



Proceeding of the 2023 Autumn Conference
in the Korean Earth Science Society

2023 한국지구과학회 추계학술대회논문집

지구를 넘어 우주로

일자 2023년 10월 13일(금) ~ 14일(토)

장소 한국지질자원연구원 강당동

주체·주관



(사)한국지구과학회

후원



KICAM

이 발표 논문집은 K-water의 지원을 받아 발간되었습니다.

CONTENTS

일정표	1
특강자료1	11
특강자료2	41
[초록] 학술발표장 A (교육, 천문)	59
[초록] 학술발표장 B (대기, 지질, 해양)	71
[초록] 학술발표장 C (해양, 비대면 학생 포스터) ...	83
[초록] 일반 포스터	95
[초록] 학생 대면 포스터	117
연구윤리규정	127



환영사

존경하는 한국지구과학회 회원 여러분

2024년 한국지구과학회 추계학술대회에 오신 것을 진심으로 환영합니다. 이번 학술 대회는 한국지구과학회 창립 이래 처음으로 한국지질자원연구원에서 개최하게 되었습니다. 국내 지질학 연구의 최고, 최대 연구 기관인 한국지질자원연구원에서 개최하게 되어 더욱 의미가 큼니다.

이번 추계학술대회의 주제는 “지구를 넘어 우주로”입니다. 최근 국가 과학 기술 정책에서 관심을 많이 받고 있는 우주와 관련하여 우리 학회에서 접근하고 공유할 수 있는 부분에 대해 회원들과 함께 공유하고 의견을 나누는 시간이 되기를 바랍니다.

한국지질자원연구원의 김경자박사님과 서울대학교 최승언교수님의 특강을 통해 지구 과학의 다양한 분야가 어떻게 우주 연구와 융합할 수 있을지에 대한 가능성을 열어 주실 것으로 기대합니다. 이밖에도 지구과학교육학, 해양학, 대기과학, 지질학, 지구 물리학 등의 분야에서 빅데이터 활용, 기후 변화 등의 다양한 이슈에 대한 발표가 예정되어 있습니다.

본 학술대회 개최에 후원해 주신 K-water, 한국지질지원연구원 등에 감사의 말씀을 전합니다. 그리고 전국 각지에서 학술 발표에 참여해 주신 회원 여러분들께 진심으로 감사드립니다.

2023년 10월 13일

한국지구과학회 회장 **신동희** 신동희

축 사

한국지구과학회 회원 여러분, 반갑습니다.

100년이 넘는 역사와 전통을 가진 한국지질자원연구원에서 70년 역사와 전통을 자랑하는 국내 지구과학 분야의 최고 학회인 한국지구과학회 추계 학술대회를 개최하게 된 것을 진심으로 축하합니다. 지질학, 대기과학, 해양학, 천문학, 그리고 지구과학교육에 이르기까지 지구과학 관련 전 분야에 걸쳐 다양한 학문적 교류의 장이 우리 연구소에서 이루어지게 된 점을 뜻깊게 생각합니다.

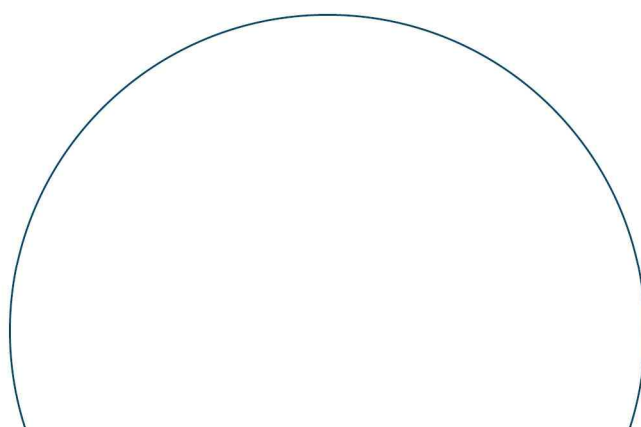
1918년 지질조사소로 시작하여 오늘에 이르기까지 우리나라 지질과학을 선도해 온 한국지질자원연구원은 지질 및 우주자원, 에너지·광물자원, 지구환경 및 지질재해 등 지구에 대한 종합적인 연구를 수행하는 기관으로 성장했습니다. 특히 국내 유일의 지질박물관은 지질과학의 대중화에 크게 앞장서 왔습니다. 앞으로 지속 가능한 지구를 위해 지구과학 연구와 지구과학교육 연구가 융합적으로 이루어지는 한국지구과학회와 활발한 학문적 교류가 이루어지기를 기대합니다.

오늘 의미 있는 자리를 마련해 주신 신동희 한국지구과학회장님을 비롯한 학회 관계자 모든 분들께 감사드립니다. 지속 가능한 지구를 위한 다양한 방안을 모색하는 풍성한 학술 토론의 장이 되시길 바랍니다.

감사합니다.

2023년 10월 13일

한국지질자원연구원장 이평구 이 평 구



일 정 표



(사)한국지구과학회 2023년도 추계학술발표회 일정표

지구를 넘어 우주로

10월 13일 (금)			
시간	학술발표장 : 한국지질자원연구원 C4(강당동)		
10:00 - 10:30	등록 및 포스터 부착		
10:30 - 12:00	학술발표 A1 (교육, 천문)	학술발표 B1 (대기)	학술발표 C1 (해양)
12:00 - 13:30	점심식사 : C3(식당동) 2층 데본기홀		
13:30 - 13:50	(사)한국지구과학회 추계학술발표회 개회식 환영사 ▶ 한국지구과학회 신동희 회장 축 사 ▶ 한국지질자원연구원 이평구 원장		
13:50 - 14:00	기념촬영 및 휴식		
14:00 - 14:40	특강	I. 달과 화성표면 탐사에서 확인된 물의 증거들이 열어가는 인류의 새로운 달 - 화성 현지자원활용 시대 ▶ 김경자 박사(한국지질자원연구원)	
14:40 - 15:20		II. 옛 역법에서 달의 운행 추보 ▶ 최승언 명예교수(서울대학교)	
15:20 - 16:00	(사)한국지구과학회 제59차 정기총회 - 개회사, 사업보고, 포상, 안건토의, 학회장 선거 결과 발표, 폐회 -		
16:00 - 17:00	학술발표 A2 (교육)	학술발표 B2 (지질, 해양)	학생 포스터발표 C2 (비대면 녹화)
17:00 - 18:00	포스터 발표 (일반, 학생)		
18:00 -	간담회 : C3(식당동) 2층 데본기홀		

10월 14일 (토)	
시간	워크숍(온라인)
09:00 - 09:30	등록
09:30 - 11:20	개회사: 이효녕(한국지구과학올림피아드위원회 위원장) 축 사: 신동희(한국지구과학회 학회장) 특 강: 박경애(서울대학교 지구과학교육과 교수) ▶ 지구 기후 위기

<세부 장소 안내>

- ▶ 등록 데스크: 한국지질자원연구원 C4(강당동) 1층 로비
- ▶ 포스터 발표: 한국지질자원연구원 C4(강당동) 2층 로비
- ▶ 특강 및 학술발표 A: 한국지질자원연구원 C4(강당동) 1층 주라기홀
- ▶ 학술발표 B : 한국지질자원연구원 C4(강당동) 1층 트라이아스기룸
- ▶ 학술발표 C : 한국지질자원연구원 C4(강당동) 1층 석탄기룸
- ▶ 10월 14일(토) 한국지구과학올림피아드 지구과학 핫이슈 강연 접속 URL :
<https://us02web.zoom.us/j/5535234298?pwd=T0ducDB0ZVVaTE1KemZVNmNKWVhOdz09>

학술발표장 A (교육, 천문)

학술발표 A-1		좌장: 박영신(조선대)
10:30-10:45	지오빅데이터의 재구성 학교 교육 현장으로의 적용 가능성에 대한 탐색	최윤성* ¹ ¹ 서울대학교 교육종합연구원
10:45-11:00	핵심광물 탐구에서 나타난 학생과 생성형 인공지능의 상호작용	정수임* ¹ , 김정찬 ² , 신동희 ³ ¹ 은행고등학교, ² 한국지질자원연구원, ³ 이화여자대학교
11:00-11:15	과학과 및 사회과 교사들의 생태전환교육에 대한 인식 및 실천	유은정*, 김기남, 김진아, 심현표, 유금복, 장윤정 한국교육과정평가원
11:15-11:30	과학과 교육과정에 반영된 민주시민 역량 분석	박영신 ¹ , 이지연* ¹ ¹ 조선대학교
11:30-11:45	한탄강 세계지질공원 연천 지역의 '자기 안내식 해설' 매체를 통한 스스로 이해 가능 정도: 이독성과 교육과정 관련성을 중심으로	김민지* ¹ , 김찬종 ² , 유은정 ³ ¹ 숙명여자고등학교, ² 서울대학교, ³ 한국교육과정평가원
11:45-12:00	다양한 암흑에너지 모형의 관측적 제한과 모형 성능 평가	*박찬경 전북대학교 사범대학 과학교육학부

학술발표 A-2		좌장: 이효녕(경북대)
16:00-16:15	실시간 온라인 학습을 위한 과학교사의 교수역량 프레임 워크: 수업계획 및 실행을 중심으로	윤진아* ¹ , 남윤경 ² ¹ 부산대학교 과학교육연구소, ² 부산대학교 지구과학교육과
16:15-16:30	STEM 분야 미래 인재 양성을 위한 STEM 생각교실 프로그램의 개발 및 적용	이효녕* ¹ , 이현동 ² , 최호명 ¹ , 전재돈 ¹ ¹ 경북대학교, ² 대구교육대학교
16:30-16:45	지진 빅데이터를 활용한 과학 탐구 프로그램의 개발과 적용	최하늘*, 신동희 이화여자대학교

학술발표장 B (대기, 지질, 해양)

학술발표 B-1		좌장: 위지은(전북대)
10:30-10:45	딥러닝을 이용한 MJO 예측 향상	김혜미* 이화여자대학교 과학교육과
10:45-11:00	한반도 영항 열대저기압 특성과 태평양 10년 주기 변동(PDO) 간 계절별 상관관계	주진완 ¹ , 박두선 ^{1,2} ¹ 경북대학교 대기과학과, ² 경북대학교 지구과학교육과
11:00-11:15	위성 자료를 활용한 여름철 북태평양 고기압 변동 특성	위지은* ¹ , 변재영 ² , 문병권 ¹ ¹ 전북대학교 과학교육학부/융합과학연구소, ² 국가기상위성센터 위성기획과
11:15-11:30	2017년 7월 황해에서 발달한 대류운의 액상 화학 반응에 대한 WRF-Chem 모델링 연구	조재희 ¹ , 김학성* ² ¹ 한국교원대학교 자연과학연구소, ² 한국교원대학교 지구과학교육과
11:30-11:45	UKESM-TOPAZ piControl 실험 결과 분석	강진희* ¹ , 이효미 ² , 위지은 ¹ , 안은지 ¹ , 심성보 ³ , 정주용 ³ , 변영화 ³ , 문병권 ¹ ¹ 전북대학교 과학교육학부, ² 한국해양과학기술원, 해양순환기후연구부, ³ 국립기상과학원 기후변화예측연구팀
11:45-12:00	WRF 모델을 이용한 2021년 10월 한반도 폭염사례 모의: 태풍 민들레(2116)를 중심으로	윤세민* ¹ , 위지은 ¹ , 문병권 ¹ ¹ 전북대학교 과학교육학부

학술발표 B-2		좌장: 최태진(한국교원대)
16:00-16:15	인회석 Fission-track 연대측정을 통한 남해 제주분지의 지열사 해석	최태진 한국교원대학교 지구과학교육과
16:15-16:30	Geochemical signatures of barite and talc from the serpentinization-driven hydrothermal vents in the Central Indian Ridge	Jihun Kim ^{1,2*} , Dhongil Lim ^{1,2} ¹ Korea Institute of Ocean Science & Technology, ² University of Science & Technology
16:30-16:45	GOCI2 위성 자료를 활용한 표층 해류 산출 알고리즘 개발	김희영* ¹ , 박경애 ² ¹ 서울대학교 지구과학교육과, ² 서울대학교 지구과학교육과/해양연구소

학술발표장 C (해양, 비대면 학생 포스터)

학술발표 C-1		좌장: 우혜진(서울대학교)
10:30-10:45	동남극 테라노바 만 난센 빙봉의 해양 기인 기저 용융에 대한 중규모 소용돌이의 영향	이진호* ¹ , 문재홍 ^{1,2} , 김태균 ² , 진경 ³ ¹ 제주대학교 지구해양융합학부, ² 제주대학교 지구해양학과, ³ 극지연구소 빙하환경연구본부
10:45-11:00	대규모 대기 변동성에 대한 로스 해 대륙붕 염분 수지의 반응	추성호 ¹ , 김태균 ¹ , 문재홍* ¹ , 진경 ² ¹ 제주대학교 지구해양학과, ² 극지연구소 빙하환경연구본부
11:00-11:15	Spatiotemporal variability in ocean-driven basal melting of cold-water cavity ice shelf in Terra Nova Bay, East Antarctica: Roles of tide and cavity geometry	Taekyun Kim* ¹ , Ji-Seok Hong ² , Emilia Kyung Jin ³ , Jae-Hong Moon ¹ , Sang-Keun Song ¹ , and Won Sang Lee ³ ¹ Department of Earth and Marine Sciences, Jeju National University, ² Ocean Circulation and Climate Research Department, Korea Institute of Ocean Science and Technology, ³ Division of Glacial Environment Research, Korea Polar Research Institute
11:15-11:30	Occurrence of subsurface eddy in Terra Nova Bay and its impact on basal melting of Nansen Ice Shelf	Ji Yeon Go ¹ , Taekyun Kim ² , Jae-Hong Moon* ² , Jinho Lee ¹ , and Emilia Kyung Jin ³ ¹ Faculty of Earth and Marine Convergence, Earth and Marine Science Major, Jeju National University, ² Department of Earth and Marine Sciences, Jeju National University, ³ Division of Glacial Environment Research, Korea Polar Research Institute
11:30-11:45	천리안위성 2A호 산출 해수면온도의 정확도 검증 및 오차 특성 분석	박경애 ¹ , 우혜진* ² ¹ 서울대학교 지구과학교육과/교육융합연구원 ² 서울대학교 지구과학교육과
11:45-12:00	이어도 해양과학기지 관측 해수면고도와 인공위성 고도계 관측 해수면고도 비교 연구 (2005 - 2021)	박경애 ¹ , 우혜진* ² ¹ 서울대학교 지구과학교육과/교육융합연구원 ² 서울대학교 지구과학교육과

학생 포스터 발표 C-2 (비대면)		좌장: 최윤성(서울대학교)
16:00-16:10	우주 과학	CCD 측광 관측을 통한 혜성과 소행성의 궤도 결정 학생: 오승민, 김태균 지도교사: 박기현 소속: 경기과학고등학교
16:10-16:20	STEAM	머신러닝을 이용한 산불 피해 규모 예측 모델링 학생: 배정우, 박가연, 황원준 지도교사: 전영준 소속: 경기과학고등학교
16:20-16:30	우주 과학	파이썬을 활용한 달과 행성의 천문현상 예측 프로그램 구현 학생: 이서준, 김철현, 노경민, 조영우, 윤지운, 한지후, 오성민, 민지호, 임윤호 지도교사: 김우겸 소속: 대전과학고등학교
16:40-16:50	STEAM	소규모 연못에 설치 가능한 이동형 물레방아 장치 개발 학생: 윤지운, 이시후, 김지안 지도교사: 김진욱 소속: 대전과학고등학교

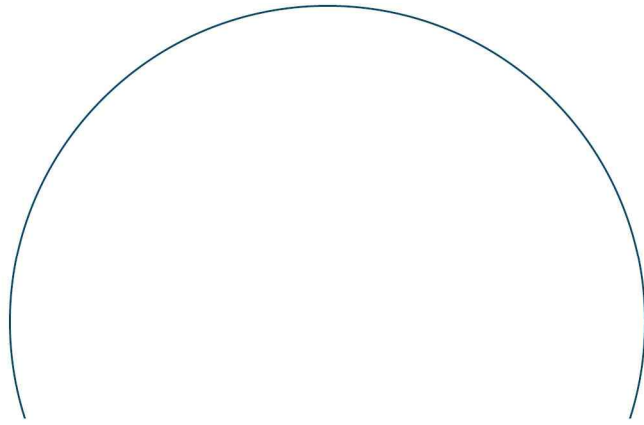
일반 포스터 발표

번호	제 목	발표자(소속)
01	교육 The Validation of the Systems Thinking Assessment Tool for Measuring the Higher-order Thinking Ability of Vietnamese High School Students	,이효녕 ¹ , Nguyen, Thi Thuy ² ,이현동* ³ , 전재돈 ¹ , 박병열 ⁴ ¹ 경북대학교, ² Thuan Hoa High School, ³ 대구교육대학교, ⁴ 단국대학교
02	교육 해양 수치모델 데이터를 활용한 해양 데이터 시각화 수업자료 개발	김수란* ¹ , 박경애 ² , 정인진 ¹ , 임채영 ¹ ¹ 서울대학교 과학교육과, ² 서울대학교 지구과학교육과
03	교육 환경교육 전환기, 학교와 교사는 생태전환교육을 어떻게 인식하는가?	정수임* ¹ , 신동희 ² ¹ 은행고등학교, ² 이화여자대학교
04	교육 해양 및 기상과학관 전시물 분석 : 민주시민소양과 과학커뮤니케이션의 관점에서	박영신 ¹ , 이진안* ¹ ¹ 조선대학교
05	교육 야외지질학습 평가를 위한 생소한 경험 공간 척도 개발과 타당화	정동권 ¹ , 조규성* ² ¹ 전북대학교 과학교육학과, ² 전북대학교 과학교육학부/과학교육연구소
06	교육 지진 빅데이터 교육 프로그램에서 드러난 고등학생들의 가설설정 특성	윤채은*, 신동희 이화여자대학교 과학교육과
07	교육 극지 교육프로그램을 통한 초·중 학생들의 극지 환경정체성 특성	문소영*, 신동희 이화여자대학교 과학교육과
08	대기 안개 생성 메커니즘에 기반한 한반도 안개 유형 분류 및 경향 분석	김은지 ¹ , 박순영 ² , 이순환* ¹ ¹ 부산대학교 지구과학교육과, ² 대구교육대학교 과학교육과
09	대기 연안 중규모 해륙풍 순환에 따른 경계 조건 변화가 복잡 건물군 내의 상세 바람 분포에 미치는 영향	김지선* ¹ , 채다은 ¹ , 이순환 ² ¹ 부산대학교 지구과학과, ² 부산대학교 지구과학교육과
10	대기 기상 및 대기질 수치모델을 통한 한랭전선 통과가 수도권 대기질에 미치는 영향 분석	유정우* ¹ , 이순환 ² ¹ 부산대학교 환경연구원, ² 부산대학교 지구과학교육과
11	대기 Seasonal Prediction for Typhoon Landfalls using Statistical-Dynamic in East Asia	So-Hee Kim ¹ , Joong-Bae Ahn* ² ¹ Department of Atmospheric Sciences, Pusan National University, ² Department of Atmospheric Sciences, Pusan National University

번호	제 목		발표자(소속)
12	대기	UKSEM-TOPAZ를 이용한 대기-해양 과정의 오존 모의 성능 비교	함재희 ¹ , 이효미 ² , 위지은 ¹ , 심성보 ³ , 정주용 ³ , 변영화 ³ , 문병권 ^{*1} ¹ 전북대학교 과학교육학부, ² 한국해양과학기술원 해양순환기후연구부, ³ 국립기상과학원 기후변화예측연구팀
13	해양	인공위성 Sentinel-2 자료 활용 한반도 연안 수중 탁도(Turbidity) 산출	김수란 ^{*1} , 김태성 ² , 박경애 ³ , 박재진 ² , 이문진 ² ¹ 서울대학교 과학교육과, ² 선박해양플랜트연구소, ³ 서울대학교 지구과학교육과
14	해양	Aerial hyperspectral remote sensing detection for maritime search and surveillance of floating small objects	Jae-Jin Park ^{*1} , Kyung-Ae Park ^{*2} , Tae-Sung Kim ¹ , Moonjin Lee ¹ ¹ Ocean and Maritime Digital Technology Research Division, Korea Research Institute of Ships and Ocean Engineering ² Department of Earth Science Education, Seoul National University
15	해양	한반도 주변해역에서의 NOAA-20/VIIRS 해수면온도 검증과 오차 특성	김희영 ^{*1} , 박경애 ¹ , 주희태 ² , 이준수 ² , 양준용 ² ¹ 서울대학교 지구과학교육과, ² 국립수산과학원
16	해양	기후변화예측모형을 이용한 해양-생지화학 모의 성능 분석	안은지 ^{*1} , 이효미 ² , 위지은 ¹ , 강진희 ¹ , 심성보 ³ , 정주용 ³ , 변영화 ³ , 문병권 ¹ ¹ 전북대학교 과학교육학부/융합과학연구소, ² 한국해양과학기술원 해양순환기후연구부, ³ 국립기상과학원 기후변화예측연구팀
17	천문	이중 구각 행성상성운 NGC 7009의 Apsidal 운동	형식, 이성재 [*] 충북대학교
18	지구 물리	한반도 고영년변화(Korean Peninsula paleo-secular variation, KPSV) 곡선을 이용한 고고학적 유적지 연구: 연구사례 및 의의	박종규 ^{*1} 박용희 ² ¹ 강원대학교 지구물리학과, ² 강원대학교 지질·지구물리학부
19	지구 물리	하논 분화구 퇴적물에 대한 광물자기학적 특성 연구	이혜민 ^{*1} 주세연 ¹ 박지혜 ¹ 박용희 ² ¹ 강원대학교 지구물리학과, ² 강원대학교 지질·지구물리학부

학생 지구과학 탐구 포스터 발표

번호	제 목		발표자 및 소속
01	우주 과학	대기소광과 미세먼지 농도의 상관관계 분석	학생: 김동혁, 김준희, 이강훈 지도교사: 박선미 소속: KAIST 부설 한국과학영재학교
02	대기 과학	토네이도의 회전을 이해하기 위한 실험 기구 개발	학생: 홍의빈 지도교사: 김경민 소속: 전북과학고등학교
03	지질 과학	해남지역에 분포하는 백악기 화강암에 관한 모달 분석 연구	학생: 강지원, 유지호 지도교사: 김정빈 소속: 순천대학교 과학영재교육원
04	지질 과학	해남 우항리층에서 관찰되는 퇴적암의 특징과 퇴적 환경	학생: 문동인, 김민혁, 이가연, 정유수, 정윤혁 지도교사: 김정빈 소속: 순천대학교 과학영재교육원
05	지질 과학	남해안지역에서 발견되는 공룡발자국 화석에 대한 빅데이터 분석과 활용 방안	학생: 추승혁, 김민성, 유승현, 임호세, 주성우 지도교사: 박미현, 백인성 소속: 순천대학교 과학영재교육원
06	지질 과학	퇴적물 분석을 통한 제주 해변의 색이 서로 다른 이유 고찰	학생: 강민준 ¹ , 김선우 ² , 박현 ¹ , 우수빈 ¹ 지도교사: 최태진 소속: 23년 한국지구과학올림피아드 (¹ 경남과학고등학교, ² 소하고등학교)
07	융합	극지 지하수가 해수면변동에 미치는 영향에 대한 고찰	학생: 이동진, 이충협, 권민서 소속: Seoul Scholars International



특강자료1





달과 화성표면 탐사에서 확인된 물의 증거들이 열어가는 인류의 새로운 달-화성 현지자원활용 시대

김경자
우주자원개발센터
국토우주지질연구본부

2023 한국지구과학회 초청강연(김경자)

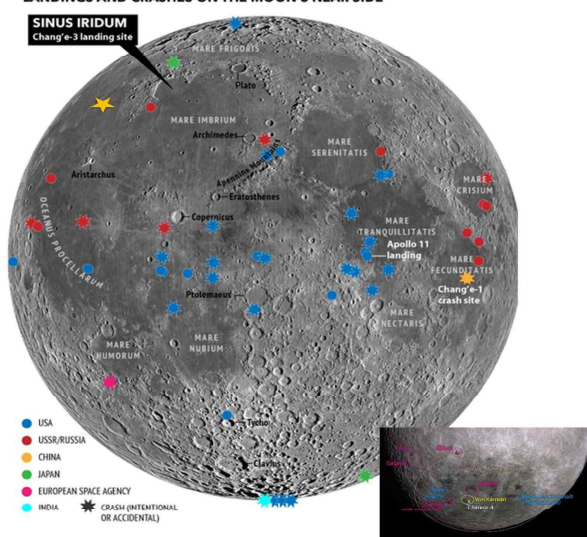
KIGAM 한국지질자원연구원

발표 요약



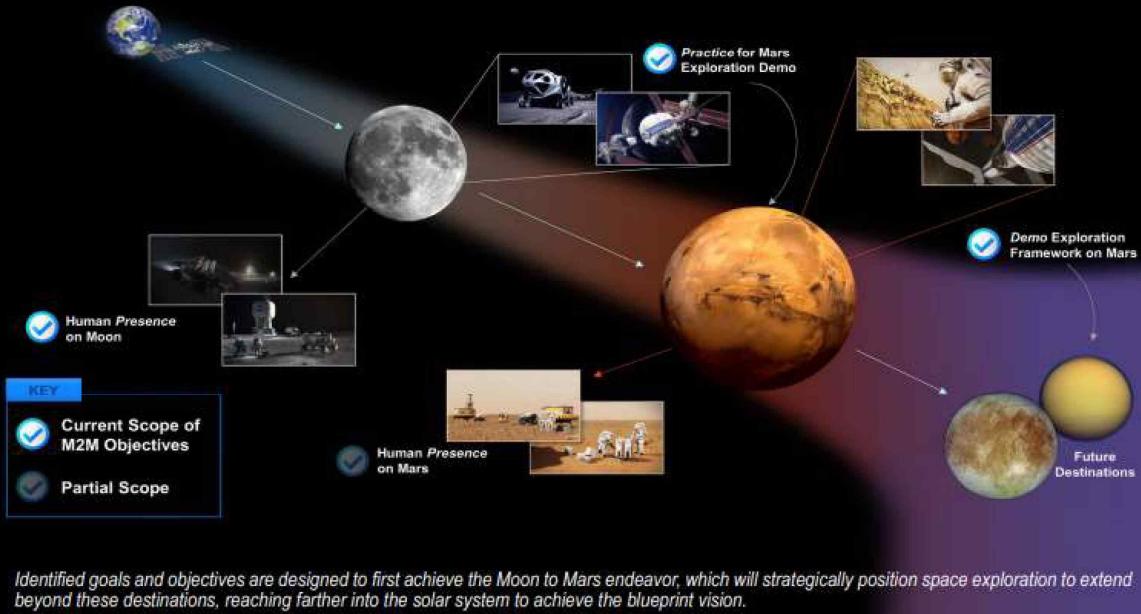
- 달-화성 현지자원 활용 배경
- 달 탐사에서 물의 발견 요약
- 달 자원 확인
- 화성 탐사에서의 물의 발견
- 달-화성 현지자원활용
- 화성탐사가 추구하는 미래

LANDINGS AND CRASHES ON THE MOON'S NEAR SIDE



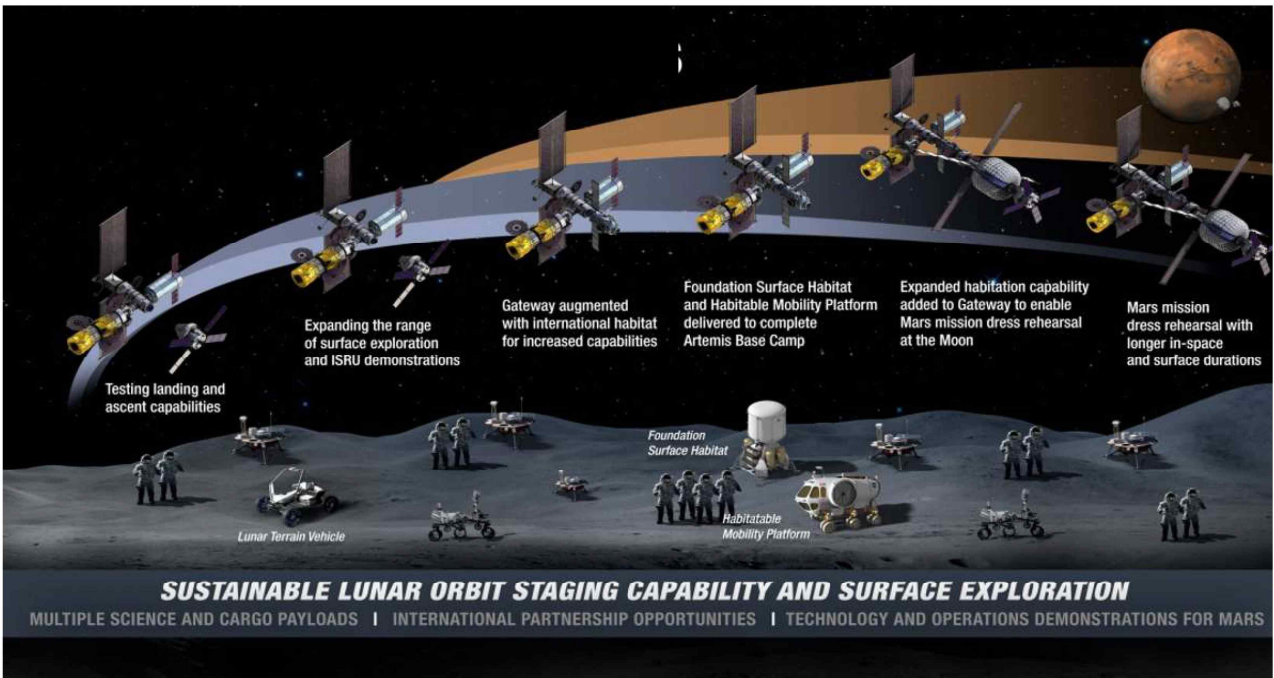
2023 한국지구과학회 초청강연(김경자)

현재의 달에서 화성으로의 전망



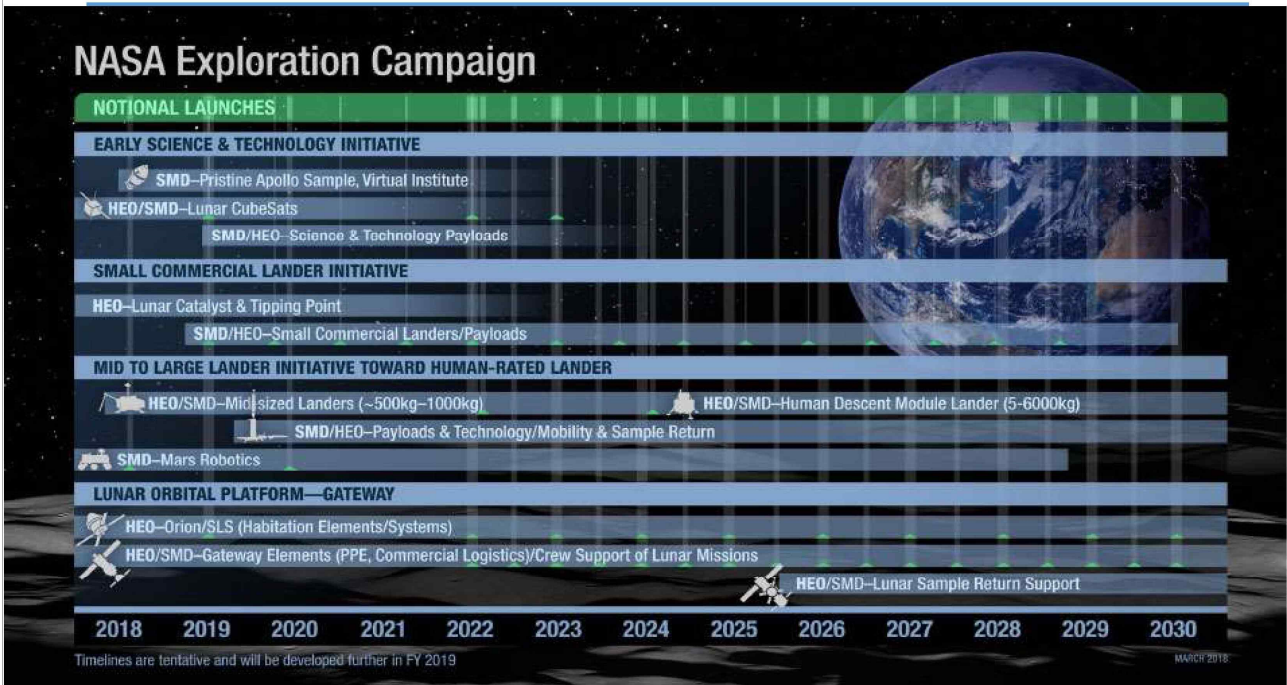
https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/m2m_strategy_and_objectives_development.pdf

아르테미스는 화성 진출 준비



https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/a_sustained_lunar_presence_nspc_report4220final.pdf

NASA 달 탐사 계획



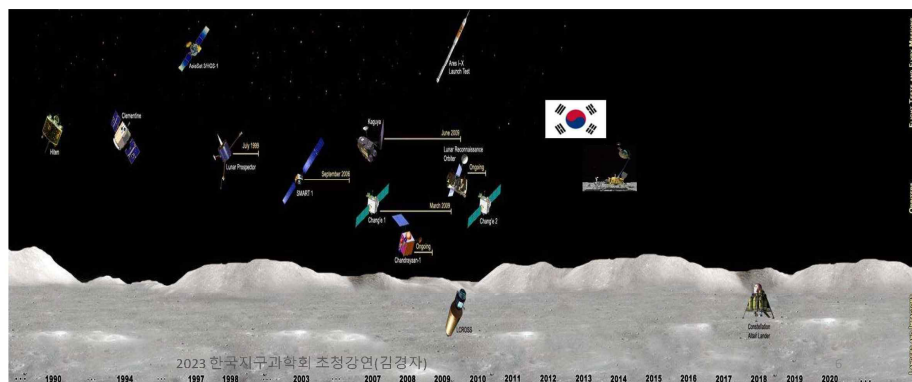
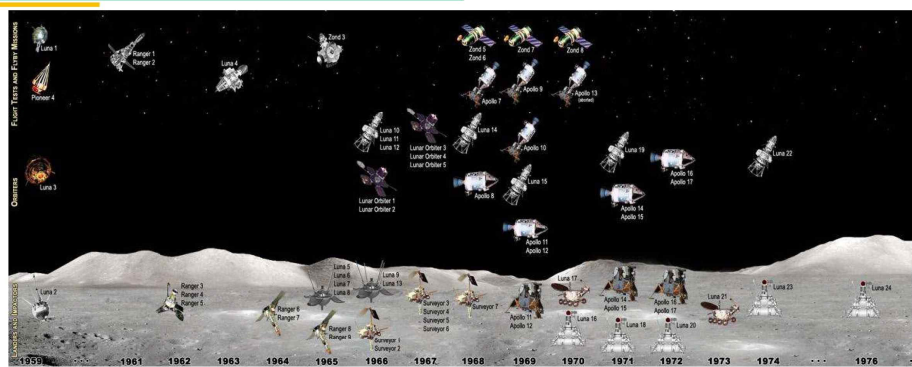
2023 한국지구과학회 초청강연(김경자)

5

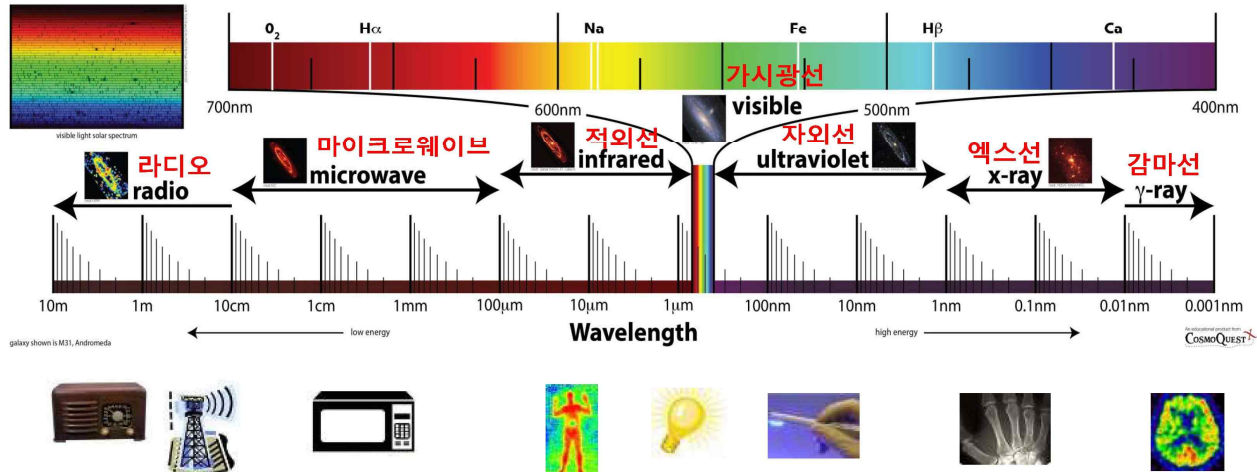
달 탐사와 물의 발견



- 아폴로 프로그램
- 클레멘타인
- 루나프로스펙터
- 가쿠야
- 찬드라얀 -1
- 창어 1~4
- 엘크로스
- 달 정찰선
- 라디
- 소피아



전자기파 스펙트럼과 행성탐사 응용



2023 한국지구과학회 초청강연(김경자)

7

궤도선 달 우주환경 측정을 위한 탑재체



- ✓ 고에너지 우주방사선 측정 (High Energy Cosmic Ray)
- ✓ 달 궤도 자기장 측정 (Magnetometer)
- ✓ 달 궤도상 먼지 측정 (Dust Detector)
- ✓ 우주공간 전기장 측정 (Electric Field Measurement Unit)
- ✓ 태양/달 기원 중성 및 하전 입자 측정 (Medium Energy Particle Detector)
- ✓ 열적 플라즈마 관찰 (Thermal Plasma Detector)
- ✓ 저에너지 플라즈마 관측 (Electrostatic Analyser)
- ✓ 큐브셋/충돌체 (Cubesat Impactor)

2023 한국지구과학회 초청강연(김경자)

8

달 지질, 지형, 자원 탐사를 위한 탑재체 **KIGAM**

- ✓고해상도 카메라 (High Resolution Camera)
- ✓초분광 영상기 (Hiperspectral (VIS-NIR) Imager)
- ✓마이크로파 (Micro Radiometer)
- ✓레이저 고도계 (Laser Altimeter)
- ✓감마선 분광기 (Gamma-Ray Spectrometer)
- ✓중성자 검출기 (Neutron Detector)
- ✓엑스선 분광기 (X-ray Spectrometer)

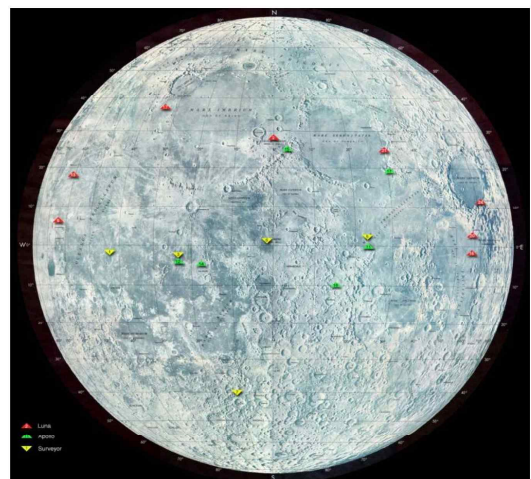
2023 한국지구과학회 초청강연(김경자)

9

달 탐사 귀환시료 정리



- ✓1969-1972년, 6개 아폴로 미션
- ✓382 kg 아폴로 시료 귀환
 - 달 표면의 암석, 코어 시료, 조약돌, 모래, 먼지
- ✓2200 분리된 시료 수, 3곳 채취
- ✓3개의 소련 귀환시료, 300 g
- ✓창어-5 귀환시료, 1.72 kg

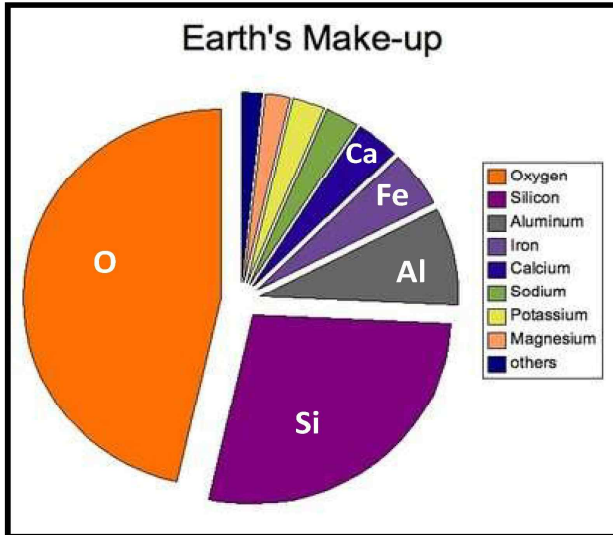


2023 한국지구과학회 초청강연(김경자)

10

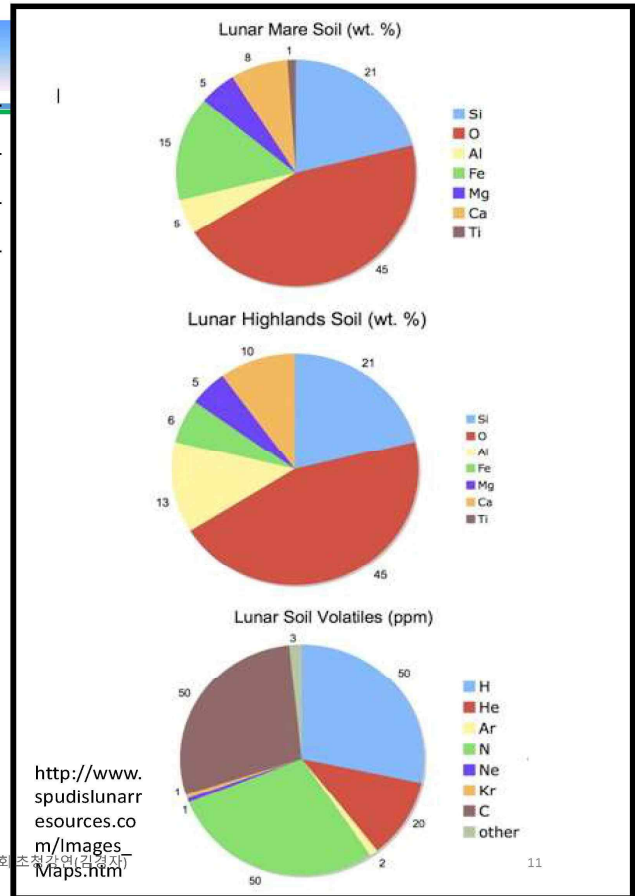
달 지질 (표면) 구성성분

지구	O>Si>Al>Fe>Ca>Na>K>Mg
달 (바다, Mare)	O>Si>Fe>Ca>Al=Mg>Ti
달 (고원, Highland)	O>Si>Al>Ca>Fe>Mg

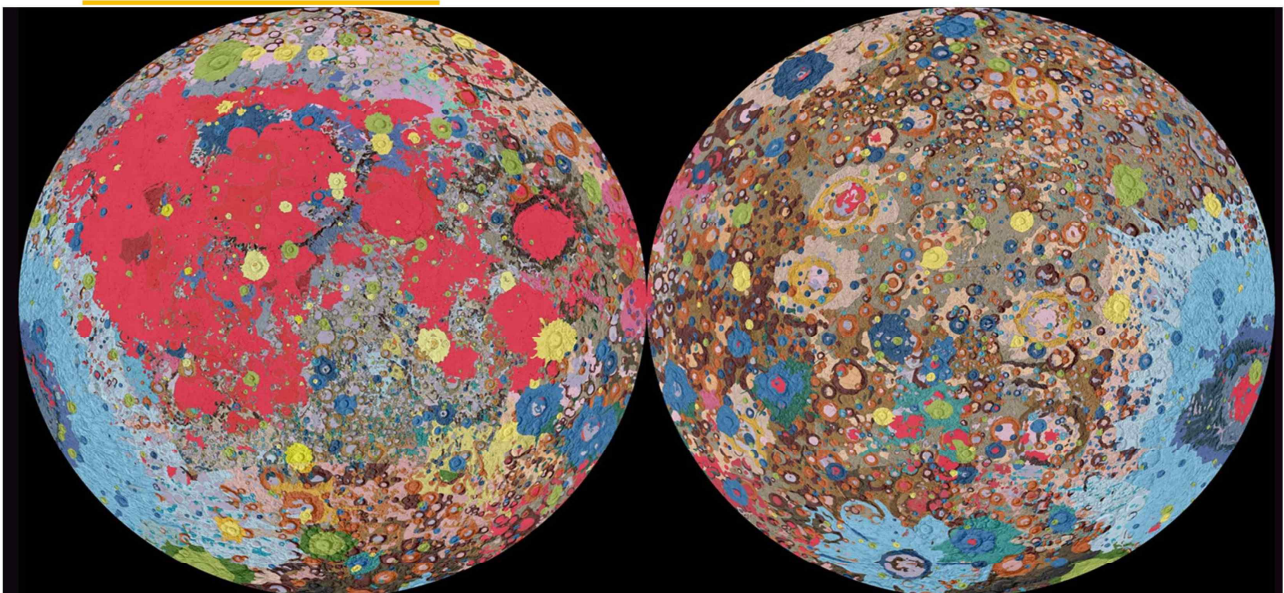


<http://www.proprofs.com/quiz-school/story.php?title=earths-spheres>

2023 한국지구과학회 추계학술대회발표집



달 지질도



http://www.spudislunarresources.com/Images_Maps/global_geology.jpg



https://astropedia.astrogeology.usgs.gov/download/Moon/Geology/thumbs/LunarGeologic_Revision_full.jpg

2023 한국지구과학회 추계학술대회발표집

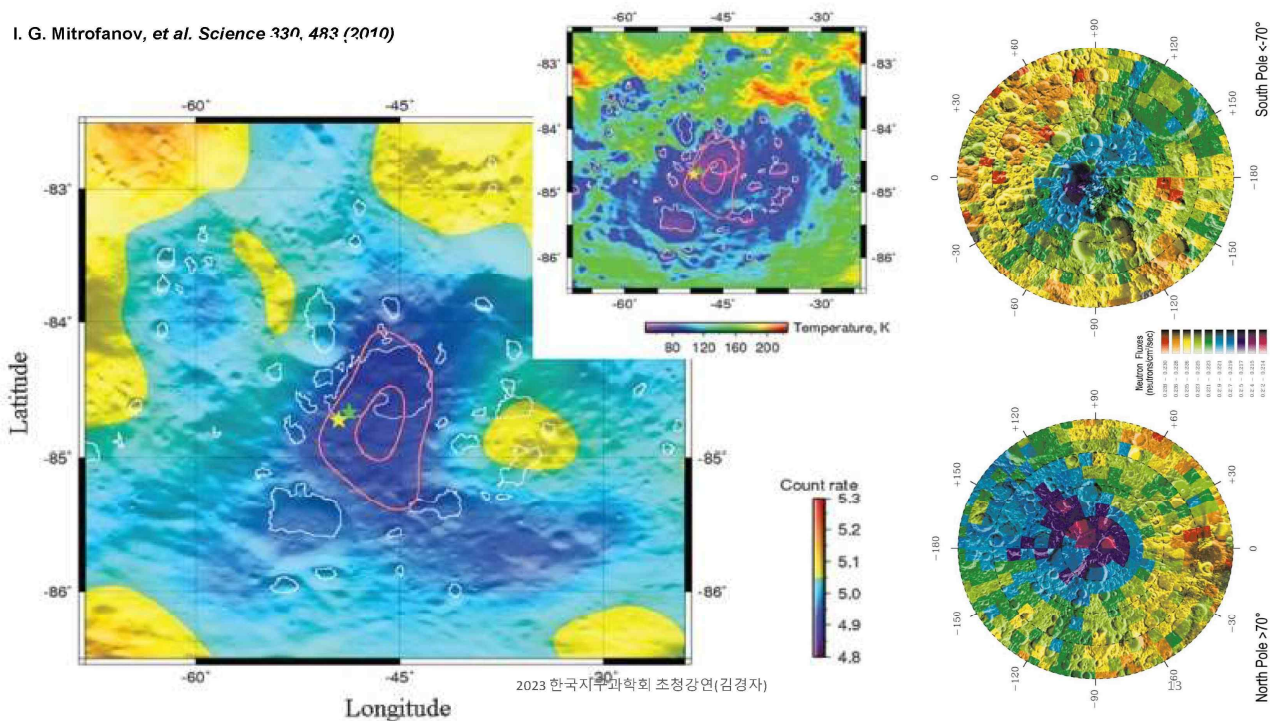
12

달 극지 중성자 분광기 실험



0.5 - 4.0% 얼음 (중량) depending on thickness of overlying dry regolith layer

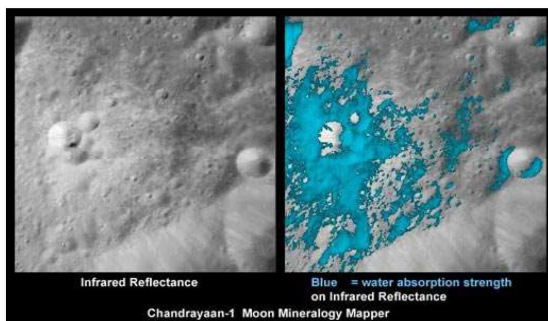
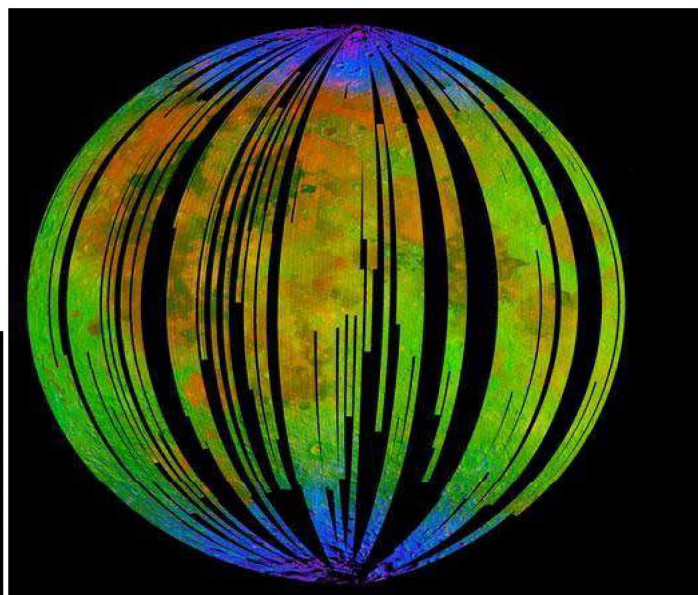
I. G. Mitrofanov, et al. Science 330, 483 (2010)



2023 한국지구과학회 초청강연(김경자)

찬드라얀-1 미션, 물(성분 포함) 지도 KIGAM

- 주로 달의 극지방에 분포
- H가 포함된 운석이나 혜성이 달 표면에 부딪쳐서 축적 된 것으로 추정 (일부는 태양풍과의 상호작용으로 OH or H₂O 분자가 생성됨)
- (2009) LCROSS 미션에서 극지방의 영구적으로 가려진 Cabeus 크레이터에 충돌 → 5.6 ± 2.9 wt% (1 sigma errors) 측정됨
- 위의 측정으로 두께 2km 이상, 2.9×10¹² kg 정도 매장되어 있는 것으로 추정
- 물: 인류와 떨어질 수 없는 존재



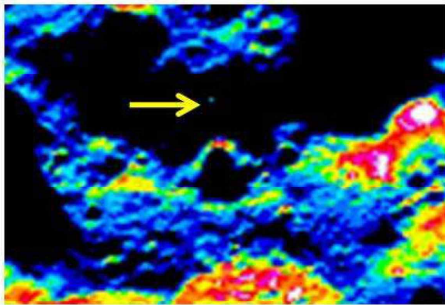
Chandrayaan-1 Moon Mineralogy Mapper

2023 한국지구과학회 초청강연(김경자)

충돌 후 중적외선 카메라/LAMP

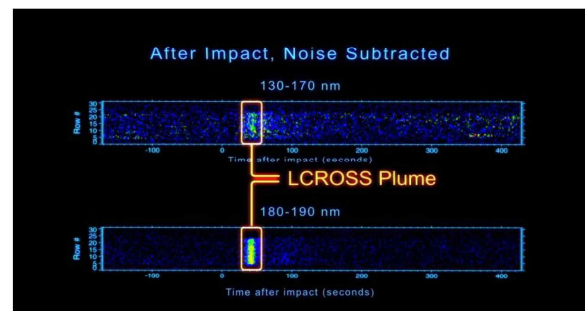
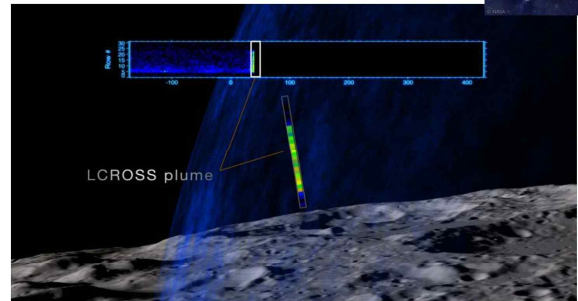


Mid-Infrared Camera Images from LCROSS Shepherding Spacecraft



The arrow points to the thermal signature of the Centaur impact. This image was collected at an altitude of ~600 kilometers above the lunar surface with a resolution of ~1020 meters / pixel. White colors (approx. +35°C), red colors are approximately +18°C, and dark blue colors (approx. -45°C). Black areas (below -50°C).

LRO-LAMP Observations



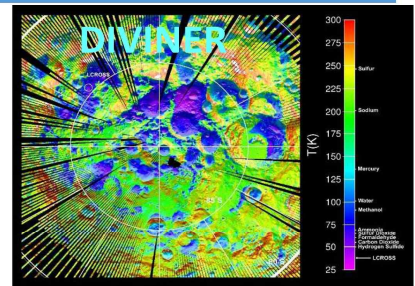
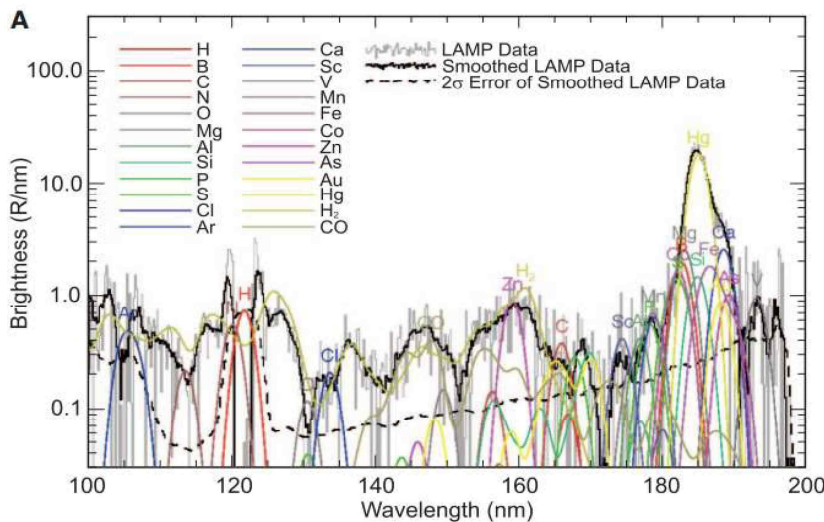
2023 한국지구과학회 초청강연(김경자)

15

LCROSS/ LRO 미션의 달 자원 확인



LCROSS /LRO (LAMP)

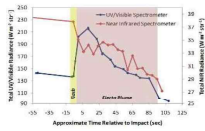
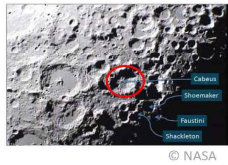


Compound	% Relative to H ₂ O(g)
H ₂ O	100 %
H ₂ S	16.75 %
NH ₃	6.03 %
SO ₂	3.19 %
C ₂ H ₄	3.12 %
CO ₂	2.17 %
CH ₃ OH	1.55 %
CH ₄	0.65 %
OH	0.03 %

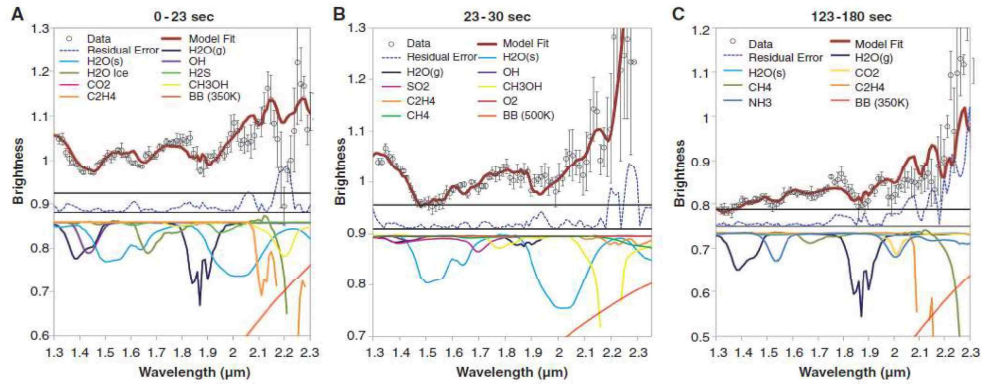
2023 한국지구과학회 초청강연(김경자)

16

엘크로스 충돌 분출 물에서 물 발견 KIGAM



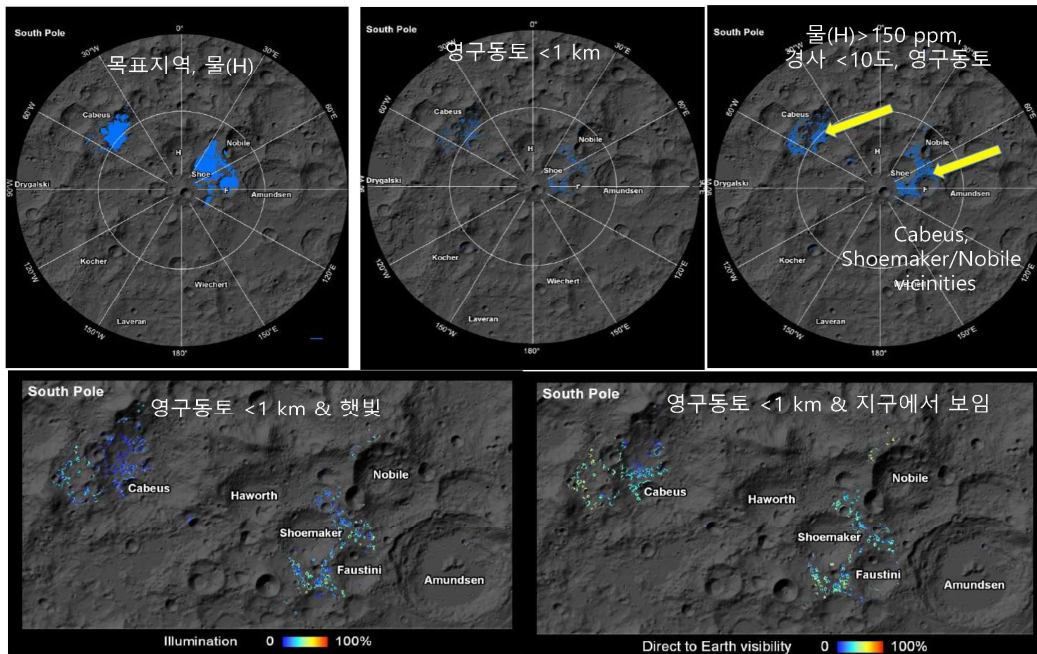
© NASA
[https://www.nasa.gov/mission_pages/LCROSS/main/LCROSS_impact_images.html](https://www.nasa.gov/mission_pages/LCR/OS/main/LCROSS_impact_images.html)



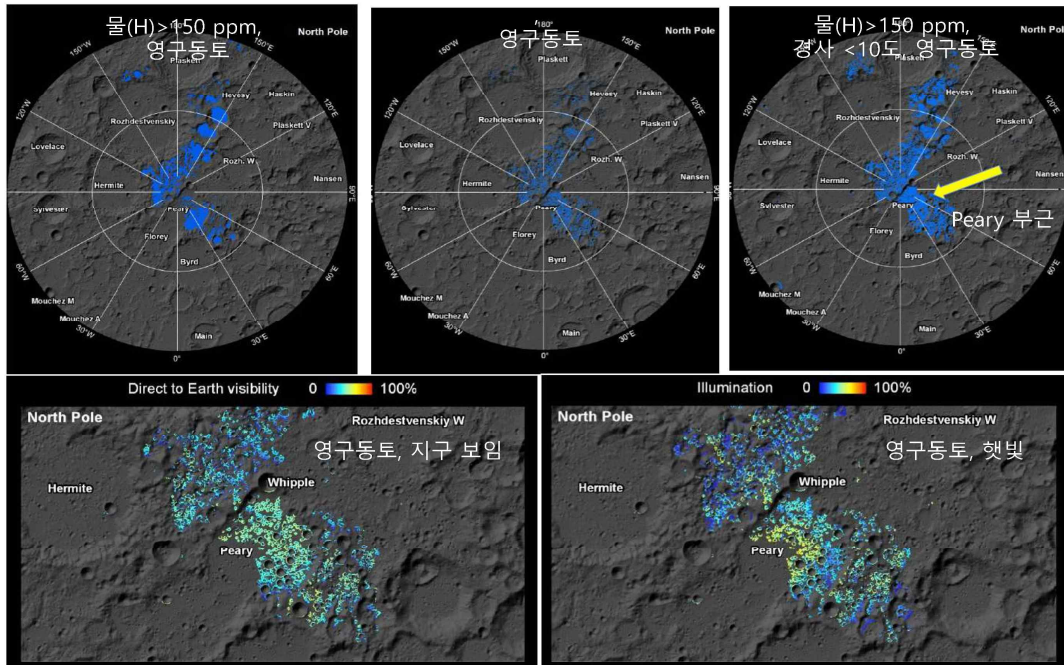
Model fits to the NIR reflectance spectra for three periods after impact. The fit ("Model Fit") was produced using the various volatiles indicated by the curves (each curve is normalized to water ice to show relative abundances with respect to each other) at the lower part of each figure [H₂O(g) and H₂O(s) are water vapor and water ice, respectively].

Colaprete et al., Science 330, 2010

달 남극 지역의 착륙 후보지역



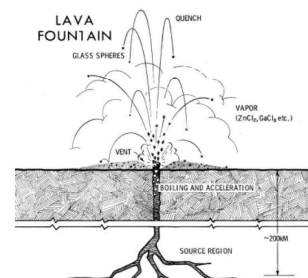
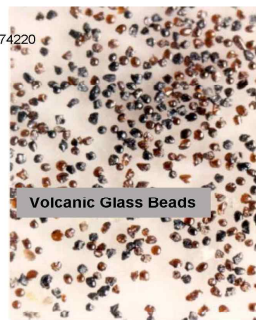
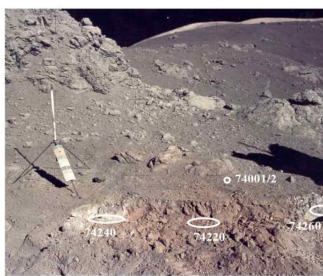
달 북극 지역의 착륙 후보지역



2023 한국지구과학회 초청강연(김경자)

19

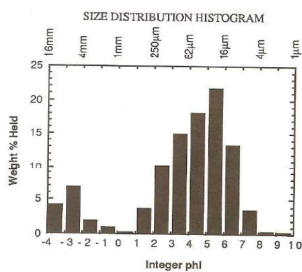
아폴로 17 시료, 물 존재 확인



Sketch of hypothetical lava fount in the volcanic glass beads in 74220 (from Meyer untain that could have produced the features et al. 1975).

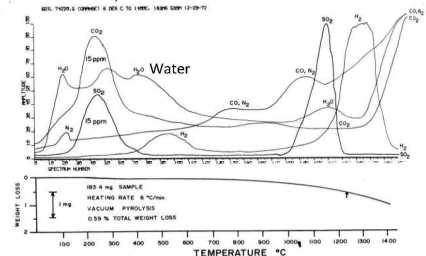
- ▶ 아폴로 귀환시료는 물을 포함
- ▶ 화산성 유리구슬에 포함됨

- ▶ 창어-5 귀환시료의 결과



Gas release profile of 74220 showing low temperature release of carbon and sulfur species (from Gibson and Moore 1973).

Grain size distribution of 74220 as depicted by graf 1993, based on data by McKay's group (see also 74240 for comparisons).



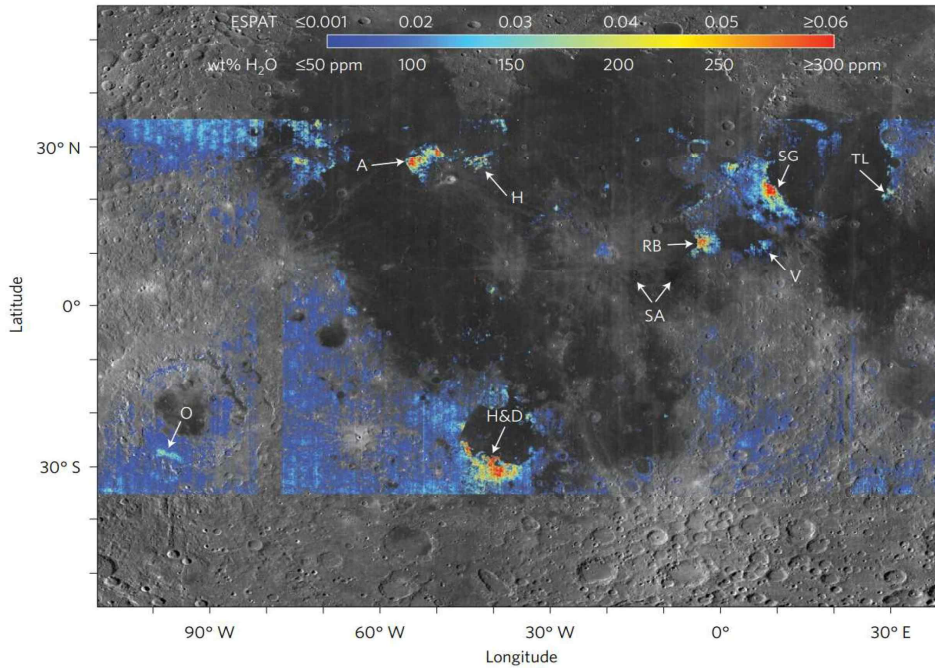
2023 한국지구과학회 초청강연(김경자)

The 5th Korea-Russia Science Day

20

달 화산쇄설물에 포함된 화성기원의 물 존재 KIGAM

Widespread indigenous water in lunar pyroclastic deposits



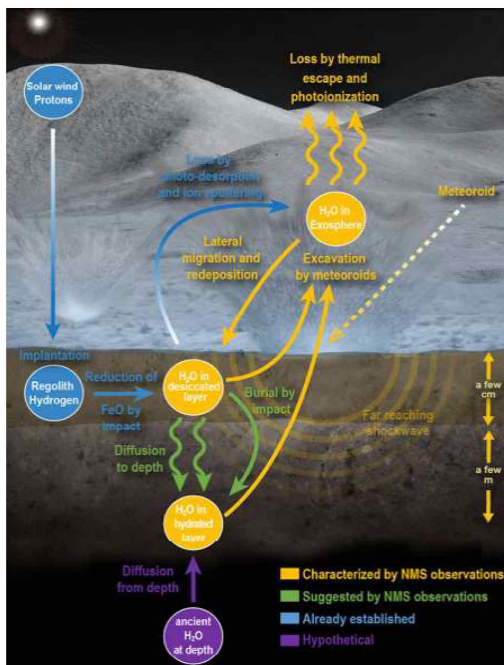
Miliken and Li 2017 nature geoscience

- Water abundances of up to 150 ppm are estimated for large pyroclastic deposits.
- Localized values of about 300 to 400 ppm at potential vent areas

2023 한국지구과학회 초청강연(김경자)

21

라디(LADEE) 미션에서의 달 표면 물의 순환 연구 발표 KIGAM



Benna et al. 2019. Nature Geoscience

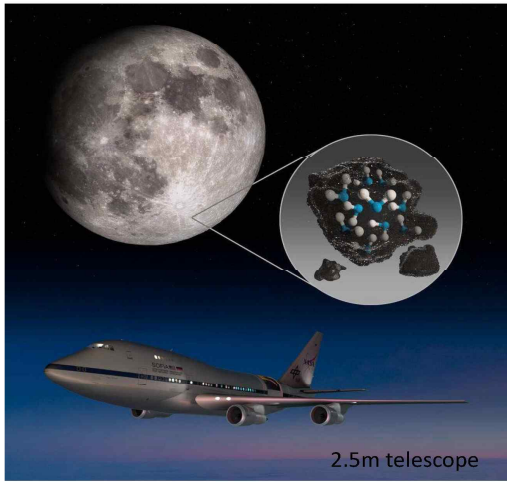
The lunar water cycle as suggested by the NMS observations.

- ✓ The cycle relies on the existence of a desiccated strata overlaying hydrated soils.
- ✓ Solar wind-implanted hydrogen
➔ main exogenous source of water production.
- ✓ Synthesized water diffuses vertically
➔ can be sequestered in the hydrated layer or lost at the surface.
- ✓ Water from the hydrated soil
➔ is extracted by the far-reaching shockwaves generated by large micrometeoroids that strike the surface.
- ✓ The liberated water escapes or is redeposited elsewhere.
- ✓ To sustain water loss from meteoroid impacts, the hydrated soil layer requires replenishment from a deeper ancient water reservoir.

2023 한국지구과학회 초청강연(김경자)

22

NASA의 소피아(SOFIA) 관측비행기, 양지 표면에서 물 발견

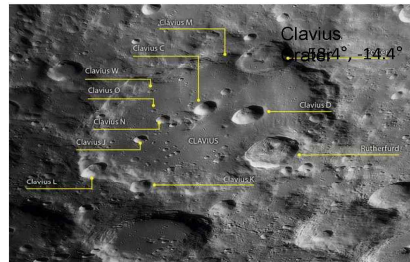


<https://www.nasa.gov/press-release/nasa-s-sofia-discovers-water-on-sunlit-surface-of-moon>

Detection of Water

- ✓ 6 μm (only water) by SOFIA
- ✓ 100 to 400 μg/g H₂O at Clavius
- ✓ Tycho crater 300/200 μg/g (SOFIA/M³)
- ✓ 3 μm (water, hydroxyl(OH)) : M³

https://www.nature.com/articles/s41550-020-01222-x#_blank



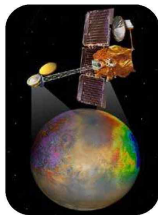
<https://www.skynightmagazine.com/astrography/moon/crater-clavius-moon-how-see/>
NASA's Stratospheric Observatory for Infrared Astronomy (SOFIA)

The 5th Korea-Russia Science Day

화성 탐사 역사



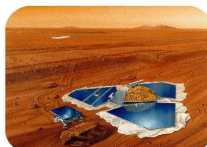
2001 화성오딧세이



1992 화성오브저버



1997 화성패스파인더



마리너 4
1965 Flyby



1996 화성글로벌서베이어



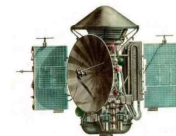
2003 화성탐사로버



마리너 7 1969
Flyby



소련, 화성 2,3 최초 궤
도선 & 화성 착륙
1971



2005 화성정찰선



2007 휘닉스



마리너 1971
Flyby



2013 메이븐

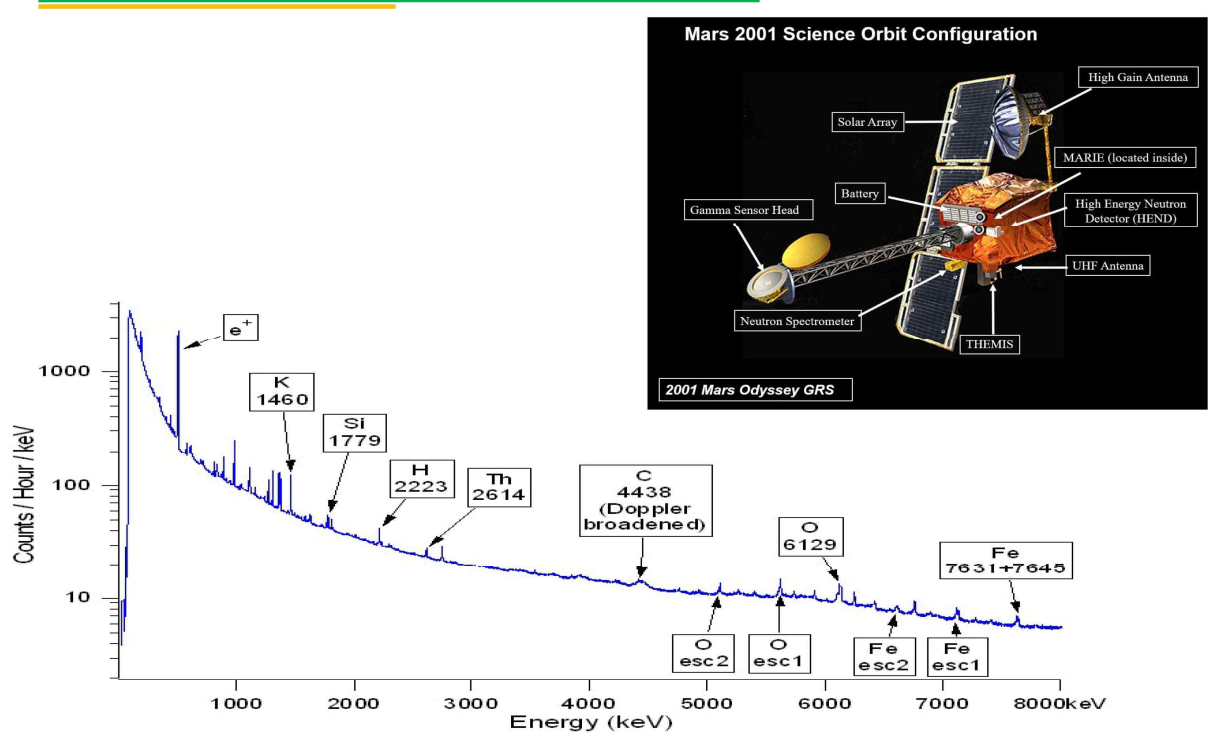


2011 화성과학실험실



1976 바이킹1 & 바이킹 2

화성 표면에서의 감마선/중성자 계측 : 물 발견 **KIGAM**

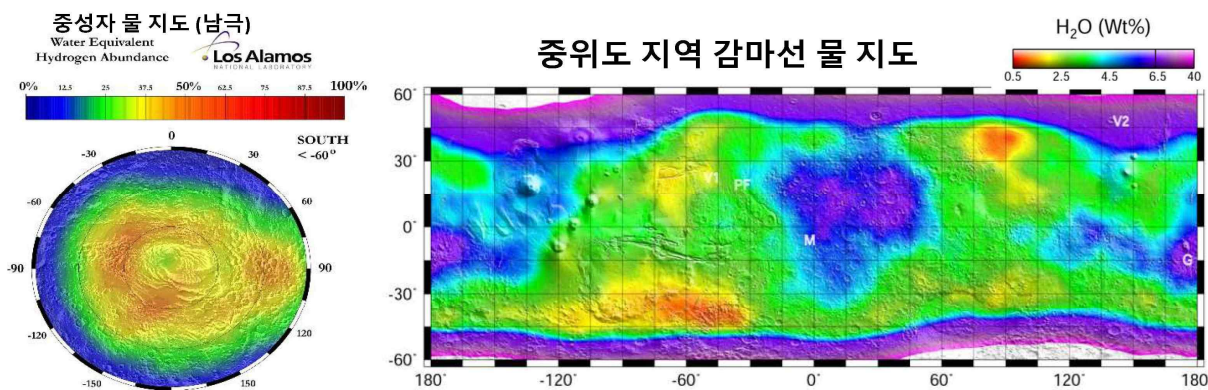


2001 Mars Odyssey GRS

2023 한국지구과학회 초청강연(김경자)

자료출처: LPL, GRS웹사이트

화성 표면에 존재하는 물

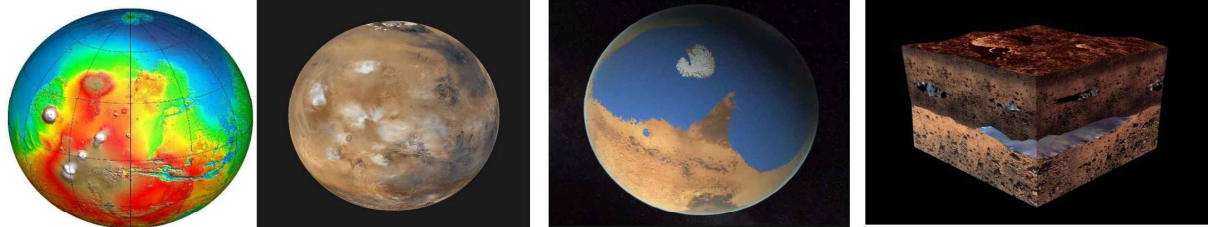


화성 고도 지형도

화성 현재 모습

화성 과거 해양

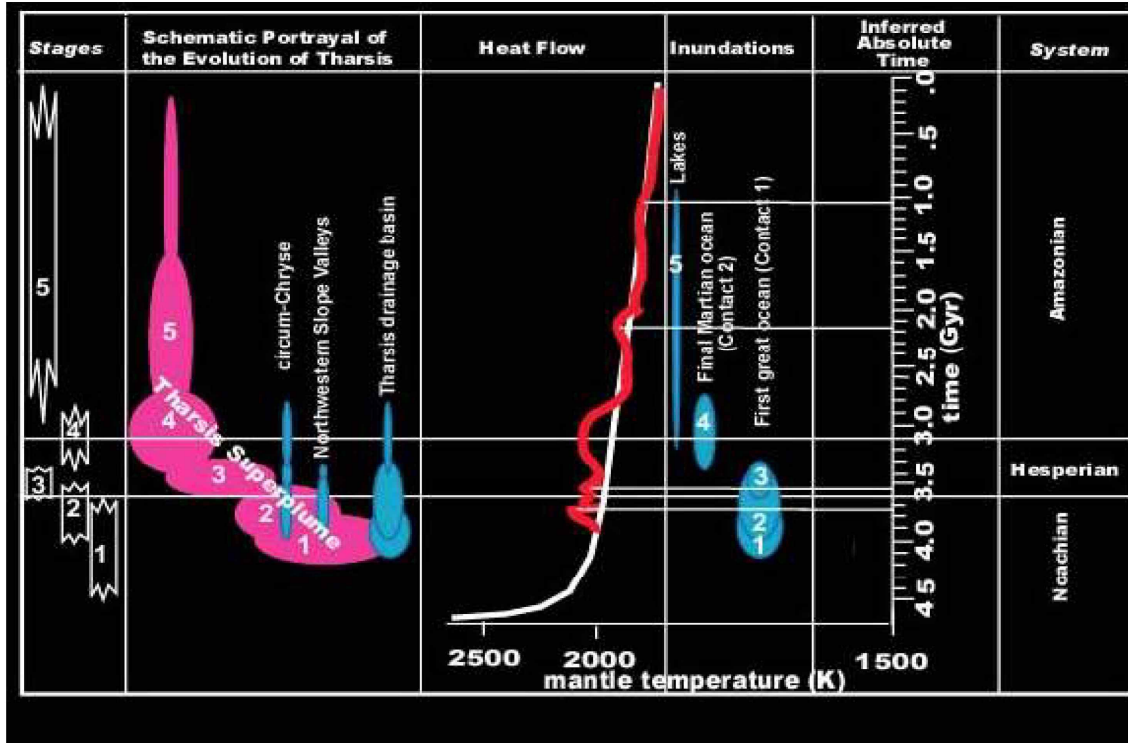
화성 지하 물 존재



2023 한국지구과학회 초청강연(김경자)

26

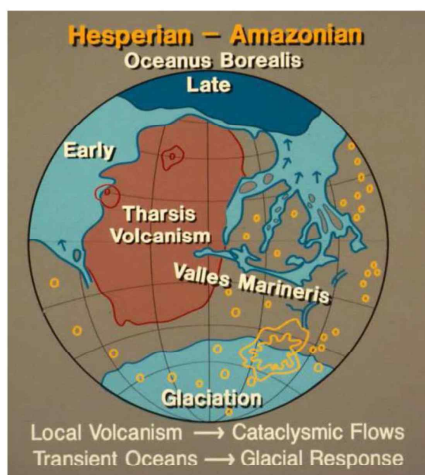
화성 지질 연대 및 시기



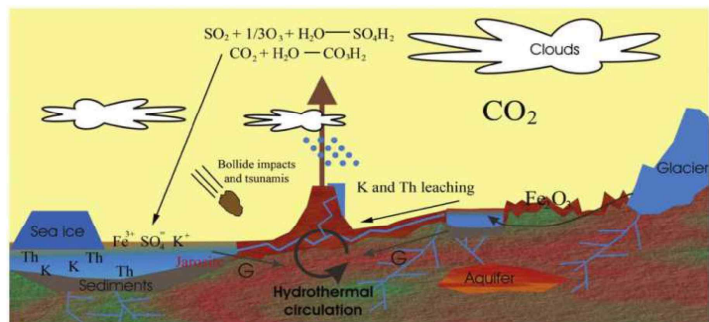
2023 한국지구과학회 초청강연(김경자) 자료제공. James Dohm

27

화성 표면 활동 개요



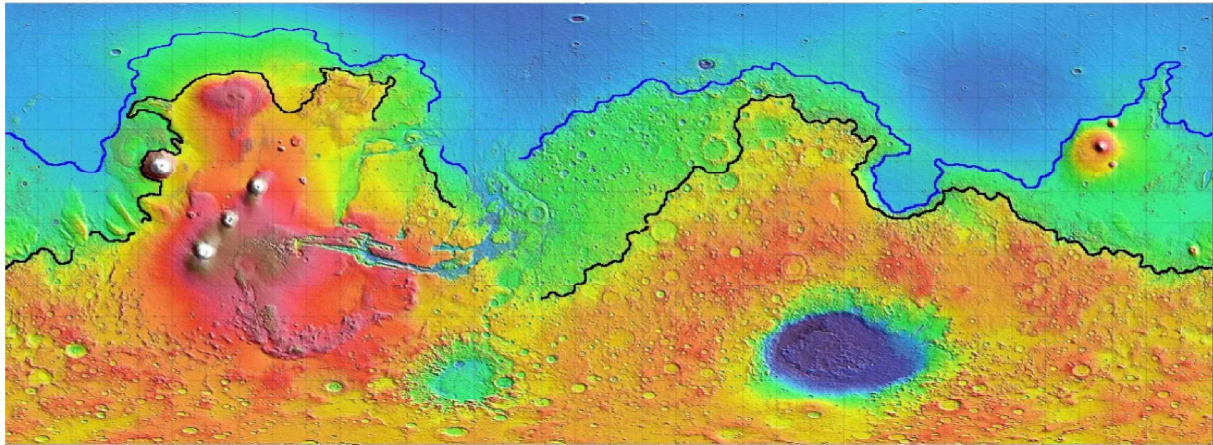
- 지역적 화산 활동 과 이동
- 바다의 형성과 빙하 작용



J. M. Dohm et al., PSS 57 (2009) 664-684

28

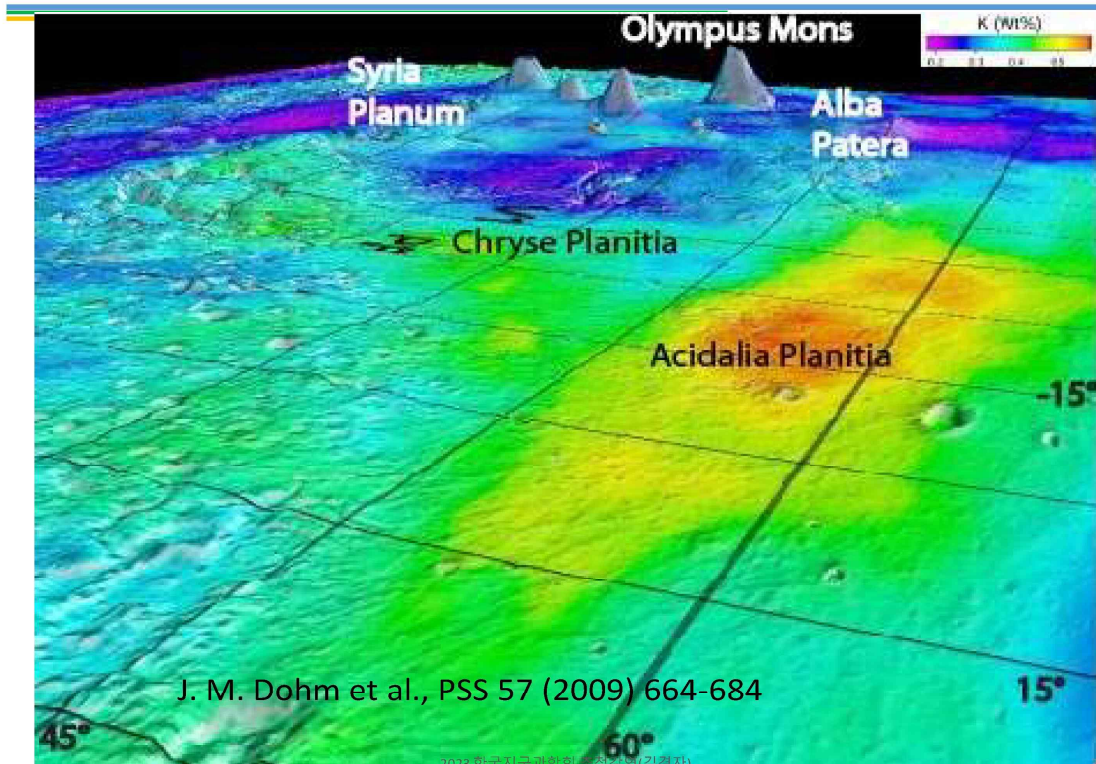
화성의 고 해안선과 저지대



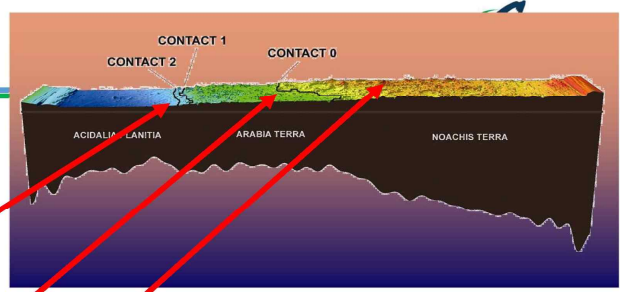
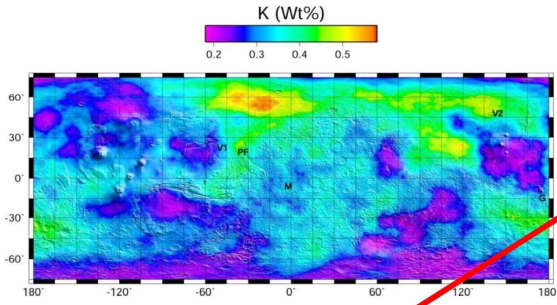
Shoreline information placed on MOLA data prepared for regional GRS summing

J. M. Dohm et al., PSS 57 (2009) 664-684

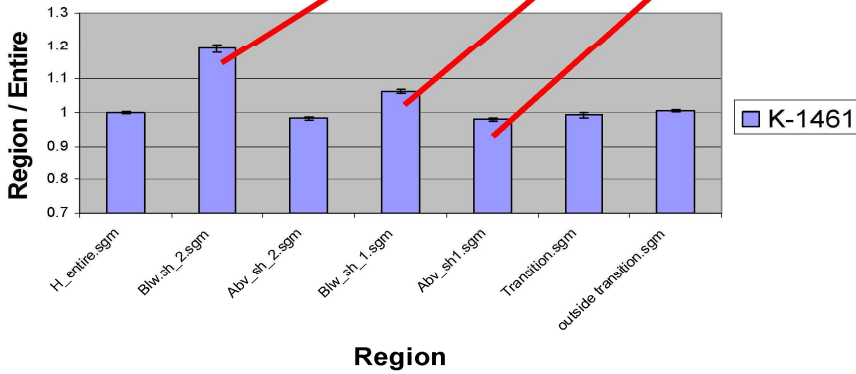
올림푸스 화산 부근의 칼륨지도



J. M. Dohm et al., PSS 57 (2009) 664-684



Shoreline Regions compared to Entire



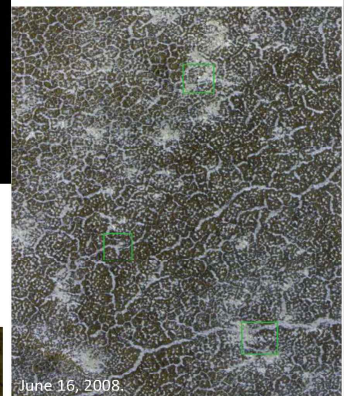
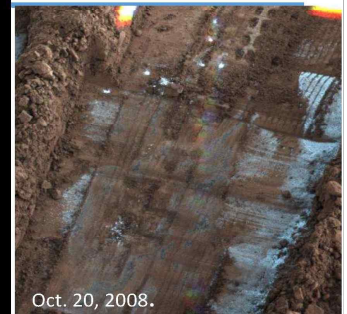
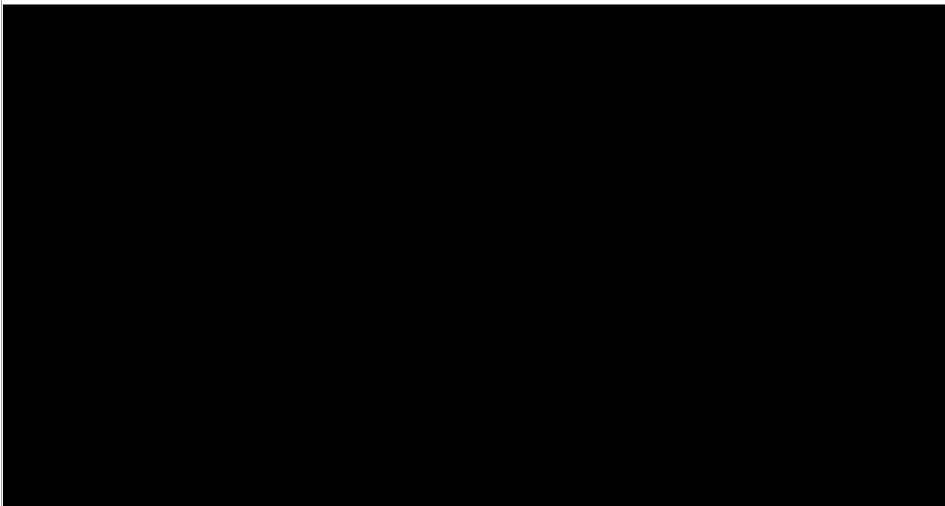
화성의 해양 존재 가능성!!!

J. M. Dohm et al., PSS 57 (2009)

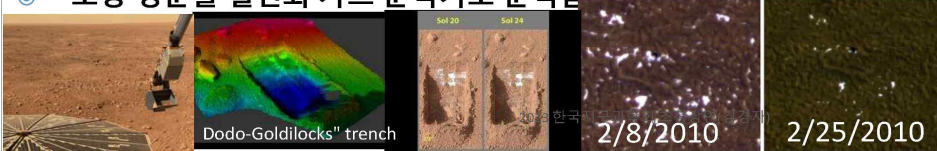
2023 한국지구과학회 초청강연(김경자)

31

Phoenix Mars Lander (화성 휘닉스 착륙선)

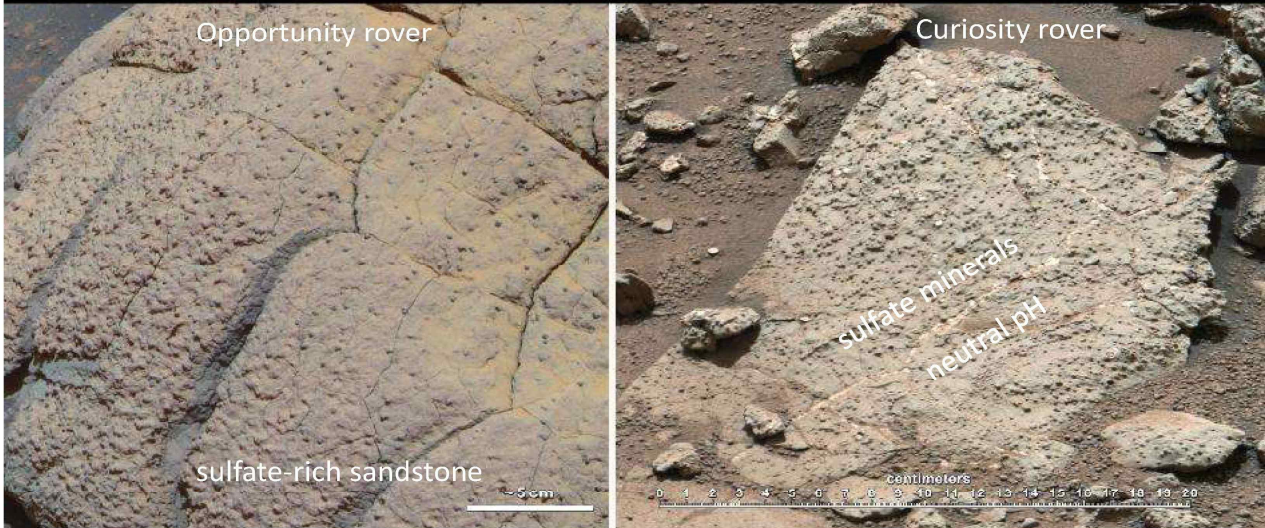


- 화성오딧세이 감마선 연구 결과로 북극지역 물 존재 하는 지역 착륙
- 지구의 영구동토와 유사한 표면 지형에 도착함
- 땅 밑에서 얼음 존재 확인, 얼음은 표면에 노출된 후 승화됨
- 토양 성분을 열진화 가스 분석기로 분석함



http://www.nasa.gov/mission_pages/phoenix/images/press/false_color_snow_white_SS144E5F90898304_2_0020RCM1_full.html

Two Different Aqueous Environments



Meridiani rocks

- Aqueous environment was not habitable due to the extremely high acidity of the water.

2023 한국지구과학회 초청강연(김경자)

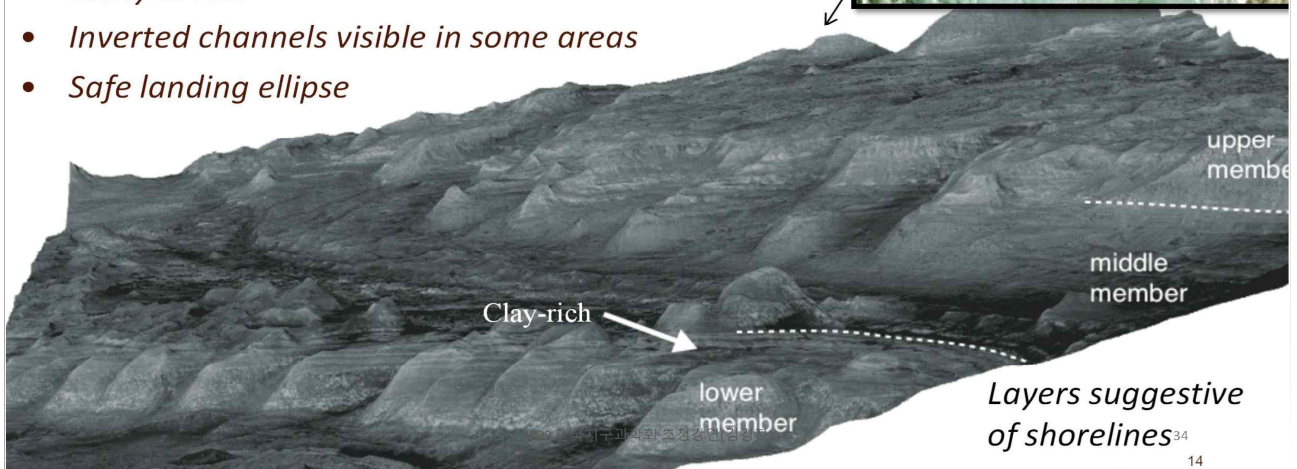
Sheepbed

- Very fine-grained sediments represent the record of an ancient habitable environment
- Likely sediment deposition under water.



Gale Crater (4.5° S, 137° E, -4.5 km)

- Contains a 5-km sequence of layers that vary from clay-rich (nontronite with some Al substitution) near the bottom to Mg sulfates at higher elevation.
- Top of mound appears to be higher than the crater walls. It appears that thick sediments once covered most or all of the crater but were removed from many areas.
- Inverted channels visible in some areas
- Safe landing ellipse



14 Miller et al. 2010

CURIOSITY AT MARTIAN SCENIC OVERLOOK



Jet Propulsion Laboratory
California Institute of Technology

2023 한국지구과학회 추계학술대회발표집

35

생물 존재 가능한 고대 화성 환경



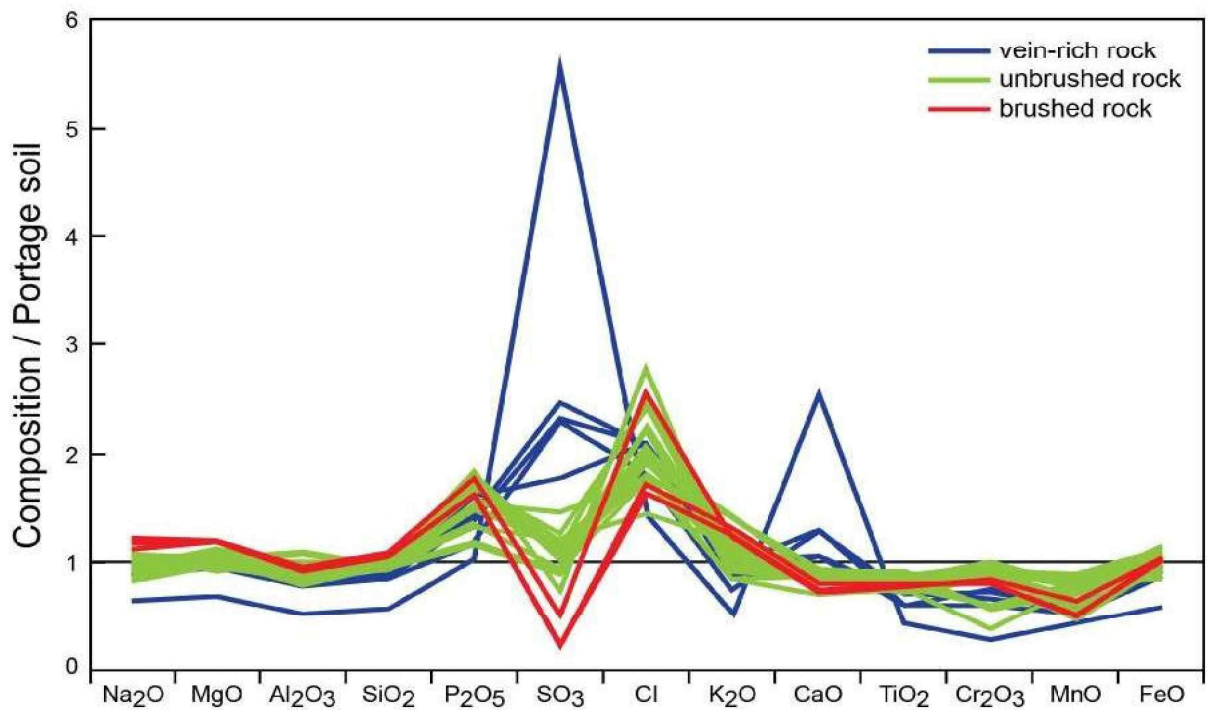
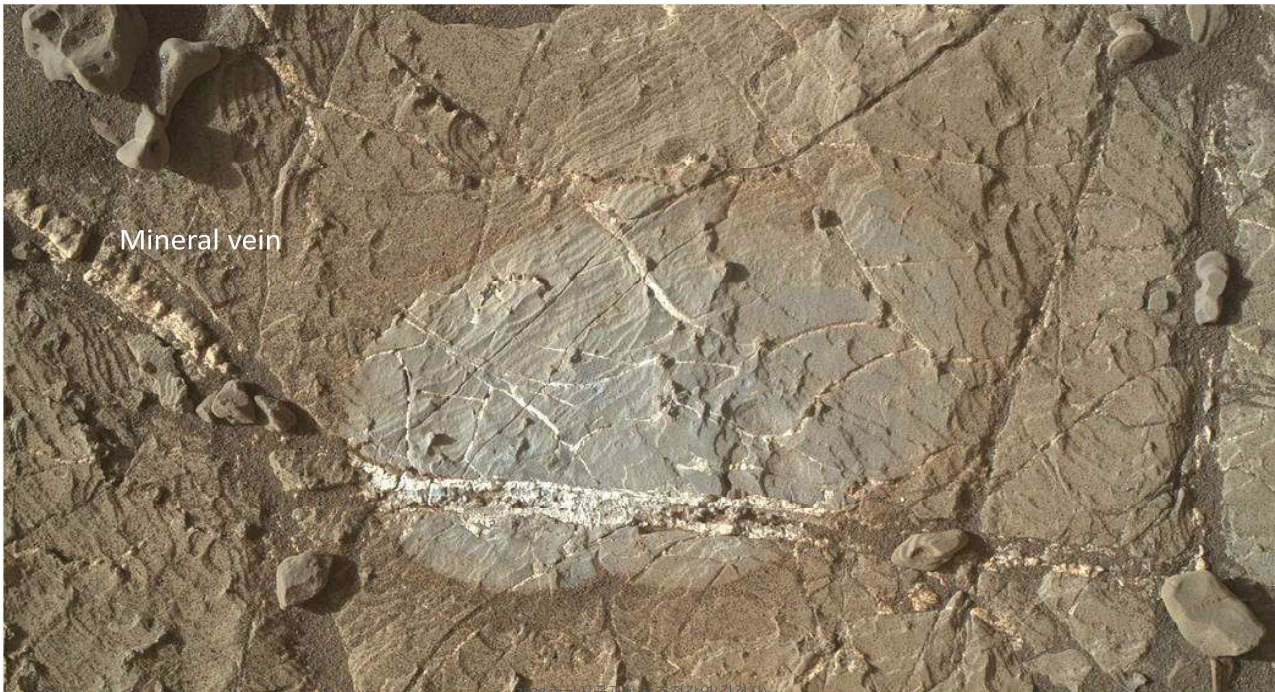
Credit: NASA/JPL-Caltech/Cornell/MSSS



Opportunity's panoramic camera at a target called "Guadalupe" inside Eagle Crater.

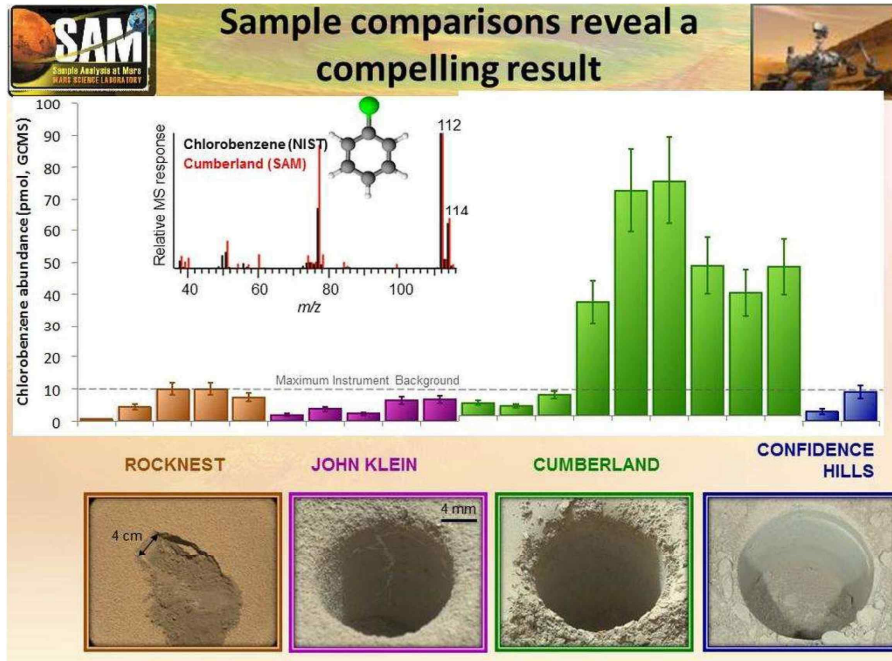
Magnetite has less oxygen than hematite and would be more compatible with habitability and the preservation of organics.

Brushed Vein in 'Rona' on 'Vera Rubin Ridge'



2023 한국지구조학회 초청강연(김경자)

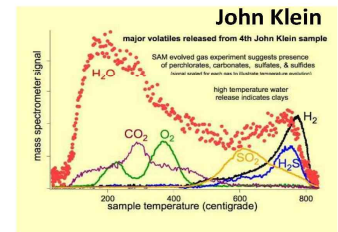
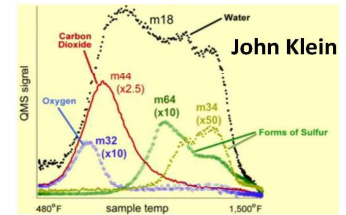
화성 표면에서 발견된 유기물



<http://mars.jpl.nasa.gov/msl/images/cumberland-curiosity-rover-sample-rocknest-pia19090-br2.jpg>

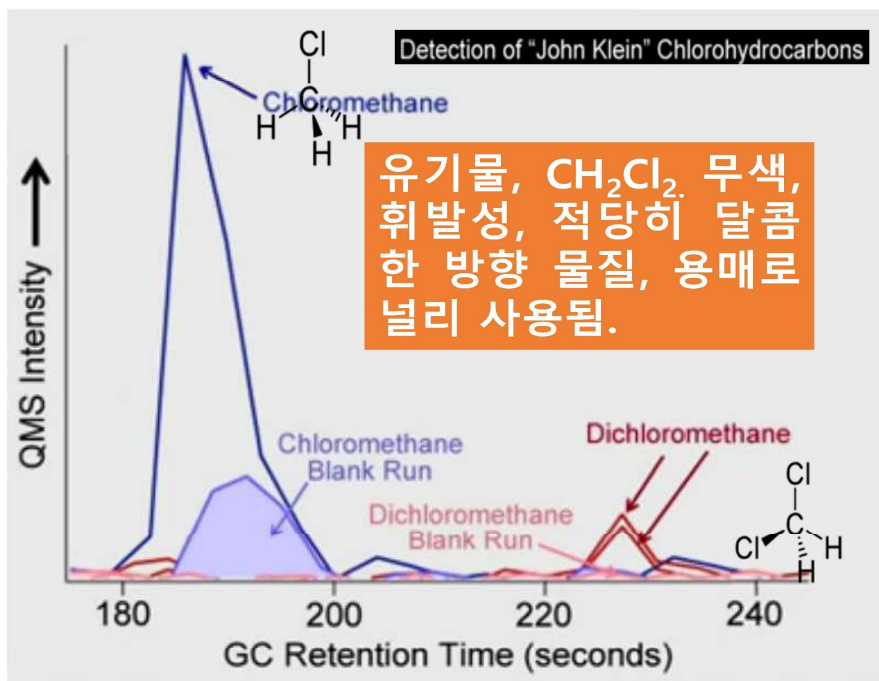
2023 한국지구과학회 초청강연(김경자)

- <클로로벤젠>
- 화성 유기화합물질
 - 생물체 구성 요소
 - 화성기원?
 - 운석기원?
 - 유기화합물질과 과염소산염 반응으로 생성



39

화성 표면에서 발견된 유기물

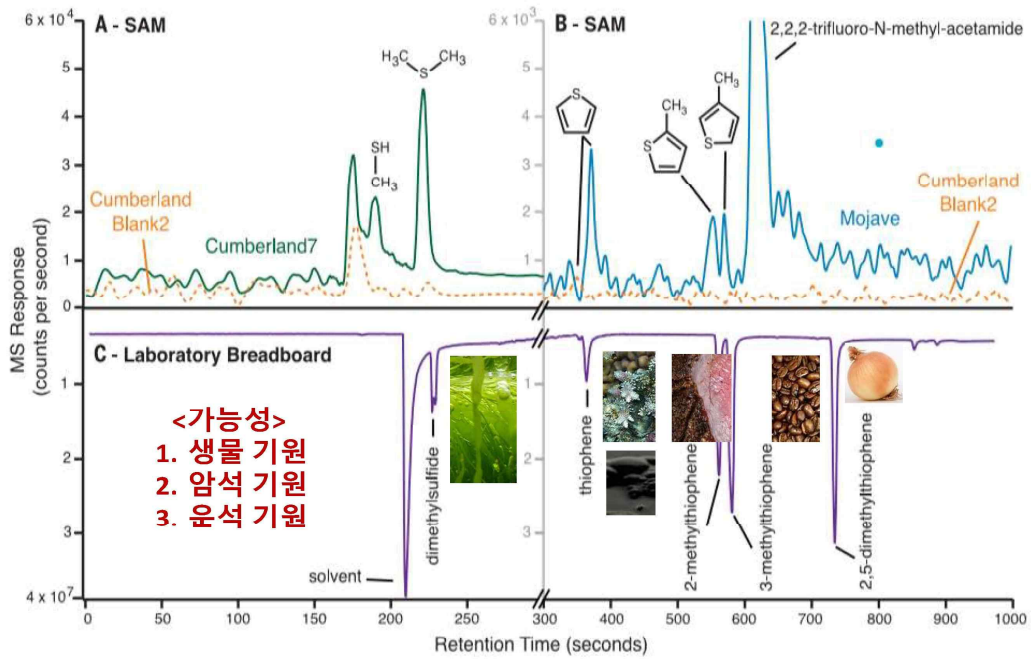


유기물, CH₂Cl₂. 무색, 휘발성, 적당히 달콤한 방향 물질, 용매로 널리 사용됨.

2023 한국지구과학회 초청강연(김경자)

40

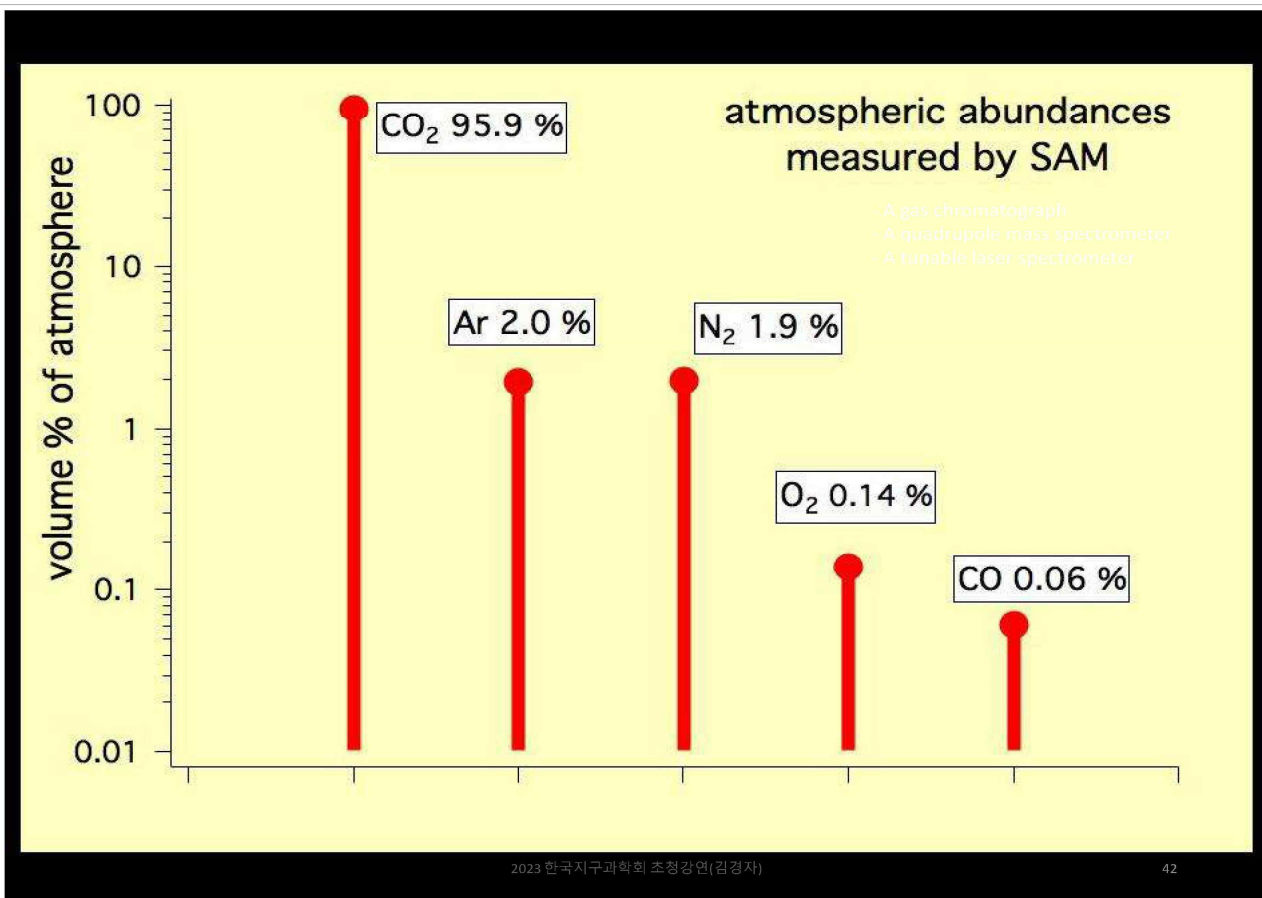
약 35억년 된 이암(Mudstone)에 보존되어 있는 유기물 **KIGAM**



Eigenbrode et al. 2018

2023 한국지구과학회 초청강연(김경자)

41



2023 한국지구과학회 초청강연(김경자)

42

화성 탐사 주요 발견 : 큐리오시티



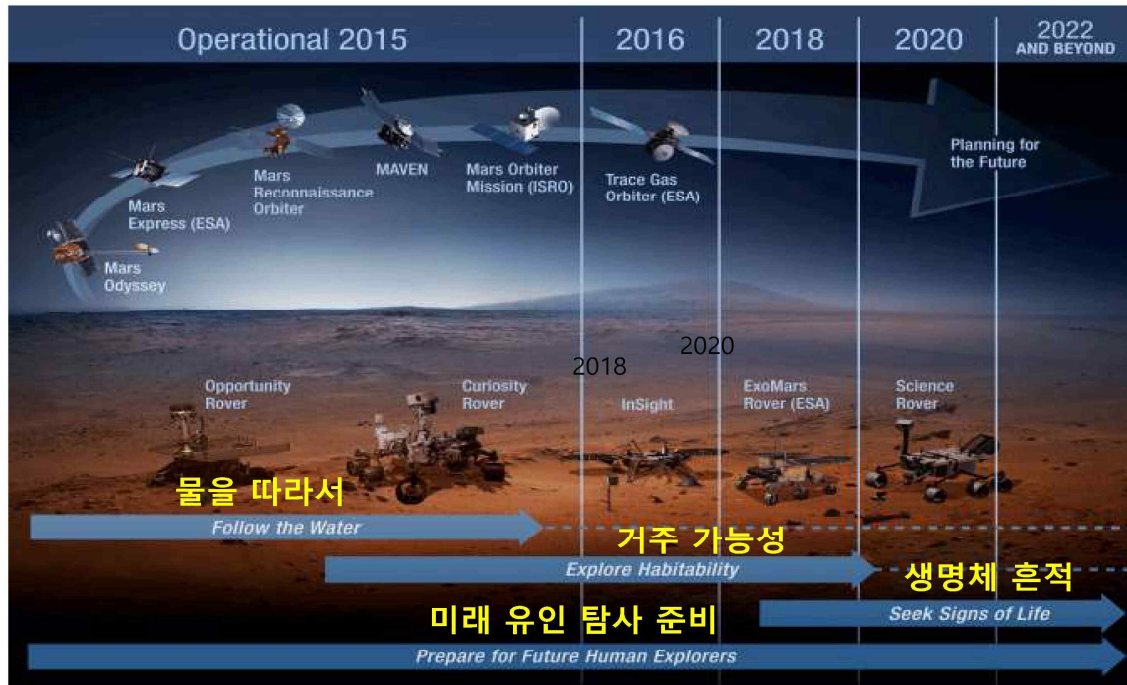
- **SAM (샘플분석기) 결과: Rocknest, John Klein, Cumberland (Yellowknife Bay); 코어 장소의 토양의 1,100 ppm Nitrates**
 - ✓ 화성표면에 질소 발견, 화성퇴적물을 가열할 때 발생
 - ✓ 산화질소 형태, 가열하는 동안에 분해돼 발생된 것으로 보임
 - ✓ Nitrates: 살아있는 생물에 의해 사용될 수 있는 질소
 - ✓ 과거에 화성에 생물이 존재할 수 있었던 증거임
 - ✓ 질소는 생물의 형성을 위해 필요, DNA, RNA를 구성하며,
 - ✓ 질소는 단백질들을 구성하는 물질, 질소 함유물은 고대 것임
 - ✓ 화성에 운석 충돌, 번개 생성 시에 비-생물 기원 가능성 있음
 - ✓ 질소 발견으로 게일 충돌분화구의 과거환경이 생물이 살았던 것을 증거함

화성 탐사 주요 발견 : 큐리오시티



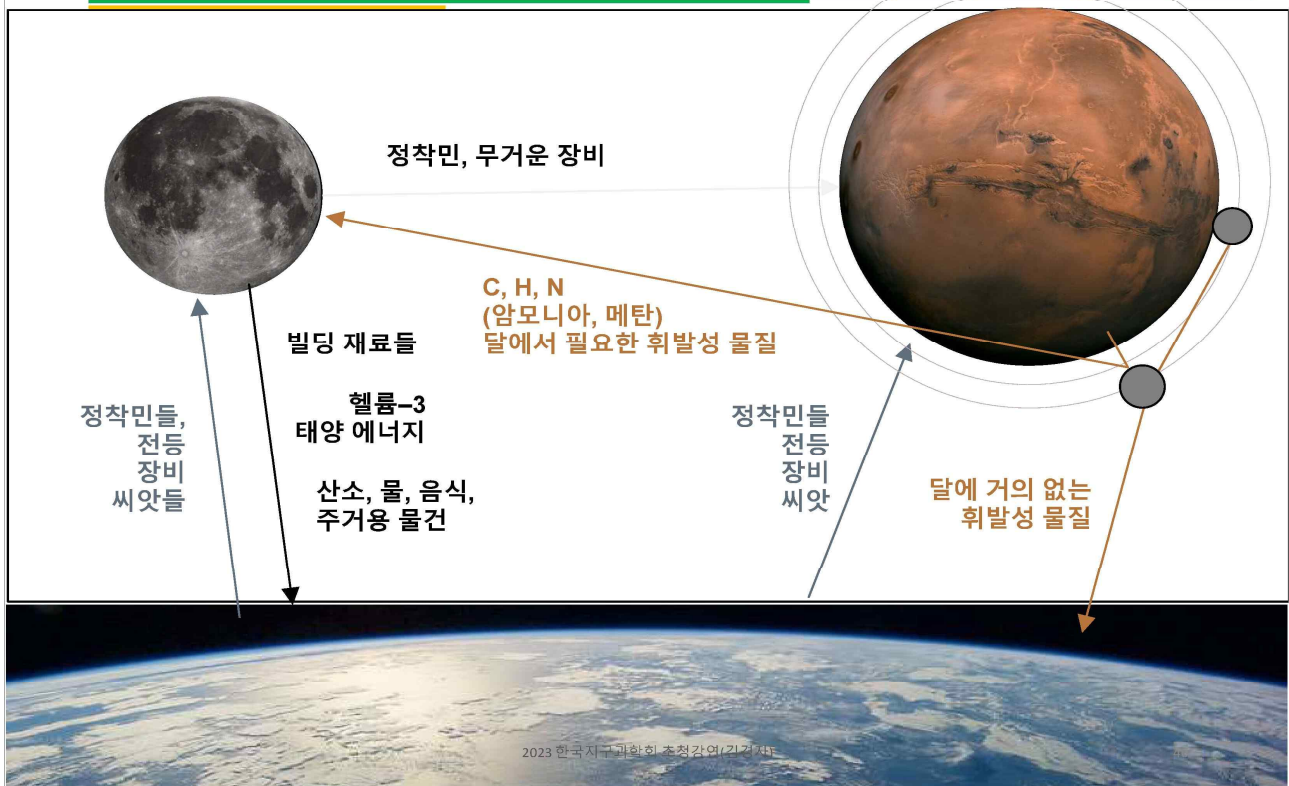
- 유기물질 발견
 - ✓ 클로로메탄, 에틸렌, 클로로벤젠 등 발견
 - ✓ 현존하는 식물, 생물체를 구성하는 복합 유기 분자 발견
- 화강암 존재 (THMIS, CRISM 분광 관측 결과)
- 대기 손실 증거 $^{36}\text{Ar}/^{38}\text{Ar}$ 측정결과
- 게일 분화구 표면 토양에도 3% 정도 물이 존재
- 먼지에는 H, C, O, Mg, Al, Si, Ca 존재 확인
- John Klein 암석에서 물, 황화물, 이산화탄소 존재 확인
- 수산화광물의 존재 확인
- 다양한 암석 종류

최근 화성 탐사와 미래 유인 탐사 준비



2023 한국지구과학회 초청강연(김경자)

지구-달-화성 경제 영역권

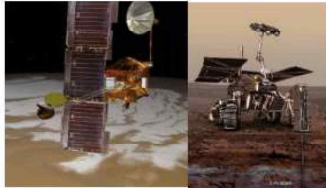







2023 한국지구과학회 초청강연(김경자)

현지자원활용 연구범위

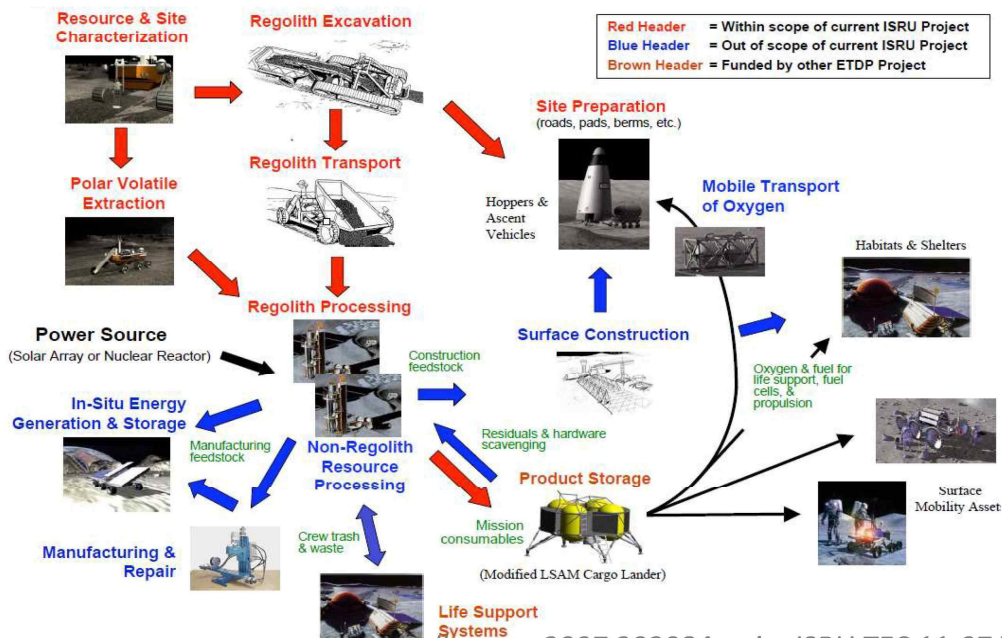


Definition of In Situ Resource Utilization by NASA

<p>(1) Resource Assessment (Prospecting)</p> 	<p>(2) Resource Acquisition</p> 	<p>(3) Resource Processing/ Consumable Production</p> 
<p>(4) In Situ Manufacturing</p> 	<p>(5) In Situ Construction</p> 	<p>(6) In Situ Energy</p> 

Gerald B. Sanders, NASA, Presentation to ASTRO-18 May 15, 2018

달 현지자원활용 - 관련 표면 요소 및 활용



Gallvaston 2007 203084main_ISRU TEC 11-07 V3
 2023 한국지구과학회 초청강연(김경자) 48

현지자원활용과 관련된 탐사 요소들



ISRU Functions & Elements

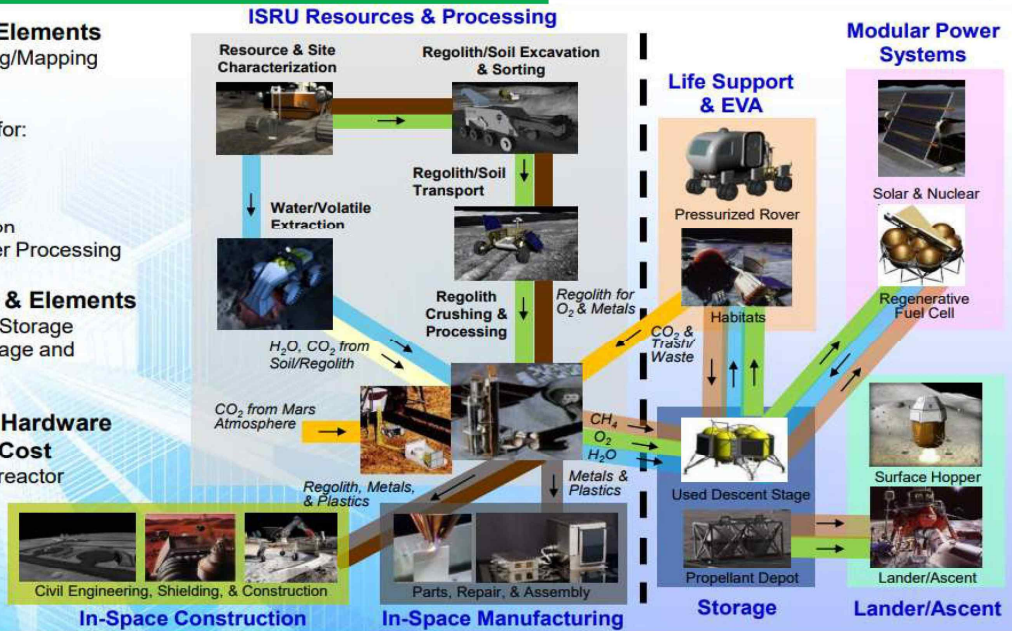
- Resource Prospecting/Mapping
- Excavation
- Regolith Transport
- Regolith Processing for:
 - Water/Volatiles
 - Oxygen
 - Metals
- Atmosphere Collection
- Carbon Dioxide/Water Processing

Support Functions & Elements

- Power Generation & Storage
- O₂, H₂, and CH₄ Storage and Transfer

Potentially Shared Hardware to Reduce Mass & Cost

- Solar arrays/nuclear reactor
- Water Electrolysis
- Cryogenic Storage
- Mobility



Jerry Sanders 2016. L-8: In-Situ Resource Utilization Capabilities

미래의 임무



NASA's MOON TO MARS ARCHITECTURE A Summary of the 2022 architecture concept review process and results – April 2023

HUMAN LUNAR RETURN



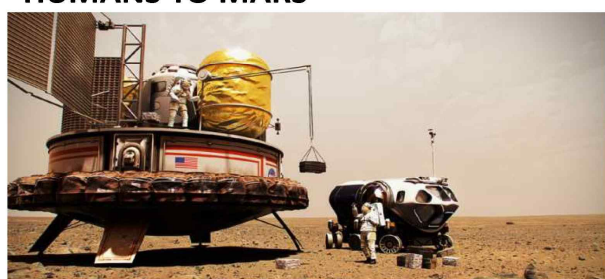
FOUNDATIONAL EXPLORATION



SUSTAINED LUNAR EVOLUTION

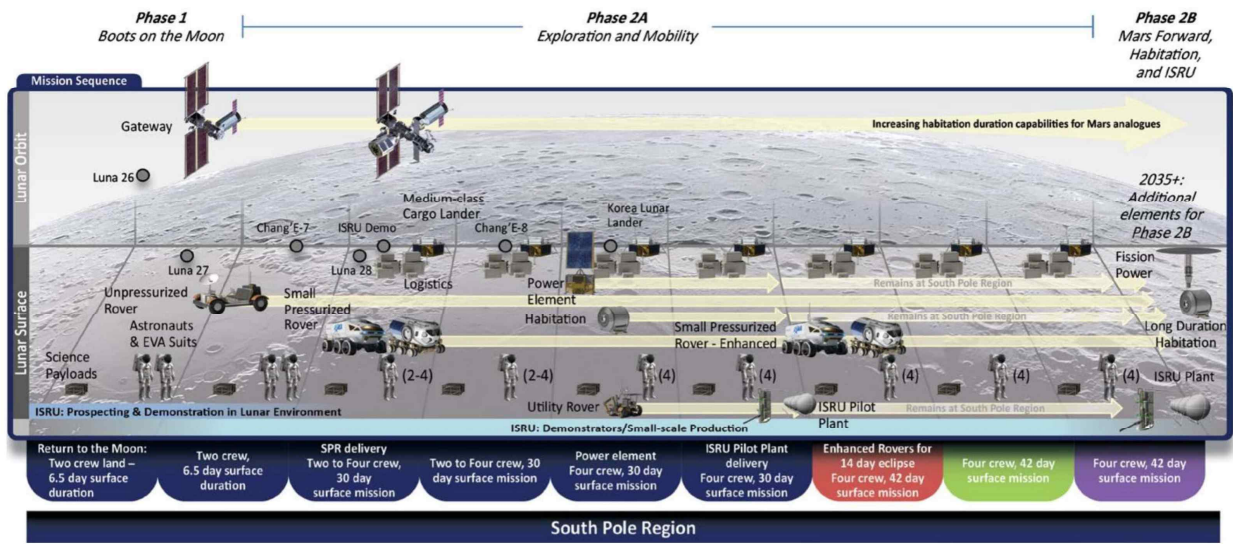


HUMANS TO MARS



<https://www.nasa.gov/MoonToMarsArchitecture>

ISECG의 달 표면 탐사 시나리오 (2020~2030년대)



2023 한국지구과학회 초청강연(김경자)

51

ISECG회원기관의 무인 달 탐사 현황 및 계획 (2018-)

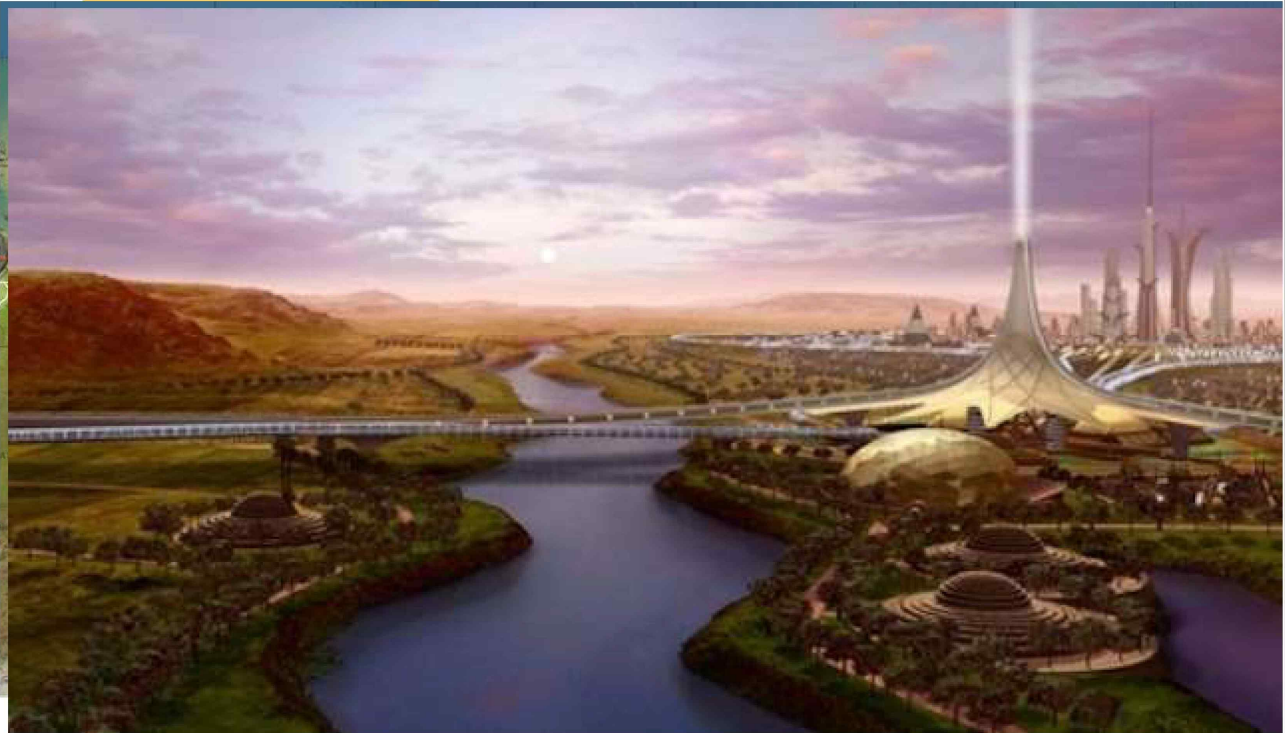


탐사선 (미션)	기관명	발사시기	탐사선종류특징
Queqiao	CNSA	2018년	L2 궤도선 (지구-달 통신 중계)
Chang'e-4	CNSA	2018년	달 착륙선/로버 (달 후면)
Chandrayaan2	ISRO	2019년	달 궤도선/착륙선/로버 (달 극지) ※ 착륙선/로버는 실패
Chang'e-5	CNSA	2019년	달 샘플 리턴
Luna 25	Roscosmos	2021년	달 착륙선 (달 극지)
Chandrayaan3	ISRO	2021년	달 착륙선/로버 (달 극지)
Artemis I (Orion/ESM)	NASA/ESA	2021년	유인우주선 (무인 비행시험) 달 탐사 큐브 위성 포함
SLIM	JAXA	2021~22년	달 착륙선 (정밀착륙 기술시연)
KPLO	KARI	2022년	달 궤도선 (과학, 기술시연)
Chang'e-6	CNSA	2022~24년	달 샘플리턴 (달 극지)
VIPER	NASA	2023년	달 로버 (달 극지)
LUPEX	JAXA/ISRO	2023~24년	달 착륙선/로버 (달 극지)
Luna 26	Roscosmos	2024년	달 궤도선
Luna 27	Roscosmos (ESA 협력)	2025년	달 착륙선 (달 극지) ※ 굴착 기술 시연 ESA 탑재체 포함
EL3 (TBC)	ESA	2027~28년	달 착륙선 (물자 수송)
Luna 28	Roscosmos	2027년	달 샘플리턴 (달 극지)
ISRU Demo ※ 상업 착륙선 이용	ESA	2027년	ISRU 탑재체 ※ 수소/산소 추출 기술시연
Chang'e-7	CNSA	2023~30년	국제 달 연구기지 프로토타입
Chang'e-8	CNSA	2023~30년	국제 달 연구기지 프로토타입
Mid Lander	JAXA	2020년대 후반	달 착륙선 (물자 수송)
Korea Lunar Lander	KARI	2030년	달 착륙선 (기술 시연)

2023 한국지구과학회 초청강연(김경자)

52

화성의 지구화



2023 한국지구과학회 초청강연(김경자)

53

인류가 화성 기지 건설을 꿈 꿀 수 있는 이유?

- 물이 많다.
- 대기가 희박하지만 존재한다.
- 생물이 존재했던 흔적이 있다.
- 생물이 살 수 있다.
- 생존 가능한 환경 조성이 가능하다.



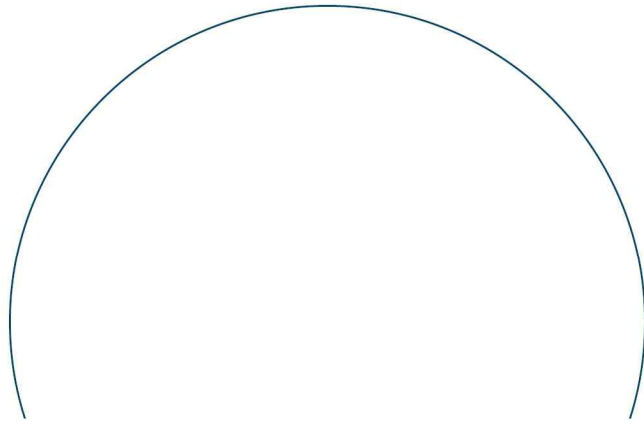
<http://youthvoices.net/discussion/colonization-mars-future-human-civilization>

54

맺음 말

- ✓인간과 로봇이 함께 공존하는 시대가 열림
- ✓한국 달 및 화성 탐사 국제 협력이 강화되고 있음
- ✓한국 달 탐사 2016년 개시 (시험용 달 궤도선)
- ✓인간은 궤도 및 로버 탐사 범위를 벗어나 행성 착륙 및 기지 건설을 계획하는 시점에 있음
- ✓달 및 화성에서의 인간의 활동이 시작될 때 인간은 지구-우주인으로 활동





특강자료2



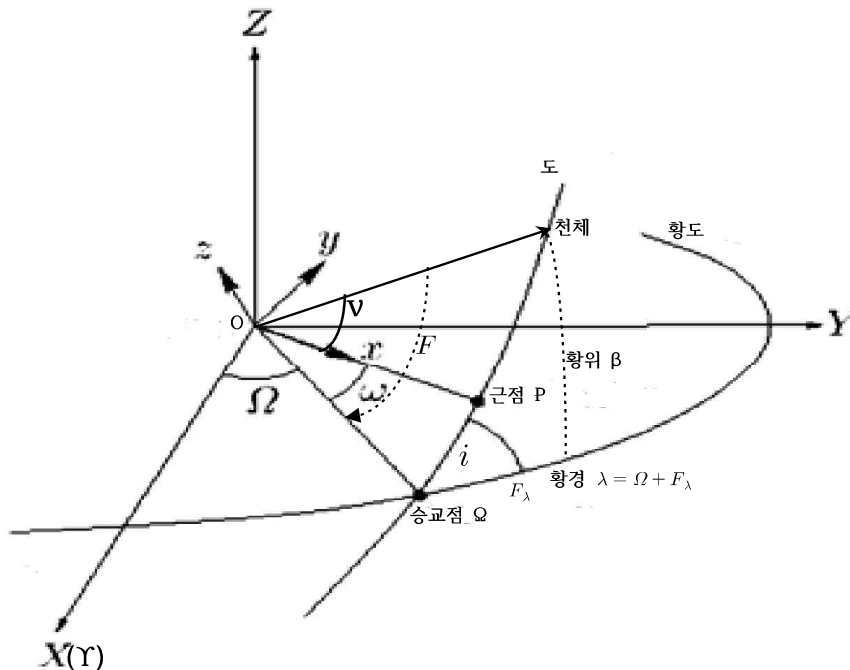
옛 역법에서 달의 운행 추보
- 《송정역서》, 《역상고성》, 《세초유휘》를 중심으로 -
최승언
서울대학교 사범대학 지구과학교육과

요약

달의 운동을 추보하는 옛 역법 중에서 본 연구에서는 시헌력과 관련된 중국 청의 《송정역서》, 《역상고성》에서 달 위치 추보와 관련된 내용과 조선의 역법책인 1710년 발행된 허원의 《세초유휘》에서 달과 관련된 내용을 조사하여 서로 비교하였다. 달에 대한 여러 모형을 제시하고 있지만 가감차 값은 《역상고성》의 4륜 모델을 이용하여 계산한 값을 사용하여 천문학적으로는 이심률에 의한 가감차, 출차(evection), 변출(variation)을 고려 하였고, 황위를 구할 때에는 티코브라헤가 처음 고안한 ‘교균’을 사용하는데, 이는 천문학적으로는 ‘황위 출차’에 해당하는 값이다. 가감차를 구하는 모델이 진화했을 뿐 프톨레마이오스 이후 지금까지 달의 황도 상의 경도, 위도를 구하는 방식은 크게 다르지 않다. 《세초유휘》의 달의 추보와 관련된 내용은 《송정역서》와 《역상고성》의 중간 단계로 보는 것이 타당하다.

주요어: 옛 역법, 달의 운행 추보, 4륜 모델, 교균

1. 천체의 궤도에서 천체 위치 구하기¹⁾



[그림 1] 천체의 궤도 요소

1) <https://farside.ph.utexas.edu/teaching/celestial/Celestial/node34.html> 를 참고하여 재구성.

[그림 1]은 태양을 중심으로 궤도 운동을 하는 천체의 궤도 요소를 보여주고 있다. 그런데 달의 경우는 지구를 중심으로 궤도 운동을 하기에 [그림 1]에서 자구를 포함하는 행성의 경우에는 중심에 태양이 있고, 달의 경우에는 중심에 지구가 있다. 모든 각거리들은 중심으로부터 어떤 방향이 기준으로 하여 그로부터 떨어진 각을 의미한다. 기준이 되는 방향이 춘분점(Υ)의 방향이다. 태양을 중심으로 한 행성의궤도이건 혹은 태양계 내 다른 천체의 궤도이건, 지구를 중심으로 한 달의 궤도이건 모든 궤도는 황도에 대하여 경사각(inclination) i 만큼 기울어져 있다. 궤도가 황도 위로 올라가며 만나는 점을 승교점, 그 반대에 있는 점이 강교점(이라 한다. 춘분점에서 승교점까지의 각거리를 Ω , 즉 ‘승교점 경도(longitude of ascending node)’라 부른다. 천체의 궤도에서 지구 중심과 가까운 위치를 ‘근점(periastris)’이라 부르는데 태양이 중심이면 ‘근일점’, 지구가 중심이면 ‘근지점’이다. 승교점에서 근점까지의 각거리를 ω , 즉 ‘근점편각(argument of periastris)’이라 부른다. 근점에서 실제 천체까지의 경도를 ν , 즉 ‘실근점이각(true anomaly)’이라 한다.

[그림 1]에서 xyz 좌표는 xy 평면이 궤도 평면이고, z 방향은 궤도의 수직방향이다. 따라서 이 평면에서 x 방향은 중심에서 근점 방향이기에 궤도 상에서 천체의 위치는 중심에서 천체까지의 거리가 r 인 경우,

$$(x, y, z) = (r \cos \nu, r \sin \nu, 0) \quad (1-1)$$

이다. 지금부터는 편리상 $r = 1$ 이라 놓겠다.

XYZ 좌표는 XY 평면이 황도면이고, X 방향은 춘분점 방향이며, Z 는 황도면의 수직 방향이다. xyz 좌표 상의 (x, y, z) 점을 XYZ 좌표상의 (X, Y, Z) 점으로 바꾸려면 좌표축을 회전해야 한다. 즉 이 두 좌표 사이의 관계는

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \Omega & -\sin \Omega & 0 \\ \sin \Omega & \cos \Omega & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos i & -\sin i \\ 0 & \sin i & \cos i \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \omega & -\sin \omega & 0 \\ \sin \omega & \cos \omega & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} \quad (1-2)$$

와 같다. 이를 정리하면

$$X = \cos \Omega \cos(\omega + \nu) - \sin \Omega \sin(\omega + \nu) \cos i \quad (1-3-1)$$

$$Y = \sin \Omega \cos(\omega + \nu) + \cos \Omega \sin(\omega + \nu) \cos i \quad (1-3-2)$$

$$Z = \sin(\omega + \nu) \sin i \quad (3-3)$$

을 얻는다. 따라서 천체의 황도 좌표 (λ, β) 는

$$\tan \lambda = \frac{Y}{X} \quad (1-4-1)$$

$$\tan \beta = \frac{Z}{\sqrt{X^2 + Y^2}} \quad \text{혹은} \quad \sin \beta = \frac{Z}{\sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}} \quad (1-4-2)$$

으로 얻을 수 있다.

태양계 내 행성들의 궤도나 지구를 중심으로 하는 달의 궤도는 궤도면이 거의 황도면과 경사가 크지 않기에 $i \ll 1$ ($\cos i \simeq 1$)이다. 따라서 (3)식은 모두

$$X \simeq \cos \Omega \cos(\omega + \nu) - \sin \Omega \sin(\omega + \nu) = \cos(\Omega + \omega + \nu) = \cos \lambda \quad (1-5-1)$$

$$Y \simeq \sin \Omega \cos(\omega + \nu) + \cos \Omega \sin(\omega + \nu) = \sin(\Omega + \omega + \nu) = \sin \lambda \quad (1-5-2)$$

$$Z = \sin(\omega + \nu) \sin i = \sin F \sin i \quad (5-3)$$

이 된다. 여기서 λ 는 천체의 황경으로 $\lambda = \Omega + \omega + \nu$ 이고, F 는 승교점에서 천체까지의 경도로 $F = \omega + \nu = \lambda - \Omega$ 가 된다. 이 때 $\varpi = \Omega + \omega$ 라 놓고, 이 값은 근점경도(longitude of periapsis) ϖ 라 한다. $i = 0$ 인 경우는 Ω 값이 없기에 $\Omega = 0$ 으로 놓아 $\varpi = \omega$ 가 된다.

이제 $\sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2} = 1$ 이어야 하는데 $i \ll 1$ 인 경우로 어려웠기에 $\sqrt{X^2 + Y^2} = 1$ 이 되었다. (4-2) 식을 이용하면

$$Z = \sin F \sin i = \sin \beta \quad (1-6)$$

가 되는데, $i \ll 1$, $\beta \ll 1$ 이기에 천체의 황위는 대략

$$\beta \simeq i \sin F \quad (1-7)$$

이 된다. 천체의 황경 λ 은 물론 (5-1, 2)식에서 구할 수 있지만 경사각 i 때문에 아주 조금 차이가 있다. 승교점 경도 Ω 는 황도를 따라 켜 각이기에 [그림 1]에서 F_λ 만 알면 $\Omega + F_\lambda$ 가 실제 천체의 황경 $\lambda_{\text{실제}}$ 가 된다. [그림 1]에서

$$\tan(F_\lambda) = \tan F \cos i \quad (1-8)$$

이다. $\lambda - \lambda_{\text{실제}} = \Omega + F - (\Omega + F_\lambda) = F - F_\lambda = \xi$ 라 하자. 그러면 $F_\lambda = F - \xi$ 이다. 이 식을 (8)식에 대입하면 $\frac{\sin F - \xi \cos F}{\cos F + \xi \sin F} = \frac{\sin F \cos i}{\cos F}$ 가 되고 $i \ll 1$ 이기에

$$\xi \simeq \sin F \cos F (1 - \cos i) = \sin^2\left(\frac{i}{2}\right) \sin(2F) \simeq \frac{i^2}{4} \sin(2F) \quad (1-9)$$

이기에 이 값을 천체의 황경을 구하는데 보정해 주어야 한다. 따라서

$$\lambda_{\text{실제}} = \lambda - \xi \simeq \Omega + F - \frac{i^2}{4} \sin(2F) \quad (1-10)$$

이 된다.

2. 《역상고성》 <월리역법>에서 달의 황도좌표 구하는 방법과의 비교

《역상고성》 <월리역법>에서는 기준이 춘분점 대신 동지점을, 근지점 대신 원지점을, 승교점 대신 강교점을 사용한다. 달의 황도좌표를 구하고자 하는 날짜(역산대상일)가 들어 있는 해에 해당하는 동지로부터 그 다음 날 0시까지의 태음연근 θ_0 , 월패(원지점)연근 ϕ_0 , 정교(강교점)연근 ψ_0 를 구한다. 모든 각들은 동지점으로 부터 각이기에 $\theta_0 = 90^\circ + \bar{\lambda}_0$, 그리고 원지점이기에 $\phi_0 = 90^\circ + \varpi_0 \pm 180^\circ = \varpi_0 - 90^\circ$ 이고, $\psi_0 = 90^\circ + \Omega_0 \pm 180^\circ = \Omega_0 - 90^\circ$ 인 관계가 있다. 여기서 $\bar{\lambda}_0$, ϖ_0 , Ω_0 는 각각 춘분점을 기준으로하는 평균황경, 근지점경도, 승교점경도가 이다.

이제 역상대상일이 있는 해의 동지 다음날 0시부터 역산대상일 0시까지의 기간(날 수)를 Δt 라 하자. 그러면 달의 평행은

$$\theta = \theta_0 + n\Delta t \quad (2-1)$$

이 된다. 여기서 n 은 하루 동안 달이 궤도를 도는 평균 각속도이다. 이를 <월리역법>에서 ‘태음평행’이라 불렀다. (2-1)식은 $90^\circ + \bar{\lambda} = 90^\circ + \bar{\lambda}_0 + n\Delta t$ 이기에 $\bar{\lambda} = \bar{\lambda}_0 + n\Delta t$ 와 동일한 관계이다.

<월리역법>에서 ‘월패평행’은

$$\phi = \phi_0 + \dot{\varpi}\Delta t \quad (2-2)$$

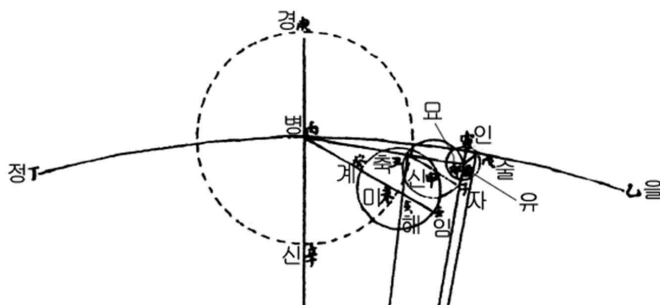
이다. 마찬가지로 (2-2)식은 $\varpi = \varpi_0 + \dot{\varpi}\Delta t$ 와 동일한 관계이다. (2-1)식에서 (2-2)식을 빼주면

$$\theta - \phi = \theta_0 - \phi_0 + (n - \dot{\varpi})\Delta t = \theta_0 - \phi_0 + \tilde{n}\Delta t \quad (2-3)$$

이 되는데 여기서 $\tilde{n} = n - \dot{\varpi}$ 으로 달이 근(원)지점에서 다음 근(원)지점으로 운행하는 하루 평균 운행도수이다. (2-3)식을 다시 써 보면

$$\theta - \phi = 90^\circ + \bar{\lambda} - (\varpi - 90^\circ) = (\bar{\lambda} - \varpi) + 180^\circ = M + 180^\circ \quad (2-4)$$

이기에 $\theta - \phi$ 는 원지점부터 잰 ‘평균원점이각’이 된다. 여기서 M 은 ‘평균근점이각’이다. 이 각을 이용하여 <월리역법>에서는 4륵모델을 이용하여 가감차(equation of center)를 구하고 있다. 가감차란 달의 ‘실제운행도수’와 ‘평균운행도수’와 차이를 의미한다. [그림 2]에는 4륵모델이 제시되어 있다. ‘가감차’를 4륵모델로 구하는 방법은 4장에서 따로 다루려 한다.



[그림 2] <월리역리>에 제시된 달의 4륵모델

[그림 3]은 4륜 모델에서 구한 ‘가감차’와 A Mordern Almagest²⁾에 주어진 가감차와 비교하였다. 궤도 이심률에 의한 가감차와 출처, 변출까지 4륜모델이 고려하고 있음이 보인다. A Mordern Almagest의 q_4 는 연간 부등으로 태양에 섭동이긴하나 다른 가감차에 비해 작기에 관측으로 찾아 내기가 어렵다. q_5 는 엄밀하게 이야기하면 가감차라기보다는 황경을 구하기 위한 ‘승도차’로 (1-10)식의 $-\frac{i^2}{4}\sin(2F)$ 와 같다. 따라서 4륜 모델에 의한 가감차를 현재 사용하여도 오차가 크지는 않을 것이다.

‘정교평행’은

$$\psi = \psi_0 - \dot{\Omega}\Delta t = \Omega - 90^\circ = \Omega_0 - 90^\circ - \dot{\Omega}\Delta t \quad (2-5)$$

이기에 $\Omega = \Omega_0 - \dot{\Omega}\Delta t$ 와 동일하다.

이제 달의 위치에서 정교의 위치를 빼면

$$\begin{aligned} \theta - \psi &= \theta_0 + n\Delta t - (\psi_0 - \dot{\Omega}\Delta t) = (\theta_0 - \psi_0) + (n + \dot{\Omega})\Delta t \quad (2-6) \\ &= \{(90^\circ + \overline{\lambda_0}) - (\Omega_0 - 90^\circ)\} + \check{n}\Delta t \\ &= (\overline{F_0} + \check{n}\Delta t) + 180^\circ = F + 180^\circ \end{aligned}$$

가 되는데 여기서 $\check{n} = n + \dot{\Omega}$ 로 달이 승(강)교점에서 승(강)교점까지 운행하는 하루 평균 각속도이고, F 는 달과 승교점의 사이의 각이 되는데 $\theta - \psi$ 는 (정교)강교점에서 달까지의 각거리이다. 이제 이 각이 180도보다 크면 황도 위에, 180도보다 작으면 황도 아래에 달이 위치한다. 즉

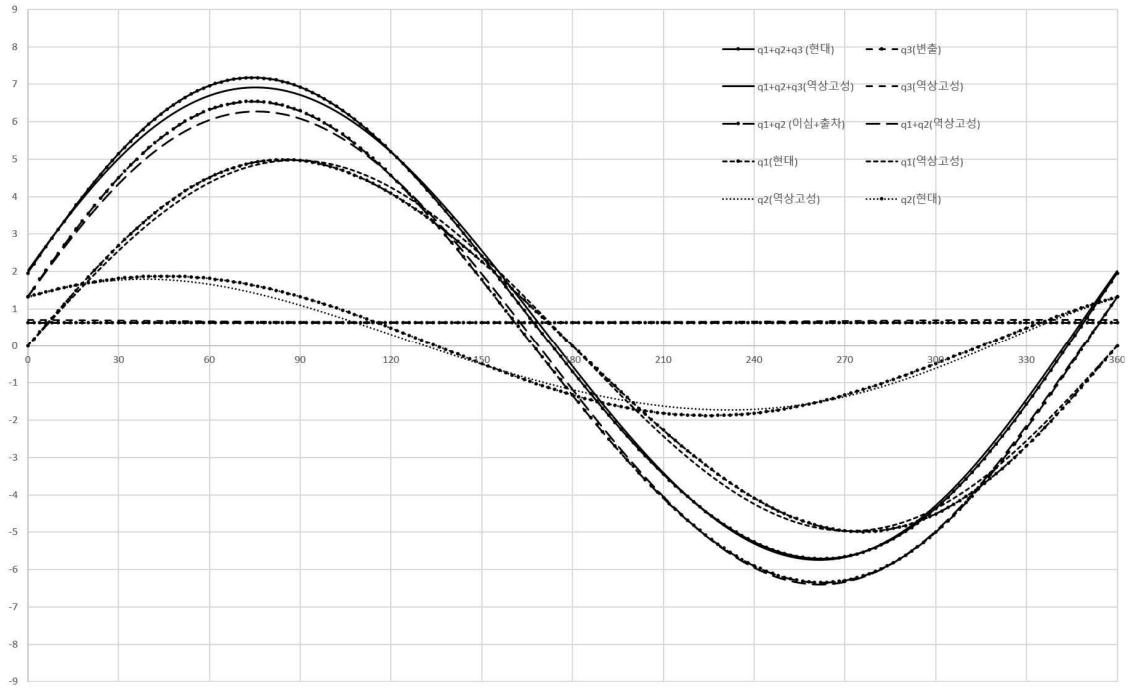
$$\beta = i \sin(F) = i \sin(\theta - \psi - 180^\circ) = -i \sin(\theta - \psi) \quad (2-7)$$

이다. 승도차는 (1-9)식에서 $-\xi$ 이기에

$$-\xi = -\frac{i^2}{4}\sin(2F) = -\frac{i^2}{4}\sin\{2(\theta - \psi)\} \quad (2-8)$$

$0^\circ < \theta - \psi < 90^\circ$, $180^\circ < \theta - \psi < 270^\circ$ 승도차가 - 값이고, 그 외에는 + 값이다.

2) Richard Fitzpatrick <https://farside.ph.utexas.edu/books/Syntaxis/Almagest.pdf> A Modern Almagest.



[그림 3] 《역상고성》 <월리역법>의 가감차와 A Modern Almagest에 주어진 가감차 비교

《역상고성》 <월리역리>와 <월리역법>에서 백도와 황도의 사잇각이 5도 08분을 평균값에 두고 삭망월동안 사잇각이 위아래로 9분 30초씩 변하고, 교균 값으로 최대 $\pm 1;46^\circ$ 이나 보정해 주어야 한다고 기술하고 있다([그림 4] 참조). (2-7)식을 다시 써 보면

$$\beta' = i' \sin(F + q_{\text{교균}}) \approx i' \sin F + i' q_{\text{교균}} \cos F \quad (2-9)$$

이다. 그런데 《역상고성》 <월리역리>와 <월리역법>에서

$$\xi = \frac{9\text{분}30\text{초}}{5\text{도}08\text{분}} = 0.030844\text{이면}$$

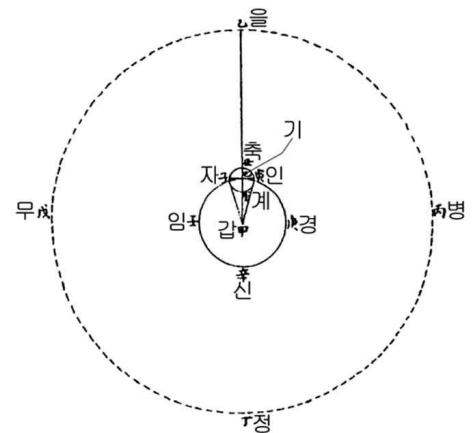
$$i' = i\{1 - \xi \cos(2D)\} \quad (2-10-1)$$

$$q_{\text{교균}} \approx \frac{-\xi \sin(2D)}{1 - \xi \cos(2D)} \quad (2-10-2)$$

이다. 여기서 $D = \bar{\theta} - \theta_s$, θ_s 은 태양의 실제 경도이다. 이 식들을 (2-9)식에 대입하면

$$\begin{aligned} \beta' &= i\{1 - \xi \cos(2D)\} \sin F + i\{1 - \xi \cos(2D)\} \left\{ \frac{-\xi \sin(2D)}{1 - \xi \cos(2D)} \right\} \cos F \quad (2-11) \\ &= i \sin F + i\xi \sin(2D - F) \end{aligned}$$

이 된다. $\beta' = \beta + \Delta\beta$ 이기에



[그림 4] 《역상고성》<월리역리>에 제시된 달의 교균

$$\Delta\beta = \xi i \sin(2D - F) \quad (2-12)$$

가 된다. 이는 현대 천문학에서는 '황위 출차(evection in latitude)라 부른다. (2-9)식에서

$$F' = F + q_{\text{교년}} = \lambda - \Omega + q_{\text{교년}} = \lambda - \Omega' \quad (2-10)$$

라 놓으면

$$\Omega' = \Omega - q_{\text{교년}} \simeq \Omega + \frac{\xi \sin(2D)}{1 - \xi \cos(2D)} \quad (2-11)$$

이 된다. 즉 승교점 황경은 달과 태양의 이각인 D 의 2배에 해당하는 $2D$ 값에 의해 진동한다. 마찬가지로 (2-10-1)식에 의하면 백도와 황도 사잇각도 $2D$ 값에 의해 진동한다.

결론적으로 《역상고성》 <월리역리>와 <월리역법>에서 달의 황도좌표를 구하는 방법은 현재 쓰고 있는 방법과 동일하다. <월리역법> 제 3장의 '표를 사용한 달 운행 계산법' 요약하고 위의 수학식들을 비교하여 [표 1]에 실었다.

[표 1] <월리역법> 제3장. 표를 사용한 달 운행 계산법[용표추월리법(用表推月離法)]

<p>1) 여러 가지 연근(年根) 구하기</p> <p>(1) 태음연근(太陰年根) 역산 대상 연도의 천정동지 이튿날 자정초각(0시) 때 동지점부터 달까지 평균운동[평행] 경도: <월리표>의 <태음연근표(太陰年根表)>에서 역산 대상 연도의 '거동지(距冬至)' 궁, 도, 분, 초를 찾음.(\blacktriangleright 30미 이상은 1초로 반올림함. 이하도 마찬가지.) : θ_0</p> <p>(2) 월패연근(月季年根) 역산 대상 연도의 천정동지 이튿날 자정초각 때 동지점부터 달 궤도의 원지점까지 경도: 동일 표에서 그 해의 '월패행(月季行)' 궁, 도, 분, 초를 찾음. : ϕ_0</p> <p>(3) 정교연근(正交年根) 역산 대상 연도의 천정동지 이튿날 자정초각 때 동지점부터 달 궤도의 강교점[정교]까지 경도: 동일 표에서 그 해의 '정교행(正交行)' 궁, 도, 분, 초를 찾음. : ψ_0</p> <p>2) 여러 가지 일수(日數) 구하기</p> <p>(1) 태음일수(太陰日數) 천정동지 이튿날 자정초각부터 역산 대상일 자정초각까지 달의 평균운동 경도 : <월리표>의 <태음주세평행표(太陰周歲平行表)>에서 역산대상일의 '평행(平行)' 궁, 도, 분, 초를 찾음. : $n\Delta t$</p> <p>(2) 월패일수(月季日數) 천정동지 이튿날 자정초각부터 역산 대상일 자정초각까지 원지점의 평균운동 경도 : 동일 표에서 그날의 '월패행(月季行)' 궁, 도, 분, 초를 찾음. : $\omega\Delta t$</p> <p>(3) 정교일수(正交日數) 천정동지 이튿날 자정초각부터 역산 대상일 자정초각까지 강교점[정교]의 평균운동 경도 : 동일 표에서 그날의 '정교행(正交行)' 도, 분, 초를 찾음. : $\dot{\Omega}\Delta t$</p> <p>3) 태음평행(太陰平行) 역산 대상일 자정초각 때 동지점부터 달까지 평균운동[평행] 경도 구하기 태음평행=태음연근+태음일수: $\bar{\theta} = \theta_0 + n\Delta t$</p> <p>4) 월패평행(月季平行) 역산 대상일 자정초각 때 동지점부터 원지점까지 평균운동[평행] 경도 구하기 월패평행=월패연근+월패일수: $\phi = \phi_0 + \omega\Delta t$</p> <p>5) 정교평행(正交平行) 역산 대상일 자정초각 때 동지점부터 강교점[정교]까지 평균운동[평행] 경도 구하기 정교평행=정교연근+정교일수: $\bar{\psi} = \psi_0 + \dot{\Omega}\Delta t$</p> <p>6) 균수시차(均數時差) 태양의 영축차로 인한 균수시차 구하기 <일진표(日躔表)>의 <균수시차표(均數時差表)>에서 역산 대상일 태양의 인수(引數 근지점 이각) 궁, 도에 대한 균수시차 분, 초를 찾음. : $\Delta t_{\text{균수}}$</p> <p>7) 승도시차(升度時差) 황경과 적경의 도수 차로 인한 균수시차 구하기 <일진표>의 <승도시차표(升度時差表)>에서 역산 대상일 태양의 황도 경도에 대한 승도시차 분, 초를 찾음. : $\Delta t_{\text{승도}}$</p> <p>8) 총시차[시차총(時差總 총 균수시차) 구하기 총시차=균수시차\pm승도시차: $\Delta t_{\text{총시차}}$</p>
--

9) 시차행(時差行 均시차의 시간 동안 달의 평균운행 도수) 구하기

<월리표>의 <태음주일평행표(太陰周日平行表)>에서 총시차[시차총] 시, 분, 초를 가지고 각각에 대한 평균운행도수[평행]을 찾아 합함:
 $n\Delta t_{\text{총시차}}$

10) 용시(用時 헤시계로 측정된 상용시간, 실제시간)의 태음평행 구하기

용시 때 달의 평균운행[평행]=태음평행±시차행: $\bar{\theta}_{\text{용}} = \bar{\theta} + n\Delta t_{\text{총시차}}$

11) 인수(引數 역산 대상일 자정초각 때 '분륜의 원지점[최고]→균륜 중심'의 자행도) 구하기

인수=(용시 때 태음평행)-일패평행: $M = \bar{\theta}_{\text{용}} - \phi$

12) 초균수(初均數) 구하기

<월리표>의 <태음초균수표(太陰初均數表)>에서 인수(引數) 궁, 도, 분을 가지고 그에 대한 초균수의 도, 분, 초를 찾음: $q_1(M)$

13) 초실행(初實行 1차 보정된 운행도수) 구하기

초실행=(용시 때 태음평행)±초균수: $\theta_1 = \bar{\theta}_{\text{용}} + q_1$

14) '태양부터 달까지'의 거리인 차인(次引 차륜상의 인수) 구하기

'태양부터 달까지'의 거리인 차인(차륜상의 인수)=초실행(1차 보정된 운행도수)-(태양의 실제운행[실행])
 $: D = \theta_1 - \theta_s$

15) 이삼균수(二三均數) 구하기

<월리표>의 <태음이삼균수표(太陰二三均數表)>에서 인수(引數) 궁, 도 M 및 '태양부터 달까지'의 거리인 차인(차륜상의 인수) 궁, 도 D 를 가지고 그에 대한 이삼균수의 도, 분, 초를 찾음: $q_2(M, D)$

16) 백도실행(白道實行) 구하기

백도실행=초실행(1차 보정된 운행도수)±이삼균수: $\theta_{\text{백실}} = \theta_1 + q_2$

17) 황백대거(黃白大距)와 교균(交均) 구하기

<월리표>의 <교균거한표(交均距限表)>에서 '태양부터 달까지' 거리인 차인(차륜상의 인수) 궁, 도를 가지고 '거한(距限)'의 도, 분, 초를 찾으면 ⇒ 황백대거 : $i' = i\{1 - \xi \cos(2D)\}$

'교균'의 분, 초를 찾으면 ⇒ 교균 : $q_{\text{교균}} \approx \frac{-\xi \sin(2D)}{1 - \xi \cos(2D)}$ 여기서 $\xi = \frac{9\text{분}30\text{초}}{5\text{도}08\text{분}} = 0.030844$

18) 정교실행(正交實行) 구하기

정교실행=정교평행(正交平行)±교균: $\psi = \bar{\psi} + q_{\text{교균}}$

19) 중교실행(中交實行) 구하기

중교실행=정교실행±6궁(180도): $\psi \pm 180^\circ$

20) 거교실행(距交實行) 구하기

거교실행=백도실행-정교실행: $F' = \theta_{\text{백실}} - \psi$

21) 승도차(升度差) 구하기

<월리표>의 <황백승도차표(黃白升度差表)>에서 거교실행 궁, 도를 가지고 그에 대한 승도차의 도, 분, 초를 찾음:
 $-\frac{i'^2}{4} \sin(2F')$

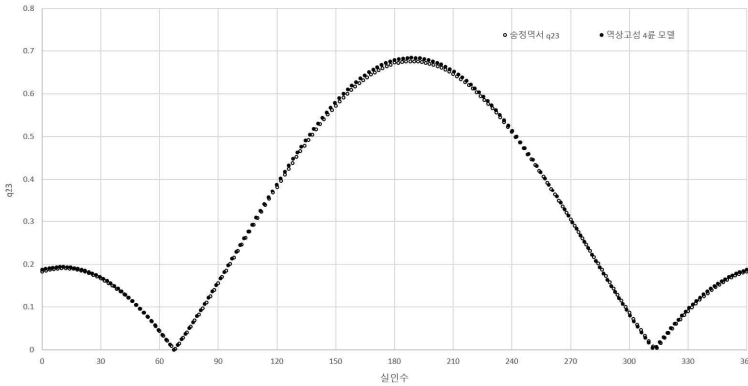
22) 황도실행(黃道實行) 구하기

황도실행=백도실행±승도차: $\theta_{\text{황실}} = \theta_{\text{백실}} - \frac{i'^2}{4} \sin(2F')$

23) 황위[황도위도(黃道緯度)] 구하기

<월리표>의 <황백거도표(黃白距度表)>에서 거교실행 궁, 도를 가지고 역산 대상일의 황백대거에 가까운 표를 택하여 그에 대한 황위 [황도위도]의 도, 분, 초를 찾음: $\beta' = i \sin(F')$

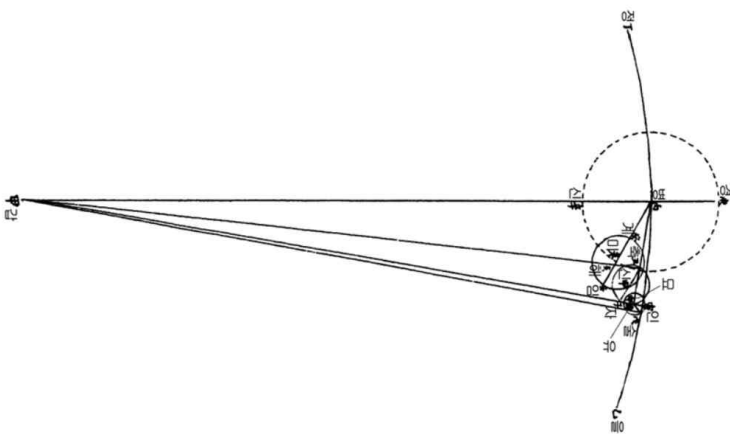
3. 《송정역서》, 《세초류휘》, 《역상고성》을 통해 본 달의 운행 모델 및 가감차 구하기



[그림 5] 《송정역서》 <월리표>에서 달과 태양의 이각이 10°인 경우 실인수에 대한 23균수표값과 《역상고성》의 4륵모델로 계산한 값과의 비교

역서》 <월리표>에서는 $q_{23}(D, M+q_1)$ 인 값, 즉 M 대신 $M+q_1$ 인 실인수 값을 변수로 계산한, 4륵모델의 가감차 값과 일치한다(그림 5) 참조). 그리고 《세초류휘》 <추월리세초>에도 같은 방법을 사용하였다. 그러기에 여기서는 4륵 모델만을 소개하기로 한다.

1) 4輪(본륵-균륵, 차륵-차균륵) 모델



[그림 6] 달의 4륵 모델

[그림 6]에서 본륵, 균륵, 차륵, 차균륵의 반경은 각각

$$\begin{aligned} \overline{\text{병미}} &= 0.058 + 0.217 = 0.0797 & (3-1-1) \\ \overline{\text{미진}} &= 0.029 & (3-1-2) \\ \overline{\text{축진}} &= 0.0217 & (3-1-3) \\ \overline{\text{유술}} &= 0.01175 & (3-1-4) \end{aligned}$$

이다. 《역상고성》에서 각 가감차를 구하는 방법을 기하학적인 모형을 이용하여 제시하고 있다. 여기서는 그 방법 대신 벡터를 이용한 방법을 제시하고자 한다. 이제

$$\overrightarrow{\text{갑병}} = (1, 0) \quad (3-1)$$

이고, 이제 달의 자행도를 θ 라 하고, 달과 태양 사이의 각거리 2배(倍離度)를 ϕ 라 하자.

균륵의 중심인 '未'는 원점 '庚'에서 '미'로 θ 만큼 좌선(左旋)하기에,

$$\overrightarrow{\text{병미}} = 0.0797(\cos(360^\circ - \theta), \sin(360^\circ - \theta)) \quad (3-3-1)$$

이고, 이를 정리하면,

$$\overrightarrow{\text{병미}} = 0.0797(\cos(-\theta), \sin(-\theta)) \quad (3-3-2)$$

$$\begin{aligned} & \text{혹은} \\ \overrightarrow{\text{병미}} &= 0.0797(\cos\theta, -\sin\theta) \quad (3-3-3) \end{aligned}$$

이 된다.

차륜의 중심인 ‘申’은 최근점 ‘癸’로부터 ‘신’으로 2θ 만큼 우선(右旋)하기에,

$$\overrightarrow{\text{미신}} = 0.029(\cos(180^\circ - \theta + 2\theta), \sin(180^\circ - \theta + 2\theta)) \quad (3-4-1)$$

이고, 이를 정리하면,

$$\overrightarrow{\text{미신}} = 0.029(\cos(180^\circ + \theta), \sin(180^\circ + \theta)) \quad (3-4-2)$$

$$\begin{aligned} & \text{혹은} \\ \overrightarrow{\text{미신}} &= 0.029(-\cos\theta, -\sin\theta) \quad (3-4-3) \end{aligned}$$

이 된다.

그런데 차륜의 중심은 ‘신’에 있지만 차륜의 최근점은 ‘축’에 있고, ‘병임’과 ‘축신’은 평행하기에

$\overrightarrow{\text{신축}} = -\frac{0.0217}{0.0797}\overrightarrow{\text{병미}}$ 가 된다. 따라서

$$\overrightarrow{\text{신축}} = -0.0217(\cos(-\theta), \sin(-\theta)) \quad (3-5-1)$$

$$\begin{aligned} & \text{혹은} \\ \overrightarrow{\text{신축}} &= 0.0217(-\cos\theta, \sin\theta) \quad (3-5-2) \end{aligned}$$

가 된다.

삭이나 망인 경우에 달은 ‘축’의 위치에 있기에 $\overrightarrow{\text{갑축}} = \overrightarrow{\text{갑병}} + \overrightarrow{\text{병미}} + \overrightarrow{\text{미신}} + \overrightarrow{\text{신축}}$ 이기에

$$\overrightarrow{\text{갑축}} = (1 + 0.029\cos\theta, -0.087\sin\theta) \quad (3-6)$$

이 된다. 따라서 초균수인 q_1 은 \angle 병갑축인데

$$\tan q_1 = \frac{-0.087\sin\theta}{1 + 0.029\cos\theta} \quad (3-7)$$

로 얻을 수 있다. 자행 θ 에 대한 q_1 값의 부호는 $0^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$ 에서는 음(-)이 된다.

차륜의 중심이 지금은 ‘신’의 위치에 있고, 차륜의 중심인 ‘酉’는 근점인 ‘축’으로부터 ϕ 만큼 우선(右旋)하여 ‘유’에 이른다. 따라서

$$\overrightarrow{\text{신유}} = 0.0217(\cos(180^\circ - \theta + \phi), \sin(180^\circ - \theta + \phi)) \quad (3-8-1)$$

이 되고 이를 정리하면,

$$\overrightarrow{\text{신유}} = 0.0217(-\cos(\phi - \theta), -\sin(\phi - \theta)) \quad (3-8-2)$$

$$\begin{aligned} & \text{혹은} \\ \overrightarrow{\text{신유}} &= 0.0217(-\cos(\theta - \phi), \sin(\theta - \phi)) \quad (3-8-3) \end{aligned}$$

이다. 만약 $\phi = 0$ 이면 (3-8-3)식은 (3-5-2)과 같다.

여기서 $\overrightarrow{\text{갑유}} = \overrightarrow{\text{갑병}} + \overrightarrow{\text{병미}} + \overrightarrow{\text{미신}} + \overrightarrow{\text{신유}}$ 이기에

$$\overrightarrow{\text{갑유}} = (1 + 0.0507\cos\theta - 0.0217\cos(\phi - \theta), -0.1087\sin\theta - 0.0217\sin(\phi - \theta)) \quad (3-9)$$

가 된다. \angle 축갑유를 2균수 q_2 라고 하면, (3-9)식을 이용하여 초균수와 2균수를 합한 $q_1 + q_2$ 는

$$\tan(q_1 + q_2) = \frac{-0.1087\sin\theta - 0.0217\sin(\phi - \theta)}{1 + 0.0507\cos\theta - 0.0217\cos(\phi - \theta)} \quad (3-10)$$

로 구할 수 있다. 모델이 본륜-균륜-차륜 모델이라면 $q_1 + q_2$ 가 총 가감차가 된다. 2균수 q_2 는 (3-7), (3-10)식을 이용하여

$$q_2 = \tan^{-1} \left[\frac{-0.1087\sin\theta - 0.0217\sin(\phi - \theta)}{1 + 0.0507\cos\theta - 0.0217\cos(\phi - \theta)} \right] - \tan^{-1} \left[\frac{-0.087\sin\theta}{1 + 0.029\cos\theta} \right] \quad (2-11)$$

가 된다. 만약 $\phi = 0$ 이면 $q_2 = 0$ 이 된다.

달은 차균륜 최하점 '자'로부터 ϕ 만큼 좌선(左旋)하여 '술'에 이른다. 따라서

$$\overrightarrow{\text{유술}} = 0.01175(\cos(180^\circ - \phi + (q_1 + q_2)), \sin(180^\circ - \phi + (q_1 + q_2))) \quad (3-12-1)$$

이다. 이를 정리하면

$$\overrightarrow{\text{유술}} = 0.01175(-\cos(\phi - (q_1 + q_2)), \sin(\phi - (q_1 + q_2))) \quad (3-12-2)$$

혹은

$$\overrightarrow{\text{유술}} = 0.01175(-\cos((q_1 + q_2) - \phi), -\sin((q_1 + q_2) - \phi)) \quad (3-12-3)$$

가 된다. 따라서 달의 위치인 $\overrightarrow{\text{갑술}}$ 을 (x, y) 라 하면

$$x = 1 + 0.0507\cos\theta - 0.0217\cos(\phi - \theta) - 0.01175\cos(\phi - (q_1 + q_2)) \quad (3-13-1)$$

$$y = -0.1087\sin\theta - 0.0217\sin(\phi - \theta) + 0.01175\sin(\phi - (q_1 + q_2)) \quad (3-13-2)$$

이 된다. 각 '인갑술'을 3균수 q_3 라고 하면

$$\tan(q_1 + q_2 + q_3) = \frac{-0.1087\sin\theta - 0.0217\sin(\phi - \theta) + 0.01175\sin(\phi - (q_1 + q_2))}{1 + 0.0507\cos\theta - 0.217\cos(\phi - \theta) - 0.01175\cos(\phi - (q_1 + q_2))} \quad (3-14)$$

가 된다. q_3 는 $q_1 + q_2 + q_3$ 구한 값에서, $q_1 + q_2$ 를 구한 값을 빼면 얻을 수 있다.

$\phi = 0^\circ$ 인 경우, 즉 삭망 때에 (3-14)식은

$$\tan(q_1 + q_2 + q_3) = \frac{-0.087\sin\theta - 0.01175\sin(q_1 + q_2)}{1 + 0.029\cos\theta - 0.01175\cos(q_1 + q_2)} \quad (3-15-1)$$

가 되는데 이 때에는 $q_2 = q_3 = 0$ 이기에

$$\tan q_1 = \frac{-0.087\sin\theta - 0.01175\sin q_1}{1 + 0.029\cos\theta - 0.01175\cos q_1} \quad (3-15-2)$$

가 된다. 이를 정리하면 (3-7)식이 된다. $\theta = 90^\circ$ 일 때 최대가 되는데 그 값은 $(q_1)_{\max} = 4^\circ 58' 20''$ 이다.

만약 $\phi = 180^\circ$ 이면 (3-10)식은

$$\begin{aligned} \tan(q_1 + q_2) &= \frac{-0.1087\sin\theta - 0.0217\sin(\pi - \theta)}{1 + 0.0507\cos\theta - 0.217\cos(\pi - \theta)} = \frac{-0.1087\sin\theta - 0.0217\sin\theta}{1 + 0.0507\cos\theta + 0.217\cos\theta} \\ &= \frac{-0.1304\sin\theta}{1 + 0.0724\cos\theta} \end{aligned} \quad (3-16)$$

이 된다. 즉 상하현 때이다. $\theta = 90^\circ$ 일 때 최대가 되는데 그 값은 $(q_1 + q_2)_{\max} = 7^\circ 25' 46''$ 이다. 이제 (3-14)식은 $q_3 = 0$ 이기에

$$\begin{aligned} \tan(q_1 + q_2) &= \frac{-0.1087\sin\theta - 0.0217\sin(\pi - \theta) + 0.01175\sin(\pi - (q_1 + q_2))}{1 + 0.0507\cos\theta - 0.217\cos(\pi - \theta) - 0.01175\cos(\pi - (q_1 + q_2))} \\ &= \frac{-0.1304\sin\theta + 0.01175\sin(q_1 + q_2)}{1 + 0.0724\cos\theta + 0.01175\cos(q_1 + q_2)} \end{aligned} \quad (3-17)$$

이 되어 이를 정리하면 (3-16)식이 된다.

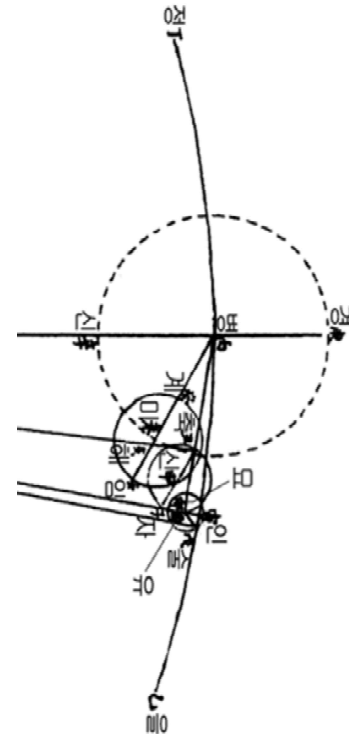
결론적으로 (3-14)식이 총 가감차를 구할 수 있는 식이고, (3-7)식과 (3-14)식을 이용하면 $q_{23} = q_2 + q_3$ 값을 안다. [그림 3]은 이렇게 구한 식과 A Modern Almagest에 주어진 q_1, q_2, q_3 와 비교하여 4륜 모델은 이심률에 위한 가감차, 출자, 변출을 고려하였고, 황위를 구할 때는 '황위 출차'인 '교균'까지도 고려 하였다.

2) 《역성고성》 예시와 비교

달의 자행도 θ 가 120도, 달과 태양 사이의 각거리 ϕ 가 110도 일 때, 균수를 계산해 보면 [표 1]과 같다. 역성고성에서 제시한 값들과 동일하다.

[표 2] 달의 자행도가 120도, 달과 태양 사이의 각거리가 110도 일 때 가감차 계산

달의 자행	120도		
달-태양 거리	110도		
$\theta =$	120도	2.094395 rad.	
$\phi =$	220도	3.839724 rad.	
	x	y	
갑병 벡터	1	0	
병미 크기	0.0797		
병미 벡터	-0.03985	-0.06902	
미신 크기	0.029		
미신 벡터	0.0145	-0.02511	
신축 크기	0.0217		
신축 벡터	0.01085	0.018793	
갑축 벡터	0.9855	-0.07534	
$\tan(q_1)$	-0.07645278		
q_1	-4.37191661	-4도22분19초	
신유 크기	0.0217		
신유 벡터	0.003768165	-0.02137	
갑유 벡터	0.978418165	-0.11551	
$\tan(q_1+q_2)$	-0.11805514		
q_1+q_2	-6.73289762	-6도43분58초	
q_2	-2.36098101	-2도21분40초	
역상고성 방법	유갑의 크기	0.985212688	
	유술 크기	0.01175	
	사잇각	220도	
	$\tan(q_3)$	-0.00759671	
	q_3	-0.43525112	-26분7초
	q_2+q_3	-2.79623213	-2도47분46초
	$q_1+q_2+q_3$	-7.16814874	-7도10분5초
벡터 이용	갑술	0.994242398	
	유술 벡터	0.008053454	-0.00856
	갑술 벡터	0.98647162	-0.12406
	$\tan(q_1+q_2+q_3)$	-0.12576464	
	$q_1+q_2+q_3$	-7.16814874	-7도10분6초
	q_3	-0.43525112	-26분7초
q_2+q_3	-2.79623213	-2도47분46초	



3) 달의 운행 시뮬레이션

이제 (3-13)식을 다시 써 보면

$$x = 1 + 0.0507\cos\theta - 0.0217\cos(\phi - \theta) - 0.01175\cos(\phi - (q_1 + q_2)) \quad (3-14-1)$$

$$y = -0.1087\sin\theta - 0.0217\sin(\phi - \theta) + 0.01175\sin(\phi - (q_1 + q_2)) \quad (3-14-2)$$

로 쓸 수 있다. 이제 달의 위치를 나타내는 (x, y) 는 지구를 중심으로 하루에 n_0 만큼 우선(右旋)한다고 하자. 그러면 t 시간 후에 (x, y) 벡터가 $\theta_0 = n_0 t$ 만큼 회전하고 된다. 회전한 후의 달의 위치를 (x', y') 라고 하면

$$x' = x \cos\theta_0 - y \sin\theta_0 \quad (3-15-1)$$

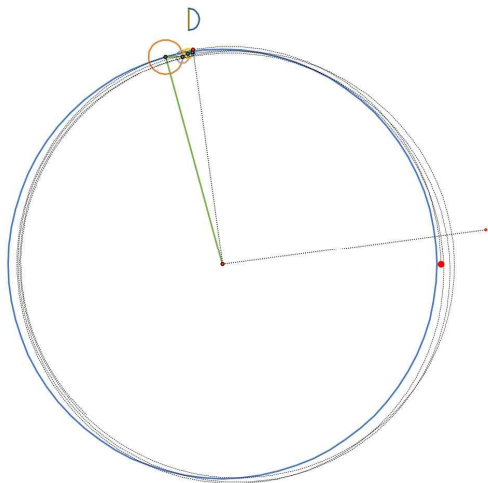
$$y' = x \sin\theta_0 + y \cos\theta_0 \quad (3-15-2)$$

가 된다. (3-14)식을 (3-15)식에 대입하면,

$$x' = \cos\theta_0 + 0.0797\cos(-\theta + \theta_0) - 0.029\cos(\theta + \theta_0) - 0.217\cos(\phi - \theta + \theta_0) - 0.01175\cos((q_1 + q_2) - \phi + \theta_0) \quad (3-16-1)$$

$$y' = \sin\theta_0 + 0.0797\sin(-\theta + \theta_0) - 0.029\sin(\theta + \theta_0) - 0.0217\sin(\phi - \theta + \theta_0) - 0.01175\sin((q_1 + q_2) - \phi + \theta_0) \quad (3-16-2)$$

가 된다.



이제 하루 동안의 자행을 n_θ , 달 평행과 태양 평행 사이의 각거리 2배를 n_ϕ 라 하면, $\theta = n_\theta t$, $\phi = n_\phi t$ 가 된다. $t=0$ 일 때 달이 원지점에 있다고 하고 (3-16)식을 시간에 대해 그려보면 $t=8$ 일경에 상현이 되는 걸 볼 수 있다 ([그림 8] 참조). 물론 이 때에 가감차가 거의 최대가 되는 것이 보인다.

[그림 8] 달(4륜모델)의 운행 시뮬레이션

4. 《승정역서》 <월리표>에 제시된 3번째 예제

- ① 조건: 승정 4년(1631년) 10월 12일 임자일 밤 자정 후 6시03분에 옛 역법의 계산 결과 ‘달이 목성을 가림[식범(食犯)]’. 지금 달의 경도와 위도를 구하여 이 계산 결과를 바로잡기. 임자일 밤은 계축일 새벽이라고 할 수도 있음.
- ② 옛 표에 따르면 이때 목성은 강루궁 10도32분(황경 10도32분)에서 역행(逆行) 중에 있었고, 동지로부터 100도32분 거리에 있다고도 표현함. 그 위도는 황도 이남 2도임. 경도와 위도가 모두 맞지 않음.
- ③ 달의 경도를 구하여 균시차를 구하면 6분, 감(減)호가 나옴. 자정 후 6시03분에서 6분을 빼면 5시57분이 나옴. 달을 이용하여 구하는 균시차는 의미가 없음 시간은 태양의 운동을 이용한다 따라서 균시차는 24분이다.
- ④ 연근일(年根日 천정동지가 든 날의 이튿날)은 갑오일. 계축일까지 경과 날짜수가 319일.
- ⑤ [표 3]은 태양의 경도와 태양 궤도의 근지점 경도를 [표 4]와 [표 5]는 달의 경도와 자행도 및 이삼균수와 강교점[정교]의 경도, 황경과 황위를 구함.

[표 3] 신미년(1631년) 태양의 경도 구하기

태양의 경우							
경도 계산	도	분	초	근지점[최비] 계산	도	분	초
근수		8	50	근수	6	2	14
319 일	314	25	17.435	319 일			39.3
5 시		12	19.236	합산	6	2	53.3
39 분		1	36.1	1. 태양의 근시차는 24분(加) 2. 《송정역서》에서는 근지점 이동이 1년에 45초이지만 《세초류회》와 《역상고성》에서는 거의 62초에 달한다. 3. 양심차: 0.03584			
평균운행	314	48	2.771				
근지점	6	2	53.3				
인수	308	45	9.471				
근수(감)	1	38	15.8				
태양경도	313	9	47				

[표 4] 신미년(1631년) 달의 보정경도 구하기

달의 경우							
경도 계산	도	분	초	자행 계산	도	분	초
근수	210	0	5	근수	111	41	39
319 일	243	16	12	319 일	207	43	48
5 시	2	44	42	5 시	2	43	19
39 분		21	25	57 분		21	14
평균운행경도	96	22	24	평균인수	322	30	0
근수(가)	2	47	40	근수(가)	2	47	40
보정경도[실경도(實經度)]	99	10	1	보정인수[실인(實引)]	325	17	37
달의 보정경도[실경도]에서 태양의 경도를 빼면 '달~태양'의 거리가 나옴.				보정인수[실인] 325도는 곧 10궁 25도.			

[표 5] 신미년(1631년) 달의 경도, 황경, 황위 구하기

이삼균수(二三均數)	도	분	초	강교점[정교]	도	분	초	
달의 보정경도(빼임수)	99	10	1	근수	332	1	5	
태양의 경도(뺄수)	313	9	47	319 일	16	53	32	
'달~태양'의 거리(차인수)	146	0	14	5 시			40	
차인수의 다른 표현 4궁	26	0	14	39 분			4	
차균수(가)		44	43	일시합산	16	54	16	
백도상에서 달의 경도	99	54	44	정교의 평균운행	315	6	49	
황도 동승도와와의 차(가)		6	21	교균(가)	1	39	26	
황도상에서 달의 경도	100	1	5	정교의 경도	316	46	15	
1. 차균수는 《역상고서》 <월리역리>의 4륜모델로 계산 값을 사용하고 있다. 2. 교균과 황적대거는 '달-태양 각거리'를 인수로 한 값이다. 3. 동승차는 '백도상 달~중교 각거리'와 '황적대거'를 이용하여 '황도상 달~중교 각거리'를 구하여 황도상의 달의 경도를 구한다. 4. 경도는 동지점 기준이기에 황경은 경도에서 90도를 빼준다.	황도상 달의 경도	100	1	5	달~정교의 도수	143	14	50
	반원주	180						
	달~중교의 도수	36	45	10				
	달의 황경	10	1	5				
	달의 황위(남)	3	3	0				
	백도 황도 사이각	5	4	26				

⑤ 달의 보정경도[실경도]가 태양의 경도보다 작아서 뺄 수 없음.

→360도를 더한 수를 빼임수[실(實)]로 삼아서 뺄.

⑥ 황도와 백도 사이의 거리는 5도4분26초이다.

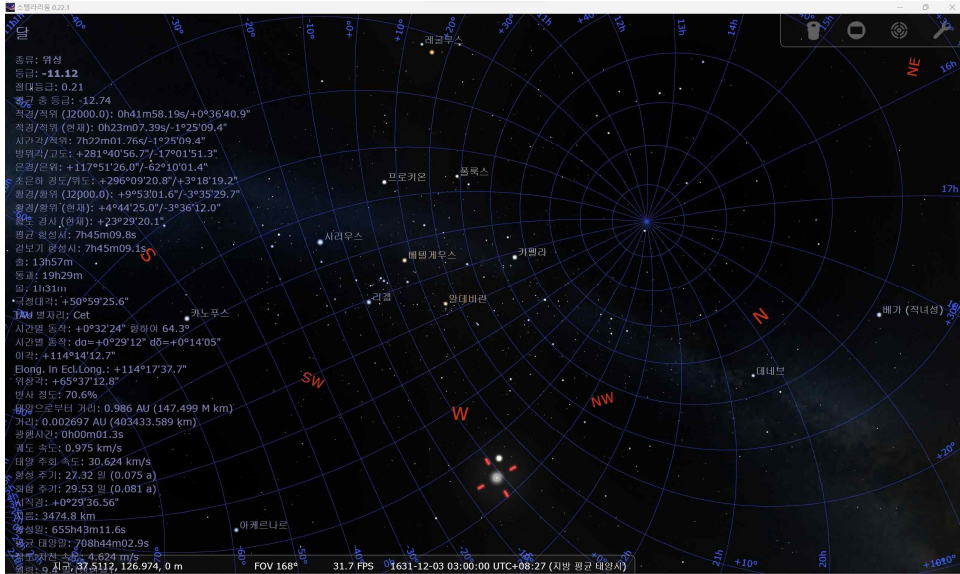
달이 중교에 못 미쳐 양력(陽曆)에 들어있으므로 '달~중교'의 거리를 이용하여, <황백거도표>에서 '황도~백도'의 거리값을 찾으면, 달의 위도 3도4분26초. 달이 황도 이남에 있다.

- ⑦ 앞에서 구한 ‘목성~동지’의 거리가 100도32분이고, ‘달~동지’의 거리가 100도1분이므로
경도차가 31분이고 위도차는 1도4분26초가 된다. 달이 목성을 가릴 수 없고 목성보다 남쪽에 있음.
- ⑧ 달의 원지점[월패]의 위치 계산법도 [표 6]과 같다.

[표 6] 신미년(1631년) 달의 원지점 위치 구하기

원지점(월패)	도	분	초	미
근수	98	19		
319 일	35	32	23	43
5 시		1	23	33
57 분			10	52
합	133	52	58	8
대량궁	13	52	58	8

⑩ [그림 9]는 ‘스텔라리움’을 이용한 1631년 12월 3일 3:00 UT 달과 목성의 위치를 보여 주고 있다.



[그림 9] ‘스텔라리움’을 이용한 1631년 12월 3일 3:00 UT 달과 목성의 위치

5. 나가면서

시헌력에서의 달 위치 추보는 그 방법이 현재 사용하는 방법과 같다. 단지 ‘가감차’를 얼마나 보정해 주느냐에 따라 정확한 위치를 추보하게 된다. 허원의 《세초류회》는 《송정역서》의 내용을 충분히 숙지하여 그 내용을 편찬하였지만 《역성고성》의 중요한 내용을 보충하고 있어서 《송정역서》와 《역성고성》의 중간 단계로 보인다.

달의 운행 추보에 있어서 황도상의 경도를 구할 때에는 이심률, 출차(evection), 변출(variation), 동승차가 보정되었고, 황도상의 위도 즉 황위의 경우에는 ‘교균’이라 불리는 황위 출차가 보정되었다. 따라서 현재의 달 운행 추보서도 가장 중요하게 생각되는 모든 ‘가감차’를 다 고려한 것이다. 그러나 현재 사용하는 값과 조금 차이는 난다.

시헌력의 완성인 《역성고성후편》의 달 추보 내용이 앞으로의 연구 과제이다. 또한, 이를 바탕으로 쓰여진 남병길의 《시헌기요》, 남병철의 《추보속해》의 달 위치 추보 내용도 매우 흥미롭다.



학술발표장 A (교육, 천문)



지오빅데이터의 재구성 - 학교 교육 현장으로의 적용 가능성에 대한 탐색 -

최윤성*¹

¹서울대학교 (clever123123@gmail.com)

요약

2022 개정 교육과정의 주요한 특징 중에 하나는 디지털, AI 소양 등을 강조할 뿐만 아니라 학생들의 역량을 증진시키는 것이다. 이와 관련하여 학교 현장에서 지구과학 교과교육에 적용 가능한 주제로 저자는 지오빅데이터에 주목하였다. 이 연구의 목적은 학교 현장에서 빅데이터 및 디지털 소양 함양에 도움을 줄 수 있는 실증적인 방안에 대해 탐색하는 것이다. KIGAM에서 운영하는 지오빅데이터 오픈 플랫폼에서는 지질도, 지체구조도, 한국의 지질노두 등 다양한 지질학적인 자료와 정보를 제공하고 있다. 국가지질공원 GIS 서비스에서 지질유산에 대한 보고서 등의 학술적인 자료 또한 누구나 쉽게 접속하여 확인할 수 있다. 본 연구에서는 QGIS (오픈 소스 지리 정보시스템) 프로그램을 활용하여 다양한 형태로 존재하는 지오빅데이터를 학교 교육 현장에 적용하기 위한 사례를 탐색하였다. 그 결과, 학교 교실환경에서 교과서 탐구활동 형태로의 적용 가능성 탐색, 야외학습환경에서 생소한 경험 공간(novelty space)에 대한 정보 제공, 가상학습환경을 배경으로 하여 개발한 가상현실 프로그램 적용 등이 있다. 향후 이 연구는 2022 개정 교육과정에서 강조하는 디지털 소양 함양 및 역량 강화를 위한 현실적인 방안이자 대표적인 사례로써 학술적인 의의가 있을 것이라 기대하는 바이다.

주요어 : 지오빅데이터, QGIS, 야외학습환경, 가상학습환경

감사의 글

2022년 KIGAM에서 진행한 지질자원 데이터 활용 및 인공지능 경진대회 아이디어 부분 최우수상 선정작 내용을 일부 수정 및 발전시킨 것임을 밝힙니다.

핵심광물 탐구에서 나타난 학생과 생성형 인공지능의 상호작용

정수임^{*1}, 김정찬², 신동희³

¹은행고등학교 (dinosue@korea.kr)

²한국지질자원연구원

³이화여자대학교

요약

본 연구는 생성형 인공지능인 챗봇을 활용해서 핵심광물을 탐구하는 과정에서 나타나는 챗봇과 학생의 반응, 그들 사이에서 일어나는 상호작용을 인식론적 측면에서 분석했다. 그 결과를 바탕으로 인공지능을 활용한 교수·학습 과정에서 유의해야 할 문제들을 교사의 역할, 교육의 목표, 지식의 속성 측면에서 논의했다. 이 연구를 위해 고등학생 19명을 대상으로 챗봇을 활용한 3차시 과학교육 프로그램을 진행했고, 학생들이 작성한 보고서를 분석했다. 그 결과, 학생의 질문은 형식적 측면에서 검색형 질문과 탈검색형 질문이 나타났고 내용적 측면에서는 대상에 대한 특성을 묻는 다양한 질문 외에도 여러 자료를 종합해서 판단할 것을 요구하는 질문도 나타났다. 대체로 학생들은 지향해야 할 것과 지양해야 할 것을 구분한 질문 전략을 갖추고 있었다. 챗봇의 답변은 일정한 형태를 갖추고 있었고, 대체로 서문, 본문, 결론 등의 3부분으로 나타났다. 특히 결론에는 내용에 대한 의견을 곁들인 논평이나 의견 등이 포함되어 있었고, 여기에는 가치 판단과 함께 과학의 본성이 나타났다. 챗봇과 학생의 상호작용은 학생이 챗봇의 답변에 대한 질문을 조직하는 과정에서 잘 드러났다. 답변 근거 여부에 따라 독립형, 파생형 질문으로, 포괄성 수준의 변화에 따라 상위적, 하위적, 병렬형 질문이 나타나기도 했다. 학생들은 챗봇의 답변에 비판적 사고기술이 포함된 질문으로 반응하기도 했다. 이러한 결과를 바탕으로 챗봇과 학생 사이에는 교사와 상호작용하는 일반적 수업과 달리 '제한된 상호작용'이라는 태생적 한계가 있음을 발견하고 이를 보완할 교사의 역할을 논의했고, 아울러 시를 활용한 학습의 목표 및 이들이 제공하는 지식의 속성을 함께 논의했다.

감사의 글

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

과학과 및 사회과 교사들의 생태전환교육에 대한 인식 및 실천

유은정*, 김기남, 김진아, 심현표, 유금복, 장윤정

한국교육과정평가원(geoscience@kice.re.kr)

요약

2022 개정 교육과정에서는 생태전환교육의 중요성을 강조하고 있다. 그러나 그 개념을 구체적으로 제시하고 있지 않는 상황에서도 일부 교사들은 학교 현장에서 생태전환교육을 이미 실천하고 있다. 이에 본 연구에서는 생태전환교육을 실천하고 있는 과학과와 사회과 교사들의 생태전환 교육에 대한 인식과 실천 양상을 살펴보고자 하였다. 과학 교과군에서는 지구과학, 생명과학 교사가, 사회 교과군에서는 윤리, 지리, 역사 교사가 각 과목당 4명씩 목적표집되어 총 20명의 교사를 연구 참여자로 선정하였다. 각 과목 내에서 이루어지는 생태전환교육의 특성을 정리한 후, 연구진 내 협의를 거쳐 공통된 범주를 추출하고, 추출된 범주를 토대로 각 과목의 특수성을 정리하였다. 연구 결과를 바탕으로 생태전환교육을 위한 교육과정 및 교수학습 구안의 토대를 마련하기 위한 논의 및 시사점을 제안하였다.

주요어 : 2022 개정 교육과정, 생태전환교육, 과학과, 사회과, 인식

과학과 교육과정에 반영된 민주시민 역량 분석

박영신¹, 이지연*²

¹조선대학교

²조선대학교 (wldus2129000@naver.com)

요약

우리 사회는 디지털 전환, 기후환경의 변화와 감염병 확산 등 빠르게 변화하고 있으며, 이러한 변화에 발맞추어 국가경쟁력을 확보하기 위해서는 미래사회에 직면하게 될 다양한 사회적 문제 상황을 비판적으로 당면하고 수많은 가짜뉴스 속에서 옳고 그름을 판단하며, 과학적인 논리 및 근거를 토대로 유연하게 대응할 수 있는 능력이 무엇보다도 중요(한국과학창의재단, 2022)하다고 할 수 있겠다. 제 4차 산업혁명 시대로의 진입 및 과학기술 혁신의 가속화에 따라 과학교육을 통한 미래세대의 핵심역량 강화 및 과학적 소양 함양의 중요성 부각하여 능동적으로 대응할 수 있도록 미래 사회 핵심역량을 함양할 수 있는 교육체제의 혁신으로 2022 개정 교육과정을 발표하였다. 이를 민주시민소양의 함양으로 개정교육과정에서 목표로 두고 있음을 알 수 있다. 본 연구에서는 (1) 기존의 민주시민소양틀 (Park et al., 2022)을 이 연구에서 10명의 자문을 반영하여 수정하였으며 (2) 이를 이용하여 과학과에서 민주시민소양 목표가 2015년 및 2022년 개정교육과정에서 어떻게 반영 및 변화되어 왔는지 파악하고 (3) 중고등학교 교과서 내용 기후변화, 자연재해, 및 신재생에너지 주제를 수정된 민주시민소양틀을 이용하여 민주시민소양의 반영정도를 파악하고자 한다. 먼저 자문을 통해 비판적 사고와 공감능력의 평가요소가 수정되었으며, 과학과에서 민주시민소양은 2015개정 교육과정보단 2022개정 교육과정에서 세분화된 목표로 제시되었다. 교과서에 반영된 민주시민소양은 비판적 사고, 자료 및 정보처리, 그리고 의사소통 및 협력이 지배적으로 나타났으며, 그 외에도 상대적인 반영은 작아도 모든 요소가 다 반영되었다고 할 수 있겠다. 이를 토대로 과학교육에 민주시민교육관련 제언을 제시할 수 있다.

주요어 : 민주시민교육, 과학과 교육과정, 과학교육, 기후변화, 교과서 분석

한탄강 세계지질공원 연천 지역의 ‘자기 안내식 해설’ 매체를 통한 스스로 이해 가능 정도: 이독성과 교육과정 관련성을 중심으로

김민지*¹, 김찬중², 유은정²

¹숙명여자고등학교 (kyminji@naver.com)

²한국교육과정평가원

요약

본 연구는 한탄강 세계지질공원 연천 지역의 ‘자기 안내식 해설’ 매체가 방문객이 이해하기 쉽고 배경지식 수준에 맞춰 작성되어 있는지를 살펴보는 데 그 목적이 있다. 이를 위해, 2022년 9월과 11월 두 차례에 걸쳐 한탄강 세계지질공원을 현장 조사하고, 지질 다양성이 높은 연천 지역의 지질명소 9곳에 존재하는 총 48개의 자기 안내식 해설 매체를 대상으로 이독성과 교육과정 관련성을 분석하였다. 연구 결과, 해설 매체 종류는 안내판이 가장 많으며 지질명소를 안내한 내용이 주를 이루었다. 해설 매체 텍스트의 분량은 12학년 과학 교과서보다 많고, 평균 어휘 등급은 2등급으로 11-12학년군 과학 교과서 수준과 유사하고, 복문의 비율이 높아 이독성이 다소 낮았다. 해설 매체에 포함된 그래픽의 종류는 사진이 가장 많고, 대부분 예시적 기능이며, 다중 구조 그래픽은 지질 형성과정을 이해하는 데 도움을 주었다. 해설 매체에서 사용한 과학 용어 중 86.3%가 2015 개정 교육과정의 ‘고체지구’ 영역에 포함된 용어를 사용하였으며, 교육과정에 포함된 과학 용어는 4학년 수준의 용어가 35.0%로 가장 많았다. 그러나 선택 교육과정인 11학년 수준의 용어가 26.6%로 두 번째로 많고, 전체 과학 용어 중 13.7%는 교육과정에 포함되어 있지 않은 용어이며, 지질명소에 따라 과학 용어의 수준 차이가 나타났다. 특히 안내판보다 홈페이지에 사용된 용어 수준이 일반적으로 높은 경향을 보였다. 본 연구 결과를 통해 지질명소와 해설 매체에 따라 방문객 스스로 이해하는데 어려움을 주는 요인을 구체적으로 파악할 수 있으며, 일반 관람객의 지질자원 교육을 활성화하고 지질학 분야의 발전을 기대할 수 있는 후속연구를 제언하였다.

주요어: 지질공원, 자기 안내식 해설, 이독성, 교육과정

다양한 암흑에너지 모형의 관측적 제한과 모형 성능 평가

박찬경*

전북대학교 (parkc@jbnu.ac.kr)

요약

플랑크 우주배경복사 자료와 바리온 음향 진동, 초신성, 허블 파라미터, 밀도 요동 성장률 자료를 사용하여 다양한 Λ CDM 우주 모형을 관측적으로 제한하였다. 여기에서 Λ CDM 모형은 우주상수(Λ) 기반의 암흑에너지와 차가운 암흑물질(CDM)으로 채워진 우주모형이다. 본 연구에서는 공간적으로 평탄한 우주 모형에는 멱급수 꼴의 기울기를 가진 초기 밀도 요동 파워스펙트럼을, 비평탄한 우주 모형에는 기울기가 없는 스펙트럼, 멱급수 꼴의 기울기를 가진 스펙트럼, 비평탄 인플레이션 모형으로부터 유도된 기울기를 가진 초기 밀도 요동 스펙트럼을 적용하였다. 관측 자료로 모형들을 제한한 결과, 기울기가 없는 초기 밀도 요동 파워스펙트럼을 가진 비평탄 모형은 플랑크 자료와 잘 맞지 않았다. 멱급수 꼴 기울기를 가진 비평탄 모형에서는 우주배경복사 자료와 비-우주배경복사 자료의 관측적 제한 결과 사이에 통계적으로 유의한 수준의 차이점이 발견되었다. 그러나 평탄한 모형에서는 두 가지 자료 사이에 큰 차이가 발견되지 않았다. 우주배경복사 자료와 비-우주배경복사 자료는 개별적으로는 공간적으로 닫힌 우주를 선호하는 것으로 보이지만, 두 자료를 함께 사용하면 비평탄한 우주를 선호하는 증거가 사라진다. 두 자료가 함께 사용할 경우, 우주 모형의 파라미터가 매우 정밀하게 측정되는데, 예를 들어, 평탄한 Λ CDM 모형의 허블 상수는 $H_0 = 68.09 \pm 0.38 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ 이며, 이는 현존하는 측정값 중에서 가장 정밀한 수준에 해당한다.

주요어 : 암흑에너지, Λ CDM 우주 모형, 초기 밀도 요동 파워스펙트럼, 허블 상수

실시간 온라인 학습을 위한 과학교사의 교수역량 프레임 워크 : 수업계획 및 실행을 중심으로

윤진아*¹, 남윤경²

¹부산대학교 과학교육연구소 (zenith@pusan.ac.kr)

²부산대학교

요약

세계의 많은 국가들은 교사들이 미래에 대비할 수 있도록 교사 전문성 개발에 집중하고 있다. 교사 전문성 개발은 테크놀로지시대에 보다 정교하고 유연한 교육 전략을 위해 더욱 중요해지고 있다. COVID-19의 세계적 확산으로 인한 온라인 교육 수요층 증대로 온라인 교육에서 학습자의 요구에 따른 맞춤형 교육 제공 또한 중요한 과제가 되고 있다. 학교 교육에서는 이미 테크놀로지가 통합되어 활용되어 왔지만, 이를 활용하여 교수 학습활동을 효과적으로 진행하기 위해서는 기존 교육을 온라인 환경으로 전환하는 방법을 탐색할 수 있는 기회와 함께 학생들이 정보에 접근하고, 의사소통하고, 학습하는 방식에도 변화가 요구된다. 실제 교사가 온라인 교육에 준비가 되어 있지 않으면 전통적인 교수법을 사용하는 경향이 있다. 교사 스스로가 학습에 대한 기술 사용의 관련성이나 가치를 인식하지 않거나, 자신의 교육적 신념에 따라 기술 사용을 진지하게 고려하지 않는다면 교실 상황에서 기술을 적절하게 활용하기 어렵다. 특히 온라인 맥락에서 교사의 교수 능력을 평가하는 것은 학습 목표 및 내용 설정, 학습자 특성 및 학습 활동 이해, 기술을 활용한 교수 설계 평가 등 교수의 상호 연관되고 복잡한 구성 요소를 다루기 때문에 어려움이 있다. 온라인 교육을 위한 유효하고 신뢰할 수 있는 프레임워크는 현직 교사가 효과적인 수업을 준비하는 데 도움이 될 뿐만 아니라 교사 교육자는 높은 역량을 갖춘 예비 교사를 준비하는 데 유용할 것이다. 이에 본 연구는 실시간 온라인 교사의 맥락에서 수업 계획과 실습을 모두 고려한 온라인 교수 역량 프레임워크(SO-TCF)를 제안하고자 한다. 본 연구의 연구절차는 다음과 같다. 온라인 교수역량을 정의하기 위해서는 전통적 수업역량 구성요소들을 중심으로 온라인 상황이기 때문에 요구되는 수업기술들을 구별하여 정리할 필요가 있다. 따라서 1단계로 수업설계와 실행측면에서 선행연구들이 제시하는 온라인 교수설계의 프레임 워크와 교육역량을 도출하였다. 이후 2단계로 대표적인 교수설계 모델인 ADDIE모델과 가네의 모델을 교수역량의 기본틀로 설정하고, 기존 온라인 교수역량 선행연구에서 제시하는 온라인 교수역량요소와 오프라인 교수역량을 비교함으로써 최종의 기본틀을 구성하였다. 3단계는 기본틀에 기초하여 예비교사들의 온라인 시연수업데이터(수업영상, 자기성찰지, 수업계획, 교수 및 동료 피드백)를 삼각검증법에 따라 분석하고 대조함으로써 기본틀의 내용을 보완하고 세분화 하였다. 이를 통해 실시간 온라인 수업에 필요한 역량이 무엇이며, 특히 오프라인 수업에서 강조되어 온 전통적 수업역량과 구별되는 실시간 온라인수업 상황에 대처하기 위해 필요한 역량이 무엇인지, 미흡한 부분은 무엇인지를 구체적으로 제시하고자 하였다. 최종적으로 4단계는 전문가 평가를 통한 타당성 검증을 실시하였고, 이를 통해 실시간 온라인 교수역량 프레임워크(SO-TCF)를 제안하였다.

주요어 : 온라인 교수역량 프레임워크(SO-TCF), ADDIE, 가네

STEM 분야 미래 인재 양성을 위한 STEM 생각교실 프로그램의 개발 및 적용

이효녕^{*1}, 이현동², 최호명¹, 전재돈¹

¹경북대학교 (hlee@knu.ac.kr)

²대구교육대학교

요약

이 연구의 목적은 중등학생의 수·과학 역량 강화를 위하여 **AI·SW 기반 STEM** 생각교실 프로그램을 개발하고 이를 중·고등학생들에게 적용하여 STEM에 대한 태도와 진로 인식 능력에 미치는 효과를 분석하는 것이다. **AI·SW 기반** 프로그램을 개발하여 중·고등학생 461명을 대상으로 수업을 실시하였으며, 설문에 동의한 학생 155명으로부터 데이터를 수집하여 효과를 검증하였다. 이 연구 결과를 정리하면 다음과 같다. 첫째, **AI·SW 기반 STEM** 프로그램은 수·과학 수업 대체용 4종의 프로그램 20차시를 개발하였고, 3종의 자유학기제 프로그램 15차시를 개발하였다. 둘째, 프로그램 투입 전과 후 STEM에 대한 태도, 진로 인식에 대하여 설문을 실시한 결과 STEM에 대한 태도에서는 하위 요인인 인식과 능력에서 유의미한 변화를, 진로 인식에서는 과학, 수학, 기술/공학 교과 모두에서 진로 선택에 대한 유의미한 차이가 나타났다. 중등학생들의 과학, 수학, 기술/공학에 대한 역량 향상과 이와 관련된 진로 선택 인식을 향상하기 위해서는 학교 현장에 적합한 STEM 교육 프로그램을 개발하고 확대 적용할 필요가 있다.

주요어 : STEM 생각교실, 교수학습, STEM 태도, 진로 인식

감사의 글

이 연구는 과학기술정보통신부와 한국과학창의재단 지원을 받아 경북대학교 과학영재교육원 STEM+ 생각교실 사업으로 수행되었음.

지진 빅데이터를 활용한 과학 탐구 프로그램의 개발과 적용

최하늘^{*1}, 신동희¹

¹이화여자대학교

요약

과학교육의 핵심 목표인 과학적 탐구 능력의 개발은 학생들이 과학적 문제 해결을 위해 다양한 방법으로 증거를 수집, 해석, 평가하여 새로운 과학 지식을 얻거나 의미를 구성하는 능력을 키우는 것이다. 이를 위해 다양한 유형의 과학적 탐구 기능이 제시되었고, 그 중 자료 변환 및 해석과 같은 통합 탐구 기능은 과학 지식의 획득과 과학 탐구의 본성을 이해하기 위한 필수 기능으로 인정되고 있다. 한편, 4차 산업혁명에 힘입어 빅데이터 기술이 고도로 발달하면서 교육을 비롯한 다양한 분야에서 빅데이터 활성화 위한 방안이 마련되고 있다. 교사와 학생들은 개방형 데이터를 활용함으로써 인위적인 활동 대신에 실생활 이슈와 밀접하게 관련된 과학 탐구 활동을 경험할 수 있게 되었으며, 과학적 탐구 기능의 중요성이 더욱 강조되었다. 본 연구의 목적은 지구과학적 현상에 대한 빅데이터를 활용한 과학 탐구 프로그램을 개발, 적용하여 빅데이터에 대한 고등학생의 탐구 과정을 살펴보는 것이다. 이를 위해 미국의 Seismological Facility for the Advancement of Geoscience에서 제공하는 전 세계 최신 지진 데이터 25000건을 탐구 소재로 활용하여 개방형 데이터의 형식으로 학생들에게 제공되었다. 총 3차시로 개발된 지진 빅데이터 탐구 프로그램은 서울 소재의 고등학교 1, 2학년 학생들에게 적용되었으며, 학생들이 직접 작성한 연구 일지와 연구자가 기록한 관찰 일지를 토대로 연구 자료가 수집, 분석되었다. 연구 결과, 교수자의 안내가 거의 없는 열린 상황에서 학생들은 데이터를 분석하기 위한 도구로서 귀납적 추론과 연역적 추론을 활용하였으며, 지구과학 탐구 성격을 반영하는 귀추적 추론은 활용하지 않았다. 지구과학 탐구 활동에서 학생들의 빅데이터 분석과 추론의 사례를 살펴본 본 연구는 미래 사회 기술의 변화와 함께하는 지구과학 탐구에 의미있는 방향을 제시한다.

주요어: 지진, 빅데이터, 지구과학교육, 과학적 추론, 지구과학 탐구

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



학술발표장 B (대기, 지질, 해양)



딥러닝을 이용한 MJO 예측 향상

김혜미*

이화여자대학교 (hyemi.kim@ewha.ac.kr)

요약

열대지역 계절내 변동(subseasonal variability)의 주요 기후 모드인 매든-줄리안 진동(Madden Julian Oscillation)은 원격상관을 통해 전지구 날씨에 영향을 주고 받으며, 전지구 계절내 변동 예측성의 주요 소스의 역할을 한다. MJO는 대규모 대기 순환과 심층 대류가 결합된 시스템이며 인도양에서 중앙 태평양으로 동진하는 특성을 가진다. 그러나, 이러한 특성이 현업 예측 시스템에서는 모의가 되지 않고 있어, 전지구 계절내 예측성을 저하시키는 원인이 된다. 이는 현업 수치 모델의 구조적 오차(systematic error)와 관련되어 있다. 이 연구에서는 MJO의 예측 오차, 특히 동진과 관련된 MJO의 오차를 다양한 딥러닝 기법을 통해 오차 보정하는 연구를 진행하였다. MJO index의 오차 보정을 통해 현업 모델의 4주 평균 MJO 예측 에러가 70% 이상 감소하였으며, MJO의 동진 현상도 개선이 되었다.

참고문헌

H. Kim, Y. G. Ham, Y. S. Joo, S. W. Son, 2021: Deep Learning for bias correction of MJO prediction, Nature Communications, 12, 3087

한반도 영향 열대저기압 특성과 태평양 10년 주기 변동(PDO) 간 계절별 상관관계

주진완¹, 박두선^{1,2}

¹경북대학교 (wnwlsdhkss@gmail.com),

²경북대학교 (dsrpark@knu.ac.kr)

요약

열대저기압은 인명과 재산에 큰 피해를 초래하는 중요한 기상현상이다. 여러 선행연구에서는 태평양 10년 주기 변동(PDO) 과 한반도 영향 열대저기압 활동(상륙빈도 및 상륙강도) 사이의 상관성에 주목하였다. 이 중, 6-10월 사이의 한반도에 영향을 미치는 열대저기압의 빈도수는 PDO와 음의 상관관계를, 강도는 PDO와 양의 상관관계를 갖는다고 보고되었다. 그러나 선행 연구에서 정의된 태풍 시즌은 여름철과 가을철을 구분하지 않아 계절별 상관성의 차이를 명확하게 파악할 수 없었다. 본 연구에서는 한반도 영향 열대저기압 활동을 여름철(7-8월)과 가을철(9-10월)로 구분하여 PDO와의 관계를 분석하였다. 그 결과로, 여름철에는 PDO와 상륙 강도 사이에 뚜렷한 양의 상관관계가 있음을 확인하였으며, 반면 가을철에는 PDO와 상륙 빈도 사이에만 강한 음의 상관관계가 나타났다. 본 연구에서는 또한 계절별 상관성의 차이가 나타나는 원인에 대해서 분석을 수행하였다.

주요어 : 열대저기압, 태평양 10년 주기 변동, 한반도, 빈도수, 강도

감사의 글

이 연구는 기후 및 기후변화 감시·예측정보 응용 기술개발 사업(KMI2022-01312)의 지원으로 수행되었습니다.

위성 자료를 활용한 여름철 북태평양 고기압 변동 특성

위지은*¹, 변재영², 문병권¹

¹전북대학교 (jieunwie@gmail.com),

²국가기상위성센터 위성기획과

요약

동아시아 여름 몬순은 북태평양 고기압과 밀접한 연관이 있으며, 북태평양 고기압의 활동성을 미리 진단하는 것은 매우 중요하다. 이 연구는 천리안 2A 위성의 운량 자료를 활용하여 여름철 북태평양 고기압의 변동 특성을 분석하였다. 분석 기간은 위성 자료가 존재하는 2020-2022년 여름철이며, 먼저 일평균을 구하고 분석 기간에 대한 아노말리를 계산하여 분석을 수행하였다. 동아시아 지역에 대해 경험적 직교 함수(empirical orthogonal function)의 4가지 변동 모드로 분류하였다. 첫 번째 모드는 운량의 동아시아 전 지역 변동 모드, 두 번째와 세 번째 모드는 각각 열대 지방의 영향과 고위도 지방의 영향이며, 네 번째 모드는 종관규모 저기압의 이동과 관련이 있었다. 첫 번째 모드는 보닌 고기압(Bonin high)와 관계된 고기압 강도 변화 및 동아시아 강수 밴드 강약과 관계가 있었다. 두 번째 모드는 서태평양 아열대 고기압의 발달에 따른 강수밴드의 북상과 관련이 있었다. 세 번째 모드는 북대서양으로 부터 wave train의 전파와 관계된 북태평양 고기압 변동과 관련이 있었다. ERA5 재분석 자료 분석 결과 위성 자료의 첫 번째 모드인 동아시아 전 지역의 운량 변동 모드는 출현하지 않았다. 이 연구는 천리안 2A 위성자료가 동아시아 여름 몬순 변화를 진단하는데 활용될 수 있음을 시사한다.

주요어 : 천리안위성 2A, 북태평양 고기압, 동아시아 여름몬순

감사의 글

이 연구는 국가기상위성센터의 ‘기상위성 예보지원 및 융합서비스 기술개발’ 과제의 지원으로 수행되었습니다. (KMA2020-00121)

2017년 7월 황해에서 발달한 대류운의 액상 화학 반응에 대한 WRF-Chem 모델링 연구

조재희¹, 김학성*²

¹한국교원대학교 자연과학연구소,

²한국교원대학교 (envir007@knue.ac.kr)

ABSTRACT

Meteorological processes are investigated during the development of deep convective clouds over the Yellow Sea inside a quasi-stationary rainy front in the East Asian region. WRF-Chem simulations were conducted to assess the PM_{2.5} concentrations and hydrometers to the cloud microphysical process in deep convective clouds and the associated precipitation. A reduction in the south-north air temperature gradient induced an inactive quasi-stationary rainy front with nonlinear zonal clouds during the Changma period in the East Asian region in 2017, causing intensified surface heating by solar radiation. A mesoscale cyclone was formed near the Shantung Peninsula inside the inactive quasi-stationary rainy front, extending the eastward tongue of the troughs across the Yellow Sea. Deep convective clouds (CC16 on July 16, CC17 on July 17, and CC18 on July 18) formed in a severe mode on the east side of the mesoscale cyclone over the Yellow Sea at midnight as a warm type, as the warm and humid south-southwesterly winds present at that time produced convection energy. In addition, PM_{2.5} from eastern China flowed into warm-type CC16, CC17, and CC18 areas, with the PM_{2.5} scavenging to produce cloud droplets below 500 hPa. In contrast, cloud-borne PM_{2.5} created by in-cloud chemistry intensified updrafts by releasing additional condensation heat under efficient environmental cooling at nighttime, promoting cold-type ice production to a top convection height of 15 km. It was found that WRF-Chem simulated PM_{2.5} enhanced the precipitation over 10 mm hr⁻¹ with regard to developing cold-type convective clouds.

Keyword : Inactive rainy front, Cold-type convective cloud, Meteorological process, Aerosol indirect effect, PM_{2.5} contribution

감사의 글

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

UKESM-TOPAZ piControl 실험 결과 분석

강진희*¹, 이효미², 위지은¹, 안은지¹, 심성보³, 정주용³, 변영화³, 문병권¹

¹진북대학교 (k_gini9924@jbnu.ac.kr)

²한국해양과학기술원 해양순환기후연구부

³국립기상과학원 기후변화예측연구팀

요약

기상 및 기후변화는 대기권, 수권, 지권, 빙권, 생물권 등 구성 요소 간의 다양한 상호작용의 결과로 나타난다. 미래 기후변화를 이해하고 예측하기 위해 지구시스템 모델의 개발이 중요하며, 최근 지구시스템 모델들은 기후 모의의 불확실성을 줄이기 위해 해양-생지화학 과정을 고려하고 있다. 이 연구는 영국 지구시스템 모델인 UK Earth System Model (UKESM)에 해양-생지화학 모듈인 Tracers of Ocean Phytoplankton with Allometric Zooplankton (TOPAZ)이 결합된 UKESM-TOPAZ 모델의 piControl 실험 결과를 분석하였다. 250년 적분 자료를 분석했을 때, 관측과 비교하여 열대 태평양 및 중위도 해역에서 음의 해수면 온도 편차가 나타났고, 약 4년의 주기로 엘니뇨 남방진동이 나타났다. 또한 양 극지(45-90°S, 45-90°N)에서 강한 음의 기온 편차가 보였는데, 이와 더불어 극지 해빙의 증가, 대기 대순환의 편차 그리고 대서양 자오면 순환의 약화 등이 확인되었다. 모델의 강한 음의 기온 편차를 해결하고, 장기 적분을 통해 모델이 안정화된다면, 앞으로의 미래 기후변화 연구에 활용될 것으로 기대한다.

주요어 : 기후변화, 지구시스템 모델, UKESM-TOPAZ, piControl 실험

감사의 글

이 연구는 기상청 국립기상과학원 「기상업무지원기술개발연구」 "신기후체제 대응 기후변화시나리오 개발·평가(KMA2018-00321)"의 지원으로 수행되었습니다.

WRF 모델을 이용한 2021년 10월 한반도 폭염사례 모의 : 태풍 민들레(2116)를 중심으로

윤세민*¹, 위지은¹, 문병권¹
¹전북대학교 (seminy@jbnu.ac.kr)

요약

2021년 10월 1일부터 15일 한반도에서는 이례적인 가을 폭염이 나타났다. 그러나 아직 이와 연관된 기작이 명확하게 밝혀지지 않았다. 여기서 우리는 2가지 WRF (Weather Research and Forecasting) 모델 실험을 통해 태풍 민들레(2116)가 이때의 폭염에 미친 영향을 분석하였다. 첫 번째 실험인 TC 실험은 현실인 10월 폭염을 재현한 실험이며 두 번째 실험인 TC-removed 실험은 TC 실험과 동일한 조건에서 태풍 바람을 제거한 실험이다. 각 실험은 4개의 앙상블로 구성되었으며 실험 기간은 태풍이 존재하는 기간이 포함되어있는 9월 23일부터 11월 1일이며, 분석 기간은 태풍이 소멸하고 이틀 후인 10월 4일부터 8일이다. 분석 기간동안 TC 실험은 TC-removed 실험에 비해 한반도 지표 기온을 약 1°C 높게 모의하였다. 열역학 방정식 분석으로 이 온도 증가는 태풍의 영향으로 북서 태평양에서 불어오는 온난 이류와 연관됨을 알 수 있었다. 우리의 결과는 한반도 극한 기온 예측에 있어 태풍의 변화도 고려해야 한다는 것을 시사한다.

주요어 : WRF 모델, 가을 폭염, 태풍, 온도 이류

감사의 글

본성과는 환경부의 재원을 지원받아 한국환경산업기술원 "신기후체제 대응 환경기술개발사업"의 연구개발을 통해 창출되었습니다. (2022003560001)

인회석 Fission-track 연대측정을 통한 남해 제주분지의 지열사 해석

최대진*

한국교원대학교 (tchoi@knue.ac.kr)

요약

이 연구에서는 인회석의 핵분열비적 연대측정 방법을 이용하여 남해 제주분지의 지열사를 복원하였다. 제주분지는 한반도 남해 제주도 남쪽에 분포하는 해양분지로, 동중국해분지의 북동쪽 연장부에 해당하며 퇴적 시기는 백악기부터 플라이오세까지이다. 제주분지에 관한 연구는 에너지자원개발과 관련하여 탐사가 시작된 이후 간헐적으로 이루어졌으나, 아직 분지 발달 과정이 정립되지 않았다. 이에 이 연구에서는 제주분지의 퇴적 이후 지열사를 규명하기 위하여 제주분지 퇴적물 시료에서 추출한 인회석의 핵분열비적 연령을 분석하였다. 핵분열비적 연대측정(fission-track dating)은 열연대학적 연구방법 중 하나로, 광물이 특정 온도 이하로 냉각된 시기와 냉각된 속도에 관한 정보를 제공한다.

핵분열비적 연대측정을 위하여 남해 제주분지에서 시추된 V-3과 VII-1, VII-2 코어의 커팅 시료를 채취하여 심도별로 7개의 시료로 병합한 뒤 인회석을 추출하여 분석하였다. 분석 결과 남해 제주분지의 인회석 시료들은 핵분열비적 연령의 $P(\chi^2)$ 값이 0으로 나타나며, 이는 모암의 핵분열비적 연령이 완전히 초기화될 정도로 가열되지 않았다는 점을 지시한다. 다만 7개의 시료 중 가장 얕은 심도인 V-3코어의 1000-1020m 시료(V-3-1)와 가장 깊은 심도인 VII-2 코어의 2603-2699m 시료(VII-2-2)는 인회석의 핵분열비적 연령과 길이분포를 이용한 시간-온도 모델링이 가능하였다. 이 중 V-3-1 시료의 모델링 결과는 제주분지에 퇴적물을 공급한 유역의 온도 변화를 나타내는 것으로 생각되는 반면, VII-2-2 시료의 모델링 결과는 8-5 Ma 시기 동안 약 800m 가량의 삭박(지온구배 27°C/km 기준)을 지시한다. 이는 기존 연구들에서 제시한 제주분지 퇴적층의 삭박 시기와 일치하는 결과이며, 동중국해분지의 Longjing운동의 영향이 제주분지까지 미쳤음을 시사한다.

주요어 : 인회석; 핵분열비적 연대측정; 제주분지; 지열사

Geochemical signatures of barite and talc from the serpentinization-driven hydrothermal vents in the Central Indian Ridge

Jihun Kim^{1,2*}, Dhongil Lim^{1,2}

¹Korea Institute of Ocean Science & Technology, Busan, 53201, Republic of Korea (jhkim1010@kiost.ac.kr)

²University of Science & Technology, Daejeon, 34113, Republic of Korea

ABSTRACT

New active hydrothermal vent fields were recently discovered in the middle region (8°S - 14°S) of the Central Indian Ridge (CIR) during deep-sea exploration conducted by the Korea Institute of Ocean Science & Technology. The Onnuri hydrothermal vent field (OVF), in particular, is a typical off-axis ultramafic-hosted system, located on the summit of the dome-like ocean core complex. The abundant occurrence of talc and barite grains, not previously reported in CIR hydrothermal sediments, is intriguing for the off-axis OVF hydrothermal vent. Talc grains with pure end-composition and boxwork-like microstructure are interpreted as being directly precipitated from Si-rich hydrothermal fluids that seep out from the serpentinized-peridotites/gabbro reaction zone. This interpretation is further supported by the ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr ratios (0.70656 - 0.70825) for talc samples, which are similar to (but slightly less than) the ratio of present-day seawater (0.70917). Barites, which occur in a typical rosette morphology consisting of tabular or plate crystals with mainly hexagonal forms, have average contents of 78.5 ± 5.0% for Ba, 21.0 ± 3.8% for S, and 4.5 ± 1.3% for Sr. Their δ³⁴S and ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr values ranged from +21.2 to +23.0‰ and 0.70569 to 0.70753, respectively, which are comparable with their values (+21.0 ± 0.2‰ for δ³⁴S and 0.70917 for ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr) of present-day seawater. The occurrence and geochemical compositions of barite and talc support that the OVF is a high temperature hydrothermal circulation system (possibly > 250°C) driven by the serpentinization of peridotites including partly gabbros. [This conference presentation is partly based on a paper published by Lim and Kim et al. 2022. Characterization of geochemistry in hydrothermal sediments from the newly discovered Onnuri vent field in the middle region of the Central Indian Ridge. *Frontiers in Marine Science*, 9, 810949]

Keywords : hydrothermal sediments, barite, talc, serpentinization, Central Indian Ridge

GOCI2 위성 자료를 활용한 표층 해류 산출 알고리즘 개발

김희영*¹, 박경애²

¹서울대학교 (heeyoungkim@snu.ac.kr),

²서울대학교

요약

표층 해류는 해양 환경 및 기후 연구에 핵심적인 정보를 제공하며 해양 생태계 및 자원 관리에 영향을 미치는 중요한 역할을 한다. 실측 자료로부터 표층 해류에 대한 지속적이고 정확한 정보를 얻는 것은 여러 가지 제약으로 인해 어려운 과제 중 하나이다. 본 연구에서는 위성 정보를 활용하여 표층 해류를 산출하는 알고리즘을 조사하고, 기법별로 이를 비교하며, 한반도 주변 해역에 가장 최적화된 표층 해류 산출 알고리즘을 개발하고자 한다. 2020년 2월 발사되어 한반도 주변 해역을 약 250 m / 1시간의 고해상도 성능으로 관측하고 있는 Geo-KOMPSAT 2B의 Geostationary Ocean Color Imager 2 (GOCI2) 자료를 입력 자료로 활용하였으며, 형상 추적 기법, 미분 기반 기법 등 다양한 표층 해류 산출 알고리즘을 적용하여 한반도 주변해역의 표층 해류를 산출하였다. 산출된 표층 해류의 정확도는 표층 뜰개 자료로부터 계산한 해류와의 비교를 통해 검증되었다. 위성 고도계 자료로부터 계산된 지형류와 정성적인 비교를 수행하였고, 정확도 평가 및 해역별 특성을 파악하여 위성 산출 표층 해류장의 변동 특성을 파악하고자 하였다.

주요어 : 표층해류, GOCI2, 형상 추적 기법, 미분 기반 기법, 표층 뜰개 해류



학술발표장 C (해양, 비대면 학생 포스터)



동남극 테라노바 만 난센 빙붕의 해양 기저 용융에 대한 중규모 소용돌이의 영향

이진호*¹, 문재홍^{1,2}, 김태균², 진경³

¹제주대학교 (262mistr@kmail.com)

²제주대학교

³극지연구소 빙하환경연구본부

요약

해양-빙붕 상호작용의 결과인 빙붕의 기저 용융(basal melting)은 남극 빙하 질량 손실의 절반 이상을 차지하는 주요한 열역학적 프로세스로, 빙붕 하부 공동(cavity)로 유입된 해수에 의해 발생한다. 그러나 한정된 시공간적 관측으로 인하여 빙하 질량 변화와 관련된 역학의 이해가 제한적이다. 특히, 매우 제한적인 빙붕 하부의 현장 관측은 빙붕 하부 해양의 특성을 평가하기 어렵게 하고 있다. 남극 로스해 서안에 위치하며 약 3000 km²의 규모를 갖는 테라노바 만(Terra Nova Bay, TNB)은 폴리나 활동과 더불어 로스 해에서 생성되는 고염대 룩봉수의 약 33%를 차지하는 해역으로, 수괴의 계절 변동성이 큰 곳이다. TNB 서쪽에 위치한 난센 빙붕(Nansen Ice Shelf, NIS)은 TNB 해역의 수괴 변동으로 인해 기저 용융의 시공간적 변동이 큰 빙붕이다. 특히 남반구 여름철, NIS 전면에서 형성되는 중규모 소용돌이가 NIS 공동으로 해수를 이동시켜 NIS 용융의 국지적 변동을 발생시킬 수 있을 것으로 제안된 바 있다. 본 연구에서는, 해양과 빙붕의 물리학적 상호작용이 고려된 고해상도 3차원 해양순환모델을 사용하여 남반구 여름철 TNB 해역과 중규모 소용돌이를 재현하고, NIS 용융의 국지적인 공간 변동을 알아보았다. 수치모델을 통해 재현된 TNB 해역의 해황과 소용돌이는 동 시기 관측 및 선행연구와 비교하여 유사한 분포를 확인하였다.

본 연구 결과는 TNB 폴리나에 출현하는 중규모 소용돌이가 TNB의 국지 순환을 지배하며, TNB 내 평균 해류의 수평 분포를 변화시켜 NIS 빙단(front) 기저 용융의 공간적 변동을 초래함을 보여준다. 해수면 고도의 EOF(Empirical Orthogonal Function) 분석 결과, NIS 전면에서 주기적인 고기압성(시계방향) 및 저기압성(반시계방향) 중규모 소용돌이가 출현하였다. 저기압성 소용돌이가 존재할 때 빙단 남쪽 부분에서 높은 용융률이 나타났으며, 이는 TNB 남쪽 경계인 드라이갈스키 빙설을 따라 TNB 내로 서진하다 NIS 전면에서 북상하는 표층 평균 해류가 저기압성 소용돌이에 의해 빙단 남쪽의 공동으로 유입되기 때문이다. 반면, 고기압성 소용돌이가 존재할 때 표층 평균 해류는 고기압성 소용돌이에 의해 북쪽으로 전향되었으며, 기저 용융률은 빙단의 동북쪽에서 높게 나타났다. NIS 기저 용융률의 EOF 분석 결과 또한 중규모 소용돌이의 변동 주기에 따라 쌍극자 분포의 공간 변동성을 나타내었으며 이는 여름철 표층 해수의 유입 방향이 소용돌이에 의해 다르게 나타남을 시사한다. 본 연구는 TNB 해역의 중규모 소용돌이에 의해 연안을 따라 흐르는 표층 평균 해류의 변동이 발생하며, NIS 공동으로 향하는 여름철 표층수의 유입 방향과 기저 용융의 공간 분포가 변화하였음을 보여준다.

주요어 : 난센 빙붕, 기저 용융, 중규모 소용돌이, 남극 표층수

대규모 대기 변동성에 대한 로스 해 대륙붕 염분 수지의 반응

추성호¹, 김태균¹, 문재홍*¹, 진경²

¹제주대학교 (tigerchoo@gmail.com)

²극지연구소 빙하환경연구본부

요약

남극 대륙붕에서는 다양한 특성을 가진 수괴의 혼합을 통해 전지구 역전 순환의 하부 셀을 구성하는 주요 성분인 남극저층수(Antarctic Bottom Water; AABW)가 형성되는데, 이에 연관된 수괴의 혼합 특성과 변동 기작을 이해하는 것은 해양 뿐만 아니라 지구적인 기후 시스템의 이해를 위해 매우 중요한 부분이다. 남극 대륙붕 해역에서 계절에 따른 해빙의 용융과 빙결의 변화로 나타나는 염분 플럭스의 변화 및 대륙붕과 외해의 해수 간 열염 교환은 연안의 해수 분포 특성을 비롯하여 지형과 해류에 의해 결정되며, 이는 해양 표층에 작용하는 대기 강제력의 영향을 크게 받는다. 대표적으로 남극해에 영향을 주는 대규모 대기 변동성으로는 남반구 환형 모드(Southern Annular Mode; SAM)와 남방진동(Southern Oscillation; SO)이 있으며, 본 연구는 이러한 대기 변동성에 의한 남극 대륙붕 해역에서의 해양 순환과 수괴 형성 및 변질의 변동성을 파악하고 그 기작을 밝히고자 한다.

세계에서 가장 큰 빙붕과 가장 넓은 남극 대륙붕이 존재하는 로스 해는 남극의 폴리냐 중에서도 가장 많은 해빙을 생산하는 로스 빙붕 폴리냐와 테라노바 만 폴리냐가 위치한 해역으로 상당량의 고염대륙붕수(High Salinity Shelf Water; HSSW)와 빙붕수(Ice Shelf Water; ISW)가 형성될 뿐 아니라, AABW의 주요 공급원인 고밀도 대륙붕수(Dense Shelf Water; DSW)가 생성되는 해역이다. 그리고 아문센 해는 지형적 특성으로 나타나는 해류와 계절에 따른 풍계 변화를 통해 로스 해의 순환과 해수 특성 변화에 큰 영향을 미치는 해역이다. 본 연구에서는 로스 해와 아문센 해를 중심으로 해양과 빙붕의 물리학적 상호작용을 고려한 해양순환 모델을 구축하여 민감도 실험을 수행하였으며, 이를 통해 대규모 대기 변동 특성에 대한 로스 해의 해수 특성 변화에 대하여 분석하였다. 민감도 실험은 SAM 또는 SO 지수와 대기 변수 간의 선형 회귀 분석으로 각 지수의 위상(phase)에 따른 조합을 독립적으로 반영하도록 구축하였다. 그리고 대기 강제력의 기후장을 이용한 제어(control) 실험 결과를 기준으로 각 실험 결과와의 비교를 통해 SAM 또는 SO의 변동성에 따른 로스 해 대륙붕 해역의 해수 특성 변화를 분석하였다. 고위도 해역은 전체적으로 수온 경도가 낮고 염분이 해수의 밀도를 결정하는 경향이 강하기 때문에 염분을 중심으로 살펴보았으며, 각 실험에 따른 염분 변화의 원인과 기여도를 정량화하기 위하여 염분 수지(salinity budget) 분석을 수행하였다. 이러한 연구를 기반으로 미래 기후변화 시나리오에서 나타나는 대규모 대기 변동성의 특성 변화에 따른 로스 해의 반응을 예측할 수 있을 것으로 예상되며, 궁극적으로 로스 해에서 형성되는 AABW의 밀도와 양의 변화를 추정함으로써 열염순환의 변화 경향을 전망하는 데에 기여할 것으로 기대된다.

주요어 : 로스 해, 염분 수지, 남반구 환형 모드, 남방진동

Spatiotemporal variability in ocean-driven basal melting of cold-water cavity ice shelf in Terra Nova Bay, East Antarctica: Roles of tide and cavity geometry

Taekyun Kim¹, Ji-Seok Hong², Emilia Kyung Jin³, Jae-Hong Moon¹, Sang-Keun Song¹, and Won Sang Lee³

¹Jeju National University (tkkim79@gmail.com)

²Korea Institute of Ocean Science and Technology,

³Korea Polar Research Institute

ABSTRACT

Mass loss from ice shelves occurs through ocean-driven melting regulated by dynamic and thermodynamic processes in sub-ice shelf cavities. However, the understanding of these oceanic processes is quite limited because of the scant observations under ice shelves. Here, a regional coupled sea-ice/ocean model that includes physical interactions between the ocean and the ice shelf is used as an alternative tool for exploring ocean-driven melting beneath the Nansen Ice Shelf (NIS) which is a cold-water cavity ice shelf located beside Terra Nova Bay (TNB) in East Antarctica. For the first time, this study identifies the spatiotemporal variability signatures for different modes of ocean-driven melting at the base of NIS. In February (austral summer), basal melting substantially increases where the ice shelf draft is relatively small in the vicinity of the ice shelf front, contributing 78% of the total NIS melting rate. As the dominant source of NIS mass loss, this melting is driven by tide-induced turbulent mixing along the sloping ice shelf base and summer warm surface water intruding beneath and reaching the shallow parts of the ice shelf. In contrast, the NIS has relatively high basal melting rates near the grounding line in September (austral winter) primarily because of the intrusion of high-salinity shelf water produced by polynya activity in TNB that flows into the cavity beneath NIS toward the deep grounding line. Of the total melting rate of NIS in winter, 36% comes from regions near the grounding line. In addition, the contributions of tides and realistic cavity geometry to NIS basal melting are identified by conducting sensitivity experiments. Tidal effects increase the melting of NIS throughout the year, particularly contributing as much as 30% to the areas of ice draft shallower than 200 m in summer. Sensitivity results for uncertainty in cavity geometry show that spurious vertical mixing can be locally induced and enhanced by interaction between tides and the unrealistic topography, resulting in excessive basal melting near the NIS frontal band. The sensitivity experiments have shown that tides and realistic cavity geometry bring a significant improvement in the estimation of basal melt rates through a numerical model.

Key words: Ocean - ice shelf interaction, Ocean-driven basal melt, Cold-water cavity ice shelf, Tracer experiments, Numerical simulation, Antarctica

Occurrence of subsurface eddy in Terra Nova Bay and its impact on basal melting of Nansen Ice Shelf

Ji Yeon Go¹, Taekyun Kim², Jae-Hong Moon^{2*}, Jinho Lee¹, and Emilia Kyung Jin³

¹Jeju National University (ehowlwjaxhd@gmail.com)

²Jeju National University

³Korea Polar Research Institute

ABSTRACT

Terra Nova Bay polynya (TNBP) in the western Ross Sea is one of important source regions of high-salinity shelf water (HSSW), occupying 33% of HSSW production in the Ross Sea. The TNBP produces the saltiest HSSW in the Ross Sea and is upstream pathway of the bottom water export from the western Ross Sea. Moreover, a cold-water cavity ice shelf (Nansen Ice Shelf, NIS) is located beside the TNBP and therefore oceanic processes in the TNBP are driven the melting at the base of NIS, creating ice shelf water (ISW). The mixing of near freezing-point shelf waters (HSSW and ISW) with relatively warm and salty intermediate waters (Circumpolar Deep Water/ modified CDW) forms Antarctic Bottom Water which is a key component of the lower cell of the meridional overturning circulation. Therefore, it is very essential to understand the water mass circulation in the TNBP and its interaction with NIS. Although because of the significance of the region a number of studies has been performed in recent years, they mainly focused on the large-scale variabilities (i.e., seasonal or interannual variabilities in water mass circulation and basal melting). However, high-frequency variabilities in oceanic process (meso- and submesoscale eddies) in the TNBP are recently detected and it has been proposed that the coastal eddies may deliver warm surface water beneath ice shelves to drive localized melt and trigger fracturing.

The goal of this study is to better understand role of submesoscale eddies in ice shelf cavity-ocean exchange which could affect the ice shelf stability. Particularly we focus on the subsurface cyclonic eddy in the summer months which deepens the warm surface water layer as well as upwelling HSSW. The occurrence and evolution of subsurface eddies, and consequently its impacts on ice shelf basal melting are explored by using a high-resolution regional coupled sea-ice/ocean model that includes physical interactions between the ocean and the ice shelf. Our model results show that a submesoscale cyclonic eddy (subsurface cyclonic thinny) occurs in the TNBP in summer months, inducing the unusually deep warm surface water and unusually shallow HSSW, which agree well with in-situ observations. This eddy, traveling with the mean currents in the TNBP, intermittently approaches to the NIS and is bumped against the NIS front, resulting in the substantial basal melting beneath the NIS calving front due to the deepening of warm surface water to the frontal ice draft.

Key words: Ocean - ice shelf interaction, Ocean-driven basal melt, subsurface cyclonic thinny, Antarctica

천리안위성 2A호 산출 해수면온도의 정확도 검증 및 오차 특성 분석

박경애¹, 우혜진*²

¹서울대학교

²서울대학교 (hyejinwoo@snu.ac.kr)

요약

천리안 2A호 (GEO-KOMPSAT-2A; GK2A)는 Advanced Meteorological Imager (AMI)를 탑재하여 2018년 12월에 발사된 후 2019년 9월부터 전구 대양(full disk)에서 2 km의 공간해상도로 10분마다 해수면온도 관측을 수행하고 있다. 해수면온도 산출을 위해 적용된 알고리즘은 8.7 μm , 10.5 μm , 11.2 μm , 12.3 μm 채널을 활용한 Multi-band (4 band) 알고리즘이다. 본 연구에서는 표층 뜰개 부이에서 관측된 수온을 실측 자료로 활용하여 2019년 9월 1일부터 2022년 8월 31일까지 GK2A/AMI에서 관측된 해수면온도의 정확도를 검증하고 오차 특성을 분석하였다. 인공위성 관측 해수면온도 자료와 실측 수온 자료를 10분과 2 km의 시공간 기준으로 일치점 자료를 생성하였다. 일치점 자료를 기반으로 GK2A/AMI 해수면온도 정확도 평가 결과 주간에는 0.01°C의 편차와 0.54°C의 평균제곱근오차가 나타났으며, 야간에는 -0.10°C의 편차와 0.56°C의 평균제곱근오차가 나타났다. 실측 수온, 위도, 위성 천정각 및 풍속에 대한 위성 해수면온도의 오차를 분석하였다. 수온이 낮은 고위도 해역에서 실측 수온에 비해 위성 해수면온도가 과대추정되었다. 또한 연안과의 거리가 10 km 이내인 해역에서 낮시간동안 위성 해수면온도가 다소 과대추정되는 경향이 나타났다. 따라서 수온이 10°C 이하인 해역 또는 연안역에서는 위성 해수면온도 활용에 주의가 필요하다.

이어도 해양과학기지 관측 해수면고도와 인공위성 고도계 관측 해수면고도 비교 연구 (2005 - 2021)

우혜진*¹, 박경애²

¹서울대학교 (hyejinwoo@snu.ac.kr)

²서울대학교

요약

본 연구에서는 2005년부터 2021년까지의 인공위성 (Envisat, Jason-1, Jason-2, SARAL, Jason-3, Sentinel-3A/B) 고도계 관측 해수면고도 자료를 이어도 해양과학기지 관측 해수면고도 자료와 비교하여 정확도를 검증하고 오차 특성을 분석하였다. 일치점 자료를 생성하기 위하여 공간적으로 50 km 이내, 시간적으로 5분 이내의 기준을 만족하는 위성 및 이어도 해양과학기지 관측 자료를 선정하였다. 위성별로 60 - 220 개의 일치점 자료가 생성되었으며 총 765 개의 일치점 자료가 생성되었다. 이어도 해양과학기지 관측 해수면고도 편차에 대한 위성 고도계 관측 해수면고도 편차는 1.58 cm의 편차를 보이는 Sentinel-3A/B를 제외하고 모든 위성에서 3 cm 이상의 양의 편차를 나타냈다. 평균제곱근오차는 6.33 - 9.67 cm의 범위를 보였다. 이어도 해양과학기지 관측 해수면고도 편차에 대한 고도계 관측 해수면고도 편차의 오차는 위성 관측 지점과 이어도 해양과학기지 사이의 거리가 멀어질수록 증폭되었다. 이어도 해양과학기지 관측 해수면고도 자료를 조화분해하여 조석을 추정하고 이어도 해양과학기지 관측 대기압 자료를 활용하여 역기압효과를 계산하여 위성 고도계 관측 해수면고도 편차 보정에 활용되는 조석과 대기 효과 보정 자료 또한 검증하였다.

탐구 논문(포스터) 요약서

과 제 명 (주제)	CCD 측광 관측을 통한 혜성과 소행성의 궤도 결정
소속학교	경기과학고등학교
학생성명	오승민, 김태균
지도교사·교수	박기현
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>근지구 천체(Near-Earth Objects, NEO)는 지구에 충돌할 가능성이 희박함에도 불구하고, 초기 발견 및 대응이 어려우며, 궤도가 바뀌기 쉽고, 충돌 시 인류의 존망에 상당한 위협을 가한다는 점에서 궤도 연구가 필요하다. 본 연구에서는 본교의 망원경을 통해 관측한 혜성과 소행성 데이터를 plate solving하여 궤도를 결정한다. 나아가 최대한 많은 NEA를 관측해 궤도를 결정한 후 이를 3차원으로 시각화하고, 지구 궤도와의 overlap과 지구와의 충돌 가능성을 분석한다.</p> <p>궤도 결정을 위해 3번 이상의 관측에서 얻은 혜성과 소행성의 적경, 적위, 그리고 관측 시각으로부터 궤도요소를 구하는 알고리즘을 구축하였다. NASA JPL의 Astroquery Horizons를 이용하여 일심 황도좌표계에서 지구의 위치를 구하고, 관측된 적경과 적위를 방향 벡터로 변환 후 행렬로써 보정하였다. 이후 Gauss's method of Orbit Determination을 적용해 세 개의 위치 벡터와 한 개의 속도 벡터를 얻고, Kepler Equation을 풀어 정밀도를 높였다. 결론적으로 같은 순간의 위치 벡터와 속도 벡터를 얻을 수 있었고, 이를 통해 혜성과 소행성의 궤도 요소 6가지를 얻었다.</p>	

탐구 논문(포스터) 요약서

과제명 (주제)	머신러닝을 이용한 산불 피해 규모 예측 모델링
소속학교	경기과학고등학교
학생성명	배정우, 박가연, 황원준
지도교사·교수	전영준
분야 (택1)	<input type="checkbox"/> 대기과학(기상), <input type="checkbox"/> 우주과학(천문), <input type="checkbox"/> 지질과학, <input type="checkbox"/> 해양과학, <input checked="" type="checkbox"/> 지구과학 관련 융합(STEAM)
<p>최근 세계적으로 이상건조기후가 나타나면서 산불의 빈도와 강도가 폭발적으로 증량하였다. 본 연구는 머신러닝을 이용하여 산불이 발생한 지역의 기상 정보를 기반으로 산불의 규모를 예측하고자 한다. 2013년, 2015년, 2017년부터 2022년까지 총 8년간 발생한 산불데이터를 수집하고 정제한 후, 학습데이터와 테스트데이터로 구분하여 예측을 진행한다. 먼저, 정제된 산불 데이터를 Kmeans알고리즘을 통하여 군집시키고, 테스트데이터를 새로운 산불사건이라고 가정한 후 그 규모를 예측하기 위하여 산불을 적합한 군집으로 분류한다. 그리고 k-최근접 이웃(k-NN, k-Nearest Neighbor) 알고리즘을 사용하여 군집안에서 '이웃'들을 선정한다. 이 이웃들의 데이터를 이용하여 새로운 산불 사건의 규모를 예측한다. 예측된 산불의 규모의 정확도를 평가하기 위하여 산불 규모의 종류를 산불의 수가 고루 분포될 수 있는 4개와 6개로 각각 정의하여 결과를 분석하였다. 그 결과, 본 연구에서 제안한 방법의 성능은 산불의 크기 종류가 4개로 구분된 경우 현저하게 높음을 볼 수 있었다. 본 연구는 산불의 규모를 예측함으로써 산불에 대한 국민과 대처기관의 경각심을 높이고, 또 산불을 더욱 효과적으로 예측하는 추후 모델들에 대한 배경 연구가 될 것으로 기대된다.</p>	

탐구 논문(포스터) 요약서

과 제 명 (주제)	소규모 연못에 설치 가능한 이동형 물레방아 장치 개발
소속학교	대전과학고등학교
학생성명	윤지운, 이시후, 김지안
지도교사·교수	김진욱
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)

지구온난화로 인해 이상기온이 나타나는 빈도가 증가하고 이로 인해 녹조를 비롯한 다양한 수질 오염도 발생하고 있다. 녹조 현상이 발생하는 원인은 높은 수온, 강한 햇빛, 물 순환 정체, 영양물질 유입을 들 수 있다. 이 중 우리는 수온을 낮추고, 강한 햇빛을 차단해 녹조를 제거할 수 있는 방법에 대해 고민하였다. 물레방아 장치는 물을 퍼올리고 떨어뜨리는 과정에서 물 표면에 난반사를 일으키고, 이로 인해 수중으로 유입되는 빛의 양이 감소하며 수온을 낮출 수 있다. 물레방아를 고정형이 아닌 이동형으로 제작했을 때 더 넓은 범위에서 물을 순환시킬 수 있어 이 또한 녹조를 제거하는데 효과적일 것이다. 과학상자를 이용해 물레방아의 기본틀을 만들고 3D 프린터 출력물로 물을 담고 필터를 통해 물을 흘려보내는 장치를 제작하였다. 이 장치의 사용으로 소규모 연못의 수질 환경을 개선할 것으로 기대한다.

탐구 논문(포스터) 요약서

과제명 (주제)	파이썬을 활용한 달과 행성의 천문현상 예측 프로그램 구현
소속학교	대전과학고등학교
학생성명	이서준, 김철현, 노경민, 조영우, 윤지윤, 한지후, 오성민, 민지호, 임윤호
지도교사·교수	김우겸
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>천체 관측을 할 때, 달 근처의 천체가 달빛의 영향을 받아서 관측하는데 어려움을 겪은 적이 있다. 또한, 행성을 관측할 때에도 행성과 관련된 역서 자료를 매번 찾아보기 번거롭고, 찾았다고 하더라도 행성의 정확한 위치는 알아내기 어려웠던 경험이다. 따라서 이 탐구는 천체 관측이나 달 관측에 영향을 미치는 달의 위상과 태양계 행성의 위치를 파이썬 프로그램을 활용하여 시각화하여 천체 관측을 돕는 것에 목적이 있다. 고등학교 또는 그 이상의 천문 개념을 이해하고, 이를 구현하는데에 필요한 파이썬 내용을 학습한 뒤, 달의 위상과 행성의 위치를 파이썬 프로그래밍을 통해 구현하고 시각화하는 방법으로 탐구가 진행되었다. 탐구 결과 월식 발생일을 계산하는 월식 계산기, 달의 적경 및 적위를 알아내는 위치 계산기, 달의 위상 및 빛 반사 영역의 비율을 알아내는 달 위상 계산기, 행성의 위치를 지표면에 나타낸 행성 위치 계산기를 구현할 수 있었고, 이를 통해 천체 관측 시 달의 영향을 미리 판단할 수 있고, 행성 위치 계산기를 통해 관측 가능한 행성을 알고, 그 위치를 파악할 수 있을 것으로 기대한다.</p>	



일반 포스터



The Validation of the Systems Thinking Assessment Tool for Measuring the Higher-order Thinking Ability of Vietnamese High School Students

,이효녕¹, Nguyen, Thi Thuy², 이현동*³, 전재돈¹, 박병열⁴

¹경북대학교, ²Thuan Hoa High School, ³대구교육대학교(leehd@dnue.ac.kr), ⁴단국대학교

Abstract

The purpose of this study was to verify the validity of a measurement tool for Vietnamese high school students' systems thinking ability. For this study, two quantitative assessment tools, Systems Thinking Measuring Instrument (Lee et al., 2013) and Systems Thinking Scale (Dolansky et al., 2020), were used to measure students' systems thinking after translation into Vietnamese. As a result, it was revealed that Cronbach- α for each tool (i.e., STMI and STS) was .917 and .950, respectively, indicating high reliability for both. In order to validate the construct validity of the translated questionnaire, exploratory factor analysis using SPSS 26.0 and confirmatory factor analysis using Amos 21.0 were conducted.

For the concurrent validity, a correlation analysis using structural equation modeling was performed to validate the translated questionnaire. The exploratory factor analysis revealed that 10 items from STMI and 12 items from STS loaded on the intended factors, and appropriate factor loading values were obtained. For the confirmatory factor analysis, a structural equation model organized with 10 items from STMI and 12 items from STS was used for analysis. The result of this showed that the convergent validity values of the model were all appropriate, and the model fit indices were analyzed to be χ^2/df of 1.892, CFI of .928, TLI of .919, SRMR of .047, and RMSEA of .063, indicating that the model consisting of the 22 items of the two questionnaires was appropriate. The analysis of the concurrent validity of the two tools indicated a high correlation coefficient (.903) and high correlation (.571~.846) among the sub-factors.

In conclusion, both STMI and STS are valid quantitative measures of systems thinking, and it can be inferred that the systems thinking of Vietnamese high school students can be quantitatively measured using 22 items identified in our analysis. Using the tool validated in this study with other tools (e.g., qualitative assessment) can help accurately measure Vietnamese high school students' systems thinking ability. Further, these tools can be used to collect evidence and support effective education ODA projects and volunteer programs.

Keywords : STMI (Systems Thinking Measuring Instrument), STS (Systems Thinking Scale), Construct Validity, Concurrent Validity

해양 수치모델 데이터를 활용한 해양 데이터 시각화 수업자료 개발

김수란^{*1}, 박경애², 정인진¹, 임채영¹

¹서울대학교(sulan0520@korea.kr)

²서울대학교

요약

데이터 시각화는 데이터의 새로운 시각적 표현으로서 학생들이 기존 지식을 바탕으로 개념이나 현상을 더 쉽게 이해하는 데 도움이 된다. 지구과학 분야는 시간적, 공간적, 장기간의 변화를 중요하게 다루고 있으므로 의미 있는 정보를 도출하기 위한 데이터 시각화는 필수적이며 과학 수업 시간에 학생들이 지구 시스템을 효과적으로 이해하는데 활용될 수 있다. 본 연구에서는 2015 교육과정 지구과학 I ‘대기와 해양의 상호 작용’ 단원에서 우리나라 주변의 해수면 온도, 염분, 밀도의 공간 분포와 해수의 심층 순환에 대해 탐구할 수 있는 수업자료를 개발하였다. 수업자료는 PDIE 모델을 기반으로 개발하였고, 현직 과학 교사들을 대상으로 직무 연수를 실시하여 수업자료의 개발 과정 소개와 실습을 진행하였다. 그 후 개발된 수업자료의 효과적인 현장 적용을 위해 개선 방안에 대한 개방형 설문조사를 실시하였고 이를 반영하여 수정 보완하였다. 수업자료에 활용된 데이터는 국립해양조사원에서 제공하는 해양 수치모델 재분석 데이터이며 학교 현장에서 교사와 학생들이 쉽게 활용할 수 있도록 Python 기반 Colab으로 구현하였다. 주요 활동은 한반도 주변 해의 겨울철과 여름철 해수면 온도, 염분, 밀도를 시각화하는 것으로 수치모델 데이터의 변수를 직접 추출, 처리, 시각화, 분석, 토의하는 과정으로 구성되어 있다. Colab 스크립트는 교육 현장에서 쉽게 활용할 수 있도록 구글 공유 드라이브를 통해 다운로드 받을 수 있도록 하였다. 개발된 수업자료는 한반도 주변 해의 해수면 온도, 염분, 밀도의 공간 분포에 대한 이해를 돕고 디지털 기반 탐구 활동에 유용하게 활용될 것으로 기대한다.

주요어 : 해양 데이터, 데이터 시각화, 디지털 기반 탐구 활동, Python

감사의 글

이 연구는 교육부와 한국과학창의재단의 2023 스타브릿지센터 사업의 지원을 받았습니다.

환경교육 전환기, 학교와 교사는 생태전환교육을 어떻게 인식하는가?

정수임^{*1}, 신동희²

¹은행고등학교(dinosue@korea.kr)

²이화여자대학교

요약

현재 인류가 마주한 기후환경 위기는 인류의 지속가능성을 위협하고 있다. 이를 극복하기 위한 인류 공동의 대응이 전 세계적 과제로 부상하고 있으며, 생태적 체제 전환이 다양한 측면에서 논의되고 있다. 교육부가 2021년 발표한 2022 개정 교육과정 총론의 주요사항에도 ‘생태전환교육’을 강화했고, 각 시도 교육청도 이에 부응한 기본 정책을 제시하고 있다. 우선 서울특별시교육청은 생태전환교육 중장기 발전 계획(2020~2024)을, 경기도교육청은 ‘2022 기후변화 대응 탄소중립 환경교육 추진 계획’, ‘2023 기후위기 대응 탄소중립 환경교육 추진 계획’을 통하여 환경보전에 대한 가치와 생태, 환경 감수성을 증진시키고 생태적 전환과 환경 시민의 육성을 꾀하고 있다.

생태전환교육은 삶의 방식과 조직문화, 시스템의 총체적 변화를 전환하자는 교육이다. 본질적 인식의 변화 없이 생태전환교육을 학교 현장에 도입한다면, 현장에서는 생태전환교육을 환경교육의 다른 이름이며, 환경교육의 변형 판짜므로 인식할 것이다. 학교 현장에 생태전환교육을 도입할 때, 학교 공동체가 이를 온전히 인식해서 개인의 삶뿐 아니라 학교의 조직문화에 스며들어, 총체적이며 유기적으로 작동할 수 있어야 한다. 이에 본 연구에서는 생태전환교육을 준비하는 교사의 인식과 학교의 준비 상황을 조사했다. 이를 위해 초·중·고 118명의 교사의 인식과 함께 그들이 소속된 118개교의 생태교육 및 환경교육 현황을 설문 조사했다. 설문에는 생태전환교육에 대한 교사의 인식으로서 연상 단어, 학교환경교육 개념, 학교 환경교육 업무, 최근 환경교육에 대한 동향 인식, 생태전환교육에서 다루어야 할 주제를, 학교 현황으로서 환경교육 추진 중점 분야, 환경교육 업무 담당 부서 및 추진 체계 등의 내용이 포함되어 있다. 이 연구를 통해 환경 시민이 서로 연대하여 공동체로 확장할 수 있는 학교 풍토는 어떠해야 하는가에 대한 시사점을 얻을 수 있을 것으로 기대한다.

해양 및 기상과학관 전시물 분석 : 민주시민소양과 과학커뮤니케이션의 관점에서

박영신¹, 이진안^{*2}

¹조선대학교,

²조선대학교(dwlsdks33@gmail.com)

요약

현재 과학교육의 목적은 학생과 대중들이 사회적, 과학적인 문제에 대해 합리적으로 이해하고 그 문제의 옳고 그름을 스스로 판단하고 해결책을 찾아 제시하는 것이라 할 수 있다. 학생들이 당면한 사회과학적 문제를 논리적인 판단으로 의사결정을 하고 해결책을 제시하기 위해서는 다양한 전 세계적인 문제에 대해 쉽게 접근할 수 있어야 하며 다양한 관점에서 풍부한 정보를 수집할 수 있어야 한다. 이러한 과정속에 민주시민소양의 함양을 기대할 수 있다. 민주시민소양은 사회적 행동모델을 핵심 목표로 하는 성찰적 탐구와 합리적인 의사결정으로 평생교육을 통해 함양된다고 할 수 있다. 또한, 민주시민소양은 과학적 개념만을 통해서 함양되는 것이 아닌 개념을 포함한 다양한 과학커뮤니케이션을 통해 함양되는 것이라고 할 수 있다. Park et al. (2018)은 과학커뮤니케이션을 6가지 구성요소로 정의하고 있다. Park et al. (2022)은 민주시민소양을 8가지 요소로 정의하고 있다. 이번 연구에서는 보통의 종합과학관 같이 물리학, 화학, 생물학 등 기초과학에 초점을 둔 일반적인 과학관들보다 글로벌 문제나 환경에 대한 문제를 반영할 수 있는 해양 및 기상과 같은 특정 주제의 과학관을 선정하여 과학관 내에 어떤 과학커뮤니케이션 요소와 민주시민소양이 포함되어 있는지 그리고 서로 어떻게 관련되어 있는지를 탐색하고자 한다. 이 연구결과를 바탕으로 특정 주제 과학관인 해양 및 기상과학관 설립을 통한 PUST(과학기술의 대중화)에 제언을 시사하고자 한다.

주요어 : 민주시민소양, 과학커뮤니케이션, PUST, 해양과학관, 기상과학관

야외지질학습 평가를 위한 생소한 경험 공간 척도 개발과 타당화

정동권¹, 조규성^{2*}

¹전북대학교

²전북대학교 (earthcho@jbnu.ac.kr)

요약

야외 지질 학습은 ‘준비 단계’-‘야외지질학습’-‘정리 단계’로 이루어지며, 성공적인 야외 지질 학습을 위해 ‘준비 단계’에서 학생들의 생소한 경험 공간을 줄이는 것이 중요하다(Orion, 1989). 생소한 경험 공간은 ‘사전 개념’, ‘답사 지역과의 친숙도’, ‘사전 야외 답사 경험’으로 구성되며, 사전 교육을 통해 이들의 간격을 줄일 수 있다고 보았다. 그러나 학생들이 야외 지질 학습을 위해 얼마나 준비가 되어 있는지 측정할 수 있는 검사 도구에 관한 연구는 적은 수에 불과하다. 해외에서 생소한 경험 공간을 인지적, 정의적, 심리적, 사회적 요소로 분류하고 이를 측정할 사례가 있으나(Xie and Garner, 2009), 검사 도구로써 적합한지에 대한 타당도와 신뢰도는 측정되지 않았다. 또한, 국내 연구에서 이를 번안하여 야외 지질 답사 전과 후 학생들의 변화를 통계적으로 알아보려고 시도되었으나(Choi, 2022), 신뢰도와 타당도 외 요인 분석 등을 통해 문항 분석 과정이 요구된다. 이에 따라 본 연구에서는 선행된 연구에서 다루어진 검사 도구를 보완하여 검사 도구를 수정 개발하였다. 지구과학교육 전문가 협의와 예비교사, 중학교 2학년 학생을 대상으로 한 두 차례 파일럿 테스트를 통해 타당도를 확보하고자 하였다. 타당도 검증을 마친 총 51개 문항은 중학생 110명에게 투입하였고, 탐색적 요인분석을 통해 7개 요인으로 구성된 30개 문항을 추출하였다. 검사 도구 문항의 전체 신뢰도는 .892로 상당히 높은 결과를 보였다($p < .001$). 아울러 선행 검사 도구와 상관관계 분석하여 공인 타당도를 확보하고자 하였다. 그 결과 전체 문항은 .751로 높은 상관관계를 나타내었다($p < .001$). 본 연구는 보완 중에 있는 진행 중의 연구로 통계적 검증을 검토하고자한다. 아울러 향후 학생들의 야외지질학습 전과 후 생소한 경험 공간 변화를 살펴봄으로써 야외지질학습의 효과성을 검증해보고자 한다.

주요어 : 생소한 경험 공간, 야외지질학습, 요인 분석

참고문헌

- Choi, Y.S., 2022, Exploring the perception of elementary and secondary pre-service teachers about ‘NoveltySpace’ in learning in geological field trip. *Journal of Korean Society of Earth Science Education* 15(1), 27-46.
- Orion, N., 1989, Development of a high-school geology course based on field trips. *Journal of Geological Education* 37, 13-17.
- Xie, P. and Carner, K., 2009, An analysis of students’ photos of the novelty space on a field trip. *Journal of Teaching in Travel & Tourism* 9(3), 176-192.

지진 빅데이터 교육 프로그램에서 드러난 고등학생들의 가설설정 특성

윤채은*¹, 신동희¹

¹이화여자대학교 (chaeny05040@gmail.com)

요약

이 연구에서는 지질재해를 소재로 한 빅데이터 활용 과학 탐구 교육 프로그램을 개발하고, 이를 통해 고등학교 학생들의 통합 탐구 과정 단계 별 특징과 빅데이터를 활용한 교육 프로그램이 자료 해석 능력에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 빅데이터는 미래사회의 핵심 정보 기술 중 하나로 2022 개정 교육과정에서도 디지털 교육의 일환으로 이를 강조하고 있다. 자료를 표나 그래프의 형태로 나타내고 그 의미를 해석하는 활동은 지구과학 교육에서 주로 다루는 탐구인 자료 해석 기능과 밀접하게 연관되어 있다. 프로그램에 활용된 빅데이터 자료는 United States Geological Survey에서 제공하는 전세계 지진으로 인한 산사태 데이터이며, 지역, 날짜, 규모, 단층 종류, 사상자 수 등 총 12개의 변인이 포함되어 있다. 해당 교육 프로그램은 서울 소재 고등학교 1, 2학년 학생을 대상으로 총 120분간 진행되었다. 학생들은 실제 빅데이터 자료를 활용하여 탐구 문제 설정, 가설 설정, 변인 선택, 자료 변환, 자료 해석, 결론 도출 총 6단계의 탐구 과정을 경험하였다. 자료 변환 단계에서는 학생들이 데이터를 쉽게 가공할 수 있는 플랫폼인 CODAP(Common Online Data Analysis Platform) 프로그램을 사용하였다. 연구에 사용된 자료는 학생들이 작성한 그래프와 탐구 일지이며, 이를 토대로 고등학생들의 가설설정 단계에서의 특성을 분석하였다.

주요어 : 빅데이터, 자료 분석, 탐구, 가설설정, 지구과학교육

감사의 글

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

극지 교육프로그램을 통한 초·중 학생들의 극지 환경정체성 특성

문소영*¹, 신동희¹

¹이화여자대학교 (zero0@ewhain.net)

요약

극지 관련 산업의 확장에 따라 극지 교육의 필요성에 대한 연구가 증가하고 있으며, 지구과학교육에서도 ‘극지’라는 소재의 교육적 활용 방안에 대해 주목하고 있다. 극지 교육은 융합과학 학문으로 과학의 모든 분야를 아우르는 학문이지만 물리적 거리가 멀어 접근성이 낮고, 실생활에서 극지에 대한 정보를 접하기 어렵다는 점에서 학생들에게 다소 낯선 소재이다. 사전 조사를 통해 나타난 학생들의 극지에 대한 인식은 매우 제한적이었으며, 지식의 수준 또한 학년에 상관없이 비슷한 수준이었다.

‘환경정체성’이란 특정 환경에 대한 정체성이 생기는 것으로 특정 환경을 ‘내 환경(자기 환경)’이라고 생각하게 되는 개념이다. 환경정체성의 주요한 특징은 첫째, 정체성을 형성하는데 지리적 경계가 없다는 것이며, 둘째는 지속가능한 행동을 촉진한다는 것이다. 두 가지 주요 특징을 통해 극지에 대한 환경정체성을 형성하는 것을 수업의 목표로 설정하고 15시간의 극지 교육 프로그램을 실행하였다. 극지 교육 프로그램을 통해 최종적으로 극지에 대한 환경정체성을 형성한 학생의 형성 과정은 극지에 대한 ‘관심과 흥미 증가’, ‘이해도 향상’, ‘확장된 학습’, ‘관점의 변화’, ‘가치관 형성’ 단계로 나타났다. 극지에 대한 환경정체성 형성과정에는 정의적 영역과 인지적 영역이 혼합되어 있다. 정의적 영역이란 인간의 흥미, 태도, 감상, 가치관, 감정, 신념 등에 관련된 교육목표의 영역으로서 ‘관심과 흥미 증가’ 단계와 ‘확장된 학습’ 단계가 이 영역에 해당한다. 인지적 영역은 지적기능과 관련된 인간의 학습 영역이며, 지식이나 정보의 동화를 의미한다. 이해도 향상 단계와 ‘관점의 변화’ 단계는 학습의 인지적 측면과 연결된다. 정의적 영역과 인지적 영역의 혼합이 이루어졌을 때 가치관을 형성하게 되며 최종적으로 환경정체성을 형성할 확률이 높아진다.

본 연구에서는 극지에 대한 학생들의 이해증진과 극지 소양 함양을 위해, 극지에 대한 학생들의 환경정체성 형성 과정을 단계별로 파악하고 최종적으로 환경정체성을 형성하게 만드는 주요 구인을 탐색한다.

주요어 : 극지, 극지교육, 극지연관성, 환경정체성, 자기환경화

감사의 글

본 연구는 2022년도 한국해양과학기술원 부설 극지연구소의 PAP 사업 지원을 받아 수행된 연구임.

안개 생성 메커니즘에 기반한 한반도 안개 유형 분류 및 경향 분석

김은지¹, 박순영², 이순환^{*1}

¹부산대학교 (withshlee@pusan.ac.kr),

²대구교육대학교

요약

최근 3년(2020 - 2022년) 동안 발생한 국내 안개의 발생 경향과 유형을 분류하기 위해 종관기상관측소 96개 지점과 해양부이 21개 지점의 자료를 사용하여 분석하였다. 안개 사례 구분 후 안개 분류를 위해 기존의 안개 유형 구분 순서도를 개선하여 사용하였다. 안개 발생 경향을 통계적으로 분석한 결과 안개는 여름에 섬과 서해안에서 안개가 많이 발생하고, 내륙에서는 가을에 안개 발생 빈도가 높았고, 남해안은 계절변동이 적었으며, 동해안에서는 안개가 가장 적게 발생하였다. 안개 유형 분류 결과 한국에서 가장 흔한 안개는 전체 안개의 60%인 복사안개였고, 가을철 내륙에서 자주 발생하였다. 강수안개는 13.5%로 두 번째로 많이 발생하였으며 남해안과 섬지역에서 자주 발생하였다. 상당수의 이류안개는 여름철 섬과 전라남도 남서부에서 발생하였고, 상대적으로 발생 빈도가 낮은 운저하강안개는 정오 이전과 자정 이전에 주로 발생하였다. 증발안개는 일출시간대에 집중되었고, 미분류안개는 여름철 내륙과 섬에서 오전 8시 전후에 많이 발생하였다. 시정 200 m 이하의 짙은 안개는 대부분 복사안개로 내륙지역에서는 안개 다발 지점에서 발생하였고, 강수안개와 이류안개의 형태로 봄과 여름의 섬과 제주 서부에서 발생 빈도가 높게 나타났다.

주요어 : 안개, 시정, 부이, 안개 분류

감사의 글

이 연구는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2022R1A2C1093229)

연안 중규모 해륙풍 순환에 따른 경계 조건 변화가 복잡 건물군 내의 상세 바람 분포에 미치는 영향

김지선^{*1}, 채다은¹, 이순환²

¹부산대학교 (jssk@pusan.ac.kr),

²부산대학교

요약

연안 도시는 해륙풍 순환에 의해 도시 열섬이 완화될 수 있으나 건물과 도로의 구조에 따라 해륙풍의 영향이 달라질 수 있다. 또한 부산은 국내에서 200m 이상의 초고층 건물이 밀집해 있는 연안 도시이다. 2023년 기준 세계초고층도시건축학회 자료의 국내 초고층 건물 상위 20위 중 11개 건물이 부산에 위치하고 있으며, 그 중 5개 초고층 건물은 해운대 마린시티 내에 위치해 있다. 해륙풍이 연안에 위치한 초고층 건물에 미치는 영향을 분석하기 위해 부산 지역을 대상으로 수치모의 연구를 진행하였다.

본 연구에서는 부산 지역을 대상으로 CFD 수치모의를 위한 초기 및 경계 자료 생성을 위해 중규모 기상 모델인 WRF 모델을 이용하였다. 또한 WRF4PALM을 통해 WRF 기상 수치모의 결과를 CFD 모델인 PALM의 경계조건으로 생성하여 시간별로 중규모 바람장이 경계조건으로 반영되도록 하였다. 이를 통해 주간 및 야간의 바람(풍속 및 풍향) 변화로 인한 영향 차이를 확인하고자 하였다. 최종적으로 PALM(PARallelized Large-eddy simulation Model) 모델을 이용한 수치모의를 통해 상세한 건물과 토지 피복 자료가 반영된 고해상도 미규모 바람장을 모의하고자 하였다. 또한 연안에 위치한 고층 건물 주변의 바람 및 열쾌적성 변화를 분석하고, 건물에 의한 하늘시계지수 차이에 따라 지점을 분류하고 지점별 열쾌적성 시간 변화를 확인하였다.

주요어 : CFD, PALM, 해륙풍, 고층 건물, 열쾌적성

감사의 글

이 연구는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2022R1A2C1093229)

기상 및 대기질 수치모의를 통한 한랭전선 통과가 수도권 대기질에 미치는 영향 분석

유정우*¹, 이순환²

¹부산대학교 환경연구원(jungwoo27@pusan.ac.kr),

²부산대학교

요약

대기오염은 고기압 시스템이 지배적인 기상 조건에서 빈번하게 발생한다. 고기압이 지배적인 환경에서는 바람이 약하고 강수가 없는 대기가 정체된 환경이 지속되어 지표에 오염물질이 축적되어 대기오염이 발생하기에 유리합니다 (Liu et al., 2013; Li et al., 2015; Bei et al., 2019; Liu et al., 2019; Jun and Gu, 2023).

그러나 강한 바람이 불거나 비정체 기상 조건에서도 대기오염은 발생할 수 있습니다 (Yu et al., 2020). 특히 겨울철의 한랭전선을 동반한 저기압 시스템의 영향으로 대기오염이 발생할 수 있습니다. 한랭전선 통과로 인한 풍속 증가는 오염물질을 주변으로 확산시켜 대기질을 개선시킬 수 있지만 (Hu et al., 2018), 한편으로는 풍하측 지역에서는 한랭전선 통과로 강한 바람에 의한 전진 과정(advection process)을 통해 오염물질이 수송되어 대기오염을 유발할 수 있습니다 (Zhang et al., 2022). 선행연구(Liu et al. 2021)에서는 중국 일부 지역에서 겨울철 연무의 60% 이상이 한랭전선을 동반한 저기압 조건에서 발생한 장거리 수송의 영향이라고 분석하였습니다. 또한 한랭전선 후면에서 발달하는 고기압의 영향으로 대기가 안정될 수 있는데, Zhang et al. (2018)은 저기압에서 고기압으로 전환될 때 초미세먼지 농도가 증가함을 보였습니다.

따라서 본 연구에서는 기상 및 대기질 수치모의를 통해 겨울철 한랭전선 통과가 한반도 대기질에 미치는 영향을 분석하고자 합니다. 또한 종관 기상 조건에 따라 오염물질의 이류 및 확산, 축적 등이 달라질 수 있으므로, 한랭전선 후면의 종관 기상 차이에 따른 한랭전선의 영향 차이를 분석하고자 합니다.

주요어 : 저기압, 한랭전선, 초미세먼지, WRF, CMAQ

감사의 글

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

Seasonal Prediction for Typhoon Landfalls using Statistical–Dynamic in East Asia

So-Hee Kim¹, Joong-Bae Ahn^{*2}

¹Pusan National University

²Pusan National University(jbahn@pusan.ac.kr)

ABSTRACT

The objective of this study is to develop a seasonal prediction model based on the statistical correlation between East Asia (EA) tropical cyclone (TC) landfall and atmospheric circulation, and its predictability is verified. The developed model is called statistical–dynamical seasonal typhoon forecast model (SDTFM) and uses the atmospheric circulation predicted by a coupled general circulation model as a predictor. A total of 40 ensemble members produced through different data assimilation and time–lag methods introduced as a way to reduce the initial condition error and model uncertainty enabled the development of the new SDTFM. According to the results, the SDTFM developed in this study showed significant predictability in TC landfall prediction when using the month of May for the initial conditions for the entire East Asia (EEA) and its three sub–domains: Northern East Asia (NEA), Middle East Asia (MEA), and Southern East Asia (SEA). The predicted TC season is July–September (JAS), and only for SEA, including South China, the Philippines, and Vietnam, it is July–November (JASON) considering the relatively long landfall period. The models developed for each domain significantly predict the annual variability of TC landfall at the 99% confidence level. The cross–validated results are still significant at the 99% confidence level in NEA and SEA and the 95% confidence level in MEA and EEA.

Keyword : statistical–dynamical model, typhoons Landfall, tropical cyclones, seasonal prediction, CGCM

Acknowledgments

This work was carried out with the support of Rural Development Administration Cooperative Research Program for Agriculture Science and Technology Development under Grant Project No. PJ01475503, Republic of Korea.

UKSEM-TOPAZ를 이용한 대기-해양 과정의 오존 모의 성능 비교

함재희¹, 이효미², 위지은¹, 심성보³, 정주용³, 변영화³, 문병권^{*1}

¹전북대학교 (jaehee3750@naver.com)

²한국해양과학기술원 해양순환기후연구부

³국립기상과학원 기후변화예측연구팀

요약

본 연구는 UKSEM-TOAPZ v1.0 모델 내 대기-해양간 이산화탄소 교환, 철 침적, DMS 과정이 오염물질인 오존과 기온, omega 등 대기 기상 변수에 미치는 영향을 분석하였다. 주요 실험은 산업화 이전 기후값을 처방한 실험(pic1)과 대기-해양 교환 과정이 적용된 실험(pic2)이다. 두 실험간 차이를 비교하기 위해 pic1과 pic2의 기간을 동일하게 설정한 결과 비습과 omega의 경우 적도 지방에서 차이를 나타냈다. 오존의 경우 중-극 지역은 300 hPa 이상 고도에서 pic1이 pic2보다 높게 모의하고 있었으며 적도 지역은 600 hPa 이하의 고도에서 높게 모의하고 있었다. 적도 지역의 오존 모의 차이는 pic1의 하강기류 변화로 인한 것이라 판단한다. 기온의 경우 60 ~ 90°N 800 hPa 이하 고도 및 적도 300 hPa 이상 고도에서 pic2가 pic1보다 낮게 모의했다. 이후 pic1 기간을 200년으로 확장하여 pic2와 비교한 결과 동일 기간을 선정한 결과와 유사한 패턴을 나타냈으며 차이 정도는 작아졌다. 본 연구를 통해 대기-해양 과정이 오존 및 대기 기상 변수에 영향을 미친다는 것을 확인했다.

주요어 : 기후변화예측모델, UKSEM-TOPAZ, 오존

감사의 글

※ 이 연구는 기상청 국립기상과학원 「기상업무지원기술개발연구」 "신기후체제 대응 기후변화시나리오 개발·평가(KMA2018-00321)"의 지원으로 수행되었습니다.

인공위성 Sentinel-2 자료 활용 한반도 연안 수중 탁도(Turbidity) 산출

김수란^{*1}, 김태성², 박경애³, 박재진², 이문진²

¹서울대학교 (sulan0520@korea.kr)

²선박해양플랜트연구소

³서울대학교

요약

탁도(turbidity)는 수중 부유물질이나 생물에 의해 물이 혼탁해지는 정도를 정량적으로 나타낸 것으로 빛이 부유 물질에 의해 산란된 정도를 광학적으로 측정할 수 있다. 한반도 황해 및 남해 연안은 강으로부터 유입된 부유 퇴적물과 조석의 영향으로 탁도가 높은 해역이다. 인공위성을 활용한 해상 원격탐사는 광범위한 지역을 장기간 동안 관측하고 수중 환경을 모니터링 하는데 효과적이다. 본 연구에서는 ESA(European Space Agency)의 Sentinel-2 인공위성의 MSI (Multi-Spectral Instrument) 센서 자료를 이용해 한반도 황해 및 남해 연안의 탁도를 산출하고 고해상도의 탁도 공간정보를 산출하였다. 연구 지역은 경기만, 광양, 낙동강을 비롯한 황해 및 남해 연안으로 설정하였으며, 2018년부터 2023년 7월까지 해양환경공단의 해양수질자동측정망 탁도 데이터를 현장 관측 자료로 활용하였다. 인공위성 기반 수중 탁도 산출에 대한 기존 연구의 알고리즘들을 분석하였고, 탁도 산출을 위한 최적 파장대역을 선정하였다. 선정된 최적 파장대의 반사도와 탁도 간의 상관관계를 분석하고 한반도 연안의 탁도를 높은 정확도로 산출할 수 있는 알고리즘을 제시하였다. 인공위성을 통해 산출된 탁도는 수중환경정보 데이터베이스 구축과 해양 수치 모델 개선 뿐 아니라 신속한 선박 운항 관리와 해상 사고 인명 구조에도 유용하게 활용될 것으로 기대한다.

주요어 : sentinel-2, 한반도 연안, 탁도, 수중 환경

감사의 글

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

Aerial hyperspectral remote sensing detection for maritime search and surveillance of floating small objects

Jae-Jin Park¹, Kyung-Ae Park^{*2}, Tae-Sung Kim¹, Moonjin Lee¹

¹Korea Research Institute of Ships and Ocean Engineering

²Seoul National University

ABSTRACT

Over the past decades, maritime accidents have been increasing due to the rise in maritime transportation and ship traffic. While detecting accident-prone vessels is crucial, it is equally important to identify individuals in distress and small floating objects. Real-time monitoring and wide-area high-resolution observations enabled by aerial remote sensing have proven effective in maritime detection. In this study, we developed a technology for detecting small objects by conducting two aerial experiments targeting various objects, including ships, mannequins (human-shaped objects), and maritime safety equipment floating in coastal areas, thereby acquiring hyperspectral image data. By utilizing the hyperspectral data, we detected the pixels corresponding to the edges of ships and employed an ellipse fitting approach to identify the vessels, achieving a length error of 0.44 m. Additionally, we detected small floating objects based on a spectral database using spectral matching. The N-finder algorithm (N-FINDER) spectral unmixing technique was applied to detect lifebuoys, buoyant apparatus, and mannequins, resulting in relatively small length errors ranging from 0.08 to 0.17 m. As satellite hyperspectral sensors continue to advance significantly, it is expected that this study will contribute to future research in the field of detecting small objects and maritime surveillance.

Keyword : hyperspectral, small object, N-FINDER, maritime search, ship, ellipse

Acknowledgments

This research was supported by Korea Research Institute of Ships and Ocean engineering a grant from Endowment Project of “Development of Big Data-based Information Retrieval Technology for Supporting Marine Accident Underwater Search and Rescue” funded by Ministry of Oceans and Fisheries (1525014881).

한반도 주변해역에서의 NOAA-20/VIIRS 해수면온도 검증과 오차 특성

김희영^{*1}, 박경애¹, 주희태², 이준수², 양준용²

¹서울대학교 (heeyoungkim@snu.ac.kr),

²국립수산과학원

요약

해수면온도는 해양 환경을 모니터링하고 기후 변화를 이해하는 데 핵심적인 역할을 하는 해양-대기 변수 중 하나이다. 전구 해수면온도의 분포와 장·단기 변동 특성 연구에 가장 오랜 기간 동안 기여해온 위성 센서는 미국 해양 대기청 (NOAA)의 AVHRR로 현재는 이를 대체할 후속 센서로 VIIRS가 개발되어 운용중에 있다. NOAA 위성 시리즈 중 NOAA-20은 VIIRS 센서가 장착된 두 번째 위성으로 2017년 11월에 발사되어 2018년 1월부터 750 m의 고해상도의 해수면온도 자료를 하루 약 두 번 지속적으로 제공하고 있다. 본 연구에서는 NOAA-20/VIIRS 해수면온도를 실측 자료와 비교하여 정확도와 오차 특성을 정량적으로 분석하고, 오차의 발생 가능한 요인을 조사하고자 하였다. 2020년 5월부터 2023년 6월까지 최근 약 3년동안의 NOAA-20/VIIRS 해수면온도의 정확도를 표층 뜰개 부이 수온 자료를 사용하여 검증하였다. NOAA-20 해수면온도는 실측 해수면온도에 비해 약 -0.1K 의 편차와 0.7K 의 평균 제곱근 오차를 보였고, 이는 기존 연구 결과에 비해 다소 높게 나타났다. 이외에도 NOAA-20 적외 해수면 온도의 오차 특성을 시공간적으로 분석하여 환경적 요인과 연관 지어 정량적으로 분석해보고자 하였다.

주요어 : NOAA-20/VIIRS, 해수면온도, 적외, 정확도, 오차 특성

기후변화예측모델을 이용한 해양-생지화학 모의 성능 분석

안은지*¹, 이효미², 위지은¹, 강진희¹, 심성보³, 정주용³, 변영화³, 문병권¹

¹전북대학교 (aeunz61@gmail.com)

²한국해양과학기술원 해양순환기후연구부

³국립기상과학원 기후변화예측연구팀

요약

이 연구는 UKESM1-TOPAZ v1.0 piControl 실험 200년(pic1)과 DMS 배출, 대기로부터 해양으로의 철 침적, 대기-해양 사이의 CO₂ 교환과정을 구현한 실험(pic2)에 대한 모의 성능을 분석하였다. 모의성능은 관측자료 (SeaWiFS, World Ocean Atlas 2018, GLobal Ocean Data Analysis Project 등)와 UKESM-TOPAZ 적분 결과를 전구 영역과 태평양, 대서양에 대해 분석하고 CMIP6 모델과 평가하였다. 분석한 변수는 클로로필, 질산염, 인산염, 용존산소, 용존무기탄소, 용존철, 알칼리도이다. 이 연구를 통해 모의 성능은 기존의 CMIP6 모델들과 유사한 성능을 보이는 것을 확인하였다. pic2는 pic1보다 적도 용승지역과 남극 순환류 지역에서 표층 클로로필의 농도가 증가하였는데, 이는 용존철(dissolved iron)의 농도 증가에 의한 것으로 보인다. 클로로필의 증가 지역에서는 영양염류(질산염, 인산염)의 농도가 함께 감소하였으며, 클로로필 생성에 따른 영양염류의 소비로 인한 것으로 보인다. 적도 태평양의 클로로필과 Niño3.4 index 사이의 역관계가 재현되었고 pic1과 pic2는 correlation coefficient 0.88, 0.96으로 해수 내 DFe 양의 차이와 관련이 있는 것을 확인하였다. 이 연구를 통해 대기-해양 교환과정이 해양 생지화학 과정과 밀접하게 연결되어 있음을 확인하였다.

주요어 : 기후변화예측모델, 해양-생지화학, UKESM-TOPAZ, CMIP6

감사의 글

※ 이 연구는 기상청 국립기상과학원 「기상업무지원기술개발연구」 "신기후체제 대응 기후변화시나리오 개발·평가(KMA2018-00321)"의 지원으로 수행되었습니다. 이 연구의 주요 계산은 기상청(국가기상슈퍼컴퓨터 센터)이 제공한 슈퍼컴퓨터 자원을 이용하여 수행되었습니다.

참고문헌

Lee Hyomee et al., 2022, Development of the UKESM-TOPAZ Earth System Model (Version 1.0) and Preliminary Evaluation of its Biogeochemical Simulations. Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences, 1-22p.

이중 구각 행성상성운 NGC 7009의 Apsidal 운동

형식¹, 이성재^{*1}

¹충북대학교(seong@cbnu.ac.kr)

요약

[SII] 6716/6731의 선세기를 이용해 분석한 행성상 성운(PN) NGC 7009의 단축 방향에 2중 구각(double shells)이 관찰된다. 이중 구각의 존재는 행성상 성운으로 진화한 후 어떤 원인에 의해 나중에 또 한 번 구각이 형성된 두 번째의 삶을 산 행성상 성운의 전형적인 형태를 보여준다. NGC 7009의 장축 방향에 대한 2D 분석 자료를 보면, NGC 7009의 전체 구조는 겉보기 타원 ($a = 16''$; $b = 6''$)으로 3차원의 prolate ellipsoidal shells이 하늘에 투영된 것이다. prolate shell이 축대칭을 이루지 않고, S-shape으로 휘어지는 점대칭 형태를 이루며, 특히 위도 $l =$ 약 $\pm 34^\circ (\pm 0.6^\circ)$ 방향으로 두 번의 jet 방출이 존재한다. 이 2쌍의 jet 방출 방향은 중심 별인 주성(primary star)의 적도와 약 $i = 56^\circ$ 경사각을 이루는 공전 평면상에 동반성(companion)이 존재함을 암시한다. S-shape의 모양은 중심별의 축이 세차 운동을 하고 있고, 2쌍의 jets는 주성(primary star)인 백색왜성 (WD)과 작은 질량으로 보이는 동반성(companion)이 진화하는 과정으로 인하여 근접 쌍성계에서 형성된 Common Envelop (CE)의 축방향의 분출로 해석된다. 이는 근접 쌍성계가 NGC 7009의 구조 형성에 깊이 관여하였음을 보여준다. NGC 7009의 단축 방향인 적도 부근에서 발견된 두 구각의 팽창은 타원형을 이루는데, (먼저 형성된 것으로 여겨지는) 바깥 쪽의 타원 장축이 (나중에 형성된) 안쪽 타원 장축과 약 45° 를 이루고 있다. 두 별, 즉 현재의 주성(WD)과 주성 주위를 공전하는 동반성(companion)의 질량이 일정하다고 가정하여, apsidal motion의 주기를 구하고, 각각의 질량을 구하였다. 바깥의 구각은 현재의 동반성이 PN이었을 때 형성되었고, 이때 질량 유입으로 인해, 행성상 성운으로 진화한 현재의 주성이 안쪽 구각을 형성하여 현재 모양으로 진화하였을 가능성에 대해 논하였다.

주요어 : 성간물질, 행성상성운, 분광선(금지선), 쌍성계

한반도 고영년변화(Korean Peninsula paleo-secular variation, KPSV)

곡선을 이용한 고고학적 유적지 연구: 연구사례 및 의의

박종규*¹ 박용희²

¹강원대학교

²강원대학교

요약

고고학적 편년은 유적을 이해하고 해석하는데, 중요한 역할을 하며 대개 출토된 유물과 유적의 형태 등을 분석하여 정성적으로 수행된다. 한편, 고고학적 증거가 불충분한 경우, 자연과학적 연대측정 방법들을 적용하게 활용한다. 흔히 많이 사용하는 방법으로는 가속질량분석기(accelerator mass spectrometer, AMS)를 이용한 방사성탄소 연대측정과 고영년변화(paleo-secular variation, PSV) 곡선을 이용한 고고지자기 연대측정이 있다. 고고지자기 연대측정에 필수적인 PSV 곡선은 해당 지역의 과거 지구자기장의 변화 기록이며, 본 연구실에서는 국내의 고고학적 유적지로부터 자료를 획득하여 '지난 2,000년간 한반도 고영년변화(Korean Peninsula paleo-secular variation, KPSV_v1.0) 곡선'을 제시하였다(Park, 2018). 이번 연구는 KPSV를 이용하여 국내의 기원후 고고학적 유적지에서의 고고지자기 연대측정을 수행하고, 방사성탄소 연대측정의 결과와의 차이를 분석하였다. 또한, KPSV의 범위를 벗어난 한반도 청동기 시대의 유적을 대상으로 한반도 영년변화를 가장 잘 반영하는 것으로 알려진 'ARCH3K.1' 모델을 이용하여 연구를 수행하였다.

연구 대상인 국내 고고학적 유적은 3기의 주거지터와 2기의 가마터로 구성되며, 비자성플라스틱 큐브를 이용하여 시료를 채취하였다. 채취한 시료에 대해 표준고지자기 자료처리를 통해 고지자기 방향을 결정하였다. 각 유적지에서의 고지자기 방향은 BG1 (D/I: 353.8°/53.3°, k: 166.0, α_{95} : 6.0°), PD1 (D/I: 351.5°/48.6°, k: 204.3, α_{95} : 3.0°), SG1 (D/I: 344.8°/53.7°, k: 176.7, α_{95} : 3.3°), SG2 (D/I: 352.6°/56.7°, k: 258.8, α_{95} : 3.2°), SG3 (D/I: 339.8°/60.0°, k: 137.2, α_{95} : 6.6°)이다. 유적지의 고고학적 편년은 각각 삼국시대(BG1)와 고려시대(PD1, SG1), 청동기 시대(SG2, SG3)로 나타났으며, 95%의 확률로 추정된 고고지자기 연대측정의 결과에 해당 고고학적 편년이 모두 포함된다. 방사성탄소 연대측정의 결과는 정도의 차이는 있지만 고고지자기 연대측정 결과보다 이전으로 나타났다. 이는 방사성탄소 연대는 해당 유적에서의 유기체의 사망시기인 반면, 고고지자기 연대는 유적의 마지막 사용시기를 측정하므로 차이가 발생한 것으로 판단된다. 이러한 특징에 따라 고고학적 유적의 연대 해석에는 다양한 자연과학적 방법을 적용하는 것이 필요하다.

하논 분화구 퇴적물에 대한 광물자기학적 특성 연구

이혜민*¹ 주세연¹ 박지혜¹ 박용희²

¹강원대학교 (tmvoa0918@kangwon.ac.kr)

²강원대학교

요약

퇴적물의 기원과 퇴적환경 변화에 따라 자성광물의 크기, 함량, 종류가 민감하게 반응하기 때문에 이러한 자성광물의 정보를 나타내는 퇴적물의 광물자기학적 특성은 고기후 및 고환경을 해석할 때 유용한 지시자가 된다. 최근 호수 및 해양, 퇴적-고토양 퇴적물에 대한 고환경자기학 연구가 해외 많은 연구자들에 의하여 활발히 수행되고 있으며, 화분 및 지화학적 분석 자료와 좋은 대비 결과를 보여주었다. 연구 지역은 제주도에 위치한 하논 마르성 분화구 습지로, 플라이스토세 후기에 마그마와 지하수 접촉에 의한 수성화산폭발을 통해 형성되었다. 약 10 m 길이의 시추 코어로부터 비자성플라스틱 큐브를 이용하여 총 477개의 시료를 획득하였으며, 코어의 연대범위는 약 31.5-6.9 ky BP로서, 마지막 최대 빙하기에서 홀로세 초기에 해당한다.

등온잔류자화(IRM) 획득실험 결과, 300mT에서 90% 이상 포화되었으며, 항자기력(Hc)과 S-ratio는 각각 30~86mT와 0.6~0.97의 범위를 보여 주자성광물이 자철석과 같은 페리자성광물임을 지시한다. 깊이에 따른 대자율(χ)과 포화등온잔류자화(SIRM), 비자기이력잔류자화(ARM)의 변화를 이용하여 자성광물의 함량 변화를 분석하였으며, 서로 다른 자기구역의 자성광물 함량을 지시하는 파라미터들의 비(χ_{ARM}/χ_{LF} , $ARM/SIRM$)를 이용하여 자성광물의 입자크기의 변화를 분석하였다.

다양한 광물자기특성 자료들을 분석한 결과 최대최후빙하기 이후 기후의 변화에 따른 식생 자료와 높은 상관관계를 보였으며, 특히 자성광물의 함량과 입자크기 지시자가 연구 지역의 고환경 변화를 잘 지시하는 것으로 나타났다. 향후 정밀한 분석을 통하여 해상도 높은 고기후 변화를 해석하고, 다양한 환경의 퇴적물에 대해서도 고환경자기학 연구가 적용될 수 있을 것으로 기대된다.



학생 대면 포스터



탐구 논문(포스터) 요약서

과 제 명 (주제)	대기소광과 미세먼지 농도의 상관관계 분석
소속학교	KAIST 부설 한국과학영재학교
학생성명	김동혁, 김준희, 이강훈
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)
<p>지구에서 천체를 관측할 때 지구 대기의 영향을 받는다. 이로 인해 일어나는 가장 대표적인 현상이 대기소광이다. 이는 천체의 빛이 지구 대기를 통과하며 어두워지는 현상이다. 이러한 대기소광 현상은 측광 관측을 할 때 큰 영향을 주게 된다. 따라서 대기소광 현상이 일어나는 정도를 알아내는 것은 관측의 정밀도를 높이는 데에 굉장히 중요한 요소이며, 천문학자들은 이를 수치화한 대기소광 계수를 사용한다. 본 연구에서는 대기 중 미세먼지 농도와 습도를 측정하고, 별을 측광 관측하고, 기존에 알려진 별의 밝기를 사용하여 구한 대기소광 계수와 미세먼지 농도의 관계를 분석하였다. 미세먼지와 대기소광 계수의 시간에 따른 변화를 살펴본 결과, 대기소광 계수가 미세먼지와 비례관계임을 확인할 수 있었다.</p>	

탐구 논문(포스터) 요약서

과 제 명 (주제)	토네이도의 회전을 이해하기 위한 실험 기구 개발
소속학교	전북과학고등학교
학생성명	홍의빈
지도교사	김경민
분야 (택1)	<input checked="" type="checkbox"/> 대기과학(기상), <input type="checkbox"/> 우주과학(천문), <input type="checkbox"/> 지질과학, <input type="checkbox"/> 해양과학, <input type="checkbox"/> 지구과학 관련 융합(STEAM)
<p>연구 목적 본 연구는 북반구에서 토네이도가 전향력의 영향을 받아 시계 반대 방향으로 회전한다는 오개념을 해결하기 위함에 목적을 둔다.</p> <p>연구 방법 실제 토네이도는 두 방향으로 회전할 수 있다는 것을 구현하기 위해 바람이 들어오는 방향을 조정할 수 있는 실험 기구를 개발하였다. 토네이도 실험 기구는 직육면체를 기본 구조로 하는 토네이도 발생부와 연기 주입부로 구성되었다. 기부 외부에서 내부로 공기가 유입될 수 있도록 토네이도 발생부 네 옆면 하단에 직사각형의 바람 통로를 만들고, 공기가 유입되는 방향을 조정할 수 있도록 바람 통로에 미닫이 구조물을 설치하였다. 상승 기류를 형성하기 위해 토네이도 발생부 윗면에 PC 쿨링팬을 장착하였다. 토네이도 발생부에서 나타나는 공기의 흐름을 시각적으로 관찰하기 위해 연기 주입부에 포그액을 사용하는 연기 발생기를 분무할 수 있는 통로를 만들었다. 또한 필요에 따라 드라이아이스를 이용할 수 있도록 연기 발생기의 구조를 설계하였다.</p> <p>연구 결과 미닫이 장치를 모두 왼쪽을 향하게 정렬한 후 기구를 작동했을 때 시계 반대 방향의 회전이 나타났으며, 미닫이 장치를 모두 오른쪽을 향하게 정렬했을 때는 시계 방향의 회전이 나타났다. 반면에 미닫이 장치의 방향을 가운데에 위치시켰을 때는 불규칙한 회전 흐름이 나타났다. 즉, 토네이도의 회전 방향을 결정하는 중요한 요인은 회전의 초깃값이라는 것과 두 방향 회전의 가능성을 직관적으로 확인할 수 있었다.</p> <p>결론 이 연구에서 개발한 실험 기구는 토네이도에 대한 오개념을 해결하고, 토네이도가 두 방향의 회전을 가질 수 있는 이유를 탐색하며 선형풍을 이해하는 데에 도움이 될 것으로 기대된다. 후속 연구를 통해 바람 통로의 크기 변화, 기구 내에 구조물을 설치하는 등의 변인을 조정할 수 있도록 발전시킨다면 토네이도의 회전과 발달에 영향을 미치는 다양한 요인에 관한 이해까지 도모할 수 있는 실험 기구가 될 것으로 기대한다.</p> <p>주요어 토네이도, 선형풍, 토네이도 실험 기구</p>	

탐구 논문(포스터) 요약서

과 제 명 (주제)	해남지역에 분포하는 백악기 화강암에 관한 모달 분석 연구
소속학교	순천대학교 과학영재교육원
학생성명	강지원, 유지호
지도교사·교수	김정빈
분야 (택1)	<input type="checkbox"/> 대기과학(기상), <input type="checkbox"/> 우주과학(천문), <input checked="" type="checkbox"/> 지질과학, <input type="checkbox"/> 해양과학, <input type="checkbox"/> 지구과학 관련 융합(STEAM)
<p>본 연구는 해남지역에 분포하는 백악기 화강암을 대상으로 박편을 제작하고 편광 현미경 관찰을 통하여 광물들의 상대적인 함량을 결정하기 위하여 스마트폰과 모눈 종이를 이용하여 등간격으로 사진을 촬영하고 모달(modal) 분석을 수행하였다. 일반적으로 준장석을 포함하지 않고 1 mm 이상의 입도와 90 이하의 색지수를 갖는 화성암의 분류는 Streckeisen(1967)과 IUGS(1967)에 의해서 제안된 알칼리장석-석영-사장석의 상대적인 함량을 삼각도에 점시하여 암석명을 결정한다. 그리고 편광현미경에서 촬영된 박편사진을 편집하여 칼라로 출력한 후 반투명 모눈종이를 겹쳐서 놓은 후 눈금을 카운팅하여 석영, 사장석, 알칼리장석, 흑운모, 각섬석 등 주 성분광물과 저어콘, 인회석, 불투명광물 등 부조성광물의 함량을 백분율로 결정하였다. 이 자료에서 알칼리장석, 석영, 사장석의 함량을 선택하여 재계산한 후 알칼리장석-석영-사장석 삼각도에 점시하고 암석명을 결정하였다. 모달분석 결과 화강암 A는 석영 40.9%, 알칼리장석 20.8%, 사장석 38.3%, 화강암 B는 석영 29.8%, 알칼리장석 39%, 사장석 31.2%, 화강암 C는 석영 33.6%, 알칼리장석 57.6%, 사장석 8.8%, 화강암 D는 석영 49%, 알칼리장석 33.2%, 사장석 17.9%, 화강암 E는 석영 51.7%, 알칼리장석 27.5%, 사장석 20.8%이다. 결론적으로 해남지역에 분포하는 화강암의 모달분석 결과는 알칼리-석영-사장석 삼각다이어그램에서 화강암의 영역에 해당된다.</p>	

탐구 논문(포스터) 요약서

과제명 (주제)	해남 우항리층에서 관찰되는 퇴적암의 특징과 퇴적 환경
소속학교	순천대학교 과학영재교육원
학생성명	문동인, 김민혁, 이가연, 정유수, 정윤혁
지도교사·교수	김정빈
분야 (택1)	<input type="checkbox"/> 대기과학(기상), <input type="checkbox"/> 우주과학(천문), <input checked="" type="checkbox"/> 지질과학, <input type="checkbox"/> 해양과학, <input type="checkbox"/> 지구과학 관련 융합(STEAM)

해남군 우항리 일대는 길게 이어진 퇴적층들이 해안선을 따라 매우 잘 발달되어 있다. 퇴적층 중 일부는 석유가 들어 있을 가능성이 보고되어 과거부터 지질학자 및 관련 기관에서 많이 관심을 가져왔는데, 석유 함유량이 적어 경제성이 없다는 사실이 밝혀지면서 세간의 관심에서 한동안 멀어졌다. 그러다가 1980년대부터 퇴적암에 대한 지질학적인 연구가 진행되면서 퇴적 환경과 퇴적 과정을 지시하는 다양한 퇴적 구조가 발견되었다. 그 후 공룡 발자국 화석을 포함하여 다양한 종류의 화석들이 발견되어 지질학자와 일반인에게 주목을 받았다. 1990년대 후반 본격적인 발굴 및 연구가 진행되어 공룡 발자국 500여 점, 익룡 발자국 440여 점, 새 발자국 약 1천여점, 규화목 및 탄화목 화석, 개형충 및 생흔 화석 등이 발견되었다. 이들의 학술 가치는 세계 유일의 매우 정교한 대형 공룡 발자국, 세계에서 가장 오래된 물갈퀴가 있는 새 발자국 화석, 아시아에서 최초로 발견된 절지동물의 보행 흔적 화석과 공룡·익룡·물갈퀴 새 발자국이 같은 시대의 지층에서 세계 최초로 발견된 점이다. 우항리층은 역암, 각력암, 사암, 이암, 셰일, 쳐트, 응회암으로 구성되어 있다. 이 퇴적층에서는 알갱이의 크기, 원마도, 분급 등 일반적으로 볼 수 있는 퇴적암의 조직을 비교해 볼 수 있다. 또, 퇴적 환경을 시사하는 층리, 점이 층리, 견열, 물결 자국, 다양한 발자국 화석, 층내 변형구조, 불꽃구조, 원마도 등을 관찰할 수 있다. 그리고 주변에 공룡박물관까지 갖추고 있어, 체계적으로 지질학을 공부할 수 있는 최고의 자연학습장을 제공한다.

탐구 논문(포스터) 요약서

과 제 명 (주제)	남해안지역에서 발견되는 공룡발자국 화석에 대한 빅데이터 분석과 활용 방안
소속학교	순천대학교 과학영재교육원
학생성명	추승혁, 김민성, 유승현, 임호세, 주성우
지도교사·교수	박미현, 백인성
분야 (택1)	<input type="checkbox"/> 대기과학(기상), <input type="checkbox"/> 우주과학(천문), <input checked="" type="checkbox"/> 지질과학, <input type="checkbox"/> 해양과학, <input type="checkbox"/> 지구과학 관련 융합(STEAM)

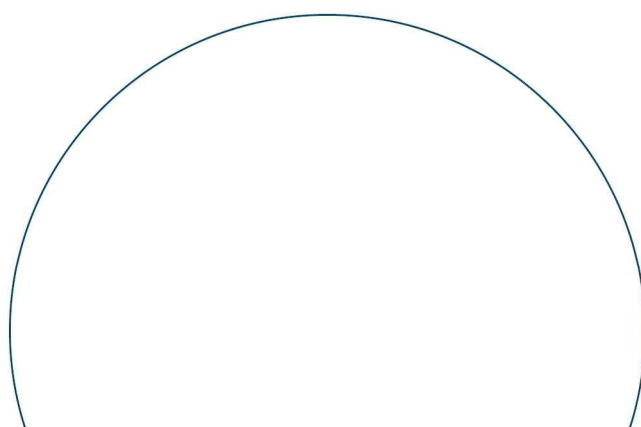
전남의 여수, 화순, 해남, 보성, 신안, 경남 고성, 진주 등 한반도 남쪽 해안가 곳곳에 중생대 백악기의 암석과 공룡, 조류 등 다양한 생명체들의 발자국이 무수히 남아 있다. 이번 연구는 지금까지 보고된 논문과 보고서에 수록된 공룡발자국 화석을 대상으로 이미지(사진과 스캐치) 자료를 수집하고 이에 대한 빅데이터 분석을 수행하였다. 이 연구는 공룡발자국 화석에 대한 빅데이터 분석 결과를 이용하여 공룡을 분류하고 이를 자연과학 분야에 활용 가능성을 탐색하는데 있다. 티처블 머신은 2017년 구글에서 제공하는 웹 기반 인공지능 툴로써, 누구나 머신러닝 모델을 쉽고 빠르게 만들 수 있고, 생성한 모델을 다양한 방법과 용도로 활용할 수 있다. 티처블 머신은 이미지, 사운드, 포즈 등을 컴퓨터가 인식하고 학습하여 AI 분류모델을 만들 수 있는 교육용 플랫폼이다. 본 연구에서는 공룡 발자국 화석 사진을 활용하여 용각류, 수각류, 조각류의 클래스를 만들어 모델을 학습시키고, 분류하기 위해 이미지 프로젝트를 활용하였다. 공룡발자국 화석 AI 분류 모델을 만들기 위해, 전체 120장의 공룡 발자국 화석 사진 이미지를 용각류, 수각류, 조각류, 기타 클래스로 분류하였다. 분류된 각 클래스의 모든 이미지 사진을 활용하여 training 할 경우 공룡 발자국 화석 AI 분류 모델의 학습이 잘 이루어지지 않아 AI 모델의 성능이 떨어진다. 각 분류 클래스는 다시 AI 분류모델을 training 시키기 위한 이미지 사진(5장)과 test(나머지 사진)를 위한 이미지 사진 두 종류로 구분하였다. AI 분류모델의 학습이 일어나고 test 이미지를 추가하여 공룡발자국의 종류를 분류하게 된다. 아래 표에 제시된 것처럼 학습 횟수인 에포크별 정확도는 실제 5회 이상 반복 학습을 하면 공룡발자국 화석 AI 분류 모델의 정확도는 1에 가까워지는 것을 알 수 있다. 그러나 추가하는 test 이미지의 인식 정도에 따라 분류 예측의 정확도 달라질 수 있다.

탐구 논문(포스터) 요약서

과제명 (주제)	퇴적물 분석을 통한 제주 해변의 색이 서로 다른 이유 고찰
소속학교	경남과학고등학교, 소하고등학교
학생성명	강민준, 김선우, 박현, 우수빈
지도교사·교수	최태진
분야 (택1)	<input type="checkbox"/> 대기과학(기상), <input type="checkbox"/> 우주과학(천문), <input checked="" type="checkbox"/> 지질과학, <input type="checkbox"/> 해양과학, <input type="checkbox"/> 지구과학 관련 융합(STEAM)
<p>화산섬인 제주도의 퇴적물은 그곳의 현무암으로부터 기원한 것으로 보인다. 따라서 제주도의 해변은 어두운색을 띠 것으로 생각했다. 그러나 널리 알려져 있듯이 제주도의 많은 해변은 흰색이다. 본 탐구에서는 여기에 의문을 가지고 제주도 해변 퇴적물의 기원을 분석하고자 하였다. 제주도의 5개 해변과 하나의 하천을 선정하여 각 지점에서 모래를 채취하였다. 이후 XRF를 통한 샘플의 지화학 분석과 박편 관찰 결과를 통해 각 지점의 퇴적물이 갖는 특성을 알아내었다. 그 결과 검은 모래 해변에서는 전반적으로 현무암 파편으로 인해 SiO₂ 함량이 높게 나타났으며, 흰 모래 해변에서는 생물 기원 퇴적물로 인해 CaO 함량이 높았다. 각 지점에서의 분급, 원마도는 파도와 바람 등 여러 가지 요인의 영향을 받아 서로 다르게 나타났다. 이로부터 검은 모래는 제주도의 현무암에서 기원함을 알 수 있었다. 또한 주변 해류를 바탕으로 생물 기원 퇴적물의 주된 공급원은 양자강 유출수임을 알 수 있었다. 이를 종합하여 제주도 해변의 색깔이 서로 다른 이유를 추론해낼 수 있었다.</p>	

탐구 논문(포스터) 요약서

과 제 명 (주제)	극지 지하수가 해수면변동에 미치는 영향에 대한 고찰 A review study of effect of polar groundwater on sea level rise
소속학교	Seoul Scholars International
학생성명	이동진, 이충협, 권민서
지도교사/교수	없음
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>Sea level rise has been drawing great attention. Using a lot of fossil fuels affects global warming so the sea level increases because of global warming, the glaciers in polar regions have started to melt so people started to have an interest in it. The thermal expansion and melting of land-based ice are the primary reasons for rising sea levels. Thermal expansion occurs as the water warms, and its volume expands. Due to climate change, the global temperature rises, leading to an increase of the ocean water's temperature simultaneously. This substantially contributes to the rise in sea-level. Additionally, melting of the ice core is also a huge influence in sea-level increasing. Warmer weather happens to melt the ice cores faster, releasing the melt water into the ocean. Most of these occurrences result from human-induced climate change, hence, allowing us to acknowledge the crucialness of minimizing global warming and reducing greenhouse gas emissions. In this work, we focus on a role of groundwater as a reservoir for attenuating sea level rise. If we make a box for the total amount of water on Earth then its area is 1335000000 km^3 and Earth's surface area is 3610000000 km^2 so the height of the box is 3.698 km. By using this equation, mass equals density multiplied by volume. In this equation, we recognize that the value of volume became $26.7 \times 10^6 \text{ km}^3$. Due to the law of conservation of mass, we could input the value of $D = 0.9167$ and the value of $V = 26.7 \times 10^6 \text{ km}^3$. As a result, the value of mass became 24,475,890 Gt, which is able to change into 2.447589×10^7. In summary, the mass of the water is equal to 24,475,890 Gt. The amount of melted water is $I = 24,475,890 \text{ Gt} / V$ $V = 24,475,890 \text{ Gt}$. The volume of melted water became 24,475,890 Gt. To find the increase in the height from the volume, it is required to divide 24,475,890 Gt from the area of the base which is $3,610,000,000 \text{ km}^3$. Finally, the value of height became 0.07 km, which is 70 meters. If 10 percent of water goes to undergrounded water then sea levels will rise 6.3 meters.</p>	



연구윤리규정



사단법인 한국지구과학회 연구윤리 규정

2007년 6월 29일 제정

2020년 3월 19일 개정

2021년 4월 27일 개정

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

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

제3조 (연구윤리)

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

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

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

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

1. “위조”는 존재하지 않는 데이터 또는 연구결과 등을 허위로 만들어 내는 행위를 말한다.
2. “변조”는 연구 재료·장비·과정 등을 인위적으로 조작하거나 데이터를 임의로 변형 또는 삭제함으로써 연구 내용 또는 결과를 왜곡하는 행위를 말한다.
3. “표절”이라 함은 타인의 아이디어, 연구내용 및 결과 등을 정당한 승인 또는 인용 없이 도용하는 행위를 말한다.
4. “부당한 저자 표시”는 연구내용 또는 결과에 대하여 과학적·기술적 공헌 또는 기여를 한 사람에게 정당한 이유 없이 논문저자 자격을 부여하지 않거나, 과학적·기술적 공헌 또는 기여를 하지 않은 자에게 감사의 표시 또는 예우 등을 이유로 논문저자 자격을 부여하는 행위를 말한다.
5. “부당한 중복게재”는 연구자가 자신의 이전 연구결과와 동일 또는 실질적으로 유사한 저작물을 출처표시 없이 게재한 후, 연구비를 수령하거나 별도의 연구업적으로 인정받는 경우 등 부당한 이익을 얻는 행위를 말한다.

6. "연구부정행위에 대한 조사 방해 행위"는 본인 또는 타인의 부정행위에 대한 조사를 고의로 방해하거나 제보자에게 위해를 가하는 행위를 말한다.
7. 그 밖에 각 학문분야에서 통상적으로 용인되는 범위를 심각하게 벗어나는 행위를 연구부정행위에 포함시킬 수 있다.

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

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

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

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

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

제10조 (윤리위원회 구성)

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

제11조 (윤리위원회 기능)

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

제12조 (윤리규정 위반의 제소)

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

제13조 (소명 기회와 비밀 보장)

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

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

부 칙

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

2023 한국지구과학회
추계 학술대회 논문집

지구를 넘어 우주로

인쇄일 2023. 10.
발행일 2023. 10.
발행인 (사)한국지구과학회
편집 (사)한국지구과학회

*본 논문집에 수록된 모든 논문은 그 내용에 대한 편집위원회의 심의를 거치지 않았습니다.

*본 논문집에 수록된 논문을 인용하는 경우, 다음과 같이 출처를 밝히기를 권장합니다.

인용 예 저자명, 한국지구과학회 2023년도 추계학술발표회 논문집

*본 학회지에 수록된 논문의 내용, 그림 및 도표의 저작권은 한국지구과학회에 있으므로 본 학회의 허락 없이 무단 복제 및 무단 전시를 금합니다.



Proceeding of the 2023 Autumn Conference in the Korean Earth Science Society

한국 지구 과학 회 (28173) 청주시 흥덕구 강내면 태성탑연로 250 한국교원대학교 교양학관 121호, 한국지구과학회

THE KOREAN EARTH SCIENCE SOCIETY TEL: 043)231-7415 HOMEPAGE: [HTTPS://WWW.KESS64.NET](https://www.kess64.net) E-MAIL: KESS@KESS64.NET