

Weather Radar Center

기상레이더센터



Weather
Radar
Center

하늘을
친구처럼,
국민을
하늘처럼



대한민국 기상레이더 분야의 중심, 기상레이더센터

1969년, 서울 관악산에서 국내 최초의 기상레이더 관측을 시작으로
현재 전국 14대에 이르기까지,
우리나라의 최북단 백령도부터 최남단 제주도를 아우르며
한반도의 위험기상 감시를 책임져 온 기상레이더.
대한민국이 기상기술 선도국가로 도약하는
발판의 중심입니다.

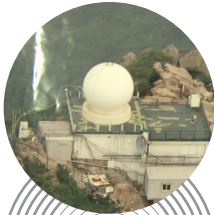
안전한 나라
만들기 위해
기상레이더 분야에 앞장서는 국민



1969



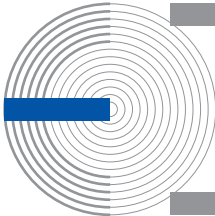
1세대 레이더(비(非)도플러 레이더)
관측망 구축·운영



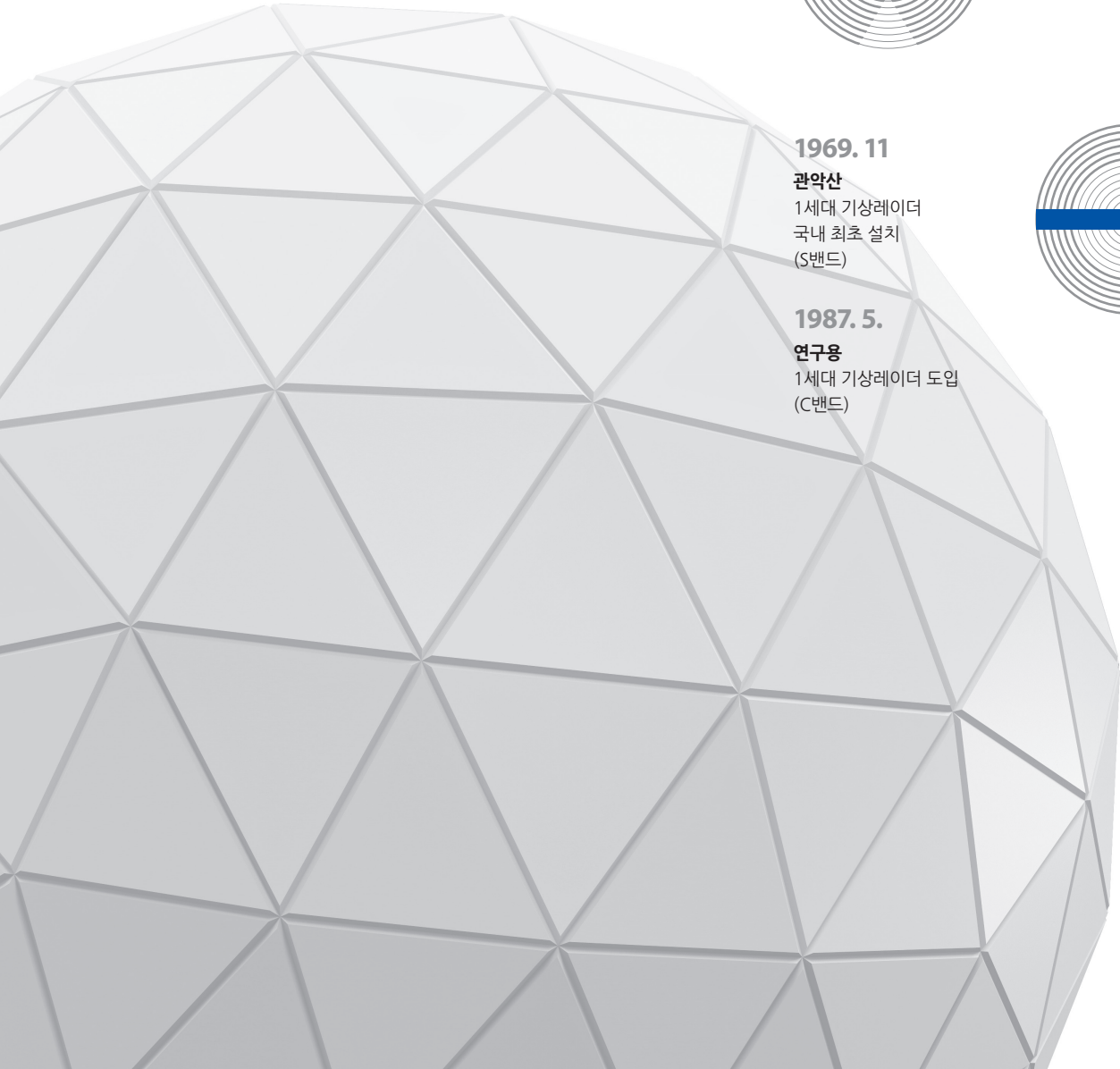
관악산 1세대



1969. 11
관악산
1세대 기상레이더
국내 최초 설치
(S밴드)



1987. 5.
연구용
1세대 기상레이더 도입
(C밴드)



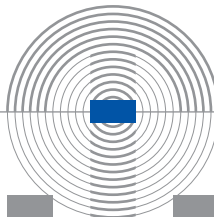
2nd

2세대 레이더(단일편파 도플러 레이더) 관측망 구축·운영

구덕산 2세대(C밴드)



고산 2세대(C밴드)



백령도 2세대



관악산 2세대(C밴드)



1988. 9.

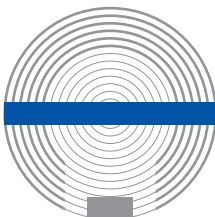
관악산
2세대 기상레이더로 교체
(C밴드)

1990. 12.

구덕산(부산), 고산(제주)
2세대 기상레이더 설치
(C밴드)

2000. 7.

백령도
2세대 기상레이더 설치
(C밴드)



동해 2세대(C밴드)



1991. 6.

동해
2세대 기상레이더 설치
(C밴드)

2001. 7.

인천
공항기상레이더 설치
(TDWR, C밴드)

1992. 2.

오성산(군산)
2세대 기상레이더 설치
(C밴드)

2001. 8.

진도
2세대 기상레이더 설치
(S밴드)

오성산 2세대(C밴드)



1997. 12.

연구용
2세대 기상레이더로 교체
(X밴드)

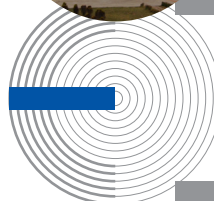
연구용 2세대(X밴드)

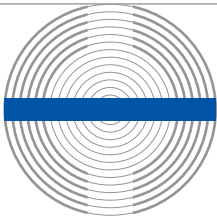


인천공항 2세대



진도 2세대





관악산 2세대(S밴드)



구덕산 2세대(S밴드)



고산 2세대(S밴드)



성산 2세대



광덕산 2세대



면봉산 2세대

2003. 12.

광덕산
2세대 기상레이더 설치
(S밴드)

2004. 12.

면봉산
2세대 기상레이더 설치
(S밴드)

2005. 11.

관악산, 구덕산
2세대 기상레이더로 교체
(S밴드)

2006. 6.

고산
2세대 기상레이더로 교체
(S밴드)

성산
2세대 기상레이더 설치
(S밴드)

2007. 5.

오성산
2세대 기상레이더로 교체
(S밴드)

2009. 7.

연구용
3세대 기상레이더로 교체
(X밴드)

2010. 3.

강릉(동해 대체)
2세대 기상레이더 설치
(S밴드)

오성산 2세대(S밴드)



연구용 3세대



강릉 2세대



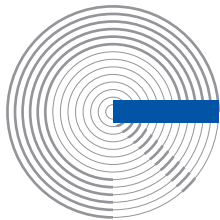
기상레이더센터 신설



업무협약 체결



국가 레이더 협업체계 구축



2010. 4.

기상레이더센터 신설

2010. 6.

**범부처 기상-강우레이더
공동활용 업무협약 체결**
(행정안전부, 기상청,
국토해양부, 국방부)

2013. 10.

레이더테스트베드 구축
(경기 용인시 소재)

2014. 3.

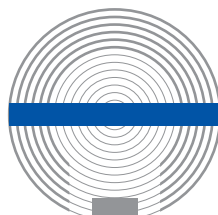
레이더비교관측소 구축
(충북 진천군 소재)

레이더테스트베드



레이더비교관측소





3세대 레이더(이중편파 도플러 레이더)
관측망 구축·운영

백령도 3세대



테스트베드레이더



2014. 4.
백령도
3세대 기상레이더로 교체
(S밴드)

2014. 7.
테스트베드
3세대 기상레이더 설치
(S밴드)

면봉산 3세대



2015. 11.
면봉산, 진도
3세대 기상레이더로 교체
(S밴드)



진도 3세대

2016. 9.
구덕산
3세대 기상레이더로 교체
(S밴드)

2016. 10.
관악산
3세대 기상레이더로 교체
(S밴드)



구덕산 3세대

관악산 3세대



광덕산 3세대

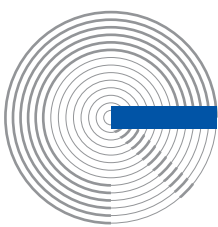


고산 3세대

2017. 9.
광덕산
3세대 기상레이더로 교체
(S밴드)

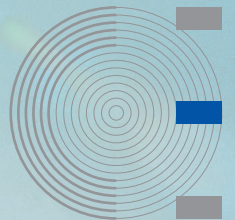
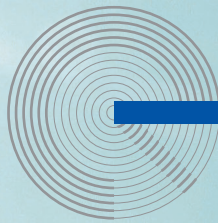
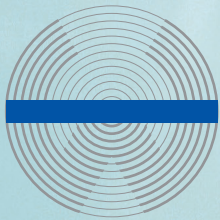
2017. 9.
고산
3세대 기상레이더로 교체
(S밴드)

2018.
성산·오성산
3세대 기상레이더로 교체
(S밴드)



인사말

Foreword



지구온난화와 더불어 집중호우, 태풍과 같은 위험기상이 빈발하면서 정확한 기상정보의 신속한 제공과 이에 기반한 다양한 정보에 대한 수요가 급증하고 있습니다. 레이더자료가 위험기상의 조기감시뿐만 아니라 예측을 위한 수치예보모델, 수문기상모델의 입력 자료로 사용되면서 그 중요성이 더욱 부각되고 있습니다.

2010년 4월 기상청의 1차 소속기관으로 발족한 기상레이더센터는 국내 레이더자료의 통합관리운영체계를 모색하여 레이더 정보의 범정부적 공동활용을 위한 중추적 역할을 수행하고 있습니다.

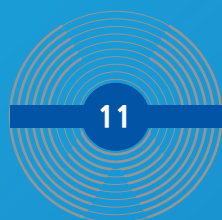
앞으로도 기상레이더센터는 국민의 생명과 재산을 보호하고 공공의 복리 증진을 위해 레이더 정보의 활용 가치를 더욱 높여, 전 세계적으로 기상레이더 분야를 선도하기 위한 노력에 최선을 다하겠습니다.

기상레이더센터장

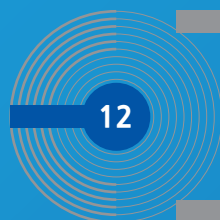


Role of Weather Radar

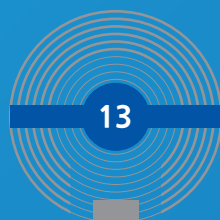
기상청 레이더 업무



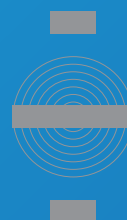
조직과 기능



기상레이더

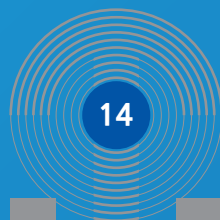


기상레이더 관측망

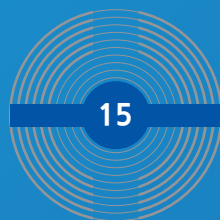


Watching
the sky
friendly,

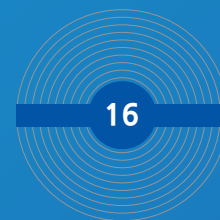
Serving
the people
faithfully



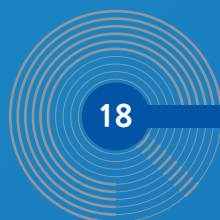
레이더 구성과 제원



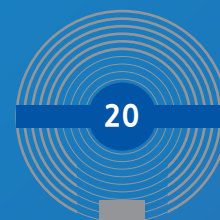
레이더 정보
전달 절차



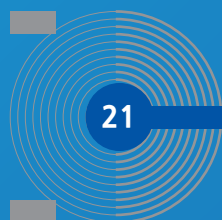
레이더 기본영상



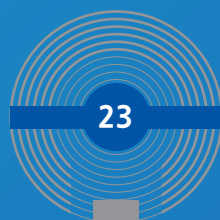
레이더자료 분석과
영상정보 서비스



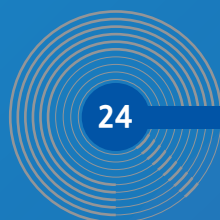
레이더자료 품질관리



레이더 강수량 추정



레이더 강수량 예측



레이더 활용기술 개발



낙뢰관측



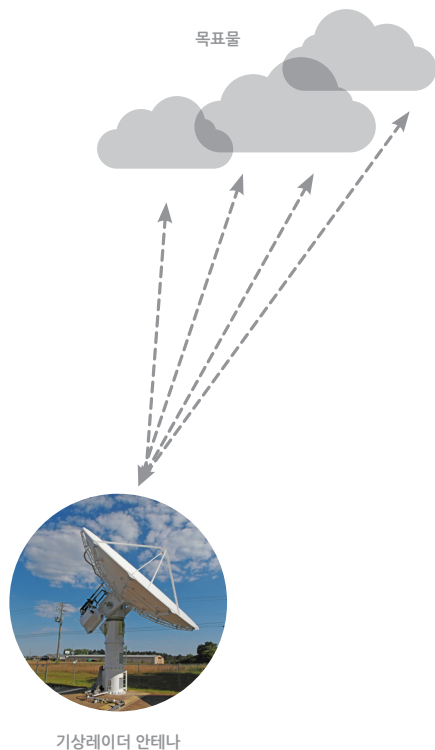
조직과 기능

2010년 4월 13일(대통령령 제22115호) 기상청의 소속기관으로 설립된 기상레이더센터는 3개 부서(레이더기획팀, 레이더운영과, 레이더분석과)로 구성되어, 전국 14대의 기상레이더(현업용 10대, 시험용 1대, 연구용 3대)를 관리·운영하며, 국가적 레이더자원을 공동활용하여 시너지 효과를 창출할 수 있는 범정부적 레이더 협업행정을 주관하고 있습니다. 레이더 정책 수립, 전문인력 양성, 예보업무 지원, 자료처리와 품질관리는 물론, 초단시간 강수 예측기술을 비롯한 활용기술을 개발하며, 대국민 서비스 업무도 담당하고 있습니다.

주요 기능

- 기상레이더의 운영 및 개발 기본계획 수립·종합·조정
- 기상레이더 관측의 기준설정 및 제도 개선
- 기상레이더 국내외 기술협력
- 기상레이더 관측망 원격 감시 및 운영에 관한 사항
- 기상레이더 관측전략 및 표준화 운영·관리
- 국내외 기상레이더 관측자료 수집·처리·분배·저장
- 기상레이더 자료처리 및 응용에 관한 연구
- 보안·문서관리·인사·예산회계 및 물품·국유재산관리에 관한 사항



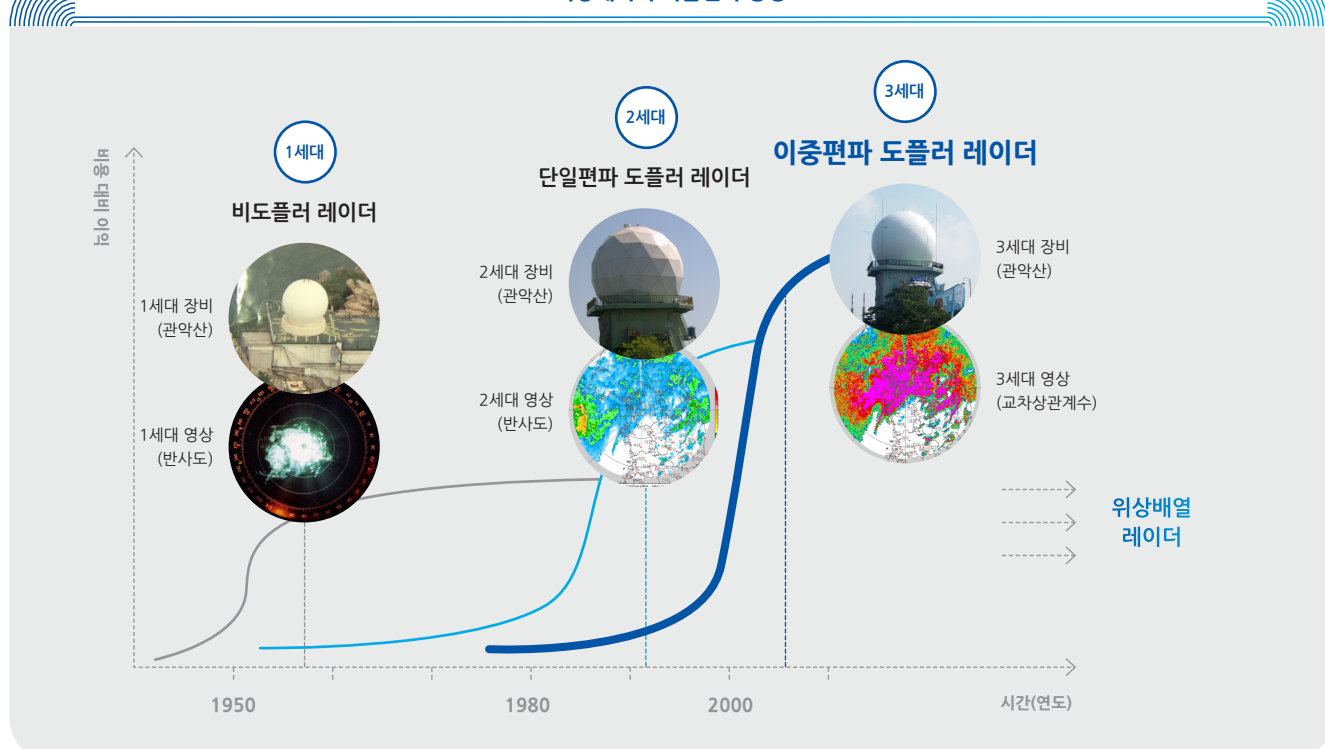


기상레이더 안테나

기상레이더란 전파를 대기 중에 발사하여 강수입자에 부딪혀 산란되어 되돌아오는 신호를 수신·분석하여 강수구름의 위치, 강우강도, 이동속도 등을 탐지하는 기상관측장비입니다. 기상레이더는 1922년 테일러(Taylor)와 영(Young)이 지나가던 선박에 의해 신호가 변화하는 현상을 발견하면서 시작되어 제2차 세계대전을 통해 급속하게 발전하게 되었습니다. 적의 항공기나 선박을 탐지할 목적으로 개발된 군용 레이더는 제2차 세계대전이 끝난 후 일부가 기상용 레이더로 발전하였습니다.

기상레이더는 비(非)도플러 레이더(1세대), 단일편파 도플러 레이더(2세대), 이중편파 도플러 레이더(3세대) 순으로 발전해 왔습니다. 1세대 비도플러 레이더는 관측 지점에서 강수구름까지의 거리, 강수구름의 분포, 강수구름의 레이더반사도를 이용해 강수량을 추정할 수 있었습니다. 이후 1990년대에는 바람의 관측도 가능한 2세대 단일편파 도플러 레이더로 교체되었습니다. 레이더가 처음 발사한 전파와 강수입자에 반사되어 수신된 전파의 위상차를 이용하여 강수입자의 이동방향과 속도를 결정해 바람을 관측할 수 있게 되었습니다. 3세대 기상레이더는 이중편파 도플러 레이더로 수평으로 진동하는 전파와 수직으로 진동하는 전파를 동시에 발사하여 강수량을 추정할 뿐만 아니라, 비, 눈, 우박 등 강수형태를 구별할 수도 있습니다.

기상레이더 기술변화 동향



출처 : Bringi, 2005



기상레이더 관측망

우리나라의 기상레이더 관측은 1969년 11월 기상청이 국내 최초의 기상레이더를 서울 관악산에 설치하면서 시작되었습니다. 이후 백령도에서 제주도에 이르기까지 전국에 9대의 현업용 기상레이더를 추가로 도입하여 총 10대로 구성된 기상레이더 관측망을 운영하고 있습니다. 여기에 공항용 1대, 시험용 1대(레이더테스트 베드), 연구용 3대를 운영하고 있습니다.

우리나라와 주변에서 발달하는 집중호우, 태풍, 대설 등 위험기상 현상을 보다 신속하고 정확하게 탐지할 수 있도록, 2014년 백령도를 시작으로 2019년까지, 10대의 현업용 기상레이더를 첨단 기술이 적용된 3세대 기상레이더로 교체해 나갈 계획입니다.

기상청 기상레이더 관측망 및 전경



관악산



백령도



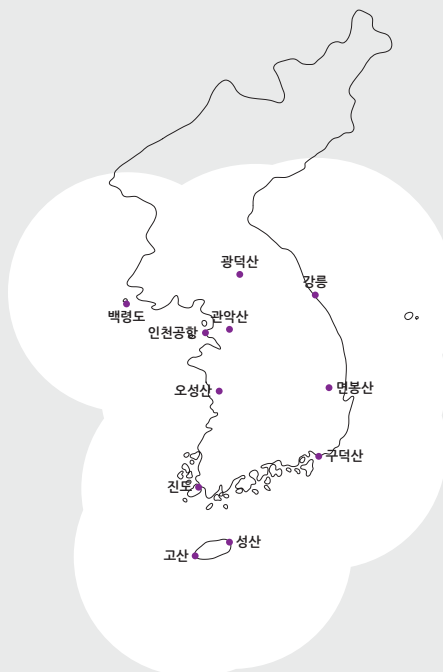
광덕산



강릉



오성산



현업용 : 10대
공항용 : 1대



진도



문봉산



구덕산



고성



성산



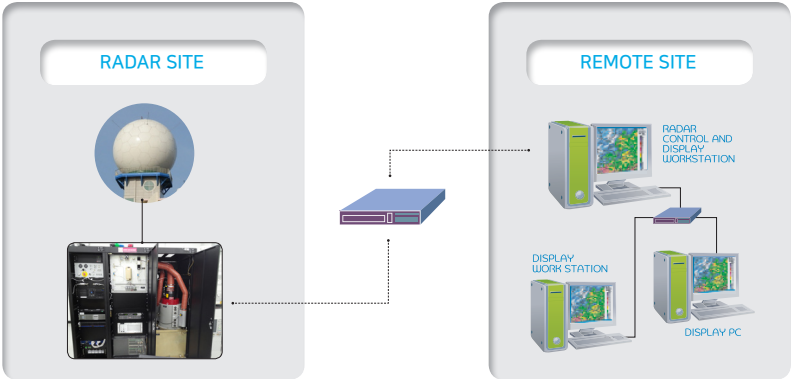
인천공항



레이더 구성과 제원

기상레이더는 송신기, 안테나, 수신기, 표출기로 구성됩니다. 송신기는 고주파 전력을 만들어 안테나로 보내고, 안테나는 송신기로부터 받은 신호를 대기 중에 보내 강수입자 등 목표물에 부딪혀 되돌아오는 신호를 수신기로 전달합니다. 수신기는 안테나에서 수신된 매우 약한 신호를 검출하고 표출기는 신호를 영상으로 변환하여 표출합니다.

레이더시스템 구성도



기상레이더 제원											
구분	현업용										공항용
	백령도	관악산	광덕산	강릉	오성산	진도	면봉산	구덕산	고산	성산	인천공항
설치지역	인천 옹진	서울 관악구	강원 화천	강원 강릉	전북 군산	전남 진도	경북 청송	부산	제주	제주 서귀포	인천 중구
관측 개시 연도	2000	1969	2003	2010	1992	2001	2004	1991	1991	2006	2001
최근 교체 연도	2014	2016	2017	—	2018	2015	2015	2016	2017	2018	—
주파수대역	S밴드	S밴드	S밴드	S밴드	S밴드	S밴드	S밴드	S밴드	S밴드	S밴드	C밴드
모델명	DWSR-8501S/K SDP	DWSR-8501S/K SDP	DWSR-8501S/K SDP	WSR-98D/S	DWSR-8501S/K SDP	DWSR-8501S/K SDP	DWSR-8501S/K SDP	DWSR-8501S/K SDP	DWSR-8501S/K SDP	DWSR-8501S/K SDP	RC-53D
제작사	EEC (미국)	EEC (미국)	EEC (미국)	Metstar (중국)	EEC (미국)	EEC (미국)	EEC (미국)	EEC (미국)	EEC (미국)	EEC (미국)	Mitsubishi (일본)
송신관	클라이스트론	클라이스트론	클라이스트론	클라이스트론	클라이스트론	클라이스트론	클라이스트론	클라이스트론	클라이스트론	클라이스트론	클라이스트론
첨두전력 (kW)	850	850	850	750	850	850	850	850	850	850	250



레이더 정보 전달 절차

기상레이더 정보는 다음 4단계를 거쳐 사용자에게 전달됩니다.

첫 번째 단계, “관측”

기상레이더가 대기 중으로 내보낸 전파는 비구름에 반사되어 일부가 약한 신호의 형태로 되돌아옵니다.

두 번째 단계, “신호처리”

기상레이더는 수신된 신호를 신호처리를 통해 변환하여 관측자료를 생산합니다.

세 번째 단계, “품질관리”

관측자료로부터 기상현상이 아닌 정보를 걸러냅니다.

네 번째 단계, “정보 생산·제공”

품질관리된 자료를 활용하여 다양한 기상정보를 생산하여 제공합니다.





레이더 기본영상

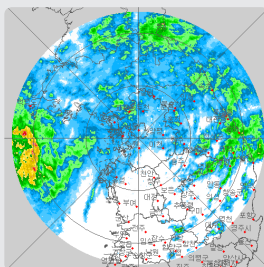
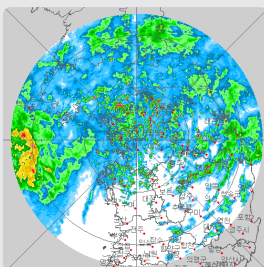
기상레이더는 여러 개의 고도각에서 방위각 방향으로 360도 회전하여 대기를 입체적으로 관측합니다. 이러한 입체관측 자료를 활용하여 강수의 특성을 파악할 수 있는 기본영상을 제공합니다.

기본영상의 종류

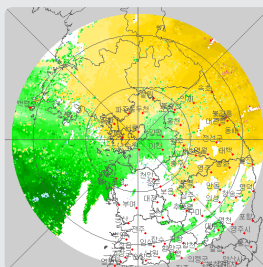
기상레이더에서 기본적으로 제공하는 영상은 반사도(지형에코 제거 전 반사도 DZ, 지형에코 제거 후 반사도 CZ), 시선속도, 스펙트럼 폭이며, 3세대 이중편 파레이더는 반사도와 차등반사도(Differential Reflectivity, Z_{DR}), 차등위상차(Differential Phase, ϕ_{DP}), 비차등위상차(Specific Differential Phase, K_{DP}), 교차상관계수(Cross-correlation Coefficient, ρ_{hv})를 추가로 제공합니다.

레이더 기본영상

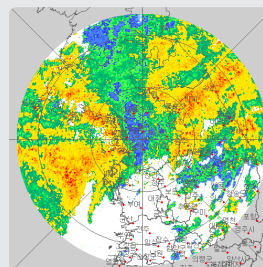
지형에코 제거 전·후 반사도(DZ, CZ)



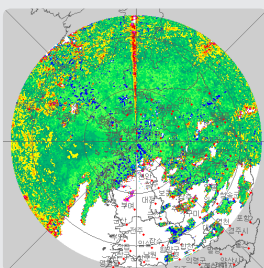
시선속도(V_R)



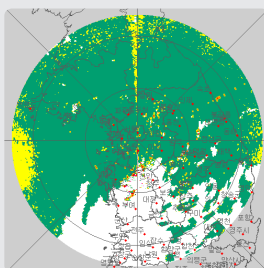
스펙트럼 폭(SW)



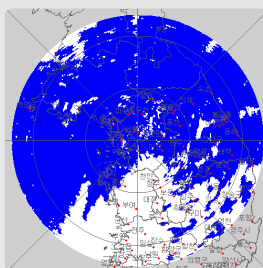
차등반사도(Z_{DR})



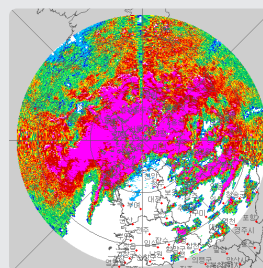
차등위상차(ϕ_{DP})

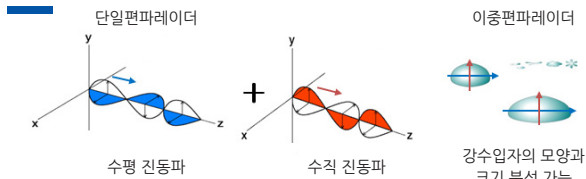


비차등위상차(K_{DP})



교차상관계수(ρ_{hv})





단일편파 레이더 산출변수	이중편파 레이더 산출변수
- 지형에코 제거 전 반사도(DZ) - 지형에코 제거 후 반사도(CZ) - 시선속도(V_r) - 스펙트럼 폭(SW)	- 단일편파변수(4개) + 이중편파변수(4개) - 반사도(Z) - 시선속도(V_r) - 스펙트럼 폭(SW) - 차등반사도(Z_{DR}) - 차등위상차(ϕ_{DP}) - 비차등위상차(K_{DP}) - 상관계수(ρ_{hv})

이중편파레이더

이중편파레이더는 전자기파를 수직방향과 수평방향으로 동시에 발사하여 대기 중 강수입자(비·눈·우박 등)에 부딪혀 되돌아오는 신호를 이용해 강수입자의 수평·수직방향 크기와 모양을 동시에 관측할 수 있습니다.

※ 기존의 단일편파레이더는 수평방향의 전자기파만을 이용하기 때문에 강수입자의 모양을 입체적으로 분석할 수 없었습니다.

구형 (이슬비, 작은 우박 등)	수평적으로 편진 모양 (큰 수직, 녹는 우박 등)	수직적으로 긴 모양 (수직적으로 긴 형태의 빙정입자)
$Z_H \sim Z_V$	$Z_H > Z_V$	$Z_H < Z_V$
$Z_H - Z_V \sim 0$	$Z_H - Z_V > 0$	$Z_H - Z_V < 0$
$Z_{DR} \sim 0dB$	$Z_{DR} > 0dB$	$Z_{DR} < 0dB$

* Z_H : 수평편파 반사도, Z_V : 수직편파 반사도

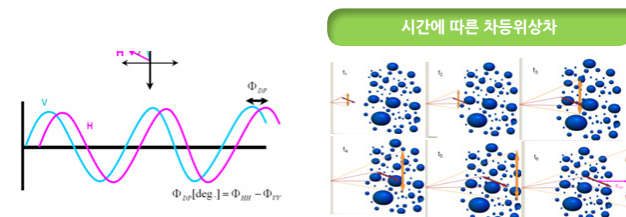
차등반사도(Differential Reflectivity, Z_{DR})

- 수평편파 반사도에 대한 수직편파 반사도의 차
- 레이더에 관측되는 부피 안에 지배적으로 존재하는 강수입자의 평균모양을 나타내는 변수
- 강수입자의 크기와 관련

차등위상차(Differential Phase, ϕ_{DP})

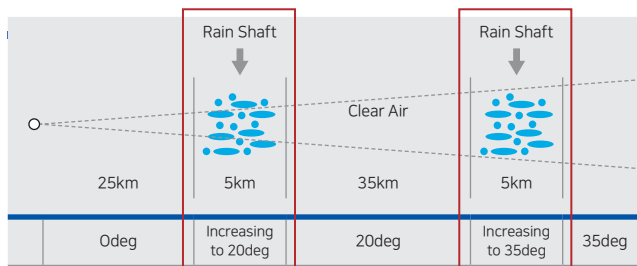
- 수평편파와 수직편파 펄스 간의 위상 차
- 레이더 관측 부피 내 강수입자의 개수, 강우강도 추정을 위한 초기변수
- 강우강도와 관련

※ 강수입자가 많을수록 수평편파와 수직편파 펄스 간의 위상차가 크며, 즉 차등위상차가 크게 나타납니다.



※ 차등위상차 vs 비차등위상차

차등위상차가 레이더 시선 방향으로 값이 누적되지만, 비차등위상차는 특정 거리에서의 차등위상차 값을 보여주어 강수입자가 존재하는 지점에서만의 강수입자 개수 분포를 알 수 있습니다.



비차등위상차(Specific Differential Phase, K_{DP})

- 단위거리(km)에서 차등위상차(ϕ_{DP})의 변화율
- 레이더 관측 부피 내 강수입자의 개수
- 강우강도와 관련

※ 비차등위상차를 사용하는 이유?

레이더 하드웨어의 보정, 부분적인 빔 차폐의 영향을 받지 않아 정량적인 강수량 추정 활용에 유리합니다.

비기상예코 (새, 곤충 등)	기상예코(비균질) (우박, 습설 등)	기상예코 (강우, 눈 등)
수평펄스와 수직펄스가 펄스 간 매우 다르게 변함	수평펄스와 수직펄스가 펄스 간 다소 다르게 변함	수평펄스와 수직펄스가 펄스 간 거의 유사하게 변함
$\rho_{hv} < 0.8$	$0.8 < \rho_{hv} < 0.97$	$\rho_{hv} > 0.97$

▷ 레이더자료 품질평가 및 예코 분류에 중요한 인자임
 ▷ 비, 눈 : 높은 값(1에 가까운 값)
 ▷ 우박, 밝은 띠 등 : 1보다는 낮아짐
 ▷ 비기상예코(지형예코, 이상전파, 채프, 새, 곤충 등) : 매우 낮음

교차상관계수(Cross-correlation Coefficient, ρ_{hv})

- 수평편파와 수직편파 펄스신호의 상관관계
- 눈·비의 강수예코와 채프예코 등 비(非)기상예코 판별

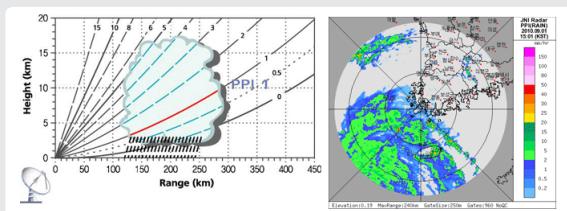


레이더자료 분석과 영상정보 서비스

각 기상레이더에서 관측된 자료는 하나의 영상으로 합성되어 우리나라 전역의 위험기상을 감시하고 예측하는데 활용됩니다. 기본영상뿐만 아니라, 레이더자료를 활용한 다양한 응용자료들을 제공합니다.

레이더 영상

PPI(Plan Position Indicator)

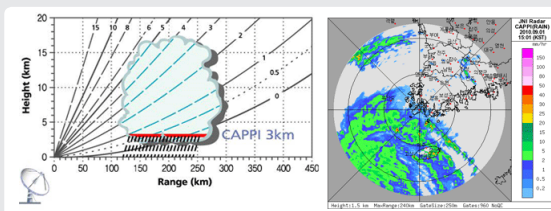


가장 일반적으로 사용되는 레이더 영상 표시 방식으로 주어진 고도각에서 관측된 레이더 에코를 평면 위에 표시합니다. 레이더로부터 관측거리가 멀어질수록 관측 고도각이 높아져* 최저 고도면 아래 위치한 에코는 관측되지 않습니다.

* 지구곡률효과(The earth's curvature effect) :

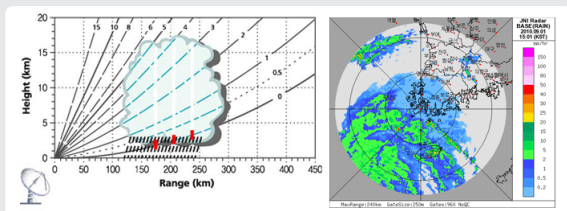
레이더 빔은 직진하지만 지구표면은 둥글기 때문에 빔이 레이더로부터 멀어질수록 지면으로부터의 높이가 증가하는 현상

CAPPI(Constant Altitude Plan Position Indicator)



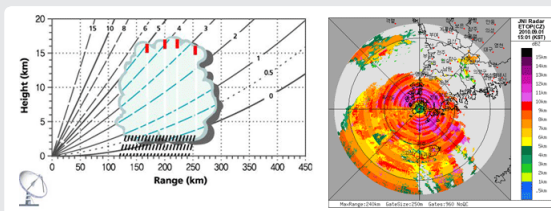
여러 층의 PPI 관측자료를 입체 격자에 저장하여, 일정한 고도(km)의 수평자료를 뽑아서 표시합니다. PPI 영상은 지구곡률 때문에 레이더로부터 멀어질수록 높은 고도의 자료를 표시하는 반면, CAPPI 영상은 일정한 고도의 자료만을 나타내기 때문에 에코의 수평적인 해석에 유용합니다.

Base



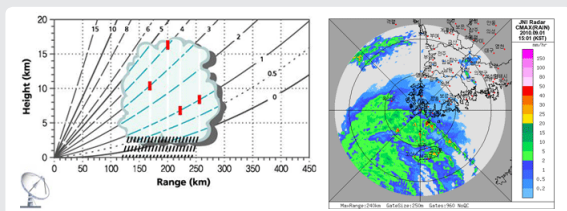
관측자료의 각 열(column)에서 임계값으로 정해진 값 이상의 에코가 나타나는 최하층 자료를 표시합니다. 가장 낮은 고도의 자료이므로 레이더 값을 강수량으로 환산하거나 비교하는데 사용됩니다.

Echo Top



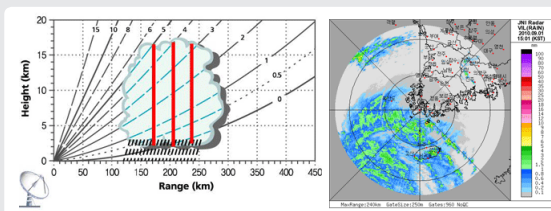
관측자료의 각 열(column)에서 임계값 고도 이하에서 에코가 나타나는 가장 높은 고도를 km 단위로 표시한 자료입니다. 에코의 높이를 한눈에 파악해 위험기상의 발달을 분석하는데 유용합니다.

CMAx



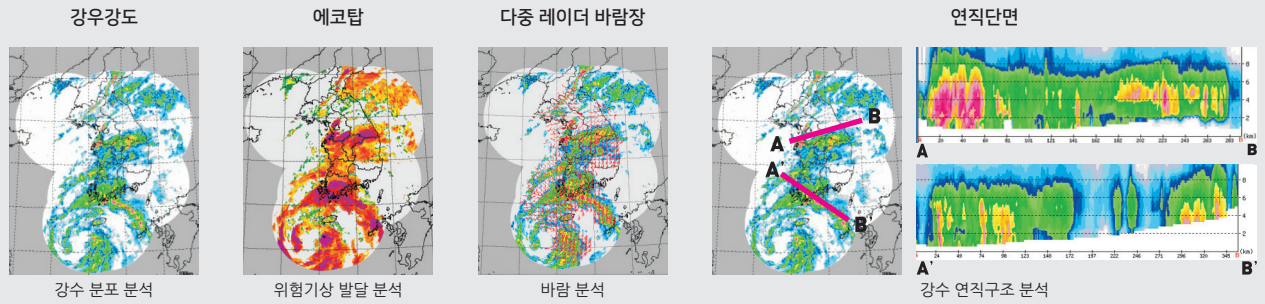
관측자료의 각 열(column)에서 연직으로 가장 강한 에코를 평면 위에 표시합니다. Base Section 영상과 비교하여 대류운의 발달 정도와 밝은 띠를 판단하는 데 활용할 수 있으며, 여름철 강수예고를 분석하는데 유용합니다.

VIL(Vertically Integrated Liquid)

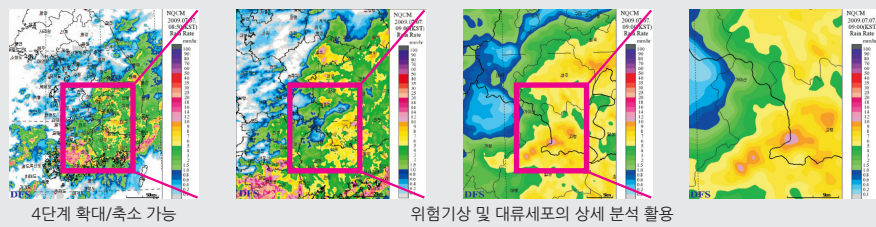


구름 속 수증기량을 추정·계산한 자료로 볼륨관측의 각 열에 존재하는 수증기량을 누적해 나타냅니다.

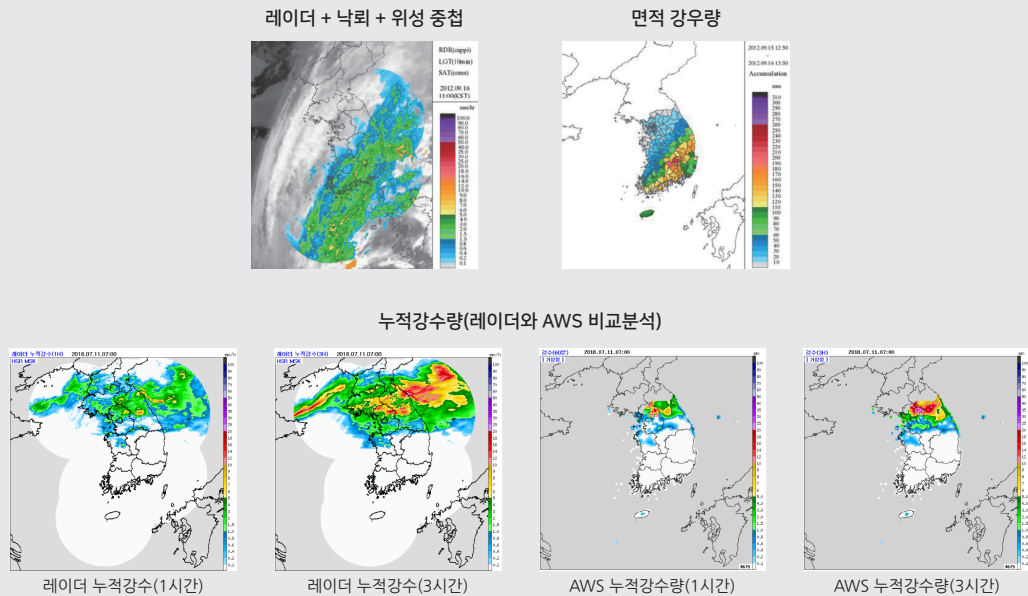
레이더 합성영상



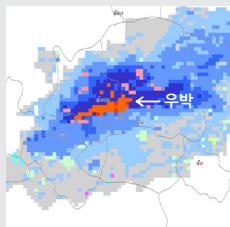
합성영상 확대/축소 표출



레이더자료 기반 산출물



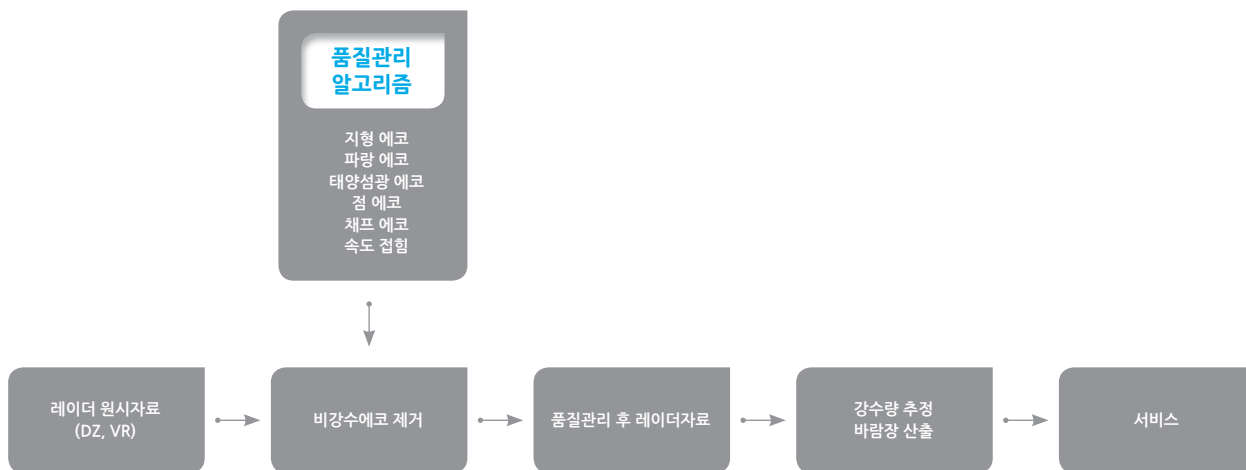
대기수상체 합성영상





레이더자료 품질관리

레이더는 대기 중의 기상현상뿐 아니라, 주변의 지형이나 생물체 등이 관측되기도 하는데 이러한 비(非)강수예고를 제거하기 위한 엄격한 품질관리 과정이 요구됩니다. 기상레이더센터는 기상청뿐만 아니라 홍수통제소, 국방부 등 정부기관에서 강수관측을 목적으로 운영하는 레이더에 대해 표준화된 품질관리 알고리즘을 개발해 적용하고 있습니다.



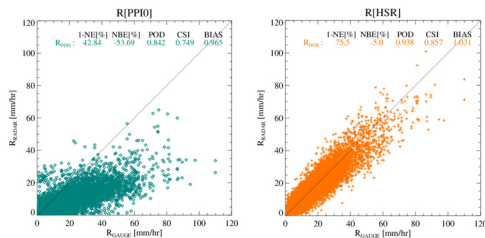
레이더자료 품질보증 선순환 체계





2012년 레이더강수량 추정 비교·검증 공동실험

레이더는 강수입자에 부딪혀 되돌아오는 신호를 분석하여 반사도 값(dBZ)으로 저장 하는데, 이를 기상예보 등에 활용하기 위해서는 지상강수량(mm/hr)으로 산출하는 과정이 필요합니다. 이를 레이더 강수량 추정이라고 하는데, 레이더 반사도와 실제 강수량을 이용한 실험과 통계자료를 기반으로 경험적인 강수량 추정식을 만들어 사용하고 있습니다. 보통 Z(레이더반사도)-R(강수량) 관계식이라 부르며, 일반적으로, 마샬(Marshall)과 팔머(Palmer)가 제안한(1948) $Z=200R^{1.6}$ 을 사용하지만, 강수의 형태에 따라 여러 가지 관계식이 도출되어 있습니다. 강수시스템은 기상상황에 따라 강수형태가 변하기 때문에 단일 Z-R 관계식을 이용한 강수량 추정은 본질적으로 오차를 포함합니다. 이를 보완하기 위해 기상레이더센터는 실시간 지상강수량계 자료와 레이더자료를 비교 분석하여 우리나라의 기후와 지형에 맞는 Z-R 관계식을 개발하고 있습니다. 또한 이중편파레이더의 도입(2014년~)에 따라 이에 적합한 강수량 추정 관계식($R(Z, Z_{DR}, K_{DP})$)을 개발하여 분석에 활용하고 있습니다.

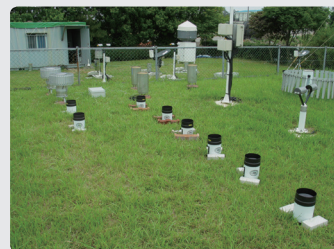
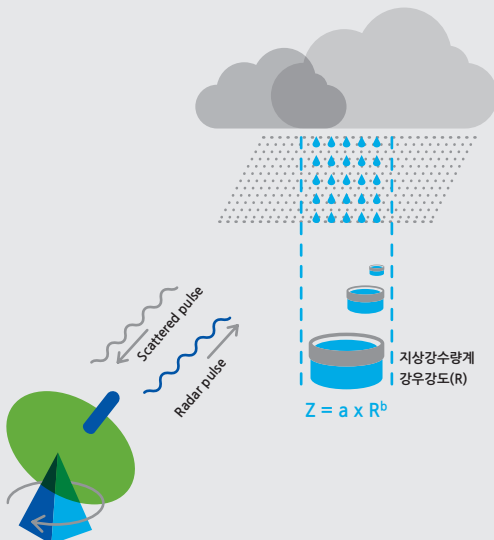


레이더 기반 강수량 추정값 정확도(2017년 75.5%)

레이더 기반 강수량 추정값 정확도

실제 지상강수량(AWS) 대비 레이더로 추정된 강수량의 정확도입니다. 단일편파 레이더 기준으로 43%에 불과했지만 2020년까지 선진국 수준인 84%까지 향상을 목표로, 강수량 추정기술을 개발하고 있습니다.

강수형태별 Z-R 관계식



층상형 비 (Stratiform rain)	: $Z = 200 R^{1.6}$	(Marshall and Palmer, 1948)
뇌우성 비 (Thunderstorm)	: $Z = 486 R^{1.37}$	(Jones, 1956)
지형성 비 (Orographic rain)	: $Z = 31 R^{1.71}$	(Blanchard, 1953)
안개비 (Drizzle)	: $Z = 140 R^{1.5}$	(Joss et al, 1970)
열대폭풍 (Tropical storm)	: $Z = 300 R^{1.35}$	(Jorgensen and Willis, 1981)
눈 (Snow)	: $Z = 2000 R^{2.0}$	(Carlson and Marshall, 1972)

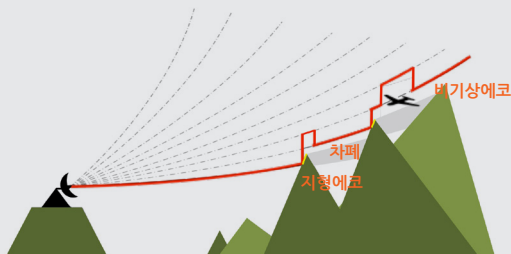
* dBZ : 레이더반사도 인자의 단위

* 강우강도(Rain rate) : 단위시간당 강수량, 일반적으로 mm/hr를 사용

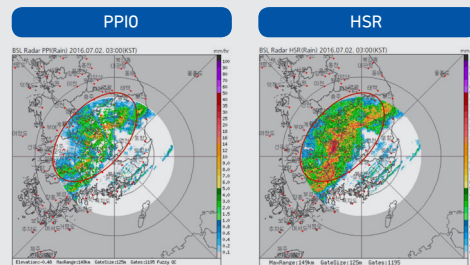
HSR(Hybrid Surface Rainfall)

산악이 많이 존재하는 한반도에서는 직진하는 레이더 빔은 지형의 영향으로 차폐 영역이 발생할 수 있으며, 관측자료가 부족한 차폐영역에서는 레이더 에코가 실제 강수보다 약하게 산출되는 단점이 있습니다. 이를 개선하기 위해 다중 고도각 기반의 선택적 합성기술인 HSR은 지형의 영향을 받지 않는, 지면에 가장 가까운 고도각의 관측자료를 표출합니다. 현재 기상청 날씨누리, 기상레이더센터 홈페이지 등을 통해 제공되는 레이더영상은 HSR입니다.

다중 고도각 기반 레이더 추정 강우량(HSR)



레이더 볼륨자료에서 지형에코, 차폐, 비(非)기상에코의 영향이 없으며 지면에 가장 가까운 고도각의 자료를 이용하여 산출한 레이더 추정 강우량



▶ 빗차폐로 인한 강수량 과소추정 및 지형에코 영역의 공백 해소

레이더 비교관측소

2차원 영상 우적계, 광학우적계, 우량계 등 지상관측장비를 설치하여 테스트베드 레이더와 현업용 레이더의 성능을 비교 검증하기 위한 관측시설로, 레이더자료의 품질관리기술과 활용기술 개발을 지원합니다. 특히 2차원 영상우적계를 이용하여 이중편파레이더 강수량 추정식($R(Z, Z_{DR}, K_{DP})$)을 개발하고 있습니다.

진천 레이더비교관측소 관측장비 현황



진천 레이더비교관측소



2차원영상우적계(2DVD*)



광학우적계 (PARSIVEL**)



자동기상관측장비



3차원풍향풍속계



전도형 강수량계(0.1mm)



전도형 강수량계(0.2mm)



무계식 강수량계(0.1mm)

* 2-Dimensional Video Disdrometer

** PARticle Size and Velocity



최근 들어, 위험기상에 대한 실황예측의 중요성이 부각되면서 레이더자료를 활용한 강수량 예측의 중요성이 강조되고 있습니다. 기상레이더센터는 레이더자료를 기반으로 한 강수량 예측시스템을 구축하여 초단기예보에 활용하고 있습니다.

- 매 10분 간격 모델자료 생산
- 향후 6시간까지 예측정보 제공

초단기 예측 모델 자료처리 흐름도

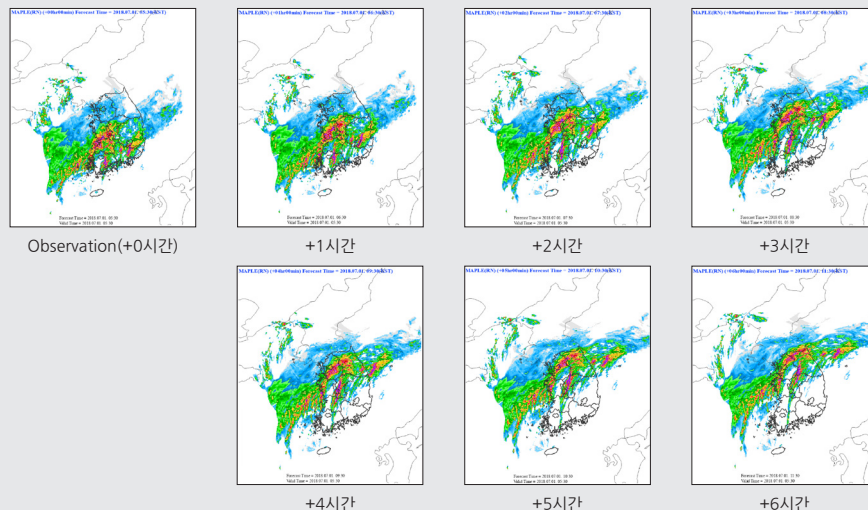
기상청 현업용 레이더강수실황예측모델

- 캐나다 맥길대학교에서 개발한 실황예측모델을 도입하여 우리나라에 적합하게 최적화하여 운영 중
- 변분법을 기반으로 레이더 강수예코의 이동벡터를 산출하여 예측

모델	해상도	도메인	입력자료	이동벡터		운영기간
				자료	기법	
MAPLE*	1km, 10분	1024×1024	HSR	HSR	VET	2008~

* MAPLE : McGill Algorithm for Prediction Nowcast by Lagrangian Extrapolation

레이더강수실황예측모델





레이더 활용기술 개발

이중편파레이더 활용기술 개발

이중편파레이더는 전자기파의 수평방향 진동파와 수직방향 진동파를 동시에 송·수신하여 강수입자의 수평방향과 수직방향의 크기와 모양을 동시에 관측할 수 있습니다. 기존의 단일편파(수평편파)레이더로는 어려웠던 비, 눈, 우박과 같은 강수 형태의 구분이 가능해지면서 레이더의 강수량 추정 성능을 향상시켜 고품질의 다양한 기상서비스가 기대됩니다. 기상레이더센터는 2013년부터 이중편파레이더를 활용한 다양한 기상정보 생산을 위한 연구개발(R&D) 업무를 수행하고 있습니다.

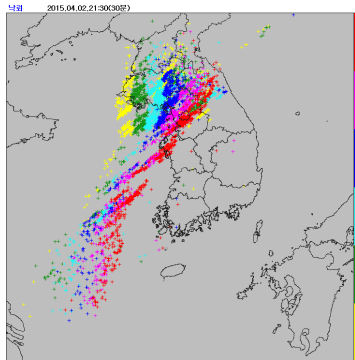
이중편파레이더 활용기술 개발 로드맵(2013~2020년)

		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
연구목표		원천 및 기반기술 확보				핵심 및 응용기술 확보		최적화
이중편파레이더 관측망 구축	기상청	백령도, 테스트베드	진도, 면봉산	관악산, 구덕산	광덕산, 고산	오성산, 성산	강릉	
	국토교통부	모후산	서대산	가리산		예봉산		
	국방부			서산, 대구	광주, 사천	예천, 원주		
연구용소형 기상레이더관측망 구축		기상청				수도권 3대		
1. 이중편파레이더 자료처리기술 개발	레이더 사이트별 자료처리 최적화 기술 개발					레이더자료 품질관리 및 대기수상체 분류기술 개발		
	한국 강우특성을 고려한 눈/비 분류기술 개발			눈/비 분류기술 검증 및 적용기술		레이더 강수실태 예측 및 바람장 산출기술 개발		
				이중편파 밝은 띠 탐지 기반기술 개발		범부처 레이더 합성기술 개발		
2. 예보지원을 위한 이중편파레이더 활용기술 개발	레이더 자료 기반 스톱 탐지 및 예측기술 개발				다중레이더 바람장 산출기술 개발	레이더 강수실태 예측 및 바람장 산출기술 개발		
	한국형 이중편파레이더 시뮬레이터 개발을 위한 한반도 강우특성 분석				이중편파레이더 강수량 예측 현업 활용기술 개발			
	강수량 추정값 산출기술 성능평가 및 검증				이중편파레이더 강수량 추정 개발·평가·검증			
	국지예보모델 이중편파레이더 시뮬레이터 개발							
3. 범부처 레이더 융합 활용기술 개발	테스트베드레이더 원시자료 활용 기반기술 개발					범부처 레이더 합성기술 개발		
	레이더기반 격자 강수량 산출 기반기술 개발							
	범부처 이중편파레이더 강수량 추정값 산출 및 합성 기반기술 개발							
4. 연구용레이더 신기술 선행연구 및 현업 활용기술 개발				연구용레이더 운영 기술		연구용소형기상레이더 관측망 구축 및 운영기술 개발		
				연구용 소형기상레이더 관측망 운영 및 관리				
				차세대 레이더 신기술 선행연구				



낙뢰관측장비란 대기 중에서 낙뢰가 발생할 때 방출되는 전자기파 신호를 수신·분석하여 낙뢰의 발생시각, 위치, 극성(+, -), 강도 등을 탐지하는 기상관측장비입니다. 기상청은 전국에 21대의 낙뢰관측장비를 설치하여 운영 중이며, 낙뢰정보를 5분 간격으로 실시간으로 제공합니다.

기상청 낙뢰관측망



낙뢰영상



낙뢰관측장비



낙뢰관측망(21개소)

1	간성	12	추풍령
2	백령도	13	포항
3	춘천	14	거창
4	파주	15	고창
5	대관령	16	부산
6	울릉도	17	여수
7	인천	18	흑산도
8	울진	19	완도
9	충주	20	제주
10	서해기지	21	서귀포
11	보령		

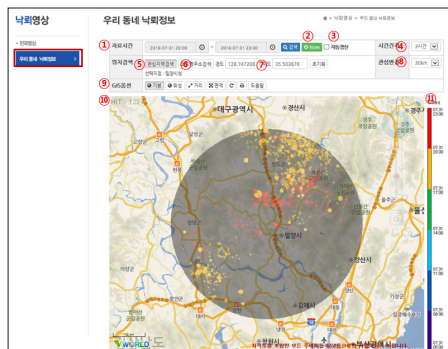
낙뢰관측지점명

낙뢰관측장비 제원

탐지방식	TOA*
위치정확성	150~250m
베이스라인	200~250km
탐지효율	한반도(북한 일부 지역 제외)와 그 인근 해상에서 95% 이상
최소 수감부 수	5개

* TOA(Time Of Arrival) : 도달시간차 분석

낙뢰로부터 발생한 신호가 각 센서에 도달하는 시간차를 이용해 낙뢰를 분석



우리동네 낙뢰정보

우리동네 낙뢰정보

기상레이더센터는 대국민 낙뢰피해 예방을 위해 사용자가 설정한 관심지역*의 낙뢰발생 빈도와 접근 위치 등을 실시간으로 확인할 수 있는 우리동네 낙뢰정보를 기상레이더센터 누리집을 통해 제공하고 있습니다.

* 사용자 관심지점 설정

- (1) 분야별 : 학교, 행정기관, 공항, 주거지역, 산업단지, 교통·물류 중심지 등
- (2) 도로명주소 검색
- (3) 위경도 정보 입력

Cooperation in the field of Weather Radar

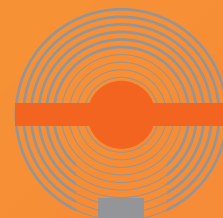
국내외 레이더 협업



국내 레이더 관측망

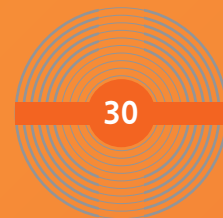
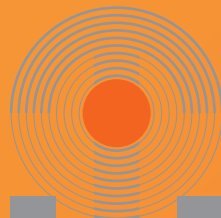


레이더 협업행정



Watching
the sky
friendly,

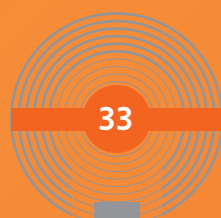
Serving
the people
faithfully



레이더 테스트베드



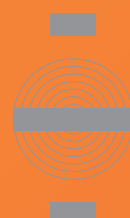
국가 간 레이더자료 교환



레이더 기술 교류



개도국 대상 기술 전수



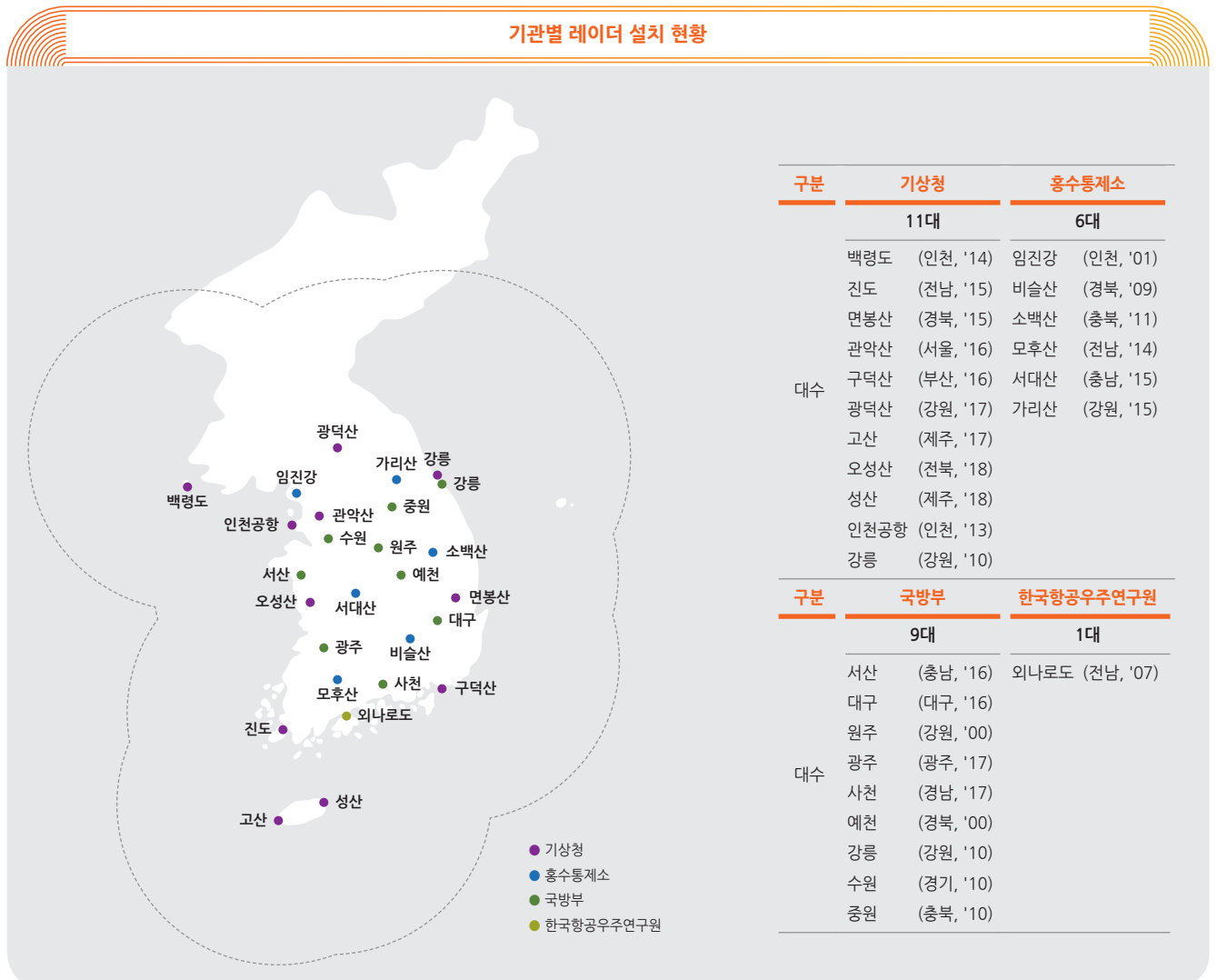


국내 레이더 관측망

우리나라 정부기관에서 운영 또는 설치 중인 현업용 기상·강우 레이더는 총 27대입니다. 각 기관은 위험기상 감시와 기상예보, 수자원 관리와 홍수예보, 군 작전 지원 등의 목적에 따라 운영 중입니다. 기상청은 공항용을 포함하여 11대, 홍수통제소*는 6대, 국방부는 9대, 한국항공우주연구원에서는 1대를 운영하고 있습니다.

*정부조직법 개정(2018.6.8.)에 따라 국토교통부에서 환경부로 소속 변경

기관별 레이더 설치 현황





레이더 협업행정

2010년 6월 기상청, 국토교통부, 국방부는 국민안전이라는 공통된 목표 아래 각자 운영하던 레이더 관측망을 공유하기 위한 2010년 **범정부적 기상-강우레이더 공동활용 업무협약**을 체결했습니다. 부처별 업무특성에 적합한 업무분담과 긴밀한 협조체계 구축을 통해 지속적으로 추진한 결과, 협업행정의 대표적인 성공사례로 평가받고 있습니다.

기상청은 레이더 협업을 통해 국가 레이더자료 공동활용체계를 고도화하여 국가 레이더자료를 합성한 영상을 기상청 날씨누리과 모바일 웹, 기상레이더센터 누리집을 통해 국민에게 제공하고 있습니다.

* 날씨누리 - <http://www.weather.go.kr>

모바일 웹 - <http://m.kma.go.kr>

기상레이더센터 누리집 - <http://radar.kma.go.kr>

기상청·국토교통부·국방부 간 다양한 소통과 협력활동



범정부적 기상-강우레이더 공동활용 업무협약 체결
(기상청·국토해양부·국방부·행정안전부, 2010.6.30.)



정책협의회



협업행정 워크숍(포럼)



국제 컨퍼런스



공동활용 개발기술 공유



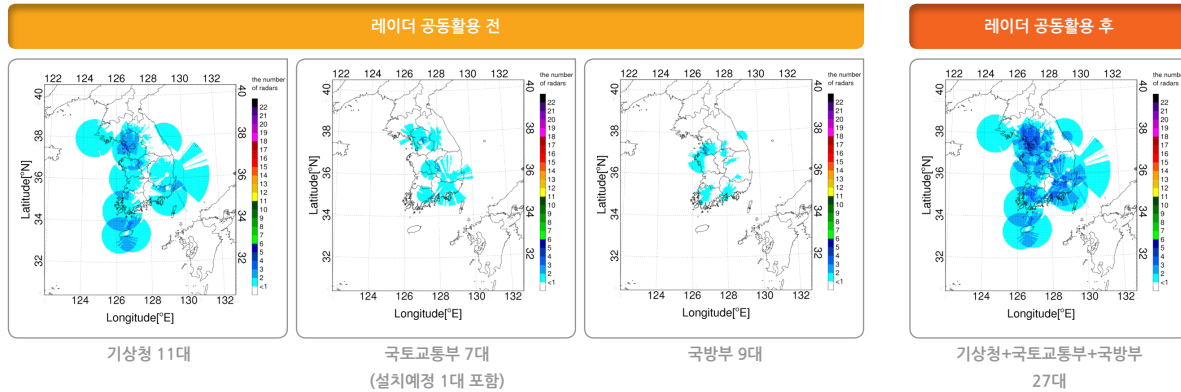
합동점검



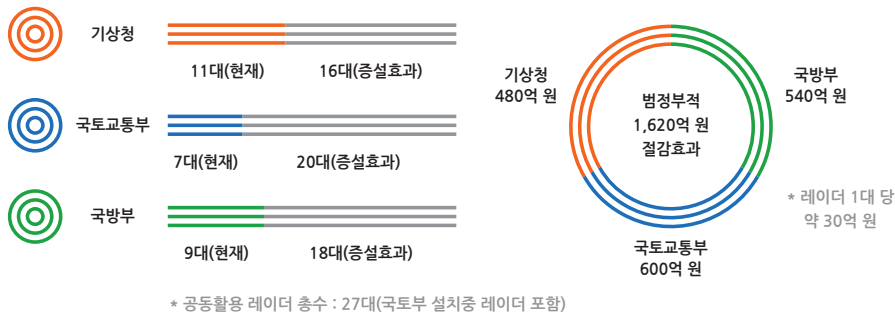
레이더 테스트베드 운영협의위원회

* 現 국토교통부. 정부조직법 개정(2018.6.8일자)에 따라 국토교통부의 수자원정책국 및 홍수통제소가 환경부로 이관됨

레이더 공동활용에 따른 효과(고도 1km 이하 관측영역 확대)



레이더 공동활용에 따른 효과(레이더 증설효과 및 예산절감)



제도개선과 융합행정 우수사례 국무총리상 수상(2011년, 2012년)



범정부적 기상-강우레이더 공동활용 추진계획

제1단계(2011 ~ 2016년)

No.	과제분야
레이더 표준운영절차(SOP) 마련	
1-1 (국토부)	최적 관측전략 수립
1-2 (기상청)	자료수집-품질관리-분배절차 수립
1-3 (국방부)	장비 유지·관리 절차 수립
1-4 (국토부)	범정부적 레이더 관측체계 구현
범정부적 레이더자료 공동활용시스템 구축·운영	
2-1 (기상청)	공동활용 시스템 구축
2-2 (기상청)	통합 품질관리기술 개발
2-3 (기상청)	공동활용 서비스 체계 구현
레이더 기술 향상	
3-1 (공통)	기술교류 활성화 및 전문인력 육성
3-2 (공통)	테스트베드 운영 및 기술 개발

제2단계(2017 ~ 2021년)

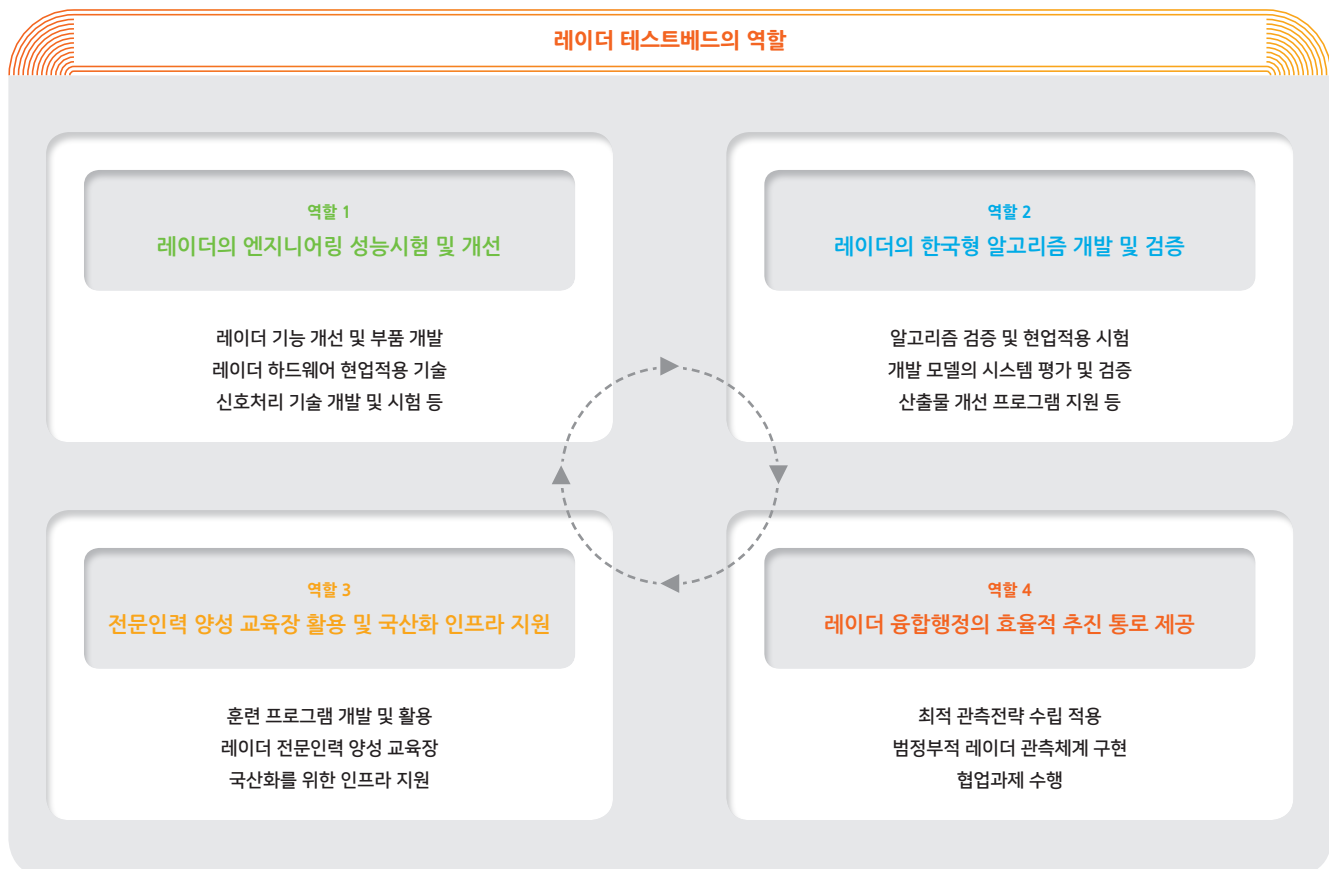
No.	과제분야
국가레이더 협력체계 구축	
1-1 (공통)	전문 기술 향상·기술 교류·인력 공동활용
1-2 (기상청)	레이더 부품 국산화 원천기술 확보
레이더 고급운영절차(AOP) 마련	
2-1 (국토부)	국가레이더 관측전략 및 관측체계 고도화
2-3 (국방부·국토부)	레이더 고급운영절차(AOP) 수립 및 개발
국가레이더 자료 공동활용 고도화	
3-1 (기상청)	공동활용 및 서비스 체계 고도화
3-2 (기상청)	범부처 레이더자료 품질관리기술 고도화
3-3 (기상청)	범부처 레이더 융합 활용기술 개발
3-4 (기상청)	차세대 레이더 선행연구 및 기반기술 개발



레이더 테스트베드

레이더 테스트베드는 우리나라에 적합한 한국형 레이더 기술 개발을 위한 범국가적 협업연구시설입니다. 기상청의 현업용과 동일한 레이더를 설치하여 하드웨어·소프트웨어를 비롯한 레이더 관련 신기술을 시험 검증하고 국내 현업 환경에 맞게 개선하는 역할을 담당합니다. 또한, 국가 레이더 자원을 공동 활용하기 위한 관측 전략과 관측체계를 시험하고 국내외 레이더 분야 전문인력 육성을 위한 현장교육 등을 지원합니다.

기상청은 레이더 테스트베드의 효율적인 관리·운영을 위해 ‘레이더 테스트베드 운영규정’을 제정하고, 기상청, 환경부 홍수통제소, 국방부가 참여하는 ‘레이더 테스트베드 운영협의회’를 구성하여 레이더 테스트베드 운영에 관한 중요사항을 원만한 협의를 통해 결정하고 있습니다.



레이더 테스트베드 활용 협업과제 추진내역(2014~2018년)

테스트베드레이더



레이더 테스트베드 청사



레이더 테스트베드 전경



레이더 테스트베드 개소식(2014.11.5.)



레이더 테스트베드 운영협의위원회



2014년 3기관 7과제

- ① 테스트베드 성능시험 및 시스템 관리(기상청)
- ② 범정부적 관측전략 수립 및 관측체계 구현(국토교통부)
- ③ 레이더 테스트베드 및 비교관측소 자료 분석기술 개발(기상청)
- ④ 2014 이중편파레이더 강수량 추정 집중관측/공동실험(기상청)
- ⑤ 레이더 표준 유지관리 절차 적용을 위한 합동점검(국방부)
- ⑥ 이중편파레이더 운영 특성 파악(국방부)
- ⑦ 레이더 테스트베드를 활용한 대기수상체 분류 및 결과분석(기상청)

2015년 4기관 7과제

- ① 기상-강우레이더 공동 집중관측을 통한 비교 분석(국토교통부)
- ② 2015년 이중편파레이더 여름철/겨울철 집중관측(기상청)
- ③ 레이더 관측변수 영향 분석(기상청)
- ④ 레이더 융합 활용기술 개발(경북대학교)
- ⑤ 레이더 부품의 국내생산품 적용 대상 선정 및 호환성 시험(기상청)
- ⑥ 이중편파레이더 운영 특성 파악(국방부)
- ⑦ 레이더 표준 유지관리 절차 적용 합동점검(국방부)

2016년 4기관 6과제

- ① 관악산기상레이더 교체에 따른 대체관측(기상청)
- ② 레이더국산화 부품 개발 적용시험(기상청)
- ③ 2016년 이중편파레이더 집중관측(기상청)
- ④ 2016년 하반기 기상-강우레이더 합동점검(국방부)
- ⑤ 테스트베드레이더 집중관측 실험(경북대학교)
- ⑥ 레이더 하드웨어 성능을 고려한 관측전략 연구(부경대학교)

2017년 4기관 7과제

- ① 이중편파 기상레이더 Calibration 최적방안 모색 및 유지보수 능력 확보(국방부)
- ② 공공 서산 기지 레이더와 기상청 테스트베드 레이더를 이용한 이중편파 관측 변수 비교 분석(국방부)
- ③ 강우레이더 수문학적 활용성 평가 및 활용체계 구축(국토교통부)
- ④ 이중편파레이더 5분 관측 시험(기상청)
- ⑤ 이중편파레이더 국산화 부품 개발 적용시험(기상청)
- ⑥ 2017년 테스트베드레이더 집중관측(기상청)
- ⑦ 우주센터 2단계 개발사업(합동정비 및 기술교류)(한국항공우주연구원)

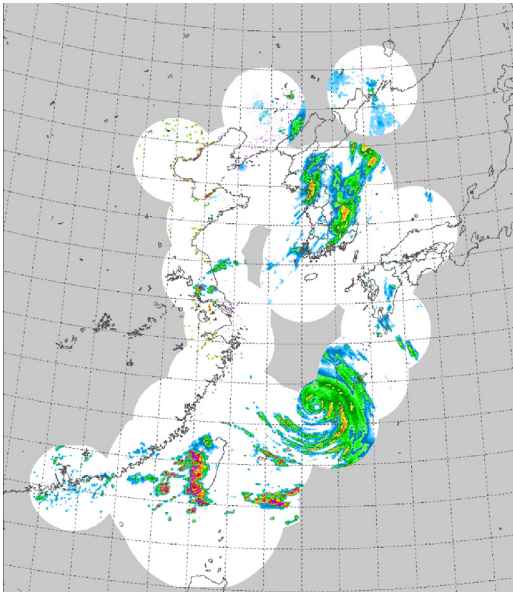
2018년 4기관 5과제

- ① 이중편파 기상레이더 Calibration 최적방안 모색 및 유지보수 능력 확보(국방부)
- ② 강우레이더 수문학적 활용성 평가 및 활용체계 구축(홍수통제소)
- ③ 이중편파레이더 정밀점검 항목 선정 및 점검절차 마련(기상청)
- ④ 관측주기에 따른 레이더추정강우량 정확도 분석(기상청)
- ⑤ 우주센터 2단계 개발사업(합동정비 및 기술교류)(한국항공우주연구원)



국가 간 레이더자료 교환

기상청은 미국, 독일, 중국, 일본 등 국외 기상레이더 전문가와 인적 네트워크를 형성하여 연구결과를 공유하고 공동연구를 추진하는 등 지속적인 기술교류에 힘쓰고 있습니다. 특히, 기상청은 태풍, 장마 등 동아시아 규모의 위험기상을 사전에 탐지하기 위해 1999년 일본, 2006년 중국을 시작으로 우리나라 주변국가와 레이더 관측자료를 교환하여, 2018년 현재 일본, 중국뿐만 아니라 대만, 홍콩, 미국, 러시아를 포함한 동아시아 레이더 관측망을 구성하게 되었습니다.



동아시아 레이더 합성영상

동아시아 레이더자료 교환 현황(41개 지점)

한국(12)	백령도, 관악산, 광덕산, 강릉, 오성산, 면봉산, 진도, 구덕산, 고산, 성산, 인천, 용인*
중국(7)	센양, 텐진, 다롄, 옌타이, 칭다오, 옌청, 상하이
일본(11)	마츠에, 후쿠오카, 다네가시마, 나제, 이시가키지마, 오키나와, 히로시마, 무로토미사키, 오사카, 후코이, 나고야
대만(4)	우편산, 화롄, 켄팅, 치구
미국**(2)	용인, 군산
러시아(1)	블라디보스톡
홍콩(4)	타이모산, 타이람충, 쉬호환, 타티칸

* 레이더 테스트베드, ** 미공군



레이더 기술 교류

레이더 협업행정 워크숍

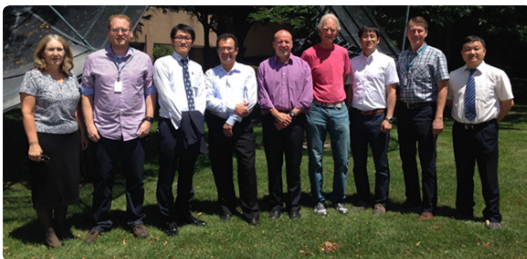
2011년부터 국가기관, 산업체, 대학, 연구기관이 국가 레이더 자원을 활용하여 국민에게 고품질의 다양한 기상정보를 서비스하기 위한 방안을 토의하는 레이더 분야 국가적 정책 수립의 장으로 자리매김하고 있습니다.

국제 레이더 컨퍼런스

2000년 제1회 기상레이더 워크숍을 시작으로 매년 국립기상연구소(現 국립기상과학원)에서 개최하였으며, 2012년부터는 기상레이더센터에서 주관하여 국제적인 행사로 확대하였습니다. 관계기관, 대학교, 산업체뿐만 아니라 동북아지역과 선진국의 전문인력을 포함하는 글로벌 레이더기술 교류의 장으로 활용되고 있습니다. 2015년부터 기상청의 국제 기상레이더 워크숍과 국토교통부의 수문 레이더 워크숍을 '국제 기상-수문 레이더 컨퍼런스'로 통합하여 공동으로 개최하고 있습니다.

기상레이더 운영 및 활용기술 교류

기상레이더 하드웨어, 소프트웨어의 운영, 자료 활용기술 등 선진기술을 보유하고 있는 해외기관과 협력하여 인력 파견 혹은 전문가 초청의 형태로 다년간에 걸쳐 세계적으로 이루어지고 있습니다.



WMO 세계 기상레이더 자료 교환 기획팀 회의(2016.7., 미국 볼더)



WMO 현업기상레이더 전문가팀 회의(제1차, 2017.3., 일본 동경)



WMO 현업기상레이더 전문가팀 회의(제2차, 2018.5., 한국 서울)



일본방재과학기술연구소 방문(2015년부터)



개도국 대상 기술 전수

최근 몇 년 간 아시아와 아프리카에서 홍수로 인한 피해가 증가하고 있어 기상청은 개도국 기상수문청의 위험기상 감시와 대응 능력 배양을 위해 공적개발원조(Official Development Assistance : ODA) 중점 협력국가에 대한 기상지원 프로그램을 운영하고 있으며, 현재 전 세계적으로 불고 있는 한류(韓流)의 새로운 축으로 주목받고 있는 기상한류에 기여하고 있습니다. 40년 이상의 기상레이더 관측망 운영으로 축적된 기술과 노하우는 베트남, 필리핀, 에티오피아 등 아시아와 아프리카의 개발도상국을 대상으로 초청연수와 현지교육을 통해 전파하여 세계 규모의 기후변화로 인한 기상재해에 공동으로 대응할 수 있는 기반을 마련하고 있습니다.

2012년부터 아시아와 아프리카 개도국의 기상청 직원 중 레이더 분야 근무 2년 이상의 경력자를 초청하여 기상레이더 하드웨어 시스템과 유지보수 기술, 기상레이더 원시자료의 특성과 생산 흐름, 기상레이더 자료의 분석과 활용기법 등 레이더 운영과 분석업무 전반에 대한 교육을 실시해오고 있습니다. 앞으로도 개도국을 대상으로 집중호우, 태풍과 같은 위험기상으로 인한 피해를 최소화하는데 필요한 레이더 활용능력을 강화하기 위한 교육을 지속적으로 실시할 예정입니다.



베트남 기상청 방문교육(2012.10., 베트남 하노이)



베트남 기상청 직원 초청 기술전수(2018.5., 한국 서울)



필리핀 기상청 방문교육(2014.3., 필리핀 마닐라)



인도네시아 기상청 방문교육(2015.11., 인도네시아 발리)



ODA 초청연수(2012년부터)



기상레이더의 40년 역사와
그간의 배움을 바탕으로 마련한 오늘의 힘찬 도약.
세계 속에 중심이 될 대한민국 기상레이더의
내일이 기대되는 이유입니다.

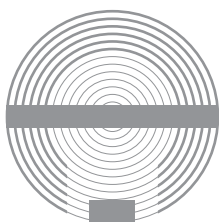
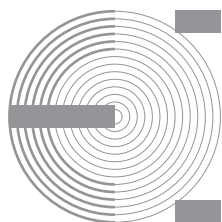
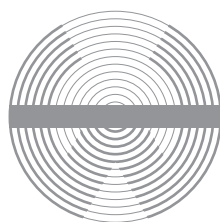
<http://radar.kma.go.kr>

07062
서울시 동작구 여의대방로16길 61
전화 02-2181-0805
팩스 02-833-0429

61, 16-Gil Yeouidaebang-ro, Dongjak-gu,
Seoul, 07062, Republic of Korea
TEL. +82-2-2181-0805
FAX. +82-2-833-0429



Weather
R a d a r
C e n t e r



Watching
the sky
friendly,

Serving
the people
faithfully

