

2023 한국지구과학회 춘계 학술대회 논문집

지구시스템의 변화에 대비한 지구과학 교육의 나아갈 방향

📍 일 자: 2023년 04월 28일(금) ~ 29일(토)

📍 장 소: 서울대학교 시흥캠퍼스 교육협력동

주최·주관



(사)한국지구과학회



서울대학교 지구과학교육과

후원



한국수자원공사



한국과학기술단체총연합회

CONTENT

2023 춘계학술발표대회 일정표

학술발표장 일정표

포스터 발표 일정표

특 강

학술발표장 A

학술발표장 B

학술발표장 C

일반 포스터 발표

윤리규정

환영사

존경하는 한국지구과학회 회원 여러분

한국지구과학회 춘계학술대회에 오신 것을 진심으로 환영합니다. 이번 학술대회는 오랜만에 서울대학교에서 전면 대면 발표로 진행하게 되었습니다. 지난 부산에서의 추계 학술대회에 이어 반 년만에 회원 여러분을 만나뵙게 되니 무척 반갑습니다.

지구시스템을 기반으로 한 문제가 그 어느 때보다도 우리 사회의 주요 쟁점으로 부각되고 있고 그 중심에 지구과학이 있습니다. 이에 이번 춘계학술대회 주제를 “지구시스템의 변화에 대비한 지구과학교육의 나아갈 방향”으로 정했습니다. 최근 전지구적 변화를 분석하고 관련 문제를 해결하는 데 중심 역할을 하는 지구과학 연구 논의의 장에서 활발한 학술 교류가 이루어지기를 바랍니다.

이번 춘계 학술대회에서는 특별히 서울대학교 이성근교수님과 이화여자대학교 김혜미 교수님께서 귀한 시간을 내어 특강을 해주십니다. 두 분은 각각 지질학과 대기과학 분야에서 세계적으로 인정받는 연구를 수행하고 계시는 리더 연구자입니다. 두 분의 강의를 통해 지구시스템의 변화에 대해 더 잘 이해하는 시간이 될 것으로 기대합니다.

지구과학교육자들은 지구시스템에서 발생하는 다양한 변화에 대한 지구과학자들의 최신 연구 결과를 통해 교육에 적용할 수 있는 방안을 모색해 보는 기회가 될 것입니다. 지구과학자들은 다양한 지구과학교육 연구를 통해 차세대 시민들에게 필요한 지구시스템의 변화에 대한 내용을 고민할 수 있는 시간이 될 것입니다. 이번 학술대회를 통해 지속 가능한 지구의 미래를 위한 지구과학자들과 지구과학교육자들의 학술적 교류가 더욱 활발하게 일어날 것으로 기대합니다.

본 학술대회 개최에 후원해 주신 과학기술정보통신부, K-Water, 서울대학교 지구과학교육과 등에 깊은 감사의 말씀을 전합니다. 특히, 성공적인 학술대회 개최를 위하여 물심양면으로 도와주신 서울대학교 유희림총장님과 박경애수석부회장님, 그리고 전국 각지에서 학술 발표에 참여해 주신 회원 여러분께 진심으로 감사드립니다.

2023년 4월 28일

한국지구과학회 회장 신 동 희

신동희

축 사



한국지구과학회 회원 여러분 반갑습니다. 서울대학교 총장 유홍림입니다. 1964년에 창설되어 59년의 전통을 사랑하는 한국지구과학회의 '2023년도 춘계 학술발표회' 개최를 진심으로 축하드립니다. 바쁘신 중에도 귀한 시간을 내셔서 서울대학교 시흥캠퍼스를 방문해주시는 연구자 여러분을 환영합니다.

지구과학은 우리가 사는 지구와 천문을 연구하는 가장 오래된 학문이자 최첨단의 학문입니다. 또한 인류가 우주에서 가장 멋진 행성인 지구에서 발전을 이루고 있는 것은 지구과학의 공이 매우 크다고 생각합니다. 지구는 생명체와 생태계가 존속할 수 있는 근원이기 때문입니다. 기후 위기에 직면한 우리에게 지구과학의 중요성은 더욱 커졌습니다. 지속가능한 발전을 위해서는 수권, 기권, 암권, 빙권, 생물권의 지구 시스템 연구와 교육이 더욱 발전해야 합니다. 이번 춘계 학술대회가 「지구시스템의 변화에 대비한 지구과학교육의 나아갈 방향」라는 뜻깊은 주제로 진행된다고 하니, 서울대학교 시흥캠퍼스에서 학회를 개최하게 된 것을 더욱 영광으로 생각합니다. 한국지구과학회 회장님께 깊은 감사를 전합니다.

끝으로 오늘 이 자리가 우리나라 지구과학과 지구과학교육의 학문적 도약을 준비하는 의미 있는 논의의 장이 되기를 기원합니다. 오늘의 발표와 토론을 통해 우리가 당면한 지구시스템의 위기와 대응 그리고 교육에 대한 좋은 해답이 제시되기를 기대합니다. 다시 한번 한국지구과학회 춘계학술대회 개최를 진심으로 환영하고 축하합니다. 감사합니다.

2023년 4월 28일

서울대학교 총장

유홍림

(사)한국지구과학회 2023년도 춘계학술발표회 일정표

지구시스템의 변화에 대비한 지구과학 교육의 나아갈 방향

4월 28일 (금요일)			
시간	학술발표장		
10:00 - 10:30	등록 및 포스터 부착		
10:30 - 12:00	학술발표 A1 (교육)	학술발표 B1 (대기, 해양)	학생 포스터발표 C1 (STEAM, 비대면 녹화)
12:00 - 13:30	점심식사 (컨벤션B)		
13:30 - 13:50	(사)한국지구과학회 춘계학술발표회 개회식 환영사 ▶ 한국지구과학회 신동희 회장 축 사 ▶ 서울대학교 유홍림 총장		
13:50 - 14:00	기념촬영 및 휴식		
14:00 - 14:40	특강	I. 기후 예측의 현주소와 도전 ▶ 김혜미 교수(이화여대)	
14:40 - 15:20		II. 되돌이킬 수 없는 지구시스템현상의 원자단위의 이해 ▶ 이성근 교수(서울대)	
15:20 - 15:30	휴식		
15:30 - 17:00	학술발표 A2 (교육)	학술발표 B2 (대기, 해양)	학술발표 C2 (지질/지구물리, 천문)
17:00 - 18:00	포스터 발표 (일반, 고등학생)		
18:00 -	간담회 (컨벤션B)		

4월 29일 (토요일)			
시간	워크숍(온라인)		
09:00 - 09:20	등록		
09:30 - 11:20	개회사: 이효녕(한국지구과학올림피아드 위원장) 축 사: 신동희(한국지구과학회장) 특 강: 박창근 박사(극지연구소) ▶ 운석과 소행성 시료가 간직한 태양계 진화의 비밀		
11:20 - 12:00	홍 보: 이효녕(위원장) ▶ 한국지구과학올림피아드 사업 소개 토 론: 박창용(부위원장) ▶ 한국지구과학올림피아드 홍보 방안 협의 및 질의응답		

<세부 장소 안내>

- ▶ 등록 및 포스터 발표: 서울대학교 시흥캠퍼스 교육협력동 2F 컨벤션A 로비
- ▶ 특강 및 학술발표 A: 서울대학교 시흥캠퍼스 교육협력동 2F 컨벤션A
- ▶ 학술발표 B : 서울대학교 시흥캠퍼스 교육협력동 5F 505호
- ▶ 학술발표 C : 서울대학교 시흥캠퍼스 교육협력동 1F 102호
- ▶ 지구과학 올림피아드 홍보 워크숍 Zoom 회의실 : ID - 825 7503 1566, PW - 783179

<https://url.kr/ba6e49>

학술발표장 A (교육)

학술발표 A-1		좌장: 정수임(은행고)
10:30-10:45	판 운동 원동력에 대한 예비교사들의 개념변화와 이를 통한 교육적 고찰	김예은* ¹ 이규호 ² 서기원 ³ ¹ 서울대학교 과학교육과(yrs02019@snu.ac.kr), ² 경인교육대학교, 지구과학교육과, ³ 서울대학교 지구과학교육과
10:45-11:00	Chat GPT와 함께 스무고개 넘기: 과학 교수·학습의 조력자로서 Chat GPT의 활용 가능성 탐색	정수임* ¹ , 신동희 ² ¹ 은행고등학교(dinosue@korea.kr), ² 이화여자대학교
11:00-11:15	극지 소양 과학 교육 프로그램을 적용한 초등·중학생의 극지 소양 변화	정수임* ¹ , 신동희 ² ¹ 은행고등학교(dinosue@korea.kr), ² 이화여자대학교
11:15-11:30	시선 추적기를 활용한 예비 지구과학교사들의 지질도 해석에 대한 사례 연구	전웅현 ¹ , 이철민 ² , 정덕호* ² ¹ 전주고등학교, ² 전북대학교 과학교육학부(earthchung@jbnu.ac.kr)
11:30-11:45	Stakeholder analysis to improve implementation ratio of Groundwater Charge in South Korea	Minha Lee ¹ , Heejung Kim* ¹ , Jae E Yang ² ¹ Department of Geology, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Republic of Korea(minha_lee@kangwon.ac.kr), ² Department of Biological Environment, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Republic of Korea

학술발표 A-2		좌장: 남윤경(부산대)
15:30-15:45	장소기반 학습이 중학교 학생들의 지속가능한 공원에 대한 인식 및 환경 소양에 미치는 영향	원지운* ¹ , 남윤경 ² ¹ 방어진고등학교(jwwon1031@naver.com), ² 부산대학교
15:45-16:00	에너지 관련 과학기술 사회쟁점 (SSI)토론에서 나타난 초등과학영재들의 의사결정 전략	윤진아* ¹ , 남윤경 ² ¹ 부산대학교 과학교육연구소(zinayoon@gmail.com), ² 부산대학교 지구과학교육과(ynam@pusan.ac.kr)
16:00-16:15	중학생의 학습자 주도성 실태 및 요구 분석	유은정*, 우연경, 이인태 한국교육과정평가원 (geoscience@kice.re.kr)
16:15-16:30	핵심 개념에 대한 중등 과학 교사들의 인식 및 관점	유은정 한국교육과정평가원 (geoscience@kice.re.kr)
16:30-16:45	2015 개정 교육과정의 통합과학 교과에 대한 학생들의 인식 비교	전재돈* ¹ , 이진경 ² , 이효녕 ¹ ¹ 경북대학교(jjd8659@knu.ac.kr), ² 선주고등학교

학술발표장 B (대기, 해양)

학술발표 B-1		좌장: 위지은(전북대)
10:30-10:45	2020 동아시아 여름 강수 예측성: MJO 영향	위지은 ^{*1} , 강진희 ¹ , 문병권 ¹ ¹ 전북대학교 과학교육학부/융합과학연구소(jjeunwie@gmail.com)
10:45-11:00	중등학교 교과서 황해난류 오개념 분석 및 해류 데이터 시각화 수업자료 개발	김수란 ^{*1,2} , 박경애 ¹ , 변도성 ³ , 정광영 ³ , 최병주 ⁴ ¹ 서울대학교 (sulan0520@korea.kr), ² 경기도 상일고등학교, ³ 국립해양조사원, ⁴ 전남대학교
11:00-11:15	Optical Flow 기법을 활용한 표층 해류 산출	김희영 ^{*1} , 박경애 ² ¹ 서울대학교 지구과학교육과(heeyoungkim@snu.ac.kr), ² 서울대학교 지구과학교육과/해양연구소
11:15-11:30	위성관측(Aquarius, SMAP) 염분자료를 활용한 북서태평양 태풍에 대한 해양의 반응 (2011-2020)	박경애 ^{*1} , 박재진 ² , Wenqing Tang ³ ¹ 서울대학교 지구과학교육과(kapark@snu.ac.kr), ² 선박해양플랜트연구소, ³ NASA/JPL
11:30-11:45	Incidence of harmful algal blooms in the coastal region of Jeju Island: A satellite remote sensing approach	이민선 ¹ , 박경애 ^{*2} ¹ City University of New York, NY, USA, ² 서울대학교 지구과학교육과(kapark@snu.ac.kr)

학술발표 B-2		좌장: 박경애(서울대)
15:30-15:45	전구 대양에서 인공위성 고도계 관측 유의파고의 정확도 평가 및 오차 특성 분석	우혜진 ^{*1} , 박경애 ² , 박혜원 ³ , 김선우 ³ , 송승훈 ³ ¹ 서울대학교 지구과학교육과(hyejinwoo@snu.ac.kr), ² 서울대학교 지구과학교육과/교육융합연구원, ³ 서울대학교 과학교육과
15:45-16:00	위성 원격반사도 스펙트럼을 활용한 한반도 주변 표층 해수의 수형 변동 특성 이해	이지현 ^{*1} , 박경애 ¹ , 정광영 ² , 권석재 ² , 오현주 ² ¹ 서울대학교(jh.lee@snu.ac.kr), ² 국립 해양조사원
16:00-16:15	위성 영상 및 모형 실험 기반 유체 소용돌이 STEAM 교수-학습 자료 개발	정인진 ^{*1,2} , 박경애 ³ ¹ 서울대학교 과학교육과(injinwin@snu.ac.kr), ² 천안불당중학교, ³ 서울대학교 지구과학교육과
16:15-16:30	노르딕해 아표층 염분 변동성과 기후 요인	박지은 ^{*1} , 김현철 ¹ , 조경호 ² ¹ 극지연구소 원격탐사빙권정보센터 (jjeun@kopri.re.kr), ² 극지연구소 해양연구본부
16:30-16:45	한반도 주변 장기간 해수면 온도의 시공간 장기 변동 추세	강지원 ^{*1} , 박경애 ² , 황재동 ³ , 이준수 ³ , 한인성 ³ ¹ 서울대학교 과학교육과(jiwon503@snu.ac.kr), ² 서울대학교 지구과학교육과, ³ 국립수산과학원
16:45-17:00	인공위성 해수면온도 자료로 산출한 북서태평양 해양규모의 공간분포와 변동성	곽병대 ^{*1} , 박경애 ² ¹ 서울대학교 과학교육과(kwakbd1@snu.ac.kr), ² 서울대학교 지구과학교육과(kapark@snu.ac.kr)

학술발표장 C (STEAM, 지질/지구물리, 천문)

학생 포스터 발표 C-1			좌장: 박경진(한국교육과정평가원)
10:30-10:40	지질	Changes in Geochemical Composition of Groundwater Due to CO ₂ Leakage From a Carbon Capture and Storage Site	학생: Brian Yoonwoo Jeen 지도교사: Ulrich Muller 소속: 경기수원외국인학교
10:40-10:50	지질	Processing을 활용한 지오이드의 시각화	학생: 이상엽 지도교사: 김우겸 소속: 대전과학고등학교
10:50-11:00	우주과학	산개성단 IC 4665의 CCD 측광을 이용한 거리 측정	학생: 배영건 지도교사: 윤한나 소속: 대전동신과학고등학교
11:00-11:10	우주과학	대기 질량에 따른 천체의 밝기 변화 측정	학생: 박윤홍, 김민우, 김유성, 김형섭 지도교사: 박선미 소속: 한국과학영재학교
11:10-11:20	우주과학	대기에 의한 달의 광학적 특성 변화 연구	학생: 홍지우, 박승민, 서준빈 지도교사: 박선미 소속: 한국과학영재학교
11:20-11:30	우주과학	표준성을 이용한 대기소광계수 측정	학생: 남지연, 박새빈, 정보권 지도교사: 신진몽 소속: 부산과학고등학교
11:30-11:40	우주과학	부산과학고 별샘천문대에서의 초정밀 측광을 통한 외계행성 탐사	학생: 서유진, 신승원 지도교사: 신진몽 소속: 부산과학고등학교
11:40-11:50	STEAM	수질정화식물 연구를 통한 새로운 수질정화장치 고안	학생: 류재실 지도교사: 윤한나 소속: 대전동신과학고등학교
11:50-12:00	STEAM	도시열섬 완화를 위한 광물 소재 지붕 표면재의 온도저감효과 연구	학생: 이민정, 정현서 지도교사: 조형욱 소속: 경기과학고등학교

학술발표 C-2		좌장: 최승언(서울대)
15:30-15:45	자전축 변화를 이용한 지구시스템 변화 연구	서기원 서울대학교 지구과학교육과 (seokiweon@snu.ac.kr)
15:45-16:00	활발한 별 생성 영역 W5에 분포하는 별들의 운동학적 특성 연구	임범두 공주대학교 지구과학교육과(blim@kongju.ac.kr)
16:00-16:15	이즈반도 유네스코 세계지질공원의 지질명소	박정웅 전 송문고등학교 geoexplorer@hanmail.net
16:15-16:30	時憲曆에서는 다루는 淸蒙氣差(대기 굴절): 《崇禎曆書》, 《曆象考成》, 《曆象考成後篇》을 중심으로	최승언 서울대학교 사범대학 지구과학교육과 suchoe@snu.ac.kr
16:30-16:45	《崇禎曆書》의 〈月離曆指〉와 〈月離表〉에 제시된 달 운동 모델	최승언 서울대학교 사범대학 지구과학교육과 suchoe@snu.ac.kr
16:45-17:00	BISTRO: Magnetic Fields of the Serpens Main Molecular Cloud	Woojin Kwon (권우진)* ¹ on behalf of the BISTRO team ¹ Seoul National University (wkwon@snu.ac.kr)
17:00-17:15	퇴적암의 화학적 풍화 기록을 이용한 화성 고환경 복원 가능성 연구	전현지, 주영지* 부경대학교 지구환경시스템과학부 환경지질과학전공(yjoo@pknu.ac.kr)

일반 포스터 발표

번호	제 목		발표자(소속)
01	해양	해수의 연직 수온 분포 이해를 위한 해양 데이터 시각화 프로그램 개발 - GUI 프로그램 개발을 중심으로 -	최원문* ¹ , 박경애 ² ¹ 대전중학교(cwm2020@snu.ac.kr), ² 서울대학교 지구과학교육과
02	해양	초분광 원격탐사를 활용한 위험·유해물질(톨루엔) 두께 측정	박재진 ¹ , 박경애* ² , 김태성 ¹ , 이문진 ¹ ¹ 선박해양플랜트연구소 해양공공디지털연구본부, ² 서울대학교 지구과학교육과 (kapark@snu.ac.kr)
03	해양	한반도 주변해 GMI 마이크로파 해수면온도 검증과 환경적 요인	김희영* ¹ , 박경애 ¹ , 곽병대 ² , 황재동 ³ , 이준수 ³ , 한인성 ³ ¹ 서울대학교지구과학교육과 (heeyoungkim@snu.ac.kr), ² 서울대학교 과학교육과, ³ 국립수산과학원
04	해양	수치모델 재분석자료를 활용한 황해 및 동중국해역에서 파랑의 계절변동	우혜진* ¹ , 박경애 ² , 정광영 ³ , 권석재 ³ , 오현주 ³ ¹ 서울대학교 지구과학교육과(hyejinwoo@snu.ac.kr), ² 서울대학교 지구과학교육과/교육융합연구원, ³ 국립해양조사원 해양과학조사연구실
05	해양	Coastal switching of dominant depositional processes driven by decreasing rates of Holocene sea-level rise along the macrotidal coast of Gochang, SW Korea	Woo Hun Ryang Jeonbuk National University (ryang@jbnu.ac.kr)
06	해양	Characteristics of Surface Topography and Sediments before and after Typhoons Soulik and Kompasu in the Gochang Donghori Intertidal Flat, Korea	Woo Hun Ryang*, Sol-ip Kang Jeonbuk National University (ryang@jbnu.ac.kr)
07	해양	위성 해수면온도 데이터 시각화 프로그램 개발	이은영* ¹ , 박경애 ² ¹ 한국과학기술정보연구원 과학데이터교육센터(eylee@kisti.re.kr), ² 서울대학교 지구과학교육과(kapark@snu.ac.kr)
08	대기	금오산에서 관측한 국지순환풍의 발생 특성	김하영* ¹ , 박수진 ¹ , 김해동 ² ¹ 계명대학교 일반대학원 환경과학과(hyk2410@naver.com), ² 계명대학교 자연과학대학 환경학부 지구환경학전공
09	대기	금오산 동영학술림의 기후환경 분석	김하영* ¹ , 박수진 ¹ , 김해동 ² ¹ 계명대학교 일반대학원 환경과학과(hyk2410@naver.com), ² 계명대학교 자연과학대학 환경학부 지구환경학전공
10	대기	PNU CGCM-WRF Chain을 이용한 우리나라 콩의 고온해 및 저온해에 대한 예측성	안중배* ^{1,2} , 최명주 ² , 정민경 ² , 송찬영 ² , 서가영 ² , 김소희 ² ¹ 부산대학교 기초과학연구원(jbahn@pusan.ac.kr), ² 부산대학교 대기환경과학과
11	대기	WRF-CMAQ two-way 모델을 이용한 초미세먼지 발생 요인에 따른 에어로졸의 영향 차이 분석	유정우* ¹ , 김지선 ² , 채다은 ² , 이순환 ³ ¹ 부산대학교 환경연구원(jungwoo27@pusan.ac.kr), ² 부산대학교 일반대학원 지구과학과, ³ 부산대학교 지구과학교육과

번호	제 목		발표자(소속)
12	지구물리	1차원 이방성 매질에 대한 맥스웰 방정식의 해를 안정적으로 구하기 위한 전략	이희준 ^{*1} , 엄장환 ² , 허준영 ² , 민동주 ¹ ¹ 서울대학교 공과대학 에너지시스템공학부 (heejune0322@snu.ac.kr), ² 한국지질자원연구원 광물자원연구본부
13	지질	전라북도 군산시 산북동층에서 발견된 새 발자국 화석 첫 번째 보고	정동권 ¹ , 김정빈 ² , 조규성 ^{*3} , 김경수 ⁴ ¹ 전북대학교 과학교육학과, ² 순천대학교 물리교육과, ³ 전북대학교 과학교육학부 (earthcho@jbnu.ac.kr), ⁴ 진주교육대학교 과학교육과/부설 한국지질유산연구소
14	지질	연천군 일대에 분포하는 신생대 최후기 백의리층의 하성퇴적환경 해석 및 역 기원지 추정	유지희*, 문진아, 정대교, 김희정 ¹ ¹ 강원대학교 지질학과 (dktjd1106@kangwon.ac.kr)
15	지질	형산강의 하천 퇴적물 내 중금속 오염도 평가	서민지*, 최영진, 김정훈, 류종식 부경대학교(smj9066@pukyong.ac.kr)
16	지질	Fluid Inclusion and Ore mineralogy Study of the Phayaung Taung Deposit, Mandalay Myanmar	Naing Aung Khant*, Heejung Kim, Kangwon National University (khant_8@kangwon.ac.kr)
17	지질	Sr 동위원소를 활용한 섬진강 수계 내 탄산염암과 규산염암의 화학적 풍화 규명	최영진*, 서민지, 김정훈, 류종식 부경대학교(dudwls22687@gmail.com)
18	천문	늪은 산개성단 M67 구성원 별들의 운동학적 연구	황경우 ^{*1} , 유의정 ¹ , 김혜인 ¹ , 이유나 ¹ , 구재림 ¹ , 홍종석 ² , 임범두 ¹ ¹ 공주대학교 지구과학교육과(tyvks77@naver.com), ² 한국천문연구원
19	교육	2015 개정 교육과정의 지구과학Ⅱ 및 한국지리 교과서에 제시된 '한반도의 지질' 관련 내용 비교	박경진*, 유은정 ¹ 한국교육과정평가원(kjpark@kice.re.kr)
20	교육	절대 습도와 이슬점 온도의 관계에 대한 지구과학 예비 교사들의 인식	강소라 ¹ , 서은경 ^{*2} ¹ 충남여자중학교, ² 공주대학교 지구과학교육과 (ekseo@konju.ac.kr)
21	교육	지구의 복사 평형에서 평형과 상호 작용 개념에 대한 지구과학 예비 교사들의 인식	홍주현 ¹ , 서은경 ^{*2} ¹ 대전여자중학교, ² 공주대학교 지구과학교육과(ekseo@konju.ac.kr)
22	교육	극지에 대한 학생들의 심리적 연결감 분석을 위한 기준 개발	문소영, 신동희 이화여자대학교 과학교육과(zero0@ewhain.net)
23	교육	과학 교육과정에 반영된 빅데이터 활용 학습 관련 내용 분석	윤채은 ^{*1} , 김정찬 ² , 신동희 ¹ ¹ 이화여자대학교 과학교육과 (chaeny05040@ewhain.net), ² 한국지질자원연구원
24	교육	서해안권 국가지질공원 안내판에 대한 고등학생들의 시각적 주의 분석-특성화고등학교 학생들을 중심으로	황설희 ¹ , 정덕호 ² , 이철민 ^{*2} ¹ 진안공업고등학교, ² 전북대학교 과학교육학부(earthlee@jbnu.ac.kr)



특 강

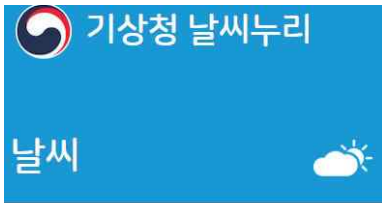
기후 예측의 현주소와 도전 (Current status and challenges of climate prediction)

김혜미

과학교육과
이화여자대학교

hyemi.kim@ewha.ac.kr
<https://sites.google.com/site/climatekim/>

날씨 예보



기상특보 +

예보 -

- 단기예보 → 오늘~3일
- 중기예보 → 4~10일
- 북한날씨

장기전망 +



기후 전망

기상청 날씨누리

날씨



기상특보 +

예보 +

장기전망 -

1개월 전망

3개월 전망

3개월 전망 해설서

기후감시요소

기후예측모델

기후전망

엘니뇨라니냐 전망

기후정보포털



기상청

2023년 여름 기후전망

발표일시: 2023.02.23(목)

※ 2023년 가을 기후전망은 2023년 5월 23일 오전 11시에 발표됩니다.

- 기온은 평년(23.4~24.0°C)보다 높을 확률이 50%이고, 강수량은 평년(662.7~790.5mm)과 비슷할 확률이 50%입니다.
- 엘니뇨·라니냐 감시구역의 해수면온도는 여름철 동안 평년보다 높을 것으로 전망됨에 따라, 엘니뇨 경향이 나타날 가능성이 있습니다.

전망

예보확률

□ 평균기온 전망

평년(23.4~24.0°C)보다 높을 확률이 50%입니다. 6월에는 이동성 고기압의 영향으로 낮 동안 기온이 상승하여 고온 현상이 나타날 때가 있겠으며, 7~8월에는 북태평양고기압의 영향으로 무더운 날씨를 보일 때가 많겠습니다.

□ 강수량 전망

강수량은 평년(622.7~790.5mm)과 비슷할 확률이 50%이고, 지역 차가 크겠습니다. 여름철 동안 발달한 저기압과 대기불안정의 영향으로 많은 비가 내릴 때가 있겠습니다.



평균기온 낮음 비슷 높음 강수량 적음 비슷 많음

날씨 vs. 기후

날씨 (weather)

- 상대적으로 짧은 시간의 대기상태



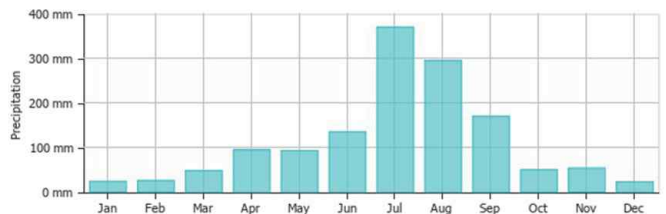
예: 2022/08/08, 서울 폭우



기후 (climate)

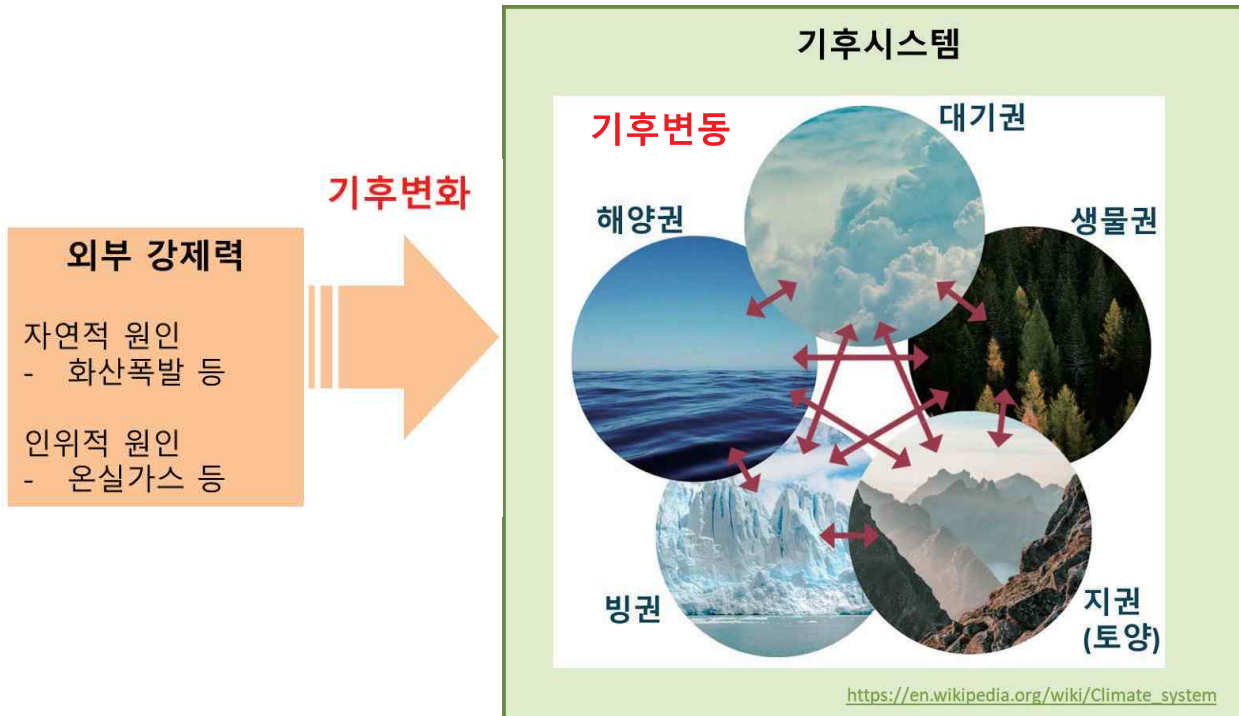
- 지속적이고 평균적인 해양-대기의 상태
- 변화 속도가 느림

서울 30년 평균 강수량



기후 변동 vs. 기후 변화

- 기후변동 (Climate variation): 기후시스템 내부의 상호작용에 의한 변동 (엘니뇨, 30년 장주기 변동)
- 기후변화 (Climate change): 외부 강제력에 의한 기후시스템의 변화 (화산폭발, 온실가스)



Lorenz Model (1963)

Deterministic Nonperiodic Flow¹

EDWARD N. LORENZ

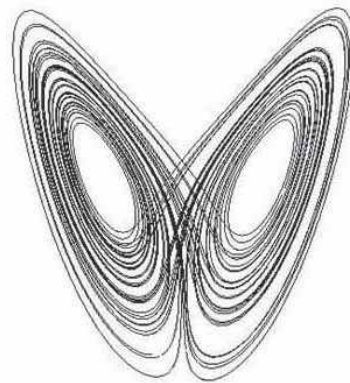
Massachusetts Institute of Technology

(Manuscript received 18 November 1962, in revised form 7 January 1963)

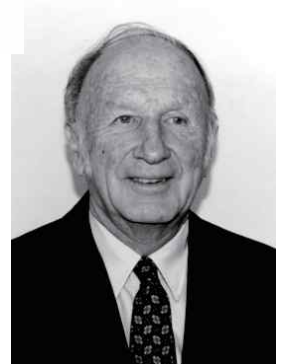
$$X' = -\sigma X + \sigma Y, \quad (25)$$

$$Y' = -XZ + rX - Y, \quad (26)$$

$$Z' = XY - bZ. \quad (27)$$



When our results concerning the instability of non-periodic flow are applied to the atmosphere, which is ostensibly nonperiodic, they indicate that prediction of the sufficiently distant future is impossible by any method, unless the present conditions are known exactly. In view of the inevitable inaccuracy and incompleteness of weather observations, precise very-long-range forecasting would seem to be non-existent.



Edward N. Lorenz
(1917-2008)

나비 효과 (Butterfly effect, Edward Lorenz 1972)

AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE, 139th MEETING

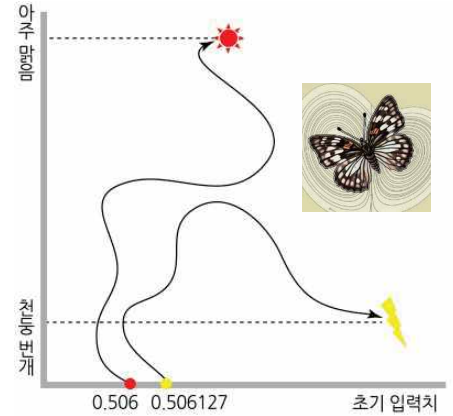
Subject.....Predictability; Does the Flap of a Butterfly's wings in Brazil Set Off a Tornado in Texas?

Author.....Edward N. Lorenz, Sc.D.
Professor of Meteorology

Address.....Massachusetts Institute of Technology
Cambridge, Mass. 02139

Time.....10:00 a.m., December 29, 1972

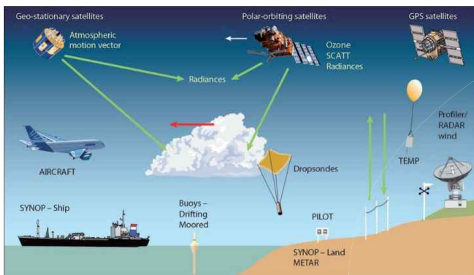
Place.....Sheraton Park Hotel, Wilmington Room



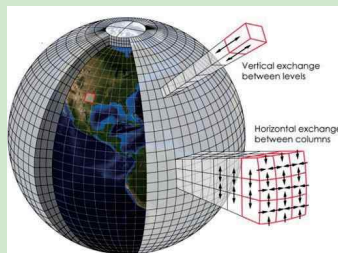
- 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 날씨를 예측 (1961)
- 초기값의 근소한 차이 → 시간이 경과 하면서 매우 다른 대기 상태를 예측!

예보 과정

다양한 관측 자료(위성, 지상, ...)



수치예보모델



슈퍼컴퓨터

날씨를 예측하는 물리 방정식들

$$\frac{Du}{Dt} = \frac{uv \tan \phi}{a} - \frac{uw}{a} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + 2\Omega v \sin \phi - 2\Omega w \cos \phi + F_{rx}$$

$$\frac{Dv}{Dt} = -\frac{u^2 \tan \phi}{a} - \frac{vw}{a} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} - 2\Omega u \sin \phi + F_{ry}$$

$$\frac{Dw}{Dt} = -\frac{u^2 + v^2}{a} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} - g + 2\Omega u \cos \phi + F_{rz}$$

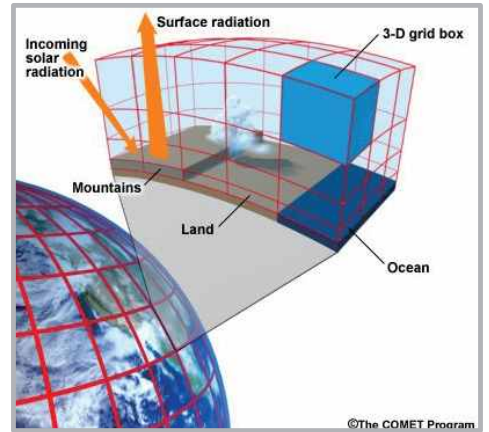
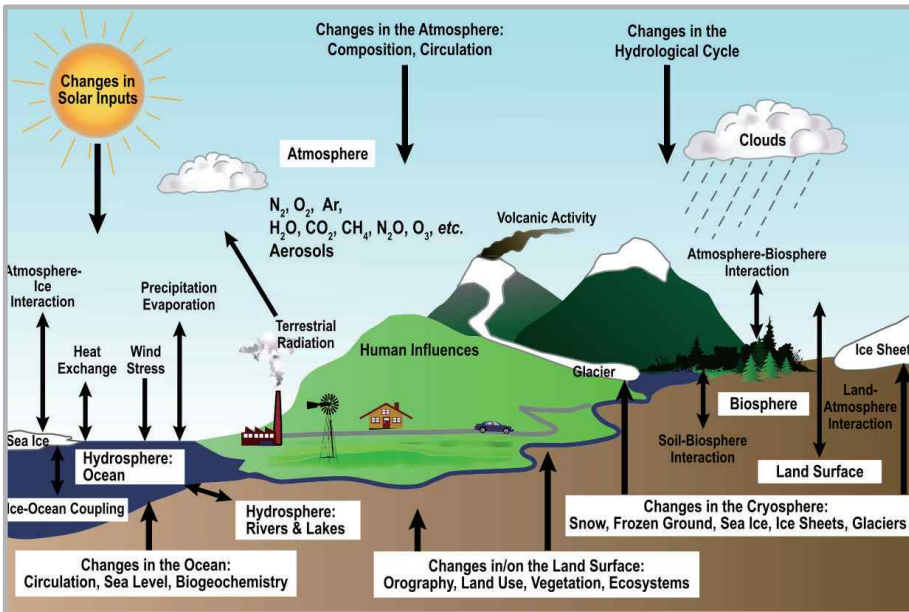
$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = -\nabla \cdot (\rho \vec{v})$$

날씨 예보

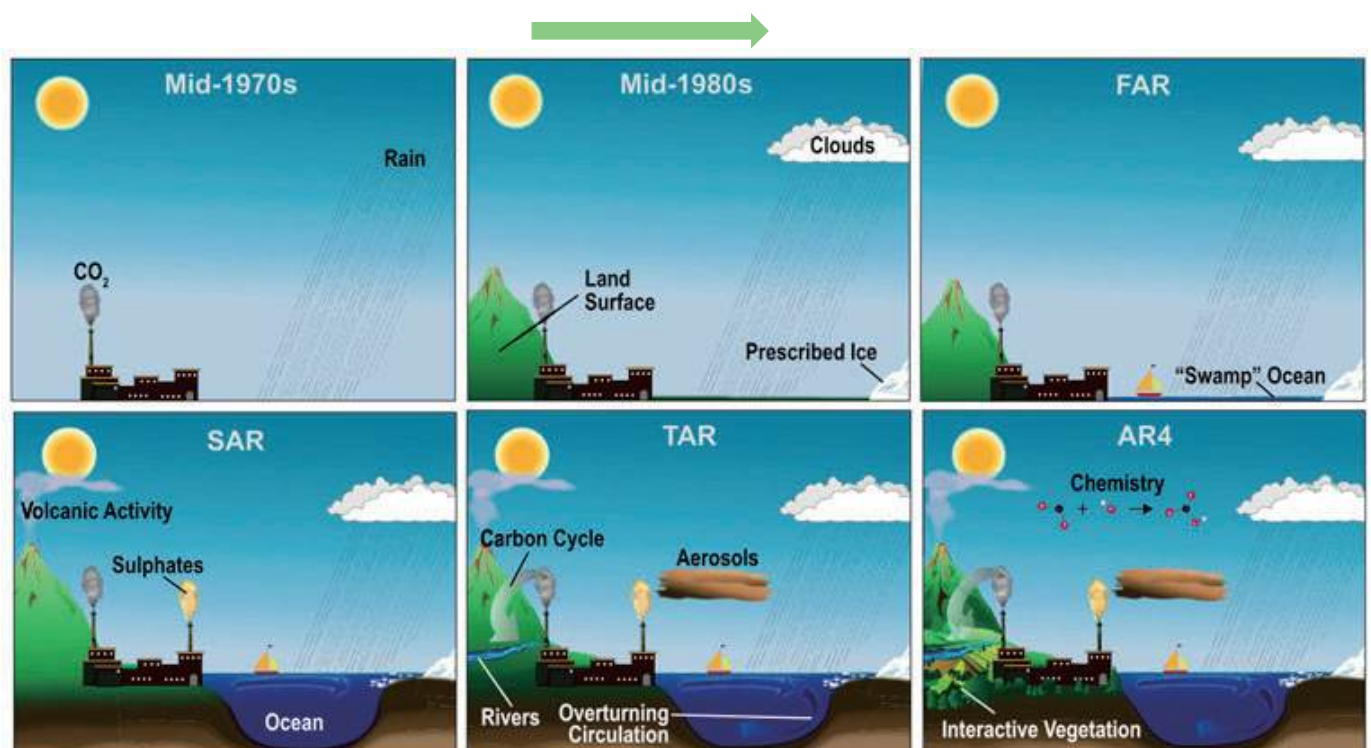


*출처: ECMWF, 기상청

수치예보모델 (numerical weather prediction model)



수치모델(기후모델)의 발전



틈새 없는 예보 (seamless prediction)

예보



초단기예보에서 장기예보, 그리고 기후전망까지 틈새 없는 예보를 생산해냅니다.

6 hours
초단기예보
6시간이내의
예보를 1시간간격

3 days
동네예보
3일이내
예보를 3시간간격

10 days
중기예보
향후
10일까지의날씨

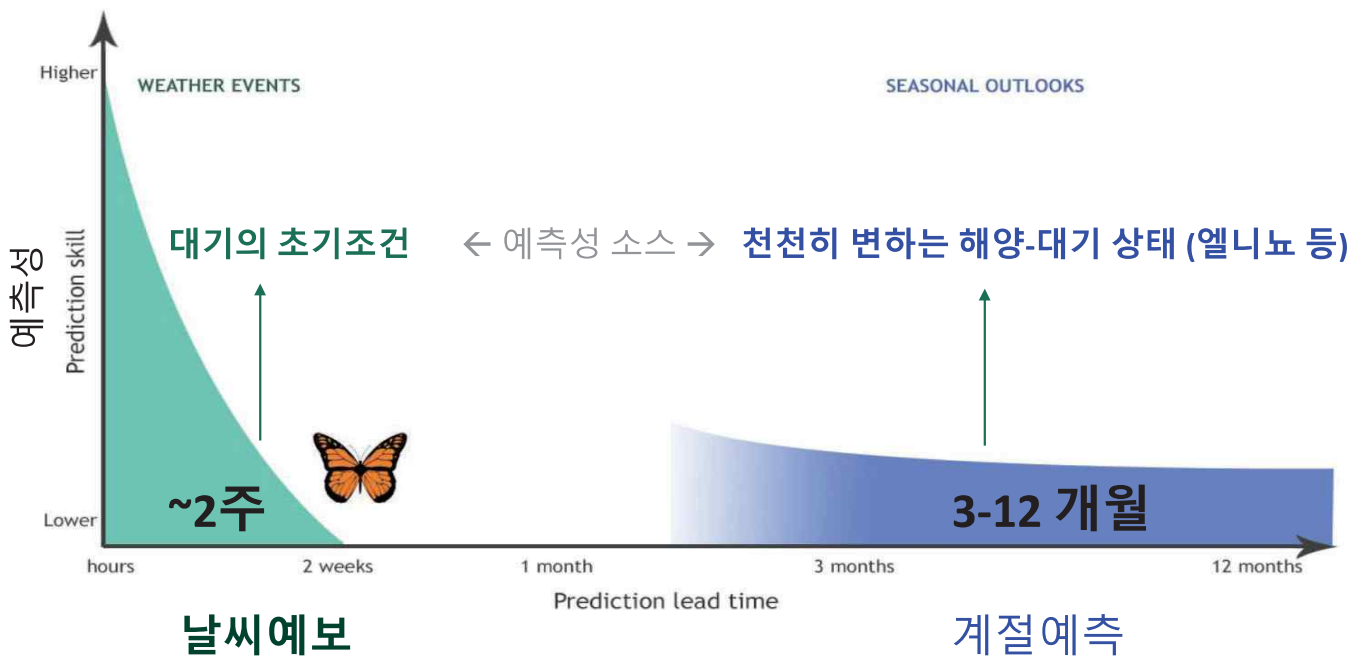
1 months
장기예보
11일이후부터
4주 동안

3 months
장기예보
다음 월부터
3개월 동안

1 year
기후전망
계절 전망

* 출처: 기상청

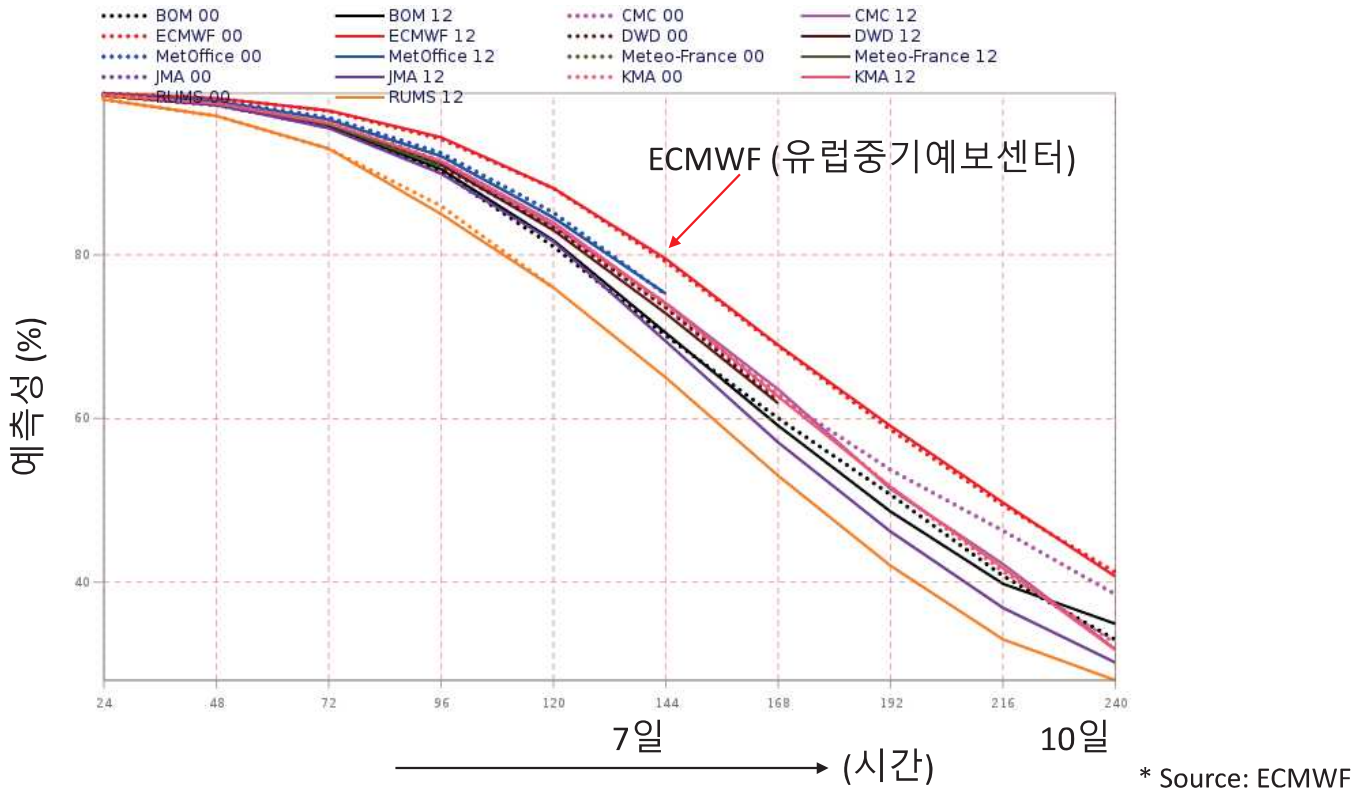
예측성 근원 (source of predictability)



*source: IRI website

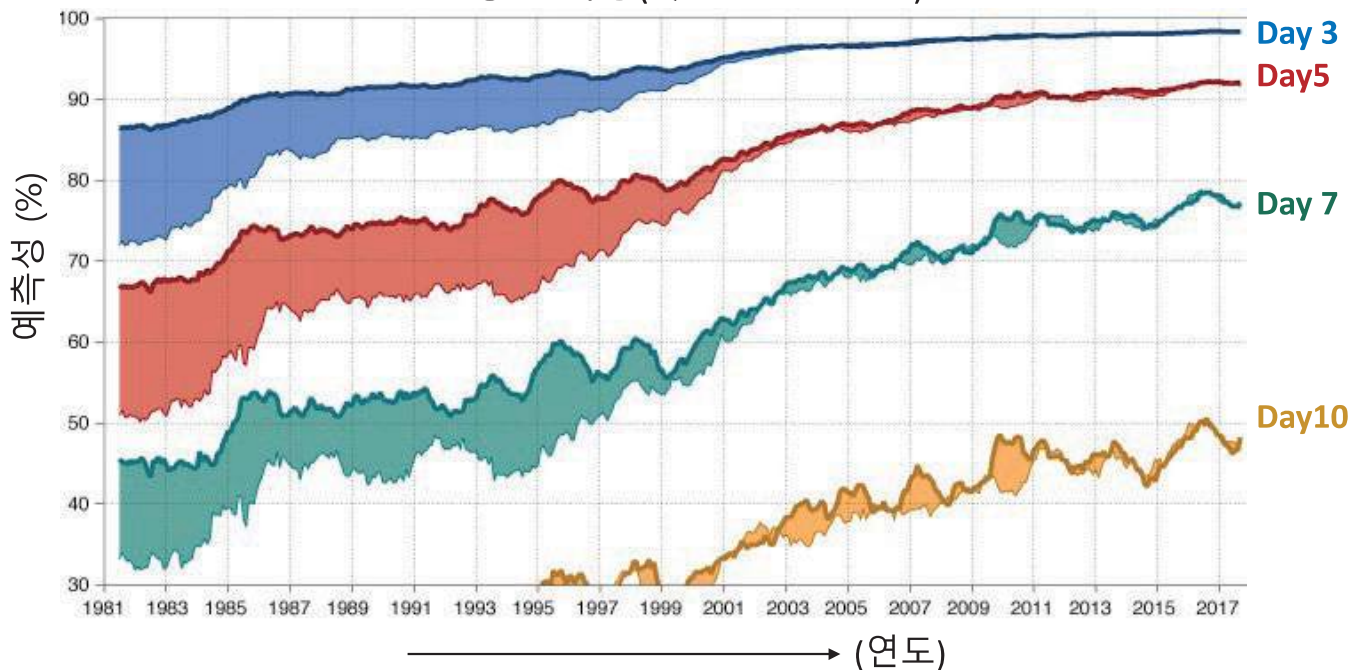
전세계 기상청의 날씨 예보 능력

중위도 순환장 예측성 (skill)



ECMWF (유럽중기예보센터)

조용한 혁명(Quiet revolution)



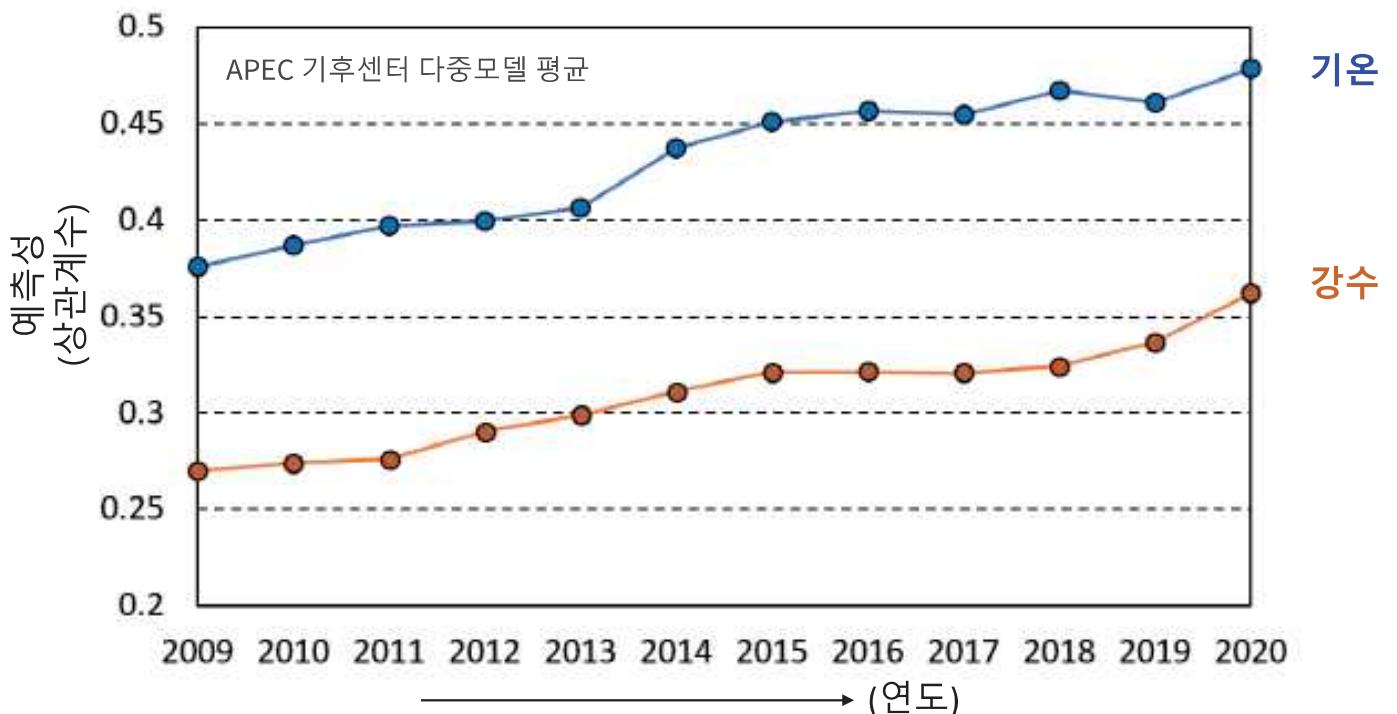
예측성 근원 (source of predictability)



*source: IRI website

전세계 기상청의 계절 예측 능력

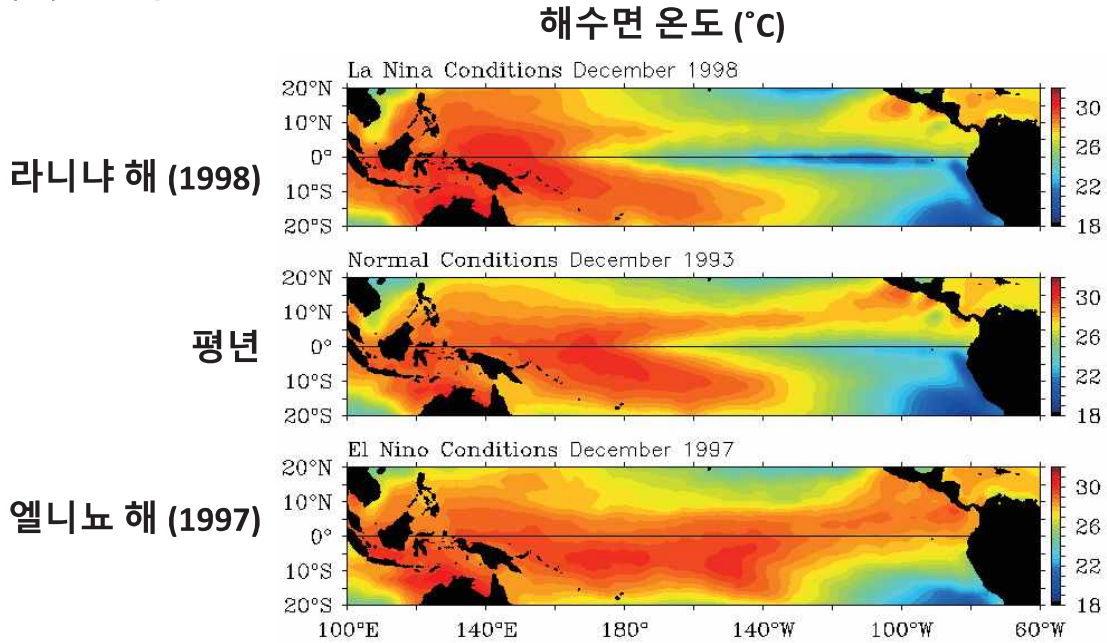
전지구 강수 및 기온 예측 정확도



* 출처: APEC 기후센터

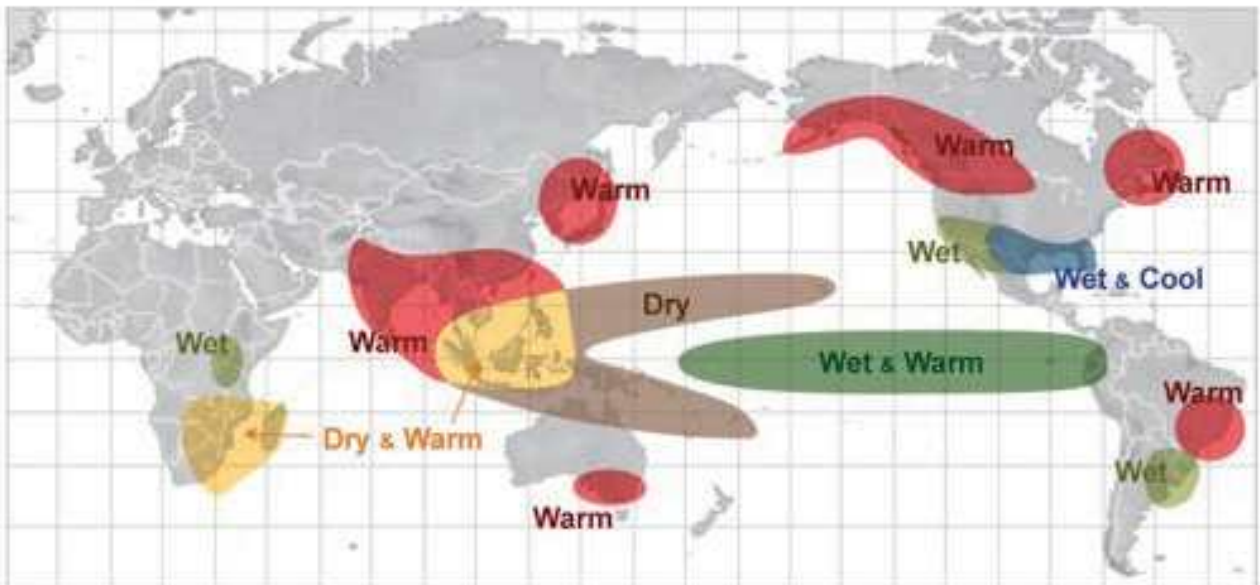
계절 예측성의 근원: ENSO

- 엘니뇨 남방진동 (El Nino Southern Oscillation, ENSO)
- 2-5년마다 열대 동태평양의 해수면 온도가 평상시보다 1-3도 높은 상태로 6개월 이상 지속되는 현상



ENSO의 전 지구적 영향

엘니뇨 겨울철 (12, 1, 2월 평균)

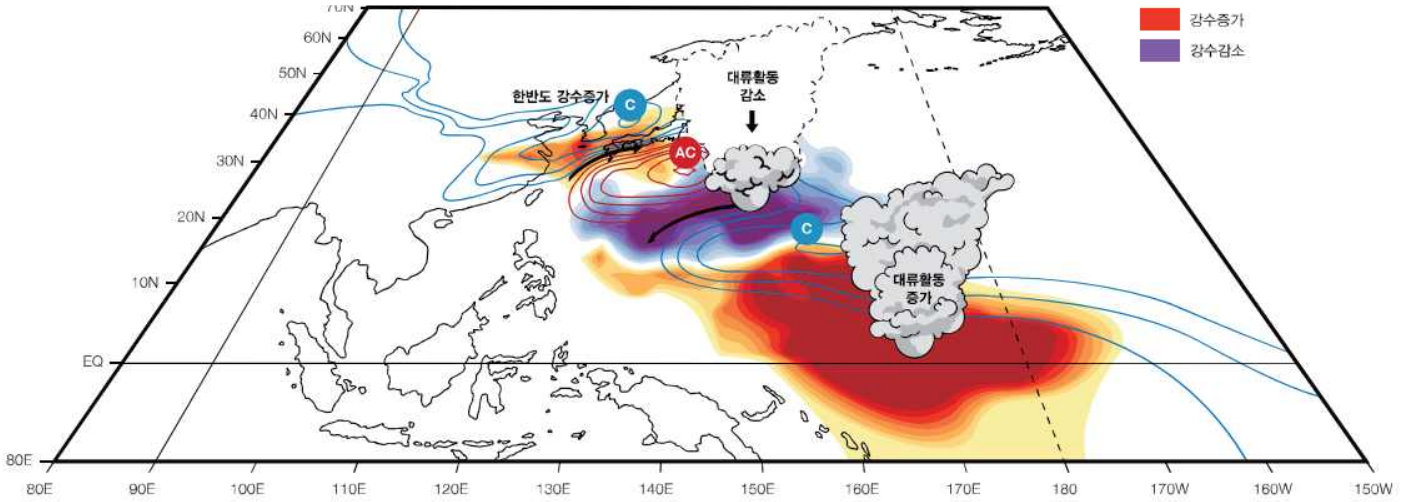


* <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/MJO/enso.shtml>

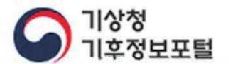
ENSO의 한반도 영향: 여름철

여름철 강수

- 엘니뇨 시기: 강수량 증가
- 라니냐 시기: 강수량 감소



엘니뇨 발달기 여름 (7월 중순-8월 중순)



ENSO 예측



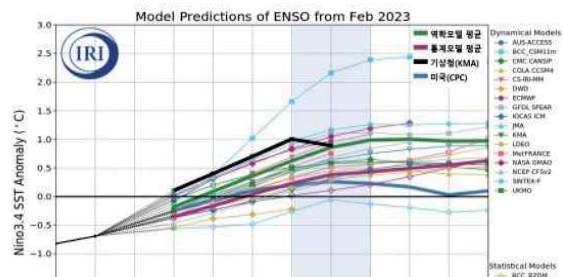
기상청

2023년 여름 기후전망

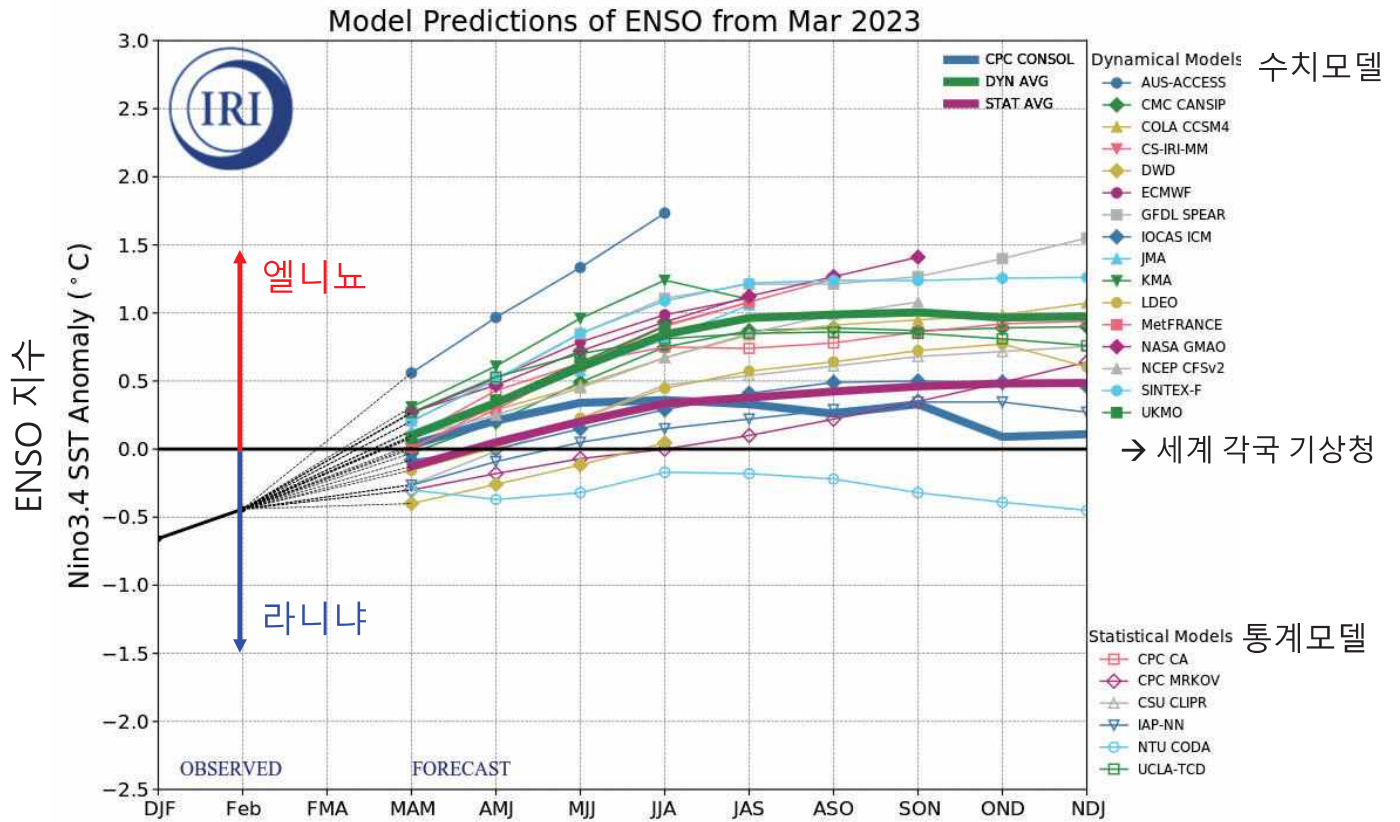
발표일시: 2023.02.23(목)

※ 2023년 가을 기후전망은 2023년 5월 23일 오전 11시에 발표됩니다.

- 기온은 평년(23.4~24.0°C)보다 높을 확률이 50%이고, 강수량은 평년(662.7~790.5mm)과 비슷할 확률이 50%입니다.
- 엘니뇨·라니냐 감시구역의 해수면온도는 여름철 동안 평년보다 높을 것으로 전망됨에 따라, 엘니뇨 경향이 나타날 가능성이 있습니다.



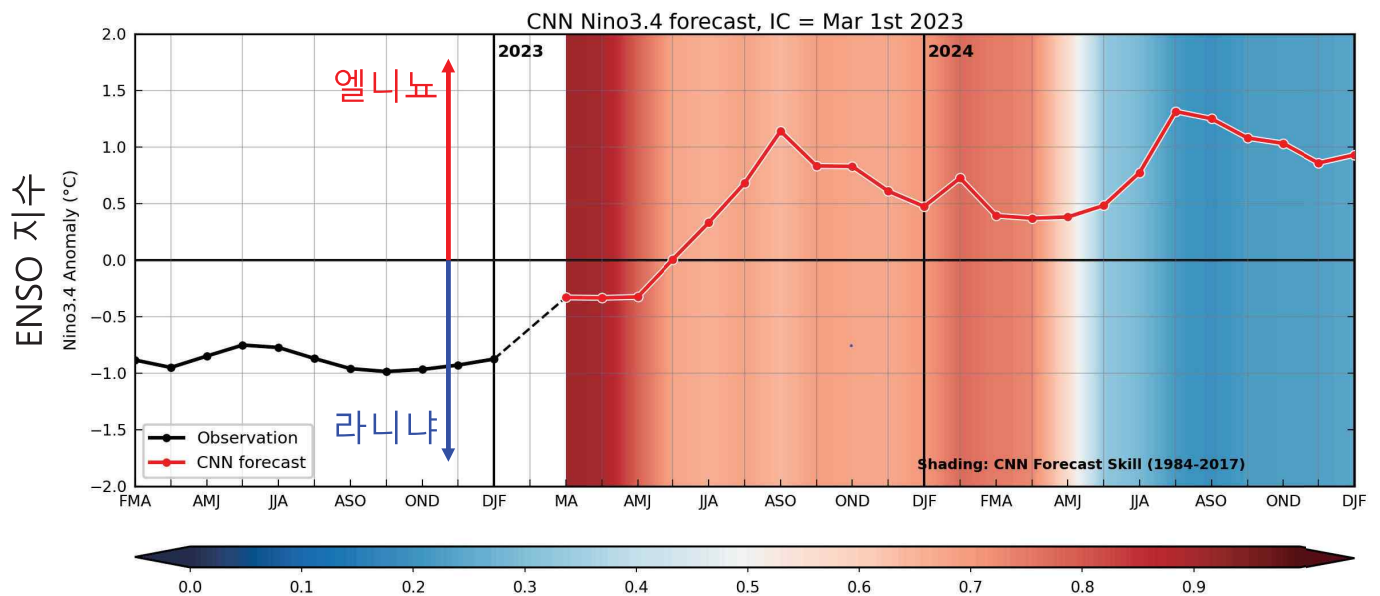
2023년 ENSO 예측



*source: IRI website

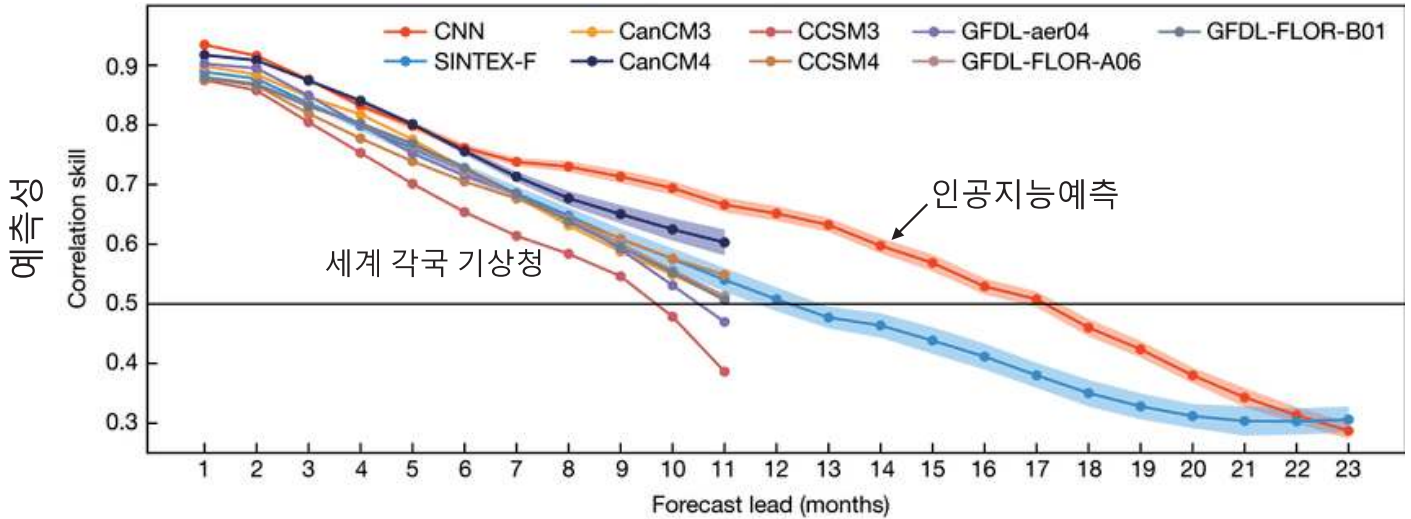
ENSO 예측

인공지능을 이용한 ENSO 2년 예측



ENSO 예측

인공지능을 이용한 ENSO 2년 예측



(Ham et al. 2019, Nature)

ENSO 예측



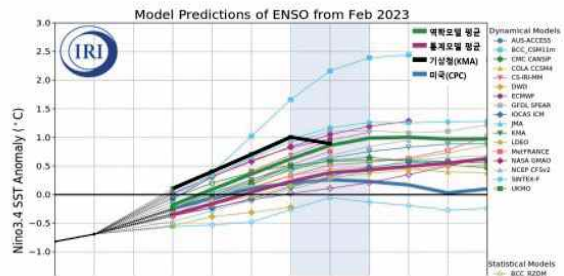
기상청

2023년 여름 기후전망

발표일시: 2023.02.23(목)

※ 2023년 가을 기후전망은 2023년 5월 23일 오전 11시에 발표됩니다.

- 기온은 평년(23.4~24.0°C)보다 높을 확률이 50%이고, 강수량은 평년(662.7~790.5mm)과 비슷할 확률이 50%입니다.
- 엘니뇨·라니냐 감시구역의 해수면온도는 여름철 동안 평년보다 높을 것으로 전망됨에 따라, 엘니뇨 경향이 나타날 가능성이 있습니다.

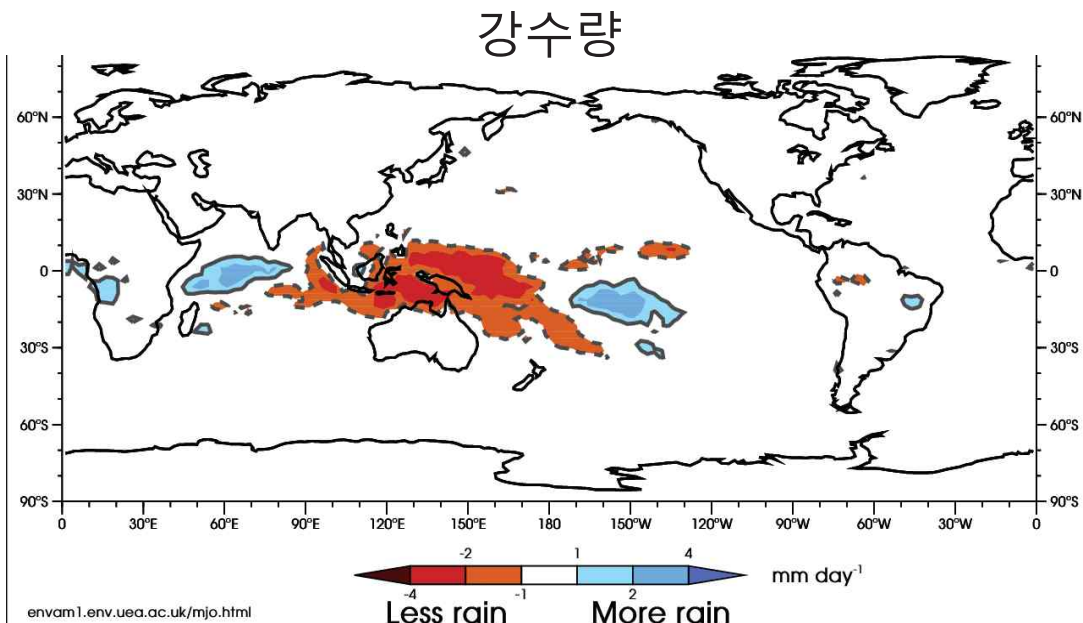


예측성 근원 (source of predictability)



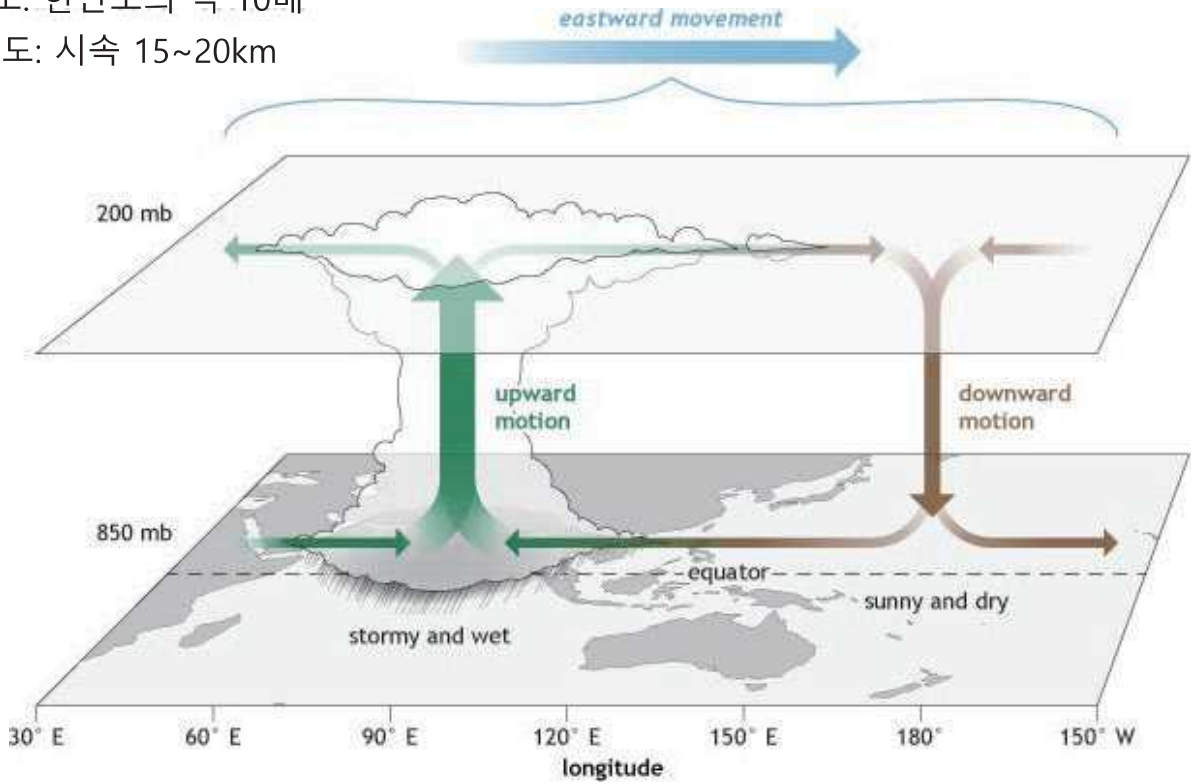
매든-줄리안 진동 (Madden-Julian Oscillation, MJO)

- 약 50년 전에 발견됨 (1971)/ 90년대에 들어서면서 연구됨.
- 거대한 강수대가 인도양에서 발생 (30~60일 주기)
- 수십 일 동안 동쪽으로 이동하면서 비구름대가 유지.



매든-줄리안 진동 (MJO)

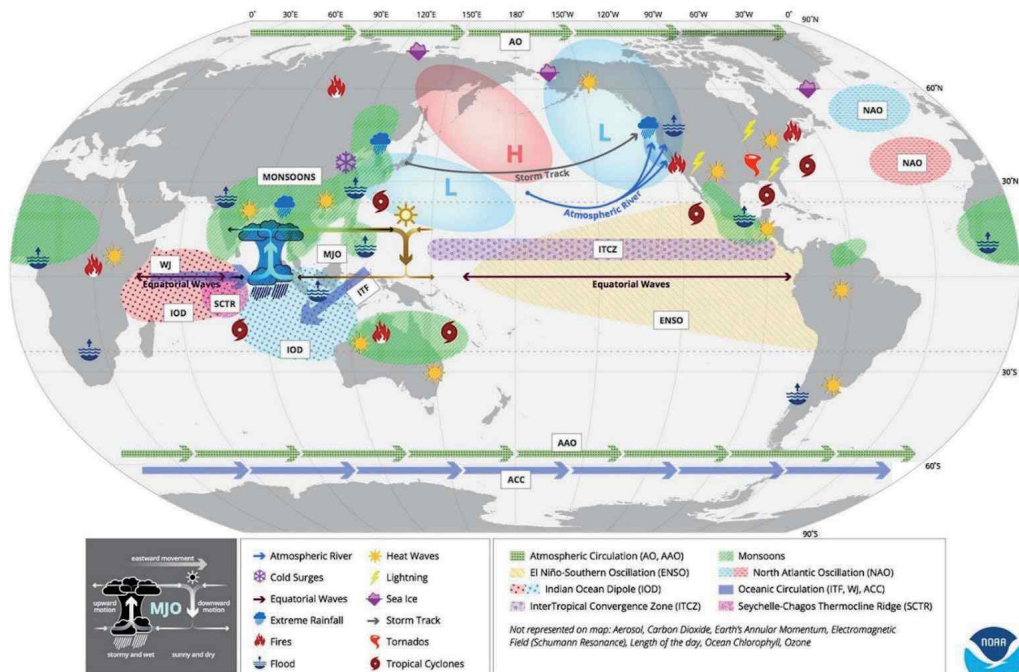
- 비구름대의 수직규모: 10~15km
- 수평규모: 한반도의 약 10배
- 이동 속도: 시속 15~20km



* Source: <https://www.climate.gov/>

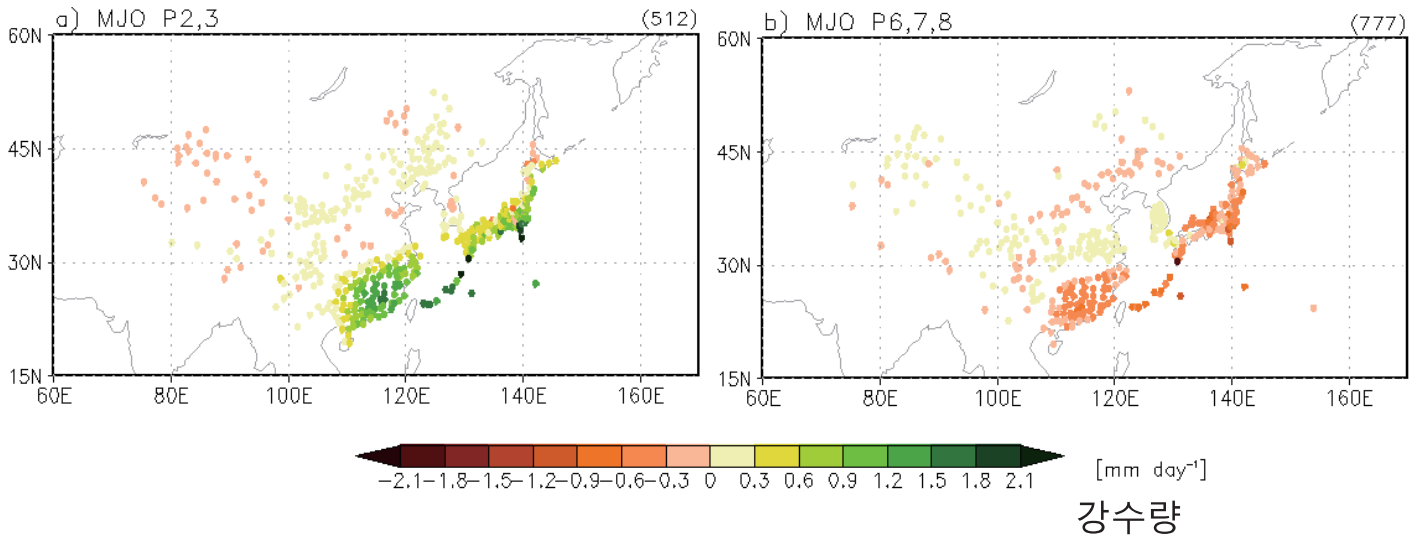
MJO의 전 지구적 영향

- 거의 모든 전지구 날씨/기후 변동에 영향
- 2주~2개월 예측의 주요 소스가 됨 (**현업 예보**에 매우 중요)
- 세계기상기구 (WMO), 각국 기상청의 투자 확대



비구름대가 인도양에 위치

비구름대가 서태평양에 위치

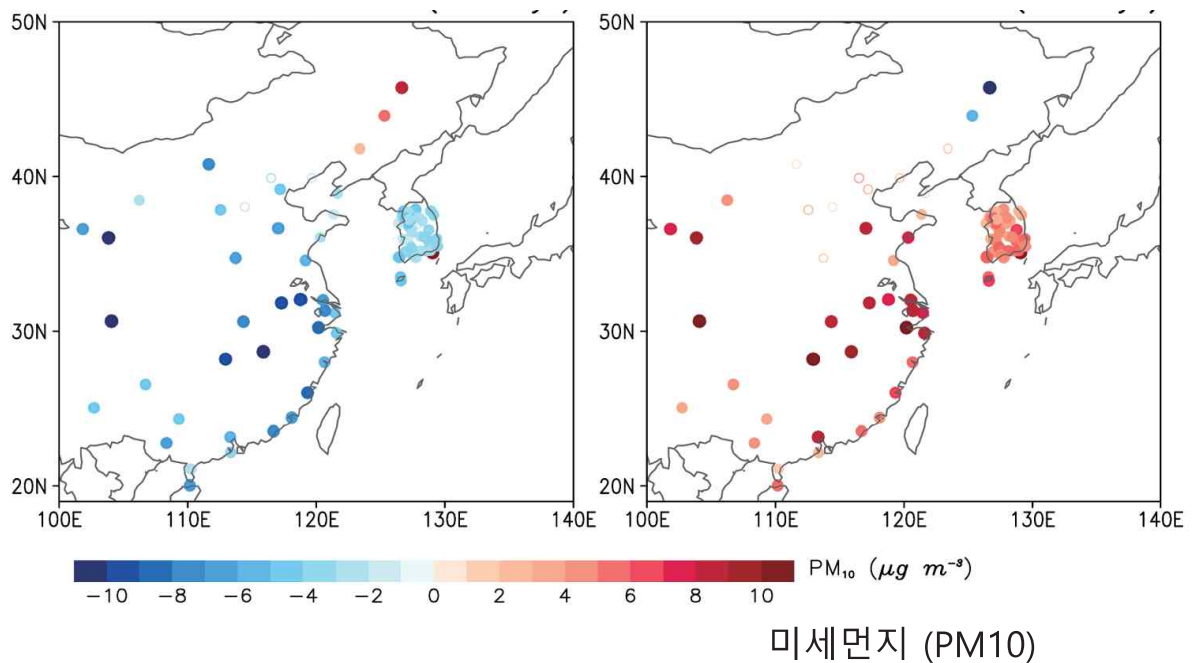


MJO-미세먼지

Jung, Son, Kim, Chen (2022, *Nat. Comms*)

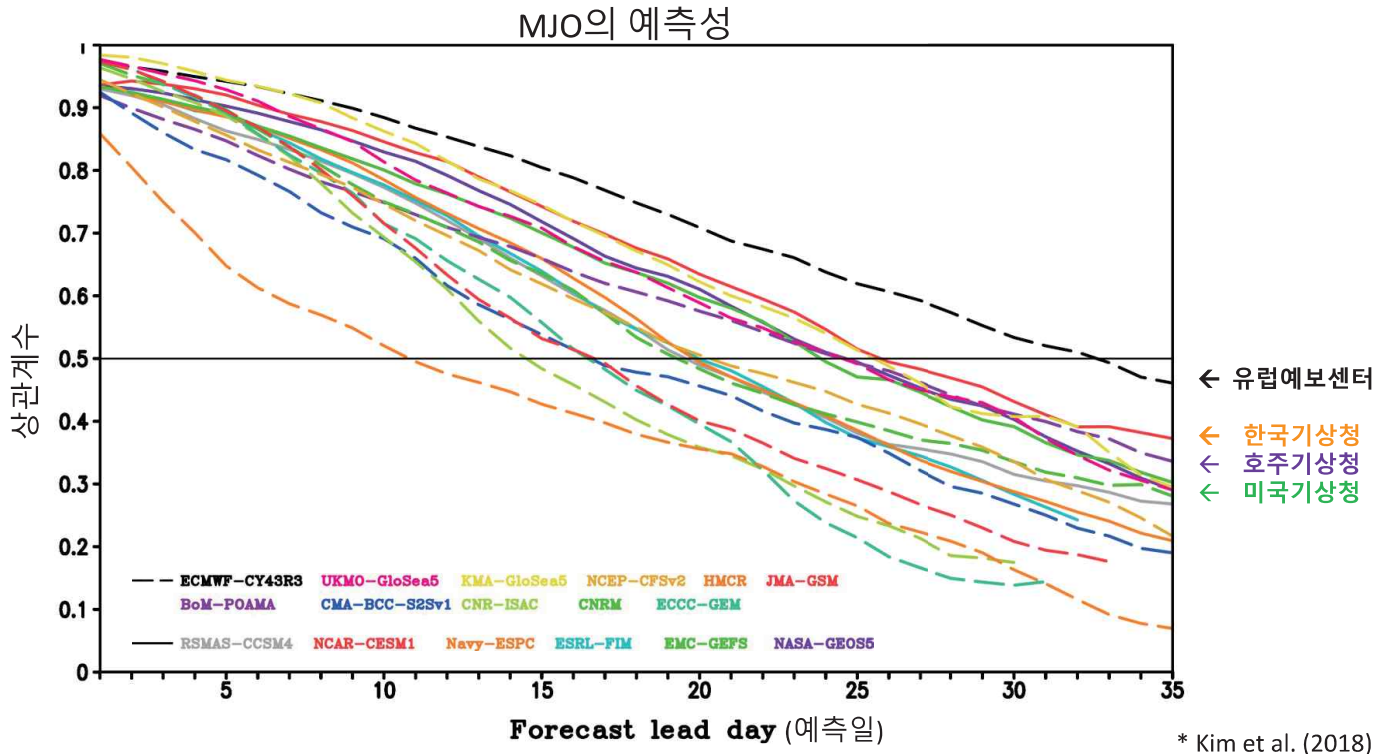
비구름대가 인도양에 위치
→ 미세먼지 감소

비구름대가 서태평양에 위치
→ 미세먼지 증가



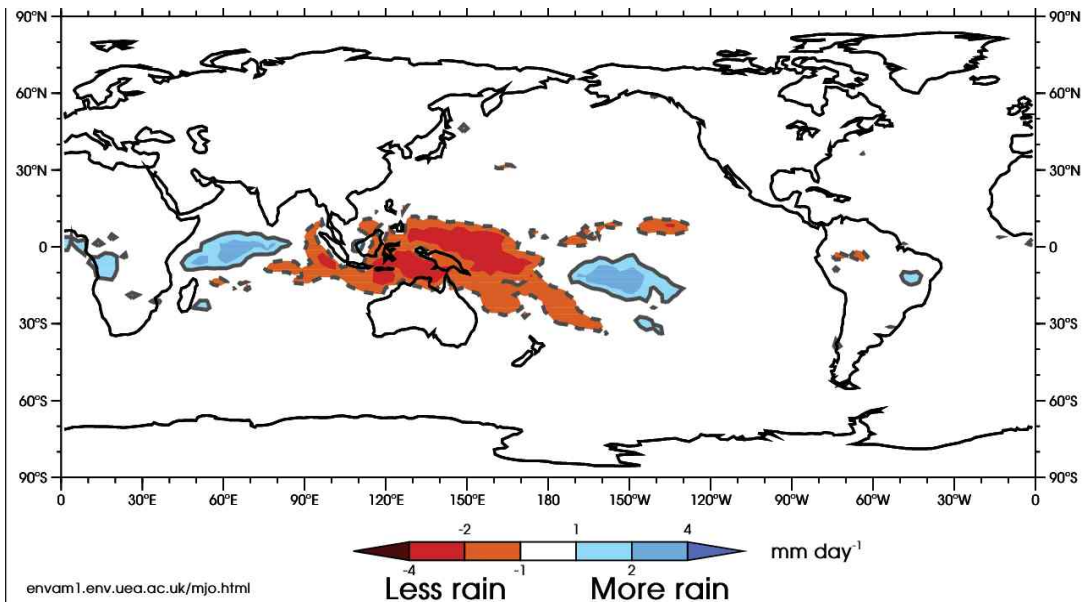
각국 기상청의 MJO 예측 성능

- 평균 예측성: 3~4주
- 잠재 예측성: 7주 (모델이 완벽하다고 가정할 때)

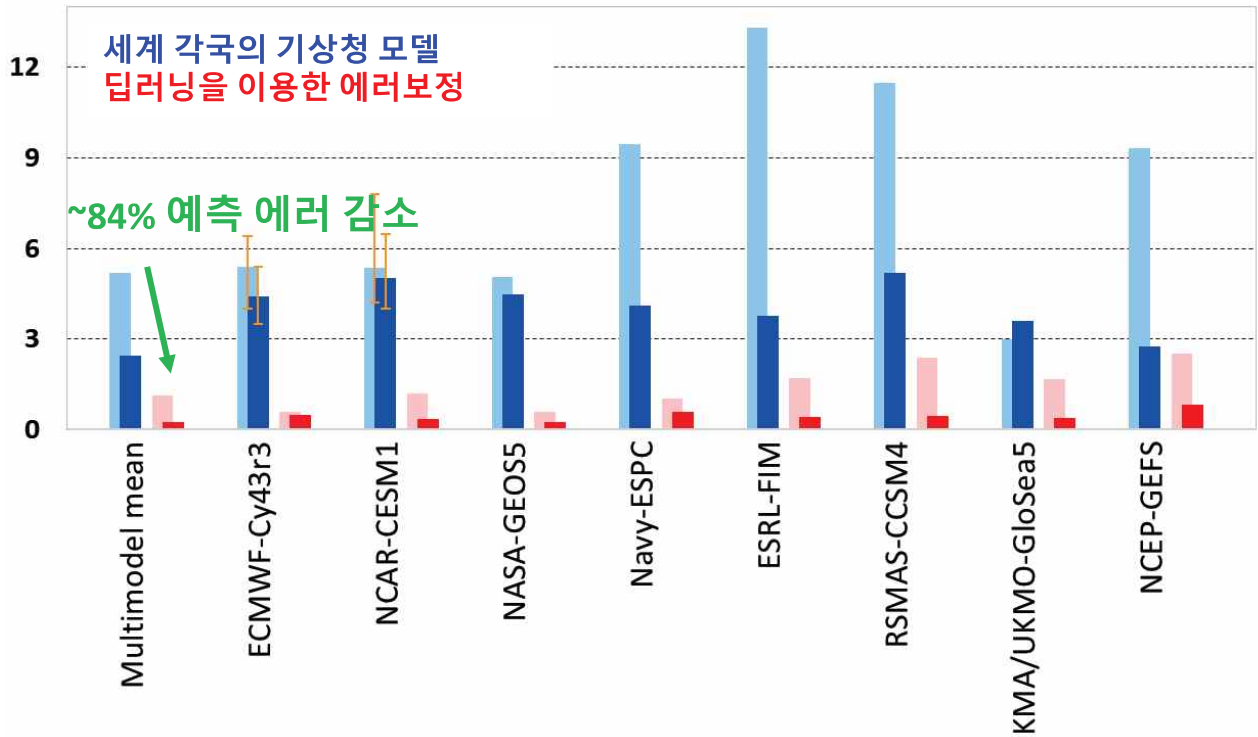


연구 분야

- (1) MJO 예측성 이해, 예측 성능 향상 방안 모색 (인공지능 등)
- (2) 다양한 기후 시스템과의 상호작용 (미세먼지, 극한 기상, 해양 생물 등)
- (3) 기후 변화에 따른 MJO의 특성 (지구온난화, 기후공학 등)

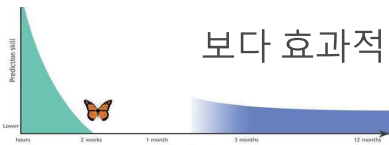


인공지능을 이용한 MJO 예측

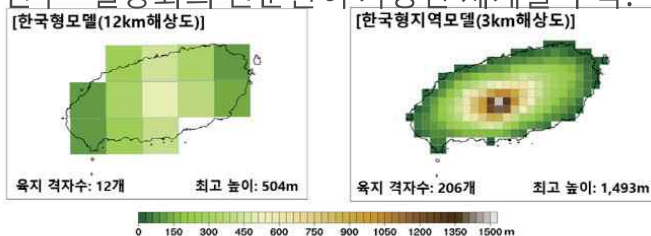


기후 예측 발전 방안

❖ 기후시스템의 변화와 기후 예측 모델의 복잡성이 증가하는 추세를 감안할 때, 보다 효과적인 개선을 위한 노력이 필요.



- (1) 기후 예측 모델의 불확실성 감소: 물리 과정 이해 및 개선, 해상도 증가, 컴퓨팅 환경의 변화.
- (2) 신기술 적극 활용: 인공지능을 통한 모델 개선 (NVIDIA, IBM AI-weather: 슈퍼컴보다 6-7배 효율적)
- (3) 가용한 정보를 효과적으로 활용 (여러 기후 모델의 정보).
- (4) 기초 연구~ 실용화의 선순환이 가능한 체계를 구축.



< 제주도 영역에 대한 육지 격자에 대한 한국형모델(좌), 한국형지역모델(우) 비교 >

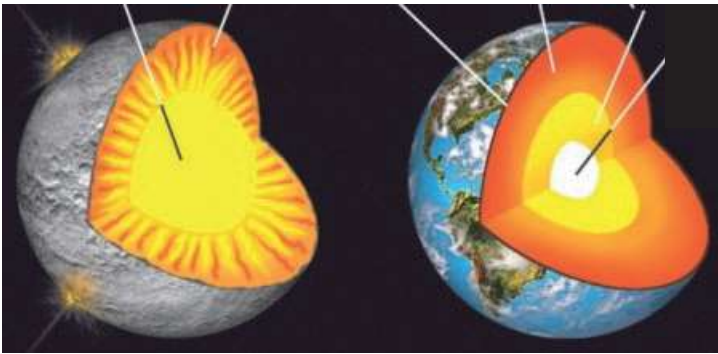


Hyemi Kim (hyemi.kim@ewha.ac.kr)

<https://sites.google.com/site/climatekim/>

*출처: 기상청

되돌이킬 수 없는 지구시스템현상의 원자단위의 이해



이성근

서울대학교 지구환경과학부

되돌이킬 수 없는 지구시스템현상의 원자단위의 이해



오늘 강연에서

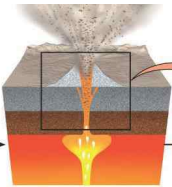
거대규모 지진의 발생원인 규명



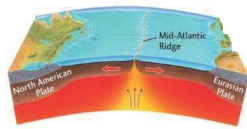
지구내부 비정질 마그마를 통한 지구시스템 진화의 미시적 이해



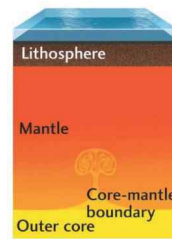
1 atm



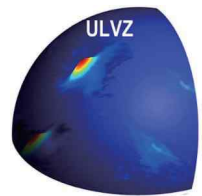
kbar



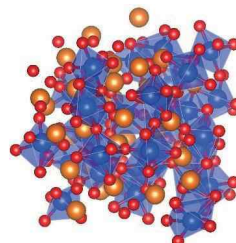
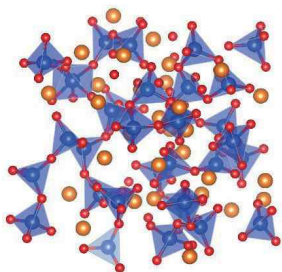
~1 atm -14 GPa (410 km)
25 GPa (670 km)



2950 km
~120-130 GPa



Ultra-low velocity zone (ULVZ)



Understanding Earth 2020

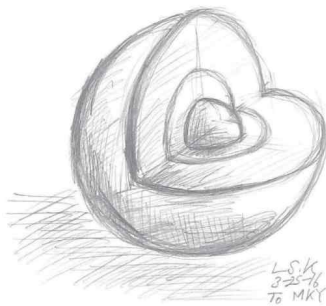
Lee *Phys. Rev. Lett.* 2019
Kim *Geophys. Res. Letts.* 2019

오늘 강연에서

극한고압에서에서의
마그마(용융체)의
원자-전자구조

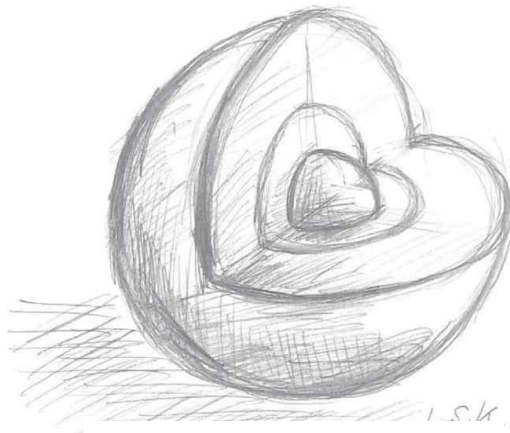
Super-Earth

지구



핵과 맨틀의
경계: 압력
~130 GPa

거대지구
Gliese 581-d

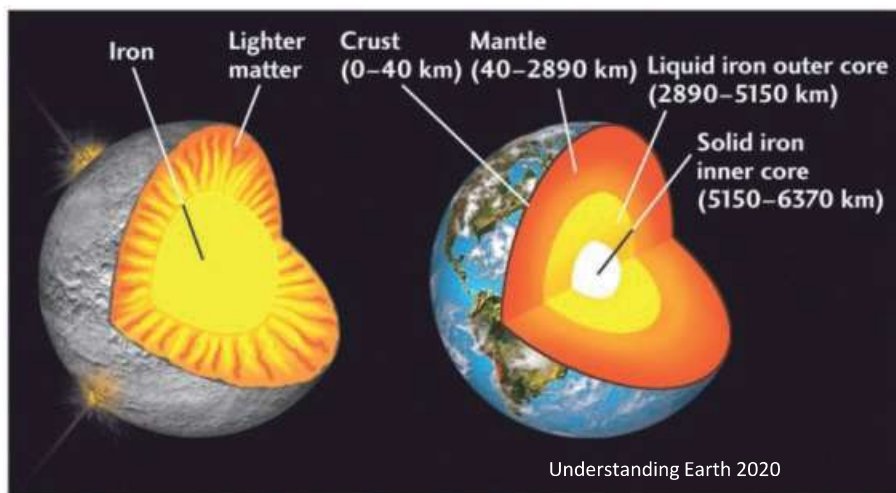


Core-mantle
boundary at
> 200 GPa

오늘 강연에서

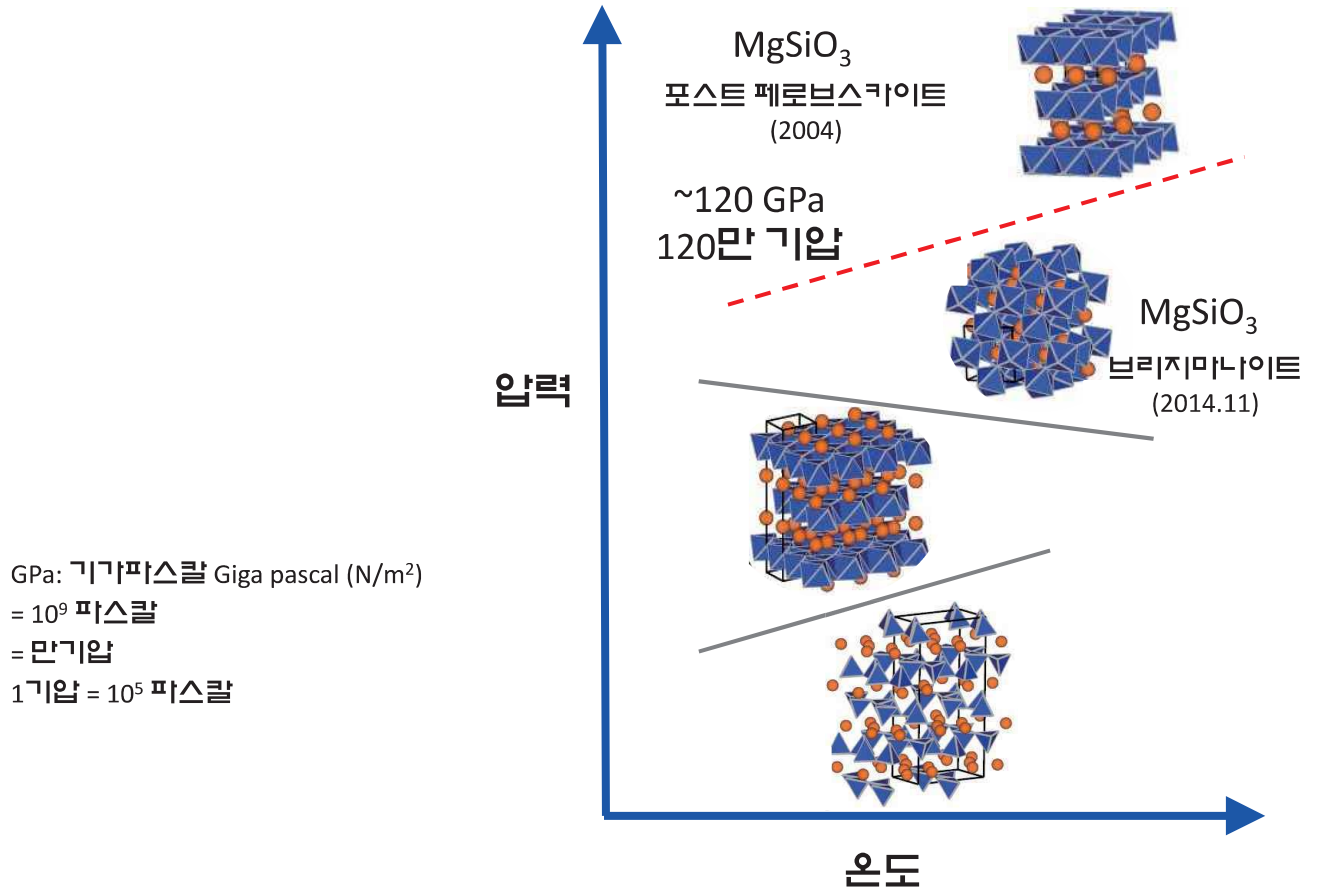
거대 지구의 구조 및 진화

지구형성초기의 지구내부에서의 지구진화의 이해



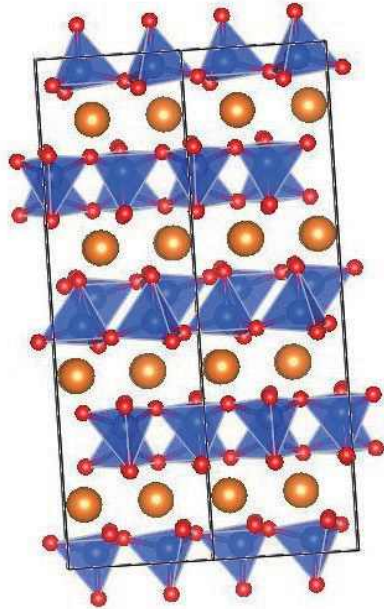
지구 이해를 위한 변수
압력

지구내부에서의 **결정**의 상전이



지구 (지구시스템 과정)의 이해

결정 vs. 비정질 용융체

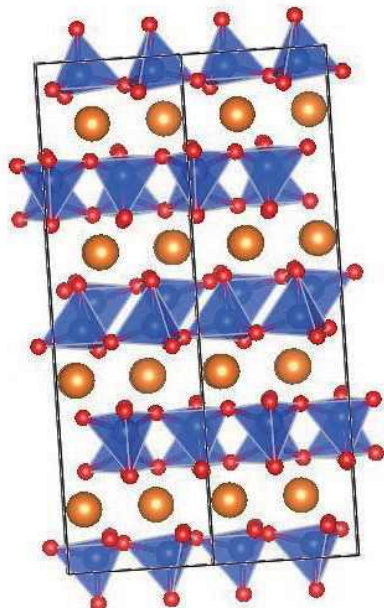


Crystalline MgSiO₃

결정 vs. 비정질 용융체

고체의 엔트로피

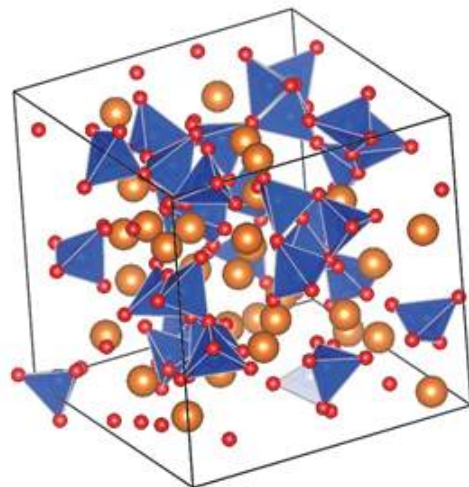
S_s



Crystalline MgSiO₃

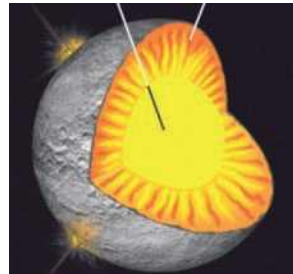
< 액체의 엔트로피

S_l

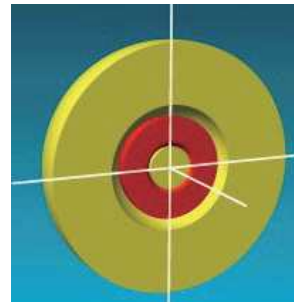


MgSiO₃ Melts

복잡한 지구시스템 과정의 원자단위에서의 보편적 질서

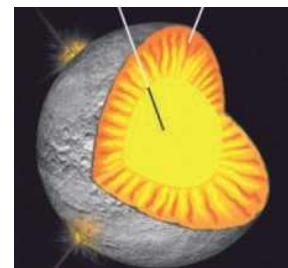
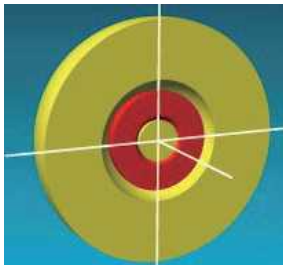


Earth's
Core



1S core
electron

스핀 (Spin)-격자 (Lattice)-
원자 (Atom)- 전자 (Electron) –
광자 (Photon) –양자 (Quantum)



Understanding Earth 2020

오늘 강연에서

극한고압에서에서의 마그마의
원자-전자구조

지구형 거대행성 내부에서의 마그마의
상태와 진화의 이해

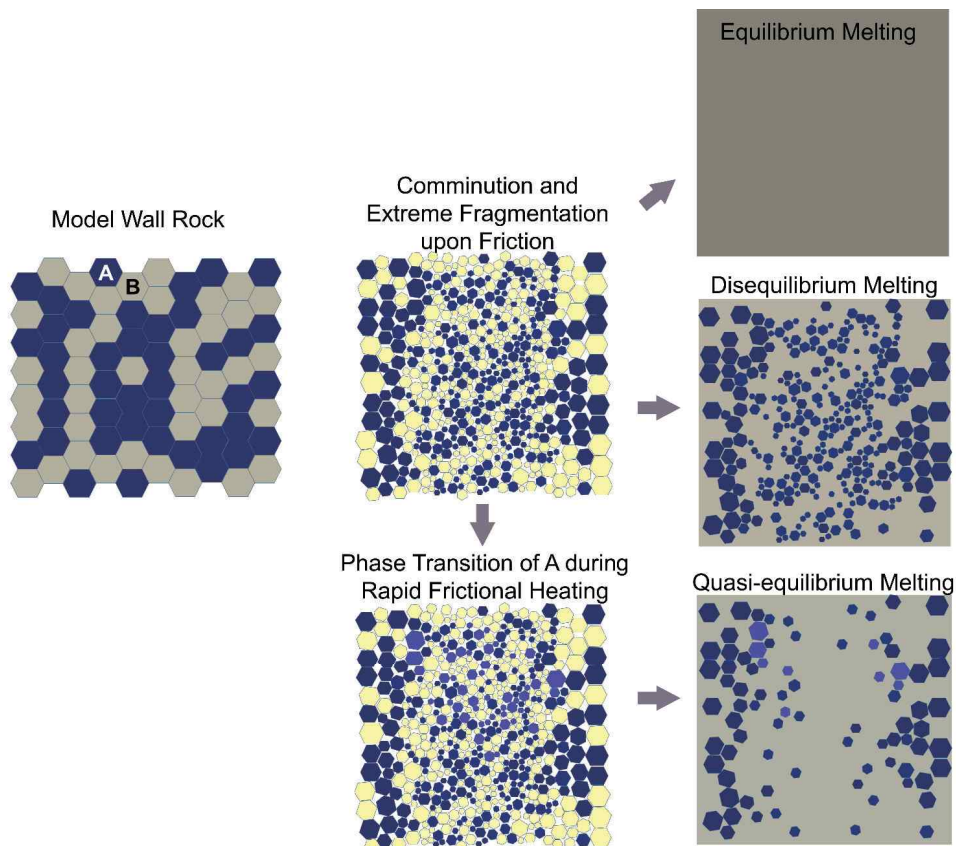
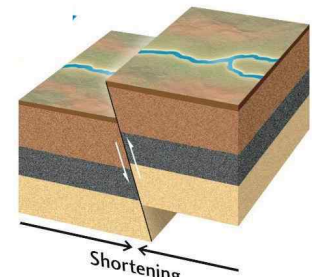
거대규모 지진의 발생원인 규명

Quasi-equilibrium melting of quartzite upon extreme friction

Sung Keun Lee^{1*}†, Raehee Han^{2†}, Eun Jeong Kim¹, Gi Young Jeong³, Hoon Khim¹ and Takehiro Hirose⁴

Frictional melting of quartz rock revealed the extensive melting of quartz at $\sim 1350\text{--}1500\text{ }^{\circ}\text{C}$

Understanding Earth 2020

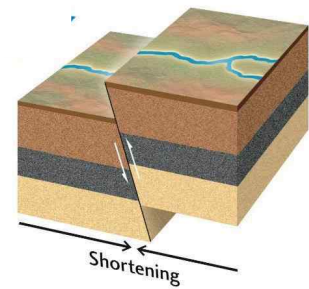


Quasi-equilibrium melting of quartzite upon extreme friction

Sung Keun Lee^{1*†}, Raehee Han^{2†}, Eun Jeong Kim¹, Gi Young Jeong³, Hoon Khim¹ and Takehiro Hirose⁴

Metastable Melting +
Equilibrium Melting =
Quasi-equilibrium Melting > Disequilibrium Melting

- ⇒ Melting temperature depression
- ⇒ Lubrication of fault plane
- ⇒ Friction coefficient **의 감소**
- ⇒ Easier slip on Fault plane
- ⇒ Generation of large-magnitude Earthquakes



Understanding Earth 2020
Lee et al. *Nature Geoscience* 2017

**쉬어가기 I.
행성내부 마그마의
원자구조의 질서
(메가바는 아님)**

Simplicity in melt densification in **multi**component magmatic reservoirs in Earth's interior revealed by **multi**nuclear **magnetic resonance**

Sung Keun Lee¹

School of Earth and Environmental Sciences, Seoul National University, Seoul, 151-742 Korea

Pressure-induced changes in properties of multicomponent silicate melts in magma oceans controlled chemical differentiation of the silicate earth and the composition of partial melts that might have formed hidden reservoirs. Although melt properties show complex pressure dependences, the melt structures at high pressure and the atomistic origins of these changes are largely unknown because of their complex pressure–composition dependence, intrinsic to multicomponent magmatic melts. Chemical constraints such as the non-bridging oxygen (NBO) content at 1 atm, rather than the structural parameters for melt polymerization, are commonly used to account for pressure-induced changes in the melt properties. Here, we show that the pressure-induced NBO fraction in diverse silicate

and hence, natural silicate melts in the earth's interior (22). Most of the previous studies focused on the pressure-induced bonding transition in simple model melts (e.g., from single component, to ternary) (e.g., refs. 3, 23–26) and references therein). NMR spectra of simple melt compositions are subjected to less inhomogeneous broadening due to a relatively small number of melt structural components: For the quaternary oxide glasses, the expected number of binary correlations is up to 16; inhomogeneous broadening associated with such complexity obscures the otherwise useful structural information such as coordination number and degree of melt polymerizations.

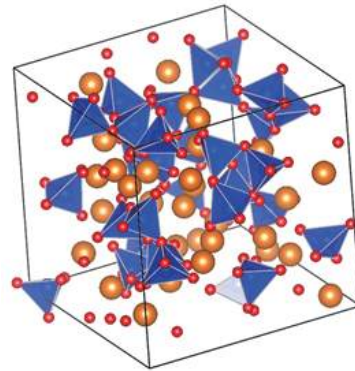
Although the degree of polymerization in melts originally de-

PNAS | April 26, 2011 | vol. 108 | no. 17 | 6847–6852

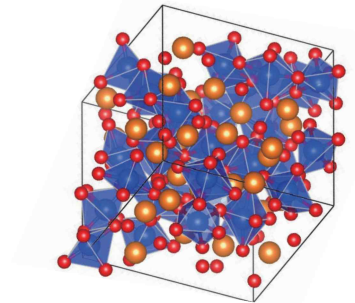
수 메가바 이상에서의 지구물질의
원자구조 규명

Magmas Beyond Megabars

100 GPa,
100 Gigapascal,
1,000,000 atm,
백만기압,
Megabar



1 atm

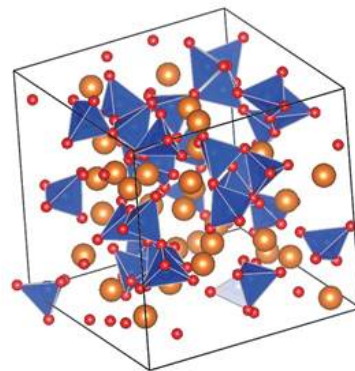


100 GPa

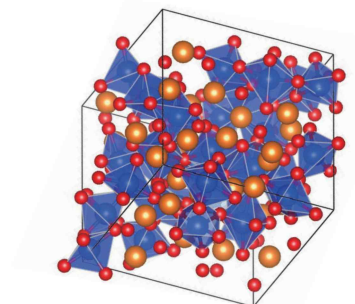
Magmas Beyond Megabars



Understanding Earth 2020



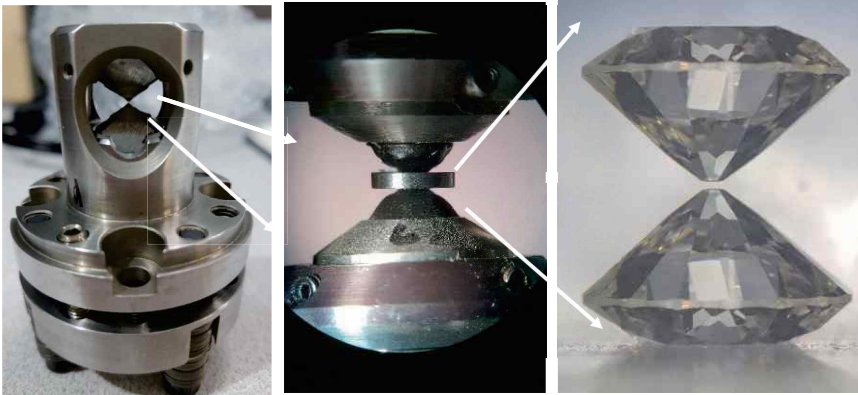
1 atm



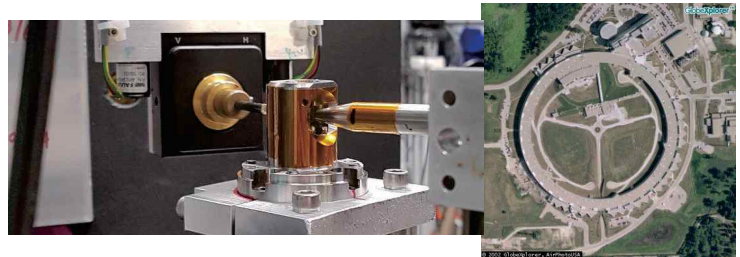
100 GPa

Dense silicate
melt at
~120-130 GPa

High-Pressure Diamond Anvil Cell (DAC)



Advanced Photon Source
HPCAT (16-ID-D), GSECARS (13-ID-C)



Magmas Beyond Megabar?

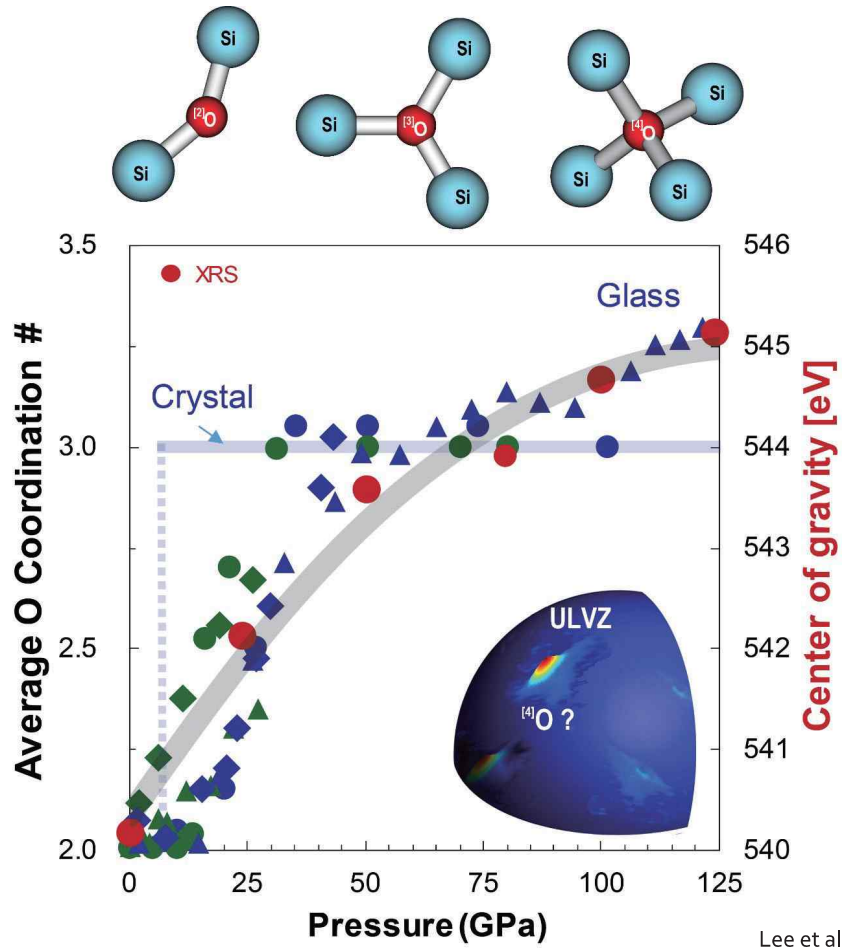
Amorphous boron oxide at megabar pressures via inelastic X-ray scattering

Sung Keun Lee^{a,b,1}, Yong-Hyun Kim^a, Paul Chow^c, Yunming Xiao^c, Cheng Ji^c, and Guoyin Shen^c

^aSchool of Earth and Environmental Sciences, Seoul National University, 08826 Seoul, Korea; ^bInstitute of Applied Physics, Seoul National University, 08826 Seoul, Korea; and ^cHigh Pressure Collaborative Access Team, Geophysical Laboratory, Carnegie Institution of Washington, Argonne, IL 60439

Edited by David Walker, Columbia University, Palisades, NY, and approved April 30, 2018 (received for review January 16, 2018)

Structural transition in amorphous oxides, including glasses, under extreme compression above megabar pressures (>1 million atmo- novel structural transitions in low-*z* glasses under extreme environments, its application has been limited to the maximum quench

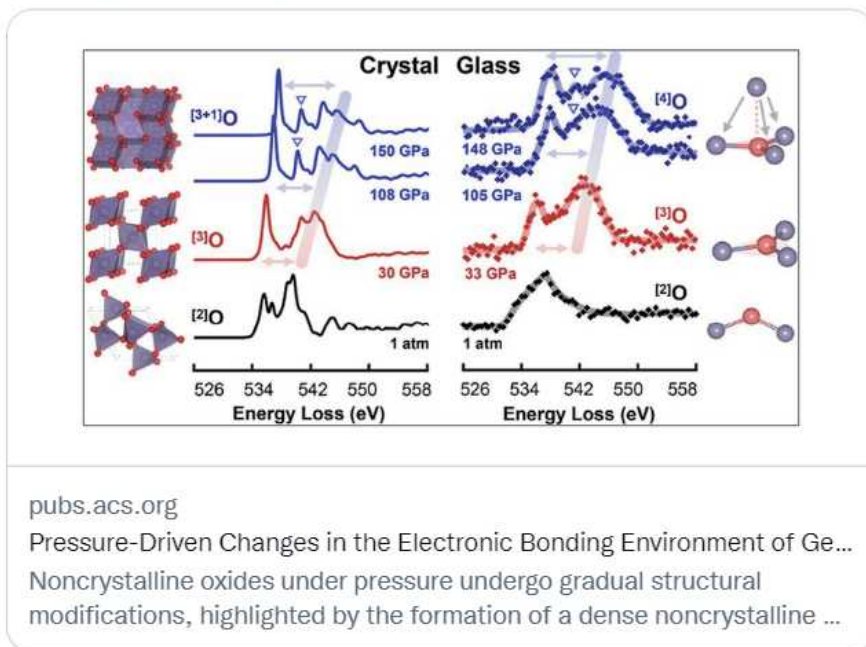


Lee et al. *Phys. Rev. Lett.* 2019

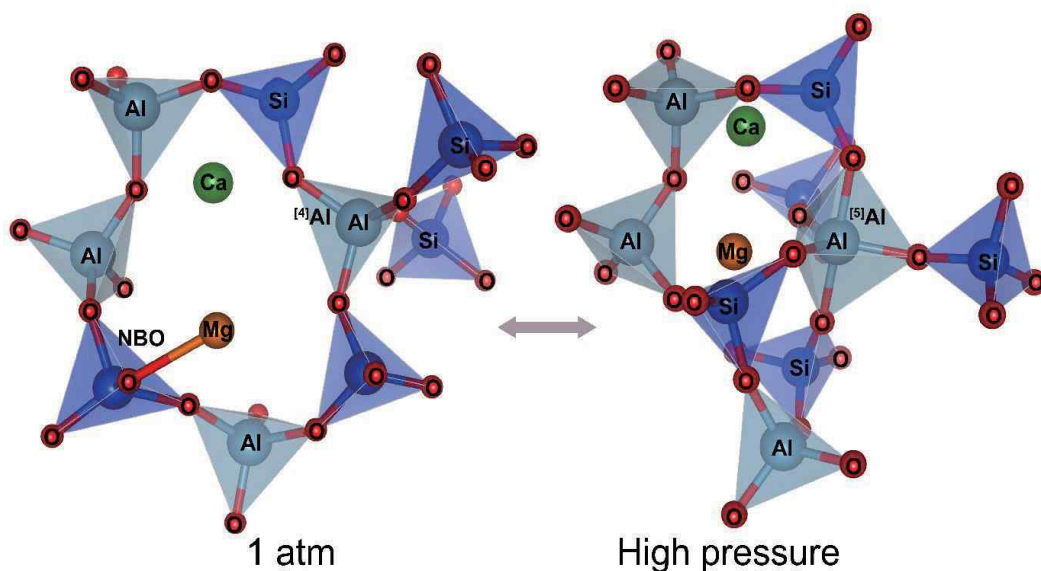
수 메가바 이상에서의 지구물질의 원자구조 규명

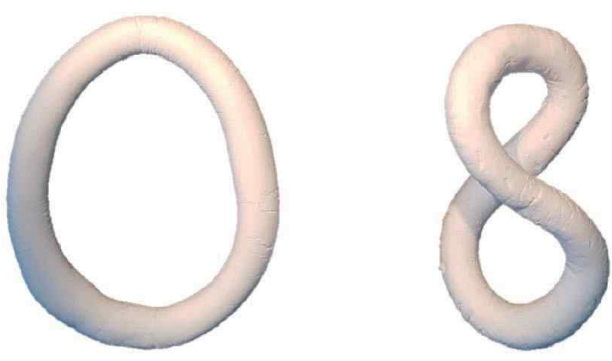
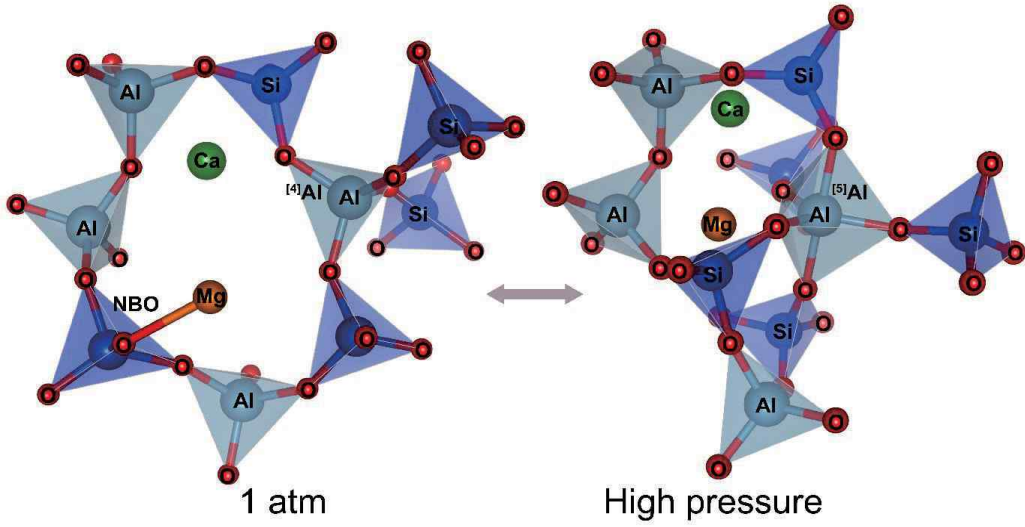


Pressure-Driven Changes in the Electronic Bonding Environment of GeO₂ Glass above Megabar Pressures @SNUnow #Pressure #Electronic #Bonding #GeO₂ #MegaBar



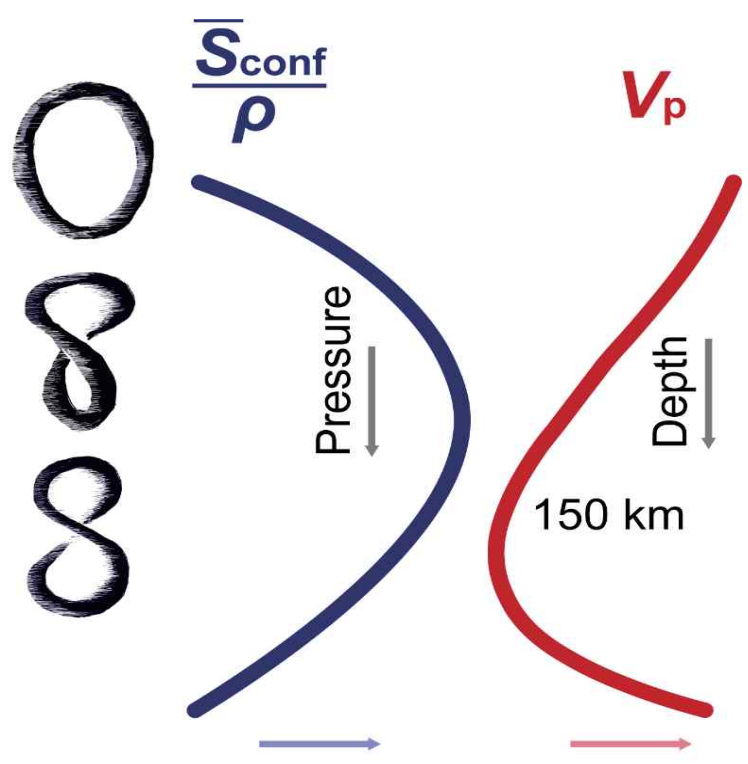
현무암질 마그마의 고압구조





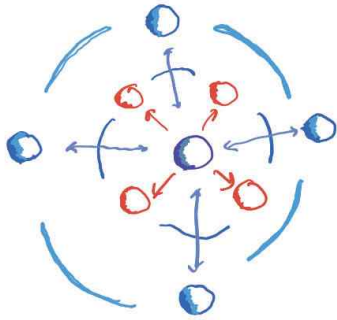
Lee et al. *PNAS* 2020

현무암질 마그마의 고압구조 vs. 거시적 성질

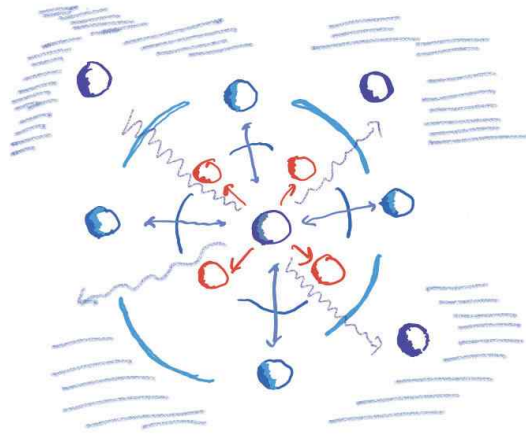


Lee et al. *PNAS* 2020

Probing of pressure-induced changes in medium-range structures



Short-range structure

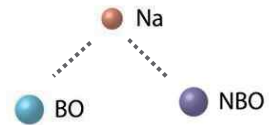
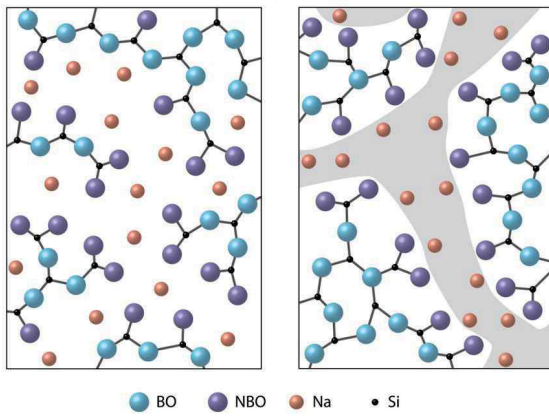


Medium-range structure

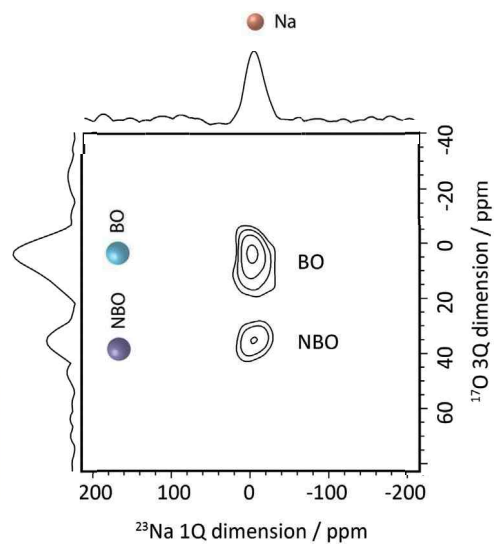
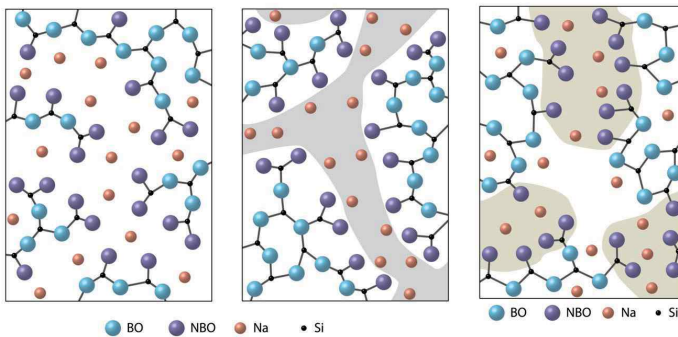
What we got

Densification in glassy networks has traditionally been described in terms of short-range structures. While changes in medium-range structures beyond the second coordination shells may play an important role, experimental verification of the densification beyond short-range structures is among the remaining challenges in the physical sciences. Here, a correlation NMR experiment for prototypical borate glasses under compression up to 9 GPa offers insights into the pressure-induced evolution of proximity among cations on a medium-range scale. **Whereas amorphous networks at ambient pressure may favor the formation of medium-range clusters consisting primarily of similar coordination species, such segregation between distinct coordination environments tends to decrease with increasing pressure, promoting a more homogeneous distribution of dissimilar structural units.** The results highlight the direct link between the pressure-induced increase in medium-range disorder and the densification of glasses under extreme compression.

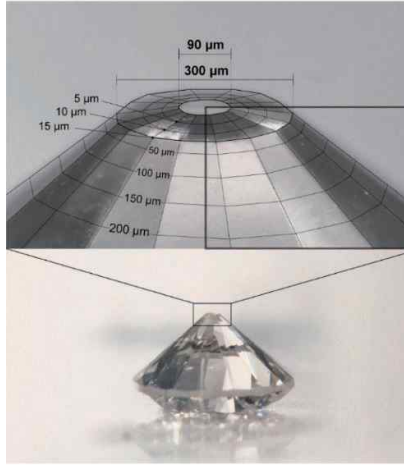
Intermediate-range nanoscale structures of glasses at high pressure?



Hetero-nuclear Correlations among Na and O in oxide glasses



다이아몬드의 단단함과 연약함



Lee et al. *Science Advances* 2023

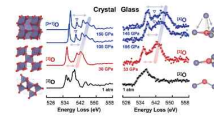
From Nuclear Spins to Planetary Evolution

Funded by Leading Researcher Program from National Research Foundation
리더연구자 (창의 연구) 선정 연구실

Highlights

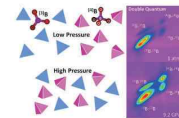
Super-Earth interiors from pressure-driven changes in electronic bonding environment of GeO₂ glass above megabar pressures

Journal of the American Chemical Society (2022)



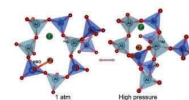
Probing medium-range order in oxide glasses at high pressure

Journal of Physical Chemistry Letters (2021)



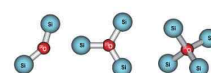
Configurational entropy of basaltic melts in Earth's mantle

Proceedings of National Academy of Sciences (2020)



Oxygen quadcluster in SiO₂ glass at 1.6 megabar pressures

Physical Review Letters (2019)



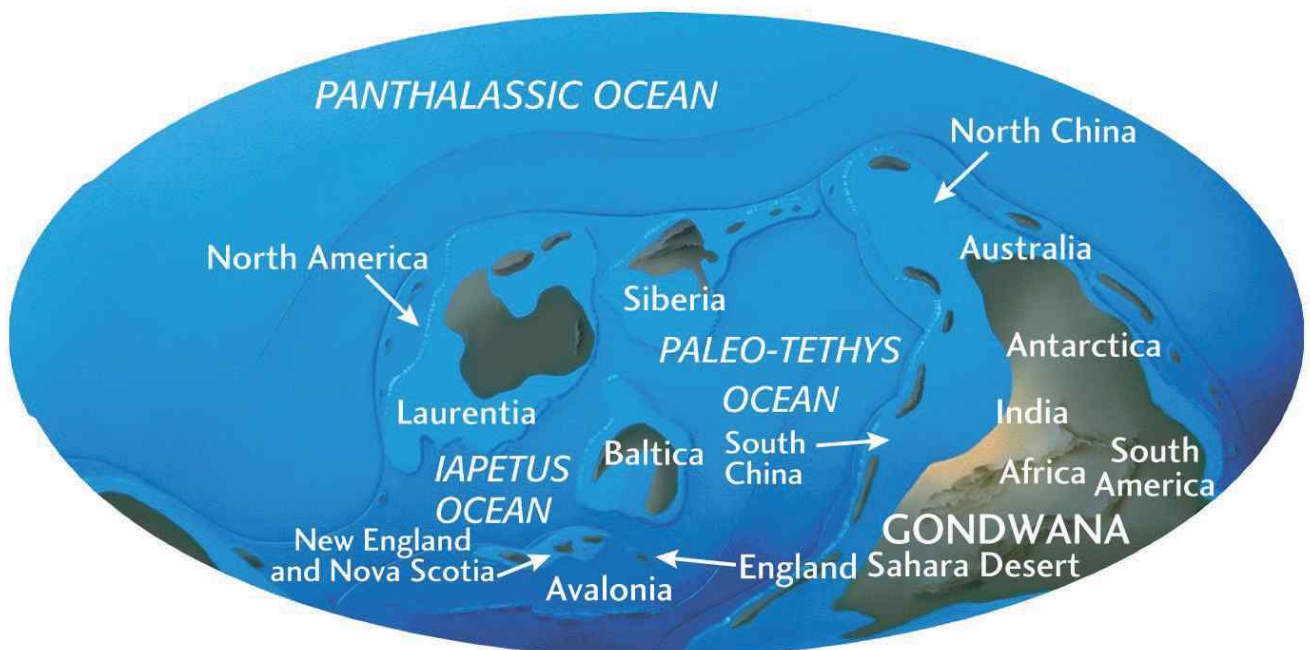
From Nuclear Spins to Planetary Evolution

Funded by Leading Researcher Program from National Research Foundation
리더연구자 (창의 연구) 선정 연구실

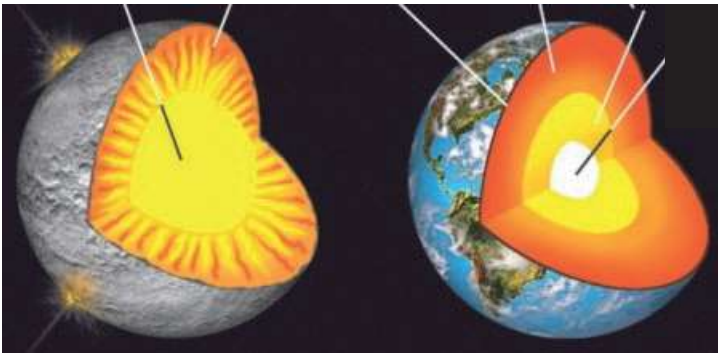


나가기 전에....


Middle Ordovician, 458 Ma



되돌이킬 수 없는 지구시스템현상의 원자단위의 이해



Understanding Earth 2020



학술발표장 A
(교육)

판 운동 원동력에 대한 예비교사들의 개념변화와 이를 통한 교육적 고찰

김예은*¹ 이규호² 서기원³

¹서울대학교 과학교육과(yrs02019@snu.ac.kr),

²경인교육대학교 지구과학교육과,

³서울대학교 지구과학교육과

요약

판 구조론 정립 초기에는 판 하부 맨틀대류가 판을 이동시키는 원동력이라고 여겨졌으나, 연약권의 상부 점성이 판을 움직일 만큼 적당하지 않고 판 경계에서 일어나는 다양한 지질학적/지구물리학적 현상들이 맨틀대류로는 설명되지 않는 문제점이 제기되었다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 섭입판의 인력이 새로운 판을 움직이는 주된 원동력으로 인정받게 되었다. 섭입판 인력으로 설명되는 판은 기존 맨틀대류 위에 떠다니는 수동적인 운동과는 달리 판이 중력에 의해 맨틀 속으로 들어가는 능동적인 움직임으로 설명된다. 섭입판 인력에 의한 판 움직임은 현재 관측되는 대부분의 판 운동을 설명할 수 있어 판 운동의 주된 원동력으로 받아들여지고 있다. 선행 연구 전태환(2016)에 따르면 이러한 학계의 흐름을 대학 교재는 빠르게 수용하고 있는 반면 중등 교과서의 경우 2015 개정까지도 변함없이 판 운동의 원동력을 맨틀대류로 서술하고 있었다. 여기에 최근에 공개된 2022 교육과정 개정 고시에도 여전히 판을 움직이는 힘으로 맨틀대류를 설명하고 있다. 하지만 성취기준 해설에는 섭입판의 인력으로 능동적인 판의 모습을 설명하기로 되어 있어 새롭게 집필될 교과서의 변화된 서술을 기대할 수 있게 되었다. 따라서, 이러한 최신의 연구 결과를 반영하는 교재 개선이 필요하며, 또한 교사는 효과적인 과학수업을 진행하기 위해 새로운 판구조론 개념을 정확하게 이해하고 학생들이 판운동의 원동력 개념을 어떠한 형태로 구성하고 있는지 알고 있어야 한다.

이에 본 연구는 예비교사들을 대상으로 현재 학계에서 인정받고 있는 판 운동의 원동력에 대해 인식시키고 새로운 개념으로 적절히 변화될 수 있게 하기 위해 개념변화학습지를 개발해 적용하였다. 또한 개념변화 학습과정을 통해 학습자들이 어떤 지질학적/지구물리학적 현상이 개념변화에 효과적이었는지 확인하여 이를 향후 변화될 교과서에 교육적 시사점으로 제시하고자 했다. 연구는 세 대학의 지구과학교육과 예비교사 61명을 대상으로 실시하였고, 개념변화학습지는 드라이버의 개념변화학습모형과 하슈웨의 인지갈등전략을 이용해 만들었다. 그 결과 사전개념 검사에서 학습자들의 90%가 판이 움직이는 주된 원동력을 맨틀대류로 대답한 반면 개념변화학습지처치 이후 학습자들의 50%가 섭입판의 인력으로 개념이 변화되었다. 이를 대응 표본 T검증을 이용하여 분석한 결과 유의미한 개념 변화가 발생했음을 알 수 있었고, 개념변화학습지를 통해 학습자들의 개념이 효과적으로 변화될 수 있음을 확인하였다. 또한 개념변화 학습과정 결과를 통해 학습자들의 개념변화에 효과적으로 영향을 끼친 문항이 무엇인지 알기위해 교차분석과 Cramer's V값을 분석한 결과 해령과 해구가 만나는 상황, 판의 속도와 판의 경계 그래프, 남극판 안정성 상황, 불연속적 해령 상황 순으로 개념 변화에 영향을 끼치는 것을 확인하였다. 따라서 향후 교과서를 집필할 때 판 운동의 원동력 개념을 본 연구 결과를 고려한 현상을 반영한다면 학습자들의 이해도를 높이는데 기여할 것으로 기대한다.

주요어 : 지구과학, 판 운동의 원동력, 개념변화, 예비교사, 교과서(과학교육)

Chat GPT와 함께 스무고개 넘기: 과학 교수·학습의 조력자로서 Chat GPT의 활용 가능성 탐색

정수임^{*1}, 신동희²

¹은행고등학교(dinosue@korea.kr), ²이화여자대학교

요약

2022년 공개된 대화형 인공지능 Chat GPT는 사용자가 질문을 통해 원하는 답변을 얻는 방식으로, 검색한 자료의 인출 외에도, 예술 작품의 생성, 문헌 분석, 프로그래밍 코드의 작성 및 수정, 상담, 토론 등 다양한 목적으로 활용될 수 있다. 한편 2022 개정 교육과정은 미래 교육 환경에 적합한 다양한 교수·학습 활동을 통해 디지털·인공 지능 기초소양을 함양하고 학생이 행위 주체로서 교수·학습에 참여하도록 하고 있다. 본 연구는 기존 포털의 지식 검색이나 동영상 플랫폼을 통한 수동적 정보 획득에서 더 나아가, 학습자가 과학적 의문을 생성하고 그를 질문으로 구성하여 답을 찾아가는 과정에서 Chat GPT가 교육적으로 활용될 수 있는지 그 가능성을 탐색하기 위한 기초 연구로 수행되었다. 특히 Chat GPT가 산출한 답변의 특징을 분석함으로써, Chat GPT가 신뢰할 수 있는 조사 활동의 조력자로서 기능하도록 하려면, 학습자 스스로 학습 방향을 설정해서 질문을 생성하고 결과를 비판적으로 판단, 종합해야 하는 과정이 필요함을 인식했다. 이를 위해 고등학교 교과서 지구과학 I의 IV단원에 제시된 발문들을 과학적 의문 유형, 발문의 유형, 언어 형식 등에 따라 분류하고, 이를 질문했을 때 Chat GPT의 응답의 특징을 분석했다. 연구 결과를 근거로 Chat GPT를 교육적으로 유의미하게 활용하기 위해서는 학생이 정보의 요청자이며 종합자로서 정보를 수집하는 과정에 스스로 참여해야 하며, 이를 독려하기 위한 수업의 모형과 교사의 역할을 논의했다.

감사의 글

이 연구는 2023년도 한국지질자원연구원의 지질자원 표본·기초학술연구와 선도형 R&D 정책/성과 확산 연구 사업 지원을 받아 수행되었음.

극지 소양 과학 교육 프로그램을 적용한 초등·중학생의 극지 소양 변화

정수임^{*1}, 신동희²

¹은행고등학교(dinosue@korea.kr), ²이화여자대학교

요약

이 연구는 초·중등 학생의 극지 소양 함양을 위해 개발된 극지 소양 과학교육 프로그램을 적용한 효과를 평가하고, 기후 변화 대응 교육을 위한 시사점을 도출하기 위해 수행되었다. Polar-ICE 단체가 정립한 7가지 극지 소양 원리를 중심으로 연구진이 개발한 모듈식 프로그램 중 과학 개념을 강조한 프로그램과 인문학과 사회학적 쟁점을 강조한 프로그램 등 두 과정에 적합한 세부 프로그램을 선정해서 구조화했다. 이들 두 가지 프로그램은 서울 소재 대학 과학교육 과에서 주최한 토요 과학교실에서 초등학생과 중학생 26명에게 약 69시간에 걸쳐 적용되었다. 26명의 학생을 세 집단으로 나누어 두 집단에게는 각각 극지 소양을 위한 과학교육 프로그램과 인문사회학적 쟁점 교육 프로그램을 실시했고, 나머지 한 집단은 대조군으로 극지 소양과 관련 없는 일반 과학교육을 적용했다. 프로그램을 적용하기 전후에 세 집단의 학생들은 모두 동일하게 극지 소양 검사와 극지에 대한 연상 단어와 장면을 진술하는 설문에 응답했다. 검사 결과는 비모수검정 방법인 Wilcoxon의 대응쌍 부호순위로 나타내어 프로그램 적용 전후의 향상도를 비교했다. 연구 결과 인지적 측면에서 실험군과 대조군 모두 지식 측면에서 프로그램 적용 후 향상이 나타났으나 실험군이 대조군보다 향상의 정도가 더 컸으며, 명시적으로 다룬 내용이나 소재에서 특히 분명한 차이를 나타냈다. 정의적 측면에서 프로그램 전후의 차이는 그다지 큰 차이를 나타내지 않았지만, 인문사회적 쟁점을 다루었던 집단은 통계적으로 유의미한 향상을 보였다. 극지 심상의 변화는 실험 집단인 두 집단이 대조 집단에 비해 단조로운 이미지에서 좀 더 다양한 이미지로 분산되는 경향이 보였다. 이상의 연구 결과를 바탕으로 극지 소양 원리 과학교육 프로그램의 효과를 높이기 위해 유의할 점, 과학적 사고를 함양하고 지구계 교육에 도움이 되는 소재로 활용할 필요성, 극지에 대한 태도를 향상하기 위한 방안, 기후 위기 대응을 준비하는 학교 교육과정과의 연계 등의 시사점을 제안했다.

감사의 글

이 연구는 해양수산부 재원으로 2022년도 한국해양과학기술원 부설 극지연구소의 PAP 사업 지원을 받아 수행되었음.

시선 추적기를 활용한 예비 지구과학교사들의 지질도 해석에 대한 사례 연구

전웅현¹, 이철민², 정덕호*²

¹전주고등학교,

²전북대학교 과학교육학부(earthchung@jbnu.ac.kr)

요약

본 연구의 목적은 예비 지구과학교사들이 지질도에서 단층을 해석하는 동안 그들이 사용하는 내용 지식과 문제해결과정을 분석하는 것이다. 이를 위해 연구자들은 시선 추적기(Tobii Pro Glasses 2 모델)를 활용하여 예비 지구과학교사들(N=12)이 단층 해석에 대한 문제를 해결하는 동안 그들의 시선 고정 시간, 시선 경로에 대한 자료를 수집하여 분석하였다. 그 결과는 다음과 같다. 첫째, 그들은 정단층, 역단층, 주향이동단층 등에 대한 개념은 인지하고 있지만, 대부분의 예비 지구과학교사들은 지질도에서 단층 해석에 필요한 절차적 지식은 인지하고 있지 않다. 둘째, 예비 지구과학교사들은 지질도에서 단층을 해석하기 위해 지질 단면도를 그리지 않았고, 3차원적 정보가 아니라 지질도에서 수집한 2차원적 정보를 바탕으로 단층을 판별하였다. 그러므로 차후 교육 현장으로 진출하는 예비 지구과학교사들이 자연현상에 대한 이해와 더불어 그 자연현상을 이해하는데 필요한 절차적 지식을 학습할 수 있도록 교수학습환경을 개선할 필요가 있다. 그리고 본 연구의 결과는 차후 새로운 교육과정을 구성하거나 교사 교육에 대한 자료를 개발하는데 실질적으로 도움을 줄 수 있을 것이다.

주요어 : 예비 지구과학교사, 단층 해석, 지질도, 문제해결과정, 시선 추적기

Stakeholder analysis to improve implementation ratio of Groundwater Charge in South Korea

Minha Lee¹, Heejung Kim^{*1}, Jae E Yang²

¹Department of Geology, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Republic of Korea (minha_lee@kangwon.ac.kr),

²Department of Biological Environment, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Republic of Korea

ABSTRACT

Groundwater charge was newly introduced in 2005 to enhance groundwater sustainability in South Korea. Although the fee was designed to be coupled with the groundwater management special account to cover groundwater quality management and other relevant activities for sustainable use, the actual operation rate of the charge and the special account is remarkably low, and groundwater quality and quantity has deteriorated in South Korea. In this study, we used the stakeholder analysis theory to map the major stakeholders of groundwater charge on power-interest matrix with an aim to improve governance system. Accordingly, farmers, as the persuasion target, need to be persuaded not to exert their power to defend their negative interest. Additionally, the policy operator requires the support of local governors, city councilors, and congresspersons, as the conciliation target, for a successful implementation. Furthermore, the general interest in groundwater is relatively low in South Korea because of the well-established water supply system, leading to the failure of groundwater charge in gaining public attention. Consequently, the policy operator failed to secure public support to persuade the negotiation partners such as government officials, legislators, and service providers of groundwater pumping system. Thus, this study recommends the policy operator of groundwater charge in South Korea to enhance public awareness on the current status of groundwater and exert public pressure on negotiation partners to support groundwater charge implementation at the national level.

Keyword : Groundwater Charge, groundwater management, stakeholder analysis, power-interest matrix, policy implementation effectiveness

요약

우리나라는 지난 2005년 지하수의 지속가능한 이용을 위하여 지하수이용부담금을 도입하였다. 지하수이용부담금은 지하수관리특별회계와 연동되어 지하수 수질관리를 포함하는 다양한 지속가능한 수자원 이용방안 시행에 필요한 자원 마련을 목적으로 설계되었다. 그러나 지하수이용부담금의 실제 이행률이 매우 낮아 필요한 자원 마련에 실패하면서 현재 우리나라 지하수의 수질은 악화되고 있으며, 수량 역시 고갈되어 가고 있다. 이에 따라, 본 연구는 이해관계자 분석(stakeholder analysis) 기법 중 파워-관심도 매트릭스(power-interest matrix)를 적용하여 우리나라

지하수이용부담금에 대한 정책거버넌스 개선방안을 제시하고자 하였다. 분석 결과, 우리나라 지하수이용부담금 정책은 적극적으로 시행되기에는 확실한 옹호 세력은 없는 반면, 농수산업 관계자라는 거대한 반대세력과 지하수를 생업(대중목욕탕 또는 생수) 또는 가정에서 사용하고 있는 반대그룹만이 존재한다. 이러한 상황 속에서 정책입안자 및 이행기관이 적극적으로 지하수이용부담금 정책을 시행하기 위해서는 보편적 지하수 관련 교육 및 홍보를 통하여 대중적 지지를 확보하고, 그 여론을 기반으로 반대그룹을 설득하고 합의를 도출해나가는 방법을 제안하였다.

주요어 : 지하수이용부담금, 지하수관리 정책, 이해관계자 분석, 파워-관심도 매트릭스, 정책효율성

장소기반 학습이 중학교 학생들의 지속가능한 공원에 대한 인식 및 환경 소양에 미치는 영향

원지운*¹, 남윤경²

¹방어진고등학교(jwwon1031@naver.com),

²부산대학교

ABSTRACT

The aim of this research is to create an educational program that enhances students' awareness of sustainable parks and willingness to participate in socio-environmental activities through place-based learning, and to evaluate its effectiveness. In the program, participating students focused on designing an eco-friendly and sustainable park by studying how existing sustainable parks had been planned and developed, through researching various information and field trips to local sustainable parks. The study involved 29 male students in the 3rd grade of middle school. Students' understanding of sustainable parks and willingness to participate in socio-environmental activities were assessed through their designs of local sustainable parks, environmental literacy measurement results, and their perceptions of the program. The results indicated that the program expanded students' concept of sustainable parks' ecological roles and increased their willingness to participate in socio-environmental activities. The environmental literacy measurement test scores increased in all categories after the program, but only the categories of cognition and problem-solving (inquiry) showed a statistically significant increase. The study also found that the students had a high level of satisfaction with the program. This study is significant because it provides evidence of the positive impact of place-based learning, which utilizes the local environment familiar to students, on their environmental literacy and willingness to participate in socio-environmental activities.

Keyword : problem-based learning (PBL), place-based learning (PBL), sustainability

요약

본 연구는 장소기반 학습을 통해 지속가능한 공원의 역할에 대한 인식과 사회적 참여 의지 수준을 향상시키기 위한 교육프로그램을 개발하고 학교 현장에 적용하여 그 효과를 알아보는 것이다. 교육프로그램에서 학생들은 지속가능한 공원을 설계하는 것을 주요 활동으로 다양한 자료를 연구하고 현장답사를 통해 지속가능한 공원들이 어떻게 계획되고 개발되었는지를 학습하였다. 본 연구는 중학교 3학년 남학생 29명을 대상으로 하였다. 학생들의 지속가능한 공원에 대한 이해와 사회적 참여 의지는 학생들의 지역 공원 설계 계획, 환경 소양 측정 검사지, 그리고 수업에 관한 인식 검사지를 통해 분석되었다. 본 연구의 결과는 먼저 학생들의 지속가능한 공원의 역할에 대한 개념이 전체적으로 확장되었음을 보여준다. 또한, 학생들의 환경 사회적 참여에 대한 개념이 소극적 참여에서 적극적 참여로 바뀐 것을 확인할 수 있었다. 마지막으로 환경 소양 측정 검사에서는 모든 항목에서 프로그램 참여 이후 점수가 상승하였다. 하지만 인지와 기능 항목에서의 점수 상승만 통계적으로 유의미하였다. 수업에 참여한 학생들의 수업에 대한 만족도도 매우 높게 나타났다. 본 연구는 학생들이 속한 지역의 환경을 활용한 장소기반학습이 학습자의 환경소양과 환경 사회적 참여 의지에 미치는 긍정적 영향에 대한 증거를 제시했다는 데 의미가 있다.

주요어 : 문제기반학습, 장소기반학습, 지속가능성

에너지 관련 과학기술 사회쟁점 (SSI)토론에서 나타난 초등과학영재들의 의사결정 전략

윤진아*¹, 남윤경²

¹부산대학교 과학교육연구소(zinayoon@gmail.com),

²부산대학교 지구과학교육과(ynam@pusan.ac.kr)

요약

본 연구는 미래 에너지 자원선정을 위한 SSI 토론과정에서 나타난 과학영재들의 의사결정전략과 중점가치를 분석하고 성별에 따른 차이를 탐색하고자 하였다. 연구대상은 대학부설 과학영재교육원 21명의 초등과학영재들로, 이들은 미래 에너지 자원의 순위를 결정하는 Jigsaw모형의 4단계 토론에 참여하였다: (1) 정보 제공 전 남녀 그룹 토론, 2) 정보 제공 후 남녀 그룹 토론, 3) 전문가 토론(혼합성별) 4) 원모듬 남녀 그룹토론. 연구방법은 토론과정에 대한 비디오로 녹화와 학생들의 학습지가 주요 데이터로 활용되었으며, 이를 토대로 의사결정전략과 중점가치, 성별의 차이를 분석하였다. 분석 결과 첫째, 4가지의 의사결정 전략(보상적 의사결정 전략, 혼합전략, 비보상적 의사결정 전략 및 자발적 의사결정 전략)에 따른 선택과 비선택의 과정으로 남녀의 차이가 구분되었다. 이 과정에서 남학생들은 장점을 중심으로 합의하는 전략을, 여학생들은 단점을 먼저 제외하며 합의하는 전략적 차이를 나타내었다. 둘째, 의사결정을 위한 중점가치로 남학생들은 효율성과 비용을, 여학생들은 안전성과 전문가, 주민의견을 가장 중요하게 인식하였으며, 이는 의사결정에 결정적인 요인으로 작용하였다. 특히 전문가 토론(정부, 기업, 환경단체, 시민)의 남녀 혼성그룹 토론과정은 여학생들의 중점가치를 변화시키고, 남학생들의 내재적 가치가 명시적으로 드러나는 변화를 유도하는 것으로 나타났다. 이는 의사결정과정에서 중점가치의 중요성과 가치를 선택하거나 수용하기 위한 다양한 상황과 가치를 함께 다루어보는 가치명료화 과정이 중요함을 보여준다. 본 연구는 SSI토론과정에서 나타난 의결정과정에서 성별에 따른 특성을 제시하였다는데 의의가 있다.

주요어 : SSI., 의사결정, 에너지, 중점가치, 성별차이

중학생의 학습자 주도성 실태 및 요구 분석

유은정*, 우연경, 이인태

한국교육과정평가원(geoscience@kice.re.kr)

요약

미래 교육에 대한 여러 담론들은 미래를 살아가야 할 학생들에게 요구되는 자질 혹은 능력으로 학습자 주도성에 주목하고 있다. 이에 본 연구에서는 우리나라 중학생들의 학습자 주도성 실태를 분석하기 위해 설문 조사와 심층 면담을 통해 학생과 교사를 대상으로 중학생의 학습자 주도성 실태 및 요구를 분석하였다. 설문 조사를 위해 3개 구성 요소(의도성, 자기조절, 자기성찰)와 2개 발현 수준(개인적 수준, 공동체 수준)으로 구성된 총 22문항의 ‘중학생용 학습자 주도성 측정 도구’를 사용하였다. 먼저, 전국의 3% 중학교를 층화군집추출 방식으로 교사와 학생 표본을 선정한 결과 총 172개 중학교 1, 2, 3학년 담임교사 345명과 학생 7,571명이 설문 조사에 응답하였다. 다음으로 학습자 주도성 관련 전문성이 있는 중학교 교사 5명과 학습자 주도성 수준이 다양한 중학교 1, 2, 3학년 학생 총 6명을 대상으로 2023년 3월부터 8월까지 온·오프라인으로 심층 면담을 실시하였다. 개별 혹은 집단 면담을 개인 당 1~3회 정도 회당 1시간 내외로 심층 면담을 실시하였다. 연구 결과, 1학년이 2·3학년에 비해 의도성 및 자기조절에서 유의미하게 높은 점수를 보였고, 개인적 수준(의도성, 자기조절)의 경우 남학생이 여학생에 비해, 공동체 수준(의도성, 자기조절, 자기성찰)의 경우 여학생이 남학생에 비해 점수가 더 높게 나타났다. 또한 의도성, 자기조절, 자기성찰 모든 영역에서 공동체 수준의 학습자 주도성이 개인적 수준의 학습자 주도성에 비해 더 높은 점수를 보였다. 이상의 연구 결과를 바탕으로 학습자 주도성 발달 양상에 관한 장기적 추이 분석, 학교급에 적합한 측정 도구 형식과 시행 방식 개선, 학습자 주도성에 영향을 미치는 다양한 층위의 환경 조건 탐색을 후속 연구로 제안하였다.

주제어 : 학습자 주도성, 구성 요소, 발현 수준, 실태 및 요구 분석

핵심 개념에 대한 중등 과학 교사들의 인식 및 관점

유은정

한국교육과정평가원(geoscience@kice.re.kr)

요약

본 연구는 2015 개정 교육과정에 처음 도입된 핵심 개념이 추상적인 담론으로 그치지 않고 학교 현장에서 구체적인 교수학습 방안으로 구현되도록 하기 위함이다. 이에 플랫폼, 숙의, 설계의 순환적 과정에 따라 백워드 설계 모형을 활용하여 핵심 개념 이해를 위한 교수학습 자료 개발 연구에 참여한 8명의 중등 과학 교사들을 대상으로 핵심 개념에 대한 인식 및 관점을 살펴보았다. 연구 결과, 핵심 개념에 대해 궁극적 원리에 해당하는 빅 아이디어, 일상생활을 살아가는데 필요한 최소한의 과학 개념, 기본적이고 주요한 핵심적 과학 개념 등 핵심 개념의 의미에 대해 동일 교과인 과학과 안에서도 공유되지 않은 인식의 차이가 나타났다. 이는 교수학습 지향점에도 영향을 주어, 핵심 개념을 전이와 확장 가능한 빅 아이디어로서 이해하고 있는 경우는 개념 간의 관계에 주목하며 분명한 방향성을 갖고 프로젝트 학습을 설계하는 경향이 나타났다. 한편, 핵심 개념을 삶의 맥락에서 떠올릴 수 있는 과학 소양 수준의 최소한의 과학 개념으로 인식하는 경우, 학생들의 삶에 의미 있는 학습 경험을 제공하는 것을 지향하며 일상에 적용 가능한 사례 중심으로 검색 및 조사 활동을 강조하는 경향이 나타났다. 또한 핵심 개념을 기본 개념이나 주요 개념 등 핵심적인 과학 내용 요소로 인식하는 경우, 오개념 교정을 통한 개념 변화를 강조하며 정확한 과학 지식을 학습하고 지필 평가 및 수행 평가를 통한 문제 해결 문항을 개발하는 것을 중요하게 인식하였다. 2015 개정 교육과정이 마무리 되고 2022 개정 교육과정이 확정·고시될 예정인 현 상황에서, 핵심 개념을 핵심 아이디어로 명명하여 빅 아이디어의 취지를 재차 강조하는 2022 개정 교육과정이 학교 현장에 안정적으로 정착될 수 있도록 실효성 있는 정책적 지원이 뒷받침 되어야 할 것이다.

주제어 : 2015 개정 교육과정, 핵심 개념, 2022 개정 교육과정, 핵심 아이디어, 빅 아이디어

2015 개정 교육과정의 통합과학 교과에 대한 학생들의 인식 비교

전재돈*¹, 이진경², 이효녕¹

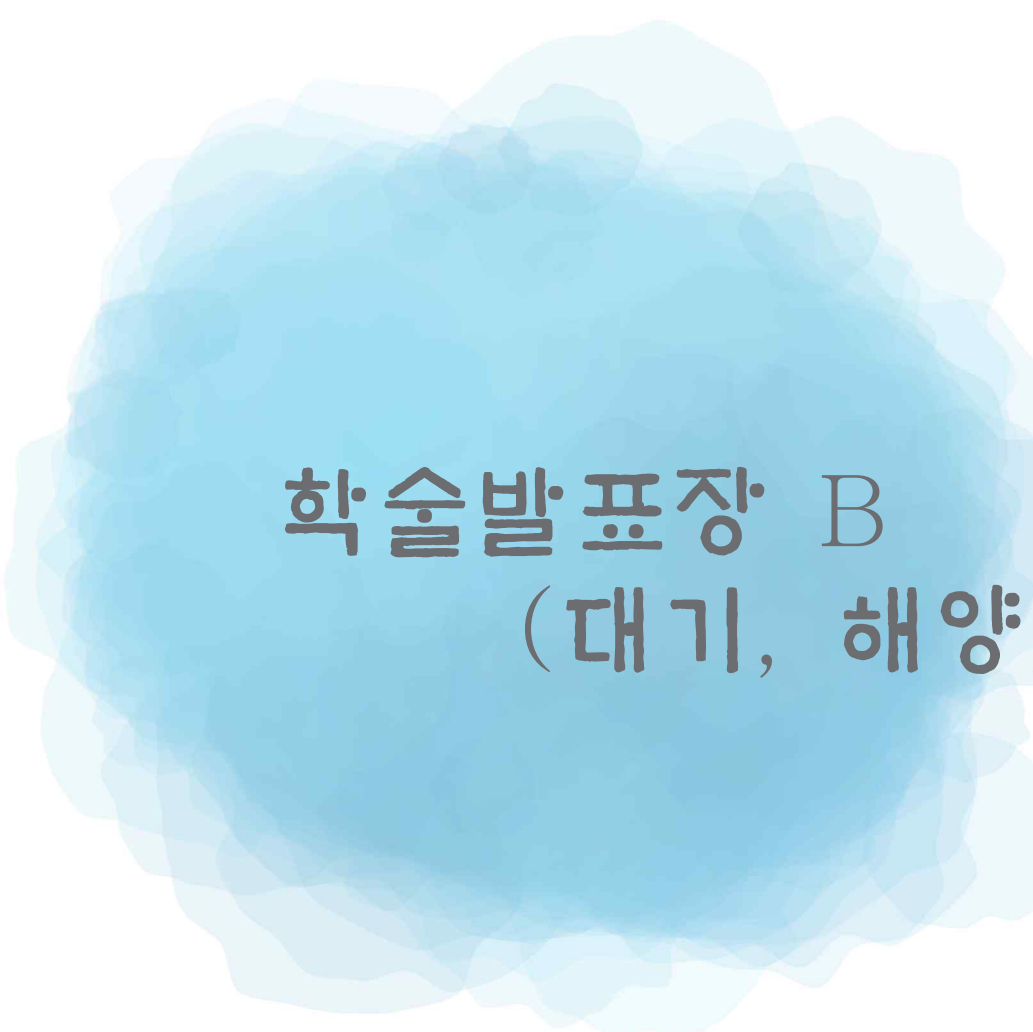
¹경북대학교(jjd8659@knu.ac.kr),

²선주고등학교

요약

이 연구는 2015 개정 교육과정이 시행된 후 통합과학 과목 운영이 고등학생들의 입장에서 교육과정의 성격과 목표에 부합하는지 알아보는 것에 그 목적이 있다. 이를 위해 경상북도 G시의 고등학생 231명을 대상으로 설문지를 투입되어 학생들의 의견을 수집하였다. 연구 결과는 다음과 같다. 첫째, 통합과학은 어렵다고 생각하는 학생들이 많았고, 흥미도 다소 낮게 인식하고 있었다. 그러나 통합과학 과목이 대학 입시나 미래 직업 결정에 중요한 과목이라고 인식하는 학생들이 많은 것으로 확인되었다. 교과 내용에 대해서는 여러 과학 영역이 융합되어 있어 다양한 내용들을 이해하는 데 도움이 된다고 하였지만 그 난이도가 어렵다고 인식하고 있었고 모든 학생들이 필수적으로 알아야 하는지에 대해서는 부정적 응답도 다수 확인되었다. 둘째, 통합과학 수업의 필요성에 대해서 여러 분야를 통합해 학습해야 하는 것에 비해 각 분야를 구분해 영역별로 학습하는 것이 더 필요하다고 인식하고 있었으나, 시나 공학, 예술 등 과학이 아닌 다른 여러 영역을 융합해 학습하는 것은 필요하다고 인식하고 있었다. 셋째, 통합과학 수업의 효과에 대해서는 통합과학 수업을 통해 개인과 사회의 문제를 과학적으로 해결하려는 태도가 함양되었다는 인식이 낮게 나타났다. 그러나 통합과학 교과 학습을 통해 과학 개념과 지식이 증가한 것에 대해서는 긍정적으로 인식하고 있었다. 2015 개정 교육과정 통합과학 교과에 대한 학생들의 인식을 바탕으로 2022 개정 교육과정의 통합 교과목의 효과적인 운영이 이루어질 수 있기를 기대한다.

주요어 : 2015 개정 과학과 교육과정, 통합과학, 고등학생, 인식



학술발표장 B
(대기, 해양)

2020 동아시아 여름 강수 예측성: MJO 영향

위지은*¹, 강진희¹, 문병권¹

¹전북대학교 과학교육학부/융합과학연구소(jieunwie@gmail.com)

요약

동아시아 지역에서는 강수량이 여름 몬순 기간에 집중되며 2020년에는 특히 장기간 강한 강수가 내렸다. 이 연구에서는 매든-줄리안 진동(Madden-Julian Oscillation; MJO)이 동아시아 강수의 예측 성능에 어떠한 역할을 하는지 분석하였다. S2S 프로젝트에 참여하는 BoM, CMA, ECCC, ECMWF, HMCR, ISAC-CNR, KMA, METEO-FRANCE, NCEP, UKMO의 총 10개 모델을 분석하였고, 분석기간은 2020년 7월 3일부터 30일까지이다. 이 기간동안 예측하는 초기일인 6월 18일, 6월 25일, 7월 2일을 분석하였으며, 모델의 이름과 초기일을 결합하여 예측자료를 명명하였는데 예를들어 초기일 6월 18일의 UKMO 자료는 UKMO0618이다. ECCC와 ISAC-CNR, METEO-FRANCE는 예측기간이 최대 32일로 일부 초기일에서 7월 말 분석은 제외되었다. S2S 모델은 누적 강수량을 7월 초의 UKMO0618, UKMO0625, KMA0625와 7월 중순의 KMA0702는 과대모의 하였으며, 그 외에는 과소모의하였다. 2020년이 강한 여름 강수를 기록했음에도 불구하고 BoM0625, CMA0625, HMCR0618, ISAC-CNR0618 등은 분석기간 내내 음의 누적 강수 아노말리를 가져 예측 오차가 매우 컸다. 모든 초기일을 고려했을 때 가장 예측 성능이 우수한 모델들은 UKMO, ECCC, KMA이며, 성능이 좋지 않은 모델은 ISAC-CNR이었다. 예측성능이 우수한 모델들은 뚜렷한 동아시아 강수 밴드와 잘 발달된 서태평양 아열대 고기압을 재현하였다. 각 초기일과 모델들의 서태평양 아열대 고기압의 강도와 강수 아노말리는 뚜렷한 상관관계가 보이지 않았다. 그러나 강수 아노말리가 양수인 어느 정도 합리적인 예측을 보인 모델들의 경우에는 이들의 관계가 0.94로 매우 높은 상관관계를 보였다. 이는 서태평양 아열대 고기압을 충분히 강하게 모의할 경우 동아시아 강수 예측 성능이 우수해짐을 의미한다. 이들의 MJO 위상 공간 다이어그램 분석 결과 예측 성능이 좋은 모델들이 2020년 MJO Phase 1-3인 날 수가 많았는데, 이 날 수는 서태평양 아열대 고기압 세기와 높은 양의 상관관계(상관계수=0.8)를 보여, 모델들은 대체적으로 MJO 날수와 서태평양 아열대 고기압의 관계 역시 선형성을 보여주고 있었다. MJO Phase 1-3인 날수는 동아시아 강수량과도 0.4의 높은 양의 상관관계를 보여주어, 모델이 어느정도 예측 성능을 가진다면, MJO 날수가 동아시아 강수 예측 성능을 추정하는데 좋은 지표가 됨을 알 수 있다. 이 연구는 동아시아 강수 예측 성능에 MJO와 관련된 서태평양 아열대 고기압의 발달이 매우 중요한 역할을 하고 있음을 보여준다.

주요어 : 매든-줄리안 진동(Madden-Julian Oscillation, MJO), 동아시아 강수 예측, 계절내-계절 예측(Subseasonal-to-seasonal forecast; S2S), 서태평양 아열대 고기압, 예측 성능 평가

감사의 글

This work was supported by the Korea Meteorological Administration Research and Development Program under Grant KMI2020-01212 and the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Government of Korea (MSIT) (No. 2022R1A2C 1008858).

중등학교 교과서 황해난류 오개념 분석 및 해류 데이터 시각화 수업자료 개발

김수란^{*1,2}, 박경애¹, 변도성³, 정광영³, 최병주⁴

¹서울대학교(sulan0520@korea.kr),

²경기도 상일고등학교,

³국립해양조사원,

⁴전남대학교

요약

지구의 기후 변화를 유도하고 제어하는 가장 중요한 역할을 하는 것은 해양의 해류이다. 황해는 수심이 동해에 비해 매우 얇고, 다양한 바람과 조류, 강물의 유입, 동중국해에서의 해수 유입 등 외력의 영향으로 해수의 순환과 해류가 상당히 복잡하다. 황해난류는 겨울철 황해의 대표적인 해류로서 겨울철 황해와 동중국해 바람 변동성과 밀접한 관련이 있으며, 황해의 수온과 염분 분포에 큰 영향을 주어서 중등학교 교과서에서 중요하게 다루어질 필요성이 있다.

2015 개정 교육과정 기반 중등학교 과학 및 지구과학 교과서의 황해난류와 관련된 내용을 분석하였다. 또한 해류의 시간 변동성에 대한 교사들의 인식을 조사하기 위해 중등학교 과학 교사들을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 대부분의 교사들은 황해난류가 우리나라 서해안으로 연중 북상하고 있으며 일반적인 난류와 같이 여름철에 강하다는 잘못된 지식을 가지고 있는 것으로 나타났다. 황해난류는 해류의 세기가 강한 계절 변동성을 가지는 북한난류와 달리 해류 자체가 연중 항시 존재하지 않으며 겨울철에만 발생하는 해류이다. 이러한 교사들의 교과 내용 지식에 대한 오류는 북한난류가 겨울철에 강하다는 오개념을 가지게 된 연유와 유사한 배경을 가지고 있었다. 따라서 본 연구에서는 황해난류에 대한 교과서 내용의 오류를 분석하여 제시하였다. 또한 학생들과 교사들의 데이터 리터러시 함양을 위하여 탐구활동에서 활용할 수 있는 황해난류에 대한 수업자료를 개발하였다. 황해 해수면 온도를 가시화할 수 있는 GUI 프로그램을 소개하였고, WOA (World Ocean Atlas) 2018 해양 실측 수온 및 염분 자료와 국립해양조사원에서 생성한 해양 수치모델 재분석자료를 활용하여 수온과 염분의 공간 분포를 도시하는 자료를 개발하여 제시하였다. 이러한 해양 자료를 활용한 데이터 시각화과정은 교사들의 오개념을 개선하고, 나아가 학생들과 교사들의 해양 리터러시뿐만 아니라 데이터 리터러시도 제고하는 계기가 될 것으로 기대된다.

주요어 : 황해난류, 중등학교 교과서, 해류, 오개념, 데이터 시각화

Optical Flow 기법을 활용한 표층 해류 산출

김희영^{*1}, 박경애²

¹서울대학교 지구과학교육과(heeyoungkim@snu.ac.kr),

²서울대학교 지구과학교육과/해양연구소

요약

해류는 해양 환경을 구성하는 가장 중요한 요소 중의 하나로서, 특히 표층 해류는 해수의 순환뿐만 아니라 해양 생태계 및 대기 환경에도 많은 영향을 미치는 변수이다. 따라서 표층 해류에 대한 보다 정확하고, 연속적인 정보를 생산하는 것은 지구 환경을 이해하는데 매우 중요하다. 현장 관측 자료의 시간적, 공간적 한계로 인해 위성자료로부터 해류 정보를 획득하는 것이 필요하며, 해류 산출 방법에는 크게 형상 추적 기법과 광학 흐름 (Optical Flow) 기법이 있다. 본 연구에서는 이미지 보정 광학 흐름 기법을 제시하고, GOCI 클로로필-a 자료와 GK-2A 해수면온도 영상을 입력 데이터로 사용하여 북서태평양의 optical flow를 계산하였다. 산출된 표층 해류는 대표적인 형상 추적 기법인 Maximum Cross Correlation (MCC) 기법과 Particle Image Velocimetry(PIV) 기법의 해류장 및 고도계 해류와 각각 비교되었다. 산출된 optical flow current의 정확도는 표층 뜰개 자료로부터 계산한 해류와의 비교를 통해 검증되었다.

주요어 : 표층해류, Optical Flow, MCC, GOCI, GK-2A

위성 관측(Aquarius, SMAP) 염분자료를 활용한 북서태평양 태풍에 대한 해양의 반응 (2011-2020)

박경애^{*1}, 박재진², Wenqing Tang³

¹서울대학교 지구과학교육과(kapark@snu.ac.kr),

²선박해양플랜트연구소,

³NASA/JPL

요약

활발한 해양-대기 상호작용의 결과로 발생한 태풍은 해양 표층에 급격한 변화를 일으키고 다양한 형태로 해양의 반응을 유도한다. 인공위성이 관측한 염분은 해수면온도와 달리 정확도와 불확실성이 매우 커서 제한적으로 사용되고 있다. 위성 염분자료가 북서태평양에서 발생한 태풍 시기 해양 연구가 가능한지 조사하기 위하여 지난 10년(2011~2020년) 동안 Argo 프로트 및 부이 자료를 사용하여 위성관측 염분자료의 정확도를 검증하였다. 그 결과 SMAP(Soil Moisture Active Passive)와 Aquarius 위성 염분 자료는 여름철 해수면 온도가 높을 경우, 아열대 해역과 같이 저위도일수록 상대적으로 정확도가 높게 나타났다. 이는 위성 염분자료의 활용이 여러 한계에도 불구하고 태풍 시기에 제한적인 활용 가능성을 시사한다. 지난 10년 동안 태풍들중 전형적인 포물선 경로를 보이는 대표적인 태풍을 객관적 방법으로 분류하여 이 태풍들에 대한 해양 반응을 분석하였다. Aquarius와 SMAP 위성 모두 태풍 경로의 우측에서 고염화가 진행되었으며, 이와 대조적으로 태풍 좌측에서는 저염화가 발생하였다. 저염화가 발생한 위치는 태풍 중심의 왼쪽에서 강수량이 큰 곳과 일치하는 경향을 보였다. 또한 강수가 증가할수록 위성 염분이 감소하는 추세에 있고, 강수율에 대한 염분 담수화의 비율은 약 $-0.0401 \text{ psu mm}^{-1} \text{ h}^{-1}$ 로 나타났다. 태풍 통과 전과 후의 Argo 자료의 연직 분포의 변화를 분석한 결과 태풍 통과 후 해수 표층에서 특징적인 냉각화가 발생하고 혼합층의 깊이도 증가하고, 좌측의 저염화 현상이 나타났다. 태풍 경로를 따라 좌표계를 변환한 후 대기 환경을 분석한 결과, 태풍 중심의 전방 및 약간 좌측에서 저염화 현상이 출현하였다. 태풍 경로를 따라 변환된 좌표계에서 본 해상풍과 강수의 공간적 분포는 태풍이 도착하기 전에 염분의 특징적인 분포를 파악할 수 있었다. 따라서 본 연구는 북서 태평양에서 태풍 시기에 태풍 중심 주변의 해양과 대기 환경변화에 대한 과정을 설명하는데 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

주요어 : 해수면 염분, SMAP, Aquarius, 태풍, 해양 반응

Incidence of harmful algal blooms in the coastal region of Jeju Island: A satellite remote sensing approach

이민선¹, 박경애*²

¹City University of New York, NY, USA,

²서울대학교 지구과학교육과(kapark@snu.ac.kr)

ABSTRACT

Despite the increasing numbers of red tide events in the pristine subtropical ocean, a paucity of previous observations has limited understanding of harmful algae in the seas around the Korean Peninsula. Therefore, using six years (2012 - 2017) of Geostationary Ocean Color Imager (GOCI) satellite data, we characterized the red tides around Jeju Island, a volcanic island located near the paths of the Jeju Warm Current and Tsushima Warm Current, using the Normalized Red Tide Index (NRTI) method. The seawater around Jeju Island has for a long time been considered to be very clear, with relatively low suspended particulate matter concentrations and few harmful algae. Nonetheless, the satellite-based NRTI detection method used in this study detected and supported the existence of red tides in the coastal region around Jeju Island. Analysis of the red tide distribution showed that red tide first began to appear near the western coast of Jeju Island, then developed in the northern and eastern coastal regions, and finally vanished in the eastern coastal region. The monthly averages of the NRTI demonstrated a bloom event from April to May in every year. Additional fall blooms were detected in August - September, particularly in 2013 and 2016. The NRTI revealed strong interannual variations. The longest blooms occurred in 2015, and the most comprehensive and strongest event occurred in the spring of 2016. The latter three years (2015 - 2017) had much higher NRTI than the former three years (2012 - 2014). The probability of red tide occurrence at a given point during the 6-year study period revealed spatial differences. Relatively high probability of 0.3 - 0.5 was determined along the northern coastal region, whereas low probability of less than 0.2 was found along the southern region. Ground truth data also showed more frequent observations and higher red tide cell densities along the northern coast. Changes in NRTI in spring are positively correlated with changes in ENSO indices in winter. This study is the first to use a satellite-based approach with a vast long-term satellite database to elucidate the existence and probability of red tides near Jeju Island. We anticipate that this study will provide a useful strategy for remote monitoring of harmful algal blooms over wide regions using optical data.

Keywords: red tide, Geostationary Ocean Color Imager (GOCI), ocean color, red tide index, Jeju Island

전구 대양에서 인공위성 고도계 관측 유의파고의 정확도 평가 및 오차 특성 분석

우혜진*¹, 박경애², 박혜원³, 김선우³, 송승훈³

¹서울대학교 지구과학교육과(hyejinwoo@snu.ac.kr),

²서울대학교 지구과학교육과/교육융합연구원,

³서울대학교 과학교육과

요약

해양에서 파랑은 지구온난화 및 기후변화 연구의 중요한 변수이며 극심한 연안 재해를 유발하는 요인 중 하나이다. 따라서 정확한 파랑 관측이 필수적이다. 본 연구에서는 전구 대양에서 1992년부터 2016년까지 25년 동안 인공위성 고도계 관측 유의파고를 NDBC 부이와 기상청 해양 기상위성 부이 관측 유의파고를 실측 자료로 활용하여 검증하고 오차 특성을 분석하였다. 전구 대양에서 실측 자료에 대한 고도계 관측 유의파고의 편차와 평균제곱근오차는 각각 0.03 m와 0.27 m로 고도계 유의파고가 비교적 정확하게 관측되고 있음을 검증하였다. 그러나 위성 고도계 유의파고의 편차와 평균제곱근오차를 부이별로 도시한 결과 지역적인 해역에 따라 뚜렷한 오차 특성을 보였다. 특히 연안에서는 고도계 관측 유의파고의 오차가 뚜렷하게 증폭되었다. 또한 실측 유의파고가 낮을 때 과대추정되는 경향과 실측 유의파고가 높을 때 과소추정되는 경향이 미약하게 나타나고 있음을 확인하였다. 또한 고도계 관측 유의파고의 오차는 뚜렷한 계절변동성을 보였으며 이러한 경향성은 위도가 높아질수록 현저해졌다.

위성 원격반사도 스펙트럼을 활용한 한반도 주변 표층 해수의 수형 변동 특성 이해

이지현^{*1}, 박경애¹, 정광영², 권석재², 오현주²

¹서울대학교(jh.lee@snu.ac.kr),

²국립 해양조사원

요약

해수 속의 용존 유기·무기물과 플랑크톤 등의 상호 작용은 해수의 색과 광학적 특성을 결정한다. 표층 해수의 광학적 특성에 우세한 영향을 끼치는 인자는 대양에서는 식물 플랑크톤의 변동이, 연안에서는 육상 기원 쇄설물의 변동으로 해양의 규모와 물리적 특성에 따라 다르다. 본 연구는 한반도 주변의 동해, 서해를 비롯한 동중국해, 북태평양 일부 해역을 대상으로 2003년부터 2020년까지 관측한 MODIS/Aqua 원격반사도 자료와 실측 원격반사도를 수집하였다. 수집된 자료를 바탕으로 유형화한 수형별 기준 스펙트럼을 이용하여 한반도 주변 해수의 광 특성을 유형화하고, 연구 해역 수형의 변동 특성을 이해하고자 하였다. 수집된 원격반사도 스펙트럼은 분광 각도법을 이용해 표준 스펙트럼과 비교하여 23가지의 유형으로 분류하였으며, 전 기간 최빈값의 공간 분포 특성을 제시하였다. 해양에 따라 광학적 수형의 계절적 변동 특성이 다소 다르게 나타났으며, 여름에는 광학적으로 맑은 해수가 가장 잦게 출현함을 확인하였다.

주요어 : MODIS/Aqua, 광학적 수형, 동해, 서해

위성 영상 및 모형 실험 기반 유체 소용돌이 STEAM 교수-학습 자료 개발

정인진*^{1,2}, 박경애³

¹서울대학교 과학교육과(injinwin@snu.ac.kr),

²천안불당중학교,

³서울대학교 지구과학교육과

요약

전구 해양과 대기에는 다양한 규모의 유체 소용돌이가 존재한다. 인공위성은 중규모의 구름 소용돌이를 비롯한 자연 현상을 종관적으로 관측할 수 있다는 점에서 교육적 활용 가치가 충분한데도 불구하고 현 교육과정과 연계하여 학교 현장에 적용될 수 있는 교수-학습 자료의 개발은 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 중학생과 초등 고학년을 대상으로 한 소용돌이 주제의 위성 자료 활용 교수-학습 자료를 개발하였고, 영재학생(초6-중2)을 대상으로 한 파일럿 수업에서 긍정적인 결과를 얻었다. 현행 2015 개정 교육과정을 분석하여 학교 교육과 연계될 수 있도록 내용을 조직하였고, 학생의 과학에 대한 흥미, 이해도, 창의성을 증진하기 위하여 STEAM 방식으로 교수-학습 자료를 구성하였다. 국가기관에서 제공하는 위성영상은 조작하기에 간단하며, 모형을 직접 제작하여 소용돌이를 만들어보는 학생 중심적인 활동은 소용돌이 발생에 대한 이해를 증진시킨다. 따라서 수조 실험을 통하여 위성영상으로 확인한 소용돌이의 형성 과정을 이해할 수 있도록 설계하였다. 교수-학습 자료는 학교 현장에서 실질적으로 활용될 수 있도록 교육과정 중 '날씨와 우리 생활'과 '기권과 날씨'의 연장선상에서 학습할 수 있고, 과학, 기술, 공학, 예술, 수학의 각 요소들이 반영되도록 구성하였다. 본 연구에서 제시하는 교수-학습 자료는 수업에서의 위성 자료 활용 방법, 수조 모형을 통한 탐구 활동 과정을 자세하게 포함하고 있어 교사가 학교 수업에 활용하기에 용이하다. 또한 본 연구는 첨단 인공위성 자료를 활용한 소용돌이 교수-학습 자료를 제공함으로써 학교 현장에서 광범위하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

주요어 : 소용돌이, 인공위성, STEAM 교육, 과학 교수-학습 자료

노르딕해 아표층 염분 변동성과 기후 요인

박지은*¹, 김현철¹, 조경호²

¹극지연구소 원격탐사빙권정보센터(jieun@kopri.re.kr),

²극지연구소 해양연구본부

요약

아이슬란드와 스발바르 사이의 노르딕해는 표층수가 침강하여 대서양 자오선 역전순환 (Atlantic Meridional Overturning Circulation, AMOC)이 시작하는 곳 중 하나로 이 해역의 염분 변동은 지구규모의 심층 순환과 밀접한 관련이 있다. 본 연구는 지난 30년 동안의 노르딕해 아표층 염분 변동과 표층 담수화 요소들의 기후변화와의 관련성을 연구하였다. 1991년부터 2019년까지의 TOPAZ4 아표층 염분 자료를 이용하여 시공간 분석을 진행하였으며 자료의 신뢰성을 검증하기 위하여 실측자료를 함께 활용하였다. 노르딕해에서 나타나는 아표층 염분의 계절 변동성과 연간 변동성 모두 서쪽의 그린란드해가 동쪽의 노르웨이해보다 크게 나타났다. 그린란드해에서의 계절 변동성은 해빙 범위의 계절 변동과 일치하였으며, 경험 직교 함수(Empirical Orthogonal Function, EOF) 분석에서는 해류에 의한 이류 (29%), 해빙 범위 (11%)의 영향을 주로 받는 것으로 드러났다. 노르웨이해 염분 변동성은 대규모 대기 시스템과 관련되어 북대서양의 아한대 환류의 영향을 받았다. Faroe Shetland 해협을 통해 노르웨이해로 유입되는 대서양수의 염분 특성은 프람 해협까지 약 3년의 기간에 걸쳐 복상하였으며, 이는 아표층 염분의 시계열 자료에서 관찰되었다. 그러나 30년간 노르딕해의 염분은 수년에서 십여 년에 이르는 변동 외에는 두드러지는 장기적인 변동 경향이 나타나지 않았다. 이 밖에도 프람 해협을 통한 북극해에서의 해빙 유출, 담수 유입 및 강수 등의 담수화 요인이 노르딕해 아표층 염분에 끼치는 영향이 함께 논의되었다. 그린란드해 환류에서 나타나는 특징인 수직 혼합을 통한 심해수 형성의 전제 조건으로서 염분 변동성과 수직 밀도 구조도 논의되었다.

주요어 : 노르딕해, 자오면 역전순환, 아표층 염분, 표층 담수화, 재분석장 자료

한반도 주변 장기간 해수면 온도의 시공간 장기 변동 추세

강지원^{*1}, 박경애², 황재동³, 이준수³, 한인성³

¹서울대학교 과학교육과(jiwon503@snu.ac.kr),

²서울대학교 지구과학교육과,

³국립수산과학원

요약

해양 표층 수온은 해양-대기 상호작용에 매우 중요한 역할을 하며, 다양한 해양 현상을 이해하기 위해 가장 많이 활용되고 연구되는 변수이다. 최근 전지구적으로 기후변화와 지구온난화의 영향으로 해수면온도가 상승하고 있으며, 해양 표층의 장기 변화를 이해하기 위하여 다양한 해양 관측 자료와 수치모델 재분석장 자료를 이용하여 해수 수온의 장기 변동 연구가 활발히 이루어지고 있다. 해수 수온의 장기 변동 추세는 분석 과정에 사용되는 수온 자료의 종류, 관측 수심, 기후변동지수, 계산 방법 등에 따라 다르게 나타날 수 있다. 본 연구에서는 극진동(AO, Arctic Oscillation), 태평양 수십년주기 진동(PDO, Pacific Decadal Oscillation), 다변량 엘니뇨-남방진동지수(MEI, Multivariate El Niño and Southern Oscillation Index) 등의 기후 변동 지수를 고려하여 해수면 온도의 장기 추세 및 공간적 분포를 제시하였다. 해수 표층 자료는 국립수산과학원에서 제공하는 정선 해양 관측 자료를 이용하였으며, 다양한 기후 변동 지수를 통계적으로 적합(fitting)하는 방식으로 분석하였다. 인공위성 해수면온도 자료는 1982년 이후 가장 긴 관측 기간을 보유한 Optimum Interpolation Sea Surface Temperature (OISST) 자료를 활용하였다. 장기 추세 계산 시 다양한 방법에 따른 차이를 제시하고, 기후 변동 지수의 고려 유무에 따른 시공간적 장기 변동 추세의 변동성 결과를 제시하여 기후변화에 따른 한반도 연안과 외해의 장기 변동성의 상이성을 제시하고 논의하고자 한다.

Keyword : 해수면온도, 표층 수온, 장기 변동 추세, 기후 변동 지수

**인공위성 해수면온도 자료로 산출한
북서태평양 해양규모의 공간분포와 변동성**

**Spatial Distribution and Variability of the Northwest Pacific
Oceanic Scale Based on Satellite Sea Surface Temperature Data**

곽병대*¹, 박경애²

¹서울대학교 과학교육과(kwakbd1@snu.ac.kr),

²서울대학교 지구과학교육과(kapark@snu.ac.kr)

요약

해수면온도는 해양-대기 상호작용의 핵심 인자이며 그 분포는 해양 현상에 대한 해양 규모를 파악할 수 있는 단서가 된다. 본 연구에서는 2015년 1월부터 2021년 12월의 인공위성 해수면온도 자료로부터 해양규모를 산출하고 공간분포와 변동성을 분석하였다. 해양규모 산출 과정에서 위도와 경도에 따른 해수면온도 경향성을 제거하였으며 거리에 따른 2차원 자기상관함수를 적용하여 e-folding 지점들로부터 타원근사를 하였다. 산출한 해양규모는 타원의 주요한 특성 변수인 타원중심 좌표, 장반경 길이, 단반경 길이, 장축의 경사각, 이심률, 평균반경 길이를 통해 파악하였다. 북서태평양의 평균반경 분포에는 표층 해류와 해양 전선 및 중규모 소용돌이의 공간 규모 분포 경향성이 나타났으며 장축의 경사각과 이심률의 분포에서 해류의 흐름 방향과 형태 등 해양 현상의 형태적 특성이 반영되었다. 산출한 해양규모의 공간분포 시공간 변동성을 분석한 결과 표층 해류와 해양 전선의 특징이 반영된 계절 변동성과 경험직교함수 분석 결과 동해 및 황해에서 나타나는 경년 변동성을 도출하였다. 본 연구에서 타원의 특성 변수를 활용하여 나타낸 해양 규모 산출값은 각 해역의 물리적 현상 및 변동성을 잘 설명할 수 있었으며 유의미한 계절 변동성과 경년 변동성을 보여주었다. 이에 다양한 기후 변화 인자와 시공간 변동성을 비교하는 후속 연구의 필요성이 나타난다.

주요어 : 인공위성, 해수면온도, 해양규모, 변동성



학술발표장 C

(STEAM, 지질/지구물리, 천문)

탐구 논문(포스터) 요약서

과제명 (주제)	Changes in Geochemical Composition of Groundwater Due to CO ₂ Leakage From a Carbon Capture and Storage Site
소속학교	Gyeonggi Suwon International School
학생성명	Brian Yoonwoo Jeon
지도교사	Mr. Ulrich Muller
분야 (택1)	<input type="checkbox"/> 대기과학(기상), <input type="checkbox"/> 우주과학(천문), <input checked="" type="checkbox"/> 지질과학, <input type="checkbox"/> 해양과학, <input type="checkbox"/> 지구과학 관련 융합(STEAM)
<p>Carbon dioxide (CO₂) is the one of the main greenhouse gases in the atmosphere, and there have been attempts to reduce CO₂ in the atmosphere through various methods. Carbon dioxide capture and storage (CCS) is one of the promising technologies that can reduce CO₂ in the atmosphere by storing it in geologically stable areas consisting of rocks that are less likely to leak. However, there is a risk of CO₂ leakage due to unintended conditions such as corrosion in the injection pipe or defects caused by the heterogeneity of the subsurface. If the stored CO₂ is leaked into an aquifer, it will deteriorate the quality of drinking, agricultural, or industrial waters. Therefore, it is necessary to evaluate the effects of CO₂ leakage from a CCS site on the groundwater quality. In this study, the changes in the geochemical composition of groundwater produced by the reaction of CO₂ with a geological material were evaluated through a column experiment. A column with a length of 40 cm and a diameter of 7.62 cm was filled with geological sediment. The influent solution was made by bubbling CO₂ gas into distilled water. The influent solution was introduced into the column using a peristaltic pump. About 50 ml of water sample was collected from each sampling port located at 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, and 40 cm from the influent end of the column while the influent solution was passing through the geological sediment. Subsamples of the collected water samples were measured for pH, oxidation-reduction potential (ORP; expressed as Eh value), electrical conductivity (EC), and alkalinity. The remainder of the collected water samples were filtered with a 0.45 μm cellulose acetate filter and reserved at a refrigerator for measurement of concentrations of cations using an inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS). pH increase was due to buffering by mineral dissolution. pH and Eh had opposite trends. EC increased due to increases in ion concentrations caused by mineral dissolution. Alkalinity increased due to the conversion of H₂CO₃ to HCO₃⁻ (alkalinity is normally considered to be the same as the concentration of HCO₃⁻). Increases in Ca and Mg concentrations were due to the dissolution of Ca- and Mg-containing minerals. Ca and Mg concentrations might also be affected by cation-exchange reactions after mineral dissolution. Increases in Na and Si concentrations might be due to the dissolution of aluminosilicate minerals. In conclusion, leakage of CO₂ induces increases in ion concentrations in groundwater due to mineral dissolution. However, it does not threaten the quality of drinking water and public health.</p>	

탐구 논문(포스터) 요약서

과제명 (주제)	Processing을 활용한 지오이드의 시각화
소속학교	대전과학고등학교
학생성명	이상엽
지도교사	김우겸
분야 (택1)	<input type="checkbox"/> 대기과학(기상), <input type="checkbox"/> 우주과학(천문), <input checked="" type="checkbox"/> 지질과학, <input type="checkbox"/> 해양과학, <input type="checkbox"/> 지구과학 관련 융합(STEAM)
<p>지오이드라는 개념은 지구의 평균 해수면과 일치하는 지오펜셀면으로서 학생들이 평소 일상 생활 속에서 쉽게 경험하지 못하는 개념이고, 쉽게 와닿는 개념도 아니기에 본 개념을 학생들이 이해하는데 어려움이 있다. 따라서 지오이드에 대한 개념 이해를 돕기 위한 코딩을 활용한 지오이드 시각화 프로그램을 제작하여 직접 시각적으로 볼 수 있도록 하여 보다 친숙하게 접근할 수 있도록 하고 지오이드에 대한 개념 이해를 돕는데 목적이 있다.</p> <p>시각화 관련 언어인 Processing을 사용하여 프로그램을 제작하였다. python에서 pyGeodsey 모듈을 사용하여 EGM2008 지오이드 모델의 각 위도와 경도에 따른 지오이드를 계산하여 데이터를 얻어낸 후 3차원상에서 구를 기반으로 지오이드를 반영한 점을 찍고, 이웃한 경도, 위도의 점과 사각형의 면을 생성하여 보여지도록 구현하였다. 사용자에게 있어 지오이드 모형의 관찰이 쉽도록 확대, 축소, 회전 등의 부가 기능을 넣었고, 자전축을 표시하여 양 극점의 위치를 알 수 있도록 하였다. 또한, 구의 형태로 가정한 지구의 모습을 반투명하게 띄울 수 있어, 평균해수면과 지오이드면의 비교가 가능하도록 시각화 구현을 실행하였다. 아울러, 지오이드가 모형에 반영되는 비율의 조절이 가능하도록 하였으며, 제작된 지오이드 시각화 프로그램에서 또 다른 행성 또는 임의의 지오이드의 값만 수정하여 입력하면 그에 따른 지오이드 모형을 시각화 시킬 수 있도록 제작하였기에 실제 지오이드뿐만 아닌 다른 형태의 지오이드를 제작하여 볼 수 있다. 본 연구의 코딩을 활용한 지오이드 시각화 프로그램을 활용하여 지오이드에 대한 개념을 학생들이 보다 더 쉽게 이해할 수 있을 것이다.</p>	

탐구 논문(포스터) 요약서

과 제 명 (주제)	산개성단 IC 4665의 CCD 측광을 이용한 거리측정
소속학교	대전동신과학고등학교
학생성명	배영건
지도교사	윤한나
분야 (택1)	<input type="checkbox"/> 대기과학(기상), <input checked="" type="checkbox"/> 우주과학(천문), <input type="checkbox"/> 지질과학, <input type="checkbox"/> 해양과학, <input type="checkbox"/> 지구과학 관련 융합(STEAM)
<p>산개성단 IC 4665를 CCD 관측 수행을 통해 거리를 측정하는 것을 주제로 연구하였다. 이를 위해 교내 천문대의 주망원경에 CCD 카메라를 연결하여 IC 4665를 관측하고, 이를 측광한 자료를 분석하여 거리를 계산하였다.</p> <p>이번 연구에서 실제 연구 수준의 거리 측정 방식으로 산개성단 IC 4665에 대한 관측, 측광, 보정 과정을 실행했는데, 그 과정에서 기존의 연구값과 비슷한 결과를 구했다.</p> <p>더 나아가 Python을 이용해 측광된 자료를 보정하는 과정을 구현해보며 유의미한 결론을 내리게 되어 프로그래밍이 이후의 연구에서도 유용하게 쓰일 것으로 기대된다는 결론을 내릴 수 있었다.</p>	

탐구 논문(포스터) 요약서

과제명 (주제)	대기 질량에 따른 천체의 밝기 변화 측정
소속학교	KAIST 부설 한국과학영재학교
학생성명	박윤홍, 김민우, 김유성, 김형섭
지도교사	박선미
분야 (택1)	<input type="checkbox"/> 대기과학(기상), <input checked="" type="checkbox"/> 우주과학(천문), <input type="checkbox"/> 지질과학, <input type="checkbox"/> 해양과학, <input type="checkbox"/> 지구과학 관련 융합(STEAM)
<p>지구 표면에서 우주를 관찰할 때, 대기가 관측에 미치는 영향은 무시할 수 없는 요소이다. 천체와 관측자 사이의 대기가 두꺼워질수록 별의 밝기는 더 어둡게 관측된다. 대기를 통과한 빛이 어두워지는 현상을 대기 소광이라고 하며, 이때 빛이 어느정도 어두워지는지를 정량적으로 나타내는 수치를 대기 소광계수 (K)라 한다. 대기 소광계수는 관측 장소와 날씨 등 다양한 요소의 영향을 받는다. 이에 본 연구에서는 “한국과학영재학교 천문대”라는 장소에서 특정 날짜에 대한 대기 소광계수 값을 구하고자 하였다. 여러 개의 천체를 시간 간격을 두고 사진 촬영하고, 구경 측광을 통해 대기 두께와 등급 간의 관계를 얻을 수 있었으며, 이를 통해 대기 소광계수를 구할 수 있었다. 또, 구한 소광계수 값을 사용해 같은 환경에서 진행한 다른 대상의 관측을 보정할 수 있었다.</p>	

탐구 논문(포스터) 요약서

과제명 (주제)	대기에 의한 달의 광학적 특성 변화 연구
소속학교	KAIST 부설 한국과학영재 학교
학생성명	홍지우, 박승민, 서준빈
지도교사	박선미
분야 (택1)	<input type="checkbox"/> 대기과학(기상), <input checked="" type="checkbox"/> 우주과학(천문), <input type="checkbox"/> 지질과학, <input type="checkbox"/> 해양과학, <input type="checkbox"/> 지구과학 관련 융합(STEAM)
<p>본 연구에서는 고도에 따른 달의 스펙트럼 변화를 분석하였다. 지구의 대기가 달에서 반사된 태양빛에 어떤 영향을 주는지 파악하기 위하여 레일리 산란을 응용한 이론적 모형을 구축하였으며, 개기월식과 달의 다른 위상에 대하여 달빛의 스펙트럼을 망원경과 분광기를 통해 관측·분석했다. 먼저, 달의 스펙트럼 분석을 통해 달의 밝기 변화를 관측하였다. 개기월식 때는 달이 지구의 본그림자에 들어가며 급격한 밝기 변화를 관측할 수 있었으며, 달의 다른 위상에 대해서 고도에 따른 달의 밝기 변화를 확인하였다. 또한, 레일리 산란을 거친 흑체 복사를 통해 태양빛이 대기를 통과한 정도를 확인할 수 있었다. 이는 시간에 따라 단봉형(unimodal)을 띠었으며, 이를 통해 태양빛의 경로를 추정할 수 있었다. 이론적 분석이 실험을 통해 얻은 달의 스펙트럼을 완벽하게 설명하지는 못하였는데, 이는 대기 소광계수의 시간에 따른 불규칙적인 변동 등 다른 대기 효과에 의한 결과라고 생각된다. 또한, 태양의 흡수 스펙트럼 보정 등을 고려한다면 더 정교하게 달빛의 경로를 예상할 수 있을 것으로 기대된다.</p>	

탐구 논문(포스터) 요약서

과제명 (주제)	표준성을 이용한 대기소광계수 측정
소속학교	부산과학고등학교
학생성명	남지연, 박새빈, 정보권
지도교사	신진몽
지도교수	이상현(한국천문연구원)
분야 (택1)	<input type="checkbox"/> 대기과학(기상), <input checked="" type="checkbox"/> 우주과학(천문), <input type="checkbox"/> 지질과학, <input type="checkbox"/> 해양과학, <input type="checkbox"/> 지구과학 관련 융합(STEAM)
<p>본 연구에서는 부산과학고등학교 별샘천문대에서의 대기소광계수를 DSLR 카메라와 소형망원경을 이용하여 구하였다. 표준성은 스텔라리움에 알려진 7~8등급의 별들을 사용하였다. 관측은 2회 실시하였는데, 4월 4일에 Canon사의 70-200mm 망원렌즈(200mm 사용)를 사용하였으며, 9월 29일에 250mm 반사망원경을 사용하여 관측하였다. 카메라는 Canon사의 6D Mark II 풀프레임 DSLR 카메라를 사용하였다. 자료를 분석하기 위해 천체영상 소프트웨어인 Deep Sky Stacker와 Maxim DL6을 사용하였다. 시야가 넓은 200mm 망원렌즈의 경우 영상의 위치에 따른 오차가 발생할 수 있음을 발견하고, 관측한 영상의 중심에 있는 별들을 이용하여 -0.46의 대기소광계수를 얻었다. 이 값은 가을에 250mm 반사망원경으로 얻은 값인 -0.37과 3.5배 가량 오차가 차이났으며, 이는 황사가 심한 봄철과 대기가 맑은 가을의 계절적인 요인에 의한 것으로 보인다.</p>	

탐구 논문(포스터) 요약서

과 제 명 (주제)	부산과학고 별샘천문대에서의 초정밀 측광을 통한 외계행성 탐사
소속학교	부산과학고등학교
학생성명	서유진, 신승원
지도교사	신진몽
지도교수	이상현(한국천문연구원)
분야 (택1)	<input type="checkbox"/> 대기과학(기상), <input checked="" type="checkbox"/> 우주과학(천문), <input type="checkbox"/> 지질과학, <input type="checkbox"/> 해양과학, <input type="checkbox"/> 지구과학 관련 융합(STEAM)
<p>부산과학고 별샘천문대 800mm 반사 망원경으로 외계행성 WASP-1b의 식 현상 관측을 수행하였다. 이미지 센서로 CCD가 아닌 CMOS(ASI2600MC Pro)를 사용함으로써 경제성(가격)과 리드아웃 타임에서 유리함을 확보하였으며, 관측 시 망원경의 좁은 시야각으로 인한 지향 정밀도 문제를 해결하기 위해 ASI120MM MINI를 연결한 200mm 광시야 디지털 파인더를 개발하여 사용함으로써 파인더에 34.33배 가량의 시야 면적을 확보하였다. 또한, 하늘의 조건에 따른 관측 오차를 배제하기 위해 관측 대상과 가까운 곳에 있는 비슷한 등급의 비교성을 같이 측광하는 차등 측광법을 사용하였다. 2022년 9월 29일 19시부터 21시 40분까지 촬영한 106장의 light 영상으로 light curve를 그린 결과, 거의 일정한 변광 폭을 유지하다 율리우스 날짜 (JD) 2459850 - 1.952에서 변광이 시작되어 밝기가 감소하는 형태가 나타났다. 이는 이론적 light curve와 거의 일치하는 것으로 오차 0.005 등급 이내의 높은 측광 정밀도를 확보하였다. 이를 통해 2021년 본 연구진들에 의해 수행된 WASP-93b 식 현상 관측에서 보인 0.1등급 수준의 정밀도에 비해 큰 개선 효과를 확인할 수 있었다.</p>	

탐구 논문(포스터) 요약서

과제명 (주제)	수질정화식물 연구를 통한 새로운 수질정화장치 고안
소속학교	대전동신과학고등학교
학생성명	류재실
지도교사	윤한나
분야 (택1)	<input type="checkbox"/> 대기과학(기상), <input type="checkbox"/> 우주과학(천문), <input type="checkbox"/> 지질과학, <input type="checkbox"/> 해양과학, <input checked="" type="checkbox"/> 지구과학 관련 융합(STEAM)
<p>본 연구는 수질정화식물의 수질정화원리를 모방한 새로운 생체모방 수질정화장치를 고안하는 것을 목표로 한다. 기존의 수질정화장치는 식물을 직접 이용하거나 플라스틱과 같은 공업 소재를 이용한다. 이는 아프리카 등의 고온 건조 기후나 기술력이 낙후된 지역에서 사용하기 어렵다. 이에 적정기술의 개념인 생체모방 기술을 통해 장치의 부품을 현지에서 구할 수 있거나 값싼 재료들로 제작할 수 있도록 장치를 고안하였다.</p> <p>장치 제작을 위해 부레옥잠과 생이가래 2종의 수생식물에 대해 수질정화능력을 확인하는 실험을 진행하였지만, 엽록소 합성 이상으로 인해 잎의 색이 황색으로 변하는 황엽현상이 발생했다. 이 때문에 질소, 염소, 황의 양이 시간이 지날 수 있도록 대체로 늘어나는 경향을 보였지만, 일부 실험군에서 질소와 염소의 경우 감소하는 효과를 나타냄을 확인했다. 수생식물의 정화원리를 모방한 장치 또한 그 효율성을 높이고 정화 능력을 시험하고자 식물과의 대조실험을 진행했고, 식물의 뿌리털을 모방해 만든 실 구조의 경우, 실 구조의 양이 8개로 적은 실험군이 실 구조의 양이 12개로 많은 실험군보다 수질정화능력이 좋음을 확인할 수 있었다. 또한, 제올라이트-활성탄 구조는 모든 인공구조 중에서 가장 탁월한 효과를 보였다. 따라서 적당한 수의 실 구조와 제올라이트-활성탄 구조를 접목시킨 수질정화장치를 개발하는 것이 적합하다고 판단되었다.</p>	

탐구 논문(포스터) 요약서

과제명 (주제)	도시열섬 완화를 위한 광물 소재 지붕 표면재의 온도저감효과 연구
소속학교	경기과학고등학교
학생성명	이민정, 정현서
지도교사	조형욱
분야 (택1)	<input type="checkbox"/> 대기과학(기상), <input type="checkbox"/> 우주과학(천문), <input type="checkbox"/> 지질과학, <input type="checkbox"/> 해양과학, <input checked="" type="checkbox"/> 지구과학 관련 융합(STEAM)
<p>최근 들어서 도시가 점점 커지고 많아짐에 따라 도시열섬현상이 초래할 수 있는 문제점들이 대두되고 있다. LANDSAT 8 기상위성의 데이터를 이용하여 대구광역시 지역에서의 도시열섬현상을 선행적으로 연구한 후, 이를 완화할 방법을 모색하였다. 도시열섬현상의 완화 방안으로 건물 지붕재의 태양 복사에너지 반사율을 높여 온도를 저감할 수 있는 방법을 알아보려고 해, 암석의 가공과정 등에서 부산물로 나오는 다양한 광물의 가루들을 재활용하여 어떤 광물이 건물 지붕에서의 온도 저감에 가장 잘 기여하는지를 연구하였다. 실제 건축물의 지붕 표면재로 사용되는 방수 코팅 및 도료 제작 절차와 유사하도록, 수성 바니쉬를 바른 합판 위에 총 11가지 종류의 광물, 암석, 금속 가루를 도포하였고, 가시광선 램프를 통해 판자를 가열하여 각 물질의 도포 영역별로의 온도 변화를 열화상 카메라로 측정 후 분석하였다. 그 결과, 사용한 물질 중 운모류의 시간에 따른 온도 상승이 가장 적게 나타났고, 바니쉬만 바른 영역이나 알루미늄 가루를 도포한 영역에서의 온도는 타 물질을 도포한 영역에 비해 상대적으로 온도가 높게 나타났다.</p>	

자전축 변화를 이용한 지구시스템 변화 연구

서기원

서울대학교 지구과학교육과(seokiweon@snu.ac.kr)

요약

지구 자전축은 고정되어 있지 않고 변화 한다. 자전축 변화를 유발하는 요인으로 외핵와 맨틀의 대류, 빙하 유실과 해수면 상승, 지하수 변화, 대기압 및 해저압의 변화, 바람과 해류등으로 매우 다양하다. 따라서, 우주 측지 방법을 통해 정밀하게 관측되는 자전축 변동을 성공적으로 설명하는 것은 지구과학계가 지구 시스템을 종합적으로 이해하는 정도를 평가하는 척도가 될 수 있다. 이 발표에서는 지난 약 40여년간의 자전축 변화 자료를 다양한 지구과학적 관측 결과와 물리 모델로 설명하여, 지구시스템 과학의 성과 및 한계에 대해 설명하고자 한다.

주요어 : 자전축 운동, 지구 시스템

활발한 별 생성 영역 W5에 분포하는 별들의 운동학적 특성 연구

임범두

공주대학교 지구과학교육과(blim@kongju.ac.kr)

요약

본 연구에서는 카시오페이아 OB6 성협을 구성하는 별 생성 영역 중 W5 영역 내에 분포하는 별들의 운동학적 연구 결과를 발표하고자 한다. 이 별 생성 영역에서는 많은 수의 원시성과 조 기형 별들이 넓은 영역($73 \text{ pc} \times 37 \text{ pc}$)에 걸쳐 분포하고 있다. 다양한 참고문헌으로부터 이러한 별들에 대한 다파장 영역대의 관측 자료와 분광분류 자료를 수집하였고, 2000개 구성원 후보들의 목록을 작성하였다. 이들 중 158개의 원시성의 고분산 분광자료를 분석하여 시선속도를 측정 하였다. 가이아 미션에서 측정한 고유운동과 연주시차 자료를 분석함으로써 이 별 생성 영역에 속한 490개의 실제 구성원을 확인하였다. 구성원의 공간분포는 매우 복잡한 구조를 보이고 있다. 이러한 복잡한 하부구조는 W5의 형성 기원과 밀접한 관련이 있을 것으로 여겨진다. 이에 따라 하부구조를 이루고 있는 별의 집단을 구분하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 비지도 기기학습 법 중 k-means clustering 알고리즘을 구성원의 위치와 고유운동에 적용하였다. 그 결과 W5의 하부구조를 구성하는 여덟 개의 집단을 찾아내었다. 이러한 집단들 중 세 개는 밀집도가 높은 성 단이고, 이들의 나이는 5Myr 정도로 거의 비슷하다. 성단 구성원의 고유운동 벡터를 분석함으로써 세 개의 성단 모두 팽창을 겪고 있다는 사실을 발견하였다. 하지만, 이들의 팽창만으로는 W5의 전체적인 하부구조를 설명하기에는 충분하지 않다. 한편, 성단 외의 집단은 성단에 비해 별의 밀집도가 높지 않았으며, 나이는 3Myr 정도 어린 것으로 나타났다. 따라서, 이 작은 집단들은 성 단이 만들어진 이후에 형성된 것으로 추정된다. 작은 집단들 중 한 집단 내에 있는 별들의 고유 운동 벡터가 이들로부터 가장 가까운 성단에 대해 체계적으로 멀어지고 있는 양상을 보이고 있다. 이 집단이 전리수소 영역의 가장자리에 있다는 사실을 감안하면, 무거운 별의 피드백 작용이 남아 있던 물질을 응축시켜 현재의 별 생성을 촉발한 것으로 추정된다. 그러므로 W5의 하부구조는 여러 번의 독립적인 별 생성 사건으로부터 형성되었다고 할 수 있다.

주요어 : 별 생성 - 별의 운동학 - 성협(W5) - 기기학습법

이즈반도 유네스코 세계지질공원의 지질명소 Geosites of the Izu Peninsula UNESCO Global Geopark

박정웅

전 숭문고등학교(geoexplorer@hanmail.net)

요약

이즈반도 세계지질공원(Izu Peninsula UNESCO Global Geopark)은 일본 혼슈 남쪽(도쿄에서 남서쪽 약 100~150km)에 있는 지질공원이다. 이즈반도지질공원은 2018년 UNESCO 세계지질공원으로 인증되었다. 이즈반도 지질공원의 넓이는 약 2,027km²로 이즈반도 전체 육지와 해안 지역을 포함한다. 행정구역으로는 시즈오카현의 15개시초를 포함하며, 온천이 많고 아름다운 지형이 많아 관광지로 유명하다. 이즈반도 지질공원은 이즈시에 있는 Georia(geopark 박물관)를 중심으로 15개 방문자센터와 47개 지질명소(15개 대표 명소)가 있다. 이즈반도의 지질의 대부분은 약 2,000~20만 년 전 해저 화산 활동과 육상 화산 활동으로 형성되었다. 필리핀해판의 맨 북쪽에 위치하는 이즈반도는 판의 이동으로 여러 개의 화산섬이 혼슈와 달라붙어 형성되었고, 곳곳에서 그 특징이 잘 나타난다. 이즈반도는 대부분이 화산 지형으로 동쪽에 높은 산이 많다. 지질명소에서는 해저 화산활동, 육상 화산활동, 총돌에 의해 형성된 지층과 암석을 관찰할 수 있다. 이즈반도는 판의 총돌에 의한 화산과 지진, 사태뿐만 아니라 태풍과 쓰나미에 의한 자연재해가 자주 발생한 곳이다. 화산활동으로 형성된 다양한 지층과 구조는 해안을 따라 잘 노출되어 있고, 해안 침식과 퇴적작용으로 형성된 다양한 해안 지형도 관찰할 수 있어서 매우 흥미있는 지질공원이다. 지질여행은 북서쪽, 남서쪽, 남동쪽, 북동쪽 등으로 나누어 진행하는 것이 좋다. 지역 대표 지질명소에는 지질공원해설사의 친절한 안내를 받을 수 있다.

時憲曆에서는 다루는 清蒙氣差(대기 굴절):
《崇禎曆書》, 《曆象考成》, 《曆象考成後篇》을 중심으로

최승언

서울대학교 사범대학 지구과학교육과(suchoe@snu.ac.kr)

요약

시헌력은 서양천문역법에 영향을 받아 개정된 청나라 역법이다. 이를 뒷받침해주는 역법서는 《송정역서》, 《역상고성》, 《역상고성후편》을 든다. 조선은 중국의 역법서를 참고한 《세초유취》, 《시헌기요》, 《추보속해》 등이 있다.

천체로부터 오는 빛은 지구 대기에 의하여 굴절한다. 따라서 고도가 낮은 천체일수록 굴절되는 각이 커진다. 《송정역서》 〈일전역지〉 3장인 청몽기차(淸蒙氣差)에서 ‘티코브라헤가 큰 혼의(渾儀)로 태양의 고도를 관측한 결과 계산으로 나온 고도보다 항상 높았다.’고 하고 있으며 측정고도(視高)와 계산한 고도(實高)와의 차이를 청몽기차라고 하고, 이 차이는 청몽기(淸蒙氣)에 기인한다고 하였다. 청몽기는 땅속에 있던 유기(遊氣)가 지표면과 공기중으로 피워 올라 온 것이라 정의하였다. 또한 청몽기 작용의 유사 실험으로 빈 잔 밑 바닥에 놓여진 동전이 떠 올라 보인다는 굴절 실험을 들고 있다. 따라서 시헌력에서 언급하는 청몽기차는 현대적으로는 대기 굴절로 인하여 천체의 빛이 휘어져 들어오는 현상을 의미한다.

《송정역서》와 《역상고성》은 관측을 통하여 청몽기차가 천체의 고도에 대하여 어떻게 변하는지를 알아내어 ‘청몽기차표’를 제시하였고, 《역상고성후편》에서는 카시니가 스넬의 굴절 법칙(Snell’s refraction law)를 이용하여 계산에 의하여 현대의 대기굴절각과 거의 유사한 ‘표’를 제시하고 있다.

본 연구에서는 《송정역서》, 《역상고성》, 《역상고성후편》이 청몽기차로 언급한 대기 굴절을 어떻게 다루고 있는지 비교하면서 자세히 살펴보려 한다.

주요어 : 송정역서, 역상고성, 역상고성후편, 청몽기차, 대기굴절

BISTRO: Magnetic Fields of the Serpens Main Molecular Cloud

Woojin Kwon (권우진)*¹ on behalf of the BISTRO team

¹Seoul National University (wkwon@snu.ac.kr)

ABSTRACT

Cold and dense molecular clouds in the interstellar medium are the natal place of stars. We study the magnetic fields of the Serpens Main molecular cloud composed of two subclusters and six filamentary structures, as part of the B-fields in Star-forming Region Observations (BISTRO) survey, which is a large program using the James Clerk Maxwell Telescope (JCMT) to study the roles of magnetic fields in molecular clouds on intermediate scales (a few thousands au or larger scales). Using the Histogram of Relative Orientation (HRO) technique, which compares polarization directions with density gradients, we find that magnetic fields are parallel to filaments in less dense regions, $N(\text{H}_2) < \sim 10^{22} \text{ cm}^{-2}$, but perpendicular to dense filamentary structures. Furthermore, applying the HRO technique to denser core regions we identify the density regimes in which the relative magnetic field orientations change again. These transitions are understood to happen where core formation occurs ($N(\text{H}_2) \approx 4.6 \times 10^{22} \text{ cm}^{-2}$) and where magnetic fields are dragged-in by infalling material ($N(\text{H}_2) \approx 16 \times 10^{22} \text{ cm}^{-2}$). In addition, the magnetic field strengths in filamentary structures are estimated by the Davis-Chandrasekhar-Fermi method and compared with turbulence and gravity.

Note: BISTRO (PI) D. Ward-Thompson, (co-PIs) P. Bastien, R. Furuya, W. Kwon, S. Lai, and K. Qiu

Keyword : molecular clouds, magnetic fields

퇴적암의 화학적 풍화 기록을 이용한 화성 고환경 복원 가능성 연구

전현지, 주영지*

부경대학교 지구환경시스템과학부 환경지질과학전공(yjoo@pknu.ac.kr)

요약

암석이 물리적, 화학적 혹은 생물학적 과정을 거쳐 지표 환경에 안정한 물질로 변화하는 풍화 작용은 지구 외의 암석형 행성에서도 가능하다. 화성의 경우 지난 10여 년간 NASA의 로버 큐리오시티 (Curiosity) 탐사를 통하여 게일 크레이터 (Gale Crater)에 분포하는 퇴적암이 하성 및 호성 환경에서 형성되었음이 밝혀졌으며, 이는 과거 화성 표면에서 지구에서와 유사한, 물이 분포하는 환경에서 화학적 풍화작용이 가능하였음을 의미한다. 지구상의 퇴적암 연구에서는 화학적 풍화 지수와 삼각 성분 도표 (compositional ternary plots)을 적용하여 화학적 풍화 과정에서 이동성이 다른 원소 간의 상대적인 비를 바탕으로 풍화 강도를 정량화하고, 기원암의 조성과 풍화 추세, 속성 작용의 영향을 탐색할 뿐만 아니라, 궁극적으로 기후 변화와 같은 고환경 해석이 이루어진다. 본 연구에서는 현재까지 큐리오시티 미션에서 탐사, 분석하여 논문으로 발표된 게일 크레이터 퇴적암의 지화학 자료를 수집하여 화학적 풍화 역사를 복원하고 화성의 과거 환경 변화를 해석하였다. 우선 지구 환경에서 개발된 다양한 화학적 풍화 지수와 연평균 기온과의 상관관계를 확인하여 화성 고환경 해석에 적용 가능 여부를 결정한 후, 기후와 일정한 상관관계를 보이는 지수를 이용하여 화성 층서에 따른 화학적 풍화의 강도와 과거 기후 환경의 변화를 해석하였다. 또한 A-CN-K 및 M-F-W 도표 상에서 화성 퇴적암에 기록된 풍화의 추세와 속성작용의 영향을 파악하여 게일 크레이터 내 퇴적층의 기원지 조성이 하부의 최소 2가지 암상 혼합 성분 (현무암과 조면암)에서 상부의 현무암이 우세한 성분으로 변화하였음을 확인할 수 있었다. 이와 같은 결과는 지구에서 개발된 연구 방법을 적용하여 암석형 행성의 퇴적 기록으로부터 과거 행성 표면 환경 변화를 해석할 수 있음을 시사한다. 향후 보다 종합적인 화성 지표 발달사 이해를 위하여 지구와는 다른 현무암질 화성 지각의 화학적 풍화와 표토 생성 과정에 대한 보다 면밀한 고찰이 필요할 것으로 사료된다.

주요어 : 화성, 화학적 풍화, 고기후, Chemical Index of Alteration



일반 포스터 발표

해수의 연직 수온 분포 이해를 위한 해양 데이터 시각화 프로그램 개발 - GUI 프로그램 개발을 중심으로 -

최원문*¹, 박경애²

¹대전중학교(cwm2020@snu.ac.kr),

²서울대학교 지구과학교육과

요약

해수의 연직 수온 분포는 해수의 순환에 큰 영향을 미치며, 우리나라 주변해는 시·공간적 특성에 따라 해수의 연직 수온 분포가 다르게 나타나므로 이를 비교하여 분석하는 것은 중요하다. 2015 개정 교육과정은 중학교 과학 ‘해수의 층상 구조’ 단원 및 고등학교 지구과학 ‘해수의 성질’ 단원에서 실제 해양의 자료를 활용하여 해수의 온도 분포를 설명하는 능력을 성취기준으로 내세우고 있다. 하지만 교과서의 자료는 실제 해양의 자료가 아닌 가상의 자료를 제시하므로 실제 해양과의 연관성이 부족하여 학생들이 이러한 능력을 키우는 데 한계점이 있다. 따라서 우리나라 주변해의 시·공간적 특성을 비교하여 분석할 수 있도록 실제 해양의 자료를 시각화하여 제공하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 실제 해양의 자료를 이용하여 해수의 연직 수온 분포를 시각화하는 프로그램을 개발함으로써 학생들의 이해를 도와 해양학적 소양과 데이터 리터러시를 함양하도록 하는 것을 목적으로 하였다. 실측 자료는 국립수산과학원(KODC) 정선해양관측자료를 사용하였으며, MATLAB 프로그램에서 CODE를 작성한 후 COMPILE하여 인터넷이 연결이 안 된 오프라인 환경에서 MATLAB 프로그램 없이 실행이 가능하도록 프로그램을 개발하였다. 개발된 프로그램을 이용하면 연, 월, 정선과 정점(위도와 경도가 주어진 관측 지점), 표시 깊이를 입력하여 해당 지점에서의 연직 수온 분포 그래프를 그릴 수 있으며, 입력창 및 표출되는 결과는 사용자의 사용 편의성을 고려하여 디자인을 하였다. 개발된 프로그램을 이용하여 그린 해수의 연직 수온 분포를 활용하면 학생들은 계절별(여름철과 겨울철) 차이, 바다별(동해, 황해, 남해) 차이, 해안으로부터의 거리(연근해, 외해)에 따른 차이를 비교할 수 있다. 따라서 우리나라 주변해의 시·공간적 특성을 쉽게 이해할 수 있어 학교 현장에서 광범위하게 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

주요어 : 연직 수온 분포, 데이터 시각화, 데이터 리터러시, GUI 기반 해양 프로그램, MATLAB, 과학 탐구, 해양 교육

초분광 원격탐사를 활용한 위험·유해물질(톨루엔) 두께 측정

박재진¹, 박경애^{*2}, 김태성¹, 이문진¹

¹선박해양플랜트연구소 해양공공디지털연구본부,

²서울대학교 지구과학교육과(kapark@snu.ac.kr)

ABSTRACT

A hazardous noxious substance (HNS) spill accident is one of the most devastating maritime disasters as it is accompanied by toxicity, fire, and explosions in the ocean. To monitor an HNS spill, it is necessary to develop a remote sensing - based HNS monitoring technique that can observe a wide area with high resolution. We designed and performed a ground HNS spill experiment using a hyperspectral sensor to detect HNS spill areas and estimate the spill volume. HNS images were obtained by pouring 1L of toluene into an outdoor marine pool and observing it with a hyperspectral sensor capable of measuring the shortwave infrared channel installed at a height of approximately 12m. The pure endmember spectra of toluene and seawater were extracted using principal component analysis and N-FINDR, and a Gaussian mixture model was applied to the toluene abundance fraction. Consequently, a toluene spill area of approximately 2.4317m² was detected according to the 36% criteria suitable for HNS detection. The HNS thickness estimation was based on a three-layer two-beam interference theory model. Because toluene has a maximum extinction coefficient of 1.3055mm at a wavelength of 1,678nm, the closest 1,676.5nm toluene reflectance image was used for thickness estimation. Considering the detection area and ground resolution, the amount of leaked toluene was estimated to be 0.9336L. As the amount of toluene used in the actual ground experiment was 1L, the accuracy of our estimation is approximately 93.36%. Previous studies on HNS monitoring based on remote sensing are lacking in comparison to those on oil spills. This study is expected to contribute to the establishment of maritime HNS spill response strategies in the near future based on the novel hyperspectral HNS experiment.

Keyword : hazardous noxious substance (HNS), toluene, hyperspectral, detection, thickness

감사의 글

The study was supported by the Korea Institute of Marine Science and Technology Promotion (KIMST) and funded by the Ministry of Oceans and Fisheries, Republic of Korea (20210660).

한반도 주변해 GMI 마이크로파 해수면온도 검증과 환경적 요인

김희영*¹, 박경애¹, 광병대², 황재동³, 이준수³, 한인성³

¹서울대학교 지구과학교육과(heeyoungkim@snu.ac.kr),

²서울대학교 과학교육과,

³국립수산과학원

요약

해수면온도는 해양-대기의 현상을 이해하고 기후변화를 예측하기 위해 사용되는 중요한 변수이다. 마이크로파 영역의 인공위성 원격탐사는 구름과 강수와 같은 기상현상이 위성의 경로에 존재하더라도 해수면온도 획득을 가능하게 한다. 따라서 마이크로파 위성 해수면온도의 활용에 앞서 정확도를 지속적으로 검증하고 오차 특성을 분석하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 2014년 3월부터 2021년 12월까지 약 8년동안 Global Precipitation Measurement (GPM) / GPM Microwave Imager (GMI) 마이크로파 해수면온도의 정확도를 표층 뜰개 부이 수온 자료를 사용하여 검증하였다. GMI 해수면온도는 실측 해수면온도에 비해 0.09K의 편차와 0.97K의 평균 제곱근 오차를 보였고, 이는 기존 연구 결과에 비해 다소 높게 나타났다. 이외에도 GMI 해수면 온도의 오차 특성은 위도, 연안과의 거리, 해상풍 및 수증기량과 같은 환경적 요인과 관련성이 있다. 오차는 육지에서 300km 이내의 거리에서 해안 지역에 가까운 지역과 고위도 지역에서 증가하는 경향이 있다. 또한 낮에는 약한 풍속(< 6ms⁻¹), 밤에는 강한 풍속(> 10ms⁻¹) 범위에서 상대적으로 높은 오차가 나타났다. 대기 수증기는 30mm 미만의 매우 낮은 범위 또는 60mm보다 큰 매우 높은 범위에서 해수면온도 차이에 기여했다. 이러한 오차들은 저수온에서 GMI 자료의 정확도가 떨어지는 기존 연구와 일치하며, 연안으로부터의 거리, 풍속, 수증기량에 의한 오차의 경우 육지와 해양의 방사율 차이 및 바람에 의한 해수면 거칠기 변화, 수증기의 마이크로파 대기 흡수에서 기인하는 것으로 추정된다.

주요어 : GPM/GMI, 해수면온도, 마이크로파 원격탐사, 오차 특성

수치모델 재분석자료를 활용한 황해 및 동중국해역에서 파랑의 계절변동

우혜진^{*1}, 박경애², 정광영³, 권석재³, 오현주³

¹서울대학교 지구과학교육과(hyejinwoo@snu.ac.kr),

²서울대학교 지구과학교육과/교육융합연구원,

³국립해양조사원 해양과학조사연구실

요약

수치모델 재분석자료는 시공간 격자가 균등하고 결측 및 품질 관리 과정에서의 이상 관측값 제거 등으로 인한 자료의 부재가 발생하지 않는다는 장점이 있다. 또한 파랑과 관련된 모든 변수가 산출됨에 따라 전구 대양뿐만 아니라 지역적인 해역에서 파랑의 공간분포 특성 및 계절 변화 연구에 용이하다. 본 연구에서는 유럽중기예보센터에서 제공하고 있는 5세대 모델 재분석자료인 ECMWF Reanalysis 5 자료를 활용하여 황해 및 동중국해역에서의 유의파고와 파향의 공간분포와 계절 변동을 분석하였다. 평균 유의파고는 0.3 - 1.6 m의 범위를 보였으며 북쪽에 비해 남쪽이 높고 연안에 비해 황해 중심부에서 높은 공간분포 특성을 보였다. 유의파고의 표준편차 또한 평균과 유사한 양상을 나타내었다. 황해에서 유의파고와 파향은 뚜렷한 계절변동성을 보였다. 유의파고의 월평균 값은 전반적으로 1월에 가장 높았으며 5월에 가장 낮았으나 여름철 태풍 등의 영향으로 높은 월평균을 보이는 해가 있었다. 파향은 계절풍의 영향으로 겨울철에는 주로 남쪽으로 전파되었으며 여름철에는 북쪽으로 전파되는 특성이 나타났다.

Coastal switching of dominant depositional processes driven by decreasing rates of Holocene sea-level rise along the macrotidal coast of Gochang, SW Korea

Woo Hun Ryang

Jeonbuk National University (ryang@jbnu.ac.kr)

ABSTRACT

To investigate the sedimentary response of this macrotidal coast to decreasing rates of RSL rise, we acquired four cores up to 32 m in length and Chirp seismic profiles along the west coast of Korea. Core sediments were analyzed in terms of sedimentary texture, structure, and facies. Nineteen optically stimulated luminescence (OSL) and fourteen ^{14}C accelerated mass spectrometry (AMS) ages constrain the timing of deposition in the sandy sediments. Results show that the evolution of the Gochang coastline switched from a tide-dominated environment to a wave-dominated environment during the latter stage of transgression as the rate of the sea-level rise decreased. Rugged antecedent topography likely led to the development of tidal currents and the formation of a tide-dominated tidal flat during rapid RSL rise from 10 to 6 ka. As the tidal channels filled with fine-grained sediments from 6 to 1 ka, tidal amplification likely waned leading to a greater role of wave energy in shaping the formation of the sandy open-coast tidal flat. Since 1 ka, wave-dominated environments formed sand-rich tidal beaches and flats. Decreasing changes in rates of the RSL rise resulted in changes in depositional environments from a tide-dominated intertidal flat to an open-coast tidal flat and finally a wave-dominated tidal beach.

Acknowledgements

This study was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) (NRF-2022R1F1A1063126).

Characteristics of Surface Topography and Sediments before and after Typhoons Soulik and Kompasu in the Gochang Donghori Intertidal Flat, Korea

Woo Hun Ryang*, Sol-ip Kang
Jeonbuk National University (ryang@jbnu.ac.kr)

ABSTRACT

In the macro-tide intertidal flat of the Korean western coast, this study has investigated typhoon effects on variation of topography, surface sediment, and sedimentary environment, appeared before and after the typhoons Soulik of 2018 and Kompasu of 2010. Along the southwestern coasts and across midlands of the Korean Peninsula, the typhoons Soulik and Kompasu moved from 23 to 24 August in 2018 and from 1 to 2 September in 2010, respectively. Topography and surface sediments before and after the typhoons were measured and sampled along the survey line in the Gochang Donghori intertidal flat. The intertidal area was divided into upper tidal zone, middle tidal zone, and lower tidal zone on the basis of mean high water level, mean sea level, and mean low water level. Surface sediments of the intertidal flat consists mainly of very fine to medium sands, and the ratio of fine sand is the largest both before and after the typhoons. Surface sediments after the typhoon became finer in mean grain size showing well sorting and very fine skewness rather than those before the typhoon. It is interpretative of strong wave effect, caused by the typhoons.

Acknowledgements

This study was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) (NRF-2022R1F1A1063126).

위성 해수면온도 데이터 시각화 프로그램 개발

이은영*¹, 박경애²

¹한국과학기술정보연구원 과학데이터교육센터(eylee@kisti.re.kr),

²서울대학교 지구과학교육과(kapark@snu.ac.kr)

요약

삼면이 바다로 둘러싸인 지리적 특성상, 우리나라의 기상·기후 조건은 해수면온도 변화에 직접적인 영향을 받고 있다. 따라서 해수면온도의 시·공간 변화를 학습하는 것은 매우 중요하다. 2015 개정교육과정에 기반한 중등학교 지구과학 교과서에서는 우리나라 주변 바다의 계절별 해수면온도 분포 특성을 제시하기 위해서, 주로 겨울(2월)과 여름(8월)의 평균 해수면온도 삽화자료를 대표적으로 제시하고 있다. 그러나 우리나라 주변의 해수면온도는 시공간적으로 매우 복잡하게 변화하기 때문에, 특정 기간 및 영역으로 한정된 삽화를 벗어나, 다양한 시공간이 해수면온도 분포를 파악할 수 있도록 하는 교육 도구가 필요하다. 본 연구에서는 사용자가 간단한 조작만으로도 해수면온도의 분포를 파악할 수 있도록, 그래픽 사용자 인터페이스 (Graphic User Interface, GUI) 프로그램을 제작하였다. 2007년부터 2021년까지 15년간의 Operational Sea Surface Temperature and Sea Ice Analysis (OSTIA) 인공위성 해수면온도 자료를 입력자료로 활용하였으며, 화면에서 기간 및 영역을 선택하여 입력하면 우리나라 주변 평균 해수면온도 데이터를 자동으로 가시화하도록 설계하였다. 본 프로그램을 교육 현장에서 활용하여 데이터 시각화 영역의 데이터 리터러시 향상에 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

주요어 : 해수면온도, 시각화, 위성, GUI

금오산에서 관측한 국지순환풍의 발생 특성

김하영*¹, 박수진¹, 김해동²

¹계명대학교 일반대학원 환경과학과(hyk2410@naver.com),

²계명대학교 자연과학대학 환경학부 지구환경학전공

요약

도시 내에 밀집된 인공구조물은 낮은 알베도로 인해 주간에는 복사열을 흡수하고 야간에 서서히 방출하는 특성을 가지고 있어 인공열의 저장량 증가 및 야간기온 상승에 영향을 끼칠 뿐 아니라, 바람에 의한 환기 기능의 저하를 유발시켜 대기 중 오염물질의 운집에 따른 열 축적의 증가를 가져온다(Jo and Ahn, 1999). 이는 도시승온화현상 및 대기질 악화를 유발시켜 도시의 환경쾌적성 저하로 이어진다. 내륙 분지형 도시의 경우 도시 내부에서 발생하는 대기오염물질과 인공열들이 도시 외부로 빠져나가기 어려운 지형적 특성을 지니고 있어 다른 도시들과 비교하여 도시열섬 및 대기오염의 영향이 크게 나타날 수 있다(Song and Park, 2013). 따라서 국지순환풍을 통해 인근 산지에서 생성되는 저온의 청정한 공기를 산 사면을 따라 도시 내로 유입시켜 도시의 환기 기능을 향상시키는 것의 중요성이 높아지고 있다.

지난 8년간 국지순환풍(산곡풍)은 총 387일 발생하였으며, 연평균 48일 발생하였다. 일교차는 산곡풍의 발생일에서 더 크게 나타났다. 동영학술림에서 관측된 일 적산일사량은 산곡풍 발생일의 값이 미발생일에 비해 약 1.5배 많게 나타났다. 산풍의 지속시간이 곡풍의 지속시간보다 길게 나타났으며, 산풍은 가을에, 곡풍은 봄에 가장 길게 나타났다. 발생일에서 산지에 위치한 동영의 상대습도는 산풍이 불기 시작하는 시간대에서 크게 나타났으며, 산풍에 의한 상대습도의 증가 효과는 증발산 작용이 활발한 여름철에 뚜렷하게 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

주요어 : 국지순환풍, 산곡풍

감사의 글

이 연구는 2022년도 계명대학교 비사연구기금으로 이루어졌음(20220320).

참고문헌

- Jo, H.-K., Ahn, T.-W., 1999, Function of microclimate amelioration by urban greenspace, Function of microclimate amelioration by urban greenspace, 27, 23-28. (in Korean)
- Song, B.-G., Park, K.-H., 2013, Air ventilation evaluation at nighttime for the construction of wind corridor in urban area, Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies, 16, 16-29. (in Korean)

금오산 동영학술림의 기후환경 분석

김하영*¹, 박수진¹, 김해동²

¹계명대학교 일반대학원 환경과학과(hyk2410@naver.com),

²계명대학교 자연과학대학 환경학부 지구환경학전공

요약

과거 30년(1912~1940) 대비 최근 30년(1991~2020)에 봄과 여름의 시작일이 빨라졌으며, 여름은 길어지고 겨울은 짧아지는 현상이 나타났다. 특히 식물의 생장이 시작되는 봄철의 기온이 크게 상승하면서 농림 및 각종 산업, 일상생활에 많은 영향을 미쳤다(KMA, 2021). 전 지구적인 규모의 기후변화, 국지적인 악기상 등은 농업 시스템을 변화시켜 새로운 품종 또는 재배 기술의 적용, 시설 환경의 제어 등의 대책을 강요하며, 이러한 대응의 초기 단계에서는 기후자원의 변화량을 파악하는 것이 필수적이다. 농업 분야의 주요 기후자원으로는 크게 기온, 강수, 일사·일조 등이 있으며, 그중 가장 기초가 되는 자원은 기온이라 할 수 있다(RDA, 2019). 산지는 육상 생태계 자원의 보고로서, 자연림의 보존 및 그것을 서식지로 하는 야생 동물의 생존에 크게 기여하며 인간의 생활에 필요한 목재를 공급하고, 다양한 과수 및 농작물을 생산하는 공간의 역할을 수행한다. 우리나라는 전 국토의 60% 이상이 산악지형으로 지형 특성상 산림을 중심으로 하는 생태계가 우세하다(Hong et al., 2020).

광합성 작용이 가장 활발한 여름철에 두 지점에 비해 동영학술림의 기온은 낮고 상대습도는 더 높았다. 일사량은 식물의 성장에 중요한 봄철에 높게 나타났다. 평균 온량지수는 109.3°C·month, 한랭지수는 -11.3°C·month로 나타나 난온대 상록활엽수림대 기후로 평가할 수 있다. 온량지수와 한랭지수 간 차는 점차 증가하는 양상을 보여 대륙성 기후의 성격이 남아있다고 볼 수 있다. 유효적산온도는 연평균 2,113.7°C로 나타나 옥수수, 대두, 감자 등의 적지로 판단되었다.

주요어 : 온량지수, 한랭지수, 유효적산온도

감사의 글

이 연구는 2022년도 계명대학교 비사연구기금으로 이루어졌음(20220320).

참고문헌

- KMA, 2021, An analysis report for climate change over the Republic of Korea during 109 years (1912~2020 years), Korea Meteorological Administration, 42-45 p.
- RDA, 2019, Climate change survey report in the agricultural sector(2018), Rural Development Administration, 13 p.
- Hong, S., Jang, I., Jeong, H., Yeo, I., Shin, M., Kim, J., Kim, D., Park, S., Ahn, J., Ahn, N., Lee, C., Han, S., Kim, B., Lee, S., Jeong G., Park, I., Park, Y., 2020, Climate change risk assessment for Korean ecosystem, National Institute of Ecology, 69 p.

PNU CGCM-WRF Chain을 이용한 우리나라 콩의 고온해 및 저온해에 대한 예측성

안중배*^{1,2}, 최명주², 정민경², 송찬영², 서가영², 김소희²

¹부산대학교 기초과학연구원(jbahn@pusan.ac.kr),

²부산대학교 대기환경과학과

요약

본 연구에서는 PNU CGCM-WRF에서 생산된 hindcast자료 (1986~2020)를 이용하여 대한민국의 주요 식량인 콩의 생육단계별 고온해 및 저온해 발생일수를 예측하고 예측성을 평가하고자 하였다. 예측성을 평가하는 방법으로는 정규화된 표준 편차, 평균 제곱근 오차, 적중률, Heidke 기술 점수이다. 이를 위해 먼저 일 최고기온 및 일 최저기온의 모의성능을 살펴보았다. 그 결과 1~5월 (01RUN~05RUN)의 초기조건을 가지고 시작하는 월에 따라 다소 차이가 있지만, Variance Scaling 방법으로 보정한 결과가 기존에 비해 관측과 유사하게 나타났으며, 모의성능은 전반적으로 01RUN~05RUN에 동일한 가중치를 주고 평균한 결과(ENS)에서 높게 나타났다. ENS에서 콩의 고온해 (저온해)에 대한 HR과 HSS는 생육시기별로 0.45~0.75, 0.02~0.10 (0.49~0.76, -0.04~0.11)의 범위를 가진다. 결론적으로, PNU CGCM-WRF chain의 01RUN~05RUN 및 ENS는 남한 지역에 대한 콩의 생육시기별 고온해 및 저온해를 예측할 수 있는 성능을 가지고 있다.

주요어 : PNU-CGCM, WRF, prediction skill, 콩, 고온해, 저온해

1. 서론

농작물의 재배는 해당 지역의 평년 기후에 맞추어 진행되기 때문에, 그 지역의 기후에 벗어나는 기상이변은 농작물에 많은 피해를 준다(Shim et al., 2003; Seo et al., 2006; Lee et al., 2008; Kim and Kim 2013; Lee et al., 2013; Kang et al., 2014; Park et al., 2014; Shim et al., 2014; Lee et al., 2019; Jang et al., 2021). 또한 한 지역의 농업 생태계는 토양 및 기후와 같은 주어진 환경 조건에 의해 오랜 기간에 걸쳐 평균적인 형태가 정해지며, 이를 토대로 품종, 작부체계 및 재배 기술의 최적화가 이루어진다(Yun, 1999; Shim et al., 2018; Hur et al., 2020). 최근 지구온난화와 더불어, 지역 기후의 정상적인 범위로부터 벗어나는 이상기상의 발생빈도 또한 증가할 것이라고 본다(Min et al., 2006; NIMS, 2012; Lee et al., 2012; Kim et al., 2021). 실제로 최근 온난화로 인해 개화일이 과거에 비해 빨라지고 있는 추세인 반면, 이상저온 현상이 자주 발생하고 있는데, 개화된 꽃이 일정 온도 이하의 저온 상태에 놓이게 되면 수정 불량, 낙화 등의 피해가 발생할 수 있다(Kim and Kim, 2018). 이상기상으로 인한 농작물 피해를 최소화하기 위하여 농업에 영향을 미치는 기상 요소를 정확하게 예측하는 것은 필수적이다. 따라서 본 연구에서는 우리나라 콩의 생육단계별 고온해와 저온해 발생일수를 Pusan National University Coupled General Circulation Model-Weather Research and Forecasting model chain (이하 PNU CGCM-WRF Chain)을 이용하여 예측하고 예측성능을 평가하고자 한다.

2. 본론

본 연구에서는 우리나라 주요 곡물 중 하나인 콩의 생육단계별 고온해 및 저온해 발생일수에 대한 예측자료를 PNU CGCM-WRF Chain을 이용하여 생산하고 예측성을 평가하였다. PNU CGCM-WRF Chain으로부터 생산된 다른 초기조건을 가진 01RUN~05RUN과 함께 모형의 불확실성을 줄이기 위하여 각 RUN들의 결과에 Simple Composite Method (SCM)를 적용하여 평균한 ENS도 분석하였다. 콩의 고온해와 저온해를 판별하는 변수인 일 최고기온(Tmax)와 일 최저기온(Tmin)에 대한 모형의 모의성능을 살펴보았다. 일반적으로 모형과 관측의 기후적 특성이 다르기 때문에 고온해와 저온해를 동일한 기준으로 정의할 수 없다. 따라서 모형과 관측의 오차를 줄이기 위하여 Tmax와 Tmin의 평균 및 분산을 보정해주는 Variance Scaling 기법을 사용하였다(Kim et al., 2021). PNU CGCM-WRF Chain을 사용하여 3~10월의 Tmax 및 Tmin에 대한 NSD와 RMSE 모의성능 결과는 보정을 진행한 값이 원값에 비해 관측과 유사하게 나타났다. 각 월별로 보정한 Tmax 및 Tmin의 모의성능은 전반적으로 모든 RUN 및 ENS, 특히, ENS에서 모의성능이 높게 나타남을 알 수 있다. 콩의 생육시기별 고온해 및 저온해 발생일수에 대한 PNU CGCM-WRF Chain의 예측성을 HR과 HSS의 검증을 통해 살펴보았다. 고온해의 경우, 개화기 및 성숙기 모두 RUN에 따라 차이는 있지만 대부분 고온해가 빈번하게 발생하는 대부분의 지점에서 예측성이 있는 것으로 나타난다. 01RUN~05RUN에 비해 ENS는 고온해가 드물게 발생하는 지역에서도 예측성이 높게 나타났다. 저온해의 경우, 모든 화아분화기, 개화기 및 성숙기의 모든 생육시기에서 저온해가 빈번하게 발생하는 제천, 봉화, 태백, 및 대관령 등의 지점에서 RUN에 따라 차이는 있지만 모든 생육시기에서 대부분 예측성이 있는 것으로 나타났다. 고온해의 경우와 마찬가지로, ENS는 저온해가 드물게 발생하는 지역에서도 예측성이 높게 나타났다. 이러한 결론을 통하여 콩의 생육시기별 고온해 및 저온해 발생일수에 대한 예측성은 01RUN~05RUN에 비해 ENS에서 비교적 높게 나타난다.

3. 결론

본 연구에서는 PNU CGCM-WRF Chain을 통해 생산한 Tmax 및 Tmin 자료를 이용하여 우리나라 주요 식량자원 중 하나인 콩의 생육시기별 이상기온 발생일수에 대한 장기적인 예측자료를 생산하고 검증한 것에 큰 의의가 있다. 분석결과 예측성능이 작물이나 작물의생육시기에 따라 차이가 있지만, 예측성능이 신뢰수준에서 유의하게 나타나므로 생산된 예측자료는 이상기온으로 인한 농업 피해를 최소화하는데 도움을 줄 수 있다. 본 연구에서는 지형이 복잡한 우리나라에서 단일 모형인 PNU CGCM-WRF Chain을 통해 생산한 Tmax 및 Tmin을 사용하여 콩의 생육단계별 고온해 및 저온해 발생일수를 살펴보았으나 분명 한계가 존재한다. 향후 장기 예측 결과를 일별로 생산하고 제공하는 다른 모형들을 활용 가능하게 된다면 다중 모형 앙상블기법을 적용하여 콩의 생육시기별 고온해 및 저온해 발생일수에 대한 예측성을 지금보다 더욱 향상시킬 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

이 연구는 부산대학교 기초과학연구원의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

Hur, J. N., J. H. Park, K. M. Shim, Y. S. Kim, and S. R. Jo, 2020: A High-Resolution Agro-Climatic Dataset for Assessment of Climate Change over South Korea. Korean

- Journal of Agricultural and Forest Meteorology 22(3), 128–134. (in Korean with English abstract)
- Jang, S.-H., C.-S. Ryu, Y.-S. Kang, J.-W. Park, T.-Y. Kim, K.-S. Kang, M.-J. Park, H.-C. Baek, Y.-H. Park, D.-W. Kang, K. Zou, M.-C. Kim, Y.-J. Kwon, S.-A. Han, and T.-H. Jun, 2021: Estimation of Fresh Weight and Leaf Area Index of Soybean (*Glycine max*) Using Multi-year Spectral Data. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* 23(4), 329–339. doi:10.5532/KJAFM.2019.21.4.327 (in Korean with English abstract)
- Kang, S.-T., J.-S. Lee, I.-Y. Baek, W.-Y. Han, D.-C. Shin, and M.-G. Choung, 2014: Effect of Rainfall in Harvest Period on Seed Quality in Soybean. *Korea Soybean Digest* 31(1), 1–10. (in Korean with English abstract)
- Kim, D.-J., and J.-H. Kim, 2018: An Outlook of Changes in the Flowering Dates and Low Temperature after Flowering under the RCP 8.5 Projected Climate Condition. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* 20(4), 313–320. doi:10.5532/KJAFM.2018.20.4.313 (in Korean with English abstract)
- Kim, S.-M., and S.-M. Kim, 2013: Agricultural production base disaster vulnerability assessment due to meteorological disasters. *Magazine of the Korean Society of Agricultural Engineers* 55(1), 40–46. (in Korean)
- Kim, Y.-H., M.-J. Choi, K.-M. Shim, J. N. Hur, S. R. Jo, and J.-B. Ahn, 2021: A Study on the Predictability of the Number of Days of Heat and Cold Damages by Growth Stages of Rice Using PNU CGCM-WRF Chain in South Korea. *Atmosphere* 31(5), 577–592. doi: 10.14191/Atmos.2021.31.5.577 (in Korean with English abstract)
- Lee, J.-W., Y. J. Jang, K.-K. Ko, and J.-K. Park, 2013: Effects of Meteorological Elements in the Production of Food Crops: Focused on Regression Analysis using Panel Data. *Journal of Environmental Science International* 22(9), 1171–1180. doi:10.5322/JESI.2013.22.9.1171 (in Korean with English abstract)
- Lee, K.-M., H.-J. Baek, S.-H. Park, H.-S. Kang, and C.-H. Cho, 2012: Future projection of changes in extreme temperatures using high resolution regional climate change scenario in the Republic of Korea. *Journal of the Korean Geographical Society* 47(2), 208–225. (in Korean with English abstract)
- Lee, S. H., I. H. Heo, K. M. Lee, S. Y. Kim, Y. S. Lee, and W. T. Kwon, 2008: Impacts of climate change on phenology and growth of crops: In the case of Naju. *Journal of the Korean Geographical Society* 43(1), 20–35. (in Korean with English abstract)
- Lee, Y.-H., W.-G. Sang, J.-I. Cho, and M.-C. Seo, 2019: Effects of high temperature on soybean physiology, protein and oil content, and yield. *Korean Journal of Crop Science* 64(4), 395–405. doi:10.7740/kjcs.2019.64.4.395 (in Korean with English abstract)
- Min, S.-K., S. Legutke, A. Hense, U. Cubasch, W.-T. Kwon, J.-H. Oh, and U. Schlese, 2006: East Asian climate change in the 21st century as simulated by the coupled climate

model ECHO-G under IPCC SRES scenarios. Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II 84(1), 1-26. doi: 10.2151/jmsj.84.1

NIMS (National Institute of Meteorological Science), 2012: Global Climate Change Report 2012 for Response to "IPCC Fifth Assessment Report", 59-89. (in Korean)

Park, J. H., S. K. Kim, Y. S. Shin, M. I. Ahn, and Y. K. Han, 2014: Implementation of a Weather Hazard Warning System at a Catchment Scale. Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology 16(4), 389-395. doi:10.5532/KJAFM.2014.16.4.389 (in Korean with English abstract)

Seo, H.-C., S.-K. Kim, Y.-S. Lee, and Y.-C. Cho, 2006: Geographical Shift of Quality Soybean Production Area in Northern Gyeonggi Province by Year 2100. Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology 8(4), 242-249. (in Korean with English abstract)

Shim, K.-M., J.-T. Lee, Y.-S. Lee, and G.-Y. Kim, 2003: Traits of Agro-meteorological Disasters in 20th Century Korea. Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology 5(4), 255-260. (in Korean with English abstract)

Shim, K.-M., Y.-S. Kim, M.-P. Jung, I.-T. Choi, and S.-H. Min, 2014: Agro-climatic Zonal Characteristics of the Frequency of Abnormal Duration of Sunshine in South Korea. Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology 16(1), 83-91. doi:10.5532/KJAFM.2014.16.1.83 (in Korean with English abstract)

Shim, K.-M., Y.-S. Kim, M.-P. Jung, J. W. Kim, M. S. Park, S. H. Hong, and K. K. Kang, 2018: Recent Changes in the Frequency of Occurrence of Extreme Weather Events in South Korea. Journal of Climate Change Research 9(4), 461-470. doi:10.15531/KSCCR.2018.9.4.461 (in Korean with English abstract)

Yun, J. I., 1999: Agricultural Meteorology. Arche Publishing House. 15-21. (in Korean)

WRF-CMAQ two-way 모델을 이용한 초미세먼지 발생 요인에 따른 에어로졸의 영향 차이 분석

유정우*¹, 김지선², 채다은², 이순환³
¹부산대학교 환경연구원(jungwoo27@pusan.ac.kr),
²부산대학교 일반대학원 지구과학과,
³부산대학교 지구과학교육과

요약

본 연구에서는 WRF-CMAQ two-way 모델을 이용하여 국내 고농도 초미세먼지 사례에 대해 에어로졸 직접 효과가 미치는 영향을 조사하였다. 특히 국내 초미세먼지를 유발시키는 요인에 따른 에어로졸 직접 효과의 영향 차이를 알아보기 위해 초미세먼지 발생 주요 요인인 국외 유입과 대기 정체로 인한 고농도 발생 사례를 선정하였다.

에어로졸 직접 효과를 고려함으로써, 초미세먼지 농도가 높은 지역을 중심으로 지표 단파 복사 및 기온, 풍속, 대기경계층 고도가 감소하는 것으로 나타났다. 에어로졸 직접 효과에 의한 기상 변화는 오염물질의 축적에 유리한 기상 조건이다. 에어로졸의 영향으로 대기는 안정화 되어 오염물질의 수평 이류와 확산, 연직 혼합이 제한되어 지표의 농도를 축적 및 증가시킬 수 있다. 에어로졸 직접 효과로 인해 서울에서는 일평균 초미세먼지 농도가 3-4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 최대 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 농도 증가가 나타났다.

또한 CMAQ 모델의 IPR 분석을 통해 국외 유입과 대기 정체에 따른 초미세먼지 농도 증가에 영향을 미치는 물리/화학 과정을 조사하였다. 에어로졸 직접 효과가 고려되지 않은 BASE 실험 결과에서 수평 이류 및 확산(HTRANS)과 배출(EMIS), 에어로졸(AERO) 과정에 의해 서울의 초미세먼지 농도가 증가하는 것으로 나타났다. 그러나 에어로졸의 직접 효과를 고려한 FB(FeedBack) 실험에서는 고농도 발생 요인에 따라 그 영향이 다르게 나타났다. 국외 유입이 발생한 날에는 에어로졸의 직접 효과에 의해 HTRANS 과정의 증가가 나타났다. 이는 에어로졸의 직접 효과로 인해 대기가 안정되어 국외에서 축적된 고농도 초미세먼지가 국내 유입으로 인해 국내에서 농도가 증가하였다. 반대로 대기 정체가 발생한 날에는 에어로졸의 직접 효과에 의한 대기 안정으로 수평 이류와 확산, 연직 혼합이 억제되어 지표에서 축적으로 인해 농도 증가가 나타났다.

본 연구를 통해 초미세먼지 발생 요인에 따른 에어로졸의 직접 효과가 미치는 영향을 분석하였다. 향후 다중 사례에 수치모의 연구를 통해 초미세먼지 발생에 대한 다양한 요인을 분석하고 이해할 필요가 있다. 또한 종관 규모 기상은 국외 유입의 패턴 및 오염물질의 수평 및 연직 특성에 영향을 미칠 수 있기 때문에 종관 규모 기상에 대한 연구도 분석되어야 한다.

주요어 : WRF-CMAQ two-way, 에어로졸 직접 효과, 에어로졸 feedback, 국외 유입, 대기 정체

감사의 글

이 연구는 2020년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2020R1A6A1A03044834).

1차원 이방성 매질에 대한 맥스웰 방정식의 해를 안정적으로 구하기 위한 전략

이희준^{*1}, 엄장환², 허준영², 민동주¹

¹서울대학교 공과대학 에너지시스템공학부(heejune0322@snu.ac.kr),

²한국지질자원연구원 광물자원연구본부

ABSTRACT

In recent years, studies on multi-dimensional magnetotelluric (MT) modelling and inversion in anisotropic media have become a topic of significant interest. Consequently, an accurate and stable computation of electromagnetic fields in 1-D anisotropic layered model is a necessity to satisfy the boundary condition of multi-dimensional MT modeling. In this study, an algorithm for stable computation of electromagnetic fields in both 1-D isotropic and anisotropic layered models is proposed. The algorithm is based on Maxwell's equation and boundary conditions at the boundaries of the entire layered model and two additional strategies are implemented in the algorithm. The effectiveness of the algorithm with the two strategies is demonstrated using a synthetic 4-layered anisotropic model.

전라북도 군산시 산북동층에서 발견된 새 발자국 화석 첫 번째 보고

정동권¹, 김정빈², 조규성*³, 김경수⁴

¹전북대학교 과학교육학과,

²순천대학교 물리교육과,

³전북대학교 과학교육학부(earthcho@jbnu.ac.kr),

⁴진주교육대학교 과학교육과/부설 한국지질유산연구소

요약

본 연구에서는 전라북도 군산시 산북동층 공룡과 익룡 발자국 화석 산지 인근에서 발견된 새 발자국 화석의 특징을 기재하였다. 새 발자국 화석의 보존 상태는 양호하지 않으나, 발자국은 물 갈퀴가 모두 나타나지 않았으며 비대칭을 이룬 소형 새로부터 형성된 것으로 보인다. 발자국은 보행렬을 이루는 발자국(Gt)과 개별 발자국(Ga, Gb, Gc)으로 구분된다. 보행렬 발자국의 FL/FW 비가 평균 1.24와 로 나타나며, II번 발가락과 IV번 발가락이 90° 미만의 예각을 이룬다. 개별 발자국은 FL/FW비가 0.79와 II번 발가락과 IV번 발가락이 100° 이상으로 나타나는 것으로 최소 두 종의 새가 공존하였음을 알 수 있다. 한편, 새 발자국 화석을 포함한 산북동층 퇴적 시기를 확인하기 위해 산북동층 응회질사암에서 쇄설성 저어콘을 분리하여 SHRIMP U-Pb법 절대연령 분석을 실시하였다. 그 결과, 산북동층 퇴적시기의 최대지질연대는 112.5±5.8Ma로 중생대 백악기 Aptian으로 해석되며, 경상분지 진주층 하부에 대비될 수 있음을 의미한다. 이들과 함께 무척추 동물에 의한 생흔도 함께 공존한다는 점에서 서로 다른 종의 새가 집단을 이루어 이들 바탕으로 먹이 활동이 이루어진 것으로 추정된다. 본 연구는 다음과 같은 의의를 갖는다. 첫째, 산북동층 사족동물 발자국 화석 군집이 수각류, 조각류, 익룡과 새 발자국으로 구성되어 있었음을 의미하며, 추가적인 발자국 화석 발견의 가능성을 시사한다. 둘째, 절대연대 분석 결과, 산북동층 퇴적시기의 최대지질연대는 112.5±5.8Ma로 중생대 백악기 앵티안(Aptian)으로 해석되며, 경상분지 진주층 하부에 대비될 수 있음을 의미한다. 그러므로 산북동층의 백악기 소형 물떼새 발자국 화석(Koreanaornis)은 국내에서 가장 오래된 것으로 해석된다. 셋째, 주로 남해안에 집중된 새 발자국 화석 산지가 이들보다 북쪽인 전라북도에서 최초로 발견되었다는 점에 의의가 있다.

주요어 : 산북동층, 새 발자국 화석

참고문헌

Brown, R., Ferguson, J., Lawrence, M., and Lees, D., 2003, Tracks and signs of the birds of Britain and Europe. Christopher Helm, London, United Kingdom. 333 p.

Jeong, D.G. and Cho, K.S., 2021, Proposal of educational activities in geosites for geological field courses in Gunsan city, Jeonbuk, Korea. Journal of the Korean Earth Science Society, 43, 464-479. (in Korean)

Sarjeant, W.A.S. and Langston, W., 1994, Vertebrate footprints and invertebrate traces from the Chadronian (late Eocene) of Trans-Pecos Texas. Bulletin of Texas Memorial Museum, 36, 1-86.

연천군 일대에 분포하는 신생대 최후기 백의리층의 하성퇴적환경 해석 및 역 기원지 추정

유지희*, 문진아, 정대교, 김희정¹

¹강원대학교 지질학과(dktjd1106@kangwon.ac.kr)

요약

연천군 일대에 위치한 한탄강 세계지질공원은 북한의 680고지와 오리산에서 분출한 현무암질 용암이 고한탄강 일대를 피복하면서 형성되었다. 국내에서는 최초로 강을 중심으로 형성된 지질공원으로, 이곳의 백의리층은 제4기의 미고결 퇴적층이 현무암 아래에 분포하고 있는 특이한 지질현상이 관찰되며 지질교육적 가치를 인정받아 유네스코 세계지질공원의 지질명소로 등재되었다. 백의리층은 기존의 연구를 통해 하성환경에서 퇴적된 역층으로 대표되고 있었으나, 야외지질조사 결과 역층 이외에도 세립~조립의 모래와 점토로 이루어진 퇴적층, 크러스트 층 등 다양한 유형의 백의리층이 관찰되었다. 따라서 본 논문을 통해 백의리층의 각 노두사이의 특징을 비교해봄으로써 백의리층 형성당시의 퇴적환경을 추정하고 역의 기원지를 추정하는 것에 목적이 있다. 연구를 위해 총 5개의 노두에 대하여 역 세부조사, 퇴적구조관찰, 인편구조 측정, 스케치, 입도분석을 실시하였다. 연구결과 각 노두는 사태에 의한 퇴적물 구름의 형성, 하도형태의 변화, 범람원 환경에서의 크러스트 형성 등의 환경에서 형성되었다고 추정하였으며 대부분의 역이 20km 이내에 위치한 암상과 대비되었고, 각 노두의 퇴적당시의 환경을 하성퇴적환경에 대비할 수 있을 것으로 생각된다.

주요어 : 백의리층, 신생대 최후기, 미고결퇴적층, 하성퇴적환경, 한탄강 세계지질공원

감사의 글

이 연구는 교육부 지원으로 한국연구재단의 지원을 받아 기초 과학 연구 프로그램(No. 2019R111A2A01057002)과 환경부의 재원으로 “표토보전관리기술개발사업; 2019002820004”, 2023년도 정부의 재원으로 한국연구재단(No.2019R1A6A1A03033167)의 지원을 받아 연구되었습니다.

형산강의 하천 퇴적물 내 중금속 오염도 평가

서민지*, 최영진, 김정훈, 류종식
부경대학교(smj9066@pukyong.ac.kr)

요약

급격한 도시화 및 산업화로 인한 형산강 유역 내 주거지, 농업단지 및 산업단지 등은 잠재적 환경오염원이 될 수 있다. 이러한 오염원에 의해 다양한 경로를 통해 하천으로 유입된 무기오염물은 퇴적물에 흡착, 침전, 부유, 재용해의 과정을 통해 지속적인 수질 오염원이 될 수 있다. 이번 연구에서는 형산강 유역의 본류 및 지류에서 채취한 퇴적물 시료 내 중금속(Cr, Co, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Pb) 농도 분석을 통해 하천 퇴적물 내 중금속의 오염도 및 생태위해성을 조사하였다. 하천 퇴적물 시료 내 중금속의 평균 농도는 상부 지각의 평균 농도 대비 최대 14배 높은 값을 가지며, PAAS 대비 최대 20배의 값을 보인다. 본류에서 $Zn > Cr > Pb > Cu > Ni > As > Co > Cd$ 순으로 낮게 나타나고, 하류에 위치한 포항철강산업단지의 배수로 역할을 하는 지류 구무천에서는 $Zn > Cr > Ni > Cu > Pb > Co > As > Cd$ 순으로 나타난다. 구무천 시료는 모든 원소에서 가장 높은 중금속 농도를 보였으며, 본류 대비 2-22배 높은 농도를 보였다. 농축계수를 통해 구무천 시료는 본류 대비 3-24배의 오염도가 나타났으며, 특히 Cr과 Cd이 매우 심한 농축도를 가지는 것으로 확인되었다. 오염부하지수 역시 본류에 비해 9배 높은 값을 가지는 인위적 오염이 존재함을 지시하였다. 시료 내 다양한 중금속 중 Cd만이 매우 높은 수준의 생태위해성을 보여 이에 대한 오염원추적을 위해 향후 Cd 동위원소를 활용한 연구가 필요할 것으로 보인다.

주요어 : 형산강, 하천 퇴적물, 중금속, 오염도, 생태위해성

Fluid Inclusion and Ore mineralogy Study of the Phayaung Taung Deposit, Mandalay Myanmar

Naing Aung Khant*, Heejung Kim,
Kangwon National University(khant_8@kangwon.ac.kr)

ABSTRACT

Myanmar is gifted with a wide variety of metallic and nonmetallic mineral reserves, some of which have lately been developed as world-class mines. Phayaung Taung Gold deposit is located within the Slate Belt and Chaung Magyi Group. The Phayaung Taung gold deposit from the Slate Belt is hosted in phyllite, schist, and quartzite. Phyllite and Quartzite are the most important stratigraphic units in the Phayaung Taung gold mine area. Phyllite and Quartzite are the most important stratigraphic units in the Phayaung Taung gold mine area. Gold is not related with silver minerals and mostly occurs with Chalcocite and covellite. Gold in the Phayaung Taung is from the secondary origin and is formed mostly in the sulfide ore stage. Gold occurs in tourmaline-quartz and sulfide-bearing quartz veins. There is also an additional paragenetic oxide ore stages of Iron Oxide and Titanium Oxide which is not connected to gold formation. The Phayaung Taung fluid inclusion system contains a lot of bi-phase liquid rich inclusions. The melting temperature of the Phayaung Taung is -2.26 to -9 °C, while the homogenization temperature is 225 – 450 °C. And the salinity level ranges from 3.39 to 12.85 wt.% NaCl equivalent. The T_mCO_2 of these inclusions are fixed at -49 °C and T_hCO_2 is 28 to 29 °C even though the standard T_mCO_2 should be at -57 °C. The Raman analysis of the CO_2 inclusion show that there is no water content inside the bubble and the density of the CO_2 inclusion are ranging from 312.1881 kg/m³ to 302.8516 kg/m³.

Keyword : Orogenic deposit, Paragenetic stage, Gold, Fluid inclusion, CO_2 inclusion

Acknowledgements

This research was funded by Korea Ministry of Environment as “The SS (Surface Soil conservation and management) projects; 2019002820004 and the Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (grant numbers 2019R111A2A01057002 and 2019R1A6A1A03033167).

Sr 동위원소를 활용한 섬진강 수계 내 탄산염암과 규산염암의 화학적 풍화 규명

최영진*, 서민지, 김정훈, 류종식
부경대학교(dudwls22687@gmail.com)

요약

화학적 풍화는 수계 내 이온조성과 Sr 동위원소 비 뿐 아니라 대기 중 이산화탄소를 소비해 탄소 순환에 영향을 준다. 섬진강 유역 내 기반암의 화학적 풍화 기여도 평가를 통한 화학적 풍화율 및 이산화탄소 소비량을 계산하기 위하여 본류 7개 하천수 시료를 채취하여 주원소 및 Sr 동위원소를 분석하였다. 시료 내 양이온 농도비는 Ca^{2+} (49%) > Na^+ (32%) > Mg^{2+} (10%) > K^+ (8.8%) 순으로, 음이온 농도비는 HCO_3^- (59%) > Cl^- (18%) > SO_4^{2-} (13%) > NO_3^- (9.4%) > F^- (0.13%) 순으로 감소하는 경향을 보였다. Sr 동위원소 분석 결과, 섬진강 유역 하천수의 Sr 동위원소 비는 0.709367-0.740519의 범위를 가지며 최상류 지점의 경우 0.740519의 값을 가진다. 섬진강 유역의 Sr 동위원소 비와 단일암상으로 구성된 여러 강의 Sr 동위원소 비를 비교한 결과, 섬진강 유역은 탄산염암과 규산염암 풍화의 영향이 혼재된 것으로 보이며 최상류 지점은 규산염암 풍화의 영향이 상대적으로 강하게 작용한 것으로 확인된다. Foward 모델을 통해 계산된 평균 탄산염암 및 규산염암 기여율은 각각 49.96%, 50.04%이며, 탄산에 의한 탄산염암과 규산염암의 화학적 풍화율은 각각 22.9와 10.9 t/km²/yr이고 평균 이산화탄소 소비량은 각각 15.7과 24.0 t/km²/yr이다. 이는 최상류 지점을 제외한 모든 지점에서 규산염암 풍화의 영향이 크게 작용하여 국내 주요 강에 비해 높은 이산화탄소 소비량을 가지게 된 것으로 판단된다.

주요어 : 섬진강, 화학적 풍화, Sr 동위원소 비, 이산화탄소 소비량

늙은 산개성단 M67 구성원 별들의 운동학적 연구

황경우*¹, 유의정¹, 김혜인¹, 이유나¹, 구재림¹, 홍종석², 임범두¹

¹공주대학교 지구과학교육과(tyvks77@naver.com),

²한국천문연구원

요약

본 연구에서는 최근 발표된 가이아 자료를 이용하여 늙은 산개성단 M67의 운동학적 연구 결과를 발표하고자 한다. 사전 연구에서 선정한 934개 별들의 분포로부터 크기 및 구조를 조사하였다. M67의 투영된 중심거리에 따른 구성원의 표면밀도 분포를 통해 이 성단의 겉보기 반지름과 구성원의 50%를 포함하는 반지름(half-number radius, r_h)을 각각 약 30' 및 12.4'으로 결정했다. 또한 이 분포를 King의 밀도 모형에 맞추어 성단 중심부 반지름(core radius, r_c) 1.02pc을 얻었다. 성단의 색-등급도를 등연령 곡선과 비교하여 나이를 약 40억 년으로 추정할 수 있었고, 이는 이전 연구의 결과들과 잘 일치했다. 성단에 대해 구성원들의 상대적인 고유운동을 조사한 결과, r_h 보다 안쪽에 위치한 구성원의 고유운동 방향은 등방하게 나타나는 반면, 외곽에 있는 별들은 성단 중심 방향으로 운동하고 있는 것으로 나타났다. 이것은 성단의 외곽이 수축하고 있다는 것을 의미한다. 본 연구에서 발견한 흥미로운 사실은 성단의 r_c 이내의 별들이 100°-280°(동-서) 축을 기준으로 회전 운동을 하고 있다는 것이다. 이것은 성단의 형성 이후에도 오랜 시간 동안 성단의 회전이 지속될 수 있음을 의미한다. M67이 비리얼 평형 상태에 있다고 가정하여 계산한 비리얼 질량은 약 1600 M_{\odot} 이다. M67의 나이와 비교했을 때 성단의 동역학적 이완 시간은 약 3.21억 년으로 40억 년에 비해 짧다. 이를 통해 M67은 동역학적으로 이완되었다고 할 수 있다. 하지만 동역학적 진화의 결과인 질량분리-현상은 발견되지 않았다.

주요어: 산개성단(M67), 별의 운동학, 동역학

2015 개정 교육과정의 지구과학II 및 한국지리 교과서에 제시된 ‘한반도의 지질’ 관련 내용 비교

박경진*, 유은정

한국교육과정평가원(kjpark@kice.re.kr)

요약

2015 개정 교육과정은 미래 사회에 대비해 창의·융합형 인재 양성을 목표로 하고 있으며, 이런 교육과정의 취지를 반영하기 위해 문·이과 구분을 폐지하고 과학·사회탐구 영역의 17개 과목 중 2개 과목을 자유롭게 선택하도록 하는 등의 수능 체제를 변경한 바 있다. 그 결과 2023학년도 수능 기준 과학 및 사회 과목을 각각 1개씩 선택한 응시생의 비율은 전체의 약 2.8%를 차지하고 있다. 특히, 과학·사회탐구 영역의 여러 교과 중에서도 지구과학과 지리 교과는 지질학, 지형학, 기후학 등의 유사한 내용을 다루고 있어 학생의 흥미와 적성에 따라 두 교과를 공통으로 선택할 가능성이 있다. 이때 교과는 다르더라도 유사한 내용을 학습할 경우 교과에 따라 구체적인 내용 요소가 서로 다를 경우 학습자는 큰 혼란이 발생할 수 있다.

이에 이 연구에서는 2015 개정 교육과정의 지구과학II 및 한국지리 교과서에 제시된 한반도의 지질 관련 내용 요소가 교과에 따라 어떤 차이가 있는지를 알아보려고 하였다. 이를 위하여 지구과학II 및 한국지리 교과서에 제시된 서술 내용, 용어, 그림 측면에서 교과서 간의 일치 여부, 교과서와 최신 과학 지식과의 일치 여부를 중심으로 살펴보기 위해 교과에 관계없이 한반도의 지질 관련 내용 요소로 공통적으로 제시하고 있는 한반도의 지체 구조, 지질 계통, 각 지질시대별 지질학적 특징을 분석 항목으로 선정하였다. 이후 각 항목에 대한 교과서의 서술 내용을 여러 번 반복적으로 읽어보면서 교과서 간의 불일치 사례를 추출하였으며, 각 불일치 사례에 대해 관련 전공 서적, 논문, 지구과학 사전 등과 비교하여 교과서의 내용과 과학 지식과의 일치 여부를 검토하는 과정을 거쳤다. 분석 결과 한반도의 지체 구조, 지질 계통을 제시한 자료에서 지구과학II 및 한국지리 교과서 간의 불일치 사례가 다수 있음을 확인하였다. 또한 교과서는 최신의 과학 지식을 반영해야 함에도 불구하고, 지구과학II 교과서에 비해 한국지리 교과서에서 보다 과거의 자료(예, 한국지리지, 2008)를 인용함으로써 최신의 과학 지식과도 불일치한 사례를 보이고 있었다. ‘한반도의 지질’ 관련 내용 요소는 2022 개정 교육과정에서도 중요하게 다뤄질 내용인 만큼 이 연구의 결과가 향후 새로운 교과서를 개발할 때 중요한 기초자료로 활용될 것으로 기대된다.

Keyword : 한반도의 지질, 지구과학II, 한국지리, 교과서

절대 습도와 이슬점 온도의 관계에 대한 지구과학 예비 교사들의 인식

강소라¹, 서은경*²

¹충남여자중학교,

²공주대학교 지구과학교육과 (ekseo@konju.ac.kr),

요약

절대 습도와 이슬점 온도의 관계에 대한 예비 교사들의 인식 조사를 통해 “절대 습도와 이슬점 온도는 비례한다.”, “이슬점 온도는 공기 중의 수증기의 질량에 비례한다.”와 같은 견고한 오개념을 갖고 있음을 발견하였다. 예비 교사들이 갖는 이러한 오개념은 중학교 과학 교과서의 부정확한 서술 내용에서 기인하는 것으로 사료된다. 한편, 중학교 1학년 과학 교과서는 증발, 응결, 압력과 온도 변화에 따른 기체의 부피 변화를 분자 운동의 관점에서 다루기 때문에, 중학교 교육과정에서 수증기량과 이슬점 온도의 척도로서 수증기압의 도입은 예비 교사와 학습자의 오개념을 방지할 수 있으며, 과학 교육과정을 보다 일관되고 논리적으로 만들 수 있을 것으로 사료된다.

주요어 : 수증기량, 오개념, 절대 습도, 이슬점 온도, 수증기압

1. 서론

이 연구는 2018학년도 대학수학능력시험(이하 수능) 6월 모의 평가 지구과학II 19번 문항에 제기된 이의 신청 내용을 통해 드러난 이슬점 온도와 절대 습도의 관계성에 대한 오개념 연구의 필요성에 의해 실시되었다 (e.g., Park, 2009). 이 연구를 통해 절대 습도와 이슬점 온도의 관계에 대한 예비 교사들의 인식 구조를 명확히 하고, 교과서의 부정확한 서술을 파악하고자 한다(e.g., Kang, 2001). 나아가 올바른 개념 관계 형성을 위한 미래 교과서의 서술 범위 및 개념 범위 등을 제안하고자 한다.

2. 본론

설문 조사: 사범대학에서 지구과학교육을 전공하고 있는 23명의 대학생들을 대상으로 설문 조사를 실시하였다. 설문 조사 문항과 문항에서 알아보하고자 하는 개념은 Table 1과 같다.

Table 1. The list of concept categories and purposes of questions included in the questionnaire

문항 번호	알아보고자 하는 개념
[문항 1]	절대 습도와 이슬점 온도의 관계
[문항 2]	부피, 공기의 질량, 수증기 질량이 같고 온도가 다른 세 공기 덩어리의 이슬점 온도
[문항 3]	외부 기압이 일정하고 풍선 내부 기압과 외부 기압이 같은 공기 덩어리의 이슬점 온도

연구에서 설정한 가설인 “절대 습도와 이슬점 온도의 관계에 대한 오개념이 있을 것이다.”를 증명하기 위해 ‘절대 습도는 같지만 온도가 다른 상황에서의 이슬점 온도’, ‘정압 상태에서의 이슬점 온도 변화’에 대한 설문지를 구성하였다. 일부 예비 교사들이 절대 습도, 이슬점 온도, 수증기압과 같은 개념에 영향을 주는 변인들 간의 관계성을 종합적으로 설명하지 못했으며, 절대 습도와 이슬점 온도의 관계에 대해 오개념을 갖고 있음을 발견할 수 있었다. ‘절대 습도가 동일하지만 온도가 다른 상황에서의 이슬점 온도’에 대한 예비 교사의 인식을 파악할 수 있는 문항에서 온도와 무관하게 “수증기 질량과 이슬점 온도는 비례한다.”, “절대 습도와 이슬점 온도는 비례한다.”는 오개념을 발견하였다. 정압 상태로 공기 덩어리를 냉각시키면 부피의 감소로 인해 절대

습도(수증기의 밀도)는 증가하지만 온도가 감소하여 수증기압에 변화가 없으므로 이슬점 온도는 변하지 않는다. 더욱이 이 정압 과정은 중학교 교육 과정에서 다루는 샤를의 법칙을 이용하여 설명할 수 있는 내용이다. 이에 대한 예비 교사의 인식을 조사한 결과, 대부분이 이상기체상태방정식을 활용하여 이슬점 온도에 대해 옳게 설명했지만, 일부 예비 교사들은 “절대 습도가 증가하므로 이슬점 온도가 증가한다.”라는 오개념을 갖고 있었다.

연구를 위해 설정한 두 번째 가설인 “오개념은 교과서의 부정확한 서술 내용에 기인했을 것이다.”를 증명하기 위해, 발견된 오개념의 원인으로 연구 대상이 이수한 교육과정과 전후 적용되고 있는 교육과정의 교과서를 분석하였다. 절대 습도를 사용하여 이슬점 온도를 설명하는 것은 학생들에게 “절대 습도와 이슬점 온도는 비례한다.”는 오개념을 심어줄 가능성이 크다. 이렇게 형성된 오개념은 학습자의 인지 구조에 고착화되어 후속 학습에 의해 쉽게 변화되지 않아 대학 교육과정을 거쳤음에도 여전히 발견된다.

3. 결론

중학교 과정에서 이슬점 온도를 설명할 때 수증기압의 개념 사용을 제안한다. Fig 1.과 같이 수증기압에 영향을 주는 변인을 설명하기 위해 구상한 모형을 통해 이상기체 상태방정식의 도입 없이 수증기압, 기온, 수증기의 밀도(절대 습도)의 관계를 설명할 수 있다. 또한 Fig 2.를 통해 ‘온도가 같지만 절대 습도가 달라 수증기압에 차이가 있는 경우의 이슬점 온도 비교’, ‘절대 습도가 동일하지만 온도가 달라 수증기압에 차이가 있는 경우의 이슬점 온도 비교’를 통해 “절대 습도와 이슬점 온도는 비례한다.”는 오개념 형성을 방지할 수 있다.

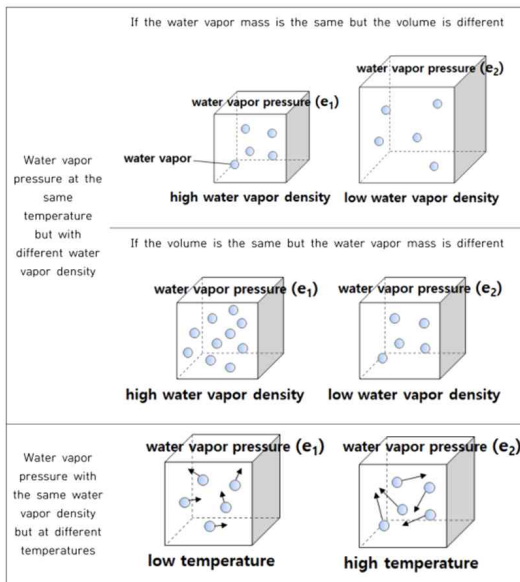


Fig 1. Variables affecting water vapor pressure

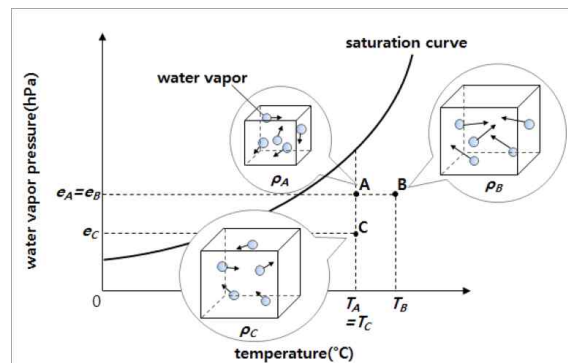


Fig 2. Saturated water vapor pressure curve ($T_A=T_C<T_B$, $\rho_A>\rho_B=\rho_C$, $e_A=e_B>e_C$)

참고 문헌

Kang, D.-H., 2001, The patterns of students’ conceptions and teachers’ teaching practices on dissolution. Ph.D. dissertation, Korea National University of Education, Chung-Buk, Korea.

Park, S.-J., 2009, Analysis of pre-service science teachers’ mental model about concept of atmospheric water. M.S. thesis, Korea National University of Education, ChungBuk, Korea.

지구의 복사 평형에서 평형과 상호 작용 개념에 대한 지구과학 예비 교사들의 인식

홍주현¹, 서은경^{*2}

¹대전여자중학교

²공주대학교 지구과학교육과 (ekseo@konju.ac.kr)

요약

이 연구는 지구과학 예비 교사들이 지구 복사 평형을 이해하는 데에 있어서 ‘평형’이라는 개념과 ‘지구의 권역 간 상호 작용’을 어떻게 인식하고 있는지를 탐색하며, 이들이 갖는 오개념을 규명하고자 하였다. 이를 위해 국가 수준의 평가에서 등장한 문항을 중심으로 이들의 사고 흐름을 들여다 볼 수 있는 질문지를 설계하여 이들에게 투입하였다. 모든 예비 교사들이 복사 평형 개념을 바르게 서술하였음에도 불구하고, 이들의 약 90%는 복사 평형 개념을 대기가 없는 새로운 지구 환경에 확대 적용하지 못하였다. 이들은 변화된 권역간 새로운 ‘상호 작용’의 개념 및 오랜 시간에 걸쳐 도달하게 되는 새로운 ‘평형’의 개념을 원활히 이끌어내지 못하는 것으로 보인다. 고등학교 지구과학 교과서에서는 지구가 복사 평형에 도달하는 과정보다는 평형 상태에서의 열수지에 초점을 두어 복사 평형을 결과론적인 방식에서 접근함에 따라 학생들을 2015 개정 교육과정에서 추구하는 창의융합형 인재로 육성하기에는 걸림돌이 될 수 있을 것이다.

주요어 : 지구 복사 평형, 상호 작용, 평형, 오개념

1. 서론

복사 평형과 열평형개념은 고등학교 지구과학 교육과정에서 매우 중요한 개념임에도 불구하고 학생들이 여전히 다양한 오개념을형성하고 있는 것으로 알려져 있다(Lee, 2000; Lee et al., 2022). 본 연구는 지구 복사 평형을 지도할 지구과학 예비 교사들이 권역 간의 변화에 따른 ‘상호 작용’에 의해 도달하는 새로운 ‘평형’의 개념에 대해 어떠한 이해를 가지고 있는지를 살펴보기 위하여 질문지를 개발하여 검사 도구로 사용하였다. 이들이 가지고 있는 복사 평형 개념에 대한 심층인식을 분석하면서, 이들이 이수한 중·고교 교과서의 기술 방식이 이들의 개념 형성에 영향을 미쳤는지를 밝힐 필요가 있을 것으로 사료된다. 지구 복사 평형과 관련하여 지구과학 예비교사들의 인식을 연구하기 위한 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

첫째, 지구과학 예비 교사는 ‘지구의 복사 평형’을 이해하는 데에 있어서 ‘평형에 도달하기까지의 과정(시간의 경과)’과 ‘각 권역 사이의 상호 작용’의 개념을 끌어들이는가?

둘째, 이와 관련하여 이들이 이수한 중·고등학교 교과서는 어떻게 서술하고 있는가?

이들 연구 문제의 해결을 통해 예비 교사뿐만 아니라 중·고등학교 학생들의 정확한 개념 형성에 있어서 방해 요소를 제거하며, 또한 올바른 과학 개념 형성을 위한 해결 방안을 제시하고자 한다.

2. 설문 조사 내용

본 연구는 대학에서 6학점의 대기과학 전공 필수 수업을 이수한 지구과학 예비 교사 24명을 대상으로 진행하였다. Table 1은 설문 조사 문항과 문항에 따라 알아보고자 하는 개념을 설문 조사 문항과 문항에 따라 알아보고자 하는 개념은 Table 1에 나타내었다.

Table 1. The list of concept categories and purposes of questions included in the questionnaire where this study tries to examine potential misconceptions

문항 번호	알아보고자 하는 개념
[문항 1]	지구의 복사 평형 개념
[문항 2]	지구의 복사 환경 변화
[문항 3]	지구 권역간 상호 작용

설문 조사를 통해 답변자들이 지니고 있는 대체 개념 및 미약한 개념에 대해서 정리하며 다음과 같다.

(1) 온실 효과 개념을 끌어들이어 이해하려는 특성이다(12.5%의 답변). 12.5%의 답변자들은 대기가 없으면 온실 효과가 사라짐으로 인해 지구의 온도가 감소하여 지구 복사(a)가 감소한다고 보았다. 이는 복사 평형 상태에 있는 지구 전체의 유효 복사 온도를 엄밀하게 이해하지 못하는 것으로 판단된다.

(2) 복사 평형에 전반에 다소 불완전한 개념을 갖고 있다(8.3%의 답변). 대기가 없을 때에도 지표의 알베도를 4 단위로 고정시킨 채, 지표는 여전히 독립적으로 133 단위를 방출한다고 답변하였다. 이는 권역 간의 상호 작용으로 기인한 지구 전체의 복사 평형에 대한 불완전한 개념으로부터 기인한 것으로 사료된다.

(3) 대기-지표 간의 상호 작용 개념에 다소 불충분한 이해를 지닌다(약 71%의 답변). 이들 대부분이 ‘한 권역의 변화가 다른 권역들과 끊임 없이 상호 작용하는 것과 이로 인해 지구가 새로운 평형 상태로 진입할 것임’을 추론하는 종합적인 사고로 연결하지 못하였다.

3. 결과 및 결론

예비 교사들이 이수한 교육과정은 현재의 2015 개정 교육과정과 다소 다르지만, 지구의 복사 평형과 열수지는 지구과학에서 여전히 중요 개념으로 다루어지고 있다. 본 연구에서 개발한 설문지의 답변과 교과서 내용을 종합해 보면, 모든 예비 교사들이 복사 평형 개념을 바르게 서술하였음에도 불구하고, 대부분의 예비 교사들은 복사 평형 개념을 확대 적용하는 데 있어서 전반적으로 확고한 개념 인식이 부족한 것으로 보인다. 특히, 각 권역 사이의 ‘상호 작용’ 및 오랜 시간에 걸쳐 도달하게 되는 ‘평형’에 대해 미흡하거나 불완전한 개념을 지니고 있음을 발견하였다. 이러한 현상의 이유가 그들의 인지 수준에 의한 것일 수도 있겠지만, 교과서의 부정확하거나 친절하지 않은 기술 방식과 가르치는 교사가 정확한 개념을 전달하지 못함으로부터 기인했을 수 있다. 과학에서의 결과도 중요하지만, 그 결과에 이르는 과정도 중요하게 다루어질 필요가 있다. 이는 과학에 대한 학생들의 역량 및 과학을 대하는 태도에 큰 영향을 미칠 수 있기 때문이다. 이 연구는 중·고교 과정뿐만 아니라 대학 과정에서도 ‘평형’과 ‘상호 작용’이라는 개념에 대해 좀 더 심층적으로 다루어질 필요가 있음을 시사하고 있다.

참고문헌

- Lee, J. (2000). Study in Alternative Concepts of Middle School Students about the Earth Radiative Equilibrium and Atmospheric Composition. Graduate school Seoul National University, Seoul, Korea. (in Korean)
- Lee, J.-J., Seo, E.-K., & Ahn, Y. (2022). High School Student Perception of the Relationships between Solar and Visible Radiation and between Terrestrial and Infrared Radiation. *Journal of Korean Earth Science Society*, 43(2), 312-323. (in Korean)

극지에 대한 학생들의 심리적 연결감 분석을 위한 기준 개발

문소영, 신동희

이화여자대학교 과학교육과(zero0@ewhain.net)

요약

본 연구에서는 극지에 대한 학생들의 심리적 연결감을 분석하기 위해 선행연구의 자연 연관성 척도(Nature-Relatedness Scale) (Nisbet, 2009)의 세 가지 측면을 바탕으로 극지 연관성 척도를 개발하였으며, 극지만이 가지고 있는 특성을 고려하여 수정, 보완하였다. 구체적인 과정은 다음과 같다. 첫째, 자연과의 연관성을 측정하기 위해 시도되었던 측정 도구를 주요 데이터베이스(예: 구글스칼라, ERIC)에서 검색하였다. “자연연결성”, “자기환경화”, “환경정체성”, “nature relatedness”, “environmental connectedness” 등의 키워드를 중심으로 학술논문과 보고서를 검색하여 문헌 연구를 진행하였다. 둘째, 주요 키워드에 반복적으로 등장하는 학자들을 중심으로 관련 논문들을 조사하고, 현재 개발된 대표적인 측정 도구와 측정항목, 측정 방법을 정리하였다. 셋째, 자연 연관성을 측정하는 대표적인 척도 6가지를 통해 주요 구인을 도출해 내어 극지 연관성 분석기준을 초안을 개발하였다. 넷째, 개발된 분석기준 초안의 세 가지 측면과 그 내용은 과학교육 전문가와 함께 각 측면이 독립적인지, 내용 구성이 타당한지에 대해 논의하였다. 극지 연관성을 측정하는 세 가지 분석기준의 내용은 문헌 연구와 전문가 논의를 통해 재정의되었다. 개발된 극지 연관성 분석기준은 다음과 같다(Table 1).

Table 1. 극지 연관성(Polar Relatedness) 분석기준

PR - item		content
self	극지와 '나의 관계'	극지의 환경과 생물에 대해 자신이 느끼는 감정을 나타낸다. 극지 환경과 생물에 감정을 이입하여 자신과 동일시 여기는 것 또는 그 상황에 몰입하는 것.
perspective	극지에 대한 '관점'	극지에 대해 이해하고 생각하는 태도나 방향을 나타낸다. 극지가 다른 지구시스템과 어떤 연결성을 가지는지 인식하는 것. 극지에 대한 자신의 입장, 가치관이 생기는 것.
experience	극지에 대한 '경험'	극지에 대한 직·간접적인 경험을 나타낸다. 극지와 관련된 정보를 찾아봄으로써 극지를 간접적으로 경험한 것도 이 항목에 해당한다. 극지를 직접 경험해보고 싶다는 생각, 극지와 관련된 경험을 스스로 만든 것.

주요어 : 극지, 극지교육, 극지연관성, 환경정체성, 자기환경화

감사의 글

본 연구는 2021년도 한국해양과학기술원 부설 극지연구소의 PAP 사업 지원을 받아 수행된 연구임.

과학 교육과정에 반영된 빅데이터 활용 학습 관련 내용 분석

윤채은*¹, 김정찬², 신동희¹

¹이화여자대학교 과학교육과(chaeny05040@ewhain.net),

²한국지질자원연구원

요약

빅데이터는 미래 사회를 주도할 핵심 정보 기술 중 하나로, 대량으로 만들어지는 데이터를 수집, 가공하여 부가 가치를 창출한다. 미래를 살아갈 학생들에게 빅데이터 활용 능력은 필수적이다. 빅데이터는 과학 학습에서 통합 탐구 기능 중 자료 변환과 자료 해석과도 연관이 깊다. 이에 새로운 과학과 교육과정에서 빅데이터 활용 학습을 어떻게 반영하고 있는지 분석하였다.

분석 대상은 2015 개정 과학과 교육과정과 2022 개정 과학과 교육과정으로, 성취기준과 탐구활동을 중심으로 분석하였다. 자료 수집, 자료 분석, 자료 해석과 관련 있는 내용을 1차로 선별하고, 이후 탐구 내용의 특성을 반영하여 분류하였다. 최종적으로 해당 성취 기준 또는 탐구 활동에서 빅데이터를 활용 여부를 확인하였고, 지구과학 교육에서 빅데이터 활용 가능성이 가장 높음을 확인했다. 지구과학 교과 특성 상 탐구 기능 중 자료 변환과 자료 해석이 많은 비중을 차지하고 있는 만큼 빅데이터를 지구과학 교육에 활용하려는 다양한 시도가 필요할 것이다.

주요어 : 빅데이터, 자료 분석, 교육과정, 지구과학교육

감사의 글

이 연구는 2023년도 한국지질자원연구원의 지질자원 표본·기초학술연구와 선도형 R&D 정책/성과 확산 연구 사업 지원을 받아 수행되었음.

서해안권 국가지질공원 안내판에 대한 고등학생들의 시각적 주의 분석-특성화고등학교 학생들을 중심으로

황설희¹, 정덕호², 이철민*²

¹진안공업고등학교,

²전북대학교 과학교육학부(earthlee@jbnu.ac.kr)

요약

이 연구의 목적은 국가지질공원 안내판에서 고등학생들의 시각적 주의를 분석하고, 이를 통해 지질공원 안내판의 내용 진술 및 배치에 대한 개선 방향을 찾는 것이다. 이를 위해 연구자들은 시선 추적기(Tobii Pro Glasses 2 모델)를 활용하여 특성화고등학교 학생들(N=13)이 3종의 지질공원 안내판을 읽는 동안 그들의 시선 고정 시간, 시선 경로, 시선 전환에 대한 자료를 수집하여 분석하였다. 그 결과는 다음과 같다. 첫째, 고등학생들은 지질공원 안내판에서 이미지보다 문자에 집중해서 지질 구조를 이해하려고 하였다. 둘째, 지질공원 안내판에서 고등학생들의 시선은 객체가 갖는 정보의 중요성에 영향을 받지만 대체적으로 위에서 아래로 왼쪽에서 오른쪽으로 고등학생들의 시선이 이동하였다. 셋째, 지질공원 안내판에서 고등학생들은 지질 구조를 설명하는 문자 영역을 중심으로 이미지 영역과 그들의 시선을 활발하게 전환하였다. 그러므로 고등학생들의 시각적 주위에 따라 문자 영역은 안내판의 중간 부분에, 문자 영역과 시선 전환이 활발한 영역은 문자 영역 가까이에, 그리고 지질공원 안내판의 내용 요소는 시선 경로와 일치하는 순서대로 배치하여야 한다. 본 연구의 결과는 차후 지질공원 안내판을 제작하거나 지질공원의 지구과학적 교육 환경을 개선하는데 실질적으로 도움을 줄 수 있다.

주요어 : 국가지질공원, 지질공원 안내판, 특성화고등학교, 시각적 주의



윤리규정

사단법인 한국지구과학회 연구윤리 규정

2007년 6월 29일 제정

2020년 3월 19일 개정

2021년 4월 27일 개정

제1조 (목적) 이 규정은 사단법인 한국지구과학회의 모든 회원이 학회의 목적을 달성하기 위하여 역할을 수행하는 과정에서 준수해야 할 윤리 원칙과 기준을 규정함을 목적으로 한다.

제2조 (대상) 학회의 회장 및 임원과 모든 회원들은 본 학회의 연구윤리 관련 규정을 반드시 준수하여야 한다.

제3조 (연구윤리)

1. 우리 학회 회원은 교육 및 연구에 관련된 제반 활동에 있어 학자적 양심과 윤리에 충실하여야 한다.
2. 우리 학회 회원은 연구수행과 관련하여 취득한 정보 이용으로 부당하거나 부적절한 이득을 추구해서는 아니 된다.
3. 우리 학회지에 논문을 투고하는 회원은 연구수행의 모든 과정에서 학문적인 객관성을 유지하여야 한다. 또한 의도적으로 연구결과 등을 누락, 추가, 변형해서는 아니 된다.
4. 우리 학회지에 논문을 투고하는 회원은 타인의 저작권을 존중하여야 하며, 타인의 연구나 주장의 일부분을 자신의 연구나 주장인 것처럼 논문이나 저술에 제시하지 않아야 한다.

제4조 (저자의 조건) 논문의 저자는 실질적으로 논문 작성에 지적으로 충분한 기여를 한 사람으로 정의하며, 저자의 조건은 다음과 같다.

1. 연구의 개념 및 설계, 자료 확보, 분석, 평가에 있어서 실질적인 공헌을 해야 한다.
2. 논문을 작성하거나 중요 학술적 내용을 수정한다.
3. 게재될 원고의 최종본을 승인한다.
4. 연구의 정확성 또는 진실성과 관련된 문제 발생 시 적절히 조사되고 해결되기 위해 연구의 모든 측면에 대해 책임을 지는 것에 동의한다.

제5조 (연구부정행위의 범위와 정의) 연구부정행위는 연구의 제안, 수행, 연구결과 보고와 발표 등에서 행하여진 부정행위를 말하며 그 정의는 다음 각 호와 같다.

1. “위조”는 존재하지 않는 데이터 또는 연구결과 등을 허위로 만들어 내는 행위를 말한다.
2. “변조”는 연구 재료·장비·과정 등을 인위적으로 조작하거나 데이터를 임의로 변형 또는 삭제함으로써 연구 내용 또는 결과를 왜곡하는 행위를 말한다.
3. “표절”이라 함은 타인의 아이디어, 연구내용 및 결과 등을 정당한 승인 또는 인용 없이 도용하는 행위를 말한다.

4. “부당한 저자 표시”는 연구내용 또는 결과에 대하여 과학적·기술적 공헌 또는 기여를 한 사람에게 정당한 이유 없이 논문저자 자격을 부여하지 않거나, 과학적·기술적 공헌 또는 기여를 하지 않은 자에게 감사의 표시 또는 예우 등을 이유로 논문저자 자격을 부여하는 행위를 말한다.
5. “부당한 중복게재”는 연구자가 자신의 이전 연구결과와 동일 또는 실질적으로 유사한 저작물을 출처표시 없이 게재한 후, 연구비를 수령하거나 별도의 연구업적으로 인정받는 경우 등 부당한 이익을 얻는 행위를 말한다.
6. “연구부정행위에 대한 조사 방해 행위”는 본인 또는 타인의 부정행위에 대한 조사를 고의로 방해하거나 제보자에게 위해를 가하는 행위를 말한다.
7. 그 밖에 각 학문분야에서 통상적으로 용인되는 범위를 심각하게 벗어나는 행위를 연구부정행위에 포함시킬 수 있다.

제6조 (연구부정행위 여부 확인) 본 학회지에 이미 게재되었거나, 심사 중에 연구부정행위 의혹이 제기된 논문에 대한 연구부정행위 여부의 확정과 제재내용의 확정은 일차적으로 학회 편집위원회가 담당하며, 본 학회 윤리규정 위반에 관한 제소가 있을 경우 연구윤리위원회를 구성하여 위반 여부 및 징계에 관한 사안을 심의·의결 한다.

제7조 (제재) 연구부정행위가 확인된 저자 및 논문에 대해서 편집위원회와 연구윤리위원회 심의를 거쳐 연구부정행위의 경중에 따라 다음과 같은 제재를 가한다.

1. 학술지에서 표절한 논문의 목록 삭제
2. 논문투고자 향후 논문투고 금지(최소 2년 이상)
3. 학회 홈페이지 공지
4. 표절가담자의 소속기관에 표절사실의 통보
5. 한국연구재단에 해당 내용에 대한 세부사항 통보

제8조 (제소) 연구부정행위 경우 필요에 따라 본 학회 해당 절차를 거쳐 윤리위원회에 제소한다.

제9조 (윤리위원회) 연구관련 윤리위원회는 학회의 임원과 회원이 본 학회 윤리규정을 위반하여 문제를 발생시켰을 경우, 필요한 세부사항을 결정하기 위하여 구성하는 것을 목적으로 한다.

제10조 (윤리위원회 구성)

1. 본 운영규정의 목적을 달성하기 위하여 윤리위원회를 설치·운영한다.
2. 윤리위원회는 위원장 1인, 부위원장 1인을 포함하여 7명으로 구성한다.
3. 윤리위원회 위원장과 윤리위원은 이사회에서 추천하여 회장이 임명한다.
4. 편집위원장은 윤리위원회 부위원장을 겸임한다. 단, 편집위원장은 해당 임기에만 임무를 수행한다.
5. 윤리위원장과 위원의 임기는 3년으로 한다.

제11조 (윤리위원회 기능)

1. 제소된 회원의 윤리규정 위반 여부 심의 및 필요한 규칙 제정
2. 제소된 사안에 대해 접수된 날로부터 60일 이내 심의·의결 처리
3. 제소된 사안 및 회원에 대한 제명, 자격정지, 공개사과 등 징계의 종류와 공표

제12조 (윤리규정 위반의 제소)

1. 윤리위원회에 제소하기 위해서는 정회원 10인 이상의 서명을 받아야 한다.
2. 윤리규정 위반으로 제소된 임원과 회원은 본 학회 윤리위원회에서 행하는 조사에 협조하여야 한다.

제13조 (소명 기회와 비밀 보장)

1. 윤리규정 위반으로 윤리위원회에 제소된 자는 확정이 되기 전까지 회원으로서의 권리를 유지한다.
2. 윤리규정 위반으로 윤리위원회에 제소된 자에 관하여서는 충분한 소명 기회 부여를 원칙으로 한다.
3. 윤리위원회는 결정이 내려질 때까지 당사자의 신원을 외부에 공개할 수 없다.

제14조 (연구윤리 규정의 개정) 연구윤리 규정의 개정은 이사회에서 한다.

부 칙

- . 이 연구윤리 규정은 이사회(2007년 제4차 이사회, 2007.6.29)의 심의를 거쳐 2007년 6월 29일부터 효력을 발생한다.
- . 이 연구윤리 규정은 이사회(2020년 제2차 이사회, 2020.3.19)의 심의를 거쳐 2020년 3월 19일부터 효력을 발생한다.
- . 이 연구윤리 규정은 이사회(2021년 제2차 이사회, 2021.4.27)의 심의를 거쳐 2021년 4월 27일부터 효력을 발생한다.

본 논문집에 수록된 모든 논문은 그 내용에 대한 편집위원회의 심의를 거치지 않았습니다.
본 논문집에 수록된 논문을 인용하는 경우, 다음과 같이 출처를 밝히기를 권장합니다.
인용 예: 저자명, 한국지구과학회 2023년도 춘계 학술발표회 논문집

(사) 한국지구과학회 2023 춘계 학술발표회 (서울대학교 서울캠퍼스)

인쇄일	2023년 04월 26일	인쇄	우창기획
발행일	2023년 04월 27일	발행처	대전광역시 유성구 대학로 165-1
발행인	(사)한국지구과학회	전화	042) 673-2341
편집	(사)한국지구과학회	사업자번호	314 14 21357

(28173) 청주시 흥덕구 강내면 태성탑연로 205 한국교원대학교 자연과학관 313호 한국지구과학회
TEL : 043)231-7415, FAX : 043)231-7415
HOMEPAGE : [HTTP://WWW.KESS64.NET](http://www.kess64.net) E-MAIL : KESS@KESS64.NET