

Critical Role of Extreme Midlatitude-storms in Arctic Amplification

Ja-Young Hong¹, Baek-Min Kim², Eun-Hyuk Baek³, Joo-Hong Kim¹,
Seong-Joong Kim¹

¹Korea Polar Research Institute, ²Pukyong National University, ³Chonnam National University³

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 ocean-atmosphere coupled models.

Key words: Arctic warming, Atlantic windstorms, extreme windstorms, moisture intrusion, storm tracking

※ 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.

Critical role of extreme midlatitude-storms in Arctic amplification

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

¹Korea Polar Research Institute; ²Pukyong National University; ³Chonnam National University

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

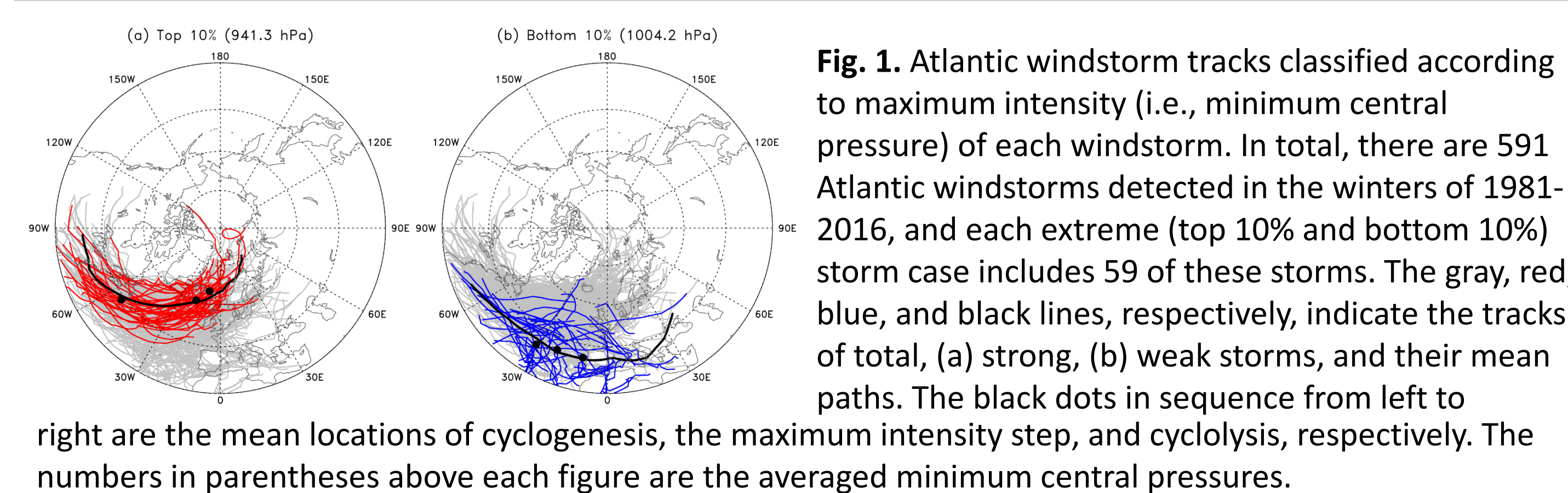


Fig. 1. Atlantic windstorm tracks classified according to maximum intensity (i.e., minimum central pressure) of each windstorm. In total, there are 591 Atlantic windstorms detected in the winters of 1981–2016, and each extreme (top 10% and bottom 10%) storm case includes 59 of these storms. The gray, 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.

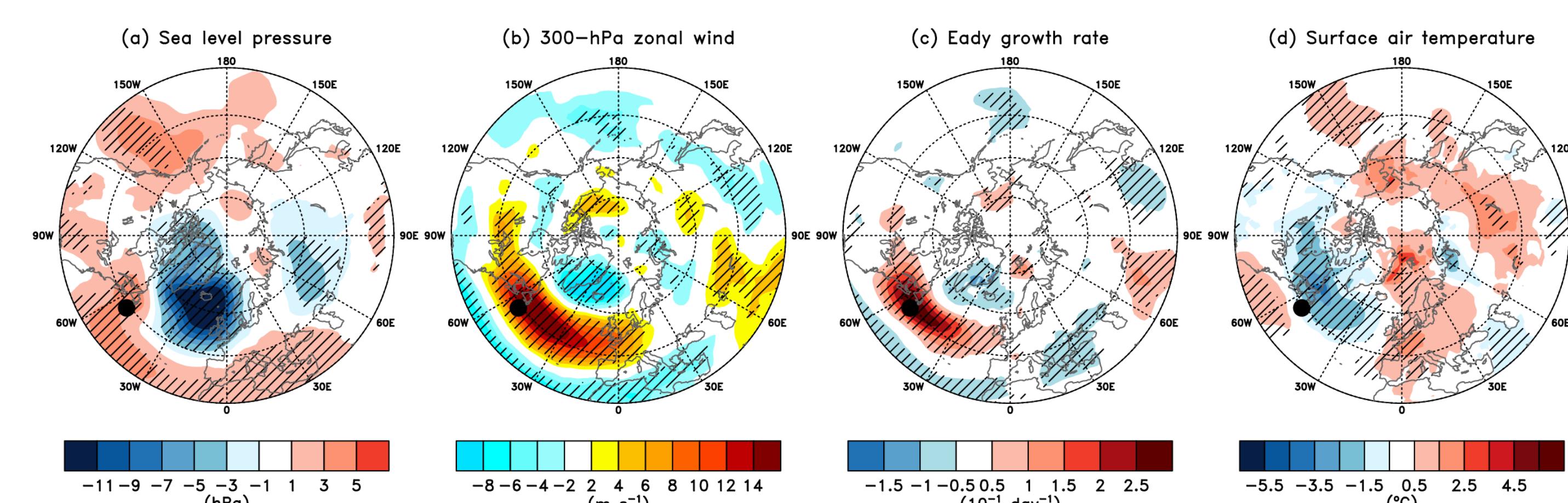


Fig. 2. Atmospheric states at the initial stage of the strong storms. Daily composites of anomalous (a) sea level pressure, (b) 300-hPa zonal wind, (c) Eady growth rate between 200 and 850 hPa, and (d) surface air temperature on the cyclogenesis dates of the top 10% of storms. The black dots are mean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

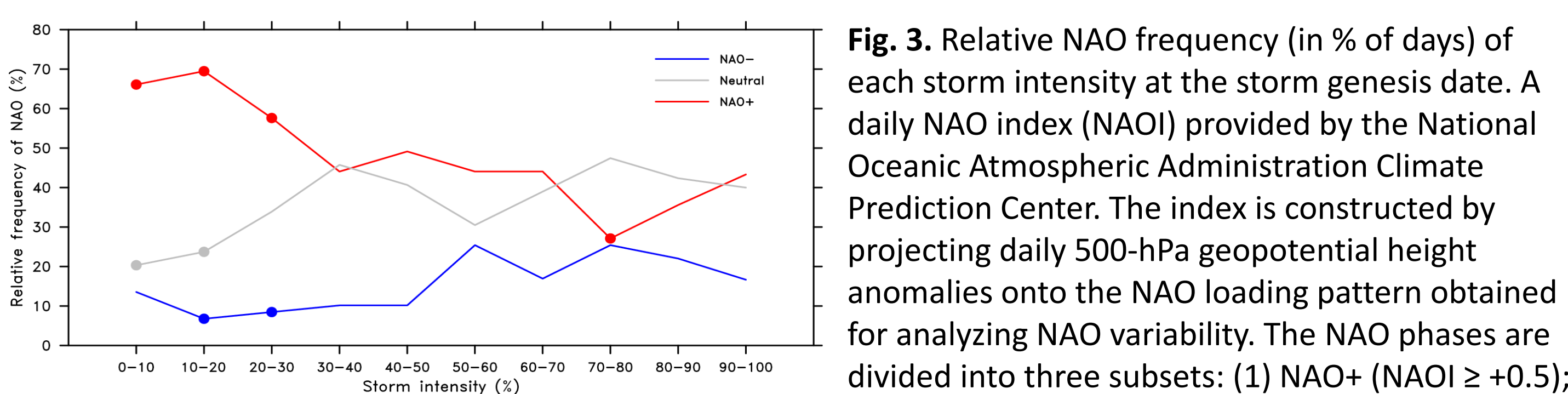


Fig. 3. Relative NAO frequency (in % of days) of each storm intensity at the storm genesis date. A daily NAO index (NAOI) provided by the National Oceanic Atmospheric Administration Climate Prediction Center. The index is constructed by projecting daily 500-hPa geopotential height anomalies onto the NAO loading pattern obtained for analyzing NAO variability. The NAO phases are divided into three subsets: (1) NAO+ (NAOI $\geq +0.5$); (2) Neutral ($-0.5 < \text{NAOI} < +0.5$); 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%)).

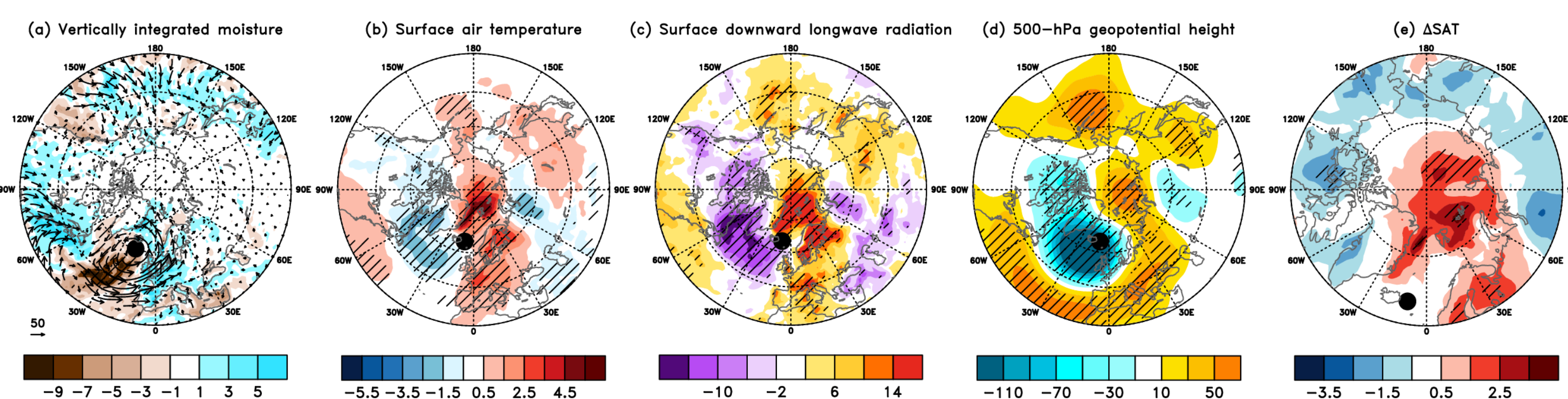


Fig. 4. Atmospheric states at peak and dissipation stages of the strong storms. The same as Fig. 2, but for (a) vertically integrated horizontal moisture flux (arrows) and its convergence (shading) on the peak dates of strong storms; (b) surface air temperature, (c) surface downward longwave radiation, 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.

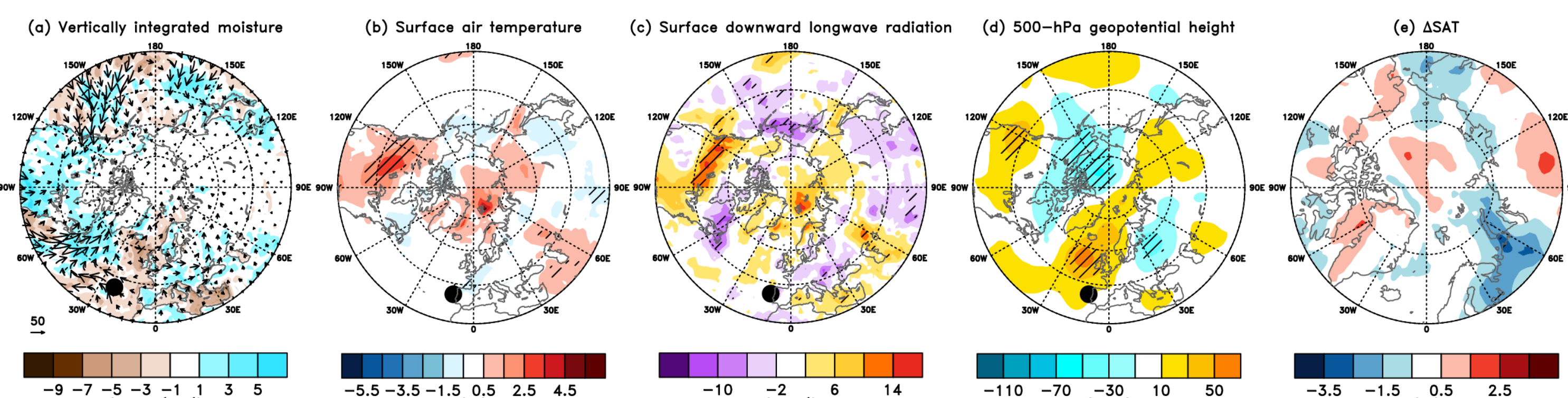


Fig. 5. Same as Fig. 4, but for weak storms.

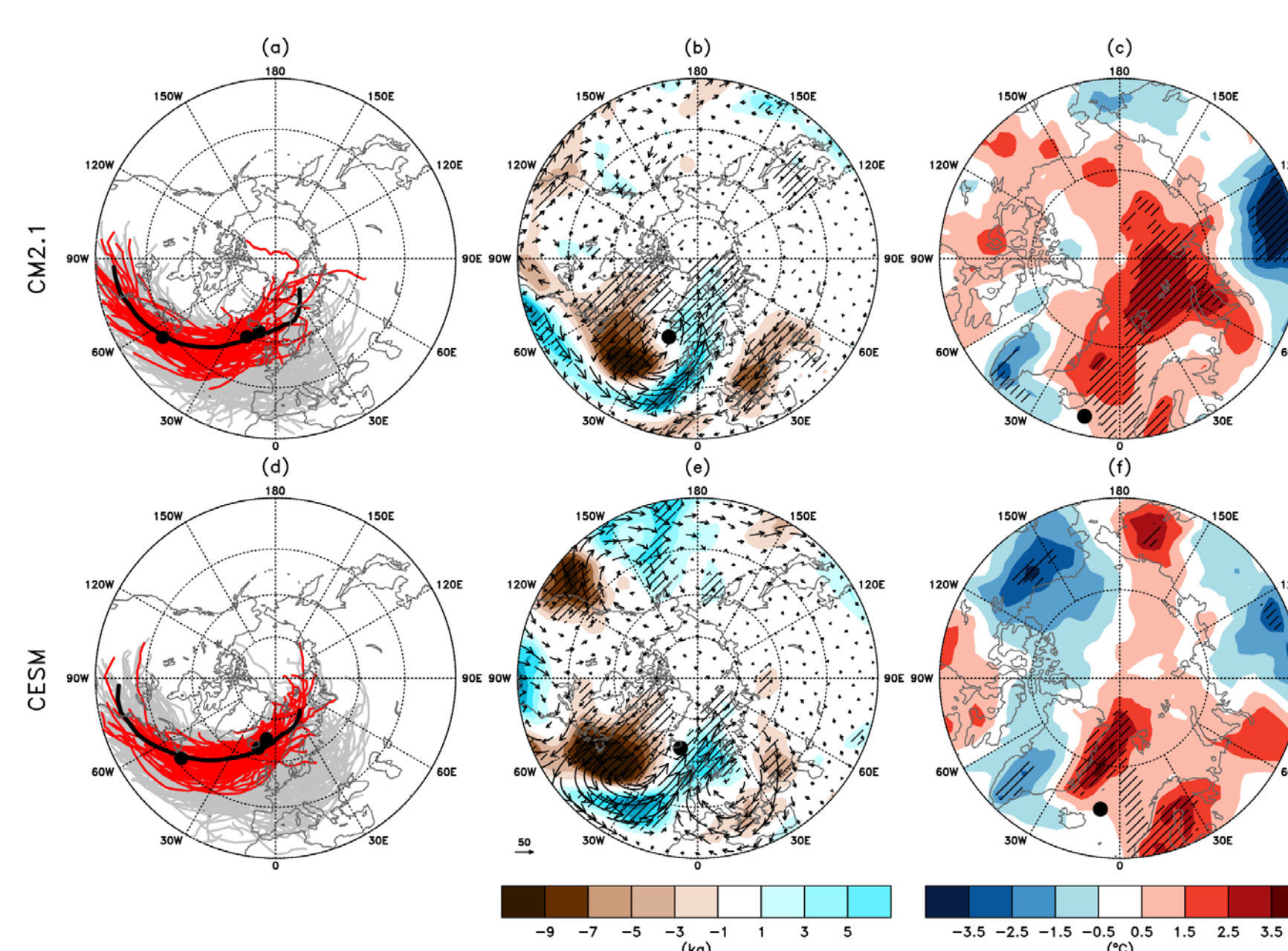


Fig. 6. Simulated characteristics of the top 10% of Atlantic windstorms. The same as in Fig. 1a, but for (a) CM2.1 and (d) CESM. The detected number of Atlantic windstorms for 100 winters of CM2.1 and CESM is 911 and 922, respectively. The averaged minimum central pressures of the top 10% storms of CM2.1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

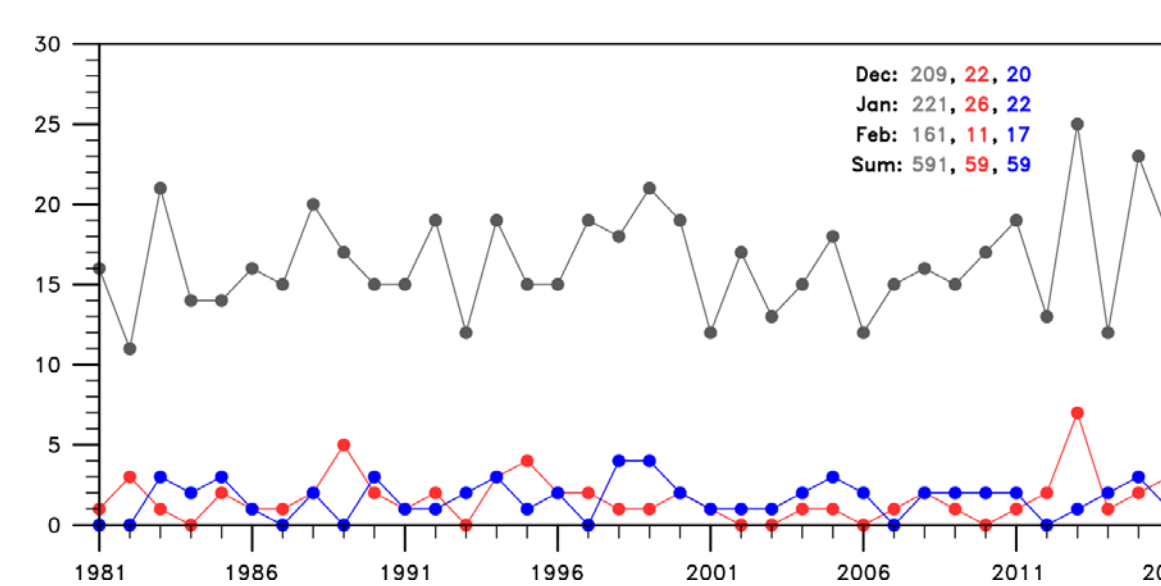


Fig. 7. Time series of the total (gray), strong (red), and weak (blue) number of Atlantic windstorms for 36 winters. The total number of storms is 591, and $N = 59$ for both the strong and weak windstorm categories. The numerals in the figure, respectively, are the number of occurrences of the total,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

Hong, J.-Y., Kim, B.-M., Baek, E.-H., Kim, J.-H., Zhang, X., and Kim, S.-J., 2019: A critical role of extreme Atlantic windstorms in Arctic warming. *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences*, doi:10.1007/s13143-019-00123-y.

포스터 발표 1 (P-001~P-158)

1. 발표 일정 및 장소: 10월 30일(수) 15:40~17:40 / HICO 3층 로비
2. 포스터 규격: 90cm X 140cm
3. 포스터 부착 시간: 10월 30일(수) 8:30~17:40
4. 발표 후에는 목요일 포스터 게시를 위해 포스터를 제거 부탁드립니다

번호	분과	제목	저자	발표자	소속
P-001	기후	The Influence of Eurasian Snow Cover and Sea Ice Concentration on Wintertime Surface Air Temperature	Hae-Li Park, Kyong-Hwan Seo	박해리	Pusan National University
P-002	기후	Change in the relationship between winter Pacific Decadal Oscillation and spring sea-ice extent in the Pacific Arctic sector before and after the mid-1990s	김혜림, 예상욱, 안순일, 송세용	김혜림	한양대학교
P-003	기후	한반도 지역 구분에 따른 상이한 한파 발생 빈도 및 특징	성현준, 김백민	성현준	부경대학교
P-004	기후	2019년과 2018년 폭염 사례 비교 분석	최정희, 김미주, 최철운, 김동준, 김남욱	최정희	기상청
P-005	기후	한반도 여름철 폭염과 열대야의 최근 발생 경향	이강진, 권민호	이강진	한국해양과학기술원
P-006	기후	ENSO의 영향으로 슈퍼태풍이 태풍활동에 미치는 기여도	강남영, 김동진, 최민주, 정종운	최민주	국가태풍센터
P-007	기후	Impacts of spring Eurasian snow cover anomaly on the East Asian summer monsoon	Jin-Yong Kim, Kyong-Hwan Seo	김진용	Pusan National University
P-008	기후	Storm Warning Validity	Nam-Yong Kang, Se-Hwan Yang, Jong-Woon Jung	양세환	국가태풍센터
P-009	기후	Effect of data accuracy and consistency on trend analysis of tropical cyclone intensity	김문현, 문일주	김문현	제주대학교
P-010	기후	극지역 여름철 평균 순환장 형성에 대한 중관규모 저기압 활동의 영향	이민희, 김주홍	이민희	극지연구소
P-011	기후	기후변화감시를 위한 천리안위성 핵심기후변수 생산	이수봉, 장재철, 손은하, 이한별, 장재동	이수봉	국가기상위성센터
P-012	기후	지오퍼텐셜과 이산화탄소를 이용한 한국 여름 온도 분석	류지훈, 윤진호	류지훈	광주과학기술원
P-013	기후	Interdecadal modulation of El Niño-tropical North Atlantic teleconnection by the Atlantic multi-decadal oscillation	Jae-Heung Park, Jong-Seong Kug	박재홍	POSTECH
P-014	기후	Possible mechanisms for the coupling between late spring sea surface temperature anomalies over tropical Atlantic and East Asian summer monsoon	Ga-Yeong Seo, Yeon-Woo Choi, Chan-Yeong Song, Joong-Bae Ahn	서가영	Pusan National University
P-015	기후	Negative NAO as a precursor of SSW events evolving from displacement type to split type	최혜선, 최우갑, 김성중, 김백민	최혜선	극지연구소
P-016	기후	한반도 고농도 PM10 사례 발생 시 지속시간에 따른 북반구 대기 장 분석	구호영, 김백민	구호영	부경대학교
P-017	기후	Breakdown of the Linear Relationship between the Southern Hemisphere Hadley Cell and Jet Latitude Changes in the Last Glacial Maximum	Seo-Yeon Kim, Seok-Woo Son	김서연	Seoul National University
P-018	기후	북극의 온난화가 중위도 지역의 겨울철 추위에 미치는 영향	홍윤기, 윤진호	홍윤기	광주과학기술원
P-019	기후	Critical Role of Extreme Midlatitude-storms in Arctic Amplification	홍자영, 김백민, 백은혁, 김주홍, 김성중	홍자영	극지연구소
P-020	기후	동아시아 겨울 기온의 변동성 연구	최자현, 박태원, 정지훈	최자현	전남대학교
P-021	기후	Predicting El Niño Beyond 1-year Lead: Effect of the Western Hemisphere Warm Pool	Jae-Heung Park, Jong-Seong Kug	박재홍	POSTECH
P-022	기후	유라시아 열파 발생의 증가에 지면-대기 상호작용의 영향	김경민, 김민석, 정지훈	김경민	전남대학교
P-023	기후	지구온난화에 따른 동아시아 여름 몬순 변동성의 현재와 미래	박진아, 윤진호	박진아	광주과학기술원
P-024	기후	역학모형의 동아시아 봄철 가뭄 예측 성능 평가 및 관련성	강상현, 우성호, 정예림, 정지훈	강상현	전남대학교
P-025	기후	상세 기후허자 자료의 재생산과 극한기후지수의 특성 분석	상정, 김맹기, 윤지현, 박성현	상정	공주대학교
P-026	기후	동아시아 지역 열대야 발생 빈도의 1990년대 후반 regime shift 원인 연구	이은혜, 예상욱	이은혜	한양대학교
P-027	기후	A box model of circulation and melting in ice shelf caverns with oxygen isotopic composition	Hyuna Kim, June-Yi Lee, Axel Timmermann	김현아	Pusan National University
P-028	기후	Uncertainties in Arctic sea ice thickness associated with different atmospheric reanalysis datasets using the CICE5 model	Su-Bong Lee, Baek-Min Kim, Jinro Ukita, Joong-Bae Ahn	이수봉	극지연구소
P-029	기후	통계-역학 하이브리드 기법을 이용한 해빙 농도의 증장기 예측	김종호, 백은혁, 정의현, 고영대, 최자현, 정지훈	김종호	전남대학교
P-030	기후	CMIP5 및 CMIP6의 식생 계절성 모의 성능 비교	박훈영, 정수종	박훈영	서울대학교
P-031	기후	CORDEX-East Asia 2단계 영역 재현실험을 통한 지역기후모델 강수 모의 성능 평가	김태형, 차동현, 신석우, 김가영, 박창용, 이민규, 박이준, 서명석, 장은철, 김주완, 안중배, 최연우, 민승기, 변영화	김태형	울산과학기술원
P-032	기후	Attribution of extreme precipitation changes during 1951-2015: An updated analysis using CMIP6 models	Seungmok Paik, Seung-Ki Min	백승묵	POSTECH
P-033	기후	Early Indian Summer Monsoon Onset Driven by Low Soil Moisture in the Iranian Desert	문수연, 하경자	문수연	부산대학교
P-034	기후	Marine Heatwaves Impacts on the Global Surface Phytoplankton Variability	Kyung Min Noh, Hyung-Gyu Lim, Jong-Seong Kug	노경민	POSTECH
P-035	기후	태풍으로 발달/비발달 열대요란의 다중규모 분석	장민희, 허창희	장민희	서울대학교

포스터 발표 1 (P-001~P-158)

1. 발표 일정 및 장소: 10월 30일(수) 15:40~17:40 / HICO 3층 로비
2. 포스터 규격: 90cm X 140cm
3. 포스터 부착 시간: 10월 30일(수) 8:30~17:40
4. 발표 후에는 목요일 포스터 게시를 위해 포스터를 제거 부탁드립니다

번호	분과	제목	저자	발표자	소속
P-036	기후	Mechanism of Double peaked El Nino	Na-Yeon Shin, Jong-Seong Kug	신나연	POSTECH
P-037	기후	북서태평양 태풍 진로의 변화와 태평양 10년 주기 변동의 상관관계	이민규, 문지홍, 박진영, Johnny C.L. Chan, 차동현	이민규	울산과학기술원
P-038	기후	Impact of Antarctic meltwater forcing on East Asian climate under greenhouse warming	Ji-Hoon Oh, Won-Sun Park, Emilia Kyung Jin, Hyung-Gyu Lim, Kyung-Min Noh, Jong-seong Kug	오지훈	POSTECH
P-039	기후	기후예측시스템(GloSea5)의 해양모델 모의 평가 및 검증	최진호, 문병권, 위지은, 이효미, 이조한, 장필훈, 김윤재	최진호	전북대학교
P-040	기후	지면 모델을 이용한 전 지구 육상 생태계 탄소저장시간의 시·공간적 변동 분석	여재호, 정수중, 박훈영, 윤정민	여재호	서울대학교
P-041	기후	WRF-Hydro 모형을 이용한 한반도 수문학적 가뭄정보의 역학적 상세화	김민우, 장은철	김민우	공주대학교
P-042	기후	Evaluation of Medium-Range Extreme Heat Event Forecasting in East Asia Using the KMA Ensemble Prediction System for Global	Sunlae Tak, Nakbin Choi, and Myong-In Lee	탁선래	UNIST
P-043	기후	Monitoring River Flow and Water Recourse Management for Ili River from Microwave Satellite Observation	Saliyeva Kamar, Eun Hea Jho	Saliyeva Kamar	Ministry of Energy, Republic State Enterprise "Kazhydromet"
P-044	기후	동아시아에서의 기상학적 요인이 오존에 미치는 영향 분석	양서희, 김민중, 정재인, 박록진	양서희	명지대학교
P-045	기후	Extratropical cyclones over East Asia: Climatology, seasonal cycle, and long-term trend	Jaeyeon Lee, Seok-Woo Son, Hyeong-Oh Cho, Junsu Kim, Dong-Hyun Cha, John. R. Gyakum, Deliang Chen	이재연	Seoul National University
P-046	기후	Improved Representation of the Diurnal Variation of Warm Season Precipitation by an Atmospheric General Circulation Model at a 10 km Horizontal Resolution	Hyerim Kim, Moyng-In Lee, Dong-Hyun Cha, Young-Kwon Lim and William M. Putman	김혜림	UNIST
P-047	기후	USING REMOTE SENSING DATA TO STUDY THE DYNAMICS OF SEASONAL LINE IN THE BASINS OF MOUNTAIN RIVERS OF UZBEKISTAN	Adkham Mamaraimov, Gangwoong Lee	Adkham Mamaraimov	Centre of hydrometeorological service of the Republic of Uzbekistan
P-048	기후	우리나라 2018년 여름철 기록적 산불발생과 관련된 기상학적 요인	정지윤, 우성호, 정지훈	정지윤	전남대학교
P-049	기후	Atmospheric rivers in East Asian summer monsoon: Subseasonal variability and their hydrological impacts	Chanil Park, Seok-Woo Son	박찬일	Seoul National University
P-050	기후	서울과 인천의 여름철 집중호우 장기 변동성 분석	문태호, 차동현	문태호	울산과학기술원
P-051	기후	A Study on the Deep Water Formation in the East Sea using Multi-satellites and HYCOM	Myeong-Hyeon Kim, Young-Heon Jo, Dae-Won Kim, Deoksu Kim, June-Yi Lee	김명현	Pusan National University
P-052	기후	Reducing Initialization Shock in Coupled Model by using Coupled Data Assimilation	Nakbin Choi, Myong-In Lee	최낙빈	UNIST
P-053	기후	Hindcast 기간(기후 평년값)에 따른 APCC 다중모델 앙상블(MME) 예측력 평가	임창목, 민영미	임창목	APEC 기후센터
P-054	기후	기후예측시스템 기후기간 연장에 따른 계절 확률예측 신뢰도 평가	지희숙, 허솔원, 임소민, 함현준, 박진경, 이상민, 현유경, 김윤재	지희숙	국립기상과학원
P-055	기후	Impacts of the Atmospheric Interannual Variability on the West Antarctic Cryosphere	Jihae Kim, Myong-In Lee, Joonlee Lee, Nakbin Choi	김지혜	UNIST
P-056	대기물리	황해에서의 항공기에서 관측된 구름응결핵농도와 위성에서 계산된 구름수농도 사이의 상관관계 조사	양이석, 염성수, 염준식, 박민수	양이석	연세대학교
P-057	대기물리	지상레이더와 위성자료를 이용한 대류 구름의 연직구조 및 RDT 단계별 특성분석	이청룡, 류근수, 박기홍, 류근혁, 이규원	이청룡	경북대학교
P-058	대기물리	이중편파레이더 다중고도각 자료를 활용한 강우추정 정확도 향상기법 연구	염대진, 권수현, 방원배, 이규원	염대진	경북대학교
P-059	대기물리	부분 빙차폐 완화를 통한 서울지역 소형 레이더 강우 개선: 반사도 통계 활용	이대형, Alexander Ryzhkov, 류근수, 방원배, 박홍목, 이규원	이대형	경북대학교
P-060	대기물리	공군 C-밴드 이중편파레이더 관측자료 품질관리	예보영, 이대형, 방원배, 박홍목, 이규원	예보영	경북대학교
P-061	대기물리	진천레이더비교관측소 관측자료의 정확도 향상을 위한 연구	장민, 채정훈, 박문수, 김해림, 정성화	장민	한국외국어대학교 대기환경연구센터
P-062	대기물리	정지 및 저궤도 위성을 이용한 합성강수 생성	백승우, 류수록, 류근수, 이규원	백승우	경북대학교
P-063	대기물리	구름 지역에 대한 에어로졸 광학깊이 산출	장성현, 염준식	장성현	부산대학교
P-064	대기물리	라이더 관측 자료를 이용한 PM2.5 질량 농도 산출법 연구	주소희, 김태경, 김지수, Naghmeh Dehkoda, 노영민	주소희	부경대학교
P-065	대기물리	AERONET 선폴토미터 데이터를 이용한 이동 거리에 따른 황사 입자 크기 변화 연구	주소희, 김태경, 김지수, Naghmeh Dehkoda, 노영민	주소희	부경대학교
P-066	대기물리	대기보정을 통한 천리안위성 2A호 천연색 RGB 영상 개선	김민상, 손은하, 장재동	손은하	기상청
P-067	대기물리	GOCI AOD를 이용한 한국과 중국 미세먼지 농도의 통계적 추정 연구	김광년, 이윤곤, 김승희, 조원희, 정은선	김광년	충남대학교
P-068	대기물리	Using Satellite Data to Determine the Trends of Air Pollution Concentration in Rwanda	Steven HIGIRO, Tae hyoung Lee	Steven HIGIRO	Ministry of Environment and Rwanda Meteorology Agency
P-069	대기물리	한반도에서 AERONET Version에 따른 에어로졸 특성 비교	이주희, 구자호, 이윤곤	이주희	충남대학교
P-070	대기물리	한국과 중국 지상미세먼지농도의 최근 변화 경향과 기상인자와의 관련성 분석	정은선, 김광년, 이윤곤	정은선	충남대학교

포스터 발표 1 (P-001~P-158)

1. 발표 일정 및 장소: 10월 30일(수) 15:40~17:40 / HICO 3층 로비
2. 포스터 규격: 90cm X 140cm
3. 포스터 부착 시간: 10월 30일(수) 8:30~17:40
4. 발표 후에는 목요일 포스터 게시를 위해 포스터를 제거 부탁드립니다

번호	분과	제목	저자	발표자	소속
P-071	대기물리	Sensitivity of Weather Research and Forecasting (WRF) schemes to simulate a severe rainfall event over Solomon Islands	McJessey Leon Brian Beu, Junghyo Chae	McJessey Leon Brian Beu	Solomon Islands Meteorological Services under Ministry of Environment
P-072	대기물리	IMPACT OF RADIATION PARAMETERIZATION TO THE TRACK AND INTENSITY OF TROPICAL CYCLONE MANGKHUT (2018)	John Mark I. Dolendo, Jung Hyo Chae	John Mark I. Dolendo	Philippine Atmospheric Geophysical and Astronomical Services Administration
P-073	대기물리	Simulation of Lightning using WRF model during second inter-monsoon period, 2018 over Sri Lanka	Darshana Shamil Premathilake, Lee Gang Woong	Darshana Shamil Premathilake	Department of Meteorology Sri Lanka
P-074	환경 및 응용기상	영상의 윤곽선 추출을 이용한 안개 수준 추정	김경원	김경원	서울기상연구소
P-075	환경 및 응용기상	기계학습을 이용한 한반도 여름철 전선에서의 MODIS 지표면온도 추정	유철희, 임정호, 조동진	유철희	울산과학기술원
P-076	환경 및 응용기상	2018년 불철 서리 발생일 기상 분석	노일석, 도해원, 김수옥, 이승재	노일석	국가농림기상센터
P-077	환경 및 응용기상	폭염 기간 중 도심 지역의 토지 피복별 기온과 지면온도 분포 분석	권이영, 박수현, 함재희, 김연옥, 이승현, 최동원, 김예솔, 한유진, Agossou Casimir, 광경환, 최우석	권이영	강원대학교
P-078	환경 및 응용기상	인천공항의 기상에 의한 비정상운항 분석	강혜연, 이효신, 최희욱, 김연희, 하종철	강혜연	(주)엠씨랩
P-079	환경 및 응용기상	공항지역 시정의 신뢰성분석	황유선, 한근희, 김찬수	황유선	공주대학교
P-080	환경 및 응용기상	2017-2018년 나로우주센터의 대기안정도, 지상전계강도와 낙뢰 발생의 상관성 분석	최은호, 김홍일, 하중성	최은호	한국항공우주연구원
P-081	환경 및 응용기상	Stacking Ensemble를 이용한 일별 최고온도 공간내삽 정확도 향상	조동진, 유철희, 임정호, 이연수	조동진	울산과학기술원
P-082	환경 및 응용기상	식생냉각효과 적용을 통한 BioCAS의 폭염기간 일 최고기온 추정 개선	이채연, 이한경, 김규량, 조창범, 하중철	이채연	한국외국어대학교 대기환경연구센터
P-083	환경 및 응용기상	국내 이산화탄소 관측의 자료동화를 통한 아시아 지역 지표면 탄소 플럭스 추정	조민광, 김현미	조민광	연세대학교
P-084	환경 및 응용기상	안면도 기후변화감시소에서 관측된 이산화탄소(CO2)의 새로운 배경농도 산출에 대한 연구	이영곤, 한상욱, 이세표, 류상범	이영곤	국립기상과학원
P-085	환경 및 응용기상	한반도 기후변화 지표로서의 온대 산림 식물 계절 네트워크	김중호, 정수중, 손성원	김중호	서울대학교
P-086	환경 및 응용기상	위성자료와 기계 학습을 이용한 평양의 숲 녹지 변화 분석	김병연, 정수중	김병연	서울대학교
P-087	환경 및 응용기상	High resolution regional surface total and diffuse shortwave radiation derived from COMS using artificial neural networks	Xing Chen, Sujong Jeong	징첸	서울대학교
P-088	환경 및 응용기상	WRF 모형을 이용한 해안 지역에서의 대기경계층의 연직 구조 및 능력 평가	임희정, 이영희	임희정	경북대학교
P-089	환경 및 응용기상	CFD-WRF-NIER 접합 모델을 이용한 도시 지역 상세 흐름과 기온 특성 연구	강건, 김재진, 박수진, 홍지윤	강건	부경대학교
P-090	환경 및 응용기상	툰드라 지역에서의 Polar WRF 모의성능 분석과 개선과정	김정원, 이준홍, 홍제우, 홍진규, 윤주열, 정지영, 최태진, 이방용	김정원	연세대학교
P-091	환경 및 응용기상	WRF 자료의 유적을 이용한 2018년 8월 1일 홍천 폭염 분석	김석환, 이재규	김석환	강릉원주대학교
P-092	환경 및 응용기상	Statistics of Upper-Level Turbulence based on the Eddy Dissipation Rate using 1-Hz In-Situ Aircraft Data	Jeongmin Kim, Jung-Hoon Kim, Soo-Hyun Kim, Hye-Yeong Chun	김정훈	서울대학교
P-093	환경 및 응용기상	ERA5 자료를 이용한 작물 모델링	민성현, 이수정, 이승재	민성현	국가농림기상센터
P-094	환경 및 응용기상	농림기상관측자료와 ERA-LAND 자료를 활용한 Noah LSM 기반 집열속의 계절-연 변화 분석	이원영, 윤지원, 이예분, 박소정, 이승연, 박선기	이원영	이화여자대학교
P-095	환경 및 응용기상	Analysis of Convectively Induced Turbulence in Korea using in situ aircraft and radar data	이나원, 김정훈, 백승우, 이규원	이나원	서울대학교
P-096	환경 및 응용기상	제주국제공항 수평 윈드시어 경보 예측 연구	김근희, 최희욱, 민병훈, 석재혁, 김연희, 하중철	김근희	국립기상과학원
P-097	환경 및 응용기상	제주국제공항 대상 저층 연직 윈드시어 예측 및 검증	민병훈, 최희욱, 김근희, 석재혁, 김연희, 하중철	민병훈	국립기상과학원
P-098	환경 및 응용기상	국내 대도시 지표 대기오염물질의 요일별 장기 변동성 분석	이태경, 이윤곤, 구자호	이태경	충남대학교
P-099	환경 및 응용기상	고농도 미세먼지 발생시 도시숲의 미세먼지 저감효과분석	김태희, 유신이, 함수한, 최수민, 박찬열, 조재형	김태희	국립산림과학원
P-100	환경 및 응용기상	드론을 이용한 농촌 지역 노천소각 시 미세먼지 분포 특성	오효숙, 이승현, 손영진, 이용희, 원치성, 김지현, 박수현, 최동원, 권이영, 광경환	오효숙	강원대학교
P-101	환경 및 응용기상	입자크기에 따른 수농도 분포의 각 모드별 호흡기계 침적률 연구	안찬중, 김상우, 최원식	안찬중	부경대학교
P-102	환경 및 응용기상	한반도 미세먼지 발생과 연관된 중관규모 기상 요소 분석	조민정, 최용상, 김하림	조민정	이화여자대학교
P-103	환경 및 응용기상	관측 자료에 기반한 부산 내 다양한 조건의 도로 속 대기오염물질의 분포 분석	박용미, 박호선, 강준영, 최원식	박용미	부경대학교
P-104	환경 및 응용기상	PM2.5 고농도 사례의 시-공간적 패턴 분석	한수빈, 박용미, 최원식	한수빈	부경대학교
P-105	환경 및 응용기상	인공위성 데이터를 활용한 딥러닝 기반의 서울 내 미세먼지 농도 예측	이아름, 정수중	이아름	서울대학교
P-106	환경 및 응용기상	대기모델링을 활용한 도시숲의 미세먼지 저감효과 평가	배연, 정수중	배연	서울대학교

포스터 발표 1 (P-001~P-158)

1. 발표 일정 및 장소: 10월 30일(수) 15:40~17:40 / HICO 3층 로비
2. 포스터 규격: 90cm X 140cm
3. 포스터 부착 시간: 10월 30일(수) 8:30~17:40
4. 발표 후에는 목요일 포스터 게시를 위해 포스터를 제거 부탁드립니다

번호	분과	제목	저자	발표자	소속
P-107	환경 및 응용기상	상세 규모 도시 대기질 모델을 활용한 이차 무기 에어로졸의 습식침적 영향 파악	김관동, 김민중	김관동	명지대학교
P-108	환경 및 응용기상	모바일 관측 시스템들을 통한 빌딩숲 내 보행자 맞춤형 기상 특성 분석	강민수, 박문수, 채정훈, 민재식, 조창래, 김상현	강민수	한국외국어대학교 대기환경연구센터
P-109	환경 및 응용기상	Aerosol 3DVAR Data Assimilation and Forecasting Test using Observation System Experiment (OSE)	Ganghan Kim, Myong-In Lee	김강한	UNIST
P-110	환경 및 응용기상	동아시아 오존 전량 재분석 자료의 검증	한보름, 오지영, 박선민, 손석우	한보름	서울대학교
P-111	환경 및 응용기상	위성과 지상 관측 자료를 활용한 서울 지역의 지상 오존과 전구 물질 농도의 변화 경향 연구	서승환, 김시완	서승환	연세대학교
P-112	환경 및 응용기상	도시협곡 내 가열효과에 따른 에어로졸의 영향 파악	이승연, 김민중	이승연	명지대학교
P-113	환경 및 응용기상	비균질한 지표면 상에서 관측된 스칼라 플럭스의 다중 분해 분석	이현아, 이영희	이현아	경북대학교
P-114	환경 및 응용기상	비균질 지표면 상에서 스칼라 수송의 스펙트럼 특징	이가원, 이영희	이가원	경북대학교
P-115	환경 및 응용기상	수도권 국지 대류성 강수의 도시효과	최유나, 이영희	최유나	경북대학교
P-116	환경 및 응용기상	AWS 자료를 이용한 서울시 확률강우량 산정	이나현, 정수중	이나현	서울대학교
P-117	환경 및 응용기상	지상기반원격탐사장비를 이용한 대기경계층고도 산출 및 최적화 방안	민재식, 박문수, 채정훈, 강민수	민재식	한국외국어대학교 대기환경연구센터
P-118	환경 및 응용기상	HYSPLIT 모델의 습식 침적 개선에 따른 화산재의 모의 효과 연구	곽명창, 장은철	곽명창	공주대학교
P-119	환경 및 응용기상	윈드라이다를 이용한 도시의 연직풍속 분포 연구	김도형, 홍선옥, 변재영, 박항숙, 하종철	김도형	국립기상과학원
P-120	환경 및 응용기상	Inter-amount times를 이용한 홍수위험성의 정량적 평가	오혜주, 윤상후	윤상후	대구대학교
P-121	환경 및 응용기상	드론을 이용한 도시 지역과 교외 지역의 여름철 대기 연직 분포 비교	김예술, 한유진, 이승협, 박수현, 권이영, 최동원, 곽경환	김예술	강원대학교
P-122	대기역학	동아시아에서 발생한 청천난류 사례에 대한 발생 메커니즘 분석	김하늘, 김정훈	김정훈	서울대학교
P-123	대기역학	태풍 차바에 대한 지형 효과와 해수면 온도의 영향 분석	조우진, 문지홍, 이민규, 박진영, 차동현	조우진	울산과학기술원
P-124	대기역학	성층권 상태가 MJO 발달에 미치는 영향에 대한 모델 연구	황인용, 김주완	황인용	공주대학교
P-125	대기역학	이중편파 레이더 자료를 이용한 증규모 수치 모델 자료동화 실험	이재근, 민기홍	이재근	경북대학교
P-126	대기역학	KISTI 누리온에서 기상/기후 수치모델의 계산 성능 측정 실험	김재엽, 박상훈	김재엽	연세대학교
P-127	대기역학	기상레이더 관측 자료를 이용한 3차원 변분자료동화 기술 연구	배정호, 민기홍	배정호	경북대학교
P-128	대기역학	지구 자전속도에 따른 해들리 순환과 제트의 반응	조종혁, 김서연, 손석우	김서연	서울대학교
P-129	대기역학	Analysis and Evaluation of Low-Level Turbulence observed at Boseong Tower	Jiwoo Lee, Jung-Hoon Kim	이지우	서울대학교
P-130	대기역학	CAMS 재분석자료를 활용한 적도 대류권계면층의 오존변동성 분석	류호선, 김주완	류호선	공주대학교
P-131	관측 및 예보	차령산맥 지형효과 연구를 위한 차령캠페인	최상희, 허복행, 김주완, 장은철, 이정선, 신윤숙, 장민준, 김연진, 심성보, 김기훈, 윤주호, 박민규	최상희	대전지방기상청
P-132	관측 및 예보	SSPA 소형기상레이더 품질관리 및 감시보정 기술 개발	이정은, 모선진, 박진우, 권수현, 임병희, 구지영, 정성화	이정은	기상레이더센터
P-133	관측 및 예보	기상레이더와 연직바람관측장비를 이용한 한반도 영향태풍 진로별 바람특성 분석	정민정, 이동인, 서성호	정민정	부경대학교
P-134	관측 및 예보	차량탐재 라이더 시스템을 활용한 수치모델 행성경계층고도 검증	박창근, 남형구, 김백조, 김승범	박창근	국립기상과학원
P-135	관측 및 예보	현업 고층관측 자동비양 체계 마련을 위한 관측 성능 평가	인소라, 김기훈, 박성화, 최규용, 이윤상, 김승범	인소라	국립기상과학원
P-136	관측 및 예보	3차원 카메라와 수치표고모델 자료에 따른 기상청 복사관측소의 환경 분석	조일성, 이규태, 지준범	조일성	강릉원주대학교
P-137	관측 및 예보	NOAA-20 위성 ATMS, CrIS 직수신 관측자료 품질검증 결과	배다혜, 신아영, 오현중, 김용상	배다혜	기상청
P-138	관측 및 예보	기상청 지상 GNSS 기반 산출물 생산 현황 및 개선	최범규, 신아영, 오현중, 김용상	최범규	국가기상위성센터
P-139	관측 및 예보	풍향 풍속 관측장비 유형에 따른 관측 특성 비교 분석	이승호, 황성은, 신승숙, 김정윤, 김승범	이승호	국립기상과학원
P-140	관측 및 예보	보성표준기상관측소 플럭스 자료를 활용한 수치모델 검증 연구	이영태, 신승숙, 김정윤, 김승범	이영태	국립기상과학원
P-141	관측 및 예보	Evaluation of Sensitivity of Typhoon Koppu (2015) to Complex Terrain Data and Spatial Resolution	Joseph Basconillo, 문일주, 김동훈, 오유정	조셉바스콘실로	Jeju National University
P-142	관측 및 예보	인공신경망을 이용한 수치모델의 북서태평양 태풍 진로 예측 성능 향상	김경민, 차동현	김경민	울산과학기술원

포스터 발표 1 (P-001~P-158)

1. 발표 일정 및 장소: 10월 30일(수) 15:40~17:40 / HICO 3층 로비
2. 포스터 규격: 90cm X 140cm
3. 포스터 부착 시간: 10월 30일(수) 8:30~17:40
4. 발표 후에는 목요일 포스터 게시를 위해 포스터를 제거 부탁드립니다

번호	분과	제목	저자	발표자	소속
P-143	관측 및 예보	Optimization of Multiple Physics Schemes and parameters using the micro-Genetic Algorithm in WRF model for Quantitative Precipitation Forecast in the Eastern Coastal Region of Korea	Sojung Park, Ebony Lee, Seung Yeon Lee, Ji Won Yoon, Seon Ki Park	박소정	Ewha Womans University
P-144	관측 및 예보	ICE-POP 관측자료 기반의 수치모델 미세물리 모수화 방법 비교 분석	조수정, 안광득	조수정	수치모델링센터
P-145	관측 및 예보	Noah LSM 기반의 empirical values에 대한 민감도 실험	윤지원, 박소정, 이예본, 박선기	윤지원	이화여자대학교
P-146	관측 및 예보	영동지방의 해륙풍 및 산곡풍의 ideal 수치 모의 : 지형성 강수 및 중관장 영향 분석	윤지원, 이승연, 박소정, 박선기	윤지원	이화여자대학교
P-147	관측 및 예보	산맥의 저지효과와 관련된 영동대설 사례에 대한 지형 민감도 실험	정해수, 김해찬, 이승연, 박소정, 박선기	정해수	이화여자대학교
P-148	관측 및 예보	2019년 초여름 강수 사례에 대한 NCAM-LAMP 예측결과 특성분석	노일석, 이승재	노일석	국가농림기상센터
P-149	관측 및 예보	겨울철 강원도 강수-강설 특성 및 피해 분석	김미경, 은승희, 김수현, 김병곤, 김백조, 심재관	김미경	강릉원주대학교
P-150	관측 및 예보	날씨유형 분류를 통한 여름철 한반도 폭염 특성 분석	이현철, 조영준, 임병환, 김승범	이현철	국립기상과학원
P-151	관측 및 예보	PCA 기법을 이용한 한반도 동해안 강수 사례 중관기후 패턴 분석	이승연, 원성민, 박선기	이승연	이화여자대학교
P-152	관측 및 예보	태풍의 3개월전방 예측정확도 검증	현유선, 양세환, 차은정, 정종운	현유선	국가태풍센터
P-153	관측 및 예보	대구·경북 우박 크기 예측법 적용 연구	조용중, 박성환, 이호민, 김병준, 김수인	조용중	대구지방기상청
P-154	관측 및 예보	전남 서해안에서 발생하는 우박예측 개선 방안	이세정, 이병철, 전수현, 허용석, 송세정, 이미나	이세정	광주지방기상청
P-155	관측 및 예보	서울지역 기후자료 기반 폭염 특보구역 세분화 가능성 연구	정종혁, 심재관, 김백조	정종혁	국립기상과학원
P-156	관측 및 예보	고속도로 노면결빙 방재기상 서비스 운영	임재환, 신건명, 백승우, 김혜림	김혜림	전주기상지청
P-157	관측 및 예보	기계학습기반 기온예측모형 성능비교	조창제, 이성호	조창제	대구대학교
P-158	관측 및 예보	보성 관측자료 기반 수치모델 대기경계층 유형별 강수 예측성 검증	황성은, 박성원, 신승숙, 김정윤, 김승범	황성은	국립기상과학원

2019년 한국기상학회 정기총회 및 가을학술대회 일정표

10월 30일(수)					
08:30~09:20	1층 로비	등록			
09:20~09:40	300C	개회식	사회: 권영철 (KIAPS)		
09:40~10:00	300C	[초청강연1] 황중성 연구위원 (한국정보화진흥원)	좌장: 민승기 (포항공대)		
10:00~10:20		[초청강연2] 하경자 교수 (부산대)			
10:20~10:40		[초청강연3] 홍성유 단장 (KIAPS)			
10:40~10:50	300C	단체사진			
10:50~11:00	휴식				
학술발표					
발표장	300C	101-102	105-106	201	205-206
11:00~12:30	기후 1	[특별세션 3] 특이기상연구센터 성과 1	환경 및 응용기상 1	[특별세션 11] 기상산업 활성화	관측 및 예보 1
	김백민 (부경대)	함유근 (전남대)	구자호 (연세대)	송근용 (기상산업기술원)	김기훈 (국립기상과학원)
12:30~13:50	300A-B	중식			
13:50~15:20	기후 2	[특별세션 3] 특이기상연구센터 성과 2	[특별세션 10] AR6 기후변화 시나리오	[특별세션 8] 관측 사각 영역 기상 자료	관측 및 예보 2
	진경 (극지연구소)	차동현 (UNIST)	최준태 (국립기상과학원)	권병혁 (부경대)	정성화 (기상레이더센터)
15:20~15:40	휴식				
15:40~16:40	300C	평의원회	포스터 발표 1 (3층 로비)		
16:40~17:40	300C	정기총회			
18:00~20:00	300A-B	간담회			
10월 31일(목)					
발표장	202-204	101-102	105-106	201	205-206
09:00~10:30	기후 3	대기물리 1	[특별세션 7] 도시기상 빌딩숲 집중관측 1	[특별세션 4] KIM 개발 성과와 미래전략	[특별세션 6] 강원 영동 입체공동관측 1
	정지훈 (전남대)	엄준식 (부산대)	변재영 (국립기상과학원)	강현석 (수치모델링센터)	권태영 (강릉원주대)
10:30~10:50	휴식				
10:50~12:20	기후 4	대기물리 2	[특별세션 7] 도시기상 빌딩숲 집중관측 2	[특별세션 5] 관측시스템 수치예보 영향 1	[특별세션 6] 강원 영동 입체공동관측 2
	김선태 (APEC 기후센터)	임교선 (경북대)	박문수 (한국외국어대)	박세영 (수치모델링센터)	김병곤 (강릉원주대)
12:20~13:20	300A-B	중식			
13:20~14:50	포스터 발표 2 (3층 로비)				
14:50~16:20	기후 5	[특별세션 1] HPC 기상기후연구	환경 및 응용기상 2	[특별세션 5] 관측시스템 수치예보 영향 2	관측 및 예보 3
	현유경 (국립기상과학원)	조민수 (KISTI)	임윤진 (국립기상과학원)	이승우 (수치모델링센터)	박혜숙 (국가기상위성센터)
16:20~16:40	휴식				
16:40~18:10	기후 6	[특별세션 2] 폭염영향예보와 대응	환경 및 응용기상 3	대기역학 1	관측 및 예보 4
	구태영 (국립기상과학원)	김용준 (한국외국어대)	정수중 (서울대)	김주환 (공주대)	이시혜 (KIAPS)
11월 1일(금)					
발표장	202-204	101-102	105-106	201	205-206
09:00~10:30	[특별세션 9] (English) Climate & Earth System 1	대기물리 3	환경 및 응용기상 4	대기역학 2	관측 및 예보 5
	국중성 (포항공대)	이현호 (공주대)	이승재 (국가농림기상센터)	박상훈 (연세대)	이은희 (KIAPS)
10:30~10:50	휴식				
10:50~12:20	[특별세션 9] (English) Climate & Earth System 2	대기물리 4	환경 및 응용기상 5	대기역학 3	관측 및 예보 6
	이준이 (부산대)	박상서 (UNIST)	김주홍 (극지연구소)	김정훈 (서울대)	박세영 (수치모델링센터)
12:30~	202-204	폐회식 및 우수포스터 시상		사회: 민승기 (포항공대)	