



한국지구물리·물리탐사학회
Korean Society of Earth and Exploration Geophysicists

2020 가을 학술대회 및 정기 총회

2020. 9. 23. 수 ~ 25. 금

Zoom Online 및 한국지질자원연구원

▶ 사진 출처: 한국지질자원연구원

- 주 최: 한국지구물리·물리탐사학회
- 후 원: 한국지질자원연구원
- 협 찬: 한국원자력환경공단, 극지연구소, 한국농어촌공사, 제주특별자치도개발공사, (주)골든엔지니어링 보민글로벌 주식회사, 서정엔지니어링(주), 씨앤에치아이앤씨(주), (주)어스이엔지, (주)지오그린21, (주)지오룩스, (주)지오메카이엔지, (주)지오뷰, (주)지오제니컨설턴트, 지하정보기술(주), 코탐(주), (주)테라이지, (주)한세지반엔지니어링, (주)휴먼앤어스

한국지구물리·물리탐사학회 가족 여러분, 안녕하십니까?

올 한해는 코로나 19 바이러스 확산으로 긴장의 연속이었고 또한 긴 장마와 태풍의 자연재해까지 있었습니다. 많은 어려움을 잘 견디고 지내는 사이에 이제는 가을을 맞이하고 있습니다.

코로나 19의 여파로 봄 학술대회가 취소되었지만 7월 3일(금)에 한국지질자원연구원과 공동으로 “포스트 코로나 시대 한국형 뉴딜, 지구물리탐사의 역할”의 특별 심포지엄을 성공적으로 개최하기도 하였습니다. 현재 코로나 19로 인하여 우리의 삶에 많은 변화가 있었고 앞으로도 이와 같은 변화의 추세는 당분간 지속될 것으로 예상하고 있습니다. 학회의 활동도 크게 위축이 되었지만 특별 심포지엄을 비대면 방식으로 준비, 개최하면서 코로나 시대의 어려움을 극복하는 기회로 변화시켰습니다.

가을 학술대회는 유구한 역사를 지닌 지질·자원 연구의 중심인 한국지질자원연구원에서 개최하게 되어 매우 기쁘게 생각합니다. 금번 학술대회는 코로나 19 확산 방지를 위하여 학술발표와 정기총회 모두 비대면으로 진행됩니다.

학술대회 개최식은 한국지질자원연구원 김복철 원장님의 환영사, 한국자원공학회 신성렬 회장님과 한국원자력환경공단 차성수 이사장님의 축사, 그리고 부산산업과학혁신원 김영석 본부장님의 “부산의 지역주도 혁신사업” 기조 강연으로 진행되며 귀중한 시간을 함께 해주셔서 깊은 감사를 드립니다. 학술발표는 어려운 여건 속에서도 4개의 일반 세션, 1개의 특별 세션 그리고 1개의 워크샵에서 구두 발표 29편, 그리고 포스터 발표 12편의 최신 연구결과가 발표될 예정입니다. 그리고 학술대회 전날에 “물리탐사 AI 실무” 단기강좌가 진행되며 2019년 봄 학술대회의 단기강좌와 같이 많은 회원 분들의 참여가 예상이 됩니다.

이번 학술대회에서는 아주 특별한 자리를 마련했습니다. 한국지질자원연구원과의 공동 특별 심포지엄 이후, 7월 14일에 한국판 뉴딜 정책이 발표되었고 정부의 뉴딜 정책에 신속하게 대응하고자 학회에서는 8월에 “한국판 뉴딜 대응 TF 팀”을 발족했습니다. TF 팀은 4차 산업 미래기술위원회 조성준 위원장을 중심으로 산·학·연의 전문가로 구성되었으며 이번 학술대회 기간에 “한국판 뉴딜 그리고 지구물리탐사 분야 대응전략 워크샵”을 준비하였습니다. Workshop은 12개 기관(산업통상자원부, 한국석유공사, 부산산업과학혁신원, 한국농어촌공사, 한국수자원공사, 전남녹색에너지연구원, 한국가스공사, 한국에너지기술평가원, 한국광해관리공단, 한국지질자원연구원, 한국해양과학기술연구원)의 전문가 분들이 참석하여 한국판 뉴딜에 지구물리탐사분야가 어떤 역할을 해야 할지를 심도 있게 토론하는 자리가 될 것으로 기대합니다.

비대면 방식의 학술대회를 처음으로 개최하면서 많은 회원 분들은 참여 방식에 예상치 않은 낯섦이 있을 것으로 예상됩니다. 코로나 19 시대의 어려움을 잘 극복하는 방법을 만들어 가는 것도 우리 모두가 또 하나의 뉴 노멀을 만들어가는 것이라 생각합니다. 이번 학술대회에서 낯섦을 설렘으로 바꾸는 기회가 되기를 바랍니다. 새로운 방식의 학술대회 기간에 회원 여러분의 적극적인 참여와 토론으로 지구물리·물리탐사 분야가 한 걸음 더 발전할 수 있는 시간이 되기를 기원합니다.

마지막으로 코로나 19로 인한 어려운 시기임에도 가을 학술대회를 열정적으로 준비해주신 준비위원 모든 분과 재정적으로 후원해 주신 후원사 모든 기관에 깊은 감사를 드립니다.

감사합니다.

2020년 9월

한국지구물리·물리탐사학회 회장 황 세 호



9월 24일(목요일)

09:00~09:30	등 록		
09:30~10:00	<p>개 회 식</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 개회사 - 황세호 회장(한국지구물리.물리탐사학회) ■ 환영사 - 김복철 원장(한국지질자원연구원) ■ 축 사 - 신성렬 회장(한국자원공학회), 차성수 이사장(한국원자력환경공단) 	<p>■ 진행: 오석훈 (총무이사, 강원대)</p>	
10:00~10:30	<p>기조강연</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 부산의 지역주도 혁신사업 - 김영석(부산산업과학혁신원) 		
구두 발표			
10:30~10:45	<p>일반세션 ①</p> <p>머신러닝</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 좌장: 윤대웅(전남대) 		
10:45~11:00			
11:00~11:15			
11:15~11:30			
11:30~11:45			
11:45~12:00			
12:00~12:50			<p>정기총회</p>
12:50~13:00	<p>연구윤리 교육</p>	<p>■ 진행: 편석준(인하대)</p>	
13:00~13:30	<p>점심</p>	<p>■ 포스터 세션(온라인)</p>	
13:30~13:45	<p>일반세션 ②</p> <p>물리탐사</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 좌장: 박계순(지자연) 		
13:45~14:00			
14:00~14:15			<p>14:30-15:00</p>
14:15~14:30			<p>포스터 세션 ①</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 좌장: 편석준(인하대)
14:30~14:45			
14:45~15:00			
15:00~15:15	Coffee Break		
15:15~15:30	<p>일반세션 ③</p> <p>지진/탄성파</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 좌장: 김병엽(지자연) 		
15:30~15:45			<p>15:30-16:00</p>
15:45~16:00			<p>포스터 세션 ②</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 좌장: 김창렬(지자연)
16:00~16:15			
16:15~16:30	Coffee Break		
특별 세션			
16:30~16:45	<p>천해저 고해상 물리탐사 기술</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 좌장: 이태종(지자연) 		
16:45~17:00			
17:00~17:15			
17:15~17:30			
17:30~17:45			
17:45~18:00			



9월 25일(금요일)

09:00~10:00	등 록
	워크숍
	한국판 뉴딜 그리고 지구물리탐사 분야 대응전략 워크숍 ■ 좌장: 오석훈(강원대)
10:00~12:30	■ 발제자: 강정웅(산업통상자원부), 권오광(한국석유공사), 김영석(부산산업과학혁신원), 김진회(한국농어촌공사), 박동순(한국수자원공사), 박종성(전남녹색에너지연구원), 배경석(한국가스공사), 유영일(한국에너지기술평가원), 이진수(한국광해관리공단), 장명환(한국광물자원공사), 조성준(한국지질자원연구원), 허식(한국해양과학기술연구원)
12:30~13:00	Coffee Break
	구두 발표
13:00~13:15	일반세션 ④ 지구물리/물리탐사 ■ 좌장: 임형래(부산대)
13:15~13:30	
13:30~13:45	
13:45~14:00	
14:00~14:15	
14:15~14:30	
14:30~14:45	



9월 23일(수요일)

■ 일시: 13:30~17:30
 ■ 장소: 한국지질자원연구원 국제지질자원인재개발센터(Zoom Online)

◆ 단기 강좌 "물리탐사 시 실무"

시 간	강 사	제 목
13:30~14:30	윤대웅(전남대)	물리탐사 분야 머신러닝 활용 리뷰
14:30~15:30		머신러닝을 활용한 검층에서의 암상 분류
15:30~16:30	신승욱(지자연)	머신러닝을 이용한 광물자원탐사
16:30~17:30	박계순(지자연)	지질 분포 수치화 및 머신러닝을 이용한 지질구조 해석



9월 24일(목요일) 발표 일정 [구두발표-Zoom Online]

발표 시간	발표 제목	좌장
10:00~10:30	부산의 지역주도 혁신사업 - 김영석(부산산업과학혁신원)	기조강연
10:30~10:45	머신러닝을 이용한 효과적인 물리검층 자료 복원 이시균 ^{1)*} , 이호용 ¹⁾ , 주지안 ¹⁾ ^{1)*} 한국석유공사 기술센터	일반세션 ① 머신러닝 ■ 좌장: 윤대웅(전남대)
10:45~11:00	머신러닝 기반 암상 분류 시 CycleGAN을 이용한 학습자료 증대 및 선별 김도완 ¹⁾ , 변중무 ^{1)*} ¹⁾ 한양대학교 자원환경공학과	
11:00~11:15	회절파 분리 시 학습된 딥러닝 모델을 파형이 변화된 자료에 적용하기 위한 전이학습의 활용 사례 김수윤 ¹⁾ , 설순지 ¹⁾ , 변중무 ^{1)*} , 조영화 ¹⁾ ¹⁾ 한양대학교 자원환경공학과	
11:15~11:30	기계 학습을 이용한 단층 배치 분류 및 특징 추출 장진수 ^{1)*} , 소병달 ¹⁾ ^{1)*} 강원대학교 지구물리학과	
11:30~11:45	준 지도 전이 학습을 이용한 속도 모델 구축 전형구 ^{1)*} , 주형태 ¹⁾ , 이상훈 ¹⁾ , 김충호 ¹⁾ , 문혜진 ¹⁾ , 진영근 ²⁾ ¹⁾ 한국해양과학기술원 해양환경기후연구본부 ²⁾ 한국해양과학기술원 부설 극지연구소	
11:45~12:00	베이지안 최적화를 이용한 암상 분류 모델의 하이퍼 파라미터 탐색 최용욱 ¹⁾ , 윤대웅 ^{1)*} , 최준환 ²⁾ , 변중무 ²⁾ ^{1)*} 전남대학교 에너지자원공학과, ²⁾ 한양대학교 자원환경공학과	
12:00~12:50	정기총회	■ 진행: 오석훈(강원대)
12:50~13:00	연구윤리 교육	■ 진행: 편석준(인하대)
13:00~13:30	점심	■ 포스터 세션(온라인)
13:30~13:45	전기비저항탐사를 이용한 적설에 따른 동토 및 활동층의 변화 연구 김관수 ^{1,2)} , 이주한 ¹⁾ , 주현태 ¹⁾ , 이용상 ³⁾ , 김지수 ^{2)*} ¹⁾ 극지연구소 ^{2)*} 충북대학교 ³⁾ 충남대학교	일반세션 ② 물리탐사 ■ 좌장: 박계순(지자연)
13:45~14:00	전자탐사자료의 효율적인 2차원 영상화를 위한 훈련자료 구성 방민규 ¹⁾ , 오석민 ¹⁾ , 설순지 ^{1)*} , 변중무 ¹⁾ ¹⁾ 한양대학교	
14:00~14:15	Median 필터를 이용한 MT 신호의 차량 잡음 제거 류경호 ¹⁾ , 권형석 ¹⁾ , 오석훈 ^{1)*} ^{1)*} 강원대학교	
14:15~14:30	사원수 곱하기의 소개_자기장 벡터의 회전에 적용 임무택 ^{1)*} , 신영홍 ²⁾ , 정현기 ¹⁾ , 김찬일 ³⁾ ^{1)*} 한국지질자원연구원 광물자원연구본부 ²⁾ 한국지질자원연구원 국토지질연구본부, ³⁾ 인하대학교	
14:30~14:45	땅밀림 산사태 지역에서의 지구물리탐사 사례분석 이선중 ^{1,2)} , 김지수 ^{1)*} ^{1)*} 충북대학교 지구환경과학과, geop22@cbnu.ac.kr ²⁾ 산림조합중앙회	
14:45~15:00	스칼라와 벡터 해양지자기자료를 이용한 교차점 보정 알고리즘 연구: 북서태평양을 중심으로 최한진 ^{1)*} , 소병달 ²⁾ , Jerome Dymant ³⁾ ^{1)*} 강원대학교 지구자원연구소, hanjin.choe@kangwon.ac.kr ²⁾ 강원대학교 지구물리학과, ³⁾ 파리지구물리연구소	
15:00~15:15	Coffee Break	



9월 24일(목요일) 발표 일정 [구두발표-Zoom Online]

발표 시간	발표 제목	좌장
15:15~15:30	Application of seismic array processing to assess station quality in Gyeongju, South Korea Hobin Lim¹⁾ , YoungHee Kim ¹⁾ , Jin-Han Ree ²⁾ , Tae-Seob Kang ³⁾ , Kwang-Hee Kim ⁴⁾ , Junkee Rhie ¹⁾ ¹⁾ School of Earth and Environmental Sciences, Seoul National University, ²⁾ Department of Earth and Environmental Sciences, Korea University, ³⁾ Division of Earth Environmental System Science, Pukyong National University, ⁴⁾ Department of Geological Science, Pusan National University	
15:30~15:45	Spatial variation and frequency dependence of Lg wave attenuation with site response correction along the CCSE array in central California, US Jeena Yun¹⁾ , YoungHee Kim ¹⁾ , and Robert W. Clayton ²⁾ ¹⁾ School of Earth and Environmental Sciences, Seoul National University, ²⁾ Division of Geological and Planetary Sciences, California Institute of Technology	일반세션 ③ 지진/탄성파 ■ 좌장: 김병엽(지자연)
15:45~16:00	2016년 규모 5.8 경주지진 동력학 지진단층 파열 모델링 연구 송석구¹⁾* , Geoffrey Ely ²⁾ ¹⁾ *한국지질자원연구원 국토지질연구본부, sgsong@kigam.re.kr ²⁾ Elygeo Consulting, USA	
16:00~16:15	2017년 11월 Mw 5.4 포항 지진 지역의 액상화 지수 평가 연구 이아인¹⁾ , 오석훈 ¹⁾ * ¹⁾ *강원대학교 에너지자원공학과	
16:15~16:30	Coffee Break	
	특별세션 - 천해저 고해상 물리탐사 기술	
16:30~16:45	국내 해저지진계 개발 사례 조철현¹⁾* , 주형태 ²⁾ , 김한준 ²⁾ ¹⁾ *지하정보기술(주) 부설기술연구소, ²⁾ 한국해양과학기술원	
16:45~17:00	소형선박 기반 연근해 3차원 탐사 시스템-EOS3D Ver. 1.0 하지호¹⁾* , 신정균 ¹⁾ , 김현도 ²⁾ , 서갑석 ¹⁾ , 한상목 ¹⁾ ¹⁾ *한국지질자원연구원 포항지질자원실증연구센터, ²⁾ (주) 지오뷰	
17:00~17:15	듀얼음원을 이용한 천해저 고해상 3D 탄성파 탐사 김현도¹⁾* , 김영현 ¹⁾ , 민건홍 ¹⁾ , 신정균 ²⁾ ¹⁾ *주식회사 지오뷰, ²⁾ 한국지질자원연구원	특별세션
17:15~17:30	육상 노달 시스템을 이용한 변이대 지역 탄성파 탐사 이동훈^{1,2)}* , 장성형 ¹⁾ , 김병엽 ¹⁾ , 강년건 ¹⁾ , 김지수 ²⁾ ¹⁾ *한국지질자원연구원 석유해저연구본부, ²⁾ 충북대학교	■ 좌장: 이태종(지자연)
17:30~17:45	남동 대륙붕에서 발견한 양산단층의 연장: 4기 활동과 지진재해 위험성 김한준¹⁾* , 문성훈 ¹⁾ , 김충호 ¹⁾ , 주형태 ¹⁾ , 김광희 ²⁾ ¹⁾ *한국해양과학기술원 해저활성단층연구단, ²⁾ 부산대학교	
17:45~18:00	3D 고해상도 탄성파탐사 시스템 (P-cable) 구축 및 실증 허식¹⁾* , 정의용 ¹⁾ , 박윤희 ¹⁾ , 정희수 ¹⁾ , 공창환 ¹⁾ , ¹⁾ *한국해양과학기술원	



9월 25일(금요일) 발표 일정 [구두발표-Zoom Online]

■ 워크샵: 한국지질자원연구원 국제지질자원인재개발센터 + Zoom Online

발표 시간	발표 제목	좌장
10:00~12:30	한국판 뉴딜 그리고 지구물리탐사 분야 대응전략 워크샵 ■ 발제자: 강정웅(산업통상자원부), 권오광(한국석유공사), 김영석(부산산업과학혁신원), 김진희(한국농어촌공사), 박순동(한국수자원공사), 박종성(전남녹색에너지연구원), 배경석(한국가스공사), 유영일(한국에너지기술평가원), 이진수(한국광해관리공단), 장명환(한국광물자원공사), 조성준(한국지질자원연구원), 허식(한국해양과학기술연구원)	워크샵 ■ 좌장: 오석훈(강원대)
12:30~13:00	Coffee Break	
	구두 발표	
13:00~13:15	물리탐사 자료를 고려한 다점 지구통계학 기반 불연속 절리망 모델링 구현 연구 이보미 ^{1)*} , 오석훈 ¹⁾ ^{1)*} 강원대학교	
13:15~13:30	지층물성 측정을 위한 스펙트럴감마검층과 중성자검층 황세호 ^{1,2)*} , 신제현 ¹⁾ , 정승호 ^{1,3)} ^{1)*} 한국지질자원연구원 지하수연구센터, ²⁾ 과학기술연합대학원대학교 석유자원공학과, ³⁾ 충북대학교	
13:30~13:45	인공지능 지구물리·지질 빅데이터 구축 및 국가 아틀라스 제작 허식 ^{1)*} ^{1)*} 한국해양과학기술원	
13:45~14:00	수치 모사를 통한 해구의 모양을 결정하는 기작 제시: 해구 퇴적물의 효과 금재윤 ¹⁾ , 소병달 ^{1)*} ^{1)*} 강원대학교	일반세션 ④ 지구물리/물리탐사 ■ 좌장: 임형래(부산대)
14:00~14:15	2차원 점탄소성 수치모사를 통한 암석권의 좌굴 구조 재현: 울릉 분지의 대한 시사점 도석현 ¹⁾ , 소병달 ^{1)*} , 김영균 ²⁾ , 김기범 ³⁾ ^{1)*} 강원대학교 지구물리학과, ²⁾ 강원대학교 지구자원 연구소, ³⁾ 부산대학교	
14:15~14:30	유한요소법에서 암석권의 변형률 의존 역급수 점성도 도출 방법 비교: 요소별 계산과 입자별 계산 박상진 ¹⁾ , 안수정 ¹⁾ , 소병달 ^{2)*} ¹⁾ 강원대학교 지구물리학과, ^{2)*} 강원대학교	
14:30~14:45	이산요소법을 이용한 변형률속도에 따른 암석의 압축 및 전단강도 연구 안수정 ¹⁾ , 소병달 ^{1)*} ^{1)*} 강원대학교	



9월 24일(목요일) 발표 일정 [Zoom Online]

순번	발표 시간	발표 제목	좌장
P-1-1	14:30	효율적인 빙권 탄성과 탐사 적용 방법- 사례 : 데이비드 빙하지역 빙저호의 관찰 주현태 ^{1)*} , 강승구 ¹⁾ , 김관수 ¹⁾ , 김예동 ¹⁾ , 이주한 ¹⁾ ^{1)*} 극지연구소	14:30-15:00 포스터 세션 ① ■ 좌장: 편석준(인하대)
P-1-2	14:35	규모-거리 관계에 따른 지진에 의한 지자기 변동성 분석 박신영 ¹⁾ , 오석훈 ^{1)*} ¹⁾ 강원대학교	
P-1-3	14:40	ADMAP-2과 위성자력자료를 이용한 남극 지역의 자기 이상값 연구 유하은 ^{1)*} , 김형래 ¹⁾ , Ralph R. B. von Frese ²⁾ , Alexander V. Golynsky ³⁾ , 홍종국 ⁴⁾ , 최순영 ⁵⁾ , 이아연 ¹⁾ , 박경준 ¹⁾ ^{1)*} 공주대학교 지질환경과학과, ²⁾ The Ohio State Univ., Columbus, ³⁾ VNIIOkeangeologia, ⁴⁾ 극지연구소, ⁵⁾ 한국해양과학기술원	
P-1-4	14:45	지진 후 점탄성 완화를 이용한 동해 하부 지각과 상부 맨틀 강도에 관한 수치 모사 연구 김민수 ¹⁾ , 김나원 ¹⁾ , 김현섭 ¹⁾ , 소병달 ^{1)*} ¹⁾ 강원대학교	
P-1-5	14:50	밀도 이상체에 의한 한반도 남동부 국지적 압축 응력에 관한 수치 모사 김현섭 ¹⁾ , 김나원 ¹⁾ , 김민수 ¹⁾ , 소병달 ^{1)*} ¹⁾ 강원대학교	
P-1-6	14:55	열계 형성에 관한 3차원 유한 요소 수치 모형 : 동해 형성 수치 모사 적용 가능성 장민석 ^{1)*} , 문병전 ¹⁾ , 홍윤서 ¹⁾ , 소병달 ¹⁾ ^{1)*} 강원대학교	
P-2-1	15:30	아담 옵티마이저와 주기적 학습률 방법을 사용한 라플라스 영역 완전파형역산 배우람 ¹⁾ , 하완수 ^{1)*} ^{1)*} 부경대학교	15:30-16:00 포스터 세션 ② ■ 좌장: 김창렬(지자연)
P-2-2	15:35	파라핀 함량에 따른 왁스생성온도 추정을 위한 초음파 특성 분석 김대철 ¹⁾ , 신성렬 ^{2)*} , 하지호 ³⁾ , 임종세 ²⁾ , 이동건 ¹⁾ ¹⁾ 한국해양대학교 해양에너지자원공학과, ^{2)*} 한국해양대학교 에너지자원공학과, ³⁾ 한국지질자원연구원 포항지질자원실증연구센터	
P-2-3	15:40	MT 탐사의 원거리 기준점 구축 및 운영 홍진표 ¹⁾ , 권형석 ¹⁾ , 오석훈 ^{1)*} , 이성곤 ²⁾ , 노명근 ³⁾ , 정호준 ⁴⁾ ^{1)*} 강원대학교, ²⁾ 한국지질자원연구원, ³⁾ ㈜지오룩스, ⁴⁾ ㈜휴먼앤어스	
P-2-4	15:45	도심지 싱크홀 탐지를 위한 기계학습 기반 GPR 자료 해석 연구 최병훈 ¹⁾ , 박준호 ¹⁾ , 이상현 ¹⁾ , 정제원 ¹⁾ , 최우창 ^{1)*} , 편석준 ¹⁾ , 조철현 ^{2)*} ^{1)*} 인하대학교 에너지자원공학과, ²⁾ 지하정보기술(주)	
P-2-5	15:50	오염지에서 다중시간채널 역산 기법을 활용한 시간영역 IP 탐사 역산 유희은 ¹⁾ , 김빛나래 ¹⁾ , 남명진 ^{1,2)*} ^{1)*} 세종대학교	
P-2-6	15:55	섬광검출기를 이용한 지중 환경 내 오염 물질 방사화 분석 연구 홍우성 ¹⁾ , 정원식 ²⁾ , 김기현 ^{3)*} ¹⁾ 세종대학교 원자력공학과, ²⁾ 서울대학교 원자력미래기술정책연구소, ^{3)*} 서울대학교	

※ 본 프로그램은 변경될 수 있으니 추후에 마지막 프로그램을 확인하시기 바랍니다.



▶ Contents ◀

■ 기초강연

부산의 지역주도 혁신사업 - 김영석(부산산업과학혁신원) 01

■ 일반세션 ①

머신러닝

머신러닝을 이용한 효과적인 물리검층 자료 복원
이시규^{1)*}, 이호용¹⁾, 주지안¹⁾
^{1)*}한국석유공사 기술센터 03

머신러닝 기반 암상 분류 시 CycleGAN을 이용한 학습자료 증대 및 선별
김도완¹⁾, 변중무^{1)*}
¹⁾한양대학교 자원환경공학과 04

회절파 분리 시 학습된 딥러닝 모델을 파형이 변화된 자료에 적용하기 위한 전이학습의 활용 사례
김수윤¹⁾, 설순지¹⁾, 변중무^{1)*}, 조영화¹⁾
¹⁾한양대학교 자원환경공학과 05

기계 학습을 이용한 단층 배치 분류 및 특징 추출
장진수^{1)*}, 소병달¹⁾
^{1)*}강원대학교 지구물리학과 06

준 지도 전이 학습을 이용한 속도 모델 구축
전형구^{1)*}, 주형태¹⁾, 이상훈¹⁾, 김충호¹⁾, 문혜진¹⁾, 진영근²⁾
¹⁾한국해양과학기술원 해양환경기후연구본부 ²⁾한국해양과학기술원 부설 극지연구소 07

베이지안 최적화를 이용한 암상 분류 모델의 하이퍼 파라미터 탐색
최용욱¹⁾, 윤대웅^{1)*}, 최준환²⁾, 변중무²⁾
^{1)*}전남대학교 에너지자원공학과, ²⁾한양대학교 자원환경공학과 08

■ 일반세션 ②

물리탐사

전기비저항탐사를 이용한 적설에 따른 동토 및 활동층의 변화 연구
김관수^{1,2)}, 이주한¹⁾, 주현태¹⁾, 이응상³⁾, 김지수^{2)*}
¹⁾극지연구소 ^{2)*}충북대학교 ³⁾충남대학교 10

전자탐사자료의 효율적인 2차원 영상화를 위한 훈련자료 구성
방민규¹⁾, 오석민¹⁾, 설순지^{1)*}, 변중무¹⁾
¹⁾한양대학교 11

Median 필터를 이용한 MT 신호의 차량 잡음 제거
류경호¹⁾, 권형석¹⁾, 오석훈^{1)*}
^{1)*}강원대학교 12

사원수 곱하기의 소개_자기장 벡터의 회전에 적용
임무택^{1)*}, 신영홍²⁾, 정현기¹⁾, 김찬일³⁾
^{1)*}한국지질자원연구원 광물자원연구본부 ²⁾한국지질자원연구원 국토지질연구본부,
³⁾인하대학교 13

땅밀림 산사태 지역에서의 지구물리탐사 사례분석
이선중^{1,2)}, 김지수^{1)*}
^{1)*}충북대학교 지구환경과학과, geop22@cbnu.ac.kr
²⁾산림조합중앙회 14

스칼라와 벡터 해양지자기자료를 이용한 교차점 보정 알고리즘 연구: 북서태평양을 중심으로
최한진^{1)*}, 소병달²⁾, Jerome Dymant³⁾
^{1)*}강원대학교 지구자원연구소, hanjin.choe@kangwon.ac.kr
²⁾강원대학교 지구물리학과, ³⁾파리지구물리연구소 15

■ 일반세션 ③

지진/탄성파

Application of seismic array processing to assess station quality in Gyeongju, South Korea
Hobin Lim¹⁾, YoungHee Kim^{1)*}, Jin-Han Ree²⁾, Tae-Seob Kang³⁾, Kwang-Hee Kim⁴⁾, Junkee Rhie¹⁾
¹⁾School of Earth and Environmental Sciences, Seoul National University,
²⁾Department of Earth and Environmental Sciences, Korea University,
³⁾Division of Earth Environmental System Science, Pukyong National University,
⁴⁾Department of Geological Science, Pusan National University 17

Spatial variation and frequency dependence of Lg wave attenuation with site response correction along the CCSE array in central California, US
Jeena Yun¹⁾, YoungHee Kim¹⁾, and Robert W. Clayton²⁾
¹⁾School of Earth and Environmental Sciences, Seoul National University,
²⁾Division of Geological and Planetary Sciences, California Institute of Technology 18

2016년 규모 5.8 경주지진 동력학 지진단층 파열 모델링 연구
송석구^{1)*}, Geoffrey Ely²⁾
¹⁾한국지질자원연구원 국토지질연구본부, sgsong@kigam.re.kr
²⁾Elygeo Consulting, USA 19

2017년 11월 Mw 5.4 포항 지진 지역의 액상화 지수 평가 연구
이아인¹⁾, 오석훈^{1)*}
¹⁾강원대학교 에너지자원공학과 20

■ 특별 세션

천해저 고해상 물리탐사 기술

국내 해저지진계 개발 사례
조철현^{1)*}, 주형태²⁾, 김한준²⁾
¹⁾지하정보기술(주) 부설기술연구소, ²⁾한국해양과학기술원 22

소형선박 기반 연근해 3차원 탐사 시스템-EOS3D Ver. 1.0
하지호^{1)*}, 신정균¹⁾, 김현도²⁾, 서갑석¹⁾, 한상목¹⁾
¹⁾한국지질자원연구원 포항지질자원실증연구센터, ²⁾(주) 지오뷰 23

듀얼음원을 이용한 천해저 고해상 3D 탄성파 탐사
김현도^{1)*}, 김영현¹⁾, 민건홍¹⁾, 신정균²⁾
¹⁾주식회사 지오뷰, ²⁾한국지질자원연구원 24

육상 노달 시스템을 이용한 변이대 지역 탄성파 탐사
이동훈^{1,2)*}, 장성형¹⁾, 김병엽¹⁾, 강년건¹⁾, 김지수²⁾
¹⁾한국지질자원연구원 석유해저연구본부, ²⁾충북대학교 25

남동 대륙붕에서 발견한 양산단층의 연장: 4기 활동과 지진재해 위험성
김한준^{1)*}, 문성훈¹⁾, 김충호¹⁾, 주형태¹⁾, 김광희¹⁾
¹⁾한국해양과학기술원 해저활성단층연구단, ¹⁾부산대학교 26

3D 고해상도 탄성파탐사 시스템 (P-cable) 구축 및 실증
허식^{1)*}, 정의용¹⁾, 박윤희¹⁾, 정희수¹⁾, 공창환¹⁾,
¹⁾한국해양과학기술원 27





■ 워크샵

한국판 뉴딜 그리고 지구물리탐사 분야 대응전략 워크샵 28

■ 일반세션 ④

지구물리/물리탐사

물리탐사 자료를 고려한 다점 지구통계학 기반 불연속 절리망 모델링 구현 연구

이보미^{1)*}, 오석훈¹⁾

^{1)*}강원대학교 30

지층물성 측정을 위한 스펙트럴감마검층과 중성자검층

황세호^{1,2)*}, 신제현¹⁾, 정승호^{1,3)}

^{1)*}한국지질자원연구원 지하수연구센터,
²⁾과학기술연합대학원대학교 석유자원공학과, ³⁾충북대학교 31

인공지능 지구물리·지질 빅데이터 구축 및 국가 아틀라스 제작

허식^{1)*}

^{1)*}한국해양과학기술원 32

수치 모사를 통한 해구의 모양을 결정하는 기작 제시: 해구 퇴적물의 효과

금재윤¹⁾, 소병달^{1)*}

^{1)*}강원대학교 33

2차원 점탄소성 수치모사를 통한 암석권의 좌굴 구조 재현: 울릉 분지의 대한 시사점

도석현¹⁾, 소병달^{1)*}, 김영균²⁾, 김기범³⁾

^{1)*}강원대학교 지구물리학과, ²⁾강원대학교 지구자원 연구소, ³⁾부산대학교 34

유한요소법에서 암석권의 변형을 의존 역급수 점성도 도출 방법 비교: 요소별 계산과 입자별 계산

박상진¹⁾, 안수정¹⁾, 소병달^{2)*}

¹⁾강원대학교 지구물리학과, ^{2)*}강원대학교 35

이산요소법을 이용한 변형률속도에 따른 암석의 압축 및 전단강도 연구

안수정¹⁾, 소병달^{1)*}

^{1)*}강원대학교 36

■ 포스터 세션

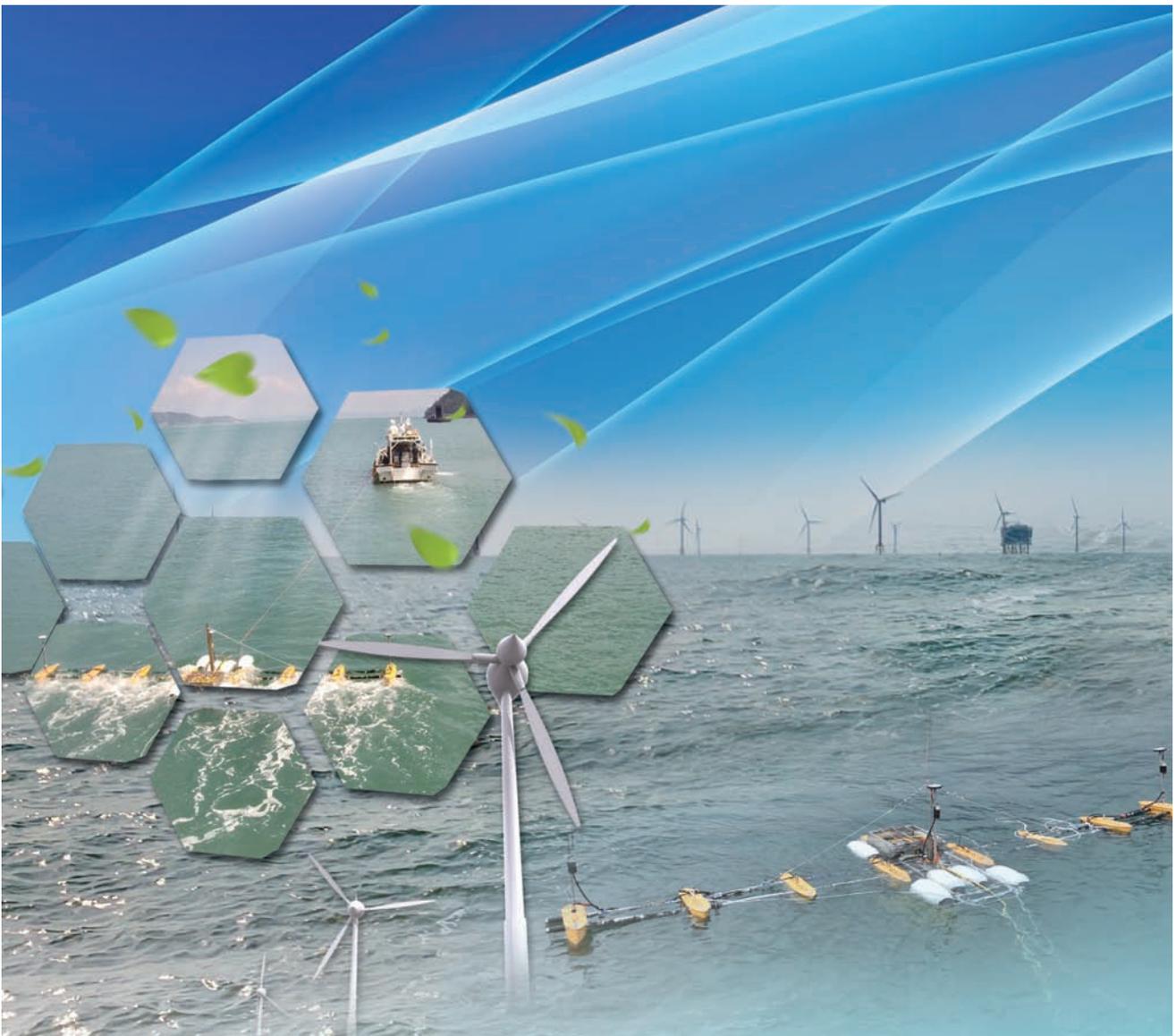
P-1-1	효율적인 빙권 탄성과 탐사 적용 방법- 사례 : 데이비드 빙하지역 빙저호의 관찰 주현태 ^{1)*} , 강승구 ¹⁾ , 김관수 ¹⁾ , 김예동 ¹⁾ , 이주한 ¹⁾ ^{1)*} 극지연구소	38
P-1-2	규모-거리 관계에 따른 지진에 의한 지자기 변동성 분석 박신영 ¹⁾ , 오석훈 ^{1)*} ¹⁾ 강원대학교	39
P-1-3	ADMAP-2과 위성자력자료를 이용한 남극 지역의 자기 이상값 연구 유하은 ^{1)*} , 김형래 ¹⁾ , Ralph R. B. von Frese ²⁾ , Alexander V. Golynsky ³⁾ , 홍중국 ⁴⁾ , 최순영 ⁵⁾ , 이아연 ¹⁾ , 박경준 ¹⁾ ^{1)*} 공주대학교 지질환경과학과, ²⁾ The Ohio State Univ., Columbus, ³⁾ VNI Okeangeologia, ⁴⁾ 극지연구소, ⁵⁾ 한국해양과학기술원	40
P-1-4	지진 후 점탄성 완화를 이용한 동해 하부 지각과 상부 맨틀 강도에 관한 수치 모사 연구 김민수 ¹⁾ , 김나원 ¹⁾ , 김현섭 ¹⁾ , 소병달 ^{1)*} ¹⁾ 강원대학교	41
P-1-5	밀도 이상체에 의한 한반도 남동부 국지적 압축 응력에 관한 수치 모사 김현섭 ¹⁾ , 김나원 ¹⁾ , 김민수 ¹⁾ , 소병달 ^{1)*} ¹⁾ 강원대학교	42
P-1-6	열개 형성에 관한 3차원 유한 요소 수치 모형 : 동해 형성 수치 모사 적용 가능성 장민석 ^{1)*} , 문병진 ¹⁾ , 홍윤서 ¹⁾ , 소병달 ¹⁾ ^{1)*} 강원대학교	43
P-2-1	아담 옵티마이저와 주기적 학습률 방법을 사용한 라플라스 영역 완전파형역산 배우람 ¹⁾ , 하완수 ^{1)*} ^{1)*} 부경대학교	44
P-2-2	파라핀 함량에 따른 왁스생성온도 추정을 위한 초음파 특성 분석 김대철 ¹⁾ , 신성렬 ^{2)*} , 하지호 ³⁾ , 임종세 ²⁾ , 이동건 ¹⁾ ¹⁾ 한국해양대학교 해양에너지자원공학과, ^{2)*} 한국해양대학교 에너지자원공학과, ³⁾ 한국지질자원연구원 포항지질자원실증연구센터	45
P-2-3	MT 탐사의 원거리 기준점 구축 및 운영 홍진표 ¹⁾ , 권형석 ¹⁾ , 오석훈 ^{1)*} , 이성곤 ²⁾ , 노명근 ³⁾ , 정호준 ⁴⁾ ^{1)*} 강원대학교, ²⁾ 한국지질자원연구원, ³⁾ (주)지오룩스, ⁴⁾ (주)휴먼앤어스	46
P-2-4	도심지 싱크홀 탐지를 위한 기계학습 기반 GPR 자료 해석 연구 최병훈 ¹⁾ , 박준호 ¹⁾ , 이상현 ¹⁾ , 정제원 ¹⁾ , 최우창 ^{1)*} , 편석준 ¹⁾ , 조철현 ^{2)*} ^{1)*} 인하대학교 에너지자원공학과, ²⁾ 지하정보기술(주)	47
P-2-5	오염지에서 다중시간채널 역산 기법을 활용한 시간영역 IP 탐사 역산 유희은 ¹⁾ , 김빛나래 ¹⁾ , 남명진 ^{1,2)*} ^{1)*} 세종대학교	48
P-2-6	섬광검출기를 이용한 지중 환경 내 오염 물질 방사화 분석 연구 홍우성 ¹⁾ , 정원식 ²⁾ , 김기현 ^{3)*} ¹⁾ 세종대학교 원자력공학과, ²⁾ 서울대학교 원자력미래기술정책연구소, ^{3)*} 서울대학교	49

기조강연



Korean Society of Earth and
Exploration Geophysicists

| 김영석(부산산업과학혁신원)

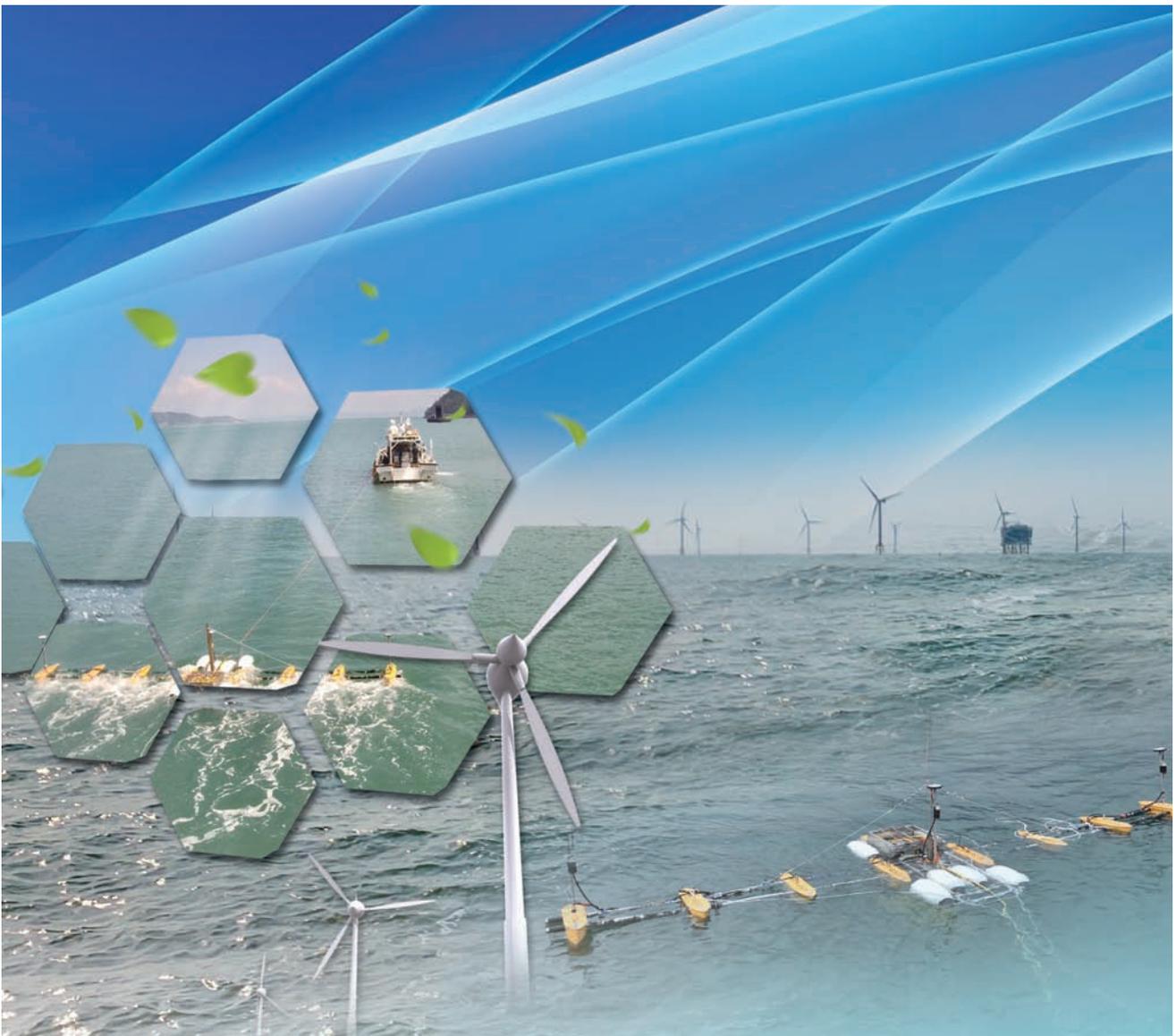


일반세션 ①



Korean Society of Earth and
Exploration Geophysicists

| 머닝러닝



머신러닝을 이용한 효과적인 물리검층 자료 복원

이시규^{1)*}, 이호용¹⁾, 주지안¹⁾

^{1)*} 한국석유공사 기술센터, cqlee@knoc.co.kr

Effective Well-log Data Restoration by Using Machine Learning Techniques

Sigue Lee^{1)*}, Hoyong Lee¹⁾, and Jian Joo¹⁾

석유·가스 산업에서의 탐사자료 취득 및 처리 기술이 발전하면서 탐사자료의 정량적 분석·해석의 중요성이 지속적으로 증가하고 있다. 물리검층 자료는 시추 코어를 제외하고 탐사 자료 중 가장 정밀하고 정확하여 정량적 분석·해석의 핵심 역할을 담당한다. 그러나 물리검층 자료에는 취득 방식에 기인한 불가피한 오류와 결함이 항상 발생하는데, 이는 주기 놓침 현상(cycle-skipping)에 의한 스파이크(spike), 시추공의 붕락(caving) 및 케이킹(caking) 현상으로 인한 측정오류, 케이싱 슈(casing shoe) 구간의 자료 누락 등을 포함한다. 따라서 신뢰할 수 있는 정량적 분석·해석을 위해서는 이러한 오류와 결함을 보정하고 복원하는 것이 필수적이다. 검층 자료의 보정·복원 시 가장 간단한 방법은 이동평균법(moving average) 등의 기법을 통한 디스파이킹(despiking), 선형보간법(linear interpolation)을 통해 누락 구간을 채우는 방법 등이 있다. 또한 Gardner 방정식, Greenburg-Castagna 방정식 등의 1~2차 선형회귀 경험식 기반 복원 방법이 있으며, 이는 간단하면서도 쇄설성 퇴적암 지역에서 적용성이 높아 실무에서 가장 많이 사용되고 있다. 또한 최근에는 분지 특성에 따른 암석 물성 간의 관계를 잘 반영하기 위해 해당 분지 내에 적용되는(basin-specific) 회귀식을 직접 찾아서 물리검층 자료를 복원하는 경우도 많다. 그러나 단순 회귀식을 통한 검층 자료 복원 결과는 1~2개 입력자료의 품질에 지배받게 된다. 이는 이후 단계의 물리검층 자료 해석, Seismic well-tie, Seismic inversion 등 정량적 분석·해석 과정에 누적되어 영향을 미친다. 이 연구에서는 물리검층 자료를 복원하는 과정에서 위의 단순 회귀식 기반 복원기법의 단점을 극복할 목적으로, 머신러닝을 이용한 다중선형 및 비선형 회귀 기반 복원을 시도하였다. 입력 자료로 다수의 암석물리적 특성(petrophysical properties) 및 탄성 특성(elastic properties) 로그를 사용하여 복원 결과에 물리적인 의미를 최대한 반영하고자 하였다. 입력자료 및 레이블의 사전처리 단계에서는 오류나 결함이 나타나는 부분을 Outlier로 처리하여 학습에서 배제함으로써 왜곡된 정보가 입력되는 것을 방지하였다. 또한 효과적인 작업이 이뤄질 수 있도록 Outlier 탐색 및 입력자료 선택의 두 단계를 자동화함으로써 작업 속도의 향상을 도모하였다. 이와 같이 전처리가 완료된 현장 물리검층 자료에 다양한 머신러닝 기법을 적용하여 물리검층 자료 복원을 수행하고 기법별 성능 차이를 비교하였다. 그 결과, 기존의 경험식 또는 단순 회귀식 기반 복원 기법에 비해 복원 성능이 향상된 결과를 도출하였다.

사 사

본 연구에 많은 도움을 주신 RISE.ml 컨소시엄의 한양대학교 변중무 교수님, 전남대학교 윤대웅 교수님과 컨소시엄 연구원 여러분께 진심으로 감사드립니다.

머신러닝 기반 암상 분류 시 CycleGAN을 이용한 학습자료 증대 및 선별

김도완¹⁾, 변중무^{1)*}

¹⁾ 한양대학교 자원환경공학과, jbyun@hanyang.ac.kr

Data augmentation and selection using CycleGAN for machine learning-based facies classification

Dowan Kim¹⁾, and Joongmoo Byun^{1)*}

정량적 탄성파 해석에서 암상 분류는 물리검층 자료나 코어 샘플 등에서 획득한 정보를 이용하여 관심영역에서의 암상 및 공극유체를 분류하는 작업을 말한다. 이 때 다양한 탄성물성들이 암상 분류를 위한 주요 입력자료가 될 수 있다. 탄성물성들은 수포화도, 공극률, 셰일체적비와 밀접한 관련이 있으며, 물리검층 자료로부터 쉽게 획득이 가능하다는 장점을 지닌다. 또한 중합 전 탄성파탐사 자료를 이용하여 임피던스 역산을 수행하게 되면, 탄성파탐사 영역에서도 동일한 탄성물성을 획득할 수 있어 물리검층 자료와 지표 탄성파탐사 자료를 잇는 다리 역할도 수행한다. 암상 분류에 머신러닝의 적용은 최근 머신러닝 기술의 발전으로 활발하게 연구되고 있는 분야이다. 머신러닝 기반 암상 분류는 해석자의 주관을 최소화하고 시간적 효율을 극대화한다는 장점을 가진다. 하지만 자료 획득이 제한적으로 이루어진다는 물리검층의 특성상, 머신러닝 기반 암상 분류는 클래스 불균형 문제나 절대적인 자료 부족 문제 등이 쉽게 발생할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 CycleGAN (Cycle-consistent Generative Adversarial Networks, Zhu et al., 2017)을 이용하여 실제 물리검층 자료를 모사하는 합성자료를 추가 생성하고자 하였다. 또한 CycleGAN을 이용한 자료증대 시 클래스 별로 합성자료의 생성 양을 결정하고 생성된 합성자료를 선별하는 기준을 제안함으로써 클래스 별 균형 있는 학습이 이루어지도록 하였다. 개발된 알고리즘은 Vincent 현장자료를 통해 검증되었다. 현장자료 적용 결과 검층자료의 분류 결과가 크게 향상되었으며 탄성파 영역에서도 보다 물리적으로 타당한 예측 결과를 획득할 수 있었다.

사 사

이 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(No. 20194010201920 & 20182510102471).

회절파 분리 시 학습된 딥러닝 모델을 파형이 변화된 자료에 적용하기 위한 전이학습의 활용 사례

김수윤¹⁾, 설순지¹⁾, 변중무^{1)*}, 조영화¹⁾

¹⁾한양대학교 자원환경공학과, jbyun@hanyang.ac.kr

Application of transfer learning to the waveform changes in diffraction extraction of seismic data

Sooyoon Kim¹⁾, Soon Jee Seol¹⁾, Joongmoo Byun^{1)*}, and Younghwa Jo¹⁾

최근에는 탄성파 자료 처리의 다양한 분야에서 딥러닝(deep learning) 기법을 적용하는 연구들이 활발하게 진행되고 있다. 이러한 딥러닝에 기반한 접근 방법은 분석 대상 자료(target data)에 대해 빠른 속도로 뛰어난 성능의 결과를 얻을 수 있으나, 학습 자료와 대상 자료가 동일한 특성을 가져야 한다는 조건이 선행된다. 각 자료의 특성이 다를 경우 대부분의 딥러닝 모델의 성능이 크게 저하되기 때문에, 대상 자료의 특성이 변할 경우 새로운 학습 자료를 구성하여 모델을 처음부터 다시 학습해야 하는 문제가 있다. 그러나 학습 자료를 새롭게 구성하는 일은 많은 시간과 비용을 요구하기 때문에, 전이 학습(transfer learning)을 이용하여 비교적 적은 비용과 노력으로 만족할만한 결과를 얻고자 하는 시도가 있었다. 한편, 탄성파 탐사 자료는 다양한 자료 처리 기법을 필요로 하며 자료 처리에 의해 그 특성이 변화한다. 따라서 탄성파 자료에 딥러닝을 이용한 자료처리 기법을 적용할 시, 자료 처리 전 자료를 통해 학습된 모델은 처리 후 자료에 대해 성능이 급격히 떨어지는 경우가 발생하게 된다. 그러나 이를 위해 매번 새로 학습 자료 전체 구성하고 다시 학습시키는 것은 매우 비효율적이다. 따라서 이 연구에서는 탄성파 공통 별림 자료에서의 회절파 분리 문제에 있어, 이미 학습된 딥러닝 모델에 대해 전이 학습을 수행하여 파형이 변화한 새로운 자료에 대해서도 예측 성능이 유지되는 결과를 보여주고자 한다.

사 사

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(No. 20194010201920).

기계 학습을 이용한 단층 배치 분류 및 특징 추출

장진수^{1)*}, 소병달¹⁾

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

Classification and feature extraction of fault distribution using machine learning

Jin Su Jang^{1)*}, Byung-Dal So¹⁾

단층의 공간적 배치는 단층 사이의 응력 상호작용에 상당한 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 기계 학습을 이용해서 단층의 공간적 배치와 응력 상호작용 사이의 관계를 분석하기에 앞서 단층 분포의 복잡도나 자료의 크기가 기계 학습에 미치는 영향을 조사할 필요가 있다. 본 연구에서는 10000개 이상의 단층 배치 자료를 주성분 분석과 랜덤 포레스트로 구성된 분류기에 학습시켰다. 단층 배치 자료는 한 변의 길이가 R km인 정사각형 영역에 다수의 단층을 임의의 위치에 배치된 이미지이다. 주성분 분석은 자료의 지배적인 특징을 추출하여 자료의 차원을 감소시킨다. 랜덤 포레스트는 추출된 특징과 이에 대응하는 R 값을 학습하여 결정 경계를 형성한다. 이 과정을 거쳐 학습이 완료된 기계 학습 분류기는 새로운 단층 배치 이미지로부터 단층 배치 조절인자를 인식한다. 학습 과정에서 분류기의 성능 향상과 효율성을 위해 주성분 수, 랜덤 포레스트의 매개변수와 학습에 사용된 자료의 수가 분류 성능에 미치는 영향을 조사하였다. 주성분 분석이 추출한 특징과 원본 자료를 비교한 결과, 다양한 R 값이 적용되어 단층 배치가 복잡해지거나 학습 자료의 수가 증가할수록 원본의 특징을 보존하기 위해 더 많은 주성분이 필요하였다. 학습 자료의 수가 한정될 때, 효율적인 기계 학습 분류기를 구성하기 위해 학습 자료 수와 주성분 수의 비율에 따른 분류 성능을 조사하였다. 그 결과, 그 비율이 ~0.1일 때, 분류기의 정밀도가 높은 경향을 보였다. 이 결과는 주성분 분석과 랜덤 포레스트로 구성된 분류기가 단층 배치를 분류하기 위해서 구체적인 단층의 위치보다 단층이 배치되는 영역이 중요함을 지시한다. 본 연구의 결과는 랜덤 포레스트를 이용하여 단층 배치를 분류할 경우, 학습 자료의 약 10%에 해당하는 적은 수의 주성분으로도 충분한 분류 성능을 얻을 수 있으며, 특징 추출을 위한 주성분의 수는 학습에 사용되는 자료 수에 의존함을 보였다.

사 사

본 연구는 기상청 기상·지진 See-At 기술개발사업(KMI2018-02110), 신진연구지원 사업(NRF2019R1C1C1010804), 행안안전부의 '지진방재분야 전문인력 양성' 사업, 2019년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원(No.2019R1A6A1A03033167)으로 수행되었습니다.

준 지도 전이 학습을 이용한 속도 모델 구축

전형근^{1)*}, 주형태¹⁾, 이상훈¹⁾, 김충호¹⁾, 문혜진¹⁾, 진영근²⁾

¹⁾ 한국해양과학기술원 해양환경기후연구본부, hgjun1026@kiost.ac.kr

²⁾ 한국해양과학기술원 부설 극지연구소

Velocity model building using semi-supervised transfer learning

Hyunggu Jun^{1)*}, Hyeong-Tae Jou¹⁾, Sang Hoon Lee¹⁾, Chung-Ho Kim¹⁾, and Hye-Jin Moon¹⁾,
Young-Keun Jin²⁾

탄성파 자료 처리를 통해 정확한 지하 매질의 속도 정보를 얻는 것은 지하 구조를 파악하는데 있어서 가장 중요한 절차 중 하나이다. 따라서 지하 속도 구조 도출을 위해 많은 연구가 이루어지고 있으며 최근에는 머신러닝을 이용한 지하 속도 구조 도출 연구가 다양한 방법으로 수행되고 있다. 머신러닝은 크게 정답 있는 자료 (labeled data) 가 필요한 지도학습과 정답이 없는 자료 (unlabeled data) 를 활용하는 비 지도학습으로 나눌 수 있으며 속도 구조 도출을 위해서 현재까지는 주로 지도 학습이 활용되었다. 지도학습에는 정답이 있는 학습 자료가 필수적이거나 기존에 존재하는 탄성파 자료를 통해 정답이 있는 학습 자료를 생성하기 위해서는 많은 시간과 비용이 필요하므로 충분한 양의 정답이 있는 학습 자료를 확보하기 어려운 경우가 많다. 이러한 문제를 극복하기 위해서 정답이 있는 학습 자료와 정답이 없는 학습 자료를 동시에 활용하는 준 지도 학습이라는 방법이 제안되었으며 본 연구에서도 제한된 양의 정답 자료를 활용하여 효율적으로 속도 구조를 도출하기 위해 준 지도 학습 중 가장 간단한 형태인 오토 라벨링 (auto labeling) 기법을 활용하였다. 오토 라벨링은 한정된 정답 자료로부터 유사 정답 자료를 (pseudo-labeled data) 를 생산하여 학습 자료의 양을 늘리는 방법이다. 이는 적은 양의 정답 자료만으로 학습을 수행할 수 있다는 장점이 있으나 초기 라벨링 결과에 포함된 오류가 학습에 치명적인 영향을 줄 수 있다는 단점을 가지고 있다. 따라서 본 연구에서는 준 지도 학습과 전이 학습을 함께 반복적으로 사용하여 유사 정답 자료로 인해 발생할 수 있는 결과의 편향을 보정하고자 하였다. 제안된 방법은 수치예제를 통해 검증되었으며 수치 예제 결과는 제안된 방법이 제한된 양의 정답 자료를 이용하여도 효율적으로 속도 구조를 도출할 수 있음을 보였다.

사 사

이 연구는 한국해양과학기술원 (PE99841) 과 해양수산과학기술진흥원 (KIMST Grant 20160247) 의 지원을 받아 수행되었습니다.

베이지안 최적화를 이용한 암상 분류 모델의 하이퍼 파라미터 탐색

최용욱¹⁾, 윤대웅^{1)*}, 최준환²⁾, 변중무²⁾

^{1)*} 전남대학교 에너지자원공학과, duyoon@gmail.com

²⁾ 한양대학교 자원환경공학과

Hyperparameter search for facies classification with bayesian optimization

Yonguk Choi¹⁾, Daeung Yoon^{1)*}, Junhwan Choi²⁾, Joongmoo Byun²⁾

최근 컴퓨터 하드웨어의 발전과 오픈소스 소프트웨어의 기여로 인공지능 기술에의 접근성이 용이해지면서 물리탐사 분야에도 머신러닝 및 딥러닝 기술을 적용하는 사례가 점차 증가하고 있다. 또한 기존의 전통적인 자료처리 및 해석 기법보다 높은 성능을 발휘하는 다양한 머신러닝 기반의 기술들이 소개되면서 머신러닝과 물리탐사 융합 기술 관련 연구가 전 세계적으로 가속화되고 있는 추세이며, 이는 학제의 패러다임 변화에까지 영향을 미치고 있다. 그 중에서도 정량적 탄성파 해석(Quantitative Seismic Interpretation) 분야는 물리검층 및 탄성파 자료를 이용하여 탄성파 영역에서의 암상 및 공극 유체를 규명하는 방법으로, 저류층 해석의 불확실성을 감소시키기 위해 암석물리학 기반 통계 기술 및 머신러닝 기법들이 사용되어 왔고, 최근 딥러닝 기술 또한 활발히 적용되고 있다. 본 연구에서는 머신러닝에서의 AutoML, 그 중에서도 하이퍼파라미터 자동 탐색을 위한 베이지안 최적화 기술에 중점을 두고, 그 한 예제로써 정량적 탄성파 해석 분야에 적용하였고, Vincent field의 현장 물리검층 자료를 이용하여 그 성능을 평가하였다. 알고리즘으로는 그래디언트 부스팅 기반의 LightGBM 알고리즘을 사용하였고, 이 알고리즘의 하이퍼파라미터들을 랜덤 탐색과 베이지안 최적화의 결과를 비교하여 결과를 도출하였다. 300회의 반복에서 베이지안 최적화가 상대적으로 높은 검증 AUC 성능을 보였고, 대부분의 반복횟수에서 베이지안 최적화가 안정적으로 높은 성능을 보이는 것을 확인하였다. 본 연구에서는 정량적 탄성파 해석을 이용한 암상 분류 예제만을 적용하여 베이지안 최적화의 효율성을 검증하였지만, 이 기법은 대부분의 지도학습 기반 모델의 성능을 향상시키는 방법으로 사용될 수 있으며, 하이퍼파라미터 튜닝에 소요되는 시간을 절약 할 수 있다. 따라서 베이지안 최적화를 이용한 예측 프레임워크가 물리탐사 분야의 다양한 문제에 활용되기를 기대한다.

사 사

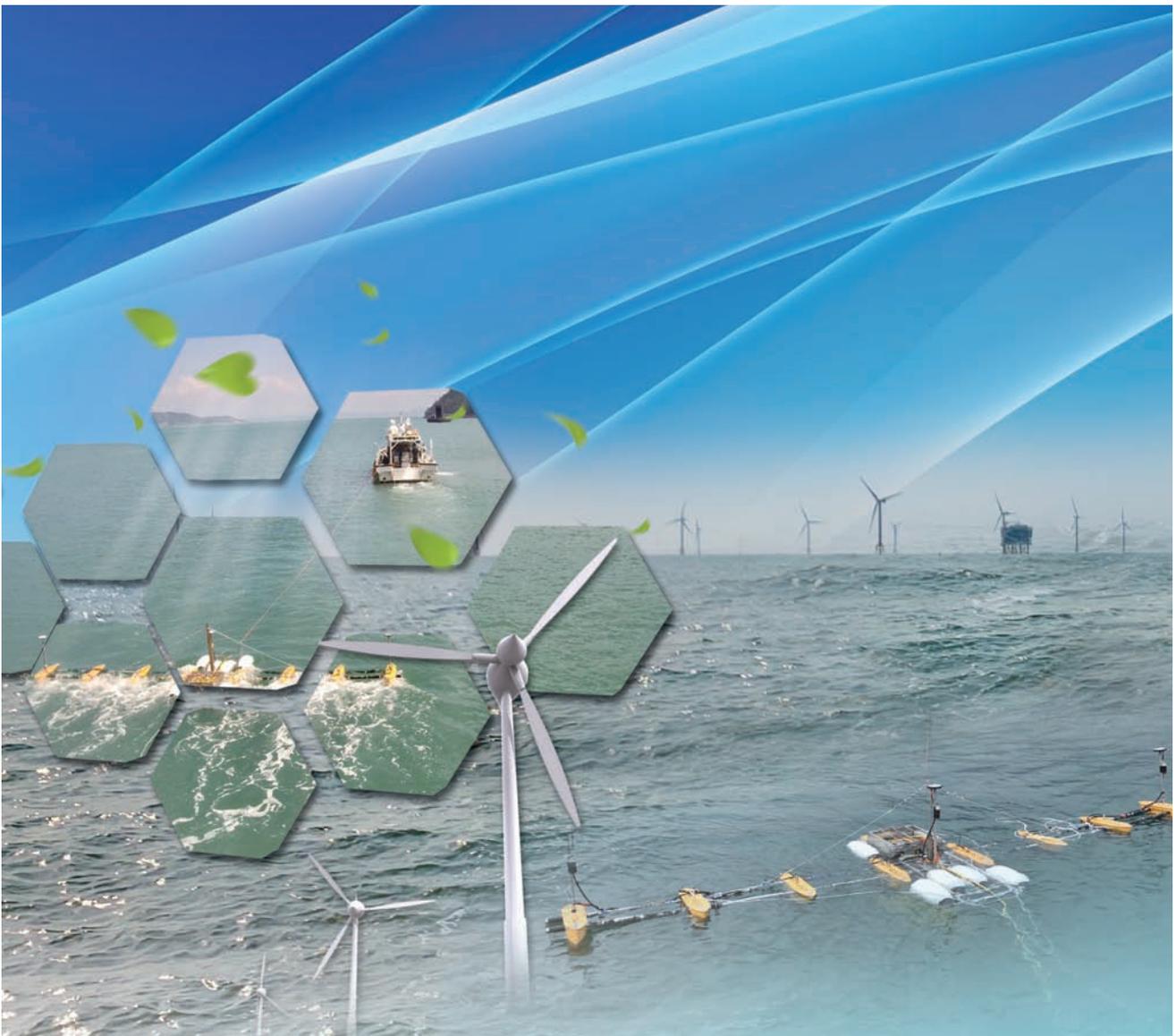
본 연구는 한국지질자원연구원의 주요사업 지오빅데이터 구축 및 지질자원 분야 GeoAI 활용 플랫폼 개발(GP2020-031)의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다. 또한 현장자료를 제공해주신 SK innovation에 감사드립니다.

일반세션 ②



Korean Society of Earth and
Exploration Geophysicists

| 물리탐사



전기비저항탐사를 이용한 적설에 따른 동토 및 활동층의 변화 연구

김관수^{1,2)}, 이주한¹⁾, 주현태¹⁾, 이응상³⁾, 김지수^{2)*}

¹⁾ 극지연구소

^{2)*} 충북대학교 지구환경과학과, geop22@chungbuk.ac.kr

³⁾ 충남대학교 우주·지질학과

Study Case of Active Layer related to Snow Drifts using Electrical Resistivity Survey in the Permafrost Region

Kwansoo Kim^{1,2)}, Joochan Lee¹⁾, Hyeontae Ju¹⁾, Eungsang Lee³⁾ and Ji-Soo Kim^{2)*}

우리나라 최초의 남극기지인 세종과학기지(남위 62° 13', 서경 58° 47')는 1988년 2월 준공하여 지난 30여년간 몇 차례의 증축을 거쳐 연구원들이 연구를 수행하고 있는 상주기지이다. 세종과학기지 주변은 지난 30년간 연평균 적설량이 592 cm로 많은 편이고, 적설이 집중되는 겨울철은 주로 동풍이 부는데 30년 전 건설된 기지 구조물이 영향을 끼쳐 풍하측으로 풍속은 감소하고 와류가 발생하여 구조물 서쪽에 많은 적설을 남긴다. 적당한 적설은 낮은 대기온도를 차단하는 절연효과 및 눈이 용해된 물이 표층으로 공급되어 식생의 성장을 증진시키지만 해당 연구지역은 적설이 지나치게 많이 발생하여 태양에너지가 적게 도달하고 쌓인 눈의 무게 때문에 기존에 분포하고 있던 이끼와 지의류는 점차 사라져 가고 있다. 지구물리탐사방법중 하나인 전기비저항탐사법을 이용하여 구간 60 m 내에 적설의 차이가 70 cm 이상 보이는 곳의 활동층과 동토층을 조사하였다. 자료 취득기간은 결빙기인 2020년 2월 말부터 5월 말 까지 약 2주 간격으로 전극간격 1 m, 전극개수 64개, 배열법으로는 쌍극자 배열법과 웨너 배열법을 사용하였다. 극천부 부분은 수직분해능과 수평 탐사에 적합한 웨너 배열법으로 얻은 자료를 이용해 해석하였고 투과심도가 좋은 쌍극자 배열을 이용해 활동층과 동토층의 경계를 해석하였다. 이끼와 지의류가 분포하는 적당한 적설을 보인 구간에서는 2월 말 활동층의 최대 두께가 3 m로 해석되었고 식생이 존재하다 사라진 적설이 많은 구간에서는 활동층의 최대 두께가 1 m로 해석되었다. 이는 지난 30년간 변화한 적설량에 의해 활동층의 두께가 변화한 것을 알아낼 수 있었다. 측선 시점의 고도는 종점보다 약 5 m 높았다. 총 7회 실시한 이번 연구에서는 시간이 지날수록 대기온도는 낮아졌고 그에 따라 전기비저항값(>1000 Ωm)도 극천부 부분부터 증가했다. 연구가 진행된 3개월간 천부 약 2 m의 땅이 언 것으로 해석하였다. 목표 심도에 따라 배열법과 전극간격을 달리하고 천부조사에 능한 다른 물리탐사법인 레이더탐사, 표면파탐사 등을 이용한다면 더욱 정확한 결과를 얻을 것이다.

사 사

이 연구는 극지연구소(PE20050, PE20170)의 지원을 받아 수행되었습니다.

전자탐사자료의 효율적인 2차원 영상화를 위한 훈련자료 구성

방민규¹⁾, 오석민¹⁾, 설순지^{1)*}, 변중무¹⁾

¹⁾ 한양대학교 자원환경공학과, ssjdoolly@hanynag.ac.kr

Composition of training data set for efficient two-dimensional imaging of electromagnetic data using deep learning

Minkyu Bang¹⁾, Seokmin Oh¹⁾, Soon Jee Seol^{1)*}, Joongmoo Byun¹⁾

지하구조 영상화를 위한 전자탐사자료의 해석은 전통적인 역산 기법을 활용하여 정량적으로 수행되어 왔다. 하지만, 이는 반복적인 수치모델링을 통한 추정에 기반하므로 해석 결과에 오랜 시간이 소요되는 단점이 있어 탐사 현장에서 지하구조를 즉각적으로 해석하는데 어려움이 있다. 이에 따라, 최근에는 심층신경망(DNN, deep neural network)을 활용하여 전자탐사자료를 신속하게 해석할 수 있는 기법들에 대한 연구가 수치모델링 자료를 이용하여 진행된 바가 있다(Oh et al., 2019; Puzyrev, 2018). 한편, 실제 현장에서 취득된 항공 전자탐사자료를 심층신경망을 통해 즉각적으로 해석하는 연구도 Noh et al. (2019)에 의해 수행되었는데, 이 연구에서는 단일 지점의 전자탐사자료에 대해 1차원 전기비저항 모델을 예측한 후, 예측된 모델들을 이어 붙여 전체적인 모델을 영상화하는 방법으로 고립된 이상체의 전기비저항 값과 이상체의 경계를 정확히 표현하는데 한계가 있다. 이 연구에서는 실제 현장에서 취득된 항공 전자탐사 자료를 심층신경망을 이용하여 2차원적으로 해석하기 위해 훈련자료를 구성하는 방법에 대해 소개하고자 한다. 2차원적으로 자료를 구성하여 신경망을 학습하기 위해서는 자료를 생성하고 정답(label)으로 사용 위한 2차원 전기비저항 모델이 필요하며, 다양한 현장 상황을 반영할 수 있는 모델 구성을 위해서는 굉장히 높은 자유도가 필요하다. 따라서 현장 자료를 분석하여 모사되어야 하는 변수를 최소화하고, 이 범위 내에서 2차원 전기비저항 모델들을 생성하였다. 이 모델들로부터 얻어진 합성 전자탐사자료가 실제 현장자료들과 어느 정도의 유사도를 갖는지는 t-SNE (t-distributed stochastic neighbor embedding; Maaten et al., 2008) 분석을 통해 확인하였다. 생성된 자료들을 이용하여 순환신경망 구조를 활용한 항공전자탐사 자료의 영상화 기법(Bang et al., 2019) 알고리즘을 훈련시킨 후, 훈련된 순환신경망을 현장에서 얻어진 항공 전자탐사 자료에 적용하여 훈련자료 구성이 예측된 전기비저항 영상에 미치는 영향을 분석하였다.

사 사

이 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 20194010201920 & 20182510102471) 또한, 이 연구는 한국지질자원연구원의 주요 사업인 “국내 바나듐 (V) 등 에너지 저장광물 정밀탐사기술 개발 및 부존량 예측 (20-3211)” 과제 (GP2020-007)의 일환으로 수행되었습니다.

Median 필터를 이용한 MT 신호의 차량 잡음 제거

류경호¹⁾, 권형석¹⁾, 오석훈^{1)*}

¹⁾* 강원대학교 에너지자원공학과, gimul@kangwon.ac.kr

Truck noise removal of MT signal using Median filter

Kyeongho Ryu¹⁾, Hyungseok Kwon¹⁾ and Seokhoon Oh^{1)*}

전자 탐사법의 하나인 Magnetotelluric(MT) 탐사는 10 km 이상의 심부 구조를 파악할 수 있는 유일한 방법이지만 자연장 송신원을 이용하기 때문에 신호 크기가 매우 약하고, 주변의 잡음으로 신호가 왜곡되어 들어오는 경우가 많다. 특히 우리나라의 경우 고속도로와 국도가 매우 발달 되어 있어 다른 잡음의 영향이 비교적 적은 새벽 시간(KST 00:00 ~ 05:00)이라도 차량에 의해 나타난 잡음은 MT 임피던스에 오류를 유발하여 잘못된 해석을 가져올 수 있다. 따라서 본 연구에서는 차량에 의해 발생하는 자기장 잡음에 대해 모델링을 수행하였고, 수행된 결과로 도출한 잡음의 파형을 실제 MT 신호의 Time series 상에서 Median 필터를 이용하여 제거를 하였다. Median 필터를 이용하여 잡음 제거를 한 방법이 타당한 방법인지 비교해 보기 위하여 잡음으로 생각되는 파형에 null 값을 입력한 것과 remote reference에서 측정된 값을 대체하고 계산된 3가지의 겹보기 비저항을 비교해 보았다. 3가지 방식으로 계산된 겹보기 비저항 모두 0.1 Hz 부근에서 상승되는 것을 확인하였고, 향후 MT 신호에서 차량잡음을 제거하는데 있어 큰 도움이 될 수 있을 것으로 기대된다.

사 사

본 연구는 원자력안전위원회의 재원으로 한국원자력안전재단의 지원을 받아 수행한 원자력안전연구 사업의 연구 결과입니다. (No. 1705010)

사원수 곱하기의 소개_자기장 벡터의 회전에 적용

임무택^{1)*}, 신영홍²⁾, 정현기¹⁾, 김찬일³⁾

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

²⁾ 한국지질자원연구원 국토지질연구본부, ³⁾ 인하대학교 에너지자원공학과

Introduction of quaternion_application to vector rotation

Mutaek LIM^{1)*}, Younghong SHIN²⁾, Hyunkey JUNG¹⁾, and Chanil KIM³⁾

공간에서의 벡터의 변환은 벡터의 위치 이동과 벡터의 회전의 합으로 나타내어지고, 보통은 벡터의 회전만을 중요하게 다루는 경우가 많다. 이러한 벡터의 회전은 지구물리, 물리탐사에서도 매우 많이 쓰인다. 그 벡터가 있는 공간 또는 좌표계는 움직이지 않고 벡터 자체만 회전하는 것을 능동 회전이라 하고, 반대로 벡터는 움직이지 않고 공간 또는 좌표계만 회전하는 것을 수동 회전이라 한다.

자기장 벡터 재기를 예로 들면, 먼저, 지구 자기장 상시 측정소에서 3 성분 자력계로 자기장을 잴 때, 자기장 재기 센서는 고정되어 있으므로, 즉 자기장 재기 센서의 좌표계는 움직이지 않으므로, 이러한 상황에서 긴 시간 동안 재는 것은 능동 회전하는 자기장 벡터(일변화)를 재는 것으로 볼 수 있다. 이와는 달리, 수심이 깊은 바다 위의 일정한 지역 안에서 짧은 시간 동안에는 지구 자기장 벡터가 같다고 볼 수 있고, 따라서 자기적 잡음이 없는 공간에 3 성분 자기장 재기 센서를 놓고 움직이면서 재면, 재어진 자기장 벡터는 자기장 재기 센서의 자세에 따라 그 성분이 달라졌을 뿐이다. 그러므로 재어진 벡터에 지리 좌표계와 자기장 재기 센서의 좌표계의 차이만큼 적절한 회전, 즉 수동 회전을 하면 실제의 지구 자기장 벡터의 그 지역에서의 평균을 구할 수 있다. 같은 좌표계 위에서 서로 다른 두 벡터가 서로 다른 성분으로 재어졌거나 서로 다른 두 좌표계 위에서 같은 벡터가 서로 다른 성분으로 재어졌으면, 재어진 서로 다른 두 성분무리 사이의 관계로부터 두 벡터 사이의 회전을 구할 수 있다. 이러한 회전은 오일러 각들, 회전 행렬, 방향 코사인 행렬, 사원수 등 여러가지로 나타낼 수 있는데, 겉으로 나타나는 모양은 서로 달라도 그 내용은 서로 같다. 이 중 사원수로 나타내는 것이 가장 나중에 만든 방법이라고 볼 수 있는데, 현재로서는 가장 간단하고 가장 효용성이 높은 방법으로 알려져 있다. '청양 지자기 측정소' 가까이에서 3 개의 3 성분 자기장 재기 센서를 놓고, 자성이 센물건을 그 사이로 들고 다니면서, 1 초 간격으로 자기장의 3 성분을 잰고, 그렇게 하여 얻은 자료에 위와 같은 사원수에 의한 수동 회전 방법을 적용하였다. 그 결과, 3 개의 3 성분 자기장 재기 센서의 좌표축을 각각 북쪽(N), 동쪽(E), 깊이(D) 방향으로 맞추어 놓고 잰 때의 값과 똑같은 자료를 얻었고, 그 자성이 센물건을 시간에 따라 어떻게 들고 다녔는가를 추정할 수 있었다.

땅밀림 산사태 지역에서의 지구물리탐사 사례분석

이선중^{1,2)}, 김지수^{1)*}

^{1)*} 충북대학교 지구환경과학과, geop22@cbnu.ac.kr

²⁾ 산림조합중앙회 산림종합기술본부

Case Study of Geophysical Exploration Data from Land Creeping Area

Sun-Joong Lee¹⁾, Ji-Soo Kim^{2)*}

일반적으로 사면의 붕괴 및 산사태는 집중호우 및 태풍 등 강우 시에 집중적이고 급격히 발생하는 특징을 보이지만 땅밀림 산사태는 활동면이 깊고 서서히 진행되기 때문에 강우보다는 지질 암종의 풍화, 구성광물의 성질 및 지형적 특성에 더욱 밀접한 영향을 받는다. 이 연구는 최근 이슈가 되고 있는 땅밀림 산사태 지역에서 지구물리탐사를 통하여 일반적인 산사태와는 차별되는 사례들을 분석하여 땅밀림 산사태의 물리적 특성과 원인을 분석하였다. 총 4개 지역(청주-편마암, 태안-석회암, 하동-회장암, 완주-석영편암)의 땅밀림 산사태 지역에서 전기비저항, 탄성파 탐사 등의 지구물리탐사를 이용하여 사면의 지하정보를 2차원 단면으로 해석하였고 각 지역의 특성을 파악하여 분석을 하였다. 탄성파 탐사를 통하여 지하의 속도구조를 파악하여 700 m/s의 P파 속도를 기준으로 토사층과 암반층의 경계를 나누었으며, 쌍극자배열의 전기비저항 탐사를 통하여 사태의 원인이 되는 주된 토사층의 미끄럼 활동이 점토의 전단강도 감소에 의해 일어날 수 있다는 점토용기 해석을 참조하여 이와 관련된 지질의 연약대를 파악할 수 있었다. 또한 땅밀림 현상의 주요 지시자인 인장균열을 기점으로부터 150 $\Omega \cdot m$ 의 저비저항 이상대를 연결한 파괴면의 추정으로 대략적인 땅밀림의 규모를 확인하였고 이는 이후에 사면안정공법에 대한 보강대책 수립에 기여를 할 것으로 보인다.

스칼라와 벡터 해양지자기자료를 이용한 교차점 보정 알고리즘 연구: 복서태평양을 중심으로

최한진^{1)*} 소병달²⁾ Jerome Dyment³⁾

^{1)*} 강원대학교 지구자원연구소, hanjin.choe@kangwon.ac.kr

²⁾ 강원대학교 지구물리학과

³⁾ 파리지구물리연구소 (Institut de Physique du Globe de Paris)

A new crossover algorithm for scalar and vector marine magnetic anomalies

Hanjin Choe^{1)*}, Byung-Dal So ²⁾ Jerome Dyment³⁾

해양지자기데이터는 해양지각의 확장 속도와 이동 방향, 그리고 지각의 물성 변화 관측 및 해석에 매우 중요한 역할을 해오고 있다. 하지만 서로 다른 자력센서들을 통해 얻어진 지자기 빅데이터는 센서의 감도와 특성, 측정 방법에 따라 큰 오차를 보이기 때문에 현재까지 넓은 지역의 고해상도 해양지자기이상도를 쉽게 만들지 못하고 있다. 일반적으로 해양자력탐사에서는 양성자세차자력계(PPM)와 선상삼성분자력계(STCM)가 주로 쓰인다. 지자기의 스칼라 강도를 측정하는 PPM은 선박의 후미에서 견인을 통해 고정밀자료를 획득하고 쉽게 자료처리가 가능하다. STCM의 경우 배 위에서 별도의 조작없이 측정이 가능하고 벡터 삼성분을 측정할 수 있다. 하지만 배의 유도자화에 의한 영향을 크게 받고 민감도가 떨어진다는 큰 단점을 가지고 있다. 여기서 배의 움직임과 유도자화 그리고 배의 영구자화의 영향은 기존에 개발된 보정법으로 보정이 가능하다. 하지만 여전히 보정되지 않은 배의 점성자화와 같은 성분은 지금까지 보정기술이 개발되지 않아 STCM 자료의 사용에 큰 제한을 주고 있다. 이러한 데이터의 오류를 줄여 자력탐사자료의 가용성을 높이기 위한 다양한 교차점 분석 및 보정 방법이 고안되었다. 하지만 기존 교차점 분석법들은 상대적으로 잡음이 거의 없는 PPM으로만 획득된 자료들의 교차점을 보정하는 방식이었다. 따라서 PPM자료와 STCM자료간의 오차문제를 해결하고 고해상도 지자기이상도를 만들고자 본 연구에서는 새로운 교차점보정 알고리즘을 개발하여 서태평양에서 광범위하게 획득된 STCM자료와 PPM자료에 적용시켰고, 교차점 오류를 크게 낮춤과 동시에 광범위한 고해상도 해양지자기 이상도를 제작하였다. 또한 오차 값을 이용해 배의 점성자화가 방위각에 관한 상관관계에 대하여 분석하였다. 이 연구는 연구선 운영에 필요한 천문학적인 비용절감과 동시에 STCM자료의 활용성을 높여 지자기 이상도의 해상도를 더욱 높여 자원개발 및 해양지각의 물성연구에 큰 도움이 될 것으로 기대된다.

사 사

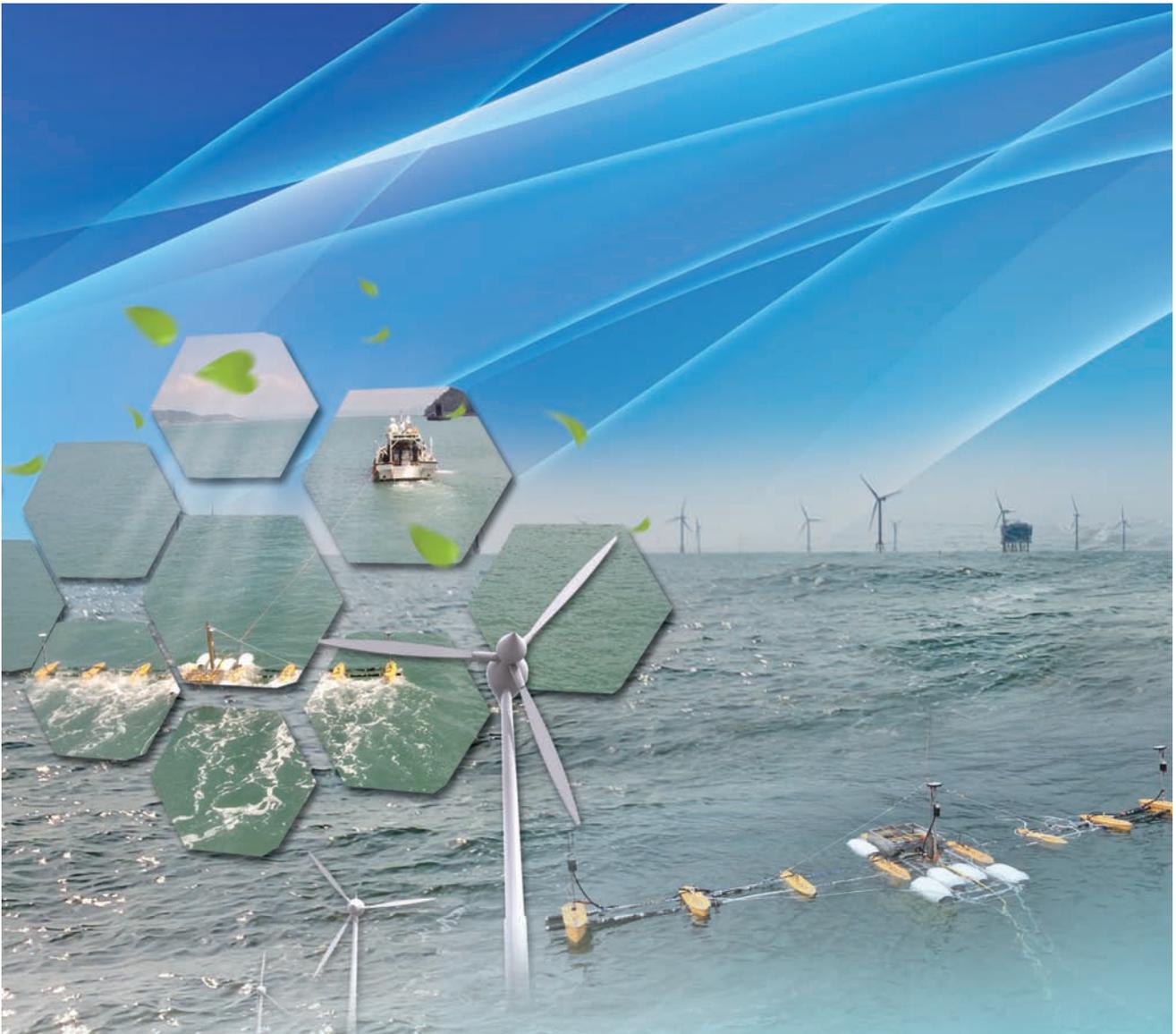
이 연구는 한국연구재단 이공분야학문후속세대양성 박사후국내연수 (2020R1A6A3A01095798)의 지원을 받아 수행되었습니다.

일반세션 ③



Korean Society of Earth and
Exploration Geophysicists

| 지진 / 탄성파



Application of seismic array processing to assess station quality in Gyeongju, South Korea

Hobin Lim¹⁾, YoungHee Kim^{1)*}, Jin-Han Ree²⁾, Tae-Seob Kang³⁾,
Kwang-Hee Kim⁴⁾, Junkee Rhie¹⁾

^{1)*} School of Earth and Environmental Sciences, Seoul National University, Seoul 08826,
younghkim@snu.ac.kr

²⁾ Department of Earth and Environmental Sciences, Korea University, Seoul 02841

³⁾ Division of Earth Environmental System Science, Pukyong National University, Busan 48513

⁴⁾ Department of Geological Science, Pusan National University, Busan 46241

We assess the quality of seismic data of 200 broadband stations in Gyeongju region, South Korea, using teleseismic earthquakes. The dense seismic network over the region of 50-km-by-50-km began in 2019 to monitor seismicity and investigate the fault system that is responsible for 2016 M_L 5.8 Gyeongju earthquake. We propose three array processing methods (Method 1, Method 2, and Method 3) that evaluate the quality of data and detect instrument gain problems. Methods 1 and 2 exploit the similarity between the waveforms generated by different events with and without a reference station, respectively, and are useful to identify a specific time period showing high noise in the data. Method 3 is designed to detect the change in the instrument gains by exploiting a dependence of the amplitude of the teleseismic P wave on the magnitude of the earthquakes occurred in specific regions (depths of 0-100 km and distances of 30° - 50°). We provide a list of potentially problematic stations that are compiled through the three methods, and this information will be useful for various seismological applications.

사 사

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) (No. 2019R1G1A1094833).

Spatial variation and frequency dependence of L_g wave attenuation with site response correction along the CCSE array in central California, US

Jeena Yun^{1)*}, YoungHee Kim²⁾, and Robert W. Clayton²⁾

^{1)*} School of Earth and Environmental Sciences, Seoul National University, jeena.yun7@gmail.com

¹⁾ School of Earth and Environmental Sciences, Seoul National University

²⁾ Division of Geological and Planetary Sciences, California Institute of Technology

미국 캘리포니아 지역의 CCSE 관측망에서의 L_g 파 감쇠현상의 공간적 변화 및 부지 응답 보정, 그리고 주파수 의존성

윤지나^{1)*}, 김영희²⁾, Robert W. Clayton²⁾

We examine spatial variation of L_g -wave attenuation (Q) and its frequency dependence in order to map crustal heterogeneity along the CCSE array. L_g Q is estimated using the two-station method at four center frequencies: 0.75 Hz, 1 Hz, 2 Hz and 3 Hz. L_g Q values generally increase from west to east (50-100 at west to 100-250 at east). In addition, we observe three distinct peaks in all four frequencies near the San Andreas Fault (SAF; P1), at ~230 km (P2) and at ~370 km from the western-most station of the array (P3).

High amplitude values at/near P3 may reflect high Q property of Sierran basement. Amplitude variations from P1 to P2 can be strongly related to thick sediments based on the spatial correlation with Central Valley. In particular, we observe spatial correlations between high Q at P2 and lowest heat flow estimate, suggesting that crustal temperatures are likely responsible for the L_g Q in this region. Lastly, a peak at P1 in close proximity to SAF may suggest a possible link between fault zone structure and high Q value.

We separately constrain relative site responses at each station using the reverse two-station method in order to minimize the effect of site responses on the estimated L_g Q structure. We observe site amplification at the sedimentary basin and site de-amplification at the basin edge. The L_g Q structure, corrected for the site responses, shows somewhat different amplitude trends compared to the one without the correction, which may reflect different characteristics of shallow and deep crust along the array.

사 사

이 연구는 기상청 "한반도 지하단층.속도 구조 통합모델 개발 사업"(KMI2019-00110)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

2016년 규모 5.8 경주지진 동력학 지진단층 파열 모델링 연구

송석구^{1)*}, Geoffrey Ely²⁾

^{1)*} 한국지질자원연구원 국토지질연구본부, sgsong@kigam.re.kr

²⁾ Elygeo Consulting, USA

Dynamic Rupture Modeling Study of 2016 M 5.8 Gyeongju Earthquake

Seok Goo Song^{1)*}, and Geoffrey Ely²⁾

2016년과 2017년에 연이어 발생한 경주, 포항 지진은 우리나라 동남권 지역에서 체계적인 지진재해 평가와 경감을 위한 연구 활동의 필요성을 인식하는 중요한 계기가 되었다. 본 연구에서는 고성능 슈퍼컴퓨터와 병렬 처리된 동력학 지진모델링 코드를 활용하여 규모 5.8 경주 지진에 대한 동력학 지진단층 파열 모델을 구축하였다. 단층파열 과정에서 단층면 상에 작용하는 응력의 변화를 제어하기 위하여 일반적으로 사용되는 Slip Weakening Friction Law를 사용하였으며 단층면 상에 분포하는 입력 응력강하량은 근거리 강지진동 지진파형 역산을 통해서 얻어진 단층 변위 분포 모델을 사용하여 구축하였다. 중규모 지진에 대한 동력학 수치 모델링을 수행하기 위하여 인위적인 초기 파열 지역의 반경은 500 m로 설정 되었으며 Slip Weakening Distance는 0.1 m로 설정되었다. 구축된 동력학 모델은 경주지진 발생 과정에서 단층면 상에 작용하는 응력의 시공간적 분포 모델과 단층 파열 에너지 분포 모델을 제시한다. 또한 동력학 지진모델링을 통해서 얻어진 단층 파열 모델은 근거리 강지진동 지진파형 역산을 통해서 얻어진 단층 파열 모델과 비교해서 대략적으로 일치된 특성을 보임을 확인할 수 있었다. 마지막으로 동력학 지진모델링을 통해서 얻어진 합성 지진파형은 1 Hz 미만의 저주파 대역에서 관측 강지진동 지진파형의 주요 특성을 잘 재생하고 있음을 확인할 수 있었다. 동력학 지진모델링은 발생 지진의 응력 및 파열 에너지 특성을 이해함으로써 지진 발생의 물리적 특성 이해에 기반을 둔 고도화된 지진재해 평가 연구에 기여할 수 있을 것으로 기대 된다.

사 사

이 연구는 한국지질자원연구원(KIGAM) 주요사업인 “동남권 단층지진원 기반 강지진동 예측 및 지역특화 지진조기경보 기술개발” 연구사업의 지원을 받아 수행되었습니다.

2017년 11월 Mw 5.4 포항 지진 지역의 액상화 지수 평가 연구

이아인¹⁾, 오석훈^{1)*}

¹⁾* 강원대학교 에너지자원공학과, gimul@kangwon.ac.kr

Evaluation of Liquefaction Potential Index at Pohang Area, where Mw 5.4 Earthquake occurred in November 2017

Ain Lee¹⁾, Seokhoon Oh^{1)*}

2017년 포항 지진(Mw=5.4)으로 인한 한국 최초의 ‘토사 분출(Soil boiling)’ 현상이 관측됨에 따라 액상화 평가에 대한 중요성이 증대되고 있다. 액상화 현상은 지표면 위의 구조물뿐만 아니라 지중의 시설에 대해 직접적인 영향을 줄 수 있으며, 이와 같은 피해를 예방하기 위해 액상화에 대한 많은 연구가 요구되고 있다. 국내의 경우, 기존 방법인 SPT(Standard Penetration Test)와 CPT(Cone Penetration Test)에 기반한 액상화 평가 연구가 수행되었지만 시추공에 의존한 관입 시험 결과로 넓은 지역을 모사하기에는 공간적 연속성에 대한 한계가 있다. 본 연구에서는 관입 시험보다 연속적으로 공간적 특성을 분석할 수 있는 MASW(Multichannel Analysis of Surface Wave)를 이용해 액상화 평가를 수행하고 적용성을 확인하였다. 포항에서 지반의 특성치를 수집하여 지반 증폭 계수와 지반 응답 해석을 이용한 CSR(Cyclic Stress Ratio)과 현장시험 보정계수를 이용한 CRR(Cycle Resistance Ratio)을 통해 FS(Factor of Safety)를 산출하였다. 그 결과 각 특성치마다 산정된 LPI(Liquefaction Potential Index)에는 약간의 차이가 있지만 피해 정도는 비슷한 범위를 나타내는 것을 확인할 수 있었다. 최종적으로 MASW를 이용하여 액상화 평가 전 액상화 발생 가능성이 있는 지반의 예비조사 때 적용할 수 있으며, 관입 시험과 비슷한 신뢰도를 갖는 것을 확인할 수 있었다. 향후 MASW를 이용한 방법이 시추조사가 어려운 경우나 넓은 지역의 액상화 평가에 큰 도움이 될 수 있을 것으로 기대한다.

사 사

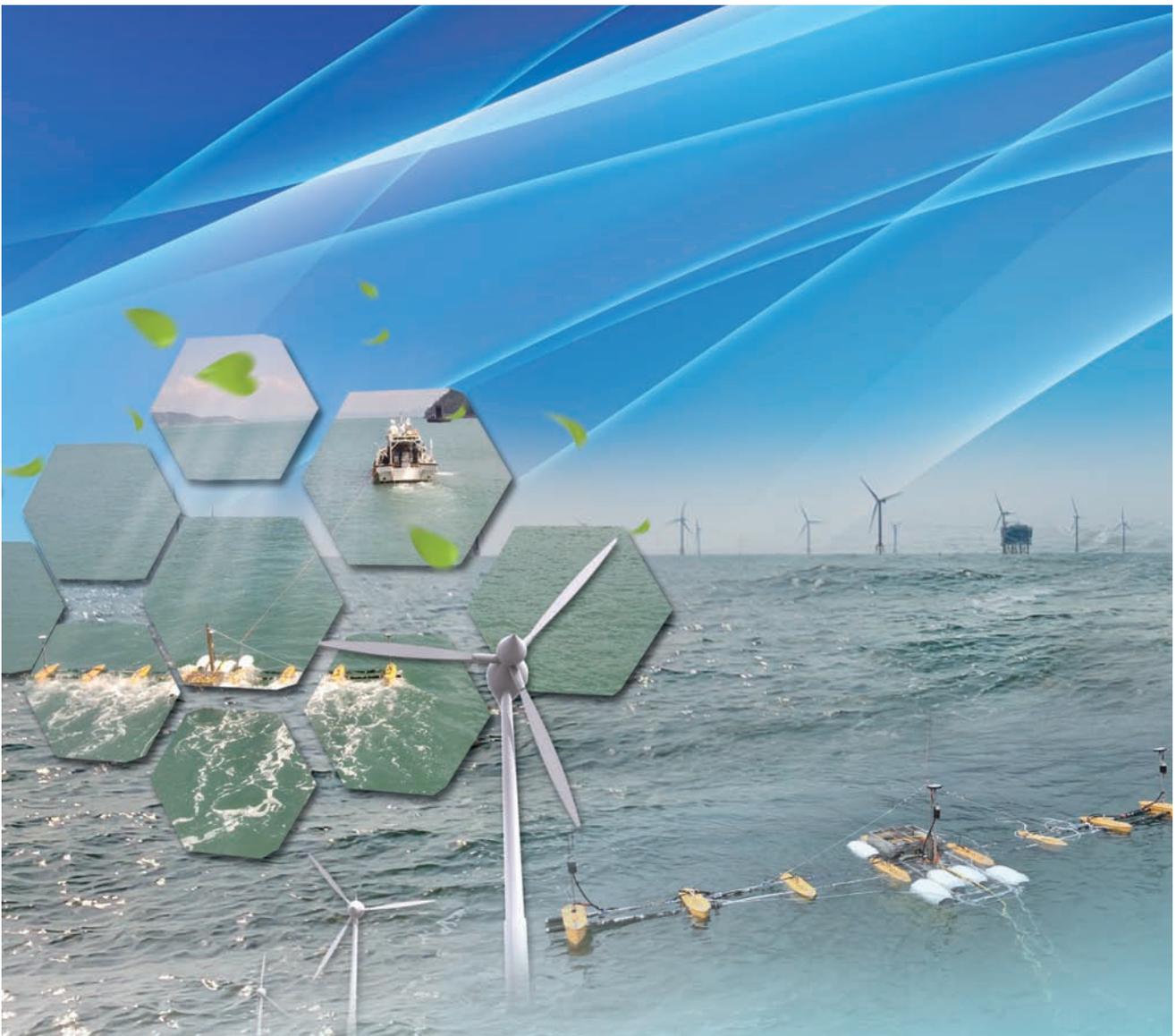
본 연구는 원자력안전위원회의 재원으로 한국원자력안전재단의 지원을 받아 수행한 원자력안전연구사업의 연구 결과입니다. (No.1705010)

특별세션



Korean Society of Earth and
Exploration Geophysicists

천해저 고해상 물리탐사 기술



국내 해저지진계 개발 사례

조철현^{1)*}, 주형태²⁾, 김한준²⁾

^{1)*} 지하정보기술(주) 부설기술연구소, chjo@geeha.co.kr

²⁾ 한국해양과학기술원 해저활성단층연구단

Development of Ocean Bottom Seismometers in Korea: a Case Study

Churl Hyun Jo^{1)*}, Hyeong-Tae Jou²⁾, and Han-Joon Kim²⁾

해저지진계는 해저지진연구와 해저지층탐사를 위한 유용한 자료를 제공해 줄 수 있다. 우리나라에서는 1990년대에 러시아와 일본의 해저지진계를 이용하여 동해의 지각구조를 밝히는 연구에 처음 도입된 이후, 동해의 지진연구, 동해 지각연구, 가스하이드레이트 연구에 활용된 바가 있다. 해저지진계는 한국해양과학기술원에서 2000년대 중반 해저지진계의 시작품 개발을 시도한 바 있으나 해저면에 배치하여 지진 또는 탄성파 탐사 기록을 얻는 수준까지는 이르지 못하였다. 본 발표에서는 해저지진계를 개발한 경험을 소개하기로 한다. 개발목표 해저 지진계는 탄성파탐사에 활용될 수 있는 단기 해저지진계(해저면 배치기간 2주 이내), 그리고 지진연구에 활용될 수 있는 중기 해저지진계(배치기간 3개월 내외)와 장기 해저지진계(배치기간 6개월 내외)이었다. 해저지진계의 주요 구성 부위는 지진센서, 신호 수치변환 및 기록부, 음향통신 신호를 해석하고 수중분리 명령을 내리는 제어부, 본체용 해저 내압방수 용기 및 부양체, 센서용 내압방수 용기, 음향통신 장비(수중/선상), 수중분리기, 무게추, 해저장비 전체의 틀이되는 프레임, 선상에서 해저지진계를 부양시키는 명령을 만드는 제어기, 해저지진계의 기록 기준 시간 신호를 발생하고 기록하는 장치 등이다. 필요 악세사리는 내압방수 커넥터, 전원공급용 배터리, 부양이후 자신의 위치를 알려주는 플래쉬/비이콘 등이다. 본 연구에서는 지진센서, 음향통신 트랜스듀서, 본체용 해저내압방수 용기(유리 구)와 악세사리를 제외한 모든 부분을 개발하고자 하였다. 개발후 실험실과 천해역 단기 시험 과정에서는 개발된 모든 부분의 정상 작동을 확인하였다. 실험실 시험에서는 단기 해저지진계를 1000미터 해역에 배치하고 회수하는데 성공하였고, 중기 해저지진계를 1000 미터 해역에 1개월간 배치하고 지진기록을 얻은 후 회수하는데 성공하였다. 그러나 장기 해저지진계를 2000미터 해역에서 6개월 배치하였으나 회수에는 성공하지 못하였다. 회수실패의 원인은, 분리명령시 음향통신이 성공하였으므로 제작품이 해저에서 파괴되거나 분실된 것이 아니고, 자체 개발한 전기분해형 분리기 금속부에서 장기간의 수중환경 노출에 따른 작동이상이 발생된 것으로 해석된다.

사 사

이 연구는 기상청에서 수행한 지진기술개발사업의 지원을 받아 수행되었습니다.

소형선박 기반 연근해 3차원 탐사 시스템-EOS3D Ver. 1.0

하지호^{1)*}, 신정균¹⁾, 김현도²⁾, 서갑석¹⁾, 한상목¹⁾

^{1)*} 한국지질자원연구원 포항지질자원실증연구센터, jihoha@kigam.re.kr

²⁾ (주) 지오뷰

Nearshore 3D Seismic System using Small Vessel-EOS3D Ver. 1.0

Jiho Ha^{1)*}, Jungkyun Shin¹⁾, Hyundo Kim²⁾, Gabsuk Seo¹⁾, and Sang-Mok Han¹⁾

해저자원의 부존여부 확인 및 개발 목적의 해저탐사는 탐해2호 등을 비롯한 중·대형 탐사 인프라를 활용하여 수행된다. 이러한 탐사체계는 심해 및 심부지질구조를 대상으로 하는 2차원/3차원 광역탐사 수행에 최적화되어 탐사목적 및 대상에 따라 자료취득 구조를 달리하고 있다. 그러나 중·대형 탐사 인프라의 활용은 탐사장비 예인에 따른 여유수역 확보 등의 내륙 및 해양 산업권 접근성에 대한 한계를 가짐으로써, 3차원 탐사기술 적용에 물리적, 경제적 비효율성이 발생된다. 이러한 점을 극복하기 위해 국내·외에서는 소규모 해저 3차원 탐사기술에 대한 연구를 지속적으로 수행해오고 있으며, 특히 한국지질자원연구원에서는 연근해 3차원 탐사 시스템 EOS3D(Engineering Ocean Seismic 3D) Ver. 1.0을 개발하여 천해역에서의 3차원 해저지층 영상화를 위한 연구개발을 수행 중에 있다. EOS3D는 소형선박을 활용한 연근해에서 3차원 탄성파 탐사 자료취득, 처리 및 분석을 다루는 H/W와 S/W 패키지로 구성된다. 자료취득 부문은 ①통합제어장치(EOS-MC, 자료기록 H/W), ②자료취득 S/W(EOS-Survey) 및 ③3차원 수신장치 H/W(EOS-Streamer, EOS-Wing type)로 운용되며 탐사환경(수심, 대상 등)에 따라 수신장치가 선택적으로 활용된다. 자료처리 및 분석 부문은 EOS-Processing(S/W)으로 운용되며, 총 28종 모듈이 탑재되어있는 analyzer와 3차원 단면분석을 위한 3D viewer로 구성되어 있다. 지난 연구개발 기간 동안 해저문화재, 해저케이블, 천부 해저단층 등을 대상으로 한 3차원 시험탐사가 성공적으로 수행된 바 있으며, 특히, 2019년 일본 기타규슈에서 8개 일본 업체를 대상으로 해상기술시연을 수행하여 기술상용화를 위한 EOS3D 홍보 및 국외 산업체 기술수요 발굴을 위한 기반을 마련하였다. 현재 EOS3D Ver. 1.0은 시스템 및 기술상용화를 위한 단계에 진입하고 있다. 특히, 그 동안의 성능시험 및 산업체 활용 의견수렴 과정에서 도출된 기술고도화 수요에 대한 대응으로 현장중심의 시스템 및 기술실증이 계획되어있으며, 향후 EOS3D의 지속적 업그레이드를 통해 연근해 3차원 탐사 초정밀 자료취득, 처리 및 분석이 가능한 EOS3D 시스템의 차기 버전 개발을 위해 노력하고자 한다.

사 사

본 연구는 한국지질자원연구원 주요사업인 ‘해저탐사선 운항안정화 및 연근해 탐사기술 개발(20-3313, GP2020-026)’과제의 일환으로 수행되었으며, 2019년 과학기술기반 지역수요맞춤형 R&D 지원사업(CN19100GB001)의 지원을 받아 수행되었습니다.

듀얼음원을 이용한 천해저 고해상 3D 탄성파 탐사

김현도^{1)*}, 김영현¹⁾, 민건홍¹⁾, 신정균²⁾

^{1)*} 주식회사 지오뷰, geokim@geoview.co.kr

²⁾ 한국지질자원연구원 포항지질자원실증연구센터

High resolution 3D seismic survey using dual-source for shallow marine.

Hyundo Kim^{1)*}, Younghyun Kim¹⁾, Geonhong Min¹⁾ and Jungkyun Shin²⁾

해양에서 수행되는 탄성파 탐사의 수평해상도는 수신기의 배열간격과 음파의 발파간격에 의해 결정되며, 천해저에서 수행되는 3D 탄성파탐사는 필수적으로 소형화된 시스템으로 구성되어야 한다. 소형화된 천해저 3D 탄성파 탐사 시스템은 4개의 스트리머로 구성된 수신기와 스트리머를 일정하게 배열하는 디플렉트, 음원 그리고 음원과 수신기의 위치 정보를 취득하는 GPS로 구성된다. 3D 탄성파탐사는 4개의 스트리머를 일정 간격으로 유지하면서 배열하고 1개의 음원을 사용할 경우 공통중간점의 배열폭이 스트리머의 배열폭의 1/2로 줄어드는 결과를 가진다. 하지만 두 개의 음원을 스트리머 양쪽에 배치하고 교차 발파함으로써 스트리머 배열폭 보다 넓은 공통중간점의 배열을 가지게 되는데, 이를 통해 3D 탄성파 탐사의 효율을 높일 수 있다. 천해저에서 수행하는 3D 탄성파탐사는 그룹간격 5m의 스트리머 4개를 4m 간격으로 배열할 경우, 총 12m의 스트리머 배열폭을 가지게 된다. 또한 스트리머 배열의 좌우현 전방에 스트리머 배열에서 2m씩 이격하여 2개의 음원을 배치하면, 전체 시스템의 배치는 16m의 배열로 전개하여 조사를 실시한다. 그리고 각 음원과 스트리머 헤더 및 스트리머 테일부이에 위치 정보를 취득할 수 있는 10개의 GPS를 장착한다. 듀얼로 배치된 음원은 한번씩 교대로 발파하는 교차발파를 수행하고, 이때 각 발파에 따른 공통중간점은 발파 음원 방향으로 배열된다. 첫 번째 발파의 공통중간점의 폭은 2m 간격의 4열로 6m의 폭을 가지고, 다음 발파에서 반대쪽 음원 방향으로 새로운 공통중간점이 동일한 배열 간격으로 생성하여, 1번의 교차 발파로 생성되는 공통중간점 폭은 2m 간격의 8열로 14m의 공통중간점 배열을 형성하여 실제 1라인 조사폭은 14m가 된다. 듀얼 음원을 사용하여 실시하는 3D 탄성파 탐사는 1개 음원의 경우보다 탐사 시간을 1/2이상으로 줄일 수 있고, 수신기의 위치에 따른 Being 자료처리를 원활하게 진행할 수 있으며, 같은 조건에서 수신된 탄성파 신호를 얻을 수 있어 자료의 품질을 향상시킬 수 있다. 조사폭을 획기적으로 넓히는 듀얼 음원을 이용한 3D 탄성파 탐사는 천해저 고해상 3차원 탄성파탐사의 효율성을 극대화하고 보편화에 많은 기여를 할 것이다.

육상 노달 시스템을 이용한 변이대 지역 탄성파 탐사

이동훈^{1,2)*}, 장성형¹⁾, 김병엽¹⁾, 강년건¹⁾, 김지수²⁾

^{1)*} 한국지질자원연구원 석유해저연구본부, dhlee401@kigam.re.kr

²⁾ 충북대학교 지구환경과학과

Seismic Transition-zone Survey using Land-nodal System

Donghoon Lee^{1,2)*}, Seonghyung Jang¹⁾, Byoung-yeop Kim¹⁾, Kang Nyeon Keon¹⁾
and Jisoo Kim²⁾

육성층과 해성층이 연속적으로 발달한 포항분지를 포함하고 있는 포항시 대잠동에서 2017년 지하수 시추도중 천연가스가 발견되었다. 한국지질자원연구원에서는 도심지 탄성파탐사, 코어분석, 물리검층을 통해 도심지에서 소규모 천부육상 가스전에 대한 조사를 수행하였다. 이후 대잠동을 중심으로 천부가스층의 분포 범위를 확인하기 위하여 3회의 탄성파 탐사를 수행하였다. 본 연구에서는 천부가스층 분포가 해안선까지 연장되는 정도를 확인하기 위해 포항시 죽천리에 위치한 육상-해양 변이대 지역에서 육상 노달 시스템(무선 수신기)을 이용하여 탄성파 자료를 취득 하였다. 육상 노달에 해당하는 무선 수신기는 700 m 탐사축선 구간에 135개를 설치하였다. 탄성파 송신음원으로 육상에서는 바 이브로사이즈(Vibroseis)를 그리고 해양에서는 착저식 미니어건(Mini-Airgun)을 이용하여 15 m 로 육상에서는 128 번, 해양에서는 29번 송신하여 총 157번 송신하여 현장자료를 취득하였다. 육상음원을 이용하여 취득한 음원모음 자료와 해양음원을 이용하여 취득한 음원모음 자료는 각각 똑같은 위치의 수신기에서 취득된 관계로 일반적인 자료처리 과정을 적용하였다. 육상음원 자료에서는 표면파제거, 해양음원 자료에서는 다중 반사파 제거를 각각 우선적으로 적용하여 최종 지층단면도를 완성하였다. 지층단면도를 대상으로 지질모델링을 적용한 결과 천부가스전으로 추정할 수 있는 주요 저류층 반사면을 확인 할 수 있었다. 향후 변이대 지역에서 이번 탐사 기법을 적용하고 좀 더 연속성 있는 자료를 위해 수신기를 보충하여 탐사 한다면 해상과 육상과의 지질구조 연결성을 보다 정확하게 파악 할 수 있을 것이다.

사 사

이 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.(No. 20142510101810, 20172510102160)

남동 대륙붕에서 발견한 양산단층의 연장: 4기 활동과 지진재해 위험성

김한준^{1)*}, 문성훈¹⁾, 김충호¹⁾, 주형태¹⁾, 김광희²⁾

^{1)*}한국해양과학기술원 해저활성단층연구단, hanjkimi@kiost.ac.kr

^{2)*}부산대학교 지질환경과학과

Extension of the Yangsan Fault under the SE continental shelf of Korea: Quaternary activity and seismic hazard analysis

H.J. Kim^{1)*}, S. Moon¹⁾, C. H. Kim¹⁾, H.T. Joo¹⁾, K.H. Kim²⁾

양산단층이 연장될 것으로 예상되는 남동대륙붕에서 미소지진이 발생하는 해역에서 스파커를 음원으로 사용하는 고해상 다중채널 탄성파 탐사를 수행하였다. 탄성파 프로파일들은 양산단층이 대륙붕으로 연장되고 있으며 주 단층과 Riedel shear들로 구성된 단층시스템을 이루고 있음을 보여 준다. 탄성파 프로파일의 해석을 통해, 양산단층은 4기에도 지속적으로 우수주향 운동을 하였음을 알 수 있다. Riedel shear 구간은 독립된 응력장을 가지는 하나의 단층 분절로 해석할 수 있으므로 이 구간에서 이동을, 발생가능한 지진의 최대 규모, 그리고 지진의 재래주기를 구하였다. 4기 퇴적층의 하부 경계면은 양산단층의 오른 쪽 블록이 4기 동안 움직인 거리를 지시하는 offset piercing point에 해당하므로 이로부터 양산단층의 4기 우수주향 이동율(slip rate)을 0.73 ± 0.07 mm/yr 로 구하였다. 이동율 등을 변수로 단층의 활동성을 평가해보면 8.3 km 길이의 Riedel shear 구간에서 발생가능한 지진의 최대규모는 Mw 6.1 ~ 6.3 이며 이 범위의 지진의 재래주기는 550 ~ 2000 년으로 계산된다. 주향이동 단층시스템의 발달 초기에 Riedel shear가 형성되므로 남동대륙붕에서 지진의 발생이 지속될 것으로 예상된다.

3D 고해상도 탄성파탐사 시스템 (P-cable) 구축 및 실증

허식^{1)*}, 정의용¹⁾, 박윤희¹⁾, 정희수¹⁾, 공창환¹⁾,

^{1)*} 한국해양과학기술원 관할해역지질연구단, sikhuh@kiost.ac.kr

Establishment of 3D High-resolution Seismic Exploration System (P-cable)

Sik Huh^{1)*}, Eui Yong Jeong¹⁾, Yunhui Park¹⁾, Hoi-Soo Jung¹⁾, and Chang Hwan Kong¹⁾

한국해양과학기술원은 1996년부터 효율적인 해양영토관리를 위해 한반도 주변 관할해역 내 해저분지에서 해저공간 빅데이터 체계 구축, 3D/2D 고해상 탄성파탐사(P-cable), 100 m 심부 시추 퇴적물 시료 채취, 국가 아틀라스 제작 및 해양자원 개발 등 일련의 작업을 수행하고 있다. P-cable 시스템은 경제적이고 효율적이며, 1500톤의 연구선으로 수심 50 m 이내의 연안 및 양식장 주변에서도 탐사가 가능한 고해상도 3D/2D 탄성파탐사 시스템이다. 2016년 제작되기 시작하여 2020년에 최종적으로 Cross-cable(병렬로 2개~16개 줄의 고해상도 스트리머를 Junction box를 통해 설치 및 회수가 가능하며, 각 Junction box가 일정한 간격으로 설치되어 있어 스트리머의 위치 알림 및 간격이 유지)을 구입함으로써 시스템을 자체 구축하고, 2017년부터 실증 탐사를 해역별로 수행하고 있다. 천부 깊이의 지구물리 탐사 시에는 짧은 스트리머가 여러 갈래로 연결되어 있어 경량화되어 있고, 사용법이 간단하여 탐사시간이 단축되고 인력을 효율적으로 운영할 수 있다. 본 장비는 연구선에 영구 장착하는 것이 아니라 탐사 시에만 장착하는 이동식으로 제작되어 있다. 2018년에 해양지질의 과학적 발전 및 해양경계선확정 등을 목적으로 국내 최초로 북동중국해에서 101 m 길이의 퇴적물 시료를 채취하였다. 100 m 길이의 퇴적시료 채취 및 분석은 과거 20만년 동안의 해수면변동에 따른 퇴적층 발달과 고환경변화 규명(연대, 퇴적학, 지화학, 광물학, 미고생물학 등 분석)을 목표로 한다. 후기 플라이스토세 해양 퇴적층(약 10-20만년 범위)을 통한 고해양환경·고해수면변화·고지형·고기후 연구는 현재의 해양 퇴적층 특성, 형성과 진화, 현재의 기후변화 등을 이해하는데 기반 자료를 제공하고 있다. 채취한 심부 시추 코어는 3D 탄성파 층서와 대비·검증을 거쳐 최대 빙하기 이전(특히 지난 최대 간빙기 동안)의 퇴적환경에 대한 해양지질과학적 결과를 제시할 것이다. 또한, 100 m 심부 퇴적 시료와 3D 고해상 탄성파탐사 자료를 대비함으로써 해양분지 퇴적층의 시대, 암상, 퇴적층서, 퇴적상, 연장 형태, 성인, 퇴적환경 및 지구조 등을 본격적으로 규명하게 되었다. 2020년 9월에 수행될 예정인 P-cable 탐사는 (1) 이어도 주변 지질 및 지구조 특성 파악을 위한 3D/2D 탄성파 탐사, (2) 2019년 101 m 심부 시추 퇴적물 채취 해역에서 해성층 구조 및 특성 파악을 위한 3D 고해상 탄성파 탐사, (3) 2017년에 수행된 3D 탐사해역인 한일 공동개발구역(JDZ) 인근의 해저자원 분포 유망지에서 수행될 예정이다. 이를 통해 한반도 주변 해역 내 해저분지에서 해양지질 및 지구물리 자료 취득·처리·해석, 퇴적층 형성 및 지구조 진화과정 규명, 지구 모델링 및 해저자원 부존가능성 파악 등이 이루어질 것이다.

사 사

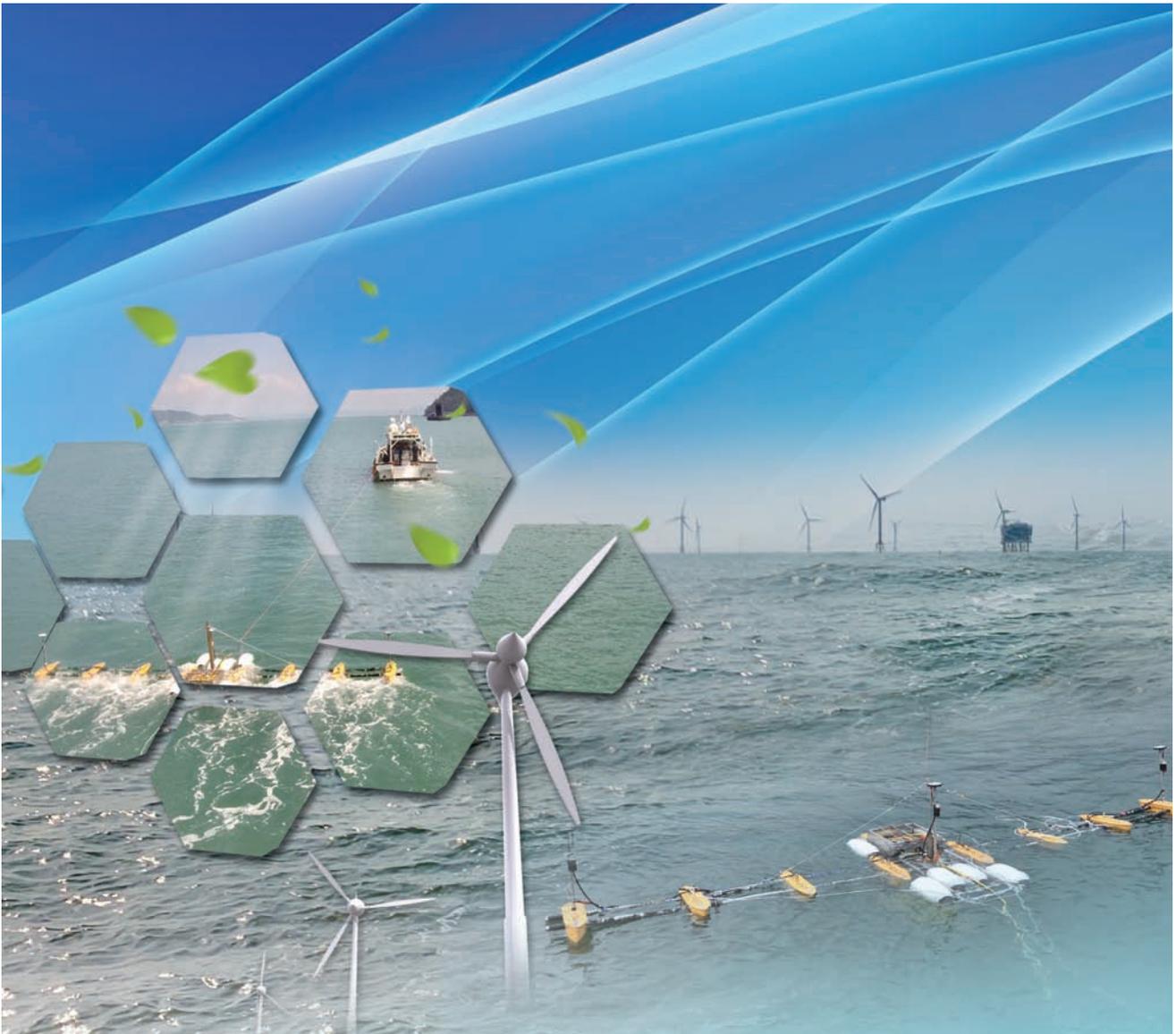
이 연구는 해양수산부 “관할해역 해양지질 및 지구조 연구(2단계)(PM61860)의 지원을 받아 수행되었습니다.

워크숍



Korean Society of Earth and
Exploration Geophysicists

한국판 뉴딜 그리고 지구물리탐사 분야 대응전략 워크숍

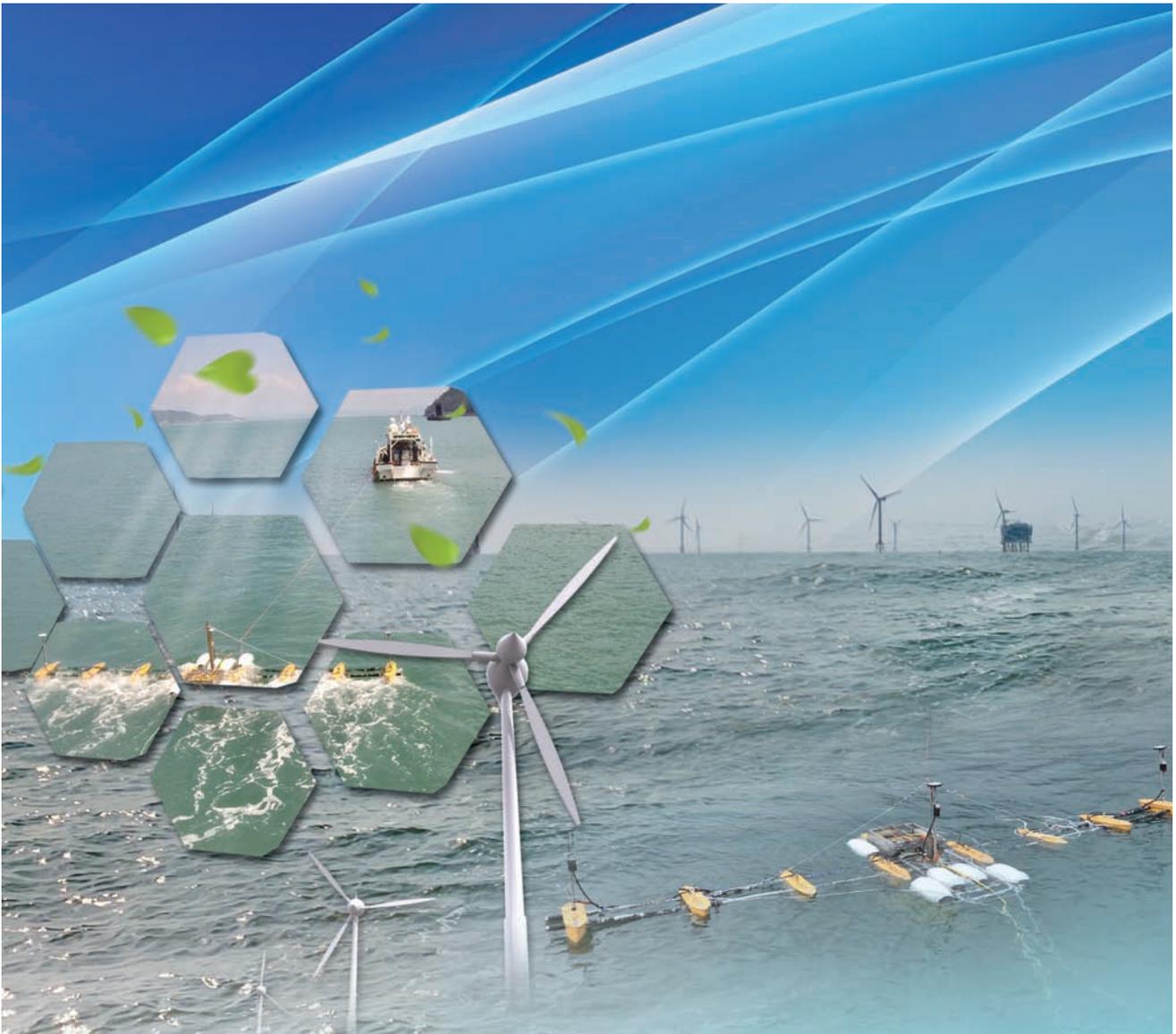


일반세션 ④



Korean Society of Earth and
Exploration Geophysicists

| 지구물리 / 물리탐사



물리탐사 자료를 고려한 다점 지구통계학 기반 불연속 절리망 모델링 구현 연구

이보미^{1)*}, 오석훈¹⁾

^{1)*} 강원대학교 에너지자원공학과, gimul@kangwon.ac.kr

A Study on the Development of Discrete Fracture Network Model Based on Multiple Point Geostatistics Considering Geophysical Data

Bomi Lee^{1)*} and Seokhoon Oh¹⁾

심부 암반을 다양한 목적으로 이용하려고 할 때, 암반의 신선한 정도를 파악하는 것은 매우 중요하다. 암반의 신선한 정도는 절리 및 균열의 발달 정도로 결정된다. 따라서 필요한 경우, 심부 암반의 불연속 절리망 모델링을 실시한다. 암반공학에서 불연속 절리망 모델링은 대체로 확률론적 불연속 절리망 모델링 기술을 적용하여 모델을 생성한다. 확률론적 불연속 절리망 모델은 심층 절리 정보의 양에 따라 모델링의 신뢰성 문제에 부딪히게 된다. 또한 불연속면의 현실적인 모사보다는 통계적인 분포에 치중된 모델을 획득하게 된다. 본 연구는 심층 절리 정보에 신뢰성 있는 시추공 절리 정보를 주 자료로 이용하고, 넓은 분포의 정보를 포함할 수 있는 물리탐사 자료를 보조 자료로 이용하여 심부 암반 절리 정보에 대한 신뢰성을 높이고, 다점 지구통계학을 기반으로 모델링 방법을 구축하여 보다 현실적인 불연속 절리망을 모사하고자 하였다. 적용한 지구통계학 방법은 두가지로, 2차원 혼련 이미지를 이용하여 주 자료의 양을 증가시키는 목적으로 사용한 순차 2차원 접근법과 3차원 모델을 완성시키는 목적으로 사용한 3차원 재구성 접근법을 적용하였다. 두 방법은 순서대로 SNESIM(Single normal equation simulation)과 DS(Direct Sampling) 시뮬레이션을 사용하였다. 구축한 모델링의 각 과정을 시험 및 확인해보기 위해 가상의 데이터를 생성하여 전 과정에 적용해 보았다. 실제 현장 데이터 적용 이전에 가상의 데이터 적용을 통해, 모델링의 기본적인 틀이 마련되었음을 확인하였다.

사 사

본 연구는 한국지질자원연구원 주요사업인 ‘HLW 심층처분을 위한 지체구조별 암종 심부 특성 연구(GP2020-002).’ 과제의 일환으로 수행되었습니다.

지층물성 측정을 위한 스펙트럴감마검층과 중성자검층

황세호^{1,2)*}, 신제현¹⁾, 정승호^{1,3)}

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

²⁾ 과학기술연합대학원대학교 석유자원공학과

³⁾ 충북대학교 지구환경과학과

Spectral gamma and neutron logs for measurement of formation physical properties

Seho Hwang^{1,2)*}, Jehyun Shin¹⁾, and Seungho Jeong^{1,3)}

물리검층법을 이용하여 지층물성 측정에 방사능검층은 다양한 시추공 환경에서 이용된다. 방사능검층은 투과력이 우수하여 나공이나 케이싱 시추공에서 적용이 가능한 장점이 있다. ^{137}Cs 또는 ^{60}Co 선원을 이용하여 지층의 밀도를 측정하는 밀도검층은 현재 국내에서도 많이 이용되고 있다. 밀도검층은 Compton 산란 에너지 영역에서 측정되는 계수율을 이용하여 지층의 전자밀도를 측정하고 체적밀도를 환산한다. 본 연구에서는 ^{137}Cs 선원을 이용하여 0~3 MeV 범위에서 감마스펙트럼을 측정하였으며 측정은 상업용 물리검층 장비가 아닌 감마스펙트럼 측정 모듈을 이용하였다. 시험은 물, 화강암, 석회암에서의 감마스펙트럼을 측정, 분석하였다. 일반적으로 밀도측정에 이용되는 에너지 영역과 암상(lithology) 구분에 활용되는 낮은 에너지 영역의 스펙트럼 특징을 분석하였다. 중성자검층은 지층의 총공극률 측정에 이용되며 주로 2개의 중성자검출기로 구성된 존데(dual neutron log)를 이용한다. 본 연구에서는 1개의 중성자검출기로 구성되는 중성자검층의 교정을 수행하였다. 오랜 시간의 경과에 따른 검출기의 효율저하, 2개의 공극률 교정체(100% 공극률인 물과 0% 공극률의 석회암 암체)와 기존에 측정된 자료들 이용하여 중성자 계수율을 공극률로 환산하는 교정곡선을 도출하였다. 교정곡선을 이용하여 미고결 지층 및 결정질 암반에서의 공극률 추정에 적용하였다. 방사능 동위원소를 이용하는 방사능검층은 장점도 많지만 검출기 특징과 선원의 반감기, 원자력법의 준수 등 정량적인 활용을 위해서는 지속적인 품질관리와 안전관리가 필요하다.

사 사

이 연구는 환경부 재원으로 환경산업기술원의 지중환경오염위해관리기술개발사업(과제번호: 2018002440004)의 지원으로 수행되었습니다.

인공지능 지구물리·지질 빅데이터 구축 및 국가 아틀라스 제작

허식^{1)*}

^{1)*} 한국해양과학기술원 관할해역연구단, sikhuh@kiost.ac.kr

AI Big-data DB System Establishment and National Atlas Production

Sik Huh^{1)*}

한반도 주변 해역 내에서 3D 해저공간 가상현실 정보의 실시간 제공을 위한 빅데이터 체계 구축 및 국가 아틀라스 제작이 진행되고 있다. 전 세계적으로도 전례가 없는, 한반도 주변 해역 내에서 1 cm의 빈틈도 없는 촘촘한 탄성파자료·지구물리·지질 데이터베이스를 Halliburton사의 Landmark 시스템에 구축하였다. 1989년부터 사용하기 시작한 Landmark는 기존의 틀이 가지고 있는 다양한 기능이 통합되어 있어서, 지질 및 지구물리학적 DB 구축 및 해석에 있어서 높은 신뢰성과 편리성을 가진 소프트웨어이다. 인공지능형 빅데이터 체계 구축을 통해 한반도 주변 해역에서 가용할 수 있는 기존의 지구물리·지질자료(3D/2D 고해상 탄성파탐사, 천부지층탐사기(SBP), 스파커, 지진, 정밀 수심, 중·자력, 지하 내부 S파 속도 분포, 시추공 자료 등)를 활용하여 종합 해양정보시스템 구축으로 국가 아틀라스를 제작하는데 그 목표가 있다. 지구 내부의 물리적 성질을 실시간으로 특성화함으로써 석유 부존 잠재력과 불확실성을 정확하게 이해하고, 향후 개발 전략을 구축하여 탐사 및 해석에 있어서 연구자 중심의 최우선 과제를 발굴할 수 있다. 이러한 시스템 구축으로 정책입안자에게는 해양영토 관련 정책수립 및 협상대응에 필요한 신속·정확·편리·경제적인 User-friendly 실시간 3D·2D 해저공간 가상현실 정보를 제공하고, 관련 전문가에게는 쉽게 접근할 수 없는 한반도 주변 해역 내 모든 3D·2D 탄성파·지구물리·지질 자료 등의 구축된 데이터베이스 및 해석 자료 공유에 있다. 이 시스템으로 전체 한반도 주변 해역의 1:25만 축척 지질도에 필요한 각 지질 시대별 지층구조도(Time structure map) 및 등층후도(Isochron map)를 제작하였다. 동해에서는 해저면, 플라이스토세, 플라이오세, 후기 마이오세, 중기 마이오세, 음향기반암 등에 대하여, 동중국해에서는 해저면, 플라이스토세, 플라이오세, 후기 마이오세, 중기 마이오세, 전기 마이오세, 올리고세, 에오세, 음향기반암 등에 대하여, 그리고 황해에서는 해저면, 플라이스토세, 플라이오세, 후기 마이오세, 중기 마이오세, 전기 마이오세, 올리고세, 에오세, 팔레오세, 음향기반암 등에 대한 시대별 지층구조도 및 등층후도를 Mapping 하였다. 또한 한반도 주변 해역에서 각 지질 시대별 고해저수로 분포도, 단층 분포도, 화산체 분포도, 천부가스 분포도 등의 주제도를 제작하였다. 해양경계획정 대비 측면에서는 2028년 JDZ 협정 만료, 독도 문제 가속화, 황해에서 중국 도발, 남북한 관계개선 등 현안을 고려하여, 특정해역(한일공동개발구역(JDZ), 오키나와 트러프, 황해 잠정조치수역, 동해 독도, 한국대지, 대화퇴, 남북접경수역 등) 내에서 지질·지구조 규명, 석유·가스 매장 분포도 제작 및 해저자원 부존 형태를 파악하였다. 이를 활용한 분야별 현안대응을 위한 적정기술(데이터 포함)로서 지진재해 예측, 지구 기후변화 예측, 해양광물자원 개발, 해군·해경 작전, 연안탐사 및 해양환경 관리 등을 들 수 있다.

사 사

이 연구는 해양수산부 “관할해역 해양지질 및 지구조 연구(2단계)(PM61860)의 지원을 받아 수행되었습니다.

수치 모사를 통한 해구의 모양을 결정하는 기작 제시: 해구 퇴적물의 효과

금재윤¹⁾, 소병달^{1)*}

¹⁾* 강원대학교 지구물리학과, bdso@kangwon.ac.kr

A suggestion for the mechanism determining trench shape using numerical simulation: the effect of trench sediment

Jae Yoon Keum¹⁾, Byung-Dal So^{1)*}

현생 지구에 존재하는 섭입대의 해구 모양은 매우 다양하며, 이는 각각의 해구의 움직임이 다르다는 것을 암시한다. 해구의 주향을 따라 하나의 섭입대에서조차 해구 움직임의 편차를 이해하기 위해 최근 10년간, 1) 해구의 주향을 따라 나이에 따른 밀도 차이를 가진 해양 암석권의 섭입 2) 점성 맨틀 안으로 섭입하는 슬랩의 양 끝에 발생하는 맨틀의 도넛형 흐름(toroidal flow), 3) 섭입 과정동안 섭입판 아래에서 맨틀 플름의 충돌 등의 다양한 지구조적 기작이 제시되어 왔다. 한편, 기후와 해수면 변화에 의해 전 지구적 표면 과정(surface process)과 관련된 퇴적물의 효과가 해구의 움직임에 미치는 영향에 대해서는 상대적으로 논의가 부족한 상황이다. 섭입대를 모사함에 있어 해양 암석권에 비해 상대적으로 밀도가 낮은 해구 퇴적물의 역할은 해양 암석권의 음의 부력에 의해 발생하는 슬랩 당김 힘(slab pull force)에 저항하는 지각 평형의 복원력(isostatic restoring force)을 발생시키는 것이다. 이를 수치 모사에 반영하지 않는다면, 해양 암석권은 끝에서부터 연속적인 해구 후퇴가 나타나지 않고 전체가 침하(subsidence)하는 현상을 보이고, 너무 큰 복원력을 가정하면, 섭입이라는 현상 자체가 발생하지 않는다. 만약 해구의 주향을 따라 해구 퇴적물의 의한 지각 평형의 복원력을 달리 한다면, 현생 섭입대에서 나타나는 다양한 해구 모양을 재현할 수 있을 것이다. 이를 위하여 우리는, 3차원 열-역학적(thermo-mechanical) 섭입대 수치 모형을 제작하였다. 실험 결과는 상대적으로 두꺼운 해구 퇴적물에서 지각 평형의 복원력이 강하여 해구 후퇴의 양이 적어지고, 얇은 해구 퇴적물을 적용한 경우 지각 평형의 복원력이 약하여 해구 후퇴의 양이 많아지는 것으로 나타났다. 해구의 주향을 따라 해구 퇴적물의 다양한 분포를 고려한 경우 (예, 해구의 중앙 부분에 각각 두꺼운 또는 얇은 해구 퇴적물 적용과 양 끝 부분에 각각 얇은 또는 두꺼운 해구 퇴적물 적용), 현생 섭입대에서 나타나는 오목(concave) 혹은 볼록(convex)한 형태의 해구 모양을 보여주었다. 우리의 실험에서 해구 곡률 (trench curvature)을 도출한 결과, [Schellart and Rawlinson, 2013]이 전세계 56개 섭입대에서 측정한 해구 곡률의 범위 안에 포함되었다. 따라서 우리는 해구 퇴적물이 해구 모양을 조절하는 인자가 될 수 있음을 토론하고자 한다.

사 사

본 연구는 기상청 기상·지진 See-At 기술개발사업(KMI2018-02110), 신진연구지원 사업(NRF2019R1C1C1010804), 행정안전부의 '지진방재분야 전문인력 양성' 사업, 2019년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원(No.2019R1A6A1A03033167)으로 수행되었습니다.

2차원 점탄소성 수치모사를 통한 암석권의 좌굴 구조 재현: 울릉 분지의 대한 시사점

도석현¹⁾, 소병달^{1)*}, 김영균²⁾, 김기범³⁾

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

²⁾ 강원대학교 지구자원 연구소

³⁾ 부산대학교 지질환경과학과

Investigation of crustal buckling structure of the Ulleung basin using 2D viscoelastoplastic numerical simulation

Seok-Hyeon Do¹⁾, Byung-Dal So^{1)*}, Young-Gyun Kim²⁾, Gi-Bom Kim²⁾

좌굴 구조는 강도 대비를 갖는 층서 구조가 압축을 받을 때 생성될 수 있으며, 강도와 두께, 압축량 등 영향을 받습니다. 암석권의 강도는 깊이에 따른 온도와 압력에 함수로 결정되어, 취성-연성 전이 영역이 생성되어 강도 대비를 갖는 층서 구조가 형성하게 됩니다. 암석권의 층서 구조는 지구조 응력에 의해 압축을 받을 수 있으며, 그 결과로 좌굴 구조가 형성될 수 있습니다. 다양한 생성 가설(당겨 열림 모형; 부채꼴 열림 모형)이 경쟁하는 동해는 유라시아 판과 태평양 판, 필리핀 해 판의 상대적인 운동에 의해 생성된 배호 분지입니다. 동해 울릉 분지의 지각에 대해 여러 가지의 가설(인장된 대륙 지각; 두꺼워진 해양 지각)이 제안되었습니다. 최근 지구물리탐사(예: 지진 반사, 단층 촬영, 지열류량, 진원 기구)에 따르면, 해양 지각으로 가정했을 때 높은 지열류량을 가지며, 동서 방향으로 압축력이 작용하고 있고, 울릉 분지에서 파장 ~60-70 km과 진폭 ~150-200 m의 좌굴 구조가 관측되었습니다. 본 연구에서는 2차원 유한 요소법을 이용한 암석권의 좌굴 구조를 수치모사 통해, 울릉 분지의 좌굴 구조를 재현하고자 했습니다. 울릉 분지는 유변학적 구조를 유추할 수 있는 지구물리학적 자료가 부족하기 때문에, 울릉 분지를 해양 지각으로 가정해서 기존 연구에서 많이 사용되는 물성을 이용하여 수치 모사했습니다. 수치 모사는 점탄소성 고체를 기반으로 한 라그랑지안(Lagrangian) 방식을 이용하여, 실제 울릉 분지와 유사한 형태로 수치 모형을 제작했습니다. 우리는 암석권의 온도가 증가할수록 (강도가 감소할수록) 좌굴 구조의 파장과 진폭이 감소하는 상관 관계를 도출했습니다. 우리는 울릉 분지를 해양 지각으로 가정했을 경우, 울릉 분지의 지열량과 관측된 좌굴 구조의 크기를 바탕으로 울릉 분지의 하부 물성에 합당한 조건을 제시하고자 합니다.

사 사

본 연구는 기상청 기상·지진 See-At 기술개발사업(KMI2018-02110), 신진연구지원 사업(NRF2019R1C1C1010804), 행정안전부의 '지진방재분야 전문인력 양성' 사업, 2019년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원(No.2019R1A6A1A03033167)으로 수행되었습니다.

유한요소법에서 암석권의 변형률 의존 멱급수 점성도 도출 방법 비교: 요소별 계산과 입자별 계산

박상진¹⁾, 안수정¹⁾, 소병달^{2)*}

¹⁾ 강원대학교 지구물리학과

^{2)*} 강원대학교 지구물리학과, bds0@kangwon.ac.kr

Efficient numerical method for handling strain-rate dependent power-law rheology of lithosphere in finite element framework: element-wise versus particle-wise algorithms

Sangjin Park¹⁾, Soojung An¹⁾, and Byung-Dal So^{2)*}

암석권과 맨틀의 거동에 초점을 맞춘 많은 지구동역학 유체해석 코드들이 유한요소, 유한차분법과 같은 격자 기반 이산화 방법을 Particle-in-cell(PIC) 방법과 결합하여 사용한다. 고정된 격자에서 물질의 변형을 모사하기 위해 격자 위에 물성, 물질을 대변하는 입자를 띄우고 속도장에 따라 대류하며 정보를 전달한다. 이 방식은 계산 과정 동안 격자와 입자 상호 간에 많은 정보를 주고받기 때문에 효율적이고 정확한 전달이 필요하다. 본 연구에서는 형상함수를 이용하여 요소에서 계산된 변형률을 내부의 입자에게 내삽한 뒤 유효점성도를 도출하기 위한 두 가지 알고리즘을 도입하였다. 변형률에 의존하는 멱급수 점성도를 적용한 슬랩 분리 모델을 벤치마킹하여 두 방법의 정확도와 계산속도를 비교하였다.

사 사

본 연구는 기상청 기상·지진 See-At 기술개발사업(KMI2018-02110), 신진연구지원 사업(NRF2019R1C1C1010804), 행정안전부의 '지진방재분야 전문인력 양성' 사업, 2019년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원(No.2019R1A6A1A03033167)으로 수행되었습니다.

이산요소법을 이용한 변형률속도에 따른 암석의 압축 및 전단강도 연구

안수정¹⁾, 소병달^{1)*}

¹⁾* 강원대학교 지구물리학과, bdso@kangwon.ac.kr

An investigation of strength of rock depending on strain-rate using discrete element method

Soojung An¹⁾, Byung-Dal So^{1)*}

외력에 대한 암석의 파쇄 거동을 파악하기 위해 지질 공학 분야에서 다양한 실내 시험 및 수치 모사 실험이 이뤄지고 있다. 일반적으로 실내 시험 중 압축 및 전단 강도 시험에서는 강판의 하중 재하 속도 감소에 따라 암석의 강도도 함께 감소한다. 이는 시험편 내에서 축적된 응력이 내부에서 성장하는 미세 균열을 통해 점차 소산되는데 균열이 성장 할 시간이 충분한 경우에는 지속적인 응력 해소가 발생하므로 상대적으로 낮은 강도에서 파괴 되기 때문이다. 따라서 일축압축시험과 직접전단시험 경우 국제암반역학협회는 일관된 탄성 상수 결과 값을 얻기 위해 강판의 하중 재하를 각각 0.5-1MPa/s와 0.1mm/min이하로 제시하고 있다(ISRM, 1981). 실내 시험은 자연 상태의 시료를 사용함으로써 가장 실제적인 결과 값을 얻을 수 있지만 재하 중인 시험편 단면의 균열 모습을 관찰하기에 어려움이 따른다. 따라서 본 연구에서는 절리와 같은 불연속 성질을 지닌 물질을 유한개의 입자 집합체로 가정하여 물리적 거동을 해석하는 이산요소법을 사용하여 일축압축모델과 직접전단모델에서 재하 속도에 따른 미세 균열 성장 과 일축압축강도의 상관관계성을 탐구하였다. 암석의 파괴 강도에 영향을 미치는 점착력을 모사하기 위해 이산요소법(DEM, Discrete Element Method) 상용 소프트웨어인 PFC^{2D}(ParticleFlowCode)의 입자간 접촉 힘에 강도가 부여된 입자결합모델(Bonded Particle Model)을 사용하여 균열 시 입자 사이 결합 분리를 재현하였다. 이 모델에서 미세 균열의 개수는 끊어진 결합 개수로 정의된다. 경계조건으로는 재하 속도를 재하 방향 시험편 길이로 나눈 변형률 속도를 부여했다. 위 실험으로부터 동일 시료에서 변형률속도가 증가할수록 생성된 미세 균열의 수는 감소하며 압축강도 및 전단강도가 증가함을 확인하였다.

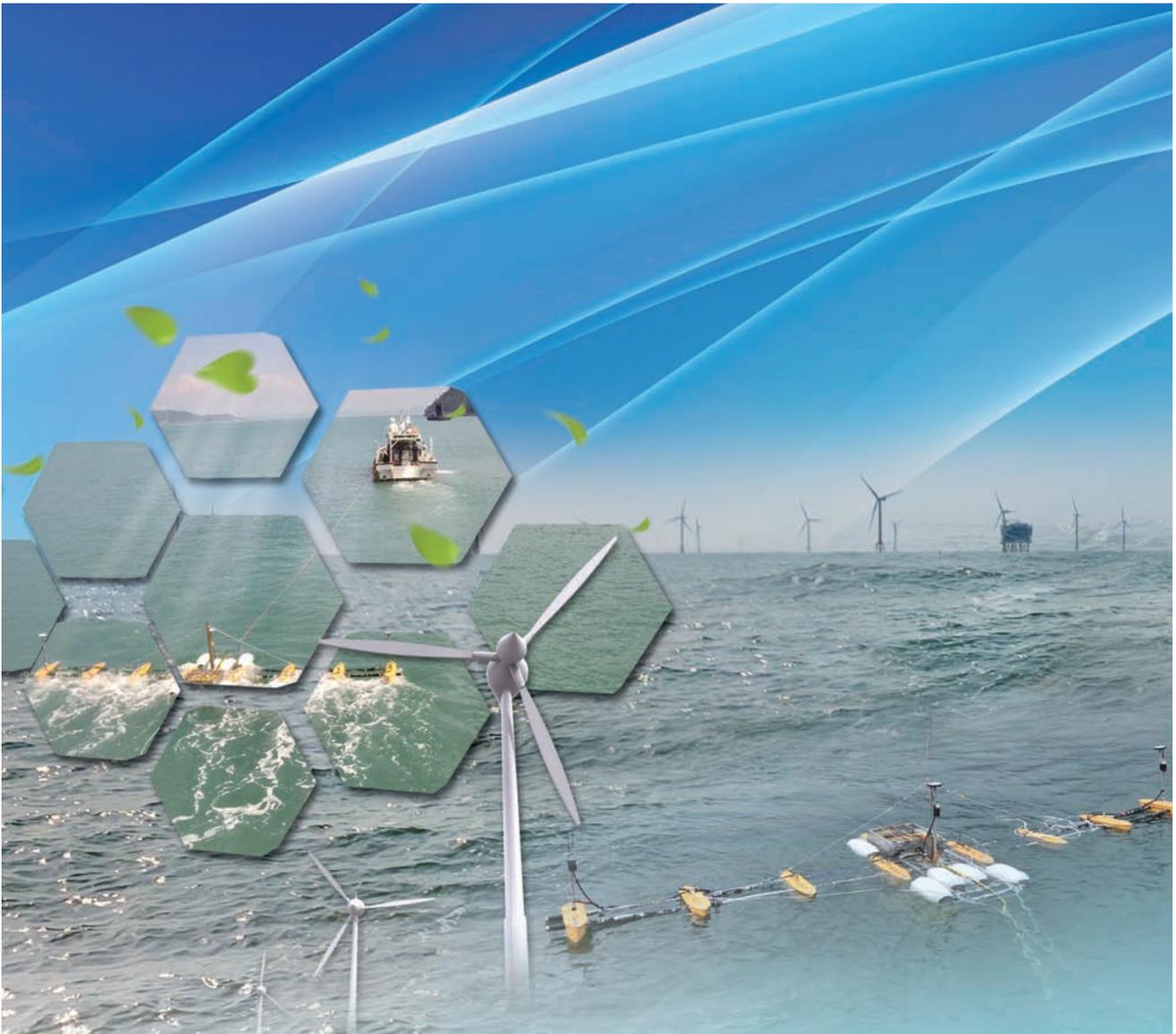
사 사

본 연구는 기상청 기상·지진 See-At 기술개발사업(KMI2018-02110), 신진연구지원 사업(NRF2019R1C1C1010804), 행정안전부의 '지진방재분야 전문인력 양성' 사업, 2019년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원(No.2019R1A6A1A03033167)으로 수행되었습니다.

포스터 세션



Korean Society of Earth and
Exploration Geophysicists



효율적인 빙권 탄성과 탐사 적용 방법 - 사례 : 데이비드 빙하지역 빙저호의 관찰

주현태^{1)*}, 강승구¹⁾, 김관수¹⁾, 김예동¹⁾, 이주한¹⁾

^{1)*} 극지연구소, hyeontae@kopri.re.kr

Effective Glacier Seismic Survey Method Applied on Glacier Case : Configuration of the Subglacial Lake under the David Glacier, Antarctica

Hyeontae Ju^{1)*}, Seung-Goo Kang¹⁾, Kwansoo Kim¹⁾, Yeadong Kim¹⁾ and Joochan Lee¹⁾

남극 빙상은 다 녹는다면 전세계 해수면을 58m나 상승시킬 수 있는 막대한 크기이다. 현재 해수면 상승에 큰 영향을 미치고 있는 남극 빙상의 변화는 지구온난화 뿐만 아니라 빙상 하부의 지형이나 수리학적 특성 등에 따른 빙하의 흐름에도 영향을 받는다. 특히, 빙저호의 형성과 관련된 빙저수의 존재는 지면과의 마찰력을 감소시켜 빙상의 흐름을 제어하는데 큰 역할을 한다. 본 연구를 통해 2016년부터 남극 장보고과학기지에서 남쪽으로 약 250km 떨어진 데이비드 빙하에서 D2 빙저호 후보지를 지속적으로 관찰하였다. 위성자료에 따르면 D2 지역은 2011-18년 사이 17m의 빙상 고도 상승이 관측되어 빙저호의 유력한 후보지로 파악되었다. 2017년과 2018년 D2 빙저호 후보지 전지역에 걸쳐 1km 간격의 격자 측선을 따라 실시된 항공 빙하레이더(Ice radar) 조사를 통해 수치표고모델(Digital elevation model)이 작성되었다. 빙하의 평균 두께는 약 1.6 - 2.3 km 이며, 빙하레이더 자료를 기초로 추후 빙저호 시추 후보지역의 정밀 수치표고모델을 완성하고자 2019년 12월 D2 지역 빙하에서 반사법 탄성파 1차 탐사를 실시하였다. 빙하 위에서 수행되는 탄성파 탐사에서는 기존 육상 탐사와 달리 표면에 다져진 눈층(firn)이 탄성파 에너지를 급격히 감쇠시키는 문제가 발생한다. 이를 극복하기 위해 발파공 심부굴착을 위한 열수시추기와 설상 지오폰(지오로드) 등 국내 소개된 적 없는 장비를 이용하였다. 데이비드 빙하 지역(S75.42°/E155.47°) 빙하 표면은 약 20 m 두께의 다져진 눈층으로 덮혀 있어, 탄성파 에너지원 효율을 향상시키기 위해 열수시추를 사용하여 약 20-30 m 깊이의 시추공에 800-1200 그램의 탐사용 화약을 설치하였고, 기존 1채널 지오폰 대신 4채널 중합 지오폰인 지오로드를 사용하여 수신 신호 효율을 향상시켰다. 탐사에서는 4km와 7km의 두 개의 측선에 단일 중첩(single-fold)으로 12번(4km)과 19번(7km)의 발파가 이루어졌으며, 발파 간격 360m, 채널 간격 15m, 48채널 기록계로 자료를 획득하였다. 획득된 자료로부터 얼음-호수 경계면에서의 강한 반사파와 위상역전 현상을 관찰할 수 있었다.

사 사

이 연구는 극지연구소 PE20020, PE20050, PE20250의 지원을 받아 수행되었습니다.

규모-거리 관계에 따른 지진에 의한 지자기 변동성 분석

박신영¹⁾, 오석훈^{1)*}

¹⁾ 강원대학교 에너지자원공학과, gimul@kangwon.ac.kr

Analysis of Geomagnetic Variability by Earthquakes by Scale-Distance Relationships

Shinyeong Park¹⁾, and Seokhoon Oh^{1)*}

2013년부터 2017년까지 청양 지자기 관측소 근처에서 발생한 대표 4개의 지진을 이용하여 지자기 변동성을 분석하였다. 본 연구에서는 인터마그네트(INTERMAGNET : International Real-time Magnetic Observatory Network)에서 얻은 총자기장을 이용하여 분석을 수행하였다. 지진 발생일 기준으로 한달 간의 시계열 자료를 분석하여 일별 지자기 관측자료의 변동성이 나타나는 부분을 확인하였다. 후에 지진이 일어난 전 후 시간별 데이터를 비교하여 보다 정확한 분석을 하고자 하였다. 본 연구의 분석 결과, 지진 전조 현상과 연관된 지자기 변동성은 0.01Hz 대역에서 주로 나타나는 것으로 확인되었고, 이에 4개의 지진에 대해 공통적으로 0.0108~0.0110Hz 대역에서 지자기 자료의 변동성을 확인하고자 하였다. 지진 발생일 기준으로 4일 동안의 주파수별 위상을 확인하여 날짜별로 0.01Hz 대역에서의 이상값을 확인해 보았고, 그 결과 2016년 11월, 2015년 12월에 발생한 규모 3.5의 보령지진, 규모 3.9의 익산지진은 지진이 일어나기 전에 주파수의 변동성이 발생하는 것을 볼 수 있다. 하지만 상대적으로 규모가 작은 나머지 2개의 지진은 지진 전조 현상으로 주파수의 변동성을 확인할 수 없었다. 선행연구에 따르면 지자기 변동은 지진규모와 진앙거리에 크게 의존하는 것으로 나타났고, $0.025R=M-4.5$ (R :진앙거리(km), M :지진규모)인 관계가 제시된 바 있다. 이를 이용하여 본 연구에서 분석한 지진과 지자기 변동성을 규모-거리 관계식에 따라 그래프에 도출하였다. 우리나라는 규모가 큰 지진이 드물게 일어나므로 거리에 따른 지자기 변동성을 파악하기 위해서는 지금보다 더 많은 지자기 관측소가 설치되어야 할 것으로 보인다.

사 사

본 연구는 원자력안전위원회의 재원으로 한국원자력안전재단의 지원을 받아 수행한 원자력안전연구사업의 연구 결과입니다. (No. 1705010)

ADMAP-2과 위성자력자료를 이용한 남극 지역의 자기 이상값 연구

요하은^{1)*}, 김형래¹⁾, Ralph R. B. von Frese²⁾, Alexander V. Golynsky³⁾, 홍종국⁴⁾, 최순영⁵⁾,
이아연¹⁾, 박경준¹⁾

^{1)*} 공주대학교 지질환경과학과, geohaeun@gmail.com

²⁾ The Ohio State Univ., Columbus, Ohio, USA

³⁾ VNIIOkeangeologia, St. Petersburg Russia

⁴⁾ 극지연구소

⁵⁾ 한국해양과학기술원

A Study on the magnetic anomaly in Antarctica using ADMAP-2 and satellite magnetic data.

Ha-eun Yu^{1)*}, Hyung Rae Kim¹⁾, Ralph R. B von Frese²⁾, Alexander V. Golynsky³⁾,
Jongkuk Hong⁴⁾, Soonyoung Choi⁵⁾, A-yeon Li¹⁾, Park-kyoung Joon¹⁾

남극 대륙은 지구 대륙 지각의 약 10%를 차지하지만 빙상에 의해 대부분 숨겨져 있다. 최대 두께 4,897m, 평균 1,900m의 빙하로 덮인 총 면적 1,400km²의 남극 대륙의 지질학적인 해석은 대륙의 지구조적 진화와 연대를 규명하여 전 지구적인 구조해석에 기여한다. 빙하에 가려진 지역에 대한 지질학적인 연구는 대부분 지구물리탐사로 이루어지며, 그 중 남극 대륙의 자기이상 관측 값들을 컴파일한 ADMAP 프로젝트에서 2세대 남극 자기이상 컴파일 지도를 발표하였다. 이 ADMAP-2는 이전에 발표된 1세대 항공 및 해양 자료를 포함해 새로 획득한 자료들을 토대로 제작되었으며, 그 데이터베이스는 이전보다 두 배 이상이다. 그러나 Dronning Maud Land 중 80°S 남쪽 지역과, Princess Elizabeth Land의 Gamburtsev Subglacial Mountains 북쪽 Prince Charles Mountains 동쪽의 동남극지역과 Marie Byrd Land 해안가는 항공 및 해양 탐사가 이루어지지 않아 ADMAP-2에서도 비어 있다. ADMAP-2에서 비워있는 지역의 자기이상 값을 예측하고자, ADMAP-2 빈 곳 근방의 지표부근 자료와 위성 관측 자료를 기반으로 한 모델 값을 동시에 만족시키는 지표 부근 자기이상 모델을 제작하여, ADMAP-2 빈 공간의 값을 예측하였다. 2018년도에 발표된 ADMAP-2를 기반으로 예측한 값들 중 남극점 근처 자료들은 2019년 발표된 논문의 자기이상 관측 값과 그 경향성이 일치함을 보여주었다. 또한 남극의 지구 물리학적, 지구조적인 선행연구들의 내용을 뒷받침하고 있어 남극 대륙 규모의 지질학적 해석의 기초자료로 활용 될 것으로 보인다.

지진 후 점탄성 완화를 이용한 동해 하부 지각과 상부 맨틀 강도에 관한 수치 모사 연구

김민수¹⁾, 김나원¹⁾, 김현섭¹⁾, 소병달^{1)*}

¹⁾ 강원대학교 지구물리학과

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

Numerical investigation of lower crustal and mantle strength beneath the East Sea from postseismic viscoelastic relaxation

Minsu Kim¹⁾, Nawon Kim¹⁾, Hyeonsoeb Kim¹⁾, and Byungdal So^{1)*}

지진 주기는 지진 변위(coseismic displacement)와 지진 후 변위(postseismic displacement), 지진 간 변위(interseismic displacement)로 구성된다. 단층이 파열한 순간에 축적된 응력의 방출로 발생하는 탄성 변형이 지진 변위이며, 하부 지각과 상부 맨틀의 점탄성 완화는 지진 후 변위를 발생시킬 수 있다. 점탄성 완화에 의한 지표 변위의 시간 단위는 점성도와 전단 계수의 비인 맥스웰 이완 시간(Maxwell relaxation time)에 의존한다. 본 연구에서는 탄성 상부 지각, 점탄성 하부 지각, 점탄성 상부 맨틀로 층서화 된 암석권 모형을 제작하여 단층의 파열 및 미끄러짐으로 인한 지진을 재현하고, 시간에 따른 지진 후 변위 변화를 모사하고자 한다. 지진 후 변위의 속도 및 영향을 미치는 공간적 범위는 점성도 및 맥스웰 이완 시간에 의존하므로 정확한 지진 후 변위 계산은 맨틀의 점성도 추정에 필수적이다. 본 연구는 범용성 유한요소 소프트웨어인 COMSOL과 오픈 소스인 PyLith 솔버를 사용했다. COMSOL은 내장 격자 생성기를 이용해서 공간적 모형 제작에만 사용했고, PyLith는 변위를 유한요소법으로 계산하기 위해 운동량 보존 방정식과 점탄성 조성 방정식을 결합한 선형계 해석에 사용했다. PyLith는 일반 유한요소 소프트웨어와 달리 절점을 분리해 계산이 가능하여 지진 단층을 모사하는 데 적합하다. 본 연구에서, 우리는 지진 후 변형 모사 연구를 3단계로 나누어 진행했다. 첫째, 미지질조사국에서 개발한 Coulomb3.0 소프트웨어를 이용하여 PyLith의 지진 변위 계산 능력을 검증하였다. Coulomb은 반 무한 공간에서 정의된 단층의 미끄러짐과 그에 따른 주변부의 지진 변형을 준 해석적으로 계산하여 얻은 해를 바탕으로 하는 소프트웨어다. Coulomb 모형과 PyLith 모형을 이용해 지진으로 발생한 지진 변위 값을 계산하고 비교함으로써 PyLith의 지진 변형 모사 능력에 관한 신뢰성을 확인하였다. 둘째, PyLith의 지진 후 점탄성 완화 모사 능력을 벤치마킹하였다. PyLith를 이용해 시간과 단층으로부터 거리에 따른 수평 및 수직 방향 지진 후 변위를 정량적으로 계산하여 기존 연구와 매우 유사한 결과를 얻었다. 셋째, 다양한 점성도 구조를 도입한 단순화된 2차원과 3차원 동해 모형을 제작하여 실제 2011년 Mw 9.0 도호쿠 대지진 후 동해 및 한반도에서 관측된 지진 후 변위와 비교하여 동해 하부 지각의 기계적 강도를 단순하게나마 추정하였다. 향후 깊이에 따른 압력과 온도 변화에 의한 강도 곡선(strength envelope)을 세밀하게 추가하고, 실제 동해와 유사한 복잡한 구조의 3차원 모형을 제작한다면 동해 하부의 실제 점성도를 추정할 수 있을 것으로 기대된다.

사 사

이 연구는 기상청 기상·지진 See-At 기술 개발사업(KMI2018-02110), 신진연구지원 사업(NRF-2019R1C1C1010804)의 지원으로 수행되었습니다.

밀도 이상체에 의한 한반도 남동부 국지적 압축 응력에 관한 수치 모사

김현섭¹⁾, 김나원¹⁾, 김민수¹⁾, 소병달^{1)*}

¹⁾ 강원대학교 지구물리학과

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

Numerical study of local compressive stress in the southeastern Korea Peninsula driven by crustal density anomalies

Hyeonsoeb Kim¹⁾, Nawon Kim¹⁾, Minsu Kim¹⁾, and Byungdal So^{1)*}

최근 한반도 남동부에서 발생한 경주지진(2016년 Mw5.5)과 포항지진(2017년 Mw5.4)은 판 경계가 아닌 판 내부에서 일어나는 지진이다. 판내부지진의 기작을 이해하기 위해서는 판의 경계로부터 원거리에 있는 단층에 지속적으로 응력을 제공하는 원인에 관한 연구가 필수적이다. 판 구조 운동으로 발생한 응력은 먼 거리에 존재하는 다수의 단층에 동시에 영향을 미치므로 판 내부 단층에 큰 응력을 전달해주기 어려운 것으로 알려져 있다. 따라서, 한반도 남동부 지역에서 발생하는 지진의 원인으로 국지적 응력 작용을 고려해야한다. 기존 판내부지진에 관한 연구에서는 1) 액체 주입(fluid injection)에 의한 지진 유발, 2) 빙하의 후퇴나 퇴적물의 침식 때문에 발생하는 단층의 수직 응력 감소(fault unclamping), 3) 맨틀 대류에 의해 암석권 하부에 가해지는 끌림 힘(basal traction), 4) 밀도의 이질성이나 지형의 급격한 변화에 따른 중력 포텐셜 에너지 차이를 응력의 원인으로 제시했다. 중력 이상과 P파 단층촬영 연구는 양산 단층 하부에 주변과 높은 밀도를 가진 고밀도체가 존재할 수 있음을 제시했다. 남미 브라질의 판내부지진에 관한 중력 이상과 수치모사 조합 연구에서도 고밀도체가 지각을 당기면서 발생하는 응력이 주변의 단층을 재활성할 수 있다고 주장했다. 본 연구에서는 한반도 남동부 양산 단층 하부 일원에 존재하는 고밀도체의 하강으로 인해 발생하는 응력의 규모와 그에 따른 주변 단층의 응력 변화를 유한요소법으로 계산하기 위해 PyLith 솔버를 사용해 연구했다. PyLith는 모형 제작이 불가능하므로 외부의 격자망 생성기를 이용하여 탄성 상부 지각과 점탄성 하부 지각, 점탄성 상부 맨틀 모형을 제작하고 하부 지각 아래에 고밀도체를 정의했다. 중력을 작동시켜 고밀도체의 상부에 가해지는 응력 텐서에서 다양한 각도의 단층에 전달되는 응력을 쿨롱 응력 변화(Coulomb stress change)를 통해 계산하였다. 기존 연구를 통해 얻은 한반도 남동부에 분포한 단층의 깊이와 경사를 사용하여 단층에 쌓이는 응력의 크기를 정량적으로 계산하여 단층에 지진이 일어날 수 있을 만큼의 충분한 크기의 응력이 축적 가능한지 추정하였다.

사 사

이 연구는 기상청 기상·지진 See-At 기술 개발사업(KMI2018-02110), 신진연구지원 사업(NRF-2019R1C1C1010804)의 지원으로 수행되었습니다.

열개 형성에 관한 3차원 유한 요소 수치 모형 : 동해 형성 수치 모사 적용 가능성

장민석^{1)*}, 문병전¹⁾, 홍윤서¹⁾, 소병달¹⁾

^{1)*} 강원대학교 지구물리학과, alstjr2264@kangwon.ac.kr

3D finite element numerical model for Rifting : Applicability of numerical simulation of East Sea formation

Minseok Jang^{1)*}, Byoungjeon Moon¹⁾, Yunseo Hong¹⁾, and Byungdal So¹⁾,

열개 (rift) 작용은 판 간의 상대 운동이나 지구 심부 물질의 용승이 일으킨 인장력에 의해 암석권이 확장되고 그 일원에 정단층의 발달 및 지각이 얇아지는 현상으로, 지구 내부 물질 순환에 있어 중요한 지구동역학적 현상이다. 열개 형성의 진화 과정을 규명하기 위해 유한요소법 등의 다양한 방식의 수치 모사 연구가 수행되어왔다. 한반도와 일본 열도 사이에 존재하는 동해는 올리고세에서 마이오세(32 Ma ~ 18 Ma)동안 태평양 판과 필리핀 판이 수렴하는 과정에서 유도된 해구 후퇴(trench rollback) 현상에 의해 다양한 방향의 열개 작용이 발생한 후열도 분지이다. 동해는 형성 과정에 대한 많은 가설이 경쟁 중이며 지구물리학적 탐사 자료 역시 충분하지 않은 지역이다. 본 연구에서는 지구동역학 유한 요소 해석기(solver)인 ASPECT를 이용하여 공간상에서 유체 격자를 흐름과 함께 움직이도록 임의 재구성하는 ALE (Arbitrary Lagrangian-Eulerian) 기법을 바탕으로 자유 표면 (Free surface) 3차원 수치 모형을 제작하였다. 지배방정식으로 질량 보존 법칙, 운송 방정식, 비압축성 유체의 스토크스 방정식, 에너지 보존 방정식을 도입했다. 모형은 상부지각 및 하부지각과 암석권 맨틀로 이루어진 대륙 암석권 구조로 구성되어 있고 모형 전체는 중력의 영향을 받으며 좌/우 경계에 등속 (1 cm/yr) 인장이 부가되었다. 초기 온도조건으로 방사성 동위원소 붕괴열을 고려한 대륙 암석권 지온 구배를 적용시켰다. 본 연구를 통해 제작된 3차원 수치 모형으로 후열도 분지의 생성 및 확장을 확인하고 열곡 구조를 구현하였다. 그러나 모형에서는 실측 자료를 기반으로 하지 않았다는 한계가 있으므로 향후 연구에서 동해 지역의 지구물리탐사 자료(탐사로 얻은 지열류량, 지온구배 등)를 적용시켜 발전된 모형의 개발을 예상하며 동해 열개 과정과 형성 기작의 이해를 증진시킬 것으로 기대한다.

아담 옵티마이저와 주기적 학습률 방법을 사용한 라플라스 영역 완전파형역산

배우람¹⁾, 하완수^{1)*}

^{1)*} 부경대학교 에너지자원공학과, wansooaha@pknu.ac.kr

Laplace-domain Waveform inversion using the Adam Optimizer and the Cycle Learning Rate

Wooram Bae¹⁾ and Wansoo Ha^{1)*}

신경망 모델의 훈련은 레이블과 예측값 사이의 오차를 나타낸 손실함수의 수렴을 위해, 손실함수의 기울기를 활용한 아담 옵티마이저, RMSProp, 네스테로프 가속 경사 방법 등 다양한 옵티마이저와 학습률 파라미터를 사용한다. 이때 적절한 학습률 파라미터 선택이 어렵기 때문에, 성능기반 스케줄링, 지수기반 스케줄링, 거듭제곱기반 스케줄링, 주기적 학습률 방법 등을 사용한다. 이와 유사하게, 완전파형역산은 실제 자료와 모델링한 자료 사이의 오차를 나타낸 목적함수의 수렴을 위해, 목적함수의 기울기를 활용한 경사하강법, L-BFGS 방법, 가우스-뉴턴 방법 등 방법과 스텝랜스 파라미터를 사용한다. 이러한 유사성을 바탕으로 라플라스 영역 완전파형역산에 이전 반복횟수의 기울기와 기울기 제공의 지수 감소 평균을 활용하는 아담 옵티마이저를 목적함수에, 지정한 학습률 범위에서 주기적으로 학습률이 변화하는 주기적 학습률 방법을 스텝랜스 파라미터에 도입했다. 이 방법을 사용하여 암염도 수치 모델에서 역산을 수행한 결과, 경사하강법과 아담 옵티마이저에 고정 스텝랜스를 사용한 방법들보다 향상된 역산 결과를 보였다.

사 사

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(No. 20182510102470).

파라핀 함량에 따른 왁스생성온도 추정을 위한 초음파 특성 분석

김대철¹⁾, 신성렬^{2)*}, 하지호³⁾, 임종세²⁾, 이동건¹⁾

¹⁾ 한국해양대학교 해양에너지자원공학과

^{2)*} 한국해양대학교 에너지자원공학과, srshin@kmou.ac.kr

³⁾ 한국지질자원연구원 포항지질자원실증연구센터

Analysis of ultrasonic characteristics for WAT estimation according to paraffin contents

Daechul Kim¹⁾, Sungryul Shin^{2)*}, Jiho Ha³⁾, Jong-Se Lim²⁾, and Donggun Lee¹⁾

석유 유동관 내의 왁스 집적은 생산에 막대한 피해를 입히며, 복구에도 많은 비용과 시간이 소요된다. 오일 내 용해되어 있는 파라핀은 온도 변화에 의해 왁스로 석출된다. 유동관 내벽의 온도가 급감하면서 왁스생성온도(wax appearance temperature, WAT) 이하의 온도에서 왁스가 석출되며, 석출된 왁스는 오일과 이동하면서 결합하여 왁스 집적물을 형성한다. 본 연구에서는 파라핀 함량에 따른 WAT를 추정하기 위하여 비파괴 검사 중 하나인 초음파 검사를 활용하였다. 파라핀 함량에 따른 왁스 집적을 분석하기 위하여 합성 오일을 제조하였으며, 왁스집적물의 주성분인 노말파라핀을 모사하기 위하여 케로신과 고체파라핀, 미네랄오일을 사용하였다. 파라핀의 함량을 조절하기 위하여 고체파라핀 함량의 중량비에 따라 5wt.%, 10wt.%, 15wt.%, 20wt.%, 25wt.%, 30wt.% 합성 오일을 제조하였고 왁스 집적 시 초음파 특성을 분석하였다. 합성 오일의 온도를 제어하기 위하여 항온 유체 순환기를 사용하였으며, 순환기에서 배출된 유체는 셀 외부에서 유체가 순환하고 다시 순환기로 유입되도록 하여 셀 내부에 있는 합성 오일의 온도를 제어하였다. 초음파 자료를 취득하기 위하여 1MHz의 트랜스듀서를 사용하였으며, 온도를 측정하기 위하여 K-type 열전대를 사용하였다. 합성 오일의 온도를 감소시키면서 트랜스듀서를 수침시켜 자료를 취득하였고 취득한 자료 분석에 사용된 온도 구간은 5°C ~ 40°C 이다. 취득한 초음파 자료의 분석을 통하여 음파 속도, 주파수 영역에서의 변화 양상, Q-factor를 통하여 WAT를 추정하였다. 본 연구에서는 초음파 검사를 통하여 파라핀 함량에 따른 왁스 집적을 검출하였으며, WAT를 추정하였다. 본 연구 결과는 왁스 집적 조건을 사전에 파악하거나 문제 확산 방지를 위한 기초자료로 활용가능 할 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 한국지질자원연구원이 수행하고 있는 3D 해저 정밀영상화를 위한 복합 탄성파 탐사 및 실규모 고분해능 처리기술 개발사업의 '탄성파 축소모형 시스템을 활용한 3차원 해저면 다성분 탐사 자료 특성분석(20-3312-1)'과제와 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제(No. 20182510102470)에서 지원되었습니다.

MT 탐사의 원거리 기준점 구축 및 운영

홍진표¹⁾, 권형석¹⁾, 오석훈^{1)*}, 이성곤²⁾, 노명근³⁾, 정호준⁴⁾

^{1)*} 강원대학교, gimul@kangwon.ac.kr

²⁾ 한국지질자원연구원

³⁾ (주)지오룩스

⁴⁾ (주)휴먼앤어스

Construction and Operation for Remote Reference of Magnetotelluric survey

Jinpyo Hong¹⁾, Hyoungseok Kwon¹⁾, Seokhoon Oh^{1)*}, Seong Kon Lee²⁾,
Myounggun Noh³⁾ and Hojoon Chung⁴⁾

1 Hz 미만의 매우 낮은 주파수 대역을 사용하는 MT 탐사는 가탐심도가 커서 수 km 이상 떨어진 지역에서 발생하는 국부적인 잡음에도 영향을 받아 신호가 왜곡되는 단점을 갖는다. 이러한 국부적인 잡음 제거를 위해서는 수십 ~ 수백 km 이격된 원거리기준점 자료를 이용한 자료처리가 필수적으로 요구된다. 국내에서는 경상분지 지열탐사에 측선 인근의 원거리기준점을 최초로 사용하였으며, 2000년대 초반 이후 지열탐사를 중심으로 일본의 원거리기준점 자료를 이용한 자료처리가 활성화되었다. 최근에 캐나다 Phoenix사에서 개발한 MTU-5C 시스템이 국내에 도입되었는데, 기술적인 문제로 일본에서 원거리기준점 자료 취득이 불가해서 자체적으로 원거리기준점 MT 사이트를 운영하였다. 원거리기준점 MT 사이트 위치는 2013년도에 제주도에서 수행한 MT 탐사 결과를 바탕으로 한라산 서측에 위치한 2개소를 후보지역으로 선정하였으며, 2개 사이트에서의 현장탐사 결과를 바탕으로 최종 위치를 선정하였다. 2013년도에 비해 고성능의 최신 장비를 사용하였음에도 불구하고 제주도 지역의 관광자원 개발로 인해 측점에서 관측된 MT 자료에 매우 강한 전기적 잡음이 관측되었다. 본 연구에서는 2013년도와 2020년도에 획득된 2개소 사이트에서의 MT 탐사 결과를 비교하여 주변지역 개발로 인한 전기적 잡음의 변화 정도를 고찰하였다. 또한, 동일 시간대에 울릉도에서 획득된 MT 자료를 이용하여 원거리기준점의 자료 품질을 검토하였다. 마지막으로 울릉도에서 획득된 MT 탐사 자료에 제주도의 원거리기준점 자료를 이용한 자료처리를 수행하여 원거리기준점 자료가 MT탐사 자료처리에 미치는 영향을 고찰하였다.

사 사

본 연구는 원자력안전위원회의 재원으로 한국원자력안전재단의 지원을 받아 수행한 원자력안전연구사업의 연구 결과입니다. (No. 1705010)

도심지 싱크홀 탐지를 위한 기계학습 기반 GPR 자료 해석 연구

최병훈¹⁾, 박준호¹⁾, 이상현¹⁾, 정제원¹⁾, 최우창^{1)*}, 편석준¹⁾, 조철현^{2)*}

^{1)*} 인하대학교 에너지자원공학과, choiwc@inha.edu

²⁾ 지하정보기술(주)

Machine learning-based GPR data interpretation for detection of urban sinkhole

Byunghoon Choi¹⁾, Jun Ho Park¹⁾, Sang Hyeon Lee¹⁾, Jewon Jeong¹⁾, Woochang Choi^{1)*},
Sukjoon Pyun¹⁾ and Churl Hyun Jo²⁾

최근 도심지에서 지하공동으로 인한 싱크홀 빈번하게 발생하여 사회적인 불안을 야기하고 있다. 싱크홀로 인한 피해를 예방하기 위해 도심지에 위치한 지하공동에 대한 정보를 파악하는 것이 중요하며, 이를 위한 기술로 GPR 탐사 기법이 주로 사용되고 있다. GPR 자료의 해석은 전문가의 주관적인 판단에 의하여 달라지며, 정확한 해석을 위해 숙련된 전문가가 필요하다. 하지만 도심에서 취득한 방대한 탐사 자료를 모두 전문가가 해석한다면, 지나치게 큰 비용과 시간이 소모된다는 문제가 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 기계학습 기반의 GPR 자료 해석 기법들이 개발되고 있다. 기계학습 기반의 기법들은 해석 결과의 정량적인 평가가 가능하며, 많은 양의 GPR 자료를 적은 비용으로 해석할 수 있다는 장점이 있다. 이 연구에서는 훈련된 기계학습 모델을 사용하여 GPR 합성 자료 해석을 수행하였다. 오픈 소스 소프트웨어인 gprMax를 사용하여 지하공동이 존재하는 3차원 모델을 설계하고 합성자료를 생성하였다. 자료 취득 구조는 도심지 도로의 환경을 가정하여 도로와 평행한 방향으로 다수의 2차원 단면들을 얻도록 설계하였다. GPR 자료에서 쌍곡 함수 형태로 나타나는 이상신호를 강조하기 위해 간단한 자료처리 과정을 수행하였으며, 훈련된 ImageNet 네트워크를 사용하여 이상신호를 검출하였다. 추출된 이상신호들을 종합하여 최종적으로 지하공동 유무를 판단할 수 있다.

사 사

이 연구는 2020년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단-현장맞춤형 이공계 인재양성 지원사업의 지원을 받아 수행된 연구입니다(No. NRF-2017H1D8A1032288).

오염지에서 다중시간채널 역산 기법을 활용한 시간영역 IP 탐사 역산

유희은¹⁾, 김빛나래¹⁾, Desy Caesary¹⁾, 남명진^{1,2)*}

^{1)*} 세종대학교 에너지자원공학과

²⁾ 세종대학교 지구자원시스템공학과

Time-domain IP inversion from contaminated sites using multi time-channel data

Huieun Yu¹⁾, Bitnarae Kim¹⁾, Desy Caesary¹⁾, Myung Jin Nam^{1,2)*}

물리탐사 기법은 비교적 넓은 지역에 대한 물성 정보를 얻을 수 있으며 전기전자 탐사기법은 매질의 전기적인 물성을 영상화할 수 있어서 오염지에서 오염 영역을 규정하거나 오염 유체 경로를 예측하는데 많이 활용되고 있다. 주로 전기비저항과 GPR 같은 물리탐사 기법이 오염 현장에 많이 적용되어왔지만 다양한 실내 실험 및 현장 적용 사례를 통해 쓰레기 매립지나 소수성 액체(Non Aqueous Phase Liquids: NAPL)과 같은 유기오염물에 대한 유도분극(induced polarization: IP) 반응이 나타나는 것이 증명되면서 IP 탐사를 이용한 오염지 탐사가 주목받고 있다. IP 탐사 중 시간영역 IP(Time-domain IP; TDIP)는 전류를 흘려보냈다가 끊었을 때 발생하는 과전압 감쇠(overvoltage decay)를 분석하는 탐사법이다. 시간영역 Cole-Cole 모델 식을 이용하여 오염 부지에 대해 구성한 IP 수치 모델을 모델링하고 역산 기법으로는 다중시간채널 TDIP 자료를 역산하였다. 기존 TDIP 자료 처리 기법과 달리 실제 TDIP 측정 매커니즘을 고려하여 시간채널 자료에 동시 역산을 적용하고 시간채널 모델을 각각 적분하여 충전율 모델을 구하는 다중시간채널 역산법을 이용하였다. 이 결과를 기존 TDIP 역산기법 결과와 비교하고, 각 역산법의 특징과 장단점을 비교 분석하고자 하였다. 이 연구는 향후 NAPL이나 침출수로 오염된 부지뿐만 아니라 다양한 분야에서 TDIP 수치해석 기법의 가능성을 확인할 수 있을 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 산업통상자원부의 재원인 KETEP(No. 20194010201920)과 환경부 재원인 지중환경오염
• 위해관리기술개발사업(No. 2018002440005)으로 지원받은 과제입니다.

섬광검출기를 이용한 지중 환경 내 오염 물질 방사화 분석 연구

홍우성¹⁾, 정원식²⁾, 김기현^{3)*}

¹⁾ 세종대학교 원자력공학과

²⁾ 서울대학교 원자력미래기술정책연구소

^{3)*} 서울대학교 원자핵공학과, gk.rs@snu.ac.kr

A study for neutron activation analysis of chemical pollutants underground using scintillators

Wooseong Hong¹⁾, Wonsik Jung²⁾, Geehyun Kim^{3)*}

방사능 검출 존대를 이용한 지중 환경 내의 오염 물질 탐지를 위하여 다양한 종류의 섬광 검출기(Scintillator)를 사용하여 중성자와 오염 매질의 반응 연구를 수행하였다. 지중 환경 내 다양한 매질과 중성자의 복잡한 상호작용 속에서 오염 매질에 의한 영향을 확인하기 위해서는 검출기의 높은 에너지 분해능(Resolution)이 요구된다. 또한 중성자와 감마선이 동시에 존재하는 환경에서 중성자와 감마선의 신호를 구분하는 것이 중요하다. 대표적인 산업 오염원인 유류 또는 TCE(Trichloroethylene)와 중성자의 반응을 확인하기 위하여 휘발유와 경유를 오염 매질로 사용하였고, TCE의 경우 동일하게 염소가 함유된 소금과 락스를 사용하였다. 중성자 선원으로 ²⁵²Cf 선원을 사용하였고, 중성자 감속을 위해 고밀도 폴리에틸렌이 선원을 감싸는 구조로 실험 지오메트리를 구성하였다. 방사능 검출에 주로 사용되고 있는 NaI(Tl) 섬광 검출기 외에도 에너지 분해능이 더 우수한 CeBr₃, LaBr₃(Ce) 섬광 검출기를 이용하여 중성자 유도 감마선 스펙트럼을 획득하였다. 또한 신호파형구별법(Pulse shape discrimination)을 적용하여, 스틸벤(Stilbene) 섬광 검출기와 EJ-301 액체 섬광 검출기로 측정된 신호 데이터를 분석하였다. 감마선 스펙트럼을 분석한 결과, 염소로 인한 다양한 포획 감마선이 나타났지만, 유류 오염의 지표인 탄소의 비탄성 산란 감마선은 해당 실험 조건에서 검출되지 않았다. 감마선 검출기의 에너지 분해능은 LaBr₃(Ce) CeBr₃, NaI(Tl) 섬광 검출기 순으로 우수하였다. 스틸벤과 EJ-301 섬광검출기 측정 결과에서 감마선의 계수 값은 감속재의 유무 또는 오염 매질의 종류에 따라 큰 차이가 없었지만, 중성자 계수 값은 감속재를 사용하였을 때 약 39% 감소하였다. 휘발유, 경유, 락스의 측정 결과의 경우 중성자 계수 값이 약 27% 감소하였고 비교적 가벼운 원자 구성이 아닌 소금의 경우 계수치가 약 4.5% 감소하는 것으로 나타났다. 본 연구를 통해 고 분해능 섬광 검출기를 이용한 방사능 검출 존대의 오염물 탐지 가능성과 중성자와 감마선을 동시 측정할 수 있는 섬광 검출기의 적용 가능성을 확인하였다.

사 사

본 결과물은 환경부의 재원으로 환경산업기술원의 지중환경오염위해관리기술개발사업의 지원을 받아 연구되었습니다 (과제번호: 2018002440004).

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., 2020, A study on geophysics and geophysical explorarion, Proc. of the 2020 Fall KSEG Conf., Korean Soc. Earth Expl. Geophys., Korea Inst. Geosci. and Min. Res.(KIGAM), Sep. 23-25, 2020.



한국지구물리·물리탐사학회
Korean Society of Earth and Exploration Geophysicists

2020 가을 학술대회 및 정기총회

2020 Fall KSEG Conference

2020 가을 학술대회 준비위원

- 준비위원장: 이태종(부회장)
- 준비총괄: 임형래(학술), 오석훈(총무), 김현도(재무), 이성곤(기획), 민동주(교육)
- 준비위원: 강태섭(부경대), 김병엽(지자연), 김보나(지자연) 김영석(공주대), 김창렬(지자연), 김현섭(해양연), 김형래(공주대), 남명진(세종대), 노명근(지오룩스), 박계순(지자연), 박권규(지자연), 박미경(지오센스), 박윤희(해양연), 신동훈(전남대), 안영돈(보민글로벌), 유명철((주)코탐), 이준기(서울대), 이춘기(극자연), 임성근(농어촌공사), 정우근(해양대), 조성준(지자연), 조창수(자원연), 주용환(지자연), 최지향(지오센스), 편석준(인하대), 하완수(부경대), 하희상(GS건설), 허식(해양연)

발행처

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://kseg.jams.or.kr>

2020 가을 학술대회 및 정기총회 초록집

◆ 후원 / 협찬 기관

<p>한국지질자원연구원</p>  <p>한국지질자원연구원</p> <p>http://www.kigam.re.kr</p>	<p>한국원자력환경공단</p>  <p>한국원자력환경공단</p> <p>https://www.ekr.or.kr</p>	<p>극지연구소</p>  <p>극지연구소</p> <p>http://www.kopri.re.kr</p>	<p>한국농어촌공사</p>  <p>한국농어촌공사</p> <p>https://www.ekr.or.kr</p>
<p>제주특별자치도개발공사</p>  <p>제주특별자치도개발공사 JEJU PROVINCE DEVELOPMENT CO.</p> <p>http://www.jpdc.co.kr</p>	<p>(주)골든엔지니어링</p>  <p>(주)골든엔지니어링 GOLDEN ENGINEERING CO.,LTD</p> <p>http://www.goldeneng.co.kr</p>	<p>보민글로벌 주식회사</p>  <p>BOMIN</p> <p>http://www.globalbomin.com</p>	<p>서정엔지니어링(주)</p>  <p>서정엔지니어링주식회사 SUJUNG ENGINEERING CO.,LTD.</p> <p>http://www.sj-e.com</p>
<p>씨앤에치아이앤씨(주)</p>  <p>C&H 씨앤에치, Inc http://www.candh.co.kr</p> <p>http://www.candh.co.kr</p>	<p>(주)어스이엔지</p>  <p>(주)어스이엔지 Earth ENG</p> <p>http://지반조사.kr</p>	<p>(주)지오그린21</p>  <p>GeoGreen21</p> <p>http://www.geogreen21.com</p>	<p>(주)지오룩스</p>  <p>Geolux (주)지오룩스</p> <p>http://www.geolux.co.kr</p>
<p>(주)지오메카이엔지</p>  <p>지오메카이엔지 GeoMerca Engineering</p> <p>http://www.gmeng.co.kr</p>	<p>(주)지오뷰</p>  <p>GEVIEW (주)지오뷰</p> <p>http://www.geoview.co.kr</p>	<p>(주)지오제니컨설턴트</p>  <p>GEOGENY</p> <p>http://www.geogeny.biz</p>	<p>지하정보기술(주)</p>  <p>Subsurface Information Technology</p> <p>http://www.geophysical.co.kr</p>
<p>코탐(주)</p>  <p>KOTAM WE THINK GEO-SURVEY</p> <p>http://www.kotam.co.kr</p>	<p>(주)테라이지</p>  <p>terraEG Environment & Geotechnology</p> <p>http://www.terraeg.com</p>	<p>(주)한세지반엔지니어링</p>  <p>(주)한세지반엔지니어링 HANSE GEOTECHNICAL ENGINEERING</p> <p>http://www.hansegeo.com</p>	<p>(주)휴먼앤어스</p>  <p>(주)휴먼앤어스 HUMAN & EARTH INC.</p> <p>http://www.hande.biz</p>

밀리시버트(mSv)는 인체가 방사선에 노출되었을 때 어느 정도 손상을 입을 것인지를 나타내는 방사선량의 단위임.

5~10 mSv/회

일반흉부CT

안심하세요!

중저준위 방폐장의 방사선 허용선량은
일반인의 연간 허용선량 1mSv의 1/10인
0.1mSv 이하입니다.

1 mSv/년

일반인 허용선량

중·저준위방폐장

0.1 mSv/년



**한국원자력환경공단(KORAD)은
중저준위 방폐장을 안전하게 운영해
국민의 안전과 환경을 지킵니다.**



한국원자력환경공단
KOREA RADIOACTIVE WASTE AGENCY

사람과 자연을 생각합니다

하늘도 구름도 바람도 당신에게 더 특별하게 다가오는
아름다운 삶의 특별한 여유를 드리는 곳...

안전하고 행복한 삶을 위한 미래창조

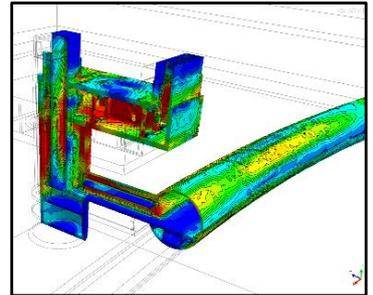
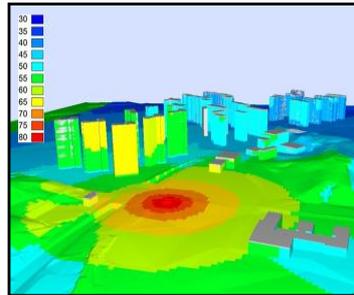


(주)골든엔지니어링
GOLDEN ENGINEERING CO.,LTD.

터널 및 지반설계, 지하안전영향평가



특화해석(소음·진동, 동적·폭발, 지하수유동...)



신기술(자립식 흙막이공법, RF-Beam공법...)



국가R&D(자원개발 및 신재생에너지 분야...)



(주)골든엔지니어링
GOLDEN ENGINEERING CO.,LTD.

(05836) 서울특별시 송파구 법원로11길 11
현대지식산업센터 B동 704,5,9호
Tel : 02-456-1612~3 Fax : 02-456-1614
www.goldeneng.co.kr, 토목설계.net, 터널설계.kr



(주)어스이엔지

Earth E&G

풍부한 노하우로 창조적 미래를 선도하는 혁신기업

대심도 / 대구경 시추



/ 지질 및 지반조사

/ 탐광시추

/ 그라우팅

/ 대구경 천공

/ 지하수영향조사

해상 시추



B.O.P 활용 시추



WellHead/X-Tree 설치

본사 : 충청북도 청주시 흥덕구 사직대로 62, 305호
연구소 : 대전광역시 중구 대종로 517번길 61, 202호
Tel : 042-623-3340 Fax :042-623-3350

www.지반조사.kr

지하수·토양환경전문기업 지오그린21

Groundwater & Soil Environment Technology

(주)지오그린21은
국제적연구실적과 기술력을 바탕으로
최고의 지하수·토양환경 서비스를
제공하고 있습니다.

지하수·토양 오염조사 / 정화
지하수 관측망
지하수 관련 환경영향조사
지하수 관련 엔지니어링 / 설계 / 시공
연구 / 정책개발 사업



직접

— 국내 최고의 지하수 전문업체인 지오그린21에서 사용중인 지하수조사장비를 지금 사용해 보세요. —



지하수위 측정장비

- Water Level meter
- Mini Water Level meter
- Interface Meter
- TLC Meter
- 센서두께 : 4mm~16mm
- 수위, 온도, 전기전도도, 유류두께 측정(모델별)
- 25m~300m까지 심도별 주문제작 가능



자동측정/기록장비

- LT Levellogger
- LTC Levellogger
- Rainlogger
- AquaVent
- App Interface
- LevelSender
- 내부식성이 강한 티타늄 PVD 코팅
- 수위, 온도, 전기전도도, 강수량 측정(모델별)
- Android, iOS 전용 앱을 이용한 블루투스 데이터 송수신
- 저렴한 가격 및 크기를 소형화한 원격 자동관측 시스템 구축 가능



지하수 시료채취 장비

- Diffusion Sampler
- Bladder Pump
- Double Valve Pump
- Discrete Interval Sampler
- 일회용 Bailer
- 교란없이 VOC류 시료채취 가능한 Sampler(당사특허제품)
- 일회용 Bailer(두께 19mm, 38mm)
- 심도별 공기 접촉없이 새로 채취 또는 채취속도 조절 가능한 각종 Pump
- 단열대에서 구간별 시험, 시료채취 가능한 Packer

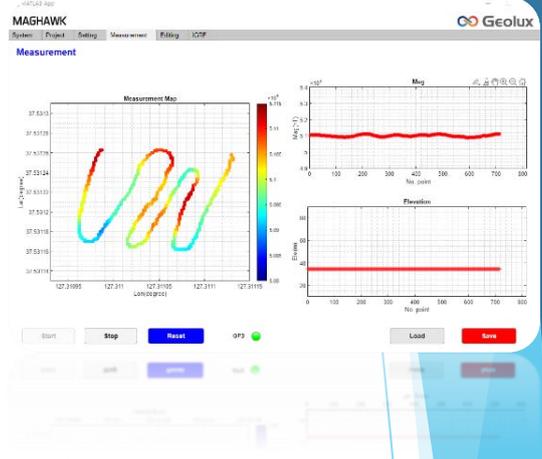
MAGHAWK

GEOLUX



Hardware
드론 자력탐사 데이터 취득 장치

Real-time transfer



Software
데이터 실시간 수신 및 보정 프로그램

Advantages

MAGHAWK 제품 장점

- *외산 시스템과 유사한 성능 및 저렴한 비용
- *강한 내구성 및 높은 사용자 편의성/안정성
- *사용자 맞춤형 커스터마이징 가능

Functions

MAGHAWK 제품 주요 기능

- *실시간 자력탐사 데이터 송수신 및 시각화
- *데이터 편집 및 IGRF 등 보정 기능 탑재

Specification

규격 및 성능

- *Magnetic Sensor : Fluxgate
- *Sampling Rate : 10 Hz
- *Wide Bandwidth : DC to 1 kHz
- *Noise/Sensitivity : <math><0.5 \text{ nT}_{\text{RMS}}</math>
- *Total Weight : 약 1.2 kg
(including battery)
- ※ X, Y, Z 3성분 측정

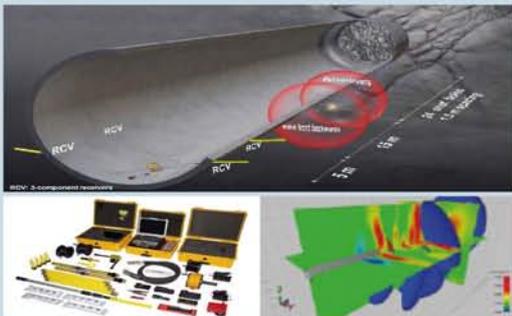
특허 등록 보유 현황

- * 멀티콥터 비행체를 이용한 3차원 항공자력탐사 시스템 및 이를 이용한 항공자력탐사 방법 (10-1582959)
- * 자력 탐사 드론 (10-2121402)

“인간과 환경의 아름다운 공존을 추구하는 최신기술 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

차량견인형 GPR(Stream EM)



- 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]

터널막장



급경사지 비탈면



대규모 노천광산



문화재 및 유적



(주)지오뷰는 21세기
해양시대를 열어갈 기업으로써
“기술최상주의로 객관적인 해양정보 제공”
이라는 사훈아래 해양탐사 전문가들로 구성된 그룹입니다.
지구와 바다를 사랑하는 기업이 되겠습니다.



사 업 분 야

1. Offshore Survey

- 1) Hydrographic survey, Geophysical survey, Geotechnical survey
- 2) 해양조사 및 탐사에 대한 GeoConsultant
- 3) 지구물리 탐사와 지반 조사의 연계분석을 통한 신뢰성 확보 및 2차원 확장
- 4) 천부 및 심부 지층탐사
 - ▶ 단일 및 다중채널 2D 해양 탄성파탐사, 고해상 3D 해양 탄성파탐사
 - ▶ Air Gun, Sparker, Bubble Pulser, Boomer, Parametric SBP, Chirp SBP
- 5) Deep Towing system(MBES, Sonar, SBP): 3,000m Winch, USBL
- 6) Geotechnical survey: Marine CPT, Vibro Core, Acoustic 3D Scanner

2. 고해상 정밀 지층탐사(다중채널 및 3차원 탐사)

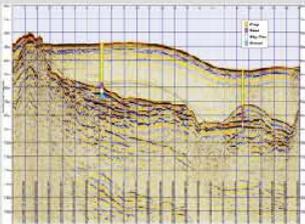
- 1) 다양한 음원(주파수) 및 독자적인 해양탄성파 탐사 시스템
- 2) 자체 개발한 자료처리 SW를 통한 고해상 자료취득 및 처리
- 3) 해양 탄성파 반사법 탐사와 굴절법 탐사로 정밀지층탐사 가능
- 4) 광역적인 해저 지층 파악 및 기반암 조사
- 5) 단일채널 및 다중채널(8ch) 해양 탄성파 탐사 운용
- 6) 해양 탄성파 탐사 전용 자료처리 소프트웨어 Pro-Max 보유
- 7) 광역 해저지층 및 매물체에 대한 3차원 탐사 기술 보유(특허)

3. 해저 경과지 조사 및 매설 평가 정밀조사

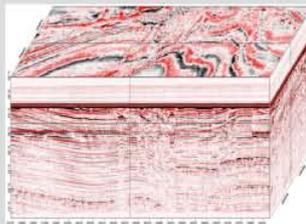
- 1) 해저 경과지에 대한 종합적인 조사와 연계분석을 통한 객관적인 정보 제공
- 2) 경과지 선정 후 시공방법 결정을 위한 정밀 조사, BAS 분석의 기본 자료
- 3) BAS(Burial Assessment Survey)
 - ▶ 고주파지층탐사, CPT조사, 진동식 시추조사, Box Corer 조사 실시
- 4) Geophysical survey와 Geotechnical survey 연계분석으로 2차원 확장
- 5) 해저케이블, 파이프라인, 해상풍력단지 등 시공성 평가의 기초 자료

4. 해저 매물체 탐사

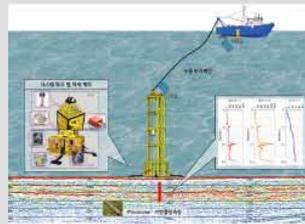
- 1) 해저 파이프라인, 해저 케이블, 수중문화재, 사석 등 해저 매물체 탐사
- 2) 음파탐사, 자력탐사, 전자유도탐사 등 정밀탐사를 위한 다양한 방식 적용
- 3) 퇴적층 내에 존재하는 매물체에 대한 이상반사신호 고정밀 분석
- 4) 매물체의 깊이, 크기 파악 가능
 - ▶ EOS3D Wing, 고주파 지층탐사기를 통한 광역 조사
 - ▶ Acoustic 3D Scanner를 이용한 정밀 스캔



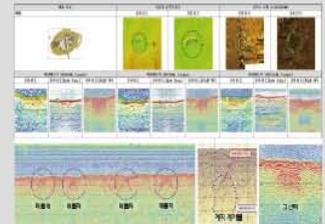
고해상 지층탐사(다중채널) 단면도



소형선박 3D탐사 시스템을 이용한 3D Cube



해저착저형 콘관입시험기



해저매물체 탐사 기술

전문가 그룹(대학, 연구원, 학회 등)에 의한 자료 검증 및 자문을 통한 자료의 객관성 및 신뢰성 확보

WE THINK GEO-SURVEY

KOTAM

Your Geo-Navigator

특화물리탐사·검층

탄성파 모델링 해석

지하수토양조사

열화상 항공물리탐사

지반장비개발 수리·R & D



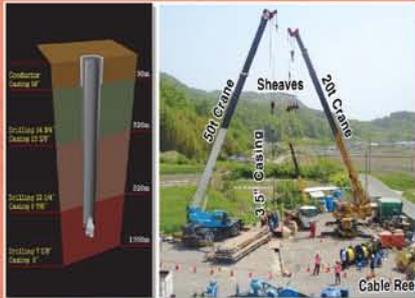
<http://www.kotam.co.kr>

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

정밀 지반조사 및 현장시험
방재 조사 / 계측
지진계 설치



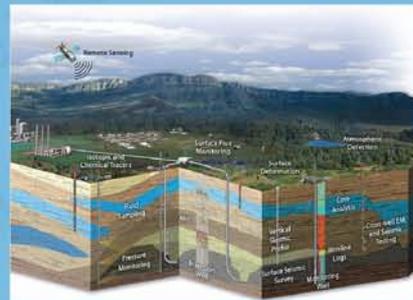
GeoTech Engineering



CCS 기술
지하공동조사 기술
대심도 모니터링시스템 설계 및 완결



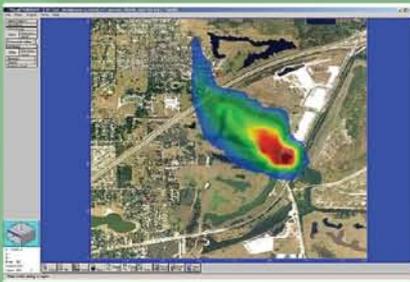
GeoTech R&D



수리특성 시험
지하수 영향분석
지반안정성 모니터링



GeoTech Environment



GeoTech Resources

광물자원 탐사
광체 및 매장량 평가
탐광시추



(주) 테라이지

서울시 강서구 양천로 551-24 한화비즈메트로2차 1302호

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

Http://www.terraeg.com



한국지구물리·물리탐사학회
Korean Society of Earth and Exploration Geophysicists

나와 조직을 위한 KIGAM다움

Professionalism

전문성



책임과 열정을
다하는 KIGAM 人

Respect

존중



다름에 대해 이해하고
배려하는 KIGAM 人

Communication

소통



열린 자세로 서로 협력하고
융합하는 KIGAM 人

비매품

