

# 수치모델링분야 연구-현업 협력 방안 (R2O2R)

수치모델링센터 권영철

# 발표순서

- ▶ 연구(R)와 현업(O)
- ▶ R2O2R 개념 및 사례
- ▶ 기후모델 적용
- ▶ 현업모델 KIM 개선 현황
- ▶ KIM 개선을 위한 R2O2R
- ▶ 요약

# 연구와 현업의 차이

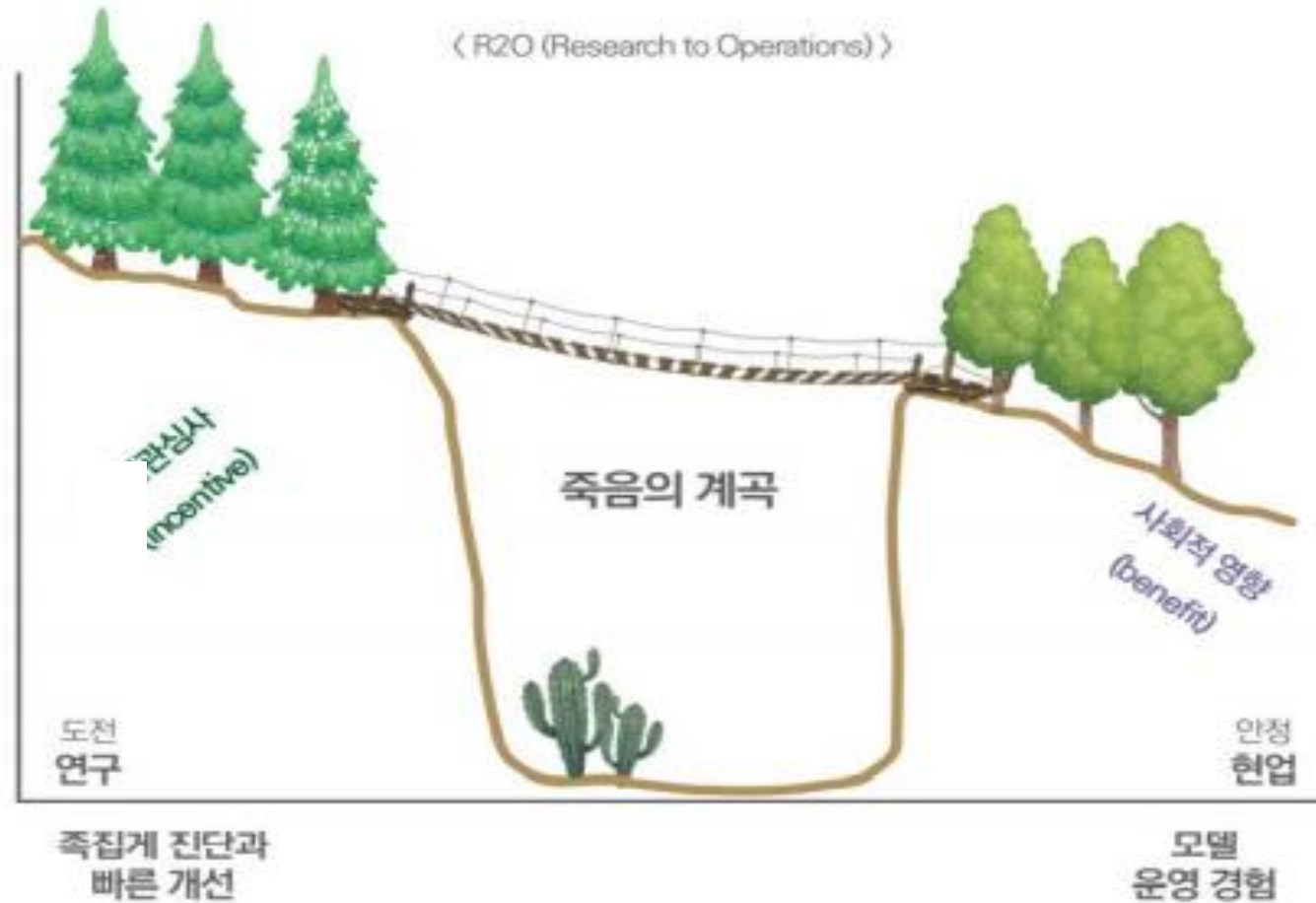
## • 연구

모델수행시간 제약 없음  
고도화된 수치방법  
사례실험 위주  
관심 현상 민감도 실험  
개별 사례의 정확성  
과학적 원인 규명 (논문)

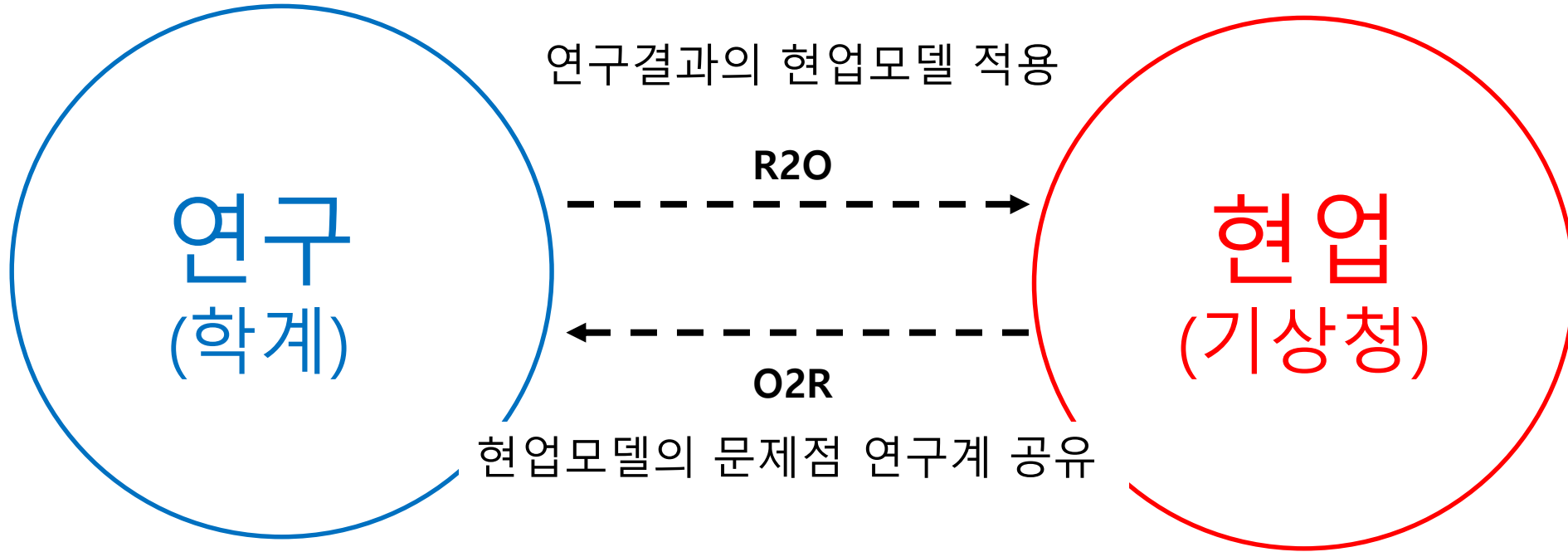
## • 현업

정해진 시간내에 모델 수행완료  
시간제약으로 단순화된 방법  
계절 예측 등 장기 모델 수행  
통계검증 결과 위주  
모델 안정성 중요  
예보에 의한 사회적 파급효과

# 연구와 현업사이의 괴리



# R2O2R 개념



수치모델링센터

사업단

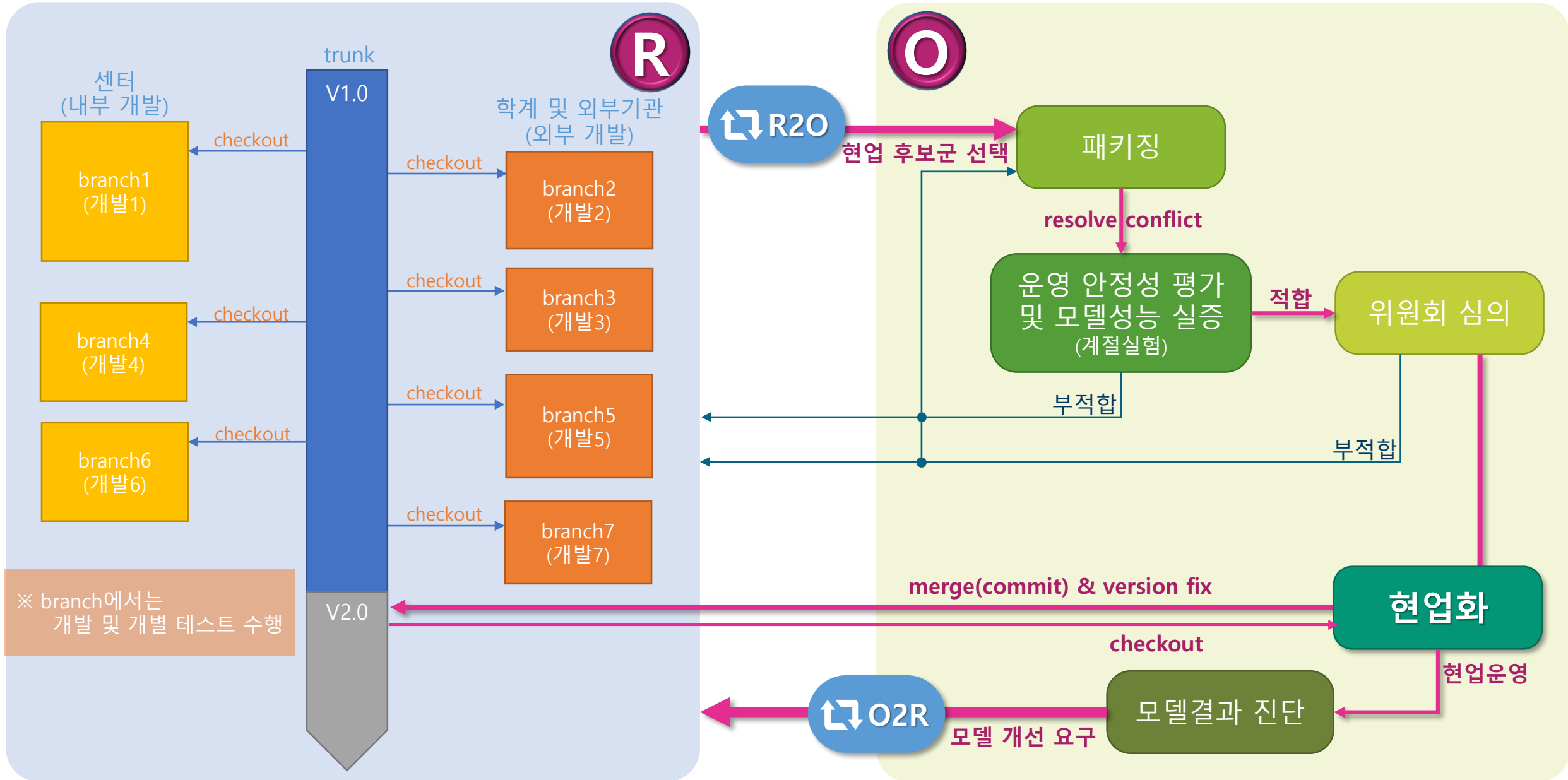
대학연구실

예보국 예보관실

수치모델링센터

수치모델링센터

# R2O2R 개념 모식도



**수치예보:** 대기의 **상태와 운동**을 설명하는 지배방정식을 주어진 **초기조건**을 이용하여 **수치적 방법**으로 계산하여 미래의 날씨를 예측하는 방법

대기과학 용어사전 (2014)

지배방정식 (예):: 대기 온도의 시간적 변화

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \overset{\textcircled{1}}{-u \frac{\partial T}{\partial x} - v \frac{\partial T}{\partial y}} - \overset{\textcircled{2}}{w \frac{\partial T}{\partial z}} + \overset{\textcircled{3}}{F_T} + \overset{\textcircled{4} \textcircled{5}}{\frac{\check{Q}}{C_p}}$$

└────────────────── 모델 역학 ───────────────────┘
물리과정

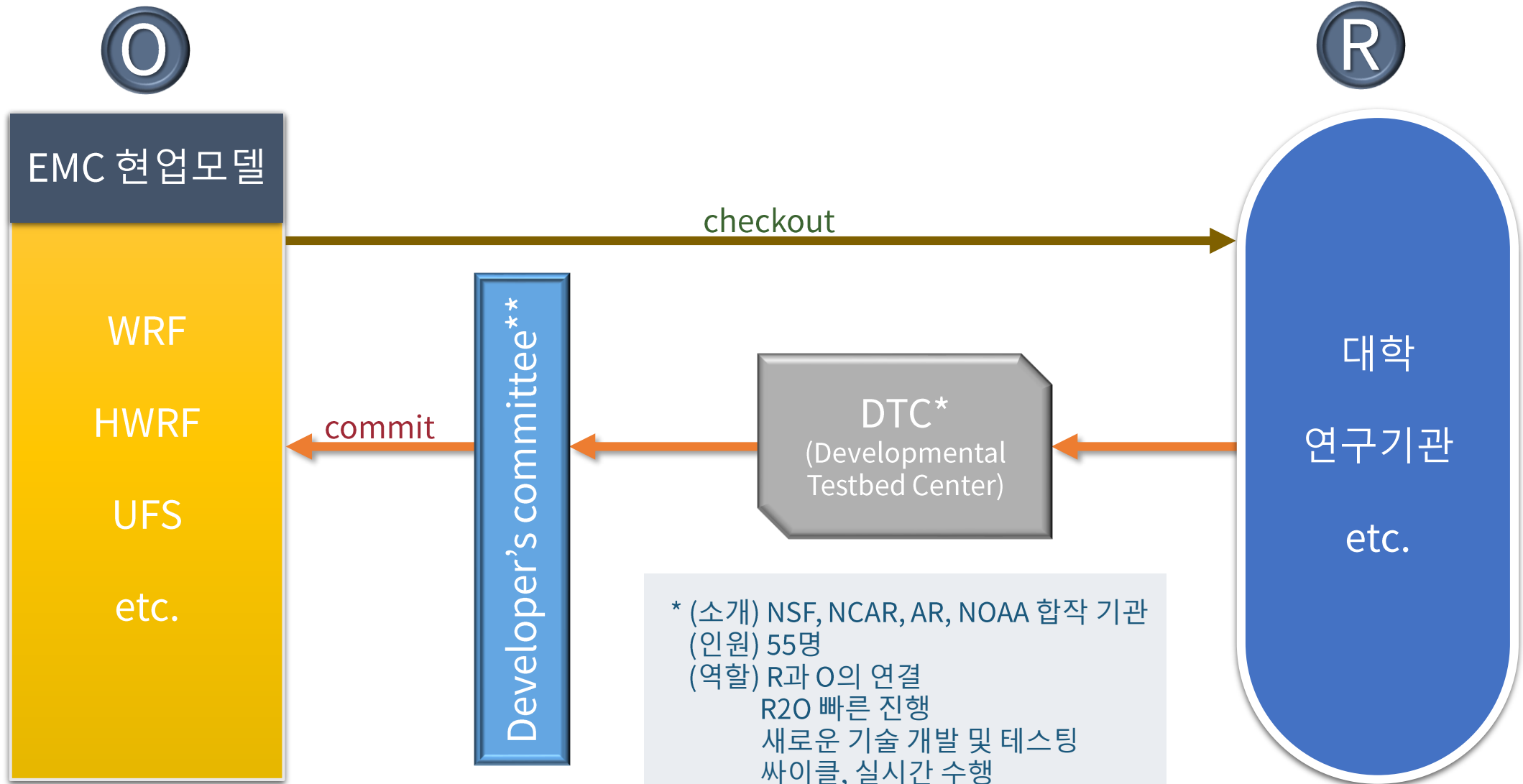
**예를 들어 특정 지방 기온이 변화하는 이유:**

1. 따뜻한 공기가 남쪽에서 흘러오는 효과
2. 상승/하강에 의한 단열 냉각/가열
3. 수평 혼합 (차분화 잡음 제거)
4. 태양 광선이 지면을 뜨겁게 만드는 경우
5. 수증기 응결에 의한 잠열 발생 등...

$$T_{\text{미래}} = T_{\text{현재}} + \int (\text{물리} + \text{역학}) dt$$

# R2O2R 사례 및 제언

# 미국 사례

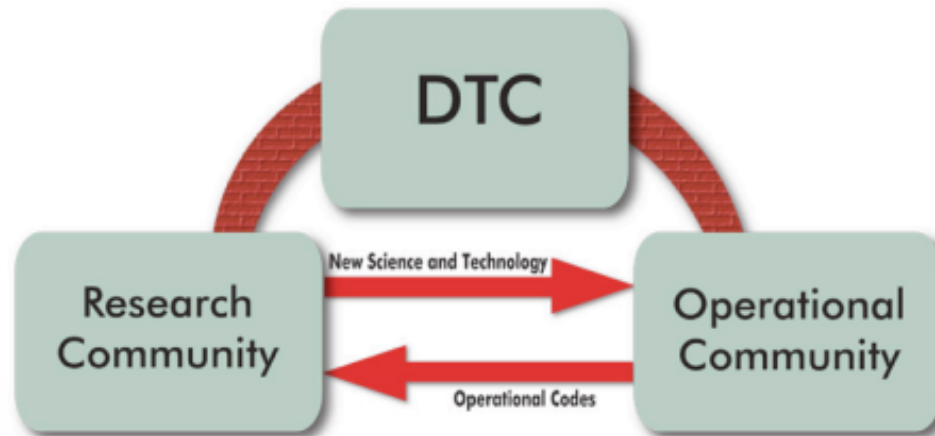


\* (소개) NSF, NCAR, AR, NOAA 합작 기관  
(인원) 55명  
(역할) R과 O의 연결  
R2O 빠른 진행  
새로운 기술 개발 및 테스트  
사이클, 실시간 수행

\*\* (역할) 코드 안정성 및 성능개선 확인

# What is DTC?

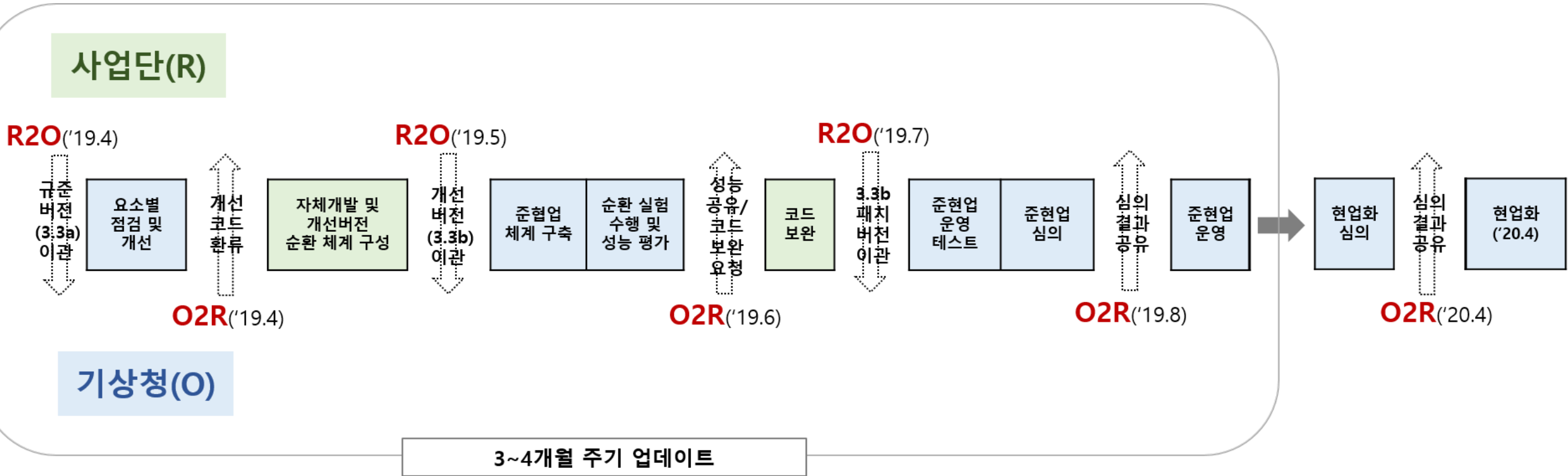
- **Purpose:** Facilitate the interaction & transition of NWP technology between research & operations
  - **O2R:** Support operational NWP systems to the community
  - **R2O:** Perform T&E on promising NWP innovations for possible operational implementation
  - **Community:** Visitor Program, Workshops, Newsletter
- Jointly sponsored by NOAA, Air Force, NSF, & NCAR



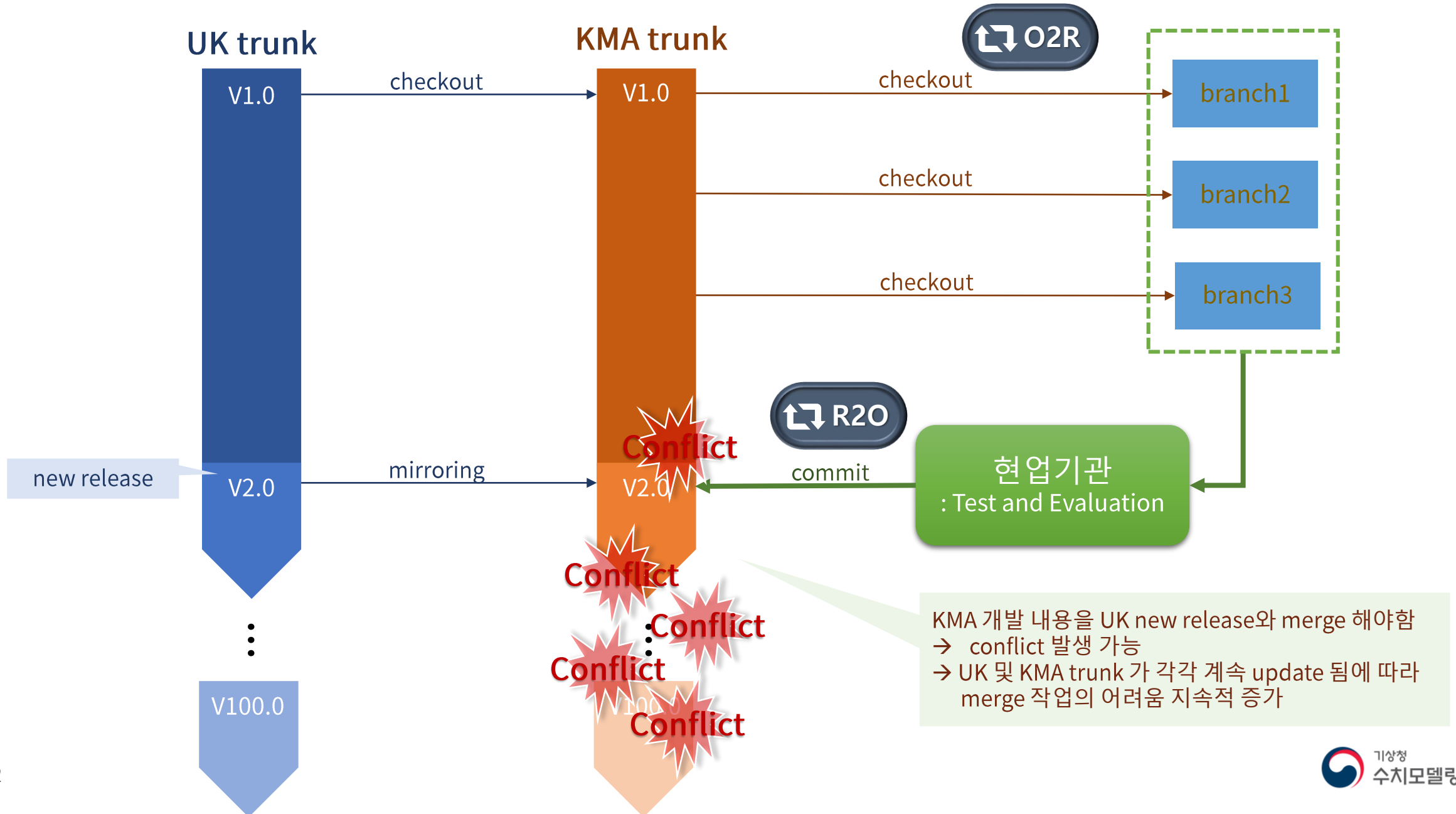
# KIM 현업화 준비: 현업준비반 R2O2R



## V3.3a → V3.3b 업데이트 및 현업화 과정 중 R2O2R



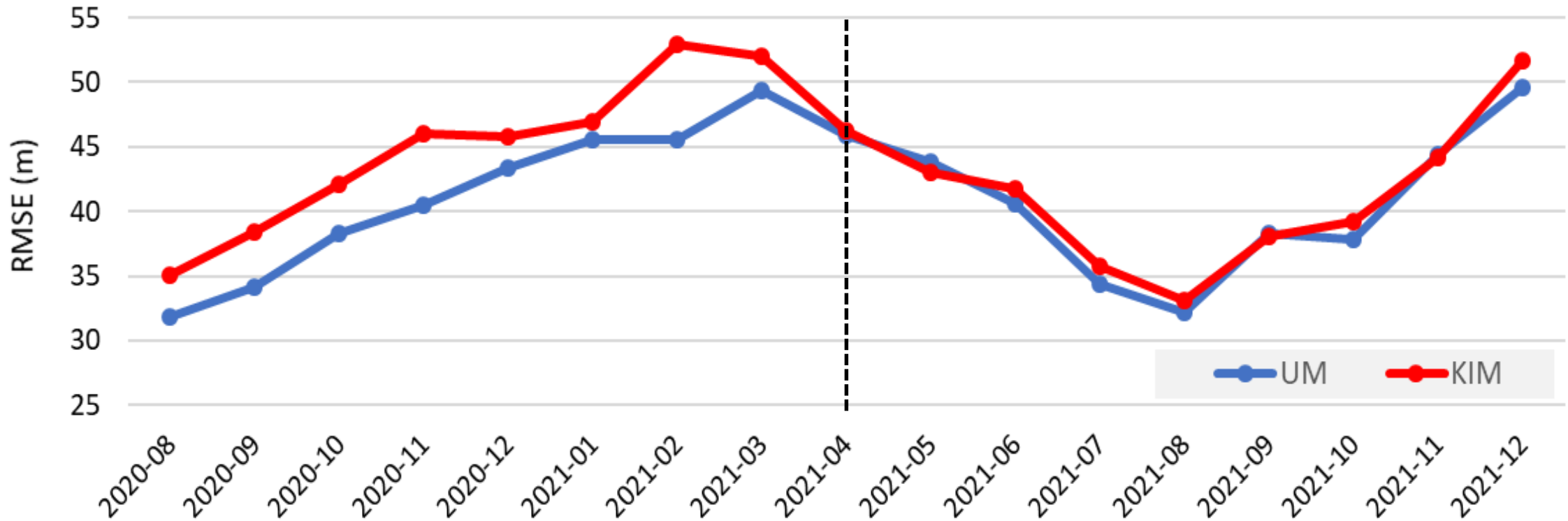
# 독자모델의 필요성



# 한국형모델 개선현황 및 R202R 계획

### 전지구모델 예측성능(북반구, 500hPa 지위고도, 5일 예측오차)

< 값이 클수록 오차가 크다는 것을 의미함 >



# 태풍 예측 성능

진로예측은 UM과 유사, 강도예측은 UM 대비 우수

2020  진로예측 : 110~180km 수준으로 UM 과 유사. 특히 제9호 태풍은 UM 대비 우수

모델	제 8호(바비) 8.22 ~ 8.27		제 9호(마이삭) 8.28 ~ 9.3		제 10호(하이선) 9.1 ~ 9.7	
	진로	강도	진로	강도	진로	강도
	KIM	141.4	3.3(우수)	112.9(우수)	-0.7(우수)	182.5
UM	115.2(우수)	-16.1	152.0	-19.9	131.0(우수)	-20.4

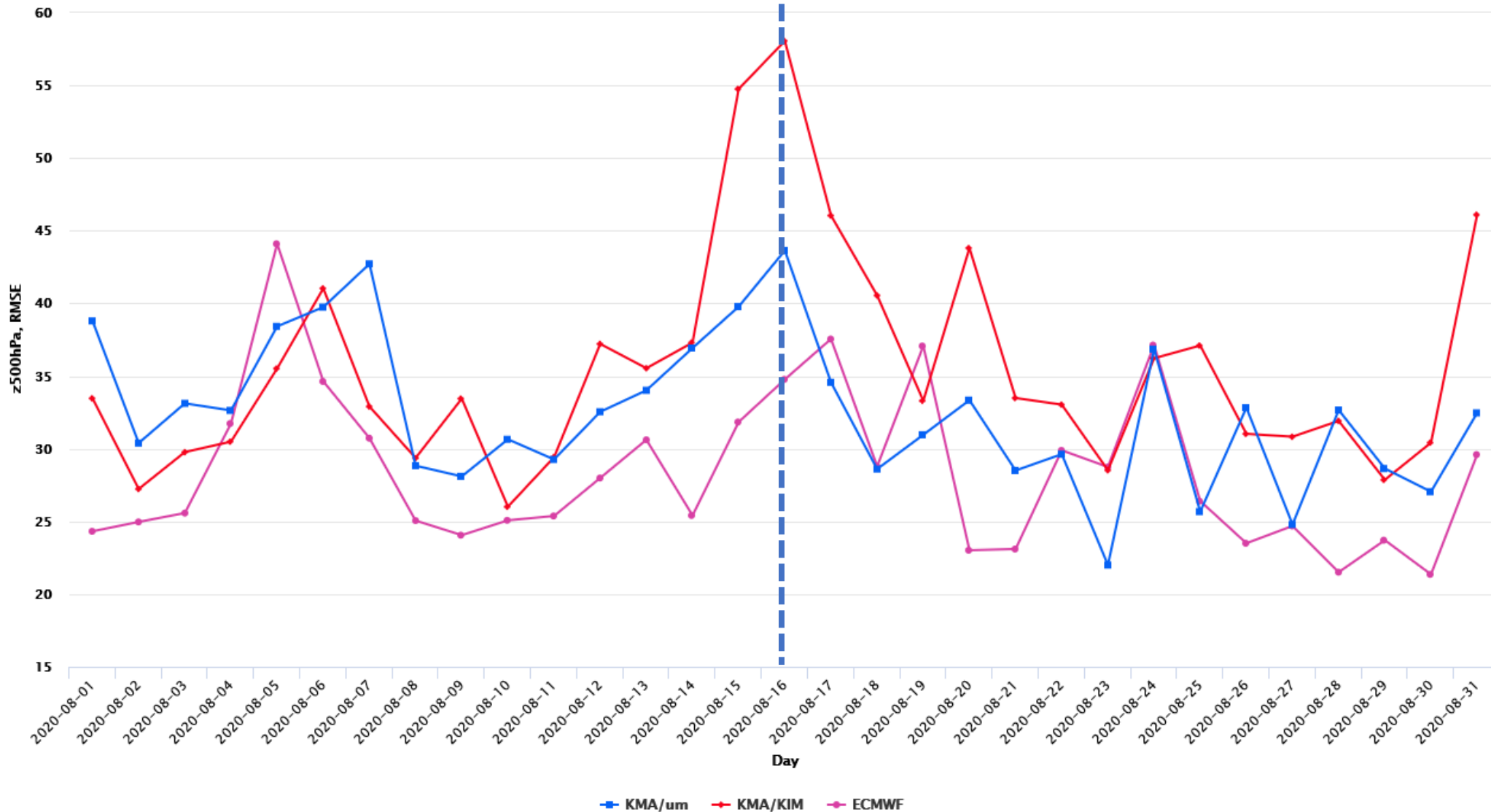
2021  진로예측 : 태풍별 성능 차이가 큼 (제12호 성능 우수)

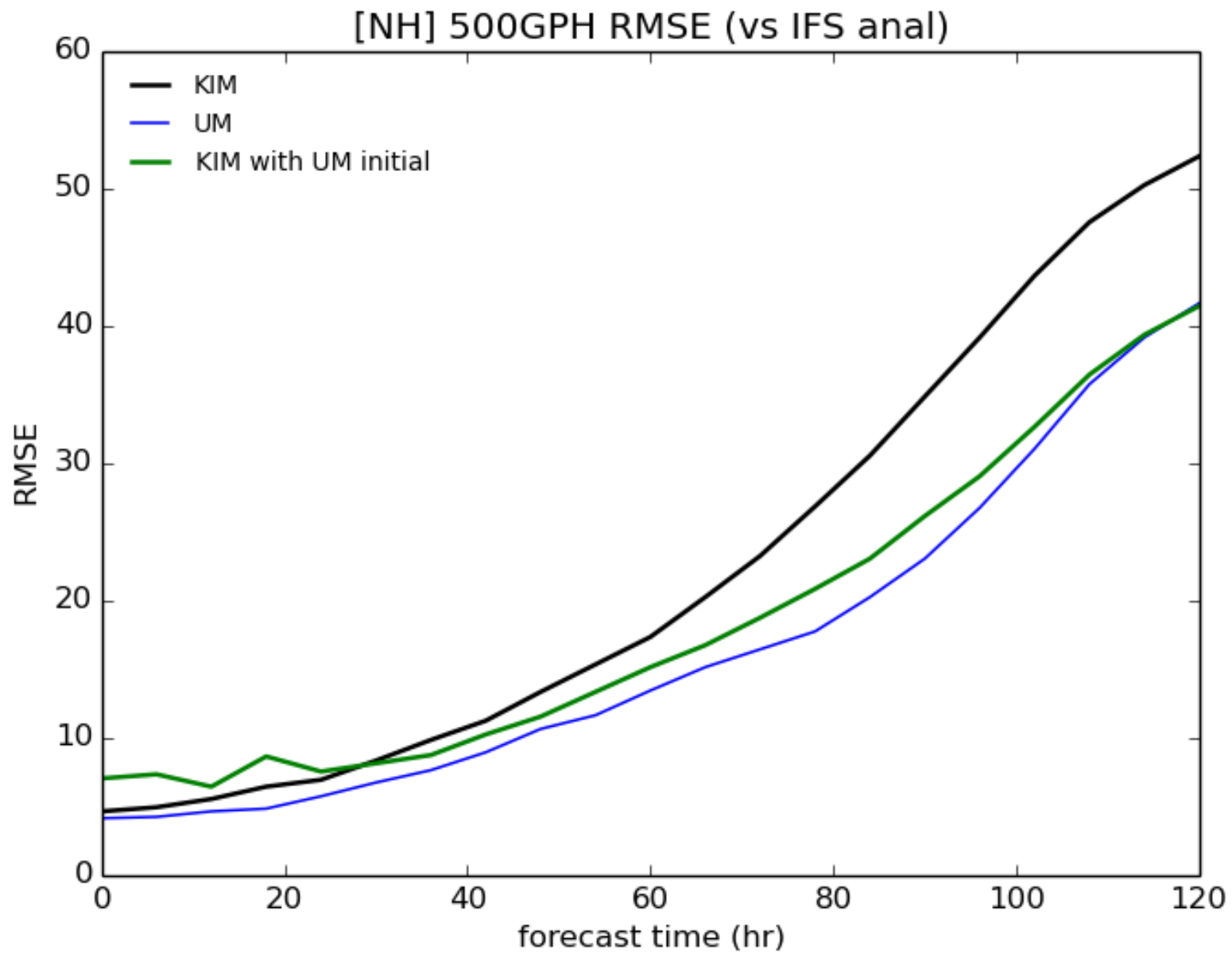
모델	제 12호(오마이스) (2.5일예측) 8.20 ~ 8.24		제 14호(찬투) (3일예측) 9.7 ~ 9.18	
	진로	강도	진로	강도
KIM	97.4(우수)	6.3(우수)	284.5	25.1
UM	306.4	8.9	264.2(우수)	13.7(우수)

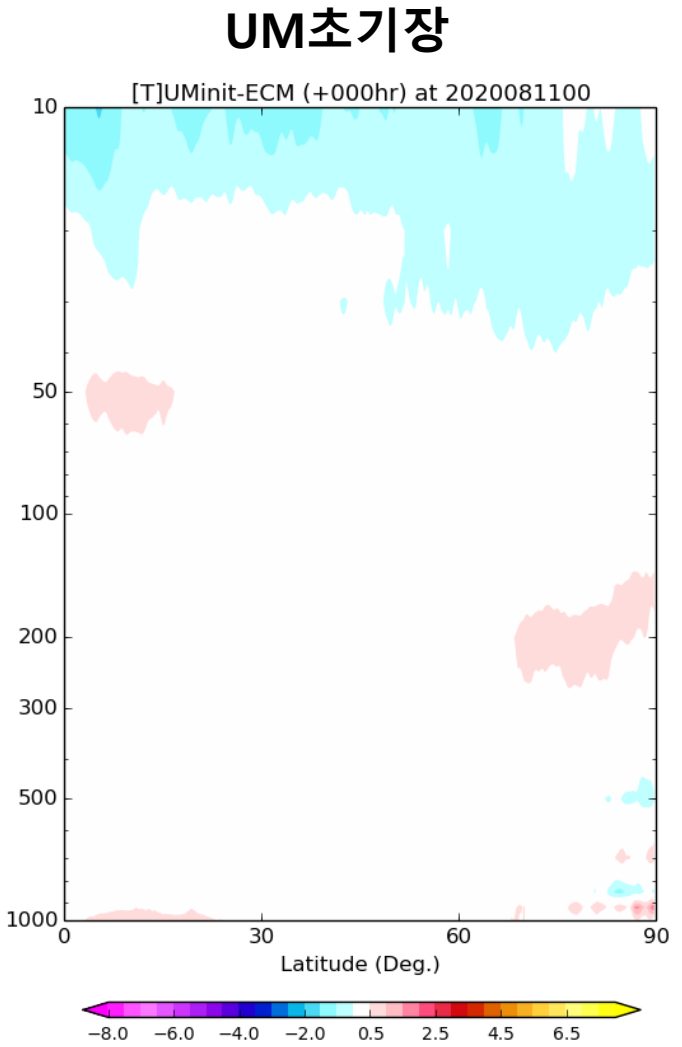
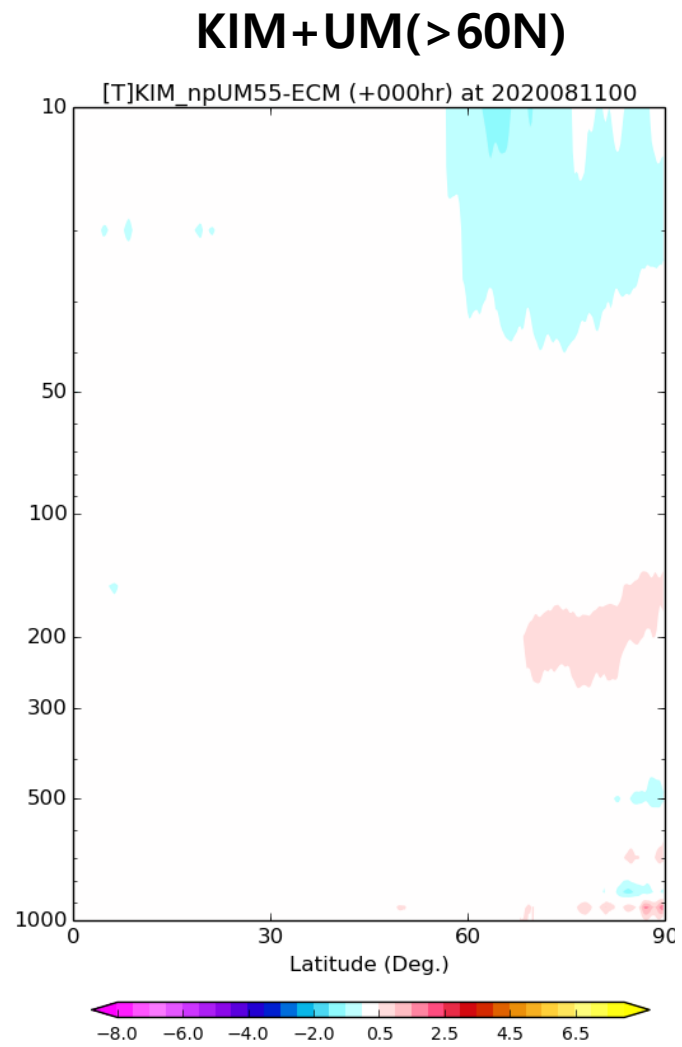
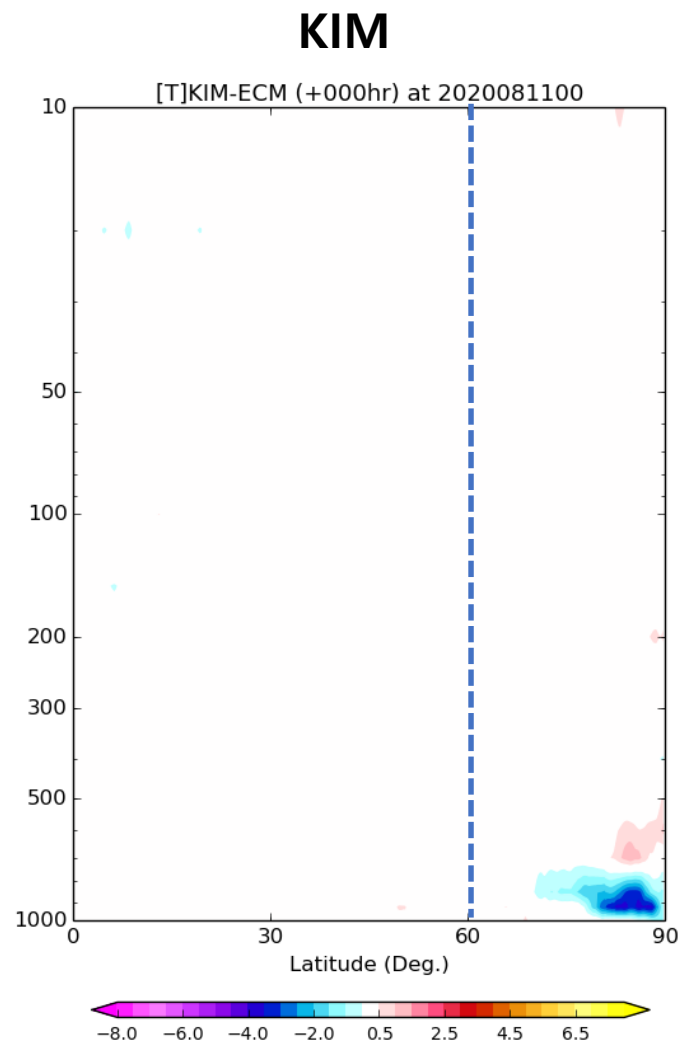
# Time series of 500hPa GPH RMSE (2020.08)

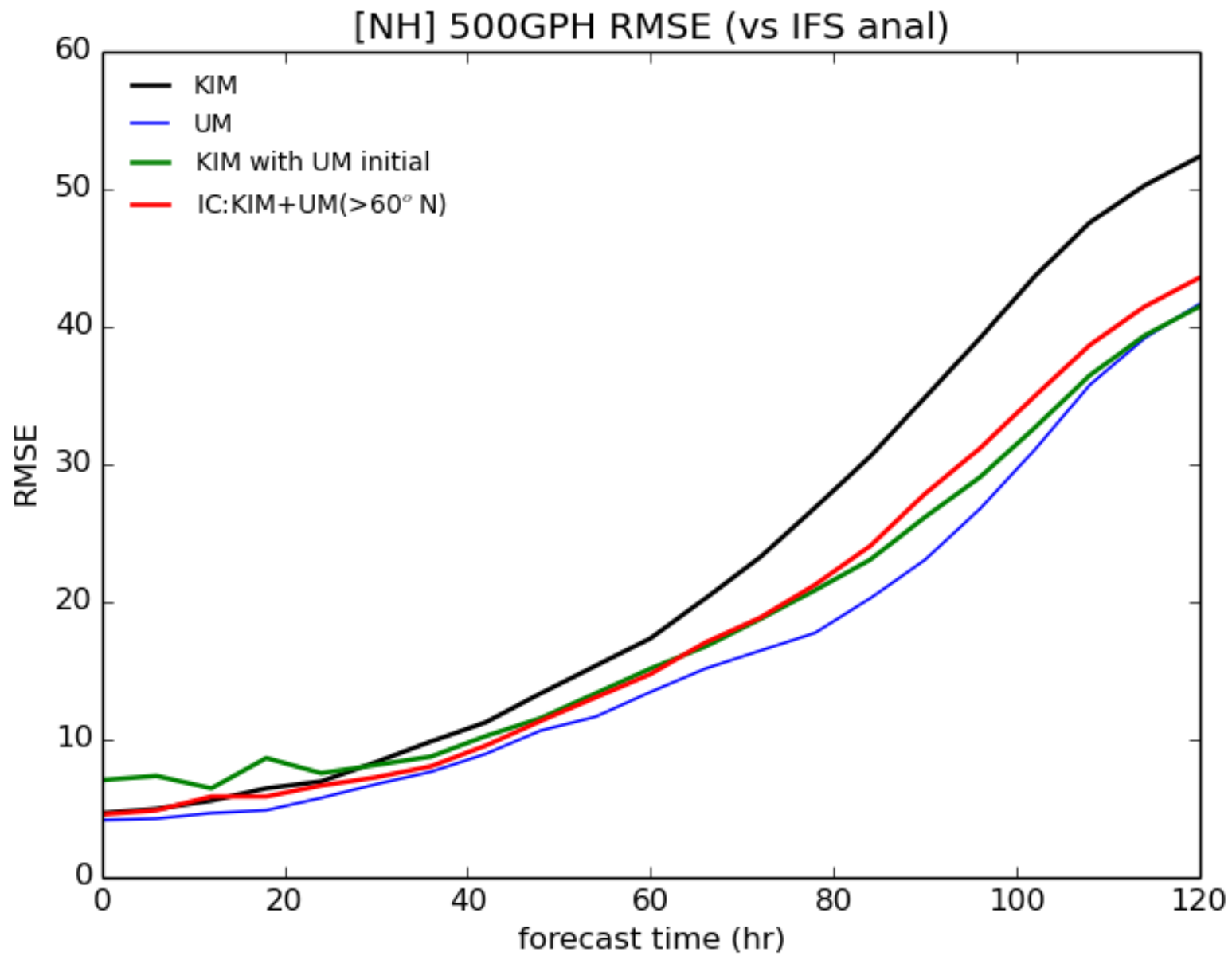
전지구예측시스템 국외기관 일별 검증결과 비교

2020-08-01 ~ 2020-08-31, NORTHERN HEMISPHERE, z500hPa, 12UTC, +120h, Analysis









# 한국형모델 V3.6a 성능 개선

## < KIM3.6a 주요 개선사항 >

- I. 강수, 구름, 경계층 등 물리과정 개선
- II. 위성자료 활용기법 개선

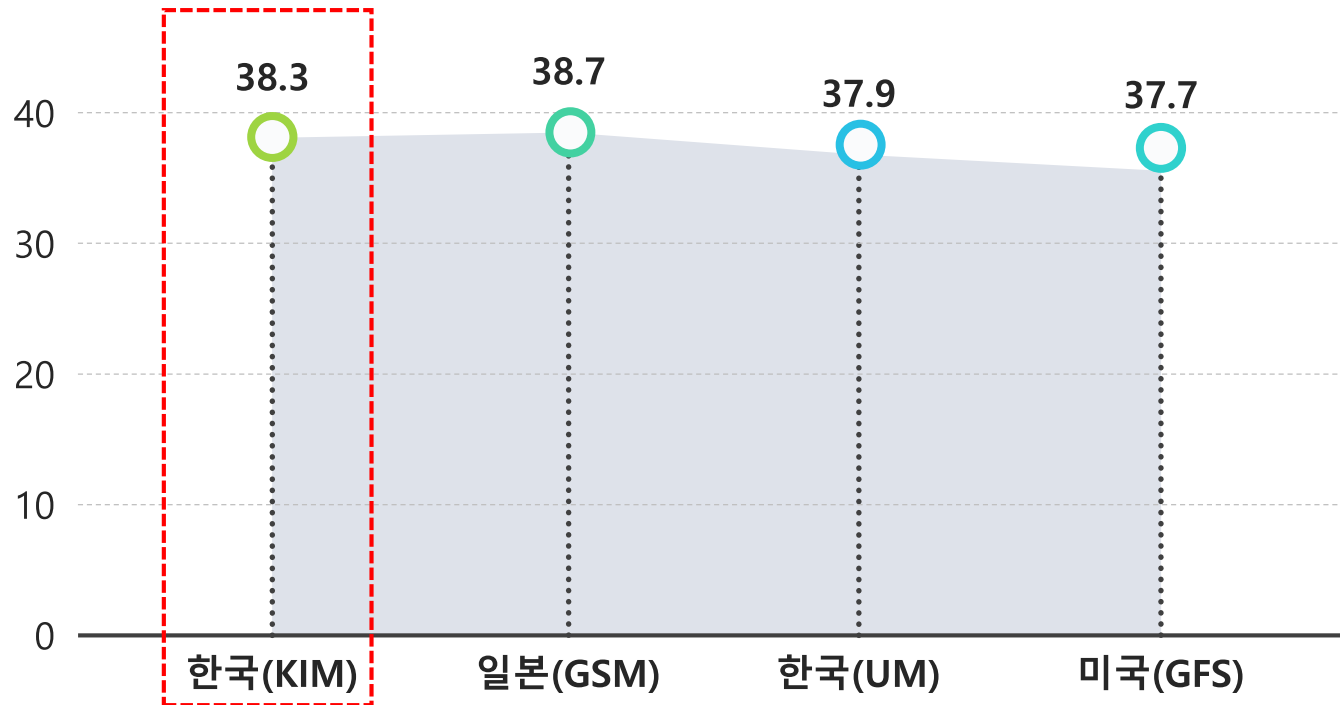
	KIM3.6a	KIM3.6(현업)	UM
500hPa 지위고도 오차(RMSE, m)	<b>34.09</b>	35.72	<u>33.39</u>
850hPa 기온 오차(RMSE, °C)	<b><u>1.98</u></b>	2.15	2.06

3.6 → 3.6a 효과: 500hPa 지위고도(4.6% 개선), 850hPa 기온(8% 개선)

# 외국모델 대비 예측 성능

※ 기간: '21.5~'21.9.

일본 모델과 유사, 미국 및 영국 통합모델에는 다소 못 미쳐  
미국 대비 RMSE 98.4%



<독자모델 성능 순위>

순위	국가(기관)
1	유럽연합
2	영국
3	캐나다
4	독일
5	미국
6	한국(KIM)
7	일본
8	러시아
9	중국

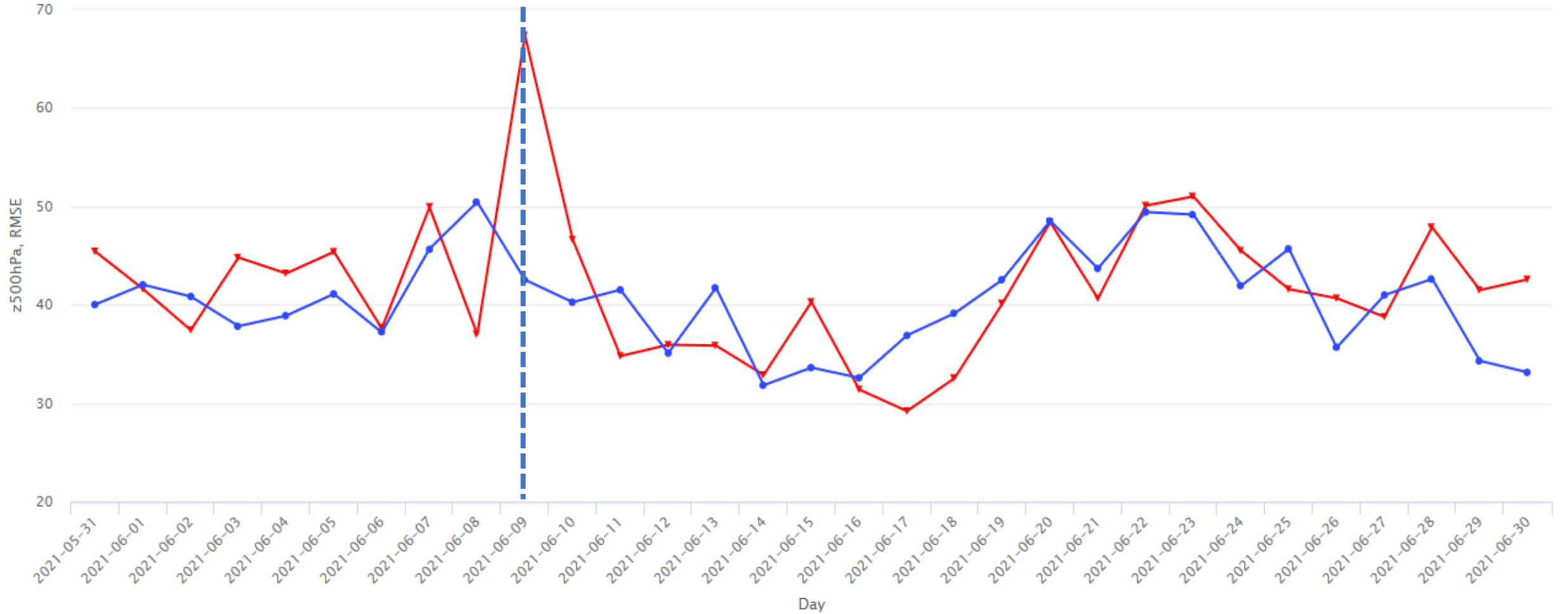
북반구 500hPa 지위고도 5일 예측 오차(RMSE)

※ RMSE : 수치가 작을수록 높은 예측성능

# Time series of 500hPa GPH RMSE (2021.06)

전지구예측시스템 국외기관 일별 검증결과 비교

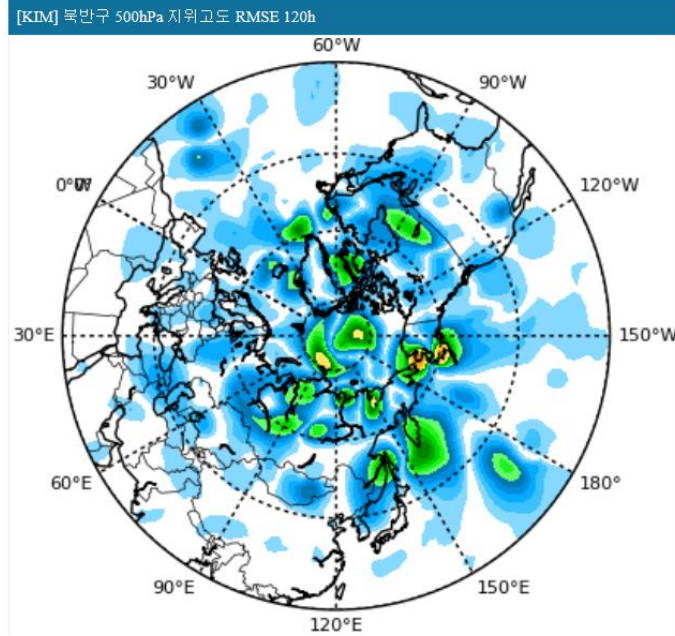
2021-05-31 ~ 2021-06-30, NORTHERN HEMISPHERE, z500hPa, 00UTC, +120h, Analysis



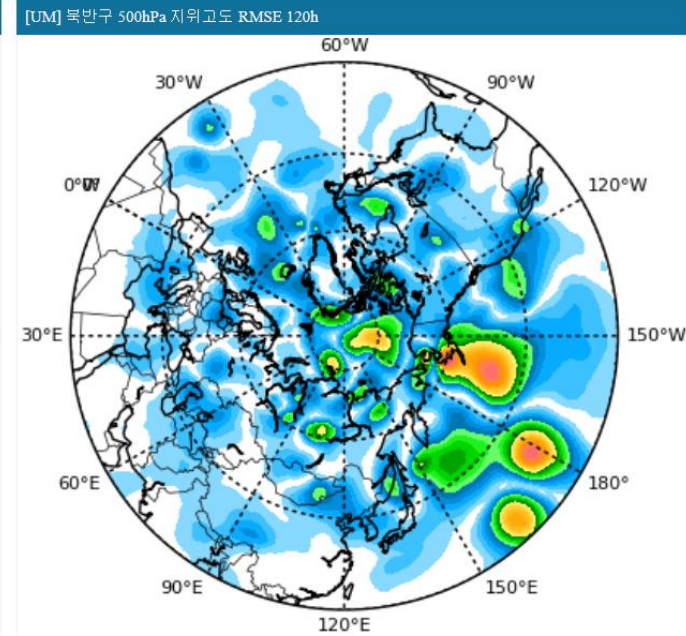
# 북반구 500hPa 지위고도 RMSE

t=120hr

2021. 06. 08. 00 UTC

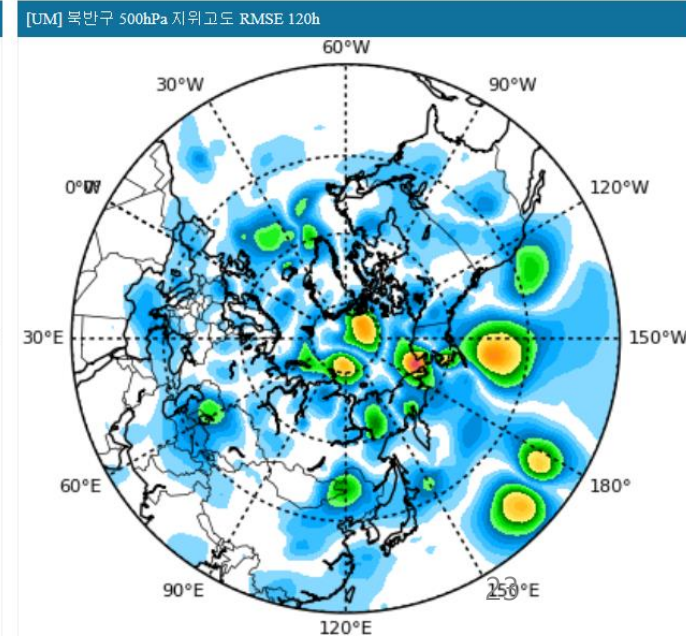
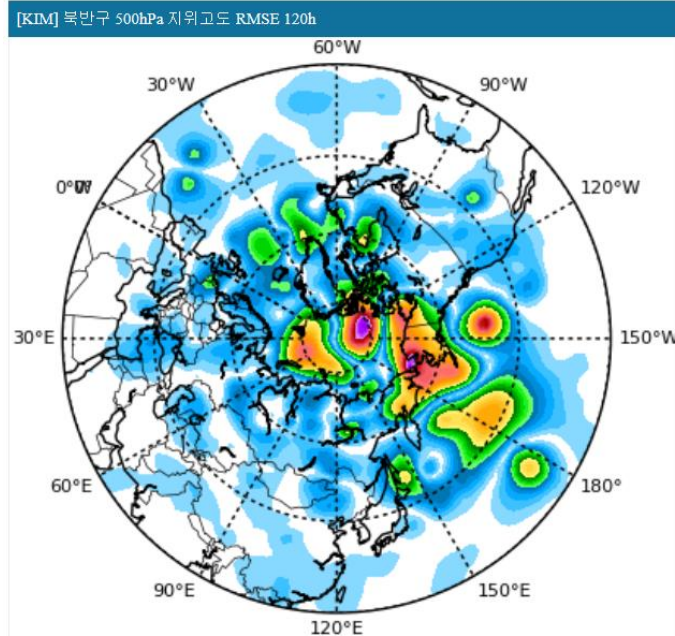


**KIM**

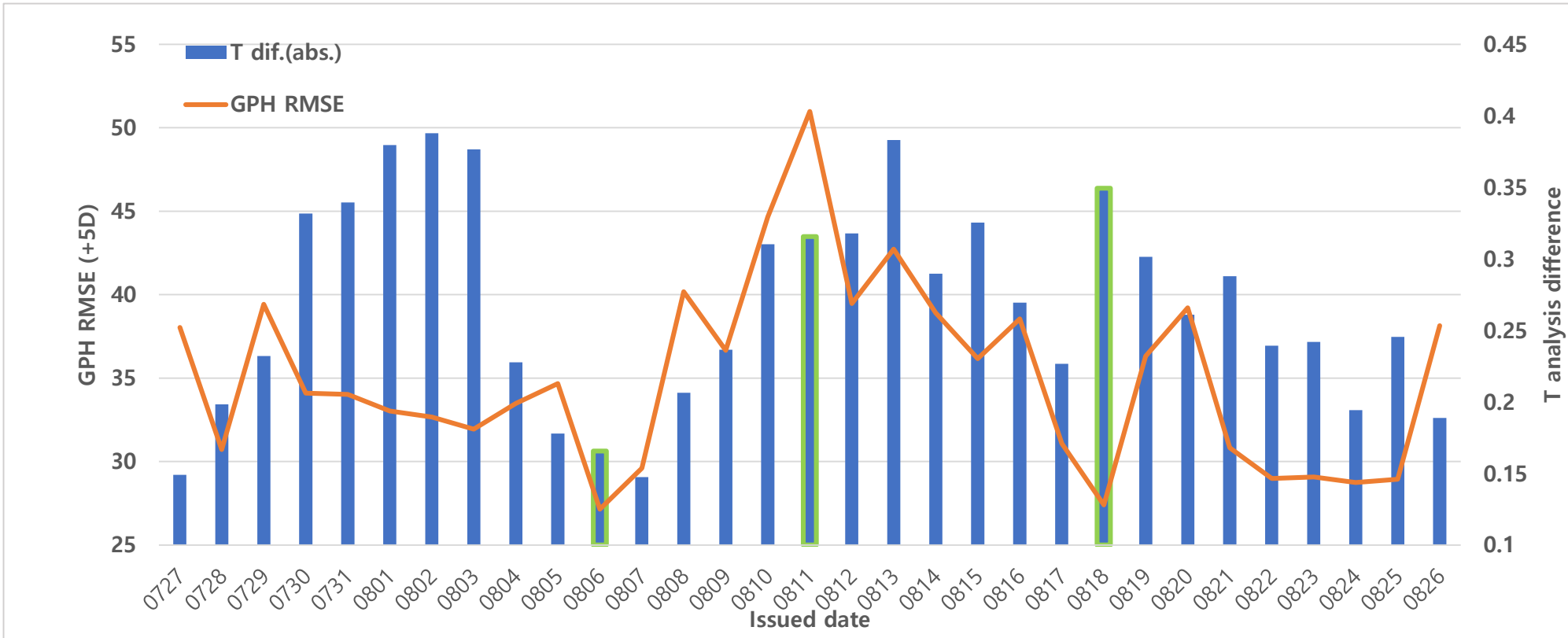


**UM**

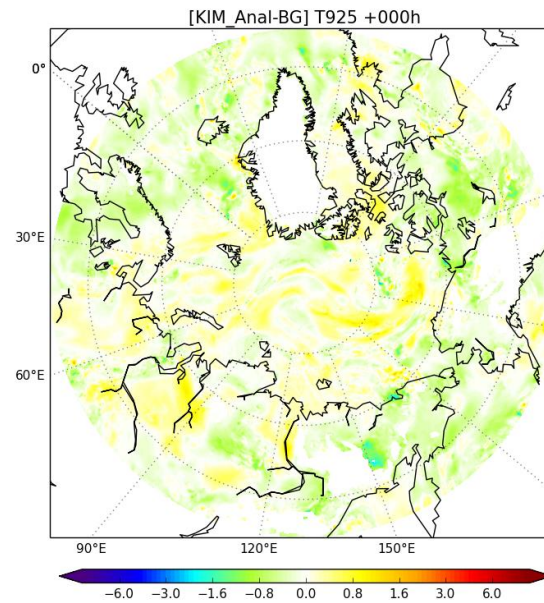
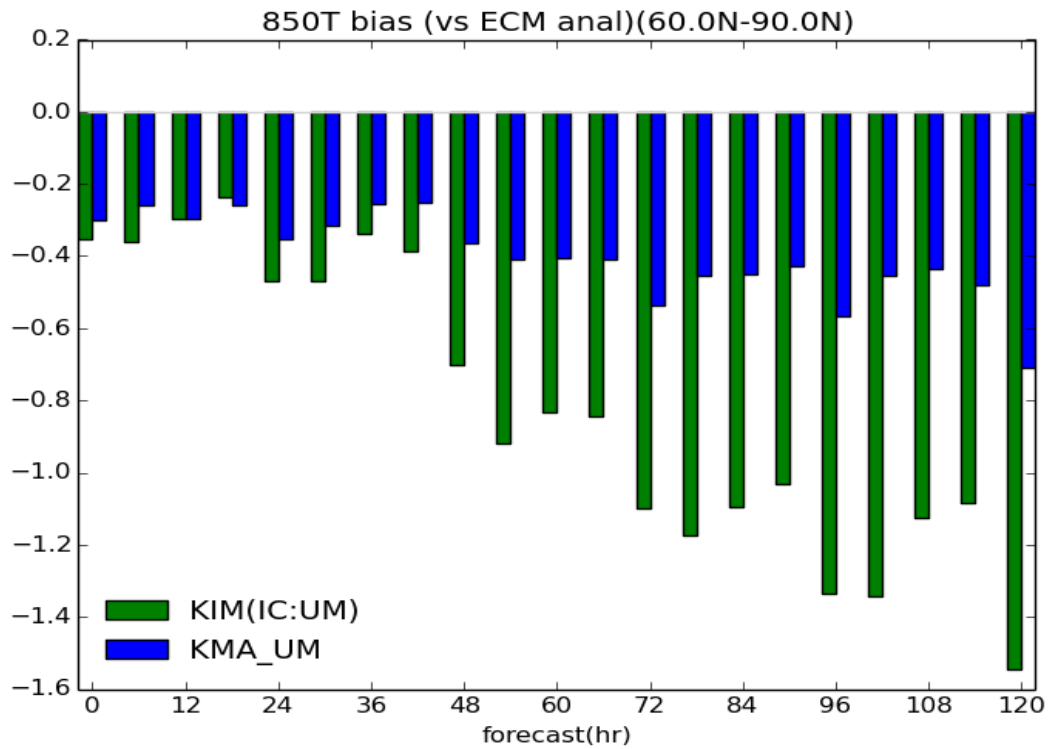
2021. 06. 09. 00 UTC



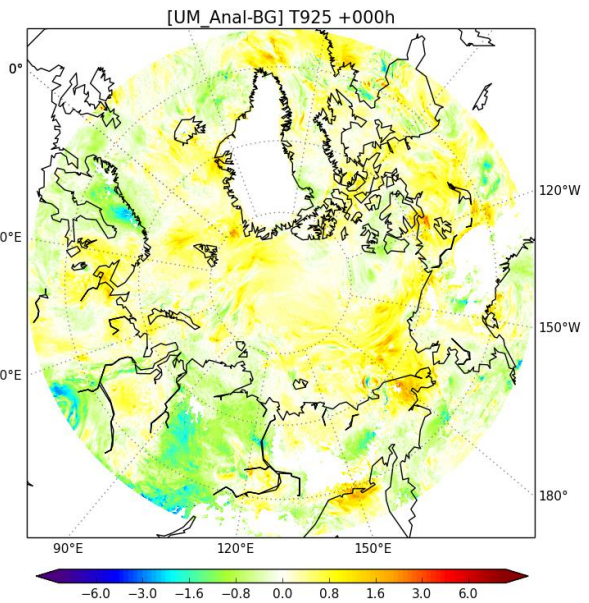
Bar: 분석장 한랭오차 / contour: 북반구 500GPH 5일 예측오차(RMSE)



# 모델 초기장 = 배경장 (모델 6시간 예보) + 관측동화



KIM 기온 분석증분



UM 기온 분석증분

IFS 대비 북극 850hPa 기온 편차

# R2O2R를 통한 KIM 물리과정 개선



## 사업단 및 학계와의 유기적 협력 체계 구축

사업단

**차세대 시·공간 통합형수치예보모델 개발**  
 (고해상도 및 격자적응형 역학코어, 다차원 물리과정, 격자적응 물리과정, 통합형 물리과정, 중간대기 물리과정 등)

↕ 이슈 발생시 (비상시) 논의

**R2O**  
 차세대모델 물리과정 기술 이관  
 (성능평가 후 선별적용)

**O2R**  
 이관 기술 중 KIM 적용 기술  
 성능평가 결과 전달

업데이트 버전  
 소스코드 checkout

**O2R**  
 KIM 개선 버전 및  
 패키지 성능평가 결과 전달

기상청

자체 모델 오차 진단 및  
 개선

개선 후보군 저해상도(24km)  
 계절 순환 실험 수행  
 및 성능평가

통합패키지 구성 /  
 고해상도(12km)  
 계절 순환실험 수행 및  
 성능 평가 / 업데이트 버전 확정

업데이트 버전  
 준현업 운영

업데이트 버전  
 현업 운영

**O2R**  
 KIM 진단 결과 기반  
 개선 요청

**R2O**  
 개선 기술 이관  
 (성능평가 후 선별적용)

학계

### 학술용역

- 북극지역 오차(여름철 한랭오차) 및 중위도 하층 기온/비습 오차 개선을 위한 해빙/구름 등 물리과정 진단 및 개선
- 구름 수상량 모의 및 구름-복사 상호작용 개선을 위한 구름미세물리과정 경험 값 및 관측자료 기반 개선요소 최적화
  - 중층대기 파동(행성파, 중력파) 모의 특성 진단 및 개선 방안 제시

# 한국형모델 자료동화 개선을 위한 R2O2R

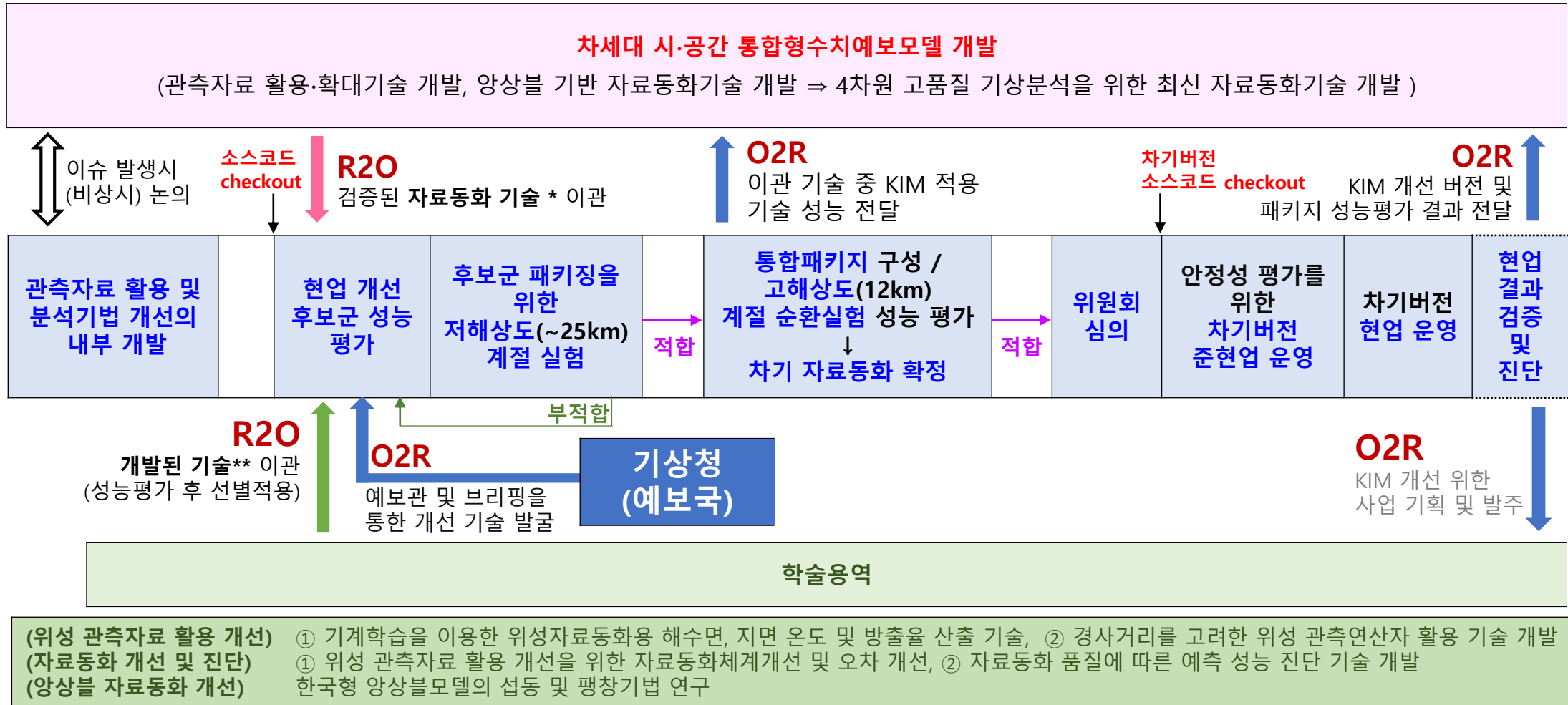


## [기상청-사업단-학계] 유기적 협력 체계 구축

사업단

기상청 (센터)

학계



# 요약

- ▶ 현업과 연구계의 협력을 통한 기후/날씨 모델의 개선
  - 정확한 예보 산출에 중요, 그러나 어려운 점 많음
  - 많은 선진국에서 R2O2R의 활성화를 위해 노력 중
- ▶ 독자 개발된 한국형 전 지구 모델(KIM)의 현업화
  - 학계와 현업기관의 협력을 위한 교두보 확보
- ▶ 현업기관에서 모델코드 및 개선에 대한 이해도 필요
  - 연구기관에 현업에서 필요한 사항 요구사항 명확
- ▶ 기후변화 시대에 요구되는 기후모델 발전을 위해 활발한 R2O2R 필요
  - **독자 기후모델의 확보 및 현업기관 모델 개선 능력 배양**