

북극 온난화에서 강한 대서양 폭풍의 중요한 역할

A Critical Role of Extreme Atlantic Windstorms in Arctic Warming

홍자영¹, 김백민², 백은혁³, 김주홍¹, Xiangdong Zhang⁴, 김성중¹, 이솔지¹
JaYoung Hong¹, BaekMin Kim², EunHyuk Baek³, JooHong Kim¹, Xiangdong
Zhang⁴, SeongJoong Kim¹, Solji Lee¹
극지연구소¹, 부경대학교², 전남대학교³, 알래스카 대학교⁴
Korea Polar Research Institute¹, Pukyong National University², Chonnam
National University³, University of Alaska Fairbanks⁴

Here we show that Atlantic windstorms of extreme category in northern winter tend to follow a well-defined route toward the Atlantic sector of Arctic, and that heat and moisture transported by these extreme storms significantly warm the Arctic. A positive North Atlantic Oscillation condition and the associated intensified upper-level Atlantic jet provide favorable conditions for those extreme storm developments through enhanced vertical wind shear. These extreme windstorms lead to two discernible impacts on the Arctic: 1) enhanced poleward energy transport by moisture intrusion to the Arctic, which accompanies increased longwave downward radiation and 2) the occurrence of blocking-like patterns after the storm break-up. During these periods, significant Arctic warming was observed of a 10-fold increase versus normal and weak storms. The poleward deflections of extreme storms, and the Arctic warming driven by such storms, are well simulated in numerical experiments with oceanatmosphere coupled models.

Thanks : This study was supported by ‘Development and Application of the Korea Polar Prediction System (KPOPS) for Climate Change and Weather Disaster (PE19130)’ project of the Korea Polar Research Institute.

PROGRAM

7월 3일(수) DAY 1

	그랜드볼룸	평창홀 1	평창홀 2	평창홀 3	대관령2	루지	대관령 로비
13:15-14:45		JS-01 13:00-14:45	JS-02	JS-03	JS-04	SS-01	포스터세션 (JS)
14:45-15:00	Break Time						
15:00-16:30		JS-05 15:00-17:10	SS-02 15:00-18:00	JS-03	JS-04	SS-01 15:00-18:00	포스터세션 (JS)

7월 4일(목) DAY 2

	그랜드볼룸	평창홀 1	평창홀 2	평창홀 3	대관령2	루지	대관령 로비
09:00-10:30		JS-06	JS-07	SS-03	SS-04	SS-05	포스터세션 (JS)
10:30-10:45	Break Time						
10:45-12:15		JS-08	JS-07	SS-03	SS-04	SS-05 10:45-12:25	포스터세션 (JS)
12:15-13:15	Lunch						
13:15-14:45		JS-09	JS-10 13:30-15:35	SS-06 13:15-15:15	SS-04	JS-11	포스터세션 (SS,GS)
14:45-15:00	Break Time						
15:00-16:00						JS-11	포스터세션 (SS,GS)
16:00-17:00	PLENARY SESSION 1						
17:00-17:15	Break Time						
17:15-18:00	개회식						
18:00-20:00	환영만찬						

7월 5일(금) DAY 3

	그랜드볼룸	평창홀 1	평창홀 2	평창홀 3	대관령2	루지	대관령 로비
09:00-10:45		JS-12 08:00-11:00	SS-07	SS-08 09:00-09:45 GS-01 10:00-11:00			포스터세션 (SS,GS)
10:45-11:00	Break Time						
11:00-12:30	PLENARY SESSION 2						

세션 구분	코드번호	세션명	좌장
연합세션	JS-01	해수면 변동 : 과거, 현재 그리고 미래	장태수
	JS-02	미세먼지	장임석
	JS-03	지구 전 대기층 에너지 순환	이창섭, 양태용
	JS-04	해양-대기 상호작용	김영호, 국종성
	JS-05	지구과학의 본성과 지구과학 교육	오필석
	JS-06	생지화학적 순환과 지구시스템	안진호
	JS-07	극지환경	전상윤, 김성중
	JS-08	서남해안 하구역 연안 퇴적층 연구	신승원
	JS-09	동아시아-인도 몬순 : 과거 현재 그리고 미래	박장준
	JS-10	태양활동과 기후 변화	최광선
	JS-11	달 과학과 탐사의 과거 현재 그리고 미래	홍성철, 김경자, 최영준
	JS-12	지구과학에서의 딥러닝	문용재, 이용희
특별세션	SS-01	K-IODP 연구	김길영, 현상민
	SS-02	백두산 화산	윤성호
	SS-03	지질공원	조형성, 우연
	SS-04	근지구 우주환경 워크샵	이대영, 박재홍, 이우경
	SS-05	사용 후 핵 연료	천대성
	SS-06	지구과학 현장자료의 보존과 활용	김경수, 김태완
	SS-07	독도	김진욱, 박주면
	SS-08	자연지진과 유발지진	장찬동
일반세션	GS-01	KGU 일반세션	김형수

PROGRAM DETAILS

PLENARY SESSION 1

7월 4일(목), 16:00 - 17:00 | 그랜드볼룸

발표시간	코드번호	발표제목
16:00 - 16:30	PS-01-01	김응서, 한국해양과학기술원 원장 지구 속 우주, 심해 탐사
16:30 - 17:00	PS-01-02	김복철, 한국지질자원연구원 원장 자원개발 패러다임 전환, 새로운 도전

PLENARY SESSION 2

7월 5일(금), 11:00 - 12:30 | 그랜드볼룸

발표시간	코드번호	발표제목
11:00 - 11:30	PS-02-01	장호완, 서울대학교 명예교수, 대한민국학술원 자연 제 2분과 회원 20억 년 전의 천연 원자로 : 사용 후 핵연료의 안정적 처분을 위한 자연유사체
11:30 - 12:00	PS-02-02	유영숙, 前 환경부 장관 기후변화와 환경문제 대응
12:00 - 12:30	PS-02-03	윤순창, 서울대학교 명예교수 동북아시아 대기오염

JS-01 해수면 변동 : 과거 현재 그리고 미래

좌장 : 장태수(해양대학교)

7월 3일(수), 13:00 - 14:45 | 평창홀 1

발표시간	코드번호	발표제목
13:00 - 13:15	JS-01-01	박인우 RCP 시나리오 기반 동남극 데이비드 빙하-드라이갈스키 빙설 용융 및 연관된 해수면 변동 예측
13:15 - 13:30	JS-01-02	김철호 우리나라 주변해역의 과거 수 십 년과 미래 100년 해수면 변화 모의
13:30 - 13:45	JS-01-03	김용엽 관측자료 및 고해상도 수치모델을 이용한 한반도 주변 해수면 변동 분석
13:45 - 14:00	JS-01-04	이경재 한반도 연안 단주기(3-30일) 해수면 변동의 전파 특성
14:00 - 14:15	JS-01-05	박준영 Contribution of the Antarctic Ice Sheet to Future Sea Level Rise by a Fully Coupled Model

14:15 - 14:30	JS-01-06	오지훈 Impact of Antarctic meltwater forcing on East Asian climate under greenhouse warming.
14:30 - 14:45	JS-01-07	김영미 HadGEM2-AO 기반의 미래해수면 전망과 우리나라 미래 해수면 상승

JS-02 미세먼지

좌장 : 장임석(국립환경과학원)

7월 3일(수), 13:15 - 14:45 | 평창홀 2

발표시간	코드번호	발표제목
13:15 - 13:30	JS-02-01	장임석 미세먼지 예보 개선 연구
13:30 - 13:45	JS-02-02	이주희 AERONET 자료와 MERRA-2 재분석장을 이용한 한반도에서의 에어로졸 유형 분류 및 특징
13:45 - 14:00	JS-02-03	현상민 항만지역 미세먼지 인벤토리에 대한 리뷰
14:00 - 14:15	JS-02-04	김성수 위성 편광관측을 통한 대기 중 미세먼지 측정
14:15 - 14:30	JS-02-05	정기영 2019년 고농도 미세먼지의 TEM 단일 입자 특성
14:30 - 14:45	JS-02-06	박성민 다양한 연무 사례에 따른 에어로졸-기상 상호작용 분석

JS-03 지구 전 대기층 에너지 순환

좌장 : 이창섭(극지연구소), 양태용(천문연구원)

7월 3일(수), 13:15 - 16:30 | 평창홀 3

발표시간	코드번호	발표제목
13:15 - 13:30	JS-03-01	감호식 Comparison between wind blocking fields and propagating directions of mesospheric gravity waves observed from all-sky imagers over King Sejong Staion, Antarctica
13:30 - 13:45	JS-03-02	곽영실 Tidal Characteristics in Thermosphere and Ionosphere
13:45 - 14:00	JS-03-03	유지희 Characteristics and Sources of Inertia Gravity Waves revealed in the Radiosonde Observation at Jang Bogo Station (JBS), Antarctica
14:00 - 14:15	JS-03-04	이영숙 Unusual Radar Echo from the Wake of Meteor Fireball in Nearly Horizontal Transits in the Summer Polar Lower-Thermosphere
14:15 - 14:30	JS-03-05	송병권 Gravity Wave Activities in the Upper Mesosphere Observed by Meteor Radar at King Sejong Station, Antarctica and Their Potential Sources

14:30 - 14:45	JS-03-06	이지희 <i>Numerical modeling study on the middle atmospheric changes by medium energy electron (MEE) in the polar region</i>
14:45 - 15:00	Break Time	
15:00 - 15:15	JS-03-07	송인선 <i>Dynamic initialization for whole atmosphere modeling and real-case simulations for gravity waves excited from balanced flows</i>
15:15 - 15:30	JS-03-08	권혁진 <i>Storm-time observations in the polar region</i>
15:30 - 15:45	JS-03-09	이하나 <i>남극 장보고 과학기지의 오존존데와 위성자료를 이용한 연직 오존 분포 비교</i>
15:45 - 16:00	JS-03-10	정종일 <i>Study on correlation between cosmic rays and clouds using Daejeon neutron monitor during 2012 - 2018</i>
16:00 - 16:15	JS-03-11	이창섭 <i>Comparative study on mesospheric winds measured by Fabry-Perot interferometer and meteor radar at King Sejong Station, Antarctica</i>
16:15 - 16:30	JS-03-12	함영배 <i>Observations for aurora and relevant polar upper atmospheric changes at Jang Bogo station, Antarctica</i>

JS-04 해양-대기 상호작용

좌장 : 김영호(한국해양과학기술원), 국종성(포항공과대학교)

7월 3일(수), 13:15 - 16:30 | 대관령 2

발표시간	코드번호	발표제목
13:15 - 13:40	JS-04-01	송하준 <i>Impact of near-inertial waves on vertical mixing and air-sea CO2 fluxes in the Southern Ocean</i>
13:40-13:55	JS-04-02	김상엽 <i>Epoch-dependent changes in the formation mechanism of the North Pacific subtropical mode water in an eddy-permitting ocean general circulation model simulation</i>
13:55-14:10	JS-04-03	임학수 <i>수중글라이더를 이용한 태풍 솔릭 전후 해양혼합층 변화 관측</i>
14:10-14:25	JS-04-04	노경민 <i>Zonally asymmetric response of the Southern Ocean phytoplankton to Southern Annual mode</i>
14:25-14:40	JS-04-05	박군도 <i>Major driver leading to winter SST variability in the Kuroshio recirculation gyre region and its decadal changes: Refreshening versus spring-initiated reemergence process</i>
14:40 - 15:00	Break Time	
15:00-15:25	JS-04-06	문일주 <i>Climate change and tropical cyclone trend</i>

15:25-15:40	JS-04-07	백유현 한반도 연안의 위성 및 수치모델 해수면온도 자료의 정확도
15:40-15:55	JS-04-08	박재홍 Predicting of El Nino beyond 1-year lead by Atlantic Warm Pool effect
15:55-16:10	JS-04-09	신나연 Mechanism of Double peaked El Niño
16:10-16:25	JS-04-10	Pratik Kad Recent changes in the summer monsoon circulation and their impact on dynamics and thermodynamics of the Arabian Sea

JS-05 지구과학의 본성과 지구과학 교육

좌장 : 오피석(경인교육대학교)

15:00 - 17:10 | 평창홀 1

발표시간	코드번호	발표제목
15:00 - 15:15	JS-05-01	정찬미 지구과학 탐구의 본성에 대한 예비교사의 인식 변화
15:15 - 15:30	JS-05-02	신동희 지구과학과 역사학의 탐구 비교, 융합의 시작
15:30 - 15:45	JS-05-03	박경애 과학적 지식 통합 기반 중등학교 해류모식도를 위한 최근 9년 노력과 성과
15:45 - 16:00	JS-05-04	손정주 'HR도'와 '항성 진화'에 대한 교사의 개념 지위 분석
16:00 - 16:10	Break Time	
16:10 - 16:25	JS-05-05	전재돈 초등학생의 시스템 사고 요인 구조 검증과 선호 과목에 따른 시스템 사고 비교
16:25 - 16:40	JS-05-06	김형수 지질학의 본성과 지질교육
16:40 - 16:55	JS-05-07	맹승호 Development of an Instruction Module for Plate Tectonics Using Geocognition: Alternative Approach to the Nature of Geoscience
16:55 - 17:10	JS-05-08	남윤경 과학·공학 융합 교육 효과에 대한 성별 차이

JS-06 생지화학적 순환과 지구시스템

좌장 : 안진호(서울대학교)

7월 4일 09:00 - 10:30 | 평창홀 1

발표시간	코드번호	발표제목
09:00 - 09:15	JS-06-01	박소원 Two pathways of decadal ENSO variability in changing long-term global carbon cycle

09:15 - 09:30	JS-06-02	안진호 High-resolution CO2 and N2O records over the last 2000 years
09:30 - 09:45	JS-06-03	한상영 동남극 스틱스 지역에서의 편 눈밀도층 불균질성에 따른 온실기체 농도 변동성
09:45 - 10:00	JS-06-04	이효미, 문병권, 정현채, 변영화, 임윤진, 이조한 Development of NEMO-TOPAZ and effects of changes in iron parameters
10:00 - 10:15	JS-06-05	한수연 층상형 산화망간광물의 층간 구조에 대한 원자수준 시뮬레이션 연구(Interlayer structures of layer-type manganese oxide minerals: an atomistic simulation study)

JS-07 극지환경

좌장 : 전상윤(극지연구소), 김성중(극지연구소)

7월 4일 09:00 - 12:15 | 평창홀 2

발표시간	코드번호	발표제목
09:00 - 09:15	JS-07-01	김백민 Impacts of low-cloud parameterization on the simulation of early winter Arctic atmospheric circulation
09:15 - 09:30	JS-07-02	김주홍 여름철 해빙 위 발달하는 멜트폰드의 얼음-알베도 피드백 역할 재조명
09:30 - 09:45	JS-07-03	허진우 북극진동에 따른 지상 온도 분포와 중위도 한파 발생일 변화의 연관성 연구
09:45 - 10:00	JS-07-04	박기태 Phytoplankton, Dimethylsulfide and Aerorols in the Arctic Atmosphere
10:00 - 10:15	JS-07-05	한향선 인공위성 관측으로 분석된 거대 빙산 A-68의 초기 진화
10:15 - 10:30	JS-07-06	박상중 남극세종과학기지 기후 (Climatology Observed at King Sejong Station, Antarctica)
10:30 - 10:45	Break Time	
10:45 - 11:00	JS-07-07	이재일 남부 드레이크 해협 후기 제4기 퇴적물의 빙하주기에 따른 탄산염 용해도의 변화
11:00 - 11:15	JS-07-08	정종균 남극 천문우주과학 인프라 구축 방안 연구
11:15 - 11:30	JS-07-09	송인선 Meteor radar observations of vertically propagating low-frequency inertia-gravity waves near the southern polar mesopause region
11:30 - 11:45	JS-07-10	전상윤 Two leading modes of Antarctic surface temperature and their contributions to Antarctic surface climate change
11:45 - 12:00	JS-07-11	구태희 Experimental evidence of microbially induced Smectite-to-Illite reaction at low temperature

12:00 - 12:15

JS-07-12

안서희
남극세종과학기지과 남극장보고과학기지에서 관측된 이산화탄소의 장기변동 특성 분석

JS-08

서남해안 하구역 연안 퇴적층 연구

좌장 : 신승원(부산대학교)

7월 4일 10:45 - 12:15 | 평창홀 1

발표시간	코드번호	발표제목
10:45 - 11:00	JS-08-01	김복혜 고기후·고환경 해석에서의 개형층의 활용 방안 제시; 낙동강 삼각주에서 채취한 시추코어 퇴적물을 이용한 환경해석
11:00 - 11:15	JS-08-02	타카나 히로유키 Millennial-scale variation of fossil planktonic foraminifera in the coastal areas along the southeast Korea during the Holocene
11:15 - 11:30	JS-08-03	김부근 What do stable isotopes of benthic foraminifera in the Nakdong River Delta (southeast Korea) tell us?
11:30 - 11:45	JS-08-04	김진철 낙동강 삼각주 일대의 퇴적시기
11:45 - 12:00	JS-08-05	장태수 홀로세 6,000~3,000년 시기 서해안 퇴적층의 결층과 고환경변화의 퇴적학 증거
12:00 - 12:15	JS-08-06	신승원 낙동강 삼각주 연구 현황과 문제점

JS-09

동아시아-인도몬순 : 과거, 현재 그리고 미래

좌장 : 박장준(충남대학교)

7월 4일 13:15 - 14:45 | 평창홀 1

발표시간	코드번호	발표제목
13:15 - 13:30	JS-09-01	백소영 석순의 성장 휴지기 결정을 위한 조직적 분석의 중요성 (The significance of textural analysis for decision of growth hiatus in stalagmite)
13:30 - 13:45	JS-09-02	이종민 Variation of clay mineral compositions and detrital Nd-Sr isotopes by the Indian monsoon in the western Andaman Sea (IODP Site U1447) since the late Miocene
13:45 - 14:00	JS-09-03	박장준 Pleistocene paleoenvironmental changes recorded in the middle Bengal Fan: Lessons from the IODP Exp. 354
14:00 - 14:15	JS-09-04	김부근 Variability of Indian Monsoon in the Andaman Sea during the Late Quaternary
14:15 - 14:30	JS-09-05	최진호 북극진동, 시베리아 고기압, 동아시아 겨울 몬순의 장기 변동 특징
14:30 - 14:45		종합토론

JS-10 태양활동과 기후변화

좌장 : 최광선(경희대학교)

7월 4일 13:30 - 15:35 | 평창홀 2

발표시간	코드번호	발표제목
13:30 - 13:55	JS-10-01	양홍진 <i>Solar activities and climate change during the last millennium recorded in Korean chronicles</i>
13:55 - 14:20	JS-10-02	구태영 <i>기후변화의 이해</i>
14:20 - 14:45	JS-10-03	문용재 <i>Relative contribution of solar/geomagnetic activities and variation to global temperature anomaly from 1859 to 2015</i>
14:45 - 15:10	JS-10-04	Tetsuya Magara <i>New Method for the Study of Solar Activity Cycles</i>
15:10 - 15:35	JS-10-05	김록순 <i>Prediction of Long-term Solar Activities</i>
종합토론		

JS-11 달 과학과 탐사의 과거, 현재 그리고 미래

좌장 : 홍성철(한국건설기술연구원), 김경자(한국지질자원연구원),
최영준(한국천문연구원)

7월 4일 13:15 - 16:00 | 루지

발표시간	코드번호	발표제목
13:15 - 13:30	JS-11-01	김경자 <i>달 탐사의 역사와 우리의 미래</i>
13:30 - 13:45	JS-11-02	Jennifer Heldmann <i>달의 물에 대한 놀라운 이야기</i>
13:45 - 14:00	JS-11-03	최영준 <i>상업용 달 착륙선을 이용한 NASA-KASI 공동연구협력</i>
14:00 - 14:15	JS-11-04	홍성철 <i>달 유인 탐사 및 자원 개발을 위한 달 현지 건설기술 개발</i>
14:15 - 14:30	JS-11-05	강태윤 <i>달 고원 복제토 KIGAM-L1 개발</i>
14:30 - 14:45	JS-11-06	김관혁 <i>달 주변 극초저주파수 파동 연구</i>
14:45-15:00	Break Time	
15:00- 15:15	JS-11-07	정민섭 <i>한국형 달 탐사 시험용 달 궤도선 탑재체 광시야 편광카메라 소개</i>
15:15 - 15:30	JS-11-08	심채경 <i>한국형 시험용 달 궤도선의 광시야 편광 카메라를 위한 관측 전략</i>

15:30 - 15:45	JS-11-09	신재혁 KMAG : 한국 시험용 달탐사 궤도선의 자력계 탑재체
15:45 - 16:00	JS-11-10	백슬민 달 자기이상 특성 연구

JS-12 지구과학에서의 딥러닝

좌장 : 문용재(경희대학교), 이용희(기상청 수치모델링센터)

7월 5일 08:00 - 11:00 | 평창홀 2

발표시간	코드번호	발표제목
08:00 - 08:15	JS-12-01	문용재 Application of Deep Learning to Astronomical and Geophysical Data: 1. Overview
08:15 - 08:30	JS-12-02	김기문 Application of deep learning to astronomical and geophysical data: 5. Generation of nightside visible images from IR ones
08:30 - 08:45	JS-12-03	박은수 Application of Deep Learning to Astronomical and Geophysical data: 7. Generation of Denoised Magnetograms
08:45 - 09:00	JS-12-04	신경인 Application of Deep Learning to Astronomical and Geophysical data: 4. Generation of High-resolution Solar Magnetograms from Ca II K Images
09:00 - 09:15	JS-12-05	김태영 Solar farside magnetograms from deep learning analysis of STEREO/EUVI data
14:45-15:00	Break Time	
09:30 - 09:45	JS-12-06	지준화 극지연구에서의 딥러닝
09:45 - 10:00	JS-12-07	이은주 순환신경망을 활용한 수위시계열 보간 가능성 검토
10:00 - 10:15	JS-12-08	김만기 순환신경망을 이용한 수치예보모델의 지상 예측기온 편차보정 연구
10:15 - 10:30	JS-12-09	김백조 Developing the Precipitation Forecasting Model Based on Long Short Term Memory Using Observations in Seoul
10:30 - 10:45	JS-12-10	임효혁 딥러닝을 이용한 특정지점 윈드시어 경보 예측
10:45 - 11:00	JS-12-11	오윤영 A novel multiresolution spatiotemporal data mining based deep learning method to quantify the main drivers of real-time hydro-environmental data

SS-01 K-IODP 연구

좌장 : 김길영(KIGAM), 현상민(KIOST)

7월 3일 13:15 - 18:00 | 루지

발표시간	코드번호	발표제목
13:15-13:30	SS-01-01	김길영 해양 과학시추 50년: 성과 및 향후 방향
13:30-13:45	SS-01-02	황지환 스코샤 해 해양퇴적물의 공극수 지화학 예비결과
13:45-14:00	SS-01-03	김지훈 남극 아문젠해 심부시추 퇴적물 내 유체 특성 예비 결과
14:00-14:15	SS-01-04	이현주 Brothers 해저화산 IODP 시추시료의 열수변질 및 유체포유물 연구
14:15-14:30	SS-01-05	송인선 Pressure Solution Observed in Cored Samples from Pelagic Sedimentary System at IODP Site U1480
14:30-14:45	SS-01-06	현상민 과거 백만년 간 남중국해의 고해양, 고기후 진화: 해양과 육성 바이오마커 증거
14:45-15:00	SS-01-07	박유현 타스만해의 신생대 기후변화 복원과 IODP Exp. 371의 예비연구
15:00-15:15	Break Time	
15:15-15:30	SS-01-08	김성한 Preliminary results of geochemical proxies on the Ross Sea Continental shelf: IODP Site U1523
15:30-15:45	SS-01-09	김경자 국제해저저각시추프로그램 탐사346의 U1430 시추코어의 자생성분 베릴륨 동위원소 및 기타원소를 활용한 지난 11 백만년간의 고기후 변화 추적
15:45-16:00	SS-01-10	김용미 유기질미화석 산출특성을 통한 플라이오세~플라이스토세 기후전이기간동안의 동남한국대지 고기후 및 고해양환경 복원
16:00-16:15	SS-01-11	김부근 International Ocean Discovery Expedition 355: Arabian Sea Monsoon - Achievement and Progress
16:15-16:30	SS-01-12	이종민 Preliminary results for paleoproductivity changes by the Indian monsoon in the Mahanadi Basin of the Bay of Bengal (IODP Site U1445) during the last 2.3 Ma
16:30-16:45	SS-01-13	천중화 The tephra record from IODP sites U1486 and U1487: Implications for the evolution of the Manus Basin
16:45-17:00	SS-01-14	이은영 Compaction trend estimation and application using BasinVis 2.0 (IODP Expedition 356 Sites U1459-U1464)
17:00-17:30	종합토론	

SS-02 백두산 화산

좌장 : 윤성호(부산대학교)

7월 3일 15:00 - 18:00 | 평창홀 2

발표시간	코드번호	발표제목
15:00 - 15:15	SS-02-01	윤성호 고문헌에 나타난 백두산의 역사시대 분화 기록
15:15 - 15:30	SS-02-02	장철우 백두산에서 발생 가능한 화쇄류에 대한 수치모의 분석
15:30 - 15:45	SS-02-03	장철우 수치모의를 통한 백두산 라하르 영향 범위 분석
15:45 - 16:00	SS-02-04	이주용 PUFF-Gaussian 수치 모형을 이용한 화산재 확산 예측
16:00 - 16:15	SS-0205	박순천 화산활동 감시와 한반도 영향 예측을 위한 화산 연구 현황
16:15 - 16:30	Break Time	
16:30 - 16:45	SS-02-07	선종선 위성 영상을 활용한 백두산 화산활동 분석 결과
16:45 - 17:00	SS-02-08	최현욱 백두산 신생대후기 현무암질 암석의 지구화학적 성인
17:00 - 17:15	SS-02-09	정창식 Magmatic Evolution of Baekdusan Volcano: Zircon U-Th Geochronological and O-Hf Isotopic Constraints from the Millennium Eruption
17:15 - 17:30	SS-02-10	좌용주 Microlites in the Baekdusan and Kyushu obsidians with implication for differing cooling condition of rhyolitic magmas
17:30 - 18:00	종합토론	

SS-03 지질공원

좌장 : 조형성(경상대학교), 우연(광주광역시)

7월 4일 09:00 - 12:15 | 평창홀 3

발표시간	코드번호	발표제목
09:00 - 09:15	SS-03-01	조형성 우리나라 지질유산의 분포와 가치평가
09:15 - 09:30	SS-03-02	하수진 부산 유네스코 세계지질공원 인증 추진 현황
09:30 - 09:45	SS-03-03	김건기 무등산권 유네스코 세계지질공원 주상절리대의 사면 안정성 평가와 모니터링
09:45 - 10:00	SS-03-04	김종선 무등산권 유네스코 세계지질공원 예비명소 추월산 구상암의 지질유산적 가치

10:00 - 10:15	SS-03-05	우연 지질교육 관점에서의 지질공원의 역할 : 무등산권 유네스코 세계지질공원의 지질교육
10:15 - 10:30	Break Time	
10:30 - 10:45	SS-03-06	채용운 화성 국가지질공원 후보지 지질명소들의 학술 및 교육적 가치
10:45 - 11:00	SS-03-07	최돈원 강원평화지역 국가지질공원(고성지역)의 지질명소와 지질학적 가치
11:00 - 11:15	SS-03-08	김재환 천연기념물 제415호 포항 달전리 주상절리에 대한 보존 관리의 필요성
11:15 - 11:30	SS-03-09	강가령 부산 유네스코 세계지질공원 인증을 위한 주요 과제
11:15 - 11:45	SS-03-10	최응석 무등산권 유네스코세계지질공원 내 안내판 현황 및 개선방안 제언
11:45 - 12:15	종합토론 및 대한지질학회 지질유산 분과위원회	

SS-04 근지구 우주환경 워크숍

좌장 : 이대영(충북대학교), 박재흥(한국천문연구원),
이우경(한국천문연구원)

7월 4일 09:00 - 14:45 | 대관령 2

발표시간	코드번호	발표제목
09:00 - 09:30	SS-04-01	김관혁 다양한 우주환경에서의 EMIC 파동
09:30 - 10:00	SS-04-02	노성준 Test of triggering conditions for electromagnetic ion cyclotron waves using in-situ satellite observations in the Earth's magnetosphere
10:00 - 10:30	SS-04-03	김정환 Ground-based observations for the polar upper atmosphere research at KOPRI
10:30 - 10:45	Break Time	
10:45 - 11:15	SS-04-04	오대현 Mission and Data Preview of the Korea Space wEather Monitor on GK-2A
11:15 - 11:45	SS-04-05	이재진 Scientific Instruemnts on SNIPE mission
11:45 - 12:15	SS-04-06	유광선 Initial Operation of the Instrument for the Study of Space Storms (ISSS) onboard NEXTSat-1 and Its Data Distribution Plan
12:15 - 13:15	Lunch	
13:15 - 13:45	SS-04-07	김정현 Development of the Regional Ionospheric Model over Korean Peninsula and neighbors

13:45 - 14:15	SS-04-08	이영숙 <i>Aurora, dynamical instability and radar echoes in the polar mesosphere and lower thermosphere induced by energetic electron precipitation</i>
14:15 - 14:45	토의 및 마무리	

SS-05 사용 후 핵 연료

좌장 : 천대성(한국지질자원연구원)

7월 4일 09:00 - 12:25 | 루지

발표시간	코드번호	발표제목
09:00-09:20	SS-05-01	박의섭 심층처분 및 저장을 위한 심지층 특성화 관련연구 현황
09:20-09:40	SS-05-02	신영재 부지 선정 및 특성화 : CO2 지중저장 시험
09:40-10:00	SS-05-03	박경우 방사성폐기물의 지층 처분을 위한 부지특성평가에서 시추공의 활용 방안 연구
10:00-10:20	SS-05-04	김유홍 사용후 핵연료 심층 처분을 위한 암종 심부 특성 연구와 계획
10:20-10:45	Break Time	
10:45-11:05	SS-05-05	이정환 심층처분을 위한 심부환경 규명 연구의 필요성
11:05-11:25	SS-05-06	현승규 고준위방사성폐기물 처분시설 부지특성 조사 및 평가기술 개발연구
11:25-11:45	SS-05-07	최정해 대전 화강암에서의 flow path 구조에 대한 특성 분석
11:45-12:05	SS-05-08	박진영 고준위방사성폐기물의 심층처분을 위한 기반암의 수리지질학적 특성 연구
12:05-12:25	SS-05-09	김주혁 고전분자동력학 시뮬레이션을 이용한 세슘-토도르카이트 연구

SS-06 지구과학 현장자료의 보존과 활용

좌장 : 김경수(진주교육대학교), 김태완(국립대구과학관)

7월 4일 13:15 - 15:15 | 평창홀 3

발표시간	코드번호	발표제목
13:15 - 13:30	SS-06-01	권홍진 지질공원과 연계한 '지구과학 창의적 체험학습' 운영
13:30 - 13:45	SS-06-02	김태완 경남 하동군 대도 화석산지의 지질교육·관광자원 활용 방안

13:45 - 14:00	SS-06-03	이경원 평창 바위공원을 활용한 스토리텔링 수업 사례
14:00 - 14:15	SS-06-04	신승원 고고유적에서 지질학적 가치가 있는 유산에 대한 보존과 활용방안
14:15 - 14:30	SS-06-05	김경수 발자국 화석의 응급 보존 처리를 위한 풍화 양상과 물리적 특성 검토
14:30 - 14:45	Break Time	
14:45 - 15:00	SS-06-06	김경수 백악기 척추동물 발자국 화석산지 발굴 현장의 응급 보존 처리 사례
15:00 - 15:15	SS-06-07	박정웅 지구과학 교육을 위한 자연학습장의 보존과 활용

SS-07 독도

좌장 : 김진욱(연세대학교), 박주면(한국해양과학기술원)

7월 5일 09:00 - 10:45 | 평창홀 2

발표시간	코드번호	발표제목
09:00 - 09:15	SS-07-01	박찬홍 독도의 지속가능한 이용 및 보전연구 현황과 향후 과제
09:15 - 09:30	SS-07-02	손영관 독도 화산쇄설암의 입자조성과 분화과정
09:30 - 09:45	SS-07-03	이기환 광물학적 분석을 통한 독도 심해저 퇴적물의 고퇴적 환경 유추
09:45 - 10:00	SS-07-04	이현우 Geochemistry of minerals grown from melt inclusions in the Dokdo and Ulleungdo volcanic rocks
10:00 - 10:15	SS-07-05	이민지 2018년 봄철 동해 식물플랑크톤의 번무 특징과 독도 주변해역의 사계절 식물플랑크톤 동태
10:15 - 10:30	SS-07-06	명정구 수중생태지도를 이용한 독도 연안생태 보존
10:30 - 10:45	SS-07-07	권오윤 독도 주변 표층혼합층에서 중형동물플랑크톤의 장기간 분포특성

SS-08 자연지진과 유발지진

좌장 : 장찬동(충남대학교)

7월 5일 09:00 - 09:45 | 평창홀 3

발표시간	코드번호	발표제목
09:00 - 09:15	SS-08-01	김민욱 포항지진 정밀 진원 결정을 위한 1차원 속도 모델 개발

09:15 - 09:30	SS-08-02	우정웅 포항 지열 발전소 인근에서 발생한 지진원 특성 정밀 분석 (High-resolution analysis of source characteristics of earthquakes at Pohang EGS site)
09:30 - 09:45	SS-08-03	박재용 포항 지열발전 실증연구부지 지진 자료의 삼차원 시각화 및 해석

GS-01 KGU 일반세션

좌장 : 김형수(중원대학교) 7월 5일 10:00 - 11:00 | 평창홀 3

발표시간	코드번호	발표제목
10:00 - 10:15	GS-01-01	최지민 강원도 인제군 기린면 일대의 금왕단층핵의 특성 및 제4기 활동형태
10:15 - 10:30	GS-01-02	김지인 제주도 화산암류의 지구화학적 성인과 근원 맨틀에 대한 고찰
10:30 - 10:45	GS-01-03	이은지 대마도 마이오세 관입암류의 성인에 관한 예비연구
10:45 - 11:00	GS-01-04	이병수 Conodonts from the 'Lower Limestone' and Haengmae Formation in western Jeongseon, Korea and their implication for lithostratigraphic correlation

POSTER SESSION

JS-01 해수면 변동 : 과거, 현재 그리고 미래

7월 3일 13:15 - 7월 4일 12:15 | 대관령 로비

코드번호	발표제목
JS-01-08	임병준 연안 지형 변화에 따른 한반도 주변 해역의 조석 특성 변화

JS-02 미세먼지

7월 3일 13:15 - 7월 4일 12:15 | 대관령 로비

코드번호	발표제목
JS-02-07	이승현 A method of analyzing a total of 31 nitrated polycyclic aromatic hydrocarbons (NPAHs) using gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS)
JS-02-08	이태경 국내 대도시 지표대기오염물질의 계절별 일간 변동성 특징
JS-02-09	정은선 한반도 지상 미세먼지 농도 추정을 위한 미세먼지와 기상인자의 상관성 분석과 통계적 기법 활용 연구
JS-02-10	노일석 대기 경계층 두께의 시공간 분포 예측 및 모니터링
JS-02-11	박용미 관측 자료에 기반한 부산시 도로통제에 따른 대기오염물질 농도 분포 특성
JS-02-12	박호선 저 비용 센서 네트워크를 이용한 도로변 오염물질 농도 상세 공간분포 분석
JS-02-13	안진호 Relationship between source air masses and inter-day isotopic changes of nitrate in PM2.5 at Seoul and Baengnyeong Island, South Korea
JS-02-14	정기영 Mineralogy and structures of Asian Dust Particles

JS-03 지구 전 대기층 에너지 순환

7월 3일 13:15 - 7월 4일 12:15 | 대관령 로비

코드번호	발표제목
JS-03-13	김지은 Ground based observation of proton aurora from polar region with All-Sky Camera

JS-04 해양-대기 상호작용

7월 3일 13:15 - 7월 4일 12:15 | 대관령 로비

코드번호	발표제목
JS-04-11	윤정희 <i>Air-sea fluxes of moisture, heat, and momentum at Socheongcho Ocean Research Station in the Yellow Sea</i>

JS-06 생지화학적 순환과 지구시스템

7월 3일 13:15 - 7월 4일 12:15 | 대관령 로비

코드번호	발표제목
JS-06-06	김영광 <i>Influence of Soil-Plant System to Horse Health at Hustai National Park in Mongolia</i>
JS-06-07	Anamika Khanal <i>Quantitative Analysis of Nitrogen-Cycle Related Gene from Rice Paddy Soil.</i>
JS-06-08	안진호 <i>영구동토 얼음층에 포집된 온실기체의 농도와 그 조절기작에 대한 연구</i>

JS-07 극지환경

7월 3일 13:15 - 7월 4일 12:15 | 대관령 로비

코드번호	발표제목
JS-07-13	김송이 <i>남극 Hercules Neve snow pit의 물안정동위원소비 변동 특성</i>
JS-07-14	장채원 <i>남극 북빅토리아랜드 Styx 편코어의 주요 이온성분 분석 및 특성</i>
JS-07-15	김정훈 <i>겨울철 한국 PM10 농도의 경년 변동에 대한 북극 해빙의 영향 (Impact of Arctic Sea Ice Concentration on Interannual Variability of PM10 Concentration in South Korea during winter season)</i>
JS-07-16	정혜진 <i>극지 빙하코어시료의 주요미량원소 농도 측정을 위한 실험수의 배경농도 분석</i>
JS-07-17	이민희 <i>Modulators of the Arctic summer climate modes; from storm to global teleconnection</i>
JS-07-18	임창규 <i>통계복원을 이용한 과거 아문젠해 저기압의 활동 연구</i>
JS-07-19	Yalalt Nyamgerel <i>Water isotopic composition of Styx Glacier firn cores and its association to air temperature</i>
JS-07-20	이민경 <i>Paleoceanographic changes during the past one million years in the Central Basin, northwestern Ross Sea</i>
JS-07-21	한창희 <i>그린란드 NEEM 빙하코어에 기록된 지난 5만년 동안의 북반구 고위도 먼지기원지 추적</i>

JS-07-22	안다현 위성관측 자료를 활용한 남반구 중위도 에어로졸, 일산화탄소, 이산화질소, 포름알데히드의 시공간적 분포 및 경향
JS-07-23	하상범 로스해 대륙주변부 동쪽과 서쪽의 점토광물 조성과 퇴적물 기원지 비교
JS-07-24	박영규 Preliminary result: Investigation of microbe-mineral interaction in the paleo-Subglacial lake: Crystal Sound, Antarctica
JS-07-25	이승미 Seasonal Changes in As, Bi, Cd, Mo and halogen elements recorded in Greenland EastGRIP snow pit
JS-07-26	홍자영 A Critical Role of Extreme Atlantic Windstorms in Arctic Warming
JS-07-27	조미현 River discharge over the pan-Arctic region at the end of 21st century

JS-09 동아시아-인도 몬순 : 과거, 현재 그리고 미래

7월 3일 13:15 - 7월 4일 12:15 | 대관령 로비

코드번호	발표제목
JS-09-06	박요섭 대형연구선 이사부호의 이동항해 자료를 이용한 뱃길 해저 산상지 활성 해저 수로의 지형학적 특징분석

JS-10 태양활동과 기후변화

7월 3일 13:15 - 7월 4일 12:15 | 대관령 로비

코드번호	발표제목
JS-10-06	최광선 Solar Dynamic Activities in the Perspective of Outer Coronal Dynamics

JS-11 달 과학과 탐사의 과거, 현재, 그리고 미래

7월 3일 13:15 - 7월 4일 12:15 | 대관령 로비

코드번호	발표제목
JS-11-11	정병욱 KMAG : Scientific payload to investigate Lunar magnetic field
JS-11-12	홍익선 Detection of lunar subsurface void in lunar gravity model
JS-11-13	서행자 Water Ice Area Variation with Solar Incidence Angle on Ceres
JS-11-14	이응석 (The lunar candidate landing sites around Mare Vaporum and Sinus Aestuum)

JS-11-15

김수연

Lunar landing candidate site for future Korean lunar exploration mission

JS-12

지구과학에서의 딥러닝

7월 3일 13:15 - 7월 4일 12:15 | 대관령 로비

코드번호	발표제목
	이강우
JS-12-12	Application of Deep Learning to Astronomical and Geophysical data: 8. Prediction of major solar flare profiles using LSTM
	이하림
JS-12-13	Application of deep learning to astronomical and geophysical data: 3. Generation of solar magnetograms and UV images from historical sunspot drawings
	전성경
JS-12-14	Application of deep learning to astronomical and geophysical data: 6. Generation of future magnetograms from past ones
	박은수
JS-12-15	Application of Deep Learning to Astronomical and Geophysical data: 2. Generation of Solar UV Images from Magnetograms

SS-01

K-IODP 연구

7월 4일 13:15 - 7월 5일 11:00 | 대관령 로비

코드번호	발표제목
	이희권
SS-01-15	Estimation of in situ stress in the northern Hikurangi subduction margin, New Zealand
	Eun Young Lee
SS-01-16	Quantitative analysis of Cretaceous subsidence of the Naturaliste Plateau, offshore SW Australia (IODP Expedition 369, Site U1513)

SS-02

백두산 화산

7월 4일 13:15 - 7월 5일 11:00 | 대관령 로비

코드번호	발표제목
	황상구
SS-02-11	울릉도 말잔등응회암에서 부석편의 기공률과 분화유형의 관계
	이주용
SS-02-12	Risk Evaluation of Geological Hazard of Lava Flow using Computational Simulation

SS-03 지질공원

7월 4일 13:15 - 7월 5일 11:00 | 대관령 로비

코드번호	발표제목
SS-03-11	조형성 경남권 지질유산의 분포 및 가치평가

SS-04 근지구 우주환경 워크숍

7월 4일 13:15 - 7월 5일 11:00 | 대관령 로비

코드번호	발표제목
SS-04-09	박근찬 Neural network prediction model for relativistic electron flux at geostationary orbit
SS-04-10	조경복 Structural analysis of Qualification Model for scientific payload unit for the Small scale magNetospheric Ionospheric Plasma Experiments mission
SS-04-11	손종대 근지구 우주 환경 관측위성의 과학 탑재체 시험인증모델 개발 (Development of the Engineering Qualification Model (EQM) for scientific Payloads for scientific instruments for Small scale magNetospheric Ionospheric Plasma Experiments (SNIPE) mission)
SS-04-12	이종길 Improve radiation belt distribution algorithm performance using VAP electron flux accompany GOES-13 electron flux
SS-04-13	이상윤 Simulation Analysis of Langmuir Probe for ISSS onboard NEXTSat-1
SS-04-14	홍준석 Characteristics of Ionospheric scintillation in GNSS signals measured at single site, Jang Bogo Station (74.62°S, 164.22°E), in Antarctica
SS-04-15	강준석 Ion Reflection Mechanism At The Earth's Bow Shock
SS-04-16	문수인 Forecasting Ionospheric Parameters over Jeju Station (126.30oE 33.43oN) using Long Short-Term Memory Method
SS-04-17	김수인 Identification of high latitude trough by Swarm observation
SS-04-18	이준현 플라즈마권 지역 내부에 형성된 이온의 밴드 구조 연구
SS-04-19	최경은 태양 활동 23, 24주기에서의 태양 자전주기에 대한 정지궤도 상대론적 전자 플럭스 변화와 태양풍 조건과의 상관관계
SS-04-20	이원석 Estimation of neutral atmospheric temperature profiles in the mesosphere and lower thermosphere region from meteor radar observations

SS-04-21	권종우 서브오로라지역에서의 EMIC Pc1-Pc2 파동의 통계적 연구 Statistical study of EMIC Pc1-Pc2 waves observed at subauroral latitudes
SS-04-22	박재희 A statistical study of Pi2 pulsations observed in the upper ionosphere using Swarm magnetic field data
SS-04-23	최규철 Development of a Verification System for ASSA-Spot Prediction Model
SS-04-24	임다예 Prediction of Major Solar Flares Based on Short, Mid, and Long-term Active Region Properties

SS-05 사용 후 핵 연료

7월 4일 13:15 - 7월 5일 11:00 | 대관령 로비

코드번호	발표제목
SS-05-10	손상보 황화 환경에서 황화철광물의 상변환 경로에 대한 밀도범함수이론 연구

SS-06 지구과학 현장자료의 보존과 활용

7월 4일 13:15 - 7월 5일 11:00 | 대관령 로비

코드번호	발표제목
SS-06-08	김태형 지질유산 정보시설로서 천연기념물센터의 라키비움 도입 전략

SS-08 자연지진과 유발지진

7월 4일 13:15 - 7월 5일 11:00 | 대관령 로비

코드번호	발표제목
SS-08-04	임호빈 The 2017 Mw 5.4 Pohang earthquake, South Korea, and poroelastic stress changes associated with fluid injection

GS-01 KGU 일반세션

7월 4일 13:15 - 7월 5일 11:00 | 대관령 로비

코드번호	발표제목
GS-01-05	장성간 저투수층 내 DNAPL 확산 및 역확산 현상에 대한 해석해의 검증
GS-01-06	김수빈 대수층 내 우라늄 오염 지속성에 pH조건이 미치는 영향

GS-01-07	이주연 카르스트 대수층 내 Darcy flux 측정을 위한 플럭스미터의 적용 가능성
GS-01-08	김창민 단일 저투수층을 고려한 확산 및 역확산 해석해의 고찰
GS-01-09	안중배 Predictability of Boreal winter Temperature over South Korea in PNU CGCM Ensemble Forecast System
GS-01-10	이주희 Development of ECLSS for the Manned Space Exploration
GS-01-11	박종진 북서태평양 중규모 소용돌이 내의 내부조석파 변동
GS-01-12	박종진 수중글라이더를 활용한 동한 난류 단면 관측
GS-01-13	박종진 한국형 무인 해양 관측 네트워크 구축 방안
GS-01-14	김선규 백령도-아산-평택 지역 알칼리 현무암의 지구화학적 특성 연구
GS-01-15	김현진 신생대 마이오세 울산분지에서 산출되는 연체동물 화석 보고
GS-01-16	이예슬 포항지진 신문기사의 비판적 담론분석을 통한 재난대응에 대한 고찰
GS-01-17	박수정 Na-, K-버네사이트 고전 분자동역학 시뮬레이션 연구
GS-01-18	허철호 미안마 북서부 마잉웨 크롬광화대 추정자원량
GS-01-19	유용재 Tidal Acceleration of the Planets and Satellites
GS-01-20	유용재 On the Use of Radial Velocity in the Mass-Balanced Planetary System
GS-01-21	유용재 Growth of Proto-planet and Condensation of its Core
GS-01-22	유용재 The Loss and Retention of Atmospheres in the Solar System

JS-07-22	안다현 위성관측 자료를 활용한 남반구 중위도 에어로졸, 일산화탄소, 이산화질소, 포름알데히드의 시공간적 분포 및 경향
JS-07-23	하상범 로스해 대륙주변부 동쪽과 서쪽의 점토광물 조성과 퇴적물 기원지 비교
JS-07-24	박영규 Preliminary result: Investigation of microbe-mineral interaction in the paleo-Subglacial lake: Crystal Sound, Antarctica
JS-07-25	이승미 Seasonal Changes in As, Bi, Cd, Mo and halogen elements recorded in Greenland EastGRIP snow pit
JS-07-26	홍자영 A Critical Role of Extreme Atlantic Windstorms in Arctic Warming
JS-07-27	조미현 River discharge over the pan-Arctic region at the end of 21st century

JS-09 동아시아-인도 몬순 : 과거, 현재 그리고 미래

7월 3일 13:15 - 7월 4일 12:15 | 대관령 로비

코드번호	발표제목
JS-09-06	박요섭 대형연구선 이사부호의 이동항해 자료를 이용한 뱃길 해저 산상지 활성 해저 수로의 지형학적 특징분석

JS-10 태양활동과 기후변화

7월 3일 13:15 - 7월 4일 12:15 | 대관령 로비

코드번호	발표제목
JS-10-06	최광선 Solar Dynamic Activities in the Perspective of Outer Coronal Dynamics

JS-11 달 과학과 탐사의 과거, 현재, 그리고 미래

7월 3일 13:15 - 7월 4일 12:15 | 대관령 로비

코드번호	발표제목
JS-11-11	정병욱 K MAG : Scientific payload to investigate Lunar magnetic field
JS-11-12	홍익선 Detection of lunar subsurface void in lunar gravity model
JS-11-13	서행자 Water Ice Area Variation with Solar Incidence Angle on Ceres
JS-11-14	이응석 (The lunar candidate landing sites around Mare Vaporum and Sinus Aestuum)

A critical role of extreme Atlantic windstorms in Arctic warming

Ja-Young Hong¹ (hongja0627@gmail.com), Baek-Min Kim², Eun-Hyuk Baek³, Joo-Hong Kim¹, Xiangdong Zhang⁴, Seong-Joong Kim¹, Solji Lee¹

¹Korea Polar Research Institute; ²Pukyong National University; ³Chonnam National University; ⁴University of Alaska Fairbanks

1. Introduction

- Since the 1950s, the Arctic surface and even lower tropospheric temperature has increased, at a rate almost twice the global mean (approximately 0.12°C per decade), a phenomenon known as Arctic amplification. The importance of poleward atmospheric energy transport in explaining polar or Arctic amplification has been suggested, even in a system without snow- or ice-albedo feedback.
- However, the role of mid-latitude synoptic-scale storms in Arctic warming is still unclear. In this circumstance, recent Atlantic winter storm intrusion event that significantly contributed to the unprecedented Arctic warming of 2016 provides us an invaluable opportunity to examine the relationship.
- Thus, we specifically focused on the role of extratropical cyclones and chased every single storm that occurred Atlantic Ocean during winter by storm detection and tracking techniques. For this, we classify North Atlantic windstorms according to their storm intensities (i.e., minimum central pressures) and explore their relationship to Arctic temperature and atmospheric circulation changes, particularly in the Atlantic side of the Arctic Ocean.

2. Data and methods

- We used the Japanese 55-year reanalysis data over 36 winter seasons (December to February) for the period 1981–2017. The data have a 6-hourly temporal resolution and a 1.25° horizontal resolution. Anomalies are calculated based on the 30-yr climatological mean for the period 1981–2010.
- In order to investigate the impacts of extreme Atlantic windstorms on Arctic warming, we conducted two distinct fully-coupled ocean-atmosphere climate model experiments using present-day aerosol emissions forcing and initial conditions. One model used in this study was the Climate Model version 2.1 (CM2.1) developed by the Geophysical Fluid Dynamical Laboratory, integrated over 100 years with 2° latitude × 2.5° longitude horizontal resolution and 24 vertical levels. The other is the Community Earth System Model (CESM) version 1.2.2 of the National Center for Atmospheric Research, integrated over 100 years with 1.9° latitude × 2.5° longitude horizontal resolution and 26 vertical levels, and using Community Atmospheric Model version 4 physics.
- The storm detection and tracking method used in this study is a modified version of Vitart et al. (1997).

[Storm detection]

- 1) A local maximum of the 850-hPa relative vorticity larger than $2.0 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ is found in each 11×11 grid window.
- 2) The closest local minimum of the mean sea level pressure is found within a 400 km radius of the local vorticity maximum.
- 3) The mean sea level pressure should increase by at least 15 Pa in all directions within a 500 km distance from the local pressure minimum.
- 4) The equatorward limit of detection is set at 30°N for Northern Hemisphere extratropical storms.

[Storm tracking]

- 1) For a given storm, a circular tracking boundary with a 750 km radius is set at each 6-hourly time step, and the location of the storm at that time step is set as the center of the circle. Then, the storm centers at the next time step are examined within the boundary.
- 2) If one storm center is found within the boundary, it is determined as the next storm position. In case of multiple storm centers, priority is given to the closest storm center located in the front half of the circle, towards the direction of the storm’s movement. If there is no such storm center at the front half of the circle, the closest one is selected as the next position. If no storm appears within the boundary, the tracking of that given storm stops.
- 3) Finally, only storms with lifetimes equal to or greater than 1.5 days are considered.

3. Results

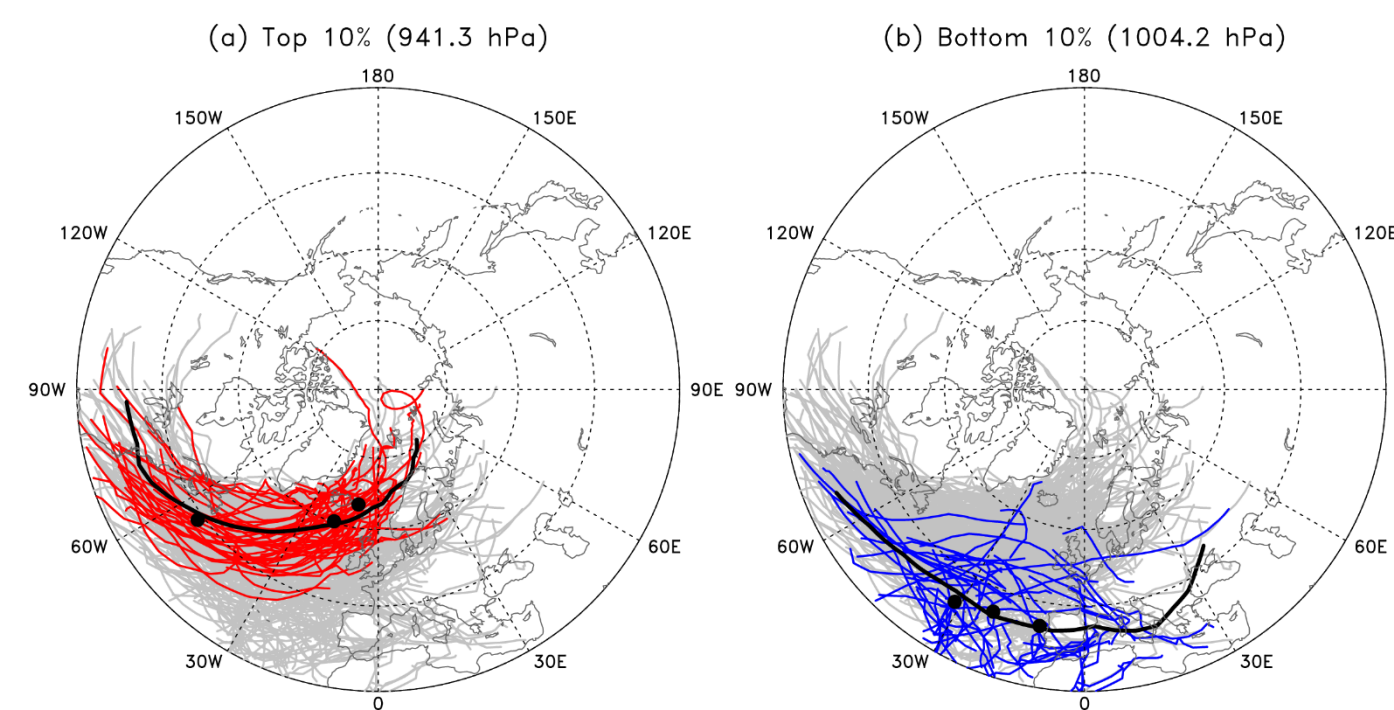


Fig. 1. Atlantic windstorm tracks classified according to maximum intensity (i.e., minimum central pressure) of each windstorm. In total, there are 591 Atlantic windstorms detected in the winters of 1981–2016, and each extreme (top 10% and bottom 10%) storm case includes 59 of these storms. The gray, red, blue, and black lines, respectively, indicate the tracks of total, (a) strong, (b) weak storms, and their mean paths. The black dots in sequence from left to right are the mean locations of cyclogenesis, the maximum intensity step, and cyclolysis, respectively. The numbers in parentheses above each figure are the averaged minimum central pressures.

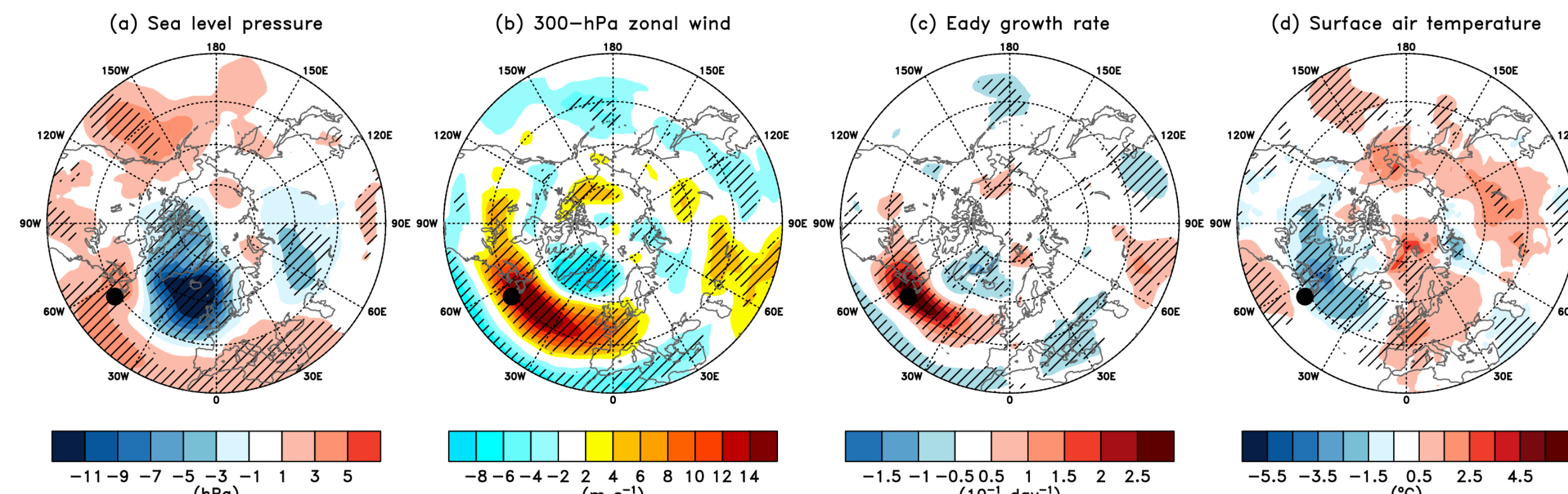


Fig. 2. Atmospheric states at the initial stage of the strong storms. Daily composites of anomalous (a) sea level pressure, (b) 300-hPa zonal wind, (c) Eady growth rate between 200 and 850 hPa, and (d) surface air temperature on the cyclogenesis dates of the top 10% of storms. The black dots are mean cyclogenesis locations for the top 10% strong storms. Only values exceeding the 10% significance level are hatched.

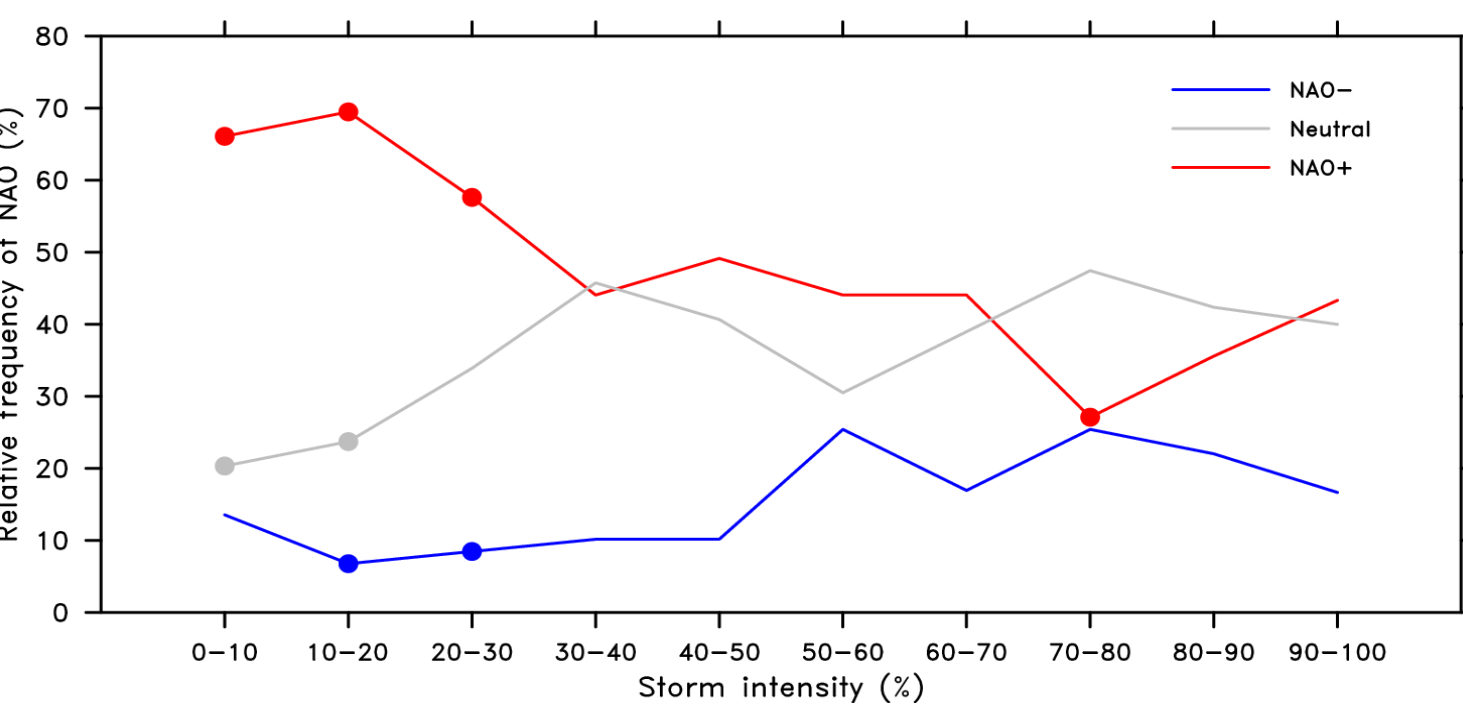


Fig. 3. Relative NAO frequency (in % of days) of each storm intensity at the storm genesis date. A daily NAO index (NAOI) provided by the National Oceanic Atmospheric Administration Climate Prediction Center. The index is constructed by projecting daily 500-hPa geopotential height anomalies onto the NAO loading pattern obtained for analyzing NAO variability. The NAO phases are divided into three subsets: (1) NAO+ (NAOI ≥ +0.5); (2) Neutral (-0.5 < NAOI < +0.5); and (3) NAO- (NAOI ≤ -0.5). The colored dots indicate statistical significant at the 5% significance level of a Monte Carlo test that generated bootstrapped samples of composite patterns from 10,000 random samples. Each sample composite was calculated with N randomly selected daily anomalies, where N is the number of matching days for a particular storm case ($N = 59$ for the top 10% to 80-90% case and 60 for the bottom 10% (90-100%)).

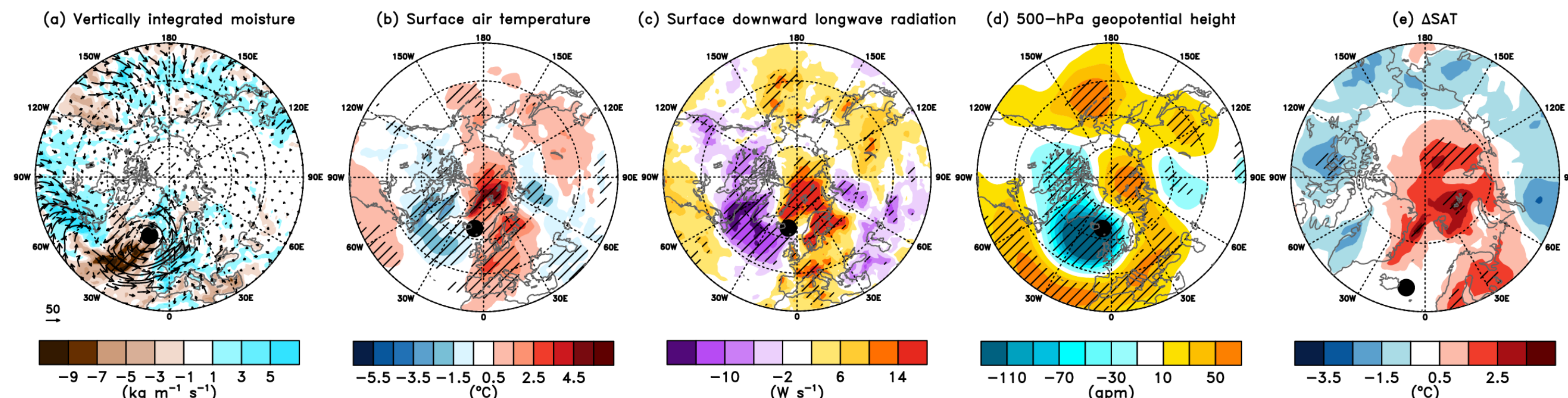


Fig. 4. Atmospheric states at peak and dissipation stages of the strong storms. The same as Fig. 2, but for (a) vertically integrated horizontal moisture flux (arrows) and its convergence (shading) on the peak dates of strong storms; (b) surface air temperature, (c) surface downward longwave radiation, and (d) 500-hPa geopotential height on cyclolysis dates of strong storms; and (e) temperature difference (tendency) between cyclolysis and cyclogenesis dates. The black dots are average locations of cyclolysis.

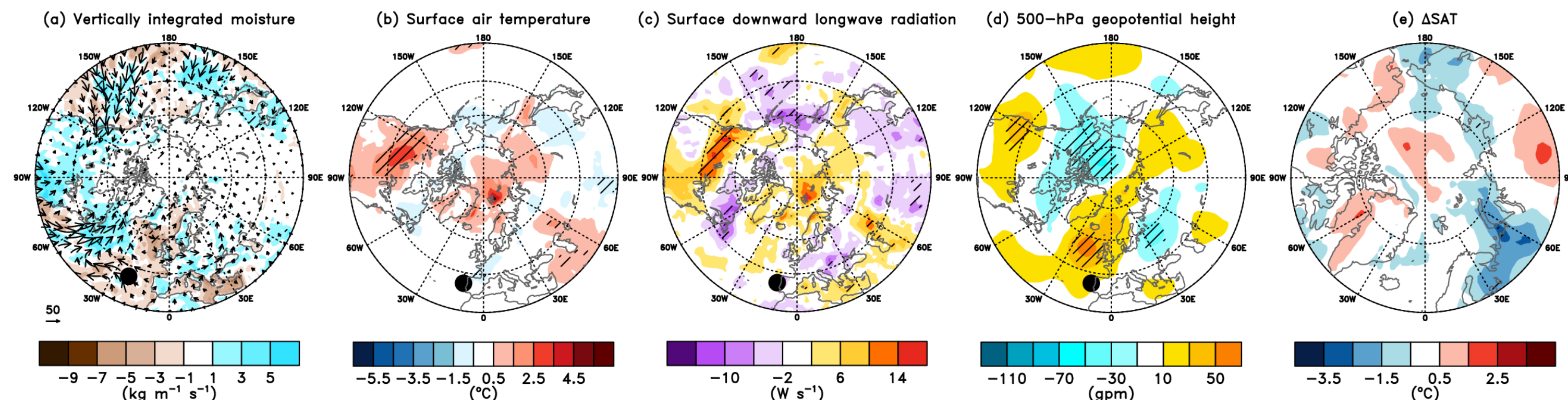


Fig. 5. Same as Fig. 4, but for weak storms.

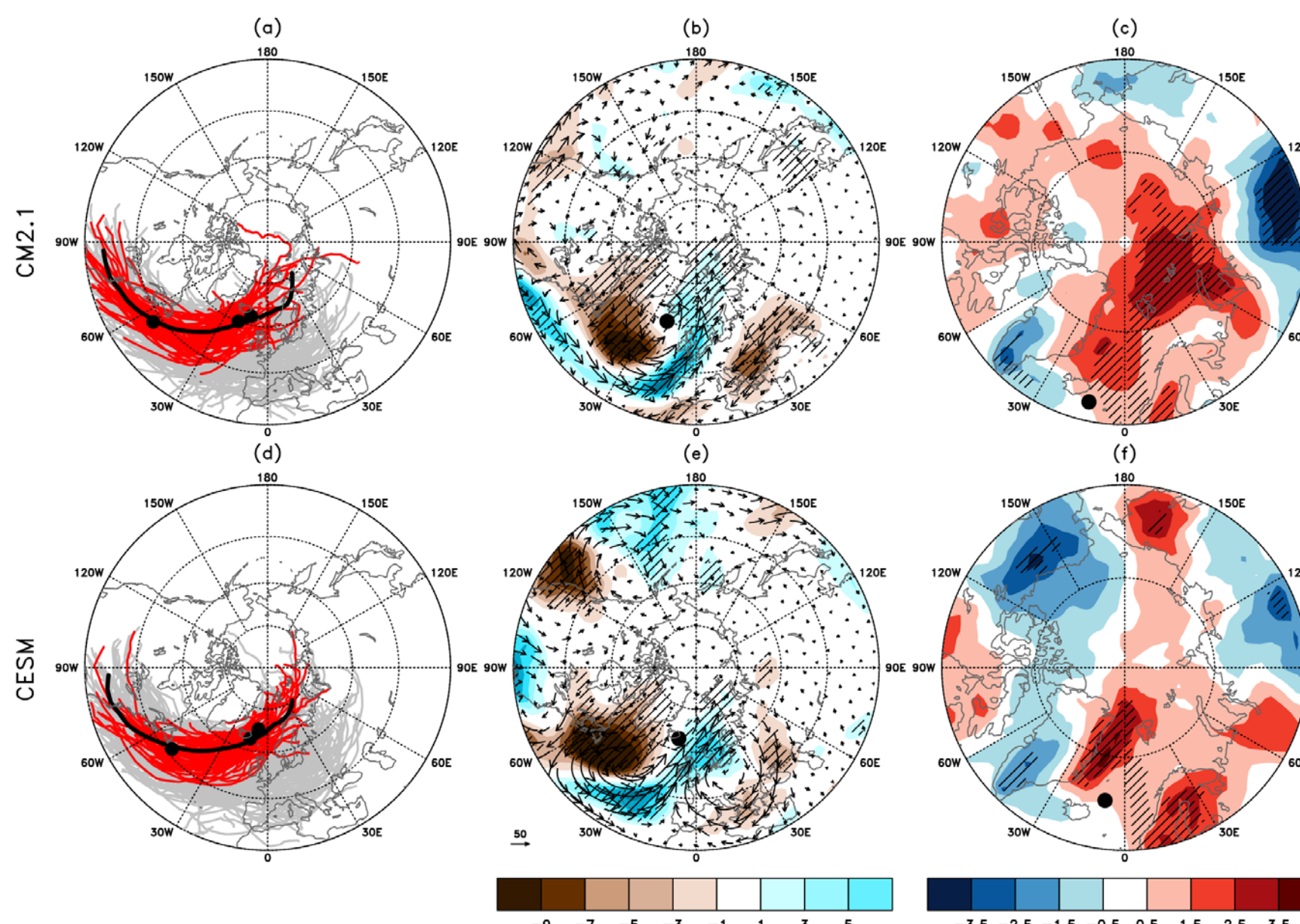


Fig. 6. Simulated characteristics of the top 10% of Atlantic windstorms. The same as in Fig. 1a, but for (a) CM2.1 and (d) CESM. The detected number of Atlantic windstorms for 100 winters of CM2.1 and CESM is 911 and 922, respectively. The averaged minimum central pressures of the top of 10% storms of CM2.1 and CESM are 944.4 hPa and 939.7 hPa, respectively. The same as in Fig. 4a, but for (b) CM2.1 and (e) CESM. The same as in Fig. 4e, but for (c) CM2.1 and (f) CESM.

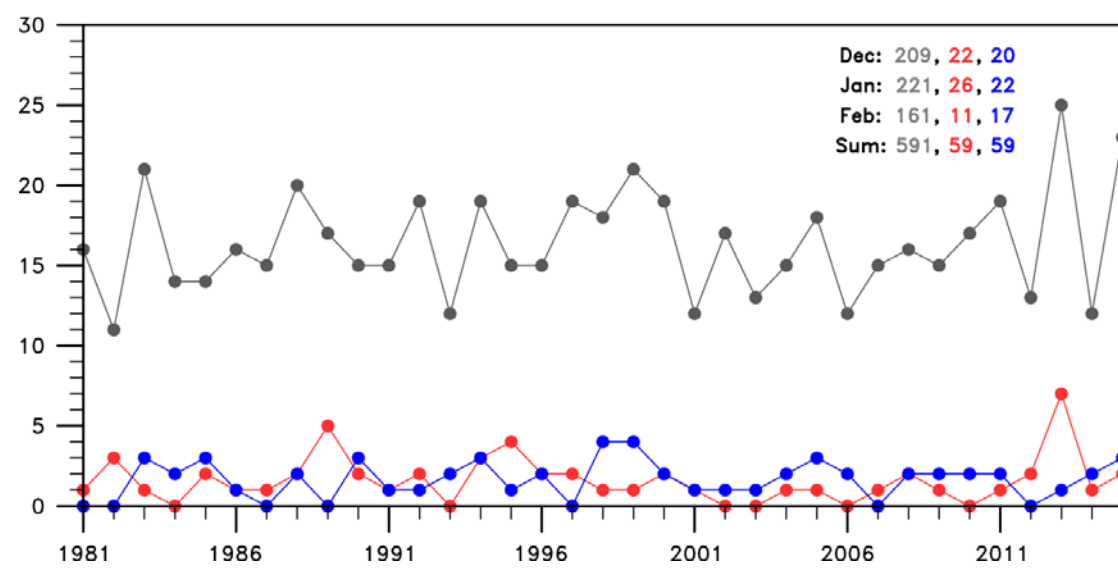


Fig. 7. Time series of the total (gray), strong (red), and weak (blue) number of Atlantic windstorms for 36 winters. The total number of storms is 591, and $N = 59$ for both the strong and weak windstorm categories. The numerals in the figure, respectively, are the number of occurrences of the total, strong, and weak storms in December, January, February, and their summation.

4. Summary and discussion

- We found that the stronger Atlantic windstorms tend to move northeastward to the Atlantic sector of Arctic Ocean, while weaker storms tend to move eastward towards Western Europe. This tendency is much more robust for extreme Atlantic windstorms, i.e., the highest 10th percentile, providing a sufficient motivation for detailed examination on the role of extreme Atlantic windstorms on the Arctic warming events. The dynamic mechanisms for the poleward deflection of stronger storms have been found to be similar to those for cyclone development in general, such as the potential vorticity (PV) interaction between the upper- and low-levels and the diabatic heating by latent heat release. The higher PV at the upper-level trough, which is located to the west of the low-level cyclone, induces poleward meridional velocity of the low-level cyclone primarily by the nonlinear advection. The diabatic heating by poleward-moving and ascending warm and moist air at the northeastern side of the cyclone also exerts influence on the poleward movement of the low-level cyclone. Therefore, in accordance with the previous study, we suggest that higher baroclinic environment depicted at the initial stage of the extreme Atlantic windstorms is conducive precondition for the poleward movement of the extreme Atlantic windstorms.
- Composite analyses show that strong storms develop under a positive NAO pattern, associated with an enhanced jet stream and baroclinicity, and an increased meridional temperature gradient over the North Atlantic, supporting previous findings. In accordance with previous studies, we found that anomalous moisture transport into the Arctic during a storm’s lifetime is important for Arctic warming, particularly for the Barents-Kara seas. After the break-up of strong storms, an increase in surface downward longwave radiation is observed over the Atlantic sector of the Arctic and Barents-Kara seas. After an abrupt increase in Arctic temperatures by storm intrusion, an intensification of middle tropospheric geopotential height anomaly over Europe and near the Ural Mountains is observed, reflecting the occurrence of blocking induced by strong storms. These mechanisms contribute to the longer maintenance of warming over the Arctic, especially the Barents-Kara seas.
- Through fully-coupled model simulations of current climate condition using CM2.1 and CESM, we successfully reproduced characteristics similar to the top 10% of storm trajectories, and composite patterns similar to those observed. This finding suggests that the temperature increase of the Arctic driven by poleward energy transport of extreme Atlantic windstorms is a result of pure internal process easily simulated by contemporary current climate models. Modulation of this internal process by increase of CO2 forcing and subsequent changes in the degree of Arctic warming can be an important issue that we are currently preparing as a future work.
- Since Arctic warming has been much more pronounced over the last two decades and storm tracks shift more poleward under global warming, a natural question arises: Has the number of Atlantic windstorms been increasing in recent decades, supporting more pronounced Arctic warming events? In our analysis here, we found that, interestingly, there is no significant trend of the number of Atlantic windstorms in recent decades (Fig. 7). Rinke et al. (2017) showed that the trends in extreme windstorms developed at high-latitude increase in November–December and decrease in January. However, it should be noted that they only examined storms generated within the Arctic Circle. Therefore, the findings of Rinke et al. (2017) give some hints. The changed Arctic climate condition such as weakened polar jet and vertical stratification provide easier Rossby wave breaking. This condition could be a reason for the amplifying role of Atlantic storm in the Arctic warming events. We are currently under investigation on this possibility.