

오로라 발생과 극지 고층대기 교란 및 기후
변동성과의 상관관계 규명

Occurrence of aurora and their correlation with polar
upper atmospheric and climate variabilities



한국해양과학기술원
부설극지연구소

제 출 문

극지연구소장 귀하

본 보고서를 “오로라 발생과 극지 고층대기 교란 및 기후 변동성과의 상관관계 규명”과제의 최종보고서로 제출합니다.

2023. 02. 28

연구책임자 : 지건화

참여연구원 : 김정환, 이창섭

“ : 권혁진, 김지은

“ : 이지희, 김은솔

“ : 함영배, 조유진

“ : 최윤승, 황희진

“ : 홍상범, 남승일

“ : 이방용, 최태진

“ : 김성중, 윤영준

“ : 박기태, 박지연

위탁연구기관명 : 경희대학교 (김관혁)

“ : 충남대학교 (김용하)

“ : 연세대학교 (송인선)

보고서 초록

과제관리번호		해당단계 연구기간	2020.01.01 ~ 2022.12.31	단계 구분	(1단계) / (총2단계)
연구사업명	중 사업명	기관목적사업			
	세부사업명				
연구과제명	중 과제명				
	세부(단위)과제명	오로라 발생과 극지 고층대기 교란 및 기후 변동성과의 상관관계 규명			
연구책임자	지건화	해당단계 참여연구원수	총 : 31 명 내부 : 19 명 외부 : 12 명	해당단계 연구비	정부: 천원 기업: 천원 계: 천원
연구기관명 및 소속부서명			참여기업명		
국제공동연구	상대국명 : 미국 상대국명 : 미국 상대국명 : 미국	상대국연구기관명 : NJIT 상대국연구기관명 : NCAR/HAO 상대국연구기관명 : 콜로라도 대학			
위탁연구	연구기관명 : 충남대학교 연구기관명 : 경희대학교 연구기관명 : 연세대학교	연구책임자 : 김용하 연구책임자 : 김관혁 연구책임자 : 송인선			
요약					보고서 면수
<p>78</p> <p>○ 남극 장보고기지 상공 고층대기 오로라 발생의 시공간적 분포 특성 이해</p> <ul style="list-style-type: none"> 장보고기지에서도 관측된 오로라 이미지 자료 통계적 분석을 통한 시공간적 분포 특성 이해 장보고기지에서도 남극내륙기지 자극점까지의 경로 상 무인 우주환경 관측 시스템 구축 <p>○ 오로라 발생에 동반되는 극지 고층대기 전리권-열권-중간권 변동성 이해</p> <ul style="list-style-type: none"> 장보고기지 상공 오로라 발생의 시공간적 분포도 작성 및 특성 이해 장보고기지 상공 전리권 전자밀도 변동성과 오로라 발생의 상관성 규명 극지 중간권-열권 중성대기 변동성과 오로라 발생의 상관성 이해 <p>○ 극지 고층·저층대기 화학적 변화의 수송 이해 및 수치모델 모의실험 체계 구축</p> <ul style="list-style-type: none"> 오로라 입자에 의한 극지 열권-중간권-성층권의 열역학적·화학적 물질의 자오면 수송을 모의하기 위한 이온화 및 대기 중력과 모수화 개선 					
색인어 (각 5개 이상)	한글	오로라, 극지고층대기, 자기권, 대기 중력파, 우주기상, 기후변동성			
	영어	Aurora, Polar upper atmosphere, Magnetosphere, Atmospheric gravity wave, Space weather, Climate variability			

요 약 문

I. 제 목

오로라 발생과 극지 고층대기 교란 및 기후 변동성과의 상관관계 규명

II. 연구개발의 목적

태양풍-자기권-극지 전리권 상호작용에 의한 오로라 발생과 이에 동반되어 발생하는 극지 고층대기 교란 및 기후 변동성과의 상관관계 이해

III. 연구개발의 내용 및 범위

- 극지 고층대기 오로라 발생의 시공간적 분포 특성 이해
 - 남극 장보고기지과 북극 스발바드에서 관측된 오로라 자료의 통계적 분석을 통한 시공간적 분포 특성 연구 및 남북극 비교
 - 오로라 관측의 남극 내륙 확대를 위한 원격 무인 관측 시스템 구축 및 관측
- 오로라 발생에 동반되는 극지 고층대기 전리권-열권 변동성 이해
 - 남극 장보고기지 상공 전리권 전자밀도 불균일성과 오로라 발생의 상관관계 연구
 - 이온-중성입자 상호작용에 의한 극지 전리권-열권 변동성의 상관관계 연구
 - 오로라에 의한 극지 고층대기 변동성과 서브 오로라대 고층대기에 미치는 영향
- 극지 고층·저층대기 화학적 변화의 수송 이해 및 수치모델 모의실험 체계 구축
 - 오로라 입자에 의한 극지 열권-중간권-성층권의 화학적 변화와 화학 물질의 자오면 수송 모의를 위한 이온화 및 대기 중력과 모수화 개선 및 수치모델 모의 실험
 - 오로라 발생과 전 지구적 기후 변동성의 상관관계 이해

IV. 연구개발결과

- 오로라 연구 및 내륙 무인관측시스템 구축
 - 남극 장보고기지 오로라 이미지 관측자료 분석을 통한 오로라 발생의 시공간적 분포도 작성 및 분포 특성 연구:
 - 극관-오로라대 경계 연구
 - 오로라 발생과 전리권-열권 변화, 자기권-전리권 상호작용의 상관관계
 - 장보고기지-내륙기기 간 우주환경 관측 시스템 구축을 위한 시험 운영
 - 북극 스발바드 및 남극 장보고기지 필터 오로라 카메라 개발 및 시험 관측
- 오로라 발생에 동반되는 극지 고층대기 전리권-열권 변동성 이해
 - 남극 장보고기지과 북극 스발바드 전리권 전자밀도 분포특성의 비대칭성 연구
 - 남극 장보고기지 상공 전리권 전자밀도 불균일성과 오로라 발생의 상관관계 연구
 - 이온-중성입자 상호작용에 의한 극지 전리권-열권 변동성의 상관관계 연구
 - 오로라에 의한 극지 고층대기 변동성과 서브 오로라대 고층대기에 미치는 영향
 - 북극 열권 바람 관측용 페브리-페로 간섭계 관측자료 분석 소프트웨어 개발

- 극지 고층·저층대기 화학적 변화의 수송 이해 및 수치모델 모의실험 체계 구축
 - 오로라 입자에 의한 극지 열권-중간권-성층권의 화학적 변화와 화학 물질의 자오면 수송 모의를 위한 이온화 및 대기 중력과 모수화 개선 및 수치모델 모의실험
 - 고에너지 입자에 의한 극지 대기의 화학적 변화 수치모델 연구
 - 남극 세종기지 유성레이더 관측자료 장기 분석을 통한 중간권 권계면 바람 특성 연구
 - 남극 세종기지 중간권 관측자료 분석을 통해 대기 중력과 활동도 연구
 - 남극 세종기지 중간권-열권 하부 바람 관측을 위한 광학-레이더 관측 비교 연구
 - 남극 세종기지 2차원 중간권 온도 관측기 설치

V. 연구개발결과의 활용계획

- 태양 에너지에 의한 극지 고층대기 오로라 발생과 극지 고층대기 변화, 그리고 이 변화의 중저위도 확산 및 기후 변동성에 미치는 영향의 이해를 통해 향후 우주기상 및 기후변화 예측 연구를 위해 관련 정보 제공
- SCAR 내 GRAPE/AGATA, ANGWIN, EISCAT 등 국제 관측 네트워크 참여 확대



S U M M A R Y

I. Title

Occurrence of aurora and their correlations with polar upper atmospheric variabilities

II. Purpose of R&D

○ Solar wind-magnetosphere-ionosphere coupling and the auroral distributions in the polar region and their correlations with polar upper atmospheric variabilities

III. Contents and Extent of R&D

○ Characteristics of the temporal and spatial distributions of aurora in the upper atmosphere at Jang Bogo Station, Antarctica

- Investigation of the characteristics of the temporal and spatial distributions of aurora observed at JBS
- Observations of aurora and space environment along the K-route from JBS (collaboration with NJIT, Kyunghee Univ. and KASI)

○ Observations of the variabilities of the polar ionosphere and thermosphere associated with the occurrence of aurora

- Observations of the ionospheric irregularities in association with the auroral occurrence at JBS
- Observations of the neutral atmospheric variabilities in association with the auroral occurrence

○ Numerical modeling of the transport processes of the chemical changes in the polar upper and lower atmospheres induced by auroral particles

- Preparation for numerical modelling study on the thermodynamic and chemical changes of the polar thermosphere, mesosphere, and stratosphere by auroral particles and their transports in the latitude-height cross-section

IV. R&D Results

○ Characteristics of the temporal and spatial distributions of aurora in the upper atmosphere in the polar region

- Investigation of the characteristics of the temporal and spatial distributions of aurora observed in the northern and southern polar regions
- Expansion of the auroral observations to the polar cap near the magnetic pole along the K-route

- Understanding of the variabilities of the magnetosphere and the polar upper atmosphere including the ionosphere, the thermosphere, and the mesosphere associated with the occurrence of aurora
 - Correlation between the aurora and the upper atmospheric variabilities observed in the polar region
 - Correlation between the aurora and the magnetosphere-ionosphere coupling in the polar region
- Understanding of the chemical and dynamical changes in the polar upper and lower atmospheres induced by auroral particles
 - Transport processes of the chemical and dynamical changes in the polar upper and lower atmospheres induced by auroral particles
 - Numerical modeling study on the thermodynamic and chemical changes of the polar thermosphere, mesosphere, and stratosphere by auroral particles and their transports in the latitude-height cross-section

V. Application Plans of R&D Results

- Temporal and spatial distributions of aurora and the understanding of their correlation with the physical properties of the upper atmosphere at JBS, Antarctica
- Understanding of the effects of polar ionospheric irregularities associated with aurora on the space weather and suggestion for improving the accuracy of space weather forecast
- Chemical changes of the atmospheric components associated with auroral particles and their transports to the global atmosphere to affect the climate variabilities in the lower atmosphere

C O N T E N T S

Chaper I. Introduction	15
Section 1. Objective of the study	15
Section 2. Necessity of the study	15
Chaper II. Current status	18
Section 1. Space science in Korea	18
Section 2. Space science abroad	18
Section 3. International research institutes in space science	19
Chapter III. Results	20
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. Spatial and temporal distributions of the auroral occurrences over Jang Bogo Station, Antarctica	32
Section 4. Aurora and variabilities of the ionosphere-thermosphere- mesosphere in the polar region	43
Section 5. Numerical modeling study on the mass transport of the chemical changes in the polar upper atmosphere	49
Section 6. Ground-based observation system	54
Chapter IV. Expected Results and Application	58
Section 1. Expected results	58
Section 2. Applications	58
Chapter V. References	59
Appendix 1 Data registration at KPDC	64



목 차

제 1 장 서론	12
1. 연구개발의 목적	12
2. 연구개발 배경 및 필요성	12
제 2 장 국내외 연구개발 현황	15
1. 국내수준	15
2. 국외수준	15
3. 국내외 주요연구기관 현황	16
제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과	17
1. 극지연구소 우주환경 및 극지 고층대기 연구 현황	17
2. 극지연구소 남북극 극지 인프라 현황	18
3. 남극 장보고과학기지 상공 고층대기 오로라 발생의 시공간적 분포 이해	29
4. 오로라 발생과 극지 고층대기 전리권-열권-중간권 변동성 이해	34
5. 극지 고층대기 화학적 변화의 물질 수송 이해 및 수치모델 연구	44
6. 극지고층대기 및 우주환경 관측인프라 구축	52
제 4 장 연구개발결과의 활용계획	56
1. 기대효과	56
2. 연구결과 활용계획	56
제 5 장 참고문헌	57
부록 1 KPDC 등록 이행실적	64



제 1 장 서론

1. 연구개발의 목적

가. 태양풍-자기권-극지 전리권 상호작용에 의한 오로라 발생과 이에 동반되어 발생하는 극지 고층대기 교란의 상관관계를 규명한다.

나. 최종 성과물

- 태양풍-자기권-전리권-열권-중간권의 물리·화학적 특성 및 각 영역 간 상호작용 규명 연구결과 논문출간
- 우주환경과 저층대기로부터 유입된 다양한 형태의 에너지에 의한 극지고층대기 변화 기작 규명 연구결과 논문출간
- 남북극 극지에서 지속적인 지상관측인프라 운영과 자료축적을 통한 국제적 수준의 극지고층대기 데이터베이스 구축 (연간 60TB 관측자료 생산)

2. 연구개발 배경 및 필요성

가. 남북극 기지에서 확보된 관측자료 분석연구를 통해 태양풍-자기권-전리권 상호작용에 의한 오로라 발생 특성과 이에 동반되어 나타나는 극지 고층대기 전리권, 열권, 중간권 변동성의 상관관계를 규명한다.

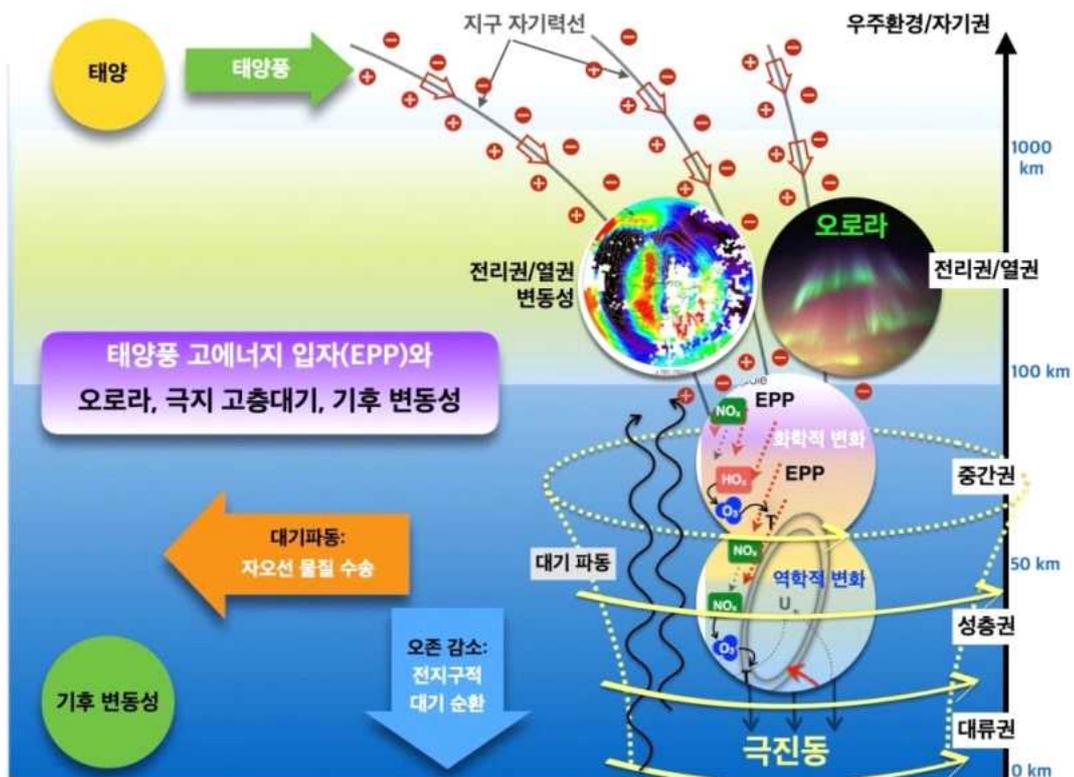


Fig. 1 우주환경에서 극지 고층대기-저층대기로의 에너지 흐름과 그에 따른 극지 고층대기 및 저층대기에서의 역학적, 화학적 변동성 연구 개요

- 나. 오로라 입자(전자와 양성자)의 자기권 내 가속 메커니즘과 우주환경변화와의 상관관계, 극지 대기로 유입된 전자와 양성자가 대기 중 입자들과의 상호작용에 의해서 오로라를 발생시키고 동시에 대기 화학적 변화를 통해 오존을 감소시 동반되는 극지 고층대기 및 저층대기 변화의 정확한 규명은 우주기상 뿐만 아니라 기후변화 연구를 위한 기후 변동성(AO, NAO, SAM 등) 연구를 위해서도 고층대기에 관한 선행연구가 필수적이다. (Fig. 1 참고)
- 다. 우주기상을 발생시키는 고층대기변화는 태양풍과 함께 지구에 도달하는 태양 에너지에 의해 발생되며, 이는 지구 자기장 구조의 특성 상, 대부분 극지고층대기로 유입된다. 따라서 극지고층대기는 전지구적 우주기상 연구를 위한 핵심 연구영역이다. (Fig. 2 참고)

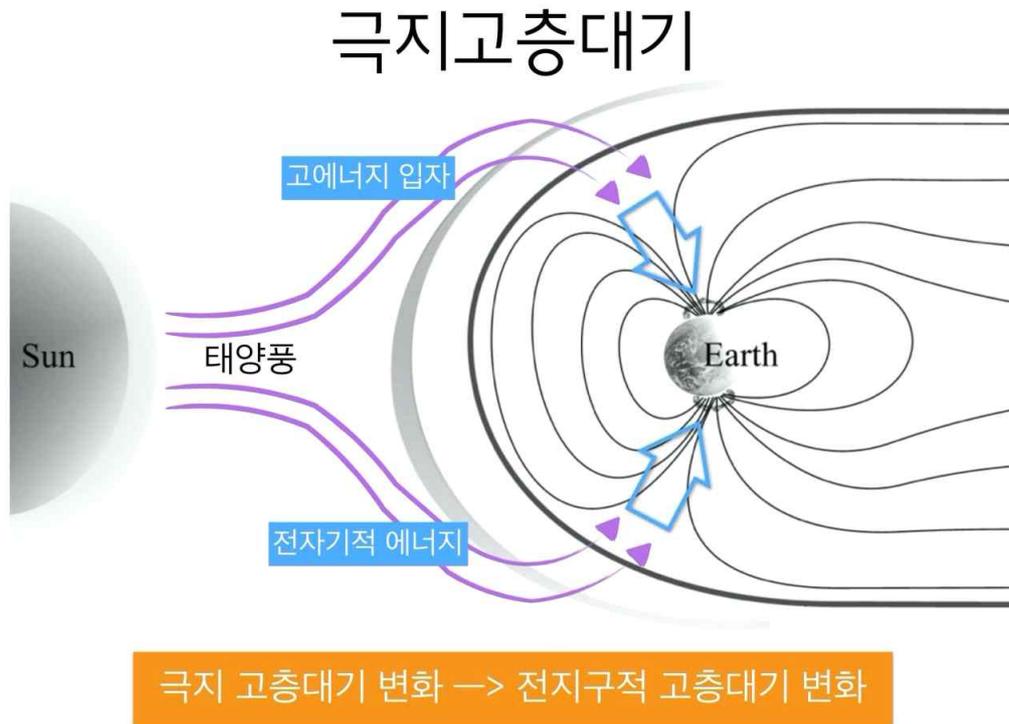


Fig. 2 Various forms of solar energy enter into the Earth's upper atmosphere along the geomagnetic field lines in the polar region.

- 라. 극지 고층대기에서의 발생하는 자기권-전리권-열권의 상호작용은 극지에서만 머무는 것이 아니라 전 지구적으로 고층대기 역학에 영향을 미친다. 그리고 이 상호작용은 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. 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. 오로라는 태양 에너지가 극지로 유입되어 나타나는 가장 대표적인 자연현상으로, 육안으로도 관측이 가능한 유일한 우주기상 현상이지만, 극지 현장 관측의 한계로 오로라의 발생기작, 시공간적 분포, 동반되는 고층·저층대기 변화 등은 현재까지도 아직 정확하게 규명되지 않고 있다. (Newell et al., The role of the ionosphere in aurora and space weather, Rev. Geophys., 2001, 39.)
- 사. 극지고층대기 변화는 구성요소인 전리권-열권-중간권과 우주환경 및 저층대기와의 상호작용에 의해 발생되며, 이 상호작용의 이해를 위해서는 극지고층대기, 우주환경, 저층대기 변화에 대한 종합적인 관측이 필수적이다.
- 아. 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 NOx 분자를 생성시키고, 이것은 저층대기 오존을 감소시켜 저층대기 온도에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 또한, 우주선은 저층대기 구름형성 기작에 영향을 미친다는 연구 결과가 나오고 있다.



제 2 장 국내·외 연구개발 현황

1. 국내수준

- 가. 우주환경 및 우주기상 연구는 주로 우주개발 등을 직접 수행하고 있는 국가들을 중심으로 수행되어 왔으나, 최근에는 통신, 기상, 위성항법 등 인공위성 활용이 보편화되면서 세계 여러 나라에서 우주과학 연구가 수행되고 있다.
- 나. 국내에서도 다수의 인공위성 개발 및 보유, 우주센터 설립을 통한 자체 로켓 발사 성공, 최초 우주인 양성, 달탐사 추진 등 본격적인 우주개발이 추진되면서 우주환경 및 우주기상예측 연구의 필요성이 급격히 대두되고 있다.
- 다. 한국항공우주연구원(KARI), 한국과학기술원(KAIST), 인공위성센터(SaTRaC), 경희대 우주탐사학과를 중심으로 로켓, 인공위성, 위성 탑재체 개발이 수행되고 있으며, 이와 같은 우주탐사 및 우주개발을 위해 필수적으로 요구되는 우주환경 및 우주기상예측 연구는 한국천문연구원, 극지연구소, 서울대, KAIST, 충남대, 충북대, 경희대, 경북대 등 연구중심기관과 국립전파연구원 우주전파센터, 기상청 국가기상위성센터 등의 국가기관을 중심으로 수행되고 있다.
- 라. 대부분의 기관 및 대학에서는 우주환경 중 태양, 자기권 연구에 집중하고 있으며, 고층대기 연구는 극지연구소, 한국천문연구원, 충남대 등에서만 수행되고 있으며, 특히 극지고층대기 연구의 경우, 그 지역적 특성 상 타 기관 및 대학에서는 매우 제한적인 연구가 수행되고 있다.
- 마. 국내 고층대기 연구에서 대부분의 경우 해외 선진국에서 생산된 관측자료를 활용하고 있으며, 국내 자체 생산된 관측자료를 활용하는 연구는 극히 제한적임. 따라서 국제공동 연구에 있어서 주도성 확보를 위해서는 남북극 극지우주환경 관측시스템 구축을 통한 자체 관측자료 확보가 필수적이다.

2. 국외수준

- 가. 우주과학은 남극과학위원회(SCAR)에서 선정한 ‘차세대 남극연구를 위한 6가지 우선 과제’의 다섯 번째 연구주제로 포함되어 있다.
- 나. 미국, 유럽, 일본, 중국 등 우주과학 선진국에서는 남북극 과학기지를 중심으로 극지고층대기 및 우주환경 관측을 위한 대형 지상관측시스템을 통해 지속적인 관측연구가 수행되고 있으며, 이와 동시에 극궤도 인공위성을 이용한 위성관측이 광범위하게 수행되고 있음. 또한 지상 및 위성 관측 자료 분석연구 및 우주기상예측 모델 개발을 위한 극지고층대기 수치모델 연구도 활발히 진행되고 있다.
- 라. 남북극에서 과학기지를 운영하고 있는 일본 극지연구소에서는 주요 4개 중점연구 분야 중 하나로 우주과학 연구를 수행하고 있으며, 특히 남극 쇼와기지에서는 광범위하고 다양한 극지고층대기 및 우주환경 관측이 수행되고 있다.

3. 국내외 주요연구기관 현황

연구수행 기관	연구개발의 내용	연구개발성과의 활용현황
국 외	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 AFRL/NRL - 관측자료 기반 고층대기 열권 모델링 - 전리권-플라즈마권 수치모델 연구	우주환경 연구
	일본 NIPR - 극지 저층-고층대기 지상관측	극지 우주환경 연구
	중국 PRIC - 우주환경 및 극지 고층대기 지상관측	우주환경 및 극지 고층대기 연구
	유럽 EISCAT - 북극 고층대기 지상 관측	극지 우주환경 연구
국 내	극지 연구소 - 극지 고층대기 중간권, 열권, 전리권 지상관측 - 우주환경 및 오로라 관측	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
	서울대학교 - 태양 관측	우주환경 및 태양 연구

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

1. 극지연구소 우주환경 및 극지 고층대기 연구 현황

- 가. 남극 세종과학기지에서는 주로 충남대학교 우주과학 연구팀과 연세대학교 대기과학 연구팀과 공동으로 대기광 분광계, 전천카메라, 유성레이더의 운영을 통해 고층대기 중간권 및 열권하부를 지속적으로 수행해 왔다.
- 나. 남극 장보고과학기지에서는 종합적인 우주환경 및 극지 고층대기 관측인프라 운영을 위해 한국천문연구원, 충남대학교, 경희대학교, 전남대학교, 연세대학교, 미국 NCAR, CIRES/University of Colorado, NJIT, APL/Johns Hopkins University 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 운영하고 있다.
- 다. 북극에서는 노르웨이 다산기지, KHO와 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, 오로라 관측용 전천카메라를 설치하여 운영 중이다. 또한 한국천문연구원과 함께 유럽 전리권 레이더 관측 네트워크인 EISCAT에 참여하여 북극 전리권 관측을 수행하고 있다.
- 라. 남북극 기지에서의 안정적인 관측인프라 운영을 통해 확보된 관측자료를 통해서 국제적인 극지 우주환경 관측 네트워크에 참여하여 공동연구를 수행하고 있다.

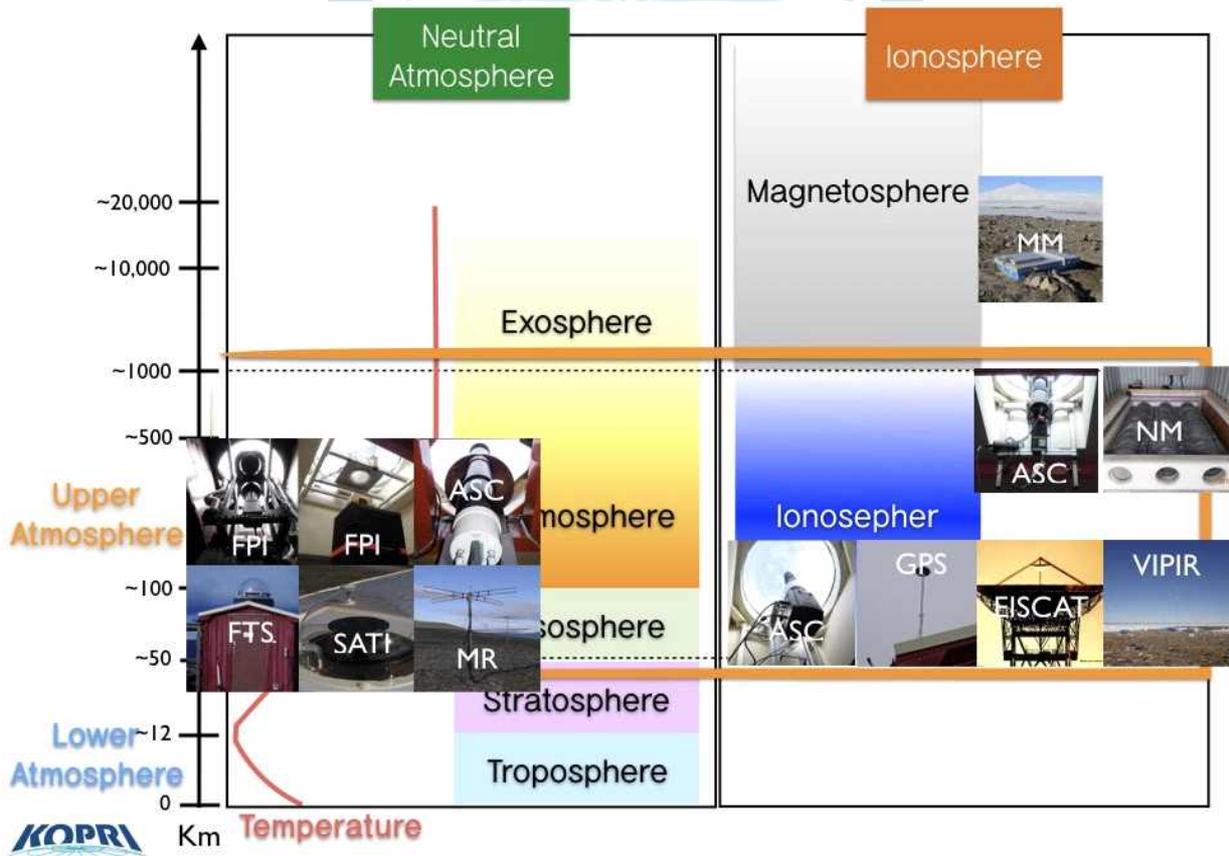


Fig. 3 Ground-based observations for the upper atmosphere and space environment performed in the polar region in Korea Polar Research Institute (KOPRI).

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 니알슨에 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. 4 King Sejong Station was established 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 설치되었

고, 이를 대체하기 위해 2002년 캐나다 York University와 함께 대기광 분광계(Spectral Airglow Temperature Imager: SATI)를 설치하여 2017년까지 운영되었다. 이 관측기기는 적외선 간섭계와 유사하게 대기광을 관측하여 고층대기 온도를 측정할 수 있는데, OH 대기광뿐만 아니라 산소분자의 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. 5 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 전파 신호를 분석해서 주변 대기의 바람과 온도를 관측할 수 있게 해준다. 이 관측기기는 광학관측기와 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).

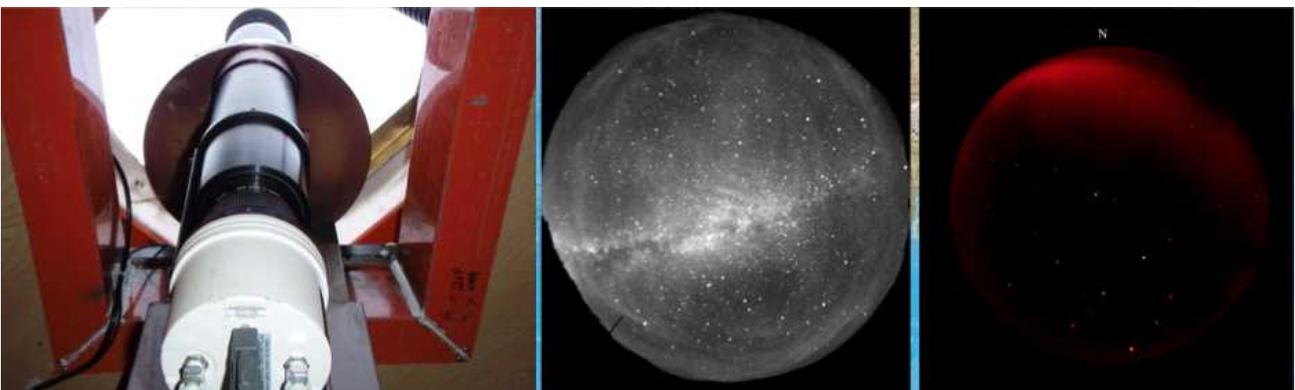


Fig. 6 All Sky Camera(ASC) at King Sejong Station, Antarctica. It measures airglow emissions to observe the gravity waves in the upper atmosphere.



Fig. 7 A new optical observatory was installed at KSS in 2017 with all sky camera and Fabry-Perot interferometer (FPI).

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 신규 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., 2014a).

2016년까지 세종과학기지에서의 광학관측은 유성레이더가 운영 중인 고층대기 관측동에서 이루어졌으나, 본관에서 비교적 가까운 거리에 있어 본관 주변 불빛이 광학관측 자료에 영향을 미치는 문제가 있었다. 이 문제를 해결하고 대기 중력과 관측을 위한 전천카메라가 운영되고 있던 노후화된 컨테이너를 대체하기 위해 2017년에 신규 광학관측동을 설치했다. 이 관측동은 현 전천카메라 컨테이너 위치에 설치되어 본관동으로부터의 광해를 최소화할 수 있는 장점이 있다. 또한 이 광학관측동에는 미국 HAO/NCAR와 공동 협력에 의해 열권-중간권 바람 관측이 가능한 페브리-페로 간섭계(FPI)가 신규 설치되었다 (Jee et al., 2014b).

중간권 온도 관측용 SATI의 노후화로 관측이 중단되었고, 이를 대체하기 위해 중간권 2차원 온도 관측기 (Mesospheric Temperature Mapper: MTM)을 신규 도입했다. 현재까지 경북 영천 보현산 천문대와 연구2동 옥상에서 시험 관측을 수행했고, 2023년 초에 세종기지에 현장 설

치 후 운영 예정이다.

나. 남극 장보고과학기지

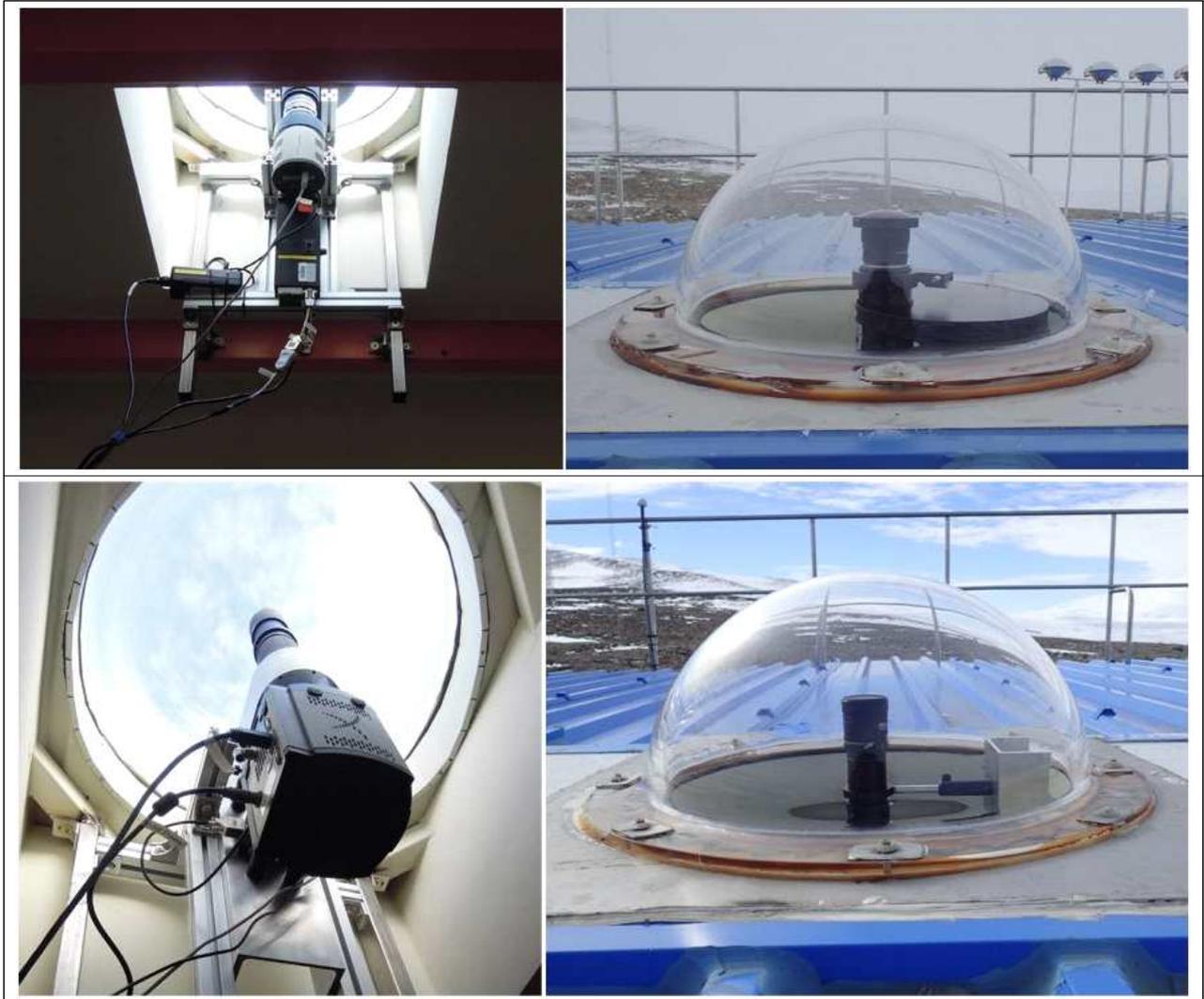


Fig. 8 All sky cameras to observe airglow emissions (top) and proton aurora (bottom) at Jang Bogo Station, Antarctica. The proton auroral ASC is also operated in Svalbard, Norway.

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.

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 이



Fig. 9 Fabry-Perot Interferometer installed at Jang Bogo Station, Antarctica in March 2014 to observe the neutral winds and temperature in the polar upper atmosphere.

르는 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 열권-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 Magnetometer)를 설치하였으며, 자기권과 극지 전리권과의 상관관계 연구에도 활용할 예정이다. 마지막으로 미국 텔라웨어 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 (Kim et al., 2018; Kwon et al., 2018).

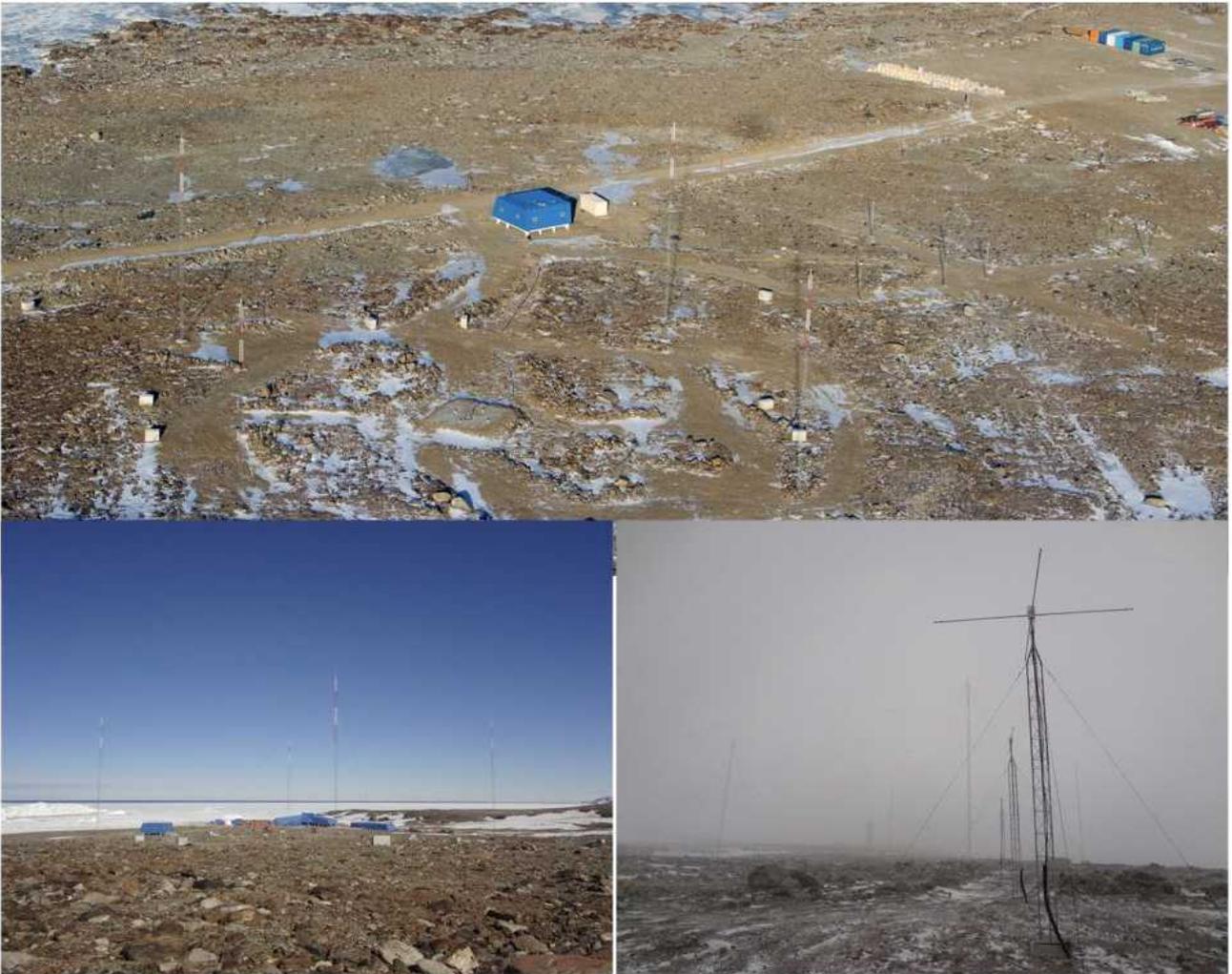


Fig. 10 Vertical Incidence Pulsed Ionospheric Radar (VIPIR) installed at Jang Bogo Station, Antarctic in Feb. 2015 to monitor the polar ionosphere.

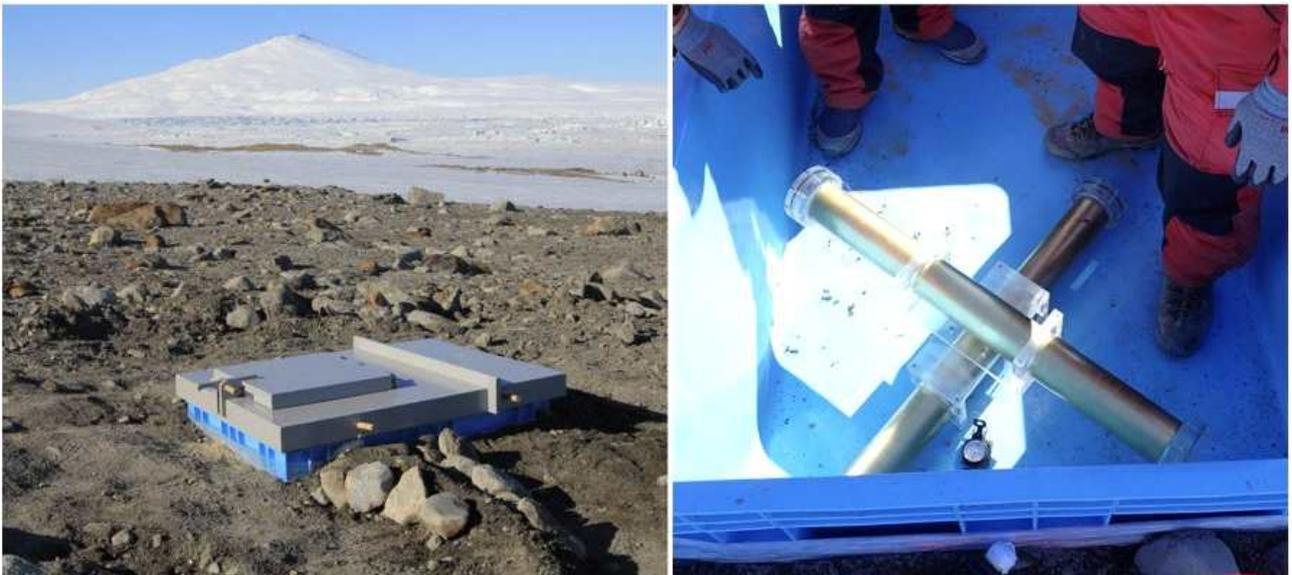


Fig. 11 Search Coil Magnetometer installed at Jang Bogo Station, Antarctica in Feb. 2016 to observe the Earth's magnetic field in the polar region.



Fig. 12 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

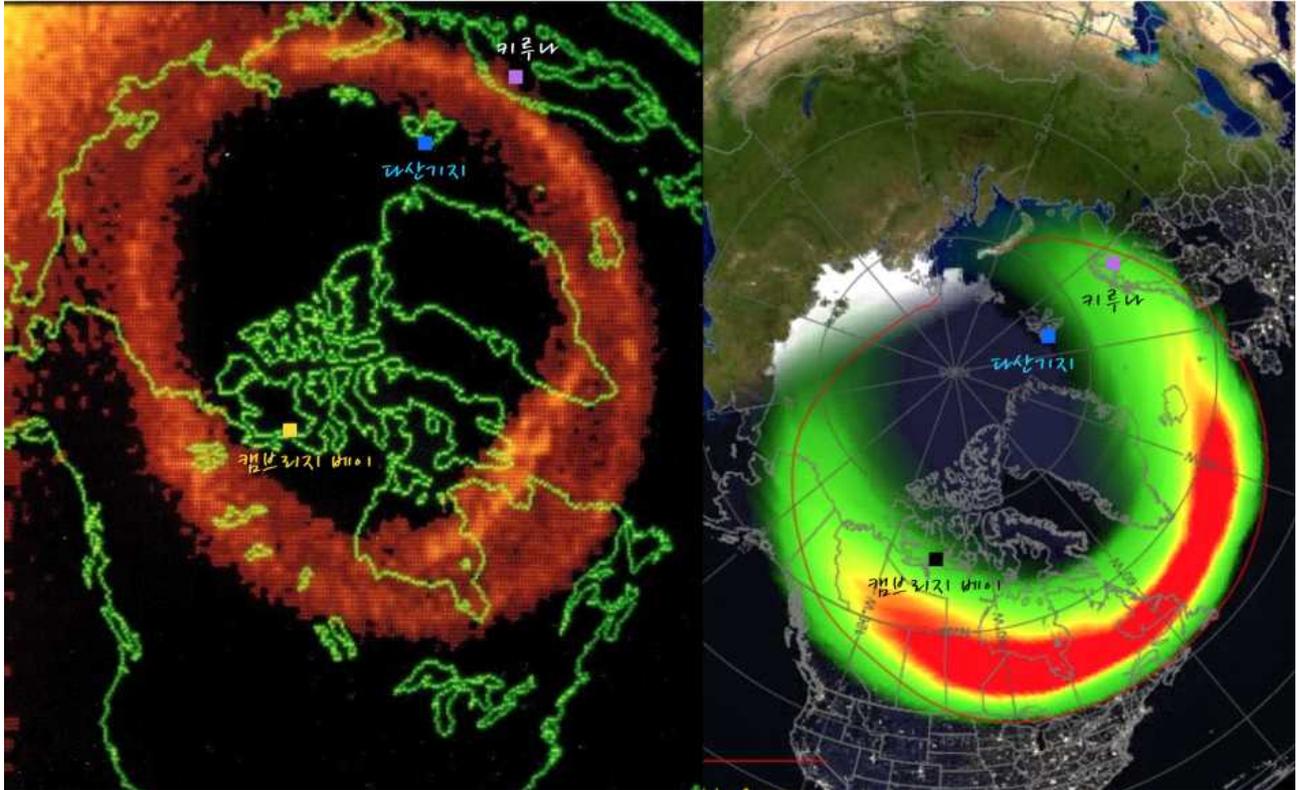


Fig. 13 Dasan Station ($78^{\circ} 55' N$, $11^{\circ} 56' E$) and Kiruna, Sweden ($67^{\circ} 51' N$, $20^{\circ} 13' E$) are located in the polar cap and auroral regions, respectively.

북극에서의 고층대기 관측은 남극에 비해서 상대적으로 미미한 수준에 머물러 왔다. 2001년부터 북극지역에서도 고층대기 관측을 시작했는데, 세종기지에서도 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 북 지역에서도 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 말 미국 JHU/APL과 공동으로 장보고기지 양성자 오로라 관측용 전천 카메라와 동일한 장비를 북극 스팔바드 롱이어빈 KHO 광학관측소에 설치했으나, 여러 가지 문제로 양성자 오로라 관측이 불가하여 현재는 필터 오로라 관측용으로 개조하여 운영 중이다. 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. 14 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. 15 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. 16 All Sky Camera installed at KHO, Svalbard, Norway to observe aurora with 630.0nm, 557.7nm, 427.8nm filters near the polar cap/cusp region.

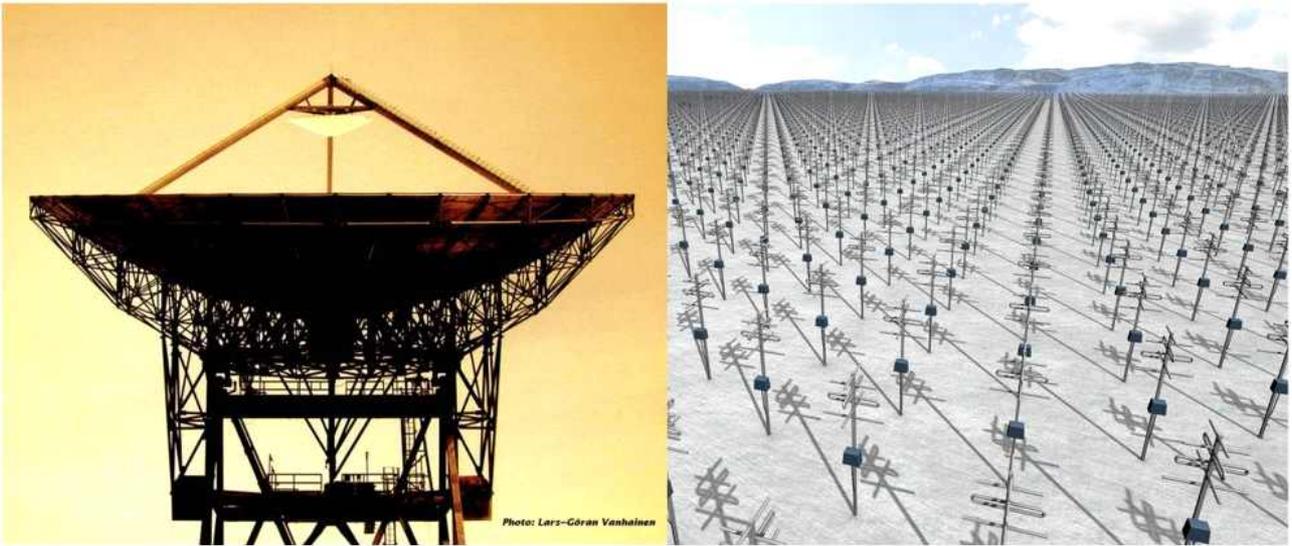


Fig. 17 EISCAT radar for the observation of the polar ionosphere. The current radar (left) will be replaced with the next generation EISCAT-3D radar system (right).



3. 남극 장보고과학기지 상공 고층대기 오로라 발생의 시공간적 분포 이해

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 유입되어 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. 장보고기지에서 관측된 오로라 이미지 자료 처리 및 분석 기술 개발

- 2018-2019년 장보고 오로라 전천카메라 관측자료 이미지 처리 및 오로라 발생의 시공간적 분포도 작성
 - 2018-2019년 오로라 발생의 시공간적 분포도 작성

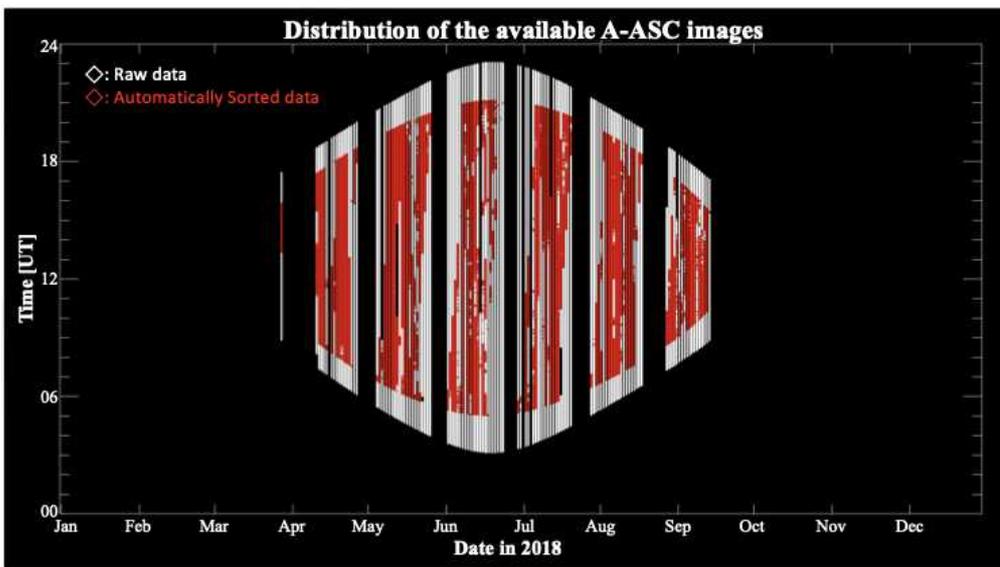


Fig. 18 2018년 오로라 전천카메라 관측의 월별 시간적 분포

나. 장보고기지-내륙기지 간 무인 오로라 및 우주환경 관측 시스템의 장보고기지 내 시험 운영

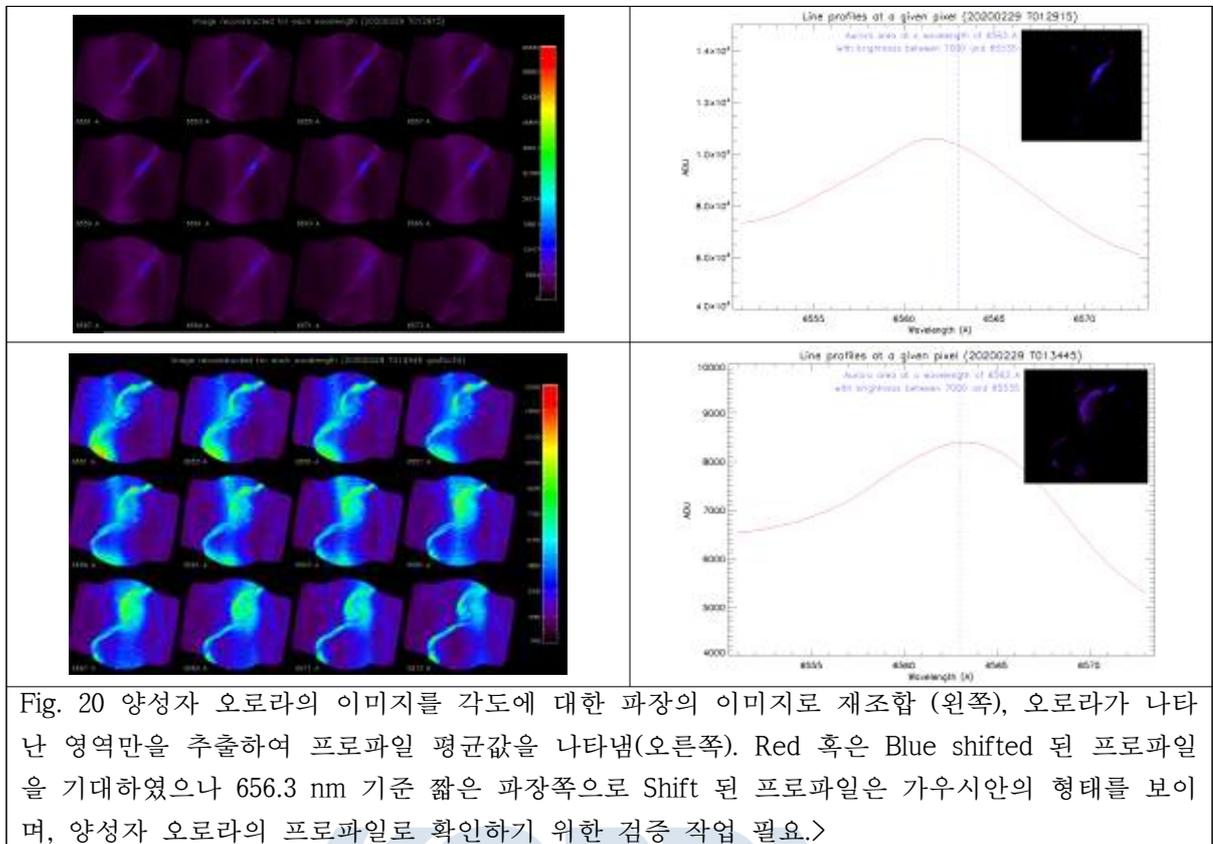
- 장보고기지 무인 우주환경 관측소 초기 모델 설치 및 시험 운영, 남극 내륙기지용 오로라 카메라 개발 및 서치코일 자력계 제작
 - 남극 내륙 운영을 위한 오로라 전천 카메라 시험 운영 및 개선 (보현산 천문대)
 - 무인 관측소 설치용 서치코일 자력계 제작 완료
 - 소형 오로라 카메라 및 무인 관측소 전력 시스템 시험용 옥외 광학관측 컨테이너 제작



Fig. 19 (왼쪽) 장보고기지 무인 우주환경 관측소 초기 모델 설치로 Iridium을 활용한 장비 상태 감시와 지상 연구 장비의 안정적인 전원 공급 성능 시험 수행. (오른쪽) 지상에서의 지구 자기장 세기 측정을 위해 설치한 fluxgate 자력계

다. 남북극 양성자 오로라 전천카메라 관측자료 전처리 기술 개발

- 양성자 오로라 관측자료 분석 코드 개선 및 검증, 스펙트럼 프로파일 비교분석 수행
 - 기존 분석 코드의 문제점 해결 및 개선을 위한 코드 수정 작업
 - 관측 시간을 이미지 당 노출시간 2.5, 한 사이클의 단계를 11개, 총 30초로 설정
 - 각도별 표준 광원에 대한 파장 재보정.



라. 장보고기지에서 관측된 오로라 이미지 자료의 통계적 분석

○ 2020년 오로라 전천카메라 이미지 관측자료 분석을 통한 오로라 발생 분포도 작성

2020

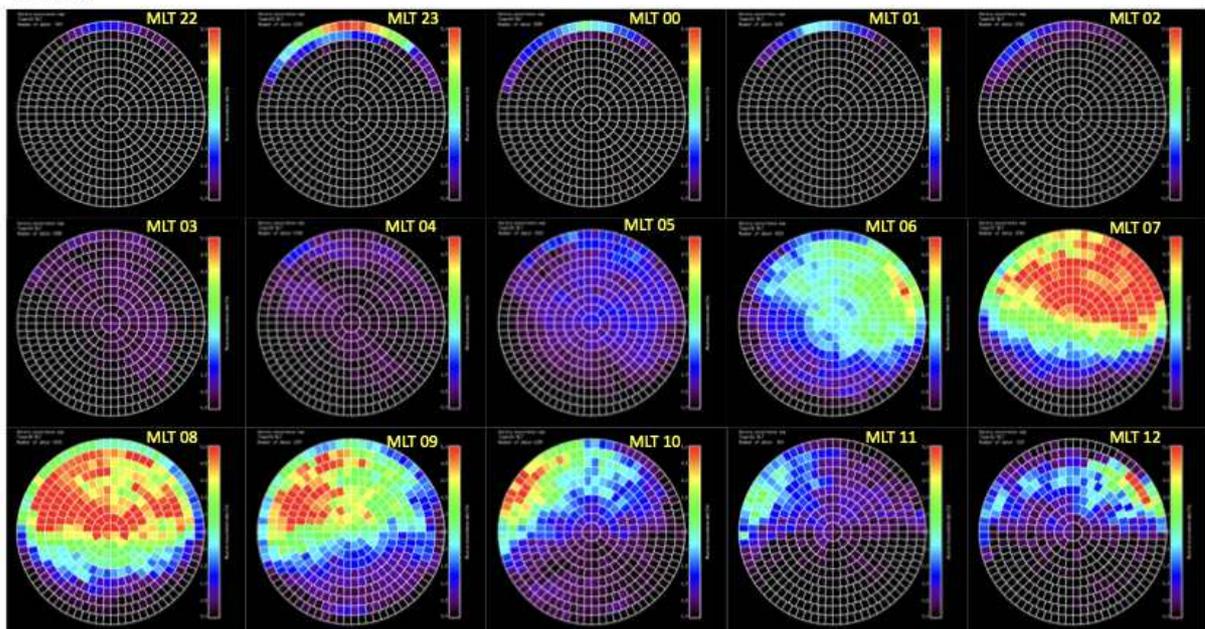


Fig. 21 2020년 장보고과학기지 오로라 발생 분포도

○ 2018-2019-2020년 오로라 발생 분포도 비교를 통한 오로라 발생의 시공간적 특성 파악
 - 남극 장보고 과학기지 상공 극지 전리권에서의 오로라 발생은 08MLT (04LT; 21UT)에서 최대가 되고, 이 결과는 장보고과학기지의 위치는 이 시간에 오로라대에 위치하고

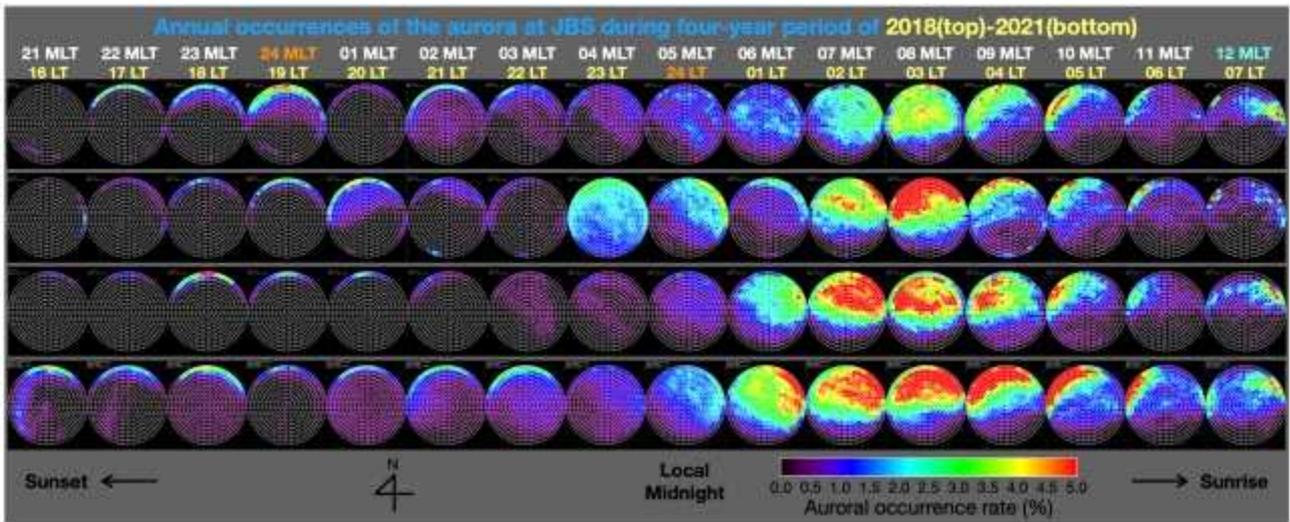


Fig. 22 2018-2021(top-to-bottom) 오로라 발생의 시공간적 분포. 이 분포도는 장보고기지의 위치가 약 23LT(02MLT)부터 오로라대에 접근하기 시작하여 04LT(08MLT)에 오로라대에 들어왔다가 다시 극관지역으로 멀어진다는 것을 보여줌

있으며, 그 외 시간대에는 오로라대 안쪽인 극관지역에 위치하고 있다는 것을 보임.

- 남극 장보고기지에서 다중 오로라 스펙트럼 관측을 위한 전천카메라 개조
 - 고도에 따른 오로라 관측을 위하여 필터휠 추가 후 세 파장 (N2+427.8 nm, OI-557.7 nm, OI-630.0 nm) 의 필터를 추가하여 각 파장대별 오로라 관측
- Dayside 오로라
 - 겨울 시즌 중 장보고기지에서는 새벽부터 정오부근까지의 낮시간 동안의 오로라 관측이 가능하며, 이때 관측된 오로라는 밤시간에 관측된 오로라와 여러 가지 측면에서 다른 형태와 색깔의 모습을 보여줌.

마. 장보고기지-내륙기지 간 원격 무인 우주환경 관측 시스템 구축을 위한 현장 시험 운영

- 무인 우주환경 관측 시스템 개발 및 설치
 - 2019-20 기간 장보고기지 시험운영 결과를 반영해 무인기지의 내구성 향상 모델 개발
 - 기존 태양광 발전에 극야기간을 대비한 풍력발전 추가로 전력 공급 시스템 개선
 - 소형 오로라 카메라 개선 모델 개발 완료, 관측 테스트 수행
 - 저전력 무인 운영을 위한 서치코일 자력계 개발 완료, 테스트 수행
- 무인 관측 시스템용 소형 오로라 카메라 개발 및 시험 관측
 - 남극장보고과학기지와 남극 내륙 빙저호 캠프에 오로라 카메라 시험 운영
 - GPS 시간 동기화 안정성 개선을 위한 GPS 수신기 업그레이드



Fig. 23 장보고과학기지에 설치해 운영중인 소형 오로라 카메라 (왼쪽). 2021-2022 하계 기간 빙저호 캠프에 설치한 무인 우주환경 관측 시스템 상 소형 오로라 카메라 (오른쪽)



4. 오로라 발생과 극지 고층대기 전리권-열권-중간권 변동성 이해

가. 장보고기지 상공 전리권 전자밀도 불균일성 연구(전리권 레이더 Tilt 자료 분석)

- 북극 전리권 관용을 위한 EISCAT 전리권 레이더 장기 관측자료 (1995-2015) 분석을 통해 극지 전리권 전자밀도 분포의 평균 특성 연구
 - 중위도(Millstone Hill), 오로라대(Tromso), 극관(Svalbard) 지역의 ISR 레이더에서 관측된 전자밀도 고도 분포의 비교 분석을 통해 극지 오로라대와 극관 지역에서의 전자밀도 분포 특성 연구 (Kim et al., 2020)
- 장보고기지 GPS 신틸레이션 모니터 관측자료 분석을 통해 장보고기지 상공 전리권 전자밀도 불균일성의 특성 연구
 - 장보고기지에서 2017-2018 기간 동안 관측된 GPS 신틸레이션 관측자료를 분석하여 전리권 전자밀도 불균일성의 계절, 시간, 자기활동도에 따른 변화 특성을 연구 (Hong et al., 2020)

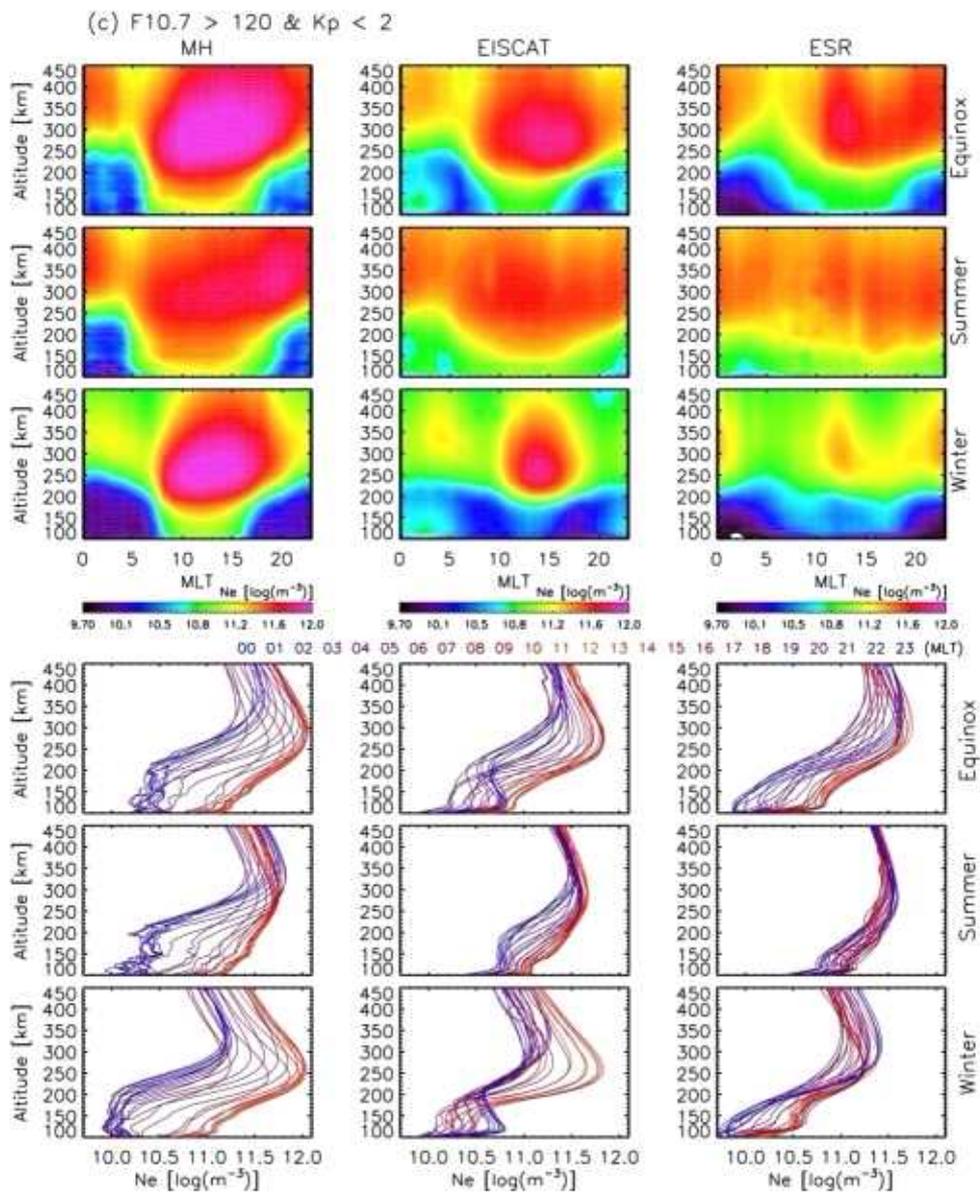


Fig. 24 중위도(MH), 오로라대(EISCAT), 극관(ESR)지역에서의 전리권 전자 고도 분포 특성. 태양활동, 지자기 활동, 계절, 시간에 따른 분포 특성을 보여주고 있음 (Kim et al., 2020)

○ 남극 장보고기지 전리권 레이더 전자밀도 관측자료 검증 연구

- 장보고기지 VIPIR 전리권 레이더 (JVD)로 관측한 전리권 전자밀도와 장보고기지 GPS TEC 자료의 비교를 통한 관측 초기 자료 검증
- 지자기 활동이 약할 때 JVD로 관측한 전리권 최대 밀도 (NmF2)와 bottomside TEC (bTEC)는 GPS TEC와 좋은 상관관계를 보임
- 극지 전리권에서 발생하는 전리권 전자밀도 불균질 현상에 의해 변동성이 큰 bTEC은 상대적으로 낮은 상관관계를 보임

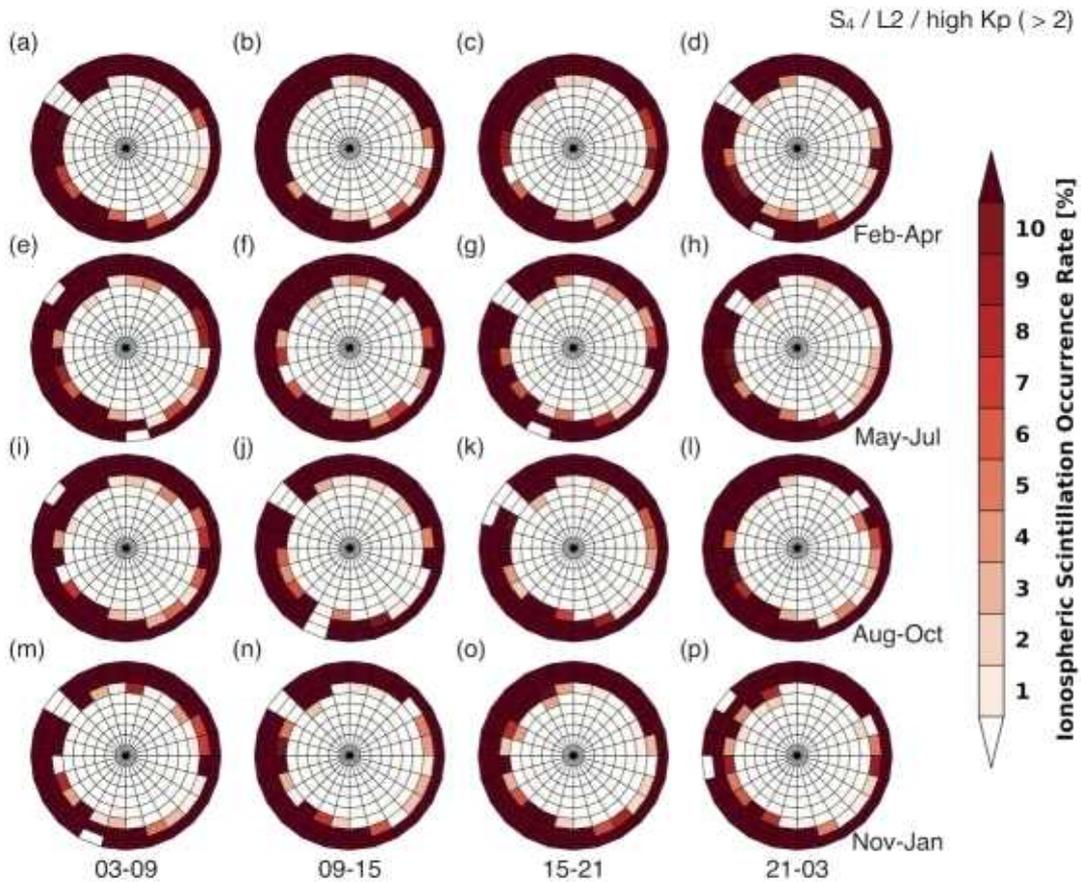


Fig. 25 2017-2018 기간 동안 장보고기지 상공 전리권에서의 신틸레이션 발생률

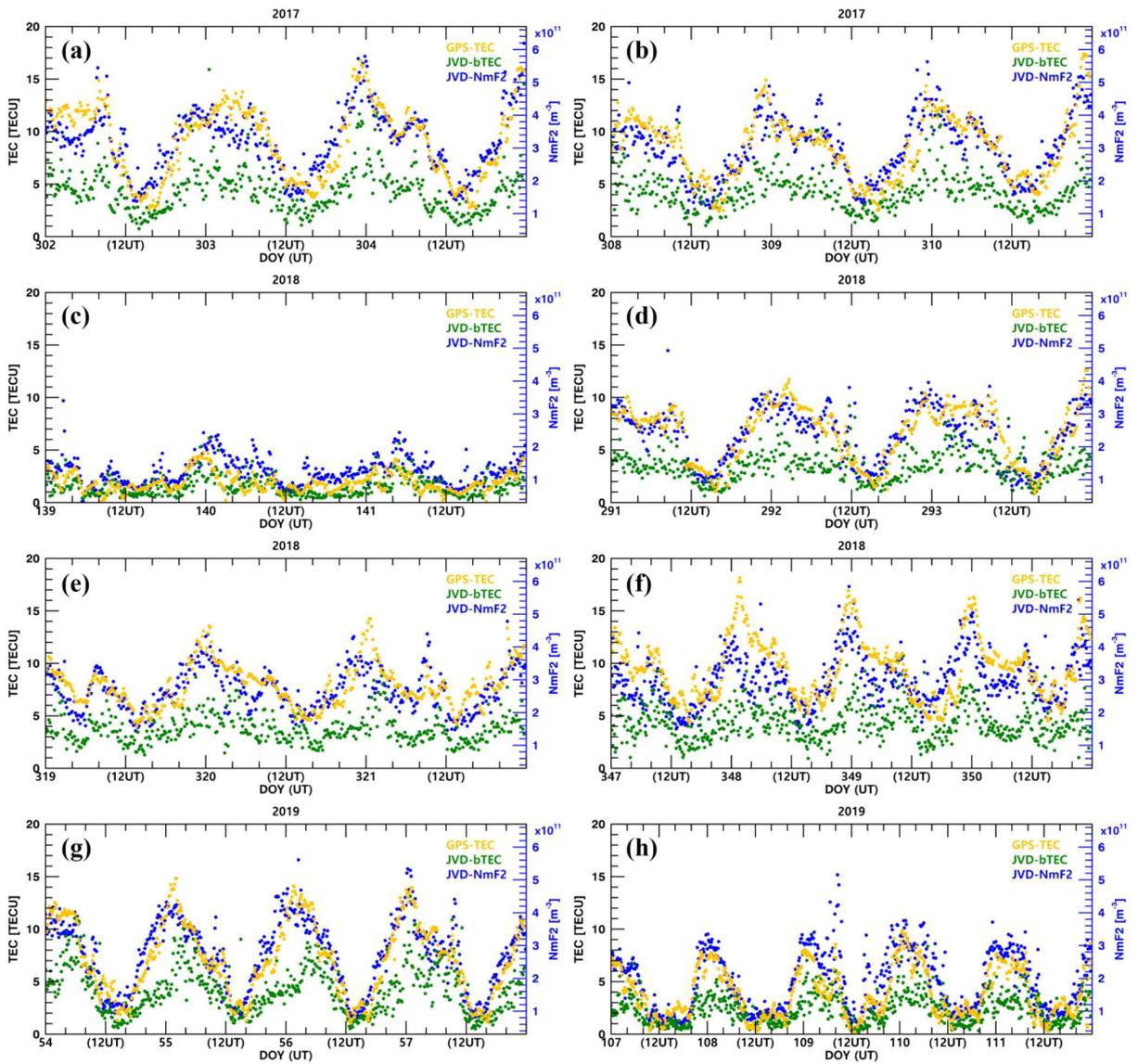


Fig. 26 장보고기지 전리권 레이더(JVD) 관측과 GPS TEC 관측 자료 비교

나. 남북극 전리권 레이더와 페브리-페로 간섭계 관측 비교분석을 통한 이온바람과 열권 바람의 상관성 규명

- 북극다산기지 페브리-페로 간섭계 (FPI) 열권 자료 분석 소프트웨어 수정 완료
 - 캘리브레이션 레이저 이미지 분석 과정을 통한 기기 파라미터 추출작업 수행
 - 구름 센서 자료를 활용하여 유효 이미지 선별 작업 수행
- 남극 세종기지 페브리-페로 간섭계와 유성레이더에서 관측된 MLT 중성대기 바람 비교 연구
 - 페브리-페로 간섭계 중간권계면 바람 자료의 대류권 구름에 의한 영향의 정량적 평가
 - 유성레이더와의 동시 관측을 활용하여 대기광 발생 고도의 시간적 변화 추적
 - 중간권계면의 강한 바람 시어 효과를 고려한 중성대기 바람 비교 결과 도출

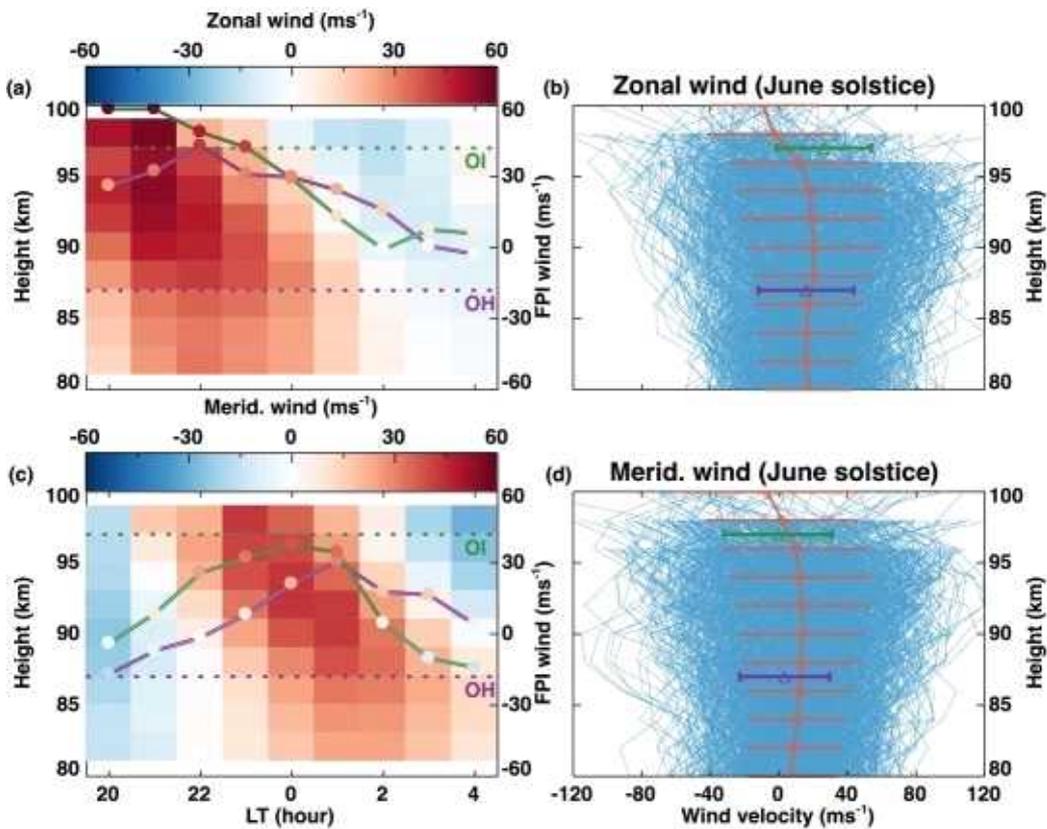


Fig. 27 남반구 동지 (June Solstice) 기준 60일 평균 세종기지 유성레이더와 FPI 동서(a), 남-북(c) 방향 바람의 시간에 따른 변화 비교. 고도에 따른 동-서(b), 남-북(d) 바람세기 변화

다. 남북 장보고과학기지 전리권 레이더(VIPiR) 관측자료 분석 연구

○ 남북극 극관지역 전리권 전자밀도 분포 관측-모델 비교 연구

- 남극 장보고과학기지에서 2017-2019 기간 동안 전리권 레이더 (VIPiR)로 관측한 전리권 전자밀도 자료 분석
- 북극 (EISCAT Svalbard) 전리권 레이더 관측 자료와 비교하여 남·북극 전리권 전자밀도의 특징 비교
- 시간, 계절, 위도, 태양 활동, 지자기 활동 조건에 따른 수치모델(TIEGCM) 결과와 남·북극 관측 자료 비교를 통한 수치모델 검증 연구
- TIEGCM 모델에서 재현된 극지 전리권 전자밀도의 계절적 변화는 남북극 레이더 관측 결과와 반대되는 계절적 변화 패턴을 보임. 이는 중위도에서의 계절적 변화 특성인 winter anomaly 현상이 수치모델에서는 극지 전리권에서까지 나타나는 것으로 보임. 그러나 관측자료에서는 극지 전리권 winter anomaly 현상이 나타나지 않는다는 것을 보임.

○ 오로라 발생 시 전리권 전자밀도 변화 연구

- 남극 장보고과학기지서 운영 중인 오로라 전천카메라와 전리권 레이더 동시 관측 자료 비교 분석 결과 오로라 발생 시 극지 전리권 F2층 최대 전자밀도(NmF2) 증가현상 발견

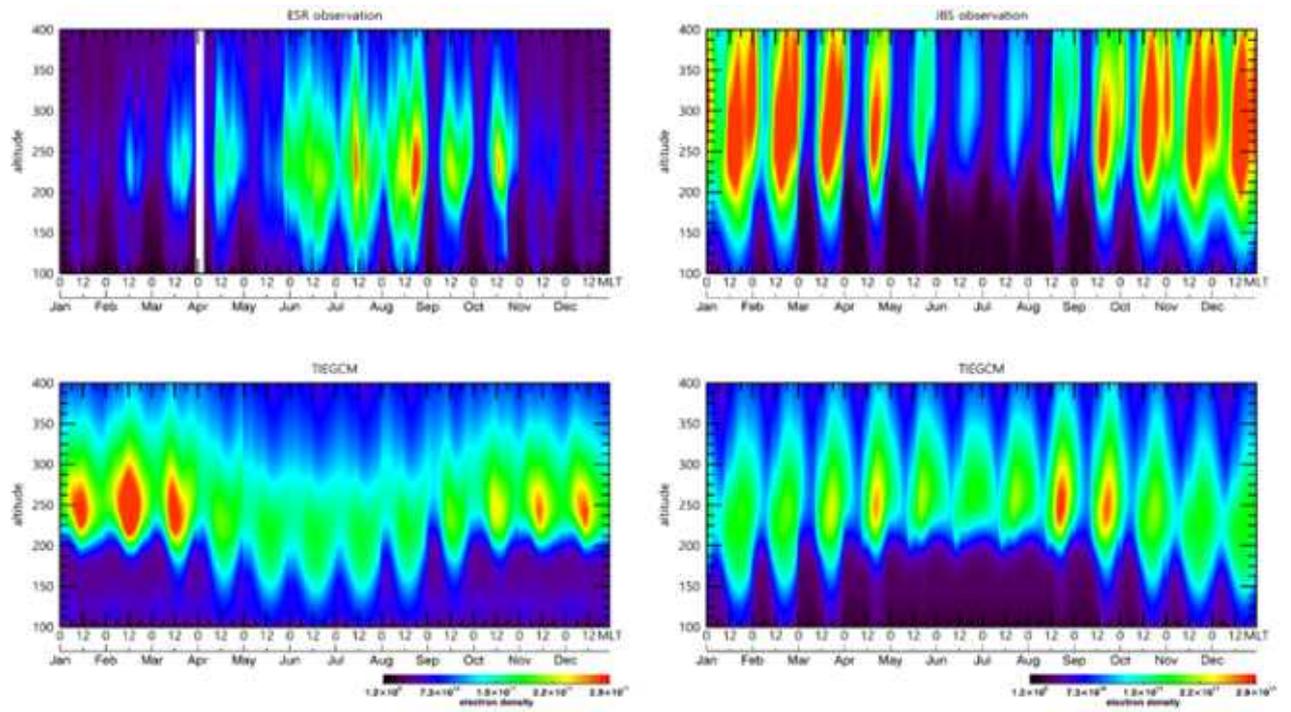


Fig. 27 전리권 관측과 TIEGCM 수치모델 결과에서 나타난 극지 전리권 전자밀도의 계절적 변화. 관측과 수치모델 결과가 서로 반대의 결과를 보임

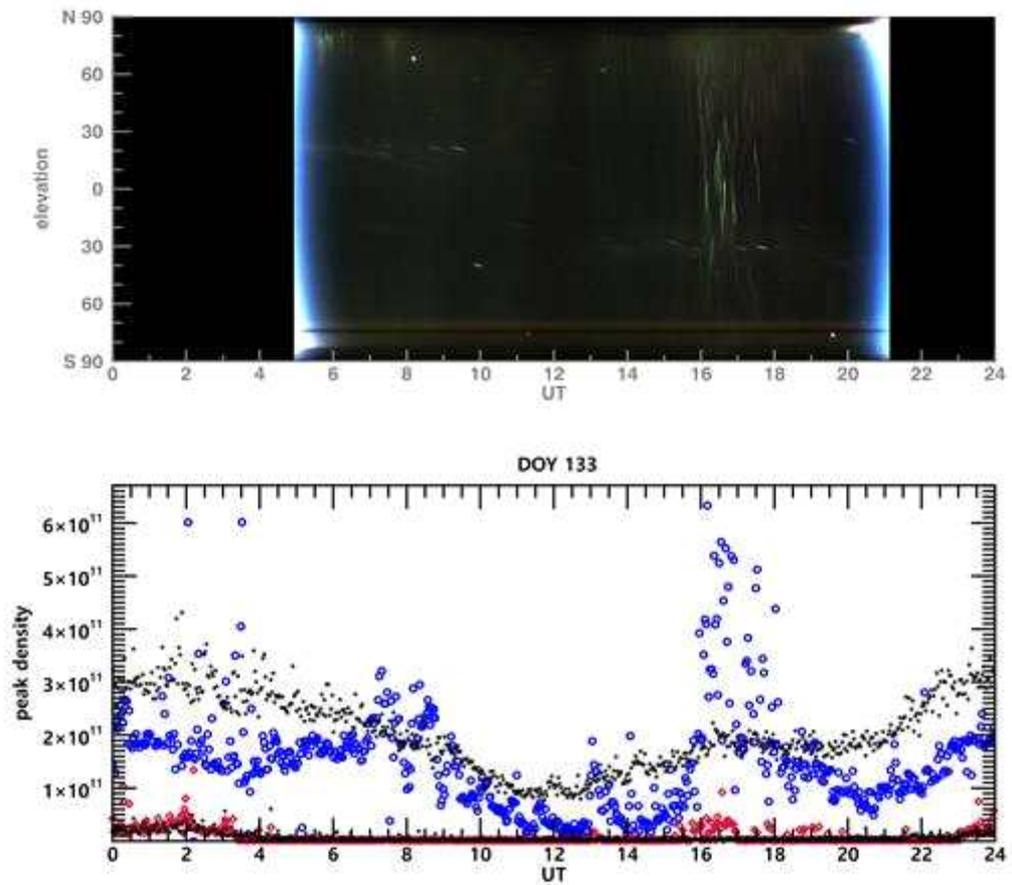


Fig. 28 오로라가 발생하는 16-18UT에 전리권 전자밀도 증가 현상 발견

라. 남북반구 극지 전리권 전자밀도 차이 연구

- 남극 장보고과학기지 전리권 레이더와 북극 EISCAT 전리권 레이더 관측자료 비교
 - 남극 장보고과학기지과 북극 스발바드의 자기위도는 약 80도 정도로 비슷하며, 두 위치에서의 전리권 전자밀도 비교를 통해 남북극 전리권 차이 연구
 - 북극 EISCAT 스발바드 전리권 레이더(ESR) 관측과 남극 장보고기지 VIPIR 전리권 레이더(JVD) 관측을 활용하여 남북극 전리권 전자밀도의 고도-시간 분포 비교
 - 유사한 조건에서의 TIEGCM 수치모델 결과와 비교

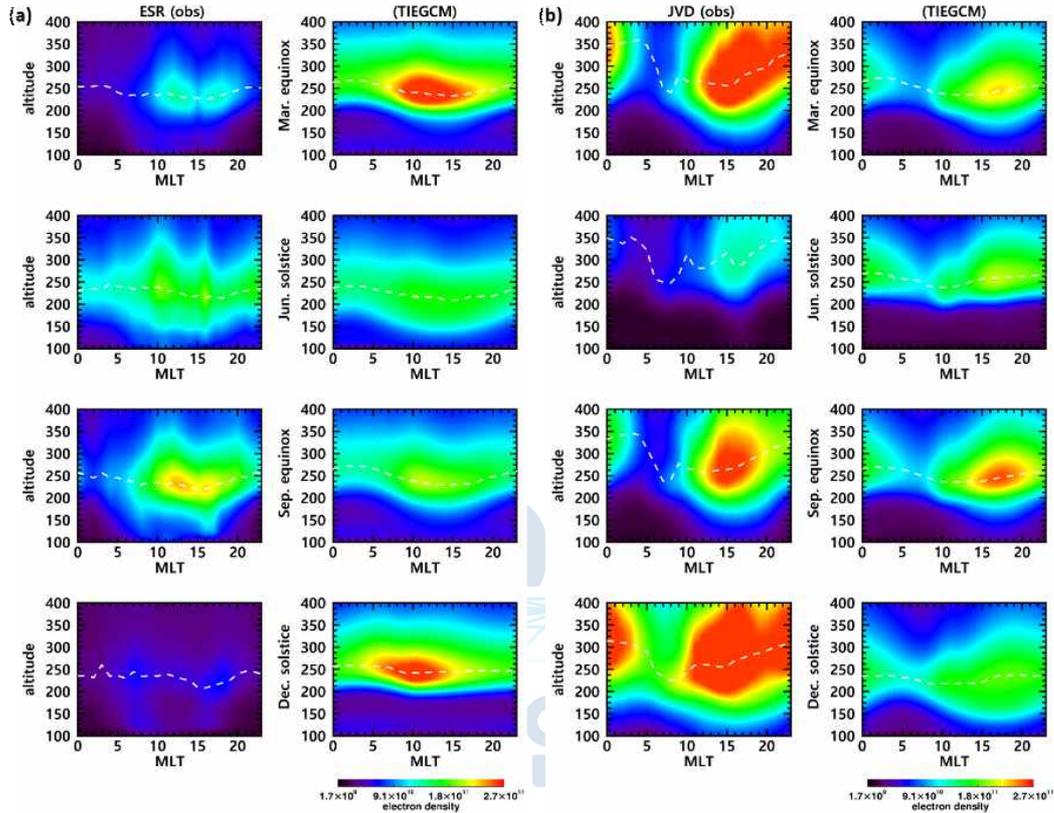


Fig. 29 북극 EISCAT 스발바드 레이더(ESR)와 남극 장보고기지 전리권 레이더(JVD)에 관측된 전리권 전자밀도의 시간-고도 분포. TIEGCM 수치모델 결과와도 함께 비교

마. 오로라 발생이 이온-중성입자 상호작용을 통해 남북극 극지 전리권-열권 변동성에 미치는 영향 연구

- 지자기 폭풍 발생시 남극 장보고기지 전리권 변화 연구
 - 지자기 폭풍에 의해 발생한 오로라 현상에 동반된 남극 장보고기지 전리권의 전자 밀도 소멸 현상 연구
 - 남극 장보고기지 기반 지상자료와 정지궤도 위성관측 자료 동시 비교 연구
 - 지자기 폭풍에 의해 연자기력선 전류의 세기가 증가하면서 열권 중성대기의 온도 증가 및 상승 운동 발생
 - 중성대기가 상승함에 따라 전리권의 이온 재결합이 증가하면서 전리권 전자밀도 소멸현상 발생
- 남극 장보고기지 전리권 이온 바람과 열권 바람 상관관계 연구
 - 남극 극관 지역에서의 열권 중성 바람과 전리권 이온 바람 간의 상관관계를 조사하기 위해 남극 장보고기지 전리권 레이더 및 패브리-페로 간섭계 자료 비교 분석 수행

- 태양풍 자기장 Y 성분이 +인가 -인가에 따라 전리권 이온 바람의 형태가 상이한 것을 확인할 수 있으며, 두 경우 모두에 대해 열권 중성 바람은 아침 지역에서는 서로 유사하게 나타나나, 저녁 지역에서는 큰 차이를 보임.

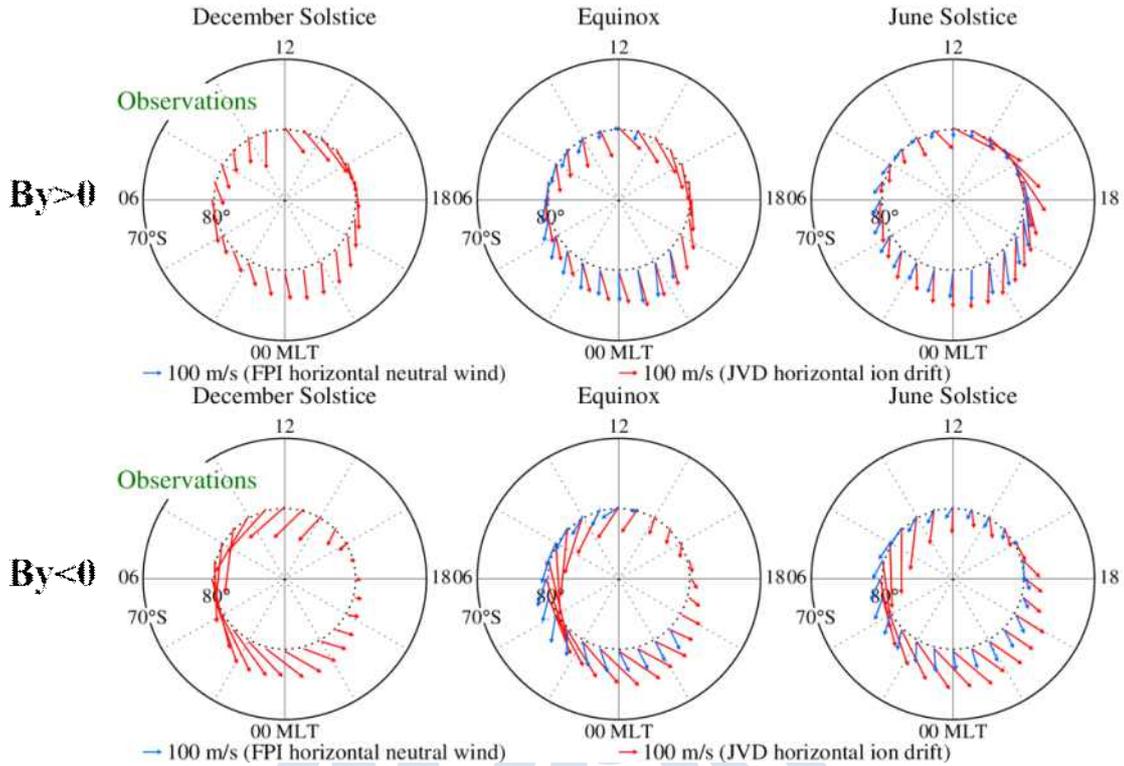


Fig. 30 남극 장보고기지 전리권 레이더로 관측된 전리권 이온 바람 (빨간색 화살표) 및 페브리-페로 간섭계로 관측된 열권 중성 바람 (파란색 화살표)의 태양풍 자기장 Y 성분이 +인 경우 (위) 및 -인 경우 (아래)에 대한 분류 결과

- TIE-GCM 모델의 전리권 이온 바람 및 열권 중성 바람 모사 결과에서는 관측에서 나타난 저녁 지역에서의 태양 자기장 Y 성분에 따른 열권 바람의 차이가 명확하지 않음
- TIE-GCM 모델에서 모사된 이온 바람의 크기가 관측치에 비해 상대적으로 과소평가 된 것이 확인되는데, 이로 인해 열권 중성 바람의 관측과 모델 간에 차이가 발생하는 것으로 보임

○ 남극 장보고기지 상공 오로라 발생 시 열권 바람 변동성 연구

- 남극 장보고기지 오로라 전천카메라 (ASC)와 페브리-페로 간섭계 (FPI) 관측 자료를 활용하여 오로라 발생 시 열권 바람의 변화 연구
- 지자기 폭풍 발생 시 남극 장보고기지 상공에 강한 오로라가 발생하며 새벽 시간에 오로라대가 장보고 기지 위치까지 확장됨을 확인
- 동시에 250 km 고도의 열권 바람이 북동쪽으로 가속되는 이벤트가 발생

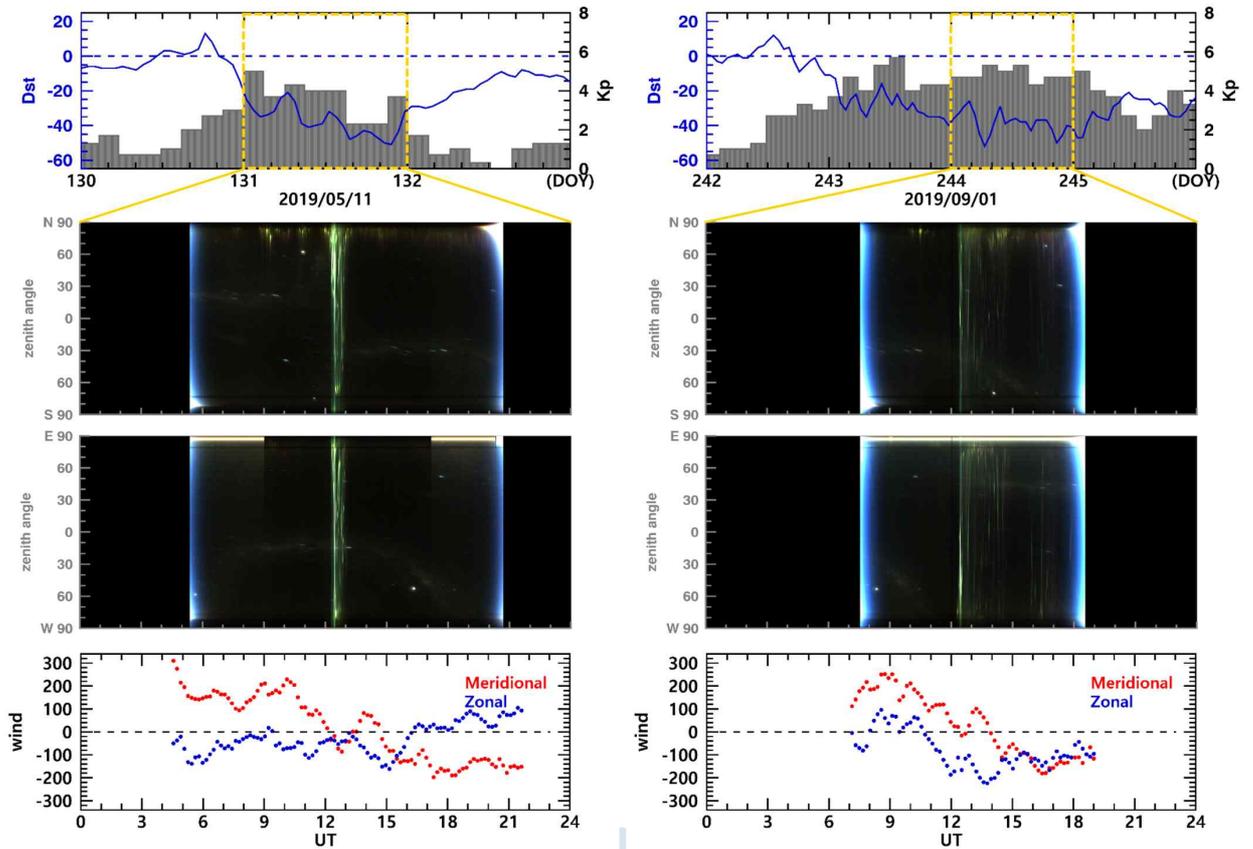


Fig. 31 오로라 발생 시 지자기 활동지수와 열권 바람의 주기적 변동성

○ 북극 열권 바람 관측 자료 분석 연구

- FPI 열권 자료로부터 플라즈마-중성대기 마찰 효과에 의한 온도 상승이 지자기 활동과 직접 관련이 있음을 보임
- Resolute, 키루나 FPI 관측 결과를 TIEGCM 모델과 비교하여 지자기 활동에 따른 열권 바람의 변화가 극관 지역에 비해 오로라대에서 모델 성능이 크게 저하되는 것을 확인

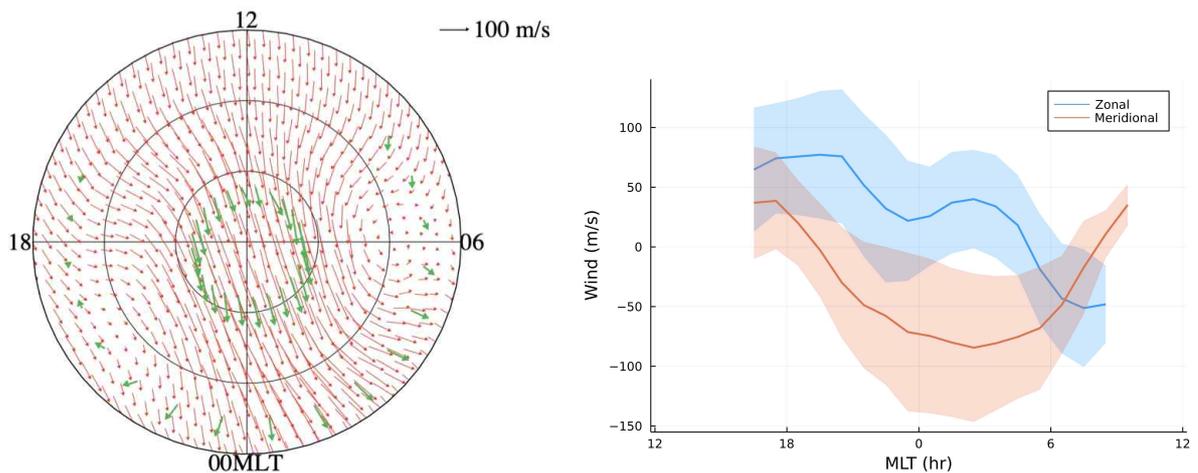


Fig. 32 지자기 위도와 지자기 지방시에 대해 벡터로 표현한 TIEGCM 모델과 Resolute, 키루나 FPI로 관측된 열권 바람 (왼쪽). 키루나 FPI로 관측된 지자기 활동이 없는 시기의 열권 바람의 지자기 지방시에 따른 변화 (오른쪽)

바. 고위도 전리권-열권 교란시 중간권 온도 및 대기파동 특성 연구

○ 고위도 고층대기 중성 바람 비교 연구

- 남극 세종기지 페브리-페로 간섭계-유성레이더 MLT 중성 바람 동시 비교 연구
- 대기광 고도의 시간에 따른 변화를 고려해 더 정확한 중성 대기 바람 추정
- 대류권 기상 조건에 따른 페브리-페로 간섭계 중성 바람의 영향성 검토

○ 남극 세종기지 상공 중간권 온도의 장기 변화 특성 연구

- 남극 세종기지에서 운영 중인 유성레이더 관측자료 (2007~2020)를 이용하여 중간권 계면 (~90km) 고도 온도를 낮과 밤으로 구분하여 산출하는 연구 수행
- 세종기지 유성레이더 자료를 이용하여 낮과 밤 시간을 구분하여 중간권계면 온도를 산출하고 위성에서 관측한 온도 (Aura/MLS)와 비교분석
- 낮과 밤 시간 온도 추정 및 각각의 표준편차를 바탕으로, 유성레이더를 이용한 온도 산출에 있어서 시간 분해능을 12시간 (낮/밤) 이하로 높일 수 있는지에 대한 연구

○ 남극 세종기지 전천카메라 자료 활용 대기 중력과 연구

- 남극 세종과학기지 전천카메라 OH 대기광의 5년간 관측자료 (2012~2016)를 분석하여 대기중력파의 계절적 특성에 대한 연구 수행
- 전천카메라로 관측한 대기 파동 활동에 대해, 동기간의 유성레이더 (고도 80~100km) 및 MERRA-2 재분석 자료 (고도 0~80km)로부터 계산한 Wind-blocking diagram과 비교분석 수행
- 분석 결과, 대부분의 단주기 대기중력파 (short-period gravity waves < 1 hour)들은 wind-filtering effect에 의해 OH 대기광 고도 (~87km)까지 전파하지 못했지만, 겨울철 동안 동쪽 방향 전파 파동 (eastward propagating gravity waves) 및 봄철 남동 방향 전파 파동은 OH 대기광 고도에서 관측 됨

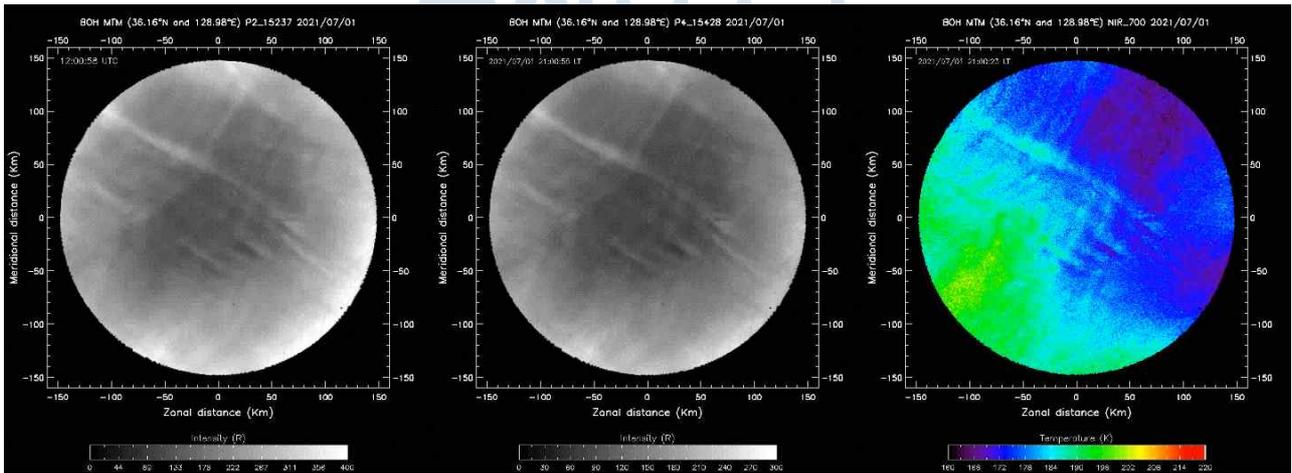


Fig. 33 MTM에서 관측된 $P_1(2)$, $P_1(4)$ intensity(좌측)와 산출된 온도(우측)

○ 2차원 중간권 온도 관측기 시험 운용 자료 분석 코드 개발

- 필터별 광학적 특성을 담고있는 Flat field 이미지 획득
- 절대광도 계산 방법 및 보정 과정을 수정한 자료분석 코드 개발
- 경북 영천 소재의 보현산 천문대 광학 관측동에 설치하여 시험 운용
- 온도 결과 map에서 고정적으로 나타나는 온도 편차의 원인이 미세한 파장의 변화에도 필터의 투과율이 영향을 받기 때문인 것으로 확인

○ 남극 세종기지 유성레이더 관측자료 활용 MLT 바람의 특성 및 대기 파동의 장기 경향 연구

- 2007년 3월~2021년 12월 동안의 세종기지 유성레이더 바람자료를 이용하여 고도 80~100km 범위에 대해 동서 방향 (zonal) 및 남북 방향 (meridional) 바람의 일평균과 월평균 산출

- 남반구 겨울 기간에 80~100km 고도 구간에서 eastward wind가 지배적이고, 여름 기간에는 고도 약 90km 아래에서 강한 westward wind가 형성. 따라서 여름철 약 90km 고도 이상에서 강한 eastward wind shear가 발생

- 시간평균 동서 및 남북 바람을 이용하여 매월의 15년 평균 주기성 세기 분석

- 유성레이더 관측 바람과 비교를 위해 Aura/MLS 위성 관측으로부터 4개의 ressure levels에 대해 동서 및 남북 방향의 지균풍 (geostrophic wind) 계산 후 동서 바람 비교/ 분석

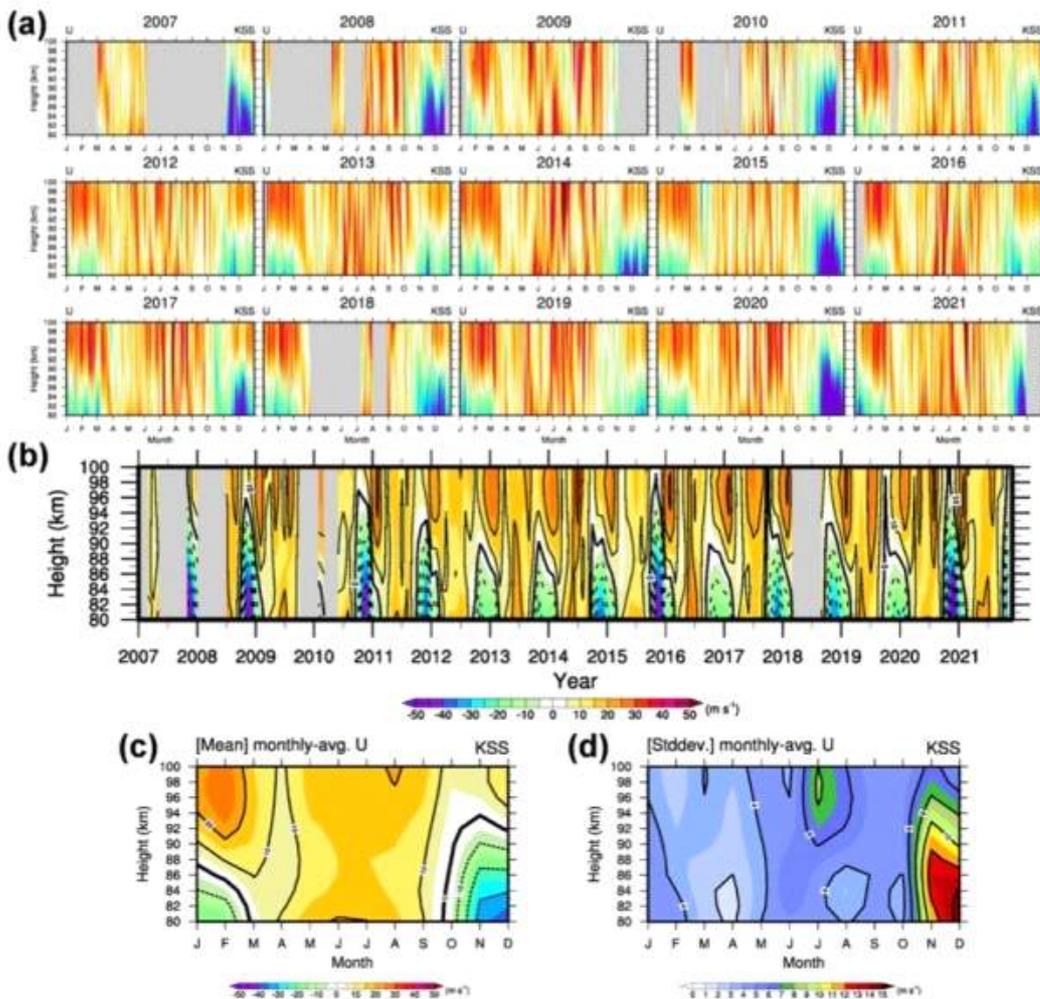


Fig. 34 2007~2021 기간 동안 동서 방향 (zonal)의 일평균 (a), 월평균 (b), 월평균 바람의 15년 climatology (c) 및 표준 편차 (d)

5. 극지 고층대기 화학적 변화의 물질 수송 이해 및 수치모델 연구

가. 다양한 기후 모델에 장착된 오로라 입자에 의한 극지 고층대기 화학물질 생성 과정 이해

- 고에너지 오로라 입자에 의한 극지 대기의 화학적 변화에 동반되는 역학적 변화 수치모델 연구
 - SD-WACCM 모델을 이용하여 2005-2013년 기간 동안 미디엄 에너지(MEE) 전자에 의한 대기 변화 모의실험 수행
 - 고에너지 입자는 중간권에서 NO_x와 HO_x를 생성시킴. 생성된 HO_x는 중간권 상부에서 오존을 감소시키며, NO_x는 대기의 역학적 흐름에 의해 성층권으로 이동하여 오존을 감소시킴
 - 오존 변화는 온도 변화와 함께 역학적 변화를 일으킨다는 것을 보임

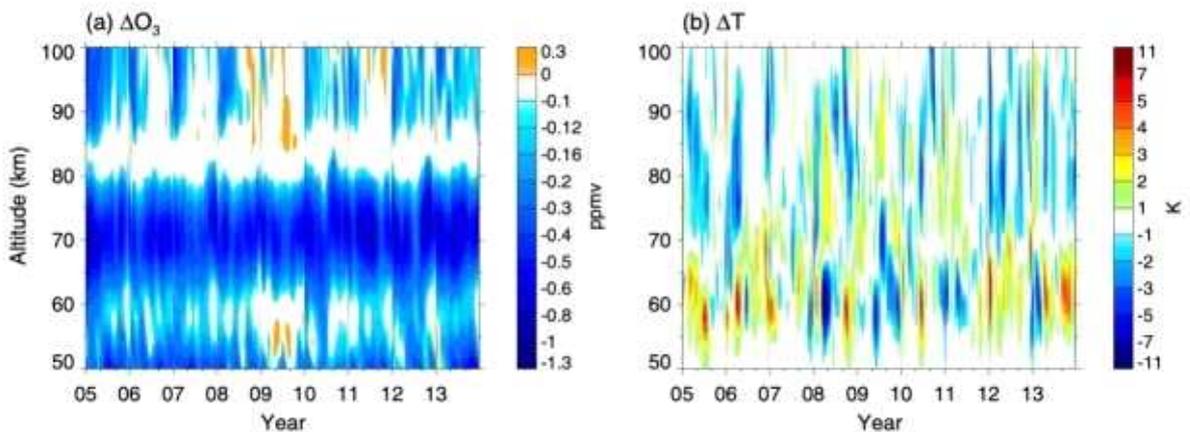


Fig. 35 2005-2013년 전체 기간 동안 MEE 전자에 의한 오존 변화와 온도 변화. 중간권 상부에서는 온도가 감소하는 경향을 보이고 중간권 하부에서는 증가하는 경향을 보인다

나. 중간권 및 열권하부(MLT)에서 발생한 극지 화학물질의 자오선(하향)수송과 연관된 중력파 모수화 역할의 이해

- 고에너지 입자가 만드는 화학물의 순환과 중력파의 관계를 테스트하기 위한 모델링 체계 구축
 - 지형, 복사평형 온도 및 중력과 항력 모수화만으로 작동하는 이상화된 전지구 전층대기 (whole atmosphere) 모델링 시스템의 제작, 구축 및 안정화
 - 장착된 중력파 모수화 (Molod et al. 2012, NASA Techmemo)를 통해 성층권 준 2년 주기 진동과 유사한 진동이 가능하고, 북반구 성층권 돌연 승온 빈도를 조절할 수 있는 방법론 (Martineau et al. 2018, JGR Atmospheres)을 이용하여 다양한 민감도 실험이 가능하도록 제작
- 고에너지 입자가 만드는 화학물의 전지구적 순환의 현실적인 모델링을 위한 체계 구축
 - 미국 국립대기연구소에서 최근 공개한 Community Earth System Model 2 (CESM2)에 포함된 화학모듈 (전리권 D 화학 포함)이 결합된 전층대기 기후 모델 (WACCM6)를 연구소에 구축
 - CESM2에 장착된 Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6)의

energetic particle precipitation (EPP) 이온화율의 불확실성 확인 (Tyssøy et al. 2019, JGR Space Physics, doi: 10.1029/2018JA025745)

- 고에너지 입자 이벤트에 대한 화학물 수송을 모의하기 위해서 저층 대기의 기상장을 재분석 자료로 강제하는 모드로 WACCM6를 구축하고 이를 관련 연구에 적용

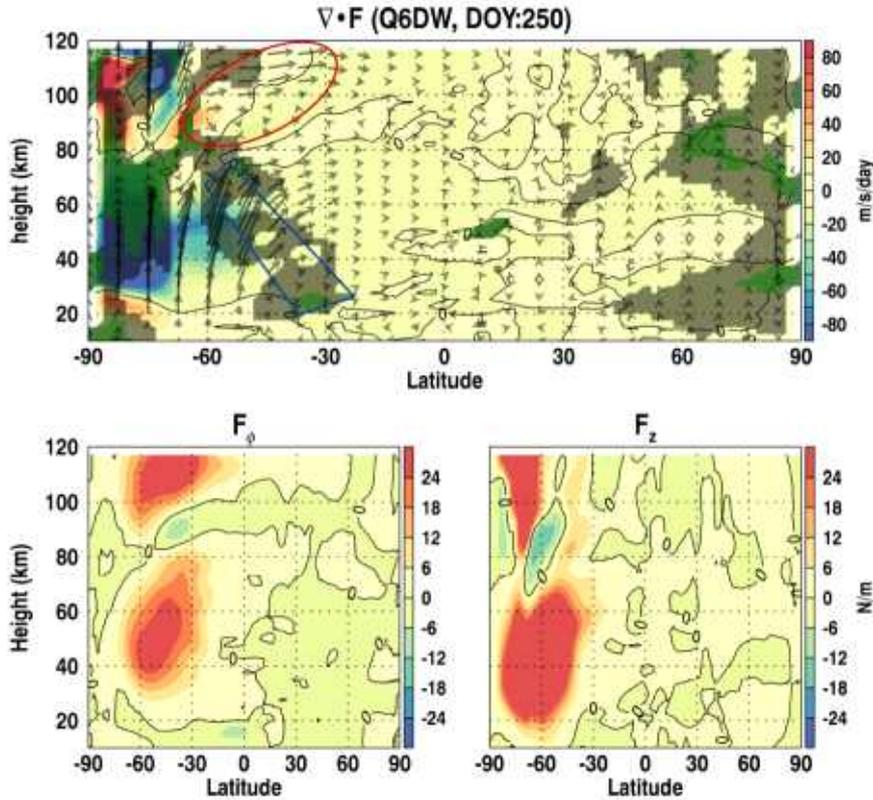


Fig. 36 (위) 2019년 9월 남반구 성층권 돌연 승온이 일어날 시점에서 남반구에서 준6일 주기의 행성파의 전파 방향 (벡터), 행성파 운동량 강제력 (color shading) 및 경압 불안정 지역 (dark shading) (아래) 준 6일 주기 행성파 전파를 나타내는 Eliassen-Palm 플럭스의 (좌) 남북 성분 및 (우) 연직 성분 (Lee et al. 2020, 2020 가을 우주과학회 발표)

다. 세종기지 관측자료 및 수치모델 활용 대기 중력과 연구

○ 레이추적 모델을 이용한 대기 중력과 굴절 효과 연구

- 성층권 돌연 승온과 같이 대규모의 바람의 시공간적 변화가 큰 경우, 이러한 흐름 속을 전파하는 중력파는 상당한 굴절 (파수의 변화)이나 진동수 변조를 겪게 됨

- 파동이 대규모 흐름에 전달하는 운동량은 파수와 진동수에 의존하는 양으로서 (고전 역학적 파동에서는 운동량이 정의되지 않으므로, 유체에서 파동이 전달할 운동량은 pseudomomentum으로 불림) 파수와 진동수의 변화를 겪은 중력파가 전달할 운동량은 시간적으로 변하게 되어, 파동의 굴절되는 지역에서는 파동이 소산되지 않더라도 주변의 대규모 흐름이 변화될 수 있음

- 중력파의 굴절이나 진동수 변조가 일어나는 일반적인 경우는 2차원적으로만 전파하는 경우와 비교해서 훨씬 높은 고도까지 전파하는 것을 알 수 있음. 이는 파동의 전파의 자유도가 높아짐에 따라 (즉, 4차원적으로 전파함에 따라), 주어진 중력파가 성층권이나 중간권에서 소산되거나 여과될 확률이 상대적으로 적어지기 때문으로 판단됨

- 대규모로 응집된 중력파 운동량 속은 4차원 전파의 경우 2차원의 경우에 비해 2009

년 성층권 돌연승온의 동서과수 2의 구조를 더 뚜렷이 나타내었고, 실제로 vortex 2개로 분리되기 이전부터 중력과 운동량 속이 동서과수 2의 구조를 띄는 모양이 나타나는 것을 확인할 수 있음

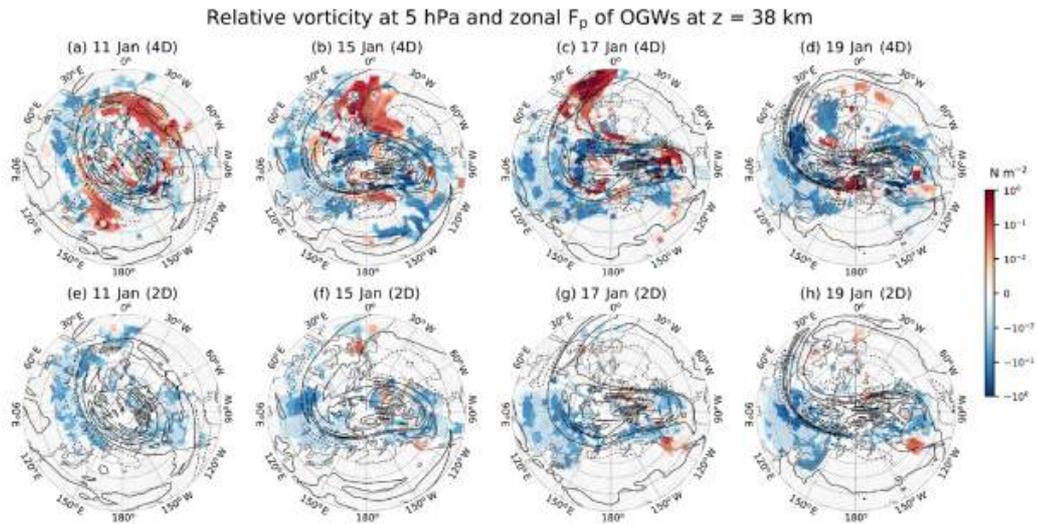


Fig. 37 2009년 1월 11일부터 19일까지 5 hPa 부근에서 (상) 4차원 및 (하) 2차원 전파에 대한 산악 중력과 운동량 속의 수평 분포 [Fig. 13 from Song et al. (2020)]

○ 남극지역 하부 성층권의 중력과 원천에 대한 존재 자료 분석 연구

- 남극 장보고 기지 (Jang Bogo Station (JBS), 74°37'S, 164°13'E)에서 2014년부터 2017년까지 3년간 관측된 존재 자료를 이용하여 분석한 관성 중력파를 생성시킬 원천에 대한 분석과 추정을 수행하였고, 레이 추적 모델을 활용하여 관측 지점에서 역추적함으로써 가능성 원천을 분석

- 분석된 248개 사례에 대해서, 112, 68, 그리고 68 사례가 각각 대류권 ($z < 8$ km), 대류권계면 ($z = 8-15$ km) 그리고 하부성층권 ($z = 15-18.5$ km)에서 발생한 것으로 판단되고 대체로 파동은 장보고 기지의 풍상측에서 (즉, 북서쪽 혹은 남서쪽) 발생한 것으로 보임

- 가능한 원천으로는 산악, 전선, 대류 및 제트류 불안정성을 생각할 수 있는데, 대류권에서는 대체로 많은 사례가 전선(37)이나 산악(35)과 연관되어 있었으며, 상대적으로 대류 사례(28)는 다소 적고 대류권계면과 성층권에서는 제트류 불안정성이 주된 원천으로 보임

- 제트류 불안정성과 연관된 파동은 아주 작은 고유진동수 (코리올리 모수의 1-2배)를 갖고 있으며, 연직 파장은 1-2 km, 수평파장은 (50-1000 km) 정도로 큰 값을 가짐. 이와 대조적으로 대류권 원천의 파동은 대체로 고유진동수와 연직 파장이 크고 (1-15 km), 수평 파장은 500 km 보다 작음

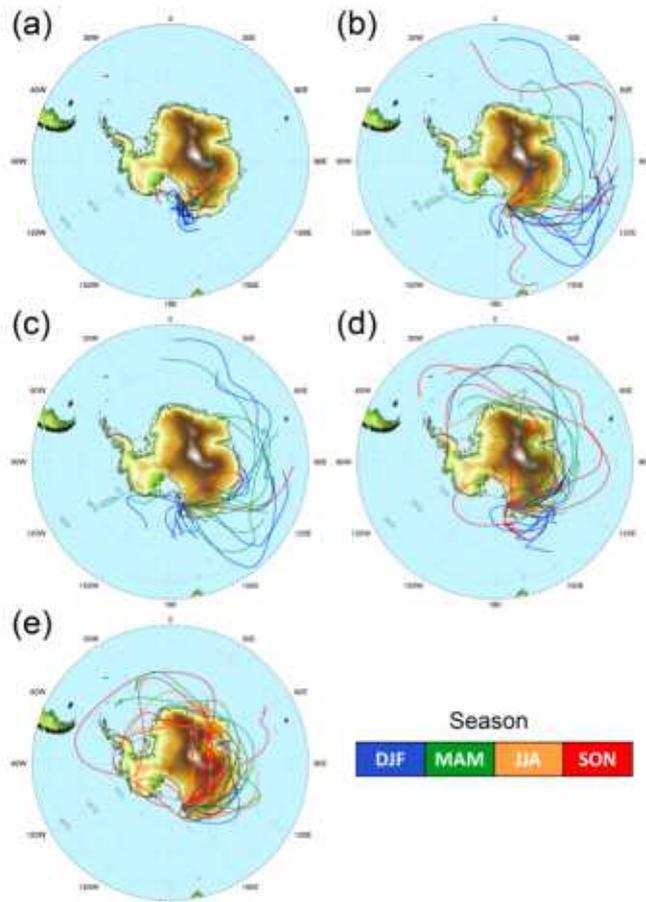


Fig. 38 (a) 산악, (b) 전선, (c) 대류, (d) 대류권 제트 불균형 및 (e) 성층권 제트 불균형에 의해서 만들어진 것으로 판단되는 관성 중력파의 레이 역추적 경로 [Yoo et al. (2020)의 Fig. 9에서 발췌]

- 남극 세종기지 유성레이더 관측자료 활용 대기 중력파 연구
 - 14년치 (2007-2020) 세종기지 유성레이더 바람 관측자료에서 추정된 수평 바람 분산을 이용하여 중간권 상부의 중력파 활동을 추정함
 - 세종기지 중력파 활동의 계절 및 장기 변동성을 분석하고 가능한 중력파 원천을 조사함.

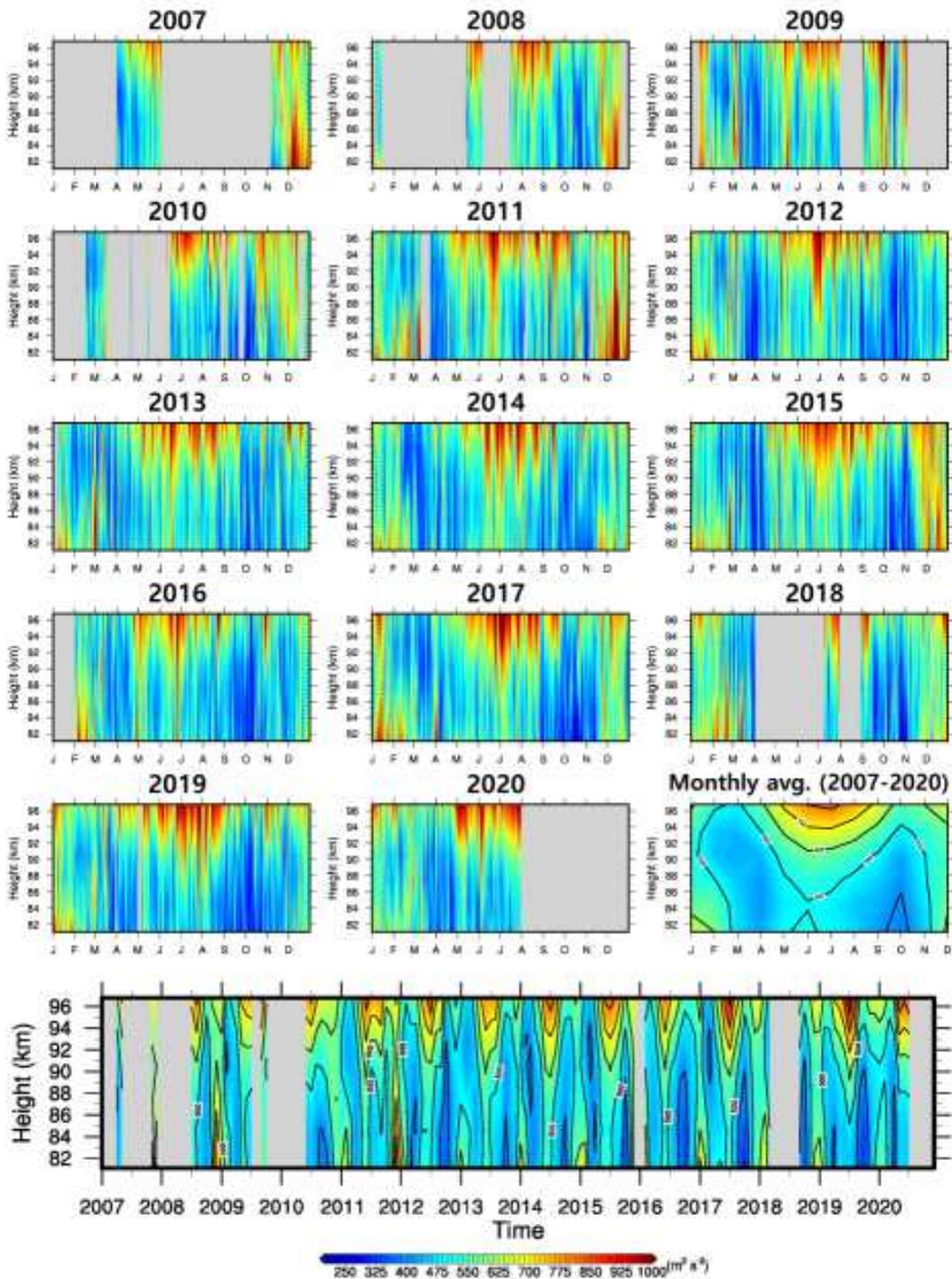


Fig. 39 유성레이다에서 추정된 수평 바람 분산의 시간-고도 단면도

라. 남극 세종기지 상공 중간권 온도의 장기 변화 특성 연구

- 1 태양주기 (solar cycle) 기간 (12년) 동안의 유성레이다 자료를 이용하여 낮과 밤시간 중간권계면 부근 온도 산출
 - 낮/밤시간 온도 산출의 신뢰도를 높이기 위해, 세종기지 위치에서의 sunrise/sunset 시간 전후 1시간 이내의 자료는 제외하고 사용
 - Lee et al. (2016)에서 제안한 FWHM (Full Width of Half Maximum) 방법을 이용하여, 중간권계면 부근 낮과 밤 온도를 계산하였으며, 계산한 온도의 신뢰도를 높이기 위해 유성 에코 수가 2000개 미만인 구간은 제외함

- 위 기준을 적용하여 하루 동안의 유성예코를 daytime과 nighttime으로 나눈 후 각 그룹에 대해 가우시안 피팅을 적용하여 온도 계산에 필요한 FWHM 결정. 세종기지 위도가 약 62도로 아남극권에 해당하기 때문에 완전한 백야 또는 극야가 없기는 하지만, 여름/겨울 기간 동안 밤/낮이 매우 짧은 특징은 분명히 나타나며, 이로 인해 여름기간의 nighttime 및 겨울 기간의 daytime 동안 에코수는 다른 시기에 비해 상대적으로 적음
 - 결정된 세 그룹의 12년간 온도 변화에서 그 경향이 감소하는 추세를 알 수 있음.

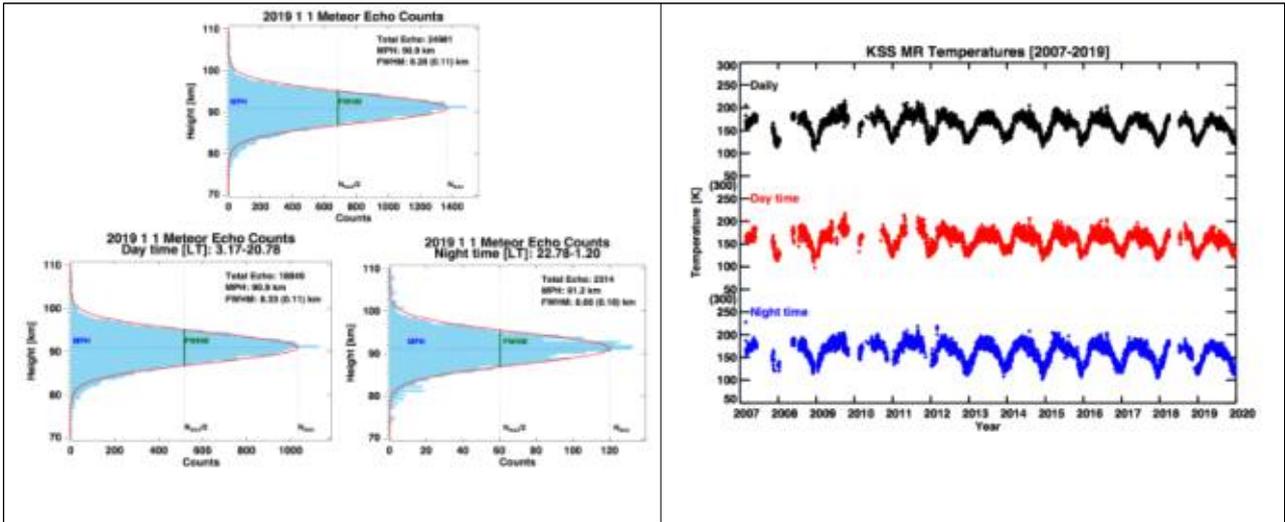


Fig. 40 유성예코를 1-day, daytime, nighttime 세 그룹으로 나눈 후, 각 그룹에 대해 가우시안 피팅을 적용하여 FWHM 결정

Fig. 41 각 그룹별 유성예코로부터 결정된 온도

마. 남극 세종기지 중간권 2차원 온도 관측기 설치

- 중간권 2차원 온도 관측기(Mesospheric Temperature Mapper: MTM) 보현산 천문대 (경북 영천) 설치
 - 본 관측기기는 2020-2021 남극 하계 시즌에 세종과학기지에 설치할 예정이었으나 COVID-19의 여파로 하계시즌 입 남극이 어려워짐에 따라 2021-2022 하계 시즌으로 설치가 연기됨
 - 설치가 연기된 1년 동안 본 관측기기의 사전 테스트 및 관측자료 분석 방법 연구를 위해 경북 영천 소재의 보현산 천문대 광학 관측동에 설치함
 - 본 관측기기는 UTAH 대학에서 개발한 AMTM 관측장비를 모티브로 주문 제작된 첫 번째 기기로서 보현산 천문대에서의 시험운동을 통하여, 장비 운영 시 발생하는 문제를 즉각 조치하여 해결하고 있으며 양질의 데이터를 얻기 위한 적합한 관측 파라미터를 시험 중에 있음
- MTM 관측 이미지 분석을 위한 전처리 작업
 - 단적외선 (Short Wave Infra Red)센서 (InGaAs array) 노이즈 제거, Dark 이미지 보정
 - 중간권 온도 분포 map 분석 코드 개발
 - Background filter 이미지로 대기광이 아닌 잡광 (달빛, 구름 반사 등) contamination 영역 제거
 - OH meinel band (3-1) 의 P1(2), P1(4) 필터 이미지의 밝기 비로 온도 산출
 - MTM 의 FOV (87 km 내외의 OH 대기광 발생 고도에서의 온도 측정 가능한 영역 ~ 300 km) 내의 평균 온도 및 Zenith 방향 (10 km) 의 온도 산출

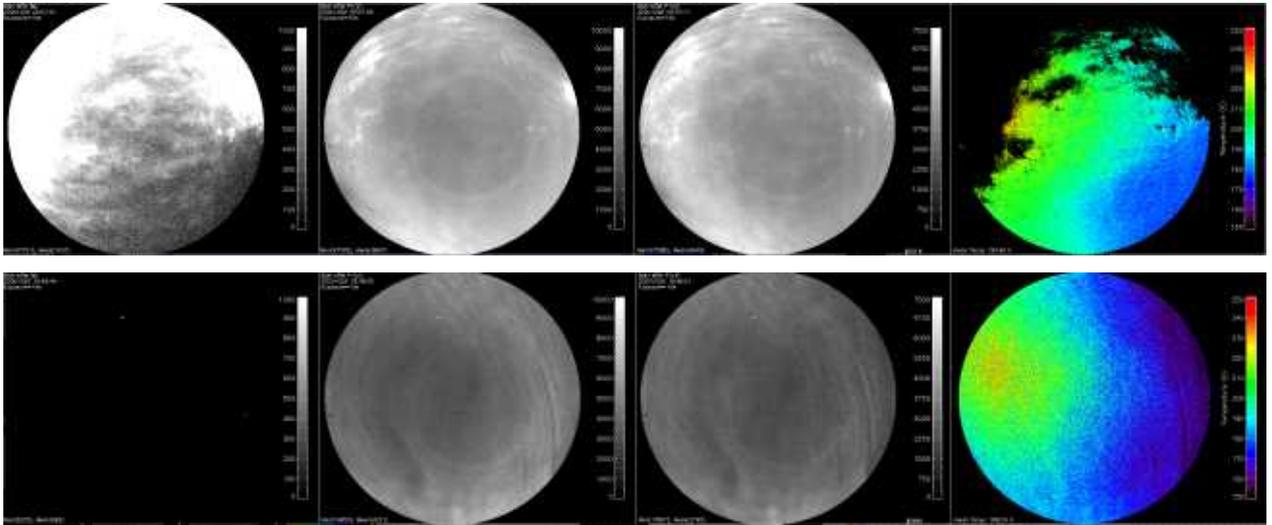


Fig. 42 왼쪽부터 Back ground 파장 (1521.0nm) 필터 이미지, OH (3-1) P1(2) 파장 (1523.7nm) 필터 이미지, OH (3-1) P1(4) 필터 이미지, 세 개의 이미지로부터 각 픽셀 FOV에 해당하는 온도 계산하여 Mapping한 이미지. Back ground에 잡광에 의한 간섭이 없을 때, 선명한 온도 map을 얻을 수 있음

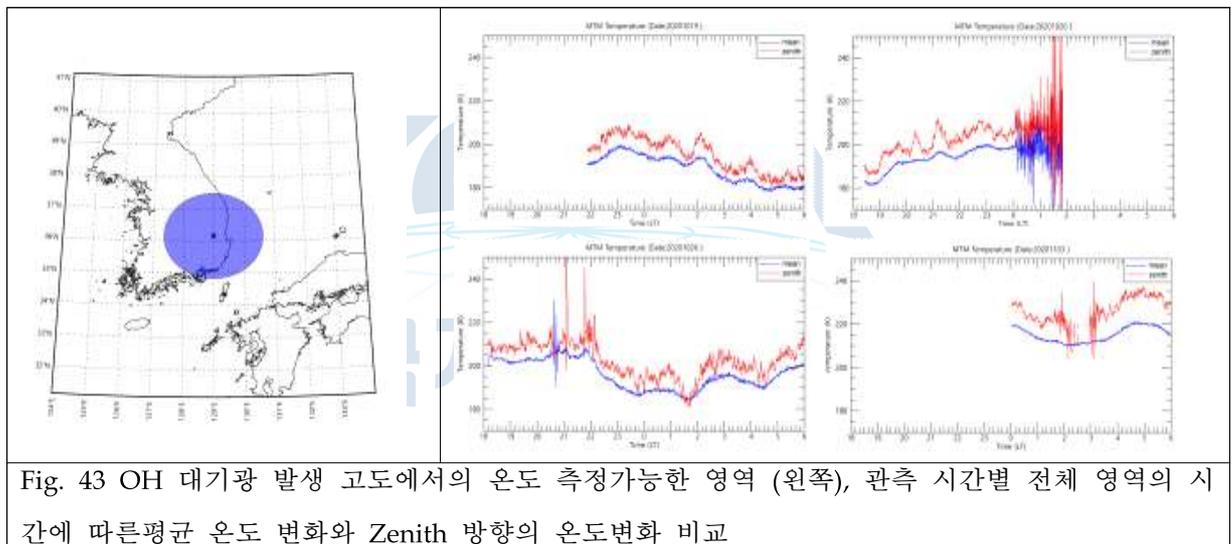


Fig. 43 OH 대기광 발생 고도에서의 온도 측정가능한 영역 (왼쪽), 관측 시간별 전체 영역의 시간에 따른평균 온도 변화와 Zenith 방향의 온도변화 비교

바. 오로라 입자의 의한 극지 고층대기 화학적 변화 연구

○ 오로라 발생이 유발하는 에너지 입자 강수의 특성 연구

- 오로라 발생에 동반해 극지 고층대기로 강수하는 에너지 입자의 에너지 범위 조사
- 오로라가 발생할 때 오로라 입자(수~수백 eV)뿐만 아니라 더 높은 에너지 대역(수십~수백 keV)의 입자가 동시에 강수하여 극지 중층대기까지 영향을 줄 수 있음.

○ 오로라 입자 강수에 의한 극지 고층대기의 화학 및 동역학적 변화 연구

- 오로라에 동반하는 에너지 입자 강수가 극지 고층 및 중층 대기에 미치는 영향 조사
- 2018년, 2019년에 발생한 오로라 이벤트를 조사한 결과 오로라 발생에 동반하는 에너지 입자 강수에 의해 고층대기뿐만 아니라 중층대기에 직접적인 변화가 발생함을 확인. 극지 중간권에서 두드러진 HOx 증가를 확인하였고, 촉매작용에 의해 오존의 감소가 나타났음. 오존 감소로 수 K 정도의 온도 변화 발생함.

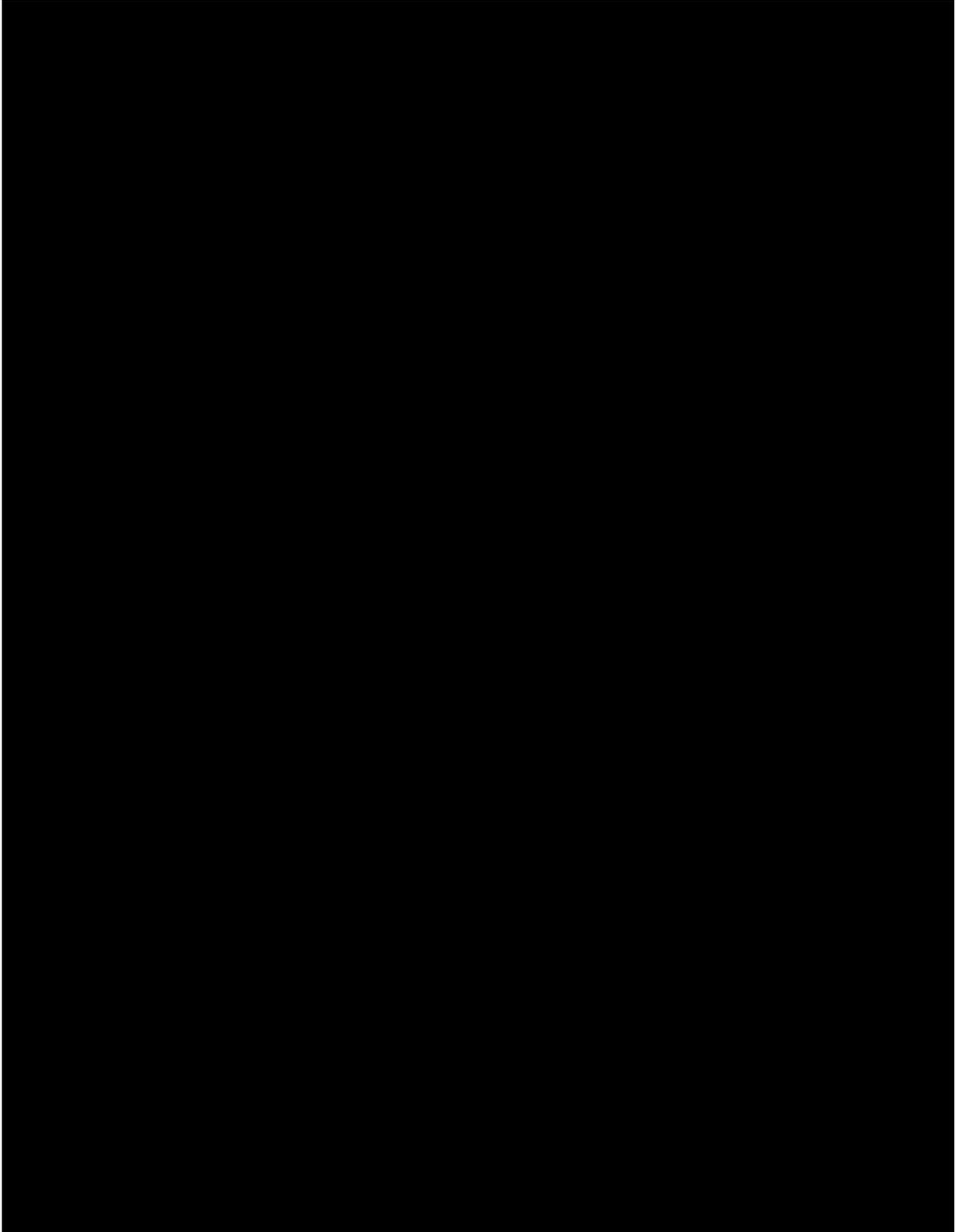


Fig. 44 2018년의 오로라와 마찬가지로 저 에너지 및 중간 에너지 대역의 입자가 동시에 증가하였고, 동시간에 극지방의 낮은 열권 부근에서 NO_x의 증가를 볼 수 있다. 그러나 고층대기에서 오존의 감소가 두드러져 보이지 않는다. 이는 각 고도별 오존의 화학변화 특징이 다르기 때문이다

6. 극지고층대기 및 우주환경 관측인프라 구축

가. 우주환경 및 극지고층대기 관측시스템 구축

○ 남북극 기지에서서의 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 장보고과학기지에서서의 극지 전리권 관측을 위해서는 미국 콜로라도 대학과 공동으로 전리권 레이더를 설치하여 운영 중에 있으며, 전리권 총전자밀도 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 스텔바드 롱이어빈에 전천카메라를 설치하여 운영 중에 있다.

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



Fig. 45 Ground observation system for the upper atmosphere in the Arctic.



Fig. 46 Ground observation system for the upper atmosphere in Antarctica.



나. 극지우주환경 모니터링 시스템

○ (주)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.

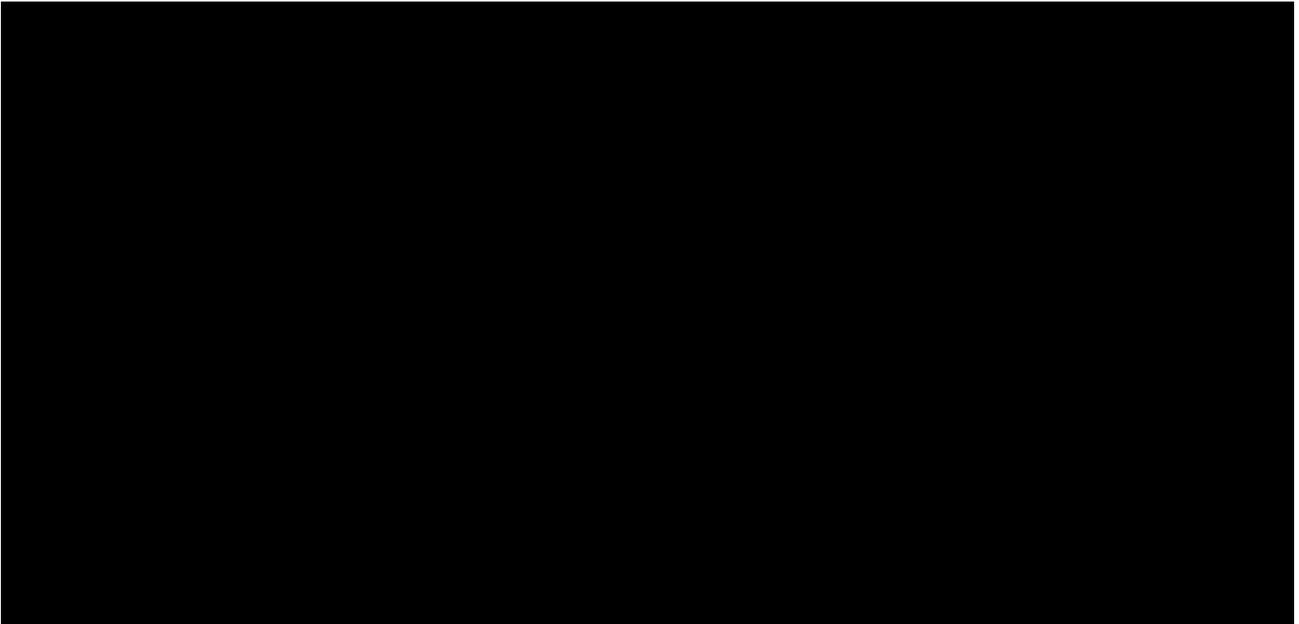


Fig. 47 Near-realtime space environment monitoring system (1)

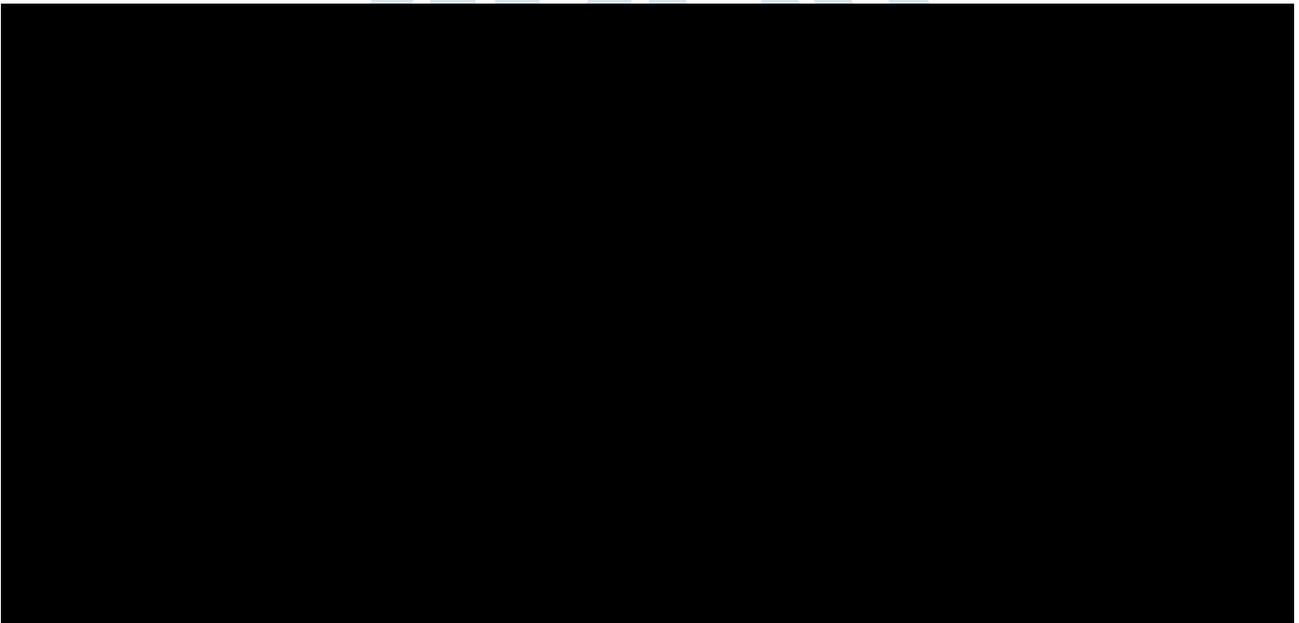


Fig. 48 Near-realtime space environment monitoring system (2)

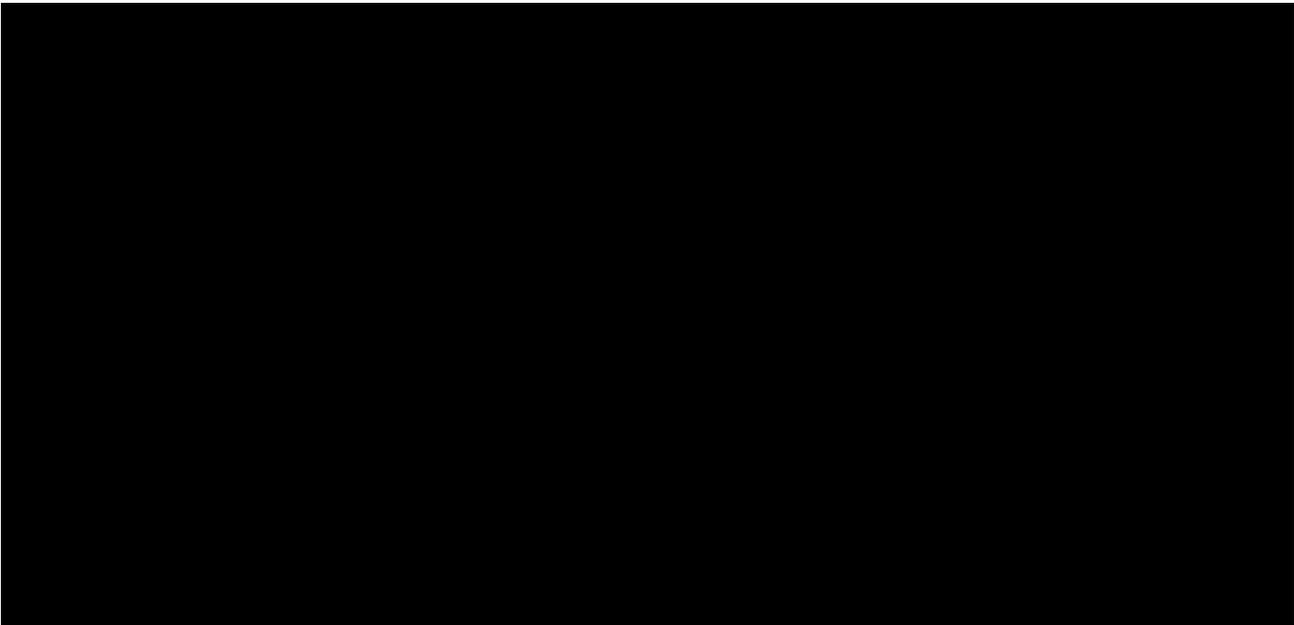


Fig. 49 Near-realtime space environment monitoring system (3)



제 4 장 연구개발결과의 활용계획

1. 기대효과

- 가. 극지에서 발생하는 가장 대표적 우주기상 현상인 오로라와 극지 고층대기와의 상관관계 연구를 위한 남북극 기지에서 다양한 현장 관측장비 운영과 관측자료 분석 연구를 통한 국내 우주기상 예측연구 활성화와 우주과학 전문연구 인력 양성에 기여.
- 나. 향후 우주개발산업 발전에 필수적인 우주기상 예측 모델 개발을 위한 우주환경 기반 정보 확보.
- 다. 극지연구소 R&R 주요역할 중 “극지역 환경변화가 초래하는 국가 사회 문제 해결”과 “남극내륙 진출 및 극한기술 연구영역 개척”에 기여.

2. 연구결과 활용계획

- 가. 태양풍-자기권-전리권 상호작용에 의한 오로라 발생과 극지 고층대기와의 상관관계 규명을 통해 오로라 및 우주기상 예측 연구를 위한 기반정보 제공.
- 나. 극지에서 발생하는 가장 대표적인 자연현상인 오로라 연구를 통해 국내 유일의 극지 연구기관인 극지연구소 연구 활동 홍보.

극지연구소

제 5 장 참고문헌

- 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. L ett.*, 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.

Hong, J., Kim, J., Chung, J., Kim, Y. H., Kam, H., Park, J., & Mendillo, M. (2020). Simultaneous observations of SAR arc and its ionospheric response at sub-auroral conjugate points ($L \approx 2.5$) during the St. Patrick's Day storm in 2015. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*. <https://doi.org/10.1029/2019ja027321>.

Hong, J., J.-K. Chung, Y. H. Kim, J. Park, H.-J. Kwon, J.-H. Kim, J.-M. Choi, Y.-S. Kwak, Characteristics of Ionospheric GNSS Scintillation Measured at High Latitudes Single Station in Antarctica, *Space Weather*, *submitted*.

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.

Jee, G., Kim, J.-H., Lee, C., & Kim, Y. H. (2014). Ground-based Observations for the Upper Atmosphere at King Sejong Station, Antarctica. *Journal of Astronomy and Space Sciences*, 31(2), 169–176. <https://doi.org/10.5140/jass.2014.31.2.169>.

Jee, G., Ham, Y.-B., Choi, Y., Kim, E., Lee, C., Kwon, H., et al. (2021). Observations of the Aurora by Visible All-Sky Camera at Jang Bogo Station, Antarctica. *Journal of Astronomy and Space Sciences*, 38(4), 203–215. <https://doi.org/10.5140/JASS.2021.38.4.203>.

Ji, E.-Y., Jee, G., & Lee, C. (2019). Characteristics of the Occurrence of Ion Upflow in Association With Ion/Electron Heating in the Polar Ionosphere. *Journal of Geophysical Research - Atmosphere*, 22(3), 889–11. <https://doi.org/10.1029/2019ja026799>

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.
- Kim, J. E., Kim, J.-H., Jee, G., Lee, C., Kwon, H.-J., Ham, Y., et al. (2018). Ground-based observations for the upper atmosphere at Jang Bogo Station, Antarctica: preliminary results. *Current Science*, 115(9), 1674-1678. <https://doi.org/10.18520/cs/v115/i9/1674-1678>.
- Kwon, H.-J., Lee, C., Jee, G., Ham, Y., Kim, J.-H., Kim, Y. H., et al. (2018). Ground-based Observations of the Polar Region Space Environment at the Jang Bogo Station, Antarctica. *Journal of Astronomy and Space Sciences*, 35(3), 185-193. <https://doi.org/10.5140/jass.2018.35.3.185>.
- Kim, E., Jee, G., Ham, Y.-B., Zobotin, N., Lee, C., Kwon, H.-J., et al. (2022). Assessment of Polar Ionospheric Observations by VIPIR/Dynasonde at Jang Bogo Station, Antarctica: Part 1—Ionospheric Densities. *Remote Sensing*, 14(12), 2785. <https://doi.org/10.3390/rs14122785>.
- Kim, E., Jee, G., Ji, E.-Y., Kim, Y. H., Lee, C., Kwak, Y.-S., & Shim, J.-S. (2020). Climatology of polar ionospheric density profile in comparison with mid-latitude ionosphere from long-term observations of incoherent scatter radars: A review. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 211, 105449.

<https://doi.org/10.1016/j.jastp.2020.105449>.

- Kwon, H.-J., Kim, K.-H., Jee, G., Jin, H., Kim, H., Shin, J., et al. (2019). Characteristics of Pc5 activity at high latitudes stations in Antarctica. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 105087. <https://doi.org/10.1016/j.jastp.2019.105087>.
- Kwon, H. -J., Kim, K. -H., Jee, G., Seon, J., Lee, C., Ham, Y. -B., et al. (2022). Disappearance of the Polar Cap Ionosphere During Geomagnetic Storm on 11 May 2019. *Space Weather*, 20(6). <https://doi.org/10.1029/2022sw003054>.
- 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, J. H., Jee, G., Kwak, Y.-S., Hong, S. B., Hwang, H., Song, I. S., et al. (2018). Responses of Nitrogen Oxide to High-Speed Solar Wind Stream in the Polar Middle Atmosphere. *Journal of Geophysical Research - Atmosphere*, 123(11), 9788-9801. <https://doi.org/10.1029/2017ja025161>.
- Lee, W., Song, I., Kim, J., Kim, Y. H., Jeong, S., Eswaraiah, S., & Murphy, D. J. (2021). The Observation and SD-WACCM Simulation of Planetary Wave Activity in the Middle Atmosphere During the 2019 Southern Hemispheric Sudden Stratospheric Warming. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 126(6). <https://doi.org/10.1029/2020ja029094>.
- Lee, J.-H., Jee, G., Kwak, Y.-S., Hwang, H., Seppälä, A., Song, I.-S., et al. (2021). Polar Middle Atmospheric Responses to Medium Energy Electron (MEE) Precipitation Using Numerical Model Simulations. *Atmosphere*, 12(2), 133. <https://doi.org/10.3390/atmos12020133>.
- Lee, C., Jee, G., Kam, H., Wu, Q., Ham, Y., Kim, Y. H., & Kim, J. (2021). A Comparison of Fabry-Perot Interferometer and Meteor Radar Wind Measurements Near the Polar Mesopause Region. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 126(4). <https://doi.org/10.1029/2020ja028802>.
- 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.

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 mid-latitude/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. Atm. 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.

Song, I. S., Lee, C., Kim, J. H., Jee, G., Kim, Y. H., Choi, H. J., & Chun, H. Y. (2017). Meteor radar observations of vertically propagating low-frequency inertia-gravity waves near the southern polar mesopause region. *Journal of Geophysical Research – Atmosphere*, 121(1), 1156–24. <https://doi.org/10.1002/2016ja022978>.

Song, I. S., Chun, H. Y., Jee, G., Kim, S. Y., Kim, J., Kim, Y. H., & Taylor, M. A. (2018). Dynamic Initialization for Whole Atmospheric Global Modeling. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 10(9), 2096–2120. <https://doi.org/10.1029/2017ms001213>.

Song, I.-S., Lee, C., Chun, H.-Y., Kim, J.-H., Jee, G., Song, B.-G., & Bacmeister, J. T. (2020). Propagation of gravity waves and its effects on pseudomomentum flux in a sudden stratospheric warming event. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 20(12), 7617–7644. <https://doi.org/10.5194/acp-20-7617-2020>.

- Song, B. -G., Song, I. -S., Chun, H. -Y., Lee, C., Kam, H., Kim, Y. H., et al. (2021). Activities of Small-Scale Gravity Waves in the Upper Mesosphere Observed From Meteor Radar at King Sejong Station, Antarctica (62.22°S, 58.78°W) and Their Potential Sources. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 126(10). <https://doi.org/10.1029/2021jd034528>.
- 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. Iimura (2013), Mesospheric wind disturbances due to gravity waves near the Antarctica Peninsula, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 118, 7765–7772, doi:10.1002/jgrd.50577.

Wu, Q., Knipp, D., Liu, J., Wang, W., Häggström, I., Jee, G., et al. (2019). What Do the New 2018 HIWIND Thermospheric Wind Observations Tell Us About High-Latitude Ion-Neutral Coupling During Daytime? *Journal of Geophysical Research – Atmosphere*, 218, 2019JA026776–9. <https://doi.org/10.1029/2019ja026776>.



<부록 1> KPDC 등록 이행실적

	데이터 이름 ¹⁾	메터데이터 ID ²⁾	메터데이터 제목 ³⁾	원시데이터 등록여부 ⁴⁾
1	MR (KSS)	KOPRI-KPDC-00002092	Neutral wind and temperature from Meteor Radar, King Sejong Station, Antarctica, 2022	등록
2	TEC (KSS)	KOPRI-KPDC-00002089	Ionospheric scintillation, King Sejong Station, Antarctica, 2022	등록
3	FPI (KSS)	KOPRI-KPDC-00002091	Neutral wind and temperature from FPI, King Sejong Station, Antarctica, 2022	등록
4	ASC (KSS)	KOPRI-KPDC-00002085	All-sky airglow image, King Sejong Station, Antarctica, 2022	등록
5	SCM (KSS)	KOPRI-KPDC-00002090	Geomagnetic field, King Sejong Station, Antarctica, 2022	등록
6	TEC (Dasan)	KOPRI-KPDC-00002086	Ionospheric scintillation, Dasan Station, Arctic, 2022	등록
7	TEC (Kiruna)	KOPRI-KPDC-00002087	Ionospheric scintillation, Kiruna, Sweden, 2022	등록
8	FPI (Kiruna)	KOPRI-KPDC-00002088	Neutral wind and temperature from FPI, Kiruna, Sweden, 2022	등록
9	ASC (JBS)	KOPRI-KPDC-00002107	All-sky aurora (electron-filter), Jang Bogo Station, Antarctica, 2022	등록
10	ASC (JBS)	KOPRI-KPDC-00002106	All-sky aurora (electron-visible), Jang Bogo Station, Antarctica, 2022	등록
11	FPI (JBS)	KOPRI-KPDC-00002102	Neutral wind and temperature from FPI, Jang Bogo Station, Antarctica, 2022	등록
12	TEC (JBS)	KOPRI-KPDC-00002103	Ionospheric scintillation, Jang Bogo Station, Antarctica, 2022	등록
13	SCM (JBS)	KOPRI-KPDC-00002105	Geomagnetic field, Jang Bogo Station, Antarctica, 2022	등록
14	NM (JBS)	KOPRI-KPDC-00002100	Neutron count, Jang Bogo Station, Antarctica, 2022	등록
15	VIPIR (JBS)	KOPRI-KPDC-00002104	Electron density, plasma drift, Jang Bogo Station, Antarctica, 2022	등록
원시데이터 등록률 ⁵⁾				100 %

- 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	PE22020	상위과제	
과제명	우주환경과 저층대기에 의한 극지고층대기변화 규명		
과제수행기간	2020년 01월 01일 부터 2022년 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	책임연구원/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 (KSS)		
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 1 TB, met 데이터 : 약 1 GB, vel 데이터 : 약 5MB		
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		
데이터 설명	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 GPSTEC scintillation monitor (남극세종과학기지)

관 리 책 임 자 (관 리 실 무 자)			
성 명	김정한	직 급 / 직 책	책임연구원/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 150 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 수 초 단위로 항시 수신하여 S4, signal phase error, ionospheric scintillation, total electron contents (TEC) 등의 물리량을 제공.		

2.3 FPI (남극세종과학기지)

관 리 책 임 자 (관 리 실 무 자)			
성 명	김지은	직 급 / 직 책	기술원(무)/기술원
전 화 번 호	032-760-5395	이 메 일	jekim@kopri.re.kr
데이터 유형	<input checked="" type="checkbox"/> 디지털 데이터 <input type="checkbox"/> 아날로그 데이터		
데이터 이름	FPI (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 20 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 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		

2.4 ASC (남극세종과학기지)

관 리 책 임 자 (관 리 실 무 자)			
성 명	김지은	직 급 / 직 책	기술원(무)/기술원
전 화 번 호	032-760-5359	이 메 일	jekim@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 30 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 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 설 명	특정 파장의 대기광만이 투과할 수 있는 간섭필터 2개를 이용하여 어안렌즈를 통해 야간동안 대기광 전천 이미지를 생성. 파장별로 대기광을 방출하는 고도가 서로 다르기 때문에 각 파장의 대기광 전천 이미지를 분석하여, 저층으로부터 전파되는 대기 중량파의 특성에 관한 연구를 수행.		

2.5 Search-Coil Magnetometer (남극세종과학기지)

관 리 책 임 자 (관 리 실 무 자)			
성 명	권혁진	직 급 / 직 책	기술원(무)/기술원
전 화 번 호	032-760-5375	이 메 일	hjkwon@kopri.re.kr
데이터 유형	<input checked="" type="checkbox"/> 디지털 데이터 <input type="checkbox"/> 아날로그 데이터		
데이터 이름	SCM (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 20 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 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 설 명	우주환경 변화에 의한 시간에 따른 지구 자기장의 변화 관측.		

2.6 2D Mesospheric Temperature Mapper (남극세종과학기지)

관 리 책 임 자 (관 리 실 무 자)			
성 명	김지은	직 급 / 직 책	기술원(무)/기술원
전 화 번 호	032-760-5359	이 메 일	jekim@kopri.re.kr
데이터 유형	<input checked="" type="checkbox"/> 디지털 데이터 <input type="checkbox"/> 아날로그 데이터		
데이터 이름	MTM (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 50 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 :		
플랫폼 이름	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		
데이터 설명	중간권계면 부근 OH 대기광의 세기 및 온도를 2차원으로 관측.		

2.5 VIPIR (남극장보고과학기지)

관 리 책 임 자 (관 리 실 무 자)			
성 명	권혁진	직 급 / 직 책	기술원(무)/기술원
전 화 번 호	032-760-5375	이 메 일	hjkwon@kopri.re.kr
데이터 유형	<input checked="" type="checkbox"/> 디지털 데이터 <input type="checkbox"/> 아날로그 데이터		
데이터 이름	VIPIR (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 12 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 :		
플랫폼 이름	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		
데이터 설명	송신부에서 송출된 전파가 전리권 플라즈마에 의해 반사되어 수신부로 입사된 신호를 기반으로 전리권 전자밀도 프로파일, 플라즈마 운동 등에 대한 정보 관측.		

2.6 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 :		
플랫폼 이름	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		

2.7 Neutron monitor (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	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 1 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 :		
플랫폼 이름	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 GPSTEC scintillation monitor (남극장보고과학기지)

관 리 책 임 자 (관 리 실 무 자)			
성 명	권혁진	직 급 / 직 책	기술원(무)/기술원
전 화 번 호	032-760-5375	이 메 일	hjkwon@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 30 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 ASC (남극장보고과학기지)

관 리 책 임 자 (관 리 실 무 자)			
성 명	권혁진	직 급 / 직 책	기술원(무)/기술원
전 화 번 호	032-760-5375	이 메 일	hjkwon@kopri.re.kr
데이터 유형	<input checked="" type="checkbox"/> 디지털 데이터 <input type="checkbox"/> 아날로그 데이터		
데이터 이름	ASC-ef (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/년		
특 이 사 항	장비고장으로 2018/2019 하계기간에 반출 예정		
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	557.7nm 및 630.0nm 파장의 간섭필터를 이용하여 전자 오로라 관측. 오로라 발생, 형태 변화 등을 모니터링.		

2.10 ASC (남극장보고과학기지)

관 리 책 임 자 (관 리 실 무 자)			
성 명	권혁진	직 급 / 직 책	기술원(무)/기술원
전 화 번 호	032-760-5375	이 메 일	hjkwon@kopri.re.kr
데이터 유형	<input checked="" type="checkbox"/> 디지털 데이터 <input type="checkbox"/> 아날로그 데이터		
데이터 이름	ASC-ev (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/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 설 명	가시광 파장영역에서의 전자 오로라 관측. 오로라 발생, 형태 변화 등을 모니터링.		



2.12 Search-Coil Magnetometer (남극장보고과학기지)

관 리 책 임 자 (관 리 실 무 자)			
성 명	권혁진	직 급 / 직 책	기술원(무)/기술원
전 화 번 호	032-760-5375	이 메 일	hjkwon@kopri.re.kr
데이터 유형	<input checked="" type="checkbox"/> 디지털 데이터 <input type="checkbox"/> 아날로그 데이터		
데이터 이름	SCM (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 9 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 설 명	자기권으로 유입되는 고에너지 입자의 영향에 의한 지구자기권이 교란 관측		

2.13 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 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 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(O I 630.0 nm)를 이용하여 야간 동안 대기광 관측. 해당 고도가 각기 다른 대기광의 간섭 이미지를 이용하여 250km 고도의 중성대기 바람 및 상대온도 관측		

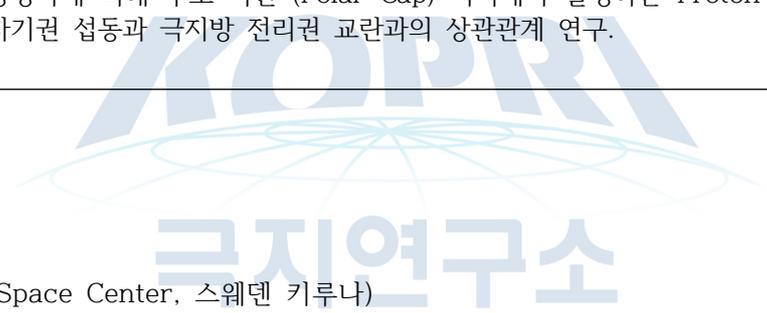


2.14 GPSTEC scintillation monitor (북극다산과학기지)

관 리 책 임 자 (관 리 실 무 자)			
성 명	김지은	직 급 / 직 책	기술원(무)/기술원
전 화 번 호	032-760-5359	이 메 일	jekim@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 100 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	2개 채널의 GPS 신호를 수신하여 전리권 전자밀도를 계산하고 태양활동 및 자기 폭풍 시 전리권의 요동 (disturbance) 상태를 모니터링.		

2.15 Proton ASC (북극 룡이어비엔 KHO관측소)

관 리 책 임 자 (관 리 실 무 자)			
성 명	김정한	직 급 / 직 책	책임연구원/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	PASC_LYB		
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/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 : 룡이어비엔	
	선박	<input type="checkbox"/> 아라온 <input type="checkbox"/> 기타 :	
	항공기		
	기타		
데 이 터 명	양성자에 의해 주로 극관 (Polar Cap) 지역에서 발생하는 Proton Aurora를 관측하여 자기권 섭동과 극지방 전리권 교란과의 상관관계 연구.		



2.16 FTS (Esrangle Space Center, 스웨덴 키루나)

관 리 책 임 자 (관 리 실 무 자)			
성 명	김정한	직 급 / 직 책	책임연구원/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 :		
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 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.		

2.17 FPI (Esrangle Space Center, 스웨덴 키루나)

관 리 책 임 자 (관 리 실 무 자)			
성 명	김지은	직 급 / 직 책	기술원(무)/기술원
전 화 번 호	032-760-5395	이 메 일	jekim@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 :		
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	열권에서 방출되는 특정 파장의 대기광만 관측하는 간섭필터를 이용하여 중성대기와 이온의 바람 및 온도 관측		



2.18 GPSTEC scintillation (Esrangle Space Center, 스웨덴 키루나)

관 리 책 임 자 (관 리 실 무 자)			
성 명	김지은	직 급 / 직 책	기술원(무)/기술원
전 화 번 호	032-760-5395	이 메 일	jekim@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 100 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.		

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

주 의

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