

북극 4-D 대기 관측망 구축 및 고층대기와
기후변화의 상관관계 규명 (부제: 극지
고층대기와 우주환경 변화 연구)

Study of the upper and lower atmosphere coupling through
4-dimensional observations for the northern polar atmosphere:
Polar upper atmospheric and space environmental changes



2017. 02. 28

한국 해양 과학기술원
부설 극지연구소

제 출 문

극지연구소장 귀하

본 보고서를 “북극 4D 대기 관측망 구축 및 고층대기와 기후변화의 상관관계 규명 (부제: 극지 고층대기와 우주환경 변화 연구)”과제의 최종보고서로 제출합니다.

2017. 02. 28

연구책임자 : 지건화

참여연구원 : 김백민, 김성중
: 김정환, 남승일
: 박기태, 박상중
: 윤영준, 이창섭
: 이방용, 최태진
: 홍상범, 황희진
: 경기운, 강효진
: 권혁진, 김연태
: 김재석, 김지은
: 송인선, 양태용
: 이선아, 이지희
: 전성준, 정혜진
: 지은영, 진광호
: 최진희, 최혜선
: 최화진, 함영배

위탁연구기관명 : 경희대학교 (김관혁)
: 충남대학교 (김용하)
: 연세대학교 (김준)
: 전남대학교 (오수연)
: 연세대학교 (전혜영)
: JHU/APL (길효섭)
: Utah State Univ. (지정영)

보고서 초록

과제관리번호		해당단계 연구기간	2015.03.01 ~ 2016.12.31	단계 구분	(해당단계) / (총단계)
연구사업명	중 사업명	기관목적사업			
	세부사업명				
연구과제명	중 과제명	글로벌 이슈대응 과제			
	세부(단위)과제명	북극 4D 대기 관측망 구축 및 고층대기와 기후변화의 상관관계 규명 (부제: 극지 고층대기와 우주환경 변화 연구)			
연구책임자	지건화	해당단계 참여연구원수	총 : 52 명 내부 : 12 명 외부 : 40 명	해당단계 연구비	정부: 천원 기업: 천원 계: 천원
연구기관명 및 소속부서명	극지연구소 극지기후과학연구부		참여기업명		
국제공동연구	상대국명 : 유럽연합	상대국연구기관명 : EISCAT			
	상대국명 : 미국	상대국연구기관명 : JHU/APL			
	상대국명 : 미국	상대국연구기관명 : NCAR/HAO			
	상대국명 : 미국	상대국연구기관명 : Utah State Univ.			
	상대국명 : 미국	상대국연구기관명 : Clemson Univ.			
위탁연구	연구기관명 : 충남대학교	연구책임자 : 김용하			
	연구기관명 : 경희대학교	연구책임자 : 김관혁			
	연구기관명 : 연세대학교	연구책임자 : 전해영			
	연구기관명 : 전남대학교	연구책임자 : 오수현			
	연구기관명 : 연세대학교	연구책임자 : 김준			
	연구기관명 : JHU/APL	연구책임자 : 길효섭			
연구기관명 : Utah State Univ.	연구책임자 : 지정영				
					보고서 면수
104					
<p>○ 남북극 고층대기 지상 종합 관측시스템 구축</p> <ul style="list-style-type: none"> - 북극 다산기지, 스웨덴 키루나, 유럽연합 EISCAT 전리권 레이더 프로그램 참여 - 남극 세종과학기지와 장보고과학기지에 극지 우주환경 및 고층대기 지상관측시스템 구축 <p>○ 극지 고층대기 구성요소 간 연직 상호작용 연구</p> <ul style="list-style-type: none"> - 극지 전리권-열권(IT)의 물리적 특성 연구 <ul style="list-style-type: none"> • 극지 전리권 플라즈마 밀도 변화 연구 • 극지 고층대기 이온-중성입자 상호작용 연구 • 태양활동에 따른 극지 고층대기 변화 연구 - 극지 자기권-전리권(MI)의 상호작용 연구 <ul style="list-style-type: none"> • 오로라 발생과 극지 고층대기 변화 이해 • 자기권-극지 전리권 간 전자기적 에너지 교환 메커니즘 규명 연구 • 태양풍-자기권 상호작용과 극지 고층대기 변화 연구 - 극지 중간권-열권하부(MLT) 영역의 물리적 특성 연구 <ul style="list-style-type: none"> • 대기파동에 의한 극지 고층대기 변화 연구 • 대기구성물질 변화에 의한 극지 고층대기 변화 연구 • 우주선/고에너지 입자 유입에 의한 극지 고층-저층대기 변화 연구 					
색인어 (각 5개 이상)	한글	극지고층대기, 극지우주환경, 우주기상, 오로라			
	영어	Polar upper atmosphere, Polar space environment, Space weather, Aurora			

요 약 문

I. 제 목

북극 4-D 대기 관측망 구축 및 고층대기와 기후변화의 상관관계 규명 (부제: 극지 고층대기와 우주환경 변화 연구)

II. 연구개발의 목적 및 필요성

- 극지 우주환경 구성요소 간 연직 상호작용에 의한 극지 고층대기 변화 이해
 - 남북극 고층대기 구성요소 모니터링을 위한 지상 종합 관측시스템 구축
 - 극지 고층대기와 주변 대기 및 우주환경 간 연직 상호작용 이해

III. 연구개발의 내용 및 범위

- 남북극 고층대기 지상 종합 관측시스템 구축
 - 북극 다산기지와 스웨덴 키루나 에스레인지 기지에 극지 우주환경 및 고층대기 관측시스템 구축
 - 유럽연합 EISCAT 북극 전리권 레이더 프로그램 참여
 - 남극 세종과학기지와 장보고과학기지에 극지 우주환경 및 고층대기 관측시스템 구축
 - 준실시간 극지우주환경 모니터링 시스템 구축
- 극지 고층대기 구성요소 간 연직 상호작용 연구
 - 극지 전리권-열권(IT)의 물리적 특성 연구
 - 극지 전리권 플라즈마 밀도 변화 연구
 - 극지 고층대기 이온-중성입자 상호작용 연구
 - 태양활동에 따른 극지 고층대기 변화 연구
 - 극지 자기권-전리권(MI)의 상호작용 연구
 - 오로라 발생과 극지 고층대기 변화 이해
 - 자기권-극지 전리권 간 전자기적 에너지 교환 메커니즘 규명 연구
 - 태양풍-자기권 상호작용과 극지 고층대기 변화 연구
 - 극지 중간권-열권하부(MLT) 영역의 물리적 특성 연구
 - 대기파동에 의한 극지 고층대기 변화 연구
 - 대기구성물질 변화에 의한 극지 고층대기 변화 연구
 - 우주선/고에너지 입자 유입에 의한 극지 고층-저층대기 변화 연구

IV. 연구개발결과

- 남북극 고층대기 지상 종합 관측시스템 구축
 - 북극 다산기지와 스웨덴 키루나에 극지고층대기 관측용 광학관측 시스템 구축
 - 극지 고층대기 열권 및 전리권 관측용 페브리 페로 간섭계
 - 극지 중간권 온도 관측용 적외선 간섭계 운영 유지
 - 극지 전리권 관측용 GPS TEC/Scintillation 모니터
 - 양성자 오로라 관측용 전천 카메라
 - 북극 전리권 관측을 위한 유럽연합 EISCAT 전리권 레이더 프로그램 참여, 관측 수행
 - 남극 세종과학기지 고층대기 관측시스템 운영 유지 및 관측자료 분석 연구
 - 극지 중간권 및 열권하부 관측용 대기광 분광계 (SATI)
 - 극지 중간권 및 열권하부 관측용 유성레이더
 - 극지 전리권 관측용 GPS TEC/Scintillation 모니터
 - 대기중력과 관측용 전천카메라
 - 남극 장보고과학기지에 극지 고층대기 및 우주환경 관측시스템 구축
 - 극지 전리권 레이더 (VIPIR)
 - 극지 고층대기 열권 바람 및 온도 관측용 페브리 페로 간섭계
 - 양성자 오로라 및 대기중력과 관측용 전천카메라
 - 자기권 관측용 자력계
 - 고에너지 입자 관측용 중성자 모니터
 - 극지 전리권 관측용 GPS TEC/Scintillation 모니터
 - 극지연구소 우주과학실험실 내 극지 우주환경 모니터링 시스템 구축

- 극지 고층대기 구성요소 간 연직 상호작용 연구
 - 극지 전리권-열권(IT)의 물리적 특성 연구
 - 극지 전리권 플라즈마 밀도 변화 연구
 - 극지 고층대기 이온-중성입자 상호작용 연구
 - 극지 열권 바람 및 온도 변화 연구
 - 태양활동 및 지자기 활동에 따른 극지 고층대기 변화 연구
 - 극지 자기권-전리권(MI)의 상호작용 연구
 - 오로라 발생과 극지 고층대기 변화 이해
 - 자기권-극지 전리권 간 전자기적 에너지 교환 메커니즘 규명 연구
 - 태양풍-자기권 상호작용과 극지 고층대기 변화 연구
 - 극지 중간권-열권하부(MLT) 영역의 물리적 특성 연구
 - 대기파동에 의한 극지 고층대기 변화 연구
 - 대기구성물질 변화에 의한 극지 고층대기 변화 연구
 - 우주선/고에너지 입자 유입에 의한 극지 고층-저층대기 변화 연구

V. 연구개발결과의 활용계획

- 우주기상예측모델 개발을 위한 기초자료로 활용
- 극지 고층대기 대형 관측프로그램 개발을 위한 국제네트워크 확보
- 극지 우주환경 및 고층대기 연구의 지속적 수행 기반 마련



S U M M A R Y

I. Title

Study of the upper and lower atmosphere coupling through 4-dimensional observations for the northern polar atmosphere: Polar upper atmospheric and space environmental changes

II. Purpose and Necessity of R&D

Investigation of the upper atmospheric changes via vertical coupling processes in the polar space environments including the lower and upper atmospheres (ionosphere), magnetosphere, and solar wind.

III. Contents and Extent of R&D

- Ground-based observations for the upper atmosphere in the polar region
 - Dasan station, ESRANGE/Kiruna (Sweden), EISCAT radar program
 - King Sejong Station, Jang Bogo Station, Collaboration with NIPR
- Study of the vertical couplings in the polar upper atmosphere
 - Polar ionosphere-thermosphere(IT) system
 - Plasma density variations in the polar ionosphere
 - Ion-neutral coupling in the polar upper atmosphere
 - Upper atmospheric changes with solar activity
 - Magnetosphere-ionosphere(MI) coupling in the polar region
 - Upper atmospheric changes in relation to the aurora
 - Electromagnetic energy exchange between the magnetosphere and ionosphere
 - Solar wind and magnetosphere interaction and its relation to the polar upper atmosphere
 - Mesosphere and lower thermosphere(MLT) region in the polar region
 - Atmospheric wave effects on the polar upper atmosphere
 - Effects of the atmospheric constituents on the polar upper atmosphere
 - Atmospheric changes due to the cosmic ray and energetic particles originated from the outer space

IV. R&D Results

- Ground-based observation systems in the Arctic and Antarctica
 - Polar upper atmospheric observation system at Dasan station, Svalbard,

Norway and Kiruna, Sweden

- Fabry-Perot Interferometer (FPI) for the thermospheric winds and temperature and the ionospheric ion temperature measurements
- Michelson interferometer for MLT temperature
- GPS TEC/Scintillation monitor for ionospheric TEC and density irregularity
- All sky camera for proton aurora
- European incoherent scatter scientific association (EISCAT) radar observations for the polar ionosphere
- Polar upper atmospheric observation system at King Sejong Station, Antarctica
 - Spectral Airglow Temperature Imager (SATI) for MLT temperature
 - Meteor radar for MLT neutral winds and temperature
 - GPS TEC/Scintillation monitor for ionospheric TEC and density irregularity
 - All sky camera for atmospheric gravity wave
- Polar upper atmospheric and space environmental observation system at Jang Bogo Station, Antarctica
 - Vertical Incidence Pulsed Ionospheric Radar for various ionospheric parameters in the polar region
 - Fabry-Perot Interferometer (FPI) for the thermospheric winds and temperature
 - All sky cameras for proton aurora and atmospheric gravity waves
 - Search coil magnetometer for the magnetosphere
 - Neutron monitor for cosmic ray and energetic particles
 - GPS TEC/Scintillation monitor for ionospheric TEC and density irregularity
- Space environment monitoring system at Korea Polar Research Institute

○ Vertical couplings between polar upper atmosphere and lower atmosphere or space environment

- Polar ionosphere and thermosphere and ion-neutral coupling
 - Polar ionospheric density variations
 - Ion-neutral coupling in the polar region
 - Thermospheric winds and temperature
 - Ionosphere and thermosphere changes with solar and magnetic activities
- Magnetosphere and polar ionosphere coupling
 - Magnetospheric current and electric field and their effects on the polar ionosphere
 - Aurora and its effects on the polar upper atmosphere
 - Solar wind and magnetosphere and their effects on the polar upper atmosphere
- Mesosphere and lower thermosphere region in the polar region

- Atmospheric waves and their effects on the polar upper atmosphere
- Changes of atmospheric components and their effects on the upper atmosphere
- Cosmic ray and energetic particles and their effects on the polar upper and lower atmospheres

V. Application Plans of R&D Results

- Provide a fundamental information of the polar upper atmosphere to the spaceweather forecast model
- Obtain the international research network to develop a large observational program in the polar region
- Establish a fundamental research infrastructure for the polar space environmental and upper atmospheric sciences



C O N T E N T S

Chaper I. Introduction	13
Section 1. Objective of the study	12
Section 2. Necessity of the study	12
Chaper II. Current status	17
Section 1. Space science in Korea	17
Section 2. Space science abroad	17
Section 3. International research institutes in space science	18
Chapter III. Results of thd study	19
Section 1. Polar upper atmosphere and space environment research at Korea Polar Research Institute	20
Section 2. Current status of the ground-based observations in the Arctic and Antarctica at Korea Polar Research Institute	21
Section 3. Polar ionosphere and thermosphere	33
Section 4. Manetosphere and ionosphere coupling	50
Section 5. Lower and upper atmosphere coupling	58
Section 6. Ground-based observation system	81
Chapter IV. Expected Results and Application	84
Section 1. Expected results	84
Section 2. Applications	84
Chapter V. References	85
Appendix 1 Data regisration at KPDC	90
Appendix 2 Data maintenance plan	91

목 차

제 1 장 서론	12
1. 연구개발의 목적	12
2. 연구개발 배경 및 필요성	12
제 2 장 국내외 연구개발 현황	17
1. 국내수준	17
2. 국외수준	17
3. 국내외 주요연구기관 현황	18
제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과	19
1. 극지연구소에서의 극지 우주환경 및 고층대기 연구	20
2. 극지연구소 남북극 극지 인프라 현황	21
3. 극지고층대기 전리권과 열권 연구	33
4. 자기권-극지 전리권 간 에너지 교환 연구	50
5. 저층대기에 의한 극지고층대기 변화 연구	58
6. 극지고층대기 및 우주환경 관측인프라 구축	81
제 4 장 연구개발결과의 활용계획	84
1. 기대효과	84
2. 연구결과 활용계획	84
제 5 장 참고문헌	85
부록 1 KPDC 등록 이행실적	90



제 1 장 서론

1. 연구개발의 목적

- 가. 극지 우주환경 구성요소 간 연직 상호작용에 의한 극지 고층대기 변화 이해
- 나. 남북극 고층대기 구성요소 모니터링을 위한 지상 종합 관측시스템 구축
- 다. 극지 고층대기와 저층대기 및 우주환경 간 연직 상호작용 이해

2. 연구개발 배경 및 필요성

- 가. 우주기상(space weather)이 발생하는 근 지구 우주환경(near-Earth space environment)에서 극지 고층대기(polar upper atmosphere)는 태양으로부터의 에너지가 자기권(magnetosphere)을 통해 지구 대기로 유입되는 관문의 역할을 하는 아주 중요한 지역이다. 태양으로부터 지구 대기로 유입되는 에너지는 다양한 형태를 띠게 되는데, 자기장과 플라즈마로 이루어진 태양풍(solar wind)에 실려 지구와 만나게 되고, 이때 지구 자기장과 상호작용을 통해 전자기적 에너지가 생성되어 극지 고층대기로 전달되기도 하고, 고에너지 입자는 극지에서 지구 대기로 열려있는 지구 자기장을 따라 직접

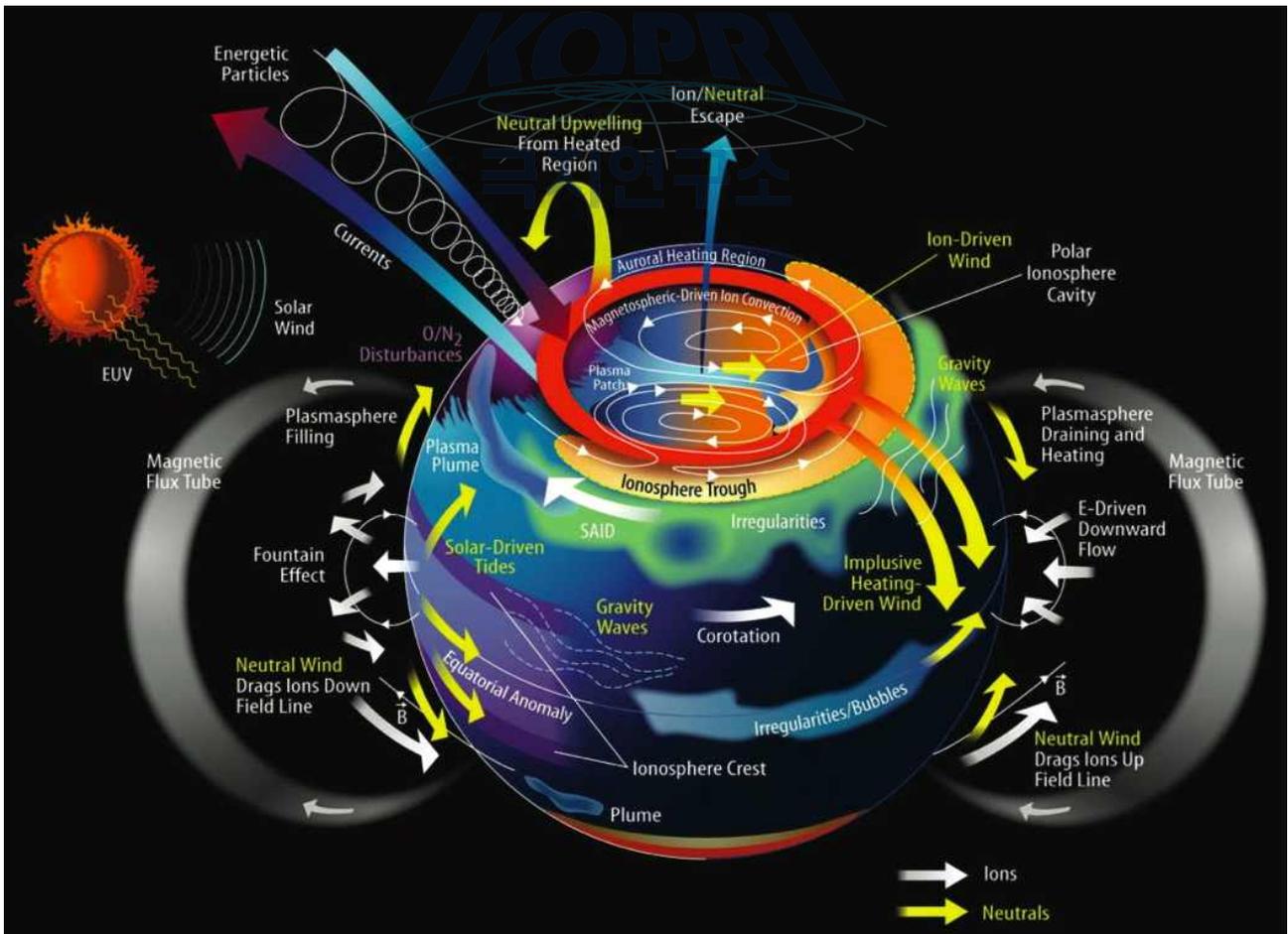


Fig. 1 Various physical phenomena in the Earth's upper atmosphere. The polar ionosphere exhibits unique physical processes due to the direct interaction with outer space such as solar wind and magnetosphere via the geomagnetic field line.

유입되기도 한다 (Fig. 1).

나. 지구 자기권은 크게 두 부분으로 나누어 생각할 수 있는데, 오로라 지역(auroral region) 내부에서는 자기력선이 외부 우주로 열려 있으며 태양 반대쪽에서는 자기권 꼬리를 형성하며 길게 늘어지는 바깥쪽 자기권이 있다. 이 영역의 전자밀도는 상대적으로 낮고 태양풍의 자기력선과 지구 자기력선이 연결되는 영역이며 태양풍의 세기에 따라 그 영역의 범위가 결정된다. 또 다른 영역은 오로라 지역 바깥쪽으로 닫혀 있는 자기력선에 의해 비교적 높은 전자밀도를 유지하며 자기권 안쪽을 차지하는 플라즈마권(plasmasphere)이 있다 (Fig. 2).

다. 태양풍과 지구 자기력선과의 상호작용에 의해 형성된 자기권은 극지 고층대기 상공의 열려있는 영역에서 태양풍의 역학적 에너지가 전기적 에너지로 전환되어 전기장/전류가 생성되고 자기력선을 따라 지구 고층대기로 전달된다. 이 전기장/전류는 극지 고층대기 전리권 플라즈마의 강한 운동을 일으켜 플라즈마 대류현상을 일으킨다(Fig. 3). 이 플라즈마 대류는 약 300 km 고도에서 발생하는데, 주변 중성대기 구성입자와 충돌에 의해 운동량을 전달하여 플라즈마 대류와 유사한 형태의 열권 바람을 일으키기도 한다. 이러한 과정에서 이온과 중성입자와의 마찰에 의해 강한 열이 발생하고, 이는 주변 중성대기의 온도를 크게 상승시키는 역할을 한다. 극지 고층대기에서 이렇게 상승한 고층대기 온도는 주로 밤에 더 크게 발생하여 낮 동안 적도부근에서의 태양열에 의한 온도 상승과 함께 전 지구적 열권 바람을 형성시킨다.

라. 이렇게 극지 고층대기에서의 발생하는 자기권-전리권-열권의 상호작용은 극지에서만 머무는 것이 아니라 전 지구적으로 고층대기 역학에 영향을 미친다. 그리고 이 상호작용

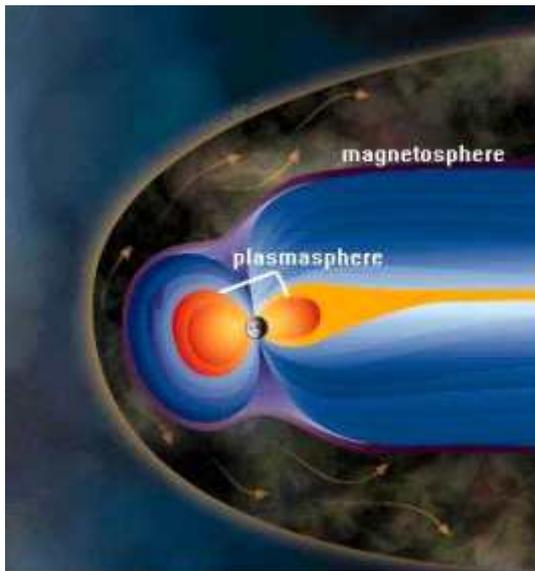


Fig. 2 The plasmasphere is the inner part of the magnetosphere.

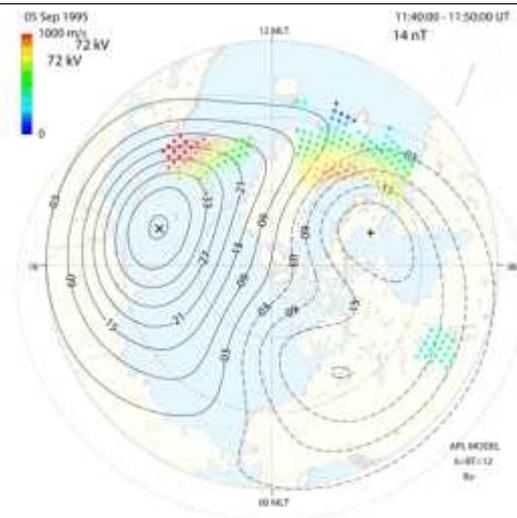


Fig. 3 Magnetospheric electric fields and currents are connected to the polar upper atmosphere and set in motion the ionospheric plasma in the polar region to form the plasma convection.

용은 고에너지 입자와 함께 극지 고층대기에서 전리권 전자밀도와 열권 온도 및 바람에 결정적인 영향을 미친다. 이러한 일련의 물리적 과정은 지자기 폭풍이 발생하면 그 영향이 몇 배나 상승하여 전 지구적으로 고층대기에 큰 변화를 초래한다. 또한 이러한 지자기 폭풍의 영향은 고층대기에만 머물지 않고 중간권-성층권까지 내려갈 수 있다. 지자기 폭풍 시 증가한 고에너지 입자의 유입은 NO 생성에 영향을 주고, 이는 화학반응에 의해 오존 밀도를 감소시키는 역할을 한다 (Randall et al., 2007).

마. 내부 자기권을 내부 자기권을 형성하는 플라즈마권은 오로라 지역 바깥에서 중위도에 걸쳐 전리권 전자밀도와 밀접한 관계가 있다 (Fig. 4). 플라즈마권에 존재하는 수소 이온들은 대부분 전리권에서 자기력선을 따라 플라즈마권으로 올라온 것으로 주로 낮에 공급되고, 밤에는 다시 전리권으로 내려가 밤 전리권 전자밀도 유지에 도움을 준다. 이러한 플라즈마권-전리권 간에 발생하는 수소이온의 이동은 계절, 태양활동 주기, 지자기 폭풍 발생 여부에 따라 그 정도가 달라지며, 이는 전리권 전자밀도 분포의 정확한 예측을 위해 반드시 밝혀져야 하는 부분이다 (Singh and Singh, 1997; Richards et al, 2000; Foster and Jakowski, 2000).

바. 고층대기는 우주환경뿐만 아니라 저층대기에 의해서도 영향을 받는다. 저층대기에서는 다양한 파장대의 파동현상이 발생하는데, 파장이나 주기에 따라 대기중력파, 행성파, 조석파 등으로 나뉜다. 이와 같은 저층대기 파동은 고층대기로 전파되어 에너지를 전달하여 고층대기의 역학적 특성에 중요한 영향을 미친다 (Fritts and Joan, 2003; Wu et al., 2013).

사. 국내 우주산업의 비약적인 발전으로 우주 기상예측의 필요성이 급격히 대두되고 있으며, 외나루도 우주기지에서 추진 중인 로켓의 성공적인 자체 발사를 위해서는 로켓에 실려 우주공간에 상주하게 되는 인공위성의 안정적인 운영/유지가 필수적이다. 또한 현

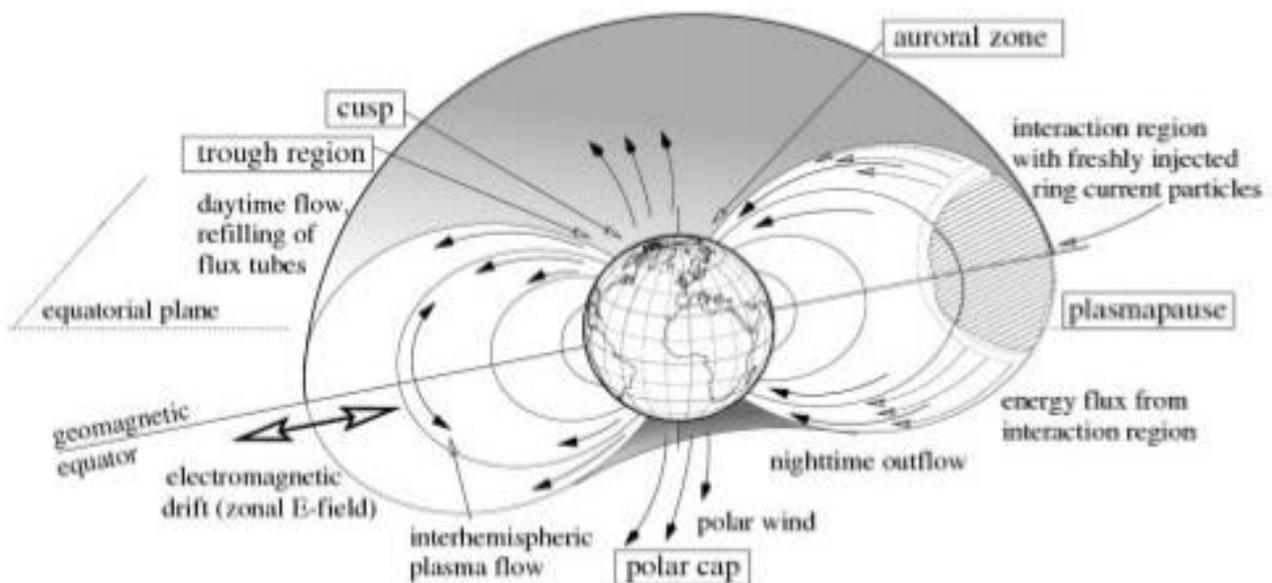


Fig. 4 Plasmasphere and polar upper atmosphere. These regions are closely coupled each other, exchanging plasma through the geomagnetic field lines (Forster and Jakowski, 2000).

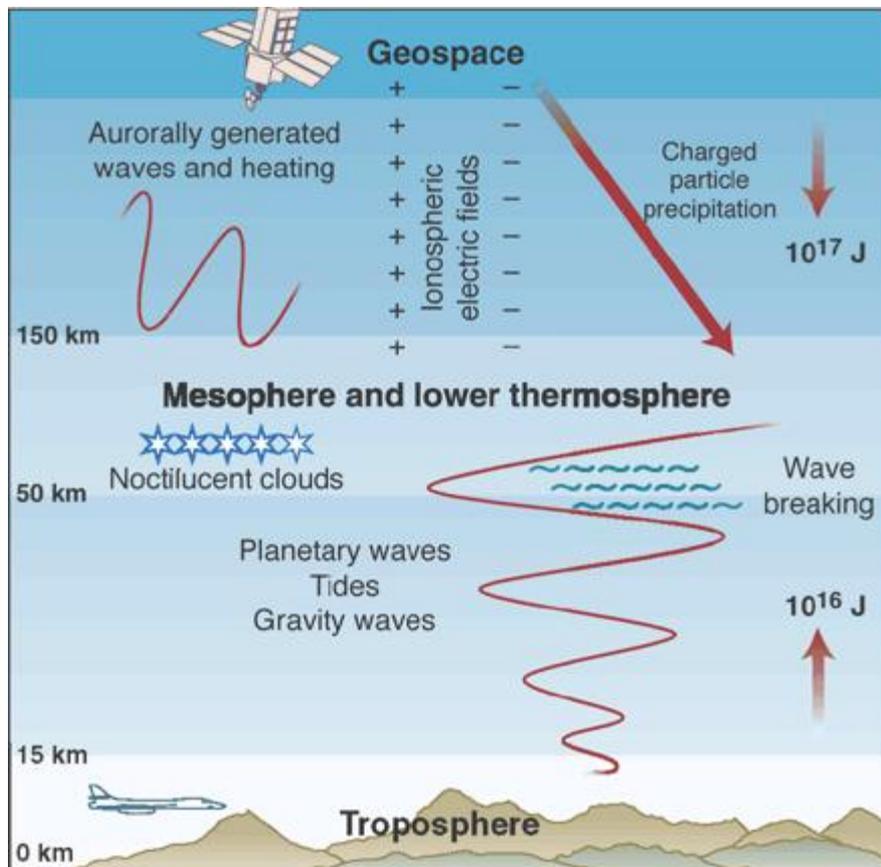


Fig. 5 Atmospheric wave phenomena such as gravity waves, planetary waves, and tides. These waves propagate upward to affect the upper atmospheric dynamics.

재 국내에서 보유하고 있고, 가까운 미래에 추진 중인 다수의 인공위성의 안정적인 운영과 우주기상현상으로 인한 손실을 최소화하기 위해서는 우주기상예측연구가 선행되어야 한다.

아. 현대 사회는 GPS, 통신위성, 기상위성 등과 같은 인공위성을 비롯한 우주기반 기술에 대한 의존성이 급격히 증가하고 있으며, 따라서 지구 주변 우주환경의 물리적 상태를 예측하는 우주기상예측의 필요성이 대두되어 왔다.

자. 고층대기는 우주환경에서 지구와 가장 가까이에 있는 영역으로 국제우주정거장을 비롯하여 대부분의 인공위성이 상주하는 근 지구 우주환경 영역이다. 특히 태양에서는 빛에너지 이외에도 다양한 형태의 에너지가 나오는데, 이들은 태양풍과 자기권을 경유하여 주로 극지 고층대기로 들어와 오로라를 발생시키며, 또한 극지 고층대기 전리권-열권에 에너지를 전달하여 전지구적 고층대기에 영향을 미친다. 따라서 극지 고층대기는 외부 우주의 에너지가 지구 대기로 들어오는 관문 역할을 한다.

차. 한편, 고층대기는 지상 및 저층대기 변화와도 밀접하게 연결되어 있다. 지상 또는 저층대기 중에서 발생하는 대기중력과, 행성과, 조석과 등의 대기과동들은 밀도가 감소하는 고층대기로 전달되어 큰 에너지를 전달하여 고층대기의 온도 구조와 전지구적 대순환에 결정적인 역할을 하는 것으로 알려져 있다. 또한, 지상 및 저층대기 중 온실가스 변

화는 고층대기의 온도변화에 영향을 미친다.

카. 최근 기후변화 연구에서는 고층대기를 포함하고 있는 우주환경과의 연관성에 주목하고 있는데, 장기간의 태양활동 변화가 기후변화에 미치는 영향이나, 태양 또는 우주로부터 지구 자기력선을 따라서 극지 고층대기로 유입되는 우주선/고에너지 입자들이 NO_x 분자를 생성시키고, 이것은 저층대기 오존을 감소시켜 저층대기 온도에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 또한, 우주선은 저층대기 구름형성 기작에 영향을 미친다는 연구결과가 나오고 있다.

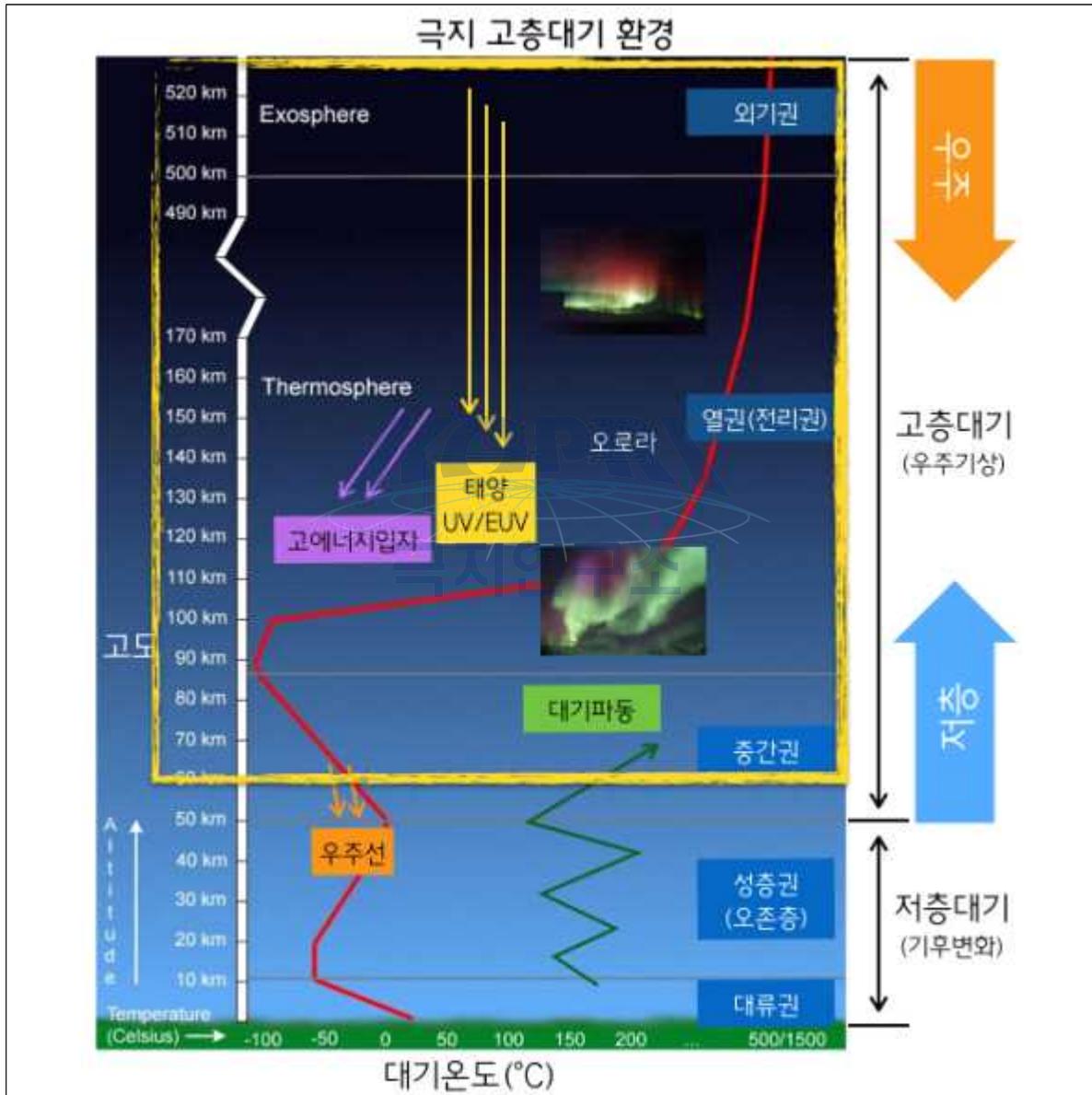


Fig. 6 Polar upper atmosphere and its couplings with the space environment and the lower atmosphere.

제 2 장 국내·외 연구개발 현황

1. 국내수준

- 가. 국립전파연구원 우주전파센터에서는 전리권 레이더를 이용하여 오래전부터 이천에서 한반도상 전리권 전자밀도관측을 수행해 오고 있으며, 최근에는 제주도에도 추가로 설치하여 전리권 전자밀도 자료를 수집하고 있다. 또한 태양관측과 자기권 관측을 위한 자력계도 운영 중에 있다.
- 나. 한국과학기술원(KAIST)에서 국내 인공위성을 이용하여 수집한 고층대기 전리권 자료 분석 연구가 수행되었으며, 우주환경 관측을 위한 인공위성 활용연구가 지속적으로 추진되고 있다.
- 다. 한국천문연구원에서는 우주환경연구의 일환으로 태양, 자기권 뿐만 아니라 한반도 고층대기 관측을 수행 중에 있으며, 현재 보현산 천문대에 대기 중력과 관측을 위한 전천카메라를 운영 중이고, 충남 계룡대에 VHF 비균일 전리권 관측 레이더를 설치하여 운영을 시작했다.
- 라. 경희대, 충북대, 한국과학기술원 등에서 수치모델과 위성자료 분석을 통해 태양 및 지구 자기권에 대한 연구가 수행중이다. 특히 경희대에서는 위성자료 분석 및 수치모델을 활용하여 자기권 권계면 연구를 수행중이며, 이와 관련된 전리권과의 상관관계 연구가 진행되고 있다.
- 마. 현재까지 국내에서 수행된 극지 고층대기 연구는 극지연구소와 충남대학교 우주과학실험실을 중심으로 몇 가지 관측 장비를 이용하여 중간권과 열권하부 연구를 수행하고 있으나 전리권이나 열권 상부에 대한 극지에서의 관측은 전무한 상태이다.
- 바. 특히 전리권-중성대기 상호작용의 연구를 위해서는 전리권과 중성대기에 대한 지속적인 동시관측이 요구되나 국내에서는 전무한 실정이다.

2. 국외수준

- 가. 과거 관측 및 모델 연구를 통해 전리권과 플라즈마권이 서로 상호작용하며, 플라즈마권은 전리권에서 플라즈마가 공급되고 전리권 또한 플라즈마권으로부터의 플라즈마 유입에 의해 영향을 받는다는 사실이 원론적인 수준에서 알려져 있었다. 그러나 최근 전리권 전자밀도의 정확한 기술 및 예측을 위해서는 플라즈마권과의 상호작용이 중요하다는 의견이 나오기 시작하면서, 정략적인 상호작용 연구의 중요성이 부각되기 시작하고 있다.
- 나. 미국, 일본, 유럽 등 우주과학 선진국에서는 주로 전리권-플라즈마권 수치모델을 활용하여 두 영역의 상관관계 연구가 수행되고 있으며, GPS 위성과 같이 전리권-플라즈마권을 포함하는 높은 궤도의 위성에서 관측된 자료를 활용한 연구가 수행되고 있다.
- 다. 미국 해군연구소(Naval Research Laboratory)에서는 전리권-플라즈마권을 모두 포함하는 수치모델을 활용하여 전리권이 플라즈마권 전자밀도 분포에 미치는 영향 연구가 수행되고 있다.

3. 국내외 주요연구기관 현황

연구수행 기관	연구개발의 내용	연구개발성과의 활용현황
국외	미국 NCAR/HAO - 고층대기 수치모델 개발 - 지상 및 위성 관측 및 자료 분석	우주환경 연구
	미국 JHU/APL & NASA/JPL - 우주환경 위성관측 - 자료 기반 모델링 연구	우주환경 위성자료 및 모델 서비스
	미국 NRL - 관측자료 기반 고층대기 열권 모델링 - 전리권-플라즈마권 수치모델 연구	우주환경 연구
	일본 NIPR - 극지 저층-고층대기 지상관측	극지 우주환경 연구
	유럽 EISCAT - 북극 고층대기 지상 관측	극지 우주환경 연구
국내	극지 연구소 - 극지 고층대기 중간권, 열권, 전리권 지상관측	극지 우주환경 연구
	한국 천문연구원 - 태양-자기권 관측 및 모델연구 - 고층대기 열권-전리권 관측 연구	우주기상 모니터링 및 우주환경 연구
	전파연구소 - 한반도 전리권 관측소 운영	우주기상 자료 축적 및 자료 제공 서비스
	경희대학교 - 태양 및 우주환경 위성 관측 - 자기권-플라즈마권 연구	우주기상 예측모델 연구
	충남대학교 - 고층대기 중간권, 열권, 전리권 지상관측 및 수치모델 연구	우주환경 연구
	충북대학교 - 자기권 수치모델 연구	우주환경 연구
	전남대학교 - 우주선 및 고에너지 입자 연구	우주환경 연구

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

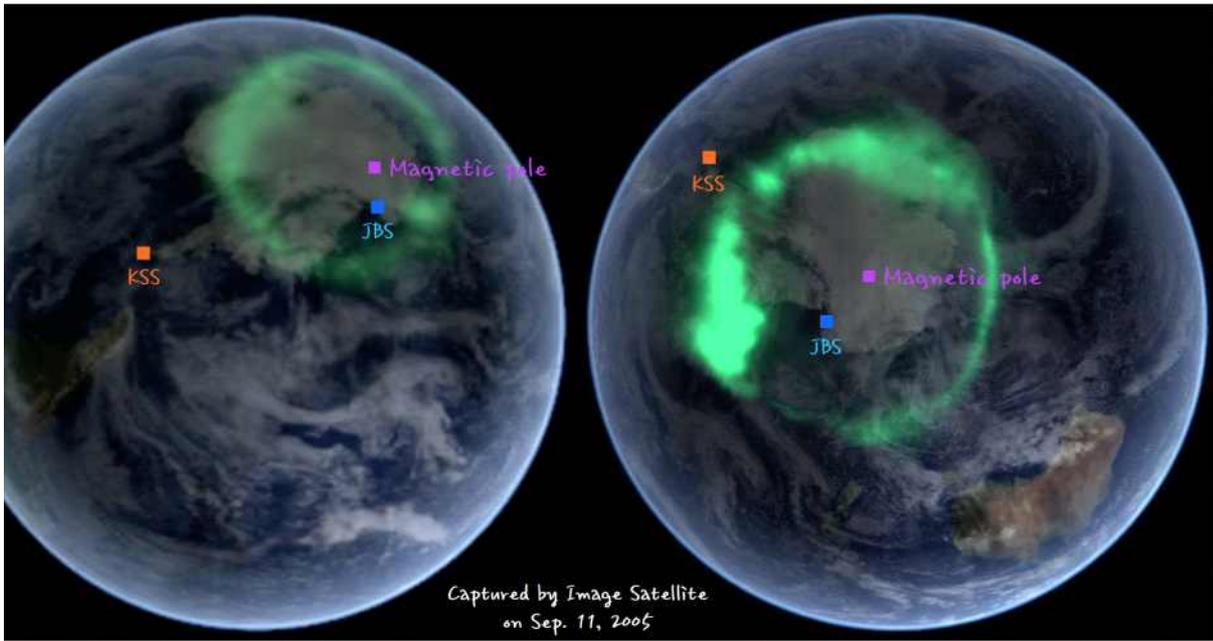


Fig. 7 Locations of the King Sejong Station (KSS) and Jang Bogo Station (JBS), Antarctica. JBS is located in the polar cap region while KSS is located in the subauroral region.

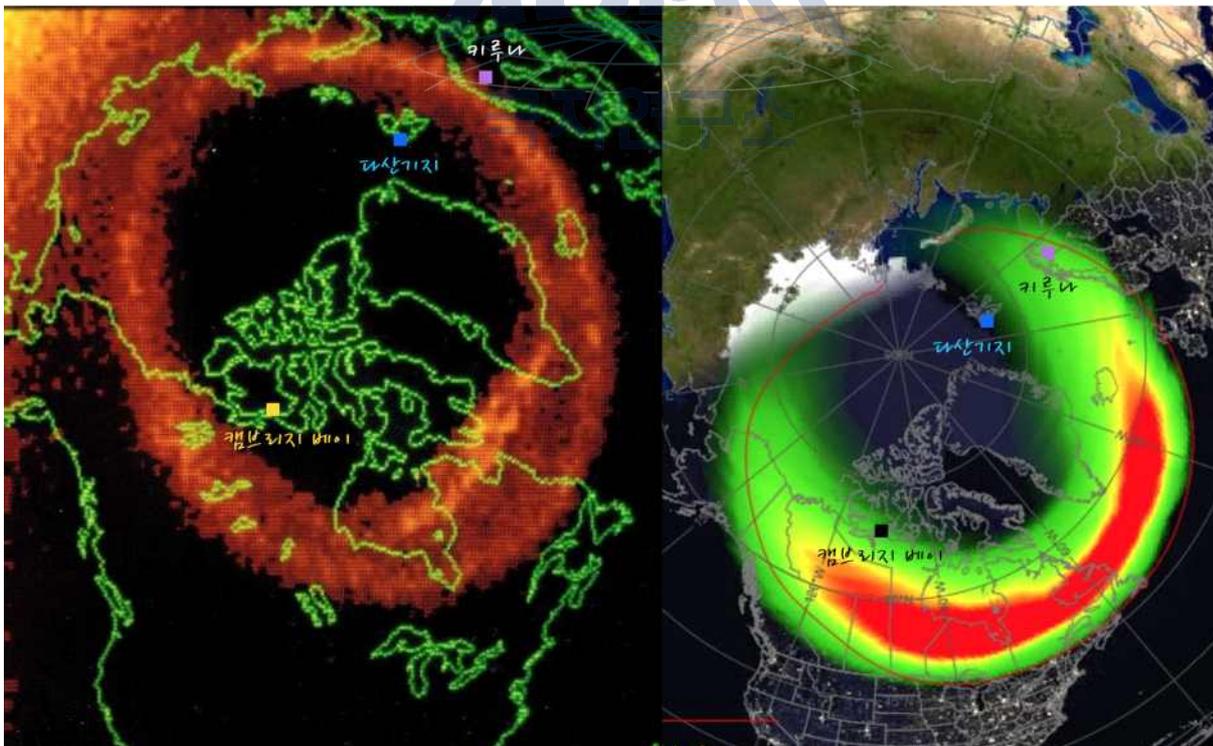


Fig. 8 Dasan Station ($78^{\circ} 55' N$, $11^{\circ} 56' E$) and Kiruna, Sweden ($67^{\circ} 51' N$, $20^{\circ} 13' E$) are located in the polar cap and auroral regions, respectively.

1. 극지연구소에서의 극지 우주환경 및 고층대기 연구

- 가. 현재까지 극지연구소에서는 남극 세종과학기지에서 충남대학교 우주과학 연구팀과 공동으로 대기광 분광계, 전천카메라, 유성레이더의 운영을 통해 고층대기 중간권 및 열권하부를 지속적으로 수행해 왔음.
- 나. 북극에서는 다산기지와 스웨덴 키루나에 설치되어 운영되고 있는 적외선 간섭계를 통해 중간권/열권 하부 온도 관측을 수행 중이며, 최근에는 GPS TEC/Scintillation 모니터, 열권 및 전리권 관측을 위한 페브리-페로 간섭계, 양성자 오로라 관측용 전천카메라를 설치하였음. 또한 한국천문연구원과 함께 유럽 전리권 레이더 관측 네트워크에 가입하여 북극 전리권 관측을 수행하고 있음.
- 다. 2014년 2월에 개소한 남극 장보고과학기지는 종합적인 극지 우주환경/고층대기 관측 인프라 구축을 목표로 한국천문연구원, 충남대학교, 경희대학교, 미국 NCAR, CIRES/University of Colorado, NJIT, Johns Hopkins Univ. APL 등 국내외 기관과 공동으로 열권 바람 관측을 위한 페브리-페로 간섭계, 전리권 관측용 레이더인 VIPIR, GPS TEC/Scintillation 모니터, 오로라 및 대기광 관측용 전천카메라, 자력계, 우주선/중성자 모니터를 설치하여 운영을 시작했음.
- 라. 남북극 기지에서의 안정적인 관측인프라 운영을 통해 확보된 관측자료를 통해서 국제적인 극지 우주환경 관측 네트워크에 참여하여 공동연구 추진 예정임.

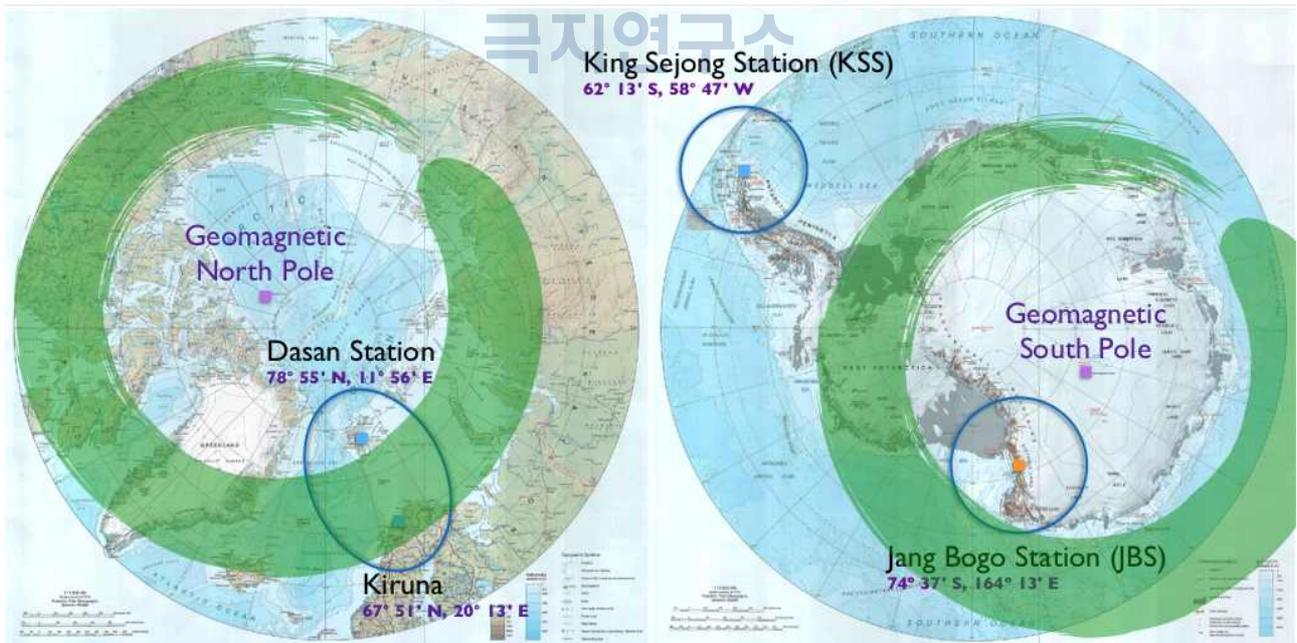


Fig. 9 Korean Arctic and Antarctic stations. Dasan and Jang Bogo Station are located in the polar cap while Kiruna and King Sejong Station are located in the auroral and sub-auroral regions, respectively.

2. 극지연구소 남북극 극지 인프라 현황

극지연구소에서는 현재 남극 반도 끝단 킹조지섬에서 1988년부터 운영을 시작한 세종과학기지(62° 13'S, 58° 47'W)와 동남극 북빅토리아랜드 테라노바 만 연안에서 2014년부터 운영을 시작한 장보고과학기지(74° 37.4'S, 164° 13.7'E)가 있으며, 북극에는 노르웨이 스팔바드 군도의 스피츠 베르겐 섬의 니알스네 2002년부터 다산기지(78° 55' N, 11° 56'E)를 운영하고 있다. 북극이 경우 극지연구소 우주과학연구팀에서는 극관 지역인 다산기지에 오로라대에 위치한 스웨덴 키루나 에스레인지 기지에 추가적인 관측기지를 운영하고 있다(67° 51' N, 20° 13'E).

가. 남극 세종과학기지



Fig. 10 King Sejong Station was opened in 1988 at the tip of the Antarctic peninsula (62° 13' S, 58° 47' W).

극지연구소에서는 1990년 초에 처음으로 극지 고층대기 관측을 시작했는데(당시는 한국해양연구원 산하 극지연구본부), 이때 주요 관측영역은 고층대기 중간권과 중간권 권계면이었다. 처음 설치된 관측기기는 고층대기 바람을 측정할 수 있는 페브리-페로 간섭계(Fabry-Perot Interferometer)였는데, 이 장비는 일종의 시험적인 성격의 운영이었고, 본격적인 고층대기 관측은 1999년 남극세종과학기지에 적외선 간섭계(Michelson interferometer: FTS)를 설치하면서 부터라고 할 수 있다. 이 관측기기는 동계기간 동안 야간에만 운영되는 장비로서 약 87km 고도의 고층대기에서 발생하는 OH 분자의 대기광을 관측하여 그 주변 온도를 측정할 수 있는 장비이다. 그러나 FTS는 2001년 북극에 다산과학기지를 개설하면서 북극으로 이전 설치되었고, 이를 대체하기 위해 2002년 캐나다 York University와 함께 대기광 분광계(Spectral Airglow Temperature Imager: SATI)를 새롭게 설치했다. 이 관측기기는 적외선 간섭계와 유사하게 대기광을 관측하여 고층대기 온도를 측정할 수 있는데, OH 대기광뿐만 아니라 산소분

자의 대기광도 함께 관측할 수 있다(Won et al., 1999; Chung et al., 2000; Won et al., 2001; Won et al., 2001; Chung et al., 2006).



Fig. 11 Spectral Airglow Temperature Imager (SATI) at KSS. It measures airglow emissions occurring at the upper atmosphere to observe the temperature in the region.

그러나 적외선 간섭계나 SATI의 경우 동계기간 동안 맑은 날 야간에만 관측이 가능하여 고층대기 온도를 지속적으로 모니터링하기에는 한계가 있다. 이러한 점을 보완하고 고층대기 바람까지 관측을 확대하기 위해 2007년에는 충남대학교 천문우주학과 우주과학실험실과 공동으로 유성레이더(Meteor Radar: MR)라는 관측기기를 세종과학기지에 설치하였다. 이 레이더는 우주에서 지구 대기로 들어오는 유성 중에 약 70~110km 고도의 고층대기에서 주변 대기 입자들과의 충돌에 의한 마찰로 타서 없어지는 아주 작은 크기의 유성을 관측한다. 이 유성들이 타서 없어질 때 유성흔이라고 하는 플라즈마 가스가 길게 형성되는데, 유성레이더는 전자기파를 이용하여 바로 이 유성흔에 반사되어 돌아오는 전자 신호를 분석해서 주변 대기의 바람과 온도를 관측할 수 있게 해준다. 이 관측기기는 광학관측기기와 달리 하루 24시간, 1년 365일, 날씨 조건에 상관없이 지속적인 관측이 가능할 뿐만 아니라, 고층대기 온도 외에도 중성대기 바람의 관측이 가능하다(Kim et al., 2010; Kim et al., 2012; Kim et al., 2013; Lee et al., 2013; Lee et al., 2016).



Fig. 12 Meteor Radar at KSS utilizes an electromagnetic wave to observe meteor echoes in order to measure the neutral winds and temperature.

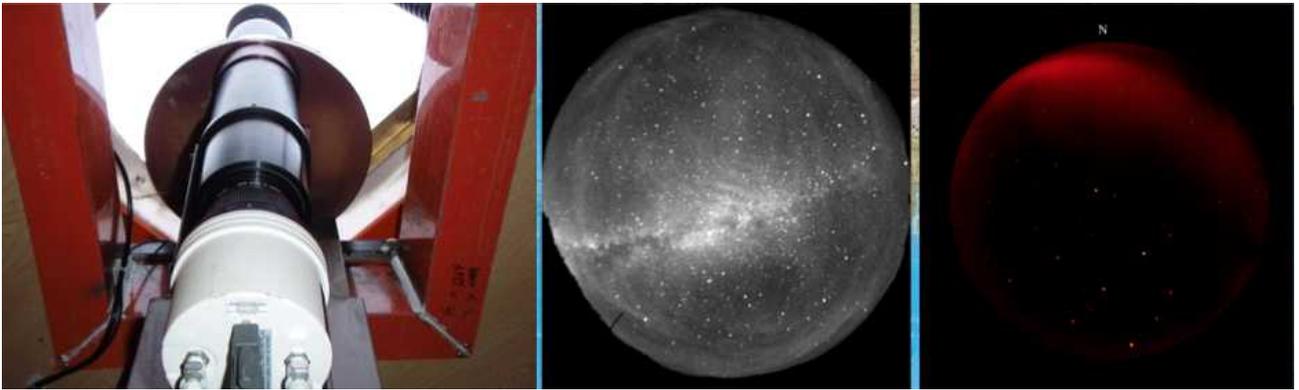


Fig. 13 All Sky Camera(ASC) at King Sejong Station, Antarctica. It measures airglow emissions to observe the gravity waves in the upper atmosphere.



Fig. 14 All sky cameras to observe airglow emissions (top) and proton aurora (bottom) at Jang Bogo Station, Antarctica. The proton auroral ASC is also operated in Svalbard, Norway.

또한 2000년에는 전천카메라(All Sky Camera: ASC) 시스템을 도입하여 경북 보현산 천문대에 설치 후 2006년까지 운영하였고, 2008년 세종과학기지로 이전하여 장비 노후화로 운영이 중단된 2011년까지 지속적으로 운영하였으며, 2012년 초에는 이 노후장비를 대체하기 위해 신

규 전천카메라가 도입되어 현재까지 세종과학기지 상공 고층대기의 대기중력과 연구에 활용되고 있다. 전천카메라 시스템은 세 가지 필터를 이용하여 87km, 92km, 250km 고도에서 발생하는 대기광을 관측하고 있는데, 세종기지 주변은 그 지역적 특성상 대기 중력과의 발생률이 매우 큰 지역으로 알려져 있어 전천 카메라 관측을 통한 대기 중력과 연구의 최적지라고 볼 수 있다(Kam et al., *submitted*). 남극 세종과학기지에서는 대기광 분광계(SATI), 전천카메라(ASC), 유성레이더(MR) 등의 관측을 통해 고층대기 중간권 및 열권 하부에서의 다양한 물리적 현상에 대한 연구를 수행하고 있다(Chung et al., 2011; Jee et al., 2014).

나. 남극 장보고과학기지

남극 세종과학기지에서의 고층대기 연구는 주로 중간권과 열권하부에 해당되는 영역의 연구에 집중되어 있다. 특히 남극 세종과학기지가 있는 남극 반도 끝단은 지자기 위도가 상대적으로 낮은 편에 있기 때문에 오로라와 같은 극지 고층대기의 특성이 잘 나타나지 않는다. 극지연구소에서는 남극대륙으로 극지 연구 영역의 확장을 위해 남극에서 두 번째 과학기지인 장보고과학기지를 2014년에 준공하여 운영해 오고 있다. 장보고과학기지는 남극에서 세종과학기지와는 거의 반대편에 위치해 있고, 지자기 위도 상 위치가 오로라 대 안쪽에 있어 오로라와 같은 극지 고층대기의 특성이 잘 나타나는 지역이다(Fig. 9).



Fig. 15 Fabry-Perot Interferometer installed at Jang Bogo Station, Antarctica in March 2014 to observe the neutral winds and temperature in the polar upper atmosphere.

장보고과학기지에서의 관측은 극지 고층대기는 물론 우주환경에 대한 관측까지 확대되어 수행될 예정이다. 우선 첫 번째로 시작된 관측은 2014년 봄 장보고기지의 준공과 함께 시작된 페브리-페로 간섭계에 의한 열권 바람 및 온도의 관측이다. 미국 국립대기연구소(NCAR)와 공동으로 설치된 페브리-페로 간섭계(Fabry-Perot Interferometer: FPI)는 중간권에서 열권에 이르는 고층대기 영역에서 대기광 관측을 통해 중성대기 바람을 측정할 수 있는 거의 유일한 관측기기이다.

두 번째 관측기기는 전리권에서의 전자(또는 이온) 밀도와 이온 바람을 동시에 모니터링하기 위한 레이더 시스템이다. 이 전리권 레이더(Vertical Incidence Pulsed Ionospheric Radar: VIPIR)는 2015년에 미국 콜로라도 대학과 공동으로 설치 운영되고 있으며, 극관 및 오로라 대의 전리권 전자밀도 분포의 특성 연구에 활용될 예정이며, FPI 관측과 함께 극지 고층대기 열

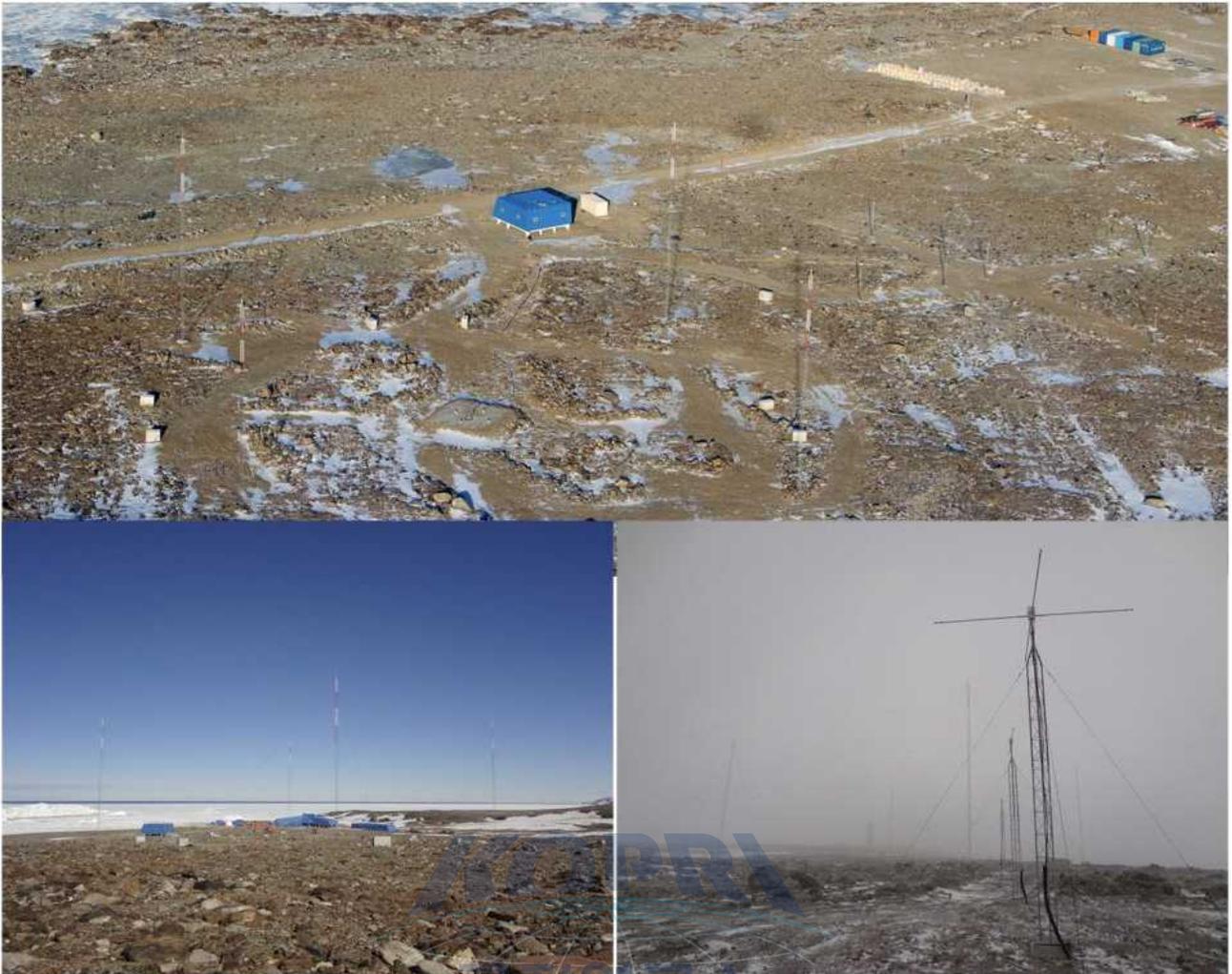


Fig. 16 Vertical Incidence Pulsed Ionospheric Radar (VIPIR) installed at Jang Bogo Station, Antarctic in Feb. 2015 to monitor the polar ionosphere.

권-전리권 상호작용 연구에도 활용될 예정이다. 남극에서는 처음 운영되는 관측장비로서 남극 지역 극관 및 오로라대 극지 전리권 연구에 중요한 자료를 제공해줄 것으로 기대되고 있다. 또한 2016년에는 미국 존스홉킨스 응용물리연구소(JHU/APL)와 한국천문연구원과 공동으로 양성자 오로라 관측용 전천카메라, 대기광 관측용 전천카메라, GPS TEC/Scintillation 모니터를 장보고기지에 설치하였으며, 이 관측은 전리권 레이더 관측과 함께 오로라와 전리권 변화와의 상관관계에 활용할 예정이다.

경희대학교 우주탐사학과와 공동으로 자력계(Search Coil Magnetomere)를 설치하였으며, 자기권과 극지 전리권과의 상관관계 연구에도 활용할 예정이다. 마지막으로 미국 델라웨어 대학이 미국 맥머도 기지에서 운영하던 중성자 모니터를 전남대학교와 함께 장보고기지로 이전 설치하여 우주에서 지구 고층대기로 유입되는 고에너지 입자를 모니터링할 예정이다. 따라서 장보고과학기지에서는 극지 고층대기뿐만 아니라 우주환경 관측이 동시에 수행되어 우주환경과 지구 고층대기에 발생하는 다양한 물리적 현상 연구를 통해 궁극적으로 우주기상예측연구에 활용될 수 있는 기반정보 확보에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

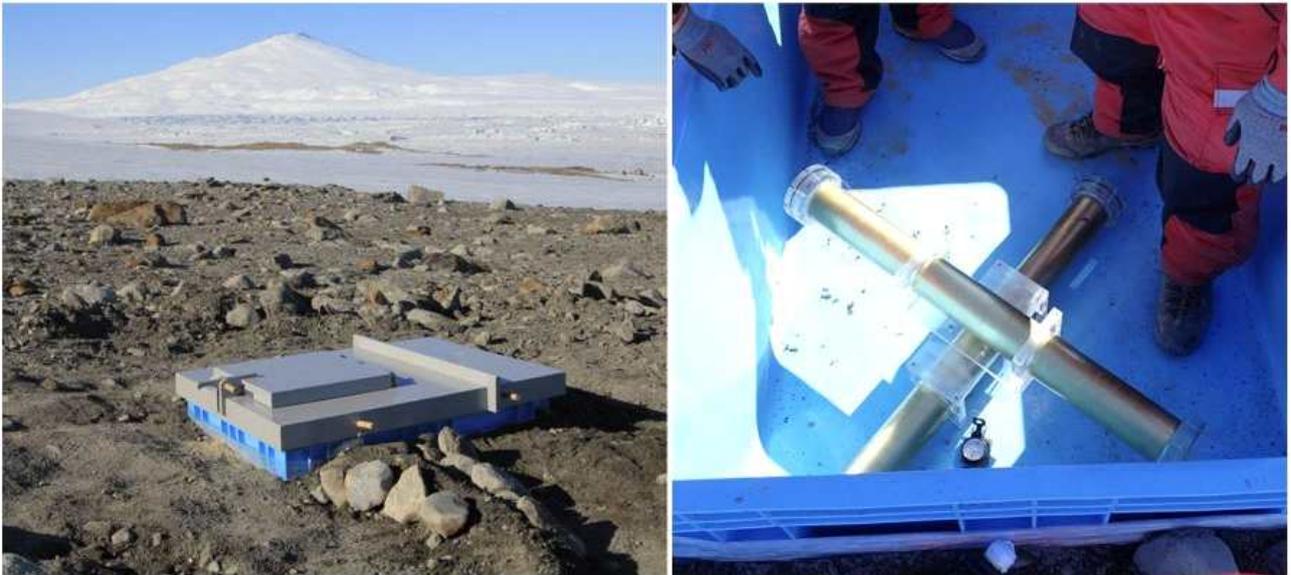


Fig. 17 Search Coil Magnetometer installed at Jang Bogo Station, Antarctica in Feb. 2016 to observe the Earth's magnetic field in the polar region.



Fig. 18 Neutron monitor has been installed at Jang Bogo Station, Antarctica in the 2015-2016 summer season and it will be completed in the 2017-2018 summer season.

다. 북극 다산과학기지

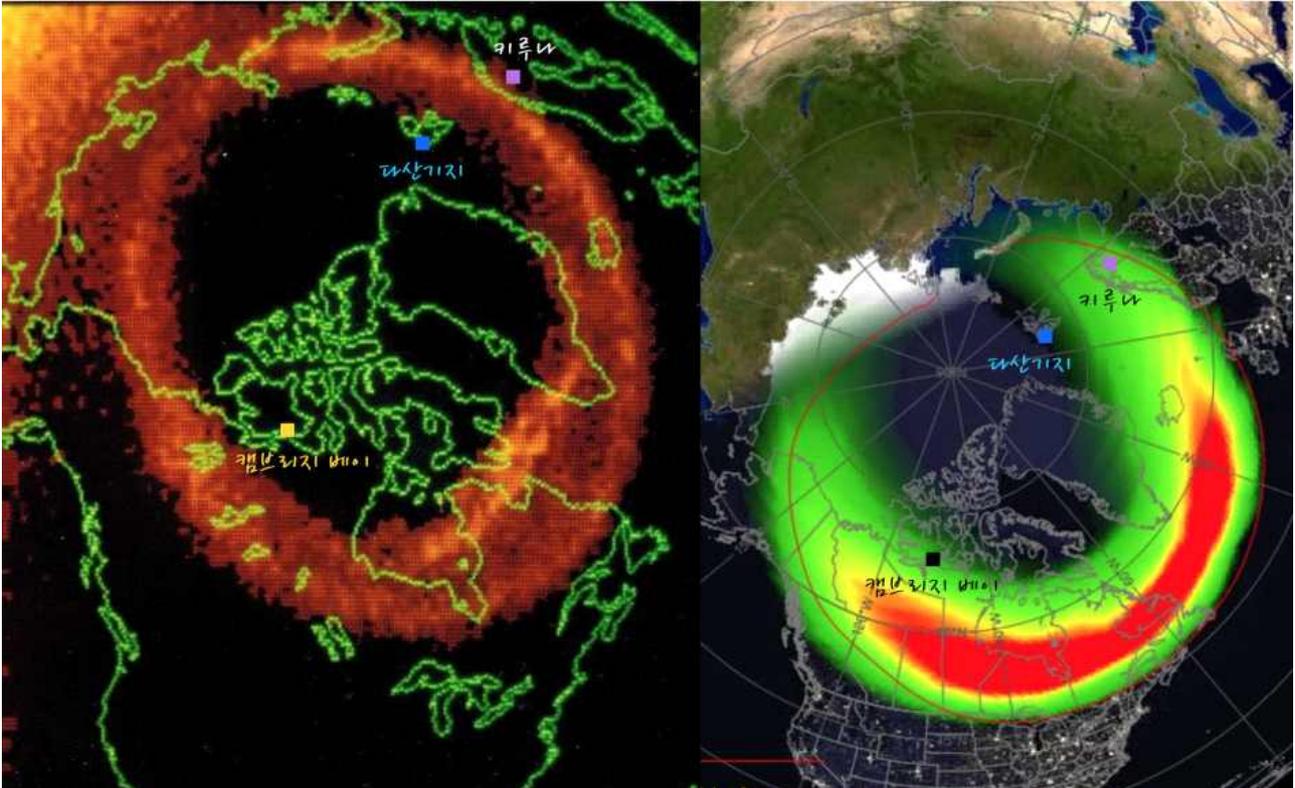


Fig. 19 Dasan Station ($78^{\circ} 55' N$, $11^{\circ} 56' E$) and Kiruna, Sweden ($67^{\circ} 51' N$, $20^{\circ} 13' E$) are located in the polar cap and auroral regions, respectively.

북극에서의 고층대기 관측은 남극에 비해서 상대적으로 미미한 수준에 머물러 왔다. 2001년부터 북극지역에서도 고층대기 관측을 시작했는데, 세종기지에서 운영되었던 것과 동일한 적외선 간섭계를 스웨덴 키루나에 설치하여 운영을 시작했고, 2002년 북극 노르웨이 스팔바드 지역에 다산기지를 설립하면서 세종기지의 적외선 간섭계를 다산기지로 이전하여 운영을 시작했다. 이 관측기기는 두 북극 지역에서 현재까지도 정상적으로 운영되고 있으며, 북극 고층대기 중간권 및 열권하부 지역 연구에 활용되고 있다(Won et al., 2003). 그러나 우리나라가 2013년 북극 이사회 정식 옵서버 자격을 획득함에 따라 북극연구 활성화 정책이 추진되었고, 이를 계기로 북극 우주환경 및 고층대기 연구에서도 남극지역과 비슷한 수준으로의 연구기반 확보를 추진하고 있다. 우선 다산과학기지에서는 고층대기 열권 바람과 전리권 이온 바람을 동시에 관측하기 위한 페브리-페로 간섭계를 2015년 가을에 설치했으며, 2016년 가을에는 스웨덴 키루나에 동일한 장비를 설치하여 극관 지역과 오로라대에서 열권-전리권의 동시 관측을 시작했다. 이 관측은 북극 극지 고층대기 전리권-열권의 역학적 상호작용 연구에 활용될 예정이다. 2016년 말에는 미국 JHU/APL과 공동으로 장보고기지 양성자 오로라 관측용 전천 카메라와 동일한 장비를 북극 스팔바드 룽이어빈 KHO 광학관측소에 설치했다. 이 관측은 장보고기지에서의 우주환경 관측과 함께 남북극 극관지역 오로라 및 우주환경-고층대기 상호작용 연구에 활용될 예정이다. 또한 유럽연합 중심의 대형 전리권 레이더 프로젝트인 EISCAT 관측에 한국천문연구원과 함께 참여하여 2016년 말에 극지 전리권 관측을 수행했다.



Fig. 20 The Dasan Station is situated at Ny-Alesund ($78^{\circ} 55' N$, $11^{\circ} 56' E$), on the high Arctic island of Spitsbergen, part of the Svalbard Archipelago.



Fig. 21 Fabry-Perot Interferometer (FPI) installed at Dasan Station, Svalbard, Norway in Oct. 2015 for the simultaneous observations for the neutral winds and ion drift in the polar cap region.



Fig. 22 Fabry-Perot Interferometer (FPI) installed at ESRANGE, Kiruna, Sweden in Oct. 2016 for the simultaneous observations for the neutral winds and ion drift in the auroral region.



Fig. 23 All Sky Camera installed at KHO, Svalbard, Norway to observe proton aurora near the polar cusp region.

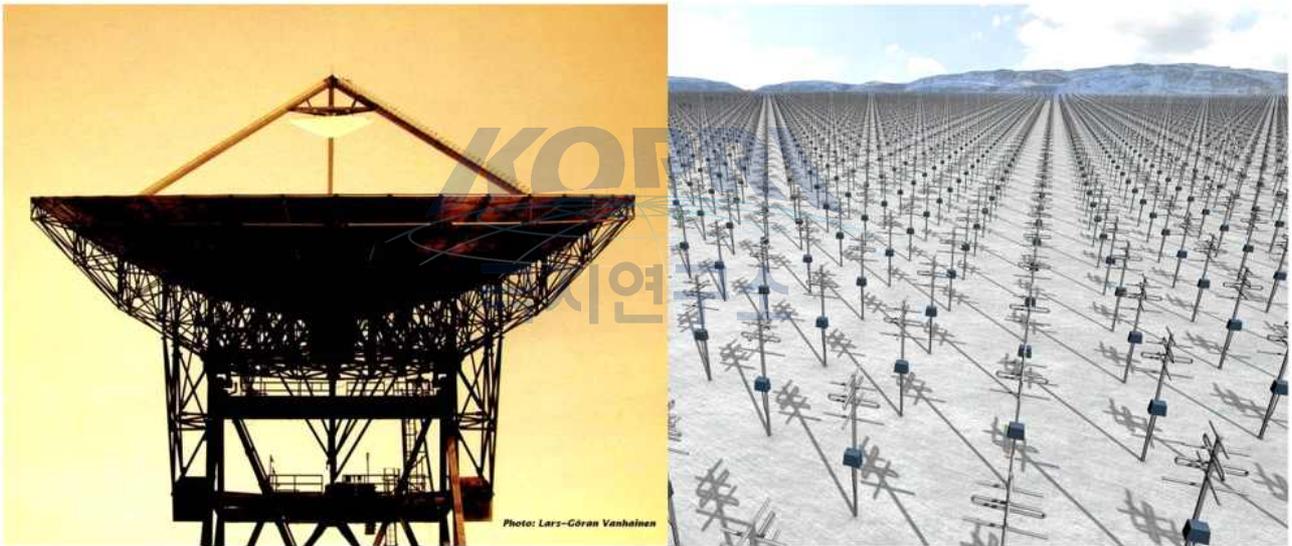


Fig 24 EISCAT radar for the observation of the polar ionosphere. The current radar (left) will be replaced with the next generation EISCAT-3D radar system (right).

3. 극지고층대기 전리권과 열권 연구

본 사업은 극지고층대기에 영향을 미치는 외부우주환경과 저층대기와의 상호작용 및 그 상호작용에 의한 극지고층대기 변화의 이해를 목적으로 한다.

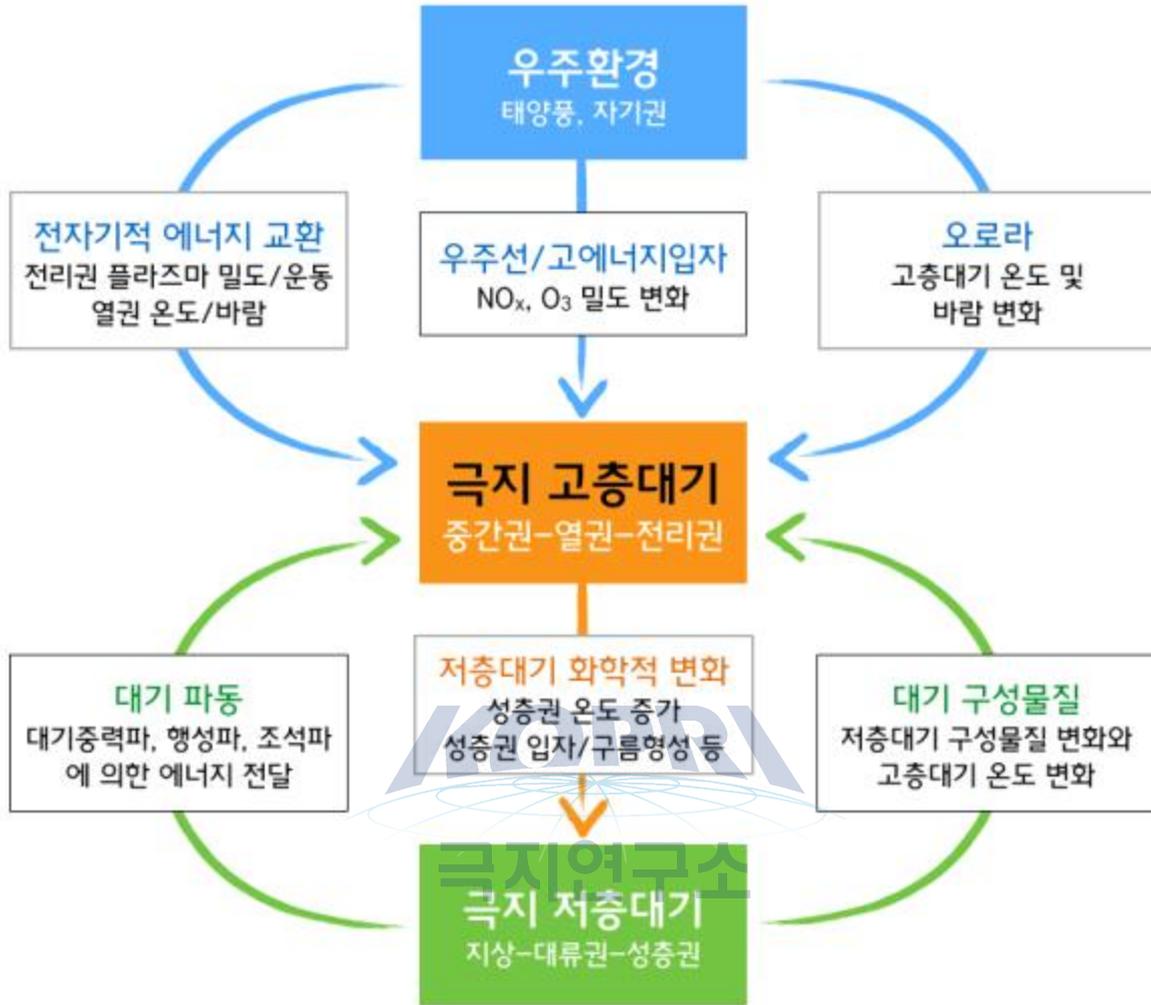


Fig. 25 Schematic diagram of the couplings of the upper atmosphere with the lower atmosphere and the space environment.

고층대기 전리권(Ionosphere)은 열권(Thermosphere)내의 산소원자가 태양 극자외선에 의해 이온화되어 형성되는 영역으로 열권과 거의 같은 고도를 공유한다. 또한 전리권 내 플라즈마 밀도(또는 전자밀도)의 크기는 열권 중성대기 밀도의 약 0.1% 미만으로 열권의 구성물질 분포나 바람에 의해 큰 영향을 받는 반면에, 고층대기 중 플라즈마는 그 물리적 특성상 지구 자기장에 의해 그 운동이 제한되기 때문에 중성대기의 운동이나 순환에 큰 영향을 미칠 수 있다. 따라서 전리권 내 플라즈마 밀도 분포의 연구와 열권의 물리적 특성 연구를 위해서는 전리권-열권을 하나의 시스템으로 다뤄야할 필요가 있다. 특히 극지에서는 태양-자기권에서 유입되는 에너지를 전리권에서 흡수하여 이온-중성입자 상호작용에 의해 열권에 전달하며, 전 지구적인 영향을 미치게 된다.

극지 전리권은 자극을 중심으로 크게 세 영역으로 구분될 수 있다. 우선 지구 자기장이 외부 우주로 완전히 열려있는 극관(polar cap)지역과 자기장의 자기력선이 자기권 꼬리쪽과 연결되어 있어, 여기서 축적된 에너지에 의한 고에너지 입자들이 자기력선을 따라 고층대기로 유

입되어 오로라를 발생시키는 오로라대(auroral oval), 그리고 이 오로라대 바깥쪽인 영역(sub-auroral region)이 있다. 이 세 영역은 태양-자기권에서 유입되는 에너지에 의해 매우 다른 물리적 특성을 보여준다. 이 영역들에 대한 정확한 특성을 이해하기 위해서는 각 영역에서의 플라즈마 밀도, 온도, 이온 운동 등에 대한 지속적인 관측과 함께, 주변 고층대기에서의 온도 및 바람의 모니터링이 필수적이다. 이를 위해 전리권 밀도 및 이온 운동 관측을 위한 전리권 레이더(남극 장보고기지의 VIPIR, 북극 스발바드 지역의 EISCAT)와 열권 온도 및 바람 관측을 위한 페브리-페로 간섭계(남극 장보고기지, 북극 다산기지)의 운영을 통해 관측자료를 확보하고 있다.

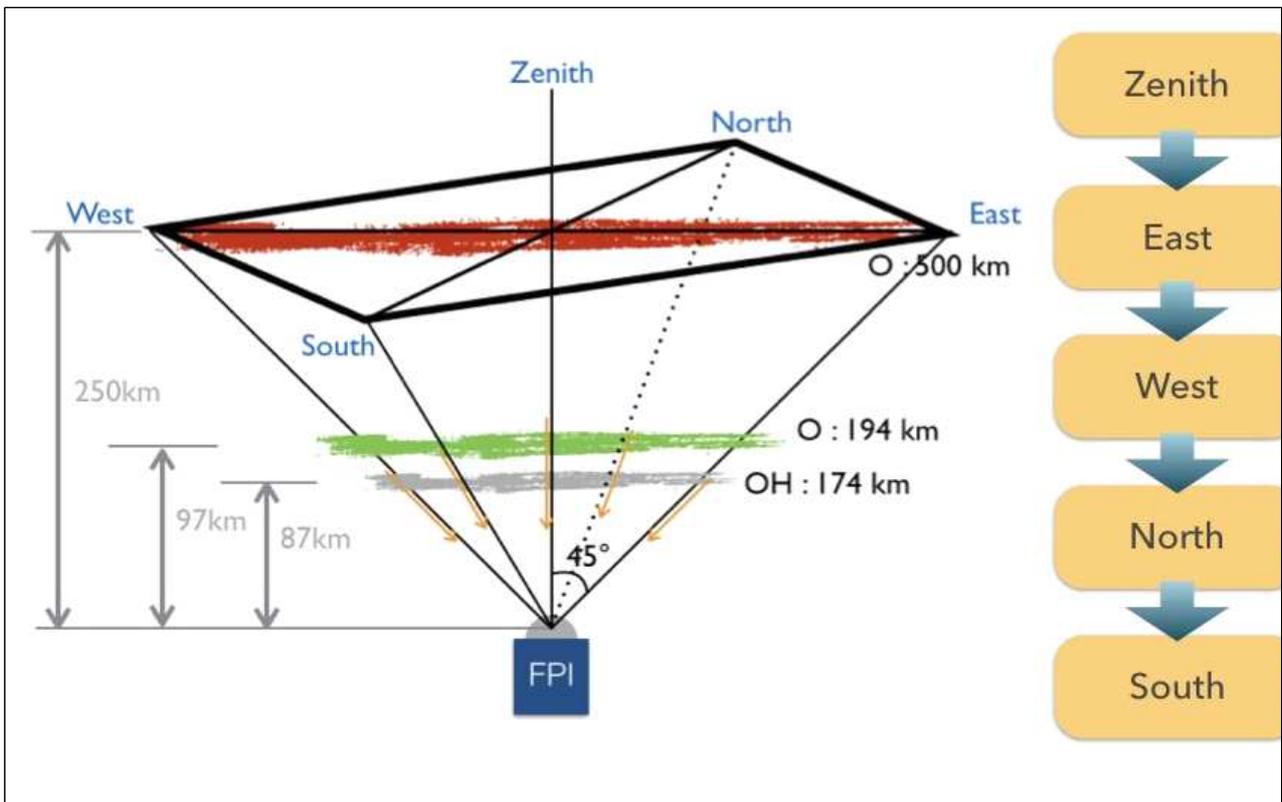
가. 극지 열권 관측용 페브리-페로 간섭계 (Fabry-Perot Interferometer: FPI)

○ 남극 장보고과학기지에서는 미국 국립대기연구소(NCAR/HAO)와 공동으로 극지 열권 바람 및 온도 관측을 위해 2014년 3월에 설치하여 운영 중이며, 세 가지 다른 파장대의 필터를 통해서 87, 97, 250 km 고도에서의 온도와 바람을 관측하고 있다.

○ 페브리-페로 간섭계에서 관측된 열권 바람은 고도별로 다른 패턴을 보여주는데, 이는 각 고도별로 열권 바람을 결정하는 물리적 특성이 다르다는 것을 보여주고 있으며, 자기폭풍 발생 시에도 각 고도별로 열권 바람의 변화가 다른 것을 알 수 있다.

○ 미국 NCAR/HAO에서 남극 팔머기지에서 운영 중이던 FPI 시스템을 2017년 2월에 세종기지로 옮겨 설치하여 운영할 예정이다. 세종기지에서 운영 중인 유성레이더 중성대기 바람 관측과 공동 활용하면 중성대기 70~250km 고도의 중성대기 연구에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

○ 북극에서는 2015년, 2016년 각각 다산기지와 키루나에 열권과 전리권을 동시에 관측할 수 있는 FPI를 설치했다. 남극 FPI와는 달리 두 종류의 필터를 이용하여 250km 고도에서의 중성대기와 200~400km 고도의 전리권 관측이 가능하다. 장보고기지 FPI 관측자료와 공동 분석을 통해 남북극 열권 비교 연구가 가능하고, 캐나다 리졸롯 베이와 유레카에서 미국 NCAR가 운영 중인 FPI 관측과 공동 활용이 가능하다.



Emission Wavelength (Å)	Integration time (min)	Wind error (ms ⁻¹)	Altitude (km)
OH (8920)	3 ³	6 ⁶	87
O (5577)	3	1	97
O (6300)	5	2-6	250

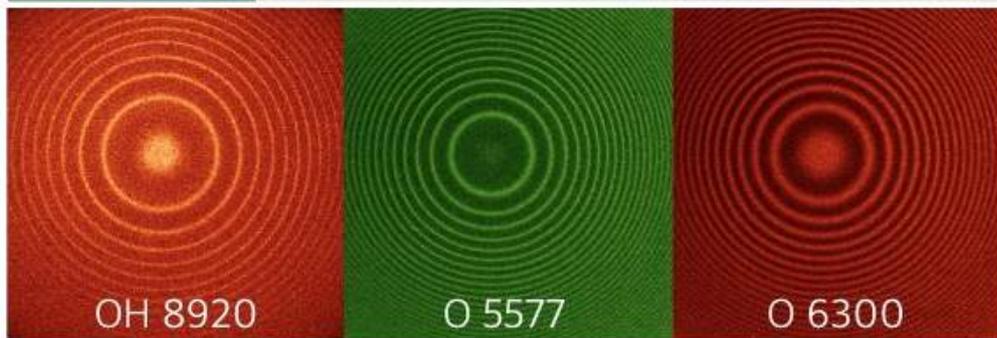


Fig. 26 Fabry-Perot Interferometer observations with three different filters (OH 892nm, O 557.7 nm, O 630nm) at Jang Bogo Station, Antarctica

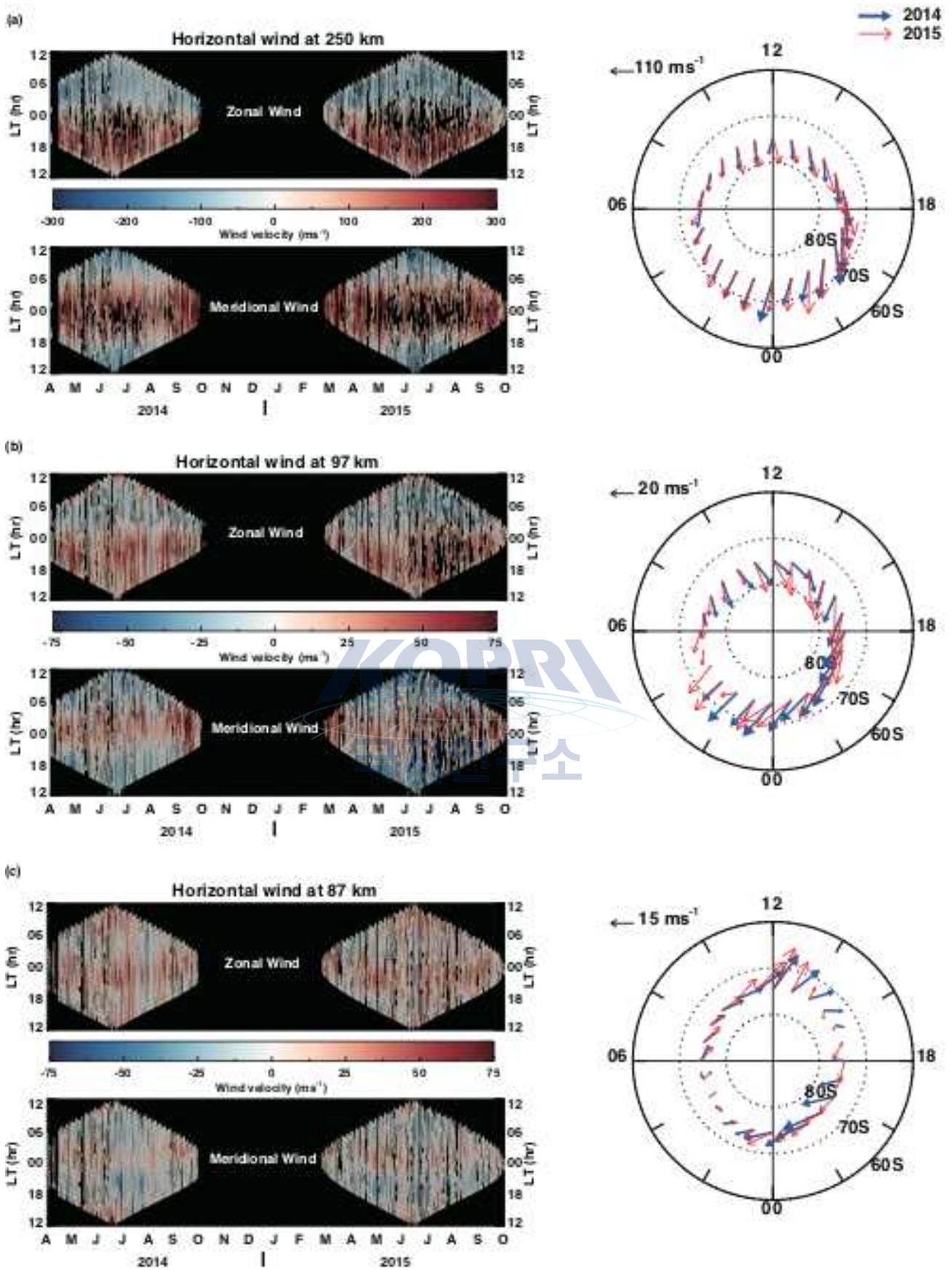


Fig. 27 Neutral winds observed at 87km, 97km, and 250km altitudes by Fabry-Perrot Interferometer at Jang-Bogo Station, Antarctica. These data show the seasonal variations of the neutral winds at three different altitude regions.

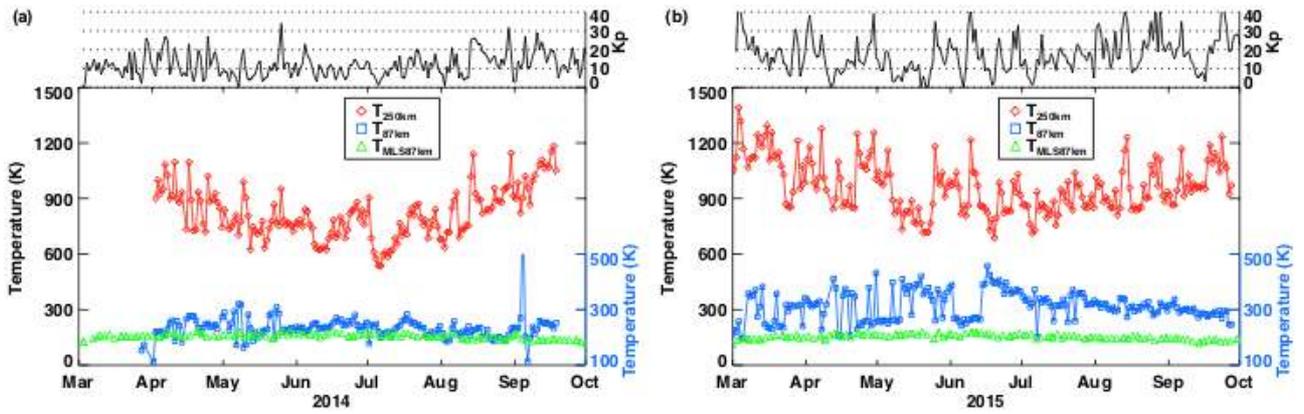


Fig. 28 Annual variations of the neutral temperature in 2014 (left) and 2015 (right) observed from FPI at Jang Bogo Station, Antarctica.

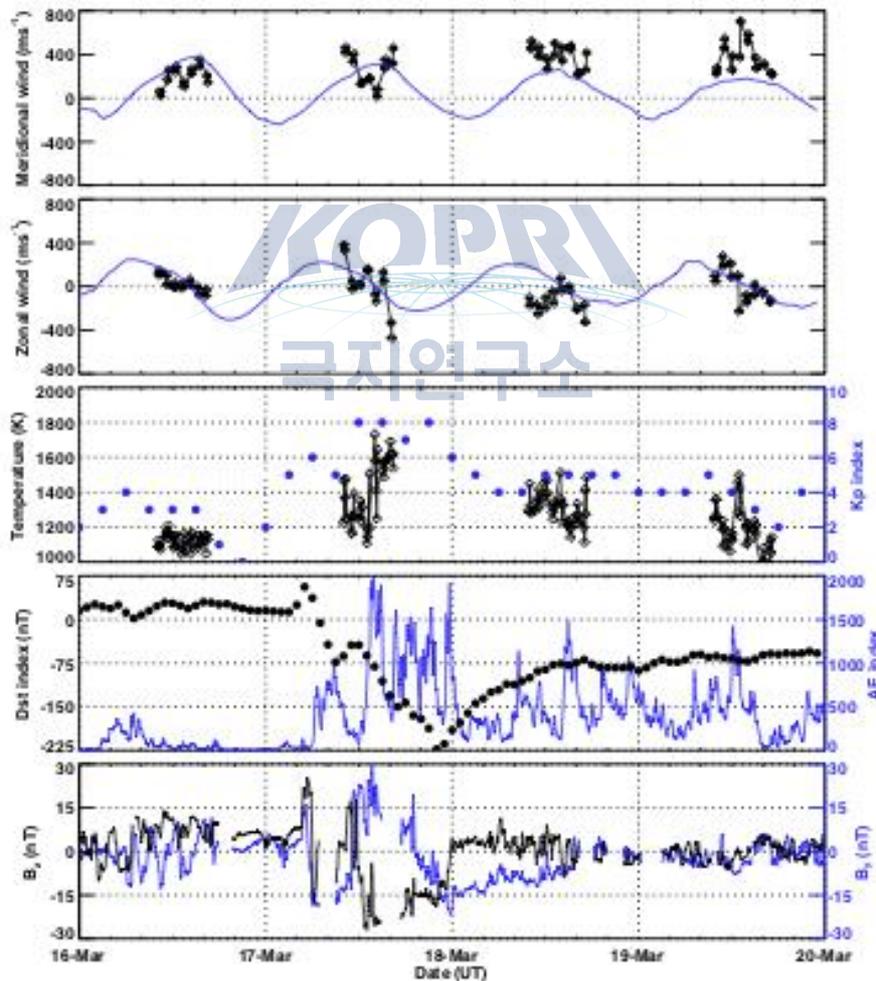


Fig. 29 Neutral winds and temperature during strong geomagnetic storm in March 2015.

processed automatically

Jang Bogo
DYNASONDE IONOGRAM

Vertical Incidence Pulsed Ionospheric Radar JB57N
2016-03-16 (DoY 76) 00:08:32 UT

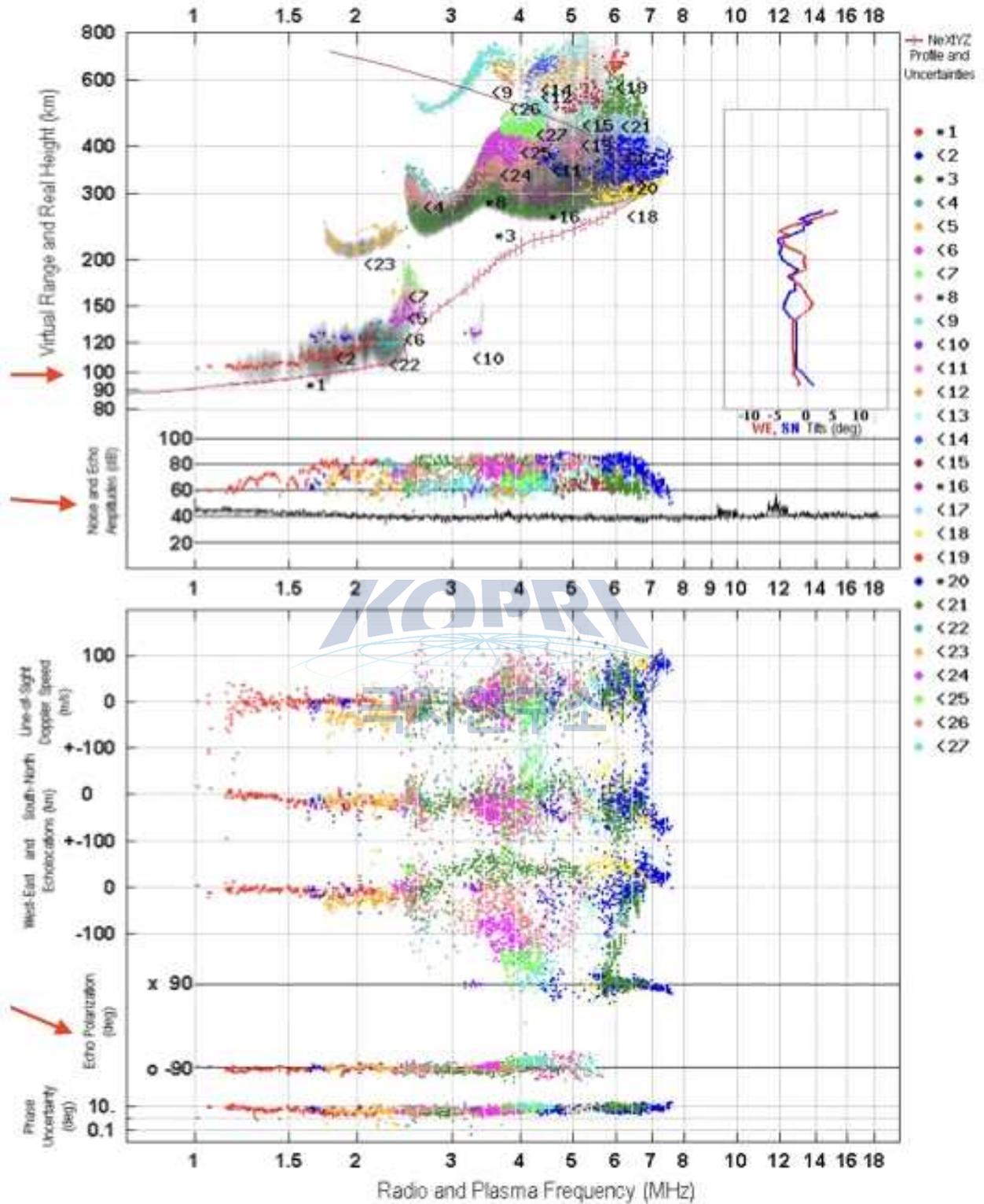


Fig. 31 Ionogram observed by VIPIR at Jang-Bogo Station, Antarctica. It includes electron density profile, ion drift, tilt of the ionization etc.

○ 장보고기지에 설치한 전리권 레이다는 4개의 송신타워와 7개 수신안테나의 8-channel 시스템을 적용한 가장 최신 버전의 ionosonde이며, 기존의 분석 프로그램과는 근본적으로 다른 dynasonde 분석프로그램을 이용하여, 2분의 시간분해능으로 전리권 전자밀도, 이온 속도, 전자 밀도 기울기(ionospheric tilt) 등을 관측한다.

○ 각 echo의 신호를 분석하는 dynasonde 소프트웨어와 높은 시간분해능을 장점으로 하는 VIPIR는 전리권에서 나타나는 wave activity 연구에 매우 효율적이며, 동시 관측하고 있는 페브리-페로 간섭계의 중성 바람 자료와 함께 남반구 고위도에서의 전리권-열권 상호작용 연구에도 활용하고 있다.

○ 향후, 장보고기지에서 획득하는 중성대기 바람 및 온도 자료, 그리고 전리권 레이다로 관측하는 전리권 물리량(전자밀도, 이온속도, ionospheric tilt)과 함께 GPS TEC scintillation monitor 및 위성 관측 자료를 활용하여, 고위도 전리권에서 나타나는 태양활동에 의한 전리권 변화, 저층대기에 의한 파동 현상 연구를 수행할 예정이다.

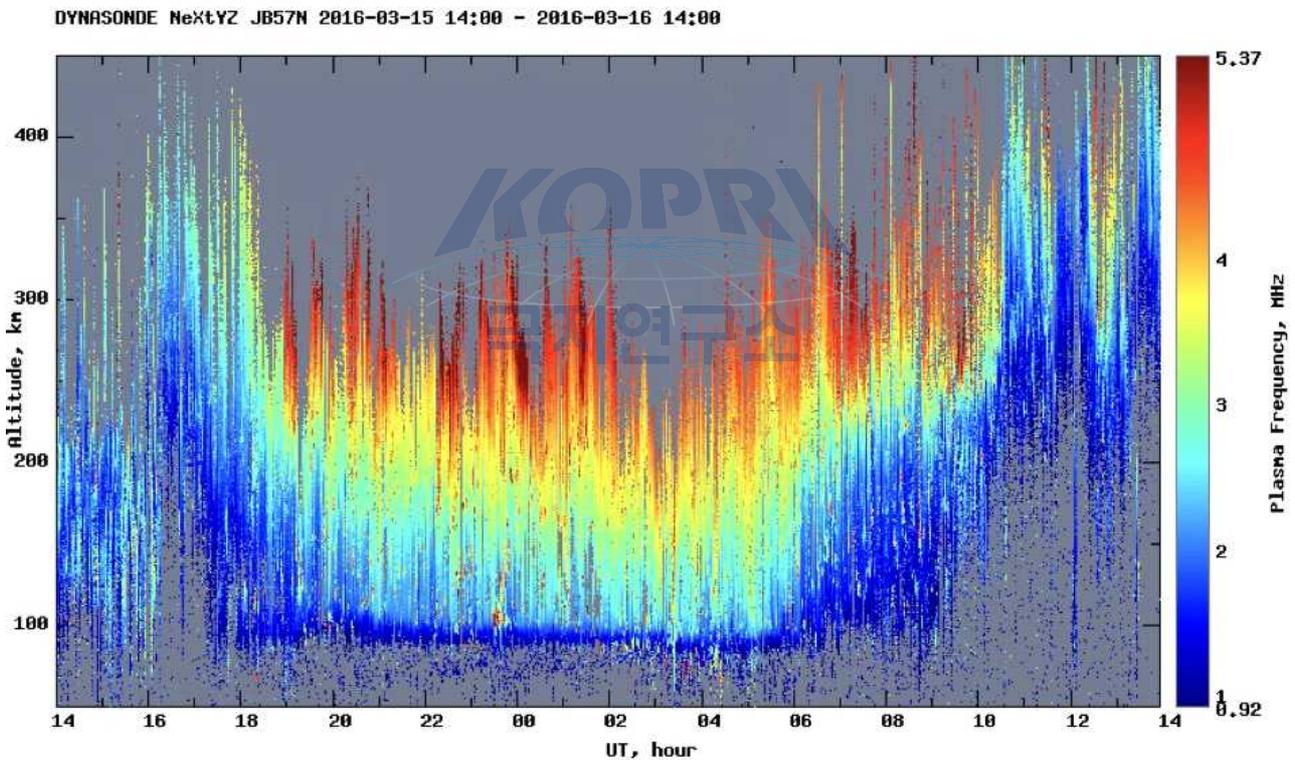


Fig. 32 Plasma frequency observed by VIPIR at Jang-Bogo Station, Antarctica. It produces corresponding electron densities.

DYNASONDE NeXtYZ JB57N 2016-03-15 14:00 - 2016-03-16 14:00

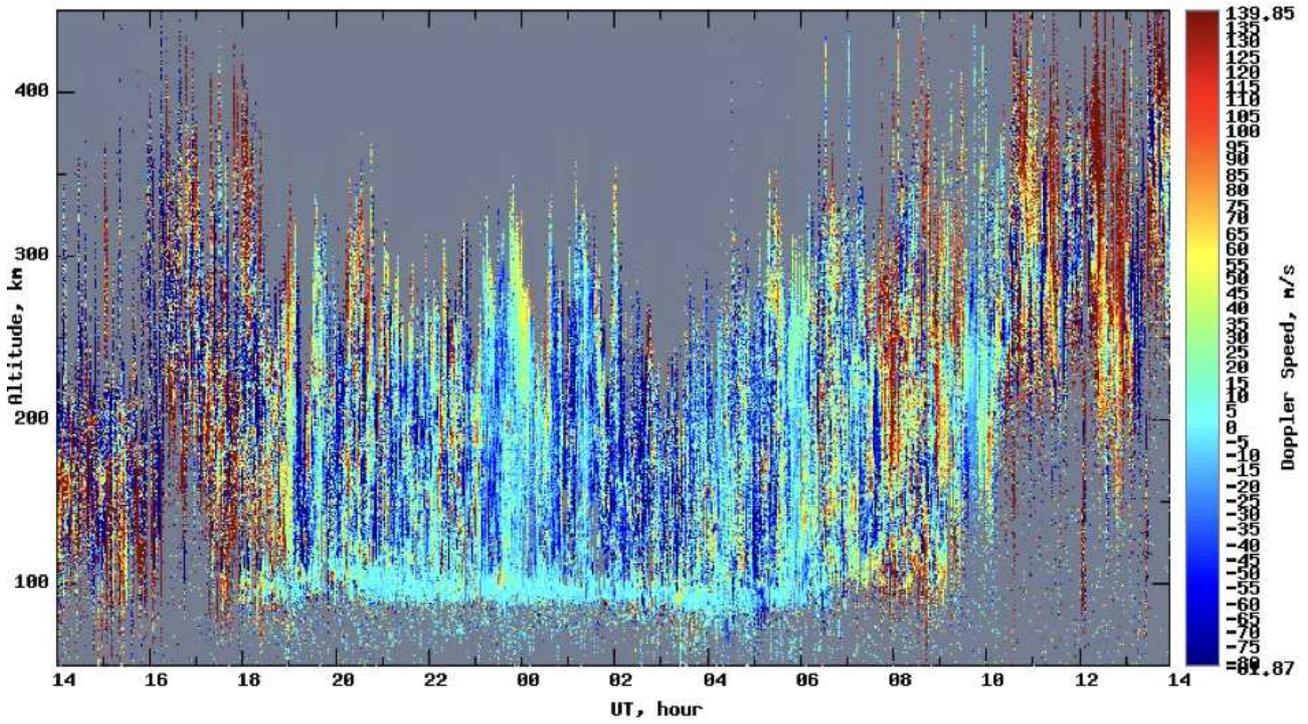


Fig. 33 Ion drifts observed by VIPIR at Jang-Bogo Station, Antarctica.

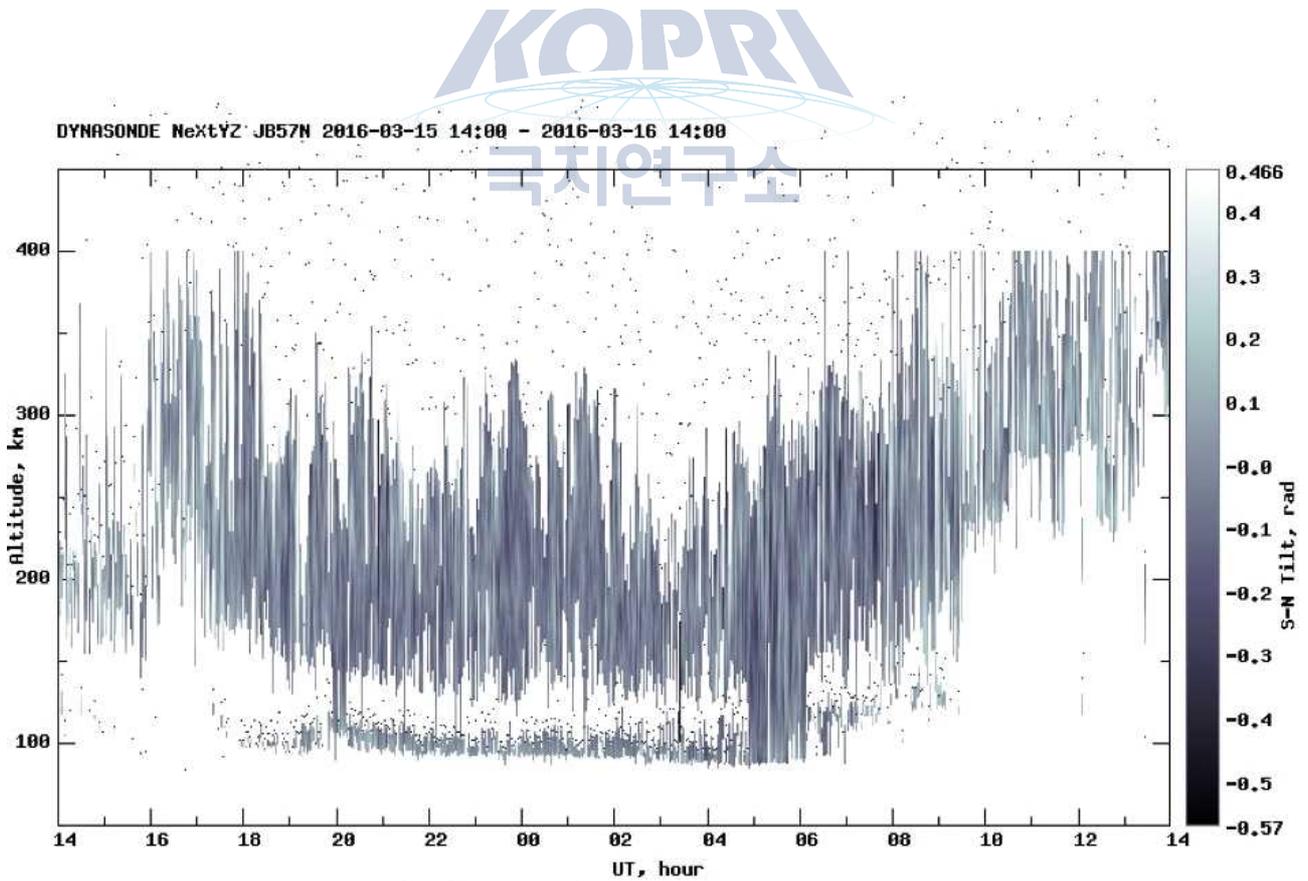


Fig. 34 Tilt of ionization observed by VIPIR at Jang-Bogo Station, Antarctica. It can provide the electron density gradient at a certain altitude region.

다. 북극 유럽 전리권 레이더 (European Incoherent Scatter Scientific Association: EISCAT) 관측

○ 북극 전리권 관측을 위해 유럽 스웨덴, 노르웨이, 핀란드, 영국, 독일, 중국, 일본 등이 주요 참여국으로 대형 전리권 레이더를 운영하고 있다. 극지연구소에서는 한국천문연구원과 공동으로 북극 극지전리권 관측을 위해 2016년부터 이 관측에 참여하고 있다.

○ EISCAT은 현재 운영 중인 레이더 시스템을 크게 개선한 차세대 EISCAT-3D의 설치 운영을 추진하고 있다.

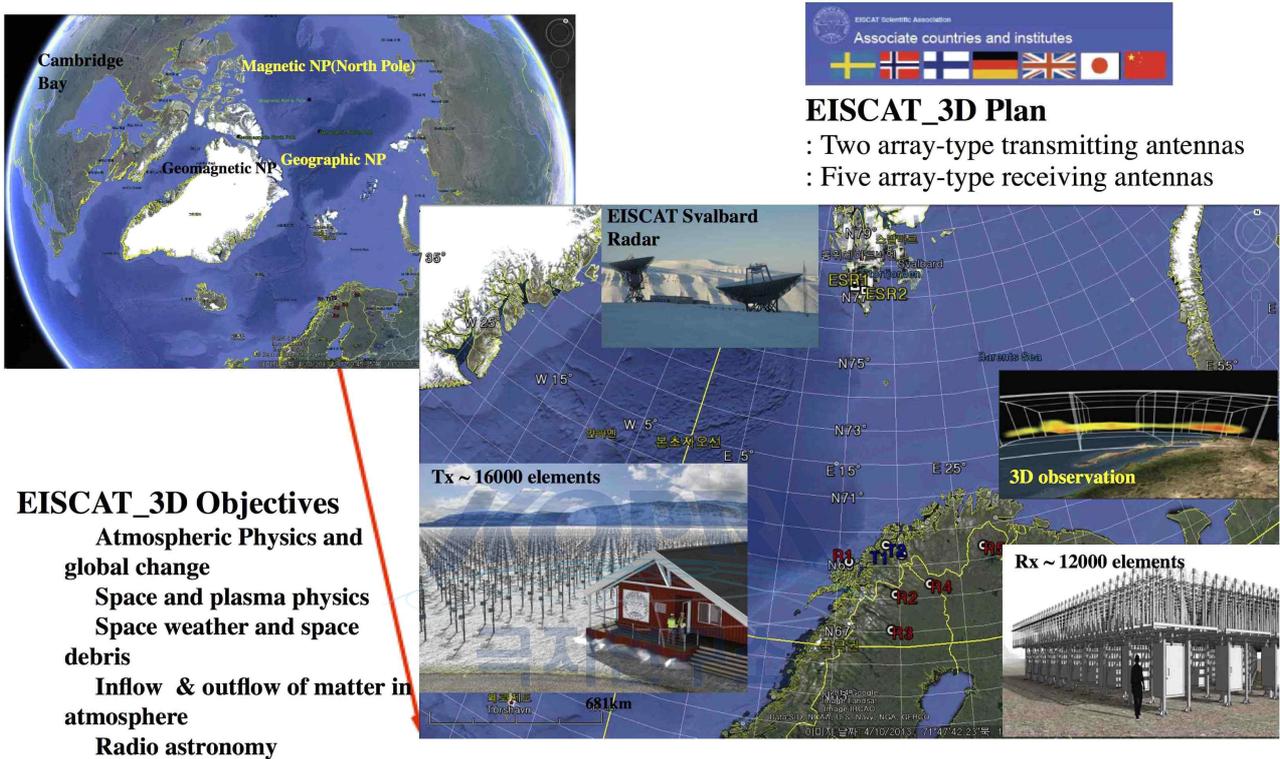


Fig. 35 Next generation EISCAT-3D radar system to replace the current radar system.

○ 태양 극소기 북극 전리권 전자밀도의 시간별 변화 연구를 위해서 2008-2009년 태양 극소기 동안의 미국 Millstone Hill, Svalbard & Tromso EISCAT 레이더에서 관측된 전자밀도 관측자료를 이용하여 중위도와 비교하여 극관지역과 오로라대에서의 전리권 전자밀도 시간별 변화 특성을 연구했다. 이 분석결과를 전리권 경험모델인 IRI의 예측 정확도 검증에 활용했다. (Ji et al., 2016).

○ Svalbard와 Tromso EISCAT 레이더 관측자료를 활용해서 태양활동 극대기와 극소기 동안 전리권 전자밀도의 일변화 연구를 수행했으며, 오로라대의 Tromso 자료와 극관지역 Svalbard 레이더 자료의 비교분석 결과 두 영역에서의 전리권 전자밀도 일변화는 큰 차이를 보이는 것을 확인했으며, 태양활동 극소기와 극대기에도 전혀 다른 양상을 보인다는 것을 확인했다.

○ 2016년 12월에 한국천문연구원과 공동으로 6일 간의 EISCAT 관측시간을 확보하여 북극 전리권 관측을 수행했다.

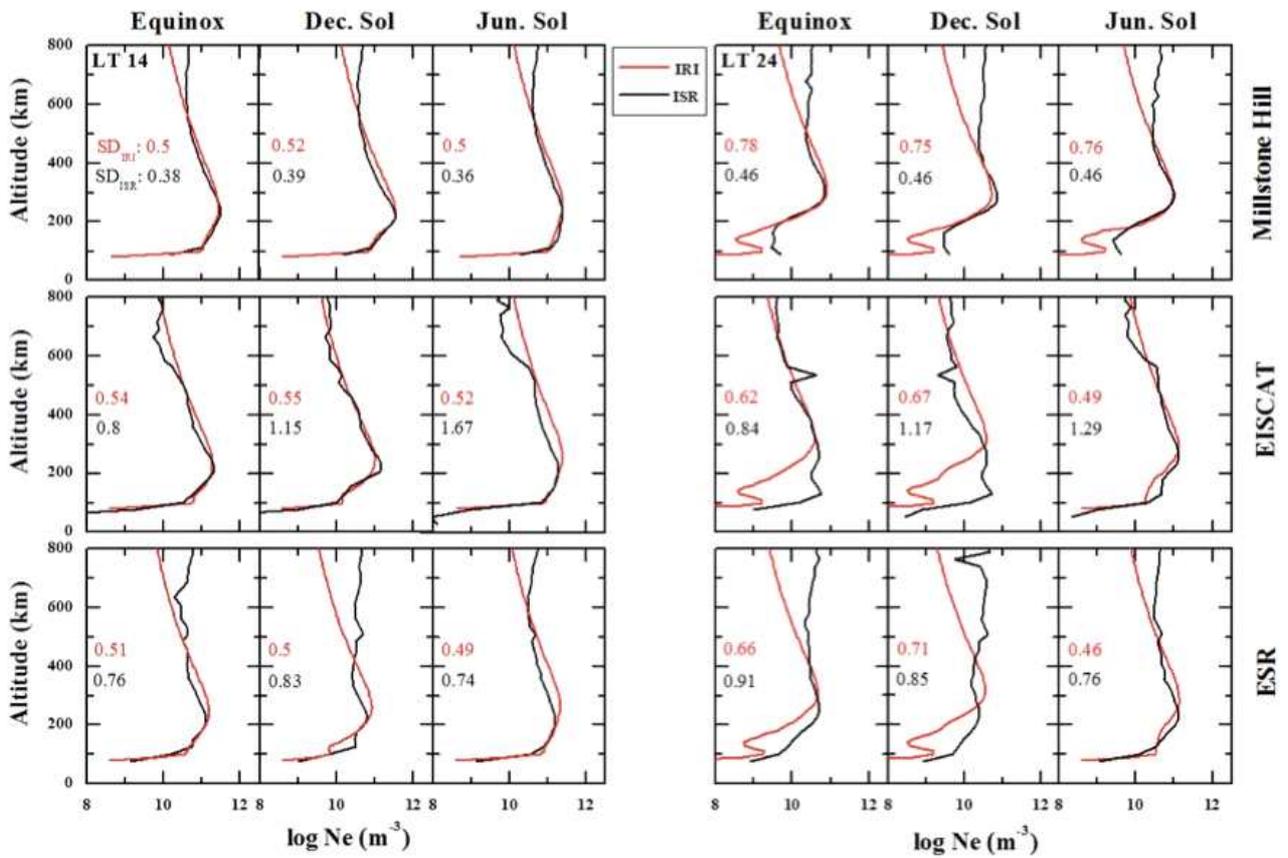


Fig. 36 Electron density profiles obtained from IRI (red) and ISR measurements (black) during the day (LT 1400) and night (LT 2400) are displayed at the left and right panels, respectively. For each local time sector, the density profiles are presented for three seasonal cases (equinox, December solstice, and June solstice) and for three different locations (Millstone Hill, Tromsø EISCAT, Svalbard ESR) as indicated. Mean standard deviations (red text: IRI and black text: ISR) of each profiles are also depicted in the figure. (For interpretation of the references to color in this figure legend, the reader is referred to the web version of this article.)

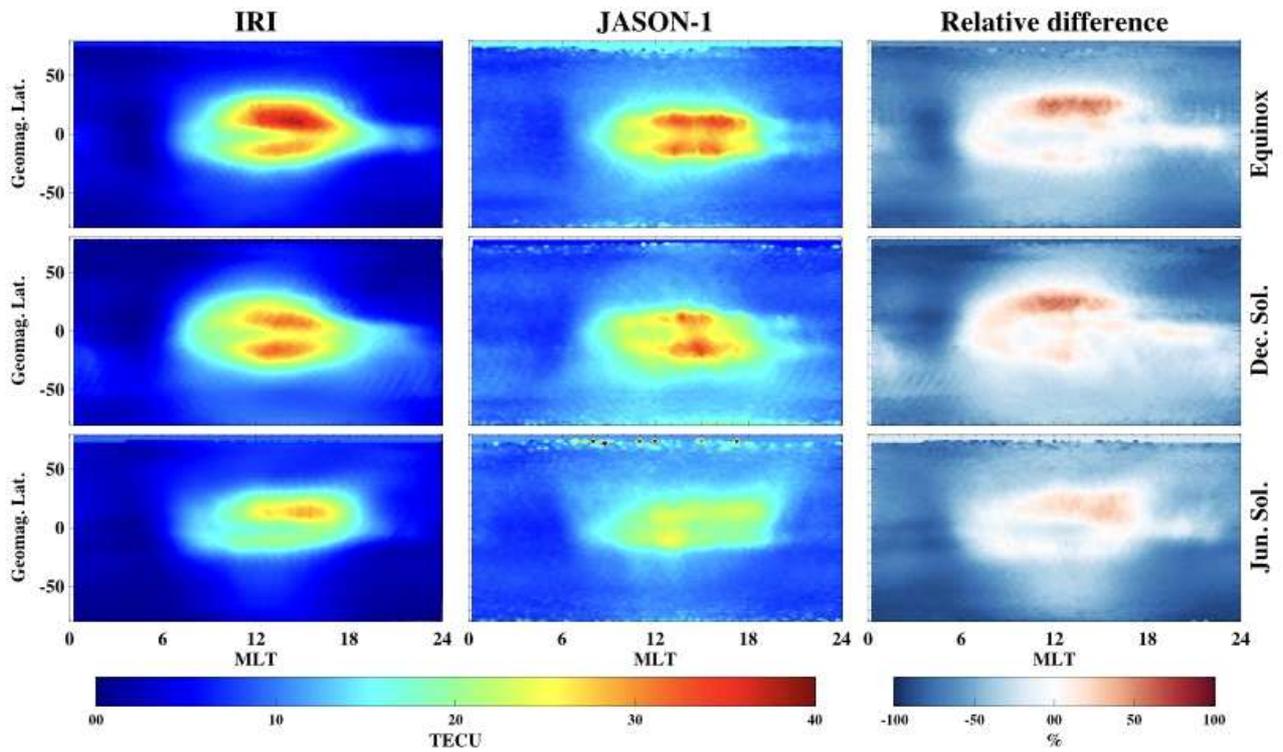


Fig. 37 The global TEC maps for IRI (left column), JASON (middle column) and their relative difference (right column) are presented for equinox, December solstice, and June solstice from top to bottom.



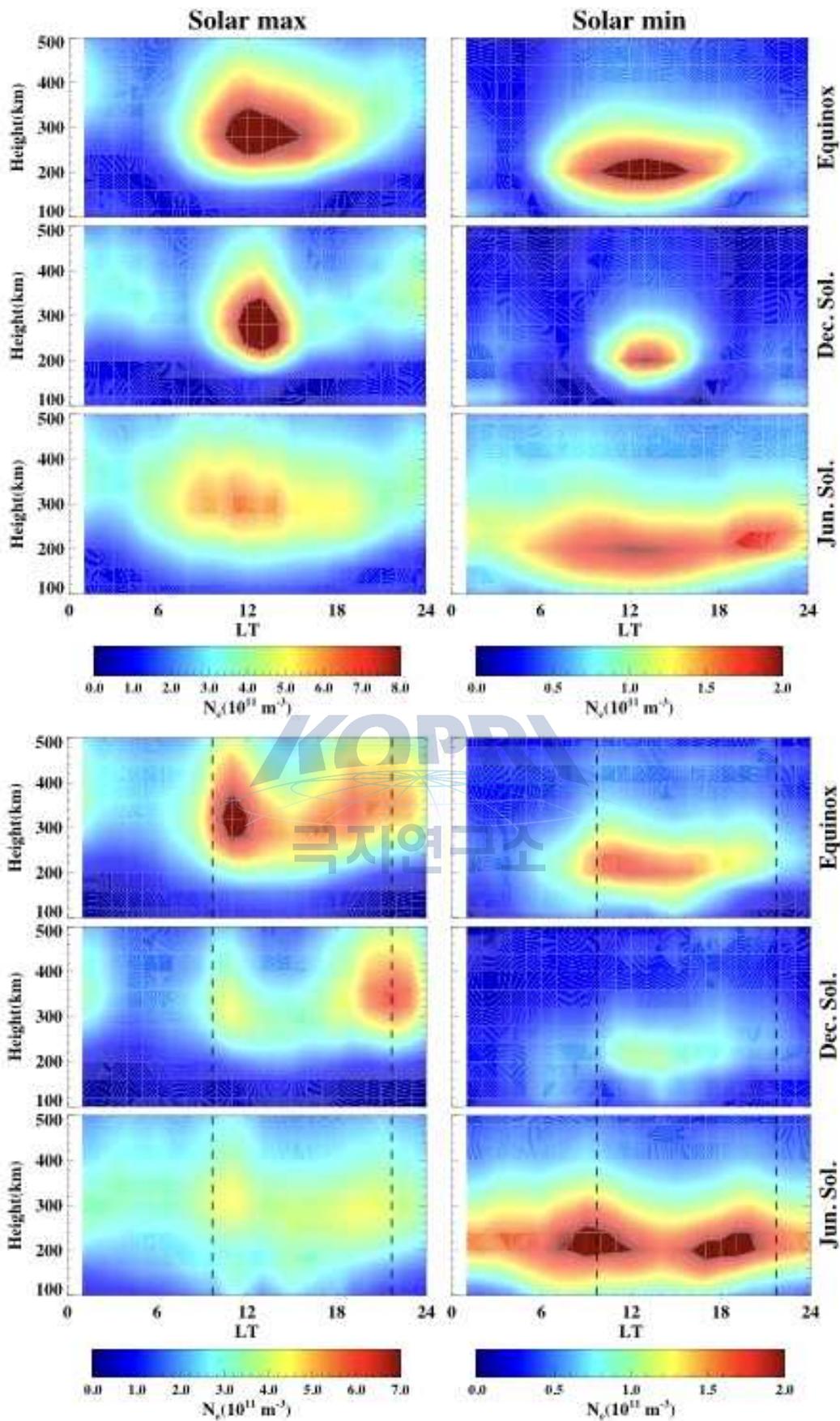


Fig. 38 Local time variations of the electron density profiles from Tromso radar (top) and Svalbard radar (bottom) are presented for equinox, December solstice, and June solstice.

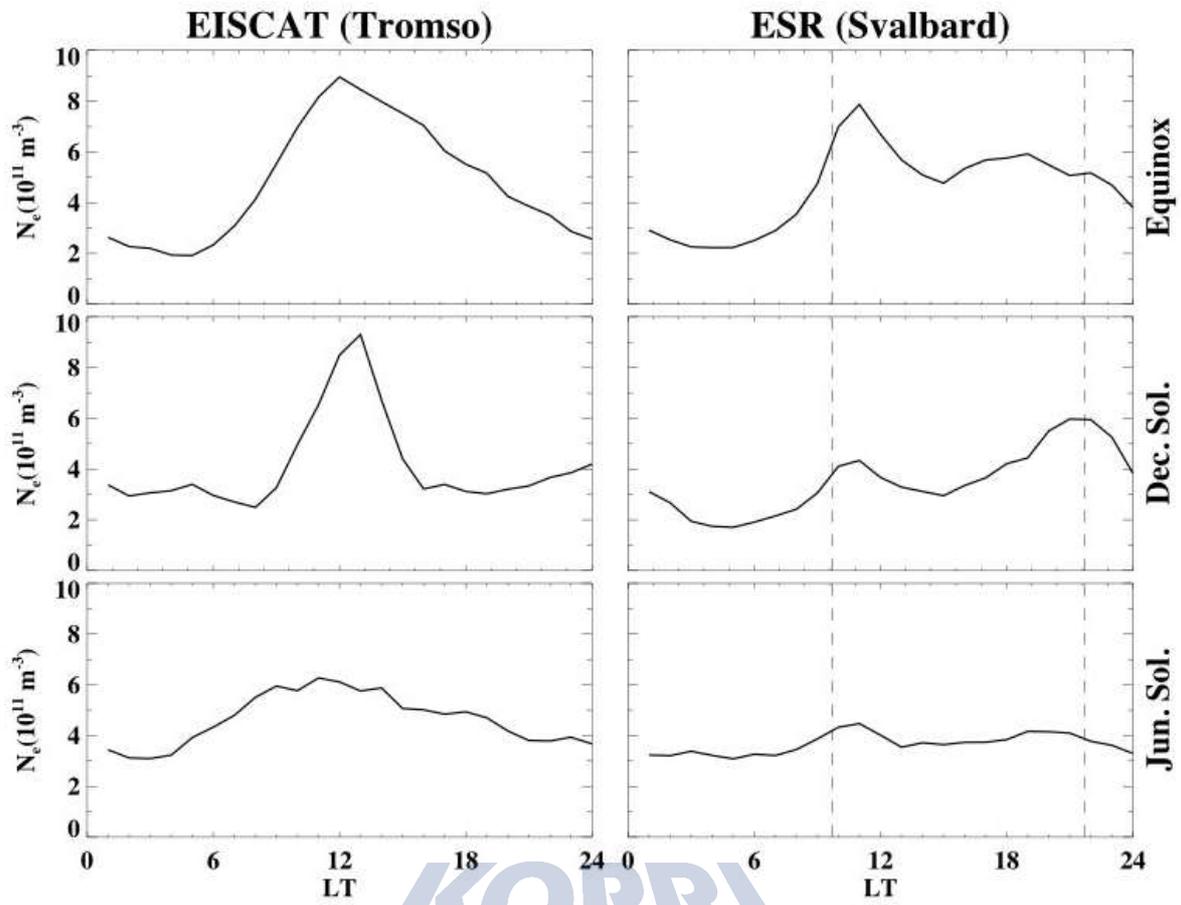


Fig. 39 Diurnal variations of electron density at the height of 320 km at EISCAT and ESR during solar maximum period.

KOPRI
극지연구소

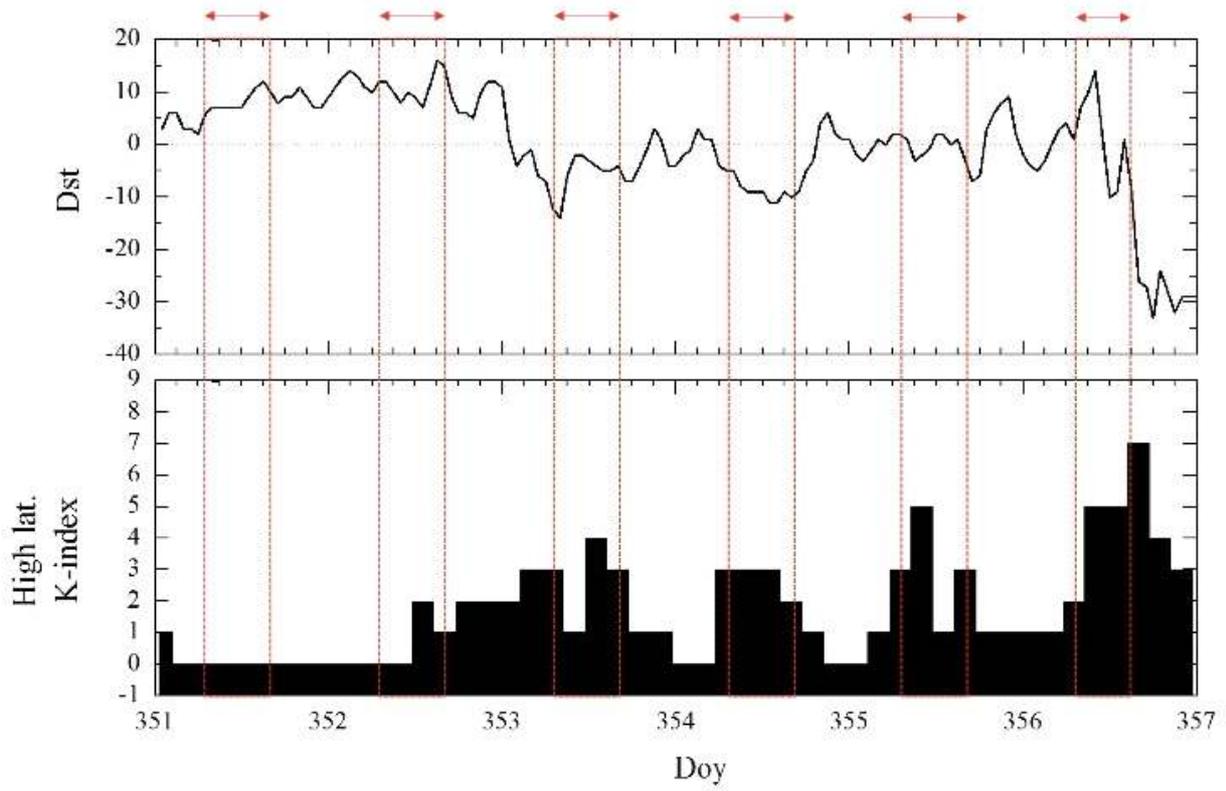


Fig. 40 Geomagnetic activity levels indicated by Dst index (top) and K index (bottom) during the observation period requested by KOPRI and KASI.





EISCAT Scientific Association

EISCAT SVALBARD RADAR

RT, 42m, ipy, 20 December 2016

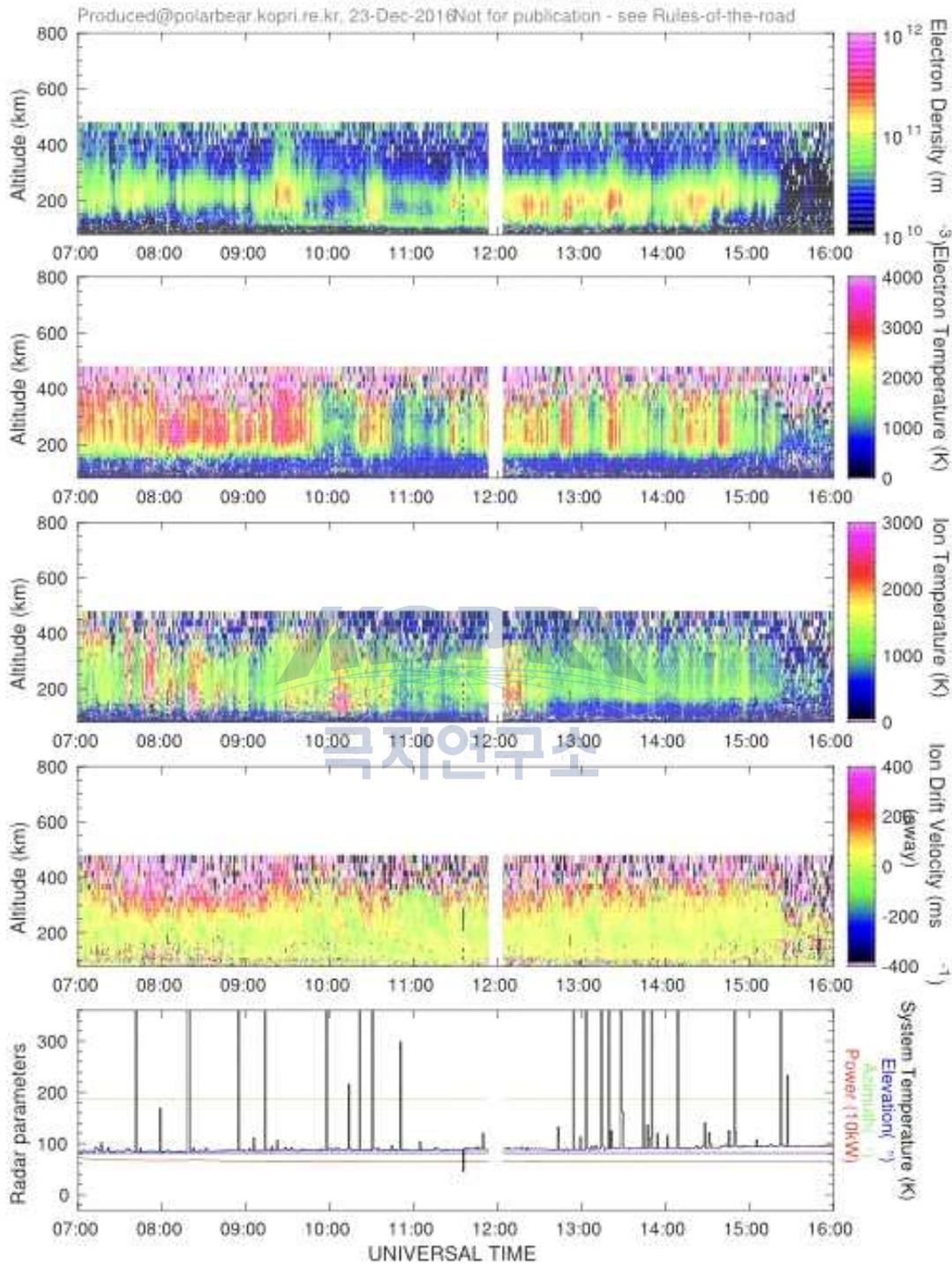


Fig. 41 Various ionospheric parameters observed by EISCAT radar: electron density, electron temperature, ion temperature, ion drift velocity from top to bottom.

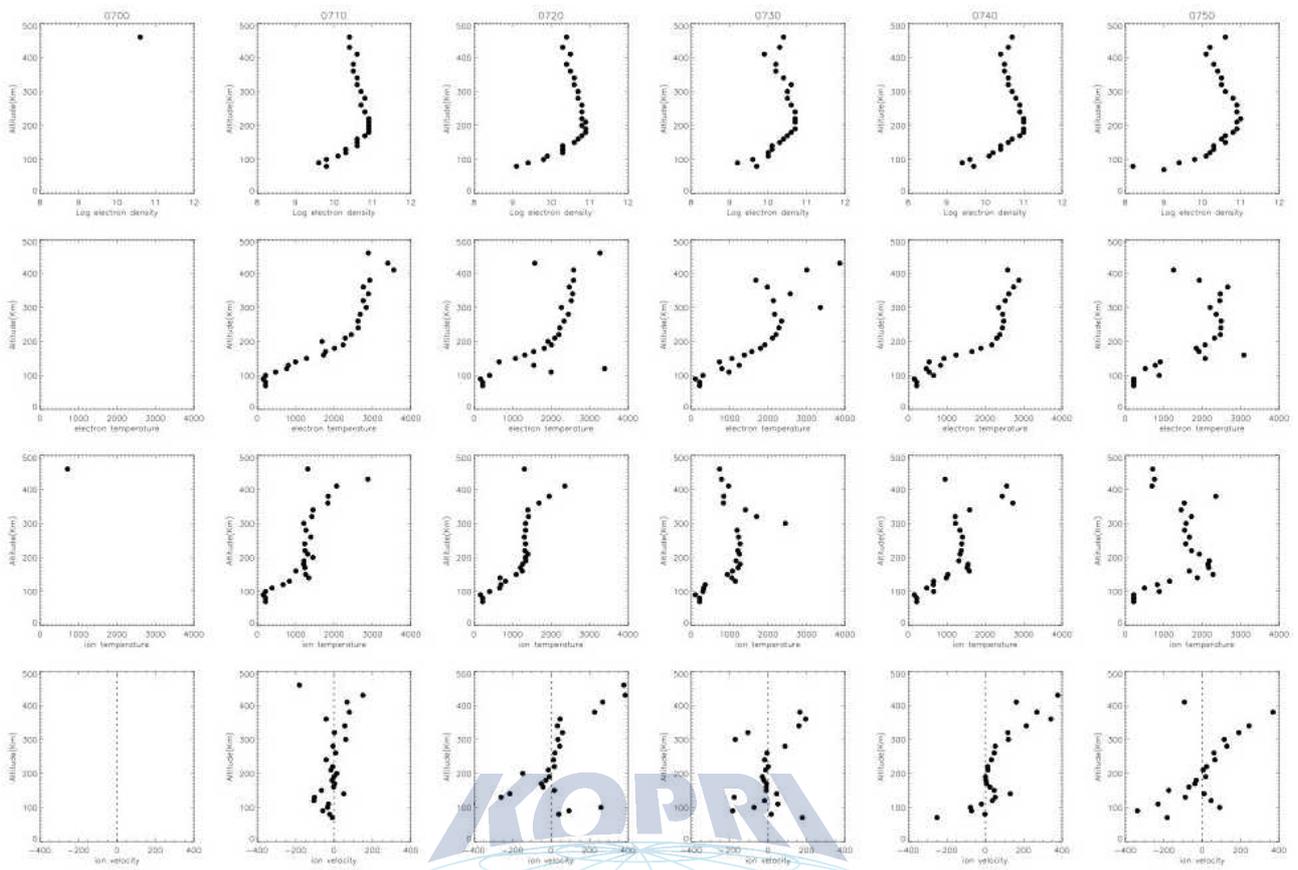


Fig. 42 Altitude profiles of electron density, electron temperature, ion temperature and ion drift velocity observed by EISCAT radar.

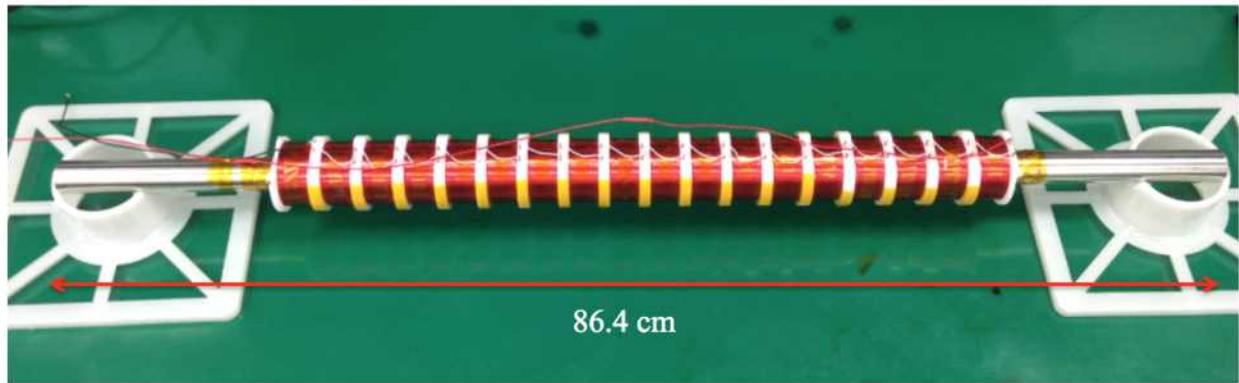
라. 전리권 총 전자밀도(Total Electron Content: TEC)와 불균일성(Scintillation) 관측: GPS TEC/Scintillation Monitor

- GPS 위성과 지상 수신기를 이용하여 위성과 지상 사이의 총 전자밀도 관측이 가능하다. 또한 신호 분석을 통해 전자밀도의 불균일성 관측이 가능한데, 이와 같은 관측자료는 위성 통신에서 장애가 되는 요소를 예측하거나 대비하는 활용될 수 있다.

4. 자기권-극지 전리권 간 에너지 교환 연구

가. 지상 자기장 관측용 자력계 개발 및 활용 연구

○ 자기권-극지 전리권 에너지 전달과정 규명 연구를 위하여 지상 자기장 관측용 자력계 (서치코일 자력계)를 경희대학교와 미국 뉴저지 공대(NJIT)와 공동으로 개발하여 장보고 과학 기지에 설치. 1Hz 분해능의 자력계로 2016-2017년 하계 현장연구를 통해 설치.



Composition	Numbers	List	Values
Mu metal core	1 ea.	Resistance	30 k Ω
Spool	18 ea.	Winding turns	180,000
Op-amp circuit	1 ea.	Length	864 (L) X 57 (W) mm
		weight	~ 8 kg

Fig. 43 Search coil magnetometer developed by Kyung Hee University in collaboration with New Jersey Institute of Science and Technology (NJIT).

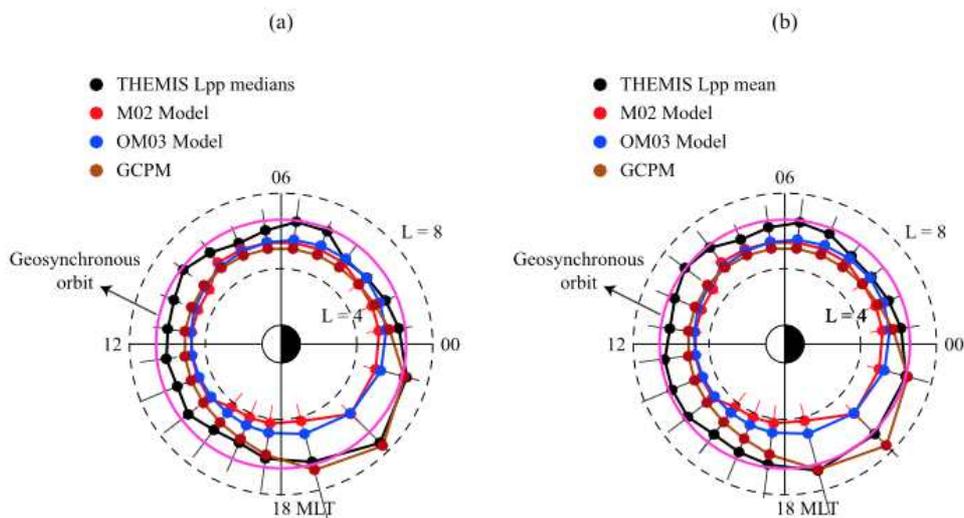


Figure 5. (a) A comparison of L_{pp} median values obtained from THEMIS observations under steady quiet conditions and the estimated L_{pp} from previous models provided by Gallagher *et al.* [2000] (Global Core Plasma Model, GCPM), Moldwin *et al.* [2002] (M02), and O'Brien and Moldwin [2003] (OM03) with $K_p = 1$. (b) The format is the same as Figure 5a but for THEMIS L_{pp} mean values.

Fig. 44 From Kwon *et al.*, 2015, Geophysical Research Letter.

○ 자력계 활용 자기권-전리권 간 전자기적 에너지 교환 연구. 위성관측자료를 활용하여 지자기 활동이 매가 약할 때 플라즈마권 권계면의 위치 변화 연구 수행 (Kwon et al., 2015).

○ 고위도 지상 자력계에서 관측된 Electromagnetic Ion Cyclotron (EMIC) 파동의 주기 변화 특성 연구

- 캐나다 북부 Athabasca에 설치된 자력계에서 관측된 EMIC 파동의 지방시 변화에 따른 파동주기 변화 분석

- 경도에 따른 주기변화는 플라즈마권계면의 위치의 변화에 의한 것으로 확인

- POES 위성에서 관측된 극지방으로 유입되는 고에너지 양성자 이벤트에서 확인된 입자-파동 상호작용에 의해 자기권에서 극지방으로 EMIC 파동이 전달되었음을 확인

나. 인공위성 자료 활용 자기권 연구

○ Van Allen Probe와 정지궤도 인공위성 관측자료를 이용한 행성간 충격파 자기권 섭동 연구 수행

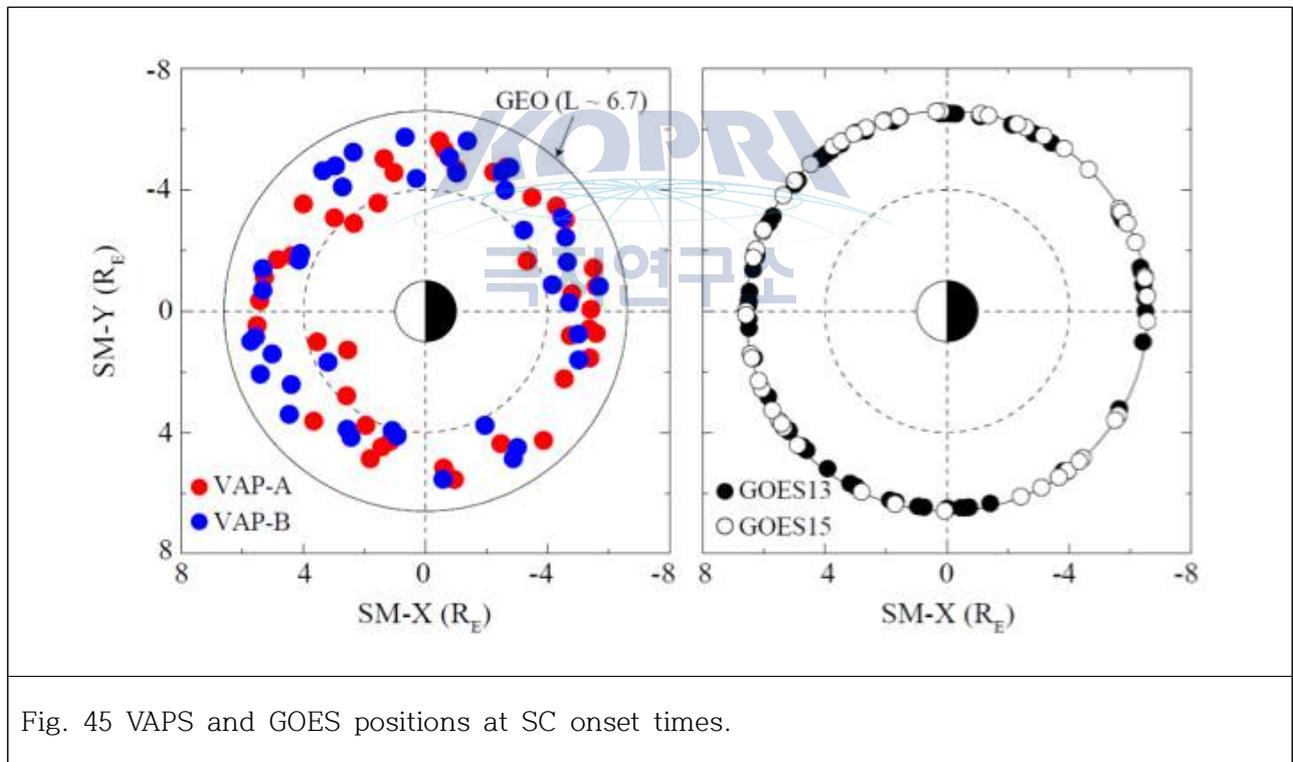


Fig. 45 VAPS and GOES positions at SC onset times.

○ 초저주파 전자기 파동과 자기권 꼬리 지역에서 발생하는 플라즈마 흐름 사이의 상관관계 규명: 주기적인 플라즈마 운동과 전자기 파동사이의 상관관계 연구

○ 극고요 기간에 정지궤도에서 발생한 EMIC 파동의 발생 분포 연구

- 2007-2008년 동안 자기권의 활동성이 약한 기간동안 정지궤도에서 발생한 EMIC 파동의 통계적 분석 실시

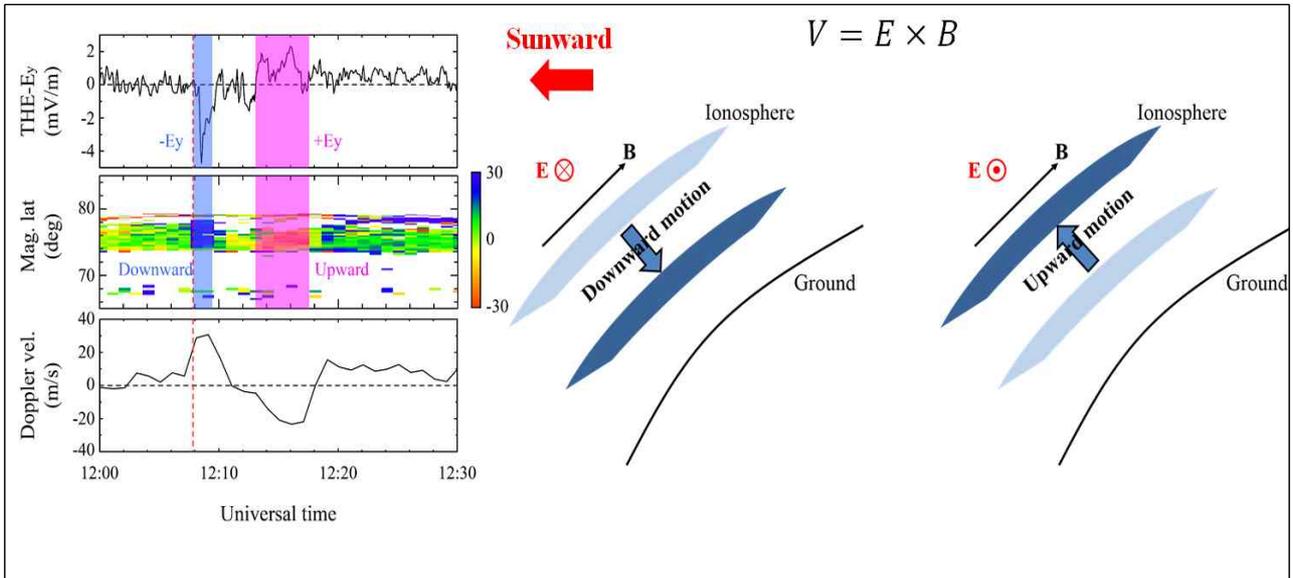


Fig. 46 Electric field generated by interplanetary shock waves observed by THEMIS satellite and corresponding ionospheric changes.

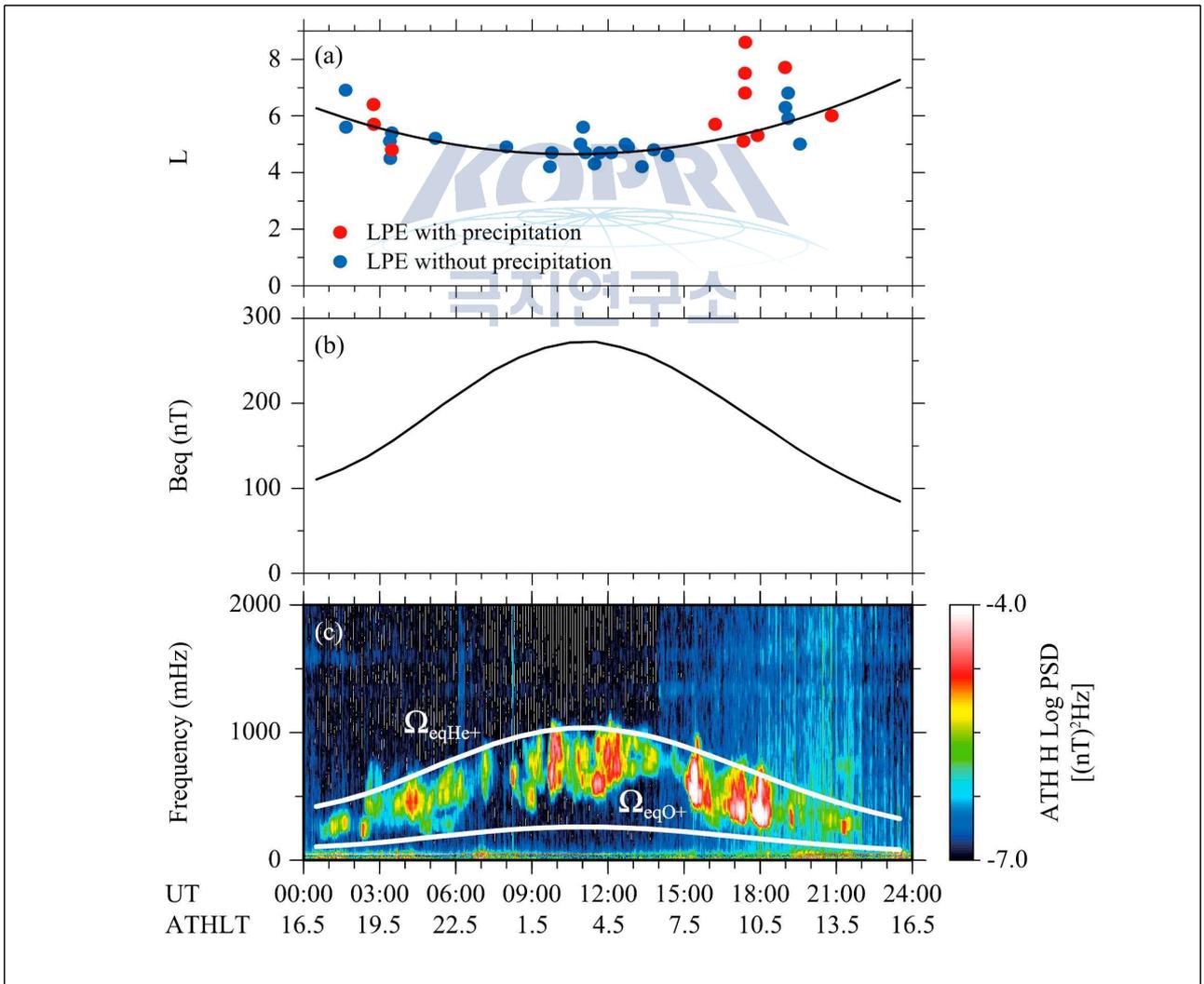


Fig 47 (a) Position of the plasmopause observed by POES satellite, (b) electric fields at the plasmopause estimated from Tsyganenko model, (c) EMIC wave observed by Athabasca.

- 지자기 폭풍과 같이 지자기 활동성이 강할 때에 달리 오후지역과 아침지역에서 발생 빈도가 증가함을 확인
- 태양풍 변화와의 상관관계 분석을 통해 태양풍의 동압력 변화가 EMIC 파동 발생에 주된 역할을 하는 것으로 확인됨

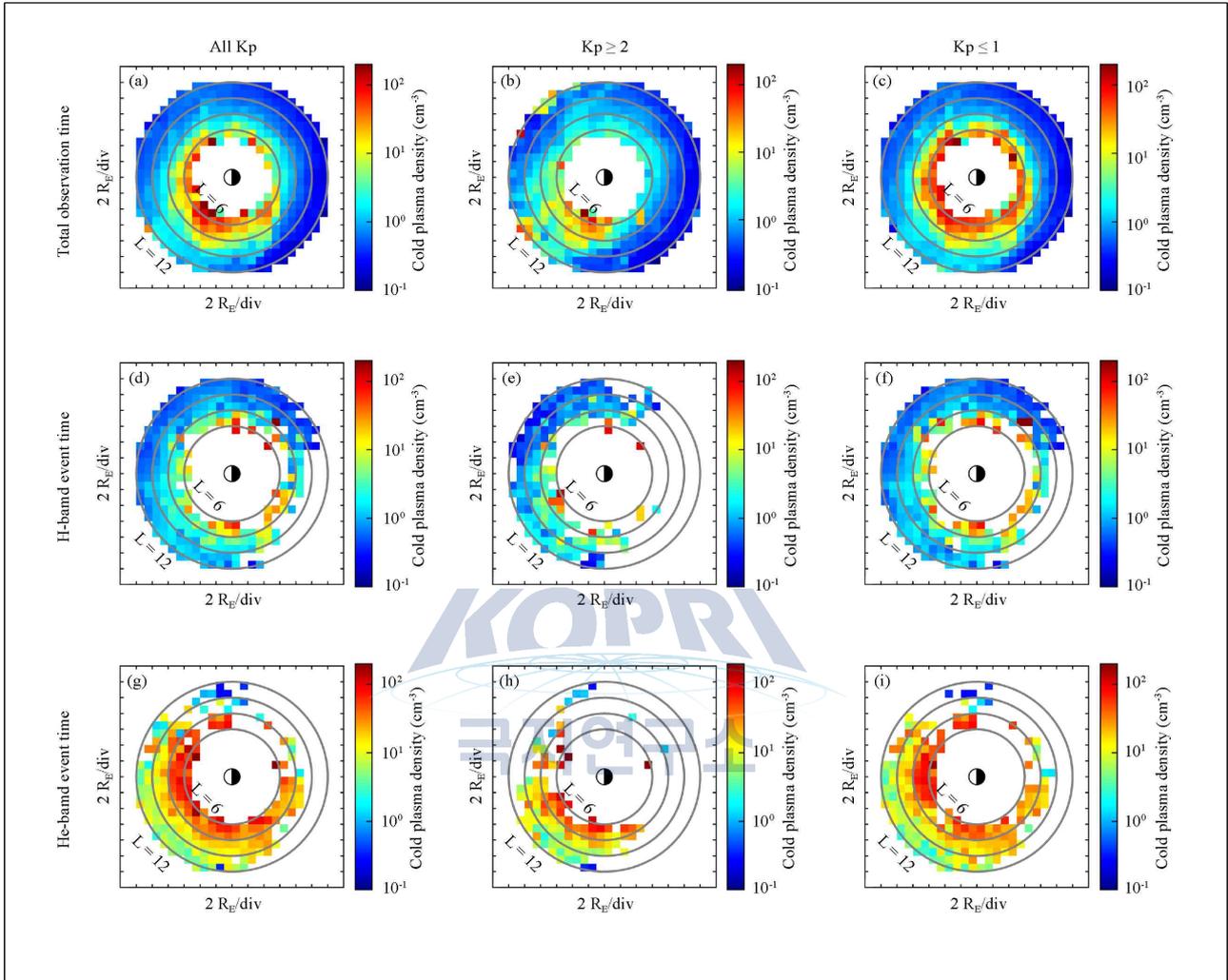


Fig. 48 Magnetospheric electron density distributions during the occurrence of EMIC waves

- 스펙트럼 분석을 통한 정지궤도에서 관측된 EMIC 파동의 특성 변화 연구
 - 12시간 이상 지자기 지수 Kp가 1이하로 고요한 기간 동안에 발생한 EMIC 파동의 특성 연구
 - 발생 빈도 및 파동의 진동주기 등이 다른 지자기 환경과 다른 특성을 보임을 확인
 - 이러한 파동의 특성은 지자기 활동에 따른 플라즈마권계면의 확장으로 파동의 비선형 특성이 정지궤도까지 반영된 것으로 분석됨
- 외부 자기권(L=6-12)에서의 인공위성 관측을 통한 EMIC 파동 특성 연구
 - 지구 자기권의 활동성, EMIC 파동의 밴드 등에 따라 발생빈도가 높은 영역이 다르게

나타남

- 헬륨 밴드에서 발생하는 EMIC 파동의 경우 플라즈마권의 전자 밀도가 급격하게 변하는 지역에서 강하게 발생
- EMIC 파동 발생에서 보이는 오전-오후 비대칭성은 플라즈마권계면에서 나타나는 전자밀도 변화의 오전-오후 비대칭성과 유사한 것으로 확인됨에 따라 플라즈마권계면의 전자밀도가 EMIC 파동 발생에 중요한 영향을 미치는 것으로 판단됨

○ 북반구 고위도 및 극지방 Super DARN 자료를 이용한 행성 간 충격파와 전리권 변화 사이의 상관관계 연구

- 행성간 충격파가 지구에 도달할때 그로부터 야기된 전기장의 변화 확인
- 자기권 내에서 발생한 전기장의 변화가 극지방으로 유입되어 극지방 및 고위도 전리권의 상하 운동을 발생시키는 원인 규명

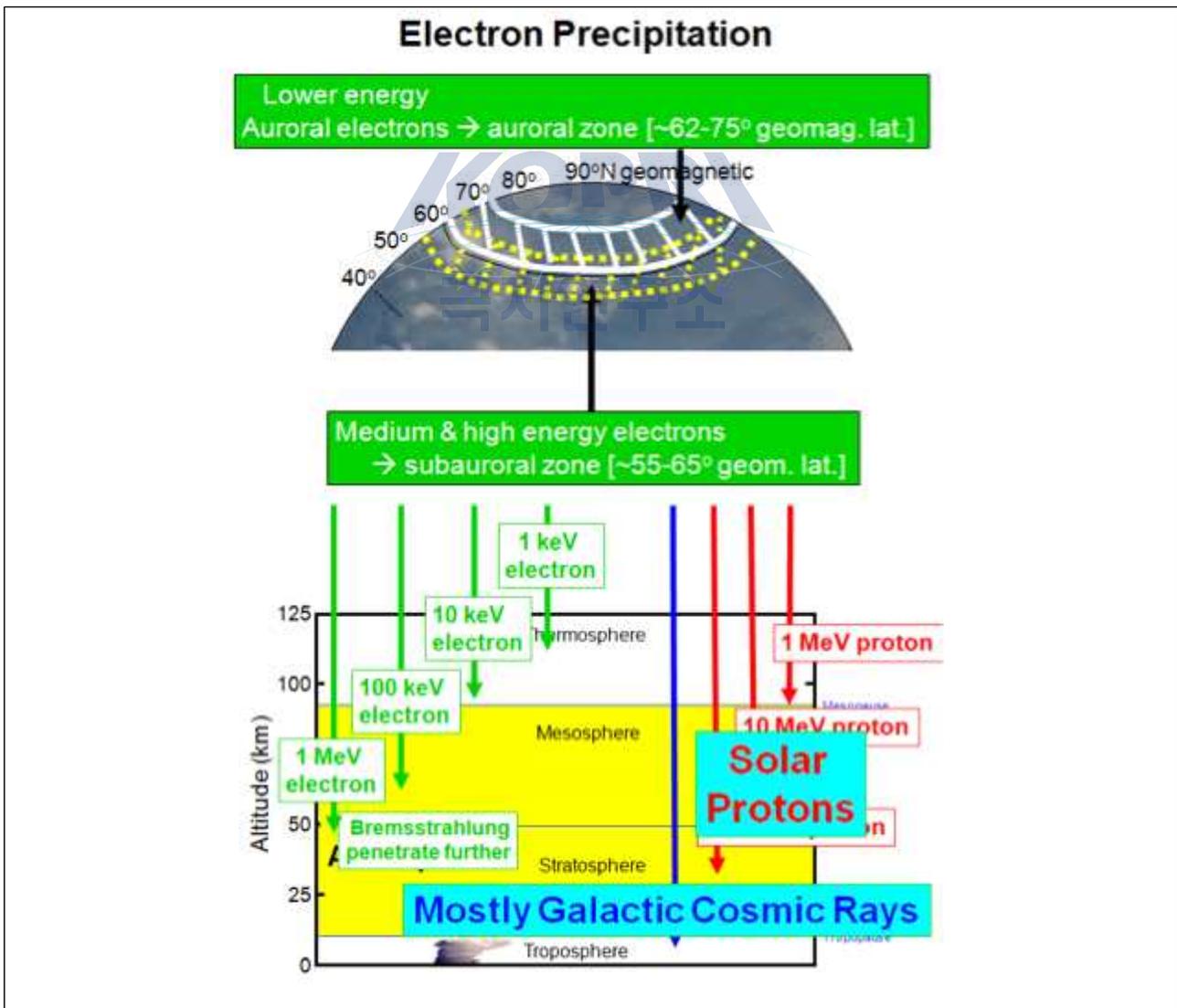


Fig. 49 Penetration of the energetic particles into the Earth's atmosphere.

다. 태양풍-자기권 상호작용과 극지 고층대기 변화 연구

○ 태양풍-자기권 상호작용과 극지 고층대기 변화 연구

- 고속태양풍 발생 시 극지 고층대기로 유입되는 고에너지 입자는 주로 전자들로서 에너지의 크기는 대략 30~100 keV 정도임.
- 이 전자들은 대기 중 HO, HO₂, NO, NO₂ 형성기작에 영향을 미치고, 이 변화된 대기 분자들은 대기 중 오존(O₃) 밀도 감소에 영향을 미치는 것으로 알려져 있음.
- 고속태양풍 발생 시 지구 대기로 유입되는 고에너지 전자에 의해 HO, HO₂, NO, NO₂ 등의 대기구성물질 변화로 인한 중간권 오존밀도 변화를 연구하기 위해 위성관측자료 분석

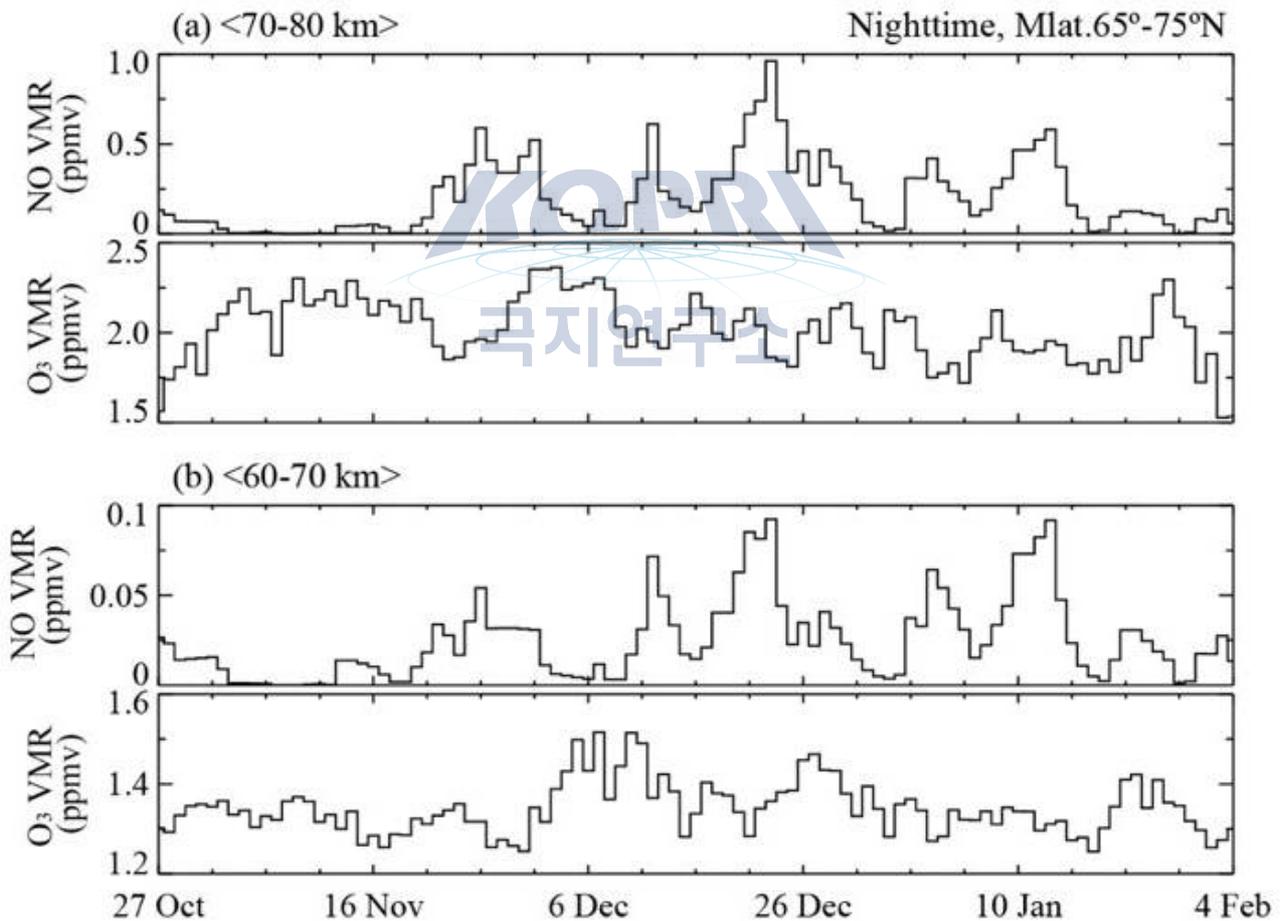


Fig. 50 Ozone (O₃) variation compared to NO production at mesospheric altitudes of (a) 70-80 km (b) 60-70 km: (upper panel) nighttime NO; (lower panel) nighttime O₃. The used data set is the same with that for Figure 1.

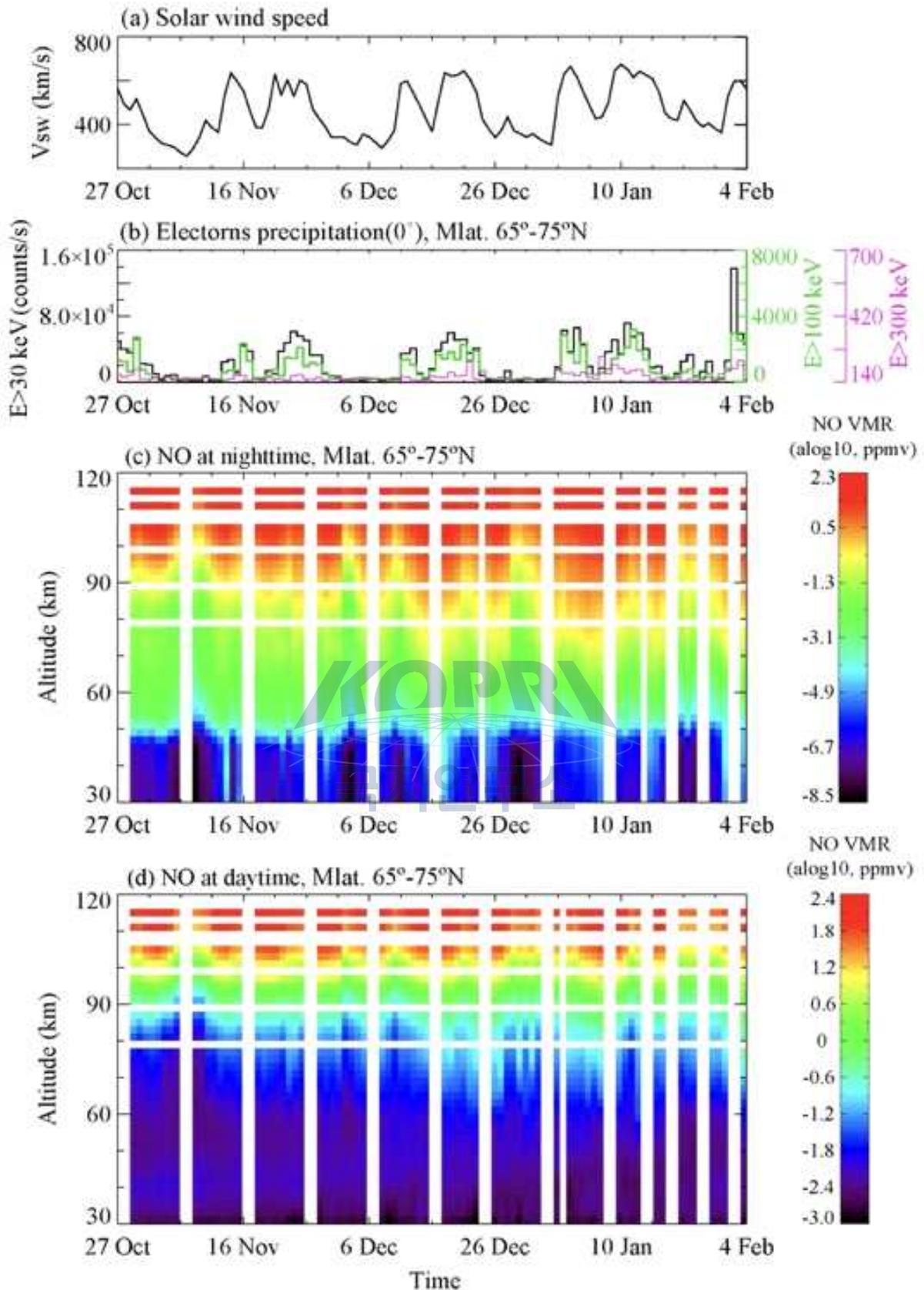


Fig. 51 Day-to-day variation of NO production (30-120 km) during high-speed solar wind streams in Arctic winter from October 27, 2007 to February 4, 2008: (a) solar wind speed, (b) electron count rates for >30 keV, >100 keV and >300 keV, and (c)-(d) NO profiles at nighttime and daytime, respectively, in an altitude range of 30-120 km. Note that the color scales for nighttime and daytime NO VMRs are different.

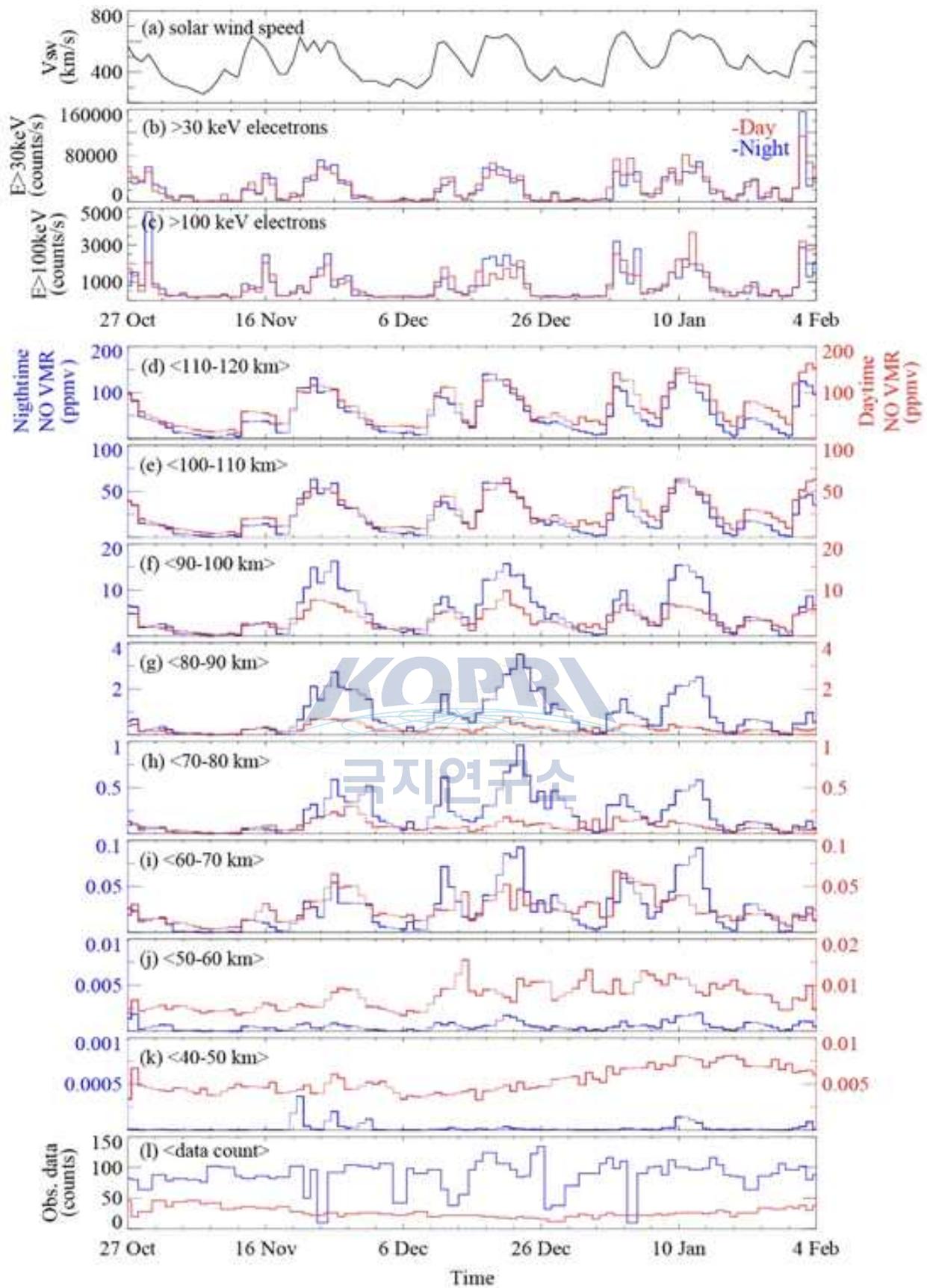


Fig. 52 Day-to-day variation of NO production at every 10 km interval using the same data set for Figure 1: (a) solar wind speed, (b)-(c) electron count rates in the energy range of >30 keV and >100 keV, respectively, (d)-(k) NO productions at 40-120 km altitudes stepped with a 10-km interval, (l) the observed data count of NO.

5. 저층대기에 의한 극지고층대기 변화 연구

가. 저층대기 대기파동과 극지 고층대기 변화 연구

○ 세종 기지 유성 레이더로 관측된 관성 중력파의 전파 특성의 분석 및 이해

- 2014년 1년에 걸쳐 세종 기지에서 유성레이더로 관측된 수평 바람의 시계열에서 평균류와 대기 조석파를 제거함으로써 대기 중력파의 추출을 시도하였다. Stokes 방법 (Eckermann 1996)을 이용하여 대기 중력파의 고유 진동수와 전파 방향을 분석하였고, 편광도가 높은 의미 있는 결과에 대한 월별 통계량을 제시하였다(Kam et al., submitted).

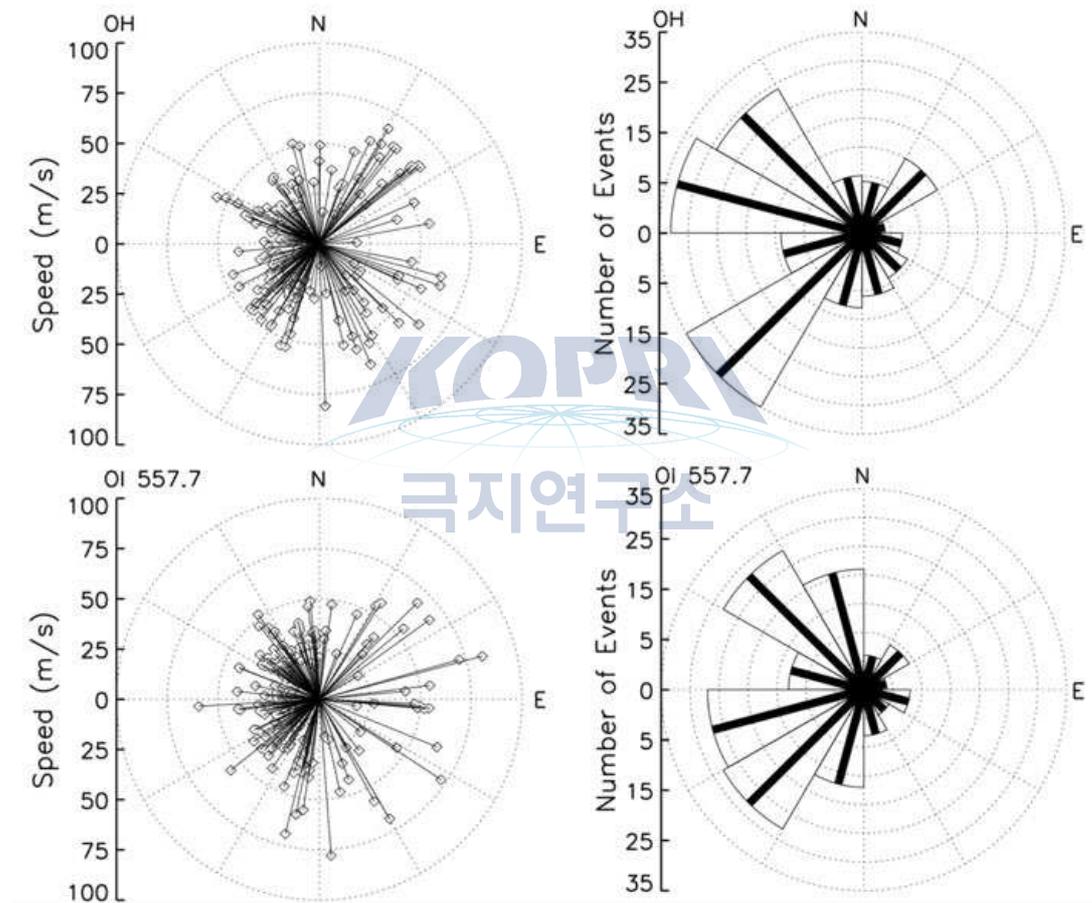


Fig. 53 Distributions of wave propagating directions and speeds (left) and the number of wave events (right) in each 30° azimuth bin at OH (top) and OI-557.7nm (bottom) airglow layers.

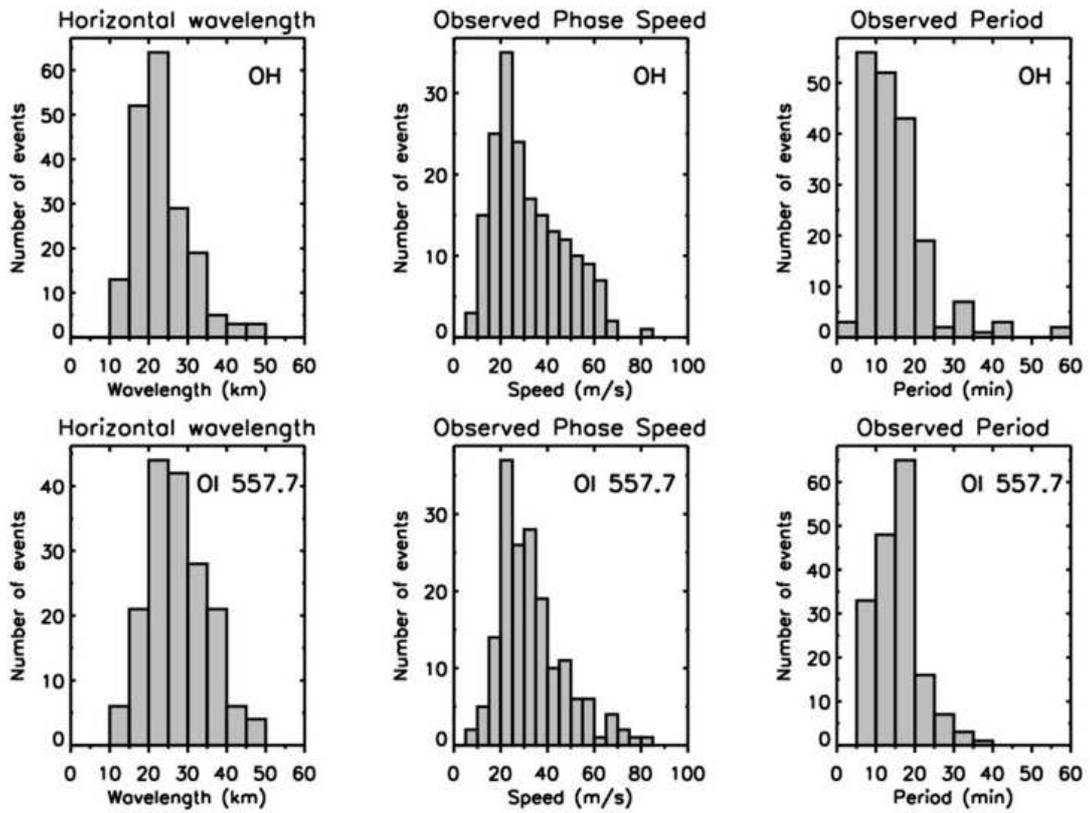


Fig. 54 Histograms of the horizontal wavelength (km), phase speed (m/s), and period (min) for band type waves obtained from OH and OI-557.7nm airglow images.



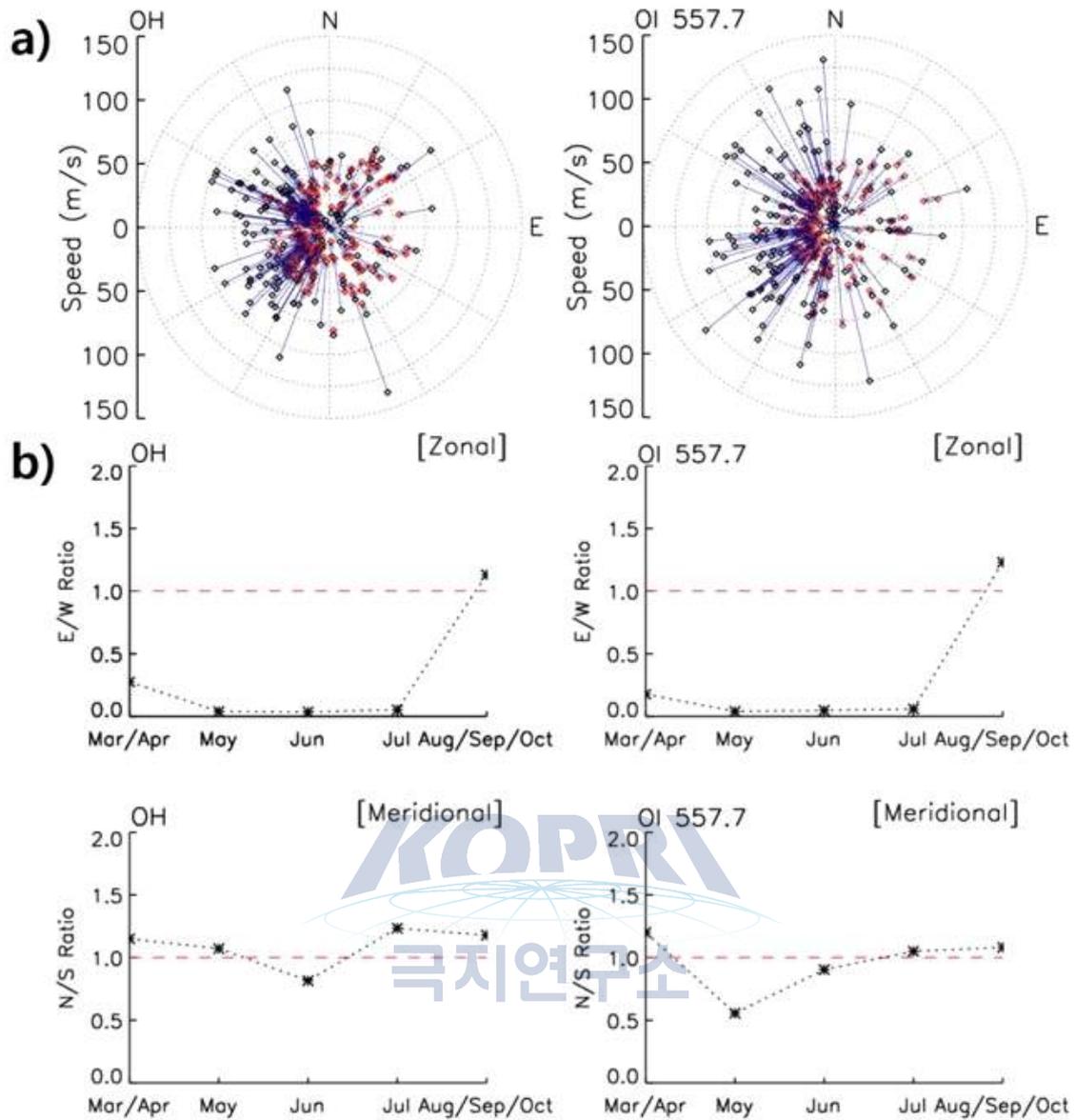


Fig. 55 a) Polar plots of intrinsic wave speeds (black) and observed speeds (red). The intrinsic wave speed was computed by subtracting the projected component of the background wind simultaneously measured by KSS meteor radar. b) Seasonal variations of wave propagation.

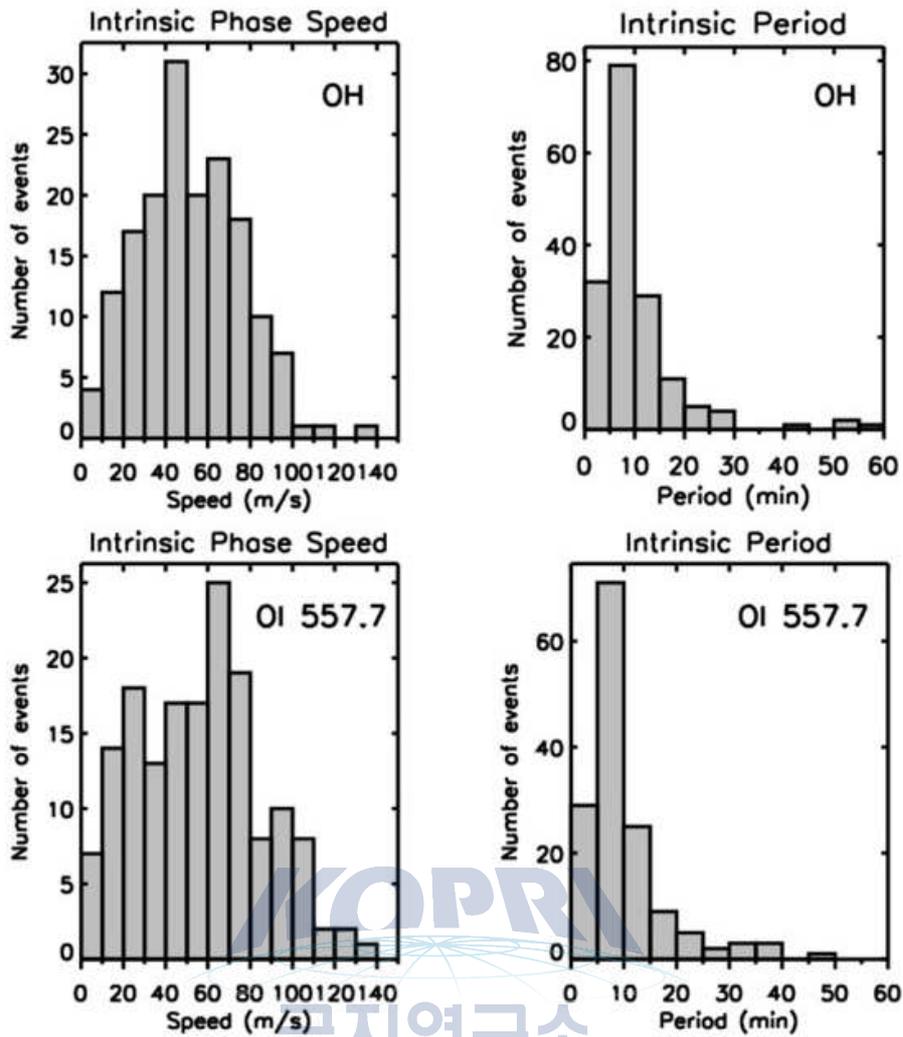


Fig. 56 Histograms of intrinsic phase speeds and periods for waves observed at OH (87 km) and OI 557.7nm (96 km) airglow layers.

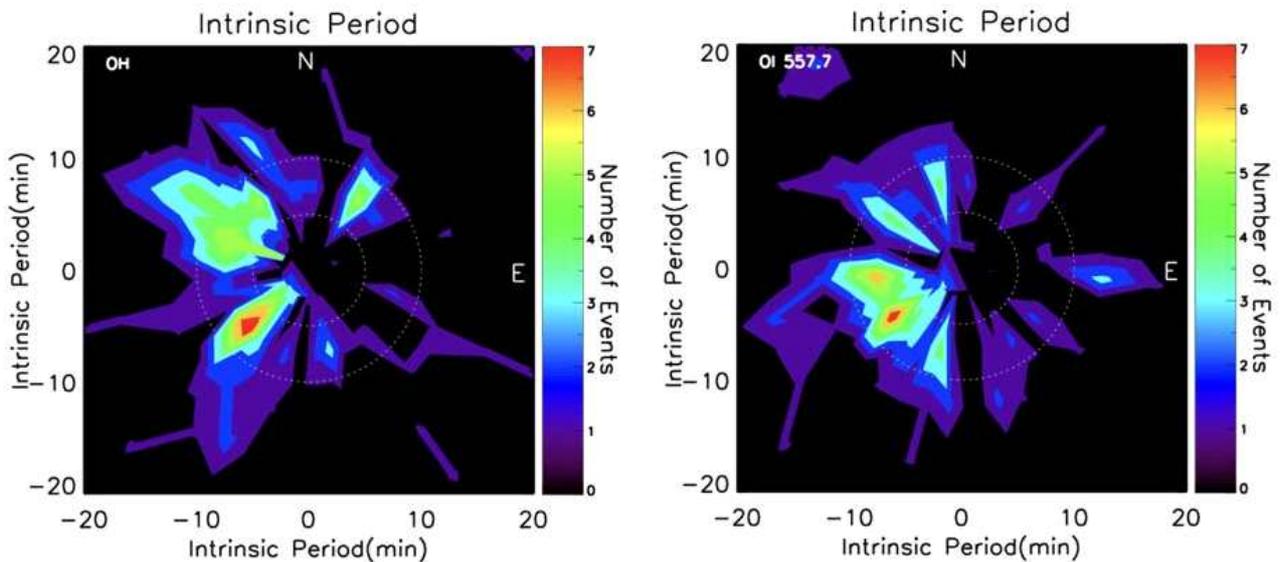


Fig. 57 Polar histograms of intrinsic period for waves observed at OH (87 km) and OI (96km) airglow layers. Inner white dash line circle means period of 5 minute and outer white dash line circle means period of 10 minutes.

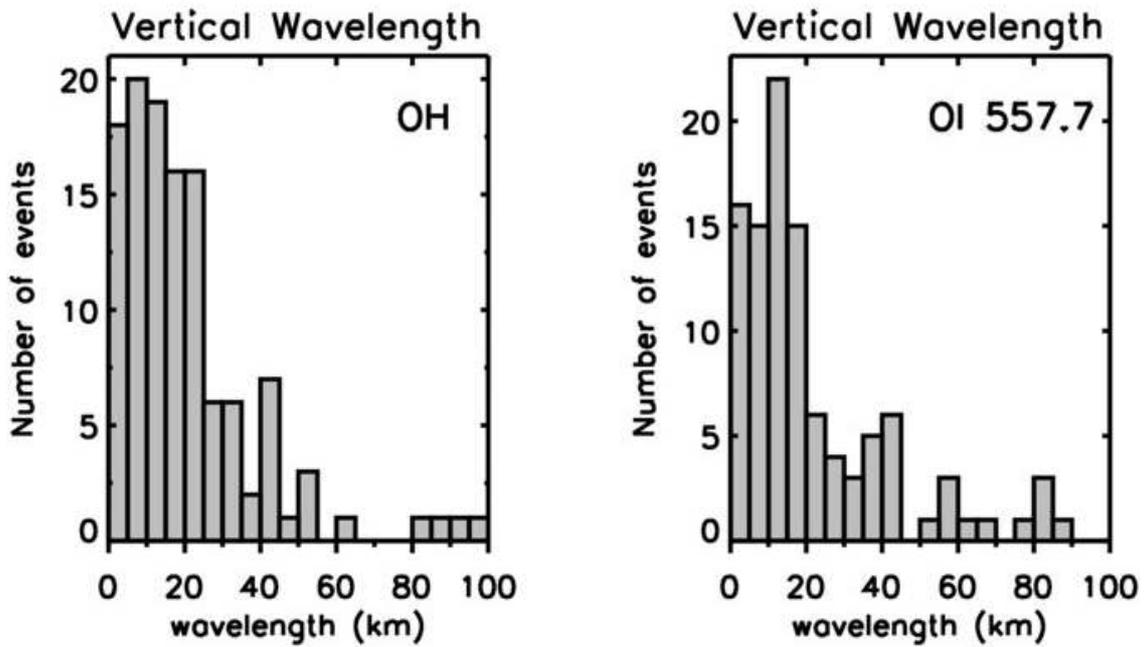


Fig. 58 Histograms of vertical wavelenghtsfor waves observed at OH (87 km) and OI (96 km) airglow layers.

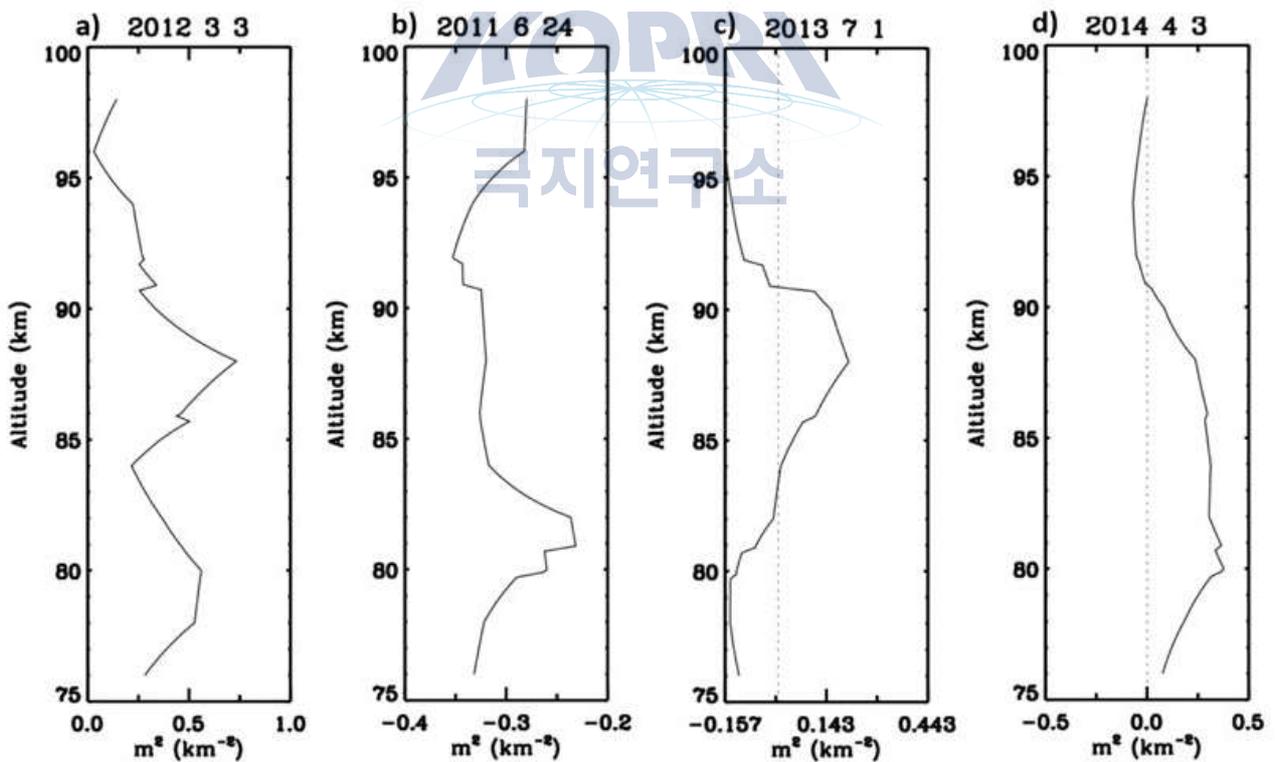


Fig. 59 Examples of squared vertical wavenumber profiles, a) freely propagating, b) evanescent, c) ducted, and d) partially ducted.

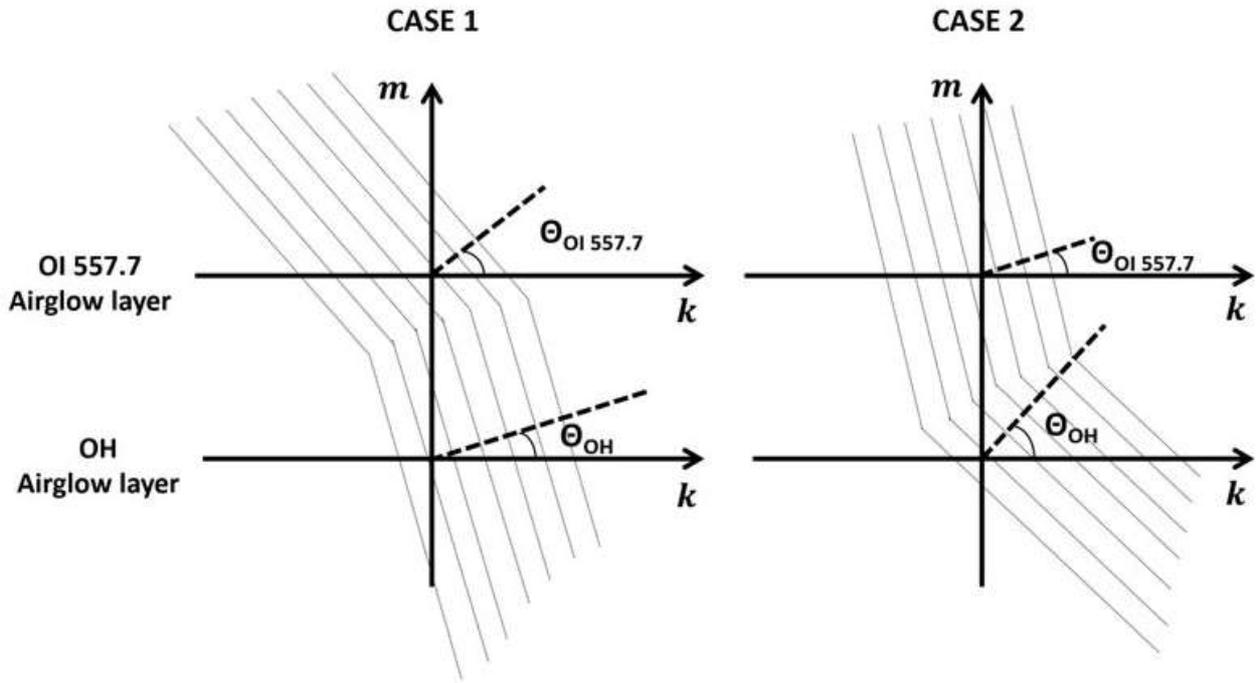


Fig. 60 Two cases of wave front angles between two layers in the upper atmosphere.

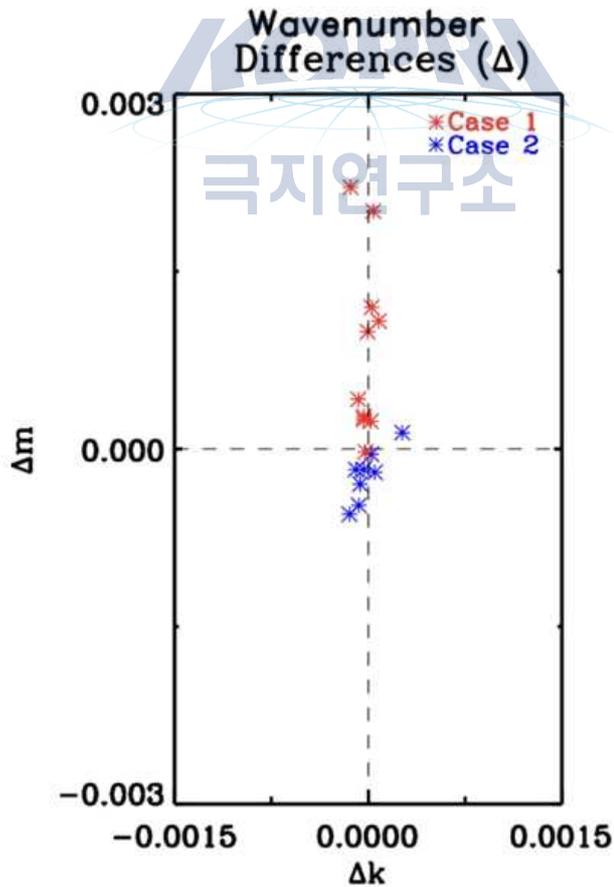


Fig. 61 Differences in horizontal and vertical wavenumbers between two layers. The x and y-axis represent differences in horizontal wavenumber (k) and vertical wavenumber (m). The red and blue symbols indicate Case 1 and Case 2, respectively.

○ 남극 세종기지 유성레이더에서 관측된 저주파 대기 중력파 연구

- 세종 기지가 위치한 위도에 대한 코리올리 모수 $|f|$ 에 대해서, 분석된 중력파의 고유진동수는 대체로 $|f|-3|f|$ 사이의 값을 갖는 관성 중력파로 분석되었다. 중력파 분산 관계로부터 이러한 파동은 수평 파장이 수백~수천 km에 달하며, 연직 군속도 (group velocity)가 30-160 km day⁻¹ 정도로 작은 파동임을 알 수 있었다. 가령, 대류권에서 발생하는 경우, 유성레이더가 관측되는 상부 중간권까지 하루의 시간 동안 느리게 전파하는 파동임을 알 수 있었다.

- 관성 중력파 바람 섭동의 호도그래프를 이용하여 로터리 (rotary) 스펙트럼을 계산함으로써 관측된 관성 중력파의 상당 부분이 연직 상향으로 전파하는 파동임을 알 수 있었고, 호도그래프의 장축과 단축 분석으로 통해서 주된 파동 전파 방향이 남반구 여름철에는 남북 전파가 강하고, 남반구 겨울철에는 북동-남서 방향으로의 전파가 강하게 나타남을 알 수 있었다.

- 가능한 중력파 원천을 이해하기 위해서 대류권과 성층권의 제트와 연관되어 나타나는 비선형 불균형 (nonlinear imbalance)을 조사하였고, 이 비선형 불균형으로부터 발생하여 전파하는 파동의 궤적을 레이추적 (ray-tracing) 방법 (Hasha et al. 2008)을 통하여 계산하였으며, 관측으로 분석된 전파 방향과 유사한 결과를 도출하였다.

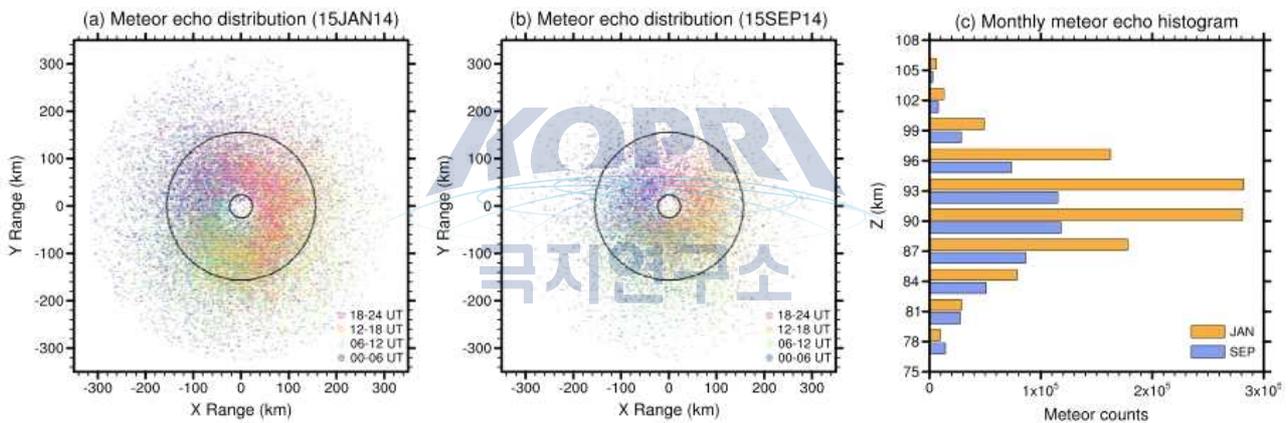


Fig. 62 Horizontal and subdaily distributions of all meteor radar echoes observed in (a) 15 January 2014 and (b) 15 September 2014, and (c) the vertical histogram of the number of monthly meteor radar echoes for January and September. In (a) and (b), meteor echoes clustered in 00-06 UT, 06-12 UT, 12-18 UT, and 18-24 UT are plotted with 30% opacity in blue, green, orange, and red, respectively; and the inner and outer circles plotted in solid black denote the zenith angles of 15° and 60° for the height of 90 km, respectively. In (c), meteor echoes are binned in the regular 3-km height bins.

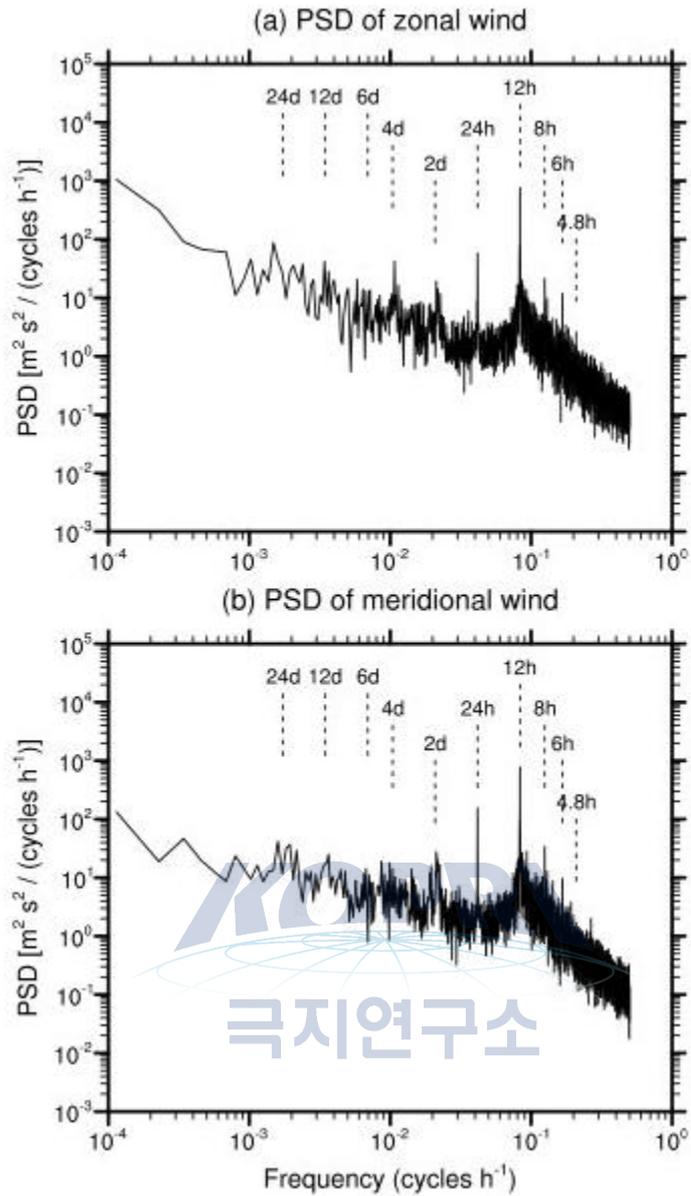


Fig. 63 Vertically averaged power spectral densities (PSDs) of (a) the hourly zonal wind and (b) the hourly meridional wind near the mesopause region over KSS for the whole year of 2014. PSDs computed at eight height bins (80, 84.5, 88, 90.5, 92.5, 95, 98.5 and 103 km) using the Lomb-Scargle periodogram method are interpolated in a regular frequency grid and then averaged in the vertical direction.

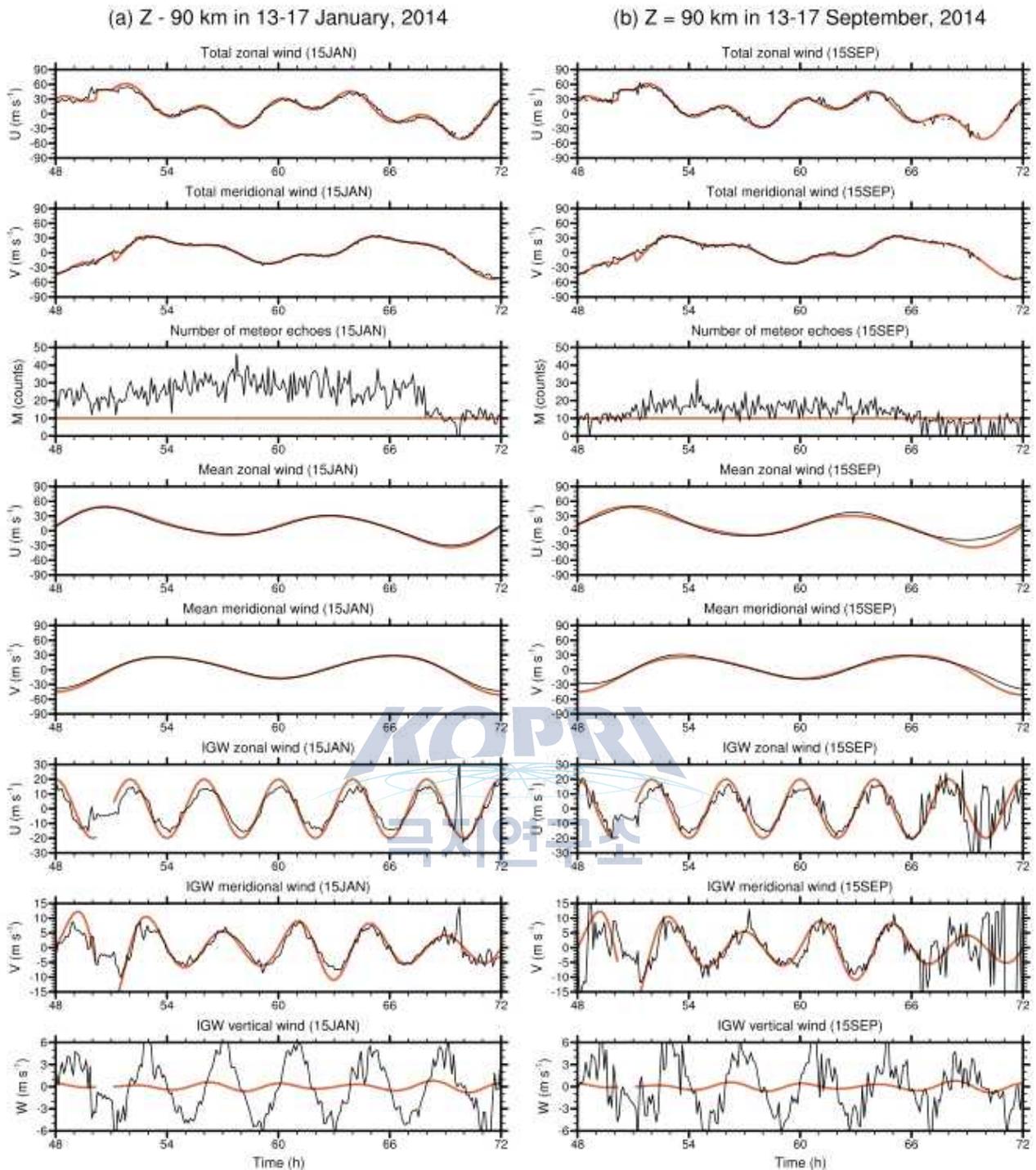


Fig. 64 Time series of (black) meteor-radar derived and (orange) analytic total horizontal wind components (rows 1-2) for meteor echo locations observed within the height range of 3 km around $z = 90$ km for a day in the middle of (a) 13-17 January and (b) 13-17 September. The number of meteor echoes within the same altitude range is plotted in the 3rd row for each time period, and the red line denotes the number 10. Time series of (black) the Fourier reconstructed and (orange) analytic mean horizontal wind components and three-dimensional IGW perturbation wind components are shown in the rows 4-5 and rows 6-8, respectively.

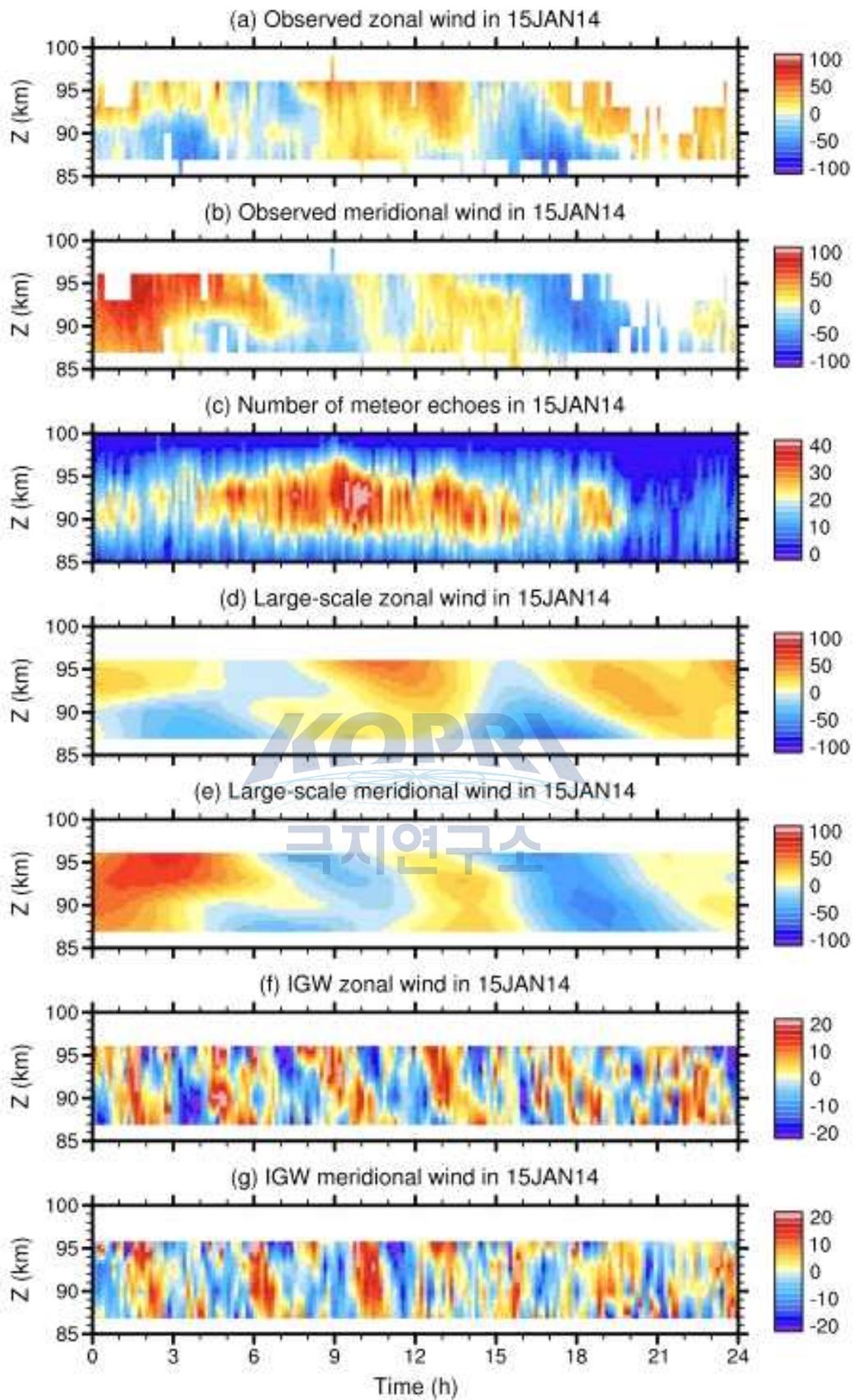


Fig. 65 Time-height cross sections of meteor-radar observed (a) zonal and (b) meridional wind components, (c) the number of meteor echoes, (d) the large-scale zonal and (e) meridional wind components, and (f) IGW zonal and (g) meridional wind components in 15 January 2014.

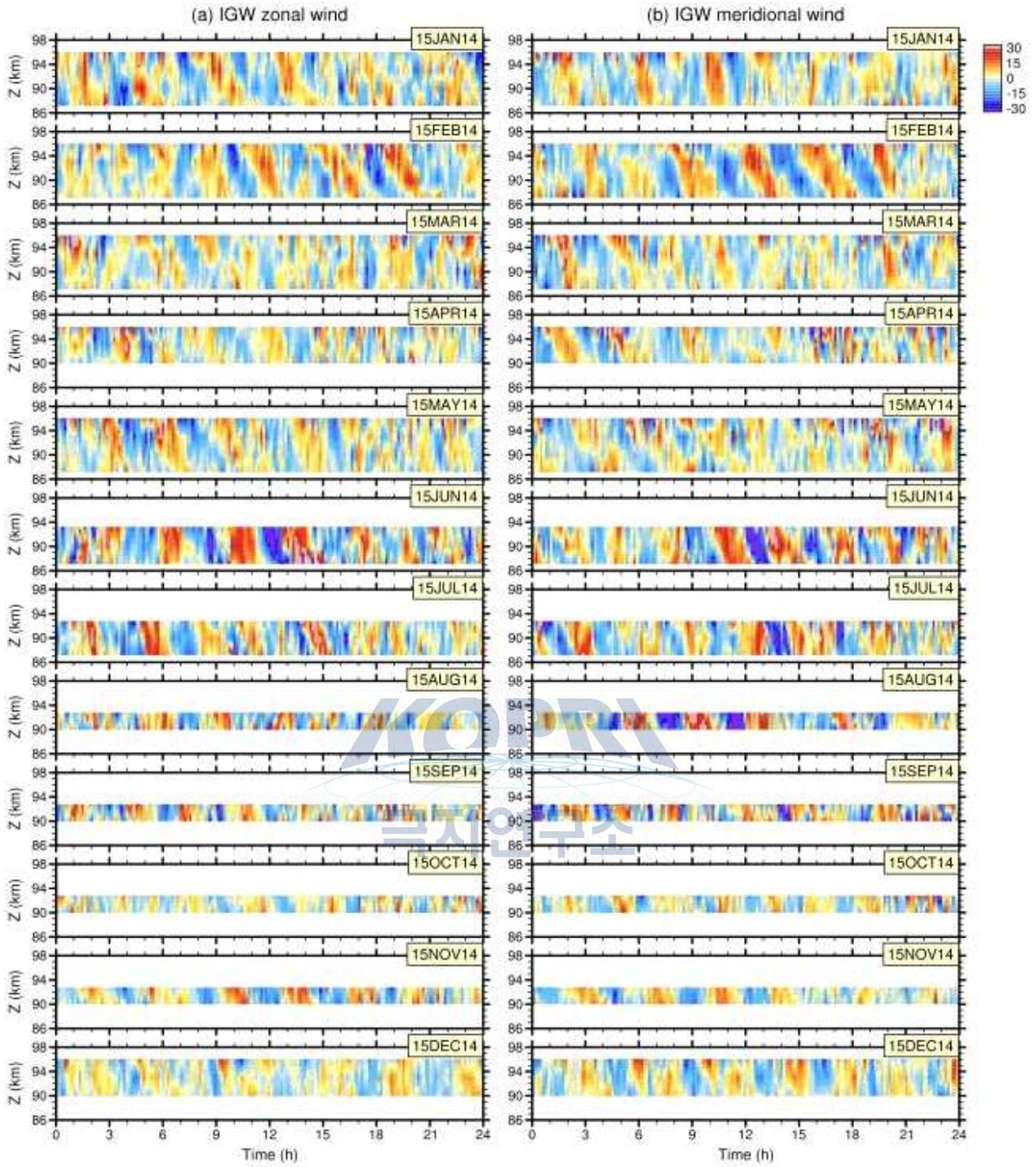


Fig. 66 Time-height cross sections of (a) IGW zonal wind and (b) IGW meridional wind components for the 15th day of each month in 2014.

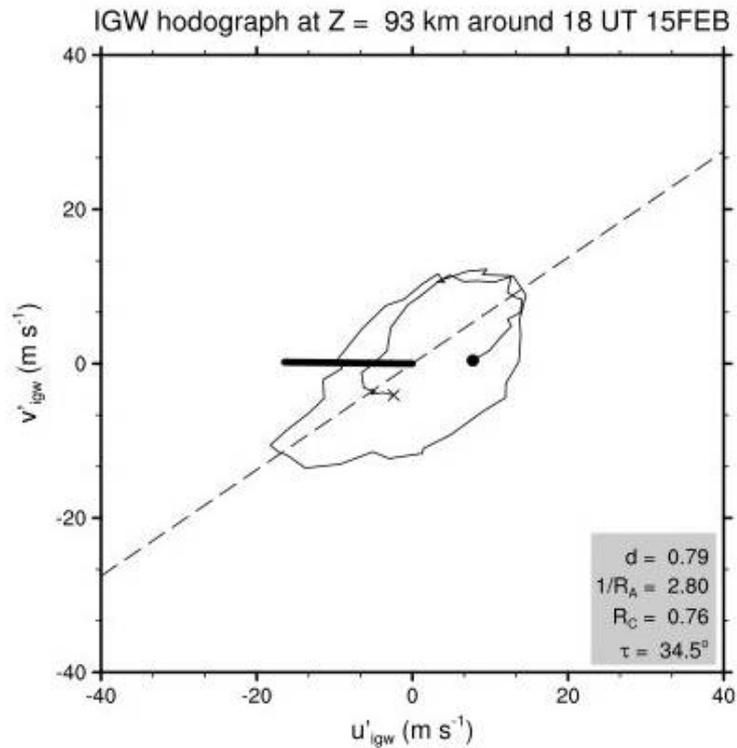


Fig. 68 IGW parameters (d , R_A^{-1} , R_C , and τ , see the text for details) estimated from the IGW horizontal wind hodograph (thin solid line) at $z = 93$ km around 18 UT in 15 February. Dashed line denotes the major axis direction represented by the value of τ . Thick solid line represents the large-scale flow averaged for 6 h around 18 UT. IGW parameters are computed using unsmoothed wind values, while the hodograph plotted here is moving-averaged in time for better illustration.

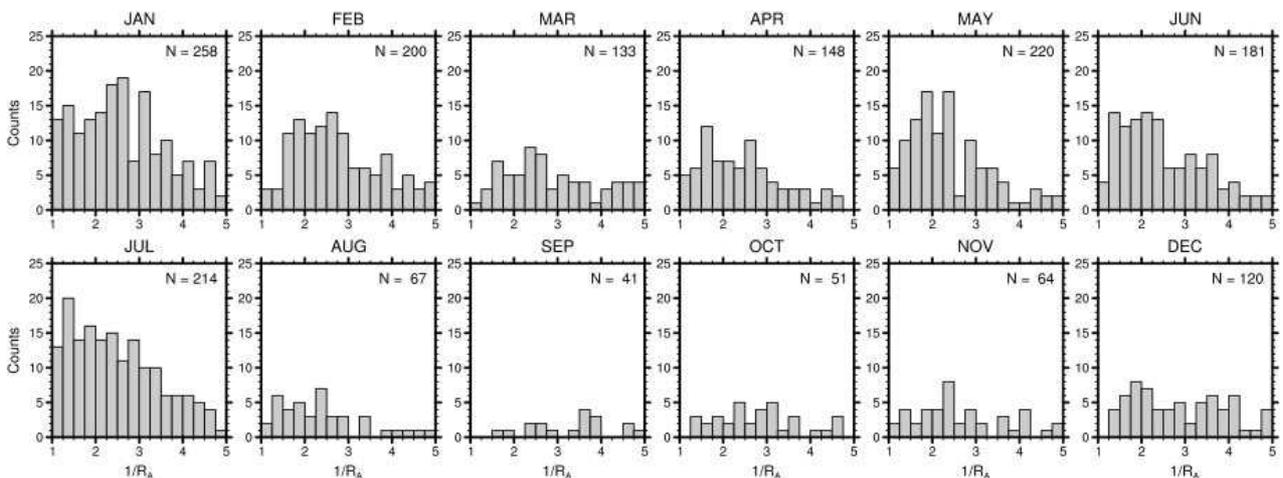


Fig. 69 Monthly variation of the histograms of IGW intrinsic frequencies relative to the Coriolis parameter in the mesopause region over KSS. The histograms are made for coherent and upward energy-propagating IGW events. The number of coherent and upward energy propagating GW events is plotted in each panel for each month.

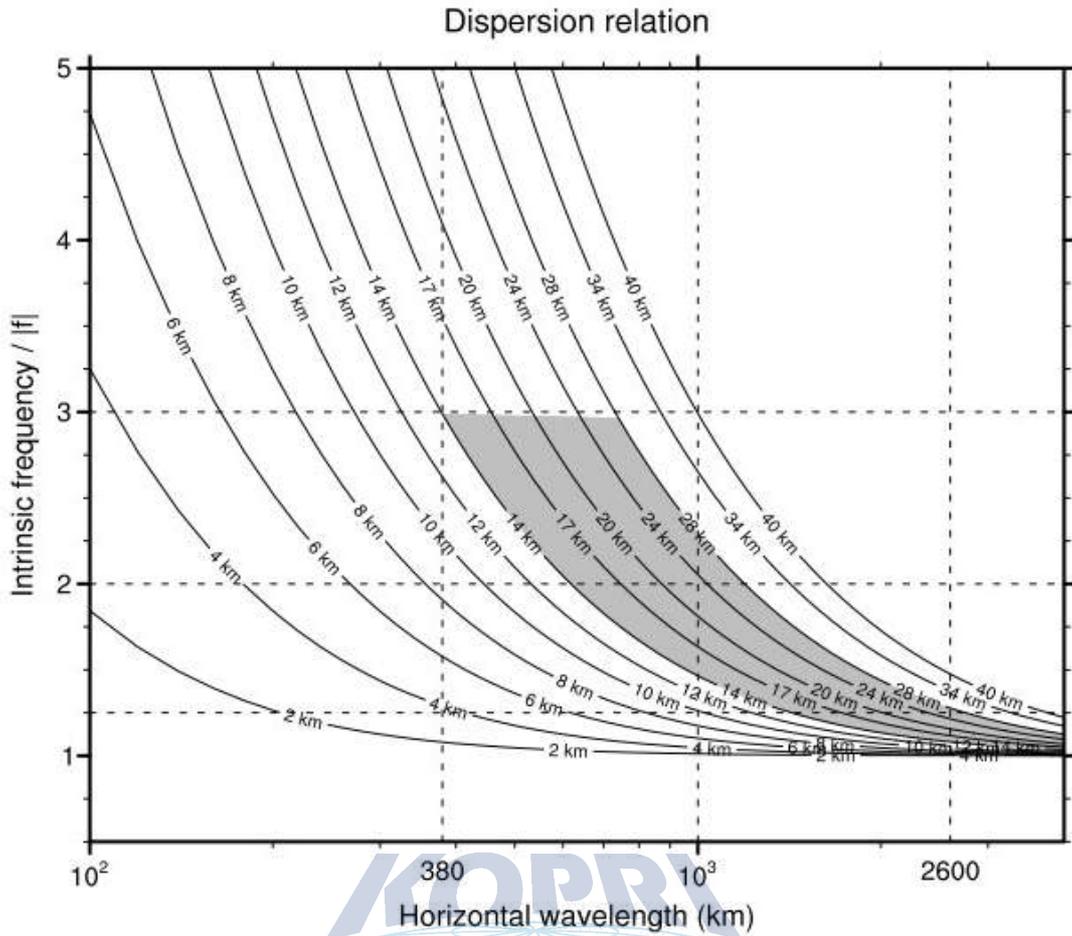


Fig. 70 IGW dispersion relation curves as a function of horizontal wavelength for the vertical wavelengths from 2 km to 40 km. The area of horizontal wavelengths for intrinsic frequencies of $|f|-3|f|$ and vertical wavelengths of 14-28 km are shaded.

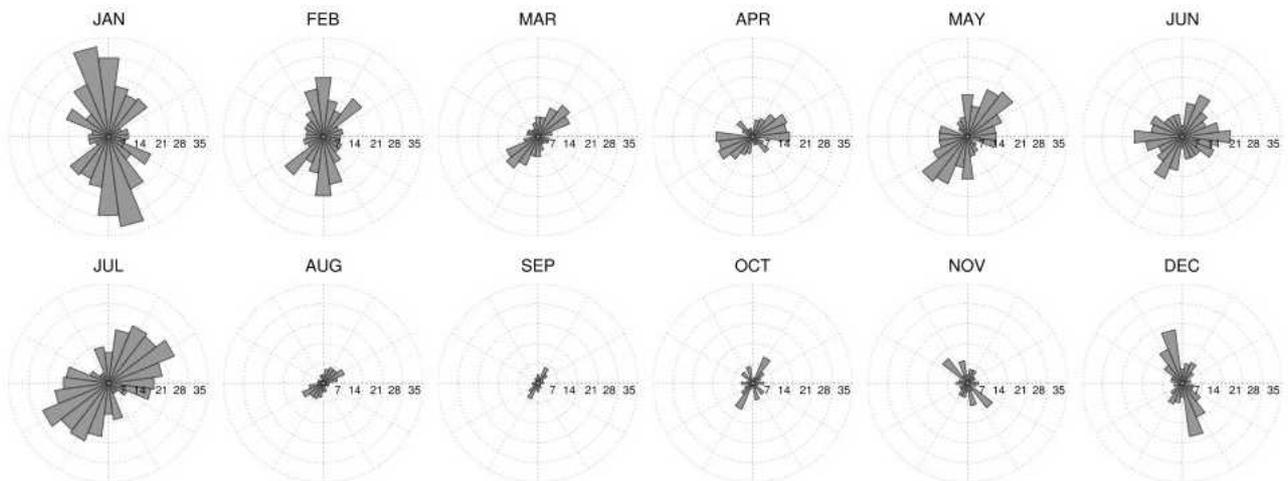


Fig. 71 Monthly variation of the angular histograms of horizontal propagation directions of IGWs observed in the mesopause region over KSS. Angular histograms are symmetrical with respect to 180° rotation.

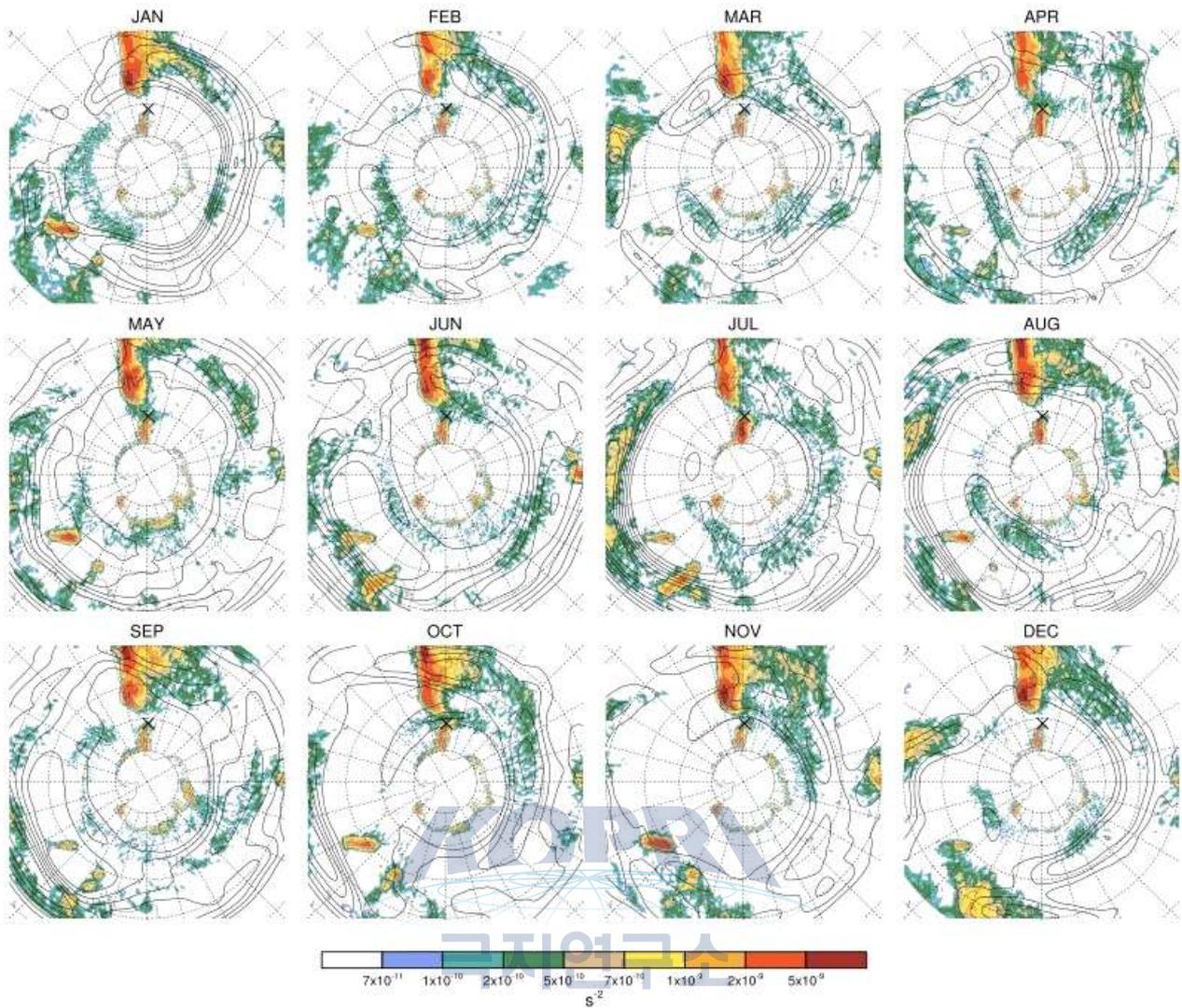


Fig. 72 Monthly variation of the monthly-mean horizontal wind magnitude (solid line; 30, 35, 40, 45, 50, 55, and 60 m s^{-1}) and monthly-mean $|\Delta\text{NBE}|$ (shading) at 300 hPa. Zonal mean of the monthly-mean $|\Delta\text{NBE}|$ is removed to clearly illustrate its longitudinal variation. The azimuthal and latitudinal grid lines are plotted every 15° in dotted line. Cross symbol denotes the location of KSS.

○ 고위도 고층대기 중력파의 고해상도 수치모델링

- 극지 중간권 상부 및 하부 열권 지역에서 관측되는 중력파의 원천과 전파 경로를 살펴 보기 위해서, 고해상도 전지구 수치모델링을 수행하였다. 최대한 특정 관측 시점과의 비교를 위해서 Song et al. (2015)에서와 같이 중간권 중부 아래에서는 기상 분석 장을 최대한 활용하여 초기 상태의 바람과 온도를 결정하였고, 그 위로는 경험 모델의 결과를 이용하였다.

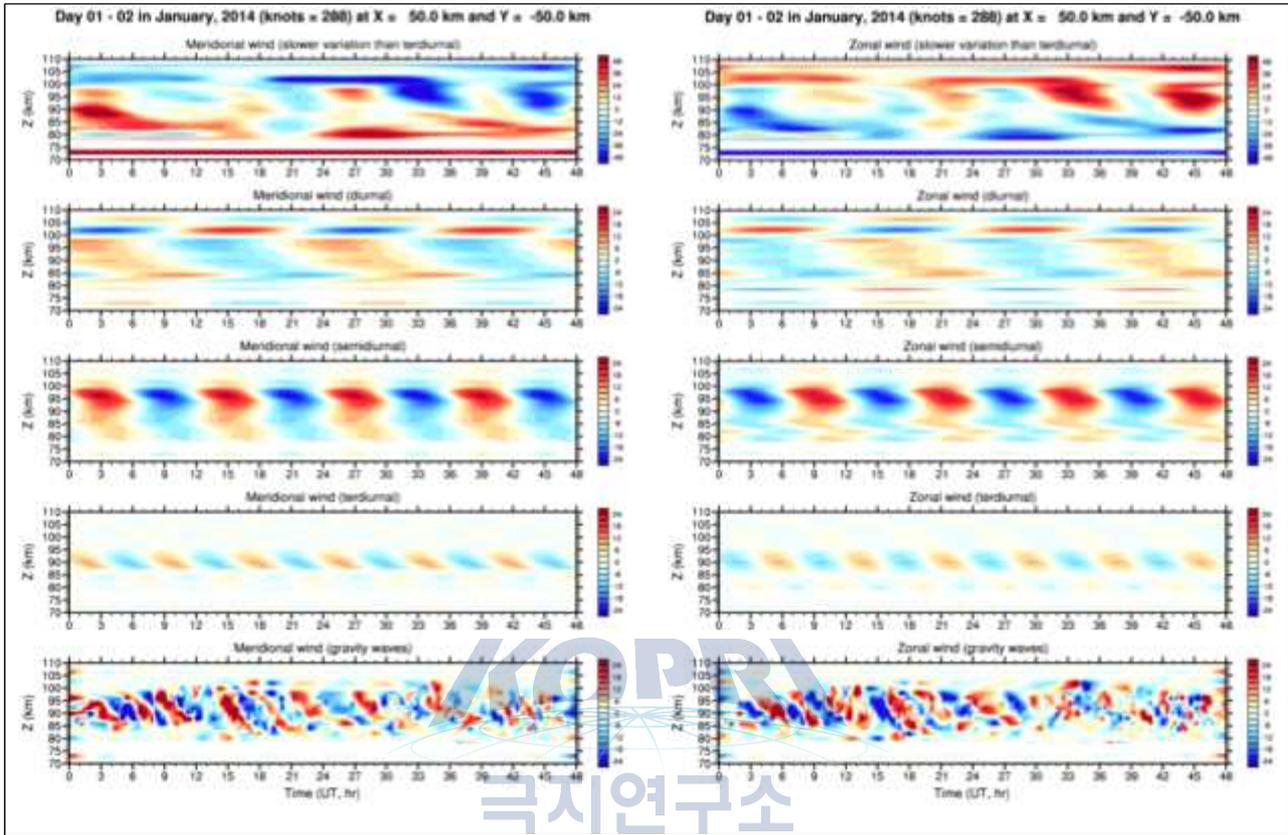


Fig. 73 Atmospheric gravity waves in the height vs. time. The large scale tidal component has been removed by applying band pass filter.

- 수치 예보와 같은 형식의 수치모델링을 위해서는 모델의 초기장이 모델에서 사용하는 방정식계에서와 같이 잘 균형이 맞는 상태가 되어야 초기 잡음을 제거할 수 있다. 이를 위해서 따로 역학 모델을 제작하고 이를 통하여 균형 상태를 유도하였고, 균형 상태를 이루는 대기 상태를 이용하여 모델을 초기화하였다.

- 아래 그림은 2014년 5월 3일 1530 UT 때, 극지역 고도 25, 50, 75, 및 95 km에서의 중력과 온도 섭동을 나타낸 것이다. 남극 주변에서는 상당한 양의 중력과 섭동이 안데스 주변의 산악과 대류권에 발생하는 전선 시스템과 연관된 것으로 보인다. 중력파의 섭동의 위상이 고도에 따라 서쪽으로 기울어진 것으로 보아, 대체적으로 이지역 파동은 서쪽 방향의 운동량 속을 전달하는 것으로 파악된다. 북극 주변에서는 북반구 중위도 혹은 아열대 지역에서 발생한 중력파가 동심원 형태의 위상 패턴을 나타내며 극지 고층대기로 전파하는 것으로 보인다. 이와 같은 형태의 북향 중력파는 특히 성층권 돌연 승온 이후에 상당히 중요한 역할을 하는 것으로 보인다.

t = 57150s in 03 MAY 2014 (ne120)

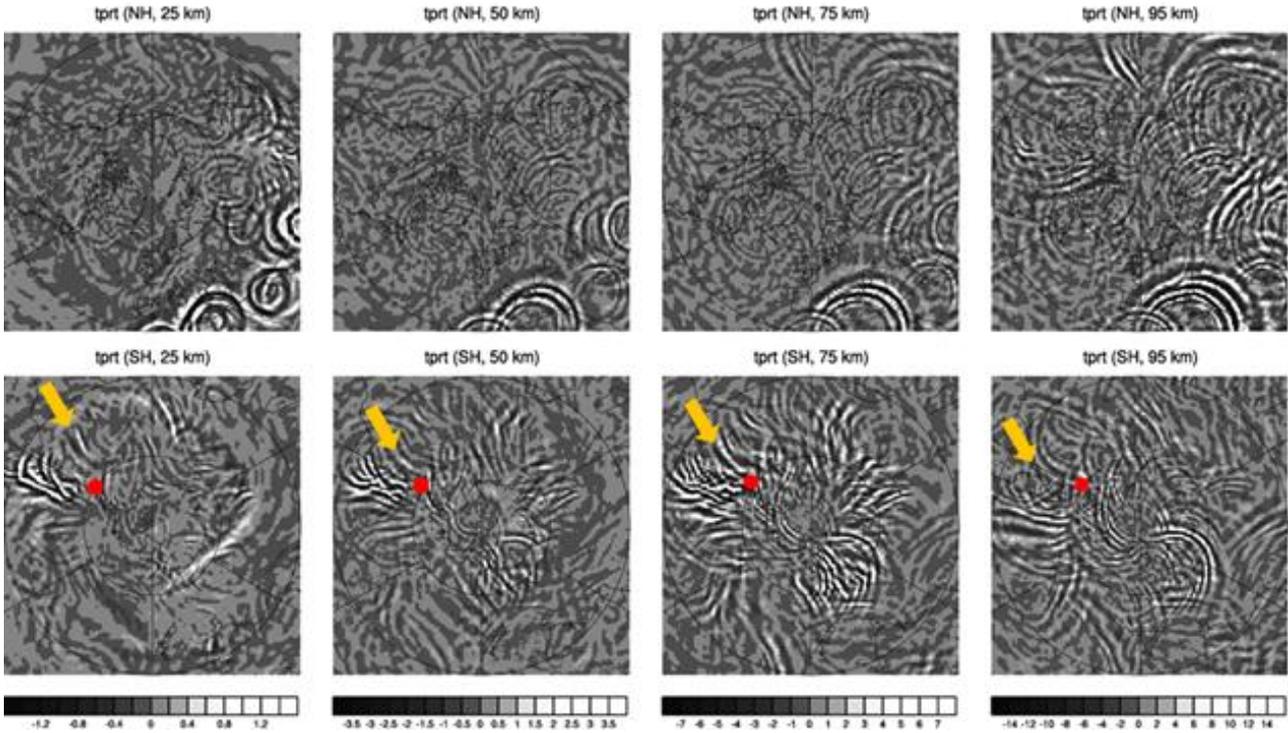


Fig. 74 Horizontal distributions of the GW temperature perturbations over (top) the North Pole and (bottom) the South Pole at $z = 25, 50, 75,$ and 95 km at 15.5 UTC in 3 May 2014. Yellow arrows show the evolution of the phases of the GWs generated from a particular frontal system. Red dot denotes the location of the King Sejong station.

○ 세종기지 전천카메라로 관측된 중력파 원천 파악

- 세종기지에 설치된 전천 카메라를 통해 2008년부터 2015년까지 중간권 상부에서 관측된 OH와 OI 대기광 이미지를 분석하여 얻어진 파동의 특성값의 통계 분석을 수행하였다. OH(OI) 대기광 관측으로부터 추정된 중간권 상부 중력파는 평균적으로 23.3 km (27.5 km)의 수평 파장과 15 분 (15.4 분)의 주기, 그리고 32.1 m s⁻¹ (33.2 m s⁻¹)의 위상 속도를 갖는다. 관측된 중력파는 0-90 m s⁻¹의 넓은 위상 속도 스펙트럼을 가지며, 관측된 파동 특성값들의 계절별 차이는 유의미하지 않았다.

- 관측된 파동 특성값을 3차원 레이 추적 모델인 GROGRAT (Eckermann and Marks, 1997)에 입력하여 backward-raytracing 계산을 수행하였다. 레이 추적 모형에 사용되는 대기 정보는 Song et al. (2015)이 사용한 재분석장 (ERA-Interim과 MERRA)과 경험적 모델 (HWM14와 NRLMSISE-00)이 결합된 바람/온도 프로파일을 사용하였다.

- 대기광 이미지로부터 추정된 파동 특성값의 불확실성을 고려하기 위하여, 관측한 동서 파수, 남북 파수, 고유 진동수에 각각 ±5%와 ±10%의 변화량을 추가하여 125개의 파동 특성값 조합을 구성하였다. 70% 이상의 레이가 특정 수평 (3° 이내), 연직 범위 (±2 km 이내)에서 수렴하는 266개 사례를 이용하여 파동 원천을 분석하였다.

- 감쇠 파동 사례를 제외한 80개 사례를 레이 추적 고도에 따라 24개의 대류권 (< 15 km), 10개의 성층권 (15-60 km), 46개의 중간권 (> 60 km) 종료 사례로 분류하였다. 중간권 종료 사례는 음의 m²가 (m: 연직 파수) 나타나는 사례가 지배적으로 나타나는 것으로 보아 하층 대기에서 전파되는 경우뿐만 아니라 중간권의 in-situ 원천도 고려하여야 한다. 대류권과 성층권 종료 사례는 대부분 동향 전파하는 파동이 우세하게 나타났으며, 성층권 종료 사례들은

레이 종료 지점 근처에 강한 RNBE (Zhang, 2004)가 나타나는 것을 통해 성층권 제트류가 주요 원천임을 파악하였다. 대류권 종료 사례의 1/3 이상은 강한 대류 현상과 연관되어 있는 것으로 분석된다.

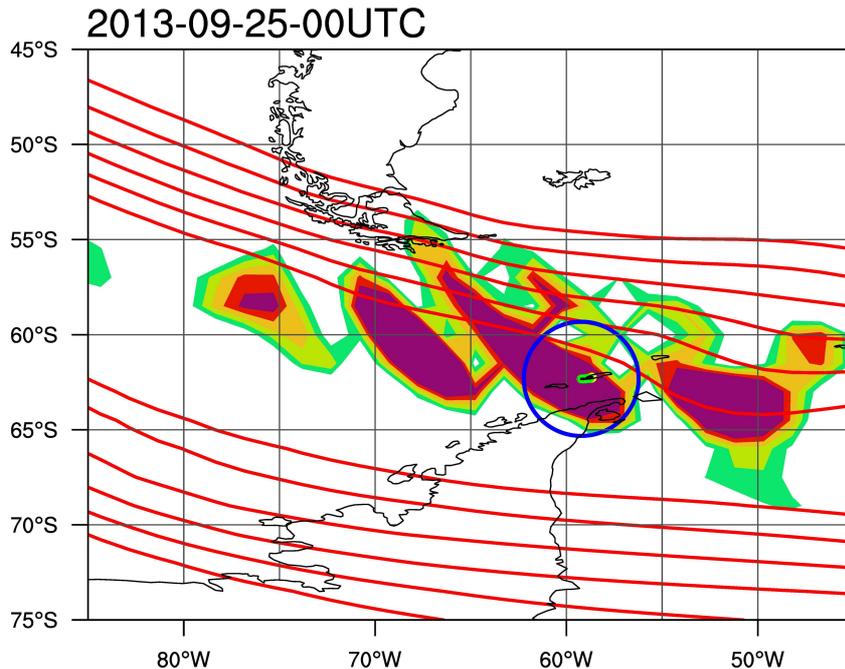


Fig. 75 Back trajectories of rays of the case for 06UTC 25 September 2013. Shading indicates absolute RNBE at 200 hPa and the red line indicates horizontal wind over 50 m/s. The blue circle represents the area within 3° from the ray termination position.

극지연구소

나. 성층권 돌연승은 현상과 극지 고층대기 변화 연구

○ 성층권 돌연승은 발생 전후 중간대기 중력과 변동성 파악 및 파동 원천의 변화 이해

- 역대 가장 강한 성층권 온도 상승이 있었던 2009년 1월 성층권 돌연 승은 사례 전후 중력과 변동성과 파동 원천을 파악하기 위하여, 0.25°×0.25°의 수평 해상도를 갖는 고해상도 ECMWF 분석장을 이용한 S3D 방법 (Lehmann et al., 2012)을 통해 9×9×21개 격자 큐브 안에서 가장 지배적인 파동 특성 값을 얻어내었다.

- Ern et al. (2004) 방법을 통하여 각 격자 큐브안에서 중력과 운동량 속을 계산하였다. 고도 25 km의 중력과 운동량 속은 돌연 승은 발생 직전에 두 개로 나뉘지는 극와동 가장자리에서 강화되었다가 돌연 승은 발생 직후 감소하였으며, 특히 긴 연직 파장을 갖는 중력파의 운동량 속이 많이 감소하였다.

- 3SD 방법을 이용해 계산된 파동 특성값들을 GROGRAT에 입력하여 backward-tracing을 수행하였으며, 이를 이용한 성층권 돌연 승은 전후 자세한 파동 원천 분석을 진행 중에 있다.

○ 중력과 전파를 통한 성층권 돌연 승은 이후 다산기지 중간권 승은의 이해

- 2003-2004년 및 2012-2013년 북반구 겨울철에 다산기지 (78°N) 및 Erange (68°N)에서 FTS (Fourier Transform Spectrometer)를 통한 고도 87 km 온도 관측 결과, 성층권 돌연 승은 (SSW) 이후 약 35-45 일 이후에 다산기지와 Erange 지역의 중간권 상부의 온도가 상

당히 올라간 것이 발견되었다.

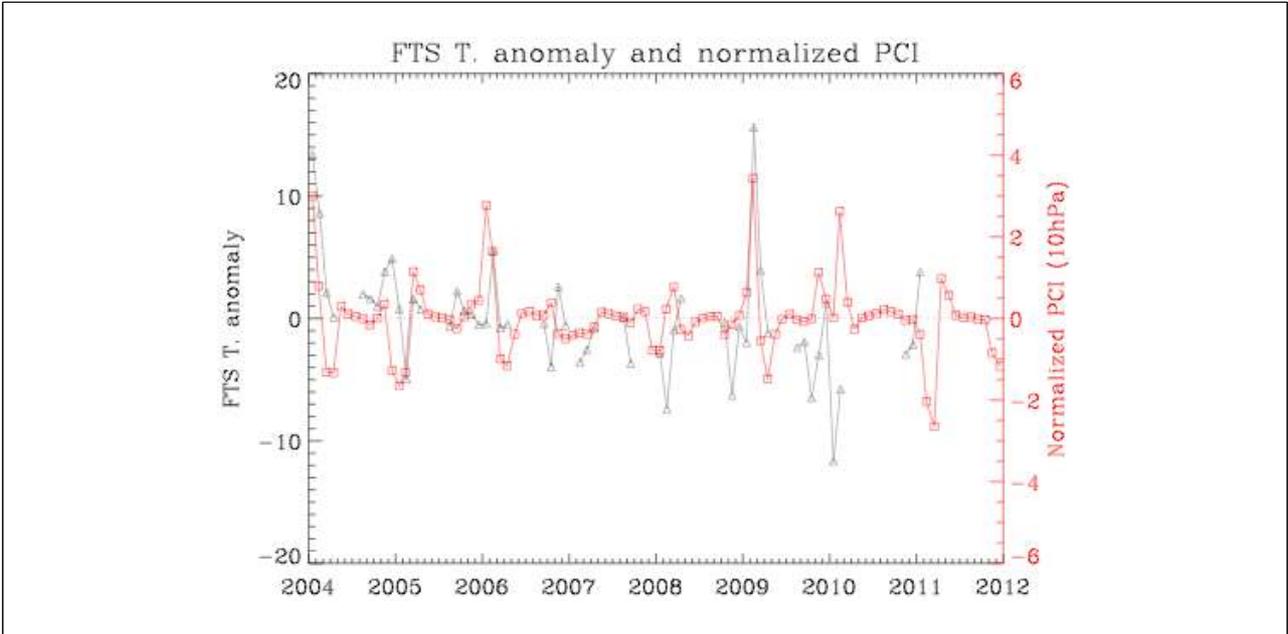


Fig. 76 10 hPa PCI index (red) and upper atmospheric temperature variations (black) observed by FTS in Kiruna, Sweden during 2004~2011 period.

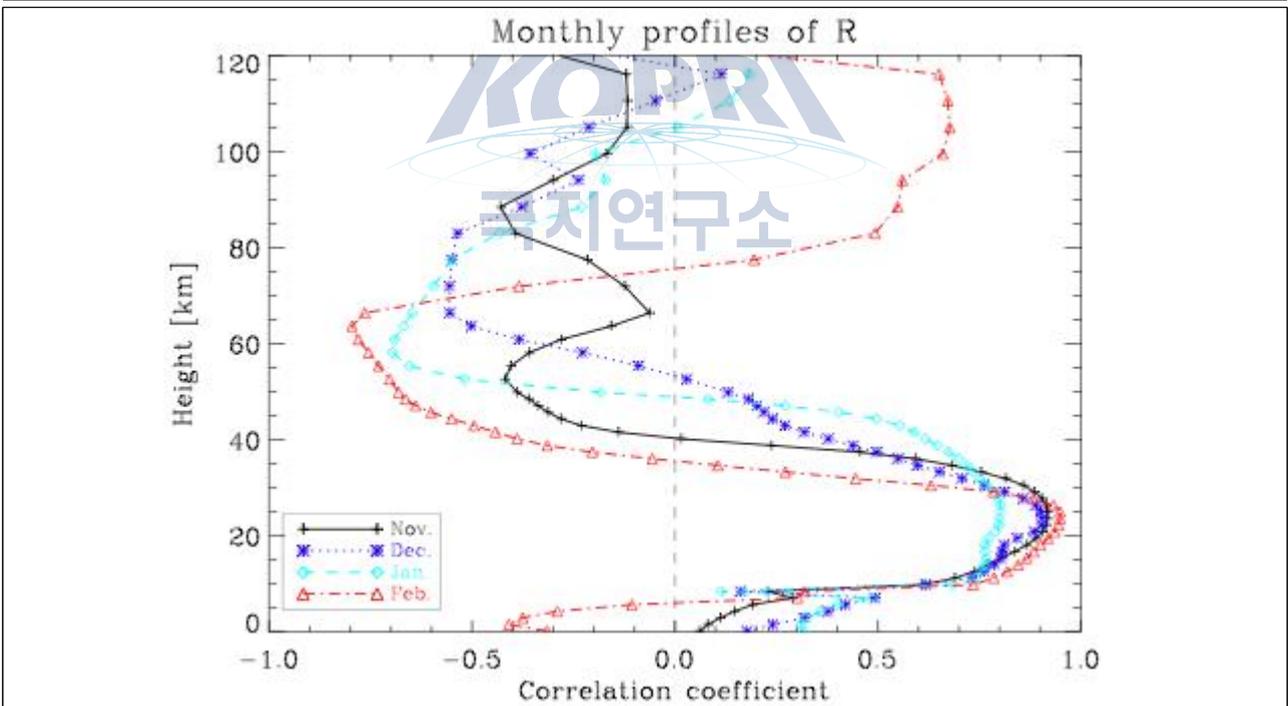


Fig. 77 Correlation coefficients between 10 hPa PCI index and MLT temperature observed by MLS satellite. As indicated by different colors, the coefficients show different height distributions with season.

- SC-WACCM (Smith et al. 2014)과 같은 전지구 모델링으로부터 드러난 SSW 이후 중간권의 온도는 Esrange의 경우는 유사했으나, 다산 기지에서 관측된 온도에 비해서는 상당히 낮은 것으로 파악되었다 (약, 20-30 K 차이). 이는 SC-WACCM에서 모의된 서향 중력과 운동량 강제력이 55°N-75°N, 75 km 부근에서 강하지만, 상대적으로 고위도 고도 87 km 위 지

역에서는 상당히 약한 것과 관련된 것으로 보인다.

- SC-WACCM에서 계산되는 중력과 운동량 강제력은 파동의 연직 전파만 고려하여 계산된 점을 감안하여, 레이 추적 기법을 이용하여 3차원 파동 전파를 고려하여 중력과 운동량 강제력을 계산하였다. 계산 결과, 3차원 전파를 고려할 경우, 고위도 중간권계면 지역에서 중력과 서향 운동량 강제력이 연직 1차원 전파에 비해서 상당한 정도로 강해진 것을 파악하였다. 이 연구는 추후에 더 많은 연구로서 보강되어야 할 것으로 판단된다.

다. 중간권 상부 온도의 장기 변화 경향 연구

○ 중간권계면 부근의 온도는 저층대기에서의 온실기체 증가에 대해 민감하게 반응하는 것으로 학계에 보고되어 왔다.

○ 북극 키루나 (68N)에서 운영중인 적외선 간섭계 (FTS) 자료와 APO (Apache Point Observatory, 32N)에서 관측한 OH 스펙트럼을 이용하여 북반구 고위도와 중위도에서의 중간권계면 온도 변화경향을 위성 관측 온도와 비교·분석 연구 수행했다.

Year	Number of nights	Year	Number of nights	Year	Number of nights	Year	Number of nights
2003/04	30	2009/10	68	2000	62	2008	112
2004/05	95	2010/11	59	2001	96	2009	92
2005/06	99	2011/12	80	2002	103	2010	133
2006/07	61	2012/13	71	2003	112	2011	158
2007/08	39	2013/14	60	2004	86	2012	154
2008/09	52	Total	714	2005	76	2013	138
				2006	77	2014	69
				2007	77	Total	1545

Fig. 78 Number of nights available for the yearly average temperature data in the MLT region observed by FTS at Kiruna, Sweden (left) and SDSS OH airglow emission spectra (left).

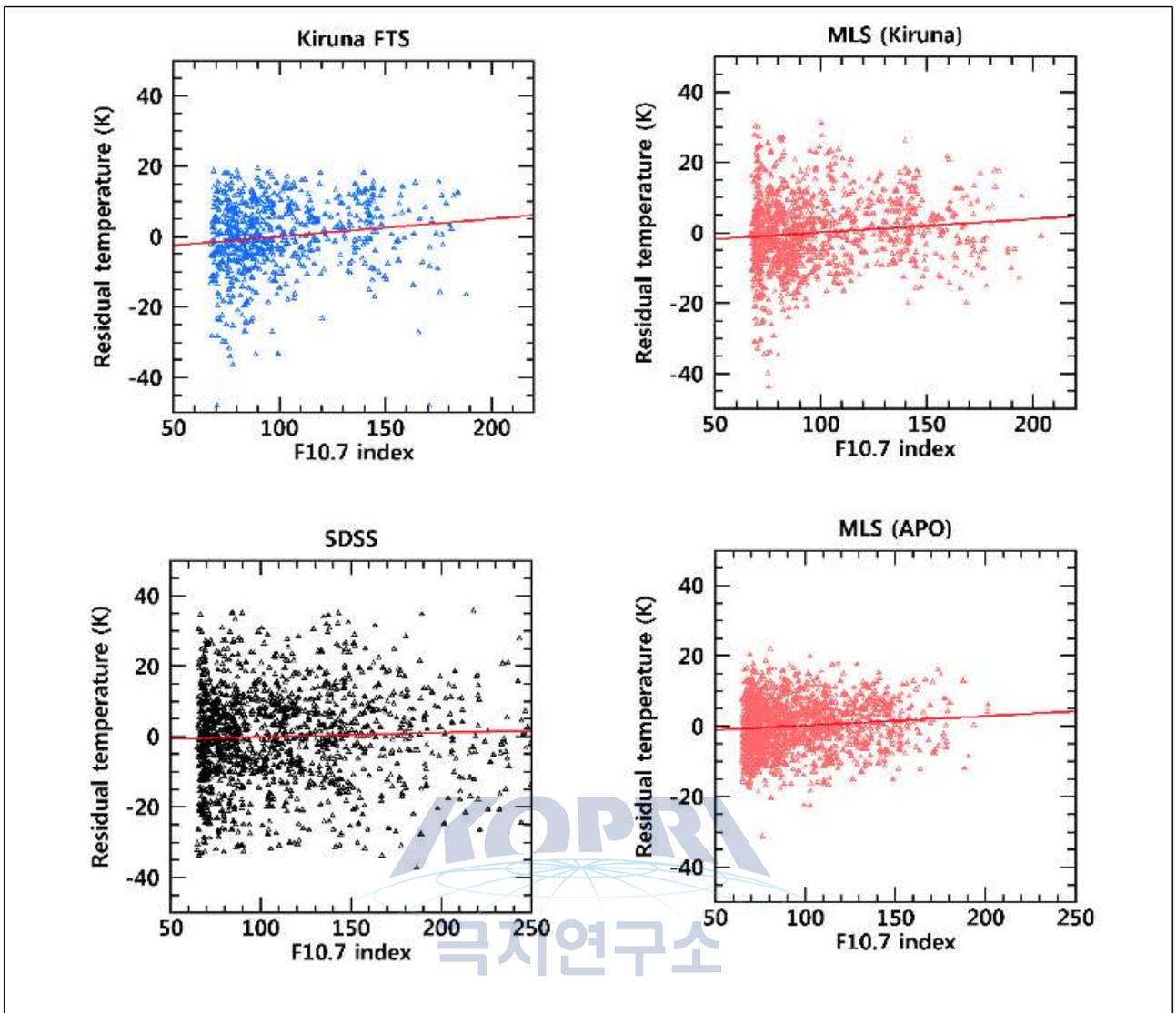


Fig. 79 Linear correlations between F10.7 cm solar activity index and residual temperature by FTS, SDSS, and MLS satellite.

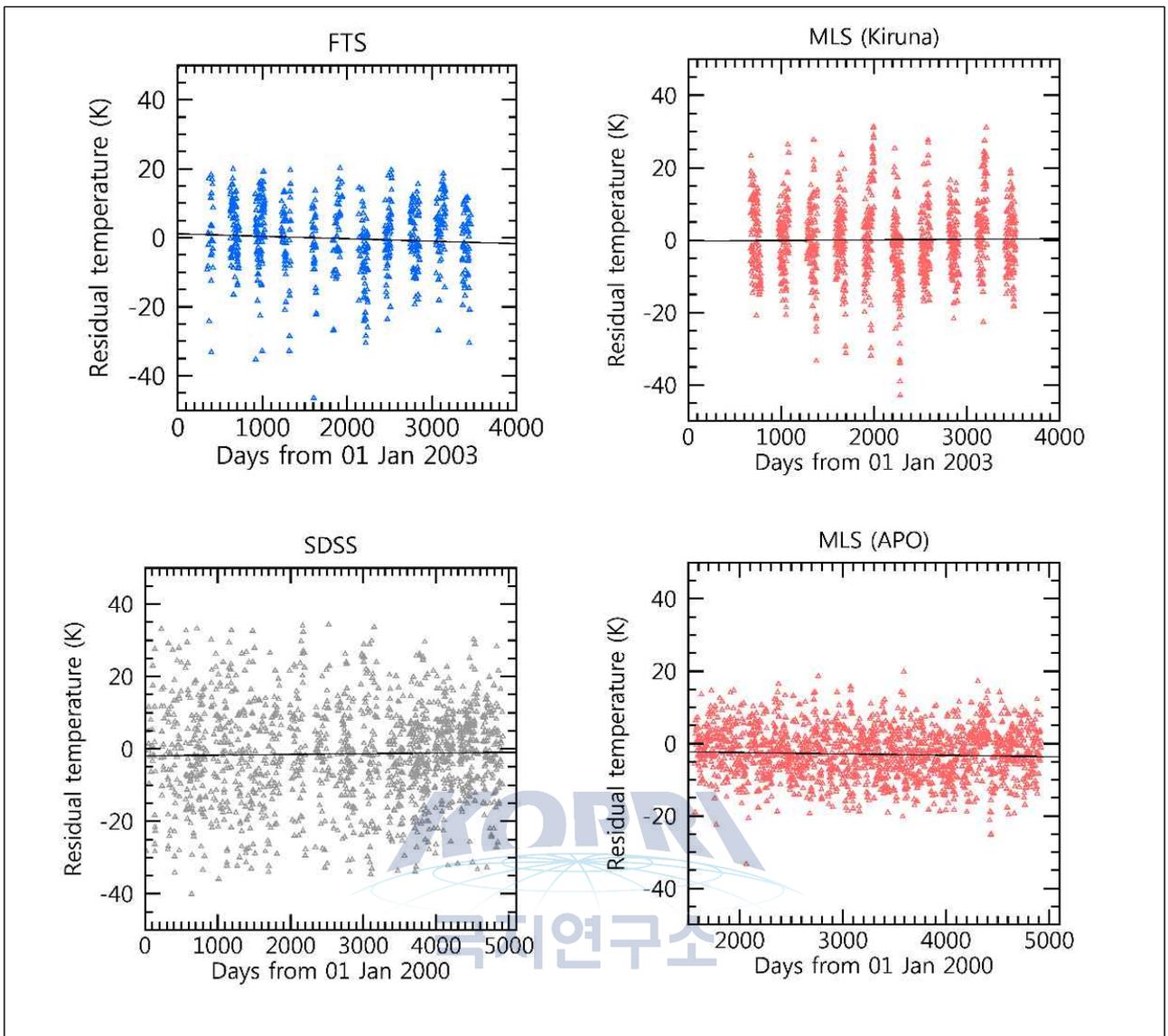


Fig. 80 Long-term variations of residual temperature observed by FTS and SDSS and corresponding MLS satellite data.

라. 저층대기 수증기량 - 중간권 온도 간 상관관계 연구

○ 성층권 수증기량 변화는 중요한 기후요소 중 하나이며, Aura MLS 위성에서 관측된 수증기 자료와 스웨덴 키루나 적외선 간섭계에서 관측된 중간권 온도 관측자료 분석을 통해서 이 수증기량이 중간권 온도와도 밀접한 상관관계를 보인다는 것을 보인다.

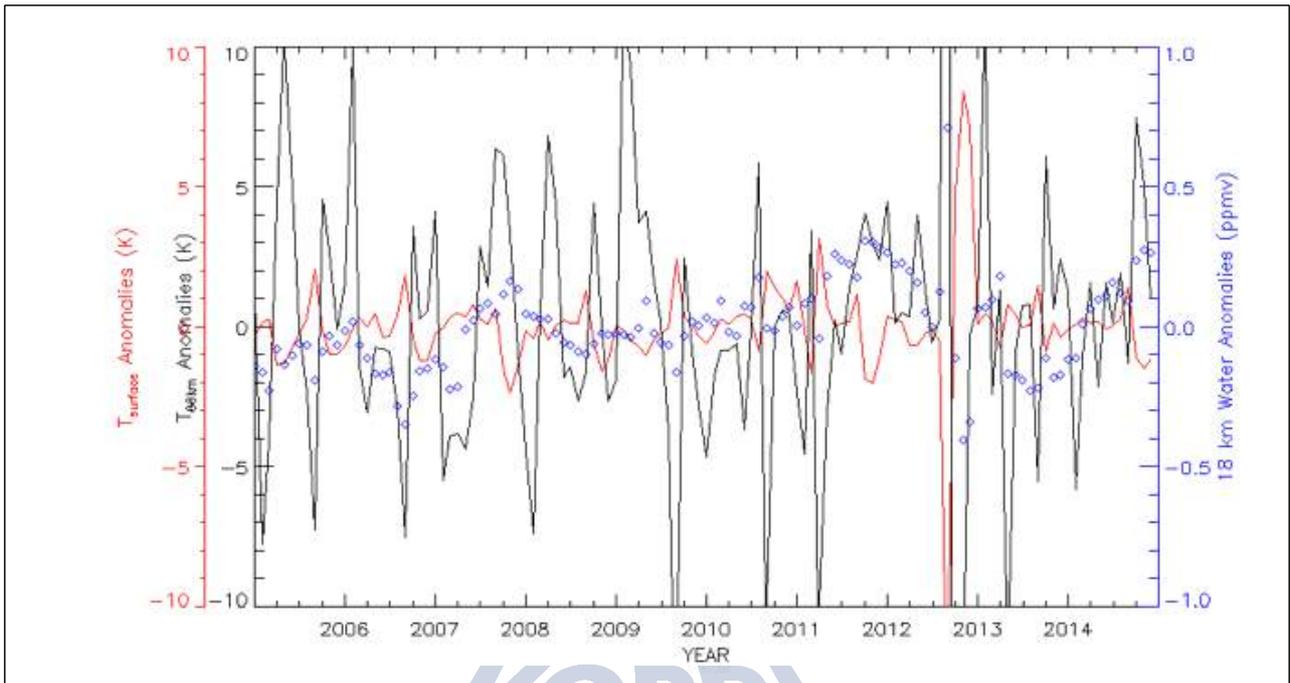


Fig. 81 Correlation between MLT temperature from FTS at Kiruna, Sweden and stratospheric water vapor measured by MLS satellite.

KOPRI
극지연구소

6. 극지고층대기 및 우주환경 관측인프라 구축

가. 우주환경 및 극지고층대기 관측시스템 구축

○ 남북극 기지에서의 우주환경 및 극지고층대기 관측시스템 구축을 위해서 국내외 다양한 대학 및 기관과 공동협력을 수행했다.

○ 자기권-극지전리권 상호작용 연구를 위한 자기권 관측을 위해서는 경희대학교 우주탐사학과와 미국 뉴저지 공과대학(NJIT)와 공동으로 자력계를 개발하여 남극 장보고과학기지에서 설치하여 운영 중에 있다.

○ 우주선 및 고에너지 입자 관측을 위해서는 충남대학교 천문우주과학과와 전남대학교 연구팀과 공동으로 중성자 모니터를 남극 장보고과학기지에 설치하여 운영 중에 있다.

○ 극지 고층대기 열권 바람과 온도 관측을 위해서는 미국 국립대기과학연구소(NCAR/HAO)와 협력하여 페브리-페로 간섭계를 남극 장보고과학기지와 세종과학기지에 설치하여 운영 중에 있으며, 북극에 설치된 페브리-페로 간섭계 자료 분석을 위해서는 미국 Clemson 대학 연구팀과 자료 분석을 위한 공동 연구를 수행 중에 있다.

○ 남극 장보고과학기지에서 극지 전리권 관측을 위해서는 미국 콜로라도 대학과 공동

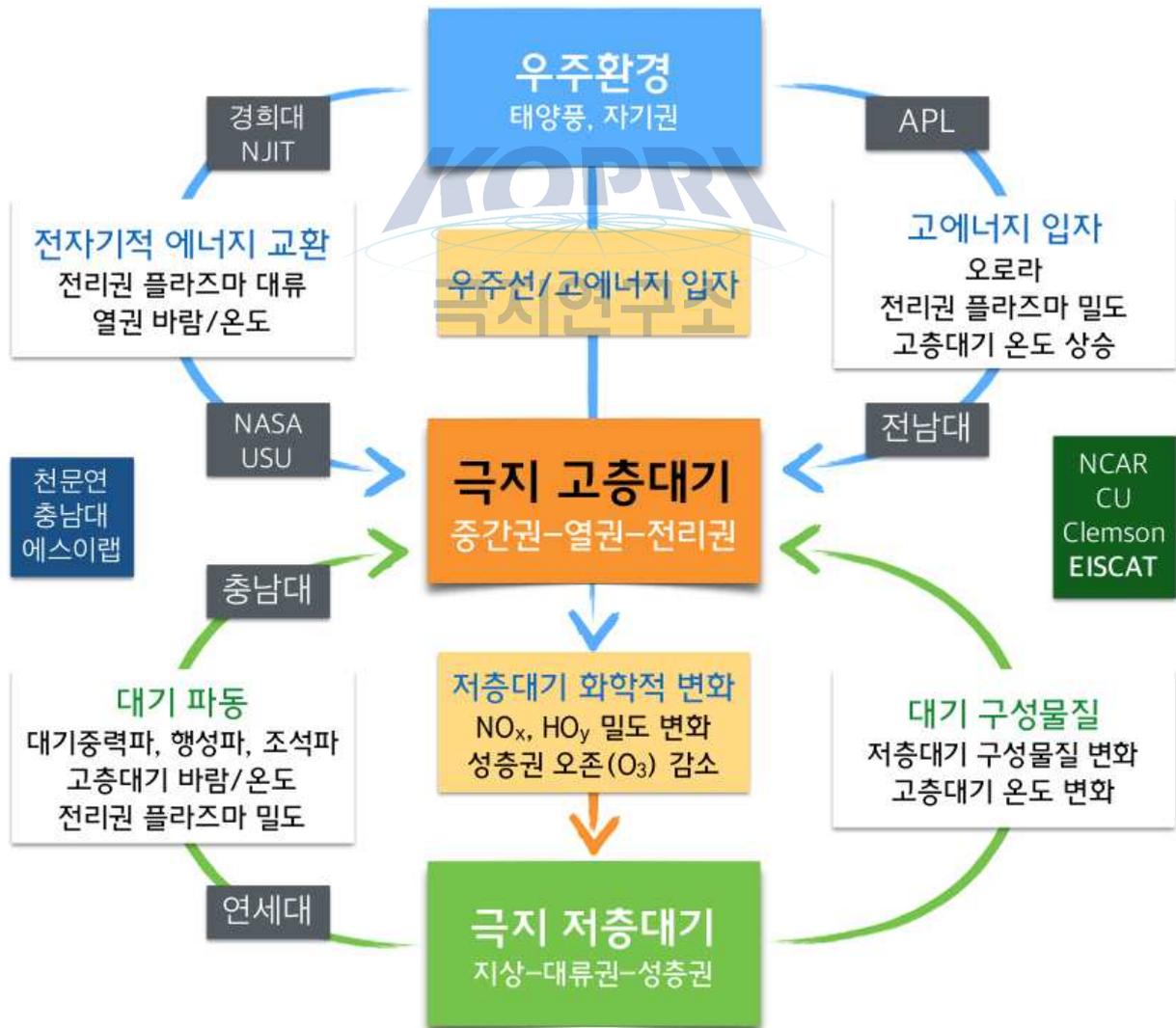


Fig. 82 Collaborations between KOPRI and many different institutes and universities to operate various instruments in the Arctic and Antarctica.

으로 전리권 레이더를 설치하여 운영 중에 있으며, 전리권 충전자밀도 및 불균일성 관측을 위한 GPS TEC/Scintillation 모니터 운영은 국내 (주)에스이랩과 수행하고 있다. 북극 전리권 관측을 위해서는 유럽 EISCAT 전리권 레이더 네트워크에 참여하여 관측을 수행하고 있다.

○ 남북극에서의 양성자 오로라 관측을 위해서는 미국 JHU/APL과 공동으로 남극 장보고과학기지와 북극 스발바드 룽이어빈에 전천카메라를 설치하여 운영 중에 있다.

○ 남극 세종과학기지에서의 대기중력과 관측 및 자료 분석 연구를 위해서는 충남대학교와 연세대학교 연구팀과 관측기기 운영 및 자료 분석을 위한 공동 연구를 수행하고 있다.

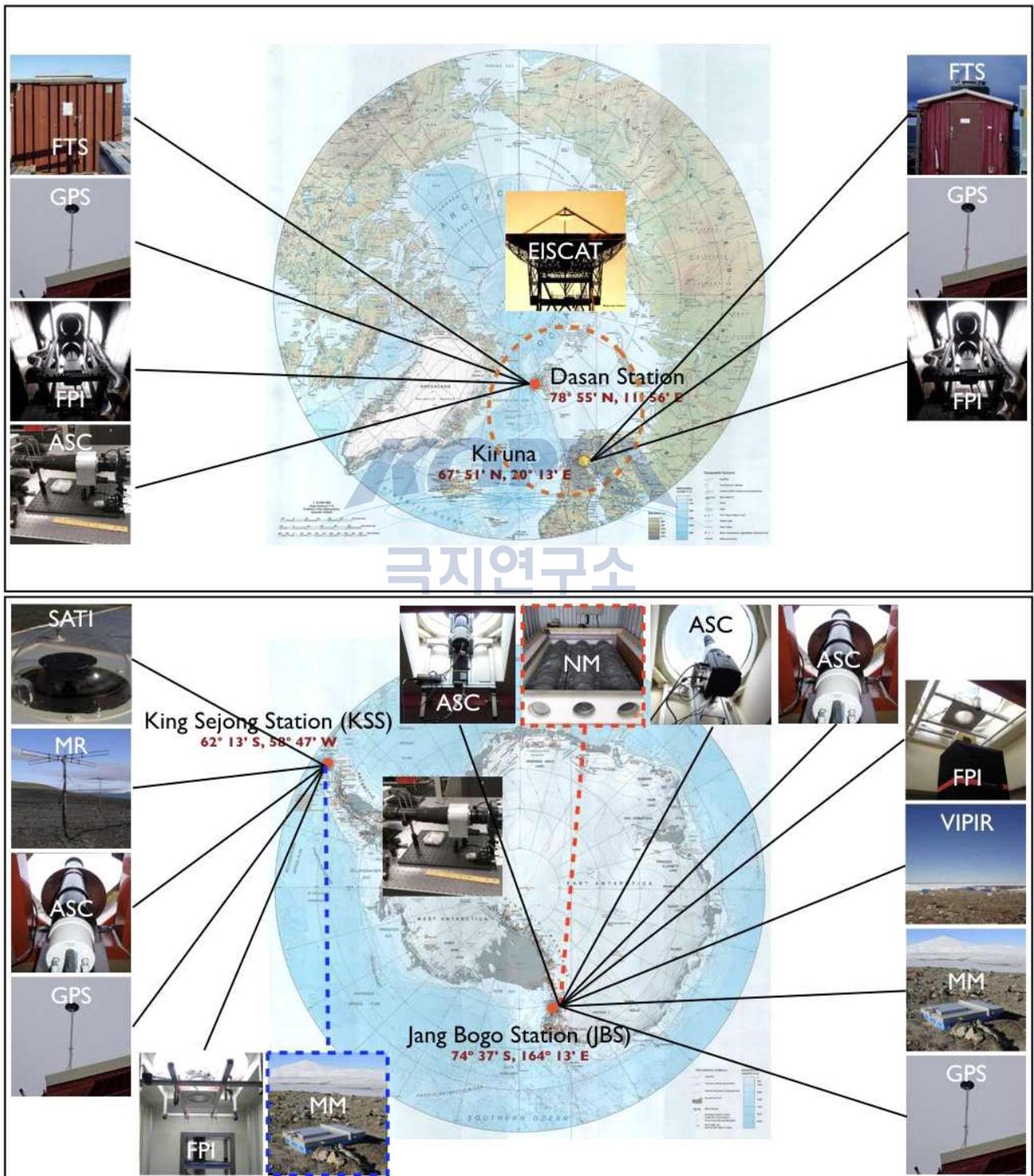


Fig. 83 Ground-based observation systems in the Arctic (top) and Antarctica (bottom)

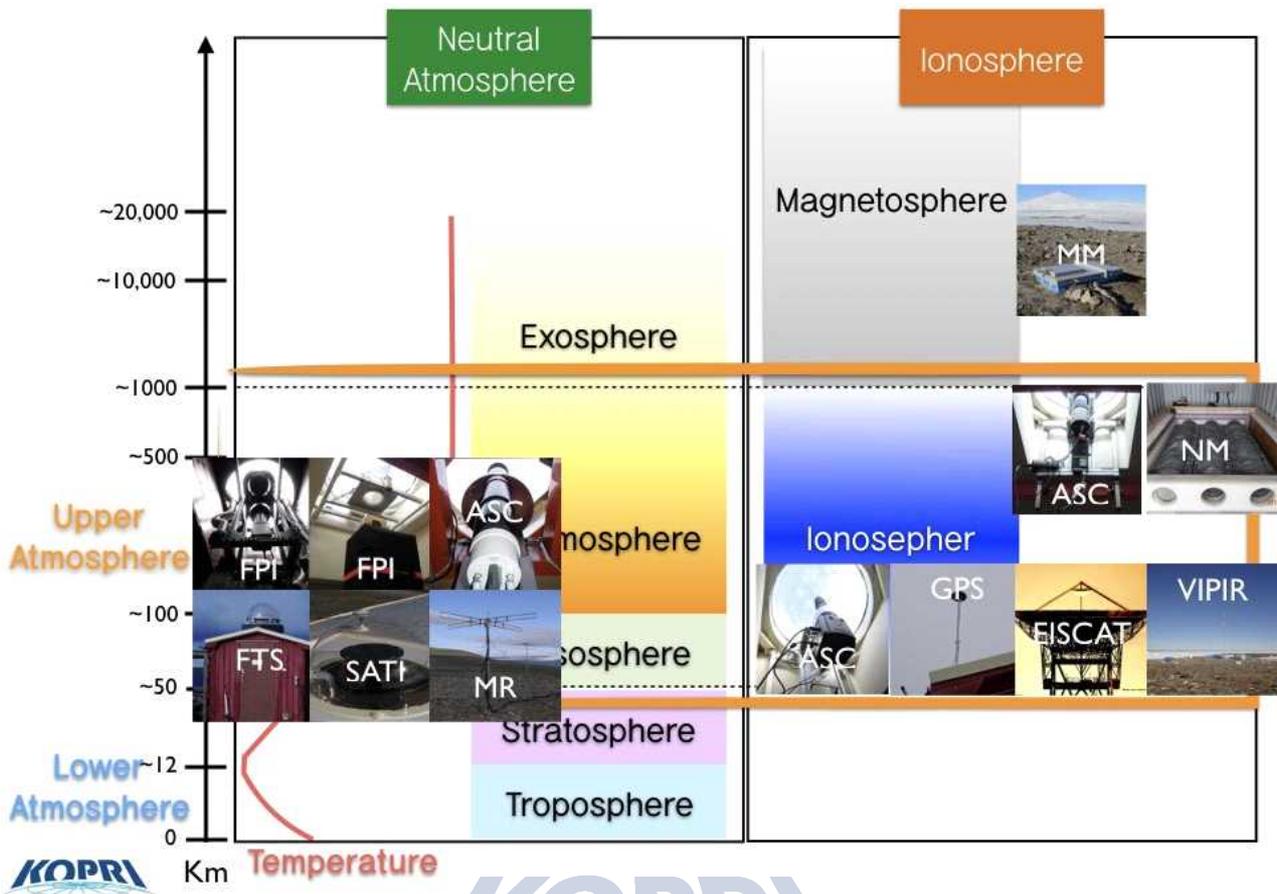


Fig. 84 Ground-based observations for the upper atmosphere and space environment performed in the polar region in Korea Polar Research Institute (KOPRI).

나. 극지우주환경 모니터링 시스템

○ ㈜에스이랩과 공동으로 극지연구소 우주과학연구실 내 극지우주환경 모니터링 시스템을 구축하여 남북극에서의 관측현황 및 관측을 준실시간으로 모니터링하고 있고 있으며, 국내외 연구자들과 남북극 관측자료 공유를 위한 자료공유시스템을 구축했다.



Fig. 85 Space environment monitoring system and data base in Korea Polar Research Institute (KOPRI).

제 4 장 연구개발결과의 활용계획

1. 기대효과

- 가. 우주기상예측모델 정확도 향상을 통해 우주기상현상 발생 시 인공위성 장애, 전파통신 교란, GPS 오차, 전력망 손상 등으로 인해 예상되는 경제적 손실 최소화.
- 나. 극지고층대기의 물리·화학적 특성과 우주환경 및 저층대기에서 극지고층대기로 전달되는 에너지에 의한 고층대기 변화 이해를 통해 우주기상예측모델 개발 및 정확도 향상에 기여.
- 다. 남북극 지상관측시스템 운영 및 관측자료 분석연구를 통한 연구인력 양성.

2. 연구결과 활용계획

- 가. 남북극 극지고층대기 및 우주환경 지상관측시스템 구축을 통한 관측자료 확보와 이를 통한 대형 관측프로그램 국제네트워크 확보.
- 나. 우주기상예측 모델 정확도 향상을 위해 필수적인 극지고층대기 기반정보 제공.



제 5 장 참고문헌

안병호, 지건화 (2014), *극지과학자가 들려주는 오로라 이야기*, 지식노마드, pp. 46-58.

Banks, P. M., R. W. Schunk, and W. J. Raitt (1976), The topside ionosphere: a region of dynamic transition, *Ann. Rev. Earth and Plan. Sci.*, 381-440.

Chung, J.-K., Y. I. Won, Y. H. Kim, B. Y. Lee, J. Kim (2000), "Solar Cycle Variation of Upper Thermospheric Temperature Over King Sejong Station, Antarctica", *J. Astron. Space Sci.*, 17(2), 241-248.

Chung, J.-K., Y. H. Kim, Y.-I. Won, B. K. Moon, T. H. Oh (2006), "Observation of temperatures and emission rates from the OH and O2 nightglow over a southern high latitude station", *Adv. Space Sci.*, 38.

Chung, J.-K., G. Jee, C.-N. Lee (2011), "Global Positioning System Total Electron Content Variation over King Sejong Station in Antarctic under the Solar Minimum Condition Between 2005 and 2009", 28(4), 305-310.

Evans, J. V., and J. M. Holt (1978), Nighttime proton fluxes at millstone Hill, *Planet. Space Sci.*, 26, doi:10.1016/0032-0633(78)90004-1.

Forster, M. and N. Jakowski (2000), Geomagnetic storm effects on the topside ionosphere and plasmasphere: a compact tutorial and new results, *Surveys in Geophys.*, 21, 47-87.

Fritts, D. C., and M. J. Alexander, Gravity wave dynamics and effects in the middle atmosphere, *Rev. Geophys.*, 41(1), 1003, doi:10.1029/2001RG000106, 2003.

Fritts, D. C., S. L. Vadas, and Y. Yamada (2002), An estimate of strong local body forcing and gravity wave radiation based on OH airglow and meteor radar observations, *Geophys. Res. Lett.*, 29(10), 1429, doi:10.1029/2001GL013753.

Fuller-Rowell, T. J., M. V. Codrescu, R. J. Moffett, S. Quegan (1994), Response of the thermosphere and ionosphere to geomagnetic storms, *J. Geophys. Res.*, 99, 3893-3914.

Hasha, A., O. Bühler, and J. Scinocca (2008), Gravity wave refraction by three-dimensionally varying winds and the global transport of angular momentum, *J. Atmos. Sci.*, 65, 2892 - 2906, doi:10.1175/2007JAS2561.1.

Heelis, R. A., and W. R. Coley (2007), Variations in the low- and middle-latitude topside

ion concentration observed by DMSP during superstorm events, *J. Geophys. Res.*, 112, A08310.

Jee, G., R. W. Schunk, and L. Scherliess (2005), On the sensitivity of total electron content (TEC) to upper atmospheric/ionospheric parameters, *J. Atm. Sol.-Terr. Phys.*, 67, 1040-1052.

Jee, G., H.-B. Lee, S. C. Solomon (2014), "Global ionospheric total electron contents (TECs) during the last two solar minimum periods", *J. Geophys. Res.* 119, 2090-2100.

Jee, G., H.-B. Lee, and S. C. Solomon (2014), Global ionospheric total electron contents (TECs) during the last two solar minimum periods, *J. Geophys. Res. Space Physics*, 119, 2090-2100, doi:10.1002/2013JA019407.

Ji, E. Y., G. Jee, and C. Lee (2016), Comparison of IRI-2012 with JASON-1 TEC and incoherent scatter radar observations during the 2008 - 2009 solar minimum period, *J. Atm. Sol.-Terr. Phys.*, 146, 81-88.

Jiang, J. H., D. L. Wu, S. D. Eckermann, and J. Ma (2003), Mountain waves in the middle atmosphere: Microwave limb sounder observations and analyses, *Adv. Space Res.*, 32(5), 801 - 806, doi:10.1016/S0273-1177(03)00402-2.

Jiang, J. H., S. D. Eckermann, D. L. Wu, and J. Ma (2004), A search for mountain waves in MLS stratospheric limb radiances from the winter Northern Hemisphere: Data analysis and global mountain wave modeling, *J. Geophys. Res.*, 109, D03107, doi:10.1029/2003JD003974.

Kam, H., G. Jee, Y. H. Kim, Y.-B. Ham, I.-S. Song, Statistical analysis of mesospheric gravity waves over King Sejong Station, Antarctica (62.2°S, 58.8°W), *submitted to J. Atm. Sol.-Terr. Phys.*

Kirkby, J. (2007) Cosmic rays and climate, *Surv. Geophys.*, 28, 333 - 375.

Kim, J.-H., Y. H. Kim, C.-S. Lee, G. Jee (2010), "Seasonal variation of meteor decay times observed at King Sejong Station (62.22° S, 58.78° W), Antarctica", *J. Atmos. Sol. Terr. Phys.*, 72, 883-889.

Kim, J.-H., Y. H. Kim, G. Jee, C. Lee (2012), "Mesospheric temperature estimation from meteor decay times of weak and strong meteor trails", *J. Atmos. Sol. Terr. Phys.* 89, 18-26.

Kim, J.-H., G. Jee, C. Lee, Y. H. Kim (2013), "VHF meteor radar at King Sejong Station,

Antarctica”, *Adv. Polar Sci.*, 24, 241–247.

- Kunihiko Kodera, Yuhji Kuroda (2002), Dynamical response to the solar cycle, *J. Geophys. Res. Atmospheres* 107, doi:10.1029/2002JD002224.
- Kwak, Y.-S., A. D. Richmond, and R. G. Roble (2007), Dependence of the high-latitude lower thermospheric momentum forcing on the interplanetary magnetic field, *J. Geophys. Res.*, 112, A06316, doi:10.1029/2006JA012208.
- Lee, H.-B., G. Jee, Y. H. Kim, and J. S. Shim (2013), Characteristics of global plasmaspheric TEC in comparison with the ionosphere simultaneously observed by Jason-1 satellite, *J. Geophys. Res. Space Physics* 118, doi:10.1002/jgra.50130.
- Lee, C., Y. H. Kim, J.-H. Kim, G. Jee, Y.-I. Won, D. L. Wu (2013), “Seasonal variation of wave activities near the mesopause region observed at King Sejong Station (62.22° S, 58.78° W), Antarctica”, *J. Atmos. Sol. Terr. Phys.*, 105–106, 30–38.
- Lee, C., J.-H. Kim, G. Jee, W. Lee, I.-S. Song, and Y. H. Kim (2016), New method of estimating temperatures near the mesopause region using meteor radar observations, *Geophys. Res. Lett.*, 43, doi:10.1002/2016GL071082.
- Lühr, H., M. Rother, W. Köhler, P. Ritter, and L. Grunwaldt (2004), Thermospheric up-welling in the cusp region: Evidence from CHAMP observations, *Geophys. Res. Lett.*, 31, L06805, doi:10.1029/2003GL019314.
- Oh, Su Yeon, Yu Yi, Yong Ha Kim (2008), Globally nonsimultaneous Forbush decrease events and their implications, *J. Geophys. Res. Space Physics* 113, doi:10.1029/2007JA012333.
- Oh, Su Yeon, Yu Yi (2009), Statistical reality of globally nonsimultaneous Forbush decrease events, *J. Geophys. Res. Space Physics* 114, doi:10.1029/2009JA014190.
- Oh, Su Yeon, Yu Yi (2011), Correction to “statistical reality of globally nonsimultaneous Forbush decrease events”, *J. Geophys. Res. Space Physics* 116, doi:10.1029/2011JA017012.
- Park, S., K.-H. Kim, H. Kil, G. Jee, D.-H. Lee, and J. Goldstein (2012), The source of the steep plasma density gradient in middle latitudes during the 11–12 April 2001 storm, *J. Geophys. Res.*, 117, A05313.
- Park, J., H. Lühr, C. Lee, Y. H. Kim, G. Jee, and J.-H. Kim (2014), A climatology

of medium-scale gravity wave activity in the midlatitude/low-latitude daytime upper thermosphere as observed by CHAMP, *J. Geophys. Res. Space Physics*, 119, 2187 - 2196, doi:10.1002/2013JA019705.

Randall, C. E., V. L. Harvey, C. S. Singleton, S. M. Bailey, P. F. Bernath, M. Codrescu, H. Nakajima, and J. M. Russell III (2007), Energetic particle precipitation effects on the Southern Hemisphere stratosphere in 1992 - 2005, *J. Geophys. Res.*, 112, D08308, doi:10.1029/2006JD007696.

Richards, P. G. and D. G. Torr (1985), Seasonal, diurnal, and solar cyclical flux in the earth's topside ionosphere, -5268.

Richards, P. G., T. Chang, and R. H. Comfort (2000), On the causes of the annual variation in the plasmaspheric electron density, *J. Atmos. Sol.-Terr. Phys.*, 62, 935-946.

Singh, U. P. and R. P. Sinng (1997), Study of plasmasphere-ionosphere coupling fluxes, *J. Atmos. Sol. Terr. Phys.*, 59, 1321-1327.

Titheridge, J. E. (1995), Winds in the ionosphere - a review, *J. Atmos. Terr. Phys.*, 57, 1681-1714.

T. Iijima, and T. A. Potemra (1976), Field-Aligned Currents in the Dayside Cusp Observed by Triad, *J. Geophys. Res.*, doi:10.1029/JA081i034p05971.

Vadas, S. L., and H.-L. Liu (2013), Numerical modeling of the large-scale neutral and plasma responses to the body forces created by the dissipation of gravity waves from 6 h of deep convection in Brazil, *J. Geophys. Res. Space Physics*, 118, 2593 - 2617, doi:10.1002/jgra.50249.

Won, Y. I., Y.-M. Cho, B. Y. Lee, J. Kim, J. K. Chung, Y. H. Kim (1999), "Observations of Terrestrial Nightglow (Meinel Bands) at King Sejong Station, Antarctica", *J. Astron. Space Sci.*, 16(2), 149-158.

Won, Y. I., Y.-M. Cho, B. Y. Lee, J. Kim (2001), "Studies of Gravity Waves Using Michelson Interferometer Measurements of OH (3-1) Bands", *J. Astron. Space Sci.* 18(1), 21-26.

Won, Y. I., Y.-M. Cho, R. J. Niciejewski, J. Kim (2001), "Observations of OH (3, 1) airglow emission using a Michelson interferometer at 62°S", *Adv. Space Sci.*, 27, 1165-1170.

- Won, Y. I., Q. Wu, Y. M. Cho, G. G. Shepherd, T. L. Killeen, P. J. Espy, Y. Kim, B. Solheim (2003), 'Polar cap observations of mesospheric and lower thermospheric 4-hour waves in temperature', *Geophys. Res. Lett.* 30, 1377.
- Wu, D. L., and F. Zhang (2004), A study of mesoscale gravity waves over the North Atlantic with satellite observations and a mesoscale model, *J. Geophys. Res.*, 109, D22104, doi:10.1029/2004JD005090.
- Wu, Q., Z. Chen, N. Mitchell, D. Fritts, and H. Imura (2013), Mesospheric wind disturbances due to gravity waves near the Antarctica Peninsula, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 118, 7765 - 7772, doi:10.1002/jgrd.50577.



<부록 1> KPDC 등록 이행실적

데이터 이름 ¹⁾	메터데이터 ID ²⁾	메터데이터 제목 ³⁾	원시데이터 등록여부 ⁴⁾
MR (KSS)	KPDC_MR_KSS_2016		등록
SATI (KSS)	KPDC_SATI_KSS_2016		등록
ASC (KSS)	KPDC_ASC_KSS_2016		등록
TEC (KSS)	KPDC_TEC_KSS_2016		등록
FPI (JBS)	KPDC_FPI_JBS_2016		등록
VIPIR (JBS)	KPDC_VIPIR_JBS_2016		등록
TEC (JBS)	KPDC_TEC_JBS_2016		등록
NM (JBS)	KPDC_NM_JBS_2016		등록
FTS (Dasan)	KPDC_FTS_Dasan_2016		등록
FPI (Dasan)	KPDC_FPI_Dasan_2016		등록
TEC (Dasan)	KPDC_TEC_Dasan_2016		등록
ASC (KHO)			미등록*
FTS (Kiruna)	KPDC_FTS_Kiruna_2016		등록
TEC (Kiruna)	KPDC_TEC_Kiruna_2016		등록
FPI (Kiruna)	KPDC_FPI_Kiruna_2016		등록
N2O Flux			미등록 (장비 미설치)
CH4 Flux			미등록 (장비 미설치)
CO2 Flux			미등록 (장비 미설치)
원시데이터 등록률 ⁵⁾			100 %

- * 2016년 12월 중순 북극 스발바드 롱이어빈 KHO 관측소에 신규 설치
주_1. 과제계획서 제출시 첨부되는 데이터관리계획서에 기재된 데이터 이름
2, 3. KPDC에 등록된 메터데이터 ID 및 제목
4. KPDC에 등록된 메터데이터의 원시데이터 등록여부
5. 메터데이터 등록 건수 대비 원시데이터 등록비율

<부록 2> 데이터 관리 계획서

1. 연구과제 개요

연구과제 기본정보			
과제번호	PE15090	상위과제	
과제명	북극 4-D 관측망 구축 및 고층-저층대기 상관관계 규명		
과제수행기간	2016년 01월 01일 부터 2016년 12월 31일 까지		
연구과제 책임자			
소속기관/부서	극지연구소 / 극지기후변화연구부		
성명	지건화	직급/직책	책임연구원
전화번호	032-760-5306	이메일	ghjee@kopri.re.kr

2. 획득이 예상되는 데이터

2.1 Meteor Radar (남극세종과학기지)

관리책임자 (관리실무자)			
성명	김정한	직급/직책	선임연구원/연구원
전화번호	032-760-5310	이메일	jhkim@kopri.re.kr
데이터 유형	<input checked="" type="checkbox"/> 디지털 데이터 <input type="checkbox"/> 아날로그 데이터		
데이터 이름	MR		
획득단위	<input type="checkbox"/> 코어 <input type="checkbox"/> 개 <input type="checkbox"/> 점 <input type="checkbox"/> 마리 <input checked="" type="checkbox"/> GB/TB <input type="checkbox"/> ml/l <input type="checkbox"/> g/Kg <input type="checkbox"/> 기타 :		
수량	raw 데이터 :약 15GB, met 데이터 : 약 2 GB, vel 데이터 : 약 500MB		
특이사항			
획득구분	<input checked="" type="checkbox"/> 관측/측정 <input type="checkbox"/> 채집/채취/포획 <input type="checkbox"/> 모델링/시뮬레이션 <input type="checkbox"/> 조사/분석 <input type="checkbox"/> 기타 :		
플랫폼이름	기지	<input checked="" type="checkbox"/> 세종과학기지 <input type="checkbox"/> 장보고과학기지 <input type="checkbox"/> 기타 :	
	선박	<input type="checkbox"/> 아라온 <input type="checkbox"/> 기타 :	
	항공기		
	기타		
데이터명	극지방 고층대기 영역으로 진입하는 유성흔을 관측하여 해당 고도의 주변 대기에 관한 물리적 특성 연구를 수행. 전파를 송신하여 유성흔에 반사되어 되돌아오는 신호를 관측하는 기기로서 하루 24시간 연중 관측을 수행하며, 주변에 전파 방해 소스가 없어야 함.		

2.2 SATI (남극세종과학기지)

관 리 책 임 자 (관 리 실 무 자)			
성 명	김정한	직 급 / 직 책	선임연구원/연구원
전 화 번 호	032-760-5310	이 메 일	jhkim@kopri.re.kr
데이터 유형	<input checked="" type="checkbox"/> 디지털 데이터 <input type="checkbox"/> 아날로그 데이터		
데이터 이름	SATI		
획 득 단 위	<input type="checkbox"/> 코어 <input type="checkbox"/> 개 <input type="checkbox"/> 점 <input type="checkbox"/> 마리 <input checked="" type="checkbox"/> GB/TB <input type="checkbox"/> ml/l <input type="checkbox"/> g/Kg <input type="checkbox"/> 기타 :		
수 량	raw 데이터 : 약 5GB		
특 이 사 항			
획 득 구 분	<input checked="" type="checkbox"/> 관측/측정 <input type="checkbox"/> 채집/채취/포획 <input type="checkbox"/> 모델링/시뮬레이션 <input type="checkbox"/> 조사/분석 <input type="checkbox"/> 기타 :		
플랫폼이름	기지	<input checked="" type="checkbox"/> 세종과학기지 <input type="checkbox"/> 장보고과학기지 <input type="checkbox"/> 기타 :	
	선박	<input type="checkbox"/> 아라온 <input type="checkbox"/> 기타 :	
	항공기		
	기타		
데 이 터 명	고도 약 87km 및 95km 영역에서 방출되는 OH 및 O ₂ 대기광(airglow)을 관측하여, 획득한 interferogram으로부터 해당 고도의 대기 온도 및 대기광의 emission rate을 알 수 있고 이를 이용하여 온도변화 감시 및 저층으로부터의 대기 파동 전파에 관한 연구 수행. 광학 기기이기 때문에 야간에만 관측을 수행하며 주변에 인위적인 불빛이 적을수록 양질의 데이터 획득.		

2.3 ASC (남극세종과학기지)

관 리 책 임 자 (관 리 실 무 자)			
성 명	김정한	직 급 / 직 책	선임연구원/연구원
전 화 번 호	032-760-5310	이 메 일	jhkim@kopri.re.kr
데이터 유형	<input checked="" type="checkbox"/> 디지털 데이터 <input type="checkbox"/> 아날로그 데이터		
데이터 이름	ASC_kss		
획 득 단 위	<input type="checkbox"/> 코어 <input type="checkbox"/> 개 <input type="checkbox"/> 점 <input type="checkbox"/> 마리 <input checked="" type="checkbox"/> GB/TB <input type="checkbox"/> ml/l <input type="checkbox"/> g/Kg <input type="checkbox"/> 기타 :		
수 량	raw 데이터 : 약 10 GB		
특 이 사 항			
획 득 구 분	<input checked="" type="checkbox"/> 관측/측정 <input type="checkbox"/> 채집/채취/포획 <input type="checkbox"/> 모델링/시뮬레이션 <input type="checkbox"/> 조사/분석 <input type="checkbox"/> 기타 :		
플랫폼이름	기지	<input checked="" type="checkbox"/> 세종과학기지 <input type="checkbox"/> 장보고과학기지 <input type="checkbox"/> 기타 :	
	선박	<input type="checkbox"/> 아라온 <input type="checkbox"/> 기타 :	
	항공기		
	기타		
데 이 터 명	특정 파장의 대기광만이 투과할 수 있는 간섭필터 4개를 이용하여 어안렌즈를 통해 야간의 전천 이미지를 생성. 해당 고도가 각기 다른 대기광의 전천 이미지를 이용하여, 저층으로부터 전파되는 대기 중량파의 특성에 관한 연구를 수행. SATI와 마찬가지로 광학 장비이기 때문에 야간에만 관측을 수행하며 주변의 불빛에 매우 민감함.		

2.4 GPS/TEC scintillation monitor (남극세종과학기지)

관 리 책 임 자 (관 리 실 무 자)			
성 명	김정한	직 급 / 직 책	선임연구원/연구원
전 화 번 호	032-760-5310	이 메 일	jhkim@kopri.re.kr
데이터 유형	<input checked="" type="checkbox"/> 디지털 데이터 <input type="checkbox"/> 아날로그 데이터		
데이터 이름	TEC_kss		
획 득 단 위	<input type="checkbox"/> 코어 <input type="checkbox"/> 개 <input type="checkbox"/> 점 <input type="checkbox"/> 마리 <input checked="" type="checkbox"/> GB/TB <input type="checkbox"/> ml/l <input type="checkbox"/> g/Kg <input type="checkbox"/> 기타 :		
수 량	raw 데이터 : 약 2 GB		
특 이 사 항			
획 득 구 분	<input checked="" type="checkbox"/> 관측/측정 <input type="checkbox"/> 채집/채취/포획 <input type="checkbox"/> 모델링/시뮬레이션 <input type="checkbox"/> 조사/분석 <input type="checkbox"/> 기타 :		
플랫폼이름	기지	<input checked="" type="checkbox"/> 세종과학기지 <input type="checkbox"/> 장보고과학기지 <input type="checkbox"/> 기타 :	
	선박	<input type="checkbox"/> 아라온 <input type="checkbox"/> 기타 :	
	항공기		
	기타		
데 이 터 명	2개 채널의 GPS 신호를 수신하여 전리권 전자밀도를 계산하고 태양활동 및 자기 폭풍 시 전리권의 요동 (disturbance) 상태를 모니터링.		

2.5 FPI (남극장보고과학기지)

관 리 책 임 자 (관 리 실 무 자)			
성 명	이창섭	직 급 / 직 책	선임연구원/연구원
전 화 번 호	032-760-5395	이 메 일	cslee@kopri.re.kr
데이터 유형	<input checked="" type="checkbox"/> 디지털 데이터 <input type="checkbox"/> 아날로그 데이터		
데이터 이름	FPI_jbs		
획 득 단 위	<input type="checkbox"/> 코어 <input type="checkbox"/> 개 <input type="checkbox"/> 점 <input type="checkbox"/> 마리 <input checked="" type="checkbox"/> GB/TB <input type="checkbox"/> ml/l <input type="checkbox"/> g/Kg <input type="checkbox"/> 기타 :		
수 량	raw 데이터 : 약 10 GB		
특 이 사 항			
획 득 구 분	<input checked="" type="checkbox"/> 관측/측정 <input type="checkbox"/> 채집/채취/포획 <input type="checkbox"/> 모델링/시뮬레이션 <input type="checkbox"/> 조사/분석 <input type="checkbox"/> 기타 :		
플랫폼이름	기지	<input type="checkbox"/> 세종과학기지 <input checked="" type="checkbox"/> 장보고과학기지 <input type="checkbox"/> 기타 :	
	선박	<input type="checkbox"/> 아라온 <input type="checkbox"/> 기타 :	
	항공기		
	기타		
데 이 터 명	특정 파장의 대기광만이 투과할 수 있는 간섭필터 3개 (557.7nm, 630.0nm, OH band - 892.0nm)를 이용하여 야간 동안 대기광 관측. 해당 고도가 각기 다른 대기광의 간섭 이미지를 이용하여 87km, 94km, 250km 고도의 바람 및 상대온도 관측		

2.6 VIPIR (남극장보고과학기지)

관 리 책 임 자 (관 리 실 무 자)			
성 명	지건화	직 급 / 직 책	책임연구원/연구원
전 화 번 호	032-760-5306	이 메 일	ghjee@kopri.re.kr
데이터 유형	<input checked="" type="checkbox"/> 디지털 데이터 <input type="checkbox"/> 아날로그 데이터		
데이터 이름	VIPIR		
획 득 단 위	<input type="checkbox"/> 코어 <input type="checkbox"/> 개 <input type="checkbox"/> 점 <input type="checkbox"/> 마리 <input checked="" type="checkbox"/> GB/TB <input type="checkbox"/> ml/l <input type="checkbox"/> g/Kg <input type="checkbox"/> 기타 :		
수 량	raw 데이터 : 약 8 TB/년		
특 이 사 항			
획 득 구 분	<input checked="" type="checkbox"/> 관측/측정 <input type="checkbox"/> 채집/채취/포획 <input type="checkbox"/> 모델링/시뮬레이션 <input type="checkbox"/> 조사/분석 <input type="checkbox"/> 기타 :		
플랫폼이름	기지	<input type="checkbox"/> 세종과학기지 <input checked="" type="checkbox"/> 장보고과학기지 <input type="checkbox"/> 기타 :	
	선박	<input type="checkbox"/> 아라온 <input type="checkbox"/> 기타 :	
	항공기		
	기타		
데 이 터 명	극지방 전리권의 전자밀도 및 이온속도를 관측하는 전리권 레이다. 태양활동 및 지구자기장의 섭동 발생 시 전리권이 어떻게 변화하는지를 연구. 또한 FPI에서 얻는 중성바람과 함께 활용하여 극지 전리권에서 열권-이온권 상호작용에 관한 연구.		

2.7 Neutron monitor (남극장보고과학기지)

관 리 책 임 자 (관 리 실 무 자)			
성 명	김정한	직 급 / 직 책	선임연구원/연구원
전 화 번 호	032-760-5310	이 메 일	jhkim@kopri.re.kr
데이터 유형	<input checked="" type="checkbox"/> 디지털 데이터 <input type="checkbox"/> 아날로그 데이터		
데이터 이름	NM		
획 득 단 위	<input type="checkbox"/> 코어 <input type="checkbox"/> 개 <input type="checkbox"/> 점 <input type="checkbox"/> 마리 <input checked="" type="checkbox"/> GB/TB <input type="checkbox"/> ml/l <input type="checkbox"/> g/Kg <input type="checkbox"/> 기타 :		
수 량	raw 데이터 : 약 10 GB/년		
특 이 사 항			
획 득 구 분	<input checked="" type="checkbox"/> 관측/측정 <input type="checkbox"/> 채집/채취/포획 <input type="checkbox"/> 모델링/시뮬레이션 <input type="checkbox"/> 조사/분석 <input type="checkbox"/> 기타 :		
플랫폼이름	기지	<input type="checkbox"/> 세종과학기지 <input checked="" type="checkbox"/> 장보고과학기지 <input type="checkbox"/> 기타 :	
	선박	<input type="checkbox"/> 아라온 <input type="checkbox"/> 기타 :	
	항공기		
	기타		
데 이 터 명	우주로부터 유입되는 중성자의 플럭스를 연중 상시 관측하여 태양활동에 따른 중성자 플럭스의 변화 및 지구 대기 성분과의 상호작용 특성에 관한 연구.		

2.8 GPS/TEC scintillation monitor (남극장보고과학기지)

관 리 책 임 자 (관 리 실 무 자)			
성 명	김정한	직 급 / 직 책	선임연구원/연구원
전 화 번 호	032-760-5310	이 메 일	jhkim@kopri.re.kr
데이터 유형	<input checked="" type="checkbox"/> 디지털 데이터 <input type="checkbox"/> 아날로그 데이터		
데이터 이름	TEC_jbs		
획 득 단 위	<input type="checkbox"/> 코어 <input type="checkbox"/> 개 <input type="checkbox"/> 점 <input type="checkbox"/> 마리 <input checked="" type="checkbox"/> GB/TB <input type="checkbox"/> ml/l <input type="checkbox"/> g/Kg <input type="checkbox"/> 기타 :		
수 량	raw 데이터 : 약 2 GB/년		
특 이 사 항			
획 득 구 분	<input checked="" type="checkbox"/> 관측/측정 <input type="checkbox"/> 채집/채취/포획 <input type="checkbox"/> 모델링/시뮬레이션 <input type="checkbox"/> 조사/분석 <input type="checkbox"/> 기타 :		
플랫폼이름	기지	<input type="checkbox"/> 세종과학기지 <input checked="" type="checkbox"/> 장보고과학기지 <input type="checkbox"/> 기타 :	
	선박	<input type="checkbox"/> 아라온 <input type="checkbox"/> 기타 :	
	항공기		
	기타		
데 이 터 명	2개 채널의 GPS 신호를 수신하여 전리권 전자밀도를 계산하고 태양활동 및 자기 폭풍 시 전리권의 요동 (disturbance) 상태를 모니터링.		

2.9 FTS (북극다산과학기지)

관 리 책 임 자 (관 리 실 무 자)			
성 명	김정한	직 급 / 직 책	선임연구원/연구원
전 화 번 호	032-760-5310	이 메 일	jhkim@kopri.re.kr
데이터 유형	<input checked="" type="checkbox"/> 디지털 데이터 <input type="checkbox"/> 아날로그 데이터		
데이터 이름	FTS_dasan		
획 득 단 위	<input type="checkbox"/> 코어 <input type="checkbox"/> 개 <input type="checkbox"/> 점 <input type="checkbox"/> 마리 <input checked="" type="checkbox"/> GB/TB <input type="checkbox"/> ml/l <input type="checkbox"/> g/Kg <input type="checkbox"/> 기타 :		
수 량	raw 데이터 : 약 3 GB/년		
특 이 사 항			
획 득 구 분	<input checked="" type="checkbox"/> 관측/측정 <input type="checkbox"/> 채집/채취/포획 <input type="checkbox"/> 모델링/시뮬레이션 <input type="checkbox"/> 조사/분석 <input type="checkbox"/> 기타 :		
플랫폼이름	기지	<input type="checkbox"/> 세종과학기지 <input type="checkbox"/> 장보고과학기지 <input checked="" type="checkbox"/> 기타 : 다산과학기지	
	선박	<input type="checkbox"/> 아라온 <input type="checkbox"/> 기타 :	
	항공기		
	기타		
데 이 터 명	북극 고위도 지방의 고도 약 87km에서 방출되는 OH 대기광을 관측하여 해당 고도의 대기 온도 및 대기광의 방출율을 모니터링. 극지방 고층대기의 온도변화 감시 및 저층대기와의 연관성에 대해 연구. 경도는 거의 동일하고 위도가 10도 정도 낮은 키루나 에스 레인지에 동일한 장비가 있기 때문에 두 지역에서의 고층대기 특성 차이에 관한 연구.		

2.10 FPI (북극다산과학기지)

관 리 책 임 자 (관 리 실 무 자)			
성 명	이창섭	직 급 / 직 책	선임연구원/연구원
전 화 번 호	032-760-5395	이 메 일	cslee@kopri.re.kr
데이터 유형	<input checked="" type="checkbox"/> 디지털 데이터 <input type="checkbox"/> 아날로그 데이터		
데이터 이름	FPI_dasan		
획 득 단 위	<input type="checkbox"/> 코어 <input type="checkbox"/> 개 <input type="checkbox"/> 점 <input type="checkbox"/> 마리 <input checked="" type="checkbox"/> GB/TB <input type="checkbox"/> ml/l <input type="checkbox"/> g/Kg <input type="checkbox"/> 기타 :		
수 량	raw 데이터 : 약 10 GB		
특 이 사 항			
획 득 구 분	<input checked="" type="checkbox"/> 관측/측정 <input type="checkbox"/> 채집/채취/포획 <input type="checkbox"/> 모델링/시뮬레이션 <input type="checkbox"/> 조사/분석 <input type="checkbox"/> 기타 :		
플랫폼이름	기지	<input type="checkbox"/> 세종과학기지 <input type="checkbox"/> 장보고과학기지 <input checked="" type="checkbox"/> 기타 : 다산과학기지	
	선박	<input type="checkbox"/> 아라온 <input type="checkbox"/> 기타 :	
	항공기		
	기타		
데 이 터 설 명	열권에서 방출되는 특정 파장의 대기광만 관측하는 간섭필터를 이용하여 중성대기와 이온의 바람 및 온도 관측		

2.11 GPS/TEC scintillation monitor (북극다산과학기지)

관 리 책 임 자 (관 리 실 무 자)			
성 명	김정한	직 급 / 직 책	선임연구원/연구원
전 화 번 호	032-760-5310	이 메 일	jhkim@kopri.re.kr
데이터 유형	<input checked="" type="checkbox"/> 디지털 데이터 <input type="checkbox"/> 아날로그 데이터		
데이터 이름	TEC_dasan		
획 득 단 위	<input type="checkbox"/> 코어 <input type="checkbox"/> 개 <input type="checkbox"/> 점 <input type="checkbox"/> 마리 <input checked="" type="checkbox"/> GB/TB <input type="checkbox"/> ml/l <input type="checkbox"/> g/Kg <input type="checkbox"/> 기타 :		
수 량	raw 데이터 : 약 2 GB/년		
특 이 사 항			
획 득 구 분	<input checked="" type="checkbox"/> 관측/측정 <input type="checkbox"/> 채집/채취/포획 <input type="checkbox"/> 모델링/시뮬레이션 <input type="checkbox"/> 조사/분석 <input type="checkbox"/> 기타 :		
플랫폼이름	기지	<input type="checkbox"/> 세종과학기지 <input type="checkbox"/> 장보고과학기지 <input checked="" type="checkbox"/> 기타 : 다산과학기지	
	선박	<input type="checkbox"/> 아라온 <input type="checkbox"/> 기타 :	
	항공기		
	기타		
데 이 터 설 명	2개 채널의 GPS 신호를 수신하여 전리권 전자밀도를 계산하고 태양활동 및 자기 폭풍 시 전리권의 요동 (disturbance) 상태를 모니터링.		

2.12 FTS (Esrangle Space Center, 스웨덴 키루나)

관 리 책 임 자 (관 리 실 무 자)			
성 명	김정한	직 급 / 직 책	선임연구원/연구원
전 화 번 호	032-760-5310	이 메 일	jhkim@kopri.re.kr
데이터 유형	<input checked="" type="checkbox"/> 디지털 데이터 <input type="checkbox"/> 아날로그 데이터		
데이터 이름	FTS_kiruna		
획 득 단 위	<input type="checkbox"/> 코어 <input type="checkbox"/> 개 <input type="checkbox"/> 점 <input type="checkbox"/> 마리 <input checked="" type="checkbox"/> GB/TB <input type="checkbox"/> mL/l <input type="checkbox"/> g/Kg <input type="checkbox"/> 기타 :		
수 량	raw 데이터 : 약 3 GB		
특 이 사 항			
획 득 구 분	<input checked="" type="checkbox"/> 관측/측정 <input type="checkbox"/> 채집/채취/포획 <input type="checkbox"/> 모델링/시뮬레이션 <input type="checkbox"/> 조사/분석 <input type="checkbox"/> 기타 :		
플랫폼 이름	기지	<input type="checkbox"/> 세종과학기지 <input type="checkbox"/> 장보고과학기지 <input checked="" type="checkbox"/> 기타 : 스웨덴/키루나	
	선박	<input type="checkbox"/> 아라온 <input type="checkbox"/> 기타 :	
	항공기		
	기타		
데 이 터 명	북극 고위도 지방의 고도 약 87km에서 방출되는 OH 대기광을 관측하여 해당 고도의 대기 온도 및 대기광의 방출율을 모니터링. 극지방 고층대기의 온도변화 감시 및 저층대기와의 연관성에 대해 연구.		

2.13 GPS/TEC scintillation (Esrangle Space Center, 스웨덴 키루나)

관 리 책 임 자 (관 리 실 무 자)			
성 명	김정한	직 급 / 직 책	선임연구원/연구원
전 화 번 호	032-760-5310	이 메 일	jhkim@kopri.re.kr
데이터 유형	<input checked="" type="checkbox"/> 디지털 데이터 <input type="checkbox"/> 아날로그 데이터		
데이터 이름	TEC_kiruna		
획 득 단 위	<input type="checkbox"/> 코어 <input type="checkbox"/> 개 <input type="checkbox"/> 점 <input type="checkbox"/> 마리 <input checked="" type="checkbox"/> GB/TB <input type="checkbox"/> mL/l <input type="checkbox"/> g/Kg <input type="checkbox"/> 기타 :		
수 량	raw 데이터 : 약 3 GB		
특 이 사 항			
획 득 구 분	<input checked="" type="checkbox"/> 관측/측정 <input type="checkbox"/> 채집/채취/포획 <input type="checkbox"/> 모델링/시뮬레이션 <input type="checkbox"/> 조사/분석 <input type="checkbox"/> 기타 :		
플랫폼 이름	기지	<input type="checkbox"/> 세종과학기지 <input type="checkbox"/> 장보고과학기지 <input checked="" type="checkbox"/> 기타 : 스웨덴/키루나	
	선박	<input type="checkbox"/> 아라온 <input type="checkbox"/> 기타 :	
	항공기		
	기타		
데 이 터 명	2개 채널의 GPS 신호를 수신하여 전리권 전자밀도를 계산하고 태양활동 및 자기 폭풍 시 전리권의 요동 (disturbance) 상태를 모니터링.		

2.14 FPI (Esrang Space Center, 스웨덴 키루나)

관 리 책 임 자 (관 리 실 무 자)			
성 명	이창섭	직 급 / 직 책	선임연구원/연구원
전 화 번 호	032-760-5395	이 메 일	cslee@kopri.re.kr
데이터 유형	<input checked="" type="checkbox"/> 디지털 데이터 <input type="checkbox"/> 아날로그 데이터		
데이터 이름	FPI_dasan		
획 득 단 위	<input type="checkbox"/> 코어 <input type="checkbox"/> 개 <input type="checkbox"/> 점 <input type="checkbox"/> 마리 <input checked="" type="checkbox"/> GB/TB <input type="checkbox"/> ml/l <input type="checkbox"/> g/Kg <input type="checkbox"/> 기타 :		
수 량	raw 데이터 : 약 10 GB		
특 이 사 항			
획 득 구 분	<input checked="" type="checkbox"/> 관측/측정 <input type="checkbox"/> 채집/채취/포획 <input type="checkbox"/> 모델링/시뮬레이션 <input type="checkbox"/> 조사/분석 <input type="checkbox"/> 기타 :		
플랫폼이름	기지	<input type="checkbox"/> 세종과학기지 <input type="checkbox"/> 장보고과학기지 <input checked="" type="checkbox"/> 기타 : 스웨덴/키루나	
	선박	<input type="checkbox"/> 아라온 <input type="checkbox"/> 기타 :	
	항공기		
	기타		
데 이 터 설 명	열권에서 방출되는 특정 파장의 대기광만 관측하는 간섭필터를 이용하여 중성대기와 이온의 바람 및 온도 관측		

2.15 Aurora ASI (Esrang Space Center, 스웨덴 키루나)

관 리 책 임 자 (관 리 실 무 자)			
성 명	이창섭	직 급 / 직 책	선임연구원/연구원
전 화 번 호	032-760-5395	이 메 일	cslee@kopri.re.kr
데이터 유형	<input checked="" type="checkbox"/> 디지털 데이터 <input type="checkbox"/> 아날로그 데이터		
데이터 이름	a_ASI_kiruna		
획 득 단 위	<input type="checkbox"/> 코어 <input type="checkbox"/> 개 <input type="checkbox"/> 점 <input type="checkbox"/> 마리 <input checked="" type="checkbox"/> GB/TB <input type="checkbox"/> ml/l <input type="checkbox"/> g/Kg <input type="checkbox"/> 기타 :		
수 량	raw 데이터 : 약 30 GB		
특 이 사 항			
획 득 구 분	<input checked="" type="checkbox"/> 관측/측정 <input type="checkbox"/> 채집/채취/포획 <input type="checkbox"/> 모델링/시뮬레이션 <input type="checkbox"/> 조사/분석 <input type="checkbox"/> 기타 :		
플랫폼이름	기지	<input type="checkbox"/> 세종과학기지 <input type="checkbox"/> 장보고과학기지 <input checked="" type="checkbox"/> 기타 : 스웨덴/키루나	
	선박	<input type="checkbox"/> 아라온 <input type="checkbox"/> 기타 :	
	항공기		
	기타		
데 이 터 설 명	aurora oval에 주로 위치하는 키루나에서 오로라 관측용 전천카메라 운영을 통해 오로라 현상의 이미지 및 동영상 확보하고 오로라 발생에 관한 통계적인 특성에 관한 연구		

2.16 대기 CH4 & N2O 농도 관측 (캠브리지베이)

관 리 책 임 자 (관 리 실 무 자)			
성 명	최태진	직 급 / 직 책	책임연구원/연구실장
전 화 번 호	5307	이 메 일	ctjin@kopri.re.kr
데이터 유형	<input checked="" type="checkbox"/> 디지털 데이터 <input type="checkbox"/> 아날로그 데이터		
데이터 이름	캠브리지베이_대기 CH4 농도 캠브리지베이_대기 N2O 농도		
획 득 단 위	<input type="checkbox"/> 코어 <input type="checkbox"/> 개 <input type="checkbox"/> 점 <input type="checkbox"/> 마리 <input checked="" type="checkbox"/> GB/TB <input type="checkbox"/> ml/l <input type="checkbox"/> g/Kg <input type="checkbox"/> 기타 :		
수 량	두 종류의 온실가스 (CH4/N2O) 농도. 자료 크기 미정		
특 이 사 항			
획 득 구 분	<input checked="" type="checkbox"/> 관측/측정 <input type="checkbox"/> 채집/채취/포획 <input type="checkbox"/> 모델링/시뮬레이션 <input type="checkbox"/> 조사/분석 <input type="checkbox"/> 기타 :		
플랫폼 이름	기지	<input type="checkbox"/> 세종과학기지 <input type="checkbox"/> 장보고과학기지 <input type="checkbox"/> 기타 :	
	선박	<input type="checkbox"/> 아라온 <input type="checkbox"/> 기타 :	
	항공기		
	기타	캐나다 캠브리지 베이	
데 이 터 명	- 북극 동토와 대기 간 교환되는 온실가스 - 성층권 오존 농도 변동에 대한 동토층의 역할 이해를 위한 기초 자료 - 5 m 높이에서의 CH4/NO2 농도 측정		

2.16 토양 CO2 농도 관측 (캠브리지베이)

관 리 책 임 자 (관 리 실 무 자)			
성 명	최태진	직 급 / 직 책	책임연구원/연구원
전 화 번 호	5307	이 메 일	ctjin@kopri.re.kr
데이터 유형	<input checked="" type="checkbox"/> 디지털 데이터 <input type="checkbox"/> 아날로그 데이터		
데이터 이름	캠브리지 베이_토양 CO2 농도		
획 득 단 위	<input type="checkbox"/> 코어 <input type="checkbox"/> 개 <input type="checkbox"/> 점 <input type="checkbox"/> 마리 <input checked="" type="checkbox"/> GB/TB <input type="checkbox"/> ml/l <input type="checkbox"/> g/Kg <input type="checkbox"/> 기타 :		
수 량	이산화탄소 농도. 자료 크기 미정		
특 이 사 항			
획 득 구 분	<input checked="" type="checkbox"/> 관측/측정 <input type="checkbox"/> 채집/채취/포획 <input type="checkbox"/> 모델링/시뮬레이션 <input type="checkbox"/> 조사/분석 <input type="checkbox"/> 기타 :		
플랫폼 이름	기지	<input type="checkbox"/> 세종과학기지 <input type="checkbox"/> 장보고과학기지 <input type="checkbox"/> 기타 :	
	선박	<input type="checkbox"/> 아라온 <input type="checkbox"/> 기타 :	
	항공기		
	기타	캐나다 캠브리지 베이	
데 이 터 명	- 북극 동토와 대기 간 교환되는 온실가스 - 성층권 오존 농도 변동에 대한 동토층의 역할 이해를 위한 기초 자료 - 지면에서의 CO2 농도 측정		

2.17 디메틸황 농도 관측 (북극다산과학기지)

관 리 책 임 자 (관 리 실 무 자)			
성 명	박기태	직 급 / 직 책	선임급/연구원
전 화 번 호	5608	이 메 일	ktpark@kopri.re.kr
데이터 유형	<input checked="" type="checkbox"/> 디지털 데이터 <input type="checkbox"/> 아날로그 데이터		
데이터 이름	북극다산기지 디메틸황 농도		
획 득 단 위	<input type="checkbox"/> 코어 <input type="checkbox"/> 개 <input type="checkbox"/> 점 <input type="checkbox"/> 마리 <input checked="" type="checkbox"/> GB/TB <input type="checkbox"/> mL/l <input type="checkbox"/> g/Kg <input type="checkbox"/> 기타 :		
수 량	농도 자료 크기 미정		
특 이 사 항			
획 득 구 분	<input checked="" type="checkbox"/> 관측/측정 <input type="checkbox"/> 채집/채취/포획 <input type="checkbox"/> 모델링/시뮬레이션 <input type="checkbox"/> 조사/분석 <input type="checkbox"/> 기타 :		
플랫폼이름	기지	<input type="checkbox"/> 세종과학기지 <input type="checkbox"/> 장보고과학기지 <input checked="" type="checkbox"/> 기타 : 북극과학기지	
	선박	<input type="checkbox"/> 아라온 <input type="checkbox"/> 기타 :	
	항공기		
	기타		
데 이 터 설 명	- 북극대기 황성분 농도 변화를 관측하고 관련 대기구성인자들과의 상호 작용을 연구 수행 - 황성분의 기후 조절 기능 및 고층대기와의 상호관계 연구 수행		



3. 데이터 관리 방법

3.1 연구과제 수행 기간 중 데이터 관리 방안

3.1.1 한국극지데이터센터 인프라를 활용한 데이터 관리

- 대용량 디지털데이터 저장장치를 이용한 데이터 관리
- 극지생물자원관리시스템을 활용한 생명자원 관리

3.1.2 극지데이터 관리를 위한 별도의 시스템 구축 및 운영(* 해당되는 경우에만 작성)

- 1) 시스템 구축 및 운영 기관 :
- 2) 구축대상 시스템 명칭 :
- 3) 구체적인 데이터관리 시스템 구축 방법 및 내용

1. 데이터 관리에 활용될 장치 및 장비
2. 연구과제 수행기간 중 데이터 공유 대상 및 방법
3. 기타사항

4) 데이터 보호 및 보안 대책

1. 원본데이터의 손상 및 파손을 방지하기 위한 방안
2. 외부인 또는 미인가자에 대한 데이터 접근 및 활용 방지 방안

- 5) 한국극지데이터 센터와의 협력 여부 : 예 아니오

3.2 연구과제 종료 후 데이터 관리 및 보존 방안

3.2.1 한국극지데이터센터 인프라를 활용한 데이터 관리

- 대용량 디지털데이터 저장장치를 이용한 데이터 관리
- 극지생물자원관리시스템을 활용한 생명자원 관리

3.2.2 극지데이터 관리를 위한 별도의 시스템 구축 및 운영(* 해당되는 경우에만 작성)

- 1) 시스템 구축 및 운영 기관 :
- 2) 구축대상 시스템 명칭 :
- 3) 구체적인 데이터관리 시스템 구축 방법 및 내용

1. 데이터 관리에 활용될 장치 및 장비
2. 연구과제 수행기간 중 데이터 공유 대상 및 방법
3. 기타사항

4) 데이터 보호 및 보안 대책

- 1. 원본데이터의 손상 및 파손을 방지하기 위한 방안
- 2. 외부인 또는 미인가자에 대한 데이터 접근 및 활용 방지 방안

5) 한국극지데이터 센터와의 협력 여부 : 예 아니오

4. 데이터 공개

4.1 공개대상 데이터 및 공개 예정일

4.1.1 데이터별 공개여부 및 공개 예정일

구 분	공개여부*	공개 희망일**
메타데이터	<input checked="" type="checkbox"/> 공개 <input type="checkbox"/> 비공개	○○○○년 ○○월 ○○일
원시데이터	<input type="checkbox"/> 공개 <input type="checkbox"/> 비공개	○○○○년 ○○월 ○○일
처리데이터	<input type="checkbox"/> 공개 <input type="checkbox"/> 비공개	○○○○년 ○○월 ○○일
결과데이터	<input type="checkbox"/> 공개 <input type="checkbox"/> 비공개	○○○○년 ○○월 ○○일

* '비공개' 선택 시 합당한 사유를 제시하여야 하며, 별도의 승인이 요구됨.

** 데이터 획득일로부터 3년을 초과할 수 없으며, 초과가 필요한 경우 별도의 승인이 요구됨.

4.1.2 비공개 사유(* 비공개 데이터 또는 공개예정일이 획득일 기준 3년을 초과하는 경우 선택 및 작성)

- 법령, 국가 또는 정부로부터 연구데이터의 비공개를 요청 받은 경우(관련근거 첨부)
- 연구목적상 장기간(3년 이상)의 데이터 획득이 요구되는 연구과제(관련근거 첨부)
- 극지연구소장으로부터 일정기간동안 데이터의 비공개를 승인받은 경우(관련근거 첨부)
- 연구책임자의 데이터 비공개 요청(비공개 요청 사유 기재)

4.2 데이터 공개 방법(* 복수선택 가능)

4.2.1 데이터 공개 방법

- 한국극지데이터센터를 통한 데이터 공개
 - 메타데이터 관리시스템
 - 디지털 원시데이터 공개시스템
 - 극지유용생물자원 분양 시스템
- 커뮤니티 또는 학회의 데이터 공개 시스템을 통한 공개
 - 1) 커뮤니티 또는 학회 명칭 :
 - 2) 데이터 공개 시스템 명칭 :
 - 3) 데이터 공개 시스템 URL :
- 극지데이터 공개를 위한 별도의 시스템 구축 및 운영
 - 1) 시스템 구축 및 운영 기관 :
 - 2) 구축대상 시스템 명칭 :
 - 3) 구체적인 데이터관리 시스템 구축 방법 및 내용

1. 데이터 관리에 활용될 장치 및 장비
2. 연구과제 수행기간 중 데이터 공유 대상 및 방법
3. 기타사항

4) 데이터 보호 및 보안 대책

1. 원본데이터의 손상 및 파손을 방지하기 위한 방안
2. 외부인 또는 미인가자에 대한 데이터 접근 및 활용 방지 방안

5) 한국극지데이터 센터와의 데이터 공유 여부 : 예 아니오

4.2.2 기타사항(※ 4.1.2.1 항에서 한국극지데이터를 통한 데이터 공개를 선택하지 않은 경우 사유 기재)

5. 공동·협동연구 수행에 따른 데이터 소유권에 관한 사항

5.1 공동·협동연구 기관 과제책임자

기관명/소속부서	직급/직책	성명	전화/이메일	비 고

5.2 극지데이터에 관한 소유권 및 사용권한

데이터 소유권한	<input type="checkbox"/> 공동소유	<input type="checkbox"/> 단독소유(기관명: _____)
데이터 사용권한	<input type="checkbox"/> 공동사용	<input type="checkbox"/> 단독사용(기관명: _____)

5.3 기타 특이사항

주 의

1. 이 보고서는 극지연구소에서 수행한 기본연구사업의 연구결과보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 극지연구소에서 수행한 기본연구사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.

