

2024년 한국지형학회 하계학술대회 발표자료집

2024년 한국지형학회 하계학술대회

"지형학의 사회적 기여

- 지형학 관련 글로벌 이니셔티브의 핵심쟁점과 전망"

일시 : 2024년 8월 9일 - 10일

장소 : 공주대학교 인문사회과학관 (113,114, 118호)

주최 : (사) 한국지형학회

주관 : (사) 한국지형학회, 공주대학교 사범대학 지리교육과

학술대회 및 답사 프로그램

학술대회: 8월 9일 (금)

개회사

사회: 류호상 (전북대 지리교육과)

장소: 113호

13:00-13:10 회장 개회사 (박수진 | 서울대 지리학과)

특별분과. 지형학의 사회적 기여 - 지형학 관련 글로벌 이니셔티브의 핵심쟁점과 전망

사회: 박수진(서울대 지리학과)

장소: 113호

13:10-13:30 미래 지구(Future Earth)의 현황과 전망 (김준 | 서울대 조경지역시스템공학부)

13:30-13:50 지오파크의 현황과 전망 (유완상 | 국립공원공단 국가지질공원사무국)

13:50-14:10 국립생태원의 국제환경협력과 전망 (강지현 | 국립생태원)

14:10-14:20 종합토론 및 질의·응답

일반분과 1.

사회: 홍성찬(한국교원대 지리교육과)

장소: 114호

14:30-14:45 부산 놀자도 일대 해안단구 퇴적층의 석영 OSL 연대측정과 해안단구
형성과정(홍영민 | 경상국립대 및 한국기초과학지원연구원, 최정현 | 한국기초
과학지원연구원, 신재열 | 경상국립대 지리교육과, 김석진 | 국립문화유산연구원,
원효정 | 한국기초과학지원연구원, 허서영 | 한국기초과학지원연구원)

14:45-15:00 해안단구를 이용한 용기울 산출의 방법과 과제 (이광률 | 경북대학교 지리교육과)

15:00-15:15 경주 월성1호 해자 내 구조분석을 통한 고수문 환경복원 (김정윤 | 국립
부경대 G-램프 SEED 연구소, 서한교 | 한국사회과학연구원, 류중형 | 국립
부경대학교 해양학과)

15:15-15:30 GIS 분석을 이용한 관방유적의 방어기능에 관한 지형연구-공주 공산성
을 사례로 (한유민 | 공주대 지리교육과, 박지훈 | 공주대 지리교육과)

일반분과 2.

사회: 김진관 (전남대 지리교육과)

장소: 114호

- 15:40-15:55 Present state and future perspective of Eco-morphodynamic modelling (최훈, 이찬주 | 한국건설기술연구원)
- 15:55-16:10 2022년 포항시 북구 발생 산사태 메커니즘 연구: 모니터링-실험-모델링 사례 연구 (김민석 | 한국지질자원연구원 지질재해연구본부, 조용찬 | 한국지질자원연구원 광물자원연구본부, 이승준 | 한국지질자원연구원 지질재해연구본부)
- 16:10-16:25 토양심도와 표토-기반암 지형에 따른 사면안정성 분석 및 확률론적 입력변수 추정 (이재욱 | 한국지질자원연구원 지질재해연구본부, 김민석 | 한국지질자원연구원 지질재해연구본부, 이승준 | 한국지질자원연구원 지질재해연구본부, 김석우 | 강원대학교 산림과학부)
- 16:25-16:40 지형학적 산지 추출 알고리즘의 개발과 평가 (심우진 | 서울대 아시아연구소, 박수진 | 서울대 지리학과)

일반분과 3.

사회: 류호상 (전북대 지리교육과)

장소: 114호

- 16:50-17:05 풍속자료와 타임랩스 영상의 동기화를 통한 비사이동 현장임계풍속의 추정 (류호상 | 전북대 지리교육과)
- 17:05-17:20 내륙습지의 디지털 토양지도 구축 및 유기탄소 저장량 산정을 위한 공간표본 설계 (정관용 | 전남대 지리학과, 심우진 | 서울대 아시아연구소, 안유순 | 전남대 지리학과/서울대 국토문제연구소)
- 17:20-17:35 남극 빙하지형을 이용한 과거 테라노바 빙봉의 거동 복원과 후퇴기작 규명 (이현희 | 공주대 환경교육과)
- 17:35-17:50 영양 장구메기 습지의 지형 특성과 변천 과정 (이준호 | 가톨릭관동대 지리교육과, 최광희 | 가톨릭관동대 지리교육과)

일반분과 4.

사회: 박지훈 (공주대 지리교육과)

장소: 118호

- 16:50-17:05 공주시 제민천 유역의 최종빙기 이후 환경변화와 인간활동 (박지훈 | 공주대 지리교육과)
- 17:05-17:20 인간간섭에 따른 만경강 신천습지의 퇴적환경 변화 (김진관 | 전남대 지리교육과, 임영신 | 전남대 지리교육과, 기신우 | 전남대 지리교육과, 김예원 | 전남대 지리교육과)
- 17:20-17:35 키르기스 이식쿨 호수 주변의 하안단구의 발달과 구조 운동의 관련성 (홍성찬 | 한국교원대 지리교육과, 오정식 | 경북대 지리학과, 류호상 | 전북대 지리교육과, 탁한명 | 부산대 지리교육과)
- 17:35-17:50 노토반도 지진재해지역 답사기 (탁한명 | 부산대 지리교육과, 김장수 | 공주대 지리학과, 홍성찬 | 한국교원대 지리교육과)

포스터 분과

장소: 학회장 이동통로

- 잠제 건설 이후 하시동 해변의 해안선 변화과정 (황재현 | 가톨릭관동대 지속가능환경학과, 고다해 | 가톨릭관동대 지속가능환경학과, 최광희 | 가톨릭관동대 지리교육과)
- 고문헌에 나타난 조선시대 태풍의 시공간적 분포 (강진구 | 가톨릭관동대 지속가능환경학과, 최광희 | 가톨릭관동대 지리교육과)

총 회

사회: 류호상 (전북대 지리교육과)

장소: 113호

18:00-18:40 총회 및 폐회

19:00-21:00 간담회

학술 답사 : 2024년 8월 10일

주제: 공주 제민천 유역의 홀로세 환경변화와 인간활동

목차

특별분과 :

미래 지구(Future Earth)의 현황과 전망	2
김준 ^{1,2} , 박수진 ^{1,2,3} , 윤순창 ^{1,2} 1Future Earth, 2서울대학교 아시아연구소 미래지구 프로그램, 3서울대학교 지리학과	
지오파크(Geopark)의 현황과 전망	3
유완상 국립공원공단 국가지질공원사무국	
생물다양성 협약 및 글로벌 이니셔티브 대응을 위한 국립생태원의 역할 및 전략	4
강지현 국립생태원 생태연구전략실 국제협력팀	

일반 분과 1

부산 놀차도 일대 해안단구 퇴적층의 석영 OSL 연대 측정과 해안단구 형성 과정	8
홍영민 ^{1,2} , 최정현 ² , 신재열 ¹ , 김석진 ³ , 원효정 ² , 허서영 ² 1경상국립대학교 지리교육과, 2한국기초과학지원연구원, 3국립문화유산연구원	
해안단구를 이용한 용기울 산출의 방법과 과제	11
이광물 경북대학교 사범대학 지리교육과	
경주 월성 1호 해자 내 구조 분석을 통한 고수문 환경 복원	13
김정윤 ¹ , 서한교 ² , 류중형 ³ 1국립부경대학교 G-랩프사업단 SEED 연구소, 2한국사회과학연구원, 3국립부경대학교 해양학과	
GIS분석을 이용한 관방유적의 방어기능에 관한 지형 연구-공주 공산성을 사례로-	16
한유민 ¹ , 박지훈 ¹ 1국립 공주대학교 사범대학 지리교육과	

일반 분과 2

Present state and future perspectives of Eco-morphodynamic modelling	20
Hun CHOI ¹ , Chanjoo LEE ² 1Department of Hydro Science and Engineering Research, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology(KICT), 2International Cooperation Division, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology(KICT)	
2022년 포항시 북구 발생 산사태 메커니즘 연구: 모니터링-실험-모델링 사례 연구 ..	22
김민석 ¹ , 조용찬 ² , 이승준 ¹ 1한국지질자원연구원 지질재해연구본부 산사태연구센터, 2한국지질자원연구원 광물자원연구본부 자원환경연구센터	
토양 침도와 표토-기반암 지형에 따른 사면안정성 분석 및 확률론적 입력변수 추정 ..	24
이재욱 ¹ , 김민석 ¹ , 이승준 ¹ , 김석우 ² 1한국지질자원연구원 지질재해연구본부 산사태연구센터, 2강원대학교 산림과학부	
지형학적 산지 추출 알고리즘의 개발과 평가	27
심우진 ¹ , 박수진 ² 1서울대학교 아시아연구소, 2서울대학교 지리학과	

일반 분과 3

<p>풍속자료와 타임랩스 영상의 동기화를 통한 비사이동 현장임계풍속의 추정 30</p> <p>류호상 전북대학교 사범대학 지리교육과</p>	
<p>내륙습지의 디지털 토양 지도 구축 및 유기탄소의 저장량 산정을 위한 공간 표본 설계 32</p> <p>정관용¹, 심우진¹², 안유순¹³ ¹전남대학교 지리학과, ²서울대학교 아시아연구소, ³서울대학교 국토문제연구소</p>	
<p>남극 빙하지형을 활용한 과거 테라노바 빙봉의 거동 복원과 후퇴 기작 규명 33</p> <p>이현희 국립공주대학교 사범대학 환경교육과</p>	
<p>영양 장구메기 습지의 지형 특성과 변천 과정 35</p> <p>이준호¹, 최광희² ¹가톨릭관동대학교 대학원 지리전공, ²가톨릭관동대학교 사범대학 지리교육과</p>	
<p>일반 분과 4</p>	
<p>공주시 제민천 유역의 최종빙기 이후 환경변화와 인간활동 38</p> <p>박지훈 국립공주대학교 사범대학 지리교육과</p>	
<p>인간간섭에 따른 만경강 신천습지의 퇴적환경 변화 41</p> <p>김진관¹, 임영신¹, 기신우¹, 김예원¹ ¹전남대학교 지리교육과</p>	
<p>키르기스 이식쿨 호수 주변의 하안단구 발달과 구조 운동의 관련성 43</p> <p>홍성찬¹, 오정식², 류호상³, 탁한명⁴ ¹한국교원대학교 지리교육과, ²경북대학교 지리학과, ³전북대학교 지리교육과, ⁴부산대학교 지리학과</p>	
<p>노토반도 지진재해지역 답사기 45</p> <p>탁한명¹, 김장수², 홍성찬³ ¹부산대학교 사범대학 지리교육과, ²공주대학교 지역개발연구소, ³한국교원대학교 지리교육과</p>	
<p>포스터 분과</p>	
<p>잠제건설 이후 하시동 해안의 해안선 변화과정 48</p> <p>황재현¹, 고다해¹, 최광희² ¹가톨릭관동대학교 지속가능환경학과, ²가톨릭관동대학교 지리교육과</p>	
<p>고문헌에 나타난 조선시대 태풍의 시공간적 분포 50</p> <p>강진구¹, 최광희² ¹가톨릭관동대학교 지속가능환경학과, ²가톨릭관동대학교 지리교육과</p>	
<p>[학술답사 자료집] 53</p>	

특별분과 : 지형학의 사회적 기여 - 지형학
관련 글로벌 이니셔티브의 핵심쟁점과 전망

미래 지구(Future Earth)의 현황과 전망

김준^{1,2}, 박수진^{1,2,3}, 윤순창^{1,2}

¹Future Earth, ²서울대학교 아시아연구소 미래지구 프로그램, ³서울대학교 지리학과

Current Status and Outlook of Future Earth

Joon KIM^{1,2}, Soo Jin PARK^{1,2,3}, Soonchang YOON^{1,2}

¹Future Earth, ²Future Earth Program, Asia Center, Seoul National University,

³Department of Geography, Seoul National University,

Future Earth는 보다 지속가능한 지구를 위해 협력하는 과학자, 연구자 및 혁신가의 글로벌 네트워크이다. 지속가능성으로의 전환을 지원하는 초학문(Transdisciplinary) 연구를 발전시킨다는 미션하에, 공개적으로 접근 가능하고 공유되는 지식에 의해 사회적 결정이 이루어지는 '모든 사람에게 지속가능하고 공평한 세상'의 비전을 추구한다. 전 세계의 과학자와 혁신가의 경험과 영향력을 활용하는 글로벌 커뮤니티로서 다양한 규모의 네트워크와 거버넌스 및 자문 기관과 유기적으로 연결되어 있다. Future Earth는 UNESCO, UNEP, ISC(국제과학위원회) 및 Belmont Forum 등 4개 글로벌 관리 조직의 지원을 받아, 실행가능한 해결책 중심의 지식을 창출하기 위해 노력하는 다양한 지역, 배경 및 주제의 연구자와 이해관계자 간의 협력을 지원한다. 요약하면, Future Earth의 핵심 역할은 (1) 글로벌 지속가능성 연구와 혁신을 촉진하고, (2) 메타네트워크를 구축하고 동원하여, (3) 글로벌 네트워킹을 형성하는 것이다. 즉, 초학문 연구를 통해 지식의 격차를 메우고 기업, 도시 및 정부가 의미있는 과학 기반의 목표를 설정하여 지식이 행동으로 연결되도록 돕는다. 미래지구의 27개 GRN(글로벌 연구 네트워크)은 인간과 지구의 토지, 공기, 물, 생물다양성 시스템 간의 상호작용을 탐구한다. 이 방대한 네트워크는 정책, 비즈니스, 시민 지도자를 연구자들과 연결하여 토지이용변화, 도시화, 수자원, 긴급위험, 지속가능한 생산 및 소비와 같은 주요 연계 문제를 해결한다. 이를 통해 글로벌 의사 결정에 참여하고 지속가능한 해결책에 대한 대화를 촉발하고 의사 결정을 안내하는 주요 내용과 통찰력을 제공한다. 본 발표에서는 아시아에 초점을 맞추어 Future Earth의 현황과 전망을 살펴보고, Asia Regional Committee (ARC)를 중심으로 준비되고 있는 Science Missions Hub 이니셔티브에 대해 소개한다.

참고문헌

Future Earth, <https://futureearth.org>

지오파크(Geopark)의 현황과 전망

유완상¹

¹국립공원공단 국가지질공원사무국

2011년 7월 자연공원법 개정을 통해 한국에 처음으로 지질공원이 제도화되고, 2012년 12월 울릉도·독도와 제주도가 우리나라 첫 국가지질공원이 된 이후 12년이 지났다. 2024년 7월 현재 16개의 국가지질공원이 인증되었으며, 이 중 5개소가 유네스코 세계지질공원이다. 그동안 연간 1개 이상의 지질공원이 인증된 셈이며, 국립공원이 약 50년간 22개, 생물권보전지역이 40년간 국내에 9개인 것에 비하면 비약적인 발전이다. 인증된 국가지질공원 외에도 1곳이 후보지로 선정되어 인증을 준비 중이며, 1곳은 후보지 신청하여 이를 심사 중이다. 이 밖에도 약 4곳이 국가지질공원 인증을 위한 타당성 혹은 후보지 신청을 위한 용역을 수행 중이다. 지질공원은 행위제한이 아닌 주민 참여를 통한 상향식 접근방식으로 지질·지형유산을 보호하는 것을 목표로 하고 있어 지자체의 선호를 받고있는 제도이다. 그러나, 국토 면적에 비해 지질공원의 수가 많아지면서 ‘전국토의 지질공원화’에 대한 우려와 지역주민을 통한 지질·지형유산의 보호와 지역의 지속가능한 경제발전 실현에 대한 회의도 존재한다. 전 세계적으로 지질공원 인증 이후 사회경제적 가치를 면밀히 평가한 사례는 드물고, 유네스코와 지자체가 열망하는(aspiring) 지역주민 주도의 지질공원 활성화 사례도 찾기 어렵다. 일부 지질공원은 취소 위기에 처해 있으며, 예산과 지질·지형전문가 부족으로 운영에 어려움을 겪고 있다. 정부의 예산지원이 부족하고, 국가지질공원은 유네스코 세계지질공원으로 가기 위한 교두보로만 인식되고 있다. 마야호로 지질공원의 또 다른 10년을 위한 준비가 필요한 시점이다.

생물다양성 협약 및 글로벌 이니셔티브 대응을 위한 국립생태원의 역할 및 전략

강지현¹

¹국립생태원 생태연구전략실 국제협력팀

National Institute of Ecology's role and strategy to respond to the convention on biological diversity and global initiatives

Jihyun Kang

¹International Cooperation Team, National Institute of Ecology,

2023년 세계경제포럼에서 보고한 'The Global Risks Report 2023'에서는 향후 10년 내 인류가 겪게 될 위험으로 기후 완화 실패, 기후 적응 실패, 자연재난, 극한 기상이변, 생물다양성과 생태계 붕괴, 자연 자원 위기 등 기후, 생물다양성으로 인한 환경 리스크를 주요 리스크로 꼽고 있다. 이는 기후, 생물다양성의 문제가 환경분야만의 문제가 아닌 사회, 경제 전반적인 문제로 인식되고 있음을 뜻한다. 이를 반영하듯 정규교육과정인 2022개정시기 사회과 교육과정에서도 기후위기 대응, 지속가능한 발전, 생태 감수성 등의 생태전환 교육 관련 내용이 반영되어 미래 변화에 대응하고자 한다.

생물다양성은 1992년 유엔환경개발회의에서 기후 문제와 더불어 생물다양성을 보존하고, 생물다양성의 구성요소를 지속 가능하게 이용하며, 생물유전자원의 이용으로부터 발생하는 이익을 공정하고 공평하게 공유하기 위해 생물다양성협약(CBD)으로 채택되었다. 우리나라는 1994년에 생물다양성협약에 가입하였으며, 생물다양성협약의 최고 의사결정기구인 당사국총회(COP) 12차 회의가 2014년에 평창에서 개최되었다. 2010년 COP10에서는 생물다양성과 유전자원의 공평한 공유와 관련된 나고야 의정서가 채택되었고, 이를 이행하기 위한 2011~2020 생물다양성 보전 전략계획(아이치목표)이 채택되었다. 한편, 생물다양성 및 생태계서비스에 대한 과학과 정책간의 상호연계를 강화하기 위한 목적으로 '생물다양성 및 생태계서비스에 대한 평가를 시행하고, 주요한 과학정보 선별, 새로운 지식 창출, 정책개발 및 이행지원, 역량강화를 위한 지원'등의 목적으로 유엔생물다양성과과학기구(IPBES)가 독립된 정부 간 기구로써 설립되었다. IPBES는 2019년 지구평가보고서를 채택하였는데, 이는 2005년 유엔에서 새천년생태계평가보고서를 낸 이후 지난 50년간 생물다양성 및 생태계서비스 현황, 변화요인, 미래 예측, 전략 등의 내용이 담겨 있다. 여기에서 자연의 생태계서비스 능력, 수질조절, 장소성 등 자연의 여러 가지 기능이 약화되고 있으며, 생물다양성의 빠른 감소 등 생태계 기능 및 서비스가 약화되고 있음을 확인하였다. 제1차 생물다양성보전 전략계획 이후 CBD COP15에서는 생물다양성의 전략계획을 이행하기 위한 수단과 사회전 분야의 주류화를 목표로 설정하여 쿤밍-몬트리올 글로벌 생물다양성 프레임워크(K-M GBF)

전략계획을 채택하였다. GBF는 자연과 조화로운 삶을 비전으로 제시하고 있으며, 2050년까지 달성을 위해 4개의 목표와 23개의 실천 목표, 이행 및 평가와 관련된 사항으로 구성되어 있다. 23개의 실천 목표는 2030년까지 달성을 목표로 생물다양성 위협요인 저감, 지속가능한 이용과 이익 공유, 이행과 주류화를 위한 방안으로 구분되어 있다. 세부적으로 '지구의 모든 육지와 해양 생물다양성 통합 공간계획을 수립(목표1)'하고, 생물다양성이 높은 중요 지역의 손실을 30년까지 제로로 만들고, 훼손된 해양 및 육지생태계 30% 복원(목표2), 생물다양성과 생태계서비스에 특별히 중요한 육지, 해양 최소 30% 보호지역 및 자연공존지역(OECM)으로 관리(목표3), 기후변화의 생물다양성 영향 최소화, 자연기반해법 및 생태계 기반 접근법 등을 통해 저감, 적응, 회복에 기여(목표8), 매체질 조절, 자연재해 보호 등 생태계 기능 서비스 복구·유지·증진(목표11), 도시 및 인구 밀집 지역의 녹지 및 수변공간 면적, 질, 접근성 및 이익 증대(목표12) 등이 생태계와 서식지, 위협요인 저감과 관련되어 있어 지형학을 비롯한 자연지리 분야에서 관심이 필요하다.

CBD K-M GBF의 목표는 국내 제5차 국가생물다양성전략으로 연결되어 있으며, 환경부를 중심으로 국립생태원, 국립생물자원관, 국립해양생물자원관 등이 목표를 달성하고 이행률을 높이기 위한 방안을 모색하고 있다. 국립생태원은 생물다양성 연구와 생태계 보전을 위한 기초연구 및 정책연구를 수행하고 있는 곳으로 당사국 총회에서 제시되는 과학 기술 분야의 자문을 담당하고 있는 과학·기술 자문 보조기구(SBSTTA) 대응을 하고 있다. 이런 대응을 위해서는 생태원의 연구가 바탕이 되어야 하며, 분야를 확장하여 관련 전문가 그룹과의 네트워크가 필수적이다.

국립생태원은 GBF의 목표 중 생물다양성 위협요인 저감을 위한 방안을 모색하기 위해 다양한 분야의 연구 및 관리 업무를 수행하고 있다. 세계자연보전연맹(IUCN)에서는 생물종에 관련한 종적색목록과 유사한 개념으로 생태계 적색목록(Red List of Ecosystem)을 통해 생물다양성 현황을 파악하고 위협받는 생태계를 식별하기 위한 국제적인 프로젝트를 진행 중에 있는데, 생태원 역시 생태계 적색목록 평가를 위한 가이드라인 연구를 진행중에 있다(목표1). 훼손된 생태계를 보호하고, 보호지역 및 OECM으로 지정하는 것은 GBF의 주요 목표로 생태원의 전국자연환경조사, 특정생태계·보호지역, 습지 관련 조사를 통해 보호지역 확대에 기여하고 있으며(목표3), 훼손지, 생태축 관련 업무를 통해 훼손지 발굴과 복원을 수행중(목표2)이다. 국립생태원의 멸종위기종복원센터에서는 멸종위기야생생물 실태조사 및 종·서식지 복원을 위한 업무를 진행하는데, 이는 목표 4 멸종위기종 복원 및 보전을 위한 노력이다. 동물관리연구실에서는 멸종위기에 처한 야생동식물 국제거래에 관한 협약(CITES) 및 유기외래동물 관리를 위한 CITES, 유기야생동물의 보호 계획을 수립·시행하고 있으며, 관련 정책지원, 교육, 홍보 등의 업무를 통해 인식 개선에 노력 중이다(목표5). 외래종 실태조사와 생태계위해성 평가를 통해 침입외래종 지정, 영향 감소, 제거 등의 업무 역시 수행 중에 있다(목표6). 생태계서비스는 자연환경과 건강한 생태계가 인간에게 제공하는 직접 또는 간접적인 혜택, 편익 등을 의미한다. 생물다양성 보전 및 생물 자원의 지속 가능한 이용을 통해 인류는 더 큰 생태계서비스를 받을 수 있으며, CBD는 지속 가능한 이용과 이익공유를 위해 생태계 기능 서비스 복구, 유지, 증진을 목표로하고 있다. 국립생태원에서는 생태계서비스 평가를 위해 지표 및 체계 개선 연구와 더불어 국가 및 지역평가를 수행중에 있으며, 이를 기반으로 국가정책(생태계서비스지불제)을 위한 정책지원, 취약지 평가 및 증진을 위한 연구를 수행중에 있다(목표11).

국립생태원은 IPBES 2차 업무계획('19-'30)에 따라 국내 대응을 위한 업무를 수행중에 있으며, IPBES 지구평가보고서 승인('19) 이후 국가 수준의 생물다양성과 생태계서비스 평가를 추진하고 있다. 특히 평가보고서 작성을 위해 국내 전문가 참여 활성화 및 차세대 전문가 양성을 위해 기반을 마련하고 폭넓은 지원을 위한 기반을 구축중이다.

생물다양성을 보전 이행의 주류화를 위해서는 생물다양성 가치를 국가정책 및 공공, 사적 영역, 재정 흐름에 반영할 필요가 있다. 대기업, 다국적기업 및 금융기관의 생물다양성 의존도 및 영향을 평가, 공개하고 소비자에게 필요한 정보를 제공하는 등의 ESG 경영의 저변이 확대되고 있다. 최근 ESG의 E에 해당되는 세부항목에 기후변화와 더불어 자연자본에 대한 정보를 공시하고자 하는 자연자본 관련 공시를 위한 협의체(TNFD)가 발족되었다. CBD는GBF의 이행 주체로 기업 역시 포함시키고 있으며, 이행을 평가할 수 있는 지표로 TNFD의 지표를 지지하고 있다. 현재 생태원은 기업의 자연자본 공시에 대응하기 위해 TNFD가 권고안으로 제시한 자연자본평가체계(LEAP) 도입과 국내 평가를 위한 평가방법, 데이터 활용 등과 관련된 중장기 전략을 수립 중에 있으며, 국내 평가를 생태원의 대응과 전략에 대해 연구를 선도적으로 진행 중에 있다.

일반 분과 1

부산 놀차도 일대 해안단구 퇴적층의 석영 OSL 연대 측정과 해안단구 형성 과정

홍영민^{1,2}, 최정현², 신재열¹, 김석진³, 원효정², 허서영²

¹경상국립대학교 지리교육과, ²한국기초과학지원연구원, ³국립문화유산연구원

Formation history of marine terraces in Nulchado island, Busan, revealed by quartz OSL dating of marine and colluvial sediments

Yeong-Min HONG^{1,2}, Jeong-Heon CHOI², Jae-Ryul SHIN¹, Seok-Jin KIM³, Hyo-Jeong
Weon², Seo-Young HEO²

¹Department of Geography Education, Gyeongsang National University,

²Research Center of Earth and Environmental Sciences, Korea Basic Science Institute,

³Conservation Science Division, National Research Institute of Cultural Heritage

이 연구에서는 부산 놀차도 해안에 분포하는 해안단구 퇴적층 및 사면 퇴적층의 지형 분석 결과와 석영 OSL(Optically Stimulated Luminescence) 연대 측정 결과를 제시하고 이를 통해 이 지역 일대의 고환경과 해안단구 형성 과정에 대해 논의하고자 한다(Figure 1).

석영 OSL 연대 측정 결과, 모든 시료의 석영 OSL 신호는 높은 CW(Continuous Wave)-OSL 신호 민감도와 빠른 감쇠 속도, 선량 회복 실험(Dose Recovery Test) 결과를 통해 SAR protocol을 이용한 석영 OSL 연대 측정에 적합한 것으로 확인되었다. 또한, 석영 OSL 신호의 재현선량에 따른 성장곡선은 약 300Gy 이상까지 선량포화상태(dose saturation level)에 이르지 않고 증가하는 것으로 관찰되었다.

해안단구 퇴적층의 석영 OSL 연대는 $79 \pm 2\text{ka}$ 에서 $76 \pm 2\text{ka}$ 로 산출되었으며, 이는 해안단구 퇴적층이 MIS(Marine Isotope Stage) 5a 동안 형성되었음을 지시한다(Figure 2). MIS 5a 동안 전 세계의 해수면은 현재보다 약 5~40m 낮았던 것으로 알려져 있다(e.g. Lambeck and Chappell, 2001; Potter and Lambeck, 2003; Schellmann et al., 2004; Blackmore et al., 2014; Simms et al., 2015; Creveling et al., 2017; Geder et al., 2020). MIS 5a 동안의 전 세계 해수면과 놀차도 해안단구의 구정선 고도($\sim 5\text{m}$, a.m.s.l.), 해안단구 퇴적층의 평균적인 OSL 연대($77 \pm 1\text{ka}$)에 근거한다면, MIS 5a 이후 놀차도 일대의 융기율은 약 $0.13 - 0.58\text{m} \cdot \text{ky}^{-1}$ 로 추정된다.

MIS 5a 이후 빙하기가 시작되면서 해수면이 하강함에 따라 놀차도의 해안은 낙동강 또는 지류 하천의 상류 지역이 되었을 것으로 판단된다. 이는 놀차도 일대가 MIS 5a 이후 육상 프로세스에 의해 영향을 받았고, 많은 양의 사면 퇴적물이 공급되는 환경이었을 가능성을 지시한다. 연구 지역의 사면 퇴적층은 최대 약 17m 두께로 해안단구 퇴적층을 피복하며, MIS 3과 4에 해당

하는 73 ± 4 ka에서 30 ± 1 ka의 석영 OSL 연대 결과를 보인다.

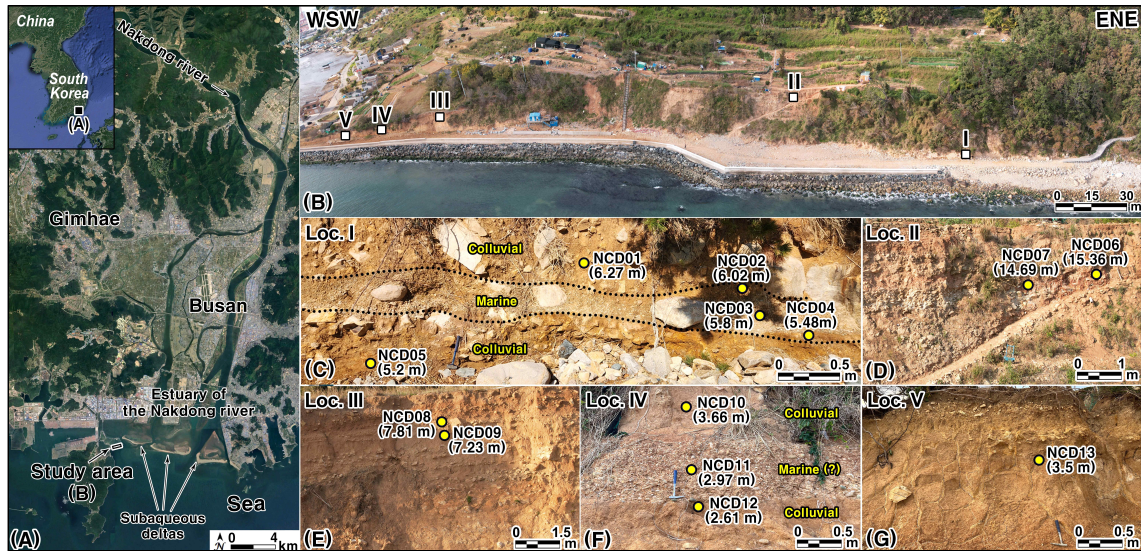


Figure 1. (A) Location of the study area and geomorphological setting; (B) - (G): Sedimentary facies and sampling points. Yellow circles indicate OSL samples, and the elevations of each sample are given in parentheses with sample codes

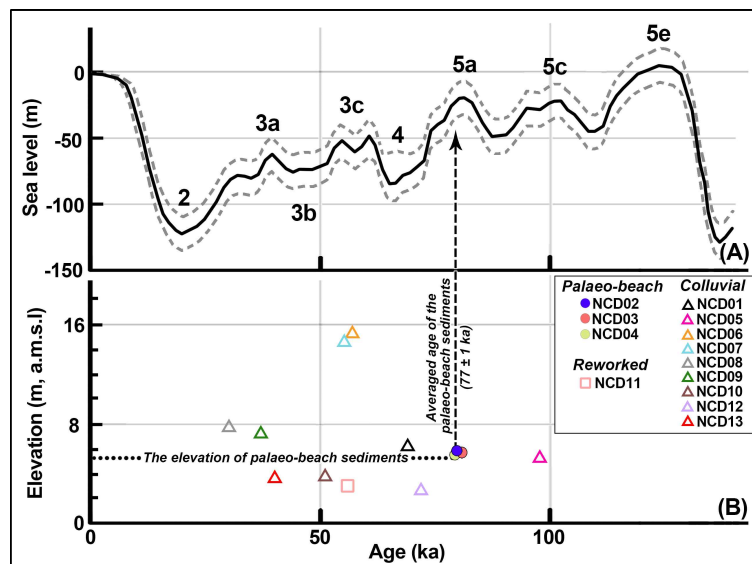


Figure 2. (A): Sea level changes during the Quaternary period (modified from Okazaki et al., 2022). Numbers indicate MIS and letters are sub-stages as defined by Railsback et al. (2015). Black line indicate Ice-equivalent sea level curve and gray dashed lines represent uncertainties derived from the original curve. (B): Elevations and quartz OSL ages of the samples

참고문헌

- Blakemore, A. G., Murray-Wallace, C. V. and Lachlan, T. J., 2014, First recorded evidence of subaqueously-deposited late Pleistocene interstadial (MIS 5c) coastal strata above present sea level in Australia, *Marine Geology*, 355, 377-383.
- Creveling, J. R., Mitrovica, J. X., Clark, P. U., Waelbroeck, C. and Pico, T., 2017, Predicted bounds on peak global mean sea level during marine isotope stages 5a and 5c, *Quaternary Science Review*, 163, 193-208.
- Gelder, G., Jara-Munoz, J., Melnick, D., Fernandez-Blanco, D., Rouby, H., Pedoja, K., Husson, L., Armijo, R. and Lacassin, R., 2020, How do sea-level curves influence modeled marine terrace sequences ?, *Quaternary Science Review*, 229, 106132.
- Lambeck, K. and Chappell, J., 2001, Sea level change through the last glacial cycle, *Science*, 292, 679-686.
- Okazaki, H., Nara, M., Nakazato, H., Furusawa, A., Ito, K. and Tamura, T., 2022, Coastal progradation associated with sea-level oscillations in the alter phase of the Last Interglacial period, central Japan, *Quaternary Science Review*, 258, 107507.
- Railsback, S. F., Grimm, V. and Thiele, J. C., 2015, Agent-based and individual-based modeling: A practical introduction, Princeton University Press.
- Schellmann, G., Radtke, U., Scheffers, A., Whelan, F., Kelletat, D., 2004, ESR dating of coral reef terraces on Curacao (Netherlands Antilles) with estimates of Younger Pleistocene sea level elevations, *Journal of Coastal Research*, 20, 947957.
- Simms, A. R., Rouby, H. and Lambeck, K., 2015, Marine terraces and rates of vertical tectonic motion: the importance of glacio-isostatic adjustment along the Pacific coast of central North America, *Geological Society of America Bulletin*, 128, 81-93.

해안단구를 이용한 융기율 산출의 방법과 과제

이광률

경북대학교 사범대학 지리교육과

Methods and Problems of Calculation of Uplift Rates by Marine Terraces

Gwang-Ryul LEE

Department of Geography Education, Teachers College, Kyungpook University

융기는 해안단구 형성의 필수 조건이기 때문에, 국내외의 대다수 연구는 해안단구 지형 분석을 통해 해당 지역의 융기율을 제시하고 있다. 그러나 우리나라에서는 해안단구를 토대로 한 융기율 산출 방법과 결과에 대한 문제점이 제시되기도 하였다. 해안단구를 이용한 융기율은 해안단구의 융기 고도에 대한 해안단구의 형성 연대를 나눈 값으로 계산된다. 여기에서 해안단구 형성 당시의 해수면 고도와 해안단구 형성 연대에 대한 설정에 따라 융기율의 산출 방법은 달라진다. 융기율1은 국내의 연구에서 주로 사용되어 왔으며, 해안단구 형성 당시의 해수면 고도를 현재와 같은 고도로, 해안단구 형성 연대는 측정된 절대 연대로 적용하여 융기율을 산출하는 방법이다. 융기율2는 국외의 대다수 연구(Saillard *et al.*, 2009; 2011; Pedoja *et al.*, 2011; Moraetis *et al.*, 2018; Racano *et al.*, 2020; Karymbalis *et al.*, 2022; McKenzie *et al.*, 2022)에서 주로 사용되어 온 방법으로, 해안단구 형성 당시의 해수면 고도를 간빙기 극상기의 해수면 고도로, 해안단구 형성 연대는 극상기의 연대로 적용하여 융기율을 산출한다.

융기율1(m/ka) = (구정선 고도(m) - 평균 고조위 고도(m)) / 해안단구의 연대(ka)

융기율2(m/ka) = (구정선 고도(m) - 극상기 해수면 고도(m) - 평균 고조위 고도(m)) / 극상기 연대(ka)

우리나라 28개 지점 해안단구에서 융기율1과 융기율2를 산출하여 비교한 결과, 융기율2는 융기율1에 비해 융기율 값의 공간적 편차가 크고 평균값도 큰 것으로 나타났다. 특히, 동해안 19개 지점에서 MIS 5a와 5c에 형성된 해안단구는 융기율1보다 융기율2의 값이 1.5배 정도 더 높게 나타났지만, MIS 5e에 형성된 해안단구는 융기율1이 융기율2보다 훨씬 더 높은 값으로 나타났다. 이러한 문제는 융기율2에 적용한 전지구 평균 해수면 고도 값이 실제 우리나라 해안의 극상기 해수면 고도와 차이가 있기 때문으로 판단된다. 2가지 융기율 값의 차이를 통해 우리나라에서 간빙기 극상기의 해수면 고도를 추

정한 결과, 동해안에서 해안단구의 평균 융기율이 MIS 5 동안에 일정하게 유지되었다고 가정한다면, 해수면 고도는 MIS 5e에 비해 MIS 5a에 2m, MIS 5c에 4m, MIS 7a에 8m 더 낮았을 것으로 계산된다. 결과적으로 우리나라 해안에서 MIS 5e의 해수면 고도는 당시 전지구 해수면 고도의 최저값으로 제시되는 상대 해수면 고도 0m에 가까웠을 가능성이 크고, MIS 5a에는 전지구 해수면 고도보다 최소 6m에서 최대 14m까지, MIS 5c에는 최소 5m에서 최대 13m까지 더 높았을 가능성이 있다.

Table 1. Comparison of uplift rate 1 and 2 by coast and age.

		Mean of uplift rate (Min.~Max.) (m/ka)	
		1	2
Coast	East	0.207 (0.146~0.345)	0.245 (0.117~0.391)
	South	0.104 (0.057~0.141)	0.147 (0.085~0.227)
	West	0.080 (0.055~0.093)	0.072 (0.025~0.162)
MIS	5a (East)	0.199	0.308
	5c (East)	0.198	0.288
	5e (East)	0.237	0.173
	7a	0.121	0.096

참고문헌

- Karymbalis, E., Tsanakas, K., Tsodoulos, I., Gaki-Papanastassiou, K., Papanastassiou, D., Batzakis, D.-V., and Stamoulis, K., 2022, Late Quaternary Marine Terraces and Tectonic Uplift Rates of the Broader Neapolis Area (SE Peloponnese, Greece), *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(1), 99. DOI:10.3390/jmse10010099.
- McKenzie, K.A., Kelsey, H.M., Kirby, E., Rittenour, T.M., and Furlong, K.P., 2022, Differential coastal uplift quantified by luminescence dating of marine terraces, central Cascadia forearc, Oregon, *Quaternary Science Reviews*, 298, 107853.
- Moraetis, D., Mattern, F., Scharf, A., Frijia, G., Kusky, T.M., Yuan, Y., and El-Hussain, I., 2018, Neogene to Quaternary uplift history along the passive margin of the northeastern Arabian Peninsula, eastern Al Hajar Mountains, Oman, *Quaternary Research*, 90, 418-434.
- Pedroja, K., Regard, V., Husson, L., Martinod, J., Guillaume, B., Fucks, E., Iglesias, M., Weill, P., 2011, Uplift of quaternary shorelines in eastern Patagonia: Darwin revisited, *Geomorphology*, 127, 1-22.
- Racano, S., Jara-Muñoz, J., Cosentino, D., and Melnick, D., 2020, Variable Quaternary Uplift Along the Southern Margin of the Central Anatolian Plateau Inferred From Modeling Marine Terrace Sequences, *Tectonics*, 39(12), 1-22.
- Saillard, M., Hall, S.R., Audin, L., Farber, D.L., Hérail, G., Martinod, J., Regard, V., Finkel, R.C., and Bondoux, F., 2009, Non-steady long-term uplift rates and Pleistocene marine terrace development along the Andean margin of Chile inferred from ^{10}Be dating, *Earth and Planetary Science Letters*, 277, 50-63.

경주 월성 1호 해자 내 규조 분석을 통한 고수문 환경 복원

김정윤¹, 서한교², 류중형³

¹국립부경대학교 G-램프사업단 SEED 연구소, ²한국사회과학연구원, ³국립부경대학교 해양학과

The Reconstructure of Paleo-Hydrography by Diatom Analysis in 1st Moat of Wolseong, Kyeongju

Jeongnyun KIM¹, Hangyo SEO², Joonghyeong RUE³

¹Institute of Sustainable Earth and Environmental Dynamics (SEED), Pukyong National University, ²Korea Social Science Institute ³Institute of Department of Oceanography, Pukyong National University

신라와 통일신라시기 동안 경주의 월성은 서기 101년 파사왕 22년부터 서기 935년까지 신라의 왕성으로 축성되어 궁궐로 이용되던 지역이었다. 이 곳은 경주 선상지의 남서쪽에 위치하고 있으며, 해발고도 100m 내외의 낮은 구릉지로서 주변산지와 분리된 고립구릉의 형태를 보인다. 고립구릉 위 경사도가 낮은 평지를 이용하여 과거 신라인들이 왕성을 건립하였는데, 왕성을 따라 남쪽 방향에는 남천이 흐르고 있으며, 북쪽에서 남서 방향으로 이어지는 경계에는 해자를 축조하여 성곽의 방어 시설을 설치한 것으로 보고되고 있다.

월성 성벽의 방어를 위한 시설인 해자는 처음 월성이 축성되던 시기인 서기 101년에 목재를 이용하여 물의 흐름을 월성 성곽 주변으로 고정시키는 시설이었는데, 향후 통일신라(서기 676년) 전후한 시기에 이것을 석재로 재정비하였다(국립경주문화재연구소, 2020). 해자 내 퇴적물은 목재 시설로 활용되던 시기 즉, 수혈해자 시기와 석재로 재정비하였던 석축해자 시기가 구분된다. 신라의 왕궁이었던 월성 주변의 수문(水文) 환경을 해석할 필요성이 있다. 따라서, 해자가 만들어진 초기 시기부터 석축해자 시기까지 규조분석을 통해 고수문(古水文) 환경을 복원하고자 한다.

주요 연구 지역은 월성 해자 중에서도 1호 해자가 중심이며, 규조분석과 고고학적 성과를 비교분석하여 해석하였다. 규조의 전처리에는 Plater et al.(2000)의 방법을 참고하여 화학적으로 처리하였으며, 규조의 동정은 Watanabe et al.(2005)의 연구결과를 참조하였다.

본 연구에서 주요한 연구성과는 Watanabe & Asai(1990)가 제안하는 DAIPo(Diatom Assemblage Index to organic water pollution)를 활용하여 퇴적물의 유기오탁 정도를 정량화한 것으로, 퇴적단계에 따라 퇴적물의 유기오탁지수의 변화를 확인 할 수 있었다(figure 1). 규조분석 결과, 월성 해자는 총 4개의 규조분대로 구분된다. 규조분대 DI~DIII 시기까지는 수혈해자 시기이며, 규조분대 DIV는 석축해자 시기에 해당된다. 각 분대에 대한 특징을 서술하면 다음과 같다. 먼저, 규조분대 DI는 β빈부수성환경이 우세하며 해자 내 수위가 다소 낮고 흐름 에너지도 전반적으로 낮은 상태를 보인다. 규조분대 DII는 총 3개의 아분대로 구분되는데, α중부수성 환경이 우세하며, 이전시기 보다 수위는 높고 하천의 흐름 에너지가 전반적으로 높은 것이 특징적이다. 규조분대 DIII는 β빈부수성환경으로 이전시기보다 오염도가 개선되나 수심은 점차 낮아지는 경

향을 보인다. 규조분대 DIV는 이전시기 보다 오염도가 증가하며, 해자의 수위가 급격히 낮아지고 해자 내 에너지 흐름이 급격히 낮아지는 DIVa시기와 해자의 수위가 다시 증가하며, 흐름 에너지가 커짐에 따라 오염도가 약간 개선되는 DIVb시기로 세분된다.

이와같은 결과는 해자를 처음 조성하던 시기에 자연 하천 상태의 상대적으로 오염도가 낮은 상태에서 인간활동이 늘어남에 따라 해자의 오염도가 증가하는 경향을 보인다. 이후 해자 내 유량 관리를 통해 해자 내 오염 정도가 개선되는 것으로 보아 해자 내 수문환경의 변화는 인간의 인위적 활동과 연결될 가능성이 높음을 시사한다.

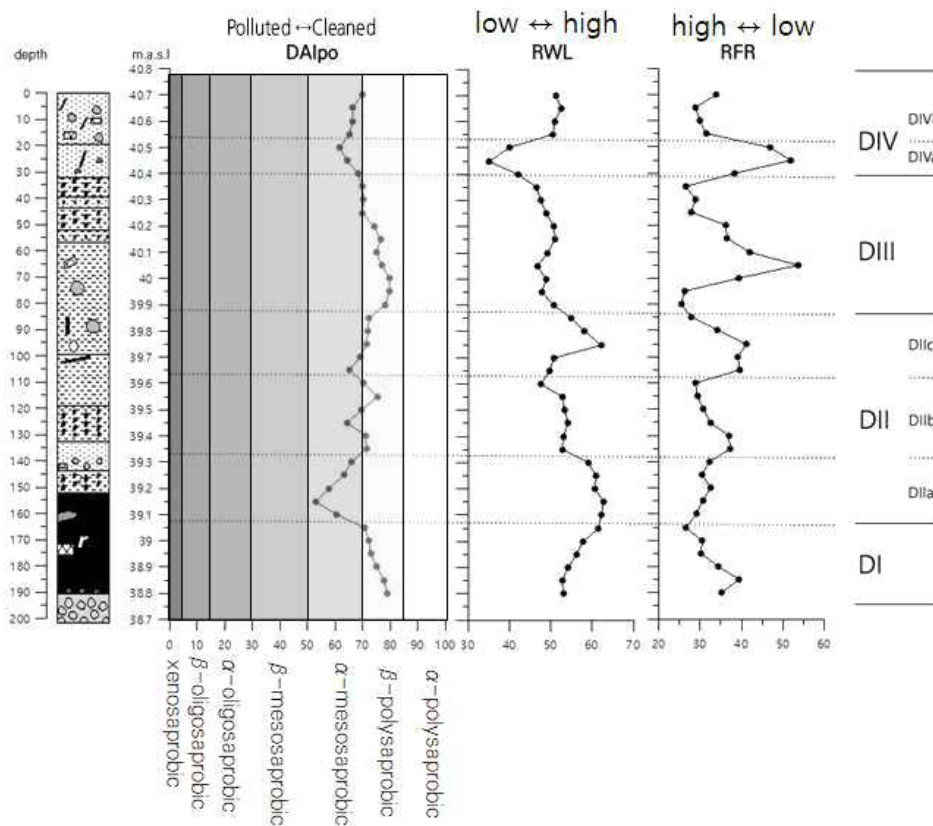


Figure 1. Reconstruction of Paleo-hydrography and DAipo by diatom analysis(Kim, 2021)

사사

이 논문은 부경대학교 자율창의학술연구비(2023년)에 의하여 연구되었음.

참고문헌

Gyeongju National Research Institute of Cultural Heritage, 2020, Diatom analysis for Paleo-hydrography in Wolseong, Gyeongju, Gyeongju National Research Institute of Cultural Heritage.

Kim, J.Y., 2021, Diatom analysis for Paleo-hydrography in Wolseong moat, Environmental Research from Various Perspectives, 23-31.

Plater, A.J. and Poolton, N.R.J. 1992: Interpretation of Holocene sea-level tendency and intertidal sedimentation in the Tees estuary using sediment luminescence techniques: a viability study. *Sedimentology* 39, 1-15.

Watanabe, T. and Asai, K., 1990, Numerical Simulation using diatom assemblage of organic pollution in streams and lakes, *Rev. Inquiry and Research*, 52, 99-139.

Watanabe, T., Ohtsuka, T., Tuji, A. and A. Houki, 2005, Picture book and ecology of the freshwater diatoms. ed. T. Watanabe. Uchida-rokakuho.

GIS분석을 이용한 관방유적의 방어기능에 관한 지형 연구 -공주 공산성을 사례로-

한유민, 박지훈

국립 공주대학교 사범대학 지리교육과

Topographic Study on the Defensive Function of Ancient Fortresses Using GIS Analysis: A Case Study of Gongsanseong Fortress

Yumin HAN, Jihoon PARK

Department of Geography Education, Kongju National University

1. 연구배경 및 목적

국토의 약 70%가 산지와 구릉으로 이루어진 우리나라에는 다양한 관방유적이 많이 분포하고 있으며, 이와 관련된 연구가 오래전부터 진행되고 왔다. 특히 우리나라에서는 침입하는 적들을 식별할 수 있는 산성의 가시 기능이 예전부터 관심이 대상이 되어왔으나, 산성의 방어 능력을 이해하기 위한 정량적 분석은 미비한 편이다. 이에 본 연구에서는 관방유적의 방어기능에 관한 사례 지형연구로서 공산성을 대상으로 지형학적 관점에서 GIS분석을 이용하여 정량적으로 공산성의 방어기능을 밝히고자 한다.

2. 연구대상 및 주요 연구방법

공산성은 충남 공주시 금성동·산성동·옥룡동에 위치해있는 백제시대 성곽으로 공산성을 비롯한 백제유적 8곳이 '백제역사 유적지구'로 지정되어 유네스코 세계유산에 등재되었다. 공산성은 표고 범위 13~112m, 경사도의 범위 0.4~46.5°인 구릉지로, 우세한 사면향이 분포하지 않는다. 본 연구에서는 1960년대의 지형도를 바탕으로 해발고도가 가장 높은 공산을 기준으로 가로 5km, 세로 5km를 연구지역을 설정하였다.

연구방법은 크게 문헌분석과 현장분석 및 GIS 프로그램을 활용한 공간분석을 실시하였다.

1) 문헌분석

본 연구지역인 공산성을 대상으로 방어의 기능을 파악하기 위해 공주시지(2021)와 공주 지역 일대의 일제강점기 지형도(1921 공주, 1922 광정리), 1960년 1:25000 지형도(공주, 마곡, 의당, 하봉) 및 관련 보고서를 분석하였다. 또한 백제시대 적의 예상 이동경로를 추정하기 위해 조선시대 삼남대로의 도로체계를 일제강점기 지형도에 중첩하여 예상 이동 경로를 추정하였다. 또한 공산성의 최대 방어지점 분석을 위해 정재성(2011)의 조선시대 국궁의 최대 유효 사정거리

연구 결과를 차용하여 120보(149.724m)에 해당되는 약 150m 범위를 설정하였다.

(2) 공간분석을 이용한 가시권 분석

가시권 분석은 ESRI사의 Arc GIS pro 2.9의 'Geodesic Viewshed tool'을 이용하여 1860년대 등고선을 기반으로 구축한 DEM을 이용하여 분석하였다. 본 연구에서는 공산성 내 미지형(해발고도 등)과 공간배치를 고려하여 가시권 확보에 유리한 지점인 공산정, 광복루, 추정왕궁지 3지점을 추출하여 육안으로 목표물 실체의 정보획득에 유효 거리인 반경이라 알려진 4km(이관섭, 2006) 내 지점에서 가시권 분석을 수행하였다.

3. 고찰 및 결론

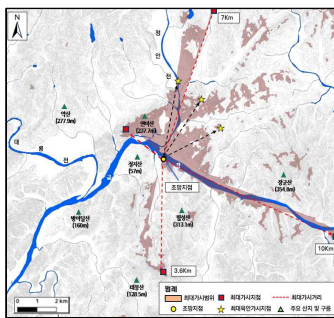


Figure 1. Visibility of Gongsanjeong

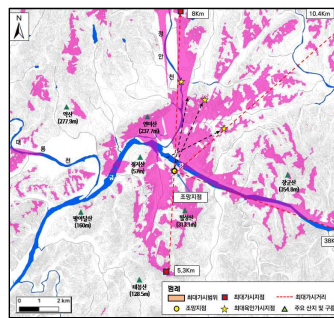


Figure 2. Visibility of Gwangbokru

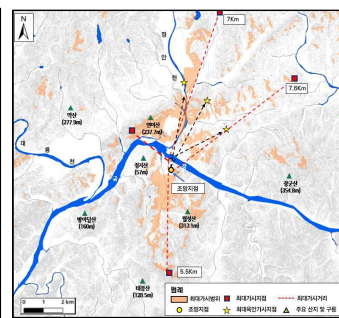


Figure 3. Visibility of presumed palace site

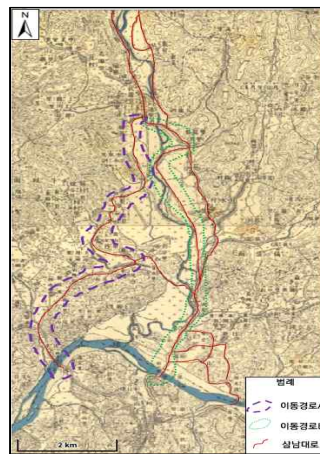


Figure 4. the enemy's estimated path of movement

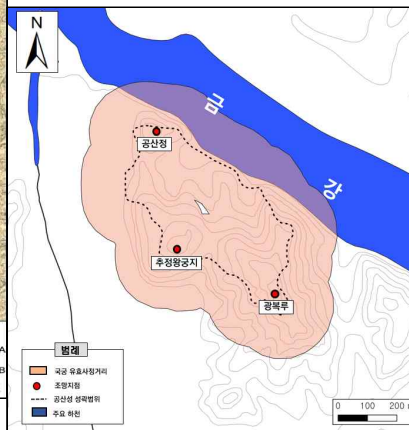


Figure 5. maximum point of defense

본 연구에서는 GIS분석과 지형분석을 이용하여 최초로 가시권의 관점에서 관방유적인 공산성이 보유하고 있는 방어기능을 정량적으로 밝히고자 하였다. 이를 위해 공산성 내 3개소(공산정, 광복루, 추정왕궁지)를 대상으로 하였다. 그 결과는 다음과 같다. 1. 공산정에서 최장가시지점의 직선거리는 4km이며, 이동시간은 60분이다. 광복루에서 최장가시지점의 직선거리는 3.9km이며, 이동시간은 57분이다. 그리고 추정왕궁지에서 최장가시지점의 직선거리는 약 2.9km이며,

이동시간은 약 43분이다. 2. 공산성을 공격하는 적의 이동경로는 크게 2개(A, B)코스가 확인되었다. 공산성으로 진입하는 적의 동태를 최초로 식별되는 데에는 A코스와 B코스 각각 공산성 도달 90분과 65분 이전인 것으로 밝혀졌다. 3. 국궁의 최대 유효사정거리를 고려하면, 공산성에서 북쪽 방어에 유리한 최장지점은 금강 하도 부근이며 이와 같은 지형은 적군이 이동하기에 상대적으로 어려운 환경이다. 따라서 공산성은 북쪽을 방어하기에 매우 유리했을 것으로 생각된다. 본 연구는 향후 유사한 관방유적의 방어 기능 연구에 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

참고문헌

- Kongju National University Industry-University Cooperation Foundation, 2022, A Research paper on the Development of Tourism Products in Gongju Samnam-gil and Baekui Jonggun-gil, Kongju National University Industry-University Cooperation Foundation(in korean)
- Kim, Y. H., 2010, Analysis of the Effectiveness of Topographic Features in Visibility Analysis, Journal of The Korean Geomorphological association, 17(1), 73-84(in korean)
- Kim, H. J., 2020, Methodology of the Investigation of Military Ruins-around the mountain fortress walls-, Journal of the jungbu archaeological society, 10(1), 113-145(in korean).
- Park, J. H., 2010, A Study on the Distribution of Villages in Gongju Chungnam Area in Baekje Period Using Geomorphological Analysis and GIS Analysis, Journal of Paechae Kingdom's Culture, 1(50), 325-347(in korean).
- Park, J. H., 2021, Location Types and Location Factors of Old Historic Sites in Gongju-si, National Research Foundation of Korea(in korean).
- Park, J. H., 2020, An Archaeological Geographic Study on the Cultural Heritage of Gongju, South Chungcheong Province: An Case of Gongseongseong, Journal of The Korean Association of Regional Geographers, 20(12), 8-10(in korran).
- Lee. P. S., 2006, A Study on the Surveillance Radius of the Mountain Fortress in the Three Kingdoms Period, Journal of the Hoseo Archaeological Society, 0(15), 61-80(in korean).
- Jeong. J. S., 2011, A Study on the Characteristics of the Traditional Archery Cultures, (Journal of Martial Art, 5(1), 71-89(in korean).
- Han. Y. M., 2023, A Study on the visibility of Gongsanseong Fortress in Gongju, Chungcheongnam-do, based on topographic Analysis, Unpublished a master's thesis, Kongju National University(in korean).
- HAN. Y. M., 2024, A Study on the Defensive Function of Ancient Fortresses Using GIS Analysis From A Geomorphological: A Case Study of Gongsanseong Fortress, Journal of the association of Korean geographers, 13(2), 165-172(in korean).
- <http://www.gongju.go.kr/tour>
- <https://www.gongju.go.kr/ebook2021>

일반 분과 2

Present state and future perspectives of Eco-morphodynamic modelling

Hun CHOI¹, Chanjoo LEE²

¹Department of Hydro Science and Engineering Research, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology(KICT),

²International Cooperation Division, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology(KICT),

Since the start of the 21st century, rivers and streams in Korea and other nations have experienced significant landscape changes, shifting from so-called white to green rivers. This shift highlights the increasing impact of riparian vegetation on fluvial processes. Recent trends in fluvial geomorphology research have transitioned from focusing mainly on the interactions between water and sediment to also considering the impacts of riparian vegetation. Some researchers have attempted to model the interaction between fluvial processes and riparian vegetation. Recently developed models are capable of simulating the dynamics in morphology and riparian vegetation in relatively real time.

Predicting future changes in channel morphology and vegetation dynamics is crucial for effective and scientific river management planning. This study aims to simulate and predict the interactions among flow, vegetation, and morphology in Naeseongcheon Stream using a model developed by Van Oorschot et al. (2016). The model was optimized to account for the specific characteristics of Naeseongcheon Stream through parameter adjustments. Parameters such as roughness value, ThetSD, grid size, and morphological factor (MF) were tailored to suit the sandy river characteristics. The model's accuracy was evaluated through cross-sectional profile analysis and comparison with Lidar data and land cover from aerial photos.

The results of the settings using a Chezy value of 30, ThetSD of 0.5, a fine grid, and an MF of 1 demonstrated similar characteristics in morphology and vegetation dynamics compared to the field data. The dynamics in riparian vegetation caused by flood events and spatial distribution by age were well simulated. Simulation results predicting changes in the river until 2061 indicate a continued increase in distance between sandbars and riverbeds. These morphological changes create unfavorable conditions for new vegetation settlement, resulting in a continuous decline in vegetation fraction over time.

사사

This work is financially supported by Korea Ministry of Environment(MOE) as 「Research and Development on the Technology for Securing the Water Resources Stability in Response to Future Change(RS-2024-00332494)」.

참고문헌

- Gurnell, A. M. and Bertoldi, W., 2024, Plants and river morphodynamics: The emergence of fluvial biogeomorphology, *River Research and Applications*.
- Lee, C., Choi, H., Kim, D., van Oorschot, M., Penning, E., and Geerling, G., 2023, Bio-geomorphic alteration through shifting flow regime in a modified monsoonal river system in Korea, *River Research and Applications*, 39(8), 1639-1651
- Oorschot, M., Kleinhans, M., Geerling, G., and Middelkoop, H., 2016, Distinct patterns of interaction between vegetation and morphodynamics, *Earth Surface Processes and Land forms*, 41(6), 791-808.

2022년 포항시 북구 발생 산사태 메커니즘 연구: 모니터링-실험-모델링 사례 연구

김민석¹, 조용찬², 이승준¹

¹한국지질자원연구원 지질재해연구본부 산사태연구센터,

²한국지질자원연구원 광물자원연구본부 자원환경연구센터

Study on the Mechanism of Landslide in Buk-gu, Pohang City, South Korea, 2022 : Case study of Monitoring-Experiment-Modelling

Minseok KIM¹, Youngchan CHO², Seoungjun LEE¹

¹Landslides Research Center, Geologic Hazards Research Division,

Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources,

²Geo-Environment Research Center, Mineral Resources Research Division,

Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources,

최근 기후변화에 의한 강우패턴의 변화로 인해 예기치 않은 산사태 재해가 발생하고 있으며, 매년 지속적으로 피해가 증가하고 있다. 이러한 산사태는 강우의 지속시간 및 강도와 더불어 다양한 지질 조건 내 발달된 토양의 구조와 밀접한 관련(ex. 파이핑 현상, 기반암 흐름 등)이 있는 것으로 많은 연구에서 보고되고 있다. 이렇게 강우에 의한 산사태는 강우가 중력방향으로 침투하여 습윤대가 특정 임계 깊이에 도달하여 공극수압이 상승하여 발생하는 경우와, 지하수 상승에 의한 공극수압의 상승으로 인해 붕괴면의 유효응력 감소로 발생하는 경우로 구분된다. 하지만, 이 경우에 대부분 선행 강우에 의해 토양층이 포화되어있는 것이 일반적이지만, 대부분 모니터링 자료의 부재로 이에 대한 명확한 발생 메커니즘에 대한 연구는 드물다.

이를 위해 본 연구에서는 모든 산사태를 대표할 수는 없지만, 2022년 태풍 힌남노에 의해 포항지역에서 발생한 산사태를 통해, 당시의 강우 사상과 지표하 흐름의 반응 현상을 모니터링 후 실험을 통해 이에 대한 해석 후 모델링을 통한 산사태 발생 물질의 이동에 대한 예비 연구를 실시 하였다. 산사태 모의실험은 소요되는 시간과 비용에 비해 유효한 데이터를 얻을 가능성이 매우 낮고 여러 영향인자들의 작용으로 해석이 어렵다는 단점을 가지고 있다. 특히, 산사태 붕괴 모의는 인공적으로 구성된 사면규모에 제약이 있으므로 치수효과 등의 장치 설정이 어려워 자연 사면과 동일한 조건을 형성하는데 한계가 있다. 하지만, 인공강우기반의 실내모형실험은 산사태 발생에 영향을 미치는 인자들에 대해 인위적인 조절을 통해 동일한 조건에서 실험을 반복할 수 있으며, 여러 토양내에서 발생하는 수문현상과 관련한 모니터링 장비를 이용하여 육안으로도 산사태의 붕괴 현상을 직·간접적으로 모니터링 할 수 있는 장점이 있다. 이를 통해 한국지질자원

연구원에서 붕괴 발생지에서 약 4km 정도 거리에 위치한 지역에 Test-bed(지질조건은 이암/사암으로 동일)을 조성하고 강우량, 공극수압, 수분함량을 모니터링하고 있는 자료를 통해 산사태를 유발한 강우특성과 공극수압 및 토양수분함량과의 관계를 해석하였다.

결과적으로 포항지역의 산사태는 우리나라 산사태 유발 임계기준과 권역 임계기준을 모두 초과한 상태에서 발생하였고, 이때 강우강도가 임계기준을 초과하더라도 공극수압이나 토양수분함량이 급격히 증가한 이후에 붕괴가 발생한 것으로 확인되었다. 이는 강우상태가 임계치를 초과하거나 강우조건이 동일하더라도 토층의 특성에 따른 공극수압이나 토양 수분함량의 변화 정도에 따라 산사태 발생 유무나 타이밍이 달라질 수 있음을 의미할 수 있다. 이러한 결과는 산사태 발생 예측기술의 고도화를 위해서, 강우정보와 함께 토층 내의 공극수압이나 수분함량에 대한 지속적인 모니터링과 이에 대한 메커니즘을 어떻게 모델링에 반영할 수 있는가에 대한 연구가 지속적으로 필요함을 시사한다.

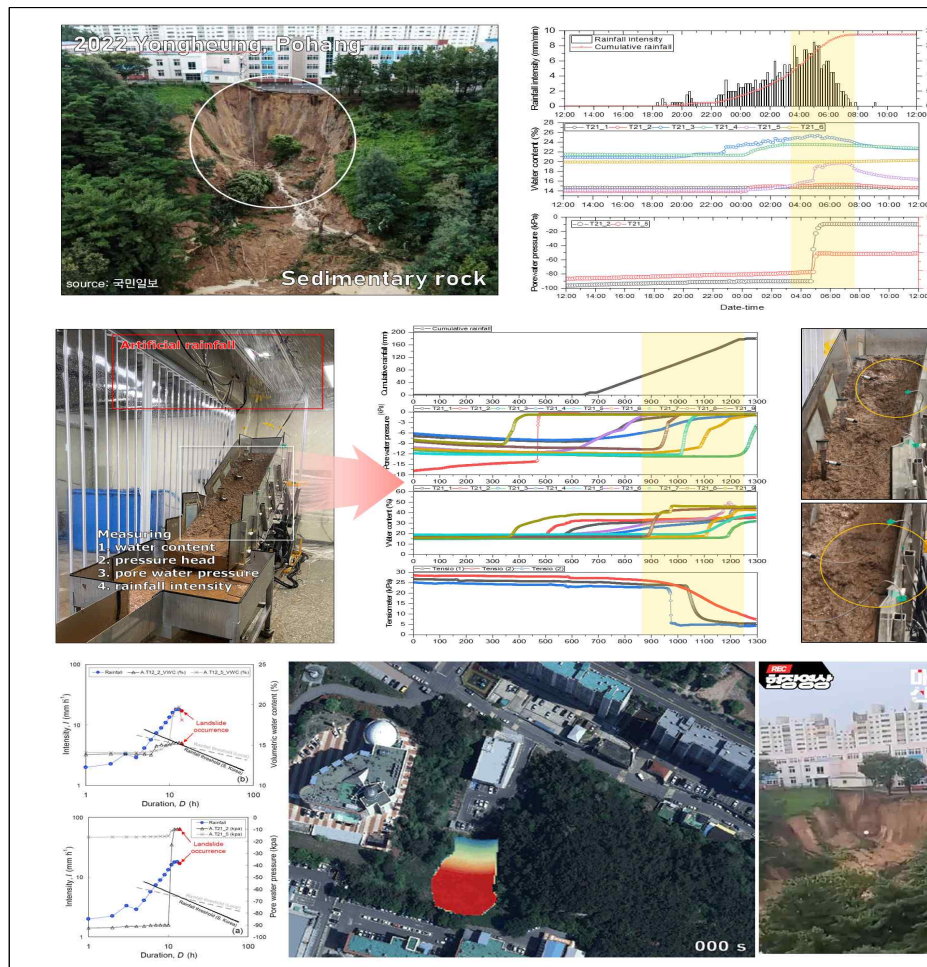


Figure 1. 2022년 포항지역 산사태 메커니즘 해석을 위한 모니터링-실험-모델링 증명

토양 심도와 표토-기반암 지형에 따른 사면안정성 분석 및 확률론적 입력변수 추정

이재욱¹, 김민석¹, 이승준¹, 김석우²

¹한국지질자원연구원 지질재해연구본부 산사태연구센터, ²강원대학교 산림과학부

Analysis of Slope Stability Considering Surface-Subsurface Topography and Soil Depth in Addition to Stochastic Input Parameters Estimation

Jae-Uk Lee¹, Minseok Kim¹, Seungjun Lee¹, Sukwoo Kim²

¹Landslide Research Center, Geologic Hazards Division, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, ²Division of Forest Science, Kangwon National University

강우로 인해 야기되는 산사태는 전 세계적으로 주요한 지질학적 재해이다. 이 중 천층 산사태는 1~2m의 얇은 토양 심도로 이루어진 사면이 붕괴되어 발생하며 전조증상없이 빠르게 발생하여 큰 피해를 야기할 수 있다. 이러한 천층 산사태를 야기하는 주된 원인은 강우로 여겨지고 있지만 기후, 지형, 토양, 지질 등의 다양한 환경요인들이 산사태 발생에 복합적으로 기여한다 (Imaizumi et al., 2008). 이중 토양의 점착력, 내부마찰각 등과 같은 물리적 특성들을 다수의 선행연구에서 사면의 안정성을 평가하기 위해 중요한 인자로 활용되어왔다 (Hammon et al., 1992; Park et al., 2009; Coduto et al., 2011; Pradhan and Kim, 2015). Segoni et al. (2012)에서는 천층 산사태 추정을 위해 토양 심도를 중요한 요소로 보고하고 있으며 토양 심도를 추정하여 사면안정성 분석에 적용한 다수의 연구도 보고되고 있다 (Johnson and Sitar, 1990; Wu and Sidle, 1995; Asch et al., 1999; Dietrich et al., 2007). Montgomery and Dietrich (1994)에서는 토층 아래 지하수 흐름과 사면 경사가 사면안정성에 큰 영향을 미치는 것으로 보고하고 있으며, Noguchi et al. (1999)에서는 기반암 지형이 산림 사면 내 지하수 흐름에 우선 흐름 (Preferential flow)을 주도하는 것으로 보고하고 있다. 하지만 이러한 흐름이 발생하는 위치와 시기를 결정하는 방법이 현재 매우 제한적이고 관련 연구도 부족한 상황이다.

따라서 본 연구의 목적은 2019년 집중호우로 인해 산사태가 발생한 강원도 삼척시 소유역을 대상으로 산사태 발생원 인벤토리 제작과 물리기반 모델을 활용한 사면안정성의 정량적인 분석이다. 분석과정에서 연구지역의 토심 측정 자료와 GIS를 활용해 총 8개 토양 심도 (Effective soil depth map, 1.0 m, 1.5 m, 2.0 m, Kriging model, S model, Z model, SZ mean model)를 고려한 사면안정성 분석을 실시하였다. 또한 집중호우시 기반암면에서 발생하는 우선 흐름을 고려하기 위해 토심 자료와 표고 자료를 활용해 제작된 기반암 형상에 따른 지하수 흐름과 경사를 고려하여 모델 결과를 비교-분석하였다. 추가적으로 연구지역 토심과 경사를 기반으로 확률론적 산

사태 발생 변수 추정 기법을 통해 유역별 입력변수를 재추정하고 사면안전을 분석 모델에 적용하여 결과를 비교하였다.

분석결과는 입력변수 적용에 따라 총 세 가지 시나리오로 나뉘며 시나리오별로 표토 지형과 기반암 지형을 고려한 분석을 진행하였다. 시나리오 1에서는 연구지역에서 채취한 토양의 물리적 특성 (점착력, 내부마찰각, 밀도 등)을 분석한 결과를 적용하였으며, 시나리오 2에서는 수문분석을 통해 연구지역을 5개 세부 유역으로 분류하고 세부 유역별 입력변수를 다르게 적용하였다. 시나리오 3에서는 세부 유역별 토심-경사를 기반으로 입력변수를 재추정하여 사면안전을 분석에 적용하였다. 분석된 결과는 AUROC 분석을 통해 결과별 적합성 (Area under the curve, AUC)을 정량적인 수치로 비교하였다.

분석 결과 실측 토심 자료와 토심 추정 모델을 활용한 분석 (Kriging model, S model, Z model, SZ mean model)에서 그렇지 않은 분석 (Effective soil depth map, 1.0 m, 1.5 m, 2.0 m)과 비교하여 평균 5.4% 적합성이 향상된 것으로 분석되었다. 표토 지형과 기반암 지형을 고려하여 분석한 사면안전율은 기반암 지형의 경사와 수문학적 흐름을 고려했을 때 평균 3.7% 모델의 적합성이 향상된 것으로 분석되었다. 마지막으로 연구지역의 토심-경사 자료를 통해 최적의 입력변수를 재추정하여 사면안전율에 적용한 결과는 그렇지 않은 결과와 비교하여 최대 5.1% 적합성이 향상된 것으로 분석되었다 (표 1).

결론적으로 이와 같은 결과는 사면안정성 분석에 활용되는 정확한 토양 심도 자료의 중요성을 시사하며 실측 데이터를 활용하여 효율적인 공간적 데이터 확보를 위해 적정 관측 포인트의 밀도 추정을 위한 연구가 필요할 것으로 판단된다. 추후 연구에서는 산사태를 야기할 수 있는 지형의 최적 입력변수 추정을 위해 수목 뿌리에 의한 토양 보강효과를 고려한다면 사면안정성 분석 결과를 더욱 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.

Table 1. Scenario-specific AUC result

Applied topography	Applied soil depth	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
Surface	Effective soil depth	0.76	0.78	0.76
	1.0 m	0.84	0.83	0.85
	1.5 m	0.84	0.83	0.84
	2.0 m	0.83	0.83	0.84
	Kriging model	0.97	0.96	0.96
	S model	0.85	0.82	0.82
	Z model	0.78	0.81	0.82
	SZ mean model	0.83	0.85	0.86
Subsurface	Effective soil depth	0.78	0.78	0.78
	1.0 m	0.87	0.87	0.87
	1.5 m	0.87	0.87	0.87
	2.0 m	0.87	0.87	0.87
	Kriging model	0.97	0.96	0.97
	S model	0.87	0.89	0.85
	Z model	0.82	0.86	0.86
	SZ mean model	0.88	0.90	0.88

사사

이 연구는 한국지질자원연구원 기본사업 (24-3412-4)의 지원을 받아 수행되었습니다.

참고문헌

- Coduto D.P., Yeung M.C.R., and Kitch W.A., 2011, Geotechnical engineering: principles and practices, Pearson.
- Dietrich W.E., McKean J., Bellugi D., and Perron T., 2007, The prediction of shallow landslide location and size using a multidimensional landslide analysis in a digital terrain model, Proceedings of the Fourth International Conference on Debris-Flow Hazards Mitigation.
- Hammond C., Hall D., Miller S., and Swetik P., 1992, Level 1 Stability Analysis (LISA) Documentation for Version 2.0., United States Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Research Station, 285.
- Imaizumi F., Sidle R.C., and Kamei R., 2008, Effects of forest harvesting on the occurrence of landslides and debris flows in steep terrain of central Japan, Earth Surface Processes and Landforms, The Journal of the British Geomorphological Research Group, 33(6), 827-840.
- Johnson K.A., and Sitar N., 1990, Hydrologic conditions leading to debris-flow initiation, Canadian Geotechnical Journal, 27(6), 789-801.
- Montgomery D.R., and Dietrich W.E., 1994, A physically based model for the topographic control on shallow landsliding, Water resources research, 30(4), 1153-1171.
- Noguchi S., Tsuboyama Y., Sidle R.C., and Hosoda I., 1999, Morphological characteristics of macropores and the distribution of preferential flow pathways in a forested slope segment, Soil Science Society of America Journal, 63(5), 1413-1423.
- Park S.J., Ruecker G.R., Agyare W.A., Akramhanov A., Kim D., and Vlek P.L.G., 2009, Influence of grid cell size and flow routing algorithm on soil-landform modeling, Journal of the Korean Geographical Society, 44(2), 122-145.
- Pradhan A.M.S., and Kim Y.T., 2015, Application and comparison of shallow landslide susceptibility models in weathered granite soil under extreme rainfall events, Environ Earth Sci, 73, 5761-5771.
- Segoni S., Rossi G., and Catani F., 2012, Improving basin scale shallow landslide modelling using reliable soil thickness maps. Natural hazards, 61, 85-101.
- Van Asch T.W., Buma J., and Van Beek L.P.H., 1999, A view on some hydrological triggering systems in landslides, Geomorphology, 30(1-2): 25-32.
- Wu W., and Sidle R.C., 1995, A distributed slope stability model for steep forested basins. Water resources research, 31(8), 2097-2110.

지형학적 산지 추출 알고리즘의 개발과 평가

심우진¹, 박수진²¹서울대학교 아시아연구소 HK연구교수, ²서울대학교 지리학과 교수Development and Evaluation
of a Geomorphological Mountainous Area Extraction AlgorithmWoojin SHIM¹, Soo Jin PARK²¹HK Research Professor, Asia Center, Seoul National University,²Professor, Department of Geography, Seoul National University

산지로 불리는 지역은 많지만, 산으로 간주되기 위한 기준에 대해서는 오랫동안 논의가 이어져 왔다. 고도, 기복량 등의 지형 변수뿐만 아니라 다양한 자연환경 요소들이 산지 구분에 활용되어 왔다. 이처럼 산지를 인식하는 방법과 주요 변수가 다른 이유는 각 지역의 자연환경 조건과 이에 따른 산에 대한 인식 차이가 크기 때문이다. 예를 들어, 히말라야 산맥의 작은 봉우리들은 산으로 인식되지 않지만, 평탄한 해안가의 작은 곳은 산으로 인식될 수 있다(Price, 2013). 이는 산지 인식과 분류에 지역적 특징이 강하게 작용함을 의미한다.

지형의 실체와 지형학적 특성은 스케일 의존적이므로, 지형은 공간계층구조로 구성된 중첩형 집합체로 볼 수 있다. 따라서 지형학적 프로세스를 구분하기 위해서는 적절한 공간 단위가 필요한데, 유역은 동종성(equifinality)이란 특징과 함께 스케일별로 독립적인 시스템을 가지므로 특정 스케일에 따른 지역적 특징을 나타내는 공간적 단위가 된다. 본 연구에서는 한국의 유역체계 중 중권역 단위를 유역의 공간적 범위로 하였다.

기존의 지형학적 산지 구분을 위한 지형변수 선정 연구는 산지의 경계를 급경사지와 완경사지 사이로, 주요 지형변수는 경사도로 밝힌 바 있다(Choi et al., 2018). 급경사지와 완경사지의 사이 지점은 유역 경사도의 커널밀도추정 그래프로 파악 가능하다. 유역의 확률밀도분포를 살펴보면 급경사지와 완경사지의 분포가 상대적으로 더 많이 나타나며, 둘 사이의 경계가 되는 중간사면의 분포는 낮거나 비슷하게 나타난다. 이러한 특징에 의해 커널밀도추정 그래프는 양봉 형태를 띠며, 이들을 연결하는 지점을 중간사면, 즉 산지의 경계로 파악할 수 있게 된다. 본 연구에서는 산지를 구분할 수 있는 적정 경사도를 수학적으로 추출하기 위해 밀도그래프의 국부 최소점과 국부 최대점, 변곡점을 이용한 클러스터링 알고리즘을 적용하였다. 그러나 모든 중권역의 경사도 확률밀도분포에서 둘 이상의 국부 최대점과 명확한 국부 최소점이 나타나는 것은 아니기 때문에 크게 두 가지 유형으로 구분하여 접근하였다. 이렇듯 유형별로 적정경사도를 추출하는 방법을 달리 적용함으로써 지역적 특징을 더 잘 반영하고자 하였다. 또한 경사도라는 단일 변수로만 산지를 추출하는 것은 경사도가 분포하는 지형적 위치의 다양성을 반영하지 못해 구조적 오차를 포함하게 되므로, 유역별 단면곡면물의 표준편차를 이용하여 최종 산지 추출과정을 보정하였다.

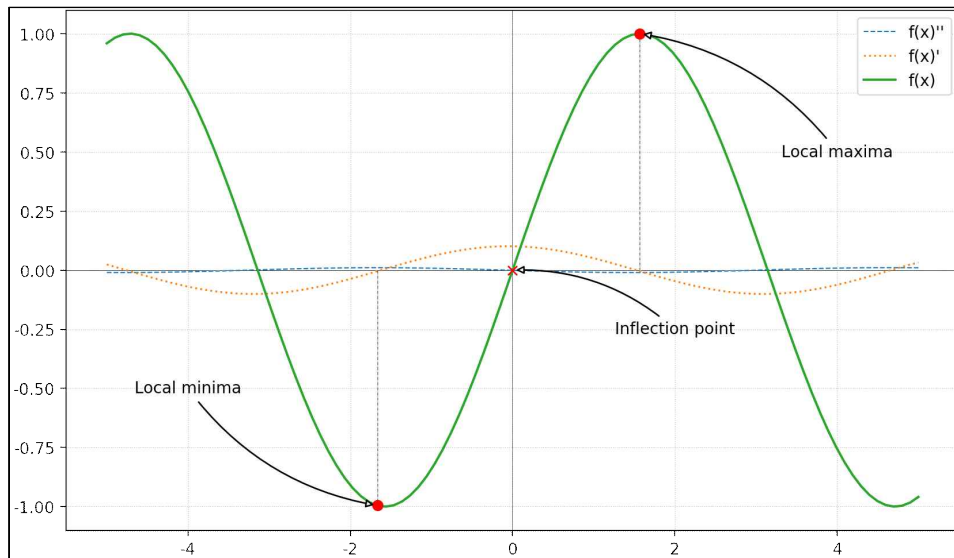


Figure 1. Local maximum, local minimum, inflection point, and first and second differential curves in sine curves

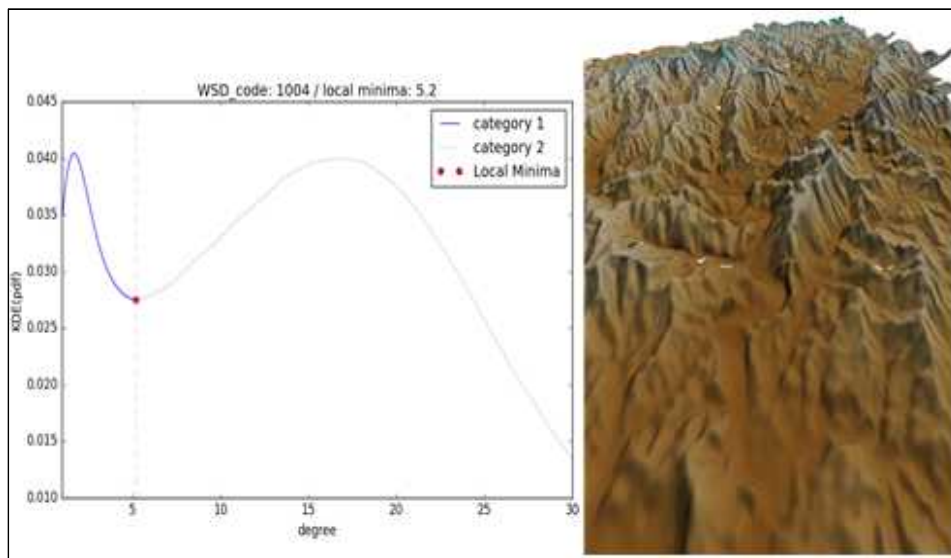


Figure 22. Examples of the probability density distribution in the watershed and its representative form (3D schematic diagram)

참고문헌

- Price, M. F., 2013, Mountain geography: Physical and human dimensions, Univ of California Press.
- Jungsun Choi, Hyo Jin Jang, Woo Jin Shim, Yoosoon An, Hyeshop Shin, Seung-Jin Lee, Soo Jin Park, 2018, A Study on the Development of Topographical Variables and Algorithm for Mountain Classification, Journal of the Korean Geomorphological Association, 25(3), 1-18.

일반 분과 3

풍속자료와 타임랩스 영상의 동기화를 통한 비사이드 현장임계풍속의 추정

류호상

전북대학교 사범대학 지리교육과

Estimation of the Field-based Thresholds for Aeolian Sand Transport through the synchronization of wind data with time lapse images

Hosahng RHEW

Department of Geography Education, College of Education, Jeonbuk National University

바람에 모래가 날려 이동하려면 지면에 놓은 모래 알갱이를 움직일 수 있는 충분한 크기의 전단응력이 작용해야 한다. 바람에 의하여 지면에 가해지는 전단응력(τ)은 공기의 밀도(ρ)와 전단속도(u_*)의 제곱의 곱으로 표현되므로($\tau = \rho u_*^2$), 전단속도로 전단응력을 표현하는 것이 일반적이다. 전단속도는 직접 측정할 수 있는 풍속은 아니며 보통 지면에서 멀어질 때 풍속이 로그연직속도분포법칙(또는 벽의 법칙)을 따른다고 가정한 후 서로 다른 고도에서 측정된 풍속으로부터 얻어지는 기울기 값으로 구한다. '임계전단속도(threshold shear velocity, u_{*t})'는 지면에 놓인 모래 알갱이가 움직이는 순간의 전단속도를 의미한다.

임계전단속도는 지면에 놓인 모래 알갱이에 작용하는 항력(drag force), 양력(lift force), 회전모멘트(moment), 중력(gravity), 점착력(cohesive force) 등이 발생시키는 토크(torque)가 평형을 이룬다는 가정 아래 이론적으로 유도가 가능하다(Greeley and Iversen, 1985, Fig. 1). 특히 건조하고 모래 알갱이의 크기가 균일한 지면을 가정하는 경우 임계전단속도는 아래 식 1과 같이 유도된다. 여기서 계수 A 는 입자의 형태, 입자 간 점착력 등의 효과를 포함하여 결정되는 값이지만 보통 0.1 정도로 값을 갖는 것으로 취급한다.

$$u_{*t} = A \sqrt{\frac{\rho_s - \rho}{\rho} g d} \quad \text{식 1.}$$

(단, A 는 계수, ρ_s 는 모래알갱이의 밀도, g 는 중력가속도, d 는 모래알갱이의 직경)

식 1에 따르면 임계전단속도는 지표에 놓인 모래알갱이의 입도 정보를 이용하여 추정이 가능하다. 다만 여기서 계산된 임계전단속도(u_{*t})은 지면에서의 값으로서 직접 측정은 불가능하다. 이로 인해 로그연직속도분포법칙이 성립한다는 가정 아래 지면 위 적당한 고도에서 임계전단속도에 대응되는 풍속을 계산하고 이를 모래의 날림이 시작되는 임계풍속으로 간주하는 것이 일반적이다. 이

를테면 기온이 섭씨 15도일 때, 석영 성분의 모래 알갱이 입경이 0.25mm라면 $\rho_s = 2,650 \text{ kg/m}^3$, $\rho = 1.225 \text{ kg/m}^3$, $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ 라고 할 때, $u_* = 0.2303 \text{ (m/s)}$ 로 계산되며 '거칠기 길이(z_0)'를 1mm로 가정하면 로그수직연직분포 법칙을 적용하면 지면 위 1.5m 높이에서 임계풍속은 $u = 4.21 \text{ (m/s)}$, '거칠기 길이(z_0)'를 0.01mm ($\approx \frac{1}{30}d$)로 두면 임계풍속은 $u = 6.86 \text{ (m/s)}$ 이 된다. 통상 연구자들은 이와 같은 방식으로 임계풍속을 설정하고 임계풍속보다 큰 값을 '유효풍속 (effective velocity)'으로 간주하고 비사발생 환경조건을 특성화하기도 한다.

측정기기들이 발달하면서 모래입경을 입력값으로 두고 지면의 임계전단속도를 추정한 후 로그연직속도분포법칙에 따라 풍속계를 설치한 고도의 풍속으로 변환해 '임계풍속'을 얻는 방법 대신 현장에서 풍속과 모래이동을 동시 관찰하여 임계풍속을 추정하는 방법들도 제안·분석되고 있다. 현장 자료를 기반으로 임계풍속을 추정하는 방법론은 로그연직속도분포법칙을 가정할 필요없이 풍속계 설치 고도에서 측정된 풍속을 기준으로 임계풍속보다 정의하는 방법을 제공하며 시간에 따른 임계풍속의 변이 패턴을 파악할 수 있다는 장점이 있다. 다만 현장자료 기반의 임계풍속을 추출하는 방법론들은 ① 단속적으로 이동하는 비사이동 자료에만 적용이 가능하다는 점과 ② 방법론에 따라 서로 다른 결과를 얻는다는 점에서 해당 방법론으로 추정되는 현장 기반 임계풍속을 학술적으로 확고하게 정립하려면 현장기반 임계풍속의 개념을 재정의(e.g. '단일값이 아닌 분포로 파악')할 필요가 있으며 연구결과를 상호비교할 수 있는 표준 프로토콜의 마련이 시급하다(Barchyn and Hugenholtz, 2011).

이 연구는 현장에서 측정된 풍속자료와 대상지역의 지면의 상태를 관측하도록 설정한 타임랩스 영상을 연계하여 임계풍속을 추정하는 방법을 제안하는 것이다. 인천광역시 옹진군 대청면 옥죽동사구의 2지점(해안 전사구, 등반사구)에서 얻은 10분 간격의 타임랩스 영상을 동일 기간동안 10분 간격으로 평균한 풍속자료와 대비하여 비사이동을 지시하는 지표의 연흔이동 패턴이 나타나는 시기의 풍속패턴을 추출하여 연흔이동이 시작되는 임계풍속을 추정하는 법을 모색하고 추정된 임계풍속을 모래입경에 토대를 두고 추정된 임계풍속과 비교하였다. 통상 연흔의 이동은 비사이동이 본격화된 이후 진행된다는 점을 감안하면 연흔의 이동 시기로부터 추정된 임계풍속은 실제 임계풍속보다 과대추정되었을 가능성이 높으나 특정 지역의 임계풍속을 경험적으로 추정할 수 있는 간편한 방법을 제시해 준다는 점에서 현장 적용도가 높은 방법이라고 판단된다.

참고문헌

- Barchyn, T. E. and Hugenholtz, C. H., 2011, Comparison of four methods to calculate aeolian sediment transport thresholds from field data: Implications for transport prediction and discussion of method evolution, *Geomorphology*, 129, 190-203.
- Greeley, R. and Iversen, J. D., 1985, *Wind as a geological process on Earth, Mars, Venus and Titan*, Cambridge University Press.

내륙습지의 디지털 토양 지도 구축 및 유기탄소의 저장량 산정을 위한 공간 표본 설계

정관용¹, 심우진¹², 안유순¹³

¹전남대학교 지리학과, ²서울대학교 아시아연구소, ³서울대학교 국토문제연구소

Spatial Sampling design for Digital Soil Mapping and Assessment of Soil Organic Carbon Stocks in Inland Wetlands

Gwanyong JEONG¹, Woojin SHIM¹², Yoosoon AN¹³

¹Department of Geography, Chonnam National University, ²Asia Center, Seoul National University, ³Institute for Korean Regional Studies, Seoul National University

기후위기에 따른 국가 온실가스 감축목표 달성을 위해서는 습지부문 내 탄소 저장고 유형별 현황에 대한 기초자료 구축이 필요한 실정이다. 그중 습지 토양은 탄소 저장고로서 기능이 전 세계적으로 높게 평가되고 있으나, 국내에서는 관련 조사의 미흡으로 습지 토양에 대한 탄소 저장량 산정 체계가 아직 구축되지 못하고 있다. 본 연구는 내륙습지 토양의 유기탄소 저장량을 평가하고 지도화하기 위해 현장 조사 지점을 선정하는 공간 표본 설계에 대해 논의하고자 한다. 본 연구를 위해 층화임의추출법 중 하나인 조건부 라틴 하이퍼큐브 추출방법(cLHS)을 사용하였으며 (Minasny and McBratney, 2006), 이는 토양과 상관성이 높을 것으로 예상되는 환경변수의 통계적 분포에 따라 균등하게 표본을 추출하는 방식이며, 이를 통해 목표하는 토양 특성의 지리적 분포에 대한 예측 가능성을 높일 수 있는 장점이 있다. 표본 설계를 위해 습지 토양 탄소 저장량의 지리적 분포에 대한 가설을 설정하고, 이에 맞는 환경변수를 구축하였다. 환경변수로 습지지도의 식생 피복, 지질도의 중분류 모암, 수치고도모형, 디지털 지형분석을 통해 경사도와 수역과의 거리, 흐름 누적, 마지막으로 WRB 기반 토양 유형 등을 구축하였다. cLHS 방식을 이용하여 한강 권역에 대한 토양 조사를 위한 약 250개 지점을 추출하였다. 향후 현장조사 및 실험실 분석을 통해 내륙습지 토양 탄소 저장량에 대한 공간 데이터가 구축될 예정이며, 이를 바탕으로 내륙습지의 디지털 토양 지도가 구축되고 습지 토양 유형별 유기탄소 저장량이 산정될 수 있을 것으로 기대한다.

참고문헌

Minasny, B. and McBratney, A.B., 2006, A conditioned Latin hypercube method for sampling in the presence of ancillary information, *Computers & Geosciences*, 32(9), 1378-1388.

남극 빙하지형을 활용한 과거 테라노바 빙봉의 거동 복원과 후퇴 기작 규명

이현희¹

¹국립공주대학교 사범대학 환경교육과

Reconstructing palaeo ice dynamics and retreat mechanism of Terra Nova Ice Shelf with Antarctic glacial landforms

Hyun Hee RHEE¹

¹Department of Environmental Education, College of Education, Kongju National
University

남극의 빙권은 지구상 가장 많은 수분을 저장하고 있는 요소로, 기후 지옥 시대의 마지막 보루임과 동시에 막대한 위험 요소로 떠오르고 있다. 온난화로 인한 기온 상승은 빙하를 녹여 해수면을 상승시키고, 상승한 해수면은 극지의 바다로 흘러나오는 빙봉의 후퇴와 붕괴를 유발하며 배후의 빙상 불안정성을 높이고 있다. 빙봉의 소모와 후퇴로 인해 빙봉의 기저를 받쳐주던 빙하 접지 지형은 빙봉을 지탱해 주지 못하며, 온난한 남극 순환 심층수는 그 밑으로 파고들어 빙하 소모를 가속시키고 있다. 빙하 기저에 억눌려 있던 지각은 빙하의 소모로 인해 반등하기 시작하였고, 지각에 응축되어 있던 용암의 분출로 화산 활동이 증가해 추가적인 빙하 소모를 야기하고 있다.

극지의 막대한 빙권 변화가 초래할 미래의 환경 변화를 예측하고 대비하기 위해 많은 모델링 연구가 이루어졌지만, 여전히 높은 불확실성과 큰 오차로 인해 낮은 신뢰도가 나타나고 있다. 이러한 문제는 환경을 구성하는 각 권역의 상호작용, 그리고 상호작용의 인과관계와 상관관계에 대한 정보가 여전히 부족하기에 발생하고 있다. 고환경 연구는 이러한 불확실성을 줄여 나가기 위해 중요한 기반 정보를 제공하며, 다양한 지시자로부터 과거에 일어난 환경 변화 사건의 단서와 정보를 복원한다. 특히 우주선유발 동위원소를 이용한 빙하지형의 노출연대측정은 육상에서의 빙하 규모 변화에 대한 직접적인 증거로 활용할 수 있기 때문에 남극의 빙상 두께 변화를 추적하는데 아주 강력한 무기로 떠오르고 있다.

본 연구에서는 동남극빙상이 서로스해로 유출되는 경계 지역인 테라노바 만에 나타나는 빙하지형의 연구로, 기존의 테라노바 만 내부의 분출빙하 연구와 더불어 만 최외곽의 케이프 워싱턴에서 획득한 노출연대를 종합적으로 해석하였다. 빙하가 후퇴하며 남긴 퇴적물로부터 암석 시료를 채취하였고, 다핵종의 우주선유발 동위원소(in-situ ¹⁰Be, ²⁶Al)를 분석하였다. 현장 조사와 실험 분석을 통해 획득한 지형학적, 지질학적, 지구연대학적 증거가 제시하는 결론은 다음과 같다.

테라노바 만의 최외곽에 나타난 빙하퇴적물은 만 내부에서부터 해안을 뒤덮으며 전진했던

빙붕에 의해 운반된 물질로 판단되며, 노출연대 역시 만 내부의 분출빙하들과 유사한 소모 양상을 보인다. 마지막 최대 빙하기 중 MIS 4에 가장 두꺼운 빙하가 존재하였으며, MIS 3, 2 기간에도 빙하는 두꺼워지지 않고 수축해 국지적 마지막 최대 빙하기(local LGM)가 나타났다. 또한 마지막 빙하기 동안 테라노바 만을 가득 채우고 있던 테라노바 빙붕은 후빙기(MIS 1)의 기온 상승에도 불구하고 소모가 거의 나타나지 않았으며, 홀로세 중반이 되어야 로스 빙붕의 후퇴와 함께 해양에 노출되며 급속도로 소모된 것으로 나타났다.

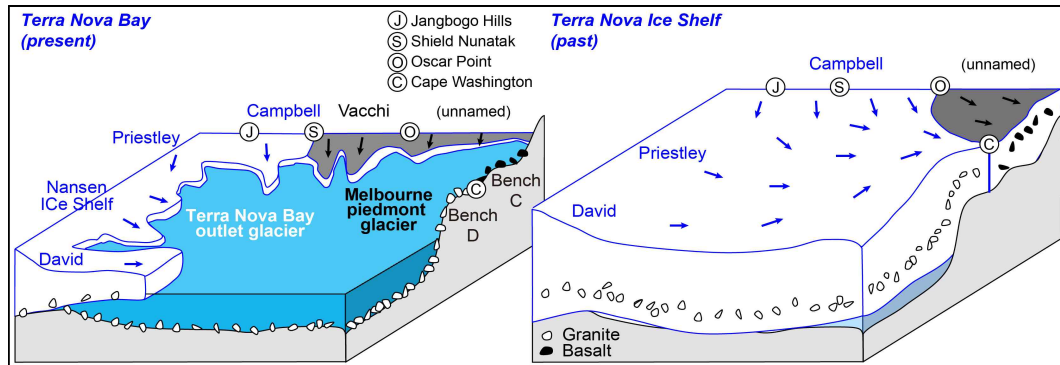


Figure 1. Reconstructed palaeo Terra Nova Ice Shelf based on geomorphological, geological, and geochronological evidences

영양 장구메기 습지의 지형 특성과 변천 과정

이준호¹, 최광희^{2*}

¹가톨릭관동대학교 대학원 지리전공, ²가톨릭관동대학교 사범대학 지리교육과, *교신저자

Geomorphological Characteristics and Succession of Janggumegi Wetland

Junho LEE¹, Kwang Hee CHOI^{2*}

¹Major in Geography, Graduate School of Education, Catholic Kwandong University

²Department of Geography Education, Catholic Kwandong University, *Corresponding author

논농사를 짓던 경작지를 오랫동안 휴경하면 자연초지가 빠르게 확장되면서 습지가 된다. 이를 묵논습지라고 하며, 보통 경사가 완만하거나 계곡부의 저지대에서 흔하다. 이러한 습지는 경작지로 사용되기 전부터 이미 습지 형성에 유리한 조건을 갖춘 것이 보통이다(Park et al., 2006; Rhew, 2017). 하지만, 기존 연구는 주로 토양, 수문, 식생 특성에 초점이 있는 반면, 습지의 지형이나 변천 과정에 대한 연구는 상대적으로 부족하다.

본 연구에서는 영양 장구메기 습지(Figure 1)를 대상으로 산지 묵논습지의 지형 특성과 더불어 습지 지형의 변화 과정을 탐구하고자 한다. 이를 위해 습지가 위치한 유역분지에 대해 수치표고모델을 활용하여 경사도, 사면향, 지형위치지수(TPI) 등 유역의 형태를 분석하고 현장에서 토양수분, 퇴적물 입도 등을 조사하여 습지의 전반적인 지형 특성을 분석하였다. 또한, 현지에서 수집한 기상자료와 지하수위 자료를 바탕으로 수위의 변동 과정을 분석하고 기후학적 물수지를 산출하였다.

연구 결과, 장구메기 습지가 위치한 유역분지는 주변에 비해 완만하고 오목한 지형으로 물이 모이기 유리한 환경을 갖추고 있었다. 퇴적층은 농경지로 활용되기 이전부터 습지였음을 보여주었다. 습지에서 채취한 토양 코어는 입도 특성에 따라 3개의 단위로 구분되었다. 코어의 하부는 분급이 양호한 유기질 실트층이 퇴적되었고 상향 세립화가 나타났다. 이 중 깊이 120~140 cm의 실트층은 그 연대가 1570 ± 30 14C yr BP로 분석되었다. 반면, 중부에는 평균 입경이 상대적으로 커지고, 분급이 불량한 층이 두껍게 퇴적되었으며, 채취 깊이가 다른 3점의 시료가 모두 350 14C yr BP의 연대를 가지는 것으로 나타났다. 이는 농경으로 인해 토양이 교란된 것으로 추정된다. 현장에서 관측한 기상자료를 기반으로 산정한 기후학적 물수지에 의하면, 증발산량에 비해 공급되는 수분의 양이 더 많다. 수위 관측 결과, 공급된 수분은 서서히 유출되는 것으로 분석되었다.

영양 장구메기 습지는 유역의 형상, 수문, 퇴적물 특성을 고려할 때, 이 습지는 경작이 이뤄지기 이전부터 원래 습지였으며, ‘습지-경작지-묵논-습지’의 순서로 지형이 변화한

지역이다. 과거부터 습지인 곳을 농경지로 개간하여 경작지로 사용되었으며, 더 이상 경작이 이뤄지지 않게 되었을 때 묵논으로 방치되었다. 방치된 묵논에 안정적으로 수분이 공급되었기 때문에 육화되지 않고 습지로 발달하게 되었다.

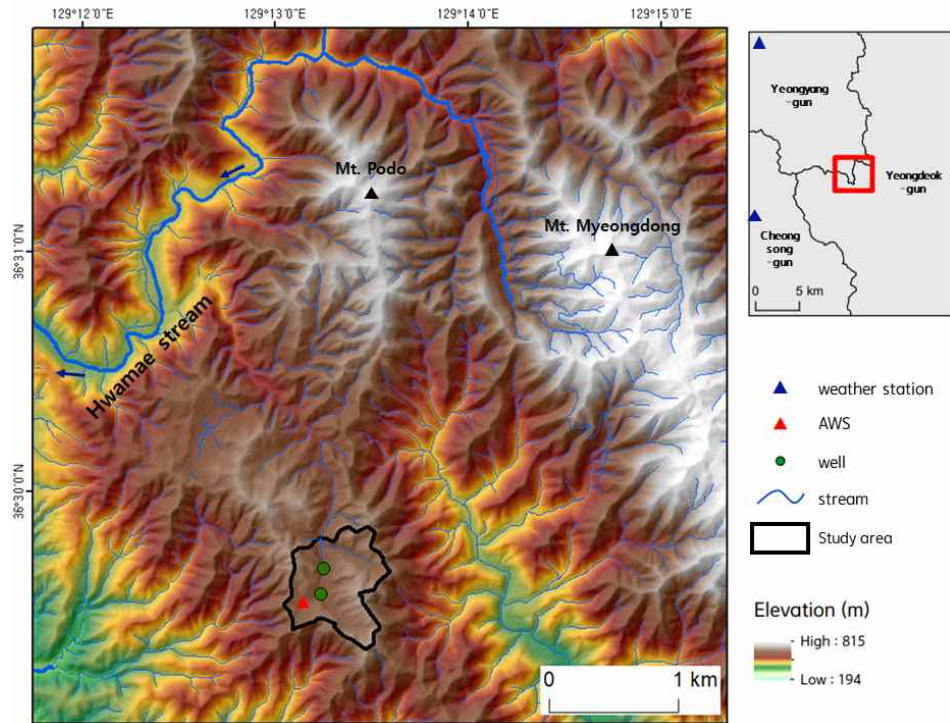


Figure 1. Study area.

참고문헌

- Park, Mi-Young, Yim, Yu-Ra, Kim, Kwi-Gon, and Joo, Young-Woo, 2006, The Status and Characteristics of Wetlands Created from within Abandoned Rice Paddy Fields in South Korea, *Journal of the Korean Society of Environmental Restoration Technology*, 92, 1-15. (in Korean)
- Rhew, H, 2017, *Geomorphology and Geochemistry of Wolyeong Wetlands, Landscape and Geograhpy*, 273, 79-102. (in Korean)

일반 분과 4

공주시 제민천 유역의 최종빙기 이후 환경변화와 인간활동

박지훈¹

¹국립공주대학교 사범대학 지리교육과

Environmental Changes and Human activities since the Last Glacial in Jemincheon Basin, Gongju-si, Chungnam Province

Ji Hoon PARK¹

¹Professor, Department of Geography Education, Kongju National University,

본 연구에서는 충남 공주시역의 홀로세 환경을 복원하기 위한 일환으로 제민평야 내 2개소(DT1, DT2)에서 채취한 시료를 대상으로 탄소동위원소분석(22점)과 대자율분석(23점)을 함께 실시하였다. 그리고 본 연구결과와 선행연구(Park and Yi, 2008; Park and Lee, 2015)의 자료들을 종합적으로 고려하여 제민평야에서 약 7,480~360yrs B.P.에 걸친 홀로세 환경을 복원하였다. 그 결과는 다음과 같다.

1. I기(약 7,480~4,940yrs B.P.)는 일반적으로 온난 습윤했던 것으로 알려진 홀로세 중기로 수렴된다. 약 7,480~7,320yrs B.P.에는 온난 습윤 환경 하에서도 상대적으로 냉량 건조했으며 그 기간 내에 2회의 상대적 미건습 변동이 확인되었다. I기에 자연제방이었던 DT1 지점에서는 당시에 급격한 범람으로 인한 퇴적물 유입이 없었던 안정된 환경이었으며 후술하는 두 시대(II기와 III기)에 비해 토양화의 작용도 상대적으로 거의 진행되지 않았다.

2. II기(약 4,940~2,600yrs B.P.)는 홀로세 중기와 후기에 대비된다. II기는 다시 IIa기와 IIb기로 세분된다. IIa기는 I기와 마찬가지로 상대적으로 냉량 건조했다. 그러나 IIb기부터는 IIa기와는 달리 여전히 냉량 건조했지만 상대적으로 미건습 변동의 폭이 작았다. II기에 자연제방이었던 DT1과 DT2 지점에서는 홀로세 중기 이후 해수면의 미변동에 대응한 제민천의 수위 변화로 인하여 범람↔육화 환경이 반복되면서 퇴적물에 토양화 작용이 일부 진행되었다. 특히 DT2 지점의 경우, 약 3,160yrs B.P.경에 토양화 작용이 매우 활발했다.

3. III기(약 2,600yrs B.P. 이후의 어느 시기~300yrs B.P.)는 홀로세 후기에 대비된다. III기는 IIb기에 비해서 상대적으로 온난 습윤했다. III기에 DT1과 DT2 지점 모두 자연제방이었다. 퇴적환경 측면에서 보면, III기는 다시 IIIa기와 IIIb기로 세분된다. IIIa기에는 불규칙적인 퇴적물의 유입이 없었으며 IIb기보다 육화환경이 더 지속되어 토양화 작용이 활발했다. 그러나 IIIb기(300yrs B.P.경)는 기후환경의 이벤트(예: 호우, 태풍)에 의해 사면물질이동이 발생하여 배후 봉화산으로부터 다량의 토사(예: 자갈)가 DT1과 DT2 지점으로 운반 퇴적되었다.

4. 공주 제민평야의 충적층을 대상으로 최초로 탄소동위원소분석과 대자율분석을 이용하여 홀로세 환경 복원을 시도한 점은 그 학술적으로 가치가 크다고 생각된다. 그러나 연구결과가 단편적이므로 제민평야의 홀로세 환경 중에서 명확하지 않는 점이 많다. 따라서 향후 제민평야 일대의 수준 높은 홀로세 환경 복원을 위해서는 관련 사례연구의 축적이 절실하다.

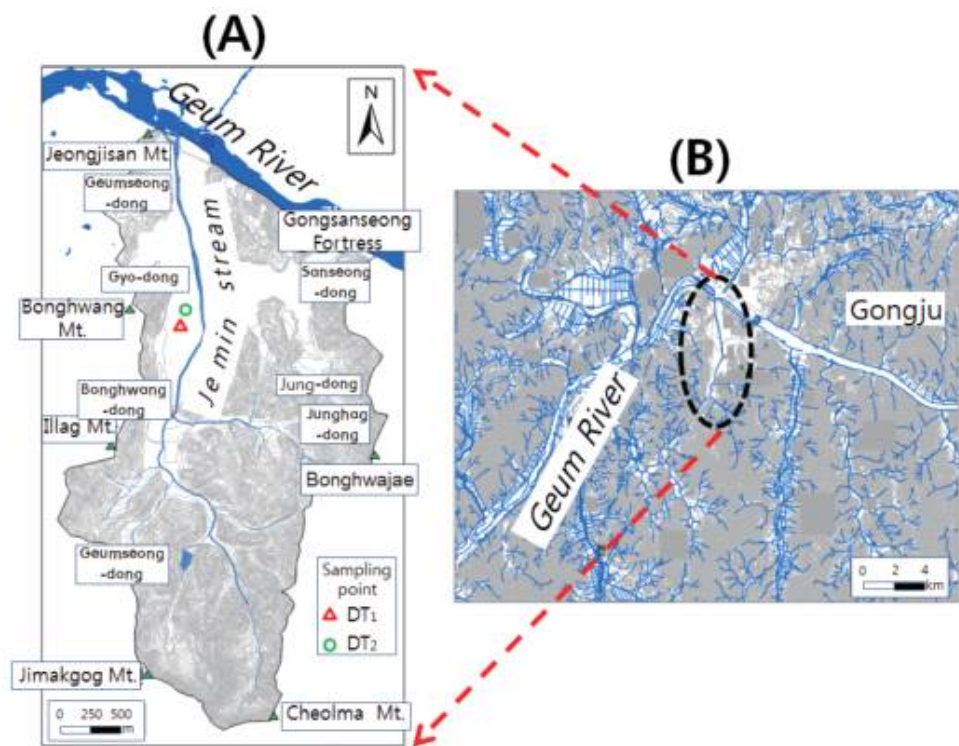


Figure 1. Study area and trench points.

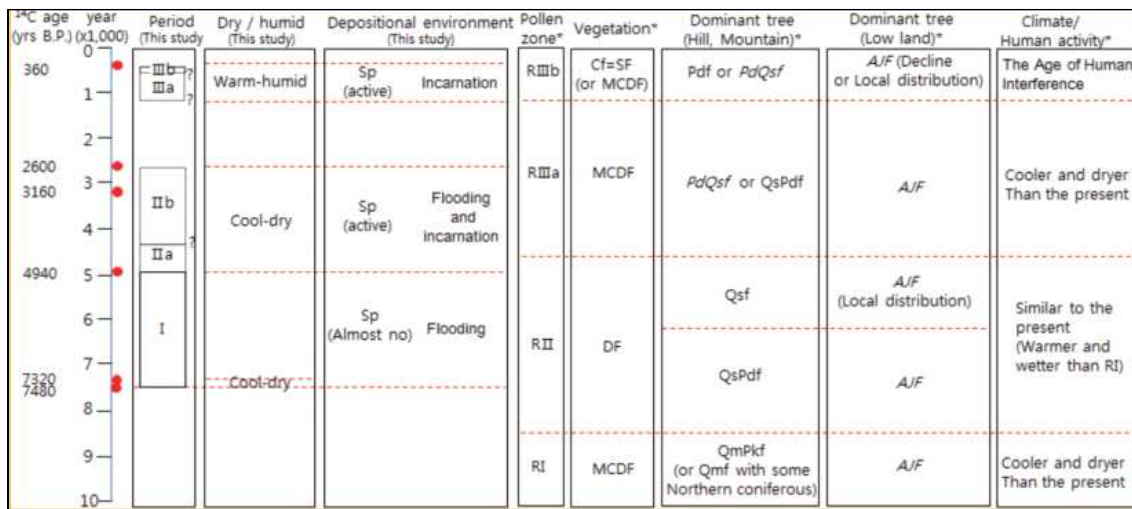


Figure 2. Holocene environmental changes in the Jemincheon Basin in Gongju, Chungnam

(Data for radiocarbon age and sedimentary facies are from Park and Lee(2015). *: Modified from Park and Yi(2008). Sp=Soilization process, Cf= Coniferous forest, Sf=Secondary forest, Df=Deciduous broad-leaved forest, MCDF=Mixed Coniferous & Deciduous broad-leaved forest, Pdf= Pinus densiflora forest, PdQsf=Pinus densiflora·Quercus serrata forest, QsPdf= Quercus serrata·Pinus densiflora forest, Qsf=Quercus serrata forest, QmPkf=Quercus mongolica·Pinus Koraiensis forest, Qmf=Quercus mongolica forest, Ajf=Alnus japonica forest).

참고문헌

- Park, J. H. and Park, K., 2010, Mass-Movement of Slope Material Since the Last Glacial Period at Angol Basin within Downstream Area of Gurongcheon in Cheonan, Choongnam Province, Journal of the Korean geomorphological association, 17(3), 31-47 (in Korean).
- Park, J. H., Yi, S., Oh, H., and Xue, B., 2015, Holocene shoreline displacement on the Gungnam Plain, Buyeo, near the central west coast of South Korea inferred from diatom assemblages, Quaternary International, 384, 129-138.
- Park, K. and Park, J. H., 2011, Holocene Environments of the Buyeo Area Choongnam Province: Reconstructed from Carbon Isotopic and Magnetic Evidences from Alluvial Sequences, Journal of the Korean Geographical Society, 46(4), 396-412 (in Korean).

인간간섭에 따른 만경강 신천습지의 퇴적환경 변화

김진관¹, 임영신¹, 기신우¹, 김예원¹

¹전남대학교 지리교육과

Sedimentary environmental change of Sincheon wetland in Mankyung river due to human impacts

Jin Kwan KIM¹, Youngshin LIM¹, Shinwoo KI¹, Yewon KIM¹

¹Department of Geography Education, Chonnam National University

만경강 신천습지의 형성연대를 추정하고 퇴적환경의 변화와 이의 원인을 알아보기 위하여 코어샘플을 채취하였다. ^{210}Pb 연대측정법을 이용하여 연대를 추정하였고, 지난 60여 년 동안의 퇴적률 변화를 복원하였다. 채취된 지점에서의 형성연대는 1960년대 초기로 추정되었으며, 퇴적률 변화는 두 번의 시기, 즉 1997년과 2002년 사이와 2012년과 2016년 사이에 각각 크게 증가한 것으로 나타났다. 강수, 수위, 그리고 연구유역 내 토지이용변화를 분석한 결과, 수위변화가 크게 발생했던 시기와 퇴적률 증가 시기가 일치하는 것으로 나타났으며, 연구유역 내 토지이용변화는 시가지 면적이 확대되면서 퇴적물 공급 증가에 영향을 미쳤을 것이다. 하지만, 연구지역의 상류에는 연속적으로 보가 설치되어 있어 퇴적물 공급의 증가로 인한 퇴적률 상승은 보다 상류에 있는 보에서 더 많이 발생하였을 것이다. 이와 같은 연구결과들을 종합해보면 직접적으로 수위를 상승시켰던 하도 내에서 이루어진 공사가 퇴적물 증가에 가장 크게 영향을 미친 요인으로 여겨지며, 고정보 설치와 유역 내 시가지 면적의 증가는 퇴적률 증가에 다소 영향을 미쳤던 것으로 보여진다. 특히, 고정보의 설치는 하도습지인 신천습지가 안정적으로 성장하는데 도움을 주었을 것으로 생각된다. 이와 같은 연구는 하도습지의 형성과 발달을 이해하는데 도움을 주고, 안정적인 습지 관리를 위한 하도관리계획에 활용될 수 있을 것으로 보인다.

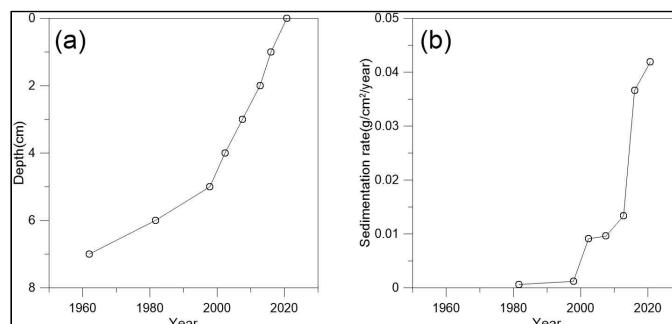


Figure 1. 신천습지 코어에 CRS 모델을 적용한 ^{210}Pb 연대(a)와 퇴적률(b)

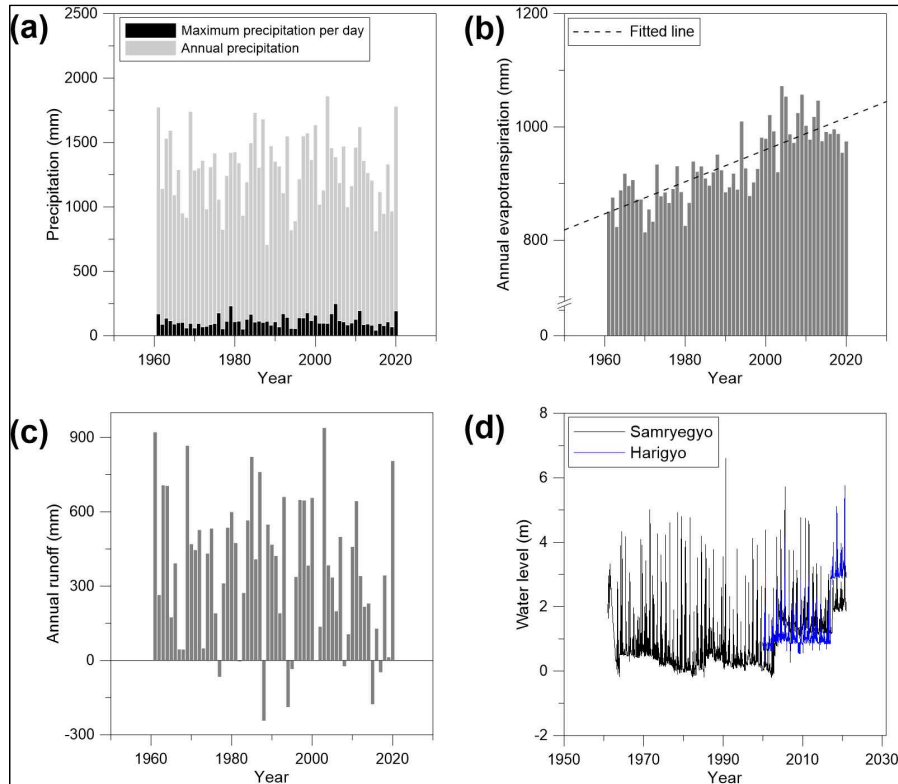


Figure 2. 연구유역에서 1961년~2020년 동안의 수문특성 변화
(a; 연강수량과 일최고강수량, b; 연증발산량, c: 연유출량, d; 하천수위)

참고문헌

- Appleby, P.G. and Oldfield, F., 1983, The assessment of ^{210}Pb data from sites with varying sediment accumulation rates, *Hydrobiologia*, 103, 29-35.
- Kim, J.K., Onda, Y., Yang, D.Y., Kim, M.S., 2013, Temporal variations of reservoir sediment sources in a small mountainous catchment in Korea, *Earth Surface Processes and Landforms*, 38, 1380-1392.

키르기스 이식쿨 호수 주변의 하안단구 발달과 구조 운동의 관련성

홍성찬¹, 오정식², 류호상³, 탁한명⁴

¹한국교원대학교 지리교육과, ²경북대학교 지리학과, ³전북대학교 지리교육과, ⁴부산대학교 지리학과

The Relationship between Fluvial Terraces Developement and Tectonic Movement around the Issykul lake, Kyrgyzstan

Seongchan HONG¹, Jeong-Sik OH², Hosahng RHEW³, Han-Myeong TAK⁴

¹Department of Geography Education, Korea National University of Education,

²Department of Geography, Kyungpook National University,

³Department of Geography Education, Jeonbuk National University,

⁴Department of Geography Education, Pusan National University

중앙아시아 키르기스스탄에 위치하는 이식쿨 호수 주변으로는 여러 단의 하안/호안단구가 잘 발달해 있다. 기존의 연구에 따르면 이 단구들은 크게 4개의 단으로 구분되며 특히 하안단구에 해당하는 2단구 (Q_{II} in Fig. 1)와 3단구 (Q_{III} in Fig. 1)가 뚜렷하게 나타난다. 이식쿨 호수가 위치하는 천산산맥은 세계적으로 구조운동이 가장 활발한 지역 중 하나로 최근까지 단층, 지진 등이 지속되고 있는 지역이다. 연구 지역인 이식쿨 호수 동쪽 지역 역시 동서 방향의 단층이 다수 존재하며 이 단층들은 하안단구 지형을 변형시켜 단구면의 경사, 지역별 고도차에 영향을 주고 있다. 형성시기가 오래된 2단구의 경우 누적된 단층 운동의 결과로 3단구에 비해 퇴적층 및 단구면의 경사가 급하며 2단구와 3단구 모두 단층 운동이 집중된 지역과 그렇지 않은 지역에 따라 분포 고도의 차이를 보이고 있다.

본 연구에서는 이식쿨 호수 동쪽 지역에 분포하는 2단구와 3단구의 단구면을 세분하고 형성 시기를 파악하여 단구 형성 이후 구조 운동의 정도를 평가하고자 한다. 이를 위해 GNSS 및 드론을 이용한 정밀 측량을 실시하고 OSL 연대측정을 시도하였다. 세부 연구 지역은 총 3 지역으로 나누어지며 2단구에서 4개, 3단구에서 2개의 시료를 채취하였다. 그 외 4단구에서 6개의 시료를 채취하여 2~4단구의 형성 시기를 평가하고자 하였다.

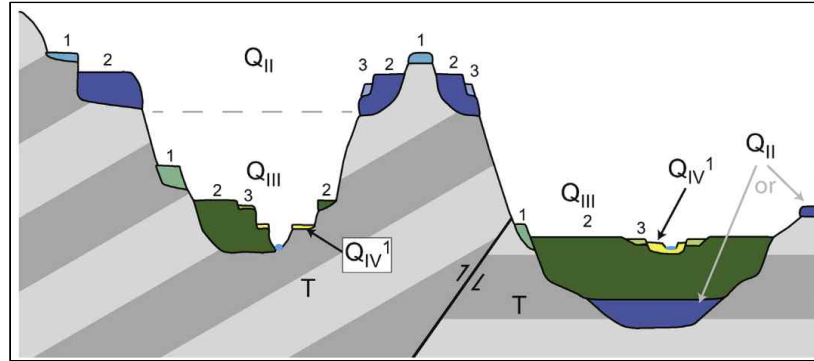


Figure 1. Schematic section showing the Soviet morphostratigraphic naming system for late Quaternary river terraces in the Kyrgyz Tien Shan (Grigorienko, 1970)

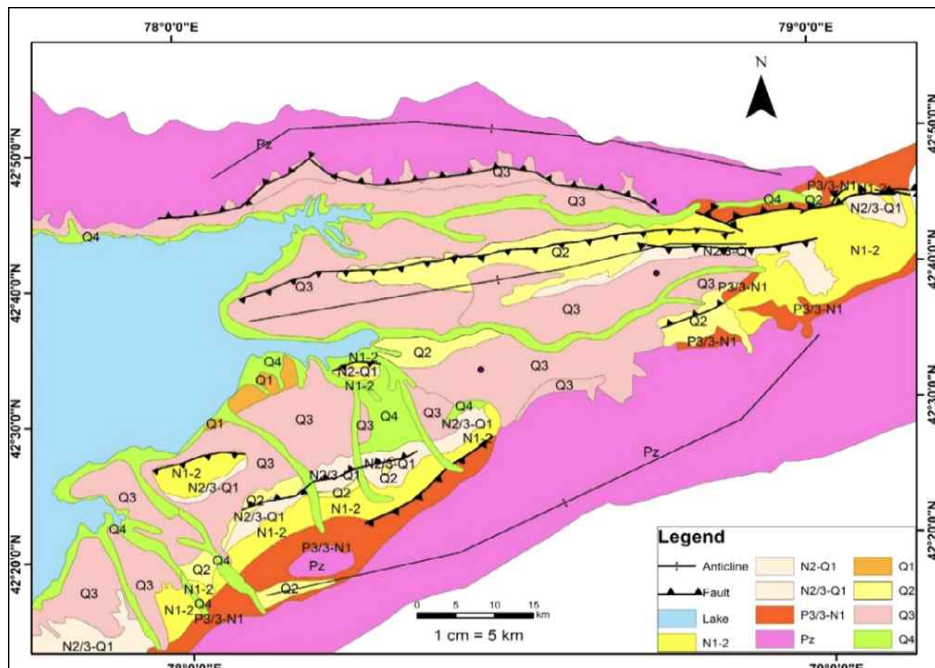


Figure 2. Terrace classification and faults map of eastern part of the Issyk-Kul lake (Cholponbek et al., 2021)

참고문헌

- Burgette, R.J., Weldon II, R.J., Abdrakhmatov, K.Y., Ormukov, C., Owen, L.A., and Thompson, S.C., 2017, Timing and process of river and lake terrace formation in the Kyrgyz Tien Shan. *Quaternary Science Reviews*, 159, 15-34.
- Cholponbek O, Erkin R, Zheenbek K. Evolution of the Quaternary Topography of the Eastern Issyk-Kul Region (Kyrgyz Tien Shan). *Int J Earth Sci Geol*. 2021; 3(1): 93-99.
- Grigorienko, P.G., 1970, The main features of geological development of Kryrgyz Tien Shan during the Quaternary Period. *Materials About Cenozoic Geology and the Newest Tectonics of the Tien Shan*, 3-11.

노토반도 지진재해지역 답사기

탁한명¹, 김장수², 홍성찬³

¹부산대학교 사범대학 지리교육과, ²공주대학교 지역개발연구소, ³한국교원대학교 지리교육과

Investigation of Noto Peninsula Earthquake Disaster Area

Hanmyeong TAK¹, Jangsoo KIM², Seongchan HONG³

¹Department of Geography Education, College of Education, Pusan National University,

²Institute of Regional Development Research, Gongju National University,

³Department of Geography Education, Korea National University of Education.

2024년 1월 1일 16시 10분 일본 이시카와현(石川県) 노토반도(能登半島)에서 모멘트규모 7.5(일본 기상청규모 M7.6)의 지진이 발생하였다. 공식적으로 레이와6년 노토반도 지진으로 명명된 이 지진은 2018년 홋카이도 지진 이후 5년 만에 규모 7.0을 넘어선 것으로, 지진이 빈발한 일본 관측 역사상으로도 7번만 기록되었을 정도의 강진이다. 지진 발생 이후 노토반도에 있는 와지마시(輪島市)와 스즈시(珠洲市)에서는 직접적이고 가장 큰 피해가 발생한 것으로 조사되었다.

지진발생 후 약 100일이 지난 4월 22일~26일까지 노토반도내 와지마시와 스즈시 주변을 답사하여, 지진이 발생이후 나타나는 지형의 변화를 조사하였다. 지진의 영향으로 나타난 지형의 변화 중 눈의 띄는 것은 기반의 융기와 관련된 해안선의 변화, 단층을 일으킨 지괴의 단차가 지표에 나타난 지표파열, 산지에서 집단적으로 나타나는 산사태이다.

노토반도 동남쪽에서 사도섬(佐渡島)까지 약 200km에 걸쳐 동남쪽 방향으로 움직이는 단층에서 지진이 발생하였고, 노토반도의 북쪽 동해쪽 해안을 따라 약 80km에 걸쳐 융기하였다. 노토반도의 서남부에서는 최대 3.6m의 수직 변위가 관측다. 관측값은 대체로 와지마시 서쪽에서 3m 내외, 스즈시 북쪽에서 1m 내외이다.

지반의 융기로 인해 해안선 부근의 암초들이 수면밖으로 드러나 파식대의 형태로 나타난다. 와지마항 전면에는 길이 820m의 이안제가 설치되어 있는데, 인근 카모가우라(鴨ヶ浦) 전면의 파식대가 융기하여 이안제의 서쪽과 연결되었다. 이로 인해 이안제 서쪽 항로를 이용한 선박의 출입이 제한되고, 항구내부에 선박의 통행이 가능한 수심을 확보하기 위해 준설작업이 진행중이다.

스즈시 와카야마초에서는 약 4km 구간에 걸쳐 최대 2m의 수직변위와 1.6m의 수평변이가 발생한 지표파열 현장을 확인하였다. 현지 신문에서도 성벽이 생겼다는 뉴스가 날 정도로 화제가 되었고, 끊어진 도로와 수로는 정비하였지만 논의 중앙부를 따라 형성된 단차는 그대로 남아있었다. 더불어 지표파열의 균열을 따라 모래와 물이 분출한 액상화 현상의 흔적도 확인할 수 있었다.

노토 북부는 해발 300~400m의 산지로 이루어져 있으며, 남부는 산지와 이어지는 구릉지로 구성되어 있다. 또한 중신세(miocene)와 갱신세(pleistocene)에 분출한 화산암으로 이루어진 기반암과 그 위에 깊게 형성된 풍화층과 토양층의 영향으로 지진 당시 곳곳에서 토석류나 슬라이드성의 산사태가 발생하였다. 우리나라에서 발생하는 산사태는 산지사면의 일부에서 발생하는 것에 비해 지진에 의해 유발된 산사태는 산지 곳곳에서 집단적으로 발생한다는 차이점이 있었다. 노토반도 북쪽 동해쪽 연안은 산지와 바다와 맞닿아 있으며, 해안을 따라 도로가 개설되어 있다. 산사태로 인해 도로가 끊기고 뒤덮여 많은 곳의 통행이 제한되고 있으며, 복구에 많은 시간이 걸릴 것으로 보인다.

참고문헌

https://ajg-disaster.blogspot.com/2024/01/2024_2.html?m=1

포스터 분과

잠제건설 이후 하시동 해안의 해안선 변화과정

황재현¹, 고다해¹, 최광희^{2*}

¹가톨릭관동대학교 지속가능환경학과, ²가톨릭관동대학교 지리교육과, *교신저자

Shoreline Changes after the Construction of Submerged Breakwater along the Hasidong Coast in Gangneung

Jae Hyun HWANG¹, Da Hae GO¹, Kwang Hee CHOI^{2*}

¹Department of Sustainable Environment, Catholic Kwandong University, ²Department of Geography Education, Catholic Kwandong University, *Corresponding author

우리나라 동해안 지역에서는 최근 십여 년간 해안침식 방지를 목적으로 잠제가 설치된 해안이 빠르게 증가하고 있다. 그에 따라 해안선도 과거와 다른 형태로 바뀌어 가고 있다. 현재 강원도 동해안의 17개의 사빈해안에 건설된 잠제는 모두 43기, 비율로는 해안선의 약 26 %를 차지하고 있다. 잠제는 단기간의 해안침식을 억제하고 퇴적을 유도하는 장점이 있으나(Ahmed and Anwar, 2011; Safari, 2018), 주변 지역의 침식을 유발하고, 해안선의 적응 능력을 저해하는 단점도 있다(Choi et al., 2016; Saengsupavanich et al., 2022). 이렇듯 잠제와 같은 인공구조물은 오히려 해안선을 더 교란시키고 해안침식을 더 유발하기도 한다.

해안은 인위적으로 계속 변형되고 있다. 잠제나 돌제, 헤드랜드와 같은 인공구조물 건설은 원래의 해안선 대신 인공적인 새로운 해안선을 만들고 해안침식 억제보다는 침식구간을 단순히 이동시킬 뿐(Choi et al., 2016), 또 다른 해안침식을 야기한다. 이러한 악순환을 방지하기 위해서는 선부른 정책 결정 대신, 중장기적인 모니터링과 신중한 의사결정이 필요하다. 본 연구는 인공구조물이 설치된 강원도 강릉의 한 해안에 대해 위성영상과 소형 무인항공기 그리고 해안선분석도구(DSAS)를 활용하여 해안선 변화과정을 분석하고 대응 방안을 논의해 보고자 한다.

연구대상은 강릉 남대천 하구에서 군선천 하구에 이르는 약 4km의 해안에서 최근에 잠제가 설치된 하시동 생태경관보전지역 앞의 길이 700m의 사빈구간이다. 이 사빈의 배후에 있는 사구지대는 지난 7천 년부터 최근 6백년 전까지 발달한 빈제사구(beach-foredune ridge)가 있으며(Choi et al., 2014), 2008년 환경부에서 보전지역으로 지정하였다. 하지만, 보전지역의 남쪽에 화력발전소 건설과 그에 따른 항만 및 방파제 설치 등으로 해안 환경이 급속히 변화하고 있다. 해안침식을 막기위해 2022년 잠제 1기와 2024년 돌제 6기가 건설되었으나, 해안선의 변화는 여전히 진행 중이다.

본 연구에서는 잠제가 건설되기 전인 2020년부터 주기적인 해안선 횡단면 측량과 드론 촬영을 통해 해안선 변화를 기록하였다. 연구 결과, 잠제의 건설과정에서 사빈의 폭은 70-80 미터까지 변화되었다. 잠제로 방어진 중앙부에서는 사빈 폭이 크게 확장하였으나, 잠제의 양 끝단에서는 예상보다 강한 침식이 발생하였다. 연구지역 남단의 경우, 2020년 해안선에 비해 사빈 폭이 80여 미터나 감소하였다. 그 결과, 사빈의 유실은 물론 전사구지대와 배후의 도로까지 침식되는 문제

가 발생하게 되었고 응급복구 과정에서 돌제 6기가 새롭게 건설되었다. 남쪽 지역에 새로운 침식 문제가 대두되긴 하였으나, 보전지역의 보호만을 놓고 볼 때, 잠제의 방어 효과는 성공적이라 할 수 있다. 실제로, 보전지역 면적은 지정 당시의 약 99%까지 회복된 상태이다. 하지만, 잠제의 건설은 해안선의 형태를 직선형에서 톱니형으로 바꾸었고 도로 및 건물에 피해를 주었으며 그린 인프라의 하나인 사구지대를 붕괴시켰다.

하시동 해안의 변화과정은 잠제와 같은 구조물의 건설이 해안지형 변화에 미치는 영향을 잘 보여준다. 인공구조물의 건설은 일본 해안의 침식 사례와 같이(Uda, 2010) 침식 문제를 근본적으로 해결하는 것이 아니라, 새로운 지역에 침식 문제를 전가시킬 뿐이다. 해안지형의 자연회복력을 증진시킬, 다른 대안이 필요하다.

참고문헌

- Ahmed, M., and Anwar, R., 2011, Experimental study on the performance of submerged breakwater as shore protection structure, In International Conference on Environment and BioScience, IPCBEE, 21, 156-160.
- Choi, K. H., Kim, J. S., Lee, J. C., 2016, Migration of coastal erosional hotspots due to coastal protection structures, Journal of Coastal Research, 75, 1062-1066.
- Choi, K. H., Choi, J. H., Kim, J. W., 2014, Reconstruction of Holocene coastal progradation on the east coast of Korea based on OSL dating and GPR surveys of beach-foredune ridges, The Holocene, 24(1), 24-34.
- Saengsupavanich, C., Ariffin, E. H., Yun, L. S., Pereira, D. A., 2022, Environmental impact of submerged and emerged breakwaters, Heliyon, 8(12), 1-9.
- Safari, M. D., 2018, A short review of submerged breakwaters, In MATEC Web of Conferences, 203, 1005.
- Uda, 2010, Japan's Beach Erosion: Reality and Future Measures. 418p.

고문헌에 나타난 조선시대 태풍의 시공간적 분포

강진구¹, 최광희^{2*}

¹가톨릭관동대학교 지속가능환경학과, ²가톨릭관동대학교 지리교육과, *교신저자

Spatiotemporal Distribution of Typhoons as Recorded in Ancient Documents during the Joseon Dynasty

Jin Gu KANG¹, Kwang Hee CHOI²

¹Department of Sustainable Environment, Catholic Kwandong University,

²Department of Geography Education, Catholic Kwandong University, *Corresponding Author

최근 지구온난화로 인하여 지구의 기온은 빠르게 상승하고 있고, 이에 따라 극단 기후변화도 증가하고 있다(IPCC, 2023). 이것은 태풍도 예외가 아닌데, 지구온난화의 영향으로 해수면의 높이와 온도가 상승하고 있으며, 그에 따라 태풍을 비롯한 열대저기압의 강도가 증가하고 있다고 보고한다(Webster et al, 2005; Knutson et al., 2010; Cangialosi, et al., 2020; Seol, 2010; Yang et al., 2018). 역사적으로도 태풍은 한반도에 미치는 영향이 상당히 컸던 자연재해로 기록되어 왔다(Kang, 2012). 또한 오늘날에도 태풍은 우리나라에서 발생하는 여러 자연재해 가운데에서 전체 피해 중 60% 이상을 차지하고 있을 정도로 매우 위협적인 기상 현상이다(Moon et al., 2011). 이러한 이유로 태풍의 진로를 예측하는 것은 무척 중요하다. 하지만 현대적인 기상 관측의 역사가 짧기 때문에 100년 이상의 장기간 기상 흐름에 관한 연구는 어렵다(Cho et al., 2006). 그렇기에 역사기록을 통해 태풍에 대한 데이터를 수집하고 분석하여 그 시공간적 분포와 경로를 확인하는 것이 필요하다. 이에 본 연구에서는 조선왕조실록과 승정원일기와 같은 고문헌을 통해 태풍 데이터를 수집 및 분석한 후 조선시대 태풍 발생의 시공간적 분포 특성과 그 경로를 추정하는 것을 연구 목적으로 하였다.

먼저, 조선왕조실록과 승정원일기를 통해 1392년에서 1910년까지의 한반도 태풍 기록을 수집하였다. 조선왕조실록에서 고종과 순종 대의 기록은 일제에 의해 기록되었기에 그 신뢰성이 떨어진다는 한계가 있지만, 우리나라의 역사 문헌 중 기상 현상에 대한 가장 많은 기록을 지닌 역사 자료로 평가된다(Lim et al., 2002). 승정원일기는 매일 날짜순으로 기록되고 일지에 기록된 날짜는 조선시대 자연현상에 대한 기초 자료를 제공한다. 또한, 조선왕조실록과 비교했을 때 5배 이상에 달하는 분량의 정보들을 수록하고 있을 정도로 상세히 기록되어 있는 편이며(Park, 2010), 고종 이후 우리나라 근대사 분야의 공식기록으로 인정받고 있기 때문에 조선왕조실록의 기록을 보완할 수 있어 그 사료적 가치가 높다고 볼 수 있다.

고문헌에서 태풍 관련 기록 추출을 위해 사용했던 키워드는 “바람”, “태풍”, “광풍”이었다. 이렇게 선별된 기록 중 풍랑 기록은 태풍 기록과 무관하므로 정리하는 과정에서 배제하였고 동음이의어, 중복된 기록과 상소문, 그리고 대화 기록도 제외하여 정리하였다. 그 결과, 총 832건의

기록을 정리할 수 있었다. 하지만, 이렇게 추출된 기록들은 태풍이라 부르기 어려우며, 단순히 강한 바람 기록에 불과하다. 이에, 본 연구에서는 몇 가지의 태풍 원칙을 설정하였다. 첫째, 5월부터 10월 사이, 특히 7월에서 9월 사이의 강풍 기록을 속아내고, 둘째, 짧은 시간 내에 갑자기 시작되거나 끝나는 비 기록은 삭제하였다. 마지막으로 우박 등을 동반한 강한 대류와 함께 발생하는 바람과 비 기록 또한 삭제하였다. 그 후 고문헌의 장계를 토대로 피해 지역을 지도상에 표현한 관측 지점 지도와 현재 우리나라에 영향을 미치는 태풍 경로와 비슷하게 경로를 추정한 예상 태풍 경로도를 제작하였다. 그 결과, 총 6개의 관측 지점 지도와 예상 태풍 경로도를 제작할 수 있었다. 이를 통해 알 수 있었던 사실은 과거, 주로 태풍으로 인해 피해를 입었던 지역은 전라남도과 경상남도 지역과 같은 남해 지역이었다는 것이었다. 또한 시대별로 보았을 때, 6개의 태풍 중 절반에 해당하는 3개의 태풍이 1700년~1710년 사이에 발생하였으며, 월별로 보았을 때는 6개의 태풍 중 4개의 태풍이 7월에 일어났다는 것을 알 수 있었다. 이와 같이 이 연구에서 정리했던 과거 태풍들이 발생했던 시기와 지역을 살펴보면, 이러한 태풍들이 오늘날 한국에 영향을 미치는 태풍이 가지고 있는 특성과 비슷한 양상을 보인다는 것을 알 수 있다.

본 연구는 연구의 자료 대부분을 문헌 기록에 의존하였기에 오기된 기록이 있을 수 있고, 당시 지배 계급에 있어 불리한 기록들이 의도적으로 누락 될 수도 있다는 한계점이 존재한다. 하지만 현대적인 태풍 관측 기간이 짧았던 우리나라의 실정에서 조선왕조실록, 승정원일기와 같은 고문헌 기록은 역사기후 연구 및 미래의 기후변화 연구에 유용한 정보를 제공할 수 있다는 점에서 중요하다. 이렇듯 이 연구는 과거 태풍의 시공간적 분포를 파악함으로써 태풍의 특성을 추정하고 태풍의 경로와 피해 지역을 지리적으로 표현하였다는 것에 그 의의가 있다.

참고문헌

- Cangialosi, J. P., Blake, E., DeMaria, M., Penny, A., Latta, A., Rappaport, E., & Tallapragada, V. (2020). Recent progress in tropical cyclone intensity forecasting at the National Hurricane Center. *Weather and Forecasting*, 35(5), 1913-1922.
- Cho, Han-Bum, Kim, Hyun-Jun, Jang, Cheol-Hee, Noh, Seong-Jin, 2006, Reconstruction Technique for Abnormal Meteorologic Event through Historical Records : Case Study of Hurricane Reconstruction, *Korean Society of Civil Engineers*, 1566-1572.
- IPCC, 2023: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 1-34, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001
- Kang, Chul-Sung, 2012, A Study of Natural Disasters and Alms Policy in the Early Choson Dynasty, *Journal of the Association of Korean Geographers*. 1(1), 91-98.
- Knutson, T. R., McBride, J. L., Chan, J., Emanuel, K., Holland, G., Landsea, C., Held, I., Kossin, J. P., Srivastava, A. K., and Sugi, M., 2010, Tropical cyclones and climate change: *Nature Geoscience*, v. 3, no. 3, p. 157-163.
- Lim, Gyu-Ho, Shim, Tae-Hyeon, 2002, The Climate based on the Frequency of Meteorological Phenomena in the Annals of Chosun-Dynasty, *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences*, 38(4), 343-354.
- Moon, Il-Ju, Choi, Eu-soo, 2011, A Definition and Criterion on Typhoons Approaching to the Korean Peninsula for the Objective Statistical Analysis. *Atmosphere. Korean*

- Meteorological Society, 21(1), 45-55.
- Park, Kwon-Soo, 2010, Weather records and Portent records of The Seungeongwon Ilgi, The Review of Korean History, (100), 65-108.
- Seol, Dong-Il, 2010, Global Warming and Trends of Typhoon Variation, Journal of Navigation and Port Research, 34(6), 453-458
- Webster, P. J., Holland, G. J., Curry, J. A., & Chang, H. (2005). Changes in tropical cyclone number, duration, and intensity in a warming environment. Science, 309(5742), 1844-1846.
- Yang, Jung-A, Son, Sang-young, Nobuhito, 2018, Assessment of uncertainties of projection of typhoon and storm surge height under future climate condition based on ensemble experiments with multi SST and multi-global warming scenario using single AGCM, 2018, Korean Society of Civil Engineers, 190-191

학술답사 자료집

2024학년도 하계 한국지형학회 답사

공주시 제민천 유역의 홀로세 환경변화와 인간생활

- 일시: 2024. 8.5. 월. 5교시(14:00)~7교시(16:40)
- 답사목적: 지리적 렌즈로 제민천의 속살(퇴적층), 물길(하천), 기복(지형)을 분석하여 인간이 살기 좋았을 공간(장소)을 추정해 본다. 그리고 더 나아가 지형적 상상력을 바탕으로 ‘웅진도성의 하천’ 복원을 시도해 본다.
- 인솔교수: 박지훈(국립공주대 지리교육과 교수, 도성지리연구소장, 010-8420-7634)
- 답사대상: 한국지형학회 회원
- 답사방법: 조별로 차량 이동 및 현장 설명

< 답사 코스 및 주차장 안내 >

- Stop 1. 제민천 상류부: 우금고개, 우금치 전적지(사적 제 387호)
 - 주차: 우금치(우금티) 전적지 주차장
- Stop 2. 제민천 상류부: 하안안구, 곡저
 - 주차: 금학생태공원 주차장
- Stop 3. 일락산 동쪽사면, 하안단구: 공주교대
 - 주차: 공주교대 주차장
- Stop 4. 하안단구: 공주고등학교
 - 주차: 공주고등학교 주차장
- Stop 5. 하안단구: 대통사지(웅진백제시대 사찰터)
 - 주차: 대통사지 주변 노상 주차
- Stop 6. 봉황산 동쪽사면: 공주사대부고(충청감영터)
 - 주차: 공주사대부고 주차장(김태영 세무사 사무소 서쪽/뒤쪽)
- Stop 7. 범람원: 공주북중(옛 저습지)
 - 주차: 산성시장 공영주차장
- Stop 8. 범람원: 산성시장&중동시장(옛 저습지), 공주 갑부 김갑순와 저습지 개발
 - 주차: 산성시장 공영주차장
- Stop 9. 범람원: 미나리깡/공산성 서쪽 백미고을(옛 저습지), 왕릉교
 - 주차: 백미고을 주변 노상 주차
- Stop 10. 독립구릉: 공산, 송산, 공산성, 무령왕릉과 왕릉원, 공산성 방문자 센터
 - 주차: 주변 주차장 활용

2024학년도 2학기 한국지형학회 답사

공주 제민천 유역의 홀로세 환경변화와 인간생활

- 지형적 상상력을 활용한 '도성의 하천' 복원을 중심으로 -



공주 제민천 범람 제방 붕괴...이 시각 제민천 [하수] 뉴스 / KBS 2023.07.15.



* 답사 지역: 충남 공주시 제민천 유역

* 일시: 2024. 8.10. 토. 09:00~15:00 (점심시간 12:00~13:00)

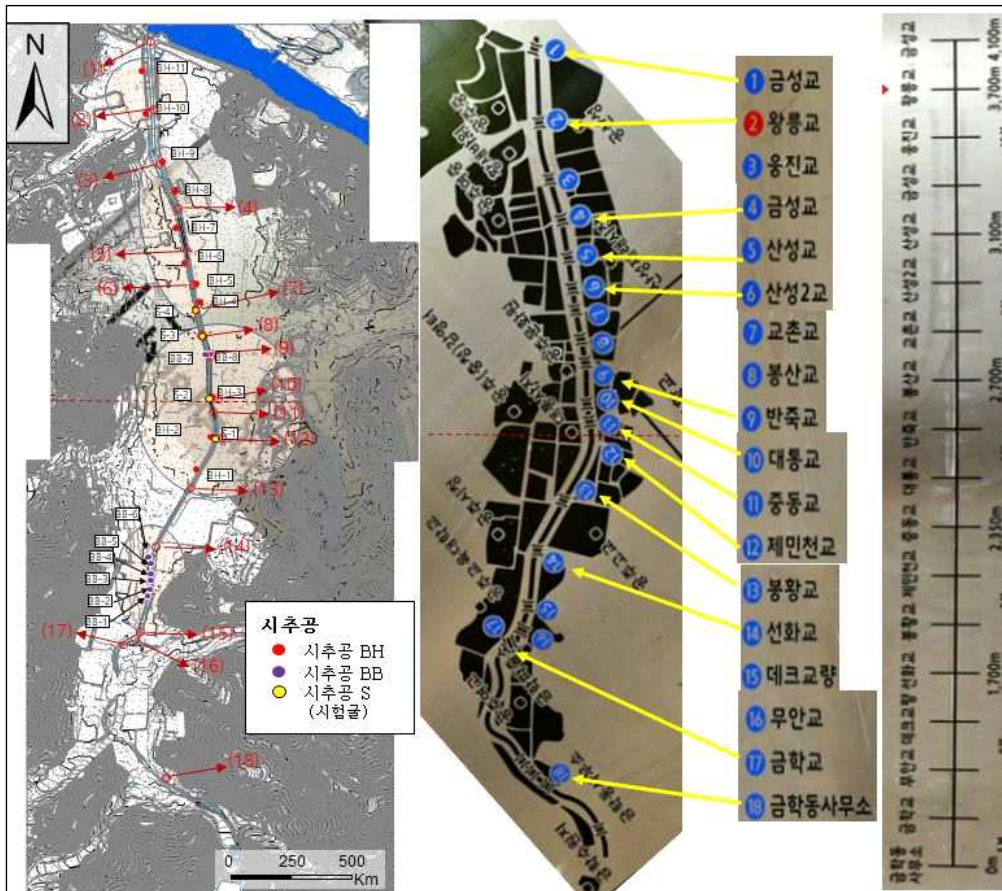


그림 31 제민천의 다리 현황 및 시추지점 위치

