

Foreword from Professor	3
Highlights 2020	4
Achievements	11
Research Activity	23
People	29
Memories	39
Photo Album	45



Foreword from Professor

올 한 해가 어떻게 지나갔는지 기억이 나질 않을 지경입니다. 아마도 모두들 같은 마음일 것 같습니다. 코로나19라는 바이러스의 창궐로 이렇게 오랜 기간을 힘들게 지내야 할지는 미처 몰랐습니다. 2020년은 우리가 많은 것을 반납한 한 해로 기억되지 싶습니다. 더불어, 당연한 일상이 얼마나 소중한 시간들이었는지를 뼈저리게 느끼고 있습니다. 수업도, 랩미팅도, 학생들과 같이 하는 식사시간도 그렇고, 특히 매년 두어 번 만나는 졸업생들과의 만남은 더욱 그러합니다. 그나마 가까운 주변에는 코로나19로 힘들어하는 사람이 없는 것에 감사하고, 위안을 얻습니다. 얼마나 더 이런 시간을 견뎌야 할지 모르겠지만, 마지막까지 조심하고, 또 별일 없기를 바랄 뿐입니다. 그리고 내년 빠른 시기에는 그리운 얼굴들을 반갑게 만날 수 있으리라 믿습니다.

올 해도 여러 식구들이 연구실을 떠났습니다. 김상현, 정현용 박사가 각각 KIST, 삼성전자로 이직을 하여 새로운 생활을 시작하였고, 수진이도 삼성 SDI에서 사회 초년병 생활을 시작했습니다. 진희는 올 여름 코로나19를 뚫고 渡美를 감행하여 Princeton에 무사히 도착했습니다. 짧게는 2-3년, 길게는 10년 가까이 관악산 아래에서 생활한 보람을 느끼고 또 보상을 받는 새로운 곳에서의 생활이 되기를 바라고, 또 앞으로 더 큰 발전이 있기를 진심으로 기원합니다.

2021년은 辛丑年 소띠 해라고 합니다. 정보의 바다를 잠시 둘러보니 가축화된 소를 영어로 cattle이라고 부른답니다. 지난해에도 적지 않은 연구성과를 일구어 낸 학생들에게 감사의 마음을 전하면서, 적어도 연구에 있어서는 cattle이 되지는 말고, 자유로운 소의 기운으로 2021년 한 해를 보내면 좋겠습니다. 일 년에 한 두 번 학생들과 함께 해외학술대회에 참가할 수 있는 날들이 빨리 오기를 기대합니다.

2020. 12. 09

남 경 필

Highlights 2020



▲ 12월 서울대 중앙도서관, 관정도서관

안녕하세요. 서울대학교 건설환경공학부 토양환경연구실 (Soil Quality Laboratory)입니다.

저희 연구실은 현재 박사과정 5명, 석박통합과정 4명, 석사과정 3명의 학생이 함께 공부하고 있습니다. 올해에는 봄 학기 1명 (안창혁)의 신입생이 입학하였고 3명 (김상현, 정현용, 박수진)의 졸업생을 배출하였습니다.

2020년 한 해 동안, 우리 연구실은 7편의 SCI 논문과 6편의 국내논문, 3건의 국제 학술대회 발표와 11건의 국내 학술대회 발표 실적을 달성하였습니다. 또한, 연구와 관련된 다수의 워크샵과 세미나에 참석하였습니다.

1

2

3

4

5

6

김상현, 정현용
박사학위, 박수진
석사학위 수여식

박사과정 신유나님
환경연구관 승진

정슬기 박사님 특남
안진성 교수님 특남

정재웅 박사님 특녀
정재식 박사님 결혼

2020년 토양환경실험실에서는 다양한 연구를 진행하였습니다.

소화슬러지의 Anaerobic Open Culture (AOC) shaping을 통한 고순도 헥사노익산 생산 및 잔여 탄소원 회수 플랫폼 개발, 스트론튬 오염 토양에 대한 효과적인 칼슘 기반 세척제 개발 철 산화물의 영향을 고려한 redox-oscillating, 퇴적토에서의 카드뮴 독성 예측 모형 개선, 고단백 미세조류 *Chorella vulgaris*의 생산증대를 위한 암모니아의 효과, 철 기반 금속유기골격체 (MOF)를 이용한 clofibric acid의 흡착 및 광분해 등 다양한 연구를 진행하고 있습니다.



▲ 12월 공과대학 35동 건설환경공학부



2020년 SQL 식구들의 Highlights

2월



3월



6월



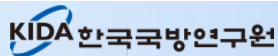
8월



9월



조은혜 교수님 전남대학교 농생명화학과 부교수 이직



정재웅 박사님 한국국방연구원 책임연구원 이직



박진희
Princeton Univ. CEE Dept.
박사과정 입학



유기현
연세대학교 기계공학과
박사과정 입학

10월



11월



Achievements

.....

국제 학술지 논문 • 12

국내 학술지 논문 • 14

특허 • 16

국내 학술대회 발표 • 18

국제 학술대회 발표 • 19

연구과제 • 20

수상 • 21

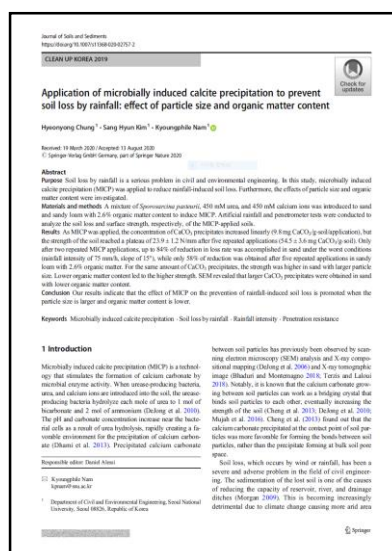
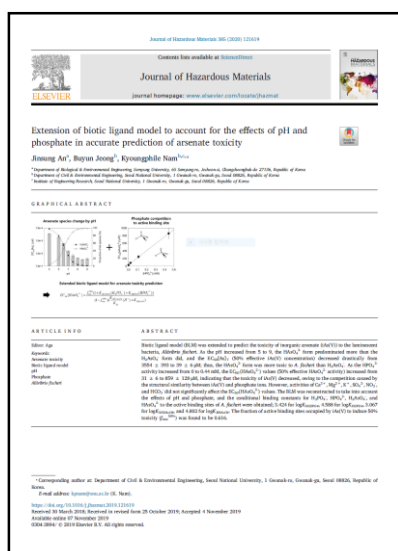
국제 학술지 논문

Kim, S. H., Jeong, S., Chung, H., & Nam, K. (2020). Mechanism for alkaline leachate reduction through calcium carbonate precipitation on basic oxygen furnace slag by different carbonate sources: Application of NaHCO_3 and CO_2 gas. *Waste Management*, 103, 122-127.

An, J., Jeong, B., Jeong, S., & Nam, K. (2020). Diffusive gradients in thin films technique coupled to X-ray fluorescence spectrometry for the determination of bioavailable arsenic concentrations in soil. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, 164, 105752.

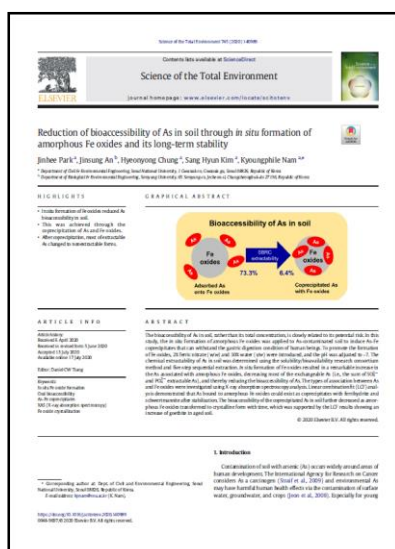
An, J., Jeong, B., & Nam, K. (2020). Extension of biotic ligand model to account for the effects of pH and phosphate in accurate prediction of arsenate toxicity. *Journal of Hazardous Materials*, 385, 121619.

Chung, H., Kim, S. H., & Nam, K. (2020). Application of microbially induced calcite precipitation to prevent soil loss by rainfall: Effect of particle size and organic matter content. *Journal of Soils and Sediments*, 1-11.



Park, J., Chung, H., Kim, S. H., An, J., & Nam, K. (2020). Effect of neutralizing agents on the type of As co-precipitates formed by in situ Fe oxides synthesis and its impact on the bioaccessibility of As in soil. *Science of the Total Environment*, 743, 140686.

Park, J., An, J., Chung, H., Kim, S. H., & Nam, K. (2020). Reduction of bioaccessibility of As in soil through *in situ* formation of amorphous Fe oxides and its long-term stability. *Science of the Total Environment*, 745, 140989.



송호재, 김근영, 이아름, 최용주, 남경필, 박준범 *. 라돈가스의 문제점과 사례분석을 통한
해결방안 지하수토양환경 VOL.25 NO.1 (2020):1-11.

박수진, 김상현, 정현용, 장선우, 문희선, 남경필*. 비소오염토양에서 반복적인 redox 환경변화가 토양 미생물 군집과 비소 및 철의 순환에 미치는 영향. 지하수토양환경 VOL.25 NO.1 (2020):25-36.

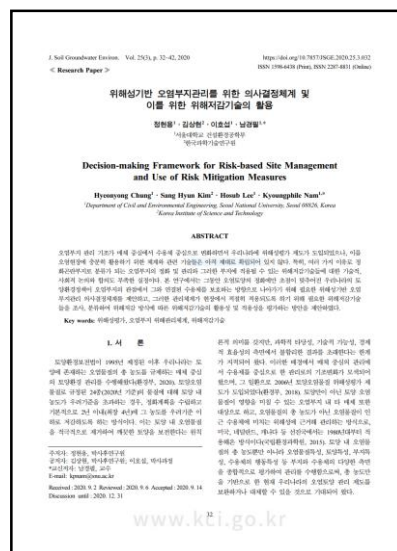
주진철, 이동휘, 문희선*, 장선우, 이수형, 이은희, 남경필. 국내 대수층 특성을 반영한 포화대 내 유류오염물질 거동 개념 모델에서 수리동역학적 및 반응 입력인자 민감도 평가. 지하수토양환경 VOL.25 NO.1 (2020):37-52.



박진희, 정현용, 김상현, 안진성, 남경필*. 비결정질철산화물 원위치 형성을 통한 비소오염토양 안정화 및 X선 분광분석법의 활용에 대한 연구. 지하수토양환경 VOL.25 NO.2 (2020):9-15.

정현용, 김상현, 이호섭, 남경필*. 위해성기반 오염부지관리를 위한 의사결정체계 및 이를 위한 위해저감기술의 활용. 지하수토양환경 VOL.25 NO.3 (2020):32-42.

김상현, 정현용, 정부윤, 노회정, 김현구, 남경필*. 유류오염부지 시범적용을 통한 실외공기 오염물질흡입 노출경로에 대한 부지특이적 노출량 산정방안에 대한 고찰. 지하수토양환경 VOL.25 NO.3 (2020):65-73.



특허 등록

■ 비결정질 철산화물과 비소의 공침을 이용한 비소오염 토양의 *in situ* 안정화 및 생물학적 접근성 저감 방법



발명인: 남경필, 박진희

출원인: 서울대학교 산학협력단

등록일: 2020년 3월 3일

등록번호: 10-2086955

특허 출원

■ 위해도 결정 방법 및 장치 (국내)

발명인: 남경필, 이승묵, 김상현, 정현용, 김영권, 김현구, 노회정, 김지인, 정현미

출원인: 서울대학교 산학협력단

출원일자: 2020년 2월 28일

출원번호: 10-2020-0025317

■ 비결정질 철산화물과 비소의 공침을 이용한 비소 오염 토양의 *in situ* 안정화 및 생물학적 접근성 저감 방법 (베트남)

발명인: 남경필, 박진희

출원인: 서울대학교 산학협력단

출원일자: 2020년 5월 11일

출원번호: 10-2020-02673

■ 갈슘 이온을 포함하는 세척 용액을 이용한 중금속 오염토양의 세척 방법 (국내)

발명인: 남경필, 송호재

출원인: 서울대학교 산학협력단

출원일자: 2020년 8월 13일

출원번호: 10-2020-0101602

■ 위해도 결정 방법 및 장치 (미국)

발명인: 남경필, 이승묵, 김상현, 정현용, 김영권, 김현구, 노회정, 김지인, 정현미

출원인: 서울대학교 산학협력단

출원일자: 2020년 10월 1일

출원번호: 17/060,146

국내 학술대회 발표

대한환경공학회 (2020.11.11 ~13)

송호재, 정현용, 남경필

이온 용액을 활용한 원자력발전소 주변 토양 Sr 및 Cs 제거기술

정부윤, 안진성, 남경필

퇴적토 내 카드뮴의 분배상태에 미치는 산화의 영향 및 *Hyalella azteca*를 이용한 독성평가

문찬규, 김병철, 남경필

Effect of free ammonia for high protein production in *Chlorella vulgaris*

김상현, 정현용, 정부윤, 남경필

실외공기 흡입노출경로에 대한 부지특이적 위해성평가를 위한 국내 확산예측인자 (Q/C) 값 도출에 대한 연구

채승희, 남경필

철 기반 금속유기골격체 (Metal Organic Framework)를 활용한 clofibric acid의 흡착 제거

김병철, 문찬규, 최용주, 남경필

혐기성 발효 반응조 내 카프로익산 생산 미생물 우점화 기술 개발

이호섭, 정현용, 남경필

Fe-MOFs의 광분해성을 이용한 유류오염토양에서 배출되는 VOCs의 흡착 및 분해 기작

한국지하수토양환경학회 (2020.11.26~27)

송호재, 정현용, 남경필

칼슘 용액을 활용한 원자력발전소 주변 스트론튬 오염토양 세척 기술

정부윤, 안진성, 남경필

Change in cadmium partitioning in sediment during oxidation and its effect on *Hyalella azteca* toxicity

채승희, 남경필

금속유기골격체 (Metal Organic Framework; MOF) 기반 흡착제를 이용한 clofibric acid 제거

이호섭, 정현용, 남경필

Fe-MOFs를 이용한 유류오염토양에서 배출되는 VOCs의 광분해

국제 학술대회 발표

■ 4th International Conference on Bioresources, Energy, Environment, and Materials Technology (BEEM) (2020.09.06~09)

Byung-Chul Kim, Changyu Moon, Yongju Choi, Kyoungphile Nam

Shaping Reactor Microbiome to Optimize Caproate Productivity : Application of Design-Build-Test-Learn Framework

Changyu Moon, Byung-Chul Kim, Kyoungphile Nam

Effect of Free Ammonia for High Protein Production in *Chlorella vulgaris*

Seung Hee Chae, Kyoungphile Nam

Development of metal organic frameworks (MOFs)-based adsorbents for clofibric acid removal modification of porosity and activity and its impact on removal efficiency

연구과제

■ 오염부지 위해관리기술 및 의사결정지원시스템 개발

한국환경산업기술원, 2018.06.01 - 2020.12.31, 연구책임자 (남경필)

■ 소화슬러지의 Anaerobic Open Culture (AOC) shaping을 통한 고순도 헥사노익산 생산 및 잔여 탄소원 회수 플랫폼 개발

한국연구재단, 2019.09.01 - 2022.02.28, 연구책임자 (남경필)

■ 고압세척공정 기반의 초미세기포 복합 공정과 선택적 핵종 흡착기술을 이용한 해체원전 오염토양 제염기술 개발

한국에너지기술평가원, 2018.05.01 - 2021.04.30, 연구책임자 (최용주)

수상



Best Student Oral Presentation

4th BEEM 2020, 김병철

2020년 9월 9일

Shaping Reactor Microbiome to Optimize Caproate
Productivity: Application of Design-Build-Test-Learn
Framework



학술상

한국환경과학회, 남경필 교수님

2020년 11월 5일



우수논문상

한국지하수토양환경학회, 남경필 교수님

2020년 11월 26일

비소오염토양에서 반복적인 Redox 환경변화가
토양미생물 군집과 비소 및 철의 순환에 미치는
영향

Research Activity

.....

소화슬러지의 Anaerobic Open Culture (AOC) shaping을 통한 고순도 헥사노익산 생산 및 잔여 탄소원 회수 플랫폼 개발 • 24

스트론튬 오염 토양에 대한 효과적인 칼슘 기반 세척제 개발 • 25

철 산화물의 영향을 고려한 redox-oscillating 퇴적토에서의 카드뮴 독성 예측 모형 개선 • 26

철 기반 금속유기골격체 (MOF)를 이용한 clofibric acid의 흡착 및 광분해 • 27

고단백 미세조류 *Chorella vulgaris*의 생산증대를 위한 암모니아의 효과 • 28

소화슬러지의 Anaerobic Open Culture (AOC) shaping을 통한 고순도 헥사노익산 생산 및 잔여 탄소원 회수 플랫폼 개발

김병철

■ 연구배경

현재 지속가능한 사회와 순환형 경제에 대한 시대적 요구가 대두되고 있다. 이를 위하여 기존처럼 유기성폐자원을 발생량 저감에만 초점을 맞추는 것이 아니라 자원회수라는 관점에서 접근할 필요가 있다.

혐기성 발효를 통해 생산한 헥사노익산은 고순도로 분리될 수 있는데 이러한 헥사노익산은 바이오 디젤과 같은 액상 바이오연료로 사용될 수 있어, 단위 질량당 가격이 메탄의 5배이다. 하지만 이러한 폐자원의 처리를 통한 목표 생산 물질의 연구는 생산성 측면에만 연구가 집중 되어있고, 전체 시스템의 탄소 에너지 회수의 측면에서는 연구가 미비하다.

■ 연구목표

1. 소화슬러지로부터 헥사노익산 생산 Anaerobic open culture shaping 조건 도출
2. 고순도 헥사노익산 생산 CSTR 반응기 제작 및 장기적 운전 기술 개발
3. 잔여 탄소원을 이용한 환원형 탄소물질 생산 기술개발

■ 연구내용

[1] 사슬연장 반응을 이용한 헥사노익산의 생산

사슬연장 반응이란 reverse- β -oxidation 반응을 통해서 바이오매스의 1차 발효 산물인 아세트산, 프로피온산, 부티르산 등의 SCCA를 헥사노익산, 헵타노익산, 옥타노익산 등의 MCCA로 전환시켜주는 반응이다. 본 연구에서는 젖산을 기질로 하여 사슬 연장 반응조를 운전하였다.

[2] Shaping

복잡한 혼합 배양 미생물군에서 원하는 기능을 수행하는 AOC를 환경조건의 조절을 통해 선별해 나가는 과정을 의미한다. 본 연구에서는 이를 보다 더 체계적인 방식으로 접근하기 위해 Design-Build-Test-Learn approach를 사용하여, 선행연구를 바탕으로 결정한 주요 환경 조건을 결정하였다. 이를 통해 caproate 생산을 위한 최적의 AOC shaping 조건을 도출할 수 있었고, 안정적이고 높은 생산성을 보이는 미생물 군집을 빠르게 확보하는 기술을 개발할 수 있었다.

[3] 혐기성 막 반응조의 운전

사슬연장반응을 수행하는 미생물은 매우 천천히 자라는 종으로 밝혀져 있어, 전체 시스템이 높은 생산성을 보이기 위해서는 충분한 양의 미생물이 반응조 내에 축적되어야 한다. 이를 위해서 본 연구에서는 혐기성 막 반응조를 운전하였고, 안정적이고 높은 caproate 선택성을 보일 수 있는 운전 방식을 결정하였다. 또한 미생물 군집 분석을 통해 목표 미생물 군집이 우점화 할 수 있었음을 확인하였다.

■ 기대효과

유기성 폐자원에서부터 고순도 고부가가치 단위물질의 생산

■ 관련 연구과제

소화슬러지의 Anaerobic Open Culture (AOC) shaping을 통한 고순도 헥사노익산 생산 및 잔여 탄소원 회수 플랫폼 개발 (한국연구재단)



AOC shaping reactor operation



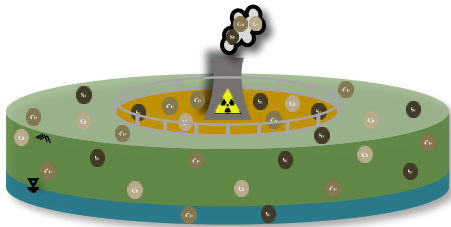
Anaerobic membrane bioreactor operation

스트론튬 오염 토양에 대한 효과적인 칼슘 기반 세척제 개발

송호재

연구배경

원자력 발전소 주변 토양은 발전소에서 발생하는 스트론튬(Sr), 세슘(Cs), 코발트(Co)와 같은 방사성 또는 비방사성 핵종으로 오염 될 수 있다. 방사성의 여부와 상관없이 스트론튬은 칼슘과 물리화학적으로 유사한 특성을 갖고 있어서, 인체에 흡수 되었을 때 칼슘 대신 뼈에 축적되어 백혈병과 골수암을 유발한다. 본 연구에서는 스트론튬과 칼슘의 물리화학적 유사성을 활용하여 오염토양의 스트론튬 제거를 위해 칼슘 기반 세척제를 적용한다.



연구목표

스트론튬 오염토양을 세척하는 칼슘용액의 최적 세척조건을 통계학적 기법을 통해 찾아내고 실제로 적용하여 효율 및 세척 기작을 분석한다.

연구내용

[1] Box-Behnken Design을 활용한 칼슘 용액의 최적 세척 조건 도출

칼슘용액 세척제의 최적 농도, 고액비, 교반시간, pH를 설정하기 위하여 Factorial Design과 Response Surface Model을 적용하였다. Fractional Factorial Design을 통해 어떠한 인자가 영향력이 가장 크고 각 인자에 변화에 따라 최종 결과인 세척 효율이 어떻게 변하는지에 대한 경향성을 파악한다. 경향성과 인자 별 영향을 파악하면 Response Surface Model중 하나인 Box-Behnken Design을 적용할 수 있으면, 이를 통해 각 인자의 독립적 영향뿐만 아니라 인자들끼리 영향을 미치는 교호작용에 대한 분석도 가능하다. Box-Behnken Design을 통해 최적 세척 조건을 도출하였다.

[2] 최적세척 조건의 칼슘용액으로 세척한 스트론튬 오염토양에 대한 농도 및 테이어 5단계 추출분석

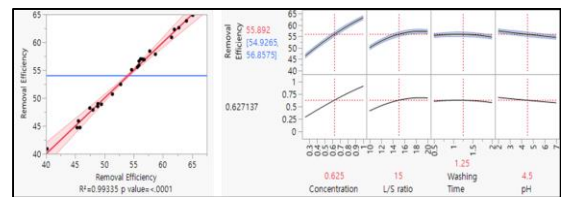
도출된 최적 세척조건으로 토양을 세척하여 테이어 5단계 추출을 분석하여, 어떤 형태로 존재하는 스트론튬이 칼슘용액에 의해 세척되었는지를 파악한다.

기대효과

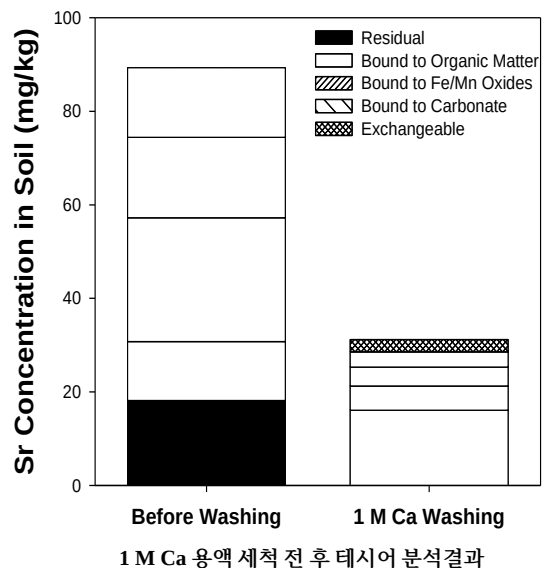
현재 알려져 있는 원전오염토양 주변 토양의 오염물질 제거에는 토양세척이 가장 많이 활용되고 있으며, 다양한 세척제들이 적용되고 있는데, Cs이나 Co에는 높은 효율을 보이거나 Sr 제거에 있어서는 높은 효율을 보이지 못하는 것으로 확인하였다. 새로운 칼슘세척제는 제거효율이 높지 않았던 Sr을 효과적으로 제거할 수 있는 새로운 기술이다.

관련 연구과제

고압세척공정 기반의 초미세기포 복합 공정과 선택적 핵종 흡착기술을 이용한 해체원전 오염토양 제염기술 개발 [한국에너지기술평가원]



Box-Behnken design을 통한 최적조건 도출과정



철 산화물의 영향을 고려한 redox-oscillating 퇴적토에서의 카드뮴 독성 예측 모형 개선

정부운

연구배경

퇴적토의 중금속 독성을 평가하는 방법으로 평형 분배 (Equilibrium Partitioning; EqP) 모형이 널리 사용되고 있는데, EqP는 산 휘발성 황화물 (Acid Volatile Sulfide; AVS)의 농도와 산으로 추출되는 중금속의 농도 (Simultaneously Extracted Metal; SEM)를 비교하는데, SEM의 양이 AVS보다 많은 경우 sulfide와 결합하지 않은 여분의 중금속 이온이 생물에게 독성영향을 발현한다고 가정한다. 퇴적토에서의 독성 예측 모형인 Sediment Biotic Ligand Model (S-BLM)은 이러한 상황에서 여분의 중금속 이온이 입자성 유기 탄소 (Particulate Organic Carbon; POC)에 분배되어 생물학적으로 이용 가능하지 않기 때문에 이를 정량적으로 나타냄으로써 생물에게 독성 영향을 발현하지 않는 중금속 농도 기준을 제시한다. 하지만 중금속 이온의 분배상 (partitioning phase)으로서 POC만을 고려하므로 산화물이나 미네랄 등 다른 요소들의 영향을 포함하지 않는다는 한계가 있다. 산소가 결핍된 깊은 깊이의 퇴적토의 경우에도 저서생물의 활동으로 인하여 산소가 유입됨으로써 철, 망간 등의 산화물이 생성되어 추가적인 중금속 분배상으로 작용할 개연성이 있으며 이런 경우 EqP 모형은 중금속의 독성을 정확하게 예측하기 어렵다.

연구목표

산소가 결핍된 상태의 퇴적토가 산화되는 과정에서 생성되는 산화물의 생성이 퇴적토 내의 카드뮴 분배와 거동에 미치는 영향을 평가하여 독성예측모형에 반영하고 모형을 개선함으로써 보다 합리적인 퇴적토 독성 예측이 가능하도록 한다.

연구내용

[1] Cd 독성 예측에 영향을 미치는 인자의 정량화

깊은 곳의 퇴적토는 산소가 결핍된 (anoxic) 환경에 존재하며 이때 중금속의 분배상으로 sulfide가 중요한 역할을 한다. 그러나 퇴적토가 산화되는 등 oxic한 환경에 노출되는 경우, 산화물의 존재가 카드뮴의 분배에 영향을 미칠 수 있다. 예를 들어 심토의 퇴적토일지라도 저서생물의 활동으로 인하여 혼탁작용 (Bioturbation)이 있는 경우 퇴적토 내로 산소가 공급되는 상황이 반복될 개연성이 있다.

이때, 산화물로 분배된 카드뮴은 자유금속이온의 형태가 아니기 때문에 생물에 독성 영향을 발현하지 않는다.

따라서 이러한 카드뮴의 분배에 영향을 미치는 산화물의 형태를 확인하고 정량화함으로써 카드뮴 독성이 어떻게 변화하는지 확인하고자 한다.

[2] 퇴적토 독성예측 모형의 개선

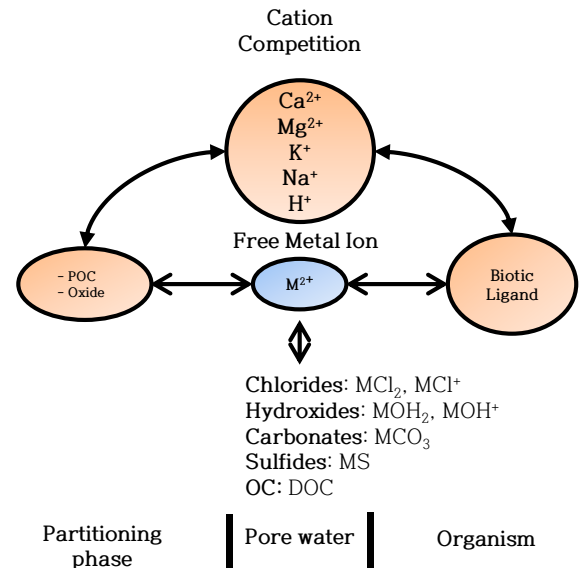
기 개발된 퇴적토 독성예측모형인 S-BLM은 카드뮴의 분배상으로 POC만을 고려하고 있다. 따라서 본 연구를 통해 확인된 철 산화물의 영향을 독성예측에 반영하기 위해 기존의 독성예측모형을 개선하고자 하며, 이때 철 산화물의 형태에 따른 카드뮴 분배 상황 등을 고려하도록 한다.

[3] 모형의 검증 및 적용성 평가

개선된 모형을 검증하기 위해 저서생물인 단각류 *Hyaella azteca*를 이용하여 독성을 평가함으로써 개선된 모형의 예측력을 검증하고자 한다. 또한 모형의 적용성을 평가하기 위해 퇴적토를 수조에 적치한 후 시간이 지남에 따라 산화되는 과정에서의 독성 변화를 모형을 통해 예측하고 생물독성실험을 통해 확인한다.

기대효과

본 연구를 통해 보다 합리적인 퇴적토 독성 예측 방법을 제시할 수 있을 것으로 기대된다.



철 기반 금속유기골격체(MOF)를 이용한 clofibric acid의 흡착 및 광분해

채승희

■ 연구배경

기존의 흡착제는 재사용하기 위해서 가열, 산처리 등의 에너지 소모적인 과정을 거쳐야하며, 폐기 시에는 고형폐기물로 매립해야한다. 만약에 흡착제에 흡착한 물질을 분해까지 시킬 수 있다면 기타 과정을 거치지 않고도 재사용이 가능해진다. 이를 가능하게 하기 위해 철 기반 금속유기골격체 (Metal Organic Framework; MOF)를 활용했다. MOF는 금속 클러스터와 유기리간드로 이루어진 결정질 물질이며 현존하는 물질 중 공극률 (porosity)가 가장 높은 물질로 알려져 있다. 그 중에서도 철 클러스터를 함유하면 가시광선을 가용하는 광촉매 기능도 갖추게 된다. 따라서 본 연구에서는 철 기반 금속유기골격체를 활용하여 흡착 및 광분해를 모두 수행할 수 있는 재사용 가능한 흡착제를 개발하고자 하였다.

■ 연구목표

본 연구에서는 emerging contaminant에 해당하는 Pharmaceutical and Personal Care Products (PPCPs) 중 한 물질인 clofibric acid를 정화목표물질로 선정하였으며, 철 기반 금속유기골격체를 활용하여 clofibric acid의 흡착 및 광분해 기작을 파악하고자 하였다. 특히, 기존 MOF의 유기리간드에 아미노기를 부착함으로써 그에 대한 흡착 효율 및 광분해 성능에 대한 영향을 탐구하였다.

■ 연구내용

[1] 철 기반 금속유기골격체의 합성 및 분석

유기리간드는 BDC와 여기에 아미노기가 부착된 NH_2 -BDC를 이용해 두가지의 MOF, MIL-101(Fe)와 MIL-101(Fe)- NH_2 를 합성하였다. 이 때, 마이크로웨이브를 활용한 합성법 (microwave assisted synthesis)을 이용해 합성하였다. 합성한 MOF는 SEM 및 XRD를 통해 결정구조를, FT-IR을 통해 표면작용기를 확인하였으며, BET method로 표면적 및 공극의 부피를 측정하였다. 이 외에도 입도분포, 표면의 zeta potential을 분석하여 MOF의 물리화학적 특성을 파악하였다.

[2] 철 기반 금속유기골격체의 clofibric acid에 대한 흡착 효율

MOF의 높은 표면적을 활용하여 clofibric acid가 MOF에 어떤 기작으로 얼마나 흡착되는지 파악하고자 하였다. 수용액 상태에서 clofibric acid의 두가지 MOF에 대한 adsorption kinetic과 adsorption isotherm을 구하였다. 그 결과, 10분 이내로 빠르게 흡착되었으며 1시간 후부터는 흡착

평형에 도달하였다. 흡착 효율을 초기 clofibric acid 농도에 따라 300-400 mg/g으로 높은 값을 지녔다. 흡미흡제도, MIL-101(Fe)는 Freundlich isotherm을, MIL-101(Fe)- NH_2 는 Lanmuir isotherm을 따라 clofibric acid의 흡착기작이 유기리간드에 따라 변함을 확인하였다.

[3] 철 기반 금속유기골격체의 광촉매능을 통한 clofibric acid의 분해

Xenon lamp를 활용하여 두가지 MOF의 광촉매능을 확인하고자 하였다. 발생하는 Reactive Oxygen Species (ROS)의 양을 측정하고, ROS로 인해서 clofibric acid가 얼마나 분해되는지 확인하고자 한다. 이때, 용액 속 clofibric acid뿐 아니라 흡착된 clofibric acid의 농도도 측정하여 MOF의 광촉매능으로 인하여 clofibric acid가 얼마나 많이 분해되는지 보고자 한다.

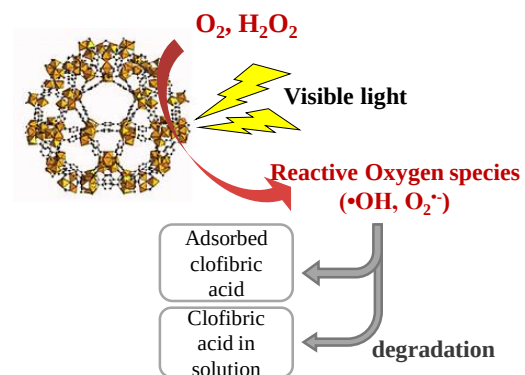
■ 기대효과

본 연구에서는 철 기반 금속유기골격체를 활용하여 흡착 및 광분해를 모두 수행할 수 있는 재사용 가능한 흡착제를 개발하고자 하였다. 기존의 흡착제 재활용 과정 없이 철 기반 금속유기골격체를 여러 번 재사용할 수 있다면 이에 소모되는 에너지 및 발생하는 폐기물을 모두 감소할 수 있을 것으로 예상된다.



Terephthalic acid (BDC) 2-aminoterephthalic acid (NH_2 -BDC)

철 기반 금속유기골격체 합성에 사용한 유기리간드



철 기반 금속유기골격체의 광촉매능을 통한 clofibric acid의 분해

고단백 미세조류 *Chorella vulagris*의 생산증대를 위한 암모니아의 효과

문찬규

I 연구배경

가축 폐수는 고농도 탄소원과 질소원을 함유하고 있어 이를 단순히 폐수로서 처리하는 것에서 나아가 이를 영양분으로 활용하여 생물자원을 생산하는 연구가 각광받고 있다.

폐수에 함유된 질소화합물 중 대표적으로 질산성질소 ($\text{NO}_3\text{-N}$)와 암모니아성질소 ($\text{NH}_3\text{-N}$)가 특히 미세조류 배양에 효과적인 질소원으로 사용될 수 있다. 미세조류의 배양에는 NO_3^- 를 질소원으로 활용하는 것이 일반적이나, NH_3 를 질소원으로 활용할 경우 동화 과정에 소모되는 에너지가 적어 단백질 축적에 유리할 수 있다는 논의가 있어왔다.

I 연구목표

대표적인 미세조류인 *Chlorella vulgaris*를 대상으로, NH_3 를 질소원으로 활용하여 보다 높은 단백질 함량을 가진 미세조류의 생산 가능성을 평가.

I 연구내용

[1] 배지의 pH와 Total N 조건 변화에 따른 미세조류의 단백질 함량, 아미노산 조성, 성장량 확인

배지의 pH와 Total N 조건에 따라 미세조류의 성장량, 단백질함량, 아미노산 조성을 확인한다. 미세조류의 경우, 주위 환경에 N의 함량이 높으면 N 흡수 기작 중 active transport를 저해하여 내부의 N의 농도를 유지한다. 하지만 NH_3 의 경우 Passive transport로 미세조류 내에 축적된다. 축적된 과량의 질소는 조류내 GS-GOGAT 효소의 작용으로 아미노산으로 변환되어 축적된다. 이를 바탕으로 세포 내 N의 함량이 높일 수 있는 배양 조건을 실험을 통해 찾아낸 후 실제 세포내 단백질, 아미노산 함량과의 연관관계를 밝혀낸다.

[2] Autotrophic, heterotrophic, mixotrophic condition에 따른 단백질생산 확인

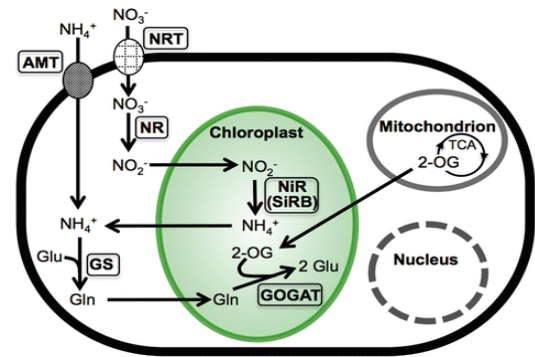
성장 시 빛의 유무에 따른 성장량과 단백질 생산을 확인한다. 암모니아성 질소를 이용할 경우, 빛에 의한 저해 민감도가 증가하는데, 이를 바탕으로 빛이 없는 heterotrophic condition을 조성하여 조류 성장량 증대를 확인한다.

I 기대효과

폐수의 잔여 탄소원, 질소 회수 및 고부가 사료생산을 위한 미세조류 성장 조건 확인

I 관련 연구과제

소화슬러지의 Anaerobic Open Culture (AOC) shaping을 통한 고순도 핵사노익산 생산 및 잔여 탄소원 회수 플랫폼 개발 (한국연구재단)



General nitrogen assimilation pathway in algae



질소원과 pH에 따른 미세조류의 성장 실험

입학생 & 졸업생

입학생



안창혁 (파트)

박사 입학
(2019년 3월)

인제대학교 이학석사
한국건설기술연구원
수석연구원

졸업생



김상현

박사 졸업
(2020년 2월)

Stabilization mechanism of lead
and arsenic in mine waste by
basic oxygen furnace slag.



정현용

박사 졸업
(2020년 2월)

Microbially induced calcium
carbonate precipitation to prevent
soil erosion in heavy metals-
contaminated sites as a measure
of risk mitigation.



박수진

석사 졸업
(2020년 2월)

Effect of organic substrate inflow
and iron oxides transformation on
arsenic mobility in soil of redox
transition zone.

구성원 현황 (2020년 12월)

박사과정 재학생



신유나 (파트)

한강수계 토지이용용도에 따른
부착돌말의 최적 서식환경도출 및
생태하천복원기술로서의
활용방안
marianshin@korea.kr



이민규 (파트)

탐사 자료를 활용한 지하수
유동 모델링
sinofchu@gmail.com



이호섭

복합오염부지VOCs의 노출
차단을 위한 광촉매 매질 개발
hahalee9@snu.ac.kr



안창혁

유기성 폐자원을 활용한 그린
인프라 적용기술개발
chahn@kict.re.kr



정부윤

철 산화물의 영향을 고려한 redox-
oscillating 퇴적토에서의 카드뮴
독성 예측 모형 개선
bjeong6@snu.ac.kr

■ 석박통합과정 재학생



남택우

성·복토재로 재사용되는 철강 슬래그의 인체 및 환경영향평가 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



김병철

사슬연장 미생물군 셰이핑과 혐기성 막 반응조 운전을 통한 안정적인 카프로익산 생산 플랫폼

feglass@snu.ac.kr



송호재

스트론튬 오염 토양에 대한 효과적인 칼슘 기반 세척제 개발

caeroro@snu.ac.kr

■ 석사과정 재학생



양우진

오염기간에 따른 비소의 존재 형태와 식물독성 변화

diewasdf@snu.ac.kr



문찬규

미세조류를 이용한, 유기성 폐 자원으로부터의 잔여탄소, 질소 회수

chan1570@snu.ac.kr



채승희

철 기반 금속유기골격체 (MOF)를 이용한 clofibric acid의 흡착 및 광분해

saturn1226@snu.ac.kr

가족 & 졸업생

가족



김영진

삼성물산
건설부문 토목영업팀
부장
yj777.kim@samsung.com



조은혜

전남대학교
농생명화학과
부교수
ejho001@jnu.ac.kr



장석재

경희대학교
치의학전문대학원
guess216@snu.ac.kr

박사 졸업생



류혜림 (10년 박사)

삼성물산 건설부문
건축토목사업부
책임
ryuhyerim@gmail.com



이병선 (13년 박사)

한국농어촌공사 농어촌연구원
수자원환경연구실
주임연구원
byungsun94@ekr.or.kr



정슬기 (14년 박사)

한국기초과학지원연구원
서울센터
선임연구원
sjeong85@kbsi.re.kr



정재웅 (14년 박사)

한국국방연구원
전력투자분석센터
선임연구원
jwjang@kida.re.kr



양경 (15년 박사)

한국환경정책평가연구원
환경평가본부
부연구위원
kyang@kei.re.kr

박사 졸업생



안진성 (18년 박사)

세명대학교
바이오환경공학과
부교수

jsan@semyung.ac.kr



김문경 (19년 박사)

한국건설기술연구원
인프라 안전연구본부
복합신소재연구센터
연구원

strikingirl@snu.ac.kr



김상현 (20년 박사)

한국과학기술연구원
물자원순환연구센터
연구원

shk0311@kist.re.kr



정현용 (20년 박사)

삼성전자 DS부문
메모리사업부 CL3
과장

jhy911229@snu.ac.kr

석사 졸업생



박주영 (06년 석사)

고려대학교
에너지환경대학원
부교수

jy_park@korea.ac.kr



이승룡 (06년 석사)

BRICKS
HKChina 영업관리팀
이사

astrana@empal.com



성동엽 (07년 석사)

Orchid Group, Texas
변호사

debbysung8@gmail.com



한준경 (07년 석사)

Chevron, Texas
Waste & water specialist

han.joon.kyoung@gmail.com



이승환 (08년 석사)

유라이크 코리아
영업부
이사

lee_seunghwan@naver.com

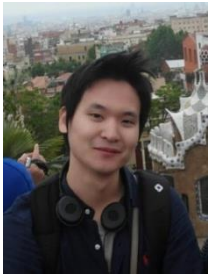
석사 졸업생



최용주 (08년 석사)

서울대학교
건설환경공학부
부교수

ychoi81@snu.ac.kr



정재식 (09년 석사)

한국과학기술연구원
물자원순환연구센터
선임연구원

jschung@kist.re.kr



이규연 (10년 석사)

서울대학교
환경대학원
박사과정

kyuyeon3@gmail.com



이승배 (11년 석사)

국가과학기술인력개발원
인재연구총괄실
부연구위원

sblee@kird.re.kr



박인선 (13년 석사)

한국환경공단
기후변화대응처 온실가스감축부
대리

insuni1205@hanmail.net



임상순 (13년 석사)

현대건설 기술연구소
미래기술연구실 신사업기술팀
책임연구원

iss119@hdec.co.kr



정보영 (14년 석사)

Georgia Institute of Technology
School of Civil & Environmental
Engineering
박사과정
byjeong@gatech.edu



임진우 (14년 석사)

University of Southern California
Department of Civil &
Environmental Engineering
박사과정
imjw24@gmail.com



안준모 (15년 석사)

University of Arizona
박사 졸업,
LS-Nikko 동제련 입사
(2021.01)
jmfamily87@gmail.com

■ 석사 졸업생



유기현 (16년 석사)

연세대학교
기계공학과
박사과정

gihyeon007@gmail.com



전인형 (19년 석사)

Yale University
Department of Chemical and
Environmental Engineering
박사과정

junih1014@gmail.com



박진희 (19년 석사)

Princeton University
Department of Civil and
Environmental Engineering
박사과정

zionpro1005@gmail.com



박수진 (20년 석사)

삼성SDI
중대형사업부
사원

dadada0705@snu.ac.kr

[특집] 새로운 실험기기를 소개합니다



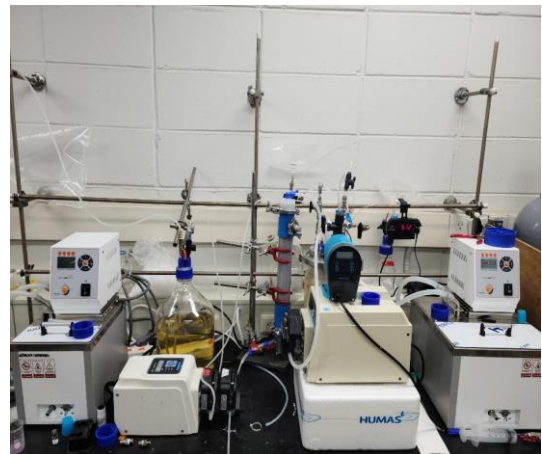
Flow through flume
for sediment experiment



Vacuum oven
for MOF production



Photoreactor
for photodegradation



Anaerobic bioreactor
for caproate production

Memories

.....

코로나와 환경공학 • 40

2020을 돌아보며 • 41

2020 대한환경공학회 학술대회를 다녀오며 • 42

6년간의 석박사통합과정의 끝자락에서 • 43

Memories

코로나와 환경공학

올해 2020년은 정말 유례없는 시간을 보낸 것 같습니다. 2019년 11월, 기사를 보던 중 우연히 “중국 우한에서 원인불명의 폐렴 환자 급증”이라는 글을 본 적 있습니다. 그때는 이렇게 전세계가 2020년이 바이러스 한 종으로 괴로운 시기를 보낼 줄 꿈에도 몰랐습니다. Post corona 시대라는 말이 나올 정도로 코로나 이후 문화적, 사회적으로 많은 것이 바뀌었습니다. 모든 사람들이 마스크를 쓰고 다니며, 실외활동이 줄었습니다. 오피스 대신 자택근무, 강의실이 아닌 온라인 수업을 하며 모임 자체도 줄고 개인공간에서의 여가시간이 늘었습니다. 처음에는 많은 사람들이 적응에 힘들어 했지만, 생각 외로 괜찮아서 어느덧 오피스와 학교 자체가 있어야 하나 의구심을 던지는 사람도 생겼습니다.

Corona virus는 RNA 바이러스로, corona 이름이 뜻하듯 왕관의 모습을 연상시키는 모습을 지녔습니다. 감염 시 경증의 차이는 있지만 기저 질환, cytokine storm, 경련 등의 증상을 나타냅니다. 4 종류의 구조단백질을 지니고 있으며, 그중 spike 단백질은 숙주세포의 표면 수용단백질을 인식과 membrane fusion에 관여합니다. 많은 연구원들이 이 spike 단백질을 target으로 하는 백신이 개발하려 힘쓰고 있습니다.

코로나 바이러스와 환경공학은 어떻게 연관이 될까요. 두 가지의 관점을 소개하고자 합니다. 첫 번째로 코로나로 인한 환경 변화의 관점입니다. 포스트코로나 시대로 일회용품, 마스크, 플라스틱 폐기물의 증가가 지속되고 있습니다. 이러한 폐기물 증가가 지속된다면, 좀 더 효율적인 폐기물관리가 필요 할 것입니다.

두번째 관점은 코로나 혹은 바이러스 전염에 환경과학도의 역할입니다. 코로나바이러스는 주로 매질의 접촉, 비말을 통해 전염됩니다. 이에 Charles Haas는 코로나바이러스의 risk를 줄이기 위해서 air filtration, ventilation, uv-light inhibition 등 환경공학자가 수행해야할 많은 연구가 있다고 하였습니다. 이처럼 언젠가, 환경공학 분야에서 바이러스와 세균 등의 전파 억제에 위한 연구가 활발히 되는 상상을 해봅니다.

문찬규 (석박통합과정 3학기)



2020을 돌아보며

벌써 2020년이 지나가고 있습니다. 요즈음에는 하루하루가 일 분 일 초가 순식간에 지나는 거 같습니다. 그만큼 생활방식이 정착되었다는 것이겠지요. 언젠가 단조로운 생활은 재미없고, 쓸쓸하다고 생각한 적 있습니다. 그러나 막상 요새 같은 생활을 해보니 나쁘지 않은 것 같습니다. 즐거움의 역치가 낮아져서 그런건지, 아니면 일상을 좀 더 깊게 볼 수 있어서 그런건지, 떨어지는 낙엽만 봐도 기분이 좋아집니다. 산책을 자주 나가게 되었습니다.

같은 시간에 일어나고, 운동을 해서 그런지 요새 건강도 좋아졌습니다. 건강이 좋아지니 마음도 안정적으로 변하고, 그러다 보니 연구와 공부도 천천히 차분히 할 수 있게 되었습니다. 개인적으로 성격이 매우 산만하기 때문에, 안정된 생활방식이 좀 더 저에게 도움이 되는 거 같습니다. 이 시기를 잘 활용하여 후회 없는 자기발전을 하면 좋을 거 같습니다.

이 글에 쓸 사진을 찾기 위해 사진 앨범을 들여다 보았습니다. 확실히 작년보다 큰 모임의 사진이 없고 소모임 혹은 혼자 다닌 사진이 많았습니다. 소모임으로 자주 만나니 좀 더 유대관계가 깊어진 거 같습니다. 토양방 이전 단체 사진을 살펴보았습니다. 제가 입학했을 때 보다 인원수가 훨씬 적어졌습니다. 시간이 지날수록 한명씩 한명씩 사라지는 것을 보니, 참 기분이 묘했습니다. 저 위의 사진에서도 2명이 이제는 없습니다. 신입생이 없어서 그런지 빈자리가 더 크게 느껴지는 것 같긴 합니다. 저 사진의 사람들이 모두 나간 후, 그 후에 저도 나가겠지요. 지금까지 세월이 금세 지나갔으니, 그 시기가 금세 올 것임을 알고 있습니다. 짧다면 짧고 길다면 긴 대학원 시기 동안 좋은 인연을 쌓으며 나아 가야겠습니다.

문찬규 (석박통합과정 3학기)



2020 대한환경공학회 학술대회를 다녀오며

2020년 11월 11-13일에 개최한 대한환경공학회 학술대회에 참석하기 위해 제주도 신화월드를 방문했습니다. 한동안 코로나로 인하여 취소되었던 학회가 드디어, 그것도 제주도에서 열려 들뜬 마음으로 학회장에 향했습니다.

이번 학회에서는 1년간 실험했던 결과를 구두발표로 전할 수 있는 기회가 있었습니다. 처음으로 학회에서 발표를 해야 한다는 부담감에 전날까지 발표자료를 수정한 후 떨리는 마음으로 제주도행 비행기를 탔습니다. 심지어 첫번째 세션에 제 발표가 예정된 바람에 긴장된 마음으로 발표장에 들어섰습니다. 어느덧 제 차례가 다가왔고 정신없이 준비해간 말을 이어가다 보니 발표가 끝나버렸습니다. 마친 후 좌장님과 다른 분들로부터 질문을 받고 답을 하며 제 연구의 미흡한 부분들에 대해 보충할 수 있었습니다. 그리고 발표 후에 제 연구에 관심을 가지신 분께서 제 연락처를 여쭙보셔서 굉장히 신기하기도 했습니다. 너무 떨면서 발표를 한 것 같아 아쉬움이 많이 남았지만 제 연구를 다른 사람들에게 처음으로 공유할 수 있어 뿌듯한 마음도 들었습니다. 더욱이 앞으로 학회장에서 발표할 기회는 많기에 이번 발표는 다음에 있을 수많은 발표를 위한 경험이라고 생각하기로 했습니다. 그렇게 제 인생 첫 학회 발표가 마무리되었습니다.

발표를 첫 순서로 끝나고 나니 부담없이 다른 학생들의 발표를 들을 수 있었습니다. 특히 호재오빠의 발표 후에 좌장을 맡으신 교수님과

다른 두 교수님께서 오빠에게 조언을 주시고, 또 연구방향에 대해 교수님들 간에 토의를 하시는 모습을 보며 이렇게 학회장의 순기능이란 것을 깨달았습니다. 전문가들이 한데 모여 현재 진행중인 연구에 대해 의견을 제시하며 더 좋은 방향으로 연구가 흘러갈 수 있도록 해주는 학문 교류의 순간을 맞이하며 어서 코로나가 해결되어 이런 기회가 더 많아졌으면 하는 바람이 생겼습니다.

학회 일정을 마친 후 교수님과 함께 한동안 코로나로 인해 못했던 회식자리도 가질 수 있었습니다. 맛있는 회를 먹고 학교에서는 미처 나누지 못했던 진솔한 얘기를 나누면서 더욱 더 돈독한 SQL로 거듭난 듯 합니다. 회식 외에도 학회장 근처에 있는 카페에 가서 바다를 보며 커피를 마시기도 하고, 새벽 6시 반에 일어나 어승생악 등산을 가기도 하며 연구실과 집을 오가는 단조로운 일상에서 잠시나마 벗어날 수 있었습니다.

석사 3학기를 보내고 있는 제게 환경공학회는 제가 본격적으로 학문교류의 장에 발을 디딜 수 있는 기회였고, 연구실 사람들과 함께 보낼 수 있던 소중한 순간이었습니다. 내년에 졸업하기 전에 학회에 참석할 수 있는 기회가 또 주어졌으면 합니다. 그 때까지 흥미로운 연구 결과물을 쌓아 공유하고 싶기도 하고, 이번 발표를 발판 삼아 좀 더 만족스러운 발표를 해서 학회 발표에 대한 또 다른 추억 하나를 또 만들고 싶습니다.

채승희 (석사과정 3학기)



6년간의 석박사통합과정의 끝자락에서

2014년 3월 토양환경실�험실에서 인턴십으로 시작된 저의 35동 519호에서의 생활이 어느덧 햇수로 7년을 꽉 채워가고 있습니다. 입학할 때 뵈었던 선배님들은 지금 제 옆자리에 있는 호섭이형을 제외하고는 학회나 연례행사와 같은 특별한 자리에서 뵌 수 있다는 점이 와 닿지는 않지만 짧지 않은 시간이었다는 것을 실감하게 합니다. 나름대로는 입학 때의 마음가짐을 잃지 않으려 노력하였는데, 서서히 결실을 맺어갈 때가 다가오니, 혹시 미처 생각지 못한 더 좋은 마음가짐과 자세가 있지 않았을까 하는 걱정이 따라오고 이미 이 길을 걸으셨던 선배님들이 다시 한번 대단하게 느껴지는 시기인 것 같습니다.

졸업에 앞서 걱정과 고민이 생기지만, 정말 감사한 것은 제 인생의 사분의 일을 차지하는 토양환경실실험실이 연구자, 그리고 한 명의 사람으로 많이 성장할 수 있었던 학습의 장이었다는 확신이 있다는 점입니다. 물론 지금도 어린 나이이고 더욱 배우고 성장해야하지만, 23살의 저는 정말 미숙하고 부족한 점이 많았습니다. 지금까지의 여정이 매일매일 매우 즐겁고 신나는 시간이라고 하긴 어렵겠지만, 힘들었던 순간을 버텨내고 순간 순간 할 수 있는 일에 집중하는 법을 배운 것만으로도 정말 큰 자산인 것 같습니다. 이러한 시간들을 묵묵히 기다려주신 교수님께도 이 자리를 빌어 정말 감사하다는 말씀을 드리고 싶습니다. 또한 교수님께서 가르쳐주

신 것들, 연구실 구성원들에게서 배울 수 있었던 것들을 다하면, 애뉴얼 리포트 편집자 친구의 고생이 너무 클 것 같아 모두에게 감사하다는 말로 줄이겠습니다.

2020년 12월, 박사학위 최종 발표 초심을 갖 마친 저는 아직 제가 이 긴 시간의 끝을 향하고 있다는 것이 어색하기만 합니다. 물론 잘 준비하여 최종심사를 잘 마무리 해야겠지만, 다행스럽게 잘 마무리했다 하여도, 딱히 달라짐이 느껴지지는 않을 것 같습니다. 졸업하신 선배님들께서도 비슷하게 느끼셨을까 궁금합니다.

한 개의 챕터를 끝마쳐가고 다음 챕터를 준비해야하는 이 시점에서 어머니께 다소 걱정된다는 말씀을 드리자 산 넘어 산일 것이라는 말씀을 해주셨습니다. 하지만 할 수 있는 일에 집중하고 산을 넘다 보면 뒤돌아봤을 때 그래도 녀를 만했다는 생각이 들것이라는 말씀도 함께 해주셨습니다. 지난 시간들 배웠던 것을 되새기며 우선 다가올 최종심사를 잘 마무리할 수 있도록 최선을 다해볼 예정입니다. 교수님, 토양환경실 실험실 모든 선배, 후배님들도 다사다난했던 2020 마무리 잘하시고 다가오는 2021 건강하시고, 원하시던 바 모두 이루실 수 있으시면 좋겠습니다. 두서 없는 제 기록을 읽어주셔서 감사합니다. 참고로 저는 다시 이 글을 읽지 않을 것입니다.

김병철 (석박사통합과정 12학기)



2015, Jeju



2020, Seoul

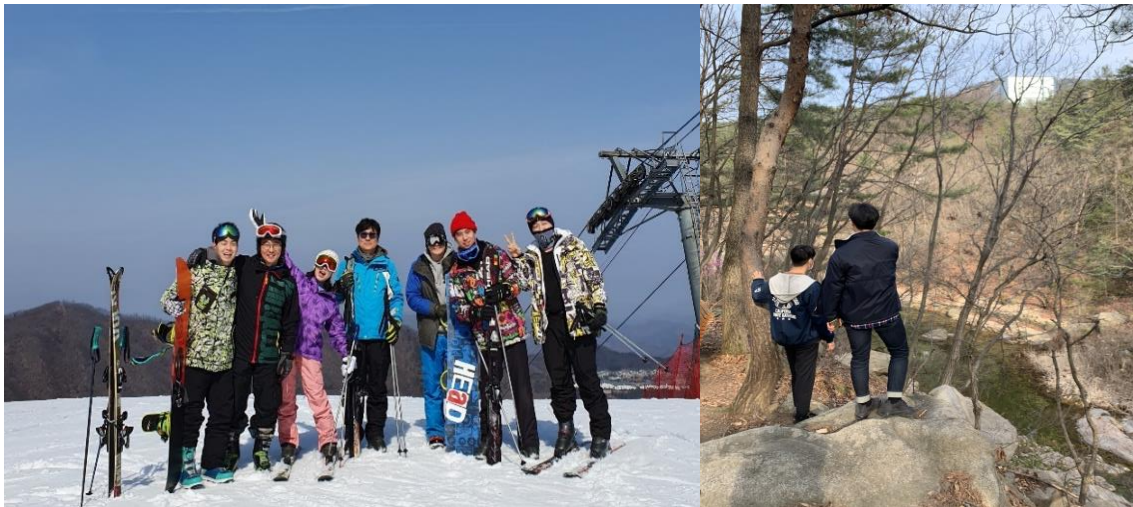
Photo Album

.....

2020년 환경정화기술 및 위해성 평가 연구 센터 워크샵



SQL 액티비티



당신의 졸업을 축하합니다



잘가요. 김박사님 정박사님 행복하세요



교수님의 생신 축하드립니다



환경방 방장 송호재, 토양방 방장 이호섭 생일



돈독한 SQL!



피가 되고 살이 되는 교수님의 가르침



2020년 대한환경공학회 국내학술대회



공부 또 공부하는 SQL 막내들



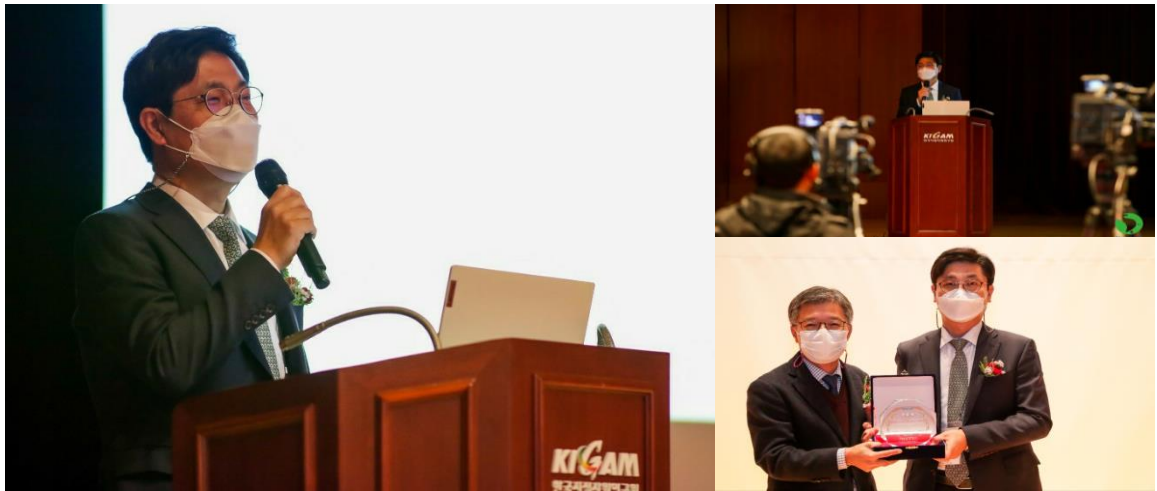
발표 김병철, 송호재



스승의 은혜는 하늘 같아서~



한국지하수토양환경학회에서 교수님



열 일하는 SQL



SQL에 놀러오세요!



토양환경연구실 여러분, 2020년도 어떻게 보내셨나요?



김병철

2020년 정말 다사다난한 한해였고, 모두 정말 고생 많았던 것 같습니다. 개인적으로는 정말 많이 배우고 성장할 수 있었던 시간이 되었음에 감사합니다. 내년에도 모두 건강하게 즐겁게 보낼 수 있으면 좋겠습니다!



정부윤

코로나로 인해 올 한 해는 일상적이지 못한 날들이 많았을텐데, 그럼에도 불구하고 다들 고생 많으셨습니다~ 내년에도 모두 건강하세요!!



이호섭

코로나도 피해간다는 대학원생, 2021년에는 더 열정적으로 연구하는 대학원생이 되겠습니다.



송호재

이제 벌써 3년차네요. 총 6년의 석박통합과정 중 반을 달려왔다니 시간이 참 빠른것 같습니다. 남은 3년 또한 열심히 하여 좋은 결과를 많이 만들어 낼 수 있도록 최선을 다하겠습니다. 감사합니다. 모두들 화이팅!



문찬규

2020년은 많이 부족하고 부끄러운 해였던 거 같습니다. 더욱 더 노력하여 발전해나가겠습니다.



채승희

한 해가 어떻게 지나갔는지 모를 정도로 다사다난한 해였네요. 2021년부터는 2020년 이전의 모습으로 되돌아갔으면 좋겠네요. ㅎㅎ 모두 건강 조심하시고 새해 복 많이 받으세요!

오전 10:50



모두 2020년 동안 수고하셨습니다!

2021년에도 칭찬받는 토양환경연구실, 매력적인 토양환경연구실, 즐겁고 건강한 토양환경연구실, 겸손한 토양환경연구실 되도록 해요!

Happy New Year

오전 11:46