



서울시립대학교
UNIVERSITY OF SEOUL

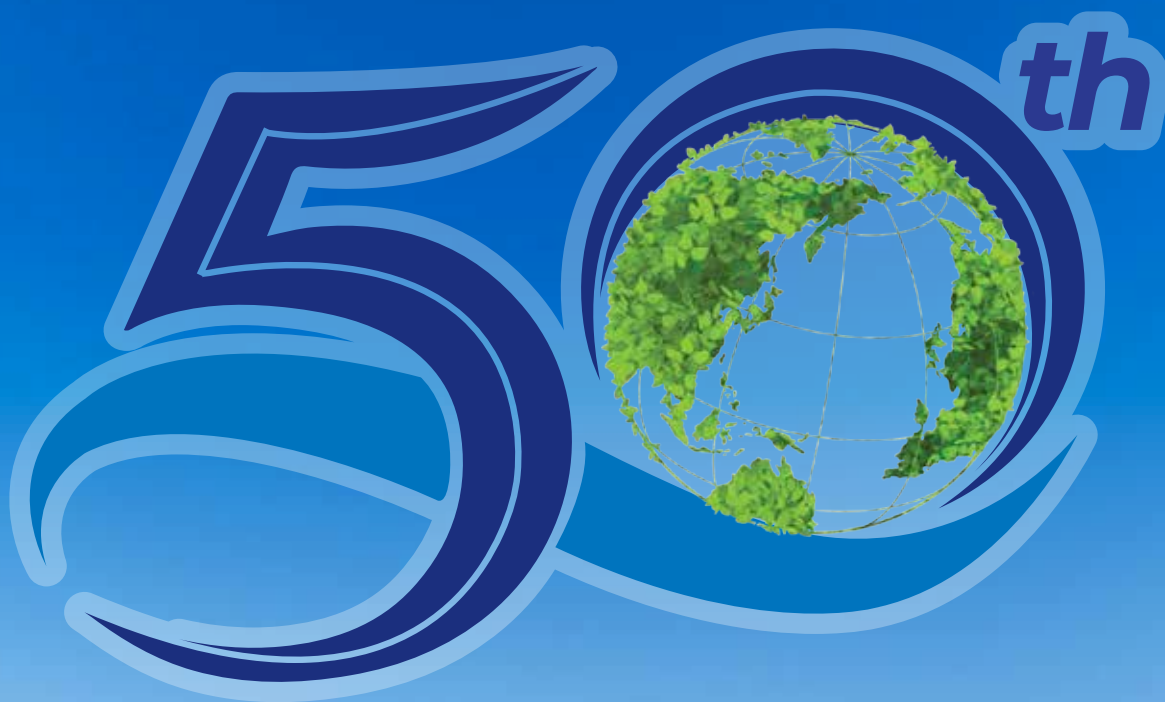
2024

푸른 시대로 향하는 반세기의 발걸음

서울시립대 환경공학부

창립 50주년

환경포럼



- ▶ 일시 : 2024. 11. 12(화) 14:00 ~ 21:00
- ▶ 장소 : 100주년기념관 국제회의장, 307호 308호
- ▶ 주관 : 서울시립대학교 환경공학부 제14대 총동문회
- ▶ 주최 : 서울시립대학교 환경공학부 교직원, 졸업생 및 재학생 일동

2024

푸른 시대로 향하는 반세기의 발걸음

서울시립대 환경공학부

창립 50주년

환경포럼

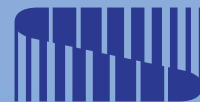


서울시립대학교
UNIVERSITY OF SEOUL

서울시립대학교 환경공학부

푸른 시대로 향하는
반세기의 발걸음





서울시립대학교
UNIVERSITY OF SEOUL

서울시립대학교 환경공학부

창립 50주년

기념행사

2024. 11.12(화) 오후2시

서울시립대학교 100주년 기념관 국제회의장



환경포럼

글로벌 세션 : 14:50~16:20

축사, 기념사, 환영사 및 해외저명인사 특별강연
(100주년기념관 국제회의장)

세션 A : 16:20~17:50

환경청장, 학회장, 연구기관 인사 특별강연
(100주년기념관 307호)

세션 B : 16:20~17:50

동문 환경기업인, 국내대학 동문교수 특별강연
(100주년기념관 308호)



환경공학인의 밤

시간 : 18:00 ~ 21:00

장소 : 100주년기념관 국제회의장

주요행사

정기총회 및 결산

공로패, 감사패 수여 및 동문동향 소개

축하공연 및 만찬

경품추첨 및 폐회

환경공학부 연혁

1974~1990

- 1974 위생공학과 신설
- 1975 김동민 교수 부임
- 1975 위생공학과 20명 증원
- 1978 유명진 교수 부임
위생공학과 제1회 졸업생 12명 배출
- 1979 안승구 교수 부임
- 1980 환경공학과로 학과 명칭 변경
- 1981 환경공학과 대학원 과정 인가
- 1984 환경공학과 학부생 정원 6명 감원(입학 정원 46명)
환경공학과 대학원 과정(석/박사 과정 인가)
- 1989 김신도 교수 부임
- 1990 서부갑 교수 정년 퇴임

1992~2000

- 1992 이동훈 교수 부임
- 1994 동종인 교수 부임
- 1995 입학정원 50명
- 1996 입학정원 80명 증원
김동민 교수님 정년 퇴임
- 1997 박철휘, 이재영, 장서일 교수 부임
- 1998 구자용, 김희경 교수 부임
- 2000 환경공학부로 명칭 변경

2001~2010

- 2001 김희경 교수 퇴직
- 2002 한인섭 교수 부임
- 2004 김주식, 최진희, 박영권, 김현욱 교수 부임
- 2007 환경공학부 30주년
- 2009 공학교육인증프로그램 실시
BK사업단 선정
- 2010 유명진 교수 정년 퇴임

2011~2020

- 2011 중앙일보대학평가 학과순위1위 선정
- 2014 안승구 교수 정년 퇴임
- 2015 환경공학부 40주년
- 2019 차윤경, 최용준 교수 부임
- 2020 김신도 교수 퇴직
박승부, 이상철 교수 부임

2021~2024

- 2021 탈플라스틱 특성화 대학원 선정(~ 2025. 11.)
이동훈, 박철휘 교수 정년 퇴임
동종인 교수 정년 퇴임
- 2022 화학물질안전관리 전문인력양성사업 선정(~ 2026. 02.)
오희경, 서명원 교수 부임
폐자원에너지화 특성화 대학원 선정(~ 2027. 02.)
- 2023 UOS T-Star 대학혁신사업(~ 2025. 02.)
- 2023 디지털물산업 혁신인재 양성사업단 선정(~ 2025. 02.)
- 2024 기후변화 특성화 대학원 선정(~ 2028. 11.)
이상철 교수 퇴직
탄소중립 특성화 대학원 선정(~ 2029. 01.)
환경공학부 창립 50주년 기념 행사



환경공학부 역대전임교원

* 사진 순서는 서울시립대학교 환경공학부 부임순임.



서부갑 교수



김동민 교수



유명진 교수



안승구 교수



김신도 교수



이동훈 교수



동종인 교수



박철휘 교수



이재영 교수



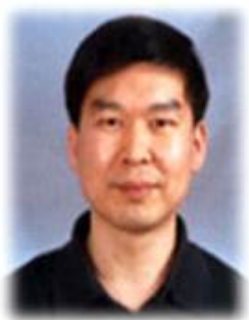
장서일 교수



구자용 교수



한인섭 교수



김주식 교수



최진희 교수



박영권 교수



김현욱 교수



차윤경 교수



최용준 교수



박승부 교수



오희경 교수



서명원 교수

환경공학부 역대 동문 회장단

제1대



정대제 회장(74)

제2대



장한문 회장(74)

제3대



정상철 회장(75)

제4대



이규범 회장(76)

제5대



김병호 회장(77)

제6대



김병준 회장(78)

제7대



이상혁 회장(79)

제8대



송호인 회장(81)

제9대



양준모 회장(82)

제10대



유남종 회장(83)

제11대



김운영 회장(84)

제12대



김국진 회장(85)

제13대



봉춘근 회장(86)

제14대



이범구 회장(87)

환경공학부 행사사진



(A) 2023년 덕산강의실 개소식(김동민 교수 발전기금 행사)



(B) 2023년 시대융합관 환경공학부 첨단세미나실 개소식(조한재 대표 발전기금 행사)

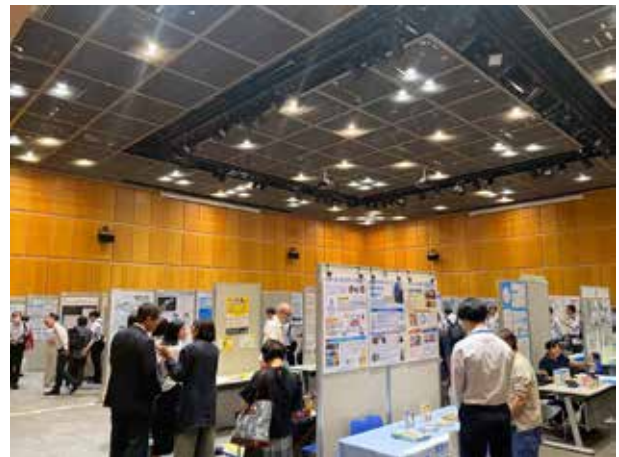


(C) 2023년 시대융합관 환경공학부 첨단강의실 개소식(박종운 대표 발전기금 행사)

환경공학부 행사사진



(D) 2024년 서울-도쿄 포럼



(E) 2024년 폐자원특성화대학원 포럼 및 워크숍



(F) 2024년 화학물질빅데이터시연연구센터 'ONTOX 심포지움'

환경공학부 행사사진



(G) 2024년 서울시립대학교-ENGEES 대학 학술교류 세미나



(H) 디지털 물산업 혁신인재 양성사업단 발대식 및 CES 참가



(I) 환경공학부 학부 졸업논문 발표회

개회사



서울시립대학교 환경공학부 학부장 오희경

서울시립대학교 환경공학부 학부장 오희경입니다.

1년을 준비하는 자는 씨앗을 뿌리고, 10년을 준비하는 자는 나무를 심으며 100년을 내다보는 자는 사람을 키운다고 합니다. 푸른 시대로 향하는 반세기의 발걸음을 통해 100년을 내다보고 환경공학 인재를 양성했던 환경공학부가 어느덧 창립 50주년을 맞이했습니다.

먼저 서울시립대학교 환경공학부 창립 50주년 기념행사에 참석해주신 내외 귀빈 여러분께 감사와 환영의 인사를 드립니다. 오늘의 기념포럼을 비롯해 핫카이도대학 MOU체결 및 그린캠퍼스 기념식수를 위해 지원해주신 원용걸 서울시립대 총장님께 감사드립니다. 또한 귀한 발걸음을 해주신 유남중 서울시립대학교 총동문회장님, 이규용 전환경부 장관님과 안병옥 한국환경공단 이사장님께 감사의 마음을 전합니다. 특별히 글로벌 환경 동향과 기술을 소개해 주실 David B. LaFrance 미국수도협회 회장님, Colin Chung Kayuga Solution 대표이사님, Nishimura Fumitake 교토대학 교수님, 황인희 핫카이도대학 교수님께도 깊은 감사를 드립니다. 물과 바람이 하나 되고 땅에 고움이 머무는 주제로 마련된 국내 세션에서 축하의 메시지를 전해주시길 강석태 대한환경공학회 회장님, 김석완 한국폐기물자원순환학회 학회장님께도 감사드립니다. 묵묵히 현장에서 환경문제를 정책, 기획, 연구, 교육, 기술개발과 사업 등 다양한 직무의 형태로 해결하고 가치를 창출해 온 이야기를 아낌없이 나눠 줄 동문에게도 고마움을 전합니다.

서울시립대학교 환경공학부에서는 탄소중립, 디지털, 순환경제, 친환경, 지속가능과 안전 및 ESG를 기반으로 디지털 물산업 혁신인재 양성 사업단과 4개 분야의 특성화 대학원(폐자원에너지, 화학물질안전관리, 포스트플라스틱, 탄소중립)을 통하여 국가와 지역 환경문제를 해결하고 현장 맞춤형 인재 양성 및 학생들의 전공 역량 강화를 위해 다각적인 노력을 하고 있습니다.

환경공학부가 지속적인 성장과 공공성을 강화할 수 있었던 원동력은 전·현직 교수님들과 시대적 책임을 다하는 학생들과 묵묵함으로 현장에서 책임을 다하는 동문들 그리고 더불어 여기 참석해 주신 모든 분들의 관심과 응원이 함께 하였기 때문입니다. 우리 학부가 우리나라의 환경공학을 대표하는 학과에서 학부로 양적 및 질적 성장하여 영향력과 지경이 넓어질 수 있도록 도와 주신 모든 분께 다시 한번 감사를 드립니다.

앞으로도 우리 학부는 품격 있는 교육과 실사구시형 연구를 통하여 시대정신과 시민정신을 갖춘 환경 인재를 육성하고 배움과 나눔의 50년을 양분 삼아 서울을 비롯 대한민국 그리고 세계의 중심에 우뚝 서는 명문 환경공학부로 거듭나도록 노력하겠습니다.

마지막으로 50주년 기념행사 준비를 위해 많은 시간과 노력을 베풀어 준 이범구 제14대 환경공학부 동문회장님을 비롯한 人步千里 창립50주년 행사준비위원회 구성원 차윤경 교수님, 최용준 교수님, 박승부 교수님, 서명원 교수님, 임종완 조교님, 정철희, 이상현 사무총장님, 김도일 사무차장님 및 이민재 학생회장에게 깊은 감사의 뜻을 표합니다. 더불어 물질적 후원을 베풀어 주신 개인 동문님과 기업 동문님의 도움으로 기념행사를 풍요롭게 마칠 수 있게 되었음을 전하며, 이재영 환경공학센터장님, 구자용 서울녹색환경센터장님, 화학물질빅데이터AI연구센터장님이면서 환경보건센터장님 및 화학물질안전관리 특성화대학원 단장님이신 최진희 교수님 그리고 김현욱 에코-물 에너지 융합연구센터장님께도 깊은 감사의 인사를 드립니다.

환영사



서울시립대학교 환경공학부 14대 동문회장 이범구

서울시립대학교 환경공학부 14대 동문회장 이범구입니다.

서울시립대학교 환경공학부 창립 50주년 기념행사를 위해 참석해주신 내외 귀빈 여러분께 환경공학부 동문회를 대신해서 감사와 환영의 인사를 드립니다.

1974년 위생공학과 이름으로 시작된 환경공학 과정은, 1980년 환경에 대한 사회적 관심을 반영하여 환경공학과로 명칭을 변경한 후 오늘날의 환경공학과와 효시가 되었고, 1998년 환경매체 기반 다양한 전공의 심층탐구를 위한 학부제로 전환, 올해로 50주년을 맞이하였습니다.

50년동안 사회 환경을 발전시키는 4,000명의 졸업생, 1,200명의 석사, 300명의 박사를 배출하여 환경공학의 선도적인 역할을 수행해왔습니다.

환경공학과 최초로 창립 50주년을 맞이하여 오늘 기념행사를 열어 여러분을 모시게 되어 대단히 영광스럽게 생각하고 있습니다. 다시한번 본 행사를 위해 참석하셔서 자리를 빛내주신 원용걸 총장님, 이규용 전 환경부장관님, 안병옥 공단이사장님, 김동민 명예교수님, 서울시립대학교 총동문회 유남중회장님, 그리고 본 행사를 위해 와주신 여러 관계자 분 및 동문 선후배님들께 진심으로 감사와 환영을 말씀을 전해드립니다.

앞으로 미래100년을 위해 더 노력하는 환경공학부가 되겠습니다. 많은 관심과 격려를 부탁드립니다.

감사합니다.

격려사



서울시립대학교 총장 원용걸

우리 대학 환경공학부 학부 창설 50주년을 진심으로 축하드립니다.

특히 오랜 시간을 투자하여 오늘 이 행사를 준비하신 오희경 학부장님을 비롯한 교수님들, 이범구 동문회장님을 비롯한 동문님들, 재학생과 직원 선생님들께 감사와 축하의 인사를 전합니다. 그리고 오늘 이 행사를 축하해주시기 위해 우리 대학에 방문하신 모든 분들을 환영합니다.

우리 환경공학부는 우리나라에 환경공학이 독자적인 기반을 갖기 전인 1974년에 위생공학부라는 이름으로 개설이 되어 환경공학을 교육한 대한민국 환경공학 분야의 선도학부입니다. 탁월한 교수진과 앞서가는 교육프로그램, 엄격한 학사관리 등으로 약 5,500여 명의 훌륭한 인재를 배출하였고 그 동문들은 지금도 환경부, 지자체, 기업, 교육기관 등에서 왕성한 활동을 펼치고 있습니다.

산업화가 가속화되는 과정에서 어쩔 수 없이 발생하는 여러 문제들을 해결하기 위한 실험과 연구, 개발 등을 전담하고 있던 환경공학 분야는 이제 환경통제 또는 환경보호 분야, 기후변화 대응까지로 확대된 인간 삶의 전반적인 문제를 다루는 분야로 성장하면서 우리 삶에서 가장 중요한 분야가 되었습니다.

선도자의 어려움을 이겨내고 훌륭한 인재를 배출하며 50주년을 맞이한 우리 환경공학부는 우리 대학의 자랑입니다. 환경에 대한 관심과 역할이 중요해지고 있는 이 시점에서 환경공학부의 가치는 우리의 상상 이상일 것입니다. 앞으로도 지금처럼 어려움을 이겨내고 강하고 당당한 환경공학부로 성장하여 더 큰 역할을 수행하고 대한민국을 대표하는 학부로 성장하길 기대합니다.

다시 한 번 학부 개설 50주년을 축하드립니다.

감사합니다.

격려사



서울시립대학교 총동문회장 유남종

안녕하세요?

서울시립대학교 총동문회장 유남종입니다.

환경공학부 창립 50주년을 진심으로 축하드립니다.

총동문회장 이면서 우리 환경공학부에 1983학년 입학한 학부 동문의 한 사람으로 축하의 말씀을 드린다는데 감개무량하고 개인적으로는 대단한 영광입니다.

불모지였던 우리나라 환경분야의 학계와 산업계는 우리대학에서 환경기술자를 처녀 배출하고 여러 교수님들께서 훌륭한 연구업적을 세우시면서 시작했고 발전해왔다 해도 과분한 평가라 여기지 않습니다.

현재 환경산업분야에서 우리 환경공학부 동문들을 빼놓고 일하는 것은 무척 드문일이 되었고 크고 작은 회사에서는 1명이라도 직원을 확보하려는 인재영입 정책은 불문율 아닌 불문율이 된 상황입니다.

제가 총동문회장 이라는 중책을 맡게 된 계기도 우리 환경공학부 동문회의 역할과 차지하는 비중이 컸기에 가능했습니다.

이 기회를 빌어 항상 열렬한 지지와 성원해 주셔서 감사의 말씀을 드립니다.

어느 사업조직이나 대학 학부 가릴것 없이 우상향 그래프를 그리며 지속적인 발전을 하기란 여간 어려운 일이 아닙니다.

우리 환경공학부도 그러한 도전과 과제를 안고 있지 않을까 조심스럽지만 당연한 예상을 해봅니다.

현재 환경산업계는 환경부에서 점인증 하는 신기술이 잘 안 나오고 있다는 사실이 현실화 될 정도로 거시적 환경오염문제는 제어되고 있는 상황에서 미량 유해물질 제거 등 미시적인 환경오염 제어로 시각이 변하고 있습니다. 그리고 국내 환경산업은 포화되어 있어서 해외시장으로 무한 진출해야 하는 실정입니다.

이에 걸맞는 연구와 커리큘럼 그리고 인재양성이 요구되는 상황임에는 틀림없을 것이라 생각합니다. 기후·에너지 부문은 말 할것도 없는 중요 사항이겠습니다.

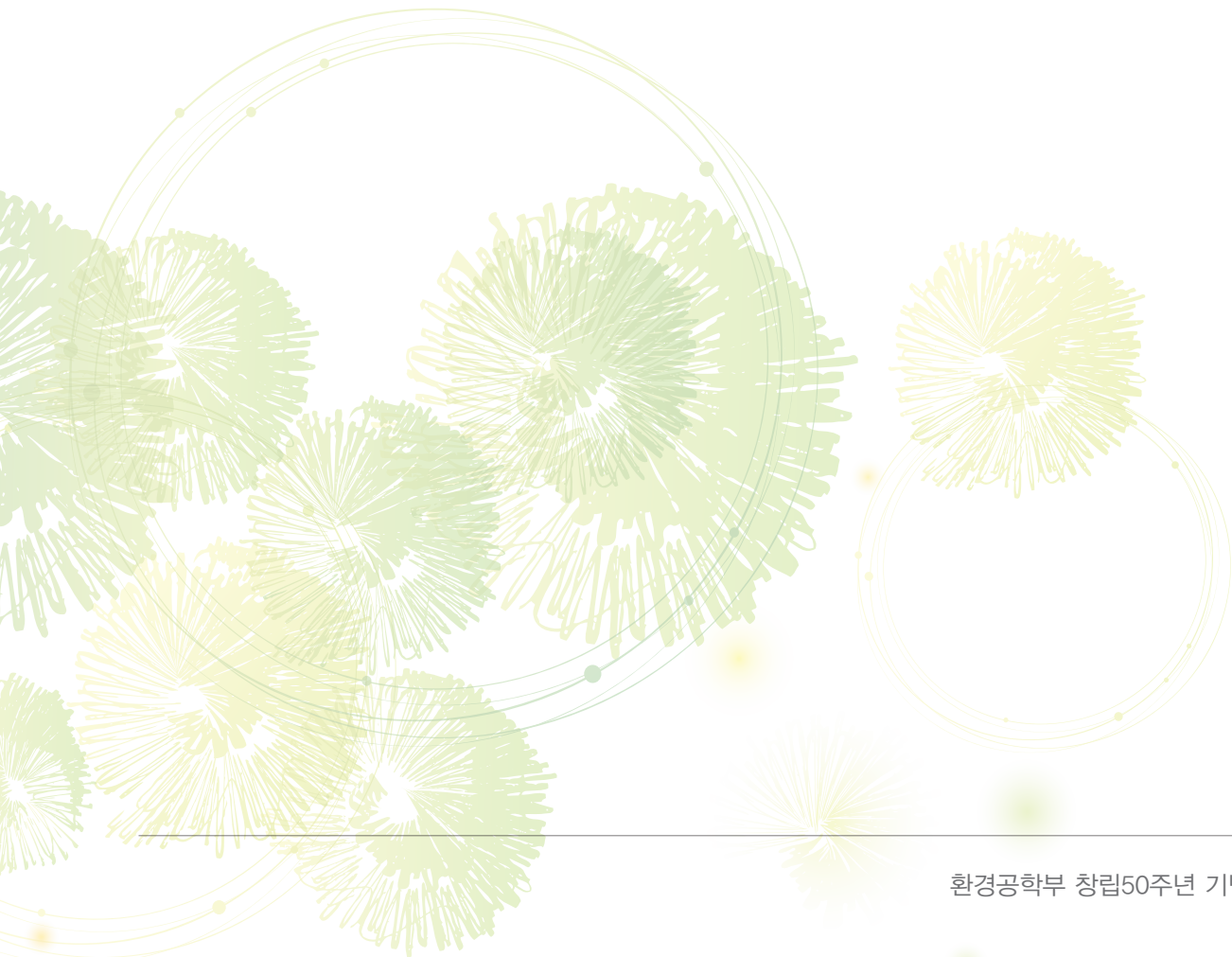
우리 환경공학부에서는 이미 준비되어 있고 실행 중일텐데
창립 50주년을 맞이해서 향후 발전 방향에 저의 소견을 드렸습니다.

앞으로도 총동문회에서는 환경공학부학과 학부동문회의 발전을 위해 물심양면으로 힘써
드리겠습니다.

다시 한번 환경공학부 창립50주년을 축하드립니다.

여기까지 올 수 있도록 노력해 주신 존경하는 전·현직 교수님들과
선·후배님께 감사 또 감사드립니다.

2024년 서울시립대학교 총동문회장 유남종 드림



축사



제12대 환경부장관 이규용(현 김앤장 상임고문)

여러분 반갑습니다. 제12대 환경부장관을 역임한 이규용 동문입니다. 먼저 자랑스런 서울 시립대 환경공학부 설립 50주년을 7년여 동안 석.박사 과정을 거친 동문의 한사람으로서, 오랫동안 환경행정분야에서 일해왔던 환경공무원출신의 한사람으로서, 그리고 현재에도 환경분야에서 일하고 있는 환경인의 한사람으로서, 진심으로 축하드립니다. 또한 그동안 우리 환경공학부를 거쳐 각계에서 우리의 환경을 지켜오면서 우리나라의 자랑스런 압축성장에 비견되는 환경분야의 Striking Progress(놀라운 발전)를 이루어내는데 앞장서 온 우리 환경공학부 동문 여러분들의 노고와 업적을 진심으로 위로드리고, 치하드립니다.

1974년 문을 연 우리 서울시립대 환경공학부는 공장 굴뚝연기를 부러워했던 성장중심 시대의 한가운데서, 환경이나 공해란 단어 사용조차 반체제적 활동으로 경원시되던 정말 힘들었던 여건속에서도 환경의 목소리를 대변하고, 가르치고, 연구하고, 지키는 파수꾼의 역할을 시작하면서 50년의 세월을 우리의 환경 발전과 함께 해왔습니다. 사실 우리 학부 출범 당시를 생각해 보면 그 어려운 시대상황에서 어떻게 우리 환경공학부를 출범시키고 발전시켜왔는지 당시 이에 관여했던 선배들의 혜안과 용기에 감탄하지 않을 수 없으며, 다시금 고개가 숙여집니다.

우리 학부는 출범시 기대대로 자연환경, 수질, 대기, 폐기물, 토 양 등 환경매체에 기반한 다양한 분야의 인재들을 지난 50년동안 수없이 양성해 내었습니다. 그동안 4천명의 학부 졸업생, 1,200여명의 석사, 300여명의 박사를 배출하여 명실공히 대한민국의 환경분야 최고의 교육중심으로 우뚝서고 있습니다. 이와 더불어 다양하고 훌륭한 연구성과를 수없이 내면서 Nature, Environmental Science & Technology 등 저명한 국제 저널에 발표된 수천 편의 우수한 연구논문은 우리 서울시립대학교 뿐 아니라 대한민국 환경분야 연구수준의 글로벌 위상을 크게 높여 주었습니다. 또한 실사구시에 앞장서면서 이러한 연구 성과들을 서울시와 우리 대한민국의 현실문제 해결에 적극적으로 적용하면서 우리의 생태계를 복원하고 환경을 되살리는 막중한 시대적 소명을 충실하게 이행하여왔습니다.

그동안 한강의 기적을 이룬 고도성장의 이면에서 손상되고 상처받은 우리의 환경을 다시 회복시키기 위한 선봉에는 우리 시립대 환경공학부 동문들이 자리잡고 있다는 것은 어느 누구도 부인하지 못할 것이라고 생각합니다.

최근 기후위기, 탄소중립, 디지털 전환, ESG 등 패러다임의 변화과정에서 세계 각국에서 앞다투어 내놓고 있는 환경공시, 공급망 실사, CBAM, 에코디자인 등 광범위한 금융규제, 산업규제 및 무역규제들이 새로운 국제규범의 핵심으로 자리잡고 있습니다. 이러한 시대적 변화에 뒤떨어지지 않도록 전통적인 매체별 기초연구와 병행하여 최신의 트렌드와 관련된 연구와 교육도 매우 중요해지고 있습니다. 이러한 시대적 변화에 부응하여 우리 환경공학부는 탄소중립, 디지털 및 EGS를 기반으로, ‘UOS T-Star사업’을 추진하여 지구적 환경문제 해결에 기여하고 있다는 반가운 소식을 듣고 있습니다. ‘디지털 물산업 분야 혁신인재 양성사업’ 및 탄소중립, 폐자원에너지 특성화 등 5개의 특성화 대학원을 운영하여 떠오르고 있는 현안 문제에 대응한 맞춤형 필수 인재를 양성하고 있다고 듣고있으며, 교육 및 연구인프라 구축을 위한 꾸준한 투자를 통하여 학생 개인의 전공 역량도 크게 강화되도록 노력하고 있다고 듣고 있습니다. 이러한 노력들을 통하여 향후 50년의 우리나라 환경분야 발전도 우리 시립대 환경공학부가 주도해 나가기를 충심으로 기대하고 믿고 성원드립니다.

이러한 시점에서 우리 환경공학부에서 주최하는 이번 환경포럼은 지구적인 동시에 지역현안에도 관련된 환경문제 전반에 걸친 정책, 기술, 국제동향 등에 관한 소중한 정보와 경험을 공유하는 동시에, 현안과제를 해결하기 위하여 지혜를 모으는 “Quantum X”의 장이 될 것으로 기대합니다.

글로벌 세션에서는 미국과 일본에서도 물과 폐자원 분야에 대한 지식을 공유해 주기 위해 참여해주시고, 국내 세션에서는 공공기관, 대학, 민간기업에 진출한 동문 전문가들의 다양한 주제 발표를 통해 교류와 토론의 장이 더욱 풍성하게 열릴 것으로 기대합니다.

다시 한번 말씀드리지만 지금까지의 우리 서울 시립대 환경공학부의 50년 발자취가 우리의 환경보전을 위한 실질적인 연구와 전문 인력의 양성 그리고 서울시와 대한민국의 환경정책 수립에 기여해 온 바가 너무나도 큼니다. 이를 바탕으로 다가올 50년동안도 기후위기를 극복하고 훼손된 지구의 생명공동체를 다시 살려 우리들의 미래 세대들에게 살만한 세상을 물려줄 수 있도록 현세대가 부딪치고 있는 여러 난제들을 슬기롭고 스마트하게 해결하는데 우리 시립대 환경공학부가 계속 앞장서 주실 것을 부탁드립니다. 더욱 중추적인 역할을 해주실 것을 믿어 의심치 않습니다.

마지막으로 지난 50년 동안 우리 환경공학부를 출범시키시고, 연구하시고, 가르치시고, 현안을 해결하는데 앞장서서 고생해오신 수많은 교수님들, 학교 관계자분들, 동문 선후배님들께 정말 충심으로 감사와 존경의 말씀을 드립니다.

다시 한번 환경공학부 설립 50주년을 축하드리며, 모든분들 건승하시고, 가내 모든일 형통하시길 기원합니다.

감사합니다.

축사



한국환경공단 이사장 안병욱

서울시립대학교 환경공학부 설립 50주년을 진심으로 축하드립니다.

지난 1974년 설립된 환경공학부는 다양한 환경·에너지 분야에 기반을 둔 통합적이고 심층적인 연구 및 교육을 위해 학부제로 전환되어 올해로 50주년을 맞이하였습니다. 지난 50여년 동안 20분의 교수님들이 열과 성을 다한 결과 학사 약 4,000명, 석사 1,200여명, 박사 300명을 배출하여 명실공히 대한민국 환경인재의 산실로 자리매김하고 있습니다. 뿐만 아니라 네이처(Nature)를 필두로 환경 과학기술과 독성학, 물, 에너지 분야의 학술적 성과를 대표하는 저명한 국제 학술지에 수천 편의 우수한 연구 논문을 발표하여 대한민국 환경 연구자들의 위상을 높여 주었습니다. 지난 50년간 축적된 우수한 교육 및 연구 성과는 다른 대학에도 자극이 되어 우리 학계의 연구 인프라와 교육 수준을 높이는 선순환의 견인차가 되었다고 확신합니다.

특히 제가 주목하는 것은 환경공학부의 ‘UOS T-Star사업’ 과 ‘디지털 물산업 분야 혁신 인재 양성사업’, 그리고 폐자원에너지, 화학물질안전관리, 포스트플라스틱, 탄소중립, 기후변화 분야 특성화 대학원 운영입니다. 탄소중립, 디지털 전환, EGS라는 키워드를 중심으로 지역 환경문제를 해결하고 현장 수요에 적합한 역량 강화와서 인재 양성을 목표로 교육 및 연구인프라 구축에 매년 투자를 아끼지 않고 있기 때문입니다. 탄소중립, 디지털 전환, ESG라는 세계사적인 대전환의 흐름 속에서 환경인들의 책임과 역할은 더 커질 수밖에 없습니다.

그런 점에서 환경공학부가 주최하는 이번 환경포럼 역시 환경매체 전반에 걸친 정책과 기술 동향 등 최신 정보와 경험을 공유하면서 현안문제 해결의 지혜를 모으는 “Quantum X”의 장이 될 것이라는 점에서 주목됩니다. 다양한 국가의 지식 공유가 기대되는 글로벌 세션과 공공기관, 대학, 민간기업에 진출한 동문 전문가들이 참여하는 국내 세션에서는 치열하고 생산적인 발표와 토론의 장이 열릴 것으로 기대합니다.

다시 한번 환경공학부 설립 50주년을 축하드리며, 2024년이 여러분 모두에게 큰 도약의 한 해가 되길 기원합니다.

감사합니다.

축사



서울시립대학교 환경공학부 명예교수 김동민

서울市立大學校 環境工學部 창설 50주년을 기념하는 이 뜻 깊은 行事에서 저가 祝辭를 드리게 된 것을 큰 榮光으로 생각합니다. 저는 1974년 가을學期에 부임했는데, 그 때까지 근 半年을 망설였습니다. 그도 그럴 것이 미리 와서 campus를 살펴보니, 너무나 落後돼 있었습니다. 소달구지 드나드는 後門 인듯한 곳에서 正門이 어디냐고 守衛 分에게 물었더니, 민망하게도 그 곳이 바로 正門이었습니다. 넓은 터에 논과 밭 果樹園 뽕나무단지 숲 오솔길 등이 펼쳐져 있고, 그런 속에서 노니고 활개 치는 다람쥐 평 밧 새 등, 田園風景 만큼은 끝내 주는 別天地였습니다만, 현대식 建物이라고는 마무리 工事が 한창이던 아담한 3층 建物 한棟뿐이었고, 나머지는 죄다 日帝시대에 지은 낡은 校舍였습니다.

그러나 新入學生들은 제1회入學生(1974學番)의 경우 대학입학수학능력(修能) 성적이 延世大學校 土木工學科보다 높았을 정도로 優秀했고, 저가 초빙한 柳明辰박사를 위시한 教授 分들이 저보다 實力이 越等했습니다. 그 것에 더한 서울市の 支援과 학교 總長님의 自律 보장으로, 우리는 短期間에 長足の 發展을 이룩할 수 있었습니다.

언젠가 서울 市內 모 大學校 大學院生 碩士學位논문집에 우리 學科 學部生의 졸업論文 한 편이 고스란히 베껴 게재된 것을 보고 쓴 웃음을 지은 적이 있었습니다. 이런 일도 있습니다. 저가 1996년 退職후 한참 지난 2004년이던가, 서울市內 모처에 새벽같이 당도하여 김남수선생(炎堂 金南洙, 1915~2020)의 침(鍼) 시술대기실에서 두 사람과 명함을 교환했는데, 그 중 한분이 저에게 말했습니다. “서울市立大學校 環境工學科면 全國 최고의 環境工學科 아닙니까?” 명함을 보니 浦項製鐵所 會長 李아무개 씨였는데, 그런 大企業 總帥의 말 한마디에 가슴이 뿌듯했습니다.

자화자찬(自畫自讚)은 그 정도로 하고, 우리는 지금 대단한 挑戰에 直面하고 있습니다. 氣候變化로 인한 地球溫暖化가 바로 그 것인데, 이미 나타나고 있는 災殃을 最小化 하기위해 우리 몫의 先導的 役割을 다시 해 나가야겠습니다. 우리에게는 그럴 能力이 있습니다.

조금 다르게, 요즘 地球村의 秩序가 무너지면서 現 文明이 末期현상을 보이고 있습니다. 바라건대 大韓民國의 서울市立大學校가 50년 후에는 더욱 발전하여, 새로운 건전한 文明을 이끄는 主役에 合流하기를 기대합니다. 고맙습니다.

2024년11월12일 金東玟 합장.

푸른 시대로 향하는 반세기의 발걸음

환경공학부 창립 50주년 기념행사 Program

▶ 행사일시 : 2024. 11. 12(화), 14:00 ~ 21:00

▶ 장 소 : 100주년기념관 국제회의장, 307호 308호

▶ Program

기념식

장소 : 100주년기념관 국제회의장
사회 : 조상묵 수석부회장 (14대 동문회)

Time

~ 14:00	등 록	
14:00~14:05	개회사	오희경 환경공학부 학부장
14:05~14:10	환영사	이범구 환경공학부 14대 동문회장
14:10~14:15	격려사 1	원용걸 서울시립대학교 총장
14:15~14:20	격려사 2	유남중 서울시립대학교 총동문회장
14:20~14:25	축 사 1	이규용 (전)환경부장관
14:25~14:30	축 사 2	안병옥 한국환경공단 이사장
14:30~14:35	축 사 3	김동민 환경공학부 명예교수
14:35~14:50	축하공연, 기념촬영	

International Session

Location : Globalcenter,
The Centennial Memorial Hall
Chair : Prof. Jai Young Lee
(University of Seoul)

Time

14:50~15:10	The Future of Water: Water 2050	CEO David B. LaFrance (American Water Works Association)
15:10~15:30	The Evolution of Asset Management : Then, Now, and Future	CEO Colin Chung (Kayuga Solution)
15:30~15:50	Technology Development of Sewage Systems in Japan	Prof. Nishimura Fumitake (Kyoto University)
15:50~16:10	Strategies for Achieving Net-zero GHG Emissions by 2050 in the Material Mycles and Waste Management Sector in Japan	Prof. Inhee Hwang (Hokkaido University)
16:10~16:20	Break time	

Session A 물과 바람이 하나되어~

장소 : 100주년기념관 307호
좌장 : 한인섭 교수(서울시립대학교)

Time

16:20~16:40	축 사	강석태 학회장 (대한환경공학회)
16:40~17:00	ESG 대학경영과 캠퍼스 탄소중립	임경호 총장 (국립공주대학교)
16:50~17:10	환경행정의 흐름과 발전방향	박연재 국장 (환경부)
17:10~17:30	기후테크 100 추진전략	박성남 부시장 (의정부시)
17:30~17:50	가속광물탄산화 기술을 이용한 탄소포집과 재이용 기술	이상민 교수 (국립공주대학교)

Session B 땅에 고움이 머물러~

장소 : 100주년기념관 308호
좌장 : 박영권 교수(서울시립대학교)

Time

16:20~16:40	축 사	김석완 학회장 (한국폐기물자원순환학회)
16:40~17:00	기후위기 시대 서울의 도전과 정책방향	이인근 부구청장 (서울시 동대문구)
16:50~17:10	어떻게 성장할 것인가? (How to Upgrade yourself?)	유남중 총동문회장 (서울시립대학교)
17:10~17:30	수처리에서의 불균일 소재 응용	김도균 교수 (국립순천대학교)
17:30~17:50	비소의 생지구화학적 반응 및 토양-물-대기 환경 매체 간 순환 연구	한영수 교수 (충남대학교)

18:00~ 21:00 환경공학인의 밤

100주년 기념관 국제회의장

※ 식전 창립기념 국제교류 MOU체결식 : 서울시립대학교-홋카이도대학 학술 및 학생 교류 협정



International Session

(국제세션)





CHARTING THE COURSE FOR THE FUTURE OF WATER

KIWW | 11/12/2024

1



Who is AWWA?

[American Water Works Association](#)





AWWA OVERVIEW



- Founded in 1881 by 22 water professionals.
- AWWA is the oldest and largest organization of water supply professionals in the world.
- 50,000 total members represent the full spectrum of the water community.
- 43 Sections across North America
- 800 International members and partners

3



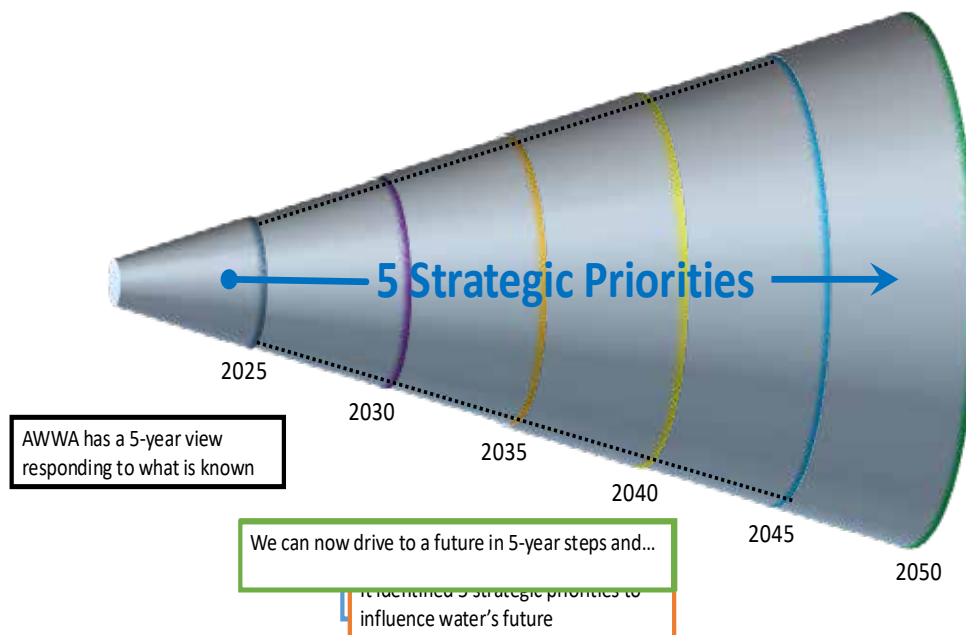
WATER 2050

4



- Multi-year, inclusive thought process to chart a course for a sustainable and resilient water future
- Visualize future of water through prism of (5) drivers
- Engagement from inside and beyond water community
- 5 Think Tanks
- 124 Experts
- 36 consolidated recommendations organized into five Strategic Priorities

Today's 2050's Water Cone of Possibilities





CURRENT & FUTURE WATER CHALLENGES



What are our top water challenges today?

What will some of our top water challenges be in 2050?

Top 15 Water Sector Challenges (2024)	
✓	1. Watershed/source water protection (#5 in 2023)
	2. Financing for capital improvements (#3 in 2023)
✓	3. Renewal and replacement of aging infrastructure (#1 in 2023)
	4. Long-term water supply availability (#2 in 2023)
✓	5. Financial sustainability (New in 2024)
✓	6. Public understanding of the value of water systems/services (#7 in 2023)
✓	7. Workforce issues (#6 in 2023)
	8. Groundwater management and overuse (#9 in 2023)
	9. Drought or periodic water shortages (#14 in 2023)
✓	10. Cybersecurity issues (#13 in 2023)
	11. Public acceptance of future water and wastewater rate increases
	12. Climate risk and resilience
✓	13. Affordability for low-income households
	14. Integrated water planning
	15. Compliance with future regulations (#15 in 2023)

What will 2050 Look Like?

Water2050

Global population is expected to reach **9.8 billion.**

Water2050 Program (2012) in collaboration with the U.S. Environmental Protection Agency

Water2050

Increased cooperation between water utilities across watersheds or regions is likely to **enhance resilience** to severe hydrological events.

Water2050 Program (2012) in collaboration with the U.S. Environmental Protection Agency

Water2050

Water **utilities** may be **managing complete watersheds.**

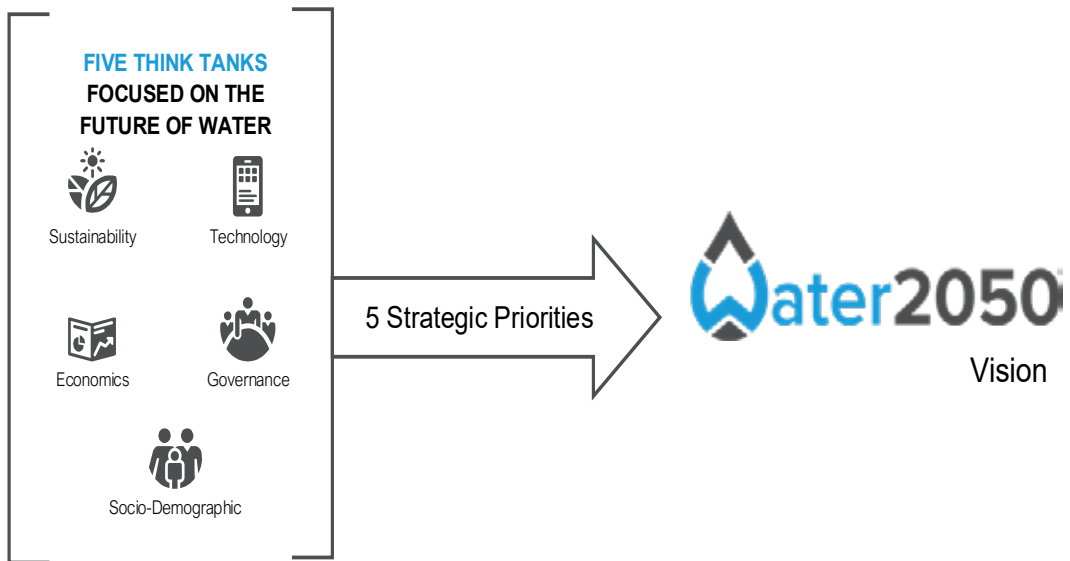
Water2050 Program (2012) in collaboration with the U.S. Environmental Protection Agency

Water2050

In some U.S. cities, there will be stretches of days at a time when **extreme heat** will make it dangerous to venture outdoors. Heat waves around the country **could last up to a month.**

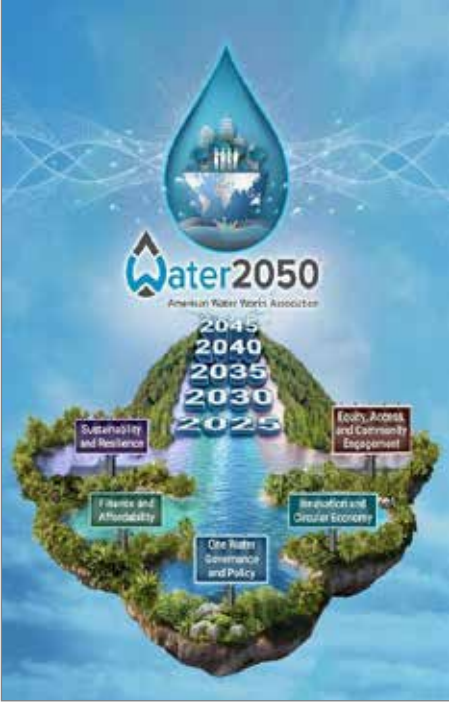
Water2050 Program (2012) in collaboration with the U.S. Environmental Protection Agency

THE WATER 2050 JOURNEY TO-DATE





WATER 2050 VISION



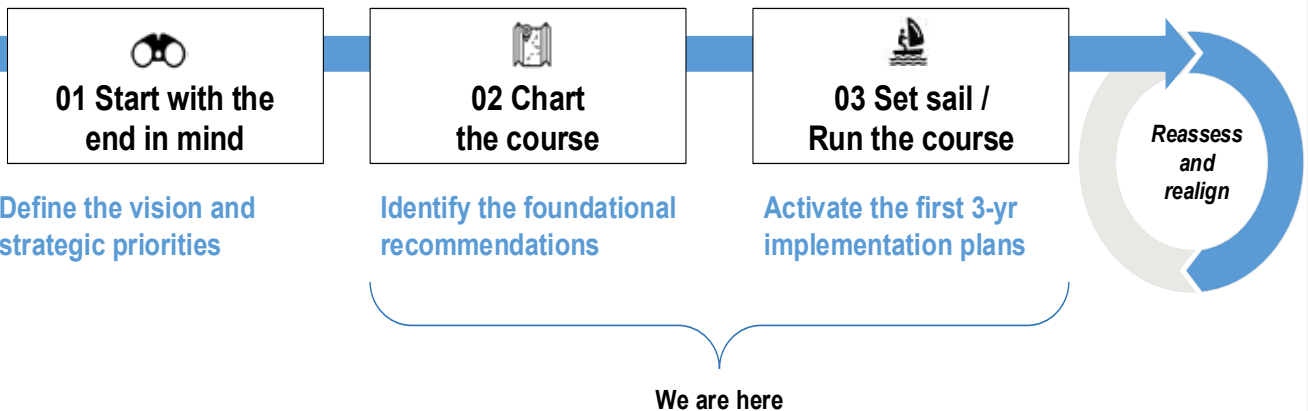
A secure, sustainable, affordable, resilient, and innovative water future for all, in which everyone in the water community is collectively responsible for the management and preservation of this vital resource.



THE PATH FORWARD

Realizing the vision:

- ◆ Teamwork – Strategic Implementation Teams (SITs)
- ◆ Begin with the end in mind!
- ◆ Collaboration and partnerships





STRATEGIC PRIORITIES



Sustainability & Resilience



Innovation & Circular Economy



Finance & Affordability



One Water Governance & Policy



Equity, Access & Community Engagement

15



WATER 2050 STRATEGIC PRIORITIES

16



A **sustainable and resilient water future** that can withstand environmental, technical, economic, political, and demographic challenges.

1

Proactively and consistently addresses cyber risks

2

Define a "net zero" water community and reduce climate impact

3

Use real-time monitoring to enhance resource resilience.



A **circular water economy** can transform treatment outputs—liquid, solid, and energy—into valuable resources, minimizing waste.

1

Maximize reuse and conservation while using AI to drive equitable, sustainable outcomes.

2

Optimize efficiency through a circular water economy





FINANCE AND AFFORDABILITY / VISION



The water community will recognize water's full costs while maintaining **affordable access** for low-income communities.

1

Identify and share funding resources.

2

Create a pricing model that covers costs while ensuring affordable access to water.

3

Implement best practices that improve a utility's financial sustainability.

19



ONE WATER GOVERNANCE AND POLICY / VISION



A One Water future ensures **water is governed to maximize its value**, serving communities and preserving ecosystems.

1

Integrate governance of drinking water, wastewater, and reuse.

2

Encourage national governance with a One Water regulatory framework.

3

Achieve economies of scale through consolidation.

20



EQUITY, ACCESS AND COMMUNITY ENGAGEMENT / VISION



Water will be provided **equitably and affordably**, with a **shared commitment** to preserve and protect this resource.

1

Deepen understanding of community needs and build trust.

2

Attract a diverse, skilled, and tech-savvy water workforce.

21



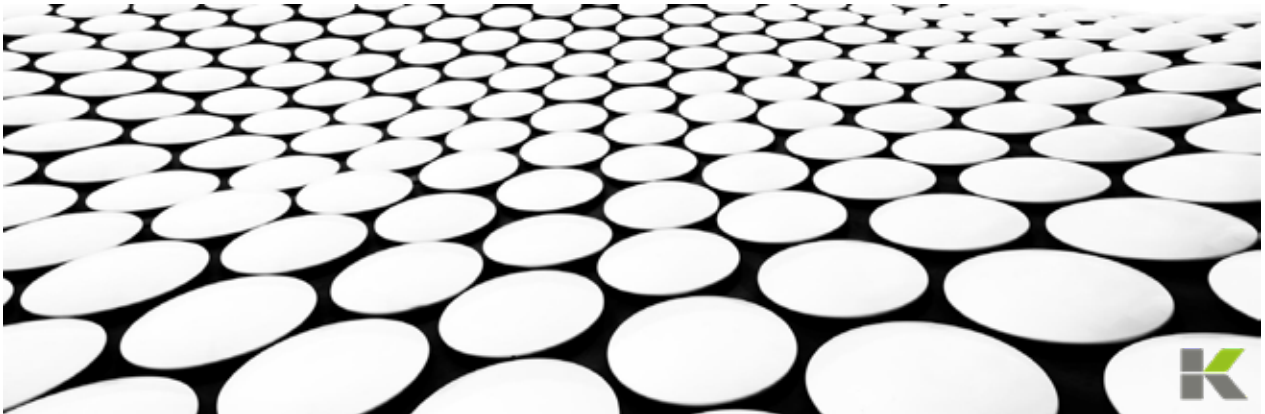
Q&A



THE EVOLUTION OF INFRASTRUCTURE ASSET MANAGEMENT: THEN, NOW, AND THE FUTURE

COLIN CHUNG, PH.D. (PRESIDENT, KAYUGA SOLUTION / AWWA INTERNATIONAL RELATIONSHIP MANAGER)

University of Seoul (November 12, 2024)



INFRASTRUCTURE DON'T LAST FOREVER



STATE OF INFRASTRUCTURE (ASCE 2021)



Source: ASCE 2021 Infrastructure Report Card



US DRINKING WATER INFRASTRUCTURE FUNDING GAP

HIGHLIGHTS

Our nation's drinking water infrastructure is composed of **2.2 million miles of pipe (3,540,557 km)**

By 2019, utilities were replacing between 1% and 4.8% of their pipelines **per year on average**

It is estimated that more than **12,000 miles of water pipes (19,312 km)** were planned to be replaced by drinking water utilities **across the country in 2020**

Source: ASCE 2021 Infrastructure Report Card

WATER LEAKS IN LOS ANGELES



Source: Los Angeles Department of Water and Power, Mapbox and OpenStreetMap

By the numbers

(10,830 km)

6,730 — Miles of pipe in the DWP water main network

(700 km)

435 — Miles of deteriorated water mains that DWP wants to replace, about 6.5% of the network

(1.8 trillion KRW)

\$1.34 billion — Cost to replace at-risk water mains by 2025

(59.4 billion KRW)

\$44 million — Annual average amount DWP has spent on pipe replacement in the last eight fiscal years

(182 billion KRW)

\$135 million — Annual spending needed to reach 10-year pipe replacement goal

Source: Los Angeles Department of Water and Power



HOW MUCH PIPE ARE WE TALKING ABOUT?

- City of Los Angeles (LADWP) have about 6,730 miles (10,830 km) of pipe



HISTORICAL DEVELOPMENT TREND OF US INFRASTRUCTURE

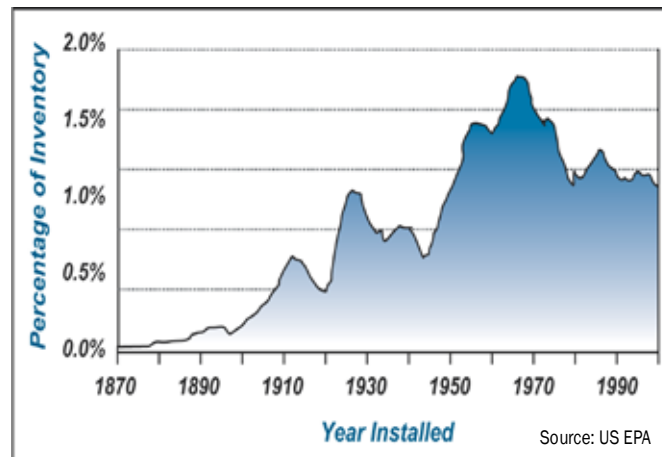


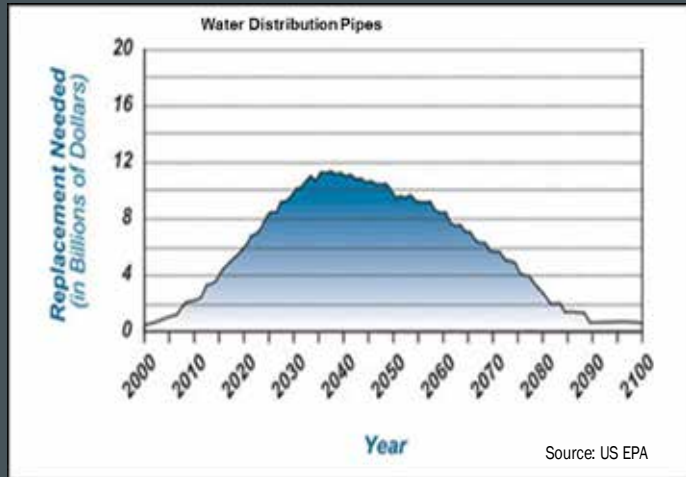
TABLE 2.1 ★ Design Life of Drinking Water Systems

COMPONENTS	YEARS OF DESIGN LIFE
Reservoirs and Dams	50-80
Treatment Plants—Concrete Structures	60-70
Treatment Plants—Mechanical and Electrical	15-25
Trunk Mains	65-95
Pumping Stations—Concrete Structures	60-70
Pumping Stations—Mechanical and Electrical	25
Distribution	60-95

SOURCE US EPA Clean Water and Drinking Water Infrastructure Gap Analysis Report, September 2002

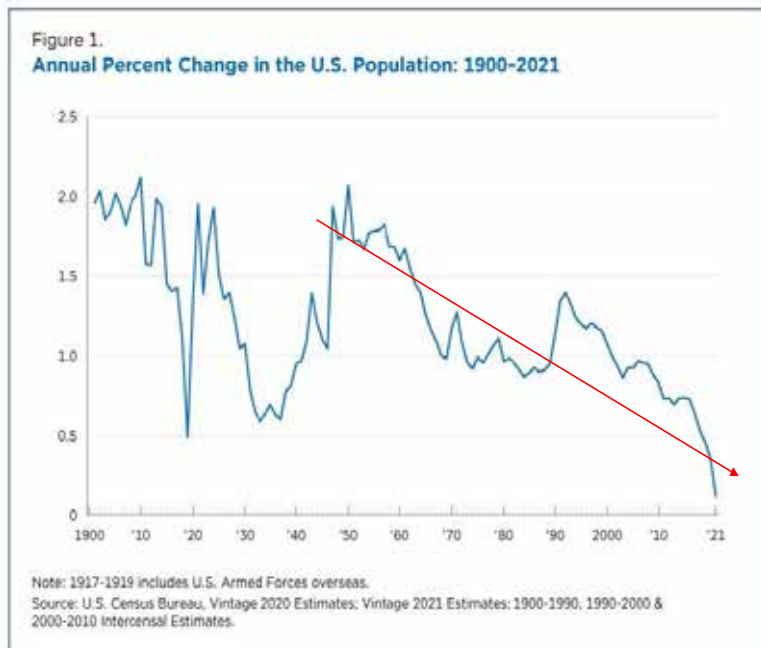
**ESTIMATED
INFRASTRUCTURE
ASSET DESIGN
LIVES**

FUTURE NEEDS OF U.S. INFRASTRUCTURE

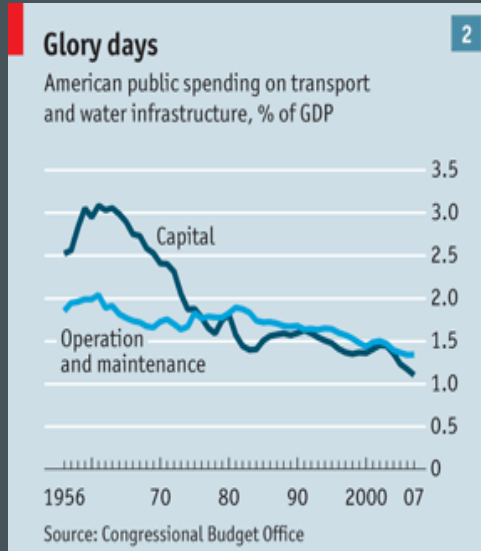


US POPULATION GROWTH TREND

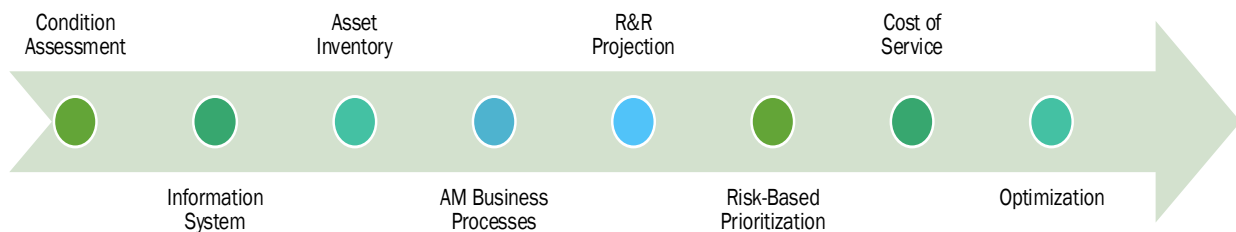
- Transitioning from *Development* to *Management*



CAPITAL VS. O&M



EVOLUTION OF ASSET MANAGEMENT IN US



CONDITION ASSESSMENT



- 1999 - GSBY 34 (Governmental Accounting Standards Board)
 - Modified Approach - Based on asset's actual condition rather than straight-line depreciation
- 2005 - CMOM (Capacity, Management, Operations, and Maintenance)
 - Encourage to management of wastewater systems to prevent SSOs (Sanitary Sewer Overflows)



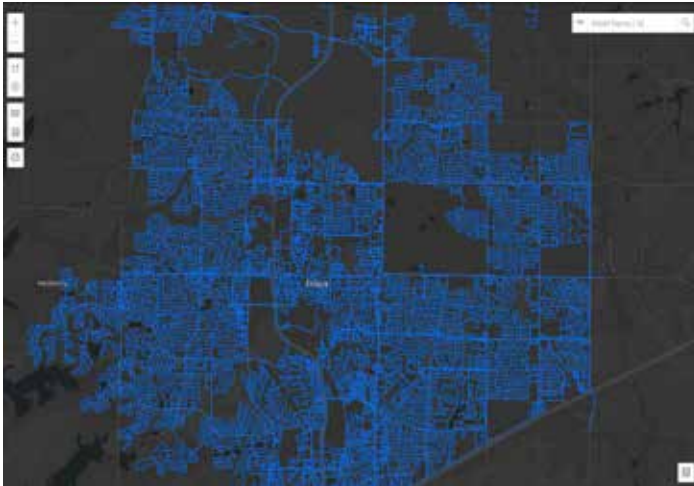
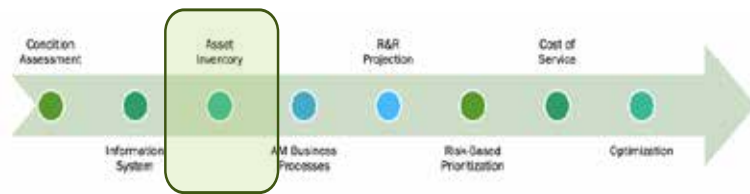
INFORMATION SYSTEM



- CMMS (Computerized Maintenance Management System)
- GIS (Geographic Information System)
 - Became widely used with the rise of the internet in the 2000s
- ERP (Enterprise Resource Planning System)
 - Finance
 - Human resources



ASSET INVENTORY



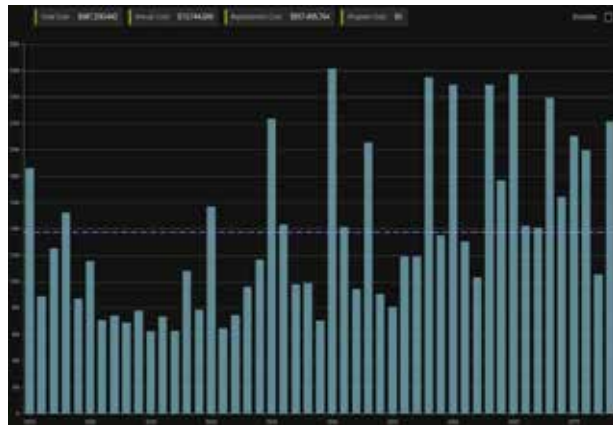
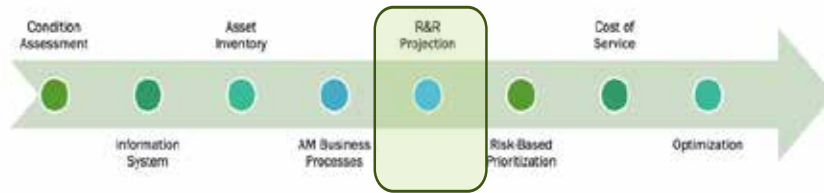
BUSINESS PROCESSES



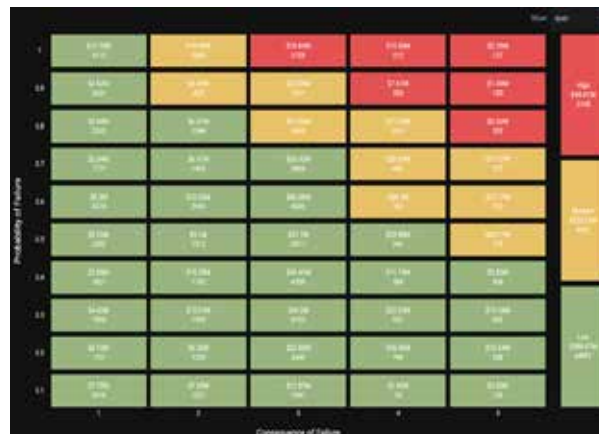
- 2014 - ISO 55000, 55001, 55002
 - ISO 55000 - AM Overview, Lifecycle Approach, Organizational Goals, Risk Management, Stakeholder Engagement, Continual Improvement
 - ISO 55001 - Requirements for establishing, implementing, maintaining, and improving asset management system
 - ISO 55002 - Guideline for the application of ISO 55001



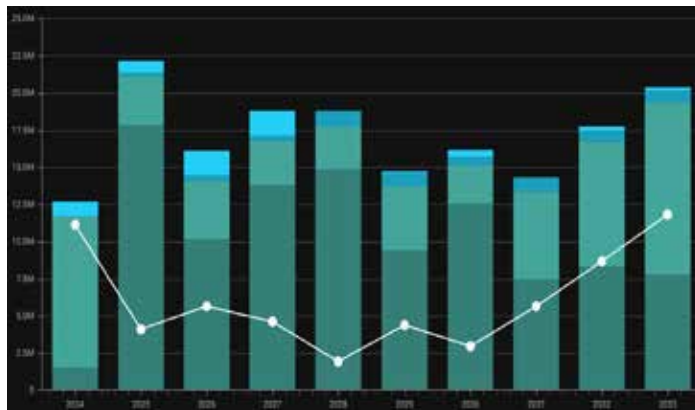
ASSET REPLACEMENT PROJECTION



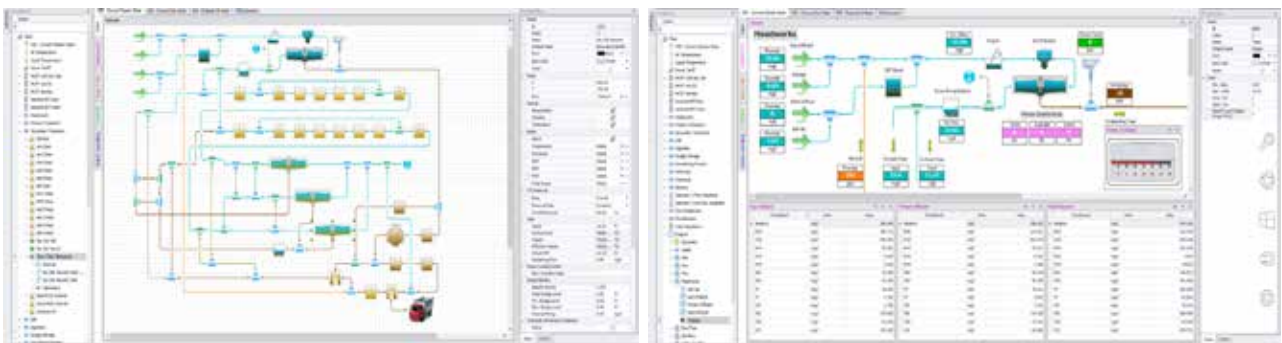
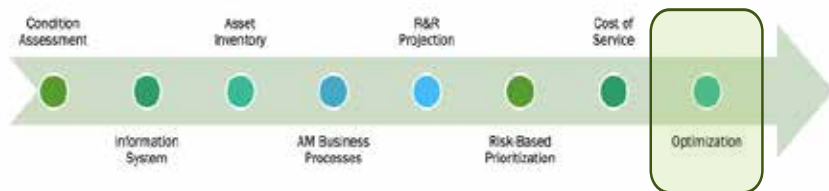
RISK-BASED PRIORITIZATION



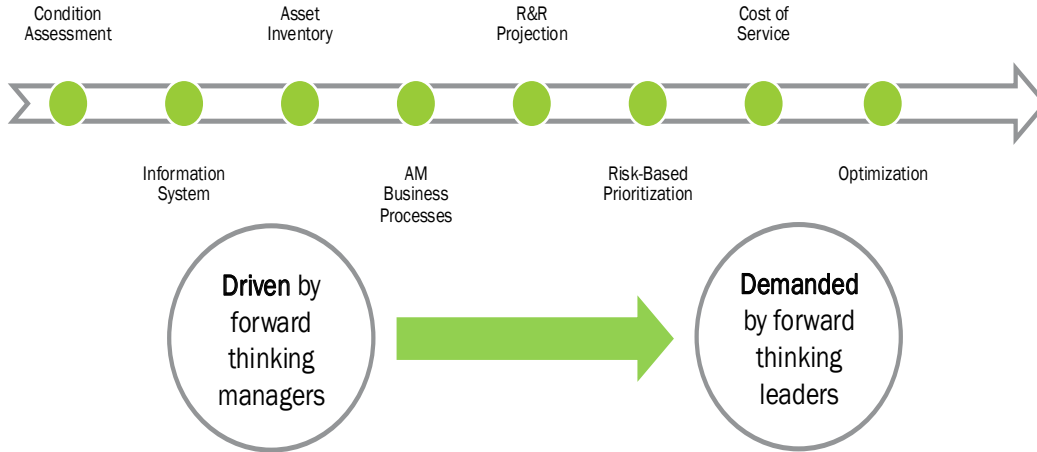
COST OF SERVICE



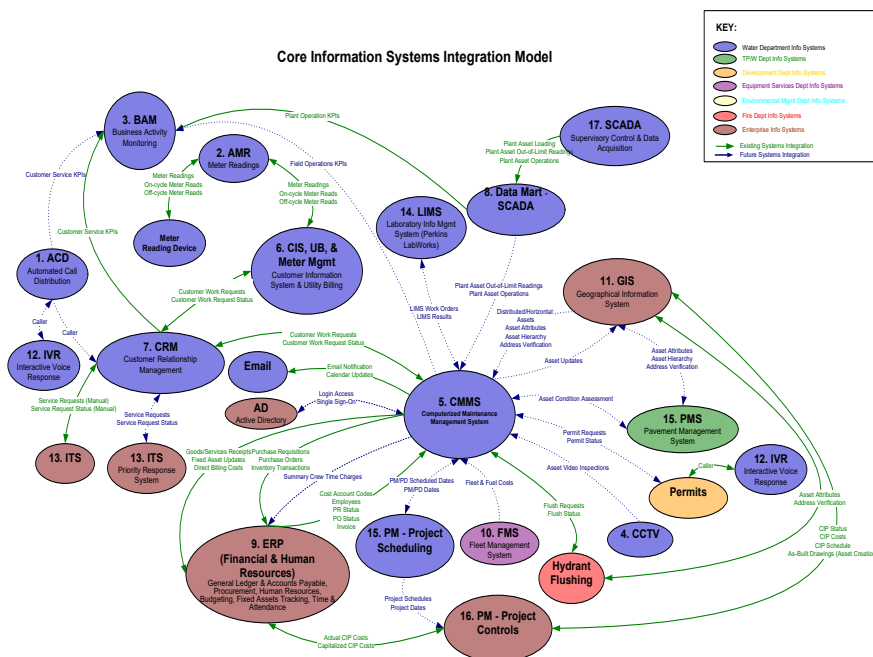
OPTIMIZATION



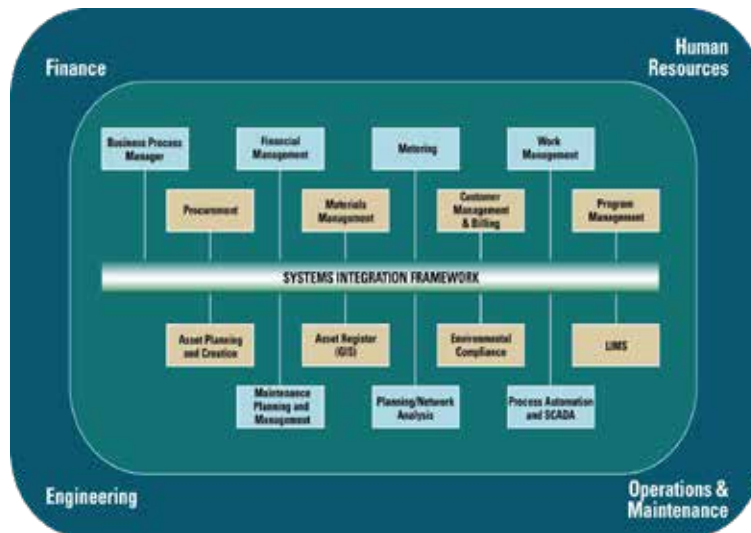
EVOLUTION OF ASSET MANAGEMENT IN US



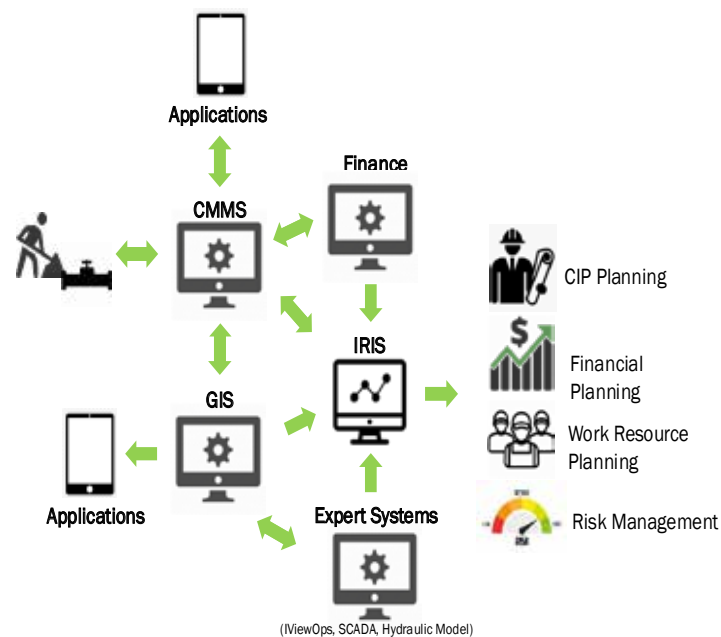
TYPICAL ASSET MANAGEMENT INFORMATION SYSTEM NETWORK



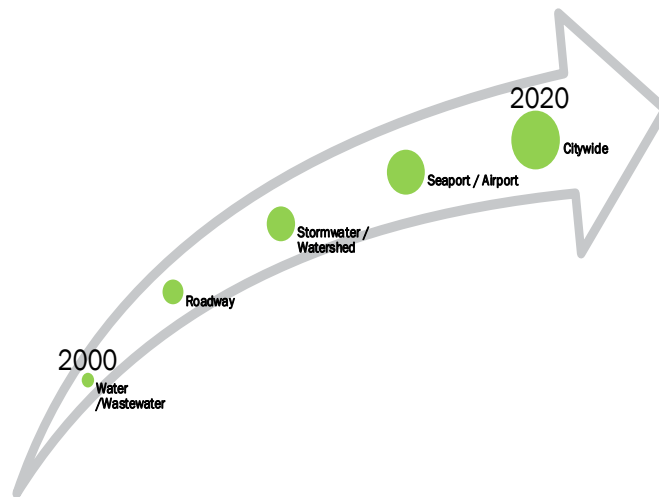
INTEGRATED ASSET MANAGEMENT INFORMATION SYSTEM



ASSET MANAGEMENT INFORMATION SYSTEM ARCHITECTURE



EVOLUTION OF ASSET MANAGEMENT IN US

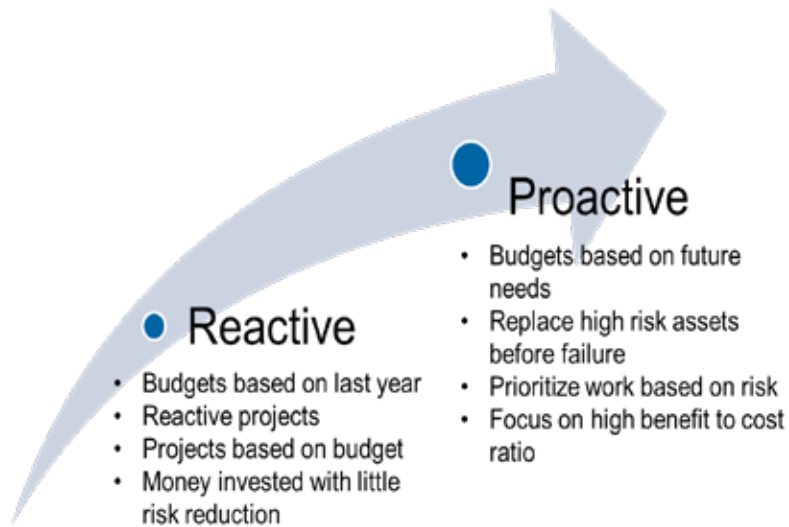


WHERE IS ASSET MANAGEMENT GOING?

- OPTIMIZATION
 - Decentralization
 - Centralized System → Decentralized System
 - Automation
 - Sensory
 - Artificial Intelligence
 - Health & Safety
 - Real time protection of public health



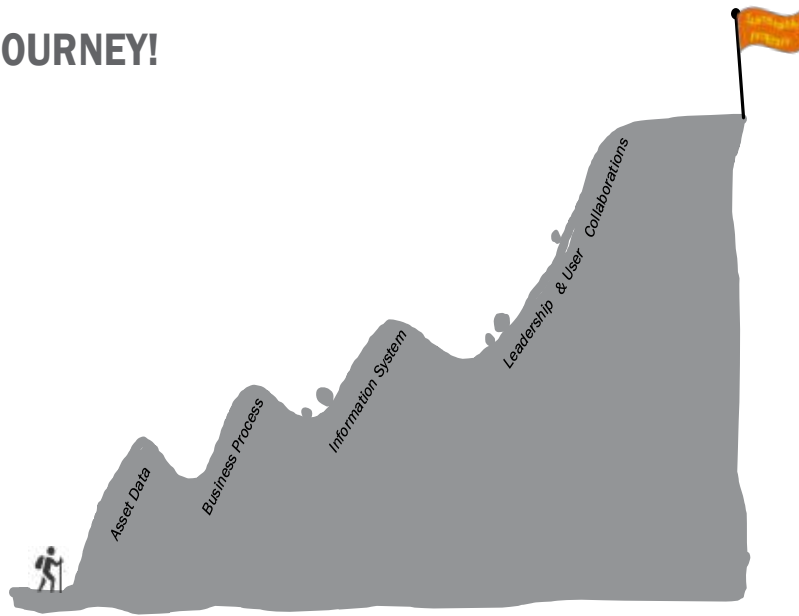
ASSET MANAGEMENT IS ABOUT...



ASSET MANAGEMENT IS A JOURNEY



AN UPHILL JOURNEY!



THANK YOU!



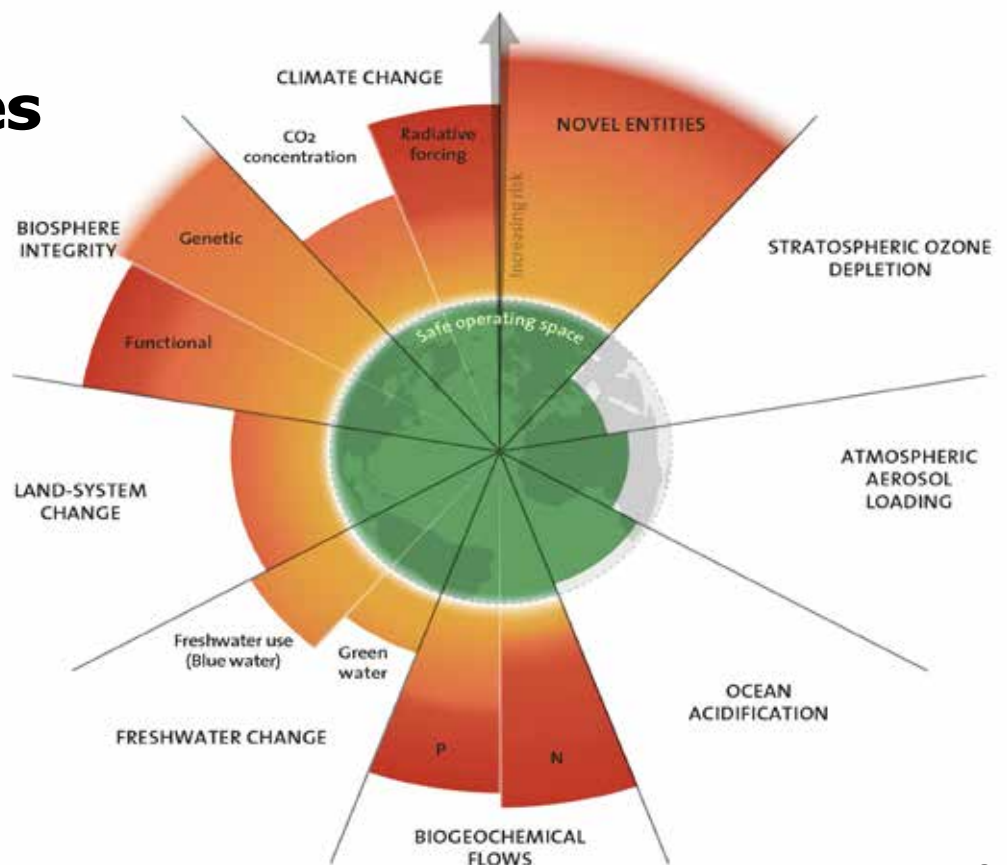
Strategies for achieving net-zero GHG emissions by 2050 in the material cycles and waste management sector in Japan

12 November 2024

In-Hee HWANG
Hokkaido University

Planetary boundaries

9 boundaries estimated
6 crossed in 2023



Source
Stockholm Resilience Centre

4 July 2020
Hitoyosi, Kumamoto Prefecture, Japan

Source: THE MAINICHI NEWSPAPERS



7 August 2020
Gokseong, Jeollanamdo, Korea

Source: KOOKMINILBO



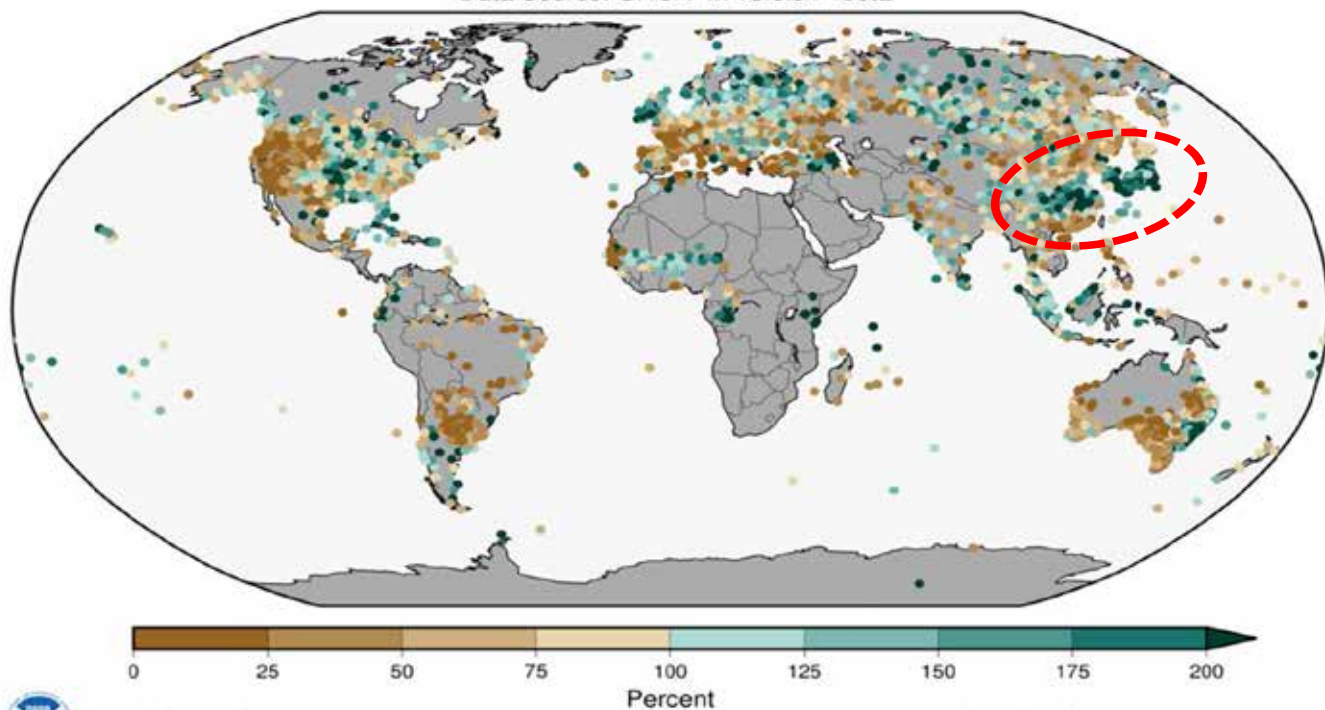
20 July 2020
Guangxi Zhuang Autonomous Region, China

Source: CHINA DAILY



Land-Only Percent of Normal Precipitation Jul 2020
 (with respect to a 1961–1990 base period)

Data Source: GHCN-M version 4beta

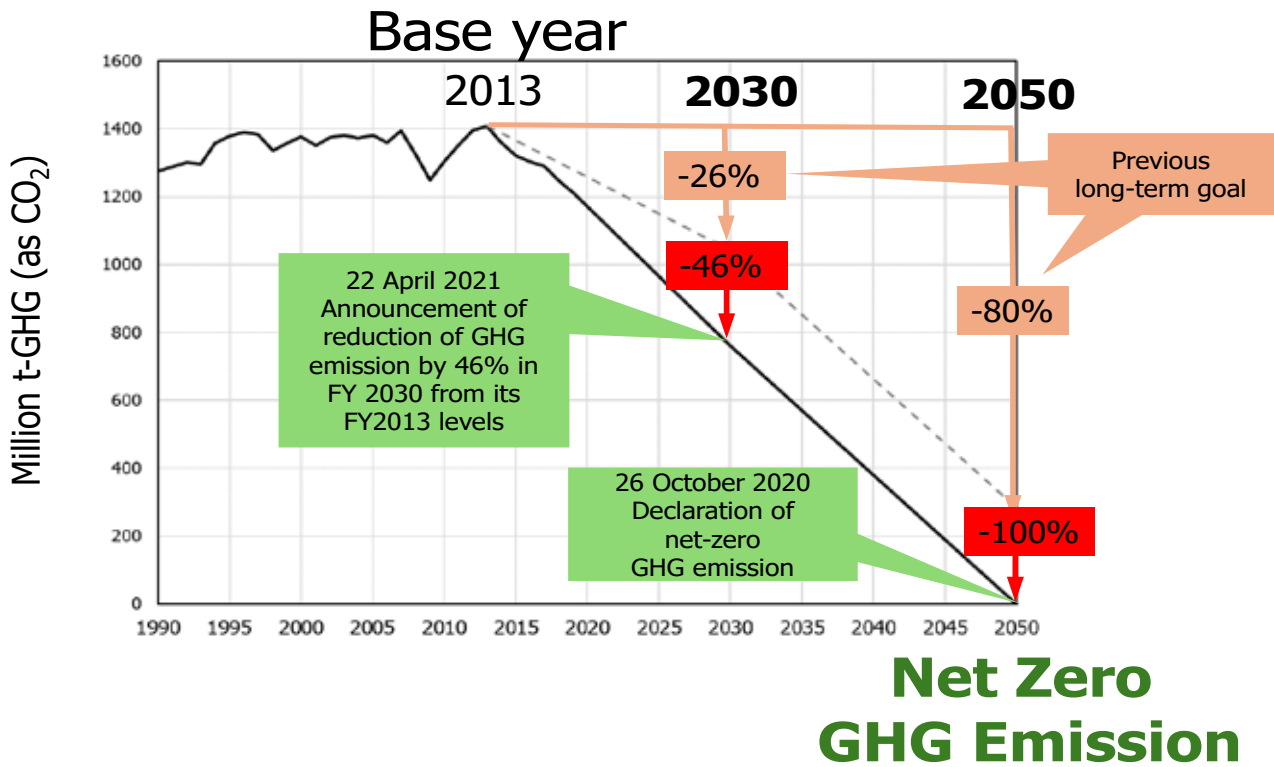


National Centers for Environmental Information

Please Note: Gray areas represent missing data
 Map Projection: Robinson

<https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/202013>

Roadmap to tackle the climate change in Japan

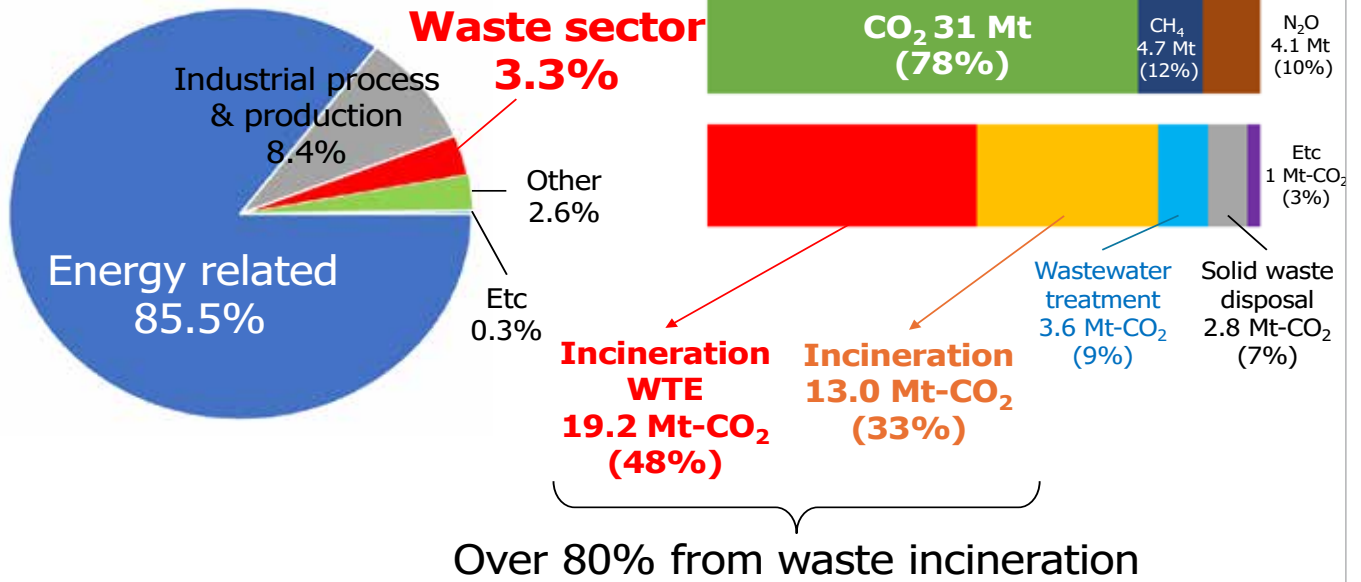


5

Medium- and long-term scenarios for net zero GHG emissions in material cycles and waste management sector

GHG emissions from waste sector in Japan

Total GHG emissions (FY2019)
1,212 Mt-CO₂ eq



Data source
 National Institute for Environmental Studies

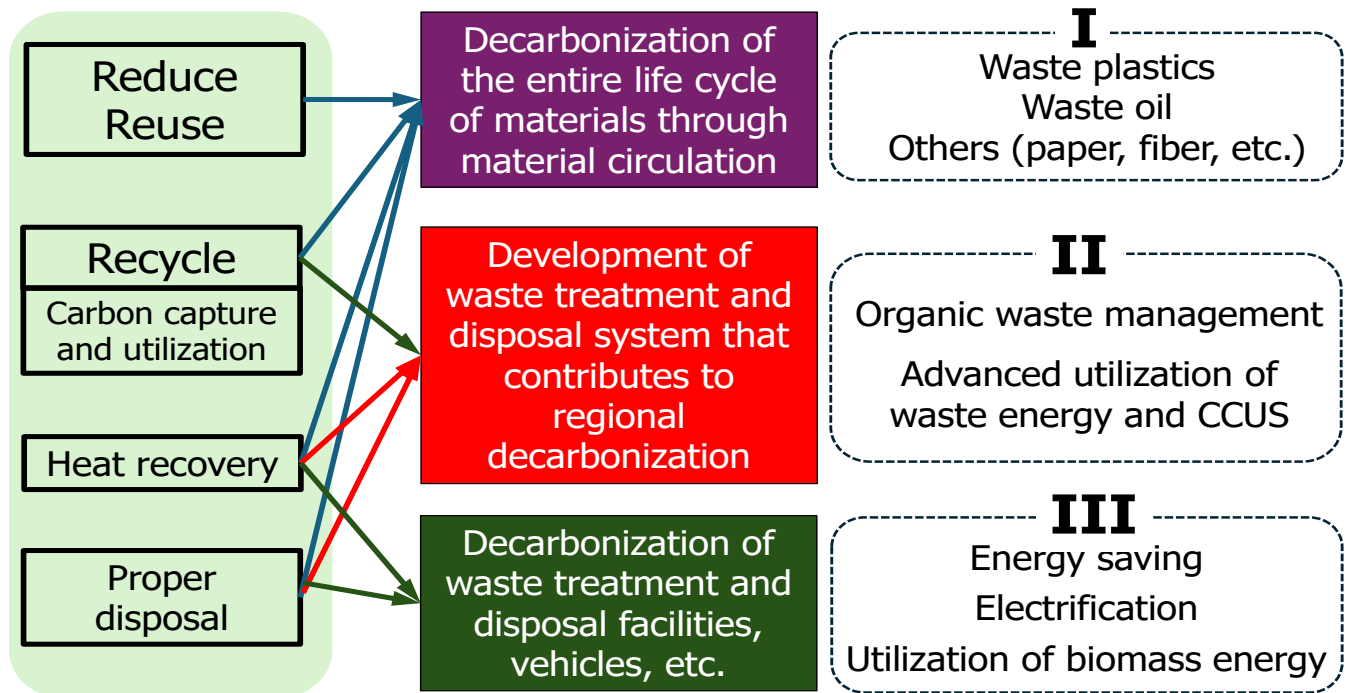
7

Direction of measures and priority area of action

3R+Renewable

Direction of measures

Priority area of action



REF: K. Yamaji et al.(2023), J. Material Cycles and Waste Management, 25, 1807-1823

8

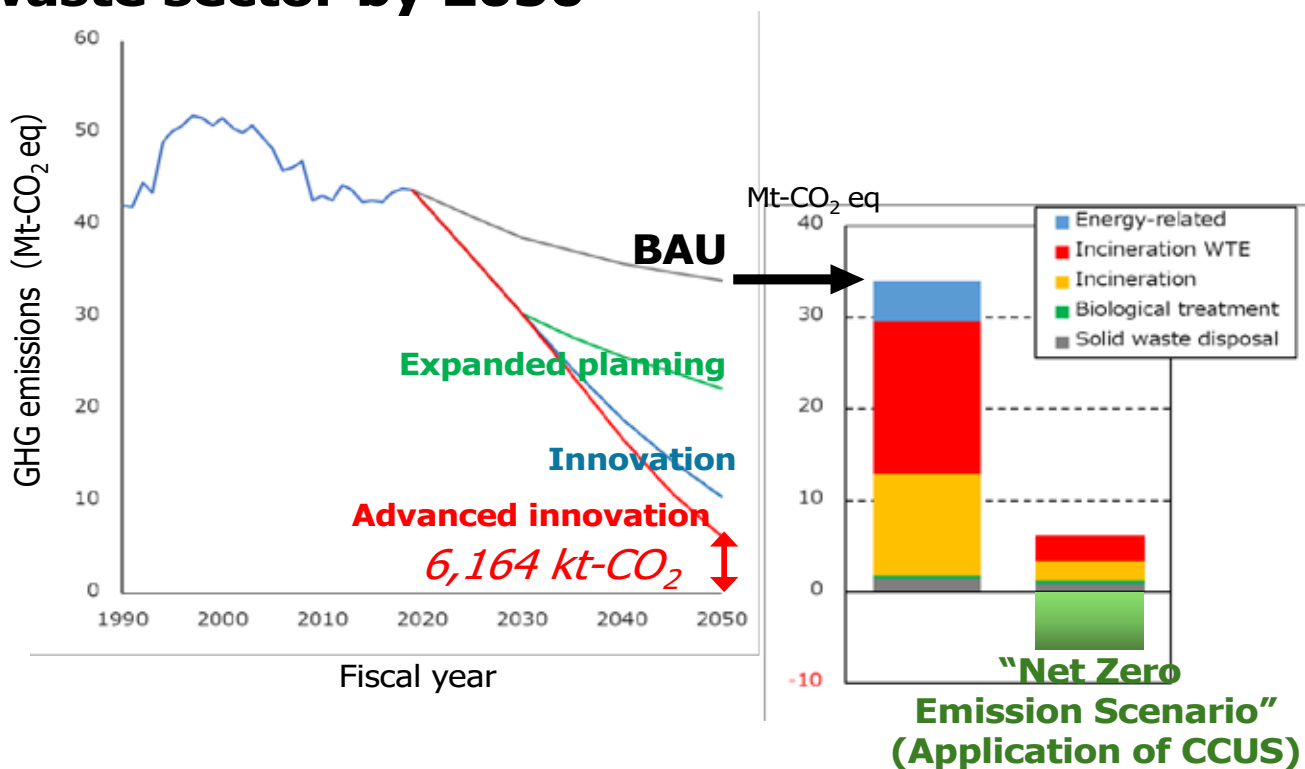
Medium- and long-term scenarios

Scenario	Description
BAU	Assumes current measures around FY2019 will be continued without changing by 2050
Planning	Assumes the implementation of existing government plans, regulatory frameworks, and industry efforts for GHG emission reductions and material cycles (Japan's National Climate Action, Resource Circulation Strategy for Plastics, Roadmap for Bioplastics, Act on Promotion of Resource Circulation for Plastics, industry targets, etc.)
Expanded planning	Assumes that in addition to the Planning Scenario, additional measures are taken to reduce energy-related CO ₂ emissions from waste treatment emissions from waste treatment facilities, waste collection & transport vehicles, etc.
Innovation	Building upon the Expanded Planning Scenario, assumes further GHG emission reductions through technical innovations in each priority area, gauged realistically considering current innovation trends, etc.
Advanced innovation	Building upon the Innovation Scenario, assumes further progress, gauged more optimistically based on current innovation trends
Net Zero Emission	Building upon the Advanced Innovation Scenario, assumes waste treatment facilities will adopt CCUS (actually, CCS for this scenario) to completely offset GHG emissions from the material cycles and waste management sector
Maximum Action	Building upon the Net Zero Emissions Scenario, assumes waste treatment facilities will use CCUS to the maximum possible

REF: K. Yamaji et al.(2023), J. Material Cycles and Waste Management, 25, 1807-1823

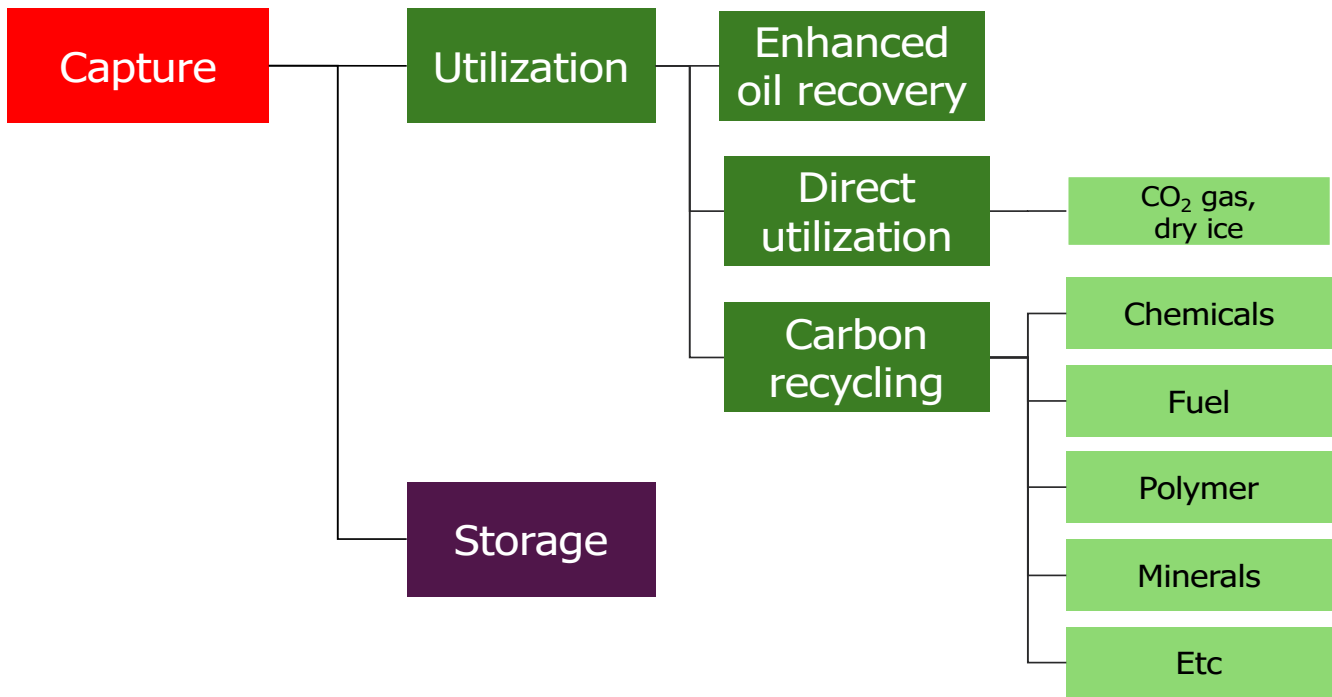
9

Comparison of GHG emission by scenario in waste sector by 2050



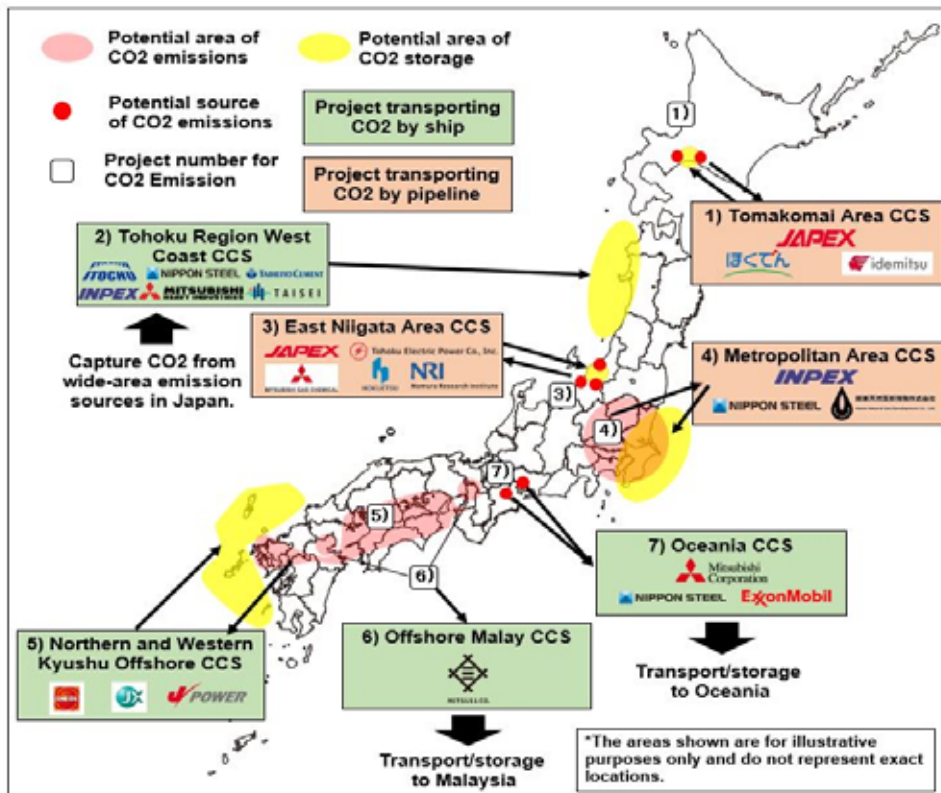
10

Carbon dioxide Capture, Utilization, and Storage



11

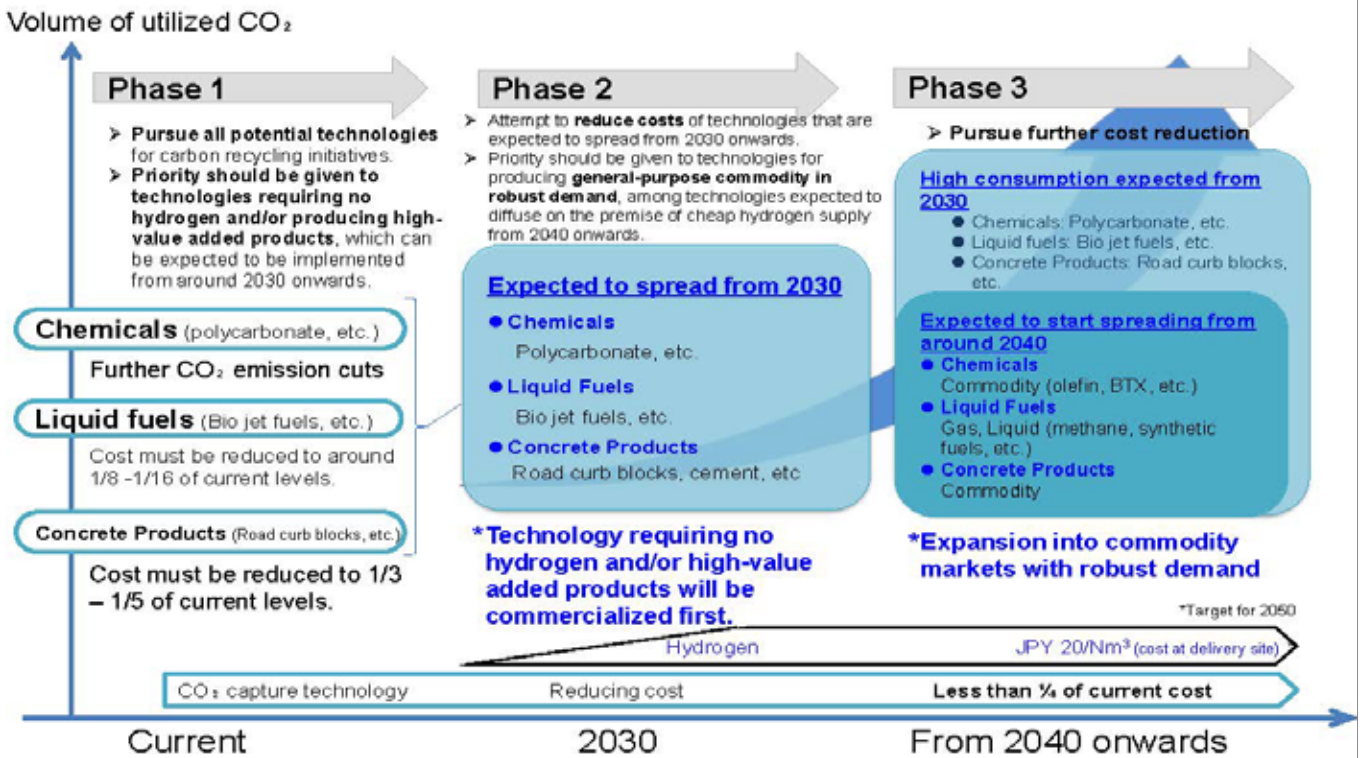
Japanese advanced CCS projects (June 13, 2023)



Source
Full-scale Commencement of Japanese CCS Projects (2023) : Ministry of Economy, Trade and Industry

12

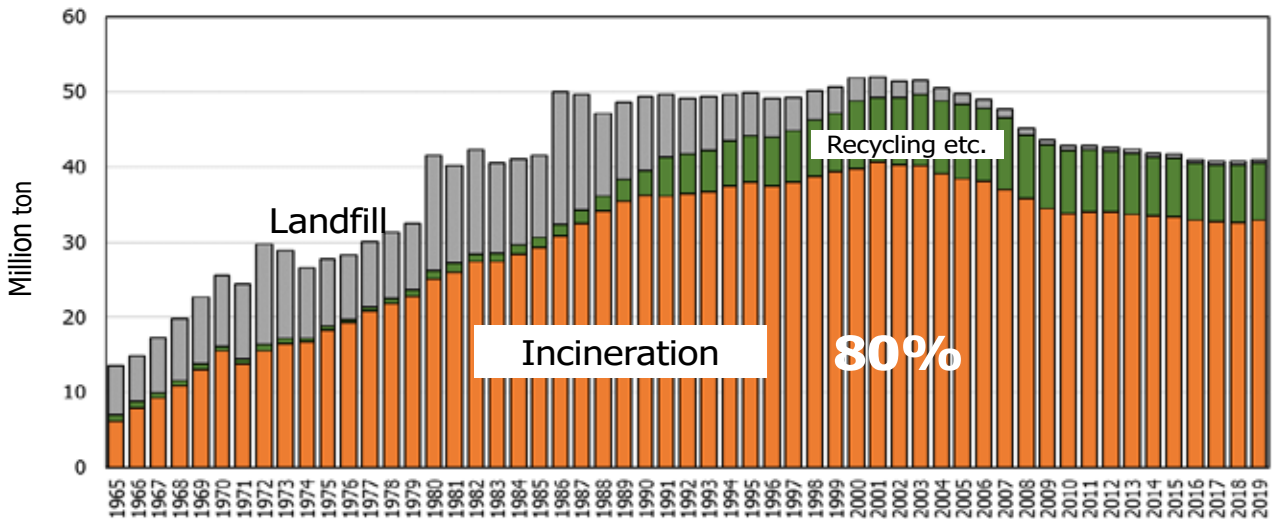
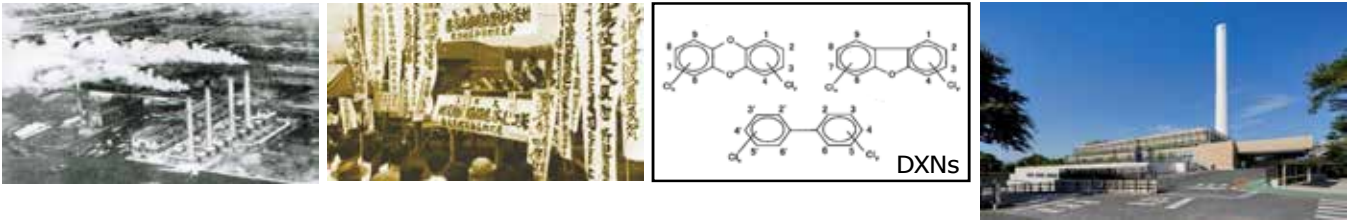
Roadmap for Carbon Recycling Technologies



Source
Roadmap for Carbon Recycling Technologies (July 2021 Revision) : Ministry of Economy, Trade and Industry in cooperation with the of Cabinet Office, Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology & Ministry of the Environment

Thermal treatment of solid waste based on CCUS

Waste incineration rate in Japan

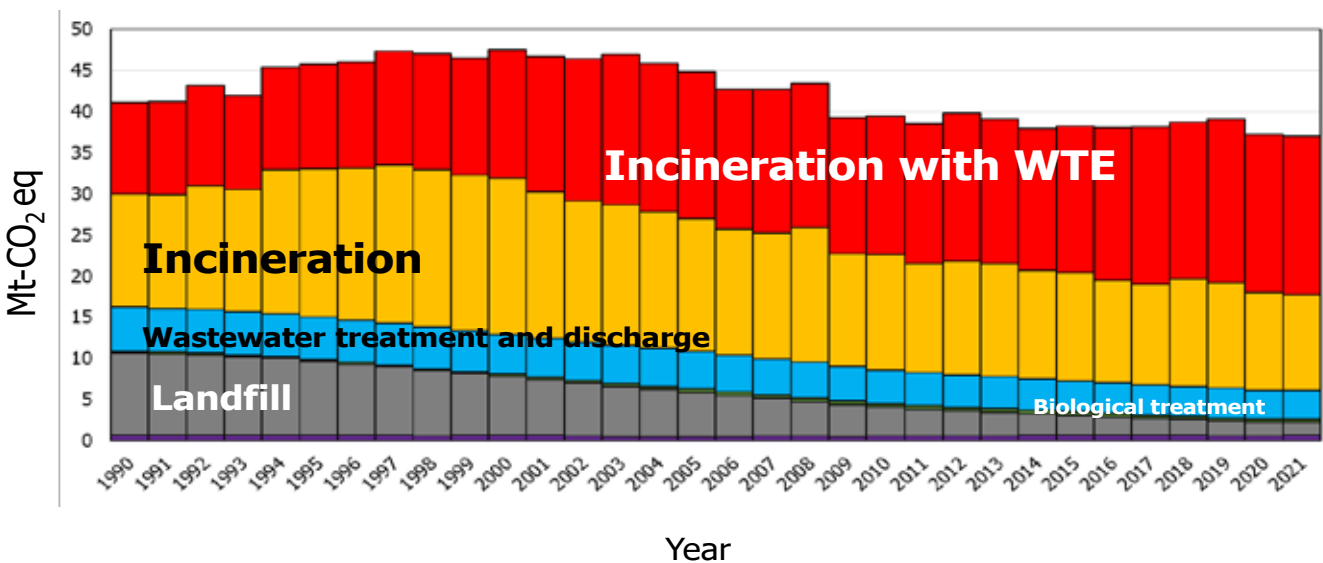


15

Trends in GHG emissions in waste sector

GHG emission in the waste sector in 2019 → 40 Mt-CO₂ eq

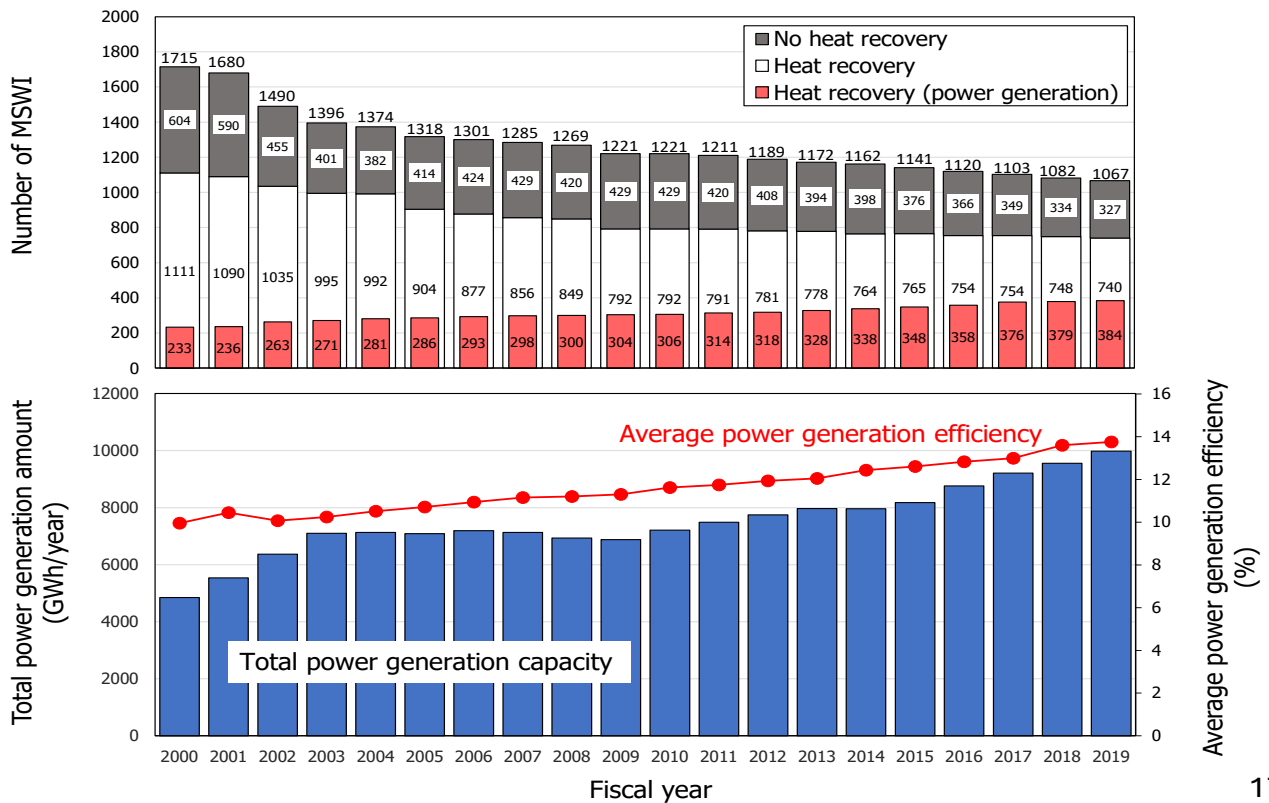
"About 3% of total GHG emission in Japan"



Data source
National Institute for Environmental Studies

16

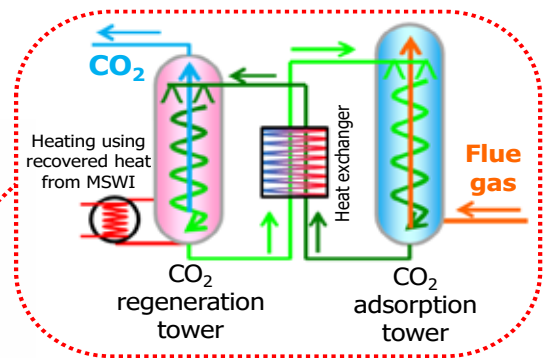
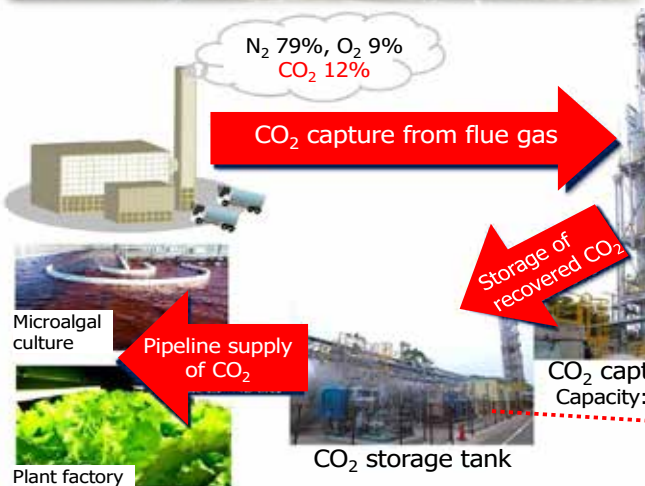
Heat and energy recovery of MSWIs in Japan



CCU of WTE incineration facility (Saga city)



MSW incineration capacity
300t/d (100t/24h*3 lines)



Quality of CO₂ gas

Concentration 99.5%

Hg and Hg compounds } Not detected

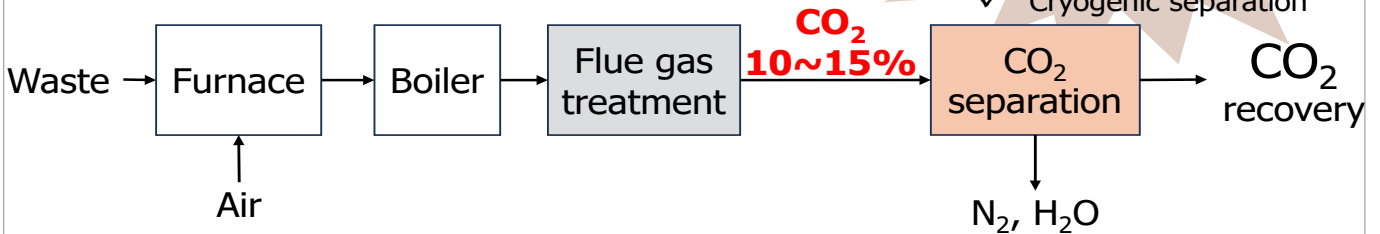
As and As compounds }

Pb and Pb compounds }

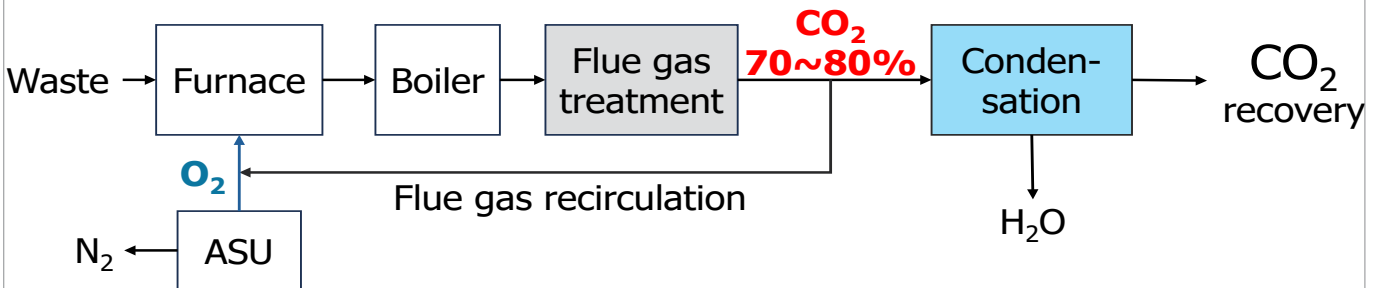
DXNs < 0.02 pg-TEQ/m₃

WTE type from the perspective of CO₂ separation and capture

Air combustion



Oxyfuel combustion



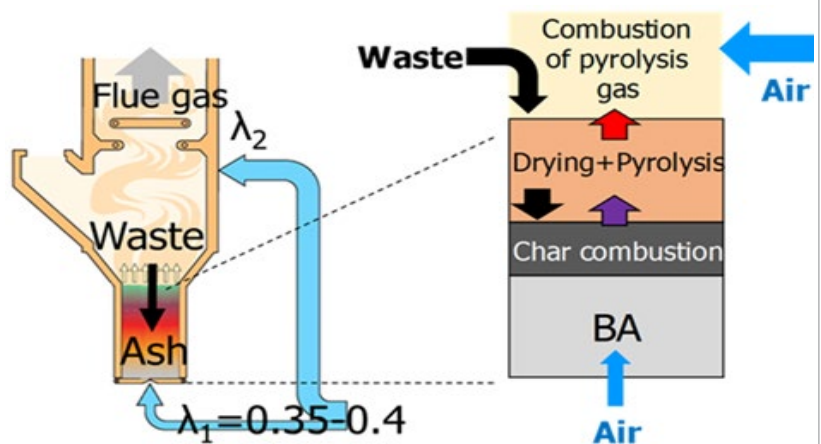
What are the impacts of oxyfuel combustion on flue gas treatment in waste incineration?

To evaluate NO_x generation in the vertical type waste incinerator under oxyfuel and air combustion using CFD simulation

Step 1. Create a reaction mechanism for the waste bed under oxyfuel combustion and air combustion conditions

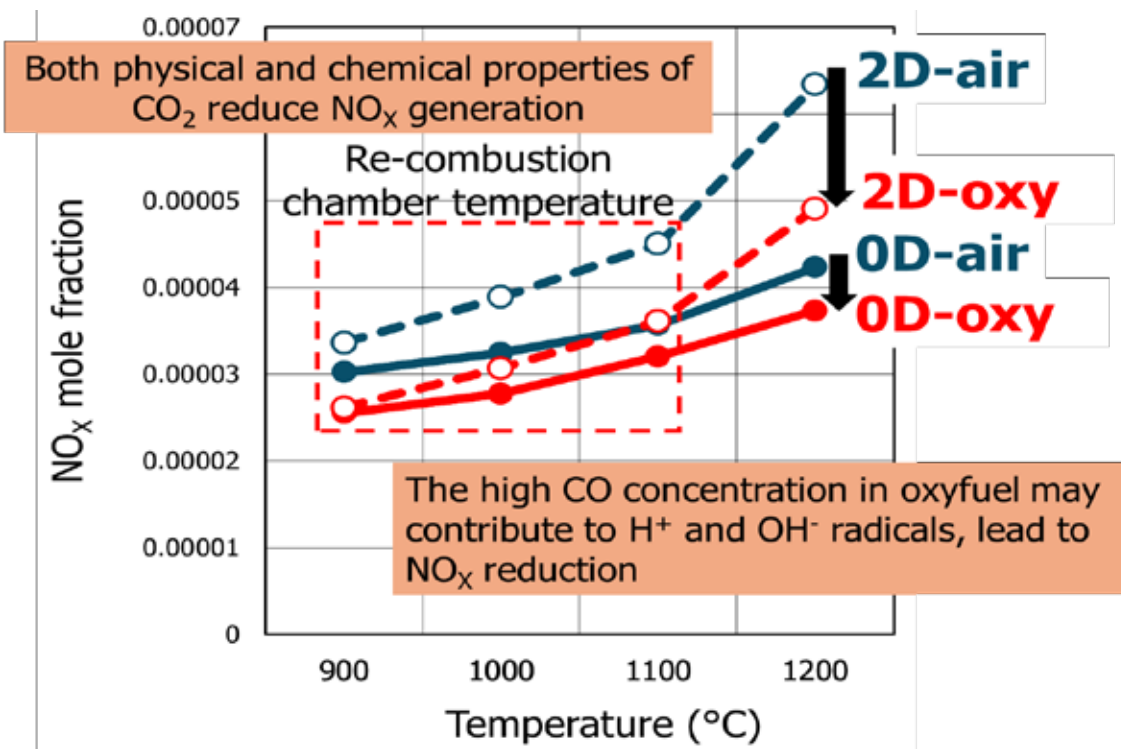
Step 2. Model the re-combustion chamber using NO_x reaction mechanism

Step 3. Simulate the chemical system in a space-dependent model and include the species transport, heat transfer, and fluids flow using CFD



Vertical type waste incinerator

Comparison of NO_x concentration in oxyfuel and air combustion



21

Thank you for your attention



Session A

물과 바람이 하나되어~



ESG 대학경영과 캠퍼스 탄소중립



2024. 11. 12.

○ 국립공주대학교 총장 임경호

I. ESG 대학경영을 선포하다.

국립공주대학교 ESG 선포식



공주대, '지속가능 ESG 경영' 선포식

입력 2024.06.05 (19:38) | 수정 2024.06.05 (19:43)



ESG 개념



○ ESG는 환경(Environmental), 사회(Social), 지배구조(Governance)의 약자로, 환경, 사회적 책임, 건전하고 투명한 지배구조에 초점을 둔 지속가능성을 달성하기 위한 경영의 3가지 핵심요소



환경 Environmental

기후변화 대응

자원관리 및 에너지 효율

탄소 발자국 감소 방안



사회 social

노동 관계와 인권 보호

다양성과 포용성

사회적 책임, 공정한 사회 기여



거버넌스 Governance

투명한 경영 및 윤리적 경영

이사회 구성 및 역할

주주참여 및 이해관계자 관리

ESG 를 생각하는 이유(배경)



- 세계 경제의 불평등 심화 및 지구 온난화 가속 등의 결과에 따른 반작용으로 지속가능 ESG경영 관심 증대
- 21년 정부는 환경, 사회적 책임, 투명한 지배구조 등 ESG 역량강화를 핵심으로 하는 K-ESG 가이드 라인 발표
- 대학 - 지역사회 공감대 형성을 통한 대학 경쟁력 확보 및 **지속가능 고등교육 생태계 구축**
- **기후변화, 코로나19 팬데믹 등 예측 불가 환경 변화에 대한 대학의 대응노력이 필요**



○ QS Sustainability Rankings 항목

환경적 영향 (3) : 지속가능한 기관, 지속가능한 교육, 지속가능한 연구

사회적 영향 (5) : 평등성, 지식 교류, 교육의 영향, 고용가능성과 기회, 삶의 질

대학의 ESG 경영



○ 두 가지 방향

1) 교육기관의 본분: ESG 전문 인재 양성

- 기업 경영 현장에 필요한 지속가능성 관련 문제해결 능력(기획력, 기술력) 소유 인재 양성

2) 대학 자체의 지속가능성 확보

○ 국립공주대 ESG 활동의 우선 순위

- 1) 4차 산업혁명 시대와 고령화에 부응하는 **학생맞춤형 교육 및 평생학습 체계 구축**(HEM)
- 2) 국립대학으로서 사회적 책무를 다하는 지역인재 배출을 목표로 **교육과 연구시스템 혁신**(S)
- 3) 에너지 다소비 기관으로서 에너지원 다변화와 온실가스 감축분야에서 **체감적 성과를 창출하는 탄소중립화 계획 수립**(E)

비전 및 전략목표(안)



○ ESG 비전 “미래 50년, 공동체로부터 신뢰와 사랑을 받는 국립공주대학교”를 만드는 ESG 활동

- 발전목표 ESG 경영 실천을 통한 지속가능한 미래가치 창출
- 슬로건 E(이로운) S(세상을) G(교육하는) 국립공주대학교 함께해요 ESG!

○ ESG 전략목표



지역사회-대학 동반성장 사업 예시(HEM)



의과대학, 수의과대학 신설 <ul style="list-style-type: none"> • 의료취약지역에 대학병원 신설 추진 • 의료기관에 필요한 의료인력 양성 • 의로서비스 보장 및 의료 격차 해소 • 축산단지 관리에 필수 인력 양성 	글로벌 미래인재 양성 <ul style="list-style-type: none"> • 디지털 융복합 교양교육 (학생창의 능력 증진 프로그램) • 4차산업 혁명 대응 미래인재 육성 교과목 개발 • 학생의 선택권 확대 자율전공제 등 다양한 교과인증과정 개설 	RISE 연계 캠퍼스 특성화 <ul style="list-style-type: none"> • 천안: 반도체, 미래모빌리티 • 예산: 국제융합, 그린바이오 • 공주: OTT스튜디오, 교육 특구
--	---	--

지역사회-대학 동반성장 사업 예시(E)



그린캠퍼스 조성 및 친환경 대학 문화 확산



- 통합 BEMS 및 에너지 사용량 실시간 모니터링 체계 구축
- 대학 온실가스 인벤토리 구축
- 에너지 절감 정량 목표 설정과 실행
- 신재생 에너지원 사용 확대

친환경 탄소성적 인증제품 구매



- 1회 용품 제로 챌린지
- 친환경 지역생산품 구매로 지역사회와 지속가능성을 이슈로 한 파트너십 구축
- 탄소성적 인증제품 등을 우선 선택하는 학내 소비 정책 수립

폐기물 분리수거 및 재활용 프로젝트 사업



- 발생 폐기물의 분리배출 및 자원화를 증대
- 페플라스틱 재활용 프로젝트 등 교직원 학생 친환경 문화 확산
- 용수 사용량 점검 및 물 소비 저감 계획 추진

지역사회-대학 동반성장 사업 예시(S)



지역사회 동반성장 및 지역상생



- 대학이 보유한 멀티캠퍼스 공간 및 지식과 연구성과를 지역사회와 공유
- 지역 주민의 평생학습 자원 제공

친환경 교육 및 환경정화 활동 지원



- 국내외 봉사 활동의 조직적 강화
- 친환경 캠페인 활동, 환경 복원 봉사활동(플로깅) 등 프로그램 행사지원

사회공헌 센터 운영



- 지역사회 문제 해결과 상생발전을 도모하는 학내 사회공헌 활동 기획 및 실적 관리
- 충남정책포럼, 정책&지식 포럼 등의 창립과 지속적 개최
- SDGs 관련 지자체와 정부의 정책 개발에 직간접적 지원

지역사회-대학 동반성장 사업 예시(G)



추진체계
구성 및
ESG핵심
사업선정

- 탄소중립 로드맵 확정 및 스마트에너지 캠퍼스 추진 등
- 대학본부의 판단과 구성원의 적극적인 참여가 필요

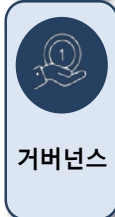
직업윤리
강령 실천
및
준법경영
체제 확립

- 직장내 연구윤리 강화, 재무·회계 내부통제 프로세스 고도화(청렴도 향상)
- 직장내 괴롭힘·성희롱 예방을 통한 일하기 좋은 직장분위기 조성
- 일상감사팀 운영으로 행·재정 낭비 요소 사전예방

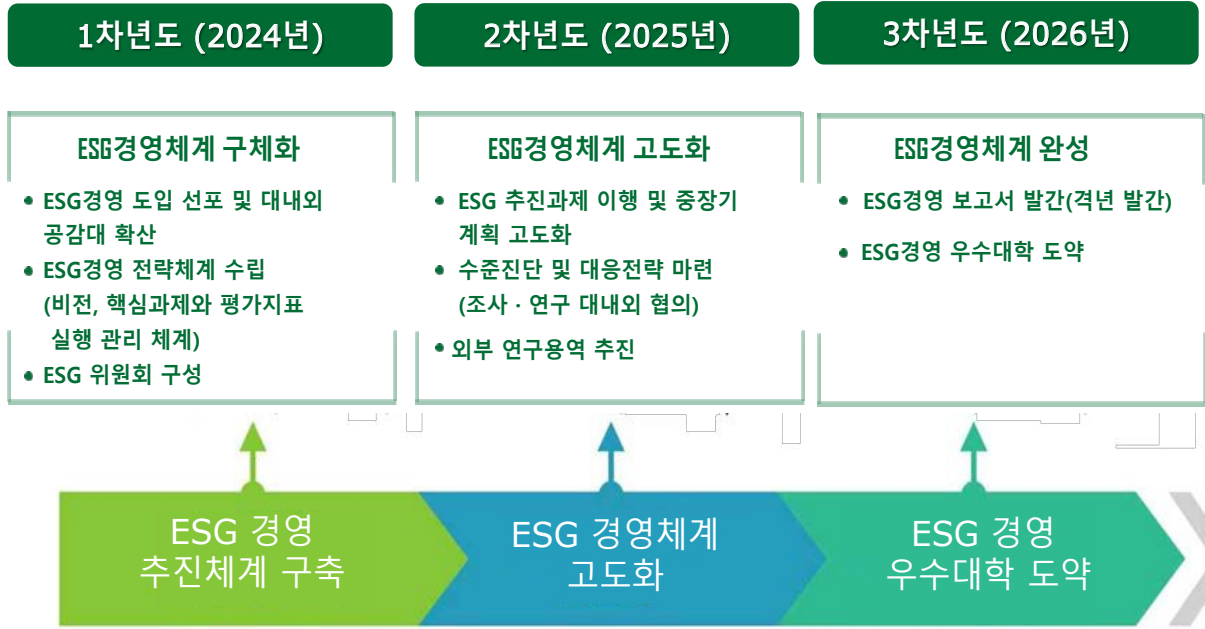
지속가능
ESG경영
고도화 및
로드맵
구축

- 투자활동에서 ESG기준 적용 및 책임 있는 투자 실현
- 지속가능ESG경영 보고서 발간을 통한 탄소중립 선언 및 로드맵 구축
- 지역사회 연계 사회공헌센터, 다문화 가정지원, 인권센터 운영 등 활성화

국립공주대학교 ESG 경영 실천사례



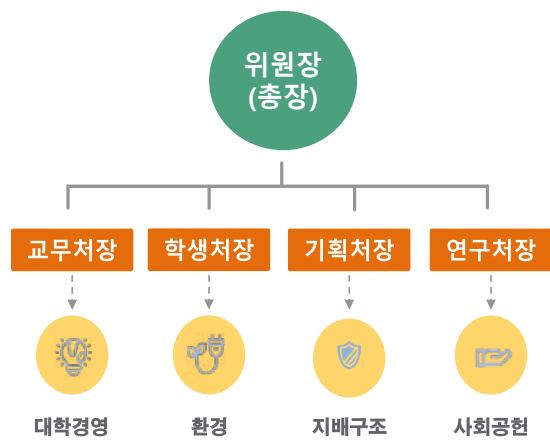
ESG 중장기 로드맵



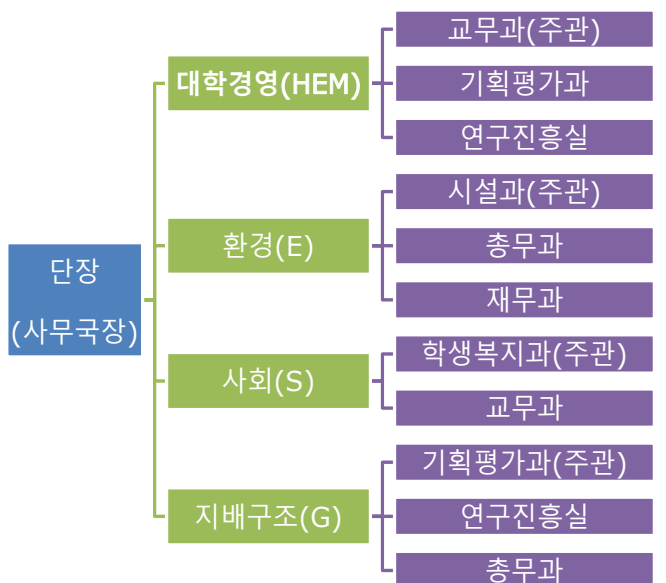
ESG 경영 추진체계



ESG 경영 위원회 조직도



ESG 실무추진단



ESG 경영 성과관리



계획 수립
 담당부서 의견수렴을 통해 ESG 분야별 추진 과제를 선별하고 추진계획을 ESG경영위원회에서 확정

과제 실행
 실천 과제별 추진 일정에 따라 ESG 실무추진단 관리 하에 추진 과제 실행

이행 점검
 ESG 실무추진단에서 이행 상황의 정기 점검 및 모니터링 시행, 연도 말 이행결과를 ESG경영위원회에 보고

성과 평가
 ESG경영위원회에서 추진 결과에 대한 성과를 평가하고 투명하게 대내외 공개

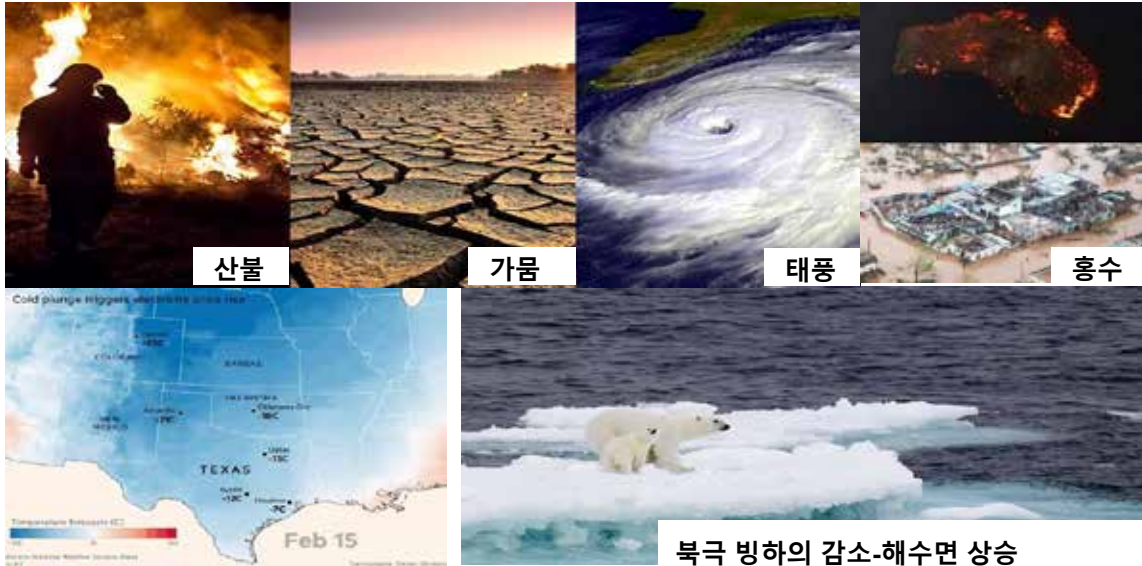
결과 환류
 평가결과를 반영하여 부서별 보완 과제를 발굴하고, 추진전략을 조정하여 차기 ESG경영 계획에 반영

Ⅱ. 이슈 : 지구 열대화, 지방 소멸

지구 온난화



○ 기후변화(Climature Change)



✓ 최근 전 세계적 이상고온 및 폭우 발생, 수많은 인명·재산 피해 속출

Ref.: <https://www.ft.com/content/d4ca89e6-9a74-407c-802d-eed2f0963e50> <https://climate.nasa.gov/effects/>

지구 열대화

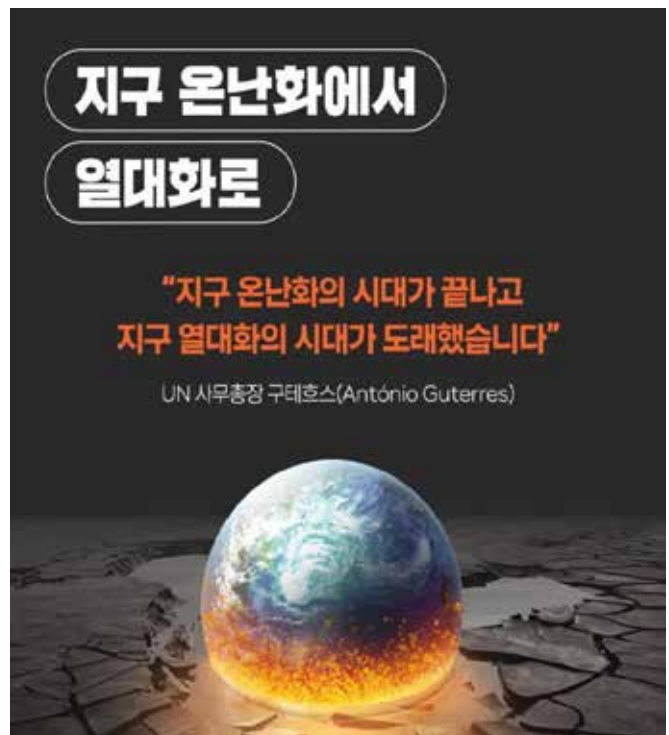


○ Global Boiling

- ✓ '24년 서울지역 폭염 일수 : 33일
- ✓ '24년 서울지역 폭염지속 일수 : 12일

"우리는 지금 남은 인생에서 가장 시원한 여름을 보내고 있다."

피터 무스(Peter Kalmus), 나사(NASA)기후 과학자

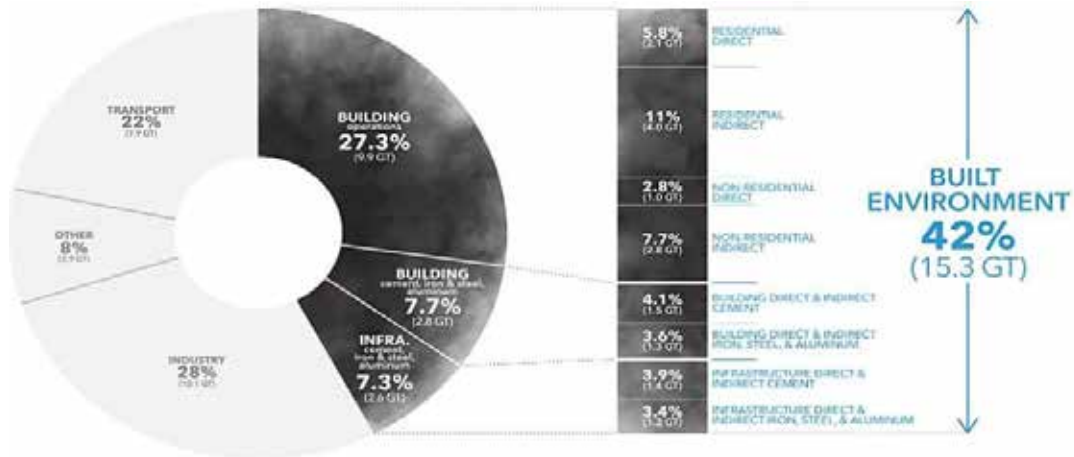


탄소배출의 주범-건물



○ 건물 분야 전세계 온실가스 배출량의 42%를 차지

- ✓ 총 배출량 중 **건물 운영은 연간 약 27%**를 차지하며, 시멘트, 철, 강철, 알루미늄 등 4가지 건축 및 인프라 자재의 **내재탄소는 연간 15%**를 추가로 차지



© Architecture 2030. All Rights Reserved. Analysis & Aggregation by Architecture 2030 using data sources from IEA & Statista.

국내 건물 부문 온실가스 배출 현황



○ 건물 분야 국내 온실가스 배출량의 24.7%('18년 기준)를 차지

- ✓ 7.2%는 직접 배출이고, 17.5%는 간접 배출(전기 사용)

구분	2020년 기준
전체 최종에너지 소비량에서 건물부문 비중	20%
전체 전기에너지 소비량에서 건물부문 비중	47%
2010년 대비 건물부문 전기에너지 소비량 증가율	14%
전체 온실가스 배출량에서 건물부문 비중 (직접배출+간접배출)	24.7% (7.2% + 17.5%)

탄소배출의 주범-건물

○ 급속한 도시화



- ✓ 전 세계적으로 매달 뉴욕 시 규모의 도시가 건설되고 있는 상황
- ✓ 2050년에 존재할 인프라의 4분의 3은 아직 구축되지 않았음

지방 소멸

✓ 한국고용정보원

지방소멸위험지수* 분석:

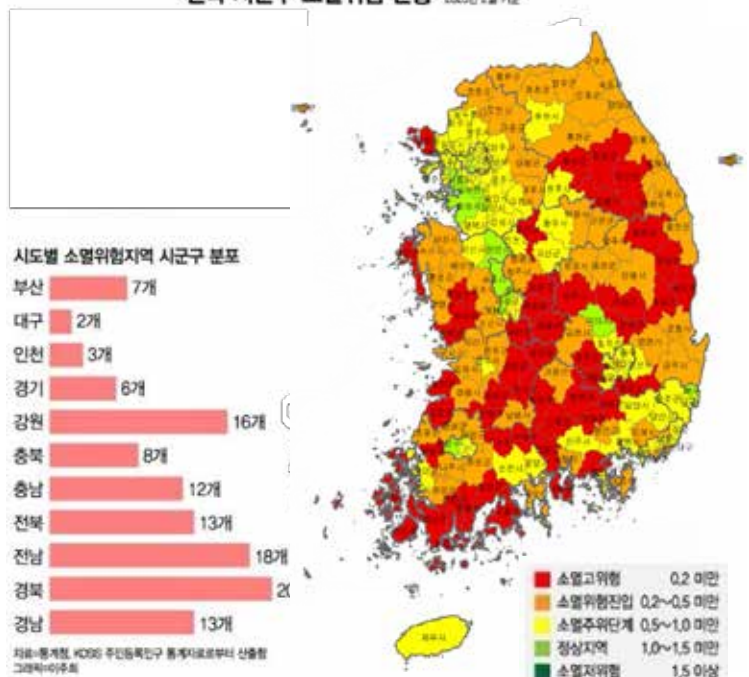
2023년 3월 기준 소멸 위기에
처해 있는 지역은 228개 전국
시군구 중 절반 이상

* 소멸위험지수는?

$$\text{소멸위험지수} = \frac{20\sim 39\text{세 여성인구 수}}{65\text{세 이상 고령인구 수}}$$

- 0.5 미만: 소멸위험지역
- 0.2 ~ 0.5 미만: 소멸위험진입 단계
- 0.2 미만: 소멸고위험 단계

전국 시군구 소멸위험 현황 *2023년 3월 기준



Ⅲ. 지역사회 탄소중립을 견인하는 캠퍼스 탄소중립

Part 1

대학 탄소중립 필요성



○ 대학의 사회적 책임

- ✓ **지식과 연구의 중심** : 전통적으로 대학은 과학 및 사회적 표준 제정, 다양한 사회 변화 이슈에 대응, 지원하는 역할
- ✓ **교육과 인재양성** : 지구온난화 상황에서 지속 가능, 탄소중립에 대한 교육 필요
- ✓ **지역사회 협력** : 대학 캠퍼스는 도시의 축소판, Living Lab의 역할로 지역사회 탄소중립 전문가 양성

- QS(Quacquarelli Symonds)는 '23년 교육기관의 지속가능성을 측정하여 순위를 발표

QS World University Rankings

- ✓ 2023년, 교육기관의 **Sustainability** 순위를 발표
- ✓ 전세계 700개의 교육기관의 환경·사회적 영향에 대해 평가
- ✓ 8개 카테고리에 걸쳐 사람과 지구에 미치는 긍정적 영향을 평가

Environmental impact	Social impact (5)
① 지속가능한 기관 (Sustainable institutions)	① 동등성(Equality)
② 지속가능한 교육 (Sustainable education)	② 지식의 교류(Knowledge exchange)
③ 지속가능한 연구 (Sustainable research)	③ 교육의 영향(Impact of education)
	④ 고용가능성 및 기회(The employability and opportunities)
	⑤ 삶의 질(Quality of life)

- 1 지속가능한 기관(Sustainable institutions)**
 - Climate-action 그룹 혹은 지속가능성 그룹의 멤버 여부
 - **지속가능성 전략 및 에너지 배출 보고서 보유/공개 여부**
 - 환경 지속가능성에 초점 맞춘 학생 커뮤니티 보유 여부
 - **Net Zero로 가기 위한 공개된 약속 보유**
- 2 지속가능한 교육(Sustainable education)**
 - 지구, 해양 및 환경 과학과 관련된 등문의 연구결과
 - 기후 과학 및/또는 지속 가능성을 포함하는 교육과정 시행 여부
 - (추가점수) 환경 지속 가능성 전담 연구 센터 보유 여부
- 3 지속가능한 연구(Sustainable research)**
 - UN 지속가능개발목표(SDGs) 중심의 연구활동 여부 및 이와 관련한 정부의 자금 지원 여부

Source : QS World University Rankings: Sustainability 2023

Part 1 대학 탄소중립 필요성



○ '21년도 서울시 에너지 다소비건물 온실가스 배출량 순위(316개소 대상)

“2021년 서울시 에너지 다소비 건물 상위 10개 중 대학 및 대학병원이 41.8%를 차지”

순위	사업자명	업종	온실가스 배출량 (tCO2Eq.)	에너지 사용량 (toe)	난방면적당 온실가스 배출량 (tCO2Eq./m ²)
1	서울대학교	학교	102,958.7	50,775.8	0.084
2	KT 목동IDC1	IDC(전화국)	90,792.2	45,292.1	7.627
3	가산IDC	IDC(전화국)	82,081.9	40,895.8	2.669
4	LG사이언스파크(EAST)	연구소	73,501.4	41,593.1	0.157
5	서울아산병원	병원	70,466.9	34,524.4	0.194
6	삼성서울병원	병원	69,558.1	34,096.7	0.260
7	KT 목동IDC2	IDC(전화국)	66,441.5	33,116.5	9.690
8	연세의료원	병원	66,253.1	32,513.5	0.171
9	티엠단지관리단	건물기타	63,568.0	31,515.7	0.147
10	서울특별시 농수산식품공사	공공	55,011.1	27,295.3	1.099

(아파트 제외)

출처: 서울시 기후변화 대응과

Part 1 대학 탄소중립 필요성



○ '21년도 서울시 에너지 다소비건물 온실가스 배출량 순위(학교 대상)

순위	사업자명	온실가스 배출량 (tCO2Eq.)	에너지 사용량 (toe)	난방면적당 온실가스 배출량 (tCO2Eq./m ²)
1	서울대학교	102,958.7	50,775.8	0.084
2	고려대학교	38,341.6	18,924.6	0.069
3	연세대학교	37,539.4	18,514.1	0.066
4	한양대학교	29,164.5	14,337.8	0.062
5	이화여자대학교	25,667.4	12,622.9	0.059
6	건국대학교	21,556.4	10,560.7	0.087
7	중앙대학교	17,358.3	8,536.7	0.071
8	경희대학교 서울캠퍼스	15,726.0	7,730.8	0.048
9	송실대학교	11,668.9	5,765.3	0.093
10	서울대학교 의과대학	11,548.0	5,706.9	0.096

출처: 서울시 기후변화 대응과

Part I 대학 탄소중립 필요성

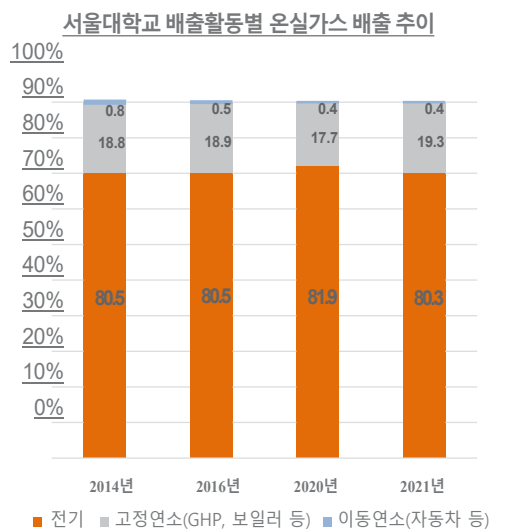
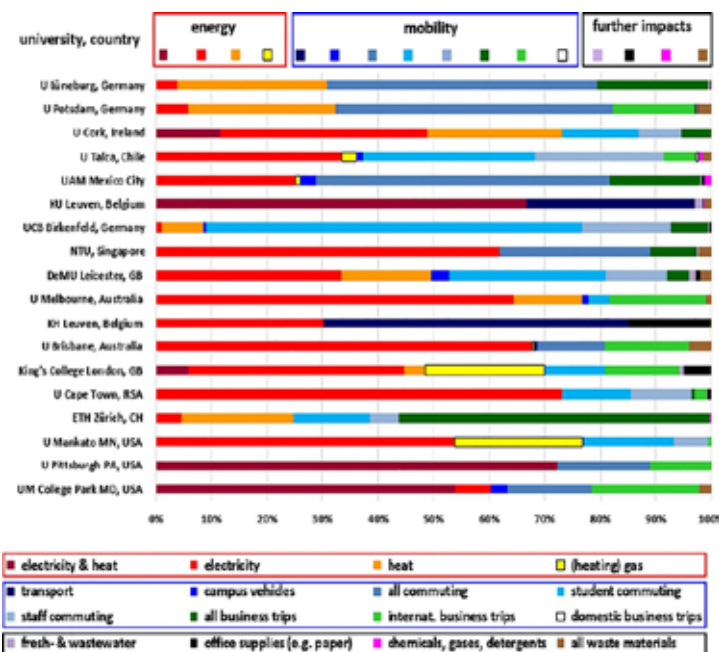


○ '23년도 국립대학 탄소배출 현황

순번	교육시설	이행제도	2023년도 온실가스 배출량 (tCO2Eq)
1	경북대학교	배출권거래제	37,962
2	전남대학교	배출권거래제	36,057
3	전북대학교	배출권거래제	35,859
4	충남대학교	배출권거래제	29,751
5	부산대학교	배출권거래제	27,134
6	충북대학교	목표관리제	20,829
7	강원대학교	목표관리제	18,769
8	국립부경대학교	공공 목표관리제	13,824
9	국립공주대학교	공공 목표관리제	13,604
10	서울과학기술대학교	공공 목표관리제	12,341

출처: 국가 온실가스 종합관리 시스템

Part I 대학 탄소중립 필요성



출처: Eckard Helmers, Chia Chien Chang & Justin Dauwels(2021), 2021 서울대학교 그린레포트

Part 2

국내 대학 탄소중립 노력



○ 2008년 11월, 국내 28개 대학 '한국 그린캠퍼스 협의회' 출범



대학명	세부내용
서울대학교	지속가능한 캠퍼스 실천을 위한 에너지 절약 선언 발표
한양대학교	학보사를 중심으로 Saving HYU 캠페인을 벌여 탄소 감축 활동에 학생 참여
상지대학교	모든 학과에 환경수업(에코 커리큘럼) 개설, 태양광 설치(200kW), 지열 냉난방 시스템 구축
숙명여자대학교	학생중심 '캠퍼스와치 캠페인'을 통해 무분별한 전력(형광등)과 냉난방시설 사용 감시
부산대학교	당시 건설 중이던 양산 캠퍼스에 지열, 태양광 등 재생에너지 시설을 최대한 활용

○ 그러나, 그린캠퍼스에 대한 개념 정립 미비, 참여 대학 대부분 녹지 훼손, 무분별한 건물 신축, 대학 홍보 치중 등 한계를 보임

참고: 푸른경기21실천협의회(2009)

Part 2

국내 대학 탄소중립 노력



○ 2011년부터 그린캠퍼스 선정 및 지원사업 추진(환경부)

○ 2022년까지 45개 대학을 선정

< 환경부 그린캠퍼스 사업내용 >

방식	그린캠퍼스 지원 대학 선정 ('11 ~ '16년)	그린캠퍼스 조성 우수 대학 선정 ('17 ~ '18년)	그린캠퍼스 지원 대학 선정 ('19년 ~)	그린캠퍼스 환경동아리 지원 ('19년~)
재정 지원	- 규모: 대학당 연간 40백만원 - 기간: 3년	- '17년 4개교 총 235백만원 - '18년 5개교 총 500백만원	- 규모: 대학당 연간 120백만원 - 기간: 3년	- 규모: 동아리당 3백만원 - 기간: 3~6개월
기술 지원	- 친환경 교육과정 개발 지원 - 온실가스 인벤토리 구축 지원 - 온실가스 감축 전략수립 지원 - 대학의 친환경 생활 실천 운동 지원 - 친환경 공모전 개최 등		- 친환경 교육과정 개발 지원 - 온실가스 인벤토리 구축 지원 - 온실가스 감축 전략수립 지원 - 대학의 친환경 생활 실천 운동 지원 - 친환경 공모전 개최 등	- 대학생 친환경 캠프 참가 지원 - 개인별 참여인증서 발급 - 우수활동 동아리에 대한 시상

참고: 환경부 그린캠퍼스 홈페이지

Part 2

국내 대학 탄소중립 노력



○ 2022년 7월, 그린캠퍼스 조성사업(~2024)에 경상대, 고려대, 광주교대, 중원대, 한신대 등 5개 대학이 선정

대학명	세부내용
경상국립대학교	· SDGs 및 그린뉴딜 분야 마이크로그리드 운영, 캠퍼스 탄소중립 방안 도출 연구 · ISO 14001 인증 취득, 지역사회와 함께하는 개방형 생태캠퍼스 조성
고려대학교	· 탄소중립선언 및 ISO 14001 인증, 리빙랩 교재 개발 및 그린캠퍼스 최근 '이슈' 교과목 개설 · K-water와 물 소비량 저감 및 수자원 활용 계획 수립 업무협약
광주교육대학교	· BEMS(Building Energy Management System) 설치 등 친환경 탄소중립 건물 구축, · 지역사회 대상 연계 구축 기반 마련, 태양광발전 설비 및 빗물저금통 설치, 지속가능발전교육 공모전 개최
중원대학교	· 탄소중립 캠퍼스 선도대학 비전 선포식 개최, 지열냉난방 교육장 및 현장체험관 구축 · 그린리더십(GLP) 운영 및 녹색교육강좌 개설, '탄소중립 캠퍼스 활성화 방안' 포럼 개최
한신대학교	· Net-Zero 달성 목표 수립 및 로드맵 달성, 폐배터리를 ESS로 이용하는 마이크로그리드 캠퍼스 조성 · BEMS 도입, 외피단열 성능강화 및 건축물 기밀성 강화, 한신대 ESG경영보고서 발간

참고: 환경부 보도자료(2022.07.04.)

Part 2

국내 대학 탄소중립 노력



○ 2017년 그린캠퍼스 조성 우수사례

대학명	세부내용
서울대학교 (최우수)	· 캠퍼스 맵 형식의 온실가스 통합관리 시스템 운영 · 인포그래픽 제작 및 공유로 온실가스 배출량 가시화 · 그린 레포트 등 지속가능 보고서 정기 발간
나사렛대학교 (우수)	· 지역취약계층(노인) 대상 탄소저감 행복나눔 활동 · 지역녹색 어린이 그린리더 양성 '주말행복배움터' 운영 · 충남녹색생활 실천협의회 참여 등 지역사회와의 협력
충북보건과학대학교 (우수)	· 태양광 산업육성을 통한 친환경 지역네트워크 구축 · 최대전력관리 시스템 및 원격전력감시제어 모니터링 운영 · 자연학습원과 협력을 통한 초중고 환경교육 실시
한국산업기술대학교 (우수)	· 천연잔디운동장 육성사업 참여 등 그린산업단지 지원 · 태양광발전시스템 중점학과 지정 및 운영 · 기후변화대응을 위한 교직원 정기 연수프로그램 추진



서울대학교 전력, 온실가스 모니터링 시스템



충북보건대학교 전력 원격제어모니터링시스템

참고: 환경부 보도자료(2022.07.04.)

Part 2 국내 대학 탄소중립 노력

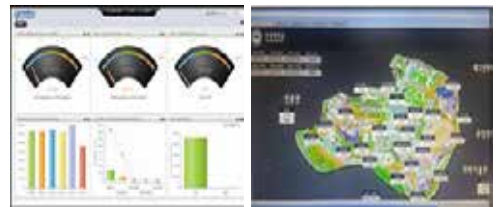


○ 2017년 그린캠퍼스 조성 우수사례

대학명	세부내용
목포대학교 (최우수)	· 전기, 수도, 가스 통합 '스마트 플랫폼' 구축 운영 · 교직원 연수 프로그램 운영 및 환경동아리 활동 지원
성결대학교 (우수)	· LED 등 에너지 효율설비 및 신재생 에너지 설치 확대 · 그린캠퍼스 조성 관련 중장기 '성결비전 2023' 선포
중원대학교 (우수)	· 지열, 태양광 등 신재생에너지 설비 구축 확대 · 수목 및 화분 식재를 통한 녹지공간 확대
한양대학교 (장려)	· 에너지 사용량 원격검침 시스템 구축 및 운영 · 생활관 우수를 관상수로 활용하여 상수 절감
인천대학교 (장려)	· 친환경 캠퍼스 구축을 위한 중장기 계획 수립 및 추진 · 선진 그린캠퍼스 조성을 위한 교직원 연수 다수 실시



성결대학교 전력 피크 제어시스템(좌), BEMS 구성도(우)



한양대학교 에너지자동검침시스템(좌)
개별 냉·난방기 통합제어시스템(우)

참고: 환경부 보도자료(2022.07.04.)

Part 2 국내 대학 탄소중립 노력



○ 2021년 5월, 전국 대학 중 에너지 사용량 2위인 **경북대학교**는 전국 대학 최초로 '2040 탄소중립 캠퍼스 조성'을 선언

○ 경북대의 '탄소중립 캠퍼스'는 민간주도 차세대 에너지 생태계 조성을 위한 시범 사업

주관기관(경북대) : 탄소중립 R&D 기반 조성, 인재 양성, 산업화 지원

대구시 : 규제 해소 등 행정적 지원

참여 기관(현대일렉트릭, 태영건설) : 제로에너지 빌딩 구축, 캠퍼스 마이크로 그리드 구축 등



○ 목표: 온실가스를 2040년까지 '0'으로 하는 탄소중립 실현

- 2017년 기준 순 배출량(전망치) 26,363톤

- 2040년부터는 캠퍼스 내에서 전기자동차와 수소자동차 등 친환경자동차만 운행하는 시스템 도입 추진

○ 예산: 5년간('21~'25) 국비 280억, 시비 50억, 민자 1,170억 등 총 1,500억 투입

Part 2

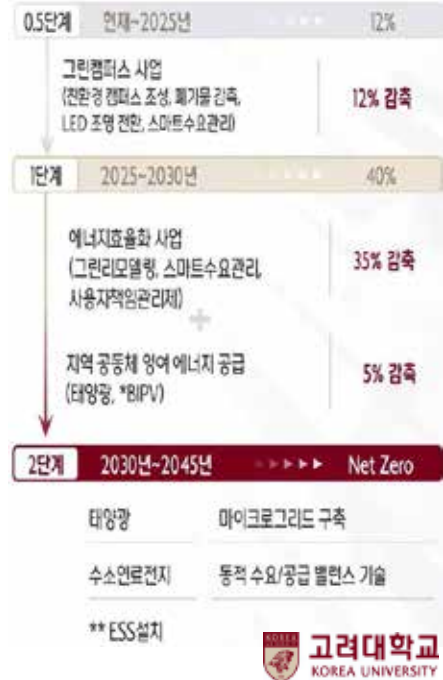
국내 대학 탄소중립 노력



○ 2023년 6월, **고려대학교**는 '2045 탄소중립' 선언식 개최

○ 세부목표

- 0.5단계: 2025년까지 그린캠퍼스 사업을 통해 12%의 온실가스 감축
- 1단계: 2030년까지 40%의 온실가스 감축
- 2단계: 2045년까지 태양광, 수소연료전지 시설, 마이크로그리드 구축과 수요공급 안정관리를 실행하여 탄소중립 달성

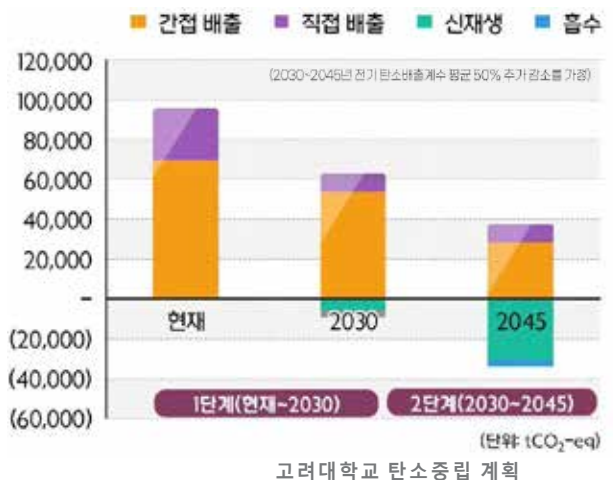
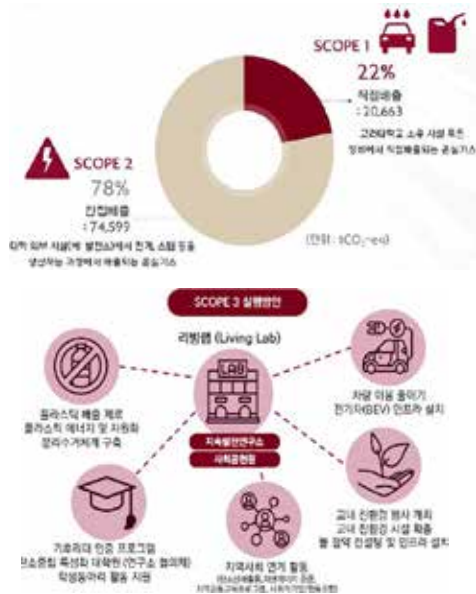


Part 2

국내 대학 탄소중립 노력



○ 고려대학교 온실가스 배출 현황



자료: 고려대학교 탄소중립계획 팸플릿, 고려대학교 탄소중립 선언식 발표자료

Part 3

해외 대학 탄소중립 노력



○ 미국 152개 대학 총장들은 ACUPCC(American College & University Presidents Climate Commitment, 미국 총장 기후변화 위원회, 2007년 설립)를 구성

- 실천적인 측면에 중심을 둔 행동프로그램을 마련하여 각 대학에 전달하고, 대학에서는 이를 기반으로 실행에 옮김
- 각 대학은 ACUPCC 가입 이후 2년 내에 'Tangible Actions'에서 제시한 행동방침 중 2가지 이상을 수행하여야 함

Tangible Actions



구분	세부 내용
LEED Silver	신축되는 캠퍼스 건물은 최소한 LEED Silver 이상의 인증을 획득할 수 있는 정책을 수립하여야 함
ENERGY STAR	에너지 효율 가전제품 구매 정책을 채택하고, Energy Star 인증제도가 적용되는 제품군은 해당 제품을 구입하여야 함
Air Travel	대학 활동의 일환으로 이루어지는 항공 여행으로 인해 발생하는 모든 온실가스 배출을 상쇄하는 정책을 수립하여야 함
Public Transportation	모든 교수진, 직원, 학생 및 방문객에게 대중교통 이용을 권장하고 접근성을 제공하여야 함
Renewable Energy	가입 이후 1년 이내에 전력 소비량 중 최소 15%를 재생에너지로 생산 또는 구매하여야 함
Endowment Policy	대학 기금이 투자된 회사에서 기후와 지속가능성에 관한 제안이 실현될 수 있도록 관련 정책과 위원회를 구성하여야 함
Waste Minimization	폐기물 최소화 대회에 참여하고, 폐기물을 줄이기 위한 3가지 이상의 관련 조치를 채택하여야 함

자료: ACUPCC Implementation Guide

Part 3

해외 대학 탄소중립 노력



○ AASHE(Association for the Advancement of Sustainability in Higher Education, 고등교육 지속가능발전 협의회, 2026년 설립)는 그린캠퍼스 조성을 위해 각 대학에 정보를 제공하고 커뮤니티를 형성

- AASHE는 지속가능 캠퍼스 평가지표 **STARS(The Sustainability Tracking, Assessment&Rating System)**를 개발
- 이를 통해 탄소중립 캠퍼스 구축을 위한 대학간 자발적 경쟁을 유도
- 2022년 11월 기준, 1,111개 기관이 신청하여 579개 기관이 STARS 등급을 획득



자료: STARS 홈페이지

Part 3

해외 대학 탄소중립 노력



○ STARS platinum 대학 사례: 코넬대학교(Cornell University)

- STARS 순위(점수*) : 2위 (86.35/100) * STARS 순위는 STARS점수와 지속가능성 이니셔티브를 종합해서 선정
- 주요 이니셔티브 : 지속가능성 계획, 연구, 폐기물 절감
- 지속가능성 관리 및 계획부문에서 만점을 받았으며, **지속가능성 대학원 프로그램을 통해 대규모 장기 연구지원계획 수립**
- 모든 학생들이 **'기후 문해력(Climacy literacy)'**을 이해하고 졸업할 것을 약속
- 현재 Cornell에 고용된 전체 연구원의 36.52%(619명)의 직원이 지속가능성 연구에 참여
- 리사이클 마니아(Recycle mania), 덤프앤런(Dump&Run) 등 폐기물 감축 행사를 통해 총 폐기물 발생량을 2013년 대비 47.3% 감축



자료: World Economic Forum(EcoWatch Journal)

Part 3

해외 대학 탄소중립 노력



○ STARS platinum 대학 사례: 스탠퍼드대학교(Stanford Univ.)

- STARS 순위(점수*) : 3위 (85.88/100) * STARS 순위는 STARS점수와 지속가능성 이니셔티브를 종합해서 선정
- 주요 이니셔티브: 청정 및 재생 에너지, 물 사용, 지속가능성 중심 커리큘럼
- 캠퍼스 안팎에 설치된 태양열 설비를 통해 전체 에너지 소비량의 67.44%를 재생에너지로 충당
- 'My Cardinal Green' 프로그램을 통해 2011년 이후로 음용수 사용을 67.73%를 줄임
- 학생들이 해당 프로그램 설문조사에 참여한 뒤 환경 관련 맞춤형 개별 권장사항을 제공 받고, 이를 실천한 학생에게 포인트와 함께 금전적 보상을 제공



자료: World Economic Forum(EcoWatch Journal)

Part 3

해외 대학 탄소중립 노력



- HEFCE(Higher Education Funding Council for England, 영국 고등교육기금위원회)는 2005년부터 'EcoCampus Scheme' 그린캠퍼스 사업을 추진 중이며, 환경성과(env. performance) 개선을 위해 **영국 대학 44%**가 이를 채택하고 있음

- 현재 U. of Cambridge, Imperial College를 비롯하여, 총 74개 대학이 EcoCampus 인증을 획득하였으며, 이 중 33개 대학은 Platinum 단계 및 ISO 14001인증을 획득
- HEFCE는 인증 등급 부여에 그치지 않고, 교육 프로그램 제공과 세미나 개최를 통해 상위 등급의 인증 획득으로 지원/유도



Ecocampus 등급



자료: Ecocampus 홈페이지

Part 3

해외 대학 탄소중립 노력



- 하버드대학교는 2000년 부터 대학 전체의 온실 가스 배출량을 추적하고 공개적으로 보고해오고 있음

- 2016년에 캠퍼스 내 온실가스 30% 감축(2006년 대비) 목표를 달성
- 2018년 2월에 '2026 화석연료 중립'과 '2050 화석연료 탈피' 목표를 설정하였음



- 2021년 9월, 대학기금을 통한 화석연료 관련 산업 투자 중단을 선언

- 미국 대학 중 최대인 약420억달러(49조원)로 평가되는 학교 기금은 동문과 재학생 등으로부터 기후변화 대처를 위해 화석연료 관련 투자를 회수하라는 압력을 지난 10년간 꾸준히 받아왔음
- 학교 내의 탄소중립을 넘어 대학이 투자를 통해 기후변화 연구와 교육을 선도한다는 의미

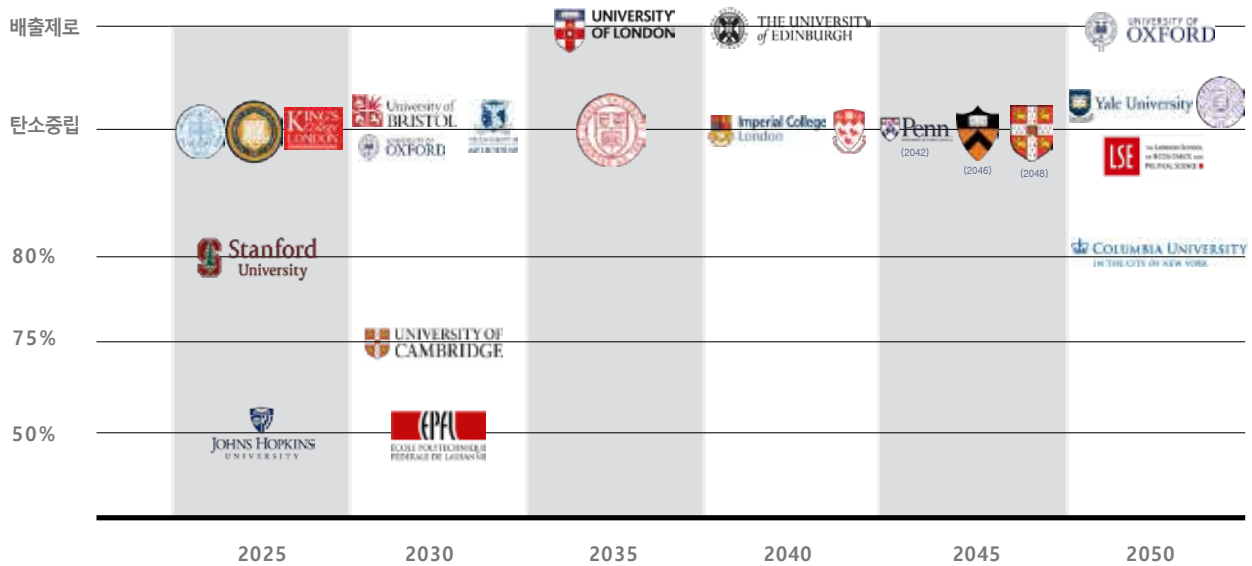
- 그린캠퍼스 이니셔티브를 바탕으로 지속가능성 사무국 설치와 '기후와 지속가능 부총장(Vice Provost)'이라는 직책을 신설



자료: Harvard University Sustainability 홈페이지

Part 3

해외 대학 탄소중립 노력

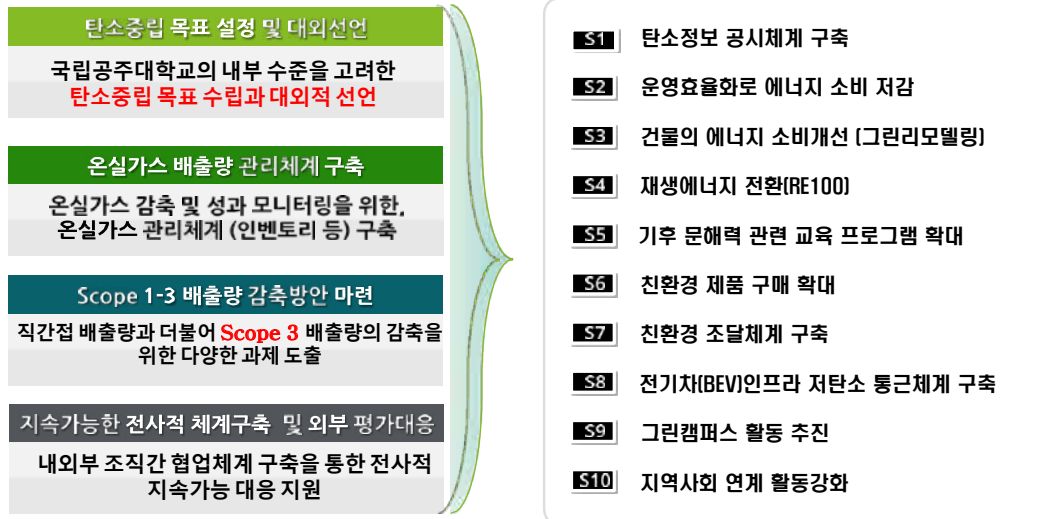


참고: 서울대학교 그린레포트 2020 재구성

IV. 캠퍼스 탄소중립 전략 : 국립공주대학교

탄소중립 추진 전략

- 글로벌 외부 평가지표(QS)검토와 국내외 벤치마킹 대학 분석
- 국립공주대학교의 지속가능성 대응력 향상을 위해 주요 과제 도출
- 해당 과제 이행을 위한 탄소중립 중장기 로드맵 도출



cf) Scope 3 : 가치 사슬 배출량

Vision Statement

- 국립공주대학교의 캠퍼스 탄소 중립 Scope 1, 2는 2045년까지 달성
- Scope 3 포함 2050년까지는 캠퍼스 탄소중립 달성
- 이를 달성하기 위한 비전



세부 전략 예시- Climate Literacy



- 탄소중립 위해 재생에너지 전환은 필수적, 2030년까지 에너지의 20%/2045년까지 100% Clean Energy로 전환 (현재는 5.6% 수준)
- (단기) 캠퍼스내 태양광 발전설비 도입, (중장기) 청정에너지 활용을 통해 캠퍼스 에너지 자립



세부 전략 예- BEM and Energy



- 신재생에너지 설비를 통한 지속 가능한 친환경 그린캠퍼스 실현

※ 2023년 4개 캠퍼스 에너지 사용량은 6,700.01 TOE이며 13,604.61 tCO₂eq 온실가스 배출
 ※ 2023년 4개 캠퍼스 태양광 발전량: 1,407,635kWh




세부 전략 예- BEM and Energy

- 사업방식 : 국유재산 임대 방식(최초 10년 + 연장 10년(1회) + 연장 10년(2회))
※ 근거: 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」 및 「국유재산법」
- 종류/설치용량 : 지붕형 태양광 / 총 4.01MW(2027년 까지)

✓ 태양광 발전 설비 목표

캠퍼스	설치부지	설치용량
신관캠퍼스	17개 건물옥상	1.66MW
천안캠퍼스	16개 건물옥상	1.60MW
예산캠퍼스	4개 건물옥상	0.37MW
옥룡캠퍼스	5개 건물옥상	0.47MW



※ 4개 캠퍼스 3단계 분할 시공(1.천안(1.6MWh)→2.신관(1.66MWh)→3.옥룡,예산(0.84MWh))

- 자금조달 : 총 시공비 약 50억 원
 - 수익 공유형 모델 : 시공사가 공사비를 투자, 일정부분 수입을 공유(총 사업비의 10% 자금 확보 필요)
 - 수익 단독형 모델 : 총사업비 10%(계약금)지급 후 나머지 90%시공사에서 대출, 추후 생협이 채무 승계

세부 전략 예- Education and Culture

- 충남도/공주시/천안시/예산군과의 협업을 통해 캠퍼스 주변 지역 연계 자립형 에너지 타운 구성
- 국립공주대학교와 주변 지역에서 재생에너지 사용 및 인증서 판매 수익의 지역사회 사용 방안 검토

Education and Culture

Community

✓ KNU GOALS

- 지역사회와 연계한 자립형 에너지 타운 구성
- 지역 커뮤니티의 탄소감축 문화 확산

S10

✓ CAMPUS GOALS

- 지자체 탄소중립 방안 제시
- 캠퍼스 에너지 자립 리빙랩 구축→지자체 기술 확산

✓ KEY STRATEGIES

- 국립공주대학교 캠퍼스 탄소중립을 통한 지자체 탄소중립 문화 확산
- 국립공주대학교 자립형 에너지 타운 구축(예)



✓ ROLE PLAYERS

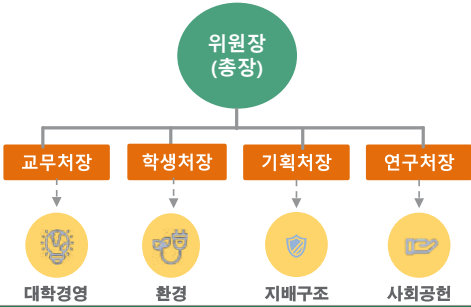
- 전략기획팀
- 교수
- 관리팀
- 학생
- 예산기획팀
- 지자체 공무원
- 탄소중립연구소
- 지역주민



탄소중립 이행체계 구축

- 탄소중립연구소 설치, ESG위원회 산하에 탄소중립 실무추진단 운영
- 정기적으로 ESG 경영위원회 성과 보고를 통한 의사결정

ESG경영 위원회 조직도



탄소중립 실무추진단				
대학경영 전략	투자 / 비용	Scope 1, 2		Scope 3
중장기 대학운영 계획	탄소중립 추진비용/ 예산검토 및 승인	탄소중립 추진을 위한 기술연구	에너지 전환/ 그린(넷제로) 발당전환	친환경조달/ 폐기물 재활용 / 저탄소통근출장
기획팀	재무팀	산학협력단	탄소중립 연구소	구매운영팀 총무팀 인사지원팀

유관 부서 별 주요 R&R

탄소중립 추진 지원	시설과	1) 중장기 친환경 캠퍼스 운영계획 2) 태양광 설치 운영 계획
	재무과	1) 탄소중립 추진을 위한 예산 편성 2) 투자비에 대한 검증 및 예산집행
캠퍼스 탄소중립	산학협력단	1) 연원료, 에너지 및 탄소 데이터 관리 2) 탄소감축을 위한 기술 연구
	탄소중립연구소	3) 그린 리모델링 / 넷제로 발당 추진 4) 재생에너지 계획수립 및 구매
Scope 3	구매운영팀	1) 자본재, 출장, 통근 등 Scope 3 데이터 관리 2) 폐기물 데이터 및 재활용률 관리
	총무팀	
	인사지원팀	

탄소중립 연구소 설립

< 연구소 설립목적 >

- ✓ 탄소중립 달성을 위한 감축 과제 연구

< 연구소 주요업무 >

- ✓ 국내외 세미나/학술대회 개최를 통한 탄소중립 사례연구
- ✓ 탄소감축 기술에 대한 연구동향 정보 수집
- ✓ 그린빌딩, 폐자원 재활용 등 감축 기술에 대한 연구 투자

< 연구소 구성 >

구성원	역할
소장	연구소 총괄책임
부소장 (1명)	연구소장 보좌
연구교수 (2명)	탄소중립 과제 연구
연구원 (4명)	탄소중립 과제 연구 지원, 실무행정

감사합니다.



국제환경포럼

국민안전은 지키고, 사회변화는 앞장서는 지속가능한 환경정책

2024. 11. 12.



Contents

I

지금,
우리는?

II

그렇다면,
어디로!

III

어떠한
방향으로?

1. 지금, 우리는?

일상화된 이상기후, 국민의 안전 직결



기록적인 장마(24.7월)

* 전국 15개 시·군 특별재난지역지정



남부지방 가뭄(23.5월)

* 기상 관측 이래 최악('22년 227일)



집중호우 피해(24.7월)

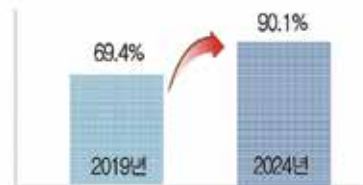
* 인명피해 5명, 재산피해 2,831억원



히트플레이션 우려(24.8월)

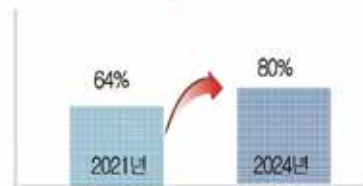
* 농산물 적황부진, 가축 폐사

〔기후변화 체감도(국내)〕



기후변화 관련 대국민 설문조사(2019·2024, 기상청)

〔기후변화 체감도(국제)〕



기후변화분석·시민기후투표(2021·2024, UNDP)

기후위기로 변화하는 삶의 패턴

극한기후 피해	필수 자원 고갈	히트플레이션	서식지 감소	차세대산업경쟁력상실
폭염 조기사망	AI	기후변화	저출산	식량안보
생태계 파괴	팬데믹	양극화	분쟁	노동력 저하
물 부족	정치적 갈등	빈부격차 증가	질병 확산	난민 발생

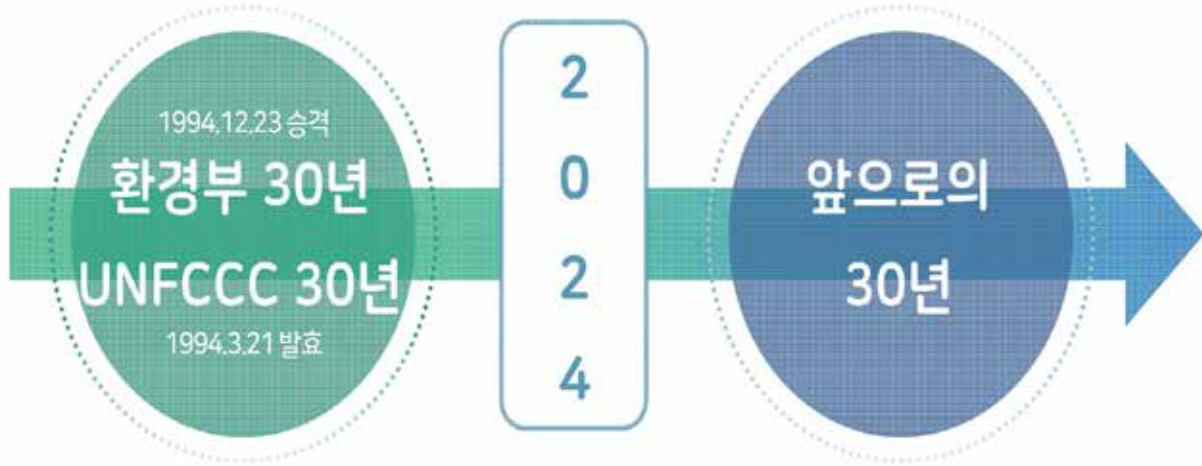
사회·경제·문화 등 삶의 전반에 환경 영향력 확장

4

II. 그렇다면, 어디로!

5

환경정책 30년, 기후환경정책의 변곡점



과거 물, 대기 등 전통적 환경개선 → 현재 경제, 정치, 안보 등 영역 확장 → 미래 메가이슈로 사회변화 선도

6

유연하게 대응하고, 담대하게 변화하는

"기후환경정책의 컨트롤타워"



7

앞으로는, 기후환경정책 리셋 가속화

추진성과

기후적응 인프라 구축 재개
(댐, 대심도 빗물터널, 하천정비 등)

실현가능한 이행기반 마련
온실가스 배출량 감소

녹색수출·수주 35.5조원(~'24.上)

팔공산 국립공원 신규 지정

환경 피해 구제 가속화

유연성
발휘

국가성장
기회 창출

정책방향

1. 기후위기, 국민이 안심하는 안전환경 조성

안전
환경

2. 탄소중립의 탄탄한 이행

탄소
중립

3. 미래 성장동력 녹색산업 육성

녹색
산업

4. 환경가치의 근간 보호

환경
가치

5. 환경복지 서비스 확대

환경
복지

8

III. 어떠한 방향으로?

9

III. 어떠한 방향으로?

1. 기후위기, 국민이 안심하는 안전환경 조성

과제 1 기후 위기 대응 인프라와 정보 제공 체계 구축

과제 2 철저한 폭염대응으로 국민 피해 최소화, 민생 안정

10

안전환경

과제 1 기후위기 대응 **인프라**와 **정보 제공**체계 구축



기후대응댐 건설

후보지(안) 14곳 발표(7.30), 지역 의견 수렴 추진



기후대응댐 후보지(안)

기대효과



홍수조절

*담별 최대 220mm

용수공급

*연간 2.5억톤

추진일정

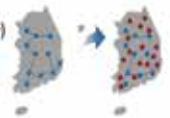
지역의견 수렴 (설명회, 공청회 등)
댐 건설 사업 착수(27~)



홍수예측 및 재난 예방 강화

홍수예측

AI홍수예보 더 정확하고 (전문가→AI+전문가)
더 촘촘하게 (75→223개 지점)



디지털 트윈 댐-하천 디지털 시뮬레이션 → 홍수량 예측
175개 하천에 대한 홍수 상황 모니터링

재난예방

홍수경보 발령지역입니다
안전운전 하시기 바랍니다

문자+내비게이션 서비스
도시침수지도 조기제공(25→24년)



11

철저한 폭염대응으로 국민 피해 최소화, 민생 안정

기후물가 대응

관계부처 합동 기후물가 안정화 추진



“밥상물가가 만성적 고물가로 이어지지 않도록 대책 마련 필요”

기후물가 대응 국회 토론회(8.14)



제4차 국가 기후위기 적응대책('26~'30)에
기후물가 안정화 방안 포함 추진

폭염 대비 안전 관리 강화

취약계층 보호정책

지원강화



쿨링포그



차일페인트



그늘막

관리체계

기후위기 적응정보 종합 플랫폼 구축
기후위험 지도 시각화, 단계별 행동요령 제공

녹조대응



오염원 관리

+



녹조 신속 제거

+



대응-관리 강화

III. 어떠한 방향으로?

2. 탄소중립의 탄탄한 이행

과제 1 국가 경제의 탄소 경쟁력 강화

과제 2 순환경제 생태계 조성

탄소중립

과제 1 국가 경제의 **탄소 경쟁력 강화**

책임 있는 감축, 탄소중립 이행

2030 NDC 책임 이행, 합리적인 2035 NDC 마련



탄소경쟁력 강화를 위한 지원 강화

전략산업 초격차 확보·탄소중립 이행 집중 지원

*용수공급 등 인프라 지원 + 배출권 이월제한 규정 완화 등 규제 집중 개선 + 보조금



기후테크

탄소중립 100대 핵심기술* 집중 육성 등 기후테크 활성화

* 무탄소 전원공급(SMR-재생^e 등), 수소환원제철, CCUS, 제로에너지 건물 등

탄소중립

과제 2 **순환경제 생태계 조성**

순환경제 규제 해소

규제 샌드박스 실증특례, 임시허가 등 신산업 기회 제공

순환자원 지정고시

유해성이 낮고 경제성이 높은 폐자원 규제 면제

* ①폐지, ②고철, ③폐금속캔, ④알루미늄, ⑤구리, ⑥전기차 폐배터리, ⑦폐유리

산업 클러스터 조성

폐배터리 클러스터 조성(21~25, 포항, 454억원)

재활용 기술개발-사업화 전주기 지원 Post 플라스틱 클러스터 조성(26~, 부산, 463억원)

고품질 폐자원 공급망 구축

- 재생원료 사용목표 강화
- ('23) 3% → ('25) 10%
- 공공열분해시설 확충
- 폐플라스틱 원료연료화 R&D



- 실시간 이력관리제 도입
- 폐식용유 순환이용 확대
- 바이오형공유개발 지원

III. 어떠한 방향으로?

3. 미래 성장동력 녹색산업 육성

과제 1 녹색산업 수주·수출 및 내수시장 확대

과제 2 녹색산업·첨단산업 연계, 지역 新성장동력 확보

녹색성장

과제 1 녹색산업 수주·수출 및 내수시장 확대

녹색산업 수주·수출 5년간 ('23~'27) 100조원 달성 총력, 녹색투자 확대 및 기업·지역 지원

수주·수출

목표 달성

- '23년 20.5조원
- '24. 上 15조원
- '24. 下 22조원 전망

업계 지원

- 수주지원단 파견
- 협력사업 발굴

수출 펀드

- 4,000억원 규모 펀드 조성

투자·지원

- 녹색투자 대폭 확대
- 강소기업 수출 동력화



녹색성장

과제 2 지역 **新** 성장동력 확보

녹색융합클러스터 10개소 조성



지역특성을 고려한 녹색산업 확대

- [수상태양광 개발]**
임하댐, 합천댐 등 5개소, 186MW
기업·지역상생형 사업모델 도입
- [수열 클러스터]**
춘천 데이터센터, 스마트팜 등 입주
- [수소경제 활성화]**
인천 액화수소 생산-충전소 (~25, 5개소)

III. 어떠한 방향으로?

4. 환경가치의 근간 보호

과제 1 보전과 이용이 조화되는 자연환경자산

과제 2 국민 모두가 누리는 건강한 생활환경

과제 1 보전과 이용이 조화되는 자연환경자산

국립공원 신규 지정 등 보호지역 확대

【팔공산 국립공원】



【신규 지정】

국립공원, 습지보호지역 등 지정
→ 세계적 보호지역 확대 노력 동참
(30년까지 전 지구의 최소 30%를 보호지역 등으로 보전·관리(CBD COP15, '22))

부산 금정산 영양 장구메기습지 ...

지역 생태 복원, 오염지역 재생

경기 고양 생태축 복원('24~'26)

생태축 복원

- 그린벨트 훼손지 생태축 복원
- 기본·실시설계 착수('24.7)



익산 왕궁 생태녹지 조성

녹지 조성

- 한센인 추사 → 생태녹지화
- 복원 기본계획 수립 착수('24.7)



녹색산업 확대로 오염지역 재생

녹색 산업화

- 서천 장항제련소 주변 → 생태복원테마지구
- 김포 거물대리 → 수소·전기차 클러스터



과제 2 국민 모두가 누리는 건강한 생활환경

깨끗한 공기, 건강한 국민



초미세먼지 농도(PM_{2.5}, 전국)

- 다배출업종 저감 지원+배출기준 강화
- 노후경유차 조기폐차+신규경유차사용제한(택배차 등)
- 계절관리제 연장 등 고농도 시기 대응 강화

화학위험으로부터 안전



원료명 정보 표기



원료 안전성까지 표시

등급 유통화(안심양호/보통/민심)

- 안전성조사(해외구매대행)+온라인 유통 불법제품 감시 확대



('23) 133개



('24) 400개 제품



('23) 1.5만개



('24) 2만개 판매처

III. 어떠한 방향으로?

5. 환경복지 서비스 확대

과제 1 사각지대 없는 폭넓은 환경복지

과제 2 디지털 강국, 환경서비스 플랫폼 확장

환경복지

과제 1 사각지대 없는 폭넓은 환경복지

철저한 환경피해 구제

가습기살균제 피해구제 지속

피해인정 범위 확대, 피해자 지원 강화 등 피해구제 지속



원스톱 피해구제 서비스 체계 구축

한 번의 신청으로 편리하게 환경피해 해결



민감·취약계층 집중 지원

물 공급 사각지대 해소

해수 담수화, 지하수 저류댐 등 물 부족 지역 맞춤형 공급방안 마련



권역형 환경보건센터 확대

지역 환경보건 이슈 선제적 대응 등 지원

11개소
2023

16개 광역시도
2027

눈높이 서비스 확대

편리한 친환경 실천 지원

| 탄소중립 포인트 |



전용앱 구축 + 모바일 페이

| 생활형 폐배터리 |



무상수거

한 눈에 확인하는 환경정보 (통합플랫폼 구축)



미세먼지



하천수질



환경재난 행동요령

데이터·AI 기반 환경관리

빅데이터 기반 국립공원 사고 사전 예방

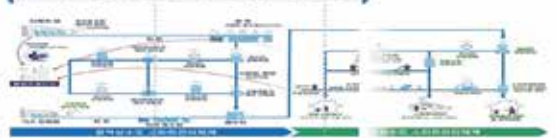


지능형 산불 영상분석



드론활용 산불감시

스마트정수장 국제표준(ISO) 선점



지금까지 경청해주셔서
감사합니다.



경기도 기후테크 100 추진전략

경기도 기후환경에너지국



환경 이슈를 넘어 경제 이슈가 된 기후위기

ESG 공시

RE100

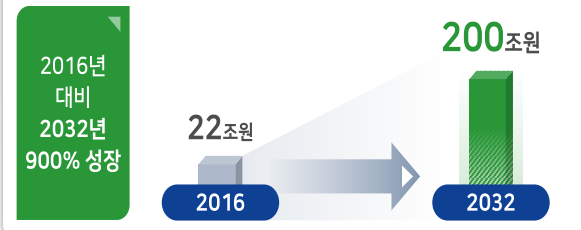
CBAM

탈탄소화에 실패 시, 산업 경쟁력 상실 우려

내일의 기회 : 기후테크의 부상

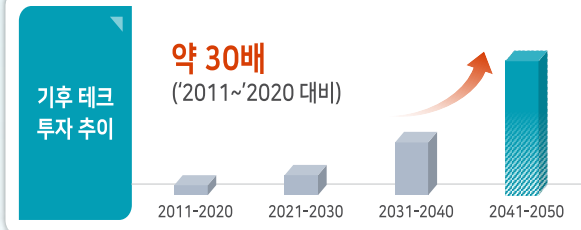
세계 각국에서 기후테크에 대한 관심과 투자 확대

주요 선진국 국가 주도하에 기후테크 투자 확대



자료 : 한국무역협회(2024)

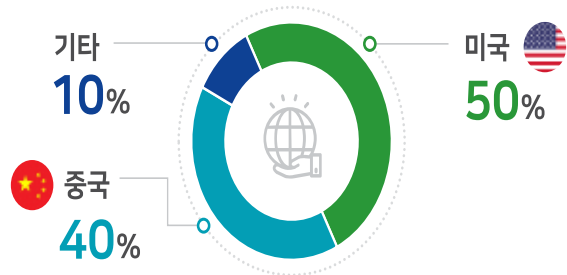
국내 민간중심 투자 확대



국내 현실

기후테크 시장 선점을 위한 글로벌 경쟁이 심화되고 있지만 **국내 기후테크 산업은 아직 걸음마 단계**

기업가치 상위 20대 유니콘 기업 국가별 분포



자료 : 한국무역협회(2024)

자본과 테스트베드의 한계, 기후테크 유니콘 기업전무



글로벌 기후테크 유니콘 현황 **83** 개

국내 기후테크 유니콘 현황 **0** 개

비전과 전략

대한민국 1호 기후테크 유니콘 기업을 경기도가 배출

창업기업 발굴·육성

- ▶ 기후테크 창업지원
- ▶ 기후테크 오디션
- ▶ 창업생태계 활성화

스케일 UP

- ▶ 기후금융 지원
- ▶ 인재양성 지원
- ▶ 기후테크 오픈이노베이션

유망 기후테크

- ▶ 판로개척 지원
- ▶ 혁신기술 지원

투자유치 지원

- ▶ 탄소중립 펀드 투자유치 지원
- ▶ 글로벌 VC 연계
- ▶ 글로벌 네트워크 지원

세부 추진과제 : 창업기업 발굴·육성

26년까지 100개의 기후테크 창업기업을 선발하여 육성



액셀러레이팅



초기기업

비즈니스모델
진단 분석

투자유치
기회 제공

각종 인증
특허취득
컨설팅

글로벌
진출 역량강화

기후테크
창업가
네트워킹



성장기업

온라인 마케팅
지원

제품 시장성
고도화 지원



사업화자금 지원

1

기술인력 채용 인건비 및
기술개발비 지원

2

시제품 설계 및
재료비 지원

3

특허출원 관련
경비지원

세부 추진과제 : **창업기업 발굴·육성**

공공 정책과 기후테크를 접목하여 창업기업에 성장기회를 제공

도정현안 필드 연계

도정현안 수요기반의 스타트업
매칭 및 필드 연계 지원

수요조사/
기업 선발

도정현안 Needs
도출 및 기업 선발

사업 매칭 및
현장 적용

창업기업 & 경기도
매칭 및 필드 연계 지원



세부 추진과제 : **창업기업 발굴·육성**

세미나를 통해 기후테크 창업 생태계를 활성화

창업



8월 30일

기후테크 창업 스토리 공유

기후테크 스타트업이 직접 정부와 개인, 기업이
가져야 할 역할과 창업 스토리에 대한 발표

일자리



10월

기후테크와 청년 일자리

대학생 대상 기후테크
청년 일자리 강연 및 질의답변

진출



12월

기후테크 기술, 정책마켓

기후테크 성과를 플라마켓 형식으로
공개하고 기업들이 구매
※ RE100 플랫폼(기후얼라이언스) 연계

세부 추진과제 : 스케일 UP

대기업 오픈 이노베이션을 통해 기후테크 기업의 성장을 지원

- 기존 성장사업 경쟁력 강화
- 사업 포트폴리오 확장



- 판로개척 기회 (마케팅 영업 등)
- 전략투자 기회 제공

창조경제혁신센터

<p>01 매칭데이(밋업)</p> <p>대기업 수요기반 스타트업 추천 및 폐쇄/공개형 협업미팅</p>	<p>02 기술/개념 검증형(PoC)</p> <p>대기업 기존 사업 경쟁력 강화를 위한 스타트업 기술개념 검증</p>	<p>03 전략투자형</p> <p>미래 신성장 동력 발굴을 위한 전략투자+액셀러레이팅</p>
--	---	---

세부 추진과제 : 스케일 UP

기후금융을 통해 기후 테크 기업 등에 매년 1,000억 규모의 자금을 지원

기후위기 대응 특별보증

<p>금융비용 완화</p> <p>은행 협약금리 -2.0%p 이차보전 지원</p>	<p>거치기간 확대</p> <p>보증기간 5년 중 거치기간 최대 2년</p>	<p>보증료 비용부담 완화</p> <p>연 0.8% (-0.2% 인하)</p>	<p>전액보증 지원</p> <p>보증비율 100% 시행</p>
---	---	--	---

세부 추진과제 : **유망 기후테크 지원**

유망한 기후 테크 기업의 **해외판로개척**과 **혁신기술 R&D 지원**

유망 기후테크 지정 및 지원

지정규모: 2024년 10개사 지정

R&D 지원
(시제품 제작지원)



금형 또는
목업 제작비용 지원
(금형, 워킹목업 제작 등)

**국내·외 산업재산권
권리화 지원**



국내특허, 해외특허, PCT,
실용신안, 국내상표, 해외상표,
국내 디자인, 규격인증 등
취득시 비용 지원

마케팅 지원



국내 마케팅 활동지원

카탈로그, 동영상, 홈페이지,
전문잡지 광고 지원 등
기업 홍보 활동

해외판로개척 지원



**해외 전시회 참가,
통상촉진단 파견**

부스 임차료, 기본장치비
전시품 운송비, 항공운임비 등

세부 추진과제 : **투자유치 지원**

탄소중립 펀드 조성 및 운영을 통해 기후테크 기업 투자를 확대

“

기후 테크 기업 등을 대상으로

총 2,280 억원 조성

*2026년 500억 추가 조성

탄소중립펀드 피칭 데이를 통해 IR기회 제공

탄소중립펀드
피칭 선발

초기투자 SEED

성장투자 Pre-A

예비 창업 3년 이내

창업 7년 이내

기후테크
투자유치
Switch ON

탄소중립펀드 IR

초기투자 SEED 팀스 운영사,
성장투자 Pre-A 스케일업 팀스 운영사 배치

세부 추진과제 : 투자유치 지원

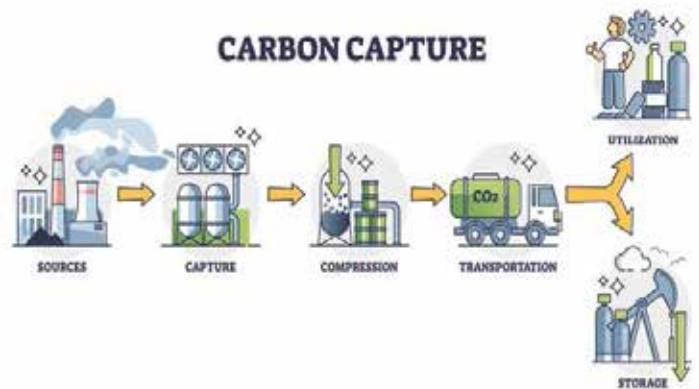
기후테크 스타트업의 다양한 도전과 기회를 동반할 글로벌 역량강화와 시장 진출을 선도



감 사 합 니 다

가속광물탄산화 기술을 이용한 탄소포집과 재이용 기술

국립공주대학교 환경공학과
이상민 교수



CONTENTS

01 탄소중립의 개념 및 중요성

04 광물탄산화 기술의 역사

02 탄소중립 실현을 위한 CCUS

05 광물탄산화의 기술적 발전과 측면

03 광물탄산화의 기본원리

06 광물탄산화의 미래 전망 및 역할



이

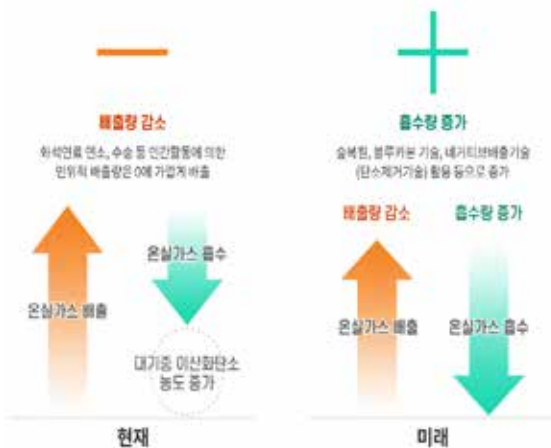
탄소중립의 개념 및 중요성

- 1-1. 탄소중립의 중요성과 글로벌 환경 문제
- 1-2. 탄소중립 실현을 위한 국가적 목표 및 노력

1-1. 탄소중립의 중요성과 글로벌 환경 문제

탄소중립(Carbon Neutrality)이란?

- 인간 활동으로 발생하는 탄소 배출량과 흡수량을 상쇄시켜, 실질적인 탄소 배출량을 '0'으로 만드는 것을 목표로 하는 개념



IPCC 1.5°C 특별 보고서

- 온실효과로 인해 2006~2015년 동안 관측된 Global mean surface temperature (GMST)의 평균은 1850~1900년의 GMST 평균보다 약 0.87°C 높아짐
- 지구 평균온도 상승을 1.5°C 이내로 억제해야 함
- 2030년까지 전지구적 온실가스 배출량을 2010년 대비 45% 이상 감축해야 함
- 2050년에는 net zero를 달성해야 함.



2021년 탄소중립 선언 현황



2018년 배출량 대비 **40%** 감축안 제시(2021년 10월)

1-2. 탄소중립 실현을 위한 국가적 목표 및 노력

대한민국

- 2030년까지 온실가스 배출을 2018년 대비 40% 감축하는 것을 목표로 하고 있으며, 2050년까지는 순 배출량 0을 달성할 계획임.
- 노력 : 그린뉴딜 정책, 탄소배출권 거래제, 재생에너지 확대

유럽연합 (EU)

- 2019년에 유럽 그린딜을 발표하며, 2050년까지 탄소중립을 달성하겠다는 목표를 설정함. 2030년까지 온실가스 배출을 1990년 대비 최소 55% 감축하겠다는 중간 목표를 제시함.
- 노력 : 탄소국경조정제도(CBAM), 재생에너지 확대 및 전기차 보급, 탄소배출권 거래제도(ETS)

미국

- 2021년 2050년 탄소중립을 목표로 재가입한. 2030년까지 2005년 대비 온실가스 배출량을 50~52% 감축하는 중간 목표를 설정함.
- 노력 : 인플레이션 감축법(IRA), 청정 에너지 및 CCUS 기술 개발, 전기차 및 대중교통의 전기화

일본

- 2020년에 2050년 탄소중립을 선언함. 2030년까지 2013년 대비 온실가스 배출을 46% 감축하겠다는 중간 목표를 설정함.
- 노력 : 그린성장전략, 재생에너지 확대



02

탄소중립 실현을 위한 노력

2-1. CCS (Carbon Capture and Storage)

2-2. CCS에서 CCUS로의 패러다임 전환

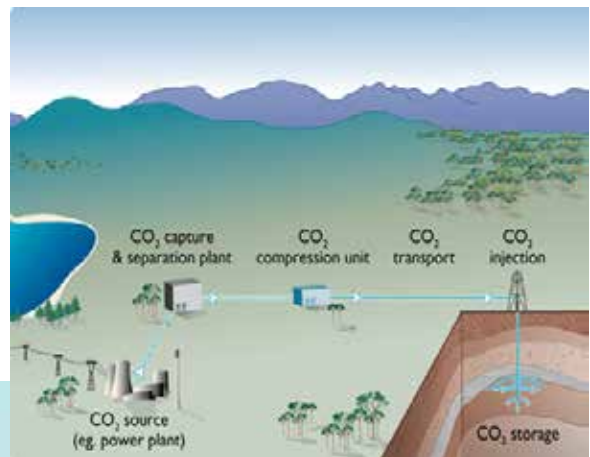
2-1. CCS (Carbon Capture and Storage)

· 이산화탄소를 물리, 화학적인 기술을 이용하여 분리 및 압축하여 육상 혹은 심해 퇴적층에 저장하는 기술

▪ 포집
화석연료 사용에서 발생한 CO₂를 분리 포집하는 기술

▪ 수송
고농도로 포집된 CO₂를 파이프, 선박 등을 통해 저장소로 이송

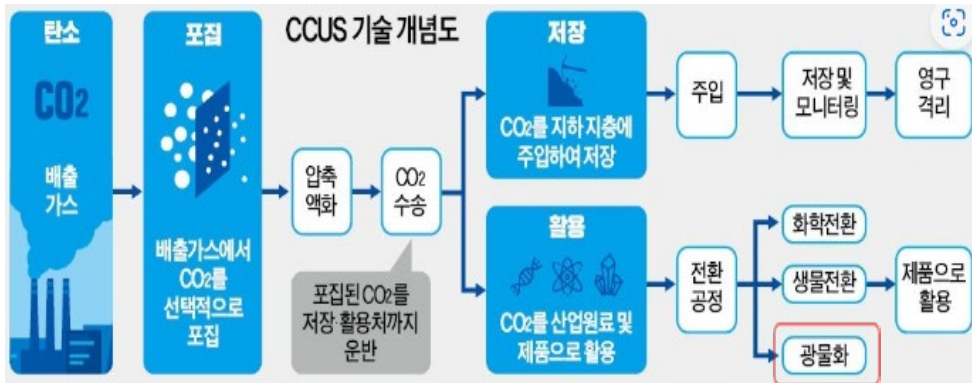
▪ 저장
CO₂를 육상 또는 해양의 퇴적층에 안전하게 저장하는 기술



2-2. CCS에서 CCUS로의 패러다임 전환

- 대규모 Site 필요하고 저장 CO₂의 누출 위험 상존하고 장기간 모니터링 비용 필요.
- 포집한 CO₂를 활용하여 고부가가치의 물질로 전환하여 경제성 확보

“지속적인 탄소원의 활용 및 고부가가치의 화합물 생성을 통한 부가가치 창출”



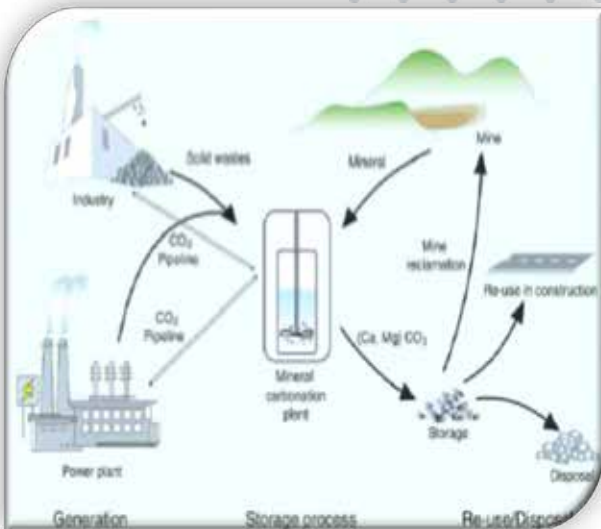
자료: 2021 CCU 기술혁신 로드맵

03

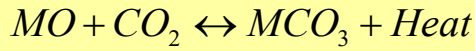
광물탄산화

3-1. 광물탄산화의 기본 원리와 종류

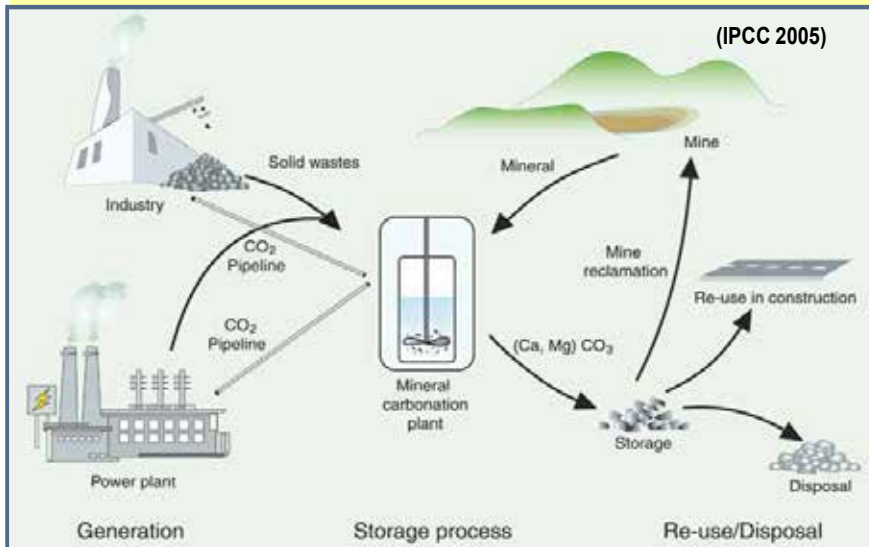
3-2. 광물탄산화의 과정 및 장점



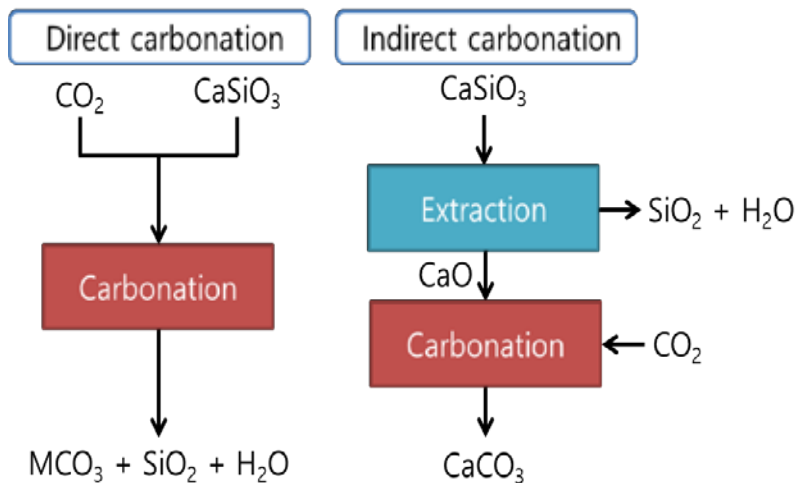
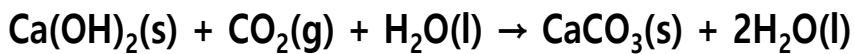
3-1 광물탄산화의 원리



Stabilization of CO₂ as mineral carbonates via chemical reaction with metal oxides (MO, M=Mg, Ca, Fe) releasing heat.



3-2 광물탄산화의 종류



- 직접가스/고체 탄산화
- 직접 수성탄산화
- 간접 수성탄산화
- 아세트산 수성탄산화(회수가능)
- Two-step 수성탄산화
- (추출용매/pH swing/첨가제)

미국

Klaus S. Lackner (- Columbia Univ.)

- '90년대 LANL 에서 CO₂ 광물 탄산화 연구를 꾸준히 진행해 왔음.
- CO₂ sequestering using ultramafic rocks and residue chrysotile asbestos

William K. O'Connor(- NETL)

- 2000년대 초 ARC에서 CO₂ 광물 탄산화 관련 연구(주로 천연 광물)를 진행 (DOE 내에서 Mineral Carbonation Study Program 등).
- Direct Mineral Carbonation (w/ carbonic acid), Carbonation using a direct aqueous process, Supercritical CO₂ Mineral Carbonation

Prof. Richards at MUST

- 제철공정 슬래그를 이용한 CO₂ 포집 및 격리공정 개발

연구 사례 (해외)

일본

Katsunoi Yogo(RITE)

- Chemical Research Group 중심 소규모 기초 연구(2000년대 중반).

Yukio Yanagisawa(Univ. of Tokyo)

- 폐콘크리트/concrete sludge 등을 이용한 새로운 탄산화 기술 개발 중.
- Concrete sludge 재활용 공정 bench-scale 실험 연구를 실시 중 (Kawashima – Nippon Concrete Industries)



04

광물탄산화기술 발전 과정

4-1. 1 단계 : 지하 광물

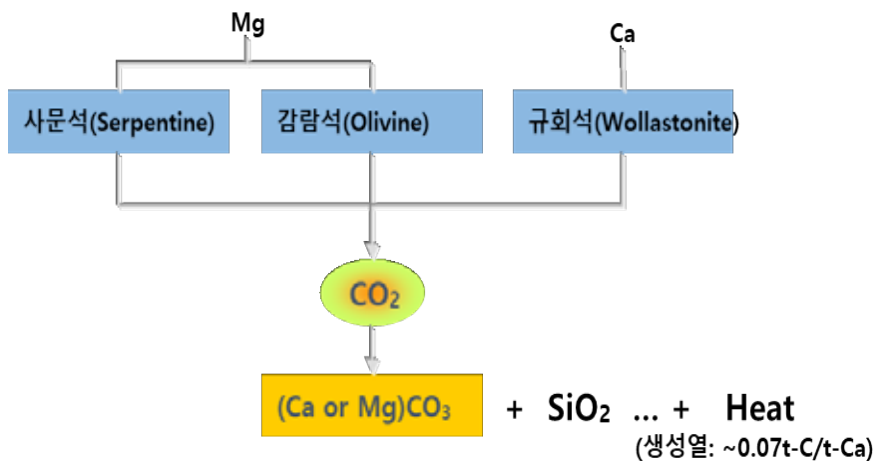
4-2. 2 단계 : 산업 부산물 활용

4-3. 3 단계 : 해수 및 담수화 농축수

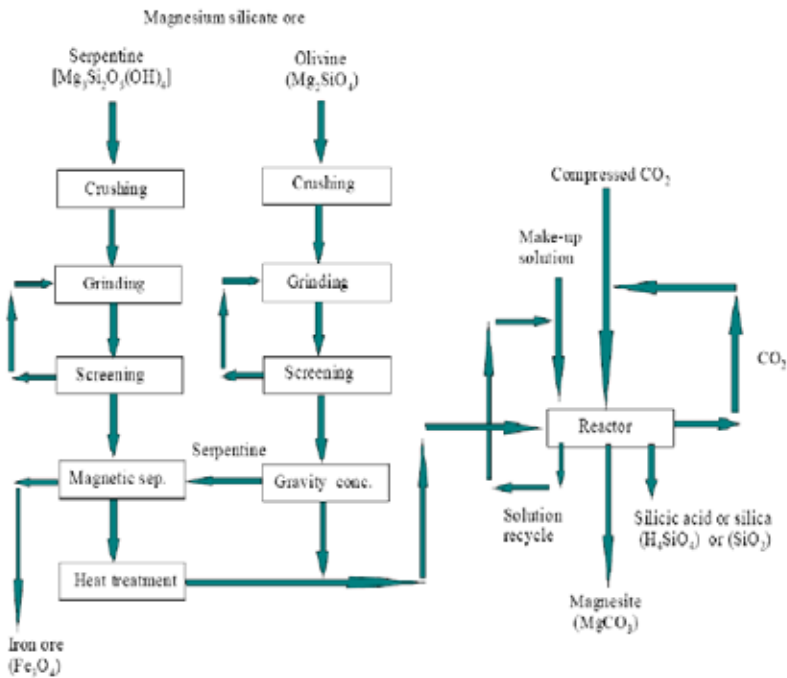
4-1. 1 단계 : 지하광물 시대

초기 연구

- 자연에 존재하는 규산염 광물(예: 사문암, 감람석 등)을 채굴하여 CO₂를 고정.
- 채굴된 암석을 분쇄하고, CO₂와 직간접 반응을 통해 이루어짐.

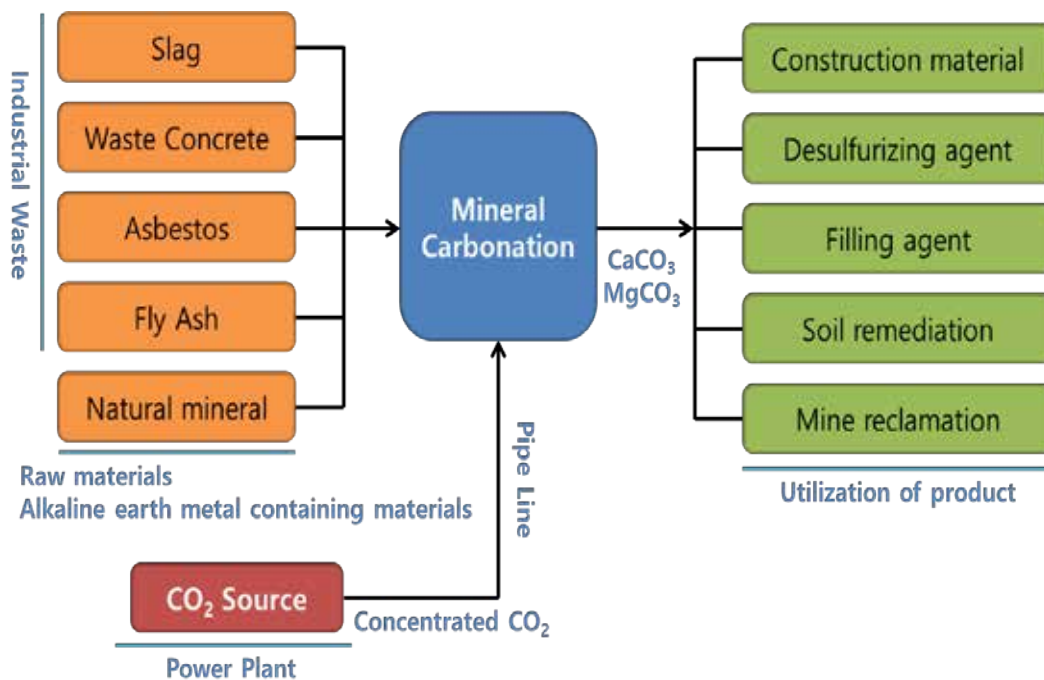


Goldberg, 2001



- 천연 광물 매장량 빈약 → 대량의 CO_2 처리 한계
- 천연 광물의 경우 이를 탄산화시키기 위해서는 전처리가 필요하며 분쇄공정에 다량의 에너지 소요(CO_2 발생)
- 다수를 차지하는 Mg를 포함하는 탄산화 대상 광물은 Ca에 비해 반응 속도가 느림

4-2. 산업 부산물 활용 사례



4-2. 산업 부산물 활용 사례

발생원	부산물	비고
제철/제련소	▪제철 슬래그	30~ 50% MgO, CaO
	▪니켈제련슬래그	30~ 35% MgO, CaO
건축 폐기물	▪폐콘크리트/CKD	15~45% CaO
	▪폐석면	~47% MgO
광산	▪석면광	~ 47% Mg (사문석광)
발전소, 소각로	▪비산재	2~35% CaO
기타	▪폐석고 등	40~60% MgO, CaO

슬래그(용광로 슬래그)



Fly Ash(화력발전 부산물)

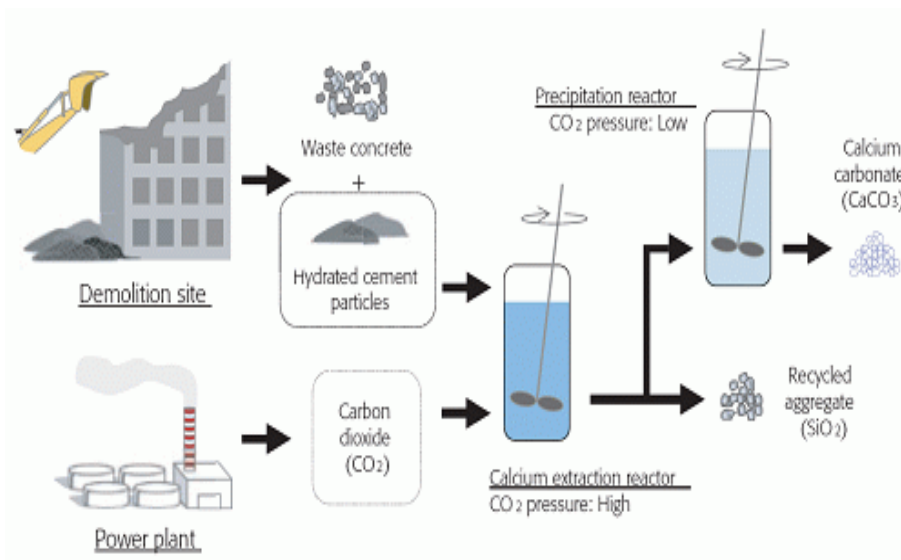
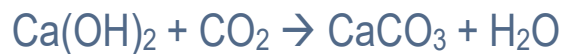


시멘트 폐기물 활용



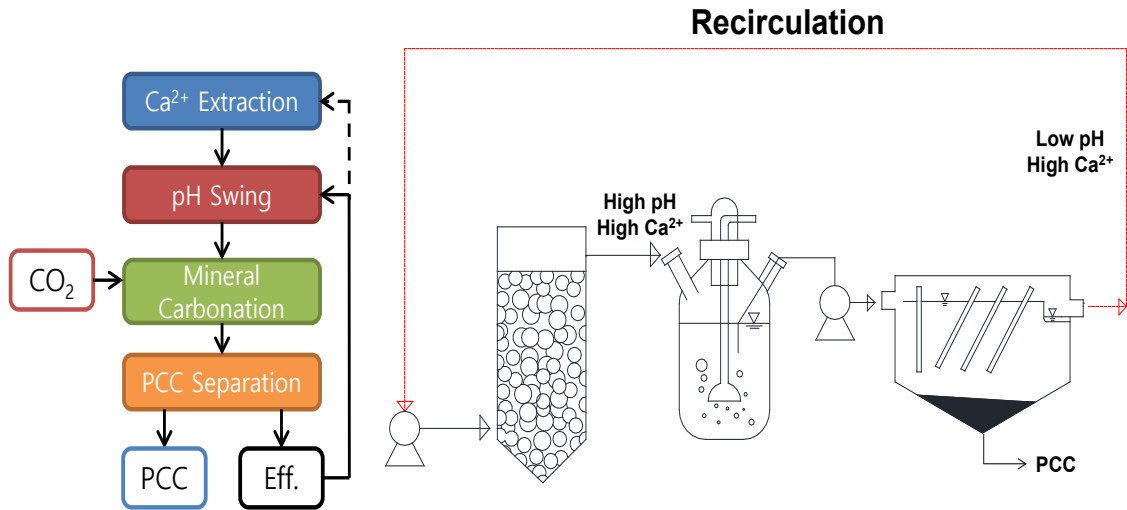
4-2. 산업 부산물 활용 사례

폐콘크리트를 활용한 광물탄산화 공정



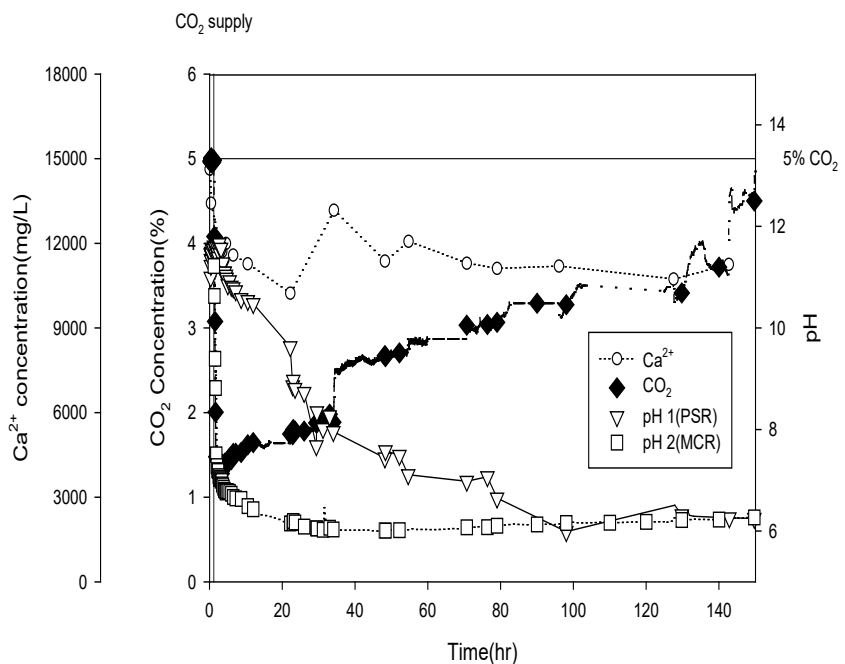
4-2. 산업 부산물 활용 사례

폐콘크리트를 활용한 광물탄산화 공정



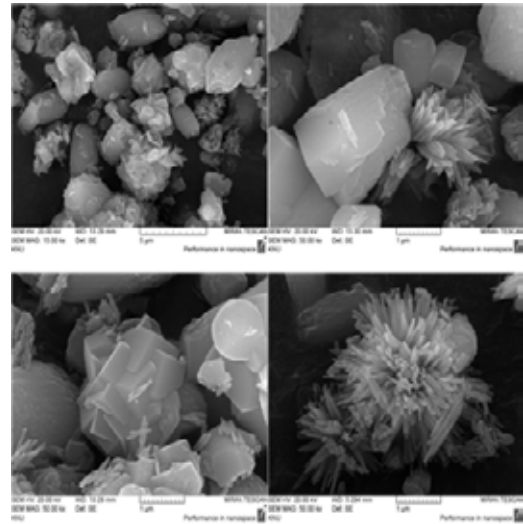
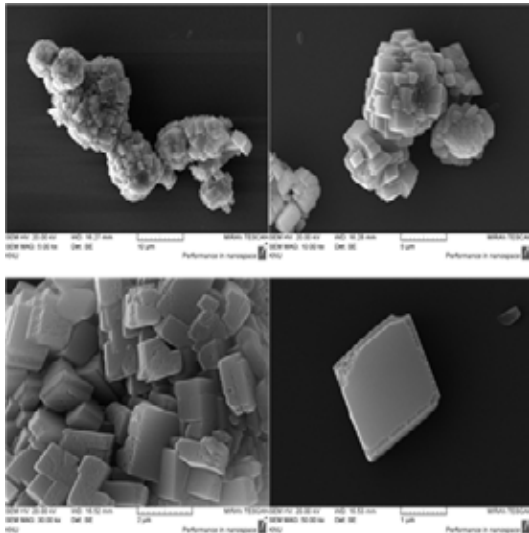
4-2. 산업 부산물 활용 사례

폐콘크리트를 활용한 광물탄산화 공정



4-2. 산업 부산물 활용 사례

폐콘크리트를 활용한 광물탄산화 공정 - PCC



4-2. 산업 부산물 활용 사례

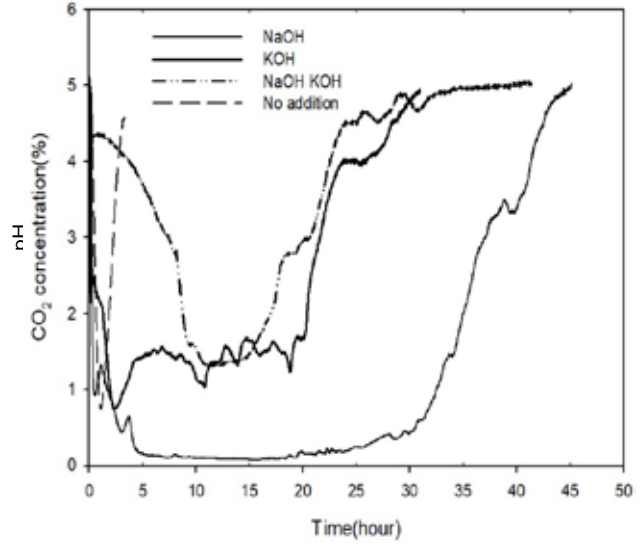
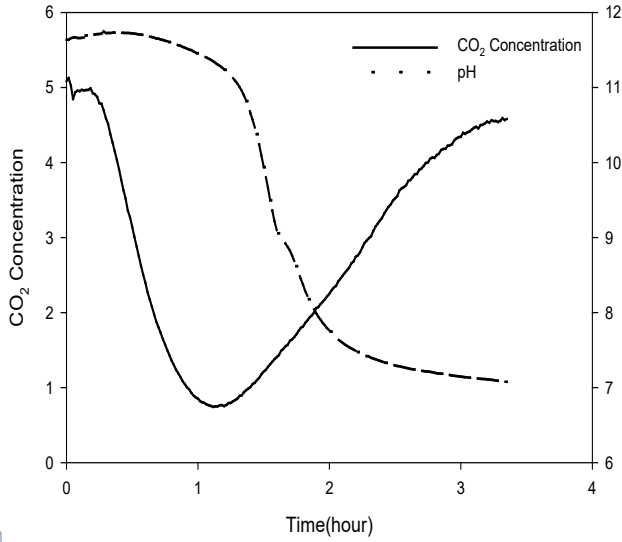
CKD를 활용한 광물탄산화 공정

- 시멘트 소성로 배기가스에서 제거되는 미분형태의 고알칼리성 폐기물



4-2. 산업 부산물 활용 사례

CKD를 활용한 광물탄산화 공정

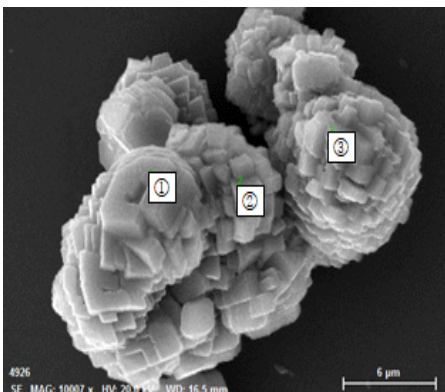


4-2. 산업 부산물 활용 사례

CKD를 활용한 광물탄산화 공정

- 광물탄산화 결과

광물탄산화 침전물 EDS 결과



Element	Spectrum 1		Spectrum 2		Spectrum 3	
	norm. C	Atom. C	norm. C	Atom. C	norm. C	Atom. C
Unit	wt. %	at. %	wt. %	at. %	wt. %	at. %
Ca	87.41	73.16	80.67	61.25	71.47	47.34
O	7.01	14.7	10.39	19.77	15.56	25.81
C	3.57	9.97	6.6	16.73	11.66	25.77

4-2. 산업 부산물 활용 사례

4가지 산업폐기물을 활용한 광물탄산화 공정

- 산업폐기물 종류

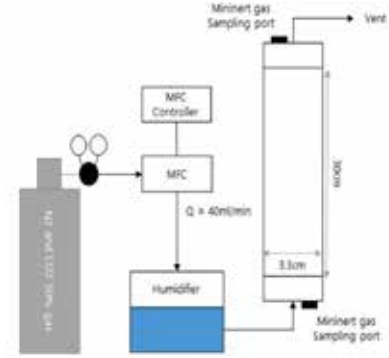
Material	Ca (wt%)	Mg (wt%)
BFS	30.3	1.8
SFRCA	24.1	0.3
SS	19.0	1.2
CA	1.8	2.2

- 고로슬래그 (BFS)
- 건설폐토석 (SFRCA)
- 고화슬러지 (SS)
- 석탄재 (CA)



- Ca, Mg의 알칼리토금속을 함유
- 주로 Ca를 고농도로 함유하나 본 연구에서 사용된 석탄재에는 Ca 함량이 적고 Mg 함량이 상대적으로 높음

- 광물탄산화 공정



연속운전 공정도

- 50% CO₂를 1L/min으로 주입
- 30°C 항온조건
- 15분 간격으로 배출 CO₂ 농도 분석

윤수철, 김상민, 송상훈, 박진규, 문세흠, 이남훈. (2020). 산업폐기물 활용 광물탄산화를 통한 폐기물매립시설의 CO₂ 저감 가능성 평가. 한국자원공학회지, 57(2), 176-184.

4-2. 산업 부산물 활용 사례

산업폐기물을 CO₂ 포집능 산정

Industrial by-products		Content of alkali metal (%)		CO ₂ removal (Kg CO ₂ /t SM)	PCC production (Kg PCC/t SM)
		CaO	MgO		
Slag	BF-slag	40.0 ¹⁴⁾	8.6 ¹⁴⁾	52 (EAF) ¹⁷⁾	56 kg PCC/t BFS ¹⁸⁾
	Convert slag	41.5 ¹⁴⁾	6.5 ¹⁴⁾	227 (BFS) ¹⁸⁾ 25~98 (Slag) ¹⁹⁾	
Waste concrete		37*	1.5*	40-120 ²⁰⁾	68-204 ²⁰⁾
Coal ash		7.5 ¹⁴⁾	1.7 ¹⁴⁾	31.1 ¹⁵⁾	170 ¹⁵⁾
Cement Kiln Dust		43.9*	0.7*	450*	340*

* (이상민, 대한환경공학회지 in press, 2022)

광물탄산화 원료물질의 우선순위

※수준 - ◎: 매우 높음(5), ○: 높음(4), △: 중간(3), v: 낮음(2), x: 아주 낮음(1)

	천연광물 사문석/ 규회석/ 감람석/	산업 부산물				
		제철슬래그	폐콘크리트	폐석면	CKD	비산재
단위질량당 CO2 저장 잠재량	v	◎	○	○	◎	△
기술 개발 용이성	△	○	○	x	◎	○
개발 기술의 적용성	v	◎ (제철소)	○ (양회업계)	○ (폐광산)	○ (양회업계)	○ (발전사)
기업 참여 가능성	x	○ (포스코)	○ (양회업계)	△	○ (양회업계)	v (발전사)
친환경성	x	△	○	◎	○	○
합계	9	21	20	17	22	17

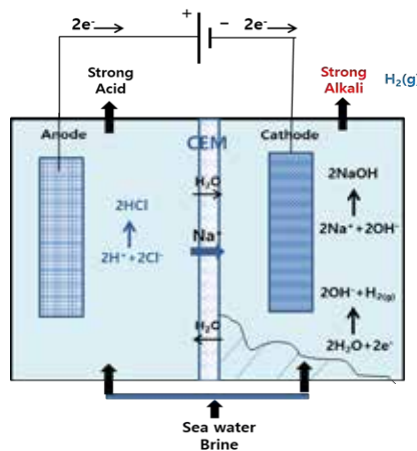
4-3. 해수를 이용한 광물탄산화

해수전해를 연계한 광물탄산화 공정

- 해수전해 조건

Na ⁺ (mg/L)	17,987
Mg ²⁺ (mg/L)	2,226
Ca ²⁺ (mg/L)	17,987
pH	7.27

해수담수화 농축수 특성



해수전해의 원리

- 담수화 과정에서 발생하는 부산물인 농축수는 풍부한 양이온이 존재
- 양이온 교환막(CEM)을 이용한 해수전해를 통해 양이온을 농축하고 NaOH를 생성

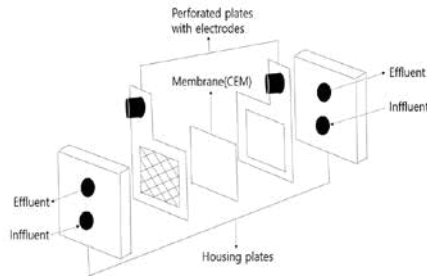
4-3. 해수를 이용한 광물탄산화

해수전해를 연계한 광물탄산화 공정

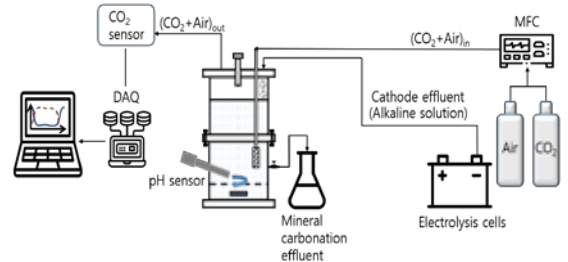
- 해수전해 연계 광물탄산화



해수전해 반응기



해수전해 반응기 구성



해수전해 연계 광물탄산화

- 전기분해 조건
 - 1.00 A 정전류
 - 용액의 체류시간 : 3.3 min
 - 반응기 연결방식 : 직렬연결



pH 13의 음극수 생성가능

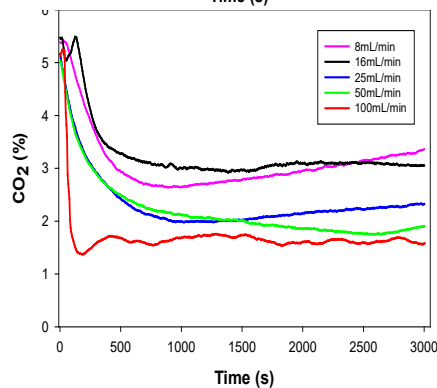
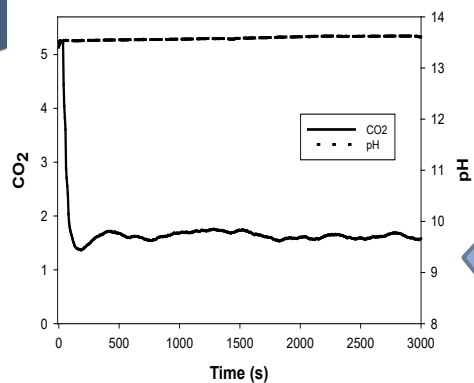
- 광물탄산화 조건
 - 5% CO₂ (400 mL/min)
 - pH 실시간 측정
 - 배출 CO₂ 농도 실시간 측정

4-3. 해수를 이용한 광물탄산화

해수전해를 연계한 광물탄산화 공정

- 광물탄산화 결과

Inflow Rate of Alkaline solution (mL/min)	CO ₂ Removal (%)	CO ₂ Removal (mmol)
8	37.9	16.9
16	34.7	15.5
25	53.4	23.8
50	56.3	25.1
100	66.1	29.5



음극수 유입유량이 100mL/min일 때

- 전기분해 반응기로의 해수 유입유량이 7.5 mL/min, 광물탄산화 반응기로의 음극수 유입유량이 100 mL/min인 조건으로 연속식 광물탄산화를 진행한 결과, 36.1 mmol/hr의 CO₂ 제거
- 해당 조건으로 1 ton의 해수를 이용하면 0.8 kg의 CO₂를 제거할 수 있음



감사합니다



Session B

땅에 고움이 머물러~



기후위기 시대 서울의 도전과 정책방향

2024. 10. 7.

서울특별시

Contents

기후위기 시대 서울의 도전과 정책방향

1

기후위기
시대

2

기후변화
대응 정책

3


정책성과 분석
및 극복과제

4

향후
정책 방향


5

서울시
우수사례



**지구온난화를 넘어
끓는 지구의 시대**
The Era of Global Boiling

산업화 이전 대비,
전 지구 지표면 온도,
세계평균 이미 **1.1°C 상승**




2100
제한 **1.5°C**
: :
현재 **1.1°C**

기후위기 시대

- ☑ 인류 생존을 위해 **2100년까지 지구 평균온도 상승 1.5°C 이하로 유지 필요**
- ☑ 전 세계적인 온실가스 배출량 증가로 인해 이미 **1.1°C 상승, 2040년 이전에 1.5°C 상승 전망** (IPCC, 6차 보고서)
(1.5°C 상승시점이 당초 2050년에서 10년 당겨짐)

서울은 도시화와 더불어 더 심각한 기후위기 직면

- ☑ **서울 평균기온** 1910년대 10.7°C에서 2010년대 13°C로 **2.3°C 상승** (전 지구 상승분의 2배 이상)
- ☑ 지구 기온 1°C 증가시 대기 중 **습도 7~8% 증가**, 늘어난 수분은 **태풍, 집중호우의 주된 원인**으로 작용


2



NEWS
2023. 8.
기후변화, 극단적 기상 현상 불러온 하와이 산불
지금까지 최소 53명의 사망자를 낸 산불이 기후변화에 따른 재해라는 분석...
... 6월13일 기준으로는 3분의 2 이상이 "비정상적으로 건조한(D0)" 단계나 '보통 가뭄' (D1) 단계가 됐다. 이번 주 들어서는 무려 83% 가뭄 단계에 포함됐다. NYT는 지구가 가열되면서 재해로부터 보호받는 곳은 아무 데도 없다는 것"이라고 경고했다.

NEWS
2023. 8.
스페인·포르투갈, 44도 폭염에 화재까지..."73년 중 가장 더운 8월"
24개 지자체에 가뭄 비상사태 선언
"최근 5일은 아마 73년 중 가장 더운 8월일 것" 9일 평균 기온은 1950년 이후 최고 기록을 갈아치울 것으로 보인다. 폭염으로 인한 뜨거운 공기로 산불 진압도 난항을 겪고 있다. 포르투갈은 수도 리스본 포함한 6개 지역에 적색 경보를 발령했다. 남중부 에보라에는 섭씨 44도, 리스본도 섭씨 41도 에보라에는 농업 목적의 물 공급은 대부분 끊겼다. 농업이며, 산업 및 레크리에이션 목적의 물 사용도 25% 줄여야..."

기후위기 시대



NEWS 2023. 8.

예측불허 기후에 이상향 치솟는 손실... 보험사 '발등의 불'

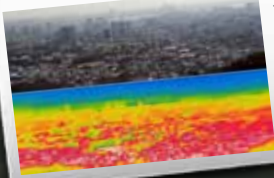
자연재해 피해에 대해 보험사가 지급한 보령금 규모는 가파르게 증가하고 있다. 올해 1~6월 **자연재해로 발생한 전세계 보험지급액**은 약 500억달러(약 66조원)


3

기후위기 시대

NEWS

2018. 8.
전국 기상 관측소에서 '폭염 신기록' 속출
기록적인 폭염...서울 39.6도



폭염으로 서울 최고기온
39.6℃ 기록

1907년 기상관측 이래 역대 최고
기온을 기록한 2018년 8월 1일 오후
서울 남산에서 일반 카메라와 열화상
카메라로 촬영한 도심의 모습. 아래쪽
열상이 열화상 카메라로 찍은
사진으로 온도가 높을수록 붉게
나뉘는수록 푸르게 표시된다.

'23년 4월 이상기온, 빗꽃 없는 빗꽃 축제



NEWS

2023. 7.
서울 일부 기습 폭우...철도와 도로 한때 통제



서울 서남부 시간당 70mm
폭우...철도도로 곳곳 한때 통제

...서울 영등포와 양천구 등 일부 지역에
시간당 80mm 안팎의 폭우가 쏟아지면서
지하철 운행이 한때 멈추고 도로 교통이
통제됐습니다. 서울 노들길 양화 나들목과
경인 1지하차도 인천 방향 등의 도로도
통제됐다.가운행을 재개했지만 여의하류
나들목 등의 도로는 여전히 통제되고
있습니다.

여름일수, 1910년대 102일에서 2100년대 194일 전망

※ 1시간 최대 강수량 141.5mm 기록 (동작구)

'22년 8월 집중호우 발생으로 2,963가구 침수 및 인명피해 발생



안토니오 구테흐스
UN 사무총장

지구 온난화 시대는 끝났습니다.

기후변화 대응 정책 (국제사회)



UN 기후정상회의

- ☑ '14년, '19년 2회 개최 (UN사무총장 재량)
 - ('14년) 파리협정 합의 촉구, ('19년) 감축목표 상향
- ☑ '23.9.20.3차 회의 예정 (뉴욕)
 - 주제 : 타협없는 기후위기 대응목표 실현

UNFCCC 당사국회의 (COP)

- ☑ '95년부터 매년 개최
- ☑ '23.11.30. COP28 회의 예정 (두바이)
 - 주제 : 파리협정 이행결과 평가 및 논의

C40 도시기후 리더십 그룹

- ☑ 총회 : '05년부터 2~3년 1회 개최 (총 8회)
 - 운영위원회 회의 : 연 2회 개최
- ☑ '23.9.19. 운영위원 회의 예정 (뉴욕)
 - 주제 : 기후위기 대응 도시의 역할 (미정)

기후변화 대응 정책 (국제사회)

기후변화 대응 국제사회 요구 강화

EU 탄소 국경 조정 제도(CBAM) 시행('26년~)

- ✔ 철강, 알루미늄, 시멘트, 비료, 전력, 수소 등 6개 품목
- ✔ EU 기준을 초과하는 탄소배출량에 대해 배출권 구매 의무화

RE100 확산

- ✔ 애플, BMW, 구글, 월마트 등 글로벌 기업의 RE100 참여 선언
- ✔ 협력업체에 RE100 동참 요구 새로운 무역장벽 역할

미국 인플레이션 감축법(IRA) 시행

- ✔ 기후변화 대응 및 에너지 대응에 재정투입 확대
- ✔ 미국 기후변화 대응 산업 보호, 국내 자동차 업계 타격

서울특별시

7

환경공학부 창립50주년 기념 환경포럼 - 131

기후변화 대응 정책 (서울시)



서울 친환경 에너지 선언

2007. 4.



에너지 종합대책

2008. 6.



제3차 C40 서울 총회

2009. 5.

기후변화 대응을 위한 다양한 정책 발굴·발표

2021. 1.



온실가스 감축 로드맵 "기후행동계획"

2024. 4.

2023. 5.

2022. 4.



탄소중립 녹색성장 기본계획



정원도시 서울



수변감성도시 조성계획

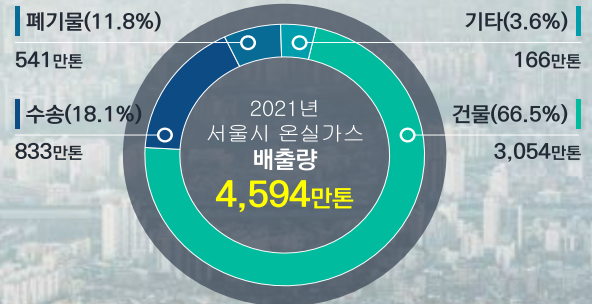
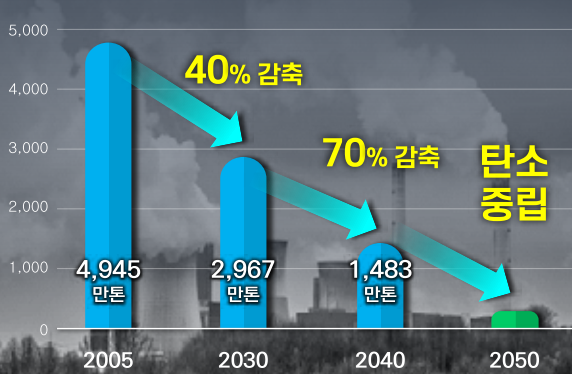
기후변화 대응 정책 (서울시)

| 2050년 온실가스 감축 추진 계획 ('21년 1월)

C40 도시기후 리더십그룹에서 서울시 2050 온실가스 감축 계획 승인 ('21.6월)

온실가스 감축 계획

단위 : 톤/년



기후변화 대응 정책 (서울시)

| 탄소중립 녹색성장 기본계획 ('24년 4월)

비전

“ 시민과 함께 하는 2050 탄소중립 도시 ”

목표

'33년까지 온실가스 50% 감축
('05년 5,234만톤 ⇨ '33년 2,567만톤)

기후위기
안전 도시 조성



중점 추진과제

건물 탈탄소 전환

- 건물 신고, 등급, 총량제 추진
- 도시 공간에 적합한 신재생에너지 확대



친환경 모빌리티

- 내연기관차 등록, 운행 제한
- 상용차 중심 친환경차 집중 전환



물길·숲길 회복

- 건전한 물순환 회복
- 지속 가능한 도시숲 확충



기후재난 안전망 강화

- 폭우대비 방재성능 향상
- 폭염·한파대비 시민건강 보호



시민주도 탄소중립

- 생활권 탄소중립 실천 확산
- 제로웨이스트 서울

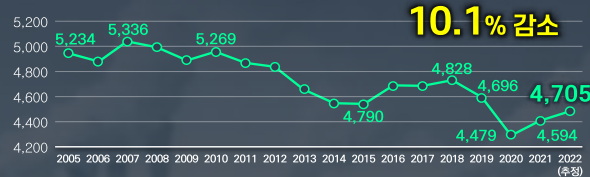


정책성과 분석 및 극복과제

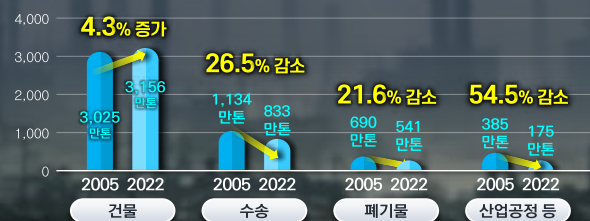
서울시 온실가스 배출량

단위 : 만톤

- '05년 대비 '22년(추정치) 10.1% 감소



- '05년 대비 '22년 분야별 증감비교



온실가스 배출량



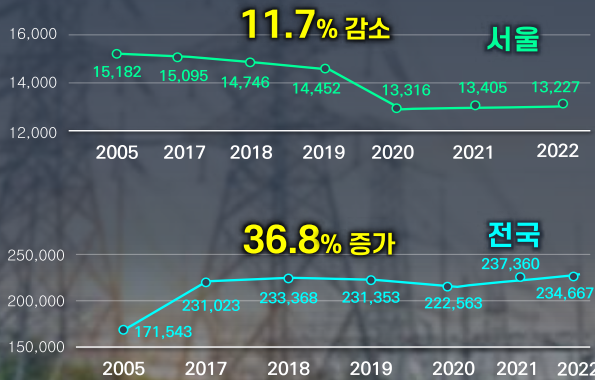
2022년(추정) 서울시 온실가스 배출량 10.1% 감축
전세계, 국가 배출량 증가 속 성과이나, 2050 탄소중립을 위한 노력 강화 필요

정책성과 분석 및 극복과제

에너지 소비량

단위 : 만톤

- '05년 대비 '22년 서울시 12.9% 감소, 국가 36.8% 증가



서울의 에너지원별 소비량 변화



2005년 대비 2022년 서울시 에너지소비량 12.9% 감축
전기차·전자제품 증가 등 생활변화로 석유·가스에서 전기로 에너지 사용패턴의 변화

정책성과 분석 및 극복과제

감축분야

저탄소건물 100만호 추진 '24. 8월 기준 103만호 추진

감축 분야



적응 분야

- ☑ 경로당 저탄소건물 전환 등 공공건물 1.9천 개소
- ☑ 민간BRP 용자 등 민간건물 90.4만호
- ☑ 저소득층 LED 지원 등 취약계층 13만호
- ☑ 첨단에너지 관리시스템 구축 (대형건물 BEMS, 경로당 SEMS 등)

극복과제

건축 총 연면적 지속 증가 ('00년 대비 '20년 1.7배)
건물 노후화 (30년 이상 건축물이 전체의 53%)에 따른 에너지소비 증가

정책성과 분석 및 극복과제

감축분야

감축분야

적응분야

생활권 전기차 5분 충전망 구축



- ☑ 충전기 7.2만기('24.9월), 충전능력 20만대 확보
- ☑ 충전기 1기당 전기차 대수 : '20년 2.8대 → '24.9월 1.13대

극복과제 급속충전기 수요급증으로 대기시간 증가

전기차 보급 확대



- ☑ 전기차 보급 3.1배 증가 : 3.1만대('20년) → 9.7만대('24.9월)
- ☑ 온실가스 감축효과 크고 시민 생활에 밀접한 택시, 버스, 화물차를 전기차로 집중 전환

극복과제 전기승용차, 시장논리를 통한 자율적 보급 필요

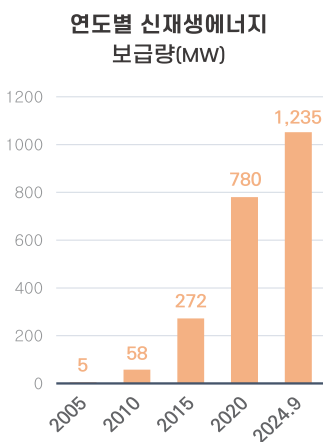
정책성과 분석 및 극복과제

감축분야

감축분야

적응분야

다양한 신재생에너지 1,235MW 보급



지열

공공 및 민간건물 냉난방 설비 373MW 보급



수열

민간 에너지 다소비 건물 101MW 보급



연료전지

대규모 발전설비, TES 등 265MW 보급



태양광

BIPV 등 신기술 고효율 태양광 455MW보급

극복과제 전력 불안정성·미관 저해(태양광), 기준치(4m/s) 미달 풍속(풍력), 높은 초기투자비 등

정책성과 분석 및 극복과제

감축분야

제로웨이스트 서울 프로젝트 시행('21년~)으로 1회용품 감축

감축 분야



제로카페

1회용 컵
312만개 감축



제로식당

다회용기
116만건 이용



제로마켓

226개소 조성



제로캠퍼스

서울소재
36개 대학 참여

적용 분야

극복과제 코로나19 이후 비대면 소비 확산으로 플라스틱 발생량 23% 증가

정책성과 분석 및 극복과제

적용분야

물이 순환하는 안전도시

감축 분야



적용 분야

홍수 대응 역량 강화

- 침수취약지역 하수관로 정비 (60km)
- 신림공영차고지 빗물저류조 설치
- 하천예경보시스템 설치운영 (631개소, 누적)

도시 물순환시스템 구축

- 물재이용시설 설치 (1,676개소, 누적)
- 스마트물순환도시조성 (1개소)
- 각종 개발사업시 저영향개발 사전협의 등

건전한 물환경 조성

- 복개하천 복원 및 수변공간 확대 (6개소 추진)
- 한강 및 지천 수질 모니터링 강화

극복과제 그레이인프라에서 그레이+그린인프라(녹지 등) 전환에 대한 사회적 수요 증가

정책성과 분석 및 극복과제

적응분야

감축분야

적응분야

숲으로 가득한 공원도시 및 생태 회복



☑ 산림 및 녹지공간 확충

- 생활밀착형 공원 5만㎡ 조성
- 가로수 띠녹지 조성 (7,155㎡)

☑ 산림 재해 예방 및 대응

- 산사태 현장예방단 운영 (25개단 92명)
- 산사태 우려지역 정비 (172개소, 22년 누적)

☑ 생물 다양성 증진

- 생태계 교란 동식물 관리 (1,268천㎡)
- 야생동물 구조 (1,751마리)

극복과제 도심열섬 완화 및 시민쾌적을 위해 **과감한 생활권 녹지 확충의 시민요구 증가**

정책성과 분석 및 극복과제

적응분야

감축분야

적응분야

폭염, 감염병으로부터 시민건강 보호



☑ 시민 건강보호

- 무더위 쉼터 운영 (4,044개소)
- 방문건강관리 (312,842회)
- 스마트 헬스케어 활용 재난 정보

☑ 노숙인 등 거리약자 보호

- 폭방촌 주민 등 쉼터운영 (21개소)
- 거리노숙인 보호(785명)

☑ 감염병 대응

- 24시간 상시 감시체계 구축
- 다중이용시설 집중관리 (1,519건)

극복과제 기후변화에 따라 거주지 주변에서 편리하게 이용할 수 있는 **폭염쉼터 수요 증가**

향후 정책방향



기후위기 시대, **서울시가 시민의 안전과 건강**을 지키겠습니다!

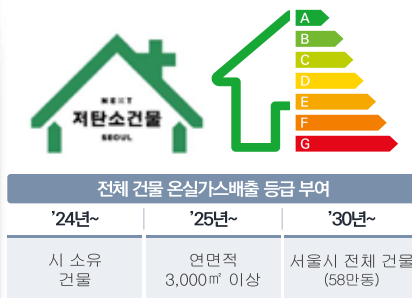
향후 정책방향

온실가스 감축 강화

기후위기 적응력 강화

행정역량 강화

1 과감한 건물 온실가스 관리 강화



**대형 신축건물 대상
제로에너지건축물(ZEB) 도입**

- ☑ 신축 건물 ZEB 단계적 도입
 - 연면적 100,000㎡ 이상 '23년 우선도입
- ☑ 신축건물(30세대 이상, 3천㎡ 이상) 건물 에너지효율 1등급 이상 인증 의무화('24년~)
 - 시 녹색건축물 설계기준 개정('23. 12.)

**모든 건물 대상
건물 온실가스배출 신고제·등급제 도입**

- ☑ 3천㎡ 이상 에너지사용량 신고제 도입('24년)
- ☑ 전체건물 온실가스배출 등급 부여 및 시민 공개
- ☑ E 등급 민간BRP 우선 지원 (연 500억원)

**대형 기축건물 대상
건물온실가스 총량제 추진**

- ☑ 12개 건물 유형별 표준배출기준 부여
 - '50년까지 표준배출량 대비 87% 감축
 - 공공 1,000㎡ ('22년~), 민간 3,000㎡ ('26년~)
 - ※ 뉴욕: '24년부터 시행

향후 정책방향

온실가스 감축 강화

기후위기 적응력 강화

행정역량 강화

2 전기차 중심의 친환경 교통체계 조기 구축



충전 인프라 확충

- ☑ 생활권 5분 이내 급속 충전기 설치
- '26년까지 급속충전기 1만기 보급
- ☑ AI, 로봇 등 신기술 융합
- 충전비용 QR결제, 무인로봇충전시스템 등



전기차 보급 확산

- ☑ '30년까지 시내버스 7,400대 100% 무공해화
- ☑ '26년까지 택시 2만대, 화물차량 2.5만대 보급



내연기관차 운행제한

- ☑ '50년까지 내연기관차 운행제한 단계적 확대('25년 5등급, '30년 4등급, '50년 모든 내연기관차)
- ☑ '35년 내연기관차 신규등록 금지

향후 정책방향

온실가스 감축 강화

기후위기 적응력 강화

행정역량 강화

3 지열, 연료전지, 수열 중심 신재생에너지 지속 확충

전력자립률

거점별 대규모 연료전지 보급 : '23년 192MW → '30년 500MW, 자립률 '23년 15.5% → '30년 33.8%

온실가스 감축

온실가스 배출량이 높은 건물에 지열, 수열 보급 확대



지열

대도시 밀집건물 탈 탄소 이행

- ☑ 공공건물 지열설비 100% 시행
- ☑ 열 가중치 부여 등 제도 개선
- ☑ 민간 재정 지원(설치비, 운영비)



연료전지

공공 기반시설내 발전시설 구축

- ☑ 거점별 대규모 연료전지 발전 시설 및 ESS 도입 (물재생센터, 정수센터, 차량기지 등)
- ☑ 부지 임대료 통한 민간 컨소시엄 등을 통해 구축, 운영



수열

한강변 풍부한 수자원 이용

- ☑ 한강변 인근 건물 신축 등 의무화
- ☑ 지구단위 계획 지정공고, 건축설계심의 과정에서 도입



태양광

신기술 중심의 보급 확산

- ☑ 도시미관을 고려해 BIPV 등 신기술 중심의 태양광 보급
- ☑ 전력공급 안정성 확보를 위해 물량 중심의 태양광 보급 지양

향후 정책방향

온실가스 감축 강화

기후위기 적응력 강화

행정역량 강화

4 세계 1등 자원순환 도시 조성 : 2026년까지 폐플라스틱 발생량 10% 감소, 재활용률 10%P 제고



1회용품 사용량 감축

- ☑ 개인컵·다회용기 사용 확대
- ☑ 장례식장, 행사축제 등 제로웨이스트 거점 확대
- ☑ 기업, 청년, 시민단체 등 시민참여 확대



편리하고 쾌적한 인프라 확충

- ☑ 분리배출 거점 확충 (2만 개소)
- ☑ 자원순환을 고려한 건축물 계획 및 설계 도입
- ☑ 선별시설 자동화 및 배출수거체계 개선



플라스틱 고품질 자원화

- ☑ 폐비닐류 열분해유 생산 (235톤/일)
- ☑ 봉제원단 섬유원사 등으로 재활용
- ☑ 자원순환 산업육성 지원(30억)

향후 정책방향

온실가스 감축 강화

기후위기 적응력 강화

행정역량 강화

5 혁신 탄소중립기술 선도적 도입 및 기후테크 산업육성



CCUS (탄소포집·활용·저장)

- ☑ 대기중 또는 산업공정의 탄소를 포집·활용하는 기술
- ☑ 물재생센터, 자원회수시설 이산화탄소 포집에 활용 가능



그린 수소·연료전지

- ☑ '30년까지 서울-인천공항 버스 100% 수소차 전환
- ☑ 수소연료전지 발전 설비 확충으로 도시 전력자립률 제고



인공지능·로봇

- ☑ 재활용품 선별 공정 AI·로봇기술 도입
- ☑ 기후변화 예측 및 대응방안 도출
- ☑ 소형원자로(SMR) 차세대 에너지원 검토

향후 정책방향

온실가스 감축 강화

기후위기 적응력 강화

행정역량 강화

6 온실가스 감축 혁신과제 (제안)



온실가스 배출량 감소



국가 에너지믹스의 전환

건물 온실가스 감축 기반 마련

- 외부에서 에너지를 공급받는 도시 특성상, 국가 에너지믹스가 온실가스에 크게 영향
- 원자력과 신재생에너지 중심으로 에너지믹스 전환 필요

서울 온실가스 배출의 70%를 차지하는 건물 대개조 필요

- 노후 건물에 대한 과감한 재건축, 재개발 추진하되, 신축 건물은 저탄소 건물로 건립하여 에너지소비 감축
- 신축시부터 에너지 성능기준 및 의무규정 강화로 건물 대개조 추진

향후 정책방향

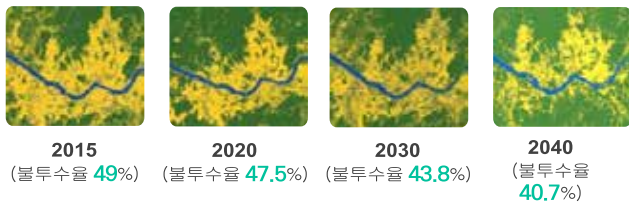
온실가스 감축 강화

기후위기 적응력 강화

행정역량 강화

1 불투수면적을 축소 ('20년 47% → '40년 40.7%) 및 강우처리 능력 향상 (95mm/hr → 최대 110mm/hr)

'40년 1.6°C ↑ 예상, 40년 목표를 30년으로 앞당겨 개선 필요



향후 시나리오에 따른 대신도 빗물 배수시설 확대 검토 (6개소 + α)



불투수율을 70% 이상 지역 물순환시설 집중설치



건물옥상, 공원, 학교, 가로녹지 등 도시인프라 활용 빗물 담수

향후 정책방향

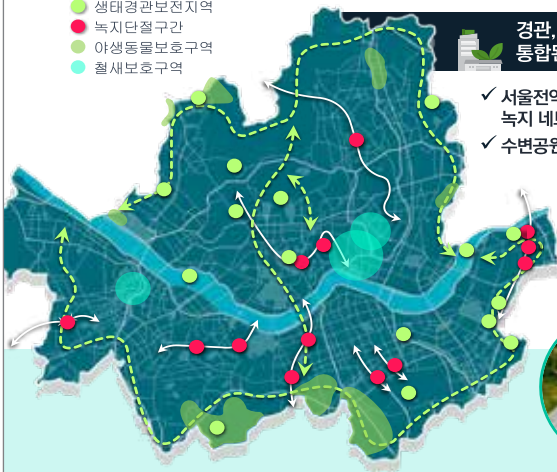
온실가스 감축 강화

기후위기 적응력 강화

행정역량 강화

2 생활 속 정원도시 : 도시와 녹지의 조화

- 생태경관보전지역
- 녹지단절구간
- 야생동물보호구역
- 철새보호구역



경관, 생태, 보행이 통합된 **그린웨이**

- ✓ 서울전역 단절 없는 통합적 녹지 네트워크 구축
- ✓ 수변공원, 녹지, 공원 등 연결

<p>도로 지화화 및 상부공원화</p> <p>국회대로 대규모 선형 공원(약 1만m²)</p>	<p>버스정류장 쉼터 녹화사업 (아현역)</p>
<p>가로수 식재, 띠녹지, 벽화녹지</p>	<p>옥상공간 활용 일상속 녹색쉼터 조성</p>

도보 생활권공원 면적 5.65㎡에 불과 → **도시곳곳 다양한 방식의 녹지 추가, 사계절이 푸르른 도시정원 조성**

향후 정책방향

온실가스 감축 강화

기후위기 적응력 강화

행정역량 강화

3 도로(지하도)의 공원화 : 도심 열섬 완화+건강 UP



향후 정책방향

온실가스 감축 강화

기후위기 적응력 강화

행정역량 강화

4 2050년 기후위기 안전 도시 로드맵 작성



도시기능과 시민의 안전, 재산 보호를 위한
도시인프라 정비계획 수립



최악의 시나리오를 가정한 폭우, 폭염, 흑한 등
기후재난 상정



전 실, 본부, 국이 참여하는
종합적인 연구 시행
(2024년)

향후 정책방향

온실가스 감축

적응력 강화

행정역량 강화

1 기후변화 대응 거버넌스 구축으로 기후변화 대응 실행력 담보

2 기후예산제 본격 시행을 통해 탄소중립 도시 선도

3 녹색위·도시계획위·건축위 등 주요 위원회 참여 메타거버넌스 운영



신재생에너지, 정원도시, 물순환도시 등 연계

기후예산제 교육

녹색서울시민위원회 위촉

- ☑ 기후위기를 시정의 핵심가치로 격상하고 **주요 정책의 기후변화 요인 고려**
- ☑ 17개 시·도 중 울산, 전남에 기후특보 운영 중

- ☑ 서울시 모든 예산의 편성 및 집행 과정에서 기후변화 요인을 고려
- ☑ 기후예산서 시의회 제출 및 심의를 통해 **실효성 있는 제도 운영**

- ☑ 기후위기 대응을 위한 주요 안건을 **매월 논의하고 개선방안 마련**
- ☑ 종교계, 기업, 대학교, 병원 등 주요 민간단체 공동 대응 **업무협약 체결**

향후 정책방향

아이디어 발굴 브레인스토밍

<p>‘티끌모아 태산’</p> <p>모든 부서에서 나의 업무와 연계해서 탄소를 조금이라도 줄이고자 노력하여야 함</p>	<p>‘과학기술 활용’</p> <p>기후변화 대응을 위한 신공법, 신기술을 실험적으로 적용하여 기후변화에 추가적으로</p> <p>‘저탄소건물 확대’</p> <p>커튼월 단열 성능 향상, 그린 리모델링 활성화, 쪽방촌 재개발 촉진 지원 등</p>	<p>‘도로 저탄소화’</p> <p>저탄소 시멘트, 보습성 포장, 차열제 도포 등 도로의 친환경</p> <p>‘전기차 혜택 확대’</p> <p>충전기 확충 및 주차장 전기차 전용공간 마련, 출퇴근 시간 외</p> <p>‘물 재이용 확대’</p> <p>물재생센터 고도처리 방류수 하천유지용수, 인근 지역 농업용수 등으로 활용</p>	<p>‘지열 활성화’</p> <p>우선도입 위한 환경영향평가 및 녹색건축기준 개정, 보정계수 현실화, 규제</p> <p>‘도시계획 개선’</p> <p>대규모 개발 시 내연차제로, 저류조 설치 의무화 등 지속가능 도시기반 마련</p> <p>‘내나무 갖기’</p> <p>시민이 생일, 취업, 결혼 등 중요한 순간을 기념하는 나무심기 참여</p>
---	--	---	---

서울시 우수사례 슬로건



SEOUL M! ECO

마음이 모이면,
친환경 서울이 됩니다.

ECO는 Eco-friendly(환경 친화적인), Eco-production(친환경 생산) 등 간단한 단어로 친환경 도시 서울 이미지 강조 가능

서울의 새로운 브랜드“Seoul, My Soul”과 동일한 매력 강조

서울시 우수사례 1

음식물쓰레기 100% 분리배출 및 종량제 - 서울의 정책·기술 공유



서울은 음식물쓰레기 감량이 기후변화 측면에서 중요성을 인식하고 25년 전(1998년)부터 분리배출, 종량제 도입

- 전용 용기 보급 및 별도 수거체계 구축
- 배출자에게 배출량만큼 처리비용 부과, 자발적 감량 유도

벤치마킹 분리배출·수거시스템
자료 (도쿄, '22.6.)



최근 RFID 종량기, 대형 감량기, 가정용 처리기 등 감량을 확산하고, 감량률에 대한 마일리지 제공 예정

- 감축노력을 통해 음식물쓰레기 24% 감량
- '05년 3,188톤/일 → '23년 2,421톤/일
- 첨단장비도입으로 도시청결도 개선
- 집취·바퀴벌레 40%, 악취·불쾌감 76% 감소



서울시 우수사례 1

100% 분리수거 후 100% 재활용 - 서울의 정책·기술 공유



수집된 음식물쓰레기는 100% 자원으로 활용 중

- 사료화 58%, 퇴비화 31%, 바이오가스화 11% ('23년)

음식물쓰레기에서 연료를 생산하는 신기술을 도입하여 '30년까지 바이오가스 비율 50%로 확대

- 강동자원순환센터 360톤/일 ('25년 준공)
- 난지음식물 자원화시설 300톤/일 ('29년 준공)

[온실가스 배출량 연간 35만톤(67%) 감축('23년 매립대비)]

- 감량 : 74톤/일 × 0.573(감축계수) × 365일
- 재활용 : 2,421톤/일 × 0.381(감축계수) × 365일

“ 뉴욕, 도쿄, LA 등 벤치마킹 대상이 되는 서울의 사례는 ”
음식물쓰레기 처리에 고심하는 도시들에게 큰 영감을 제공
정책과 기술, 경험을 희망하는 도시들과 공유

서울시 우수사례 2

시민과 함께 에코마일리지 운영, 시민실천 플랫폼으로 확대



대표적인 시민참여형 온실가스 감축 프로그램

- 전기·수도·도시가스 등 건물 에너지 절감, 차량 주행거리 단축
- 지방세, 서울사랑상품권, 도시가스 요금, 기부 등에 마일리지 사용
- 개인 및 대형건물·종교시설 등 단체 회원 245만명 (서울인구의 4)



'09년 에코마일리지 전국 최초 시행, 시민실천 분야 국가 및 국제사회 리딩

- 시민참여 부문 UN 공공행정상 수상 ('13년)
- 환경부에서 벤치마킹, 탄소중립포인트 시행 ('10년~)
- 13년간, 뉴욕 센트럴파크 약 600배의 숲 조성 효과 (온실가스 누계 225만톤 감축, 연평균 약 20만톤)
- 220만명 650억원 마일리지로 지급, 비용 대비 9배 에너지절감 효과



서울시 우수사례 2

시민과 함께 에코마일리지 운영, 시민실천 플랫폼으로 확대



'26년까지 350만 회원, 온실가스 1인 1톤 줄이기 실천

- 금융권 등 기업 ESG 경영과 연계한 인센티브 강화
 - 우정사업본부 ('23.8, 0.3% 우대금리 제공)
 - 서울가스엠 ('23.5, 가스비 납부)과 협업
- 녹색실천 마일리지 도입 등 생활 속 온실가스 감축 분야로 확대
 - 친환경 운전지수 (과속·급제동 안하기 등, '23.11~)
 - 음식물쓰레기 줄이기 ('24년~) 등
- 마일리지 기부를 통한 기후위기 약자 지원
 - 市 사회복지협의회 등
- 디지털 기술을 접목, 탄소저감률 등 정보제공을 통한 감축 유도
 - 회원별 에너지(전기, 수도, 가스) 사용량
 - 탄소발생량, 마일리지 예상지급액 등

서울시 우수사례 3

기후위기 시대, 약자와의 동행



경제적 약자가 기후위기 약자를 돕는 프로젝트 (에너지 서울 동행단)

- 글로벌 에너지 위기 상황에서 에너지 절감 인식 공유 확산
- 저소득층이 노후주택 고효율 창호교체 참여하여 그린일자리 창출 및 취약계층 에너지 복지 증진

미래세대가 기후위기 약자를 돕는 기부모델 발굴

- 어린이 에너지 절약·기부 ⇒ 기업 매칭 기부 (어린이 기부액의 10배)
- 기후위기 약자 대상 에너지 비용 지원에 활용

에너지 분권화·효율화를 통한 약자와의 동행

- 신재생에너지 설치 건물에 파격적 인센티브 제공으로 도심 내 분산전원 확충, 전력안정성 기여
- 市 전역 에너지플랫폼 구축(생산·저장·분배)으로 전력 여유분 에너지 약자에게 바우처 형태로 지급

서울시 우수사례 3

기후위기 시대, 약자와의 동행



소외계층을 위한 노후주택 에너지효율화 지원

- 3억원 이하 빌라·다가구 주택 단열창호, LED 교체 지원 ('23년 500가구)
- 취약계층의 에너지 비용 경감을 위해 지속 확대 : '26년까지 12천 개소

- 열효율 12% 향상된 친환경보일러 무상교체 ('23년 1,600대)

지역난방 요금 지원

- 기초생활수급자 및 공공임대아파트 거주자 등 약 7만 세대 대상
- 지역난방 기본요금 면제, 사용요금 경감 ('11년~, 연간 34억원 규모)

에너지 비용 및 냉·난방 물품 지원

- 에너지 비용이 높아지는 여름, 겨울철 요금할인 및 바우처 지급
- 시민, 기업의 기부를 통해 취약계층에 냉·난방 물품 지원 (서울에너지플러스)

서울시 우수사례 4

1회용 플라스틱 없는 서울 조성, **제로웨이스트** 문화 확산



개인·다회용 컵 사용 제로카페, **1회용 컵 874만개 감축('22.~'24.8.)**

- 개인 컵으로 음료 구매 시 2배 할인 시행('23.9.~)
 - 소비자 할인 혜택 = 매장 자체 할인액 + 시 지원금 300원
- 정동길, 도서관 등 다양한 장소에서 텀블러데이 운영, 개인 컵 사용 확산
- 잠실·고척야구장, 상암월드컵경기장과 '1회용품 없는 경기장' 협약 추진
 - 입점 카페, 음식점 등에서 다회용 컵, 다회용 포장용기 사용

다회용기 음식 배달·포장판매, 제로식당 확대

- '23년 서울의료원 장례식장에 다회용기 도입, 폐기물 약 80% 감축
 - 시립병원을 시작으로 '26년 서울 소재 전 민간 장례식장으로 확산
- 취약계층 돌봄 SOS 도시락 지원서비스에 다회용기 도입(연 10만 건)
- 시 행사·축제 참여 푸드트럭, 민간기업 행사에도 다회용기 사용 확산

서울시 우수사례 4

1회용 플라스틱 없는 서울 조성, **제로웨이스트** 문화 확산



1회용 포장재 줄이는 제로마켓, **'26년까지 1,000개소 조성**

- 제로마켓 형태 다양화(리필상점 → 반찬가게, 베이커리, 꽃가게 등)
 - (반찬가게) 다회용기 또는 개인 용기에 담아 판매
 - (베이커리, 꽃가게) 무포장 또는 종이포장 판매
- 매년 공개 모집하여 마케팅 교육, 네트워킹 구축, 가게 홍보 등 지원
- '24년 9월 현재 367개소 참여 중

제로 플라스틱 구역(존) 조성, 단계적 확대

- 한강공원 내 1회용 포장용기 반입 금지 구역 지정
 - ('24년~) 잠수교, 독섬 등 일부 지역 시범 운영 후 단계별 확대
- 도심 업무지구, 1회용 플라스틱 없는 청정구역으로 운영
 - '24년 서대문역-청계광장-을지로입구역 일대 우선 시행

서울시 우수사례 5

폐자원을 고부가가치 산업 자원으로, 선순환 체계 구축



폐비닐 별도 수거, 도시원유 사업 활성화

- '26년까지 폐비닐 연간 8만 6천 톤을 열분해유 원료로 공급
 - '24년 노원, 관악, 은평, 강동 4개 자치구 시범사업 추진
 - '26년까지 전 자치구 참여, 1일 최대 188톤 열분해유 생산 추진
- 국내 4개 정유화학사 '26년까지 열분해 시설 연 13.5만톤 건설 중
 - LG화학, SK지오센트릭
- 오염·복합 재료의 폐비닐의 플라스틱 원료화로 순환경제 실현
 - ※ '23. 4.11. 서울시-4개 정유화학사 간 '폐플라스틱 열분해 활성화 업무 협약' 체결

“ 2022년 모리재단 도시경쟁력 평가에서 ”
서울의 재활용 비율이 1위를 차지하는 등
제로웨이스트 사업 우수성 검증

서울시 우수사례 5

폐자원을 고부가가치 산업 자원으로, 선순환 체계 구축



폐봉제원단 별도수거 후 섬유원사 등 재활용

- '26년까지 약 80%(일 100톤)을 섬유원사, 건축자재, 고휘연료 재활용
 - 서울 소재 봉제업체 15천개로 전국의 60% 차지, 연간 4만 6천여톤 발생
- SR센터 내 봉제원단폐기물 집하장 신설('24. 8.), 봉제원단 재활용 거점 센터로 활용으로 봉제원단폐기물 재활용률 99% 달성

커피박 수거체계 구축 및 퇴비 등 재활용

- '26년까지 발생량 전량(일 50톤)을 퇴비, 연료 등으로 재활용
 - 커피전문점(1만 7천 개소)에서 연간 1만 8천톤 발생
- 카페, 자활센터, 사회적기업 등과 협업하여 별도 수거 체계 구축 중
 - (카페) 분리배출, (지역자활센터 등) 수거, (재활용업체) 퇴비·고형연료화

종이 핸드타월, 재생펄프로 재생산

- '26년까지 약 70%(일 20톤)를 양질의 펄프 생산에 재활용
 - '24년 시 청사 대상으로 약 1년간 22톤 수거, 13톤 펄프 생산
- 시범사업 성과 분석 후 자치구, 민간 대형 건물까지 확대
 - ※ '24.6.26. 서울시-유한킴벌리 간 '폐핸드타월 재활용 활성화 업무협약' 체결

서울시 우수사례 5

폐자원을 고부가가치 산업 자원으로, 선순환 체계 구축



01 서울도시금속회수센터 운영(09.12.-), 폐금속자원 연간 3.9천여톤 재활용

- 소형 폐전기·전자제품 수거 → 금속자원 추출 → 유기금속 판매
- ('10.~'24.9.) 연 평균 3,264톤 수거, 최근 5년간은 연 3,931톤으로 증가
- ('15.~'24.9.) 총 31,251,574톤(수거량의 86%) 판매, 수입금 213억 3백만원
- 사회적기업에 운영을 위탁, 취약계층(35명, 65%) 일자리 창출
- 고령자 12명, 저소득 8명, 장애인 4명, 한부모 4명 등 포함 총 54명 근무
- 시설 견학 및 자원순환 교육 실시: 641회 총 11,299명 참여('24.9월)

서울도시금속회수센터 연내화, 기흥 당화

- '26년까지 SR센터 연간 처리용량 추가 확충 (5,000톤 → 7,800톤)
- 시설 노후화(내구연한 15년 도래)로 근로자 근무환경 열악 → 최신 시설 도입으로 효율 제고 및 쾌적한 근로 환경 마련
- 재활용 가치가 높은 폐자원 수거·선별 및 자원화의 거점시설로 기능 확대





어떻게 성장할 것인가?

How to Upgrade yourself

 서울시립대학교 총동문회장
유 남 종

2024. 11. 12

강사소개

(주)더오포 / (주)일신종합환경 / (주)일신환경 회장

학력

- 1989.02 서울시립대학교 환경공학 학사
- 2004.08 연세대학교 공학대학원 공학석사(환경공학)
- 2010.02 명지대학교 환경생명공학과 공학박사 (환경공학)

주요경력

- 現 서울시립대학교 총동문 회장
- 現 (재)세향 국악오케스트라 재단이사
- 現 핵심환경기술전문협동조합 이사장
- 現 (사)한국환경산업협회 부회장
- 前 한국엔지니어링협회 환경자원협의회 부회장
- 前 충청남도 미세먼지관리대책민관협의회 위원
- 前 저탄소녹색성장국민포럼 정책분과 위원
- 前 (사)한국환경기술혁신기업협회 사무총장

상훈

- 2011.07 서울특별시장상 표창
- 2013.12 환경부장관상 표창
- 2020.06 대통령상 표창
- 2022.03 국제청장상 표창(모범납세자)

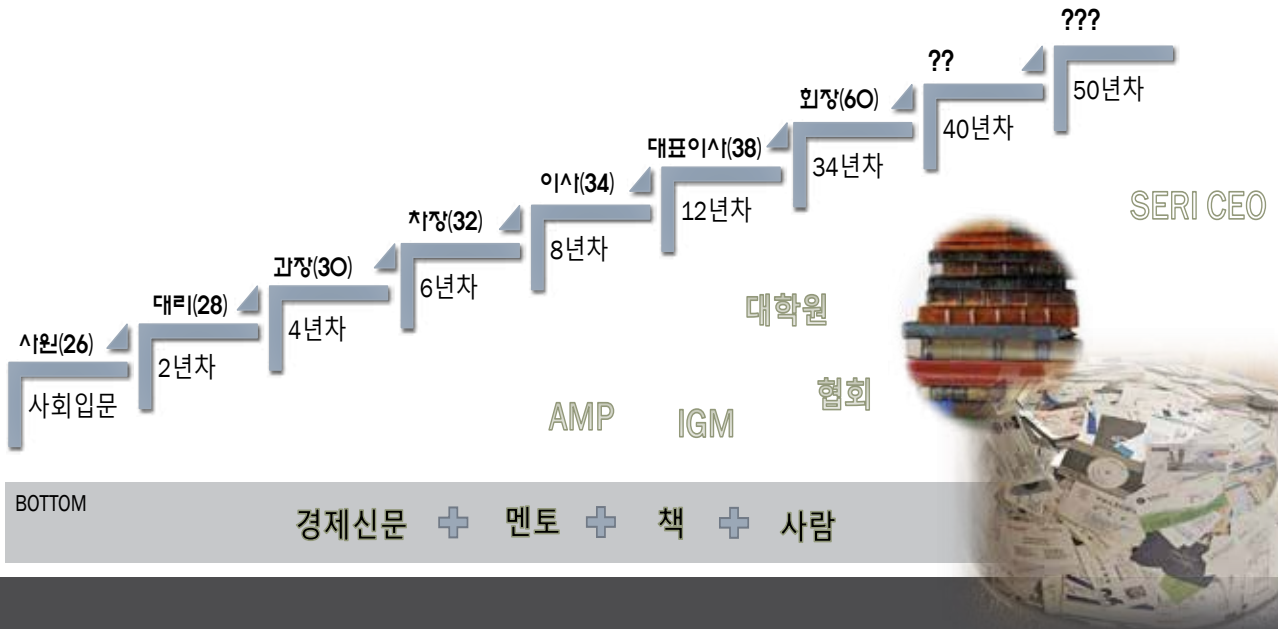


나

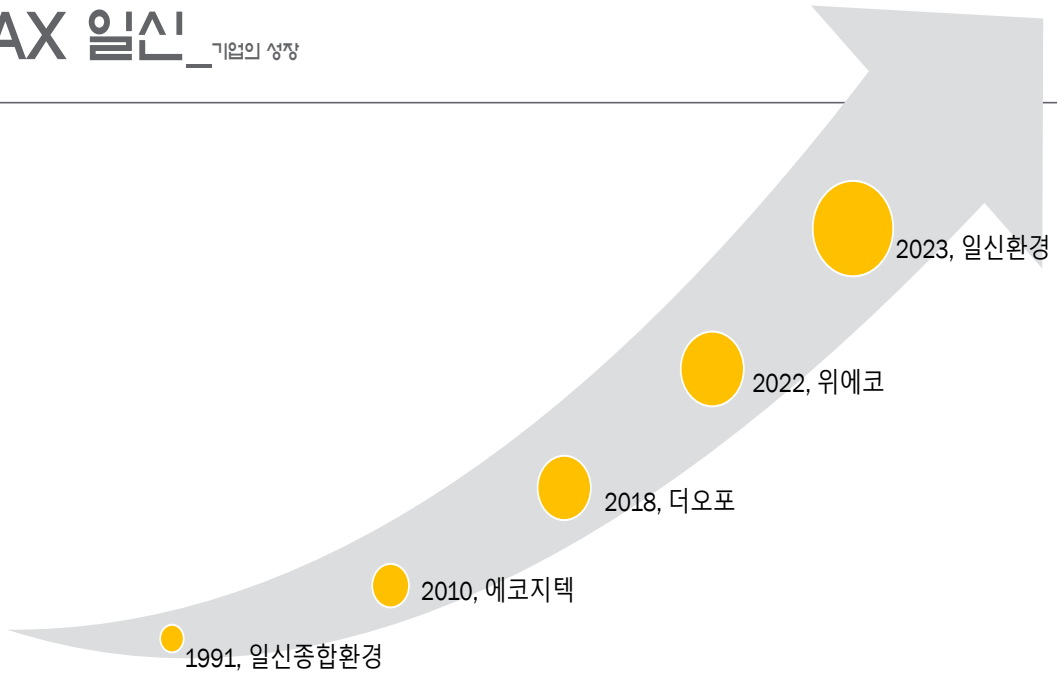
SELF CONFIDENCE

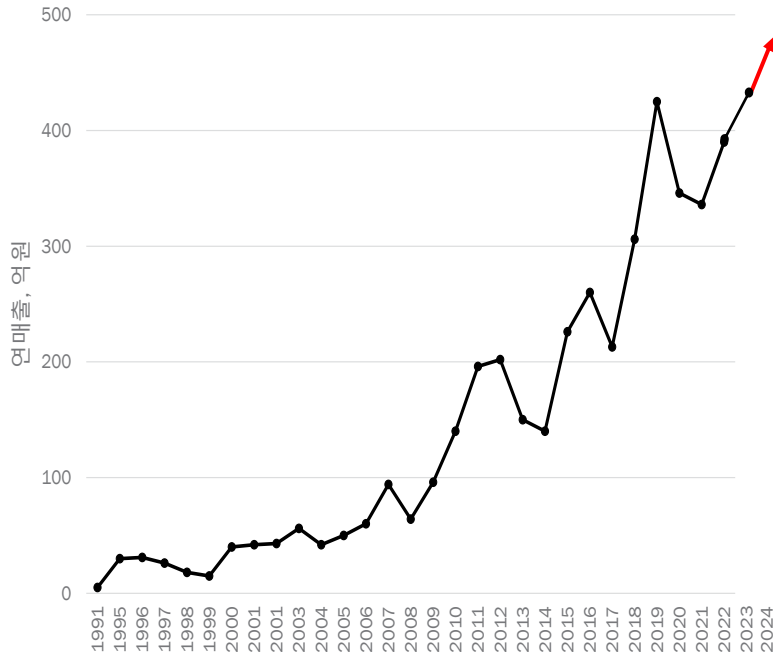
내가 이룬 것..

26살에 신입사원으로 입사해서 지금의 회장으로 올라서기 까지..



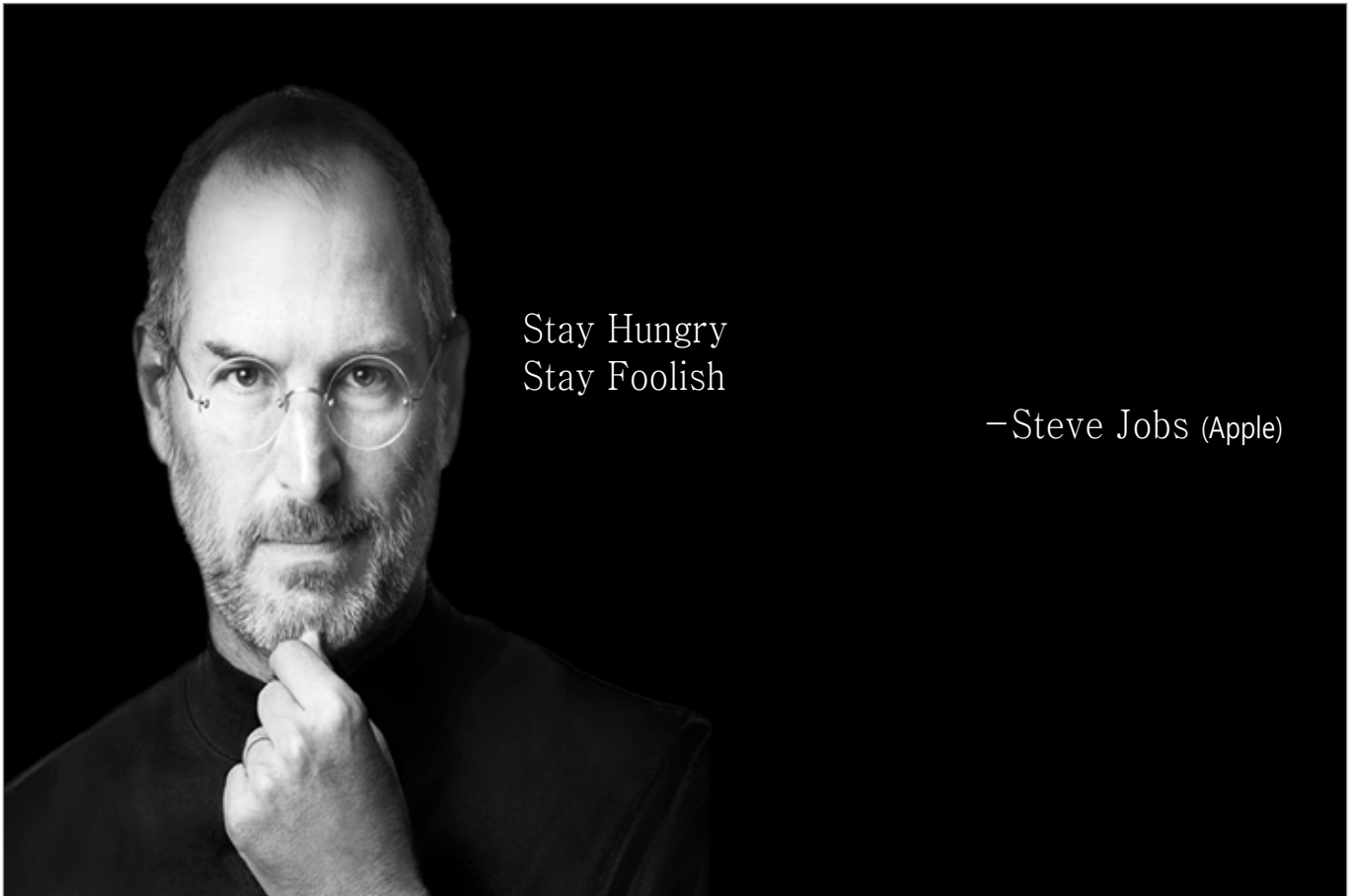
PAX 일신_기업의 성장

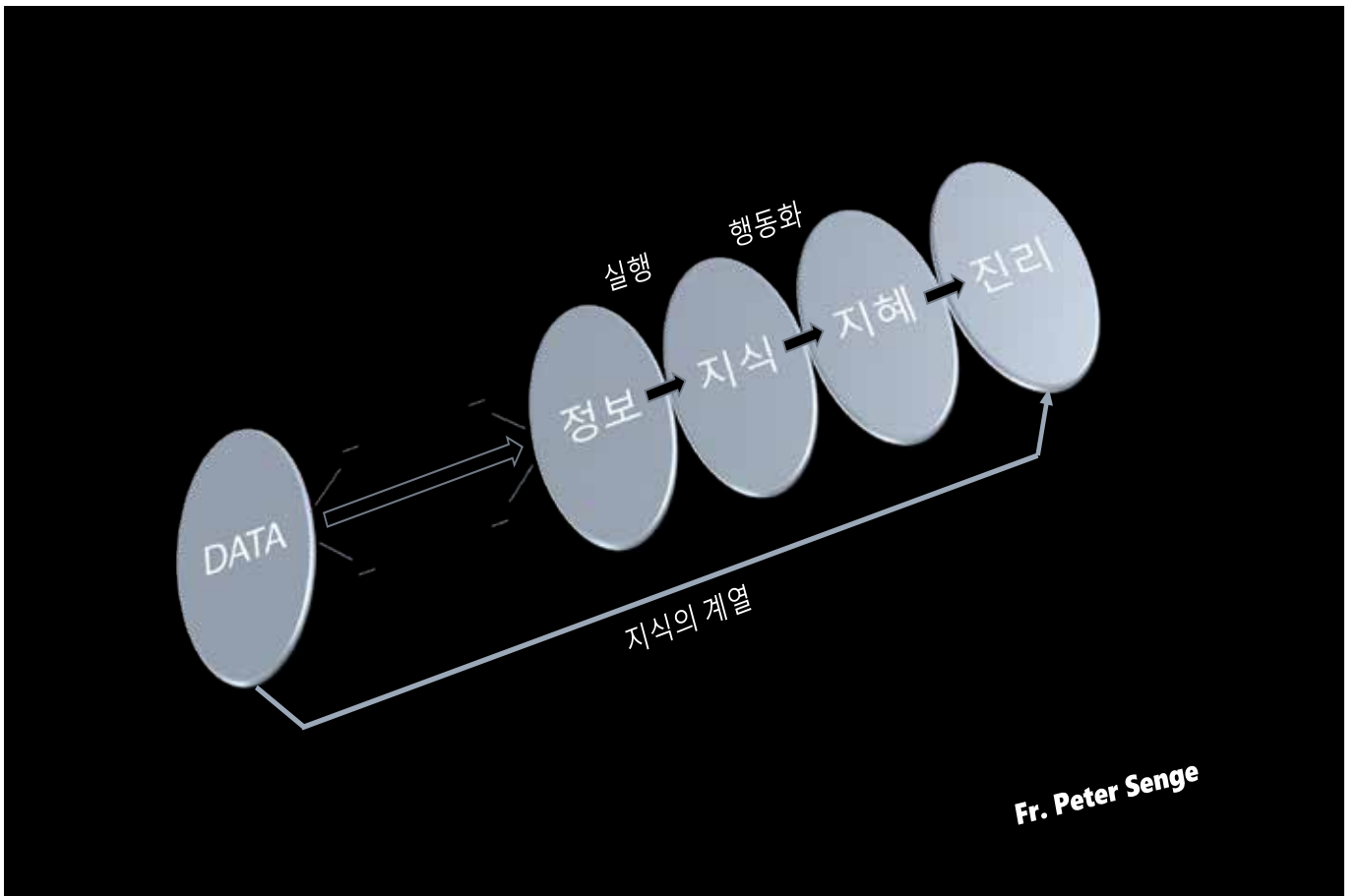




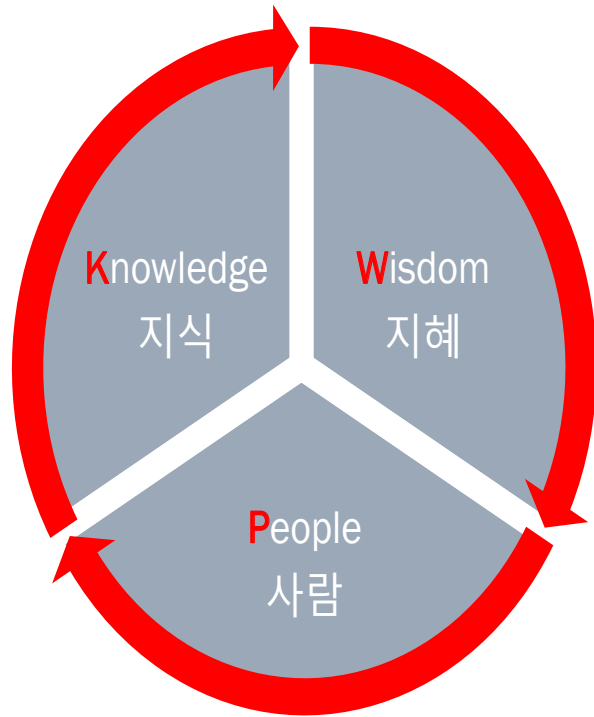
PAX 일신

-기업의 성장





KWP



Knowledge

K(Knowledge) : 담당업무에서 전문가가 되기

- 대기분야 엔지니어
- 수질분야 엔지니어
- 설계전문가
- R&D 전문가
- 회계전문가
- 경영관리전문가
- :



Wisdom

W(Wisdom) : 합리적으로 판단하기

자기성장의 견인차, 그 사람의 칼라 규정, 대외 평판 체크 지수, 계속 요구되고 있는 선택에 대한 가장 합리적 결정

Thinking,
Creativity,
Curiosity,
Attitude,
Consideration,
Care,
Manners



원인분석
결과예측
의사결정
위험분석



People

P(People) : 주변에 대한 관심 갖기, 사회적 동물로서 역할 하기, 모든 비즈니스의 시작과 완결은 "사람"으로 결론,

Personal network, relations

주변에 대한 관심
관계관리



감사합니다.

njyoo@okilshin.co.kr



수중의 미량오염물질과 비점오염 제어를 위한 불균일 소재의 응용

Heterogeneous materials for the control of micropollutants and non-point source pollution

2024.11.12

DO GUN KIM



수중의 미량오염물질과 비점오염 제어를 위한 불균일 소재의 응용



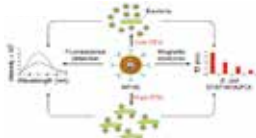
수중의 미량오염물질과 비점오염 제어를 위한
플로이드 소재의 응용



Materials in Water Treatment

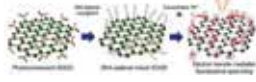
Monitoring

Sensors



Vikesland 2018. Nature Nanotechnol 13, 651–660.

Fig. 1. Combined magneto-fluorescence approach for detection of *E. coli* using Magneto-fluorescent nanosensors (MFNs). *E. coli* specific antibodies provide fluorescence. CFU, colony-forming unit.

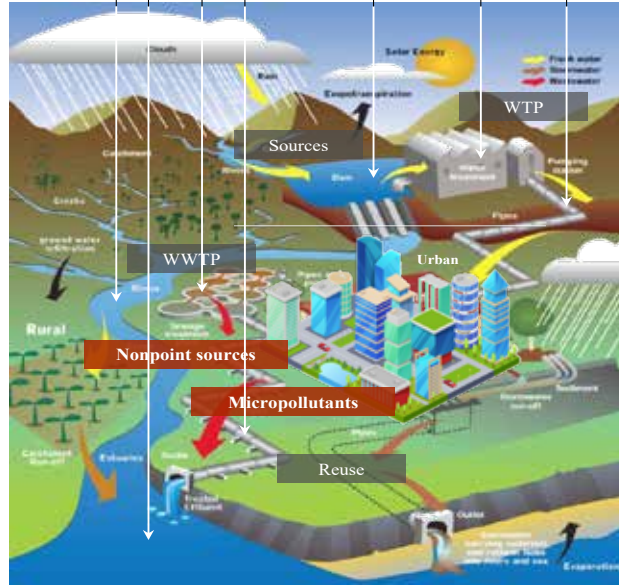


Das et al. 2017. Chem Soc Rev 46, 6946–7020.

Fig. 41. Experimental illustration of Pb^{2+} detection on the GOQD sensor through electron transfer mediated fluorescence quenching.

Treatment

Adsorbents
Catalysts



DO GUN KIM | 010-2759-0424 | dogun.kim@khu.ac.kr

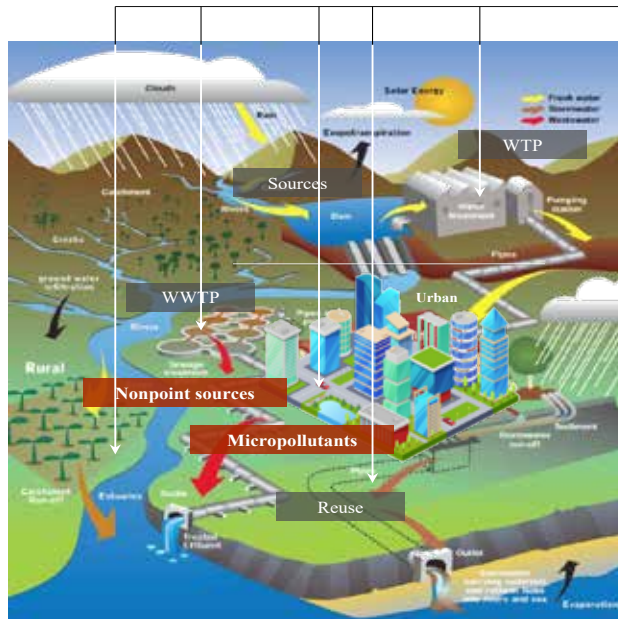
수중의 미량오염물질과 비점오염 제어를 위한
플로이드 소재의 응용



Materials in Water Treatment

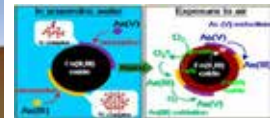
Monitoring

Sensors



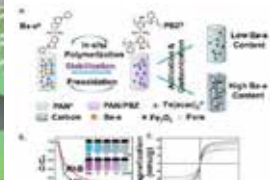
Treatment

Adsorbents
Catalysts



Liu et al. 2015. Environ Sci Technol 49, 7726–7734.

As(V) removal by magnetite nanoparticles under anaerobic and aerobic conditions

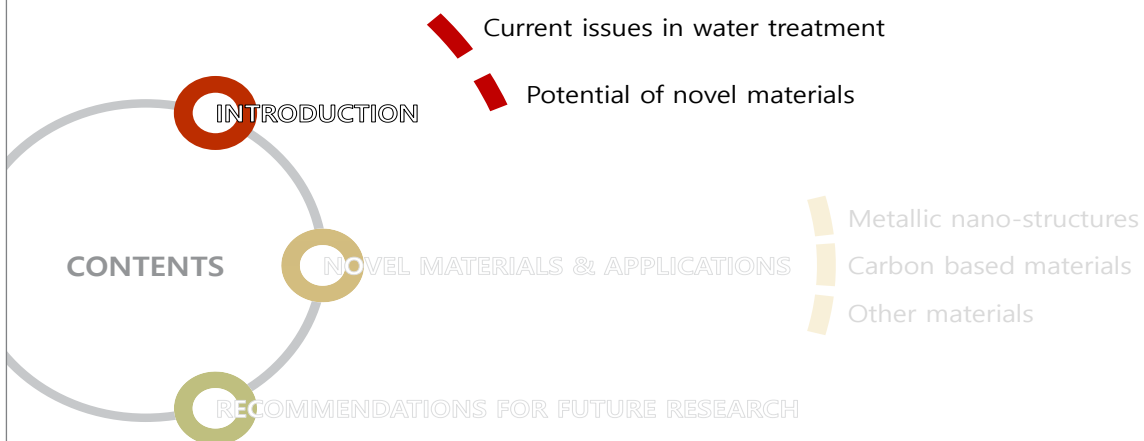
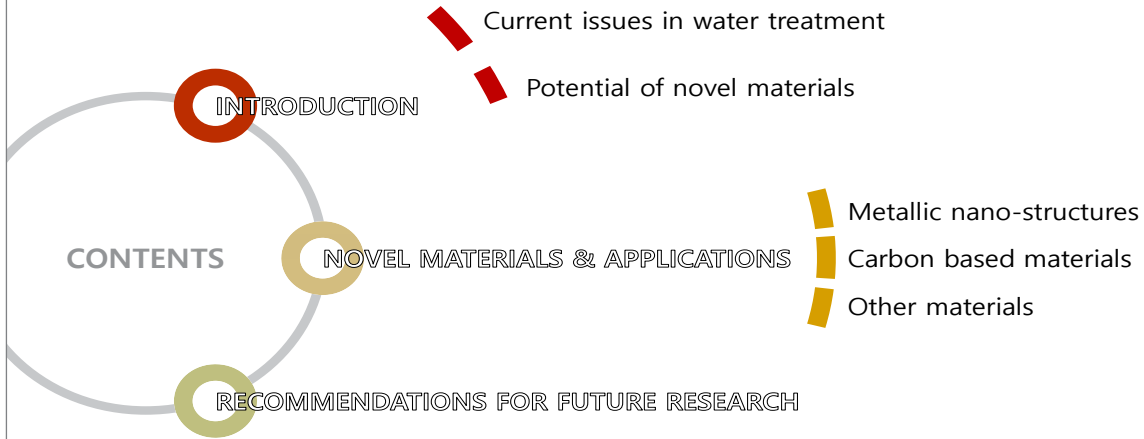


Das et al. 2017. Chem Soc Rev 46, 6946–7020.

(a) Synthesis of CNF- Fe_3O_4 , (b) adsorption of MB and RhB dyes onto CNF- Fe_3O_4 , and (c) magnetic hysteresis loops of CNF- Fe_3O_4 .



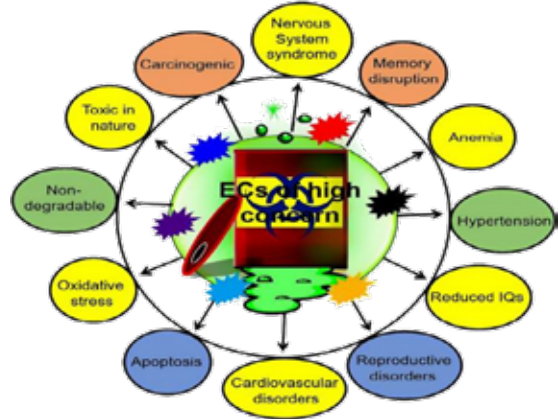
DO GUN KIM | 010-2759-0424 | dogun.kim@khu.ac.kr



1 Current issues in water treatment

1.1 Emerging organic contaminants (EOCs)

- 미량오염물질, 신규/신종 오염물질 (Micropollutants, Contaminants of Emerging Concern (CECs)): 미량오염물질이란 수중에 ng/L~µg/L 수준의 미량으로 존재하는 잠재적인 오염물질로 현재 지표수/지하수 또는 먹는 물 환경기준 항목에서 제외되어 있는 화학물질들을 말한다. 특히, 분석기술의 발달로 물환경에 미량으로 존재하는 것으로 확인되고 있으나, 수생물 및 인간에게 영향을 줄 수 있는 물질들을 포괄적으로 지칭하여 신규오염물질이라 한다 (US-EPA, 2007).
- Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs)
- Persistent organic pollutants (POPs)
- Pharmaceuticals and personal care products (PPCPs)
- Endocrine disrupting chemicals (EDCs)
- Nano-materials



Rasheed et al. 2019. Environmentally-related contaminants of high concern: Potential sources and analytical modalities for detection, quantification, and treatment. Environ Int 22, 52-66

1 Current issues in water treatment

1.1 Emerging organic contaminants (EOCs)

CECs

1 Current issues in water treatment

1.1 Emerging organic contaminants (EOCs)

- EOCS: PPCPs, EDCs
- Various EOCs in surface water and groundwater, with PEC/PMEC > 1

PPCPs
Pharmaceuticals & Personal Care Products

EDCs
Endocrine Disrupting Chemicals

- Antimicrobial resistance
- Alteration of physiology
- Biotransformation enzymes and hormones
- Influences microbial communities
- Feminization of fish
- Recalcitrant, bio-accumulative
- Reproductive disorders
- Reduced sperm counts
- Reduced fertility & egg production in fish
- Fish feminization

VULTURE DIVE



Table 5 Derivation of hazard quotients of the test pharmaceuticals
Ji et al. 2012, Ecotoxicology, 21(7), 2031–2050

Pharmaceuticals	MBC _{50%} (µg/L)	Lowest PNEC (µg/L)	AP	PNEC (µg/L)	HQ based on MBC _{50%}
Chlorotetracycline	0.50	0.50*	10	5	0.52
Oxytetracycline	0.50	0.50*	10	10.1	1.90
Sulfamethoxazole	1.11	1.27*	10	127.3	0.086
Sulfathiazole	1.36	2.22*	50	44.4	0.031
Erythromycin	0.027	0.027*	10	0.2	3.69

Table 2. Pharmaceutical substances in the UK with PEC/PNEC ratio >1.
Sebastine & Wakeman, 2003, Trans IChemE, 81 (B), 229-235.

Pharmaceutical name	Total predicted in UK (t/ann)	PEC/PNEC (Wink, 2000)	File
Fluoxetine	1105.32 (including 420.61 from ex-manufact and 684.71 from ex-purchase)	3332	>99% removed in sewage treatment (Richardson and Brown, 1981)
Aglycin	30.0	1	>99% removed in sewage treatment (Richardson and Brown, 1981)
Demeclocycline	33.65 (including 33.65 from ex-manufact)	2.66	Non-biodegradable in sewage treatment (Richardson and Brown, 1981)
Hydroxyquinoline	21.13	26.8	Non-biodegradable in sewage treatment (Richardson and Brown, 1981)
Amphotericin	4.06	1.29	Non-biodegradable in sewage treatment (Richardson and Brown, 1981)
Propofol	4.29	1.10	90% removed, in activated sludge RTP (Ginn, 1986)
Fluoxetine	2.36	14.74	N/A
Fluoxetine	1.09	2.09	Presented up to 1 year (Richardson and Brown, 1981)

1 Current issues in water treatment

1.1 Emerging organic contaminants (EOCs)

- An example: Antimicrobial resistance could cause 10 million deaths annually by 2050

Deaths attributable to AMR every year
(compared to other major causes of death)

AMR in 2050
10 million

AMR now: 700,000 (new infections)

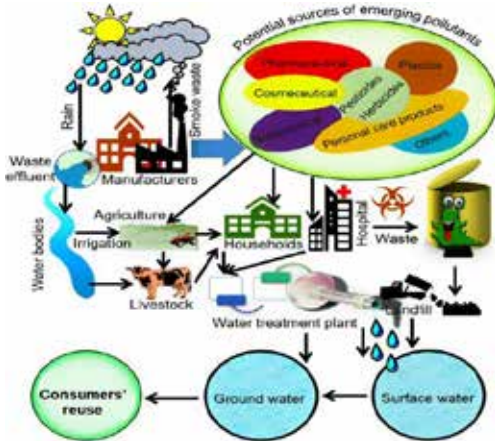
...AND A GLASS OF ICE WATER
YOU NEED A PRESCRIPTION FOR THAT

무엇이 새로운 질병을 일으키는가? 무엇이 건강을 해칠 수 있는가?
명확한 약은
동네약국으로
가져오세요!!
WHEN YOU VISIT, PLEASE BUY MEDICINE

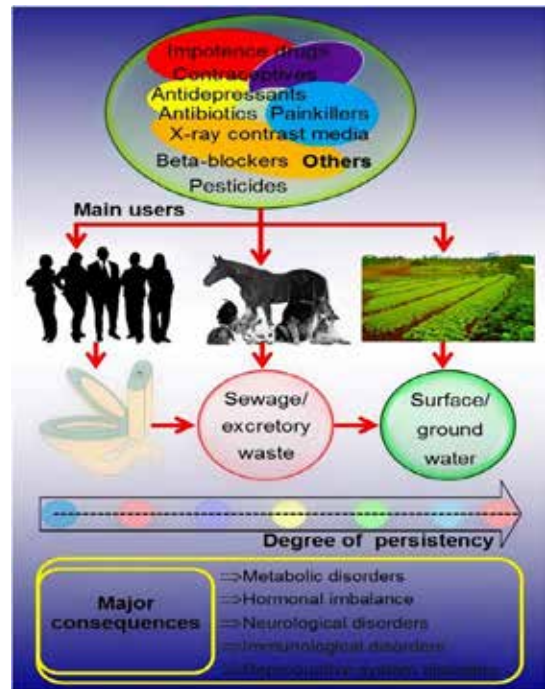
1 Current issues in water treatment

1.1 Emerging organic contaminants (EOCs)

- EOCs may induce adverse effects
- EOCs in water systems may be refractory



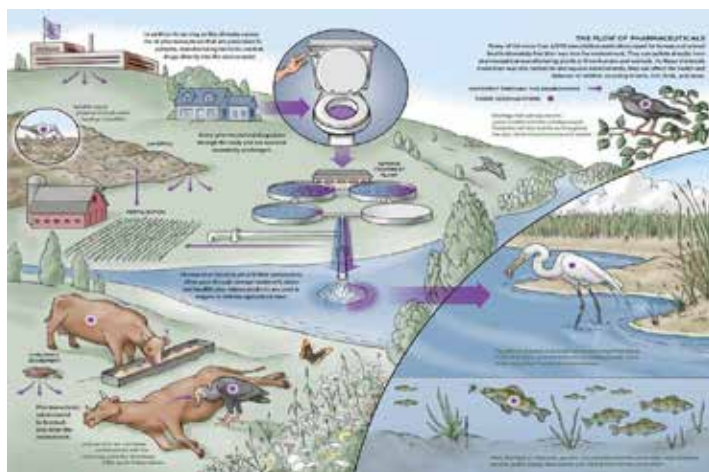
Rasheed et al. 2019. Environmentally-related contaminants of high concern: Potential sources and analytical modalities for detection, quantification, and treatment. Environ Int 22, 52-66



1 Current issues in water treatment

1.1 Emerging organic contaminants (EOCs)

- Various pathways of the micropollutants to the water environment
- A number of waters and receptors are involved in the pathways of EOCs
- Wastewater treatment plants (WWTPs) are the hotspot where the **pharmaceuticals are concentrated**.

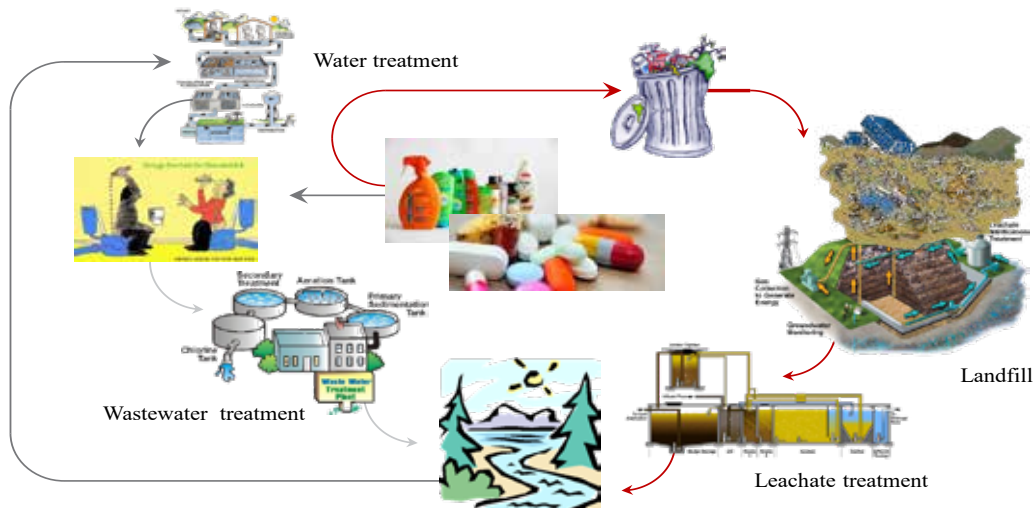


Pharmaceuticals in Water
https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/pharmaceuticals-in-water?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects

1 Current issues in water treatment

1.1 Emerging organic contaminants (EOCs)

- Various pathways of the micropollutants to the water environment
- A number of waters and receptors are involved in the pathways of EOCs
- Wastewater treatment plants (WWTPs) are the hotspot where the **pharmaceuticals are concentrated**.



1 Current issues in water treatment

1.1 Emerging organic contaminants (EOCs)

- Various pathways of the micropollutants to the water environment
- A number of waters and receptors are involved in the pathways of EOCs
- Wastewater treatment plants (WWTPs) are the hotspot where the **pharmaceuticals are concentrated**.



Figure 5.2 Pathways for domestic pharmaceuticals to reach the aqueous environment (adapted from Bland and Voshell, 2005)

Stuart et al. 2011. Emerging contaminants in groundwater. British Geological Survey Open Report, OR/11/013. 123

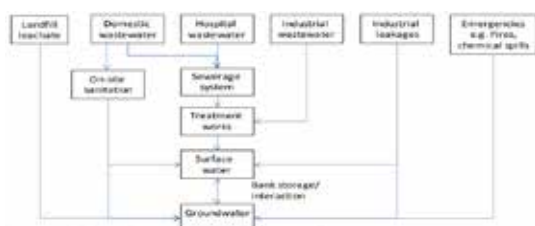


Figure 5.1 Pathways for contaminants to reach groundwater in the urban environment

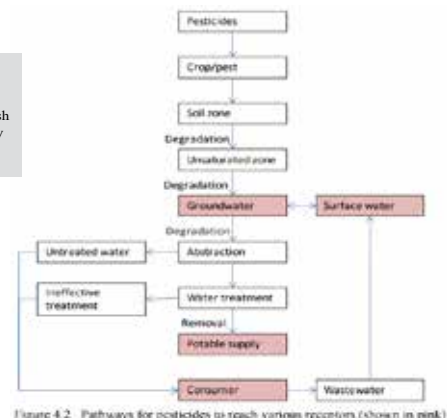


Figure 4.2 Pathways for pesticides to reach various receptors (shown in pink)

1 Current issues in water treatment

1.1 Emerging organic contaminants (EOCs)

- Various EOCs in WWTPs in Korea

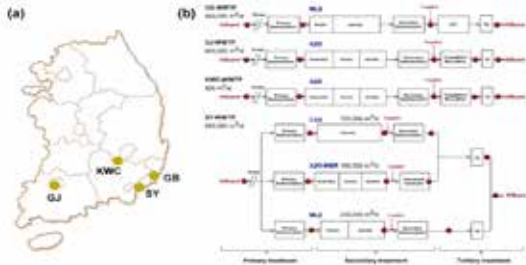


Fig. 1. (a) Geographic location and (b) treatment train of the monitored WWTPs (GB, GJ, KWC, and SY). The red circles in (b) indicate the sampling points. The secondary (biological) treatment included MLE (modified Ludzach-Ettinger), A2O (anaerobic-anoxic-aerobic), CAS (conventional activated sludge), and A2O-MBR (A2O-membrane bioreactor) processes.

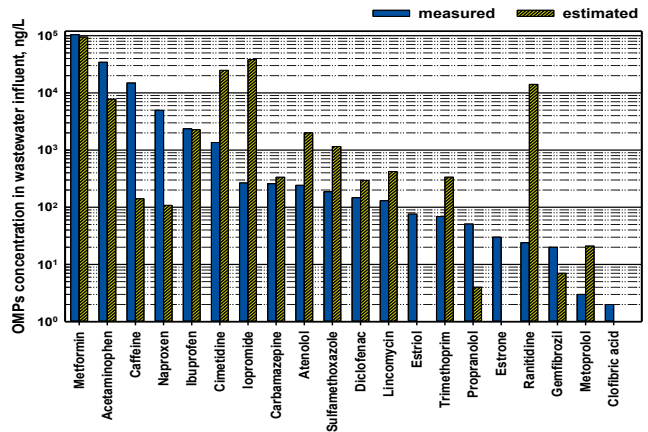


Figure S1. Measured and estimated concentration of target pharmaceuticals in wastewater influent of South Korea. The estimated concentration was calculated by multiplying the production volume and excretion rate in humans and then dividing it by the population of South Korea in 2023 (51,558,034) and the water consumption rate per capita (200 L/d).

Choi et al. 2024. Chemosphere 361, 142460.



DO GUN KIM | 010-2759-0424 | dogun.kim@khu.ac.kr

1 Current issues in water treatment

1.1 Emerging organic contaminants (EOCs)

- Various EOCs in WWTPs in Korea

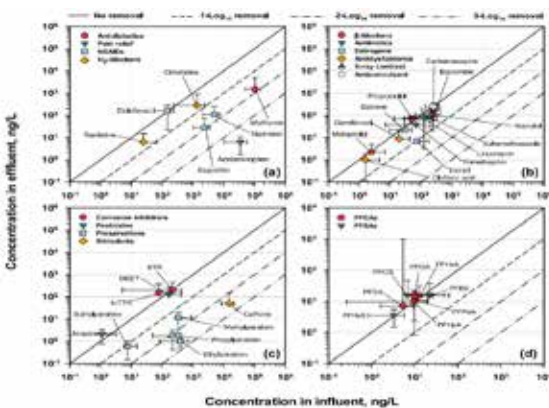
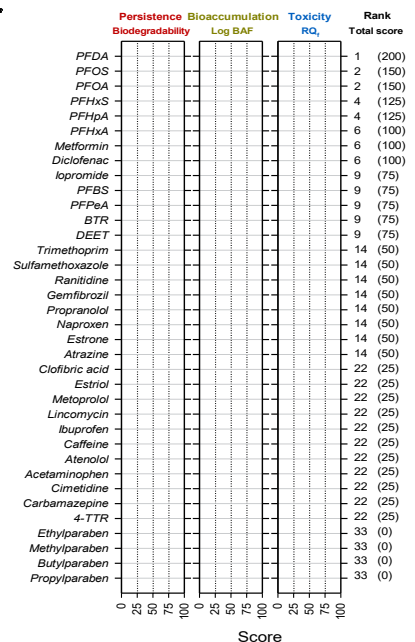


Fig. 2. Comparison plots of OMP effluent concentration as a function of influent concentration for the four WWTPs monitored. The data are separately shown in four different OMP groups (classified considering class, concentration level, and removal rate) to avoid complexity: (a) pharmaceuticals such as antidiabetics, pain relief drugs, NSAIDs, and H2-blockers, (b) pharmaceuticals such as β -blockers, antibiotics, estrogens, antidiyslipidemia medications, X-ray contrast, and anticonvulsants, (c) personal care products and pesticides, and (d) perfluorinated compounds such as PFCAs and PFASs. The symbols show the median value of the measured data ($n = 22$) and error bars indicate the interquartile range (IQR). The lines indicate no OMP removal, and removals corresponding to 1- \log_{10} (90%), 2- \log_{10} (99%), and 3- \log_{10} (99.9%) concentration units, respectively.

Choi et al. 2024. Chemosphere 361, 142460.

Figure S4. Prioritization of OMPs with high concern in WWTP effluents based on persistence, bioaccumulation and toxicity (PBT).



DO GUN KIM | 010-2759-0424 | dogun.kim@khu.ac.kr

1 Current issues in water treatment

1.1 Emerging organic contaminants (EOCs)

- Various EOCs in groundwater, from uses of: **agrochemicals, medical/veterinary, industrial and lifestyle**

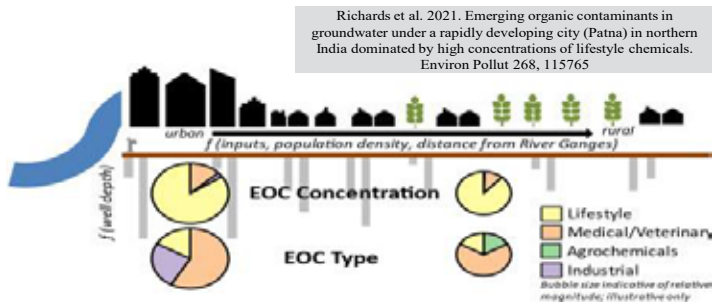


Table 20. The mean concentration of 100 emerging organic contaminants (EOCs) in groundwater under a rapidly developing city (Patna) in northern India. The table shows the mean concentration (µg/L) of 100 EOCs in groundwater under a rapidly developing city (Patna) in northern India. The table is organized into columns for EOC Name, CAS No., EOC Type, and Mean Concentration (µg/L). The EOCs are categorized into Lifestyle, Medical/Veterinary, Agrochemicals, and Industrial. The mean concentrations are generally low, with some outliers in the Lifestyle category.

EOC Name	CAS No.	EOC Type	Mean Concentration (µg/L)
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.01
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.02
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.03
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.04
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.05
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.06
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.07
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.08
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.09
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.10
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.11
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.12
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.13
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.14
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.15
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.16
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.17
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.18
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.19
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.20
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.21
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.22
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.23
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.24
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.25
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.26
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.27
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.28
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.29
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.30
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.31
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.32
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.33
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.34
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.35
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.36
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.37
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.38
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.39
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.40
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.41
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.42
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.43
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.44
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.45
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.46
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.47
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.48
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.49
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.50
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.51
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.52
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.53
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.54
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.55
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.56
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.57
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.58
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.59
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.60
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.61
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.62
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.63
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.64
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.65
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.66
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.67
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.68
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.69
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.70
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.71
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.72
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.73
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.74
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.75
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.76
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.77
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.78
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.79
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.80
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.81
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.82
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.83
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.84
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.85
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.86
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.87
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.88
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.89
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.90
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.91
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.92
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.93
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.94
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.95
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.96
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.97
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.98
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	0.99
1,4-Dioxane	101-07-5	Lifestyle	1.00

1 Current issues in water treatment

1.1 Emerging organic contaminants (EOCs)

- Various EOCs in groundwater, from uses of: **agrochemicals, medical/veterinary, industrial and lifestyle**

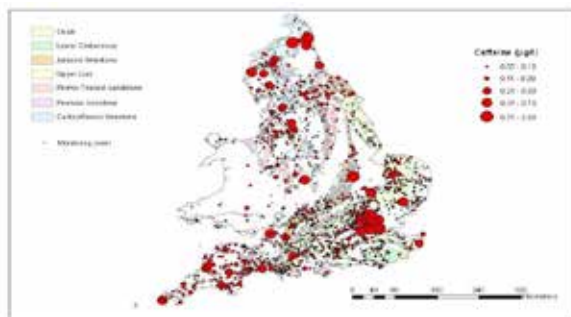


Figure 7.7 Distribution of mean concentrations of caffeine in the Environment Agency groundwater organic micropollutant database



Figure 7.3 Distribution of mean concentrations of atrazine and its metabolites in the Environment Agency groundwater organic micropollutant database

Stuart et al. 2011. Emerging contaminants in groundwater. British Geological Survey Open Report, OR/11/013. 123

1 Current issues in water treatment

1.1 Emerging organic contaminants (EOCs)

- Most of the EOCs in GW are surface-derived, particularly at shallow depths

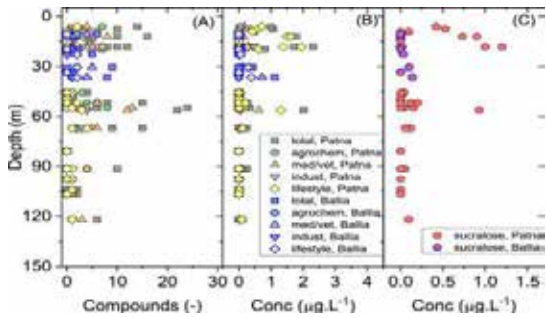
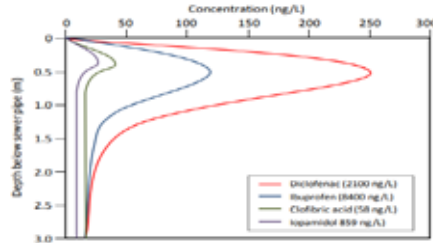


Fig. 4. Well depth versus (A) number of EOC compounds and (B) concentration of EOCs, total and subcategorized by dominant usage (agrochemicals, medical/veterinary, industrial and lifestyle), and (C) sucralose in pre- and post-monsoon groundwater. Non-detected sucralose concentrations are plotted as 0 $\mu\text{g.L}^{-1}$. Symbols with blue edge and center mark are from Ballia; others from Patna.

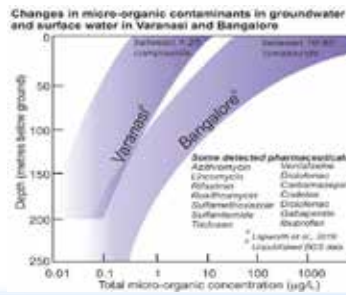
Richards et al. 2021. Emerging organic contaminants in groundwater under a rapidly developing city (Patna) in northern India dominated by high concentrations of lifestyle chemicals. *Environ Pollut* 268, 115765



Distribution of pharmaceuticals in groundwater with depth below sewer. Concentrations given in the key are average values recorded in raw sewage effluent within the overlying trunk sewer

Ellis et al. 2003. Experimental studies of sewer exfiltration. *Water Sci Technol* 47, 61–67

www.bgs.ac.uk/geology-projects/emerging-contaminants-in-groundwater/ (accessed on 05 November 2022)



Changes in micro-organic contaminants in groundwater and surface water in Varanasi and Bangalore



1 Current issues in water treatment

1.1 Emerging organic contaminants (EOCs)

- The concentration of EOCs may be lower in GW than surface water
- A river (surface water) can be a receptor of the EOCs in GW: **GW can be a source of EOCs in surface water**

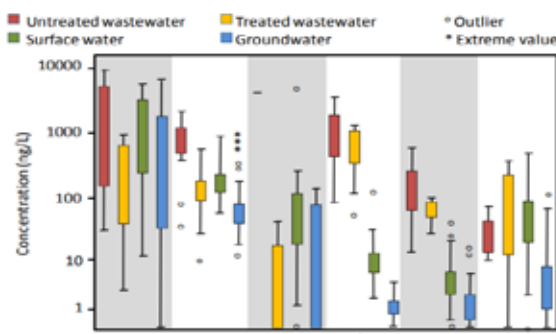


Figure 5.3 Box plots of micropollutant concentrations in water samples from Leipzig (from Musloff et al., 2009).

Stuart et al. 2011. Emerging contaminants in groundwater. British Geological Survey Open Report, OR/11/013. 123

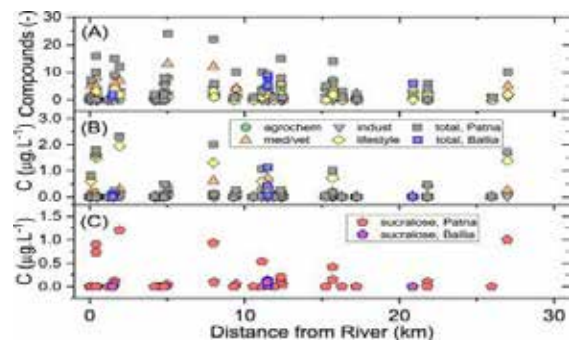


Fig. 5. (A) Number of EOC compounds and (B) concentration of EOCs, total and subcategorized by dominant usage (agrochemicals, medical/veterinary, industrial and lifestyle), and (C) sucralose in pre- and post-monsoon groundwater against perpendicular distance from the Ganges River. Non-detected sucralose concentrations are plotted as 0 $\mu\text{g.L}^{-1}$. Symbols with blue edge and center mark are from Ballia; all others are from Patna.

Richards et al. 2021. Emerging organic contaminants in groundwater under a rapidly developing city (Patna) in northern India dominated by high concentrations of lifestyle chemicals. *Environ Pollut* 268, 115765



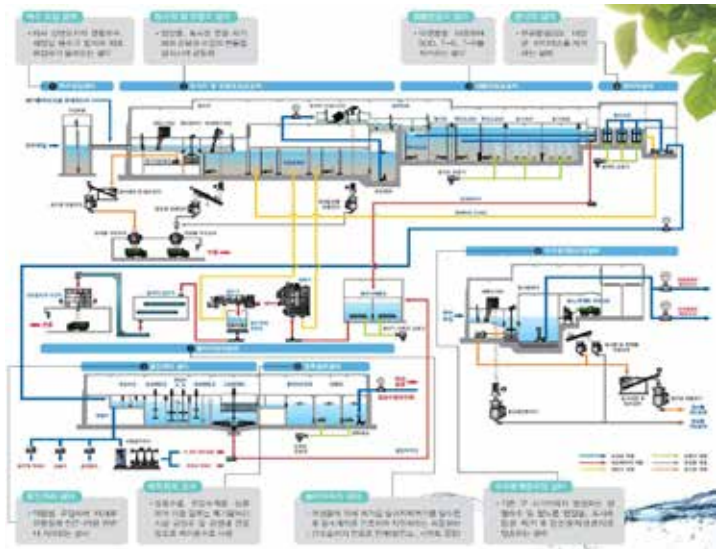
1 Current issues in water treatment

1.1 Emerging organic contaminants (EOCs)

- The removal of pharmaceuticals are limited in conventional biological treatment
- Costly quaternary treatment has been applied for pharmaceuticals removal in WWTPs



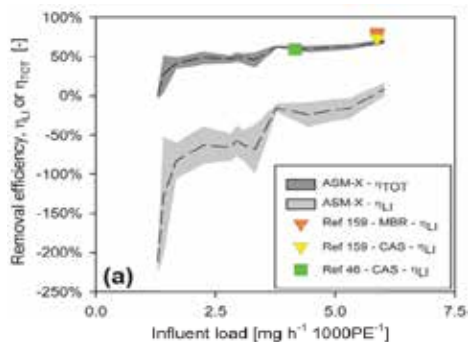
<https://www.hanam.go.kr/www/c/ontents.do?key=8724>
Hanam city SSTP



1 Current issues in water treatment

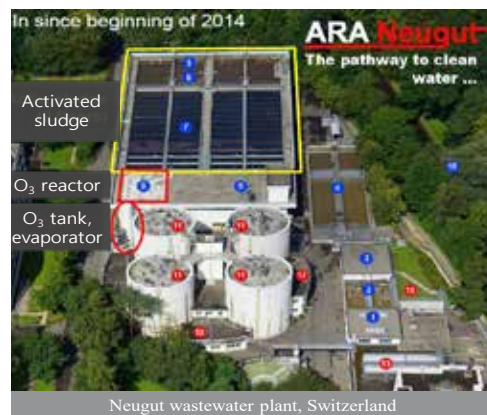
1.1 Emerging organic contaminants (EOCs)

- The removal of pharmaceuticals are limited in conventional biological treatment
- Costly quaternary treatment has been applied for pharmaceuticals removal in WWTPs



Polesel et al. 2016. Environ Sci Technol 250, 10316.

Figure 2. Operating plots showing parent-based (η_{LI}) and total removal efficiencies (η_{TOT}) for SMX predicted by ASM-X and measured in full- and pilot-scale WWTPs. (a) literature studies presenting only parent-based removal efficiency



Neugut wastewater plant, Switzerland

1 Current issues in water treatment

1.1 Emerging organic contaminants (EOCs)

- The removal of pharmaceuticals are limited in conventional biological treatment
- Costly quaternary treatment has been applied for pharmaceuticals removal in WWTPs

우리나라는 1988년 서울을입력, 1989년 뚝을물 공급 종합대책 등을 계기로 하수 처리장 건설에 집중 투자하여 2022년 말 기준으로 전국 하수도 보급률은 95.1%에 이르고 있다.

표 2-3-1-4-1 전도일 보급률 추이

구분	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
총인구(천명)	52,672	52,898	52,950	52,973	53,122	52,974	52,732	52,629
처리인구(천명)	48,325	48,278	48,540	49,534	50,075	50,081	49,998	50,039
처리인구(%)	91.7	91.1	91.7	93.5	94.3	94.5	94.8	95.1
보급률(%)	92.9	93.2	93.6	93.9	94.3	94.5	94.8	95.1
사업유형(천/일)	25,338	25,871	26,107	26,124	26,360	26,543	26,798	26,838

※ () : 5000/일 이상 사업유형



하수도시설은 오수와 우수를 배제하는 하수관로, 오수를 정화하는 하수처리장, 하수 찌꺼기를 처리하는 하수찌꺼기처리시설 등으로 구성된다. 일반적으로 하수도 발전단계별 1세대는 오수·우수배제, 2세대는 유기물질처리, 3세대는 영양염류처리, 4세대는 자원재활용, 5세대는 미량유해물질처리로 구분되며, 하수도의 역사가 길고 부자가 많이 이루어진 하수도 선진외국은 4세대에서 5세대에 진입 중이나, 우리나라는 3세대와 4세대에 걸쳐있는 상황이다.

그림 2-3-1-2-2 하수도 발전단계

대비입유	초기단계		5세대 하수도	
	3세대 하수도	4세대 하수도	4세대 하수도	5세대 하수도
정화관리	영양염류처리	영양염류 처리	영양염류 처리	미량유해물질처리
(농어촌)보급차소	유기물질처리	유기물질 처리	유기물질 처리	자원 재활용
오수배제 미흡	오수·우수배제	오수·우수배제	오수·우수배제	오수·우수배제
1세대 하수도	오수·우수배제	오수·우수배제	오수·우수배제	오수·우수배제

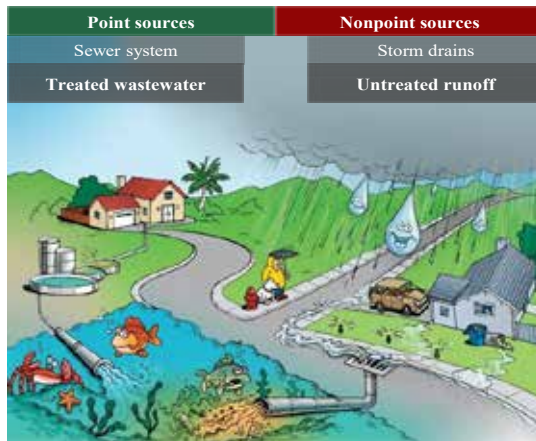
1 Current issues in water treatment

1.2 Nonpoint source pollution

- The majority of pollutants load in water environment are assigned to nonpoint sources
 - ▶ 68% of BOD and 59% of T-P in Korea
 - ▶ More than 50% of T-N in USA
- A significant nutrients discharge from agricultural area



Puckett 1994. US Geological Survey
Figure 7. Proportion of in-stream nitrogen accounted for by point sources in selected National Water-Quality Assessment Program watersheds.



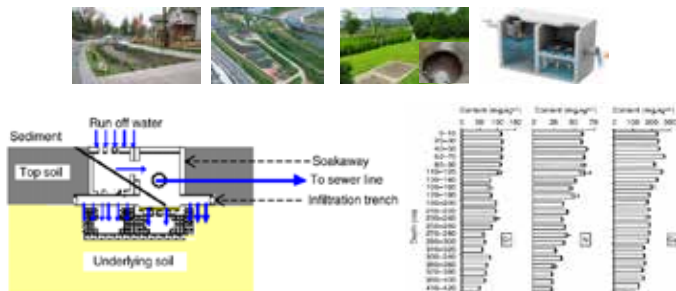
1 Current issues in water treatment

1.2 Nonpoint source pollution

- Difficulties in collection & treatment due to the significant fluctuation of flow and quality
- Environmental standards of stormwater quality have become stronger
- Clear limits of conventional BMPs to satisfy future needs

Highway runoff quality (mg/L) Horwath & Banneman 2009; USEPA 2005; Gupta et al. 1981; Driscoll et al. 1990; Waschbusch 2003; Thomson et al. 1997; Banneman et al. 1992; Waschbusch 1996; Legret & Pagotto 1999; Korea Expressway Corporation 2014.

TSS	COD	T-P	Zn	Cu
71-556.2	47-322.5	0.1-4.7	0.08-356	0.041-45



Hossain et al. 2007. Water Sci Technol 56, 81–89.
 Figure 1. Schematic view of infiltration facility in Tokyo (constructed under ESS)
 Figure 4. Vertical profile of heavy metal content (mg/kg)

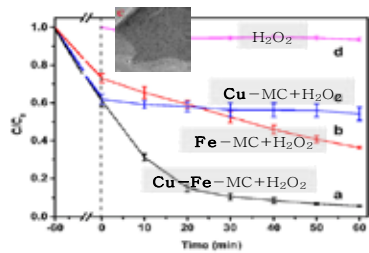
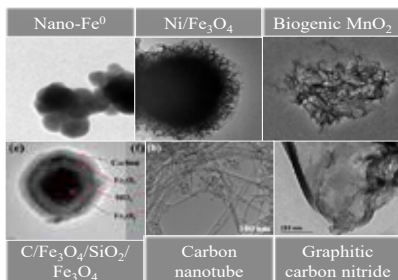
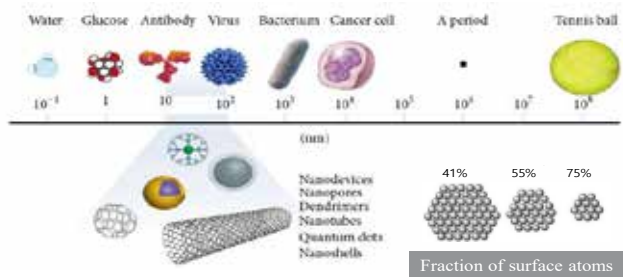
Table 1. List of Selected Stormwater Priority Pollutants
 Eriksson et al. 2007. Sci Total Environ 383, 41-51.

Type	CAN number	Abbreviation	Name
Basic parameters	-	BOD	Biochemical oxygen demand
	-	COD	Chemical oxygen demand
	-	SS	Suspended solids
	-	N	Nitrogen
	-	P	Phosphorus
Metals	-	pH	pH
	7440-66-6	Zn	Zinc
	7440-83-9	Cd	Cadmium
	11104-59-9	Cr(VI)	Chromium as Chromium
	7440-50-8	Cu	Copper
PAH	7440-02-0	Ni	Nickel
	7439-92-1	Pb	Lead
	7440-06-4	Pt	Platinum
	50-32-8	BaP	Benzo(a)pyrene
	91-20-3	Flu	Fluoranthene
Herbicides	129-00-0	Pyre	Pyrene
	7915-41-3	Ter	Terbutylazine
	49887-42-1	Pot	Potomethalin
	13684-61-4	Phen	Phenoxymethyl
	1071-83-6	Gly	Glyphosate
Miscellaneous	25154-53-3	NPEO	Nonylphenol ethoxylates and degradation products e.g. nonylphenol
	104-40-1	PCP	Polychlorinated biphenyl 291
	27996-36-3	PCP	Polychlorinated biphenyl 291
	1916-45-9 etc.	PCP	Polychlorinated biphenyl 291
	87-86-5	PCP	Polychlorinated biphenyl 291
117-81-7	DBHP	Di(2-ethylhexyl)phthalate	
3012-37-5	PCH-28	2,4,4'-Trichlorobiphenyl	
1634-04-4	MTBE	Methyl tert-butyl ether	

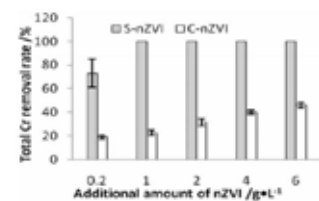
2 Potential of novel materials

2.1 Novel nano-materials & carbon based materials

- Nanomaterial: A material having one or more external dimensions in the nanoscale or which is nanostructured (British Standards Institution)
- Increased surface atoms and specific surface area
- A superior catalytic activity and adsorption capacity than larger analogues
- A variety of structures can be prepared



Wang et al. 2015. Appl Catal B 164, 396-406.
 Fig. 7. The degradation of 100 mg/L BPA at the initial pH 3.0, 30 mM H₂O₂, catalyst dosage 300 mg/L and 25 °C



Chen et al. 2019. Water Sci Technol 80, 1076-1084.
 Figure 4. Effect of different dosages of starch-stabilized nanoscale zero-valent iron (S-nZVI) and commercial nanoscale zero-valent iron (C-nZVI)

2 Potential of novel materials

2.2 Novel applications of conventional materials

- **Macroporous materials**
 - ▶ Stability, high water permeability
 - ▶ An excellent media of **rapid filtration**
- **Highly alkaline materials**
 - ▶ An excellent performance of **heavy metals immobilization** by hydroxides precipitation

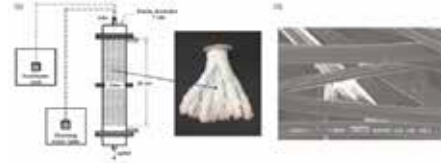
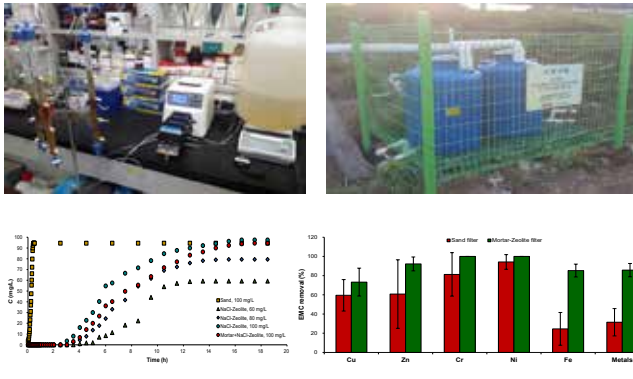
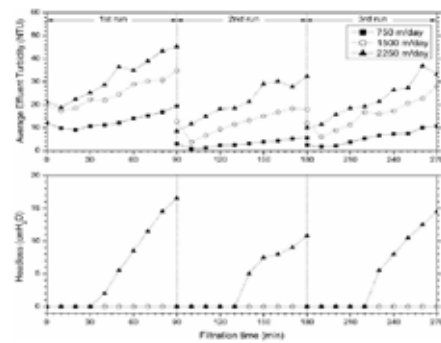


Figure 1. (a) Schematic diagram of the filter system and (b) SEM image of the fiber.

Guerra et al. 2014. Water Sci Technol Water Supply 14, 735-742.

Figure 5. Filtration at different filtration rates.

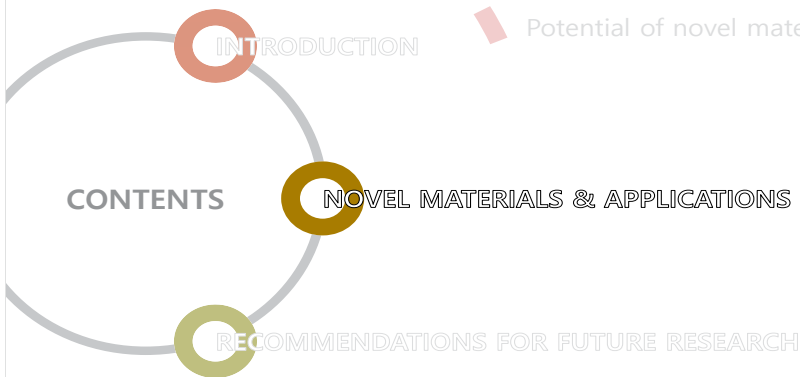


수중의 미량오염물질과 비점오염 제어를 위한
불균일 소재의 응용



Current issues in water treatment

Potential of novel materials



- Metallic nano-structures
- Carbon based materials
- Other materials

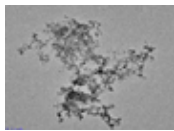
1 Metallic nano-structures

1.1 Types

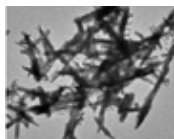
- Evolution of nano-structures

Kim et al. 2013; Zhang et al. 2015; Shan & Tong 2013; Gong et al. 2015; Zeng et al. 2014; Cuong et al. 2018

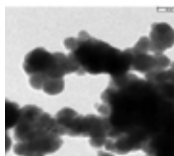
Simple, single particles



MnO₂

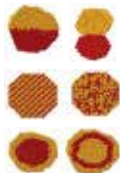


FeOOH



Fe⁰(NZVI)

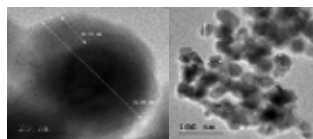
Multi-metallic structures



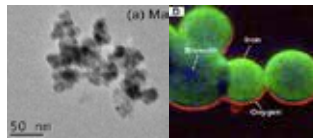
Hetero-structures

Intermetallic/
alloyed structures

Core/multi-shell
structures



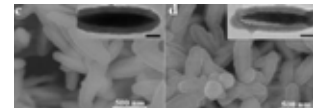
Cu/Fe₃O₄



Amorphous
Fe₂O₃-Fe-Mn

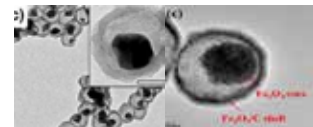
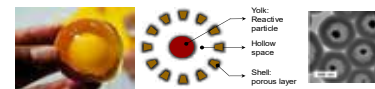
Fe⁰/Bi

Special structures



Spindle
C@Fe₂O₃

Spindle
SiO₂@Fe₂O₃



Ni@SiO₂

SiO₂@Fe₃O₄/C

1 Metallic nano-structures

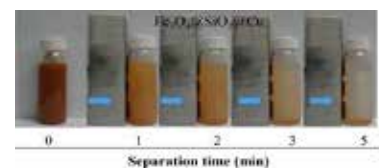
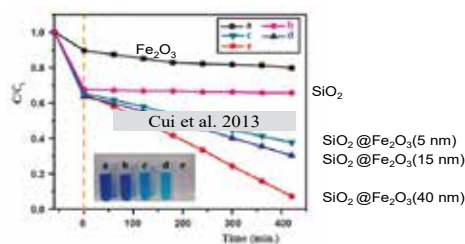
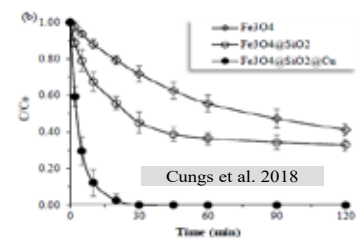
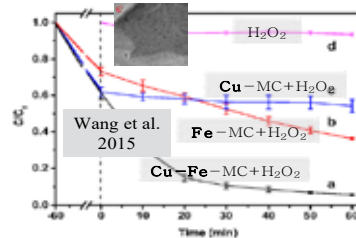
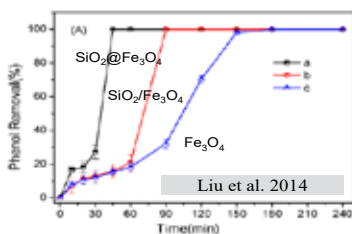
1.2 Performance

- Improved catalytic activity

Simple, single particles

Multi-metallic structures

Special structures



Magnetic separation; Cungs et al. 2017

1 Metallic nano-structures

1.2 Performance

- Improved catalytic activity of a special nano-structure: A **core-shell** structure

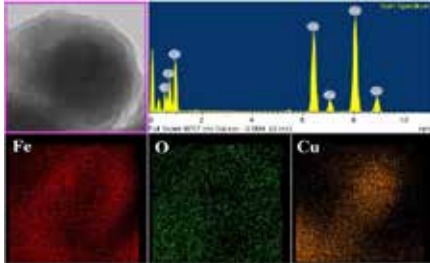


Fig. 1. TEM photograph and elemental mapping images of Cu@Fe₃O₄ core-shell NPs

Pham et al. 2018. Chemosphere 191, 639-650.

Fig. 3. EEM spectra of LP-TREA before and after treatment with Cu@Fe₃O₄ core-shell: (a) LP-TREA, (b) TREA 3 (pH 3), (c) TREA6 (pH 6)

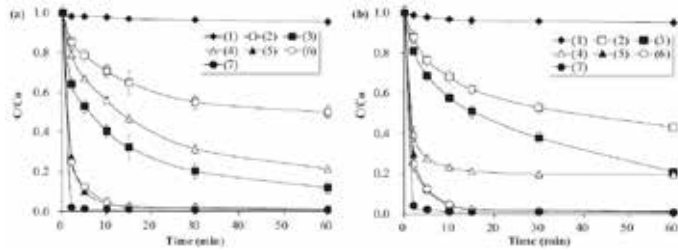
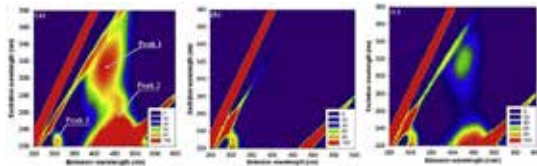
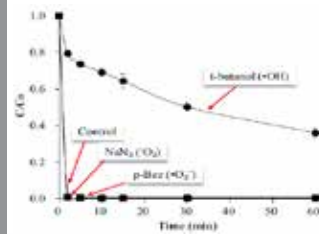


Fig. 6. Effects of the catalysts on OTC degradation: (a) at pH 3.0 and (b) at pH 6.0. Reaction conditions: (1) 20 mM H₂O₂, (2) 1 g/L Fe₃O₄, (3) 1 g/L Fe₃O₄ and 20 mM H₂O₂, (4) 1 g/L Cu, (5) 1 g/L Cu and 20 mM H₂O₂, (6) 1 g/L Cu@Fe₃O₄-CSNs, and (7) 1 g/L Cu@Fe₃O₄-CSNs and 20 mM H₂O₂.

Pham et al. 2018. Sci Total Environ 631-632, 608-618.

Fig. 12. Effects of radical scavengers on OTC removal. Reaction conditions: 10 mM *t*-butanol, 20 mM sodium azide, 20 mM *p*-benzoquinone, 0.1 g/L dosage material, 20 mM OTC, 20 mM H₂O₂, and pH 3.0.



1 Metallic nano-structures

1.2 Performance

- Improved catalytic activity of a special nano-structure: A **yolk-shell** structure

Cuongs et al. 2017. ACS Appl Mater Interfaces 9, 28508-28518.

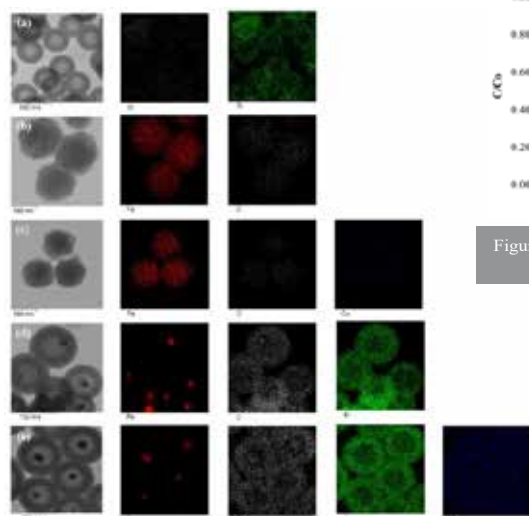


Figure 3. EDS mapping images of HMSS (a), Fe₃O₄ (b), Fe₃O₄@Cu (c), Fe₃O₄@SiO₂ (d), and Fe₃O₄@SiO₂@Cu (e).

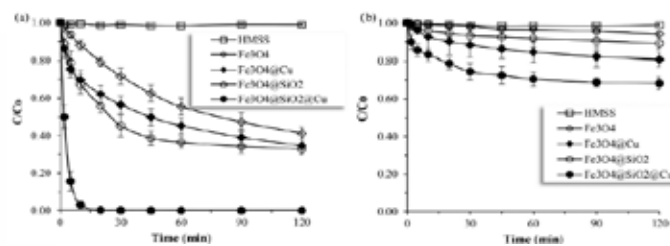
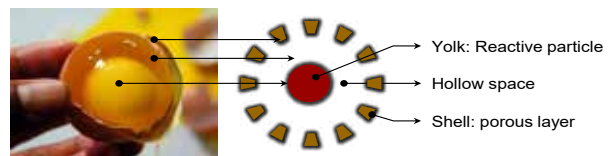


Figure 8. Acetaminophen removal (a) in the presence of H₂O₂ (15.0 mM) and (b) in the absence of H₂O₂



1 Metallic nano-structures

1.2 Performance

- Improved catalytic activity in combination of metal oxides and biochemical reactions: **Biogenic Mn Oxide (BMO)**

Trans et al. 2018. J Hazard Mater 344, 350-359.

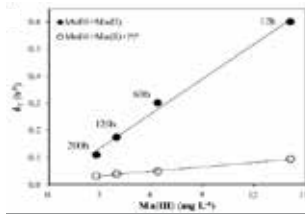
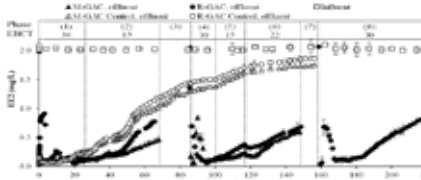
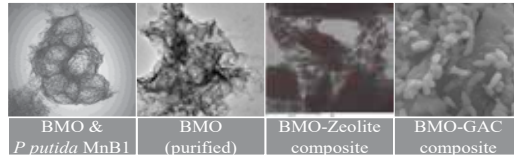
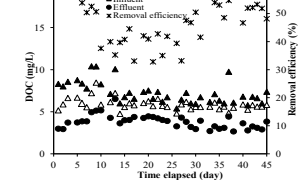
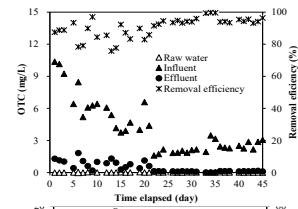


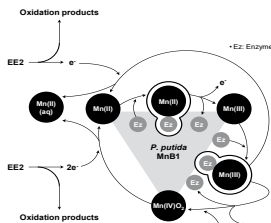
Fig. 5. The correlation between EE2 removal rate constants (k_1) and maximum concentration of Mn(III)-PP.



Lab. scale plant test (BMO/GAC composite)



Pilot scale plant test (BMO/GAC composite)

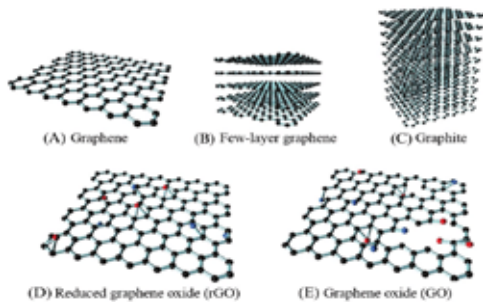


DO GUN KIM | 010-2759-0424 | dogun.kim@khu.ac.kr

2 Carbon based materials

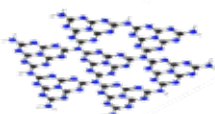
2.1 Types

- Excellent catalytic activity
- Chemical & thermal stability



Zhang et al. 2018, Small 01983.

Figure 1. Main types of graphene family nanomaterials including A) graphene, B) few-layered graphene, C) graphite, D) reduced graphene oxide, and E) graphene oxide. Reproduced with permission.[61].

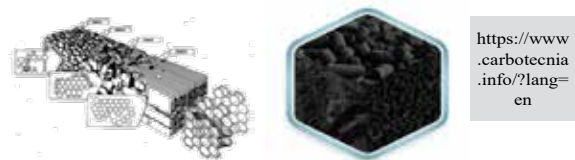


Mansor et al. 2016. ECS Trans. 75(14), 885-897.
Graphitic carbon nitride (g-C₃N₄)



Zheng et al. 2022. In: Gao Ed. Emerging Contaminants in Soil and Groundwater Systems: Occurrence, Impact, Fate and Transport, 165-204

Figure 6.5. Different types of carbon ENPs including fullerenes (C60 and C70), graphene and its derivatives, and carbon nanotubes (CNTs).



Masek et al. 2018. Environ Sci Technol 52, 9543-9544.

Figure 1. Edinburgh standard biochar set, including feedstock.

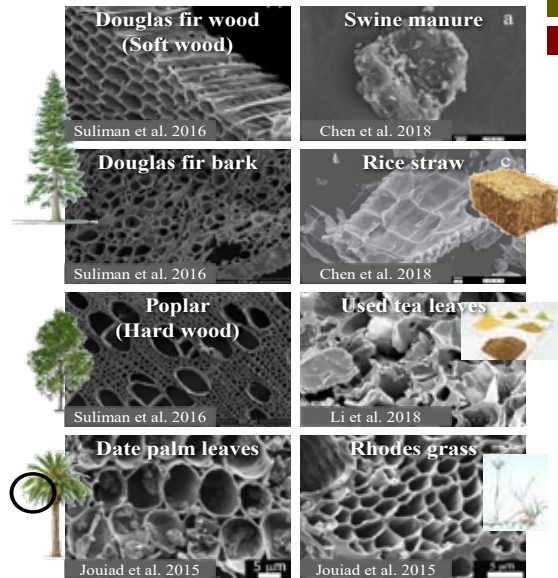


DO GUN KIM | 010-2759-0424 | dogun.kim@khu.ac.kr

2 Carbon based materials

2.1 Types: Hydrochar, Pyrochar, HydroPyrochar

Types and raw materials



2 Carbon based materials

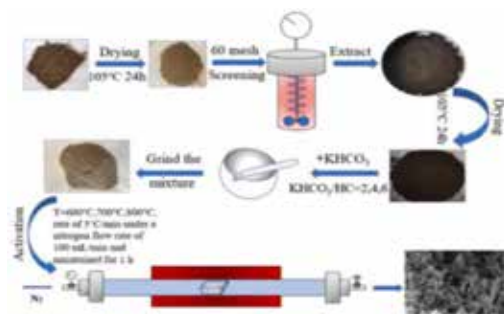
2.1 Types: Hydrochar, Pyrochar, HydroPyrochar

Carbonization



Silva et al. 2023. J Braz Chem. Soc 35, e-20230143

Figure 2. Schematic representation of different biomass thermal conversion processes to obtain biochar (a) and hydrochar (b)



Chen et al. 2023. Heliyon 9, e14930

Fig. 1 The activation process of hydrochar

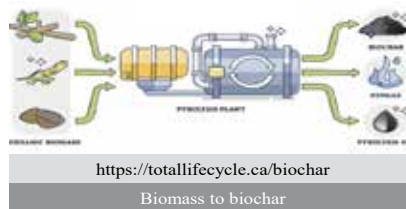
2 Carbon based materials

2.1 Types: Hydrochar, Pyrochar, HydroPyrochar

Carbonization

	Temperature (°C)	Residence time (minutes)	Atmosphere	Pressure (Mpa)	Yield (%)
Hydrothermal carbonization	• 180~260	• 5~240		• 2~5	• 30~60
Torrefaction	Dry	• 200~300	• Partial air		• 60~80
	Steam	• 200~400			• 60~80
Pyrolysis	Fast	• 400~600	• Inert		• ~12
	Slow	• 500~1000	• Inert		• ~35

Yaashikaa et al. 2019. Bioresour Technol 292, 122-130; Yadav et al. 2023. Technology and Nutrition, 537-559; Konsomboon et al. 2019. Fuels 33, 3257-3266.



2 Carbon based materials

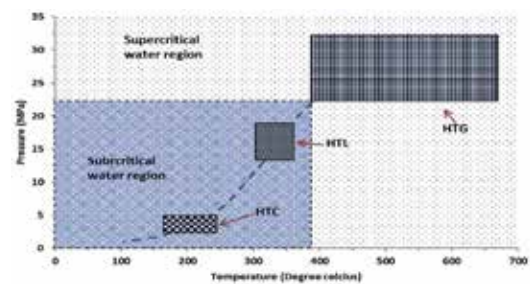
2.1 Types: Hydrochar, Pyrochar, HydroPyrochar

Conversion of raw materials: hydrothermal carbonization vs. pyrolysis



Khan et al. 2019. Bioenergy 130, 105384.
Fig. 1. Graphic diagram of workable models about the carbon rich materials manufacture, applications

Khan et al. 2019. Bioenergy 130, 105384.
Fig. 2. Hydrothermal conversion process on biomass
• HTC: Hydrothermal Carbonization
• HTL: Hydrothermal Liquefaction
• HTG: Hydrothermal Gasification

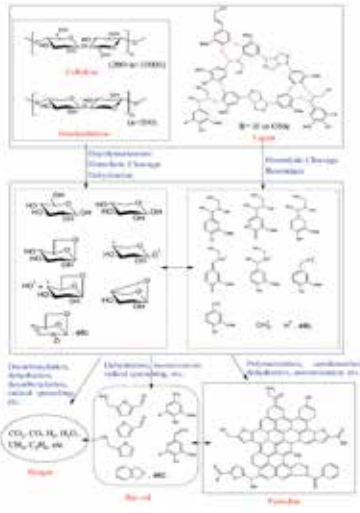


2 Carbon based materials

NOVEL MATERIALS & APPLICATIONS

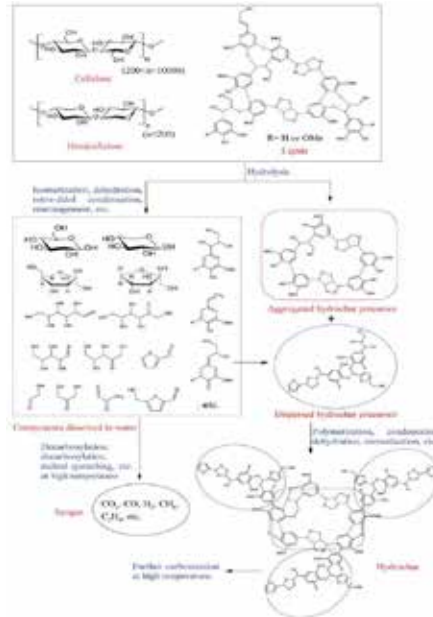
2.1 Types: Hydrochar, Pyrochar, HydroPyrochar

- Conversion of raw materials: hydrothermal carbonization vs. pyrolysis



Cao et al. 2017. RSC Adv 7, 48793-48805.

Fig. 1. A possible pathway of pyrochar



Cao et al. 2017. RSC Adv 7, 48793-48805.

Fig. 2. A possible pathway of hydrochar

2 Carbon based materials

NOVEL MATERIALS & APPLICATIONS

2.2 Performance

- Carbonaceous materials as catalysts: A long history

Nitrogen-Doped Carbon Nanotube Arrays with High Electro-catalytic Activity for Oxygen Reduction
 Huanping Geng,¹ Feng Shi,² Shoufei Xia,² Michael Strassler,² Liqing Guo^{1*}

The large-scale practical application of fuel cells will be difficult to realize if the expensive platinum-based electrocatalysts for oxygen reduction reactions (ORR) cannot be replaced by other efficient, low-cost, and stable alternatives. Here, we report that vertically aligned nitrogen-doped carbon nanotubes (N-CNT) can act as a model-free alternative with a much higher electrocatalytic activity, long-term operation stability, and tolerance to poisons than platinum for oxygen reduction in alkaline fuel cells. An atomically thin layer of nitrogen dopants, an efficient electrocatalytic pathway of ORR molecules, and a compact density of 1.1 milligrams per square centimeter at -0.2 V vs. the reversible hydrogen electrode. The incorporation of nitrogen-doping brought about a four-fold increase in the ORR activity compared to the N-CNTs. This effect, associated with changing the ORR, provides a low structural density for the ORR on N-CNTs with a superb performance.

Abstract
 The ORR has proved a major hurdle for the development of fuel cells. It plays a key role in controlling the performance of a fuel cell, and efficient ORR electrocatalysts are also essential for practical applications of the fuel cells. In this work, we report a novel efficient, low-cost, and stable alternative for the ORR on N-CNTs with a superb performance.

Journal of Thermodynamics & Catalysis
 Applications of Graphene in Catalysis
 Sund P. Lankar and Abhishek K. Mishra
 Department of Chemical Engineering, The Petroleum Institute, P.O. Box 26880 Abu Dhabi, UAE

Abstract
 The extraordinary and unique physical, chemical, and mechanical properties of graphene have led to the development of graphene-based materials for a wide range of applications in different fields. Amongst the use of graphene-based materials in the field of catalysis has attracted the attention of researchers in the last few years. Due to its extremely high surface area and adsorption-capability, graphene is expected to function as an excellent catalyst or support material. However, an ability to tune its structure using different functionalities has added significant capability to such materials to make them suitable systems. The present article discusses the synthesis of graphene-based catalysts through various methods, its structural modifications, catalytic performance, and usage for different catalytic applications. This article also summarizes the catalytic applications of graphene-based catalysts in organic syntheses as a catalytic, metal-free catalyst, in photocatalysis, and as a carbon support and promoter for such use in future trends and perspectives for graphene applications in catalytic reactions.

Activated Carbon as a Catalyst in Certain Oxidation-Reduction Reactions.
 Elmer C. Larsen, and James H. Walton
 J. Phys. Chem. 1943, 47 (1), 75-85
 DOI: 10.1021/j100172a019
 PUBLISHED ONLINE JANUARY 1943
 ACS Legacy Address

ACTIVATED CARBON AS A CATALYST IN CERTAIN OXIDATION-REDUCTION REACTIONS*
 ELMER C. LARSEN AND JAMES H. WALTON
 Department of Chemistry, University of Wisconsin, Madison, Wisconsin
 Received June 20, 1939

I. THE DECOMPOSITION OF HYDROGEN PEROXIDE
 Lemoine (17) in 1907 first reported that carbon is an effective catalyst for the decomposition of hydrogen peroxide solutions. In 1923 Firth and Walton (5) found that heating ordinary sugar carbon *in vacuo* increases its activity greatly, but that after the reaction has proceeded for about 10 hr. the catalyst becomes ineffective. They also found (6) that the rate of decomposition is proportional to the quantity of catalyst used. It has since been observed (15) that heating in an atmosphere of moist oxygen results in a still more active carbon. King (11) obtained a carbon of maximum activity on activating sugar carbon at 900°C. and a product of minimum activity at 450°C. He found the catalyst to become ineffective after the reaction had continued for about 90 min. He attributed the decay in activity to a chemical reaction between the peroxide and the surface oxide of the carbon.

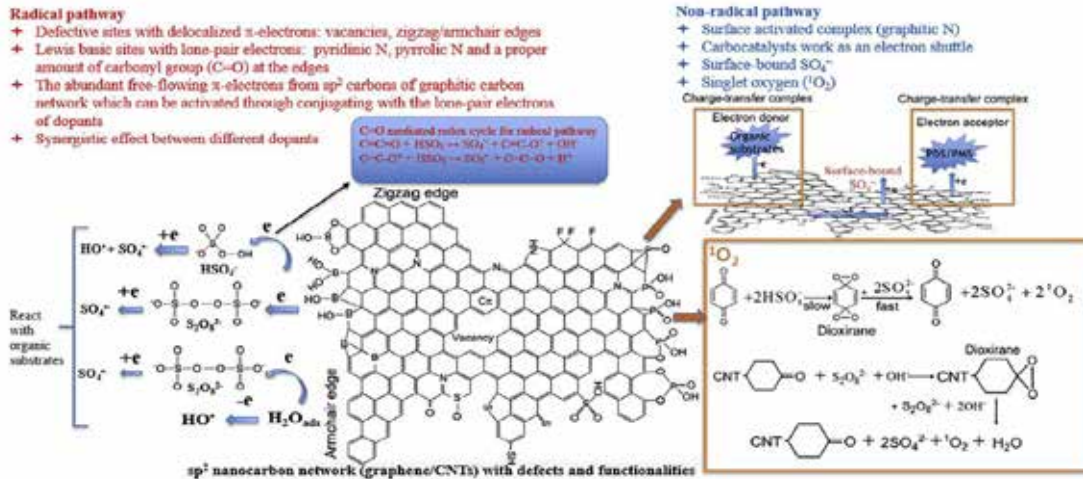
It is the purpose of this investigation to develop a technique for obtaining samples of activated carbon whose catalytic properties can be reproduced, and to use this carbon to obtain more accurate data on the factors affecting the rate of decomposition of hydrogen peroxide. Special emphasis is given to the decay of catalytic activity. In part II of this paper

* This investigation was financed by a grant from the Research Committee of the University of Wisconsin, Dean E. B. Fred, Chairman.

2 Carbon based materials

2.2 Performance

- Carbonaceous materials as catalysts: Diverse organic compounds oxidation mechanisms (radical & non-radical pathways)



Chen et al. 2018. Chem. Eng. J. 354, 941–976.

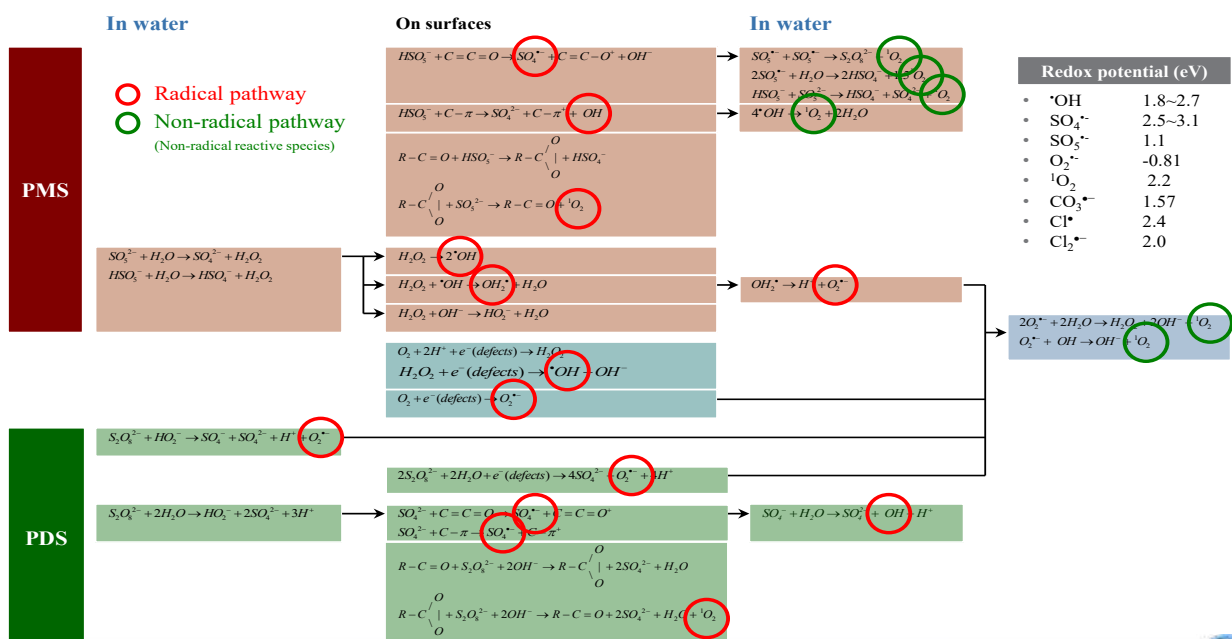
Figure 6. Schematic representation showing radical pathway and non-radical pathway in the carbocatalysts/persulfates system.

41

2 Carbon based materials

2.2 Performance

- Carbonaceous materials as catalysts: Activation of PMS/PDS



42

2 Carbon based materials

2.2 Performance

- Carbonaceous materials as catalysts: Activation of PMS/PDS
 - The doped O provides **electron rich O atoms**, especially in the C=O in defective edges, **donating electrons to PMS and/or PDS to reduce to $\cdot\text{OH}$ and $\text{SO}_4^{\cdot-}$** (Komely-Nia et al. 2020, Phys Chem Chem Phys 22, 3112–3121; Xiao et al. 2018, Curr Opin Chem Eng 19, 51–58)
 - For carbonaceous materials, the proposed reactive sites, which form $^1\text{O}_2$ through the **oxidation of PMS and PDS** via the dissociation of O–O bond, are the **defects, electronegative N in graphitic structures, and the electron-deficient carbon atoms neighboring graphitic N** (Gao et al. 2020, Environ. Sci. Technol. 54, 1232–1241).
 - The doped C increases **the electron poor C atoms nearby the O atoms**, leading to the **electron transfer from PMS, i.e., PMS oxidation, to the C atoms to generate $\text{SO}_5^{\cdot-}$ and the subsequent formation of $^1\text{O}_2$** (Zhu et al. 2020, J Hazard Mater 393, 122395)
 - Nguyen et al. 2020. Chemosphere 307, 135870: “That is, the properties of a catalyst play an important role in the efficiency of organic pollutant degradation both by radical and non-radical pathways, which determine the generation of reactive species (such as $\text{SO}_4^{\cdot-}$ and $\cdot\text{OH}$) and the electron transfer from the organic pollutant to an oxidant (such as PDS and PMS) (Duan et al., 2015, 2018; Gao et al., 2018; Zhu et al., 2021).”

Crystallinity	Pore structure	Specific surface area, pore size distribution	N_2 adsorption/desorption
	Structures	Planes defects, (dis)ordered graphitic lattice, single layer graphene	XRD Raman spectroscopy
	Functional groups	graphitic C-C, sp^2 -C, sp^3 -C, C=O, O=C-O, C-O, OH	XPS FTIR

2 Carbon based materials

2.2 Performance

- Catalytic reactivity: Fe/N/CNT

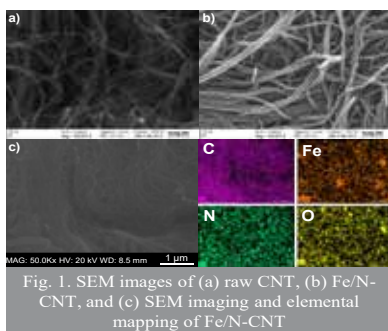


Fig. 1. SEM images of (a) raw CNT, (b) Fe/N-CNT, and (c) SEM imaging and elemental mapping of Fe/N-CNT

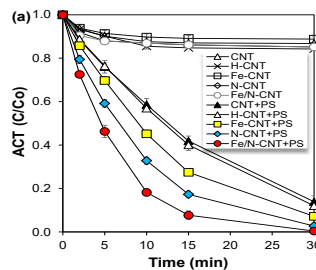


Fig. 4. The degradation of ACT by various catalysts

Pham et al. 2021. Environ Res 201, 111535

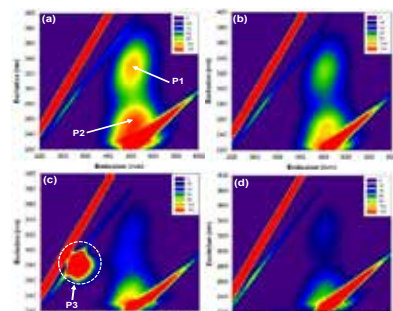


Fig. 8. Influence of NOM for the ACT removal by Fe/N-CNT/PS system

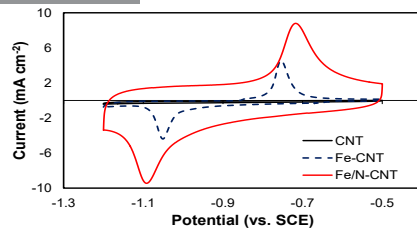
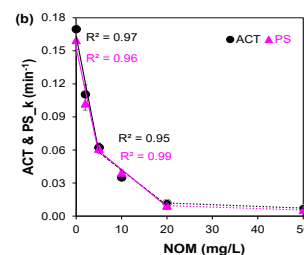


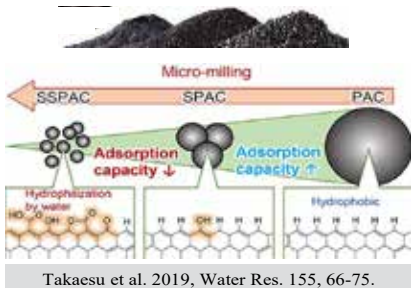
Fig. 11. Cyclic voltammogram measurement of catalyst in the solution containing 10 mg/L ACT and 1 M KOH



2 Carbon based materials

2.2 Performance

- Catalytic reactivity: **reducing size of activated carbon**



Takaesu et al. 2019, Water Res. 155, 66-75.

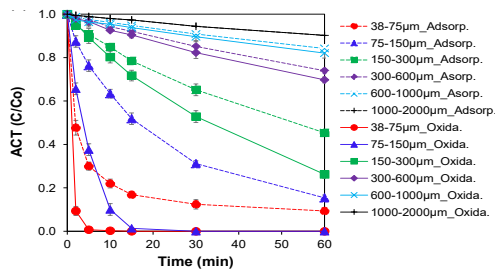
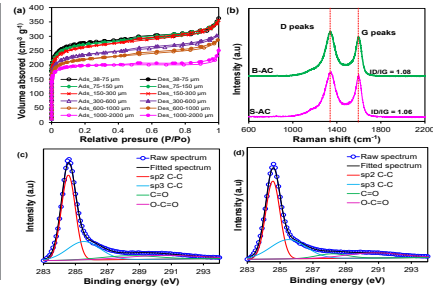


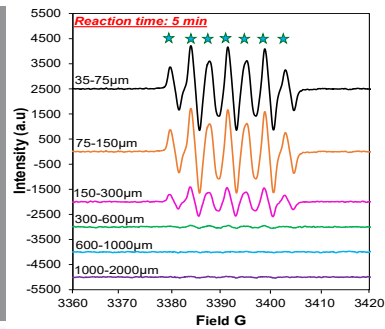
Fig. 2 The catalytic capability of AC at different sizes (0.1g/L catalysts, 10 mg/L ACT, 0.21 mM PS, no adjusted pH and RT)

Fig.1 Characterization of catalyst: (a) Nitrogen adsorption (Ads.) – desorption (Des.) isotherm, (b) Raman spectra, (c) and (d) XPS C1s spectra of SAC and BAC



Kim et al. 2022. J Environ Chem Eng 10, 107179.

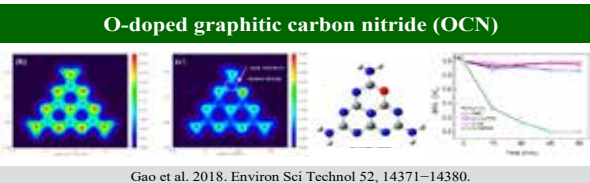
Fig. 3 ERS analysis results: with different particle size of AC and reaction time of 5 min, (1 g/L catalyst, 4.2 mM PS, 10 mM DMPO, pH 7.2 (phosphate buffer), and at RT)



2 Carbon based materials

2.2 Performance

- Catalytic reactivity: **Heteroatoms-doped graphitic carbon nitride (COCN)**



Gao et al. 2018. Environ Sci Technol 52, 14371–14380.

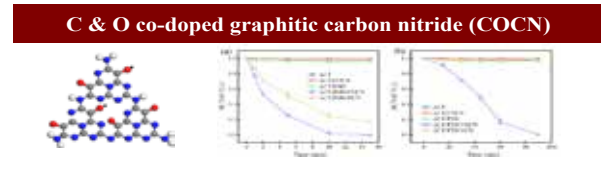


Fig. 1. (a) SEM and TEM images, and elemental maps of COCN; (b) N₂ sorption and desorption isotherm (the inset is the pore size distribution), (c) XRD patterns, (d) FTIR spectra, (e) Raman spectra, and XPS spectra of (f) full survey, (g) C1s, (h) N1s, and (i) O1s, of COCN.

Fig. S3. (a) SEM and TEM images, and elemental maps of OCN; (b) N₂ sorption and desorption isotherm (the inset is the pore size distribution), (c) XRD patterns, (d) FTIR spectra, (e) Raman spectra, and XPS spectra of (f) full survey, (g) C1s, (h) N1s, and (i) O1s, of OCN.

2 Carbon based materials

2.2 Performance

- Catalytic reactivity: **Heteroatoms-doped graphitic carbon nitride (COCN)**

Nguyen et al. 2024. Chem Eng J 480, 148348

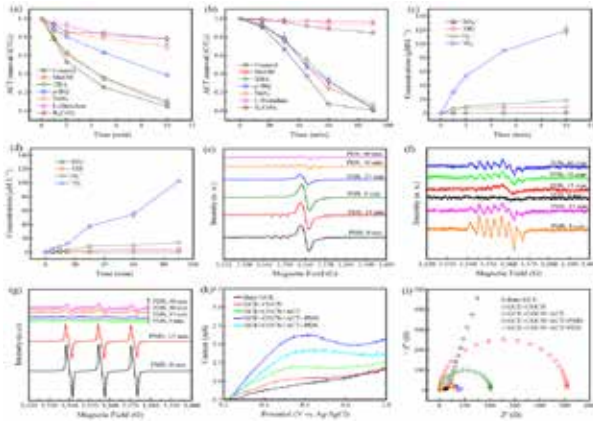


Fig. 4. The ACT removal in (a) ACT/PMS/COCN and (b) ACT/PDS/COCN in the presence of different quenching agents. Conditions: [COCN] = 300 mg/L, [ACT]₀ = 5 mg/L, initial pH = 5.1, [PMS] = [PDS] = 0.5 mM, T = 25 °C, [MeOH] = [TBA] = 500 mM, [pBQ] = 0.5 mM, [NaN₃] = [L-his] = 2.5 mM. The concentration of reactive species in (c) ACT/PMS/COCN and (d) ACT/PDS/COCN. Condition: ACT 5 mg/L, COCN 300 mg/L, PMS and PDS 0.5 mM. The ESR spectra at different reaction times in COCN/PMS and COCN/PDS: (e) DMPO in H₂O, (f) DMPO in MeOH, and (g) TEMP in H₂O. The results of (h) LSV and (i) EIS of the systems of COCN.

C & O co-doped graphitic carbon nitride (COCN)

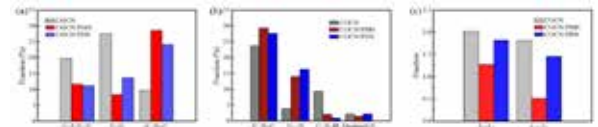


Fig. 5. (a) Changes in the components of the (a) C1s and (b) N1s XPS spectra of COCN after used 5 times in COCN/PMS and COCN/PDS. (c) Changes in the 1D/1G and 12D/1G in the Raman spectra of COCN after used 5 times in COCN/PMS and COCN/PDS.

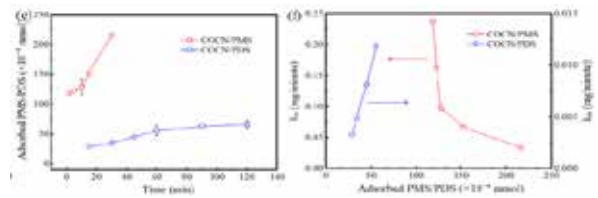


Fig. 2. The (e) Adsorbed PMS in COCN/PMS and PDS in COCN/PDS and (f) correlations between ACT removal rate (k_m) and adsorbed PMS or PDS on COCN. Conditions: [COCN] = 300 mg/L, [ACT]₀ = 5 mg/L, initial pH = 5.1, [PMS] = [PDS] = 0.5 mM, T = 25 °C.

2 Carbon based materials

2.2 Performance

- Catalytic reactivity: **Heteroatoms-doped graphitic carbon nitride (COCN)**

Nguyen et al. 2024. Chem Eng J 480, 148348

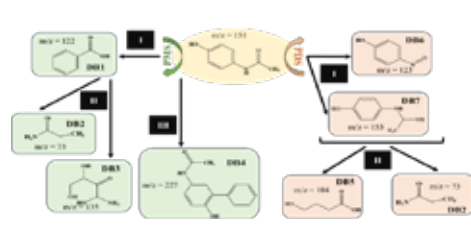
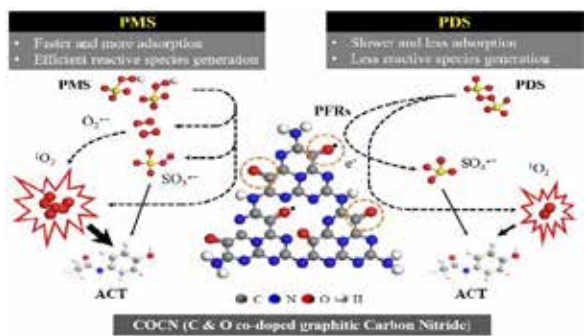


Figure. S18. Possible pathway for ACT degradation in COCN/PMS and COCN/PDS system.

C & O co-doped graphitic carbon nitride (COCN)

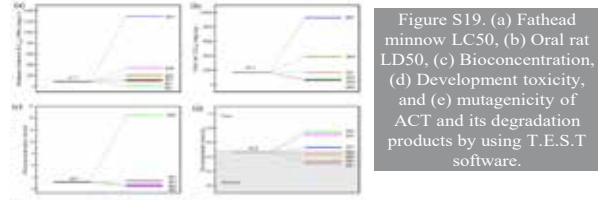


Figure. S31. The time-courses of ACT in (a) COCN/PMS and (b) COCN/PDS in real secondary treatment effluent (STE) of municipal wastewater. [COCN] = 300 mg/L, [ACT]₀ = 5 mg/L, initial pH = 5.1, [PMS] = [PDS] = 0.5 mM, T = 25 °C. The removal of ACT at various doses of ACT, PMS, and PDS in (c) COCN/PMS and (d) COCN/PDS, in the STE. [COCN] = 300 mg/L unless noted otherwise, [ACT]₀ = 5 mg/L, initial pH = 5.1, [PMS] = [PDS] = 0.5 mM unless noted otherwise, T = 25 °C.

2 Carbon based materials

2.2 Performance

- Feasibility in In-situ Chemical Oxidation (ISCO): Transport of γ -dope graphitic carbon nitride in porous media

Nguyen et al. 2024. Water 16, 6.

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - v_p \frac{\partial C}{\partial x} + \frac{\rho_s}{\theta_w} \frac{\partial S}{\partial t}$$

$$\frac{\rho_s}{\theta_w} \frac{\partial S}{\partial t} = k_{at} C$$

$$\frac{\rho_s}{\theta_w} \frac{\partial S}{\partial t} = k_{at} \psi C - k_{det} \frac{\rho_s}{\theta_w} S$$

$$\frac{\rho_s}{\theta_w} \frac{\partial S}{\partial t} = k_{at} \psi C - k_{det} \frac{\rho_s}{\theta_w} S$$

$$\frac{\rho_s}{\theta_w} \frac{\partial S}{\partial t} = k_{at} C + k_{at} \psi S$$

$$k_{at} = \frac{3(1-\theta_w)v_p \alpha n_0}{2d_c}$$

$$k_{at} = \frac{3(1-\theta_w)v_p \alpha n_0}{2d_c} \psi = \frac{S_{max} - S}{S_{max}}$$

$$k_{at} = \frac{3(1-\theta_w)v_p \alpha n_0}{2d_c} \psi = \left(1 - \frac{S}{S_{max}}\right) \left(\frac{d_c + x}{d_c}\right)^{-\beta}$$

$$k_{at} = \frac{3(1-\theta_w)v_p \alpha n_0}{2d_c} \psi = \left(\frac{d_c + x}{d_c}\right)^{-\beta}$$

Wang et al. 2008. Environ. Sci. Technol. 42, 3588-3594

HYDRUS 1D

Wang et al. 2012. Water Res. 46, 4521-4531

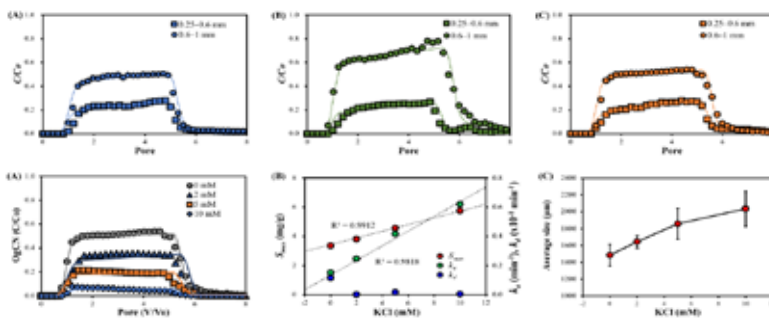


Figure 4. Experimental results and modeling breakthrough curves of OgCN with various IS of different concentrations in the column filled with quartz sands of different grain sizes: (A) 10 mg L⁻¹, (B) 50 mg L⁻¹, and (C) 100 mg L⁻¹. Flow rate = 5 mL min⁻¹, pH = 7 ± 0.2.

Figure 6. (A) Experimental and modeled breakthrough curves of OgCN with various IS and (B) the correlations of the parameters of the HYDRUS-1D model with IS. The flow rate was 5 mL min⁻¹, [OgCN] = 50 mg L⁻¹, pH = 7 ± 0.2. (C) The size of the OgCN aggregates with respect to IS (KCl concentration).

3 Other materials

3.1 Novel applications of conventional materials: Biochar (1)

- Biochar was superior to AS in ciprofloxacin (CIP) adsorption
- The removal of CIP in an MBBR system was dominantly attributed to biochar
- Biochar enhanced COD removal

Kim et al. 2020. J Water Process Eng 33, 101019.

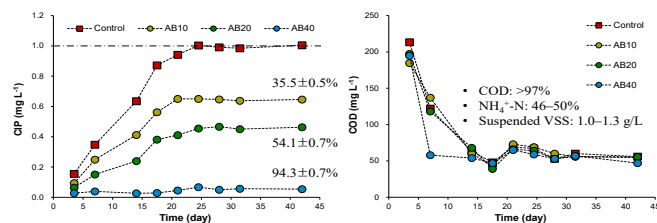
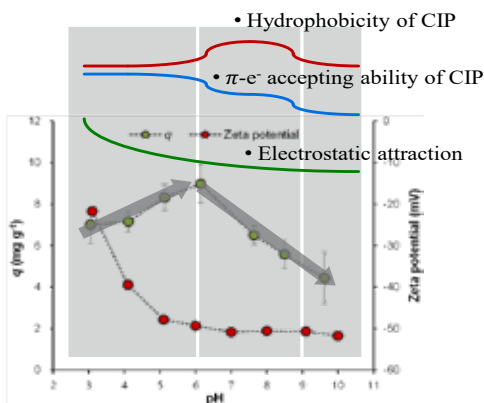
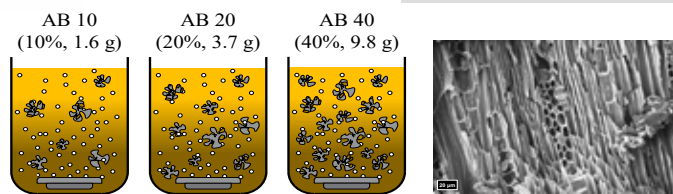


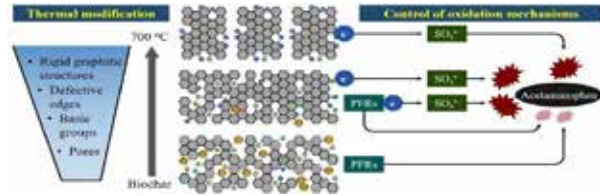
Fig. 1. (A) CIP concentrations in effluents from the four bioreactors. The dash-dot line represents the influent CIP concentration. (B) sCOD concentrations in effluents from the four reactors. The CIP and COD concentrations were measured at the end of each feeding cycle (3.5 days of a cycle duration). Markers represent the mean value of triplicate measurements with < 5 % of standard deviation from the mean. The COD removal rates at steady state (days 24.5–42) among the four reactors did not differ significantly (P > 0.05 by Mann-Whitney U test).

3 Other materials

3.2 Novel applications of conventional materials: Biochar (2)

- The catalytic activity of a biochar was greatly improved by simple thermal modification
- Organic compounds oxidation mechanisms can be controlled by the modification

Kim & Ko 2020. Chem Eng J 399, 125377.



Kim & Ko 2020, Chem. Eng. J. 125377

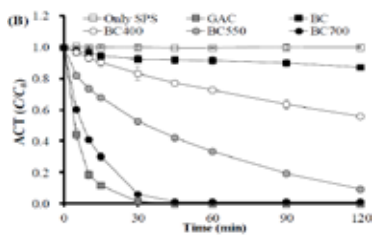


Fig. 5. (B) ACT degradation



Fig. 6. EPR spectra of (C) BC550 and (D) BC700

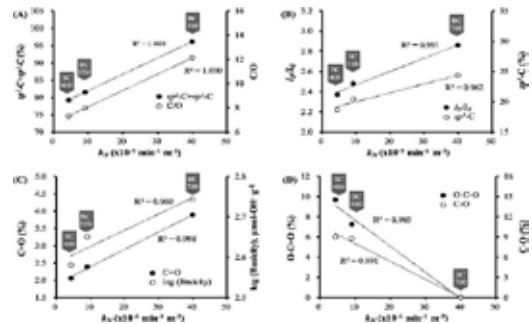


Fig. 7. Correlations between the surface area normalized ACT removal rate constant (k_v) and (A) I_T/I_G and C/O, (B) the fraction of graphitic carbon (sp^2-C+sp^3-C , sp^2-C), (C) the fraction of C=O and the basicity, and (D) the fractions of O-C-O and C-O.

3 Other materials

3.3 Novel applications of conventional materials: Fibrous media

- A fibrous medium was a successful in simulated stormwater filtration with a high SS removal efficiency and a low head loss
- The behavior of the media was described using several models

Hwang et al. 2019. Environ. Technol. 42, 2132-2144



- Kinetic model $\frac{\partial \sigma}{\partial t} = k_1 \mu C_0 (\sigma_{max} - \sigma) - k_2 \sigma$
- The $k-C^*$ model $\frac{C_0 - C}{C_0 - C^*} = e^{-\lambda t}$
- Deep bed filtration model $\frac{\partial \sigma}{\partial t} + \frac{\partial \epsilon C}{\partial t} + \frac{\partial \mu C}{\partial z} - \frac{\partial}{\partial z} \left(D \frac{\partial C}{\partial z} \right) = 0$ $\frac{\partial \sigma}{\partial t} = \mu \lambda C$ $\lambda = \lambda_0 \left(1 - \frac{\sigma}{\sigma_s} \right)^n$
- Steady-state, porous media capture equation $\ln \left(\frac{C}{C_0} \right) = -\frac{\lambda}{2} X (1 - \epsilon) L$

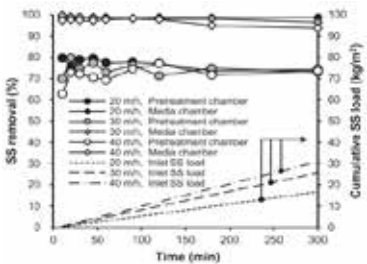


Figure 2. Cumulative SS load and SS removal with respect to time.

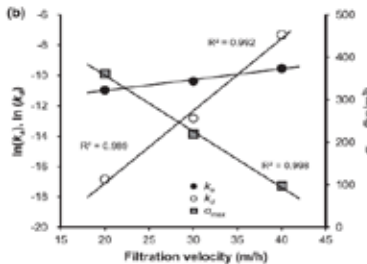


Figure 5. (b) The correlation between filtration velocity and the parameters of kinetic model.

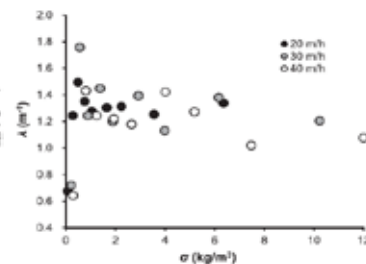


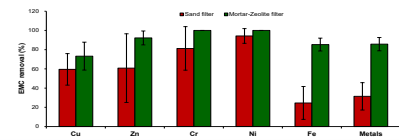
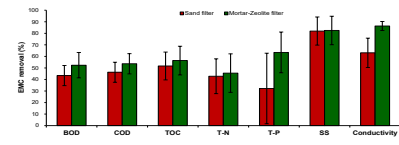
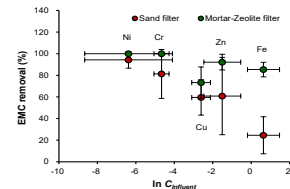
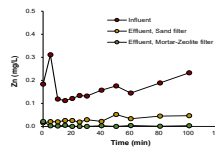
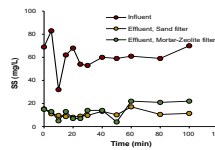
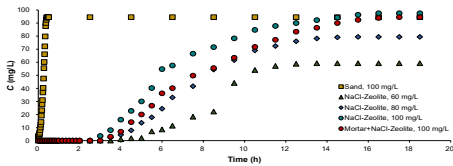
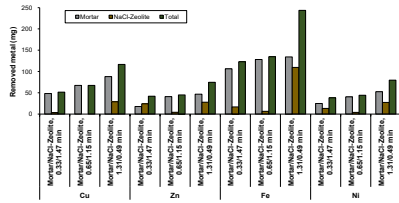
Figure 7. The value of λ at different filtration velocities

3 Other materials

3.4 Novel applications of conventional materials: Mortar

- A dual media bed consists of granular mortar and zeolite was excellent in the removal of heavy metals in stormwater runoff

Kim & Ko. 2022. Water 14, 3567; Kim & Ko. 2023. Water 15, 3560.

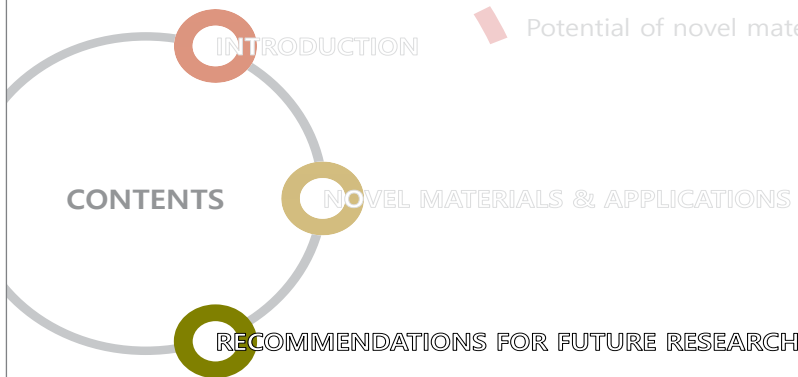


수중의 미량오염물질과 비점오염 제어를 위한
불균일 소재의 응용



Current issues in water treatment

Potential of novel materials



Metallic nano-structures

Carbon based materials

Other materials



RECOMMENDATIONS FOR FUTURE RESEARCH

WATER QUALITY IMPROVEMENT

Activity, stability

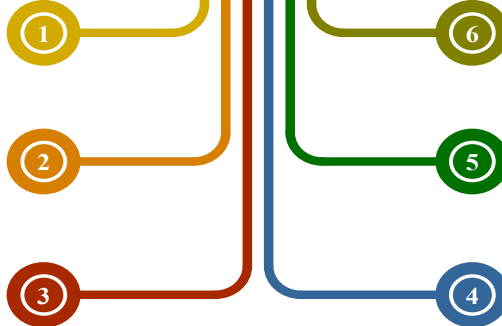
- Electron transfer
- Oxidants activation

Composites

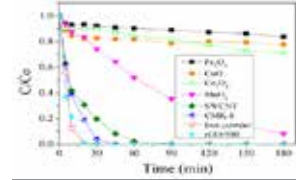
- Immobilization
- Simple synthesis

Basic materials

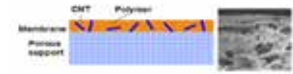
- Shape control
- Size control



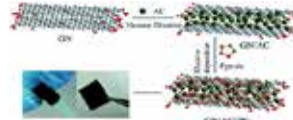
MATERIALS



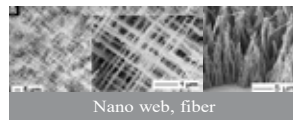
Phenol oxidation



CNT/membrane



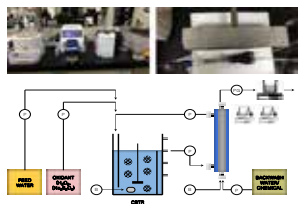
Graphene/AC/pyrrole



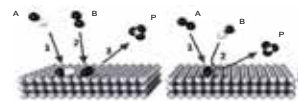
Nano web, fiber

RECOMMENDATIONS FOR FUTURE RESEARCH

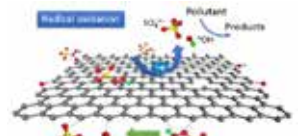
WATER QUALITY IMPROVEMENT



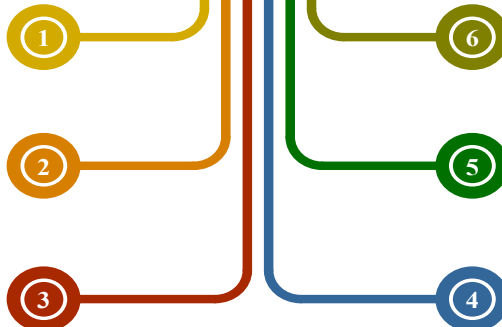
Process (separation)



Reaction kinetics



Radical, non-radical pathways



MATERIALS

Field applications

- Field tests
- Mass production

Processes

- Reactors
- Separation units

Mechanisms, kinetics

- Pathways, byproducts
- Optimization of property

WATER QUALITY IMPROVEMENT

Activity, stability

- Electron transfer
- Oxidants activation

Composites

- Immobilization
- Simple synthesis

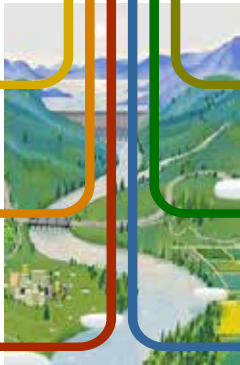
Basic materials

- Shape control
- Size control

1

2

3



MATERIALS

6

Field applications

- Field tests
- Mass production

5

Processes

- Reactors
- Separation units

4

Mechanisms, kinetics

- Pathways, byproducts
- Optimization of property



50

50th Anniversary

수중의 미량오염물질과 비점오염 제어를 위한 불균일 소재의 응용

Heterogeneous materials for the control of

THANK YOU VERY MUCH

2024.11.12

DO GUN KIMI



서울시립대학교 환경공학부 50주년 행사

비소의 생지구화학적 반응 및 토양-물-대기 환경 매체 간 순환 연구

서울시립대학교 96학번 충남대학교 한영수

서울시립대학교 환경공학부 50주년 행사

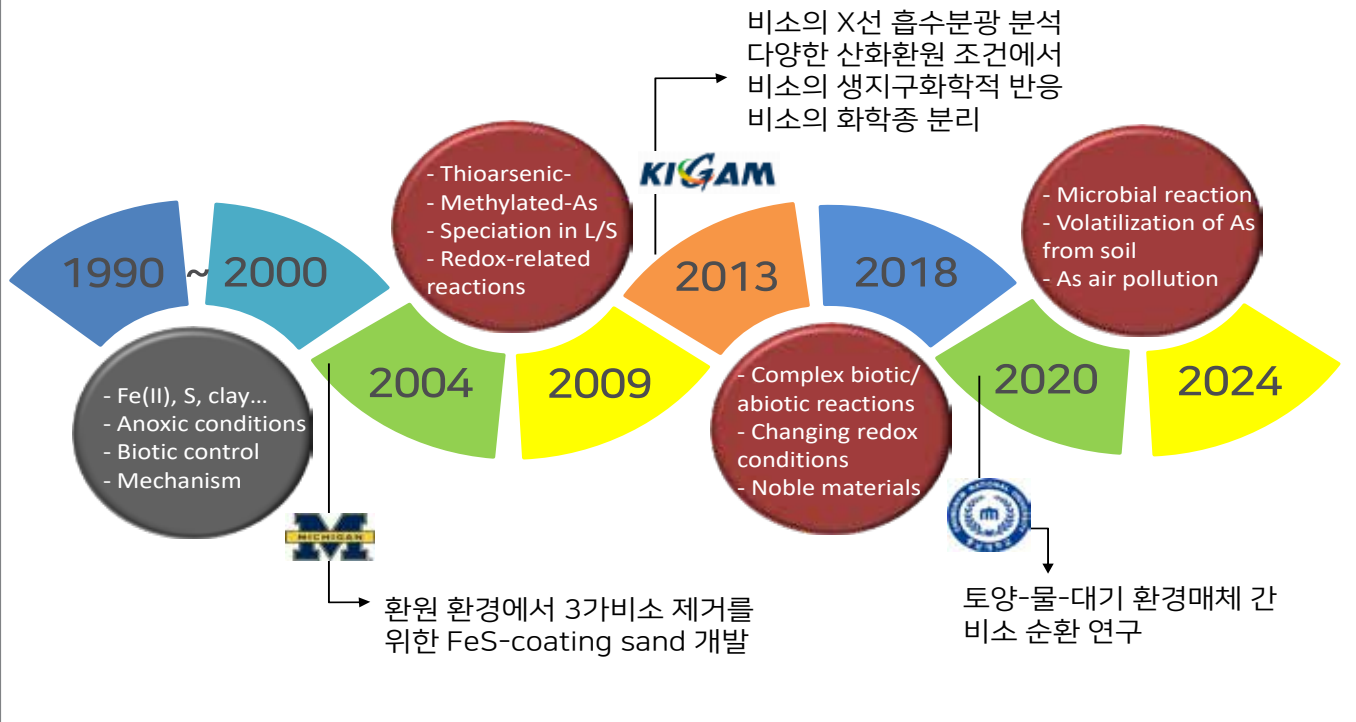


Contents

- I. Introduction
- II. Case study 1
- III. Case study 2
- IV. On-going study
- V. Laboratory-XAFS is coming soon

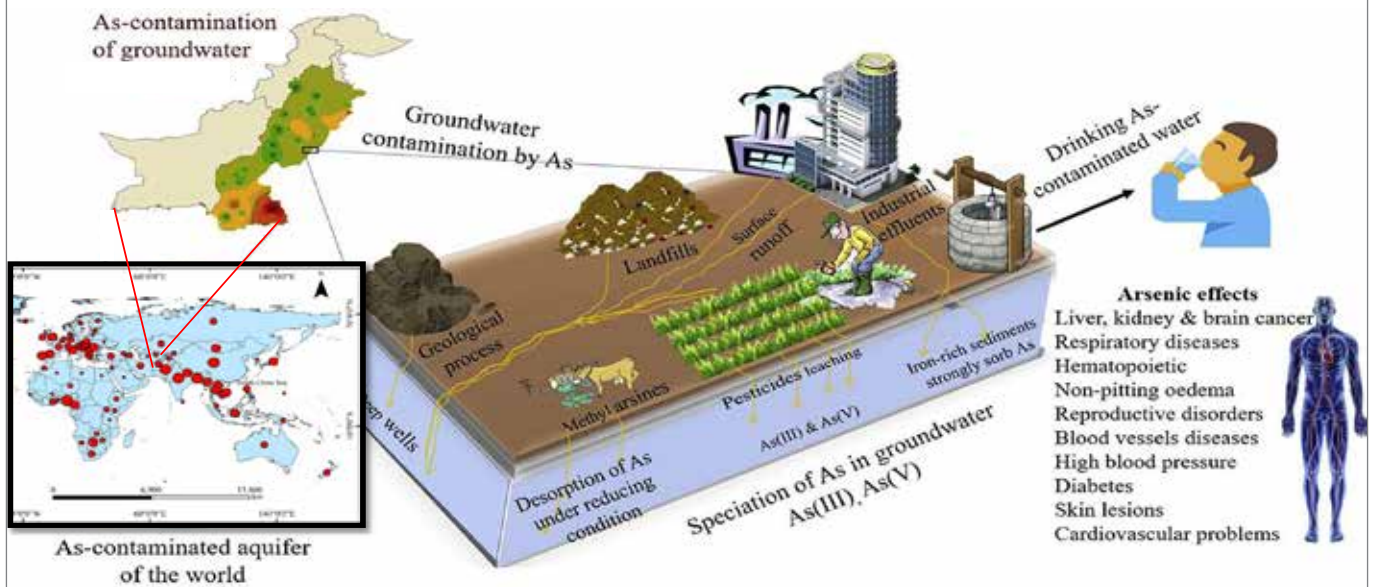


Overview of my last 20 year's arsenic research



Introduction

Serious arsenic pollution and its adverse effect

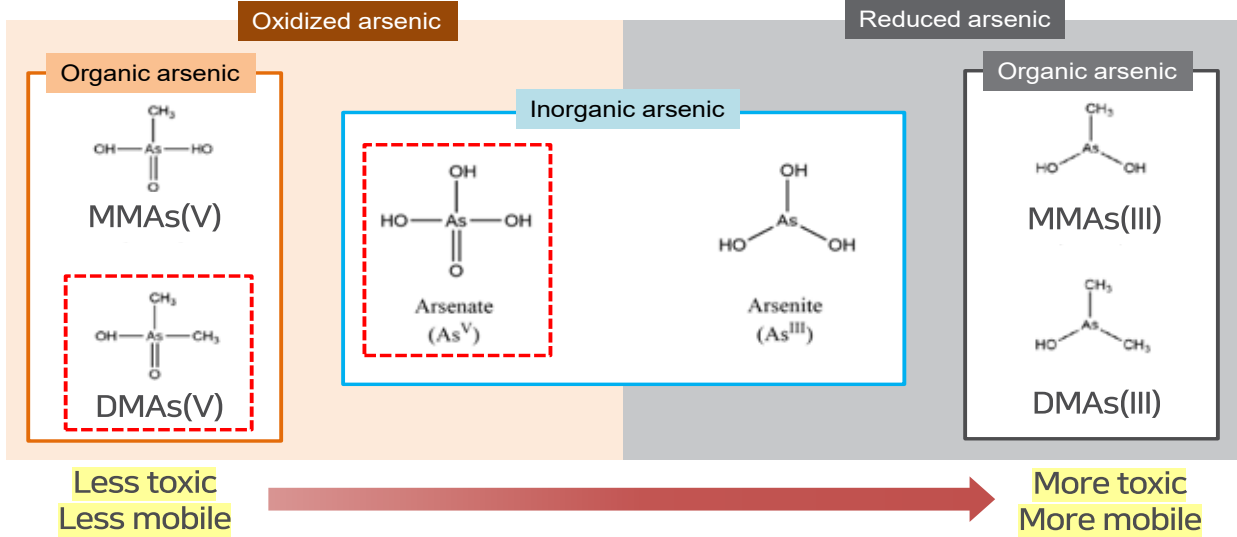


(Image source: Shahid et al., 2018, Environmental Pollution, Vol 242, 307-319)

- Arsenic contamination is recognized as a global problem in water, soil and atmospheric systems
- 100 million people worldwide face the risk of poisoning due to arsenic-containing groundwater

Introduction

Various arsenic speciations and their impact

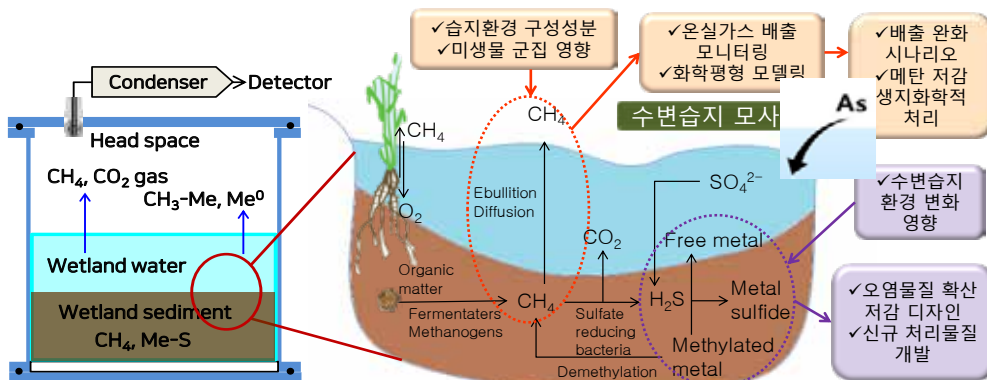


- There are more than 50 arsenic species
- Source of inorganic arsenic: geogenic, volcanos, industry (wood, smelting, mining), coal...
- Sources of organic arsenic: agriculture, food processing industries
- **Organic and inorganic arsenic undergo transformation reactions to each other**

5

Case study 1 As 오염 수변습지환경 생지화학적 복원기술

- 수변습지 환경의 지화학적 특성 파악
- 수변습지 환경에 유입된 비소의 거동 및 확산 저감 처리 기술 개발
- 수변습지 환경모사 Microcosm 실험으로 비소의 생지화학적 거동 파악을 통해 안정화 기법 개발 전략 수립
- 오염처리 기법 적용 (Biochar 이용) 및 영향성 평가

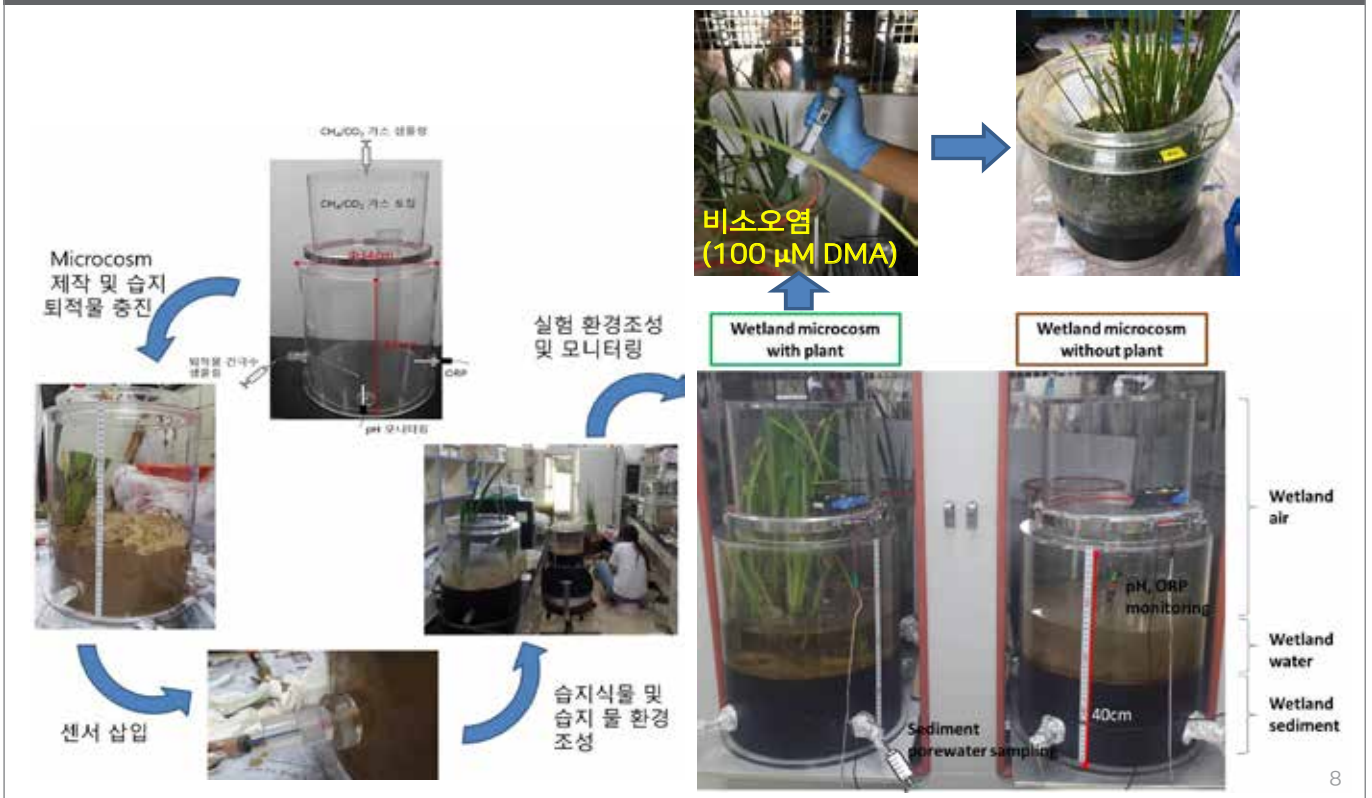


6

습지 샘플링 - Microcosm 모사 실험



Microcosm 실험을 통한 오염물질 거동 특성 규명



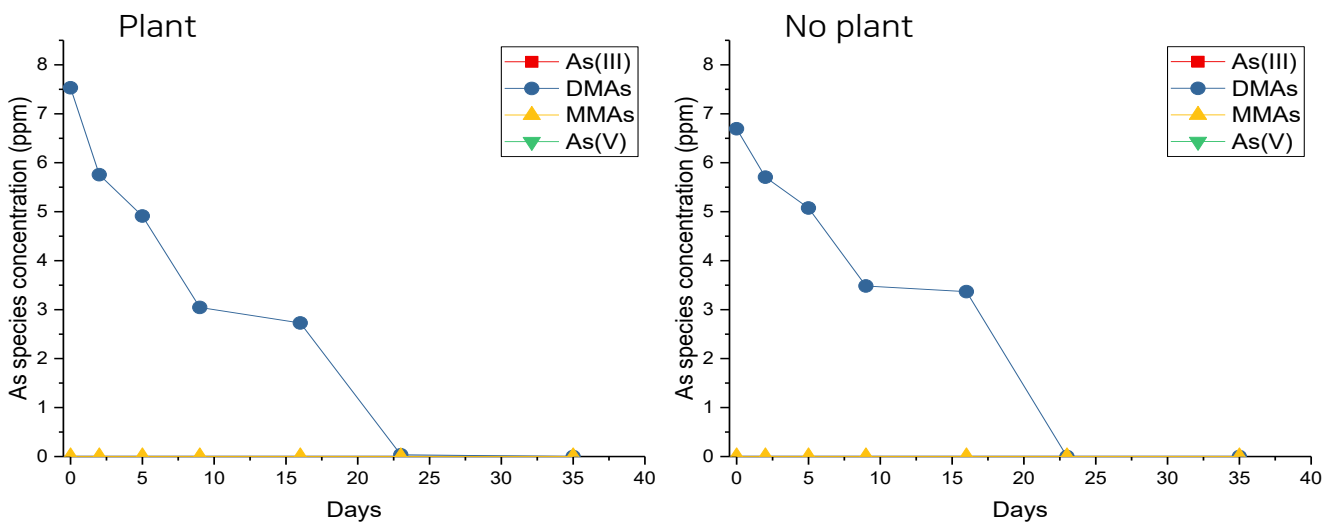
Microcosm 샘플링



Freeze
(-75°C)

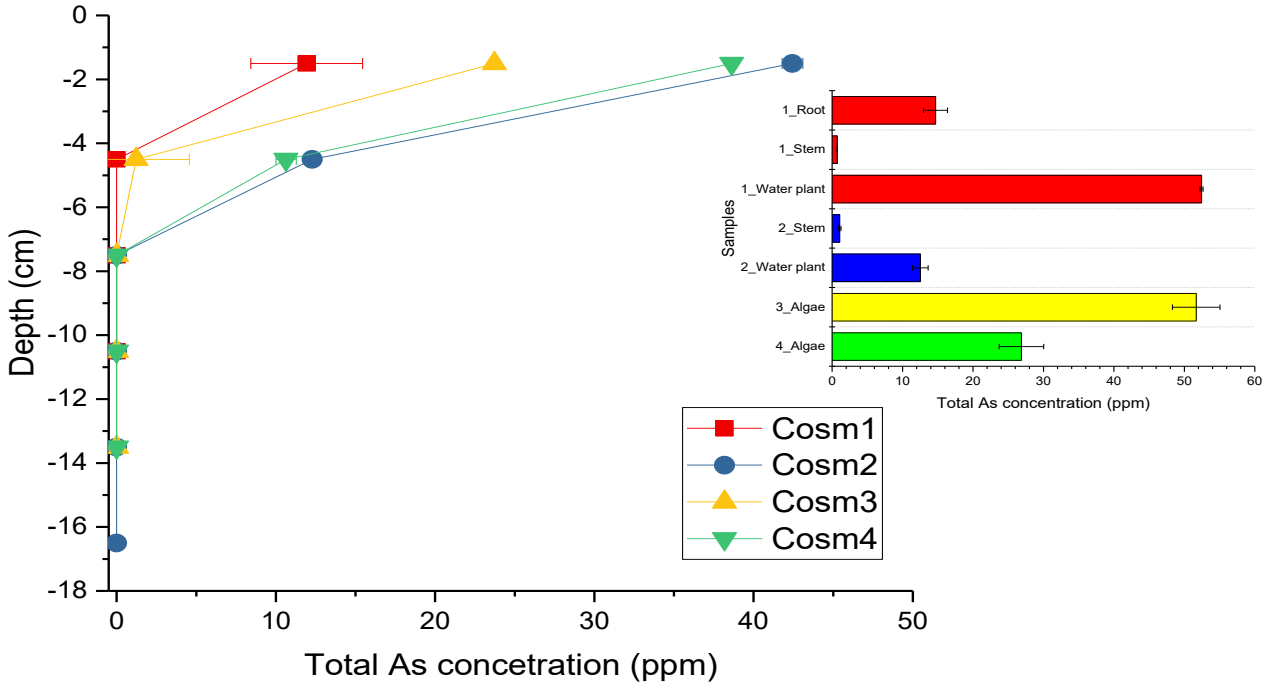


Microcosm 수계 내 DMA 농도



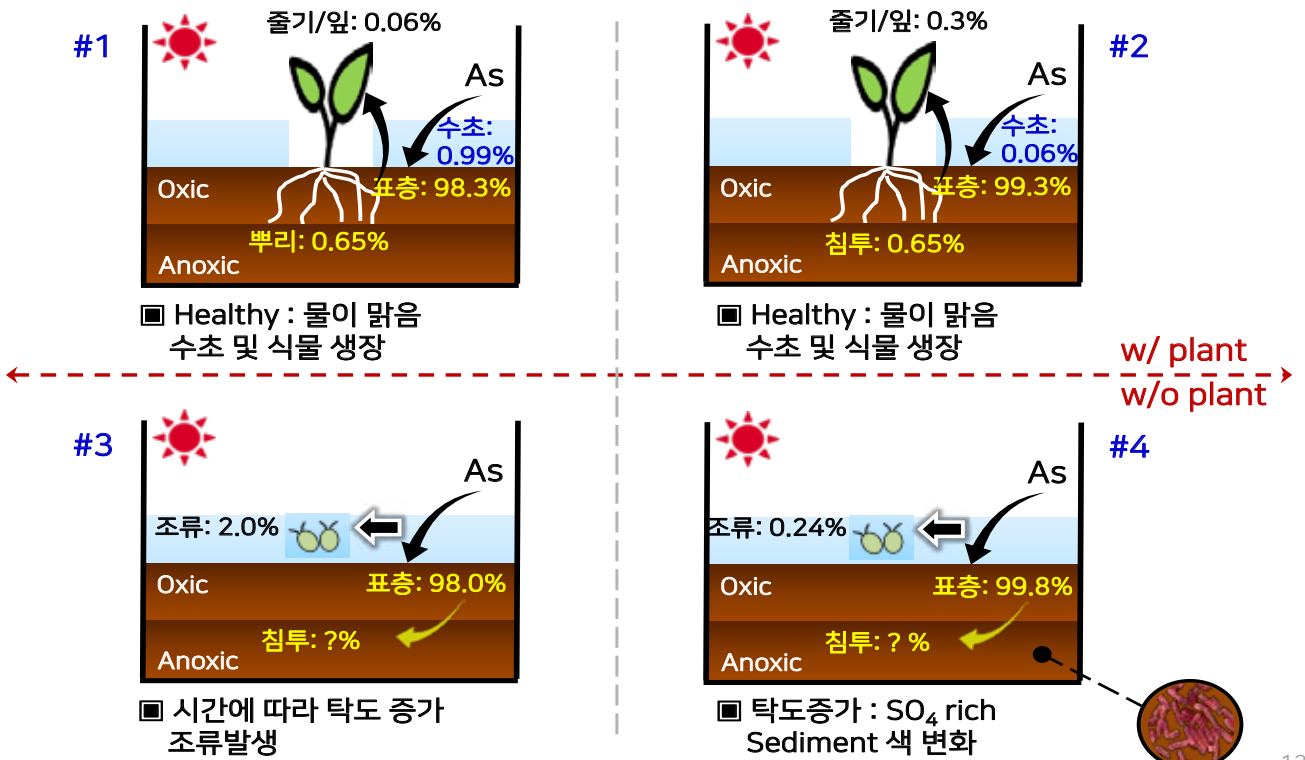
■ Microcosm 수계 내 DMA 및 비소 종 모두 다른 매질로 이동 확인 (23 일후)

Microcosm 퇴적물(solid) 분석 - 비소함량



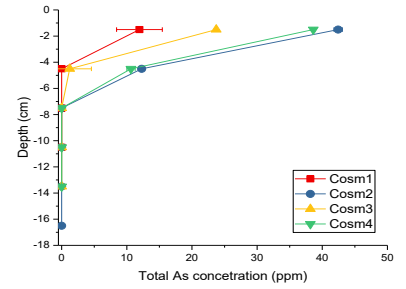
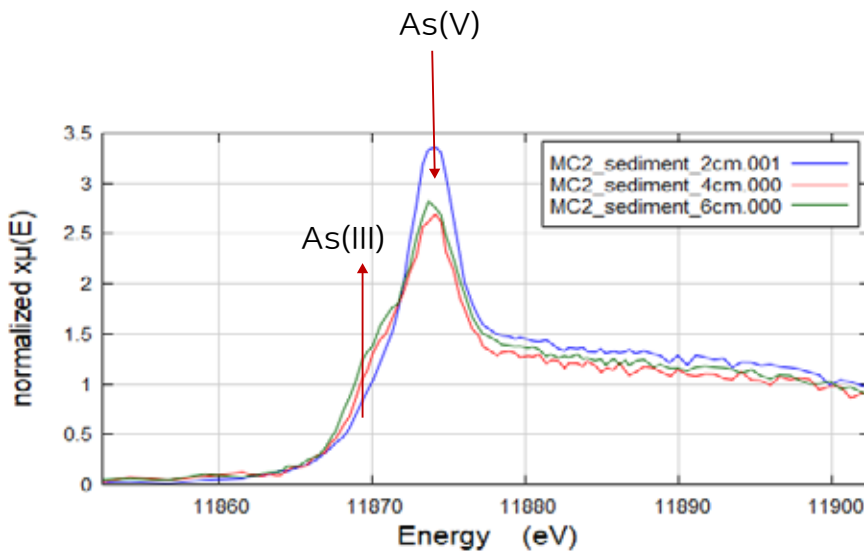
11

Microcosm 내 As 거동 예측



12

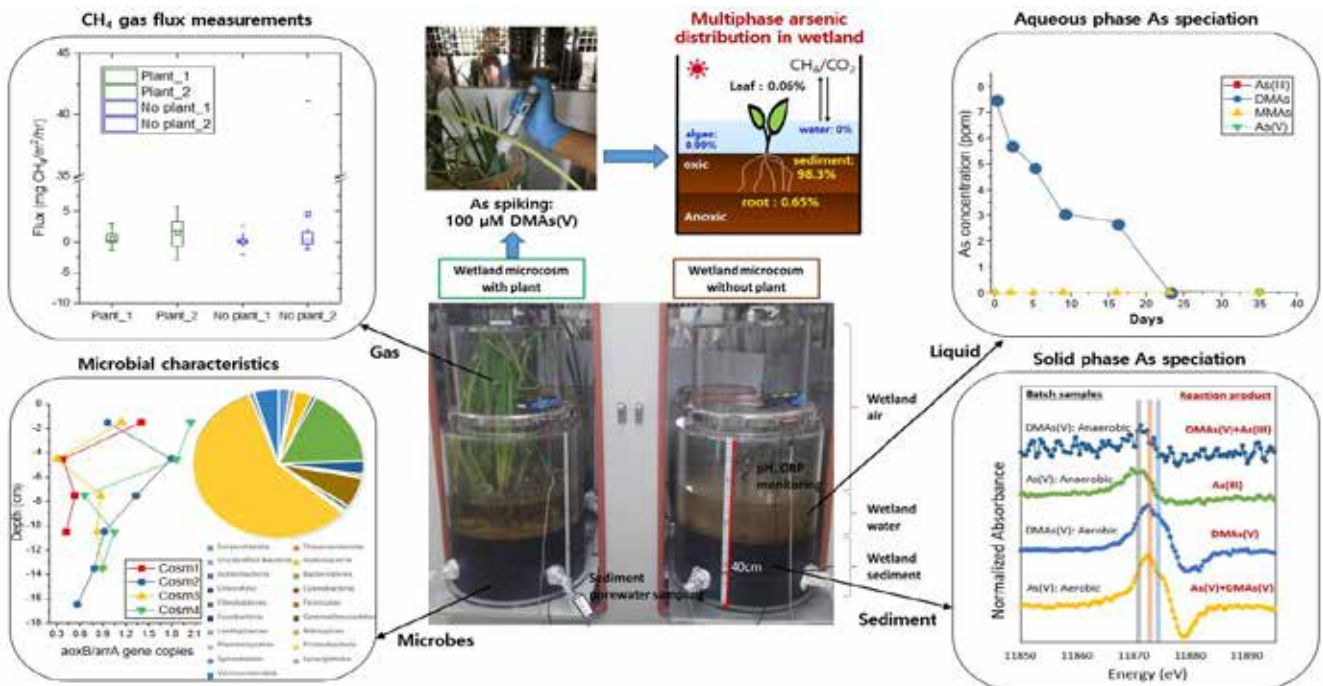
Microcosm 퇴적물(solid) 분석 - 비소 존재 형태



1. 표층부 → As(V), 하층부 → As(III) 증가
2. 토양에 흡착된 형태는 무기 비소의 형태 : 토양 층에서의 Demethylation
3. Demethylation 반응에 관련한 미생물 반응 연구

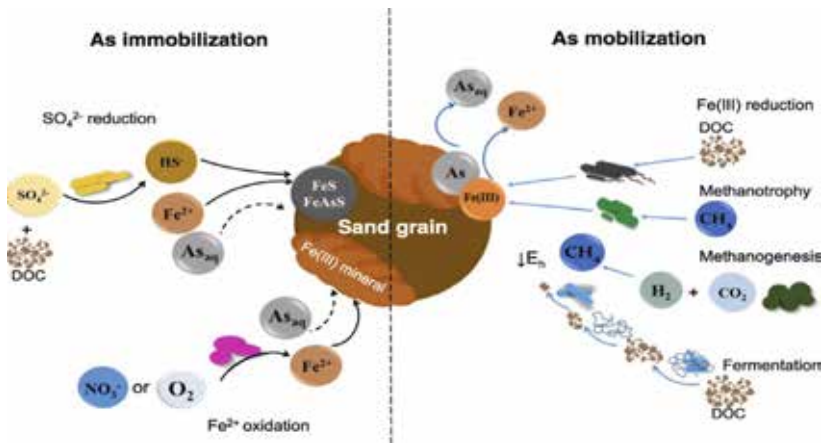
13

Arsenic bio-geochemistry

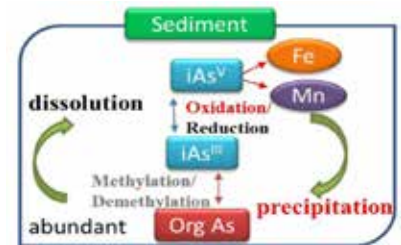


14

Case study 2 As reaction in CH₄-producing wetland



(Image source: Glodowska et al., 2021, JHM, Vol 407, 124398)



- A positive correlation between arsenic, iron (oxy)hydroxide, DOC concentrations in sediments
- Redox potential is another key factor that can change the mobility of arsenic in sediments
- **Arsenic releasing + methane producing anaerobic condition : Wetland/paddy soil**
- **Correlation between arsenic-methane concentration and methylation/demethylation of As need to be studied**

15

Research objectives

As vs. CH₄ : Are they directly interplay to each other?

nature > the isme journal > articles > article

Article | Open Access | Published: 21 June 2019

Sulfate-reducing bacteria and methanogens are involved in arsenic methylation and demethylation in paddy soils

Chuan Chen, Lingyan Li, Ke Huang, Jun Zhang, Wan-Ying Xie, Yuhai Lu, Xiuzhu Dong & Fang-Fei Zhao

The ISME Journal 13, 2523–2535 (2019) | Cite this article

nature > communications earth & environment > articles > article

Article | Open Access | Published: 12 November 2020

Arsenic mobilization by anaerobic iron-dependent methane oxidation

Martyna Glodowska, Emiliano Sloopelli, Magrazia Schneider, Bhanu Prasad, Daniel Strauss, Alex Lightfoot, Boif Kipfer, Michael Berg, Mike Jetter, Sara Klendfuss, Andreas Kappler & AdventAs Team Members

Communications Earth & Environment 1, Article number: 42 (2020) | Cite this article

nature > nature geoscience > articles > article

Article | Published: 23 November 2020

Coupled anaerobic methane oxidation and reductive arsenic mobilization in wetland soils

Ling-Dong Shi, Ting Guo, Pan-Long Lu, Zi-Fan Niu, Yan-Jie Zhou, Xian-Jin Tang, Ping Zhang, Li-Zhong Zhu, Yong-Guan Zhu, Andreas Kappler & the Ping Zhao

Nature Geoscience 13, 799–805 (2020) | Cite this article

Research Questions

- Many anoxic soil environment, there is a high occurrence of elevated methane gas and high arsenic contamination.
- Could it be that the arsenic concentration itself affects the activity of methanogens?

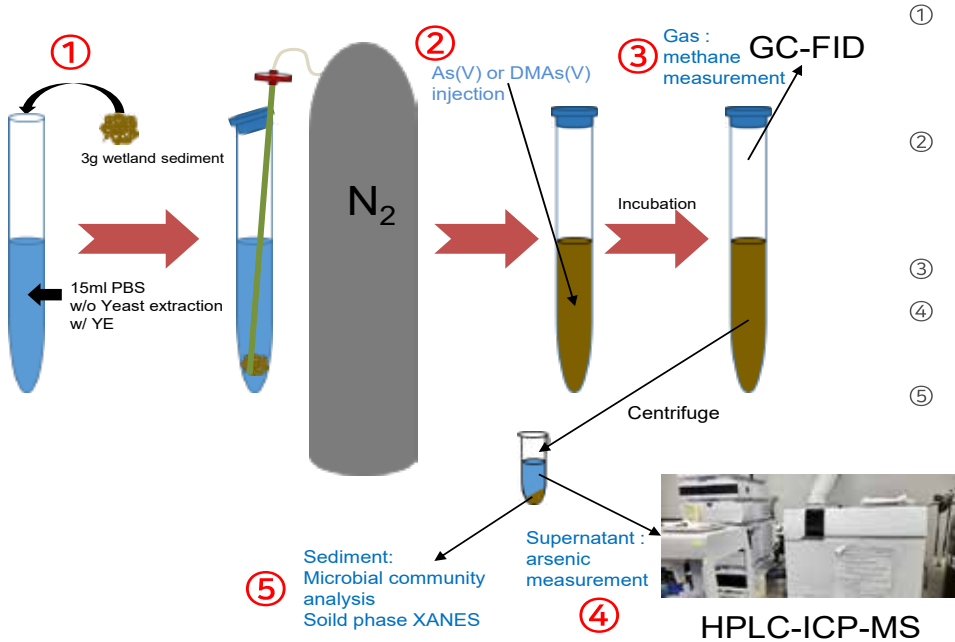
Research Objectives

- Figure out the abiotic and biotic reaction of iAs(V) and DMAs(V) in an anaerobic wetland
- Investigate the correlation btwn arsenic reaction and methane generation in wetland sediment
- Verify the toxic effect of arsenic on methanogen activity

16

Experimental setup

Anaerobic microbial batch test with arsenic pollution

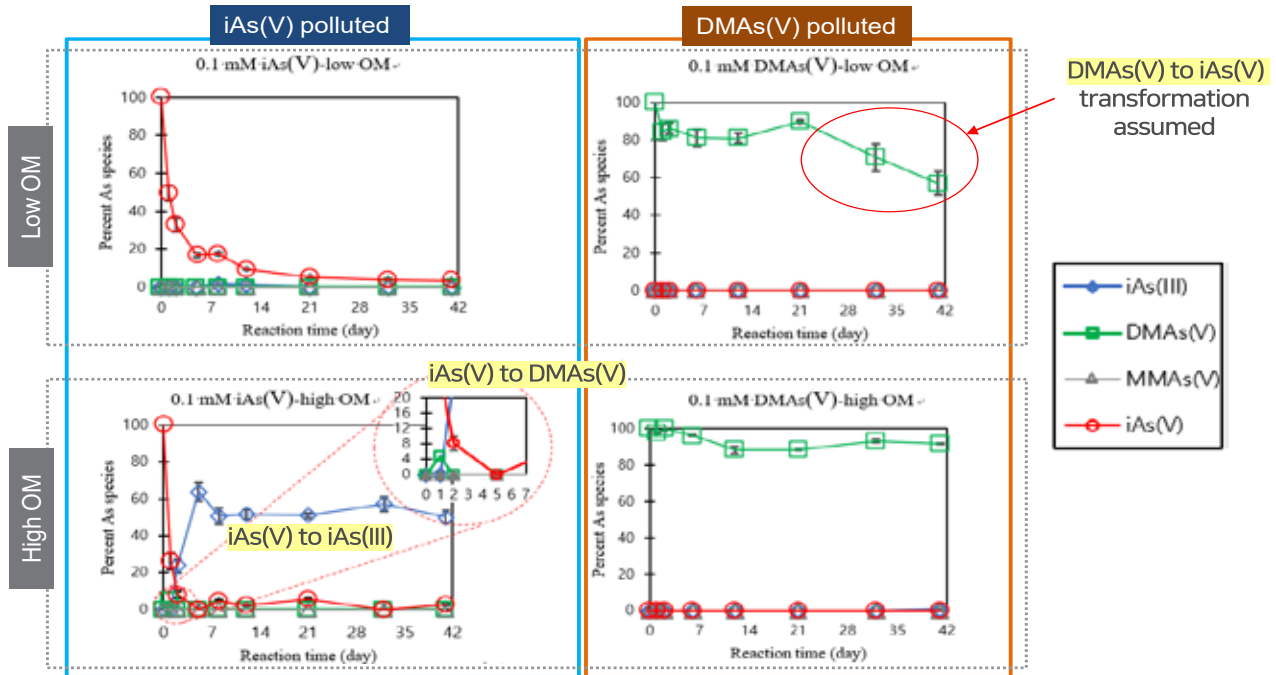


- ① Wetland sediment incubated under anaerobic condition w/ or w/o organic matter addition
- ② iAs(V) or DMAs(V) added with varying conc. (0.01, 0.1, 0.5, 5 mM)
- ③ Gas: CH₄ emission measured
- ④ Liquid: Amount and speciation of arsenic measured
- ⑤ Solid: microbial community solid phase XANES

17

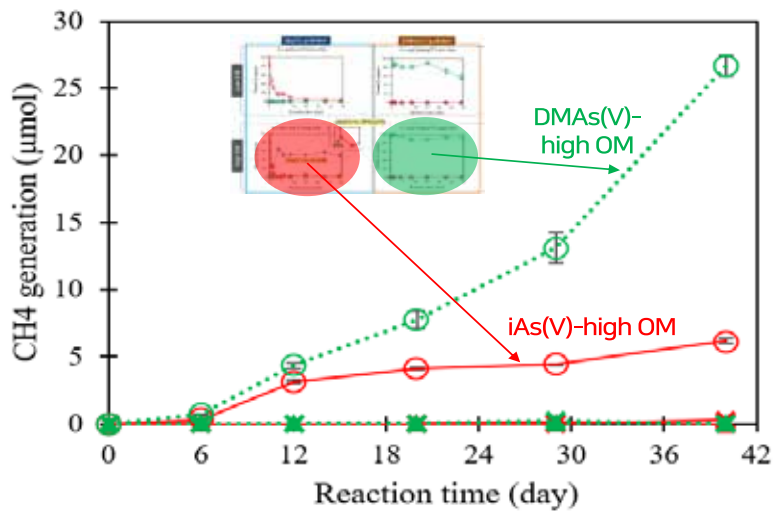
4. Results

Aqueous As conc. with varying organic matter (OM)



- Higher adsorption of iAs(V) compared to DMAs(V)
- With high OM: Initially adsorbed iAs(V) released as a form of reduced iAs(III)
- With low OM: DMAs(V) transformation to iAs(V) is assumed

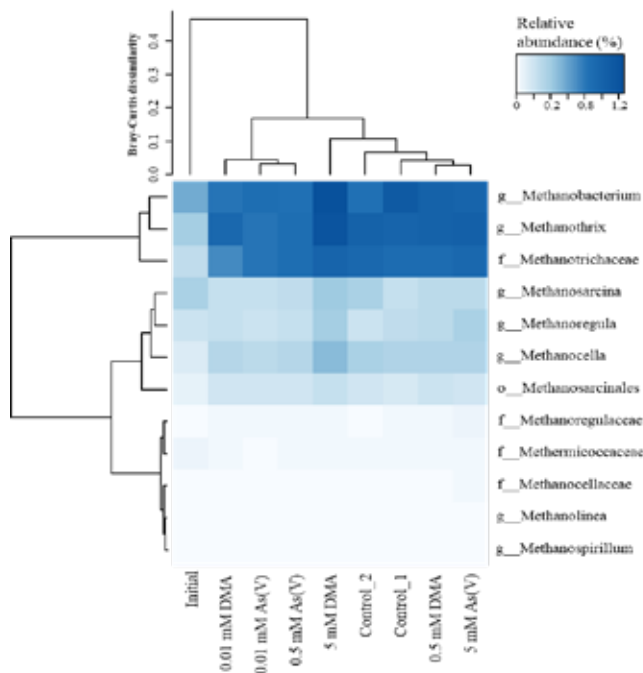
18



- Batches with low OM content (No YE addition) did not show meaningful amount of CH₄ production
- High OM batches generated CH₄ with higher amount from less toxic DMAs(V) batch
 - Toxicity of iAs(V) might control the methanogen activity
 - As concentration-dependent batch tests conducted

19

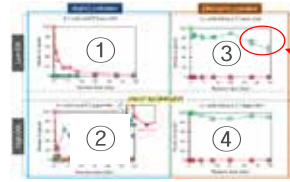
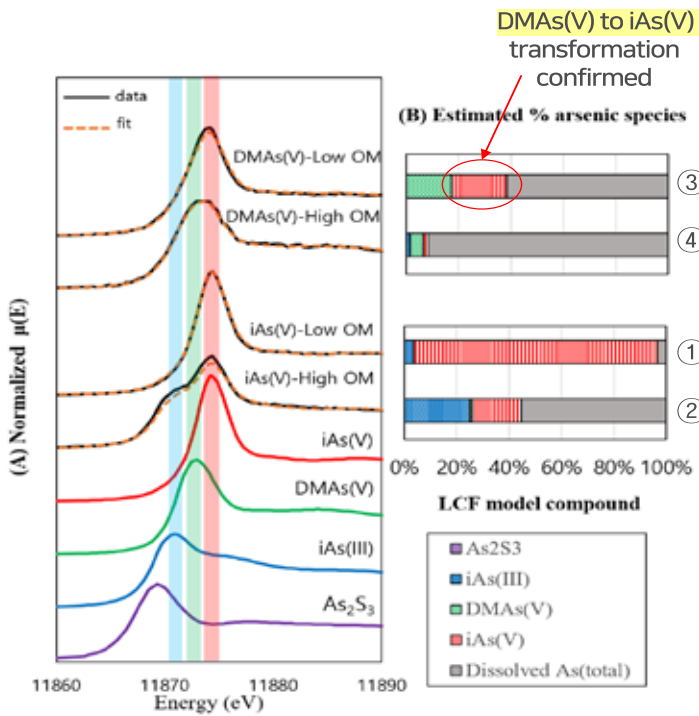
Microbial community analysis



- Methanotherix/Methanotherixaceae
 - Acetoclastic pathway
- Methanobacterium
 - hydrogenotrophic pathway
- No significant difference found from added different batched polluted with arsenic species

20

Solid phase arsenic speciation (XANES results)



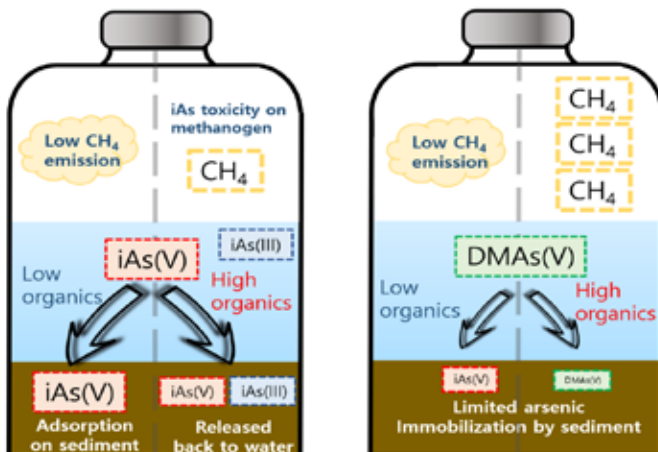
DMAs(V) to iAs(V) transformation assumed

- Solid phase As speciation results shows additional information that we can not see from aqueous phase
- In iAs(V) batches, dominant form of As is iAs(V) in low-OM batch (①) and iAs(V) and iAs(III) together in high-OM (②)
- In DMAs(V)-low OM batch (③), DMAs(V) to iAs(V) transformation confirmed

21

Interplay between arsenic toxicity and methane production

Arsenic reaction & methane emission



- The amount of DOC, redox condition is a key factor to achieve methanogenic condition.
- iAs(V) reduced to iAs(III) under CH₄ generating condition
- DMAs(V) transformation to iAs(V) occurred when OM is not sufficient
- 0.01 mM of arsenic (in both form) conc. is high enough to cause toxic effect on methane production
- With high conc. iAs(V) is more toxic than DMAs(V)

Not only the geochemical environmental conditions of wetlands but also the toxicity of arsenic mutually influence the environmental changes in wetlands.

22

On-going research

미세먼지 증가 및 건강 영향 심각

미세먼지 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 농도의 미세먼지 내에
665 $\mu\text{g}/\text{g}$ 함유되었다고 가정하면,
200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 비소가 공기 중에 존재

- WHO 산하 국제 암 연구소 미세먼지를 1군 발암물질로 지정(13.10)
- 우리나라의 대기오염으로 인한 경제적 피해비용을 OECD 국가 중 1위로 분석('16.3, ECOAP)

미세먼지내 중금속 오염 심각



평균농도	
Zn	5490 ppm
Pb	2520 ppm
Cd	44 ppm
As	290 ppm

2014년 한국지질자원연구원에서 수행한 연구에 따르면
미세먼지 내 비소 농도는 편서풍에 영향을 받는 시기에 증가함 (1월 비소 농도 656 ppm, 7월 비소 농도 75 ppm)
→ 중국 발(發) 미세먼지 영향

비소의 인체 위해성

환경매체별 비소오염 규제치

- 먹는물 기준치 < 50 ppb
- 토양오염 우려기준 < 25 ppm
- 대기 국제 권고치 < 6 ppt ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

비소 오염원 종류 및 판별

- 지질학적 오염
- 인위적 오염
- 미생물 생취발



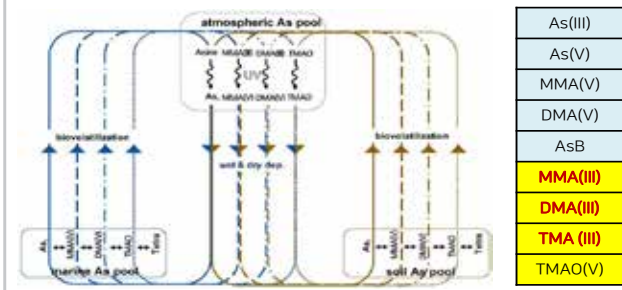
비소 오염의 에어로졸 전이 → 미세먼지의 인체 위해성 증가

On-going research

“ 비소의 오염은 geogenic, anthropogenic, bio-volatilization 작용에 의해 발생/ ”
또한 환경매체간 순환을 통해 전파/기후변화에 따른 비소 위해성 상승, 그러나

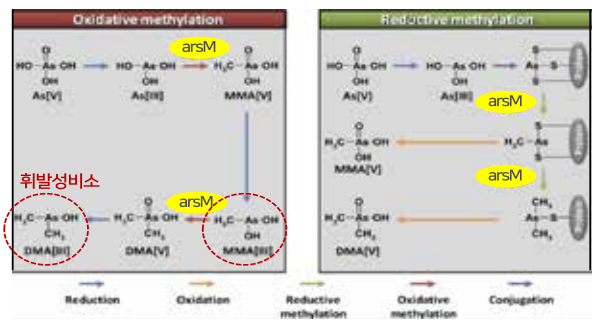
① 비소종 분석 기술 부재

- 확인된 비소 화학종 약 50 여종
- 표준화된 분석방법이 존재하는 화학종: 5종
- 생취발성 비소: 시판되는 표준물질 부재



② 복잡한 biotic/abiotic 반응 연구 부족

- 토양 미생물의 비소 생취발 반응 → 독성/반응성 변화
- 복잡한 생물학적/비생물학적 반응의 복합체



본 연구를 통해

창의성 3가 메틸비소 화학종 표준물질 개발
도전성 9종(種) 비소 화학종에 대한 분석 방법 체계화

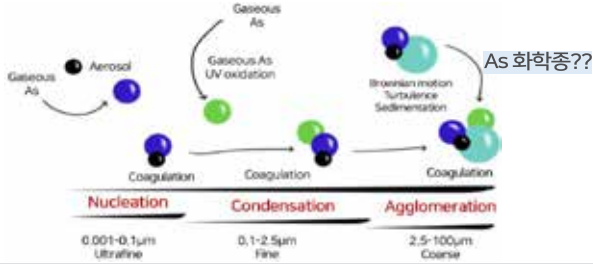
창의성 미생물 기원 휘발성 비소의 대기 화학 반응 규명
도전성 물-토양-대기 매체 간 반응고려 질량수지 제시

On-going research

토양-물-대기 환경 매체 간 비소순환 (2023년 기초연구실 사업으로 수행 중)

③ 대기 비소 연구 부족

- 기존의 수계 및 토양의 비소 생취발반응: 오염 감소?
- 생취발된 **가스상 비소**가 대기 중 미세먼지와 반응하여 **입자상 비소**로 변환
- 미세먼지 중 비소의 영향에 대한 연구 부족



④ 비소 순환과 위해성 상호관계 이해 부족

- 국내 발생 비소의 **환경매체 간 순환 연구 사례 없음**
- 비소의 전지구적 순환과 로컬 순환을 이해할 필요있음
- 현재까지 비소 위해성 평가: 총량 기반의 위해성 평가



본 연구를 통해

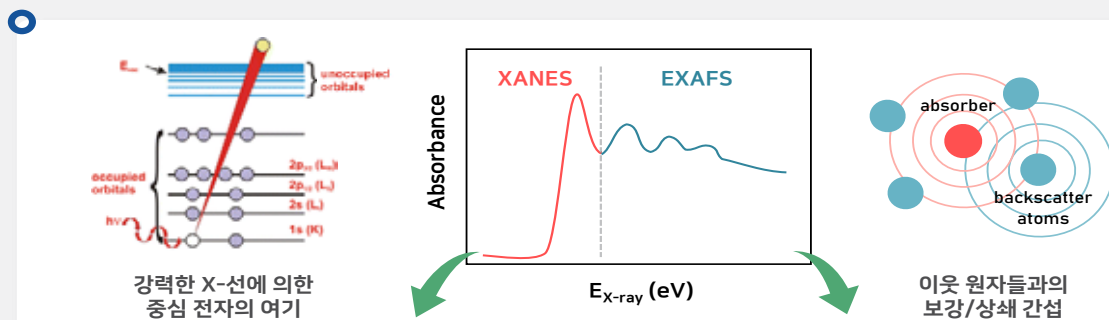
창의성	토양→대기, 가스→입자 상(相)간 전이기작 규명
도전성	반응기 비소 가스상/입자상 샘플링, 개별 정량

창의성	비소의 위해성을 화학종 기반의 데이터 바탕 제시
도전성	실제 대기에서 포집된 비소 의 정량/화학종 분석

Laboratory XAFS is coming soon!

원자 구조를 보는 눈: X-선 흡수분광기(XAS)의 원리 및 활용

- 이 장치는 실험을 통해 원자 단위 ($10^{-10}m$ (Å) 스케일)의 분석 결과를 제공하는 거의 유일한 분석 장비임
- 물질의 전자 구조, 화학 결합 상태, 결정 구조의 측정을 위한 유용한 분석 장비 ▶ XANES & EXAFS 데이터 획득



XANES
(X-ray absorption near edge structure)

- 1) 전자 전이, 전자구조
- 2) 산화상태 = 산화수
- 3) 공유 결합 특성
- 4) 다중 산란으로 인한 기하학적 왜곡

EXAFS
(Extended X-ray absorption fine structure)

- 1) 원자간 거리
- 2) 원소의 주변 원자들의 수
- 3) 배위 환경
- 4) 무질서도 및 열적 진동

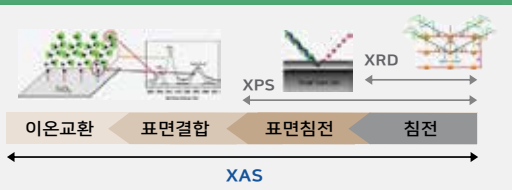
Laboratory XAFS is coming soon!

X-선 흡수분광 분석의 우수성과 연구 활용성

- X-선 흡수분광 분석은 다른 장비에서 획득할 수 없는 **높은 수준의 정보**를 제공함
- 화학(공), 재료, 물리학, 환경 등 다양한 분야에서 활용 ▶ 적용 분야와 획득 데이터의 범용성이 높음

X-선 흡수분광 분석의 우수성

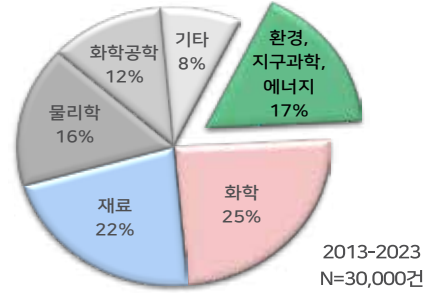
X-선 분광분석 장비 적용 범위



X-선 분광분석 장비 특징 비교

XRD 결정형 광물만 분석 가능	VS.	XAS 결정형 및 비정형 광물 모두 분석 가능!
XPS 10 nm 이내의 표면만 분석 가능	VS.	XAS 전체 두께 분석 가능!

X-선 흡수분광 분석 연구 활용분야



환경공학 및 지구화학 연구분야의 활용분야

- 중금속의 화학종 분석+메커니즘 파악 연구
- 추출 없이 저농도의 고체상 측정 가능
- 원소의 결합 상태, 결정 구조 및 표면 활성화 분석
- 환경 신소재의 구조적 특성 분석과 소재 특성화

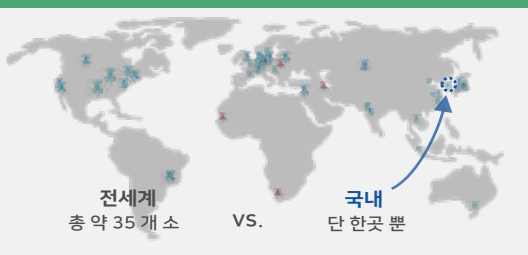
27

Laboratory XAFS is coming soon!

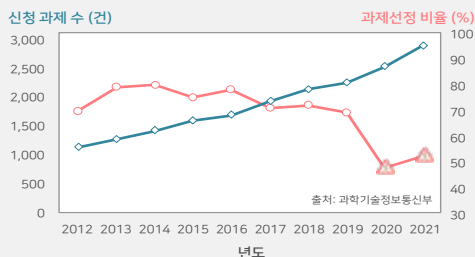
실험실용 X-선 흡수분광기의 도입 (2024년 신진연구자 인프라 사업 선정!)

- 한정된 구축기관: 국내 유일 포항가속기연구소 ▶ 실험 수요에 비하여 빔타임 공급이 부족함
- 해결책: 신규 가속기 설립 (오창 다목적 가속기 2028년 완공 예정, 1.5 조원의 비용 투입), **Laboratory XAS 보급 및 홍보 필요**

전세계 방사광가속기 분포도



포항가속기연구소의 연간 과제 신청 및 선정 추이



Hard X-ray Spectrometers



감사합니다



서울시립대학교
UNIVERSITY OF SEOUL

서울시립대학교 환경공학부

50주년 기념행사 교내 후원자(기관)

도시과학연구원 환경공학센터 / 서울녹색환경지원센터

화학물질빅데이터SI연구센터 / 환경보건센터

에코 물-에너지융합연구센터 / 화학물질안전관리 특성화대학원

2024년 동문회 후원

74학번(정대제)-스마트시티 대표, 77학번(김병호)-이티솔루션 대표

82학번(박종운)-한성크린텍 대표, 82학번(이상범)-일신환경엔텍 대표

82학번(유기영)-서울연구원 지속가능연구본부장, 82학번(한인섭)-서울시립대학교 교수

83학번(공진석)-푸른도시/이천씨앤티 대표, 84학번(김운영)-이엔씨기술 부사장

84학번(서제우)-원일씨앤티 대표, 86학번(봉춘근)-그린솔루스 대표

87학번(강용석)-GS건설 수석, 87학번(송의열)-대전광역시시설관리공단 체육시설처장

87학번(이민용)-동인당한약국 대표, 87학번(이범구)-테크로스 환경서비스 공공영업팀장

88학번(조한재)-이엠코 대표, 89학번(안윤희)-환경로엔텍 대표

89학번(윤혁규)-이엔컨 대표, 90학번(서성석)-티에스환경기술원 대표

90학번(오희경)-서울시립대학교 환경공학부 교수, 90학번(이상현)-이에스케이원 대표

90학번(이석용)-자일럼워터솔루션 대표, 90학번(정철희)-에이치에스엔텍 대표

91학번(김도일)-대현이앤에스 부사장, 92학번(정동균)-특허법인 지담 대표,

17학번(김보성)-보보미디어

일신종합환경&더오포 재직 동문일동 유남종(83)외 12명-일신종합환경/더오포

동해종합기술공사 재직 동문일동 정화원(82)외 15명 -동해종합기술공사

81학번 일동 후원, 87학번 일동 후원, 환경경영인클럽 회원일동

2024년 동문회 기대표-회비 및 발전기금

82학번(박종운), 83학번(박기승), 84학번(이훈성), 85학번(이학범)

86학번(정미선), 87학번(이익재), 88학번(허재환), 89학번(김대성)

90학번(정연홍), 91학번(김도일), 92학번(배정환), 93학번(윤철희)

95학번(허종원), 98학번(유명중), 00학번(정영민), 01학번(양병두)

03학번(류훈재), 04학번(신희수), 09학번(김필립), 94학번(김의래)



서울시립대학교
UNIVERSITY OF SEOUL

서울시립대학교 환경공학부