

# Soil Quality Laboratory

Department of Civil and Environmental Engineering, Seoul National University

## Annual Report 2018



Foreword from Professor Nam	3
Highlights 2018	4
Achievements	7
Research Activity	15
People	25
Memories	35
Photo Album	41



## Foreword from Professor Nam

2017년 노벨 생리의학상은 우리 몸에는 ‘생체시계’라는 기작이 작동하고 있다는 것을 밝힌 연구자들에게 돌아갔습니다. 사실 과학적으로야 전혀 다른 의미이지만, 생체시계라는 말이 ‘나이가 들수록 시간이 더 빨리 가는 것처럼 느끼는 현상’을 꼭 설명하는 것만 같습니다. 실제 시간에는 변화가 없는데, 왜 그런지 시간은 갈수록 더 빨리만 가는 것 같습니다. 올 해는 더욱 그렇습니다. 벌써 12월이라니....

연말이면 의례적으로 떠올리는 문구들이 있습니다. 올 한 해는 어떤 해였냐는 등, 어떤 성과를 이루고, 어떤 아쉬움이 남느냐는 등, 내년의 다짐은 어떠하냐는 등... 살면서 너무 많이 비슷한 반성과 다짐을 해서, 이제는 별 감응이 없는 질문과 대답들이지는 않는지... 그래도 그런 기회를 아예 가지지 않는 것 보다는 낫다는 생각에 한 번 되새겨 봅니다. 몇 년째 되풀이 되는 말이긴 하지만, 개인적으로는 학생들에게 미안한 한 해 이었습니다. 같이 생활하면서 서로 교감을 가지고 배우면서 연구하는 게 내가 생각하는 대학원 생활인데, 여전히 부족했습니다. 그러면서도 한 편으로는, 우리 학부, 공대를 위해서 여러 가지 일들을 할 수 있었던 것으로 위안을 삼고 있습니다. 2018년 한 해는 각자에게 어떤 의미가 있는 시간이었는지 생각하는 시간을 가져봅시다. 부족하고 아쉬운 것들도 있을 테고, 스스로 대견하고 기특한 일들도 생각나지 않을까 싶습니다.

몇 일전 뉴스를 보니, 2019년 己亥年을 맞아 나라에서 ‘황금 돼지의 해 골드바’를 만들 예정이라고 합니다. ‘황금’과 ‘돼지’가 있으니 풍요로움이 확 느껴집니다. 우리 모두 ‘골드바’라는 것을 한번 구경해 볼 수 있는 2019년이 되면 좋겠습니다. 동시에, 내년부터는 예전같이 대학원생들과의 연구에 시간을 더 많이 쓸 수 있지 않을까 하는 희망과 다짐을 해봅니다.

남 경 필

# Highlights 2018



▲ 서울대의 봄: 벚꽃나무

안녕하세요. 서울대학교 건설환경공학부 토양환경연구실 (Soil Quality Laboratory)입니다. 저희 연구실은 현재 박사과정 4명, 석박통합과정 7명, 석사과정 3명의 학생이 함께 공부하고 있습니다.

올해에는 봄 학기 2명(송호재, 박수진)의 신입생이 입학하였고 1명(안진성)의 졸업생을 배출하였습니다.

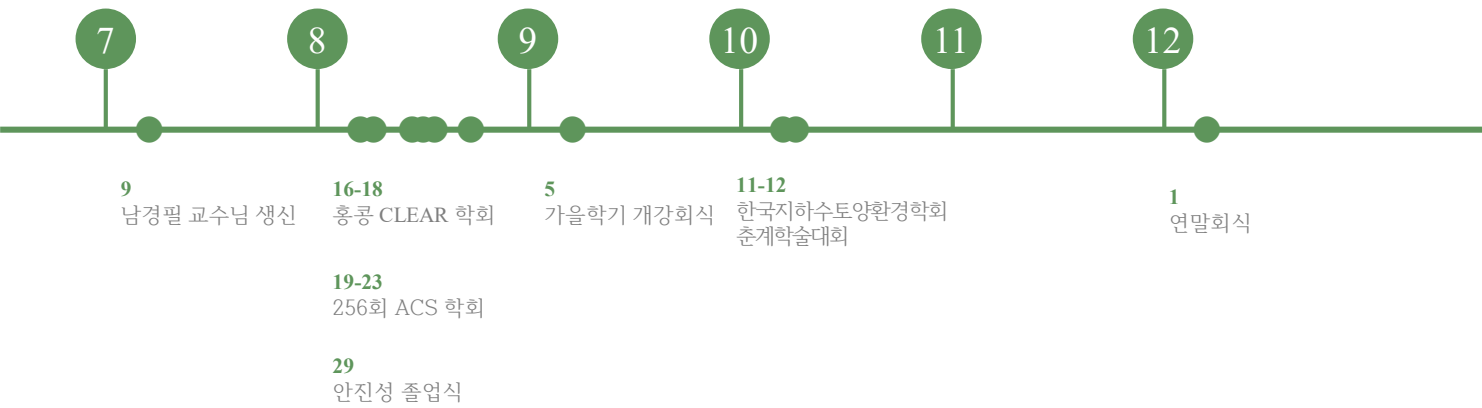
2018년 한 해 동안, 우리 연구실은 4편의 SCI 논문과 1편의 국내논문, 8건의 국제 학술대회 발표와 13건의 국내 학술대회 발표 실적을 달성하였습니다. 또한, 연구와 관련된 다수의 워크샵과 세미나에 참석하였습니다.



2018년 토양환경실험실에서는 다양한 연구를 진행하였습니다. 농업 부산물을 이용한 고부가가치 바이오플라스틱 원료 물질 생산기술 개발, 제강슬래그를 활용한 광산폐기물 중금속 안정화 기작 확인 및 재용출 가능성을 고려한 안정화 기술 개발, 미생물 매개 탄산칼슘 침전을 활용한 중금속 오염토양 유실방지 및 위해도 저감기술 개발, Reverse- $\beta$ -oxidation 과정을 통한 중간 사슬 길이 유기산 생산 및 이를 원료로 한 중간 사슬 길이 Polyhydroxyalkanoate (PHA)의 생산, 토양생물 9종의 종민감도분포를 통해 도출한 생태독성학적으로 허용 가능한 종말점의 시계열 데이터 분석, 산-염기 물질 유출이 토양 및 점토의 물리화학적 특성과 pH 완충능력에 미치는 영향과 이 유출에 대한 토양의 취약성 평가, 철산화물 원위치 공침 기작을 이용한 비소의 생물학적 안정화 및 비소오염토양의 위해저감기술 개발, 지하수위 변동에 의한 oscillating redox condition에서 토양의 비소에 대한 자연저감능 평가, 다공성 금속유기구조체(Metal Organic Framework, MOF) 합성 및 MOF를 활용한 중금속 흡착 및 치환 제거 기술 개발 등 다양한 연구를 수행하고 있습니다.



서울대의 가을: 단풍나무, 은행나무 ▲





## Achievements

.....

국제 학술지 논문 • 08

국내 학술지 논문 • 09

특허 • 10

국제 학술대회 발표 • 11

국내 학술대회 발표 • 12

연구과제 • 13



국제 학술지 논문

Jinsung An, Kyungho Choi, Seungho Yang, Kyoungphile Nam\*

Estimation of human-origin estrone and 17β-estradiol concentrations in the Han River, Seoul, South Korea and its uncertainty-based ecological risk characterization

Science of the Total Environment, 633: 1148-1155

Sang Hyun Kim, Seulki Jeong, Hyeonyong Chung, Kyoungphile Nam\*

Stabilization mechanism of arsenic in mine waste using basic oxygen furnace slag: The role of water contents on stabilization efficiency

Chemosphere, 208: 916-921

Won Jung Ju, Eun Hea Joh\*, Kyoungphile Nam

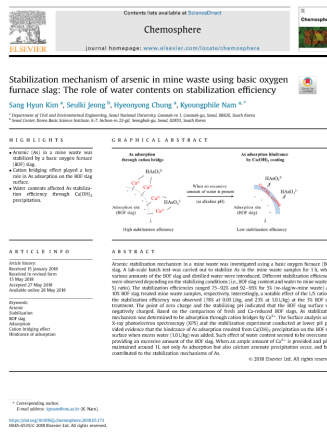
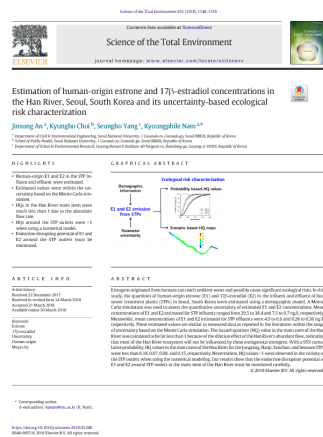
Effect of initial pH, operating temperature, and dissolved oxygen concentrations on performance of pyrite-fuel cells in the presence of Acidithiobacillus ferrooxidans

Journal of Hazardous Materials, 360: 512-519

Moonyoung Kim, Byung-Chul Kim, Kyoungphile Nam, Yongju Choi\*

Effect of pretreatment solutions and conditions on decomposition and anaerobic digestion of lignocellulosic biomass in rice straw

Biochemical Engineering Journal, 140: 108-114



안진성, 유기현, 남경필\*

토양시료의 분쇄가 왕수분해법을 이용한 비소와 납의 전함량 분석 결과에 미치는 영향

Journal of Soil and Groundwater Environment, 23(1): 25-29

J. Soil Groundwater Environ. Vol. 23(1), p. 25-29, 2018 <https://doi.org/10.7857/JSGE.2018.23.1.025>  
 ISSN 1598-6458 (Print), ISSN 2287-8831 (Online)

< Research Paper >

### 토양시료의 분쇄가 왕수분해법을 이용한 비소와 납의 전함량 분석 결과에 미치는 영향

안진성 · 유기현 · 남경필\*  
 서울대학교 건설환경공학부

#### Effect of Soil Grinding on Total Concentrations of As and Pb in Soil Determined by *aqua regia* Method

Jinsung An · Gihyeon Yu · Kyoungpil Nam\*  
 Dept. of Civil & Environmental Engineering, Seoul National University

#### ABSTRACT

The effect of soil grinding on total As and Pb concentrations determined by *aqua regia* method was examined. Among six field-collected, air-dried soil samples tested, soils A, B, C, and E were directly sieved through a 150- $\mu$ m sieve without grinding and showed 2.18 to 3.03 times higher total As concentrations and 2.62 to 3.65 times higher total Pb concentrations than those of the soil samples prepared to allow all soil particles to pass through the 150- $\mu$ m sieve by grinding. The reason can be ascribed to the fact that those soils contain fine particles (i.e., < 150  $\mu$ m in diameter) only 4.6 to 8.8% of the total soil weights. On the other hand, for D and F soils, fine particles smaller than 150  $\mu$ m accounted for 57 and 40%, respectively, so that the effect of grinding on As and Pb concentrations were relatively low (As: 1.15 and 1.23 times, Pb: 1.36 and 1.49 times, respectively). The result demonstrates that grinding prior to 150- $\mu$ m sieving is necessary to ensure the homogeneity of soil samples and hence to obtain more accurate heavy metal concentrations in soils. This is especially true for soil samples with low fine soil particles and/or microaggregates (i.e., below 150  $\mu$ m).

**Keywords :** Grinding, Sieving, Aggregate, Heavy metal, *Aqua regia* digestion

#### 1. 서 론

토양 내 중금속의 농도를 분석하기 위해 토양오염 공정시험기준(KMOE, 2017)에서는 '시료 채취 및 조제 (ES 07130.b)' 과정 중 기진 후 '왕수분해(*aqua regia* digestion)' 방법을 사용하고 있다. 왕수는 일부 규산염 광물(silicate minerals)을 제외한 대부분의 토양구성성분을 분해할 수 있기 때문에(USEPA, 1996; Deyave and Horvath, 2001; Sauer et al., 2002), 왕수분해를 통해 결정된 토양 내 중금속이 농도를 보통 전함량이라고 일컫는다. 우리나라 토양오염공정시험기준에서는 토양의 중금속 전함량을 결정하기 위하여 채취한 토양시료를 직사광선이 닿지 않는 곳에서 공건시킨 후 토양 덩어리들을 나무망치 등을 이용하여 파쇄하고, 10 메쉬 표준체(순경간

의 2 mm)를 사용하여 체기할만 후, 또 다시 100 메쉬 표준체(순경간의 150  $\mu$ m)로 체기할만이 분수에 이용하도록 하고있다(KMOE, 2017). 이 때, 2mm 체기물은 토양으로 구분되지 않는 낙엽 등의 함유물을 제거하기 위해 수행하고, 150- $\mu$ m 체기물은 분석에 사용할 토양시료를 균질하게 만들고 왕수와 반응하는 입자의 표면적을 증가시켜 중금속 추출효율을 증대시키기 위해 수행한다. 한편, '시료 채취 및 조제(ES 07130.b)'의 비고 4)에는 '토양이 표의 입자 지가 크거나 정도 지가 있는 입자의 종류'로 인하여 분석결과의 오차가 발생할 수리가 있을 경우 예는 2mm 표준체로 체기할 만 시료를 직사광선 등으로 분쇄한 다음 분석대상물질에 따라 해당 표준체로 체기할 하여 분석용 시료로 조제한다고 명시되어 있다(KMOE, 2017). 그러나 분쇄를 진행해야 하는 기법이 명확하게 제

\*Corresponding author: jpram@su.ac.kr

Received: 2017. 11. 10 / Revised: 2017. 12. 7 / Accepted: 2018. 1. 15

Discussion until: 2018. 4. 30

## 특허

### 철강슬래그의 처리방법

특허 등록번호		10-1881448-0000	
관 렾 인			
표시번호		사항	
1번	출원 연월일 : 2018년 12월 28일	출원 번호 : 10-2016-0181179	
	공고 연월일 : 2019년 07월 24일	공고 번호 :	
	특허결정(실용)연월일 : 2018년 04월 18일	청구범위의 개수 : 4	
	유 발 : 8098 100		
발명의 명칭 : 철강슬래그의 처리방법			
종속기권(특정)연월일 : 2019년 12월 28일		2018년 07월 18일 등록	
특 허 권 재 안			
순위번호		사항	
1번	(등록권리자) 서울대학교산학협력단 서울특별시 관악구...	2018년 07월 18일 등록	

발명인: 남경필, 김상현, 정현용

출원인: 서울대학교 산학협력단

특허결정일자: 2018년 4월 18일

출원번호: 10-2016-0181179

### 제강슬래그를 이용한 비소 안정화 방법

관 인 생 령	
출 원 번 호 통 지 서	
출 원 일 자	2018.09.18
특 기 사 항	심사청구(유) 공개신청(무)
출 원 번 호	10-2018-0111469 (접수번호 1-1-2018-0928233-66)
출 원 인 명 칭	서울대학교산학협력단(1-2007-050924-2)
대 리 인 성 명	특허법인무한(9-2007-100061-4)
발 명 자 성 명	남경필 정현용 김상현
발 명 의 명 칭	제강슬래그를 이용한 비소 안정화 방법
특 허 청 장	

발명인: 남경필, 정현용, 김상현

출원인: 서울대학교 산학협력단

출원일자: 2018년 9월 18일

출원번호: 10-2018-0111469

### 미생물매개 탄산칼슘 침전을 위한 스포로사시나 파스테우리 배양액 및 이를 이용한 배양 방법

관 인 생 령	
출 원 번 호 통 지 서	
출 원 일 자	2018.10.01
특 기 사 항	심사청구(유) 공개신청(무)
출 원 번 호	10-2018-0116938 (접수번호 1-1-2018-0967471-74)
출 원 인 명 칭	서울대학교산학협력단(1-2007-050924-2)
대 리 인 성 명	특허법인무한(9-2007-100061-4)
발 명 자 성 명	남경필 정현용 김상현
발 명 의 명 칭	미생물매개 탄산칼슘 침전을 위한 스포로사시나 파스테우리 배양액 및 이를 이용한 배양방법
특 허 청 장	

발명인: 남경필, 정현용, 김상현

출원인: 서울대학교 산학협력단

출원일자: 2018년 10월 1일

출원번호: 10-2018-0116938

### 미생물매개 탄산칼슘 침전을 이용한 토양 유실 방지용 조성물 및 이를 이용한 토양 유실 방지 방법

관 인 생 령	
출 원 번 호 통 지 서	
출 원 일 자	2018.10.01
특 기 사 항	심사청구(유) 공개신청(무)
출 원 번 호	10-2018-0116939 (접수번호 1-1-2018-0967472-19)
출 원 인 명 칭	서울대학교산학협력단(1-2007-050924-2)
대 리 인 성 명	특허법인무한(9-2007-100061-4)
발 명 자 성 명	남경필 정현용 김상현
발 명 의 명 칭	미생물매개 탄산칼슘 침전을 이용한 토양 유실 방지용 조성물 및 이를 이용한 토양 유실 방지 방법
특 허 청 장	

발명인: 남경필, 정현용, 김상현

출원인: 서울대학교 산학협력단

출원일자: 2018년 10월 1일

출원번호: 10-2018-0116939

## 국제 학술대회 발표

■ **CLEAR 2018 4th International Conference on Contaminated Land, Ecological Assessment and Remediation, Hong Kong, 08.16-18**

Moonkyung Kim, Kyoungphile Nam

Study on comprehensive ecological risk assessment: "Screening-level" and "Site-specific" point of view

Hyeonyong Chung, Sang Hyun Kim, Kyoungphile Nam

Microbial-Induced Calcite Precipitation to prevent the loss of heavy metal contaminated soil: Effect of soil organic matter and heavy metals

Sang Hyun Kim, Seulki Jeong, Hyeon Yong Chung, Kyoungphile Nam

Effect of pH on determination of stabilization mechanism of Pb and As by basic oxygen furnace slag

Buyun Jeong, Jinsung An, Kyoungphile Nam

Determination of acceptable Cu concentration for barley using fixed monitoring benchmarks and *in situ* soil porewater monitoring data

Jin hee Park, Jinsung An, Kyoungphile Nam

*In situ* Co-precipitation of Arsenic with Ferrihydrite to Reduce Bioaccessibility

Sujin Park, Hyeonyong Chung, Kyoungphile Nam

Stabilization of Heavy Metal Contaminated Soil by Microbially Induced Carbonate Precipitation (MICP)

Hojae Song, Kyoungphile Nam

The Elimination of Toxic Compounds in CNG Bus Emissions with Adsorption Filter Device at Bus Stops

■ **256th American Chemical Society National Meeting & Exposition, Boston, U.S.A., 08.19-23**

Inhyeong Jeon, Jae-woong Jung, Kyoungphile Nam

Changes in surface properties of clay minerals due to acid or alkali spills and its effect on pH buffering capacity and heavy metal adsorption

## 국내 학술대회 발표

### ■ 2018 한국지하수토양환경학회 춘계학술대회, 서울 한국과학기술연구원 본원, 04.12-13

안진성, 남경필

인산이온과 pH의 영향을 고려한 비소 독성예측모형의 개발

정현용, 김상현, 남경필

미생물 매개 탄산칼슘 침전 기술의 중금속 오염토양 유실 저감 효과 및 유기물함량과 토양입자크기의 영향

김상현, 정현용, 정슬기, 남경필

제강슬래그를 이용한 광산폐기물 비소 안정화 기작 및 수분처리량의 영향에 대한 연구

정부윤, 안진성, 남경필

Fixed Monitoring Benchmarks 기법과 현장 측정 데이터를 활용한 토양 공극수 내 구리 허용농도의 결정

전인형, 정재웅, 남경필

산염기 반응으로 인한 몬모릴로나이트의 표면특성 변화 및 이로 인한 카드뮴 흡착 특성 변화

박진희, 안진성, 남경필

SBRC 및 UBM 방법을 이용한 토양 내 비소와 납의 생물학적 접근성 평가

### ■ 2018년 대한환경공학회 전문가그룹 학술대회, 서울 브라운스톤서울, 06.28

안진성, 남경필

Analytical strategies for determination of various arsenic species in environmental samples and development of arsenate ecotoxicity prediction model

### ■ 2018 한국지하수토양환경학회 추계학술대회, 제주 제주대학교 아라컨벤션센터, 10.11-12

김문경, 남경필

토양오염 중금속 대상 복합 생태위해성평가에 관한 연구

정현용, 김상현, 남경필

미생물 매개 탄산칼슘 침전을 활용한 중금속 오염토양 유실 저감 - 중금속 오염농도에 따른 기술 적용성 평가 및 적용방안 도출

정부윤, 남경필

Fixed Monitoring Benchmark 기법과 Species Sensitivity Distribution을 활용한 토양 공극수에서의 구리 허용농도 결정

전인형, 남경필

산염기 유출사가 카올리나이트와 몬모릴로나이트의 납과 카드뮴 흡착에 미치는 영향

박진희, 남경필

중성인산염을 이용한 비소 탈착 및 철산화물과의 공침을 통해 비소의 생물학적 이용성을 저감하는 *in situ* 안정화기작

박수진, 장선우, 문희선, 남경필

지하수위의 변동이 지중 오염물질의 이동에 미치는 영향

## 연구과제

- 화학사고로 인한 토양·지하수오염 현장평가 모델 개발  
한국환경산업기술원, 2016.04.01 – 2018.03.31, 연구책임자(남경필)
- 미생물 매개 탄산칼슘 침전을 활용한 중금속 오염토양 유실 방지기술 개발  
한국환경산업기술원, 2016.04.01 – 2018.03.31, 연구책임자(남경필)
- 자연기원 음이온 오염물질의 원위치 위해농도 예측을 위한 biotic ligand model 개발  
및 이를 활용한 생태독성학적 환경허용농도 결정기술 개발에 관한 연구  
한국연구재단, 2016.06.01 – 2019.05.31, 연구책임자(남경필)
- 고압세척공정 기반의 초미세기포 복합 공정과 선택적 핵종 흡착기술을 이용한  
해체원전 오염토양 제염기술 개발  
한국에너지기술평가원, 2018.05.01 – 2021.04.30, 연구책임자(남경필)
- 오염부지 위해관리기술 및 의사결정지원시스템 개발  
한국환경산업기술원, 2018.06.01 – 2020.12.31, 연구책임자(남경필)
- 토양오염부지 위해성평가 시범사업 및 선진화 방안 연구(VI)  
국립환경과학원, 2018.06.19 – 2018.12.18, 연구책임자(남경필)



## Research Activity

.....

- 농업 부산물을 이용한 고부가가치 바이오플라스틱 원료물질 생산기술 개발 · 16
- 제강슬래그를 활용한 광산폐기물 중금속 안정화 기작 확인 및 재용출 가능성을 고려한  
안정화 기술 개발 · 17
- 미생물 매개 탄산칼슘 침전을 활용한 중금속 오염토양 유실방지 및  
위해도 저감기술 개발 · 18
- Reverse- $\beta$ -oxidation 과정을 통한 중간 사슬 길이 유기산 생산 및 이를 원료로 한 중  
간 사슬 길이 Polyhydroxyalkanoate(PHA)의 생산 · 19
- 토양생물 9종의 종민감도분포를 통해 도출한 생태독성학적으로 허용 가능한 종말점의  
시계열 데이터 분석 · 20
- 산-염기 물질 유출이 토양 및 점토의 물리화학적 특성과 pH 완충능력에 미치는 영향과  
이 유출에 대한 토양의 취약성 평가 · 21
- 철산화물 원위치 공침 기작을 이용한 비소의 생물학적 안정화 및  
비소오염토양의 위해저감기술 개발 · 22
- 지하수위 변동에 의한 oscillating redox condition에서 토양의 비소에 대한  
자연저감능 평가 · 23
- 다공성 금속유기구조체(Metal Organic Framework, MOF) 합성 및 MOF를  
활용한 중금속 흡착 및 치환 제거 기술 개발 · 24



## 농업 부산물을 이용한 고부가가치 바이오플라스틱 원료물질 생산기술 개발

김문경

### ■ 연구배경

석유계 자원의 고갈과 폐기물 해양투기를 금지하는 런던협약 등에 의해 폐기물자원화 기술이 세계적으로 요구되고 있다. 이에 본 연구에서는 농업부산물을 이용하여 생체적합성이 뛰어난 바이오플라스틱 원료물질을 생산하는 기술을 개발하고자 한다.

### ■ 연구목표

본 연구의 목적은 기존의 석유계 플라스틱 또는 현재 상용 중인 생분해성 바이오플라스틱인 polylactic acid (PLA)와는 차별적인, 생분해성과 생체적합성이 뛰어난 고부가가치 바이오플라스틱 원료물질인 polyhydroxyalkanoate (PHA)를 생산하는 것이며, 이를 위해 바이오리파이너리 (biorefinery) 개념을 이용한 기술을 개발하는 것이다.

### ■ 연구내용

Step 1. 연속식 혐기성 소화 공정: 농업부산물로부터 메탄, 이산화탄소, 휘발성유기물 등을 생산하는 바이오리파이너리 공정 적용 단계

Step 2. 생분해성 원료물질 생산 및 물성 조절: 종속 및 자가 영양성 미생물을 이용한 바이오플라스틱 원료물질 생산하는 단계

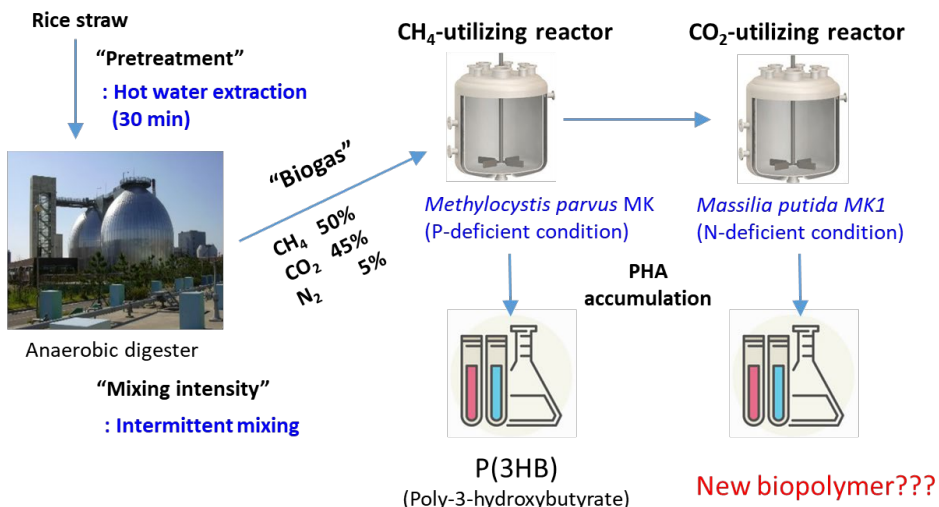
벗짚 혐기성 소화(anaerobic digestion)를 이용한 생분해성 바이오플라스틱 생산 원천기술을 연속식 교반탱크형반응

기에 적용하여 지속적으로 바이오가스를 생산하는 시스템을 구축한다. 연속식 혐기성반응조 내 기질의 전처리, 교반 속도 등의 변화를 통해 메탄가스 생산 최적운전조건을 도출한다.

벗짚 혐기성소화를 통해 발생한 메탄과 이산화탄소 가스를 이용하는 종속영양미생물의 바이오플라스틱의 축적능을 확인하고 연속식 반응조를 이용하여 지속적으로 바이오플라스틱을 생산하는 시스템을 구축한다. 다양한 물성을 가진 바이오플라스틱을 생산하고 물성을 평가하여 이를 다양한 농업부산물을 이용한 바이오 플라스틱 생산 공정에 적용할 수 있도록 한다.

### ■ 기대효과

본 연구에서는 바이오리파이너리 개념을 도입하여 원료물질의 성상에 따라 각기 적합한 토착미생물의 고유한 생분해성 플라스틱 축적 능력을 활용하고자 한다. 또한, 기존의 생분해성 플라스틱 생산은 화학적 중합공정을 이용하는 반면 본 연구에서는 완전한 생물학적 공정이 적용되므로 뛰어난 생분해성과 생체적합성을 가지는 바이오플라스틱을 생산할 수 있다. 본 연구를 통해서 유기성 폐기물 자원화 기술, 생물공학적 기술의 환경공학적인 적용, 생체적합성 의료용 소재 다양화 등과 같은 분야에 기술적 파급효과가 있으며, 또한 유기성 부산물의 재활용 및 화학연료 사용을 절감하고 고부가가치 의료용 물질을 생산함에 따라 사회, 경제적 파급 효과가 예상되는 미래형 고부가가치 기술을 개발할 수 있다.



# 제강슬래그를 활용한 광산폐기물 중금속 안정화 기작 확인 및 재용출 가능성을 고려한 안정화 기술 개발

김상현

## ■ 연구배경

광산 주변에 적치된 광산폐기물은 일반적으로 다량의 중금속이 함유되어 있으며, 적절한 조치 없이 방치될 경우 주변 토양, 지하수로의 중금속 오염확산이 발생할 수 있다. 이러한 오염확산 방지를 위해 안정화 공법을 사용할 수 있으며, 제강슬래그 등 다양한 산업폐기물을 이용한 중금속 안정화에 관한 연구가 진행되고 있다. 특히 제강슬래그는 CaO와 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 다량 함유하여 중금속 침전 또는 흡착 기작을 통해 안정화 공법에 기여할 수 있다.

광산폐기물 적치장에 안정화 공법을 사용할 때에는 환경변화에 따른 중금속 재용출 가능성을 고려하여야 한다. 예를 들어, 적지량이 많아지면 적지장 하부는 외부 공기와 차단되는데, 이 때 형성된 낮은 Eh는 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 reductive dissolution을 유발한다. 결과적으로 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>에 흡착되어 안정화되었던 중금속이 다시 용출되어 나올 수 있다. 따라서 광산폐기물 중금속 안정화 시에는 이러한 환경변화에 따른 재용출 가능성을 최소화하여야 하며, 이는 안정화 기작(침전 및 흡착)과 밀접한 연관이 있을 것으로 사료된다.

## ■ 연구목표

본 연구에서는 제강슬래그를 활용한 광산폐기물 중금속 안정화 효율과 그 기작에 대해 알아보고, 환경변화에 따른 재용출 가능성을 최소화할 수 있는 안정화 공법을 개발하고자 한다.

## ■ 연구내용

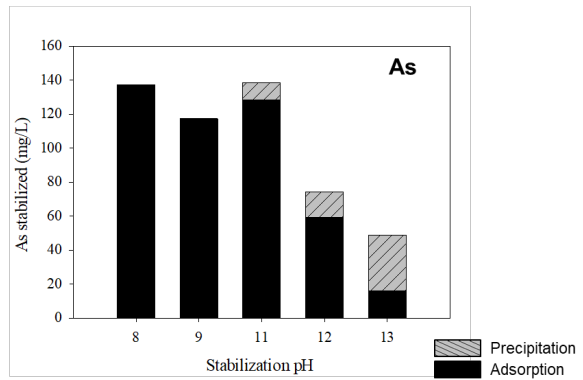
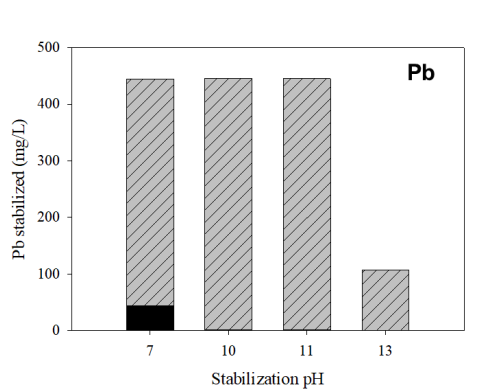
다양한 안정화 조건(제강슬래그 및 수분 처리량)에 따른 중금속 안정화 효율을 확인하고, 각 안정화 조건에서 우세하게 발생하는 안정화 기작을 확인한다. 각 안정화 조건에서 유도된 안정화 기작에 대해, 환경변화에 따른 재용출 특성을 확인한 후, 재용출 가능성이 최소화될 수 있는 안정화 조건을 도출한다.

## ■ 기대효과

본 연구에서 개발된 재용출 가능성을 고려한 안정화 공법은 광산폐기물 적치장 및 주변지역의 위해관리를 위한 기술적 기반을 제공할 수 있다.

## ■ 관련 연구과제

오염부지 위해관리기술 및 의사결정지원시스템 개발 [한국환경산업기술원 지중환경오염위해관리기술개발사업]



< 제강슬래그를 사용한 Pb과 As의 안정화 기작 구분 결과 >

## 미생물 매개 탄산칼슘 침전을 활용한 중금속 오염토양 유실방지 및 위해도 저감기술 개발

정현용

### ■ 연구배경

토양의 중금속 오염은 휴·폐광산, 산업시설 및 농경지 등 다양하고 광범위한 부지에서 발견된다. 적절한 조치가 취해지지 않은 중금속 오염부지는 중금속 오염토양의 유실로 인한 중금속 오염의 확산과 위해도 증대 위험에 노출되어 있지만, 제도적인 문제를 차치하더라도 적용할 수 있는 적절한 중금속 오염토양 유실 방지기술 또한 미비한 실정이다. 이에 토양자원과 생태 등을 고려한 친환경적인 중금속 오염토양 유실 방지기술의 개발이 필요하다.

### ■ 연구목표

미생물 매개 탄산칼슘 침전 기작을 활용하여 생태와 토양 재사용 등을 고려한 중금속 오염토양의 강우 및 바람으로 인한 유실을 저감하는 기술을 개발한다.

### ■ 연구내용

[1] 미생물 매개 탄산칼슘 침전(Microbially Induced Calcite Precipitation; MICP)을 활용한 중금속 오염토양 유실 방지 기술 개발

MICP는 미생물의 효소작용으로 촉진되는 토양 내 탄산칼슘 침전을 이용하여 토양 개량효과를 유도하는 기술이다. 본 연구에서는 탄산칼슘 침전으로 인한 토양입자의 응집효과를 이용하여 중금속 오염토양 유실을 방지하는 기술을 개발한다. 중금속 오염토양의 유실은 강우 및 바람으로 인한 토양 침식에 의해 발생하며 따라서 기술 적용을 통해 강우 및 바람에 대한 저항성을 높이는 것을 목표로 한다.

[2] 미생물 매개 탄산칼슘 침전 기술의 효율성 향상 방안 연구

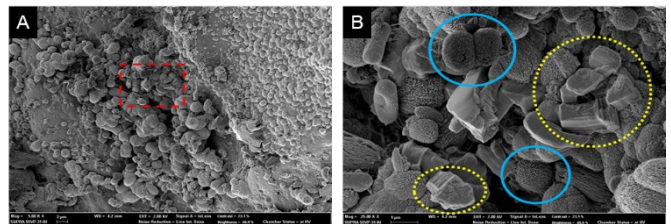
미생물 매개 탄산칼슘 침전 기술은 미생물 작용으로 인한 탄산칼슘 침전과 이에 따른 토양 응집력 증가를 통해 토양 유실을 저감한다. 따라서 기본적으로 토양특성, 중금속 오염수준 등의 탄산칼슘 침전에 대한 영향을 확인한다. 더 나아가 동일한 탄산칼슘 침전 수준에서 토양특성 등에 따라 응집효과는 어떻게 달라지는지 평가한다.

### ■ 기대효과

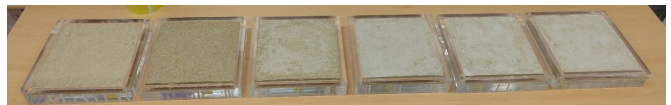
본 연구를 통해 친환경적인 중금속 오염토양 유실 방지기술을 개발하며, 본 기술의 사용을 통해 친환경적이고 경제적인 방법으로 중금속 오염토양의 유실을 방지할 수 있을 것으로 기대된다. 중금속 오염확산을 방지하는 것을 통해 부지 위해도를 효과적으로 관리할 수 있을 것이다.

### ■ 관련 연구과제

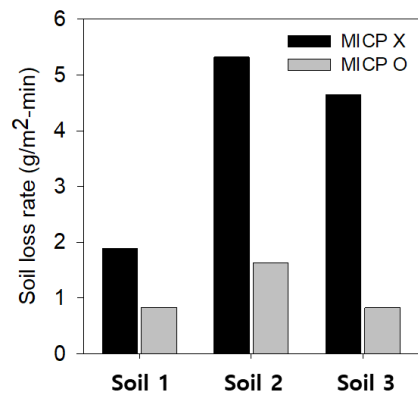
미생물 매개 탄산칼슘 침전을 활용한 중금속 오염토양 유실 방지기술 개발 [환경부 GAIA] (2016.03~2018.02)



<MICP 적용으로 인한 sand 표면 침전물 형성>



<MICP 적용에 따른 표토 응집>



<MICP 적용에 따른 field soil의 강우로 인한 토양 유실 감소>

## Reverse-β-oxidation 과정을 통한 중간 사슬 길이 유기산 생산 및 이를 원료로 한 중간 사슬 길이 Polyhydroxyalkanoate(PHA)의 생산

김병철

### ■ 연구배경

Polyhydroxyalkanoate(PHA)는 미생물 세포 내 탄소 및 에너지 저장소로 합성되는 고분자로 대표적인 생분해성 바이오 플라스틱이다. 150여 가지 이상의 단량체가 존재하며 각 단량체의 알킬기에 따라 다른 물성을 지니고 있어 큰 환경 영향 없이 다양한 산업에 적용될 수 있는 높은 잠재력을 가지고 있는 물질이지만 가격경쟁력이 부족하고 물성의 한계가 있다. 혼합 배양 미생물군(Mixed Microbial Culture, MMC)을 이용하여 PHA를 생산하는 방식은 생산 공정의 비용을 절감할 수 있다. 또한 다양한 미생물이 존재하고, 미생물 간의 상호작용이 가능하기 때문에 단일 미생물에 비하여 원료의 다양성과 반응조 내 환경의 변화에 더욱 탄력적으로 반응할 수 있다.

MMC를 이용하여 PHA를 생산하는 연구는 polyhydroxybutyrate(PHB)와 poly(hydroxybutyrate-co-hydroxyvalerate)(PHBV)의 생산에 집중되어 있다. 하지만 이 두 짧은 사슬 길이 PHA(Short Chain Length PHA, scl-PHA, 탄소 개수 5개 이하)는 물성에서의 큰 한계가 존재한다. 반면 중간 사슬 길이 PHA(Medium Chain Length PHA, mcl-PHA, 탄소 개수 6개 이상 14개 이하)는 결정도가 낮고, 높은 신장률을 가지고 있는 탄성체고분자로 포장재, 의료용 플라스틱, 등 보다 더 다양한 산업분야에서 사용될 수 있다. 최근 활발히 진행되고 있는 reverse-β-oxidation 연구를 통해 mcl-PHA를 생산하는 것이 본 연구의 목적이다.

### ■ 연구목표

reverse-β-oxidation을 통한 효율적인 hexanoate의 생산 및 MMC를 이용한 Polyhydroxyl(butyrate-co-hexanoate)의 생산

### ■ 연구내용

[1] Polyhydroxyl(butyrate-co-hexanoate) 축적 미생물군 확보

MMC를 이용하여 PHA를 생산하기 위해서는 우선 PHA를 효율적으로 합성하는 미생물을 선별, 축적해야 하고, 이 선별된 미생물군을 합성 반응조로 옮겨 PHA를 합성해야 한다. PHA 합성 미생물을 선별하는 반응조는 미생물이 간헐적으로 주어지는 기질을 생장보다는 체내 PHA 축적에 사용하도록 하고, PHA를 축적하지 못한 미생물은 기질이 제

공되지 않는 시기에 도태되도록 설계되어 있다. 본 연구에서는 PHA 합성 미생물 선별 방법 중 anaerobic/aerobic process(AN/AE)를 사용할 것이다.

[2] 사슬연장 반응을 이용한 핵사노익산의 생산

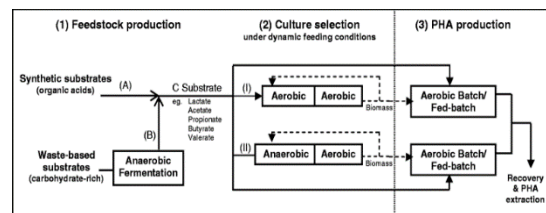
사슬연장 반응이란 reverse-oxidation 반응을 통해서 바이오매스의 1차 발효산물인 아세트산, 프로피온산, 부티르산 등의 SCCA를 핵사노익산, 헵타노익산, 옥타노익산 등의 MCCA로 전환시켜주는 반응이다. 본 연구에서는 젖산을 기질로 하여 사슬 연장 반응조를 운전할 것이다. 효율적인 사슬연장 반응조의 운전을 위해서 가장 중요한 운전 조건은 이산화탄소와 수소의 분압이다.

[3] 생산한 핵사노익산을 기질로 한 PHB-co-HHx의 생산

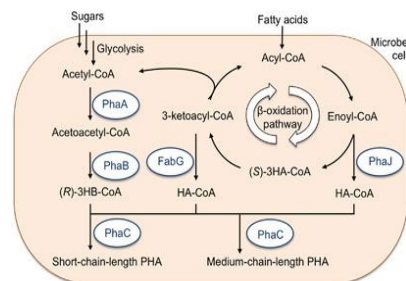
1단계에서 선별한 미생물에 2단계에서 생산한 유기산을 원료로 하여 PHB-co-HHx를 합성하는 것이 본 연구의 최종적 목표이다. 생산된 PHA 물성은 생산된 PHA의 조성에 따라 변화하고, PHA의 조성은 주입한 유기산의 조성에 의하여 변화하게 된다. 해당 단계에서는 사슬연장 반응조의 생산물을 조절하여 최종 생산된 PHB-co-HHx의 물성을 평가하여 볼 것이다.

### ■ 기대효과

폐기물로부터 다양한 플라스틱을 대체할 수 있는 물성을 가지고 있는 바이오 플라스틱을 생산할 수 있다.



<MMC 선별 방법 및 PHA 생산 모식도>



<PHA 생산 대사과정>

## 토양생물 9종의 종민감도분포를 통해 도출한 생태독성학적으로 허용 가능한 종말점의 시계열 데이터 분석

정부윤

### ■ 연구배경

중금속의 독성은 수계 및 토양 등 환경매질의 특성에 따라 크게 변화하게 되는데 동일한 양의 중금속이 환경매질에 존재 하더라도 환경 조건에 따라서 생물에 미치는 독성은 변화한다. 한편 이러한 환경매질의 특성은 온도, 강수량 등의 요인에 의해 시간에 따른 변화 양상을 보이는데, 이러한 변화하는 환경인자를 반영하고 그에 따른 생태독성학적으로 허용 가능한 농도를 결정해야 한다. 따라서 시간에 따라 변화하는 pH, DOC, 양이온 농도 등을 고려하여 주변 생물들의 생태독성학적 종말점을 도출하고, 시간의 변화성까지 반영하여 해당지역의 생물종들을 보호할 수 있는 모니터링 기준을 산정하는 것이 필요하다.

### ■ 연구목표

토양공극수 데이터를 이용하여 시간에 따라 변화하는 환경인자들을 파악하고 이를 Biotic ligand model(BLM) 및 종민감도분포(Species sensitivity distribution, SSD)에 반영한다. 이를 통해 도출한 생태독성학적 종말점들의 시계열 분석으로 해당지역에서 구리 농도의 모니터링 기준을 산정한다.

### ■ 연구내용

[1] Biotic ligand model(BLM)과 시간에 따라 변화하는 환경인자들을 이용한 50% effective concentration (EC50) 결정

BLM은 수계 중금속의 독성을 예측하기 위해 개발된 모형이다. 생물체의 활성 결합 부위인 biotic ligand(BL)에 자유 중금속 이온이 결합하여 독성을 발현한다고 가정하는데 수계에 존재하는 양이온으로 인한 경쟁 효과 때문에 BL에서의 자유 중금속 이온 결합이 저해된다고 가정한다. BLM을 이용하여 생물 종의 50%에 영향을 끼치는 중금속 농도인 50% effective concentration (EC50)을 도출 할 수 있고 독성 영향을 평가할 때 이 EC50 값이 하나의 지표가 될 수 있다. EC50을 산출 할 때 수계의 환경 인자들이 반영이 되고 pH, DOC, 양이온 농도와 같은 인자들의 영향으로 EC50 값이 결정된다. 하지만 EC50 값을 결정하는 이러한 인자들은 시간에 따라서 변화하게 되고 그렇기 때문에 산출된 EC50 값들 역시 시간에 따라 조금씩 차이를 보인다.

### [2] 종민감도분포를 이용한 생물의 다양성 반영

BLM은 다양한 환경인자들의 영향을 반영하는 반면 종 특이적으로 작용한다. 즉 특정 생물 한 종에게 독성영향을 미치는 농도를 산정하는 것이기 때문에 다양한 생물종을 고려해야 하는 경우 적합하지 않다. 따라서 여러 생물종 각각의 BLM 값들을 이용하여 종민감도분포를 도출하고 95%의 생물종을 보호할 수 있는 위해농도를 결정하는 것이 합리적이다.

### [3] FMB를 통한 환경허용농도 값 도출

[2]에서 결정한 위해농도는 환경인자들에 의해 시간에 따라 변화하는데 이러한 시간의 다양성을 반영하기 위해 Fixed monitoring benchmarks (FMB)라는 기법이 제시 된 바 있다. 시간에 따라 변화하는 BLM 산출 값들 중 3년에 1번이라는 USEPA 빈도를 준수 하는 범위 내에서 하나의 모니터링 기준 값을 정하고자 한다.

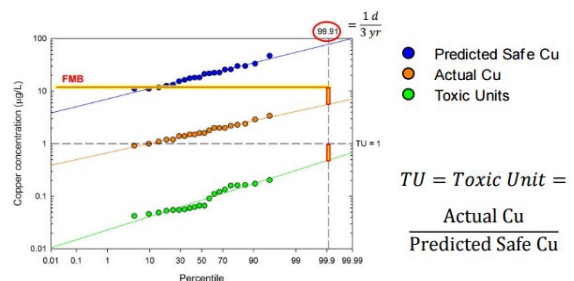
### ■ 기대효과

본 연구를 통해 시간에 따라 변화하는 환경인자들의 영향을 고려한 구리의 독성을 예측하고 다양한 생물종의 영향 및 시간변화성을 반영한 현장 특이적 구리의 모니터링 기준을 산정할 수 있다.

### ■ 관련 연구과제

- 자연기원 음이온 오염물질의 원위치 위해농도 예측을 위한 biotic ligand model 개발 및 이를 활용한 생태 독성학적 환경허용농도 결정기술 개발에 관한 연구 [한국연구재단 중견연구자지원사업]

<BLM을 통해 예측된 구리 농도와 실제 구리농도를 이용한 FMB 값의 결정>



# 산-염기 물질 유출이 토양 및 점토의 물리화학적 특성과 pH 완충능력에 미치는 영향과 이 유출에 대한 토양의 취약성 평가

전인형

## ■ 연구배경

산염기 유출 사고는 전체 화학사고의 절반을 차지할 정도로 매우 빈번하게 발생하고 있다. 현재 산염기 화학물질이 유출되면 이차적인 확산이나 피해를 방지하기 위하여 중화가 실시되지만 pH를 회복시키는 것 만으로는 변화한 토양의 특성을 회복시키지 못한다. 또한 이는 토양의 생태학적 기능에 악영향을 끼칠 수 있다. 본 연구에서는 산염기 유출 후 중화된 토양 및 점토 광물의 특성을 살펴보았으며 토양의 생태학적 기능을 나타내는 인자로 pH 완충 능력을 관찰해 보았다.

## ■ 연구목표

산염기 물질 유출이 토양과 점토 광물의 특성 변화에 미치는 영향을 살펴봄에 토양의 산염기 유출에 대한 취약성에 영향을 미치는 특성을 분석한다.

## ■ 연구내용

[1] 산염기 유출이 토양의 물리화학적 특성 및 pH 완충능력에 미치는 영향

산염기 유출 전후 토양의 물리화학적 특성인 유기물함량, 점토 함량 및 양이온교환능력과 pH 완충능력의 변화를 통계적으로 분석한다.

[2] 토양의 산염기 유출에 대한 취약성 평가

Clustering analysis를 통하여 토양의 특성 별로 산염기 유출

이 pH 완충 능력에 미치는 영향을 분석한다. 이를 통하여 산염기 유출에 취약한 토양의 특징을 파악한다.

[3] 산염기 유출이 점토의 pH 완충능력에 미치는 영향

산염기 유출은 유기물 함량을 크게 감소시키므로 점토가 토양의 반응성을 결정하는 주된 매질이 된다. 이에 따라 산염기 유출이 점토의 표면 특성에 미치는 영향과 이로 인한 pH 완충능력의 변화를 살펴본다.

## ■ 연구결과 요약

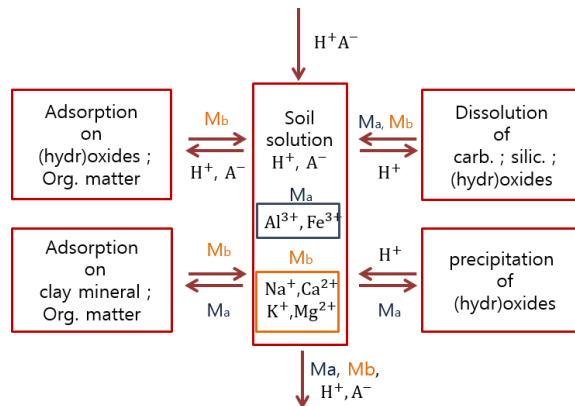
[1] 산염기 유출로 인하여 토양의 유기물 함량, 양이온교환능력, pH 완충능력이 유의하게 감소하였으며 점토 함량은 큰 차이가 없었다.

[2] 산염기 유출 이후 토양의 pH 완충 능력은 기존 토양의 점토 함량이 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였다.

[3] 산염기 유출은 비팽창성 점토 광물보다 팽창성 점토 광물의 pH 완충능력을 크게 변화시켰지만 감소시키지 않았다.

## ■ 기대효과

본 연구는 통해 산-염기 물질이 토양 특성 변화에 미치는 영향과 유출에 취약한 토양을 분석하였다. 위 결과는 사고 후 부지 관리 방안을 모색할 때 활용될 수 있을 것이라고 기대된다.



<Overview of process in soil reaction with acid >

## 철산화물 원위치 공침 기작을 이용한 비소의 생물학적 안정화 및 비소오염토양의 위해 저감기술 개발

박진희

### ■ 연구배경

오염 토양 내 중금속은 토양의 특성, 오염 이력 등에 따라 다양한 형태로 존재하며, 비소의 존재 형태에 따라 생물학적 접근성(Bioaccessibility)에서 큰 차이가 나타날 수 있다. 생물학적 접근성이란 중금속 오염 토양을 섭취하였을 때, 실제 체내로 흡수되는 중금속의 양을 평가하기 위한 개념으로서, 총 중금속 농도 대비 토양을 섭취하였을 때 실제 체내로 흡수되는 중금속의 양으로 표현될 수 있다. 비소 오염토양의 생물학적 접근성은 인체의 위장 조건을 모사한 *in vitro* test인 Solubility/Bioavailability Research Consortium(SBRC)를 통해 평가할 수 있다. 본 연구에서는 비소 오염 토양의 안정화 기작으로 *in situ* 조건에서 철산화물과의 공침을 통해 비소의 생물학적 안정화를 도모하고 이에 대한 공침 기작을 규명하고자 한다.

### ■ 연구목적

철산화물 공침을 통한 비소 안정화를 수행하고, SBRC test를 통해 안정화 지표로서 생물학적 접근성을 평가하고자 한다.

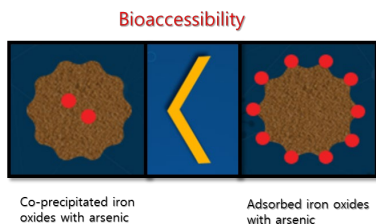
### ■ 연구내용

#### [1] 중금속의 안정화

중금속을 안정화시키기 위한 방법으로 토양에 안정화제를 주입하여 오염물질을 화학적으로 안정한 형태로 변화시켜 그 이동성과 생물학적이용성을 저감하는 연구가 수행되어 왔다. 특히 비소의 경우 철산화물과의 흡착을 통해 안정화되어 그 생물학적 접근성을 낮출 수 있는 것으로 알려져 있다.

#### [2] Solubility/Bioavailability Research Consortium (SBRC)

인공 소화액을 이용해 인간의 위장 조건을 모사한 *in vitro* 방법이다. Gastric Phase 및 gastro-intestinal phase의 상으로 소화 과정을 모사한 방법으로 추출할 수 있다.

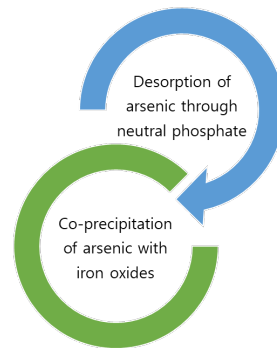


### [3] *In situ* 비소-철산화물 공침기작

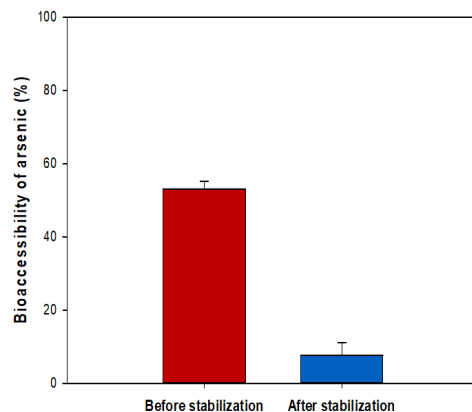
비소와 철산화물의 결합을 통한 안정화 기작에서 양전하를 띠는 철산화물의 표면에 음이온 중금속인 비소가 흡착하는 경우보다 철산화물이 생성되면서 비소와 공침(co-precipitation)하는 경우 그 안정성이 더 높다는 선행연구가 있다. 그러나 이는 지하수 및 폐수처리공정에서 연구된 결과로 토양에서는 매질 특성상 보다 복잡하고 다양한 기작이 작용할 것으로 사료된다. 따라서 *in situ* 조건에서 비소오염토양에 적용할 수 있는 비소-철산화물 공침기작을 확인하고 안정성을 검증하고자 한다.

### ■ 기대효과

철산화물과 비소의 공침 기작을 통한 비소 오염 토양의 안정화를 통해 비소의 생물학적 접근성을 낮출 수 있을 것으로 기대되며, 이를 인체 위해도 평가에 반영하여 비소오염토양의 위해저감기술을 개발할 수 있다.



<철산화물과 공침을 통한 *in situ* 비소오염토양 안정화 기작>



<*In situ* 안정화 기작 적용 전후 비소의 생물학적 접근성 결과>

## 지하수위 변동에 의한 oscillating redox condition에서 토양의 비소에 대한 자연저감능 평가

박수진

### ■ 연구배경

토양의 비포화대와 포화대의 경계는 기후변화나 주변 수 입으로부터의 유입 등으로 발생하는 지하수위 변동에 의해 지속적으로 변화하고, 이 현상은 지중 오염물질의 거동에 주요한 영향을 미친다. 중금속 오염물질이 대상일 경우, 지하수위 변동이 가장 크게 영향을 미치는 요인은 Eh 환경 변화이다. 선행연구결과 반복적 redox condition 변화 환경에서 비소가 안정화될 수 있다는 가능성이 제안되었다. 본 연구에서는 지하수위 변동에 의한 반복적인 redox condition 변화 환경에서 비소의 자연저감능 변화 정도를 평가하고 그 기작을 규명하는 것을 목적으로 한다.

### ■ 연구목표

반복적 redox condition 변화 환경을 모사해 비포화대와 포화대의 경계에서 비소의 용출 가능성 변화 정도를 평가하고 다양한 토양 환경 인자들의 조절을 통해 토양 특성에 따른 자연저감능을 비교하고자 한다.

### ■ 연구내용

[1] 반복적 redox condition 변화 환경에서 비소의 용출 가능성 변화 평가

지하수위 변동에 의한 Eh 환경 변화를 모사하기 위해 batch test를 진행한다. 비소로 인공오염시킨 토양에 일주일 간격으로 산소와 질소를 차례로 주입함으로써 Eh를 조절하고 Eh 변화 주기마다 sampling을 해 비소의 용출

가능성 변화를 평가한다.

[2] 토양 특성에 따른 자연저감능 비교

토양 특성에 따른 자연저감능 평가를 위해 미생물의 유무, DOC의 추가 공급 여부, 철산화물의 양 등의 토양환경 인자를 조절해 토양의 비소 저감능에 미치는 영향을 평가한다.

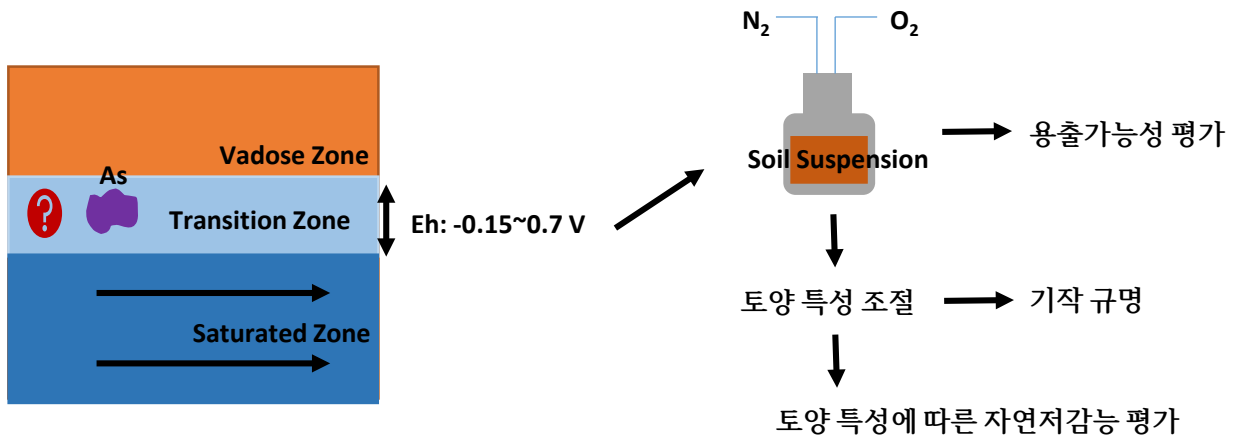
### ■ 기대효과

비포화대와 포화대의 경계면에서 비소의 이동성을 효과적으로 평가함으로써 지하수 유입농도의 범위를 산출할 수 있고 부지특이적 위해성 평가에 반영할 수 있다.

### ■ 관련 연구과제

오염부지 위해관리기술 및 의사결정지원시스템 개발[환경부 GAIA]

부지 및 오염 특성에 따른 위해노출농도 결정기술 개발 [환경부 GAIA]





## 다공성 금속유기구조체(Metal Organic Framework, MOF) 합성 및 MOF를 활용한 중금속 흡착 및 치환 제거 기술 개발

송호재

### ■ 연구배경

최근에 연구가 시작된 다공성 금속유기구조체(Metal Organic Framework, MOF)는 Metal과 유기리간드가 복잡한 골격구조를 이루고 있는 새로운 다공성 물질이다. 지금까지의 다른 흡착제와는 차원이 다른 비표면적을 가지고 있으며, 현재 메탄이나 이산화탄소같은 온실가스 기체 흡착에 대한 연구가 활발히 진행 되고 있다. 이러한 높은 비표면적을 가지는 MOF를 토양내 중금속 안정화 및 흡착에 사용할 수 있도록 알맞은 MOF를 합성하여 안정적인 흡착제로 만들고자 한다.

### ■ 연구목표

알려져 있는 독성 중금속들을 흡착하여 처리할 수 있는 MOF를 조사 및 합성하여 처리에 사용한다. 뿐만 아니라 Metal을 재료로 사용하는 물질이기 때문에 금속의 치환 여부를 확인하여 치환 제거 가능성에 대해서도 알아본다.

### ■ 연구내용

[1] 가장 잘 알려져 있는 MOF 중 MOF-5를 직접 합성하여 구조의 안정성 평가

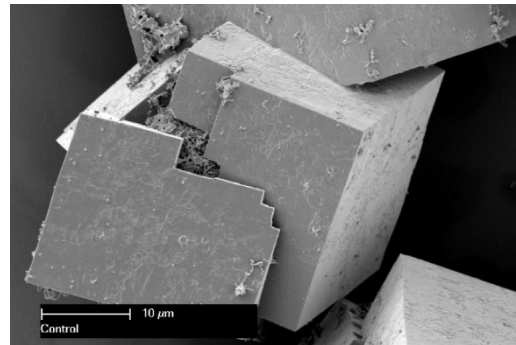
사용 가능하고 효율적인 흡착제의 기본적인 특징은 자체의 안정성이다. MOF-5를 합성하여 TCLP, SPLP, SBRC 등을 통하여 구조의 안정성에 대해 실험하고 연구한다.

### [2] 수용액 상태에서 MOF-5의 Cu이온 흡착 실험

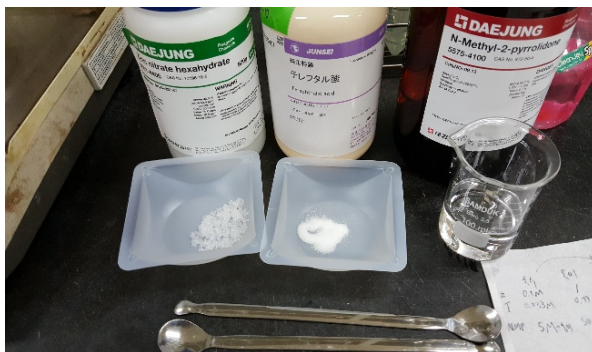
현재 문헌을 통해 알려져 있는 MOF-5의 중금속 흡착 실험은 Cu이온에 대해서 진행 된 바 있다. 실험을 통하여 Cu이온이 흡착 기작을 살펴보고 Tessier 추출법 등을 통해 안정적으로 흡착하는지에 대해서도 평가한다. 그 이후로 다른 중금속들에 대해서도 흡착 여부를 실험한다.

### ■ 기대효과

합성이 매우 간편하고 가격이 저렴하면서도 function에 맞게 변화도 가능하며 flexible한 구조를 가지고 있는 MOF를 토양 중금속 안정화에 사용하면 큰 효율을 볼 수 있을 것으로 기대된다. 뿐만 아니라 금속 치환 기작을 통해 독성이 강한 중금속을 안전하게 처리하는 기술도 가능할 것으로 보인다.



<MOF-5의 SEM 사진>



<MOF-5 합성을 위한 재료>



<MOF-5 합성한 벌크 용액>



<건조한 MOF-5 시료>



## 입학생 & 졸업생

### 입학생



송호재  
석박통합과정 입학  
(2018년 3월)  
서울대학교  
건설환경공학부 공학사



박수진  
석박통합과정 입학  
(2018년 3월)  
서울대학교  
건설환경공학부 공학사

### 졸업생



안진성  
박사 졸업  
(2018년 8월)  
*Aliivibrio fischeri* 및 *Hordeum vulgare*에 대한 비소의 현장특이적 생태위해성 예측을 위한 biotic ligand model의 확장.

구성원 현황 (2018년 12월)

박사과정 재학생



**김문경**  
 농업부산물을 이용한 고부가가치  
 바이오플라스틱 원료물질 생산  
 기술 개발  
 strikinggirl@snu.ac.kr



**정부운**  
 종민감도 분포와 시계열 데이터  
 분석을 활용한 Biotic ligand  
 model의 보완 및 생태독성학적  
 종말점 도출 방법 개발  
 bjeong6@snu.ac.kr



**신유나 (파트)**  
 한강수계 토지이용용도에 따른  
 부착돌말의 최적 서식환경도출  
 및 생태하천복원기술로서의  
 활용방안  
 marianshin@korea.kr



**이민규 (파트)**  
 광미의 미생물을 활용한 정화  
 및 유효광물의 회수  
 sinofchu@gmail.com

석박통합과정 재학생



**남택우**  
 성·복토제로 재사용되는 철강  
 슬래그의 인체 및 환경영향평  
 가 방안에 관한 연구  
 saladin1@snu.ac.kr



**주원정**  
 갈바닉 산화를 통한 황철석  
 용해 촉진 및 이를 이용한 광산  
 폐기물 내 중금속 제거  
 wju888@snu.ac.kr



**정현용**  
 미생물 매개 탄산칼슘 침전을  
 활용한 중금속 오염토양 유실  
 및 위해도 저감기술 개발  
 jhy911229@snu.ac.kr



**김상현**  
 제강슬래그를 활용한 광산폐기물  
 중금속 안정화 기작 규명 및  
 재용출가능성을 고려한 안정화  
 공법 개발  
 shk0311@snu.ac.kr



**김병철**  
 유기성 폐자원 혐기성 발효  
 모델링 및 발효 산물을 이용한  
 생분해성 플라스틱 원료물질  
 생산  
 feglass@snu.ac.kr

석박통합과정 재학생



송호재

다공성 금속유기구조체(MOF) 합성 및 MOF를 활용한 중금속 흡착 및 치환 제거 기술 개발

caeroro@snu.ac.kr



박수진

지하수위 변동에 의한 oscillating redox condition에서 토양의 비소에 대한 자연저감 능력 평가

99681005@snu.ac.kr

석사과정 재학생



양우진

오염기간에 따른 비소의 존재 형태와 식물독성 변화

diewasdf@snu.ac.kr



전인형

Surface complexation modeling을 활용한 산염기 유출 토양의 표면 특성 예측 및 위해도 기반 오염 부지 관리 방안으로의 적용성 평가

junih1014@snu.ac.kr



박진희

Undefined BARGE (UBM)을 이용한 비소의 생물학적 접근성 평가방법에 대한 연구

99681005@snu.ac.kr

[특집] 송호재를 소개합니다

■ 신입생 공식질문

Q. 왜 대학원 진학을 결심하게 됐나요?

저는 어려서부터 적정기술과 환경에 대한 관심이 엄청났습니다. 공대 교수님이신 아버지의 영향을 많이 받아서인지 공학기술로서 이 세상을 좀 더 살기 좋은 곳으로 만들겠다는 꿈을 가지고 살아왔습니다. 중학교 때 교육청 영재원에서 인공지능에 대한 소논문을 작성하였고, 고등학교 때는 교내에 공학 동아리를 만들어서 적정기술을 개발하고 발명하였던 기억이 납니다. 꼭 환경공학을 전공하여 환경오염을 정화시킴으로써 살기 좋은 세상으로 만들고 사람들을 돕고 싶다는 신념으로 대학원에 진학한 것 같습니다. 그러나 직접 대학원에 들어와 보니 연구라는 것이 그렇게 호락호락하지 않다는 것을 깨닫고 더더욱 열심히 노력하는 중입니다!

Q. 언제 행복을 느껴요?

제가 가장 많이 사용하는 어플은 바로 달력 어플과 메모장 어플 입니다. 달력에 해야할 일들과 약속들을 쭉 써놓고 3일 단위로 메모장에 그날그날 무엇을 해야할지를 적어 놓습니다. 그날 하루를 계획대로 잘 보낼 때 가장 큰 행복을 느끼는 것 같습니다. 해야할 일이 너무 많고 아무리 바쁜 날이라도 계획했던 대로 딱딱 일을 마치면 정말 큰 행복을 느끼는 것 같아요. 반면, 계획을 지키지 못하면 또 그만큼의 스트레스를 받기에 어떻게 해서든 계획한 일들을 끝내려는 편입니다.

Q. 대학원 학위기간동안 꼭 이루고 싶은 것이 있다면?

제가 연구하는 분야의 최고 전문가가 되는 것이 저의 꿈입니다. 환경공학이라는 큰 틀 안에 정말 다양한 분야가 있는데 그 안에서 제가 선택한 주제에 대해서 누구보다 깊게 공부하여 Professional한 전문가가 되고 싶습니다. 그러기 위해서는 많은 연구와 실험과 공부와 논문 작성이 필수적이기에 지치지 않고 이 열정 그대로 달려나가고 싶습니다!

■ 호재가 궁금해!

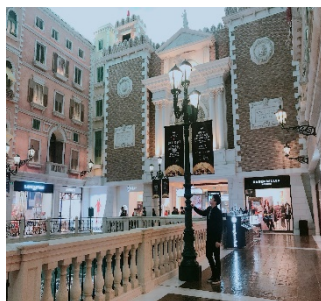
Q. 자신을 나타내는 키워드가 있나요?

저의 좌우명은 “후회없이 당당하고 즐겁게 살자!” 입니다. 지나간 일에 대해서는 반성하거나 좋은 추억으로 남을 수

있지만 과거의 일로 인해 현재가 영향 받는 것은 생산적이지 못하다고 생각했습니다. 물론 그동안 많은 일들을 후회도 하고 힘들어한 적도 많지만 그럴 때마다 배울 것은 배우고 떨쳐낼 것은 떨쳐 내자라고 여러번 마음속으로 다짐하면서 살아왔던 것 같습니다.

살다 보면 기분 나쁜 일도 있고 사람들과 싸우기도 하고 다양한 일로 오해도 하고 부딪히기 마련입니다. 매번 그럴 때 마다 생각하고 되뇌면 힘든 것은 자기 자신인 것 같습니다. 배울 것은 배우고 버릴 것은 버리는 것이 중요한 것 같습니다.

저는 성격이 굉장히 밝고 적극적입니다. 낯선 환경에 금방 적응하고 처음 보는 사람들과 빠르게 친해지는 것 같습니다. 또한 작은 것에도 감사를 느끼고 행복해하는 것 같습니다. 아무리 힘들고 스트레스 받아도 조금만 지나면 금방 다시 행복해지고 인생에 대해 큰 행복을 느끼고 즐거워합니다. 행복한 일은 항상 매일 곁에 누구에게나 있으니까요! 그것을 알아채고 감사함을 느끼는 것이 중요한 것 같습니다. Amor Fati!



## [특집] 박수진을 소개합니다

### ■ 신입생 공식질문

Q. 왜 대학원 진학을 결심하게 됐나요?

저희 학부가 토목공학과와 도시공학과, 그리고 환경공학과가 합쳐진 건설환경공학부이다 보니 학부 수업이 포괄적으로 느껴졌어요. 졸업하고 조금 더 전문성을 쌓아서 전공을 살리는 일을 하고 싶었죠. 건설환경공학부의 8가지 분야 중 환경공학을 선택한 이유는 제가 가장 재미있다고 느꼈기 때문이에요. 다른 수업을 들을 때는 시험 때문에 어쩔 수 없이 공부한다는 생각이었다면, 환경 분야의 수업은 공부를 할 때 싫지 않고 재미있더라구요. 특히 토양환경생태공학은 굳이 읽을 필요 없는 참고 자료까지 찾아서 공부한 수업으로, 이 연구실에 들어오는 결정적 계기가 되었죠. 또 이 과를 지원할 때 처음부터 환경을 공부하고 싶었기도 했어요. 자기소개서에 졸업 후 대학원에 가서 미생물을 이용한 환경 정화를 연구하고 싶다고 썼는데 어찌다 보니 그대로 되었네요.

Q. 언제 행복을 느껴요?

저는 집에 있는 것을 가장 좋아해요. 흔히 말하는 집순이의 전형이라고 할 수 있을 것 같아요. 집에 특별히 재미있는 것이 있어서 좋아한다기 보다는 그냥 집에서 여유를 만끽한다는 사실 자체가 기분이 좋아요. 집에서는 주로 TV를 봐요.

Q. 대학원 학위기간동안 꼭 이루고 싶은 것이 있다면?

스스로 생각할 줄 아는 사람이 되고 싶어요. 제가 생각하는 똑똑한 사람의 기준은 아이큐가 높거나 문제를 잘 푸는 사람이 아닌 스스로 새로운 것을 생각하고 추진하는 능력을 가진 사람이거든요. 대학원 학위기간동안 어렵겠지만 제가 스스로 똑똑한 사람이라고 여길 수 있을 만큼 성장하고 싶어요.

### ■ 수진이가 궁금해!

Q. 주말엔 어떻게 시간을 보내나요?

주로 집에서 TV를 봐요. 평소에는 못보는 친구들을 만나기도 하지만 그렇게 하면 피로가 풀리지는 않더라구요. 대학원 생활을 하다 보니 체력이 생명이라는 것을 느낄 때가

많은데, 평일에 열심히 하기 위해서는 주말에 하루 정도는 꼭 집에서 쉬어야 한다고 느낄 때가 많아요. 제가 집에 있는 것을 좋아하기도 하고요.

Q. 올 한 해 가장 즐거웠던 순간은?

얼마 전 프로야구 플레이오프 SK와 넥센의 3, 4, 5차전 경기를 봤던 3일이 가장 즐거웠던 것 같아요. 저는 넥센 히어로즈라는 팀의 팬이어서 3차전과 4차전은 야구장을 찾아갔고 5차전은 집에서 봤어요. 5전 3선승제인데 1, 2차전을 모두 SK가 이겼기 때문에 저는 희망을 버리고 즐기자는 생각으로 경기를 봤는데 놀랍게도 3, 4차전을 모두 넥센이 이겼어요. 언제 다시 찾아올지 모르는 가을 야구의 승리의 순간을 함께 할 수 있어서 행복했습니다. 마지막 5차전에서는 SK가 큰 점수차로 이기고 있어서 체념하고 보지 않고 있었는데 9회 초에 넥센이 5점을 내며 동점을 만들었어요. 그 경기가 저에게 끝날 때까지 끝난 게 아니더라는 명언을 떠올리게 하며 힘을 주더라고요. 비록 그 경기는 결국 패했지만 정말 저에게는 잊을 수 없는 순간이었습니다.



가족 & 졸업생

가족



김영진  
삼성물산 건설부문  
영업팀 인프라영업그룹  
책임  
yj777.kim@samsung.com



조은혜  
한국외국어대학교  
환경학과  
조교수  
ehjho@hufs.ac.kr



장석재  
경희대학교  
치의과전문대학  
guess216@snu.ac.kr

박사 졸업생



류혜림 (10년 박사)  
삼성물산 건설부문  
인프라사업부  
책임  
hr.ryu@samsung.com



신도연 (10년 박사)  
한국지질자원연구원  
광물자원연구본부  
선임연구원  
doyun12@kigam.re.kr



이병선 (13년 박사)  
한국농어촌공사 농어촌연구원  
수자원환경연구실  
주임연구원  
byungsun94@ekr.or.kr



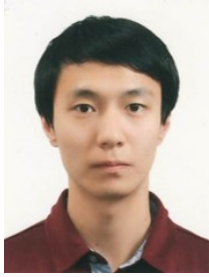
정슬기 (14년 박사)  
한국기초과학지원연구원  
서울센터 환경대응연구팀  
선임연구원  
sjeong85@kbsi.re.kr



정재웅 (06년 석사, 14년 박사)  
안정성평가연구소  
경남환경독성본부미래환경연구센터  
선임연구원  
newsted1@snu.ac.kr



박사 졸업생



양경 (15년 박사)  
 한국환경정책평가연구원  
 환경평가본부  
 부연구위원  
 kyang@kei.re.kr



안진성 (18년 박사)  
 삼성전자  
 연구원  
 an0331@snu.ac.kr

석사 졸업생



박주영 (06년 석사)  
 고려대학교  
 에너지환경정책기술대학원  
 조교수  
 jy.park@uniandes.edu.co



이승룡 (06년 석사)  
 BRICKS  
 HkChina 영업팀 및 인사관리팀  
 astrana@empal.com



성동엽 (07년 석사)  
 University of Texas at Austin  
 School of Law  
 법학박사과정  
 dysung513@gmail.com



한준경 (07년 석사)  
 University of Texas at Austin  
 박사과정  
 han.joon.kyoung@gmail.com



이승환 (08년 석사)  
 유라이크 코리아  
 영업부  
 이사  
 lee\_seunghwan@naver.com

석사 졸업생



최용주 (08년 석사)

서울대학교  
건설환경공학부  
부교수

ychoi81@snu.ac.kr



정재식 (09년 석사)

한국과학기술연구원  
물 자원순환연구단  
연구원

j.chung@ufl.edu



이규연 (10년 석사)

서울대학교  
환경대학원  
박사과정

dakgguang@snu.ac.kr



이승배 (11년 석사)

국가과학기술인력개발원  
인재개발연수부

sblee@kird.re.kr



박인선 (13년 석사)

한국환경공단  
기후변화대응처지자체온실가스팀

insuni1205@keco.or.kr



임상순 (13년 석사)

현대건설 연구개발본부  
기술사업실 환경기술사업팀  
대리

iss119@hdec.co.kr



정보영 (14년 석사)

Georgia Institute of Technology  
박사과정

byeong@gatech.edu



임진우 (14년 석사)

University of Southern California  
박사과정

dlawlsdn@snu.ac.kr



김문경 (14년 석사)

서울대학교  
건설환경공학부  
박사과정

strikinggirl@snu.ac.kr



이호섭 (15년 석사)

한국기초과학지원연구원  
서울센터 환경대응연구팀  
전문연구요원

hsl08@kbsi.re.kr

석사 졸업생



안준모 (15년 석사)

University of Arizona  
박사과정

[jmahn87@email.arizona.edu](mailto:jmahn87@email.arizona.edu)



유기현 (16년 석사)

오이코스  
환경연구소  
전문연구요원

[gihyeon007@snu.ac.kr](mailto:gihyeon007@snu.ac.kr)



정부운 (18년 석사)

서울대학교  
건설환경공학부  
박사과정

[bjjeong6@snu.ac.kr](mailto:bjjeong6@snu.ac.kr)

## Memories

.....

- 춘계 한국지하수토양환경학회 학술대회를 다녀오며 ... • 36
- 가을-한국지하수토양환경학회 추계학술대회를 다녀오며 • 37
- 홍콩 CLEAR 2018 학회를 다녀오며 • 38
- 상반기 독일 방문연구를 다녀오며 • 39

## 춘계 한국지하수토양환경학회 학술대회를 다녀오며

2018년 4월 12일, 13일 양일동안 한국지하수토양환경학회 춘계 학술대회에 참석하기 위해 한국과학기술연구원(KIST)에 방문하였습니다. 매년 다양한 지역에서 해당 학회의 학술대회가 있었는데 올해는 서울에서 있었기에 부담이 덜 하기도 하고 아쉽기도 했습니다.

토양공극수 측정 자료와 독성예측모델인 Biotic ligand model, 누적확률분포 기반의 Species sensitivity distribution를 활용하여 생태독성학적으로 허용가능한 종말점을 산출하는 연구 주제로 발표를 하였는데, 다른 학회에서 비슷한 내용으로 몇 번 발표를 해봤음에도 불구하고 발표를 준비하는 것은 늘 떨렸습니다.

연구실에서는 각자의 연구주제가 다르다보니 저와 비슷한 내용을 찾기가 힘든 반면 학회에 오면 다양한 기관이나 학교 등에서 진행중인 유사한 연구들을 알 수 있어서 도움이 되고 여러 사람들을 만날 수 있는 좋은 기회라는 생각을 하였습니다.

선배들의 구두발표와 후배들의 포스터발표가 있어서 학회 일정동안 여러 세션장을 다니며 다양한 주제의 발표들을 볼 수 있어서 흥미로웠고 아무래도 지하수와 토양과 관련된 내용이 주를 이루다보니 저의 연구주제와도 관련이 많아서 유심히 보았습니다.

저의 발표 당시에는 긴장하여 말이 제대로 나오지 않았던 부분도 있어서 생각하고 준비했던 내용들을 충분히 전하지 못한것 같아 아쉬움이 남기도 했습니다. 그래도 비슷한 주제

로 저보다 경험이 많으신 분들께서 도움이 되는 조언들을 해주셔서 미흡했던 부분들을 보완할 수 있어 뜻 깊었습니다.

학회를 계기로 한국과학기술연구원에도 처음 방문하였는데 넓은 규모와 분야별로 연구동이 체계적으로 나뉘어진 모습이 인상 깊었고, 나중에 이런 곳에서도 연구를 해볼 수 있는 기회가 생기면 좋겠다 생각을 하였습니다. 무엇보다도 같은 서울에 있어서 크게 부담 없이 학회장으로 이동할 수 있었고, 학회가 끝난 날에도 집에 쉽게 갈 수 있어서 좋았습니다.

작년까지만 해도 학회에 다닐 때 제가 막내였던것 같은데 이번 학회에서부터는 후배도 네명이나 있어서 감회가 새로웠고 조금 더 책임감을 갖고 후배들에게 도움이 되어야겠다는 반성 아닌 반성도 하였습니다. 평소 연구실에서 매일 보기는 하지만 이렇게 학회라는 기회를 통해서 연구실 바깥에서 만나는 것도 신선했기에 종종 이런 기회들이 더 있었으면 좋겠습니다.

올해에도 모두들 개인 연구하랴, 과제 참여하랴 중간중간 학회에도 참석하랴 몸도 마음도 바빴는데 내년에도 이런 유익한 기회들이 많아서 바쁘게 보낼 수 있게되기를 희망합니다.

- 정부윤 (박사과정 1학기)



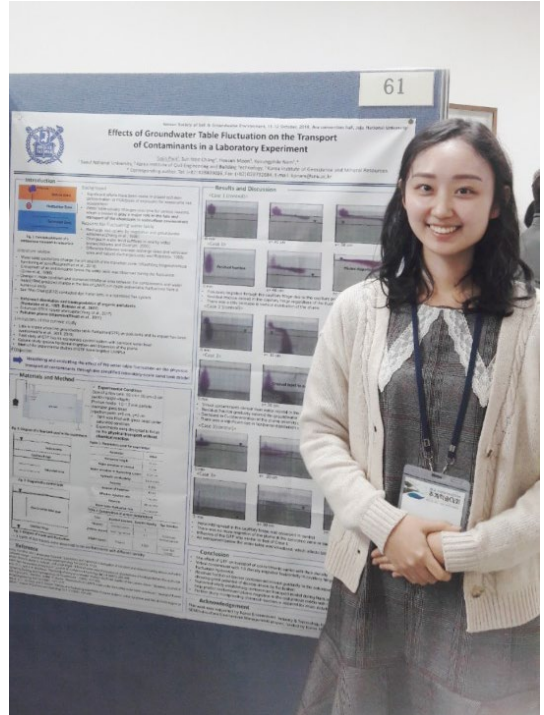
## 가을- 한국지하수토양환경학회 추계학술대회를 다녀오며

토양환경실험실에서는 2018년 10월 11일부터 12일까지 제주대학교 아라컨벤션 홀에서 개최되는 한국지하수토양환경학회 추계학술대회에 참가했습니다. 이번 학회는 제가 스스로 연구한 내용을 발표하는 첫 번째 학회라는 점에서 저에게 특별한 의미를 가집니다. 지난 춘계지하수토양환경학회도 발표를 듣는 입장에서 참가하고 홍콩 CLEAR 학회는 정현용 선배님과 함께 연구한 MICP 내용을 바탕으로 발표를 진행했지만 스스로 학회 발표를 위해 연구를 진행하는 것은 완전히 다르게 느껴졌습니다. 포스터 발표 세션에는 생각보다 질문을 해주시는 분들이 많아 보다 더 제 연구 결과에 책임감을 가지고 있어야겠다는 생각을 하게 되었습니다.

지하수토양환경학회는 저희 연구실에서 하는 내용과 비슷한 분야나 주제의 연구가 많아 연구에 대해 궁금한 것이나 막히는 부분에 대해 이야기를 나눌 수 있는 좋은 기회이기도 했습니다. 이번에 발표한 내용은 불포화대의 거동을 수조 실험을 이용해 시각화 하는 것이었는데, 많은 연구자분들께서 지하수 관련 모델링 프로그램(예: HYDRUS)의 사용에 대해 조언을 주셔서 저에게 큰 도움이 되었습니다. 다른 학교의 교수님이나 연구원님들 뿐만 아니라 동료 연구자들에게도 연구에 관한 힌트를 얻을 수 있었습니다.

제주도에서의 1박 2일 일정이 정신없이 지나가 제주도를 즐길 여유는 없었지만, 제 연구를 다른 사람들에게 보여주고 감사하게도 관심을 보여주시는 같은 분야를 연구하는 사람들과 연구 결과를 공유한다는 자체로 학회 참석은 소중한 기회라는 것을 깨달을 수 있었습니다. 향후에는 구두 발표를 하게 될텐데, 열심히 연구를 진행해 그 무게감을 이기고 연구를 발표할 수 있도록 노력하려 합니다. 그동안 열심히 준비해서 다음 학회에는 조금 더 알찬 내용을 공유하고 싶습니다.

- 박수진 (석박통합과정 2학기)



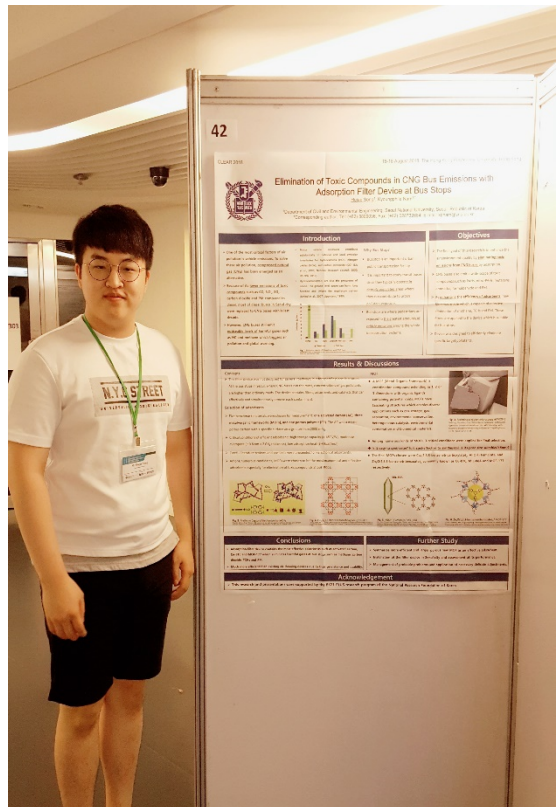
## 홍콩 CLEAR 2018 학회를 다녀오며

2018년 8월 16일부터 18일 까지 홍콩에서 개최된 CLEAR 2018학회에 참석하였습니다. 제가 스스로 연구한 내용을 포스터로 발표하는 첫 학회이기도 했고, 첫 해외 학회라 정말 뜻 깊은 시간이었습니다. 대학원 학생들과 함께 비행기를 타고 홍콩으로 가서 이동하는 매 순간순간이 정말 행복하고 즐거웠던 것 같습니다.

학회장에는 정말 전세계 사람들이 모여 있었습니다. 다양한 국적의 사람들이 서로 영어로 대화하면서 서로의 연구 주제에 대해 나누는 모습은 정말 신기했습니다. 또 놀라웠던 것은 사람들이 하고 있는 연구가 유사한 부분이 많다는 것이었습니다. 서로 다른 나라 서로 다른 도시와 환경에서 연구를 함에도 불구하고 인터넷을 통해 서로의 논문을 보고 연구를 하니 다 같이 글로벌하게 발전하는 연구를 볼 수 있었습니다. 또한 다른 나라 연구원들의 훌륭한 성과와 새로운 것들을 찾아내는 능력을 보고 자愧를 받았던 것 같습니다. 학회가 끝나고는 대학원 학생들과 함께 홍콩의 야경도 구경하고 맛있는 저녁 식사도 하는 등 즐거운 추억을 가득 쌓고 더욱 친해지는 계기가 된 것 같습니다. 앞으로도 이러한 학회에 자주 참석하고 싶은 마음입니다.

홍콩에서의 일정은 정말 빠르게 지나갔습니다. 어느새 돌아올 무렵, 신입생인 저랑 수진이를 제외하고는 다른 구두 발표를 하였는데, 그 모습이 정말 멋있고 자신이 연구한 것에 대해 전세계 사람들과 나누는 모습이 멋졌습니다. 저도 다음 번에는 포스터가 아닌 구두 발표를 하게될텐데 더욱 열심히 공부하고 준비 해야겠다고 생각했습니다. 다음 학회 때에는 사람들의 질문도 많이 받고 더 새로운 것들을 많이 보여줄 수 있는 그러한 연구를 가지고 가서 마음껏 나누고 또 새롭게 배워오고 싶습니다.

- 송호재 (석박통합과정 2학기)



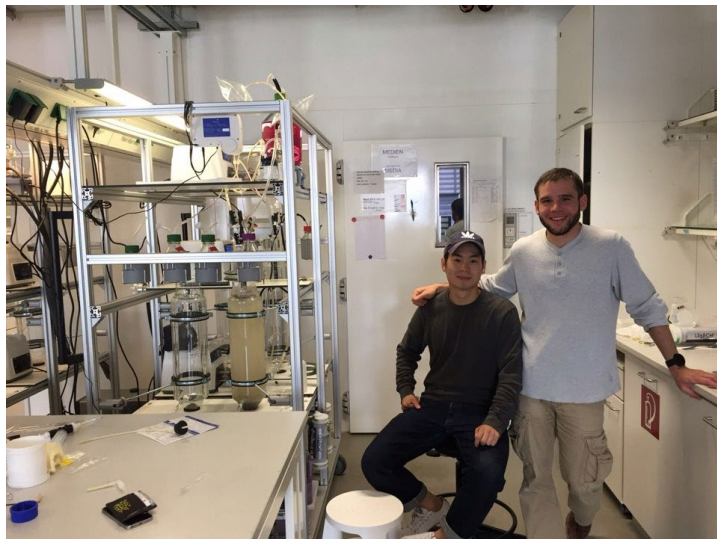
## 상반기 독일 방문 연구를 다녀오며

2018년 3월 9일부터 9월 12일까지 약 6개월간 독일 Tuebingen University의 Lars Angenent 교수님 연구실에서 방문연구를 진행하였습니다. 평소에 읽고 있던 논문의 교신저자와 직접 관련 분야 연구를 진행할 수 있었던 값진 경험이었습니다. Lars Angenent 교수님 연구실에서는 크게 두가지 연구가 진행되고 있었습니다. 단일 미생물의 유전자 조작을 통한 Syngas fermentation과 Chain Elongation에 관한 연구, 복합 미생물군을 이용한 Chain Elongation에 관한 연구입니다. 저는 이 중 후자의 연구를 진행하였습니다. 사실 연구실이 이전 된지 얼마 되지 않아 미생물을 키우고, 반응조를 만드는 것부터 시작하여 많은 시행착오를 겪었지만, 이를 통해 많은 경험과 고민을 할 수 있었고, 향후 연구에도 많은 도움이 될 것으로 기대하고 있습니다. 기존의 연구에서 내가 새롭게 할 수 있는 것이 무엇이 있을까라는 고민을 많이 하고 있었는데, 이번 방문을 통해 저만의 새로운 연구에 대한 아이디어와 힌트를 많이 얻을 수 있었습니다.

6개월 간의 길다면 길지만 짧다면 또 짧은 기간 동안 독일이라는 나라에 혼자 생활을 하면서 연구적인 부분 뿐만 아니라 연구자로서, 나아가 평범한 한 사람으로서도 정말 많은 것을 배우고 느낄 수 있었습니다. 생각보다 영어를 사용하지 못하는 독일 사람들이 많이 있어(심지어 기숙사 관리인도 영어를 못하더라고요!!!) 처음에는 많이 당황하기도

했고, 먼 타지에서 아는 사람 없이 혼자서 생활했기 때문에 심심하고 외로운 순간도 있었지만, 결국 사람 사는 곳 다 똑같고(독일이 생각보다 많은 사람들의 이미지 같지 않더라고요) 별로인 사람만큼 좋은 사람도 정말 많다는 것을 느끼고 왔습니다. 좋은 경험을 할 수 있도록 기회를 주신 분들께 감사하다는 생각이 많이 들었습니다!

-김병철 (석박통합과정 8학기)







# Photo Album

.....



2018년 맞이 환경공학연구실 신년하례식



행복 가득한 SQL의 모습



호스가 터져서 실험실 전체가 물바다가 되었습니다ㅠㅠ 열심히 치우는 SQL!

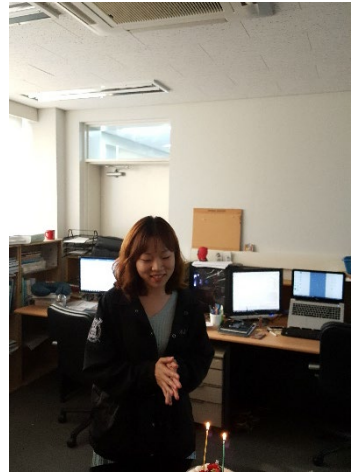




언제나 즐거운 교수님의 생신! 생신 축하드립니다!!!



박진희의 생일을 축하하는 모습입니다!



송호재의 생일을 축하하는 모습입니다! 감사합니다!





홍콩에 도착하여 택시를 타려고 하는 SQL의 모습입니다!



여기저기 홍콩 구경에 신이 난 SQL!



홍콩 디즈니랜드에서 찍은 단체 사진!







홍콩 디즈니랜드에서 찍은 단체사진!





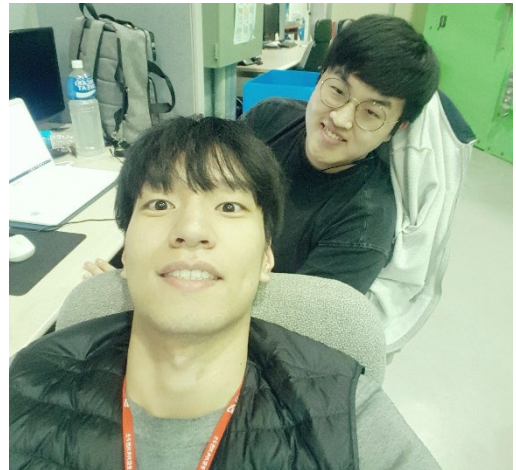
즐거운 회식 모습!



박수진의 생일을 축하합니다!



포항공대 가속기 실험실에서 XAFS를 사용하면서 밤을 새고 있는 전인형과 송호재의 모습! 새벽 4시반에 찍은 사진!





폐기물방과 함께 하는 생일 축하 파티!! 짹짹!



다리를 다친 선배(전인형)를 업고 계단을 내려가고 있는 착한 후배(송호재)의 모습입니다.



행복한 모습의 SQL!







김문경

어느새 2018년을 마무리하는 12월이 되었네요. 곰곰이 생각해보니 올해는 지금까지의 연구를 잘 정리한 것이 가장 기억에 남아요. 남경필교수님과 최용주 교수님의 도움이 있었기에 가능했던 결실입니다! 이번 기회로 감사함을 다시 전하고 싶습니다♥



김상현

올 한해 모두들 고생 많으셨습니다. 추워지는 날씨에 건강 유의하시고 즐겁게 2019년을 준비했으면 좋겠습니다!



정현용

올해에는 학위논문 주제와 관련해 수행하던 연구과제도 마무리하고, 훈련소도 다녀오는 등 의미 있는 일들이 많았습니다. 올해 남은 날들도 의미 있게 마무리할 수 있으면 좋겠습니다.



김병철

올해도 정말 많은 일이 있었습니다. 무엇보다 모호했던 연구 방향이 어느정도 구체화되어 바쁘기도 했지만 감사했던 한해였습니다!



정부윤

벌써 2018년도 끝나가고 있다니 깜짝 놀랐어요. 한 해 동안 모두들 고생 많으셨을텐데 새해에는 올해보다 더 좋은 일들, 행복한 일들이 가득하셨으면 좋겠어요. 환절기 감기 조심하시고 남은 2018년도 즐겁게 보내세요!!





전인형

정신없이 바빴던 올 한해. 연구 주제에 대해 깊게 생각하고 실험하다 보니 어느덧 마지막 학기 졸업을 앞두고 있네요. 모두들 마지막까지 최선을 다해서 원하는 결실 맺길 바라겠습니다. 파이팅!



박진희

올해는 시간이 정말 빠르게 지나간 것 같아요. 그래도 2018년이 지나기 전에 그동안 놓치고 지나갔던 것들을 다시 한 번 돌아보는 시간이 됐으면 해요. 다들 행복했던 2018년이 되시길!



박수진

첫 1년이 끝났네요. 선배님들 잘 가르쳐주셔서 감사해요! 호재야 우리 앞으로 열심히 하자!



송호재

대학원에 처음 들어와서 벌써 1년이 지났네요! 정말 다양한 일들이 있었고 어느새 2018년이 추억이 되었네요! Annual Report를 만들면서 다양한 사진도 직접 보고 느끼니 더욱 추억이 새록새록한 것 같습니다! 올한해도 모두들 즐겁고 의미있게 마무리하시고 내년에도 파이팅입니다!! 파이팅!!!



모두 2018년 동안 수고하셨습니다!  
2019년에도 칭찬받는 토양환경연구실, 매력적인 토양환경연구실, 즐겁고 건강한 토양환경연구실, 겸손한 토양환경연구실 되도록 해요!  
Happy New Year