.92	1.53	1.18	Mar.	1.62	1.65	2.31	1.19	3.65	2.08
Apr.	0.75	1.06	1.43	1.39	1.60	1.25	Apr.	0.69	1.07	1.81	1.56	2.11	1.45
May.	0.53	0.88	0.83	0.89	0.43	0.71	May.	0.30	0.76	0.83	0.76	0.24	0.58
Jun.	0.82	1.49	1.17	2.09	2.29	1.57	Jun.	0.36	1.25	0.84	1.98	1.97	1.28
Jul.	0.65	0.95	1.16	1.07	0.94	0.95	Jul.	0.59	0.81	0.96	0.87	0.82	0.81
Aug.	0.38	0.69	1.09	1.09	1.23	0.90	Aug.	0.39	0.61	1.24	1.13	1.30	0.93
Sep.	0.33	0.96	1.05	2.06	2.13	1.31	Sep.	0.18	1.41	1.15	2.72	2.38	1.57
Oct.	1.14	1.08	1.43	2.25	1.18	1.42	Oct.	0.92	0.83	0.83	1.83	1.42	1.17
Nov.	0.86	2.43	2.18	2.43	2.10	2.00	Nov.	0.66	2.86	2.79	2.83	2.24	2.28
Dec.	0.77	2.77	2.77	2.31	3.00	2.32	Dec.	0.50	5.50	8.00	5.00	8.00	5.40
TOTAL	0.64	1.08	1.23	1.38	1.32	1.13	TOTAL	0.53	0.98	1.13	1.28	1.27	1.04
Threshold = 50 mm													
MONTH	12H	24H	36H	48H	60H	TOTAL							
Jan.	-	-	-	-	-	-							
Feb.	0.00	0.00	2.00	4.00	9.00	3.00							
Mar.	1.00	1.00	2.00	2.67	7.00	2.73							
Apr.	0.57	0.71	1.21	0.50	1.86	0.97							
May.	0.10	0.15	0.10	0.50	0.15	0.20							
Jun.	0.17	1.28	0.59	2.69	2.55	1.46							
Jul.	0.49	0.70	0.77	0.68	0.49	0.62							
Aug.	0.56	0.56	1.71	1.76	1.31	1.18							
Sep.	0.00	2.25	0.25	3.88	4.25	2.12							
Oct.	0.00	0.89	0.44	0.22	0.67	0.44							
Nov.	1.33	5.00	5.33	6.00	3.00	4.13							
Dec.	-	-	-	-	-	-							
TOTAL	0.44	0.78	0.88	1.08	0.95	0.83							

4.3 앙상블예보 모델

- 1) 2005년 12월 이후 CRAY 시스템(슈퍼컴 2호기)으로 바뀌면서 T213L40으로 변경
- 2) 2008년 7월 이후 편차보정 적용
 - 수치예보센터 2009-2 ‘앙상블 예측모델 편차 보정’ 참고
- 3) 검증: 앙상블 mean의 분석검증
 - 이론분석 검증 : 2001년 1월 ~ 2005년 11월
 - 늦은분석 검증 : 2005년 12월 ~ 2006년 4월
 - 이론분석 검증 : 2006년 5월 ~ 현재
- 4) 검증 범위: 2001년 4월 ~ 2003. 12월 (20-70N)

2004년 1월 ~ 현재 (20-90N)
- 5) 2008년 1월 이후 기후자료 변경
 - 변경 전(2007년 12월 까지): 일별 NCEP 재분석 평균값 이용
 - 변경 후(2008년 1월 이후): 1959년부터 1998년까지의 일별 NCEP 40년 재분석 평균과 표준편차 자료 사용
 - 해면기압 검증 추가
 - RPS (Ranked Probability Score), RPSS (Ranked Probability Skill Score), CRPS (Continuous Ranked Probability Score), CRPSS (Continuous Ranked Probability Skill Score) 검증 추가

표 4.3.1 2008년 1월 전후 변수별 확률검증 변경 사항

요소	기후값 변경 전 (2007년 12월 이전)	기후값 변경 후 (2009년 1월 이후)
500 hPa 고도	± 1sd, ± 1.5sd, ± 2.0sd	± 1sd, ± 1.5sd, ± 2.0sd
850 hPa 기온	± 2°C, ± 4°C, ± 8°C	± 1sd, ± 1.5sd, ± 2.0sd
850 hPa 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

4.3.1 양상블모델 성능 변화 추세

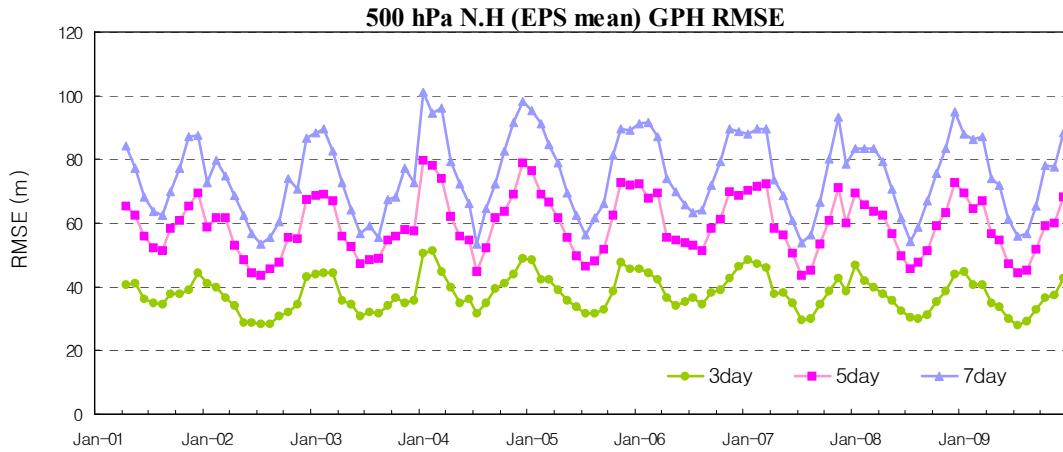


그림 4.3.1 양상블모델 북반구 500 hPa 고도의 예측 시간별 월평균 RMSE

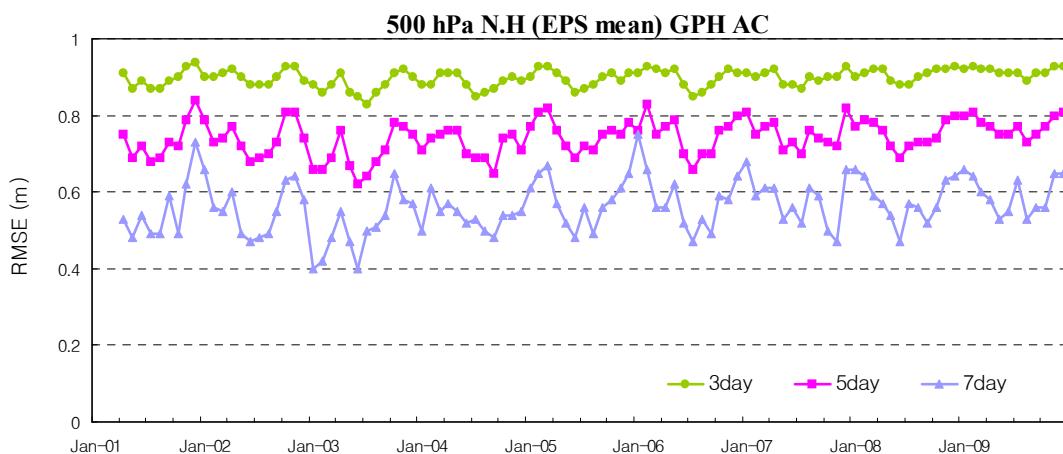


그림 4.3.2 양상블모델 북반구 500 hPa 고도의 예측 시간별 월평균 Anomaly correlation

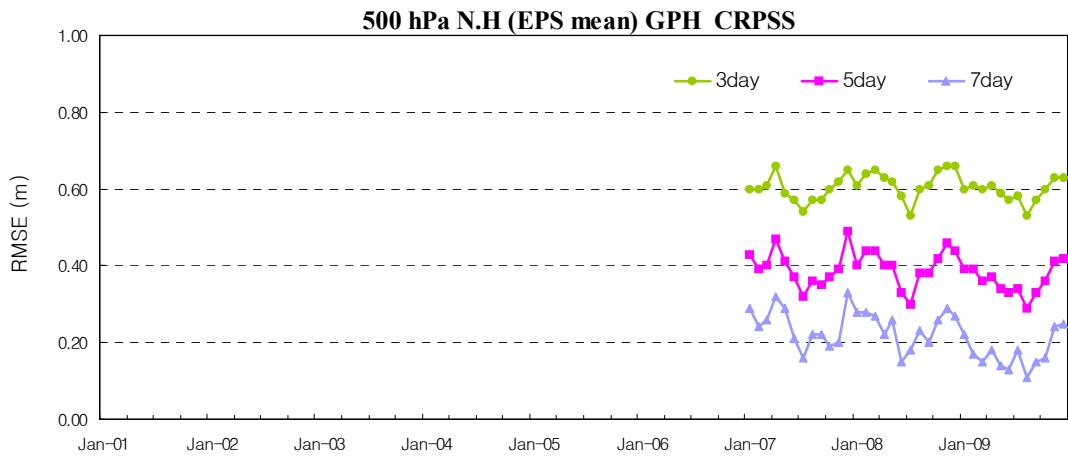


그림 4.3.3 양상블모델 북반구 500 hPa 고도의 예측 시간별 월평균 CRPSS

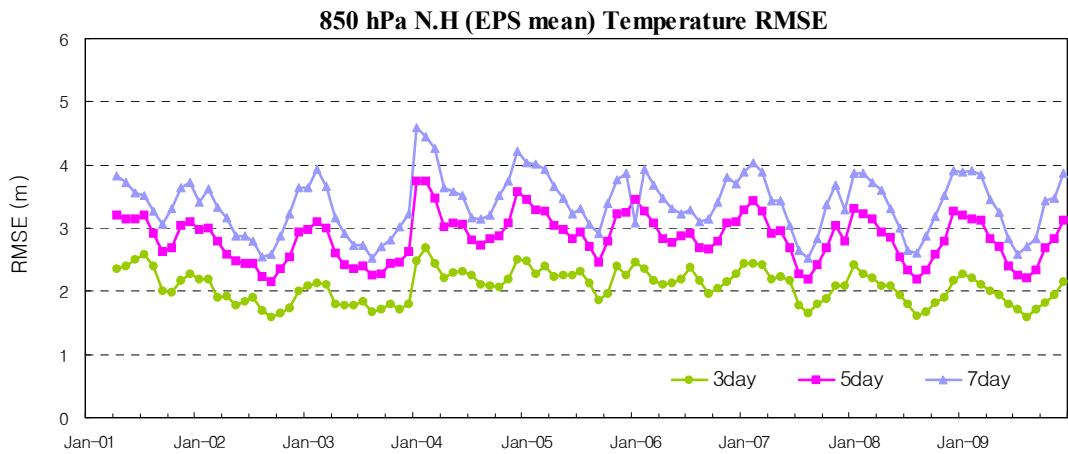


그림 4.3.4 양상블모델 북반구 850 hPa 기온의 예측 시간별 월평균 RMSE

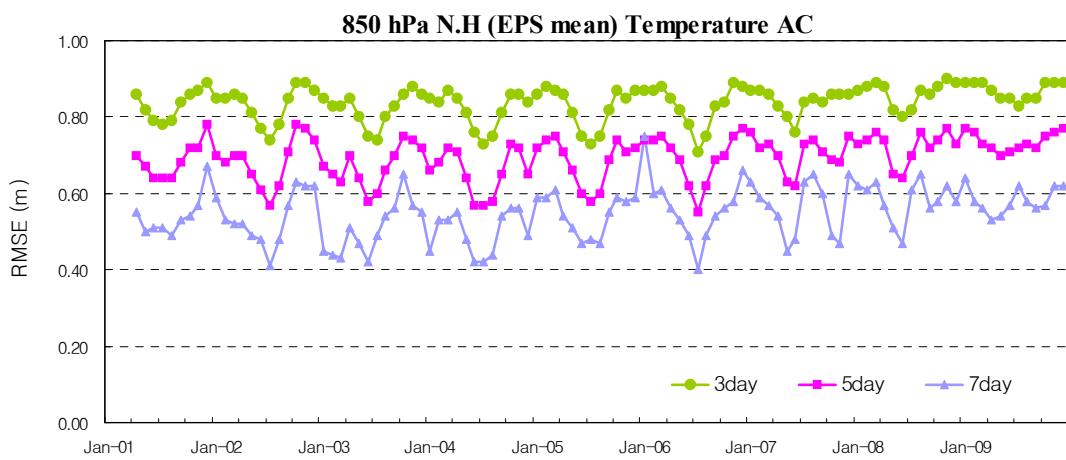


그림 4.3.5 양상블모델 북반구 850 hPa 기온의 예측 시간별 월평균 Anomaly correlation

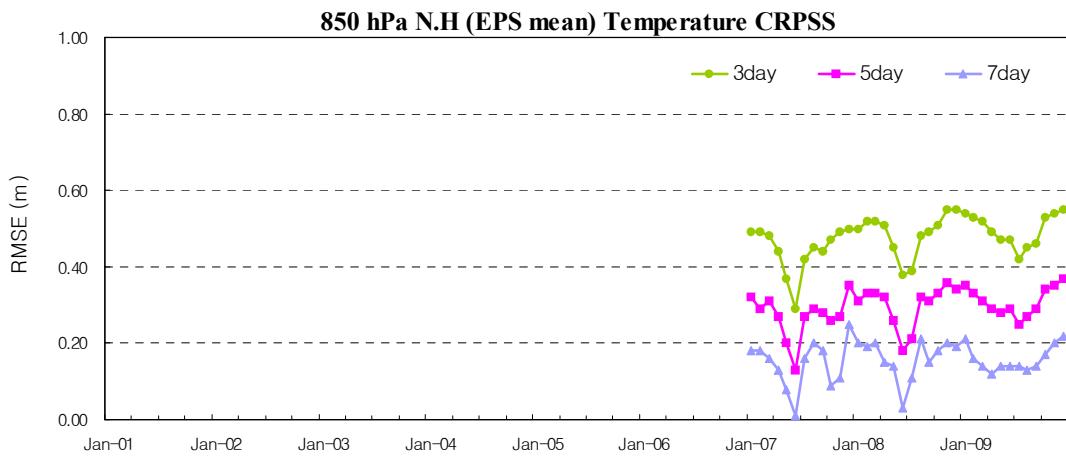


그림 4.3.6 양상블모델 북반구 850 hPa 기온의 예측 시간별 월평균 CRPSS

4.3.2 양상블모델 분석검증

표 4.3.2 양상블 북반구 500hPa 고도 RMSE [m] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	19.37	17.13	16.37	14.89	14.09	13.17	12.19	12.81	13.63	14.29	16.11	18.34	15.20
72H	44.64	40.58	40.88	34.92	33.51	30.04	28.15	29.11	32.81	36.75	37.43	42.83	35.97
120H	69.42	64.46	67.02	56.82	54.84	47.31	44.54	45.18	51.95	59.26	60.11	68.34	57.44
168H	88.15	86.12	87.10	73.77	71.99	61.08	55.84	56.88	65.42	78.01	77.58	88.36	74.19

표 4.3.3 양상블 북반구 500hPa 고도 Anomaly Correlation [무차원] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	0.98	0.99	0.99	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.98
72H	0.92	0.93	0.92	0.92	0.91	0.91	0.91	0.89	0.91	0.91	0.93	0.93	0.92
120H	0.80	0.81	0.78	0.77	0.75	0.75	0.77	0.73	0.75	0.77	0.80	0.81	0.77
168H	0.66	0.64	0.60	0.58	0.53	0.55	0.63	0.53	0.56	0.56	0.65	0.65	0.60

표 4.3.4 양상블 북반구 500hPa 고도 CRPSS [무차원] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	0.82	0.83	0.83	0.82	0.81	0.80	0.80	0.78	0.81	0.83	0.83	0.84	0.82
72H	0.60	0.61	0.60	0.61	0.59	0.57	0.58	0.53	0.57	0.60	0.63	0.63	0.59
120H	0.39	0.39	0.36	0.37	0.34	0.33	0.34	0.29	0.33	0.36	0.41	0.42	0.36
168H	0.22	0.17	0.15	0.18	0.14	0.13	0.18	0.11	0.15	0.16	0.24	0.25	0.17

표 4.3.5 양상블 북반구 500hPa 고도 +1 표준편자 이상 BSS [무차원] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	0.81	0.79	0.81	0.78	0.77	0.75	0.75	0.69	0.78	0.80	0.78	0.81	0.78
72H	0.59	0.58	0.61	0.58	0.55	0.54	0.53	0.45	0.53	0.58	0.55	0.61	0.56
120H	0.41	0.36	0.39	0.33	0.30	0.33	0.32	0.23	0.34	0.38	0.35	0.42	0.35
168H	0.24	0.12	0.14	0.16	0.12	0.13	0.16	0.09	0.16	0.22	0.20	0.25	0.17

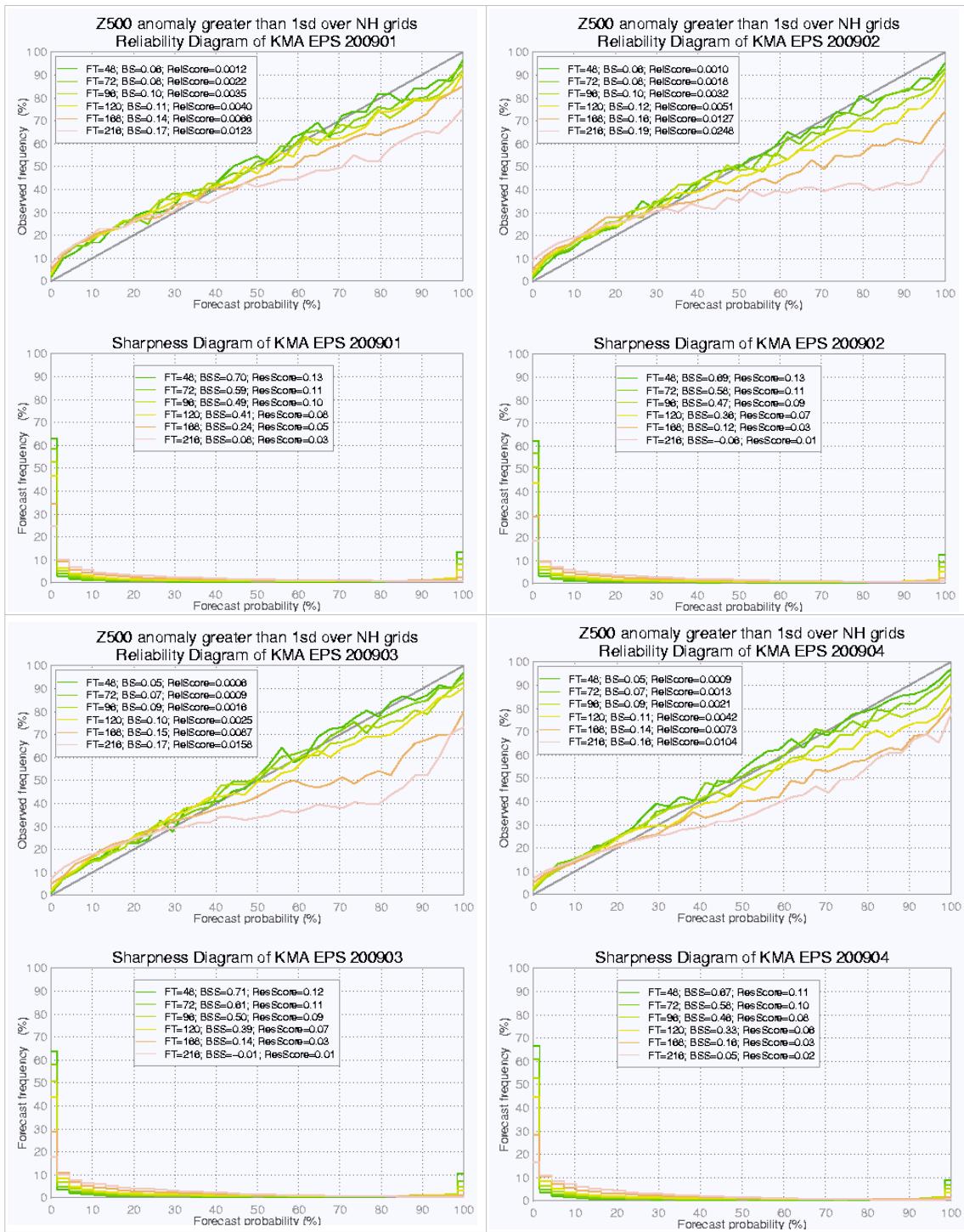


그림 4.3.7 양상블모델 북반구 500 hPa 고도 5일 예보의 +1 표준편차에 대한 월별

Reliability Diagram과 Talagrand Diagram. 1월-4월

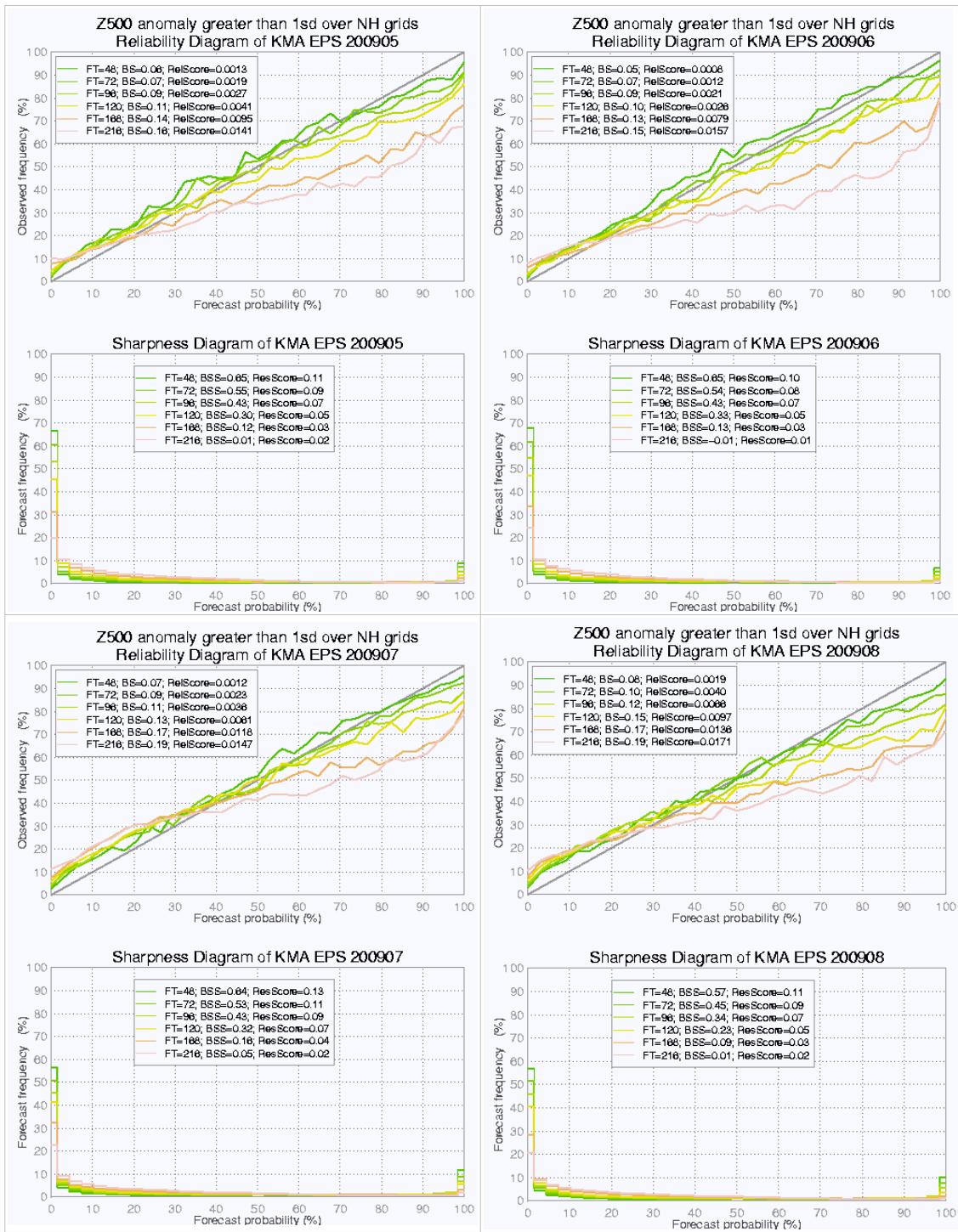


그림 4.3.7 (계속) 단 5월-8월

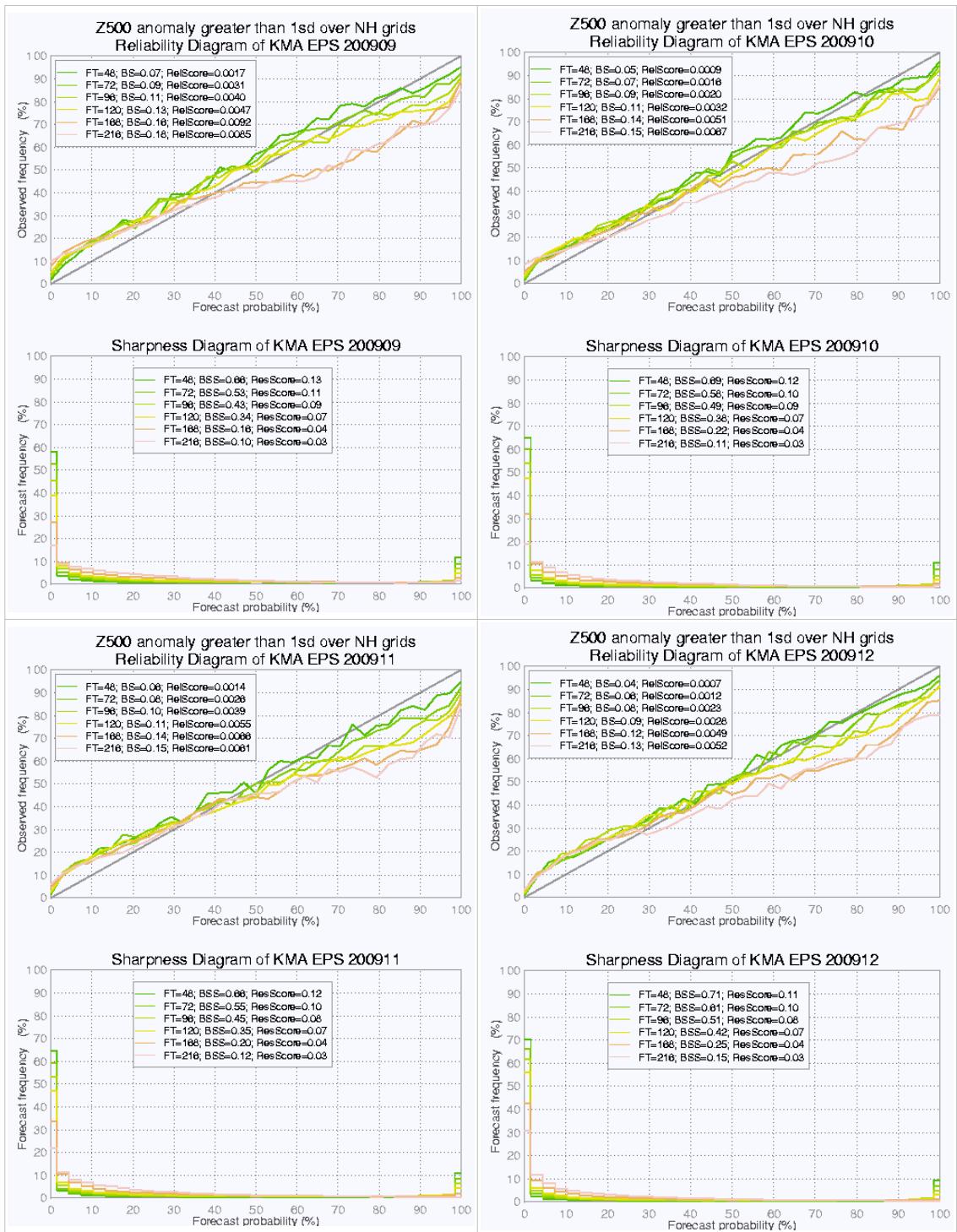


그림 4.3.7 (계속) 단 9월-12월

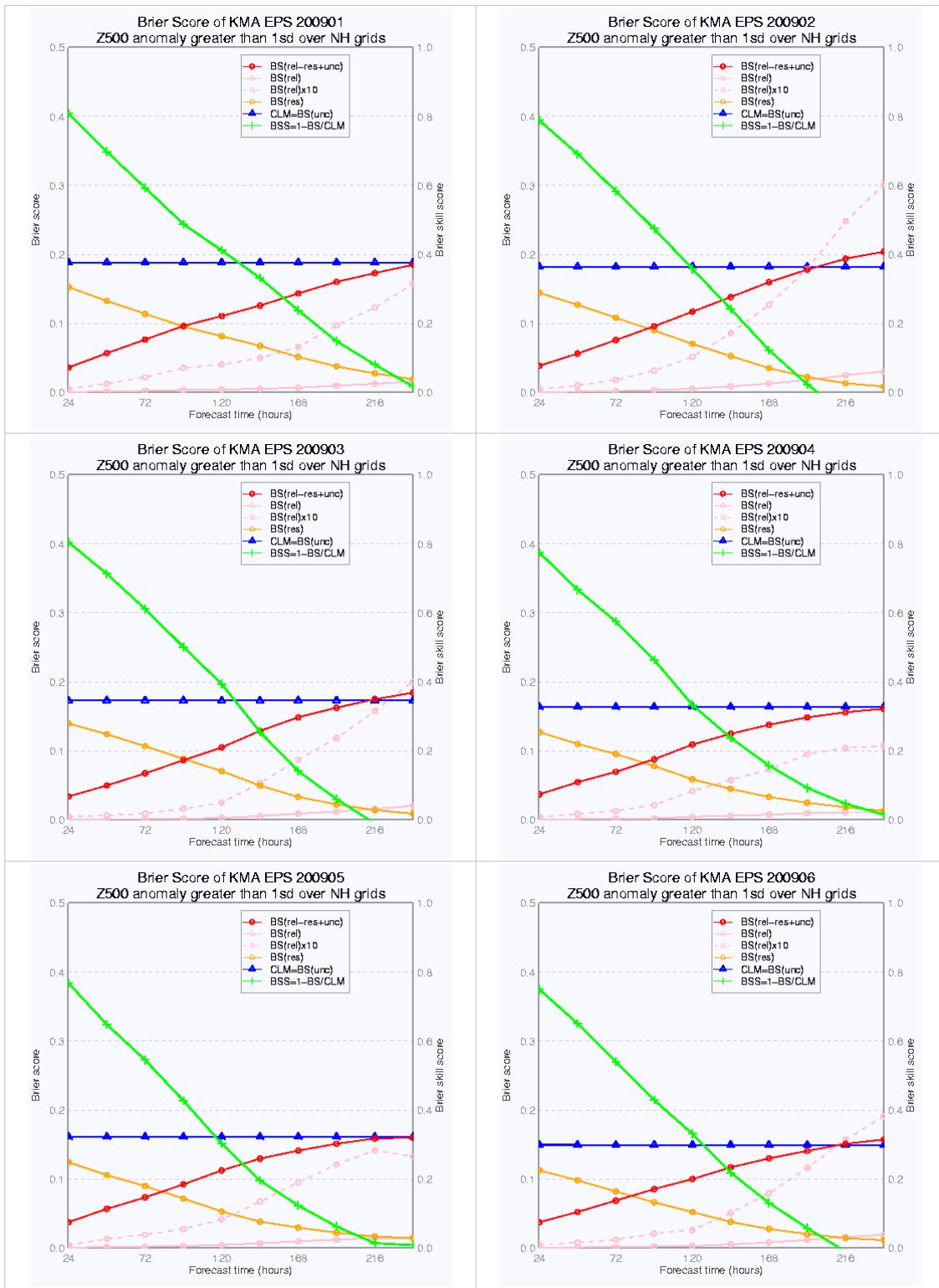


그림 4.3.8 양상블모델 북반구 500 hPa 고도 5일 예보의 +1 표준편차에 대한 월별 Brier Score. 1월-6월

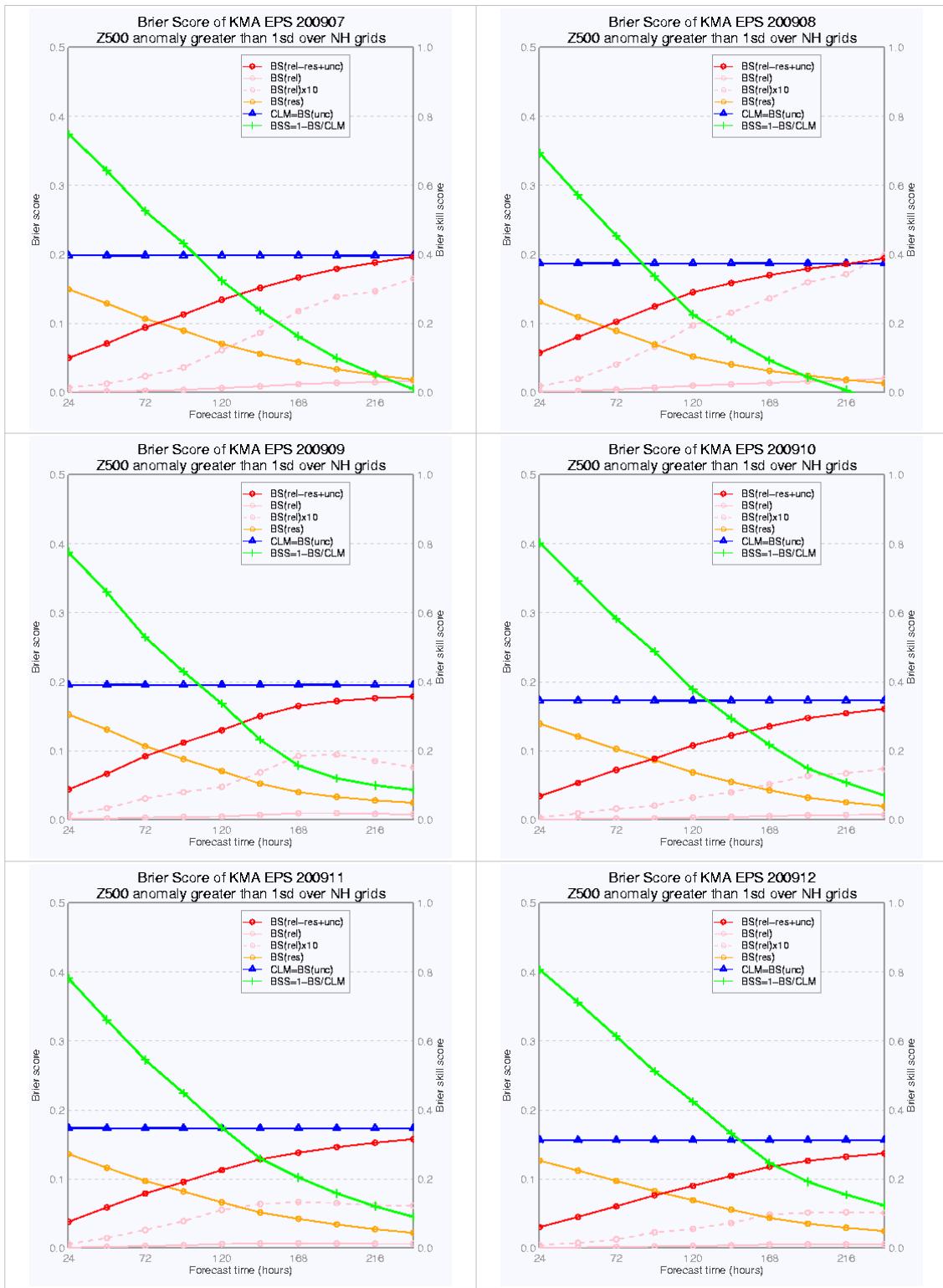


그림 4.3.8 (계속) 단 7월-12월

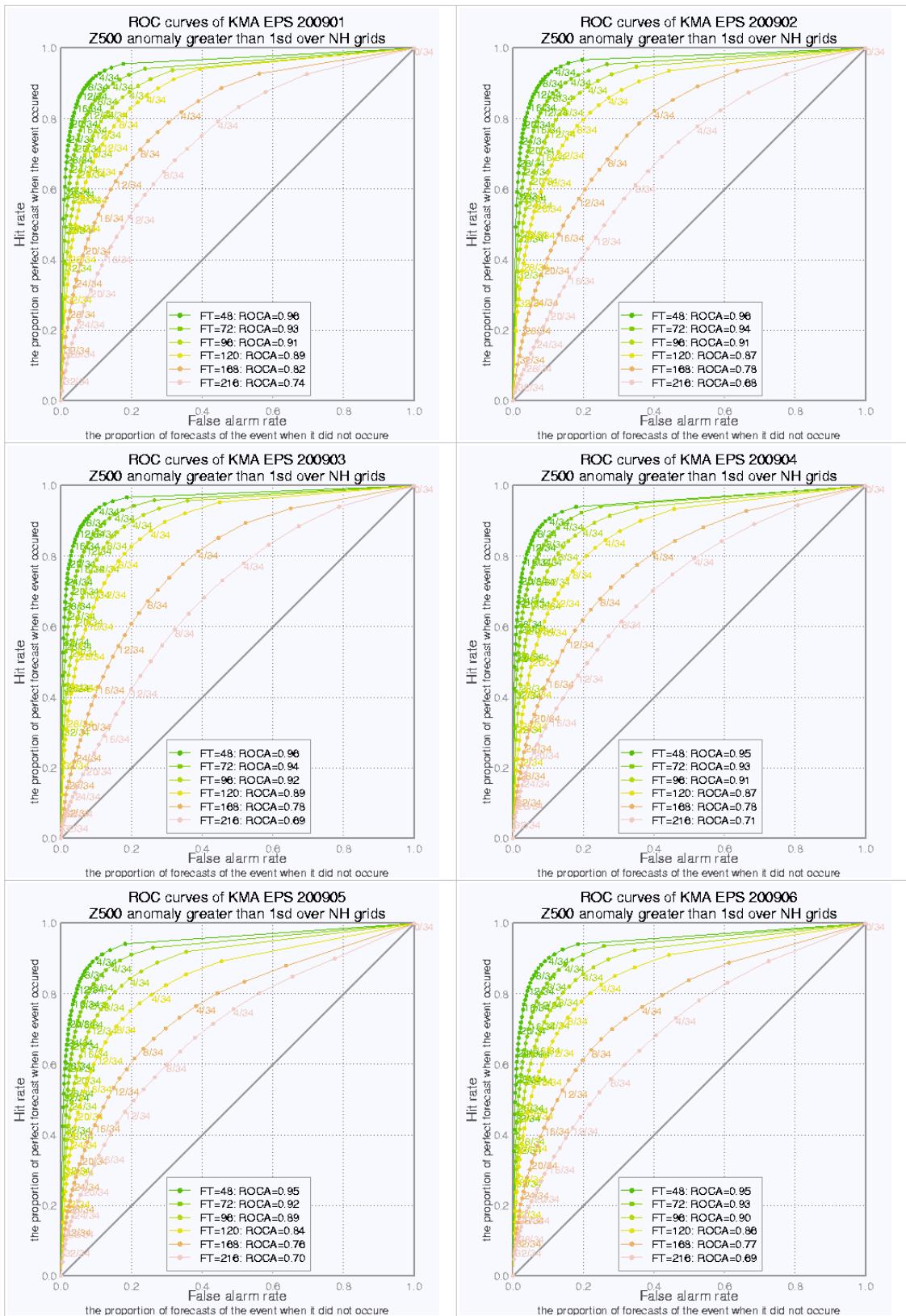


그림 4.3.9 양상블모델 북반구 500 hPa 고도 5일 예보의 +1 표준편차에 대한 월별 ROC

Curve 1월-6월

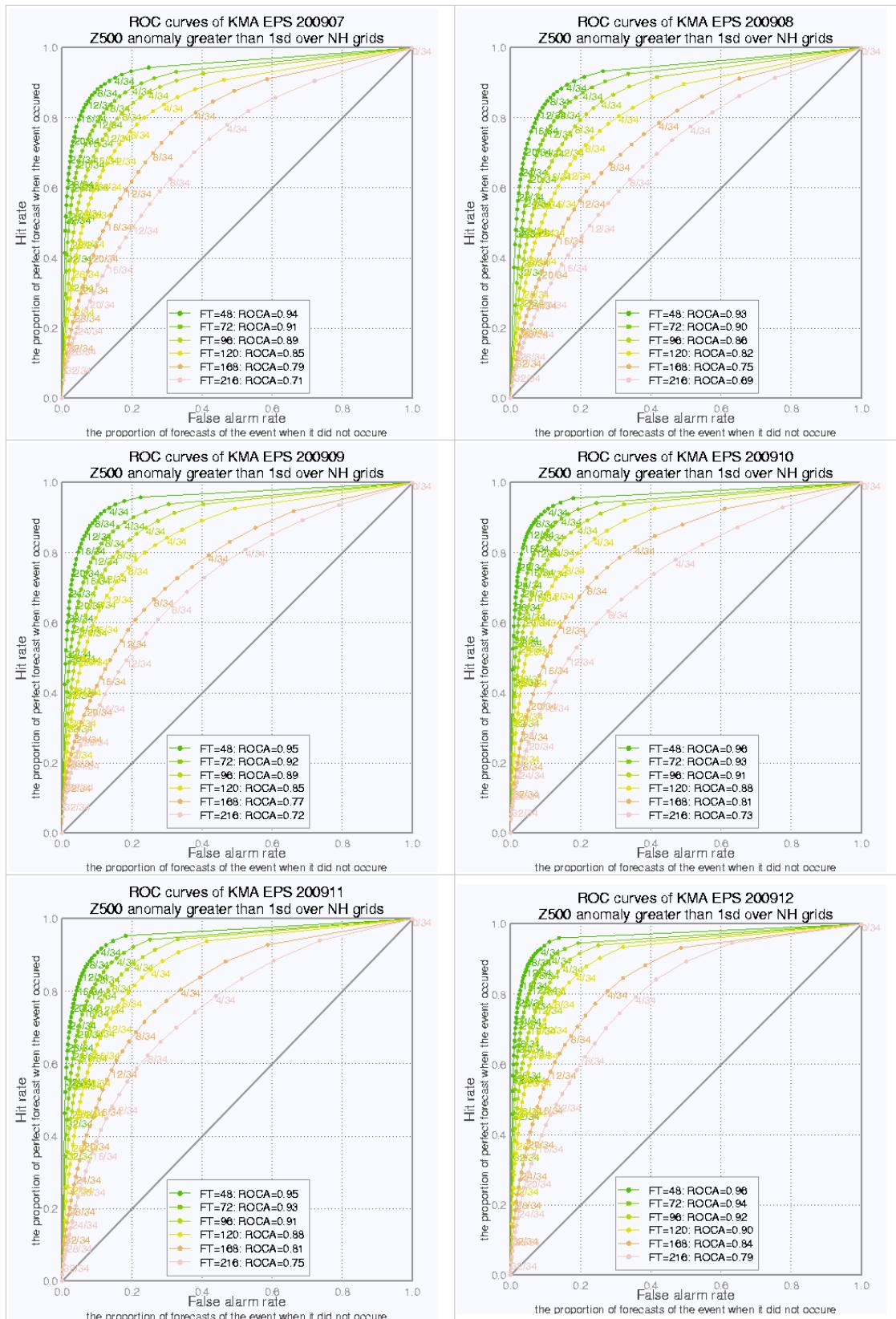


그림 4.3.9 (계속) 단, 7월-12월

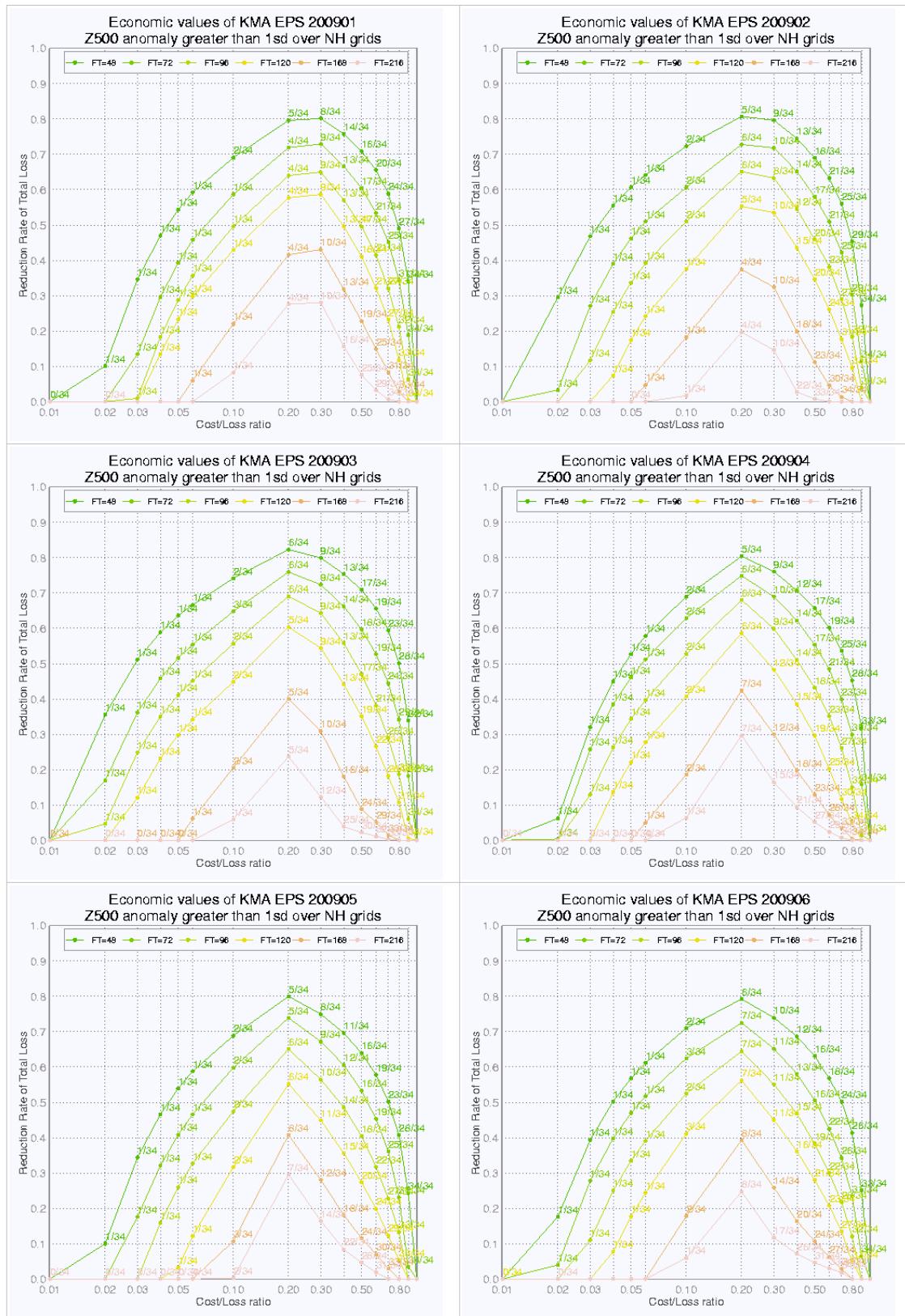


그림 4.3.10 양상블모델 북반구 500 hPa 고도 5일 예보의 +1 표준편차에 대한 월별

Economic Value Curve. 1월-6월

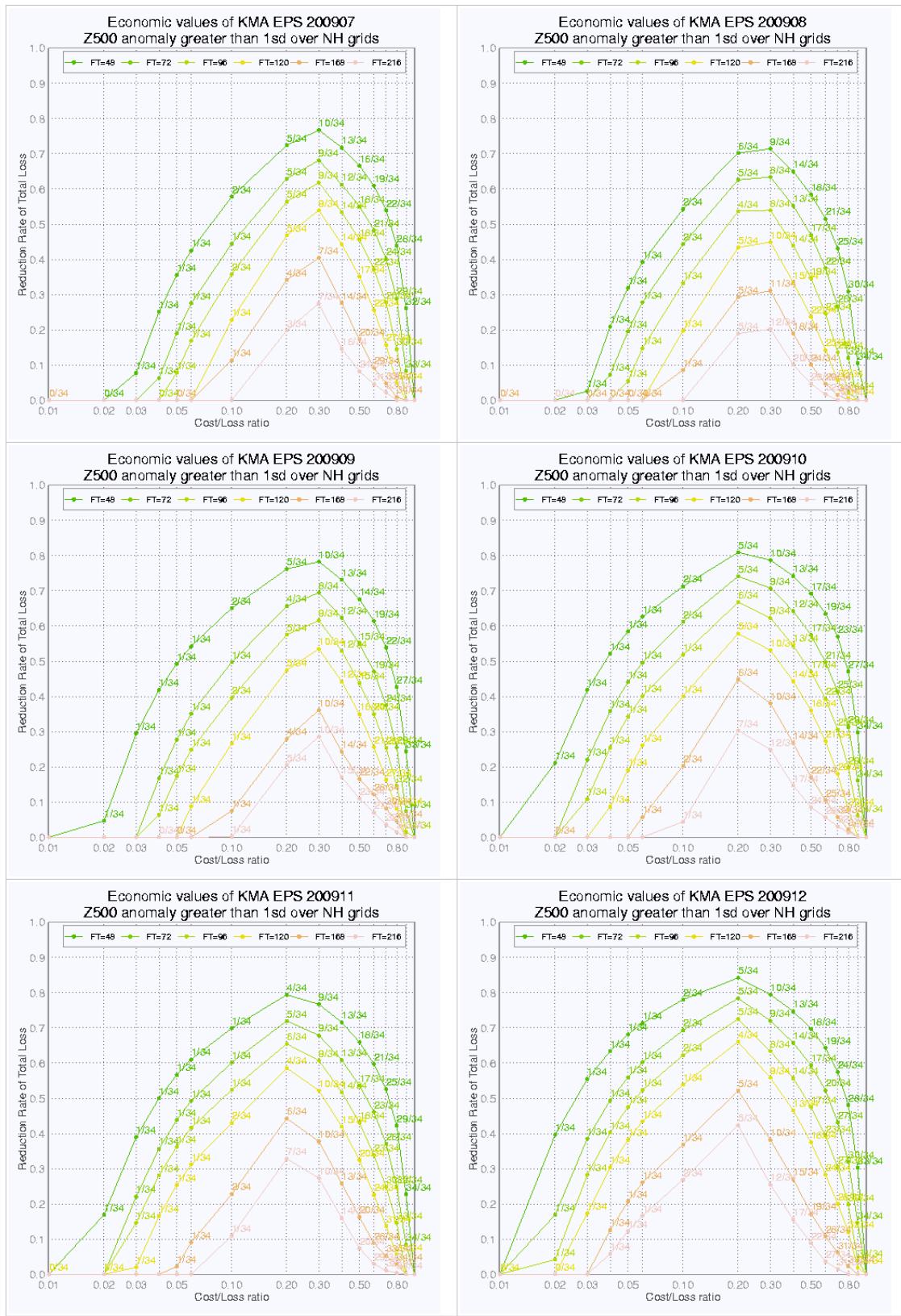


그림 4.3.10 (계속) 단, 1월-6월

표 4.3.6 양상블 북반구 850hPa 기온 RMSE [m] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	1.18	1.17	1.15	1.15	1.15	1.11	1.11	1	1.02	1.01	1.1	1.15	1.11
72H	2.27	2.21	2.11	2.01	1.95	1.8	1.71	1.6	1.72	1.83	1.95	2.16	1.94
120H	3.21	3.14	3.13	2.83	2.72	2.4	2.25	2.21	2.34	2.69	2.83	3.13	2.74
168H	3.89	3.91	3.84	3.46	3.25	2.83	2.59	2.7	2.84	3.43	3.48	3.86	3.34

표 4.3.7 양상블 북반구 850hPa 기온 Anomaly Correlation [무차원] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	0.97	0.97	0.97	0.95	0.95	0.94	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.96
72H	0.89	0.89	0.89	0.87	0.85	0.85	0.83	0.85	0.85	0.89	0.89	0.89	0.87
120H	0.77	0.76	0.73	0.72	0.7	0.71	0.72	0.73	0.72	0.75	0.76	0.77	0.74
168H	0.64	0.58	0.56	0.53	0.54	0.57	0.62	0.58	0.56	0.57	0.62	0.62	0.58

표 4.3.8 양상블 북반구 850hPa 기온 CRPSS [무차원] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	0.75	0.74	0.73	0.70	0.69	0.67	0.63	0.65	0.67	0.73	0.73	0.75	0.70
72H	0.54	0.53	0.52	0.49	0.47	0.47	0.42	0.45	0.46	0.53	0.54	0.55	0.50
120H	0.35	0.33	0.31	0.29	0.28	0.29	0.25	0.27	0.29	0.34	0.35	0.37	0.31
168H	0.21	0.16	0.14	0.12	0.14	0.14	0.14	0.13	0.14	0.17	0.20	0.22	0.16

표 4.3.9 양상블 북반구 850hPa 기온 +1 표준편자 이상 BSS [무차원] 분석검증

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	0.73	0.72	0.68	0.64	0.64	0.60	0.63	0.62	0.63	0.67	0.67	0.70	0.66
72H	0.53	0.50	0.46	0.41	0.41	0.37	0.41	0.39	0.40	0.46	0.47	0.50	0.44
120H	0.34	0.32	0.26	0.20	0.23	0.24	0.25	0.20	0.25	0.31	0.30	0.33	0.27
168H	0.18	0.14	0.07	0.02	0.13	0.10	0.13	0.06	0.15	0.19	0.16	0.20	0.13

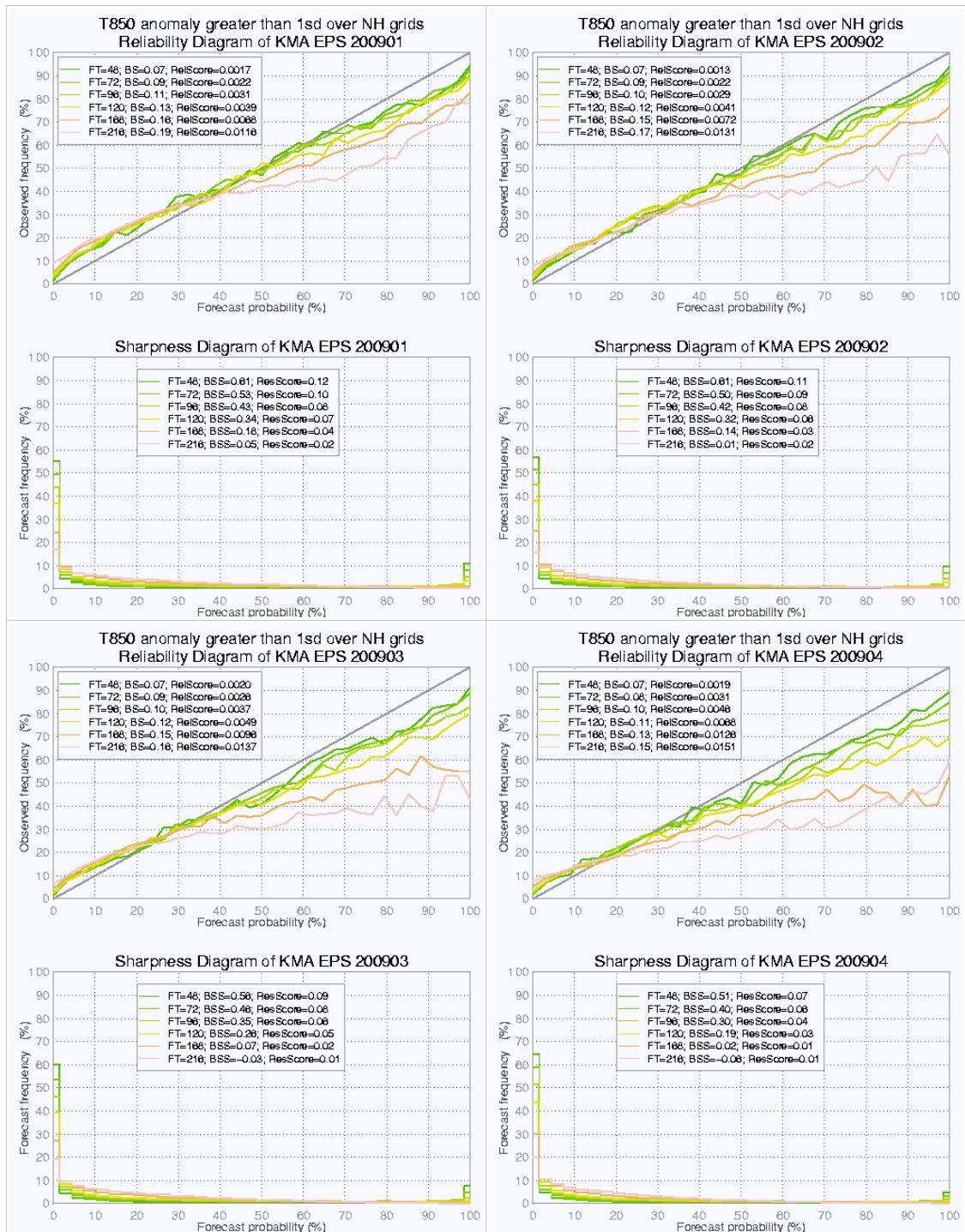


그림 4.3.11 앙상블모델 북반구 850 hPa 기온 5일 예보의 +1 표준편차에 대한 월별

Reliability Diagram과 Talagrand Diagram. 1월~4월

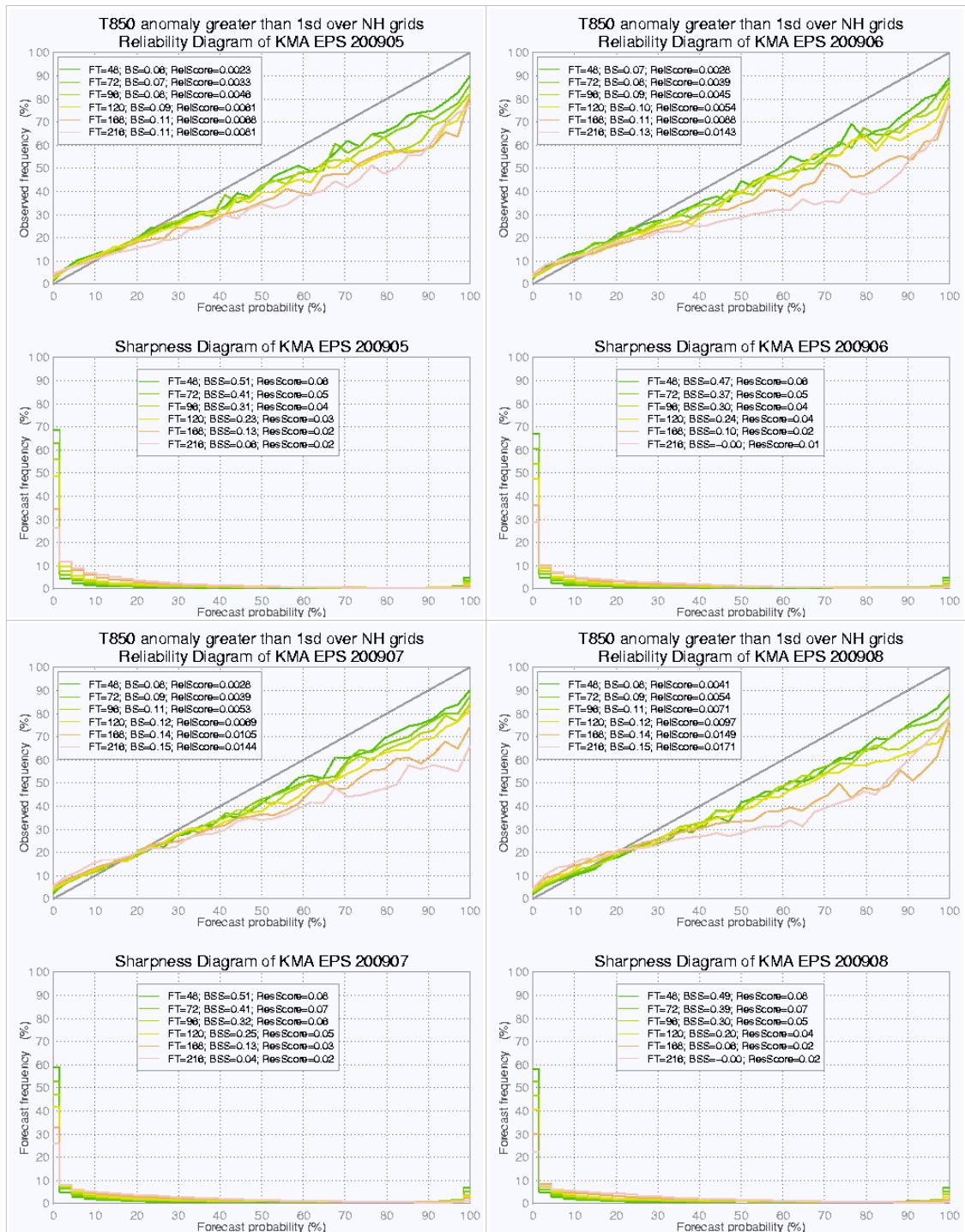


그림 4.3.11 (계속) 단, 5월-8월

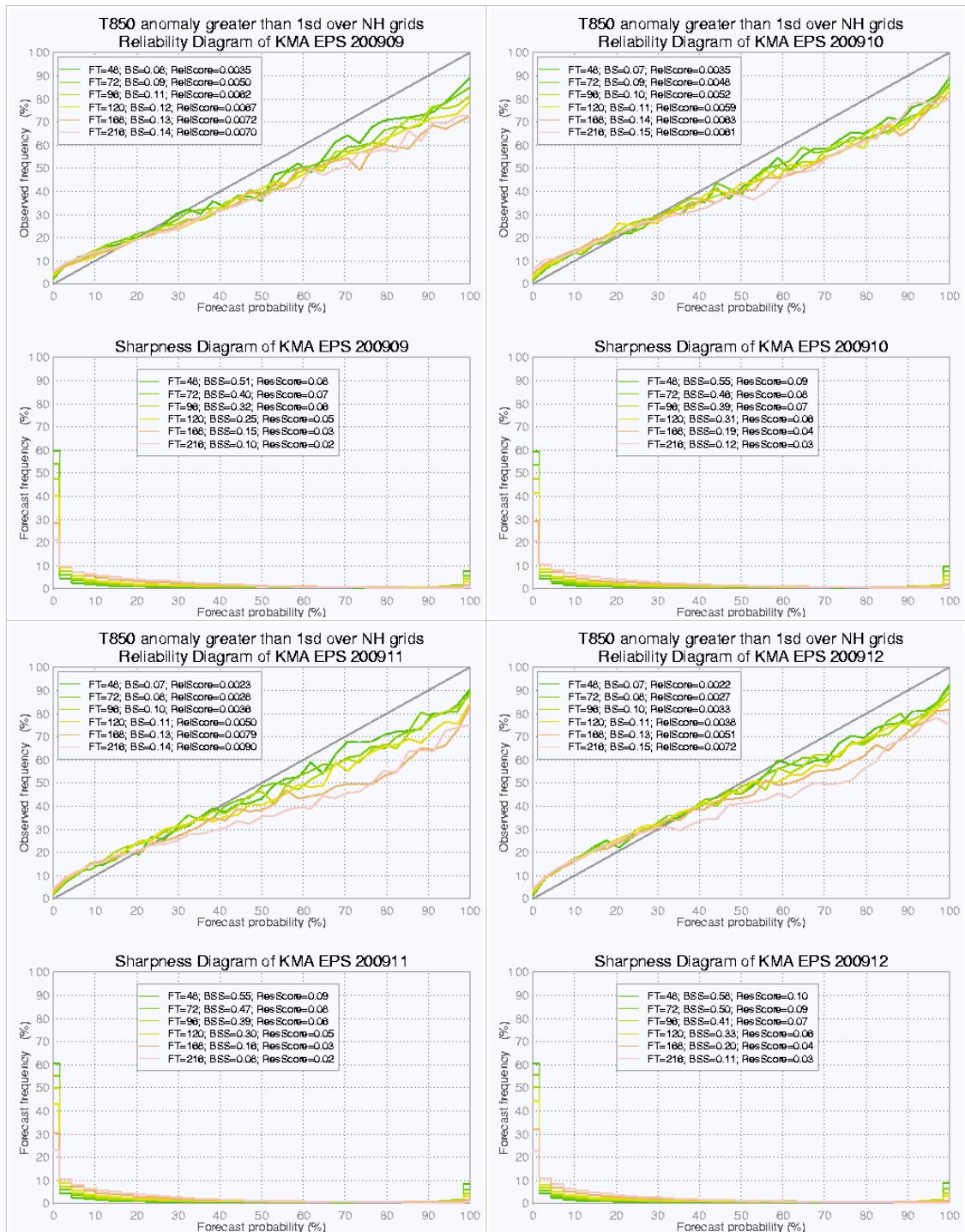


그림 4.3.11 (계속) 단, 9월-12월

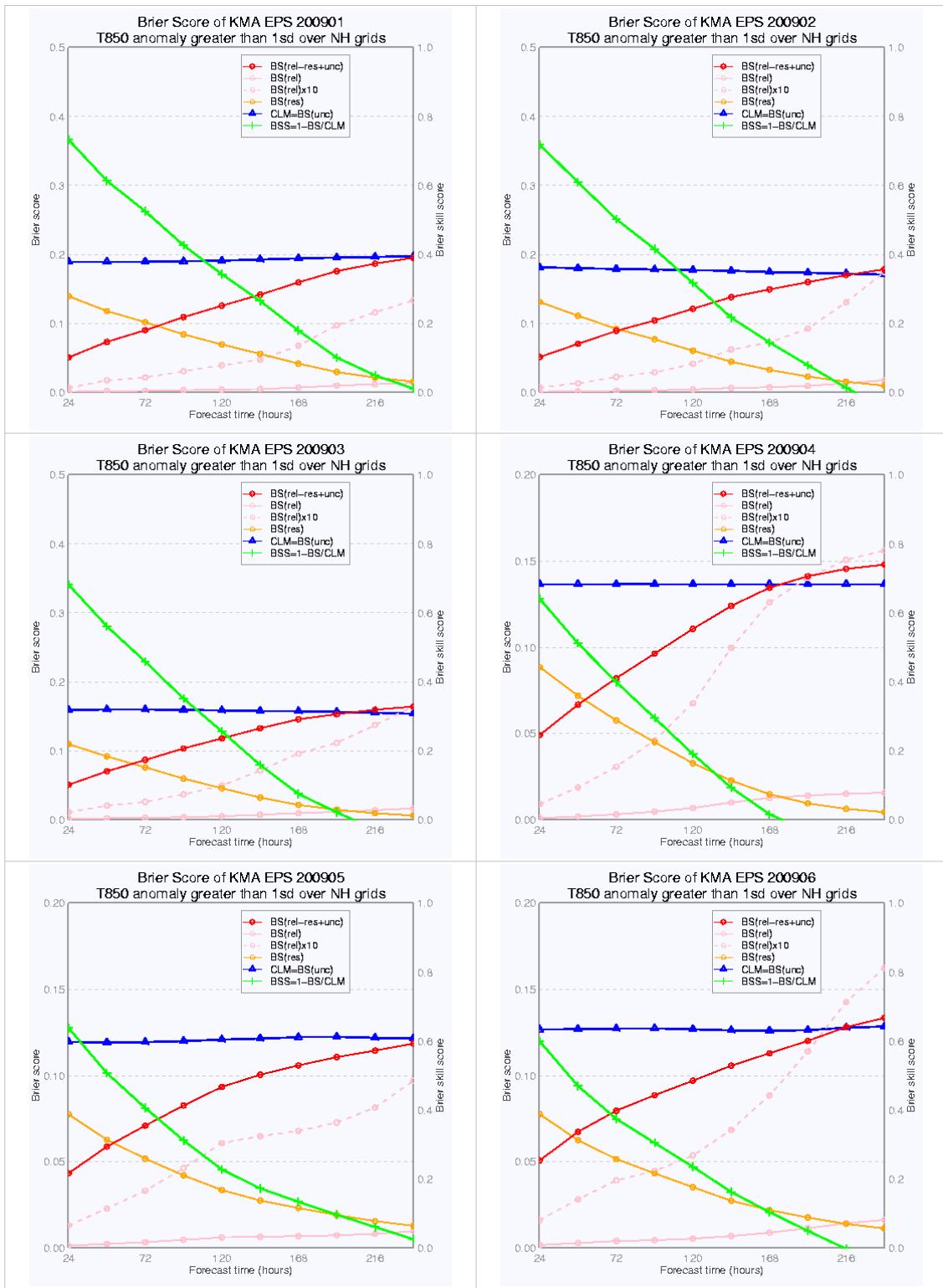


그림 4.3.12 양상불모델 북반구 850 hPa 기온 5일 예보의 +1 표준편차에 대한 월별 Brier Score. 1월-6월

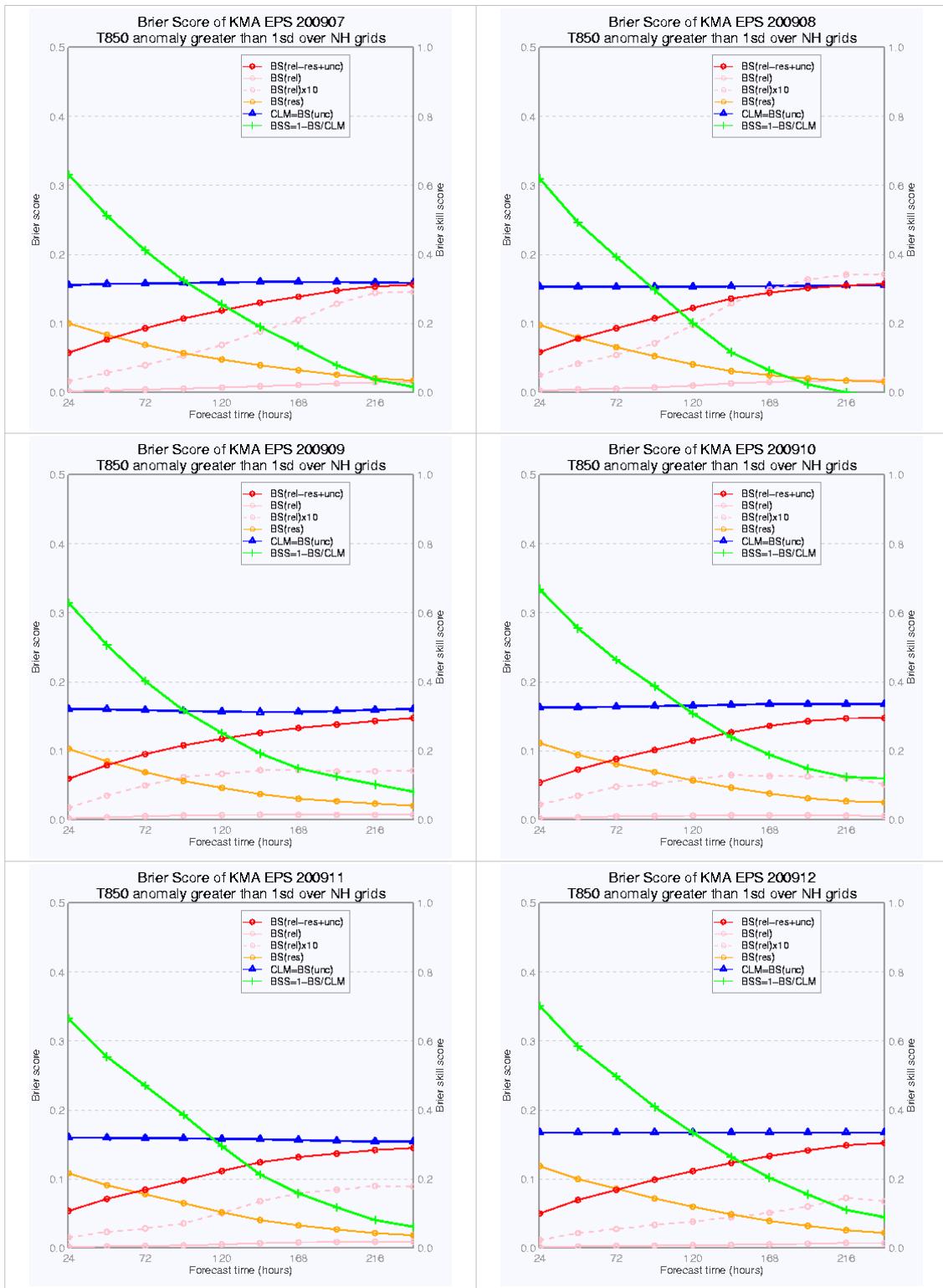


그림 4.3.12 (계속) 단, 7월-12월

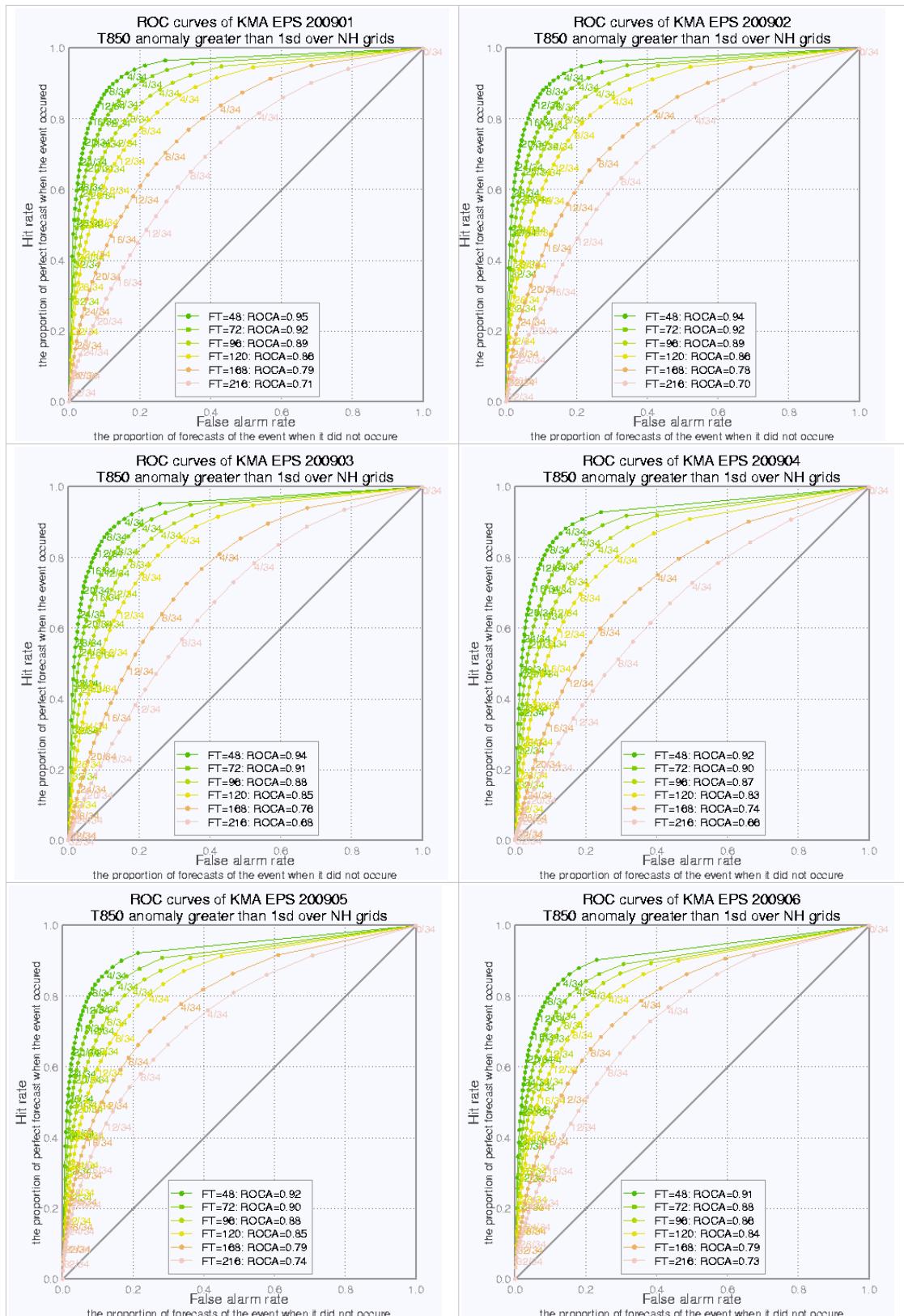


그림 4.3.13 양상불모델 북반구 850 hPa 기온 5일 예보의 +1 표준편차에 대한 월별 ROC

Curve. 1월-6월

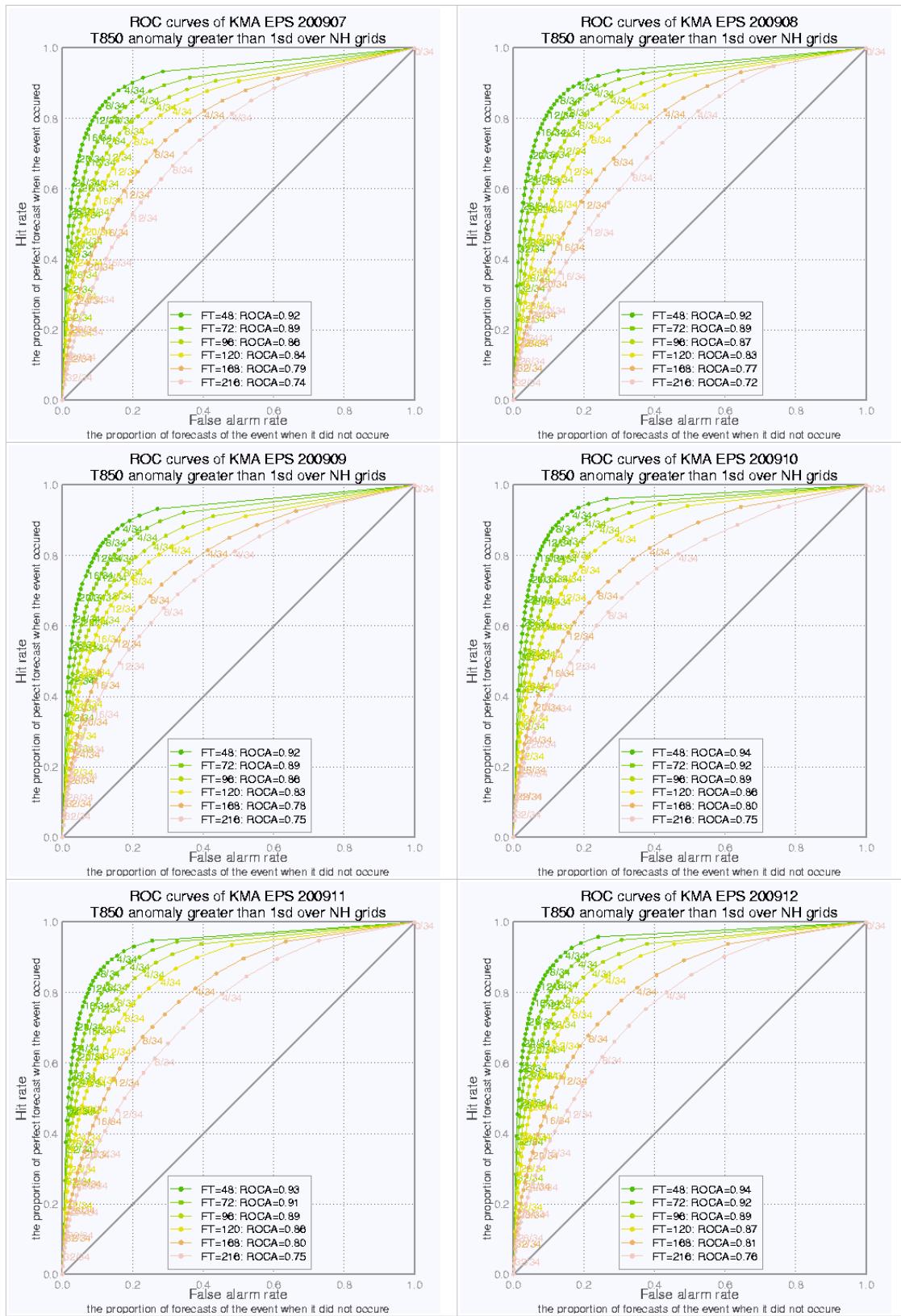


그림 4.3.13 (계속), 단 7월-12월

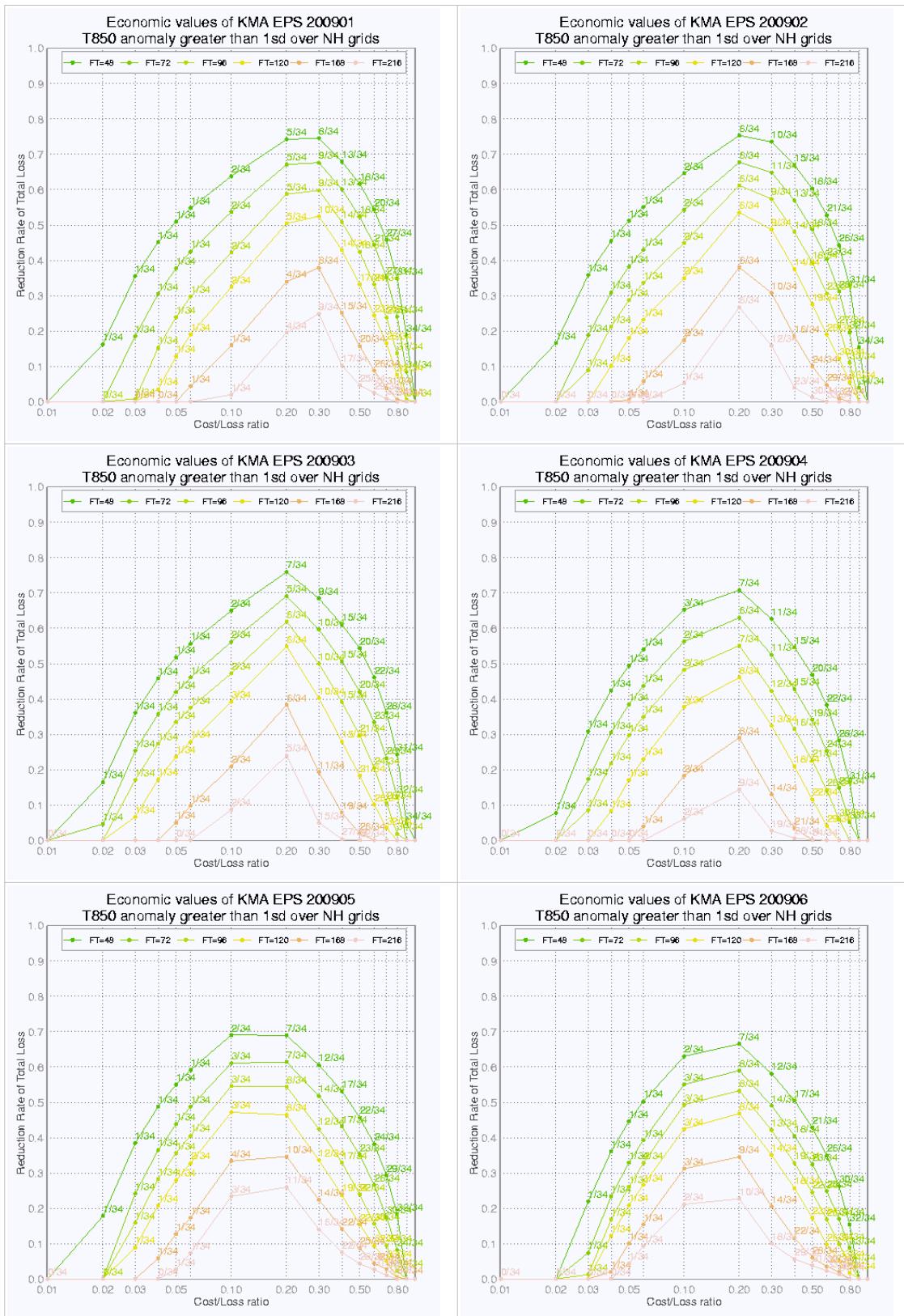


그림 4.3.14 양상불모델 북반구 850 hPa 기온 5일 예보의 +1 표준편차에 대한 월별

Economic Value Curve. 1월-6월

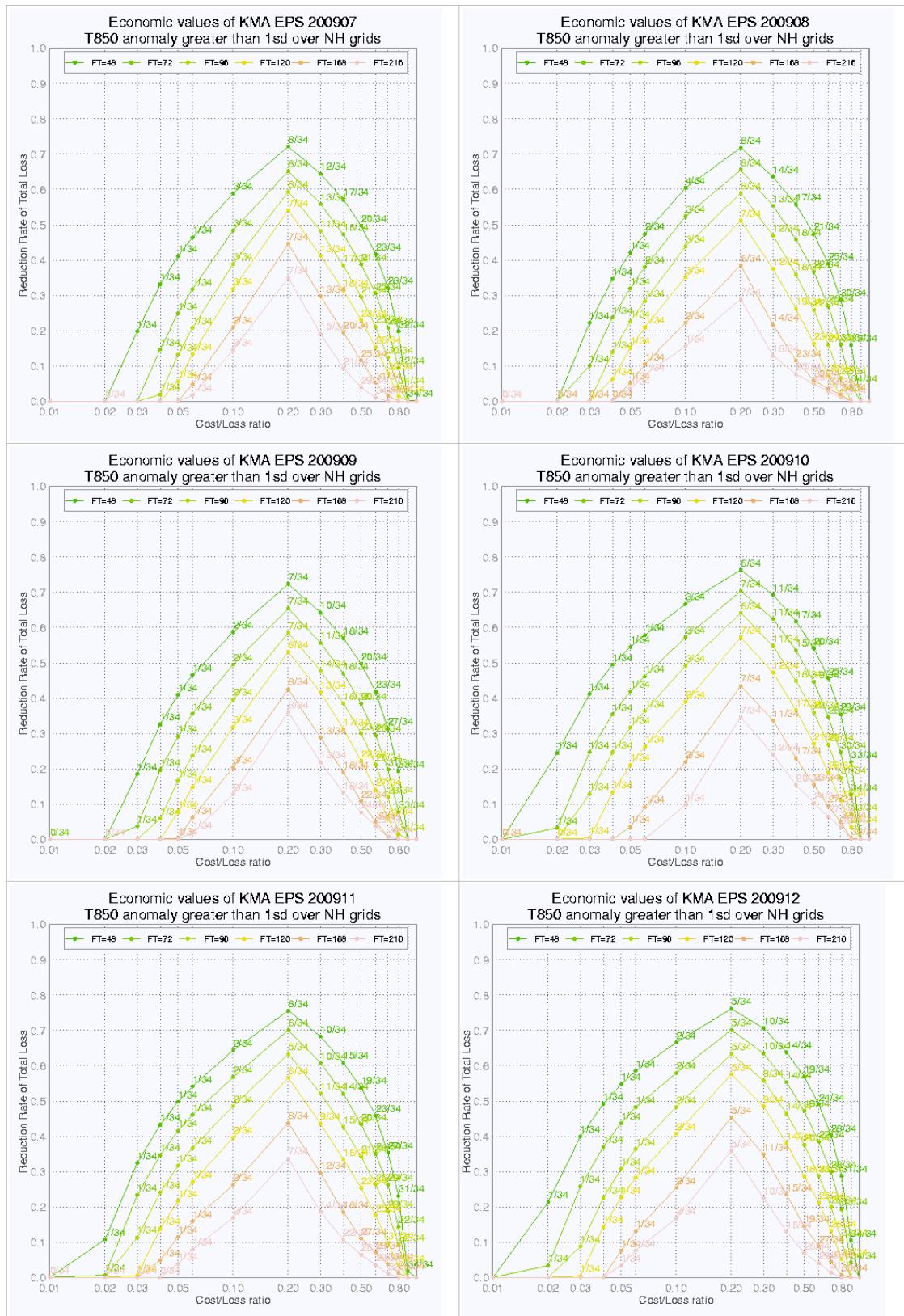


그림 4.3.14 (계속) 단, 7월-12월

4.4 통계 모델 및 강수 확률 검증

4.4.1 통계모델 성능 변화 추세

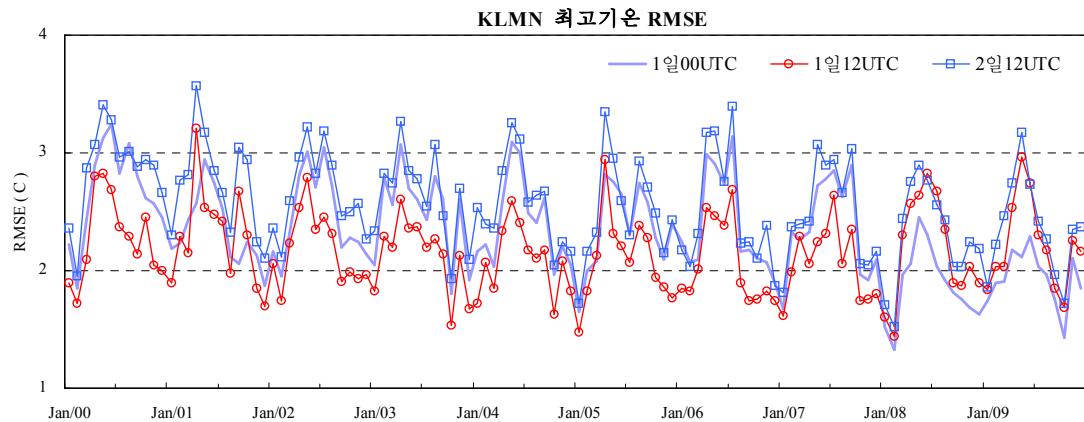


그림 4.4.1 KLMN 최고기온 월별 RMSE 성능 변화

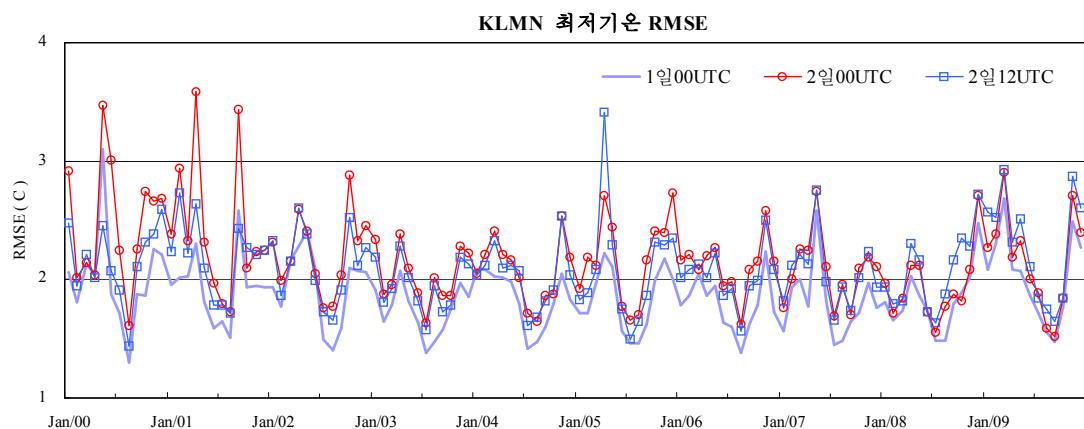


그림 4.4.2 KLMN 최저기온 월별 RMSE 성능 변화

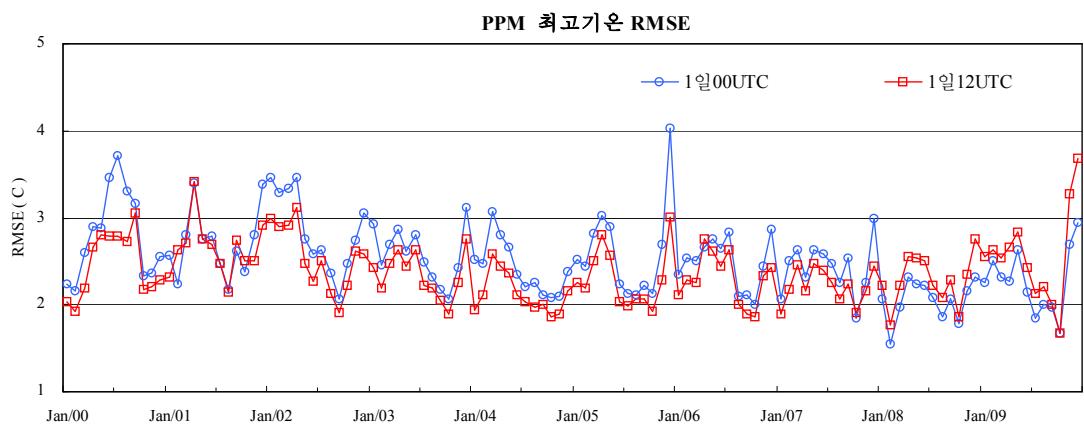


그림 4.4.3 PPM 최고기온 월별 RMSE 성능 변화

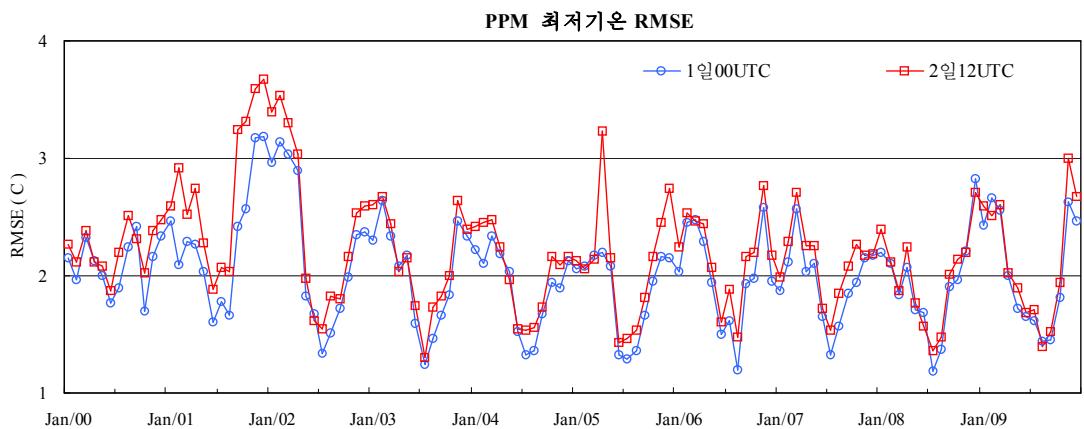


그림 4.4.4 PPM 최저기온 월별 RMSE 성능 변화

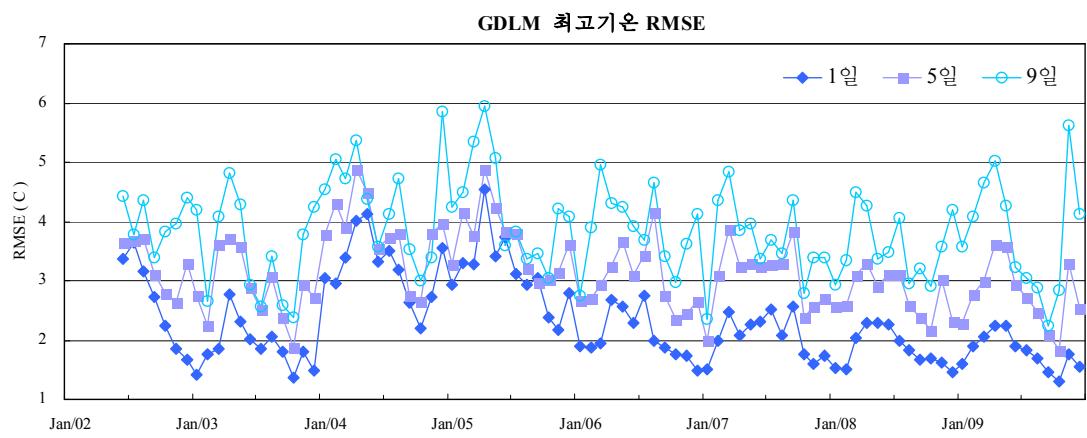


그림 4.4.5 GDLM 최고기온 월별 RMSE 성능 변화

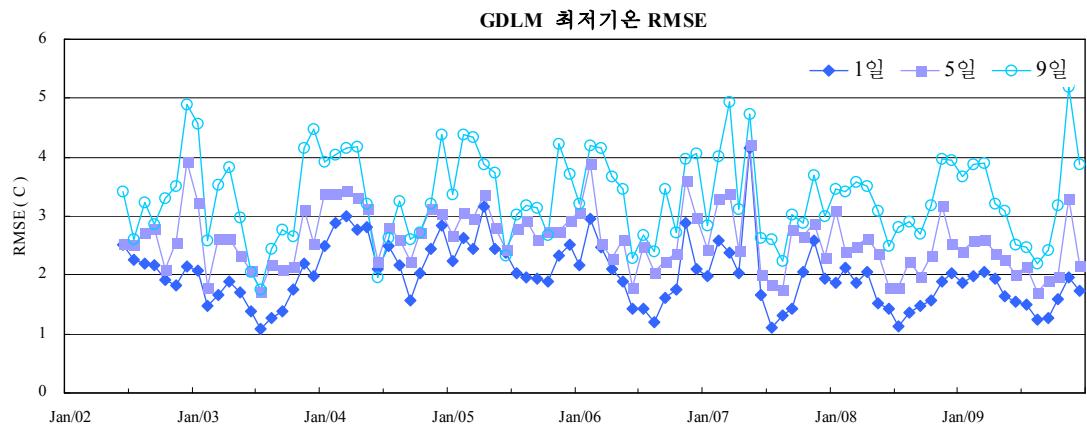


그림 4.4.6 GDLM 최저기온 월별 RMSE 성능 변화

4.4.2 통계모델 최고 · 최저기온(PPM, KLMN, GDLM) 예보 검증

표 4.4.1 PPM, KLMN, GDLM 월별 최고기온 Mean Error

최고기온		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
PPM	1일12H	0.31	-0.09	-0.15	-0.01	0.07	0.31	0.28	-0.04	-0.13	-1.43	-1.83	-0.29	-0.29
	1일00H	0.42	0.23	0.11	0.23	0.16	0.28	0.33	-0.05	0.26	-1.96	-2.72	-0.32	-0.32
KLMN	1일12H	0.14	0.01	0.08	-0.05	-0.16	0.03	-0.02	-0.02	0.05	-0.22	-0.14	-0.03	-0.03
	1일00H	0.32	0.08	-0.01	-0.12	-0.18	0.02	-0.09	0.02	0.12	-0.35	-0.20	-0.04	-0.04
	2일12H	0.33	0.13	-0.02	-0.08	-0.16	-0.01	-0.08	0.00	0.12	-0.41	-0.23	-0.03	-0.03
GDLM	1일	-0.35	-0.01	0.05	0.29	0.42	0.51	-0.17	-0.15	-0.14	0.33	0.17	0.06	0.06
	2일	-0.58	-0.20	0.15	0.20	0.60	0.25	-0.32	-0.06	-0.20	0.69	-0.08	0.02	0.02
	3일	-0.44	-0.34	0.17	0.37	0.51	0.28	-0.16	-0.16	-0.24	0.81	-0.05	0.06	0.06
	4일	-0.56	-0.35	-0.18	0.54	0.30	0.40	-0.28	-0.17	-0.22	0.97	-0.24	0.01	0.01
	5일	-0.42	-0.93	-0.13	0.60	0.31	0.32	-0.37	-0.06	-0.30	1.63	-0.54	-0.01	-0.01
	6일	-0.42	-1.25	-0.29	0.54	0.23	0.32	-0.35	-0.12	-0.41	2.28	-0.43	0.00	0.00
	7일	-0.19	-1.23	-0.47	-0.04	-0.33	0.38	-0.56	-0.11	-0.59	3.12	-0.04	-0.03	-0.03
	8일	-0.69	-0.78	-0.84	-0.26	-0.50	0.50	-0.61	-0.04	-0.42	2.92	0.16	-0.07	-0.07
	9일	-1.76	-0.45	-0.53	-0.42	-0.58	0.53	-0.56	0.24	-0.33	2.95	0.59	-0.09	-0.09
	10일	-2.11	-0.67	-1.25	-0.48	-0.21	0.67	-0.58	0.17	-0.65	2.87	0.44	-0.22	-0.22

표 4.4.2 PPM, KLMN, GDLM 월별 최저기온 Mean Error

최저기온		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
PPM	1일00H	-0.63	-0.26	0.05	-0.16	-0.06	-0.18	-0.61	-0.12	-0.26	0.37	-0.60	-0.81	-0.27
	2일12H	-0.86	-0.01	0.31	0.10	0.21	-0.07	-0.46	0.11	-0.02	0.40	-0.92	-1.03	-0.19
KLMN	1일00H	-0.62	-0.14	-0.53	-0.41	-0.15	-0.20	-0.21	-0.29	-0.14	-0.30	-0.69	-0.87	-0.38
	2일12H	-0.36	0.84	0.52	0.07	0.17	-0.01	0.08	-0.19	-0.03	-0.13	-0.42	-0.68	-0.01
	2일00H	-0.74	0.31	-0.22	-0.42	-0.08	-0.24	-0.20	-0.38	-0.17	-0.37	-0.90	-0.92	-0.36
GDLM	1일	0.45	-0.60	-0.59	0.18	-0.22	-0.22	0.12	0.15	0.23	0.06	-0.20	0.06	-0.05
	2일	0.51	-1.05	-0.52	0.38	-0.26	-0.12	0.14	0.30	0.29	0.08	-0.08	-0.05	-0.03
	3일	0.62	-1.11	-0.86	0.37	-0.30	-0.16	0.21	0.34	0.36	0.25	0.09	-0.15	-0.03
	4일	0.44	-1.20	-0.73	0.33	-0.41	-0.37	0.40	0.32	0.31	0.42	0.25	-0.26	-0.04
	5일	0.41	-1.28	-0.83	0.17	-0.36	-0.60	0.43	0.21	0.48	0.28	0.82	-0.26	-0.04
	6일	0.61	-1.32	-1.05	-0.02	-0.51	-0.80	0.39	0.06	0.48	0.31	1.74	-0.05	-0.01
	7일	0.85	-1.04	-1.06	-0.58	-0.60	-0.86	0.48	0.05	0.39	0.30	2.42	-0.02	0.03
	8일	0.75	-1.73	-0.95	-0.97	-1.04	-0.90	0.54	-0.05	0.50	0.38	2.78	0.23	-0.04
	9일	0.08	-2.44	-0.70	-0.89	-1.33	-0.99	0.64	-0.17	0.84	0.51	2.62	0.59	-0.10
	10일	0.05	-2.52	-1.29	-1.68	-1.07	-1.17	0.57	-0.15	1.03	0.43	2.21	0.48	-0.26

표 4.4.3 PPM, KLMN, GDLM 월별 최고기온 RMSE

최고기온		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
PPM	1일12H	2.25	2.50	2.31	2.27	2.63	2.14	1.85	2.00	1.97	1.68	2.70	2.95	2.27
	1일00H	2.55	2.63	2.54	2.67	2.83	2.42	2.13	2.21	2.00	1.68	3.27	3.69	2.55
KLMN	1일12H	1.74	1.89	1.91	2.17	2.12	2.29	2.03	1.97	1.76	1.43	2.11	1.85	1.94
	1일00H	1.84	2.04	2.04	2.54	2.97	2.75	2.30	2.17	1.85	1.69	2.26	2.16	2.22
	2일12H	1.86	2.22	2.46	2.74	3.17	2.73	2.42	2.27	1.97	1.72	2.35	2.37	2.36
GDLM	1일	1.60	1.89	2.05	2.24	2.23	1.89	1.82	1.68	1.47	1.29	1.77	1.56	1.79
	2일	1.68	2.15	2.29	2.85	2.60	2.31	2.01	2.12	1.60	1.47	2.22	1.82	2.09
	3일	1.85	2.32	2.41	3.19	3.09	2.71	2.13	2.37	1.89	1.70	2.39	1.99	2.34
	4일	2.03	2.49	2.62	3.52	3.45	2.89	2.40	2.39	2.02	1.76	2.51	2.19	2.52
	5일	2.29	2.77	3.01	3.61	3.57	2.94	2.73	2.48	2.11	1.83	3.30	2.54	2.76
	6일	2.55	3.31	3.45	3.98	3.96	2.74	2.68	2.56	2.17	1.92	3.98	3.04	3.03
	7일	2.89	3.67	3.99	4.38	4.35	3.04	2.65	2.74	2.12	2.13	4.98	3.39	3.36
	8일	3.32	3.91	4.63	4.63	4.26	3.27	2.66	2.79	2.37	2.36	4.87	3.51	3.55
	9일	3.57	4.08	4.65	5.02	4.27	3.24	3.04	2.89	2.23	2.84	5.63	4.13	3.80
	10일	3.82	4.31	4.98	5.33	4.38	3.26	3.01	2.94	2.18	2.94	5.83	4.62	3.97

표 4.4.4 PPM, KLMN, GDLM 월별 최저기온 RMSE

최저기온		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
PPM	1일00H	2.43	2.66	2.56	2.00	1.72	1.65	1.62	1.44	1.45	1.81	2.63	2.46	2.04
	2일12H	2.59	2.51	2.61	2.02	1.90	1.69	1.71	1.40	1.52	1.94	3.00	2.67	2.13
KLMN	1일00H	2.09	2.30	2.69	2.09	2.07	1.87	1.71	1.55	1.47	1.76	2.49	2.27	2.03
	2일12H	2.27	2.39	2.90	2.19	2.33	2.00	1.89	1.59	1.52	1.84	2.71	2.40	2.17
	2일00H	2.57	2.52	2.93	2.31	2.51	2.11	1.84	1.75	1.65	1.84	2.87	2.60	2.29
GDLM	1일	1.86	1.99	2.05	1.94	1.65	1.55	1.49	1.24	1.28	1.59	1.97	1.72	1.69
	2일	2.02	2.17	1.98	2.09	1.90	1.69	1.76	1.48	1.39	1.79	2.31	1.81	1.87
	3일	2.06	2.38	2.25	2.13	1.98	1.69	1.97	1.60	1.69	1.84	2.55	1.97	2.01
	4일	2.22	2.43	2.51	2.24	2.06	1.83	2.11	1.65	1.76	1.82	2.51	2.02	2.10
	5일	2.39	2.58	2.61	2.38	2.26	2.01	2.15	1.70	1.92	1.98	3.31	2.18	2.29
	6일	2.92	3.03	3.06	2.58	2.36	2.21	2.07	1.92	2.24	2.30	4.17	2.32	2.60
	7일	3.37	3.50	3.36	2.85	2.63	2.26	2.10	2.02	2.22	2.38	4.79	3.14	2.88
	8일	3.59	3.90	3.90	2.93	2.81	2.48	2.23	2.04	2.37	2.73	5.03	3.34	3.11
	9일	3.67	3.88	3.91	3.21	3.10	2.52	2.48	2.20	2.43	3.18	5.20	3.88	3.31
	10일	3.65	4.30	4.25	3.67	3.09	2.42	2.60	2.36	2.49	3.23	5.23	4.29	3.47

4.4.3 3시간 기온(RDLM) 예보 겹증

표 4.4.5 RDLM 월별 00UTC 예보기온 Mean Error

00 UTC	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
+ 3hr	0.24	0.01	-0.29	0.21	0.35	0.31	0.38	-0.14	-0.22	-0.17	0.33	0.18	0.10
+ 6hr	0.18	0.03	-0.47	0.25	0.26	0.31	0.63	-0.09	-0.18	-0.28	0.29	0.18	0.09
+ 9hr	0.06	-0.25	-0.35	0.25	0.15	0.11	0.57	0.01	0.12	0.01	0.01	-0.04	0.05
+ 12hr	0.17	-0.28	-0.40	0.27	-0.09	-0.09	0.31	0.12	0.24	0.02	-0.07	-0.08	0.01
+ 15hr	0.27	-0.37	-0.33	0.21	-0.16	-0.22	0.21	0.15	0.31	-0.01	-0.15	-0.07	-0.01
+ 18hr	0.32	-0.51	-0.19	0.27	-0.22	-0.25	0.19	0.22	0.32	-0.07	-0.25	-0.08	-0.02
+ 21hr	0.39	-0.61	-0.04	0.24	-0.27	-0.25	0.23	0.27	0.27	-0.07	-0.33	-0.04	-0.02
+ 24hr	0.32	-0.56	-0.47	-0.01	-0.05	0.00	0.37	-0.03	0.26	0.12	0.23	0.20	0.03
+ 27hr	0.33	-0.42	-0.40	0.32	0.29	0.08	0.68	-0.21	-0.10	-0.16	0.95	0.05	0.12
+ 30hr	0.22	-0.34	-0.46	0.46	0.34	0.06	0.77	-0.18	0.01	-0.32	0.87	-0.11	0.11
+ 33hr	0.14	-0.53	-0.42	0.31	0.23	-0.16	0.61	-0.07	0.38	0.01	0.35	-0.33	0.04
+ 36hr	0.29	-0.46	-0.60	0.17	-0.11	-0.33	0.36	0.10	0.39	0.11	0.18	-0.30	-0.02
+ 39hr	0.40	-0.51	-0.70	0.09	-0.27	-0.38	0.21	0.19	0.42	0.14	0.06	-0.34	-0.06
+ 42hr	0.53	-0.64	-0.56	0.22	-0.33	-0.39	0.13	0.32	0.39	0.17	0.02	-0.42	-0.05
+ 45hr	0.55	-0.63	-0.46	0.27	-0.37	-0.36	0.16	0.41	0.38	0.22	-0.17	-0.42	-0.04
+ 48hr	0.25	-0.66	-0.92	-0.11	-0.13	-0.22	0.31	-0.04	0.34	0.44	0.64	-0.11	-0.02

표 4.4.6 RDLM 월별 12UTC 예보기온 Mean Error

12 UTC	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
+ 3hr	0.16	-0.06	0.05	0.07	-0.10	-0.16	-0.03	0.07	0.06	-0.02	-0.15	-0.02	-0.01
+ 6hr	0.27	-0.24	0.08	0.18	-0.12	-0.20	0.11	0.03	0.10	-0.02	-0.31	0.01	-0.01
+ 9hr	0.31	-0.35	0.13	0.17	-0.17	-0.24	0.26	0.03	0.12	0.03	-0.41	0.01	-0.01
+ 12hr	0.39	-0.40	-0.35	-0.07	0.00	0.00	0.32	-0.04	0.13	0.15	0.24	0.29	0.05
+ 15hr	0.36	-0.25	-0.29	0.19	0.29	0.26	0.57	-0.20	0.04	-0.04	0.40	0.19	0.13
+ 18hr	0.22	-0.19	-0.40	0.25	0.25	0.21	0.49	-0.20	0.17	-0.08	0.33	0.11	0.10
+ 21hr	0.14	-0.41	-0.31	0.18	0.11	0.09	0.34	-0.09	0.41	0.07	0.06	-0.04	0.05
+ 24hr	0.17	-0.51	-0.36	0.19	-0.03	-0.06	0.18	0.06	0.39	0.01	0.03	-0.02	0.00
+ 27hr	0.32	-0.58	-0.49	0.09	-0.20	-0.27	0.22	0.17	0.39	-0.02	-0.10	-0.12	-0.05
+ 30hr	0.40	-0.67	-0.36	0.16	-0.28	-0.27	0.26	0.13	0.38	-0.01	-0.19	-0.19	-0.05
+ 33hr	0.41	-0.68	-0.31	0.15	-0.38	-0.27	0.37	0.10	0.38	0.03	-0.35	-0.16	-0.06
+ 36hr	0.30	-0.62	-0.70	-0.12	-0.14	-0.03	0.27	0.00	0.31	0.16	0.47	0.14	0.00
+ 39hr	0.12	-0.41	-0.60	0.17	0.34	0.15	0.44	-0.24	0.04	-0.10	0.92	0.06	0.07
+ 42hr	-0.04	-0.38	-0.64	0.34	0.34	0.19	0.49	-0.27	0.10	-0.24	0.83	-0.07	0.05
+ 45hr	0.03	-0.49	-0.62	0.29	0.13	0.05	0.34	-0.19	0.45	0.02	0.33	-0.18	0.01
+ 48hr	0.22	-0.40	-0.88	0.17	-0.13	-0.20	0.23	0.08	0.48	0.13	0.18	-0.08	-0.02

표 4.4.7 RDLM 월별 00UTC 예보기온 RMSE

00 UTC	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
+ 3hr	1.55	1.73	1.60	1.74	1.79	1.73	1.60	1.48	1.44	1.36	1.95	1.63	1.63
+ 6hr	1.54	2.02	1.89	2.20	2.16	2.07	2.18	1.81	1.72	1.44	1.97	1.68	1.89
+ 9hr	1.28	1.67	1.71	1.83	2.11	1.79	2.01	1.59	1.25	1.11	1.46	1.30	1.59
+ 12hr	1.53	1.82	1.93	1.72	1.80	1.56	1.57	1.26	1.19	1.53	1.68	1.54	1.59
+ 15hr	1.75	2.10	2.07	1.89	1.86	1.66	1.56	1.41	1.34	1.73	1.81	1.70	1.74
+ 18hr	1.93	2.26	2.06	2.02	1.98	1.67	1.51	1.46	1.42	1.85	2.00	1.88	1.84
+ 21hr	1.96	2.46	2.08	2.19	2.02	1.69	1.55	1.53	1.49	1.91	2.10	2.06	1.92
+ 24hr	1.82	2.24	1.98	2.10	2.16	1.86	1.95	1.41	1.35	1.65	1.95	1.93	1.87
+ 27hr	2.01	2.09	2.17	2.57	2.53	2.32	2.45	1.89	1.63	1.74	2.71	2.03	2.18
+ 30hr	1.87	2.04	2.18	2.69	2.97	2.49	2.64	2.13	1.83	1.70	2.58	2.02	2.26
+ 33hr	1.57	1.94	2.19	2.38	2.82	2.23	2.33	1.94	1.43	1.42	2.00	1.58	1.99
+ 36hr	1.94	2.02	2.45	2.18	2.34	1.99	1.91	1.51	1.37	1.84	2.03	1.78	1.95
+ 39hr	2.17	2.28	2.52	2.23	2.22	2.13	1.82	1.59	1.54	2.00	2.22	2.07	-0.01
+ 42hr	2.34	2.43	2.51	2.29	2.22	2.06	1.77	1.61	1.64	2.16	2.40	2.34	-0.01
+ 45hr	2.34	2.41	2.45	2.39	2.23	1.99	1.77	1.70	1.76	2.22	2.57	2.50	-0.01
+ 48hr	2.22	2.24	2.51	2.57	2.40	2.23	2.06	1.63	1.57	1.94	2.54	2.36	0.05

표 4.4.8 RDLM 월별 12UTC 예보기온 RMSE

12 UTC	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
+ 3hr	1.17	1.13	1.29	1.35	1.25	1.17	0.99	0.88	0.86	1.11	1.08	1.01	1.11
+ 6hr	1.66	1.69	1.64	1.91	1.71	1.51	1.55	1.16	1.11	1.54	1.58	1.52	1.55
+ 9hr	1.94	2.03	1.77	2.20	1.89	1.55	2.87	1.39	1.31	1.75	1.84	1.74	1.86
+ 12hr	1.91	1.87	1.75	1.92	2.03	1.68	1.94	1.35	1.29	1.48	1.86	1.66	1.73
+ 15hr	1.95	1.82	2.02	2.20	2.19	2.47	2.32	1.82	1.63	1.54	2.32	1.91	2.02
+ 18hr	1.83	1.97	2.11	2.43	2.51	2.33	2.41	2.01	1.78	1.51	2.22	1.81	2.08
+ 21hr	1.54	1.70	2.00	2.10	2.33	2.09	2.15	1.74	1.36	1.35	1.64	1.41	1.78
+ 24hr	1.76	1.98	2.03	1.99	2.09	1.85	1.79	1.36	1.28	1.69	1.76	1.61	1.77
+ 27hr	2.00	2.07	2.19	2.14	2.13	1.82	1.78	1.42	1.44	1.84	2.02	1.85	1.89
+ 30hr	2.21	2.28	2.25	2.22	2.15	1.75	1.87	1.45	1.50	2.04	2.18	2.09	2.00
+ 33hr	2.28	2.35	2.26	2.37	2.21	1.78	2.65	1.52	1.58	2.33	2.36	2.29	2.16
+ 36hr	2.15	2.20	2.28	2.42	2.32	2.08	2.14	1.55	1.46	1.75	2.42	2.20	2.08
+ 39hr	2.17	2.18	2.49	2.90	2.68	2.44	2.51	2.13	1.68	1.77	2.85	2.28	0.00
+ 42hr	1.93	2.14	2.52	3.08	3.20	2.68	2.63	2.26	1.85	1.75	2.56	2.30	2.41
+ 45hr	1.62	1.95	2.44	2.72	2.83	2.36	2.36	1.96	1.53	1.44	2.09	1.97	2.11
+ 48hr	1.85	2.05	2.63	2.43	2.48	2.17	1.95	1.51	1.54	1.92	2.15	2.18	2.07

4.4.4 강수 확률(PPM PoP) 검증

표 4.4.9 남한 31개 지점의 평균 월별 PPM PoP Brier Score

시간	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	0.111	0.104	0.102	0.073	0.073	0.124	0.171	0.141	0.088	0.077	0.114	0.094	0.106
24H	0.112	0.105	0.096	0.072	0.067	0.111	0.166	0.147	0.092	0.086	0.117	0.098	0.106
36H	0.119	0.117	0.108	0.071	0.065	0.152	0.173	0.150	0.082	0.089	0.121	0.107	0.113
48H	0.138	0.155	0.119	0.076	0.072	0.176	0.173	0.165	0.083	0.098	0.140	0.119	0.126

표 4.4.10 속초 지점의 월별 PPM PoP Brier Score

시간	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	0.052	0.101	0.124	0.081	0.076	0.199	0.187	0.176	0.081	0.098	0.115	0.063	0.113
24H	0.056	0.122	0.128	0.072	0.078	0.174	0.179	0.161	0.081	0.097	0.106	0.056	0.109
36H	0.056	0.115	0.126	0.070	0.067	0.184	0.172	0.173	0.090	0.096	0.112	0.059	0.110
48H	0.051	0.135	0.105	0.097	0.079	0.212	0.161	0.213	0.087	0.098	0.108	0.071	0.118

표 4.4.11 철원 지점의 월별 PPM PoP Brier Score

시간	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	0.096	0.080	0.107	0.078	0.063	0.158	0.138	0.165	0.054	0.152	0.143	0.082	0.110
24H	0.109	0.069	0.106	0.083	0.061	0.161	0.162	0.138	0.045	0.150	0.150	0.078	0.109
36H	0.105	0.076	0.123	0.070	0.067	0.157	0.162	0.119	0.044	0.151	0.151	0.080	0.109
48H	0.127	0.097	0.121	0.070	0.096	0.199	0.165	0.152	0.036	0.159	0.144	0.086	0.121

표 4.4.12 춘천 지점의 월별 PPM PoP Brier Score

시간	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	0.106	0.079	0.132	0.083	0.057	0.160	0.125	0.101	0.070	0.113	0.129	0.077	0.103
24H	0.116	0.062	0.112	0.096	0.052	0.150	0.146	0.081	0.058	0.116	0.130	0.072	0.099
36H	0.112	0.080	0.134	0.098	0.051	0.189	0.156	0.081	0.054	0.119	0.134	0.073	0.107
48H	0.136	0.102	0.141	0.099	0.081	0.186	0.132	0.109	0.047	0.130	0.140	0.086	0.116

표 4.4.13 강릉 지점의 월별 PPM PoP Brier Score

시간	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	0.081	0.133	0.135	0.080	0.112	0.229	0.259	0.132	0.088	0.107	0.176	0.040	0.131
24H	0.081	0.154	0.120	0.080	0.104	0.217	0.245	0.114	0.086	0.099	0.174	0.043	0.126
36H	0.065	0.162	0.122	0.082	0.112	0.213	0.240	0.142	0.074	0.085	0.185	0.055	0.128
48H	0.053	0.181	0.118	0.100	0.102	0.254	0.225	0.175	0.087	0.120	0.183	0.062	0.138

표 4.4.14 서울 지점의 월별 PPM PoP Brier Score

시간	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	0.071	0.095	0.090	0.096	0.070	0.082	0.183	0.148	0.078	0.121	0.161	0.107	0.109
24H	0.084	0.073	0.083	0.106	0.054	0.071	0.200	0.139	0.069	0.130	0.148	0.102	0.105
36H	0.089	0.088	0.094	0.105	0.047	0.106	0.239	0.142	0.068	0.126	0.132	0.104	0.112
48H	0.110	0.120	0.102	0.111	0.061	0.113	0.224	0.159	0.054	0.142	0.136	0.100	0.119

표 4.4.15 인천 지점의 월별 PPM PoP Brier Score

시간	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	0.071	0.069	0.090	0.076	0.065	0.096	0.175	0.121	0.059	0.123	0.137	0.132	0.101
24H	0.076	0.072	0.087	0.083	0.048	0.088	0.177	0.105	0.050	0.126	0.132	0.124	0.097
36H	0.086	0.098	0.099	0.075	0.043	0.126	0.214	0.090	0.043	0.118	0.132	0.117	0.103
48H	0.113	0.133	0.112	0.086	0.057	0.122	0.175	0.110	0.032	0.125	0.135	0.113	0.109

표 4.4.16 원주 지점의 월별 PPM PoP Brier Score

시간	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	0.119	0.087	0.132	0.086	0.077	0.099	0.180	0.104	0.054	0.107	0.144	0.096	0.107
24H	0.116	0.080	0.114	0.097	0.055	0.069	0.183	0.107	0.057	0.117	0.149	0.102	0.104
36H	0.125	0.091	0.129	0.093	0.049	0.128	0.173	0.132	0.046	0.136	0.145	0.106	0.113
48H	0.148	0.149	0.120	0.101	0.059	0.165	0.195	0.134	0.039	0.156	0.162	0.120	0.129

표 4.4.17 울릉도 지점의 월별 PPM PoP Brier Score

시간	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	0.157	0.138	0.164	0.056	0.079	0.142	0.165	0.128	0.101	0.078	0.178	0.208	0.133
24H	0.153	0.105	0.169	0.057	0.078	0.128	0.190	0.136	0.101	0.104	0.151	0.207	0.132
36H	0.167	0.159	0.164	0.054	0.074	0.146	0.178	0.145	0.096	0.103	0.160	0.193	0.137
48H	0.196	0.164	0.178	0.074	0.072	0.211	0.148	0.164	0.109	0.081	0.160	0.182	0.145

표 4.4.18 수원 지점의 월별 PPM PoP Brier Score

시간	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	0.084	0.087	0.095	0.063	0.070	0.092	0.157	0.094	0.059	0.082	0.122	0.108	0.093
24H	0.081	0.081	0.082	0.070	0.054	0.088	0.161	0.088	0.050	0.099	0.116	0.111	0.090
36H	0.093	0.106	0.097	0.077	0.047	0.124	0.189	0.066	0.043	0.099	0.119	0.108	0.097
48H	0.125	0.138	0.105	0.085	0.061	0.127	0.147	0.084	0.032	0.120	0.120	0.107	0.104

표 4.4.19 서산 지점의 월별 PPM PoP Brier Score

시간	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	0.137	0.057	0.109	0.080	0.093	0.100	0.201	0.120	0.056	0.111	0.174	0.140	0.115
24H	0.141	0.095	0.114	0.082	0.077	0.084	0.206	0.117	0.062	0.115	0.186	0.147	0.119
36H	0.161	0.122	0.126	0.091	0.066	0.127	0.196	0.102	0.045	0.121	0.171	0.138	0.122
48H	0.211	0.180	0.139	0.092	0.082	0.130	0.187	0.094	0.042	0.120	0.197	0.136	0.134

표 4.4.20 울진 지점의 월별 PPM PoP Brier Score

시간	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	0.081	0.133	0.128	0.079	0.125	0.193	0.230	0.189	0.117	0.094	0.124	0.057	0.129
24H	0.086	0.127	0.126	0.075	0.104	0.179	0.214	0.187	0.133	0.109	0.122	0.048	0.126
36H	0.085	0.130	0.137	0.082	0.112	0.198	0.201	0.178	0.142	0.093	0.108	0.057	0.127
48H	0.088	0.193	0.130	0.069	0.089	0.253	0.191	0.189	0.151	0.105	0.141	0.064	0.139

표 4.4.21 청주 지점의 월별 PPM PoP Brier Score

시간	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	0.162	0.078	0.127	0.081	0.059	0.142	0.171	0.125	0.078	0.085	0.129	0.107	0.112
24H	0.159	0.096	0.103	0.073	0.055	0.120	0.154	0.126	0.087	0.095	0.141	0.115	0.110
36H	0.168	0.126	0.116	0.077	0.062	0.189	0.135	0.130	0.083	0.113	0.135	0.122	0.121
48H	0.193	0.203	0.119	0.081	0.081	0.200	0.163	0.147	0.079	0.110	0.151	0.146	0.139

표 4.4.22 대전 지점의 월별 PPM PoP Brier Score

시간	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	0.128	0.090	0.104	0.074	0.060	0.072	0.146	0.086	0.068	0.073	0.097	0.117	0.093
24H	0.123	0.117	0.089	0.068	0.055	0.066	0.136	0.086	0.071	0.088	0.111	0.132	0.095
36H	0.145	0.139	0.090	0.071	0.047	0.113	0.162	0.096	0.056	0.093	0.129	0.134	0.106
48H	0.182	0.180	0.100	0.070	0.055	0.125	0.170	0.093	0.055	0.108	0.148	0.149	0.120

표 4.4.23 추풍령 지점의 월별 PPM PoP Brier Score

시간	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	0.129	0.087	0.080	0.084	0.103	0.105	0.173	0.120	0.091	0.081	0.110	0.090	0.104
24H	0.130	0.089	0.076	0.071	0.090	0.107	0.136	0.122	0.095	0.092	0.103	0.085	0.100
36H	0.139	0.106	0.104	0.076	0.096	0.182	0.140	0.109	0.082	0.089	0.126	0.101	0.113
48H	0.175	0.165	0.096	0.084	0.116	0.196	0.168	0.129	0.088	0.090	0.147	0.123	0.131

표 4.4.24 안동 지점의 월별 PPM PoP Brier Score

시간	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	0.081	0.066	0.106	0.079	0.091	0.116	0.152	0.107	0.084	0.057	0.102	0.054	0.091
24H	0.095	0.046	0.107	0.074	0.079	0.106	0.157	0.082	0.081	0.073	0.122	0.050	0.089
36H	0.091	0.061	0.120	0.076	0.084	0.179	0.163	0.095	0.081	0.070	0.108	0.065	0.099
48H	0.110	0.128	0.112	0.085	0.090	0.227	0.169	0.115	0.087	0.061	0.131	0.078	0.116

표 4.4.25 포항 지점의 월별 PPM PoP Brier Score

시간	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	0.084	0.130	0.105	0.072	0.084	0.170	0.217	0.183	0.094	0.061	0.099	0.057	0.113
24H	0.086	0.098	0.092	0.069	0.078	0.165	0.206	0.182	0.132	0.073	0.096	0.059	0.111
36H	0.085	0.107	0.082	0.064	0.067	0.193	0.167	0.176	0.120	0.064	0.086	0.063	0.106
48H	0.076	0.112	0.099	0.051	0.063	0.276	0.200	0.220	0.110	0.082	0.110	0.075	0.123

표 4.4.26 군산 지점의 월별 PPM PoP Brier Score

시간	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	0.117	0.090	0.112	0.064	0.060	0.073	0.141	0.115	0.062	0.085	0.139	0.116	0.098
24H	0.121	0.117	0.108	0.064	0.055	0.076	0.128	0.120	0.065	0.089	0.156	0.126	0.102
36H	0.149	0.139	0.120	0.067	0.047	0.121	0.138	0.106	0.046	0.099	0.147	0.137	0.110
48H	0.190	0.180	0.132	0.066	0.055	0.135	0.127	0.105	0.043	0.109	0.160	0.132	0.119

표 4.4.27 대구 지점의 월별 PPM PoP Brier Score

시간	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	0.070	0.098	0.052	0.124	0.096	0.163	0.165	0.136	0.089	0.042	0.090	0.042	0.097
24H	0.071	0.089	0.057	0.116	0.094	0.130	0.123	0.148	0.103	0.051	0.087	0.050	0.093
36H	0.084	0.097	0.075	0.107	0.088	0.189	0.122	0.188	0.092	0.046	0.083	0.058	0.102
48H	0.100	0.139	0.077	0.124	0.096	0.224	0.191	0.188	0.087	0.065	0.093	0.074	0.121

표 4.4.28 전주 지점의 월별 PPM PoP Brier Score

시간	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave
12H	0.112	0.090	0.114	0.064	0.075	0.071	0.175	0.120	0.062	0.084	0.130	0.108	0.100
24H	0.118	0.117	0.115	0.064	0.060	0.076	0.159	0.116	0.059	0.091	0.139	0.115	0.102
36H	0.135	0.139	0.128	0.067	0.059	0.123	0.168	0.134	0.043	0.092	0.140	0.126	0.113
48H	0.181	0.180	0.145	0.066	0.080	0.146	0.202	0.160	0.053	0.098	0.164	0.141	0.135

표 4.4.29 울산 지점의 월별 PPM PoP Brier Score

시간	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	0.080	0.132	0.101	0.060	0.050	0.119	0.160	0.169	0.100	0.061	0.079	0.050	0.097
24H	0.074	0.135	0.102	0.064	0.054	0.085	0.174	0.192	0.111	0.074	0.094	0.073	0.103
36H	0.071	0.148	0.106	0.068	0.051	0.151	0.191	0.183	0.109	0.103	0.105	0.090	0.115
48H	0.066	0.192	0.149	0.057	0.051	0.185	0.193	0.192	0.102	0.096	0.146	0.107	0.128

표 4.4.30 마산 지점의 월별 PPM PoP Brier Score

시간	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	0.097	0.121	0.094	0.053	0.068	0.085	0.142	0.124	0.084	0.042	0.075	0.047	0.086
24H	0.082	0.123	0.076	0.052	0.067	0.066	0.125	0.148	0.097	0.058	0.078	0.073	0.087
36H	0.108	0.109	0.088	0.062	0.067	0.138	0.152	0.143	0.088	0.077	0.093	0.082	0.101
48H	0.115	0.139	0.124	0.050	0.072	0.165	0.123	0.186	0.071	0.072	0.122	0.106	0.112

표 4.4.31 광주 지점의 월별 PPM PoP Brier Score

시간	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	0.097	0.124	0.102	0.087	0.074	0.140	0.192	0.159	0.121	0.085	0.076	0.115	0.114
24H	0.104	0.125	0.083	0.085	0.079	0.120	0.185	0.180	0.125	0.089	0.092	0.116	0.115
36H	0.121	0.138	0.103	0.082	0.077	0.181	0.183	0.164	0.099	0.099	0.112	0.127	0.124
48H	0.149	0.192	0.112	0.081	0.075	0.176	0.167	0.194	0.115	0.124	0.124	0.156	0.139

표 4.4.32 부산 지점의 월별 PPM PoP Brier Score

시간	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	0.095	0.112	0.090	0.073	0.048	0.084	0.138	0.142	0.090	0.042	0.062	0.061	0.086
24H	0.094	0.137	0.092	0.077	0.050	0.061	0.125	0.153	0.103	0.058	0.077	0.082	0.092
36H	0.074	0.139	0.096	0.077	0.051	0.114	0.145	0.152	0.081	0.077	0.081	0.098	0.099
48H	0.066	0.130	0.128	0.064	0.056	0.140	0.135	0.185	0.078	0.072	0.118	0.104	0.106

표 4.4.33 통영 지점의 월별 PPM PoP Brier Score

시간	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	0.068	0.118	0.058	0.068	0.031	0.094	0.148	0.153	0.099	0.039	0.067	0.049	0.083
24H	0.070	0.112	0.061	0.067	0.027	0.083	0.147	0.197	0.100	0.042	0.061	0.071	0.087
36H	0.064	0.126	0.075	0.067	0.037	0.116	0.158	0.185	0.103	0.042	0.079	0.081	0.094
48H	0.060	0.162	0.103	0.071	0.043	0.139	0.171	0.203	0.103	0.062	0.115	0.108	0.112

표 4.4.34 목포 지점의 월별 PPM PoP Brier Score

시간	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	0.131	0.107	0.083	0.066	0.052	0.102	0.174	0.141	0.113	0.080	0.091	0.141	0.107
24H	0.125	0.114	0.062	0.059	0.049	0.076	0.156	0.165	0.111	0.084	0.103	0.128	0.103
36H	0.152	0.133	0.080	0.048	0.037	0.126	0.168	0.144	0.076	0.088	0.123	0.130	0.109
48H	0.166	0.191	0.102	0.062	0.036	0.129	0.164	0.163	0.080	0.127	0.155	0.163	0.128

표 4.4.35 여수 지점의 월별 PPM PoP Brier Score

시간	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	0.117	0.125	0.074	0.044	0.052	0.135	0.178	0.155	0.098	0.047	0.064	0.051	0.095
24H	0.122	0.118	0.066	0.048	0.044	0.100	0.153	0.200	0.099	0.055	0.062	0.076	0.095
36H	0.131	0.129	0.063	0.049	0.048	0.130	0.165	0.190	0.104	0.050	0.089	0.085	0.103
48H	0.160	0.163	0.081	0.057	0.046	0.149	0.181	0.202	0.110	0.067	0.109	0.117	0.120

표 4.4.36 완도 지점의 월별 PPM PoP Brier Score

시간	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	0.160	0.127	0.098	0.045	0.084	0.134	0.132	0.160	0.101	0.062	0.105	0.129	0.111
24H	0.150	0.128	0.080	0.043	0.075	0.112	0.124	0.190	0.113	0.071	0.114	0.115	0.110
36H	0.161	0.133	0.086	0.040	0.075	0.148	0.157	0.188	0.090	0.064	0.104	0.123	0.114
48H	0.177	0.172	0.093	0.047	0.075	0.167	0.176	0.196	0.099	0.082	0.144	0.156	0.132

표 4.4.37 제주 지점의 월별 PPM PoP Brier Score

시간	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	0.182	0.119	0.087	0.057	0.070	0.122	0.161	0.234	0.128	0.048	0.096	0.142	0.120
24H	0.189	0.093	0.101	0.047	0.069	0.118	0.158	0.229	0.138	0.051	0.092	0.138	0.119
36H	0.186	0.103	0.132	0.048	0.073	0.143	0.174	0.261	0.119	0.051	0.120	0.169	0.132
48H	0.211	0.145	0.145	0.063	0.074	0.166	0.170	0.240	0.125	0.061	0.158	0.173	0.144

표 4.4.38 고산 지점의 월별 PPM PoP Brier Score

시간	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	0.203	0.128	0.059	0.058	0.043	0.151	0.182	0.138	0.127	0.057	0.141	0.188	0.123
24H	0.208	0.112	0.065	0.051	0.050	0.153	0.178	0.159	0.128	0.056	0.139	0.178	0.123
36H	0.204	0.125	0.100	0.058	0.051	0.189	0.188	0.226	0.124	0.062	0.117	0.205	0.137
48H	0.236	0.177	0.124	0.071	0.044	0.207	0.183	0.204	0.140	0.067	0.136	0.181	0.147

표 4.4.39 서귀포 지점의 월별 PPM PoP Brier Score

시간	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	0.181	0.123	0.127	0.074	0.077	0.122	0.195	0.185	0.135	0.040	0.103	0.092	0.121
24H	0.178	0.122	0.109	0.064	0.080	0.133	0.202	0.206	0.141	0.049	0.111	0.098	0.124
36H	0.175	0.103	0.123	0.047	0.087	0.154	0.203	0.256	0.122	0.054	0.124	0.148	0.133
48H	0.196	0.128	0.151	0.073	0.081	0.167	0.190	0.226	0.146	0.062	0.154	0.161	0.145

표 4.4.40 진주 지점의 월별 PPM PoP Brier Score

시간	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	0.084	0.089	0.093	0.063	0.095	0.101	0.163	0.132	0.085	0.041	0.089	0.047	0.090
24H	0.071	0.111	0.093	0.060	0.095	0.065	0.146	0.168	0.099	0.056	0.092	0.073	0.094
36H	0.097	0.114	0.106	0.055	0.094	0.137	0.177	0.163	0.094	0.087	0.089	0.082	0.108
48H	0.101	0.135	0.143	0.064	0.094	0.161	0.176	0.186	0.091	0.079	0.125	0.106	0.122

4.5 전지구/ 지역/ 국지연안 파랑예보 검증

4.5.1 예측 성능 변화 추세

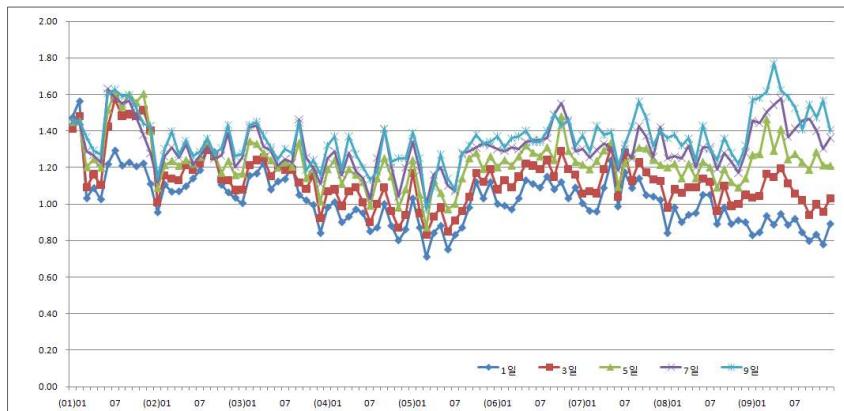


그림 4.5.1 전지구 파랑모델(GoWW3) 유의파고 위성검증 RMSE

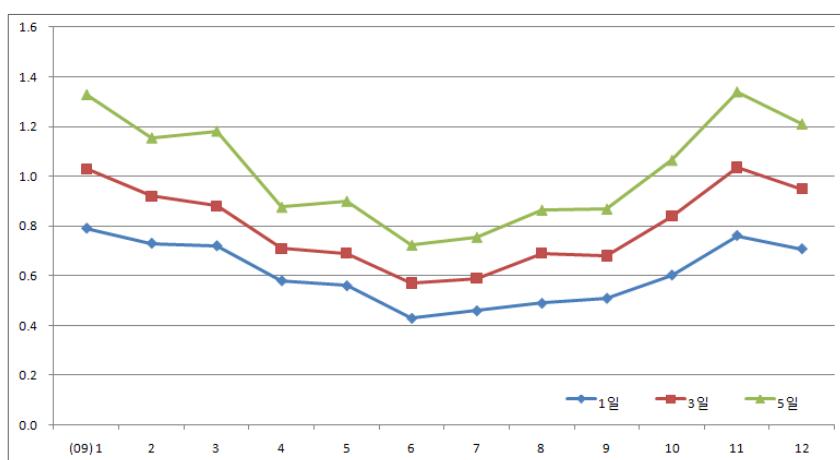


그림 4.5.2 전지구 파랑모델 (GoWW3) 유의파고 부이검증 RMSE

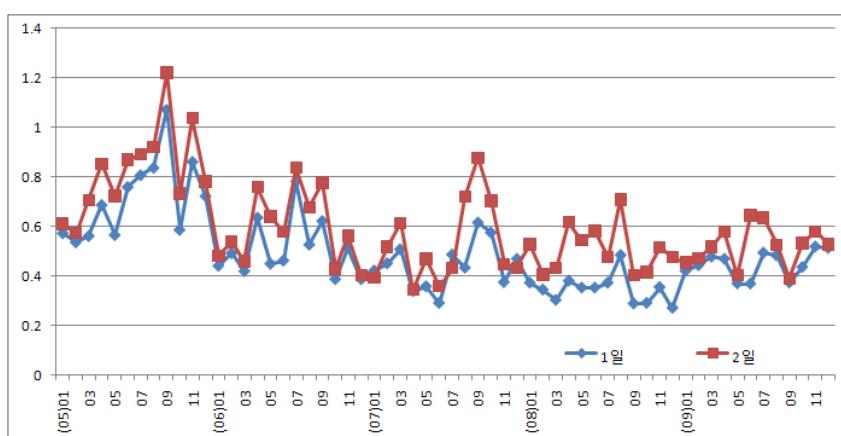


그림 4.5.3 지역 파랑모델 (ReWW3) 유의파고 부이검증 RMSE

4.5.2 부이 검증

4.5.2.1 전지구 파랑모델 (GoWW3) 부이 검증

표 4.5.1 전지구 파랑모델(GoWW3) 2008년도와 2009년도 BIAS, RMSE, CORR +00H 비교

month	2008 년				2009 년				2008-2009(rmse)
	bias (m)	rmse (m)	corr	entries	bias (m)	rmse (m)	corr	entries	
1	0.007	0.788	0.886	6888	0.110	0.760	0.900	8024	0.028
2	0.154	0.749	0.895	6230	0.050	0.720	0.850	7140	0.029
3	0.105	0.679	0.891	6676	0.130	0.680	0.880	7758	-0.001
4	0.129	0.530	0.882	6513	0.190	0.560	0.860	8334	-0.030
5	0.155	0.512	0.870	7810	0.250	0.550	0.880	8774	-0.038
6	0.159	0.452	0.869	7513	0.130	0.420	0.850	8495	0.032
7	0.168	0.537	0.783	8105	0.130	0.440	0.860	8844	0.097
8	0.014	0.459	0.864	8220	0.110	0.470	0.870	9032	-0.011
9	0.026	0.543	0.870	8185	0.060	0.490	0.910	8999	0.053
10	0.052	0.623	0.906	8310	0.107	0.579	0.894	9078	0.044
11	0.025	0.686	0.879	7952	0.121	0.729	0.907	8510	-0.043
12	0.062	0.744	0.883	8026	0.028	0.689	0.878	8378	0.055
average	0.088	0.609	0.873	7536	0.118	0.591	0.878	8447	0.018

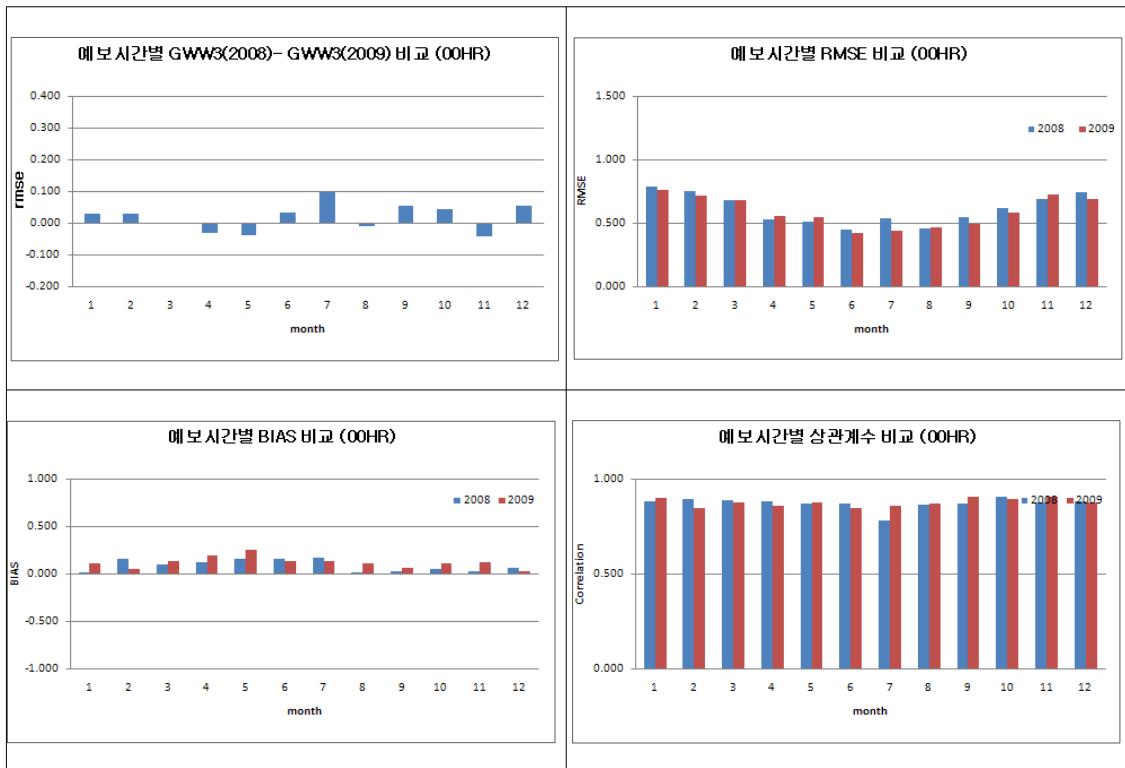


그림 4.5.4 CoWW3 +00H 예보장에 대한 2008년 대비 2009년 성능 비교. BIAS, RMSE, Correlation

표 4.5.2 전지구 파랑모델(GoWW3) 2008년도와 2009년도 BIAS, RMSE, CORR +24H 비교

month	2008 년				2009 년				2008-2009(rmse)
	bias (m)	rmse (m)	corr	entries	bias (m)	rmse (m)	corr	entries	
1	0.034	0.785	0.887	6888	0.120	0.790	0.890	8024	-0.005
2	0.159	0.770	0.889	6230	0.070	0.730	0.850	7140	0.040
3	0.122	0.711	0.882	6676	0.140	0.720	0.870	7758	-0.009
4	0.123	0.554	0.871	6513	0.190	0.580	0.850	8334	-0.026
5	0.163	0.528	0.863	7810	0.250	0.560	0.870	8774	-0.032
6	0.174	0.484	0.853	7513	0.140	0.430	0.850	8495	0.054
7	0.176	0.555	0.770	8105	0.140	0.460	0.850	8844	0.095
8	0.036	0.463	0.858	8220	0.110	0.490	0.850	9032	-0.027
9	0.028	0.551	0.863	8185	0.060	0.510	0.900	8999	0.041
10	0.044	0.645	0.898	8310	0.105	0.603	0.885	9078	0.042
11	0.023	0.707	0.872	7952	0.116	0.761	0.899	8510	-0.054
12	0.056	0.763	0.878	8026	0.022	0.708	0.870	8378	0.055
average	0.095	0.626	0.865	7536	0.122	0.612	0.869	8447	0.015

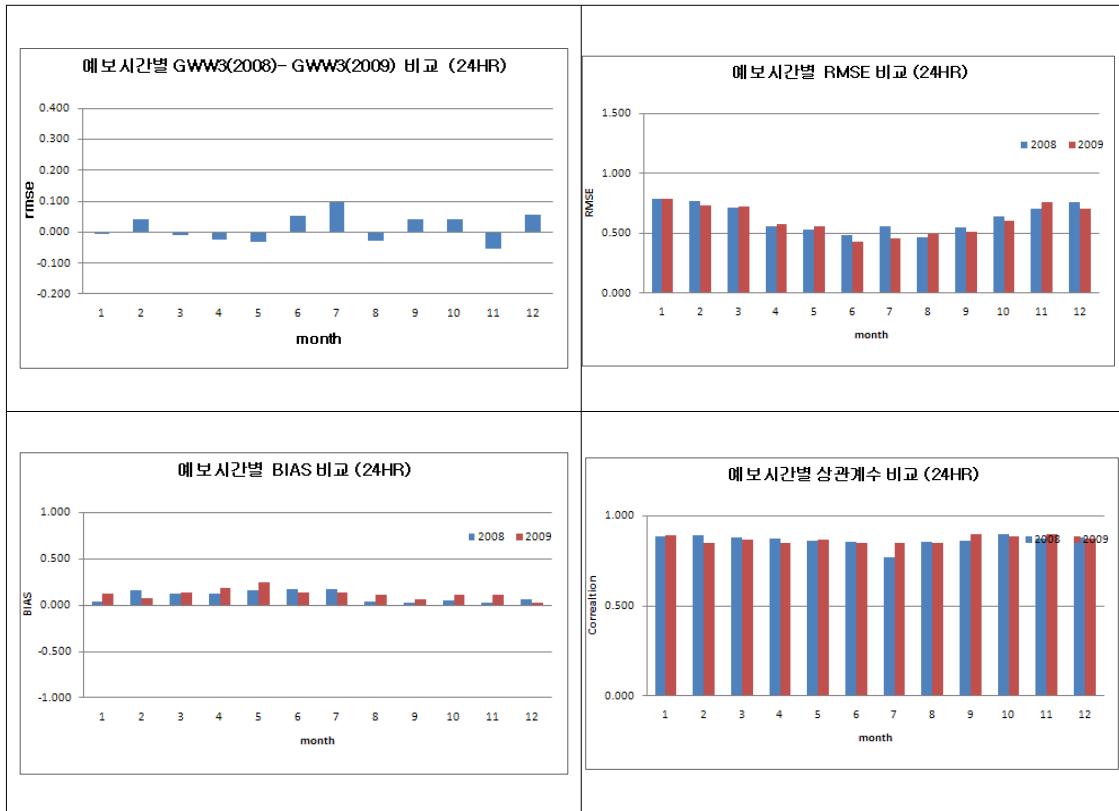


그림 4.5.5 CoWW3 +24H예보장에 대한 2008년 대비 2009년 성능 비교. BIAS, RMSE, Correlation

표 4.5.3 전지구 파랑모델(GoWW3) 2008년도와 2009년도 BIAS, RMSE, CORR +48H 비교

month	2008 년				2009 년				2008-2009(rmse)
	bias (m)	rmse (m)	corr	entries	bias (m)	rmse (m)	corr	entries	
1	0.026	0.919	0.843	6888	0.120	0.890	0.860	8024	0.029
2	0.164	0.880	0.855	6230	0.090	0.800	0.810	7140	0.080
3	0.111	0.792	0.851	6676	0.160	0.800	0.840	7758	-0.008
4	0.131	0.623	0.836	6513	0.190	0.610	0.830	8334	0.013
5	0.190	0.606	0.825	7810	0.270	0.620	0.840	8774	-0.014
6	0.211	0.565	0.803	7513	0.160	0.500	0.810	8495	0.065
7	0.185	0.601	0.726	8105	0.150	0.520	0.800	8844	0.081
8	0.055	0.512	0.816	8220	0.110	0.570	0.800	9032	-0.058
9	0.022	0.633	0.814	8185	0.050	0.570	0.870	8999	0.063
10	0.035	0.747	0.863	8310	0.105	0.708	0.839	9078	0.039
11	0.007	0.803	0.834	7952	0.109	0.876	0.864	8510	-0.073
12	0.038	0.874	0.841	8026	-0.002	0.813	0.828	8378	0.061
average	0.098	0.713	0.826	7536	0.126	0.690	0.833	8447	0.023

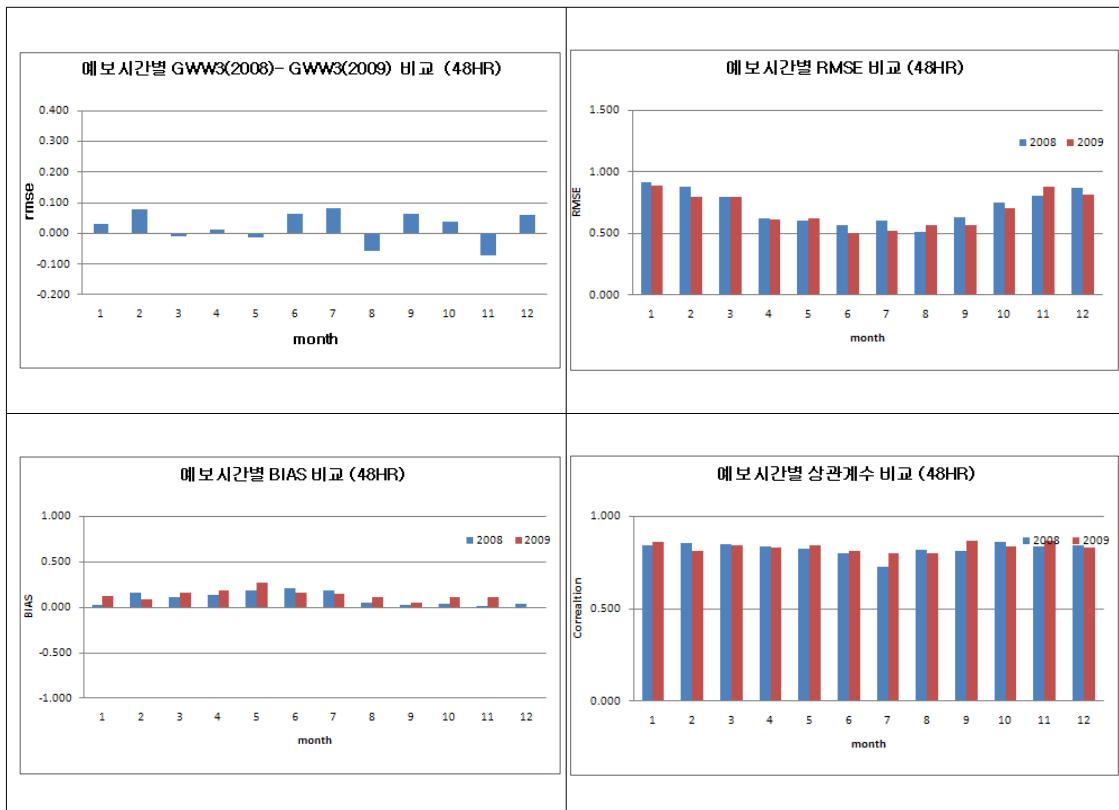


그림 4.5.6 CoWW3 +48H예보장에 대한 2008년 대비 2009년 성능 비교. BIAS, RMSE, Correlation

표 4.5.4 전지구 파랑모델(GoWW3) 2008년도와 2009년도 BIAS, RMSE, CORR +72H 비교

month	2008 년				2009 년				2008-2009(rmse)
	bias (m)	rmse (m)	corr	entries	bias (m)	rmse (m)	corr	entries	
1	0.012	1.113	0.769	6888	0.110	1.030	0.810	8024	0.083
2	0.133	1.040	0.795	6230	0.120	0.920	0.760	7140	0.120
3	0.068	0.921	0.797	6676	0.150	0.880	0.790	7758	0.041
4	0.135	0.710	0.788	6513	0.210	0.710	0.770	8334	0.000
5	0.199	0.689	0.769	7810	0.260	0.690	0.790	8774	-0.001
6	0.238	0.667	0.716	7513	0.190	0.570	0.730	8495	0.097
7	0.190	0.678	0.646	8105	0.160	0.590	0.730	8844	0.088
8	0.083	0.620	0.722	8220	0.140	0.690	0.720	9032	-0.070
9	0.004	0.720	0.752	8185	0.030	0.680	0.810	8999	0.040
10	0.027	0.835	0.824	8310	0.105	0.840	0.773	9078	-0.005
11	-0.025	0.939	0.767	7952	0.077	1.036	0.757	8510	-0.097
12	0.023	0.991	0.792	8026	-0.039	0.950	0.766	8378	0.041
average	0.091	0.827	0.762	7536	0.126	0.799	0.767	8447	0.028

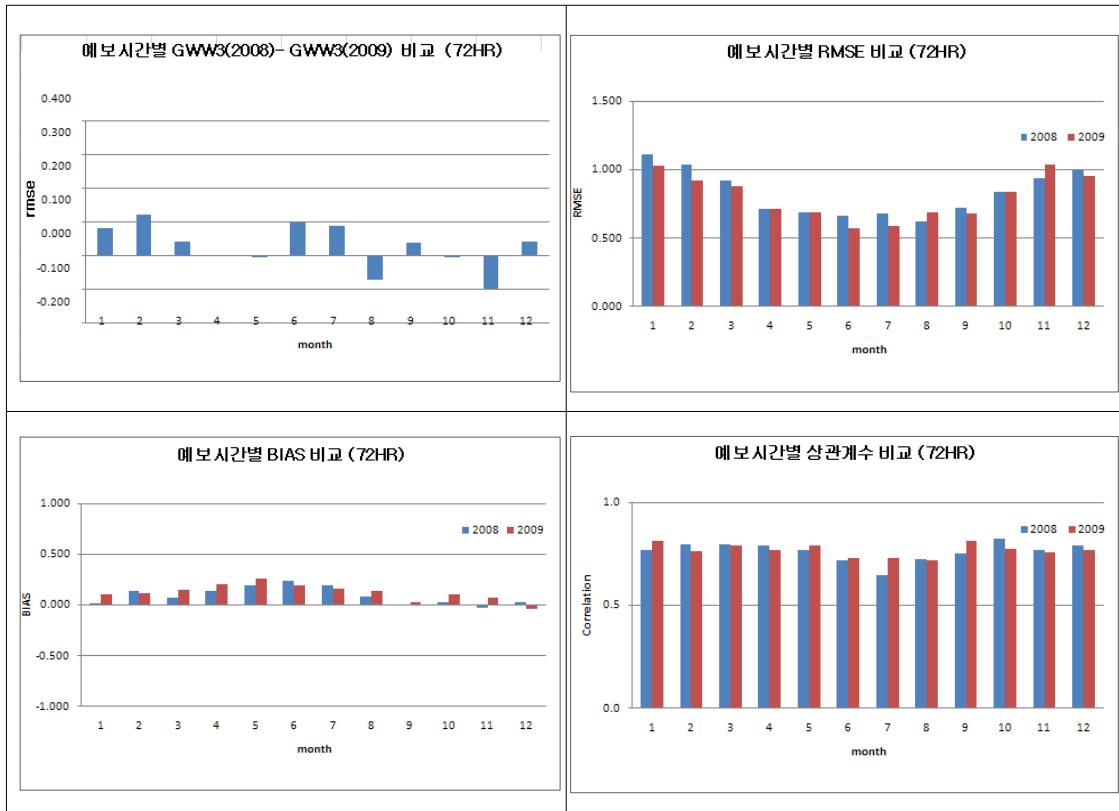


그림 4.5.7 CoWW3 +72H예보장에 대한 2008년 대비 2009년 성능 비교. BIAS, RMSE, Correlation

표 4.5.5 전지구 파랑모델(GoWW3) 2008년도와 2009년도 BIAS, RMSE, CORR +96H 비교

month	2008 년				2009 년				2008-2009(rmse)
	bias (m)	rmse (m)	corr	entries	bias (m)	rmse (m)	corr	entries	
1	-0.066	1.261	0.703	6888	0.132	1.174	0.761	8024	0.087
2	0.050	1.133	0.741	6230	0.102	0.991	0.714	7140	0.142
3	0.030	1.062	0.730	6676	0.099	1.008	0.716	7758	0.054
4	0.111	0.826	0.704	6513	0.183	0.779	0.720	8334	0.047
5	0.151	0.723	0.705	7810	0.290	0.787	0.729	8774	-0.064
6	0.260	0.760	0.634	7513	0.205	0.653	0.644	8495	0.107
7	0.209	0.765	0.557	8105	0.184	0.679	0.665	8844	0.086
8	0.099	0.721	0.626	8220	0.171	0.781	0.638	9032	-0.060
9	-0.017	0.813	0.659	8185	0.044	0.793	0.740	8999	0.020
10	-0.003	0.933	0.774	8310	0.123	0.962	0.709	9078	-0.029
11	-0.063	1.056	0.703	7952	0.021	1.135	0.757	8510	-0.079
12	0.017	1.118	0.739	8026	-0.004	1.091	0.696	8378	0.027
average	0.065	0.931	0.690	7536	0.129	0.903	0.707	8447	0.028

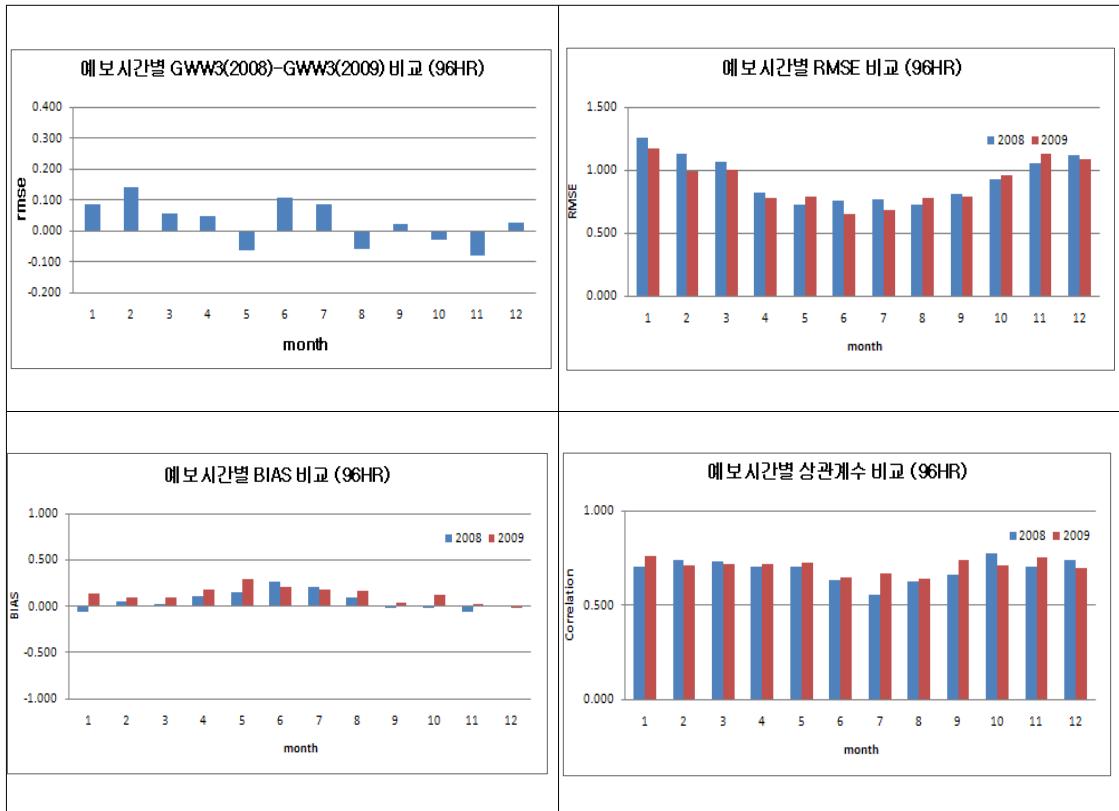


그림 4.5.8 CoWW3 +96H예보장에 대한 2008년 대비 2009년 성능 비교. BIAS, RMSE, Correlation

표 4.5.6 전지구 파랑모델(GoWW3) 2008년도와 2009년도 BIAS, RMSE, CORR +120H 비교

month	2008 년				2009 년				2008-2009(rmse)
	bias (m)	rmse (m)	corr	entries	bias (m)	rmse (m)	corr	entries	
1	-0.074	1.384	0.648	6888	0.125	1.329	0.687	8024	0.055
2	0.036	1.284	0.663	6230	0.157	1.155	0.640	7140	0.129
3	0.031	1.233	0.641	6676	0.127	1.182	0.622	7758	0.051
4	0.115	0.947	0.613	6513	0.144	0.877	0.641	8334	0.070
5	0.126	0.798	0.633	7810	0.329	0.901	0.652	8774	-0.103
6	0.295	0.831	0.582	7513	0.220	0.724	0.573	8495	0.107
7	0.218	0.833	0.468	8105	0.189	0.756	0.571	8844	0.077
8	0.138	0.824	0.541	8220	0.192	0.865	0.554	9032	-0.041
9	-0.031	0.949	0.529	8185	0.027	0.869	0.669	8999	0.080
10	-0.009	1.105	0.677	8310	0.123	1.065	0.650	9078	0.040
11	-0.043	1.166	0.642	7952	-0.034	1.340	0.659	8510	-0.174
12	0.001	1.277	0.658	8026	0.043	1.211	0.637	8378	0.066
average	0.067	1.053	0.608	7536	0.137	1.023	0.630	8447	0.030

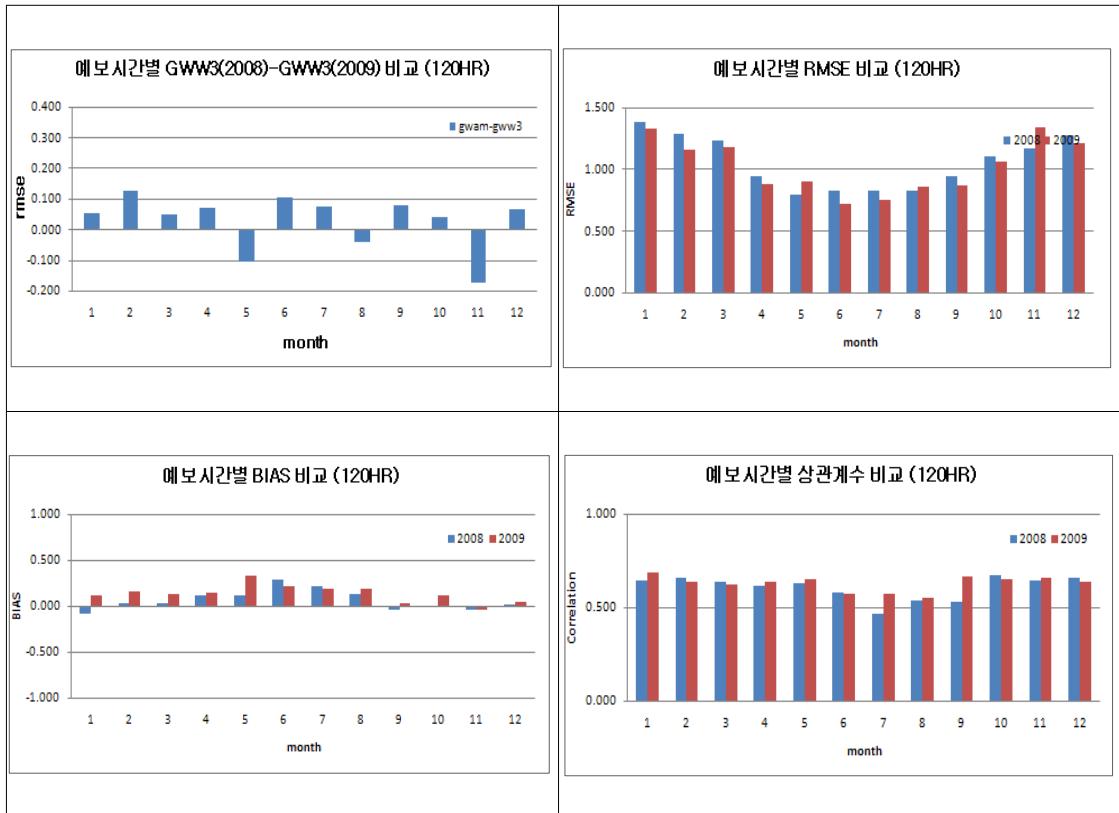


그림 4.5.9 CoWW3 +120H예보장에 대한 2008년 대비 2009년 성능 비교. BIAS, RMSE, Correlation

4.5.2.2 지역 파랑모델 (ReWW3) 부이 검증

표 4.5.7 지역 파랑모델(ReWW3) 덕적도 부이 (22101) 지점 BIAS

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.19	0.17	0.15	0.11	0.12	0.15	0.21	0.17	-0.03	-0.02	0.12	0.13	0.12
24hr	0.23	0.23	0.19	0.17	0.21	0.21	0.30	0.22	0.03	0.11	0.20	0.19	0.19
36hr	0.21	0.22	0.20	0.22	0.19	0.31	0.31	0.26	0.05	0.17	0.27	0.22	0.22
48hr	0.16	0.20	0.21	0.25	0.23	0.38	0.30	0.28	0.11	0.19	0.30	0.22	0.24

표 4.5.8 지역 파랑모델(ReWW3) 덕적도 부이 (22101) 지점 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.35	0.35	0.35	0.34	0.25	0.26	0.45	0.44	0.28	0.29	0.34	0.29	0.33
24hr	0.39	0.47	0.38	0.37	0.34	0.33	0.64	0.55	0.27	0.43	0.40	0.38	0.41
36hr	0.42	0.49	0.39	0.51	0.35	0.46	0.56	0.57	0.27	0.48	0.42	0.39	0.44
48hr	0.40	0.44	0.42	0.54	0.39	0.55	0.55	0.52	0.32	0.53	0.48	0.42	0.46

표 4.5.9 지역 파랑모델(ReWW3) 칠발도 부이 (22102) 지점 BIAS

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.01	0.06	0.10	0.09	0.16	0.23	0.36	0.15	-0.10	0.02	-0.11	-0.19	0.06
24hr	0.03	0.07	0.09	0.11	0.20	0.24	0.39	0.22	-0.07	0.08	-0.10	-0.17	0.09
36hr	0.00	0.05	0.12	0.16	0.23	0.34	0.50	0.21	0.04	0.14	0.00	-0.10	0.14
48hr	0.01	0.10	0.15	0.22	0.25	0.44	0.52	0.26	0.07	0.20	0.04	-0.12	0.18

표 4.5.10 지역 파랑모델(ReWW3) 칠발도 부이 (22102) 지점 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.22	0.26	0.32	0.32	0.31	0.30	0.59	0.43	0.28	0.28	0.34	0.34	0.33
24hr	0.29	0.36	0.35	0.45	0.34	0.34	0.60	0.50	0.29	0.37	0.38	0.42	0.39
36hr	0.32	0.41	0.40	0.46	0.40	0.48	0.72	0.48	0.34	0.42	0.39	0.45	0.44
48hr	0.38	0.44	0.41	0.55	0.38	0.60	0.72	0.54	0.26	0.49	0.46	0.48	0.48

표 4.5.11 지역 파랑모델(ReWW3) 거문도 부이 (22103) 지점 BIAS

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.02	-0.12	-0.15	-0.14	-0.11	0.02	0.06	-0.08	-0.31	-0.11	-0.07	0.02	-0.08
24hr	0.01	-0.11	-0.17	-0.11	-0.08	0.04	0.14	-0.01	-0.25	-0.09	-0.13	0.03	-0.06
36hr	0.00	-0.07	-0.14	-0.08	-0.07	0.12	0.26	0.08	-0.14	-0.06	-0.09	0.03	-0.01
48hr	-0.03	-0.06	-0.13	-0.02	-0.03	0.29	0.32	0.08	-0.12	-0.03	-0.05	0.03	0.02

표 4.5.12 지역 파랑모델(ReWW3) 거문도 부이 (22103) 지점 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.26	0.40	0.47	0.34	0.32	0.29	0.28	0.37	0.38	0.33	0.32	0.28	0.34
24hr	0.30	0.42	0.52	0.34	0.34	0.34	0.32	0.42	0.38	0.37	0.38	0.32	0.37
36hr	0.32	0.37	0.48	0.31	0.36	0.51	0.46	0.46	0.42	0.39	0.39	0.33	0.40
48hr	0.31	0.40	0.49	0.38	0.34	0.66	0.51	0.56	0.37	0.46	0.52	0.36	0.45

표 4.5.13 지역 파랑모델(ReWW3) 거제도 부이 (22104) 지점 BIAS

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	-0.21	-0.23	-0.23	-0.27	-0.13	0.09	0.05	-0.18	-0.36	-0.25	-0.26	-0.10	-0.17
24hr	-0.15	-0.17	-0.16	-0.22	-0.04	0.18	0.20	-0.08	-0.33	-0.20	-0.30	-0.06	-0.11
36hr	-0.09	-0.13	-0.16	-0.17	-0.04	0.27	0.30	-0.02	-0.21	-0.15	-0.27	-0.04	-0.06
48hr	-0.13	-0.08	-0.09	-0.14	0.01	0.50	0.37	0.00	-0.18	-0.12	-0.19	-0.07	-0.01

표 4.5.14 지역 파랑모델(ReWW3) 거제도 부이 (22104) 지점 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.43	0.39	0.43	0.45	0.34	0.35	0.39	0.45	0.46	0.47	0.48	0.39	0.42
24hr	0.43	0.38	0.43	0.39	0.40	0.40	0.52	0.47	0.43	0.48	0.52	0.42	0.44
36hr	0.37	0.39	0.50	0.39	0.41	0.54	0.63	0.43	0.39	0.49	0.43	0.39	0.45
48hr	0.36	0.46	0.48	0.46	0.41	0.87	0.66	0.44	0.42	0.52	0.45	0.36	0.49

표 4.5.13 지역 파랑모델(ReWW3) 동해 부이 (22105) 지점 BIAS

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.29	0.38	0.30	0.23	0.13	0.19	0.24	0.17	0.07	0.22	0.43	0.51	0.26
24hr	0.39	0.47	0.48	0.32	0.21	0.29	0.36	0.30	0.10	0.33	0.61	0.70	0.38
36hr	0.50	0.45	0.52	0.40	0.23	0.40	0.50	0.32	0.13	0.46	0.62	0.72	0.44
48hr	0.49	0.43	0.54	0.40	0.30	0.47	0.44	0.33	0.18	0.56	0.72	0.70	0.46

표 4.5.14 지역 파랑모델(ReWW3) 동해 부이 (22105) 지점 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.49	0.50	0.54	0.45	0.30	0.35	0.42	0.30	0.25	0.47	0.74	0.74	0.46
24hr	0.59	0.64	0.67	0.63	0.38	0.47	0.56	0.54	0.26	0.65	0.89	0.92	0.60
36hr	0.72	0.67	0.74	0.79	0.42	0.62	0.74	0.52	0.32	0.78	0.94	0.96	0.68
48hr	0.71	0.63	0.82	0.80	0.52	0.70	0.67	0.50	0.40	0.87	1.05	0.93	0.72

표 4.5.13 지역 파랑모델(ReWW3) 포항 부이 (22106) 지점 BIAS

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	-0.40	-0.33	-0.38	-0.36	-0.22	-0.14	-0.03	-0.19	-0.32	-0.23	-0.21	-0.35	-0.26
24hr	-0.30	-0.25	-0.24	-0.27	-0.16	-0.07	0.12	-0.13	-0.27	-0.17	-0.09	-0.25	-0.17
36hr	-0.31	-0.23	-0.20	-0.27	-0.09	0.02	0.21	-0.08	-0.21	-0.10	-0.03	-0.18	-0.12
48hr	-0.29	-0.24	-0.17	-0.24	-0.05	0.07	0.20	-0.07	-0.14	-0.05	0.10	-0.18	-0.09

표 4.5.14 지역 파랑모델(ReWW3) 포항 부이 (22106) 지점 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.60	0.42	0.52	0.58	0.41	0.31	0.33	0.32	0.57	0.36	0.41	0.65	0.46
24hr	0.52	0.39	0.52	0.64	0.42	0.33	0.43	0.36	0.53	0.34	0.42	0.58	0.46
36hr	0.50	0.45	0.50	0.74	0.38	0.36	0.48	0.37	0.50	0.35	0.44	0.57	0.47
48hr	0.56	0.46	0.50	0.76	0.39	0.48	0.46	0.35	0.53	0.40	0.53	0.55	0.50

표 4.5.15 지역 파랑모델(ReWW3) 마라도 부이 (22107) 지점 BIAS

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	-	-	-	-	-	-	0.15	0.09	-0.29	-0.12	-0.33	-0.35	-0.14
24hr	-	-	-	-	-	-	0.18	0.09	-0.27	-0.12	-0.42	-0.33	-0.14
36hr	-	-	-	-	-	-	0.41	0.21	-0.25	-0.07	-0.29	-0.24	-0.04
48hr	-	-	-	-	-	-	0.58	0.25	-0.18	-0.03	-0.31	-0.23	0.01

표 4.5.16 지역 파랑모델(ReWW3) 마라도 부이 (22107) 지점 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	-	-	-	-	-	-	0.38	0.51	0.42	0.37	0.54	0.50	0.45
24hr	-	-	-	-	-	-	0.40	0.54	0.45	0.42	0.65	0.55	0.50
36hr	-	-	-	-	-	-	0.70	0.78	0.44	0.42	0.54	0.56	0.57
48hr	-	-	-	-	-	-	0.88	0.78	0.43	0.46	0.57	0.60	0.62

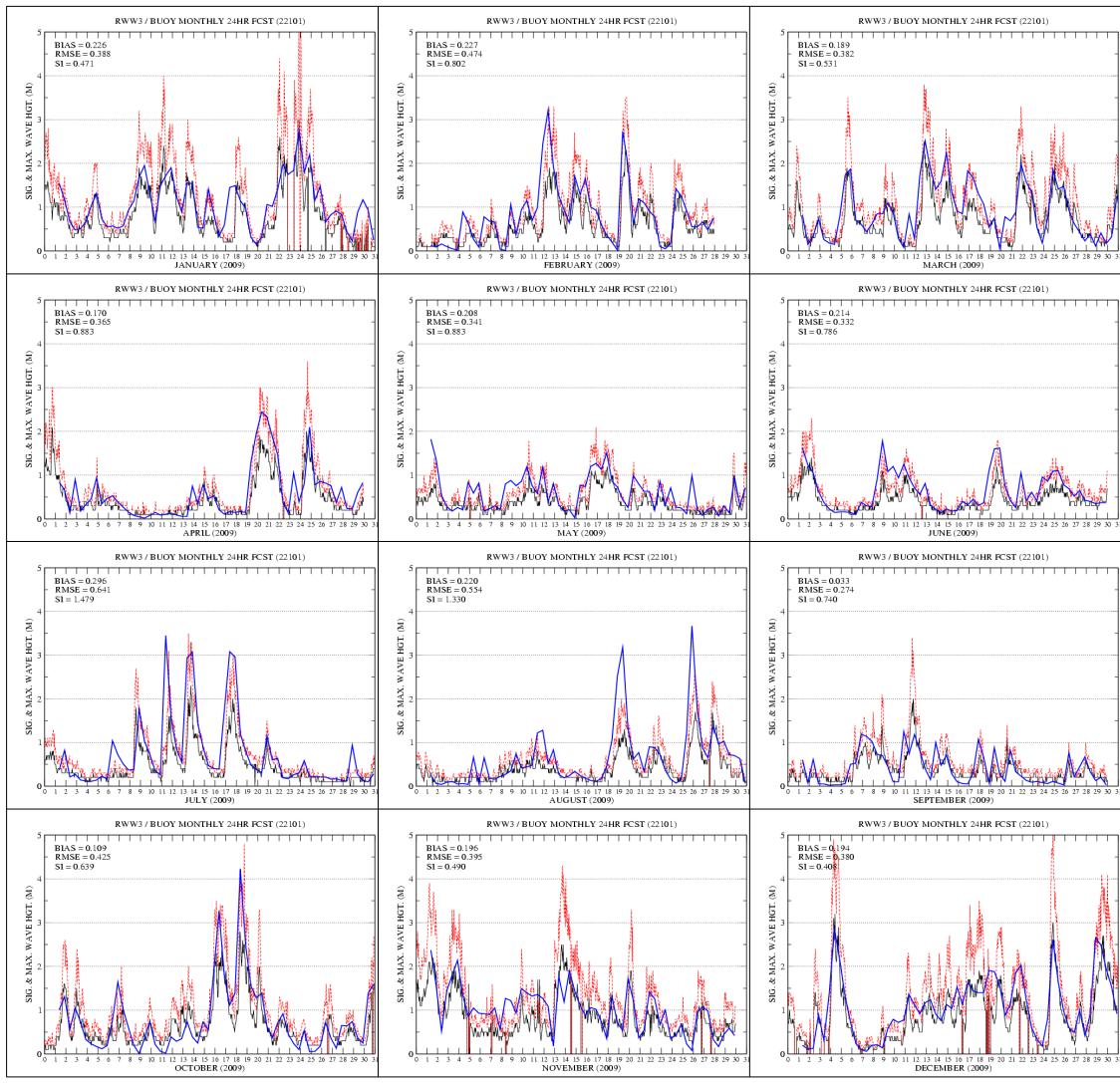


그림 4.5.10 덕적도 부이 관측(검은색 실선)과 ReWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2009년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고.

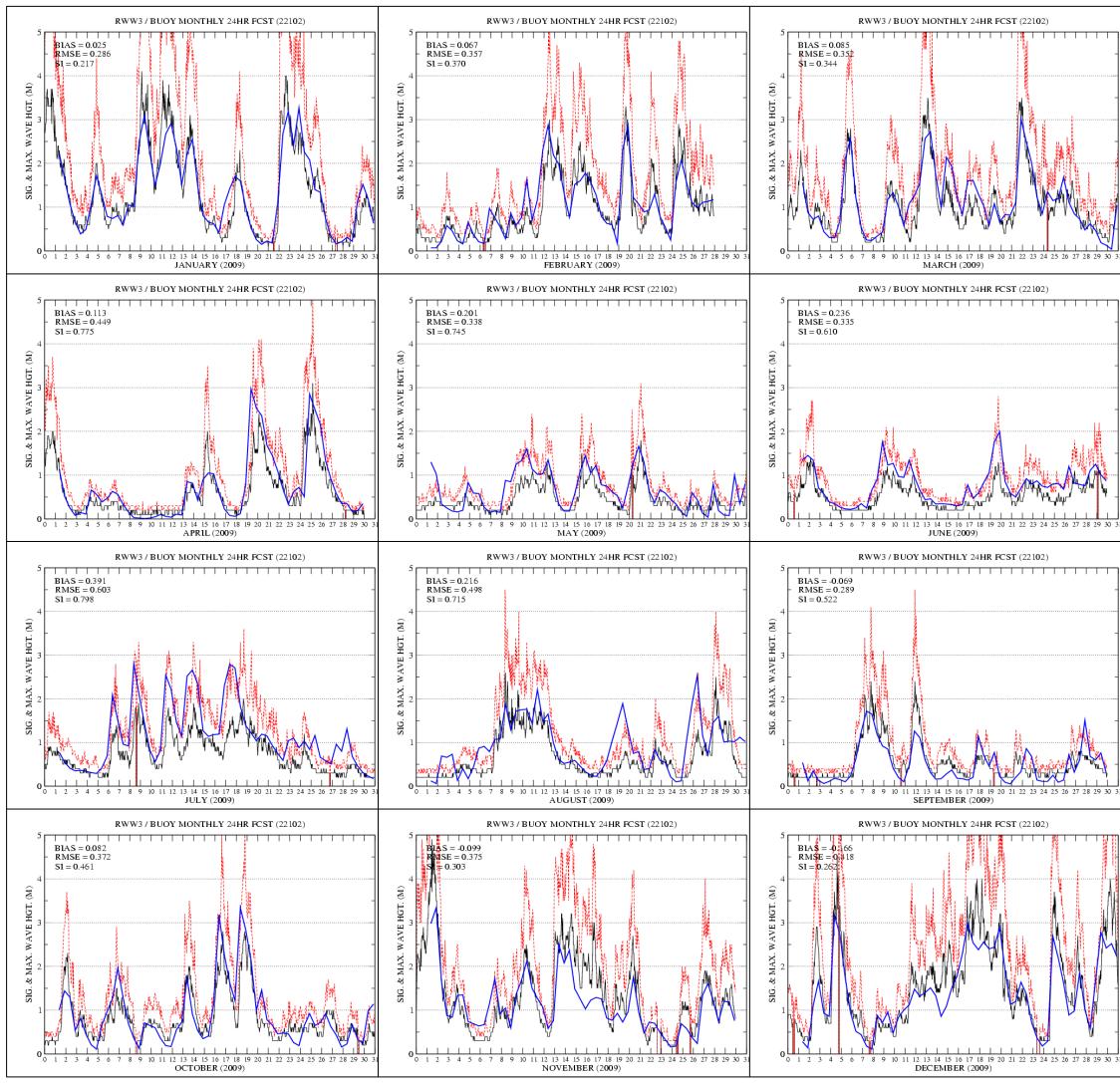


그림 4.5.11 칠발도 부이 관측(검은색 실선)과 ReWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2009년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고.

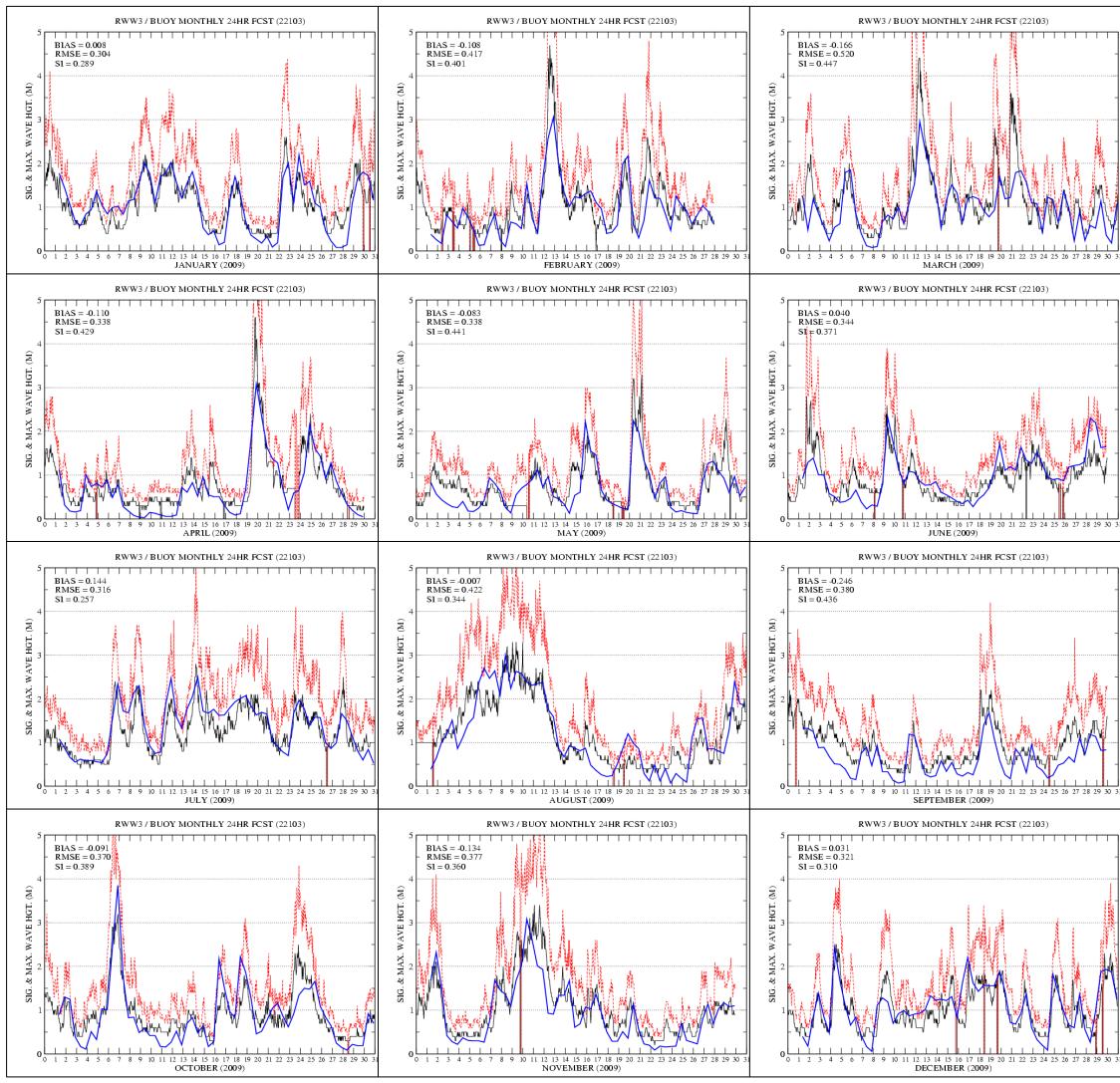


그림 4.5.12 거문도 부이 관측(검은색 실선)과 ReWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2009년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고.

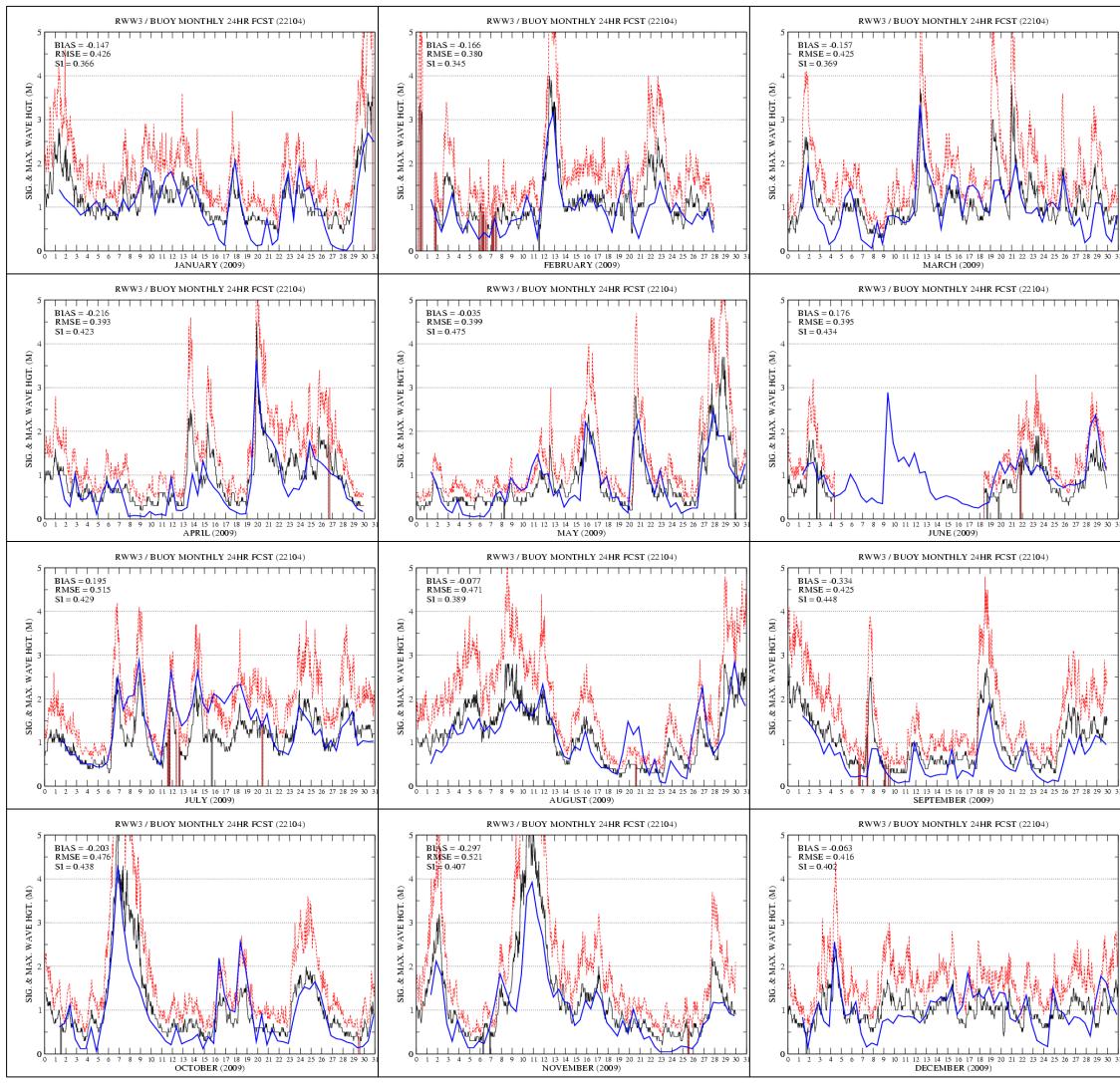


그림 4.5.13 거제도 부이 관측(검은색 실선)과 ReWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2009년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고.

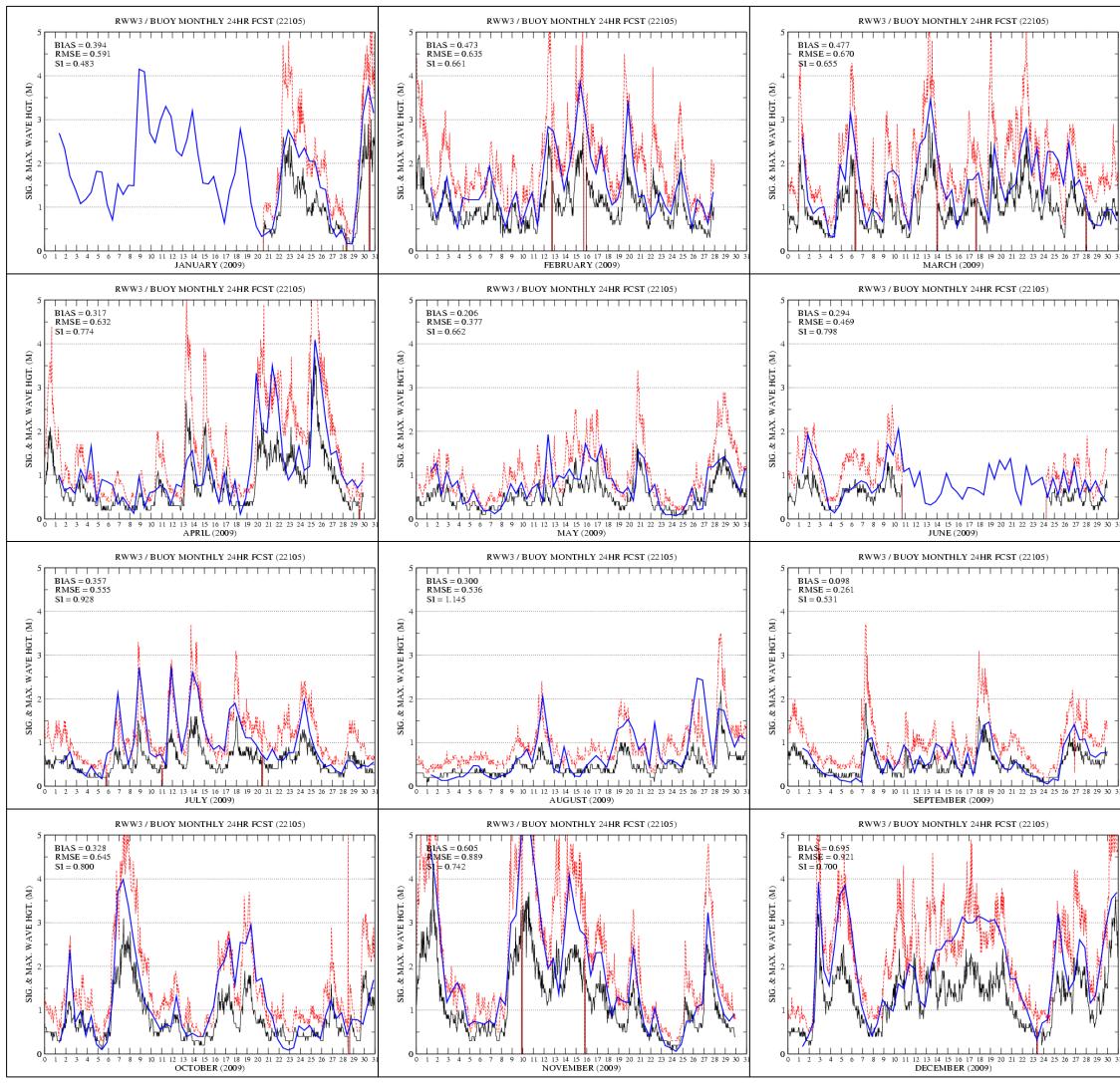


그림 4.5.14 동해 부이 관측(검은색 실선)과 ReWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시 계열 (2009년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고.

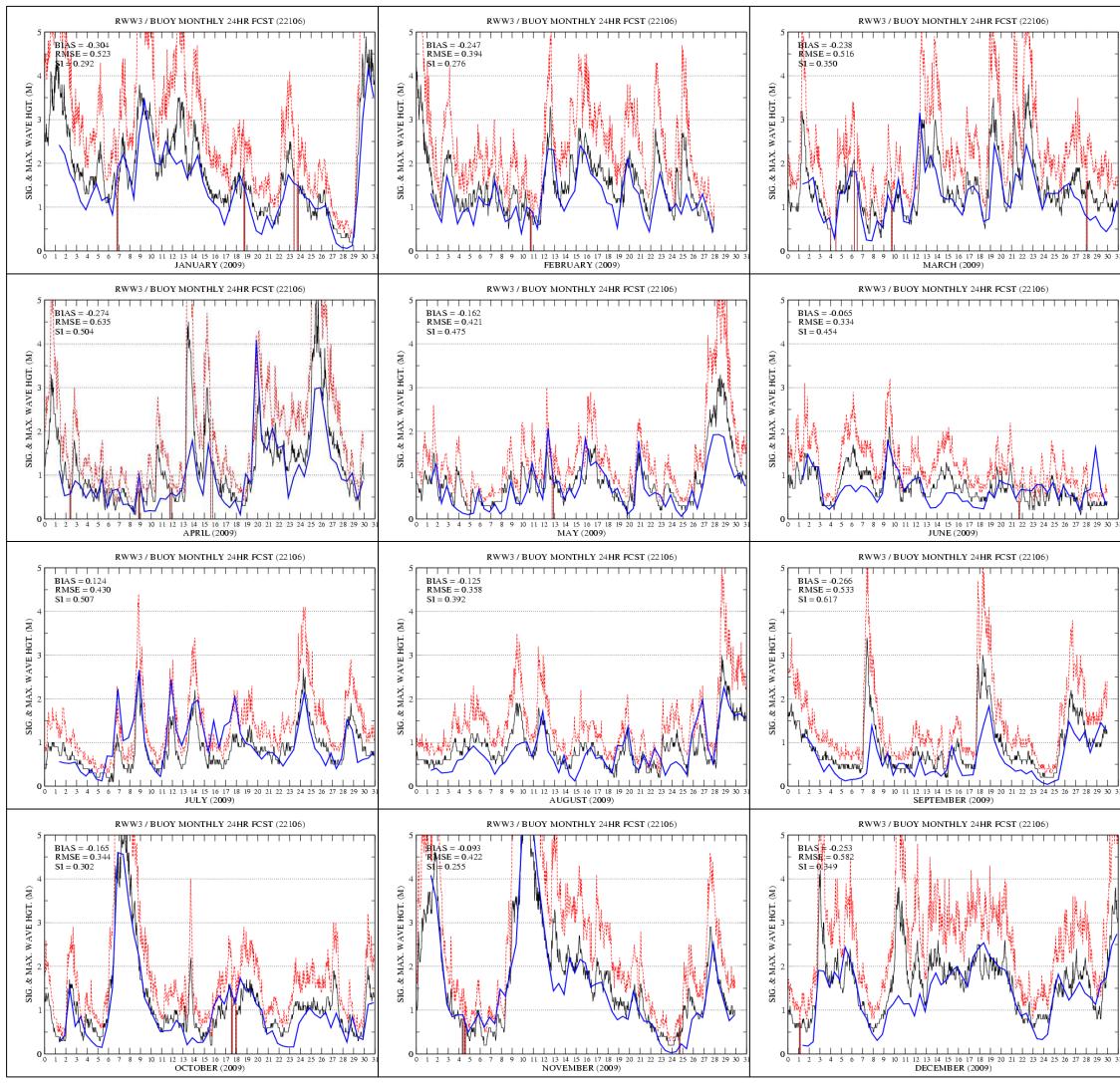


그림 4.5.15 포항 부이 관측(검은색 실선)과 ReWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시
계열 (2009년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고

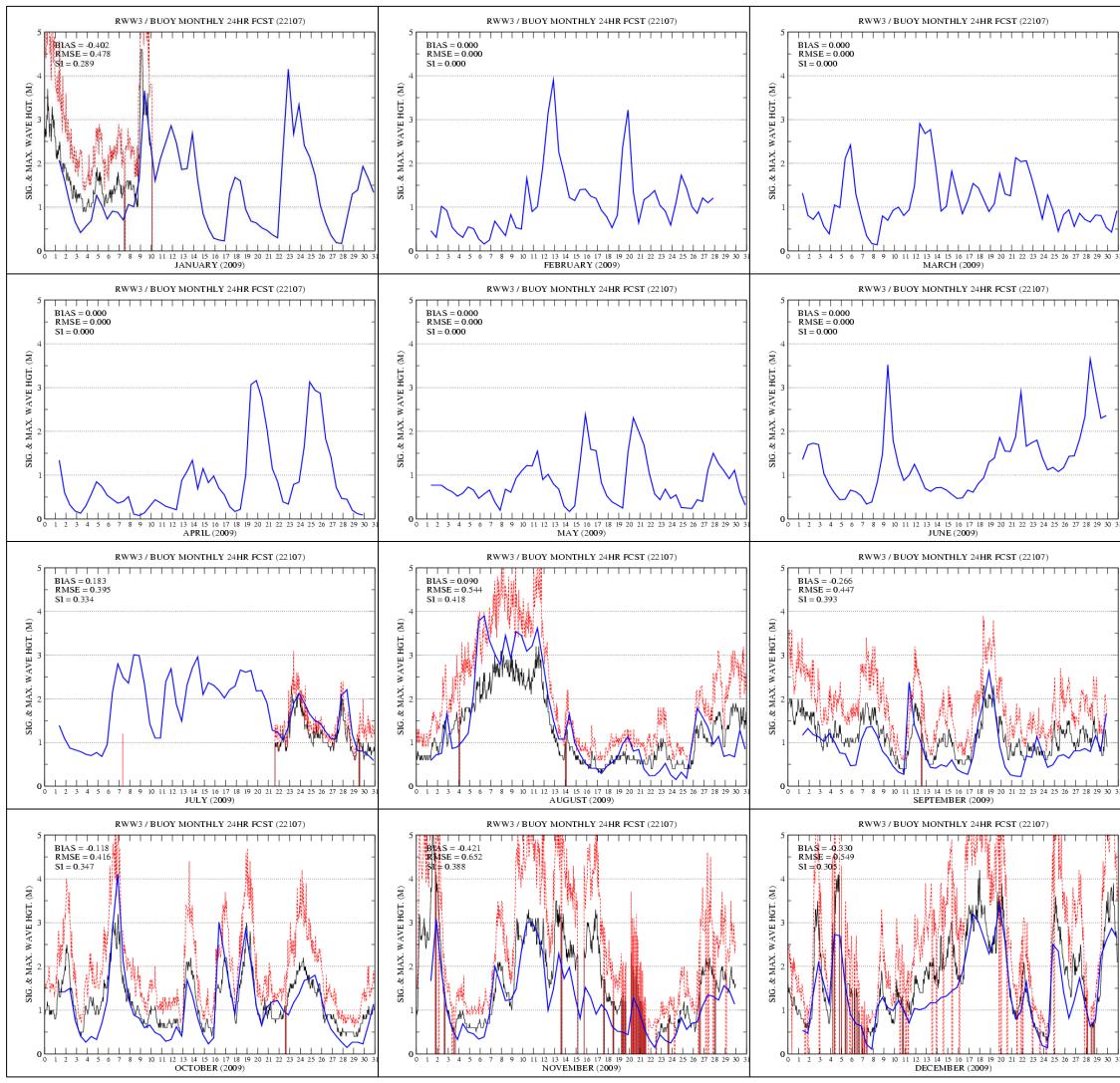


그림 4.5.16 마라도 부이 관측(검은색 실선)과 ReWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2009년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고.

4.5.2.3 국지연안 파랑모델 (CoWW3) 부이 검증

표 4.5.17 국지연안 파랑모델(CoWW3) 덕적도 부이 (22101) 지점 BIAS

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
0hr	0.33	0.26	0.24	0.15	0.16	0.20	0.32	0.21	-0.01	0.05	0.19	0.27	0.20
12hr	0.32	0.27	0.24	0.16	0.15	0.20	0.33	0.22	-0.01	0.05	0.18	0.27	0.20
24hr	0.36	0.32	0.29	0.23	0.24	0.29	0.42	0.28	0.08	0.17	0.25	0.33	0.27

표 4.5.18 국지연안 파랑모델(CoWW3) 덕적도 부이 (22101) 지점 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
0hr	0.47	0.42	0.40	0.38	0.25	0.30	0.55	0.45	0.25	0.29	0.37	0.40	0.38
12hr	0.46	0.43	0.40	0.40	0.25	0.30	0.56	0.46	0.25	0.29	0.37	0.40	0.38
24hr	0.50	0.54	0.46	0.42	0.36	0.40	0.73	0.58	0.27	0.44	0.42	0.49	0.47

표 4.5.19 국지연안 파랑모델(CoWW3) 칠발도 부이 (22102) 지점 BIAS

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
0hr	0.21	0.17	0.23	0.17	0.19	0.23	0.35	0.13	-0.06	0.13	0.01	0.02	0.15
12hr	0.21	0.18	0.22	0.18	0.19	0.24	0.36	0.13	-0.07	0.12	0.00	0.02	0.15
24hr	0.21	0.16	0.21	0.19	0.23	0.24	0.39	0.23	0.00	0.17	0.01	0.04	0.17

표 4.5.20 국지연안 파랑모델(CoWW3) 칠발도 부이 (22102) 지점 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
0hr	0.32	0.33	0.40	0.42	0.32	0.32	0.58	0.41	0.24	0.34	0.29	0.26	0.35
12hr	0.33	0.33	0.40	0.42	0.32	0.32	0.58	0.41	0.24	0.34	0.29	0.26	0.35
24hr	0.37	0.39	0.43	0.51	0.35	0.33	0.60	0.54	0.30	0.47	0.34	0.39	0.42

표 4.5.21 국지연안 파랑모델(CoWW3) 거문도 부이 (22103) 지점 BIAS

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
0hr	0.05	-0.08	-0.09	-0.09	-0.04	0.17	0.31	0.01	-0.24	-0.05	-0.01	0.03	0.00
12hr	0.05	-0.07	-0.10	-0.09	-0.04	0.17	0.30	0.02	-0.24	-0.05	-0.01	0.03	0.00
24hr	0.06	-0.05	-0.10	-0.06	0.00	0.19	0.41	0.10	-0.18	-0.02	-0.07	0.06	0.03

표 4.5.22 국지연안 파랑모델(CoWW3) 거문도 부이 (22103) 지점 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
0hr	0.28	0.34	0.40	0.31	0.31	0.38	0.47	0.39	0.35	0.32	0.32	0.26	0.34
12hr	0.28	0.34	0.40	0.31	0.31	0.38	0.46	0.39	0.35	0.32	0.32	0.26	0.34
24hr	0.36	0.36	0.49	0.31	0.34	0.44	0.56	0.50	0.37	0.39	0.37	0.34	0.40

표 4.5.23 국지연안 파랑모델(CoWW3) 거제도 부이 (22104) 지점 BIAS

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
0hr	-0.16	-0.16	-0.16	-0.19	-0.04	0.29	0.32	-0.05	-0.27	-0.16	-0.17	-0.06	-0.07
12hr	-0.17	-0.14	-0.17	-0.19	-0.04	0.30	0.31	-0.05	-0.27	-0.16	-0.17	-0.06	-0.07
24hr	-0.10	-0.08	-0.09	-0.13	0.05	0.39	0.49	0.09	-0.25	-0.10	-0.18	-0.04	0.00

표 4.5.24 국지연안 파랑모델(CoWW3) 거제도 부이 (22104) 지점 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
0hr	0.39	0.40	0.40	0.37	0.33	0.49	0.57	0.45	0.39	0.38	0.36	0.35	0.41
12hr	0.39	0.37	0.41	0.37	0.33	0.50	0.57	0.45	0.39	0.38	0.36	0.35	0.40
24hr	0.41	0.38	0.44	0.37	0.42	0.57	0.76	0.53	0.37	0.40	0.43	0.41	0.46

표 4.5.25 국지연안 파랑모델(CoWW3) 동해 부이 (22105) 지점 BIAS

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
0hr	0.39	0.43	0.36	0.24	0.19	0.22	0.27	0.20	0.12	0.28	0.51	0.63	0.32
12hr	0.39	0.43	0.36	0.26	0.19	0.22	0.27	0.20	0.12	0.29	0.51	0.63	0.32
24hr	0.49	0.53	0.55	0.38	0.24	0.33	0.40	0.35	0.14	0.40	0.70	0.83	0.44

표 4.5.26 국지연안 파랑모델(CoWW3) 동해 부이 (22105) 지점 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
0hr	0.57	0.56	0.59	0.44	0.38	0.37	0.46	0.34	0.30	0.52	0.84	0.87	0.52
12hr	0.57	0.56	0.60	0.49	0.38	0.38	0.46	0.34	0.30	0.53	0.84	0.88	0.53
24hr	0.67	0.71	0.75	0.68	0.41	0.51	0.60	0.59	0.30	0.72	1.00	1.07	0.67

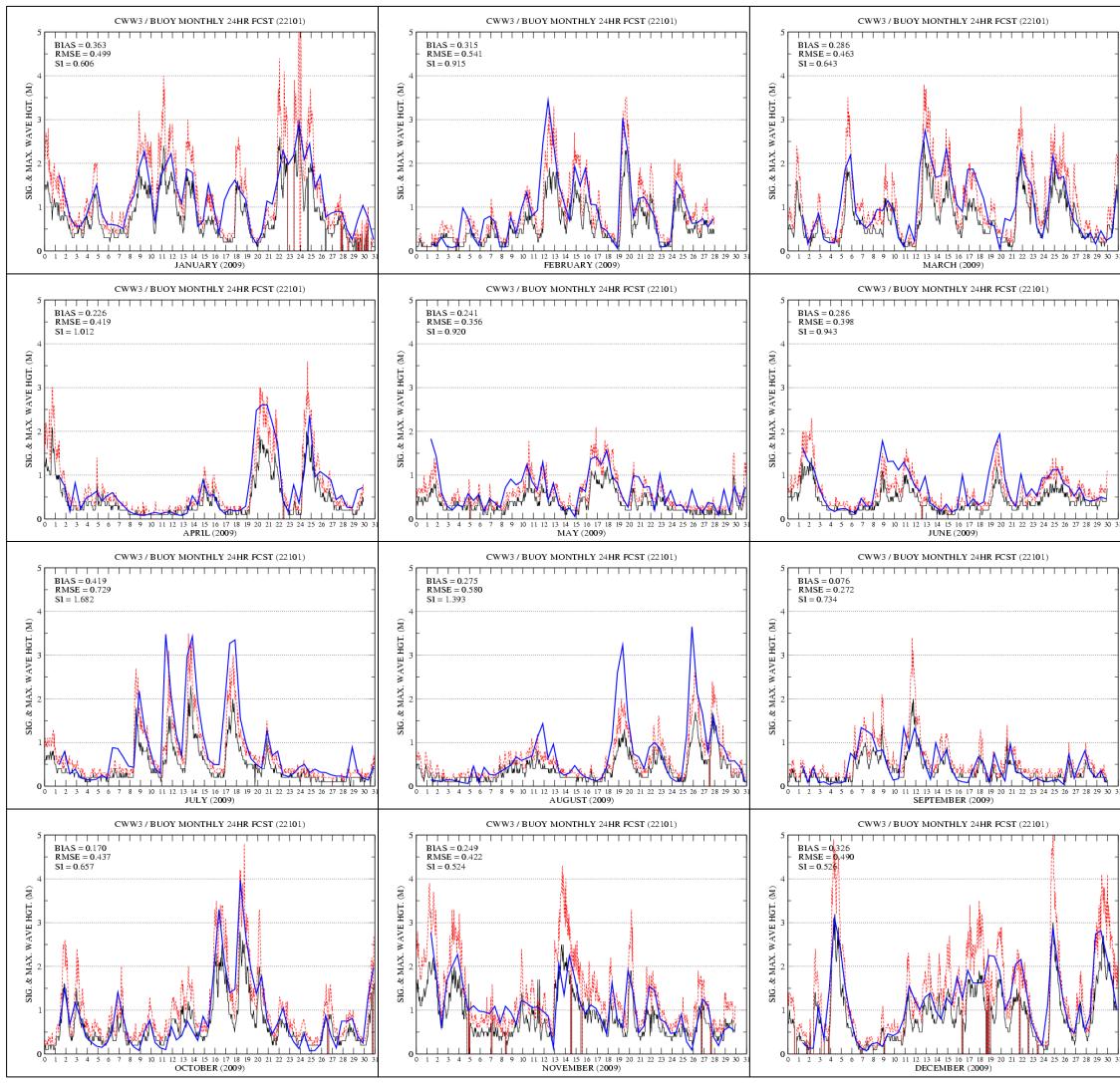


그림 4.5.17 덕적도 부이 관측(검은색 실선)과 CoWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2009년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고.

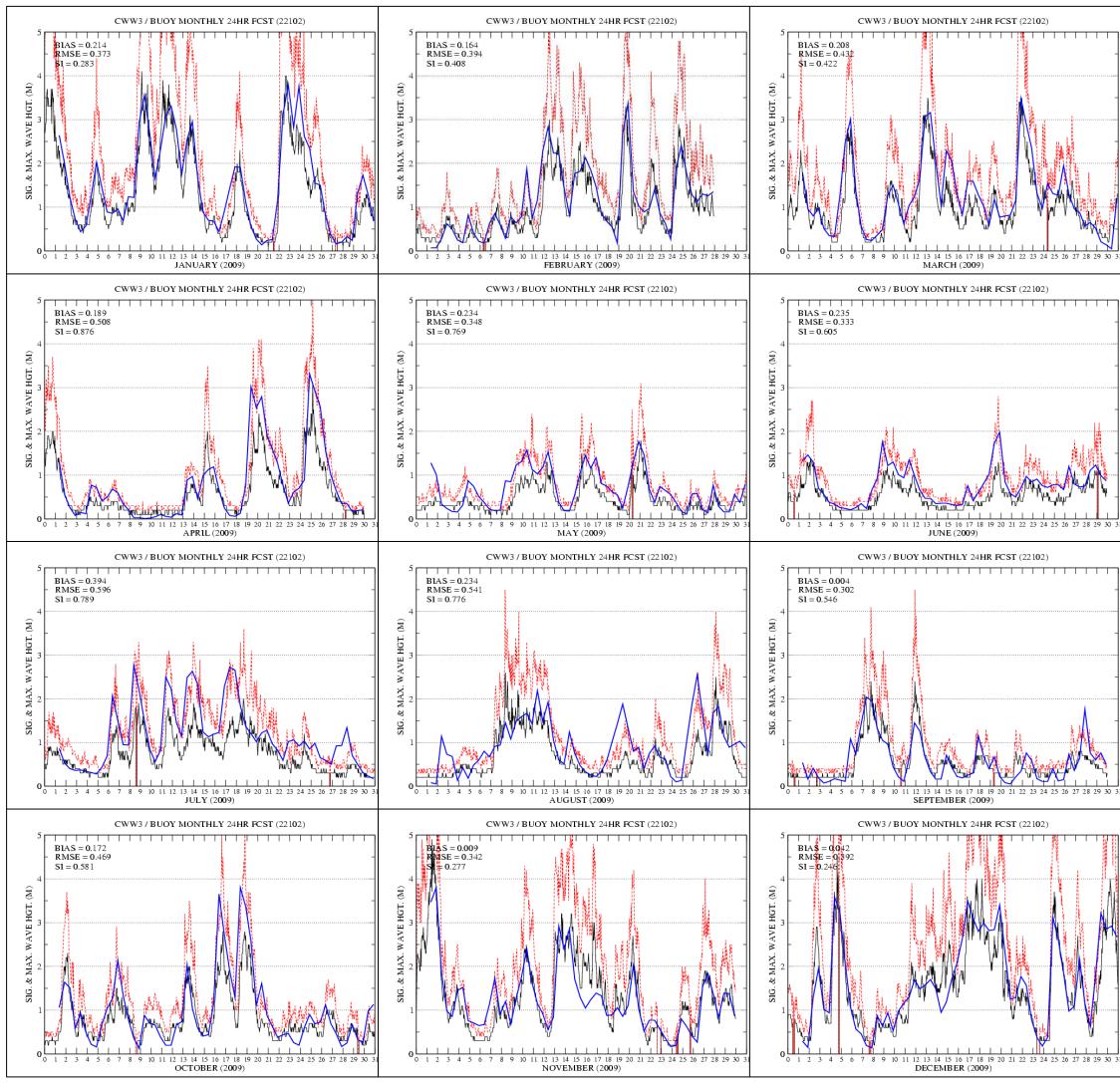


그림 4.5.18 칠발도 부이 관측(검은색 실선)과 CoWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2009년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고.

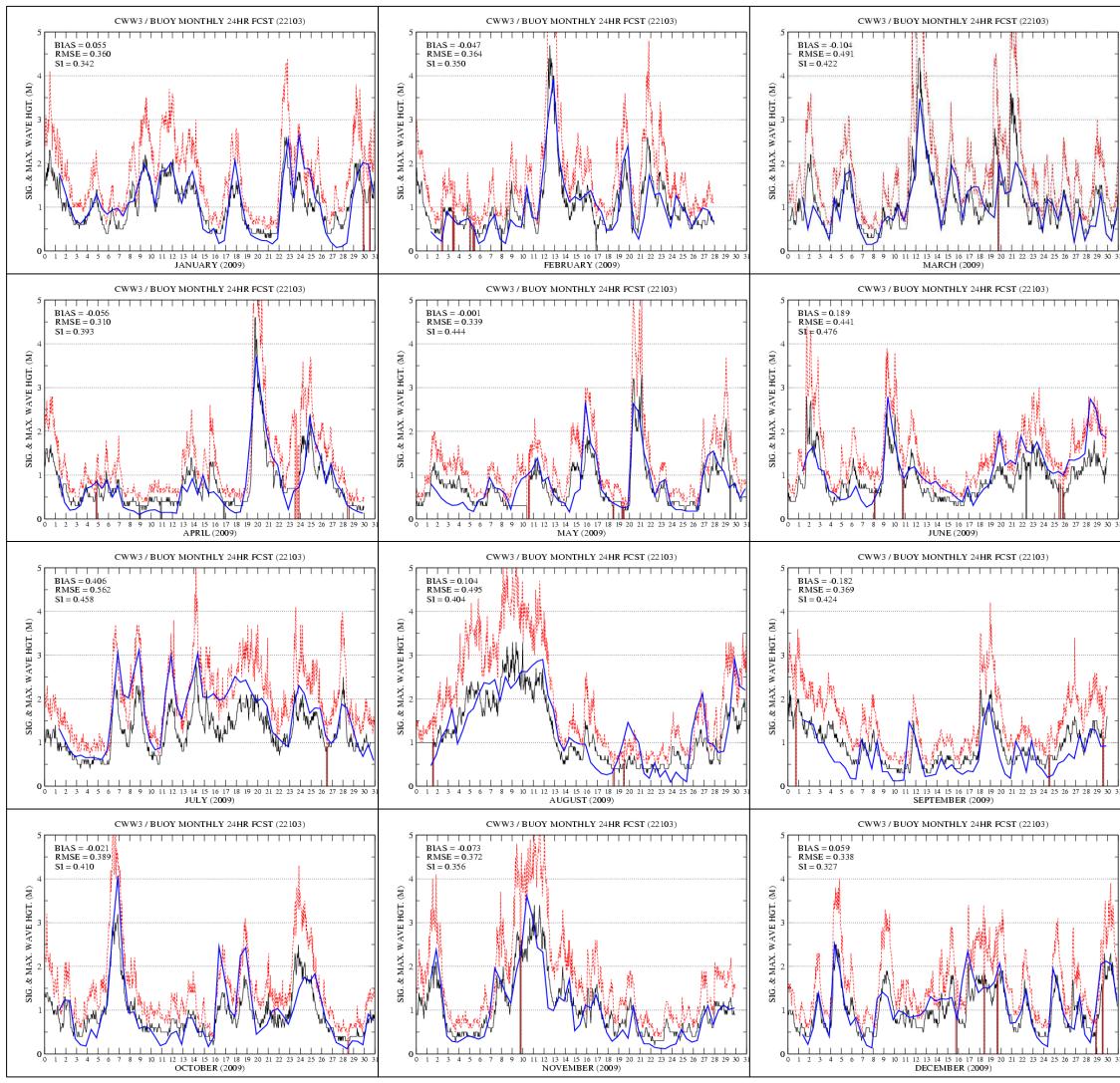


그림 4.5.19 거문도 부이 관측(검은색 실선)과 CoWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2009년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고.

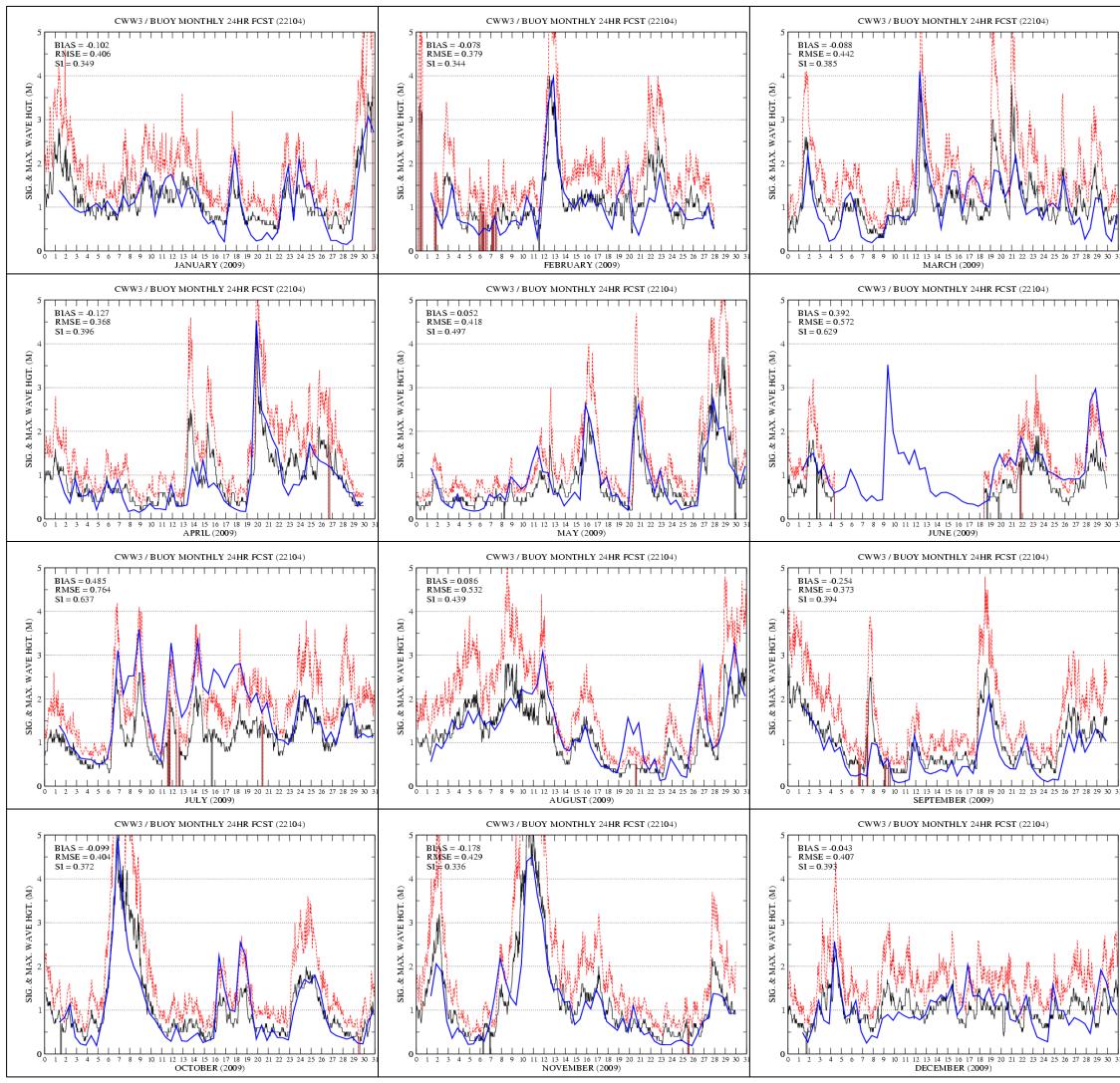


그림 4.5.20 거제도 부이 관측(검은색 실선)과 CoWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시계열 (2009년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고.

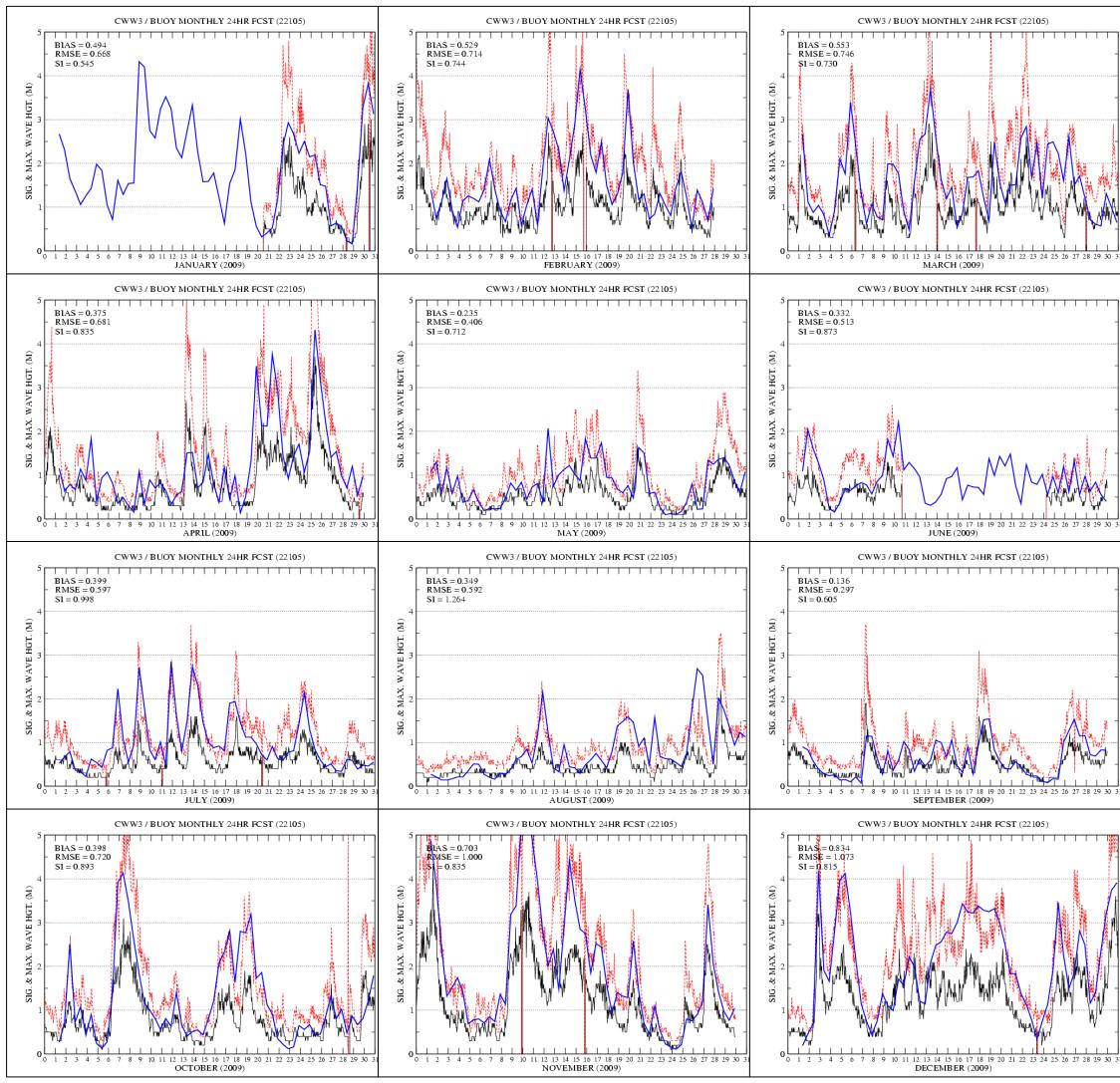


그림 4.5.21 동해 부이 관측(검은색 실선)과 CoWW3 +24H 예측 유의파고(파란색 실선) 시
계열 (2009년 1월~12월). 붉은색 점선은 최대 파고.

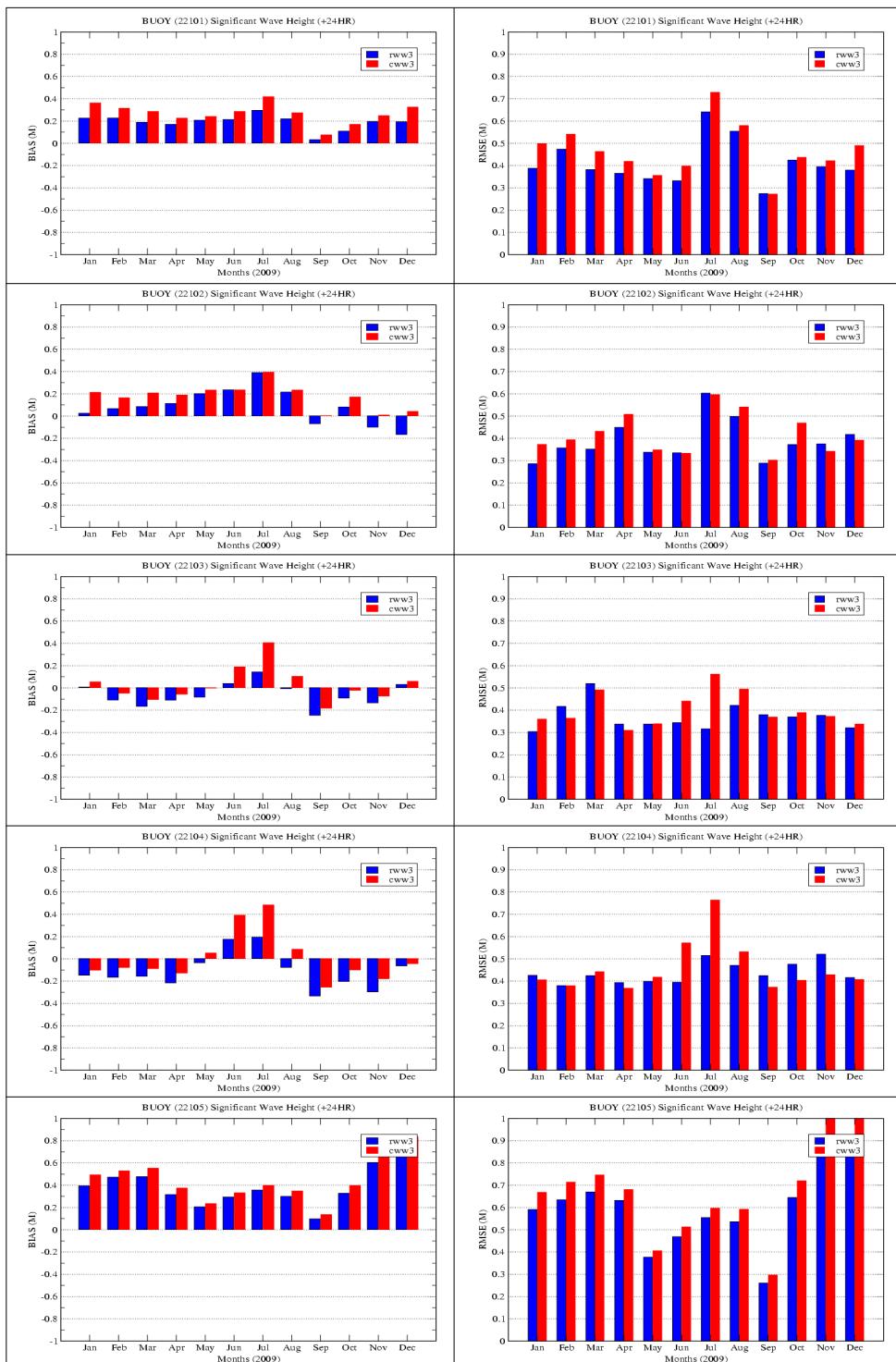


그림 4.5.22 5개 부이관측지점(22101~22105)에 대한 CoWW3(붉은색)과 ReWW3(파란색)의 +24H 예측 유의파고의 BIAS(왼쪽)와 RMSE(오른쪽)

4.5.3 위성 검증

4.5.3.1 전지구파랑모델 (GoWW3) 위성 검증

표 4.5.27 전지구파랑모델 (GoWW3) 위성에 대한 유의파고 BIAS

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
1일	0.35	0.27	0.44	0.37	0.43	0.34	0.41	0.27	0.36	0.31	0.37	0.26	0.35
3일	0.35	0.29	0.43	0.38	0.49	0.35	0.40	0.23	0.32	0.31	0.37	0.23	0.35
5일	0.34	0.34	0.48	0.39	0.55	0.35	0.45	0.25	0.35	0.39	0.39	0.25	0.38
7일	0.34	0.38	0.45	0.42	0.63	0.40	0.48	0.33	0.41	0.41	0.36	0.30	0.41
9일	0.30	0.45	0.51	0.57	0.63	0.53	0.51	0.27	0.45	0.44	0.40	0.34	0.45

표 4.5.28 전지구파랑모델 (GoWW3) 위성에 대한 유의파고 RMSE

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
1일	0.83	0.84	0.93	0.89	0.95	0.89	0.92	0.84	0.80	0.83	0.78	0.89	0.87
3일	1.04	1.04	1.17	1.15	1.20	1.11	1.06	1.02	0.94	1.00	0.96	1.03	1.06
5일	1.27	1.27	1.46	1.29	1.41	1.25	1.27	1.23	1.19	1.29	1.21	1.21	1.28
7일	1.46	1.44	1.50	1.54	1.58	1.37	1.41	1.46	1.46	1.40	1.30	1.36	1.44
9일	1.57	1.58	1.62	1.77	1.62	1.59	1.53	1.41	1.54	1.47	1.57	1.41	1.56

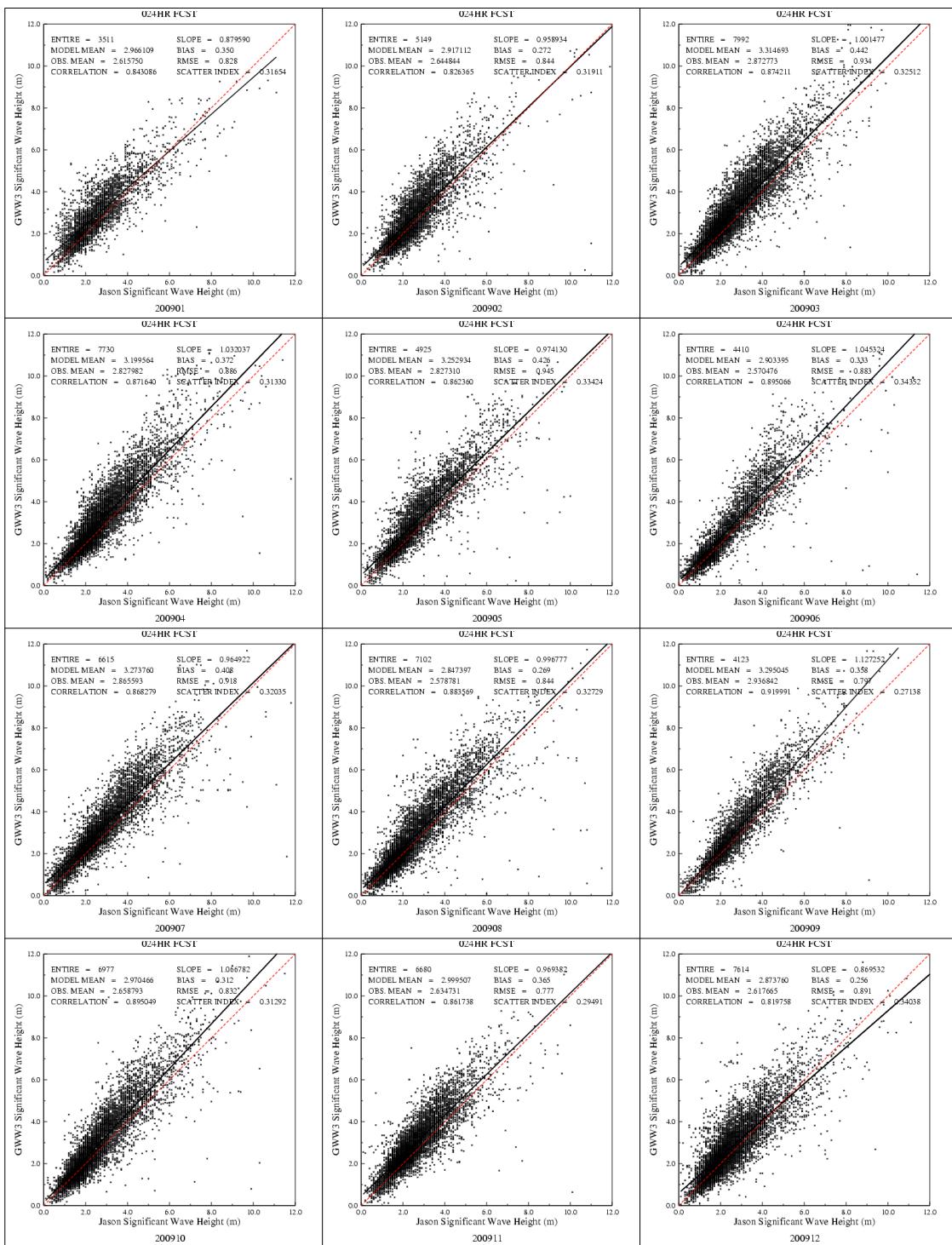


그림 4.5.23 Jason 위성에 대한 GoWW3 의 +24H 예측 유의파고의 월별 산포도

4.6 태풍 모델

1) 검증 영역: 태풍이 북위 20도 이상, 동경 140도 미만일 때 진로오차 검증

4.6.1 태풍모델의 성능 변화 추세

4.6.1.1 태풍진로오차

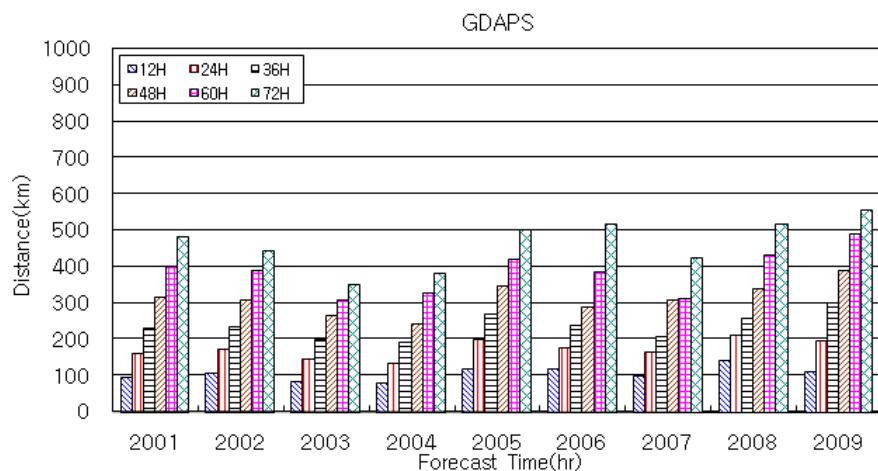


그림 4.6.1 GDAPS의 태풍진로오차 성능 변화. (T213L40: 2005년 이전,
T426L40: 2006년 이후)

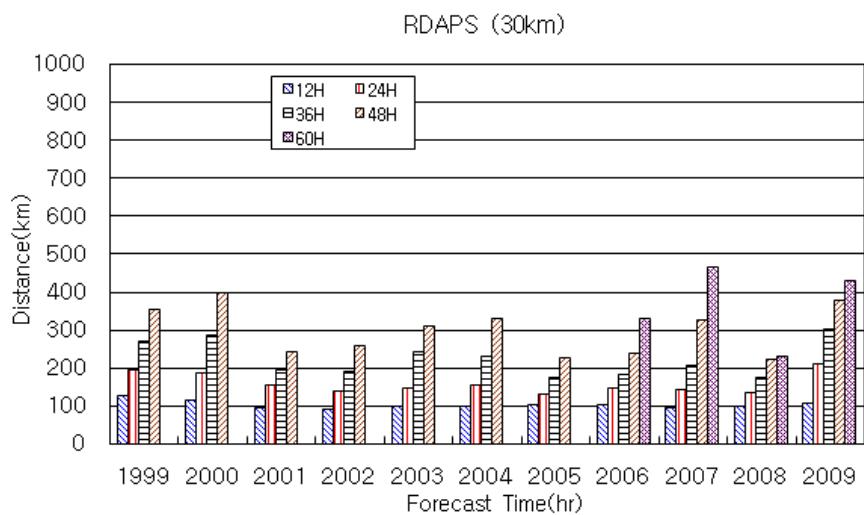


그림 4.6.2 RDAPS의 태풍진로오차 성능 변화

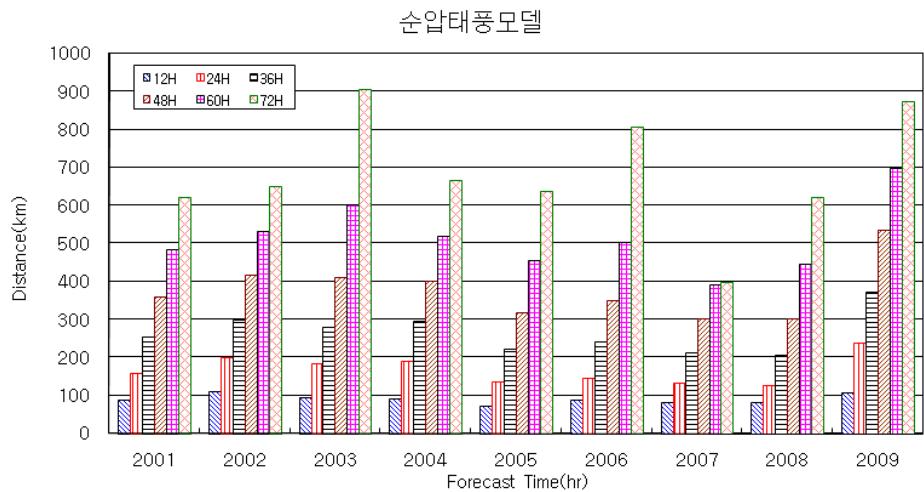


그림 4.6.3 순압태풍모델의 태풍진로오차 성능 변화. (BATS: 2003년 이전, DVAR: 2004년 이후)

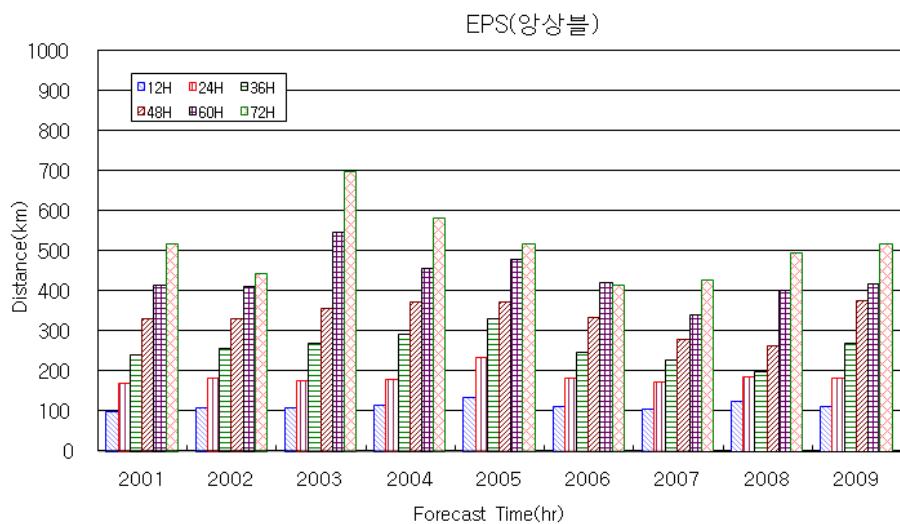


그림 4.6.4 양상블모델의 태풍진로오차 성능 변화

4.6.2 태풍진로오차

표 4.6.1 2009년도 모델별 태풍 진로 오차 [단위: km]

FCST	GDAPS	RDAPS	DBAR	EPS
12hr	111.3	105.9	107.3	112.4
24hr	194.1	207.2	238	182.9
36hr	298.7	300.7	370.8	268
48hr	390.3	375.1	534.4	375
60hr	489.3	427.1	699.2	418.1
72hr	557.1	-	873.8	516.8

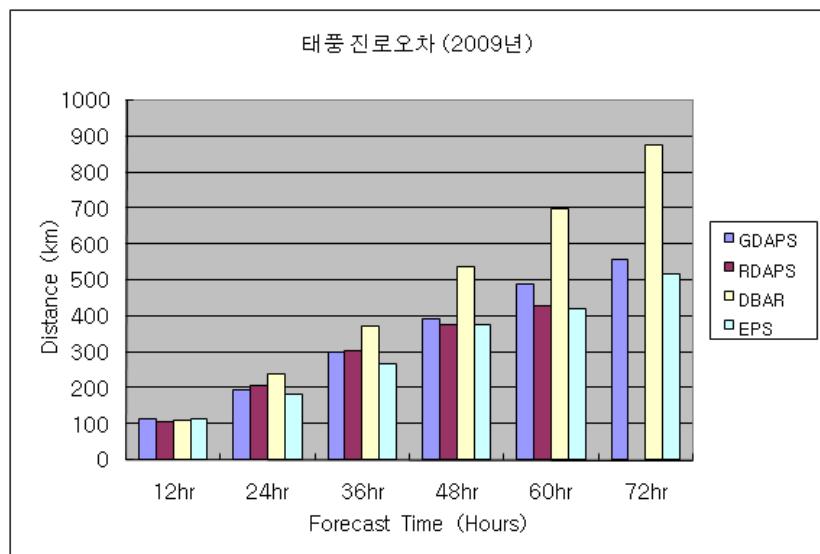


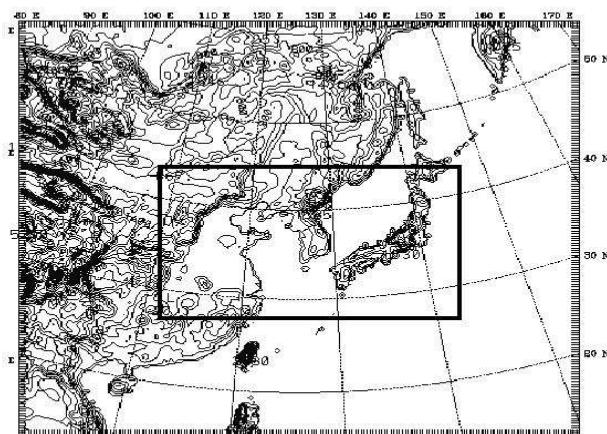
그림 4.6.5 2009년도 모델별 태풍 진로 오차

부록 A. 모델 검증 영역 및 관측 자료

A.1 전지구예보 모델의 검증 영역

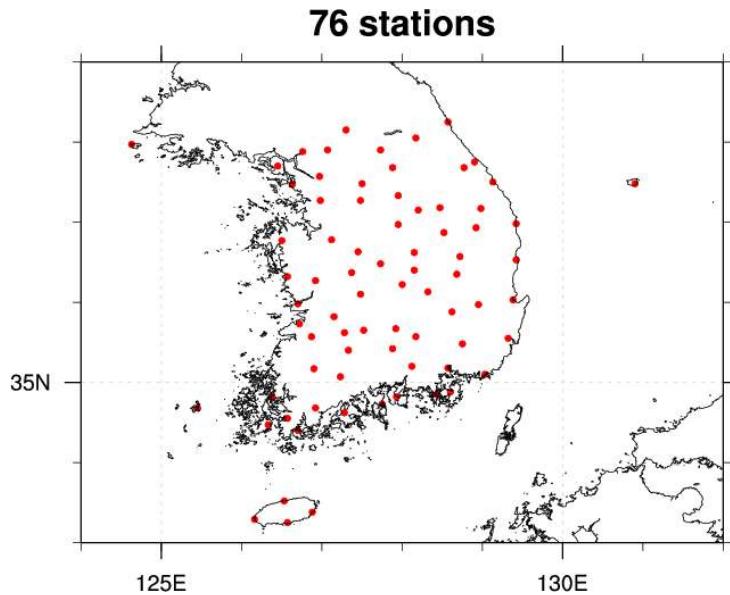
검증 방법	검증 영역	위도	경도	비고
분석검증	북반구	20 N - 90 N	0 - 360°	
	남반구	20 S - 90 N	0 - 360°	
	적도	20 S - 20 N	0 - 360°	
관측검증	아시아	25 N - 65 N	60 E - 145 E	
	적도	20 N - 20 N	0 - 360°	
	북미	25 N - 60 N	50 W - 145 W	
	유럽/북아프리카	25 N - 70 N	10 W - 28 E	
	호우/뉴질랜드	10 S - 55 S	90 E - 180 E	
강수검증	76개 관서 검증			2009년부터 변경

A.2 지역예보 모델의 분석 및 관측검증 영역



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

A.3 전지구 · 지역 모델의 강수검증 지점 (관서 76개 지점)



A.4 전지구 파랑모델(GoWW3) 검증에 사용된 부이 ID 번호와 위치

파랑 예측 시스템에서 관측 자료 동화(assimilation) 과정은 없는 상태로서 자기 모델 분석장이 존재하지 않으므로 부이 관측 및 위성 관측 파고 자료를 예측 성능 검증에 사용하게 된다. 모델 수행 시각은 매일 00 과 12 UTC 이다. 이러한 모델 수행 주기에 맞추어 12 시간 간격으로 00, 24, 48, 72, 96, 120 시간 모델 예측 자료를 해당 시각의 관측 자료와 비교하였다. 1일 2회 모아진 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.

전지구 파랑모델 검증에 사용된 관측 자료는 JCOMM (Joint Committee of Oceanography and Marine Meteorology) 주관으로 ECMWF에서 추진하는 전세계 파랑모델 운영 기관을 대상 비교 검증 프로젝트에 사용되는 계류부이 및 기타 관측자료를 이용하여 2009년 1월 ~ 12월 각 월별 GoWW3의 예보 시간별 통계 검증 자료 (BIAS, RMSE, Correlation, Scatter Index)를 산출 비교하였다.

13130	28.183	-15.817	0	Gran Canaria (Spain)
13131	28.000	-16.583	0	Tenerife (Spain)
22101	37.230	126.020	0	Yellow Sea (korea)
22102	34.800	125.770	0	Yellow Sea (Korea)
22103	34.000	127.500	0	South Sea (Korea)
22104	34.770	128.900	0	South Sea (Korea)
22105	37.530	130.000	0	East Sea (Korea)
23092	17.020	72.490	0	Arabian Sea
23093	15.400	73.750	0	Arabian Sea
23094	12.939	74.499	0	Arabian Sea
23096	13.186	80.398	0	Bay of Bengal
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
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
23172	12.500	72.001	0	Arabian Sea
23173	8.210	78.570	0	Gulf of Mannar
23174	11.570	81.530	0	Bay of Bengal
31201	-27.700	-48.130	1	Floripa Brazil (scripps 109)
3FYT	71.600	21.100	0	N Norwegian Sea (Troll)
41001	34.680	-72.660	1	US East Coast, E Hatteras
41002	32.320	-75.360	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
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
41100	15.900	-57.900	0	French West Indies (Antilles 1)
41101	14.600	-56.200	0	French West Indies (Antilles 2)
42001	25.860	-89.670	1	Mid Gulf of Mexico
42002	25.170	-94.420	1	Western Gulf of Mexico
42003	26.070	-85.940	1	East Gulf of Mexico
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
42038	27.420	-92.570	1	North Mid Gulf of Mexico
42039	28.800	-86.060	1	Gulf of Mexico Pensacola S
42040	29.180	-88.210	1	Gulf of Mexico Mobile S
42041	27.500	-90.460	1	North Mid Gulf of Mexico South Grand Isle
42054	26.000	-87.730	1	Mid central Gulf of Mexico
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
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	-69.430	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
44037	43.490	-67.880	1	US North East Coast, Jordan Basin
44038	43.620	-66.550	1	US North East Coast, Scotian Shelf
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
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
46013	38.230	-123.380	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
46023	34.710	-120.970	1	US South-West Coast, Point Arguello
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
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	55.000	-172.000	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	56.050	-152.450	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, S.W. of Sitka Sound
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
46145	54.380	-132.450	1	Canada West Coast, Central Dixon Entrance
46147	51.830	-131.220	1	Canada West Coast, South Moresby
46183	53.620	-131.100	1	Canada West Coast, North Hecate Strait
46184	53.910	-138.850	1	Canada West Coast, North Nomad
46185	52.420	-129.810	1	Canada West Coast, South Hecate Strait
46204	51.370	-128.750	1	Canada West Coast, West Sea Otter
46205	54.160	-134.280	1	Canada West Coast, W. Dixon Entrance
46206	48.840	-126.000	1	Canada West Coast, La Perouse Bank
46207	50.870	-129.920	1	Canada West Coast, East Dellwood
46208	52.520	-132.680	1	Canada West Coast, West Moresby
46213	40.290	-124.740	1	US South-West Coast, Cape Mendocino (scripps 094)
46214	37.570	-123.280	1	US South-West Coast, Point Reyes (scripps 029)
46218	34.450	-120.780	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)
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	-152.480	1	Hawaii South East
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)
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
55025	-33.900	151.320	0	Bondi
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
61001	43.400	7.800	0	Ligurian Sea (Cote d'Azure)
61002	42.100	4.700	0	Gulf of Lion
61196	41.917	3.650	0	Begur (Spain)
61197	39.717	4.417	0	Mahon (Spain)
61198	36.567	-2.333	0	Cabo Gata (Spain)
61199	36.233	-5.033	0	Alboran (Spain)
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)
62001	45.200	-5.000	0	Gulf of Biscay, Gascogne
62023	51.400	-7.900	0	South Ireland, Marathon rig
62024	43.633	-3.033	0	Bilbao (Spain)
62025	43.733	-6.167	0	Cabo de Penas (Spain)
62026	55.300	1.100	0	North Sea (K17)
62029	48.700	-12.500	0	UK Celtic Sea shelf break (K1)
62052	48.500	-5.800	0	CETMEF Ouessant (Brest)
62064	44.651	-1.447	0	SHOM (Cape Ferret)
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)
62111	58.100	0.400	0	North Sea (Ivanhoe)
62112	58.700	1.300	0	North Sea (Brae A)
62116	57.700	1.400	0	North Sea (Nelson)
62119	57.000	2.000	0	North Sea (???????)
62132	56.400	2.000	0	North Sea (Auk A)
62133	57.100	1.000	0	North Sea (Gannet)
62142	53.000	2.100	0	North Sea (Leman)
62144	53.400	1.700	0	North Sea (Clipper)
62145	53.100	2.800	0	North Sea (Sean P)

62162	57.400	0.500	0	North Sea (Kittiwake)
62163	47.500	-8.400	0	UK Celtic Sea shelf break (Brittany)
62164	57.200	0.800	0	North Sea (Anasuria)
62170	51.400	2.000	0	Channel (F3 light vessel)
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)
63055	60.600	1.700	0	North Sea shelf break (?????????)
63057	59.200	1.500	0	North Sea shelf break (?????????)
63103	61.200	1.100	0	S Norwegian Sea (North Cormorant)
63108	60.800	1.700	0	S Norwegian Sea (North Alwyn)
63110	59.500	1.500	0	North Sea shelf break (???????)
63111	59.500	1.500	0	North Sea shelf break (Beryl A)
63112	61.100	1.000	0	North Sea shelf break (?????????)
63113	61.000	1.700	0	North Sea shelf break
63115	61.600	1.300	0	North Sea shelf break (???????)
64045	59.100	-11.700	0	UK North-East Atlantic (K5)
64046	60.600	-4.900	0	UK North-East Atlantic (K7)
LDWR	66.000	2.000	0	N Norwegian Sea (Mike)
LF3F	64.300	7.800	0	N Norwegian Sea (Draugen)
LF3J	61.200	2.300	0	S Norwegian Sea (Gulftaks)
LF3N	65.300	7.300	0	N Norwegian Sea (Heidrun)
LF4B	60.600	3.700	0	S Norwegian Sea (Troll A)
LF4C	58.400	1.900	0	North Sea (Sleipner)
LF4H	59.600	2.200	0	S Norwegian Sea (Heimdal)
LF5T	66.000	8.100	0	N Norwegian Sea (Norne)
LF5U	56.500	3.200	0	North Sea (Ekofisk)
LFB1	73.500	15.500	0	Barents Sea (Oceanor buoy)
LFB2	74.000	30.000	0	Barents Sea (Oceanor buoy)
TFBLK	65.698	-25.000	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 (Grindavík)
TFGSK	64.058	-23.100	0	West Iceland (Gardskagi)
TFHFN	64.000	-15.200	0	South Iceland (Hornafjordur)
TFKGR	65.658	-13.500	0	East Iceland (Kogur)
TFSRT	63.000	-20.353	0	South Iceland (Surtsey)
TFSTD	66.442	-23.367	0	North West Iceland (Straumnes)
ZSWAV	-35.000	22.200	0	SA Agulhas Bank

A.5 지역파랑모델(ReWW3)과 국지연안 파랑모델(CoWW3) 검증에 사용된 부이 ID 번호와 위치

부이이름	부이 ID	위 치	수 심
덕적도	22101	37.23N, 126.02E (덕적도 서방 15km)	30 m
칠발도	22102	34.80N, 125.77E (칠발도 북서방 2km)	33 m
거문도	22103	34.00N, 127.50E (거문도 동방 14km)	80 m
거제도	22104	34.77N, 128.90E (거제도 동방 16km)	84 m
동 해	22105	37.53N, 129.92E (동해시 동방 70km)	1518 m
포 항	22106	36.35N, 129.78E (포항시 북동방 32km)	400m
마라도	22107	33.08N, 126.03E (제주도 화순 남방 24km)	110 m

A.6 파랑모델의 위성검증에 사용되는 자료

검증변수	위 성	비 고
유의파고	JASON	2005. 10월 이후 TOPEX를 Jason으로 교체

A.7 통계모델 검증 자료

검증변수	모 텔	검 증
최고/최저	KF	41개 지점의 도시별 검증과 전체 평균
	PPM	41개 지점의 도시별 검증과 전체 평균
	GDLM	41개 지점의 도시별 검증과 전체 평균
3시간 기온	RDLM	41개 지점의 도시별 검증과 전체 평균
강수확률	PPM	31개 지점의 도시별(31개), 지역별(18개), 전체 확률 검증

부록 B. 검증 방법

B.1 검증 개요

1) 검증이란?

예보를 미래의 상태에 대한 예측이라고 한다면, 예보검증은 예보의 질을 평가하는 과정이다. 예보는 실제 관측자료 혹은 실제 상태에 가깝게 추정된 분석 자료를 이용하여 검증된다. 검증은 질적인(예를 들어, 맞은 것인가?) 혹은 양적인(얼마나 정확한가?) 것으로 정의할 수 있다. 모두 예보 오차에 대한 상태 정보를 제공한다.

예보를 검증하는 3가지 주된 이유는 첫째, 예보의 질을 감시하고, 둘째, 예보의 질을 향상시키기 위하여 잘못된 요소를 찾아내어 해결하고, 마지막으로 서로 다른 예보시스템의 예보 질을 상호 비교함으로써 각각의 장·단점을 파악하여 적절한 예보시스템을 판단하게 하는 것이다. 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. 검증·평가 없이 발표된 예보는 예보의 질과 예보 값이 신뢰할 수 없음을 간접적으로 드러낸 것이다.

다양한 예보형태에 따라 검증방법 또한 다양하다. 아래 표는 David Stephenson에 의해 분류된 예보의 3가지 형태와 각 예보 형태의 예를 제시하고 있다. 각각의 예보 형태는 자료의 재배열, 분류, 자료의 임계치 등으로 분류될 수 있다.

좋은 예보란 어떤 것인가? Allen Murphy는 그의 저서에서 좋은 예보를 만드는 세 가지 요소로 일관성(Consistency), 품질(Quality), 가치(Value)를 제시하였다. 일관성은 예보사가 그들의 지식기반에 근거하여 주어진 상황에 대해 최상의 판단을 내렸을 때 예보사의 판단과 예보가 일치하는 정도, 품질은 실제로 일어난 사건과 예보가 일치하는 정도, 마지막으로 가치는 예보를 활용하여 예보사가 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 추정한 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.

예보 상태:	예
단일예보 (deterministic)	정량적 강수 예보
확률예보 (probabilistic)	강수 확률, 양상별 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)	절대저기압 이동 및 강도

2) 관측 자료

일반적으로 예보를 검증하기 위해 사용하는 참값은 관측 자료이다. 우량계 관측, 기온 관측, 위성자료로부터 유도된 운량, 지위고도 분석 등이 관측 자료로 이용된다. 그러나 관측 자체에도 오차가 내포되어있으므로 정확한 참값이라 하기에는 어려운 점이 있다. 관측 자체에 내재된 무작위 오차(random error)와 편차(bias error), 표본 오차와 대표값 자체의 오차, 그리고 관측 자료를 분석할 때 혹은 예보 규모에 일치시키기 위해 관측 자료를 변환할 때 발생하는 분석 오차 등이 불확실성(uncertainty)의 원인이 된다. 오랫동안 우리는 참값 속에 내재된 이러한 관측 오차를 무시하여 왔다. 만일 관측 오차가 예보에서 예측된 오차보다 훨씬 작다면, 즉 높은 신호대 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 주의

해야 할 점은 자료가 균질하지 않을 때 예보 성능에 많은 차이가 날 수 있다는 점이다. 일반적으로 표본이 많은 구간(예를 들어 관측지점이 밀집한 지역이나 악기상이 나타나지 않은 날들)으로 편향될 수 있다. 이러한 비균질 표본은 예보성능을 과대평가할 수 있는 여지를 제공한다. 표본들을 비슷한 균질 집합으로 나누는 것은(계절별, 지역별, 관측의 강도 별 등) 특정 구간의 예보의 양상을 추출하는 데 도움을 준다. 신뢰도 높은 검증결과를 제공하기 위해서는 충분한 양의 표본들을 포함하도록 하여야 한다.

B.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. 흔히 쓰이는 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 부분에서 개인이나 주관적인 편차가 있을 수 있으므로 공식적인 검증 절차에 있어서는 주의를 요해야 한다.

다음 절에서는 표준 검증 방법과 양분 예보 (dichotomous), 연속 예보, 확률예보에 대한 검증 스코어에 대해 간략히 설명한다.

1) 양분 예보 (예/ 아니오)에 대한 방법

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

맞침(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 만들어지는지를 볼 수 있는 가장 효과적인 방법이다.

완벽한 예보 체계는 맞힘(hits, 이하 H)과 부의 정확(correct negatives, 이하 C)만이 존재하고 놓침(misses, 이하 M)과 거짓 알림(false alarms, 이하 F)이 없는 결과를 산출한다. 예보 성능의 특정 상태를 설명하기 위해 분할표의 요소들을 이용하여 다양한 형태의 범주형 통계를 계산한다. 범주형 통계는 다음과 같다.

표 B.1 분할표 (contingency 표)

		Forecast		
		yes	no	Total
Observed	yes	H (hits)	M (misses)	observed yes
	no	F (false alarms)	C (correct negatives)	observed no
Total		forecast yes	forecast no	total

(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.

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

(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)으로도 알려져 있다. 범주형 예보에 대한 bias의 척도는 사건 예보 총 수를 관측된 사건의 총 수로 나눈 것이다. 값의 범위는 0에서 무한대까지이며 완벽한 예보는 1의 값을 갖는다. 1보다 작은 값은 예보 시스템이 과소예보 경향을, 1보다 큰 경우에는 예보 시스템이 과대예보 경향을 갖는다고 말한다. 따라서 예보가 얼마나 정확히 관측에 대응하는지를 측정하는 것이 아니라 단지 상대적 빈도를 측정한다.

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

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

Threat Score 혹은 Gilbert Score로도 불리며 정확히 예측하였던 사건 수를 예보든 관측

이던 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 ACC를 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, Equi표 Threat Score)

Gilbert Skill Score로도 불리며 성공 임계 지수의 분모, 분자에 각각 무작위 맞힘(random hit, ar) 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 있도록 하기 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 않으면 예보와 오차 사이의 일치성도 측정하지 않는다.

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

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

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

3) 확률 예측에 대한 검증방법

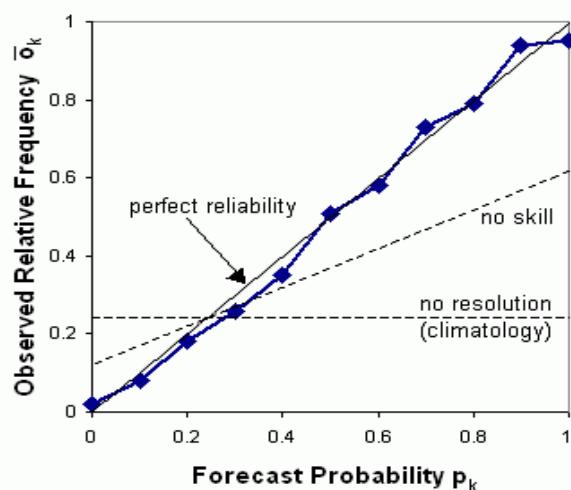
확률예보는 어떠한 사건이 발생할 확률을 0과 1 사이의 값(혹은 0에서 100%)으로 나타낸다. 일반적으로 단일 확률 예보를 검증하기는 어렵다. 대신 일련의 확률 예보 p_i 를 관측,

즉 사건의 발생 ($o_i = 1$) 혹은 발생하지 않음 ($o_i = 0$)을 이용하여 검증하고 있다. 정확한 확률예보시스템은 다음과 같은 특성을 가진다.

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

(1) 신뢰도 그림 (Reliability diagram)

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



확률예보의 신뢰성을 평가하는 검증방법으로 특정 현상(예 : 일강수량이 10mm이상일 경우)에 대한 확률 예보값과 실제 발생 빈도의 관계를 나타내는 Reliability Diagram (Atger, 1999)이 있다. 이 때 사용되는 확률예보와 실황에 따른 Reliability 표은 다음과 같이 두 가지 방법으로 나타낼 수 있다. 첫째는 실제로 어떠한 현상이 나타난 경우를 O라 하고 나타

나지 않은 경우는 NO라 하자. 그 현상을 예상했을 때를 F로, 예상하지 못했을 때를 NF로 표시할 때, 표 B.2에 N개의 양상을 멤버를 구간으로 나누어 그 해당구간의 빈도(HN 또는 FN 등)를 표시하는 방법이다. 다른 한 가지 방법은 표 B.3처럼 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 B.2 양상을 멤버 N개로 구간을 나누어 만든 Reliability 표

	$F=N$ $NF=0$	$F \geq N-1$ $NF \leq 1$	$F \geq N-2$ $NF \leq 2$	...	$F \geq 1$ $NF \leq N-1$	$F \geq 0$ $NF \leq N$
0	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 B.3 10% 간격의 확률 구간으로 나누어 만든 Reliability 표

	$P=100\%$	$P \geq 90\%$	$P \geq 80\%$	.....	$P \geq 10\%$	$P \geq 0\%$
0	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 제곱하여 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

$$\begin{aligned} BS &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (p_i - o_i)^2 \\ &= \frac{1}{N} \sum_{k=1}^K n_k (p_k - o_k)^2 - \frac{1}{N} \sum_{k=1}^K n_k (\bar{o}_k - \bar{o})^2 + \bar{o} (1 - \bar{o}) \end{aligned}$$

(3) Brier skill score (BSS)

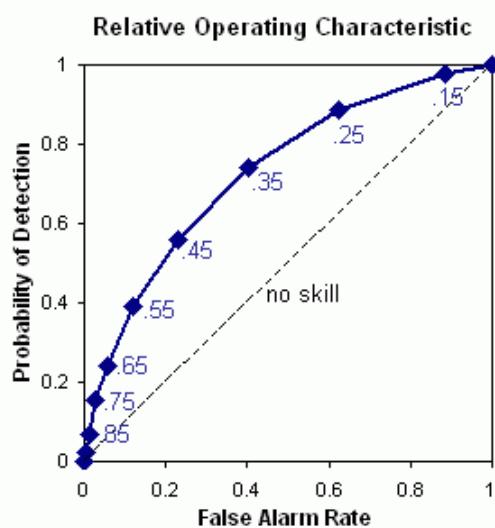
기준 예보에 대한 확률예보의 향상 정도를 측정하는 요소로 기준 예보로는 보통 장기간 혹은 기후 표본을 사용한다. 값의 범위는 음의 무한대로부터 1까지이며 0은 기준 예보에 비해 skill이 없음을 완벽한 예보는 1의 값을 갖는다. 기후학적 발생 빈도수를 고려한다. 소량의 자료에 적용할 때는 불안정해진다; 사건이 적을수록 더 많은 표본 수를 필요로 한다.

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

(4) Relative Operating Characteristic (ROC)

양분 예보를 하기 위해 일련의 누적 확률 임계(threshold) 값을 (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 양상을 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 B.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 B.4 실황에 따른 예보 분할표 (Contingency 표)

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

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

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

RPS는 확률예보에서 확률 범주에 관측이 적절히 대응했는지를 나타낸다. 아래 RPS 식에서 M은 확률 예보의 범주를, pk는 예보 범주 k에서의 예측 확률, ok는 범주 k에서 관측유무에 대한 지시자(0="아니요", 1="예")이다. RPS는 다중 범주 확률 예보에서 확률 공간에서 제곱 차의 누적 합이다. 범주가 2일 경우 RPS는 BS와 동일하며, 범주가 연속적일 경우 CRPS가 된다.

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

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

(6) RPSS (Ranked Probability Skill Score), CRPSS (Continous 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 양상을 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 B.5는 실황에 따른 예보의 분할표와 비용(C)과 손실(L)의 비용 매트릭스(Expense matrix)를 함께 나타낸 것이다. 이를 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 B.5에서 얻어지는 모든 경우에 대한 지출비용의 합계로 구할 수 있다. 여기서 지출이 발생되는 경우는 모두 세 경우이다.

표 B.5 실황에 따른 예보의 분할표와 비용 매트릭스

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

첫째, 실제로 그 현상이 발생했을 때 예보가 이를 맞추었고 대책을 세웠으므로 이 때 지출은 맞춘 예보 빙도(H)×대책비용(C)이다. 둘째, 그 현상이 발생했는데 예보가 빗나간 경우 대책을 세우지 않았으므로 이 때 지출은 놓친 예보빙도(M)×손실비용(L)이 된다. 셋째, 실제로 어떤 현상이 발생하지 않았고 예보가 틀린 경우에도 대책을 세워야 하므로 지출은 틀린 예보 빙도 (F)×대책비용(C)가 된다. 또한, 현상이 발생하지 않았고 예보가 이를 맞추었을 때의 빙도를 R이라고 할 경우 대책 비용이나 손실 비용이 없으므로 0이다. 따라서 EF는 세 경우에 발생하는 지출의 합이 되므로 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 빙도가 그 현상이 일어난 빙도(\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.

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

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

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

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 되므로 식 (7)이 최종적으로 EV값이 된다.

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

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