

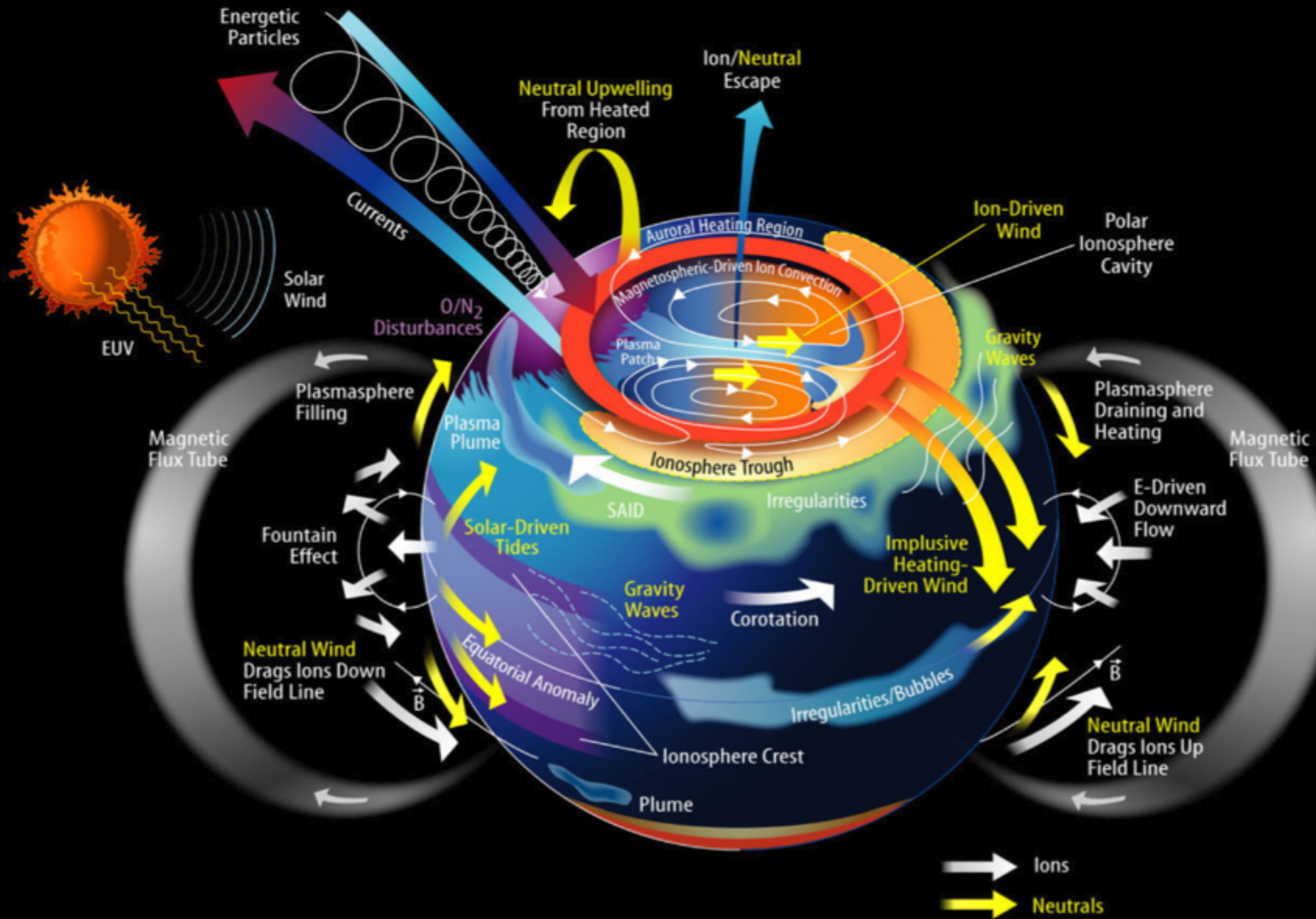
Ground-based Observations for the Polar Upper Atmosphere Research at KOPRI

지건화, 김정한, 이창섭
송인선, 권혁진, 김지은, 이지희, 감호식, 송병권, 함영배

❖ 남북극 관측인프라 현황 및 계획

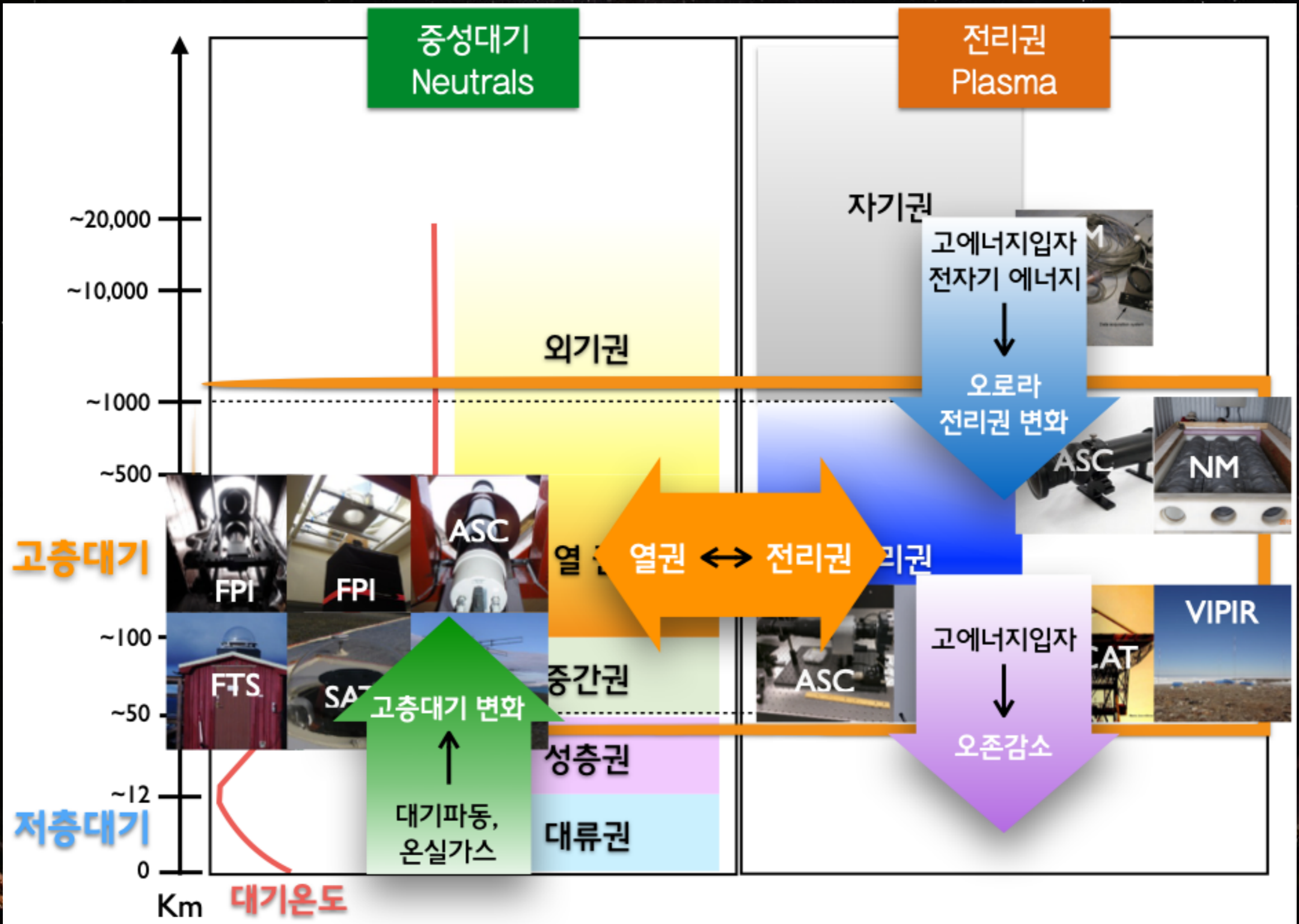
❖ 진행 중인 연구

극지 고층대기



J. Grebowsky / NASA GSFC

극지 고층대기



북극 및 남극 기지



남북극 기지에서의 지상관측

구축 현황

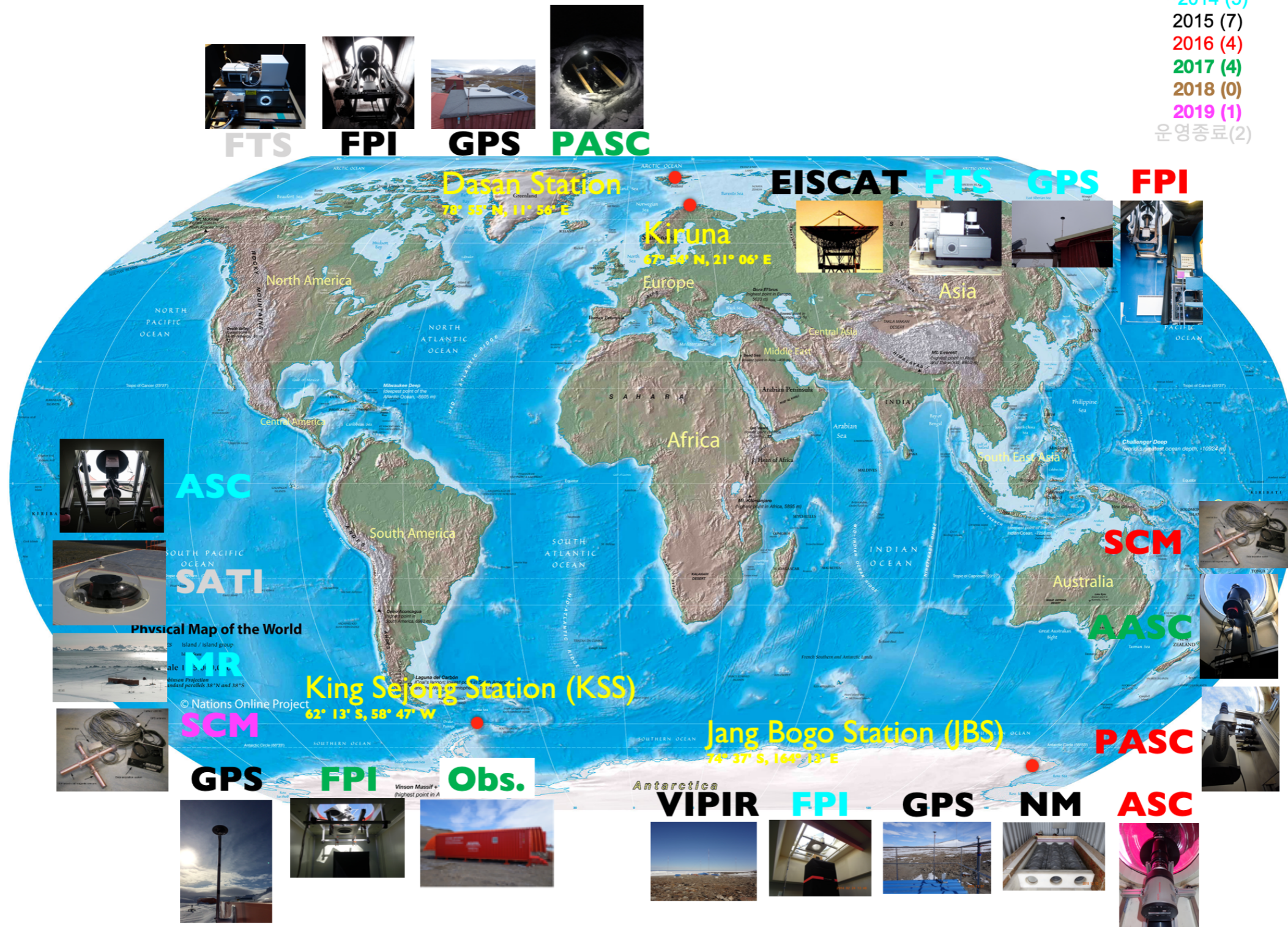
구분	기지	장비	설치시기	비고
북극 (8)	다산 (4)	Fourier Transform Spectrometer	2002	운영종료
		GPSTEC Scintillation monitor	2015	
		Fabry-Perot Interferometer	2015	
		Proton-All Sky Camera	2017	LYB
	키루나 (4)	Fourier Transform Spectrometer	2001	
		GPSTEC Scintillation monitor	2014	
		Fabry-Perot Interferometer	2016	
		EISCAT	2015	
남극 (16)	세종 (7)	Spectral Airglow Temperature Imager	2002	운영종료
		Meteor Radar	2007	
		GPSTEC Scintillation monitor	2015	
		Optical Observatory	2017	
		Fabry-Perot Interferometer	2017	
		All Sky Camera	2018	
		Search-Coil Magnetometer	2019	
	장보고 (9)	Fabry-Perot Interferometer	2014	
		Vertical Incidence Pulsed Ionospheric Radar	2015	
		GPSTEC Scintillation monitor	2015	
		Search-Coil Magnetometer	2016	
		All Sky Camera (한국천문연구원)	2016	
		Proton All Sky Camera	2016	
		Aurora All Sky Camera	2017	
		didD Magnetometer	2018	
		Neutron Monitor	2018	

구축 예정

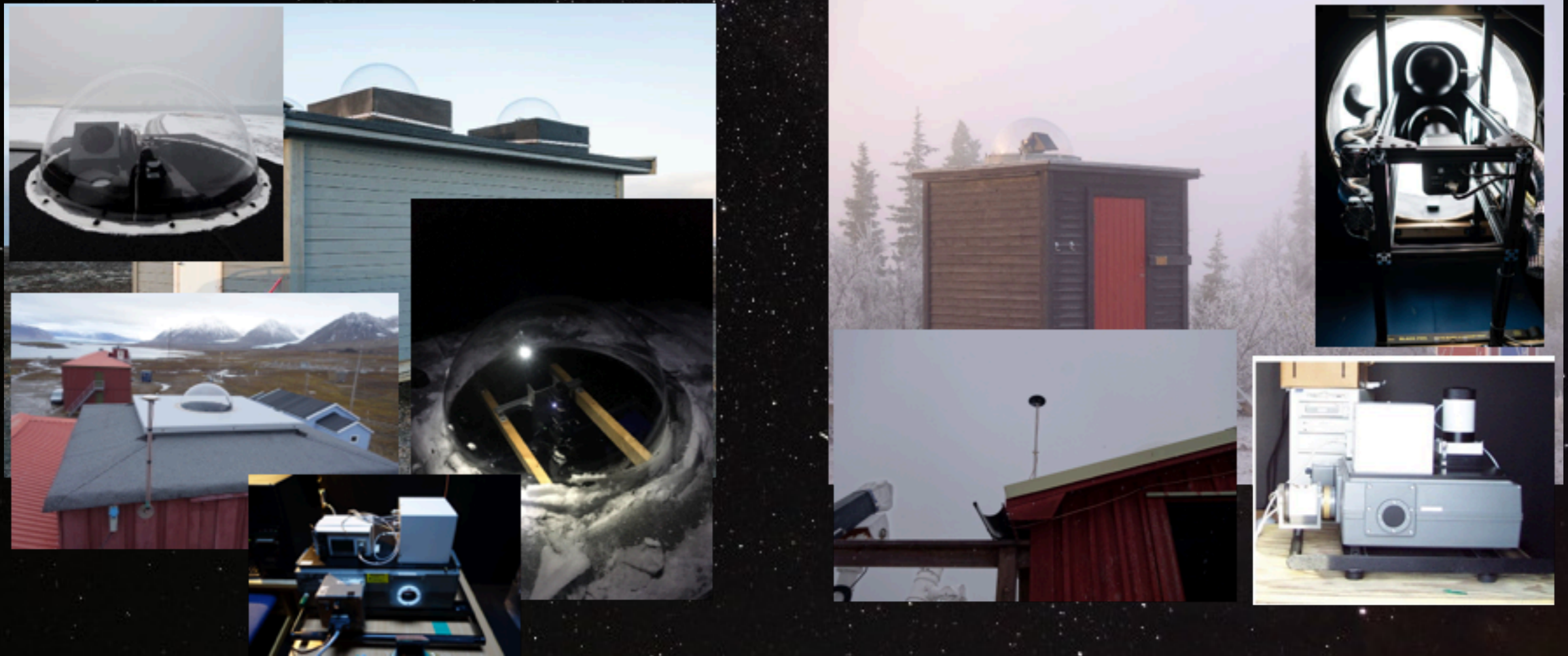
구분	기지	장비	설치예정	비고
북극(1)	다산(1)	Michelson Interferometer	2019	
남극(1)	세종(1)	2D-Mesospheric Temperature Mapper	2020	

남북극 기지에서의 지상관측

~2014 (5)
 2015 (7)
 2016 (4)
 2017 (4)
 2018 (0)
 2019 (1)
 운영종료(2)



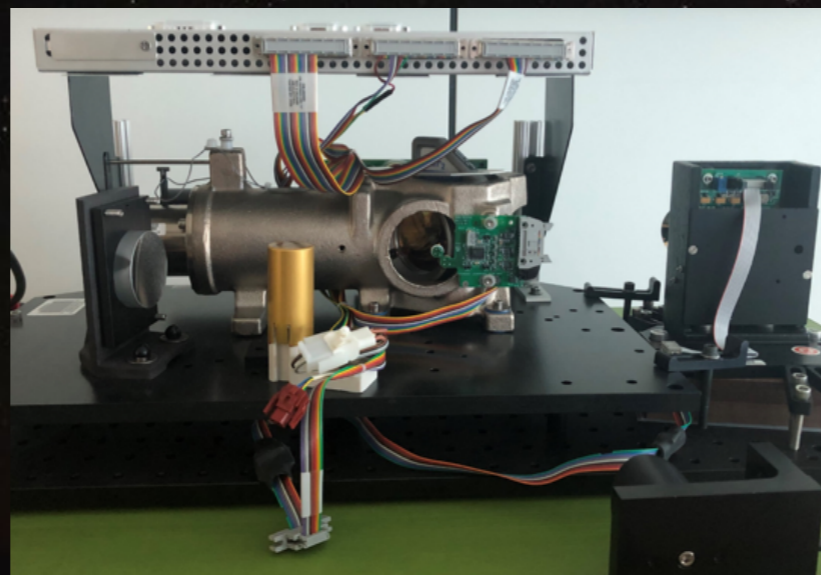
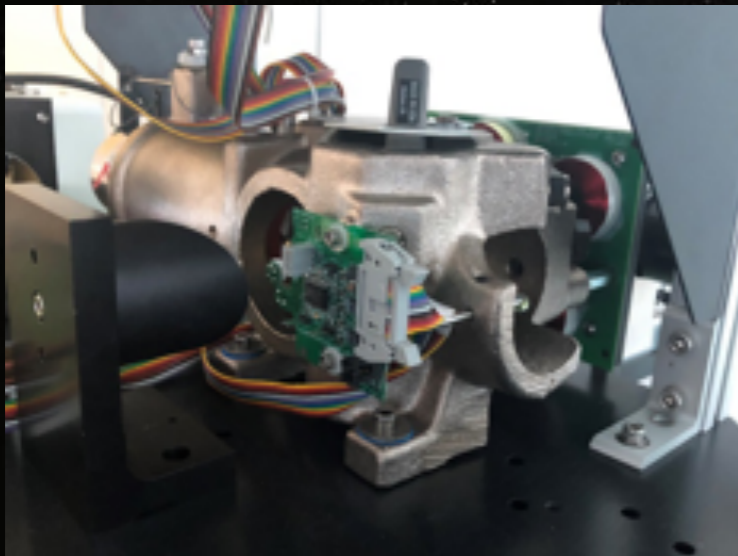
북극에서의 고층대기 관측



- FPIs : 열권의 중성대기 바람 및 이온 (O^+) 속도 관측
- GPSTEC scintillation monitor : 전리권 교란 지수 (S_4 , sigma phi)
- 적외선 분광계 (FTS) : 중간권계면 (~87 km) 온도 관측 (OH 대기광)
- 양성자 오로라 관측용 전천카메라

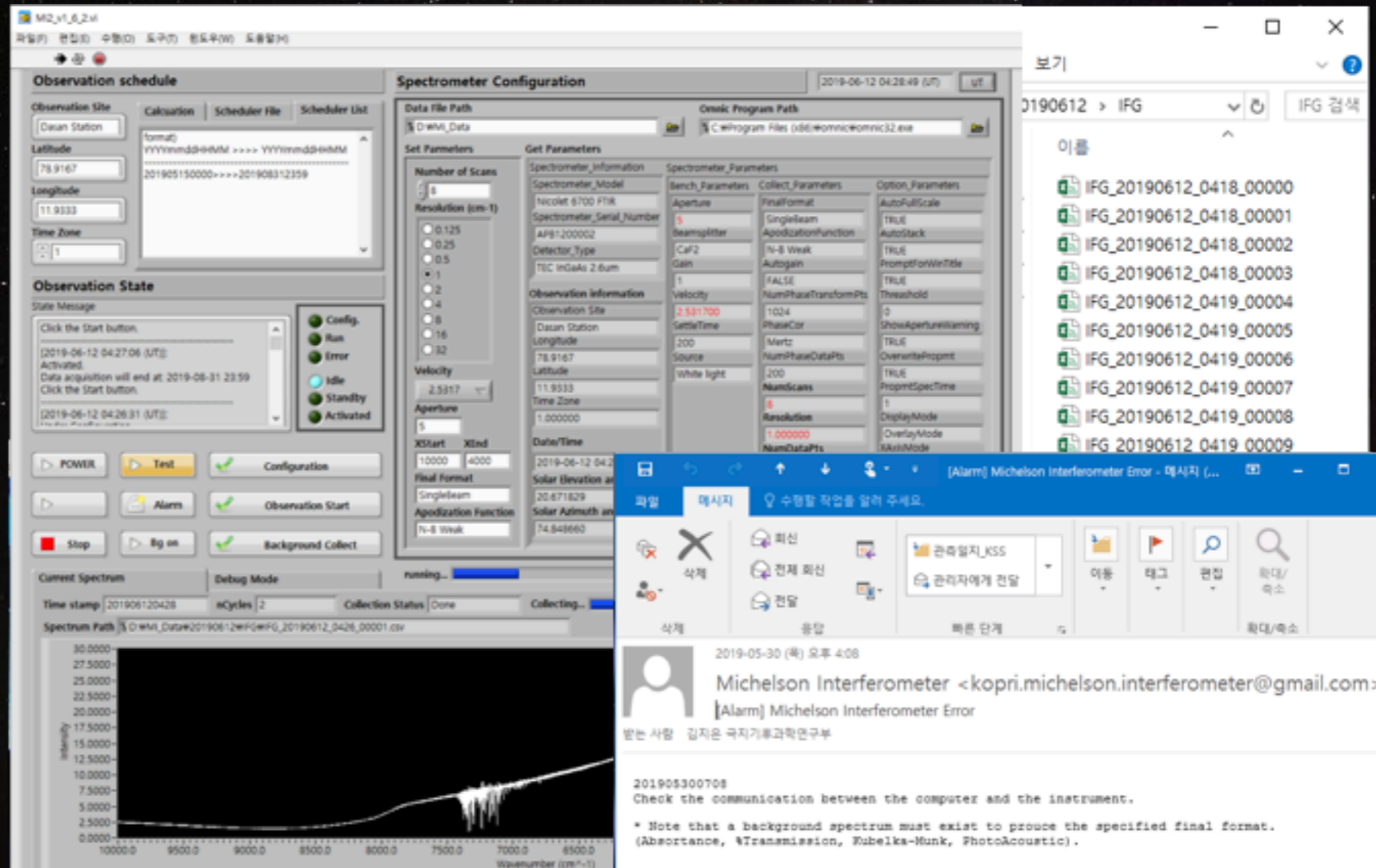
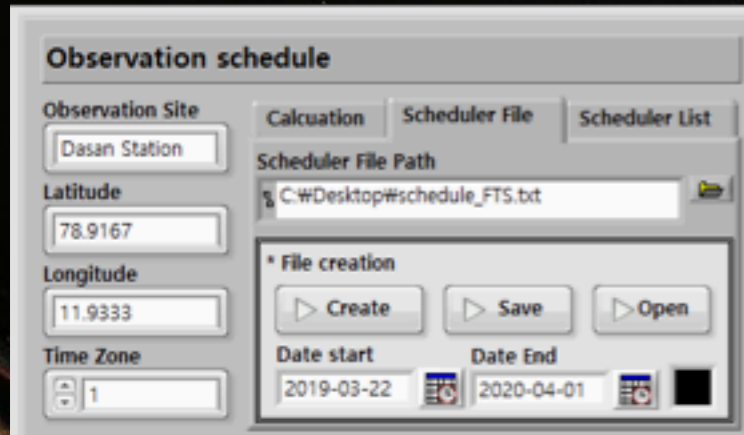
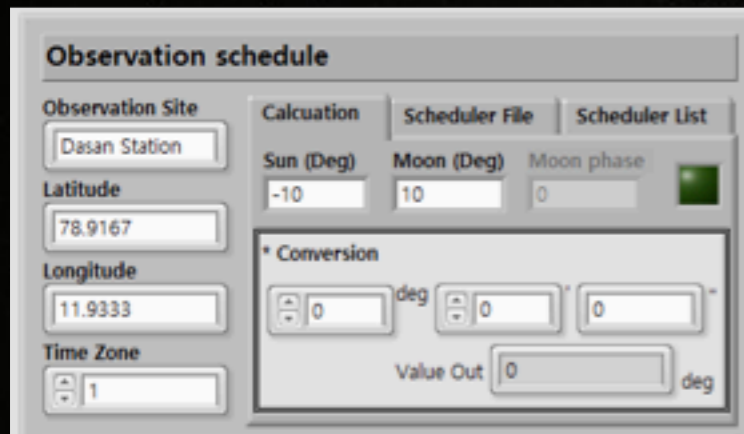
신규 설치 예정 장비

- 마이켈슨 간섭계
 - 북극 다산과학기지 FTS 대체 장비 (금년 10월 설치예정)
 - OH 대기광을 통한 중간권계면 (~87km) 온도 관측



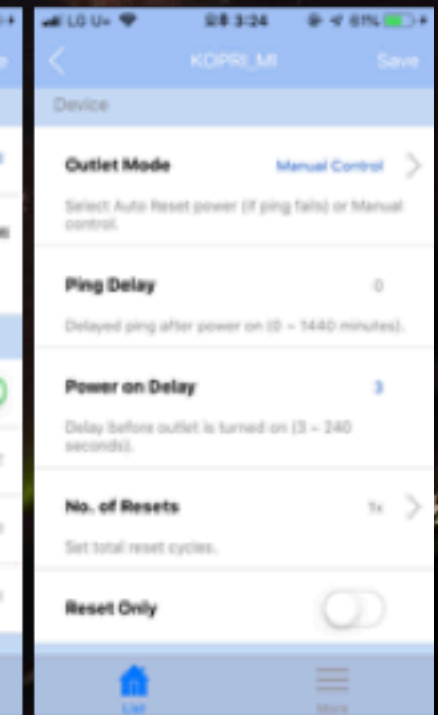
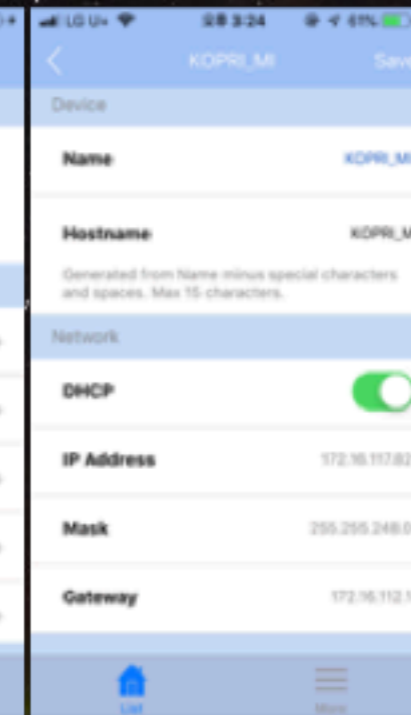
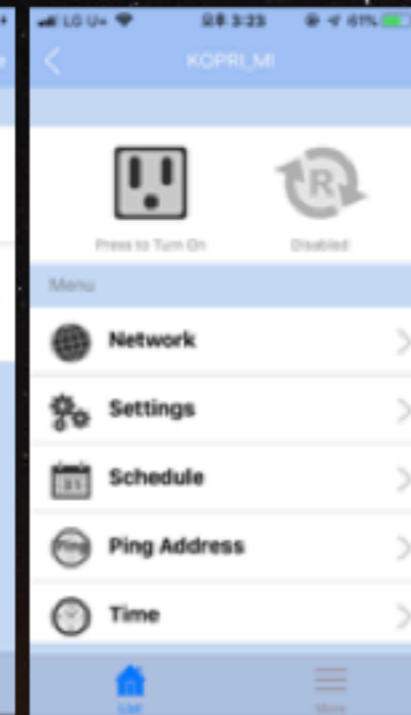
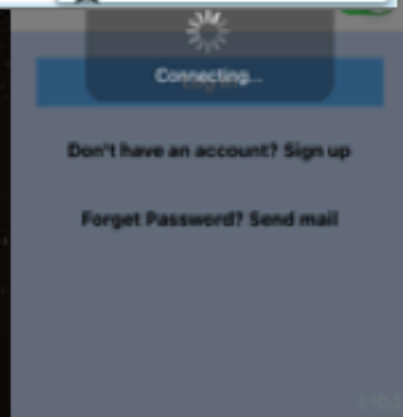
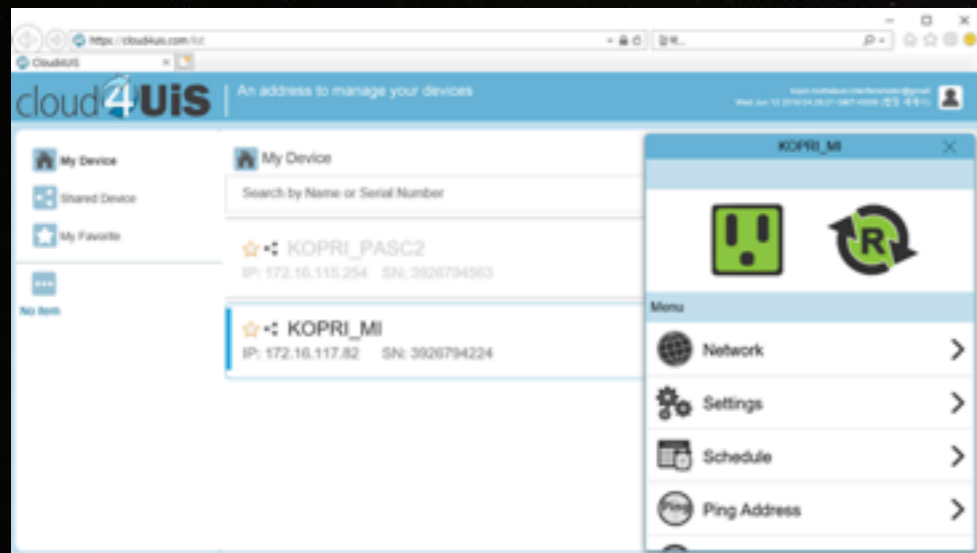
마이켈슨 간섭계 (I)

- 제어 프로그램 개발
 - 일/월 출몰시간 계산을 통한 자동 관측
 - 기기 오류 발생 시 자동 email alarm

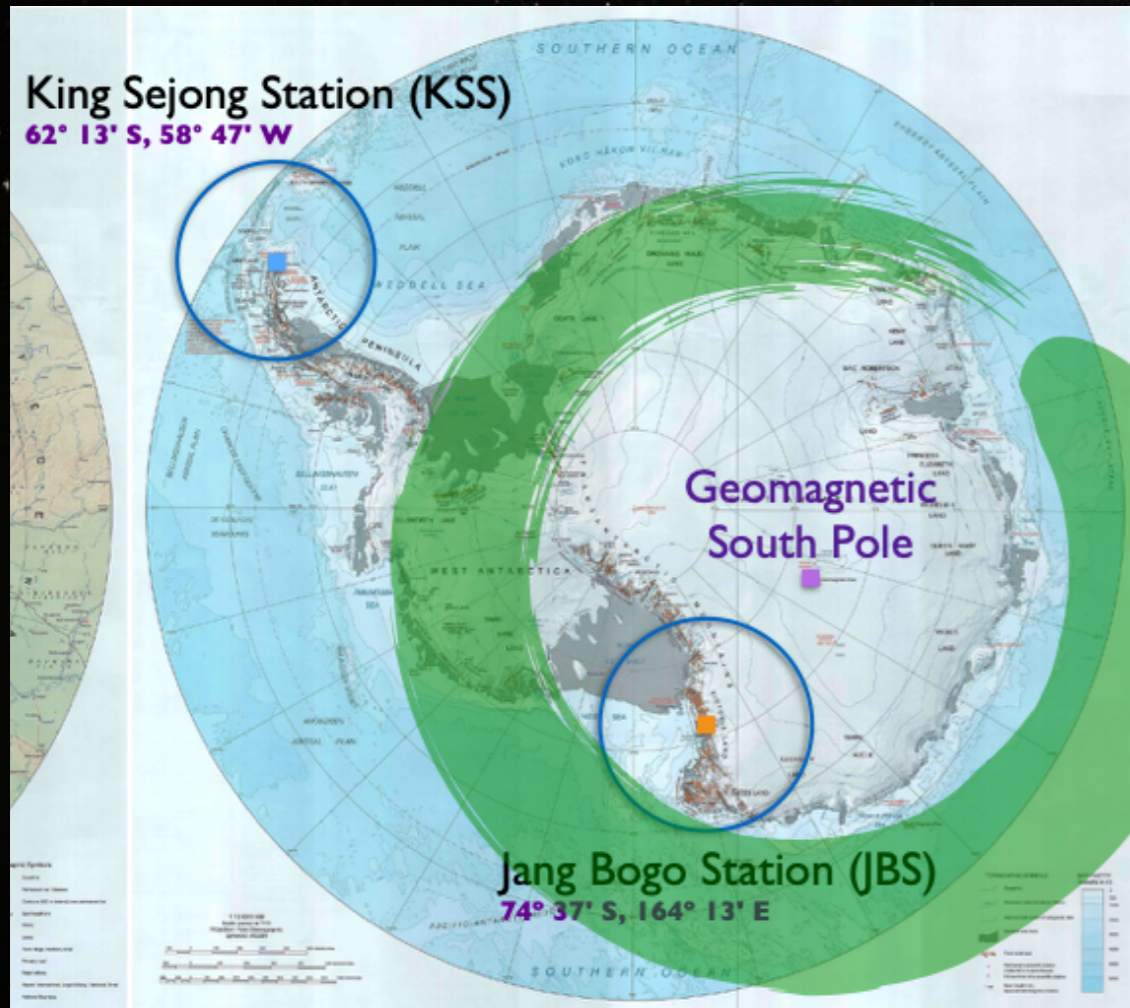


마이켈슨 간섭계 (II)

- 제어 프로그램 개발
 - 기기 및 제어 컴퓨터 전원 remote control
 - 비정상 자료 생성 시 alarm



남극에서의 고층대기 관측



- 남극 세종과학기지
 - 지리적 특징으로 대기중력파가 활발
 - 유성레이다, 전천카메라, FPI, 2-D 중간권 온도 관측기 (예정)
 - 장보고과학기지와의 비교분석 연구
 - 전리권 교란 감시기, 자력계

- 남극 장보고과학기지
 - 태양 활동에 따라 오로라 영역과 polar cap 지역에 위치
 - 전리권 레이다, FPI, 중성자 모니터, P-ASC, A-ASC, ASC, 전리권 교란 감시기

신규 설치 예정 장비

- Keo-Mesospheric Temperature Imager (Keo-MTI)
 - USU에서 개발한 AMTM (Advanced Mesospheric Temperature Mapper)의 성능을 개선
 - OH 대기광 관측을 통해 2차원 중간권계면 (~87km) 온도 제공
 - OH (3,1) band (~1.5 μ m)
 - : (6,2) 및 (8,3) band 대기광보다 약 70배 정도 강한 intensity
 - : InGaAs detector (spectral range from ~900nm to ~1650nm)
 - 120° FOV, 640 \times 512/20 μ m pixel array (cf. AMTM ~ 320 \times 256/30 μ m)
 - 3개의 narrow band filters : 1523 nm (P₁(2)), 1542 nm (P₁(4)), BG
 - Spatial & temporal resolutions of ~0.5km & ~20s

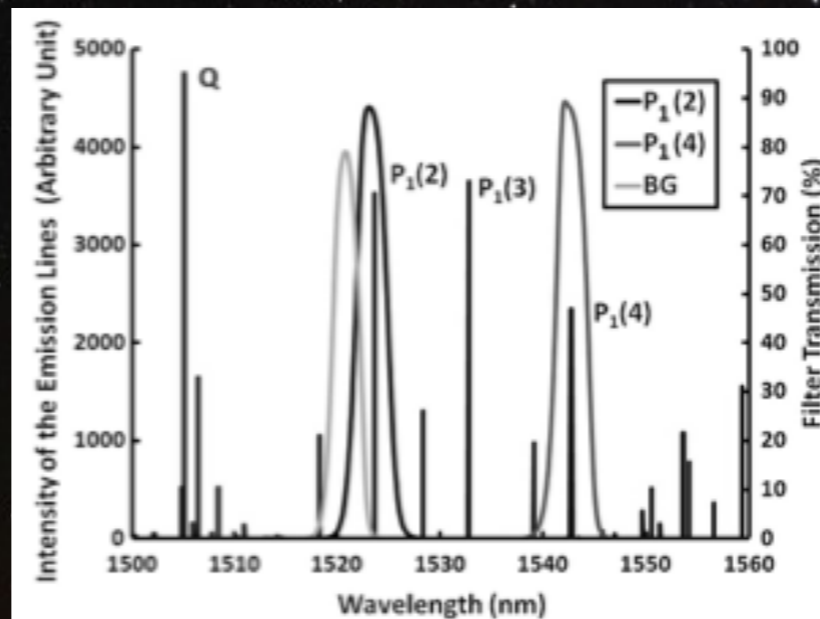
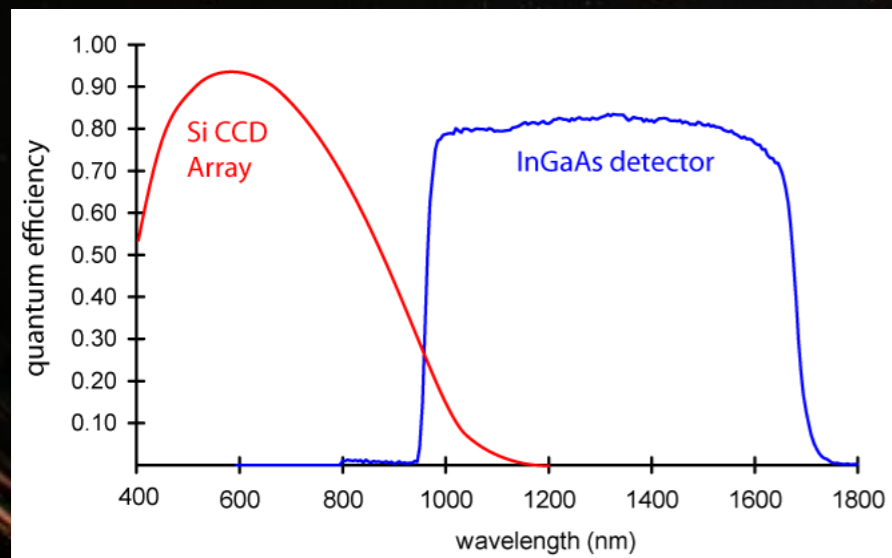


Fig. 1. The (3,1) band of the OH emission spectrum and superposed transmission curves of the narrow-band filters used in the AMTM, as modified from Rousselot *et al.* [29].

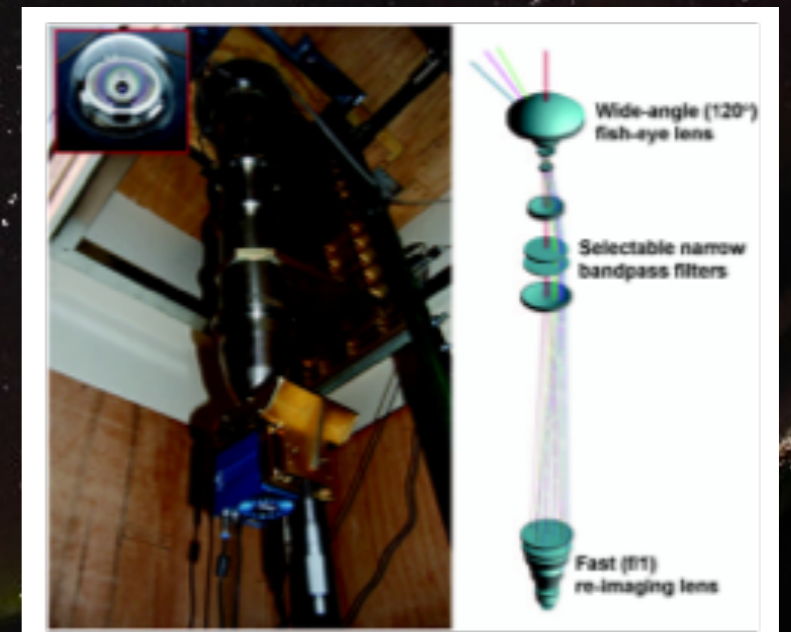
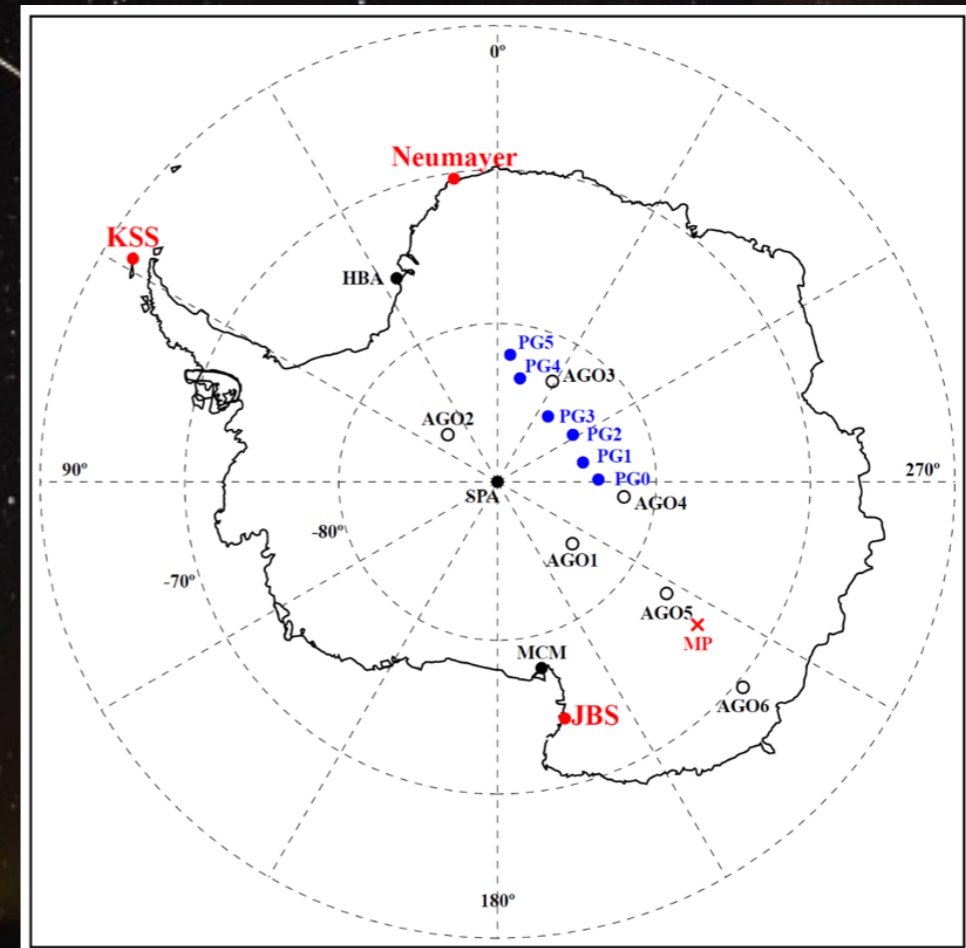


Fig. 2. (Left) AMTM as operated at the Amundsen-Scott South Pole Station (90°S). (Right) Solid sketch design of the AMTM optical system and ray paths for different angles of view.

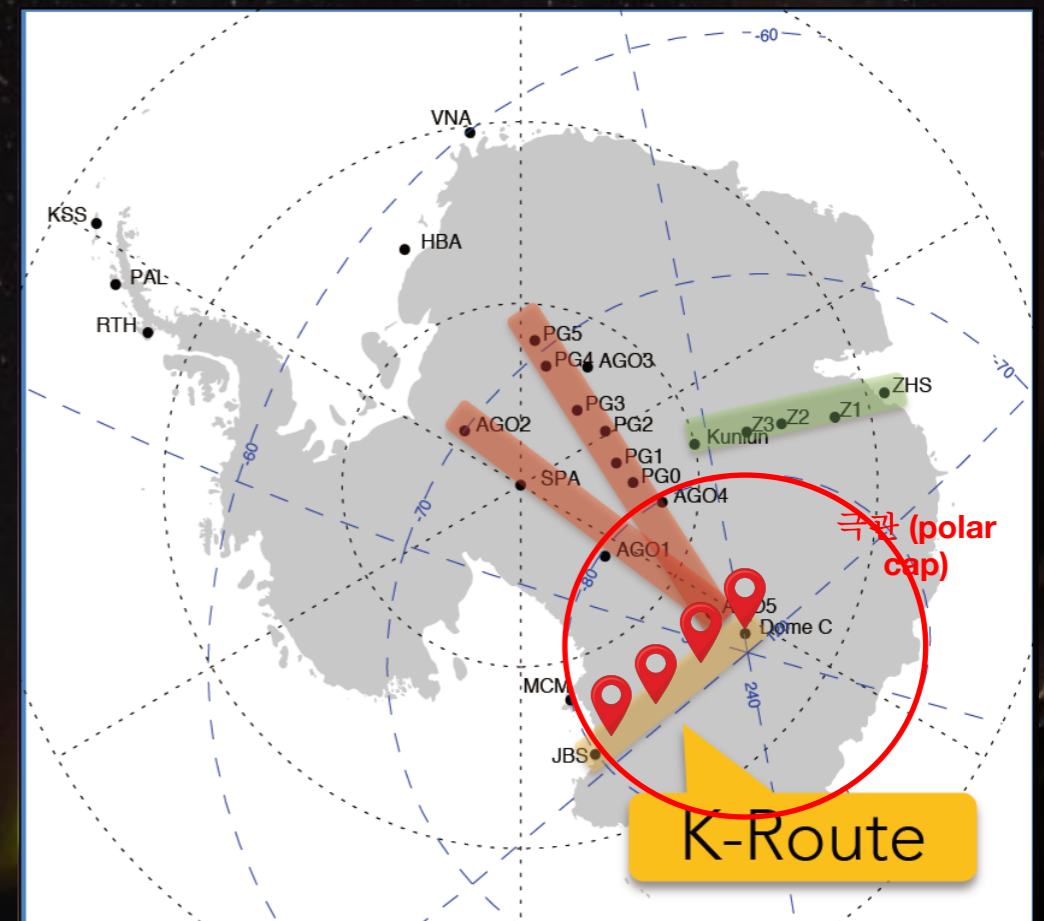
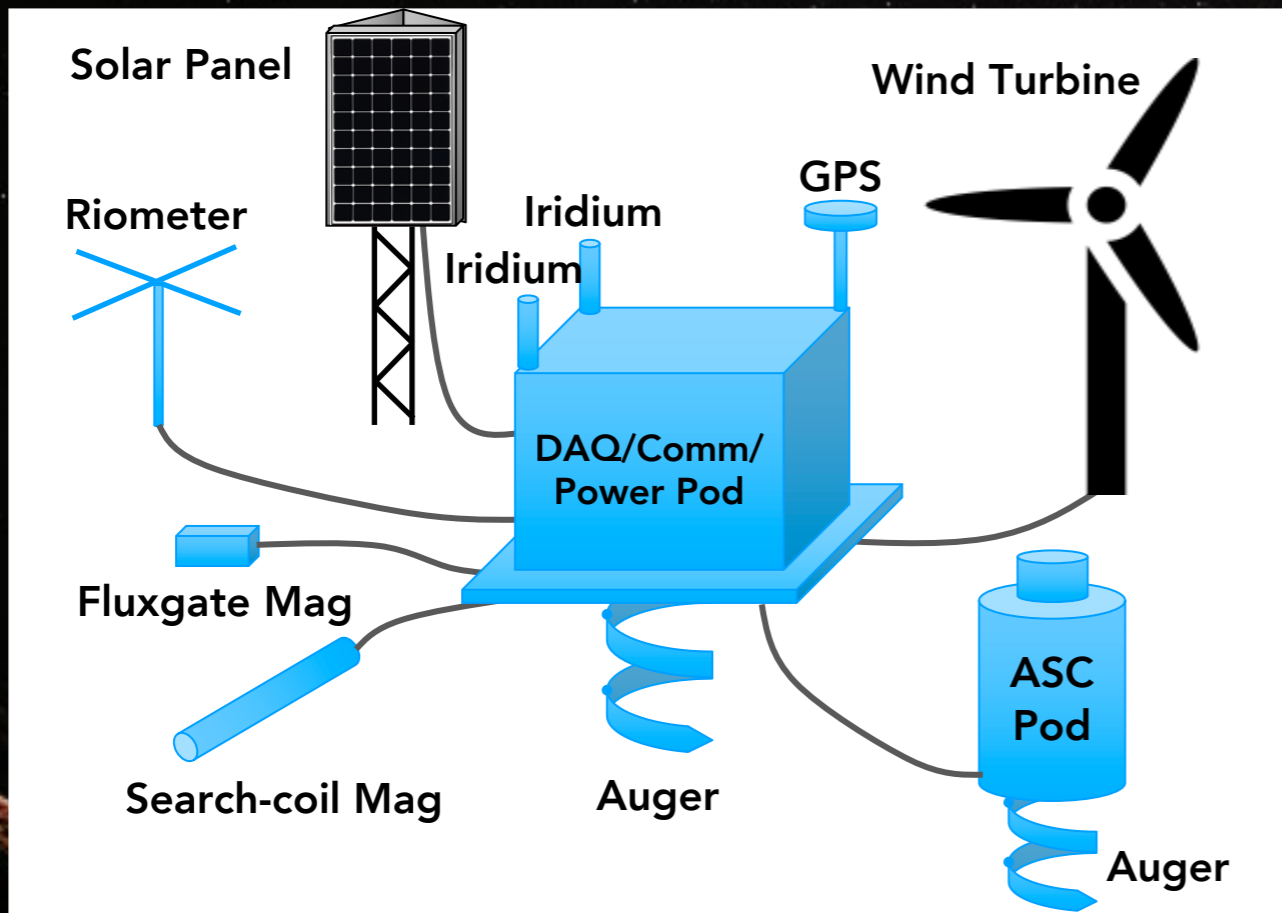
신규 설치 예정 장비

- AGO (Automated Geophysical Obs.) array (NJIT)
 - 장비 : 자력계 (플럭스게이트, 서치코일), 전천카메라, 포토미터, VLF 레이다, GPS 수신기, 이리듐 모뎀
 - 전력 : 배터리, 풍력 및 태양광
- PG array (SCM, FGM; Virginia Tech.)
- Search-Coil Magnetometer : KOPRI-KHU-NJIT
 - 장보고기지 (2016.12), 독일 뉴메이어 기지 (2017.12), 세종기지 (2019.01)



신규 설치 예정 장비

- KAGO (Korea Automated Geophysical Obs.) array
 - KOPRI (K-루트) & NJIT & KASI
 - 기존 시스템의 단점을 보완
 - : 소비전력 최소화, 무게 및 부피 최소화, 확장성, 적설 대비
 - 장비계획 : 자력계 (플럭스게이트, 서치코일), 전천카메라, GPS 수신기, 이리듐
 - 전력 : 배터리, 풍력 및 태양광
 - Prototype 테스트 : 2019-2020 하계 기간에 JBS 인근에 설치 후 1년 운영 (FGM & GPS 수신기)



극지우주환경 모니터링 시스템

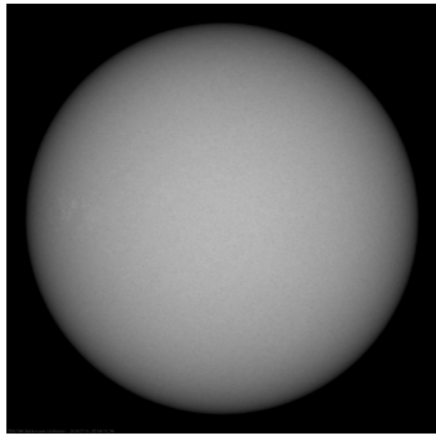


2018년 7월 11일 16시 29분 15초

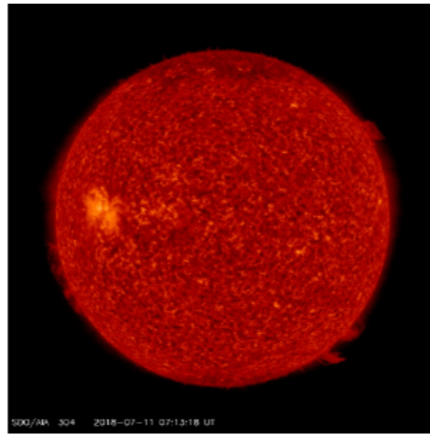
실시간 우주환경 모니터링



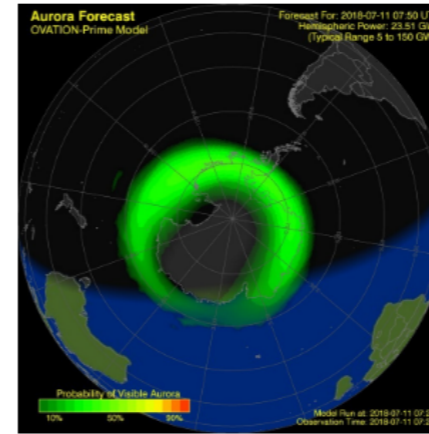
SDO HMI Intensitygram (20180711)



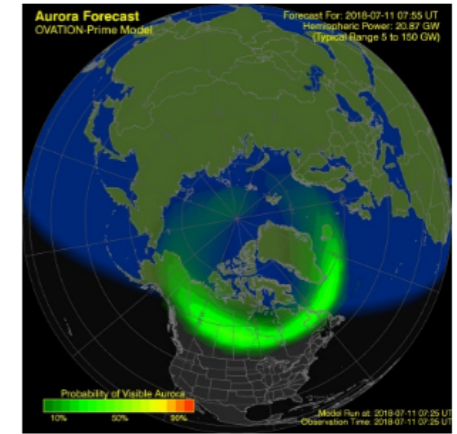
SDO AIA 0304 (20180711)



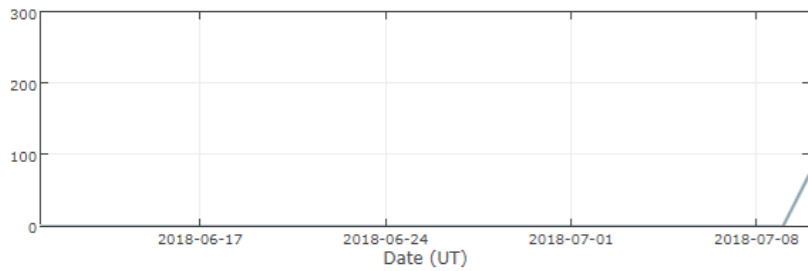
SH Aurora Forecast (20180711)



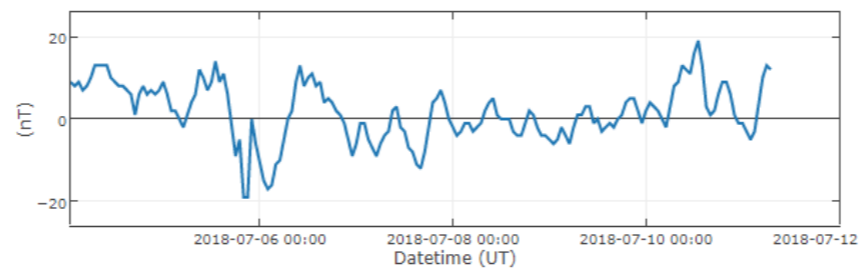
NH Aurora Forecast (20180711)



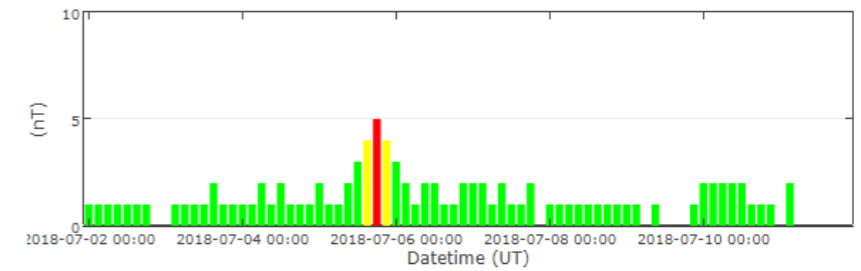
10.7cm (2018-06-11 ~ 2018-07-10)



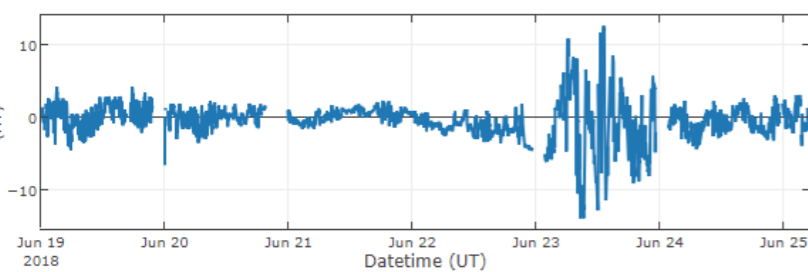
Dst (2018-07-04 ~ 2018-07-11)



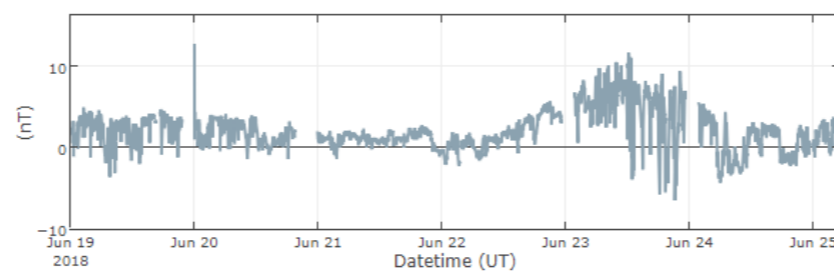
Kp (2018-07-02 ~ 2018-07-11)



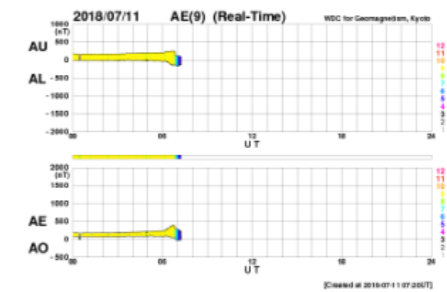
IMF Bz (2018-06-19 ~ 2018-06-25)



IMF By (2018-06-19 ~ 2018-06-25)



AE (20180711)



극지우주환경 모니터링 시스템



2018년 7월 11일 16시 29분 44초

북극기지 모니터링 시스템

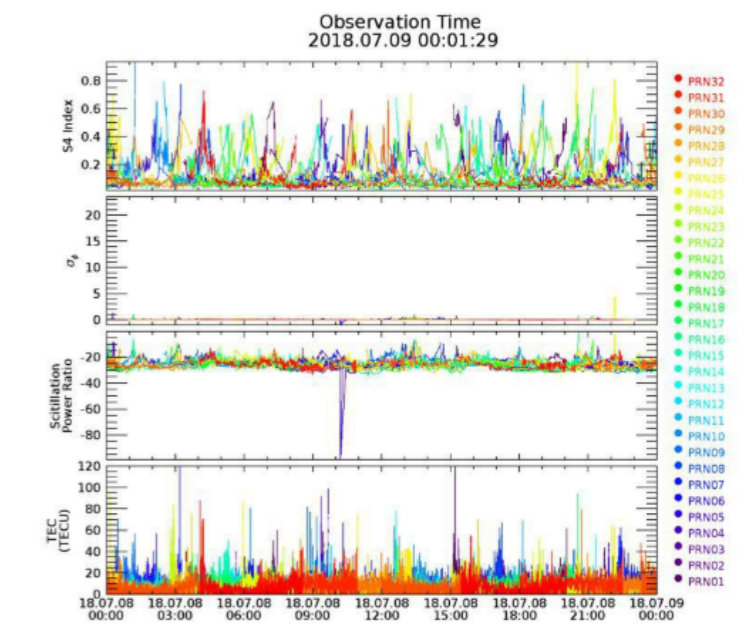
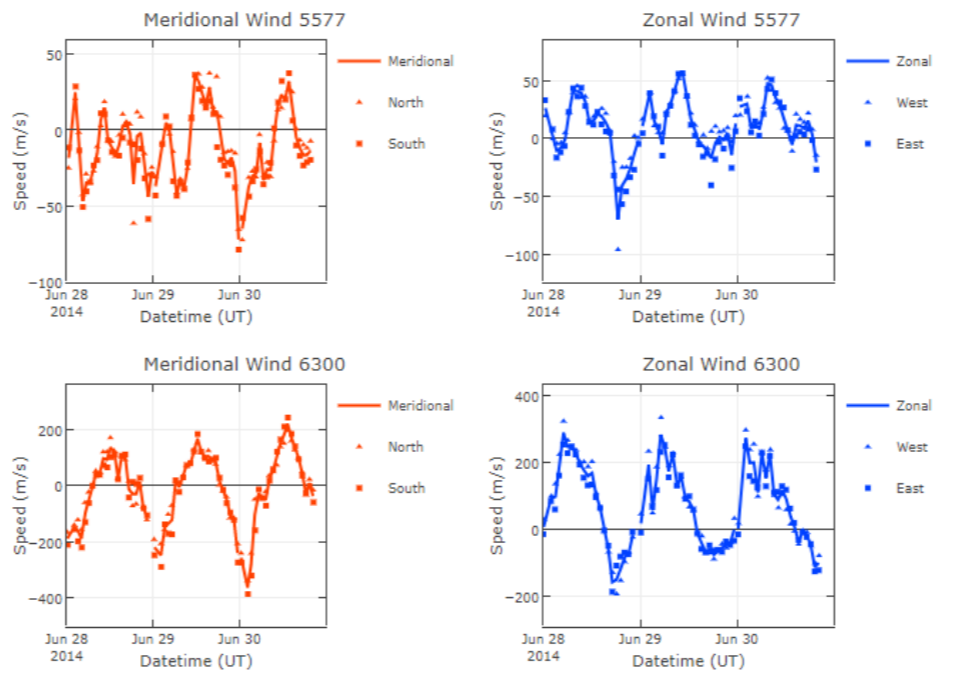
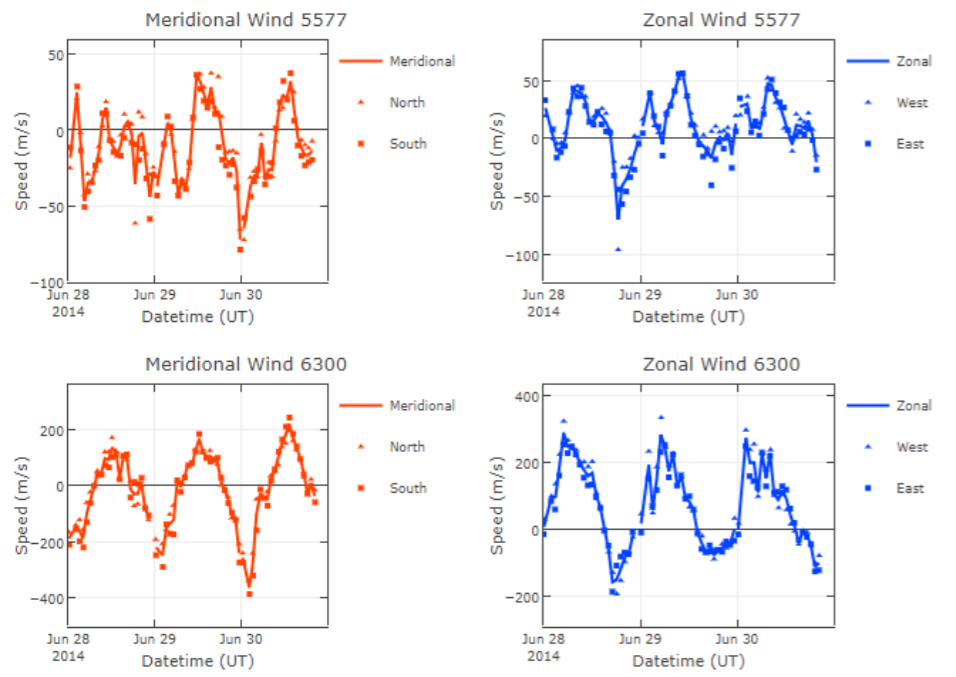
다산 기지(78° 55' N, 11° 56' E), 키루나 기지(67° 51' 24" N, 20° 57' 54" E)



Ds FPI Wind (2014-06-28 ~ 2014-06-30)

Krn FPI Wind (2014-06-28 ~ 2014-06-30)

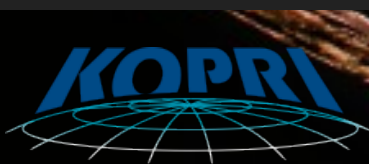
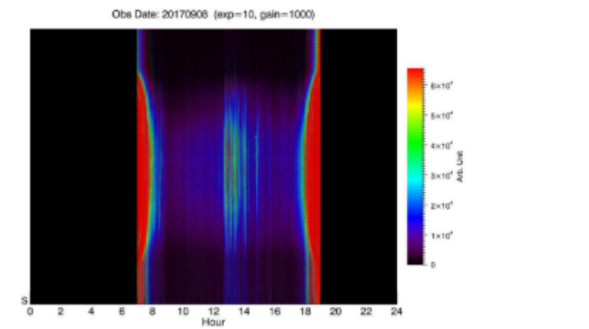
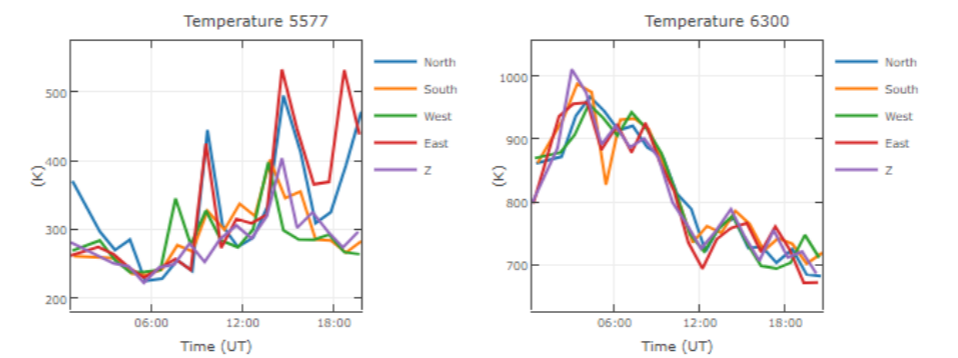
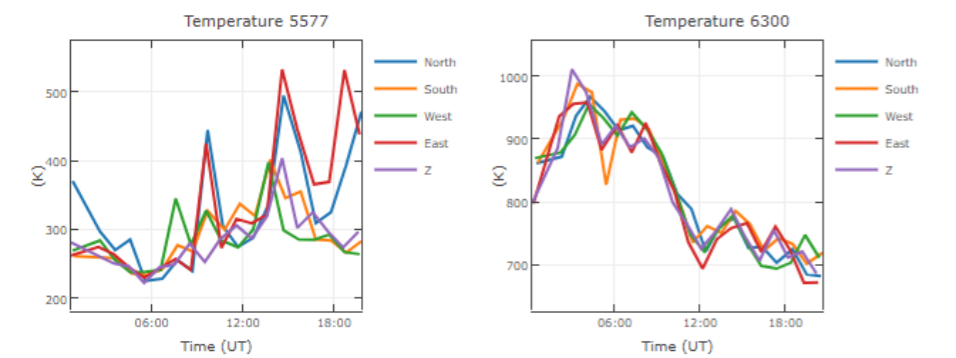
Global TEC map (20180709)



Ds FPI Temperature (2014-06-30)

Krn FPI Temperature (2014-06-30)

ASC keogram (20170908)



극지우주환경 모니터링 시스템



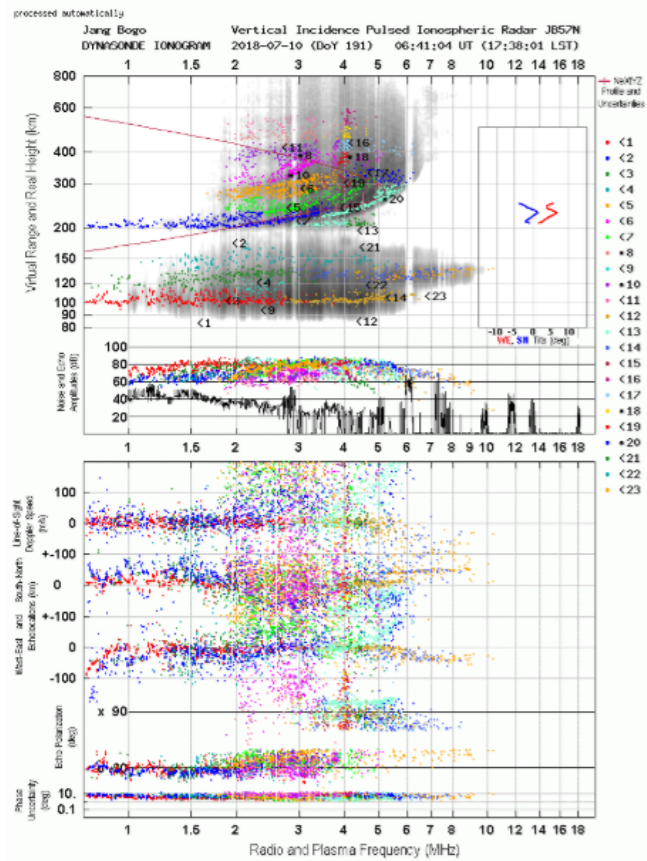
2018년 7월 11일 16시 24분 56초

남극기지 모니터링 시스템

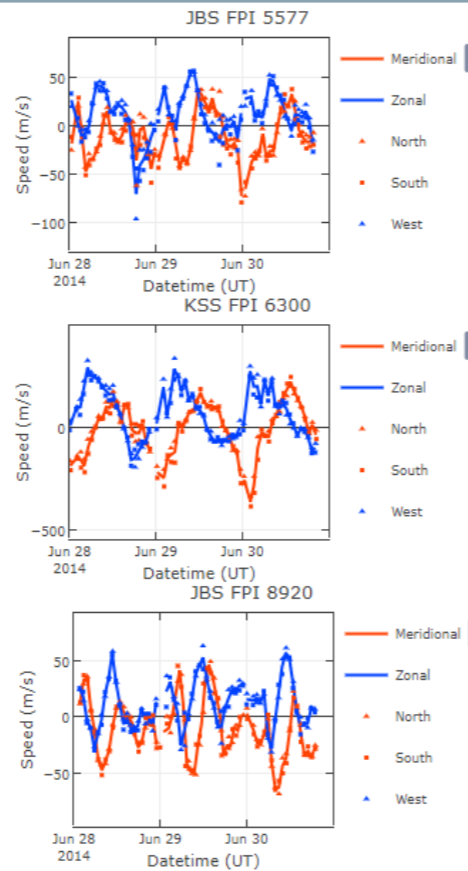
세종기지(62° 13' S, 58° 47' W), 장보고기지(74° 37.4' S, 164° 13.7'E)



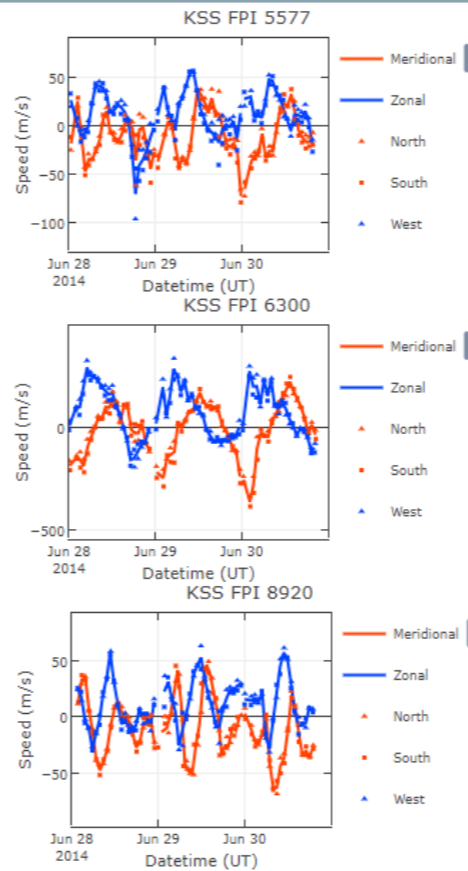
JBS VIPR (2018-07-10)



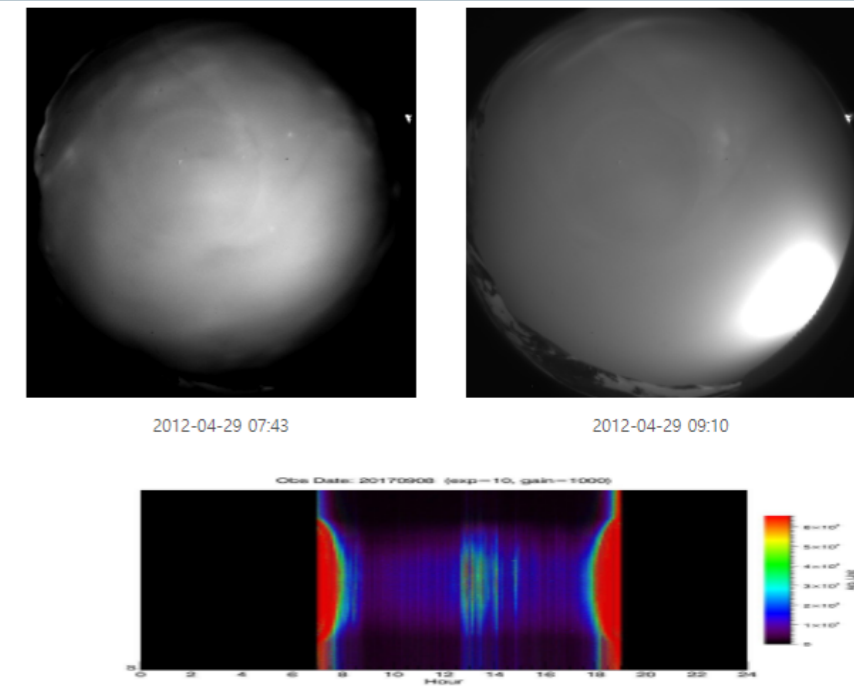
JBS FPI (2014-06-28 ~ 2014-06-30)



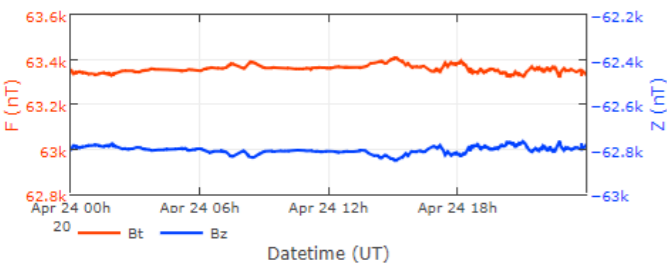
KSS FPI



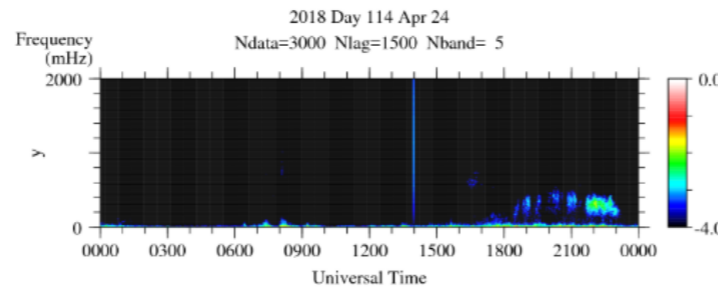
JBS ASC (2012-04-29)



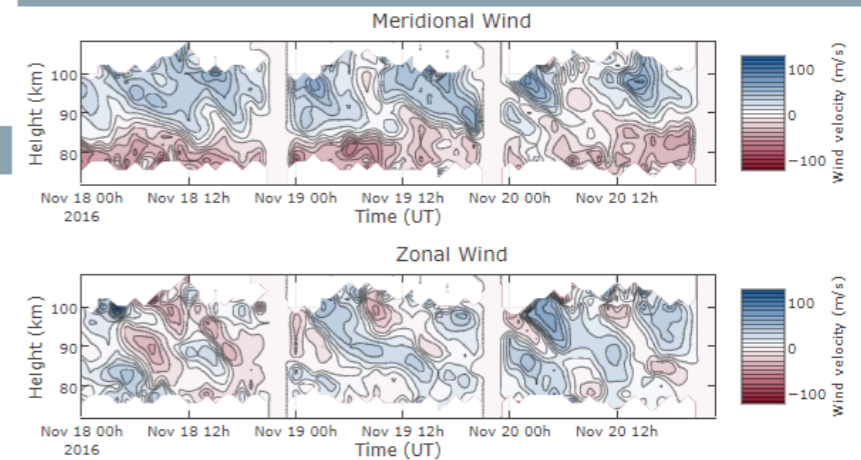
Vector magneto meter (2018-04-24)



Search Coil Spectrum (20180424)



Meteor radar wind (2016-11-18 ~ 2016-11-20)



진행 중인 연구

1. 극지고층대기 전리권-열권-중간권 물리화학적 특성 연구

- 북극 전리권 레이더 (EISCAT)로 관측한 장기간 자료를 분석하여 오로라대와 극관지역 전리권 전자밀도 분포 특성 연구
- JBS-VIPIR와 JBS-AASC 자료 분석을 통해 극지고층대기 교란과 오로라 발생과의 연관성 통계적 조사
- Multi-instrument 관측을 통해 자기권 교란과 전리권 및 열권 변화 연구
: SCM, didD, JBS-VIPIR, FPI, AASC, GPSTEC

2. 태양-자기권 에너지 유입에 의한 극지고층대기 변화

- 태양 고에너지 입자가 극지 고층대기로 유입될 경우 극지 중층대기의 화학 및 동역학적 특성 변화 연구
- 장보고기지서 관측한 자기권 저주파 전자기 파동의 통계적 특성 연구
- JBS에 전자 및 양성자 오로라 관측용 ASC를 설치하여 본격적인 오로라 관측 시작
: 기 운영중인 전리권 레이더, FPI, 자력계 등의 자료와 공동활용하여 오로라와 극지 고층대기 변화의 상관관계 연구 진행

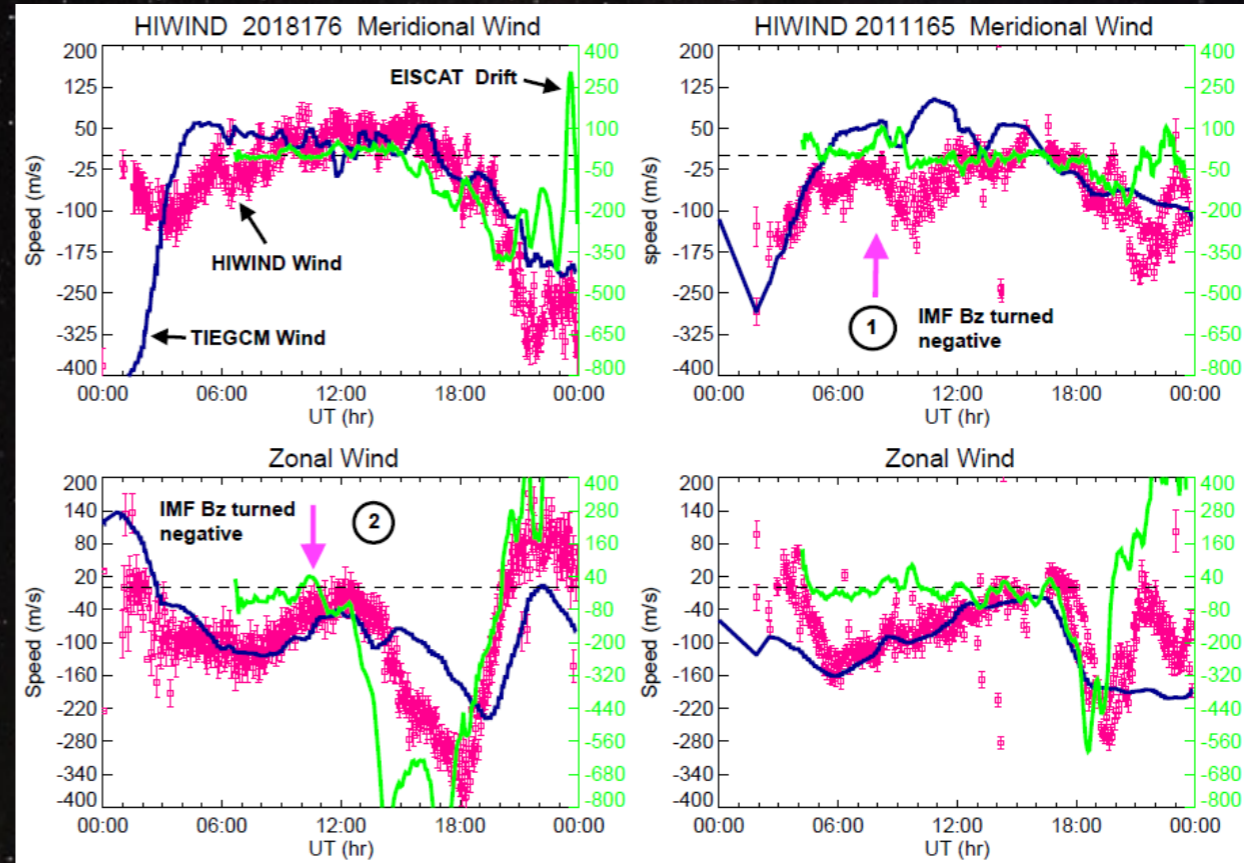
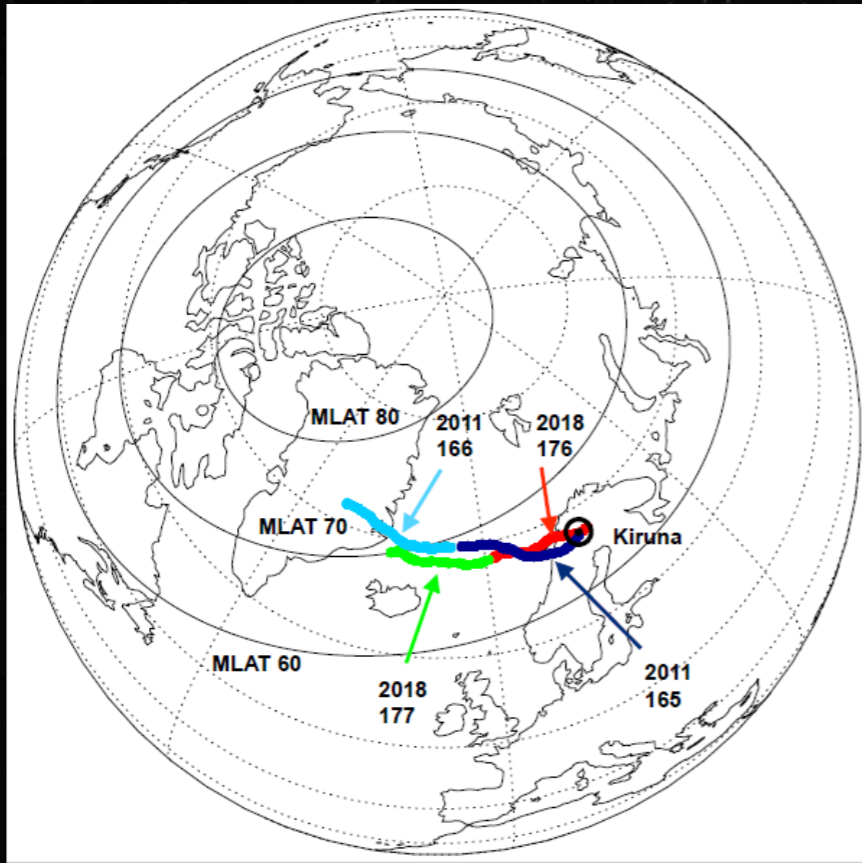
3. 저층대기 물리화학적 상태변화에 의한 극지고층대기 변화

- 유성레이더 관측으로부터 중간권계면 부근의 온도를 추정하는 방법 개선 및 검증 연구
- 세종기지 상공 대기중력파의 활동성 분석과 가능성 있는 파동의 원천 연구
- 세종기지 전천카메라 자료 분석을 통해 세종기지 상공 대기중량파 활동성 통계적 특성 연구
- 전지구 기후 모델에서 대기중력파의 수평 전파 및 수평 굴절을 고려한 중층 및 고층대기로의 영향연구

진행 중인 연구 (1)

1. 극지고층대기 전리권-열권-중간권 물리화학적 특성 연구

- HIWIND campaign
 - Balloon-borne FPI, EISCAT, NCAR/TIEGCM
 - 2011과 2018년 6월에 Esrange Space Center에서 launch

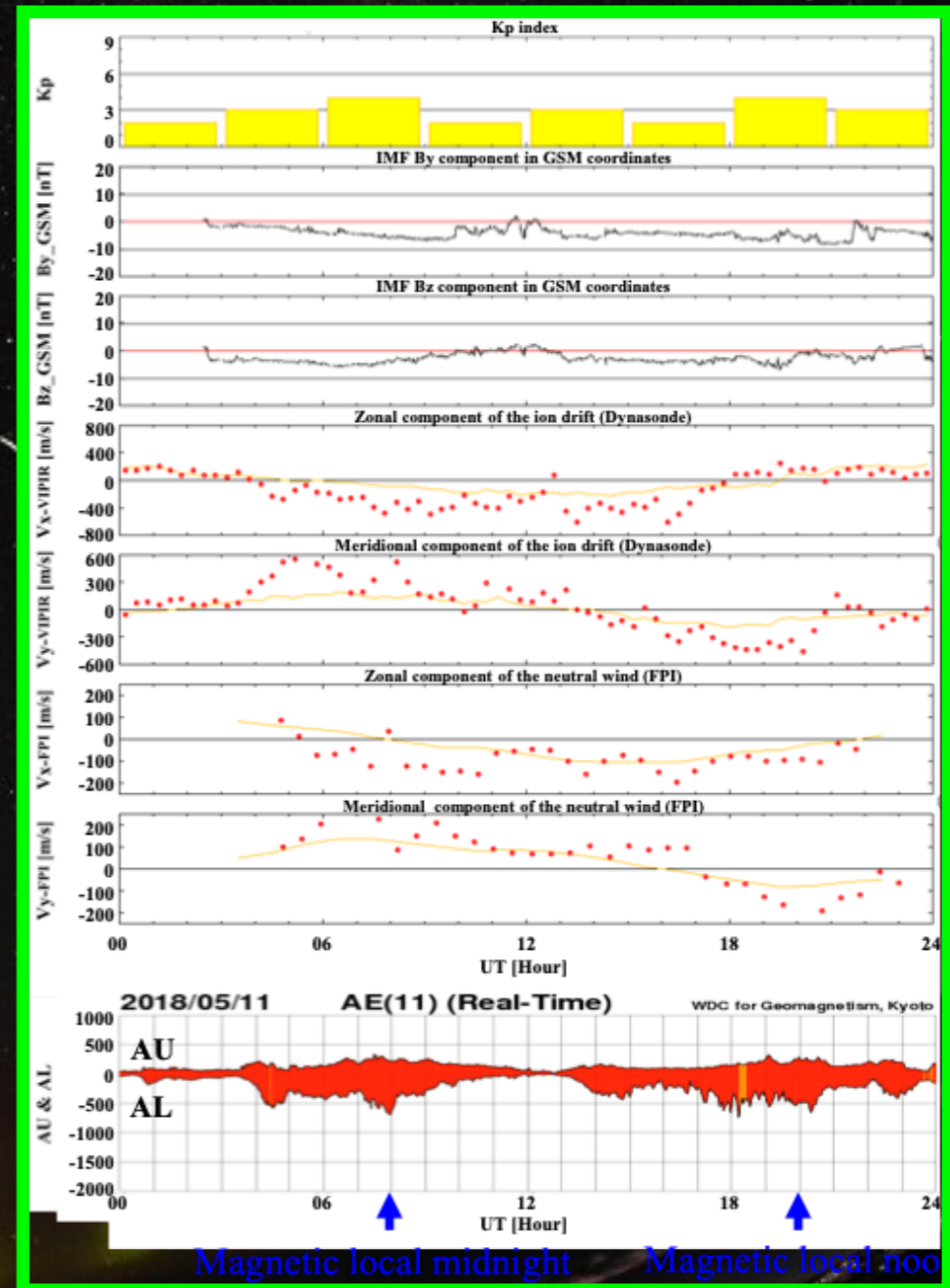
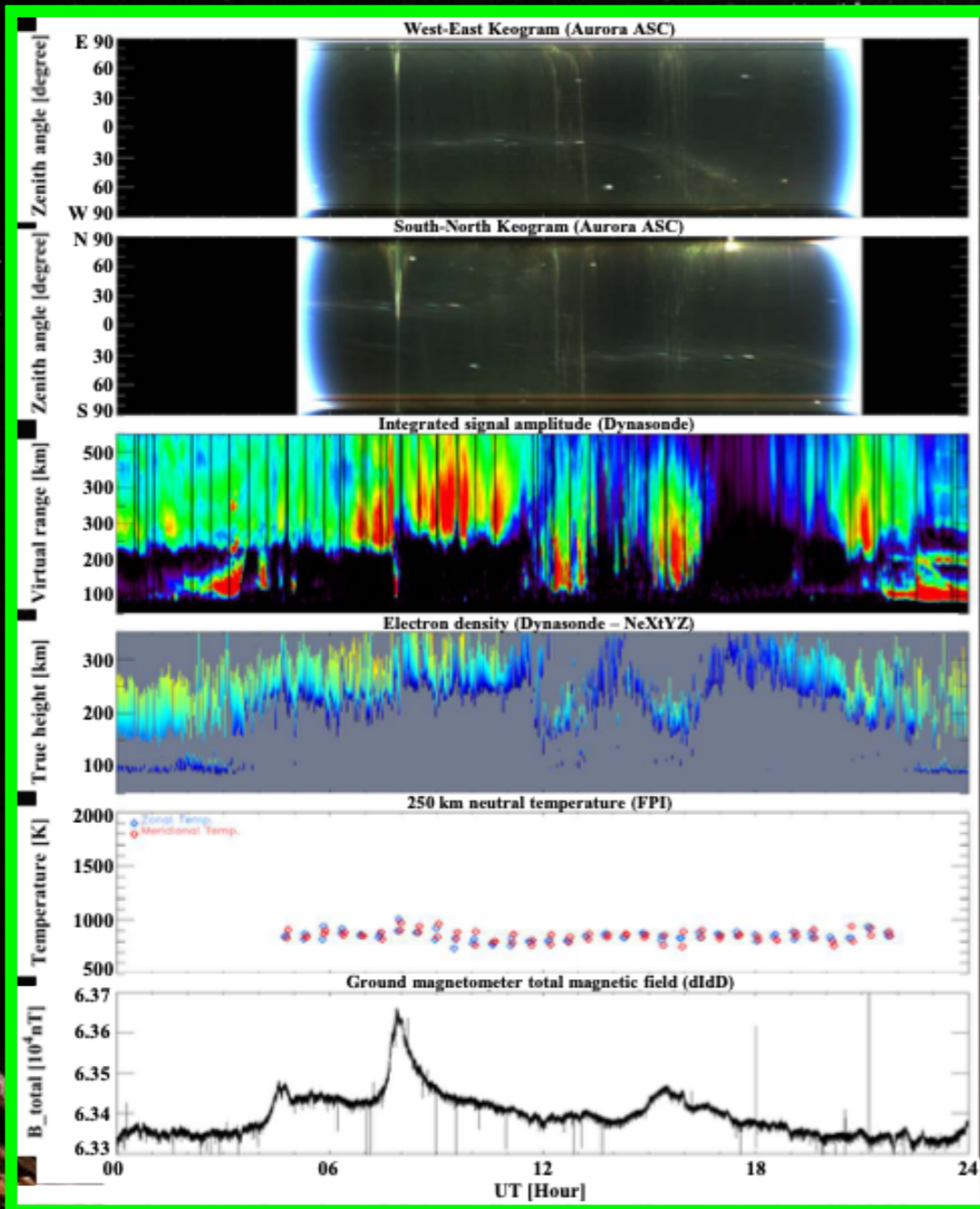


- 15년 동안의 EISCAT 전리권 전자밀도 자료를 분석하여, 중위도 전리권 전자밀도와 비교해서 극지 오로라대 및 극관지역에서의 전리권 전자밀도 분포 특성 연구 (submitted to JGR-Space Physics)

진행 중인 연구 (2)

1. 극지고층대기 전리권-열권-중간권 물리화학적 특성 연구

- Multi-instrument 관측을 통한 자기권 교란과 전리권 및 열권 변화 연구

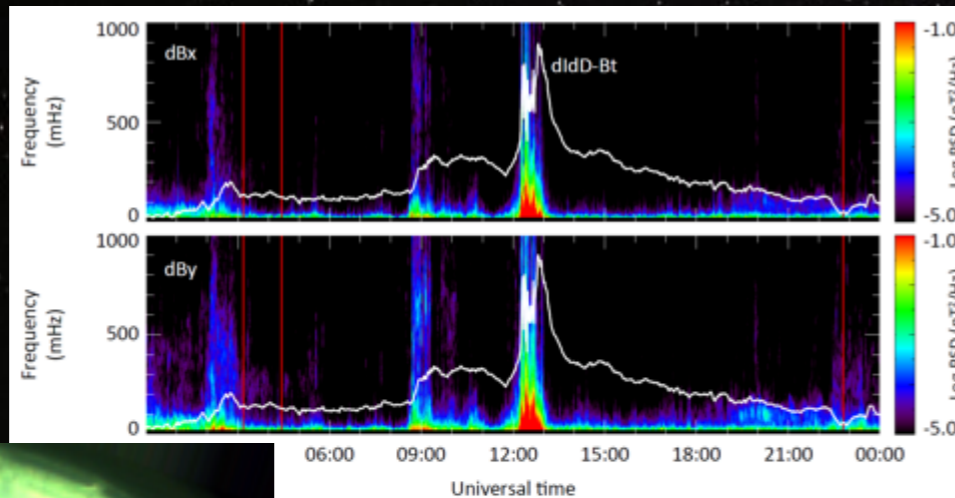


진행 중인 연구 (3)

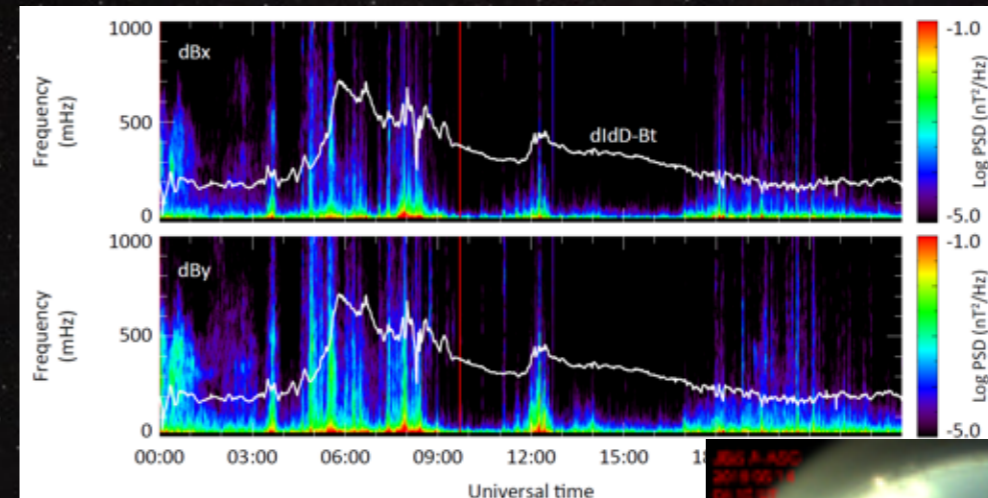
2. 태양-자기권 에너지 유입에 의한 극지고층대기 변화

- JBS에 전자 및 양성자 오로라 관측용 ASC를 설치하여 본격적인 오로라 관측 시작
: 기 운영중인 전리권 레이다, FPI, 자력계 등의 자료와 공동활용하여 오로라와 극지 고층대기 변화의 상관관계 연구 진행

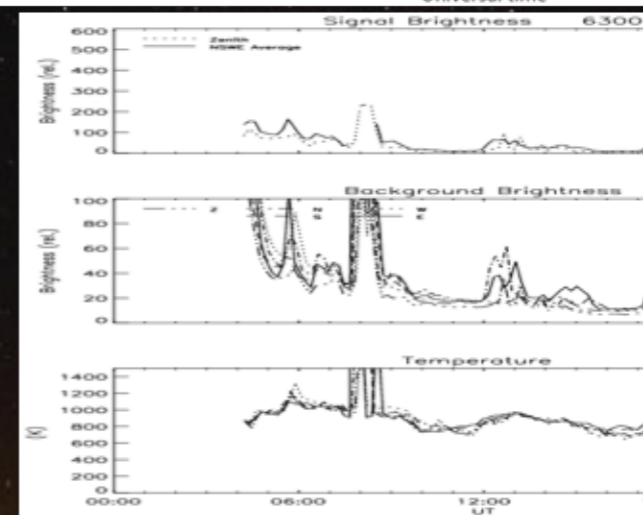
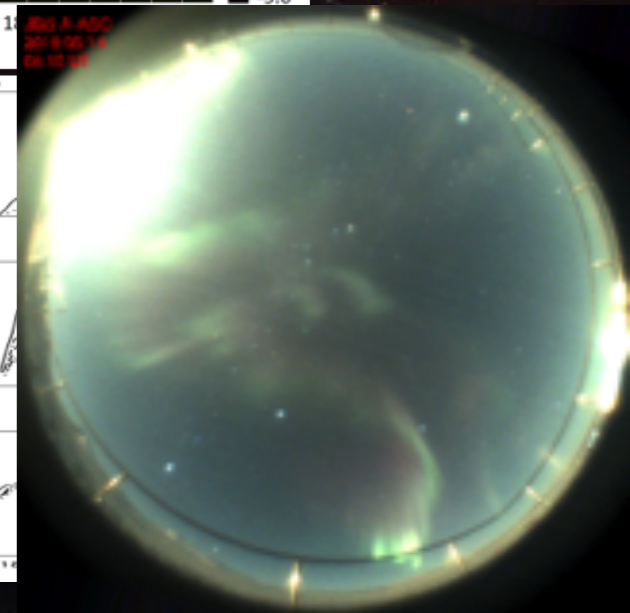
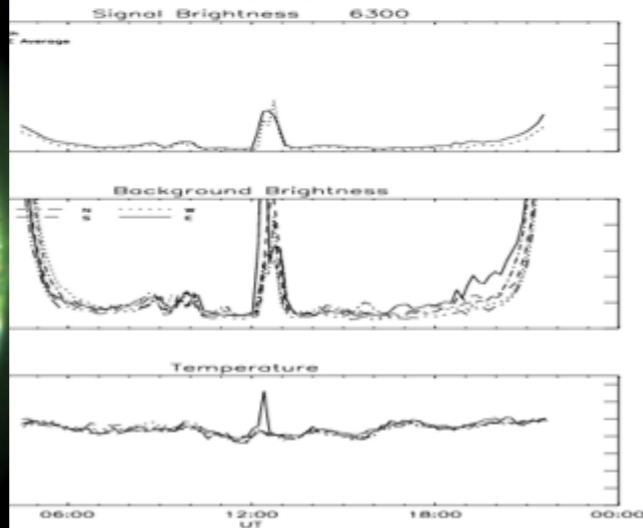
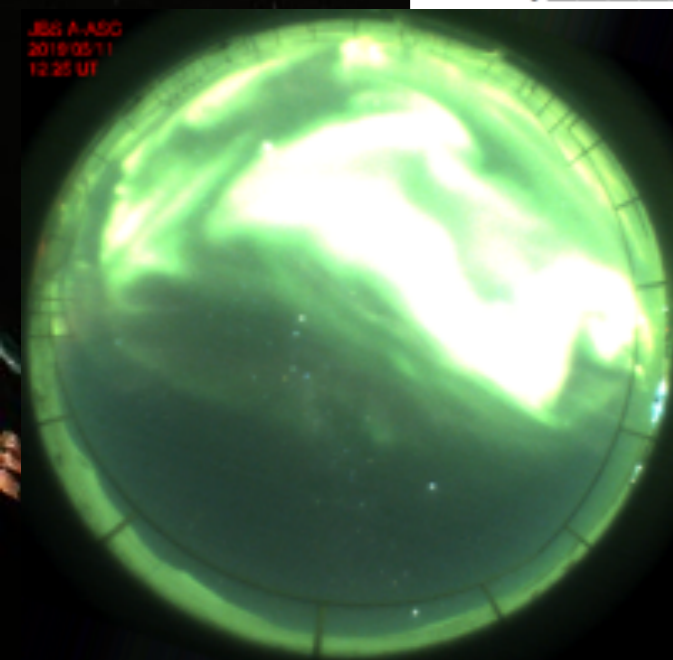
5월 11일



5월 14일



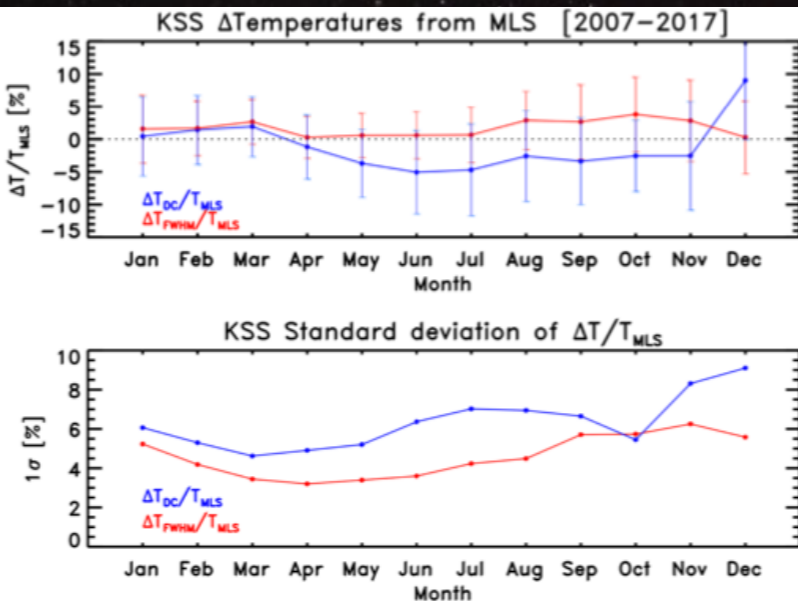
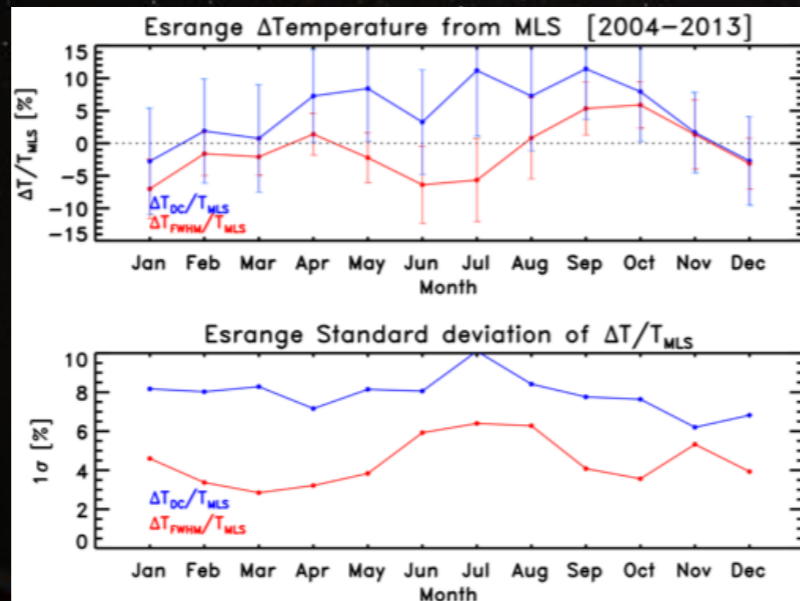
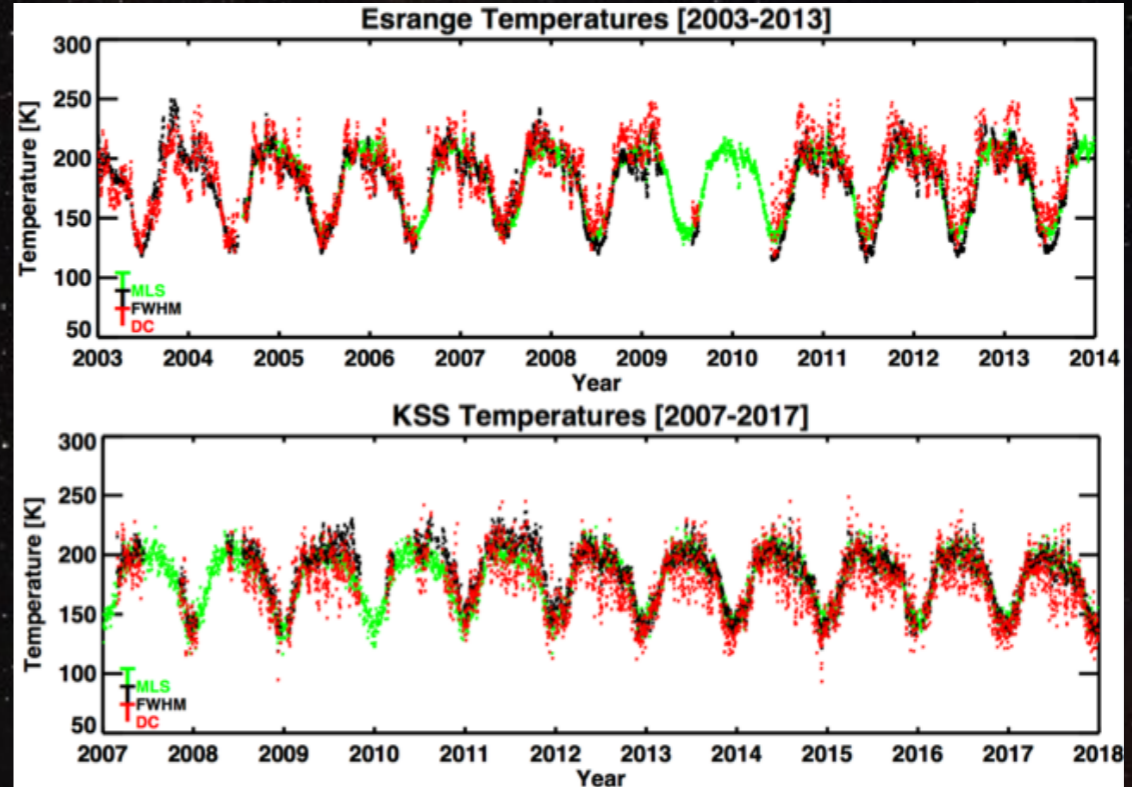
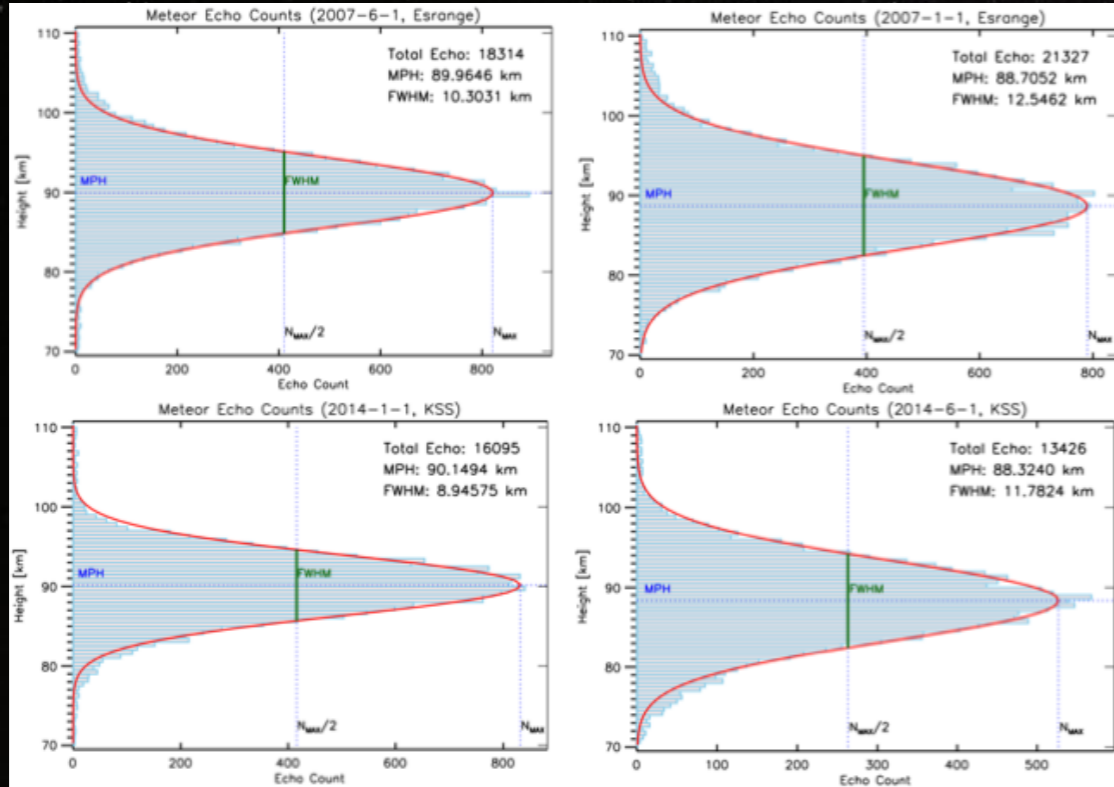
JBS A-ASC
2019 05 11
12:25 UT



진행 중인 연구 (4)

3. 저층대기 물리화학적 상태변화에 의한 극지고층대기 변화

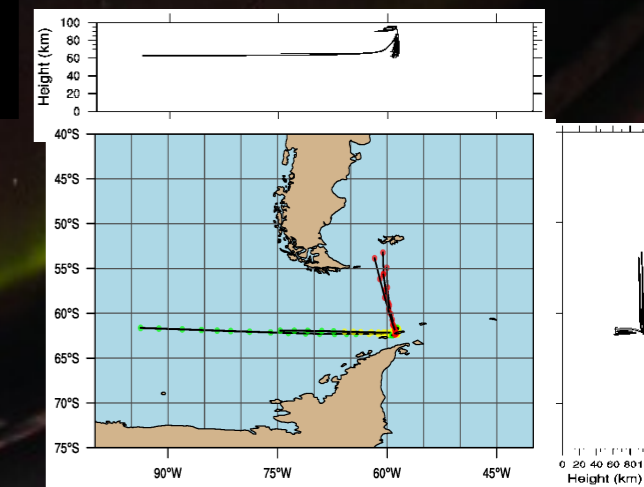
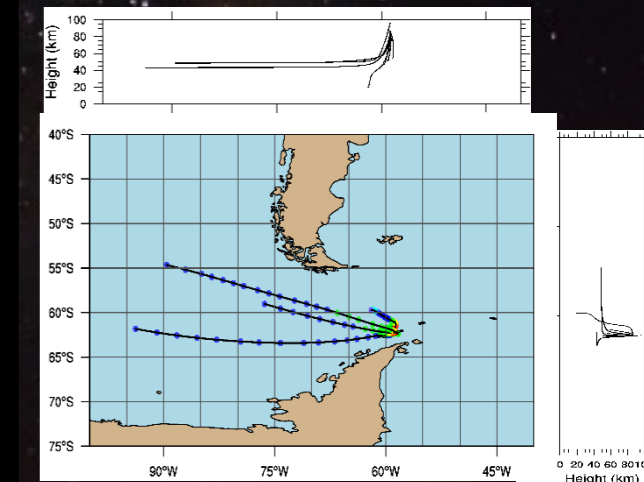
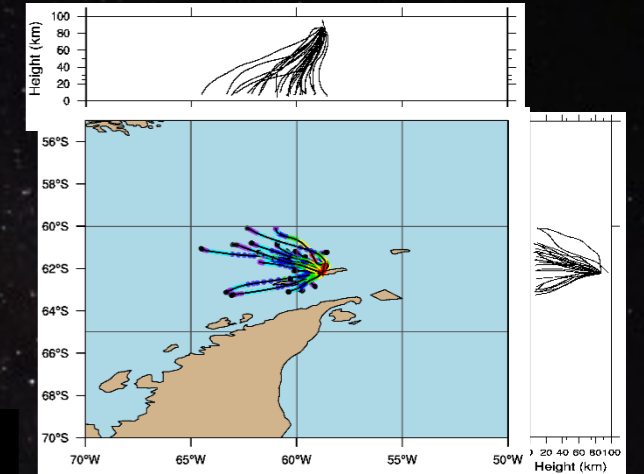
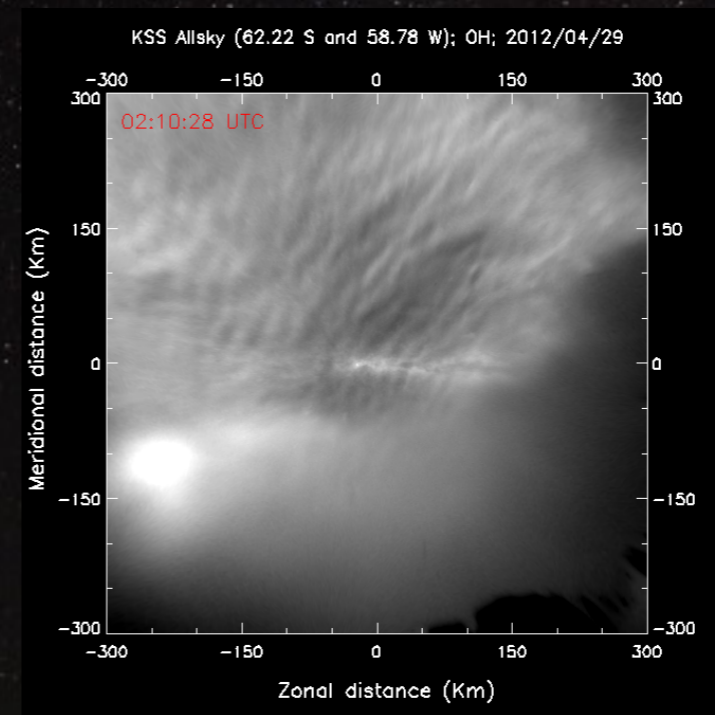
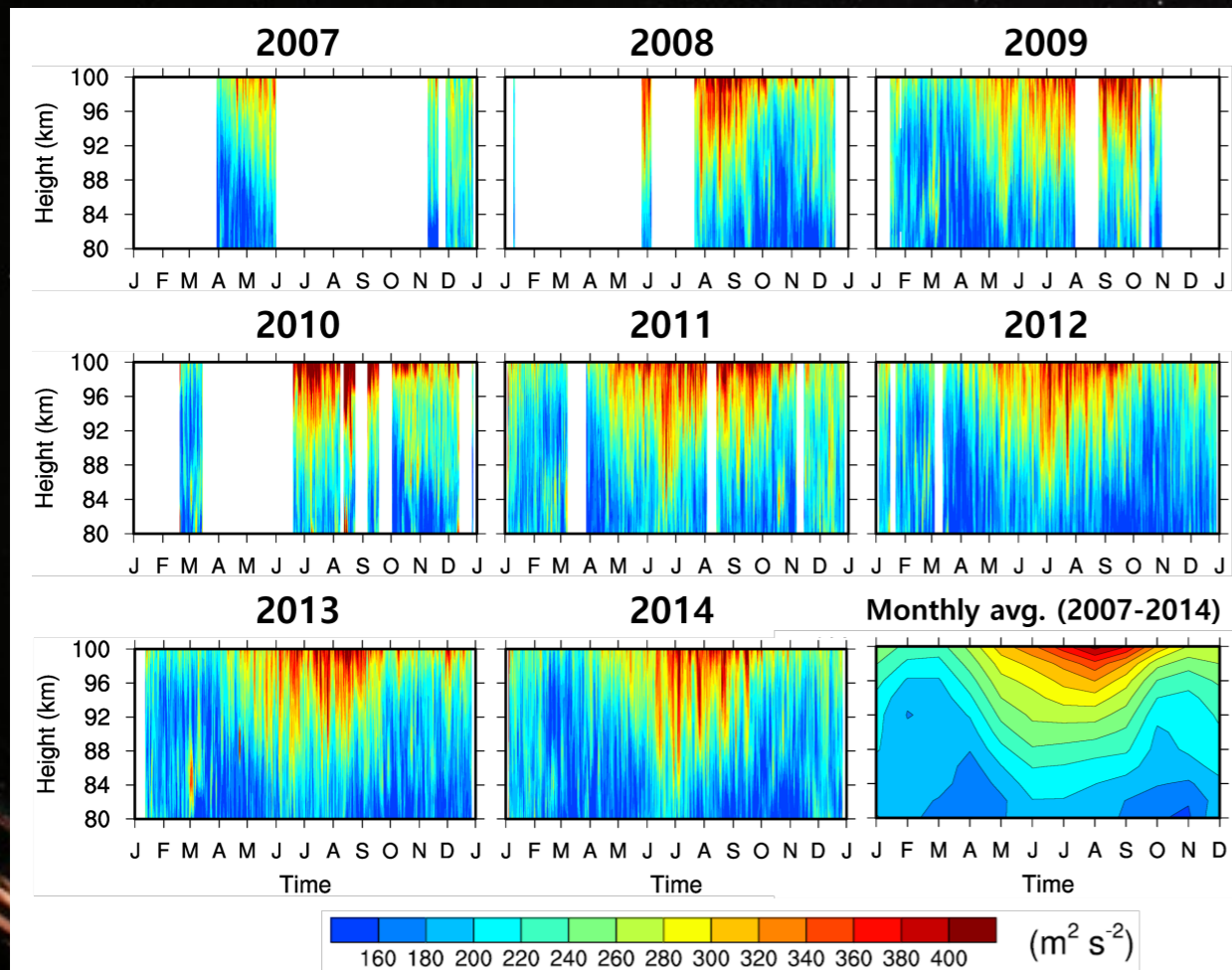
- 유성레이다 관측으로부터 중간권계면 부근의 온도를 추정하는 방법 개선 및 검증 연구



진행 중인 연구 (5)

3. 저층대기 물리화학적 상태변화에 의한 극지고층대기 변화

- 세종기지 상공 대기중력파의 활동성 분석과 가능성 있는 파동의 원천 연구

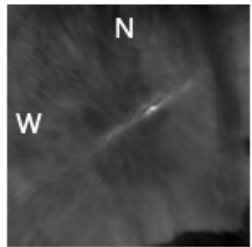


진행 중인 연구 (6)

3. 저층대기 물리화학적 상태변화에 의한 극지고층대기 변화

- 세종기지 전천카메라 자료 분석을 통해 세종기지 상공 대기중량과 활동성 통계적 특성 연구

Airglow Image Sequence Data



$$I'/I_0 (= \rho'/\rho_0)$$

$$\text{Input data: } \frac{I'}{I_0} = \frac{I - \bar{I}}{\bar{I}}$$

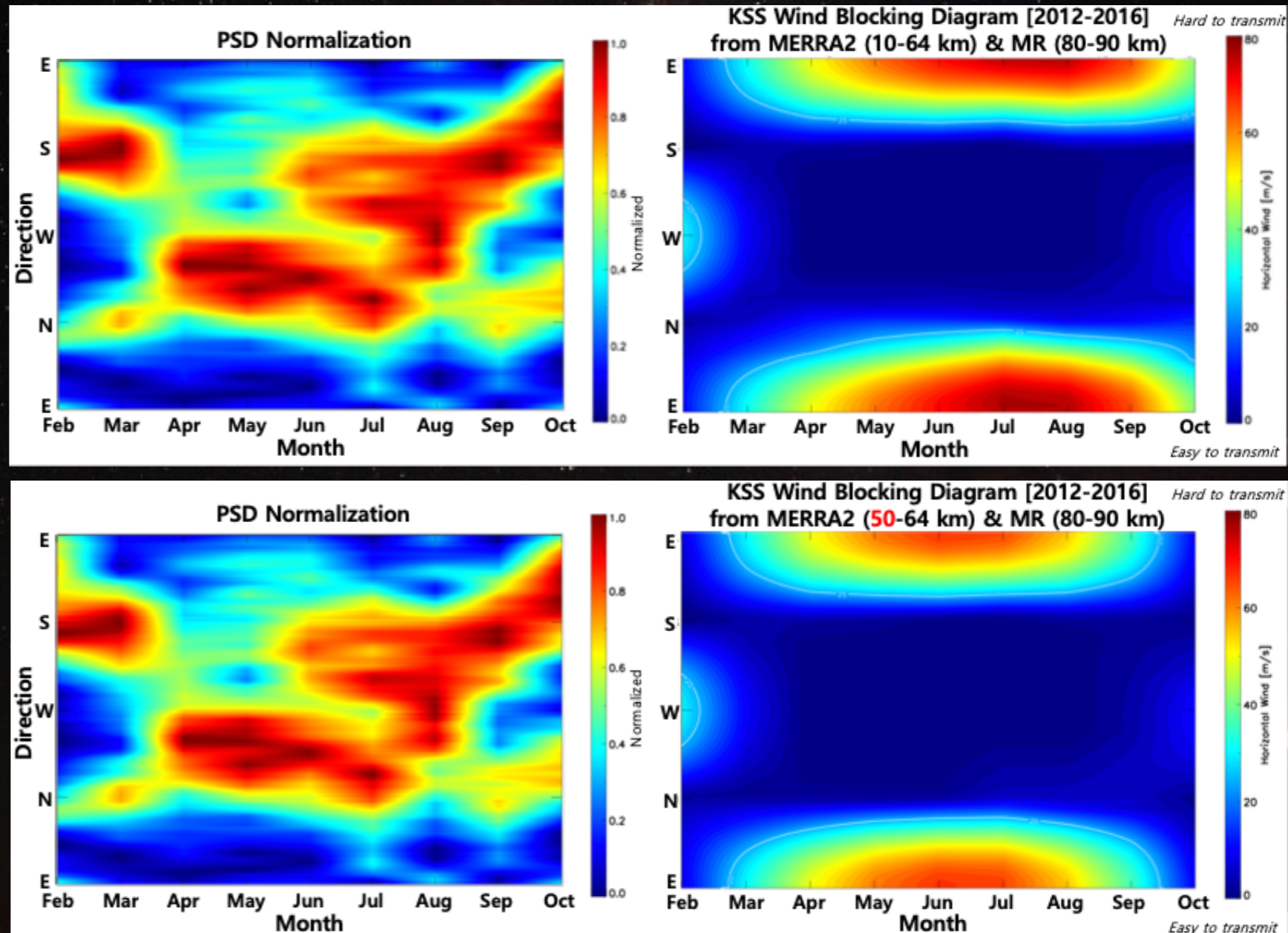
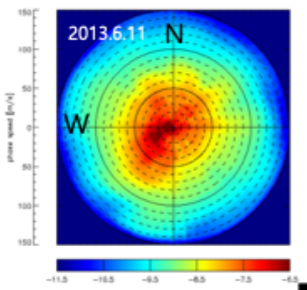
\bar{I} : Temporal mean of image sequence



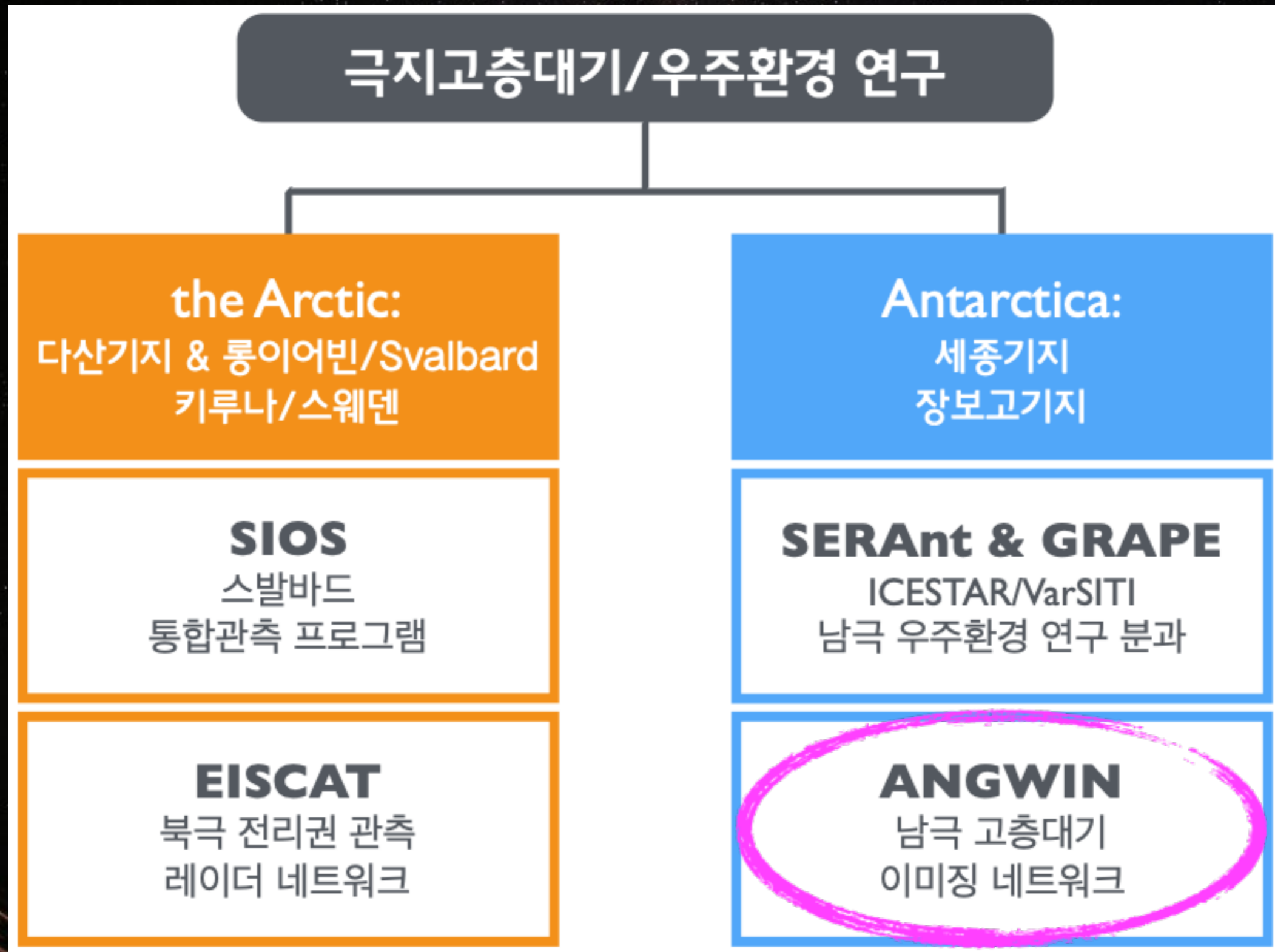
3D-FFT
Horizontal wavelength
range: 10-100 km

Power Spectrum Density distribution (PSD) on Phase velocity domain

Wave properties
- Propagating
direction
- Phase velocity
- Power



국제 공동연구 네트워크



5th ANGWIN Workshop

2020년 5월 극지연구소에서 개최 예정!

2013.03 1st Workshop, NIPR, Japan
2014.10 2nd Workshop, Logan, USA
2016.04 3rd Workshop, BAS, UK
2018.04 4th Workshop, INPE, Brasil



Thank you for your attention!