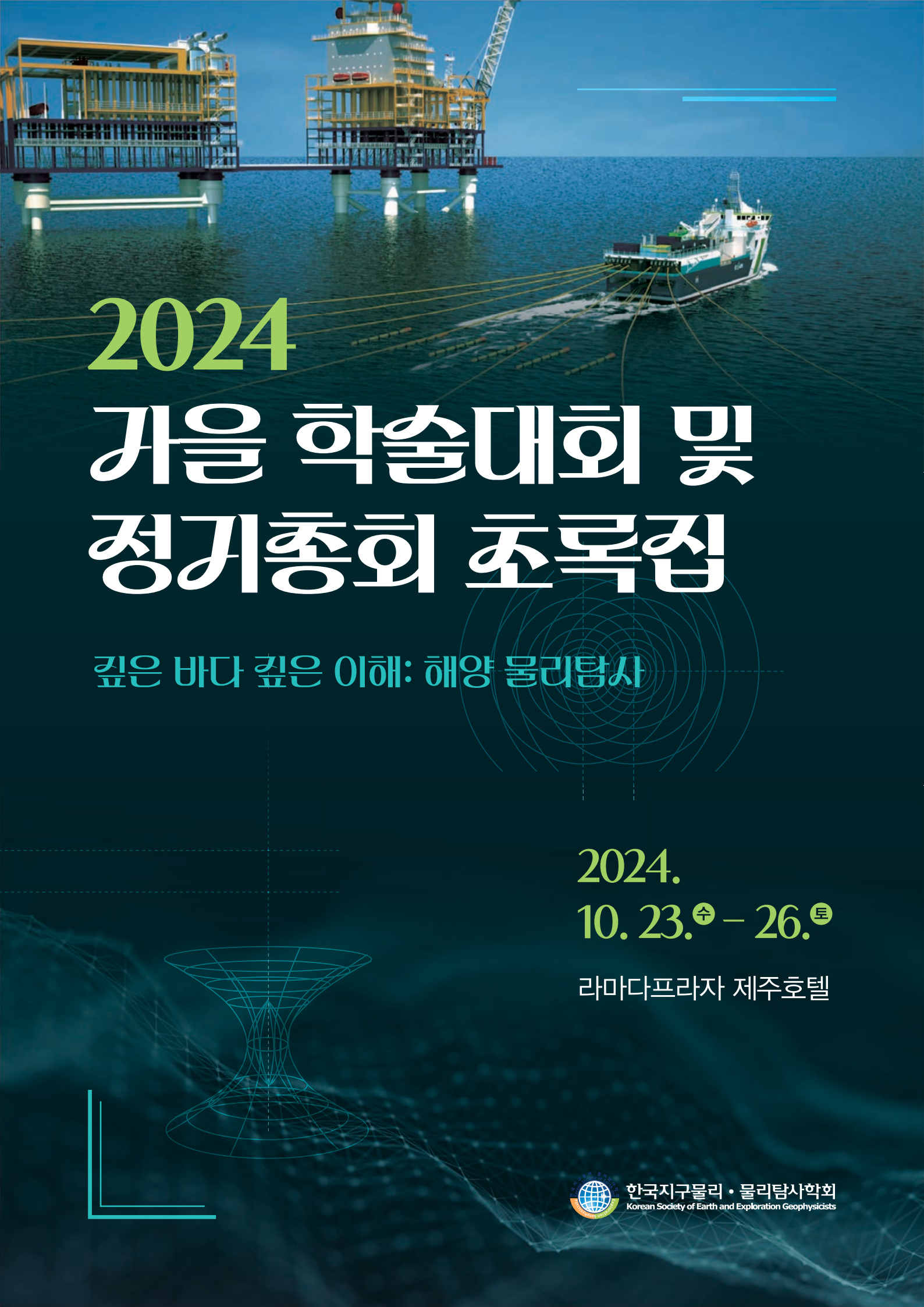




2024

가을 학술대회 및 정기총회 조록집

깊은 바다 깊은 이해: 해양 물리탐사

2024.

10. 23.^수 - 26.^토

라마다프라자 제주호텔



한국지구물리·물리탐사학회
Korean Society of Earth and Exploration Geophysicists

posco
INTERNATIONAL

WITH NATURE MAKE FUTURE

그린에너지와 글로벌비즈니스로 세상에 가치를 더합니다.

초대의 글



존경하는 한국지구물리·물리탐사학회 회원 여러분, 그리고 귀빈 여러분,

안녕하십니까? 오늘 가을 학술대회를 축하하기 위해 참석해 주신 한국해양과학기술원의 이희승 원장님, 제주연구원의 양덕순 원장님, 기조 강연을 맡아 주신 김영서 박사님, 그리고 제주까지 직접 찾아와 주신 회원 여러분께 깊은 감사의 말씀을 드립니다.

지구 표면의 약 70%를 차지하는 해양은 인류 생존에 필요한 자원을 제공할 뿐만 아니라, 지구의 역사를 담고 있는 소중한 공간입니다. 우리나라는 다른 나라들에 비해 다소 늦은 1990년대에 이르러서야 본격적인 해양탐사를 시작할 기반을 마련했지만, 현재는 한반도 연안은 물론 태평양, 대서양, 그리고 남북극해까지 전 세계 대양을 무대로 활발한 해양탐사를 진행하고 있습니다. 해양의 중요성이 날로 커지고 있는 이 시점에서, 이번 가을 학술대회의 주제를 “깊은 바다, 깊은 이해: 해양 물리탐사”로 정하게 되었습니다. 지구물리와 물리탐사 기법을 활용한 해양 물리탐사는 해저 자원 탐사와 해저 지질 환경 변화 연구에 중요한 역할을 해왔습니다.

이번 학술대회는 23일부터 25일까지 총 84건의 구두 및 포스터 발표가 예정되어 있으며, 이를 통해 해양 물리탐사 분야의 최신 연구 성과와 기술을 공유할 수 있는 기회가 될 것입니다. 또한 “고준위 방폐물 심층처분 부지조사평가 기술”과 “분포형 광섬유 진동계측 기술 개발 및 활용 현황”이라는 두 개의 특별 세션이 준비되어 있으며, 극지연구소 주관 “젊은 과학자 워크숍”도 함께 열릴 예정입니다. 이번 학술대회가 회원 여러분의 학문적 이해를 더욱 깊게 하고, 활발한 교류를 통해 각자의 연구와 발전에 도움이 되기를 기원합니다.

끝으로, 이번 학술대회의 성공적인 개최를 위해 애써주신 이성곤 준비위원장님을 비롯한 여러 준비위원분들께 깊은 감사의 말씀을 드리며, 후원과 협찬을 아끼지 않으신 여러 기관과 기업들에도 진심으로 감사드립니다.

오랜만에 제주에서 개최되는 이번 학술대회가 아름다운 제주의 경관 속에서 알찬 시간으로 기억되시기를 바랍니다.

감사합니다.

2024년 10월

한국지구물리·물리탐사학회 회장 **홍종국**

환영사



존경하는 한국지구물리·물리탐사학회 회원 및 참가자 여러분, 그리고 한국지구물리·물리탐사학회 2024년도 가을 학술대회 참석을 위해 이 자리를 찾아주신 모든 분들을 환영합니다.

한국지구물리·물리탐사학회의 2024년도 가을 학술대회 개최를 진심으로 축하드리며, 제주의 청명한 가을 하늘 아래, 여러분을 맞이하게 되어 무한한 영광입니다. 우리나라를 대표하는 지구물리·물리탐사 분야의 중심학회로서 선도적 역할을 하고 있는 '한국지구물리·물리탐사 가을 학술대회'가 우리 제주에서 개최되어 특별한 의미를 더하는 만큼, 다시 한 번 여러분을 따뜻하게 환영합니다.

대한민국 해양영토는 육지면적의 4.4배에 달합니다. 그 중에서 제주는 우리나라의 국토면적의 1%를 차지하는 조그만 섬이지만, 사면이 바다로 둘러싸여 있습니다. 또한, 해양산업 육성과 해양자원 개발에도 많은 관심과 지원을 아끼지 않고 있습니다. 그렇기 때문에 여기에 오신 전문가 분들의 많은 도움이 필요합니다.

이번 학술대회는 '깊은 바다 깊은 이해: 해양 물리탐사'라는 주제로 해양 탐사 분야의 발전과 미래를 모색하는 매우 뜻깊은 자리입니다. 특히, 해양 자원 탐사와 관련된 다양한 주제 발표와 토론을 통해 지구물리탐사의 새로운 가능성과 과학적 성과를 교류하는 소중한 기회가 될 것입니다. 그리고 해양 지각 구조, 지진, 석유·가스 자원 탐사, 그리고 해양 환경 보호 등 폭넓은 분야에서의 최신 연구 결과가 공유될 것입니다. 특히 해양 에너지 자원 탐사에 대한 깊이 있는 논의는 우리 사회가 직면한 에너지 문제를 해결하는데 많은 기여를 할 것으로 기대합니다. 기후변화와 인간의 활동에서 비롯되는 사회환경의 변화는 해양환경에도 많은 영향을 미치고 있습니다. 이러한 시점에서 해양 물리탐사의 중요성은 아무리 강조해도 지나치지 않을 것이며, 이번 학술대회를 통해 전문가들의 지식과 경험을 공유하고, 기술을 발전시킬 수 있는 기회가 되길 바랍니다.

제주는 풍부한 해양 자원을 바탕으로 지속 가능한 미래를 위해 꾸준히 노력하고 있습니다. 여러분의 소중한 연구와 노력이 이곳 제주와 대한민국뿐만 아니라 전 세계의 해양 연구 및 자원 개발에 큰 기여를 할 것으로 믿어 의심치 않습니다.

끝으로, 학술대회를 위해 애써주신 모든 분들에게 감사의 말씀을 드리며, 참석해주신 모든 분들의 앞날에 행복이 가득하길 바랍니다.

감사합니다.

2024년 10월

제주연구원 원장 **양 덕 순**

축사



존경하는 한국지구물리·물리탐사학회 회원 여러분, 그리고 내외 귀빈여러분,
안녕하십니까? 한국해양과학기술원 원장 이희승입니다.

이처럼 좋은 가을날에, 아름다운 섬 제주에서 학회 회원 분들과 관계자 분들이 함께 모여 지구물리 및 물리탐사 분야의 연구 발전방향을 논의하는 귀한 시간을 갖게 된 것을 매우 뜻깊게 생각합니다. 오늘 바쁘신 중에도 귀한 시간 내시어 참석해 주신 제주연구원 양덕순 원장님과 기초강연을 해주시는 김영서 박사님께 특별히 감사의 말씀을 드립니다.

이번 학술대회의 주제가 “깊은 바다, 깊은 이해: 해양 물리탐사”라고 들었습니다. 지구 과학, 그중에서도 해양과학을 연구하는 우리 모두에게 매우 중요한 의미를 갖는 주제라고 생각합니다.

해양 물리탐사는 자원탐사에서 가장 중요한 방법 중 하나입니다. 또한, 지구의 환경변화와 지구의 역사를 밝히는 데에도 크게 기여하고 있습니다. 그동안 인류는 해양 물리탐사를 통하여 막대한 자원을 확보할 수 있었고, 지구 환경의 변화는 물론, 지구진화의 과거와 현재를 더 깊이 이해할 수 있게 되었습니다.

우리나라는 그동안 한국 주변 해역뿐만 아니라 태평양, 인도양, 남북극해 등에서 활발한 해양 물리탐사활동을 해왔으며, 이미 많은 성과를 이루었습니다. 동해에서 석유, 가스 및 가스하이드레이트 발견, 태평양, 인도양에서의 광물자원 탐사, 남북극에서의 지각변동 연구 등 그 성과를 일일이 나열하기 힘들 정도입니다.

이번 학술대회에서 논의되는 다양한 내용들은 앞으로 해양 물리탐사 기술의 진보와 함께 우리나라 해양과학 발전에 중대한 역할을 할 것이며, 글로벌 경쟁력을 강화하는 데에도 기여할 것입니다.

특히, 해양 에너지 자원의 탐사와 관련된 최신 연구들이 발표되어 우리나라의 자원개발 및 활용에 관한 지속 가능한 방안들을 모색하는 데 큰 도움을 줄 것입니다. 아울러 각 세션에서 논의될 주제들은 앞으로 해양 탐사와 관련된 다양한 기술적 도전에 대한 해결책을 제시하는 중요한 통찰을 제공할 것입니다.

해양과학기술의 미래는 우리 모두가 지식을 공유하고 협력할 때 더 큰 진보를 이룰 수 있습니다. 이번 학회가 그런 의미에서 서로의 지혜를 모으고, 새로운 길을 모색하는 생산적인 논의의 장이 될 것이라 확신합니다. 앞으로도 한국지구물리·물리탐사학회가 해양과학기술의 최전선에서 혁신을 이끄는 역할을 계속해 주시길 바랍니다.

다시 한 번, 이 자리에 함께해 주신 모든 분께 감사드리며, 성공적인 학술대회가 되기를 기원합니다.

감사합니다.

2024년 10월
한국해양과학기술원 원장 **이희승**

프로그램

» 10월 23일(수)

시 간	라마다 볼륨 1	라마다 볼륨 2	라마다 볼륨 3	라마다 볼륨 4
13:00	등 록 (13:00-14:00)			
14:00	일반세션 1 지반/환경/지하수 (14:00-15:40)			
15:00				
16:00	일반세션 2 기계학습 (16:00-17:40)			
17:00				
18:00				

» 10월 24일(목)

시 간	라마다 볼륨 1	라마다 볼륨 2	라마다 볼륨 3	라마다 볼륨 4
09:00	등 록 (9:00-10:00)			워크샵(극지) “급격한 남극 빙상 용융에 따른 근미래 전지구 해수면 상승 예측기술 개발(주관: 해양수산부)” 연구사업 젊은 과학자 워크샵 (09:00-18:00)
10:00	개 회 식 (10:00-10:30)			
10:30	기조강연 (10:30-11:20)			
11:20	정기총회 (11:20-12:00)			
12:00	점 심 (12:00-13:30)			
13:30	심포지엄 깊은 바다 깊은 이해: 해양 물리탐사 (13:30-17:30)	특별세션 1 고준위방폐물 심층처분 부지조사·평가 기술 개발 (한국원자력환경공단) (15:00-17:20)	특별세션 2 분포형 광섬유 진동계측 기술 개발 및 활용 현황 (13:30-18:00)	
14:00				
15:00				
16:00	포스터 세션 질의 응답(로비) (17:30-18:30)			
17:30				
18:00				
18:30	간담회			



» 10월 25일(금)

시 간	라마다 볼룸 1	라마다 볼룸 2	라마다 볼룸 3	라마다 볼룸 4
09:00	등 록 (09:00-09:30)			
09:30	일반세션 3 중자력/전자탐사 (09:30-11:10)			워크샵(극지) “급격한 남극 빙상 용융에 따른 근미래 전지구 해수면 상승 예측기술 개발(주관: 해양수산부)” 연구사업 젊은 과학자 워크샵 (10:00-12:00)
10:00				
11:30	일반세션 4 CCS/해양탐사 (11:30-12:50)			
12:00				
13:00				

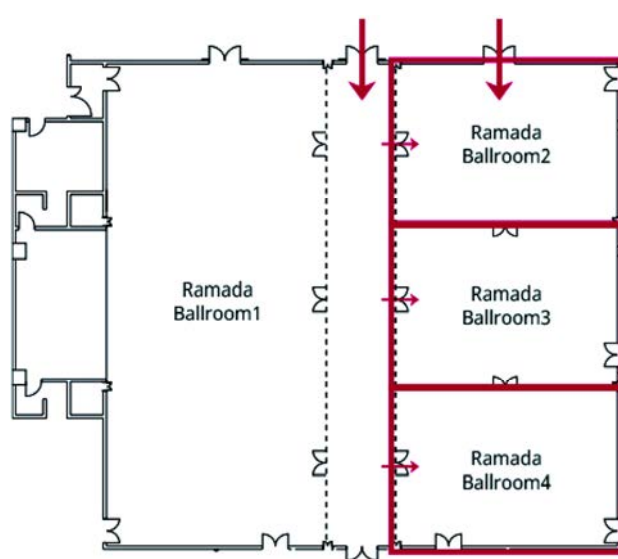
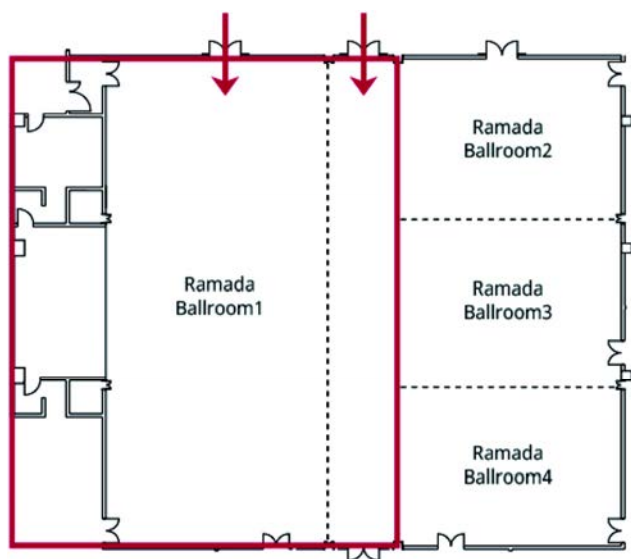
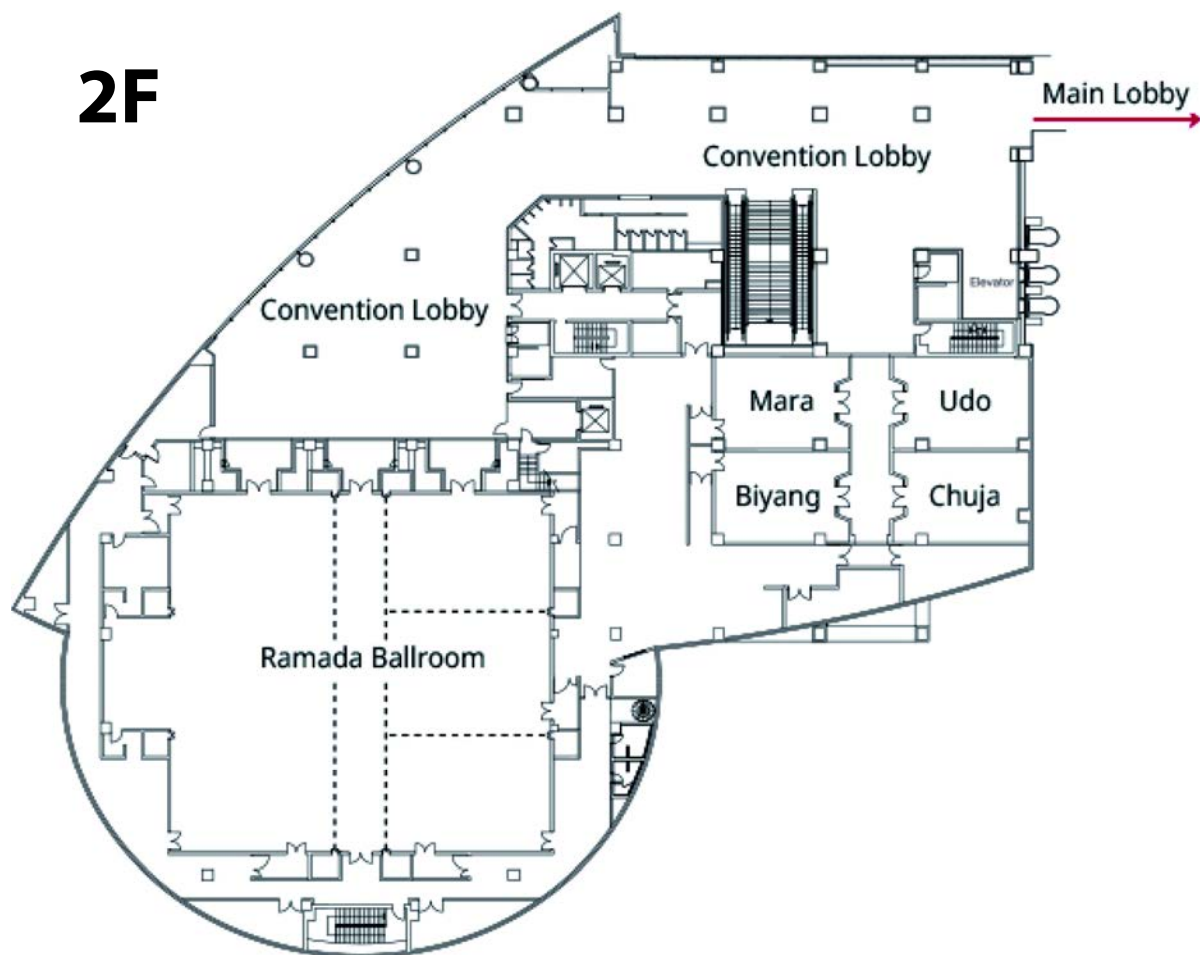
2024

가을 학술대회 및 정기총회

깊은 바다 깊은 이해: 해양 물리탐사

Floor Plan

2F



개회식

• 사회: 이주한

개회사



홍종국
한국지구물리·물리탐사학회
회장

환영사



양덕순
제주연구원
원장

축사



이희승
한국해양과학기술원
원장

기조강연

• 사회: 임형래

Wave-based model building for marine surveys



김영서
Saudi Aramco
2024년 SEG Virgil
Kauffman Gold Medal
Award 수상자

심포지엄

» 10월 24일(목)

깊은 바다 깊은 이해: 해양 물리탐사		• 좌장: 변중무(한양대학교)
시간	발표제목	발표자(소속)
13:30-14:15	해양탄성파탐사 자료취득 장비	구남형 (한국지질자원연구원)
14:15-15:00	해양 탄성파 탐사 자료처리의 도전과제	정우돈 (강원대학교)
15:00-15:15	휴 식	
15:15-16:00	국내 이산화탄소 지중저장소 탐사	강무희 (한국지질자원연구원)
16:00-16:45	E&P사업에서의 해양 인공송신원 전자탐사 활용 사례	박준석 (포스코인터내셔널)
16:45-17:30	해상풍력 사업을 위한 지구물리탐사	김현도 (주)지오뷰

특별세션

» 10월 24일(목)

[특별세션 1] 고준위방폐물 심층처분 부지조사·평가 기술 개발(한국원자력환경공단)		
• 좌장: 이명종(한국지질자원연구원)		
시간	발표제목	발표자
15:00-15:20	핀란드의 부지선정을 위한 선형구조 해석 및 이격거리 분석	김유한 (한국원자력환경공단)
15:20-15:40	고준위방사성폐기물 처분시설 부지특성 조사를 위한 현장조사 기법 및 수행 전략	김효건 (벽산엔지니어링(주))
15:40-16:00	고준위방폐물 처분부지 부적합지역 배제 및 부지특성화 DB 구축 방안	박선주 (주)어스이엔지
16:00-16:20	휴식	
16:20-16:40	고준위방폐물 심층처분 부지 조사를 위한 반사법 탄성파 탐사 사례연구: 핀란드 울킬루오토 및 스웨덴 포스마크 지역을 중심으로	정우돈 (강원대학교)
16:40-17:00	국외 3차원 부지기술 모델링 및 예측모델 개발 수행 현황 및 시사점	권미진 (한국원자력환경공단)
17:00-17:20	심층처분시설에서의 부지 특성 조사와 안전성 평가 간의 연계성 및 활용방안	정미선 (한국원자력환경공단)

[특별세션 2] 분포형 광섬유 진동계측 기술 개발 및 활용 현황		
• 좌장: 윤병준(한국지질자원연구원)		
시간	발표제목	발표자
13:30-14:10	광섬유를 이용한 분포형 진동계측 기술의 지구물리학적 활용	박권규 (한국지질자원연구원)
14:10-14:30	광센서 진동계측 현장 구축 사례	이창현 (한국지질자원연구원)
14:30-14:50	자기지도학습을 이용한 DVS 자료 잡음 순차적 억제	전형구 (경북대학교)
14:50-15:10	딥러닝을 통한 분포형 음향 센싱(DAS) 원시 데이터의 기기 잡음 제거 타당성 연구	이명현 (서울대학교)
15:10-15:30	수진가-분포형 광섬유 센서를 활용한 완전파형 역산 기반 지하 영상화 타당성 연구	조용채 (서울대학교)
15:30-15:50	휴식	
• 좌장: 이창현(한국지질자원연구원)		
15:50-16:10	유휴 광섬유를 이용한 진동계측 연구 개발 현황	윤병준 (한국지질자원연구원)
16:10-16:30	Super Virtual Interferometry (SVI) 기법을 이용한 광섬유 기반 미소진동 자료의 신호대잡음비 개선 연구	편석준 (인하대학교)
16:30-16:50	장거리 지중 광케이블의 지진파 응답특성 평가 사례 연구	연관희 (한전 전력연구원)
16:50-17:10	대전 광케이블을 이용한 분산음향측정(DAS) 지진 신호 관측 사례	임호빈 (한국지질자원연구원)
17:10-17:30	분포형 광섬유 센싱을 활용한 차량 유발 진동원 모델링 및 분류	최승훈 (서울대학교)
17:30-18:00	종합 토론	

워크샵(극지)

“급격한 남극 빙상 용융에 따른 근미래 전지구 해수면 상승 예측기술 개발(주관: 해양수산부)” 연구사업 젊은 과학자 워크샵

- 일시: 2024년 10월 24일(목) - 25일(금), 1박 2일
- 장소: 라마다프라자 제주호텔 (한국지구물리·물리탐사학회 가을 학술대회의 특별세션으로 진행)
- 참가인원: K-NOW 연구사업 참여 연구원, 남극 연구에 관심있는 젊은 연구자 누구나

» 10월 24일(목)

시간	발표제목
09:00-09:10	오프닝 _ 진행: 김병훈
Do you K-NOW? (09:10-10:30, 기조연설 제외 7분 발표, 3분 질의 응답)	
09:10-09:30	기조연설 _ 이원상
09:30-09:40	WP1 열 유입량 변화와 빙봉 용융 및 지반선 후퇴 과정 규명 _ 나지성
09:40-09:50	WP2 해빙 및 해양 외력에 의한 빙봉 거동과 붕괴 기작 규명 _ 허은숙
09:50-10:00	WP3 빙상 질량 변화 추정 정확도 향상과 손실 가속화 기작 규명 _ 김병훈
10:00-10:10	WP4 피드백 과정의 원거리 상호작용 규명 _ 김지해
10:20-10:30	WP5 미래 빙상 질량 변화와 해수면 상승 예측 _ 박인우
10:30-10:40	휴식
10:40-11:30	참가자 자기소개 1분 30초 이내, 개인 관심사, 연구 주제 등 (ppt 1-2페이지) _ 모든 참가자
11:30-13:00	점심식사
I want to K-NOW! (Early Careers only, 13:00-15:45) _ 진행: 허은숙, 권조아	
13:00-13:10	파인아일랜드만 내의 표층순환 변화에 따른 열유입량 분석 _ 정연수
13:10-13:20	테라노바만 고염분 대륙붕수 특성 변화에 대한 종합적 접근 _ 최현아
13:20-13:30	Classification of Sea CTD profiles in Ross Sea _ 정현재
13:30-13:40	해수 안정 동위원소를 활용한 표층수 혼합에 대한 연구 _ 김송이 [온라인발표]
13:40-14:00	특별발표 최근 남극 해빙 급감과 로스해역 특성 변화의 관련성에 대한 고찰 _ 김태균
14:00-14:10	휴식
14:10-14:20	Time-lagged relationship between Southern Annular Mode and the fast-ice variability _ 허은숙
14:20-14:30	Impacts of the MJO on the Antarctic Atmospheric rivers _ 김지해
14:30-14:40	남극 수온 상승에 따른 박테리아 군집 변동 _ 최재호
14:40-15:00	특별발표 물리적 프로세스에 기반한 해수면 상승 평가 _ 차현수

2024

가을 학술대회 및 정기총회

깊은 바다 깊은 이해: 해양 물리탐사

시간	발표제목
15:00-15:10	휴식
15:10-15:20	Multi-temporal scale L2 time-varying gravity solutions _ 이대하 [온라인발표]
15:20-15:30	Sea level variations (1992-2016) explained by Earth's pole shift _ 표진주 [온라인발표]
15:30-15:40	An efficient approach to estimating present and future surface melting over Antarctica _ 박인우
15:40-16:00	발표 내용 관련 자유토론 / 휴식
K-NOW, 그 이후 (Early Careers only, 16:00-18:00)	
16:00-16:10	세션 소개
16:10-17:00	WP 그룹별 토론 _ WP1: 나지성, WP2: 허은숙, WP3: 김병훈, WP4: 김지해, WP5: 박인우 1) 각 분야 별 최신 과학 이슈에는 어떤 것들이 있는지? 2) K-NOW 사업에서는 어떤 이슈들을 포함하고 있는지? 3) 무엇을 포함하지 않는지? 4) K-NOW 이후 진행 가능한 연구 (혹은 새로운 아이디어)? 다학제 간 협력으로 발전시킬 수 있는 연구에는 무엇이 있는지?
17:00-17:30	토론 결과 요약 발표, 공동연구 주제 발굴 가능성 토론
17:30-17:50	국외 젊은 과학자 네트워크, Funding 및 장학금 정보 공유 (예시: APECS, 연구재단 사업, SCAR fellowship, 전재규 젊은 과학자상 등) _ 천지연 + 모든 참가자
17:50-18:00	향후 활동 방안 논의
18:00-	저녁식사

» 10월 25일(금)

시간	발표제목
10:00-12:00	워크샵 결과 정리 워크샵 결과 white paper 투고를 위한 개요 작성 _ 모든 참가자

• 발표자 명단 및 소속

이원상 (극지연구소 빙하지권연구본부)
 나지성 (극지연구소 빙하지권연구본부)
 허은숙 (극지연구소 빙하지권연구본부)
 김병훈 (극지연구소 빙하지권연구본부)
 김지해 (울산과학기술원 지구환경도시건설공학과)
 박인우 (서울대학교 지구환경과학부)
 정연수 (경북대학교 지구시스템과학부)
 최현아 (경북대학교 지구시스템과학부)

정현재 (서울대학교 생명과학부)
 김송이 (이화여자대학교 과학교육과)
 김태균 (제주대학교 지구해양과학과)
 최재호 (서울대학교 지구환경과학부)
 차현수 (제주대학교 지구해양과학과)
 이대하 (서울대학교 지구과학교육과)
 표진주 (서울대학교 지구과학교육과)

구두발표

» 10월 23일(수)

[일반세션 1] 지반/환경/지하수			• 좌장: 김수관(한국해양과학기술원)
시간	발표분야	발표제목	
14:00-14:20	지반/환경	물리 탐사 기법을 활용한 천부 3차원 지질 모델 구성 예 유희은 ¹⁾ , 조아현 ¹⁾ , 이강훈 ²⁾ , 신제현 ³⁾ , 편석준 ⁴⁾ , 조호영 ⁵⁾ , 남명진 ^{1,6)*} ¹⁾ 세종대학교 에너지자원공학과, ²⁾ 한국지질자원연구원 해저지질탐사연구센터, ³⁾ 한국지질자원연구원 지하수환경연구센터, ⁴⁾ 인하대학교 에너지자원공학과, ⁵⁾ 고려대학교 지구환경공학과, ^{6)*} 세종대학교 지구자원시스템공학과	
14:20-14:40	지반/환경	댐에서의 전기비저항 모니터링 자료 해석 이근수 ^{1)*} , 임정열 ¹⁾ , 김연정 ¹⁾ , 하명진 ²⁾ , 김기석 ²⁾ , 조인기 ²⁾ ^{1)*} 한국수자원공사 K-water연구원, ^{2)(주)} 희송지오텍	
14:40-15:00	지반/환경	염수환경의 지반조사를 위한 전기비저항탐사 적용 박삼규 ^{1)*} , 손정술 ¹⁾ , 방은석 ¹⁾ , 박계순 ¹⁾ ^{1)*} 한국지질자원연구원 광물자원연구본부	
15:00-15:20	지전자기/GPR	시추공을 이용한 축선 양단의 전기비저항 영상화 용환호 ^{1)*} , 임진택 ²⁾ , 엄창길 ³⁾ , 원형 ³⁾ , 조인기 ⁴⁾ , 송성호 ¹⁾ , 이규상 ¹⁾ ^{1)*} 한국농어촌공사 농어촌연구원, ^{2)(주)} GNE1, ^{3)(주)} 어바웃코리아, ⁴⁾ 강원대학교 지구물리학과	
15:20-15:40	지열/지하수	해수침투 특성 평가를 위한 물리탐사 사례: 강원도 송지호 황세호 ^{1)*} , 최지훈 ¹⁾ , 정승호 ^{1,2)} , 전우현 ¹⁾ , 정병주 ¹⁾ , 문희선 ^{1,3)} ^{1)*} 한국지질자원연구원 지하수환경연구센터, ²⁾ 전남대학교 에너지자원공학과, ³⁾ 과학기술연합대학교대학원 KIGAM School 지질과학전공	

[일반세션 2] 기계학습			• 좌장: 신영재(국립경상대학교)
시간	발표분야	발표제목	
16:00-16:20	기계학습	영역분할 손실 함수를 사용한 심층 신경망 기반 단층 해석 모델 성능 향상 연구 최우창 ¹⁾ , 편석준 ^{1)*} ^{1)*} 인하대학교 에너지자원공학과	
16:20-16:40	기계학습	GPR 자료에서의 단열대 추출을 위한 합성곱 신경망 알고리즘 연구 이아인 ¹⁾ , 오석훈 ^{2)*} , 권형석 ³⁾ ¹⁾ 강원대학교 에너지·인프라융합학과, ^{2)*} 강원대학교 에너지자원공학과, ³⁾ 강원대학교 지구자원연구소	

2024

가을 학술대회 및 정기총회

깊은 바다 깊은 이해: 해양 물리탐사

시 간	발표분야	발표제목
16:40-17:00	기계학습	효율적인 지층 물성 예측을 위한 머신러닝 모델 비교 김수정 ¹⁾ , 전형구 ^{2)*} ¹⁾ 경북대학교 지질학과, ^{2)*} 경북대학교 지질학과
17:00-17:20	지진/탄성파	단시간 푸리에 변환을 이용한 미소 진동 신호 분류 강호진 ¹⁾ , 편석준 ^{1)*} , 최우창 ¹⁾ , 최병훈 ¹⁾ ^{1)*} 인하대학교 에너지자원공학과
17:20-17:40	지진/탄성파	딥러닝을 이용한 라플라스 영역 탄성파 역산 알고리즘 조준현 ¹⁾ , 하완수 ^{2)*} ¹⁾ 부경대학교 에너지자원공학과, ^{2)*} 부경대학교 에너지자원공학과

» 10월 25일(금)

[일반세션 3] 중자력/전자탐사		• 좌장: 최한진(부산대학교)
시 간	발표분야	발표제목
09:30-09:50	고지자기/자력	청양 지구자기 관측소의 수동 및 자동 절대측정을 활용한 지구자기 관측자료 품질 평가 연구 박소현 ¹⁾ , 오석훈 ^{2)*} , 이하성 ³⁾ ¹⁾ 강원대학교 에너지·인프라융합학과, ^{2)*} 강원대학교 에너지자원·산업공학부, ³⁾ 기상청 지진화산연구과
09:50-10:10	중력/측지	남극 장보고 기지의 초전도 중력계를 통해 관측된 지진 해일에 의한 중력 변화 이준기 ^{1)*} , 김병훈 ¹⁾ , 이원상 ¹⁾ ^{1)*} 극지연구소 빙하지권연구본부
10:10-10:30	고지자기/자력	플렉스게이트 3축 센서를 활용한 드론자력탐사 시스템 개발 및 적용 이희순 ^{1)*} , 박계순 ²⁾ , 임형래 ³⁾ ^{1)*} (주)지오룩스, ²⁾ 한국지질자원연구원, ³⁾ 부산대학교 지구과학교육과
10:30-10:50	지전자기/GPR	태양풍 강도와 MT 탐사 측정 시간이 MT 자료 품질에 미치는 영향 연구 류경호 ¹⁾ , 권형석 ^{2)*} , 오석훈 ²⁾ ¹⁾ 강원대학교 에너지·인프라융합학과, ^{2)*} 강원대학교 지구자원연구소, ³⁾ 강원대학교 에너지자원공학과
10:50-11:10	지전자기/GPR	가드레일이 설치된 도로에서 측정된 주파수 영역 전자탐사자료에 대한 고찰 강현우 ¹⁾ , 설순지 ^{1)*} , 변중무 ¹⁾ ^{1)*} 한양대학교 자원환경공학과



[일반세션 4] CCS/해양탐사			• 좌장: 조용채(서울대학교)
시 간	발표분야	발표제목	
11:30-11:50	지진/탄성파	이원분산분석을 활용한 미소진동 모니터링 센서 네트워크 최적화: 속도 구조 불확실성 분석 최우창 ¹⁾ , 편석준 ^{1)*} , 윤병준 ²⁾ ¹⁾ *인하대학교 에너지자원공학과, ²⁾ 한국지질자원연구원 기후변화대응연구본부	
11:50-12:10	지진/탄성파	CO ₂ 지중저장 안전성 확보를 위한 중·천부 지층 탄성파 해석 김수관 ^{1)*} , 황종하 ¹⁾ , 문성훈 ¹⁾ , 권유진 ¹⁾ , 이수환 ¹⁾ , 김충호 ¹⁾ , 염다운 ²⁾ , 신영재 ²⁾ , 권기백 ¹⁾ , 김소정 ¹⁾ , 이상훈 ¹⁾ ¹⁾ *한국해양과학기술원 기후대응·생태연구부, ²⁾ 국립한국해양대학교 해양환경학과	
12:10-12:30	멀티빔 에코사운더	동해 남동부 대륙붕에서 탐지된 천부가스 수층 분출 지역에 관한 연구 김영준 ^{1)*} , Mario Enrique Veloso-Alarcon ²⁾ , 공기수 ¹⁾ , 윤영호 ¹⁾ , Deniz Cukur ¹⁾ , 천종화 ¹⁾ ¹⁾ *한국지질자원연구원 해저지질에너지연구본부, ²⁾ GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean Research Kiel	
12:30-12:50	지진/탄성파	대한해협 시추코어 검증자료와 탄성파 탐사자료 통합 분석 정순홍 ^{1)*} , 손우현 ²⁾ , 최윤석 ²⁾ ¹⁾ *한국지질자원연구원 기후변화대응연구본부, ²⁾ 한국지질자원연구원 해저지질에너지연구본부	

포스터발표(질의 응답 / 라마다 볼룸 로비)

» 10월 24일(목)

• 좌장: 정우근(국립한국해양대학교)

순번	발표제목
P-1	드론 삼성분 자력이상 보정을 위한 보정법 비교 및 자료처리 알고리즘 개발 정경서 ¹⁾ , 최한진 ^{1)*} ^{1)*} 부산대학교 지질환경과학과
P-1	Tonga-Kermadec 섭입대 Lau 배호분지의 진화와 마그마 분화에 따른 해양중력 및 자력이상 상관관계 연구 김미정 ^{1)*} , 최한진 ¹⁾ ^{1)*} 부산대학교 지질환경과학전공
P-3	무인선을 활용한 선상 삼성분 자력 데이터 보정법 비교분석 최성규 ¹⁾ , 김미정 ¹⁾ , 박요섭 ²⁾ , 문기돈 ³⁾ , 최한진 ^{1)*} ^{1)*} 부산대학교 지질환경과학과, ²⁾ 한국해양과학기술원, ³⁾ 오션테크(주)
P-4	동남권 지역 DAS 미소지진 자료에 대한 기계학습 기반 위성발체 사례 연구 박지호 ^{1)*} , 김명선 ¹⁾ , 이창현 ¹⁾ , 박권규 ²⁾ , 최용규 ³⁾ ^{1)*} 한국지질자원연구원 국토우주지질연구본부, ²⁾ 한국지질자원연구원 기후변화대응연구본부, ³⁾ 한양대학교 자원환경공학과
P-5	3차원 초동주시 보간을 위한 Vision Transformer와 자기 지도 학습 기반 접근법 이강훈 ^{1)*} , 편석준 ²⁾ ^{1)*} 한국지질자원연구원 해저지질에너지연구본부, ²⁾ 인하대학교 에너지자원공학과
P-6	Classification of Seal-CTD profiles and its relationship with prey capture attempts with machine learning approaches in the Ross Sea, Antarctica Hyunjae Chung ^{1,2)} , Jikang Park ^{1,3)} , Mijin Park ^{2,4)} , Yejin Kim ^{4,5)} , Unyoung Chun ⁶⁾ , Sukyoung Yun ¹⁾ , Won Sang Lee ¹⁾ , Hyun A Choi ⁷⁾ , Seung-Tae Yoon ^{7,8)} , Jisung Na ^{1)*} , and Won Young Lee ^{1,9)*} ^{1)*} Division of Glacial and Earth Sciences, Korea Polar Research Institute ²⁾ Department of Biological Sciences, Seoul National University ³⁾ Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive, Université de Montpellier ⁴⁾ Division of Life Sciences, Korea Polar Research Institute ⁵⁾ School of Earth and Environmental Sciences, Seoul National University ⁶⁾ Division of EcoScience, Ewha Womans University ⁷⁾ School of Earth System Sciences, Kyungpook National University ⁸⁾ Kyungpook Institute of Oceanography, Kyungpook National University ^{9)*} Polar Science, University of Science and Technology



순 번	발표제목
P-7	글렌 법칙 유동성 매개변수가 빙상 거동에 미치는 영향 분석 임수정¹⁾, 소병달^{1)*} ^{1)*}강원대학교 지구물리학과
P-8	도심지 오염 분포 해석을 위한 지질모델 구축 예시 정인석¹⁾, 조아현¹⁾, 유희은¹⁾, 신제현²⁾, 박성민³⁾, 남명진^{1,4)*} ¹⁾세종대학교 에너지자원공학과, ²⁾한국지질자원연구원 지하수환경연구센터, ³⁾(주)지엔에스엔지니어링, ^{4)*}세종대학교 지구자원시스템공학과
P-9	도심지 오염부지 특성화를 위한 시추공 전기비저항 토모그래피 조아현¹⁾, 정인석¹⁾, 유희은¹⁾, 손정술²⁾, 남명진^{1,3)*} ^{1)*}세종대학교 에너지자원공학과, ²⁾한국지질자원연구원, ³⁾세종대학교 지구자원시스템공학과
P-10	Loess 필터와 Super-smooth 필터를 사용한 전기비저항 모니터링 자료의 시계열 전처리 김연정^{1)*}, 유호준¹⁾, 조성배¹⁾, 이근수¹⁾, 조인기²⁾ ^{1)*}한국수자원공사 물인프라안전연구소, ²⁾(주) 희송지오텍
P-11	매립지 침출수 모니터링을 위한 전기비저항 탐사 연구 하중훈¹⁾, 이창우¹⁾, 이철희²⁾, 김원기^{1)*} ^{1)*}충북대학교 지구환경과학과, ²⁾(주)아시아지오
P-12	단층 투수계수 적용 방법에 따른 지중 주입된 유체의 거동 특성 수치 모사 장찬희^{1)*}, 소병달¹⁾, 김현나²⁾ ^{1)*}강원대학교 지구물리학과, ²⁾공주대학교 지질환경과학과
P-13	농업부문에서 환경물리탐사 적용 사례 송성호^{1)*}, 용환호¹⁾, 조인기²⁾, 이규상¹⁾ ^{1)*}한국농어촌공사 농어촌연구원, ²⁾강원대학교 지구물리학과
P-14	피복된 고하천 탐지를 위한 40 MHz 지표투과레이더 탐사 및 수치 모델 분석 선창완^{1)*}, 고바야시 타카오²⁾, 최진혁^{1,2)} ^{1)*}과학기술연합대학원대학교 한국지질자원연구원스쿨 지질과학 전공, ²⁾한국지질자원연구원 지질재해연구본부 활성지구조연구센터
P-15	미세 조정을 통한 도심지 도로 지하공동 탐지 목적 GPR 자료해석 모델 성능 향상 최병훈^{1,2)}, 채휘영²⁾, 장제훈²⁾, 최우창¹⁾, 편석준^{1)*} ^{1)*}인하대학교 에너지자원공학과, ²⁾(주)지오메카이엔지
P-16	차주파수곱을 이용한 GPR 자료 변조 연구 이창우¹⁾, 하중훈¹⁾, 김원기^{1)*} ^{1)*}충북대학교 지구환경과학과
P-17	단층 주변의 격자망 크기가 유한 단층 미끌림 분포 역산 결과에 미치는 영향 김민수¹⁾, 소병달^{1)*} ^{1)*}강원대학교 지구물리학과

2024

가을 학술대회 및 정기총회

깊은 바다 깊은 이해: 해양 물리탐사

순 번	발표제목
P-18	단층면해 자동 결정을 위한 인공지능 기반 P파 초동 극성 결정 한종원 ^{1)*} , 김성룡 ²⁾ , 신동훈 ³⁾ ^{1)*} 한국지질자원연구원 지진연구센터, ²⁾ 고려대학교 지구환경과학과, ³⁾ 전남대학교 지질환경과학과
P-19	동일본 대 지진 후 한반도 지각 운동 수치 모사: 동해 하부 유변학적 강도에 관하여 김현섭 ^{1)*} , 유성문 ²⁾ , 손동효 ²⁾ , 김성실 ³⁾ , 소병달 ¹⁾ ^{1)*} 강원대학교 지구물리학과, ²⁾ 한국천문연구원 우주과학본부, ³⁾ 전남대학교 우주과학본부
P-20	해저면 지진계를 이용한 남극 브랜스필드 해협 지진활동 연구 정진훈 ^{1)*} , 박용철 ¹⁾ ^{1)*} 극지연구소 빙하지권연구본부
P-21	딥러닝 기반 회절파 분리 시 탄성파 자료 기록 시간에 따른 주파수 변화 고려 박준연 ¹⁾ , 김수윤 ²⁾ , 조영화 ¹⁾ , 설순지 ¹⁾ , 변중무 ^{1)*} ^{1)*} 한양대학교 자원환경공학과, ²⁾ 한국지질자원연구원 해저지질에너지연구본부 해저지질탐사연구센터
P-22	낮은 전단속도를 이용한 동해지역 탄성파탐사 예비 실증연구 이찬희 ¹⁾ , 정우돈 ^{1)*} ^{1)*} 강원대학교 지구물리학과
P-23	포물선 라돈변환을 활용한 딥러닝 기반 다중반사파 억제 연구 채혜지 ¹⁾ , 정서제 ²⁾ , 정우근 ^{3)*} ¹⁾ 국립한국해양대학교 해양에너지자원공학과 석사과정, ²⁾ 국립한국해양대학교 해양과학기술융합학과 박사과정, ^{3)*} 국립한국해양대학교 에너지자원공학과 교수
P-24	FEniCS를 이용한 암석형 행성의 핵 형성 수치모사: 유한요소법을 이용하여 이경민 ¹⁾ , 김효임 ^{2)*} , 장덕규 ^{3,4)} , 소병달 ¹⁾ ¹⁾ 강원대학교 지구물리학과, ^{2)*} 경상국립대학교 지질학과, ³⁾ 강원대학교 수학과, ⁴⁾ 강원대학교 지구자원연구소
P-25	고해상도 해저지형자료와 자기이상도를 이용한 서필리핀분지의 진화 연구 신현욱 ¹⁾ , 최한진 ^{1)*} ^{1)*} 부산대학교 지질환경과학과

CONTENTS

초대의 글

홍종국 회장(한국지구물리·물리탐사학회)

환영사

양덕순 원장(제주연구원)

축사

이희승 원장(한국해양과학기술원)

기조강연

Wave-based model building for marine surveys 2
Young Seo Kim (Saudi Aramco)

심포지엄 깊은 바다 깊은 이해: 해양 물리탐사

해양탄성파탐사 자료취득 장비 4
구남형^{1)*}, 김진호¹⁾
^{1)*}한국지질자원연구원 탐사선건조사업단

해양 탄성파 탐사 자료처리의 도전과제 5
정우돈^{1)*}
^{1)*}강원대학교 지구물리학과

국내 이산화탄소 지중저장소 탐사 6
강무희^{1)*}
^{1)*}한국지질자원연구원 해저지질에너지연구본부

E&P사업에서의 해양 인공송신원 전자탐사 활용 사례	7
------------------------------	---

박준석^{1)*}, 이현정²⁾, 정희철²⁾

^{1)*} 포스코인터내셔널, ²⁾ 포스코인터내셔널

해상풍력 사업을 위한 지구물리탐사	8
--------------------	---

김현도^{1)*}

^{1)*} (주)지오뷰

특별세션 1 고준위방폐물 심층처분 부지조사·평가 기술 개발(한국원자력환경공단)

핀란드의 부지선정을 위한 선형구조 해석 및 이격거리 분석	10
---------------------------------	----

한만호¹⁾, 김유한¹⁾, 이정환^{1)*}

^{1)*} 한국원자력환경공단 처분기술팀

Suggested methodology on step-wise site investigation technique for deep geological repository of spent nuclear fuel during siting stage in Korea	11
---	----

Hyogeon Kim^{1)*}, Daeseok Bae¹⁾, Yohan Kim¹⁾, Soohwan Jung¹⁾, Kisu Kim¹⁾, and Junkyum Kim¹⁾

^{1)*} Geotechnical Team, Byucksan Engineering

고준위방폐물 처분부지 부적합지역 배제 및 부지특성화 DB 구축 방안	12
---------------------------------------	----

박선주^{1)*}

^{1)*} (주)어스이엔지 정보시스템사업부

고준위방폐물 심층처분 부지 조사를 위한 반사법 탄성파 탐사 사례연구: 핀란드 울킬루오토 및 스웨덴 포스마크 지역을 중심으로	13
---	----

정우돈^{1)*}

^{1)*} 강원대학교 지구물리학과

국외 3차원 부지기술 모델링 및 예측모델 개발 수행 현황 및 시사점	14
---------------------------------------	----

권미진¹⁾, 한만호¹⁾, 김유한¹⁾, 이정환^{1)*}

^{1)*} 한국원자력환경공단

심층처분시설에서의 부지 특성 조사와 안전성 평가 간의 연계성 및 활용방안	15
--	----

정미선^{1)*}, 한만호¹⁾, 이정환¹⁾

^{1)*} 한국원자력환경공단 처분기술팀

특별세션 2 분포형 광섬유 진동계측 기술 개발 및 활용 현황

광섬유를 이용한 분포형 진동계측 기술의 지구물리학적 활용 박권규 ^{1)*} , 이창현 ²⁾ , 윤병준 ¹⁾ , 최상진 ¹⁾ ^{1)*} 한국지질자원연구원 기후변화대응연구본부, ²⁾ 한국지질자원연구원 국토우주지질연구본부	17
광센서 진동계측 현장 구축 사례 이창현 ^{1)*} , 박권규 ²⁾ , 윤병준 ²⁾ , 최상진 ²⁾ ^{1)*} 한국지질자원연구원 국토우주지질연구본부, ²⁾ 한국지질자원연구원 기후변화대응연구본부	18
자기지도학습을 이용한 DVS 자료 잡음 순차적 억제 전형구 ^{1)*} , 조용채 ²⁾ , 윤병준 ³⁾ , 이창현 ³⁾ , 박권규 ³⁾ ^{1)*} 경북대학교 지질학과, ²⁾ 서울대학교 에너지자원공학과, ³⁾ 한국지질자원연구원	19
딥러닝을 통한 분포형 음향 센싱(DAS) 원시 데이터의 기기 잡음 제거 타당성 연구 이명현 ¹⁾ , 윤병준 ^{2)*} , Olivia Collet ³⁾ , 조용채 ¹⁾ ¹⁾ 서울대학교 에너지시스템공학부, ^{2)*} 한국지질자원연구원, ³⁾ Curtin University	20
수진가-분포형 광섬유 센서를 활용한 완전파형 역산 기반 지하 영상화 타당성 연구 박한준 ¹⁾ , 이명현 ²⁾ , 조용채 ^{1,2)*} , 전형구 ³⁾ , 이창현 ⁴⁾ , 윤병준 ⁴⁾ , 박권규 ⁴⁾ , 최상진 ⁴⁾ ¹⁾ 서울대학교 에너지자원신기술연구소, ^{2)*} 서울대학교 에너지시스템공학부, ³⁾ 경북대학교 지구시스템과학부 지질학전공, ⁴⁾ 한국지질자원연구원	21
유휴 광섬유를 이용한 진동계측 연구 개발 현황 윤병준 ^{1)*} , 박권규 ¹⁾ , 이창현 ²⁾ , 최상진 ¹⁾ ^{1)*} 한국지질자원연구원 기후변화대응연구본부, ²⁾ 한국지질자원연구원 국토우주지질연구본부	22
Super Virtual Interferometry (SVI) 기법을 이용한 광섬유 기반 미소진동 자료의 신호대잡음비 개선 연구 편석준 ^{1)*} , 정우돈 ²⁾ , 이강훈 ³⁾ , 최우창 ¹⁾ ^{1)*} 인하대학교 에너지자원공학과, ²⁾ 강원대학교 지구물리학과, ³⁾ 한국지질자원연구원 해저지질에너지연구본부	23
장거리 지중 광케이블의 지진파 응답특성 평가 사례 연구 연관희 ^{1)*} , 최신규 ¹⁾ , 이강렬 ¹⁾ ^{1)*} 한전 전력연구원 전력설비내진팀	24

Earthquake signals observed using the distributed acoustic sensing at Daejeon, South Korea 25

Hobin Lim^{1)*}, Byoungjoon Yoon²⁾, and Sang-Jin Choi²⁾^{1)*}Earthquake Research Center, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources²⁾CO₂ Geological Storage Research Center, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources

분포형 광섬유 센싱을 활용한 차량 유발 진동원 모델링 및 분류 26

최승훈¹⁾, 이명현¹⁾, 윤병준²⁾, 최상진²⁾, 이창현²⁾, 박권규²⁾, 조용채^{1)*}^{1)*}서울대학교 에너지시스템공학부, ²⁾한국지질자원연구원워크샵(극지) “급격한 남극 빙상 용융에 따른 근미래 전지구 해수면 상승 예측기술 개발(주관: 해양수산부)”
연구사업 젊은 과학자 워크샵

K-NOW: 남극 빙상 용융과 해수면 상승의 정밀 예측을 위한 과학적 도전 28

김병훈^{1)*}, 나지성¹⁾, 허은숙¹⁾, 김지해²⁾, 박인우¹⁾, 이원상¹⁾^{1)*}극지연구소 빙하지권연구본부, ²⁾울산과학기술원 지구환경도시건설공학과

일반세션 1 지반/환경/지하수

물리 탐사 기법을 활용한 천부 3차원 지질 모델 구성 예 30

유효은¹⁾, 조아현¹⁾, 이강훈²⁾, 신제현³⁾, 편석준⁴⁾, 조호영⁵⁾, 남명진^{1,6)*}¹⁾세종대학교 에너지자원공학과, ²⁾한국지질자원연구원 해저지질탐사연구센터,³⁾한국지질자원연구원 지하수환경연구센터, ⁴⁾인하대학교 에너지자원공학과,⁵⁾고려대학교 지구환경공학과, ^{6)*}세종대학교 지구자원시스템공학과

댐에서의 전기비저항 모니터링 자료 해석 31

이근수^{1)*}, 임정열¹⁾, 김연정¹⁾, 하명진²⁾, 김기석²⁾, 조인기²⁾^{1)*}한국수자원공사 K-water연구원, ^{2)(주)}희송지오텍

염수환경의 지반조사를 위한 전기비저항탐사 적용 32

박삼균^{1)*}, 손정술¹⁾, 방은석¹⁾, 박계순¹⁾^{1)*}한국지질자원연구원 광물자원연구본부

시추공을 이용한 축선 양단의 전기비저항 영상화 33

윤환호^{1)*}, 임진택²⁾, 엄창길³⁾, 원형³⁾, 조인기⁴⁾, 송성호¹⁾, 이규상¹⁾^{1)*}한국농어촌공사 농어촌연구원, ^{2)(주)}GNE1, ^{3)(주)}어바웃코리아, ⁴⁾강원대학교 지구물리학과

해수침투 특성 평가를 위한 물리탐사 사례: 강원도 송지호	34
---------------------------------	----

황세호^{1)*}, 최지훈¹⁾, 정승호^{1,2)}, 전우현¹⁾, 정병주¹⁾, 문희선^{1,3)}

^{1)*}한국지질자원연구원 지하수환경연구센터, ²⁾전남대학교 에너지자원공학과,

³⁾과학기술연합대학교대학원 KIGAM School 지질과학전공

일반세션 2 기계학습

영역분할 손실 함수를 사용한 심층 신경망 기반 단층 해석 모델 성능 향상 연구	36
---	----

최우창¹⁾, 편석준^{1)*}

^{1)*}인하대학교 에너지자원공학과

GPR 자료에서의 단열대 추출을 위한 합성곱 신경망 알고리즘 연구	37
--------------------------------------	----

이아인¹⁾, 오석훈^{2)*}, 권형석³⁾

¹⁾강원대학교 에너지·인프라융합학과, ^{2)*}강원대학교 에너지자원공학과, ³⁾강원대학교 지구자원연구소

효율적인 지층 물성 예측을 위한 머신러닝 모델 비교	38
------------------------------	----

김수정¹⁾, 전형구^{2)*}

¹⁾경북대학교 지질학과, ^{2)*}경북대학교 지질학과

단시간 푸리에 변환을 이용한 미소 진동 신호 분류	39
-----------------------------	----

강호진¹⁾, 편석준^{1)*}, 최우창¹⁾, 최병훈¹⁾

^{1)*}인하대학교 에너지자원공학과

딥러닝을 이용한 라플라스 영역 탄성파 역산 알고리즘	40
------------------------------	----

조준현¹⁾, 하완수^{2)*}

¹⁾부경대학교 에너지자원공학과, ^{2)*}부경대학교 에너지자원공학과

일반세션 3 중자력/전자탐사

청양 지구자기 관측소의 수동 및 자동 절대측정을 활용한 지구자기 관측자료 품질 평가 연구	42
---	----

박소현¹⁾, 오석훈^{2)*}, 이하성³⁾

¹⁾강원대학교 에너지·인프라융합학과, ^{2)*}강원대학교 에너지자원·산업공학부, ³⁾기상청 지진화산연구과

남극 장보고 기지의 초전도 중력계를 통해 관측된 지진 해일에 의한 중력 변화 <u>이춘기^{1)*}, 김병훈¹⁾, 이원상¹⁾</u> ^{1)*} 극지연구소 빙하지권연구본부	43
플렉스게이트 3축 센서를 활용한 드론자력탐사 시스템 개발 및 적용 <u>이희순^{1)*}, 박계순²⁾, 임형래³⁾</u> ^{1)*} (주)지오룩스, ²⁾ 한국지질자원연구원, ³⁾ 부산대학교 지구과학교육과	44
태양풍 강도와 MT 탐사 측정 시간이 MT 자료 품질에 미치는 영향 연구 <u>류경호¹⁾, 권형석^{2)*}, 오석훈²⁾</u> ¹⁾ 강원대학교 에너지·인프라융합학과, ^{2)*} 강원대학교 지구자원연구소, ³⁾ 강원대학교 에너지자원공학과	45
가드레일이 설치된 도로에서 측정된 주파수 영역 전자탐사자료에 대한 고찰 <u>강현우¹⁾, 설순지^{1)*}, 변중무¹⁾</u> ^{1)*} 한양대학교 자원환경공학과	46

일반세션 4 CCS/해양탐사

이원분산분석을 활용한 미소진동 모니터링 센서 네트워크 최적화: 속도 구조 불확실성 분석 <u>최우창¹⁾, 편석준^{1)*}, 윤병준²⁾</u> ^{1)*} 인하대학교 에너지자원공학과, ²⁾ 한국지질자원연구원 기후변화대응연구본부	48
CO ₂ 지중저장 안전성 확보를 위한 중·천부 지층 탄성파 해석 <u>김수관^{1)*}, 황종하¹⁾, 문성훈¹⁾, 권유진¹⁾, 이수환¹⁾, 김충호¹⁾, 염다운²⁾, 신영재²⁾, 권기백¹⁾, 김소정¹⁾, 이상훈¹⁾</u> ^{1)*} 한국해양과학기술원 기후대응·생태연구부, ²⁾ 국립한국해양대학교 해양환경학과	49
동해 남동부 대륙붕에서 탐지된 천부가스 수증 분출 지역에 관한 연구 <u>김영준^{1)*}, Mario Enrique Veloso-Alarcon²⁾, 공기수¹⁾, 윤영호¹⁾, Deniz Cukur¹⁾, 천종화¹⁾</u> ^{1)*} 한국지질자원연구원 해저지질에너지연구본부, ²⁾ GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean Research Kiel	50
대한해협 시추코어 검증자료와 탄성파 탐사자료 통합 분석 <u>정순홍^{1)*}, 손우현²⁾, 최윤석²⁾</u> ^{1)*} 한국지질자원연구원 기후변화대응연구본부, ²⁾ 한국지질자원연구원 해저지질에너지연구본부	51

포스터세션

- P-1 드론 삼성분 자력이상 보정을 위한 보정법 비교 및 자료처리 알고리즘 개발 53
정경서¹⁾, 최한진^{1)*}
^{1)*}부산대학교 지질환경과학과
- P-2 Tonga-Kermadec 섭입대 Lau 배호분지의 진화와 마그마 분화에 따른 해양중력 및 자력이상 상관관계 연구 54
김미정^{1)*}, 최한진¹⁾
^{1)*}부산대학교 지질환경과학전공
- P-3 무인선을 활용한 선상 삼성분 자력 데이터 보정법 비교분석 55
최성규¹⁾, 김미정¹⁾, 박요섭²⁾, 문기돈³⁾, 최한진^{1)*}
^{1)*}부산대학교 지질환경과학과, ²⁾한국해양과학기술원, ³⁾오션테크(주)
- P-4 동남권 지역 DAS 미소지진 자료에 대한 기계학습 기반 위상발체 사례 연구 56
박지호^{1)*}, 김명선¹⁾, 이창현¹⁾, 박권규²⁾, 최용규³⁾
^{1)*}한국지질자원연구원 국토우주지질연구본부, ²⁾한국지질자원연구원 기후변화대응연구본부,
³⁾한양대학교 자원환경공학과
- P-5 3차원 초동주시 보간을 위한 Vision Transformer와 자기 지도 학습 기반 접근법 57
이강훈^{1)*}, 편석준²⁾
^{1)*}한국지질자원연구원 해저지질에너지연구본부, ²⁾인하대학교 에너지자원공학과
- P-6 Classification of Seal-CTD profiles and its relationship with prey capture attempts with machine learning approaches in the Ross Sea, Antarctica 58
Hyunjae Chung^{1,2)}, Jikang Park^{1,3)}, Mijin Park^{2,4)}, Yejin Kim^{4,5)}, Unyoung Chun⁶⁾, Sukyoung Yun¹⁾,
Won Sang Lee¹⁾, Hyun A Choi⁷⁾, Seung-Tae Yoon^{7,8)}, Jisung Na^{1)*}, and Won Young Lee^{1,9)*}
^{1)*}Division of Glacial and Earth Sciences, Korea Polar Research Institute
²⁾Department of Biological Sciences, Seoul National University
³⁾Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive, Université de Montpellier
⁴⁾Division of Life Sciences, Korea Polar Research Institute
⁵⁾School of Earth and Environmental Sciences, Seoul National University
⁶⁾Division of EcoScience, Ewha Womans University
⁷⁾School of Earth System Sciences, Kyungpook National University
⁸⁾Kyungpook Institute of Oceanography, Kyungpook National University
^{9)*}Polar Science, University of Science and Technology

P-7	글렌 법칙 유동성 매개변수가 빙상 거동에 미치는 영향 분석 임수정 ¹⁾ , 소병달 ^{1)*} ^{1)*} 강원대학교 지구물리학과	59
P-8	도심지 오염 분포 해석을 위한 지질모델 구축 예시 정인석 ¹⁾ , 조아현 ¹⁾ , 유희은 ¹⁾ , 신제현 ²⁾ , 박성민 ³⁾ , 남명진 ^{1,4)*} ¹⁾ 세종대학교 에너지자원공학과, ²⁾ 한국지질자원연구원 지하수환경연구센터, ³⁾ (주)지엔에스엔지니어링, ^{4)*} 세종대학교 지구자원시스템공학과	60
P-9	도심지 오염부지 특성화를 위한 시추공 전기비저항 토모그래피 조아현 ¹⁾ , 정인석 ¹⁾ , 유희은 ¹⁾ , 손정술 ²⁾ , 남명진 ^{1,3)*} ^{1)*} 세종대학교 에너지자원공학과, ²⁾ 한국지질자원연구원, ³⁾ 세종대학교 지구자원시스템공학과	61
P-10	Loess 필터와 Super-smooth 필터를 사용한 전기비저항 모니터링 자료의 시계열 전처리 김연정 ^{1)*} , 유호준 ¹⁾ , 조성배 ¹⁾ , 이근수 ¹⁾ , 조인기 ²⁾ ^{1)*} 한국수자원공사 물인프라안전연구소, ²⁾ (주) 희송지오택	62
P-11	매립지 침출수 모니터링을 위한 전기비저항 탐사 연구 하중훈 ¹⁾ , 이창우 ¹⁾ , 이철희 ²⁾ , 김원기 ^{1)*} ^{1)*} 충북대학교 지구환경과학과, ²⁾ (주)아시아지오	63
P-12	단층 투수계수 적용 방법에 따른 지중 주입된 유체의 거동 특성 수치 모사 장찬희 ^{1)*} , 소병달 ¹⁾ , 김현나 ²⁾ ^{1)*} 강원대학교 지구물리학과, ²⁾ 공주대학교 지질환경과학과	64
P-13	농업부문에서 환경물리탐사 적용 사례 송성호 ^{1)*} , 용환호 ¹⁾ , 조인기 ²⁾ , 이규상 ¹⁾ ^{1)*} 한국농어촌공사 농어촌연구원, ²⁾ 강원대학교 지구물리학과	65
P-14	피복된 고하천 탐지를 위한 40 MHz 지표투과레이더 탐사 및 수치 모델 분석 선창완 ^{1)*} , 고바야시 타카오 ²⁾ , 최진혁 ^{1,2)} ^{1)*} 과학기술연합대학원대학교 한국지질자원연구원스쿨 지질과학 전공, ²⁾ 한국지질자원연구원 지질재해연구본부 활성지구조연구센터	66
P-15	미세 조정을 통한 도심지 도로 지하공동 탐지 목적 GPR 자료해석 모델 성능 향상 최병훈 ^{1,2)} , 채휘영 ²⁾ , 장제훈 ²⁾ , 최우창 ¹⁾ , 편석준 ^{1)*} ^{1)*} 인하대학교 에너지자원공학과, ²⁾ (주)지오메카이엔지	67

P-16	차주파수공을 이용한 GPR 자료 변조 연구 <u>이창우</u> ¹⁾ , <u>하종훈</u> ¹⁾ , <u>김원기</u> ^{1)*} ^{1)*} 충북대학교 지구환경과학과	68
P-17	단층 주변의 격자망 크기가 유한 단층 미끌림 분포 역산 결과에 미치는 영향 <u>김민수</u> ¹⁾ , <u>소병달</u> ^{1)*} ^{1)*} 강원대학교 지구물리학과	69
P-18	단층면해 자동 결정을 위한 인공지능 기반 P파 초동 극성 결정 <u>한종원</u> ^{1)*} , <u>김성룡</u> ²⁾ , <u>신동훈</u> ³⁾ ^{1)*} 한국지질자원연구원 지진연구센터, ²⁾ 고려대학교 지구환경과학과, ³⁾ 전남대학교 지질환경과학과	70
P-19	동일본 대 지진 후 한반도 지각 운동 수치 모사: 동해 하부 유변학적 강도에 관하여 <u>김현섭</u> ^{1)*} , <u>유성문</u> ²⁾ , <u>손동호</u> ²⁾ , <u>김성실</u> ³⁾ , <u>소병달</u> ¹⁾ ^{1)*} 강원대학교 지구물리학과, ²⁾ 한국천문연구원 우주과학본부, ³⁾ 전남대학교 우주과학본부	71
P-20	해저면 지진계를 이용한 남극 브랜스필드 해협 지진활동 연구 <u>정진훈</u> ^{1)*} , <u>박용철</u> ¹⁾ ^{1)*} 극지연구소 빙하지권연구본부	72
P-21	딥러닝 기반 회절파 분리 시 탄성파 자료 기록 시간에 따른 주파수 변화 고려 <u>박준연</u> ¹⁾ , <u>김수윤</u> ²⁾ , <u>조영화</u> ¹⁾ , <u>설순지</u> ¹⁾ , <u>변중무</u> ^{1)*} ^{1)*} 한양대학교 자원환경공학과, ²⁾ 한국지질자원연구원 해저지질에너지연구본부 해저지질탐사연구센터	73
P-22	낮은 전단속도를 이용한 동해지역 탄성파탐사 예비 실증연구 <u>이찬희</u> ¹⁾ , <u>정우돈</u> ^{1)*} ^{1)*} 강원대학교 지구물리학과	74
P-23	포물선 라돈변환을 활용한 딥러닝 기반 다중반사파 억제 연구 <u>채혜지</u> ¹⁾ , <u>정서제</u> ²⁾ , <u>정우근</u> ^{3)*} ¹⁾ 국립한국해양대학교 해양에너지자원공학과 석사과정, ²⁾ 국립한국해양대학교 해양과학기술융합학과 박사과정, ^{3)*} 국립한국해양대학교 에너지자원공학과 교수	75
P-24	FEniCS를 이용한 암석형 행성의 핵 형성 수치모사: 유한요소법을 이용하여 <u>이경민</u> ¹⁾ , <u>김효임</u> ^{2)*} , <u>장덕규</u> ^{3,4)} , <u>소병달</u> ¹⁾ ¹⁾ 강원대학교 지구물리학과, ^{2)*} 경상국립대학교 지질학과, ³⁾ 강원대학교 수학과, ⁴⁾ 강원대학교 지구자원연구소	76

2024

가을 학술대회 및 정기총회

깊은 바다 깊은 이해: 해양 물리탐사

P-25 고해상도 해저지형자료와 자기이상도를 이용한 서필리핀분지의 진화 연구

77

신현욱¹⁾, 최한진^{1)*}

^{1)*}부산대학교 지질환경과학과

기조강연

Wave-based model building for marine surveys

Young Seo Kim (Saudi Aramco)



Wave-based model building for marine surveys

Young Seo Kim^{1)*}

^{1)*}EXPEC Advanced Research Center, Saudi Aramco, youngseo.kim@aramco.com

This study addresses the challenge of accurately estimating subsurface material properties in marine datasets using wave-equation-based approaches. As one of the solutions, Full Waveform Inversion (FWI) relies heavily on low-frequency components and requires careful initial model selection to produce accurate depth migration results. However, noisy low-frequency signals in field datasets can hinder the construction of reliable velocity models. To overcome this limitation, a novel velocity model-building workflow leveraging the power of the wave equation is introduced.

The workflow begins with Wavefield Traveltime Inversion (WTI), utilizing first-break picks and travel times derived from synthetic data instead of field seismic data to minimize potential errors. A carefully chosen synthetic wavelet such as a Ricker wavelet avoids “cycle skipping” complications inherent in traditional FWI applications. Generating corrected synthetic arrival information allows refining early estimates made directly from recorded data.

Next, Travel-Time-Based Full-Waveform-Inversion (TTFWI) is employed, focusing on optimizing fitting discrepancies related to traveltime differences between field and synthetic traces. Incorporating adjustments via novel objective formulations and pre-processing procedures facilitates substantial improvements in overall quality of input seismic data and output velocity model.

Finally, Reflection-Based Full Waveform Inversion (RFWI) is utilized, employing dynamically adjusted time-warping to ensure compatibility among varying phases within processed reflections. Validation of the inverted models is achieved through comprehensive analyses, including comparisons of synthetic and field data, as well as evaluations of layer flatness on time-stack images following field static corrections. Furthermore, the accuracy of the velocity model is thoroughly assessed by inspecting the flatness of common image gathers produced by reverse-time migration, Fast Beam Migration, and/or Kirchhoff depth migration, cross-correlation maps, and comparing estimated source wavelets with well-tie data, providing multiple lines of evidence confirming the improved quality of the reconstructed velocity model.

In summary, this advanced waveform-based model building methodology provides valuable insights into the complex structures found in marine seismic data. These datasets pose significant challenges due to noise and the complexity of wave interactions. To address these issues, a comprehensive workflow based on traveltime-based FWI is proposed, which includes pre-processing steps and rigorous quality control methods. Preconditioning the data is a critical factor for successful model building. By effectively capturing true signal characteristics and overcoming noise challenges, this approach significantly improves subsurface imaging and enables more reliable geological interpretations in challenging environments.

심포지엄

깊은 바다 깊은 이해: 해양 물리탐사

좌장: 변중무(한양대학교)



해양탄성파탐사 자료취득 장비

구남형^{1)*}, 김진호¹⁾

^{1)*}한국지질자원연구원 탐사선건조사업단, nhkoo@kigam.re.kr

Marine Seismic Data Acquisition Equipment

Nam-Hyung Koo^{1)*}, and Jinho Kim¹⁾

해양탄성파탐사 자료취득은 바다에서 음원에서 발생하여 수층과 해저 지층을 통과하여 수신기에 도달하는 탄성파를 기록하는 것이다. 취득 자료를 처리하여 2차원 또는 3차원 탄성파 영상을 제작함으로써 해저 지층 구조와 물성, 단층, 퇴적층서, 심부 지구조, 에너지자원 부존 가능성과 특성 등을 규명하는 데 활용된다. 따라서 해양탄성파탐사 자료취득을 수행하기 위해서는 음원, 수신기 및 기록 시스템, 항측 시스템, 선상 자료처리 시스템과 함께 배열 장치, 부유 장치 등의 부대장치와 컴프레서, 윈치, 작업정 등 탐사 보조장비가 필요하며, 각 장비가 통합적으로 운용된다. 또한 천부 지층을 대상으로 해상도가 높은 탄성파 자료를 취득하기 위해서는 주파수 대역이 높은 음원과 촘촘한 배열의 수신 장비가 사용된다. 에너지자원 생산성 증대 및 유체 모니터링을 위해서 음파 이외의 다성분 탄성파를 기록할 수 있는 다성분 탐사 장비도 사용된다. 아울러 해양탄성파탐사 자료의 신뢰성을 높이기 위해 중자력 탐사 장비, 단일빔 및 다중빔 음향탐사 시스템, 천부 지층탐사 등 간접적 지구물리탐사 장비와 함께 해저 퇴적물 채취 장비 등의 직접적 지질탐사 장비가 복합적으로 활용되기도 한다. 바다에서 탄성파 및 지구물리, 지질탐사를 수행하기 위한 자료취득 장비를 탑재하고 예인하면서 조사를 수행하기 위해서는 탐사선 또는 연구선이 필요하다. 1990년대 중반까지 국내 해양탄성파탐사는 다목적 연구선에 소규모 또는 이동형 2차원 탐사 장비를 탑재하여 탐사가 수행되었다. 1996년에 한국지질자원연구원에 탐해2호가 도입된 이후 국제 수준의 2차원 및 소규모 3차원 탄성파탐사가 수행되었으며, 탐해2호는 노후화 및 성능 저하로 2023년에 퇴역하였다. 탐사 장비의 발전과 확장된 탐사수요를 반영하여 6km 스트리머 8개를 탑재하여 중규모 3차원 탄성파 탐사가 가능하고, 고해상 3차원 탄성파 탐사 장비, 해저면 노드 (ocean bottom node) 다성분 탐사 장비 등이 탑재되어 3차원, 4차원, 고해상 탄성파 탐사가 가능한 고성능·다기능 신규 물리탐사연구선 탐해3호가 2024년에 취역하였다. 탐해3호 및 탑재 연구 장비는 향후 국내 대륙붕 에너지자원 및 CCS 저장소 탐사뿐만 아니라 국제 협력 탐사, 북극권 탐사, 해저광물 탐사 등에 다양하게 활용될 예정이다.

사 사

이 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행되었습니다(No. 20185310100020).

해양 탄성파 탐사 자료처리의 도전과제

정우돈^{1)*}

^{1)*}강원대학교 지구물리학과, woodon.jeong@kangwon.ac.kr

Exploring Marine Seismic: Challenges in Acquisition and Processing

Woodon Jeong^{1)*}

탐해 3호의 도입은 에너지 안보 확립, 에너지 신산업 창출 기반 조성, 해저 지질 위험 요소 조사, 탄소중립 이행방안 마련 등 다양한 목적을 달성하기 위한 중요한 전환점이 되고 있다. 특히, 새롭게 도입된 해저면 탄성파 탐사 장비 (Ocean Bottom Node, OBN)는 기존의 스트리머 탐사와는 자료 획득 및 처리 방법에서 큰 차이를 보이기 때문에, 성공적인 탐사를 위해 새로운 시스템에 대한 충분한 이해가 필요하다. 본 발표에서는 OBN 시스템에서 발생할 수 있는 주요 문제와 그 해결책을 논의한다. 구체적으로, 노드형 수신기에서 발생할 수 있는 회전 및 기울어짐에 대한 품질관리(Quality Control, QC), 송신원과 수신기의 분리로 인해 탐사의 구조적 자유도가 높아진 점을 활용한 압축 센싱(Compressive Sensing) 방법, 그리고 일반적인 탐사에서 발생하지 않지만 해저 노드형 수신기에서만 관찰되는 특수한 잡음 문제에 대해 다룬다. 각각의 문제에 대한 해결책을 제시하고 토론을 통해 해양 탄성파 탐사 기술에 대한 이해를 높이고자 한다. 이 발표를 통해 신기술에 대한 이해를 심화하고, 산·학·연의 협력을 강화하여, 기술 자립을 위한 연합 연구 네트워크 체계를 확립할 수 있는 기회를 제공할 수 있기를 기대한다.

사 사

이 연구는 2024년도 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받은 기초연구사업(No. 2019R1A6A1A03033167) 및 2023년도 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(RS-2023-00259686).

국내 이산화탄소 지중저장소 탐사

강무희^{1)*}

^{1)*}한국지질자원연구원 해저지질에너지연구본부, karl@kigam.re.kr

Exploration for CO₂ Geological Storage Sites in Korea

Moohee Kang^{1)*}

산업화 이후 급증한 온실가스 배출은 지구 온난화와 기후 변화의 주요 원인으로 지목되고 있으며, 이 중 이산화탄소(CO₂)는 지구 기후 시스템에 큰 영향을 미치는 주요 온실가스로 꼽힌다. 이산화탄소 지중저장(Carbon Capture and Storage, CCS)은 화석연료 기반 산업 및 발전소에서 발생하는 CO₂를 포집하여 대기 중 방출을 막고, 육상 및 해양의 지질학적 저장소에 안전하게 격리하는 기술이다. CCS는 기존 에너지 인프라를 활용하면서 CO₂ 배출을 감축할 수 있는 방안으로, 특히 철강, 시멘트, 화학 산업과 같은 에너지 집약적 기간산업에서 중요한 역할을 담당한다. 이러한 산업이 중심을 이루는 우리나라의 경우, CCS는 탈탄소화가 어려운 부문에서 탄소 배출을 저감하는 데 필수적인 기술이며, 재생에너지로의 전환이 완료되기 전까지는 사실상 유일한 대규모 감축 수단으로 여겨진다.

우리나라는 파리기후협정의 목표인 지구 온도 상승폭 1.5°C 이하 제한을 위해 2030년까지 2018년 대비 40%의 온실가스 감축을 약속했으며, 2023년에는 국가 온실가스 감축 목표(NDC)와 함께 이산화탄소 포집·저장·활용(CCUS)을 통한 온실가스 흡수 확대를 목표로 한 “탄소중립·녹색성장 국가전략 및 제1차 국가 기본계획”을 수립하였다. 국내 CCS 저장소 잠재량은 약 7.3억 톤으로 평가되며, 염대수층 및 현무암 지층을 포함한 잠재 지층 개발 시 최대 11.6억 톤의 저장용량을 확보할 수 있을 것으로 전망된다. 이를 바탕으로 CCUS를 통한 온실가스 감축 목표를 연간 1,030만 톤에서 1,120만 톤으로 상향 조정하였으며, 이를 지원하기 위해 정부는 2023년부터 2억 톤 규모의 상용화급 CO₂ 저장소 확보를 위한 기반 조성 사업을 추진 중이며, 한반도 인접해역을 서해, 남해, 동해의 3개 권역으로 나누어 신규 3D 탄성파 탐사를 수행할 예정이다. 또한 신규 3D 탄성파 탐사자료를 기반으로 CO₂ 지중저장 유망구조를 도출하고 저장 규모 확인을 위한 시추 위치도 선정할 계획이다.

한국지질자원연구원은 2024년 신규 취향한 탐해 3호를 활용해 서해 권역(군산분지)에서 상용화급 3D 탐사를 성공적으로 수행하였으며, 약 290 km²에 이르는 심부 3D 탄성파 자료를 취득하였다. 서해 권역의 CO₂ 유망구조(전기 마이오세 플레이)에 대한 예비평가 결과, 약 4억 톤 이상의 이론적 저장용량을 보유한 것으로 나타났다.

사 사

이 연구는 산업통상자원부 “대규모 CO₂ 저장소 확보를 위한 기반조성(NP2023-049)” 사업의 지원을 받아 수행되었습니다.

E&P사업에서의 해양 인공송신원 전자탐사 활용 사례

박준석^{1)*}, 이현정²⁾, 정희철²⁾

^{1)*}포스코인터내셔널, junsukpark@poscointl.com

²⁾포스코인터내셔널

Case Study of Marine Controlled Source Electromagnetic Survey in E&P

Junsuk Park^{1)*}, Hyunjung Lee²⁾, and Heechul Jung²⁾

석유가스 탐사 및 개발 사업을 수행하는 E&P(Exploration & Production) 분야에서는 인공지진파 탐사가 지하의 탄화수소 저류층 구조를 도출하기 위한 필수적인 지구물리 탐사이다. 이는 송신원의 에너지 크기와 주파수 대역이 지하 목표 구조에 대해 탁월한 해상도와 영상화를 제공하기 때문이다. 그러나 인공지진파 탐사자료의 주요 물성인 속도, 밀도, 그리고 탄성계수는 저류층 공극 내 유체의 종류와 포화도를 판단하는 데 간접적이며 민감도가 떨어지고, 상황에 따라 목표 지층 또는 특정 구조에 대한 신호의 감쇠로 인해 양질의 결과물을 얻기 어려운 단점이 존재한다. 이에 포스코인터내셔널은 인공지진파 탐사자료의 영상화 상태가 불량한 지역에서 발견한 심해 가스 저류층을 대상으로 최신 기술의 해양 인공송신원 전자탐사(Marine Controlled Source Electromagnetic Survey)를 도입 및 실시하기로 결정하고, 성공적으로 탐사를 진행하였다. 해당 지역은 배사 구조를 고려하여 인공지진파 탐사 송수신 장비 배열을 경사 방향으로 설정하고 광대역 탐사를 적용하였음에도 불구하고, 복잡한 해저면 지질구조와 천부가스층, 가스하이드레이트 등으로 인해 인공지진파 탐사자료만으로는 탐사해상도 이하의 얇은 미고화 사암 가스 저류층 구조 경계를 정의하는 데 불확실성이 높았다. 한편, 생산 중인 기존 가스전과 달리 목표 저류층의 전기비저항 값이 배경 매질보다 상당히 높은 수준이었기에, 탄화수소 포화도에 민감하고 직접 지시 가능한 전기비저항을 활용하는 CSEM 탐사가 효과적이었다. 그 결과, 가스 저류층 분포를 명확하게 규명하고 평가 시추에서도 성공적인 결과를 획득할 수 있었다. 또한, 인공지진파탐사, 시추공 물리검층, 인공송신원전자탐사 자료를 종합 해석함으로써 비용이 큰 평가/개발 시추공의 개수를 조정할 수 있었고, 인근의 잔존 유망성까지 정밀 평가함으로써 추가 탐사에 대한 평가도 성공적으로 실시할 수 있었다. 즉, 지구물리탐사는 목표 대상체와 배경 매질의 물리적 특성 차이가 뚜렷하게 구분 가능함을 확인하는 것이기에, 이렇게 다양한 물성을 활용하는 서로 다른 탐사 방법들을 상호보완적으로 함께 적용하여 탐사리스크를 줄일 수 있다. 더불어, 이러한 복합 물리탐사의 경우, 항상 사업적 측면에서의 기회비용을 고려해야 하며, 적합한 상황에서 탐사 계획을 신중히 세우고 적용해야 할 것이다.

해상풍력 사업을 위한 지구물리탐사

김현도^{1)*}

^{1)*}(주)지오뷰, geokim@geoview.co.kr

Geophysical survey for Wind farm project

Hyundo Kim^{1)*}

최근 발표된 제11차 전력수급기본계획에서 신재생에너지 비율을 크게 확대하였고, 그중의 핵심 재생에너지원으로 꼽히고 있는 것이 해상풍력 발전이다. 해상풍력은 바다의 공간자원과 바람의 에너지 자원을 전력으로 생산하는 신재생에너지원으로, 전세계적인 기후변화 대응에 최우선책으로 진행되고 있다.

이러한 해상풍력을 개발하기 위한 과정을 요약하면, 입지선정을 위한 풍향 측정, 풍향자료를 이용한 발전허가 취득, 환경영향평가, 입지에 대한 지구물리탐사, 지반공학조사, Ground Model, 설계 및 시공과 유지보수로 진행된다.

해상풍력 사업에서 풍력타워 및 해저 전력케이블 설치를 위한 지구물리탐사는 설계 및 시공에서 매우 중요한 자료이며, 초기에 수행하는 조사로 리스크 관리에서 최상위에 위치하고 있다.

해상풍력 개발사업에서 수행되는 지구물리조사는 설계를 위한 조사에서 정밀해저지형조사(MultiBeam Echoso- under), 해저면 영상조사(Side Scan Sonar), 고주파 지층탐사(Subbottom profiler), 자력탐사(Magnetic survey)와 고 해상 다중채널 지층탐사(2D Ultra High Resolution)를 수행한다.

지구물리탐사의 자료의 품질 관리를 위한 절차와 관리 규정이 필수적으로 이루어져야하며, 다양한 조사 결과에 대해 상호 비교를 위한 Arc GIS를 이용한 맵핑과 분석기술이 필수적으로 수행된다. 이렇게 취득한 지구물리탐사 자료는 초기 Ground model을 통해 풍력단지에 대한 전반적인 지질구조를 파악하고, 지반공학조사(GeoTechnical survey)를 위한 기초 자료를 제공하게 된다. 또한 지반공학조사와 통합된 Ground Model을 실시하는 매우 중요하고 유용한 자료로써, 양질의 자료를 취득하고 다양하고 엄격한 처리과정을 거쳐 최상의 품질 자료를 제공하여야 한다.

해상풍력단지 조성 전 위험물 탐지조사로 UXO 조사가 실시되고, 시공 중에는 시공관리를 위한 조사를 실시한다. 풍력타워 및 해저 케이블 시공이 완료되면, 일정 주기동안 지속적으로 유지관리를 위한 조사를 실시한다.

해상풍력 사업에서 지구물리탐사는 시작에서부터 마지막 풍력단지 철거까지 지속적이며, 주기적으로 적용되는 매우 유용한 조사로 이용되고 있다.

사 사

이 연구는 지오뷰 자체 연구과제(과제번호: GEOR&D24-4)의 지원을 받아 수행되었습니다.

특별세션 1

고준위방폐물 심층처분 부지조사 · 평가 기술 개발 (한국원자력환경공단)

좌장: 이명종(한국지질자원연구원)

핀란드의 부지선정을 위한 선형구조 해석 및 이격거리 분석

한만호¹⁾, 김유한¹⁾, 이정환^{1)*}

¹⁾*한국원자력환경공단 처분기술팀, oathway@korad.or.kr

Analysis of lineament analysis status for site selection in Finland and respect distance

Manho Han¹⁾, Yuhan Kim¹⁾, and Jeong-Hwan Lee^{1)*}

본 연구에서는 사용후핵연료 관리 방안 수립을 위해 핀란드의 고준위방사성폐기물 처분장 부지선정 현황을 선형구조 중심으로 분석하고자 한다. 핀란드는 1987~1992년 동안 5개의 후보부지에 대한 예비 부지 조사와 1993~2000년에 3개 부지에 대한 상세한 부지 조사를 통한 부지선정이 진행되었다. 2000년 핀란드 남서부 Eurajoki의 Olkiluoto가 선정되어 부지 확인을 위한 상세 부지조사 프로그램이 시작되었다.

핀란드 부지선정 과정에서 선형구조 해석을 수행하는 것은 결정질암반 환경 평가에 있어 중요한 구성 요소이며, 해석된 선형구조는 잠재적인 지하수의 흐름, 단층 및 파쇄대 등으로 해석될 수 있다. 선형구조 분석은 항공탐사, 고해상도 지형 정보, 위성 자료 등을 통해 지구물리학적 데이터 세트를 생성하고 분석되며, 해석은 4단계로 진행되었다. 첫 번째는 자료의 처리 및 지도편집, 두 번째는 각 방법별 자료의 분석, 세 번째는 서로 다른 자료의 선형구조에 대한 단일 선형으로의 통합, 최종적으로 동일한 선형 특징의 선형구조에 대해서 연결된 선형구조로의 통합으로 이루어진다. 해석된 선형구조에 대해서는 처분장의 안전성을 위해 선형에서 이격 거리를 부여하였다. 본 연구에서 다루어질 이격 거리는 핀란드 부지선정 이후 새로이 제안된 이격 거리이며, 단층의 파괴중심으로부터 전체 손상된 영역 너비를 경험식으로 산출한 것이다.

이러한 사례를 토대로 단계별 접근방식을 바탕으로 사용후핵연료의 관리에 대한 수용성 확보와 과학적이고 기술적인 기반이 확보된 다양한 정보들을 체계화하여 구축할 필요가 존재한다.

사 사

이 연구는 2024년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 사용후핵연료관리핵심기술개발사업단 및 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행된 연구사업이다(No. RS-2021-KP002658).

Suggested methodology on step-wise site investigation technique for deep geological repository of spent nuclear fuel during siting stage in Korea

Hyogeon Kim^{1)*}, Daeseok Bae¹⁾, Yohan Kim¹⁾, Soohwan Jung¹⁾, Kisu Kim¹⁾, and Junkyum Kim¹⁾

^{1)*)}Geotechnical Team, Byucksan Engineering, h6540@bseng.co.kr

고준위방사성폐기물 처분시설 부지특성 조사를 위한 현장조사 기법 및 수행 전략

김효건^{1)*)}, 배대석¹⁾, 김요한¹⁾, 정수환¹⁾, 김기수¹⁾, 김준겸¹⁾

Korea is considering DGR (deep geological repository) as a disposal concept for high-level radioactive wastes. And the National Management Policy has already been announced for the managing of storage and disposal of SNF (spent nuclear fuel). However, the Special Act for the managing of SNF is still being discussed in Korean Congress, unfortunately. According to the stated above, the investigation procedure is divided into two stages, such as the BI (Basic Investigation) and the DI (Detail Investigation) stages to select a candidate site for a DGR.

The purpose of the study is to establish a proper strategy and execution plan of a candidate site investigation for DGR in near future. Therefore, it was derived the various site investigation parameters and techniques required for the disposal suitability assessment of candidate sites, based on the recommendations of the IAEA (International Atomic Energy Agency) and several advanced overseas cases. In this study, the step-wise site investigation plan was developed and suggested focusing mainly on the geoscientific areas. And, the investigation methods are classified and listed into three major categories, such as surface-based surveys, drilling program and laboratory analysis. The surface-based surveys include remote sensing, geological mapping and various geophysical explorations etc. The drilling program is planned to obtain the information required for disposal suitability assessment, which is consisted of various kinds of tools in a borehole such as lithological and fracture acquisition, physical loggings, stress tests, hydraulic tests and monitoring with groundwater sampling etc. Laboratory analysis includes testing and analysis methods, which measures the physical, mechanical, thermal and chemical properties of rock and water samples collected during site investigations and monitoring.

For the step-wise approach method, the BI stage is planned to mainly focus on groundwater flow path analysis and evaluation from surface-based survey results covering regional to local scale area. And the DI stage is also focused on resolving the several raised issues from the prior Basic Investigation stage. The evaluations of candidate site is conducted by using the analyzed and assessed parameters mainly derived through SDM (site descriptive model) in each technical area, such as geology, geological structure, hydrogeology, geochemistry, rock mechanics, thermal and solute transport. And iterative approach shall also be applied in order to improve and build the reliability and credibility of SDM against various derived pending issues. Consequently, each investigation stage could be divided into two or more sub-stages, and some additional investigations shall be executed inevitably, if necessary.

In the candidate site evaluation in each stage, the preliminary site suitability shall be carried out by assigning appropriate grades for proposed evaluation parameters. As a result of the BI, several number of candidate sites shall be identified and proposed for the DI. And also, one or more final candidate repository sites would be evaluated and proposed for the site characterization and construction permits from the DI results. Naturally, several required social environmental factors with parameters shall also be applied at the each investigation stage, additionally.

Acknowledgement

This work was supported by the Institute for Korea Spent Nuclear Fuel (iKSNF) and Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning (KETEP) grant funded by the Korea government (Ministry of Trade, Industry and Energy (MOTIE)) (No. RS-2021-KP002658).

고준위방폐물 처분부지 부적합지역 배제 및 부지특성화 DB 구축 방안

박선주^{1)*}

^{1)*}(주)어스이엔지 정보시스템사업부, sun@eartheng.co.kr

A Plan of DB Construction for the early stages of HLW Disposal

Sunju Park^{1)*}

해외 처분 선도국의 경우 고준위방사성폐기물 관리를 위한 부지 확보를 위해 단계별 부지선정 기준과 지침을 수립하여 처분 부지를 선정하였거나 추진 중에 있다. 우리나라의 경우에도 「제2차 고준위방사성폐기물 관리 기본계획(안)」을 수립하여 부지선정 절차를 5단계로 계획하고 있다. 먼저 조사계획 수립 및 부적합지역 우선 배제를 시작으로, 부지공모 및 주민의견 확인, 부지적합성 기본조사 실시, 부지적합성 심층조사 실시, 주민의사 최종 확인 후 부지를 확정하는 단계로 계획하고 있다. 본 연구에서는 해외의 부지선정 사례를 검토하였으며 특히 우리나라 부지선정 단계인 부적합지역 우선 배제 및 부지적합성 조사와 관련된 사례를 중심으로 살펴보았다. 해외의 경우 법과 조례, 가이드라인 등을 통해 부지선정을 위한 기준을 단계별로 마련하고 있으며 이들 기준 항목은 각 국가마다 지질학적 특성과 환경에 따라 달리 설정하고 있다. 부지선정을 위한 초기 단계에서는 자국의 전 국토를 대상으로 부지선정 기준에 따라 기준에 조사되었던 문헌과 도면 등의 자료를 수집하여 처분과 관련된 다양한 지질학적/비지질학적 공간 분포 특성을 발표하고 있다. 이후 부지적합성 및 처분장의 안전성 평가를 위한 조사를 통해 부지특성화를 단계별로 수행한다. 이러한 과정에서 수집된 데이터는 향후 고준위방사성폐기물 처분장 부지를 특성화하고 인허가를 받을 수 있는 정보 기반을 제공한다. 따라서 부지 선정 및 특성화 조사 절차에서 생성된 데이터를 통제하고 관리하는 것이 중요하다. 또한 수집된 자료는 부지선정 후 건설 및 운영 시 안전성평가의 기초자료가 되므로 부지확보 초기부터 DB로 구축할 필요가 있다. 본 연구의 내용은 부지선정 단계 중 부적합지역 배제 및 부지적합성 조사 단계에서 수집될 수 있는 자료를 분류하고 DB로 구축하기 위한 관리 체계에 대한 것으로 향후 우리나라의 고준위방사성폐기물 부지 선정 과정에 도움이 되고자 한다.

사 사

이 연구는 2024년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 사용후핵연료관리핵심기술개발사업단 및 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행되었습니다(과제번호: RS-2021-KP002656).

고준위방폐물 심층처분 부지 조사를 위한 반사법 탄성파 탐사 사례연구: 핀란드 올킬루오토 및 스웨덴 포스마크 지역을 중심으로

정우돈^{1)*}

^{1)*}강원대학교 지구물리학과, woodon.jeong@kangwon.ac.kr

A Case Study of Reflection Seismic Survey for Deep Geological Disposal Site Investigation of High-Level Radioactive Waste: Focus on Olkiluoto, Finland and Forsmark, Sweden

Woodon Jeong^{1)*}

고준위 방사성 폐기물의 심층처분 계획은 부지 선정 절차 착수 후 약 37년이 소요될 것으로 예상된다. 이 계획의 성공적인 이행을 위해서는 법적 체제의 정비가 필요하며, 적절한 시점에 부지 선정, 평가, 처분 및 저장과 관련된 기술을 확보해야 한다. 특히, 고준위 방사성 폐기물의 안전한 영구처분을 위해서는 심층처분 부지의 특성화가 필수적이며, 법적 규제 하에 완벽한 격리성을 만족하는 부지를 선정해야 한다. 물리탐사 기법 중 하나인 탄성파 반사법 탐사는 지하의 지질 구조, 단층, 균열 등 불연속면을 규명하는 데 효과적이며, 심층처분 부지의 구조적 안정성과 핵종 이동 경로를 파악하는 데 중요한 역할을 한다. 본 연구에서는 고준위 방사성 폐기물 심층처분 선도국인 핀란드와 스웨덴에서 적용된 탄성파 반사법 탐사 사례를 분석하여, 부지 조사에 대한 국제적 동향과 합의를 고찰하고 국내에서 적용 가능한 탐사 방법에 대한 예비 조사를 수행하였다. 또한, 지역 특성에 따른 탐사 설계 및 분석 방법, 지하 영상화 결과를 바탕으로 결정질 암반에서의 심층처분 부지 특성화 방법을 고찰하였으며, 국내 보유 장비를 활용한 결과 도출 가능성을 예측하여 심부 지질 구조 및 불연속면 규명에 기여할 방안을 모색하고자 한다.

사 사

이 연구는 2024년도 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받은 기초연구사업(No. 2019R1A6A1A03033167) 및 산업통상자원부의 재원으로 한국원자력환경공단의 지원을 받은 고준위방폐물관리 학계 전문인력양성 대학 지원 사업(과제번호: 202308470002)의 지원을 받아 수행되었습니다.

국외 3차원 부지기술 모델링 및 예측모델 개발 수행 현황 및 시사점

권미진¹⁾, 한만호¹⁾, 김유한¹⁾, 이정환^{1)*}

¹⁾*한국원자력환경공단, oathway@korad.or.kr

The Research Status for “Development of 3D Site Descriptive Model and Evaluation Methodologies of Bedrock Environment”

Mijin Kwon¹⁾, Manho Han¹⁾, YuHan Kim¹⁾, and Jeong-Hwan Lee^{1)*}

국제원자력기구(IAEA)에서는 심층처분 프로그램 이행을 위한 로드맵 보고서 NW-T-1,43 (IAEA, 2023)에서 부지선정 계획단계의 의사결정을 지원하는 기반자료 확보와 심층처분 관련 기술적 기반 설정을 위하여 부지특성 평가 기법 개발 및 평가 방법론 도출 등의 주요활동 범위를 정의하였다. 또한 계획단계에서 모암의 물리적 속성 및 과거의 장기 진화 증거 등을 기반으로 심층처분시설 예비 설계의 안전성을 평가하도록 요구하고 있다. 한국원자력안전기술원은 국외 부지특성 모델 구축 사례와 더불어 장기 부지진화 결과를 고려한 심층처분시설 설계 개념의 안전성 규명도 부지특성 측면에서 고려해야 함을 권고하고 있다. 스웨덴, 핀란드, 캐나다, 일본, 영국 등은 지질특성, 종합 부지환경 설정, 전산적인 정보 관리, 설계 및 안전성 분야 등의 입력자료 관리 등을 위해서 부지특성 모델 개발 개념을 도입하고 있으며, 지질학적 특성뿐만 아니라 시설 및 안전성 관점에서 부지환경 설정 및 분석, 예측 등을 통합하는 3차원 부지특성 모델의 전산 구축 체계를 개발하고 있다. 3차원 부지특성 부지특성 모델 구축 결과는 향후 심층처분 부지확보 인허가 신청시 부지의 근거 자료를 제공토록 계획하고 있다.

사 사

이 연구는 2004년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 사용후핵연료관리핵심기술개발사업단 및 한국에너지평가원의 지원을 받아 수행되었습니다(No. 2021040101003B).

심층처분시설에서의 부지 특성 조사와 안전성 평가 간의 연계성 및 활용방안

정미선^{1)*}, 한만호¹⁾, 이정환¹⁾

^{1)*}한국원자력환경공단 처분기술팀, jeongms@korad.or.kr

Application and link between the site investigation and the safety assessment for the deep geological disposal facility

Mi-Seon Jeong^{1)*}, Manho Han¹⁾, and Jeong-Hwan Lee¹⁾

고준위 방사성폐기물을 처분하기 위하여 많은 나라에서 지하 심도 300 ~ 500m 깊이의 심층처분시설을 채택하고 있으며, 일부 처분 선도국의 경우 심층처분시설에 대한 부지 선정 인허가를 진행하고 있다. 국내 제2차 고준위방폐물 관리 기본계획(안)에 따라 부지 선정 절차를 착수하고 13년 내에 관리시설 부지를 확보하기 위해서는 부지조사 항목들을 잘 선정하고, 이를 잘 활용할 수 있도록 하여야 한다.

과거의 부지 조사 항목들은 지질의 특성에만 초점을 맞추었다면, 심층처분시설을 위한 부지 조사 항목들을 심층처분시설의 목적에 맞게 안전성을 확보 및 입증, 즉, Safety Case를 구축할 수 있도록 조사항목들을 재설정하여야 한다. 안전성 평가는 Safety Case를 기반으로 심층처분시설의 안전성을 확인하는 도구로서, 안전성을 확인하기 위해서는 부지기반의 자료들이 필요하다. 따라서, 부지 특성 조사 항목과 안전성 평가의 필요 데이터의 목록을 상세히 작성하여 전문가들간의 많은 협의가 필요하며, 이에 따른 조사 항목에 대한 일정 수립도 필요하다. 그러기 위해서는 지질 특성 조사 분야와 안전성 평가 분야간 이해의 격차를 줄여야 하며, 이를 통해 향후 심층처분시설에 대한 사업 일정이 차질없이 진행되어야 한다.

사 사

이 연구는 산업통산자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP) ‘고준위방폐물 처분을 위한 부지환경 장기변화 예측기술 개발(RS-2024-00419276)’의 사업의 일환으로 ‘시나리오 기반 한반도 지질환경 장기변화 개념모델 개발’의 지원을 받아 수행되었습니다.

특별세션 2

분포형 광섬유 진동계측 기술 개발 및 활용 현황

좌장: 윤병준, 이창현(한국지질자원연구원)

광섬유를 이용한 분포형 진동계측 기술의 지구물리학적 활용

박권규^{1)*}, 이창현²⁾, 윤병준¹⁾, 최상진¹⁾

^{1)*}한국지질자원연구원 기후변화대응연구본부, kgaprk@kigam.re.kr

²⁾한국지질자원연구원 국토우주지질연구본부

Review on the Distributed Acoustic Sensing Technologies for Geophysical Applications

Kwon Gyu Park^{1)*}, Changhyun Lee²⁾, Byoungjoon Yoon¹⁾, and Sang-Jin Choi¹⁾

DAS(Distributed Acoustic Sensing), 즉 광섬유를 이용한 분포형 진동 계측 기술은 지구물리/물리탐사 분야에서 기존의 탄성파 탐사, 지진 관측 기술의 대체, 보완 기술로서 전 세계적으로 주목을 받고 있다. 2017년에 CO₂ 지중저장 모니터링을 위한 지구물리학적 방법론의 하나로 국내에 처음 도입된 이후로, 국내에서의 관련 기술개발 및 활용 연구의 저변도 더욱 넓어지는 상황이다. 이러한 관심의 주된 배경은 광섬유를 이용한 분포형 진동 계측 기술이 갖는 적용상 효율성이나, 아직은 활용 초기 단계임에 따라 일부 회의적인 시각도 여전히 존재하는 것도 사실이다.

여기서는 분포형 광섬유 진동 계측 기술의 개요와 지구물리학적 활용상 특징을 살펴봄과 동시에 국내외 적용 사례들을 바탕으로 적용상 특징과 장점 및 어려움, 그리고 기술적 한계와 이를 해결하기 위한 관련 기술개발 동향과 방향 등에 대해 정리하고자 하였다. 이러한 개략적 고찰이 우리 지구물리와 물리탐사 분야에서 분포형 광섬유 진동 계측 기술의 적용성과 활용성을 제고시킬 수 있는 관련 연구개발의 기저가 될 수 있기를 기대한다.

사 사

이 연구는 한국지질자원연구원 기본사업 “지중/해저 Dark-fiber의 진동 센서화 원천기술 개발 및 응용 솔루션 도출” 과제(GP2023-003)의 지원을 받아 수행되었습니다.

광센서 진동계측 현장 구축 사례

이창현^{1)*}, 박권규²⁾, 윤병준²⁾, 최상진²⁾

^{1)*}한국지질자원연구원 국토우주지질연구본부, jetlee@kigam.re.kr

²⁾한국지질자원연구원 기후변화대응연구본부

Case study of field implementation for fiber optic vibration sensing

Changhyun Lee^{1)*}, Kwon Gyu Park²⁾, Byoungjoon Yoon²⁾, and Sang-Jin Choi²⁾

광섬유를 진동 계측에 활용하는 분야는 광섬유에 가해지는 물리적 변화-진동, 온도등에 따라 광섬유 내부를 전파하는 광의 특성 변화를 측정함으로써, 거꾸로 물성 변화를 측정하는 방법으로 2000년대 들어 그 적용성이 확대되고 있다. 특히, 광섬유를 진동센서로 활용하여 지오폰이나 하이드로폰과 같은 기존 진동센서의 대체 기술로서 적용성을 확대하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다.

우리 한국지질자원연구원에서는 2010년대 초반부터 관련 연구를 시작해 오고 있었으며, 국가 연구개발사업과 연구원 기본사업에서 일부 현장 적용성 시험을 진행해오고 있다. 특히 2018년 TELLUS사업의 일환인 한반도 동남권의 주요 지진단층대와 지진활동의 감시 목적으로 구축된 6개 관측소에는 심도 약 1 km 시추공에 복합지구물리 광섬유가 설치되어 있으며, 이를 활용한 현장 시험들-시멘팅 관련 모니터링(주입 전, 중, 후), 수직탄성과 탐사, 미소진동 모니터링등이 진행해 오고 있다.

현장 구축 과정에서 축적되는 노하우와 실내 연구와의 접목을 통해 실제 기술의 적용에 있어서의 장단점 파악하고 보완하는 방향을 추가 연구가 진행될 필요가 있으며, 이러한 연구들은 향후 방폐물처분장, 이산화탄소 저장소, 수소 지하저장과 같은 심부 지하공간을 활용 분야에 적용될 것으로 기대한다.

사 사

이 연구는 한국지질자원연구원 기본사업인 “한반도 동남권 지진 단층 활동 평가를 위한 심부 복합지구물리 모니터링 시스템 구축” 과제(GP2018-009)의 지원을 받아 수행되었습니다.

자기지도학습을 이용한 DVS 자료 잡음 순차적 억제

전형규^{1)*}, 조용채²⁾, 윤병준³⁾, 이창현³⁾, 박권규³⁾

^{1)*}경북대학교 지질학과, hgjun@knu.ac.kr

²⁾서울대학교 에너지자원공학과

³⁾한국지질자원연구원

Sequential noise attenuation of DVS data using self-supervised learning

Hyunggu Jun^{1)*}, Yongchae Cho²⁾, Byeongjoon Yoon³⁾, Changhyun Lee³⁾, and Kwon Gyu Park³⁾

분포형 진동 감지(Distributed Vibration Sensing, DVS)는 광섬유를 통해 송신된 빛이 외부와 반응하여 발생한 후방 산란 신호를 분석하여 지하 진동을 감지하는 기술로, 지진 모니터링, 파이프라인 누출 탐지, 교통 관리 등 다양한 분야에서 활용되고 있다. DVS 시스템은 우수한 공간 해상도와 높은 비용 효율 덕분에 지오폰을 이용하는 기존의 진동 감지 기술에 비해 많은 이점을 제공하지만, 복잡한 잡음으로 인해 신호 대 잡음비가 저하되는 문제가 빈번히 발생한다. DVS 자료에는 주로 무작위 잡음, 커플링 잡음, 체커보드 잡음, 수평 잡음, 시추공 진동 잡음 등의 다양한 잡음이 존재하며 각각의 잡음을 제거하기 위해서 주파수 영역 필터, 주파수-공간(F-X) 영역 디콘볼루션, 주파수-파수(F-K) 영역 필터 등이 활용되어왔다. 또한 최근에는 머신러닝 기술의 발달로 DVS 자료의 잡음 제거를 위한 다양한 종류의 기계학습 기법들이 적용되고 있다. 대표적인 기계학습 방법인 지도 학습의 경우 DVS 자료의 잡음 제거를 위해서는 잡음이 없는 자료 또는 현장 자료와 동일한 특성의 잡음 자료와 같은 정답 자료를 필요로 한다. 하지만 실질적으로 양질의 정답 자료를 확보하는 것은 어려운 경우가 많다. 본 연구에서는 정답 자료 구축 없이 다양한 종류의 DVS 잡음을 효과적으로 억제하기 위해 자기지도학습 기반의 순차신경망(Cascade network)을 제안한다. 자기지도학습은 추가적인 정답 자료 구축 과정 없이 대상 자료를 활용하여 학습 자료를 생성하고 학습을 진행하는 방식으로, 본 연구에서는 중합 전의 DVS 자료 활용, DVS 자료 내에 존재하는 잡음 추출, 대상 DVS 자료에 무작위 변형 적용을 통해 학습 자료를 구축하였다. 인공신경망으로는 DVS 자료의 여러 잡음을 순차적으로 제거할 수 있는 세 단계의 순차신경망을 이용하였으며, 무작위 잡음, 시추공 진동 잡음, 수평 잡음을 억제하였다. 제안된 방법은 육상 시추공에서 취득한 시추공 DVS 자료에 적용되었으며, 정성 및 정량적 평가를 통해 제안된 방법이 DVS 자료의 잡음을 효과적으로 제거할 수 있음을 확인하였다.

사사

이 연구는 한국지질자원연구원의 기본사업 ‘한반도 동남권 지진, 단층 활동 평가를 위한 심부 복합 지구물리 모니터링 시스템 구축(GP2018-009)’ 및 해양수산과학기술진흥원(RS-2024-00402195, 2024년도 산학연 시설장비 활용 역량 강화사업)의 지원으로 수행되었습니다.

딥러닝을 통한 분포형 음향 센싱(DAS) 원시 데이터의 기기 잡음 제거 타당성 연구

이명현¹⁾, 윤병준^{2)*}, Olivia Collet³⁾, 조용채¹⁾

¹⁾서울대학교 에너지시스템공학부

^{2)*}한국지질자원연구원, yoonstation@kigam.re.kr

³⁾Curtin University

Feasibility Study of Denoising Instrumental Noise of Raw Distributed Acoustic Sensing (DAS) Data with Deep Learning

MyungHyun Lee¹⁾, ByoungJoon Yoon^{2)*}, Olivia Collet³⁾, and Yongchae Cho¹⁾

본 연구는 경주 지역에서 GIN30 바이브로사이즈 송신원을 이용해 획득한 분포형 음향 센싱(이하 DAS) 데이터를 대상으로 딥러닝 기반 잡음 제거 모델의 효과를 평가한다. DAS 기술은 높은 공간 해상도와 경제성 덕분에 다양한 모니터링 분야에서 주목받고 있으나, 광계측 시스템 특유의 잡음으로 인해 전처리가 필수적이다. 연구 대상 지역은 경주 내 5개 현장이며, 지하 1km 깊이의 수직 모니터링 공을 따라 설치된 광섬유를 통해 데이터를 수집하였다. GIN30 바이브로사이즈는 제로 오프셋을 포함한 다양한 오프셋에서 신호를 송신하였다. 본 연구는 기존의 신호 중첩 방식이 시간과 비용이 많이 든다는 점을 개선하기 위해 딥러닝 Noise2Noise(N2N) 모델을 적용하여 기기 잡음을 제거하고 중첩 횟수를 줄여 자료처리의 효율성을 높이는 방법을 제안한다. 이를 통해 중첩 과정 없이도 신호 대 잡음 비율을 최적화할 수 있는 가능성을 탐색하며, DAS 데이터 처리 효율성을 크게 향상시키고 탐사 작업의 생산성을 증대시킬 수 있음을 시사한다.

사 사

본 연구는 산업통상자원부 지원 한국에너지기술평가원의 인력양성사업(No. 20204010600250)기금으로 수행되었습니다. 또한 본 연구는 한국지질자원연구원의 기본사업 ‘한반도 동남권 지진, 단층 활동 평가를 위한 심부 복합 지구물리 모니터링 시스템 구축(GP2018-009)’의 지원으로 수행되었습니다. 이와 관련하여 2D DAS 모델링 결과 검토를 도와주시고 경주 VSP 탐사 자료와 탐사 현장 방문 등 아낌 없이 지원해 주신 한국지질자원연구원 육상탐사팀에 깊은 감사의 말씀을 드립니다. 또한 N2N 잡음 제거 모델을 제공해 주신 Curtin University 지구물리팀에도 감사드립니다.

수진기-분포형 광섬유 센서를 활용한 완전파형 역산 기반 지하 영상화 타당성 연구

박한준¹⁾, 이명현²⁾, 조용채^{1,2)*}, 전형구³⁾, 이창현⁴⁾, 윤병준⁴⁾, 박권규⁴⁾, 최상진⁴⁾

¹⁾서울대학교 에너지자원신기술연구소

^{2)*}서울대학교 에너지시스템공학부, yc.cho@snu.ac.kr

³⁾경북대학교 지구시스템과학부 지질학전공

⁴⁾한국지질자원연구원

Feasibility study of FWI-based subsurface imaging using geophone and DAS data

HHanjoon Park¹⁾, Myunghun Lee²⁾, Yongchae Cho^{1,2)*}, Hyunggu Jun³⁾, Changhyun Lee⁴⁾,
Byoungjoon Yoon⁴⁾, Kwon Gyu Park⁴⁾, and Sang-Jin Choi⁴⁾

분포형 광섬유 센서(Distributed Acoustic Sensing; DAS)를 사용한 지하 영상화 연구는 지하 자원의 탐사 및 모니터링에서 점점 더 중요한 역할을 하고 있다. DAS는 기존 수진기와 비교하여 고해상도의 샘플링 밀도와 경제적인 설치 비용 등 여러 장점을 가지고 있지만, 수진기와 다른 반응함수와 잡음 특성으로 인해 추가적인 연구가 필요하다. 본 연구는 수직 시추공 탐사(Vertical Seismic Profile; VSP)를 통해 취득한 수진기 및 DAS를 비교하고, 이를 기반으로 DAS의 지하 영상화 가능성을 평가한다. 이를 위해 합성 자료와 실제 유금리 지역에서 획득한 자료를 이용해 완전파형 역산(Full Waveform Inversion; FWI)을 수행하였다. 역산 결과를 통해 합성자료에서 DAS는 심부에서 일부 극솟값 문제를 야기했지만, 고공간파수 성분을 강조하는 특징을 확인하였다. 현장 자료에서는 수진기 및 DAS 고유 잡음을 제거한 DAS 자료를 사용한 역산결과를 비교함으로써 DAS를 활용하여 기존 수진기와 유사한 지하영상화 결과를 얻을 수 있음을 확인하였다. 결론적으로 DAS의 잡음 및 제한적인 취득 성분 문제를 해결하면, 수진기와 유사한 성능을 달성할 수 있으며, 고공간파수 성분을 강조하는 데 있어서 유용한 도구로 활용될 수 있을 것으로 분석되었다.

사 사

본 연구는 산업통상자원부 지원 한국에너지기술평가원의 인력양성사업(No. 20204010600250)기금으로 수행되었습니다. 또한 본 연구는 한국지질자원연구원의 기본사업 ‘한반도 동남권 지진, 단층 활동 평가를 위한 심부 복합 지구물리 모니터링 시스템 구축(GP2018-009)’의 지원으로 수행되었습니다. 이와 관련하여 2D DAS 모델링 결과 검증을 도와주시고 경주 VSP 탐사 자료와 탐사 현장 방문 등 아낌 없이 지원해 주신 한국지질자원연구원 육상탐사 팀에 깊은 감사의 말씀을 드립니다.

유휴 광섬유를 이용한 진동계측 연구 개발 현황

윤병준^{1)*}, 박권규¹⁾, 이창현²⁾, 최상진¹⁾

^{1)*}한국지질자원연구원 기후변화대응연구본부, yoonstation@kigam.re.kr

²⁾한국지질자원연구원 국토우주지질연구본부

Current Research Status of Distributed Acoustic Sensing using Dark Fibers

Byoungjoon Yoon^{1)*}, Kwon Gyu Park¹⁾, Changhyun Lee²⁾, and Sang-Jin Choi¹⁾

Our research on DAS (Distributed Acoustic Sensing) extends beyond conventional fiber-optic networks deployed specifically for sensing. We are exploring the potential of utilizing inactive optical fibers, commonly referred to as dark fibers, as sensor networks. These dark fibers, although not in active use for data transmission, offer significant potential for sensing applications. Our primary focus is to understand the characteristics of signals and noise in DAS records and to develop effective pre-processing techniques. In collaboration with KEPCO and KISTI, we have designed and conducted acquisition experiments along dark-fiber lines in Pyeongtaek and Daejeon. These experiments successfully captured active survey data using vibroseis and hammers, as well as nearby micro-earthquake events. These results illustrate the potential of dark fibers to function as active seismic receivers and passive seismic monitoring tools, opening up new possibilities for their use in geophysical applications.

Acknowledgement

This study was supported by Basic Research Projects of the Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources (KIGAM) funded by the Ministry of Science and ICT of Korea (GP2023-003).

Super Virtual Interferometry (SVI) 기법을 이용한 광섬유 기반 미소진동 자료의 신호대잡음비 개선 연구

편석준^{1)*}, 정우돈²⁾, 이강훈³⁾, 최우창¹⁾

^{1)*}인하대학교 에너지자원공학과, pyunsj@inha.ac.kr

²⁾강원대학교 지구물리학과

³⁾한국지질자원연구원 해저지질에너지연구본부

A Study on Signal-to-Noise Ratio Improvement of Fiber-Optic-Based Microseismic Data Using Super Virtual Interferometry (SVI)

Sukjoon Pyun^{1)*}, Woodon Jeong²⁾, Ganghoon Lee³⁾, and Woochang Choi¹⁾

미소진동 모니터링은 이산화탄소 지중저장, 셰일가스 개발, 지열 개발, 광산 안전, 도로교통 및 사회기반시설 모니터링 등 여러 분야에서 활용되고 있다. 최근에는 저렴한 비용과 높은 샘플링 비율이라는 장점으로 인해 분포형 광섬유 센싱(Distributed Acoustic Sensing, DAS) 기술이 미소진동 모니터링에 적극 활용되고 있다. 그러나 DAS 기술은 이러한 장점에도 불구하고, 많은 잡음과 방대한 데이터 처리의 한계로 인해 지배적으로 사용되지 못하고 있다. 이러한 단점을 극복하기 위해 DAS 자료의 잡음을 줄이고 신호대잡음비(Signal-to-Noise Ratio, SNR)를 향상시키기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이 연구에서는 Super Virtual Interferometry (SVI) 기법을 이용하여 광섬유 센서를 통해 취득한 미소진동 자료의 잡음을 줄이고 SNR을 향상시키는 방법을 검토하였다. 실제 자료에 대한 적용성을 평가하기 위해 UTAH FORGE 프로젝트에서 공개한 미소진동 자료를 사용하여 SNR 향상 정도를 확인하였다. 수치 예제 분석 결과, SVI 기법은 무작위 잡음을 감소시키는 데에는 우수한 성능을 보였으나 일관성 잡음을 제거하는 데는 한계가 있었다. 따라서 SVI 기법을 적용할 경우 일관성 잡음을 제거하기 위한 필터링 기법을 병행하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 이 연구에서는 랭크 축소(rank reduction) 기반의 필터링 기법을 적용하여 일관성 잡음을 줄이고, SVI 기법을 통해 신호대잡음비를 향상시키는 공정을 제안하였다.

사 사

이 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원(No. 20226A10100030)을 받아 수행되었습니다.

장거리 지중 광케이블의 지진파 응답특성 평가 사례 연구

연관희^{1)*}, 최신규¹⁾, 이강렬¹⁾

^{1)*}한전 전력연구원 전력설비내진팀, geoyun0@kepc.co.kr

Case Study on the Earthquake Ground Motion Responses of the DAS on the Long-range Underground Optical Cables

Kwan-Hee Yun^{1)*}, Shin-Kyu Choi¹⁾, and Kang-Ryel Lee¹⁾

DAS (Distributed Acoustic Sensing) is a vibration sensing method to detect longitudinal change of elastic modulus of the long-range (30~100 km) optical cables by the unit of gauge length (~m). The DAS method was originally used in the field of the exploration geophysics and well-drilling industry by using the phase information of the elastic waves. Recently the application of DAS is extended to the earthquake seismology which necessitates the rigorous study on the amplitude response of the DAS. KEPCO (Korea Electric Power Corporation) has installed and operated DAS instrument (made by AP Sensing) connected to the underground electric power communication fiber line around the Pyeongtaek area since the year 2021. The length of the DAS line is 35km (27km×10km area) consisting of 7,031 DAS channels and installed under various conditions such as electric power tunnels, subsurface ducts and subsea tunnels, which results in distinct earthquake ground-motion responses. In this paper, we will present the comparative results of S-wave spectra of the unknown-directional single DAS channel records and the horizontal seismograms from the national seismic stations for the 9 small-to-moderate earthquakes. Base on the comparative result, a guidance will also be introduced on how to integrate massive DAS data into earthquake data from the seismic stations for rapid earthquake notification and how to monitor the shallow underground subsurface safety conditions.

Acknowledgement

This study was supported by Basic Research Projects of the Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources (KIGAM) funded by the Ministry of Science and ICT of Korea (GP2023-003).

Earthquake signals observed using the distributed acoustic sensing at Daejeon, South Korea

Hobin Lim^{1)*}, Byoungjoon Yoon²⁾, and Sang-Jin Choi²⁾

^{1)*}Earthquake Research Center, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, HBL@kigam.re.kr

²⁾CO₂ Geological Storage Research Center, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources

대전 광케이블을 이용한 분산음향측정(DAS) 지진 신호 관측 사례

임호빈^{1)*}, 윤병준²⁾, 최상진²⁾

Distributed Acoustic Sensing (DAS) technology can utilize existing fiber optic cables to measure seismic waves. We acquired the DAS data using the Korea Research Environment Open Network (KREONET) communication cable at Daejeon, South Korea, from 7 July to 14 September 2023. Data were sampled at 1000 Hz across 4096 nodes or 2000 Hz across 8192 nodes, using a Silixa iDAS interrogator. We detected signals from crustal earthquakes occurring 51 to 201 km from the optic cable, with magnitudes of M_L 1.3, M_L 1.7, and M_L 2.2. The earthquake signals exhibited significantly faster apparent velocities ($\sim 10^1$ km/s) compared to the speed of moving vehicles ($\sim 10^{-2}$ km/s). DAS enables the acquisition of seismic data along the entire length of the cable at customizable intervals and high sampling rates, making it particularly valuable for monitoring small-magnitude earthquakes. This distinguishes DAS from traditional seismometers, which rely on the law of inertia to generate a single time series at a fixed point. A major challenge of DAS is the storage of the massive volumes of data it produces, rendering a ‘save all and review later’ approach ineffective for maintaining a stable monitoring system. Based on the observations of the crustal earthquakes in South Korea, we would like to design the system to evaluate the real-time value of the data stream, determining it should be saved permanently for seismic monitoring purposes.

Acknowledgement

This study was supported by Basic Research Projects of the Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources (KIGAM) funded by the Ministry of Science and ICT of Korea (GP2023-003).

분포형 광섬유 센싱을 활용한 차량 유발 진동원 모델링 및 분류

최승훈¹⁾, 이명현¹⁾, 윤병준²⁾, 최상진²⁾, 이창현²⁾, 박권규²⁾, 조용채^{1)*}

^{1)*} 서울대학교 에너지시스템공학부, yc.cho@snu.ac.kr

²⁾ 한국지질자원연구원

Traffic-induced Signal Modeling and Classification Using Distributed Acoustic Sensing (DAS)

Seunghun Choi¹⁾, MyungHyun Lee¹⁾, Byoungjoon Yoon²⁾, Sang-Jin Choi²⁾,
Changhyun Lee²⁾, Kwon Gyu Park²⁾, and Yongchae Cho^{1)*}

본 연구에서는 분포형 광섬유 센싱(DAS) 기술을 활용하여, 차량이 유발하는 진동을 인공 지진파 송신원으로 간주하고, 그 반응 신호를 통해 차량의 무게에 따른 분류를 수행하는 방법을 제안한다. 이를 위해, 연구 지역의 천부 물성을 반영한 벡터 파동 방정식을 시간영역 엇격자 유한차분법으로 시뮬레이션하였다. 해당 지역의 천부 물성은 차량 신호 데이터를 기반으로 추정되었으며, 다중채널 분석 기법(Multi-channel Analysis of Surface Waves, MASW)을 통해 획득한 분산 곡선을 활용하였다. 2차선 도로에서 24시간 동안 약 400대 이상의 차량 데이터를 분석한 결과, 차량의 무게와 속도에 관련된 저주파 영역과 차량과 도로 사이의 역학적 관계에 따른 중간 주파수 영역으로 신호가 구분되었다. 이러한 두 주파수 영역을 적절한 band-pass 필터로 분리한 후, 저주파수 영역 신호와 차량 무게 사이의 상관성을 분석하여 차량 무게를 추정하는 알고리즘을 개발하였다. 이후, 차량의 무게, 속도, 그리고 도로와의 역학적 관계를 모사한 인공 송신원 시뮬레이션을 통해 차량 신호를 재현하고, 이를 잡음이 제거된 현장 데이터와 비교하여 차량의 무게와 DAS 신호 간의 상관관계를 평가하였다. 결과적으로, DAS 신호를 기반으로 차량의 속도와 무게를 역산하는 시스템을 구축하였으며, 매설된 광섬유가 단속 카메라와 연계되어 과적 차량을 단속하는 고속측중기와 유사한 모니터링 도구로 활용될 가능성을 제시하였다.

사 사

본 연구는 산업통상자원부 지원 한국에너지기술평가원의 인력양성사업(No. 20204010600250)기금으로 수행되었습니다. 또한 본 연구는 한국지질자원연구원의 기본사업 ‘한반도 동남권 지진, 단층 활동 평가를 위한 심부 복합 지구물리 모니터링 시스템 구축(GP2018-009)’의 지원으로 수행되었습니다.

워크샵(극지)

**“급격한 남극 빙상 용융에 따른
근미래 전지구 해수면 상승
예측기술 개발(주관: 해양수산부)”
연구사업 젊은 과학자 워크샵**

K-NOW: 남극 빙상 용융과 해수면 상승의 정밀 예측을 위한 과학적 도전

김병훈^{1)*}, 나지성¹⁾, 허은숙¹⁾, 김지해²⁾, 박인우¹⁾, 이원상¹⁾

^{1)*}극지연구소 빙하지권연구본부, bhkim@kopri.re.kr

²⁾울산과학기술원 지구환경도시건설공학과

K-NOW: Scientific Challenges for Accurate Predictions of Antarctic Ice Sheet Melting and Sea Level Rise

Byeong-Hoon Kim^{1)*}, Jisung Na¹⁾, Eunsuk Heo¹⁾, Jihae Kim²⁾, Inwoo Park¹⁾, and Won Sang Lee¹⁾

최근 수 십 년 간 가속화 남극 빙상의 용융은 전 지구적인 해수면 상승을 초래하며, 해안 지역을 위협하는 중요한 환경 문제로 떠오르고 있다. 이에 대응하기 위해, 극지연구소에서는 해양수산부 주관 하에 2023년부터 2031년까지 ‘급격한 남극 빙상 용융에 따른 근미래 전지구 해수면 상승 예측기술 개발(Korea Network for Observation and prediction of ice sheet and sea level changes in a Warming world(약칭 K-NOW)’ 연구사업이 수행되고 있다. K-NOW는 다학제적 연구를 통해 남극 빙상 질량 손실에 대한 관측하고, 그 원인 기작을 규명하며, 미래 변화를 예측함으로써 과학적 근거 마련하고, 이를 바탕으로 장기적인 대응 전략을 수립에 기여하는 일을 목표로 한다. 이러한 대규모 연구사업에서 초기 경력 연구자의 역할은 매우 중요하나, 이들은 사회적 지위와 연구 네트워크가 상대적으로 부족하여 학문적 교류와 협력의 기회를 충분히 얻지 못하고 있는 상황이다. 이러한 문제를 해결하고자, 2024년 10월 24일부터 25일까지 한국지구물리*물리탐사학회 가을 학술대회의 특별세션으로, 초기 경력 연구자들을 중심으로 한 워크숍(가칭 “LIONESS-PUPS” workshop)이 개최된다. 참가자들은 남극 연구의 최신 성과와 주요 과학 이슈들을 공유하여 연구사업의 전반적인 이해도를 높이며, 각 분야별 주요 과학적 도전과 향후 연구 과제에 대해 심도 있는 발표와 토론을 진행함으로써 공동 연구주제 발굴 및 자기 주도적 성장 능력을 신장시킬 것이다.

일반세션 1

지반/환경/지하수

좌장: 김수관(한국해양과학기술원)



물리 탐사 기법을 활용한 천부 3차원 지질 모델 구성 예

유희은¹⁾, 조아현¹⁾, 이강훈²⁾, 신제현³⁾, 편석준⁴⁾, 조호영⁵⁾, 남명진^{1,6)*}

¹⁾세종대학교 에너지자원공학과

²⁾한국지질자원연구원 해저지질탐사연구센터

³⁾한국지질자원연구원 지하수환경연구센터

⁴⁾인하대학교 에너지자원공학과

⁵⁾고려대학교 지구환경공학과

^{6)*}세종대학교 지구자원시스템공학과, nmj1203@gmail.com/nmj1203@sejong.ac.kr

An example of construction of a 3D geological model of shallow subsurface using geophysical surveys

Huieun Yu¹⁾, Ahyun Cho¹⁾, Ganghoon Lee²⁾, Jehyun Shin³⁾, Sukjoon Pyun⁴⁾, Ho-young Cho⁵⁾, and Myung Jin Nam^{1,6)*}

최근 천부 지하 환경에 대한 관심이 증가하면서, 지하수와 오염 물질 등의 이동을 평가 및 예측을 위한 작은 규모의 지질 모델에 대한 중요성이 부각되고 있다. 기존의 지질 모델은 주로 탄성과 탐사를 이용하여 수 km 심도의 심부 자원 부존량을 평가하는 데 집중되었지만, 천부에서는 지하 구조나, 이상체를 평가하거나 모니터링하기 위해 다양한 탐사법을 적용할 수 있다.

이 연구에서는 실험부지에서 취득한 시추공 자료와 물리검층 자료 그리고 지표와 시추공 물리탐사 자료를 복합 해석하여 지질 모델을 구성하였다. 시추공 위치에 대한 점적 정보를 3차원 공간 정보를 확장함으로써 균열, 파쇄대 등의 구조 및 연결성을 평가하고 해석하였다. 탄성과 탐사는 층서 구조 분석뿐만 아니라, 탄성과 속도 지연과 진폭 감쇄를 이용한 파쇄대, 균열을 분석하고, 전기전자탐사는 전기비저항의 특이점을 기반으로 수포화, 불안정 구조 등을 평가하였다. 검층 자료는 이상 구조 제시하거나 물리탐사 해석의 신뢰성을 높임으로써 자료의 공간적 확장을 가능하게 한다. 또한 층서 구조와 이상대를 분석하기 위해 필요한 탐사 자료의 수와 자료 특성에 따른 해석 결과를 비교하였으며, 최적의 지질 모델 구성을 위한 최소한의 자료와 각 탐사 방법의 활용에 대해 분석하였다.

사 사

이 연구는 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원의 지중환경 오염위해관리기술개발사업의 지원을 받아 수행되었습니다(RS-2023-00230833).

댐에서의 전기비저항 모니터링 자료 해석

이근수^{1)*}, 임정열¹⁾, 김연정¹⁾, 하명진²⁾, 김기석²⁾, 조인기²⁾

^{1)*}한국수자원공사 K-water연구원, wave7278@kwater.or.kr

²⁾(주) 희송지오택

Interpretation of Resistivity Monitoring Data at Dams

Keun-Soo Lee^{1)*}, Jeongyeul Lim¹⁾, Yeon-Jung Kim¹⁾, Myungjin Ha²⁾, Kiseog Kim²⁾, and Inky Cho²⁾

댐은 수자원 관리, 에너지 생산, 홍수 조절 및 관개에 필수적인 역할을 하는 중요한 기반 수리시설물로 댐의 구조적 무결성과 운영 안전을 보장하는 것이 무엇보다 중요하다. 전기비저항 모니터링은 댐의 상태를 지속적으로 모니터링하고 평가하기 위해 사용되는 기술 중 하나이다. 전기비저항 모니터링은 지속적인 전기비저항 탐사를 통하여 시간 경과에 따른 지하의 전기비저항 분포 및 그 변화 양상을 파악하고 누수, 내부 침식, 댐 본체 또는 기초 내부의 공극 및 균열과 같은 변화를 조기에 식별 가능하다. 따라서 댐에서 수행되는 전기비저항 모니터링은 댐에서 발생 가능한 다양한 구조적 문제를 조기에 발견하고 적시에 유지보수 및 조치를 위한 유용한 정보를 제공한다. 그러나 전기비저항 모니터링 자료는 다양한 잡음을 내포하고 있다. 이들 잡음은 역산해석 이전에 전처리 과정을 통하여 효과적으로 제거되어야 하지만 모니터링 자료의 전처리에 관한 연구는 그 중요성에 비하여 미흡한 실정이다. 이 연구에서는 방대한 전기비저항 모니터링 자료에 대한 효과적이고 신속한 전처리 기법을 제시하고, 4차원 역산을 통하여 시간경과에 따른 지하 모델 변화대의 효과적 영상화 기법을 개발하였다. 개발된 자료처리 및 역산해석 기법은 다양한 수치 실험을 통하여 그 효용성을 입증하였으며, 현장자료에 적용하여 실효성을 검증하였다.

염수환경의 지반조사를 위한 전기비저항탐사 적용

박삼규^{1)*}, 손정술¹⁾, 방은석¹⁾, 박계순¹⁾

^{1)*}한국지질자원연구원 광물자원연구본부, samgyu@kigam.re.kr

Application of Electrical Resistivity Surveys for Ground Investigations in Saline Environments

Samgyu Park^{1)*}, Jeongsul Son¹⁾, Eunseok Bang¹⁾, and Gyesoon Park¹⁾

국내에서는 광물자원 및 토목분야의 지반조사에 전기비저항탐사가 널리 활용되고 있으며, 현장 적용 사례 및 해석 노하우가 지속적으로 축적되어 오고 있다. 그러나 염수환경의 연안지역이나 해수 및 갯벌을 대상으로 전기비저항탐사를 수행하기에는 많은 제약이 있어 현장 탐사 사례가 거의 없다. 그 이유는 염수환경의 지반은 해수에 포화되어 있어 높은 전기전도도를 갖기 때문에 상용 탐사기보다는 고출력의 송신부가 필요하며 현장 탐사 작업에 많은 노력이 필요하기 때문이다. 이에 본 연구에서는 상용 전기비저항 탐사기를 사용하여 해저 또는 갯벌 등의 얇은 수심의 염수환경을 대상으로 해저 유물이나 용천수 등을 탐지할 수 있는 가능성을 시험해보고자 다양한 현장 시험과 제주도 해역에 유출되고 있는 용천수 탐지 사례를 소개하고자 한다.

현장 시험으로는 태안군 민어도에서 간조시에 전극 간격 2 m, 축선 길이 54 m의 탐사 케이블을 설치하고, 만조시에 탐사 케이블을 해수면 위로 부유시킨 상태에서 4가지 전극배열(Dipole-dipole, Schlumberger, Wenner, Modified pole-pole)과 송신 전류 50~800 mA까지 변화시켜 자료를 획득 하였으며, 이들 탐사 결과로부터 해저 지반의 해석 가능성에 대해서 검토했다. 이를 바탕으로 해저 지하수 유출(Submarine Groundwater Discharge; SGD)탐지 가능성을 시험하기 위하여 제주특별자치도 서귀포시 하효항에서 두 차례에 걸쳐 전기비저항탐사를 수행하였다. 그 결과 해저 지하수 유출 위치를 파악하는데 Dipole-dipole 전극 배열과 송신 전류가 높을수록 유용함을 알 수 있었다. 그러나 제주도의 넓은 해안을 대상으로 전기전도도가 높은 해수에서 해저의 탐사자료를 획득하기 위한 방법과 해저에서 유출된 지하수가 조류에 의해 빠르게 확산되고 있는 점 등을 고려한 보다 정밀탐사 기술 개발을 위한 연구가 필요할 것으로 보인다.

사 사

이 연구는 한국지질자원연구원 “국내 바나듐(V) 등 에너지 저장광물 정밀탐사기술 개발 및 부존량 예측(GP2020-007)” 사업의 지원을 받아 수행되었습니다.

시추공을 이용한 측선 양단의 전기비저항 영상화

용환호^{1)*}, 임진택²⁾, 엄창길³⁾, 원형³⁾, 조인기⁴⁾, 송성호¹⁾, 이규상¹⁾

^{1)*}한국농어촌공사 농어촌연구원, yonghwanho@ekr.or.kr

²⁾(주) GNE1

³⁾(주) 어바웃코리아

⁴⁾강원대학교 지구물리학과

Resistivity Imaging at Both Ends of a Survey Line using Boreholes

Hwan-Ho Yong^{1)*}, Jintaek Lim²⁾, Changkil Eom³⁾, Hyoung Won³⁾, In-ky Cho⁴⁾, Sung-Ho Song¹⁾, and Gysang Lee¹⁾

2차원 전기비저항 탐사는 지표에 설치된 전극을 이용하여 지표 하부의 2차원 전기비저항 분포를 영상화하는 탐사기법으로, 현장 작업이 용이하고 해석 기술이 잘 정립되어 있어 다양한 분야에 널리 적용되고 있다. 일반적으로 2차원 전기비저항 탐사는 직선으로 된 측선 상에 같은 간격으로 설치된 여러 측점에서 수평 및 수직 탐사를 병행하여, 측선 하부의 전기비저항 분포를 영상화하지만, 측선 양단의 하부는 감도가 낮아 추정된 전기비저항의 신뢰도가 낮아지는 문제를 안고 있다. 이러한 이유로 대부분의 전기비저항 해석 프로그램에서는 측선 양단 하부의 전기비저항 영상을 제시하지 않는다. 따라서 측선 양단의 전기비저항 분포 양상을 파악하기 위해서는 측선의 길이를 연장해야만 한다. 그러나 측선 양단의 전기비저항 분포에 대한 정보가 필요해도 현장 여건상 측선의 연장이 불가능한 경우가 종종 발생한다. 이 문제를 해결하기 위해서는 측선의 양단에 시추공을 굴착하고, 시추공-지표, 동일 시추공 자료, 시추공-시추공 자료를 획득하여 지표 측점에서 얻어진 지표 탐사 자료와 함께 해석하면 측선 양단 하부의 전기비저항 분포도 효과적으로 영상화할 수 있다. 이 연구에서는 측선의 양단에 시추공을 설치하여 지표와 시추공을 이용한 자료 획득, 처리 및 역산 방법을 제시하였고, 수치실험을 통하여 지표 양단 하부의 전기비저항 영상화가 효과적인 것을 확인하였다. 또한, 저수지 양안 제방 경계부에서 현장자료를 획득하여 그 실효성을 검토하였다.

사 사

이 연구는 농림축산식품부의 재해예방계측사업의 지원을 받아 수행되었습니다. 관계자분들께 감사드립니다.

해수침투 특성 평가를 위한 물리탐사 사례: 강원도 송지호

황세호^{1)*}, 최지훈¹⁾, 정승호^{1,2)}, 전우현¹⁾, 정병주¹⁾, 문희선^{1,3)}

^{1)*}한국지질자원연구원 지하수환경연구센터, hwangse@kigam.re.kr

²⁾전남대학교 에너지자원공학과

³⁾과학기술연합대학교대학원 KIGAM School 지질과학전공

Case Study of Geophysical Exploration for Evaluating Seawater Intrusion Characteristics: Songji Lagoon, Gangwon-do

Seho Hwang^{1)*}, Jihun Choi¹⁾, Seungho Jeong^{1,2)}, Woo-Hyun Jeon¹⁾, Byeongju Jung¹⁾, and Hee Sun Moon^{1,3)}

동해안 석호 중의 하나인 송지호는 해안에서 약 350 m 거리에 위치하며 담수와 염수가 혼합된 기수호로 오랜 기간 비교적 일정한 염분농도를 유지하고 있어 원인 파악이 필요하다. 송지호 호소수와 해수의 상호작용 또는 해수침투에 의해 송지호의 염분도가 유지되는 것을 파악하기 위하여 송지호 상류, 송지호 제방, 그리고 해안 부근에 관측정 3개(MW-1, MW-2, MW-3, 깊이는 각각 21.0, 29.0, 21.5m)를 설치하였다. 이외에도 다수의 관측정을 구축하여 전기전도도 프로파일에서 담-염수 경계면 형태와 변동 특징을 분석하였다. 호소수와 해수와의 상호작용이 진행되는 영역을 평가하기 위하여 관측정에서 다양한 물리검층(온도, 전기전도도, 스펙트럴감마선검층, 밀도검층, 중성자검층, spinner검층, 공내수치환전기전도도검층), 1차원과 2차원 전기비저항탐사, 드론 GPR, 송지호 퇴적 환경조사를 위한 SBP (Sea Bottom profiling) 자료 취득이 진행되었다. 3개 관측정의 물리검층 결과, 담-염수 경계면 특징, 공극률 평가, 자연감마선 세기의 변화에서 퇴적환경을 해석하였다. 전기비저항탐사 결과, 호소수와 해수와의 상호작용이 진행되는 영역인 해수침투대의 공간적인 해석이 가능하였으며 SBP 결과에서 퇴적층 경계면과 호수 수심 분포도를 작성하였다. 드론 GPR 탐사자료는 자료처리가 진행 중이다. 그리고 2024년 7월 중순과 8월 말에 송지호 제방에 위치하는 관측정 MW-2에서 명확한 해수침투 구간을 파악하기 위하여 양수를 진행하면서 온도/전기전도도검층을 수행하였고 전기전도도가 약 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 인 담수 1 Ton 정도를 관측정에 치환하고 양수를 진행하면서 관측정 내부로 유입되는 고염분 지하수의 유입구간을 확인하였다. 양수 조건에서 반복 측정한 전기전도도검층 결과는 담-염수 경계면이 형성되는 구간의 확인이 가능하였고 공내수치환전기전도도검층 결과는 하부에서도 유입되는 해수침투대 까지도 확인이 가능하였다. 유속의 민감도가 높은 신형 Spinner검층 장비는 전기전도도가 급격하게 변하는 담-염수 경계면에도 유속과 관계없이 밀도차이에 따라 측정값이 변화하여 해수침투 조사에 적용성이 낮음을 확인하였다.

사 사

이 연구는 한국지질자원연구원 기본사업인 “기후변화대응 대용량지하수 확보 및 최적활용 기술개발(24-3411)” 지원으로 수행되었습니다.

일반세션 2

기계학습

좌장: 신영재(국립경상대학교)



영역분할 손실 함수를 사용한 심층 신경망 기반 단층 해석 모델 성능 향상 연구

최우창¹⁾, 편석준^{1)*}

¹⁾*인하대학교 에너지자원공학과, pyunsj@inha.ac.kr

Improving the Performance of Deep Neural Network-Based Fault Detection Model Using Segmentation Loss Functions

Woochang Choi¹⁾, and Sukjoon Pyun^{1)*}

탄성파 자료 해석 단계에서 단층 해석은 단순하면서도 노동집약적인 작업으로 분류된다. 이러한 특성으로 인해 심층 신경망을 적용하기에 적합하며, 이를 활용한 다양한 연구가 발표되고 있다. 가장 활발히 연구되고 있는 기법들로 탄성파 단면에서 추출한 속성(seismic attribute) 기반 기술과 합성곱 신경망을 통한 영상 분할(image segmentation) 접근법이 있다. 속성 기반의 기법들이 더 높은 정확도와 신뢰도를 갖지만, 영상 분할 기반의 기법들은 탄성파 영상을 바로 활용할 수 있다는 점에서 더 효율적이라는 장점이 있다. 이 연구에서는 영상 분할 접근법에 기반하여 단층 해석을 수행하고자 한다. 단층 해석을 위한 심층 신경망 모델로는 U-Net 기반의 인코더-디코더 구조가 대표적이다. 모델의 입력 자료는 단층 구조를 포함한 탄성파 이미지이며, 해당 단층 구조에 대한 라벨이 학습에 사용된다. 일반적으로 단층 구조의 라벨링에는 배경 픽셀에 0, 단층이 존재하는 픽셀에 1의 값이 들어간 이진 이미지(binary image)가 사용되는데, 배경에 비해 단층이 차지하는 픽셀 비율이 매우 낮아 라벨 불균형 문제가 발생한다. 이러한 불균형은 모델 학습에 악영향을 미칠 뿐 아니라, 해석 결과의 정량적 평가를 어렵게 한다. 본 연구에서는 단층에 의해 분할된 영역의 면적을 고려하는 영역분할(segmentation) 손실 함수를 정의하여 이 불균형 문제를 완화하고자 하였다. 동일한 학습 데이터를 사용하여 이진 교차 엔트로피(binary cross-entropy) 손실 함수만을 사용한 모델과 영역 분할 손실 함수를 함께 적용한 모델의 성능을 비교하였다. 현장 자료에 대해 실험한 결과, 영역분할 손실 함수를 사용한 모델이 더 높은 성능을 보였으며, 특히 정밀도(precision)가 향상됨을 확인할 수 있었다.

사 사

이 논문은 2024년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 사용후핵연료 관리핵심기술개발사업단 및 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행된 연구사업입니다(No. 2021040101003A).

GPR 자료에서의 단열대 추출을 위한 합성곱 신경망 알고리즘 연구

이아인¹⁾, 오석훈^{2)*}, 권형석³⁾

¹⁾강원대학교 에너지·인프라융합학과

^{2)*}강원대학교 에너지자원공학과, gimul@kangwon.ac.kr

³⁾강원대학교 지구자원연구소

Fracture detection from GPR data using convolutional neural network algorithm

Ain Lee^{1)*}, Seokhoon Oh^{2)*}, and Hyoung-Seok Kwon³⁾

고준위방사성폐기물(High-level radioactive waste, HLW)은 수만 년 이상 생태계로부터 격리되어야 하며, 이를 위해 방사성 핵종의 유동 경로가 되는 지하 암반 내 단열대를 필수적으로 고려해야 한다. 단열대는 공간적인 불균질성이 높아서 심층 처분장 저장소와 천연방벽에서의 공간적인 분포 특성 파악이 매우 중요하다. 기존의 시추공 조사 방법들은 특정 지점에서만 정보를 얻을 수 있어 공간적 분포를 확인하기 어려우며, 시추로 인해 새로운 단열대가 생성될 수 있는 문제점이 있다. 심층 처분장과 유사한 조건을 갖는 지하 연구시설(Underground research laboratory, URL) 굴착면에서 GPR 탐사를 적용하면 수 m 심도에서의 단열대의 분포 특성을 탐지할 수 있다. 본 연구에서는 유한 차분 시간 영역법(Finite-difference time-domain, FDTD) 시뮬레이션을 통해 GPR 모델링 학습 자료를 생성하고, 합성곱 신경망(Convolutional neural network, CNN) 모델을 활용해 단열대를 자동으로 탐지하는 방법론을 제안하였다. 기존 GPR 시뮬레이션 소프트웨어의 시간 소모적이라는 한계를 극복하기 위해 Python 기반의 FDTD 시뮬레이션 알고리즘을 구현하여 대규모의 데이터를 빠르게 생성하였다. 모델링 자료는 URL 굴착면에서 GPR 탐사를 수행한다는 가정하에 지하 매질은 동일한 속도로 설정하였으며, 실제 현장 조건과 유사하도록 무작위로 잡음을 추가하였다. 생성된 자료는 gprMAX를 이용해 검증하였고, 자료 보정 후 단면 이미지로 변환하여 학습 자료를 구축하였다. 생성된 자료를 바탕으로 U-Net 모델을 수정하여 GPR 데이터를 기반으로 단열을 자동으로 탐지하는 알고리즘을 구축하였다. 특정 검증 자료에 대한 과적합을 방지하기 위해 4-fold 교차 검증을 적용했으며, 클래스 불균형으로 인해 단열이 아닌 영역이 과대 예측되는 것을 막기 위해 가중 크로스 엔트로피 손실 함수를 사용하였다. 개발된 알고리즘은 다양한 조건의 GPR 이미지로부터 신속하고 일관적으로 단열 인식을 할 수 있으며 IOU, Dice score, Precision, Recall, F1 score와 같은 평가 지표를 이용하여 검출 성능을 검토하였다. 본 연구는 HLW의 안전한 처분을 위한 비파괴적 단열 탐지 기술에 기여할 것으로 기대되며, 향후 3차원 DFN 연구의 중요한 기초 자료를 제공할 것이다.

사 사

본 과제(결과물)는 교육부와 한국연구재단의 재원으로 지원을 받아 수행된 3단계 산학협력 선도대학 육성사업(LINC 3.0)의 연구결과입니다.

효율적인 지층 물성 예측을 위한 머신러닝 모델 비교

김수정¹⁾, 전형구^{2)*}

¹⁾경북대학교 지질학과

^{2)*}경북대학교 지질학과, hgjun@knu.ac.kr

Comparison of Machine Learning Models for Efficient Elastic Property Estimation

Sujeong Kim¹⁾, and Hyunggu Jun^{2)*}

최근 이산화탄소 지중 저장소, 고준위 방사성 폐기물 저장 등 지하 공간 활용에 대한 안전성 평가 및 지질재해 위험성 분석의 필요성이 증대됨에 따라 다양한 지층 물성 정보가 요구되고 있다. 특히, 지층 물성 정보(P파와 S파 속도, 밀도)는 지하 매질의 물리적 상태와 구조적인 특성을 반영하기 때문에 취성도와 같은 지층의 기계적 거동을 이해하기 위한 필수적인 요소이다. 일반적으로 시추를 통해 높은 정확도의 지층 물성 정보를 얻으며, 시추되지 않은 공간은 탄성파 탐사와 같은 물리탐사를 통해 필요한 정보를 얻는다. 탄성파 자료의 경우 광역적인 지하 공간에 대한 구조 및 물성 정보를 도출할 수 있으나 자료의 해상도와 정확성이 상대적으로 낮다는 문제가 있다. 반면, 물리검층 자료의 경우 시추공 내 계측기를 통해 취득된 정보이기 때문에, 높은 해상도의 정보를 정확하게 도출할 수 있다. 하지만, 시추공 인근에 대한 지역적인 정보만 취득할 수 있다.

본 연구에서는 탄성파 자료와 물리검층 자료를 융합하여 지층 물성 정보 예측의 정확도를 향상시키기 위해 머신러닝 기법을 활용하였다. 이를 위해 시계열 자료 예측에 적합한 Gradient Boosting Tree(GBT), Long Short-Term Memory(LSTM), 1D Convolutional Neural Network(1D-CNN) 모델을 이용하였다. 또한, 학습 모델의 불확실성을 정량적으로 평가하기 위해 Gaussian Process를 도입하여 LSTM과 1D-CNN 모델에 결합함으로써 총 5가지 머신러닝 모델을 구현하였다. 학습 자료로는 탄성파 기반 자료 및 물리검층 자료를 활용하였으며, 학습된 모델의 성능은 학습에 사용하지 않은 물리검층 자료와 예측된 지층 물성 정보를 비교함으로써 평가되었다.

단시간 푸리에 변환을 이용한 미소 진동 신호 분류

강호진¹⁾, 편석준^{1)*}, 최우창¹⁾, 최병훈¹⁾

¹⁾*인하대학교 에너지자원공학과, pyunsj@inha.ac.kr

Microseismic Signal Classification using Short-Time Fourier Transform

Hojin Kang¹⁾, Sukjoon Pyun^{1)*}, Woochang Choi¹⁾, and Byunghoon Choi¹⁾

미소 진동 모니터링을 이용한 광산 안전 관리는 광산 붕괴로 인한 인명 및 재산 피해를 예방하는 데 중요한 역할을 한다. 특히, 안전 모니터링의 관점에서 미세 균열 발생 빈도를 정확히 측정하고 진원지를 찾아서 붕괴 위험성을 예측하는 것이 미소 진동 모니터링에서의 핵심 과제이다. 하지만 광산 환경에서는 다양한 작업으로 인해 여러 신호가 동시에 기록되기 때문에, 붕괴와 관련된 미소 진동 신호를 정확하게 검출하는 것이 어렵다는 문제가 있다. 따라서 다른 신호와 미소 진동 신호를 분리하는 신호 분류 기술이 필요하다. 이러한 신호 분류(signal classification) 작업에 있어서 최근 딥러닝 기반 기법들이 높은 성능을 보이며 널리 적용되고 있다. 이 연구에서는 단시간 푸리에 변환(short-time fourier transform, STFT)을 사용하여 광산에서 수집한 1차원 신호 데이터를 스펙트로그램(spectrogram)으로 변환한 후, 이를 2차원 합성곱 신경망(convolutional neural network, CNN) 기반 신호 분류 모델에 학습시켜 자동 분류하는 모듈을 개발하였다. STFT는 1차원 신호 데이터를 시간-주파수 영역(time-frequency domain)의 2차원 데이터로 변환함으로써 간단한 구조의 신경망 모델만으로도 효과적인 신호 분류가 가능한 특성(feature)을 추출할 것으로 예상된다. 수치예제를 통해 스펙트로그램을 사용하여 학습한 분류기와 시간 영역 트레이스를 사용해 학습한 분류기의 성능을 비교하고, STFT 기반 신호 분류기의 실시간 신호 분류 적용 가능성을 판단하였다.

사 사

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원(No. 20226A10100030)을 받아 수행되었습니다.

딥러닝을 이용한 라플라스 영역 탄성파 역산 알고리즘

조준현¹⁾, 하완수^{2)*}

¹⁾부경대학교 에너지자원공학과

^{2)*}부경대학교 에너지자원공학과, wansooaha@pknu.ac.kr

Seismic Inversion Algorithm in the Laplace Domain Using Deep Learning

Jun Hyeon Jo¹⁾, and Wansoo Ha^{2)*}

딥러닝 기술을 이용하여 기존 전파형 역산 방법의 한계를 극복하기 위한 다양한 연구들이 수행되고 있다. 두 가지 주요 접근 방식으로는 신경망 훈련을 위해 방대한 탄성파 데이터 세트를 활용하는 지도 학습 방법과 신경망의 가중치를 역산의 매개변수로 사용하는 신경망 매개변수화 방법이 있다. 전자의 경우 시간 영역 파동장을 신경망 입력으로 사용하기 때문에, GPU 메모리 제한과 계산량 문제로 인해 소규모 합성 모델로 연구 대상이 제한되고 있다. 후자의 경우 현장 규모의 합성 속도 모델에 대해 견고한 역산 능력을 입증하였지만, 최적의 신경망 초기 가중치를 결정하는 연구는 수행되지 않았다. 본 연구에서는 지도 학습과 신경망 매개변수화 기법을 전이 학습으로 통합하는 라플라스 영역 딥러닝 탄성파 역산 알고리즘을 제안하였다. 지도 학습을 위해 현장 규모의 합성 속도 모델들과 라플라스 영역 파동장을 생성하였다. 지도 학습 후에는 전이 학습 기반 신경망 매개변수화를 이용한 탄성파 역산을 구현하였다. 이러한 방식으로 가벼운 지도 학습을 통해 광범위한 훈련 데이터 세트 및 방대한 계산 자원에 대한 요구를 완화하면서도 후속 신경망 매개변수화를 위한 적절한 초기 가중치를 얻을 수 있었다. 수치 예제를 통해 제안된 라플라스 영역 딥러닝 기반 탄성파 역산이 훈련되지 않은 신경망을 이용한 신경망 매개변수화 및 전통적인 라플라스 영역 전파형 역산에 비해 우수한 역산 결과를 산출할 수 있음을 보였다.

일반세션 3

중자력/전자탐사

좌장: 최한진(부산대학교)



청양 지구자기 관측소의 수동 및 자동 절대측정을 활용한 지구자기 관측자료 품질 평가 연구

박소현¹⁾, 오석훈^{2)*}, 이하성³⁾

¹⁾강원대학교 에너지·인프라융합학과

^{2)*}강원대학교 에너지자원·산업공학부, gimul@kangwon.ac.kr

³⁾기상청 지진화산연구과

A Study on the Quality Evaluation of Geomagnetic Observation Data Using Manual and Automated Absolute Measurement at the Cheongyang Geomagnetic Observatory

Sohyeon Park¹⁾, Seokhoon Oh^{2)*}, and Haseung Lee³⁾

지구자기장은 지구의 물리적 특성 중 하나로 그 중요성이 매우 커 전 세계 122개의 관측소에서 실시간으로 측정되고 있다. 지구자기 및 고층대기 국제협회(International Association of Geomagnetism and Aeronomy, IAGA)는 국제 지구자기 관측 네트워크(International Real-Time Magnetic Observatory Network, INTERMAGNET)를 조직하여 실시간으로 측정된 지구자기 관측 자료를 공유하고 규격화하고 있다. 기상청의 청양 지구자기 관측소는 INTERMAGNET에 가입한 국내 유일 국제 인증 관측소로, 안정적인 품질 유지를 위해 관측 장비 및 자료를 관리하고 있으며, 그 일환으로 2022년 자동 절대측정 장비인 AutoDIF MKII를 도입하여 시범운영 중에 있다.

본 연구에서는 자동 절대측정으로 관측된 편각 및 복각 자료를 활용하여 지구자기장 관측자료의 전반적인 품질 평가를 수행하고자 한다. 먼저, 수동 및 자동 절대측정 자료를 이용하여 각각 기저선을 산출했으며, 수동 및 자동 절대측정 자료에서 편각은 0.05° , 복각은 0.02° 의 차이로 인하여 기저선의 차이가 나타났다. 또한, 매주 1회 측정되는 수동 절대측정 자료와는 달리, 매일 24회 측정되는 자동 절대측정 자료에서는 지자기의 일변화와 자기폭풍에 따른 자료 변동이 관찰되기 때문에 지자기 변동성 반영 여부에 따라 기저선에도 차이가 발생했다. 하지만 이러한 편각 및 복각과 기저선의 차이는 총자기장 성분에 대해서 비교하게 될 때, 그 효과가 상쇄되었다. 또한, 자동 절대측정 자료의 자기장 변동을 제거하지 않은 기저선을 사용하여 총성분 계산 결과가 프로톤 측정실의 총자기장 값과 차이가 가장 작았으며 이를 통해서 자동 절대측정 자료의 활용 가능성을 높일 수 있음을 확인하였다.

사 사

이 연구는 지진·지진해일·화산 감시 및 예측기술 개발(KMA2022-02120) 과제의 지원을 받아 수행되었습니다.

남극 장보고 기지의 초전도 중력계를 통해 관측된 지진 해일에 의한 중력 변화

이춘기^{1)*}, 김병훈¹⁾, 이원상¹⁾

^{1)*} 극지연구소 빙하지권연구본부, cklee92@kopri.re.kr

Gravity change by a Tsunami recorded by the superconducting gravimeter in Jangbogo Antarctic Station

Choon-Ki Lee^{1)*}, Byeong-Hoon Kim¹⁾, and Won Sang Lee¹⁾

2022년 1월 남태평양 홍가-통가 화산이 대규모 폭발을 일으켜 지진 해일(Tsunami)이 발생하였다. 홍가-통가 화산에서 약 6,000km 떨어진 남극 장보고 기지에서는 초전도 중력계를 운영 중이었으며, 이 초전도 중력계는 홍가-통가 화산에서 발생한 지진파, 대기파, 지진 해일에 의한 중력 변화가 관찰되었다. 초전도 중력계 신호는 일반 지진계에 비하여 저주파 대역의 신호를 보다 정확하게 관측하기 때문에 장주기인 지진 해일에 의한 지반 탄성 변형을 보다 잘 관측할 수 있다. 지진 해일에 의한 중력변화는 지진 발생 후 약 12시간 후에 시작되었으며, 최대 약 $1\mu\text{Gal}$ 의 진폭을 가지는 신호가 관측되었다. 스펙트럼 분석에 따르면 약 1.3 분에서 100분 사이에 존재하는 몇 개의 특징적인 대역에서 지진 해일 신호가 강하게 관찰된다. 저주파의 신호가 먼저 도달하고, 고주파의 신호가 늦게 도달하는 주파수 분산 현상이 관측되며, 4-5일에 걸쳐 지속되었다. 해당 대역에서 3일간 관측된 지진 해일 신호는 해일 발생 이전 해당 대역 진폭의 약 3-10배에 해당한다. 지진 해일이 관측되는 주파수 대역은 지구의 자유 진동에 의한 신호가 관측되는 대역인데, 지진 뿐만 아니라 남극해에서의 대기-해양-지각의 상호 작용으로 발생하는 지구의 연속 자유 진동이 발생하는 것으로 알려져 있다. 평상시 남극에서 관측된 초전도 중력계 자료에는 이 주파수 대역 중 약 4 분의 주기를 가지는 대역에서 매우 강한 신호가 포착되어 왔는데, 지진 해일에 의한 신호가 해당 대역에서 증폭되어 나타나는 것으로 보아, 4 분 주기의 이상 신호는 대기-해양-지각의 상호작용에 따른 현상임을 알 수 있다. 지진 해일이 도달한 날, 장보고기지 인근 드라이갈스키 빙설(Ice tongue)의 일부가 떨어져 나가는 현상이 발생하여, 해일이 남극의 빙상을 붕괴시키는 요인 중 하나임을 알 수 있다. 이 연구의 결과는 인프라 중력파 및 장주기 중력파 대역에서 나타나는 남극 주변의 독특한 특징에 대하여 중요한 정보를 제공하며, 향후 장주기 중력파가 남극 빙상에 미치는 영향에 대한 연구에 도움이 될 수 있다.

사 사

이 연구는 해양수산부(RS-2023-00256677;PM24020)의 지원을 받아 수행되었습니다.

플럭스게이트 3축 센서를 활용한 드론자력탐사 시스템 개발 및 적용

이희순^{1)*}, 박계순²⁾, 임형래³⁾

^{1)*}(주)지오룩스, yihsoon@geolux.co.kr

²⁾한국지질자원연구원

³⁾부산대학교 지구과학교육과

Development and application of drone magnetic survey system using 3-axis flux-gate magnetometer

HeuiSoon Lee^{1)*}, Gyesoon Park²⁾, and Hyoungrea Rim³⁾

전 세계적으로 드론의 개발 및 상용화와 비행/제어 기술이 발전되고, 드론에 적용되는 다양한 센서들이 소형화되면서 드론을 활용한 다양한 탐사들이 이루어지고 있다. 특히 지구물리탐사 분야의 경우 기존의 탐사장비 및 기법들이 현장의 상황과 규제들로 육상탐사에 제한됨에 따라 항공탐사의 필요성과 적용성이 증대됨에 따라 다양한 드론 탐사 장비들이 개발되고 있다. 드론을 활용한 물리탐사기법 중, 최근 실제 산업분야에도 적용되어 사용되는 드론자력탐사기법의 경우 Cs 센서 또는 Flux-gate 센서 등이 사용되고 있다. (주)지오룩스에서는 드론 비행의 안정성에서 뛰어난 성능을 보이는 Flux-gate 센서를 활용한 드론자력탐사 시스템(MagHawk)을 개발해오고 있다.

최근 (주)지오룩스에서는 Bartington사의 Mag649 3성분 Flux-gate 자력계를 활용한 육상 고정 기준점 베이스 시스템도 개발 완료 하였다. 또한 드론의 이착륙과 비행 시 안전을 고려한 MagHawk 전용 스킵드장치도 함께 개발하였다. 개발한 드론자력탐사 시스템을 활용하여 국내의 광산을 대상으로 탐사를 수행하였다. 탐사 수행지역은 전력 관련 시설이 분포하고 지속적으로 바람의 영향이 강한 곳으로 기존 버드타입으로 드론자력탐사를 수행하기에는 높은 비행제어기술과 비행리스크가 존재하는 지역이다. 또한 사용된 Flux-gate 센서의 자기장의 영향범위 및 자력 값의 변화 양상을 파악하기 위해서 교정비행을 수행하였다.

완성된 드론자력탐사 시스템을 활용한 탐사를 통해 기존 외산장비인 버드형의 탐사장비보다는 난이도가 높은 환경에서 안정적인 데이터 취득과 해석이 가능하였다. 또한 Flux-gate 센서의 특성을 고려한 교정 비행과 베이스 스테이션 운영 자료를 통한 자료의 보정과 필터링 과정을 거쳐 양질의 해석이 가능했다. 앞으로 국내 뿐만 아니라 해외에서도 학술 및 다양한 산업현장에 적용 가능 할 것으로 기대된다.

태양풍 강도와 MT 탐사 측정 시간이 MT 자료 품질에 미치는 영향 연구

류경호¹⁾, 권형석^{2)*}, 오석훈²⁾

¹⁾강원대학교 에너지·인프라융합학과

^{2)*}강원대학교 지구자원연구소, kwoncaf2@kangwon.ac.kr

³⁾강원대학교 에너지자원공학과

Study of the effects of solar wind strength and MT measurement time on MT data quality

Kyeongho Ryu¹⁾, Hyoung-Seok Kwon^{2)*}, and Seokhoon Oh²⁾

MT 탐사는 인공 송신원이 아닌 자연적으로 발생하는 전자기장을 신호원으로 사용하여 지구 내부의 전기비저항 구조를 파악하는 방법이다. 자연장 송신원은 신호의 강도와 안정성이 일관되지 않으며, 인공 전자기 간섭에 민감하다는 단점이 존재한다. 자연장 송신원의 강도는 전리층의 밀도가 낮아지는 야간시간에 더 강하게 나타난다. 또한, MT 탐사의 저주파수 신호는 약 11년 주기의 태양활동에 의해 영향을 받으며, 이 주기 동안 흑점 수와 플레어 발생 빈도가 변동한다. 태양의 자전주기는 약 27일로, MT 탐사 수행 시 자료 측정 시간, 태양활동 주기 및 자전주기를 고려하면 양질의 자료를 취득할 수 있다. 2025년은 태양활동 주기 관측 이후 25번째 극대기에 해당할 것으로 예상된다. 따라서, 본 연구팀에서는 2014~2024년까지의 k-index, 흑점 수지표를 분석하여 2019, 2020, 2023, 2024년 국내에서 취득된 MT 탐사자료의 시계열 자료 및 반응곡선을 자료의 품질을 검토하였으며, 시간에 따른 MT 탐사자료의 품질을 검토하였다. 먼저, 2014, 2016, 2018, 2020, 2022, 2024년의 6~8월 기간 흑점 수는 각각 103, 34, 8, 6, 78, 192를 기록하였다. 태양풍 강도에 따른 MT 자료의 품질을 확인 하기 위해 2024년과 2019년 동일 지점에서 측정된 자료를 검토하였다. 2024년 측정된 MT 탐사자료에는 시계열 자료에 전자기장 신호가 비교적 명확하게 보이지만 2019년 측정된 MT 탐사자료에는 전자기장의 신호가 뚜렷하게 보이지 않는다. 다음으로 2024년과 2019년 측정된 MT 자료 중 각각 한 측점을 선정하여 주간, 야간 시간대의 자료와 측정 시간 단위로 반응곡선을 도출하여 자료의 품질을 검토하였다.

사 사

이 연구는 과학기술정보통신부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구 결과입니다(No. 2022R1A2C1092301). 이 연구는 원자력안전위원회의 재원으로 한국원자력안전재단의 지원을 받아 수행한 사용후핵연료 저장·처분 안전성 확보를 위한 핵심기술개발사업(No. 1075001384)의 연구 결과입니다.

가드레일이 설치된 도로에서 측정된 주파수 영역 전자탐사자료에 대한 고찰

강현우¹⁾, 설순지^{1)*}, 변중무¹⁾

^{1)*}한양대학교 자원환경공학과, ssjdoolly@hanyang.ac.kr

Analysis of frequency domain electromagnetic survey data measured on roads with guardrails installed

Hyeonwoo Kang¹⁾, Soon Jee Seol^{1)*}, and Joongmoo Byun¹⁾

최근 도로 하부의 공동 발생이나 지반 이완들에 의한 지반침하가 자주 발생하여 시설물의 안전관리와 모니터링에 대한 관심이 높아지고 있다. 특히 조석의 영향이 큰 서해나 남해와 같은 곳에 위치한 방조제의 경우 지속적인 점검과 지반 침하에 대한 모니터링이 요구된다. 새만금 방조제의 경우 매년 도로부에서 GPR(Ground penetration radar) 장비를 이용하여 정기적인 탐사를 수행해 오고 있다. 그러나 GPR 탐사는 2 m 내외의 낮은 가탐심도로 도로 부 직하부 근처의 지반상태에 대한 정보만을 제공하는 한계가 있다. 실제로 이런 지반침하의 근본 원인을 규명하기 위해서는 10 m 이상의 가탐심도를 갖는 탐사방법의 적용이 요구되며 전자탐사는 충분한 가탐심도를 확보 할 수 있는 비접촉 탐사 방법으로 그 적용 가능성이 기대된다. 실제로 구조물 손상이 최초로 발생할 수 있는 새만금 방조제의 해측 사면에서 송수신기 분리형 전자탐사가 적용되어 전자탐사의 적용가능성을 보여준 바 있다(Kang et al., 2024). 하지만, 대부분의 도로에는 다양한 전도성 구조물들이 설치되어 있어 이상체로부터 발생하는 전자기적 신호를 왜곡하여 전자탐사의 적용을 어렵게 한다. 이러한 강한 전도성 구조물이 존재할 경우 전자탐사의 반응을 고찰한 연구로, 오석민 등(2017)은 시추공 케이싱을 여러 전기 쌍극자의 집합으로 대체하여 케이싱에 의한 효과를 분석하였다. 이 연구에서는 위의 연구를 바탕으로 도로와 평행하게 존재하는 강한 전도성 물체인 가드레일을 수평방향의 전기 쌍극자 집합으로 대체하여 전류밀도를 근사한 후에 전자기장의 변화 양상을 분석하였다.

사 사

이 논문은 농림축산식품부 새만금 조사연구 중 “새만금 방조제 안전성 확보를 위한 GPR 상시 모니터링” 연구 과제와 2022, 2023년 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원(No. 20226A10100030, No. 20233D00000090)을 받아 수행된 연구입니다. 또한 현장 탐사 및 연구가 가능하도록 도움을 주신 농어촌연구원 송성호 박사님, 용환호 박사님, 그리고 한국지질자원 연구원의 방민규 박사님, 또한 자료 취득에 많은 도움을 주신 지오메카의 임경학 상무님, 홍현을 차장님, 한양대학교 송준성 학생에게 감사를 표합니다.

참고문헌

- 오석민, 노규보, 설순지, 변중무. (2017). 시추공 케이싱을 고려한 인공송신원 전자탐사 반응 고찰. 지구물리와 물리탐사, 20(4), 216-225.
- Kang, H., Bang M., Seol S. J., L. K., and Yong H. H., (2024), Application of electromagnetic method to seaward slope monitoring of Saemangeum Seawall, The International Meeting for Applied Geoscience & Energy.

일반세션 4

CCS/해양탐사

좌장: 조용채(서울대학교)



이원분산분석을 활용한 미소진동 모니터링 센서 네트워크 최적화: 속도 구조 불확실성 분석

최우창¹⁾, 편석준^{1)*}, 윤병준²⁾

¹⁾*인하대학교 에너지자원공학과, pyunsj@inha.ac.kr

²⁾한국지질자원연구원 기후변화대응연구본부

Optimization of Survey Design for Microseismic Monitoring Using Two-Way ANOVA: Uncertainty Analysis of the Velocity Model

Woochang Choi¹⁾, Sukjoon Pyun^{1)*}, and Byoungjoon Yoon²⁾

최우창 등(2024)은 통계적 분석 기법의 하나인 이원분산분석(two-way analysis of variance, two-way ANOVA)을 활용하여 최적의 미소진동 모니터링 센서 네트워크 설계 방안을 제안하였다. 이 연구에서는 통계 분석을 위한 데이터를 생성하기 위해 균질한 속도 구조를 가정하여 주시 자료 모델링을 수행하고, 주시 발체 오차를 추가해 불확실성을 반영하였다. 그러나 실제 미소진동 모니터링이 이루어지는 현장의 지질 구조는 균질하지 않기 때문에, 분석 결과를 완전히 신뢰할 수 없는 문제가 존재한다. 본 연구에서는 동일한 센서 네트워크에 대해 속도 구조의 불확실성이 이원분산분석 결과에 미치는 영향을 분석하고자 하였다. 먼저, 불균질한 속도 모델로 합성한 주시 자료에 대해 균질한 속도 모델을 사용해 위치 결정을 수행한 후, 그 결과와 이원분산분석 결과 간의 유사성을 분석하였다. 또한, 현장에서 취득한 실제 자료를 대상으로 동일한 분석을 진행하여, 속도 구조의 불확실성이 센서 네트워크 최적화 결과에 미치는 영향을 평가하였다.

사 사

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원(No. 20226A10100030) 및 한국지질자원연구원(KIGAM)의 기본과제인 지중/해저 Dark-fiber의 진동 센서화 원천기술 개발 및 응용 솔루션 도출 과제(GP2023-003)의 지원을 받아 수행되었습니다.

참고문헌

최우창, 편석준, & 윤병준. 2024. 이원분산분석을 활용한 미소진동 모니터링 센서 네트워크 최적화. 2024 한국자원공학회 춘계학술발표회.

CO₂ 지중저장 안전성 확보를 위한 중·천부 지층 탄성파 해석

김수관^{1)*}, 황종하¹⁾, 문성훈¹⁾, 권유진¹⁾, 이수환¹⁾, 김충호¹⁾, 염다운²⁾, 신영재²⁾, 권기백¹⁾, 김소정¹⁾, 이상훈¹⁾

^{1)*}한국해양과학기술원 기후대응·생태연구부, skwan@kiost.ac.kr

²⁾국립한국해양대학교 해양환경학과

Seismic interpretation of sedimentary overburden for ensuring the safety of CO₂ storage

Sookwan Kim^{1)*}, Jongha Hwang¹⁾, Seonghoon Moon¹⁾, Yoo Jin Kwon¹⁾, Su-Hwan Lee¹⁾, Chung-Ho Kim¹⁾, Dawoon Yeom²⁾, Young Jae Shinn²⁾, Ki Baek Kwon¹⁾, Sojeong Kim¹⁾, and Sang-Hoon Lee¹⁾

서해 군산-동소분지는 CO₂ 지중저장 가능성이 높은 지역으로 제안되었다. CO₂ 지중저장의 안전성을 확보하기 위해 심부 저장층과 덮개구조의 품질 및 구조적 특성뿐만 아니라 덮개층 상부에서 해저면 구간의 중·천부 퇴적층에 존재할 수 있는 위해요소(해저단층, 해저가스)에 대한 특성과 분포를 이해하는 것이 매우 중요하다. 본 연구에서는 약 1km의 격자 간격으로 획득된 2차원 탄성파 탐사 자료를 이용하여 덮개층 상부의 광역 부정합 경계면(H10)에서 해저면까지 약 800m 구간의 중·천부 퇴적층에 해당하는 탄성파 단위(SOU)를 분석하였다. SOU는 주요 탄성파 층서 경계면(H10~H01)에 의해 9개 세부 단위(SOU-01~SOU-09)로 구분되었다. 탄성파 단면상에서 일부 심부단층이 SOU의 하부를 구성하는 SOU-01와 SOU-02로 연장됨을 확인할 수 있으며, 시간 구조도에서도 동-서 방향의 단층에 의한 선형의 지형적 저지대가 관찰된다. 하지만 내부 반사면의 수평 연장성이 매우 불량한 SOU의 중부(SOU-03, SOU-04)를 지나 SOU의 상부를 구성하는 SOU-05 시기부터 SOU-09까지 남-북 방향의 뚜렷한 선형의 지형적 고지대와 저지대가 관찰되며, 현재 해저면(H01)의 지형 특성과 유사함을 보인다. SOU 하부에서 관찰되는 단층들은 SOU의 상부 퇴적층으로 연장되지 않은 것으로 해석되며, 두꺼운 SOU 중부와 상부 지층이 유체의 수직이동을 제한하는 역할을 할 가능성을 시사한다. 반면, SOU 중부와 상부에서는 해수면 변화에 따른 침식과 퇴적의 반복으로 복잡하고 다양한 형태의 지질구조를 보이며, 이는 CO₂ 거동 예측에 어려움을 줄 수 있는 요소로 작용할 수 있다. 탄성파 속성 분석 결과 주요 탄성파 층서 경계면에서는 강한 진폭의 저주파 신호가 관찰되며, 이는 잠재적인 유체의 수평 이동 경로나 소규모 트랩으로 작용할 수 있음을 시사한다. 퇴적층 내 유체의 존재로 인해 발생하는 반사면 위상의 역전 현상, 꺼짐 효과 등은 뚜렷하게 식별되지 않는다. 본 연구에서 파악된 중·천부 지층의 단층과 강한 진폭을 가진 저주파 신호의 수직·수평 분포를 기반으로 3차원 고해상도 탄성파 탐사, 심부 시추 등을 통해 연구 결과를 재검증하고, 미세 단층, 균열대, 가스층의 분포를 추가 확인이 필요하다.

사 사

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다 (No. 20212010200020).

동해 남동부 대륙붕에서 탐지된 천부가스 수중 분출 지역에 관한 연구

김영준^{1)*}, Mario Enrique Veloso-Alarcon²⁾, 공기수¹⁾, 윤영호¹⁾, Deniz Cukur¹⁾, 천종화¹⁾

^{1)*}한국지질자원연구원 해저지질에너지연구본부, kimyj@kigam.re.kr

²⁾GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean Research Kiel

Study on geophysical and acoustic survey for the gas seepage site on the southeastern continental shelf of the East Sea

Young-Jun Kim^{1)*}, Mario Enrique Veloso-Alarcon²⁾, Gee-Soo Kong¹⁾, Youngho Yoon¹⁾,
Deniz Cukur¹⁾, and Jong-Hwa Chun¹⁾

해저지층에 존재하는 천부가스가 수중으로 분출(seepage)되는 지역은 해저지반 안정성이 주변지역보다 낮음을 의미하며, 이로 인해 해저면 변형이 발생되고 해저사태, 쓰나미 등과 같은 큰 규모의 해저지질재해 트리거로 작용될 수 있다. 또한, 수중으로 분출된 가스가 대기까지 도달된다면, 지구 온난화와 기후변화에도 영향을 미치게 된다.

한국지질자원연구원은 동해 남동부 대륙붕에서 38 kHz 주파수 대역의 단일빔 음향측심기를 통해 천부가스가 수중으로 분출되는 가스 플레어(flare)를 관측하였다. 천부가스 분출지역에서의 해저면 변형과 천부가스 이동경로 등을 파악하기 위해 다중빔 음향측심기, 천부지층탐사, 고해상 탄성파탐사자료를 획득하였다. 해저지형자료에서는 천부가스 분출로 인해 폭마크(pockmark) 군집지역과 돔(dome) 구조 등의 해저면 변형들이 탐지되었으며, 탄성파 자료에서는 천부가스 부존 증거인 탄성파 침니(chimney)와 음향공백대(acoustic blanking)가 파악되었다. Virtual Bubble Acoustics Lab 프로그램으로 단일빔 음향측심자료를 분석하여 가스 플레어 분출량을 추정하였다.

분출되는 가스의 기원, 성분 분석과 분출량을 산출하기 위해서는 해저면에서 시료 및 영상을 정밀하게 획득할 수 있는 원격무인잠수정(ROV)을 활용한 탐사가 반드시 수반되어야 할 것으로 판단된다.

사사

이 연구는 한국지질자원연구원에서 수행 중인 “3D 해저 정밀영상화를 위한 복합 탄성파 탐사 및 실규모 고분해능 처리기술 개발(24-3312)”과 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구(2021R1F1A1046742)입니다.

대한해협 시추코어 검층자료와 탄성파 탐사자료 통합 분석

정순홍^{1)*}, 손우현²⁾, 최윤석²⁾

^{1)*}한국지질자원연구원 기후변화대응연구본부, snons@kigam.re.kr

²⁾한국지질자원연구원 해저지질에너지연구본부

Integrated Analysis of Well Logs and Seismic Exploration Data on Korean Strait

Snons Cheong^{1)*}, Woohyun Son²⁾, and Yunseok Choi²⁾

대한해협 천부 퇴적층의 특성을 파악하기 위하여 시추코어 검층자료와 탄성파 탐사자료를 통합하고 임피던스와 밀도 특성을 도출하였다. 탄성파 탐사로 유추할 수 있는 직접적인 지층 정보는 구조적인 변화 양상을 파악하는 것이며, 추가적으로 지층 물성을 파악하기 위하여 시추코어에서 얻어진 정보를 이용할 수 있다. 대륙붕에서 시추코어를 획득하는 경우 지층의 깊이에 따라 변화하는 물성 정보를 도출할 수 있고 물성의 공간적인 변화는 탄성파 탐사자료를 이용하여 확장할 수 있다. 본 연구에서는 대한해협에서 획득된 200 m 심도의 시추코어와 2차원 다중채널 탄성파 탐사자료로부터 지층의 반사계수를 반영하는 임피던스와 퇴적물의 특성을 반영하는 밀도를 계산하였다. 연구 결과 천부가스로 추정되는 영역을 확인하였으며 공간적인 분포를 정확하게 규명하기 위하여 향후 고해상 3차원 탐사자료 및 추가 시추가 권장된다.

사 사

이 연구는 한국지질자원연구원의 주요사업인 “3D 해저 정밀영상화를 위한 복합 탄성파 탐사 및 실규모 고분해능 처리기술 개발(24-3312)”과제와 “CO₂ 지중저장소 저장효율 향상 및 안전성 평가 기술 개발(24-3413)”과제의 지원을 받아 수행되었습니다.

포스터세션

좌장: 정우근(국립한국해양대학교)



드론 삼성분 자력이상 보정을 위한 보정법 비교 및 자료처리 알고리즘 개발

정경서¹⁾, 최한진^{1)*}

¹⁾*부산대학교 지질환경과학과, explorist@pusan.ac.kr

Comparison of Correction Methods and Development of Data Processing Algorithm for Drone-based Three-Component Magnetic data

Gyeongseo Jeong¹⁾, and Hanjin Choe^{1)*}

자력탐사는 지질구조 조사, 지각의 물리적 특성 파악, 판구조 운동의 이해와 같은 다양한 지구조 연구에 중요한 역할을 한다. 최근 무인체를 이용한 탐사법이 발달함에 따라 드론을 기반으로 한 지구물리탐사 적용이 늘어나고 있는 추세이다. 특히 드론을 이용한 자력탐사는 짧은 시간동안 넓은 지역에서 방대한 데이터를 획득할 수 있고, 식생이 밀집되어 있거나 탐사가 어려운 지형조건에서도 저고도 탐사가 가능하다는 장점이 있다. 본 연구에서 측정에 활용한 플렉스게이트 자력계는 상대적으로 분해능이 낮은 반면, 자기장의 벡터 삼성분을 측정할 수 있다는 큰 장점이 있다. 하지만, 드론의 본체와의 거리가 가까워 드론의 유도자화, 잔류자화, 그리고 드론운용으로부터 발생하는 전자기장 잡음이 동시에 기록되기 때문에 까다로운 보정 절차가 필요하다. 이에 본 연구에서는 기존의 벡터 삼성분 자력이상 보정법을 벤치마킹하고 각 보정법의 차이를 비교분석하였다. 또한, 드론의 자세자료와 자력계 간의 서로 다른 시간 지연으로 인한 문제점, 필터링 최적화 방법 등 효율적인 자료처리 알고리즘을 고안하였다. 우리는 해당 보정법이 삼성분자력계를 활용한 드론기반의 자력탐사를 효과적으로 이용 가능하게 할 뿐만 아니라 단층의 위치 및 지질구조 연구, 자원 개발 등 탐사의 정확성 향상에 크게 기여할 것으로 기대된다.

사사

이 연구는 Sejong Science Fellowship (No. NRF-2021R1C1C2003742), Basic Research Laboratory (No. NRF-2022R1A4A3027001), G-LAMP (No. RS-2023-00301938), KMI (RS-2022-KM220610), KIMST funded by the Ministry of Oceans and Fisheries (RS-2023-00259686) 지원을 받아 수행되었습니다.

Tonga-Kermadec 섭입대 Lau 배호분지의 진화와 마그마 분화에 따른 해양중력 및 자력이상 상관관계 연구

김미정^{1)*}, 최한진¹⁾

^{1)*}부산대학교 지질환경과학전공, aldlwjd789@pusan.ac.kr

Correlation fo Marine Gravity and Magnetic Anomalies with Back-Arc Basin Evolution and Magmatic Fractionation in the Lau Basin, Tonga-Kermadec Subduction Zone

Mijeong Kim^{1)*}, and Hanjin Choe¹⁾

Tonga-Kermadec 섭입대의 Lau 분지는 뉴질랜드와 통가 사이에 위치한 배호분지로, 분지의 초기부터 후기 확장까지 진화과정에 따른 다양한 물성변화를 관찰할 수 있는 독특한 지역이다. 이 분지는 double arc 시스템에서 발달하였고, 북쪽으로 갈수록 너비가 넓어지며, 미성숙 확장구조(immature rift)부터 일반 확장구조(rift)까지 다양한 구조를 포함하고 있어, 복잡한 섭입대 시스템의 전반적인 발달과정을 이해하는 데 중요한 단서를 제공한다. 본 연구에서는 Lau 분지의 해양 물리탐사 자료를 분석하여 고해상도 중자력 이상도를 제작하고, 분지의 해저면에서 획득한 암석샘플의 화학적 성질과의 상관관계를 분석하였다. 그 결과, 위도가 높아질수록(분지의 너비가 넓어질수록) SiO₂ 함량이 감소하고 CaO, MgO 함량이 증가하는 경향이 관찰되었다. 이는 일반 확장구조를 나타내는 고위도에서 고철질 성분의 맨틀이 분출되고, 미성숙한 확장구조인 저위도에서는 마그마 분화로 인해 규장질 성질이 강화되는 것으로 해석된다. 이러한 마그마 조성의 변화는 해양중력 및 자력이상과 밀접한 상관관계를 보였다. 본 연구는 배호분지의 형성과정과 분지 확장에 따른 마그마 상변화, 그리고 이에 수반되는 지구물리학적 특성 변화를 종합적으로 이해하는 데 중요한 기여를 할 것으로 기대된다.

Acknowledgement

This study is supported by Sejong Science Fellowship (No. NRF-2021R1C1C2003742), Basic Research Laboratory (No. NRF-2022R1A4A3027001), G-LAMP (No. RS-2023-00301938), KMI (RS-2022-KM220610), KIMST funded by the Ministry of Oceans and Fisheries (RS-2023-00259686).

무인선을 활용한 선상 삼성분 자력 데이터 보정법 비교분석

최성균¹⁾, 김미정¹⁾, 박요섭²⁾, 문기돈³⁾, 최한진^{1)*}

^{1)*}부산대학교 지질환경과학과, explorist@pusan.ac.kr

²⁾한국해양과학기술원

³⁾오션테크(주)

Comparative Analysis of Shipboard Three-Component Magnetometer (STCM) Data Correction Using Unmanned Surface Vessels

Seonggyu Choi¹⁾, Mijeong Kim¹⁾, Yosup Park²⁾, Kidon Moon³⁾, and Hanjin Choe^{1)*}

최근 무인수상선(USV), 무인잠수정(AUV), 드론 등 무인 플랫폼을 활용한 지구물리 탐사에 대한 관심이 높아지고 있다. 특히, 무인체를 활용한 자력 탐사는 사람이 접근하기 어려운 지역에서의 자료수집과 천문학적인 선박운영비를 획기적으로 절감할 수 있다는 큰 이점을 제공한다. 본 연구에서는 기존 유인 철재 연구선에서 사용하는 선상 삼성분 자력계(Shipboard Three-Component Magnetometer, STCM)를 알루미늄 재질의 무인수상선에 설치하여 여러 센서와 선박엔진, 그리고 각종 통신장치가 자력계 자료수집에 미치는 전자기 잡음의 영향을 분석하였다. 또한 선체의 자세변화에 따른 선박의 유도 및 영구자화 성분을 기존에 제시된 보정법(Isezaki, 1986; Nogi, 1992; Olsen et al., 2003)을 벤치마킹 하여 보정상수와 보정 결과를 비교·분석하였다. 이를 통해 각 보정법의 정확도, 연산 효율성을 평가하고 무인수상선 환경에 최적화된 보정법과 자료처리 알고리즘을 제시하고자 한다. 본 연구 결과는 해양 및 항공 분야에서 무인체를 활용한 자원탐사, 환경모니터링 등 다양한 지구물리 탐사에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

사사

이 연구는 한국연구재단의 세종과학펠로우십 사업(No. NRF-2021R1C1C2003742), 기초연구실 사업(No. NRF-2022R1A4A3027001), 램프(LAMP) 사업(No. RS-2023-00301938), 극지 사업(RS-2023-00259686) 한반도 지하 단층속도구조 통합모델 개발II 사업(No. RS-2022-KM220610) 지원을 받아 수행되었습니다.

동남권 지역 DAS 미소지진 자료에 대한 기계학습 기반 위상발체 사례 연구

박지호^{1)*}, 김명선¹⁾, 이창현¹⁾, 박권규²⁾, 최용규³⁾

^{1)*}한국지질자원연구원 국토우주지질연구본부, jh.park@kigam.re.kr

²⁾한국지질자원연구원 기후변화대응연구본부

³⁾한양대학교 자원환경공학과

Case study of machine learning-based phase picking for DAS microseismic data in the Southeastern Korea Peninsula

Jiho Park^{1)*}, Myungsun Kim¹⁾, Changhyun Lee¹⁾, Kwon Gyu Park²⁾, and Yonggyu Choi²⁾

2016년 경주지진과 2017년 포항지진 이후로 한반도 동남권에 존재하는 단층의 움직임을 규명해야 한다는 필요성이 대두되었다. 이에 따라 한국지질자원연구원에서는 경주 지역에 한반도 동남권 지역에 지진 단층 활동 평가를 위한 심부 복합 지구물리 모니터링 관측소를 설치하여 운용 중이다. 추가적으로 연구원은 경주 지역에 DAS (distributed acoustic sensing) 케이블을 매설하여 단층 모니터링을 위한 미소지진 자료를 취득하고 있다. 지진자료처리에 이 이벤트 탐지 및 위상발체는 가장 기본적인 단계로 필수적으로 수행된다. 따라서 효율적인 모니터링을 위해서 지속적으로 취득되고 있는 방대한 양의 자료에 대한 효율적인 이벤트 탐지 및 위상발체 기술이 필요하다. 이 연구에서는 동남권 관측소에서 취득되고 있는 방대한 양의 DAS 자료의 위상발체를 자동화를 위한 기계학습 기반 방법의 적용성을 확인한다. 따라서 이 연구에서는 기계학습 기반의 P, S파 위상발체 알고리즘(Choi et al., 2024)을 도입하였다. 전 세계적으로 기록된 지진파형 자료인 STEAD자료를 이용하여 기계학습 모델을 훈련하였고 Utah FORGE DAS자료로 전이학습시켜 DAS 자료에 대한 위상발체 모델을 생성하였다. 이를 기반으로 경주 지역 DAS 자료의 주파수 특성을 반영하여 기계학습 모델을 수정하였고 이를 경주 지역 DAS 미소지진 자료에 적용하여 P, S파 위상발체 후 이를 이용하여 지진의 진앙위치를 도출하였다. 도출한 지진의 진앙위치는 기상청 자료와 비교 분석하였다. 이 연구의 결과를 통해 단층 모니터링을 위한 미소지진 관측 자료처리 자동화를 위한 기계학습 기반의 위상발체 알고리즘의 적용성을 확인하였으며 성능 개선을 통해 보다 정확하고 효율적인 모니터링을 위한 자료처리에 이용할 수 있을 것으로 기대한다.

사 사

이 연구는 2024년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원(과제번호: 20226A10100030, 과제명: 고성능 해양 CO₂ 저장 모니터링 기술개발)과 한국지질자원연구원 기본사업인 “한반도 동남권 지진 단층 활동 평가를 위한 심부 복합지구물리 모니터링 시스템 구축” 과제(GP2018-009)의 지원을 받아 수행되었습니다.

3차원 초동주시 보간을 위한 Vision Transformer와 자기 지도 학습 기반 접근법

이강훈^{1)*}, 편석준²⁾

^{1)*}한국지질자원연구원 해저지질에너지연구본부, gangwhun@kigam.re.kr

²⁾인하대학교 에너지자원공학과

A Vision Transformer and Self-Supervised Learning Approach for 3D First-Arrival Traveltime Interpolation

Ganghoon Lee^{1)*}, and Sukjoon Pyun²⁾

초동주시(First-arrival traveltime)는 지하 구조 해석에 중요한 정보를 제공하지만, 장비 오작동이나 잡음으로 인한 결측치 문제가 빈번히 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 전통적으로 공간 보간법(Spatial interpolation)이 사용되어 왔으나, 초동주시 자료의 비선형성과 복잡성을 처리하는 데 한계가 있었다. 최근 합성곱 신경망(Convolutional Neural Network, CNN)과 완전 합성곱 신경망(Fully Convolutional Network, FCN) 등의 딥러닝 기법이 이러한 한계를 일부 극복했으나, 학습 데이터에 포함되지 않은 패턴에는 적용이 어려웠다. 또한, 3차원 초동주시와 같은 복잡한 데이터의 경우 전역적 데이터 관계를 포착하는 데 취약한 합성곱 신경망 기반 기법의 효과가 크게 떨어진다.

본 연구에서는 이러한 문제점 해결을 위해 Vision Transformer의 일종인 Swin Transformer와 자기 지도 학습(Self-Supervised Learning) 기법인 Masked Autoencoder (MAE)를 활용한 효과적인 3차원 초동주시 보간 방법을 제안한다. Swin Transformer는 계층적 구조와 자기 주의(Self-attention) 메커니즘을 통해 데이터의 국소 및 전역적 관계를 효과적으로 포착하며, MAE는 입력 데이터의 대부분을 마스킹하고 재구성하는 과정에서 데이터의 본질적인 특성을 더욱 정확히 파악한다. 제안된 방법은 먼저 Swin Transformer 블록으로 구성된 MAE를 사전 훈련하여 3차원 초동주시의 특성을 학습한다. 이후, 사전 훈련된 MAE의 인코더를 Swin Transformer 기반 U-Net 구조에 통합하여 최종 보간을 수행한다. 블라인드 테스트 결과, 제안된 방법은 기존 FCN 기반 U-Net 모델에 비해 평균 제곱근 오차(RMSE)를 최대 80%, 평균 절대 오차(MAE)를 76%까지 감소시키는 것을 확인하였다.

사 사

이 연구는 한국지질자원연구원의 “3D 해저 정밀영상화를 위한 복합 탄성파 탐사 및 실규모 고분해능 처리기술 개발 사업”(GP2020-023)의 지원을 받아 수행되었습니다.

Classification of Seal-CTD profiles and its relationship with prey capture attempts with machine learning approaches in the Ross Sea, Antarctica

Hyunjae Chung^{1,2)}, Jikang Park^{1,3)}, Mijin Park^{2,4)}, Yejin Kim^{4,5)}, Unyoung Chun⁶⁾, Sukyoung Yun¹⁾, Won Sang Lee¹⁾, Hyun A Choi⁷⁾, Seung-Tae Yoon^{7,8)}, Jisung Na^{1)*}, and Won Young Lee^{1,9)*}

^{1)*}Division of Glacial and Earth Sciences, Korea Polar Research Institute, jsna@kopri.re.kr

²⁾Department of Biological Sciences, Seoul National University

³⁾Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive, Université de Montpellier

⁴⁾Division of Life Sciences, Korea Polar Research Institute

⁵⁾School of Earth and Environmental Sciences, Seoul National University

⁶⁾Division of EcoScience, Ewha Womans University

⁷⁾School of Earth System Sciences, Kyungpook National University

⁸⁾Kyungpook Institute of Oceanography, Kyungpook National University

^{9)*}Polar Science, University of Science and Technology, wonyounglee@kopri.re.kr

남극 로스해 지역의 물범 부착 CTD를 통해 획득한 CTD profiles의 분류

정현재^{1,2)}, 박지강^{1,3)}, 박미진^{2,4)}, 김예진^{4,5)}, 천운영⁶⁾, 윤숙영¹⁾, 이원상¹⁾, 최현아⁷⁾, 윤승태^{7,8)}, 나지성^{1)*}, 이원영^{1,9)*}

Recent advancements in miniaturized seal conductivity-temperature-depth (CTD) tagging have facilitated the collection of marine environmental and behavioral data, particularly during the Antarctic winter. In this study, we applied machine learning algorithms to classify CTD profiles from 64 adult Weddell seals (*Leptonychotes weddellii*) tagged in February in 2021, 2022 and 2023, to assess whether the profiles reflect the oceanic characteristics of the Ross Sea and their relationship with foraging behavior. CTD profiles were processed using a Gaussian Mixture Model, identifying four distinct clusters with unique temperature and salinity characteristics. The four clusters displayed spatial and temporal separation (Cluster 1: distributed through troughs, predominant in April, May, and June; Cluster 2: concentrated near Terra Nova Bay, predominant in February; Cluster 3: concentrated near Terra Nova Bay, predominant in March, Cluster 4: concentrated near Terra Nova Bay, predominant in May, June, and July). Foraging analysis revealed that benthic foraging was most frequent in Cluster 4 (3.16 attempts on average) and least frequent in Cluster 3 (2.56 attempts), while pelagic foraging was highest in Cluster 2 (2.36 attempts) and lowest in Cluster 4 (2.14 attempts). These results suggest that machine learning-based classification of seal-CTD profiles provides valuable insights into Ross Sea environmental dynamics and their relationship with foraging behavior.

Acknowledgement

This research was supported by Korea Polar Research Institute (KOPRI) grant funded by the Ministry of Oceans and Fisheries (KOPRI PE23140; WYL, JP, HC, MJP, YK, and UC, KOPRI PE24300; HC, WYL, and JSN) and supported by Korea Institute of Marine Science & Technology Promotion (KIMST) funded by the Ministry of Oceans and Fisheries (RS-2023-00256677; PM23020; WYL, HC, JP, SY, WSL, and S-TY). This research was also supported by Basic Science Research Program through National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (2022R1I1A3063629; S-TY).

글렌 법칙 유동성 매개변수가 빙상 거동에 미치는 영향 분석

임수정¹⁾, 소병달¹⁾*

¹⁾* 강원대학교 지구물리학과, aa049600@kangwon.ac.kr

The effect of Glen's law fluidity parameter on ice sheet behavior

Su-Jeong Lim¹⁾, and Byung-Dal So¹⁾*

빙상 동역학을 이해하는 것은 과거의 현상을 해석하고 미래의 변화를 예측하는데 매우 중요하다. 빙상 동역학에서 특히 점성도는 빙하의 거동에 지배적인 영향을 미친다. 빙상 동역학에서 점성도를 계산하는 데 글렌 법칙이 널리 사용되며, 변형률 속도와 온도에 따라 점성도가 결정된다. 글렌 법칙의 중요한 매개변수인 글렌 지수(n)는 수치 모사에서 보통 3으로 설정되어 왔다. 최근 연구에 따르면, 빠른 속도로 이동하는 빙하나 높은 응력을 받는 지역에서는 n 이 4일 때 빙하 흐름을 더 잘 설명할 수 있다는 주장이 제기되고 있다. n 값이 증가함에 따라 시스템의 비선형성이 커지므로, 글렌 법칙의 또 다른 매개변수인 유동성 매개변수(A)의 영향에 민감하게 반응하게 된다. 따라서, 유동성 매개변수의 영향을 정량적으로 분석할 필요가 있다. 많은 연구에서 A 값은 n 이 3일 때보다 4일 때 더 넓은 범위를 보이며, 이는 빙하 흐름 속도 추정에 불확실성을 증가시킨다. 본 연구에서는 단순화된 지형을 가진 모델과 남극의 실제 지형을 반영한 모델을 채택하여, n 을 4로 고정한 상태에서 A 값의 변화가 빙상 거동에 미치는 영향을 정량화하였다. 또한, A 값에 따른 빙하 흐름 속도 변화를 실제 남극에서 관측된 평균 흐름 속도와 비교하여, 실제 관측치를 가장 잘 설명하는 A 값의 적절한 범위를 제시하였다. 두 모델 모두에서 유동성 매개변수 변화에 따라 빙하 흐름 속도에 상당한 변동성이 나타났으며, 이는 빙상 모델의 질량 균형과 안정성에 A 값이 중요한 역할을 한다는 것을 보여준다. n 을 4로 고정하여 속도가 빠른 지역이나 응력이 높은 지역에서의 A 값 설정에 따른 오차를 줄임으로써, 미래 빙하 변화 예측의 정확도를 높일 수 있을 것으로 기대된다.

도심지 오염 분포 해석을 위한 지질모델 구축 예시

정인석¹⁾, 조아현¹⁾, 유희은¹⁾, 신제현²⁾, 박성민³⁾, 남명진^{1,4)*}

¹⁾세종대학교 에너지자원공학과

²⁾한국지질자원연구원 지하수환경연구센터

³⁾주지엔에스엔지니어링

^{4)*}세종대학교 지구자원시스템공학과, nmj1203@gmail.com/nmj1203@sejong.ac.kr

An example of constructing a geological model for an urban area for interpretation of contamination distribution

In Seok Joung¹⁾, Ahyun Cho¹⁾, Huieun Yu¹⁾, Jehyun Shin²⁾, Seong Min Park³⁾, and Myung Jin Nam^{1,4)*}

토지 재개발이나 산업으로 오염이 발생하고 지하수 및 공중 건강에 대한 관심에 따라 도심지에서의 오염 탐사 및 정화 모니터링에 대한 중요성이 커지고 있다. 소수성 액체(non-aqueous phase liquid; NAPL) 오염은 가솔린이나 산업용 유기용제 등의 사용으로 발생하는 대표적인 지중환경 오염이다. 복잡한 지중환경에서 발생하는 다양한 오염을 효율적으로 파악하고 대응하기 위해서는 오염경로 및 오염물질 거동을 예측할 수 있어야 한다.

NAPL 오염지역 분석법으로 기존에는 시추 및 코어링, 화학 분석을 통한 직접 탐지 방법을 사용하지만 시간과 비용, 그리고 관측 지점에서의 정보만 얻을 수 있다는 점과, 특히, 도심지에서의 오염 조사 시에는 건물 하부의 정보를 획득하기에는 어렵다는 한계가 있다. 반면 지구물리탐사는 간접적인 조사 방법으로 직접적으로 오염을 탐지할 수는 없지만, 지중 유체의 이동 방향을 추정하기 위한 기반암 분포 등을 공간적 분포를 파악할 수 있다.

이 연구에서는 중소수정 액체(dense NAPL; DNAPL) 오염이 의심되는 산업부지의 지질모델 구축을 위해 전기비저항 탐사 결과와 시추공 물리검층, 토양과 지하수 시료채취 분석 결과를 연계 해석함으로써 지층 특성을 파악하고자 하였다. 실제 오염부지에서 수집된 현장 자료들과 지구물리탐사 자료를 복합 해석하여 대상 지역에 대한 지질 모델을 구성하고 이에 기초하여 오염물질의 거동에 대해 예측하였다.

사 사

이 연구는 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원의 지중환경 오염위해관리기술개발사업의 지원을 받아 연구되었습니다(RS-2023-00230833).

도심지 오염부지 특성화를 위한 시추공 전기비저항 토모그래피

조아현¹⁾, 정인석¹⁾, 유희은¹⁾, 손정술²⁾, 남명진^{1,3)*}

^{1)*}세종대학교 에너지자원공학과, nmj1203@gmail.com/nmj1203@sejong.ac.kr

²⁾한국지질자원연구원

³⁾세종대학교 지구자원시스템공학과

Borehole Electrical Resistivity Tomography for the Characterization of Urban Contamination Area

Ahyun Cho¹⁾, Joung In Seok¹⁾, Huieun Yu¹⁾, Jeong-Sul Son²⁾, and Myung Jin Nam^{1,3)*}

지하 시설물 건설, 지반침하, 오염 등으로 인해 도심지에서의 물리탐사에 대한 필요성이 점차 증가하고 있으며, 특히 오염은 지하수 및 사람의 건강을 위협해 오염 탐사 및 정화의 중요성이 높아지고 있다. 따라서 도심지에서의 물리탐사 또한 그 필요성이 높아지고 있으나 전기전자탐사의 경우 전봇대 등의 전기적 잡음이 많아 탐사자료가 영향을 받을 수 있어 자료해석이 어려울 수 있다. 또한 지표 전기비저항 탐사의 경우, 도심지에서는 건물 및 포장도로에 의해 지표 측선 설치가 어렵다는 단점이 있다. 반면 시추공 탐사는 지하에서 탐사를 수행하는 만큼 전기적 잡음의 영향을 비교적 적게 받아 도심지 탐사에 효과적이며, 건물 및 포장도로가 있어도 측선 설치가 용이하다.

이 연구에서는 광주광역시 하남산단의 소수성 액체(non-aqueous phase liquid; NAPL) 오염부지 특성화를 위해 오염 핫스팟인 공장 내부의 시추공 한 개와 공장 바깥쪽의 시추공 세 개에서 시추공-시추공 전기비저항 탐사를 수행하였다. 각 시추공은 약 100 m 심도이며 탐사에 사용한 시추공 케이블의 전극 설치 간격은 2.5 m 간격으로, 측정 시에는 시추공 사이의 거리에 따라 전극 간격을 5, 10, 15 m 등 다양하게 두어 탐사를 수행하였다. 또한 시추공-시추공 전기비저항 탐사 역산 시에는 시추공-시추공 자료만 이용한 결과와 단일 시추공 전기비저항 탐사 자료를 함께 역산한 결과를 비교해 해석에 더 적합한 역산 단면을 얻고자 하였다. 각 탐사 자료를 역산하여 오염부지를 특성화하였으며, 그 결과를 시추 주상도 등의 자료와 비교해 역산 결과를 해석하였다.

사 사

본 결과물은 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원의 지중환경 오염위해관리기술개발사업의 지원을 받아 연구되었습니다(RS-2023-00230833).

Loess 필터와 Super-smooth 필터를 사용한 전기비저항 모니터링 자료의 시계열 전처리

김연정^{1)*}, 유호준¹⁾, 조성배¹⁾, 이근수¹⁾, 조인가²⁾

^{1)*}한국수자원공사 물인프라안전연구소, kimyj@kwater.or.kr

²⁾(주) 희송지오택

Preprocessing of resistivity monitoring data using loess filter and super-smooth filters

Yeon-Jung Kim^{1)*}, Hojun You¹⁾, Seongbea Jo¹⁾, Keun-Soo Lee¹⁾, and In-Ky cho²⁾

댐은 축조 이후 담수호의 물을 차수하고 소량의 물은 댐 내부로 침투되어 댐의 안정성에 대한 정기적인 검사가 필요하다. 댐의 노후화로 인한 누수 경로의 발달과 확장성 파악에는 전기비저항 모니터링이 유용하며 국내외에서 널리 적용되고 있다. 댐에서는 인접한 시간 간격 동안 댐체의 전기비저항 변화가 크지 않다는 가정하에 전기비저항 모니터링이 수행된다. 이 점에 착안해서 획득된 자료의 시계열 경향성을 분석하여 인접한 시간에 획득된 자료들과 차이가 큰 자료를 잡음에 오염된 자료로 간주할 수 있다. 방대한 양의 시계열 자료가 획득되는 전기비저항 모니터링 자료를 해석자가 주관적으로 편집(editing)하는 기존의 방법은 자료 편집에 많은 시간이 소요된다. 이러한 문제를 개선하기 위하여 전기비저항 모니터링 자료의 시계열 보정에 필터링 기법을 적용하는 연구가 시도되고 있다. 이 연구에서는 댐에서 획득된 전기비저항 모니터링 자료의 시계열 편집(filtering) 및 보정(correcting)에 Loess 필터와 Super-smooth 필터를 사용하였다. 댐에서 획득된 전기비저항 모니터링 자료 편집에 필터를 사용한 결과 자료 편집에 소요되는 시간을 절감할 수 있었으며, 해석 결과를 크게 왜곡시키는 높은 수준의 잡음(high level noise)들을 효과적으로 제거하는 것을 확인하였다. 필터링 결과는 시계열의 변화 추세(trend)를 효과적으로 추정하였으며, 수작업으로 편집한 결과와도 유사한 것으로 나타났다. 따라서 Loess 필터와 Super-smooth 필터를 사용한 시계열 보정이 전기비저항 모니터링 자료의 신속한 보정에 효과적인 것으로 판단된다. 반면, 양질의 자료임에도 필터로 편집되는 자료도 있었으며, 필터링 된 자료의 수가 많아서 해석에 사용되는 자료의 수가 적은 일부 자료의 경우 오히려 필터를 사용한 시계열 편집 및 보정이 해석 자료의 결과를 왜곡시킬 수 있음도 확인하였다.

사 사

본 연구는 환경부 및 한국수자원공사의 지원에 의해 수행되었습니다.

매립지 침출수 모니터링을 위한 전기비저항 탐사 연구

하중훈¹⁾, 이창우¹⁾, 이철희²⁾, 김원기^{1)*}

^{1)*}충북대학교 지구환경과학과, konkee@chungbuk.ac.kr

²⁾(주)아시아지오

Study of Electrical Resistivity Survey for landfill leachate monitoring

Jonghoon Ha¹⁾, Changwoo Lee¹⁾, Chul Hee Lee²⁾, and Won-Ki Kim^{1)*}

다양한 종류의 폐기물이 매립되는 매립지를 안정적으로 관리하기 위해서는 발생하는 침출수의 거동을 효과적으로 모니터링하여 침출수 누수 여부를 사전에 파악해야 한다. 매립지의 침출수는 전기비저항이 매우 낮은 특성이 있어 지구물리탐사 기법 중 전기비저항 탐사를 통해 침출수의 분포 특성을 파악할 수 있다. 그러나 전기비저항 탐사의 성능은 전극 간격 및 전극 배열과 매립지 현장 특성에 따라 변화한다. 따라서, 적용하고자 하는 매립지의 특성을 고려하여 전극 간격과 배열법을 신중히 결정해야 한다.

본 연구에서는 발생한 침출수를 재주입하여 조기 안정화를 유도하는 바이오리액터(bioreactor)형 매립지에서 수행된 전기비저항 탐사 결과를 벤치마킹하여 매립지에서의 침출수 모니터링에 적합한 전극 배열 및 전극 간격을 찾기 위한 수치모델링을 수행하였다. 침출수가 주입되기 전과 침출수 주입 후 주입량에 따른 매립지 내부의 전기비저항 변화를 가정하고, 전기 탐사 수치모델링 프로그램인 EM2DModel을 통해 전극 배열 및 전극 간격별 전기비저항 탐사자료를 생성하였다. 자료처리는 국내에서 많이 사용되는 DIPRO for windows를 활용하였다.

본 연구의 분석 결과는 벤치마킹한 매립지에 적절한 전극 간격과 전극 배열을 제시할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 향후 유사한 환경의 국내 매립지에서 수행될 전기비저항 모니터링의 설계에 참고할 수 있는 기초자료를 제공할 수 있을 것으로 기대한다.

사 사

이 논문은 2024년도 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원(RS-2023-00259633)의 지원과 충북대학교 국립대학육성사업(2024)의 지원을 받아 수행된 연구임.

단층 투수계수 적용 방법에 따른 지중 주입된 유체의 거동 특성 수치 모사

장찬희^{1)*}, 소병달¹⁾, 김현나²⁾

^{1)*}강원대학교 지구물리학과, jchee103@kangwon.ac.kr

²⁾공주대학교 지질환경과학과

Numerical modeling of subsurface injected fluid behavior based on different fault permeability application methods

Chan-Hee Jang^{1)*}, Byung-Dal So²⁾, and HyunNa Kim²⁾

인공저류층 지열 생성(Enhanced Geothermal System, EGS), 이산화탄소 포집 및 저장(Carbon Capture and Storage, CCS), 수압파쇄(Hydraulic Fracturing)와 같은 다양한 지중 유체 주입 기술은 환경 보존 및 에너지 개발 등의 목적으로 활발히 적용되고 있습니다. 그러나 이러한 기술을 위해 인위적으로 지층 내에 유체를 주입할 경우, 주입정과 저류층 주변의 공극압과 응력장이 변화할 수 있습니다. 따라서 안정적이고 효과적인 지중 유체 주입 기술을 구현하기 위해서는 유체 주입과 주입된 유체의 거동에 대한 수치 모사가 선행되어야 합니다.

특히 저류층 주변에 활성화된 단층이 존재할 경우, 단층의 수리적 특성에 따라서 저류층 내 유체의 이동 경로를 제한하는 방벽 역할을 하거나, 반대로 유체가 이동하는 통로로 작용할 수 있습니다. 따라서 우리는 주입된 유체의 누출 경로로써 작용할 수 있는 단층에 대하여, 단층의 수리적 특성 중 하나인 투수계수의 적용 방법에 따른 유체 거동의 특성을 비교하고자 합니다.

우리는 단층과 단열 등 지질학적 이상체가 존재하는 시나리오를 가정하고, 유체의 거동 특성의 변화에 대해 수치적으로 모사했습니다. 이를 위해서 유한요소 기반의 소프트웨어인 COMSOL Multiphysics[®]를 활용했으며, 다공성 매체에서 발생하는 유체의 흐름과 고체 변형 사이의 상호작용을 설명할 수 있는 수리-역학 다중물리인 다공탄성(poroelastic) 이론을 약형식의 형태로 적용하였습니다. 이를 통해서 투수계수 적용하는 다양한 방법에 따른 주입된 유체의 거동 변화를 수치적으로 분석했습니다.

농업부문에서 환경물리탐사 적용 사례

송성호^{1)*}, 용환호¹⁾, 조인가²⁾, 이규상¹⁾

^{1)*}한국농어촌공사 농어촌연구원, shsong@ekr.or.kr

²⁾강원대학교 지구물리학과

Application of environmental geophysics in agricultural fields

Sung-Ho Song^{1)*}, Hwan-Ho Yong¹⁾, In-Ky Cho²⁾, and Gysang Lee¹⁾

농업부문에서 물리탐사 적용 범위는 기존의 물리탐사 대상에 비해 규모가 작고, 대상 심도는 토양층을 포함한 수 cm~수 m 범위로 얇다. 그러나 토양층 내부에는 수분 및 염분 분포가 시공간적(spatio-temporal)으로 다양할 뿐만 아니라 수평 및 수직 방향으로 불균질성이 존재하기 때문에, 광범위한 농업지역에 다양한 물리탐사 기술을 적용하는데 한계가 있다. 따라서 가탐 심도(penetration depth)가 비교적 얇은 전기비저항(electrical resistivity, ER) 탐사, 유도 전자기(electromagnetic induction, EMI) 탐사 및 지표 투과 레이더(ground penetration radar, GPR) 탐사가 주로 이용된다.

일반적으로 지하 매질 내 지하수가 외부 물질로부터 오염되는 경우 오염 범위 및 경로를 파악하기 어렵다. 이를 규명하기 위해서는 시추 또는 굴착을 통한 직접적인 조사가 필요하지만, 대상 지역이 넓은 경우에는 효과적으로 적용하기 어렵다. 따라서 지하수 오염의 공간적인 범위 및 오염 지하수의 이동 경로를 효과적으로 탐지하기 위하여, 지표 또는 시추공을 통한 전기 및 전자 탐사 등의 지구물리학적 접근 방식이 필수적이다. 우리나라에서는 1970년대 지하수 조사 목적의 물리탐사 기술을 시작으로, 최근에는 다양한 농업환경 문제 해결을 위한 환경 물리탐사(environmental geophysics) 기술이 적용되고 있다.

이 연구에서는 농업환경 문제 해결을 위한 사례 중 전기비저항 탐사 자료의 시간 경과에 따른 3차원 역산 방법을 이용한 구제역 매립지 인근의 지하수 오염 탐지 및 매립지 차수벽을 통한 침출수 누수 구간 탐지 사례, 다중 주파수의 소형루프 전자 탐사를 이용한 폐기물 매립지의 침출수 유동 경로 탐지 및 해안 대수층을 통한 해수침투의 시공간적인 범위 파악 사례, 대규모 간척지 기수역 하부 퇴적물 규모 파악을 위한 스트리머(streamer) 전기비저항 탐사 사례 등을 제시하였다.

사 사

이 연구는 농림축산식품부의 재해예방계측사업 연구비 지원을 받아 수행되었습니다. 관계자분들께 감사드립니다.

피복된 고하천 탐지를 위한 40 MHz 지표투과레이더 탐사 및 수치 모델 분석

선창완^{1)*}, 고바야시 타카오²⁾, 최진혁^{1,2)}

^{1)*}과학기술연합대학원대학교 한국지질자원연구소 지질과학 전공, csun@kigam.re.kr

²⁾한국지질자원연구원 지질재해연구본부 활성지구조연구센터

40 MHz Ground Penetrating Radar Survey and Numerical Modelling Analysis for Paleochannel Detection

Changwan Sun^{1)*}, Takao Kobayashi²⁾, and Jin-Hyuck Choi^{1,2)}

국내 활성단층 관련 지표투과레이더탐사는 주로 피복된 단층의 위치를 탐지하기 위한 굴착조사의 사전 조사단계에 해당되며, 굴착을 위한 토지사용 협상이 가능한 부지에서 수행된다. 탐사 부지가 논인 경우 전기전도도가 높아 전자파의 감쇄가 심하게 일어나고 토양은 유전율이 높아 전자파의 투과가 어렵다. 이러한 어려움을 극복하기 위해 본 연구에서는 상대적으로 낮은 주파수(40 MHz)의 지표투과레이더 활용성을 검토하고자 수행된 조사결과와 그 의미를 토의한다.

연구 지역은 논으로서 지형 정보를 통해 피복된 단층이나 단층변위지형(예, 고하천 등)의 존재를 확인하기 어려운 곳이다. Pseudo 3차원 지표투과레이더 조사를 위해 비차폐 쌍극자 안테나를 사용하였고 common-offset 기법으로 측정하였다. 탐사 자료의 전처리는 약한 신호를 보존하기 위해 최소한으로 수행하였고 Instantaneous Power 속성을 선택하여 시각화하였다. 한편 탐사 결과를 해석하는데 있어 탐사 지점 및 근처에서 수행된 굴착조사 결과를 활용하였다. 탐사 결과, B-scan 자료는 피복된 고하천의 위치에서 강한 반사파가 측정되었음을 보여준다. 이런 신호들은 다른 측선에서도 연속성을 나타냈고, C-scan 자료는 고하천의 분포를 효과적으로 시각화함을 보여준다.

또한 40 MHz 지표투과레이더를 이용한 피복된 고하천 탐지의 물리적 과정에 대한 보다 효과적인 해석과 이해를 위해서 지표투과레이더 탐사의 수치 모델링을 수행하였다. 수치 계산은 송/수신기 쌍극자 안테나를 포함하는 3차원 시간영역 유한차분 방법을 이용하였다. 지질 모델은 굴착조사를 통해 확보된 층서를 토대로 구축하였다. 수치 모델링 분석 결과는 피복된 고하천에 대한 지표투과레이더 탐사를 통해 지표 천부에 존재하는 고하천 탐지와 발달양상을 파악하는데 효과적임을 보여주었다. 이번 연구결과는 국내 활성단층 조사에서 요구되는 피복된 단층 및 단층변위지형 탐지에 큰 도움을 줄 것으로 판단한다.

사사

이 연구는 한국지질자원연구원 기본사업 “판내부 활성지구조특성 연구 및 단층분절모델 개발(GP2020-014)”의 지원을 받아 수행되었습니다.

미세 조정을 통한 도심지 도로 지하공동 탐지 목적 GPR 자료해석 모델 성능 향상

최병훈^{1,2)}, 채휘영²⁾, 장제훈²⁾, 최우창¹⁾, 편석준^{1)*}

^{1)*}인하대학교 에너지자원공학과, pyunsj@inha.ac.kr

²⁾(주)지오메카이엔지

Fine-Tuning of a GPR Data Interpretation Model to Enhance Cavity Detection in Urban Roads

Byunghoon Choi^{1,2)}, Hwi-Young Chae²⁾, Je-Hun Jang²⁾, Woochang Choi¹⁾, and Sukjoon Pyun^{1)*}

최근 도심지에서 지반침하가 빈번하게 발생하며 사회적 불안을 야기하고 있다. 지반침하의 주요 원인 중 하나는 노후화된 지하시설물이나 시공 불량으로 형성된 지하공동으로, 이를 예방하기 위해서는 사전 탐지와 신속한 복구가 필요하다. 국내외에서는 지하공동 조사를 위해 교통 흐름에 방해가 되지 않고 효율적인 탐사가 가능한 지표투과 레이더(Ground Penetrating Radar, GPR) 기술이 널리 활용되고 있다. 차량형 다채널 장비로 취득된 대용량 탐사 자료의 해석 과정은 많은 시간과 인력이 소요되며 분석가의 숙련도와 주관에 따라 해석 결과가 달라지는 한계가 존재한다. 최근에는 이러한 한계를 극복하기 위한 방법으로 딥러닝(Deep Learning) 기반의 자동화된 해석 기법들이 제안되고 있다. 일반적으로 딥러닝 모델을 효과적으로 학습시키기 위해서는 대량의 학습 자료가 필요하며, 모델의 최적화와 안정화에는 상당한 학습 시간이 필요하다. 하지만 실제 현장에서는 탐사 환경과 자료취득 변수가 달라질 수 있고, 장비 선택이 일관되지 않아 장비에 따른 취득 자료의 양이 달라질 수 있다. 따라서 특정 장비나 변수 설정에 최적화된 모델을 학습하는데 필요한 자료를 충분히 확보하기 어려운 경우가 발생한다. 또한, 업무 여건상 모델 학습을 위한 연산 자원이나 시간이 제한되는 상황도 발생할 수 있다. 이 연구에서는 사전 학습된 모델에 미세 조정(Fine-Tuning) 기법을 적용하여 지하공동 탐지를 위한 3차원 합성곱 신경망(Convolutional Neural Networks) 기반 분류 모델의 성능을 향상시키고자 하였다. 사전 학습에는 중심 주파수 200MHz 안테나를 사용하는 장비로부터 취득된 약 4,400개의 샘플 자료를 사용하였으며, 미세 조정에는 600MHz 안테나를 사용하는 장비로부터 취득된 약 600개의 샘플 자료를 활용하였다. 연구 결과, 학습 자료가 부족한 상황에서도 사전 학습된 모델에 미세 조정 기법을 적용하여 지하공동 탐지 모델의 성능을 향상시킬 수 있었으며, 학습 가능한 매개변수의 양을 조절함으로써 학습 시간이 단축됨을 확인했다.

차주파수곱을 이용한 GPR 자료 변조 연구

이창우¹⁾, 하종훈¹⁾, 김원기^{1)*}

^{1)*}충북대학교 지구환경과학과, konekee@chungbuk.ac.kr

A Study of GPR Data Modulation Using Frequency-Difference Autoproduct

Changwoo Lee¹⁾, JongHoon Ha¹⁾, and Won-Ki Kim^{1)*}

고주파 전자기 펄스를 이용하는 지하투과레이더(Ground Penetrating Radar, GPR) 탐사는 매우 높은 분해능으로 천부 지하 정보를 획득하는 장점이 있다. 기존 GPR 탐사 장비는 특정 중심 주파수를 갖는 송신원을 고정하여 운용한다. 최근에는 충분한 가탐심도와 높은 해상도를 동시에 확보하기 위해 낮은 주파수와 높은 주파수를 함께 운용하기도 한다. 이렇게 고정된 주파수 운용은 탐사 목적 및 현장 조건에 부합하지 않을 수 있다. 따라서, 주파수 제약에 따른 GPR 탐사의 단점을 극복할 수 있는 효과적인 기법이 요구된다.

본 연구는 차주파수곱(Frequency-Difference Autoproduct)을 적용하여 GPR 탐사 자료의 변조 가능성을 분석하였다. 분석을 위해 FDM 기반의 레이더파 전파 모델링을 수행하여 중심 주파수가 다른 송신 신호를 이용한 인공 GPR 자료를 생성하였다. 생성된 자료에 대해 차주파수곱을 적용하고, 적절한 필터를 적용하여 합주파수(frequency-sum)와 차주파수(frequency-difference) 성분을 추출 및 분석함으로써 주파수 혼합기법의 적용성을 평가하였다.

본 연구결과는 GPR 신호를 높은 주파수로의 변조함으로써 지하 이상체 심도 추정 결과의 정확도 향상과 낮은 주파수로의 변조를 통해 역산 또는 구조보정과 같은 수치기법 기반의 자료처리 적용 시 계산 비용 감소가 가능함을 확인하였다. 따라서, 차주파수곱은 고정된 주파수를 사용하는 기존 GPR 탐사 장비에서 발생하는 주파수 제약에 따른 단점을 극복할 수 있음을 확인하였다. 향후에는 자료처리 최적화 연구와 실제 현장 자료 적용연구를 추가로 수행하여 적용성을 향상할 필요가 있다.

사사

이 논문은 2024년도 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원(RS-2023-00259633)의 지원과 충북대학교 학부생연구기회프로그램(2024)의 지원을 받아 수행된 연구임.

단층 주변의 격자망 크기가 유한 단층 미끌림 분포 역산 결과에 미치는 영향

김민수¹⁾, 소병달^{1)*}

^{1)*}강원대학교 지구물리학과, minsu@kangwon.ac.kr

Effect of the mesh size near the fault on finite source inversion

Minsu Kim¹⁾, and Byung-Dal So^{1)*}

3차원 유한 요소 모형은 지표면 아래의 이질적인 물성과 단층간의 상호 작용으로 인한 응력 변화를 적용할 수 있다. 유한 단층 미끌림 역산을 통해 단층면에서의 지진 미끌림 분포를 추정할 수 있다. 그러나 수치 모형에서 격자망 구조는 수치 모사 정확도에 큰 영향을 미친다. 본 연구에서는 단층면 주변의 격자망 크기가 추정된 단층 미끌림 분포에 미치는 영향을 정량적으로 분석하기 위해 격자망 크기가 다른 단순화된 모형 및 일본 지역 모형들로 유한 단층 미끌림 역산을 수행하였다. 체커보드 테스트를 수행하기 위해, 격자망 크기가 가장 작은 모형으로 계산된 관측 데이터를 제작하고, 격자망 크기가 더 큰 모형들로 그린 함수 행렬을 구성하였다. 격자망 크기가 큰 모형은 더 작은 표면 지진 변위가 생성되어 그린 함수 행렬의 크기를 감소시키고, 이로 인해 유한 단층 미끌림 역산으로부터 추정된 단층 미끌림 크기에 영향을 미치는 것을 확인하였다. 마지막으로 GEONET 및 해저면 관측소에서 기록된 지진 변위와 유한 요소 모델링을 사용하여 2011년 규모 9.0의 동일본 대지진의 단층 미끌림 분포에 대한 유한 단층 미끌림 역산을 수행하였다. 단층면의 격자망 크기를 감소시킴으로써 단층 미끌림의 추정 크기가 약 80m로 수렴하는 것을 확인했으며, 이는 오카다 모형(해석해 모형)에 기반한 이전 연구의 단층 미끌림 크기 범위와 일치한다. 단층 미끌림의 수렴을 위해서는 $240 \times 720 \text{ km}^2$ 면적의 단층면에 최소 0.88만 개의 요소와 6.7 km^2 의 격자망 크기가 필요합니다. 또한 단층 미끌림 크기의 최댓값의 위치가 격자망 크기에 덜 민감하다는 것을 확인하였으며, 이는 격자망 크기가 큰 모형을 기반으로 한 유한 단층 미끌림 역산이 대략적인 단층 미끌림 분포를 신속하게 추정할 수 있음을 의미한다.

단층면해 자동 결정을 위한 인공지능 기반 P파 초동 극성 결정

한중원^{1)*}, 김성룡²⁾, 신동훈³⁾

^{1)*} 한국지질자원연구원 지진연구센터, jongwony@korea.ac.kr

²⁾ 고려대학교 지구환경과학과

³⁾ 전남대학교 지질환경과학과

AI-based P-wave First-motion Polarity Determination for Automated Focal Mechanism Solutions

Jongwon Han^{1)*}, Seongryong Kim²⁾, and Dong-Hoon Sheen³⁾

일반적으로 단층면해(focal mechanism)는 지진 관측소별로 기록된 P파의 초동 극성 분포 및 P, S파의 진폭 비를 통해 산출된다. 본 연구에서는 지진파의 P파 초동 극성을 자동으로 판별하기 위한 인공지능 모델인 RPNNet을 제안한다. 이 모델은 다양한 심층학습 기법(e.g., inception module, attention mechanism, Monte Carlo dropout)을 결합하여 예측의 정확도와 안정성을 향상시키고, 불확실성을 정량화할 수 있도록 설계되었다. 미국 서부와 이탈리아에서 수집된 데이터를 사용하여 선행 연구의 네 가지 모델과 성능을 비교했으며, P파 초동의 미세한 오차, 상하 극성 간의 클래스 불균형(class imbalance), 그리고 판별 불가능한 극성(unknown polarity) 처리와 같은 주요 문제를 효과적으로 해결하였다. 모델의 견고성(robustness)을 강화하기 위해, 학습 과정에서 P파 초동의 시작점을 ± 0.5 초 범위 내에서 무작위로 이동시켜 데이터 증강을 수행하였다. 또한, 클래스 불균형 문제를 해결하기 위해 상하 극성 데이터를 동일한 비율로 맞춘 후 학습을 진행하였다. RPNNet의 성능은 세 가지 테스트를 통해 평가되었다. 첫째, 학습에 포함되지 않은 10%의 테스트 데이터에서 상하 극성 모두에 대해 99%의 재현율을 기록하였다. 둘째, 일본 지역의 Hi-net 데이터를 사용하여 학습 데이터에 포함되지 않은 새로운 환경에서 테스트한 결과, 최대 ± 0.40 초 범위의 P파 초동 시간 이동이 있는 상황에서도 97.5% 이상의 재현율을 달성하며 기존 모델보다 우수한 일반화 성능을 보였다. 마지막으로, 2016년 규모 7.0 구마모토 지진 데이터를 활용한 테스트에서는 일본 기상청(Japan Meteorological Agency)의 수동 분석 결과와 유사한 단층면해를 자동으로 산출하였으며, 단층면해 결과 차이(i.e., Kagan angle) 및 극성 불일치(polarity misfit) 측면에서도 기존 모델을 능가하는 성능을 입증하였다. 이 결과는 RPNNet이 연구 지역에 따른 추가적인 최적화 과정 없이도 다양한 지역과 지진 파형 조건에서 신뢰할 수 있는 단층면해 자동 산출 도구로 활용될 가능성을 시사한다.

사사

본 연구는 원자력안전위원회의 재원으로 한국원자력안전재단의 지원을 받아 수행한 원자력안전연구사업의 연구결과입니다(RS-2023-00238648).

동일본 대 지진 후 한반도 지각 운동 수치 모사: 동해 하부 유변학적 강도에 관하여

김현섭^{1)*}, 유성문²⁾, 손동호²⁾, 김성실³⁾, 소병달¹⁾

^{1)*}강원대학교 지구물리학과, hskim@kangwon.ac.kr

²⁾한국천문연구원 우주과학본부

³⁾전남대학교 우주과학본부

Numerical modeling of postseismic deformation on the Korean Peninsula after the Tohoku earthquake: Implication of rheological strength beneath the East Sea

Hyeon-Seob Kim^{1)*}, Sung-Moon Yoo²⁾, Dong-Hyo Sohn²⁾, Sung-Sill Kim³⁾, and Byung-Dal So¹⁾

지진 발생으로 인한 단층 사이의 응력 전달은 여진과 후속 지진을 유발한다. 2011년 3월 11일 일본 동부 해안 근처에서 발생한 Mw 9.0의 동일본 지진 이후 유라시아 판의 판내 단층은 지진 활동이 크게 증가했다. 측지 자료 분석에 따르면, 유라시아 판 내부는 동일본 지진 이후 10년 동안 지진 변형을 초과한 시계열 변형이 발생했다. 진원으로 부터 광범위한 영역에서 발생한 지각 변형은 지진 응력이 가해진 맨틀의 유변학적 반응인 점탄성 완화로 설명된다.

동일본 대지진 후 증가한 유라시아 판 내부의 단층 활동을 분석하기 위해 기존 연구들은 시계열 변위를 설명하는 지진 후 변형 수치 모형을 개발해 왔다. 그러나, 기존 연구들은 동일본 지진과 유라시아 대륙판 사이 폭 1000 km로 존재하는 확장된 동해 암석권이 존재함에도 불구하고, 수치 모형에 일정한 탄성 두께를 적용했다. 확장된 동해 암석권은 유라시아 판 내부의 대륙 암석권에 비해 유변학적 강도가 낮다. 따라서, 본 연구에서는 유라시아 판이 45 km로 일정한 두께의 모형, 복잡한 암석권 두께를 반영한 모형, 그리고 토모그래피로부터 저속도 맨틀을 반영한 모형으로부터 한반도 관측 자료를 설명하는 최적화된 모형을 조사했다. 우리는 세 모형으로부터 확장된 배호 맨틀이 판간 단층과 판내 단층 사이의 원격 응력 전달에 미치는 영향에 대해 논의하고자 한다.

해저면 지진계를 이용한 남극 브랜스필드 해협 지진활동 연구

정진훈^{1)*}, 박용철¹⁾

^{1)*} 극지연구소 빙하지권연구본부, jhjung87@kopri.re.kr

A study on seismicity in the Bransfield Strait, Antarctica, using ocean bottom seismometers

Jinhoon Jung^{1)*}, and Yongcheol Park¹⁾

남극반도와 남세틀랜드 제도 사이에 위치한 브랜스필드 분지는 남세틀랜드 해구의 슬랩 후퇴(slab rollback)와 그에 따른 확장 작용에 의해 형성된 지역이다. 이로 인해 브랜스필드 분지 주변에는 오르카 화산과 같은 크고 작은 활 화산이 분포하고 있으며, 판구조 운동 및 화산 활동에 의해 지진이 빈번하게 발생하고 있다. 특히, 2020년 8월 29일, 남세틀랜드 제도 인근에서 깊이 10km에서 Mw 4.9 지진이 발생한 이래로 브랜스필드 분지 인근에서는 중규모 지진들이 지속적으로 관측되고 있다.

이러한 지진을 모니터링하기 위해 극지연구소에서는 세종기지에 1개의 육상 지진 관측소를 운영 중이며, 남세틀랜드 제도의 지진을 감시하기 위해 AI(ASAIN), C1, IU(IRIS/USGS) 등 다국적 지진 관측 네트워크로부터 관측자료를 획득하고 있다. 그러나, 이 지역에서 운영 중인 지진 관측소들은 대부분 남세틀랜드 제도에 위치해 있으며, 관측소 간의 거리가 50 km 이상 떨어져 있어 관측 범위가 충분하지 않다는 한계가 있다. 이를 보완하기 위해, 우리는 2021년 01월부터 2022년 10월까지 브랜스필드 해협 주변에 5개의 해저면 지진계(OBS)를 설치하였고, 그 중 3개의 해저면 지진계를 성공적으로 회수하였다.

육상 지진 관측자료와 해저면 지진 관측자료를 활용하여 템플릿 매칭 분석을 수행한 결과, 2020년 8월 29일부터 2021년 12월 31일까지 총 67,952건의 지진 이벤트를 탐지하였고, 이 중 2,313개의 지진원의 위치와 규모를 재결정하였다. 그 결과, 재결정된 지진원의 위치는 브랜스필드 해협의 중앙분지(central basin)에 집중되고 있으며, 대부분의 지진이 천부에 위치하는 것을 확인 할 수 있었다. 또한 GCMT (Global Centroid Moment Tensor) focal mechanism을 활용하여 브랜스필드 분지 근처의 지진 특성을 분류하여 브랜스필드 분지의 지진 발생 매커니즘과 지체구조를 규명하고자 한다.

사 사

이 연구는 극지연구소의 “남극권 맨틀활동과 지체구조진화 연구(PE24050)” 연구사업의 지원을 받아 수행되었습니다.

딥러닝 기반 회절파 분리 시 탄성파 자료 기록 시간에 따른 주파수 변화 고려

박준연¹⁾, 김수윤²⁾, 조영화¹⁾, 설순지¹⁾, 변중무¹⁾*

¹⁾*한양대학교 자원환경공학과, jbyun@hanyang.ac.kr

²⁾한국지질자원연구원 해저지질에너지연구본부 해저지질탐사연구센터

Considering Frequency Variation Over Seismic Data Recording Time in Deep-Learning-Based Diffraction Separation

Junyon Park¹⁾, Sooyoon Kim²⁾, Yeonghwa Jo¹⁾, Soon Jee Seol¹⁾, and Joongmoo Byun¹⁾*

회절파는 지하 구조 및 불균질성에 대한 고해상도 정보를 내포하고 있어 균열대 등의 구조 파악에 중요한 정보를 제공한다. 또한 회절 성분의 경우 전 수신기에 도달하여 반사파 음영 지대(shaded zone)의 구조 파악에도 유용하다. 하지만 회절 성분들은 강한 반사 이벤트들과 중첩되게 존재하며 작은 진폭을 가지고 있기에 기존 자료처리 방법론인 잡음과 구분하기 어려워 분리 성능에 한계를 가지고 있었다(Wang et al., 2020). 그러나 최근에는 딥러닝(deep-learning)기법을 통해 위상과 진폭을 보존한 채로 회절파를 분리해 내는 방법을 Kim et al. (2022)이 제안한 바 있다. 개발된 방법은 탄성파 자료를 공동 벌림 자료(common offset gather)로 정렬하여 쌍곡선 형태를 띠는 회절파와 지하 구조를 보여주는 반사파가 다른 이벤트 기울기를 가진다는 점에 착안하여 딥러닝 모델 학습을 이용하여 분리하는 방법으로 수치 모형자료뿐만 아니라 현장 자료에서도 우수한 성능을 보여주었다.

이전 연구에서 Kim et al. (2022)에 의해 개발된 방법을 국내에서 취득한 현장 자료에 적용해 보았었다(Park et al, 2024). 그러나 이 현장 자료는 깊은 심도까지의 정보를 얻기 위하여 비교적 긴 기록 시간을 갖는 자료로 기록 시간에 따른 신호의 주파수 변화와 회절파의 이심률 변화가 현저하게 나타나는 특성을 보인다. 따라서 약간의 주파수 변형 및 회절 곡선의 이심률 변화만을 주어 학습시킨 Kim et al. (2022)에 의해 개발된 모델을 적용했을 때는 회절파 분리 성능에 한계를 보였다.

따라서 이 연구에서는 기록 시간에 따른 주파수 감쇠 효과 및 Waheed et al. (2013)에서 확인된 회절체 부존 지점의 깊이와 해당 지점까지의 속도 분포에 따른 이심률 변화를 적극적으로 반영한 학습자료를 생성하여 긴 기록 시간을 갖는 현장 자료의 회절파 분리 성능을 향상시켰다.

사 사

이 논문은 2024년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행된 연구임(20226A10100030, 고성능 해양 CO₂ 저장 모니터링 기술개발).

낮은 전단속도를 이용한 동해지역 탄성파탐사 예비 실증연구

이찬희¹⁾, 정우돈^{1)*}

^{1)*}강원대학교 지구물리학과, woodon.jeong@kangwon.ac.kr

A Preliminary Study on Seismic Exploration of the East Sea Region using Low Shear Velocities

Chanhee Lee¹⁾, and Woodon Jeong^{1)*}

동해지역은 이산화탄소 지중저장(Carbon Capture Storage; CCS) 실증사업과 해양 자원 탐사의 중심지로서 향후 대규모 탄성파탐사가 수행될 가능성이 매우 높은 지역으로 평가받고 있다. 특히 최근 건조된 지구물리 탐사선 탐해 3호는 앞서 언급된 동해지역에서의 사업 수행을 위해 투입될 가능성이 매우 크며 현재 동해 근해에서 많은 실증 탐사를 수행하고 있다. 한편, 탐해3호에 탑재된 노드형 수신기는 4성분 탐사가 가능하여 고해상도의 탐사 데이터를 취득할 수 있을 것으로 예상되지만, 동해지역에서 이를 조기 실험하고 평가한 결과에 대한 연구는 거의 없다. 특히, 낮은 전단속도를 가지는 해역에서 노드형 수신기의 수직성분에 두드러지게 식별되는 V_z 잡음은, 자료의 송신원 모음에서 무작위 잡음으로 식별되지만 수신기 모음에서 일관성 잡음의 형태로 나타나는 특징이 있어 후속 자료처리 수행 과정에 혼란을 줄 수 있으므로 반드시 제거되어야 한다. 본 연구는 합성 자료취득과 취득된 데이터에 대한 자료처리 알고리즘 과정을 포함한다. 예상되는 동해의 속도모델을 구축하여 탄성파 탐사 시뮬레이션을 수행하고 이에 대한 합성자료를 획득한다. 합성자료에서 식별되는 V_z 잡음을 분석하고 이의 처리를 위한 무작위 및 일관성 잡음 제거 알고리즘을 제안한다. 본 연구를 통해 동해지역에서 예상되는 노드형 수신기 데이터에 대해서 소개하고, 이에 대한 자료처리 알고리즘을 제안함으로써 동해지역에서의 탄성파 탐사 실증연구를 수행하고자 한다.

사 사

이 연구는 ‘행정안전부의 방재안전분야 전문인력 양성사업’의 지원을 받아 수행되었음. 또한 2024년도 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받은 기초연구사업(No. 2019R1A6A1A03033167) 및 2023년도 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(RS-2023-00259686).

포물선 라돈변환을 활용한 딥러닝 기반 다중반사파 억제 연구

채혜지¹⁾, 정서제²⁾, 정우근^{3)*}

¹⁾국립한국해양대학교 해양에너지자원공학과 석사과정

²⁾국립한국해양대학교 해양과학기술융합학과 박사과정

^{3)*}국립한국해양대학교 에너지자원공학과 교수, wkchung@kmou.ac.kr

Multiple Suppression Based on Deep learning using Parabolic Radon Transform

Hyeji Chae¹⁾, Seoje Jeong²⁾, and Wookeen Chung^{3)*}

탄성과 탐사를 통해 취득되는 현장자료에는 인공송신원에 의해 기록되는 직접파와 반사파뿐만 아니라 지층경계면에 여러 번 반사되어 기록되는 다중반사파가 나타난다. 다중반사파는 실제 지하지층구조에 존재하지 않는 지층 경계면을 중합 단면에 나타내어 정확한 물성 도출과 지질학적 해석을 어렵게 한다. 따라서 탄성과 탐사자료의 정밀한 자료처리와 해석을 위해 탐사자료에서 나타나는 다중반사파를 제거하는 것은 필수적이다. 일반적으로 다중반사파 제거를 위해 무브아웃(moveout), 주기성(Predictability), 파동장 외삽(wavefield extrapolation) 등 물리적 특성을 활용하는 전통적 다중반사파 제거 기법을 적용한다. 또한, 최근에는 데이터 기반 딥러닝을 활용한 다중반사파 억제 및 제거와 관련된 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 합성곱 신경망(Convolution Neural Network, CNN)과 순환 신경망(Recurrent Neural Network, RNN)을 활용하여 다중반사파를 제거하고 각 결과를 비교 분석하여 최적의 네트워크를 선정하였다. 다중반사파의 특성을 추출하기 위해 분수 푸리에 변환(fractional Fourier transform)을 사용하여 학습자료를 생성하였으며, 지층경계면 반사 신호와 다중반사파가 모두 포함된 원본 자료를 입력자료로 사용하여 다중반사파를 예측하도록 네트워크를 학습시켰다. 네트워크를 통해 예측된 다중반사파를 원본 자료에서 빼는 방식으로 다중반사파를 제거하였으며, 각 네트워크를 활용한 다중반사파 제거 결과를 비교 분석하였다. 또한, 딥러닝 네트워크의 학습성능은 학습자료의 크게 의존하므로, 1차 반사파와 다중반사파의 속도 차이를 이용하여 신호의 분리가 용이한 포물선 라돈변환(Parabolic Radon transform)을 적용하여 학습자료에 따른 다중반사파 제거 결과를 비교 분석함으로써 선정된 네트워크의 학습성능 개선 여부를 확인하였다.

사 사

이 연구는 2024년도 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행한 연구과제(RS-2024-00402195)와 한국지질자원연구원 기본사업인 ‘해저탐사선 운항 안정화 및 연근해 탐사기술 개발(24-3313, GP2020-026)’ 과제의 지원을 받아 수행되었습니다.

FEniCS를 이용한 암석형 행성의 핵 형성 수치모사: 유한요소법을 이용하여

이경민¹⁾, 김효임^{2)*}, 장덕규^{3,4)}, 소병달¹⁾

¹⁾강원대학교 지구물리학과, euntm97@kangwon.ac.kr

^{2)*}경상국립대학교 지질학과

³⁾강원대학교 수학과

⁴⁾강원대학교 지구자원연구소

Numerical simulation of planetary core formation using FEniCS

Kyeong-Min Lee¹⁾, Hyo-Im Kim^{2)*}, Deok-Kyu Jang^{3,4)}, and Byung-Dal So¹⁾

암석형 행성의 진화와 핵 형성 과정을 이해하기 위해서는 수치 모사 연구가 필수적이다. 규산염과 철질 금속의 분화 과정은 2차원 스토크스 방정식을 벡터 방법(Vector method) 또는 퍼텐셜 방법(Potential method)으로 풀어 수치 모사 되었다. 하지만 미행성체(Planetesimal)와 행성의 실제 형상을 보다 정확히 반영하기 위해서는 3차원 모델의 개발이 요구된다. 본 연구에서는 유한요소 소프트웨어인 FEniCS를 이용하여 벡터 방식 모델을 개발하였으며, 이를 바탕으로 파이썬에서 구현된 퍼텐셜 방식과 비교하였다. 가지 방법으로 하여 결과의 일관성을 확인함으로써 3D 핵 형성 모델 개발의 타당성을 검증하였다. 세 가지 사례를 벡터 방법과 퍼텐셜 방법으로 각각 모델링하여 두 방법의 일관성을 확인함으로써 3D 핵 형성 모델 개발의 타당성을 검증하였다. 암석형 행성의 진화와 핵 형성 과정을 이해하기 위해서는 수치 모사 연구가 필수적이다. 규산염과 철질 금속의 분화 과정은 2차원 스토크스 방정식을 벡터 방법(Vector method) 또는 퍼텐셜 방법(Potential method)으로 풀어 수치 모사 되었다. 하지만 미행성체(Planetesimal)와 행성의 실제 형상을 보다 정확히 반영하기 위해서는 3차원 모델의 개발이 요구된다. 본 연구에서는 유한요소 소프트웨어인 FEniCS를 이용하여 벡터 방식 모델을 개발하였으며, 이를 바탕으로 파이썬에서 구현된 퍼텐셜 방식과 비교하였다. 가지 방법으로 하여 결과의 일관성을 확인함으로써 3D 핵 형성 모델 개발의 타당성을 검증하였다. 세 가지 사례를 벡터 방법과 퍼텐셜 방법으로 각각 모델링하여 두 방법의 일관성을 검증함으로써 3D 핵 형성 모델 개발의 타당성을 높였다. 첫 번째 사례에서는 균질한 금속 분포를 가진 초기 암석형 천체에서 충격에 의한 열이 행성 진화를 촉발하는 상황을 가정하였으며, 벡터 방식은 잠재 방식과 일치하는 결과를 보였다. 두 번째 사례는 금속이 불균등하게 분포된 후기 충격 열에 대한 모델링을 보여준다. 이 경우 밀도 차이에 따른 고체 혼합물의 거동과 다상 흐름을 동시에 시뮬레이션할 수 있었다. 마지막으로, 세 번째 사례에서는 체커보드 테스트를 통해 열원의 크기에 따른 모델의 해상도를 평가한 결과, 두 방식 모두 동일한 공간 해상도를 제공함을 확인하였다.

고해상도 해저지형자료와 자기이상도를 이용한 서필리핀분지의 진화 연구

신현욱¹⁾, 최한진^{1)*}

^{1)*}부산대학교 지질환경과학과, explorist@pusan.ac.kr

Comprehensive analysis for opening process of the West Philippine Basin using high resolution multibeam bathymetry and magnetic anomaly map

Hyeonuk Shin¹⁾, and Hanjin Choe^{1)*}

서필리핀분지는 필리핀판의 절반을 차지하고 있는 거대 해양분지로 현재 류큐섬입대와 필리핀 섬입대 아래로 섭입하고 있다. 이 분지의 대부분이 공해상에 위치해 있어 많은 연구가 이루어지지 않았다. 우리는 이 분지의 진화 과정을 규명하기 위해 다중빔음향측심 자료를 이용하여 고해상도 해저지형 자료와 지금까지 획득된 선상 삼성분 자력이상 자료를 포함한 자력이상도를 제작하여 분석을 수행하였다. 해저지형자료와 중력이상자료를 이용하여 해령 전파(ridge propagation) 과정에서 형성된 비변환불연속 구조와 심해언덕 주향의 변화를 관찰하였고, 이러한 지형 분석 결과를 토대로 고해상도 자력이상도를 분석하여 서필리핀분지의 시대별 진화특성과 분지 확장 과정의 시공간적 변화를 재구성하였다. 이를 통해 분지 내에서 관찰되는 비변환불연속 구조의 형성 시기와 필리핀해판의 급격한 확장 방향 변화 및 드리프트 사이의 연관성을 제시하고자 한다. 본 연구는 고해상도 해저지형 자료와 자력이상도 분석의 통합적 접근을 통해 서필리핀분지의 복잡한 확장 역사를 새롭게 조명하여 서필리핀분지뿐만 아니라 주변 유라시아판과 필리핀해판내 다른 해양분지의 진화 과정에 대한 이해를 심화시키는 데 중요한 기여를 할 것으로 기대된다.

2024 가을 학술대회 및 정기총회 준비위원회

- 준비위원장 : 이성곤(한국지질자원연구원)
- 총무 : 이주한(극지연구소), 박계순(한국지질자원연구원)
- 기획 : 송석구(한국지질자원연구원)
- 정책 : 조현무(한국지질자원연구원)
- 학술 : 임형래(부산대학교), 편석준(인하대학교), 신영재(국립경상대학교)
- 편집 : 정우근(국립한국해양대학교)
- 국제학술 편집 : 남명진(세종대학교)
- 교육 : 신제현(한국지질자원연구원), 최지훈(한국지질자원연구원)
- 국제협력 : 이명중(한국지질자원연구원)
- 홍보 : 김현도(주지오부), 김수관(한국해양과학기술원)
- 회원 : 이춘기(극지연구소)
- 재무 : 윤종열(주테라이지)
- 특별/신기술 : 한만호(한국원자력환경공단)
- 디지털 혁신 : 김병엽(한국지질자원연구원)

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:

Hong, K. D., 2024, A study on geophysics and geophysical exploration, Proceeding of the 2024 Fall KSEG Conference, Korean Society of Earth and Exploration Geophysicists (RAMADA PLAZA JEJU, OCT. 23-26, 2024), p.1-2.

2024 가을 학술대회 및 정기총회

KSEG 2024 Fall Conference

발행 : 한국지구물리·물리탐사학회
주소 : (34168) 대전시 유성구 대학로 31, 한진오피스텔 1804호
전화 : 042-826-1804
팩스 : 042-826-1809
전자우편 : kseg@seg.or.kr
홈페이지 : <https://www.seg.or.kr>

KSEG 2024 가을 학술대회 및 정기총회 초록집

후원/협찬 기관

- 한국지질자원연구원



<http://www.kigam.re.kr>

- 한국지질자원연구원
심층처분환경연구센터



<http://www.kigam.re.kr>

- 극지연구소



<https://www.kopri.re.kr>

- 포스코인터내셔널



<https://www.poscointl.com>

- 공주대학교
CCUS인력양성사업단



<https://kccus-human.kr/>

- 오션테크(주)



<http://www.oceantech.co.kr>

- (주)오션사이언스



<http://www.oceanscience.co.kr/>

- 씨앤에치아이앤씨(주)



<http://www.candh.co.kr>



KSEG 2024 가을 학술대회 및 정기총회 초록집

후원/협찬 기관

• 보민글로벌 주식회사



<https://bominglobal.com>

• (주)지오메카이엔지



<http://www.gmeng.co.kr>

• (주)지오뷰



<http://www.geoview.co.kr>

• 코탐(주)



<https://kotam2014.wixsite.com/kotam>

• (주)테라이지



<http://www.terraeg.com>

• (주)희송지오텍



<http://www.hsgeo.com>

• (주)한세지반엔지니어링



<http://www.hansegeo.com>

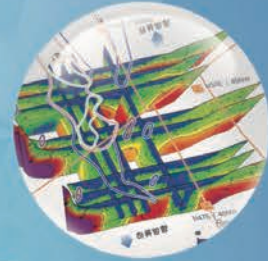
• (주)휴먼앤어스



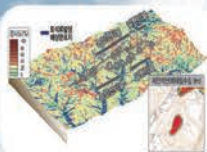
<http://www.hande.biz>



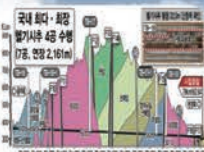
인류와 자연의 미래를 개척하는 지반컨설팅 전문기업



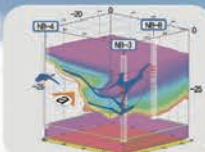
- 턴키 / 대안 경쟁설계 지반조사
- 해상 / 산악지 / 연약지반 / 특수환경 지반조사(SEP/Pontoon Barge 보유)
- 지구물리탐사 / 정밀 지표지질조사
- 각종 현장시험 및 공내검층
- 지진관측장비 시추공사 / 조사
- 다수의 해외 프로젝트 경험 보유



서울-세종고속도로 건설공사
(한국도로공사)



이천-문경 철도건설사업
(한국철도시설공단)



단양수중보 건설공사
(수자원공사)



2017년 지진관측장비 설치용
시추공사(기상청)



과테말라 항만기본계획 수립용역
(해양수산부)



포항 액상화 지역 위험도 분석
(국립재난안전연구원)

최고를 위한 노력과 열정

우리 안에 있는 세상,
최고를 향한 노력과 열정으로
(주)한세지반엔지니어링이 해답을 찾아 드립니다.



 (주)한세지반엔지니어링
HANSE GEOENGINEERING

품질경영시스템 인증기업 (ISO 9001:2015)
환경경영시스템 인증기업 (ISO 14001:2015)
안전보건경영시스템 인증기업 (ISO 45001:2018)
INNO-BIZ 인증기업
MAIN-BIZ 인증기업
E-mail : hsgeotek1@naver.com

 (주)희송지오텍
www.hsgeo.com



보이지 않는 곳까지 먼저 보겠습니다!

땅 속의 보이지 않는 곳까지 살펴,
땅 위의 안전까지 책임지기 위해
희송지오텍은 축적된 노하우와 앞선 기술력으로
끊임없이 노력하고 있습니다

사업분야

정밀지반조사(댐, 도로, 철도 및 항만, 대형구조물, 공동 및 연약대 조사)
지진장비 개발, 판매 및 유지보수 / 지진 모니터링 솔루션 제공 / 지열 에너지 및 지하수 조사
필댐 제체 안정성 평가를 위한 전기비저항 자동모니터링(방재신기술 제108호)

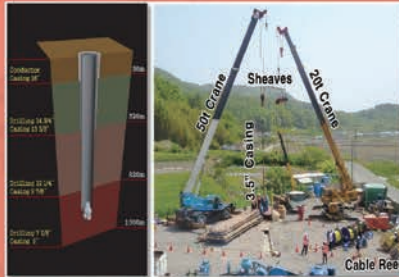
성남 (13209) 경기도 성남시 중원구 사기막골로 45번길 14 (상대원동, 우림라이온스밸리 2차 A동 1505호) Tel: (02)576-3801 Fax: (031)8018-2990

대전 (34091) 대전광역시 유성구 노은동로 79번길 71 (노은동, 로얄빌딩 6층) Tel: (042)488-2374 Fax: (042)488-2375



GeoTech Engineering

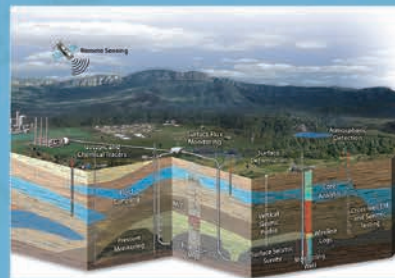
정밀 지반조사 및 현장시험
방재 조사 / 계측
지진계 설치



CCS 기술
지하공동조사 기술
대심도 모니터링시스템 설계 및 완결



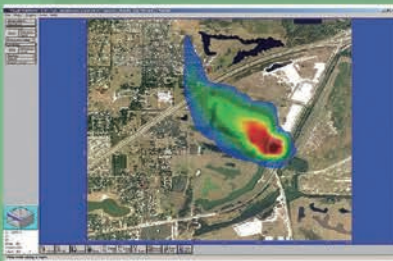
GeoTech R&D



수리특성 시험
지하수 영향분석
지반안정성 모니터링



GeoTech Environment



GeoTech Resources

광물자원 탐사
광체 및 매장량 평가
탐광시추



(주) 테라이지

서울시 강서구 양천로 583, 우림블루나인비즈니스센터 B동 404,405호

TEL. 02)2658-1431 FAX. 02)2658-1440

[Http://www.terraeg.com](http://www.terraeg.com)

COBRA

PLUG-IN GPR KIT

Long-Range Penetration GPR



최대 120M 투과 심도 장심도 GPR



UAV 운영 탑재
핸디형, 카트형, 차량 운영
국내 산악지형 탐사
WIRELESS 방식의 편리함

코탐은 스웨덴 RADAR TEAM의 국내 독점 판매처 입니다.

[구입문의] 코탐(주) 070.5102.0297 / 용역 및 기술문의 / 010.5188.6962 / <http://www.kotam.co.kr> / kotam2014@gmail.com

GEOSVIEW

해상풍력 Total Survey

재생에너지 3020
(해상풍력단지 89개소 추진 중)
지오뷰가 함께 갑니다.

2023 동해안 부유식해상풍력단지, COP/CIP(덴마크)
2022 동해안 부유식해상풍력단지, Equinor(노르웨이)
2021 완도-제주간 해저전력케이블, LS Cable
2020 필리핀 해저전력케이블, NGCP(필리핀)

지오뷰는
기술을 사지 않습니다.
기술을 만들어 갑니다.

*We don't buy the technology.
We develop them ourselves.*

해양탐사 전문선박 GEOSVIEW-DP-1호(11,731톤)
국내 민간기업 최대규모 전문탐사선

GEOSVIEW

지오뷰가 추구하는 최고의 가치는
객관적인 해양 정보 제공입니다.

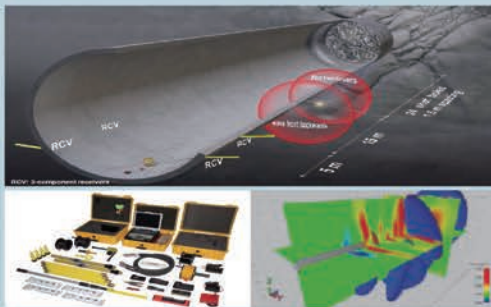
2021 백만불수출의 탑 수상

(주)지오뷰 www.geoview.co.kr 051)294-1603

“인간과 환경의 아름다운 共存을
추구하는 최신퉴크 선도기업”

터널전방예측탐사(TSP탐사)

[TSP 303 plus 3D]



- 기존 TSP 203보다 진화된 최신 장비 도입
- 수신기 4ch로 정확성과 해상도 향상
- NATM 및 Shield TBM에서 적용 가능

지하매설물탐사 및 도로함몰조사



- 200, 600MHz 38채널 이중분극시스템

Smart cart & Tow형 GPR

전자유도탐사기(RD)



- 50,100,250,500,1000MHz · 8, 33, 512, 640KHz

고해상도 시추공이미지 검층



- 고해상도 카메라(1440 pixels) 장착

입체사진측량에 의한 Face Mapping

[ShapeMetriX-3D]



100년 동안 이어온 ABEM의 역사

100년의 역사를 쓴 ABEM이
Terrameter LS2와
새로운 100년을 이어갑니다.

- 장비 자체 Monitoring Solution 탑재
- WiFi / Internet을 이용한 원격제어 및 데이터 송수신
- 동급 최고 수준의 고출력/고속 탐사 시스템
- 자체 81전극처리, 최대 16,384개의 전극처리 시스템
- 실시간 겔보기비저항 가단면도(Pseudo section) 확인
- 전기검층장비 Log300과 완벽 호환
- 사용 목적에 따라 선택 가능한 8개 모델 Line-Up



Specifications per model

Model Configuration	Basic 2/48	Standard 2/48	Standard 2/81	Advanced 4/48	Advanced 10/48	Advanced 4/81	Advanced 8/81	Advanced 12/81
Number of channels	2	2	2	4	10	4	8	12
Max. number of electrodes	48	48	81	48	48	81	81	81
Input voltage range	± 15 V	± 15 V	± 15 V	± 600 V	± 600 V	± 600 V	± 600 V	± 600 V
Input impedance (± 2.5 V)	-	-	-	200 MΩ	200 MΩ	200 MΩ	200 MΩ	200 MΩ
Input impedance (± 15 V)	30 MΩ	30 MΩ	30 MΩ	30 MΩ	30 MΩ	30 MΩ	30 MΩ	30 MΩ
Input impedance (± 600 V)	-	-	-	20 MΩ	20 MΩ	20 MΩ	20 MΩ	20 MΩ
Theoretical resolution	22.5 nV	22.5 nV	22.5 nV	3 nV	3 nV	3 nV	3 nV	3 nV
Max. output power	100 W	200 W	200 W	250 W	250 W	250 W	250 W	250 W
Max. output current	1000 mA	2000 mA	2000 mA	2500 mA	2500 mA	2500 mA	2500 mA	2500 mA
Max. output voltage	400 V	500 V	500 V	600 V	600 V	600 V	600 V	600 V
Full waveform recording	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
IP	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
IP - 100% Duty cycle	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

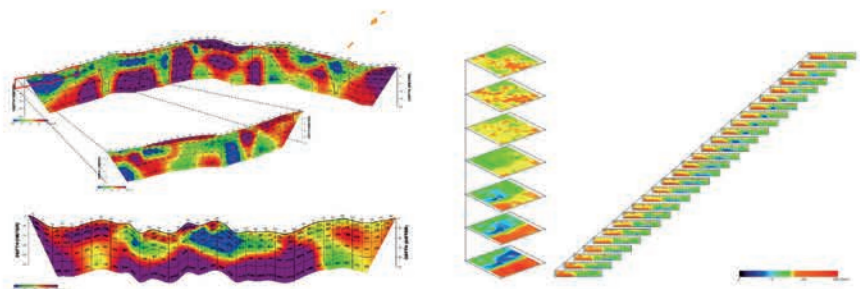


Tel. 031-345-4570~3

FAX. 031-345-4574

www.bominglobal.com

support@bominglobal.com





EST Technology(Equalized Scrambled Technology)를 사용하는 새로운 시스템

: 최근 IDS Georadar에 의해 전 세계적으로 특허를 받은 GPR 기술

- 약하고 깊은 목표물의 낮은 진폭신호에 대한 감도 ↑
- 노이즈 레벨을 낮추는 신호의 동적범위 ↑
- 최첨단 하드웨어 → 더 빠르고 완벽한 파형 디지털 샘플링 가능
- 신호의 노이즈 샘플링 강화 및 제거 기능
- 신호 vs 노이즈 비율 개선 → 노이즈 플로어 감소 → 안테나 동적범위 증가

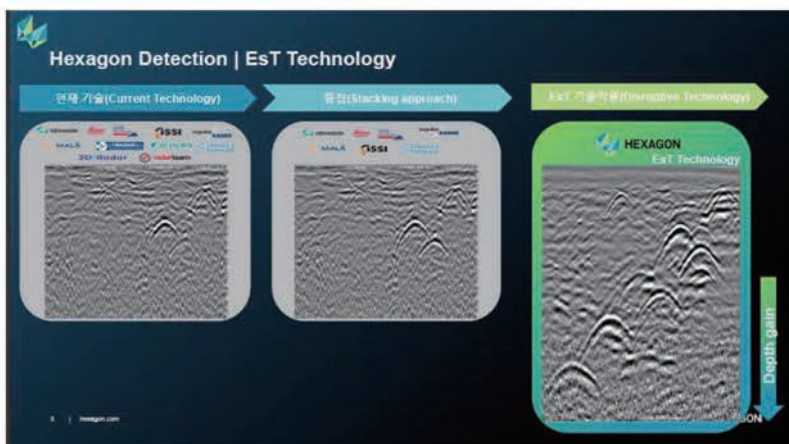


Fig.1 기존 GPR 데이터(왼쪽) Stream DP 데이터(오른쪽)

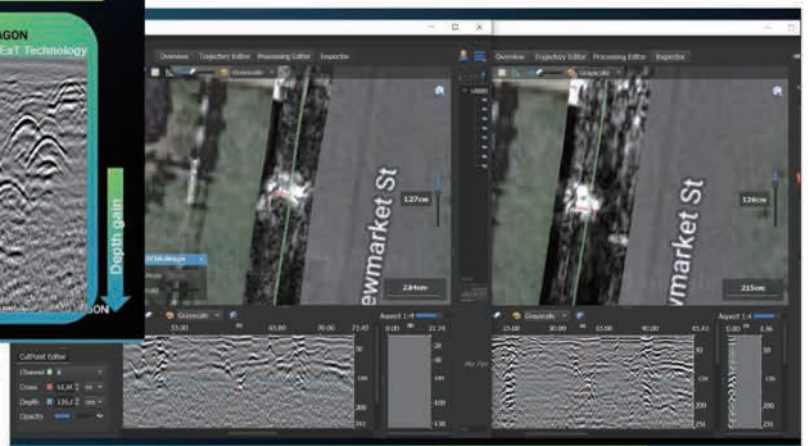
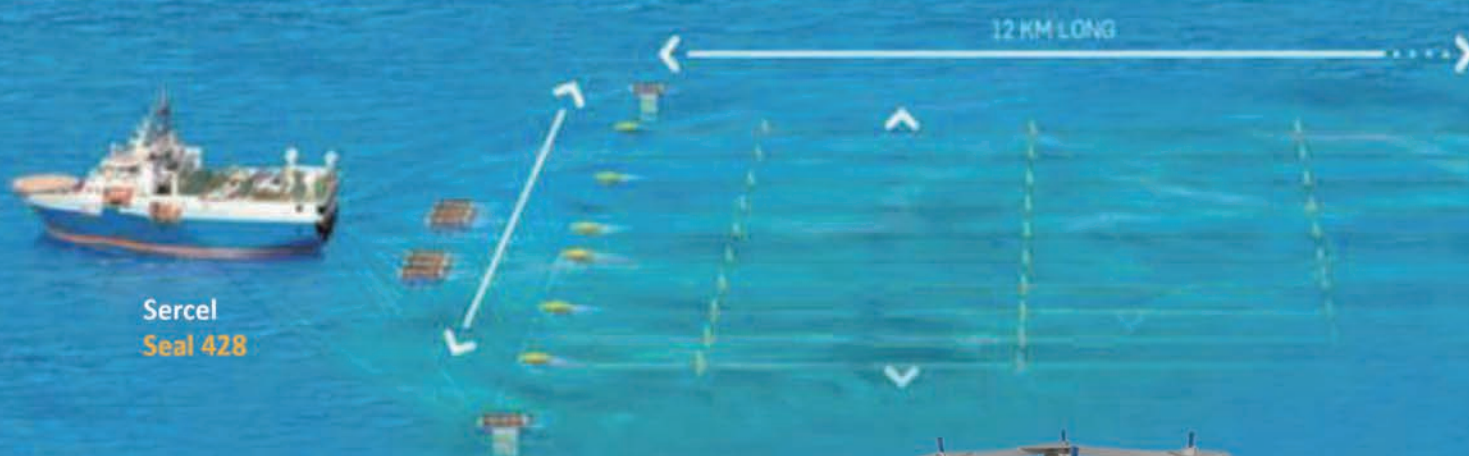


Fig.2 기존 GPR 데이터(왼쪽), Stream DP 데이터(오른쪽)

Ocean Science and Geophysical Technology

Ocean Equipment / Underwater system / System Integration



Sercel
Seal 428



Oceantech
5m급 중대형 USV



ZLS Corporation
Gravity meter



Marine Magnetics
Gradiometer



SIG
Sparker

Seoul : Ocean Building, 57, Haengjusanseong-ro 144beon-gil, Deogyang-gu, Goyang-si,
Gyeonggi-do, Republic of Korea
TEL: 031-995-9000 / FAX: 031-970-1459

Busan : #601, Baeksong Officetel, 457, Jwadongsunhwan-ro, Haeundae-gu, Busan, Republic of Korea
TEL: 051-742-9040 / FAX: 051-742-9036

녹색성장을 위한 CCUS 전문인력양성



『CCUS에 대한 이해와 실무경험을 두루 갖춘 전문인력양성』

『녹색성장을 위한 CCUS 생태계 구축』

『CCUS 산업에 실질적으로 기여하는 시스템 구축』



인력양성사업단

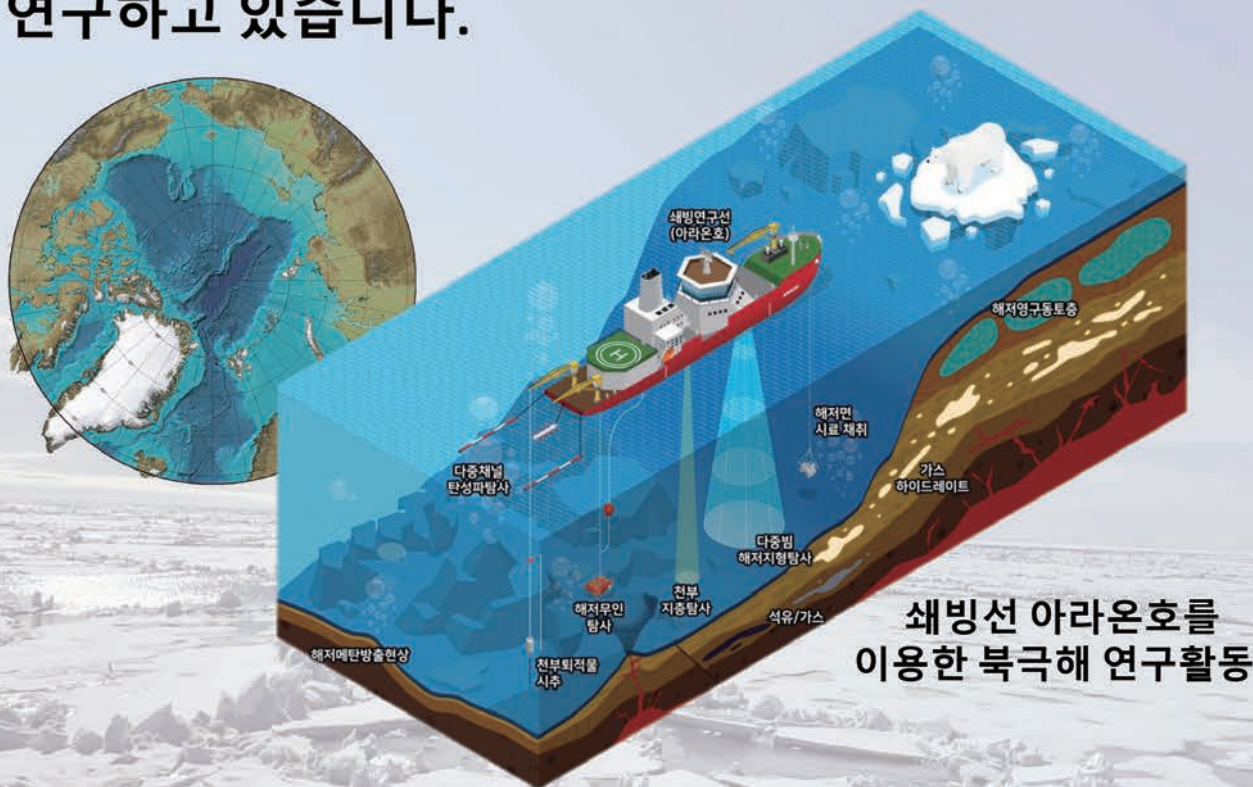
지원기관 한국에너지기술평가원

주관기관 사단법인 한국CCUS추진단



극지연구소

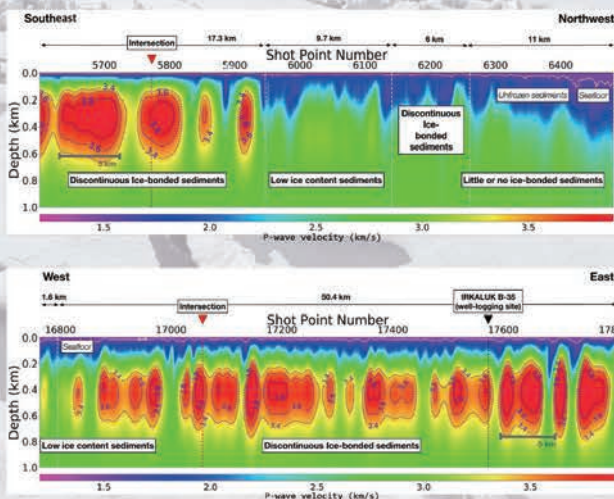
극지연구소는 급변하는 지구온난화와 기후변화에
대비하여 북극해에서 해저지질과 해저환경을
연구하고 있습니다.



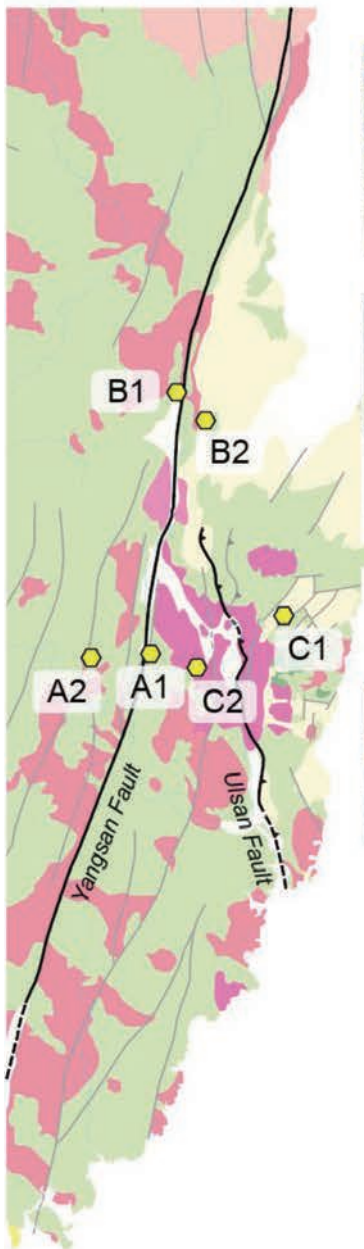
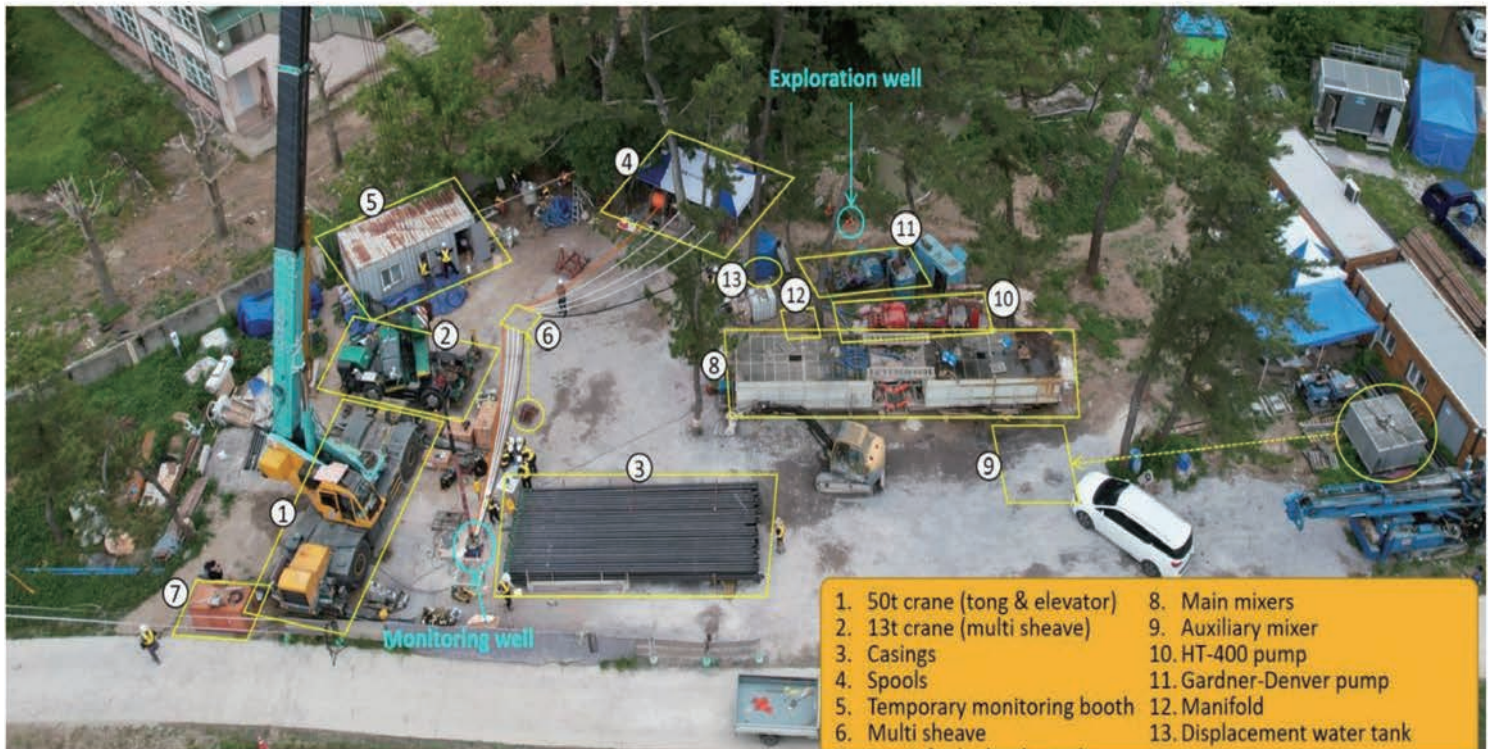
새빙선 아라온호를
이용한 북극해 연구활동



북극해에서의 탄성과 탐사



탄성과 역산을 통하여 밝힌
해저동토층 구조



TELLUS-A1



TELLUS-B1



TELLUS-C1



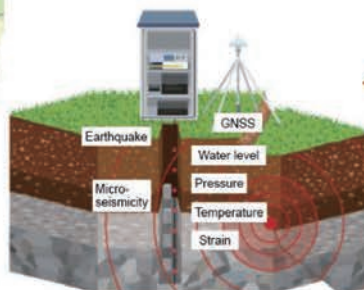
TELLUS-A2



TELLUS-B2



TELLUS-C2



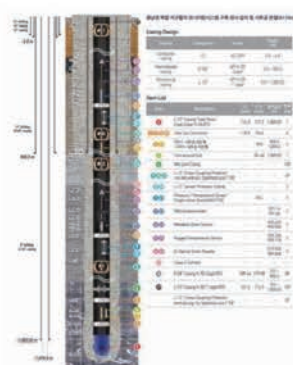
❖ 사업 목표

동남권 주요 단층대(양산단층, 울산단층)를 중심으로한

- 1 km급 복합지구물리 모니터링 시스템 6개소 구축
- 1 km급 복합지구물리 모니터링공/시스템 설계 기술 개발

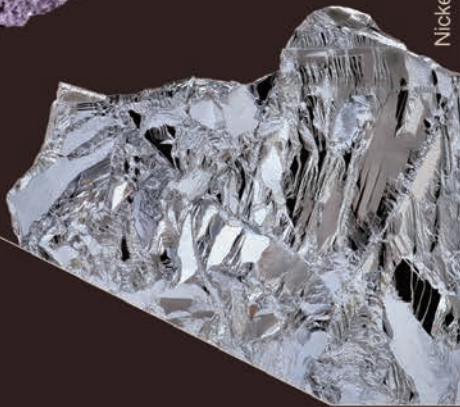
❖ 사업 경과 및 기대효과

- 2023년 6개 관측소 완공 및 통합 자료 저장 서버 구축
- 6개 복합지구물리 관측소 종합 모니터링 네트워크 구축
- 한반도 동남권 지구조 종합 해석을 위한 기초자료 제공
- 심부 시추공 기반 종합 모니터링 기본 계획 확대
- 심부 주요 단층면 직접 시추 및 모니터링 계획





Lithium



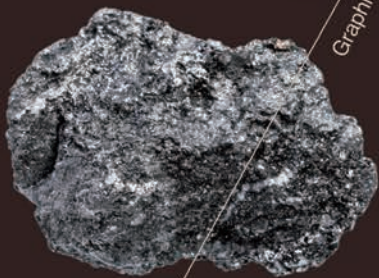
Nickel



palladium



Cobalt



Graphite

Korea Institute of
Geoscience and
Mineral Resources



KIGAM

대한민국 과학기술 분야의 국가대표

핵심광물 생산국 KOREA, 우주자원부국 KOREA,
대한민국 과학기술 국가대표, KIGAM이 앞장섭니다.

2024 가을 학술대회 및 정기총회 후원/협찬 기관



한국지질자원연구원



포스코인터내셔널



극지연구소



공주대학교 CCUS 인력양성사업단



오션테크(주)



(주)오션사이언스



씨앤에치아이앤씨(주) 30주년



보민글로벌 주식회사



(주)지오메카이엔지



(주)지오뷰



코탐(주)



(주)테라이지



(주)희송지오텍



(주)한세지반엔지니어링



(주)휴먼앤어스

