차 례

§. 차 례 ····· i

§. 요약문 ····· iii

1. 각 모델들의 주요 특성 ····· 1

2 검증 ····· 4
2.1. 검증개요 ····· 4
2.2. 표준 검증 방법 ····· 6
2.2.1. 양분예보 (예/아니오)에 대한 방법 ····· 6
2.2.2. 연속 변수형 예보에 대한 검증방법 ····· 8
2.2.3. 확률 예보에 대한 검증방법 ····· 10

3. 검증 결과 ····· 15
3.1. 전지구예보 모델 ····· 15
3.1.1. 성능 변화 추세 ····· 15
3.1.2. 분석 검증 ····· 28
3.1.3. 관측 검증 ····· 32
3.1.4. 강수 검증 ····· 35
3.2. 지역예보 모델 ····· 36
3.2.1. 성능 변화 추세 ····· 36
3.2.2. 분석 검증 ····· 38
3.2.3. 관측 검증 ····· 40
3.2.4. 강수 검증 ····· 41
3.3. 파랑예보 모델 ····· 42
3.3.1. 성능 변화 추세 (위성 검증) ····· 42
3.3.2. 부이 검증 ····· 43
3.3.3. 위성 검증 ····· 45

3.4. 태풍 모델 ····· 47
3.4.1 성능 변화 추세 ····· 47
3.4.2 태풍진로오차 ····· 50
3.5. 통계 모델 및 강수 확률 검증 ····· 50
3.5.1 성능 변화 추세 ····· 50
3.5.2 최고, 최저기온 예보 검증 ····· 52
3.5.3 강수 확률 검증 ····· 54
3.6. 앙상블예보 모델 ····· 59
3.6.1 성능 변화 추세 ····· 59
3.6.2 앙상블예보 검증 ····· 60
부록 A. Global Spectral Model의 특징 ····· 72

요 약 문

o 전지구예보 모델의 분석검증 영역

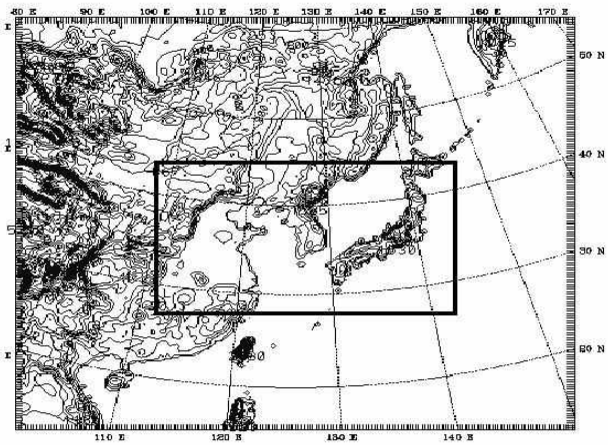
- 북반구 : 위도 20N ~ 90N, 경도 0 ~ 360°
- 남반구 : 위도 20S ~ 90S, 경도 0 ~ 360°
- 적도 : 위도 20S ~ 20N, 경도 0 ~ 360°

o 전지구예보 모델의 관측검증 영역

- 아시아 : 위도 25N ~ 65N, 경도 60E ~ 145E
- 적도 : 위도 20S ~ 20N, 경도 0 ~ 360°
- 북미 : 위도 25N ~ 60N, 경도 50W ~ 145W
- 유럽/북아프리카 : 위도 25N ~ 70N, 경도 10W ~ 28E
- 호주/뉴질랜드 : 위도 10S ~ 55S, 경도 90E ~ 180E

o 전지구예보 모델의 강수검증 : 모델 예측 누적 강수량에 대하여 00, 12UTC와 기후자료 시스템에 보관된 6개 지점 (서울, 부산, 광주, 강릉, 대전, 제주) 의 누적 강수와 비교 검증했다.

o 지역예보 모델의 30km 분석 및 관측검증 영역



o 지역예보 강수검증 : 모델 예측 누적 강수량에 대하여 00, 12UTC와 기후자료 시스템에 보관된 남한 73개 관측지점의 누적강수와 비교 검증했다.

: 지상기상관측장비(ASOS) 41소 + 기상관측소 자동기상관측장비(유인관측소) 32소

o 전지구파랑예보 모델 검증에 사용된 부이들의 ID 번호와 위치

Group	Serial No.	Buoy ID	위도, 경도	위 치
북 동 대서양	1	41001	72.6W 34.7N	US East Coast
	2	41002	75.2W 32.3N	US South-East Coast
	3	42001	89.7W 25.9N	Gulf of Mexico
북 서 태평양	4	46001	148.2W 56.3N	Gulf of Alaska
	5	46003	155.9W 51.8N	Aleutian Peninsula
	6	46005	131.0W 46.1N	US North-West Coast
	7	46036	133.9W 48.4N	US North_West Coast
	8	46059	130.0W 38.0N	US West Coast
	9	46184	138.9W 53.9N	Canada West Coast
북 서 대서양	10	62029	12.4W 48.7N	UK Celtic Sea shelf break
	11	62081	13.3W 51.0N	UK East Atlantic
	12	62106	9.9W 58.0N	UK North-East Atlantic
	13	62108	19.5W 53.5N	UK East Atlantic
	14	62163	8.5W 47.5N	UK Celtic Sea shelf break
	15	63111	1.5E 59.5N	North Sea shelf break
	16	64045	11.7W 59.2N	UK North-East Atlantic

o 지역파랑예보 모델 검증에 사용된 부이들의 ID 번호와 위치

부이이름	부이 ID	위 치	수 심
덕적도	22101	37.23N, 126.02E (덕적도 서방 15km)	30m
칠발도	22102	34.80N, 125.77E (칠발도 북서방 2km)	33m
거문도	22103	34.00N, 127.50E (거문도 동방 14km)	80m
거제도	22104	34.77N, 128.90E (거제도 동방 16km)	84m
동 해	22105	37.53N, 129.92E (동해시 동방 70km)	1,518m

o 파랑모델의 위성검증에 사용되는 자료

- 극궤도 위성인 Topex/Poseidon(T/P) 위성 관측 자료는 전지구파랑모델과 지역파랑모델의 유의파고 검증에 이용된다.
- Quikscat(Qscat) 위성 관측 자료는 전지구파랑모델과 지역파랑모델의 해상풍 검증에 이용된다.

o 칼만필터모델 (KFM) 검증에 사용된 지점수 : 남한 41개 지점

o 전지구 모델을 이용한 동적선형모형 (GDLM) 검증에 사용된 지점수 : 6지점 (서울, 대전, 강릉, 광주, 부산, 제주)

o 전지구예보 모델

- 2004년 8월부터 위성 복사자료 3차원 변분 자료 동화
- 2004년 11월부터 수직측풍관측자료 3차원 변분 자료 동화
- 2004년 고분해능 전지구예보시스템 (T213L30)의 검증 결과는 2003년과 큰 차이가 없다.
- 관측검증에서 유럽/북아프리카는 향상된 결과를 보였지만 열대지역은 2003년에 비해 나쁜 결과가 나타났다.
- 2002년 11월부터 저분해능 전지구예보시스템 (T106L21) 분석기법을 변경 (2DOI -> 3DOI) 하였으며, 이후 전영역에 대해서 향상된 결과를 보였다.

o 지역모델

- 2003년 검증결과와 큰 차이가 없다.

o 통계 모델

- 2003년 11월 1일 : 3시간 기온통계 모델 변경 (KF3H에서 RDLM으로 변경)
- 2003년과 2004년 사이에 모델의 변화가 없었다.
- 2003년 검증결과에 비해 KF, PPM은 향상된 결과를 나타냈다.

o 파랑예보 모델

- 2003년 9월부터 12 방향, 25 주파수에서 24 방향, 25 주파수로 변경
- 2003년 검증결과에 비해 향상된 결과를 나타냈다.

o 태풍모델 : 2003년 1월부터 예보관리과 태풍검증 방법(20N 이상, 140E 서쪽에 태풍이 위치한 경우)을 동일하게 적용하였다.

o 앙상블예보 모델

- 2003년 11월 1일 : 앙상블 모델 변경
  - T106L21에서 T106L30으로 변경
  - 초기섭동장 개선 (Breeding Method의 튜닝과정 추가)
- 2004년 1월부터 앙상블 전문가 회의(OPAG/CBS/WMO)에서 제안된 권고사항에 따라 검증 영역 변경

기존 영역 : 북반구(20N ~ 70N), 남반구(20S ~ 70S)

바뀐 영역 : 북반구(20N ~ 90N), 남반구(20S ~ 90S)

o 전지구예보 모델 (관측검증) 자료중에서 아시아영역 자료만 있다. 나머지 지역은 지면관계상 생략하였다.

1. 각 모델들의 주요 특성

2004년 수치예보과에서 현업 운영중인 모델들은 전지구 예보시스템(Global Data Assimilation and Prediction System, GDAPS) 2종, 지역 예보시스템(Regional Data Assimilation and Prediction System, RDAPS) 3종, 태풍 모델(Barotropic Adaptive-grid Typhoon System, BATS), 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), KF3H(KF 3 Hours), PPM(Perfect Prog Method)이며, 파랑 모델은 전구파랑 모델(Global Wave Model, GoWAM)과 지역파랑 모델(Regional Wave Model, ReWAM)로 구성되어 있다.

표 1는 전지구 예보시스템, 표 2는 지역 예보시스템, 표 3는 파랑 모델, 표 4는 태풍 모델(BATS), 표 5는 통계 모델, 표 6는 앙상블 모델에 관련된 주요 특성을 간략히 나타낸 것이다.

표 1. 전지구 예보시스템 및 앙상블 예보시스템의 모델 특성

모델	고분해능(T213L30)	저분해능(T106L21)	Ensemble
기본방정식	하이브리드 좌표계를 이용한 원시방정식		
수평분해능	55km	110km	
영역	Global		
연직층수	30층 (~ 10hPa)	21층 (~10hPa)	
분석	3차원 최적내삽		
예보시간	3.5일 (2회/일, 00, 12UTC) 10일 (1회/일, 12UTC)		10일 (1회/일, 12UTC)
시간적분	반암시적 시간적분		
수평확산	2차 수평확산		
습윤과정	Kuo 방안, 대규모 응결, 천해대류방안		
복사	장파복사는 매3시간마다 계산, 단파복사는 매 1시간마다 계산		
중력파저항	장파(파장 > 100km), 단파(파장 10km)		
PBL 과정	비국지 방안		
지표면	Simple biosphere model		
지표상태	NOAA 일별 SST, 토양수분, 적설량, 지중온도는 기후값 사용		

표 2. 지역 예보시스템의 모델 특성

	지역모델	고분해능 모델	
역학과정	비정역학계		
분해능	30km	10km	5km
격자개수	171 x 191	160 x 178	141 x 141
시간적분간격	75초	30초	15초
연직층수	33층(지상 ~ 50hPa)		
예보시간	2일	1일	
초기화방법	FDDA(12시간)	1-way Interaction	
미세물리과정	혼합상 미세물리과정(수증기, 구름, 비, 얼음, 눈)		
적운모수화	Kain-Fritsch		None
PBL 방안	비국지 행성경계층		
지상온도	5층 토양모델		
복사과정	구름복사과정		
해수면	NOAA 일별 SST		

표 3. 파랑 모델들의 주요 특성

	GoWAM	ReWAM
모델	3세대 파랑모델	
스펙트럼 분해능	24 방향 25 주파수	
격자체계	구좌표계에서의 위, 경도	
수평분해능	1.25 × 1.25deg(288×113)	0.25 × 0.25deg(141×121)
모델영역	70°S-70°N, 0°E-360°E	20°N-50°N, 115°E-150°E
적분시간	720 초	360 초
예보시간	240 시간(12UTC)	48 시간(00, 12UTC)
초기조건	전 작업에서 24시간 예보된 스펙트럼장	전 작업에서 12시간 예보된 스펙트럼장
바람장	10m 바람장(GDAPS)	10m 바람장(RDAPS)

표 4. 태풍 모델의 주요 특성

초기 및 경계 자료	전지구 분석장 및 예보장
모조태풍 및 초기화	전지구 분석장의 850 ~ 200hPa의 연직 평균 고도장에 태풍분석자료에 근거한 모조태풍 삽입
지배방정식	천수방정식
수평분해능	위, 경도 : 0.6°(태풍중심 : 0.3°)
모델영역	60° × 60°(101 × 101)

표 5. 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 기온예보값	최고/최저 기온	12UTC : +10일	상태방정식 출력방정식
	RDLM	RDAPS 시그마 최하층 기온 예보값	3시간 간격 기온	00UTC : +2일 12UTC : +2일	

표 6. 앙상블 모델의 주요 특성

초기자료	전지구 분석장
모델영역	전지구(지상 ~ 10hPa)
수평분해능	1.125° Gaussian grid
연직층수	21 층
적운모수화	Kuo 방안
지표면	Simple Biosphere Model
섭동생성방법	Breeding of Growing Modes(BGM) method
섭동생성영역	전지구
시간적분	10 일(12UTC)
Ensemble 멤버수	17 개

2. 검증

2. 1. 검증 개요

예보를 미래상태에 대한 예측이라 할 때, 예보 검증이란 예측의 질을 평가하기 위한 하나의 과정이다. 따라서 실제 발생한 관측자료를 가지고 예보를 비교 평가한다. 검증은 질적인 (예를 들어, 맞은 것인가?) 혹은 양적인 (얼마나 정확한가?) 것으로 정의할 수 있다. 두 경우 모두 예보 오차에 대한 상태 정보를 제공해 준다.

예보를 검증하는 3가지 주된 이유는 예보의 질을 - 예보가 얼마나 정확하며 시간에 따라 향상되는 지 - 감시하고, 예보의 질을 향상시키기 위하여 무엇이 잘못된 것인지를 알아내어 해결하고, 마지막으로 서로 다른 예보시스템의 예보 질을 상호 비교함으로써 장, 단점을 파악하여 어떤 예보 시스템을 사용할 것인지를 판단하게 해 준다. 다시 말하면, 검증은 예보관에게 각 예보시스템의 장점과 단점을 판단할 수 있는 객관적 정보를 제공해 준다. 또한 예보를 향상시키기 위해 개선해야 할 부분을 모델들에게 제시해 주기도 한다. 검증 평가 없이 발표된 예보는 예보의 질과 예보 값이 하찮은 것임을 간접적으로 나타낸 것이다.

검증은 예보의 형태가 다양하기 때문에 각기 적용하는 방법 역시 약간씩 다르다. 아래의 표는 예보를 구분하는 방법과 예보의 실제 예를 보여주고 있다.

예보의 질은 예보 값과 일치하지 않는다. 만일 객관적 혹은 주관적 기준에 따라 예보한 것이 관측 값에 가까웠다면 예보의 질이 높아질 것이다. 그러나 예보값 자체는 사용자가 잘 이용하도록 도움을 주는 참고자료일 뿐이다. 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 예보가 낮은 품질로 평가될 것이지만, 예보관의 입장에서는 매우 가치 있는 예보임에 틀림없을 것이다. 예를 들어 고품질의 예보이지만 낮은 가치를 갖는 것들 중 하나는 건조기 동안 사하라 사막에서 예보하는 “맑음” 예보일 것이다.

그러면 검증할 때 무엇을 진짜 혹은 참 (truth)으로 둘 것인가? 예보를 검증하기 위해 일반적으로 사용하는 참값은 관측자료이다. 일반적으로 우량계 관측, 기온 관측, 위성자료로부터 유도된 운량, 지위고도 분석 등이 관측자료로 이용된다. 그러나 관측 자체에도 오차가 있기 때문에 정확한 참값이라 하기에는 어려운 점이 있다.

관측 자체에 내재된 무작위 오차 (random error)와 편차 (bias error), 표본 오차와 대표값 자체의 오차, 그리고 관측자료를 분석할 때 혹은 예보 규모에 일치시키기 위해 관측자료를 변환할 때 발생하는 분석 오차 등이 불확실 (uncertainty)의 원인이 된다. 대부분의 시간 우리는 운 좋게 참값 속에 내재된 오차를 무시하여 왔다. 만일, 참값 속에 있는 오차가 예보에 내재된 예상 오차보다 훨씬 작다면 검증결과는 의미가 있을 것이다. 왜곡된 혹은 표본보다 못한 검증자료일지라도 내부의 상이한 예보 방법을 상호 비교할 때는 어떠한 예보 결과가 나은 지를 알려주는 기준점을 제공해 주기도 한다.

표 7. 예보의 형태 분류

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

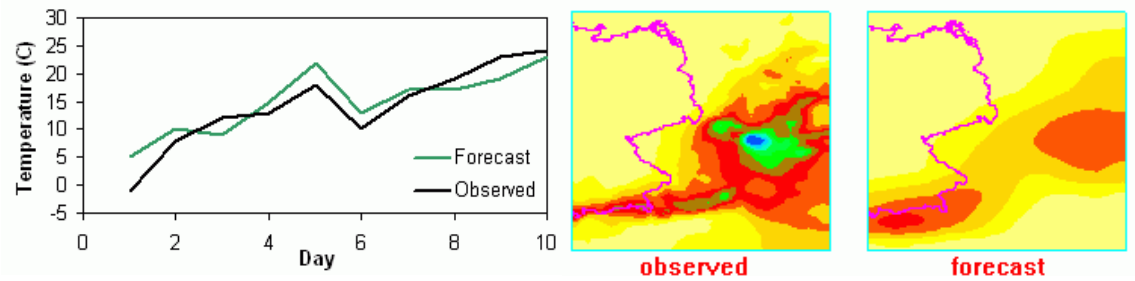
검증결과는 검증자료의 양과 질이 높을 때 자연적으로 믿음이 더 간다. 만일 그렇지 못하다면 검증결과 자체에 어떤 오차 한계를 넣어주는 것이 좋다. 특히 어느 예보가 확연히 뛰어난 것인지를 알고 싶을 때 중요하다. 검증 스코어에서 신뢰구간을 주는 여러 가지 방법들이 있다.

신뢰할만한 검증 통계를 얻기 위하여 상당한 양의 예보와 관측 표본들이 시공간에 대해서 채워지게 된다. 표본이 많을수록 검증결과의 신뢰도 또한 높아진다. 그러

나 표본을 채워 넣을 때 감수해야 할 점은 자료가 균질하지 않을 때 예보 성능에 많은 차이가 날 수 있다는 점이다. 더구나 이것은 검증결과를 가장 일반적인 표본 구간(예를 들어, 고밀도 관측지역 혹은 악기상이 없는 날들)으로 편향시킬 수 있다는 점이다. 표본들을 비슷한 균질 집합으로 나누는 것은 (계절별로, 지역별로, 관측의 강도 별로 등) 특정 기간동안 예보의 양상을 추출하는 데 도움을 준다. 신뢰도 높은 검증결과를 제공하기 위해서는 충분한 양의 표본들을 포함하도록 해야만 한다는 것이다.

2. 2. 표준 검증 방법

가장 오래되고 가장 뛰어난 검증 방법의 하나가 눈으로 직접 비교하는 방법(eyeball)이다; 예보와 관측을 나란히 놓고 비교하여 사람의 판단력으로 예보 오차를 가려내는 방법이다. 눈으로 직접 비교하는 방법은 예보의 수가 적고, 시간은 많고, 정량적인 검증 통계를 기대하지 않을 때 사용한다.



예보의 형태에 따라 검증 방법이 다르기 때문에 여기에서는 양분 예보(dichotomous), 연속 예보와 확률예보에 대한 표준 검증방법과 점수 (score) 에 대해 간략히 설명을 한다.

2.2.1. 양분 예보 (예/아니오)에 대한 방법

양분 (dichotomous) 예보는 “사건이 일어날 것인가?”에 대해 “예 혹은 아니오”라 말하는 것과 같은 예보를 말한다. 강우와 안개가 일반적인 양분 예보의 예이다. 이런 형태의 예보를 검증하기 위해서는 예보와 발생 각각에 대한 “예” 와 “아니오”의 빈도수를 보여주는 분할표 (contingency table)를 먼저 작성해야 한다. 분할표는 조건 분포라 부르기도 하며, 예보와 관측에 대한 “예”와 “아니오” 로 구성된 4개의 조

합으로 구성된다.

맞힘 (hit); 사건이 발생할 것으로 예측, 실제로 발생

놓침 (miss); 사건이 발생하지 않을 것으로 예측, 실제로 발생

거짓 알림 (false alarm); 사건이 발생할 것으로 예측, 실제로 발생하지 않음

부의 정확 (correct negative); 사건이 발생하지 않을 것으로 예측, 실제로 발생하지 않음

표 8. 분할표 (contingency table)

		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*

분할표는 오차의 분류가 어떻게 만들어지는 지를 볼 수 있는 가장 효과적인 방법이다. 완벽한 예보 체계는 단지 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 분할표에 있는 요소들을 가지고 다양한 형태의 범주형 통계를 계산한다. 범주형 통계는 다음과 같다.

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

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

(2) 치우침 (bias score): 평균적인 예보와 평균적인 관측간의 일치 정도를 나타내는 것으로 전체적인 치우침(overall bias), 체계적 치우침 (systematic bias), 혹은 무조건적 치우침 (unconditional bias)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. 1 보다 작은 값은 예보 시스템이 과소예보 경향을, 1 보다 큰 경우에는 예보 시스템이 과대 예보 경향을 갖는다고 말한다. 따라서 예보가 얼마나 정확히 관측에 대응하는 지를 측정하는 것이 아니라 단지 상대적 빈도를 측정한다.

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

(3) 성공 임계 지수 (CSI, Critical Success Index): Threat Score 혹은 Gilbert Score로도 불리며 정확히 예측하였던 사건 수를 예보이든 관측이던 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 예보 오차의 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.

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

2.2.2. 연속 변수형 예보에 대한 검증방법

연속 변수들의 예보 검증은 예보가 얼마나 관측으로부터 떨어져 있는 지를 측정한다. 연속 검증 방법과 통계는 다음과 같은 표본 자료를 가지고 설명할 수 있다.

표 9. 연속 범주형 예보의 예. 예는 어느 지점의 일 최고기온이다.

Day	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Forecast, Fi(C)	5	10	9	15	22	13	17	17	19	23
Observation, Oi (C)	-1	8	12	13	18	10	16	19	23	24

(1) **편차 또는 평균오차** (BIAS or Mean Error): 예보값과 관측값의 차이를 평균한 값이다. 음의 무한대에서 양의 무한대까지의 값을 가지며 평균오차가 양수이면 관측값보다 크게 예보가 되고 있음을 나타낸다. 완벽한 경우는 0의 값을 가진다. 간단한 척도로 오차의 크기를 측정하지 않으며 예보와 오차 사이의 일치성도 측정하지 않는다.

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

(2) Root Mean Square Error (RMSE): 예보값과 관측값의 차이를 제곱근하여 평균을 취한 값이다. 0에서 무한대까지 값을 가지며 완벽한 경우는 0의 값을 가진다. RMSE는 편차 (deviation)에 대한 방향성을 지시하지 않는다.

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

(3) **상관계수** (Correlation Coefficient): 예보와 관측 차이의 일치와 위상을 측정하며 -1에서 1 상이의 값을 갖는다. 만점은 1이다. 일치성을 측정하는 좋은 도구이며 예보의 편차 (bias)에 민감하지 않다.

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

(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 상이이며 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.

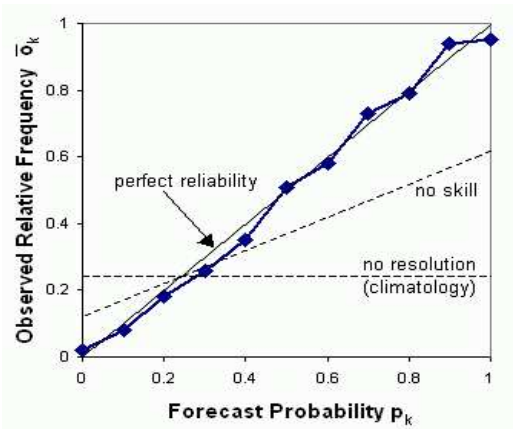
$$S1 = \frac{\sum_{adjacent pairs} |\triangle F - \triangle O|}{\sum_{adjacent pairs} \max(|\triangle F|, |\triangle O|)} \times 100$$

2.2.3. 확률 예보에 대한 검증방법

확률예보서는 어떤 사건이 발생할 확률을 0과 1 사이의 값 (혹은 0에서 100%)으로 주어진다. 일련의 확률예보, p_i, 를 관측, 즉 사건이 발생 (o_i=1) 혹은 발생하지 않음 (o_i=0)을 이용하여 검증한다. 좋은 확률예보시스템은 몇 가지 특성으로 나타낼 수 있다;

- 신뢰도 (reliability): categorical bias처럼 예보 확률과 평균 관측 빈도 사이의 일치
- 예리함 (sharpness): 극값을 예보하는 경향
- 분해능 (resolution): 표본 사건들 특징적으로 상이한 빈도수를 가지는 부분집합으로 분해할 수 있는 능력.

(1) 신뢰도 그림 (Reliability diagram, also called "attributes diagram"): 예보 확률에 대해 관측 빈도수를 찍은 것으로 예보 확률의 범위는 K 개의 구간으로 나뉜다 (예를 들어, 0-5%, 5-15%, 등). 대각선으로부터의 편차 (deviation)가 조건부 편차 (conditional bias)를 제공한다.



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

이 나타난 경우를 O라 하고 나타나지 않은 경우는 NO라 하자. 그 현상을 예상했을 때를 F로, 예상하지 못했을 때를 NF로 표시할 때, 표 10에 N개의 앙상블 멤버를 구간으로 나누어 그 해당구간의 빈도(H_N 또는 F_N 등등)를 표시하는 방법이다.

표 10. 앙상블 멤버 N개로 구간을 나누어 만든 Reliability Table

	F = N , NF=0	F≥N-1, NF≤1	F≥N-2, NF≤2	.....	F≥1, NF≤N-1	F≥0, NF≤N
O	H_N	H_{N-1}	H_{N-2}	.....	H_1	H_0
NO	F_N	F_{N-1}	F_{N-2}	.....	F_1	F_0

다른 한 가지 방법은 표 11처럼 어떤 현상의 예상 확률을 100%에서 0%까지로 구분하고 실황에서 그 현상을 보인 경우와 보이지 않은 경우를 나누어서 그 해당 확률 구간의 빈도(H_{100} 또는 F_0 등등)를 표시하는 방법이다.

표 11. 10% 간격의 확률 구간으로 나누어 만든 Reliability Table

	P=100%	P≥90%	P≥80%	.....	P≥10%	P≥0%
O	H_{100}	H_{90}	H_{80}	.....	H_{10}	H_0
NO	F_{100}	F_{90}	F_{80}	.....	F_{10}	F_0

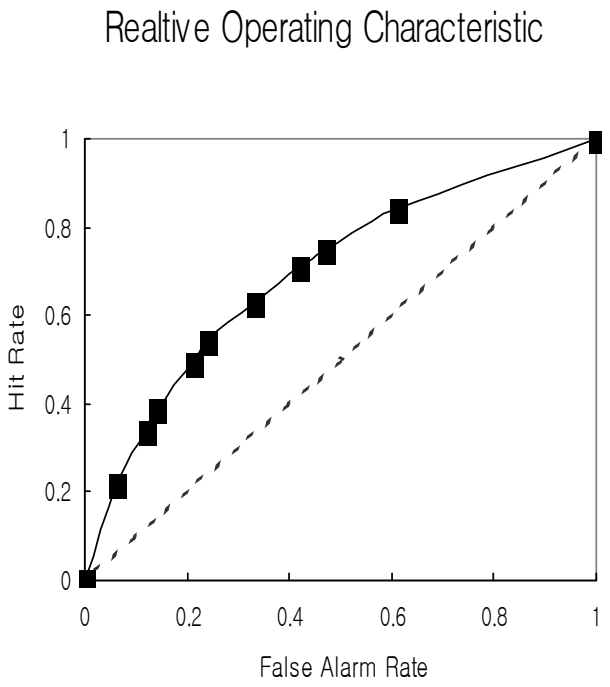
(2) Brier Score (BS): 확률 오차를 제곱하여 평균한 수치로 다음과 같은 3가지 항; (1) 신뢰도, (2) 분해능, (3) 불확정성으로 나눈다. 값의 범위는 0에서 1이며 완벽한 예보는 0의 값을 갖는다. 일반적으로 사건의 기후학적 빈도에 민감하다

$$BS = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(p_i - o_i)^2$$
$$= \frac{1}{N}\sum_{k=1}^{K} n_k(p_k - o_k)^2 - \frac{1}{N}\sum_{k=1}^{K} n_k(\overline{o_k} - \overline{o})^2 + \overline{o}(1-\overline{o})$$

(3) Brier skill score (BSS): 기준 예보에 대한 확률예보의 향상 정도를 측정하는 요소로 기준 예보로는 보통 장기간 혹은 기후 표본을 사용한다. 값의 범위는 음의 무한대로부터 1까지이며 0는 기준 예보에 비해 skill 이 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) 값들을 (예를 들어, 0.05, 0.15, 0.25 등) 사용하여 Hit Rate 대 false alarm rate를 기입한 것이다. 두개의 선택적 결과를 구분하기 위해 예보의 능력을 측정한다. 0에서 1 사이의 값을 가지며 0.5는 skill 이 없음을 1은 완벽한 예보를 의미한다. 신뢰도에 대해서는 아무것도 말할 수 없다.



Relative Operating Characteristics(이하, ROC) 곡선은 어떤 현상을 확률예보에서 얼마나 잘 감지할 수 있는지를 판단하는 “signal detection theory”를 기초로 하고 있다(Swets, 1973). 이 ROC 곡선은 앙상블 확률예보의 성능을 평가하는 방법으로 ECMWF를 비롯하여 미국 기상청(NCEP)과 일본 기상청(JMA)에서도 채택하여 사용하고 있다.

ROC 곡선은 적중률을 표현하는 Hit Rate(HR)와 비적중률을 나타내는 False Alarm Rate(FAR) 사이의 분포도를 각 확률 구간별로 구해서 한 그래프에 곡선으로 나타낸 것이다. 적중률과 비적중률 계산은 표 12으로부터 다음과 같이 구해진다.

표 12. 실황에 따른 예보 분할표(Contingency Table)

		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)

그리고 ROC 곡선에서 HR=1이고 FAR=0일 때가 완벽한 예보이므로 좌측상단으로 가까이 갈수록 확률예보의 감지 성능이 뛰어나다고 볼 수 있다. 일반적으로 예보시간이 길어질수록 좌측하단으로 치우치는 경향을 보인다.

여기서 y=x의 직선은 " HR = FAR " 이므로 이 대각선 하단으로 곡선이 존재할 경우 예보의 가치가 없음을 의미한다. 이에 따라 스코어 중의 하나로 ROC 곡선과 y=x의 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.

(5) Economic Value : 사용자 측면에서의 평가 방법

예보의 경제 가치에 대한 자세한 논의는 "Economic Value of Weather and Climate Forecasts" (Kats & Murphy, 1997)를 참고하면 된다. 여기서 설명하는 경제 가치(EV)는 1998년 이후부터 앙상블 예보의 성능 평가 기준으로 사용되고 있다 (Richardson 2000, Zhu et al. 2001).

예보의 경제 가치는 예보의 정확도에도 의존하지만 어떤 기상 현상이 발생했을 경우 대책을 세우는 데 필요한 비용(cost)과 대책이 없었을 때 생기는 손실(loss)에도 관계가 있는데 이 값들은 사용자에 따라 각기 다르다.

표 13. 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)

위의 표 13는 실황에 따른 예보의 분할표와 비용(C)과 손실(L)의 비용 매트릭스(Expense matrix)를 함께 나타낸 것이다. 이들 관계로부터 해당 예보를 이용했을 때의 지출 비용이 기후정보를 이용했을 때에 비해 절감되는 경제적인 비용에 대한 값으로 EV를 정의하면 다음과 같이 구할 수 있다.

먼저 해당 예보를 항상 이용하여 대책을 세울 때의 지출 비용(E_F)은 표 13에서 얻어지는 모든 경우에 대한 지출비용의 합계로 구할 수 있다. 여기서 지출이 발생되는 경우는 모두 세 경우이다.

첫째, 실제로 그 현상이 발생했을 때 예보가 이를 맞추었고 대책을 세웠으므로 이 때 지출은 맞춘 예보 빈도(H)×대책비용(C)이다.

둘째, 그 현상이 발생했는데 예보가 빗나간 경우 대책을 세우지 않았으므로 이 때 지출은 놓친 예보빈도(M)×손실비용(L)이 된다.

셋째, 실제로 어떤 현상이 발생하지 않았고 예보가 틀린 경우에도 대책을 세워야 하므로 지출은 틀린 예보 빈도 (F)×대책비용(C)가 된다. 또한, 현상이 발생하지 않았고 예보가 이를 맞추었을 때의 빈도를 R이라고 할 경우 대책 비용이나 손실 비용이 없으므로 0이다. 따라서 E_F는 세 경우에 발생하는 지출의 합이 되므로 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$E_F = HC + FC + ML \qquad (5.1)$$

다음으로 예보가 완벽하게 적중할 경우 지출비용(E_P)을 구하면 F(예보가 빗나간 경우)나 M(현상을 놓친 경우)이 없으므로 위 식 (5.1)에서 FC=0, ML=0이다. 그러므로 지출 비용 E=HC인데, 예보가 적중한 빈도가 그 현상이 일어난 빈도($\bar{o}$)와 같으므로 아래와 같은 비용이 지출된다.

$$E_P = \bar{o}C \qquad (5.2)$$

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

$$E_C = Min(C, \bar{o}L) \qquad (5.3)$$

경제 가치(EV)는 특정 예보를 이용했을 때의 경제적인 비용 절감으로 정의되며 식 (5.4)으로 구할 수 있다.

$$EV = \frac{E_C - E_F}{E_C - E_P} = \frac{saving\ from\ using\ forecast}{saving\ from\ perfect\ forecast}$$

식 (5.4)에 식 (5.1), 식 (5.2), 식 (5.3)을 대입하면 식 (5.5)이 얻어진다.

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

여기서 모든 항을 L로 나누고 비용/손실의 비를 C/L=r로 정의하면 식 (5.6)이 유도된다.

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

이 식은 비용/손실의 비가 현상 발생 빈도($\bar{o}$)보다 클 때와 작을 때로 나누어 구해야 되므로 식 (5.7)이 최종적으로 EV값이 된다.

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

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

3. 검증 결과

2장에서 설명하였던 WMO 권고사항의 표준 방법을 따르며, 강수를 제외한 요소는 연속 변수형 검증방법을 강수에 대해서는 범주형 검증방법을 따라 수행하였다.

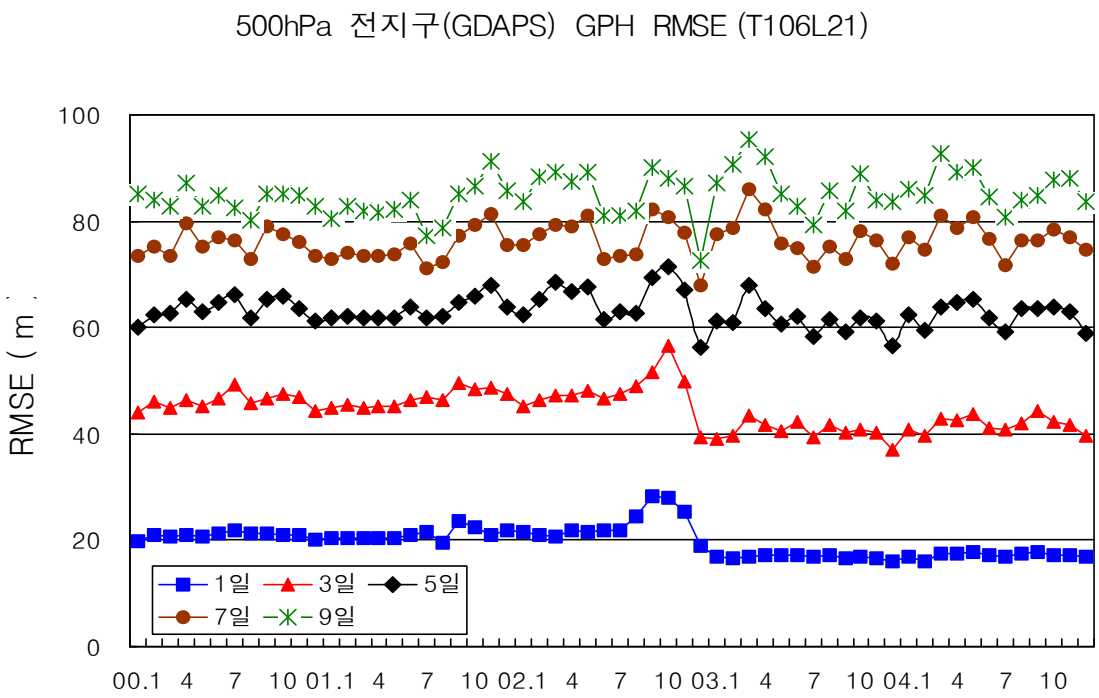
3. 1. 전지구예보 모델

3.1.1 성능 변화 추세

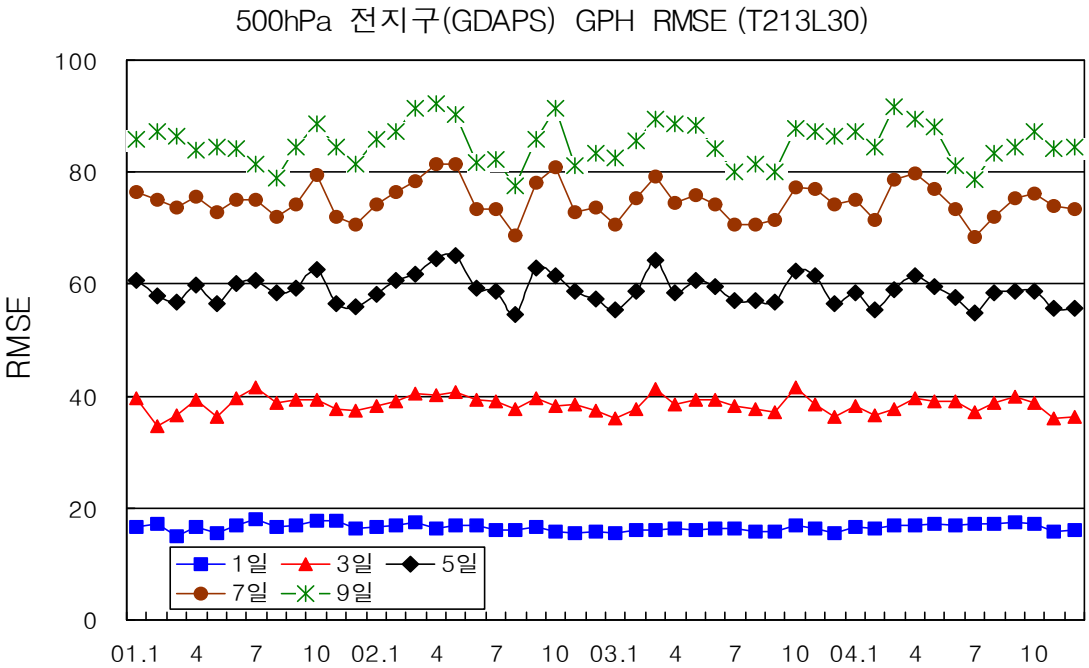
가. 500 hPa 고도장의 RMSE (단위 : m)

(1) 전지구

① 저분해능(T106L21), 단위 : m

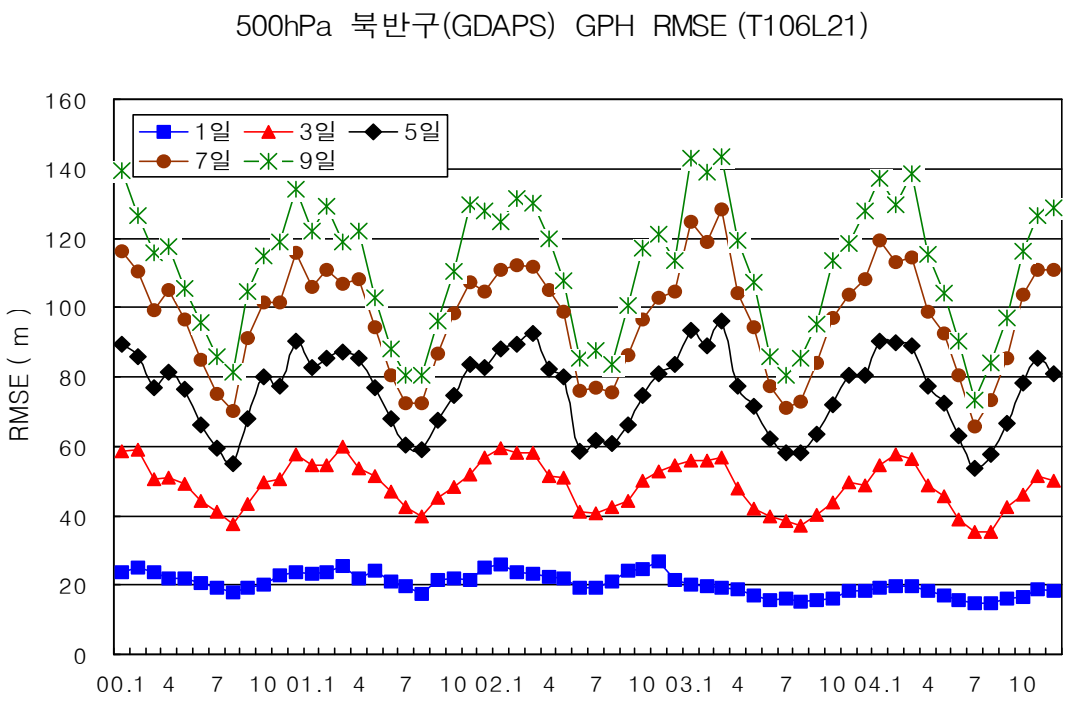


② 고분해능(T213L30), 단위 : m

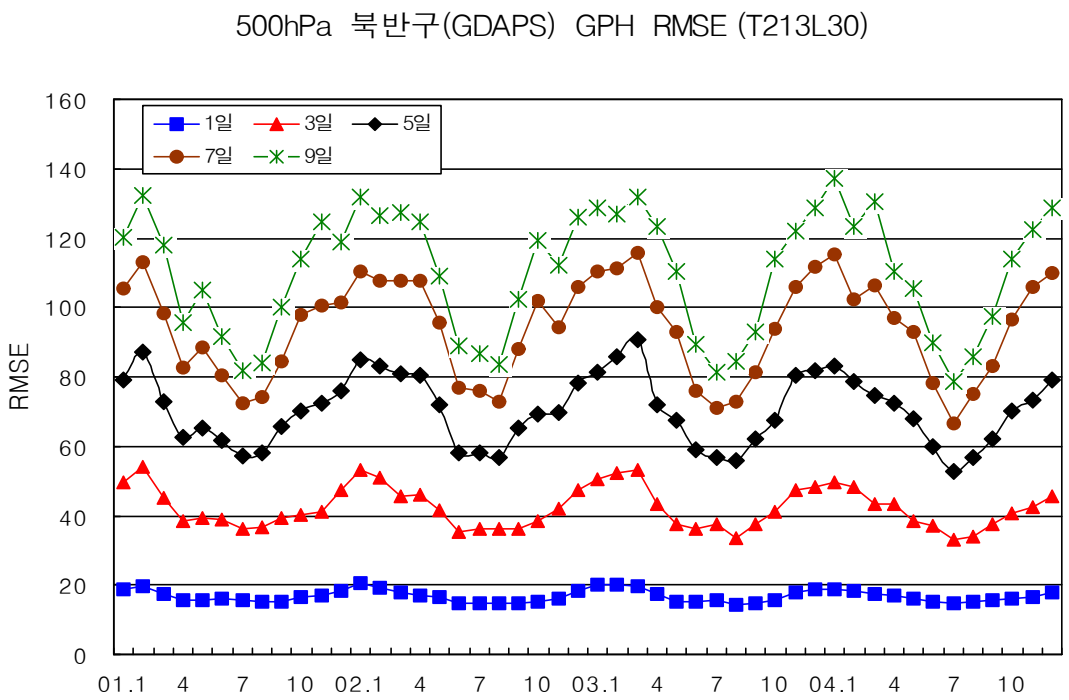


(2) 북반구

① 저분해능(T106L21), 단위 : m

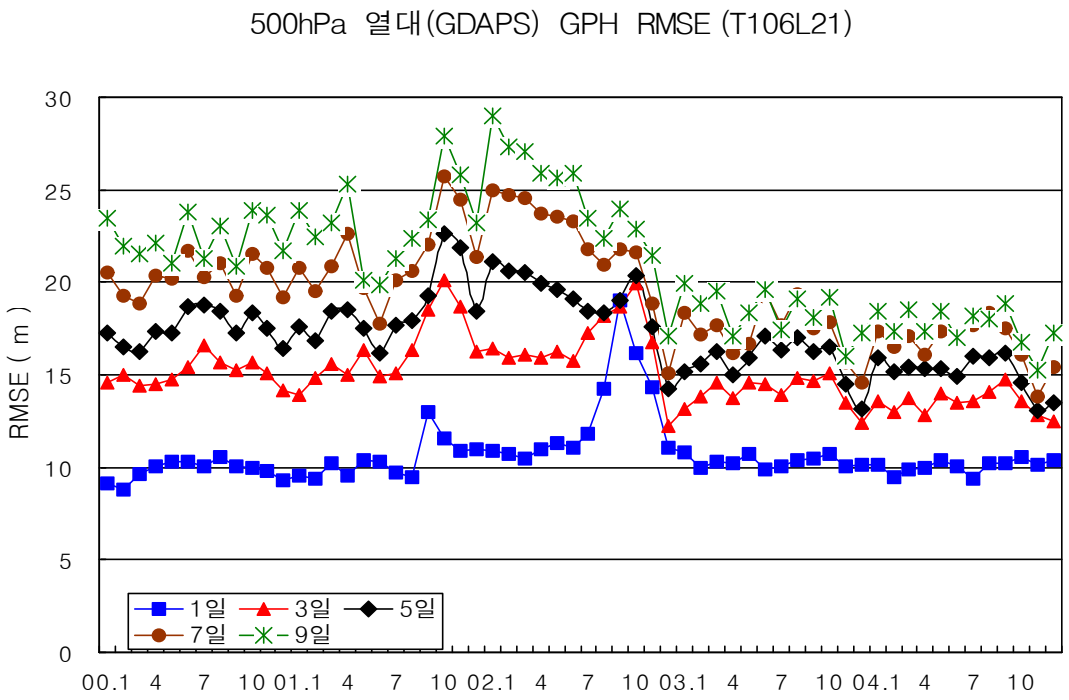


② 고분해능(T213L30), 단위 : m

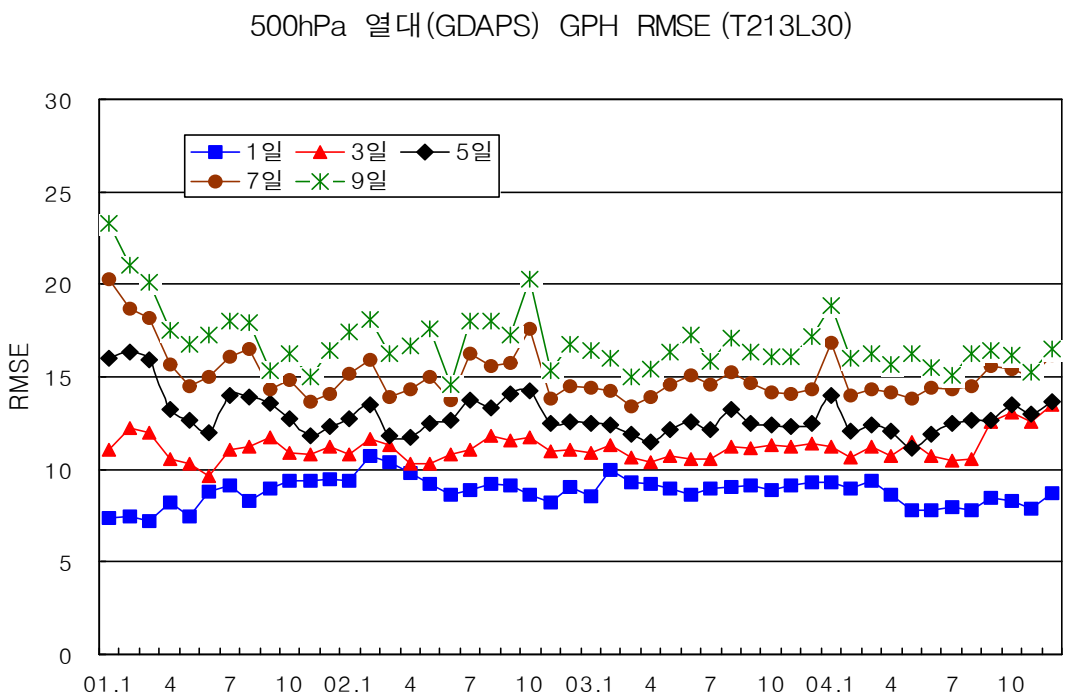


(3) 열대

① 저분해능(T106L21), 단위 : m

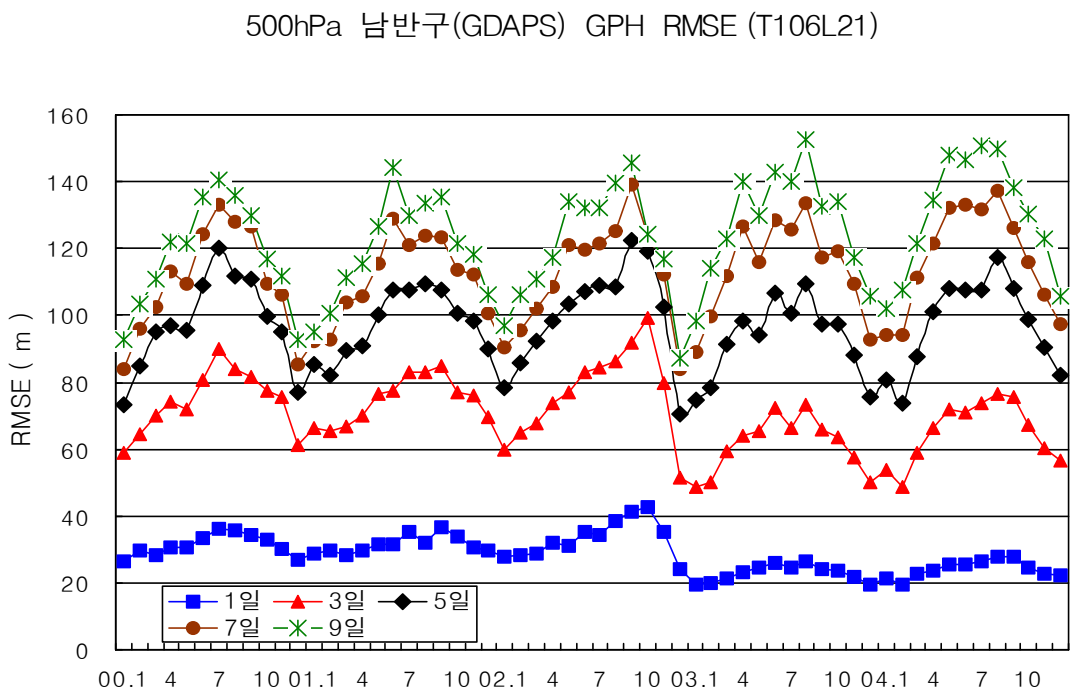


② 고분해능(T213L30), 단위 : m

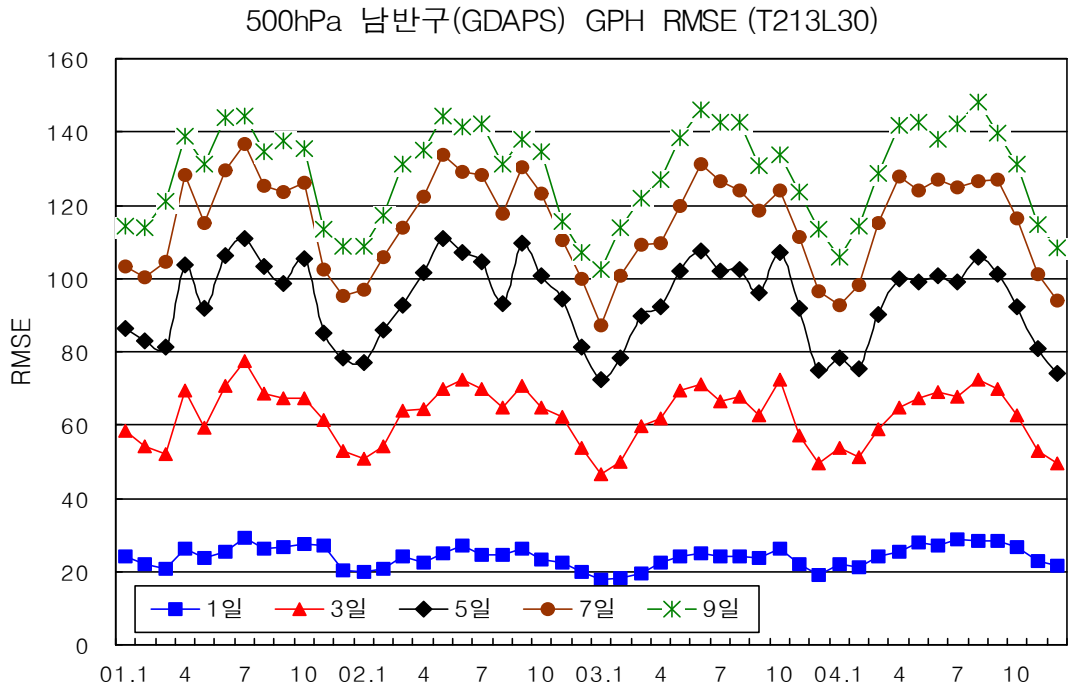


(4) 남반구

① 저분해능(T106L21), 단위 : m



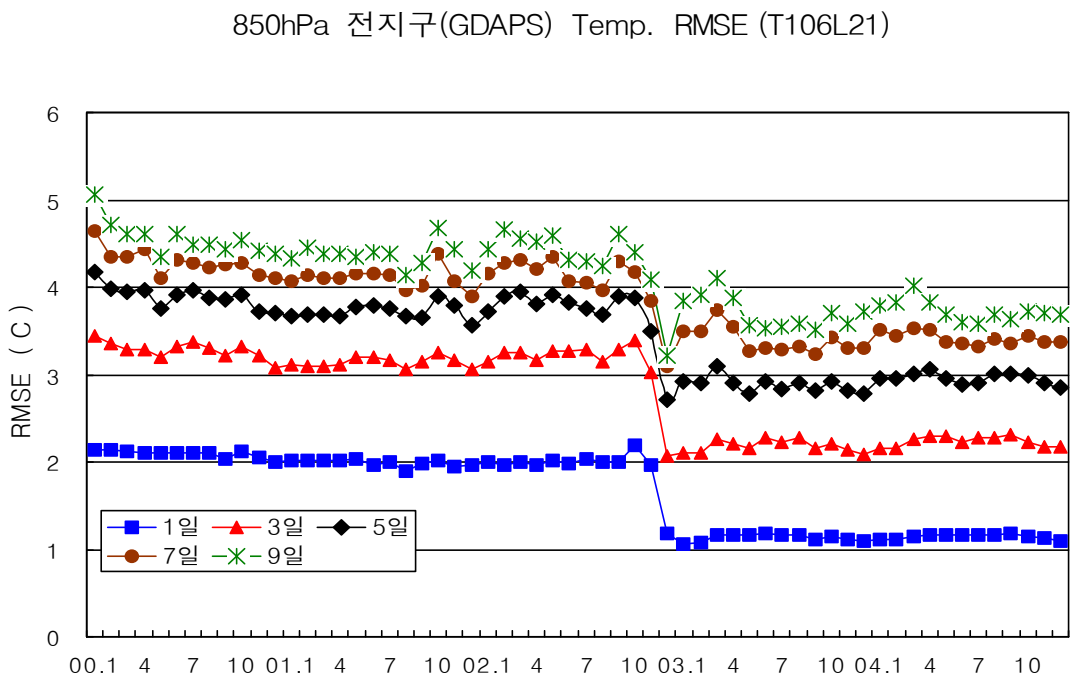
② 고분해능(T213L30), 단위 : m



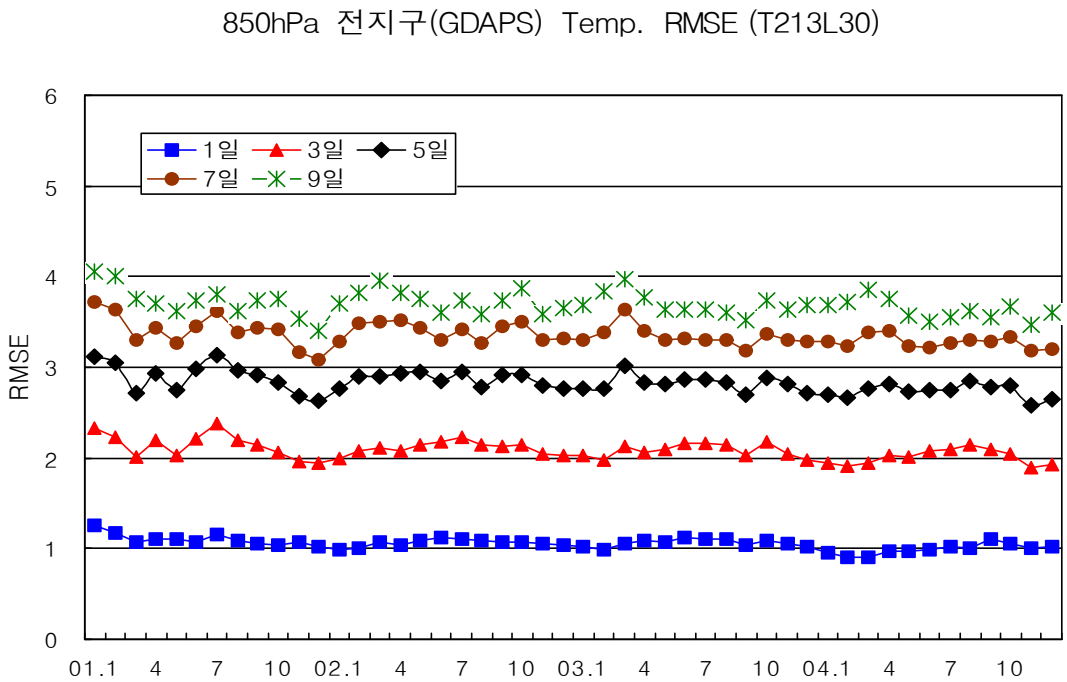
나. 850 hPa 기온의 RMSE (단위 : C)

(1) 전지구

① 저분해능(T106L21), 단위 : C

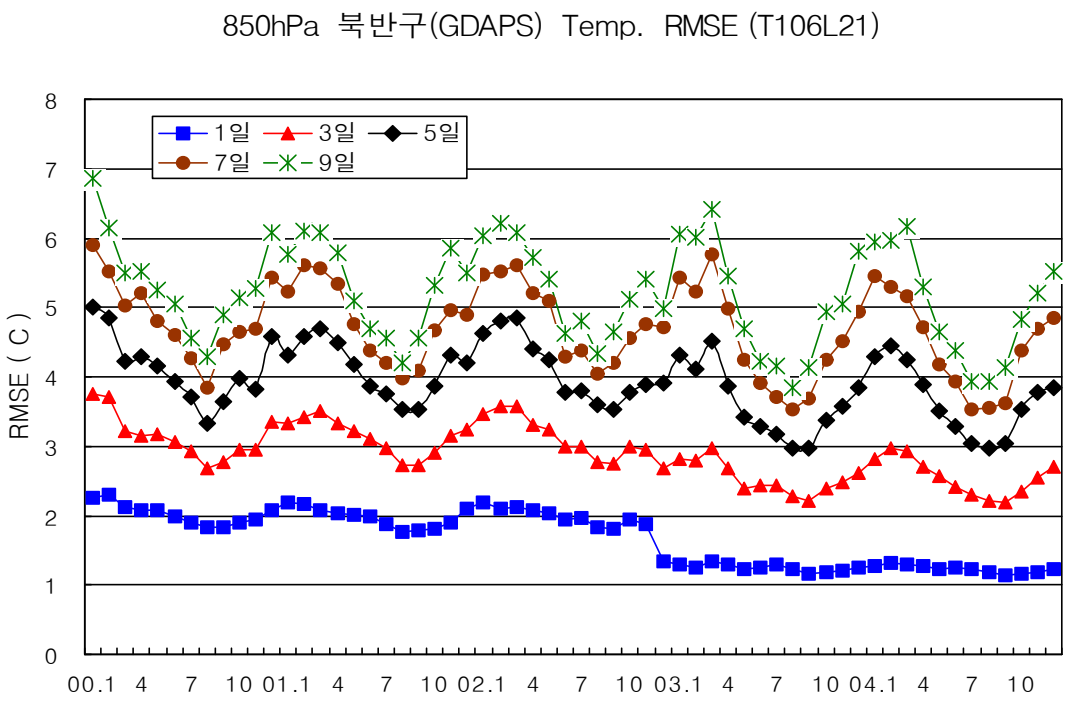


② 고분해능(T213L30), 단위 : C

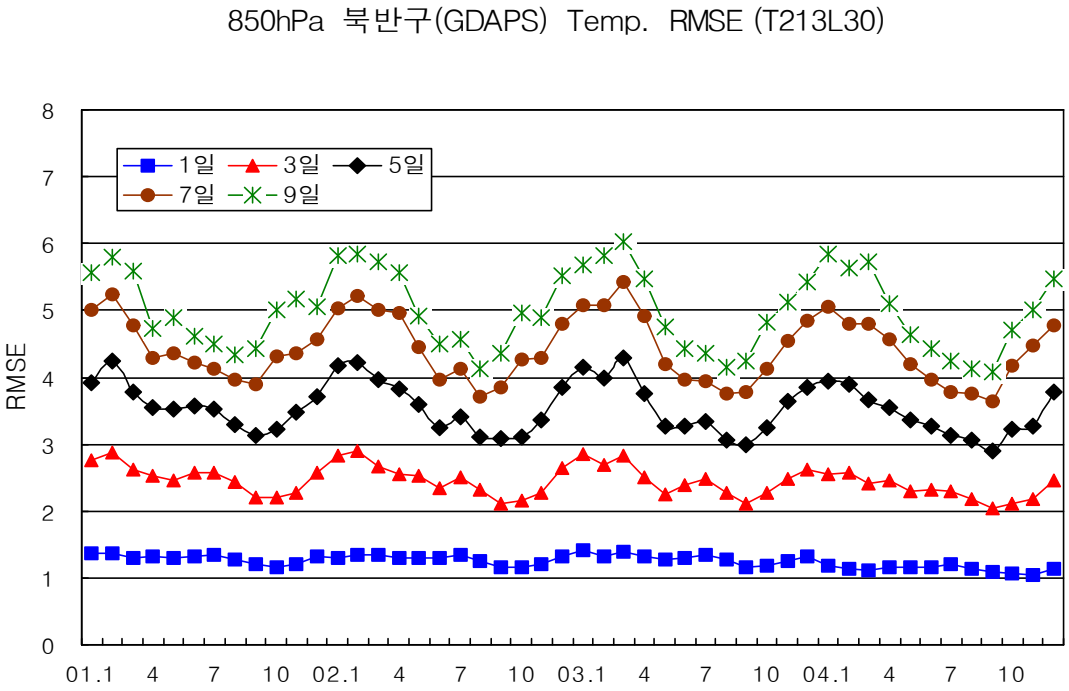


(2) 북반구

① 저분해능(T106L21), 단위 : C

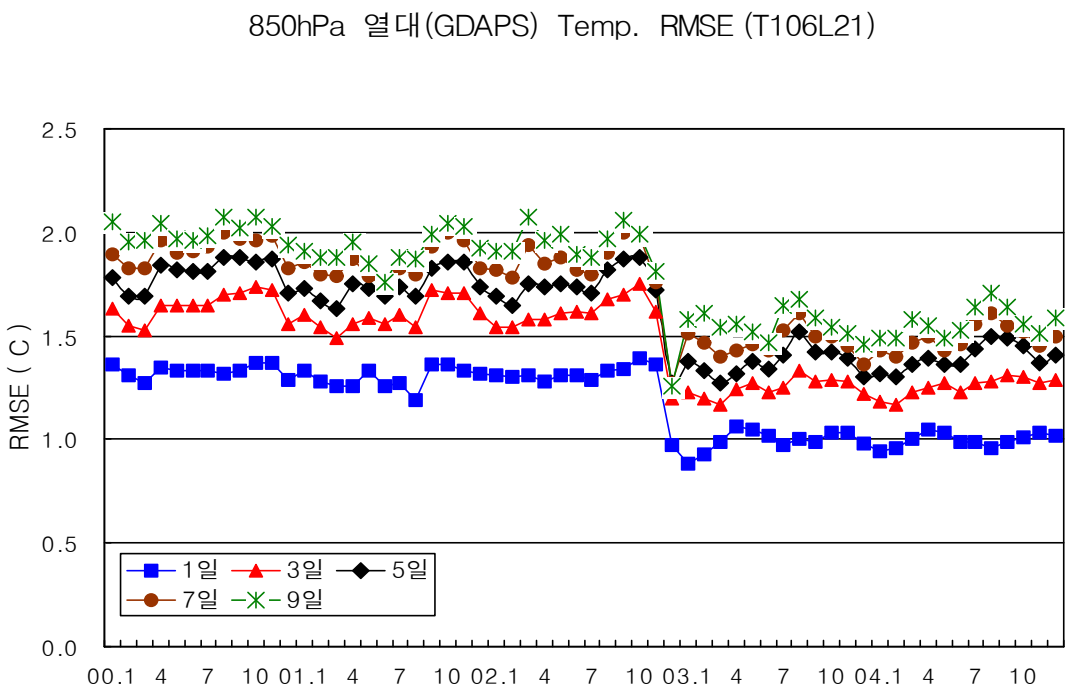


② 고분해능(T213L30), 단위 : C

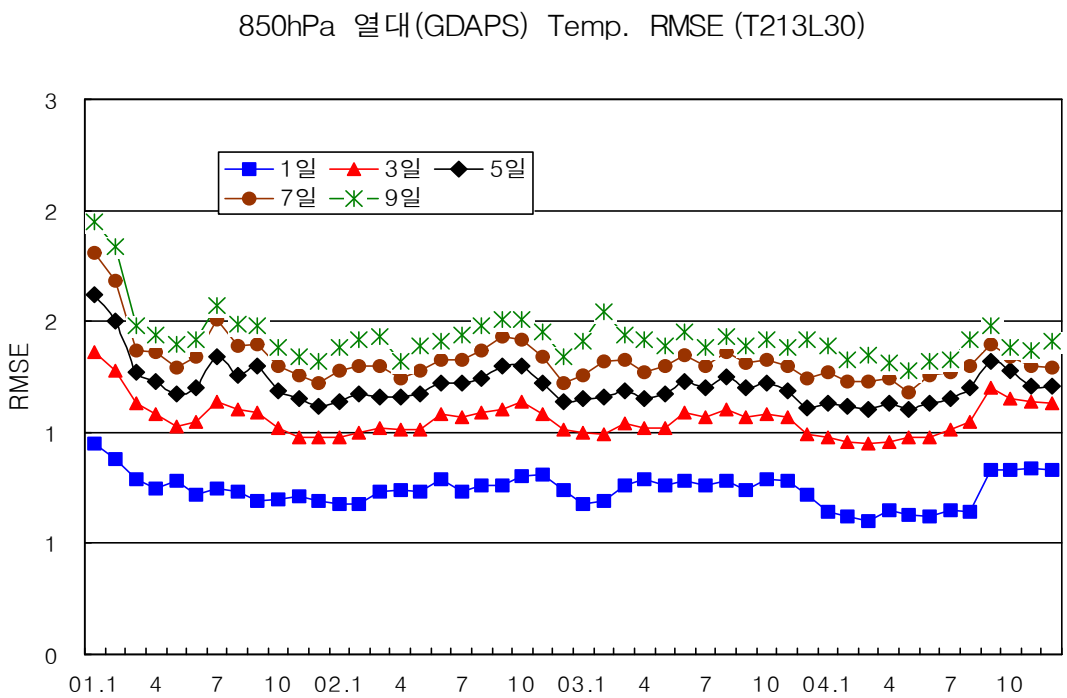


(3) 열대

① 저분해능(T106L21), 단위 : C

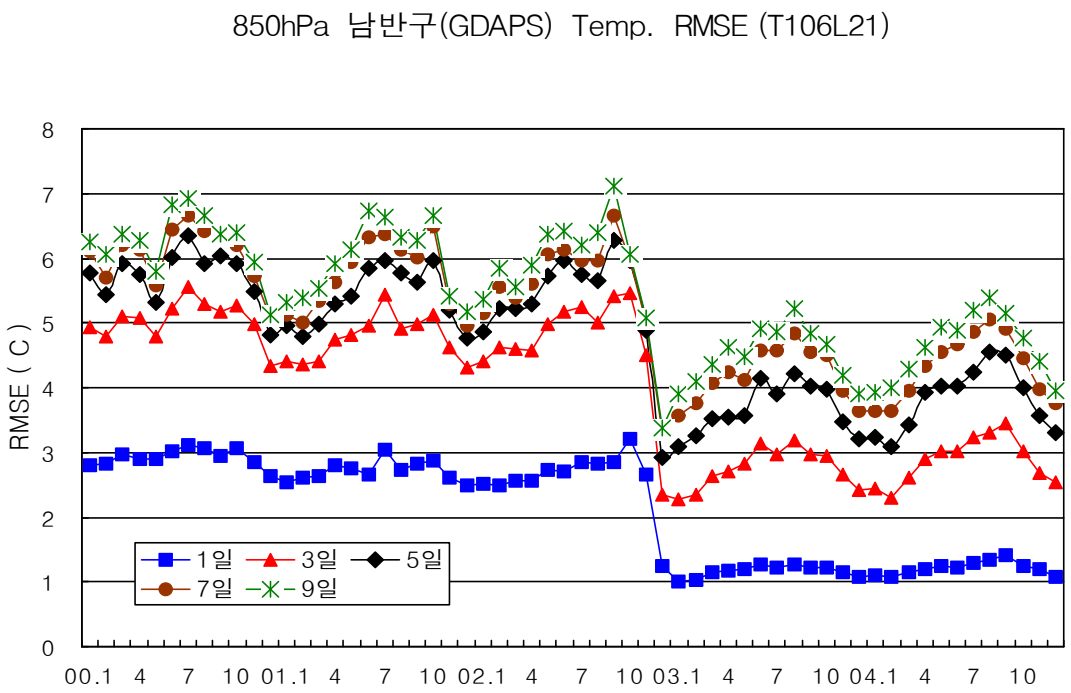


② 고분해능(T213L30), 단위 : C

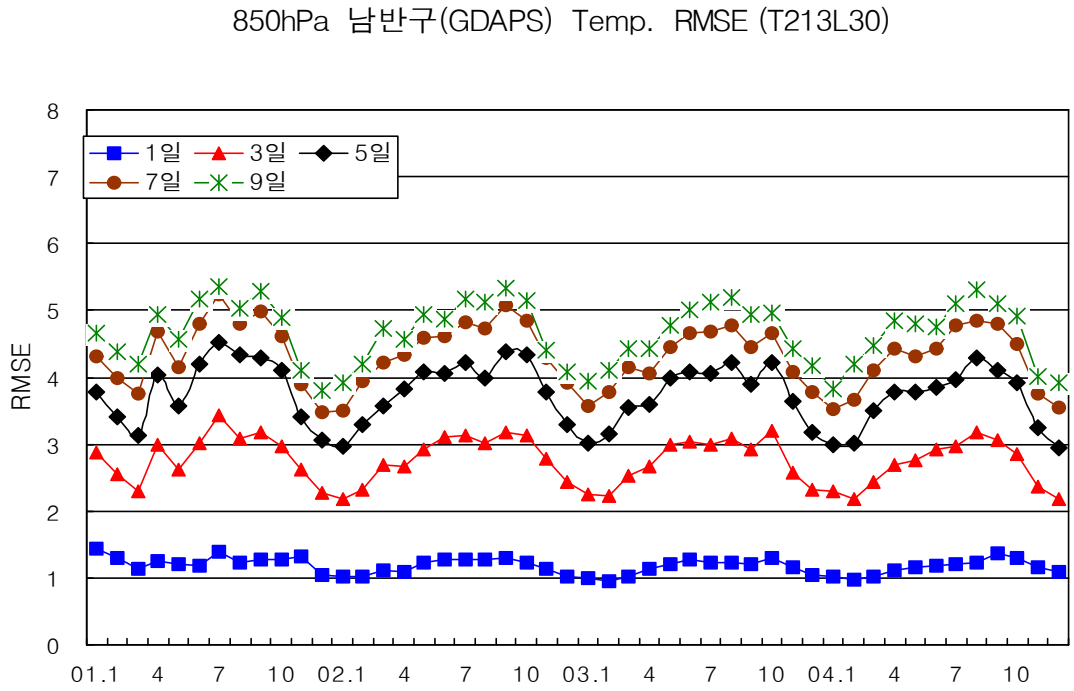


(4) 남반구

① 저분해능(T106L21), 단위 : C



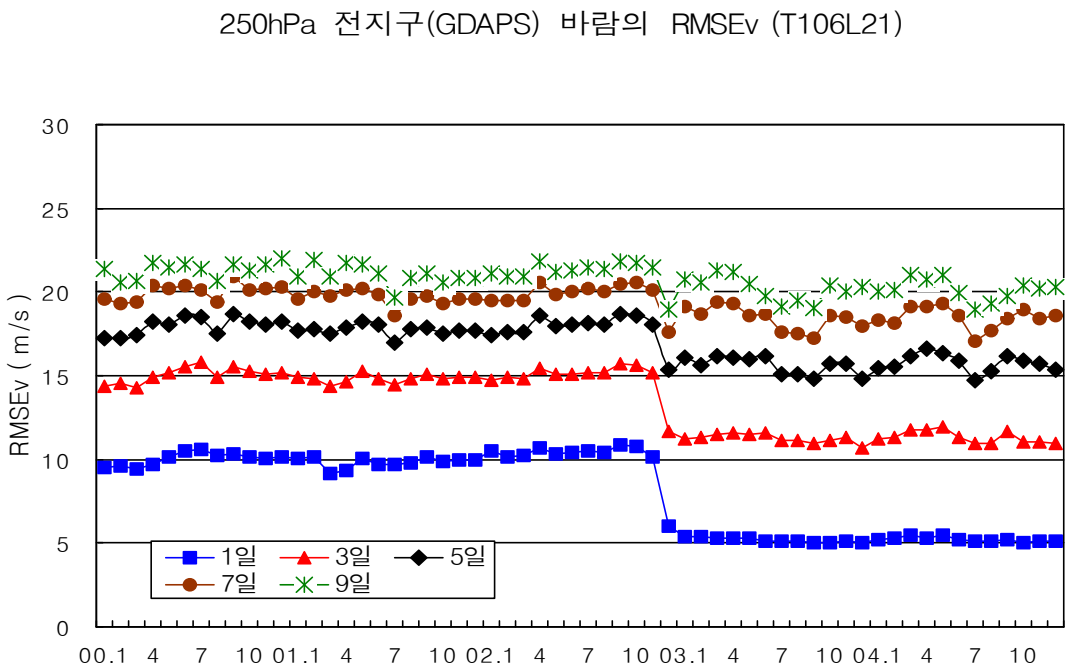
② 고분해능(T213L30), 단위 : C



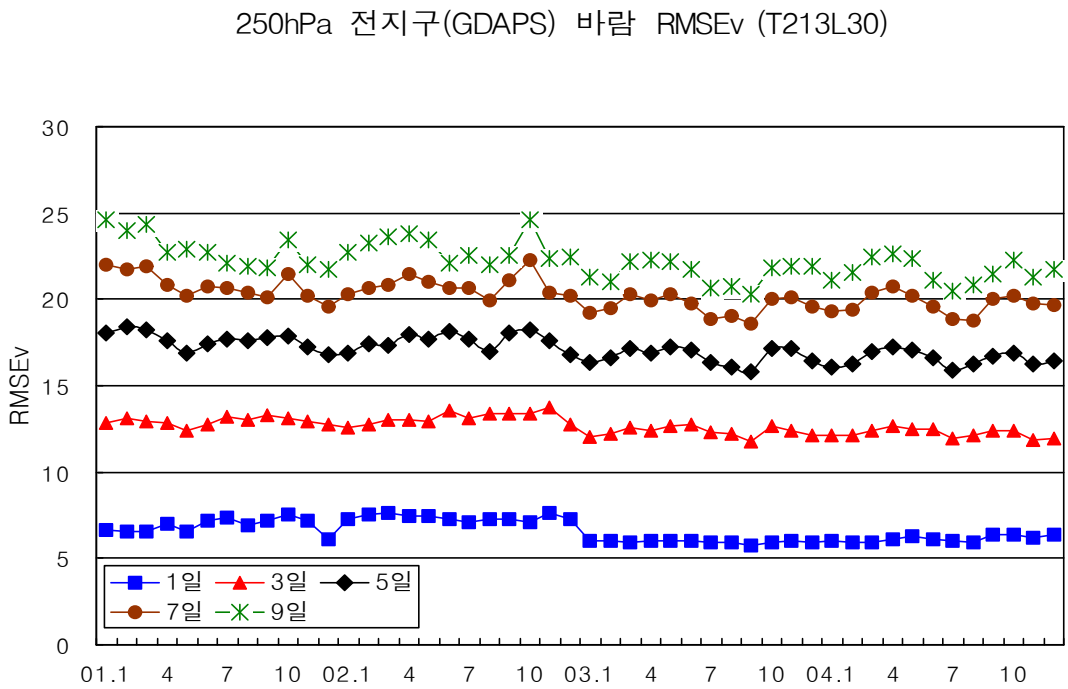
다. 250 hPa 바람의 RMSEv (단위 : m/s)

(1) 전지구

① 저분해능(T106L21), 단위 : m/s

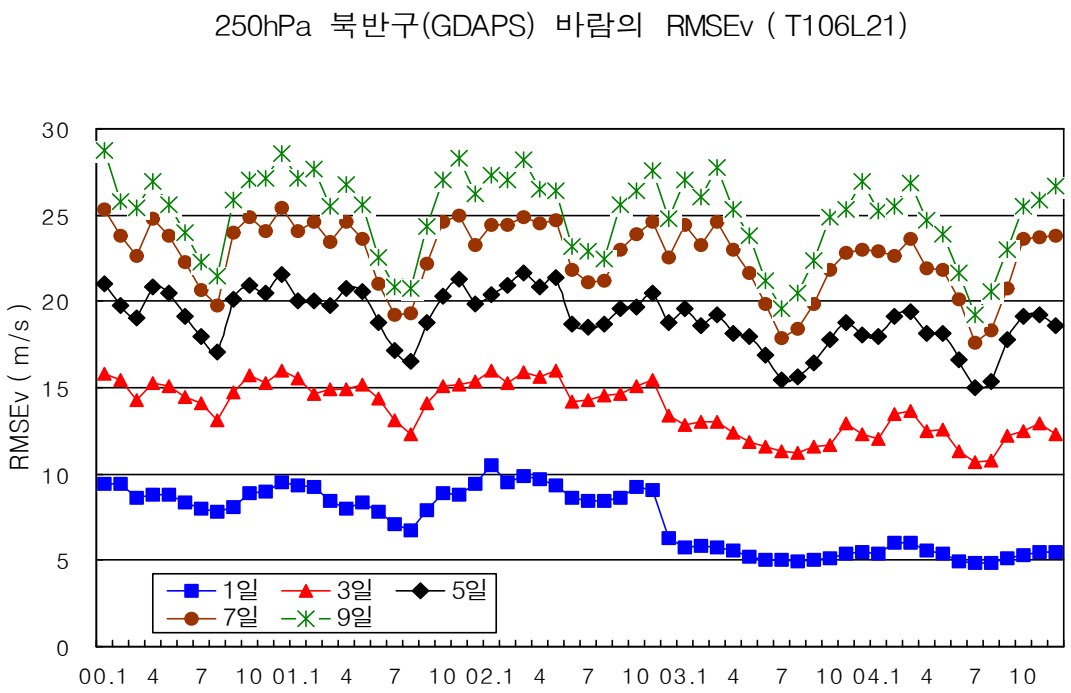


② 고분해능(T213L30), 단위 : m/s

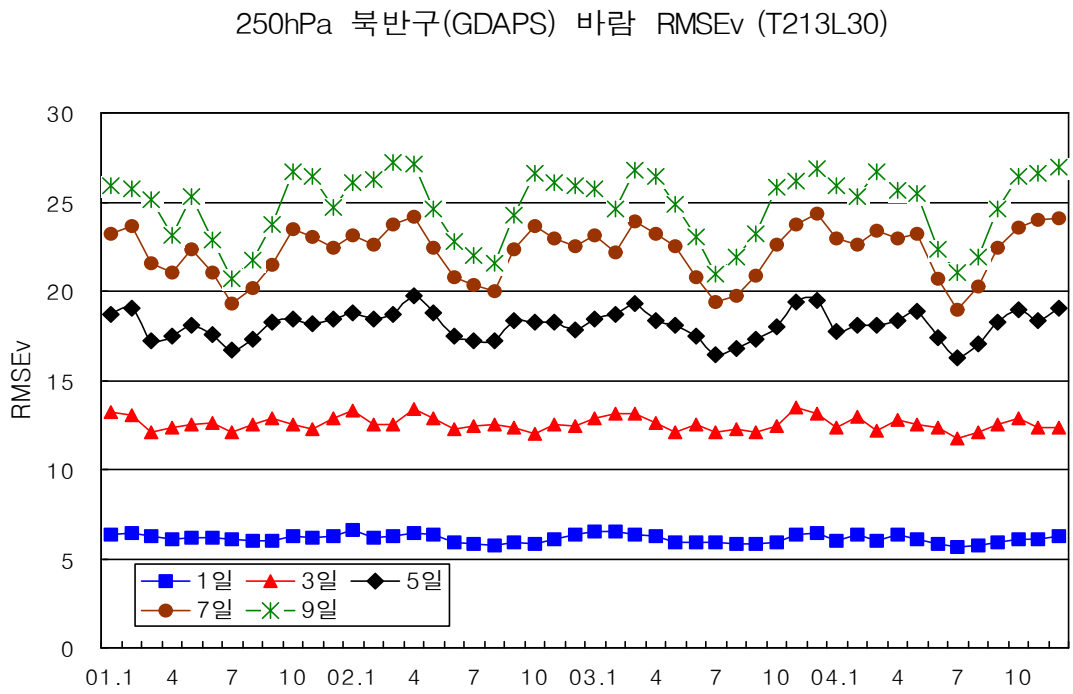


(2) 북반구

① 저분해능(T106L21), 단위 : m/s

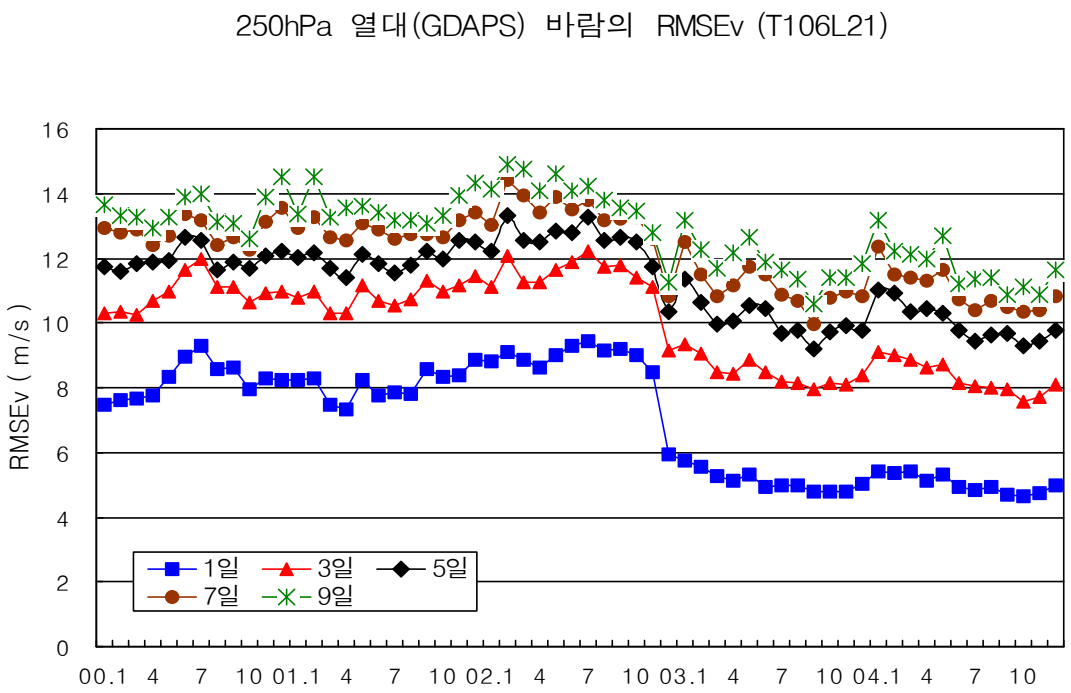


② 고분해능(T213L30), 단위 : m/s

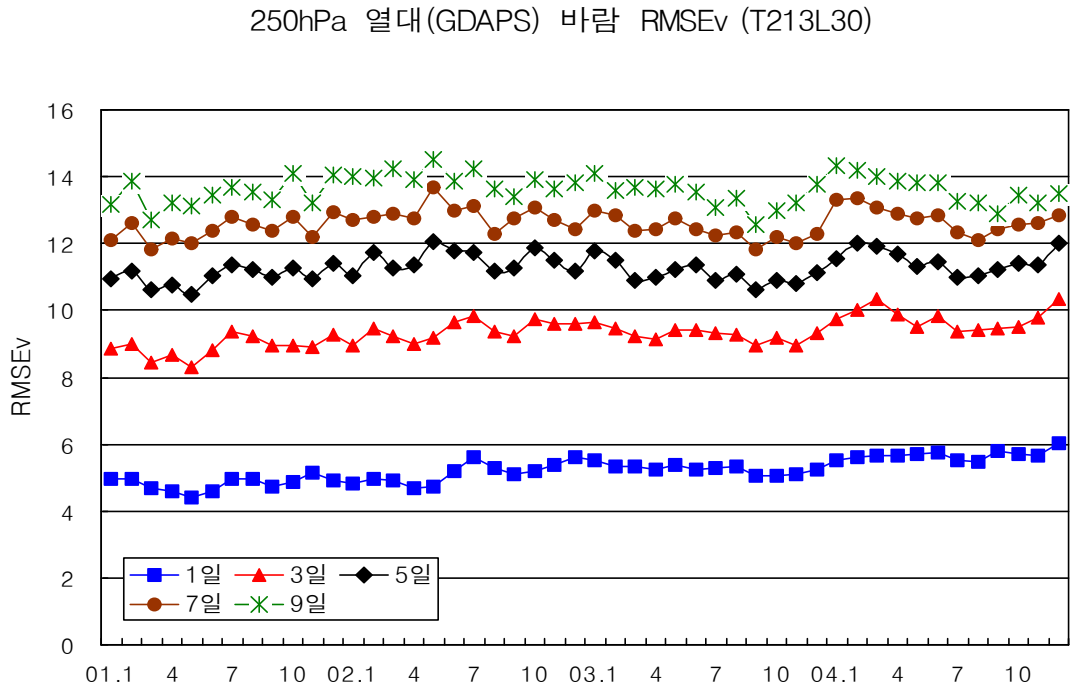


(3) 열대

① 저분해능(T106L21), 단위 : m/s



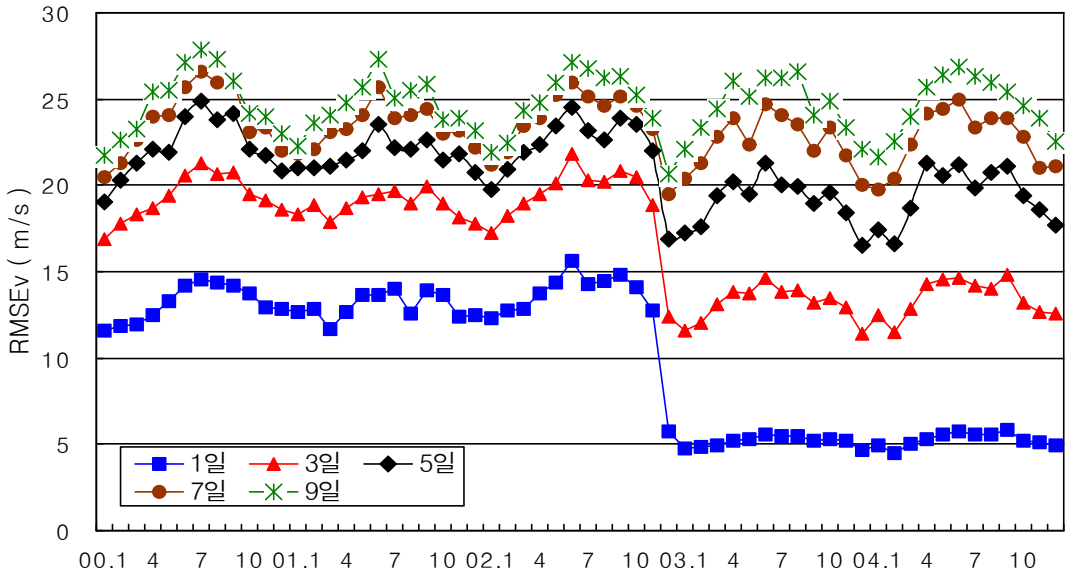
② 고분해능(T213L30), 단위 : m/s



(4) 남반구

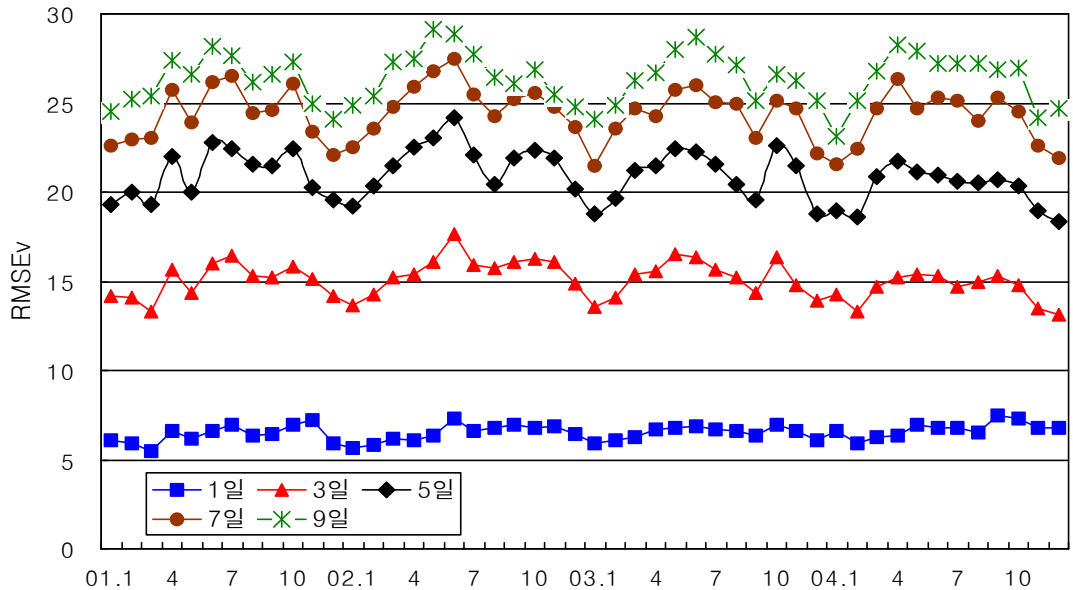
① 저분해능(T106L21), 단위 : m/s

250hPa 남반구(GDAPS) 바람의 RMSEv (T106L21)



② 고분해능(T213L30), 단위 : m/s

250hPa 남반구(GDAPS) 바람 RMSEv (T213L30)



3.1.2. 분석 검증

o 검증 변수: MSLP, 고도, 온도, 바람

o 검증 요소: 평균 오차, RMSE, AC, Skill Score

o 검증 영역: 북반구 (20N ~ 90N)

가. 북반구

가) MSLP

1) Mean Error (단위 : hPa, 2004년)

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	0.05	0.05	0.12	0.15	0.05	-0.07	-0.04	-0.06	-0.08	0.04	0.10	0.04	0.03
48H	0.21	0.14	0.23	0.29	0.00	-0.17	-0.12	-0.13	-0.14	0.04	0.25	0.11	0.06
72H	0.36	0.16	0.31	0.43	-0.06	-0.24	-0.20	-0.16	-0.17	0.04	0.38	0.12	0.08
96H	0.51	0.17	0.43	0.56	-0.03	-0.23	-0.23	-0.17	-0.09	0.16	0.50	0.17	0.15
120H	0.60	0.26	0.53	0.60	-0.04	-0.23	-0.29	-0.25	-0.01	0.33	0.61	0.27	0.20
144H	0.77	0.42	0.55	0.65	-0.03	-0.34	-0.41	-0.35	0.02	0.51	0.71	0.41	0.24
168H	0.88	0.57	0.58	0.77	-0.02	-0.45	-0.56	-0.42	0.00	0.61	0.71	0.51	0.27
192H	0.90	0.77	0.63	0.86	0.01	-0.49	-0.67	-0.47	-0.03	0.71	0.66	0.46	0.28
216H	0.93	0.95	0.70	0.88	0.02	-0.50	-0.79	-0.50	-0.09	0.79	0.61	0.39	0.28
240H	1.18	0.95	0.75	0.87	-0.03	-0.59	-0.91	-0.53	-0.26	0.79	0.51	0.35	0.26

2) RMSE (단위 : hPa, 2004년)

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	2.20	2.15	2.03	1.94	1.77	1.77	1.73	1.74	1.71	1.81	1.82	2.01	1.89
48H	3.60	3.47	3.22	3.17	2.79	2.79	2.70	2.68	2.66	2.90	2.99	3.26	3.02
72H	5.12	4.85	4.35	4.39	3.90	3.70	3.44	3.43	3.66	3.98	4.21	4.53	4.13
96H	6.71	6.32	5.59	5.58	5.09	4.62	4.19	4.31	4.77	5.37	5.55	6.17	5.36
120H	8.01	7.72	7.00	6.69	6.19	5.53	4.90	5.18	5.78	6.73	6.98	7.74	6.54
144H	9.30	8.77	8.41	7.78	7.15	6.29	5.48	5.97	6.62	7.95	8.37	9.18	7.61
168H	10.53	9.67	9.67	8.75	7.95	6.86	5.84	6.47	7.51	8.83	9.70	10.39	8.51
192H	11.59	10.46	10.78	9.45	8.59	7.33	6.31	6.95	8.16	9.41	10.43	11.16	9.22
216H	12.43	11.05	11.44	9.92	9.02	7.73	6.82	7.35	8.56	10.07	10.83	11.66	9.74
240H	12.78	11.55	12.07	10.14	9.31	8.05	7.15	7.55	8.78	10.68	11.32	12.09	10.12

3) S1 score (단위 : 무차원, 2004년)

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	35.79	35.07	34.20	35.33	36.02	37.94	39.80	39.05	37.11	35.92	33.93	34.51	36.22
48H	47.25	46.51	44.72	46.97	46.83	49.77	51.45	51.01	48.22	46.93	44.75	44.53	47.41
72H	56.33	55.23	52.83	55.78	55.70	58.29	59.54	59.22	56.71	55.71	53.47	52.71	55.96
96H	64.47	62.62	60.57	63.12	64.11	65.56	66.22	66.17	64.23	64.62	61.48	61.52	63.72
120H	70.72	69.06	67.52	69.21	70.10	71.38	71.04	71.59	70.88	71.77	68.74	68.77	70.07
144H	76.21	73.34	72.99	74.74	75.09	75.95	74.71	76.65	75.94	77.47	74.67	74.43	75.18
168H	80.61	76.18	77.91	79.57	79.87	78.87	77.33	79.36	80.13	80.82	80.06	78.99	79.14
192H	84.03	78.91	81.63	82.68	82.90	81.10	79.21	81.72	82.65	83.50	82.93	82.14	81.95
216H	86.19	81.14	84.01	84.98	84.45	82.39	80.85	83.45	84.28	85.61	84.57	83.70	83.80
240H	86.93	82.82	86.58	85.95	85.94	83.70	82.00	84.87	84.73	87.70	85.79	84.73	85.14

나) 850 hPa 온도

① Mean Error (단위 : C, 2004년)

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	-0.06	-0.09	-0.10	-0.10	0.00	0.03	0.10	0.07	-0.04	-0.12	-0.10	-0.05	-0.04
48H	0.01	-0.05	-0.07	-0.03	0.13	0.19	0.25	0.18	-0.01	-0.13	-0.10	-0.02	0.03
72H	0.05	-0.02	-0.04	0.02	0.24	0.31	0.38	0.26	0.03	-0.12	-0.10	0.02	0.09
96H	0.07	-0.01	0.00	0.07	0.33	0.42	0.48	0.33	0.07	-0.09	-0.07	0.08	0.14
120H	0.08	0.03	0.03	0.11	0.42	0.51	0.58	0.39	0.10	-0.08	-0.07	0.11	0.18
144H	0.06	0.09	0.04	0.14	0.47	0.59	0.66	0.45	0.12	-0.08	-0.07	0.12	0.22
168H	0.04	0.13	0.04	0.16	0.51	0.67	0.74	0.50	0.13	-0.08	-0.06	0.12	0.24
192H	0.02	0.14	0.03	0.15	0.55	0.72	0.82	0.54	0.14	-0.05	-0.03	0.14	0.26
216H	0.05	0.12	0.03	0.14	0.57	0.76	0.90	0.59	0.17	-0.01	0.00	0.15	0.29
240H	0.08	0.10	-0.02	0.14	0.62	0.81	0.95	0.61	0.20	0.03	0.04	0.18	0.31

② RMSE (단위 : C, 2004년)

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	1.18	1.14	1.11	1.16	1.15	1.17	1.20	1.14	1.09	1.07	1.04	1.13	1.13
48H	1.88	1.87	1.79	1.84	1.74	1.78	1.82	1.73	1.60	1.61	1.63	1.79	1.76
72H	2.55	2.57	2.42	2.45	2.29	2.31	2.30	2.19	2.05	2.12	2.17	2.45	2.32
96H	3.25	3.23	3.04	3.02	2.86	2.82	2.74	2.64	2.48	2.69	2.69	3.11	2.88
120H	3.95	3.89	3.67	3.55	3.36	3.28	3.14	3.05	2.90	3.22	3.27	3.77	3.42
144H	4.58	4.43	4.30	4.09	3.81	3.64	3.48	3.46	3.30	3.73	3.91	4.28	3.92
168H	5.05	4.81	4.81	4.56	4.19	3.97	3.77	3.75	3.63	4.17	4.48	4.78	4.33
192H	5.48	5.24	5.32	4.87	4.48	4.21	4.04	3.96	3.84	4.46	4.85	5.17	4.66
216H	5.85	5.63	5.72	5.11	4.64	4.42	4.25	4.13	4.07	4.70	5.02	5.47	4.92
240H	6.07	5.93	6.09	5.19	4.77	4.59	4.45	4.28	4.24	4.88	5.19	5.77	5.12

③ S1 score (단위 : 무차원, 2004년)

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	40.04	38.07	37.37	39.18	40.19	42.77	43.97	44.56	45.20	42.94	41.19	40.22	41.31
48H	52.99	51.04	49.95	52.66	53.12	56.36	57.44	58.30	57.80	55.06	53.42	51.98	54.18
72H	60.25	58.62	57.00	60.34	60.74	63.81	64.65	65.00	64.66	61.86	60.34	58.89	61.35
96H	65.40	64.35	62.39	65.51	66.74	69.26	69.72	70.02	69.28	67.42	65.55	64.67	66.69
120H	69.38	68.60	67.12	69.76	71.09	73.43	73.62	73.91	73.45	71.48	69.77	69.17	70.90
144H	73.21	71.76	70.62	73.16	74.64	76.13	76.40	77.37	76.55	74.69	73.76	72.12	74.20
168H	75.93	73.59	73.73	76.11	77.50	78.07	78.24	79.41	78.92	77.16	76.89	74.99	76.71
192H	78.40	75.53	75.94	78.07	79.38	79.44	80.10	80.69	80.35	78.83	78.81	77.17	78.56
216H	79.62	77.06	77.68	79.66	80.15	80.72	81.33	81.50	81.63	79.97	79.82	78.54	79.81
240H	80.30	78.36	79.44	80.17	81.01	81.68	82.38	82.46	82.16	80.80	80.19	79.59	80.71

④ AC (단위 : 무차원, 2004년)

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	0.97	0.97	0.97	0.97	0.96	0.95	0.94	0.94	0.94	0.96	0.97	0.97	0.96
48H	0.91	0.92	0.93	0.92	0.92	0.88	0.87	0.86	0.88	0.92	0.92	0.91	0.90
72H	0.83	0.85	0.88	0.85	0.85	0.81	0.79	0.79	0.81	0.86	0.86	0.84	0.83
96H	0.73	0.76	0.81	0.78	0.77	0.72	0.71	0.69	0.73	0.77	0.79	0.74	0.75
120H	0.61	0.66	0.72	0.69	0.68	0.62	0.62	0.59	0.63	0.68	0.70	0.62	0.65
144H	0.49	0.55	0.61	0.58	0.58	0.54	0.54	0.48	0.53	0.57	0.58	0.52	0.55
168H	0.40	0.48	0.51	0.48	0.48	0.46	0.46	0.39	0.44	0.46	0.46	0.41	0.45
192H	0.30	0.39	0.42	0.39	0.40	0.41	0.38	0.33	0.38	0.38	0.37	0.32	0.37
216H	0.20	0.31	0.34	0.32	0.35	0.35	0.32	0.28	0.31	0.32	0.32	0.24	0.30
240H	0.14	0.25	0.25	0.28	0.30	0.31	0.26	0.24	0.26	0.27	0.27	0.17	0.25

다) 500 hPa 고도

① Mean Error (단위 : m, 2004년)

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	2.67	2.28	2.38	2.71	3.37	3.00	4.12	3.69	2.27	1.94	2.58	2.62	2.80
48H	3.70	2.70	2.74	3.80	4.06	3.44	4.77	3.83	1.47	1.01	3.01	2.64	3.10
72H	4.41	2.86	3.01	5.02	4.82	4.27	5.52	4.36	1.52	0.83	3.71	2.58	3.58
96H	4.58	3.01	3.56	6.24	6.02	5.84	6.71	5.12	2.57	1.99	4.63	3.01	4.44
120H	4.59	4.02	4.17	6.79	7.09	7.04	7.69	5.27	3.45	3.18	5.45	3.66	5.20
144H	5.36	5.64	3.99	6.99	8.18	7.42	8.01	5.21	3.87	4.39	6.43	4.52	5.83
168H	6.02	6.70	3.97	7.69	9.19	7.89	8.23	5.54	3.87	5.50	6.47	5.15	6.35
192H	6.40	7.53	3.77	8.18	10.27	8.97	8.93	5.99	3.95	7.04	6.51	4.99	6.88
216H	7.08	8.10	3.89	8.43	11.06	10.23	9.54	6.59	3.97	8.47	6.62	4.42	7.37
240H	8.96	7.81	3.38	8.65	11.60	10.91	9.92	7.31	2.95	9.13	6.38	4.26	7.60

② RMSE (단위 : m, 2004년)

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	18.88	18.47	17.48	16.83	15.96	15.30	14.75	15.17	15.71	16.23	16.52	18.05	16.61
48H	33.22	32.50	30.17	29.69	26.52	25.48	23.35	24.19	25.94	27.24	28.83	31.02	28.18
72H	49.59	48.26	43.25	43.48	38.52	37.06	33.09	33.83	37.55	40.50	42.58	45.70	41.12
96H	66.23	63.64	57.18	57.71	52.49	48.27	43.19	45.15	49.66	55.31	57.38	62.53	54.89
120H	83.18	78.86	74.47	72.21	67.87	59.91	52.74	56.86	62.12	70.18	73.21	79.17	69.23
144H	100.51	91.45	91.58	85.29	81.68	70.12	60.71	67.44	73.33	84.69	89.60	94.67	82.59
168H	115.35	102.36	106.47	97.04	92.85	78.43	66.52	74.97	83.35	96.75	105.71	109.76	94.13
192H	127.78	113.87	119.56	104.25	100.77	84.49	72.70	81.40	90.86	105.31	115.82	120.34	103.10
216H	137.28	123.25	130.39	110.55	105.50	89.97	78.53	85.91	97.64	114.12	122.46	128.54	110.35
240H	143.00	131.20	138.89	113.42	111.03	94.84	83.55	88.88	101.08	120.56	129.29	133.62	115.78

③ S1 score (단위 : 무차원, 2004년)

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	21.99	21.20	20.27	22.27	23.35	26.13	27.57	28.13	28.23	25.58	22.81	21.90	24.12
48H	32.91	31.93	30.34	33.63	33.90	38.14	38.94	39.68	39.38	35.85	32.76	31.50	34.91
72H	42.24	40.90	38.52	42.80	43.15	48.09	48.58	49.16	48.62	45.10	41.68	40.22	44.09
96H	49.44	48.47	45.74	50.50	51.85	56.24	57.02	57.60	56.84	53.39	49.52	48.42	52.09
120H	55.76	54.14	52.77	57.21	59.74	63.50	63.73	65.04	63.83	60.39	56.42	55.15	58.97
144H	61.45	58.51	59.07	63.00	66.53	69.20	69.00	70.93	69.59	66.58	62.58	60.57	64.75
168H	66.43	61.95	64.50	68.09	71.95	73.72	72.99	74.38	74.21	70.83	67.93	65.47	69.37
192H	70.28	65.11	68.05	70.98	75.57	76.82	76.22	76.97	76.85	74.17	71.12	68.74	72.57
216H	72.85	67.70	71.23	73.62	77.35	79.25	79.20	79.21	79.51	76.90	73.17	71.05	75.09
240H	74.51	69.91	74.26	74.44	80.12	81.30	81.50	81.06	80.24	78.33	74.41	72.18	76.86

④ AC (단위 : 무차원, 2004년)

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.99	0.98	0.98
48H	0.95	0.95	0.96	0.96	0.96	0.94	0.94	0.94	0.93	0.95	0.96	0.95	0.95
72H	0.88	0.90	0.93	0.91	0.91	0.88	0.88	0.89	0.86	0.89	0.91	0.89	0.89
96H	0.80	0.82	0.87	0.83	0.83	0.81	0.79	0.79	0.76	0.80	0.83	0.81	0.81
120H	0.69	0.74	0.78	0.74	0.72	0.70	0.68	0.67	0.64	0.68	0.73	0.70	0.71
144H	0.56	0.65	0.67	0.62	0.59	0.59	0.58	0.55	0.50	0.54	0.61	0.58	0.59
168H	0.44	0.58	0.55	0.50	0.46	0.49	0.49	0.45	0.37	0.42	0.47	0.45	0.47
192H	0.33	0.49	0.43	0.42	0.35	0.41	0.40	0.35	0.27	0.34	0.37	0.35	0.38
216H	0.24	0.40	0.32	0.35	0.28	0.34	0.30	0.28	0.17	0.26	0.31	0.28	0.29
240H	0.19	0.32	0.22	0.32	0.19	0.26	0.22	0.23	0.13	0.19	0.25	0.23	0.23

라) 250 hPa 바람

① Mean Error (단위 : m/s, 2004년)

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	-0.04	-0.05	0.01	-0.04	0.06	0.07	0.01	0.04	0.00	-0.09	-0.03	-0.19	-0.02
48H	-0.01	-0.03	0.11	0.06	0.13	0.06	0.01	-0.02	-0.06	-0.26	-0.20	-0.28	-0.04
72H	0.14	0.06	0.19	0.21	0.21	0.12	0.07	-0.02	-0.04	-0.35	-0.14	-0.23	0.02
96H	0.24	0.14	0.19	0.34	0.20	0.20	0.21	0.04	-0.02	-0.35	0.02	-0.20	0.08
120H	0.58	0.16	0.28	0.48	0.16	0.28	0.30	0.21	0.15	-0.30	0.20	-0.15	0.20
144H	0.84	0.12	0.40	0.47	0.21	0.36	0.37	0.42	0.29	-0.21	0.35	0.01	0.30
168H	1.07	0.04	0.36	0.42	0.18	0.42	0.45	0.50	0.37	-0.06	0.34	0.18	0.36
192H	1.20	0.03	0.44	0.47	0.26	0.54	0.55	0.60	0.36	0.01	0.35	0.29	0.43
216H	1.18	0.04	0.54	0.53	0.39	0.63	0.66	0.56	0.30	0.17	0.33	0.32	0.47
240H	1.25	0.09	0.65	0.64	0.40	0.63	0.75	0.50	0.24	0.27	0.34	0.38	0.51

② RMSEv (단위 : m/s, 2004년)

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	6.03	6.31	5.98	6.31	6.07	5.83	5.66	5.75	5.91	6.12	6.08	6.27	6.03
48H	9.37	9.86	9.36	9.73	9.40	9.34	8.91	9.30	9.31	9.50	9.39	9.49	9.41
72H	12.32	12.94	12.18	12.77	12.55	12.38	11.70	12.09	12.48	12.89	12.37	12.35	12.42
96H	15.06	15.61	14.93	15.67	15.66	15.06	14.16	14.70	15.55	16.15	15.44	15.75	15.31
120H	17.74	18.13	18.05	18.36	18.85	17.40	16.23	17.06	18.30	19.00	18.35	19.02	18.04
144H	20.69	20.50	20.89	20.50	21.30	19.25	17.79	18.98	20.65	21.64	21.28	21.65	20.43
168H	22.98	22.59	23.35	22.93	23.18	20.68	18.97	20.23	22.47	23.53	24.00	24.12	22.42
192H	24.68	24.17	25.18	24.36	24.47	21.65	20.17	21.12	23.52	24.95	25.74	25.59	23.80
216H	25.92	25.31	26.67	25.65	25.50	22.32	21.08	21.95	24.62	26.42	26.57	26.95	24.91
240H	27.07	26.76	27.89	26.26	26.20	23.12	21.60	22.50	25.14	27.25	27.14	28.30	25.77

3.1.3. 관측 검증

o 검증 변수: 고도, 온도, 바람

o 검증 요소: 평균 오차, RMSE, TREND

o 검증 영역: 아시아

가. 아시아

가) 850 hPa 온도 - 아시아

① Mean Error (단위 : C, 2004년)

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave
24H	0.11	-0.10	-0.32	-0.50	-0.07	0.33	0.60	0.57	0.17	-0.11	-0.05	0.26	0.07
48H	0.32	-0.06	-0.23	-0.48	0.28	0.88	1.07	0.99	0.50	0.06	0.09	0.38	0.32
72H	0.62	0.07	-0.05	-0.40	0.59	1.28	1.37	1.19	0.65	0.22	0.19	0.51	0.52
96H	0.93	0.10	0.08	-0.39	0.87	1.57	1.56	1.36	0.68	0.29	0.31	0.79	0.68
120H	1.32	0.02	0.13	-0.32	1.01	1.80	1.69	1.42	0.71	0.41	0.36	1.17	0.81
144H	1.41	0.04	0.32	-0.36	1.08	1.86	1.72	1.48	0.67	0.25	0.31	1.46	0.85
168H	1.32	-0.02	0.63	-0.25	0.95	1.96	1.67	1.51	0.68	-0.05	0.08	1.55	0.84
192H	1.15	-0.32	1.09	-0.01	1.02	2.00	1.68	1.68	0.60	-0.17	0.26	1.51	0.87
216H	1.10	-0.50	1.24	-0.03	1.00	1.94	1.61	1.74	0.53	0.06	0.40	1.52	0.88
240H	1.05	-0.71	1.21	-0.04	1.01	1.76	1.60	1.74	0.49	0.23	0.10	1.76	0.85

② RMSE (단위 : C, 2004년)

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave
24H	2.09	2.02	2.16	2.26	2.20	2.15	2.06	2.05	1.92	2.01	1.83	2.16	2.08
48H	2.43	2.38	2.55	2.72	2.66	2.73	2.78	2.68	2.25	2.22	2.14	2.58	2.51
72H	2.87	2.85	2.89	3.27	3.06	3.22	3.32	3.09	2.52	2.53	2.49	3.06	2.93
96H	3.38	3.30	3.46	3.69	3.66	3.69	3.67	3.43	2.80	3.03	2.83	3.56	3.38
120H	3.98	3.74	3.93	4.16	4.14	4.08	3.98	3.71	3.12	3.48	3.51	4.06	3.82
144H	4.44	4.06	4.65	4.44	4.57	4.31	4.17	4.02	3.38	4.20	4.03	4.52	4.23
168H	4.76	4.56	5.15	5.41	4.69	4.59	4.27	4.11	3.59	4.77	4.66	5.07	4.64
192H	4.92	5.06	5.84	5.87	5.08	4.68	4.50	4.29	3.74	4.86	5.07	5.47	4.95
216H	5.44	5.31	6.31	6.04	5.21	4.89	4.60	4.46	4.20	4.89	5.15	5.75	5.19
240H	5.72	5.81	6.61	6.07	5.41	4.79	4.79	4.68	4.72	4.92	5.16	5.89	5.38

③ TREND (단위 : 무차원, 2004년)

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave
24H	0.79	0.82	0.87	0.88	0.85	0.78	0.59	0.65	0.74	0.85	0.87	0.85	0.80
48H	0.79	0.85	0.87	0.88	0.85	0.78	0.59	0.65	0.78	0.88	0.89	0.85	0.81
72H	0.74	0.84	0.85	0.85	0.83	0.75	0.57	0.62	0.78	0.88	0.87	0.80	0.78
96H	0.70	0.83	0.82	0.83	0.79	0.72	0.54	0.59	0.76	0.86	0.82	0.77	0.75
120H	0.61	0.80	0.80	0.81	0.76	0.68	0.49	0.56	0.71	0.83	0.76	0.70	0.71
144H	0.58	0.77	0.72	0.75	0.74	0.63	0.47	0.53	0.64	0.78	0.73	0.63	0.66
168H	0.60	0.72	0.68	0.63	0.72	0.60	0.45	0.50	0.59	0.75	0.69	0.58	0.63
192H	0.56	0.66	0.66	0.59	0.67	0.60	0.45	0.47	0.57	0.73	0.63	0.58	0.60
216H	0.54	0.63	0.64	0.59	0.64	0.59	0.44	0.44	0.52	0.67	0.61	0.58	0.57
240H	0.50	0.60	0.62	0.58	0.58	0.61	0.40	0.39	0.46	0.62	0.62	0.57	0.55

나) 500 hPa 고도

① Mean Error (단위 : m, 2004년)

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave
24H	-2.51	1.52	2.04	0.66	5.41	1.40	1.37	0.34	3.36	3.69	2.82	5.79	2.16
48H	-6.53	4.88	6.90	2.26	9.80	5.16	0.44	-0.30	11.71	10.73	11.69	11.20	5.66
72H	-2.88	10.18	14.19	9.02	15.85	14.58	7.83	5.59	16.08	16.70	20.66	17.83	12.14
96H	-1.26	9.58	14.89	9.90	11.99	13.19	8.05	4.24	6.17	10.65	16.53	17.79	10.14
120H	1.44	8.39	16.01	9.72	8.82	8.61	6.48	2.00	-1.44	4.62	11.91	18.01	7.88
144H	1.95	9.47	15.07	6.74	6.50	4.15	2.92	2.04	-0.03	1.46	11.67	18.27	6.68
168H	-0.06	10.67	17.57	9.46	8.75	2.70	4.60	4.85	7.37	1.74	13.79	21.38	8.57
192H	-2.96	10.65	19.68	18.78	11.36	0.13	6.72	7.88	10.95	2.87	13.87	24.13	10.34
216H	-1.12	8.13	20.93	23.65	9.77	-4.19	5.26	8.93	7.14	6.19	15.22	24.51	10.37
240H	3.18	0.90	24.36	23.20	4.85	-5.64	5.41	11.76	0.16	10.94	12.62	20.47	9.35

② RMSE (단위 : m, 2004년)

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	18.12	18.13	18.52	17.51	19.27	16.82	16.87	16.08	16.90	16.57	17.87	19.12	17.65
48H	26.75	26.42	27.12	24.77	27.60	24.79	22.31	21.30	25.47	25.59	27.38	29.49	25.75
72H	35.86	36.78	35.60	35.87	36.69	33.98	30.30	26.82	34.11	34.35	38.16	40.58	34.93
96H	43.07	45.96	43.01	45.70	44.46	38.88	36.38	32.10	36.55	40.86	44.03	49.30	41.69
120H	52.41	55.12	52.92	56.14	53.17	42.60	41.36	37.53	43.03	50.27	54.38	57.98	49.74
144H	65.04	60.49	63.93	64.09	61.24	47.40	44.18	42.76	47.86	61.29	69.11	66.23	57.80
168H	74.67	67.11	74.76	75.70	69.89	51.71	46.66	45.60	52.08	70.43	82.88	78.31	65.82
192H	83.95	74.31	82.99	83.27	75.02	55.02	48.12	49.83	57.34	73.34	86.93	86.80	71.41
216H	90.69	79.97	86.80	86.25	80.70	58.60	51.48	51.97	61.64	75.61	84.40	91.83	75.00
240H	95.30	89.73	95.92	86.52	83.32	61.75	53.00	53.69	65.78	78.89	88.72	93.90	78.88

③ TREND (단위 : 무차원, 2004년)

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	0.93	0.94	0.94	0.94	0.93	0.90	0.84	0.86	0.91	0.93	0.95	0.95	0.92
48H	0.90	0.94	0.93	0.93	0.93	0.90	0.86	0.86	0.91	0.93	0.94	0.92	0.91
72H	0.87	0.91	0.90	0.89	0.91	0.86	0.82	0.84	0.88	0.91	0.90	0.88	0.88
96H	0.85	0.89	0.86	0.86	0.87	0.84	0.79	0.80	0.87	0.87	0.87	0.84	0.85
120H	0.80	0.85	0.84	0.78	0.83	0.82	0.75	0.74	0.82	0.82	0.82	0.79	0.80
144H	0.72	0.82	0.79	0.73	0.80	0.76	0.72	0.70	0.78	0.76	0.74	0.73	0.75
168H	0.68	0.80	0.73	0.59	0.74	0.70	0.71	0.68	0.75	0.72	0.66	0.66	0.70
192H	0.61	0.74	0.69	0.53	0.69	0.66	0.71	0.64	0.69	0.67	0.64	0.61	0.66
216H	0.59	0.71	0.69	0.55	0.62	0.64	0.68	0.62	0.64	0.63	0.64	0.61	0.63
240H	0.54	0.67	0.67	0.57	0.60	0.61	0.65	0.60	0.60	0.58	0.62	0.63	0.61

다) 250 hPa 바람 ① Mean Error (단위 : m/s, 2004년)

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave
24H	-1.14	-1.23	-1.48	-1.09	-0.23	-0.42	-0.47	-0.18	-1.10	-1.39	-1.29	-1.91	-0.99
48H	-0.89	-1.36	-1.73	-0.91	-0.10	-0.66	-0.22	-0.14	-1.09	-2.13	-2.38	-2.98	-1.22
72H	0.10	-1.33	-1.35	-0.82	0.02	-0.77	-0.07	0.18	-0.89	-2.36	-2.65	-3.11	-1.09
96H	0.28	-1.45	-1.25	-0.84	0.11	-0.78	-0.27	0.36	-0.72	-2.23	-2.65	-3.12	-1.05
120H	0.99	-1.67	-1.36	-1.08	0.17	-0.76	-0.46	0.80	-0.20	-2.02	-2.45	-2.79	-0.90
144H	0.89	-2.00	-1.97	-0.80	0.09	-0.39	-0.24	1.01	-0.11	-1.39	-2.19	-2.91	-0.83
168H	1.19	-1.82	-2.62	-1.23	0.01	-0.02	0.24	0.68	-0.49	-1.56	-2.15	-2.63	-0.87
192H	1.54	-1.65	-2.52	-0.99	0.24	0.42	0.03	0.43	-0.36	-1.64	-2.74	-2.47	-0.81
216H	1.69	-1.37	-2.77	-0.66	0.65	0.25	-0.12	0.45	-0.95	-2.04	-2.22	-2.01	-0.76
240H	1.46	-1.82	-2.91	0.02	1.14	0.22	-0.35	0.51	-0.23	-1.93	-1.68	-1.55	-0.59

② RMSEv (단위 : m/s, 2004년)

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	7.64	7.85	8.63	9.00	8.83	8.16	8.26	7.45	7.35	7.28	7.27	7.56	7.94
48H	9.89	9.76	10.38	11.39	11.83	10.95	11.47	10.25	9.87	9.86	9.77	10.43	10.49
72H	11.24	11.67	12.00	13.40	13.92	13.59	13.82	12.25	12.15	11.96	11.80	12.26	12.50
96H	12.77	13.52	13.97	15.90	16.50	15.49	15.52	13.57	14.10	14.46	13.56	13.93	14.44
120H	14.19	15.29	16.28	17.72	19.01	16.97	16.99	15.37	15.45	17.17	16.07	15.71	16.35
144H	16.25	17.45	18.38	19.51	20.50	18.28	17.47	16.36	17.66	19.71	18.13	17.85	18.13
168H	18.03	18.87	20.13	21.89	21.63	19.81	17.87	16.84	18.56	21.52	20.13	19.34	19.55
192H	19.57	20.26	21.95	23.42	23.44	20.73	19.59	18.23	19.52	22.75	21.34	20.35	20.93
216H	20.76	21.78	22.77	23.84	25.25	21.71	20.67	19.32	20.38	23.10	21.24	21.44	21.85
240H	21.14	24.83	24.52	24.57	26.56	22.39	20.62	20.10	22.41	23.14	20.99	22.60	22.82

3.1.4. 강수 검증

o 검증 변수: 강수

o 검증 요소: Bias Score(BS), Threat Score(TS)

o 검증 영역: 남한

가. Bias Score (Rain ot Not, 무차원, 2004년)

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	2.18	2.05	1.88	1.29	1.33	1.53	1.82	1.59	1.62	4.50	2.13	2.75	2.06
48H	2.47	1.95	1.97	1.16	0.97	1.58	1.99	1.67	1.43	4.62	2.08	2.62	2.04
72H	2.24	2.03	1.48	1.36	1.14	1.33	1.86	1.73	1.32	3.69	2.00	2.75	1.91
96H	1.78	2.58	2.06	1.02	1.08	1.16	1.49	1.60	1.21	4.44	1.97	2.59	1.92
120H	2.20	2.63	2.45	1.38	0.95	1.40	1.56	1.62	1.05	3.94	2.50	2.75	2.03
144H	1.93	2.53	2.30	1.71	1.04	1.20	1.53	1.32	0.98	5.38	2.50	3.00	2.12
168H	2.58	2.42	2.82	1.56	1.21	1.49	1.64	1.47	0.93	5.38	2.50	3.38	2.28
192H	2.27	2.26	3.09	1.58	1.16	1.71	1.75	1.54	1.10	4.31	2.21	3.88	2.24
216H	2.18	1.97	3.42	2.00	1.42	1.91	1.57	1.48	1.35	3.31	2.24	3.94	2.23
240H	2.36	2.53	2.24	1.53	1.44	1.69	1.62	1.40	1.50	4.12	2.50	3.44	2.20

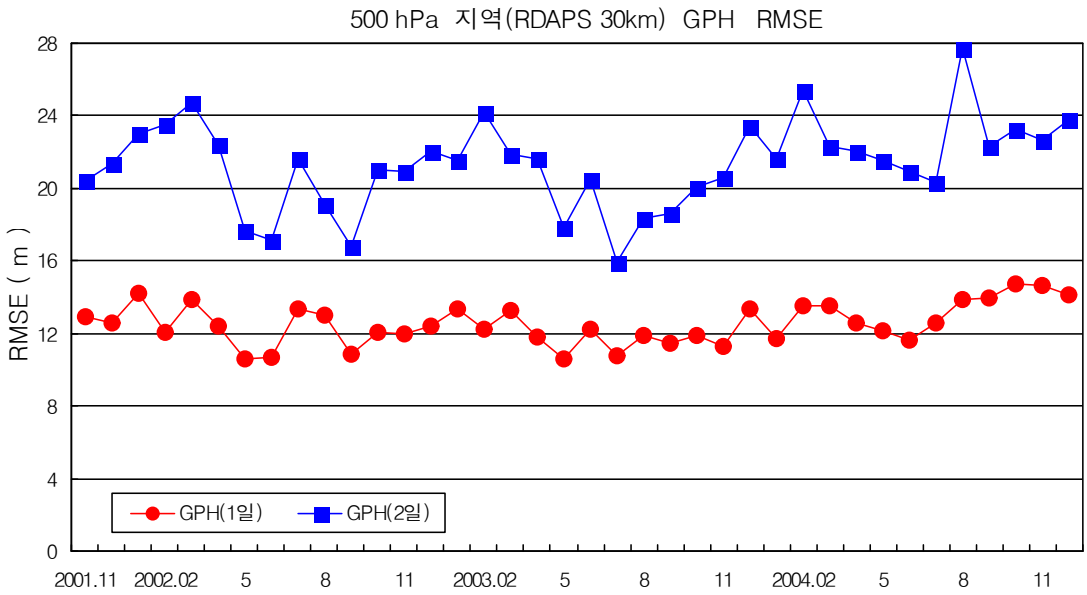
나. Threat Score (Rain or Not, 무차원, 2004년)

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
24H	0.46	0.47	0.44	0.66	0.67	0.53	0.51	0.54	0.58	0.22	0.43	0.32	0.49
48H	0.39	0.44	0.34	0.62	0.62	0.48	0.45	0.50	0.62	0.22	0.38	0.32	0.45
72H	0.33	0.42	0.52	0.36	0.44	0.32	0.42	0.51	0.57	0.19	0.34	0.26	0.39
96H	0.32	0.39	0.33	0.49	0.35	0.23	0.37	0.45	0.52	0.14	0.33	0.24	0.34
120H	0.29	0.31	0.31	0.26	0.39	0.26	0.36	0.39	0.49	0.10	0.30	0.22	0.31
144H	0.35	0.34	0.25	0.30	0.28	0.33	0.38	0.40	0.36	0.13	0.25	0.23	0.30
168H	0.32	0.31	0.20	0.25	0.33	0.34	0.42	0.45	0.34	0.09	0.22	0.18	0.29
192H	0.20	0.15	0.17	0.18	0.33	0.32	0.35	0.38	0.37	0.13	0.23	0.17	0.25
216H	0.22	0.18	0.23	0.25	0.31	0.29	0.28	0.34	0.46	0.13	0.26	0.22	0.26
240H	0.19	0.28	0.19	0.25	0.39	0.24	0.37	0.40	0.45	0.06	0.23	0.17	0.27

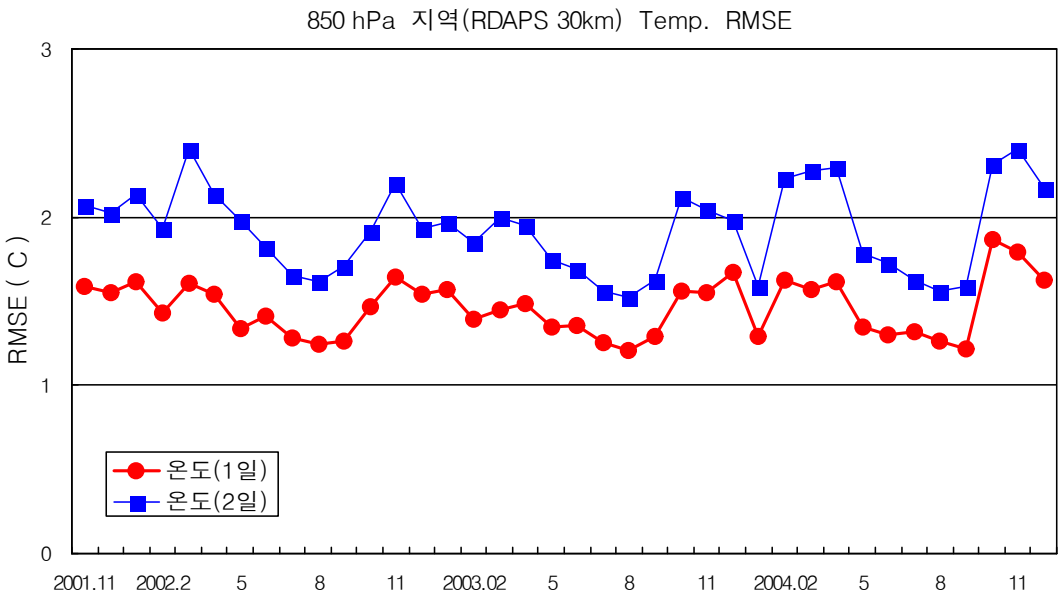
3. 2. 지역예보 모델

3.2.1 성능 변화 추세

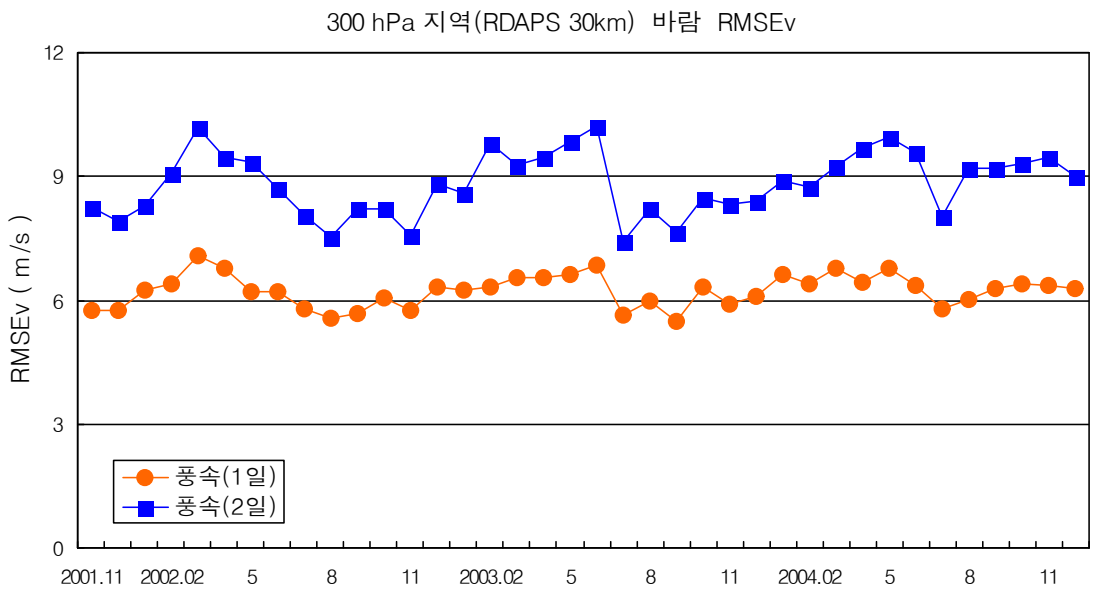
가. 500hPa 고도장의 RMSE



나. 850hPa 기온의 RMSE



다. 250hPa 바람의 RMSEv



3.2.2. 분석 검증 (RDAPS 30km)

o 검증 변수: 고도, 온도, 바람
o 검증 요소: 평균 오차, RMSE, S1 score
o 검증 영역: 동아시아 영역

가. Mean Error (2004년)

① 850hPa 온도 (C)

FCST	04.1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Ave.
12H	-0.10	-0.28	-0.22	-0.49	-0.17	-0.28	-0.39	-0.30	-0.11	0.23	-0.11	-0.01	-0.19
24H	-0.07	-0.44	-0.42	-0.73	-0.24	-0.40	-0.50	-0.38	-0.05	0.40	-0.14	-0.08	-0.25
36H	-0.10	-0.65	-0.65	-0.97	-0.35	-0.51	-0.58	-0.43	-0.02	0.48	-0.20	-0.19	-0.35
48H	-0.24	-0.85	-0.89	-1.12	-0.44	-0.56	-0.62	-0.50	0.03	0.48	-0.33	-0.35	-0.45

② 500hPa 고도 (m)

12H	3.52	3.07	2.97	2.69	0.38	0.22	-1.91	-0.34	2.71	4.44	5.92	5.95	2.47
24H	3.37	0.72	2.61	1.73	-0.91	-1.97	-4.83	-1.90	4.72	5.28	6.97	3.47	1.61
36H	-0.65	-4.39	0.03	-1.61	-3.42	-4.84	-9.26	-6.19	4.45	2.76	6.22	0.30	-1.38
48H	-4.82	-8.25	-2.24	-2.24	-5.12	-4.89	-10.98	-9.94	4.09	-0.18	5.07	-1.57	-3.42

③ 300hPa 바람 (m/s)

12H	0.13	-0.26	-0.16	-0.20	0.25	0.16	0.23	0.14	-0.51	-0.62	-0.89	-1.00	-0.23
24H	0.35	-0.58	-0.29	-0.34	0.25	-0.26	0.18	0.05	-0.36	-0.54	-0.68	-0.81	-0.25
36H	0.45	-0.63	-0.31	-0.15	0.50	-0.20	0.38	0.14	-0.59	-0.91	-0.99	-1.09	-0.28
48H	0.01	-0.70	-0.57	-0.37	0.63	-0.47	0.47	0.25	-0.66	-0.86	-1.27	-1.13	-0.39

나. RMSE (2004년)

① 850hPa 온도 (C)

FCST	04.1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Ave.
12H	1.09	1.28	1.23	1.25	1.12	1.06	1.12	1.06	1.03	1.44	1.33	1.27	1.19
24H	1.29	1.63	1.57	1.62	1.35	1.30	1.32	1.26	1.22	1.87	1.79	1.63	1.49
36H	1.43	1.96	1.96	1.98	1.58	1.54	1.50	1.42	1.43	2.13	2.15	1.93	1.75
48H	1.59	2.23	2.28	2.29	1.78	1.73	1.63	1.56	1.59	2.31	2.41	2.17	1.96

② 500hPa 고도 (m)

12H	8.62	10.35	10.06	9.61	9.50	8.82	9.06	9.80	10.04	10.89	11.06	11.67	9.96
24H	11.68	13.54	13.56	12.59	12.15	11.65	12.55	13.89	13.96	14.69	14.66	14.11	13.25
36H	15.27	18.54	17.66	16.61	16.75	16.23	16.87	20.70	17.27	18.03	18.09	17.70	17.48
48H	21.64	25.40	22.34	22.02	21.58	20.97	20.30	27.73	22.33	23.22	22.66	23.74	22.83

③ 300hPa 바람 (m/s)

12H	4.57	5.02	5.10	4.70	4.99	4.65	4.36	4.42	4.45	4.54	4.71	4.71	4.69
24H	6.64	6.41	6.79	6.42	6.79	6.36	5.79	6.02	6.28	6.41	6.36	6.27	6.38
36H	7.93	7.69	8.09	8.33	8.50	7.93	7.01	7.51	7.83	7.72	7.69	7.79	7.84
48H	8.91	8.75	9.25	9.69	9.95	9.56	8.01	9.19	9.19	9.31	9.48	9.01	9.19

다. S1 score (단위 : 무차원, 2004년)

① 850hPa 온도

FCST	04.1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Ave.
12H	58.53	56.22	54.84	56.63	62.45	67.70	72.95	73.18	71.43	70.46	63.36	57.31	63.76
24H	61.34	60.24	58.60	61.97	67.74	73.17	77.89	77.25	75.60	74.97	67.41	60.59	68.06
36H	63.78	62.53	62.09	65.07	70.77	76.73	80.74	80.15	78.58	77.06	69.33	62.02	70.74
48H	65.12	64.34	64.32	68.05	73.45	79.44	82.89	82.36	80.80	78.47	70.49	63.31	72.75

② 500hPa 고도

12H	16.52	16.88	18.00	19.06	22.83	31.17	34.10	35.53	29.68	25.15	19.84	17.85	23.88
24H	19.45	19.05	20.48	21.98	25.73	35.39	38.15	40.65	34.56	29.80	22.26	19.84	27.28
36H	23.46	21.45	23.22	24.90	29.08	39.65	42.19	46.32	39.51	33.80	25.10	22.16	30.90
48H	25.87	23.88	25.42	28.57	32.19	44.63	46.16	51.95	44.46	38.12	28.16	24.75	34.51

3.2.3. 관측 검증 (RDAPS 30km)

o 검증 변수: 고도, 온도, 바람
o 검증 요소: 평균 오차, RMSE
o 검증 영역: 동아시아 영역

가. Mean Error (2004년)

① 850hPa 온도 (C)

FCST	04.1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Ave
12H	-0.01	-0.27	-0.21	-0.41	-0.04	-0.10	-0.17	-0.12	-0.16	0.03	-0.22	0.03	-0.14
24H	0.05	-0.48	-0.36	-0.55	-0.08	-0.12	-0.18	-0.11	-0.16	0.02	-0.41	-0.12	-0.21
36H	0.04	-0.74	-0.57	-0.70	-0.17	-0.19	-0.23	-0.19	-0.18	0.00	-0.57	-0.23	-0.31
48H	-0.07	-0.92	-0.76	-0.80	-0.28	-0.24	-0.22	-0.24	-0.19	-0.09	-0.75	-0.37	-0.41

② 500hPa 고도 (m)

12H	6.29	5.73	4.73	3.80	0.42	-1.31	-2.18	-0.64	1.38	2.47	5.05	5.68	2.62
24H	7.29	4.92	4.60	5.08	0.29	-2.56	-3.29	-0.37	3.13	3.90	5.96	4.81	2.81
36H	4.02	1.86	2.65	2.81	-1.10	-5.02	-6.55	-2.58	3.45	2.30	5.24	3.26	0.86
48H	1.42	-0.33	1.41	2.31	-1.66	-5.62	-7.21	-4.34	3.56	0.43	4.12	1.68	-0.35

③ 300hPa 바람 (m/s)

12H	-0.69	-1.07	-0.89	-0.63	-0.37	-0.37	-0.36	-0.43	-1.19	-1.42	-1.71	-1.53	-0.89
24H	-0.67	-1.22	-1.17	-0.69	-0.53	-0.62	-0.27	-0.54	-1.30	-1.69	-1.75	-1.70	-1.01
36H	-0.73	-1.41	-1.33	-0.62	-0.44	-0.67	-0.19	-0.55	-1.71	-2.01	-2.14	-2.14	-1.16
48H	-0.97	-1.48	-1.37	-0.74	-0.47	-0.91	-0.15	-0.64	-1.69	-2.12	-2.44	-2.51	-1.29

나. RMSE (2004년)

① 850hPa 온도 (C)

FCST	04.1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Ave
12H	1.60	1.65	1.74	1.79	1.69	1.68	1.64	1.58	1.52	1.79	1.72	1.80	1.68
24H	1.69	1.93	2.02	2.04	1.86	1.88	1.79	1.73	1.70	2.17	2.06	2.05	1.91
36H	1.76	2.20	2.39	2.34	2.09	2.12	1.96	1.97	1.96	2.44	2.38	2.29	2.16
48H	1.87	2.47	2.69	2.58	2.29	2.30	2.08	2.15	2.12	2.66	2.64	2.52	2.36

② 500hPa 고도 (m)

12H	16.74	17.05	16.93	14.55	14.42	13.41	14.35	14.12	14.50	14.69	16.38	18.45	15.47
24H	19.92	19.35	19.45	17.45	16.74	15.59	16.34	16.29	17.20	17.50	19.04	20.77	17.97
36H	22.13	22.07	22.13	20.53	20.19	18.85	19.05	20.53	19.58	20.45	22.52	23.56	20.97
48H	25.11	26.67	25.34	24.26	23.67	22.81	21.34	24.25	23.05	24.69	26.65	28.20	24.67

③ 300hPa 바람 (m/s)

12H	6.00	5.60	5.42	4.85	4.97	4.57	4.35	4.15	4.56	4.81	5.06	5.20	4.96
24H	7.35	6.34	6.20	5.77	6.02	5.53	4.97	4.89	5.43	5.77	5.96	6.23	5.87
36H	8.21	7.02	7.00	6.76	7.09	6.42	5.56	5.70	6.46	6.77	6.86	7.15	6.75
48H	8.63	7.72	7.72	7.64	7.86	7.19	6.06	6.56	7.18	7.65	7.81	7.85	7.49

3.2.4. 강수 검증

o 검증 요소: Threat Score(TS), Bias Score(BS)

o 검증 영역: 남한

가. Bias Score (BS, 무차원, 2004년)

1) Rain or Not - 30km

FCST	04.1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Ave.
12hr	1.70	1.39	1.22	1.26	1.14	1.29	1.66	1.56	1.33	2.56	1.44	1.75	1.53
24hr	1.82	1.60	1.57	1.51	1.12	1.32	1.71	1.44	1.28	4.01	1.70	1.96	1.75
36hr	2.03	1.74	1.83	1.56	1.15	1.42	1.65	1.44	1.32	5.42	1.59	2.18	1.94
48hr	2.04	1.83	1.57	1.65	1.24	1.44	1.60	1.42	1.16	5.18	2.10	2.41	1.97

2) Rain or Not - 10km

12hr	1.60	1.55	1.38	1.43	1.01	0.91	1.31	0.96	1.01	2.80	1.37	1.55	1.41
24hr	1.72	1.65	1.66	1.71	1.14	1.12	1.46	1.17	1.19	4.03	1.63	1.88	1.70

3) Rain or Not - 05km

12hr	1.74	1.49	1.37	1.23	0.99	0.76	1.04	0.72	0.96	3.10	1.48	1.72	1.38
24hr	1.85	1.52	1.52	1.40	1.11	0.96	1.19	0.90	1.10	4.25	1.70	1.94	1.62

나. Threat Score (TS, 무차원, 2004년)

1) Rain or Not - 30km

FCST	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Ave.
12hr	0.48	0.57	0.55	0.67	0.60	0.50	0.51	0.43	0.55	0.20	0.49	0.43	0.50
24hr	0.43	0.52	0.53	0.58	0.65	0.45	0.47	0.41	0.51	0.17	0.47	0.42	0.47
36hr	0.41	0.47	0.46	0.55	0.58	0.42	0.47	0.39	0.47	0.15	0.40	0.32	0.42
48hr	0.39	0.43	0.38	0.49	0.53	0.39	0.41	0.38	0.44	0.16	0.33	0.30	0.39

2) Rain or Not - 10km

12hr	0.48	0.39	0.42	0.48	0.56	0.48	0.53	0.46	0.50	0.17	0.41	0.37	0.44
24hr	0.43	0.28	0.27	0.28	0.43	0.44	0.47	0.38	0.41	0.09	0.25	0.21	0.33

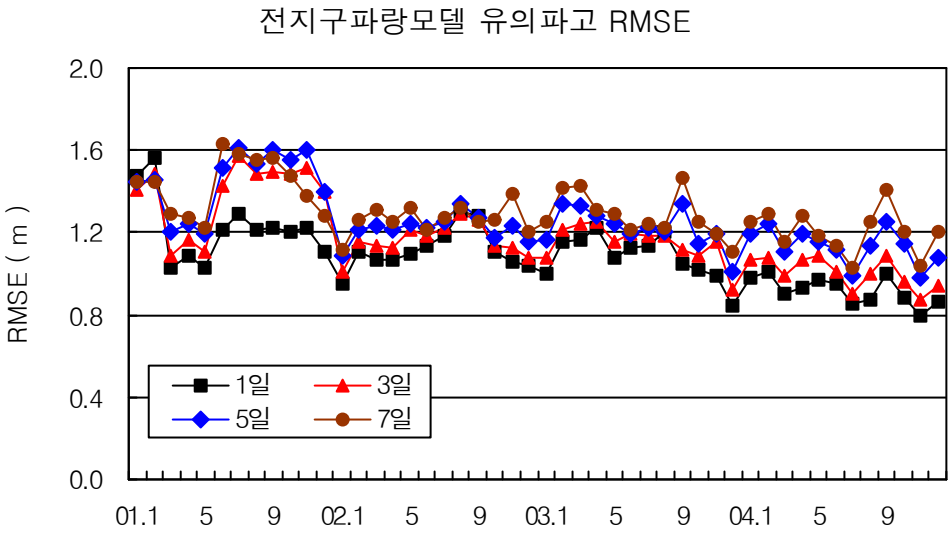
3) Rain or Not - 05km

12hr	0.44	0.46	0.51	0.65	0.63	0.51	0.54	0.46	0.53	0.18	0.45	0.42	0.48
24hr	0.40	0.47	0.52	0.60	0.60	0.49	0.52	0.42	0.50	0.15	0.38	0.39	0.45

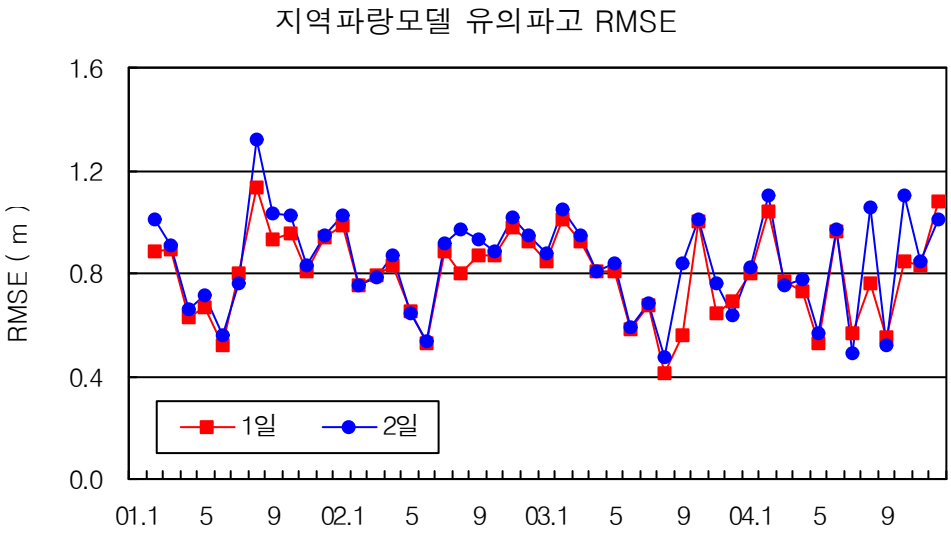
3. 3. 파랑예보 모델

3.3.1 성능 변화 추세(위성검증)

가. 전지구파랑모델 유의파고 RMSE



나. 지역파랑모델 유의파고 RMSE



3.3.2 부이 검증

o 검증 요소: 평균 오차, RMSE

가. 전지구파랑모델 - 유의파고

1) 전지구

① Mean Error (단위 : m, 2004년)

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
1일	-0.80	-0.62	-0.40	-0.28	-0.06	-0.02	0.04	-0.02	-0.33	-0.59	-0.35	-0.46	-0.33
3일	-0.88	-0.52	-0.52	-0.32	-0.04	-0.04	0.14	-0.11	-0.37	-0.66	-0.40	-0.50	-0.35
5일	-0.65	-0.56	-0.59	-0.22	0.06	0.01	0.14	-0.13	-0.38	-0.71	-0.32	-0.29	-0.30
7일	-0.56	-0.52	-0.63	-0.21	0.05	0.06	0.23	-0.07	-0.57	-0.66	-0.23	-0.49	-0.30

② RMSE (단위 : m, 2004년)

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
1일	1.05	1.08	0.91	0.69	0.56	0.52	0.46	0.60	1.02	1.09	0.85	0.94	0.81
3일	1.21	1.11	1.08	0.84	0.59	0.61	0.46	0.74	1.31	1.21	0.93	1.09	0.93
5일	1.28	1.32	1.28	0.86	0.58	0.71	0.57	0.81	1.41	1.45	0.99	1.26	1.04
7일	1.36	1.49	1.55	1.15	0.60	0.85	0.72	0.89	1.54	1.63	1.29	1.49	1.21

2) 북서 태평양

① Mean Error (단위 : m, 2004년)

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
1일	-0.67	-0.52	-0.32	-0.13	0.16	0.20	0.26	0.27	0.16	-0.08	-0.44	-0.51	-0.14
3일	-0.64	-0.39	-0.52	-0.13	0.12	0.19	0.20	0.25	0.04	-0.27	-0.45	-0.56	-0.18
5일	-0.33	-0.40	-0.55	-0.06	0.22	0.30	0.17	0.20	0.01	-0.36	-0.38	-0.22	-0.12
7일	-0.40	-0.43	-0.34	-0.07	0.08	0.44	0.32	0.30	0.01	-0.28	-0.37	-0.61	-0.11

② RMSE (단위 : m, 2004년)

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
1일	0.91	1.10	0.85	0.60	0.54	0.65	0.56	0.61	0.64	0.86	1.08	1.01	0.78
3일	0.96	1.16	1.08	0.74	0.52	0.71	0.56	0.68	0.79	1.12	1.22	1.17	0.89
5일	0.87	1.44	1.26	0.83	0.62	0.79	0.60	0.72	0.81	1.48	1.26	1.29	1.00
7일	0.93	1.80	1.45	0.98	0.57	0.89	0.74	0.96	0.97	1.49	1.50	1.38	1.14

3) 북동 대서양

① Mean Error (단위 : m, 2004년)

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
1일	-0.64	-0.62	-0.32	-0.23	-0.08	-0.09	-0.10	-0.16	-0.60	-0.69	-0.27	-0.37	-0.35
3일	-0.86	-0.55	-0.48	-0.24	0.02	-0.02	0.14	-0.18	-0.51	-0.73	-0.36	-0.37	-0.35
5일	-0.77	-0.76	-0.51	-0.17	0.04	-0.02	0.13	-0.11	-0.51	-0.81	-0.27	-0.35	-0.34
7일	-0.77	-0.62	-0.45	-0.21	-0.04	0.11	0.18	-0.12	-0.54	-0.94	-0.29	-0.43	-0.34

② RMSE (단위 : m, 2004년)

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
1일	0.91	1.02	0.98	0.59	0.36	0.32	0.37	0.52	0.88	0.99	0.83	0.73	0.71
3일	1.19	1.07	1.19	0.66	0.39	0.38	0.41	0.59	1.41	1.06	0.85	0.81	0.83
5일	1.22	1.27	1.39	0.67	0.43	0.46	0.59	0.60	1.37	1.25	0.96	1.03	0.94
7일	1.35	1.35	1.39	0.70	0.50	0.66	0.64	0.64	1.27	1.38	1.13	1.37	1.03

4) 북서 대서양

① Mean Error (단위 : m, 2004년)

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
1일	-1.10	-0.73	-0.55	-0.49	-0.26	-0.17	-0.05	-0.17	-0.56	-1.00	-0.35	-0.52	-0.49
3일	-1.13	-0.61	-0.58	-0.60	-0.25	-0.28	0.08	-0.39	-0.65	-0.99	-0.38	-0.55	-0.53
5일	-0.85	-0.52	-0.69	-0.44	-0.08	-0.24	0.14	-0.49	-0.64	-0.95	-0.31	-0.32	-0.45
7일	-0.50	-0.50	-1.09	-0.34	0.11	-0.36	0.19	-0.39	-1.18	-0.75	-0.04	-0.44	-0.44

② RMSE (단위 : m, 2004년, 북서대서양)

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
1일	1.34	1.11	0.90	0.89	0.77	0.61	0.44	0.69	1.54	1.41	0.64	1.09	0.95
3일	1.50	1.09	0.97	1.12	0.85	0.74	0.42	0.96	1.73	1.45	0.72	1.30	1.07
5일	1.73	1.24	1.19	1.08	0.71	0.87	0.51	1.13	2.05	1.61	0.75	1.46	1.19
7일	1.81	1.32	1.83	1.76	0.74	0.99	0.78	1.07	2.40	2.01	1.23	1.71	1.47

나. 지역파랑모델 - 유의파고

① Mean Error (단위 : m, 2004년)

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.18	0.42	0.32	0.35	0.58	0.43	0.58	0.54	0.69	0.45	0.15	0.18	0.40
24hr	0.22	0.51	0.35	0.37	0.56	0.43	0.58	0.54	0.75	0.50	0.20	0.25	0.44
36hr	0.32	0.61	0.39	0.32	0.60	0.48	0.62	0.54	0.79	0.70	0.27	0.26	0.49
48hr	0.35	0.57	0.33	0.32	0.59	0.52	0.62	0.49	0.79	0.87	0.19	0.29	0.49

② RMSE (단위 : m, 2004년)

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.41	0.65	0.51	0.48	0.68	0.54	0.69	0.84	1.13	0.80	0.41	0.44	0.63
24hr	0.43	0.74	0.54	0.50	0.64	0.56	0.70	0.84	1.28	0.82	0.48	0.53	0.67
36hr	0.53	0.83	0.61	0.46	0.72	0.66	0.75	0.83	1.27	1.04	0.52	0.54	0.73
48hr	0.57	0.78	0.51	0.48	0.70	0.71	0.77	0.68	1.13	1.27	0.50	0.62	0.73

3.3.3 위성검증

o 검증 요소: 평균 오차, RMSE

가. 전지구파랑모델 1) 유의파고 검증

① Mean Error (단위 : m, 2004년)

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
1일	-0.43	-0.43	-0.32	-0.27	-0.33	-0.23	-0.16	-0.14	-0.38	-0.32	-0.10	-0.26	-0.27
3일	-0.43	-0.36	-0.23	-0.18	-0.31	-0.19	-0.10	-0.12	-0.37	-0.29	-0.05	-0.22	-0.22
5일	-0.44	-0.26	-0.14	-0.22	-0.21	-0.11	0.05	-0.09	-0.35	-0.29	0.00	-0.20	-0.17
7일	-0.38	-0.23	-0.10	-0.20	-0.17	-0.11	0.02	-0.10	-0.37	-0.24	0.05	-0.15	-0.15
9일	-0.33	-0.22	-0.09	-0.12	-0.05	-0.07	0.06	-0.10	-0.28	-0.14	0.12	-0.15	-0.09

② RMSE (단위 : m, 2004년)

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
1일	0.98	1.01	0.90	0.93	0.97	0.95	0.85	0.87	1.00	0.88	0.80	0.86	0.91
3일	1.07	1.08	0.99	1.07	1.09	1.01	0.90	1.00	1.09	0.96	0.87	0.94	1.00
5일	1.19	1.24	1.11	1.19	1.16	1.12	0.99	1.14	1.25	1.15	0.98	1.08	1.13
7일	1.25	1.29	1.16	1.28	1.18	1.14	1.03	1.25	1.41	1.20	1.04	1.20	1.20
9일	1.32	1.37	1.19	1.37	1.27	1.20	1.13	1.18	1.41	1.23	1.25	1.25	1.26

2) 해상풍 검증

① Mean Error (단위 : m/s, 2004년)

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
1일	-1.21	-1.10	-1.20	-1.14	-1.29	-1.38	-1.40	-1.37	-1.40	-1.46	-1.38	-1.39	-1.31
3일	-1.12	-0.85	-1.07	-1.02	-1.16	-1.18	-1.21	-1.22	-1.38	-1.42	-1.30	-1.36	-1.19
5일	-1.03	-0.69	-0.98	-0.99	-0.91	-1.02	-1.03	-0.99	-1.35	-1.31	-1.16	-1.27	-1.06
7일	-0.92	-0.61	-0.89	-0.95	-0.79	-1.01	-0.92	-0.96	-1.26	-1.16	-1.08	-1.18	-0.98

② RMSE (단위 : m/s, 2004년)

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
1일	2.78	2.84	3.02	3.08	3.10	3.24	3.12	3.09	2.98	2.98	2.90	3.06	3.02
3일	3.27	3.39	3.56	3.73	3.60	3.80	3.68	3.71	3.57	3.65	3.49	3.60	3.59
5일	3.65	3.71	4.02	4.03	4.07	4.10	4.03	4.08	4.02	4.01	3.92	4.01	3.97
7일	3.81	3.88	4.26	4.32	4.32	4.32	4.24	4.32	4.22	4.18	4.21	4.11	4.18

나. 지역파랑모델

1) 유의파고 검증

① Mean Error (단위 : m, 2004년)

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	-0.59	-0.82	-0.57	-0.41	-0.27	-0.33	0.06	-0.33	-0.22	-0.54	-0.62	-0.86	-0.45
24H	-0.56	-0.81	-0.54	-0.36	-0.24	-0.28	0.07	-0.28	-0.14	-0.45	-0.62	-0.82	-0.41
36H	-0.54	-0.74	-0.49	-0.34	-0.22	-0.26	0.05	-0.25	-0.19	-0.49	-0.52	-0.70	-0.38
48H	-0.51	-0.74	-0.46	-0.31	-0.16	-0.22	0.06	-0.23	-0.20	-0.34	-0.41	-0.61	-0.33

② RMSE (단위 : m, 2004년)

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	0.80	1.05	0.78	0.75	0.53	0.94	0.58	0.74	0.46	0.83	0.83	1.11	0.78
24H	0.80	1.04	0.77	0.73	0.53	0.96	0.57	0.76	0.55	0.85	0.83	1.08	0.79
36H	0.80	1.02	0.79	0.75	0.56	1.04	0.51	0.86	0.51	0.98	0.85	1.06	0.81
48H	0.82	1.10	0.75	0.78	0.57	0.97	0.49	1.06	0.52	1.10	0.85	1.01	0.84

2) 해상풍 검증

① Mean Error (단위 : m/s, 2004년)

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	-1.41	-0.94	-0.98	-0.19	0.53	0.23	0.49	-0.22	-0.55	-1.36	-1.45	-1.71	-0.63
24H	-1.39	-0.69	-0.82	-0.01	0.82	0.36	0.72	-0.05	-0.57	-1.11	-1.18	-1.55	-0.46
36H	-1.28	-0.41	-0.81	-0.01	0.85	0.45	0.83	0.03	-0.44	-0.94	-1.11	-1.36	-0.35
48H	-1.23	-0.17	-0.62	0.17	0.94	0.62	0.79	0.13	-0.36	-0.61	-0.94	-1.14	-0.20

② RMSE (단위 : m/s, 2004년)

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	2.48	2.30	2.74	2.49	2.55	2.32	2.32	2.26	2.45	3.06	2.74	2.82	2.54
24H	2.68	2.36	2.87	2.57	2.82	2.46	2.61	2.61	2.70	3.36	2.74	2.88	2.72
36H	2.69	2.44	2.95	2.70	2.97	2.68	2.89	3.00	2.87	3.69	2.90	3.03	2.90
48H	3.02	2.53	3.01	2.86	3.01	2.89	3.03	3.42	3.18	4.02	2.99	3.06	3.09

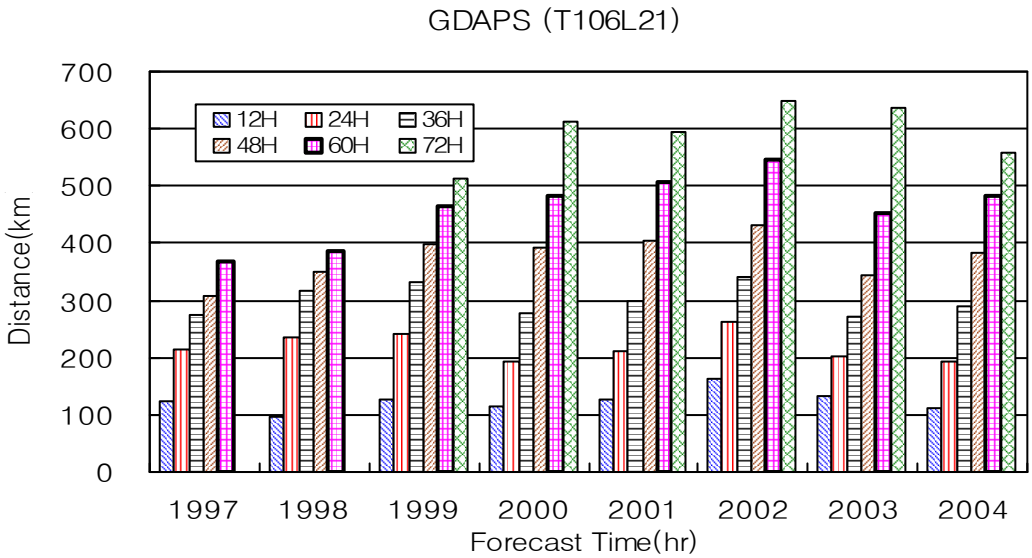
3. 4. 태풍 모델

- 2003년 1월부터 예보관리과 태풍검증 방법(20N 이상, 140E 서쪽에 태풍이 위치한 경우)을 동일하게 적용하였다. 2004년 9월부터 DBAR가 현업에 적용되었다. 따라서 적용된 태풍은 0418호부터 0427호까지 검증하였다.

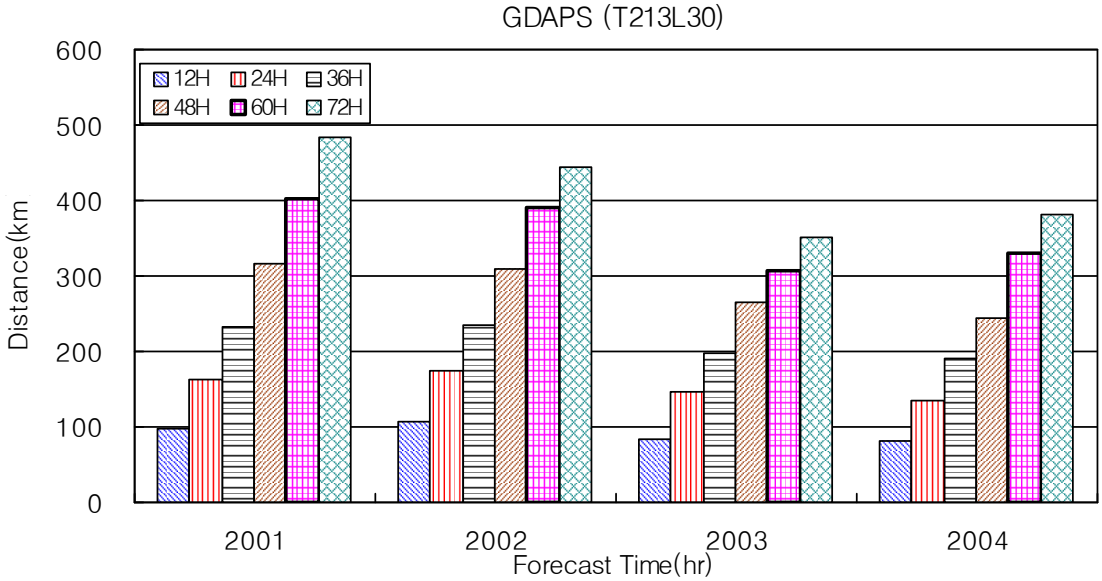
3.4.1 성능 변화 추세

가. 태풍진로오차

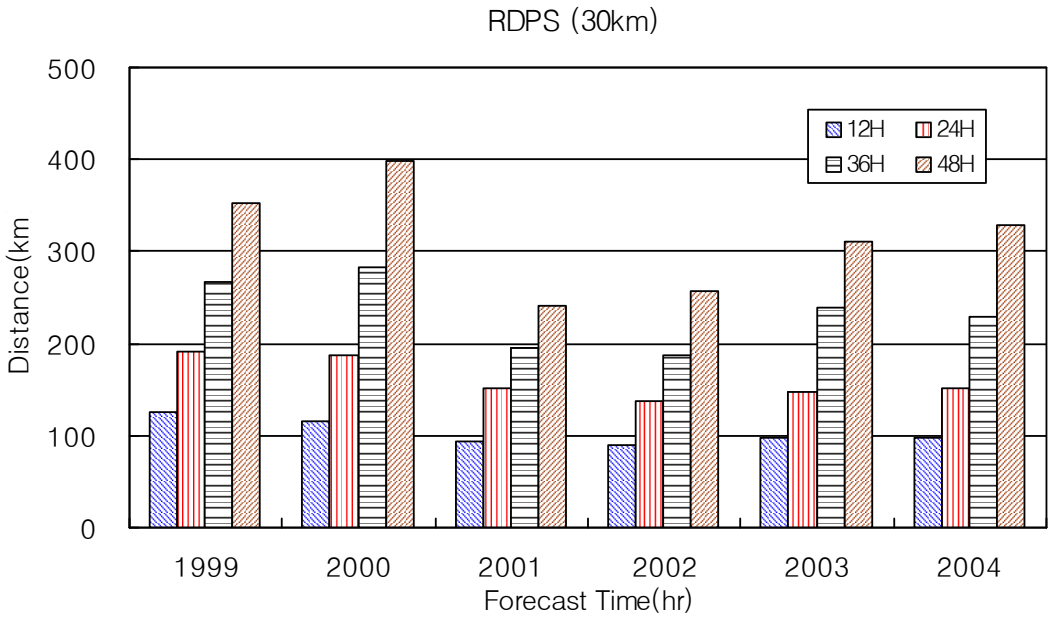
① GDAPS(T106L21)



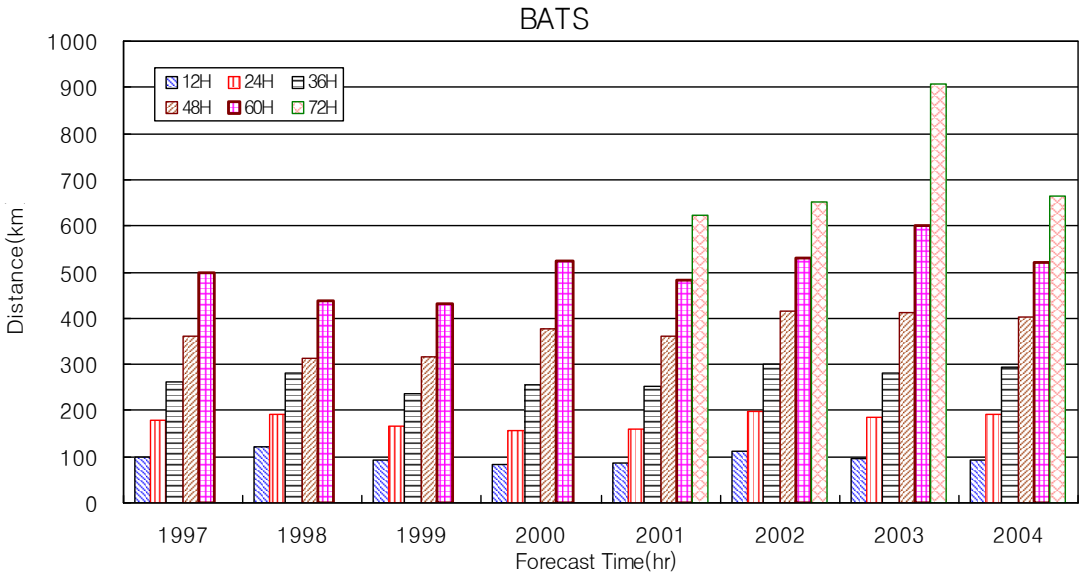
② GDAPS(T213L30)



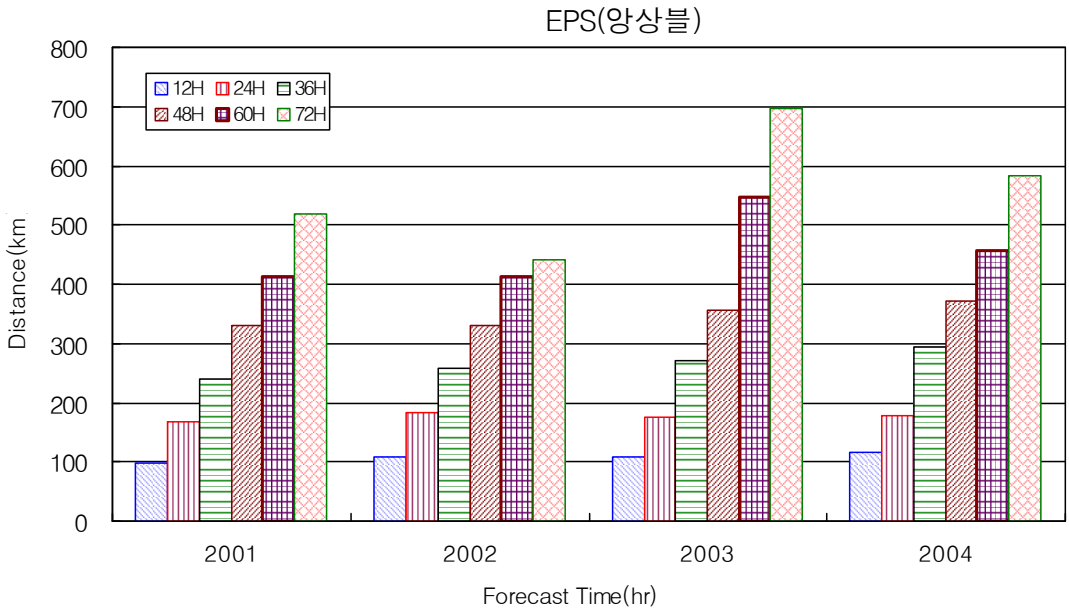
③ RDAPS



④ BATS


BATS
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
Distance(km
12H
24H
36H
48H
60H
72H
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
Forecast Time(hr)

⑤ EPS


EPS(앙상블)
800
700
600
500
400
300
200
100
0
Distance(km
12H
24H
36H
48H
60H
72H
2001
2002
2003
2004
Forecast Time(hr)

3.4.2. 태풍진로오차(2004년, 단위 : km)

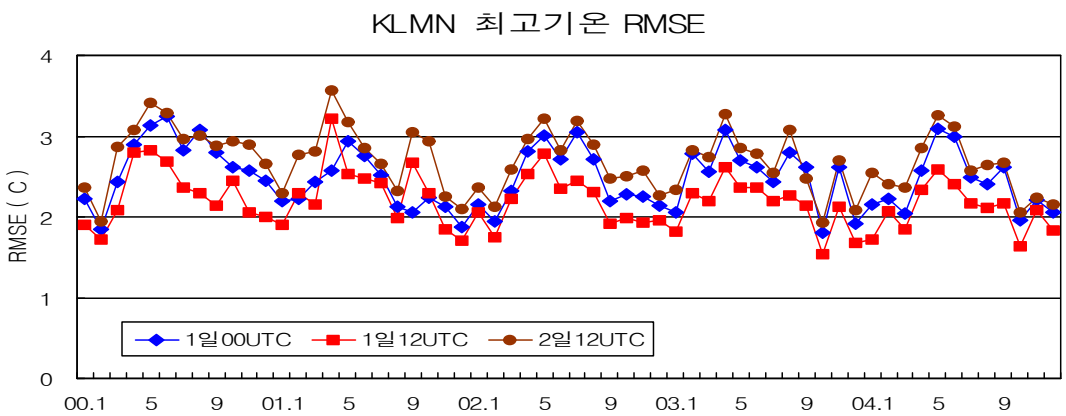
※ 20N 이상, 140E 서쪽에 위치한 모든 태풍자료 검증

FCST	GDAPS (T106L21)	GDAPS (T213L30)	BATS	RDPS	EPS
12H	110.69	80.27	91.10	96.68	115.04
24H	194.49	133.99	190.22	152.26	177.66
36H	288.65	190.08	295.24	229.38	292.98
48H	383.04	243.26	401.87	328.47	372.67
60H	481.98	329.34	519.63		457.33
72H	558.60	380.93	665.59		582.52

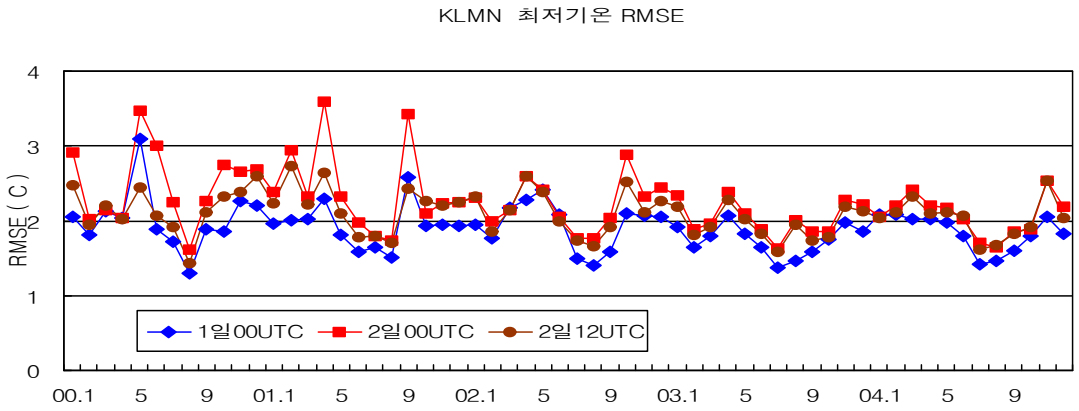
3. 5. 통계 모델 및 강수 확률 검증

3.5.1. 성능 변화 추세

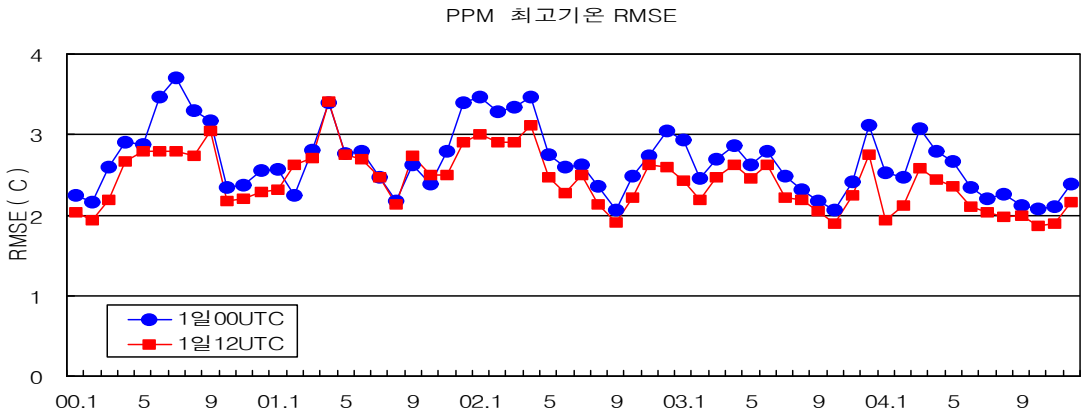
가. KLMN 최고기온 (단위 : C)



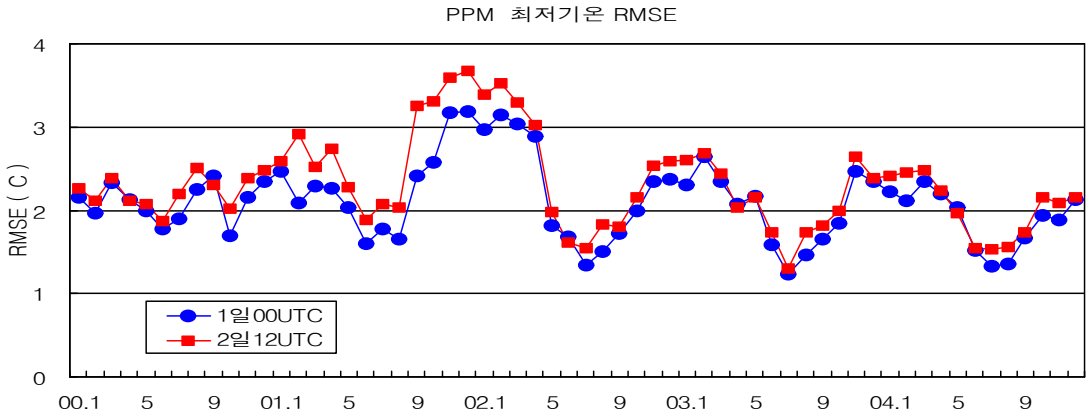
나. KLMN 최저기온 (단위 : C)



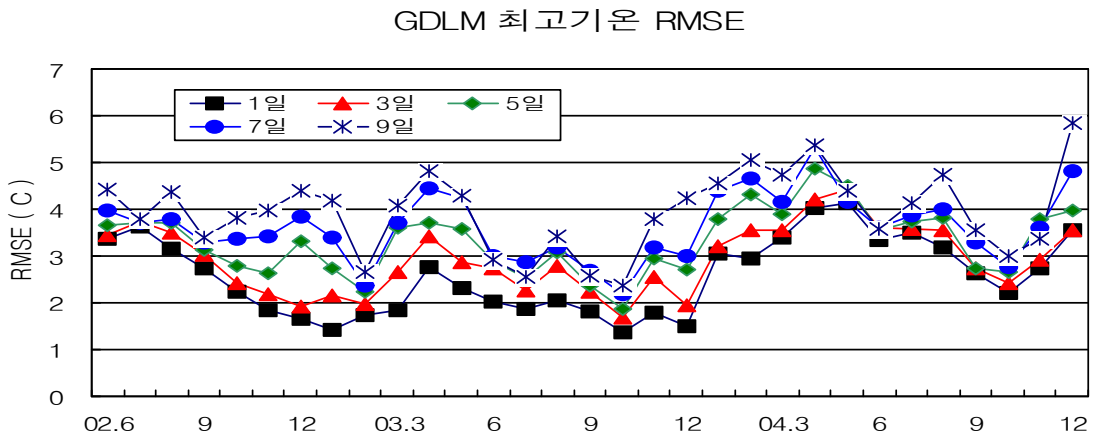
다. PPM 최고기온 (단위 : C)



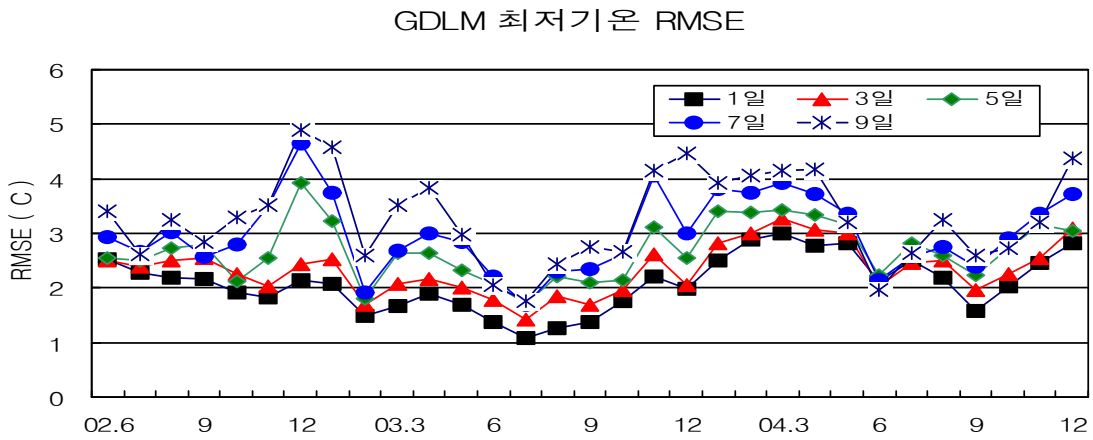
라. PPM 최저기온 (단위 : C)



마. GDLM 최고기온 (단위 : C)



바. GDLM 최저기온 (단위 : C)



3.5.2. 최고, 최저기온 예보 검증

o 검증 요소: 평균 오차, RMSE, Brier Score (BS)

o 검증 영역: 남한

가. Mean Error (단위 : C, 2004년)

최고기온(2004)		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
PPM	1일12H	-0.60	0.41	0.40	0.50	0.38	0.00	0.44	0.45	-0.01	-0.38	-0.48	-0.62	0.04
	1일00H	-0.95	0.82	0.95	1.00	0.40	-0.01	0.48	0.53	-0.07	-0.60	-0.57	-0.74	0.10
KLMN	1일12H	-0.06	-0.04	0.09	-0.15	-0.05	0.02	0.05	-0.10	-0.06	0.02	0.01	-0.34	-0.05
	1일00H	-0.34	0.00	0.13	-0.18	-0.25	0.08	0.10	-0.22	-0.07	0.02	0.02	-0.43	-0.10
	2일12H	-0.60	0.19	0.19	-0.24	-0.21	0.14	0.11	-0.24	-0.06	-0.05	-0.08	-0.46	-0.11
GDLM	1일	0.23	0.49	0.98	1.81	1.68	1.21	0.82	1.22	0.68	0.59	0.55	0.78	0.92

	2일	0.25	0.20	0.95	2.20	1.72	1.13	0.35	1.44	0.74	0.46	0.78	0.80	0.92
	3일	0.31	0.11	0.97	2.08	1.70	1.23	0.15	1.52	1.03	0.33	0.95	0.66	0.92
	4일	0.41	-0.14	1.01	2.23	1.60	1.30	-0.21	1.37	0.95	0.29	0.91	1.03	0.90
	5일	0.66	-0.86	1.34	2.06	1.39	0.82	-0.58	1.63	1.04	0.20	0.63	1.38	0.81
	6일	0.78	-1.71	1.43	2.01	1.66	0.80	-0.76	1.82	1.02	0.15	0.86	2.10	0.85
	7일	0.85	-1.97	0.76	2.27	1.28	0.73	-0.74	1.78	0.90	0.40	0.99	2.27	0.79
	8일	0.18	-2.49	1.06	1.76	1.30	0.27	-0.75	2.08	0.91	0.54	1.10	2.78	0.73
	9일	-0.09	-2.68	1.37	1.06	1.31	-0.08	-0.71	2.43	1.06	1.35	0.60	2.79	0.70
	10일	0.51	-2.92	0.49	0.56	1.06	-0.32	-0.83	2.54	1.15	1.04	0.87	2.46	0.55

- Mean Error (단위 : C, 2004년)

최저기온(2004)		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
PPM	1일00H	-0.31	0.23	0.17	0.21	0.22	-0.12	0.25	0.18	-0.12	-0.31	0.19	0.15	0.06
	2일12H	-0.42	0.46	0.51	0.31	0.29	-0.02	0.41	0.35	-0.12	-0.86	0.13	0.31	0.11
KLMN	1일00H	-0.09	0.06	0.04	0.00	0.01	0.05	-0.06	-0.05	-0.12	-0.15	0.10	0.08	-0.01
	2일12H	-0.31	0.25	0.19	-0.06	0.02	0.14	-0.14	-0.14	-0.18	-0.25	0.18	0.10	-0.02
	2일00H	-0.41	0.34	0.03	-0.07	0.04	0.15	-0.15	-0.16	-0.17	-0.32	0.17	0.13	-0.04
GDLM	1일	0.62	0.07	0.64	0.92	0.86	0.86	0.75	1.14	0.50	-0.19	0.00	0.06	0.52
	2일	0.73	-0.06	0.90	1.15	0.81	0.74	0.55	1.25	0.68	-0.34	0.01	-0.11	0.53
	3일	0.86	-0.45	0.77	1.14	0.84	0.55	0.38	1.40	0.76	-0.36	0.20	-0.12	0.50
	4일	1.09	-0.62	0.73	1.17	0.79	0.56	0.11	1.42	0.98	-0.51	0.05	0.08	0.49
	5일	1.21	-0.97	1.00	1.13	0.31	0.67	-0.09	1.57	1.13	-0.70	0.10	0.66	0.50
	6일	1.17	-1.66	1.03	0.89	-0.09	0.28	-0.13	1.69	1.17	-0.57	0.00	1.11	0.41
	7일	1.25	-1.98	0.30	0.88	-0.08	0.27	-0.15	1.84	1.23	-0.66	0.15	1.46	0.38
	8일	1.14	-1.99	0.09	0.40	-0.19	0.18	-0.07	2.13	1.13	-0.23	-0.06	1.81	0.36
	9일	0.93	-2.00	0.11	-0.14	-0.56	-0.04	0.03	2.46	1.17	0.19	0.06	1.79	0.33
	10일	1.58	-2.09	-0.75	-0.66	-0.57	0.02	-0.05	2.56	1.43	0.38	0.26	1.62	0.31

나. RMSE (단위 : C, 2004년)

최고기온(2004)		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
PPM	1일12H	1.94	2.12	2.58	2.44	2.36	2.11	2.04	1.98	2.00	1.86	1.90	2.16	2.12
	1일00H	2.52	2.47	3.07	2.80	2.66	2.35	2.20	2.26	2.12	2.08	2.10	2.38	2.42
KLMN	1일12H	1.72	2.07	1.85	2.34	2.59	2.41	2.17	2.11	2.17	1.63	2.08	1.83	2.08
	1일00H	2.16	2.22	2.04	2.58	3.09	3.00	2.49	2.41	2.62	1.96	2.21	2.05	2.40
	2일12H	2.54	2.40	2.36	2.85	3.26	3.12	2.58	2.64	2.67	2.05	2.24	2.16	2.57
GDLM	1일	3.05	2.95	3.40	4.02	4.12	3.33	3.50	3.19	2.64	2.20	2.73	3.55	3.22
	2일	3.18	3.19	3.53	4.27	4.22	3.40	3.50	3.38	2.72	2.37	2.74	3.68	3.35
	3일	3.22	3.56	3.54	4.20	4.43	3.60	3.59	3.56	2.74	2.42	2.93	3.55	3.45
	4일	3.66	3.66	3.44	4.61	4.46	3.73	3.66	3.52	2.85	2.55	3.36	3.71	3.60
	5일	3.78	4.31	3.90	4.88	4.49	3.56	3.73	3.81	2.75	2.65	3.80	3.97	3.80
	6일	4.10	4.84	4.18	5.29	4.38	3.64	4.01	4.02	2.98	2.65	3.60	4.32	4.00

	7일	4.39	4.65	4.15	5.31	4.15	3.60	3.88	3.99	3.30	2.76	3.61	4.81	4.05
	8일	4.24	5.09	4.52	5.41	4.23	3.46	3.99	4.25	3.34	2.96	3.52	5.49	4.21
	9일	4.54	5.05	4.73	5.37	4.39	3.58	4.13	4.73	3.54	3.00	3.38	5.84	4.36
	10일	5.03	5.19	4.83	5.42	4.36	3.81	4.31	4.75	3.38	2.92	3.49	5.82	4.44

- RMSE (단위 : C, 2004년)

최저기온(2004)		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
PPM	1일00H	2.22	2.11	2.34	2.19	2.03	1.52	1.33	1.36	1.67	1.94	1.89	2.13	1.89
	2일12H	2.42	2.45	2.48	2.24	1.97	1.55	1.53	1.56	1.73	2.16	2.09	2.16	2.03
KLMN	2일00H	2.05	2.21	2.41	2.21	2.17	2.02	1.71	1.65	1.86	1.88	2.54	2.19	2.08
	1일00H	2.09	2.08	2.03	2.02	1.98	1.80	1.42	1.47	1.60	1.80	2.05	1.83	1.85
	2일12H	2.04	2.12	2.33	2.10	2.12	2.07	1.61	1.68	1.82	1.91	2.53	2.04	2.03
GDLM	1일	2.50	2.88	3.01	2.77	2.81	2.11	2.50	2.18	1.57	2.03	2.45	2.83	2.47
	2일	2.63	2.82	3.15	3.04	2.93	2.15	2.61	2.32	1.80	2.07	2.54	2.80	2.57
	3일	2.82	3.00	3.28	3.07	3.01	2.04	2.46	2.51	1.96	2.26	2.54	3.08	2.67
	4일	3.03	3.17	3.36	3.09	3.05	2.05	2.63	2.51	2.12	2.33	2.64	3.12	2.76
	5일	3.40	3.39	3.43	3.33	3.15	2.24	2.81	2.60	2.24	2.73	3.15	3.04	2.96
	6일	3.63	3.48	3.88	3.45	3.35	2.04	2.69	2.66	2.21	2.69	3.43	3.02	3.04
	7일	3.81	3.75	3.93	3.72	3.37	2.15	2.57	2.76	2.39	2.91	3.36	3.73	3.20
	8일	3.68	4.07	4.10	4.10	3.08	2.09	2.58	2.97	2.38	2.63	3.39	3.90	3.25
	9일	3.93	4.05	4.16	4.18	3.20	1.97	2.64	3.25	2.60	2.73	3.20	4.38	3.36
	10일	4.50	4.08	4.21	4.13	3.52	2.18	2.72	3.32	2.61	2.82	3.39	4.61	3.51

3.5.3. 강수 확률 검증

가. 남한 Brier Score (무차원, 31지점을 평균한 값, 2004년)

- 아래 표는 PoP 강수확률 검증자료를 이용해서 나온 결과이다.

2004	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12H	0.093	0.102	0.075	0.071	0.147	0.116	0.132	0.158	0.137	0.072	0.080	0.084	0.106
24H	0.094	0.114	0.076	0.080	0.157	0.117	0.127	0.156	0.155	0.093	0.079	0.087	0.111
36H	0.107	0.125	0.091	0.080	0.152	0.138	0.133	0.166	0.168	0.107	0.084	0.088	0.120
48H	0.105	0.127	0.094	0.082	0.154	0.153	0.144	0.179	0.165	0.113	0.102	0.097	0.126

나. 지점별 Brier Score (무차원, 31 지점, 2004년)

속초	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.038	0.058	0.029	0.055	0.141	0.145	0.178	0.178	0.124	0.121	0.061	0.107	0.103
24hr	0.039	0.062	0.029	0.070	0.142	0.148	0.176	0.157	0.120	0.131	0.084	0.099	0.105
36hr	0.047	0.058	0.060	0.063	0.147	0.202	0.169	0.177	0.166	0.126	0.085	0.096	0.116
48hr	0.051	0.068	0.050	0.060	0.156	0.231	0.181	0.211	0.154	0.130	0.093	0.106	0.124
철원	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.076	0.086	0.102	0.062	0.117	0.190	0.121	0.174	0.120	0.099	0.074	0.069	0.108
24hr	0.088	0.097	0.112	0.076	0.129	0.181	0.154	0.166	0.116	0.127	0.068	0.058	0.114
36hr	0.077	0.098	0.155	0.067	0.131	0.163	0.158	0.187	0.102	0.123	0.071	0.056	0.116
48hr	0.078	0.099	0.120	0.088	0.139	0.195	0.163	0.195	0.123	0.121	0.097	0.079	0.125

춘천	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.059	0.084	0.098	0.047	0.117	0.131	0.128	0.141	0.120	0.086	0.079	0.066	0.096
24hr	0.075	0.083	0.112	0.062	0.123	0.128	0.134	0.135	0.115	0.117	0.091	0.058	0.103
36hr	0.075	0.084	0.157	0.076	0.124	0.127	0.170	0.152	0.147	0.112	0.101	0.062	0.116
48hr	0.073	0.093	0.126	0.078	0.132	0.146	0.181	0.148	0.152	0.114	0.119	0.091	0.121
강릉	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.075	0.124	0.041	0.074	0.190	0.185	0.163	0.141	0.128	0.106	0.087	0.139	0.121
24hr	0.057	0.134	0.036	0.091	0.181	0.149	0.168	0.137	0.148	0.133	0.086	0.132	0.121
36hr	0.084	0.149	0.072	0.084	0.190	0.205	0.154	0.158	0.171	0.144	0.074	0.149	0.136
48hr	0.109	0.152	0.071	0.101	0.204	0.182	0.172	0.146	0.160	0.129	0.101	0.154	0.140

서울	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.073	0.078	0.076	0.078	0.134	0.132	0.111	0.170	0.113	0.039	0.096	0.065	0.097
24hr	0.082	0.092	0.097	0.069	0.136	0.134	0.130	0.150	0.112	0.062	0.083	0.060	0.101
36hr	0.092	0.102	0.116	0.070	0.138	0.136	0.136	0.150	0.134	0.082	0.086	0.048	0.108
48hr	0.077	0.111	0.089	0.069	0.127	0.147	0.151	0.148	0.149	0.077	0.099	0.067	0.109
인천	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.073	0.086	0.089	0.077	0.138	0.108	0.129	0.145	0.123	0.039	0.097	0.066	0.098
24hr	0.082	0.118	0.112	0.104	0.148	0.109	0.151	0.133	0.124	0.062	0.089	0.056	0.107
36hr	0.092	0.135	0.127	0.097	0.147	0.110	0.145	0.143	0.156	0.082	0.095	0.053	0.115
48hr	0.077	0.139	0.095	0.096	0.130	0.146	0.156	0.134	0.149	0.077	0.108	0.047	0.113

원주	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.111	0.098	0.076	0.061	0.158	0.162	0.139	0.168	0.096	0.067	0.082	0.093	0.109
24hr	0.104	0.123	0.079	0.050	0.154	0.161	0.128	0.146	0.112	0.097	0.071	0.065	0.108
36hr	0.107	0.132	0.095	0.047	0.163	0.169	0.144	0.176	0.123	0.126	0.078	0.064	0.119
48hr	0.114	0.154	0.126	0.060	0.158	0.165	0.151	0.158	0.116	0.111	0.083	0.079	0.123
울릉도	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.203	0.170	0.103	0.079	0.156	0.099	0.143	0.128	0.127	0.177	0.171	0.198	0.146
24hr	0.207	0.173	0.098	0.084	0.150	0.117	0.142	0.118	0.161	0.186	0.140	0.205	0.148
36hr	0.194	0.156	0.096	0.087	0.184	0.144	0.139	0.144	0.149	0.171	0.145	0.193	0.150
48hr	0.192	0.159	0.114	0.074	0.217	0.190	0.127	0.133	0.145	0.187	0.168	0.202	0.159

- 지점별 Brier Score 계속

서산	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.109	0.116	0.102	0.072	0.145	0.134	0.175	0.142	0.115	0.049	0.093	0.090	0.112
24hr	0.106	0.140	0.109	0.077	0.157	0.137	0.184	0.143	0.127	0.067	0.082	0.082	0.118
36hr	0.132	0.154	0.115	0.070	0.172	0.135	0.196	0.134	0.137	0.098	0.088	0.086	0.126
48hr	0.133	0.154	0.129	0.077	0.141	0.147	0.200	0.153	0.145	0.105	0.095	0.105	0.132
울진	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.082	0.088	0.043	0.061	0.188	0.138	0.140	0.138	0.146	0.121	0.056	0.104	0.109
24hr	0.072	0.093	0.051	0.068	0.179	0.146	0.135	0.124	0.168	0.147	0.055	0.089	0.111
36hr	0.065	0.104	0.070	0.080	0.178	0.207	0.160	0.172	0.179	0.136	0.063	0.100	0.126
48hr	0.058	0.115	0.089	0.081	0.172	0.208	0.145	0.163	0.168	0.120	0.071	0.097	0.124

수원	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.091	0.098	0.055	0.079	0.117	0.098	0.123	0.143	0.129	0.039	0.092	0.079	0.095
24hr	0.099	0.113	0.083	0.093	0.120	0.109	0.143	0.126	0.137	0.062	0.081	0.078	0.104
36hr	0.107	0.123	0.095	0.085	0.123	0.114	0.147	0.134	0.152	0.082	0.088	0.067	0.110
48hr	0.099	0.157	0.092	0.091	0.117	0.139	0.163	0.125	0.173	0.077	0.099	0.078	0.118

청주	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.115	0.112	0.105	0.075	0.177	0.130	0.147	0.172	0.113	0.055	0.072	0.079	0.113
24hr	0.119	0.137	0.113	0.067	0.192	0.140	0.149	0.161	0.148	0.074	0.072	0.054	0.119
36hr	0.141	0.148	0.114	0.075	0.186	0.169	0.152	0.185	0.169	0.090	0.061	0.057	0.129
48hr	0.134	0.149	0.130	0.071	0.170	0.177	0.141	0.212	0.151	0.097	0.068	0.065	0.130
대전	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.126	0.119	0.095	0.062	0.134	0.135	0.096	0.141	0.136	0.042	0.083	0.085	0.105
24hr	0.114	0.133	0.105	0.070	0.148	0.141	0.101	0.155	0.146	0.067	0.081	0.087	0.112
36hr	0.141	0.136	0.110	0.066	0.141	0.178	0.104	0.151	0.161	0.087	0.089	0.094	0.122
48hr	0.132	0.149	0.116	0.062	0.151	0.152	0.139	0.175	0.173	0.106	0.105	0.107	0.131

추풍령	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.128	0.111	0.115	0.074	0.172	0.105	0.079	0.184	0.108	0.040	0.073	0.071	0.105
24hr	0.115	0.140	0.119	0.067	0.201	0.112	0.089	0.179	0.142	0.055	0.101	0.052	0.114
36hr	0.128	0.151	0.121	0.077	0.182	0.142	0.091	0.203	0.149	0.066	0.082	0.059	0.121
48hr	0.134	0.143	0.140	0.073	0.194	0.162	0.101	0.240	0.151	0.073	0.095	0.063	0.131
안동	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.064	0.096	0.062	0.062	0.124	0.120	0.111	0.179	0.148	0.042	0.063	0.072	0.095
24hr	0.051	0.105	0.068	0.066	0.138	0.122	0.105	0.172	0.154	0.083	0.070	0.050	0.099
36hr	0.061	0.108	0.068	0.063	0.129	0.145	0.109	0.175	0.192	0.090	0.085	0.063	0.107
48hr	0.070	0.129	0.082	0.054	0.167	0.145	0.126	0.191	0.185	0.089	0.080	0.058	0.115

포항	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.094	0.068	0.041	0.059	0.142	0.126	0.146	0.165	0.145	0.108	0.062	0.091	0.104
24hr	0.081	0.084	0.048	0.063	0.162	0.134	0.140	0.166	0.132	0.107	0.067	0.088	0.106
36hr	0.082	0.093	0.060	0.073	0.160	0.178	0.144	0.161	0.144	0.152	0.078	0.085	0.118
48hr	0.076	0.094	0.088	0.054	0.167	0.202	0.135	0.167	0.154	0.142	0.080	0.093	0.121

- 지점별 Brier Score 계속

군산	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.103	0.110	0.101	0.056	0.148	0.102	0.152	0.124	0.126	0.042	0.105	0.074	0.104
24hr	0.096	0.124	0.098	0.068	0.158	0.099	0.145	0.141	0.136	0.067	0.105	0.081	0.110
36hr	0.119	0.133	0.109	0.069	0.167	0.113	0.156	0.128	0.156	0.087	0.101	0.091	0.119
48hr	0.119	0.139	0.120	0.081	0.165	0.129	0.162	0.153	0.152	0.106	0.128	0.113	0.131
대구	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.058	0.076	0.053	0.049	0.154	0.127	0.117	0.192	0.120	0.057	0.057	0.086	0.096
24hr	0.064	0.093	0.063	0.060	0.168	0.147	0.104	0.186	0.139	0.077	0.062	0.073	0.103
36hr	0.075	0.110	0.064	0.055	0.164	0.195	0.128	0.180	0.163	0.101	0.057	0.088	0.115
48hr	0.077	0.109	0.078	0.050	0.160	0.201	0.134	0.182	0.146	0.092	0.067	0.075	0.114

전주	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.098	0.137	0.108	0.059	0.129	0.086	0.108	0.137	0.134	0.064	0.084	0.079	0.102
24hr	0.087	0.151	0.108	0.059	0.149	0.083	0.116	0.148	0.147	0.075	0.108	0.071	0.109
36hr	0.113	0.155	0.119	0.061	0.139	0.111	0.130	0.153	0.172	0.100	0.098	0.075	0.119
48hr	0.120	0.163	0.132	0.063	0.154	0.122	0.156	0.193	0.175	0.099	0.128	0.091	0.133
울산	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.055	0.066	0.063	0.067	0.098	0.088	0.124	0.160	0.138	0.096	0.071	0.077	0.092
24hr	0.076	0.090	0.056	0.082	0.106	0.103	0.110	0.170	0.156	0.100	0.067	0.099	0.101
36hr	0.094	0.124	0.071	0.076	0.100	0.120	0.116	0.175	0.172	0.107	0.074	0.106	0.111
48hr	0.102	0.101	0.077	0.080	0.104	0.157	0.139	0.187	0.170	0.129	0.089	0.110	0.120

마산	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.076	0.075	0.072	0.075	0.170	0.088	0.133	0.156	0.106	0.084	0.079	0.070	0.099
24hr	0.084	0.098	0.052	0.083	0.179	0.081	0.105	0.163	0.145	0.092	0.078	0.104	0.105
36hr	0.113	0.131	0.070	0.077	0.164	0.118	0.107	0.182	0.165	0.101	0.090	0.089	0.117
48hr	0.102	0.109	0.062	0.083	0.161	0.114	0.119	0.207	0.156	0.119	0.098	0.091	0.118
광주	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.098	0.112	0.062	0.073	0.168	0.091	0.138	0.183	0.163	0.071	0.090	0.062	0.109
24hr	0.099	0.113	0.057	0.083	0.178	0.098	0.144	0.175	0.189	0.107	0.071	0.075	0.116
36hr	0.112	0.112	0.061	0.064	0.172	0.108	0.141	0.188	0.205	0.128	0.080	0.074	0.120
48hr	0.111	0.113	0.085	0.075	0.166	0.114	0.161	0.202	0.188	0.139	0.109	0.071	0.128

부산	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.054	0.088	0.066	0.082	0.120	0.073	0.123	0.138	0.131	0.087	0.071	0.072	0.092
24hr	0.060	0.086	0.049	0.091	0.120	0.081	0.090	0.138	0.162	0.100	0.067	0.091	0.095
36hr	0.077	0.128	0.060	0.093	0.121	0.103	0.096	0.168	0.166	0.110	0.074	0.097	0.108
48hr	0.096	0.113	0.070	0.096	0.127	0.124	0.125	0.180	0.165	0.130	0.089	0.094	0.117
통영	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.064	0.071	0.061	0.066	0.134	0.073	0.133	0.121	0.116	0.049	0.064	0.070	0.085
24hr	0.058	0.080	0.048	0.092	0.144	0.073	0.113	0.115	0.146	0.058	0.058	0.093	0.090
36hr	0.067	0.087	0.067	0.077	0.136	0.090	0.124	0.140	0.167	0.087	0.069	0.098	0.101
48hr	0.075	0.090	0.081	0.085	0.129	0.119	0.141	0.141	0.176	0.094	0.101	0.113	0.112

- 지점별 Brier Score 계속

목포	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.113	0.090	0.066	0.097	0.150	0.111	0.120	0.115	0.148	0.052	0.074	0.080	0.101
24hr	0.117	0.092	0.063	0.111	0.165	0.109	0.120	0.106	0.163	0.082	0.064	0.098	0.108
36hr	0.131	0.105	0.063	0.086	0.156	0.104	0.110	0.123	0.156	0.102	0.066	0.099	0.108
48hr	0.125	0.101	0.081	0.087	0.134	0.131	0.135	0.123	0.140	0.119	0.103	0.111	0.116
여수	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.072	0.108	0.077	0.075	0.145	0.087	0.173	0.143	0.143	0.048	0.059	0.072	0.100
24hr	0.072	0.110	0.069	0.089	0.161	0.080	0.123	0.187	0.185	0.077	0.061	0.090	0.109
36hr	0.084	0.116	0.093	0.072	0.149	0.135	0.121	0.175	0.205	0.102	0.061	0.089	0.117
48hr	0.072	0.117	0.093	0.095	0.144	0.145	0.142	0.198	0.173	0.083	0.092	0.103	0.121

완도	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.138	0.110	0.095	0.081	0.177	0.099	0.140	0.114	0.195	0.087	0.087	0.070	0.116
24hr	0.122	0.112	0.074	0.087	0.186	0.085	0.115	0.112	0.225	0.098	0.077	0.078	0.114
36hr	0.147	0.119	0.098	0.098	0.168	0.118	0.121	0.111	0.246	0.130	0.085	0.070	0.126
48hr	0.154	0.120	0.106	0.104	0.161	0.128	0.120	0.124	0.225	0.119	0.100	0.080	0.128

서귀포	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.104	0.158	0.067	0.078	0.151	0.128	0.148	0.221	0.209	0.067	0.067	0.085	0.124
24hr	0.112	0.154	0.060	0.094	0.180	0.128	0.131	0.205	0.235	0.081	0.081	0.089	0.129
36hr	0.129	0.161	0.080	0.146	0.149	0.124	0.139	0.216	0.239	0.097	0.085	0.091	0.138
48hr	0.120	0.164	0.079	0.134	0.165	0.146	0.142	0.259	0.243	0.112	0.095	0.107	0.147
진주	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.051	0.093	0.066	0.075	0.149	0.087	0.110	0.140	0.163	0.064	0.071	0.077	0.096
24hr	0.059	0.111	0.059	0.089	0.164	0.080	0.088	0.160	0.199	0.109	0.067	0.099	0.107
36hr	0.085	0.149	0.068	0.077	0.149	0.123	0.105	0.147	0.197	0.106	0.074	0.106	0.116
48hr	0.092	0.126	0.065	0.082	0.141	0.127	0.117	0.183	0.196	0.116	0.089	0.110	0.120

제주	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.147	0.147	0.064	0.100	0.143	0.122	0.103	0.221	0.192	0.079	0.081	0.075	0.123
24hr	0.163	0.152	0.061	0.116	0.158	0.097	0.087	0.251	0.219	0.099	0.077	0.102	0.132
36hr	0.171	0.164	0.077	0.122	0.126	0.095	0.092	0.235	0.186	0.113	0.112	0.088	0.132
48hr	0.153	0.164	0.060	0.129	0.148	0.130	0.111	0.260	0.197	0.160	0.156	0.097	0.147
제주 고층	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
12hr	0.130	0.136	0.068	0.081	0.175	0.099	0.125	0.211	0.180	0.056	0.074	0.092	0.119
24hr	0.146	0.136	0.061	0.106	0.196	0.099	0.116	0.215	0.207	0.072	0.075	0.128	0.130
36hr	0.162	0.146	0.078	0.130	0.162	0.108	0.107	0.214	0.197	0.085	0.107	0.123	0.135
48hr	0.139	0.156	0.063	0.122	0.184	0.133	0.137	0.260	0.168	0.133	0.146	0.144	0.149

3. 6. 앙상블예보 모델

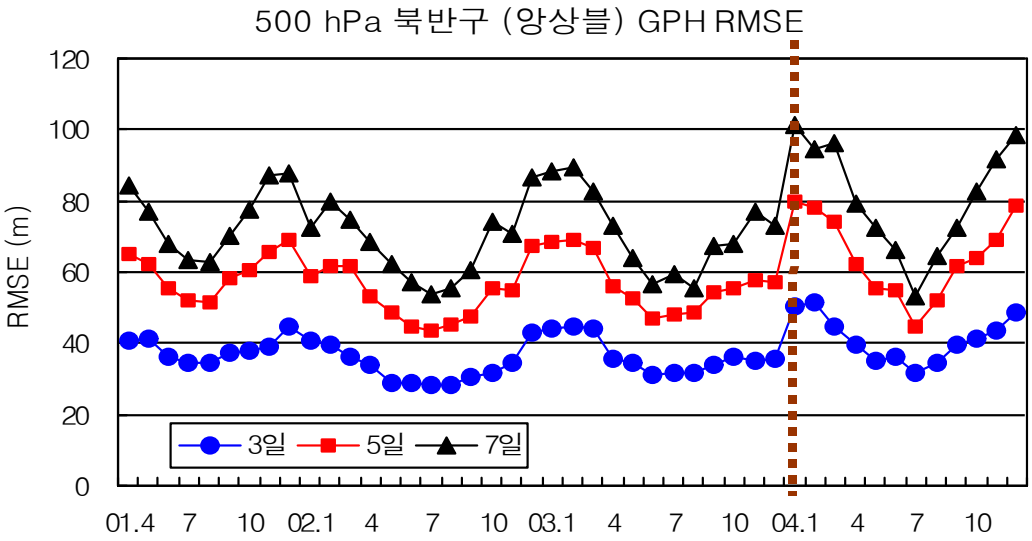
3.6.1. 성능 변화 추세

※ 2004년 1월부터 앙상블 전문가 회의 (OPAG/CBS/WMO) 에서 제안된 권고사항에 따라 검증 영역 변경

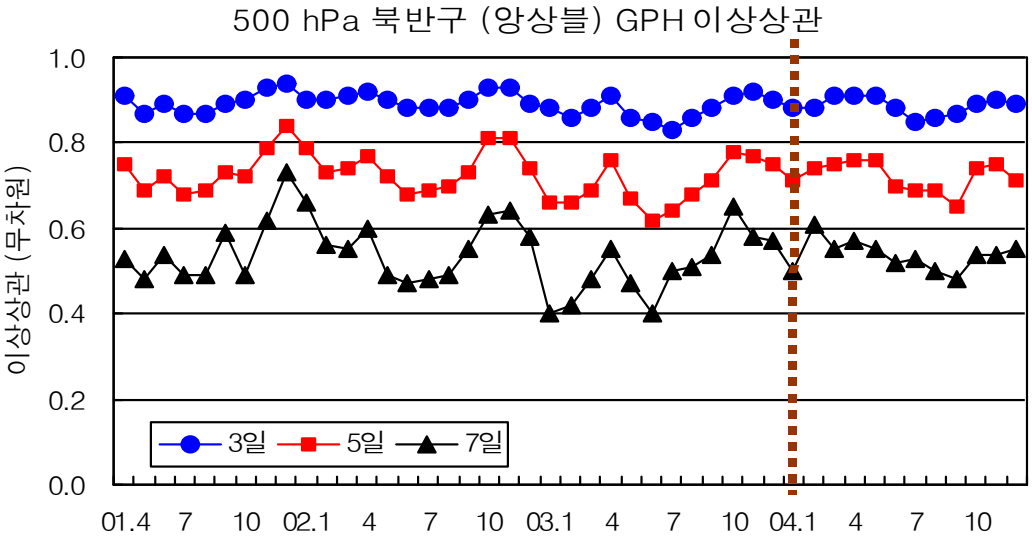
기존 영역 : 북반구(20N ~ 70N), 남반구(20S ~ 70S)

바뀐 영역 : 북반구(20N ~ 90N), 남반구(20S ~ 90S)

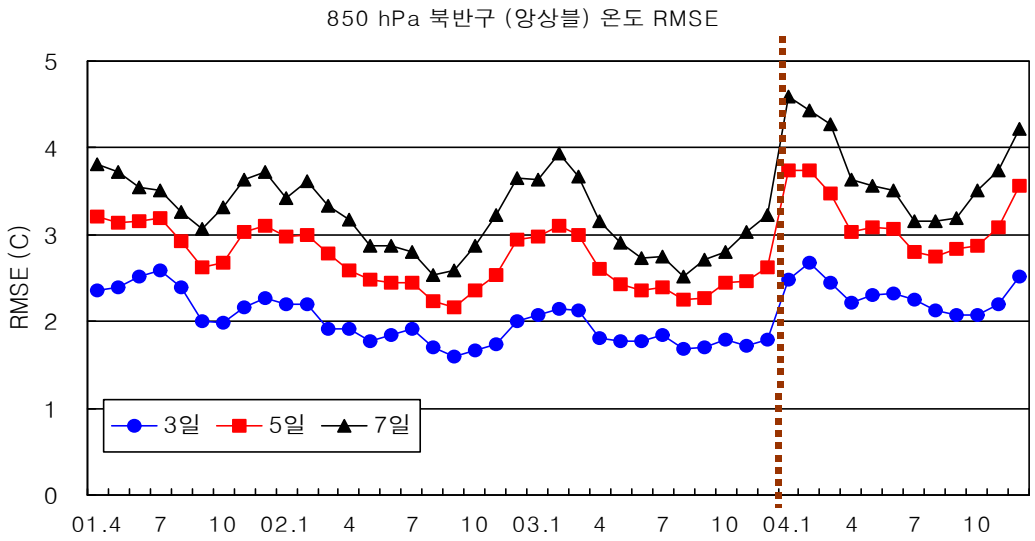
가. 500 hPa 고도장의 RMSE (북반구)



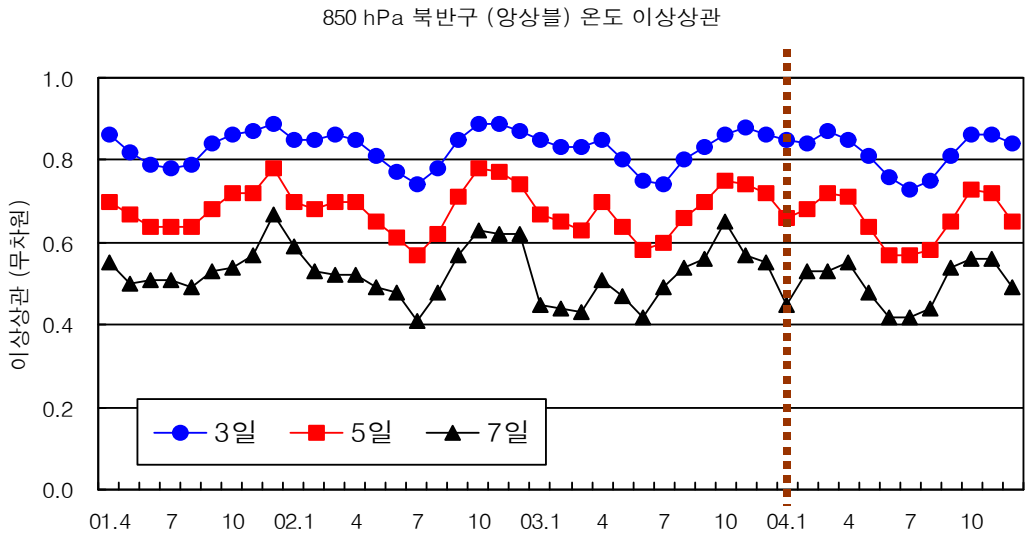
나. 500 hPa 고도장의 이상상관 (북반구)



다. 850 hPa 온도의 RMSE (북반구)



라. 850 hPa 온도의 이상상관 (북반구)



3.6.2. 앙상블예보 검증

o 검증 요소 : RMSE, 이상상관(AC), Reliability diagram, ROC Curve, Economic Value, Brier Skill Score(BSS)

가. 500 hPa 고도장의 RMSE (북반구, 단위 : m, 2004년)

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
1day	18.85	19.57	17.75	17.07	15.76	16.02	15.76	16.20	16.39	16.57	17.69	18.72	17.20
3day	50.37	51.33	44.95	39.81	35.13	36.04	31.60	34.74	39.40	41.25	43.81	48.87	41.44
5day	79.71	78.23	74.16	62.21	55.69	54.64	45.00	52.07	61.54	63.77	68.94	78.85	64.57
7day	101.05	94.32	96.34	79.31	72.38	66.36	53.39	64.71	72.53	82.66	91.70	98.42	81.10

나. 500 hPa 고도장의 이상상관 (북반구, 무차원, 2004년)

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
1day	0.98	0.98	0.99	0.98	0.98	0.97	0.96	0.97	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
3day	0.88	0.88	0.91	0.91	0.91	0.88	0.85	0.86	0.87	0.89	0.90	0.89	0.89
5day	0.71	0.74	0.75	0.76	0.76	0.70	0.69	0.69	0.65	0.74	0.75	0.71	0.72
7day	0.50	0.61	0.55	0.57	0.55	0.52	0.53	0.50	0.48	0.54	0.54	0.55	0.54

다. 850 hPa 온도의 RMSE (북반구, 단위 : C, 2004년)

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
1day	1.21	1.27	1.22	1.22	1.29	1.33	1.33	1.23	1.18	1.11	1.16	1.24	1.23
3day	2.49	2.68	2.45	2.21	2.30	2.32	2.25	2.12	2.08	2.07	2.20	2.51	2.31
5day	3.74	3.74	3.48	3.03	3.08	3.06	2.81	2.74	2.84	2.87	3.08	3.57	3.17
7day	4.60	4.44	4.27	3.64	3.57	3.51	3.16	3.15	3.20	3.51	3.74	4.22	3.75

라. 850 hPa 온도의 이상상관 (북반구, 무차원, 2004년)

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
1day	0.96	0.96	0.97	0.95	0.94	0.92	0.90	0.91	0.94	0.96	0.96	0.96	0.94
3day	0.85	0.84	0.87	0.85	0.81	0.76	0.73	0.75	0.81	0.86	0.86	0.84	0.82
5day	0.66	0.68	0.72	0.71	0.64	0.57	0.57	0.58	0.65	0.73	0.72	0.65	0.66
7day	0.45	0.53	0.53	0.55	0.48	0.42	0.42	0.44	0.54	0.56	0.56	0.49	0.50

마. BSS (Brier Skill Score, 2004년)

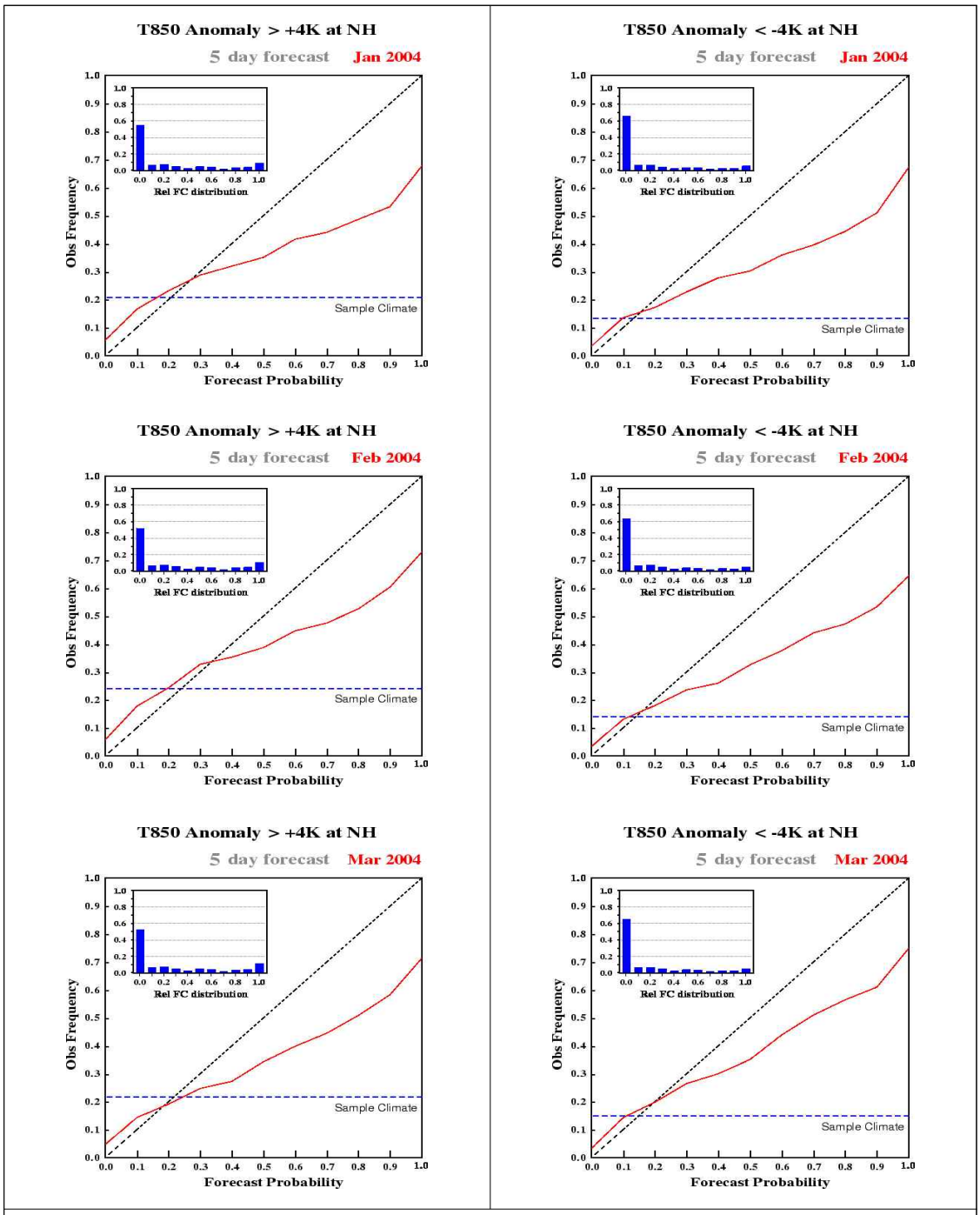
① 북반구 850 hPa 온도 +4C 이상

FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
1day	0.70	0.71	0.72	0.70	0.65	0.62	0.54	0.58	0.65	0.72	0.72	0.70	0.67
3day	0.41	0.43	0.45	0.45	0.34	0.23	0.14	0.22	0.38	0.49	0.50	0.43	0.37
5day	0.14	0.21	0.21	0.27	0.04	-0.03	-0.11	0.04	0.17	0.29	0.32	0.20	0.15
7day	-0.03	0.06	0.04	0.10	-0.13	-0.17	-0.27	-0.06	0.10	0.15	0.15	0.06	0.00

② 북반구 850 hPa 온도 -4C 이하

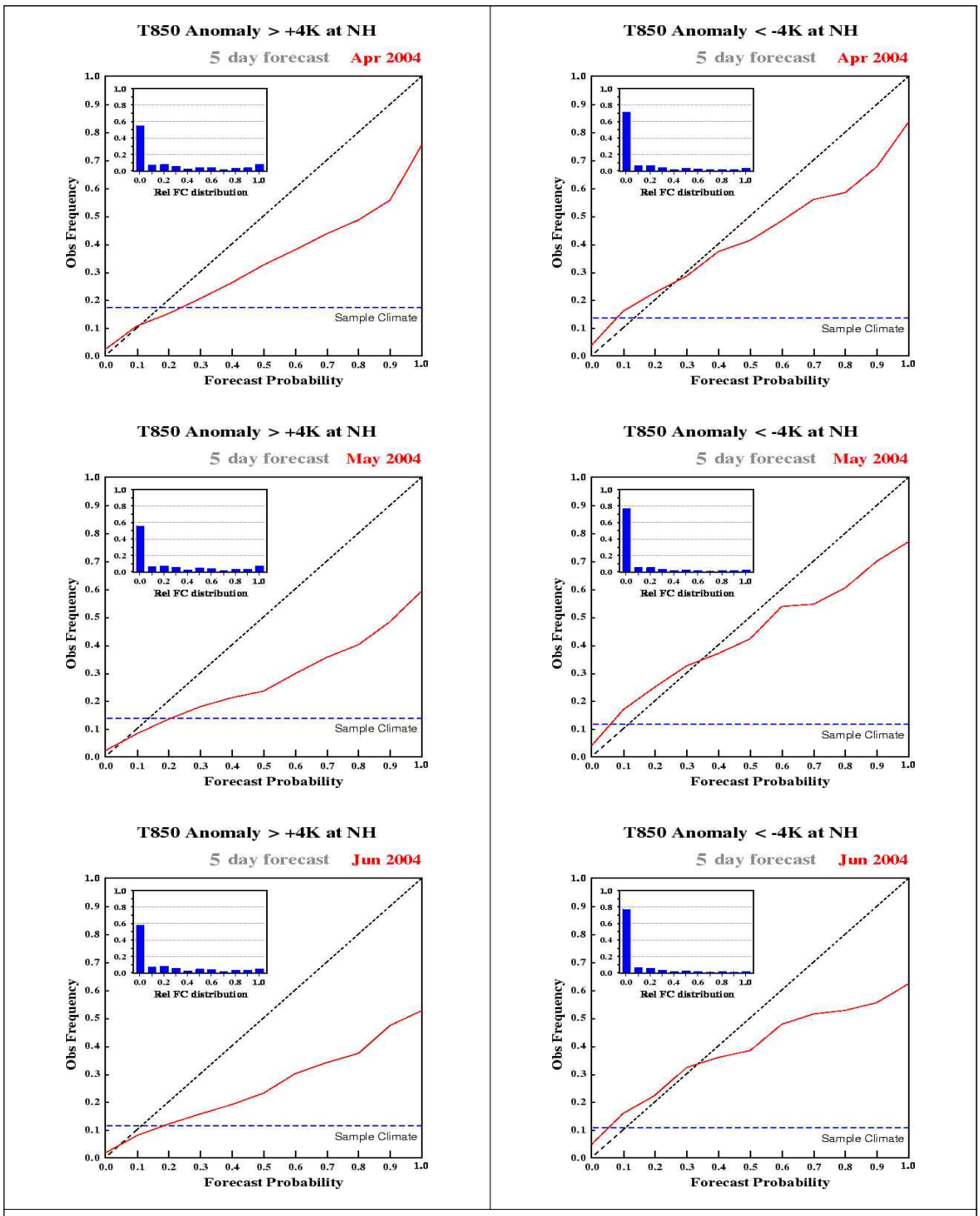
FCST	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
1day	0.71	0.71	0.75	0.70	0.62	0.56	0.56	0.57	0.62	0.69	0.68	0.71	0.66
3day	0.42	0.39	0.52	0.48	0.38	0.29	0.31	0.35	0.38	0.47	0.41	0.41	0.40
5day	0.15	0.15	0.26	0.28	0.24	0.12	0.18	0.19	0.18	0.26	0.20	0.15	0.20
7day	-0.07	-0.01	0.09	0.16	0.10	0.04	0.09	0.08	0.09	0.11	0.06	0.01	0.06

바. Reliability Diagram를 이용한 검증 (무차원) - 850 hPa 온도



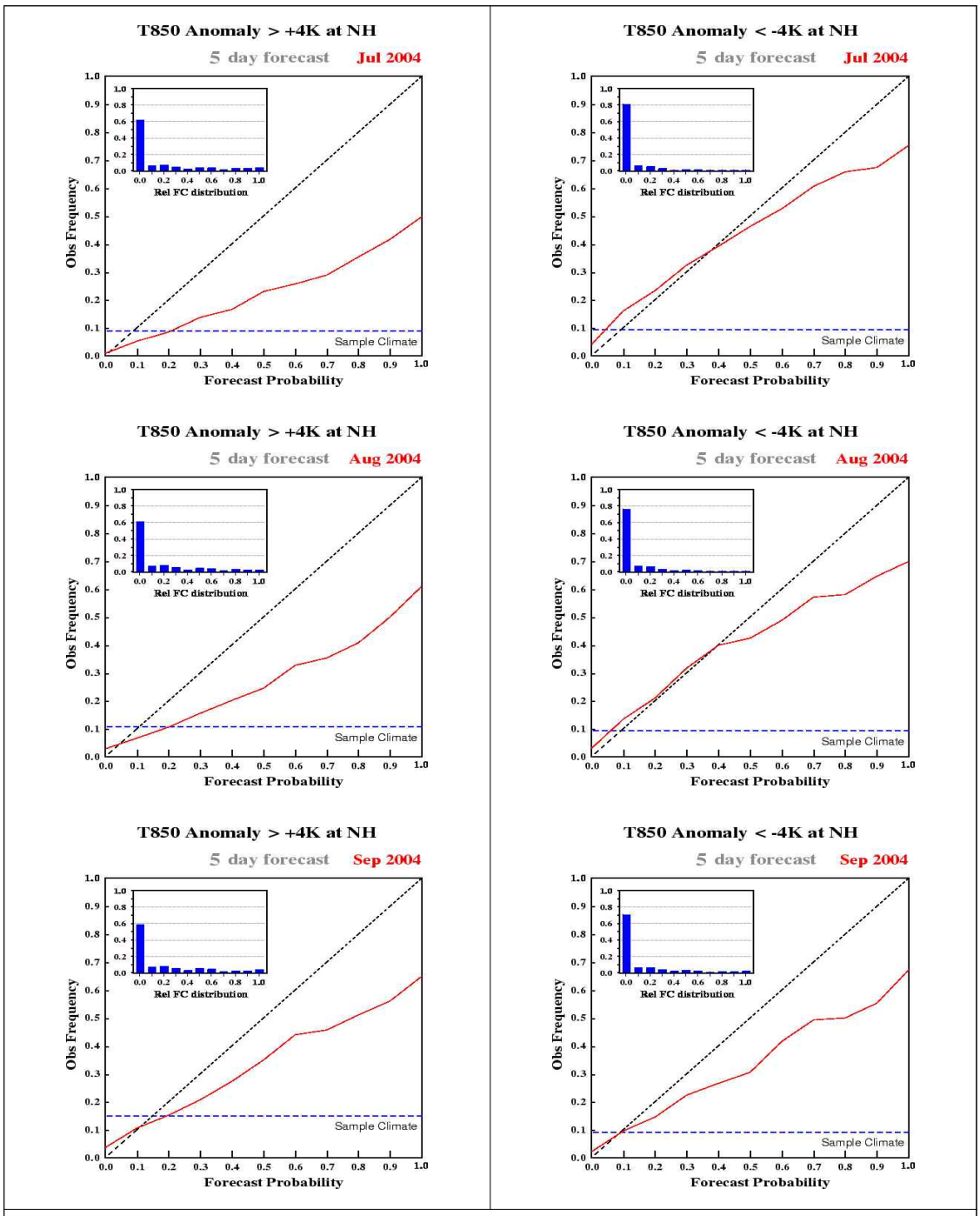
● 윗 그림은 850 hPa 온도의 Reliability Diagram의 월별 검증이다(검증 대상은 아노말리가 ± 4C 이상 차이날 현상에 대한 5일 앙상블 확률예보, 검증영역은 북반구, 실선은 reliability, 막대그래프는 각 확률의 상대예보 빈도인 sharpness, 점선은 실황의 빈도로 Sample Climate 라고도 한다).

- Reliability Diagram를 이용한 검증 계속 (850 hPa 온도)



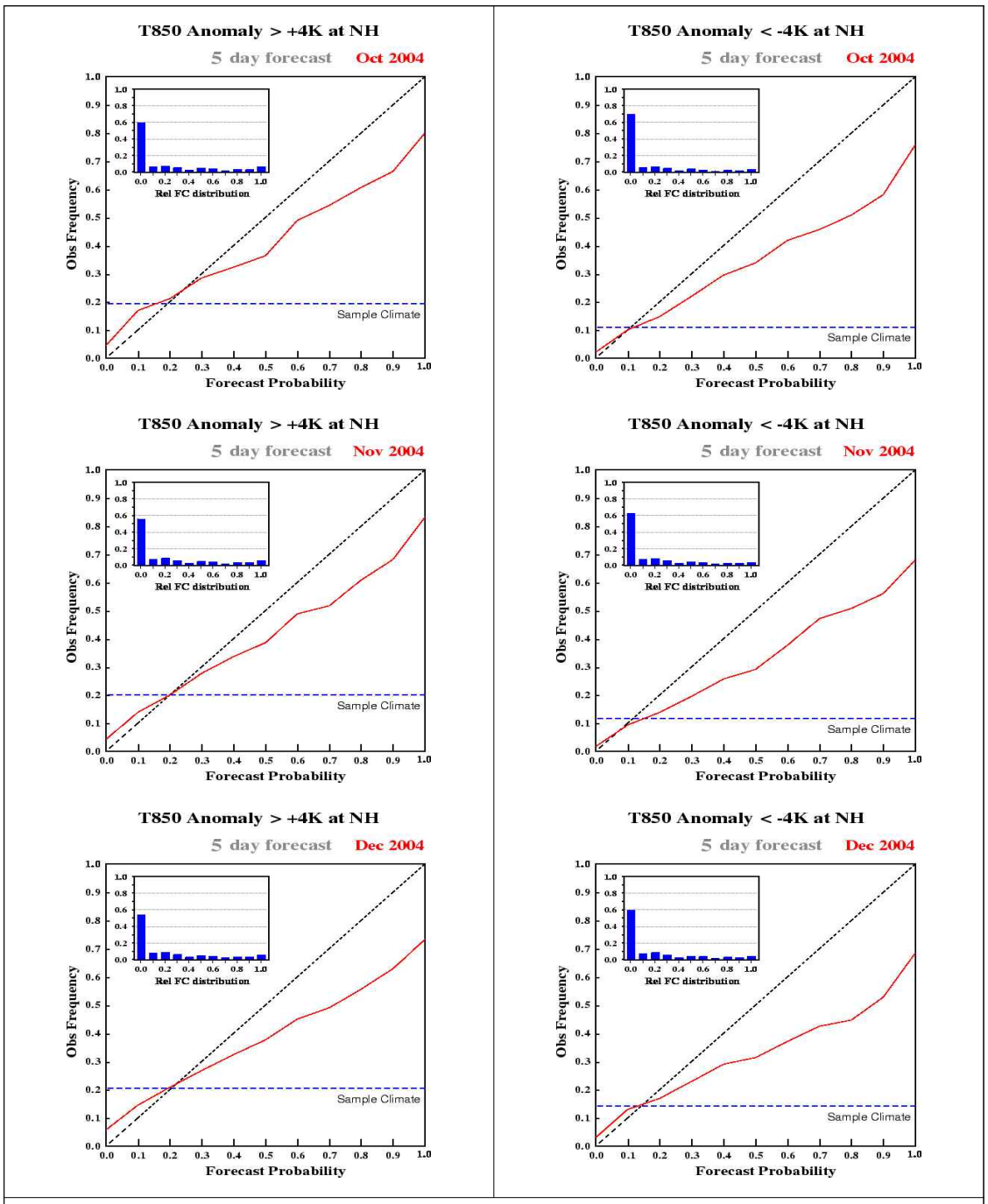
● 윗 그림은 850 hPa 온도의 Reliability Diagram의 월별 검증이다(검증 대상은 아노말리가 ± 4C 이상 차이날 현상에 대한 5일 앙상블 확률예보, 검증영역은 북반구, 실선은 reliability, 막대그래프는 각 확률의 상대예보 빈도인 sharpness, 점선은 실황의 빈도로 Sample Climate 라고도 한다).

- Reliability Diagram를 이용한 검증 계속 (850 hPa 온도)



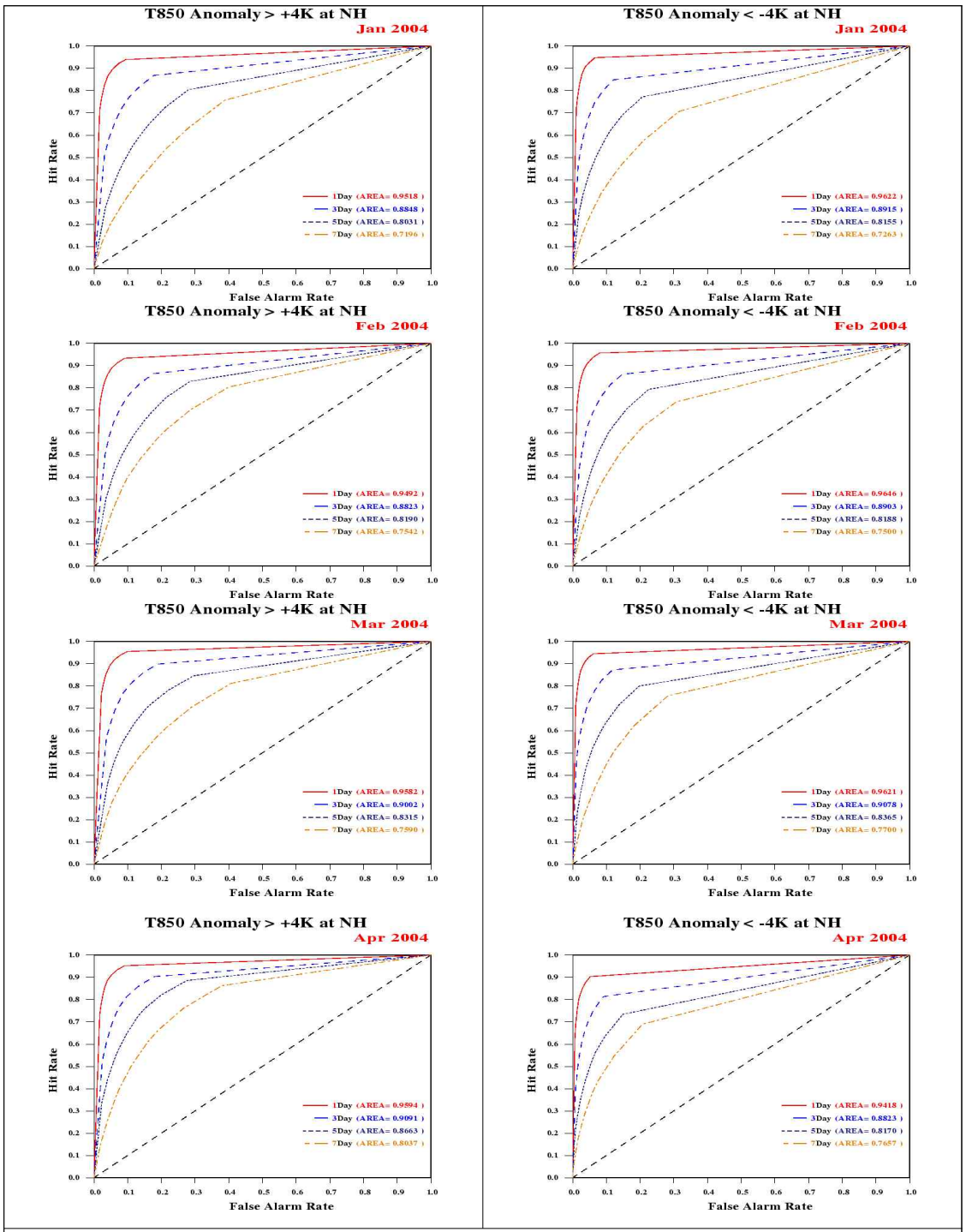
● 윗 그림은 850 hPa 온도의 Reliability Diagram의 월별 검증이다(검증 대상은 아노말리가 ± 4C 이상 차이날 현상에 대한 5일 앙상블 확률예보, 검증영역은 북반구, 실선은 reliability, 막대그래프는 각 확률의 상대예보 빈도인 sharpness, 점선은 실황의 빈도로 Sample Climate 라고도 한다).

- Reliability Diagram를 이용한 검증 계속 (850 hPa 온도)



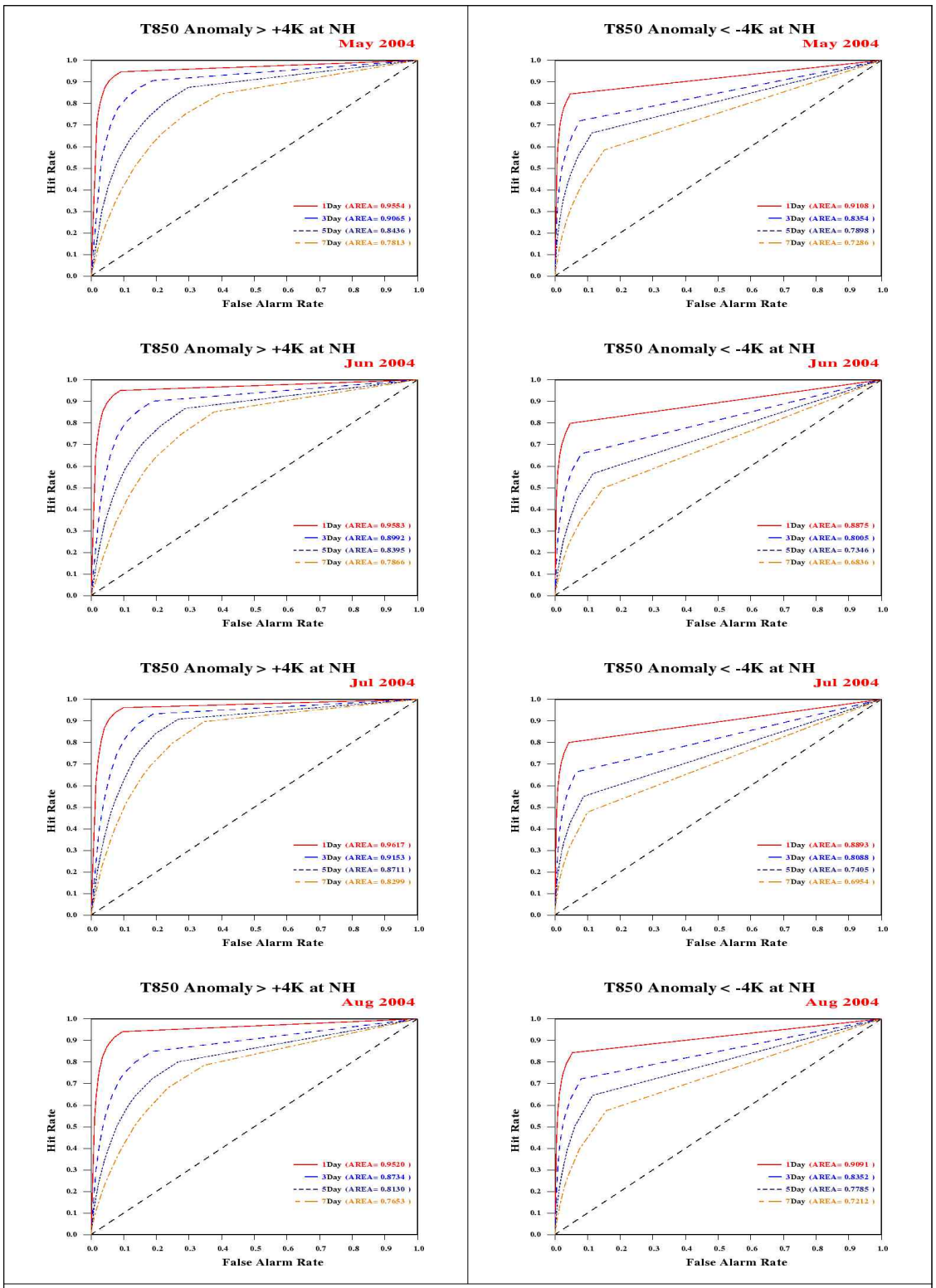
● 윗 그림은 850 hPa 온도의 Reliability Diagram의 월별 검증이다(검증 대상은 아노말리가 ± 4C 이상 차이날 현상에 대한 5일 앙상블 확률예보, 검증영역은 북반구, 실선은 reliability, 막대그래프는 각 확률의 상대예보 빈도인 sharpness, 점선은 실황의 빈도로 Sample Climate 라고도 한다).

사. ROC Curve를 이용한 검증 - 850 hPa 온도 (북반구, 무차원)



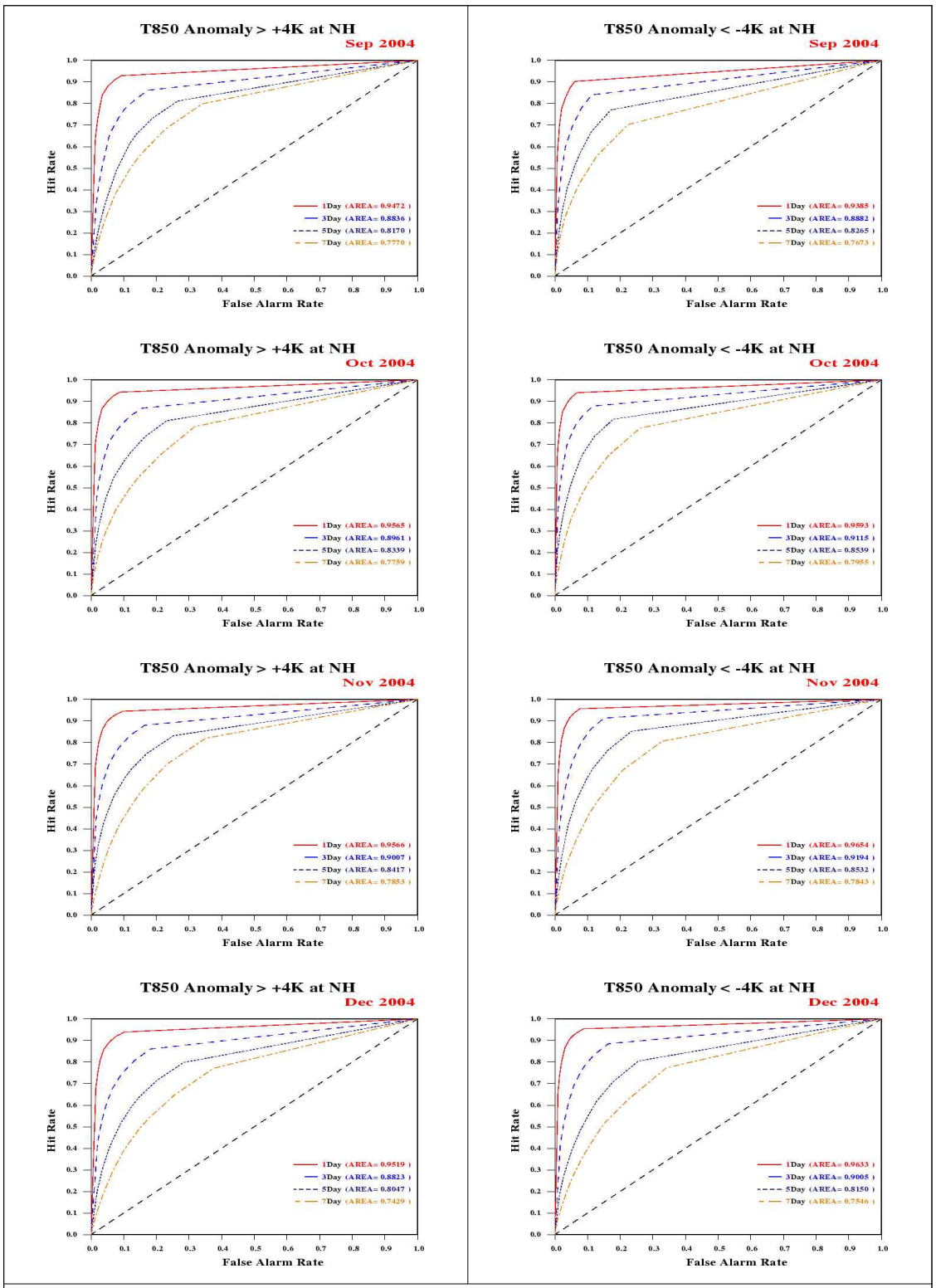
● 검증 영역은 북반구 영역, 검증 대상은 850 hPa 온도, 좌측은 NCEP 기후값에 비해 +4C보다 높은 현상, 우측은 NCEP 기후값에 비해 -4C 보다 낮은 현상

- ROC curve를 이용한 검증 계속 (850 hPa 온도, 단위 : 무차원)



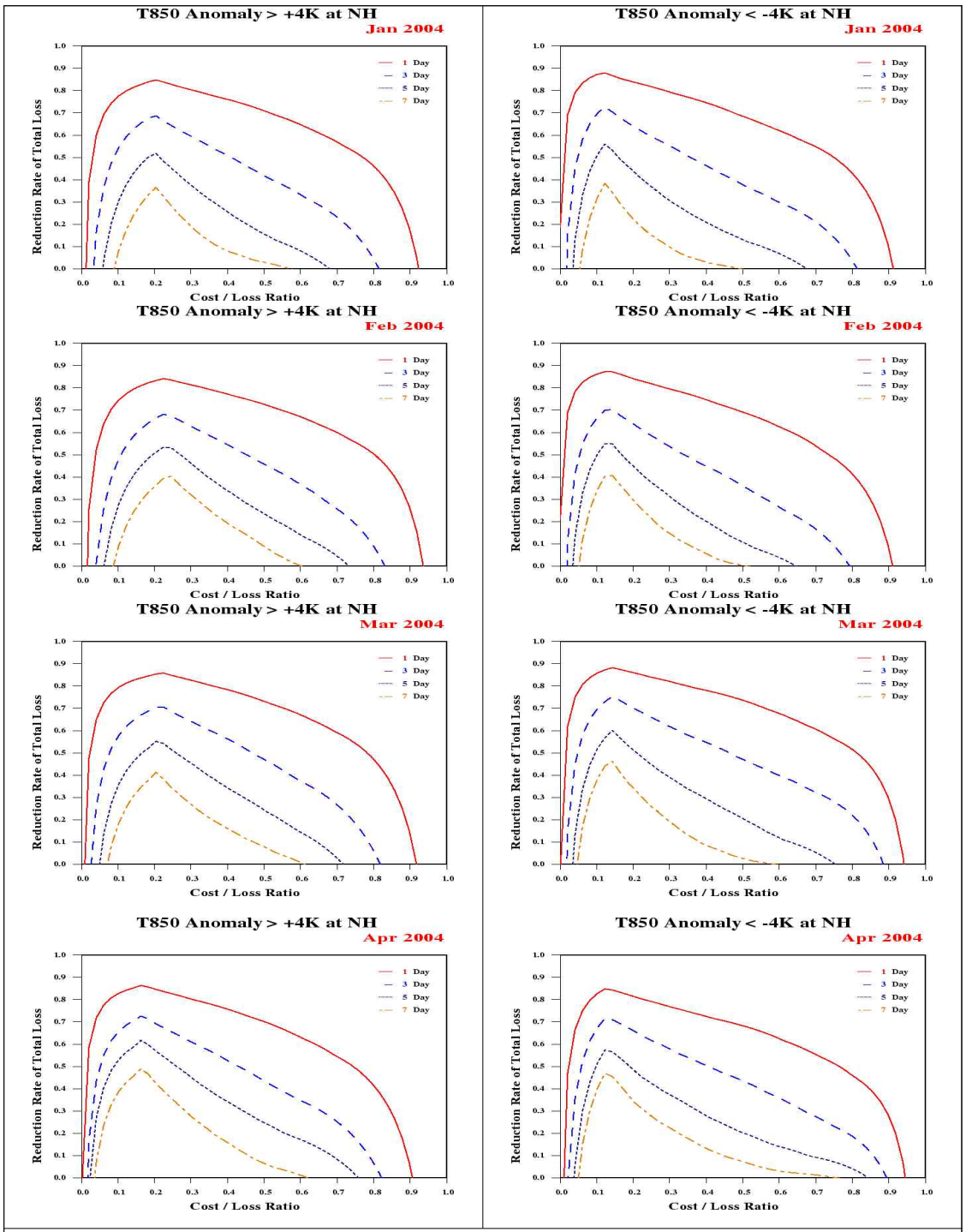
● 검증 영역은 북반구 영역, 검증 대상은 850 hPa 온도, 좌측은 NCEP 기후값에 비해 +4C보다 높은 현상, 우측은 NCEP 기후값에 비해 -4C 보다 낮은 현상

- ROC curve를 이용한 검증 계속 (850 hPa 온도, 단위 : 무차원)



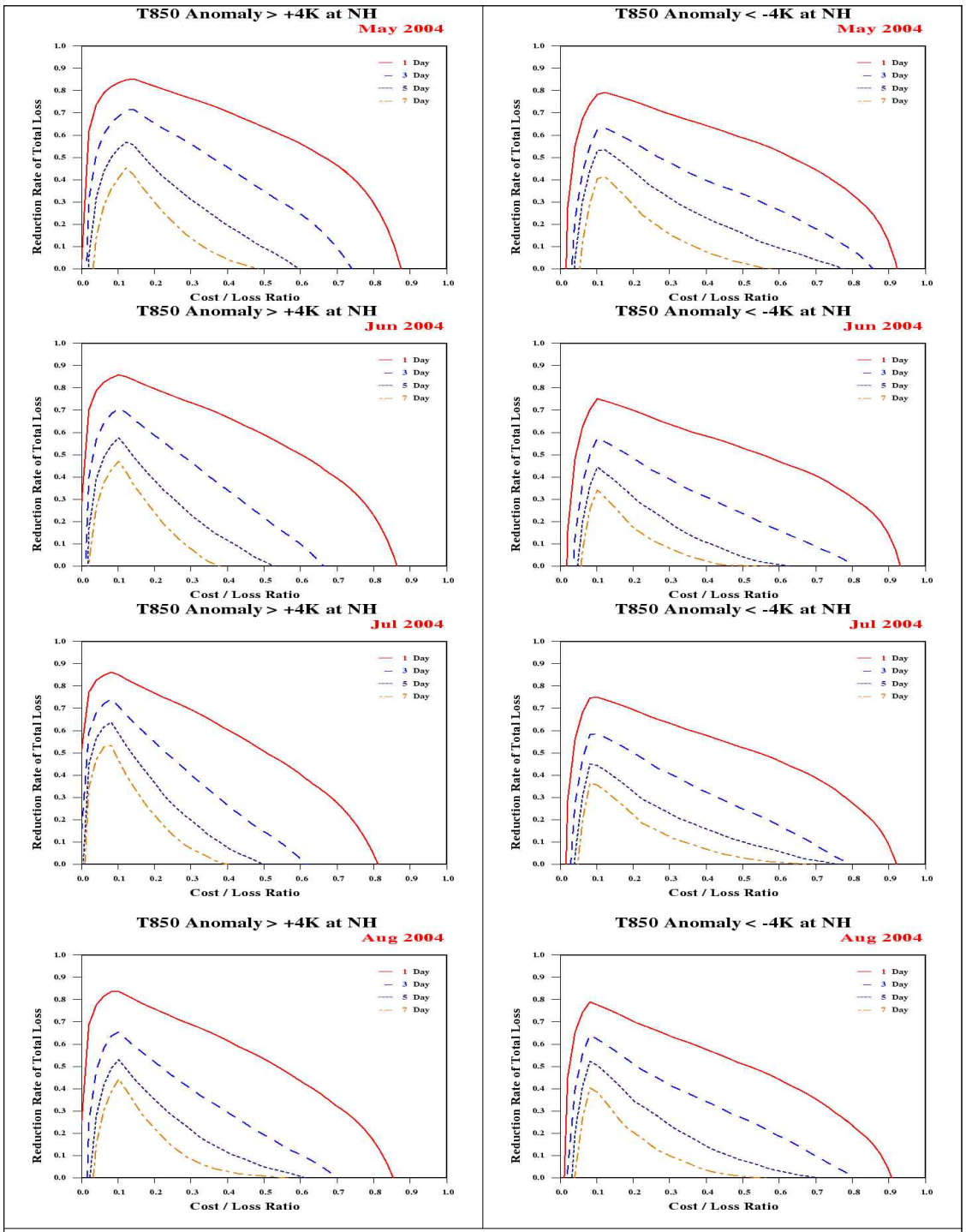
● 검증 영역은 북반구 영역, 검증 대상은 850 hPa 온도, 좌측은 NCEP 기후값에 비해 +4C보다 높은 현상, 우측은 NCEP 기후값에 비해 -4C 보다 낮은 현상

아. 앙상블 확률 예보의 Economic Value - 850 hPa 온도 (무차원)



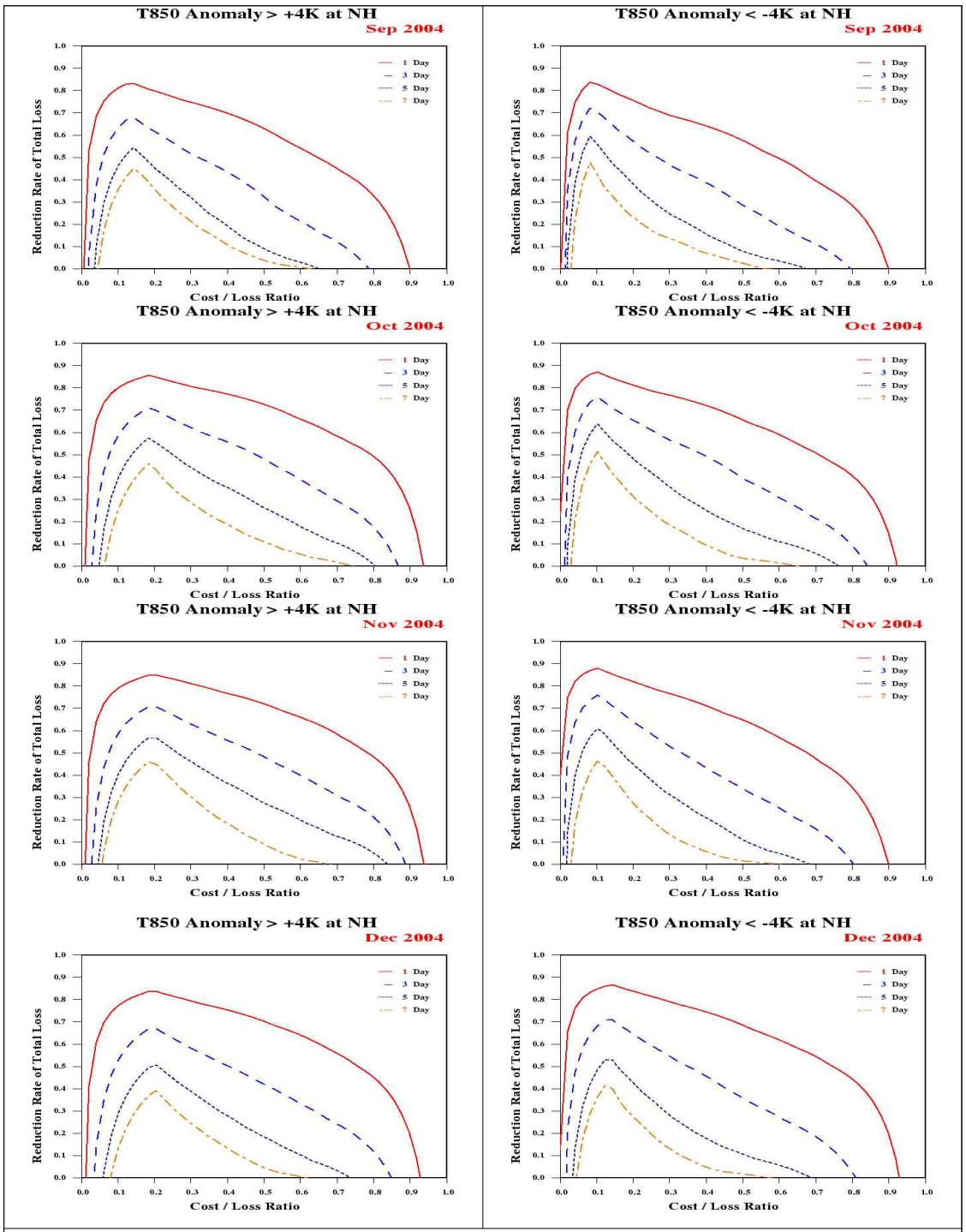
● 좌측은 5일예보에서 기후값에 비해 +4C보다 높게 예보한 앙상블 확률예보와 CNTL 단일예보의 EV곡선, 우측은 -4C보다 낮게 예보한 경우의 EV곡선

- 앙상블 확률 예보의 Economic Value 계속 (850 hPa 온도, 무차원)



● 좌측은 5일예보에서 기후값에 비해 +4C보다 높게 예보한 앙상블 확률예보와 CNTL 단일예보의 EV곡선, 우측은 -4C보다 낮게 예보한 경우의 EV곡선

- 앙상블 확률 예보의 Economic Value 계속 (850 hPa 온도, 무차원)



● 좌측은 5일예보에서 기후값에 비해 +4C보다 높게 예보한 앙상블 확률예보와 CNTL 단일예보의 EV곡선, 우측은 -4C보다 낮게 예보한 경우의 EV곡선

부록 A. Global Spectral Model 특성

- 2004년 11월부터 시험운영중입니다.

모델	Global Spectral Model
수평분해능	55km (0.5625 deg)
영역	Global
연직층수	40층 (~ 0.4hPa)
예보시간	90시간(00UTC), 216시간(12UTC)
복사과정	Sloar (매시간마다) Infrared (3시간마다)
강수과정	Prognostic Arakawa-Schubert Large-scale condensation Prognostic cloud water content
중력파저항	Long wave drag Short wave drag
PBL 과정	Mellor-Yamada level 2 Monin-Obukhov similarity
지표면	Simple Biosphere (SiB)