



한국지구과학회
The Korean Earth Science Society

2024 한국지구과학회 춘계학술발표회 논문집

AI와 지구과학: 혁신과 미래 전환점을 모색하다

일시 | 2024년 4월 12일(금)~ 4월 13일(토)

장소 | 전북대학교 전주캠퍼스 국제컨벤션센터

주최 | 한국지구과학회 전북대학교 지구과학교육과

후원 | 한국물학술단체연합회 전북대학교



CONTENTS

2024 춘계학술발표회 일정표

학술발표장 일정표

포스터 발표 일정표

학술발표장 ES1, ES2, ES3

학술발표장 OS1, OS2, OS3

학술발표장 AT1, AT2, AT3

학술발표장 EE1, EP1, EP2

학술발표장 AS1, EH1, GL1

일반 포스터 발표

환영사

존경하는 한국지구과학회 회원 여러분,

안녕하십니까? 2024년 한국지구과학회 춘계학술대회에 오신 것을 진심으로 환영합니다. 올해는 우리 한국지구과학회가 창립 60주년을 맞이하는 뜻깊은 해입니다. "AI와 지구과학: 혁신과 미래 전환점을 모색하다"는 주제로 전북대학교 국제컨벤션센터에서 춘계 학술대회를 개최하게 되었습니다. 이 주제는 우리가 지금 서 있는 시점에서 미래로 나아가는 데 있어서 어떠한 역할을 해야 하는지에 대한 근본적인 질문을 던집니다.

지구과학 분야에서 AI와 같은 첨단 기술의 적용은 우리에게 전례 없는 빅데이터 활용, 해석 및 모델링 능력을 제공하며, 이는 해양, 대기, 지질, 지구물리, 천문, 지구환경 그리고 교육에 이르기까지 다양한 지구과학 분야의 연구에 혁신적인 변화를 가져오고 있습니다. 이번 학술대회는 이러한 융합 연구의 최전선에서 있는 우리 모두에게 현재의 성과를 공유하고, 미래의 전환점을 모색할 수 있는 뜻깊은 기회를 제공할 것입니다.

AI의 급속한 발전은 지구과학 연구 방식을 근본적으로 변화시키고 있으며, 이를 통해 우리는 지구 시스템의 복잡한 문제들을 더욱 깊이 이해하고 해결할 수 있을 것입니다. 특히 지구과학 데이터는 지구상에 존재하는 거대 빅데이터의 보고이며, 이러한 빅데이터기반 기술은 지구부터 우주까지 우리가 연구하는 모든 분야에 걸쳐 새로운 발견과 이해를 이끌어 낼 수 있을 것입니다. AI를 통한 창의적 교육 방법의 개발과, 미래 세대의 지구과학자들을 양성하는 데 있어서도 새로운 기회를 제공할 것으로 보입니다.

회원님들의 적극적인 참여와 협력을 통해, 우리는 AI와 지구과학의 결합이 지닌 무궁한 잠재력을 최대한 발휘할 수 있을 것입니다. 이번 춘계 학술대회가 이러한 중요한 논의를 위한 장이 되길 바라옵고, 이번 학술발표회를 통해서 지구과학 및 지구과학교육의 미래에 대한 새로운 비전을 우리 모두가 공유할 수 있기를 기대합니다.

학술발표회 이틀 동안의 여정이 회원여러분 모두에게 의미 있는 시간이 되길 바라며, 우리의 논의와 노력이 학회 창립 60주년을 맞아 지구과학 분야에 새로운 물결을 일으키고 재도약하는데 기여하기를 희망합니다.

본 학술대회 개최에 후원해 주신 K-Water, 전북대학교 과학교육학부 지구과학교육과에 감사의 말씀을 전합니다. 특히, 성공적인 학술대회 개최를 위하여 꼼꼼하게 학회를 준비해 주신 전북대학교 지구과학교육과 양우현 부회장님, 문병권 학술행사준비위원장님께 감사드리고, 전국 각지에서 학술 발표에 적극적으로 참여해 주신 회원 여러분들께 다시 한번 진심으로 감사의 말씀을 올립니다.

2024년 4월 12일
한국지구과학회 회장 박 경 애

축 사



한국지구과학회 회원 여러분 반갑습니다. 전북대학교 총장 양오봉입니다. 전북대학교를 방문해 주셔서 감사합니다. 한국지구과학회는 1964년에 창립하여 60년의 전통을 이어온 우수 학회입니다. 한국지구과학회의 '2024년도 춘계 학술발표회' 개최를 진심으로 축하드립니다.

또한 한국지구과학회의 새로운 60년을 시작하는 중요한 해에 첫 번째 학술대회가 우리 전북대학교에서 개최된 것을 매우 자랑스럽게 생각합니다. 귀한 시간 내시어 우리대학을 찾아주신 학회 회원 여러분 모두를 진심으로 환영합니다.

지구과학은 인류 역사에서 가장 오래된 학문 중 하나일 뿐만 아니라, 21세기에도 지속 가능한 인류의 생존과 번영을 위해 그 역할이 매우 큰 학문입니다.

지구는 방대한 우주에서 태양계의 행성 하나로 존재합니다. 이 작은 행성에 약 81억의 인구와 수많은 생명체가 살고 있습니다. 지구의 제한된 자원과 최근의 기후 위기는 인류의 지속 가능한 발전을 위해 다양하고 창의적인 지구과학 연구를 요구하고 있습니다. 여기 계시는 여러분들이 하시는 연구일 것입니다.

특히 지구 시스템으로서 지권, 수권, 대기권, 천문 등이 함께 융합되는 첨단 연구와 교육은 최근 과학기술 연구의 추세이기도 합니다. 그런 면에서 이번 춘계학술대회가 'AI와 지구과학: 혁신과 미래 전환점을 모색하다'는 주제로 진행되는 것은 매우 시의적절하다 생각합니다.

오늘 학술대회가 우리나라 지구과학과 지구과학교육의 학문적 발전을 모색하는 학문 연찬의 장이 되기를 응원합니다. 지역발전을 선도하는 플래그십대학으로 비상하고 있는 우리 전북대학교도 인류가 직면한 기후위기 극복과 지구 시스템 개선을 위해 가능한 지원을 아끼지 않겠습니다. 다시 한 번 한국지구과학회 춘계학술대회 개최를 진심으로 축하합니다. 감사합니다.

2024년 4월 12일
전북대학교 총장 양 오 봉

2024년 한국지구과학회 춘계학술발표회 일정표

AI와 지구과학: 혁신과 미래 전환점을 모색하다

4월 12일 (금요일)

시간	세부 일정				
10:00-10:30	등록 및 포스터 부착				
10:30-12:15	학술발표 ES1 (교육)	학술발표 OS1 (해양)	학술발표 AT1 (대기)	학술발표 EE1 (지구환경)	학술발표 AS1 (천문)
12:15-13:30	점심 식사 (덕진헌) / 평의원 회의 (13:15 - 13:30, 컨벤션홀)				
13:30-13:50	개회식 (컨벤션홀)	개회사 ▶ 박경애 한국지구과학회 회장 축사 ▶ 양오봉 전북대학교 총장			
13:50-14:00	기념 촬영 및 휴식				
14:00-14:30	초청 강연	I. AI와 지구과학: 혁신과 미래 전환점을 모색하다 ▶ 홍성욱 교수 (세종대학교)			
14:30-15:00		II. 태풍 활동 예측에서의 기계학습(인공지능) 활용 연구 ▶ 김형석 교수 (한국해양대학교)			
15:00-15:10	휴식				
15:10-16:10	학술발표 ES2 (교육)	학술발표 OS2 (해양)	학술발표 AT2 (대기)	학술발표 GP1 (지구물리)	학술발표 EH1, GL1 (지구유산, 지질)
16:10-16:20	휴식				
16:20-17:20	학술발표 ES3 (교육)	학술발표 OS3 (해양)	학술발표 AT3 (대기)	학술발표 GP2 (지구물리)	
17:20-18:00	포스터 / 고등학생 탐구 논문 발표 및 시상식 (17:50)				
18:00-	간담회 (백리향)				

4월 13일 (토요일) 2024년 한국지구과학올림피아드 홍보 워크숍 (교사 연수)

시간	세부 일정
09:00-09:10	개회사 ▶ 이효녕 한국지구과학올림피아드 위원장 축사 ▶ 박경애 한국지구과학회 회장
09:10-09:30	한국지구과학올림피아드 사업 소개 이효녕
09:30-11:50	지구과학 데이터 리터러시 함양을 위한 해양 데이터 시각화 워크숍 - 해양 수치 모델 데이터 기반 데이터 시각화 김수란 (서울대학교 박사과정/부천 상동고 교사 외) - GUI 기반 한반도 연약 관측 데이터 시각화 최원문 (서울대학교 박사과정/대전과학고 교사 외)
11:50-12:00	질의 응답 폐회

<세부 장소 안내>

- ▶ 등록 및 포스터 발표: 전북대학교 국제컨벤션센터 B1층 복도
- ▶ 초청 강연: 컨벤션홀 (B2층)
- ▶ 학술발표 ES1, ES2, ES3: 세미나실 4 (B1층)
- ▶ 학술발표 OS1, OS2, OS3: 컨벤션홀 (B2층)
- ▶ 학술발표 AT1, AT2, AT3: 세미나실 2 (B1층)
- ▶ 학술발표 EE1, GP1, GP2: 세미나실 3 (B1층)
- ▶ 학술발표 AS1, EH1, GL1: 세미나실 1 (B1층)
- ▶ 포스터 / 고등학생 탐구 논문 발표: B1층 복도

초 청 강 연

- ————— 4월 12일(금) 14:00-15:00
- ————— 전북대학교 국제컨벤션센터 컨벤션홀 (B2층): 좌장 임형래 (부산대학교)

- 1) 14:00-14:30 **AI와 지구과학: 혁신과 미래 전환점을 모색하다**
 홍성욱 교수 (세종대학교)

- 2) 14:30-15:00 **태풍 활동 예측에서의 기계학습(인공지능) 활용 연구**
 김형석 교수 (한국해양대학교)

학술발표 ES1 (교육)

- ————— 4월 12일(금) 10:30-11:45
- ————— 전북대학교 국제컨벤션센터 세미나실 4 (B1층): 좌장 박영신 (조선대학교)
- 1) 10:30-10:45 **과학교육에서의 위협교육의 필요성 탐색** 1
박영신¹, 황요한², 문공주³, 김서현^{*1}
(¹조선대학교, ²서울여자대학교, ³동덕여자대학교)
- 2) 10:45-11:00 **지구과학 예비교사가 교실 학습 환경에서 활용하는 분류 체계적인 제스처의 기술적 특징 분석** 2
최윤성 (부산대학교 지구과학교육과)
- 3) 11:00-11:15 **기후변화 대응 실천지향 교수학습 프레임워크 탐색** 3
유은정^{*}, 권유진, 장유정, 최정순, 홍원준
(한국교육과정평가원)
- 4) 11:15-11:30 **극지 교육 프로그램에서 나타난 초·중학생들의 학습 특성** 4
문소영^{*}, 신동희
(이화여자대학교 과학교육과)
- 5) 11:30-11:45 **2022 개정 교육과정 지구과학 영역의 성취기준에 사용된 서술어 분석** 5
정찬미 (한국교육과정평가원)

학술발표 ES2 (교육)

- ————— 4월 12일(금) 15:10-16:10
- ————— 전북대학교 국제컨벤션센터 세미나실 4 (B1층): 좌장 정덕호 (전북대학교)
- 1) 15:10-15:25 **초등과학 교과서에서의 공간적 사고 구현 비교 - 2015 개정 검정교과서의 ‘지구와 달의 운동’ 단원을 중심으로** 6
오현석 (춘천교육대학교)
- 2) 15:25-15:40 **고등학교 교과목으로서의 우주탐사과학** 7
김성수 (경희대학교)
- 3) 15:40-15:55 **언어네트워크분석을 활용한 지구과학교사들의 변성암에 대한 개념 구조 분석** 8
정덕호, 이철민^{*}
(전북대학교 과학교육학부)
- 4) 15:55-16:10 **시선 추적을 통한 중학생들의 한반도 주변 해역 표층 수온 그래프 해석에 대한 분석** 9
선유림¹, 이철민², 정덕호^{*2}
(¹군산산북중학교, ²전북대학교 과학교육학부)

학술발표 ES3 (교육)

- 4월 12일(금) 16:20-17:05
- 전북대학교 국제컨벤션센터 세미나실 4 (B1층): 좌장 이현동 (대구교육대학교)
- 1) 16:20-16:35 **데이터 시각화 역량 측면에서 2022 개정교육과정 과학과 성취기준 분석** 10
이동영¹, 박애령², 남윤경^{1*}
(¹부산대학교, ²엄궁초등학교)
- 2) 16:35-16:50 **기후변화 수업에서 메시지 프레이밍(Message Framing)에 따른 고등학생들의 환경 행동 변화** 11
이승환^{1*}, 남윤경², 윤상석³
(¹사직고등학교, ²부산대학교, ³University of Dayton)
- 3) 16:50-17:05 **베트남 고등학생들을 대상으로 한 개정 시스템 사고 검사 도구 재타당화 및 베트남과 우리나라 고등학생들의 잠재평균비교** 12
이효녕¹, 이현동^{2*}, 전재돈¹, 박병열³
(¹경북대학교, ²대구교육대학교, ³단국대학교)

학술발표 OS1 (해양)

- 4월 12일(금) 10:30-12:00
- 전북대학교 국제컨벤션센터 컨벤션홀 (B2층): 좌장 김용선 (한국해양과학기술원)
- 1) 10:30-10:45 **Is the rebound of shelf water salinity in the Ross Sea linked to the rapid decline in Antarctic sea ice in recent years?** 13
Sung-Ho Choo¹, Taekyun Kim¹, Jae-Hong Moon¹, Emilia Kyung Jin²
(¹Department of Earth and Marine Sciences, Jeju National University
²Department of Policy and Partnership, Korea Polar Research Institute)
- 2) 10:45-11:00 **First observation of hourly variation of ocean fronts using GK2B/GOCI-II chlorophyll-a data** 14
우혜진^{1*}, 박경애²
(¹서울대학교 지구과학교육과, ²서울대학교 지구과학교육과/교육융합연구원)
- 3) 11:00-11:15 **GOCI-II 해색 자료를 활용한 표층 해류 산출 및 검증** 15
김희영^{1*}, 박경애²
(¹서울대학교 지구과학교육과, ²서울대학교 지구과학교육과/해양연구소)
- 4) 11:15-11:30 **2020년 황해에서 발생한 이상 봄번성 약화 원인** 16
김용선^{*}, 김고운, 이재익, 노재훈, 정진용 (한국해양과학기술원)
- 5) 11:30-11:45 **천리안 위성 2A호 영상을 활용한 태풍 경로 시각화 GUI 프로그램 개발** 17
임채영^{1,2}, 박경애^{3,4,*}
(¹서울대학교 과학교육과, ²인천진산과학고등학교, ³서울대학교 지구과학교육과, ⁴서울대학교 교육융합연구원)

- 6) 11:45-12:00 **생지화학 데이터를 이용한 북극/아북극 주요 어종 미래어획량의 감소 전망** 18
 김은영¹, 박종연^{1,2}, 임형규³
 (1)전북대학교 환경에너지융합학과, (2)전북대학교 지구환경과학과, (3)한국해양과학기술원 해양순환기후연구부)

학술발표 OS2 (해양)

- ----- 4월 12일(금) 15:10-16:10
- ----- 전북대학교 국제컨벤션센터 컨벤션홀 (B2층): 좌장 권민호 (한국해양과학기술원)
- 1) 15:10-15:25 **KIM 결합모형을 위한 대기-해양 약한 결합 자료동화 시스템 소개** 19
 김지연
 (차세대수치예보모델개발사업단, 서울대학교 지구과학교육과)
- 2) 15:25-15:40 **최근 열대 중태평양 기후변동에 따른 북서태평양 원격상관 변화** 20
 권민호¹, 신지윤¹, 이강진², 조경숙³
 (1)한국해양과학기술원, (2)APEC 기후센터, (3)기상청 기후예측과)
- 3) 15:40-15:55 **정선관측자료와 CMP6 자료를 이용한 한반도 주변 해역 수온과 기후 지수의 상관 분석** 21
 임병준*, 장유순
 (공주대학교 지구과학교육과)
- 4) 15:55-16:10 **인공지능 기법을 활용한 고해상도 해양재난현상탐지** 22
 이민선^{1,2}, 박경애²
 (1)국립수산과학원, (2)서울대학교 지구과학교육과)

학술발표 OS3 (해양)

- ----- 4월 12일(금) 16:20-17:20
- ----- 전북대학교 국제컨벤션센터 컨벤션홀 (B2층): 좌장 이민선 (국립수산과학원)
- 1) 16:20-16:35 **황해 경기만 해역 탁도 변동성에 대한 조석의 영향** 23
 김수란¹, 김태성², 박경애³, 박재진², 이문진²
 (1)서울대학교 과학교육과, (2)선박해양플랜트연구소, (3)서울대학교 지구과학교육과)
- 2) 16:35-16:50 **동해 남서부 장기(1993-2020) 해수면 상승률에 미치는 울릉 난수성 소용돌이의 영향** 24
 이경재¹, 박재형², 박영규¹
 (1)한국해양과학기술원 해양·환경기후연구본부 해양순환연구센터, (2)부경대학교 지구환경시스템과학부)
- 3) 16:50-17:05 **태풍 근파스와 솔릭 전과 후의 고창 동호리 사질 조간대 표층 퇴적물과 집적물 특성** 25
 강솔잎, 양우현*
 (전북대학교)
- 4) 17:05-17:20 **해양이용협의·해양이용영향평가 제도와 해양보호생물 보호를 위한 노력** 26
 이민선*, 오현택
 (국립수산과학원 해역이용영향평가센터)

학술발표 AT1 (대기)

- ————— 4월 12일(금) 10:30-12:15
- ————— 전북대학교 국제컨벤션센터 세미나실 2 (B1층): 좌장 이윤경 (이화여자대학교)
- 1) 10:30-10:45 **도플러 윈드라이다의 도플러 천이 특성에 대한 연구** 27
조성주*, 최성철, 최창기, 변성욱 (삼우티시에스(주))
- 2) 10:45-11:00 **보성 종합기상탐 자료를 활용한 열대저기압의 한반도 접근 시 나타나는 표면경계층 특성 분석** 28
주진희¹, 박두선^{1,2}, 이영희¹, 김기훈³, 김현주⁴, 박태원⁵, 인소라³
(¹경북대학교 대기과학과, ²경북대학교 지구과학교육과, ³국립기상과학원 관측연구부, ⁴차세대수치예보모델개발사업단, ⁵전남대학교 지구과학교육과)
- 3) 11:00-11:15 **Decrease in MJO predictability following Indo-Pacific Warm Pool Expansion** 29
김혜미 (이화여자대학교 과학교육과)
- 4) 11:15-11:30 **Long-term northward shift in the location of maximum tropical cyclone lifetime intensity over the western North Pacific: disentangling track and pure effects** 30
Hyeong-Seog Kim¹, Dasom Ryu¹, and Doo-Sun R. Park²
(¹Ocean Science and Technology School, Korea Maritime and Ocean University, ²Department of Earth Science Education, Kyungpook National University)
- 5) 11:30-11:45 **천리안위성 2A호 관측과 자료 서비스** 31
변재영*, 김도형, 오대현, 황의동
(기상청 국가기상위성센터)
- 6) 11:45-12:00 **Cloud Response to SST Change over the Tropical Western Pacific: COMS vs. MODIS** 32
Yoon-Kyoung Lee¹, Yong-Sang Choi^{1,2}
(¹Center for Climate/Environment Change Prediction Research, Ewha Womans University, ²Department of Climate and Energy Systems Engineering, Ewha Womans University)
- 7) 12:00-12:15 **시베리아 고기압 발달 형태와 예측인자에 대한 연구** 33
박태원 (전남대학교 지구과학교육과)

학술발표 AT2 (대기)

- ————— 4월 12일(금) 15:10-16:10
- ————— 전북대학교 국제컨벤션센터 세미나실 2 (B1층): 좌장 위지은 (전북대학교)
- 1) 15:10-15:25 **Western North Pacific tropical cyclone activity modulated by phytoplankton feedback under global warming** 34
Han-Kyoung Kim¹, Jong-Yeon Park^{1,2}, Doo-Sun R. Park³, Jong-Seong Kug⁴, Sang-Wook Yeh⁵, and Jun-Hyk Son^{6,7} (¹Department of Earth and Environmental Sciences, Jeonbuk National University, ²Department of Environment and Energy, Jeonbuk National University, ³Department of Earth Science Education, Kyungpook National University, ⁴Division of Environmental Science and Engineering, Pohang

- University of Science and Technology, ⁵Marine Sciences and Convergent Technology, ERICA, Hanyang University, ⁶Center for Climate Physics, Institute for Basic Science (IBS), ⁷Pusan National University)
- 2) 15:25-15:40 **Irreversible changes in ocean export production in response to CO2 forcing** 35
 Jieun Wie⁷, Byung-Kwon Moon
 (Division of Science Education/Institute of Fusion Science, Jeonbuk National University)
- 3) 15:40-15:55 **ENSO와 동아시아 열대저기압 상륙강도 사이의 관련성 및 해수면온도 상승에 따른 미래 변화** 36
 박두선¹, 서은교², 이민규³, 차동현⁴, 김다솔⁵, 허창희⁶, 이명인⁴, 김형석⁷, 민승기³
 (¹경북대학교 지구과학교육과, ²부경대학교 환경대기과학전공, ³포항공과대학교 환경공학부, ⁴울산과학기술원 지구환경도시건설공학과, ⁵플로리다 대학교 지리학과, ⁶이화여자대학교 기후에너지시스템공학전공, ⁷한국해양대학교 해양과학기술융합학과)
- 4) 15:55-16:10 **식생생장 기간의 변동성 파악과 환경적 요인 분석** 37
 이찬기¹, 박태원², 박두선³, 고혜영⁴, 손은하⁵, 김미자⁵
 (¹전남대학교 해양학과, ²전남대학교 지구과학교육과, ³경북대학교 지구과학교육과, ⁴경북대학교 원격대기탐사연구소, ⁵국가기상위성센터 위성기획과)

학술발표 AT3 (대기)

- _____ 4월 12일(금) 16:20-17:35
 - _____ 전북대학교 국제컨벤션센터 세미나실 2 (B1층): 좌장 김학성 (한국교원대학교)
- 1) 16:20-16:35 **동북아시아 지역 PM2.5 물리적 상태와 화학조성의 연관성 규명** 38
 성창준¹, 김다운¹, 정라니¹, Yanting Qiu², Zhijun Wu², 이지이³, 이광열⁴, 안준영⁴, 장경순⁵, Andreas Zuend⁶, 김창혁⁷, Amgalan Natsagdorj⁸, 송미정^{1,9}
 (¹전북대학교 환경에너지융합학과, ²State Key Joint Laboratory of Environmental Simulation and Pollution Control, College of Environmental Sciences and Engineering, Peking University, ³이화여자대학교 환경공학과, ⁴국립환경과학원 대기환경연구과, ⁵한국기초과학지원연구원, ⁶Department of Atmospheric and Oceanic Sciences, McGill University, ⁷부산대학교 화공생명환경공학부, ⁸Department of Chemistry, School of Arts and Sciences, National University of Mongolia, ⁹전북대학교 지구환경과학과)
- 2) 16:35-16:50 **가을철 한국과 중국 고농도 PM2.5의 물리적 상태 특성 분석** 39
 김다운¹, 고경희¹, 성창준¹, Zhijun Wu², 이지이³, 이광열⁴, 안준영⁴, 장경순⁵, 송미정^{1,6}
 (¹전북대학교 환경에너지융합학과, ²State Key Joint Laboratory of Environmental Simulation and Pollution Control, College of Environmental Sciences and Engineering, Peking University, ³이화여자대학교 환경공학과, ⁴국립환경과학원 대기환경연구과, ⁵한국기초과학지원연구원, ⁶전북대학교 지구환경과학과)
- 3) 16:50-17:05 **2021년 봄철 북극 동아시아의 급한 냉각후에 따른 동아시아의 PM10 분포와 한국으로의 장거리 수송 변동** 40
 조재희¹, 김학성² (¹국립공주대학교 환경교육과, ²한국교원대학교 지구과학교육과)
- 4) 17:05-17:20 **Community Earth System Model (CESM)의 새로운 이차 유기 에어로졸 모듈 개발을 통한 기후-화학 모형 간 일관성 개선** 41
 조두성¹, Simone Tilmes², Louisa K. Emmons², Siyuan Wang^{3,4}, Francis Vitt²
 (¹서울대학교 지구과학교육과, ²National Center for Atmospheric Research (NCAR), ³Cooperative Institute for Research in Environmental Sciences (CIRES), ⁴NOAA Chemical Sciences Laboratory)

- 5) 17:20-17:35 대기화학-에어로졸 연동에 따른 UKESM과 GloSea6의 동아시아 불철 예측성 향상 가능성 42
송형규*, 윤대옥
(충북대학교 지구과학교육과)

학술발표 EE1 (지구환경)

- ----- 4월 12일(금) 10:30-12:00
- ----- 전북대학교 국제컨벤션센터 세미나실 3 (B1층): 좌장 홍성욱 (세종대학교)
- 1) 10:30-10:45 딥러닝을 활용한 GEMS NO2 산출물 초단기 예측 연구 43
박정은¹, 김구², 홍성욱³
(¹세종대학교 일반대학원 환경에너지융합학과, ²국립환경과학원 환경위성센터, ³세종대학교 환경에너지공간융합학과)
- 2) 10:45-11:00 딥러닝 기법을 적용한 환경위성 GEMS의 가상 Red, Green 밴드 생성 44
유한솔¹, 박정은¹, 정재훈², 홍성욱³
(¹세종대학교 일반대학원 환경에너지융합학과, ²국립환경과학원 환경위성센터, ³세종대학교 환경에너지공간융합학과)
- 3) 11:00-11:15 유역 토지 이용도를 고려한 하천 총 유기 탄소 농도 예측을 위한 기계학습 모델 개발 .. 45
오해성*, 허진 (세종대학교 환경에너지융합학과)
- 4) 11:15-11:30 Utilizing fluorescence descriptors of water soluble organic matter to track different organic pollution sources impacting coastal sediments 46
Dineesha Kandaddara Badalge*, Jin Hur
(Department of Environment and Energy, Sejong University)
- 5) 11:30-11:45 벚꽃 및 황산염의 주입이 토양 내 비소의 거동 및 dimethylated arsenicals의 형성에 미치는 영향 47
윤상규¹, 김하은¹, 안진성^{1,2*}
(¹한양대학교 ERICA 스마트시티공학과, ²한양대학교 ERICA 건설환경공학과)
- 6) 11:45-12:00 경기육괴 북서부 파주 지역의 변성 이질암과 스카포라이트를 함유한 탄산규산염암에서 사이에서 발생한 유체 및 물질 이동 48
이정민*, 김형수 (고려대학교)

학술발표 GP1 (지구물리)

- ----- 4월 12일(금) 15:10-16:10
- ----- 전북대학교 국제컨벤션센터 세미나실 3 (B1층): 좌장 박계순 (한국지질자원연구원)
- 1) 15:10-15:25 한일공동개발구역 일원의 지구물리학적 연구 49
하정원^{1,3}, 임형래^{2,3}, 허 식⁴
(¹개운중학교, ²부산대학교 대학원 지구과학과, ³부산대학교 미래지구환경연구소, ⁴한국해양과학기술원)
- 2) 15:25-15:40 2011년 이후 자전축 요동 양상을 고려한 질량 해수면의 연 변화 성분 50

- 3) 15:40-15:55 **부분 채널 드랍을 활용한 딥러닝 기반 3차원 복합 역산 모델 개발** 51
 오종찬¹, 공신혜¹, 윤대웅¹, 신승욱²
 (전남대학교 에너지자원공학과, ²한국지질자원연구원)
- 4) 15:55-16:10 **전치 배열 전략 기반 딥러닝 탄성파 자료 크로스라인 내삽** 52
 유지운¹, 주용환², 윤대웅¹
 (전남대학교 에너지자원공학과, ²한국지질자원연구원 해저지질에너지연구본부)

학술발표 GP2 (지구물리)

- ----- 4월 12일(금) 16:20-17:35
- ----- 전북대학교 국제컨벤션센터 세미나실 3 (B1층): 좌장 임형래 (부산대학교)
- 1) 16:20-16:35 **4차원 시추공 모니터링 자료에 대한 전파형역산 기반 시간경과 탄성파 모니터링 기술 적용성 검토** 53
 조현욱¹, Roman Pevzner², 오주원^{1,3}
 (전북대학교 환경에너지융합학과, ²Curtin University, Centre for Exploration Geophysics, ³전북대학교 토목/환경/자원·에너지공학부(자원·에너지공학))
- 2) 16:35-16:50 **캐나다 알버타주 이산화탄소 지중저장 실증부지에 대한 전파형역산 기반 시간경과 탄성파 모니터링 연구** 54
 지형근¹, Kristopher A. Innanen², 박세은¹, 오주원^{1,3}
 (전북대학교 환경에너지융합학과, ²University of Calgary, Department of Geoscience, ³전북대학교 토목/환경/자원·에너지공학부(자원에너지공학))
- 3) 16:50-17:05 **지열발전 부지 특성화를 위한 3차원 탄성파 속도 추정 연구: 유타 FORGE 지열발전 부지에 대한 적용** 55
 정윤하¹, Nori Nakata^{2,3}, 박세은¹, 오주원^{1,4}
 (전북대학교 환경에너지융합학과, ²Lawrence Berkeley National Laboratory, Earth and Environment Sciences Area, ³Massachusetts Institute of Technology, Department of Earth, Atmospheric and Planetary Sciences, ⁴전북대학교 토목/환경/자원·에너지공학부(자원에너지공학))
- 4) 17:05-17:20 **탄성파 영상의 공간해상도 향상을 위한 Efficient Transformer 기반 초고해상도 기술 개발** · 56
 박진영¹, Omar M. Saad², Tariq Alkhalifah², 오주원^{1,3}
 (전북대학교 환경에너지융합학과, ²King Abdullah University of Science and Technology, Dept. of Physical Science and Engineering, ³전북대학교 토목/환경/자원·에너지공학부(자원에너지공학))
- 5) 17:20-17:35 **이산화탄소 지중저장 부지 모니터링을 위한 복합 지구물리탐사 자료 해석 연구** 57
 박세은¹, 박준상², Alexey Stovas³, Malte Voge², 오주원^{1,4}
 (전북대학교 환경에너지융합학과, ²Norwegian Geotechnical Institute, Geohazards and Dynamics, ³Norwegian University of Science and Technology, Department of Geoscience and Petroleum, ⁴전북대학교 토목/환경/자원·에너지공학부(자원에너지공학))

학술발표 AS1 (천문)

- ————— 4월 12일(금) 10:30-12:00
- ————— 전북대학교 국제컨벤션센터 세미나실 1 (B1층): 좌장 권우진(서울대학교)
- 1) 10:30-10:45 **Grain growth and dust segregation revealed by multiwavelength analysis of the Class I protostellar disk WL 17** 58
Ilseung Han (한일승)^{1,2}, Woojin Kwon (권우진)³, Yusuke Aso², Jaehan Bae (배재한)⁴, Patrick Sheehan⁵
(¹University of Science and Technology, ²Korea Astronomy and Space Science Institute, ³Seoul National University, ⁴University of Florida, ⁵National Radio Astronomy Observatory)
- 2) 10:45-11:00 **방출 성운 NGC 6164/5에 대한 분광 연구** 59
임범두¹, Yaël Nazé², 장석준³, Damien Hutsemékers⁴
(¹공주대학교 지구과학교육과, ²Space Sciences, Technologies and Astrophysics Research Institute, Université de Liège, ³Max-Planck-Institut für Astrophysik, ⁴Institut d' Astrophysique et de Géophysique, Université de Liège)
- 3) 11:00-11:15 **NGC 1358 중심부의 운동학적인 특성** 60
류승환¹, 형식 (충북대학교)
- 4) 11:15-11:30 **《曆象考城後篇》〈月離數理〉에 기록된 달 운행 이론** 61
최승언 (서울대학교)
- 5) 11:30-11:45 **천문학 멘토링 프로그램 개발 및 운영** 62
노혜주¹, 손정주¹ 김경희²
(¹한국교원대학교, ²한국천문올림피아드)
- 6) 11:45-12:00 **최신 관측 자료를 이용한 XCDM 암흑에너지 모형의 제한** 63
박찬경 (전북대학교 사범대학 과학교육학부)

학술발표 EH (지구유산, GL(지질))

- ————— 4월 12일(금) 15:10-16:25
- ————— 전북대학교 국제컨벤션센터 세미나실 1 (B1층): 좌장 김경수 (진주교육대학교)
- 1) 15:10-15:25 **뉴질랜드 Waitaki Whitestone UNESCO 세계지질공원** 64
박정웅 (서울특별시 동작구 신대방1가길 38)
- 2) 15:25-15:40 **화산 활동으로 형성된 다양한 뉴질랜드 북섬의 지질명소** 65
박정웅 (서울특별시 동작구 신대방1가길 38)
- 3) 15:40-15:55 **화산불안정 강도의 정량화 등급 : 화산불안정지수** 66
양은정^{1,2}, 장철우², 윤성호^{1,2}
(¹부산대학교 일반대학원 지구과학과, ²부산대학교 화산특화연구센터)

4) 15:55-16:10 **2023년 12월 아이슬란드 Sundhnukur 틈새 분화** 67
장철우^{*1}, 윤성효^{1,2}, 양은정^{1,3}
(1부산대학교 화산특화연구센터, 2(사)제주화산연구소, 3부산대학교 일반대학원 지구과학과)

4) 16:10-16:25 **섭입대 물질순환: 남극 고압 변성암의 증거** 68
김태환 (한국교원대학교 지구과학교육과)

포스터 / 고등학생 탐구 논문 (HR) 발표

- 4월 12일(금) 17:20-18:00
- 전북대학교 국제컨벤션센터 B1층 복도

P-ES-01 집단적 PCK 관점에서 학생들의 지구과학 개념 이해에 대한 질적 메타 분석 : 온실효과, 지구 온난화, 기후변화 개념을 중심으로 69
김권중^{*1}, 최의선¹, 김호준¹, 박재용², 이기영¹
(1강원대학교, 2서울교육대학교)

P-ES-02 개정 시스템 사고 검사 도구의 타당도 검증: 우리나라 고등학생을 대상으로 70
이현동¹, 이호녕², 전재돈², 박병열^{*1,3}
(1대구교육대학교, 2경북대학교, 3단국대학교)

P-ES-03 영재 학생의 자유탐구 팀프로젝트 산출물 사례 분석 71
정수임^{*1}, 이지혜²
(1은행고등학교, 2대전교육과학연구원)

P-ES-04 위성자료를 활용한 과학 영재 대상 해양 내부파 교육 프로그램 개발 72
송승훈^{*1}, 박경애²
(1서울대학교 과학교육과, 2서울대학교 지구과학교육과)

P-ES-05 기압 작용 방향에 대한 중학교 학생들의 인식 변화 73
유지인, 서은경^{*}
(공주대학교 지구과학교육과)

P-ES-06 과학과 교육과정에 드러난 자료 해석 탐구 내용 분석: 지구과학을 중심으로 74
윤채은^{*1}, 김정찬², 신동희¹
(1이화여자대학교 과학교육과, 2한국지질자원연구원)

P-ES-07 인공지능을 활용한 암석 분류 탐구 프로그램의 개발 및 적용 75
이희우^{*1}, 조규성¹, 김태우², 성도현³, 오은서⁴, 이준기⁵, 임서진⁶
(1전북대학교 과학교육학부 지구과학교육과, 2전주중학교, 3진안중학교, 4익산어양중학교, 5전주용소중학교, 6전주오송중학교)

P-ES-08 교직과정을 이수한 교육대학원생의 내러티브 탐색-지구과학교육 전공을 중심으로 76
연유상¹, 정덕호², 이철민^{*2}
(1서연고등학교, 2전북대학교 과학교육학부)

P-ES-09 변성암 분류 과정에서 정보 제공 정도에 따른 지구과학 교사들의 시선 특성과 암석 판별의 정확성 분석 77
정덕호^{*1}, 이철민¹, 박경진²
(1전북대학교 과학교육학부, 2한국교육과정평가원)

P-ES-10 **생성형 인공지능의 교육적 활용 방안 연구 동향** 78
 문민경¹, 김정찬², 신동희¹
 (¹이화여자대학교 과학교육과, ²한국지질자원연구원)

P-ES-11 **초등학생의 시스템사고 함양을 위한 탄소중립교육 프로그램 개발** 79
 김다미, 문윤섭^{*}
 (한국교원대학교 환경교육과)

P-ES-12 **지구과학 예비교사의 기후위기대응 전시패널 개발을 통한 인식탐색** 80
 박영신^{*}, 이동준, 김서현, 김순호 (조선대학교)

P-ES-13 **중력파를 주제로 한 중등 교육용 실험 교구 개발** 81
 마영흠^{*}, 손정주 (한국교원대학교)

P-ES-14 **독도 3D 모형을 활용한 지구과학 교수 학습 방안 탐색** 82
 구자옥 (한국교육과정평가원)

P-OS-01 **CMIP6 OMIP 프로토콜을 적용한 해양-생지화학 모델 실험결과 분석** 83
 이호미^{1,2}, 문병권^{2,*}
 (¹한국해양과학기술원/해양순환기후연구부, ²전북대학교 과학교육학부/융합과학연구소)

P-OS-02 **Enhancing satellite remote sensing of water quality in Chesapeake Bay tributaries through public participation** 84
 이민선^{1,2}, Maria Tzortziou², Patrick Neal³, Shelby Brown³, Alison Cawood³
 (¹국립수산과학원, ²City University of New York, ³Smithsonian Environmental Science Center)

P-OS-03 **적외선 라디오미터 관측계(ISAR)를 이용한 북서태평양 피층 수온 현장 관측** 85
 강지원¹, 박경애², 김희영²
 (¹서울대학교 과학교육과, ²서울대학교 지구과학교육과)

P-OS-04 **기계학습 및 순에너지를 기반 태풍 급강화 예측 모형 개발** 86
 김성훈¹, 이우정^{2,*}, 강현우¹, 강석구³
 (¹한국해양과학기술원, ²기상청 예보국 국가태풍센터, ³서울대학교)

P-OS-05 **인공위성 원격탐사를 활용한 태풍 시기 해양 양식장 분석** 87
 박혜원¹, 박경애²
 (¹서울대학교 협동과정 환경교육전공, ²서울대학교 지구과학교육과)

P-OS-06 **유독성 외편모류 Alexandrium pseudogonyaulax의 분류학적 특성 연구** 88
 이무준¹, 유영두²
 (¹안양대학교 해양바이오공학과, ²군산대학교 해양생물자원학과)

P-OS-07 **동아시아 해역의 고해상도 기후평균장(ANAS23) 개발 및 성능 평가** 89
 이재호^{*}, 김용선, 김성대
 (한국해양과학기술원)

P-OS-08 **Impact of deep-sea CO2 and heavy metals leakage on marine organisms for carbon capture and storage post-management: A review and experimental design** 90
 Mingyeong Je¹, Dongju Lee¹, Choul-Hee Hwang², Kwang-Sup Lee², Dong-Won Kang², Jung-Suk Lee³,
 Byeong-Mo Gim³, In Ok Lee⁴, Changkeun Lee⁴, Junsung Noh¹
 (¹Department of Environment & Energy, Sejong University, ²Marine Eco-Technology Institute, ³Institute of Environmental Protection, ⁴School of Earth and Environmental Sciences, Seoul National University)

P-OS-09 **한국 서해안 외탄 하구만 조간대의 표층 퇴적상 특징** 91
 윤재린, 강솔잎, 양우현^{*}
 (전북대학교)

P-OS-10 Sedimentary Facies and Environments of the SSDP-101 Long-core in a Submarine Sand Ridge in the Korea Strait 92
 양우현^{*1}, 김성필²
 (1전북대학교, 2한국지질자원연구원)

P-OS-11 A Geoacoustic Model at the SSDP-101 Long-core Site in the Korea Strait 93
 양우현^{*1}, 김성필²
 (1전북대학교, 2한국지질자원연구원)

P-OS-12 Assessing organic carbon stock and potential blue carbon status in sediments from Planned land restoration in tidal flats 94
 장슬기¹, 이창래¹, 이종민², 권인하³, 배한나^{1*}
 (1지오시스템리서치 환경생태부, 3서울대학교 지구환경과학부)

P-OS-13 Sentinel-2 인공위성을 활용한 제주도 연안의 석유 유출물 관측 95
 이진호^{*1}, 박경애²
 (1서울대학교 지구과학교육과, 2서울대학교 지구과학교육과)

P-AT-01 한반도 지역 VIIRS 야간 조도 자료의 통계적 검증 및 변화 경향 분석 96
 강귀봉^{*}, 이윤곤
 (충남대학교 자연과학대학 지구환경·우주융합학과와 대기과학 전공)

P-AT-02 태양지구공학 시나리오에서 나타나는 미래 기후 반응: 위도별 성층권 에어로졸 주입 민감도 실험 97
 이정은, 이정인, 조영주, 진유나, 김혜림, 김혜미^{*}
 (이화여자대학교 과학교육과)

P-AT-03 머신러닝 기반 시정 및 안개 예측 모델의 성능 평가 98
 서현우^{*}, 이윤곤
 (충남대학교 자연과학대학 지구환경·우주융합학과와 대기과학 전공)

P-AT-04 기상 재분석 자료를 이용한 대기오염 물질 재순환 지수 평가 99
 유정우¹, 김지선², 이순환^{3*}
 (1부산대학교 환경연구원, 2부산대학교 대학원 지구과학과, 3부산대학교 지구과학교육과)

P-AT-05 정지궤도 기상위성 자료(GK2A/AMI)를 이용한 번개 탐지 가능성에 대한 연구 100
 이승희¹, 서명석^{1*}
 (1공주대학교 대기과학과, 1공주대학교 대기과학과)

P-AT-06 기상청 천리안위성 2A호 가시채널 품질 검정 현황 101
 이한별^{*}, 변재영, 김도형
 (기상청 국가기상위성센터)

P-AT-07 위성기반 HCHO/NO2 비율을 이용한 한국과 중국의 대류권 오존 민감도 분석 102
 장진아^{*1}, 이윤곤¹
 (충남대학교 자연과학대학 지구환경·우주융합학과와 대기과학전공)

P-AT-08 한반도 겨울철 종관 기상 패턴과 PM2.5 농도의 공간 분포 관련성에 대한 연구 103
 채다은¹, 유정우², 최창환¹, 이순환^{3*}
 (1부산대학교 지구과학과, 2부산대학교 환경연구원, 3부산대학교 지구과학교육과)

P-AT-09 운형에 대한 수동 분류와 머신러닝에 의한 분류의 비교 104
 최원준^{*1}, 박태원¹, 박건우², 박예준³, 윤정우⁴
 (1전남대학교 지구과학교육과, 2대자중학교, 3수완하나중학교, 4살레시오중학교)

P-AT-10 GEOKOMPSAT-2A SO2 RGB를 이용한 화산 분화 SO2 탐지 및 농도 분석 105
 최진혁^{*}, 이윤곤 (충남대학교 자연과학대학 지구환경·우주융합학과와 대기과학 전공)

P-AT-11 시베리아 남동부 극한 산불 발생의 기상 조건과 원격상관 패턴과의 관련성 106
 장미진¹, 김맹기²
 (1한국해양과학기술원, 2공주대학교 대기과학과)

P-AT-12 무인항공기를 이용한 소각장 발생 이산화탄소 측정 사례 발표 107
 이영수^{*1}, 김호림², 김근택², 김재영², 정상재³
 (1순천향대학교 에너지환경공학과, 2서울대학교 건설환경공학부, 3한밭대학교 건설환경공학과)

P-AT-13 WRF-UCM을 활용한 도시열섬 수치모의 108
 김성운¹, 문윤섭^{*1}, 김학성²
 (1충청북도탄소중립지원센터, 2한국교원대학교 지구과학교육과)

P-AT-14 계절내 예측을 위한 지구시스템모델(UKESM)의 리눅스 클러스터 상에서의 설치와 운용 109
 송형규^{*}, 윤대욱
 (충북대학교 지구과학교육과)

P-EE-01 납 오염토양 인체 위해도 저감을 위한 인산염 기반 안정화제의 유효성 평가 110
 이재희¹, 나경환², 안진성^{1,2*}
 (1한양대학교 ERICA 건설환경시스템공학과, 2한양대학교 ERICA 건설환경공학과)

P-EE-02 Serpentinization in Gapyeong Area – Mechanism of Natural Hydrogen Generation 111
 이현^{*1}, 김형수²
 (고려대학교 지구환경과학과)

P-GP-01 지구물리자료 기반 모래확률지도를 이용한 액상화 가능성 평가: 2017 포항지진 사례를 중심으로 112
 이아인^{*1}, 오석훈², 권형석³
 (1강원대학교 에너지·인프라융합학과, 2강원대학교 에너지자원·산업공학부, 3강원대학교 지구자원연구소)

P-GP-02 2차원 전기비저항 탐사를 통한 북평분지의 지하구조 영상화와 분지구조 이해 113
 김우현^{*1}, 최한진¹, 김광희¹, 김병민²
 (1부산대학교 지질환경과학과, 2울산과학기술원 지구환경도시건설공학과)

P-GP-03 전기비저항탐사 장비 개발 및 토양 오염 농도 추정 가능성 연구 114
 임형래^{*1}, 이희순²
 (1부산대학교 지구과학교육과, 2(주)지오룩스)

P-GP-04 울릉분지 진화구조 규명을 위한 동해 고해상도 해양자력이상도 제작 115
 최성규^{*}, 최한진
 (부산대학교 지구환경시스템학부 지질환경과학전공)

P-GP-05 복합지구물리탐사를 통한 곡강단층 주변 및 주변해역의 해저활성지구조 연구 116
 정경서^{*1}, 최한진¹, 박요섭²
 (1부산대학교 지질환경과학과, 2한국해양과학기술원 수중로봇복합실증센터)

P-GP-06 자력이상도와 다중빔음향측심 지형자료를 이용한 서필리핀분지의 진화 연구 117
 신현욱^{*}, 최한진
 (부산대학교 지질환경과학과)

P-AS-01 Double-peaked emission lines in dust-obscured quasars 118
 Junyeong Park, Dohyeong Kim
 (Department of Earth Sciences, Pusan National University)

P-AS-02 기상청 우주기상 예·특보 서비스 소개 119
 이동희^{*}, 변재영, 김도형
 (기상청 국가기상위성센터)

P-AS-03 산개성단 NGC 2302의 측광학 및 동역학적 연구 120

이유나¹, 홍종석², 임범두¹ (¹공주대학교 지구과학교육과, ²한국천문연구원)

P-AS-04 별의 분광 관측 교육프로그램 개발 121
 최재희*, 손정주
 (한국교원대학교 지구과학교육과)

P-AS-05 소형 망원경을 활용한 외계행성 통과 현상 다파장 관측 122
 유창현*, 손정주
 (한국교원대학교)

P-AS-06 구형 AGB에서 축대칭 행성상성운으로의 진화 123
 형식*, 이성재
 (충북대학교)

P-GL-01 Tonga-Kermadec 섭입대에서 해양지각이상 분석을 통한 배호분지 진화에 따른 마그마분화 상관관계 연구 124
 김미정*, 최한진
 (부산대학교 지질환경과학과)

P-GL-02 섭입하는 해양지각의 자성광물은 어떤 물성변화가 생길까? : 열수변질 과정의 역할 규명 125
 홍선화*, 정훈영, 최한진
 (부산대학교 지질환경과학과)

P-GL-03 남극 아문젠해 인근 코어퇴적물로 부터 구조 연구 126
 박영숙¹, 김성한², 유규철², 이재일², 이민경²
 (¹전북대학교 지구환경과학과, ²극지연구소 빙하지각연구본부)

P-HR-01 Blazhko 현상을 보이는 RW Dra의 시계열 CCD 측광 연구 127
 고현민, 김수겸, 정현, 이호(지도교사)
 (경기과학고등학교)

P-HR-02 CFD를 활용한 강풍 상황에서 안정적인 간이 구조물 형태 분석 128
 조연우, 최재웅, 이재욱, 조형욱(지도교사)
 (경기과학고등학교)

P-HR-03 머신러닝 기법을 활용한 등해 수온-오징어 생산량 연관성 분석 및 예측 모델 개발 129
 장희서, 오현성, 오은총, 송병준, 전영준(지도교사)
 (경기과학고등학교)

P-HR-04 저가형 적분구 제작 및 효용성 검증 130
 김동혁, 김준희, 이강훈, 조현민, 박선미(지도교사)
 (KAIST 부설 한국과학영재학교)

P-HR-05 Baffle Block의 배치와 유속에 따른 수로 내 에너지 소산율에 관한 연구 131
 장태훈, 함석규, 홍진목, 조형욱(지도교사)
 (경기과학고등학교)

P-HR-06 위도별 양부일구 생성 프로그램 제작 및 교육적 활용에 관한 연구 132
 김동욱, 신지은(지도교사)
 (인천과학고등학교)

P-HR-07 Variations of nitrogen isotopes of hair for understanding of nitrogen cycle 135
 이동진
 (Seoul Scholars International)



학술발표 ES1(교육)



과학교육에서의 위험교육의 필요성 탐색

박영신*¹, 황요한², 문공주*³, 김서현*¹

¹조선대학교 (parkys@chosun.ac.kr),

²서울여자대학교, ³동덕여자대학교

요약

우리는 원자력기술, 생명공학기술, 첨단정보기술 등 과학기술의 발전으로 일상생활에 편리함과 이익을 얻고 있는 것 사실이지만, 동시에 미세먼지와 같은 환경문제나 산사태 및 홍수와 같은 자연재난, 그리고 원자력 발전소 안전사고, 개인정보 유출 등 과학기술로 인해 발생하는 다양한 위험 문제와 당면하고 있다. 현대 사회에서 당면하는 이러한 문제는 이전보다 그 규모가 더 크고 다양해졌으며, 앞으로 미래에는 이보다 더 큰 위험을 당면할 수 있음을 보여준다. 과학기술에 의해 발생하는 위험을 내재하고 있는 '위험 사회(risk society)'에서는 이러한 위험 문제가 시간적·공간적 제한 없이 발생할 수 있으며(Beck, 1992), 과학기술은 예상과 다른 결과들을 가져올 수 있음을 알 수 있다. 과학기술에 불확실성이나 예측불가능성 등이 내재되어 있으며 위험 문제의 핵심 요소가 내재되어 있어 당면하는 이슈에 대해서는 합리적으로 대응할 수 있는 역량을 키워야 한다는 필요성이 과학교육에서 부각되고 있다. 우선 정확한 지식은 위험에 대한 높은 인식을 가지며, 이는 행동 변화 여부를 결정하는 데 중요한 역할을 한다. 과학 교육에서 위험 문제를 다루기 위해서는 시민의 위험 인식과 관련된 다양한 변인에 대한 이해가 선행되어야 한다. 위험 인식(risk perception)은 위험에 대한 개인의 주관적 판단 또는 평가이며, 시민들이 위험 문제에 대해 회피하거나 수용하는 등의 행동을 취하기 위한 동기를 유발하는 요인이라고 알려져 있다. 또한 과학기술의 본성 또한 위험 인식에 영향을 줄 수 있는 중요한 요인 중 하나이다. 그 본성 중 과학의 불확실성에 대해 이해하는 것이 인식, 태도 및 행동 반응에 영향을 미칠 수 있음도 알 수 있다. 이외에도 복잡성과 통제 불가능성을 포함하는 과학기술의 본성을 이해하는 것은 과학기술이 가져오는 위험을 인식하는 것과 위험 문제를 다루는 데 있어 필요한 역량을 함양하는데 중요하다고 할 수 있다. 이러한 위험 인식은 위험 상황에 대한 행동이나 태도에 영향을 미칠 수 있는 요인이 될 수 있다. 과학교육에서 이러한 위험교육이 과연 필요한지에 대한 탐색과 어떠한 위험교육의 요소가 있는지를 구체적인 사례를 들어 소개하고자 한다. 이러한 위험교육의 필요성은 합리적인 결정을 하는데 있어서 결정적인 요인이 될 수 있음을 논의하고자 한다.

주요어 : 위험교육, 과학교육, 기후변화, 자연재난, 사회과학적 이슈

지구과학 예비교사가 교실 학습 환경에서 활용하는 분류 체계적인 제스처의 기술적 특징 분석

최윤성

부산대학교 지구과학교육과 (clever123123@naver.com)

요약

이 연구는 지구과학 예비교사들이 모의 수업에서 활용하는 분류 체계적인 제스처 탐색을 목적으로 한다. 이를 위해, 비수도권 소재 A 대학교 지구과학교육과에 재학 중인 학생 중 임의로 선발된 3조(남자3명, 여자5명)를 대상으로 자료 수집을 실시하였다. 각 조에서는 1차시 분량의 수업지도안, 활동지, 수업 자료 등의 서면 자료와 해당 수업을 담은 녹화 영상 및 음성 녹음자료를 수집하였다. 각 조의 예비교사가 진행한 수업은 각각의 에피소드로 분류하였다. 그런 다음, 체계 기능적 다중 담화 분석 방법(SFMDA)을 활용하여 예비교사가 활용한 제스처를 분석하였다. 그 결과, 예비교사가 활용한 제스처는 과학적 기능과 사회적 기능 두 축을 기준으로, 메타기능적, 분석적, 구조적, 관계적 제스처로 세분화하였다. 예비교사가 활용한 제스처의 특징은 '과학적 개념 연결', '아이디어의 구체적 표상', '수업 과정 내에서 의사소통을 촉진'을 목적으로 하였다. 이 연구는 지구과학 예비교사가 모의 수업에서 활용하는 비언어적 수단의 중요성을 강조하며, 교사 전문성 함양을 위해 비언어적 소통의 역할을 재조명하였다. 향후, 이 연구는 지구과학교육 맥락에서 제스처의 체계적 개념 정립을 위한 기초적 사례연구로써 학술적인 의의를 기대한다.

주요어 : 지구과학 예비교사, 제스처, 체계 기능적 다중담화 분석(Systemic Functional Multimodal Discourse Analysis, SFMDA)

기후변화 대응 실천지향 교수학습 프레임워크 탐색

유은정*, 권유진, 장유정, 최정순, 홍원준

한국교육과정평가원 (geoscience@kice.re.kr)

요약

본 연구는 기후위기의 시급성과 그에 따른 영향의 불확실성에 대해 인식하고 실천 지향 기후변화 대응을 위한 교수학습 지원 방안을 모색하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 2023년 3월부터 5월까지 델파이 조사를 통해 기후변화 대응 실천지향 교수학습의 개념, 내용 체계, 수업 절차 등 ActForCCE 프레임워크를 도출하였다. 델파이 조사는 기후변화 교육 전문가로 추천받은 초중고 교사 및 시도교육청 장학사, 기후변화 내용 전문가, 교과교육 및 교육공학 전문가 등 20명의 전문가로 구성하였다. 문헌 조사와 전문가 협의회를 통해 델파이 초안을 도출하였으며, 3차에 걸친 델파이 조사에서 기후변화 대응 실천지향 교수학습의 개념, 내용 체계, 수업 절차 등에 대한 타당도를 개방형 및 폐쇄형 질문을 통해 검토하였다. 연구 결과, 기후변화 대응 실천지향 교수학습은 '완화와 적응이라는 기후 행동을 이끄는 학습 경험을 제공함으로써 인간과 환경이 공존하는 지속가능한 삶을 위해 개인적 실천 및 사회적 실천에 참여할 수 있도록 하는 시민성과 역량을 기르는 교수학습'으로 정의하였다. 기후변화 내용 체계는 2개의 대영역(기후위기 인식 및 영향, 기후변화 감수성 및 기후행동)과 6개의 중영역(기후위기 현상, 기후위기 원인, 기후위기 영향, 기후변화 감수성, 취약성과 적응, 온실가스 저감)으로 구성하였으며, 수업 절차는 '이슈 발견하기, 실천방안 도출하기, 실천하기, 성찰하기'의 4단계의 프레임워크가 도출되었다. 본 연구 결과를 바탕으로 향후 기후변화 대응 실천지향 교수학습의 방향을 구체화하기 위한 후속 연구를 제안하였다.

주제어 : 기후변화 교육, 실천지향, 교수학습, 프레임워크, 델파이

극지 교육 프로그램에서 나타난 초·중학생들의 학습 특성

문소영*, 신동희

이화여자대학교 과학교육과 (zero0@ewhain.net)

요약

본 연구는 극지 교육프로그램의 실행을 통해 학생들이 극지에 대한 심리적 거리감을 줄여가는 과정에 초점을 맞추었으며, 그 과정에서 나타나는 학습 특성을 파악하는 것을 목표로 하였다. 문헌 검토를 통해 초기 프로그램 구성안이 도출되었고, 추후 학생들의 사전검사지를 바탕으로 프로그램의 내용 및 난이도를 수정, 보완했다. 최종적으로 개발된 프로그램을 참여 학생들에게 적용하고, 연구 자료를 수집하였다. 프로그램 지원서, 사전검사지, 수업 활동지, 수업 녹화 영상, 수업 후 개인 면담 내용이 연구 자료로 수집되었으며, 수집된 자료는 극지연관성(Polar-Relatedness) 분석 기준을 기반으로 해석하였다. 전공자 1인과 분석 결과의 타당성을 위해 협의하는 과정을 거쳤으며, 최종적으로 과학교육 전문가에게 검증받았다.

현 교육과정에서 극지 관련 내용을 자세히 다루지 않기 때문에 학생들은 극지에 대해 단일화 된 이미지를 가지고 있었으며, 학년 급에 상관없이 비슷한 수준의 극지 관련 지식을 가지고 있었다. 프로그램의 주제별, 단계별 분석에서 학생들의 학습 특성은 각기 다른 양상을 띠었다. 주제별 분석 결과, 극지와 관련하여 학생들이 가장 관심을 가졌던 주제는 생물학이였으며, 가장 어려움을 느꼈던 주제는 지구온난화의 원리를 설명하는 대기과학 주제였다. 단계별 분석 결과, 극지에 대한 심리적 거리감을 좁히는 데 가장 주요한 수업 단계는 'Local(지역적 범위)'단계 였으며, 극지 관련 이슈가 전지구적 범위에서 개인적 범위로 다가가기 위한 도약점이 되는 단계였다. 수업 전반에 걸쳐 극지에 대한 학생들의 관심과 흥미가 나타났지만 이를 넘어 극지에 대한 심리적 거리감을 좁히기 위해서는 극지에 대한 고정관념을 깨고 극지에 대한 다양한 관점을 가지는 것이 핵심적 요소임이 밝혀졌다.

본 연구는 과학교육에서 그동안 주목받지 못했던 '극지'라는 소재에 주목하여 다양한 주제의 수업 콘텐츠를 이끌어 내 과학교육의 범위를 확장하였으며, 과학교육 측면에서 극지 교육에 시사점을 제공한다는 점에서 의의가 있다.

주요어 : 극지 교육, 극지 교육 프로그램, 극지연관성(Polar-Relatedness), 통합과학

2022 개정 교육과정 지구과학 영역의 성취기준에 사용된 서술어 분석

정찬미

한국교육과정평가원 (chan10@kice.re.kr)

요약

국가 수준 교육과정에 명시되어 있는 성취기준은 교수·학습의 방향을 안내하고 평가 방향 및 평가기준(성취수준) 설정의 근거가 되는 등 과학 교육 전반에 걸쳐 중요한 역할을 한다. 2022 개정 교육과정에서 성취기준 진술의 주요한 변화는, 대부분의 성취기준이 ‘지식·이해’ 범주에 국한된 이전 교육과정과 달리, ‘과정·기능’과 ‘가치·태도’ 범주를 정합하여 진술하고자 한 것이다. 이 연구에서는 교육과정 문서의 서술어를 중심으로 과학과 교육과정의 지구과학 영역에 관한 성취기준의 특징을 살펴보았다. 분석 대상은 2022 개정 교육과정 과학과 교육과정에서 초등학교 3~4학년군, 5~6학년군, 중학교 1~3학년군 과학의 지구과학 영역에 해당하는 단원 및 고등학교 지구과학, 지구시스템과학, 행성우주과학 과목의 성취기준(탐구 활동 포함) 문장(절 포함) 146개였다. 분석을 위해 각 문장에서 서술어를 추출·병합하고 이를 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도 등 3가지 범주로 범주화하였다. 분석 결과, 분석 대상 전체에서 지식·이해에 해당하는 서술어는 14종이며 총 138회(50%) 사용되었고, 과정·기능에 해당하는 서술어는 30종이며 총 136회(46%) 사용되었으나, 가치·태도에 해당하는 서술어는 2종이며 총 3회(1%)밖에 사용되지 않았다. 학교급별로 비교하면, 초·중·고등학교로 갈수록 지식·이해에 해당하는 서술어의 비율은 높았고, 과정·기능과 가치·태도에 해당하는 서술어의 비율은 낮았다. 초등학교의 경우, 지식·이해 범주에서 7종의 서술어가 총 22회(35%) 사용되었고 가장 많이 사용된 서술어는 ‘알다(9회, 14%)’였으며, 과정·기능 범주에서 14종의 서술어가 총 39회(62%) 사용되었고 가장 많이 사용된 서술어는 ‘관찰하다(11회, 17%)’였다. 중학교의 경우, 지식·이해 범주에서 9종의 서술어가 총 29회(45%) 사용되었고 가장 많이 사용된 서술어는 ‘설명하다(11회, 17%)’였으며, 과정·기능 범주에서 13종의 서술어가 총 36회(55%) 사용되었고 가장 많이 사용된 서술어는 ‘활용하다(9회, 14%)’였다. 고등학교의 경우, 지식·이해 범주에서 13종의 서술어가 총 87회(59%) 사용되었고 가장 많이 사용된 서술어는 ‘이해하다(21회, 14%)’였으며, 과정·기능 범주에서 19종의 서술어가 총 61회(41%) 사용되었고 가장 많이 사용된 서술어는 ‘활용하다(21회, 14%)’였다. 이러한 결과들을 토대로 후속 연구 및 교육과정 개발에 주는 시사점 등을 논의하였다.

주요어 : 2022 개정 교육과정, 지구과학, 성취기준, 서술어



학술발표 ES2(교육)



초등과학 교과서에서의 공간적 사고 구현 비교 - 2015 개정 검정교과서의 ‘지구와 달의 운동’ 단원을 중심으로

오현석

춘천교육대학교 (bsohs@cnue.ac.kr)

요약

2015 개정 교육과정에 대한 초등 과학에서 교사들이 가르치기 어려워하는 영역과 단원은 5~6학년 군의 지구와 우주 영역의 지구와 달의 운동과 계절의 변화가 가장 대표적인 단원이다. 두 단원은 지구과학 교과에서 천문 영역에 해당하며, 천문 영역에서는 공간적 사고와 시스템 사고로 구성된 천문학적 사고가 강조되고 있다. 특히, 학습발달과정 선행 연구 결과와 같이 지구와 달의 운동은 지구에서 관측한 지구 기반 관점의 시운동과 우주 기반 관점의 지구와 달의 우주 공간에서의 실제 운동 사이의 공간적 사고에 대한 교사와 학생들의 어려움이 있을 것으로 예상된다. 본 연구에서는 지구와 달의 운동 단원을 중심으로 2015 개정 교육과정에서 검정교과서로 전환된 초등 과학 교과서 6종의 탐구활동과 삽화 그리고 본문 기술과 소단원 전개 순서 등에서 공간적 사고 구현을 비교하고 학습발달과정에 따른 공간적 사고의 구현 수준을 분석하였다. 연구 결과는 다음과 같다. 첫째, 지구의 자전에 대한 지구 기반 관점에서의 접근에는 교과서마다 지리적 방향에 대한 공간적 사고의 구현 정도가 달랐다. 둘째, 지구 기반 관점에서 관찰되는 일주운동과 우주 기반 관점에서의 지구의 자전의 관계를 효과적으로 이해시키려는 공간적 사고 구현의 정도가 다르게 나타났다. 셋째, 지구 공전에 대한 지구 기반 관점에서의 접근에서는 교과서마다 계절별 별자리의 연주운동을 살펴본 점은 같지만, 연속적인 계절별 별자리의 변화보다는 사계절의 불연속적인 별자리를 2차원 프레임에 제시되었다. 넷째, 교과서별로 구현된 공간적 사고의 학습발달과정 수준은 지구의 자전에서는 2개의 교과서는 수준 4를 구현하고 있으며, 나머지 교과서는 수준 3을 구현하고 있었다. 반면, 지구의 공전의 경우에는 교과서마다 공간적 사고의 학습발달과정 수준의 차이가 탐색되지 않았다.

주요어 : 공간적 사고, 천문학적 사고, 검정 교과서, 탐구활동, 학습발달과정

고등학교 교과목으로서의 우주탐사과학

김성수

경희대학교 (sungsoo.kim@khu.ac.kr)

요약

2010년대 들어 SpaceX 및 Rocket Lab과 같은 민간 회사가 우주발사 시장을 장악하기 시작했고, 중국은 광범위한 우주탐사 분야에서 미국의 뒤를 바짝 쫓고 있다. 이는 이제 인류가 본격적인 우주탐사 시대에 접어들고 있음을 의미하며, 국가의 미래 우주 경쟁력 확보를 위해 중등교육과정에서의 우주 관련 교육이 곧 필요할 것으로 전망된다. 이에 고등학교 진로선택 과목의 하나로 우주탐사과학을 제안하며, 핵심적인 수업 내용들로 로켓의 운동방정식, 지구 궤도 및 행성간 궤도, 인공 중력장, 우주 엘리베이터, 다양한 종류의 추력발생 장치 등을 제시한다.

주요어 : 우주탐사과학, 진로선택과목

언어네트워크분석을 활용한 지구과학교사들의 변성암에 대한 개념 구조 분석

정덕호, 이철민*

전북대학교 과학교육학부 (earthlee@jbnu.ac.kr)

요약

이 연구의 목적은 지구과학 교사들이 변성암을 분류하기 위해 사용하는 개념 구조와 변성암을 분류하는 기준에 대해 알아보는 것이다. 이를 위해 연구자들은 전라북도 소재의 중학교와 고등학교의 지구과학교사 21명을 대상으로 사고 구술을 활용하여 변성암을 분류하는 과정에서 진술한 언어 자료를 수집하였다. 그리고 이렇게 수집된 언어 자료를 언어네트워크분석법을 활용하여 분석하였고, 그 결과는 다음과 같다. 첫째, 지구과학 교사들은 변성암을 분류하는 과정에서 암석에서 일반적으로 관찰할 수 있는 색, 구성 광물, 입자의 크기 등의 특징과 변성암에서 나타나는 엽리를 중심으로 분류하였다. 둘째, 지구과학 교사들은 변성암의 분류 기준에 관해 접촉 변성작용과 광역 변성작용 등 변성작용을 중심으로 인식하고 있었다. 그러나 관찰한 내용을 잘못 판단하여 다른 암석으로 오인하는 사례들이 나타났다. 그러므로 지구과학 교사들이 변성암이 형성되는 과학적 과정과 변성암에서 관찰되는 현상을 서로 연결하여 인식할 수 있도록 그들에게 변성암에 대한 관찰 정보와 경험을 충분히 제공할 필요가 있다.

주요어 : 변성암 분류, 지구과학교사, 언어네트워크분석법, 개념 구조

시선 추적을 통한 중학생들의 한반도 주변 해역 표층 수온 그래프 해석에 대한 분석

선유림¹, 이철민², 정덕호^{*2}

¹군산산북중학교

²전북대학교 과학교육학부 (earthchung@jbnu.ac.kr)

요약

본 연구의 목적은 중학생들이 한반도 주변 해역의 표층 수온 그래프를 해석하는 과정에서 그들의 시선 특성을 분석하여 그래프 유형, 그리고 탐구 요소에 따라 중학생들이 한반도 주변 해역의 표층 수온 그래프를 해석하는데 필요한 인지부담을 알아보는 것이다. 이를 위해 연구자들은 중학교 과학 교과서에서 제시한 한반도 주변 해역의 표층 수온 그래프 중에서 등수온선을 강조한 그래프와 위경도선을 강조한 그래프에 대해 중학생들이 각각 측정, 비교, 추리 등의 탐구 요소를 수행하도록 하였다. 이 과정에서 연구자들은 중학생들의 시선 추적을 통해 시선 고정 시간에 대한 데이터를 수집하였고, 이를 분석하였다. 그 결과는 다음과 같다. 첫째, 중학생들은 표층 수온 그래프처럼 변화의 경향성을 나타낸 그래프를 해석하는데 인지 부담을 갖고 있다. 특히 중학생들은 의미 있는 차이는 아니지만 등수온선을 강조한 그래프보다 위경도선을 강조한 그래프를 해석하는 데 더 인지 부담을 갖고 있었다. 그리고 두 유형의 그래프 모두에서 중학생들은 측정 요소와 비교 요소를 수행하는 것보다 추리 요소를 수행하는 데 더 인지 부담을 갖고 있었다. 둘째, 오답으로 반응한 학생은 정답으로 반응한 학생에 비해 문제 해결 시간이 지나치게 짧거나 지나치게 길었으며, 오답으로 반응한 학생들은 특정 영역에만 그들의 시선을 집중하여 문제 해결에 필요한 핵심영역(AOI: area of interest)을 간과하는 경향이 있었다. 셋째, 중학생들은 등수온선을 강조한 그래프를 해석할 때 보다 위경도선을 강조한 그래프를 해석할 때 각 그래프의 범례 영역에 그들의 시선을 더 많은 시간을 고정하였다. 그리고 중학생들은 측정, 비교, 추리 순으로 그래프의 범례 영역에 그들의 시선을 더 많은 시간 고정하였다. 그러므로 중학생들에게 한반도 주변 해역의 표층 수온 그래프의 해석을 지도할 때 그들의 인지 부담을 줄여주기 위해 먼저 교사들은 등수온선을 통해 변화의 경향성을 분명하게 인지할 수 있는 그래프 유형을 제시할 필요가 있다. 그리고 중학생들이 그래프를 해석하는 과정에서 문제 해결에 단초가 되는 핵심 영역을 교사들이 안내함으로써 그들의 인지 부담을 줄여줄 필요가 있다. 특히 측정 과정에서 필수적으로 요구되는 범례 영역에 대한 교사들의 안내는 중학생들의 그래프 해석에 대한 인지 부담을 감소시킬 수 있을 것이다.

주요어 : 시선 추적, 표층 수온 그래프, 인지부담, 핵심영역(AOI)



학술발표 ES3(교육)



데이터 시각화 역량 측면에서 2022 개정교육과정 과학과 성취기준 분석

이동영¹, 박애령², 남윤경^{1*}

¹부산대학교 (shainare00@hanmail.net), ²엄궁초등학교

요약

2022 개정 과학과 교육과정은 2024년부터 교육 현장에 사용될 과학 교과서 개발의 근거가 된다. 본 연구는 데이터 시각화 역량 측면에서 2022 개정 교육과정 과학과 성취기준을 분석한 연구이다. 성취기준 분석을 위해 Fry(2008)의 데이터 시각화 모델을 기반으로 데이터 시각화 역량 범주를 구성하였다. Fry(2008)의 데이터 시각화 모델은 7단계로 데이터 시각화 과정을 정리한 것으로, 1단계 수집(Acquire), 2단계 분류 및 구조화(Parse), 3단계 데이터 추출(Filter), 4단계 데이터 마이닝(Mine), 5단계 시각화(Visualization), 6단계 정제(Refinement), 7단계 상호작용(Interact)으로 나누어진다. 본 연구의 대상은 2022 개정 수학 및 과학과 교육과정 성취기준 및 성취기준 해설(2020, 교육부)로, 국민공통기본교육과정인 1~10학년군 내용 중, 독립교과가 없는 1~2학년군은 제외하였다. 성취기준 분석을 위해 먼저 문헌 및 선행연구 분석을 기반으로 분석틀의 초안이 개발되었으며, 이에 대한 5인의 전문가(교수 1인, 박사 1인, 현장경력 10년 이상의 교사 및 석사 3인)의견을 기반으로 CVI(Content Validity Index) 값을 근거로 수정 보완하여, 내용적 타당성이 확보된 최종 분석틀을 제안하였다. 최종 분석 틀에 의하면, 데이터 시각화 역량은 수집 및 전처리 역량, 기술 역량, 사고 역량, 상호작용 역량으로 나타났다. 먼저, 수집 및 전처리 역량 측면에서 학년군별 성취기준 분석 결과, 수학 교과에 비해 과학 교과가 그 중요성을 매우 강조하고 있으며, 전체 학년군에 걸쳐 다양하게 다루고 있다. 기술 역량의 경우, 과학 교과는 거의 다루고 있지 않으며, 수학 교과는 매우 중요하게 다루고 있는 것을 확인하였다. 사고 역량의 경우 수학과 과학 과목 모두에 걸쳐 많은 관심을 보이고 있지 않으며, 상호작용 역량은 두 교과 모두에서 매우 중요하게 여기는 것을 알 수 있다.

Keyword : 데이터 시각화, 디지털 리터러시, 2022 개정 교육과정

감사의 글

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2022R1A2C1011366).

기후변화 수업에서 메시지 프레이밍(Message Framing)에 따른 고등학생들의 환경 행동 변화

이승환*¹, 남윤경², 윤상석³

¹사직고등학교 (tnqks01@sajik.hs.kr)

²부산대학교, ³University of Dayton

요약

환경 행동 변화는 환경교육의 궁극적인 목적이라고 할 수 있다. 하지만 지금까지 환경교육 연구에서 행동 변화에 대한 직접적인 증거를 제시한 연구는 매우 드물다. 메시지 프레이밍은 동일한 내용에 대해 제시 방법을 달리함으로써 행동 변화를 유도하는 방법으로 사용된다. 본 연구는 고등학교 기후변화 수업 내용을 긍정적 프레이밍과 부정적 프레이밍에 따라 제시한 수업과 메시지 프레이밍을 적용하지 않은 일반적인 수업을 비교하여, 메시지 프레이밍이 환경 행동 변화에 미치는 영향을 직접 측정하였다. 메시지 프레이밍의 수업 적용을 위해 기후변화와 관련된 3가지 주제에 대한 긍정적인 프레이밍, 부정적인 프레이밍, 그리고 프레이밍이 적용되지 않은 수업을 설계하고, B도시 고등학교 1학년 학생을 11개 반을 대상으로 각각 적용하였다. 메시지 프레이밍 수업에 따른 행동 변화 효과를 측정하기 위해 수업 전후에 페트병을 활용한 조별 탐구활동을 추가하여, 탐구활동 후 학생들의 페트병 분리수거 행동을 측정하였다. 메시지 프레이밍 수업 및 탐구활동의 내용 타당도는 연구자를 포함한 전문가 3인이 검증하였다. 학생들의 환경 행동 변화는 조별 탐구활동에서 배출된 페트병의 분리수거 방법의 정확도에 따라 4단계로 정의하고 1-4점 척도로 측정하였다. 연구 결과 프레이밍을 적용한 수업은 프레이밍을 적용하지 않은 수업보다 환경 행동 변화(페트병 분리수거)에 유의미한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 하지만 환경 행동 변화에서 긍정적인 프레이밍과 부정적인 프레이밍을 적용한 그룹 간에 유의미한 차이는 나타나지 않았다. 본 연구는 지금까지 대부분의 환경교육 연구에서 행동 변화의 간접적인 증거로 제시된 연구참여자들 보고와 달리 메시지 프레이밍 수업이 환경 행동 변화에 미치는 긍정적인 영향에 대해 구체적이고 직접적인 증거를 제시하였다는데 의의가 있다.

주요어 : 기후변화 수업, 메시지 프레이밍, 환경 행동 변화, 분리수거

베트남 고등학생들을 대상으로 한 개정 시스템 사고 검사 도구 재타당화 및 베트남과 우리나라 고등학생들의 잠재평균비교

이효녕¹, 이현동^{*2}, 전재돈¹, 박병열³

¹경북대학교, ²대구교육대학교 (leehd@dnue.ac.kr), ³단국대학교

요약

이 연구의 목적은 1) 베트남 고등학생들을 대상으로 Lee et al.(2024)에서 보고한 개정 시스템 사고 검사 도구의 타당도를 재검증하고, 2) 연구에 참여한 우리나라 고등학생과 베트남 고등학생 간 시스템 사고 능력에 대한 차이를 알아보는 것이다. 이를 위하여 베트남 고등학생 234명이 베트남어로 번역된 개정 시스템 사고 검사 도구 20문항과 STS 척도 20문항에 응답한 자료를 활용하였다. 타당도 분석은 문항 반응 분석(Item Reliability, Item Map, Infit and Outfit MNSQ, 남녀 집단의 DIF)과 탐색적 요인 분석(프로맥스를 활용한 주축 요인 분석)을 통해 검증하고, 나아가 우리나라 고등학생 475명의 데이터를 함께 활용하여 구조 방정식 모형을 이용한 잠재평균비교를 통해 검증하였다. 연구 결과는 다음과 같다. 첫째, 베트남어로 번역된 Re_STMI 20문항의 문항 반응 분석 결과 Item Reliability는 .97, Infit MNSQ는 .67-1.38으로 나타났으며 Item Map과 DIF 분석에서도 선행 연구에서 보고된 결과와 일치하는 결과가 도출되었다. 탐색적 요인분석에서는 모든 문항들이 의도한 하위 요인에 적재되었으며, 요인별 신뢰도는 .662-.833, 전체 신뢰도는 .876으로 분석되었다. 우리나라 고등학생과 잠재평균비교를 위한 확인적 요인 분석에서 도출된 모형 적합도 수치는 모두 수용 가능한 값으로 분석되었다(χ^2/df : 2.830, CFI: .931, TLI: .918, SRMR: .043, RMSEA: .051). 마지막으로 연구에 참여한 우리나라 고등학생과 베트남 고등학생 간 잠재평균비교에서는 시스템 분석, 정신모델, 팀 학습, 공유 비전 요인에서 작은 효과 크기가, 개인 숙련 요인에선 중간 이상의 효과 크기를 보이며, 베트남 고등학생들이 시스템 사고 능력에서 유의미하게 높은 결과를 보여주었다. 이를 통해 개정 시스템 사고 검사 도구 문항은 안정적인 신뢰도와 타당도를 가지고 있음을 확인할 수 있었다. 앞으로 학생들의 시스템 사고 연구와 관련하여 베트남어 및 영어 등으로 번역한 문항을 활용하여 시스템 사고의 국제 비교 연구도 진행할 필요성이 있을 것이다.

Keywords: 개정 시스템 사고 검사 도구, 시스템 사고 척도, 신뢰도, 타당도, 베트남 고등학생



학술발표 OS1(해양)



Is the rebound of shelf water salinity in the Ross Sea linked to the rapid decline in Antarctic sea ice in recent years?

Sung-Ho Choo¹, Taekyun Kim¹, Jae-Hong Moon¹, Emilia Kyung Jin²

¹Department of Earth and Marine Sciences, Jeju National University (tkkim79@gmail.com)

²Department of Policy and Partnership, Korea Polar Research Institute

ABSTRACT

Dense shelf water (DSW) in the Ross Sea is the second largest source of the Antarctic Bottom Water (AABW) which is a key component of the lower cell of the meridional overturning circulation. In recent decades, AABW has warmed and freshened, leading to a decrease in AABW formation. Ross Sea shelf water has experienced the largest freshening. However, salinity of the Ross Sea has rebounded sharply since the mid 2010s. The saline and dense shelf waters are produced through strong winter cooling and brine rejection during sea ice formation, resulting from intense atmosphere-ocean-ice interactions in the Ross Sea. Meanwhile, Antarctic sea ice which has steady increasing trend during several decades, experienced an abrupt decline to a record low in mid-2010s. Since then, the interannual variability of Antarctic sea ice has been further intensified, showed another record low in 2022 and 2023 consecutively. Here, we investigated how the rapid decline in Antarctic sea ice in recent years has contributed to the rebound of shelf water salinity in the Ross Sea, using satellite observations of sea ice, as well as oceanic and atmospheric reanalysis data. Our result shows that despite the rapid decrease in Antarctic sea ice in recent years, the sea ice formation rate in the Ross Sea continental shelf has increased. During the salinification period since mid-2010s, local anomalous winds and surface heat flux associated with the remote and large-scale forcing that drive the recent change in Antarctic sea ice, induce reduced sea ice cover and larger polynya area on the Ross Sea continental shelf, resulting in the increase of sea ice formation rate. Furthermore, data-based sea ice budget analysis indicates that due to the anomalous wind forcing, the sea ice has moved to the outer shelf through dynamic processes such as advection and divergence, created a sustained favorable environment for sea ice formation and brine rejection.

First observation of hourly variation of ocean fronts using GK2B/GOCI-II chlorophyll-a data

우혜진*¹, 박경애²

¹서울대학교 지구과학교육과 (hyejinwoo@snu.ac.kr)

²서울대학교 지구과학교육과/교육융합연구원

요약

해양전선은 수온, 염분, 영양염 또는 엽록소 농도 등과 같은 물리학적, 화학적 및 생물학적 해수 특성의 수평적인 구배가 강화된 상대적으로 매우 좁은 영역으로 정의되며 서로 다른 해수 또는 서로 다른 수직 구조를 가진 넓고 상대적으로 균일한 해역을 분리한다. 해양 전선은 수평적으로 수 미터에서 수천 킬로미터의 범위를 나타내며 수직적으로는 최대 킬로미터, 그리고 시간적으로는 며칠에서 수년까지 다양한 시공간 규모로 발생한다. 인공위성 원격 탐사를 활용한 해양 전선 연구의 가장 큰 이점은 전 지구 범위로 주기적으로 탐지할 수 있다는 점이다. 특히 정지 궤도 위성의 경우 관측 빈도가 극궤도 위성에 비해 매우 빈번하기 때문에 단주기의 해양 전선 변동성 연구가 가능하다. Geo Kompsat-2B(GK2B)에 탑재된 2nd Geostationary Ocean Color Imager (GOCI-II)는 세계 최초 정지궤도 해색 위성인 GOCI의 후속 위성으로 2020년 2월에 발사되어 관측을 수행하고 있다. 기존의 500 x 500m의 공간해상도를 가진 GOCI에 비해 GOCI-II의 공간해상도는 4배 향상된 250 x 250m로 매우 높은 공간해상도를 가지며 한반도 주변 동북아 해역을 관측하는 지역 관측의 경우 시간해상도는 1시간으로 GOCI와 동일하나 1일 관측 횟수가 8회에서 10회로 추가되어 해양 전선의 단기 변동 연구에 최적의 조건을 갖추었다. 본 연구에서는 2023년 5월 GK2B/GOCI-II 엽록소 농도 자료를 활용하여 동해에서 해양 전선을 탐지하였으며 해양 전선의 공간 분포와 하루 중 시간별 변동 특성에 대해 분석하였다.

GOCI-II 해색 자료를 활용한 표층 해류 산출 및 검증

김희영^{*1}, 박경애²

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

²서울대학교 지구과학교육과/해양연구소

요약

해류는 해양에서의 다양한 물리적 현상을 이해하는 데 기본이 되는 중요한 변수이다. 표층 해류에는 수괴의 전반적인 움직임이 반영되기 때문에 해류와 해양 순환에 대한 장기적인 관측은 지구 기후 변화를 이해하는 데 많은 도움이 될 수 있다. 관측 자료의 시간적, 공간적 한계로 인해 위성 자료로부터 해류 정보를 획득하는 것이 필요하며, 지난 수십년간 위성 자료로부터 표층 해류를 산출하려는 시도가 지속되어 왔다. 시·공간적으로 해상도가 뛰어난 정지궤도 위성 자료를 활용하여 표층 해류를 산출하면 표층 해류의 일간 변화 및 공간 분포, 장·단기 변동 특성 분석이 가능하다. 본 연구에서는 천리안 해양 위성 2호(GOCI-II)의 해색 자료를 입력자료로 활용하여 표층 해류를 산출하고, 알고리즘 기법별 산출 결과를 비교하며, 한반도 주변 해역 표층 해류 산출물의 정확도 검증을 수행하였다. 산출된 표층 해류의 정확도는 표층 뜰개 자료로부터 계산한 해류와 위성 고도계로부터 계산한 지형류 정보, 동해 ESROB 부이의 ADCP 해류계 자료와 비교하여 검증하였다. 또한 표층 해류 관측 자료의 장·단기 변동 특성을 분석하고, 해역별 해류 분포 특성을 파악하였다.

주요어 : 표층 해류, GOCI-II, 해류 관측 자료, 정확도 검증, 변동 특성

2020년 황해에서 발생한 이상 봄번성 약화 원인

김용선*, 김고운, 이재익, 노재훈, 정진용

한국해양과학기술원 (yongskim@kiost.ac.kr)

요약

황해는 전세계적으로 높은 해양생산성과 종다양성을 보여 사회경제적으로 의미있는 해역으로 해양생산성에 큰 영향을 미치는 봄번성을 결정짓는 요소에 대한 종합적인 연구가 필요하다. 2020년 겨울철 고기압의 영향으로 인한 맑은 날씨로 태양복사에너지가 증가해 수온이 평년에 비하여 1.2°C나 높았고, 이에 따라 봄철 봄번성이 강해질 것으로 예상되었다. 한편, 2020년 봄의 경우 COVID-19가 발생하여 중국과 우리나라에 대규모 봉쇄(Lock-down)정책이 실시되면서 중국으로부터 유입되는 미세먼지가 급격히 감소하고 이로 인해 대기에서 해양으로 유입되는 영양염의 총량은 감소한 것으로 보고되고 있다. 이는 봄번성을 약화시킬 수 있다. 이에 더하여, 2020년 4월의 경우, 시베리아 고기압과 동해 상공에 저기압이 위치하는 쌍극자(dipole) 형태의 기압장이 장기간 유지되어 차가운 대륙성 공기가 서해로 유입되는 한파(cold surge)가 발생하였다. 한파는 성층을 약화시켜 식물성 플랑크톤에게 필요한 영양염을 하층에서 상층으로 공급할 수 있다는 측면에서 봄번성을 강화시킬 수 있으나, 수온에 민감한 식물성 플랑크톤의 번성을 약화시킬 수 있다. 황해 북서부에 위치한 소청초 과학기지에서 매년 관측하던 Chl-a의 농도는 2020년 봄에 그 농도가 평년과 비교하여 현저히 약하고 그 번성 시기 또한 약 3주 이상 늦게 발생하는 약한 봄 번성이 발생하였다. 본 연구에서는 1차원 난류확산 모형에 생태계 모형을 접합한 GOTM-ERSEM 모형을 활용하여 선행조건으로써의 겨울철 수온, COVID-19와 연관된 대기로부터의 영양염 감소와 한파에 의한 성층 변화에 따른 해양생태계 변화 효과를 정량적으로 분석하였다. 2020년 관측된 봄번성 약화를 설명하는 가장 중요한 요소는 한파에 의한 성층 감소 효과라고 판단되며, COVID-19에 의한 인위적인 영양염 감소는 그 효과가 미비하였다. 특히, 조석이 강한 황해의 경우 대기 강제력에 의한 성층 감소 효과를 비선형적으로 강화시키는 것으로 보인다. 한편, 겨울철 높은 수온은 잠열의 형태로 해양의 열을 대기로 빼앗기고 수온을 하강시켜 예상과 달리 식물성 플랑크톤의 번성을 약화시키는 역할을 하였다. 본 연구의 결과는 겨울철 수온이 상승하고 겨울과 봄에 북극진동의 변동성이 강화될 것으로 사료되는 근미래 황해의 해양생산성이 지속적으로 하강할 수 있을 수 있으며, 이로 인해 상위생태계 또한 극적인 변화가 발생할 수 있음을 시사한다.

Keyword : COVID-19, 한파, 봄번성, 생태계모델링, 해양성층

천리안 위성 2A호 영상을 활용한 태풍 경로 시각화 GUI 프로그램 개발

임채영^{1,2}, 박경애^{3,4,*}

¹서울대학교 과학교육과, 08826, 서울특별시 관악구 관악로 1

²인천진산과학고등학교, 인천광역시 21342

³서울대학교 지구과학교육과, 08826, 서울특별시 관악구 관악로 1

⁴서울대학교 교육융합연구원, 08826, 서울특별시 관악구 관악로 1

요약

태풍은 북서태평양에서 발생하는 열대 저기압 중 최대 풍속 17 m/s 이상의 강한 폭풍우를 동반하는 대표적인 해양-대기 상호작용 현상이다. 최근 급격한 기후변화로 인해 더욱 강력한 태풍이 발생하고 있는 추세이며 이는 극심한 인명과 재산 피해를 일으킨다. 2022 과학과 개정 교육과정에서는 디지털 소양 함양을 위하여 첨단 과학기술을 활용한 교수-학습 활동의 중요성을 강조하고 있으며 인공위성 자료 활용 수업의 확대를 언급하고 있다. 따라서 교과서 삽화의 시공간적 한계를 해결하고 전지구적 규모의 빅데이터를 활용한 생동감 넘치는 수업 도구의 개발이 필요하다. 본 연구에서는 PDIE (준비, 개발, 실행, 평가) 모형 절차에 따라 천리안 위성 2A호 영상 자료를 활용하여 태풍 경로를 시각화하는 GUI (Graphic User Interface) 기반 프로그램을 개발하였다. 사용자가 활용하고자 하는 위성 영상을 내려받은 뒤, GUI 프로그램에 불러와 위경도 자료를 입력하면 입력받은 자료를 LCC (Lambert Conformal Conic) 도법의 지도에 자동으로 도시할 수 있다. 중학생들을 대상으로 본 연구에서 개발된 GUI 프로그램 활용 수업을 실시하여 학교 현장에서의 적용 가능성을 확인하였다. 사용자는 전문적인 프로그래밍 지식이 없어도 GUI 기반으로 실제 관측 자료를 활용한 탐구활동을 수행할 수 있으며 이를 통해 지구과학 분야의 이해도를 높이고 첨단 과학기술을 활용한 수업 자료를 통해 디지털 소양 함양에 기여할 수 있을 것이다.

주요어 : 태풍 경로, 데이터 시각화, 위성, 디지털 소양, GUI 프로그램

생지화학 데이터를 이용한 북극/아북극 주요 어종 미래어획량의 감소 전망

Anticipating the Diminishing Harvests of Arctic / Subarctic Major Fish Species : Insights from Reconstructed Ocean Biogeochemistry data

김은영^{*1}, 박종연^{1,2}, 임형규³

¹전북대학교 환경에너지융합학과 (keywave@jbnu.ac.kr),

²전북대학교 지구환경과학과 (jongyeon.park@jbnu.ac.kr)

³한국해양과학기술원 해양순환기후연구부 (hglim@kiost.ac.kr)

요약

어류는 산소를 이용해 생명활동에 필요한 에너지를 생산한다. 기후변화로 인해 온도가 상승하면 어류가 필요로 하는 산소는 증가하는 반면에 해수 중 산소의 용해도는 감소한다. 이에 따라 어류는 적합한 환경을 찾아 이동하거나 사망률이 증가할 것이다. 특히 북극 지역은 다른 지역에 비해 상대적으로 3배 이상 가파르게 온도가 상승하고 있고 수온 민감도가 높은 어류들이 서식하고 있다. 수온과 어획량과의 연관성을 찾는 연구는 활발히 진행되었으나 산소 자료의 부족으로 인해 어획량에 미치는 산소의 영향을 본 연구는 부족한 실정이다. 본 연구에서는 북극/아북극 EEZ지역을 대상으로 1970년부터 2017년까지 지구시스템모형으로부터 얻은 산소와 수온 재분석자료를 이용해 신진대사지수를 계산하고 이와 연관된 어종을 탐색하여 2100년까지 기후변화 시나리오별 미래어획량을 전망하였다. 중대형저서어류의 어획량이 신진대사지수와 높은 연관성을 보였고 해당 어종들의 어획량은 2100년까지 모든 시나리오 상에서 지속적으로 감소하는 것으로 나타났다. 이에 따라 해당 어종들의 생리학적 특성을 반영하여 지속가능한 자원 관리가 필요할 것으로 사료된다.

주요어 : 신진대사지수, 수온변화, 저산소, 중대형저서어류, 어획량변동



학술발표 OS2(해양)



KIM 결합모형을 위한 대기-해양 약한 결합 자료동화 시스템 소개

Introduction to the weakly-coupled atmosphere-ocean data assimilation system for the KIM coupled Model

김지연

차세대수치예보모델개발사업단, 서울대학교 지구과학교육과 (jykim@kiaps.org)

요약

해양, 대기, 해빙, 지면 등의 다양한 지구 시스템 구성 요소 간의 결합이 계절 및 장기 예보에서 향상된 예측정보를 제공한다는 것은 오래전부터 알려져 왔다. 현재 KIAPS (Korea Institute of Atmospheric Prediction Systems)에서는 NEMO (Nucleus for European Modelling of the Ocean)를 해양 모델로 사용하여 연장 중기 예측을 위해 대기-지면-해양-해빙이 결합된 모델을 개발 중이다. 또한, 이 새로운 결합 모델에 더 균형 잡힌 초기 조건을 제공하기 위해 대기-해양 약한 결합 자료동화 시스템을 개발 중이다.

대기 모델은 KIM (Korean Integrated Model) v4.0을 기반으로 하며 대기 자료동화 시스템은 3차원 변분자료동화체계인 KIM Variational Data Assimilation System (KVAR)를 사용하여 6시간 자료동화 주기 내에서 분석장을 생산한다. 해양 시스템은 기상청의 GODAPS 시스템 (Global Ocean Data Assimilation and Prediction System)을 기반으로 하며, NEMO 해양 모델과 NEMOVAR 자료동화 체계를 사용한다. 이를 바탕으로 KIM 대기 자료동화 시스템에 해양 자료동화 시스템을 결합하여 대기-해양 약한 결합 자료동화 시스템을 개발하였다. 본 연구에서는 KIM 결합 모형을 위한 새로운 대기-해양 약한 결합 자료동화 시스템의 개발 현황과 계획을 소개하고자 한다.

주요어 : 결합 자료동화, 결합 모델, KIM, NEMO, NEMOVAR

최근 열대 중태평양 기후변동에 따른 북서태평양 원격상관 변화

권민호*¹, 신지윤¹, 이강진², 조경숙³

¹한국해양과학기술원 (mhkwon@kiost.ac.kr)

²APEC 기후센터

³기상청 기후예측과

요약

산업혁명 이후 전지구 평균 대기의 지상 기온은 꾸준히 상승하고 있다. 이러한 기후변화에 따라 한반도를 비롯한 북동아시아 지역은 물론 전지구적으로 기후변화에 따른 영향이 나타나고 있다. 지역적 기후변화는 지상기온의 증가뿐만 아니라 기후모드와 기후 원격상관의 변화도 동반한다. 특히, 북서태평양 지역의 원격상관도 기후변화에 따라 뚜렷한 특성 변화가 나타나고 있다. 북서태평양 지역의 기후변동은 한반도를 포함한 북동아시아 지역 기후변동에 매우 큰 영향을 끼치고 있어 북서태평양은 기후변동과 관련하여 모니터링해야 할 중요한 지역이다. 본 연구는 열대 중태평양 기후변동과 관련하여 여름철 북서태평양 원격상관 기후모드의 변조(modulation)를 논의한다. 선행연구에 따르면 북서태평양 지역 강수량 편차의 기후모드는 크게 동태평양 엘니뇨 모드와 중태평양 엘니뇨 모드로 나눌 수 있다. 이러한 모드의 상대적 변동에 따라 북동아시아 지역에 미치는 북서태평양 원격상관은 크게 바뀌어 북동아시아 지역의 강수편차 지수와 북서태평양 지역의 하층 기압편차 지수의 상관관계는 장주기적으로 변조하게 된다(Fig. 1). 또한, 이러한 모드는 2000년대 중반 이후 다소 변화된 특징을 보이며, 열대 중태평양 기후모드의 공간적 특성 변화와 높은 상관성을 갖는다. 본 연구는 선행연구의 후속 연구로서 최근 변화된 열대태평양 기후모드에 따라 나타나는 북서태평양 원격상관 변동 특성과 그 가능한 이유에 대하여 논의한다.

주요어 : 지구온난화, 원격상관, 장기기후변동, 기후모드, 북서태평양 기후변동

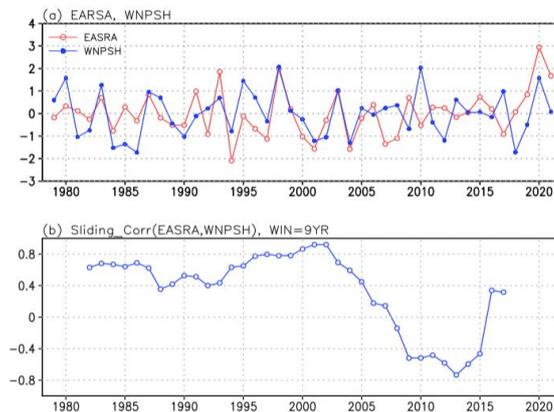


Fig. 1. (a) Time series of East Asian Summer Rainfall Anomalies (EASRA) and Western North Pacific Subtropical High index (WNPSH), (b) Sliding correlation coefficients between EASRA and WNPSH with 9-year window.

정선관측자료와 CMIP6 자료를 이용한 한반도 주변 해역 수온과 기후 지수의 상관 분석

임병준*, 장유순

공주대학교 지구과학교육과 (bjlimn@gmail.com)

요약

우리나라 주변 해역은 해역별로 그 특성이 매우 다른 것으로 알려져 있다. 동해는 순환이나 수괴 분포가 대양적 성질을 띠지만 그 규모가 대양에 비해 작아 기후학적으로 매우 중요한 해역으로 알려져 있으며, 서해는 수심이 낮고, 외부의 기온 변화에 민감하게 반응하여 대기/해양 상호작용이 활발하여 다양한 대양 규모의 기후 변동에 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 이에 본 연구에서는 한반도 주변 해역의 수온에 영향을 미치는 기후 지수들을 해역별로 조사하고 그 기작에 대한 분석을 수행하였다. 국립수산과학원의 해양자료센터에서 제공하는 정선관측자료의 수온 자료를 해역별로 정리하고 다양한 기후 지수와 상관성 분석을 수행하였으며, 다양한 CMIP6 시뮬레이션 결과 자료를 이용하여 관측자료와 동일한 상관성이 나타나는 모델을 찾고 상관성이 나타나는 이유를 분석하였다.

관측자료 분석에서 유의미한 두 가지 상관관계가 나타났다. 1) 태평양 10년 주기 변동 지수 (Pacific Decadal Oscillation index)는 동해 표층 수온과 약 3개월의 지연을 두고 유의미한 음의 상관성이 나타났다. 2) 북극 진동 지수 (Arctic Oscillation index)는 서해 아표층 수온과 약 6개월의 지연을 두고 유의미한 양의 상관성을 갖는 것으로 나타났다. CMIP6 시뮬레이션 분석에서 5개의 모델 (ACCESS-CM2, CAMS-CSM1-0, CMCC-CM2-SR5, CMCC-ESM2, CNRM-CM6-1-HR)이 관측자료에서 나타난 상관성과 유사한 상관성을 갖는 것으로 나타났다. 5개 모델 모두 북극 진동이 시간 지연을 두고 서해의 아표층 수온에 변화를 일으키기 때문에 대기에서의 직접적인 영향과 간접적으로 해양을 통해 미치는 영향으로 나누어 추가적인 분석을 수행하였다.

인공지능 기법을 활용한 고해상도 해양재난현상탐지

이민선^{*1,2}, 박경애²

¹국립수산과학원, ²서울대학교 지구과학교육과

요약

우리나라는 해양자원활용 및 해상물류이동이 잦은 만큼, 선박 해상사고로 인한 기름유출에 노출이 잦고, 이로 인한 생태계 파괴 및 지역주민과 어민들의 피해가 막대하다. 또한 높은 밀도의 양식어업으로 적조 발생 시 천문학적인 피해를 입어왔다. 이런 해양재난은 빠르게 위치를 파악하는 것이 효율적이고 효과적인 방재작업을 하는데 관건이다. 그럼에도 불구하고 해양재난의 경우는 접근이 어려운 경우가 많고, 대체로 범위가 방대하다. 해안선이 복잡하고 도서지방이 많은 우리나라 연안에서 고해상도 위성원격탐사는 이런 한계를 극복하는 중요한 도구가 될 수 있다. 한편, 고해상도 위성은 다른 다중채널위성에 비하여 관측 채널의 수가 적은 경향이 있어 해양정보를 추출해 내는데 제약이 있다. 이런 점을 보완하기 위해 인공지능 기법을 고해상도 위성에 활발하게 적용하고 있어, 그 중 대표적인 해양재난현상인 기름유출, 적조에 적용한 사례를 소개한다.

주요어 : 인공지능, 위성원격탐사, 적조, 기름유출, 해양재난



학술발표 OS3(해양)



황해 경기만 해역 탁도 변동성에 대한 조석의 영향

김수란^{*1}, 김태성², 박경애³, 박재진², 이문진²

¹서울대학교 과학교육과 (sulan0520@korea.kr),
²선박해양플랜트연구소, ³서울대학교 지구과학교육과

요약

해수의 탁도는 수중의 부유 물질이나 생물에 의해 혼탁해지는 정도를 뜻한다. 황해는 얕은 수심과 강한 조류뿐 아니라 강에서 유래된 부유 퇴적물로 강한 시공간 변동성을 보인다. 탁도의 시간 변동성을 파악하고자 실측 자료로 고속 푸리에 변환, 조화 분해, 웨이블릿 변환을 수행하였다. 탁도 시간 변동성 분석 결과 천문조인 M_2 , S_2 , K_1 , O_1 과 천해조인 M_4 , MS_4 에 해당하는 주기가 우세하게 나타났다. 위성 자료를 이용해 탁도의 공간 변동성을 분석한 결과 강 하구와 해안선 주변 해역보다 조석 사주와 외해에서 더 크게 나타났다. 탁도의 변동 요인으로는 평상시 조석의 영향이 가장 지배적이었지만 태풍이나 폭우가 내릴 때는 풍속과 강수량의 영향이 증가하였다. 이 연구는 황해 연안 해역의 탁도 변동을 이해하고 광범위한 해역의 탁도 변화를 모니터링하는데 유용할 것으로 기대된다.

주요어 : 탁도 변화, 조석, 황해, Sentinel-2, 경기만

감사의 글

이 연구는 선박해양플랜트연구소 ‘위성 관측 해수 특성 분석 및 수중 탁도 알고리즘 연구’ 지원을 받아 수행되었습니다.

동해 남서부 장기(1993-2020) 해수면 상승률에 미치는 울릉 난수성 소용돌이의 영향

이경재*¹, 박재형², 박영규¹

¹한국해양과학기술원 해양·환경기후연구본부 해양순환연구센터 (kjlee83@kiost.ac.kr)

²부경대학교 지구환경시스템과학부

요약

해수면 상승률에 대한 연구는 기후 변화에 대한 효과적인 대응 방안 모색에 필수적인 요소이나, 지역 규모 장기 해수면 상승률의 경우 때로 전 지구 평균과 상당한 차이를 보여 해수면 상승률에 대한 정확한 추정 및 원인 규명을 어렵게 한다. 본 연구에서는 동해 남서부 해역 울릉도 부근 해역에서 1993 - 2020년 기간 동안 인공위성 고도계로 산정된 장기 해수면 상승률 분포에서 나타나는 6 mm/yr 이상 높은 해수면 상승률의 원인 규명에 주목하였다. 해당 수치는 같은 기간 전 지구 평균(3.1 mm/yr) 보다 3 mm/yr 이상 높은 수치임에도 불구하고 그 지역적인 원인에 대해서는 아직까지 명확히 규명되지 않았다. 본 연구에서는 울릉도 주변 높은 해수면 상승률의 원인을 해당 해역에서 빈번히 발생하는 울릉 난수성 소용돌이의 장기 변동성으로 간주하고, 인공위성 고도계 자료와 선박 관측 자료를 바탕으로 그 영향을 정량화하였다. 장기간(1993 - 2020년) 수집된 인공위성 고도계 격자 자료로부터 울릉도 주변 난수성 소용돌이를 탐지 및 추적하였고, 난수성 소용돌이 내부에서 관측된 수온 수직 프로파일의 장기간 추세를 분석하였다. 1993-2020년 기간 동안 울릉 난수성 소용돌이의 내부 수온은 특히 수심 200 m 부근의 수온 일정층에서 온도가 증가하였고, 소용돌이의 하부경계가 깊어졌으며, 매년 소용돌이 지속기간이 증가하였다. 이러한 울릉 난수성 소용돌이의 장기적인 아표층 수온 구조 변동 특성은 약 7.6 mm/yr 만큼 해수면을 상승시키는 것으로 나타났으며, 울릉도 주변에서 나타나는 최대 7.0 mm/yr의 해수면 상승률과 유사하여 이를 정량적으로 대부분 설명하였다. 해수면 상승에 있어서 소용돌이 내 수온 증가 및 수직 두께 증가 효과는 비슷한 것으로 나타났다. 소용돌이의 내부 수온 증가는 늦가을 대한해협을 통해 들어오는 수괴의 아표층 수온이 증가하는 것에 기인하며, 수직 두께 증가는 울릉도 부근의 전선에서 수직적인 수온 구배가 커지고 이로 인해 아표층에서 경압 불안정성이 증가하는 것에 기인한다. 본 연구는 중규모 소용돌이의 장기 변동성이 특히 해양 전선 부근에서 지역적으로 두드러지는 해수면 상승률에 상당한 영향을 미칠 수 있음을 시사한다.

주요어 : 동해, 해수면 상승, 중규모 소용돌이, 해양 전선, 해수면

태풍 곤파스와 솔릭 전과 후의 고창 동호리 사질 조간대 표층 퇴적물과 집적률 특성

강술익, 양우현*

전북대학교 (ryang@jbnu.ac.kr)

요약

대조차 개방형 조간대 퇴적물에 대한 태풍 효과를 한국 서해안 고창 동호리 조간대에서 연구하였다. 2010년 태풍 곤파스 전·후와 2018년 솔릭 전·후에 나타난 표층 퇴적물 조직, 집적률, 퇴적상 변화가 관측되었다. 두 개의 태풍 곤파스와 솔릭은 각각 2010년 9월 1일과 2일, 2018년 8월 23일과 24일 사이에 한반도 남서부 연안에 상륙하여 내륙을 관통하였다. 태풍 곤파스 전·후와 솔릭 전·후에 고창 동호리 조간대의 측선을 따라 30 m 간격으로 표층 퇴적물을 채취하고 집적률을 측정하였다. 동호리 조간대를 평균고조면, 평균해수면, 평균저조면을 기준으로 고조대, 중조대, 저조대로 세분하여 연구하였다. 두 태풍 모두 태풍 후에 고조대는 퇴적되었고 중조대와 저조대는 침식되었다. 고조대에서 저조대 방향으로 갈수록 집적률이 감소하였다. 고조대의 표층 퇴적물 조직은 두 태풍 모두 태풍 후에 평균 입도는 세립해지고 분급은 양호해졌다. 중조대의 표층 퇴적물 조직은 변화가 거의 없었으며, 저조대는 일부 구간에서 태풍 후에 띠 형태의 퇴적체가 나타났다.

해양이용협의·해양이용영향평가 제도와 해양보호생물 보호를 위한 노력

이민선*, 오현택

국립수산과학원 해역이용영향평가센터

요약

해양은 공유재이기에 국민 누구나 이용할 수 있어 무분별한 개발과 이용 시 해양환경이 회복할 수 없는 수준으로 훼손되고 자원이 고갈될 우려가 있다. 해양에서 이뤄지는 개발 및 이용 행위가 해당 해역의 환경용량의 범위 내에서 환경적으로 건전하고 지속가능하게 이루어지도록 유도·지원하기 위한 장치나 수단이 필요하다. 해역이용협의 및 해양이용영향평가는 해양을 개발 또는 이용하는 행위의 해역이용적정성과 개발로 인해 예상되는 해양환경영향을 사전에 검토 협의하여 환경적인 측면이 고려될 수 있도록 하는 사전 예방적 환경관리 정책수단이다. 이런 제도 및 정책은 해양환경 훼손, 오염원인 등을 제거 또는 최소화할 수 있도록 유도하고, 해양환경정책 의사 결정을 위한 다양한 자료를 제공하며, 해역이용자 간의 갈등발생 최소화에 기여하고, 환경변화에 대한 적절한 저감방안을 수립하는 기능을 한다. 우리나라 연안 및 외해에서 진행 중인 개발은 공유수면 매립·준설, 연안정비, 해안도로·해상교량 건설, 항만 개발, 산업단지·발전소 건설, 해상풍력발전 건설, 바다골재 채취, 준설토 해양투기, 양식장 시설 등이 있다. 이런 사업을 하기 전·중·후, 해양물리, 해양화학, 해양 지형지질, 해양 퇴적물, 부유생태계, 저서생태계, 어류 및 수산자원, 경관 및 위락, 보호종 및 보호구역 등을 사업자와 평가대행자에게 조사하도록 하며, 사업으로 인한 해양영향을 예측하고, 변화를 파악·원인분석하고, 피해를 최소화할 수 있도록 저감방안을 실행한다. 특히, 해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률에 기반을 두고, 생존을 위협받거나 보호해야 할 가치가 높은 해양생물 91종을 현재 보호대상해양생물로 지정하여 관리하고 있다. 해양보호생물은 우리나라의 고유한 종, 개체수가 현저하게 감소하고 있는 종, 학술적 경제적 가치가 높은 종, 국제적으로 보호가치가 높은 종을 선정하며, 현재 포유류 21종, 무척추동물 36종, 해조류 7종, 파충류 5종, 어류 6종, 조류 16종이 지정되어 있다. 이런 해양보호생물이 해양에서 진행되는 사업에서 어떻게 조사되고, 피해를 최소화하기 위해 어떤 노력을 하고 있는지 예시를 통해 살펴본다.

주요어 : 해양개발, 해양이용, 해양이용영향평가, 해양보호생물



학술발표 AT1(대기)



도플러 윈드라이다의 도플러 천이 특성에 대한 연구 A Study on the Characteristics of Doppler shift for Doppler Wind LIDAR

조성주*, 최성철, 최창기, 변성욱

삼우티시에스(주) (sjcho@swen.co.kr)

ABSTRACT

Doppler wind lidar technology, which utilizes IR lasers($\lambda = 1.55 \mu m$) to remotely measure wind conditions with range resolutions, has been commercialized and widely adopted, and is also being developed domestically. In this study, it is mathematically derived that the beat frequency generated by the photodetector corresponds to the Doppler shift by wind and we have developed an equipment to calibrate Doppler shift of backscatter signals on velocity and obtained the result of 1.29 MHz at 1 m/s with R^2 of 0.99995 (Fig. 1). The results confirm that wind lidars utilizing Doppler shift can provide accurate wind information.

Keyword : Windlidar, Doppler shift, wind conditions, wind energy, UAM

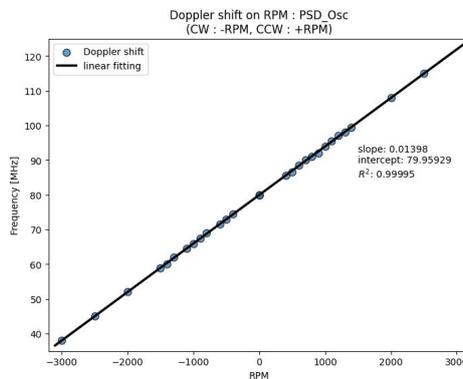


Fig. 1. Doppler shift frequencies on RPM

감사의 글

본 연구는 산업통상자원부 신재생에너지 핵심기술개발 사업 (No. 20223030020230) 지원에 의하여 수행되었습니다.

참고문헌

김지영, 김민석, 2017, 해상기상탑과 윈드라이다의 높이별 풍향관측자료 비교, Journal of Korean Society of Coastal and Ocean Engineers, 29(1), 12-19.

Fujii, T. and Fukuchi, T. (eds.), 2005, Laser remote sensing. CRC Press, Boca Raton, USA, 888 p.

보성 종합기상탑 자료를 활용한 열대저기압의 한반도 접근 시 나타나는 표면경계층 특성 분석

주진희*¹, 박두선^{1,2}, 이영희¹, 김기훈³, 김현주⁴, 박태원⁵, 인소라³

¹경북대학교 대기과학과 (jhju6455@gmail.com),

²경북대학교 지구과학교육과,

³국립기상과학원 관측연구부,

⁴차세대수치예보모델개발사업단,

⁵전남대학교 지구과학교육과

요약

보성 종합기상탑은 307 m 높이의 기상 관측 타워로 육지에서 대기경계층 하층의 연직 구조를 높은 시간 해상도로 관측하는 데에 유용하다. 육지에 상륙하는 열대저기압의 연직 구조를 관측하고 대기경계층 하부의 특성을 이해하는 데에 도움을 줄 수 있다. 대부분의 생명체가 대기경계층 내에 존재하고, 열대저기압에 의한 피해는 육지에 상륙하면서 발생하기 때문에 열대저기압에 의한 피해를 예측하고 대비하기 위하여 열대저기압이 상륙할 때 대기경계층 하부에서 나타나는 변화 특성을 이해할 필요가 있다. 본 연구에서는 보성 종합기상탑의 관측 자료를 통해 한반도에 상륙하는 열대저기압의 표면경계층에서 나타나는 특성을 분석하고자 하였다. 자료 가용 기간에 보성 종합기상탑 주변을 지나간 열대저기압이 상륙함에 따라 나타나는 풍속에 따른 표면경계층의 고도 변화, 마찰 속도(surface frictional speed) 및 거칠기 길이(roughness length) 변화, 연직 에디 확산(vertical eddy diffusivity)의 차이를 분석하였다.

주요어 : 종합기상관측탑, 대기경계층, 표면경계층, 열대저기압

감사의 글

본 연구는 기상청 기후 및 기후변화 감시·예측정보 응용 기술개발 사업 [RS-2021-KM221312]의 지원을 받아 수행되었습니다.

Decrease in MJO predictability following Indo - Pacific Warm Pool Expansion

김혜미

이화여자대학교 과학교육과 (hyemi.kim@ewha.ac.kr)

ABSTRACT

The characteristics of the Madden - Julian oscillation (MJO) have changed and are projected to change further following the expansion of the Indo - Pacific warm pool, which is the Earth's largest region of warm sea surface temperatures (SSTs). However, the likelihood of the MJO predictability change following the warm-pool expansion has yet to be addressed. Therefore, this study investigated the effect of warm-pool expansion on MJO variability and predictability with a highly idealized aqua-planet configuration of CESM2. By expanding the warm pool in the Indo - Pacific, the MJO-like waves become more regionally confined and short-lived convective events with weaker magnitude and less robust eastward propagating signal, possibly due to stronger zonal SST gradients and wider meridional widths of the warm pool. Performing perfect-model ensemble experiments shows that the MJO predictability was reduced by about 5 days, the forecast error proliferates, and more rapidly reduce the signal following warm pool expansion.

Long-term northward shift in the location of maximum tropical cyclone lifetime intensity over the western North Pacific: disentangling track and pure effects

Hyeong-Seog Kim^{*1}, Dasom Ryu¹, and Doo-Sun R. Park²

¹Ocean Science and Technology School, Korea Maritime and Ocean University
(hyeongseog@kmou.ac.kr)

²Department of Earth Science Education, Kyungpook National University

ABSTRACT

Over the past 40 years, the annual mean location of tropical cyclones (TCs) lifetime maximum intensities (LMIs) has been poleward migration. In this study, TCs in the western North Pacific were classified into 7 clusters by Fuzzy C-mean Clustering. Using the track patterns, we evaluated the effects of track pattern change (TRC) in the total variation of LMI location and pure change in each pattern (PRC). The results showed that the TRC and PRC independently and almost equally contribute to the inter-annual variation in LMI. In the long-term variation, however, the time series of PRC showed a statistically significant positive trend while TRC showed no long-term trend. The long-term poleward migrations were found in the TCs in the tropics (TCs over the South China Sea or moving straightly across the Philippines) rather than north-oriented track pattern. The PRC was related to the tropical sea surface temperature over the western North Pacific while the TRC more related to SST over the tropical eastern Pacific.

Keyword : tropical cyclone, life maximum intensity, western North Pacific

천리안위성 2A호 관측과 자료 서비스

변재영^{*1}, 김도형¹, 오대현¹, 황의동¹

¹기상청 국가기상위성센터 (jybyon@korea.kr)

요약

기상위성은 해양, 산악 지역과 같은 지상관측 공백 지역을 관측하고 시공간적으로 균질한 연속적인 자료를 제공한다. 따라서 기상청은 기상재해 대응과 기후변화에 의한 극단적인 기상현상 감시를 목적으로 천리안 위성을 2011년부터 운영하였으며, 천리안 위성 2호(GK2A)가 2018년 발사되어 2019년부터 기상자료를 서비스하고 있다. 천리안 위성 2호는 기상, 해양, 환경 센서가 분리되어 기상 센서(AMI)는 2A호 위성 탑재되고, 해양과 환경 센서는 2B호 탑재되어 관측된다. GK2A는 기상, 환경, 지면, 해양, 우주기상과 관련된 다양한 자료를 생산하고 있다. 본 연구는 GK2A호 기상센서 및 우주기상 탑재체(KSEM)로부터 생산되는 자료와 활용에 관하여 소개하고자 한다. 또한, 기존 산출물의 정확도 향상을 위한 방향과 천리안 위성 1호와 GK2A 관측자료와의 연속성을 확보하고 기후자료 생산을 목적으로 하는 연구 결과, 태양활동과 관련된 우주기상 자료 서비스를 소개한다. 기상위성은 제한된 수명을 가지며 GK2A는 2031년까지 운영 예정이므로 기상청은 후속 위성 GK5 개발을 추진중이다. GK5의 기상센서는 현재와 유사한 기상탑재체와 우주기상탑재체로 구성되며 자세한 내용은 학회 발표에서 소개하고자 한다.

주요어 : 천리안위성(GK2A), 기상탑재체(AMI), 우주기상탑재체(KSEM)

감사의 글

이 연구는 기상청 국가기상위성센터의 「기상위성 예보지원 및 융합서비스 기술개발」 사업의 지원을 받아 수행되었음

Cloud Response to SST Change over the Tropical Western Pacific: COMS vs. MODIS

Yoon-Kyoung Lee¹, Yong-Sang Choi^{1,2}

¹Center for Climate/Environment Change Prediction Research, Ewha Womans University
(ykl@ewha.ac.kr),

²Department of Climate and Energy Systems Engineering, Ewha Womans University

ABSTRACT

Tropical cloud feedback remains uncertain because the cloud response to temperature varies among numerous observational studies. This study shows that a geostationary view can significantly reduce the uncertainty in estimation of cloud feedback over the tropical western Pacific. The cloud feedback was calculated as the simultaneous relation of daily sea surface temperature (SST) and cloudiness over the tropical western Pacific (TWP) from satellite data: the meteorological imager on the geostationary earth orbit (GEO) versus the MODIS on the low-level earth orbit (LEO). SST is weighted with the clear-sky fraction data from GEO and LEO. During 2011 - 2018, the cloud cover data was obtained by geostationary earth orbit satellite (GEO) and low-level earth orbit satellite (LEO) (A^{GEO} , A^{LEO}), and the NOAA's all-sky SST (T_o) was weighted with the clear-sky fraction observed by GEO and LEO (T_w^{GEO} ; T_w^{LEO}). The regression relation between cloud and SST is clearly negative in both data. This may be due to a larger field-of-view of the GEO over the TWP than that of LEO. Therefore, to estimate cloud feedback over the TWP in accuracy, such geostationary satellite data are indispensable.

Keyword : cloud feedback, SST, GEO, LEO

시베리아 고기압 발달 형태와 예측인자에 대한 연구

박태원^{1,*}

¹전남대학교 지구과학교육과 (park2760@gmail.com)

요약

1980/81년부터 2022/23년 겨울(11월-3월) 동안 일평균 해면기압 자료를 사용하여 시베리아 고기압의 계절 내 규모에서의 발달과 예측성에 대해 분석하였다. 시베리아 고기압의 강화 현상은 경도 80-120E, 위도 40-65N 지역에서 평균된 평균된 해면기압이 1035hPa를 넘는 첫날을 시베리아 고기압 발달의 0일로 정의하여 총 173회의 사례에 대한 분석을 수행하였다. 계층적 병합 군집 방법을 사용하여 시베리아 고기압 발달 특성에 따라 시베리아 고기압 발달 사례를 세 가지 군집으로 나누었다. 북극해의 동시베리아해에서 고기압이 발달하기 시작해서 남쪽으로 확장하여 시베리아 고기압의 발달로 이어지는 Arctic origin 형태(74회), Ural 산맥 근처의 유라시아 대륙 내부에서 발달하여 동쪽으로 확장하는 Ural origin 형태(50회), 시베리아 지역에서 국지적으로 발달하는 local origin 형태(49회)의 세 가지 형태로 시베리아 고기압의 계절 내 규모에서의 발달이 나뉘어진다. 시베리아 고기압 발달 2-3일 후 한반도에서 온도 하강이 나타나는데, Arctic origin의 온도 하강이 가장 크며, local origin의 온도 하강이 가장 작았다. 또한 local origin은 다른 두 형태에 비해 지속 기간이 상대적으로 짧았다. Arctic origin 형태의 시베리아 고기압이 발달하기 20일 전에 성층권에서 강한 고기압성 순환이 나타나고, 그로 인해 그 밑의 등온선이 하층으로 휘어지게 되며, 성층권 중부부터 하부에 걸쳐 양의 온도 아노멀리가 형성된다. 성층권의 고기압성 순환과 온난 아노멀리가 하층으로 전파되고, 이 패턴은 대류권계면 근처에 초기 요란으로 작용하여 강한 경압파의 성장과 파동의 전파를 발생시킨다. 경압파와 상호작용하여 지표면의 시베리아 고기압은 강화되고, 한반도 쪽으로 확장이 일어난다. 시베리아 고기압의 강화 및 확장은 한반도에 북풍 계열의 바람을 유도하여 온도 하강을 유발한다. Ural origin 형태의 시베리아 고기압이 발달하기 20일 전에는 바렌츠-카라해에서 해빙의 감소와 해수면에서의 온난 아노멀리가 나타난다. 이와 관련하여 Ural 산맥(western Russia) 지역에서 강한 고기압성 순환이 형성된다. 고기압성 순환이 발달하면서 유라시아 대륙 쪽으로 확장하고, 이와 동시에 대류권계면 부근에서 파동이 같이 발달한다. 대류권 상층 파동과 지면의 고기압 발달로 시베리아 고기압의 강화와 한반도 쪽으로 확장이 일어난다. 시베리아 고기압의 강화 및 확장으로 한반도에 북풍 계열의 바람이 유도되어 온도 하강이 유발된다. Local origin 형태의 시베리아 고기압은 계절예측의 규모인 시베리아 고기압 발달 20일 전에 관련된 선행인자가 나타나지 않았다. 이 형태의 시베리아 고기압 발달은 2-3일 전에 발달하기 시작해서 발달 이후 빠르게 약화되는 형태로 예측하기 매우 어려운 형태라고 볼 수 있다.

주요어 :시베리아 고기압, 우랄 블로킹, 북극 블로킹, 북극 해빙, 성층권 선행인자



학술발표 AT2(대기)



Western North Pacific tropical cyclone activity modulated by phytoplankton feedback under global warming

Han-Kyoung Kim^{*1}, Jong-Yeon Park^{1,2}, Doo-Sun R. Park³, Jong-Seong Kug⁴, Sang-Wook Yeh⁵, and Jun-Hyk Son^{6,7}

¹Department of Earth and Environmental Sciences, Jeonbuk National University, Jeonju, South Korea (hkk@jbnu.ac.kr)

²Department of Environment and Energy, Jeonbuk National University, Jeonju, South Korea

³Department of Earth Science Education, Kyungpook National University, Daegu, South Korea

⁴Division of Environmental Science and Engineering, Pohang University of Science and Technology, Pohang, South Korea

⁵Marine Sciences and Convergent Technology, ERICA, Hanyang University, Ansan, South Korea

⁶Center for Climate Physics, Institute for Basic Science (IBS), Busan, South Korea

⁷Pusan National University, Busan, South Korea

ABSTRACT

The projection of future climate can be altered by the feedback of anticipated changes in marine biogeochemistry. Despite recent Earth system models (ESMs) incorporating bio-optical feedback through chlorophyll in their projections, however, the impact of this feedback on future tropical cyclone (TC) remains unexplored. Here, by conducting two future climate simulations with an ESM with the biogeochemical feedback turned on and off, we investigate the influence of future chlorophyll changes on projections for TCs over the western North Pacific (WNP). The increase in chlorophyll in the tropical eastern Pacific and the decrease in the tropical western Pacific lead to a La Niña-like sea surface temperature warming. This pattern plays a crucial role in enhancing the genesis potential index (GPI) over the southeastern WNP (SE-WNP) by 10.16 % through strengthening the Walker and local Hadley circulations. The enhanced GPI is further supported by an additional higher-resolution atmospheric model experiment, showing a 71.00 % increase in TC genesis over the SE-WNP and a 27.02 % enhancement in TC landfall frequency in East Asia.

Keyword : Earth system model, Tropical cyclone, Biogeochemistry

Irreversible changes in ocean export production in response to CO₂ forcing

Jieun Wie*, Byung-Kwon Moon

Division of Science Education/Institute of Fusion Science, Jeonbuk National University
(jieunwie@gmail.com)

Abstract

Some climate indicators show different response between increase and decrease in carbon dioxide (CO₂) concentration. This study analyzed global irreversible changes of ocean export production by implementing the ideal CO₂ removal scenario of the LOVECLIM model. During periods of increasing and then decreasing CO₂ concentrations, ocean export production decreases in tropical regions and increases in extra-tropical regions except the North Atlantic. The effect of the export production is stronger during periods when CO₂ concentration decreases rather than when it increases, therefore changes in ocean productivity have a delayed effect on CO₂ concentration. Factors affecting the global distribution of ocean export productivity include declining in nutrients in tropical regions and increasing in sea surface temperature in extra-tropical region. Even if CO₂ concentration decreases to its original level, there will be irreversible changes in ocean export production by 42.3% in the global region, with the largest irreversible changes occurring in the Antarctic Ocean, the eastern Pacific, and the northern Pacific. In the equatorial eastern Pacific region, ocean export production is decreasing, and even if CO₂ concentration decreases to its original level, damage is expected to continue due to irreversible changes.

Keywords : Global Warming, Irreversible Change, Ocean Biogeochemistry Process, LOVECLIM model

Acknowledgment

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Government of Korea (MSIT) (No. 2022R1A2C1008858)

Corresponding author: moonbk@jbnu.ac.kr

ENSO와 동아시아 열대저기압 상륙강도 사이의 관련성 및 해수면온도 상승에 따른 미래 변화

박두선*¹, 서은교², 이민규³, 차동현⁴, 김다솔⁵, 허창희⁶, 이명인⁴, 김형석⁷, 민승기³

¹경북대학교 지구과학교육과 (dsrpark@knu.ac.kr),

²부경대학교 환경대기과학전공,

³포항공과대학교 환경공학부,

⁴울산과학기술원 지구환경도시건설공학과,

⁵플로리다 대학교, 지리학과,

⁶이화여자대학교 기후에너지시스템공학전공,

⁷한국해양대학교 해양과학기술융합학과

ABSTRACT

The El Nino Southern Oscillation (ENSO) is a significant phenomenon that interacts with the atmosphere to affect weather and climate globally. ENSO strongly influences tropical cyclone (TC) activity in the western North Pacific. It is well known that the maximum lifetime intensity of tropical cyclones (TC) is stronger during El Nino years than during La Nina years. However, few studies have examined the relationship between intensity at landfall and the ENSO. Here, we show the relationship between landfall intensity and ENSO, as well as the changes in this relationship under basin-wide sea surface temperature (SST) warming. Based on our analyses, there appears to be no relationship between landfall intensity and ENSO under current SST conditions. However, if the SST were to warm, it is possible that catastrophic tropical cyclones could impact East Asian countries during El Nino.

Keyword : ENSO, Tropical cyclone, Landfall intensity, East Asia, SST

감사의 글

본 연구는 기상청 기후 및 기후변화 감시·예측정보 응용 기술개발 사업 [RS-2021-KM221312]의 지원을 받아 수행되었습니다.

식생생장 기간의 변동성 파악과 환경적 요인 분석

이찬기^{*1}, 박태원², 박두선³, 고혜영⁴, 손은하⁵, 김미지⁵

¹전남대학교 해양학과 (lcki7465@gmail.com)

²전남대학교 지구과학교육과

³경북대학교 지구과학교육과

⁴경북대학교 원격대기탐사연구소

⁵국가기상위성센터 위성기획과

요약

지구온난화가 가속화됨에 따라 한반도 및 전지구적으로 식생의 분포는 변화해 가고 있다. 식생의 변화는 기후에 되먹임 작용을 일으킬 수 있으므로 식생생장의 변화를 이해하는 것은 중요하다. 본 연구는 위성 추정 정규식생지수(NDVI; Normalized Difference Vegetation Index)를 활용하여 북반구의 식생생장 시작일과 종료일을 추정하는 방법을 제시하였다. 정규식생지수를 Double Logistic Curve로 적합해서 일 자료를 산출했으며 정규식생지수가 가장 많이 증가하는 날을 식생생장 시작일, 가장 많이 감소하는 날을 식생 종료일, 식생 시작일과 종료일 간의 기간을 식생생장 기간으로 정의하였다. 위성 추정 정규식생지수로부터 산출된 식생변수는 국내 수목원에서 관측된 개화일 자료를 사용하여 검증하였다. 또한 기온과 강수량을 사용하여 식생생장에 영향을 미치는 환경적 요인을 추정했다. 선행연구에서 주요 요인으로 선정된 변수를 포함하여 식생생장 시기의 누적 기온 및 강수량을 사용하여 지역별로 주요 변수를 상관 분석을 통해 선정하였다. 한반도의 경우 식생 시작 1달 전 기온과 2달 전 강수량이 주요한 변수로 나타났다. 분석에 사용된 환경 요인을 이용하여 Leave-one-out Cross validation 통계 예측 모형을 만들었으며, 식생 변수의 변동에 대한 기후 변수 민감도를 조사했다. 추가로 모델에서 식생 변수의 변동에 주요하게 영향을 미친 기후 요소를 진단하기 위해 진단 매트릭스를 생성하였다. 북반구에서 가장 자주 선정된 변수로는 결빙 일수와 식생 시작 1개월 전 누적 기온으로 나타났다.

Keyword : Remote sensing, NDVI, 식생생장

감사의 글

이 연구는 위성자료의 기후환경 융복합 활용 기술개발(IV) 사업의 지원으로 수행되었습니다.



학술발표 AT3(대기)



동북아시아 지역 PM_{2.5} 물리적 상태와 화학조성의 연관성 규명

성창준^{*1}, 김다은¹, 정라니¹, Yanting Qiu², Zhijun Wu², 이지이³, 이광열⁴, 안준영⁴, 장경순⁵,
Andreas Zuend⁶, 김창혁⁷, Amgalan Natsagdorj⁸, 송미정^{1,9}

¹전북대학교 환경에너지융합학과 (cjseongkr@jbnu.ac.kr), ²State Key Joint Laboratory of Environmental Simulation and Pollution Control, College of Environmental Sciences and Engineering, Peking University, ³이화여자대학교 환경공학과, ⁴국립환경과학원 대기환경연구과, ⁵한국기초과학지원연구원, ⁶Department of Atmospheric and Oceanic Sciences, McGill University, ⁷부산대학교 화공생명환경공학부, ⁸Department of Chemistry, School of Arts and Sciences, National University of Mongolia, ⁹전북대학교 지구환경과학과

요약

초미세먼지(PM_{2.5})의 액체, 반고체, 또는 고체 상태 즉, 물리적 상태는 대기 중 PM_{2.5} 입자 크기, 성장 속도, 형태를 결정하는 핵심 요소이다. 최근 대기 분야에서 실제 대기 중 PM_{2.5}의 물리적 상태를 규명하기 위한 연구가 진행되고 있으나, 이를 직접 측정하는 것은 복잡한 대기 환경으로 인하여 도전적인 문제로 간주된다. 본 연구에서는 2020~2022년 동북아시아(베이징, 서울, 서산, 울란바토르)에서 포집한 PM_{2.5} 92개의 고농도 필터 샘플(PM_{2.5} ≥ 35 μg/m³)을 활용하여 물리적 상태와 화학적 특성의 상관관계를 분석하였다. PM_{2.5}의 물리적 상태는 광학 현미경 기반의 optical observation과 poke-and-flow 방법을 사용하여 293 K에서 측정하였다. 분석 결과 PM_{2.5}의 물리적 상태는 화학 조성과 높은 상관성을 보였으며, 이는 지역에 따라서 뚜렷한 차이를 보였다. 특히 일차 유기 에어로졸이 실제 PM_{2.5}의 주요 구성 성분인 경우 상대적으로 낮은 점성도를 보였다. 반면에 이차 무기 에어로졸 성분이 대부분을 차지하는 경우 황산염과 질산염의 비율에 따라 액체상 및 (반)고체상 범위가 달라질 수 있음이 나타났다. 또한 본 연구에서는 동북아시아 지역 PM_{2.5} 필터 분석을 통하여 에어로졸 내 액체상 수분 함량에 따른 PM_{2.5} 점성도를 분석하였다.

주요어 : 물리적 상태, 화학적 특성, 초미세먼지, 동북아시아

Corresponding author: mijung.song@jbnu.ac.kr

가을철 한국과 중국 고농도 PM_{2.5}의 물리적 상태 특성 분석

김다은^{*1}, 고경희¹, 성창준¹, Zhijun Wu², 이지이³, 이광열⁴, 안준영⁴, 장경순⁵, 송미정^{1,6}

¹전북대학교 환경에너지융합학과 (dekim@jbnu.ac.kr), ²State Key Joint Laboratory of Environmental Simulation and Pollution Control, College of Environmental Sciences and Engineering, Peking University, ³이화여자대학교 환경공학과, ⁴국립환경과학원 대기환경연구과, ⁵한국기초과학지원연구원, ⁶전북대학교 지구환경과학과

요약

에어로졸의 물리적 상태(액체, 반고체, 고체)는 고농도 초미세먼지(PM_{2.5})의 발생 기작에 영향을 미치는 원인 중 하나로 여겨진다. 이러한 중요성으로 인해 에어로졸의 물리적 상태에 대한 이해는 필수적이거나, 실제 대기 중 PM_{2.5}의 물리적 상태를 측정하는 연구는 단 몇 건에 불과하다. 본 연구는 2023년 가을철 동북아시아의 한국(서울과 서산)과 중국(베이징)의 PM_{2.5} 필터를 이용하여 에어로졸의 물리적 상태를 측정하였다. PM_{2.5}의 물리적 상태는 실험실 기반의 optical microscopy 방법과 poke-and-flow 방법을 사용하여 정의하였다. 분석 결과, 서울과 서산의 PM_{2.5}는 대부분의 일자에서 액체상으로 존재했으며, 베이징에서는 액체상과 반고체상이 존재하는 것으로 나타났다. 이러한 물리적 상태 결과와 화학적 특성과의 연관성 분석을 통해 동북아시아의 고농도 PM_{2.5} 발생 기작을 규명할 수 있다.

주요어 : PM_{2.5}, phase state, Northeast Asia

Corresponding author: mijung.song@jbnu.ac.kr

2021년 봄철 북극-동아시아의 급격한 냉각화에 따른 동아시아의 PM10 분포와 한국으로의 장거리 수송 변동

조재희¹, 김학성^{*2}

¹국립공주대학교 환경교육과,

²한국교원대학교 지구과학교육과 (envir007@knue.ac.kr)

요약

북극 지역의 지속적 온난화에도 불구하고 2021년 봄에는 급격하게 지표 냉각이 발생하고 대부분의 동아시아 지역으로 확대되었다. 동아시아 지역에서는 서쪽(몽골, 중국 중북부)이 냉각화되었지만 동쪽(중국 동부-북동부, 황해, 한국)은 온난화가 나타나는 지표 온도 쌍극자 패턴을 보이고 있었다. 2021년 4월 동아시아 지역의 지표면 온도 쌍극자 패턴에 따라 인위적 먼지, 광물성 먼지, 생체 연소에 의한 PM10 분포와 한국에 대한 장거리 수송 기여도를 분석하였다. 동아시아 지역의 PM10에 대한 배출원 기원은 WRF-Chem 모델에 인위적, 광물성 먼지, 생체 연소 배출량을 고려한 기준 실험과 각 배출량을 고려하지 않은 민감도 실험 간의 비교 분석을 통해 산출하였다. PM10_{Base}는 기준 실험에 의한 모의 결과를 나타내며, PM10_{Anthro}는 인위적 배출의 영향, PM10_{Dust}는 광물성 먼지의 영향, PM10_{Biomass}는 생체 연소의 영향을 나타낸다. 동아시아 서쪽의 냉각화 패턴은 종관규모의 저기압 활동 증가와 관련이 있으며, 이는 양(+의 잠재와도)로 나타났다. PM10_{Base}는 몽골의 고지대에서 가장 높았으며, 주로 PM10_{Dust}(95%)로 구성되어 있었다. 그러나 동아시아 동쪽의 낮은 지형에서는 대기 온난화에 의해 음(-)의 잠재와도가 강화되어 저기압이 우세하여, 한국으로의 PM10_{Base}의 확산을 방해하고 있었다. 그럼에도 한국에서는 35%에 달하는 PM10_{Dust}의 기여도를 겪고 있었다. 한국에서는 최근 지속적으로 황사 발생일이 감소하고 있었지만, 2021년 봄에는 잦은 황사 발생에 의해 PM10이 증가하였다. 반면, 중국 동부-황해-한국 지역은 온난한 저기압의 영향 아래 중국 동부에서는 PM10_{Anthro}가 55%, 중국 북동부에서는 PM10_{Biomass}가 35%의 공간분포를 나타내고 있었다. 그리고 장거리 수송에 의해 한국에 대한 기여도는 각각 PM10_{Anthro} 25%와 PM10_{Biomass} 5%를 나타내었다. 2021년 4월 14~30 일에는 동아시아의 서쪽(몽골과 중국)은 더욱 냉각화되고, 동쪽(황해와 한국)에서는 여전히 온난화가 나타나는 지표 온도 쌍극자 패턴으로 진전되고 있었다. 이는 동아시아 서쪽에서 저기압이 자주 발생하여 동아시아의 PM10_{Anthro}, PM10_{Dust}, PM10_{Biomass}를 한국으로 수송하는 빈도와 강도를 증가시켰다. 한국에서는 PM10_{Anthro}, PM10_{Dust}, PM10_{Biomass}의 장거리 수송 기여도가 증가하였을 뿐 아니라 여러 배출원의 영향이 혼재되어 나타나고 있었다.

주요어 : 북극-동아시아 지역의 냉각화, 지표 온도 쌍극자 패턴, 인위적 먼지, 광물성 먼지, 생체 연소, 잠재와도

감사의 글

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2021R1F1A106217211, 2022R1C1C2007533).

Community Earth System Model (CESM)의 새로운 이차 유기 에어로졸 모듈 개발을 통한 기후-화학 모형 간 일관성 개선

조두성^{*1}, Simone Tilmes², Louisa K. Emmons², Siyuan Wang^{3,4}, Francis Vitt²

¹서울대학교 지구과학교육과 (duseong@snu.ac.kr)

²National Center for Atmospheric Research (NCAR)

³Cooperative Institute for Research in Environmental Sciences (CIRES)

⁴NOAA Chemical Sciences Laboratory

ABSTRACT

The Community Earth System Model (CESM) community has been providing versatile modeling options, with simple to complex chemistry and aerosol schemes in a single model, in order to support the broad scientific community with various research interests. While different model configurations are available in CESM and these can be used for different fields of Earth system science, simulation results that are consistent across configurations are still desirable. Here we develop a new simple secondary organic aerosol (SOA) scheme in the Community Atmosphere Model (CAM) version 6.3, the atmospheric component of the CESM. The main purpose of this simplified SOA scheme is to reduce the differences in aerosol concentrations and radiative fluxes between CAM and CAM with detailed chemistry (CAM-chem) while maintaining the computational efficiency of CAM. CAM simulation results using the default CAM6 and the new SOA schemes are compared to CAM-chem results as a reference. More consistent SOA concentrations are obtained globally when using the new SOA scheme, for both temporal and spatial variabilities. The new SOA scheme shows 62% of grid cells globally are within a factor of 2 compared to the CAM-chem SOA concentrations, which is improved from 24% when using the default CAM6 SOA scheme. Furthermore, other carbonaceous aerosols (black carbon and primary organic aerosol) in CAM6 become closer to CAM-chem results, due to more similar microphysical aging time scales influenced by SOA coating, which in turn leads to comparable wet deposition fluxes. This results in an improved global atmospheric burden and concentrations at the high latitudes of the Northern Hemisphere compared to the full chemistry version (CAM-chem). As a consequence, the radiative flux differences between CAM-chem and CAM in the Arctic region (up to 6 W m^{-2}) are significantly reduced for both nudged and free-running simulations. We find that the CAM6 SOA scheme can still be used for radiative forcing calculation as the high biases exist both in pre-industrial and present conditions, but studies focusing on the instantaneous radiative effects would benefit from using the SOA scheme developed in this study. The new SOA scheme also has technical advantages including the use of identical SOA precursor emissions as CAM-chem from the online biogenic emissions, instead of pre-calculated emissions that may introduce differences. Future parameter updates on the CAM-chem SOA scheme can be easily translated to the new CAM SOA scheme as it is derived from the CAM-chem SOA scheme.

대기 화학-에어로졸 연동에 따른 UKESM과 GloSea6의 동아시아 봄철 예측성 향상 가능성

송형규*, 윤대옥

충북대학교 지구과학교육과 (ifp1095@chungbuk.ac.kr)

요약

우리나라는 영국 기상청(Met office)의 전지구시스템모델인 the United Kingdom Earth System Model (UKESM)을 2011년부터 도입하여 기후변화와 같이 지구시스템의 변화에 대한 과학적인 평가를 수행하고 있다. 또한 1개월부터 6개월까지 계절내 예보(seasonal forecast)의 정확성을 높이기 위해 계절내 예측 전용 모델인 기후예측시스템(Global Seasonal forecast version 6, GloSea6)을 추가로 도입하였다. GloSea6는 예보 전용 모델이므로, 기상청은 대기화학-에어로졸 모델(United Kingdom Chemistry and Aerosol, UKCA)을 연동하지 않은 GloSea6를 운용하고 있다. 그러나 우리나라가 위치한 동아시아 지역의 경우, 지난 수십 년 간 산업 발전에 의해 대기 중 화학물질과 에어로졸이 크게 증가한 지역이다. 본 연구에서는 GloSea6에 동아시아 지역 복사 수지에 크게 영향을 줄 수 있는 대기화학-에어로졸 과정을 연동시켜 실제 동아시아 지역의 모델 예측 성능의 향상 가능성을 살펴본다. 연구는 CentOS8 리눅스 클러스터를 이용하여 수행하였으며, GloSea6에 UKCA 연동 모델인 GloSea6-UKCA과 기존 GloSea6의 저해상도 버전을 구축하여 2000년 봄철 수치 예측 결과를 예비적으로 비교하였다. 본 연구의 또 다른 주제로는 UKCA의 단순 화학과정(simplified chemistry)인 대류권-성층권 화학 과정(aka. Strattrop)과 주요 화학 과정(full chemistry)인 Common Representative Intermediates (CRI) 과정 적용에 따른 봄철 예측 결과의 분석이 포함되었다. 복잡도가 다른 두 화학 과정을 UKESM과 연동시킨 UKESM-Strattrop과 UKESM-CRI를 기존 GloSea6와 GloSea6-UKCA과 비교한다. 수치실험은 2000년 3월 1일에 대해 ERA5 재분석자료를 초기장으로 하여 5월 30일까지 약 90일간의 기간에 대해 적분한 결과이다. 여기서는 2000년 4월 평균 지상 온도 및 강수량을 ERA5 재분석자료와 비교하였고, 오존 분포 및 에어로졸 광학 두께는 CAMS 재분석자료와 비교하였다. GloSea6-UKCA와 GloSea6가 예측 모의한 2000년 4월 지상 기온과 강수량의 공간 분포 차이 및 공간 분포 평균 시계열에서는 대기화학-에어로졸 과정이 연동된 GloSea6-UKCA가 ERA5와 더욱 유사한 결과를 보여주었다. UKESM의 경우에도 보다 섬세한 화학과정이 연동된 UKESM-CRI가 UKESM-Strattrop에 비해 중국 내륙 지역을 중심으로 개선된 것을 확인할 수 있었다. 본 연구 결과로부터 GloSea6에 대기화학-에어로졸 과정이 연동된다면 동아시아지역 모델 예측 성능이 향상될 수 있다는 것을 확인할 수 있었다. 또한 섬세한 화학 메커니즘이 구현될수록 UKESM의 예측 성능이 좋아질 수 있는 가능성도 확인할 수 있었다. 하지만 UKESM-CRI와 UKESM-Strattrop이 수치모의한 오존 분포 및 에어로졸 광학 두께는 큰 차이를 보이지 않았다. 이에 대한 추가적인 연구가 절실하며, UKCA내에 에어로졸 과정 중 암모늄염과 질산염이 고려되지 않고 있다는 한계를 고려하여야 한다.

주요어 : UKESM, GloSea6, UKCA, CRI



학술발표 EE1(지구환경)



딥러닝을 활용한 GEMS NO₂ 산출물 초단기 예측 연구

박정은^{*1}, 김구², 홍성욱³

¹세종대학교 일반대학원 환경에너지융합학과 (wjd196@sju.ac.kr)

²국립환경과학원 환경위성센터

³세종대학교 환경에너지공간융합학과 (교신저자: sesttiya@sejong.ac.kr)

요약

아시아 전역의 대기오염물질을 감시하고 관련 산출물들을 제공하는 정지궤도 환경센서(GEMS)는 2020년 2월에 발사한 정지궤도 다목적 위성(GK-2B)에 탑재되어 활동 중입니다. 그중에서도 주로 자동차와 공장에서 배출되는 대기 오염 물질인 이산화질소(NO₂)는 오존 생성의 전구 물질로, 이동성 오염원의 특성 때문에 농도변화가 빠르고 감지하기 어렵습니다. 현재 환경위성센터에서는 하루에 6~10번의 NO₂ 산출물을 제공하고 있습니다. 특히 겨울철에는 최대 6번 밖에 관측되지 않아 NO₂ 산출물 예측 및 모니터링에 어려움을 겪고 있습니다. 이에 본 연구를 통해 이 횟수를 증가시킬 수 있다면, 고농도의 NO₂ 이동 패턴을 더 잘 파악할 수 있을 것으로 기대됩니다. 또한, 일몰 이후에는 NO₂ 산출물이 제공되지 않았는데 이를 보완함으로써 야간 시간대의 모니터링과 예측이 강화될 것입니다.

본 연구는 GEMS 센서로부터 얻은 NO₂ 산출물을 활용하여 NO₂ 농도의 초단기 예측 모델을 개발하였습니다. 연구에서는 인공지능 기법 중 하나인 적대적 학습을 활용하는 C-GAN 기법을 기반으로 하는 D2D 모델을 사용하였습니다. 연구에 활용된 데이터로는 2020년 11월부터 2022년 12월까지의 NO₂ 데이터로 학습을 진행하였고, 이후 2023년 1월부터 12월까지 1년간의 NO₂ 데이터를 검증에 사용하였습니다. 예측 모델의 정확성은 GEMS NO₂ 데이터와 TROPOMI 위성의 NO₂ 데이터를 기준으로 검증되었습니다. 본 연구 모델은 정성적 및 정량적 비교 분석에서 1시간에서 3시간까지의 예측 결과가 우수한 성능을 보였음을 확인하였다.

본 연구 결과를 통해 일몰 이후에 관측되지 않는 NO₂ 농도와 분포를 예측할 수 있으며, 이는 공기환경 모니터링 및 대응 전략 수립에 대한 중요한 정보를 제공할 수 있습니다.

주요어 : GEMS, NO₂, 대기오염물질, 예측, 인공지능

감사의 글

본 연구는 해양수산부의 재원으로 해양수산과학기술진흥원(KIMST)의 지원을 받아 수행하였습니다. (RS-2023-00256330)

딥러닝 기법을 적용한 환경위성 GEMS의 가시 Red, Green 밴드 생성

유한솔*¹, 박정은¹, 정재훈², 홍성욱³

¹세종대학교 일반대학원 환경에너지융합학과 (hansol@sju.ac.kr),

²국립환경과학원 환경위성센터

³세종대학교 환경에너지공간융합학과 (교신저자: sesttiya@sejong.ac.kr)

요약

한국을 포함한 아시아 지역은 심각한 대기오염에 직면해 있으며 최근에는 전 세계적으로 대기의 오염 정도가 점차 악화되고 있습니다. 우리나라는 2020년 2월부터 대기 환경 관측을 목적으로 하는 정지궤도 환경위성인 GK-2B를 운용해왔습니다. GK-2B에 장착된 환경 센서 GEMS는 초분광 대역에서 대기를 모니터링하여 미세한 대기 오염 물질을 감지하는 데 이상적입니다. 그러나 GEMS는 보유한 파장대의 한계로 인해, 오염물질의 이동과 확산 등의 변화하는 상태를 효과적으로 파악하는데 유용한 가시 영상의 합성에는 제한이 있습니다. 이를 해결하기 위해 GK-2A의 AMI 기상 센서의 red, green, blue 밴드 데이터에 딥러닝 기술을 적용하여 GEMS의 가시 밴드 생성 연구를 진행했습니다. 모델의 학습과 검증에는 각각 2020년과 2021년의 AMI red, green, blue 밴드 데이터를 사용했으며, 2021년의 GEMS Blue 밴드를 모델 적용에 사용했습니다. 세 채널에서의 검증 결과가 모두 0.99 이상의 상관성을 보였고, 모델의 적용 결과에서 또한 0.99 이상의 높은 상관성을 나타냈습니다. 본 연구의 GEMS 가시 밴드 radiance 데이터 생성으로 GEMS 자체의 가시 영상 생성이 가능해졌으며, 이는 대기 환경 모니터링의 직관적인 이해에 도움을 줄 뿐만 아니라 가시 밴드의 radiance 데이터를 활용한 산출물 생성에도 활용될 수 있을 것입니다.

주요어 : GEMS, 딥러닝, 밴드 생성, 원격 탐사, 대기 환경 모니터링

감사의 글

본 연구는 해양수산부의 재원으로 해양수산과학기술진흥원(KIMST)의 지원을 받아 수행하였습니다. (RS-2023-00256330)

유역 토지 이용도를 고려한 하천 총 유기 탄소 농도 예측을 위한 기계학습 모델 개발

오해성*, 허진

세종대학교 환경에너지융합학과 (hs4969@sejong.ac.kr)

요약

하천의 총 유기 탄소 (TOC) 농도는 유역의 토지 이용도 등의 지리적 특성의 영향을 받을 수 있다. 하지만 TOC 예측을 위한 지리적 특성의 활용은 제한적이다. 따라서 본 연구에서는 금호강 소유역에서 강우기와 비강우기에 적용 가능한 머신러닝을 기반 TOC 예측 모델을 개발하였다. TOC 예측 모델의 입력 자료로 수질 매개변수인 BOD, COD, TN, TP, SS를 활용하였으며, 예측 성능 향상을 위해 토지 이용도, 경사도, 유량 등의 지리적 매개변수와 통합하여 적용하였다. 모델 알고리즘은 머신러닝 기반의 extreme gradient boosting (XGBoost)와 deep neural network (DNN)과 전통적인 통계 방법인 다중선형회귀 (multiple linear regression, MLR)를 활용하였으며, 각 알고리즘 기반 예측 모델의 성능을 비교하였다. 수질 매개변수 BOD, COD, TN, TP, SS를 입력 자료로 사용하였을 때, 세 예측 모델 중 XGBoost를 활용한 예측 모델의 성능이 가장 우수했다 ($R^2=0.61\sim0.68$). 수질 매개변수를 입력 자료로 사용한 경우보다 수질과 지리적 매개변수를 통합하여 TOC 예측 모델을 구축하였을 때, 모델의 정확도가 향상되었으며, 특히 강우기의 XGBoost 기반 예측 모델의 R^2 가 0.77로 성능이 가장 우수하였다. 예측 성능이 가장 우수한 수질과 지리적 매개변수를 통합하여 입력자료로 활용한 XGBoost 모델을 기반으로 변수 중요도 분석을 실시하여 각 입력변수가 TOC 예측에 미치는 기여를 정량화한 결과, 비강우기에는 COD, BOD, TN, TP, SS 순으로 높은 기여도를 보였다. 강우기에는 COD, TP, SS, TN, 농경지 순으로 기여도가 높았다. 강우기에는 비강우기에 비해 농경지의 기여도가 유의미하게 높게 나타났다.

주요어 : 총 유기 탄소, 머신러닝, 예측 모델, 변수 중요도, 토지 이용도

감사의 글

본 연구는 해양수산부의 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 “해양유해물질 오염원 추적기법개발 사업 (KIMST-20220534)”과 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원의 “지문화 기술을 이용한 총 유기탄소 기원 추적 기술 개발 사업 (2020003030005)”의 지원을 받아 수행되었습니다.

Utilizing fluorescence descriptors of water soluble organic matter to track different organic pollution sources impacting coastal sediments

Dineesha Kandaddara Badalge*, Jin Hur

Department of Environment and Energy, Sejong University (kbindineesha@gmail.com)

Abstract

Coastal sediments play a critical role in aquatic ecosystems, acting as both sources and sinks of nutrients and pollutants. Human activities in coastal regions often introduce pollutants into these environments. Understanding the origins of organic pollution is crucial for developing effective mitigation strategies. Fluorescence spectroscopy has become an increasingly valuable tool in this context, thanks to its simplicity, speed, accuracy, and reliability. This study focuses on optimizing the extraction of water-soluble organic matter (WSOM) from coastal sediments for fluorescence-based pollution source tracking. It also validates this approach by comparing contributions from different sampling sites, each with unique organic pollution sources. The research involved analyzing surface sediments from 14 sites, considering 8 potential pollution sources, and using 21-day-old algae to represent primary oceanic production. We conducted statistical feasibility tests on selected fluorescence indices using a controlled particulate organic matter mixture. These tests identified distilled water as the optimal extraction solvent and determined that a 0.5-hour extraction period is sufficient. Employing end-member mixing analysis (EMMA) with two fluorescence proxies (HIX and C3%) revealed that various coastal sites experience different levels of pollution, depending on their proximity to the sources. Additionally, a comparison between EMMA results and stable isotope analysis ($\delta^{13}\text{C}_{\text{‰}}$ vs. $\delta^{15}\text{N}_{\text{‰}}$) across the sampling sites found no significant differences in the mean contributions of agricultural soil and fishery-based pollution, which predominate at the study sites. This consistency underscores the stability and reproducibility of using WSOM fluorescence-based tracers in determining the sources of sediment organic matter, especially when a particular source dominates.

Keywords : Coastal sediment, Dissolved organic matter, Fluorescence spectroscopy, Source tracking, End member mixing

Acknowledgement

This research was supported by the 'Development of Source Identification and Apportionment Methods for Toxic Substances in Marine Environments' program of the Korea Institute of Marine Science & Technology Promotion (KIMST) (KIMST-20220534).

벚짚 및 황산염의 주입이 토양 내 비소의 거동 및 dimethylated arsenicals의 형성에 미치는 영향

윤상규¹, 김하은¹, 안진성^{1,2*}

¹한양대학교 ERICA 스마트시티공학과

²한양대학교 ERICA 건설환경공학과 (jsan86@hanyang.ac.kr)

요약

본 연구에서는 외부탄소원(벚짚) 및 황산염의 첨가가 토양 내 비소의 거동과 dimethylated arsenicals (dimethylarsinic acid (DMA), dimethylmonothioarsinic acid (DMMTA), dimethyldithioarsinic acid (DMDTA))의 형성에 미치는 영향을 확인하기 위해 논토양 환경을 모사한 microcosm 실험을 수행했다. Microcosm 실험은 100 mg/kg의 arsenate로 인공오염시킨 논토양에 벚짚(1% w/w) 및 황산염(280 mg/L)을 첨가하고 두 번의 반복적인 환원(20일) 및 산화(28일) 조건을 부여하여 수행되었다. 벚짚과 황산염을 첨가한 경우 첫 번째 환원-산화 기간 중 공극수 내 총 비소의 농도는 약 5 mg/L-20.7 mg/L로 벚짚 및 황산염을 첨가하지 않은 경우 (0.5 mg/L-5 mg/L)에 비해 더 높은 공극수 내 총 비소 농도를 나타냈다. 이는 벚짚 및 황산염 적용에 따른 논토양 내 미생물의 활동 증진으로 인해 논토양 내 환원 환경이 촉진 형성되고, 이로 인한 논토양 내 철 산화물의 환원성 용해(reductive dissolution)의 증가로부터 기인한 것으로 추정된다. 또한 벚짚과 황산염을 첨가한 경우 첫 번째 환원-산화 기간 중 논토양 공극수 내 dimethylated arsenicals의 형성이 관찰되었으며, 이는 벚짚과 황산염 적용에 따른 논토양 내 환원 환경의 촉진 형성 및 황산염 환원 미생물의 존재비 증가로부터 기인한 것으로 추정된다. 한편, 두 번째 환원-산화 기간 중 논토양 공극수 내 총 비소의 농도가 첫 번째 환원-산화 기간에 비해 약 87% 감소했으며, 비소의 dimethylated arsenicals로의 종분화(speciation)가 관찰되지 않았다. 이는 논토양 공극수 내 용존유기탄소 감소로 인한 미생물 활동의 감소와 주기적인 환원-산화 환경 조성에 따른 철 산화물의 결정도 증가에 의한 것으로 추정된다.

주요어 : Redox transition zone, Arsenic species transformation, Fe oxides transformation, dimethylated arsenicals, Microcosm

사사

This work was supported by the Korea Environmental Industry & Technology Institute through the Aquatic Ecosystem Conservation Research Program, funded by the Korea Ministry of Environment (MOE) (2021003050001), and the National Research Foundation of Korea (NRF) grant, funded by the Ministry of science and ICT (MSIT) (NRF-2022R1F1A1076510).

경기육괴 북서부 파주 지역의 변성 이질암과 스카포라이트를 함유한 탄산규산염암에서 사이에서 발생한 유체 및 물질 이동

이정민*, 김형수

¹고려대학교 (leejm@korea.ac.kr)

요약

스카포라이트는 공존하는 유체 성분에 따라 다양한 변성 환경에서 안정할 수 있어 유체-암석 반응에 대한 정보를 줄 수 있다. 이번 연구에서 경기육괴 북서부 파주 지역에 스카포라이트를 함유한 탄산규산염암의 광물 조합의 변성 온도, 압력 그리고 유체(X_{CO_2}) 성분을 상평형도 모델링을 통해 제안하고, 변성작용 동안 발생한 유체 및 물질의 이동에 대해서 논의하고자 한다. 연구지역은 변성이질암과 변성탄산염암 습곡에 의해 교호하며 나타난다. 그 중 변성탄산염암은 방해석의 함량에 따라 대리암과 탄산규산염암으로 나뉘는데, 탄산규산염암은 석류석을 포함한 암석과 포함하지 않은 암석으로 구분된다. 각각의 광물 조합은 스카포라이트 + 석류석 + 단사휘석 + 사장석 + 정장석 + 석영 ± 각섬석 ± 방해석 ± 스피넬 ± 티탄철석과 스카포라이트 + 단사휘석 + 사장석 + 정장석 + 석영 ± 각섬석 ± 방해석 ± 스피넬 ± 클리노조이사이트이다. P-T- X_{Na} - X_{CO_2} 상평형도 모델링 결과, 두 광물 조합에는 세 단계의 변성작용이 기록되어있다. 가장 먼저, 석류석을 함유한 탄산규산염암에서 석류석이 약 6-7 kbar와 약 550 °C, $X_{CO_2} < 0.2$ 그리고 전암 성분의 $X_{Na} = 0.09-0.15$ 조건에서 형성되었다. 이후 모든 탄산규산염암에서 사장석 ($X_{An} = 0.30-0.55$)과 스카포라이트 (미조나이트, $X_{Cl} = \sim 0.05$)가 형성되는데, 석류석을 포함하는 탄산규산염암에서는 X_{CO_2} 가 높은 조건 (0.5-0.7)에서, 그리고 석류석이 없는 탄산규산염암에서는 X_{CO_2} 가 낮은 조건 (< 0.1)에서 형성된다. 그리고 후퇴변성작용이 약 4-5 kbar와 약 430-520 °C 그리고 $X_{CO_2} < 0.1$ 조건에서 발생하면서 석류석이 있는 탄산규산염암에는 칼슘 함량이 높은 사장석이 ($X_{An} = 0.60-0.90$)이, 석류석이 없는 탄산규산염암에는 Cl을 함유한 스카포라이트 ($X_{Cl} = 0.1-0.3$)와 소듐 함량이 높은 사장석이 ($X_{An} < 0.15$) 형성되었다. 연구결과를 종합하면, 연구지역의 석류석을 함유한 탄산규산염암과 석류석이 없는 탄산규산염암에는 중압형 시계방향의 P-T- X_{Na} - X_{CO_2} 변성진화경로가 기록되었다. 전진변성작용을 겪으며 두 탄산규산염암은 상이한 유체성분을 갖게 되고, 이후 후퇴변성작용을 겪는데, 이 과정에서 나타나는 서로 다른 성분을 갖는 광물 조합의 형성은 변성이질암과 변성탄산염 사이에서 발생한 유체를 통한 물질 이동 (Na^+ , Ca^{2+} , Cl^-)에 의한 것으로 추정된다.

주요어 : 스카포라이트, 탄산규산염암, 암석 간 유체 교환 및 물질이동, 상평형도 모델링



학술발표 GP1(지구물리)



한일공동개발구역 일원의 지구물리학적 연구

하정원^{*1,3}, 임형래^{2,3}, 허 식⁴

¹개운중학교 (hoe2811@pusan.ac.kr)

²부산대학교 대학원 지구학과

³부산대학교 미래지구환경연구소

⁴한국해양과학기술원

요약

지구 물리 자료를 이용하여 한일공동개발구역(Korea-Japan Joint Development Zone, JDZ)의 지하 구조를 분석했다. 부우계 이상과 잔여 이상 자료를 만들고 부우계 이상에 총수평 기울기(total horizontal gradients)를 적용한 결과 오키나와 트러프, 타이완-신지 벨트, 제주 분지, 시후 분지 등의 지체구조가 구별되었으며 JDZ의 2, 4소구 경계에서 수평 기울기가 강한 영역이 확인되었다. 자력 이상은 JDZ의 넓은 영역에 분포하고 있으며 특히, 타이완 신지 벨트와 룡완 해팽에서 강한 자기 이상체가 있을 것으로 추정된다. 2소구와 4소구 경계에 어넬리틱 시그널을 적용한 결과 진폭이 낮은 이상체 주변으로 강한 이상체가 나타났다. JDZ의 중력과 자력 자료에 적용한 역산은 높은 밀도와 높은 대자율을 보이는 타이완-신지 벨트, 낮은 밀도의 제주 분지와 호 분지가 두드러지게 나타난다. 제주분지의 정밀한 역산을 위해 심도 7km 이하 영역을 순산 모델링으로 광역 이상을 제거한 역산 결과는 탄성파 단면과 대체로 좋은 관계성을 보였다. 강한 밀도 변화를 보이는 지역은 기반암이 깊게 함몰된 반지구와 일치하였으며 높은 밀도를 보이는 지역은 기반암의 상승 부와 일치했다.

주요어 : 한일공동개발구역, 물리탐사 자료, 역산

감사의 글

이 논문은 2023년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 램프(LAMP) 사업 지원을 받아 수행된 연구임(No. RS-2023-00301938).

2011년 이후 자전축 요동 양상을 고려한 질량 해수면의 연 변화 성분

전태환*¹, 서기원¹, 한신찬²

¹서울대학교 (naiad123@snu.ac.kr)

²호주 뉴캐슬 대학교

요약

약 1세기 동안 누적된 자전축 위치 관측값은 지구의 자전축이 특정한 지점에 고정되어 있지 않고 계속 움직이고 있다는 것을 보여준다. 자전축이 변동하면 지구 자전으로 인한 회전 타원체 모양의 원심 퍼텐셜 면 또한 변동하며, 해수면은 이 퍼텐셜 면을 따라 중력적으로 배열한다. 특히 자전축은 채들러 요동, 1년 요동과 같이 큰 진폭의 주기 변화 성분을 갖고 있는데, 해수면도 이들 성분의 간섭 효과를 반영하여 등락을 반복하게 된다. 이는 마치 조석과 유사한 모양의 해수면의 주기 변화로 나타난다 하여 이를 극 조석 (pole tide) 현상이라고 부른다. 하지만 최근 보고에 의하면 대략 2010년 이후로 약 433일 주기를 갖는 채들러 요동이 극히 약화되었으며, 이에 따라 극 조석 효과 또한 1년 주기의 변동성이 한동안 두드러지게 나타날 것으로 예측된다. 지구의 해수면은 이미 다양한 수문학, 기후학적 요인에 의해 1년 주기 변동성이 뚜렷하므로, 여기에 동일 주기의 극 조석 효과가 더해졌을 때의 규칙적인 보강 및 상쇄 효과를 예측할 수 있는 상황이다. 이에 본 연구에서는 육지의 물 수지, 기압 및 해류 변화가 만드는 이른바 기후 원인 해수면 변화에 1년 주기성이 두드러지는 2011년 이후의 자전축 요동으로 인한 극 조석 효과를 더하여, 총 질량 해수면의 연 변화 성분을 조사하였다. 이렇게 계산된 질량 해수면 변화는 중위도권에서 상당한 위상 변화와 진폭 변화를 시사하고 있다. 예를 들어, 남반구 태평양에서는 해수 질량의 연중 최대 진폭의 30%가 상쇄되는 반면 하와이를 중심으로 한 북반구 태평양에서는 오히려 약 20-30% 강화되는 것으로 나타났다. 위상 변동도 지역에 따라 최대 한 달 정도 변화하는데, 우리나라를 포함한 동아시아 부근에서는 질량 해수면의 최대 시점이 약 2주에서 4주 정도 앞당겨질 것으로 예상되며, 호주 동해안과 뉴질랜드의 경우 3주 전후의 위상 지연이 발생하는 것으로 예측되었다.

주요어 : 자전축 변화, 극 조석, 해수면 변화, 중력적 해수면

부분 채널 드랍을 활용한 딥러닝 기반 3차원 복합 역산 모델 개발

오종찬^{*1}, 공신혜¹, 윤대웅¹, 신승욱²

¹전남대학교 에너지자원공학과 (jongchano97@gmail.com)

²한국지질자원연구원

요약

복합역산은 다양한 물리탐사 방법으로 취득된 자료를 결합하여 지하 구조를 더욱 정확하게 해석하기 위한 기술로, 단일 역산을 사용할 때 발생하는 비유일해 문제를 보완하여 해석의 안정도를 높이고, 이를 통해 보다 합리적인 결과를 얻기 위해 제안된 기법이다. 하지만 기존 물리 기반의 복합역산은 목적함수에 정규화 항들이 추가되어 해석이 복잡해지고, 가중치 선정에 따라 결과가 달라지며, 높은 해상도를 가지는 자료에 복합역산의 결과가 편향될 가능성이 있다. 특히 대규모 자료의 경우 연산 비용이 많이 소요된다는 단점도 있다. 이러한 한계를 극복하기 위해, 최근 딥러닝 기술을 복합역산에 적용하는 연구가 활발히 수행되고 있다. 딥러닝 기술은 대규모 자료의 종합 및 패턴 추출 능력과 빠른 추론 속도 때문에 복합역산에 매우 유용한 기술로 평가되고 있다.

본 연구에서는 합성곱 기반의 3차원 U-Net 구조를 활용하여 딥러닝 기반 3차원 복합역산 모델을 개발하였다. 먼저, 모델 학습을 위해 임의의 형태의 이상체를 가지는 다중물성 (밀도, 자화율, 전기비저항) 지반 모델을 생성하였고, 생성된 지반 모델에 수치모델링을 적용하여 다중 물리탐사자료 (중력, 자력, 걸보기 전기전도도)를 획득하였다. 다중 물리탐사자료는 채널 방향으로 종합되었고, 중력 1채널, 자력 1채널, 걸보기 전기전도도 10채널로 총 12채널로 구성하였다. 또한, 특정 자료에 과적합되거나 자료가 소실되어도 예측을 수행할 수 있도록 훈련 자료에 부분 채널 드랍을 수행하였다. 지도학습 기반으로 학습이 수행되었고, 다중 물리탐사자료가 입력, 3차원 다중물성 모델이 레이블로 사용되었다. 학습된 모델은 훈련 자료와 다른 분포 및 구조를 가지는 테스트 자료를 사용하여 평가되었고, 높은 정확도를 보이는 것을 확인하였다. 또한, 기존의 결정론적 역산법과 비교하였을 때도 제안된 기법의 성능이 더 높은 것을 증명하였다. 이를 통해 본 연구에서 개발한 딥러닝 기반 3차원 복합역산 모델이 실제 현장에서의 지하 구조 해석에 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

주요어 : 3차원 복합 역산, 딥러닝, 부분 채널 드랍

감사의 글

이 연구는 한국지질자원연구원에서 수행된 “지도학습을 이용한 잠재 VTM 광체 예측 연구(2023-0257-01)” 사업으로부터 지원을 받아 수행되었습니다.

전치 배열 전략 기반 딥러닝 탄성파 자료 크로스라인 내삽

유지윤^{*1}, 주용환², 윤대웅¹

¹전남대학교 에너지자원공학과 (ujun917@gmail.com),

²한국지질자원연구원 해저지질에너지연구본부

요약

해양 탄성파 탐사 시스템은 일반적으로 탐사 범위를 최대화하기 위해 스트리머 사이의 간격을 넓게 설정한다. 이로 인해 인라인 방향의 수신기 간격은 조밀하지만, 크로스라인 방향의 수신기 간격이 상대적으로 넓어서 크로스라인 방향에서 공간적 알리아싱 문제가 발생할 가능성이 있으며, 이는 3차원 탄성파 탐사 자료 처리에서 해상도가 낮아지는 결과를 초래할 수 있다. 따라서, 이러한 문제를 해결하고 자료의 해상도를 향상하기 위해 크로스라인 방향의 자료 보간이 필요하다.

최근 딥러닝 기술이 탄성파 자료 내삽 연구에 적극 도입되고 있으며, 주로 지도학습 또는 비지도학습 방법론이 활용된다. 이 중 지도학습 방식은 정답(레이블) 자료가 필요하나, 실제 현장 자료에서는 크로스라인 방향의 정답자료가 없어 크로스라인 내삽을 위한 지도학습 모델을 학습하는 데 어려움이 있다. 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 크로스라인 내삽 모델의 학습 및 추론에 활용하기 위한 새로운 입력자료 배열 전략을 개발하였다.

개발된 배열 전략은 학습 단계와 추론 단계에서 입력자료의 수신기 배열을 다르게 설정한다. 학습 단계에서는 인라인 방향의 조밀한 자료를 제거하여 보간 모델을 학습하고, 추론 단계에서는 학습 단계의 입력 배열을 전치(transpose)하여 학습된 모델의 입력으로 사용하여 크로스라인 방향으로의 자료를 생성한다. 개발된 전치 배열 전략(transposed arrangement strategy)은 다양한 딥러닝 모델을 활용하여 전통적인 보간법과의 비교를 통해 성능을 검증하였고, 본 전략에 최적화된 크로스라인 내삽 모델을 제시한다.

주요어 : 크로스라인 내삽, 전치 배열 전략, 지도 학습, 탄성파 탐사 자료, 딥러닝

감사의 글

본 연구는 2023년 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행되었습니다(머신러닝 기반 해저면 특성 분류 기술개발)(관리번호: 20220254).



학술발표 GP2(지구물리)



4차원 시추공 모니터링 자료에 대한 전파형역산 기반 시간경과 탄성파 모니터링 기술 적용성 검토

조현욱^{*1}, Roman Pevzner², 오주원^{1,3}

¹전북대학교 환경에너지융합학과 (gusdnr0293@jbnu.ac.kr),

²Curtin University, Centre for Exploration Geophysics,

³전북대학교 토목/환경/자원·에너지공학부(자원·에너지공학)

요약

이산화탄소 지중저장(Carbon Capture Storage, CCS)은 탄소중립 달성을 위한 가장 현실적인 대안이자 핵심 수단으로 주목받고 있다. 성공적인 CCS를 위해서는 탄성파 탐사를 통해 탄성파 전파 속도를 이용하여 고분해능의 지하 구조 영상을 획득하여 분석하는 것이 중요하며, 이에 관련된 기술 중 시간경과 모니터링 기술을 통해 이산화탄소의 지중저장 전후의 상황을 비교하고 분석하는 연구가 활발히 진행되고 있다. CCS를 위한 지중저장 부는 주로 육상과 해상으로 나뉘며, 육상의 경우 최근 우리나라 군산분지와 같은 염대수층 부지에 시추공 내 수진기를 설치하여 탐사자료의 반복성을 높이고 표면파의 영향을 최소화할 수 있는 시추공 탐사(Vertical Seismic Profiling, VSP)가 주목받고 있다. 본 연구에서는 한국에너지기술평가원의 에너지인력양성사업을 통해 2023년 8월부터 2024년 3월까지 8개월간의 국제협력프로젝트를 통해, 호주의 오토웨이 CCS 파일럿 프로젝트의 시추공 탐사자료 연구를 수행하고 있는 CRGC (Curtin Reservoir Geophysics Consortium) 연구팀과의 공동연구 결과를 소개하고자 한다.

주요어 : 이산화탄소 지중저장, 4차원 탄성파 모니터링, 전파형역산, 수직 시추공 탄성파 탐사, 오토웨이 프로젝트

감사의 글

본 연구는 2023년 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 에너지 인력양성사업(지구물리탐사 및 모니터링 글로벌 혁신인재양성)의 지원을 수행한 연구과제입니다(RS-2023-00249135). 또한 발표를 승인해주신 CRGC 컨소시엄의 스폰서에 감사드리며, 특히 오토웨이 프로젝트 3단계 탄성파 탐사자료를 제공해주신 CO2CRC에 감사드립니다.

캐나다 알버타주 이산화탄소 지중저장 실증부지에 대한 전파형역산 기반 시간경과 탄성파 모니터링 연구

지형근*¹, Kristopher A. Innanen², 박세은¹, 오주원^{1,3}

¹전북대학교 환경에너지융합학과 (gldrms123@jbnu.ac.kr),

²University of Calgary, Department of Geoscience

³전북대학교 토목/환경/자원·에너지공학부(자원에너지공학)

요약

대규모 온실가스 감축을 위한 이산화탄소 지중저장(Carbon Capture and Storage, CCS)은 저장된 이산화탄소 누출 위험 제거를 위한 모니터링 기술의 확보 및 검증이 필수적이다. 이를 목표로 캐나다 알버타주에 설립된 Newell County Facility는 파일럿 규모의 CCS 실증부지로 캘거리대학 CREWES (Consortium for Research in Elastic Wave Exploration Seismology) 연구팀의 주도로 운영되고 있다. 2018년, 베이스라인 자료획득을 위한 3D Vertical Seismic Profile (VSP) 탐사가 수행되었으며, 이산화탄소 주입 후 2022년에 초기 모니터링 자료가 획득되었다. 전북대학교 지구물리컴퓨팅 연구실은 한국에너지기술평가원의 에너지인력양성사업을 통해 2023년 9월부터 2024년 3월까지 CREWES 연구팀과 전파형역산을 이용한 4차원 모니터링 국제공동연구를 수행하였으며, 주입 층의 P파 속도 변화를 감지하여 이산화탄소의 거동을 설명하였다. 이는 Newell County Facility에서 수행된 최초의 3차원/4차원 탄성파 해석연구로, 그 결과를 국내 연구진과 공유하고자 한다.

주요어 : 이산화탄소 지중저장, 4차원 탄성파 모니터링, 전파형역산, 수직 시추공 탄성파 탐사, Newell County Facility

감사의 글

본 연구는 2023년 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 에너지 인력양성사업(지구물리탐사 및 모니터링 글로벌 혁신인재양성)의 지원을 수행한 연구과제입니다(RS-2023-00249135). 또한, CREWES의 스폰서, NSERC (Natural Science and Engineering Research Council of Canada)의 지원과 (CRDPJ 543578-19), 자료획득에 도움을 주신 Carbon Management Canada에 감사드립니다.

지열발전 부지 특성화를 위한 3차원 탄성파 속도 추정 연구: 유타 FORGE 지열발전 부지에 대한 적용

정윤하¹, Nori Nakata^{2,3}, 박세은¹, 오주원^{1,4}

¹전북대학교 환경에너지융합학과 (juh1591@jbnu.ac.kr),

²Lawrence Berkeley National Laboratory, Earth and Environment Sciences Area

³Massachusetts Institute of Technology, Department of Earth, Atmospheric and Planetary Sciences

⁴ 전북대학교 토목/환경/자원·에너지공학부(자원에너지공학)

요약

대규모 인공저류층 지열발전 시스템(Enhanced Geothermal System, EGS)를 안전하게 이용하기 위해 발전 부지의 속도구조를 파악하는 것이 필수적이다. 전북대학교 지구물리컴퓨팅 연구실은 한국에너지기술평가원의 에너지인력양성사업을 통해 2023년 9월부터 2024년 3월까지 유타 FORGE (Frontier Observatory for Research in Geothermal Energy) 프로젝트에 참여하고 있는 미국 로렌스버클리국립연구소와 미국 유타주에서 수행되고 있는 대규모 EGS 유타 FORGE 부지에 대해 3차원 탄성파탐사 자료를 활용한 전파형역산 실증연구를 수행하였다. 신호대 잡음비가 낮고, 가까운 오프셋에서의 잡음이 강하게 나타나는 육상 탄성파 자료의 한계점을 극복하기 위해 2단계에 걸친 속도구조 영상화 전략을 수립하였다. 1단계에서는 3차원 탄성파 주시 토모그래피를 적용하여 초기 속도모델을 구축하고, 2단계에서 전파형역산을 수행함으로써 세부 속도구조를 추정하고자 하였다. 웰로그 자료와 획득한 속도모델을 비교하여 정확성을 검증하였고, 기존 공개된 속도모델 보다 정확성이 향상됨을 확인하였다. 국제공동연구를 통해 향상된 국내 육상 부지 특성화 기술 결과를 국내 연구진과 공유하고자 한다.

주요어 : 유타 FORGE site, 인공저류층 지열발전 시스템, 주시토모그래피, 3차원 전파형역산, 육상탐사

감사의 글

본 연구는 2023년 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 에너지 인력양성사업(지구물리탐사 및 모니터링 글로벌 혁신인재양성)의 지원을 수행한 연구과제입니다(RS-2023-00249135). 또한, 본 연구는 미국 에너지부, 재생에너지 및 에너지 효율성 사무국, 지열 기술 사무국의 재원으로 로렌스버클리국립연구소의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(DE-AC02-05CH11231). 이 문서에 표현된 견해는 DOE나 미국 정부의 견해를 대변하는 것이 아님을 명시합니다.

탄성파 영상의 공간해상도 향상을 위한 Efficient Transformer 기반 초고해상도 기술 개발

박진영*¹, Omar M. Saad², Tariq Alkhalifah², 오주원^{1,3}

¹전북대학교 환경에너지융합학과 (singiri129@jbnu.ac.kr),

²King Abdullah University of Science and Technology, Dept. of Physical Science and Engineering

³전북대학교 토목/환경/자원·에너지공학부(자원에너지공학)

요약

탄성파 탐사자료는 사용하는 송신원의 주파수 대역에 따라 공간분해능의 한계를 가진다. 따라서 더 고분해능의 지질구조를 규명하기 위하여 공간분해능을 향상시키기 위한 연구가 활발하게 수행되고 있다. 최근 딥러닝 기술이 발전하면서 영상처리 분야에서 CNN (Convolutional Neural Network)과 Transformer를 이용한 초고해상도 모델이 등장했다. 하지만 이러한 기술들은 높은 계산 비용과 계산 시간 등의 문제로 방대한 3차원 탄성파 탐사자료에 적용하기에는 제약이 있다. 이러한 제약을 극복하기 위해 가벼우면서 원본 영상의 세부적인 특징을 학습할 수 있는 지도학습 기반의 Efficient Super-Resolution Transformer (ESRT)가 제안되었으며, 초고해상도 네트워크 성능을 향상시키면서 GPU 메모리 사용량을 줄일 수 있다는 장점이 있다. 본 연구에서는 영상처리 분야에서 개발된 ESRT 기반 초고해상도 기술의 지구물리 분야 적용성을 검토하기 위하여, 기존 CNN 기반의 Unet 모델과 비교하고자 한다.

주요어 : 딥러닝, Transformer, 초고해상도, 탄성파 영상화, Transformer, 지도학습

감사의 글

본 연구는 2023년 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 에너지 인력양성사업(지구물리탐사 및 모니터링 글로벌 혁신인재양성)의 지원을 수행한 연구과제입니다(RS-2023-00249135). 또한 컴퓨터 자원을 제공해 준 KAUST와 발표를 승인해주신 DeepWave 컨소시엄 스폰서의 지원에 대해 감사드립니다.

이산화탄소 지중저장 부지 모니터링을 위한 복합 지구물리탐사 자료 해석 연구

박세은*¹, 박준상², Alexey Stovas³, Malte Voge², 오주원^{1,4}

¹전북대학교 환경에너지융합학과 (202150147@jbnu.ac.kr),

²Norwegian Geotechnical Institute, Geohazards and Dynamics

³Norwegian University of Science and Technology, Department of Geoscience and Petroleum

⁴전북대학교 토목/환경/자원·에너지공학부(자원에너지공학)

요약

노르웨이 슬라이프너 이산화탄소 포집 및 저장(Carbon Capture and Storage, CCS) 사업은 세계 최초로 해저 대염수층에 상업적 규모의 CO₂ 주입 및 저장을 수행한 사례로, 주입된 CO₂를 다양한 지구물리탐사 기법을 활용해 CO₂플룸을 성공적으로 모니터링하였다. 본 연구에서는 슬라이프너 CCS 부지에서 획득된 4차원 해양 스트리머 탄성파 탐사자료와 2.5차원 인공송신원 전자탐사(Controlled-Source Electromagnetic, CSEM) 자료를 활용하여 복합 지구물리탐사 자료 해석을 수행한다. 탄성파탐사 자료 및 CSEM 자료를 해석하기 위해 각각 3차원 음향 전파형역산(Full-Waveform Inversion, FWI) 및 2.5차원 CSEM 역산 기술을 활용한다. 이때, FWI 적용을 위한 초기모델은 시추공 로그 자료를 활용하며, CSEM 역산을 위한 초기모델은 3차원 FWI로 역산된 P파 속도를 암석물성모델을 활용해 전기비저항으로 변환하여 사용한다. 획득한 CSEM 역산 결과를 기존 결과와 비교함으로써, 탄성파 탐사자료 및 CSEM 탐사자료의 복합 지구물리 모니터링의 적용가능성을 검토한다.

주요어 : 이산화탄소 지중저장, 지구물리 모니터링, 복합물리탐사, 전자기탐사, 탄성파탐사

감사의 글

본 연구는 2023년 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 에너지 인력양성사업(지구물리탐사 및 모니터링 글로벌 혁신인재양성)의 지원을 수행한 연구과제입니다(RS-2023-00249135). 슬라이프너 지역의 탄성파 탐사자료를 제공해주신 Equinor Energy AS에 감사드리며, Alexey Stovas는 NTNU의 GAMES 프로젝트에 감사를 표합니다. 또한, 이 연구는 Research Council of Norway의 지원을 받아 수행되었습니다(EM4CO2, 295212/E20; FME NCCS, 257579/E20).



학술발표 AS1(천문)



Grain growth and dust segregation revealed by multiwavelength analysis of the Class I protostellar disk WL 17

Ilseung Han (한일승)^{1,2}, Woojin Kwon (권우진)^{*3}, Yusuke Aso², Jaehan Bae (배재한)⁴,
Patrick Sheehan⁵

¹University of Science and Technology, ²Korea Astronomy and Space Science Institute, ³Seoul National University (wkwon@smu.ac.kr),

⁴University of Florida, ⁵National Radio Astronomy Observatory

ABSTRACT

We present the results from the ALMA Band 3 and 7 archival data of the Class I protostellar disk WL 17 in the ρ Ophiuchus molecular cloud. Disk substructures are found in both bands, but they are different: while a central hole and a symmetric ring appear in Band 3, an off-center hole and an asymmetric ring are shown in Band 7. Also, we obtain an asymmetric spectral index map with a low mean value of $\alpha = 2.28 \pm 0.02$, which suggests grain growth and dust segregation on the protostellar disk scale. Our radiative transfer modeling demonstrates that these two features are understood by 10 cm sized large grains symmetrically distributed and 10 μm sized small grains asymmetrically distributed. In addition, the analysis shows that the disk is expected to be massive and gravitationally unstable. We suggest a single Jupiter-mass protoplanet formed by gravitational instability as the origin of the ring-like structure, grain growth, and dust segregation identified in WL 17. The results have been published recently: Han et al. 2023, ApJ, 956, 9.

Keyword : circumstellar disks, grain growth

방출 성운 NGC 6164/5에 대한 분광 연구

임범두^{*1}, Yaël Nazé², 장석준³, Damien Hutsemékers⁴

¹공주대학교 지구과학교육과 (blim@kongju.ac.kr),

²Space Sciences, Technologies and Astrophysics Research Institute, Université de Liège

³Max-Planck-Institut für Astrophysik

⁴Institut d'Astrophysique et de Géophysique, Université de Liège

요약

HD 148937은 강한 자기장을 가지고 있는 특이한 O형별이다. 이 별 주위에는 북서 방향과 남동 방향으로 각각 방출 성운 NGC 6164와 NGC 6165가 위치한다. 이러한 대칭성을 고려했을 때 NGC 6164/5의 기원은 중심별인 HD 148937이 겪는 질량 손실 현상과 관련이 있을 것으로 추정되지만, 자세한 형성 과정을 알아내기 위해서는 3차원 구조를 파악하는 등 면밀한 연구가 필요하다. 본 연구에서는 유럽 남반구 천문대의 8.2m Very Large Telescope과 다천체 분광기인 GIRAFFE를 이용하여 NGC 6164/5를 관측하였다. 분광 자료를 분석하여 방출 성운 내에서 주어진 위치에 대한 위치-속도 도표를 얻었고, NGC 6164와 NGC 6165가 서로 다른 방향의 시선속도 성분을 가지고 있다는 사실을 확인하였다. 한편, 중심별 근처에 분포하는 성운은 밝지 않지만, 여러 개의 속도 성분이 시선방향을 따라 분포하고 있다. NGC 6164/5가 양방향의 분출류를 통해 질량 손실을 겪고 있다는 가정하에 모래시계 형태의 3차원 구조를 도입하였다. 3차원 모형에 몬테-칼로 복사 전달 기법을 적용하여 가상의 분광 자료를 생성하고, 이것을 실제 관측 자료와 비교하였다. 관측 자료를 가장 잘 설명하는 모형에 따르면 성운은 천구면에 대하여 20도 정도 기울어져 있으며 모든 방향으로 120km/s의 속도로 팽창하고 있다. 이러한 팽창속도를 고려하면 이 성운은 약 7,500년 전에 중심별로부터 분출된 것으로 추정된다. 이번 학술대회 발표에서는 본 연구에서 도입한 3차원 구조를 바탕으로 이 성운의 형성 기원에 대해 논의하고자 한다.

주요어 : 무거운 별, 성간 물질, 항성 진화, 질량 손실

NGC 1358 중심부의 운동학적인 특성

류승환*, 형식

충북대학교 (rysette@korea.kr)

요약

CFHT의 OASIS를 이용하여, Seyfert 은하 NGC 1358의 중심부 $10''.4 \times 8''.3$ ($2.9\text{kpc} \times 2.3\text{kpc}$) 영역의 3D 분광 자료를 얻었다. $4800\text{\AA} - 5500\text{\AA}$ 및 $6220\text{\AA} - 6990\text{\AA}$ 파장에서 관측되었다. 전처리 과정을 거친 후 H β 4861\AA , [O III] 4959\AA , [O III] 5007\AA , [O I] 6300\AA , [N II] 6548\AA , H α 6563\AA , [N II] 6583\AA , [S II] 6716\AA , [S II] 6731\AA 방출선을 fitting하였다. BPT 다이어그램 분석 결과 이곳은 전형적인 Seyfert 은하의 특성을 띠고 있었다. [S II]의 세기비를 분석해 전자밀도가 $790\text{cm}^{-3} \sim 400\text{cm}^{-3}$ 임을 파악하였다(전자 온도 $10,000\text{K}$ 로 가정 시). $Z(\text{metallicity}) = 4Z_{\odot}$, $NH(\text{hydrogen density}) = 10,000\text{cm}^{-3}$, $\log U = -1.8 \sim -1.6$ (U 는 이온화 파라미터), $\alpha(\text{power-law index}) = -2.6 \sim -1.3$ 인 dusty AGN 모델만이 이 곳의 이온화 특성을 설명할 수 있었다. 블랙홀 질량이 $\log(M_{\text{BH}}/M_{\odot}) = 8.59$ 임을 구하고, [O III] 세기를 이용하여 복사광도를 파악한 결과 에딩턴 비는 $\log(L_{\text{bol}}/L_{\text{Edd}}) = -4.6$ 이었다. 이에 연구 대상은 sub-Eddington이며, accretion disk는 inefficient한 accretion flow를 보이며, optically하게는 thick함을 알 수 있었다. 모든 종류의 방출선에서 $PA \approx 110^{\circ}$ 를 따라 NW 방향으로는 청색이동이, 반대쪽인 SE 방향으로는 적색이동이 나타났으며, 이는 rotation에 의한 것으로 파악되었다. Pseudo-slit 분석을 통해서도 rotation 경향이 뚜렷이 드러났다. rotation의 kinematical axis의 $PA = 74^{\circ}.5 \pm 6^{\circ}.2$ 이며, 투영된 평균 회전속도 $V_r \sin(i) = 132\text{ km/s}$ 이었다. 그리고 $PA \approx 143^{\circ}$ 를 따라 $2''.5$ (0.7kpc) 떨어진 곳에서 추가로 청색이동이 나타났으며, 이는 ionization cone에서 다가오는 outflow 성분이 드러난 것으로 판단된다. 광이온화와 관련이 없는 방출선에서는 이 성분이 나타나지 않았으며, ITERA 분석에서도 이 곳은 shock와 연관이 없는 곳으로 드러났기 때문이다. [O III] 선을 기준으로 계산한 천구에 투영된 outflow의 최대 속도는 $V_r \cos(i) = -98.3\text{ km/s}$ 으로 나타났다.

주제어: NGC 1358, AGN, Seyfert Galaxy, Emission line profile, OASIS, IFU

《曆象考城後篇》 〈月離數理〉 에 기록된 달 운행 이론

최승언

서울대학교 (suchoe@snu.ac.kr)

요약

시헌력과 관련된 중국의 역법책들 중에 가장 중요한 후기의 책으로 1742년 예수회 선교사인 최글러, 페레이라 및 중국 천문학자 명인도 등의 협업으로 쓰여 졌다. 역원은雍正 원년(1723년)이며, 태양과 달, 일월식만을 다루었다. 달의 운동도 태양의 운동과 마찬가지로 케플러가 발견한 타원궤도를 이용하고 있다. 태양의 경우에는 실행과 평행의 차이인 가감차를 구하는데 있어서 주로 차적구적법과 차각구각법을 설명하고 있지만 태양의 이심률이 작은 관계로 차각구각법을 사용하였다. 지구에서 보는 태양의 궤도는 실제로 지구의 궤도를 반영하는 것이기에 황도에서 근지점의 이동과 가감차만을 고려하여 동지점부터의 경도를 추보하게 된다.

그러나 달의 경우에는 달의 궤도가 천구상에서 백도로 그려지는데, 원지점(월패) 이동, 백도와 황도가 만나는 승(강)교점 이동을 지질차와 함께 다루게 된다. 《역상고성후편》 〈월리수리〉 에서 다루는 달의 운동 이론은 1702년에 런던에서 발행된 그레고리의 천문학에 수록된 뉴턴의 ‘달 운행의 이론’과 같다. 여기는 7가지의 달의 지질차를 다룬다.

《역상고성후편》 〈월리수리〉 에서는 태양의 가감차에 의한 일평균(평행, 원지점, 정교에 모두 영향), 태양과 지구사이의 거리와 태양과 달의 원지점과의 관계에 의한 이평균, 태양과 달의 승(강)교점사이의 관계로 인한 삼평균으로 하고, 태양의 위치가 달 궤도의 이심률에 영향을 주기에 이를 고려한 초균수(차각구각법 대신 양삼각법 사용), 지구와 태양까지의 거리와 달과 태양 사이의 각 거리의 영향 때문에 생기는 이균수(변출), 태양부터 달까지 실제 각거리와 태양과 달의 원지점 사이 각 거리의 합에 영향을 받는 삼균과 앞의 두 각거리에 영향을 받는 말균으로하는, 세 가지의 평균과 네 가지의 균수를 설명하고 있다. 이는 뉴턴의 7가지 지질차와 동일하다. 이 값들을 이용하여 승도차를 고려하여 달의 동지점 기준 경도와 이심률의 변화와 이에 따른 황도와 백도의 사이각의 변화를 고려하여 달의 황위를 구한다.

1860년과 1861년 남병길과 남병철의 《시헌기요》와 《추보속해》에서도 《역상고성후편》 〈월리수리〉 에서 다루는 방법과 〈월리표〉 들을 그대로 사용하고 있으며 다른 점은 1860년 동지를 역원으로 하기에 사용하는 모든 초기값(諸應)이 다르다.

주요어 : 시헌력, 역상고성후편, 뉴턴, 시헌기요, 추보속해

천문학 멘토링 프로그램 개발 및 운영

노혜주^{*1}, 손정주¹ 김경희²

¹한국교원대학교, 충청북도 청주시 28173 (hyejuroh@gmail.com)

²한국천문올림피아드, 서울특별시 08826

요약

본 연구는 국제과학올림피아드 참가 학생들의 사회 공헌 활동으로 천문학 멘토링 프로그램을 개발·운영하고자 한다. 국제과학올림피아드 참가 학생이 멘토, 교육 소외 지역 중·고등학생이 멘티가 되어 최신 천문 주제의 프로젝트 기반 멘토링을 진행하였다. 멘토 1명과 멘티 3명이 한 조가 되어 5주간의 천문 우주 교육과 5주간의 천문학 프로젝트 활동을 수행하였다. 멘토링 프로그램 지원을 위해 천문학 역량 강화 세미나, 발대식, 그리고 멘토링 컨설팅을 진행하였고, 멘토링 결과물은 포스터와 발표 영상 형태로 제작하여 성과발표회를 통해 공유하였다. 만족도 조사 결과, 멘토들은 사회 공헌 프로그램에 높은 관심을 보였고 해당 멘토링 활동에 재참여를 희망하였다. 멘티들은 천문학 내용 지식뿐만이 아닌 진로에 관한 고민을 나눌 수 있었다는 점에서 매우 만족하였다. 멘토와 멘티는 오프라인 만남 횟수 증가의 필요성을 제시하였다. 멘토링을 지원한 현장 교사들은 멘토-멘티-지도 교사의 연계가 멘토링 활동에 효과적이라는 의견을 제안하였다. 멘토링 프로그램 개발에 참여한 사업단의 경우 활동 참여자 수 증대를 위해 멘토와 멘티의 학사일정을 고려하는 방안을, 교육 지원 개선을 위해 체계적인 멘토링 운영 기준 수립 및 다양한 교육 자료 제공 방안을 제시하였다.

주요어 : 국제과학올림피아드, 사회공헌, 멘토링, 천문학, 데이터 과학

최신 관측 자료를 이용한 XCDM 암흑에너지 모형의 제한

박찬경

전북대학교 사범대학 과학교육학부 (parkc@jbnu.ac.kr)

요약

플랑크 우주배경복사 비등방성 파워스펙트럼, 바리온 음향 진동, 초신성, 허블 파라미터, 밀도 요동 성장률 등의 최신 자료를 사용하여 암흑에너지 상태방정식 계수(w)가 상수인 XCDM 동력학적 암흑 에너지 우주 모형을 관측적으로 제한하였다. 평탄한 우주에는 맥급수 꼴의 원시 요동 스펙트럼을, 비평탄한 우주에는 맥급수 꼴의 스펙트럼 또는 인플레이션 모형으로부터 유도된 스펙트럼을 적용함으로써 원시 요동 스펙트럼의 선택에 따른 XCDM 모형의 제한 결과를 비교하였다. 비-우주배경복사 자료로만 평탄한 XCDM 모형을 제한할 경우, 암흑에너지 상태방정식 계수는 아인슈타인의 우주 상수($w = -1$)로부터 3.8σ 만큼 벗어났으나($w = -0.853 \pm 0.039$), 모든 자료가 사용되는 경우에는 $w = -1$ 이 선호되었고($w = -0.990 \pm 0.023$), 이러한 경향은 비평탄 우주 모형에서도 유사하게 나타났다. 우주배경복사 자료와 비-우주배경복사 자료는 개별적으로는 공간적으로 닫힌 우주를 선호하지만, 두 자료가 함께 사용되면 평탄한 우주가 더 선호되는 것으로 나타났다. 두 자료의 조합은 우주 모형의 파라미터를 매우 정밀하게 제한하는데, 예를 들어 평탄한 XCDM 모형의 허블 상수는 $H_0 = 67.96 \pm 0.66$ km/s/Mpc이며 기존 Λ CDM 모형의 제한 값($H_0 = 68.05 \pm 0.38$ km/s/Mpc)과 비슷하다. 모형에 사용된 자료들 간의 일관성을 통계적으로 조사한 결과, 모든 XCDM 모형에서 우주배경복사 자료와 비-우주배경복사 자료의 관측적 제한 결과 사이에는 통계적으로 유의한 수준의 차이가 존재한다.

주요어 : XCDM 모형, 암흑에너지, 원시 요동 스펙트럼, 상태방정식, 허블 상수



학술발표 EH(지구유산), GL(지질)



뉴질랜드 Waitaki Whitestone UNESCO 세계지질공원

Waitaki Whitestone UNESCO Global Geopark, New Zealand

박정웅

서울특별시 동작구 신대방1가길 38

요약

WW UNESCO Global Geopark은 2023년 뉴질랜드 최초로 세계지질공원으로 인증받았다. WW Geopark은 뉴질랜드 남섬 중앙에 위치하며, 서던 알프스 산맥 기슭에서 시작하여, 와이타키 계곡과 강 주변을 포함하여, 동쪽 해안까지 약 7,214km²의 면적을 차지한다. WW Geopark에서는 약 8,000만년 전, 곤드와나(Gondwana) 초대륙에서 분리와 Zealandia 대륙의 형성, 신생대 해저에서 형성된 암석(석회암, 셰일, 베개용암 등)이 지각변동에 의해 변형되고 융기된 기록이 생생하게 남아 있다. 또 유수와 파도, 조석현상으로 형성된 독특한 지형이 분포한다. WW Geopark에는 23개 지질명소가 있는데, Moeraki Boulders와 Elephant Rocks는 관광명소로도 유명하다. WW Geopark의 지질박물관이자 방문자센터 역할을 하는 Vanished World Center는 규모는 아담하지만 암석과 화석 전시물에 담겨진 이야기가 매우 충실하다. Oamaru 해안의 Cape Wanbrow에 있는 베개용암(pillow lava)은 약 3,500만년 전에 있었던 해저 화산 활동을 생생하게 전해주는 세계적인 수준의 자연학습장이다. 이곳에서는 집단 서식하는 희귀한 생물, 물개(seals)와 쇠푸른 펭귄(Little penguin, 평균 신장 33cm)을 관찰하는 색다른 경험도 할 수 있다.

주요어 : 와이타키 화이트스톤 유네스코 세계지질공원(Waitake Whitestone UNESCO Global Geopark), Vanished World Center, 모에라키 볼더(Moeraki Boulders), 오아마루 베개용암(Oamaru Pillow lava), 코끼리바위(Elephant Rocks)

화산 활동으로 형성된 다양한 뉴질랜드 북섬의 지질명소

Various Geosites formed by volcanic activity in the North Island, New Zealand

박정웅

서울특별시 동작구 신대방1가길 38

요약

뉴질랜드 북섬 한 가운데는 타우포 화산 지대(Taupo Volcanic Zone, TVZ)가 분포한다. TVZ은 타우포 칼데라 호수를 중심으로 북동-남서 방향의 띠 모양으로 길게 놓여 있다. 타우포와 로토루아 주변에 다양한 지열작용으로 형성된 분기공, 진흙 연못, 간헐천과 온천 등 독특한 지질 경관을 관찰할 수 있다. TVZ 남쪽에는 UNESCO 세계유산으로 지정된 통가리로 국립공원(Tongariro National Park)이 있다. 공원 중심부에는 루아페후산(Mount Ruapehu, 2,797m), 나우루호에산(Mount Ngauruhoe, 2,291m), 통카리로(Mount Tongariro, 1,978m) 화산이 있고, 유명한 트레킹 코스(거리 19.4km)인 통가리로 알파인 크로싱(Tongariro Alpine Crossing, TAC)이 있다. TAC에서는 성층화산, 중앙 분화구, 아아 용암과 용암류, 용암 로브 등 다양한 화산지형과 붉은 분석구와 암맥, 분기공, 에메랄드 호수 등을 관찰할 수 있다. TVZ 서쪽에는 과거 화산활동으로 형성된 오클랜드 화산 지대(Auckland Volcanic Field)가 있다. 푸푸케 화산 분화로 용암이 숲에 흘러들어 형성된 용암 숲(lava forest)이 타카푸나 해안(Takapuna beach)에 분포한다. 이곳에 남아 있는 용암 나무(lava tree)와 생생한 구조는 세계적으로 대표할만한 용암 숲이다. 바로 앞 바다에는 전형적인 순상화산 Rangitoto 화산이 있다.

주요어 : 타우포 화산 지대(Taupo Volcanic Zone, TVZ), 지열 지형(geothermal landforms), 통가리로 국립공원(Tongariro National Park), 오클랜드 화산 지대(Auckland Volcanic Field), 타카푸나 용암 숲(Takapuna lava forest)

화산불안정 강도의 정량화 등급 : 화산불안정지수

양은정^{*1,2}, 장철우², 윤성효^{1,2}

¹부산대학교 일반대학원 지구과학과

²부산대학교 화산특화연구센터 (Volcano Specialized Research Center: VSRC)

요약

활화산에서는 화산성지진이나 지열, 가스, 지표면의 팽창 및 수축 등 여러 가지 전조현상들이 관측된다. 이러한 활동이 그 화산의 배경 활동수준을 벗어나게 되면 ‘화산이 불안정하다’라고 말하며, 이를 ‘화산불안정(volcanic unrest)’이라고 정의한다. 화산불안정이 항상 분화로 이어지는 것은 아니지만 분화로 이어질 수도 있기에, 이에 대응하는 것이 중요하다. 화산불안정지수(Volcaic Unrest Index: VUI)는 관측된 화산의 불안정 강도를 0에서 4까지의 척도를 기반으로 하는 정량적 평가 지표로서 뉴질랜드에서 개발되었으며, 화산 불안정한 상태에 대한 정보에 관해 정부 기관이나 일반 시민들에게 보다 쉽게 전달하기 위한 지표로써 사용되는 것을 중점으로 하고 있다. 화산불안정지수는 먼저 지수를 평가할 해당 화산의 점수표를 작성해야 한다. 이 점수표에는 화산불안정 전조현상인 화산성지진, 지표변형, 지열 시스템 및 탈가스 현상이 점수평가 항목으로 구성되어 있고, 각 항목에는 해당 점수별로 불안정 현상 강도의 범위를 결정하며, 이는 관측된 데이터와 과거 분화 기록을 기반으로 평가자가 주관적으로 결정한다. 결정된 각 항목의 평가 지표를 토대로 화산의 불안정상태를 판단하고 이에 따라 결과를 합산하여 불안정지수를 계산한다. 화산불안정지수는 뉴질랜드의 타우포(Taupo) 화산과 일본의 도카치다케(十勝岳, Tokachidake) 화산에 시범 적용되었다. 화산불안정지수는 화산의 현재 상태에 대해서 정보전달에 유용하게 사용될 수 있으나, 이 지수를 분화위기 경보수준의 변경에 적용할 때는 주의가 필요하다.

주요 단어 : 활화산, 전조현상, 화산불안정(volcanic unrest), 화산불안정지수(Volcaic unrest index), 분화위기 경보수준

감사의 글

이 연구는 기상청 기상·지진 See-At 기술개발연구사업 (KMI2018-02710)의 지원으로 수행되었습니다.

2023년 12월 아이슬란드 Sundhnukur 틈새 분화

장철우^{*1}, 윤성호^{1,2}, 양은정^{1,3}

¹부산대학교 화산특화연구센터 (iori@pusan.ac.kr)

²(사)제주화산연구소

³부산대학교 일반대학원 지구과학과

요약

북대서양 중앙에 위치한 아이슬란드는 대서양 중앙해령 및 열점이 위치한 곳으로 약 130여개의 화산이 존재하며 활발한 화산활동이 발생하고 있다. 아이슬란드의 화산활동이 발생하는 지역은 레이카네스 화산 벨트(Reykjanes Volcanic Belt; RVB), 서부 화산지대(West Volcanic Zone; WVZ), 중부 아이슬란드 벨트(Mid-Island Belt; MIB), 동부 화산지대(East Volcanic Zone; EVZ) 및 북부 화산지대(North Volcanic Zone; NVZ), 외라이비(Öræfi) 화산벨트(ÖVB), 그리고 스나이펠스네스(Snæfellsnes) 화산벨트(SVB)로 분류할 수 있다. 화산지대 내부에는 주로 중심화산과 그 주변의 틈새로 구성된 화산계(volcanic system)들이 존재하며 그 숫자는 30개 이상이다. 2023년 10월 24일부터 레이카네스 화산 벨트에 속하는 스바르첸기(Svartsengi) 화산계에서 발생한 강력한 화산성 균발지진이 아이슬란드기상청의 분화전조현상 감시 시스템에 포착되었다. 또한 cGPS 데이터와 InSAR(간섭합성개구레이더) 위성영상으로 쓰르비욘(Þorbjörn) 에서 북서쪽으로 약 1.5 km 떨어진 블루 라군(Blue Lagoon) 인근 지역의 지표면 융기가 관측되어 이 지역의 마그마 관입을 시사하였다. 2023년 12월 18일 스바르첸기 화산계의 순드누쿠르(Sundhnukur) 틈새 분화구열에서 최대 100 m 높이의 용암 분출을 동반한 틈새 분화가 발생하였다. 2023년 11월 10일에는 지진의 빈도 및 강도가 증가하여 20,000회 이상의 화산성 지진이 기록되었으며 최대 규모는 M5.3에 이르렀다. 12월 18일의 용암 분출은 12월 21일에 종료되었으나 1월 14일 그린다비크 북쪽에서 새로운 틈새 분화가 발생하였고 몇 시간 후 또 다른 틈새 분화가 마을 인근에서 발생하여 주택에 피해가 발생하였다. 2024년 2월 8일에는 12월 18일 틈새 분화와 동일한 지역에서 3 km에 달하는 새로운 틈새 분화가 시작되었고, 기반시설에 심각한 피해가 발생하여 비상사태가 선포되었다. 2024년 3월 16일에는 길이 3~4 km의 틈새분화가 발생하였는데 이는 2021년 이후 가장 큰 분화 규모이며 현재까지 진행 중이다.

주요 단어 : 아이슬란드, 틈새분화, 분화전조현상, InSAR, 화산성 지진

감사의 글

이 연구는 기상청 기상·지진 See-At 기술개발연구사업 (KMI2018-02710)의 지원으로 수행되었습니다.

섭입대 물질순환: 남극 고압 변성암의 증거

김태환

한국교원대학교 지구과학교육과 (taehwan.kim@knue.ac.kr)

요약

물질순환(material recycling)은 암석을 포함한 지구 물질이 여러 형태로 지각 내지 맨틀 깊이, 나아가 하부 맨틀 깊이 등 지구 내부로 섭입(subduction) 혹은 매몰(burial) 후 지표로 다시 노출되는 일련의 과정을 일컫는다. 탈수반응을 동반한 변성작용, 화성활동, 지진 발생 등 섭입대의 여러 주요 지질현상 모두 물질순환 과정과 관련이 깊으며, 이들이 인간 사회에 끼치는 영향이 지대하여 물질순환 기작을 이해하는 것은 매우 중요하다. 섭입대는 물질순환 과정이 가장 잘 인지되는 지구조환경으로, 섭입대-플룸 기원 화성암류의 지화학 자료, 맨틀 기원 기체 조성, 지진파 토모그래피 등에 의해 직간접적으로 뒷받침된다. 통상 섭입대는 화성활동과 부가작용에 의한 대륙지각 성장의 요추이나, 섭입 침식(subduction erosion) 등으로 인한 반대 효과도 있다. 섭입대 길이 기준으로 현생 섭입대의 최대 75%가 부가썰기(accretionary wedge) 발달이 더딘 침식형으로, 이는 섭입대 전면부에서 지각물질의 순환이 지금도 일어남을 뒷받침한다. 본 발표에서는 남극 로스(Ross) 조산대의 에클로자이트 내 저어콘(zircon) 광물의 U-Pb 연령과 희토류원소(rare earth element) 조성을 토대로 현무암질 조성의 화성기원 모암 결정화 이후의 저어콘 외래결정(xenocryst) 유입을 규명하고 섭입대 물질순환 기작에의 의의에 대해 논의한다.

주요어 : 물질순환, 섭입대, 고압 변성암, 에클로자이트, 저어콘



포스터 고등학생 탐구 논문(HR) 발표



집단적 PCK 관점에서 학생들의 지구과학 개념 이해에 대한 질적 메타 분석 : 온실효과, 지구온난화, 기후변화 개념을 중심으로

김권중*¹, 최의선¹, 김호준¹, 박재용², 이기영¹

¹강원대학교(powering@kangwon.ac.kr), ²서울교육대학교

요약

본 연구에서는 지구과학 교육 연구 논문들을 대상으로 질적 메타 분석을 통해 집단적 PCK (cPCK) 중 ‘특정 과학 주제(온실효과, 지구온난화, 기후변화)에 대한 학생 이해 지식’을 도출하고자 하였다. 이를 위해 온실효과, 지구온난화, 기후변화에 대한 학생 대체개념(오개념)과 관련된 지구과학 교육 연구 논문 22편을 선정하여 각각의 정의, 원인(매커니즘), 그리고 영향에 대하여 분석하였다. 분석 결과를 종합하기 위해 언어네트워크분석, 정신모형틀을 적용하였다. 연구 결과는 다음과 같다;

첫째, 온실효과에 대한 학생들의 개념 이해를 메타 분석한 결과, 온실효과와 지구온난화를 같은 의미로 사용하는 것으로 분석되었으며, 온실 기체의 종류를 제한적으로 알고 있고, 온실 기체의 역할을 이해하지 못하는 것으로 나타났다. 또한 온실효과의 발생을 환경오염이나 오존층의 변화와 관련지어 생각하고, 지표-대기의 열수지 평형과 온실효과를 관련짓지 못하는 것으로 분석되었다.

둘째, 지구온난화에 대한 학생들의 개념 이해를 메타 분석한 결과, 지구 온난화를 해수면 상승과 같은 의미로 사용하는 것으로 분석되었으며, 지구온난화의 발생을 환경오염, 오존층의 변화, 빙하와 관련지어 생각하고, 지표-대기의 열수지 평형이 깨져 지구온난화가 나타나는 것으로 이해하고 있었다. 또한 지구온난화가 환경에 미치는 영향을 잘못 알고 있는 것으로 분석되었다.

셋째, 기후변화에 대한 학생들의 개념 이해를 메타 분석한 결과, 기후변화를 지구온난화, 기상 변화, 기상 이변과 같은 의미로 사용하는 것으로 분석되었으며, 기후변화의 발생을 대기오염, 오존층의 파괴와 관련지어 생각하는 것으로 분석되었다. 또한 기후변화가 우리 생활에 환경에 미치는 영향을 잘못 알고 있는 것으로 분석되었다.

위의 분석 결과를 언어 네트워크분석을 통해 종합한 결과, 집단적 PCK로서 3가지 정신모형(범주적 오해, 기제적 오해, 위계적 오해)을 표현할 수 있었다. 이와 같은 연구 결과를 바탕으로 지구과학 교사 PCK 개발을 위한 함의를 제시하였다.

주요어 : 온실효과, 지구온난화, 기후변화, 집단적PCK (cPCK), 정신모형

개정 시스템 사고 검사 도구의 타당도 검증: 우리나라 고등학생을 대상으로

이현동¹, 이효녕², 전재돈², 박병열^{*1,3}

¹대구교육대학교

²경북대학교

³단국대학교 (bypark2025@dankook.ac.kr)

요약

이 연구의 목적은 고등학생들을 대상으로 Lee et al.(2013)에서 개발한 시스템 사고 검사 도구에서 문항을 수정·보완한 개정 시스템 사고 검사 도구의 타당도를 검증하는 것이다. 이를 위하여 고등학생 475명이 개정 시스템 사고 검사 도구 20문항과 STS 척도 20문항에 대하여 응답한 자료를 활용하였다. 타당도 검증은 문항 반응 분석을 활용하여 Item Reliability, Item Map, Infit and Outfit MNSQ 및 남녀 집단의 DIF를 확인, 탐색적 요인 분석(프로맥스를 활용한 주축 요인 분석), 구조 방정식 모형을 이용한 확인적 요인 분석 및 집중·교차 타당도 검증, 두 척도 간 상관 분석을 활용하였다. 연구 결과는 다음과 같다. 첫째, Re_STMI 20문항의 문항 반응 분석 결과 Item Reliability는 .98, Infit MNSQ는 .84~1.39으로 나타났으며 Item Map과 DIF 분석에서도 타당한 결과가 분석되었다. 탐색적 요인분석에서도 5개 하위 요인의 하위 문항들이 모두 .3 이상의 Factor loading 값을 보여주었으며 요인별 신뢰도는 .631~.800, 전체 신뢰도는 .863으로 분석되었다. 확인적 요인 분석에서도 모형 적합도 수치가 모두 양호하였으며(χ^2/df : 2.406, CFI: .923, TLI: .908, SRMR: .046, RMSEA: .054), 집중 타당도와 교차 타당도에서도 설정한 모형이 적합하다는 결과가 도출되었다. 마지막으로 STS 척도 20문항과의 상관 분석에서는 전체 문항 간 상관이 .754, 하위 요인별 STS 문항과의 상관은 .426~.658까지 높은 상관이 나타났다. 따라서 개정 시스템 사고 검사 도구의 경우 구인 타당도뿐만 아니라 공인 타당도에서도 유의미한 결과가 도출되었으며 나아가 기존의 검사 도구를 활용한 연구 결과보다 향상된 타당도 결과를 보여주었다. 앞으로 개정 시스템 검사 도구를 고등학생뿐 아니라 초·중학생 및 대학생까지 다양한 집단에 적용될 수 있도록 추가적인 타당화 연구가 진행될 필요가 있다. 그리고 타당화한 검사 도구를 활용하여 시스템 사고와 다른 학습 관련 척도 사이의 지속적인 관련성 연구도 활발히 이루어질 필요가 있다.

주요어 : 개정 시스템 사고 검사 도구, 시스템 사고 척도, 문항 반응 분석, 요인 분석, 타당화

영재 학생의 자유탐구 팀프로젝트 산출물 사례 분석

정수임^{*1}, 이지혜²

¹은행고등학교 (dinosue@korea.kr)

²대전교육과학연구원

요약

자유탐구는 주제 선정부터 계획, 탐구 수행, 결과 발표로 이어지는 모든 과정을 학생들이 주도적으로 수행하는 탐구 방법이다. 이는 비구조화 수준이 높아 학생의 상당한 노력이 요구되지만, 실제 과학자가 연구를 수행하는 과정을 직접 체험하는 '진정한 탐구'로 평가되며 장차 전문 과학 분야에 종사할 이공계 관련 진로를 선택한 학생들에게 유용한 학습 전략 중 하나이다. 한편 소집단 활동인 팀프로젝트는 협업을 통한 의사소통 능력을 신장할 수 있다는 측면에서 자유탐구 팀프로젝트는 미래 사회에 필요한 다양한 역량을 포함하고 있다. 본 연구는 자유탐구 팀프로젝트를 필수적으로 수행해온 영재교육기관의 학생 산출물을 분석했다. 대도시 교육청 및 대학부설 영재교육기관 5개 기관의 자유탐구 팀프로젝트 산출물대회 수상작 및 성과물 16편이 분석 사례로 선정되었다. 분야, 탐구 장소, 소요 기간, 연구 문제 수, 활용 기자재, 맥락 등의 일반적 사항 외에도 산출물에 나타난 탐구 기능과 탐구 유형 및 가설 검증 방법에 대한 질적 분석도 수행했다. 분석 결과, 대부분 사례에서 학생들이 지닌 실제 의문이나 호기심 해결보다 현실적 실현 가능성에 대한 고려가 제약으로 작용하고 있었다. 또한, 대체로 가설-연역적 탐구를 활용하는 경우가 많았지만, 실제 연구 분야에서 수행되는 탐구 방법인 귀납적, 귀추적 방법을 경험해 보기 위한 다양한 탐구 방법 사례는 잘 나타나지 않아 이를 개발하고 발굴해야 할 과제가 제기되었다.

주요어 : 자유탐구, 팀프로젝트, 영재 학생, 산출물

감사의 글

본 연구는 '대전과학영재 자유탐구 팀프로젝트 내실화 방안'(대전교육과학연구원 2023-71)의 일부 자료를 재구성함.

위성자료를 활용한 과학 영재 대상 해양 내부파 교육 프로그램 개발

송승훈*¹, 박경애²

¹서울대학교 과학교육과 (songsh@snu.ac.kr),

²서울대학교 지구과학교육과

요약

해양에서 내부파는 그 특성에 의해 잠수함 등 인명 사고로 이어질 수 있어 정확한 이해와 탐지가 필수적이다. 하지만 내부파를 설명하는 데 필요한 물리학 지식이 교육과정을 넘어서기 때문에 내부파 또한 중·고등학교 교육과정에서 다루지 못하고 있다. 이 연구의 목적은 인공위성 자료 및 수조를 사용한 실험을 통해 과학 영재 대상 해양 내부파 교육 프로그램을 개발하는 것이다. 본 연구에서는 내부파의 발생 원리를 파악하고자 수조와 다양한 밀도의 액체를 사용하는 내부파 발생 실험을 진행하였다. 또한 Landsat-8 6번 밴드 영상과 천리안 GOCI 엽록소 농도 영상을 활용하여 2013년 8월 10일 동해에서 발생한 내부파를 가시화하는 활동을 하고, Sentinel-1 SAR 영상을 활용하여 2019년 6월 1일 서해에서 발생한 내부파를 탐지 및 가시화하였다. 과학 영재 학생들을 대상으로 2023년 9월 2일부터 2023년 12월 2일까지 프로그램 수업을 진행하였으며 대상 학생들은 내부파에 대한 인식에서 큰 향상을 보였다.

주요어 : 내부파, 영재, 인공위성 자료, 실험

기압 작용 방향에 대한 중학교 학생들의 인식 변화

유지인, 서은경*

공주대학교 지구과학교육과, 32588, 충청남도 공주시 공주대학로 56 (ekseo@konju.ac.kr)

요약

이 연구는 중학교 1학년과 중학교 3학년의 중학교 과학 교육과정을 거치면서 대기압의 방향에 대한 개념이 축소되거나 오개념이 형성되는 등의 개념 변화가 있을 것이라는 우려를 계기로 연구를 시작하게 되었다. 이를 증명하기 위해 중학교 3학년 학생들에게 설문지를 투입하고 분석하였다. 그 결과 중학교 1학년 학생들이 과학1에 있는 분자 운동과 관련하여 기압을 학습함에 따라 대부분의 학생들이 기압의 방향에 대한 올바른 인식을 가졌지만, 이들이 중학교 과학3의 토리첼리 실험을 통해 대기압을 학습하면서 적지 않은 학생들에게 축소된 개념 또는 오개념이 형성되는 것으로 나타났다. 즉, 중학교 3학년 학생들에게 기압의 방향이 아래로만 향한다는 개념을 갖는다는 답변이 많았다. 또한, 설문지에서 이와 같은 답변을 선택한 이유에 대해서 “배운 것 같아서”라는 답변이 모든 문항에 공통으로 나타났다. 이를 통해 오개념을 일으키는 원인 중의 하나가 교과서일 수 있음을 예상할 수 있었다. 이에 본 연구는 이들이 학습한 2015 개정 교과서를 분석하였다. 중학교 1학년 교육과정에서는 대기압의 개념을 입자의 운동으로 설명하며, 중학교 3학년 교육과정에서는 대기압의 개념을 무게로 설명함에 따라 기압의 방향에 대해서 학생들에게 혼동을 줄 여지가 있음을 확인할 수 있었다. 따라서 본 연구는 2015 개정 교육과정의 교과서에서 대기압 또는 기압을 서술함에 있어서 입자의 운동과 무게의 개념을 함께 서술하는 것을 제안한다. 또한, 중학교 3학년 교과서에서 토리첼리 실험을 서술함에 있어서 아래로 작용하는 기압뿐만 아니라 모든 방향으로 작용하는 기압을 기술하는 삽화를 제공할 것을 제안한다.

과학과 교육과정에 드러난 자료 해석 탐구 내용 분석: 지구과학을 중심으로

윤채은*¹, 김정찬², 신동희¹

¹이화여자대학교 과학교육과 (ce.yoon@ewha.ac.kr),

²한국지질자원연구원

요약

빅데이터는 미래 사회를 주도할 핵심 정보 기술 중 하나로, 과학 학습에서 통합 탐구 기능 중 자료 변환과 자료 해석과도 연관이 깊다. 이에 역대 과학과 교육과정에서 자료 해석 기능과 빅데이터 활용 가능성이 있는 내용을 어떻게 반영하고 있는지 분석하였다. 분석 대상은 제1차부터 2022 개정 교육과정까지로 과학과 교육과정을 분석하였으며, 그 내용을 각 교육과정별, 각 과학 세부과목별로 나누어 분석하고, 그 중에서 지구과학 교과와 관련 있는 세부 분야별로 나누어 분석하였다. 연구자 3인이 자료 해석과 관련된 내용과 빅데이터 활용 가능성이 있는 내용을 분석하는 분석틀을 개발하고 협의 과정을 거쳤으며, 분석 내용을 과학교육 전문가에게 검증받았다. 그 결과 자료 해석 및 빅데이터 활용 가능성이 있는 내용 모두 지구과학에 압도적으로 많이 포함되어 있었으며, 그 중에서도 대기/해양 분야가 많은 비율을 차지하고 있었다. 지구과학 교과 특성 상 탐구 기능 중 자료 해석이 많은 비중을 차지하고 있기 때문으로 보이며 빅데이터를 지구과학 교육에 활용하려는 다양한 시도가 필요할 것이다.

주요어 : 자료 해석, 지구과학 교육, 빅데이터, 과학 교육

감사의 글

이 연구는 2024년도 한국지질자원연구원의 지질자원 표본·기초학술연구와 선도형 R&D 정책/성과 확산 연구 사업 지원을 받아 수행되었음.

인공지능을 활용한 암석 분류 탐구 프로그램의 개발 및 적용

이희우*¹, 조규성¹, 김태우², 성도현³, 오은서⁴, 이준기⁵, 임서진⁶

¹전북대학교 과학교육학부 지구과학교육과 (loveheewoo@naver.com),

²전주중학교,

³진안중학교,

⁴익산어양중학교,

⁵전주용소중학교,

⁶전주오송중학교

요약

암석은 지질학 및 지구과학 연구에서 중요한 역할을 하며, 그 특성을 정확하게 분류하는 것은 지구과학 교육에서 중요한 학습 요소 중 하나이다. 본 연구에서는 딥러닝 기술을 도입하여 암석 분류의 정확도와 효율성을 혁신적으로 개선하고자 TensorFlow를 기반으로 한 Convolutional Neural Network(CNN) 아키텍처를 활용하여 중·고등학교 교육과정에서 다루는 암석 18종(화성암 6종, 변성암 6종, 퇴적암 6종)의 이미지를 통해 암석을 분류하는 시스템을 개발하는 탐구를 지도하였다. 이를 위해 딥러닝 기술을 학습하고 암석 분류 과정을 탐구하며 총 5,001개의 암석 이미지 데이터를 수집하였다. 이 중 4,242개의 이미지를 분류 모델의 학습에 활용하고 나머지 759개의 이미지는 분류 성능을 테스트하기 위한 샘플로 사용했다. 분류 모델의 학습은 epoch 3,000, batch size 16, learning rate 0.001로 설정해 수행하였다. 결과적으로, 암석 분류 성능을 확인한 결과 클래스별 분류 정확도는 74%에서 96%까지 다양하게 나타났으며, 평균적으로 약 85.1%의 정확도를 달성하였다. 이 과정을 통해 학생들의 암석 육안 분류 정확도가 향상되었으며, 최종적으로 개발한 모바일 애플리케이션은 암석 분류 학습 및 지질조사 활동에서 학습 보조 도구로 활용하였다. 더불어, MobileNet_v2를 기반으로 한 암석 이미지 분류 모델과 경량 컨볼루션 신경망으로 훈련된 더 많은 모델을 비교하여 최적의 모델을 선택하고, 더 많은 암석 종류를 추가하여 암석 이미지 데이터셋의 다양성과 수량을 늘린다면 암석 분류 시스템은 더 다양한 연구 분야에서 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 참여 학생들의 인터뷰와 만족도 분석을 통해 학습 이해도, 유익성, 흥미도, 그리고 학습자료의 효과성을 분석하는 연구가 진행 중이다. 이러한 연구를 통해 인공지능 기술을 지구과학교육에 적용하여 학습 효율성 향상에 기여할 것으로 예상되며, 이를 통해 학습자들의 학습 경험을 혁신적으로 발전시킬 수 있을 것으로 기대한다.

주요어 : 딥러닝, TensorFlow, CNN, 암석 이미지, 분류

교직과정을 이수한 교육대학원생의 내러티브 탐색 - 지구과학교육 전공을 중심으로

연유상¹, 정덕호², 이철민*²

¹서연고등학교

²전북대학교 과학교육학부 (earthlee@jbnu.ac.kr)

요약

이 연구의 목적은 교직과정을 이수하는 교육대학원생의 심리적, 환경적, 재정적 어려움으로부터 파생된 불안과 이들이 가진 교직에 대한 희망 사이의 갈등상황을 파악하는 것이다. 이를 위해 지구과학교육 전공 교육대학원생 3명을 연구 대상으로 선정해 내러티브 탐구기법을 적용하여 분석하였다. 연구의 주요 연구 결과는 다음과 같다. 첫째, 연구 참여자들의 심리적 불안에 영향을 주는 요소는 전공 지식의 부족, 멘토의 부족, 늦은 출발, 재정적 문제와 차별, 정보의 부족 등이다. 둘째, 연구 참여자는 자신의 삶은 가치가 있다는 인식, 학생들을 선하게 변화시킬 수 있다는 인식, 자신은 점점 발전하고 있다는 인식에서 희망을 얻는다. 셋째, 연구 참여자들은 자신이 가진 희망 요소에 의해 현 상황을 감내하고 있지만 어려움으로부터 파생된 불안과 교직으로 진출하고자 하는 희망 사이에서 심리적 갈등상황에 놓여 있다. 이러한 결과를 바탕으로 다음과 같은 결론을 도출하였다. 첫째, 교직과정을 이수하는 교육대학원생의 수요를 바탕으로 정보의 수집 및 분석하여 그들의 요구를 충족시킬 수 있는 제도 개선이 필요하다. 둘째, 불안을 극복하지 못하는 교육대학원생들을 대상으로 심리상담 프로그램이 필요하다. 이 연구는 향후 현시점의 교육대학원이 현직 교사의 재양성에만 초점을 두지 않고 구성원 모두의 만족감을 높일 수 있는 방향을 제시함으로써 더 나은 교육대학원의 환경이 마련될 수 있길 기대한다.

주요어 : 내러티브 탐구, 지구과학교육, 교육대학원, 교직과정

변성암 분류 과정에서 정보 제공 정도에 따른 지구과학 교사들의 시선 특성과 암석 판별의 정확성 분석

정덕호*¹, 이철민¹, 박경진²

¹전북대학교 과학교육학부 (earthchung@jbnu.ac.kr)

²한국교육과정평가원

요약

이 연구는 변성암 분류 과정에서 정보 제공 정도에 따라 지구과학 교사들의 시선 특성과 암석 판별의 정확성은 차이가 있는지를 알아보기 위한 것이다. 이를 위하여 6종의 변성암(천매암, 점판암, 편마암, 혼펠스, 대리암, 편암) 샘플 사진을 선정하고, 이를 활용하여 정보 제공 정도가 다른 변성암 분류 관련 수행 과제를 개발하였다. 이후 개발된 수행 과제를 지구과학 교사 21명을 대상으로 적용하여 변성암을 분류하는 과정에서 나타나는 시선 이동에 대한 정량적인 데이터를 시선 추적기(Tobii Pro Glasses 2 model)를 활용하여 수집하고 분석하였다. 지구과학 교사들은 변성암을 관찰할 때 암석의 전체적인 특징보다는 암석 표면의 특정 영역이나 독특한 특징에 지나치게 집중하는 경향이 있으며, 이렇게 수집된 한정된 정보를 토대로 암석을 분류하려는 경향을 보였다. 둘째, 암석의 종류에 따라 다소 차이는 있으나 대체로 제공되는 정보가 구체적일수록 교사들의 시선 고정 시간과 시선 고정 빈도는 감소하는 경향을 보였다. 셋째, 제공되는 정보가 구체적일수록 암석 판별의 정확성은 증가하였을 뿐 아니라 언급된 암석의 종류는 감소하는 경향을 보였다. 넷째, 지구과학 교사들은 정보 제공 정도에 따라 암석을 정확하게 분류하는 패턴은 ‘오답-오답-정답’의 유형이 가장 많았다. 이 연구 결과를 통해 변성암 분류에 대해 학습할 때 암석의 세부적인 특성을 고려하여 관찰시 주의해야 할 사항 등에 대한 체계적인 암석 분류 매뉴얼을 제공할 필요가 있으며, 변성암 분류에 대한 이해를 높일 수 있도록 효율적인 암석 배치를 통해 학습자의 인지적 부담을 줄여줄 필요가 있음을 확인하였다.

주요어 : 변성암 분류, 지구과학 교사, 시선 특성, 암석 판별

생성형 인공지능의 교육적 활용 방안 연구 동향

문민경*¹, 김정찬², 신동희¹

¹이화여자대학교 과학교육과 (1004mmg@ewha.ac.kr)

²한국지질자원연구원

요약

생성형 인공지능 ChatGPT가 상용화된 이후, 교육 분야에서도 이를 활용하고자 하는 시도들이 많아짐에 따라 논의와 연구가 활발해지고 있다. 본 연구는 2022년부터 2024년 3월까지 발표된 교육에서의 생성형 인공지능의 활용 방안 관련 국내외 연구 논문 61편을 분석하였다. 국어, 영어, 제2외국어 등 언어 과목과 정보 과목에 대한 연구가 많았으며, 수학, 과학, 사회, 예술 등의 과목에 대해서도 연구가 이루어지고 있었다. 대상 학교급을 살펴보면 중등교육과 고등교육을 대상으로 한 연구가 많았으며, 초등과 유아 대상 교육 연구도 일부 진행되었다. 구체적 대상 학교급을 설정하지 않은 연구도 다수 실행되었다. 교사가 수업 준비 과정에서 사용하거나, 학생들이 직접 다루며 학습하는 등 생성형 인공지능의 활용 주체는 다양하였다. 과학 교육 분야에서의 연구는 많이 이루어지지 않았다. 연구 내용, 연구 방법, 생성형 인공지능의 교육 활용에서의 장단점 등에 대한 선행 연구 내용을 정리했다. 생성형 인공지능을 교육에서 활용할 때 얻을 수 있는 교육적 가능성을 고려할 때 과학 교육 분야에서 더 많은 연구가 이루어질 필요가 있다.

주요어 : 과학 교육, 생성형 인공지능, ChatGPT, 선행 연구

감사의 글

이 연구는 2024년도 한국지질자원연구원의 지질자원 표본·기초학술연구와 선도형 R&D 정책/성과 확산 연구 사업 지원을 받아 수행되었음.

초등학생의 시스템사고 함양을 위한 탄소중립교육 프로그램 개발

김다미, 문윤섭*

한국교원대학교 환경교육과

요약

이 연구의 목적은 환경을 전체적이고 통합적인 관점에서 바라볼 수 있게 하는 핵심 역량인 시스템사고를 함양하기 위한 교육 프로그램을 개발하는 것이다. 특히 기후위기에 대응하기 위한 교육적 접근 방법으로서 탄소중립교육의 필요성을 바탕으로 이를 효과적으로 구현하기 위한 프로그램을 개발하고 초등학교 6학년 학생을 대상으로 적용하여 시스템사고 함양에 대한 기여도를 검증하였다. 이 연구의 결과는 다음과 같다. 첫째, 시스템사고 함양을 위한 교육에서는 시스템 경계를 명확히 제시

하는 것이 중요하다. 이에 따라 본 연구는 시스템사고 함양을 위한 탄소중립교육 프로그램의 내용적 범위를 설정하였다. 탄소중립교육 프로그램의 대영역을 '기반', '연결', '탐구', '참여'의 네 가지로 구분하였고, 시스템사고의 구성 요소 및 기후변화와 탄소중립과 관련한 구체적인 내용 요소를 선정하였다. 또한, 이를 사건, 패턴, 구조, 정신 모델로 구성되어 시스템사고를 구체화하여 표현하는 IB 모델 활동의 각 단계와 연결함으로써 시스템사고 함양에 긍정적인 효과를 가져왔다는 점에서 중요한 의미를 가진다. 둘째, 기후위기 시대에 적극적인 대응으로서 탄소중립을 주제로 한 환경교육의 중요성과 필요성은 강조되고 있지만 그에 비해 연구는 부족한 실정이다. 이 연구에서는 초등학교 6학년을 대상으로 시스템사고 함양을 위한 탄소중립교육 프로그램을 개발하였다. 이 연구의 프로그램은 초등학교 교육과정에서도 탄소중립교육이 효과적으로 적용될 수 있음을 입증하였고, 초등학생들에게 점점 복잡해지는 현대사회의 여러 문제를 시스템사고를 통해 바라볼 수 있는 기회를 제공하였다. 이는 앞으로의 탄소중립교육의 방향성 및 학교 현장에서의 적용 방안을 검토할 때 참고자료로 활용할 수 있을 것으로 기대된다. 셋째, 연구대상의 시스템사고 사전·사후 검사 결과 평균차이가 통계적으로 유의미하였으며 특히, 시스템사고를 구성하는 세 영역 모두에서 통계적으로 유의한 차이가 확인되었다. 이러한 결과를 토대로 기후위기 시대에 시스템사고 역량의 중요성을 강조하고 이를 함양할 수 있는 탄소중립교육의 방향과 실천적 적용을 모색하기 위한 다양한 후속 연구를 진행할 수 있다.

주요어 : 시스템사고, 탄소중립교육, IB 모델, 기후위기, 역량의 중요성

지구과학 예비교사의 기후위기대응 전시패널 개발을 통한 인식탐색

박영신*, 이동준, 김서현, 김순호

조선대학교 (parkys@chosun.ac.kr)

요약

이 연구에서는 기후위기대응 지구과학전공 예비교사의 인식 및 실천 역량을 탐색하는 것이다, 참여자는 39명 (2, 3, 4학년이 모두 포함) 지구과학전공자로서 기후변화에 대한 지식을 지니고 있지만 이로 인한 기후위기 심각성을 인지하고 이를 통한 실천을 해야 한다는 생각을 지니고 있지는 않은 상태에서 연구에 참여하였다. 참여자의 기후위기 대응 실천역량을 파악하기 위하여 ‘기후변화 관련 지식’, ‘기후변화 감수성’, ‘성찰능력’, ‘통합적 사고’, ‘의사소통능력’, ‘의사결정능력’, ‘실천 의지’의 7가지 요소를 포함하고 각 요소에 5문항이 개발되어 전체 35문항의 설문지를 투입하였다. 리커트 척도로 파악한 결과 감수성은 3.1로 가장 낮았으며, 실천의지도 3.8로 낮은 평균을 보여주었다. 지식을 포함한 다른 항목도 4.1-4.3으로 높은 평균을 아님을 보여주고 있다, 연구자는 참여자의 모둠을 구성하여 (한 모둠에 3-4명) 총 11개의 모둠이 기후변화에 따른 행동이 무엇이 있어야 하는지 조별로 ‘기후행동가 되어보기’ 라는 제목으로 관련 시나리오를 개발하고 전시패널을 개발하도록 하였다. 한 2주간에 걸친 기간 동안에 주제를 정하고 관련 주제에 대해서 상의하며 전시패널을 완성하도록 하였다. 개발된 전시패널은 모둠별로 해설을 하도록 하였다. 연구자는 모둠별 참여자에게 실질적인 자료를 사용하여 심각성을 보여주도록 요구하였고, 각자 실질적인 자료를 바탕으로 현황 파악이나 2주 동안의 결과, 그리고 미래에 예상되는 결과를 제시하기도 하였다. 전시패널의 내용은 1)해수면상승으로 인한 부산이 가라앉는다, 2)붉은 지구, 3)우리지구 이대로 괜찮을까?, 4)내가 던지 쓰레기 부메랑이 되어 나에게 온다, 5) 기후변화 심각성, 6)물발자국 말려보아요, 등의 11개로 다양하다. 전시개발 및 해설후에는 같은 설문지를 다시 투입하였다. 모든 역량에 대해서 평균이 상승하였으며 기후행동가 전시패널 개발 활동으로 인해 특히 감수성 (3.1--> 4.6)과 실천의지(3.8--> 4.5)가 평균이 큰폭으로 상승하였음을 알 수 있다. 기후행동가 전시패널 활동이 역량 함양에 효과가 있었다고 결론내릴 수 있다. 이 외에도 지식은 4.3에서 4.7로, 성찰능력은 4.2에서 4.6으로, 통합적 사고는 4.1에서 4.6, 의사소통은 4.2에서 4.6, 의사결정은 4.3에서 4.6으로 결과적으로 전체 평균 4.0에서 4.6으로 상승하였음을 보여주었다. 재학생들은 이러한 기후행동가 전시패널을 참여함으로써 기후위기에 대한 인식이 향상되고 어떤 실천을 취해야 할지 개인적으로 알게 되었다고 응답하였다. 이러한 실질적인 활동으로 인하여 기후행동가게 대한 실천역량을 함양할 수 있는 예비양성과과정의 교육과정이 필요함을 보여준다.

주요어 : 기후위기대응, 예비교사, 지구과학전공, 전시패널, 실천역량

중력파를 주제로 한 중등 교육용 실험 교구 개발

마영흠*, 손정주

한국교원대학교, 충청북도 청주시 흥덕구 (pliocene@knue.ac.kr)

요약

본 연구는 중력파의 개념과 중력파 관측장비를 설명하는 실험 중심의 교육 도구를 개발하는 것이다. 2015년 중력파가 관측된 이후, 천문학계에서는 전자기파와 중력파를 동시에 관측하는 다파장 천문학으로 관측적 발전이 되어가고 있으며, 중력파를 통한 허블 상수 측정으로 우주론적 논의도 함께 이뤄지고 있으나 이에 대한 대중의 이해도는 높지 않은 상황이다. 학습자의 중력파에 대한 이해를 높이기 위해 중력파 검출기의 역사를 정리하였고, 실험 도구를 중력파, 중력파 관측장비 부분에서 각각 2개씩 제안하였다. 현재 검출 가능한 중력파원에 대한 설명을 위해, 블랙홀 한 쌍이 병합하는 과정에서 발생하는 시공간의 흔들림을 재현하는 실험을 제안하였고, 해당 실험은 시공간의 흔들림을 천의 흔들림과 젤라틴의 흔들림으로 모사하였다. 중력파 검출기에 대한 시각적 이해도를 증대시키기 위해 'LIGO(레이저 간섭계 중력파 관측소) 지진 격리 실험', '중력파원 위치 탐지 실험'을 제안하였다. 아직 완전히 교육프로그램으로 완성되지 않았으나, 위의 교육 도구들은 다양한 교육기관 및 학교 현장에서 활용할 수 있으며, 학생 및 교사의 최신 과학 지식의 이해를 향상시키는 데 기여할 것으로 생각한다.

주요어 : 중력파, 교육, 실험 교구, LIGO

독도 3D 모형을 활용한 지구과학 교수 학습 방안 탐색

구자옥

한국교육과정평가원 (kujaok@kice.re.kr)

요약

지구과학 교수 학습에서 다루고 있는 자연 현상 혹은 실제적인 학습 대상은 시·공간적으로 매우 큰 규모를 가지고 있으며 3차원적인 구조를 가지고 있어서 공간 지각 능력이 약한 학생들이 학습하는데 어려움을 겪는 경우가 많다. 따라서 습곡과 단층 같은 지질 구조, 다양한 종류의 화산체, 판구조론에서의 판의 상대적인 이동 등 3차원적 구조를 다루는 지질학 분야에서는 학생들의 이해를 돕기 위해 실물 모형이나 3차원으로 그려진 모식도를 학습에 이용해왔다. 그런데 실체모형의 경우 제작이 까다롭고, 보관이 어려운 단점이 있었으며, 교과서에 실린 3차원 모식도는 2차원에 평면에 그려져야 했으므로 실제적인 3차원의 구조를 파악하는데 한계가 있었다. 본 연구에서는 3차원 모델 디자인에 널리 사용되는 Trimble사의 SketchUp 프로그램을 시각화 도구로 사용하여 지구과학 학습에서의 이해를 증진시킬 수 있는 방법과 절차 및 효용성에 대해 탐색해보고자 하였다. SketchUp 모형의 경우 지리적 정보를 입력할 수 있으며 KML파일로 변환하면 인터넷 공간에서 3D뷰어로 지구 곳곳을 탐색할 있게 해주는 Google earth에서 다양한 시점의 변화를 주면서 모형을 관찰할 수 있다.

SketchUp 모형은 간단한 조작만으로 모형의 확대, 축소, 360° 회전이 가능하며, 3차원 구조를 이루는 다양한 요소들을 필요에 따라 나타나거나 사라지게 할 수 있어서 단면, 내부 구조를 파악할 수 있게 하거나, 시간에 따른 변화까지 표현 가능하다. 또한 3d pdf 파일 형식으로 변환하면 e-book 형태의 교과서에 수록할 수 있어 3차원적 구조를 교과서 내에서 표현할 수 있게 해준다.

독도 3D 모형의 제작을 위해서는 한국지질자원데이터센터가 제공하는 지질도, 국토지리정보원이 제공하는 수치지형도를 활용하였다. 독도 3D 모형은 쉽게 변형과 배포가 가능하면 학습 수준과 범위에 따라 다양하게 활용될 수 있다.

주요어 : 독도, 3D 모형을 활용한 지구과학 수업, SketchUp 3D 모형, Google Earth 활용

CMIP6 OMIP 프로토콜을 적용한 해양-생지화학 모델 실험결과 분석

이효미^{1,2}, 문병권^{2,*}

¹한국해양과학기술원/해양순환기후연구부

²전북대학교 과학교육학부/융합과학연구소

요약

현재 전지구적으로 급격한 기후변화 현상이 발생하고 있으며, 해양은 긴 메모리를 가지고 있으며 대기 중 이산화탄소를 흡수하는 등의 특성 때문에 기후변화에 미치는 영향이 큰 것으로 알려져있다. 기후현상과 미래 기후변화를 이해하고 전망하기 위한 도구로 지구환경을 시뮬레이션 하는 다양한 모델이 활용되고 있으며, 특히 해양과 관련있는 현상들의 모의 정확도를 높이기 위해서는 해양 모델을 평가하고 모델이 가지는 고유 오차에 대해 먼저 이해해야 할 것이다. 우리는 이 연구에서 해양-생지화학 모델인 NEMO-TOPAZ의 주요변수 모의성능을 관측 및 재분석 자료를 기준으로 평가하였다. 평가를 위해 결합모델 상호비교 프로젝트인 CMIP의 6번째 phase (CMIP6) 중 해양모델 상호비교 프로젝트 OMIP의 실험 프로토콜을 모델에 적용하였다. 모델 주요변수의 초기장으로 OMIP에서 제안한 기후자료를 사용했으며, 두 가지의 대기 강제력 자료를 처방하고 6 cycle 씩 적분하였는데 이는 각각 OMIP1 프로토콜의 CORE-II (적분기간 총 372년), OMIP2 프로토콜의 JRA55-do (366년)였다. 모델 수행 직후에 수온과 염분이 보이는 표류(drift)는 초기 약 5년 동안 급격하게 나타났으며, 그 후 빠르게 안정화되었다. 해양 상층은 수온은 3번째 cycle, 염분은 4번째 cycle 이후에 강제력과 관계 없이 준평형 상태에 도달한 것을 확인할 수 있었다. 일차생산력과 관련이 있는 클로로필 농도는 강제력에 따라 각 해역에서 차이가 있었다. 동태평양에서 나타나는 저산소층의 면적은 재분석 자료보다 좁게 나타났으며, 선행연구에 비추어 볼 때 모델의 수평 해상도를 현재의 약 2도에서 더 높은 해상도로 변경할 필요성을 제시하였다. 연구 결과는 향후 같은 해양-생지화학 구성을 포함하고 있는 지구시스템 모델의 평가결과 중 해양 오차와 관련된 부분을 파악하고 모의를 개선하기 위해 활용될 수 있을 것이다.

※ 이 논문은 2024년도 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (RS-2023-00256141, 전지구 기반 해양방사능오염 영향예측기술 개발). 이 연구의 주요 계산은 기상청(국가 기상슈퍼컴퓨터센터)이 제공한 슈퍼컴퓨터 자원을 이용하여 수행되었습니다.

Enhancing satellite remote sensing of water quality in Chesapeake Bay tributaries through public participation

이민선^{*1,2}, Maria Tzortziou², Patrick Neal³, Shelby Brown³, Alison Cawood³

¹국립수산과학원, ²City University of New York,

³Smithsonian Environmental Science Center

요약

미국 항공 우주국(National Aeronautics and Space Administration, NASA)이 지원하고 Smithsonian Environmental Science Center, City University of New York이 함께 주관하는 시민과학프로그램 Chesapeake Water Watch를 소개하고자 한다. Chesapeake Bay에는 수백개의 강과 지류가 있는 복잡한 지형이며, 높은 인구밀도의 주민들이 거주, 어업활동, 여가생활 등을 통해 해수의 수질에 직간접적인 영향을 받고 있다. 각 강 지킴이 단체 (river keepers)와 시민과학자들이 휴대폰 앱 (Hydrocolor)로 측정된 탁도, 휴대가능한 크기의 광학측정기기 (Aquafluor)로 측정된 클로로필농도 및 유색유기용존물체 측정값을 이용하여, 고해상도 해수 수질 모니터링 기법 개발을 진행하고 있다. 기존의 해수 수질 알고리즘들이 활용가능한지 확인하고, 연구 해역에 맞게 알고리즘을 수정하여 제시하고 있다. 또한 여러 대기보정기법을 해상부이 측정값과 비교 및 평가하여 선택하여 위성원격탐사의 정확도를 높였다. 또한 미국 국립해양대기국 (National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA)의 전국규모 시민과학자 프로그램 Phytoplankton Monitoring Network와 협력관계를 추진하였으며, 유해미세조류 또한 관측 변수로 추가하여 고해상도 원격탐사가 가능하도록 진행하고 있다. 또한 시민과학자들과 지역 연구단체들과 함께 정기적 비정기적으로 소통하며 정보를 공유하고, 교육 및 교육자료 제작지원도 하고 있다.

주요어 : 해양수질, 위성원격탐사, 고해상도, 시민과학자, Chesapeake Bay

적외선 라디오미터 관측계(ISAR)를 이용한 북서태평양 피층 수온 현장 관측

강지원*¹, 박경애², 김희영²

¹서울대학교 과학교육과 (jiwon503@snu.ac.kr), ²서울대학교 지구과학교육과

요약

해수면온도는 해양 및 지구 환경 변화에 매우 중요한 역할을 하며, 다양한 해양-대기 현상을 이해하는데 가장 많이 활용되는 변수 중 하나이다. 따라서 국내외 다양한 연구기관에서 인공위성자료 및 해양 실측 자료를 이용하여 해수면온도를 산출해 보급하고 있는데, 각 자료마다 산출하는 해수면온도 깊이가 다르므로 해양에서의 피층 수온과 표층 수온의 차이와 관계를 이해하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 피층 수온 관측 및 산출을 목적으로 적외선 라디오미터 관측계(ISAR, Infrared Sea surface temperature Autonomous Radiometer)를 해양조사선에 부착하고 운용하였다. 현장에서 관측하기 전에 외부 방해가 없는 실험실 내부에서 기기의 검·보정을 실시하여 보정 계수를 산출하였으며, 이 값을 적용하여 피층 수온을 보정 및 산출하였다. 산출된 피층수온을 현장 관측한 표층 수온과 비교하여 피층-표층 수온 차이를 정량화하고자 하였으며, 인공위성 해수면온도 자료를 이용하여 검증하고자 하였다. 본 연구에서는 북서태평양에서의 피층-표층의 수온 차와 일간 변화 그리고 해양 상층 연직구조의 특성에 대해 논의하고자 한다.

주요어 : 해수면온도, 피층수온, ISAR

기계학습 및 순에너지율 기반 태풍 급강화 예측 모형 개발

김성훈¹, 이우정^{2,*}, 강현우¹, 강석구³

¹한국해양과학기술원,

²기상청 예보국 국가태풍센터 (lwj@korea.kr),

³서울대학교

요약

본 연구에서는 순에너지율 (NGR; Net Energy Gain Rate Index)을 이용하여 기계학습 (ML; Machine Learning) 기반 태풍 급강화 예측 모형을 개발하였다. NGR은 태풍이 강화되는 동안 해양과 대기 사이의 에너지 교환율을 나타내며 본 연구에서는 이를 현실적으로 모의하기 위해 태풍 통과 전 상층 해양의 열 조건 및 해수면 거칠기에 대한 정확한 매개변수화를 사용해 계산하였다. 태풍 급강화 예측에 있어 NGR의 영향을 평가하기 위해 의사결정 트리, 로지스틱 회귀, 서포트 벡터 머신, K-Nearest Neighbors 및 Feed-forward Neural Network의 5가지 고유한 ML 알고리즘이 사용해 분류모형을 구축하였다. 각 알고리즘에 대해 NGR의 활용여부에 따라 두 가지 세트의 실험이 수행되었으며 실험 결과 NGR을 포함한 모형이 기존 모형에 비해 우수한 성능을 보였다. 하드 보팅(hard-voting) 방법을 활용하여 5가지 개별 알고리즘의 예측의 앙상블 모형을 개발하였으며 이 모형은 태풍 급강화 예측에서 약 10%의 성능 향상을 보였다. 이 연구 결과는 태풍 강도 예측을 개선하는 데 있어 NGR의 잠재력을 강조하며 급강화 예측에서 앙상블 ML 모델의 효과를 강조한다.

주요어 : 태풍 급강화, 기계학습, 태풍-해양 상호작용, 해면거칠기 모수화, 태풍에 의한 해양연직 혼합

인공위성 원격탐사를 활용한 태풍 시기 해양 양식장 분석

박혜원¹, 박경애²

¹서울대학교 협동과정 환경교육전공 (greenflower@snu.ac.kr)

²서울대학교 지구과학교육과 (kapark@snu.ac.kr)

요약

이 연구는 전 세계 수산물 수요의 증가에 따른 해양 양식업으로 인해 초래되는 해양 오염에 주목하였다. 해양 양식장에서 주로 사용되는 양식 시설용 그물, 노끈, 발판, 스티로폼 부표는 플라스틱을 소재로 이루어졌으며 특히 스티로폼 부표는 햇빛과 바람, 물에 의하여 미세 입자를 쉽게 생성할 수 있기에 해양 환경 오염의 주요 문제로 지목되고 있다. 이를 모니터링하기 위해 인공위성 원격탐사를 활용하여 해양 양식장을 탐지하였다. 그리고 이때 태풍 시기의 변화에 대해서 분석하였다. 한국은 세계적인 어업 핵심 국가 중 하나이자 태풍이 주기적으로 발생하는 곳으로 태풍으로부터 해양 양식장의 피해를 자주 입는 곳이다. 따라서 태풍 시기를 중심으로 해양 양식장을 탐지하고 그 변화를 분석하였다. 연구 자료로는 유럽 우주국 (ESA)와 유럽 연합(EU)에서 공동으로 운용하는 Sentinel-2A의 고해상도 광학 위성 이미지 자료를 활용하였으며, 다양한 지수(Index)와 현장 관측(*In-situ* Measurement) 데이터를 바탕으로 해양 양식장을 탐지하였다. 그러나 해양 양식장을 보다 정확하게 탐지하기 위하여 새 알고리즘 개발의 필요성을 확인하였다. 이에 공간 변동성을 활용하여 새 알고리즘을 개발하고 개발된 알고리즘을 기반으로 해양 양식장 탐지 및 태풍 시기 변화를 분석하였다. 분석 결과, 해양 양식장의 면적이 감소하였으며 태풍의 영향으로 양식장이 이동하였다. 본 연구를 통해 태풍 시기 해양 양식장 관리의 중요성을 시사하고 해양 환경 보전을 위한 해양 양식장의 시설물 교체 및 주기적인 모니터링의 필요성을 강조하고자 한다.

주요어 : 인공위성, 원격탐사, 양식장 탐지, 태풍 시기 변화

유독성 와편모류 *Alexandrium pseudogonyaulax*의 분류학적 특성 연구

이무준¹, 유영두^{*2}

¹안양대학교 해양바이오공학과 (mjoon@anyang.ac.kr)

²군산대학교 해양생물자원학과

ABSTRACT

The genus *Alexandrium*, isolated from the West Sea, Korea, underwent comprehensive morphological and molecular biological analyses. The thecal plate arrangement conformed to the Kofoidian series characteristic of the typical genus *Alexandrium*. Predominantly, cells exhibited a broad shape, with a consistent ratio of length to width, or a width longer than the length. Furthermore, molecular phylogenetic scrutiny utilizing SSU and LSU rDNA sequences identified *Alexandrium pseudogonyaulax* as the closest relative species. Consequently, morphological traits encompassing cell shape, length-width ratio, and plate formula composition, along with molecular analysis of rDNA (SSU, LSU) sequences, support the classification of the *Alexandrium* specimens in this study as *A. pseudogonyaulax*.

Keyword : Dinoflagellate, *Alexandrium*, Red-tide, Harmful algal bloom, Toxic

요약

시화호에서 유독성 와편모류인 *Alexandrium*을 채집하고 단일 종 배양체를 확보하여 분류학적(형태, 유전자) 특성 분석을 수행하였다. 형태학적으로 Kofoidian series에 의한 thecal plate formula는 *Alexandrium* 속의 전형적인 thecal plate formula와 일치하였으며 대부분의 개체는 너비(width)가 길이(length)보다 긴 넓적한 형태로 관찰되었다. Ribosomal DNA (SSU, LSU) 염기서열과 분자계통도 비교분석 결과 *Alexandrium pseudogonyaulax*와 가장 근연한 종으로 판단되었다. 본 연구에서 채집되어 단일 종 배양 후 형태학적 및 분자생물학적 특성을 분석한 *Alexandrium* 종은 전체적인 형태와 plate formula 특성, rDNA 염기서열의 유사도 및 분자계통도 분석 결과 *A. pseudogonyaulax*와 가장 유사한 것으로 판단된다.

주요어 : 와편모류, 적조, 유독성플랑크톤, 알렉산드리움

동아시아 해역의 고해상도 기후평균장(ANAS23) 개발 및 성능 평가

이재호*, 김용선, 김성대

¹한국해양과학기술원 (jaeholee@kiost.ac.kr)

요약

본 연구는 1895년부터 2021년까지 동아시아 해역에서 수집된 160만 개의 관측 자료를 사용하여 56개의 수심과 73개의 수심에 대해 각각 1/4°와 1/10° 해상도의 월별 수온, 염분의 기후평균장인 ANAS23 (Atlas of temperature and salinity for the Northeast Asian Seas 2023)을 개발하였다. 미해양대기청(NOAA)에서 개발한 EAS-RC (East Asia Seas Regional Climatology)와 비교하여 해상도와 기후장 구축 기법에 따른 해수 분포 및 특성을 분석하였다. 수심 20m에서의 수온 분포를 비교 분석한 결과, 해상도의 변화에 따른 EAS-RC의 RMSE는 0.52 °C, ANAS23의 RMSE는 0.32 °C로 계산되었다. 해상도의 변화에 따른 공간 평균 RMSE를 보면, EAS-RC가 ANAS23보다 크게 나타났으며, 다른 수심에서도 유사하게 나타났다. 이는 ANAS23의 경우 고해상도와 저해상도 사이의 구조적 차이가 적은 반면 EAS-RC는 미세 구조에 더하여 해상도 사이에 있어서 구조적 차이가 있을 수 있음을 시사한다. 동해에서 1/10° 해상도의 EAS-RC의 경우 위도 1° 간격으로 편차가 크게 나타나는 비정상적인 공간 분포가 나타나며, 입력 자료의 불균질한 분포에 기인한 수온 격자 자료의 수평 및 연직 구조의 문제가 있음을 의미한다. 일본기상청의 137°E 연속 수온 관측 라인 자료와 비교 분석한 결과, 쿠로시오 남부 해역의 북태평양중층수 수괴에서 EAS-RC의 고해상도 기후장과 관측 자료 사이의 편차가 저해상도 기후장보다 높다. 이는 EAS-RC가 쿠로시오 주변 해역의 해수 물성을 모의하는데 고해상도 기후장의 성능이 저해상도 기후장보다 떨어지는 것을 시사한다. ANAS23의 경우, 전반적인 수온 구조는 유지 되면서 해상도 증가에 따른 세부 구조를 잘 모의하였으며 관측과의 편차 또한 감소하였다. 결론적으로, EAS-RC는 해상도에 따라 수평 및 연직 구조가 바뀌는 경향이 있는 반면, ANAS23은 해상도가 높아짐에 따라 전체적인 구조는 유지 되면서 동시에 미세 구조까지 잘 모의한다고 판단된다. 이러한 결과는 ANAS23을 수치 모델의 초기 입력장으로 활용할 때 NOAA의 EAS-RC를 초기장으로 운영하는 것 보다 향상된 모델 결과 및 미래 전망에 대한 예측 성능을 향상 시킬 수 있음을 시사한다.

주요어 : 동아시아 해역, 기후평균장, ANAS23, EAS-RC

Impact of deep-sea CO₂ and heavy metals leakage on marine organisms for carbon capture and storage post-management : A review and experimental design

Mingyeong Je¹, Dongju Lee¹, Choul-Hee Hwang², Kwang-Sup Lee², Dong-Won Kang²,
Jung-Suk Lee³, Byeong-Mo Gim³, In Ok Lee⁴, Changkeun Lee⁴, Junsung Noh^{1,*}

¹Department of Environment & Energy, Sejong University, Seoul 05006, Republic of Korea
(mingyocean@gmail.com)

²Marine Eco-Technology Institute, Busan 48520, Republic of Korea.

³Institute of Environmental Protection, Neoenbiz Co., Bucheon 14523, Republic of Korea.

⁴School of Earth and Environmental Sciences, Seoul National University, Seoul 08826, Republic of
Korea.

ABSTRACT

Global efforts are accelerating to achieve Net Zero by 2050. To achieve this goal, the Korean government has focused on carbon capture and storage (CCS) technology. However, the leakage of CO₂ and its combination with contaminants, such as heavy metals (HMs), in the sediment can ecologically impact the surrounding coastal ecosystem of CCS site. Studies on the ecological impact of CO₂ and HMs exposure on marine organisms at CCS sites are far limited. The present study aims to provide designs for future experiments on CO₂ and HMs exposure (including environmental conditions and test organisms) based on field surveys and a literature review. A field survey was conducted at the Donghae-1 gas field near Ulsan coast (at a depth of 150 m) in July 2023. Sediment and benthos were collected to estimate the degree of HMs contamination and the abundance of taxa at CCS sites, respectively. High concentrations of six HMs (Cr, Cu, Pb, Zn, As, Ni) were estimated in the sediment at all sites. Benthic organisms included a total of 87 species in 6 phyla at the CCS site. Among them, the majority of species were classified into three phyla (Arthropoda, Annelida, and Mollusca). The biological impact range of CO₂ concentration on marine organisms was estimated from pH 5.5 to pH 8.05 based on the literature review. Based on these results, we selected the polychaete *Goniada maculata* as the test species for a mesocosm experiment on CO₂ and HMs exposure. The mesocosm experiment for assessing the potential impact of CCS was designed considering the field concentrations of CO₂ and HMs. It included a control group and three treatment groups with distinct concentrations of CO₂ and HMs. Overall, we provided foundational data for the environmental impact assessment of CCS projects.

한국 서해안 와탄 하구만 조간대의 표층 퇴적상 특징

윤재린, 강솔잎, 양우현*

전북대학교 (ryang@jbnu.ac.kr)

요약

한국 서해안 와탄 하구만 조간대는 대조차, 반폐쇄 연안 지형의 특징을 보인다. 와탄 하구만에서 2016년 8월과 2017년 2월의 표층 퇴적물의 조직과 퇴적상 변화와 지형 표고가 해안선에 수직인 3개의 축선을 따라 조사되었다. 모래미, 목맥, 숲쟁이 꽃동산 지역의 3개 조사 축선을 따라 50 m 간격으로 총 45개 지점에서 표층 퇴적물이 채취되고 표고가 측정되었다. 와탄 하구만 조간대의 표층 퇴적물은 주로 모래와 펄 퇴적물로 구성된다. 와탄 하구만 조간대는 여름에 육상기원 부유성 점토 퇴적물이 하류부인 숲쟁이 꽃동산, 목맥과 하구만 입구인 모래미까지 연장되어 퇴적된 반면, 겨울에는 부유 점토 퇴적물이 하구만 입구인 모래미까지 도달하지 못하고 하천 하류부인 숲쟁이 꽃동산과 목맥에서 집적되었다.

Sedimentary Facies and Environments of the SSDP-101 Long-core in a Submarine Sand Ridge in the Korea Strait

양우현*¹, 김성필²

¹전북대학교 (ryang@jbnu.ac.kr)

²한국지질자원연구원

ABSTRACT

A long core SSDP-101 of 77 m depth in a submarine sand ridge of the Korea Strait shelf was studied to understand a forming process of the sand ridge. The long core was drilled at 128° 16.335 ' N in latitude and 34° 19.666 ' E in longitude (WGS-84) on the top of the sand ridge of 60-meter water depth. Marine geological analyses of the SSDP-101 long-core samples can reveal changing sedimentary environments in the Korea Strait shelf, caused by relative sea-level changes during the late Quaternary. The lower parts of the core sample were interpreted as episodic stream flooding sediments occurring in an estuarine environment. The sand ridge of the study area formed when the relative sea level was lowered rather than the present sea level and the sand-ridge sediments were winnowed with the relative sea-level rise. The submarine sand ridge in the modern shelf is interpreted that the sand ridge of the lower sea level has remained to the present higher sea level.

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

A Geoacoustic Model at the SSDP-101 Long-core Site in the Korea Strait

양우현*¹, 김성필²

¹전북대학교 (ryang@jbnu.ac.kr)

²한국지질자원연구원

ABSTRACT

The Korea Strait comprises a continental shelf in a shallow sea that experienced glacio-eustatic sea-level changes during the Quaternary period. A long core of 76.6 m in length was acquired at the South Sea Drilling Project site (SSDP-101; 34° 19.666' E and 128° 16.335' N) with a 60 m water deep. The uppermost massive sand beds were interpreted as sandy sediments of the nearshore marine sand ridge in the shallow sea during the transgression of sea level, whereas the lower parts of alternating sandy and muddy beds were interpreted as deposits in marsh, estuary, and tidal flat environments. A three-layered geoacoustic model was reconstructed for the sedimentary succession in the high-resolution seismic profile based on a 140-grain size and sediment type of core SSDP-101. For the actual underwater simulation and experiments, the in-situ P-wave speeds were calculated using the sound speed ratio of the Hamilton method.

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

Assessing organic carbon stock and potential blue carbon status in sediments from Planned land restoration in tidal flats

갯벌복원에정지 퇴적물 내 유기탄소 저장량 및 잠재적 블루카본 현황

장슬기¹, 이창래¹, 이종민², 권인하³, 배한나^{1*}

¹지오시스템리서치 환경생태부

³서울대학교 지구환경과학부

요약

전세계는 기후변화로 인해 탄소중립(Net-zero Carbon)을 목적으로 탄소배출을 감소 연구가 활발히 진행되고 있다. 우리나라는 육상환경에서 탄소흡수 및 배출 연구가 진행되고 있지만, 갯벌과 같은 해양환경의 연구는 미흡한 실정이다. 본 연구는 갯벌복원에정지 내 블루카본 잠재량을 비교하기 위해 대부도(n=4), 근소만(n=3), 가로림(n=4), 지도(n=2), 서귀포(n=2)비식생 및 식생지 퇴적물(유기탄소, 니질함량, 함수율, 건조밀도), 저서미세조류(생물량, 일차생산량), 염생식물(밀도)를 측정하였다. 분석결과, 갯벌 퇴적물 내 유기탄소 저장량은 가로림만(54.7 Mg C ha⁻¹)과 근소만(53.9 Mg C ha⁻¹)에서 가장 높았으며, 서귀포(13.1 Mg C ha⁻¹)에서 가장 낮게 나타났다. 또한 퇴적물 내 유기탄소 저장량은 니질함량과 유의한 양의 상관관계(p < 0.05)를 보였으며, 지역에 따라 차이를 보였다. 식생지(0.35 Mg C ha⁻¹)가 비식생(0.34 Mg C ha⁻¹)보다 높게 나타났으며, 염생식물 서식지는 순비기나무(0.42 Mg C ha⁻¹),갈대(0.38 Mg C ha⁻¹),칠면초(0.34 Mg C ha⁻¹) 순으로 나타났다. 종합분석을 진행한 결과, 근소만에서 유기탄소저장량(44.5 Mg C ha⁻¹),저서미세조류 생물량(26.9 mg m⁻²)그리고 일차생산량(41.3 mg C m⁻²ha⁻¹)이 높게 평가되었다. 본 연구 결과는 갯벌복원에정지를 대상으로 퇴적물 내 유기탄소 저장량을 분석하여 블루카본 잠재량을 비교하였고, 이를 통해서 갯벌복원에정 대상지 선정에 블루카본 잠재량이 중요한 근거자료로 사용될 수 있을 것이다.

핵심어: 블루카본, 갯벌, 총 유기탄소 함량, 염습지

Sentinel-2 인공위성을 활용한 제주도 연안의 석유 유출물 관측

이진호^{*1}, 박경애²

¹서울대학교 지구과학교육과 (jinhonav@snu.ac.kr),

²서울대학교 지구과학교육과

요약

본 연구는 원격탐사를 통해 원유 등의 오염물질의 해상유출 사태에 대해 모니터링하고 분석하는 것을 목적으로 하며, 이를 위해 2022년 7월 4일 제주도에서 발생한 원유 유출 사고를 Sentinel-2 인공위성을 통해 모니터링하고 분석하였다. 해당 사고를 Sentinel-2 인공위성으로 관측한 영상을 수집하여 Sen2Cor 대기 보정 및 Resampling을 실시하였다. 전처리 이후에는 분광 혼합 분석 기법인 Nfindr 알고리즘을 통해 오염물질 유출 지역에 대한 443nm ~ 2190nm 파장 대역의 12개 밴드의 스펙트럼을 추출하였다. Nfindr기법은 순수 물질인 endmember의 개수를 사전에 지정하고 endmember 개수만큼의 스펙트럼을 초분광 및 다분광 영상에서 추출하는 알고리즘이며, 해당 사고 해역에는 원유와 해수, 유처리제 등이 포함되어 있을 것으로 가정하고 endmember를 3개로 지정하여 Nfindr 알고리즘을 통해 스펙트럼을 추출하였다. 또한 추출한 스펙트럼을 두 스펙트럼 사이의 유사도를 측정하는 방법인 Spectral Angle Mapper(SAM)기법을 사용하여 원시영상과 비교하였고 원유 유출 범위를 분석하였다.

주요어 : 원격탐사, 원유, 인공위성, 스펙트럼

한반도 지역 VIIRS 야간 조도 자료의 통계적 검증 및 변화 경향 분석

강귀봉*, 이윤곤

충남대학교 자연과학대학 지구환경·우주융합학과와 대기과학 전공
(gwibongkang@o.cnu.ac.kr)

요약

지구에서 야간에 방출되는 빛은 새로운 방법으로 인류의 활동을 나타내는 지표로서, 1970년대 초반부터 DMSP(Defense Meteorological Satellite Program) OLS(Operational Linescan System)를 통해 관측되었다. 야간에는 주간과 다른 다양한 빛이 지구로부터 방출되며, 여기에는 달빛, 지면에서 반사되는 빛(알베도), 오로라뿐만 아니라, 화재나 인류의 활동에 따라 건물이나 운송 수단으로 나오는 빛이 포함된다. 위성기반 NTL(Nighttime Light) 데이터는 앞서 언급한 DMSP-OLS와 2011년 10월 발사되어 운용 중인 NPP(NPOESS Preparatory Project) VIIRS(Visible Infrared Image Radiometer Suite)의 두 가지 데이터가 주로 사용되고 있다. 현재까지 다수의 선행연구에서 NTL 데이터를 활용하여 사회경제적 지표들(GDP, 에너지 소비량, 도시화의 정도, 인구분포 및 이동, 경제적 격차 등)의 관련성 분석과 CO2 배출량, PM2.5의 추정 그리고 야간 시간대 대형산불, 에어로졸 탐지 등과 같은 다양한 분야에서 연구가 이루어지고 있다. 위성에서 탐지되는 NTL은 데이터의 특성상 지면 및 대기 환경에 큰 영향을 받으며, 구름화소에 의해 NTL DN값이 측정되지 않거나 측정값이 과소평가되는 경우가 생기고, 적설이 있는 겨울의 경우 눈의 반사도에 의해 반대로 과대평가 되어 특정 지점에서는 NTL 계절성으로 인한 오탐지 가능성도 크다.

본 연구에서는 2012년부터 2023년까지 12년간 한반도의 남한 영역을 17개 권역으로 구분하고 VIIRS NTL 자료(VIIRS 위성 DNB 채널의 공간해상도는 742m이고, 매일 오전/오후 1시 30분에 관측)를 통계적으로 분석하였다. 한국 지역의 NTL 계절 변동성을 확인하기 위해 여름(6, 7, 8월)과 겨울(12, 1, 2월)로 나누어 NTL 값의 차이를 계산하고, 이러한 차이가 인공조명의 일반적인 계절성을 감안할 때, 계절별로 다르게 나타나는 지표 및 대기환경(구름, 에어로졸, 적설 등)의 차이로 기인한 것인지를 분석하였다. 또한, 17개 권역의 사회경제적 지표(인구, 경제성장률, 도시화 등)의 변화와 관련하여 장기간의 NTL 추세 경향을 살펴보고, NTL 자료의 설명성을 통계적으로 검증하였다. 이러한 연구 결과들은 향후 분석하고자 하는 NTL과 이산화탄소 배출량의 물리적 관계성을 진단하는데 기초 자료로 활용될 수 있다.

Keyword : Nighttime Light, VIIRS, Cloud, Surface albedo, Socioeconomic Indicators

태양지구공학 시나리오에서 나타나는 미래 기후 반응: 위도별 성층권 에어로졸 주입 민감도 실험

이정은, 이정인, 조영주, 진유나, 김혜림, 김혜미*

이화여자대학교 과학교육과 (hyemi.kim@ewha.ac.kr)

요약

기후공학(Climate Engineering)은 기후위기의 적극적인 방어를 위해 인위적으로 기후시스템을 조절하여 기후 변화를 완화하는 기술적 접근 방식으로, 최근 들어 미국과 유럽에서 정부 차원의 적극적 연구 투자가 이루어지고 있다. 다양한 기후공학 기술 중에서 특히 성층권 에어로졸 주입(Stratospheric Aerosol Injection; SAI) 방법은 대기 성층권에 에어로졸 분사 등을 통해 태양 복사를 반사하여 지구온난화 속도를 늦추는 기술로, 온실가스 감축 방안에 비해 빠르고 효과적이며 다른 기후공학 기술보다 경제적이라는 점에서 장점이 있다. 그러나 이러한 기술의 적용이 대기 순환을 변화시켜 기상/기후 현상 및 생태계 전반에 부정적 영향을 줄 수 있다는 점에서 잠재적 부작용에 대한 우려도 제기되고 있다. 이에 본 연구에서는 SAI 방법이 미래 기후에 미치는 영향을 다양한 기후 현상을 대상으로 분석하였다. 사용된 모델 실험은 Community Earth System Model version 2 (CESM2) SAI 실험으로, SO₂를 위도별(45S~60N) 성층권에 주입한 실험이다. 2016-2069 기간의 미래 기후변화시나리오(SSP245) 실험을 '지구온난화실험'으로 정의하고, 이 실험에 2035년부터 SO₂ 주입을 실행한 것을 'SAI 실험'이라고 하였다. 본 연구에서는 위도별 SAI 실험에 따른 미래 기후 반응의 민감도를 연구하였다. 특히, 아시아 몬순, 극지 기후, Madden-Julian Oscillation (MJO), El Nino Southern Oscillation (ENSO)의 변화를 분석하였다. SAI의 위도별 실험에 따른 지표면 기온 변화 및 열대수렴대의 북상 및 남하에 따라 아시아 몬순 및 MJO의 강도와 패턴이 변화하였으며, ENSO의 변동성 역시 SAI 위도에 따라 민감하게 반응하였다. SAI 위도가 고위도로 갈수록 북극 및 남극 기온은 지구온난화실험에 비해 현재 기후 상태로 회복하는 양상을 보인다. 특히 북극 해빙의 경우 해빙 면적과 두께 모두 SAI 처리하였을 때 지구온난화 실험에 비해 더 넓고 두꺼운 경향을 보였으며, SAI를 고위도에 처방할수록 더 효과적인 것으로 나타났다.

주요어 : 태양지구공학, 아시아 몬순, MJO, ENSO, 극지기후

머신러닝 기반 시정 및 안개 예측 모델의 성능 평가

서현우*, 이윤곤

충남대학교 자연과학대학 지구환경·우주융합학과 대기과학 전공
(hahw94@gmail.com)

요약

시정의 감소는 항공기, 선박, 자동차 등 교통수단을 이용하는데 제한을 주며 또한 큰 사고를 유발하여 경제적 손실뿐 아니라 인명 손실을 발생시킬 수 있다. 따라서 시정을 감소시키는 기상현상을 예측하여 사전에 사고를 예방하는 것이 필요하다. 시정 감소를 유발하는 대표적인 기상현상인 안개는 발생 원인이 다양하며, 지역적 특성과 기상 조건에도 영향을 받아 안개의 발생을 예측하는 것은 어려운 과제로 남아있다. 본 연구에서는 2016년부터 2020년까지 시흥 지역 AWS의 풍속, 풍향, 시정, 상대습도, 기온 데이터와 에어코리아의 PM10 자료를 사용하여 1, 2, 3시간 이후의 시정을 예측하는 머신러닝 기반의 LSTM(Long-Short Term Memory) 모델을 구성하였다. 모델을 학습하는 데이터를 구성하는 과정 중 AWS의 결측값을 보완하기 위해 ASOS 자료를 기반으로 IDW 알고리즘을 적용하여 보간을 진행하였다. 시정 값의 분포에서 안개 발생 기준인 시정 1000m이하의 데이터가 나머지 데이터에 비해 현저히 적었고 따라서 모델이 높은 시정 범위에 대한 과적합이 될 것을 우려하여 시정 1000m 미만과 1000m 이상에 대해 각각 3개의 클래스 분류, 총 6개의 클래스로 분류 후 각 클래스에 대해 SMOTE 알고리즘을 적용하여 데이터 불균형 문제를 해결하고자 하였다. 2016~2019년 기간의 데이터를 모델 학습에, 2020년 데이터는 모델 테스트를 위해 사용하였고 추가적으로 시정클래스 예측 결과를 기반으로 안개 유무에 대한 예측 결과를 확인하기 위해 기존 6개의 클래스를 안개 발생 유무 클래스로 재분류하여 안개 예측 성능평가를 진행하였다. 또한, 머신러닝 기반 모델들의 성능을 비교하기 위해서, 전통적으로 많이 사용되는 머신러닝 방법인 XGB, RF 기반 모델을 추가로 구성하여 본 연구의 LSTM 모델과 비교하였다. 시정 클래스 예측에서는 LSTM 모델이 가장 높은 성능을 보였고, 안개 예측에서는 RF가 낮은 클래스에 과적합되어 지나치게 낮은 F1-Score를 보인 점을 감안하게 되면, 전체적으로 LSTM 모델의 성능이 높게 나타났다.

Keyword : LSTM, Machine Learning, Visibility, Fog

기상 재분석 자료를 이용한 대기오염 물질 재순환 지수 평가

유정우¹, 김지선², 이순환^{3*}

¹부산대학교 환경연구원

²부산대학교 대학원 지구과학과

³부산대학교 지구과학교육과 (withshlee@pusan.ac.kr)

요약

본 연구에서는 2017년 9월 부산 지역에 대해 재분석 자료를 이용하여 공기괴의 재순환 현상 발생 가능성을 정량적으로 평가할 수 있는 재순환 지수(Recirculation Factor, RF)를 산출하였다. FNL 재분석 자료를 이용하여 고도 975hPa(RF975)과 10m(RF10), 그리고 10m 지상 기상 관측 자료(RFobs)를 이용하여 재순환 지수를 산출 및 비교하였다. 재분석 자료를 이용한 RF10과 RF975는 초미세먼지 측정 농도와 상관 계수가 0.52와 0.50으로 고농도 초미세먼지가 발생하는 날에 산출된 RF도 높아지는 경향성이 나타났다. 지상 기상 관측 자료를 이용한 RFobs는 상관 계수가 0.20으로 상대적으로 낮았다. 이는 지상 기반 관측 자료의 경우 관측 지점의 지형적 및 지리적 특성이 반영될 수 있기 때문으로 판단된다. 따라서 재순환 발생 가능성을 평가하기 위해서는 RF를 산출하는 기상 자료의 특성을 고려해야 할 것이다. 그러나 연안 지역 고농도 대기오염 발생 사례에 대한 활용 가능성을 확인하였다.

공기괴의 재순환 현상이 연안 지역 대기질에 미치는 영향을 알아보기 위해 고농도 초미세먼지 사례에 대해 기상 및 대기질 수치모의를 수행하였다. 사례일인 2017년 9월 24일은 재순환 지수가 0.6 이상으로 높았으며, HYSPLIT(Hybrid Single Particle Lagrangian Integrated Trajectory) 역궤적 분석을 통해 공기괴 재순환 현상이 발생했음을 확인하였다. 기상 및 대기질 수치모의 결과에서 야간에 육풍에 의해 육지에서 바다로 수송된 초미세먼지가 주간 해풍에 의해 바다에서 육지로 다시 재순환 되면서 부산의 초미세먼지 농도가 증가하였다.

본 연구를 통해 재순환 지수 산출을 통해 공기괴 재순환 현상을 정량적으로 평가하였으며, 이는 연안 지역 대기오염 예측에 활용 가능성을 확인하였다. 그러나 재순환 지수 산출에 사용되는 기상 자료(재분석 및 지상 관측 자료)에 따라 달라질 수 있으므로, 분석 지역을 대표할 수 있는 적합한 기상 자료를 평가할 필요가 있다.

주요어 : 연안 지역, 재순환, 재순환 지수, 재분석 자료, 초미세먼지

감사의 글

이 연구는 2020년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2020R1A6A1A03044834). 또한 이 연구는 2022년 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2022R1A2C1093229).

정지궤도 기상위성 자료(GK2A/AMI)를 이용한 번개 탐지 가능성에 대한 연구

이승희¹, 서명석^{1,*}

¹공주대학교 대기과학과

¹공주대학교 대기과학과 (sms416@kongju.ac.kr)

요약

번개란 키가 큰 적란운이 발달하면서 구름 내부에 분리 축적된 음전하와 양전하 사이 또는 구름 밑면의 전하와 지면에 유도되는 전하와의 사이에서 발생하는 불꽃 방전으로, 발생 시 인명 및 재산에 큰 피해를 준다. 지구 온난화가 진행됨에 따라 번개의 빈도와 강도는 증가 및 강화되는 추세이다. 따라서, 본 연구에서는 이러한 위험도가 높은 번개를 탐지하기 위해 기상청의 낙뢰 관측 장비 LINET(Lightning NETwork)의 자료와 정지궤도 기상위성 GK2A(GeoKompSat-2A)의 WV 6.3 μm , IR 8.7, 10.5, 11.2 μm 채널을 이용하여 한반도 지역의 번개 발생 여부 탐지 가능성에 대해 연구하였다. GK2A와 LINET은 관측 해상도 및 방식이 다르기 때문에, 두 자료를 함께 이용하기 위하여 시공간 일치화를 진행하였다. 시간적으로는 위성이 한반도를 관측하는 시간을 기준으로 ± 5 분 이내에 발생한 번개를 해당 위성 관측 시간에 발생한 번개로, 공간적으로는 번개 발생 지점의 최단거리 위성 화소를 기준으로 반경 15km 이내에서 IR 10.5 μm 채널의 BT(Brightness Temperature)가 가장 낮은 화소를 번개가 발생한 화소로 정의하여 시공간을 일치시켰다. 번개 탐지 회귀식을 개발하기 위하여 연구 기간인 2020~2021년 여름철(6~8월)에 해당하는 사례를 20개 선정하였고 이 중 14개를 훈련 사례, 6개를 검증 사례로 분할했다. 번개를 유발하는 깊은 대류는 그 규모가 수~수십 km^2 이기 때문에 이러한 대류운의 특성을 반영하는 변수들에 대하여 기준 화소의 3 \times 3 평균값을 이용하여 회귀식을 개발하였다. 그리고 어떤 변수의 조합이 번개 탐지에 가장 좋은지를 분석하기 위하여 입력 변수를 1~3개로 한 19개의 실험을 설계하였고, 탐지 수준을 평가하였다. 그 결과 전체 19개 실험에 대해 POD와 FAR의 차를 우선순위로 하여 탐지 수준을 비교하였을 때, BTD_WV(Brightness Temperature Difference in WV, IR channels)와 LSD(Local Standard Deviation)를 이용한 실험 11(훈련; POD : 0.936, FAR : 0.880, 검증; POD: 0.925, FAR : 0.881)과 BT, BTD_IR, LSD를 이용한 실험 18의 결과(훈련; POD : 0.912, FAR : 0.857, 검증; POD: 0.901, FAR : 0.851)가 가장 좋았다. 두 실험의 번개 탐지 성능을 개선하기 위하여 구름의 물리적 특성 및 번개 발생의 지역적 특성을 고려하여 번개의 발생 빈도가 적은 지역에 대해 임계값을 주어 후처리를 진행하였다. 그 결과 POD는 두 실험 모두 거의 변화가 없었으며 실험 11의 FAR은 훈련 사례에서 2.05%, 검증 사례에서 2.95% 감소하였고, 실험 18의 FAR은 훈련 사례에서 1.52%, 검증 사례에서 2.82% 감소하였다. 향후 연구에서는 기존의 접근 방식에 머신러닝과 딥러닝 기법을 통합함으로써 번개 탐지의 수준을 향상시키고자 한다.

주요어 : 번개, GK2A/AMI, 휘도온도(차), 번개 탐지, 회귀 분석

※ 이 연구는 기상청 <「위험기상 선제대응 기술개발사업」>(RS-2023-00239653)의 지원으로 수행되었습니다.

기상청 천리안위성 2A호 가시채널 품질 검정 현황

이한별*, 변재영, 김도형

기상청 국가기상위성센터 (twoonestar@korea.kr)

요약

기상청 국가기상위성센터는 정지궤도 기상위성인 천리안위성 2A호를 2019년에 발사 이후 기상영상기(Advanced Meteorological Imager, AMI)의 품질을 검정하고, 지속인 모니터링을 수행해 오고 있다. 현재 국가기상위성센터는 세계기상기구 전지구위성자료 상호 검정 국제 프로젝트(Global Space-based Inter-Calibration System; GSICS) 참여기관으로서 준실시간 위성 표준 자료와 검보정된 자료를 제공하고 있다. 천리안위성 2A호는 가시/근적외 한달 주기로 태양과 달 관측을 수행하며, 이때 태양 표적으로 가시/근적외 채널을 검보정한다. 더불어 저궤도 위성과 표적을 일치시켜 검정하는 레이매칭 방법, 지구표적(심층 대류운, 해양, 사막, 수적)에 대한 검정방법, 달검정 방법을 통해 주기적으로 가시/근적외 채널의 품질을 검정하고 모니터링하고 있다. 이러한 품질 검정방법을 적용하여 분석한 결과 천리안위성 기상영상기가 유럽 기상위성센터(EUMETSAT), 미국해양대기청(NOAA) 등 선진국 대비 우수한 성능의 품질을 보유한 것을 확인 하였다. 본 연구에서는 2019년부터 현재까지 모니터링하고있는 가시/근적외 채널의 품질 검정 결과와 이를 제공하고 있는 품질사이트에 대해 소개하고자 한다.

주요어 : 천리안위성 2A호, 위성관측, 위성자료 품질 검정,

감사의 글

이 연구는 기상청 국가기상위성센터의 「기상위성 예보지원 및 융합서비스 기술개발」 사업의 지원을 받아 수행되었음

위성기반 HCHO/NO2 비율을 이용한 한국과 중국의 대류권 오존 민감도 분석

장진아*, 이윤곤

충남대학교 자연과학대학 지구환경·우주융합학과 대기과학전공 (gna2022@o.cnu.ac.kr)

요약

대류권 오존은 질소산화물(NOx)과 휘발성유기화합물(VOCs)을 포함한 전구체들의 광화학 반응에 의해 생성되는 2차 대기오염물질로 인간의 건강 및 생태계에 악영향을 끼치며, 양의 복사강제력을 갖는 온실기체로도 작용한다. 동아시아 주요 국가들은 오존의 전구물질인 NOx의 배출 저감 정책을 시행하고 있으며, 이로 인한 NOx의 지속적인 감소에도 불구하고 오존은 여전히 증가하는 추세를 보이고 있다. 광화학적으로 형성되는 대류권 오존은 전구물질이 감소함에 따라 감소하는 선형적인 관계가 나타나지만, NOx가 포화상태에 있는 영역 즉, NOx 배출이 많은 지역에서는 NOx의 감소가 O3-NO 적정반응을 약화시켜 오히려 오존의 증가를 초래할 수 있다. 반대로 VOCs가 포화상태인 지역에서는 NOx가 감소함에 따라 오존이 감소한다. 따라서, 오존을 효과적으로 감소시킬 수 있는 배출 규제 전략을 수립하기 위해 지역별 오존 형성의 민감도 영역을 구분하는 것이 필요하다. 오존 민감도 영역은 오존의 형성이 NOx에 민감하게 작용하는 NOx-limited 영역과 VOCs에 민감하게 작용하는 VOC-limited 영역을 구분할 수 있으며, VOC/NOx 비율의 임계값을 산출하여 구분된다. HCHO는 VOCs의 산화 과정 중 일시적으로 생산되는 물질로 과산화라디칼(peroxy radical)에 대한 VOCs 반응 속도의 합에 비례하기 때문에 HCHO를 VOCs로 대체할 수 있으며, NOx는 대기 중 체류시간이 짧아 NO2로 근사할 수 있다.

본 연구에서는 한국과 중국 NCP(Beijing-Tianjin-Hebei-Shandong), YRD(Shanghai-Jiangsu-Zhejiang-Anhui) 지역의 오존 민감도 특성을 분석하기 위해 오존 형성의 민감도 지표로 사용되는 위성 기반 HCHO/NO2 비율(FNR; Formaldehyde to Nitrogen dioxide Ratio)과 지상 오존 관측 자료를 이용하여 FNR 임계값을 계산하였다. 그 결과, 2018~2022년 동안 한국 6~9월 기간의 임계값이 2.9로 도출되었으며, 4~9월 기간의 중국 NCP 지역 임계값은 3.7, YRD 지역은 2.7로 Ren et al. (2022)에서 제시한 2019~2021년 동안 4~9월 기간의 임계값(NCP 3.4, YRD 2.7)과 유사한 값이 산출되었다. 세 지역의 임계값을 적용한 HCHO/NO2 공간적 특성을 살펴보면, 한국과 중국 YRD 지역은 주요 대도시(서울, 상하이 등) 중심으로 VOC-limited 영역이 나타나고, 그 외 지역에서는 NOx-limited 영역이 나타났다. 반면, 중국 NCP 지역은 허베이성 북부 지역을 제외한 대부분의 지역에서 VOC-limited 영역이 나타나는 특징을 보였다. 또한, 세 지역 모두 2020년과 2021년에 두 전구물질의 농도가 모두 감소하는 경향을 보였으며, VOC-limited 영역 또한 계속해서 감소하는 결과를 보였다. 본 결과는 위성과 지상 자료의 시공간 일치에 제약이 있지만, 극궤도 위성기반으로 FNR 임계값을 도출했다는 것에 의의가 있다. 또한, 2020년 발사된 한국 정지궤도 환경위성인 GEMS에서 산출되는 O3, NO2, HCHO 자료를 장기적으로 활용한다면, 시공간적인 불확실성을 줄이고 보다 정확한 대류권 오존 민감도 분석이 가능할 것으로 판단된다.

Keyword : Tropospheric ozone, ozone sensitivity, HCHO-to-NO2 ratio, Formaldehyde, Nitrogen dioxide

한반도 겨울철 종관 기상 패턴과 PM_{2.5} 농도의 공간 분포 관련성에 대한 연구

채다은¹, 유정우², 최창환¹, 이순환^{3*}

¹부산대학교 지구과학과

²부산대학교 환경연구원,

^{3*}부산대학교 지구과학교육과 (withshlee@pusan.ac.kr)

요약

최근 몇 년간 한국을 포함한 동아시아 지역에서 대기 중 입자 오염물질 농도가 높게 나타남에 따라 해당 지역의 대기질에 대한 대중들의 관심이 높아졌다. 고농도 에어로졸은 경제적 손실을 일으키며, 환경 및 인간의 건강에 악영향을 미친다. 본 연구에서는 2015~2019년까지 미세먼지 계절관리제 기간 동안 한반도의 주요 종관 패턴을 분류하기 위해 NCEP FNL 재분석 자료의 925 hPa 지오폠평면 고도를 이용하여 K-means 군집 분석을 수행하였다. 또한, 유사한 종관 기상 조건에서 고농도와 저농도의 차이를 이해하기 위해 PM_{2.5} 오염 기준을 기반으로 각 군집의 종관 패턴을 분석하였다. 확인된 5개 군집 중 서고동저 기압계와 관련된 군집은 동-서간 기압경도가 줄어들면서 북서풍이 감소함에 따라 대기질이 악화되는 경향을 보였다. 남고북저 기압계와 관련된 군집은 한반도 남동쪽에 있는 고기압이 한반도로 접근하거나 물러나면서 기압경도가 감소할 때 미세먼지가 높은 상태가 지속 되었다. 본 연구를 통하여 유사한 종관 기상 조건에서 고기압의 강도와 위치에 따라 대기질이 달라질 수 있음을 확인하였다.

주요어 : 종관 패턴, K-means 군집 분석, PM_{2.5} 오염 기준

감사의 글

연구는 2020년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2020R1A6A1A03044834). 또한 이 연구는 2022년 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2022R1A2C1093229).

참고문헌

- Han, S.B., Park, Y.M., Noh, N.G., Kim, J.-H., Kim, J.-J., Kim, B.-M., Choi, W.S., 2023, Spatiotemporal variability of the PM_{2.5} distribution and weather anomalies during severe pollution events: Observations from 462 air quality monitoring stations across South Korea. *Atmospheric Pollution Research*, 14(3), 101676.
- Lee, D.S., Kim, H.C., Jeong, J.-H., Kim, B.-M., Lee, D.G., Choi, J.-Y., Song, M.Y., Yoon, J.-H., 2022, Relationship between synoptic weather pattern and surface particulate matter (PM) concentration during winter and spring seasons over South Korea. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 127(24), e2022JD037517.
- Mao, F., Zang, L., Wang, Z., Pan, Z., Zhu, B., Gong, W., 2020, Dominant synoptic patterns during wintertime and their impacts on aerosol pollution in Central China. *Atmospheric Research*, 232, 104701.

운형에 대한 수동 분류와 머신러닝에 의한 분류의 비교

최원준*¹, 박태원¹, 박건우², 박예준³, 윤정우⁴

¹전남대학교 지구과학교육과 (choiwonjun7a@gmail.com)

²대자중학교

³수완하나중학교

⁴살레시오중학교

요약

목시 관측에 의해 관측된 구름은 루크 하워드(Luke Howard)가 제안하고 Cloud Atlas에서 정리한 10개의 기본 운형을 기준으로 분류된다. 본 연구에서는 루크 하워드와 같이 수동적인 방법으로 직접 구름은 분류하고, 더 나아가 머신 러닝 방법을 이용하여 객관적이고 자동적인 방법으로 구름을 분류하고 그 결과를 비교하였다. 365장의 구름 사진을 직접 촬영하여 수집하였고, 각 사진에서의 구름의 특징을 육안으로 파악하여 그 특징에 기반하여 직접 의사결정나무를 만들어 수동으로 구름을 분류하였다. 수집한 구름은 수동 분류에 의해 11종으로 분류됐고, 분류된 구름의 특징을 반영하여 11종의 분류를 명명했다. 다음으로 구름 사진에서 구름의 특징을 HSV 색 공간에 기반하여 수치화하였다. 수치화한 데이터로부터 각 구름 이미지의 특징을 대표할 수 있는 변수를 만들고, 이를 의사결정나무 알고리즘을 학습시켜 구름이 자동으로 분류되도록 하였다. 추가로 수치화된 값에 k-means 군집 분류 알고리즘을 적용하여 구름 분류를 수행하였다. 의사결정나무 알고리즘과 k-means 군집 분류에 의해 구름은 각각 6종과 3종으로 분류되었다. 수동 분류와 구름종의 수가 다른 것은 구름 사진으로부터 얻은 특징 요소가 5가지로 적은 편이었고, 육안으로 분류하는 기준과 머신러닝으로 분류하는 기준이 상이했을 것으로 생각된다. 향후 다양한 구름 특성 요소와 샘플을 추가해보며, 잘 학습된 머신러닝 기법을 사용한다면 구름을 좀 더 정확하게 분류할 수 있으며, 그 결과를 단기 기상을 예측하고 분석하는 데에 이용할 수 있을 것으로 볼 수 있다.

Keyword : 구름 분류, 수동 분류, 머신 러닝, 의사결정나무, 군집 분석

GEOKOMPSAT-2A SO₂ RGB를 이용한 화산 분화 SO₂ 탐지 및 농도 분석

최진혁*, 이윤곤

충남대학교 자연과학대학 지구환경·우주융합과학과 대기과학 전공
(hyeok0415@o.cnu.ac.kr)

요약

전 세계적으로 대형 화산분화가 빈번하게 나타나고 있으며, 이에 따라 대기 중으로 배출되는 입자상(화산재)과 기체상(SO₂) 물질들은 지역적 뿐만 아니라 전 지구적인 환경(예. 대기질 저하, 복사 강제력 등)에 영향을 끼친다. 화산분화 및 배출물질 탐지를 위한 다양한 방안이 제시되었으며, 그 중 정지궤도 및 극궤도 위성을 활용한 연구가 최근 활발하게 진행 중이다. 화산에서 주로 배출되는 화산재(Ash)와 SO₂에 대해서 장파복사 흡수와 밝기 온도의 차이를 기반으로 알고리즘이 구성되었으나, 화산분화 지점에서의 시공간적 문제와 동일 파장 영역에서의 구름, 에어로졸, 수증기 등의 혼재 영향으로 산출에 제한이 있다. 더욱이, 화산분화 유형에 따라 Ash와 SO₂의 분출 양상이 다르며, 분석에 사용되는 파장 차이로 인해서 두 물질 모두를 산출하는 경우 탐지 성능을 더 높일 수 있다고 판단된다.

국가기상위성센터에서는 GEOKOMPSAT-2A(GK-2A) 화산재(Ash) RGB 합성영상과 Aerosol Detection Products(ADPs) 내 Volcanic Ash Products(VAP)를 통해 현업 화산재 산출물을 제공하고 있다. 이와 유사한 흡수밴드 채널을 갖는 NASA의 GOES-R 위성은 6.9 μm , 7.3 μm , 8.5 μm , 10.3 μm 의 4개 Infrared(IR) 채널을 이용하여 SO₂ RGB 합성 이미지를 생성 및 분석하고 있다. 따라서 본 연구에서는 GK-2A 위성에 탑재된 Advanced Meteorological Imager(AMI) 센서의 IR 채널을 이용하여 SO₂ RGB 합성 이미지를 산출하고 최근 화산분출 사례들에 적용하여 탐지 가능성을 분석하였다. 이 경우 정지궤도 위성 IR 채널의 밝기 온도 차이(BTD)를 이용하기 때문에, 24시간 화산분출 탐지가 가능하고 정확한 화산분출 시각을 알 수 있는 장점도 있다. 본 연구에서는 2021년 10월 19일 분출한 필리핀의 Taal 화산, 2020년 1월 12일 분출한 파푸아뉴기니의 Manam 화산, 2023년 11월 20일 분출한 Ulawun 화산 사례들에 대해서 GK-2A SO₂ RGB 합성영상을 이용하여 SO₂ 탐지 및 농도를 분석하였다. 이러한 연구 결과는 한국 정지궤도 기상위성인 GK-2A를 이용하여 SO₂ RGB 합성영상을 분석한 첫 번째 연구이며, 화산분출로 인한 환경 및 대기질 변화를 효율적으로 감시하는데 활용가치가 클 것으로 사료된다.

Keyword : Volcanic Eruption, GEOKOMPSAT-2A, Sulphur Dioxide(SO₂), SO₂ RGB, SO₂ Concentration

시베리아 남동부 극한 산불 발생의 기상 조건과 원격상관 패턴과의 관련성

장미진¹, 김맹기^{2*}

¹한국해양과학기술원 (alwls7922@kiost.ac.kr)

²공주대학교 대기과학과

요약

아한대 산림의 화재는 상당한 양의 이산화탄소를 배출함으로 지구온난화에 영향을 주어 기후시스템의 불안정을 야기한다. 본 연구는 20년간 (1997-2016년) Global Fire Emissions Database Version 4.1의 Burned Fraction 월평균 자료와 ERA5 재분석자료를 사용하여, 시베리아 남동부 지역에서 발생한 극한 산불을 기상·기후학적 관점에서 분석을 수행하였다. 먼저 시베리아 남동부 지역의 산불은 4월, 3월 순으로 발생빈도가 높았으며, 산불이 강하게 발생한 해에서는 2월부터 산불이 시작되며, 온난건조한 기상조건을 가진다. 20년 기간 동안 3, 4월의 Burned Fraction은 기온, 지위고도, 상대습도와 유의한 관계를 보이며, 4월의 경우 기온과 지위고도가 선형하는 관계에서 유의함을 보였다. 2월부터 시베리아 남동부 지역에서 유의한 고기압성 편차, 양의온도 편차 그리고 상대습도가 감소하는 특징이 봄철까지 나타났으며, 이는 입사되는 태양복사량 증가에 따른 기온 증가로 인해 상대습도가 감소하여 건조한 상태를 봄까지 지속시킬 수 있음을 시사한다. 고기압성 편차 발달을 이해하기 위해 대규모 원격상관 패턴과 영향이 있는지 분석하였다. West Pacific (WP) 패턴이 음의 위상을 가질 때, 고기압성 편차 형성과 관련이 있고, Arctic Oscillation (AO) 양의 위상을 가질 때는 양의 온도편차 형성에 관련이 있었다. 특히 WP과 AO가 각각 강할 때 보다 둘 다 강하게 발생할 때 시베리아 남동부 지역에 대한 고기압성 편차와 양의 온도편차가 뚜렷하게 나타나며, 시베리아 남동부 지역에 산불이 발생하기 좋은 환경을 형성하는데 기여한 것으로 보인다. 본 연구는 시베리아 남동부 지역에서의 산불 발생에 유리한 기상 조건에 대한 메커니즘을 파악할 수 있으며, 극한 산불에 영향을 주는 대규모 순환 패턴과의 연관성을 제시하였다.

Key words : 산불, 건조, 대규모 원격상관 패턴, 상관관계

무인항공기를 이용한 소각장 발생 이산화탄소 측정 사례 발표

이영수*¹, 김호림², 김근택², 김재영², 정상재³

¹순천향대학교 에너지환경공학과 (ys.lee@sch.ac.kr)

²서울대학교 건설환경공학부

³한밭대학교 건설환경공학과

요약

기후변화에 대응하기 위해 인류가 배출하는 온실가스 배출량을 정확하게 파악하는 것이 중요해짐에 다양한 온실가스 배출시설을 모니터링하고자 하는 움직임이 진행되고 있다. 하지만, 소규모 온실가스 배출시설에 모두 측정기를 설치하기는 현실적으로 어려우므로, 무인항공기를 활용하여 여러 배출시설을 모니터링할 수 있는 방법이 주목받고 있다. 이에 본 연구에서는 무인항공기를 이용하여 폐기물 소각장에서 발생하는 이산화탄소를 측정하고자 하였다. 생활폐기물 소각장을 대상으로 하였으며, 무인항공기에 부착된 이산화탄소 센서를 통해 굴뚝 주변 30 m 지점에서의 이산화탄소 농도 분포를 측정하였다. 농도 분포 측정 결과를 해당 시설에서 배출되는 이산화탄소의 이론 농도와 비교하였다. 이론 농도는 굴뚝의 배출 유량 및 온도 정보를 이용하여 Gaussian plume model로 계산한 값을 사용하였다. 연구 결과, 측정된 이산화탄소 농도는 배경농도인 수백 ppm에서 배출 확산에 따른 최대 농도로 추정되는 수천 ppm까지 다양하게 나타났으며, 최대 측정값을 나타내는 위치와 이론으로 계산한 최대 측정 농도 위치를 비교하였다.

Keyword : 무인항공기, 온실가스, 이산화탄소, 폐기물 소각장, 농도 측정

감사의 글

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2020R1A2C101289914)

WRF-UCM을 활용한 도시열섬 수치모의

김성운¹, 문윤섭^{*1}, 김학성²

¹충청북도탄소중립지원센터, ²한국교원대학교 지구과학교육과

요약

도시개발은 내외적 경관변화 뿐만 아니라 지형, 기온장 및 바람장의 변화, 대기오염 물질의 증가 등 복합적 요소로 인한 국지기후 변화를 초래한다. 이로 인한 도시열섬현상은 도시 지역의 온도가 비도시 지역의 온도보다 높은 현상으로 도심의 열관련 질병 증가, 사망율 등과 뚜렷한 상관관계가 있으며, 특히 기후 변화에 따른 도시 지역의 온도 증가 경향에 따라 미래의 에너지 소비 및 도시환경악화와 밀접한 관련이 있어 주목되고 있다. 본 연구에서는 충청북도 도청소재지인 청주시의 도시열섬을 수치모의하여 열환경을 분석한다. 이를 위해 도시 캐노피 모델(Urban Canopy Model, UCM)이 결합된 WRF-UCM 3.9 버전을 사용하였다. WRF 모델에 결합되어 있는 단일 층 도시 캐노피 모형(Single Layer Urban Canopy Model, SLUCM)은 도시의 구조를 건물과 도로로 구성된 협곡으로 고려하고 건물의 층을 단일 층으로 고려하도록 개발된 것으로 도시 형태에 따른 효과를 정확히 수치모의할 수 있다. 토지피복지도는 환경부 환경공간정보서비스에서 제공하는 중분류 토지피복도 중 충청지역(충북, 충남, 대전, 세종)에 해당하는 160개 도엽을 사용하였고, 통계청 통계지리 정보서비스에서 제공하는 2021년 인구밀도 자료를 반영하였다. 본 연구에서 사용한 초기 입력 기상자료는 NCEP의 FNL자료를 사용하였고, 모델링 스피업 1일을 포함하여 2023년 7월 31일 00 UTC 부터 8월 5일 18 UTC를 사용하였다. 실험 도메인은 27km, 9km, 3km, 1km, 0.333km 수평해상도를 갖도록 5개 영역을 동지 격자 체계를 이용해 구성하였고 마지막 도메인은 청주시 중심구역이 가운데에 위치하도록 하였다. 모델의 평가를 위한 R2와 RMSE 결과는 실측 결과보다 다소 과소모의하는 경향을 나타내었다. 연구결과, 청주도심을 중심으로 열섬현상이 나타나는 위치와 경향을 파악하였으며 도심과 교외간의 열섬 강도, 지표플렉스를 도출할 수 있었다.

주요어 : 도시열섬, WRF-UCM, 열섬강도, 지표플렉스, 청주시

계절내 예측을 위한 지구시스템모델(UKESM)의 리눅스 클러스터 상에서의 설치와 운용

송형규*, 윤대옥

충북대학교 지구과학교육과 (ifp1095@chungbuk.ac.kr)

요약

지구 대기에 영향을 주는 인간 활동과 자연현상을 전산 코드로 구현한 지구시스템모델은 대기 연구를 위한 실험실이며 지금과 같은 기후 위기의 시대에 활용될 가장 진보한 과학적 도구이다. 우리나라 기상청이 도입한 지구시스템모델인 United Kingdom Earth System Model (UKESM)은 수치 적분과 자료 저장에 방대한 자원이 필요하여 개별 연구자들은 최근까지도 기상청 슈퍼컴퓨터에만 가동하는 상황이다. 외부와 차단된 기상청 슈퍼컴퓨터만을 이용하여 모델 연구를 수행하는 것은 UKESM의 물리/역학/화학 과정 개선과 수치 실험의 원활한 수행에 있어 효율성이 떨어진다. 여기서는 이러한 한계를 극복하여 개별 연구자가 보유한 고성능 병렬 컴퓨터(리눅스 클러스터)에서 UKESM을 원활하게 설치하여 활용할 수 있도록 UKESM 구동을 위한 OS 및 병렬 시스템 환경 구축 과정과 UKESM 모델 설치 과정을 구체적으로 제시한다. 또한 리눅스 클러스터 상에서 대기-지면 모델 해상도는 N96L85 (대기-지면: N96L85 - 위경도 $1.25^{\circ} \times 1.88^{\circ}$, 연직 방향 85 km의 85층)와 해양-해빙 모델 해상도는 eORCA1 (위경도 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$, 연직 방향 75층)의 해상도를 가지는 UKESM의 적분 성능을 평가하였다. 256 코어(대기-지면 240코어, 해양-해빙 16코어)를 사용하여 1 step (30 days)를 적분하였을 때, 대기화학-에어로졸 과정(United Kingdom Chemistry and Aerosol; UKCA)이 연동되지 않은 UKESM은 약 70분이 소요되었으나 UKCA가 연동된 UKESM-UKCA는 1 step (30일 적분)에 약 210분이 소요되어 적분 시간이 3배 이상 길어진 것이 확인된다. UKESM과 UKESM-UKCA 두 모델의 예측 성능 비교를 위하여, 2000년 3월 1일을 초기장으로 하여 4월 한 달간의 예측 자료를 생산하였다. ERA5 재분석 자료와 비교할 때, 동아시아지역의 지상 기온 및 강수 강도는 UKESM-UKCA가 UKESM에 비해 재분석 자료와 더욱 유사한 공간 분포를 보임을 확인하였다. 본 연구를 통해 슈퍼컴퓨터가 아닌 개별 연구자의 고성능 리눅스 클러스터 상에서도 UKESM이 성공적으로 구동되고 예측장을 생산할 수 있음을 확인하였다. 또한 UKESM에 UKCA가 연동될 경우, 예측 모의 성능이 개선될 가능성도 확인할 수 있었다.

주요어 : 지구시스템모델, UKESM, 리눅스 클러스터, UKCA

납 오염토양 인체 위해도 저감을 위한 인산염 기반 안정화제의 유효성 평가

이재희¹, 나경환², 안진성^{1,2*}

¹한양대학교 ERICA 건설환경시스템공학과

²한양대학교 ERICA 건설환경공학과 (jsan86@hanyang.ac.kr)

요약

본 연구에서는, 납으로 오염된 토양을 대상으로 인산염 기반의 안정화제인 mono ammonium phosphate (MAP) 및 calcium phosphate (CP)를 활용한 안정화(stabilization)를 수행했다. 경구 섭취에 대한 생체외 생물학적접근성 평가 방법인 solubility/bioavailability research consortium assay (SBRC)를 활용하여 MAP 및 CP에 대한 안정화 유효성을 평가했으며, 토양 내 Pb의 화학적 존재형태는 Tessier 연속추출법을 통해 평가했다. 안정화 전 토양의 왕수추출분석 결과, 토양 내 Pb 함량은 1333.3 mg/kg이며, SBRC 위 단계를 통해 용출된 Pb의 농도는 731.3 ± 9.4 mg/kg으로 나타났다. 안정화 실험 결과, Pb : P 몰비가 1 : 5인 조건에서 SBRC 위 단계를 통해 용출된 Pb의 농도는 MAP를 활용한 안정화 토양의 경우 466.6 ± 15.8 mg/kg, CP를 활용한 안정화 토양의 경우 566.5 ± 24.3 mg/kg으로 두 가지 안정화제 모두 안정화 전 토양에 비해 낮은 Pb 용출량을 나타냈다. 이는 인산염 기반 안정화제 적용에 따른 토양 내 Pb의 화학적 존재형태 변화에 의한 것으로 추정된다. Tessier 연속추출 결과 안정화 전 토양 내 Pb의 화학적 존재형태의 비율은 F1 (exchangeable), F2 (bound to Carbonates), F3 (Fe-Mn oxides bound), F4 (organic matter bound) 및 F5 (residual) 각각 0.0%, 0.0%, 52.0%, 6.0% 및 42.0%로 나타났으며, MAP 안정화 후의 경우 각각 0.0%, 0.0%, 29.2%, 11.8%, 59.0%로 Pb의 화학적 존재형태가 F3에서 F4 및 F5로 변화했음을 확인했다. 한편, Pb : P 몰비가 1 : 5인 조건에서 MAP가 CP에 비해 토양 내 Pb 안정화 효율이 높음을 확인했으며, MAP 투입량 변화에 따른 토양 내 Pb 안정화 효율을 평가한 결과 SBRC 위 단계를 통해 용출된 Pb의 농도는 Pb : P 몰비가 1 : 2.5인 경우 484.2 ± 8 mg/kg, 1 : 14인 경우 566.5 ± 24.3 mg/kg으로 나타났다.

주요어 : In situ stabilization, Pyromorphite, Risk mitigation measures, Risk assessment, Bioaccessibility

사사

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant, funded by the Ministry of science and ICT (MSIT) (NRF-2022R1F1A1076510).

Serpentinization in Gapyeong Area - Mechanism of Natural Hydrogen Generation

경기 가평 지역의 사문암화 과정 - 자연 수소의 발생 기작

이현*, 김형수

고려대학교 지구환경과학과 (bowstring@korea.ac.kr),

ABSTRACT

Hydrogen has emerged as a promising alternative fuel, driven by the recognition of its potential to significantly mitigate carbon emissions. A prevailing hypothesis for natural hydrogen generation implicates serpentinization, a process where water reacts with Fe(II)-bearing Silicates: olivine and pyroxene within ultramafic rocks. This study aims to explore the prospect of natural hydrogen occurrence within ultramafic rocks predominantly constituted by serpentine(Srp) with relict olivine(Ol), clinopyroxene(cpx) and orthopyroxene(opx) in Gapyeong-gun, Gyeonggi-do, South Korea. The mineral assemblages are represented by Srp + magnetite(Mt) + amphibole(Amp) + tremolite(Tr) ± chlorite with relict Ol, cpx, opx, and spinel(Spl). The pseudomorphic textures of serpentine formed after Ol are referred to as either mesh or hourglass textures. Similarly, serpentine pseudomorphs resulting from the alteration of cpx, opx, and Amp are termed bastites. However, due to the influence of deformation, the cores of mesh textures disappear, making ribbon textures occupy the largest volume in these samples. Since the ribbon texture consists of olivine pseudomorphed by serpentine, the parent rock was identified as peridotite. Additionally, fibrous veins and banded veins were observed. The fibrous veins exhibited length-slow elongation, confirming their composition as chrysotile. Furthermore, through EPMA analysis, we investigated the chemical alterations in minerals during serpentinization and compared X_{Mg} (=Mg/Mg+Fe). The minerals comprising the parent rock include Ol (X_{Mg} =0.90), cpx(X_{Mg} =1.00), opx(X_{Mg} =0.85-0.95) and Spl(X_{Mg} =0.38-0.55). The secondary minerals formed by hydrothermal alteration of the parent rock consist of Srp, Amphibole (X_{Mg} =0.95-1.00), Tremolite (X_{Mg} =0.94-1.00), and Chlorite (X_{Mg} =0.95-1.00). Srp is classified into three categories: (a) formed after Ol(X_{Mg} =0.92-1.00), (b) formed after opx & cpx(X_{Mg} =0.84-1.00), and (c) vein. The X_{Mg} in fibrous veins was found to be 1.00, indicating that the vein is composed of chrysotile, which relatively undergoes less substitution compared to lizardite. As a result, the serpentine in serpentinized peridotite exhibits a high-Mg content, which can be explained as a consequence of Fe(II)-Mg exchange, and during this process, natural hydrogen may be generated. Consequently, this study sets the stage for further exploration into alternative fuels, particularly in understanding the potential of natural hydrogen generation during serpentinization.

Keyword : natural hydrogen generation, serpentinization, petrographic observation

지구물리자료 기반 모래 확률지도를 이용한 액상화 가능성 평가: 2017 포항지진 사례를 중심으로

이아인^{*1}, 오석훈², 권형석³

¹강원대학교 에너지·인프라융합학과 (dldkds6912@kangwon.ac.kr),

²강원대학교 에너지자원·산업공학부,

³강원대학교 지구자원연구소

요약

2017년 포항지진으로 인해 발생한 토사 분출 현상으로 인해 국내에서 액상화 연구의 필요성이 대두되었지만, 액상화 평가에 주로 사용되는 시추조사는 피해 지역을 묘사하는데 공간적 연속성에 한계가 존재한다. 이를 극복하기 위해 본 연구에서는 다채널 주파수 표면파 탐사(Multichannel Analysis of Surface Wave, MASW), 전기비저항탐사(Electrical Resistivity Tomography, ERT), 토양 유형 등 세 가지 자료를 이용하여 넓은 면적을 평가할 수 있는 통합 분석 방법을 제안한다. 기존 MASW를 이용한 액상화 가능 지수(Liquefaction potential index, LPI)는 시추조사로만 얻을 수 있는 토양 특성들을 고려하는데 한계가 있어 시추조사 기반 LPI와 차이가 발생했다. 이러한 차이를 해소하기 위해 위 세 가지 자료를 통합하여 액상화가 주로 발생하는 느슨한 포화 사질토 지반을 특성화하였다. 수집된 자료에 다항식 근사법을 적용하여 토양 분류를 수행하고, 예측된 토양 매개변수(Soil parameter, S)를 실제 토양 유형과 비교하여 2차원 모래 확률 지도를 생성하였다. MASW 기반 LPI와 모래 확률 결과를 시각적으로 쉽게 해석할 수 있도록 통합 분석하기 위해 CMY color mapping을 적용하였다. 2D CMY 단면을 통해 LPI와 모래 확률이 모두 높은 지역을 식별할 수 있었으며, 최종적으로 액상화 발생 가능성이 높은 지역을 예측할 수 있었다. 이 확률론적 프레임워크를 검증하기 위해 실제 토사 분출이 관측된 지역에서 계산된 지반조사 기반 LPI와 비교하였다. 그 결과, BH-2, BH-3 지역에서 모래 확률을 통합시킨 결과가 지반조사 기반 LPI와 더 일치하는 것으로 나타났으며, BH-1 지역은 실제 토사 분출이 발생한 지점의 지표면 부근에서 액상화 가능층이 두껍게 분포하고 있어 지반조사 기반 LPI 보다 공간적인 예측능력이 높은 것을 확인하였다. 이를 통해 액상화 평가 시 모래 확률의 적용성을 제안할 수 있으며, 기존 MASW 기반 LPI에서 토양 특성을 고려하지 못해 발생할 수 있는 과대 해석 문제를 해소할 수 있음을 나타낸다.

주요어 : 포항지진, 액상화 평가, 지구물리자료, 지진 위험 완화

감사의 글

이 연구는 2024년도 정부(원자력안전위원회)의 재원으로 사용후핵연료관리핵심기술개발사업단 및 한국원자력안전재단의 지원을 받아 수행된 연구사업임(RS-2021-KN066110)

2차원 전기비저항 탐사를 통한 북평분지의 지하구조 영상화와 분지구조 이해

김우현^{*1}, 최한진¹, 김광희¹, 김병민²

¹부산대학교 지질환경과학과 (explorist@pusan.ac.kr)

²울산과학기술원 지구환경도시건설공학과

요약

북평분지는 강원도 동해시와 삼척시 일대 동해안을 따라 발달한 제3기 퇴적분지이다. 2023년 5월, 동해시 동쪽 해상에서 규모 4.5의 지진이 발생하여 이 분지 내부 및 주변에 잠재적인 자연재해 가능성이 대두되고 있다. 이러한 자연재해의 영향을 유추하고 예방하기 위해서는 일반적으로 지표조사를 통한 지구조 분석이 필요하나, 한정된 노두, 그리고 연구지역의 산업화 및 도시화로 인한 지형 평탄화로 지표조사가 매우 어려운 상황이다. 따라서 우리는 이러한 한계를 극복하기 위해 지하구조의 특성 차이를 확인할 수 있는 전기비저항 탐사를 수행하여 2차원 영상화를 통해 분지의 기반암층과 미고결 퇴적층의 경계, 퇴적층의 두께 변화를 파악하였고 천부지하구조 조사에 있어서 타 배열법에 비해 높은 분해능을 보이는 쌍극자 배열법을 적용하였다. 기존에 수행된 전기비저항 탐사와 이번 조사에서 나타난 단층경계로 추정되는 두 지점을 연결하여 단층추정선을 표시한 결과 NW-SE 주향으로 나타났다. 상시미동관측을 통한 수평/수직 스펙트럼 비율(Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR)과의 비교를 통해 단층추정선을 경계로 상반으로 보이는 동쪽지반의 북부에서 두꺼운 퇴적층이 관측되었고, 남부에서는 얇은 퇴적층과 함께 석회암 기반암이 관측되었다. 더불어 Landstreamer를 활용한 MASW 실험 결과와의 비교를 통해 단층 예상지역의 지하구조를 확인하였다. 이 결과를 비추어 분지의 북쪽에서보다 남쪽에서 상대적으로 강한 응력이 작용하여 단층면을 경계로 상반의 회전이 일어난 것으로 여겨진다. 현재 자료의 부족으로 분지 전체의 지구조 해석이 불가능한 상황이며 향후 추가적인 지구 물리자료를 획득하고 분석하여 포괄적인 분지의 형성기작에 대해 이해할 예정이다. 위 연구결과를 바탕으로 지구조 진화에 대한 더 깊은 이해를 제공하여 향후 재난재해의 대비를 위한 중요한 자료로 사용될 것으로 기대된다.

전기비저항탐사 장비 개발 및 토양 오염 농도 추정 가능성 연구

임형래^{*1}, 이희순²

¹부산대학교 지구과학교육과 (brim2017@pusan.ac.kr)

²(주)지오룩스

요약

중금속 오염지에서 기존 방식의 지구물리 장비를 사용하기에는 편의성이 낮으며, 현장에서의 효율성이 다소 감소되는 측면이 있다. 특히 지구화학뿐만 아니라 지구물리 자료와의 복합 연구를 수행하여 오염 조사를 연구하는 지구화학 사용자의 경우 쉽고 편리하게 사용할 수 있는 국산화 개발 장비가 필요한 실정이다. 따라서 최적화된 지구물리 기법 기반 전기비저항탐사 장비를 국산화 개발하여 높은 사용자 편의성 및 효율성, 성능의 시스템을 갖추었으며, 본 장비로 획득한 전기비저항탐사 자료와 지구화학적 분석 자료와의 융합 해석을 통해 토양 오염 농도 추정 가능성 연구를 수행하였다.

주요어 : 중금속 오염지, 지구물리, 전기비저항탐사, 장비 개발, 오염 농도 추정

1. 서론

납으로 오염된 토양에 대한 연구는 중금속 오염의 대표적인 예로써 주요 관심사 중 하나이다. 납은 점토 광물 및 유기물과 복합체를 형성하여 토양에 존재할 수 있으며, 결합력은 pH, 유기물 함량 변화에 의존한다. 특히 사격장에서 사용되는 탄환은 납, 구리, 아연 및 안티몬 등을 포함한다. 이와 같은 중금속을 분석하기 위해 지구화학적 분석을 적용해왔다. 지구화학적 분석은 시료 채취 지점의 농도 결과를 얻을 수 있으나, 채취 지점과 지점 사이의 결측지에 대한 정보는 확인할 수 없다는 한계점이 존재한다. 따라서, 결측지에 대한 정보를 획득하기 위해 전기비저항탐사 기법을 적용하고자 중금속 오염지에 최적화된 전기비저항탐사 국산화 장비(SmartRho M10)를 개발하고, 전기비저항 및 지구화학적 자료와의 융합 연구를 수행하였다.

치 방식으로 시스템 작동이 가능하며, 현장에서 쌍극자 배열법에 대한 2차원 가단면도 결과를 스크린을 통해 확인할 수 있다. 기본 48개 전극을 사용할 수 있지만, 스위치 박스 연결을 통해 현장 적용 제약 없이 사용자가 원하는만큼 확장 가능하다. 또한 장비 내구성을 기반으로 특정 영역에서의 장기적·지속적인 전기비저항 모니터링도 가능하다.



Fig. 1. 자체 개발한 국산화 전기비저항탐사 장비

2. 본론

전기비저항탐사는 오염부지 및 사용자에 최적화된 편리하고, 효율적이며, 고성능의 맞춤형 국산화 자체 개발 장비인 (주)지오룩스의 SmartRho M10을 활용하였다. 리시버 채널은 10ch로 동시 10개 자료 측정이 가능하다. 사용자는 간편한 터

3. 결론

자체 개발한 국산화 전기비저항탐사 장비를 활용하여 획득한 전기비저항탐사 값과 토양 샘플로부터 얻어진 오염 농도 사이에 유의미한 상관관계가 나타남을 확인할 수 있었다.

울릉분지 진화구조 규명을 위한 동해 고해상도 해양자력이상도 제작

최성규*, 최한진

부산대학교 지구환경시스템학부 지질환경과학전공 (201814143@pusan.ac.kr)

요약

동해는 유라시아 대륙과 두 해판(태평양해판, 필리핀해판)의 활발한 섭입으로 인한 해구후퇴로 배호분지(울릉분지, 일본분지, 야마토분지)가 확장되며 형성된 바다이다. 이 배호분지 중 일본분지는 완전한 확장이 일어나 자기이상이 강하게 나타나는 반면, 다른 두 배호분지는 확장 동안 두꺼운 대륙지각이 늘어나는 연성확장으로 뚜렷한 선형자력이상도 나타나지 않는 것으로 여겨지고 있다. 울릉분지는 동해 서남쪽, 한반도 동부와 맞닿아 있는 배호분지로 동해의 확장과정을 이해하는데 매우 중요한 지역이다. 지금까지는 분지의 확장과 관련된 뚜렷한 자기이상이 관찰되지 않아 두꺼운 대륙지각으로부터 단순전단(simple shear)으로 인한 확장으로 형성되었다는 주장이 지배적이었다. 우리는 울릉분지 내부 자력이상의 존재 유무를 확인하여 분지의 형성과 진화과정을 밝히기 위해 국립해양조사원에서 획득한 해양자력탐사 자료와 일본해양자료센터(Nippon Oceanography Data Center, NODC), 미국립환경정보센터(National Centers for Environmental Information, NCEI)에서 얻은 약 550개의 항차자료들을 취합하여 고해상도 해양지자기이상도를 제작하였다. 각각의 자료들이 수집된 환경과 시기가 다르기 때문에 항차 간 그리고 측선 간의 발생한 측정 오차를 최소화 하기 위해 최소자승법을 이용한 교차점 보정법을 수행하였다. 그 결과, 울릉분지 중심부에서 해양지각의 확장으로 여겨지는 ENE-WSW주향의 선형자력이상 분포를 확인하였다. 이 선형자력이상은 20~50 nT의 약한 강도로 나타나고 있으며 이는 분지 확장 동안 마그마 활동이 해수에 노출된 후 만들어진 티탄자철석이 두꺼운 퇴적층에 의해 열소자(thermal demagnetization)되어 자성이 약하게 나타났거나, 또는 확장과정 중 발생한 마그마 활동이 해수에 노출되지 않고 천천히 식는 과정에서 입자 크기가 커진 상태로 결정화된 자철석이 약한 자성을 유지하며 위와 같은 결과가 나타난 것으로 여겨진다. 향후 지자기 이상과 음향기반암, 탄성파 속도구조모형, 그리고 중력자료를 바탕으로 한 지구조 수치모형을 제작하여 분석하고, 이를 바탕으로 울릉분지의 진화과정에 대한 진보된 해석을 제시할 예정이다. 또한, 해당 연구결과는 진화과정에 따른 지각구조 물성변화가 한반도 자연재해 발생에 미치는 영향을 이해하는데 기여할 것으로 기대된다.

복합지구물리탐사를 통한 곡강단층 주변 및 주변해역의 해저활성지구조 연구

정경서*¹, 최한진¹, 박요섭²

¹부산대학교 지질환경과학과 (rudtj8282@naver.com)

²한국해양과학기술원 수중로봇복합실증센터

요약

한반도 동남부는 우리나라에서 지구조 응력변화가 가장 크게 일어나고 있는 지역으로 다수의 제 3기, 4기 단층대가 분포하고 있다. 이 단층대를 따라 주요 국가산업기반시설 및 인구가 밀집되어 있어 자연재해로 인한 재산 및 인명피해를 예방하기 위해 지구조 변화와 단층 운동의 파악이 중요하게 여겨지는 곳이다. 특히, 2016년 경주지진, 2017년 포항지진으로 인해 더 이상 지진의 안전지대로 간주되지 않아 불안감이 증가하고 있으며, 이에 따라 포항분지 내 단층에 대한 활발한 연구가 수행되고 있다. 하지만 포항분지 내 발달하는 곡강단층과 같은 퇴적동시성 정단층이 지표상에서 확인되지 않았고 이들의 운동학적, 기하학적 특성에 관해 자세한 보고가 부족하다. 또한 흥해지역의 영일 신항만 주변 해저지형에 대해서는 아직 육상에 비해 많은 연구가 이루어지지 않아서 곡강단층 주변해역의 해저활성지구조에 대한 이해가 부족한 실정이다. 이에 본 연구에서는 육상 디지털 고도 수치모형(DEM) 자료와 고해상도 다중빔음향측심을 이용한 해저지형자료를 비교해 해당지역의 지형구조를 분석하였다. 그 결과, 연구지역의 해저지형구조에서 수 많은 절리구조를 포함한 단층구조를 확인하였고, 해저 지구(graben)구조의 주향이 포항지역 내 육지에서 발견된 곡강단층의 주향과 잘 일치하는 것을 보아 단층이 육상에서부터 해저면까지 이어졌을 가능성을 확인할 수 있다. 하지만 해저지형자료의 분석만으로 해저활성지구조를 명확히 규명하기엔 한계가 있기 때문에 추가적인 지구물리탐사 연구가 필요하다. 따라서 우리는 해당지역에서 드론을 활용한 자력탐사를 수행하여 단층의 구조변화에 따른 지자기이상을 확인함으로써 한반도 동남부 활성단층 일대의 지하구조를 이해하는데 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

자력이상도와 다중빔음향측심 지형자료를 이용한 서필리핀분지의 진화 연구

신현욱*, 최한진

부산대학교 지질환경과학과 (gusdnr12@pusan.ac.kr)

요약

서필리핀분지는 필리핀판 서편에 위치한 거대한 배호분지(back-arc basin)이다. 서필리핀분지의 중앙에 존재하는 E-W 주향의 화석화해령(fossil ridge)인 중앙분지확장축(Central Basin Spreading Center)을 중심으로 분지 북쪽은 일본의 배타적 경제수역(EEZ)안에 있어 많은 연구가 이뤄졌으나 분지 남쪽은 공해상에 위치하여 많은 연구가 이루어지지 않았다. 우리는 전세계의 다양한 데이터센터와 2022년 9월 산학연 연구선 공동활용사업을 통해 획득한 다중빔음향측심 자료를 이용하여 심해언덕(Abyssal hill)과 비변환불연속(Non-Transform Discontinuity)의 주향 변화 분석을 토대로 서필리핀분지의 해저지형이 중앙분지단층을 기준으로 대칭을 이루고 있으며 분지의 확장과정에서 회전이 존재했음을 밝혀냈다. 그러나 해당 논문에서 제시한 분지진화 재구성모형은 서필리핀분지 내부만 고려한 상대적 관점에서의 확장과정만 설명할 수 있는 모형이고 주변 판과의 상호작용이나 필리핀판 자체의 이동은 고려하지 않은 모형이라는 한계가 존재한다. 우리는 이런 한계점을 극복하기 위해 해저지형자료와 인공위성 중력이상, 그리고 양성자 세차자력계와 선상삼성분자력계로 획득한 자료를 일본 JAMSTEC-DARWIN, 미국 NOAA-NCEI, 유럽 SEADATANET 등 전세계의 다양한 데이터센터로부터 제공받아 기존에 많은 가설이 난립했던 분지의 진화가설을 재조명하였다. 이를 바탕으로 주변 판과의 관계와 분지 자체의 회전과 이동을 고려한 절대적 관점에서의 분지진화 재구성모형을 제작하여 서필리핀분지의 진화과정이 한반도와 그 주변 지형변화에 미치는 영향을 연구하고자 한다.

Double-peaked emission lines in dust-obscured quasars

Junyeong Park, Dohyeong Kim

Department of Earth Sciences, Pusan National University, Busan, Republic of Korea
crasg8@gmail.com

ABSTRACT

Double-peaked emission lines emitted by quasars are suspected to originate from disk emitters, active galactic nuclei (AGNs) outflows, or binary supermassive black holes (SMBHs). Several simulation studies (e.g., Menci et al. 2004; Hopkins et al. 2006) proposed that dust-obscured quasars may represent an intermediate phase between merger-driven star-forming galaxies and unobscured quasars. In this study, we are directing our attention towards dust-obscured quasars that are anticipated to emerge during the later stages of galaxy mergers. Using Sloan Digital Sky Survey (SDSS) Data Release 16 (DR16) quasars (BW Lyke et al. 2020) at $z < 0.5$, we choose 4,528 dust-obscured quasars ($E(B-V) > 0.1$) with their Balmer decrements. We find that $\sim 10\%$ of the dust-obscured quasars have the double-peaked emission lines in their Balmer lines. Moreover, we also find the double-peaked emission lines for unobscured quasars, and the fraction of unobscured quasars is comparable to that of dust-obscured quasars. In the future, we will examine whether the double-peaked emission lines in dust-obscured quasars originate from the binary SMBHs using their host galaxy morphologies.

기상청 우주기상 예·특보 서비스 소개

이동희*, 변재영, 김도형

기상청 국가기상위성센터 (dongheeni90@korea.kr)

요약

최근 우주기술이 발달하고 우주의 미래 가치가 높아짐에 따라 위험 우주기상으로부터의 국가 및 개인의 자산 보호가 더욱 중요해진 시점이다. 기상청은 우주공간에서의 물리적 현상이 기상현상, 기후 및 기상 위성에 미치는 영향에 대하여 필요한 예·특보를 수행하고 있으며, 태양에서 근지구 환경까지 위성 기반의 입체적인 우주기상 감시 체계를 확보하고 있다. 우주기상이란 태양활동이나 우주방사선 등으로 인해 우주 및 지상의 인간 활동에 영향을 미칠 수 있는 우주공간의 물리적 현상으로 정의되며, 위성체 표면 및 내부 대전이나 위성통신 장애 등 위성 운영에 영향을 줄 수 있고 북극항로 운항 시 항공기 승무원이나 승객의 우주방사선 노출에 따른 건강에 영향을 줄 수 있다. 따라서 기상청은 위성 관련 종사자, 항공기 이용자 등 우주기상 정보 핵심 사용자의 수요에 따라 기존의 서비스를 넘어서 신규 모델 도입, 천리안위성 2A호 우주 기상 탑재체(Korean Space wEather Monitor; KSEM) 활용, 현업 시스템 개선 등의 업무를 수행하고 있다. 본 연구는 기상청에서 수행하고 있는 우주기상 예·특보 서비스를 소개하고 최근 예·특보에 활용할 계획 중인 우주방사선 모델 'KREAM(Korean Radiation Exposure Assessment Model for aviation route dose)'에 대해 알리고자 한다.

주요어 : 기상청 우주기상 예·특보 서비스, 우주기상 감시 체계, 우주방사선

감사의 글

이 연구는 기상청 국가기상위성센터의 「기상위성 예보지원 및 융합서비스 기술개발」 사업의 지원을 받아 수행되었음

산개성단 NGC 2302의 측광학 및 동역학적 연구

이유나^{*1}, 홍종석², 임범두¹

¹공주대학교 지구과학교육과 (ynlee922@gmail.com)

²한국천문연구원

요약

본 연구에서는 질량이 작은 산개성단 NGC 2302에 대한 측광학 및 동역학적 연구를 수행하였다. 정밀한 연주시차 및 고유운동 자료를 제공하는 Gaia DR3와 성단 중심 9.7×9.7 영역에 대한 *UBVI* 영상 관측 자료를 사용하였다. 중심 거리에 따른 별의 표면 밀도 분포로부터 성단의 겉보기 반지름(r_{ap})을 13.5로 결정하였다. r_{ap} 이내에서 서로 비슷한 연주시차와 고유운동을 가지는 108개의 별을 성단의 최종 구성원으로 선정하였다. 선정된 구성원의 *UBVI* 및 Gaia 자료를 이용해 성단의 기본 물리량을 도출하였다. 먼저, (*U-B*, *B-V*) 색-색도에서 고유색지수 관계와 성간소광 벡터로 조기형 별 6개의 색초과를 각각 구하고, 그 평균값인 0.24를 성단의 평균 색초과로 채택하였다. 또한, 영년주계열 맞추기 방법과 Gaia 연주시차로부터 독립적으로 구한 성단까지의 거리는 약 $1.15 \pm 0.08\text{kpc}$ 으로 오차범위 내에서 서로 잘 일치한다. 성단의 나이는 별의 자전 효과를 고려한 Padova 항성진화모형을 사용하여 추정하였다. 색-등급도의 전향점을 가장 잘 맞추는 등연령곡선을 채택하였고, 이를 통해 추정한 성단 나이는 $80 \pm 20\text{Myr}$ 이다. 마지막으로 성단의 동역학적 상태를 조사하였다. Gaia 고유운동으로부터 얻은 접선속도 분산과 성단 총질량을 고려해 계산한 비리얼 속도분산은 각각 0.36과 0.24km/s이다. 성단 고유 속도분산이 비리얼 속도분산보다 크므로 성단은 현재 super-virial 상태에 있다. 또한, 성단의 이완시간은 약 41Myr으로 성단 나이에 비해 짧으며, 질량분리 현상도 발견되었다. 따라서 NGC 2302는 동역학적으로 이완되었음을 확인하였다.

주요어 : 산개성단, 측광학, 성단의 동역학

별의 분광 관측 교육프로그램 개발

최재희*, 손정주

한국교원대학교 지구과학교육과 (chlwogml1234@gmail.com)

요약

본 연구의 목적은 '별의 분광 분류'를 주제로 하여, 예비교사를 대상으로 직접 분광 관측을 수행한 후 실제 데이터의 분석을 통해 내용 지식 및 디지털 소양을 함양할 수 있도록 하는 프로그램을 개발하는 것이다. 이 프로그램은 총 4개의 차시로 구성되어 있으며 별의 분광 및 분광 분류의 역사 학습, 데이터 분석 연습, 관측 장비를 활용한 실제 분광 관측, 그리고 관측 데이터 분석의 순서로 진행된다. 내용 전문가 2인 및 현장 교육 전문가 4인을 통해 검토되었고, 이후 본 투입 전 최종 검토를 가질 예정이다. 최종 프로그램은 K대학교 지구과학교육과에 재학 중인 예비교사를 대상으로 적용될 예정이다. 실제 관측 데이터를 수집하고 파이썬 프로그래밍 언어를 활용하여 분광 분류를 직접 해봄으로써, 교과 내용에 대한 이해도를 높이고 데이터 분석 능력을 개발할 수 있을 것이다. 또한 현장에서의 전체 분광 수업 개선 및 학생들의 동기와 흥미 유발에도 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

주요어 : 별의 분류, 분광 관측, 데이터 분석, 디지털 소양, 교육 프로그램

소형 망원경을 활용한 외계행성 통과 현상 다파장 관측

Multiband Observation of Exoplanet Transit Phenomena Using Small Telescopes

유창현*, 손정주

한국교원대학교, 충청북도 청주시 (lovearth35@naver.com)

요약

본 연구에서는 국내 연구기관 및 교육기관의 소형망원경을 활용해 다색 측광 필터로 외계행성의 통과 현상을 관측하고, 측광 데이터를 분석하는 관측 프로젝트를 제안하고자 한다. 이 프로젝트는 기초적인 관측 과정부터 다파장 시계열 관측을 아우르며 외계행성의 통과 현상 데이터 분석을 다룬다. 구체적으로는 Python을 활용한 전처리와 측광, 등급 변환 및 비교성 지정, 시계열 플롯, 광도곡선 도출, 필터별 모델 비교 및 오차 분석의 단계로 구성되어 있다. 외계행성 연구에 대한 다파장 관측의 교육적 활용을 위해 한국교원대학교 청람천문대 508mm 반사망원경을 사용하여 외계행성 통과 현상을 관측하고, Python과 AstroimageJ(AIJ), HOPS 프로그램을 활용하여 데이터를 분석하고 있다. 향후 교육적 활용에 도움될 수 있는 관측 프로그램으로 완성하여 공유하고자 한다.

주요어 : 외계행성, 통과현상, 다중필터, 소형망원경, 천체관측

구형 AGB에서 축대칭 행성상성운으로의 진화

형식*, 이성재

충북대학교 (hyung@cbnu.ac.kr)

요약

우주 관측 기기의 발달은 밝은 행성상 성운의 구조뿐 아니라, 이를 감싸는 외각의 희미한 구조에 대한 자세한 정보를 보여주고 있다. 지상 및 우주 망원경의 관측을 통해 관찰한 대부분의 행성상 성운의 구조는 (1) 외각 헤일로 영역의 반지(ring)이나 고리(arc) 모양의 얇은 다중 껍질과 (2) 내부 영역의 밝게 빛나는 비구형 축대칭 밝은 구각(bright rims)로 구성되었음을 보여준다. 외각 헤일로 영역의 얇은 다중 셸(thin shells)은 점근거성계열(asymptotic giant brance, AGB)의 외각이 느린 속도로 방출하게 되어 형성된 구대칭 구조에서 기인한 것으로 보이는데, 이 진화 단계가 종료된 후 다음 단계인 원시 행성상성운(proto-planetary nebula)로 진화할 때 spherically symmetric 구조가 아닌 비 구대칭 또는 축대칭 구조로 복잡하게 변하는 원인에 대해 살펴 보았다. 우리는 post-AGB 별들의 구대칭 구조가 어떻게 현재 관측되고 있는 다양한 형태의 행성상 성운으로 진화하게 되었는지에 대한 여러 가설들을 점검하였다. 이 중 특히 쌍성계로부터 진화하였을 가능성에 대하여 NGC 7009의 최근 분광학적 관측 자료를 중심으로 논의하였다. AGB단계의 중심별에서 분리되는 spherically symmetric envelop shape이 aspherical shape로의 변환에 기여하는 원인이 근접 쌍성계의 운동학적 요인이 존재하는 것으로 여겨진다. 두 쌍성 중 먼저 진화한 별의 질량 방출(massive outflows)과 이때 형성된 Roche lobe와 공통 외피(CE, common envelope)의 역할이 존재할 것으로 판단된다. 행성상 성운 초기에 일어나는 massive envelop가 main shell로 형성되는 과정에서 쌍성계의 궤도의 각운동량이 outflowing envelop shell가스로 전달되고, 이러한 과정에서 구대칭 구조가 변형되는 증거를 검증하고, 이때 발생하는 운동학적 구조에 주는 영향을 살펴보았다.

주제어: 성간물질, 행성상성운, 쌍성진화, CE(공통외피)

Tonga-Kermadec 섭입대에서 해양자력이상 분석을 통한 배호분지 진화에 따른 마그마분화 상관관계 연구

김미정*, 최한진

부산대학교 지질환경과학과 (explorist@pusan.ac.kr)

요약

배호분지의 다양한 진화형태와 암석학적 특성을 보이고 있는 Tonga-Kermadec 섭입대의 Lau 분지는 뉴질랜드와 통가 사이에 위치한 지역이다. 퇴적층이 얇고 분지와 마그마의 다양한 분화가 동시에 일어나는 곳으로, 배호분지의 진화과정 이해를 위해 최근 많은 연구자들에게 주목을 받고 있다. 또한 이 분지는 double arc 시스템에서 발달하였고 분지의 너비가 북쪽으로 갈수록 넓어지는 형태를 띠고 있으며 실패한 확장구조(failed rift)에서부터 일반 확장구조(rift)까지 다양한 구조가 존재하여 복잡한 섭입대 시스템의 전반적인 발달과정을 연구할 수 있다. 본 연구에서는 이러한 배호분지의 발달과정과 지자기 이상적 특성을 이해하기 위해 전 세계 데이터 센터에 있는 해양자력이상자료를 수집하고 이를 이용하여 고해상도의 자력이상도를 제작하였다.

제작된 자력이상도를 바탕으로 배호분지 암석의 자화강도 세기 변화를 역산하여 분지 확장에 따른 마그마 상변화를 해석할 수 있다. 더불어 오일러극(Euler pole)을 이용한 판의 재구성(plate reconstruction) 모형 제작과 해양중력탐사자료 분석을 추가로 수행하고자 한다. 이와 같은 연구 결과를 기반으로 섭입대 시스템의 전반적인 발달과정을 이해할 수 있을 것이고, 비슷한 구조지만 퇴적층이 두꺼워 basement를 보기 힘든 동해 인근 울릉분지의 진화과정을 이해하는 데에 본 연구의 비교분석이 도움이 될 것이다.

섭입하는 해양지각의 자성광물은 어떤 물성변화가 생길까?

: 열수변질 과정의 역할 규명

홍선화*, 정훈영, 최한진

부산대학교 지질환경과학과 (ovooo41@pusan.ac.kr)

요약

섭입대는 지구상에서 지각운동이 가장 활발하게 일어나고 있는 지역으로 화산, 지진, 해일과 같은 자연 재해가 끊임없이 발생하고 지구조 환경변화가 급격히 일어나고 있어 많은 과학자들에 의해 활발히 연구가 이뤄지고 있다. 이러한 섭입대에서는 높은 온도와 압력조건으로 인해 섭입하는 해양지각 내에서 여러 물성 변화가 일어나는데, 그 중에는 해양지각 내 자성광물의 열수변질작용이 포함된다. 해양지각은 생성 초기에 바닷물에 의한 급격한 냉각으로 자성광물에 의한 강한 자화강도를 보이다가 시간이 지남에 따라 해양지각 내 열수순환에 의한 자성광물의 변질작용으로 인해 자화강도가 급격히 감소하며, 이후 지각 내 무수황화물, 석고 등의 증가로 열수순환이 둔화되면서 약 10Ma부터는 더 이상 자성이 감소하지 않고 안정화됨을 보인다. 섭입대에서 해양지각은 섭입하는 과정에서 섭입 전 outer-rise의 정상에서 해구까지 자화강도가 점진적으로 약 20% 감소하는 것으로 나타났다. 현재까지 이 자성 감소의 원인을 구부러짐에 의한 단층의 재열개(re-open)와 열수순환의 재활성화에 따른 자성광물의 추가적인 변질작용에 의해 발생하는 것으로 여겨고 있다. 그러나 이러한 해양지각 내 열수순환의 재활성화로 인한 자성광물의 화학적 변질에 따른 자성 감소는 현재까지 정량적으로 확인되지 않았다. 따라서 우리는 해양지각 내의 주요 자성광물인 티탄자철석과 자철석을 각기 다른 입자크기 및 서로 다른 온도 조건에서 인공 해수와의 반응을 통해 자성광물의 변질 정도를 알아보는 열수반응 실험을 진행하였다. 실험 과정에서 일정한 시간 간격마다 미소반응기체의 Gas Chromatography 분석을 실시해 광물의 변질 과정에서 발생하는 가스의 종류 및 양을 관찰하였고, 실험 결과는 X-Ray Diffraction(XRD)을 사용하여 광물학적 변화를 관찰하였다. 또한 SQUID 자력계를 사용하여 실험 전, 후의 자성광물의 자화강도 변화를 관찰하였다. 위 실험결과를 바탕으로 섭입하는 해양지각 내 열수순환 효과를 모사하여 자성광물의 화학적 변질작용을 정량적으로 측정함으로써 섭입대 내에서 열수순환과 자성광물의 상호작용에 대한 정량적 이해를 증진시키고 섭입대 환경의 형성과 진화에 대한 새로운 시각을 제공하는데 큰 도움이 될 것으로 기대된다.

주요어 : 섭입대, 자성감소, 자성광물, 열수변질작용, 열수순환

남극 아문젠해 인근 코어퇴적물로 부터 규조 연구

박영숙^{1*}, 김성한², 유규철², 이재일², 이민경²

¹전북대학교 지구환경과학과 (sydin@jbnu.ac.kr),

²극지연구소 빙하지각연구본부

요약

남극 아문젠해 주변 (73°98.2835'S, 115°76.9077'W)에서 채취한 AM22-GC10B 코어 퇴적물로부터 규조 연구를 위해 10cm 간격으로 총 31개의 시료를 분석하였다. 연구 지역에서 산출된 규조 군집의 다양성과 풍부성이 부족하고 단단한 종의(*Eucampia antarctica* var. *recta*와 *Fragilariopsis curta*) 산출이 풍부하고 다른 종들의 산출이 미약한 것으로 보아 보존이 용이하지 못했다. 현미경 관찰 결과 총 23속 51종을 감정 하였으며, 정량분석의 결과 규조 절대 개체수 농도는 0.5 ~ 8.3 ×10⁷/g 범위로 나타났다. 특히, 260cm 이하 층에서는 0.5 ×10⁷/g 이하로 규조의 산출이 매우 적게 나타난다. 연구 코어에서 산출된 규조 종으로 *Fragilariopsis curta* (34.2%),와 *Eucampia antarctica* var. *recta* (18.4%)가 상대적으로 풍부하게 산출되었으며, *Thalassiosira glacilis* (4.5%), *F. ritscheri* (4.4%), 와 *T. antarctica* (3.6%)가 동반종으로 산출하였다.

퇴적시기를 알려 주는 시대 지시종의 산출은 거의 없으며, 재이동 규조각인 *Paralia sulcata*의 산출도 250-260cm 구간에서 미약하게 나타난다.

연구 코어에서 산출된 규조의 군집 분포 양상에 따라 규조 군집대 I: 260-500cm, 규조 군집대 II: 160-260cm, 규조 군집대 III: 60-160cm와 규조 군집대 IV: 0-60cm가 설정되었다. *Chaetoceros resting spores*의 산출은 규조 군집대 II에서 가장 풍부하였으며, 규조 개체수 농도는 규조 군집대 I에서 상대적으로 약간 높게 나타난다. *E. antarctica* var. *recta*의 산출이 군집대 II와 III에서 풍부해지는 반면 *F. curta*의 산출은 약간 감소하는 경향을 보인다. *F. cylindrus*는 군집대 IV의 30cm에서 급증하고 *Odontella weissflogii*와 *Chaetoceros resting spores*의 산출이 군집대 II에서 풍부하며, *T. antarctica*와 *T. gracilis*의 산출은 군집대 III에서 풍부하다.

AM22-GC10B의 퇴적 시기동안 4번의 기후 변화가 일어났으며 cold-cool-warm-cold로의 변화를 보인다. 규조 군집대 I에서는 규조의 산출이 거의 없기 때문에 ice로 덮여 있던 환경이었으며 규조 군집대 II와 III는 상부로 갈수록 좀 더 온난한 시기였으며 규조 군집대 IV는 다소 cold했던 것으로 나타났다. 이를 시기적으로 해석하기에는 연대측정과 퇴적, 지화학적 연구자료와 비교 분석이 필요하다.

주요어 : 남극, 아문젠해, 규조, 군집대, 기후 변화

탐구 논문(포스터) 요약서

과 제 명 (주제)	Blazhko 현상을 보이는 RW Dra의 시계열 CCD 측광 연구
소속학교	경기과학고등학교
학생성명	고현민, 김수겸, 정현
지도교사	이호
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>1. 연구의 필요성 및 목적</p> <p>도시의 밝은 밤하늘은 천체관측을 방해하는 가장 큰 요인이다. 이러한 환경에서 밝고 진폭이 큰 변광성은 광해의 영향을 덜 받기 때문에 매우 경쟁력 있는 연구 주제이다. 특히, Blazhko 현상을 보이는 RR Lyrae형 맥동 변광성의 경우 장기간 관측이 필요하므로 도시의 소형망원경 활용하여 장기간에 관측하여 맥동 주기를 분석하면 매우 정밀한 주기를 얻을 수 있다. 이 연구에서는 본교의 0.6m 천체망원경을 활용하여 Blazhko현상을 보이는 RW Dra를 장기가 관측하여 주기 분석을 통하여 주기의 변화를 알아보하고자 한다.</p> <p>2. 연구내용</p> <p>맥동 변광성의 주기 분석을 위하여 관측 및 측광을 수행하였다.</p> <p>가. 관측</p> <p>0.6m 천체망원경과 4K CCD 카메라를 이용하여 34일간 관측하여 3,598여 장의 CCD 이미지를 얻었다.</p> <p>나. 자료처리</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) MaxiM DL 6 프로그램을 이용하여 관측 기기의 기기 요소를 제거하는 전처리 과정을 수행하였다. 2) MaxiM DL 6 프로그램을 이용하여 기기 등급을 구하였다. 3) AAVOS에서 제공하는 Vstar 프로그램을 이용하여 맥동 주기를 구하고 등급 위상 그래프를 작성하였다. <p>3. 연구 결과</p> <p>가. RW Dra 의 맥동 주기는 0.4429d, Blazhko 주기는 약 41.6 d를 구하였다.</p> <p>나. 맥동 주기와 Blazhko 주기 값이 선행 연구들과 비교할 때 잘 맞는 것으로 확인되었으며, 아직은 주기 변화를 잘 관찰할 수 없었다.</p>	

탐구 논문(포스터) 요약서

과 제 명 (주제)	CFD를 활용한 강풍 상황에서 안정적인 간이 구조물 형태 분석
소속학교	경기과학고등학교
학생성명	조연우, 최재웅, 이재욱
지도교사 교수	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>텐트는 높은 경량성과 이동성을 가진 임시 거처로 일상에서 자주 사용된다. 하지만 뼈대와 얇은 천만으로 이루어진 텐트의 구조상 강풍 상황에 노출될 경우 사용자의 안전을 위협할 수 있다는 치명적인 단점이 존재한다. 이를 분석하고 해결하고자 연구를 진행하였다.</p> <p>본 연구는 강풍 상황에서 안정적으로 견딜 수 있는 최적의 텐트 디자인을 연구했다. 연구 과정은 모델 디자인, CFD 시뮬레이션을 통한 수치해석, 모델 평가함수 제작 및 성능 평가로 구성되었다. 결과적으로, 밀면이 정사각형이고 폴대가 3번 꺾이며 높이가 1600mm인 모델이 최고의 성능을 나타내었으며, 정사각형의 밀면이나 높이 증가에 따라 성능이 향상되는 경향을 확인하였다.</p> <p>본 연구에서는 성능점수와 실용점수 두 가지의 척도를 사용하여 구조물 형태에 따른 안정성 및 효율성을 측정하였다. 성능점수는 텐트가 강풍 상황에서 견딜 수 있는 능력을 측정하며, 실용점수는 텐트의 실용성을 평가하기 위해 공간활용도와 보관의 용이성을 고려했다. 다양한 텐트 디자인을 모델링하고 CFD 시뮬레이션을 통해 안정성을 평가했으며, Lift와 Drag force를 평가함수로 사용하여 각 모델의 성능을 비교했다. 새로운 평가기준으로 q인자를 도입하여 안정성을 평가했다. 이 연구를 통해 안정성과 효율성을 고려한 최적의 텐트 디자인을 도출할 수 있었다. 또한, 변인에 따른 성능점수의 경향성을 분석하여 안정성과 효율성을 모두 고려한 최적의 텐트 디자인을 제시하였다. 이러한 구조적 안정성 최적화 및 점수 산출 방법은 향후 구조 역학 분야에서도 유용하게 활용될 것으로 기대한다.</p>	

탐구 논문(포스터) 요약서

과제명 (주제)	머신러닝 기법을 활용한 동해 수온-오징어 생산량 연관성 분석 및 예측 모델 개발
소속학교	경기과학고등학교
학생성명	장희서, 오현성, 오은총, 송병준
지도교사	전영준
분야 (택1)	<input type="checkbox"/> 대기과학(기상), <input type="checkbox"/> 우주과학(천문), <input type="checkbox"/> 지질과학, <input checked="" type="checkbox"/> 해양과학, <input type="checkbox"/> 지구과학 관련 융합(STEAM)
<p>본 탐구에서는 동해 수온과 오징어 생산량의 연관성 분석을 위해 기계학습(Machine Learning) 기술을 활용한 탐구를 진행했다. 수온과 오징어 생산량 데이터를 수집 및 전처리하고, 인공신경망(Neural Network)과 회귀 모델을 구축하여 두 변수 간의 관계를 모델링했다. 그 결과, 동해 수온과 오징어 생산량 사이에는 유의미한 상관관계가 있음을 확인했다. 본 탐구에서 구축한 인공신경망 모델은 수온 데이터를 바탕으로 오징어 생산량을 비교적 높은 정확도로 예측할 수 있으며, 회귀 분석 결과도 높은 상관관계를 보여준다. 이는 동해 수온이 오징어 서식 환경과 생산량에 영향을 줄 수 있음을 시사한다. 본 탐구는 동해 수온과 오징어 생산량의 연관성을 정량적으로 분석하고, 기계학습을 활용해 오징어 생산량 예측 모델을 구축했다는 점에서 의의가 있다. 이는 오징어 자원 관리, 어업 정책 수립, 그리고 기후변화가 해양 생태계와 수산자원에 미치는 영향을 이해하는 데 기여할 수 있을 것으로 기대된다.</p>	

탐구 논문(포스터) 요약서

과제명 (주제)	저가형 적분구 제작 및 효용성 검증
소속학교	KAIST 부설 한국과학영재학교
학생성명	김동혁, 김준희, 이강훈, 조현민
지도교사/교수	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)

천체의 밝기를 정확히 파악하는 것은 천문학 연구에서 매우 중요한 부분이다. 이를 위해서는 이미지가 보정이 필수적이다. 그중 가장 중요한 부분이 바로 Flat frame이다. 일반적으로 일몰이나 일출 시간대에 하늘을 촬영하여 이를 활용한다. 그러나 이 방법은 시간과 날씨에 따라 제약을 받게 된다. 본 연구에서는 적분구를 사용하여 정확하고 신뢰성 있는 Flat frame을 얻을 수 있는지 조사하고자 하였다. 적분구는 빛을 균일하게 내보내는 역할을 하며, 이를 통해 Flat frame을 촬영하면 보다 천체의 밝기를 정확하게 알아낼 수 있다. 이번 연구에서는 3D프린터를 이용하여 직접 적분구를 제작하고, 이를 이용하여 Flat frame을 촬영하여 적분구의 효용성을 입증했다. 이를 통해 천문학 연구에 있어서 적분구의 역할과 중요성을 확인할 수 있었다.

Sumin Park

탐구 논문(포스터) 요약서

과제명 (주제)	Baffle Block의 배치와 유속에 따른 수로 내 에너지 소산율에 관한 연구
소속학교	경기과학고등학교
학생성명	장태훈, 함석규, 홍진목
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>정수지형 감세공은 Baffle Block과 Chute Block, End Sill로 이루어져 있다. 이에 따라 댐 설계 기준에서는 Baffle Block의 설치 기준을 제시하고 있지만 여기서는 Baffle Block의 줄 간 간격을 제시하지 않고 있기 때문에 에너지를 가장 효율적으로 감세시킬 수 있는 Baffle Block의 줄 간 간격을 찾는 것을 목표로 하였다. 에너지 감소 정도는 비에너지($e = \frac{1}{2}v^2 + gh$)의 감소량인 에너지 소산율($1 - \frac{e_i}{e_j}$)로 측정한다. 실험은 내부 규격이 2.4m*0.3m*0.4m 규격의 모형 수로를 제작하여 진행하였다. 이 수로에서 유속을 조절하며 Baffle Row 간 간격과 Baffle Cluster 간 간격을 달리 하며 물의 유속과 수리 평균심을 측정하여 에너지 소산율을 구하였다. 이를 통해서 Baffle Row 간 간격이 3cm일 때 에너지 소산율이 최대가 됨을 보였고, Baffle Cluster 간 간격이 3cm 정도에서 에너지 소산율이 최대가 됨을 보였다. 이로써 Baffle Block의 줄 간 간격에 대한 명확한 수치를 제시하였다.</p>	

탐구 논문(포스터) 요약서

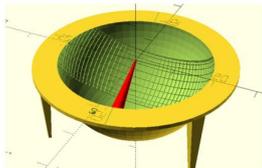
과제명 (주제)	위도별 양부일구 생성 프로그램 제작 및 교육적 활용에 관한 연구
소속학교	인천과학고등학교
학생성명	김동욱
지도교사	신지은
분야 (택1)	<input type="checkbox"/> 대기과학(기상), <input type="checkbox"/> 우주과학(천문), <input type="checkbox"/> 지질과학, <input type="checkbox"/> 해양과학, <input checked="" type="checkbox"/> 지구과학 관련 융합(STEAM)

1. 탐구 동기 및 목적

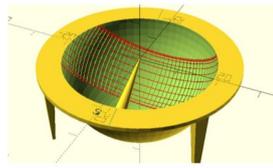
기존 양부일구는 위도에 따라 영침과 기준선이 이동해야 하고 나침반을 사용하면 자북만 알 수 있는 점 등 문제점이 있었음. 이에 각 지역에 적합한 개선된 위도별 양부일구를 제작하고자 함.

2. 탐구 방법 및 결과

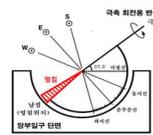
1) 위도별 양부일구 생성 프로그램 개발



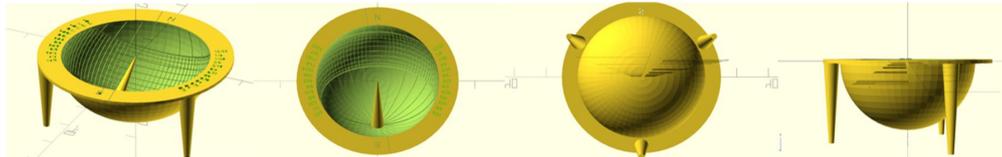
영침의 모습



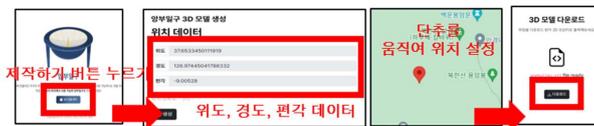
시각선과 절기선의 모습



양부일구의 단면도



제작한 양부일구의 전체적인 모습



위도별 양부일구 생성 프로그램에서 양부일구 파일을 다운로드 받는 과정

기준선, 영침의 위치 등 양부일구 모형을 3D로 나타내는 과정을 자동화한 뒤 웹사이트에 연결하여 사이트에서 위치만 설정하면 자동으로 생성토록 함.

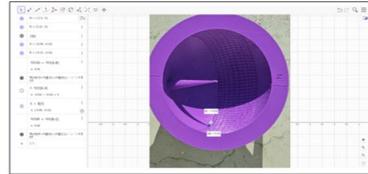
2) 효용성 탐구



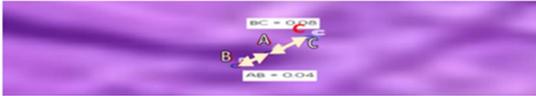
측정 지역의 위도와 경도에 해당하는 양부일구의 전체적인 모습



측정 데이터 수집 사진



GeoGebra 프로그램 분석 중 사진



시각선과 절기선의 비율을 구하는 모습

일정 기간 촬영하여 데이터 수집, 길이 비율을 통해 시각 및 날짜 산출함.

날짜	표준시	균시차	경도차	기존 양부일구 제품	프린팅한 서울지역 양부일구	측정값 차이
08/18	8:44			8:45	8:46	1분
08/18	8:54			8:55	8:56	1분
08/18	9:04			9:05	9:05	0분
08/18	9:14	-4.01분	-34분	9:15	9:15	0분
08/18	9:24			9:25	9:25	0분
08/18	9:34			9:35	9:36	1분
08/18	9:44			9:46	9:46	0분

기존 양부일구 제품, 프린팅한 서울지역 양부일구의 측정값 비교

날짜	표준시	기존 양부일구		인천지역 양부일구		시각 측정값 차이	정확한 양부일구
		시각	날짜	시각	날짜		
07/10	17:13	17:09		17:16		7분	
07/10	17:28	17:24		17:30		6분	
07/10	17:58	17:54	2023/07/07	18:00	2023/07/9.5	6분	인천지역
07/10	18:14	18:09		18:17		7분	
07/10	18:31	18:24		18:32		7분	

기존 양부일구 제품, 프린팅한 인천지역 양부일구 측정값 비교

날짜	표준시	방콕지역 양부일구		그리니치 천문대 양부일구	
		시각	날짜	시각	날짜
08/20	11:02	11:26		11:18	
08/20	11:04	11:28		11:20	2023/9/5.8
08/20	11:10	11:35		11:24	

프린팅한 방콕지역 양부일구 제품, 프린팅한 그리니치 양부일구의 측정값 비교

이를 통해 위도별 양부일구를 사용할 필요성과 제작한 양부일구의 효용성 및 정확도를 확인할 수 있었음.

3) 교육자료 개발



양부일구 생성 프로그램에 탑재된 다양한 교육자료의 모습

✓ 학습자료

학습자료 소개

자료 다운로드

양부일구 실험서의 특징

1. 양부일구의 출력과정 및 설치 방법과 진복 정렬 방법을 자세하게 안내함.
2. 양부일구를 통해 측정된 시각과 위성 시각과의 차이를 이해하는 과정을 통해 **균시차와 표준시와 지방시에 대해 학습** 가능.
3. 영문으로도 제작하여 **우리나라 뿐만 아니라 세계 어느 지역에서도 양부일구를 제작하고 학습할 수 있을 뿐만 아니라 양부일구의 가치 또한 확산**할 수 있도록 함.

양부일구 생성 프로그램에 탑재된 학습자료와 실험서의 모습

사이트 탑재 교육자료를 통해 과학적, 역사적 가치와 원리를 탐구할 수 있도록 **온라인 콘텐츠** 개발함. 또한 **오프라인** 교육 자료인 실험서도 제작 및 공유함.

3. 탐구성과

양부일구 생성 프로그램을 통해 전 세계에서 뛰어난 정확도와 효용성을 갖춘 위도별 양부일구 제작이 가능해짐. 교육자료를 통해 전 세계에 우리 문화유산의 가치를 확산시킬 수 있는 구체적인 방안을 제시함.

탐구 논문(포스터) 요약서

과제명 (주제)	Variations of nitrogen isotopes of hair for understanding of nitrogen cycle
소속학교	Seoul Scholars International
학생성명	Jason Dongjin Lee
지도교사	
분야 (택1)	<input type="checkbox"/> 지구과학 관련 융합(STEAM)

Nitrogen isotopes have been used to trace contamination sources of nitrate in both groundwater and streamwater and accumulation of trace elements through trophic levels in the ecosystem. In particular, nitrogen cycles in the earth system have been tested using stable nitrogen isotopes. Stable isotopic composition of nitrogen ($^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$) of human hair have been widely used to interpret dietary habits and nutritional status in contemporary or past populations. The human $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ values are related to the $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ of the dietary intake and determined by the amount of fish or meat and animal product consumed. The ratio of $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ in human hair is different for vegans, vegetarians and omnivores. By using nitrogen isotopes of human hair, we can know trophic level of food that human consumed. Because of longer food chain on ocean fish has higher nitrogen isotope than terrestrial plants and animals. So the object of this study is to characterize the diet of our family by using nitrogen isotope ratio in hair. This study may imply and test how nitrogen can be transported through earth system and ecosystems.

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 2024년도 춘계 학술발표회 논문집

(사) 한국지구과학회	2024 한국지구과학회 춘계 학술발표회
인쇄일 2024년 04월 09일	인쇄 (주)토마토앤더태인먼트
발행일 2024년 04월 08일	발행처 서울 강서구 양천로 731
발행인 (사)한국지구과학회	전화 02)3142-6204
편집 (사)한국지구과학회	사업자번호 105-86-32892

(28173) 청주시 흥덕구 강내면 대성탑연로 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

본 학회지에 수록된 논문의 내용, 그림 및 도표의 저작권은 한국지구과학회에 있으므로 본 학회의 허락 없이 무단 복제 및 무단 전사할 수 없다.