



2022 한국청정기술학회

# 춘계총회 및 학술발표회

## 초록집 2022 THE KOREAN SOCIETY OF CLEAN TECHNOLOGY SPRING CONFERENCE

2022. 3. 23(수) ~ 3. 25(금)

부산 웨스틴 조선 호텔

# 산업용 특수테이프 분야를 선도하는 화인테크놀로지



반도체용 정착 TAPE



DICING TAPE

FPC MATERIAL



COVERLAY TAPE

산업용 보호 TAPE



건축자재용 보호 TAPE

세라믹가공-일모용 TAPE



라벨스티커



BACK GRINDING TAPE



STIFFENR TAPE(보강판)



건축자재용 보호 TAPE



HEAT SEAL TAPE



CARRIER TAPE



자동차 부품용 보호 TAPE



EMC MOLD CUTTING TAPE



CARRIER TAPE



자동차 부품용 보호 TAPE



(주)와인테크놀로지

www.finetechtechnology.co.kr

경남 양산시 아곡공단1길 10

TEL : 055)362-8110 FAX : 055)362-8113

# 초음파기술의 파이오니어 .. 미래 초음파기술

1997년 설립한 이래 20여년간 Sonochemistry 분야를 개척하고 있는  
미래초음파기술은 전자·화학·바이오·환경분야의 파트너입니다.

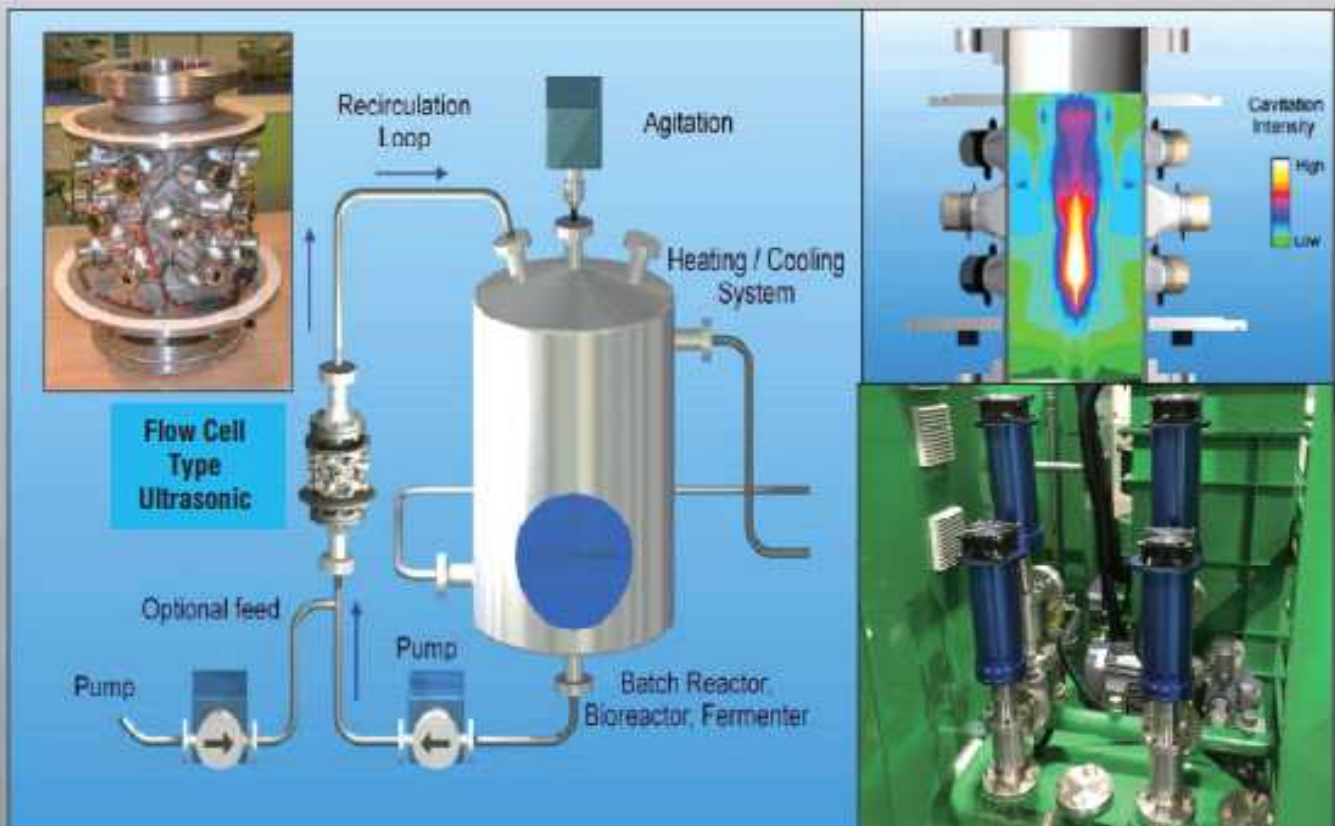
## Sonochemistry : New Opportunities for Green Chemistry

### Main Product

- Flow Cell Type Ultrasonic
- Large scale Sonotrode Ultrasonic
- In line type Ultrasonic Treatment System
- Batch type Ultrasonic Treatment System

### Application

- Bio-Diesel • Food Extraction • Homogenizing • Mixing • Dispersion



## MIRAE ULTRASONIC TECH. CO.

14502 경기도 부천시 원미구 평천로 655 부천테크노 파크 402동 1101호

T 032-234-6661 / F 032-234-6663 <http://www.msonic.co.kr>

PREMIUM LUBRICANTS

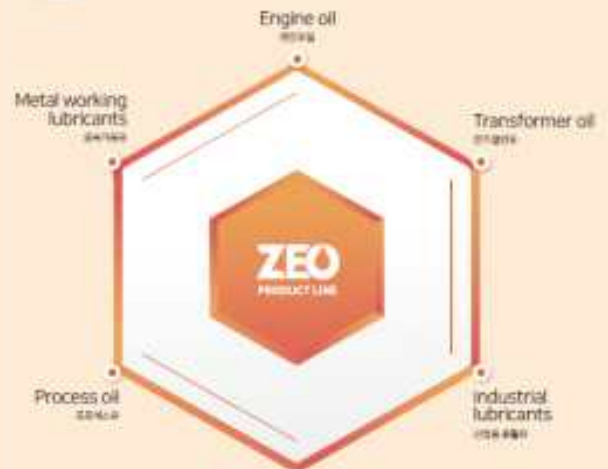
# ZEO

Having accumulated know-how and technology more than 35 years.



PRODUCT LINE

제우스유화공업 제품



본사및 부산공장

Head office &  
Busan factory

부산광역시 사상구 낙동대로 943번길 105 (김전동)

TEL:(051)315-8182~4 FAX:(051)326-2118

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

[sales100@zeolub.com](mailto:sales100@zeolub.com)

울산공장

Onsan factory

울산광역시 울주군 온산읍 당월로 402

TEL:(052)239-8006

FAX:(052)239-8007

화성공장

Hwasung factory

경기도 화성시 서신면 전곡리 1105-5번지 (전곡산업단지 내)

TEL:(031)366-8168

FAX:(032)714-3917 (031)357-6386



www.unihub.kr

# 디지털 신기술 인재양성 에너지신산업 혁신공유대학 경남정보대학교 사업단

## 혁신공유대학이란?

- 4차 산업혁명시대가 본격화됨에 따라 에너지신산업 신기술 혁신 인재를 양성합니다.
- 전공에 관계없이 자유롭게 교육과정에 참여하여 마이크로디그리 학위 취득 및 학점 인정이 가능합니다.
- 에너지신산업 분야 7개 대학 간 컨소시엄을 구축하여 교원, 교육컨텐츠, 기자재 등의 자원을 공유 및 공동 활용합니다.

## 에너지신산업이란?

기후변화 대응, 미래 에너지 개발, 에너지 안보, 수요 관리 등 에너지 분야의 주요 현안을 효과적으로 해결하기 위한 '문제 해결형 산업'



7개 대학의  
에너지신기술 교과목을  
소속, 학과, 학년에  
관계없이 누구나  
수강할 수 있습니다.

## 에너지신산업 혁신공유대학 교육과정 안내

분야	에너지 생산	에너지 저장/변환	에너지 수송/관리	에너지 경영
내용	신에너지 재생에너지	기계적 에너지저장 전기/화학 에너지저장 에너지변환시스템	에너지 회로(EMS) 장비관리/에너지관리	에너지 환경/에너지 에너지 자원경제/ 정책/인력
초급	신에너지공학개론 재생에너지공학개론 수소연료전지개론	에너지저장공학개론 에너지시스템개론 전기화학에너지저장 개론 및 실험	전기에너지개론	에너지와 기술의 관계학 에너지공학기술 에너지와 기후변화
중급	에너지환경공학 에너지생산소재공학 새로운에너지공학	에너지저장소재공학 가변에너지저장 화학에너지시스템	차세대전력전송 및 전기기기 화학에너지수송 실시간 에너지관리	에너지정책 제정/이슈분석 에너지기후변화정책 실시간 에너지전환공학
고급	재생에너지공학 지열에너지공학 물에너지공학 수소에너지공학	전기화학에너지공학 가변에너지저장학 연료전지 전기열역	무선에너지전달 실시간 시스템/제어 스마트그리드	에너지사업 사업모델링 에너지신사업 의사결정

## 수강신청방법

홈페이지방문

www.unihub.kr

회원가입/로그인

개설과목 확인

\*수강신청과목 표시시스템에 따라

수강신청

\*정보 입력 후-이전 신청까지

완료

문의 : 경남정보대학교 에너지신산업 혁신공유대학사업단 051-032-1372 / 홈페이지 : www.nei.kit.ac.kr

# KIT. 경남정보대학교

에너지신산업 혁신공유대학 사업단

# AI 기반 수소공급망 설계 플랫폼 개발 기초연구실

연구책임자: 유준 교수 (jayliu@pknu.ac.kr)

과학기술정보통신부 기초연구실지원 사업의 지원으로 2021년 6월에 출범한 본 연구실은 최적의 한국형 수소공급망을 결정할 수 있는 인공지능 기반 설계와 비즈니스 모델 분석을 제공하는 플랫폼의 개발을 목표로 하고 있습니다. 본 연구실에서 개발한 설계 플랫폼은 정부와 기업의 효율적인 수소기술 육성정책 및 투자 전략 제시에 기여할 것으로 기대되고 있습니다.

## 비전



지속가능 인공지능 (AI) 원천기술 확보를 통한  
**한국형 수소 공급망 설계 플랫폼 개발 및 웹 기반 서비스 배포**

## 목표 및 추진전략

2040년 수소 순주기 인프라 구축의 실질적 기여를 위한 플랫폼 확보

**국가 GIS 정보 이용**

한국형 수소 공급망 구축

**기술 경제성 제고**

경제성을 기반 공급망 설계 의사결정

**환경 및 안정성 확보**

환경평가와 안정평가를 병행하는 설계 의사결정

**강화학습 고속 최적화**

실시간 동적프로그래밍 최적화를 위한 강화학습 인공지능 적용

**전략 01** 한국형 수소 공급망 설계 플랫폼을 위한 국가 GIS 정보 및 국가계획 활용

**전략 02** TEA 기반 공정 최적화 확립 및 비즈니스 전략 수립

**전략 03** LCA 표준화 및 다목적 최적화를 통한 환경 및 안정성 확보

**전략 04** 다중 에이전트 강화학습을 통한 실시간 의사결정 인공지능 개발

## 성과 및 기대효과

2040 수소사회 돌입

생산



저장



운송



보급

**수소 순주기 최적 설계**



**비즈니스 전략**

기업관계자 및 정책담당자의 자유로운 사용을 통한 국가 경쟁력 확보



**유준 교수**  
(연구책임)



- 수소 순주기 데이터베이스 구축
- 동적 수소공급망 모델 구현 및 검증
- 시나리오별 최적 수소공급망 도출 및 검증



**경희대학교**

**원왕연 교수**  
(공동연구)



- 요소 공정설계, 모델 구축
- 경제성/환경성/안전성 평가시스템 개발
- 최적 비즈니스 모델 제공 플랫폼 개발



**이화여자대학교**

**나종걸 교수**  
(공동연구)



- 수소공급망 투자 의사결정 인공지능 개발
- 다양한 시나리오에도 강인한 투자계획 제안
- 웹 기반 강화학습 인공지능 배포

# 울산 이산화탄소 자원화 규제자유특구

문의\_gco0728@kitech.re.kr



## 규제자유특구 필요성

**이산화탄소 배출량 산업 도시 울산 1위**

국가 온실가스 배출량 총합량 1차 산업 비중 10.1% (2021년 기준)

노후산업과 과잉기술산업이 11,000여 개사로 집중되어 있어 국가 산업 경쟁력 약화

**혁신기회**  
**발전기회**

**온실가스 감축 필요**

**온실가스 배출권거래제 도입으로 수요 증가**

배출권 거래제 도입에 따른 배출권 수요 증가 (2021년 기준)

온실가스 배출권거래제 도입으로 배출권 수요 증가

**장기적 기회**

**탄력의 실용 지역**

**이산화탄소 배출권 포집·전환 기술 보유**

CC<sub>2</sub> + CO<sub>2</sub> → CO<sub>2</sub> (CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O → H<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O)

CC<sub>2</sub> + CO<sub>2</sub> → CO<sub>2</sub> (CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O → H<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O)

한국에너지기술연구원 (KETRI)

**기술성 및 사업성 확보**

## 기업 애로사항 및 규제



• 건설소재



• 화학소재



## 실증(전체) 체계도



# 2022년 한국청정기술학회 춘계 학술발표회 초록집

□ 일 시 : 2022년 03월 23일(수) - 25일(금)

□ 장 소 : 부산 웨스틴 조선 호텔

□ 주 최 : 한국청정기술학회

- 후 원
- (주)화인테크놀리지
  - 미래초음파기술
  - 제우스유화공업(주)
  - 경남정보대학교 에너지신산업  
혁신공유대학 사업단
  - 부경대학교 수소공급망 기초연구실
  - 한국생산기술연구원
  - 한국에너지기술연구원



**한국청정기술학회**

The Korean Society of Clean Technology



국가의 미래를 위해 나아갈 길, 청정기술

# (사)한국청정기술학회

문서번호 청정기술 2022-03 (2022.02.07)

수신 청정기술 전문가 및 소속기관

제목 한국청정기술학회 2022년 춘계 학술대회 개최

- 귀 기관의 무궁한 발전을 기원합니다.
- 한국청정기술학회 2022년도 춘계 학술대회를 아래와 같이 개최하오니 귀 기관의 소속 전문가가 참석할 수 있도록 협조하여 주시길 바랍니다.

가. 제목: 2022년도 한국청정기술학회 춘계학술대회

나. 일시: 2022년 03월 23일(수) - 25일(금)

다. 장소: 부산 웨스틴 조선 호텔

라. 등록비

사전등록	정회원	160,000원,	학생회원	80,000원
현장등록	정회원	180,000원,	학생회원	100,000원

\* 사전등록: 2022년 3월 10일(목) 까지

-끝

## (사)한국청정기술학회



# 인사말



회장 서영옥

존경하는 한국청정기술학회 회원 여러분!

안녕하세요? 반갑습니다.

한국청정기술학회 20대 회장을 맡고 있는 서영옥입니다.

올해도 회원 여러분 모두 건강하시고 하시는 일 뜻대로 이루어지시길 기원합니다.

우리 학회는 계속된 코로나로 인하여 여러 가지 어려운 상황임에도 불구하고, 지난해 온라인 학회, 방역수칙 준수하에서의 오프라인 학회를 통해 팬데믹 상황에서의 학회 운영에 대한 기준을 마련하였습니다. 이를 바탕으로 이번에 개최되는 춘계 학술대회도 오프라인으로 프로그램을 마련하여 회원 여러분들을 위한 학술 토론, 교류의 장을 제공하고자 합니다.

이번 춘계학술대회는 청정융합, 청정소재 및 공정, 재생 가능 연료 및 소재, 청정수소, 탈황-탈질 분야의 5개 분과별 구두 발표가 진행될 예정이며, 더불어 두 개의 특별세션 발표(이산화탄소 자원화 규제자유특구, 청정기술로의 세라믹 3D 프린팅 기술)가 준비되어 있습니다. 또한, 신진연구자 세션에서는 신진연구자들의 연구 분야 소개를 하는 시간을 마련하였습니다.

학회 초청 연사로 중소벤처기업진흥공단의 이영석 ESG 진단기술처 처장님을 모시게 되었습니다. 최근에 이슈가 되고 있는 “ESG (Environmental, Social and Governance) 경영”에 대해 발표가 있을 것입니다. 많이 참석하시어 최신 이슈 및 동향을 파악하시는 시간이 되시길 바랍니다.

이번 춘계학술대회는 구두발표 54편과 포스터발표 90편으로 총 144편의 발표가 있을 것입니다. 많은 회원분들이 참석하셔서 학술교류와 만남의 장을 만들어 주시길 바랍니다.

빠른 시일내에 코로나19 상황이 종식되길 기원하며, 이번 춘계학술대회를 무사히 마칠 수 있도록 응원해 주시길 바랍니다.

마지막으로 춘계학술대회를 위해 고생하신 총무이사님을 비롯한 모든 이사님, 분과위원장님들께 감사드리고, 학술대회를 위해 후원해 주신 여러 기관, 기업과 물심양면으로 도움을 주신 분들께 깊이 감사드립니다.

2022년 3월 23일

한국청정기술학회 회장 서영옥

## 춘계 평의원회, 총회 및 학술대회 일정표

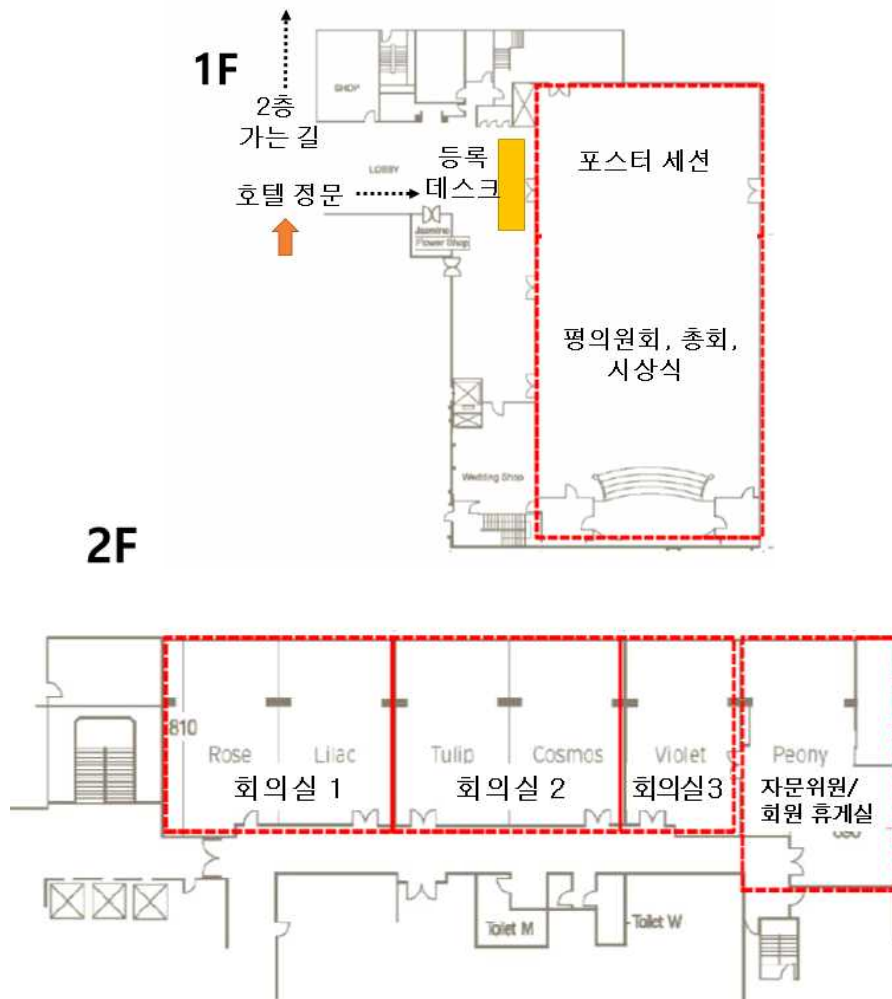
3월 23일 (수)	대연회장	
13:00 - 14:00	등록	
14:00 - 15:00	편집위원 워크숍 (대연회장)	부문위원회 워크숍 (대원회장)
15:00 - 15:30	개회식 (1층 : 대연회장)      사회: 박이슬 총무이사	
15:30 - 16:30	중소기업 ESG 촉진 방안 (1층 : 대연회장) 초청자 : 김현우 처장 (중소벤처기업진흥공단 ESG진단기술처) Organizer : 제정호 교수	
16:30 - 17:30	평의원회(1층 : 대연회장)	

3월 24일 (목)	회의실 1 (Rose+Lilac)	회의실 2 (Tulip+Cosmos)	회의실 3 (Violet)	대연회장
08:30 - 09:30	등록			
09:30 - 11:30	청정소재 및 공정 Organizer : 김성탁 교수	특별세션 I (이산화탄소 자원화 규제자유특구) Organizer : 송호준 박사	신진연구자 Organizer : 권혁택 교수	포스터세션 I Organizer : 이광세 교수
11:30 - 13:00	점심 (포스터 철수)			
13:00 - 15:00	회의실 1 (Rose+Lilac)	회의실 2 (Tulip+Cosmos)	회의실 3 (Violet)	대연회장
	청정융합 I Organizer : 김중래 교수	특별세션 II (청정기술로의 세라믹 3D 프린팅 기술) Organizer : 이만식 박사	청정수소 Organizer : 노현석 교수	포스터세션 II Organizer : 이광세 교수
15:00 - 15:30	Coffee Break			
15:30 - 17:30	회의실 1 (Rose+Lilac)	회의실 2 (Tulip+Cosmos)	회의실 3 (Violet)	대연회장
	청정융합II Organizer : 김중래 교수	재생 가능 연료 및 소재 Organizer : 유준 교수	탈황-탈질 Organizer : 강석환 박사	
17:30 - 18:00	총회, 경품추첨 및 시상식 (1층: 대연회장) 사회: 박이슬 총무이사			

- 모든 포스터는 9시 30분까지 부착 완료. (미부착 포스터는 불참 간주함). 게시시간: 9:30~15:00
- 포스터세션 I: 청정공정, 청정융합 분야 심사, 포스터세션 II: 청정 일반 분야 심사 (발표자는 포스터 앞에서 심사 대기)

3월 25일 (금)	대연회장
08:30 - 09:30	등록
09:30 - 12:00	산학연 워크숍 ESG 경영을 위한 산학연의 역할 Organizer : 박이슬 교수, 제정호 교수

## 학회장 안내



## 경품추첨 행사

□ 학술발표회 기간 내 경품추첨 행사 안내사항



### ■ 참여방법

- 현장등록 시 경품응모권 제출

### ■ 추첨 및 경품지급

- 추첨: 2022년 3월 24일(목) 17:30 총회 (1층 연회장)
- 갤럭시탭S7 64GB 1대
- 에어팟 3세대 2개
- 도서상품권 10만원권 5매, 5만원권 10매,

# 웨스틴 조선 부산호텔 오시는 길

자동차편 주소 : 부산시 해운대구 동백로 67  
 고객센터 : 051-749-7000



## 기차편

1. 버스 (약 1시간 소요)  
 부산역  
 → 1003번 급행버스  
 → 동백섬입구 하차  
 → 웨스틴 조선 부산호텔 도보이동
2. 지하철 (약 1시간 소요)  
 부산역  
 → 지하철 1호선 부산역 승차  
 → 지하철 2호선 서면역 환승  
 → 동백역 하차  
 → 웨스틴 조선 부산호텔 도보이동 (911 m)
3. 택시 (17km, 약 30분 소요)

## 비행기편

1. 지하철 (약 1시간 20분 소요)  
 김해국제공항 국내선  
 → 부산김해경전철 공항역 승차  
 → 사상역 하차  
 → 지하철 2호선 사상역 승차  
 → 동백역 하차  
 → 웨스틴 조선 부산호텔 도보이동 (911 m)
2. 택시 (28 km, 약 50분 소요)

## 초청강연

- 일시 2022년 03월 23일(수) 15:30 - 16:30
- 장소 웨스틴 조선 부산 호텔 1층, 대연회장
- Organizer 제정호 총무이사 (부산대학교)

진행 : 제정호 교수 (부산대학교)

15:20 (10') **개회사**  
서영옥 회장 ((주)화인테크놀로지)

15:30 (60') **발표제목: 중소기업 ESG 촉진방안**  
김현우 처장 (중소벤처기업진흥공단 ESG진단기술처)

### 연사소개



#### 주요경력

2022-현재: 중소기업진흥공단 ESG진단기술처장

2019-2021: 중소기업진흥공단 진단기술처, 대구지역본부 (팀장)

2018-2019: 중소기업진흥공단 동부권경영지원처 (팀장)

2012-2017: 중소기업진흥공단 인천,경북,울산본부, 재도약 성장처(팀장)

2004-2012: 중소기업진흥공단 대구,울산본부 (과장)

#### 학력

경북대학교 대학원 기계공학과 졸업 (공학박사)

## 청정소재 및 공정

- 일시                    2022년 3월 24일(목) 09:30 - 11:35
- 장소                    웨스틴 조선 부산 호텔 회의실 1 (Rose, Lilac)
- Organizer            김성탁 교수 (충남대학교)
- 프로그램            구두 발표

좌장 : 김성탁 교수(충남대학교)

- 09:30(25')            **(CT-A01) 초고속 레이저 분광기를 이용한 광합성 생물의 광합성 조절 기작 분석**  
박수민 (한국기술교육대학교)
- 09:55(25')            **(CT-A02) Eco-friendly production of H<sub>2</sub>-deficient synthesis gas via co-electrolysis of CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O**  
Kosan Roh<sup>1\*</sup>, Ki Tae Park<sup>2</sup>, Dong Hyun Chun<sup>3</sup>, Hyojin Lee<sup>3\*</sup> (<sup>1</sup>Chungnam National University, <sup>2</sup>Konkuk University, <sup>3</sup>Korea Institute of Energy Research)
- 10:20(15')            **(CT-A03) 포타슘 이온 저장용 고성능 음극재 개발을 위한 중공 박스 구조 나노 입자의 질소 도핑 탄소 코팅과 혼합 금속 셀레나이드 복합화**  
조두열, 박승근\* (중앙대학교)
- 10:35(15')            **(CT-A04) 효율적인 소듐 저장을 위한 맥신/코발트 셀레늄 복합소재 개발**  
오홍근<sup>1</sup>, 박승근\* (중앙대학교)
- 10:50(15')            **(CT-A05) Enhanced aqueous fluoride adsorption using UIO-66/GO granular composite by PAM/PVA**  
So Yeon Yoon<sup>1,2</sup>, Hye Jin Yoo<sup>1,2</sup>, Seok Byum Jang<sup>1,2</sup>, Min Ji Kim<sup>1,2</sup>, Nurhaslina Abd Rahman<sup>1,2</sup>, Kien Tiek Wong<sup>1,2</sup>, Choe Earn Choong<sup>1,2</sup> and Min Jang<sup>1,2\*</sup> (<sup>1</sup>Kwangwoon University, <sup>2</sup>Plasma Bioscience Research Center)
- 11:05(15')            **(CT-A06) Dispersion coefficients of gas phase with fluidization behavior of CNT agglomerates in a gas-solid fluidized bed**  
허승준<sup>1</sup>, 김준영<sup>2</sup>, 이동현<sup>1</sup> (<sup>1</sup>성균관대 화학공학과, <sup>2</sup>성균관대학교 화공융합기술연구소)

# 청정융합 I

- 일시                    2022년 3월 24일(목) 13:00 - 15:00
- 장소                    웨스틴 조선 부산 호텔 회의실 1 (Rose, Lilac)
- Organizer            김중래 교수 (부산대학교)
- 프로그램            구두 발표

좌장 : 김태영 교수 (조선대학교)

13:00(25')	<p><b>(CT-B01) 질소산화물 저감기술 현황 및 고분산 담지체를 활용한 고효율 탈질촉매 소재 개발</b>  <u>예보라</u>, 정보라, 이명진, 김홍대*(한국생산기술연구원)</p>
13:25(25')	<p><b>(CT-B02) Removal of Various Contaminants Using Designed Pilot Plants for Wastewater</b>  <u>Ju-Hyeok Kwon</u>, Kung-Won Choi, Seong-Hyun Pyo, and Byong-Hun Jeon*(Hanyang University)</p>
13:50(25')	<p><b>(CT-B03) 고농도 순산소 순환유동층 연소 기술 특성</b>  <u>문지홍</u>, 박성진, 김성주, 조성호, 김재영, 문태영*, 이재구*(한국에너지기술연구원)</p>
14:15(25')	<p><b>(CT-B04) Energy-saving pretreatment strategies of microalgae for high-concentration biofuels production</b>  <u>Geon-Soo Ha</u>, Chan-Yeong Lee, Byong-Hun Jeon (Hanyang University)</p>
14:40(25')	<p><b>(CT-B05) Synthesis of ZnO seeded and coated granular polyurethane for micropollutant destruction: photo-corrosion control and vacancy engineering</b>  <u>Seok Byum Jang</u><sup>1,2</sup>, Choe Earn Choong<sup>1,2</sup>, Kien Tiek Wong<sup>1,2</sup>, So Yeon Yoon<sup>1,2</sup>, Nurhaslina Abd Rahman <sup>1,2</sup>, Min Ji Kim<sup>1,2</sup>, and Min Jang<sup>1,2*</sup>(<sup>1</sup>Kwangwoon University, Plasma Bioscience Research Center, Kwangwoon University )</p>



## 청정융합 II

- 일시                    2022년 3월 24일(목) 15:30 - 17:30
  - 장소                    웨스틴 조선 부산 호텔 회의실 1 (Rose, Lilac)
  - Organizer            김중래 교수 (부산대학교)
  - 프로그램            구두 발표
- 좌장 : 김중래 교수 (부산대학교)

- 15:30(30')            **(CT-B06) 혐기소화 환경에 존재하는 중간직접전자전달 현상의 다양성과 영향**  
이창수 (울산과학기술원)
- 16:00(30')            **(CT-B07) Microbial electrosynthesis for production of green chemicals from CO<sub>2</sub> emissions**  
Soo Youn Lee (Korea Institute of Energy Research)
- 16:30(30')            **(CT-B08) Improvement of Biofuel Production through Metabolic Shift of *Clostridium aurantibutyricum* by Electro-fermentation**  
Taeyoung Kim (Chosun University )
- 17:00(30')            **(CT-B09) Bioelectrochemical control of microbial metabolic pathways for bioproductions**  
Changman Kim<sup>\*</sup>, Gagyong Park, and Seorin Moon (Chonnam National University)

## 청정수소

- 일시 2022년 3월 24일(목) 13:00 - 15:00
- 장소 웨스틴 조선 부산 호텔 회의실 3 (Violet)
- Organizer 노현석 교수 (연세대학교)
- 프로그램 구두 발표

좌장 : 이규복 교수 (충남대학교)

- 13:00(30') **(CT-C01)** 수소 열처리를 통한 지지체의 산소저장능 증진이 건식 개질 반응용 Ni/Ce<sub>0.8</sub>Zr<sub>0.2</sub>O<sub>2</sub> 촉매의 성능에 미치는 영향  
김범준, 박호룡, 노현석\*(연세대학교)
- 13:30(30') **(CT-C02)** Ni 기반 촉매의 복합 알케인 탄화수소 수증기 개질 반응에 의한 수소 생산 연구  
공지현<sup>1</sup>, 전경원<sup>2</sup>, 장원준<sup>1,2\*</sup> (<sup>1</sup>경남대학교 사회기반시스템공학과 환경공학전공, <sup>2</sup>경남대학교 환경에너지공학과)
- 14:00(30') **(CT-C03)** Alumina Pellet 지지체 기반 Ni 촉매의 첨가제에 따른 암모니아 개질 특성  
우진혁, 김주연, 손한동, 이수출\*, 김재창\* (<sup>1</sup>경북대학교)
- 14:30(30') **(CT-C04)** 금속-유기 골격체를 활용한 이중구조의 황화코발트/니켈-철 이중층수산화물 수전해 촉매 연구  
이윤재, 박승근\* (중앙대학교)

## 재생 가능 연료 및 소재

- 일시                    2022년 3월 24일(목) 15:30 - 17:30
- 장소                    웨스틴 조선 부산 호텔 회의실 2 (Tulip, Cosmos)
- Organizer            유 준 교수 (부경대학교)
- 프로그램            구두 발표

좌장 : 김광호 선임연구원 (한국과학기술연구원)

- 15:30(25')            **(CT-D01) Comparative Study of Lignocellulosic Co-production Strategies**  
Hyunwoo Kim, Wangyun Won\* (Kyung Hee University)
- 15:55(25')            **(CT-D02) 생체 적합성 공융용매를 이용, 형질전환 포플라나무로부터 바이오케미컬 및 바이오연료 생산을 위한 원뿔 전환 공정**  
김광호\*, 김낙균, 이현주, 이선미 (한국과학기술연구원)
- 16:20(15')            **(CT-D03) Enhancement in the metal efficiency of Ru/TiO<sub>2</sub> catalyst for guaiacol hydrogenation via hydrogen spillover in the liquid phase**  
Hyungjoo Kim<sup>1</sup>, Seungdo Yang<sup>1</sup>, Yong Hyun Lim<sup>1</sup>, Jaeha Lee<sup>1</sup>, Jeong-Myeong Ha<sup>2</sup>, Do Heui Kim<sup>1\*</sup>(<sup>1</sup>Seoul National University, <sup>2</sup>Korea Institute of Science and Technology (KIST))
- 16:35(15')            **(CT-D04) Techno-economic and Life Cycle Impact Assessments of Plastic Waste Chemical Recycling**  
Eprillia Intan Fitriasari, Malik Sajawal Akhtar and J. Jay Liu\* (Pukyong National University)
- 16:50(15')            **(CT-D05) A comprehensive study on the kinetic triplet and characteristics of products derived from co-pyrolysis of lignocellulosic biomass with plastics**  
Thuan Anh Vo, and Seung-Soo Kim\* (Kangwon National University)
- 17:05(15')            **(CT-D06) Green hydrogen delivery via multiple liquid carriers-An economic perspective**  
Malik Sajawal Akhtar<sup>1</sup>, Rofice Dickson<sup>2</sup>, Jay Liu<sup>1\*</sup>(Pukyong National University, <sup>2</sup>University of Management Sciences (Pakistan))

## 탈황-탈질

- 일시                    2022년 3월 24일(목) 15:30 - 17:30
- 장소                    웨스틴 조선 부산 호텔 회의실 3 (Violet)
- Organizer            강석환 수석연구원 (고등기술연구원)
- 프로그램            구두 발표

좌장 : 최재형 박사 (한국생산기술연구원)

- |            |   |
|------------|---|
| 15:30(25') | <p><b>(CT-E01) 복합탈질 기술(SNCR-SCR) 적용공정에서 환원제(NH<sub>3</sub>) 주입조건에 따른 대기오염물질 거동 평가</b><br/> <u>오제범*</u>, 윤선정, 신지선, 윤성훈, 최정화, 안성태, 정지태, 김한 (한국환경공단 수도권서부환경본부)</p>   |
| 15:55(25') | <p><b>(CT-E02) Nitric Oxide Removal by Ferrous EDTA Complex and Regeneration of Ferrous EDTA Complex</b><br/>                 Yoon Hee Kim, Na Yeon Kim, Ji Yull Kim, Dong Seop Choi, Dong Hun Lee, Eun Ju Yoo, Young Eun Kim, Han Gyeom Son, <u>Ji Bong Joo*</u> (Konkuk University)</p> |
| 16:20(25') | <p><b>(CT-E03) 석유화학공정 휘발성유기화합물의 질소산화물 저감을 위한 촉매연소 공정 효율 최적화</b><br/> <u>김진호</u>, 김현지, 김효식, 김지현, 류재홍, 강석환 (고등기술연구원)</p>  |
| 16:45(25') | <p><b>(CT-E04) Co 및 Mo 기반 촉매-흡수제의 H<sub>2</sub>S 및 NH<sub>3</sub> 동시 제거에 대한 CoAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 첨가 영향</b><br/> <u>우진혁</u>, 손한동, 김주연, 이수철*, 김재창* (경북대학교)</p>   |

## 신진연구자

- 일시                    2022년 3월 24일(목) 09:30 - 11:30
- 장소                    웨스틴 조선 부산 호텔 회의실 3 (Violet)
- Organizer            권혁택 교수 (부경대학교)
- 프로그램            구두 발표

좌장 : 권혁택 교수 (부경대학교)

- |            |  |
|------------|--|
| 09:30(15') | <b>(CT-F01) 박테리아를 포함한 복합체 설계 및 이를 이용한 슈퍼커패시터 전극 응용</b><br><u>이광세</u> (경남정보대학교)   |
| 09:45(15') | <b>(CT-F02) 유기 염료 감응 그래핀 하이브리드 복합 재료를 이용한 반구형 광검출기 어레이의 프랙탈 웹 디자인</b><br><u>이은광</u> (부경대학교)  |
| 10:00(15') | <b>(CT-F03) 배치 탈리그닌 공정에서의 멀티스케일 모델링 및 예측 제어 기법 적용</b><br><u>손상환</u> (부산대학교)  |
| 10:15(15') | <b>(CT-F04) 알루미늄 기반 촉매의 금속-담체 상호작용과 촉매특성 이해</b><br><u>이재경</u> (부경대학교)  |
| 10:30(15') | <b>(CT-F05) 지털트윈 및 머신러닝 기법을 통한 액화천연가스 추진선의 제어 파라미터 최적화</b><br><u>이인규</u> (부산대학교)   |
| 10:45(15') | <b>(CT-F06) Uranium adsorption using 3D-graphene oxide coated with UIO-66: Batch and column experiments</b><br><u>Choong Choe Earn</u> <sup>1,2</sup> , <u>Kientiek Wong</u> <sup>1,2</sup> , <u>Soek Byum Jang</u> <sup>1,2</sup> , <u>So Yeon Yoon</u> <sup>1,2</sup> , <u>Abd Rahman Nurhaslina</u> <sup>1,2</sup> , <u>Min Ji Kim</u> <sup>1,2</sup> , <u>Min Jang</u> <sup>1,2</sup> ( <sup>1</sup> Kwangwoon University, <sup>2</sup> Plasma Bioscience Research Center) |
| 11:00(15') | <b>(CT-F07) Fabrication of 3D structured TiO<sub>2</sub> catalyst based on extrusion processes of paste</b><br><u>Ye Eun Kim</u> <sup>1,2</sup> , and <u>Man Sig Lee</u> <sup>1*</sup> ( <sup>1</sup> Korea Institute of Industrial Technology (KITECH), <sup>2</sup> Korea University)  |
| 11:15(15') | <b>(CT-F08) Spray printing 공정 적용 새로운 에너지 저장장치 전극 구조 개발</b><br><u>이상호</u> (부경대학교)   |

## 특별세션 I

### 주제 : 이산화탄소 자원화 규제자유특구

- 일시 2022년 3월 24일(목) 09:30 - 11:50
- 장소 웨스틴 조선 부산 호텔 회의실 2 (Tulip, Cosmos)
- Organizer 송호준 박사 (한국생산기술연구원)
- 프로그램 구두 발표

좌장 : 송호준 박사 (한국생산기술연구원)

- 09:30(20') **(CT-G01) 이산화탄소 자원화 규제자유특구 소개와 현황**  
송호준, 류영복, 박현식, 김경호, 강조홍, 황선엽 (한국생산기술연구원)
- 09:50(20') **(CT-G02) 광물탄산화 공정의 온실가스 저감량 전주기적 평가**  
최창식<sup>1\*</sup>, 이소라<sup>2</sup> (<sup>1</sup>고등기술연구원, <sup>2</sup>한국환경정책평가연구원)
- 10:10(20') **(CT-G03) 광물탄산화 기술에 의한 이산화탄소 포집 및 활용을 통하여 생산된 제품에 대한 전과정평가 방법론 개발 연구**  
이봉재<sup>1\*</sup>, 김예원<sup>2\*</sup> (<sup>1</sup>한국화학융합시험연구원, <sup>2</sup>(주)로엔컨설팅)
- 10:30(20') **(CT-G04) 충남 탄소저감 건설소재 규제자유특구사업 소개**  
서성관, 추용식\* (한국세라믹기술원)
- 10:50(30') **(CT-G05) 탄소중립 순환경제를 위한 산업부산물 활용 고체 탄산염 생산 및 회토류 회수 기술**  
박영준 (GIST 지구·환경공학부)
- 11:20(30') **(CT-G06) 산업부산물을 이용한 제올라이트 물질과 산화마그네슘 합성**  
이창한 (부산가톨릭대학교)

## 특별세션 II

### 주제 : 청정기술로의 세라믹 3D프린팅 기술동향 및 요소기술 개발 현황

- 일시 2022년 3월 24일(목) 13:00 - 15:00
- 장소 웨스틴 조선 부산 호텔 회의실 2 (Tulip, Cosmos)
- Organizer 이만식 수석연구원 (한국생산기술연구원)
- 프로그램 구두 발표

좌장 : 이만식 수석연구원 (한국생산기술연구원)

- 13:00(12') **(CT-H01) 압출방식 3D 프린팅용 환경세라믹 소재 및 이를 활용한 공정개발**  
고종완<sup>1\*</sup>, 김동현<sup>1</sup>, 박유진<sup>1,2</sup> (<sup>1</sup>한국생산기술연구원, <sup>2</sup>한양대학교)
- 13:12(12') **(CT-H02) 슬롯 다이 코팅 기반의 알루미늄 슬러리 도포 공정 조건 도출**  
하정홍<sup>\*</sup>, 박준영, 박유진, 고종완, 김충수, 김동현 (한국생산기술연구원)
- 13:24(12') **(CT-H03) 주물사 바인더젯용 적층제조특화설계 S/W구현**  
김동현<sup>\*</sup>, 황슬기, 이택, 오원정, 최지환, 박성범, 이만식 (한국생산기술연구원)
- 13:36(12') **(CT-H04) 3D 직접 잉크 쓰기를 위한 압출 가능한 TiO<sub>2</sub> 슬러리 제조**  
김예은<sup>1,2</sup>, 이만식<sup>1,3\*</sup> (<sup>1</sup>한국생산기술연구원, <sup>2</sup>고려대학교, <sup>3</sup>과학기술연합대학원대학교)
- 13:48(12') **(CT-H05) 질소산화물 분해를 위한 세라믹 복잡 성형체의 powder bed 적층**  
 정보라, 이명진, 김수진, 김운기, 예보라, 김홍대<sup>\*</sup> (한국생산기술연구원)
- 14:00(12') **(CT-H06) 3D 프린팅에서 세라믹 재료의 적층방법에 대한 연구**  
백재호<sup>1\*</sup>, 배민아<sup>1,2</sup>, 김경호<sup>1</sup> (<sup>1</sup>한국생산기술연구원, <sup>2</sup>부산대학교)
- 14:12(12') **(CT-H07) 적층제조 공정 기반 Conformal 냉각채널 적용 금형의 냉각성능 평가**  
박진영<sup>1\*</sup>, 윤필환<sup>1</sup>, 이규훈<sup>1</sup>, 강호정<sup>1,2</sup>, 오성효<sup>1,2</sup> (<sup>1</sup>한국생산기술연구원, <sup>2</sup>부산대학교)
- 14:24(12') **(CT-H08) Study on the Hybrids Properties of Ceramic Composites**  
 박소람<sup>1</sup>, 신아현<sup>1</sup>, 한세미<sup>1</sup>, 박인<sup>1,2</sup>, 김백진<sup>1,2,\*</sup> (<sup>1</sup>KITECH (Korea Institute of  
 Industrials Technology), <sup>2</sup>UST (University of Science and Technology))
- 14:36(12') **(CT-H09) 고분산 세라믹 슬러리 제조를 위한 플라즈마 기반 분말 표면처리 모듈**  
 최적화 연구  
안치성<sup>\*</sup>, 장규봉, 전재은 (한국생산기술연구원)
- 14:48(12') **(CT-H10) 광소결 방식을 통한 세라믹 소재 적층 제조 공정 연구**  
박지용 (한국생산기술연구원)

**포스터세션 (청정공정)**  
**2022년도 한국청정기술학회 춘계 총회 및 학술발표회**

- 일시                    2022년 3월 24일(목) 09:30 - 15:00
- 장소                    웨스틴 조선 부산 호텔 대연회장
- Organizer            이광세 교수 (경남정보대학교)
- 프로그램            포스터

- PA-01            **Polycyclic aromatic hydrocarbons로부터 BTXE와 C10-C13 aromatics 제조에 Mesoporous 촉매가 미치는 영향**  
박영서, 구희지, 오승교, 한기보<sup>1</sup>, 정병훈<sup>2</sup>, 전종기\* (공주대학교, <sup>1</sup>고등기술연구원, <sup>2</sup>국방과학연구소)
- PA-02            N-도핑된 결정질 탄소/이성분계 전이금속 황화물 복합 다공성 마이크로스피어 합성 및 소듐 이차전지 음극소재로의 적용  
이재섭<sup>1</sup>, 조중상<sup>1\*</sup> (<sup>1</sup>충북대학교 공업화학과)
- PA-03            그래핀을 포함한 복합기공 구조의 1차원 탄소섬유의 합성 및 리튬-셀레늄 전지 양극소재로의 적용  
김찬식<sup>1</sup>, 조중상<sup>1\*</sup> (<sup>1</sup>충북대학교 공업화학과)
- PA-04            일산화탄소 산화 반응에서 이산화티타늄 지지체에 담지된 백금-주석 바이메탈 촉매 속 주석 함량의 영향  
김나연, 김윤희, 김지율, 최동섭, 이동훈, 유은주, 김영은, 손한겸, 주지봉\* (건국대학교 화학공학과)
- PA-05            Fe(II)EDTA을 이용한 배가스로부터의 일산화질소 제거 및 Fe(II)EDTA 재생에 관한 연구  
김윤희, 김나연, 김지율, 최동섭, 이동훈, 유은주, 김영은, 손한겸, 주지봉\* (건국대학교 화학공학과)
- PA-06            고밀도로 엮힌 N-도핑된 CNT/VN 복합 다공성 1차원 구조체 합성 및 리튬-황 전지의 인터레이어로의 적용  
최장민<sup>1</sup>, 조중상<sup>1\*</sup> (<sup>1</sup>충북대학교 공업화학과)



**포스터세션 (청정공정)**  
**2022년도 한국청정기술학회 춘계 총회 및 학술발표회**

- PA-07      **CFD Simulation of Induction Heating System for methane decomposition**  
Gyeong-Min Kim, Jae Hyung Choi and Dong-ha Lim\* (Green Materials & Processes R&D Group, Korea Institute of Industrial Technology)
- PA-08      **Double-layered Catalyst with Vanadium and Manganese on Metallic Monolith for Low-temperature Selective Catalytic Reduction of NO<sub>x</sub>**  
Minkyum Kim<sup>1</sup>, JaeHyungChoi, Chul-HoLee and Dong-ha Lim\* (Green Materials & Processes R&D Group, Korea Institute of Industrial Technology, Korea <sup>1</sup>Division of Chemical and Biomolecular Engineering, Pusan National University)
- PA-09      **Influence of M-TiO<sub>2</sub> Supports (M=Mn,Ce,Mo,Ni) Based on Vanadium for Low-temperature Selective Catalytic Reduction of NO<sub>x</sub> with NH<sub>3</sub>**  
Jae Hyung Choi, Juryeong Jang, Seon Min Lee, Jinung Kong and Dong-ha Lim\* (Green Materials & Processes R&D Group, Korea Institute of Industrial Technology)
- PA-10      **USC 발전 플랜트에서의 암모니아 혼소 시뮬레이션 연구**  
오승석<sup>1</sup>, 박현준<sup>1</sup>, 고은솔<sup>1</sup>, 김형우<sup>2</sup>, 임례걸<sup>1</sup>, 박영권<sup>3</sup>, 이시훈<sup>1,\*</sup> (<sup>1</sup>전북대학교, <sup>2</sup>LG화학, <sup>3</sup>서울시립대학교)
- PA-11      **Cu-Ce-MgO 촉매의 Ce/Mg 비가 고온수성가스전이반응에 미치는 영향**  
이루리, 전이정, 김창현, 심재오\* (원광대학교)
- PA-12      **수성가스전이 (WGS) 반응에서 제조방법에 따른 CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 촉매 특성 연구**  
전이정, 이루리, 김창현, 심재오\* (원광대학교)
- PA-13      **전기투석 공정을 이용한 질산성 질소 제거**  
고재언<sup>1</sup>, 안준혁<sup>1</sup>, 이정문<sup>1</sup>, 최태승<sup>1,2</sup>, 윤순도<sup>3</sup>, 심왕근<sup>1,\*</sup>(<sup>1</sup>순천대학교<sup>1</sup>, <sup>2</sup>주에스엔엠<sup>2</sup>, <sup>3</sup>전남대학교<sup>3</sup>)

**포스터세션 (청정융합)**  
**2022년도 한국청정기술학회 춘계 총회 및 학술발표회**

- 일시                    2022년 3월 24일(목) 09:30 - 15:00
- 장소                    웨스틴 조선 부산 호텔 대연회장
- Organizer            이광세 교수 (경남정보대학교)
- 프로그램            포스터

PB-01            **qPCR analysis of oxidation of ZVI and *Klebsiella pneumoniae* metabolic shift in glycerol**  
Da Seul Kong<sup>a</sup>, Changman Kim<sup>b</sup>, EunJoo Pack<sup>a</sup>, and Jung Rae Kim<sup>a\*</sup> (<sup>a</sup>School of Chemical Engineering, Pusan National University, <sup>b</sup>Advanced Biofuel and Bioproducts Process Development Unit, Lawrence Berkeley National Laboratory, Emeryville, CA, 94608 (USA))

PB-02            **Biogas-valorization of anaerobic digestion effluent CO<sub>2</sub> into CH<sub>4</sub> using a microbial electrosynthesis**  
Minsoo Kim<sup>1</sup>, Shuwei Li<sup>1</sup>, Young Eun Song<sup>2</sup>, Dong-Yeol Lee<sup>3</sup>, Jung Rae Kim<sup>1\*</sup> (<sup>1</sup>School of Chemical Engineering, Pusan National University, <sup>2</sup>Advanced Biofuel and Bioproducts Process Development Unit, Lawrence Berkeley National Laboratory, USA, <sup>3</sup>Environmental Technology Team, GS Engineering & Construction, Republic of Korea)

PB-03            **Electrode potentials regulate the catabolic pathways of *Pseudomonas putida***  
Mutyala Sakuntala<sup>1</sup>, Himanshu Khandelwal<sup>1</sup> and Jung Rae Kim<sup>\*</sup> (School of Chemical and Biomolecular Engineering, Pusan National University)

PB-04            **알림 슬러지에서 추출된 알루미늄 추출물과 알루미늄이 개질된 잣나무 잔류물 바이오차를 이용한 인 제거**  
김중범, 트링 반 투안, 김동진\* (한림대학교)

PB-05            **순산소 로내탈황을 위한 조개껍질 이용 연구**  
박현준, 정철승<sup>1</sup>, 오승석<sup>1</sup>, 고은솔<sup>1</sup>, 박한샘<sup>1</sup>, 박영권<sup>2</sup>, 이시훈<sup>1\*</sup> (<sup>1</sup>전북대학교 자원에너지공학과, <sup>2</sup>서울시립대학교)

PB-06            **Cr<sup>3+</sup> 이온이 도핑이 된 메조 기공구조의 Li<sub>4</sub>Ti<sub>5</sub>O<sub>12</sub> 음극 활물질의 전기화학적 특성**  
서진성, 박안나, 이수연, 나병기\* (충북대학교 화학공학과)

**포스터세션 (청정융합)**  
**2022년도 한국청정기술학회 춘계 총회 및 학술발표회**

- PB-07      **Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 코팅이 된 Li<sub>1.05</sub>Ni<sub>0.9</sub>Co<sub>0.05</sub>Mn<sub>0.05</sub>O<sub>2</sub> 양극 활물질의 합성과 전기화학적 특성**  
이수연, 박안나, 서진성, 나병기\* (충북대학교 화학공학과)
- PB-08      **바이오매스 부산물을 이용한 고도수처리용 바이오차 담체 개발**  
김영진, 김동진\* (한림대학교)
- PB-09      **Using modified graphite felt cathode electrodes with polyaniline (PANI/GF), the start time and acetate productivity of microbial electrosynthesis cells can be improved**  
 Eunseo Kim<sup>1</sup>, Minsoo Kim<sup>1</sup>, ShuweiLi<sup>1</sup>, JungRaeKim<sup>1\*</sup> (<sup>1</sup>School of Chemical Engineering, Pusan National University)
- PB-10      **Plastic wastes pyrolysis fuel upgrading, separation and its application in 50kW boiler**  
 Shuang Wang<sup>1</sup>, Byung Wook Hwang<sup>1</sup>, Daewook Kim<sup>1</sup>, Yu-Jin Choi<sup>1</sup>, Ho-Jung Ryu<sup>1</sup>, Hyungseok Nam<sup>1,†</sup>, Doyeon Lee<sup>2</sup> (<sup>1</sup>Korea Institute of Energy Research, <sup>2</sup>Hanbat National University)
- PB-11      **리튬이온 전지용 SiO<sub>x</sub> 음극 활물질의 성능 향상을 위한 입자 사이즈 최적화 및 탄소코팅 비율에 따른 전기화학적 특성**  
박안나, 이수연, 서진성, 나병기\* (충북대학교 화학공학과)
- PB-12      **Active protection of electroactive biofilm increases CO<sub>2</sub> conversion to acetate and energy efficiency in microbial electrosynthesis system**  
Shuwei Li, Minsoo Kim, Da Seul Kong, Jung Rae Kim\* (Pusan National University)

**포스터세션 (청정일반)**  
**2022년도 한국청정기술학회 춘계 총회 및 학술발표회**

- 일시                    2022년 3월 24일(목) 09:30 - 15:00
- 장소                    웨스틴 조선 부산 호텔 대연회장
- Organizer            이광세 교수 (경남정보대학교)
- 프로그램              포스터

PC-01                    **Continuous up-flow photocatalytic ozonation system for oxalic acid removal using cerium oxide doped glass beads**  
Min Ji Kim<sup>1,2</sup>, Choong Choe Earn<sup>1,2</sup>, Kientiek Wong<sup>1,2</sup>, Soek Byum Jang<sup>1,2</sup>, So Yeon Yoon<sup>1,2</sup>, Abd Rahman Nurhaslina<sup>1,2</sup>, Min Jang<sup>1,2</sup> (<sup>1</sup>Department of Environmental Engineering, Kwangwoon University, <sup>2</sup>Plasma Bioscience Research Center, Kwangwoon University)

PC-02                    **Removal of fluoride from water using metal-based UiO-66 metal-organic framework adsorbents**  
Hye Jin Yoo<sup>1,2</sup>, So Yeon Yoon<sup>1,2</sup>, Choong Choe Earn<sup>1,2</sup>, Kientiek Wong<sup>1,2</sup>, Soek Byum Jang<sup>1,2</sup>, Abd Rahman Nurhaslina<sup>1,2</sup>, Min Ji Kim<sup>1,2</sup>, Min Jang<sup>1,2\*</sup> (<sup>1</sup>Department of Environmental Engineering, Kwangwoon University, <sup>2</sup>Plasma Bioscience Research Center, Kwangwoon University)

PC-03                    **Destruction of perfluorooctanoic acid from aqueous system by argon plasma-catalysis system**  
Choong Choe Earn<sup>1,2</sup>, Kientiek Wong<sup>1,2</sup>, Soek Byum Jang<sup>1,2</sup>, So Yeon Yoon<sup>1,2</sup>, Abd Rahman Nurhaslina<sup>1,2</sup>, Min Ji Kim<sup>1,2</sup>, Min Jang<sup>1,2</sup> (<sup>1</sup>Kwangwoon University, <sup>2</sup>Plasma Bioscience Research Center, Kwangwoon University)

PC-04                    **Synergistic effect of adsorptive-electrolysis using granular palm shell waste activated carbon for atrazine removal**  
 Il Gwang Hwang<sup>1</sup>, Choong Choe Earn<sup>1,2</sup>, Kientiek Wong<sup>1,2</sup>, Soek Byum Jang<sup>1,2</sup>, So Yeon Yoon<sup>1,2</sup>, Abd Rahman Nurhaslina<sup>1,2</sup>, Min Ji Kim<sup>1,2</sup>, Min Jang<sup>1,2\*</sup> (<sup>1</sup>Department of Environmental Engineering, Kwangwoon University, <sup>2</sup>Plasma Bioscience Research Center, Kwangwoon University)

PC-05                    **Metal-free semiconductor resin for effective hydrogen peroxide generation**  
Kientiek Wong<sup>1,2</sup>, Nurhaslina Abd Rahman<sup>1,2</sup>, Choong Choe Earn<sup>1,2</sup>, Jang Soek Byum<sup>1,2</sup>, Yoon So Yeon<sup>1,2</sup>, Min Ji Kim<sup>1,2</sup> and Min Jang<sup>\*1,2</sup> (<sup>1</sup>Department of Environmental Engineering, Kwangwoon University, <sup>2</sup>Plasma Bioscience Research Center, Kwangwoon University)

**포스터세션 (청정일반)**  
**2022년도 한국청정기술학회 춘계 총회 및 학술발표회**

- PC-06      **Micropollutants removal by electro assisted DBD plasma-catalysis system**  
Nurhaslina Abd Rahman<sup>1,2</sup>, Choe Earn Choong<sup>1,2</sup>, Kien Tiek Wong<sup>1,2</sup>, Seok Byum Jang<sup>1,2</sup>, So Yeon Yoon<sup>1,2</sup>, Min Ji Kim<sup>1,2</sup>, Min Jang<sup>1,2\*</sup> (<sup>1</sup>Kwangwoon University, <sup>2</sup>Plasma Bioscience Research Center, Kwangwoon University)
- PC-07      알지네이트-폴리비닐알콜 블렌드 제조 및 항균 기능성 필름으로의 응용  
이다해, 이재경, 우희철\* (부경대학교 화학공학과)
- PC-08      Ni계 촉매상에서 해조류 유래 액화 오일의 수증기 개질 반응을 통한 수소 생산  
송윤하, 이재경, 우희철\* (부경대학교 화학공학과)
- PC-09      **Heavy metal resistance genes identification from Genomic profile of Pseudomonas aeruginosa PBH0<sub>3</sub> and Enhanced electroactivity with various electron shuttles**  
Himanshu Khandelwal, Mutyala Sakuntala and Jung Rae Kim\* (School of Chemical Engineering, Pusan National University)
- PC-10      황화수소 감지 및 모니터링 기술 분석  
안희경, 정대웅 (한국생산기술연구원)
- PC-11      CO<sub>2</sub> 모니터링 기술 동향  
안희경 (한국생산기술연구원)
- PC-12      CO<sub>2</sub> 포집 및 활용 공정: Methanation, rWGS, DRM  
손한동<sup>1</sup>, 김주언<sup>1</sup>, 우진혁<sup>1</sup>, 이수출<sup>1\*</sup>, 김재창<sup>1\*</sup> (경북대학교<sup>1</sup>)
- PC-13      테르밋반응에 의한 산업폐기물로부터 복합탈산제 제조  
황정웅<sup>1</sup>, 박재국<sup>2</sup>, 구수진\* (제이케이메탈소재<sup>1,2</sup>, 한국폴리텍대학\*)
- PC-14      PtCux-Pt 코어-셸 촉매의 제조와 산소환원반응 특성  
김동건, 이은희, 정혜원, 드영반하우, 주은혜, 정찬일, 김필\* (전북대학교)

**포스터세션 (청정일반)**  
**2022년도 한국청정기술학회 춘계 총회 및 학술발표회**

- PC-15      **Zirconium-based metal-organic frameworks as catalysts for the Diels-Alder conversion of 2,5-dimethylfuran to p-xylene**  
Min Kyoung Kim<sup>1</sup>, Jungho Jae<sup>2\*</sup> (<sup>1, 2</sup>Pusan National University)
- PC-16      열역학적 평형 계산을 통한 복합 알케인 탄화수소 수증기 개질 반응의 최적 조건 도출  
김민주<sup>1</sup>, 전경원<sup>2</sup>, 장원준<sup>1,2,\*</sup> (<sup>1</sup>경남대학교 사회기반시스템공학과 환경공학전공 <sup>2</sup>경남대학교 환경에너지공학과)
- PC-17      **The use of collocation method and far-side boundary conditions for the numerical model of the adsorption column**  
Hyeok-sang Ryu<sup>1,2</sup>, Wang-yun Won<sup>3</sup>, Jae-Hyung Choi<sup>1</sup>, Jung-ho Jae<sup>2</sup> and Dong-ha Lim<sup>1\*</sup> (<sup>1</sup>Green Materials & Processes R&D Group, Korea Institute of Industrial Technology (KITECH), <sup>2</sup>Division of Chemical and Biomolecular Engineering, Pusan National University, <sup>3</sup>Department of Chemical Engineering (Integrated Engineering), Kyung Hee University)
- PC-18      무산소 열분해 공정에 의한 폐플라스틱에서 수소 생산 반응 연구  
한단비, 김민아, 정하늘, 백영순\* (수원대학교 환경에너지공학과)
- PC-19      방향족 화합물로부터 파라핀계 연료성분으로의 전환을 위한 촉매수소화 반응에 관한 연구  
한기보, 장정희, 박유리, 정병훈<sup>1</sup> (고등기술연구원, <sup>1</sup>국방과학연구소)
- PC-20      **Development of TiO<sub>2</sub> nanotubes electrode for electrochemical reduction of oxalic acid to glycolic acid**  
Sunmi Im and Yiseul Park\* (Pukyong National University)
- PC-21      **An in-situ infrared spectroscopic study of the dehydration of lactic acid on ZSM-5**  
Jichan Kim<sup>1</sup>, Sumin Seo<sup>1</sup>, Jungho Jae<sup>1\*</sup> (<sup>1</sup>Pusan National University)

**포스터세션 (청정일반)**  
**2022년도 한국청정기술학회 춘계 총회 및 학술발표회**

- PC-22      **Study on the effect of catalyst coated porous transport layer in polymer electrolyte membrane water electrolysis process through electrochemical performance and impedance analysis**  
Tuan Linh Doan<sup>1</sup>, Ta Nam Nguyen<sup>1</sup>, Yoonseong Jung<sup>1</sup>, Taekeun Kim<sup>1,2</sup> (<sup>1</sup>Graduate School of Energy Science and Technology, Chungnam National University, <sup>2</sup>Department of Chemical Engineering Education, College of Education, Chungnam National University)
- PC-23      **Enhancing SO<sub>2</sub> resistance of Chromium Based Layered Structure Catalyst in Low Temperature NH<sub>3</sub> Selective Catalytic Reduction**  
Wongeun Yoon, Junil Choi, Daehee Jang, Song Kyu Kang, Jihoon Kim and Won Bae Kim\* (Department of Chemical Engineering, POSTECH)
- PC-24      **Effect of initial pH from Mixtures of Swine Manure and Food Waste for Hydrogen Production**  
Enkhjargal Ganbaatar, Hwiseo Jeon, Taeyoung Kim\* (<sup>1</sup>Chosun University)
- PC-25      **연구자석 스크랩으로 합성한 니켈 산화물 나노입자의 특성**  
홍성제\*, 홍상혁, 조아진, 김병준<sup>1</sup>, 김용성<sup>1</sup>, 양수원<sup>2</sup>, 이재용<sup>2</sup> (한국전자기술연구원, <sup>1</sup>서울과학기술대학교, <sup>2</sup>(주)한칭알에프)
- PC-26      **암모니아 분해를 통한 그린수소 생산을 위한 팔라듐계 분리막 반응기에 관한 연구**  
이은한<sup>1,2</sup>, 김태우<sup>1,2</sup>, 변세기<sup>1</sup>, 서두원<sup>1</sup>, 황효정<sup>1</sup>, 김한성<sup>2,\*\*</sup>, 이신근<sup>1,\*</sup>  
 (<sup>1</sup>한국에너지기술연구원 고온에너지전환연구실, <sup>2</sup>연세대학교 화공생명공학과)
- PC-27      **폐연구자석 분말로부터 황산침출 및 분별결정법을 이용한 자원회수 연구**  
김희선, 김보람, 진연호, 김대원\* (고등기술연구원 신소재공정센터)
- PC-28      **The highly selective conversion of biomass-derived furans to renewable aromatics over metal oxide phosphate catalysts**  
김한별, 제정호\* (<sup>1</sup>부산대학교)
- PC-29      **금속-유기 골격체로부터 합성된 망간 산화물 촉매를 이용한 질소 산화물의 암모니아 선택적 촉매 환원 반응**  
김현섭, 이황호<sup>1</sup>, 김도희<sup>2\*</sup> (서울대학교, <sup>1</sup>서울대학교, <sup>2</sup>서울대학교)

**포스터세션 (청정일반)**  
**2022년도 한국청정기술학회 춘계 총회 및 학술발표회**

- PC-30      **미분해 암모니아의 농축을 위한 금속 염화물 침착 활성탄의 제조**  
 홍민우<sup>1</sup>, 박지혜<sup>2</sup>, 이광복<sup>2\*</sup> (<sup>1</sup>충남대학교 에너지과학기술대학원, <sup>2</sup>충남대학교 화학공학교육과)
- PC-31      **폐지 도축 혈액을 이용한 산소환원용 비귀금속 촉매 제조 및 촉매 특성 분석**  
 정혜원, 김동건, 이은희, 드영반하우, 주은혜, 정찬일, 김필\* (전북대학교)
- PC-32      **하수처리장 유출수 자료의 ANN을 이용한 전력경제성 분석**  
조대철<sup>1\*</sup> (<sup>1</sup>순천향대학교)
- PC-33      **폐기물매립시설의 법제도 개선방안 연구 (수환경 영향 분야를 중심으로)**  
 안준영<sup>1</sup>, 이진희<sup>1</sup>, 지민규<sup>1\*</sup> (한국환경연구원<sup>1</sup>)
- PC-34      **제조된 산화아연으로부터 광촉매 특성 평가**  
장대환, 김보람, 김희선, 김대원\* (고등기술연구원 신소재공정센터)
- PC-35      **반도체 연마용 세리아 분산 용액: 분산에 미치는 분산제의 종류와 교반 속도의 영향**  
장학룡, 이정인, 윤성순, 곽승현, 박정훈\* (동국대학교 화공생물공학과)
- PC-36      **Eco-Friendly Polyvinyl Alcohol-Gelatin Biofilm Containing *Sargassum thunbergii* Extracts Obtained by Subcritical Water Extraction**  
Ji-min Han<sup>1</sup>, Jin-Seok Park<sup>1</sup>, Surendhiran Duraiarasan<sup>2</sup>, Yu-Na Shin<sup>1</sup>, Yeo-Lyeon Shin<sup>1</sup>, Ye-Seul Park<sup>1</sup>, Byung-Soo Chun<sup>1\*</sup> (<sup>1</sup>Department of Food Science and Technology, Pukyong National University, <sup>2</sup>Institute of Food Science, Pukyong National University)
- PC-37      **다기능성 텅스테인트-지르코니아**  
**금속 촉매를 이용한 선택적인 탄화수소의 생산**  
조현민<sup>1,2</sup>, 최정규<sup>2</sup>, 서동진<sup>1</sup>, 최재욱<sup>1</sup>, 하정명<sup>1,\*</sup> (한국과학기술연구원<sup>1</sup>, 고려대학교<sup>2</sup>)
- PC-38      **3D 프린터를 이용한 생분해성 고분자 기반 골프티 제작 및 특성분석**  
정지현<sup>1</sup>, 이광세<sup>2,\*</sup>, 고장면<sup>1,\*\*</sup> (<sup>1</sup>한밭대학교 <sup>2</sup>경남정보대학교)
- PC-39      **팔라듐 촉매 조건에서 리그닌 모델 물질의 수첨탈산소 반응 메커니즘 및 키네틱 연구**  
안지원<sup>1</sup>, 이관영<sup>2</sup>, 서동진<sup>1</sup>, 유천재<sup>1</sup>, 최재욱<sup>1</sup>, 박명준<sup>3</sup>, 하정명<sup>1,\*</sup>  
 (한국과학기술연구원<sup>1</sup>, 고려대학교<sup>2</sup>, 아주대학교<sup>3</sup>)



**포스터세션 (청정일반)**  
**2022년도 한국청정기술학회 춘계 총회 및 학술발표회**

- PC-40      **Transesterification 최적화를 통한 Jatropha oil로부터 바이오디젤 제조 연구**  
심민석<sup>1</sup>, 이승희<sup>1</sup>, 김예희<sup>1</sup>, Rajendra Joshi<sup>2</sup>, 김도희<sup>3</sup>, 김지만<sup>4</sup>, 박영권<sup>5</sup>, 전종기<sup>1,\*</sup>  
 (1공주대학교 화학공학부, 2Dept. of Chemical Science and Engineering, School of Engineering, Kathmandu University, 3서울대학교 화학생물공학부, 4성균관대학교 화학과, 5서울시립대학교 환경공학부)
- PC-41      **폐유기용제 정화/회수를 위한 제올라이트 분리막 개발 및 성능 평가**  
이성연<sup>1</sup>, 김동현<sup>1</sup>, 신은철<sup>1</sup>, 서영훈<sup>1</sup>, 김해옥<sup>1</sup>, 고현수<sup>1</sup>, 김환철<sup>2</sup>, 정재철<sup>1</sup> ((주)과인텍<sup>1</sup>, (주)에스케이씨솔믹스<sup>2</sup>)
- PC-42      **탄소 및 TiN 이중 셸이 코팅된 실리콘 음극재의 제조 및 특성평가**  
이은희, 김동건, 정혜원, 드영반하우, 주은혜, 정찬일, 김필\* (전북대학교)
- PC-43      **축산폐수와 담수화 농축수를 이용한 스트루바이트 결정화 조건 탐색**  
전휘서, Enkhjargal Ganbaatar, 김태영\* (조선대학교)
- PC-44      **폐 분말 소화약제와 버섯 폐 배지를 이용한 발효상토 개발에 관한연구**  
전준철, 정중희, 허광선<sup>1\*</sup> (경남정보대학교)
- PC-45      **폐 분말소화약제의 친수화에 관한 연구**  
이장호, 천주현, 허광선\* (경남정보대학교)
- PC-46      **반도체 공정 후 발생하는 저농도 유해가스 처리 방법**  
김진한<sup>1</sup>, 안재용<sup>1</sup>, 정은아<sup>1</sup>, 윤등기<sup>2</sup>, 목진성<sup>2</sup> (1에스알디글로벌, 2삼성전자)
- PC-47      **The comparative study of basic functionalized adsorbent for methane purification**  
Hyeok-sang Ryu<sup>1,2</sup>, Jae-Hyung Choi<sup>1</sup>, Jung-ho Jae<sup>2</sup> and Dong-ha Lim<sup>1\*</sup> (1Green Materials & Processes R&D Group, Korea Institute of Industrial Technology (KITECH), 2Division of Chemical and Biomolecular Engineering, Pusan National University)
- PC-48      **Calculation of thermodynamic properties of pure fluids using modified Peng-Robinson equation of state**  
Pradnya NP Ghoderao, Duraisami Dhamodharan, Suhail Mubarak, Hun-Soo Byun\* (Department of Chemical and Biomolecular Engineering, Chonnam National)
- PC-49      **Preparation of activated carbon from ginkgo leaf for application of adsorption of methylene blue**  
Injun Hwang<sup>1</sup>, Jinsoo Kim<sup>2</sup>, and Seung-Soo Kim<sup>1\*</sup> (1Department of Chemical Engineering, Kangwon National University, 2Department of Chemical Engineering (Integrated Engineering), Kyung Hee University)

**포스터세션 (청정일반)**  
**2022년도 한국청정기술학회 춘계 총회 및 학술발표회**

- PC-50      **Calcination temperature effects of solid state synthesis of Ru based catalysts for H<sub>2</sub> production from ammonia decomposition**  
Seong Chan Lee, Jae Hyung Choi, Jun-hyeok Lee, Tae-Young Kim, Ryang Gu Lim and Dong-Ha Lim\* (Korea Institute of Industrial Technology)
- PC-51      **H<sub>2</sub> production from ammonia decomposition using the synthesized Ru based catalysts by solid state method**  
Seong Chan Lee, Jae Hyung Choi, Jun-hyeok Lee, Seo-Hyeon Jeong, Yun-Seon Jang and Dong-Ha Lim\* (Korea Institute of Industrial Technology)
- PC-52      **Production and analysis of solid fuel derived from various biomass through hydrothermal carbonization**  
Hee Sun Yoon<sup>1</sup>, Seong Rae Lim<sup>1</sup>, Ga Hee Kim<sup>1</sup>, Byung Hwan Um<sup>1\*</sup> (<sup>1</sup>Hankyong National University)
- PC-53      **Dry reforming of methane using Ni-SiO<sub>2</sub> catalyst for syngas production: Optimization of preparation method**  
Jun-hyeok Lee, Yun-Seon Jang, Seo-Hyeon Jeong, Jae Hyung Choi and Dong-Ha Lim\* (Korea Institute of Industrial Technology)
- PC-54      **Ni-SiO<sub>2</sub> catalyst for dry reforming of methane from coke oven gas**  
Jun-hyeok Lee, Gyeong-Min Kim, Seong Chan Lee, Jae Hyung Choi and Dong-Ha Lim\* (Korea Institute of Industrial Technology)
- PC-55      **Sr<sub>2</sub>FeMoO<sub>6</sub> 촉매와 산소를 이용한 황화합물의 산화 반응**  
오현우, 이재경, 우희철\* (부경대학교 화학공학과)
- PC-56      **Numerical Simulation of fluid flow in distribution Channels for Droplet formation in parallelized Microfluidic Flow-Focusing devices**  
Adedamola D. Aladese, and Heon-Ho Jeong\* (Department of Chemical and Biomolecular Engineering, Chonnam National University)

**포스터세션 (청정일반)**  
**2022년도 한국청정기술학회 춘계 총회 및 학술발표회**

- PC-57      **Fabrication of Metal–Organic Framework Derived Hierarchical Nickel Cobalt Selenide Nanosheets as Binder-Free Electrode for High-Performance Asymmetric Supercapacitors**  
 Erdenebayar Baasanjav, Lee, Myeong Won, Parthasarathi Bandyopadhyay, En Mei Jin and Sang Mun Jeong\* (Department of Chemical Engineering, Chungbuk National University)
- PC-58      **A novel solvent-based extraction and precipitation approach for recycling of multifaceted plastic wrapping materials**  
 Duraisami Dhamodharan, Pradnya NP Ghoderao, Suhail Mubarak, Hun-Soo Byun\* (Department of Chemical and Biomolecular Engineering, Chonnam National University)
- PC-59      **MOF Derived Porous ZnO/C Nanocomposites for photocatalytic CO<sub>2</sub> reduction**  
 Suhail Mubarak, Dhamodharan Duraisami, Pradnya NP Prabhakar, Hun-Soo Byun\* (Department of Chemical and Biomolecular Engineering, Chonnam National University)
- PC-60      **Phase behavior of binary solution for the propylene glycol monomethyl ether acetate + supercritical CO<sub>2</sub> at high-pressure**  
 Duraisami Dhamodharan<sup>1</sup>, Cheol-Woong Park<sup>1</sup>, Suhail Mubarak<sup>1</sup>, Hun-Soo Byun<sup>1\*</sup>, Hwan Choi<sup>2</sup>, Sung-Won Shim<sup>2</sup> (<sup>1</sup>Department of Chemical and Biomolecular Engineering, Chonnam National University, <sup>2</sup>Jaewon Industrial Co.)
- PC-61      **The single-step catalytic conversion of PET waste into liquid hydrocarbons fuels through aqueous-phase hydrodeoxygenation**  
Vishnu Murali, Jungho Jae\* (Pusan National University)
- PC-62      **Identify Chlorine evolution mechanism of Sn doped Sb/IrTaO<sub>x</sub>/Ti electrode**  
Juno Shin, Yiseul Park\* (Pukyong National University)
- PC-63      **A study on the scale-up of biodiesel production using Amberlyst-15 and Dolomite bead catalysts**  
Seunghee Lee<sup>1</sup>, Minseok Sim<sup>1</sup>, Yehee Kim<sup>1</sup>, Rajendra joshi<sup>2</sup> and Jong-Ki Jeon<sup>1\*</sup> (<sup>1</sup>Kongju National University, <sup>2</sup>Kathmandu university)
- PC-64      N,S co-doped TiO<sub>2</sub>/α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 공기청정 필터 개발  
 황재연, 신민창, 최유진, 김소은, 박정훈\* (동국대학교 화공생물공학과)
- PC-65      **Elucidation of the active sites of the Ni-Re bimetallic catalysts for the hydrodeoxygenation of guaiacol**  
이동주, 김한웅, 제정호\* (부산대학교 응용화학공학과)

# 초청강연

3월 23일(수) 15:30 - 16:30

웨스틴 조선 부산 호텔 대연회장

## 중소벤처기업 ESG 촉진방안

김현우\*  
중소벤처기업진흥공단 ESG진단기술처

### A Study on the Promotion Plan of ESG for SMEs and Startups

Hyun-Woo Kim  
ESG&Corporate Diagnosis&Technology Dept., Korea SMEs and Startups Agency(KOSME)

기업은 성장중심 경영에서 지속가능 경영으로의 패러다임 전환을 요구받고 있다. 따라서 기업은 환경과 사회 그리고 사람을 중시하는 가치 창출을 위해 ESG 경영으로 빠르게 전환해야 한다. 이에 중소기업에도 ESG 경영은 기업의 생존과 지속 가능성 확보를 위해 필수적으로 추진해야 하는 경영 현안으로 부상하고 있다.

정부에서는 중소기업의 ESG 경영 참여를 통한 저탄소(E), 포용(S), 공정(G) 경제로의 대전환을 촉진하고 있다. 단기적으로는 ESG 환경변화 상황에서 중소벤처기업을 보호하고, 중장기적으로는 대기업과의 상생, 생태계 활성화 지원을 통한 지속가능 경영을 유인하는 정책을 펴고 있다

구체적인 대응방안으로 중소기업의 ESG 인식제고를 위하여 체크리스트를 마련 및 활용, 교육 및 컨설팅, 우수사례 발굴 및 홍보를 추진 등이 있으며, ESG 생태계 조성을 위하여 민간의 자발적인 ESG 확산유도 및 맞춤형 중기지원 정책을 추진중이며, 민관협의회 발족 및 전용 플랫폼을 통한 ESG 거버넌스 구축을 통하여 중소기업의 ESG 경영을 촉진하고 있다.

#### 참고문헌

1. 관계부처 합동(2021.8) 친환경 포용, 공정경제로의 대전환을 위한 ESG 인프라 확충방안
2. 중소기업부(2021.11) 중소기업 ESG 촉진방안
3. 중소기업진흥공단(2021) ESG 경영현황과 중소기업의 대응과제

# 청정소재 및 공정

3월 24일(목) 09:30 - 11:30

웨스틴 조선 부산 호텔 회의실 1 (Rose, Lilac)

초고속 레이저 분광기를 이용한 광합성 생물의 광합성 조절 기작 분석

박수민<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>한국기술교육대학교

**The regulation of photosynthetic light harvesting investigated by ultrafast laser spectroscopy**

Soomin Park<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Korea University of Technology & Education (KOREATECH)

Under excess light conditions, photosynthetic organisms activate non-photochemical quenching (NPQ) which provides essential photo-protection against oxidative stress resulting from reactive oxygen species. To investigate the specific details of this photo-protective mechanisms, we used an ultrafast transient absorption (TA) spectroscopy which records the evolution of TA signals of carotenoid pigments during the intense light acclimation of photosynthetic samples. The findings have implications for optimizing the yields of crop and algal bio-fuels.

참고문헌

1. Park, S., Steen, C. J., Lyska, D., Fischer, A. L., Endelman, B., Iwai, M., Niyogi, K. K., and Fleming, G. R. "Chlorophyll-carotenoid excitation energy transfer and charge transfer in *Nannochloropsis oceanica* for the regulation of photosynthesis" *Proc. Natl., Acad. Sci. USA.*, **116**(9), 3385-3390 (2019).
2. Park, S., Fischer, A. L., Steen, C. J., Iwai, M., Morris, J. M., Walla, P. J., Niyogi, K. K., and Fleming, G. R. "Chlorophyll-carotenoid excitation energy transfer in high-light-exposed thylakoid membranes investigated by snapshot transient absorption spectroscopy" *J. Am. Chem. Soc.*, **140**(38), 11965-11973 (2018).

## Eco-friendly production of H<sub>2</sub>-deficient synthesis gas via co-electrolysis of CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O

Kosan Roh<sup>1\*</sup>, Ki Tae Park<sup>2</sup>, Dong Hyun Chun<sup>3</sup>, Hyojin Lee<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Chungnam National University, <sup>2</sup>Konkuk University, <sup>3</sup>Korea Institute of Energy Research

Low temperature co-electrolysis (LT-co-electrolysis) of CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O is a sustainable solution for the production of synthesis gas with a low H<sub>2</sub>/CO molar ratio. Unlike its alternatives such as dry reforming of methane (DRM) and coal gasification (CG), LT-co-electrolysis can decouple the production of synthesis gas from fossil fuels and direct greenhouse gas (GHG) emissions<sup>1</sup>. We examine LT-co-electrolysis for sustainable syngas production to prove its technical feasibility using proton exchange membrane with Ag catalyst in a lab-scale catholyte-free electrolyzer<sup>2</sup>. Based on the experimental data, we conceptually design a syngas production process. The designed process is assumed to supply syngas with the H<sub>2</sub>/CO molar ratio of 1.0 to the Fe-based Fischer-Tropsch (FT) process. We then carry out integrated techno-economic and life cycle assessment in order to analyze syngas manufacturing cost and net GHG emission, which are then compared to those of two alternative technologies including DRM and CG processes. The results show that LT-co-electrolysis can supply the synthesis gas in suitable conditions to the FT process. Compared to DRM and CG, LT-co-electrolysis shows much lower carbon footprint when the PEM electrolyzer is powered by low carbon-intensive electric energy. Its high manufacturing cost, however, should be further reduced via (1) advancing PEM electrolyzers, (2) utilizing cheap electricity, and (3) selling emission credits.

### References

1. De Kanter, M.; Meyer-Kirschner, J.; Viell, J.; Mitsos, A.; Kather, M.; Pich, A.; Janzen, C. Enabling the Measurement of Particle Sizes in Stirred Colloidal Suspensions by Embedding Dynamic Light Scattering into an Automated Probe Head. *Meas. J. Int. Meas. Confed.* **2016**, *80*, 92–98.
2. Lee, W.; Kim, Y. E.; Youn, M. H.; Jeong, S. K.; Park, K. T. Catholyte-Free Electrocatalytic CO<sub>2</sub> Reduction to Formate. *Angew. Chemie Int. Ed.* **2018**, *57* (23), 6883–6887.



## 포타슘 이온 저장용 고성능 음극재 개발을 위한 중공 박스 구조 나노 입자의 질소 도핑 탄소 코팅과 혼합 금속 셀레나이드 복합화

조두열<sup>1</sup>, 박승근\*  
중앙대학교

리튬 이온 배터리 (lithium ion batteries, LIBs)와 유사한 특성을 가짐과 함께 포타슘의 풍부한 자원 매장량을 통해 포타슘 이온 배터리 (potassium ion batteries, KIBs)는 LIBs의 우수한 대체품으로 각광받고 있다. 하지만 포타슘 이온의 큰 반경으로 인해 우수한 전기화학적 성능을 발휘할 수 있는 합리적인 전극 재료의 개발이 중요 과제로 남아있다.

본 연구에선 질소 도핑 탄소로 코팅된 중공 박스 구조의 코발트-틴 혼합 금속 셀레나이드 음극재를 설계했다. 혼합 금속 셀레나이드의 시너지 효과는 포타슘 이온으로 인한 산화 환원 반응을 증진했으며, 외부를 감싼 탄소와 내부의 속이 빈 박스 구조는 충-방전 과정 중의 부피 변화를 효과적으로 완화했다. 특히 질소 도핑 탄소는 전기 전도도를 효과적으로 상승시켰다. 복합체는 미리 준비된 코발트-틴 수산화물을 수용액 상에서 폴리도파민 코팅 후 불활성 분위기의 열처리를 통해 합성됐다. 복합체의 구조적 특징은 투과 전자 현미경을 통해 확인됐으며, 구성 성분의 화학적 상태는 X선 광전자 분광법 등을 통해 특정됐다. 또한, 최종 설계된 전극은 전기화학적 평가에서 안정적인 수명 특성 및 우수한 출력 특성을 보여줬다. 따라서 혼합 금속 셀레나이드의 시너지 효과, 합리적으로 설계된 구조 및 질소 도핑된 탄소 코팅의 특성은 KIBs의 상용화 개발 가능성을 시사했다.

## 효율적인 소듐 저장을 위한 맥신/코발트 셀레늄화물 복합소재 개발

오홍근<sup>1</sup>, 박승근<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>중앙대학교

소듐(Na)은 풍부한 자원을 바탕으로 리튬을 대체할 차세대 에너지 저장장치로 주목받고 있습니다. 그러나 실제 적용에는 아직 큰 문제에 직면해있습니다. 이 연구에서는 금속 유기 골격체로부터 유도된 질소 도핑 코발트 셀레나이드 나노결정과 맥신 나노시트의 결합을 통해 독특한 2차원 구조의 복합재를 합성 하였습니다. 맥신 나노시트 표면에 코발트 기반의 금속 유기 골격체인 ZIF-67을 성장시켰으며 후속 열처리 과정을 통해 코발트 셀레나이드를 만들었습니다. 독특한 2차원 구조는 전자와 이온의 수송을 원활하게 하며 충방전 과정에서의 활물질의 부피 변화를 수용하는 충분한 공간을 제공합니다. 뿐만 아니라, 질소 도핑된 탄소와 맥신은 전극 재료의 견고성을 향상시켜 전기화학적 성능을 향상시킬 수 있습니다. 따라서 소듐 이온 전지에서 이 복합재료는 안정성과 속도 테스트에서 우수한 전기화학적 성능을 보여주었습니다.

## Enhanced aqueous fluoride adsorption using UIO-66/GO granular composite by PAM/PVA

So Yeon Yoon<sup>1,2</sup>, Hye Jin Yoo<sup>1,2</sup>, Seok Byum Jang<sup>1,2</sup>, Min Ji Kim<sup>1,2</sup>, Nurhaslina Abd Rahman<sup>1,2</sup>,  
Kien Tiek Wong<sup>1,2</sup>, Choe Earn Choong<sup>1,2</sup> and Min Jang<sup>1,2\*</sup>  
<sup>1</sup>Kwangwoon University, <sup>2</sup>Plasma Bioscience Research Center

Fluoride (F<sup>-</sup>) is considered one of the essential trace elements; however, excessive intake of F<sup>-</sup> (> 1.5 mg L<sup>-1</sup>) for a long time can cause fluorosis, liver damage, and interference with DNA synthesis in the human body [1]. Due to its toxicity, effective F<sup>-</sup> remediation technology in water resources is required. Among the various F<sup>-</sup> removal treatments, adsorption is considered promising technology due to its simplicity, easy operation, and environmental friendliness. Graphene oxide (GO) is one of the hydrophilic adsorbents, with active oxygen functional groups present in the layered structure. However, GO has low sorption selectivity toward F<sup>-</sup>, stacking problem, and difficulty separating and reusing after adsorption. The UIO-66/GO granular composite (UIO-66/gGO) was synthesized by physical mixing GO and UIO-66, with the addition of polyacrylamide (PAM) and polyvinyl alcohol (PVA) as stabilizer and binder, respectively. The experimental results revealed that PAM and PVA enhanced the F<sup>-</sup> removal of UIO-66 and GO. UIO-66/gGO with 50% (w/w) of UIO-66 has enhanced F<sup>-</sup> sorption efficiency, achieving a maximum sorption capacity of 102 mg g<sup>-1</sup>. The ionic strength had an insignificant impact on F<sup>-</sup> adsorption efficiency via the Cl<sup>-</sup> < NO<sub>3</sub><sup>-</sup> < SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> sequence. FESEM and FT-IR analyses were conducted to investigate the surface morphology and functional groups of UIO-66/gGO. Moreover, XRD and XPS analyses were conducted for investigating the F<sup>-</sup> removal mechanism of UIO-66/gGO. The addition of PAM and PVA provided amine groups on UIO-66/gGO composite and enhanced F<sup>-</sup> sorption capacity and effectively inhibited GO stacking.

### References

1. Lin, K. Y. A., Liu, Y. T., & Chen, S. Y., "Adsorption of fluoride to UIO-66-NH<sub>2</sub> in water: stability, kinetic, isotherm and thermodynamic studies," *J. Colloid Interface. Sci.*, 461, 79-87 (2016).

## Dispersion coefficients of gas phase with fluidization behavior of CNT agglomerates in a gas-solid fluidized bed

허승준<sup>1</sup>, 김준영<sup>2</sup>, 이동현<sup>1</sup>

<sup>1</sup>성균관대 화학공학과, <sup>2</sup>성균관대학교 화공융합기술연구소

기체-고체 유동층에서 미세 입자들의 유동에 따른 기체상의 dispersion coefficients 를 측정하였다. 실험은 내경이 0.10 m, 높이가 1.0 m 인 cylindrical 아크릴 column에서 진행되었다. 미세 입자는 각각의 유동특성을 가지는 CNT 3종 입자와 GB 입자를 사용하였다. CNT 입자는 평균입도가 242  $\mu\text{m}$  이며 particle density가 160  $\text{kg}/\text{m}^3$  인 CNT N 입자, 평균입도가 220  $\mu\text{m}$  이며 particle density가 385  $\text{kg}/\text{m}^3$  인 CNT J 입자, 평균입도가 365  $\mu\text{m}$  이며 particle density가 249  $\text{kg}/\text{m}^3$  인 CNT L 입자를 사용하였으며, 평균입도가 58  $\mu\text{m}$  이며 particle density가 2500  $\text{kg}/\text{m}^3$  인 GB 입자를 사용하였다. 유동층 내에 열을 공급하기 위하여 resistance heater가 주입된 직경이 0.015 m, 길이가 0.04 m 인 Stainless Steel rod probe를 사용하였으며, probe 표면과 bed 내에 thermocouple을 주입하여 시간의 따른 온도변화를 측정하였다. 각 미분 입자의 공탑속도에 따른 유동특성을 확인하였고, 미분입자들은 응집체를 이루어 유동하였으며 서로 다른 유동특성을 확인하였다. 각 입자들의 공탑속도에 따른 기체상의 dispersion coefficients 를 측정하였고, 입자들의 유동특성에 따른 변화를 확인하였다.

### 참고문헌

1. Miyauchi, T., Kaji, H., and Saito, K., "Fluid and Particle Dispersion in Fluid-Bed Reactors," Journal of Chemical Engineering of Japan, 1(1), 72-77 (1968).
2. Jeong, S. W., Lee, J. H., Kim, J., Lee, D. H., "Fluidization behaviors of different types of multi-walled carbon nanotubes in gas-solid fluidized beds," J. Ind. Eng. Chem., 35, 217-223 (2016).

# 청정융합 I

3월 24일(목) 13:00 - 15:00

웨스틴 조선 부산 호텔 회의실 1 (Rose, Lilac)

## 질소산화물 저감기술 현황 및 고분산 담지체를 활용한 고효율 탈질촉매 소재 개발

예보라<sup>1</sup>, 정보라<sup>1</sup>, 이명진<sup>1</sup>, 김홍대<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>한국생산기술연구원

### Current Status of Nitrogen Oxide Reduction Technology and Development of High-efficiency SCR Catalyst using Highly Dispersed Support Materials

Bora Ye<sup>1</sup>, Bora Jeong<sup>1</sup>, Myeung-jin Lee<sup>1</sup>, Hong-Dae Kim<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>Korea Institute of Industrial Technology (KITECH)

미세먼지는 세계보건기구가 지정한 1급 발암물질로, 대기중에 존재하는 대기오염물질과의 화학반응을 통해 2차 생성된 미세먼지가 특히 인체에 치명적인 영향을 끼치는 것으로 알려져있다. 초미세먼지는 주로 황산염, 질산염 등 대기오염물질 덩어리로 구성되어 있으며, 질소산화물은 전체 대기오염물질 배출량 중 33%를 차지하기 때문에, 이를 제어하기 위한 환경규제가 강화되고 있다. Selective Catalytic Reduction (SCR) 기술은 산업 미세먼지의 주요 원인물질로 지목된 질소산화물을 제거하기 위해 대표적으로 사용되는 기술로, 배기가스 중에 존재하는 NOx는 표면에 환원제를 분사함에 따라 인체에 무해한 질소와 수증기로 전환하여 오염물질을 저감시킨다. SCR 촉매는 주로 Vanadium을 주촉매로 활용하여 TiO<sub>2</sub> 지지체를 기반으로 사용되고 있지만, 강화되는 규제를 준수하기 위해서는 촉매 효율을 높이거나, 다양한 온도범위에서도 안정적으로 높은 효율을 유지하는 촉매의 개발이 필요하다.

따라서, 본 연구에서는 높은 탈질 특성을 나타내는 SCR 촉매를 합성하기 위해 다양한 그래핀 지지체를 적용하여 촉매 활성물질의 분산특성을 향상시켰다. 이를 통해, 그래핀 지지체의 특성을 조절하여 다양한 촉매 활성물질을 나노분산시키고 비표면적 및 촉매 산점을 증진시키는 연구를 주로 진행하며, 그에 따른 촉매 특성 평가를 통해 특성 변화를 비교하였고 그 결과, 높은 효율의 질소산화물 저감 특성을 나타내는 촉매를 개발하는 연구를 수행하였다.

#### 참고문헌

1. Ye et al., "Partially reduced graphene oxide as a support of Mn-Ce/TiO<sub>2</sub> catalyst for selective catalytic reduction of NOx with NH<sub>3</sub>," *Catalysis Today*, **328**, 300-306 (2019).
2. Ye et al., "Low-Temperature De-NOx Extruded Monolithic Catalysts Based on Highly Dispersive Mn-Ce Oxide Nanoparticles of Low Ce Content," *Adv. Mater. Technol.*, **4**(2), 1800462 (2019).

## Removal of Various Contaminants Using Designed Pilot Plants for Wastewater

Ju-Hyeok Kwon, Kung-Won Choi, Seong-Hyun Pyo, and Byong-Hun Jeon\*

<sup>1</sup>Department of Earth Resources and Environmental Engineering, Hanyang University, Seoul

The conventional methods of wastewater treatment are coagulation, flocculation, oxidation and so on. However, some of them have limited ability to fully treat wastewater consisting of serious oily pollutants and various detergents. The composition of wastewater washed by engines is very complex, and the characteristics may vary from engine to engine. Due to this non-uniform structure of the washed wastewater, the treatment plant must be flexible and easily operated at different capacities [1]. In this study, several experiments are conducted to optimize the operating conditions of the plant so that the washed wastewater can be treated and automatically reused at the workplace. The designed pilot plant consisted of coagulation, precipitation, oxidation and membrane separation processes as an integrated type. The quality of reusable water is determined by a few indicators, namely turbidity, suspended solids, total organic carbon, chemical oxygen demand, oil content and so on. In order to optimize each process of the plant, coagulation, oxidation and membrane separation tests were conducted as batch tests, and the value of each factor was analyzed to evaluate the efficiency. In the jar test, the turbidity and COD were drastically reduced after the optimal pH was found. When the optimized conditions derived from the batch test were applied to the pilot test, a remediation efficiency of about 80% was achieved. By optimizing the batch test and experiments in the pilot plant, the treated wastewater seems to be suitable for use as cleaning water at the industrial site without incurring the cost of wastewater treatment separately.

### References

1. Bilgili, M. S., Ince, M., Tari, G. T., Adar, E., Balahorli, V., & Yildiz, S. (2016). Batch and continuous treatability of oily wastewaters from port waste reception facilities: A pilot scale study. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 760, 119-126.

### Acknowledgement

This study was supported by the Korea Environment Industry & Technology Institute (KEITI) through Subsurface Environment Management (SEM) Projects, funded by Korea Ministry of Environment (MOE)(No.2020002480007).

## 고농도 순산소 순환유동층 연소 기술 특성

문지홍<sup>1</sup>, 박성진<sup>1</sup>, 김성주<sup>1</sup>, 조성호<sup>1</sup>, 김재영<sup>1</sup>, 문태영<sup>1\*</sup>, 이재구<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>한국에너지기술연구원

### Oxy-fuel circulating fluidized bed combustion with high inlet oxygen concentration

Ji-Hong Moon<sup>1</sup>, Sung-Jin Park<sup>1</sup>, Seong-Ju Kim<sup>1</sup>, Sung-Ho Jo<sup>1</sup>, Jae-Young Kim<sup>1</sup>,  
Tae-Young Mun<sup>1\*</sup>, Jae-Goo Lee<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>Korea Institute of Energy Research

This study optimizes the oxy-fuel circulating fluidized bed combustion (Oxy-CFBC) process by increasing the oxygen concentration in the oxidants up to 60 vol.%. Increasing the inlet oxygen concentration implies increasing the thermal power in the same combustor. This indicates that the boiler thermal output can be changed. In this regard, the heat recovery technology, which is the most important technology, and the operating characteristics based on the inlet oxygen concentration were investigated. The results show the control of temperature levels, ratio of excess and inlet oxygen, combustion efficiency, solid flux, CO<sub>2</sub> purity, emissions, and fly ash characteristics at high inlet oxygen concentration conditions.

#### 참고문헌

1. Seddighi et al., "Scale-up challenges and opportunities for carbon capture by oxy-fuel circulating fluidized beds," *Applied Energy*, 232, 527-542 (2018).
2. Moon et al., "Carbon dioxide purity and combustion characteristics of oxy firing compared to air firing in a pilot-scale circulating fluidized bed," *Energy*, 166, 183-192 (2019).
3. Li et al., "Coal combustion emission and ash formation characteristics at high oxygen concentration in a 1 MW<sub>th</sub> pilot-scale oxy-fuel circulating fluidized bed," *Applied Energy*, 197, 203-211 (2017).



## Energy-saving pretreatment strategies of microalgae for high-concentration biofuels production

Geon-Soo Ha, Chan-Yeong Lee, Byong-Hun Jeon\*

Department of Earth Resources and Environmental Engineering, Hanyang University, Seoul 04763, South Korea

Complete fractionation and utilization of highly concentrated microalgal suspension remain to be bottlenecks during downstream processing, thereby limiting the commercialization of microalgae biorefineries. In this study, the production of biofuels (bioethanol, higher alcohols, and biodiesel) was achieved through energy-saving strategies from highly concentrated (100 g/L) microalgal suspensions. This integrated approach attained unprecedented total conversion efficiency (48–63%) and maximum total biomass utilization (77–86%) for both the microalgal strains with high yields of bioethanol (0.48 g-ethanol/g-carbohydrate), higher alcohols (0.44 g-higher alcohols/g-protein), and biodiesel (0.82–0.89 g-biodiesel/g-lipid) at suspensions of 100 g/L. Transmission electron microscopy was employed to visualize the changes in the intercellular morphologies before and after serial fermentations. Thus, the unprecedented maximum conversion efficiency obtained via the proposed integrated approach from highly concentrated biomass suspension could be useful for overcoming the bottleneck of microalgal utilization to realize the successful commercialization of biofuels.

### References

1. Ha G. S., Saha S., Kurade M. B., Ahn H. J., Basak B., Kim G. U., Cheon J. K., Lee D. S., Jeon B. H.\*, “High-density biofuels production from holistic conversion of microalgal strains through energy-saving integrated approach”, *Chem. Eng. J.*, 421, 127798 (2021)
2. Ha G. S., Saha S., Basak B., Kurade M. B., Kim G. U., Ji M. K., Ahn Y., Salama E. S., Chang S. W., Jeon B. H.\*, “High-throughput integrated pretreatment strategies to convert high-solid loading microalgae into high-concentration biofuels,” *Bioresour Technol.*, 340, 125651 (2021).
3. El-Dalatony M. M., Saha S., Govindwar S. P., Abou-Shanab R. A., Jeon B. H.\*, “Biological conversion of amino acids to higher alcohols” *Trends Biotechnol.*, 38(8), 855-869 (2019).

## Synthesis of ZnO seeded and coated granular polyurethane for micropollutant destruction: photo-corrosion control and vacancy engineering

Seok Byum Jang<sup>1,2</sup>, Choe Earn Choong<sup>1,2</sup>, Kien Tiek Wong<sup>1,2</sup>, So Yeon Yoon<sup>1,2</sup>,  
Nurhaslina Abd Rahman<sup>1,2</sup>, Min Ji Kim<sup>1,2</sup>, and Min Jang<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Kwangwoon University, 20, Gwangun-ro, Nowon-gu, Seoul, 01897, Republic of Korea

<sup>2</sup>Plasma Bioscience Research Center, Kwangwoon University

In this study, ZnO was seeded during polyurethane (PU) foaming to provide the ZnO nucleation spot, and additional ZnO was coated on granular-sized ZnO seeded PU (namely P-Z<sub>s</sub>Z<sub>c</sub>) under the hydrothermal method. First, ZnO seeding and coating ratio were optimized through SMX removal batch experiments. Consequently, P-Z<sub>s</sub>Z<sub>c</sub> coated with ZnO at a mass ratio of 4:3 on PU (ZnO seeded in a mass ratio of 50% of polyol) achieved the highest SMX removal efficiency, and SEM analysis confirmed that a high amount of ZnO was doped on the surface. Photo-electro analyses such as UV-vis DRS, photocurrent, MS-plot, EIS, and PL were conducted to confirm the photocatalytic performance of P-Z<sub>s</sub>Z<sub>c</sub>, and the results show that the flat band-position of P-Z<sub>s</sub>Z<sub>c</sub> significantly up-shifted compared with commercial ZnO. According to the above results, we assumed that the ZnO property was changed during the seeding and coating process on PU. We performed XRD, FT-IR, XPS, and solid EPR to prove our hypothesis and found that P-Z<sub>s</sub>Z<sub>c</sub> had a higher oxygen vacancy (OV) than commercial ZnO. To investigate the photo-corrosion stability of ZnO, we also conducted five cycle batch experiments, and Tafel plot analysis, proving that P-Z<sub>s</sub>Z<sub>c</sub> was a highly stable anti-corrosive material.

### References

1. Lv, Y., Zheng, Y., Zhu, H., & Wu, Y. Designing a dual-functional material with barrier anti-corrosion and photocatalytic antifouling properties using g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> nanosheet with ZnO nanoring. *Journal of Materials Science & Technology*, 106, 56-69 (2022).

# 청정융합 II

3월 24일(목) 15:30 - 17:30

웨스틴 조선 부산 호텔 회의실 1 (Rose, Lilac)

## 혐기소화 환경에 존재하는 중간직접전자전달 현상의 다양성과 영향

이창수  
울산과학기술원

혐기성 환경에서 유기물이 미생물에 의해 분해되는 혐기소화 과정에서 발생하는 바이오가스는 메탄을 주성분으로 하고 있어 가스 연료로서의 가치가 높다. 특히 음식물쓰레기, 하수슬러지, 가축분뇨 등 유기성 폐자원의 혐기소화를 통한 바이오가스 생산은 환경오염 해소와 탄소중립 달성에 이바지할 수 있는 친환경 재생에너지 기술로 주목받고 있다. 혐기소화는 다양한 생리·생태적 특성을 가진 미생물들이 단계적으로 작용하는 반응으로, 효과적인 혐기소화를 위해서는 작용하는 미생물들의 조화로운 상호작용이 필수적이다. 특히 산생성단계와 메탄생성단계의 균형이 소화 효율과 안정성에 직접적인 영향을 미치며, 유기산분해균과 메탄생성균 사이의 중간전자전달(interspecies electron transfer, IET)은 이 균형을 유지하는데 중요한 역할을 한다. 혐기소화 환경에서 IET는 유기산분해균이 배출한 수소/포름산이 전자전달을 매개하여 이루어지는 것으로만 알려져 왔으나, 2010년대 초반 유기물 분해로 생성된 전자가 전자전달 대사산물을 거치지 않고 직접 메탄생성균에 전달되어 CO<sub>2</sub> 메탄 전환에 이용되는 중간직접전자전달(direct IET, DIET) 현상이 관찰되었다[1-3]. DIET는 수소/포름산과 같은 전자전달 대사산물 합성이 불필요하므로 반응속도와 에너지 효율 면에서 유리하다. 이에 착안하여 최근 연구에서 전도성 물질을 소화조에 투입하여 DIET를 촉진함으로써 바이오가스화 효율 및 안정성을 높이려는 시도가 활발히 이루어지고 있으며, 많은 연구에서 긍정적 효과가 보고되고 있다[4]. 한편, 혐기성 환경에는 메탄생성에 직접 관여하는 미생물 외에도 다양한 전기활성미생물(electroactive microorganism)이 존재하므로 전도성 물질 투입 등을 통하여 인위적으로 DIET를 촉진하는 경우 이들이 관여하는 생물학적 산화환원반응 또한 직간접적으로 영향을 받을 수 있다[5]. 현재까지 이와 같은 혐기소화 미생물 군집의 복잡성을 고려하여 DIET 촉진의 효과를 고찰한 연구는 매우 제한적이며, 대부분의 기존 연구는 메탄생성 효율에 미치는 영향에 국한되어 있다. 혐기소화 환경에서 일어나는 DIET 현상을 명확히 이해하고 더욱 효과적으로 활용하기 위해서는 이러한 복잡성에 관한 연구가 다양한 환경 조건에서 이루어질 필요가 있다. 본 발표에서는 발표자 연구실의 연구 결과를 중심으로 DIET 촉진(전도성 물질 투입)에 의한 바이오가스화 효율 및 안정성 향상 사례와 메탄생성 이외의 생물학적 산화환원반응(H<sub>2</sub>S 산화/CO<sub>2</sub> 환원) 활성화 사례를 소개하고, 혐기소화 환경에서 일어나는 DIET 현상의 다양성과 영향에 관한 연구 필요성을 공유하고자 한다.

### 참고문헌

1. Morita, M., Malvankar, N. S., Franks, A. E., Summers, Z. M., Giloteaux, L., Rotaru, A. E., Rotaru, C., and Lovley, D. R., "Potential for direct interspecies electron transfer in methanogenic wastewater digester aggregates," *MBio*, 2, e00159-e00111 (2011).
2. Liu, F., Rotaru, A.-E., Shrestha, P. M., Malvankar, N. S., Nevin, K. P., and Lovley, D. R., "Promoting direct interspecies electron transfer with activated carbon," *Energy Environ. Sci.*, 5, 8982-8989 (2012).
3. Rotaru, A.-E., Shrestha, P. M., Liu, F., Shrestha, M., Shrestha, D., Embree, M., Zengler, K., Wardman, C., Nevin, K. P., and Lovley, D. R., "A new model for electron flow during anaerobic digestion: direct interspecies electron transfer to methanosaeta for the reduction of carbon dioxide to methane," *Energy Environ. Sci.*, 7, 408-415 (2014).
4. Lee, C. Engineering Direct Interspecies Electron Transfer for Enhanced Methanogenic Performance. In: Sinharoy A., Lens P.N.L. (eds) Renewable Energy Technologies for Energy Efficient Sustainable Development. Applied Environmental Science and Engineering for a Sustainable Future. Springer, Cham, 23-59 (2022).
5. Jung, H., Baek, G., and Lee, C., "Magnetite-assisted in situ microbial oxidation of H<sub>2</sub>S to S<sup>0</sup> during anaerobic digestion: a new potential for sulfide control," *Chem. Eng. J.*, 397, 124982 (2020).

## Microbial electrosynthesis for production of green chemicals from CO<sub>2</sub> emissions

Soo Youn Lee  
Korea Institute of Energy Research  
(syl@kier.re.kr)

With concerns over climate change rapidly increasing, many efforts have been being to reducing greenhouse gas (CO<sub>2</sub>) emissions. Electrochemical conversion of CO<sub>2</sub> to fuels using a renewable energy sources is an increasingly important area that addresses global warming and fossil fuel shortages. To apply the concepts in practically, the electrochemical reactions should be proceeded under mild conditions of a moderate temperature and atmospheric pressure. In general, however, a high overpotential exists in the electrochemical reduction of CO<sub>2</sub>. To date, extensive efforts to develop electrode materials for the direct and electrochemical reduction of CO<sub>2</sub> have been made also, but so far, they require the application of energetically inefficient potentials or produce mixtures of non-specific products. In this context, electrochemical reduction of CO<sub>2</sub> has yet to be achieved on appropriately large scale due to the lack of efficient, robust catalysts operating at low operation potential with high selectivity. The biocatalytic reactions involving energy applications are gaining in prominence, especially in the direction of microbial electrosynthesis of desired fuels under excess electrical energy.

In the view of biotechnological production of fuels and chemicals, the use of CO<sub>2</sub> as an alternative carbon source for microorganisms, instead of sugar or lignocellulose, is attractive, because it is the only abundant raw material that is available worldwide and completely detached from the food chain. Among several bioelectrochemical approaches, microbial electrosynthesis (MES) merges electrochemical and microbial conversion for the production of biofuels and higher value chemicals from CO<sub>2</sub> emissions. Here, recent MES technology for the CO<sub>2</sub> conversion and the key barriers to its commercialization are introduced.

### Acknowledgement

This work was conducted under the framework of the Research and Development Program of the Korea Institute of Energy Research (KIER-C2-2432). This research also supported by the R&D Innovation cluster of the Republic of Korea (2021-DD-RD-0033) and Korea Ministry of Environment (MOE; 2021003240005). which are greatly appreciated.

## Improvement of Biofuel Production through Metabolic Shift of *Clostridium aurantibutyricum* by Electro-fermentation

Taeyoung Kim\*  
Chosun University

Electro-fermentation has been interested due to improvement of biofuels by electrochemically-driven microbial metabolic shift [1]. In this study, the metabolites of *Clostridium aurantibutyricum*, which has Aceton-Butanol-Ethanol (ABE) pathway, were examined in three electrode potentiostatic system on glucose with and without mediator addition (neutral red). The pure culture of *C. aurantibutyricum* in initial stationary phase on growth was inoculated in the compartment set at -0.6 V (versus Ag/AgCl) and then 30 mM of glucose was added. The results showed that the improvement of ethanol and butanol production in the potentiostatic system was observed compared to the control reactors and there was no interference of the bacterial number difference during glucose consumption. Increased ethanol and butanol production was not mainly coming from electrical electrons at the electrochemical reaction by total coulomb calculation. We assumed that the reason of biofuel products acceleration is metabolic change of the microbe through electrochemically reducing environment created.

### References

1. R. Moscoviz, J. Toledo-Alarcón, E. Trably, N. Bernet, “Electro-fermentation: how to drive fermentation using electrochemical systems”, *Trends in Biotechnol.* **34**(11), 356-865(2016).

## Bioelectrochemical control of microbial metabolic pathways for bioproductions

Changman Kim<sup>1\*</sup>, Gagyeong Park<sup>1</sup>, and Seorin Moon<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Biotechnology and Bioengineering, Chonnam National University

Electrode-based metabolic control is an effective strategy for manipulating metabolic fluxes by changing the intracellular redox balance. Here, we present the electrode-based heterologously overexpressed metabolic pathway regulation using a model strain, known as a weak electrogenic bacteria, *E. coli* BL21(DE3), harboring glycerol reductive pathways to synthesize 3-hydroxypropionic acid (NAD<sup>+</sup> dependent metabolism) or 1,3-propanediol (NADH dependent metabolism). The potentiostat poised a potential to shift the intracellular redox balance via bacteria-electrode electron transfer. Consequently, 3-hydroxypropionic acid production was increased in a positive potential (+ 0.7 V) with a decrease in the NADH/NAD<sup>+</sup>. Whereas enhanced 1,3-propanediol productivity with a relatively high NADH/NAD<sup>+</sup> ratio was identified in the negative potential electrode (- 0.7 V). The result demonstrated the electrode-based metabolic control for an heterologously expressed glycerol pathway in *E. coli*.

### References

1. Kim, C., Kim, M.Y., Michie, I., Jeon, B.-H., Premier, G.C., Park, S., and Kim, J.R.. (2017) Anodic electro-fermentation of 3-hydroxypropionic acid from glycerol by recombinant *Klebsiella pneumoniae* L17 in a bioelectrochemical system, *Biotechnology for biofuels* 10: 199.
2. Kim, C., Lee, J.H., Baek, J., Kong, D.S., Na, J.G., Lee, J., et al. (2020) Small Current but Highly Productive Synthesis of 1, 3-Propanediol from Glycerol by an Electrode-Driven Metabolic Shift in *Klebsiella pneumoniae* L17, *ChemSusChem* 13: 564-573.

# 청정수소

3월 24일(목) 13:00 - 15:00

웨스틴 조선 부산 호텔 회의실 3 (Violet)



## 수소 열처리를 통한 지지체의 산소저장능 증진이 건식 개질 반응용 Ni/Ce<sub>0.8</sub>Zr<sub>0.2</sub>O<sub>2</sub> 촉매의 성능에 미치는 영향

김범준<sup>1</sup>, 박호룡<sup>1</sup>, 노현석<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>연세대학교

### Improving the catalytic activity in dry reforming reaction by enhancing the oxygen storage capacity of Ce<sub>0.8</sub>Zr<sub>0.2</sub>O<sub>2</sub> support through hydrogen heat-treatment

Beom-Jun Kim<sup>1</sup>, Ho-Ryong Park<sup>1</sup>, and Hyun-Seog Roh<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>Yonsei University

We provided a different atmosphere (20% H<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, and ambient air) during the heat-treatment of the Ce<sub>0.8</sub>Zr<sub>0.2</sub>O<sub>2</sub> support while preparing a Ni/Ce<sub>0.8</sub>Zr<sub>0.2</sub>O<sub>2</sub> catalyst. The difference in heat-treatment conditions affected the physicochemical properties of the support and catalyst. In particular, it strongly affected the oxygen storage capacity (OSC) of the Ce<sub>0.8</sub>Zr<sub>0.2</sub>O<sub>2</sub> support. Ni (5 wt%) was impregnated on each Ce<sub>0.8</sub>Zr<sub>0.2</sub>O<sub>2</sub> support heat-treated in different atmospheres, and the characterizations of each support and catalyst were also conducted. Interestingly, the dispersion of Ni<sup>0</sup> in the catalyst showed a similar trend to the OSC of the support because of the anchoring effect. The dispersion of Ni<sup>0</sup> mainly determined the catalytic activity of the dry reforming reaction in this study, not the OSC of the Ni impregnated catalyst. The characterization and catalytic reaction results revealed a deep relationship between the OSC of the support and the dispersion of Ni<sup>0</sup>, crystallite size of Ni<sup>0</sup>, and catalytic activity. The catalyst prepared with the support heat-treated in 20% H<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> showed the highest OSC of the support, highest Ni<sup>0</sup> dispersion and smallest Ni<sup>0</sup> crystallite size of the catalyst after impregnating Ni, resulting in the highest catalytic activity in the dry reforming reaction. This result suggests that the improvement of the catalytic activity by enhancing the OSC of the Ce<sub>0.8</sub>Zr<sub>0.2</sub>O<sub>2</sub> support is possible through hydrogen heat-treatment before the impregnation of Ni.

#### 참고문헌

1. Lee, Y.-L., Kim, B.-J., Park, H.-R., Ahn, S.-Y., Kim, K.-J., and Roh, H.-S., "Improving the catalytic activity in dry reforming reaction by enhancing the oxygen storage capacity of Ce<sub>0.8</sub>Zr<sub>0.2</sub>O<sub>2</sub> support through hydrogen heat-treatment," *J. CO<sub>2</sub> Util.*, **57**, 101903 (2022).

## Ni 기반 촉매의 복합 알케인 탄화수소 수증기 개질 반응에 의한 수소 생산 연구

공지현<sup>1</sup>, 전경원<sup>2</sup>, 장원준<sup>1,2\*</sup>  
<sup>1</sup>경남대학교 사회기반시스템공학과 환경공학전공  
<sup>2</sup>경남대학교 환경에너지공학과

### A Study on the Hydrogen Production via Steam Reforming of Combined Alkane Hydrocarbons over Ni-based Catalysts

Ji-Hyeon Gong<sup>1</sup>, Kyung-Won Jeon<sup>2</sup>, and Won-Jun Jang<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Infrastructure System Engineering, Environmental Engineering, Kyungnam University

<sup>2</sup>Department of Environmental and Energy Engineering, Kyungnam University

본 연구에서는 CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>, C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>이 혼합된 반응가스를 이용하여 Ni 기반 촉매가 적용된 수증기 개질 반응을 수행하였다. 담체는 CeO<sub>2</sub>, ZrO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>를 선정하여 함침법으로 제조하였으며 Ni 담지량은 15 wt.%로 고정하였다. 제조된 촉매는 H<sub>2</sub>-TPR, Chemisorption, BET, TGA 등 특성 분석을 진행하여 반응 결과와 상관관계를 파악하고자 하였다. 복합 알케인 탄화수소 수증기 개질 반응은 650 ~ 850 °C, H<sub>2</sub>O/C 비 7.0, 451,184 ml/h·g<sub>cat</sub> GHSV의 조건에서 반응하여 크래킹 반응과 탄소 침적을 최소화하고 수소 생산을 최대화하는 우수한 성능을 가진 촉매를 도출하기 위해 C1 ~ C4 전환율과 생성된 H<sub>2</sub> 몰수를 계산하였다. 제조한 촉매 중 15% Ni/CeO<sub>2</sub>와 15% Ni/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>가 C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>, C<sub>4</sub>H<sub>10</sub> 전환율이 모든 온도에서 약 100%를 나타냈으며, CH<sub>4</sub> 전환율에서는 온도가 증가할수록 전환율이 증가하였다. 반면에, 15% Ni/ZrO<sub>2</sub>와 15% Ni/SiO<sub>2</sub> 촉매는 크래킹 반응이 발생하여 CH<sub>4</sub> 전환율에서 음의 값을 나타냈다. H<sub>2</sub> 몰수의 경우, 전환율 결과와 같이 15% Ni/CeO<sub>2</sub> 및 15% Ni/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 촉매가 높게 나타났다. 또한, TGA 분석 결과에서 탄소침적에 의한 무게 손실은 15% Ni/CeO<sub>2</sub>가 가장 적었고 15% Ni/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>가 가장 많았다. 따라서, 제조된 촉매 중 복합 알케인 탄화수소 수증기 개질 반응에서 우수한 성능을 가진 촉매는 15% Ni/CeO<sub>2</sub>로 판단된다.

\*장원준, Tel:055-249-2247, E-mail: [wjjang@kyungnam.ac.kr](mailto:wjjang@kyungnam.ac.kr)

## Alumina Pellet 지지체 기반 Ni 촉매의 첨가제에 따른 암모니아 개질 특성

우진혁<sup>1</sup>, 김주언<sup>1</sup>, 손한동<sup>1</sup>, 이수철<sup>1\*</sup>, 김재창<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>경북대학교

### Ammonia reforming properties by the addition promoter to Alumina pellet based Ni catalyst

Jin Hyeok Woo<sup>1</sup>, and Ju En Kim<sup>1</sup>, Han Dong Son<sup>1</sup>, Soo Chool Lee<sup>1\*</sup> and Jae Chang Kim<sup>2\*</sup>  
<sup>1</sup>Kyungpook national university

수소로의 에너지 저장형태가 대두되면서 수소 생산 기술에 대한 연구가 되고 있다. 수소는 생산 방식에 따라 그레이수소(grey hydrogen), 블루 수소(blue hydrogen), 그린 수소(green hydrogen)로 분류된다. 그린 수소의 경우 물의 전기분해로부터 생산이나 촉매를 사용한 암모니아의 개질을 통해 수소를 생산하는 수소로 생산과정에서 이산화탄소의 발생이 없어 지구 환경의 부하를 제어하는 에너지 생산으로 주목받고 있다. 현재는 실제 공정에 사용하기 위한 저가형 암모니아 개질 촉매로 비귀금속계 중 가장 뛰어난 활성을 가진 Nickel 촉매를 기반으로 한 암모니아 개질 연구가 진행되고 있다. 이에 본 연구에서는 실제 대용량 공정에 사용하기 위해 Ni 촉매를 Alumina pellet 형태의 지지체에 담지 후 진행하였다. 이후 Ni/Alumina pellet 기반 촉매에 대한 암모니아 개질 반응의 활성 개선을 위해 Nickel 기반 촉매에 대해 여러 증진제(Promoter) 첨가에 따른 암모니아의 전환과 온도 영역의 변화에 대한 암모니아 개질 특성을 확인하고자 하였다.

#### 참고문헌

1. F DaWood, M Anda, GM Shafiullah, 'Hydrogen production for energy: An overview'," International Journal of Hydrogen Energy, 45, 3847-3869 (2019).
2. S.F Yin, B.Q Xu, X.P Zhou, C.T Au, 'A mini-review on ammonia decomposition catalysts for on-site generation of hydrogen for fuel cell applications', Trans. of the Korean Hydrogen and New Energy Society, 31, 8-22 (2019).

## 금속-유기 골격체를 활용한 이중구조의 황화코발트/니켈-철 이중층수산화물 수전해 촉매 연구

이윤재<sup>1</sup>, 박승근\*  
중앙대학교

수전해 반응은 음극에서의 수소 발생 반응 (Hydrogen evolution reaction, HER)과 양극에서의 산소 발생 반응(Oxygen evolution reaction, OER)이 일어난다. 각각에서 성능이 우수한 백금과 이리듐은 높은 가격과 낮은 안정성 등 많은 문제점이 존재한다. 수전해를 통한 효율적인 수소 생산을 위해서 지구에 풍부한 물질을 사용하여 효율적이면서 안정성이 높은 전기화학적 촉매의 개발이 필요하다. 본 연구에서는 니켈 폼을 기반으로 금속-유기 골격체를 활용한 속이 빈 황화코발트(cobalt sulfide)에 니켈-철 이중층수산화물 (Nickel-iron layered double hydroxide)을 전착시켜 이중구조의 알칼라인 수전해 전극(H-CoS<sub>x</sub>@NiFe LDH/NF)을 제조하였다. X-선 회절 분석과 투과 전자 현미경 등의 분석을 통해 전극의 합성 결과 및 구조적 특성을 확인하였다. 결과적으로 1000 mA cm<sup>-2</sup>의 전류밀도로 가동하였을 때 HER과 OER에서 각각 375, 418 mV의 낮은 과전압을 보여주었다. 또한 전체 수전해 반응에서 300 mA cm<sup>-2</sup>의 전류밀도로 가동하였을 때 1.98 V의 낮은 셀 전위를 나타내으며 100 시간 동안의 반응에서도 우수한 내구성을 보여주었다.

# 재생 가능 연료 및 소재

3월 24일(목) 15:30 - 17:30

웨스틴 조선 부산 호텔 회의실 2 (Tulip, Cosmos)

## Comparative Study of Lignocellulosic Co-production Strategies

Hyunwoo Kim, WangyunWon\*  
Kyung Hee University

In this study, we present five different co-production processes producing versatile platform chemical (furfural) and value-added commodity chemicals (1,5-pentanediol, adipic acid, and activated carbon) as well as bioplastic monomer (2,5-furandicarboxylic acid; FDCA) from lignocellulosic biomass. Energy and carbon flow analyses are performed to investigate the utility consumption and carbon efficiency per strategies. Heat and material balances calculated by process simulation are used for the techno-economic analysis (TEA) and life-cycle assessment (LCA). Through the TEA, we determine the minimum selling price of FDCA for the five strategies. We also quantify the environmental impact via LCA. Through the sensitivity analyses, we identify cost and environmental impact drivers and provide a guideline for future works and directions.

생체 적합성 공융용매를 이용, 형질전환 포플라나무로부터 바이오케미컬  
및 바이오연료 생산을 위한 원뿔 전환 공정

김광호<sup>1\*</sup>, 김낙균<sup>1</sup>, 이현주<sup>1</sup>, 이선미<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>한국과학기술연구원

**One-pot conversion of engineered poplar into biochemicals and biofuels  
using biocompatible deep eutectic solvents**

Kwang Ho Kim<sup>1\*</sup>, Nak-Kyoon Kim<sup>1</sup>, Hyunjoo Lee<sup>1</sup> and Sun-Mi Lee<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Korea Institute of Science and Technology

Within the framework of a sustainable bioeconomy, biorefineries are set to play a central role in decarbonizing our societies. A bioeconomy is defined as one wherein fuels, chemicals, and materials are derived from renewable resources.<sup>1</sup> Multidisciplinary approaches are needed to address the various technical and technoeconomic challenges that have hindered the development of sustainable biorefineries. Herein, we report on the one-pot conversion of transgenic poplar biomass into bioproducts using biocompatible deep eutectic solvents (DESs). Engineered poplar wood with elevated levels of cell-wall-bound *p*-hydroxybenzoate (*p*HB) was processed using choline chloride-glycerol (ChCl-Gly) and betaine-glycerol (Bet-Gly), two non-conventional solvent systems. A molecular engineering strategy that increased the abundance of terminal phenolic *p*HB groups on lignin resulted in transgenic poplar with reduced inherent recalcitrance. The engineered poplars, particularly those with the greatest levels of *p*HB, released more fermentable sugars and produced higher yields of bioethanol compared to wild-type trees following a one-pot treatment with ChCl-Gly. Equally important, the residual lignin was a rich source of alkylphenols upon hydrogenolysis, which highlights an additional opportunity for lignin valorization. Our findings show how integrating plant cell wall engineering and process consolidation using biocompatible DESs could enable the development of sustainable biorefineries that effectively utilize both carbohydrates and lignin.

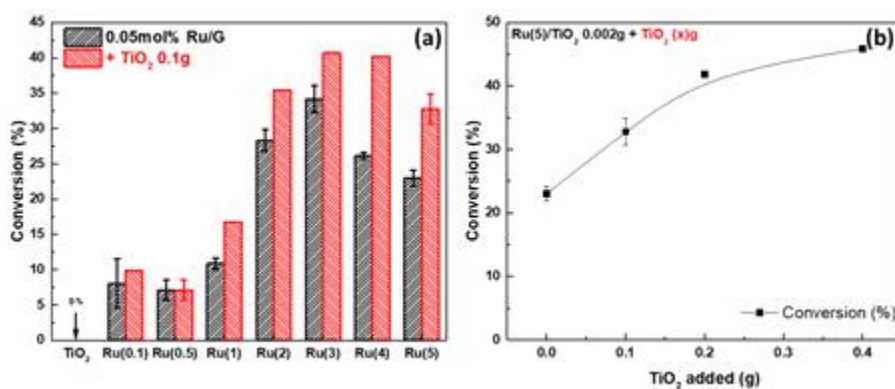
**References**

1. McCormick, K., and Kautto, N., "The bioeconomy in Europe: An overview," *Sustainability*, **5**(6), 2589-2608 (2013).
2. Kim, K. H., Eudes, A., Jeong, K., Yoo, C. G., Kim, C. S., Ragauskas, A., "Integration of renewable deep eutectic solvents with engineered biomass to achieve a closed-loop biorefinery", *PNAS*, **116**(28), 13816-13824 (2019).

## Enhancement in the metal efficiency of Ru/TiO<sub>2</sub> catalyst for guaiacol hydrogenation via hydrogen spillover in the liquid phase

Hyungjoo Kim<sup>1</sup>, Seungdo Yang<sup>1</sup>, Yong Hyun Lim<sup>1</sup>, Jaeha Lee<sup>1</sup>, Jeong-Myeong Ha<sup>2</sup>, Do Heui Kim<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>Seoul National University, <sup>2</sup>Korea Institute of Science and Technology (KIST)

In this study, systematic approach has been applied to elucidate the promotional effect achieved via hydrogen spillover in the liquid phase in the hydrogenation reaction of guaiacol, which was conducted using Ru/TiO<sub>2</sub> catalysts with various Ru loadings diluted with pristine TiO<sub>2</sub>. Ru was highly dispersed at low Ru loadings, while the dispersion gradually decreased with increasing loading, which induced the formation of Ru NPs in the high-Ru-loading catalysts. For the catalysts with Ru NPs, hydrogen spillover was activated at the reaction temperature of 100°C, and the spilt-over hydrogen on TiO<sub>2</sub> contributed additional active sites, which resulted in a significant enhancement in the metal efficiency. The optimal Ru loading was found to be 3wt.%, and the metal efficiency was deterred at higher Ru loadings owing to the decrease in dispersion, although this drawback was compensated when additional active sites are introduced by the incorporation of pristine TiO<sub>2</sub>. Based on the understanding the nature of hydrogen spillover, we anticipate these promotional effect in metal efficiency by utilizing hydrogen spillover could be applied to other biomass hydrogenation reactions.





## Techno-economic and Life Cycle Impact Assessments of Plastic Waste Chemical Recycling

Eprillia Intan Fitriasari<sup>a</sup>, Malik Sajawal Akhtar<sup>a</sup> and J. Jay Liu<sup>a\*</sup>

<sup>a</sup>Pukyong National University

The increasing production of plastic around the world has created global concerns about plastic pollution and environmental degradation. Recycling plastic waste to produce recycled monomers is one of the most sustainable solutions. In this study, we present process modeling, techno-economic, and life cycle impact assessments for Expanded Polystyrene (EPS) depolymerization-based recycling process and compare them with virgin styrene monomer production. The process model is validated by experimental results. The developed assessment approach is demonstrated in three case study based on the product purity and pre-processing treatment. A case study of high-purity recycled styrene monomer production, with a minimum selling price of \$1.65/kg, became the most economically feasible option. In comparison to the production of virgin styrene monomer, all of the case study have lower Global Warming Potential (GWP), with Case 1 being the most environmentally friendly with a GWP reduction of 72 %.

## A comprehensive study on the kinetic triplet and characteristics of products derived from co-pyrolysis of lignocellulosic biomass with plastics

Thuan Anh Vo<sup>1</sup>, and Seung-Soo Kim<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>*Department of Chemical Engineering, Kangwon National University,  
346 Joongang-ro, Samcheok, Gangwon-do 25913, Korea*

Co-pyrolysis of biomass with plastics has been an interesting research trend in improving both the yield and quality of oil product toward taking advantage of flexible material resources and sustainable fuel development. This study investigated the effect of temperature and biomass/plastic ratio on characteristics of co-pyrolysis of biomass (bamboo and oak wood) with plastics (polypropylene [PP] and polystyrene [PS]) using a fixed-bed reactor. The kinetic triplet for feedstocks was perfectly identified using the isoconversional method, compensation effect, and master plot method on the basis of thermogravimetric analysis. The addition of 20 wt% plastics into biomass decreased the latter's activation energy, with the most distinct positive synergistic effect for the bamboo/PS blend. Also, improvements in the liquid yield and higher heating value (HHV) compared with those of individual biomass were observed when using additive plastics. The co-pyrolysis of biomass with plastics decreased the release of CO and CO<sub>2</sub> and increased the content of the aliphatic and aromatic hydrocarbons in oil product. The synergism in the co-pyrolysis was also indicated because of the difference in the real and theoretical yields of the products, especially for biomass/PS blends. Co-pyrolysis chars had the great HHVs in the range 30.73-32.41 MJ/kg and thus they can be applied as the solid fuel.

### References

1. Brebu, M., Ucar, S., Vasile, C., Yanik, J., "Co-pyrolysis of pine cone with synthetic polymers", *Fuel*, **89**(8), 1911–1918 (2010).
2. Martínez, J. D., Veses, A., Mastral, A. M., Murillo, R., et al., "Co-pyrolysis of biomass with waste tyres: Upgrading of liquid bio-fuel", *Fuel Process. Technol.*, **119**, 263–271 (2014).

## Green hydrogen delivery via multiple liquid carriers-An economic perspective

Malik Sajawal Akhtar<sup>1</sup>, Rofice Dickson<sup>2</sup>, JayLiu<sup>1,\*</sup>

<sup>1,\*</sup>Department of Chemical Engineering, Pukyong National University, Busan, Korea

<sup>2</sup>Department of Chemistry & Chemical Engineering, SBA School of Science and Engineering, Lahore University of Management Sciences (LUMS), Lahore, Pakistan

Green hydrogen is a potential viable option for mitigating fossil fuel dependency while still adhering to strict environmental regulations in the current era of climate change and depleting fossil fuel resources. As a global carbon neutrality goal becomes increasingly evident, green hydrogen is increasingly recognized as one of the best options, but its low volumetric density poses a significant challenge that need to be addressed in order to develop a green hydrogen delivery infrastructure globally. However, storing hydrogen in other chemicals such as Liquid Organic Hydrogen Carriers (LOHCs) and liquid ammonia can be a potential solution to address the issue. Therefore, this study presents an economic assessment of six hydrogen carriers infrastructures: (a) Liquid hydrogen; (b) LOHCs (methanol, di-benzyl toluene, and methylcyclohexane); (c) liquid ammonia, and (d) synthetic natural gas (SNG). The results show that liquid ammonia is the best carrier followed by methanol for long term storage and transportation of hydrogen. The levelized cost of hydrogen was found to be \$ 8.31/kg and \$ 9.24/kg for ammonia and methanol, respectively.

# 탈황-탈질

3월 24일(목) 15:30 - 17:30

웨스틴 조선 부산 호텔 회의실 3 (Violet)

## 복합탈질 기술(SNCR-SCR) 적용공정에서 환원제(NH<sub>3</sub>) 주입조건에 따른 대기오염물질 거동 평가

오제범<sup>1\*</sup> · 윤선정<sup>1</sup> · 신지선<sup>1</sup> · 윤성훈<sup>1</sup> · 최정화<sup>1</sup> · 안성태<sup>1</sup> · 정지태<sup>1</sup> · 김한<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>한국환경공단 수도권서부환경본부

### Evaluation of the effect of Ammonia injection condition in the De-NO<sub>x</sub> system (SNCR-SCR) on the emission of air pollutants

Jebeom Oh<sup>1\*</sup> · Sunjeong Yun<sup>1</sup> · Jisun Shin<sup>1</sup> · Sunghun Yoon  
 Jeonghwa Choe<sup>1</sup> · Sungtae An<sup>1</sup> · Jitae Jung<sup>1</sup> · Han Kim<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Korea Environment Corporation Department of Environment Management HQ of Western Metropolitan Area

대기오염물질 배출시설(폐기물처리시설 등)은 「대기관리권역의 대기환경 개선에 관한 특별법」 및 「환경오염시설의 통합환경관리에 관한 법률」(이하 「통합법」) 시행으로 배출허용 총량 및 기준이 점점 강화되고 있다. 특히 「통합법」에서 폐기물처리시설의 질소산화물 배출허용기준은 25.0ppm~70.0ppm(O<sub>2</sub>=12%)으로, 「대기환경보전법」보다 낮아(70.0ppm~90.0ppm, O<sub>2</sub>=12%), 배출허용기준 준수를 위한 다양한 기술도입을 검토하고 있다. 과거의 경우 폐기물처리시설의 탈질 기술은 SNCR(Selective Non Catalytic Reactor) 또는 SCR(Selective Catalytic Reactor)을 선택적으로 적용하였으나 최근의 기술 동향은 복합탈질장치(SNCR-SCR)를 적용하는 사례가 증가하고 있다. 상기의 기술은 환원제[NH<sub>3</sub>, (NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>CO]를 이용하여 질소산화물을 환원(N<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O)시키는 원리이나, 과량 사용 시 미반응 환원제가 배출되어(Slip) 대기오염 유발은 물론 대기 중 질소산화물과 반응하여 미세먼지가 생성되는 원인물질로 작용하기 때문에 환원제 주입량에 대한 세심한 주의가 요구된다.

본 연구는 복합탈질 기술(SNCR-SCR)이 적용된 생활폐기물 소각시설에서 연소실의 질소산화물 발생농도(평균 80.3ppm)를 고려한 환원제 주입량을 계산하여(약 1.82kg/hr, 당량 비(NH<sub>3</sub>/NO → 1.2:1) 탈질장치별에 환원제 주입조건에 따른 공정별 탈질 효율, 복합탈질 효율 및 미반응 환원제 농도를 분석하여 대기오염물질 배출량(질소산화물, 암모니아)을 최소화할 수 있는 운전조건을 파악하고자 하였다.

Table 1. 대기오염물질 거동 평가를 위한 운전조건

	구 분	SNCR	SCR
실험조건	배출가스 유량 (CMM)	228.3	
	연소실의 질소산화물 발생농도 (ppm, kg/hr)	80.3 (1.51)	
	환원제(NH <sub>3</sub> ) 요구량 (kg/hr)	1.82 (당량비 1.2 : 1)	
환원제 주입조건 (%, kg/hr)	운전조건 A (13:35 ~ 14:05)	100.0 (1.82)	0.0 (0.00)
	운전조건 B (14:20 ~ 14:50)	70.0 (1.27)	30.0 (0.55)
	운전조건 C (17:00 ~ 17:30)	50.0 (0.91)	50.0 (0.91)
	운전조건 D (17:45 ~ 18:15)	30.0 (0.55)	70.0 (1.27)

※ 환원제(NH<sub>3</sub>) 조건 : 25%, 0.9 kg/Liter

\* Corresponding author

Tel : +82-2-3153-5460 E-mail : ohjebm@keco.or.kr

연구 결과로, 환원제 주입조건이 각각 SNCR 70.0% vs SCR 30.0% 및 SNCR 50.0% vs SCR 50.0% 일 때 복합탈질 효율은 각각 68.9%, 68.8%이고, 배출구의 암모니아는 각각 0.7ppm, 5.2ppm으로 해당 물질 배출허용기준(16.0ppm)보다 낮은 농도로 배출되는 결과를 확인할 수 있었다. 반면 환원제를 SNCR에 100.0% 주입한 조건의 복합탈질 효율은 47.0%로, 실험조건 중 가장 낮은 탈질 효율로 나타났다. 일반적으로 SCR은 SNCR보다 탈질 효율이 우수하다고 알려져 있으나 SCR의 탈질 효율이 24.0%로 낮은 원인은 SCR에 환원제가 공급되지 않은 운전조건과 SNCR에 당량비를 고려한 환원제를 주입하여 미반응 환원제가 SCR에 유도되는 운전 여건을 기대하였으나(복합탈질공정의 일반적인 운전조건) 공정(Boiler, S DA, BF 등)을 거치면서 상당량의 환원제가 소실된 것으로 판단된다. 또한 SNCR 30.0% vs SCR 70.0% 일 때 복합탈질 및 SCR의 탈질 효율은 각각 76.1% 및 62.8%로, 모든 조건에서 가장 높은 운전효율을 보이거나 배출구에서 암모니아가 13.5ppm으로 검출되어 적절한 운전조건이 확보되지 않을 경우 배출허용기준(16.0ppm 이하)을 초과할 우려가 있는 것으로 판단된다.

Table 2. 탈질공정별 환원제(NH<sub>3</sub>) 주입조건에 따른 대기오염물질 거동 결과

구 분	NOx발생 농도 (ppm)	대기오염물질(NOx, NH <sub>3</sub> ) 측정결과 (ppm, 평균, O <sub>2</sub> = 12%,)						복합 탈질효율 (%)
		SNCR			SCR			
		단위공정		단위공정		단위공정		
		NOx	NH <sub>3</sub>	NOx	NH <sub>3</sub>	NOx	NH <sub>3</sub>	
		탈질효율(%)		탈질효율(%)				
운전조건 A	80.3	56.0	8.7	30.2	42.6	0.2	24.0	47.0
운전조건 B		49.5	1.9	38.3	25.0	0.7	49.5	68.9
운전조건 C		54.1	1.2	32.6	25.1	5.2	53.7	68.8
운전조건 D		51.5	0.2	35.8	19.1	13.5	62.8	76.1

본 연구의 결론으로, 복합탈질 기술(SNCR-SCR) 적용 공정에서 환원제를 SNCR에 전량 공급한 조건의 복합탈질 효율은 47.0%로 낮게 나타났고, SNCR 및 SCR에 각각 30.0%, 70.0%로 주입한 조건의 복합탈질 효율은 76.1%로 가장 높게 나타났으나 배출구에서 암모니아가 높게 검출되었다. 따라서 복합탈질 기술이 적용된 공정은 연소실의 질소산화물 발생농도 및 탈질장치의 운전 특성 등을 고려한 환원제 공급 비율은 탈질공정별 가변적인 주입조건(50%~70%)에서 대기오염물질배출량이 낮음을 알 수 있었다.

## References

1. Appl. Chem. Eng., Vol. 22, No.6, December 2011, 658-663. Nitrogen Oxides Removal Characteristics of SNCR-SCR Hybrid System.
2. Trans. Korean Soc. Mech. Eng. B, Vol. 39, No. 1, pp. 1~9, 2015. Development and Validation of Urea-SCR Control-Oriented Model for NOx and NH<sub>3</sub> Slip Reduction.

## Nitric Oxide Removal by Ferrous EDTA Complex and Regeneration of Ferrous EDTA Complex

Yoon Hee Kim, Na Yeon Kim, Ji Yull Kim, Dong Seop Choi, Dong Hun Lee, Eun Ju Yoo,  
Young Eun Kim, Han Gyeom Son, JiBongJoo\*  
Department of Chemical Engineering, Konkuk University

In modern society, air pollution is becoming more serious due to the air pollutant generated from combustion of fossil fuels. Among the substances that cause air pollutant, nitric oxide (NO) is known to have an adverse effect on the environment, and it resulted acid rain and photochemical smog. Thus, NO must be removed before it is released into atmosphere. In this study, we remove NO at low temperature using metal complex wet absorption method and regenerate the metal complex for effective process. In order to increase the low solubility of NO, it was directly absorbed using Fe (II) EDTA. However, Fe (II) EDTA-NO and Fe (III) EDTA oxidized by air cannot have the ability to absorb NO. Thus, we increased the NO absorption efficiency by regenerating Fe (II) EDTA-NO using three reducing metal agent (Zn, Fe, Mg). We confirmed that Fe (II) EDTA shows not only high NO absorption efficiency at low temperature but also zinc metal shows excellent regeneration performance within a short period.

### Acknowledgement

This work was conducted under the framework of the research and development program of the Korea Institute of Energy Research (C2-2428).

This work was supported by the Korea Ministry of Environment as Waste to Energy-Recycling Human Resource Development Project (YL-WE-21-001).

### References

1. Zhu, H., Nie, Z.L; Wang, J., Bai, H.; Li, Y., and Guo, Q., "Experimental Study on Denitration Performance of Iron Complex Based Absorption Solutions and Their Regeneration by Zn," Energy Fuels, 33, 8998-9003(2019).
2. Suchecki, T. T., Mathews, B., Augustyniak, A. W., and Kumazawa, H., "Applied Kinetics Aspects of Ferric EDTA Complex Reduction with Metal Powder," Ind. Eng. Chem. Res, 53, 14234-14240(2014).

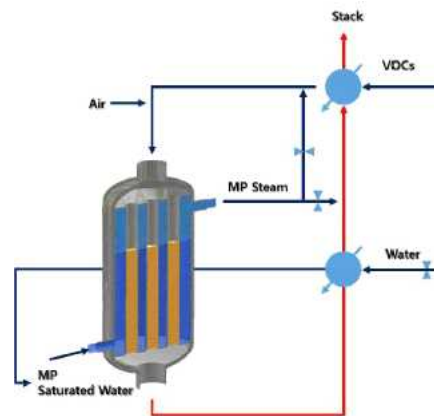
## 석유화학공정 휘발성유기화합물의 질소산화물 저감을 위한 촉매연소 공정 효율 최적화

김진호, 김현지, 김효식, 김지현, 류재홍, 강석환<sup>2)</sup>  
고등기술연구원

### Optimization of catalytic combustion process efficiency to reduce nitrogen oxides of volatile organic compounds in petrochemical processes

Jin-ho Kim, Hyun-Ji Kim, Hyo-sik Kim, Ji hyeon Kim, Jae-Hong Ryu, Suk-Hwan Kang\*,  
<sup>1</sup>Institute for Advanced Engineering (IAE)

석유화학공정에서 발생하는 휘발성유기화합물(VOC)은 공정의 규모와 운전조건에 따라 VOC의 농도가 큰 편차를 보이고 있으며, 기존 VOC 처리기술은 RTO(Regenerative Thermal Oxidizer)를 사용한 연속식 축열산화방식이 대부분 이었다. 하지만 고온으로 유지하면서 완전제거가 목적이기 때문에 추가적인 보조연료와 질소산화물 발생이 필연적이고, 일부 고농도 VOC가 유입될 경우 CO가 발생하기도 한다. 그리고 규제치 이상의 질소산화물을 처리하기 위한 별도의 질소산화물 저감설비가 반드시 필요하다. 따라서, 본 연구에서는 촉매산화방식으로 석유화학공정의 유기화합물을 연속으로 제거하면서도 질소산화물을 저감하는 RCO(Regenerative Catalytic Oxidizer) 방식으로 여러 가지 촉매와 운전조건에 따른 case study를 수행하였다.



촉매연소 공정의 운전 개념도

키워드 : 휘발성유기화합물, 촉매산화반응, 연소반응, 미세먼지 저감, 공정모사

#### 사사

이 연구는 2021년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임 (20015460).

\*\* Corresponding Author(Suk-Hwan Kang) : Phone: +82-31-330-7880; E-mail: shkang@iae.re.kr



## Co 및 Mo 기반 촉매-흡수제의 H<sub>2</sub>S 및 NH<sub>3</sub> 동시 제거에 대한 CoAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 첨가 영향

우진혁<sup>1</sup>, 손한동<sup>1</sup>, 김주언<sup>1</sup>, 이수철<sup>1\*</sup>, 김재창<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>경북대학교

### Effect of CoAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> addition on the simultaneous removal of H<sub>2</sub>S and NH<sub>3</sub> in Co and Mo based catal-sorbents

Jin Hyeok Woo<sup>1</sup>, Han Dong Son<sup>1</sup>, Ju Eon Kim<sup>1</sup>, Soo Chool Lee<sup>1\*</sup> and Jae Chang Kim<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>Kyungpook national university

SO<sub>2</sub> 제거를 목적으로 하는 촉매-흡수제의 경우 대부분 고농도의 산업용으로 주로 고온 영역에서 사용된다. 또한 산화촉매와 금속산화물 흡수제를 이용하여 제거하는 방법이 있다. SO<sub>2</sub>가 SO<sub>3</sub>로 전환되기 위한 온도는 1000°C가량 되며 산화촉매를 사용할 경우 400~700°C에서도 가능하다. 산화촉매가 적용된 금속산화물 흡수제는 400°C이상에서 사용이 가능하나 다른 건식흡수방법에 비하여 제거율이 매우 높은 장점이 있다. 본 연구에서는 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(CMA), SiO<sub>2</sub>(CMS), ZrO<sub>2</sub>(CMZ) 등의 다양한 지지체에 Co-Mo계 촉매-흡수제를 함침법으로 제조하여 H<sub>2</sub>S와 NH<sub>3</sub> 가스의 동시 제거를 진행하였다. 650°C에서 NH<sub>3</sub> 존재 하에 모든 촉매-흡수제는 유사한 황 제거 능력을 보였다. 그러나 CMA 촉매-흡수제는 H<sub>2</sub>S 흡수 동안 우수한 NH<sub>3</sub> 분해 능력을 보였다. 모든 촉매-흡수제는 H<sub>2</sub>S 흡수의 주요 활성 부위인 CoMoO<sub>4</sub>를 형성했다. CMA 촉매-흡수제에서는 CoAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>가 관찰되었고, 저온에서 NH<sub>3</sub>에 의해 환원이 되며 이는 H<sub>2</sub>S 흡수 과정에서 촉매-흡수제의 NH<sub>3</sub> 분해능을 향상시키는 효과를 나타낸다. 이를 통해 H<sub>2</sub>S 및 NH<sub>3</sub>의 동시 제거 능력을 향상시키기 위해 알루미늄 촉진 Co-Mo-Al 기반 촉매 흡착제(CMAS 및 CMAZ)를 새로 제조하였다. CMAS와 CMAZ 촉매-흡수제의 NH<sub>3</sub> 분해능은 CMS와 CMZ에 비해 안정성이 증가하였으며, NH<sub>3</sub>와 H<sub>2</sub>S 동시 제거 효율이 5 Cycle 동안 유지됨을 보였다.

#### 참고문헌

1. S.Y Jung, S.J. Lee, T.J Lee, 'H<sub>2</sub>S removal and refeneration properties of Zn-Al-based sorbents promoted with various promoters.', Catal. Today, 111, 217-222 (2006).
2. E.A. Raul, S.F. Alan, L.S.H. Stephenm, J.N. David, 'Staged catalytic ammonia decomposition in integrated gasification combined cycle systems', US Patent, 5912198, (1999).

# 신진연구자

3월 24일(목) 09:30 - 11:30

웨스틴 조선 부산 호텔 회의실 3 (Violet)

## 박테리아를 포함한 복합체 설계 및 이를 이용한 슈퍼커패시터 전극 응용

이광세<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>경남정보대학교

### Design of bacteria based composites for supercapacitor electrodes

Kwang Se Lee<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Advanced Materials & Chemical Engineering, Kyungnam College of Information & Technology, 45 Jurye-ro, Sasang-gu, Busan, South Korea

Bacteria can be used not only carbon-based materials but also electrode materials for supercapacitors because they contain heteroatoms which has been shown to enhance electrochemical performance. Bacteria encompass a myriad of prokaryotic microbes which have a strong cell wall which protects the bacterial cells from the outside environment [1,2]. Besides, bacteria can be produced in large quantities at very low costs since they are a natural resource and as such bacteria-derived electrode materials are promising. Also, the nitrogen atom introduced by the bacteria, causes carbon-based electrode to have pseudocapacitive behavior In this study, we demonstrated the fabrication of bacteria-doped material for use as supercapacitor electrodes [3-6]. This simple and environmentally friendly method of making supercapacitor electrodes is a gateway to a sustainable preparation of functional materials.

#### References

1. Scheffers, D. J., and Pinho, M. G., Williams, A. C., “Bacterial Cell Wall Synthesis: New Insights from Localization Studies”, *Microbiol. Mol. Biol. Rev.*, 69, 585-607 (2005).
2. Beveridge, T. J., “Structures of Gram-Negative Cell Walls and Their Derived Membrane Vesicles”, *J. Bacteriol.*, 181, 4725-4733 (1999).
3. Lee, K. S., “Towards high performance of supercapacitor: New approach to design 3 D architected electrodes with bacteria”, *Ind. Eng. Chem.*, 78(1), 232-238 (2019).
4. Lee, K. S., “New design for Polyaniline@ Multiwalled carbon nanotubes composites with bacteria doping for supercapacitor electrodes”, *polymer*, 210, 123014-123021 (2020).
5. Lee, K. S., “Novel structure of bacteria doped ZnO particles: Facile and green synthesis route to prepare hybrid material for supercapacitor electrodes”, *Ind. Eng. Chem.*, 97, 250-255 (2021).
6. Lee, K. S., “Nature inspired approach to mimic design for increased specific capacitance as supercapacitor electrodes”, *J. Colloid Interface Sci.*, 592(15), 42-50 (2021).

유기 염료 감응 그래핀 하이브리드 복합 재료를 이용한 반구형 광검출기  
어레이의 프랙탈 웹 디자인

이은광<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>부경대학교

**Fractal Web Design of Hemispherical Photodetector Array with Organic  
Dye-Sensitized Graphene Hybrid Composites**

Eun Kwang Lee<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>Pukyong National University

The vision system of arthropods consists of a dense array of individual photodetecting elements across a curvilinear surface. This compound-eye architecture could be a useful model for optoelectronic sensing devices that require a large field of view and high sensitivity to motion. Strategies that aim to mimic the compound-eye architecture involve integrating photodetector pixels with a curved microlens, but their fabrication on a curvilinear surface is challenged by the use of standard microfabrication processes that are traditionally designed for planar, rigid substrates (e.g., Si wafers). Here, a fractal web design of a hemispherical photodetector array that contains an organic-dye-sensitized graphene hybrid composite is reported to serve as an effective photoactive component with enhanced light-absorbing capabilities. The device is first fabricated on a planar Si wafer at the microscale and then transferred to transparent hemispherical domes with different curvatures in a deterministic manner. The unique structural property of the fractal web design provides protection of the device from damage by effectively tolerating various external loads. Comprehensive experimental and computational studies reveal the essential design features and optoelectronic properties of the device, followed by the evaluation of its utility in the measurement of both the direction and intensity of incident light.

참고문헌

1. Lee, E. K. *et al.* Fractal Web Design of Hemispherical Photodetector Array with Organic Dye-Sensitized Graphene Hybrid Composites. *Adv. Mater.* **32**, 2004456, doi:10.1002/adma.202004456 (2020).

## 배치 탈리그닌 공정에서의 멀티스케일 모델링 및 예측 제어 기법 적용

손상환<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>부산대학교

### Application of multi-scale modeling and predictive control to a batch delignification process

Sang Hwan Son<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>Pusan National University

Kraft pulping is one of the most industrial processes in pulp production field. During Kraft pulping, lignin in wood chip is removed by chemical reaction with alkali solution called white liquor. Recently, it has been found that microscopic attributes of fibers (e.g., porosity, cell wall thickness (CWT), and fiber length) also considerably affect the properties of paper products. To this end, additional modeling studies have been performed to describe the evolution of these microscopic attributes of fibers as well as the macroscopic characteristics in pulp digesters [1]. Based on previous studies, a multi-scale model for batch delignification process is developed to track the evolution of macroscopic properties of each phase with the extended Purdue model and microscopic attributes of fibers with the kinetic Monte Carlo (kMC) model [2]. Then, an offset-free model-predictive control system is designed and implemented to a delignification process for pulp manufacturing to achieve the desired level of delignification and CWT value. The closed-loop numerical experiment demonstrated that the implemented control system properly drove the Kappa number and CWT to their set-points under plant-model mismatch and additionally introduced process disturbance [3].

#### 참고문헌

1. Choi, H. K., & Kwon, J. S. I. (2019). "Modeling and control of cell wall thickness in batch delignification." *Computers & Chemical Engineering*, 128, 512-523..
2. Son, S. H., Choi, H. K., & Kwon, J. S. I. (2020). "Multiscale modeling and control of pulp digester under fiber-to-fiber heterogeneity." *Computers & Chemical Engineering*, 143, 107117.
3. Son, S. H., Choi, H. K., & Kwon, J. S. I. (2021). "Application of offset-free Koopman-based model predictive control to a batch pulp digester." *AIChE Journal*, 67(9), e17301.

## 알루미나 기반 촉매의 금속-담체 상호작용과 촉매특성 이해

이재경<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>부경대학교

## Understanding the Metal Support Interaction and Catalytic Properties of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-based Catalysts

Jaekyoung Lee<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>Pukyong National University

Metal support interaction between the catalytic active phases (Pt, Pd, etc.) and support (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) is important for the physicochemical properties and activity of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-based heterogeneous catalysts, which have been utilized in petrochemistry and automotive exhaust emission controls, etc. However, it has been challenging to understand the metal support interaction of alumina based catalysts due to complexity of surface properties of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. The complexity originates from debates on the crystal structure, mixed factors, and the absence of sensitive characterization tools. In this talk, we study which factors decide the surface properties of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> based on controlled Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (morphology, crystalline phase, and additives) [1]. Furthermore, we investigate how these surface properties of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> affect the interaction with the active phase (transition metal: Pt) [2]. Finally, in the case of CH<sub>4</sub> oxidation for natural gas vehicles (NGV), how controlling the metal support interaction improves the catalytic behavior of PdPt/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalysts will be introduced [3].

### 참고문헌

1. Lee, J., Jang, E. J., Kwak, J.H.\*, "Acid-base properties of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: Effects of morphology, crystalline phase, and additives," *J. Catal.* **345**, 135-148 (2017).
2. Lee, J., Jang, E. J., Oh, D.G., Szanyi, J., Kwak, J.H.\*, "Morphology and size of Pt on Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: The role of specific metal-support interactions between Pt and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>," *J. Catal.* **385**, 204-212 (2020).
3. Lee, J., † Kim, M.Y. †, Jeon, J.H., Lee, D.H., Rao, K.N., Oh, D.G., Jang, E.J., Kim, E., Na, S.C., Han, H.S.\*, Kwak J.H., († equal contribution) "Effect of Pt pre-sintering on the durability of PtPd/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalysts for CH<sub>4</sub> oxidation," *Appl. Catal., B*, **260**, 118098 (2020).

## 디지털트윈 및 머신러닝 기법을 통한 액화천연가스 추진선의 제어 파라미터 최적화

이인규<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>부산대학교

### Optimization of the Control Parameters of LNG Fuelled Ship: Digital Twin and Machine Learning-based Approach

Inkyu Lee<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Pusan National University

전 세계적으로 환경규제가 강화됨에 따라, 화석연료 중 가장 친환경적인 액화천연가스(LNG; Liquefied Natural Gas) 수요가 급증하고 있다 [1]. 특히 국제해사기구(IMO; International Maritime Organization)에서 해상에서의 대기오염물질 방출 기준을 강화함에 따라 선박의 연료로 LNG가 각광받고 있다 [2]. LNG를 선박의 연료로 사용하기 위해서는 가압 및 기화를 통해 엔진에 공급하기 적절한 조건을 만족시켜줘야 한다. 선박은 운항조건에 따라 요구되는 연료의 양이 시시각각 변할 수 있다는 특징을 가지므로 빠른 제어가 가능해야 한다. 또한, LNG연료를 사용하는 경우 고압으로 엔진에 연료를 공급해야 하는 특징을 가지므로 압력의 overshoot이 크게 발생하지 않으면서 운전이 안정적이어야 한다는 제약조건도 존재한다. 이에 본 연구는 LNG 추진선의 빠르고 안정적인 제어가 가능하도록 FGSS(Fuel Gas Supply System) 제어 파라미터 최적화를 수행하였다. 먼저, 가상의 동적 시뮬레이션 모델을 개발하고 실제 운전 데이터와의 비교를 통해 신뢰도 높은 디지털트윈 모델을 개발하였다. 개발한 디지털트윈 모델로부터 넓은 운전범위의 가상의 빅데이터를 생성하고, 빅데이터를 학습시켜 머신러닝 모델을 구축하였다. 개발한 머신러닝 모델에 인공지능 기반 최적화 모델을 적용하여 최적의 제어 파라미터를 도출하였다. 디지털트윈 및 머신러닝 기법을 적용한 제어 파라미터 최적화 연구는 LNG 추진선 뿐 아니라 다양한 화학공정에도 적용 될 수 있으며, 공정기술의 4차 산업에 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

#### 참고문헌

1. Park, J., You, F., Mun, H., and Lee, I., "Liquefied natural gas supply chain using liquid air as a cold carrier: Novel method for energy recovery," *Energy Conv. Manage.*, **227**, 113611 (2021).
2. Kwak, D. H., Heo, J. H., Park, S. H., Seo, S. J., and Kim, J. K. "Energy-efficient design and optimization of boil-off gas (BOG) re-liquefaction process for liquefied natural gas (LNG)-fuelled ship." *Energy*, **148**, 915-929 (2018).

## Uranium adsorption using 3D-graphene oxide coated with UIO-66: Batch and column experiments

Choong Choe Earn<sup>1,2</sup>, Kientiek Wong<sup>1,2</sup>, Soek Byum Jang<sup>1,2</sup>, So Yeon Yoon<sup>1,2</sup>, Abd Rahman Nurhaslina<sup>1,2</sup>, Min Ji Kim<sup>1,2</sup>, Min Jang<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Kwangwoon University, 20, Gwangun-ro, Nowon-gu, Seoul, 01897, Republic of Korea

<sup>2</sup>Plasma Bioscience Research Center, Kwangwoon University

In this study, we prepared 3D-graphene oxide (GO) via GO implanted on melamine resin-sphere (MR) templating method and further coated with one of the popular metal-organic framework (MOF), UIO-66 for Uranium (U) removal experiments using actual groundwater at neutral pH. Firstly, we optimized the ratio between MR ratio and GO mass for U removal from the isotherm experiments. As a result, the 1:1 doping ratio between MR and GO (namely 3D-GO) achieved the highest U removal efficiencies. Further, 5, 10, and 15% of UIO-66 by weight of 3D-GO was doped on 3D-GO, namely 3D-GO/UIO-66<sub>5</sub>, 3D-GO/UIO-66<sub>10</sub>, and 3D-GO/UIO-66<sub>15</sub>, respectively. The U adsorption capacities calculated by Langmuir isotherms were 154.72, 367.15, 310.85, 375.51, and 181.23 for 3D-GO, UIO-66, 3D-GO/UIO-66<sub>5</sub>, 3D-GO/UIO-66<sub>10</sub>, and 3D-GO/UIO-66<sub>15</sub>, respectively. Among granular materials, 3D-GO/UIO-66<sub>10</sub> showed the highest U removal efficiency. In addition, 3D-GO/UIO-66<sub>10</sub> can be regenerated well up to 5 cycles with 89% of U removal capacities using the combination of Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> reagent. An up-flow column experiment investigated the effect of empty bed contact time (EBCT) on U removal using 3D-GO/UIO-66<sub>10</sub>. The column experiment results further fitted into Thomas and Yoon-Nelson models. The granular-sized 3D-GO/UIO-66<sub>10</sub> revealed a high potential for U-containing water treatment due to its high removal capacities and selectivity.

### References

1. J. Ma, Y. Zhang, R. N. Collins, S. Tsarev, N. Aoyagi, A. S. Kinsela, A. M. Jones, and T. D. Waite, Flow-Electrode CDI Removes the Uncharged Ca-UO<sub>2</sub>-CO<sub>3</sub> Ternary Complex from Brackish Potable Groundwater: Complex Dissociation, Transport, and Sorption, *Environmental Science & Technology*, 53: 2739-2747 (2019).



## Fabrication of 3D structured TiO<sub>2</sub> catalyst based on extrusion processes of paste

Ye Eun Kim<sup>1,2</sup>, and ManSigLee<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Korea Institute of Industrial Technology (KITECH), <sup>2</sup>Korea University

TiO<sub>2</sub> has gained tremendous attention in the last decades due to its large surface area, photosensitivity, nontoxicity, chemical reduction. 3D printing technology has become a powerful tool to produce structures in many types of applications. In particular, catalytic and photocatalytic reactors have gained much attention in this field and are developing rapidly. Additive manufacturing opens the door to the fabrication of self-supported, three-dimensional (3D) substrates with a regular and periodic porous network that maximizes the surface areas, allows the homogeneous flow of fluids, minimizes the dead volume of the catalytic reactor, and avoids pressure drops, especially in the fixed bed reactor. The emergence of 3D printing technology brings the way to the preparation of new and complex structures that could enhance and open new opportunities in the field of photocatalytic reactors. Herein, we investigated additive manufacturing of TiO<sub>2</sub> catalyst based on the extrusion processes of paste.

### References

1. Elkoro, A., Soler, L., Llorca, J., and Casanova, I., "3D printed microstructured Au/TiO<sub>2</sub> catalyst for hydrogen photoproduction", *Appl. Mater. Today*, **16**, 265-272 (2019).
2. Grandcolas, M. and Lind, A., "3D-printed polyamide structures coated with TiO<sub>2</sub> nanoparticles, towards a 360-degree rotating photocatalytic reactor", *Mater. Lett.*, **307**(15), 131044 (2022).

## Spray printing 공정 적용 새로운 에너지 저장장치 전극 구조 개발

이상호<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>부경대학교

### Development of the Smart Architecture Electrodes for Use in Electrochemical Energy Storage devices

Sang Ho Lee<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>Pukyong National University

본 연구에서는 이차전지 전극 제조 분야에서 비교적 널리 알려지지 않은 “spray printing” 공정을 활용하여 새로운 전극 구조를 개발하였다.  $\text{TiO}_2(\text{B})$ ,  $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$  등의 고출력 전극 활물질 및 Si,  $\text{SnO}_2$  등의 고용량 전극 활물질을 활용하여, 고출력 전극 활물질로 구성된 전극층 및 고용량 전극 활물질로 구성된 전극층 등이 서로 순차적으로 적층된 다층구조 전극을 성공적으로 개발하였다. 개발된 다층구조 전극은 리튬이온 이차전지 및 리튬이온 캐패시터 등에 적용되어 리튬이온 저장용량 및 고속 충방전 성능 향상에 크게 기여하였다. 이와 더불어, spray printing 공정을 활용하여 집전체 위에 직접 별집형태의 다공성 전극 구조 개발 역시 성공하였다. 다공성 전극 구조는 리튬이온 이차전지의 전극으로 적용되어 급속 충전 성능을 크게 향상시켰다. 더 나아가, spray printing 공정으로 제조된 전극 구조는  $20 \times 20 \text{ cm}^2$  대면적으로 확대될 수 있으며, 집전체 양면 코팅 역시 가능하다.

# 특별세션 I

## 이산화탄소 자원화 규제자유특구

3월 24일(목) 09:30 - 11:50

웨스틴 조선 부산 호텔 회의실 2 (Tulip, Cosmos)

## 이산화탄소 자원화 규제자유특구 소개와 현황

송호준, 류영복, 박현식, 김경호, 강조홍, 황선엽  
한국생산기술연구원

### Ulsan Carbon Dioxide Upcycling Regulation Free Zone

Hojun Song, Youngbok Ryu, Hyun Sic Park, Kyeong Ho Kim, Jo Hong Kang, Sun-Yup Hwang  
Korea Institute of Industrial Technology

울산광역시는 인구 1인당, 제조업 단위면적당 온실가스배출량이 국내 1위인 명실상부한 산업수도이다. 아울러 관내에 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)를 활용한 제조업 기반과 기술보유 기관과 기업이 포진해 있어서 관련 사업을 실증해 보기에 최적의 입지를 갖고 있다. 이에 2021년부터 2년간 중소벤처기업부와 울산광역시의 지원으로 “이산화탄소 자원화 규제자유특구”를 지정받아 울산광역시, 한국생산기술연구원을 비롯한 15개 사업자가 본 사업을 운영하고 있다. 본 사업에서는 폐기물관리법 제25조에 의해 배기가스 중 CO<sub>2</sub>를 포집하며 생성되는 “이산화탄소전화탄산화물”이라는 폐기물로 분류되고 있는 탄산칼슘(CaCO<sub>3</sub>)을 활용하여, 다양한 건설소재와 화학소재로 제품화 및 현장실증을 추진하고 있다. 이산화탄소 전환탄산화물은 본래 지정된 폐기물처리업자만 수송, 재활용할 수 있었으나, 본 특구에서는 지정된 기간, 면적, 계획, 부대조건 내에서 15개 특구사업자가 이를 자유롭게 활용할 수 있는 특례를 부여 받았다. 아울러, 소각장 배기가스 내 CO<sub>2</sub>를 이용하여 저순도와 고순도의 탄산칼슘을 합성하는 플랜트를 구축하고 있다. 배기가스 내 CO<sub>2</sub>를 활용해 제조한 건설소재 및 화학소재는 사업기간 내 일정 면적 이상의 콘크리트 타설, 일정 개수의 테트라포드 옥외폭로, 모델하우스 구축 및 운영을 통해 전 제품의 안정성 검증이 이뤄진다. 아울러, 전체 실증연구 과정에서 제조되는 제품들의 규격 검토와 최적 인증 획득을 통한 사업화 기반을 마련하여, 규제법령정비는 물론, 국내 온실가스 포집 및 활용(CCU) 기술의 사업 생태계가 조성될 수 있도록 하는 것을 목적으로 한다. 본 특별세션을 통해 지난 1년 동안 수행된 이산화탄소 자원화 규제자유특구 성과를 일부 소개하고자 한다.

#### 참고문헌

1. Moran, D. et al., “Carbon Footprints of 13000 Cities,” *Environ. Res. Lett.* **13**, 064041 (2018).

## 광물탄산화 공정의 온실가스 저감량 전주기적 평가

최창식<sup>1\*</sup>, 이소라<sup>2</sup>

<sup>1</sup>고등기술연구원, <sup>2</sup>한국환경정책평가연구원

### LCA evaluation of greenhouse gas reduction in the mineral carbonation process

Changsik Choi<sup>1\*</sup>, and Sora Yi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute for Advanced Engineering, <sup>2</sup>Korea Environment Institute

The technology development was carried out to concentrate CO<sub>2</sub> of LNG flue gas through a gas separation membrane and link it to the mineral carbonation process. Therefore, the greenhouse gas emission and the greenhouse gas reduction effect were calculated through this, and the greenhouse gas emission was analyzed.

As a result of the global warming characterization evaluation of the mineral carbonation process, it was estimated that 14.6 kg CO<sub>2</sub> eq/ton was emitted to remove 1 ton of carbon dioxide in the exhaust gas. Electricity use accounts for more than 90% of all stages of the life cycle, followed by wastewater treatment.

As the avoidance effect, when the life cycle avoidance effect was reflected in the calcium carbonate production in the actual liquid phase rapid carbonation process, the greenhouse gas emission of the whole process was significantly reduced.

#### 참고문헌

1. Sora Yi, Changsik Choi, and et al., "LCA for Manufacturing of Construction Materials using CO<sub>2</sub> Mineral Carbonation Technology", *Journal of KSWM*, 35(5), 464-470 (2018).
2. CCU기술 활용에 따른 온실가스 배출량 산정 기초연구(최종보고서), 한국온실가스종합정보센터 (2013).

#### Acknowledgement

본 연구는 중소벤처기업부 및 울산시규제자유특구의 지원으로 수행되었습니다.(과제번호:P0016558)

## 광물탄산화 기술에 의한 이산화탄소 포집 및 활용을 통하여 생산된 제품에 대한 전과정평가 방법론 개발 연구

이봉재<sup>1\*</sup>, 김예원<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>한국화학융합시험연구원, <sup>2</sup>(주)로엔컨설팅

### Development of life cycle assessment methodology for carbon dioxide capture and utilization products produced by mineral carbonation technology

Lee Bong Jae<sup>1\*</sup>, and Kim Yeah Won<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Korea Testing & Research Institute, <sup>2</sup>Roen Consulting Co.,Ltd

Currently, the carbon dioxide capture and utilization(CCU) technology and commercialization projects have not yet secured economic feasibility. Therefore, in order to induce and promote the participation of private companies in the project, government-level support and incentive policies for carbon capture and utilization technology are urgently required. The CCU can get profits such as carbon credits through linking with greenhouse gas reduction projects, and through this, some economic feasibility can be secured. In order to support market development for commercialization, it is necessary to support carbon footprint certification of low-carbon products. As there are currently no certification cases for CCU products in the carbon footprint certification, it is essential to develop a life cycle assessment(LCA) methodology for CCU products for the purpose of obtaining certification in the future. This study aims to define the procedure and method to evaluate the environmental properties of CCU products by performing the life cycle impact assessment of CCU technology, specially mineral Carbonation CCU Technology, and to establish an environmental database that can be used in the future. Therefore, by deriving an LCA methodology for obtaining a carbon footprint (LCA) certification for products produced through the Ulsan Special Free Zone Project of Regulatory, we intend to contribute to maximizing the usability of eco-friendly products and expanding the spread of CCU technology.

This work was supported by Korea Institute of Industrial Technology. [Project Name: 이산화탄소 자원화 규제자유특구 제품 인증 지원 용역 (건설소재) / Project Number: 2021120C895-00]

#### 참고문헌

1. 관계부처 합동, 2030 국가 온실가스 감축목표(NDC) 상향안 (2021).
2. KIEP 대외경제정책연구원, 탄소중립 실현을 위한 중국의 CCUS 산업정책 동향 (2022).
3. 관계부처 합동, 이산화탄소 포집·활용(CCU) 기술혁신 로드맵(안) (2021).
4. 한국환경산업기술원, 환경성적표지 공통지침(일반제품) (2021).
5. A Zimmermann, L Müller, "Techno-Economic Assessment & Life Cycle Assessment Guidelines for CO<sub>2</sub> Utilization(version 1.1)", Global CO<sub>2</sub> Initiative (2020).
6. 한국화학연구원, 한국환경산업기술원, 이산화탄소 전환 기술의 전과정평가 수행 가이드라인 (2019).
7. Nessi S., Sinkko T., Bulgheroni C., Garcia-Gutierrez P., Giuntoli J., KontiA., Sanye-Mengual E., Tonini D., PantR., Marelli L., Ardente F., "Life Cycle Assessment (LCA) of alternative feedstocks for plastics production", European Commission (2021).
8. 온실가스종합정보센터, CCU기술 활용에 따른 온실가스 배출량 산정 기초연구(최종보고서) (2013).
9. ISO, Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines (2006).
10. 과학기술정책연구원, 탄소자원화 기술의 경제성 평가 및 상업화 방안 (2019).

## 충남 탄소저감 건설소재 규제자유특구사업 소개

서성관<sup>1</sup>, 추용식<sup>\*</sup>  
<sup>1</sup>한국세라믹기술원

### Introduction of Chungnam Reduction Carbon Construction Material Regulation Free Special Zone Project

Sung Kwan Seo<sup>1</sup>, and Yong Sik Chu<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>Korea Institute of Ceramic Engineering & Technology

최근 2050 장기저탄소발전전략(LEDS, Long-term low greenhouse gas Emission Development Strategies), 2030 국가온실가스 감축 목표 추가 상향 설정 등, 정부의 탄소중립 정책 추진에 따라 온실가스 감축을 위한 정부·지자체·산학연에서의 유기적인 노력이 절실한 실정이다. 우리나라의 대표적인 CO<sub>2</sub> 발생원은 석유화학산업, 철강산업, 시멘트산업 및 화력발전산업 등이며, 충남은 석유화학, 제철, 디스플레이, 자동차 등 대기업 중심의 고에너지 소비산업이 집적되어 있어 온실가스 배출량이 매우 높은 지역(전국 19.7%, 68,954.5천톤, 국내 2위)이다. 이에 따라 충남은 기후변화 전담부서를 신설하고 충남연구원 충남서해안기후환경연구소를 설립하여 충청남도 기후변화 대응 종합계획을 수립하는 등 다양한 노력을 기울이고 있다. 특히 충남형 그린뉴딜 정책을 발표하여 탄소중립 정책 실현을 위한 세부 과제를 추진하고 있다.

정유공장에서는 스팀 가스 생산을 위해 순환 유동층 연소(CFBC, Circulating Fluidized Bed Combustion) 보일러를 운영하고 있으며, 이때 다량의 CO<sub>2</sub>가 발생하고 있다. 충남에 입지하고 있는 현대오일뱅크(주)에서는 보일러 공정에서 발생하는 이산화탄소를 대기로 배출하였으나, 최근 환경정책 변화 및 정부 정책 방향에 부응하기 위해 이산화탄소 감축 계획을 수립·발표하였다. 이는 정유공장에서 발생하는 이산화탄소와 탈황석고를 활용하여 광물탄산화 기술을 적용, 탄산화물로 전환 배출하는 내용을 담고 있다. 광물탄산화 기술은 완성도가 높고 경제성도 갖추 기술로 많은 기업들이 사업화를 추진하고 있는 기술이다. 아울러 탈황석고는 정유공장 CFBC 보일러 운전시 SO<sub>3</sub> 가스를 제거하기 위한 탈황 공정으로 발생하는 부산물로 미반응 CaO 성분이 다량 함유되어 있어 탄산화 반응제로 사용가능하다. 그러나 현행 법률, 제도적 한계로 인해 탄산화물을 재활용하기 위해서는 사업자 허가를 받아야 하며 정해진 유형으로만 사용이 가능하여 사업화에 어려움이 있다. 즉, 탈황석고 및 이산화탄소를 이용하여 제조하는 탄산화물은 생산 및 판매가 규제되어 있으며, 탈황석고를 활용한 제품 제조와 이산화탄소전환탄산화물의 사용처 개발이 한정적인 상황이다.

충남 탄소저감 건설소재 규제자유특구사업은 정부의 탄소중립 정책 실현 가속화를 위해 탈황석고와 이산화탄소를 사용한 탄산화물 및 친환경 건설소재의 생산 및 판매 활성화 시스템을 구축하고자 추진되었다. 충남은 2021년 7월 탄소저감 건설소재 규제자유특구사업에 선정되어 2022년부터 2년간 총사업비 226억원 규모로 7개 특구사업자 및 3개 기관이 참여하여 탄산화물 제조 및 건설소재 원료 적용에 대한 실증사업을 수행중이다. 사업은 크게 탄산화물 제조를 위한 실증 및 상용화설비 구축·운전 정상화와 제조 탄산화물의 건설소재 적용을 위한 실증사업으로 구분할 수 있다. 아울러 탄산화물을 적용하고자 하는 건설소재로는 슬래그 시멘트, 건조 시멘트 모르타르, PC 용벽 블록 등의 콘크리트 2차제품 등이 있으며, 한국세라믹기술원은 본 사업의 총괄주관기관이자 사업화지원기관으로 본 실증사업의 성공적인 수행을 위해 노력하고 있다.

## 탄소중립 순환경제를 위한 산업부산물 활용 고체 탄산염 생산 및 희토류 회수 기술

박영준<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>GIST 지구·환경공학부

### Novel strategy to produce tailor-synthesized solid carbonates and recover rare earth elements via pH-swing based carbon mineralization of industrial by-products

Youngjune Park<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>GIST, School of Earth Sciences and Environmental Engineering

탄소중립을 위해 효과적으로 온실가스를 처리할 수 있는 광물 탄산화 기술은 이산화탄소의 저장(CCS) 뿐 아니라, 생성물인 고체 탄산염의 물리화학적 특성 제어를 통해 다양한 산업 분야에 활용(CCU)할 수 있다. 특히, 국내 산업환경의 특성을 고려할 때, 철강, 석탄발전, 시멘트 공정 등에서 발생하는 다양한 산업부산물에는 광물 탄산화와 연계할 수 있는 알칼리 원소를 포함하고 있어, 광물 탄산화 기술을 통한 온실가스 실질 저감 효과를 기대할 수 있다. 본 연구에서는 pH-swing 기법을 활용하여 이들 산업부산물로부터 탄산칼슘을 생성하는 동시에, 희토류를 농축 및 회수할 수 있는 방법론을 실험적으로 제시하였다. 이를 통해 탄소중립과 순환경제에 기여할 수 있는 연계 기술을 제안하고자 한다.

#### 참고문헌

1. Sim, G. et al., "Simultaneous CO<sub>2</sub> Utilization and Rare Earth Elements Recovery by Novel Aqueous Carbon Mineralization of Blast Furnace Slag" *J. Environ. Chem. Eng.*, **10**, 107327 (2022).
2. Hong, S. et al., "Evaluation of Elemental Leaching Behaviors and Morphological Changes of Steel Slag in Both Acidic and Basic Conditions for Carbon Sequestration Potential" *Korean J. Chem. Eng.*, **38**(11), 2279-2285 (2021).
3. Hong, S. et al., "Integration of two waste streams for carbon storage and utilization: Enhanced metal extraction from steel slag using biogenic volatile organic acids" *ACS Sustain. Chem. Eng.*, **8**, 18519-18527 (2020).
4. Chang, R. et al., "Tuning Crystal Polymorphisms and Structural Investigation of Precipitated Calcium Carbonates for CO<sub>2</sub> Mineralization", *ACS Sustain. Chem. Eng.*, **5**(2), 1659-1667 (2017).
5. Chang, R. et al., "Tuning Crystal Polymorphisms and Structural Investigation of Precipitated Calcium Carbonates for CO<sub>2</sub> Mineralization", *ACS Sustain. Chem. Eng.*, **5**(2), 1659-1667 (2017).



## 산업부산물을 이용한 제올라이트 물질과 산화마그네슘 합성

이창한  
부산가톨릭대학교

### Synthesis of zeolitic material and magnesium oxide using industrial by-products

Chang-Han Lee  
Catholic University of Pusan

#### Abstract

In this study, zeolitic materials at alkali/CFA ratio of 0.3 - 1.8 were synthesized from coal fly ash from a thermal power plant using a fusion/hydrothermal method. The zeolitic materials were found to have cubic crystals structure and X-ray diffraction (XRD) peaks of Na-A zeolite by XRD and SEM analysis. When the zeolitic materials were synthesized from the coal fly ash, the XRD peaks of the zeolitic materials at alkali/CFA ratios of 0.9-1.8 had the same location as the XRD peaks of commercial Na-A zeolite. The XRD peaks of the Na-A zeolite ( $\text{Na}_{12}\text{Al}_{12}\text{Si}_{12}\text{O}_{48}27.4\text{H}_2\text{O}$ ) were confirmed in the  $2\theta$  in the range of 7.18-34.18. The magnesium oxide (MgO) nanoparticles with the morphologies of globular agglomerates were synthesized from a seawater bittern by a wet decarboxylation/precipitation method. The effect of the synthesis parameters on the morphological structure of the MgO nanoparticles prepared was investigated with reaction time and precipitate (NaOH) concentration. These synthesis conditions by the wet decarboxylation/precipitation method can be applied to synthesize MgO nanoparticles in an industrial plant using other raw materials.

#### 서론

우리나라 석탄화력 발전소에서 발생하는 석탄비산재(coal fly ash : CFA)는 2014년 기준 826만톤이며, 이 중 70%는 시멘트 원료, 콘크리트 혼화재, 복토재, 골재, 요업용 재료 등으로 재활용되고 나머지 30%는 매립되고 있다(Maeng et al.[1]). 현재 국내에서 대량으로 발생하는 석탄비산재 처리 및 재활용에 대한 기술적인 대안이 부족한 실정이다. 에너지 대량 소비국인 미국, 캐나다, 일본, 중국 등의 연구자들이 중심으로 석탄비산재를 원자재로 재활용 및 매립으로 처리되는 것을 보다 부가가치를 높여 재활용하는 방안으로 유용물질인 제올라이트 합성에 대한 연구를 1990대 초반부터 지금까지 지속적으로 해 오고 있다(Murayama et al.[2]; Inada et al.[3]). 해수 중에는 육상에 비하면 미량이지만 많은 유용원소들이 포함되어 있다. 우리나라에서도 육상에서 채취 가능한 자원이 점점 고갈되어 감에 따라 과거 육상 자원의 개발에만 전념해 오던 것에서 벗어나 해수로부터 추출될 수 있는 용존 성분들로부터 유용 금속원소들을 분리 회수해 내는 상업적인 공정개발 연구를 시작하고 있으며, 최근 해수에서 Mg, K, Li, Br 등과 같은 유용원소들의 회수가 이루어지고 있다(Park et al.[4]).

2000년 전후로 국내외 다양한 연구자들이 비산재를 이용한 제올라이트 합성에 대해 수열합성법 및 용융/수열합성으로 Na-A, Na-X, Na-P1 등의 다양한 제올라이트를 합성하여 재활용하는 방안이 제시한 바 있다. 이 연구들에서 비산재의 종류, NaOH/CFA 비, 숙성/결정화 온도 및 시간 등의 합성변수에 대한 다양한 검토가 이루어졌다(Tanaka et al.[5]; Carlos et al.[6]). 해수를 이용한 정제염의 제조하는 과정에서 다양한 염류가 농축되어 있는 고즙(bittern)이 다량 발생되고 있으며, 이 부산물은 부

존자원의 회수 및 대체 자원 개발 측면에서 중요하여 회수에 대한 다양한 연구가 진행되고 있다 (Alamdari et al.[7])

본 연구는 화력발전소에서 발생하는 폐기물인 석탄비산재를 이용한 수열합성법에 비해 반응시간을 줄일 수 있는 용융/수열합성법을 이용하여 제올라이트 물질을 합성할 수 있는 기본적인 합성조건 (Alkali/CFA 비)을 제시하고자 한다. 제올라이트 물질 및 산화마그네슘 합성효율은 SEM, XRD, XRF, ICP-AES를 통한 분석을 통해 공정의 타당성을 평가하였다.

### 재료 및 방법

석탄비산재를 이용한 제올라이트 합성은 용융/수열합성법의 실험절차(Lee and Park[8])를 이용하였다. 또한, 고즙을 산화마그네슘 합성은 선행연구 (Park et al.[4])에서 제시한 탈탄산/침전의 실험절차를 이용하였다.

### 결과 및 고찰

본 연구에서 용융/수열합성법을 이용한 CFA로부터의 제올라이트화 물질의 합성은 알칼리용액 농도, 숙성시간, 결정화 시간, 결정화 온도 및 NaOH/CFA 비와 같은 다양한 결정화 요소에 의해 수행되었다. 최적화된 결정화 요소를 기반으로, 숙성시간 5 h, 결정화시간 5 h, 결정화 온도 90°C 및 NaOH/CFA 비 0.6-1.8에서 용융/수열합성법을 이용하여 최적의 제올라이트 물질의 합성 조건을 도출할 수 있었다. 또한, 고즙에 함유된 마그네슘을 회수 효율을 최적화하기 위하여 여러 가지 알칼리 침전제 중 NaOH 수용액을 사용하여 여러 가지 공정 변수에 대한 영향을 고찰하였다. Mg:Na 몰 비에 따른 영향을 살펴본 결과 Mg:Na 몰 비가 클수록 수산화마그네슘의 회수율이 높은 것을 알 수 있었으며, 몰비가 낮은 경우 pH가 9.34로 낮으며 건조 중량도 이론 중량에 비해 3배 정도 낮은 것을 알 수가 있다.

### 참고문헌

1. Maeng, J. H., Kim, T. Y., Cho, H. N., Kim, E. Y., "Minimizing Environmental Impact of Ash Treatment in Thermal Power Plants (II)", Korea Environment Institute, Project report, 1-18 (2015).
2. Murayama, N., Yamamoto, H., Shibata, J., "Mechanism of zeolite synthesis from coal fly ash by alkali hydrothermal reaction", Int. J. Miner. Process, 64(1), 1-17 (2002).
3. Inada, M., Eguchi, Y., Enomoto, N., Hojo, J., "Synthesis of zeolite from coal fly ashes with different silica-alumina composition", Fuel, 84(2-3), 299-304 (2005).
4. Park, J. W., Lee, W. K., Lee, C. H. Lee, "Morphology control of magnesium oxide nanoparticles from seawater bittern using a wet decarboxylation/precipitation method", Mol. Cryst. Liq. Cryst., 654(1), 96-102 (2017).
5. Tanaka, H., Sakai, Y., Hino, R., "Formation of Na-A and -X zeolites from waste solutions in conversion of coal fly ash to zeolites", Mater. Res. Bull., 37(11), 1873-1884 (2002).
6. Carlos, A. R., Williams, C. D., Clive, L. R., "A comparative study of two methods for the synthesis of fly ash-based sodium and potassium type zeolites", Fuel, 88(8), 1403-1416 (2009).
7. Alamdari, A., Rahimpour, M. R., Esfandiari, N., Nourafkan, E., "Kinetics of magnesium hydroxide precipitation from sea bittern", Chem. Eng. Pro., 47(2), 215-221 (2008).
8. Lee, C. H., Park, J. W., "Synthesis of zeolite using discharged fly ash in an industrial complex in Ulsan", Journal of Korean Society of Environmental Engineers, 33(5), 301-316 (2011).

## 특별세션 II

# 청정기술로의 세라믹 3D프린팅 기술동향 및 요소기술 개발 현황

3월 24일(목) 13:00 - 15:15

웨스틴 조선 부산 호텔 회의실 2 (Tulip, Cosmos)

## 압출방식 3D 프린팅용 환경세라믹 소재 및 이를 활용한 공정개발

고종완<sup>1\*</sup>, 김동현<sup>1</sup>, 박유진<sup>1,2</sup>,  
<sup>1</sup>한국생산기술연구원, <sup>2</sup>한양대학교

### The Development of Ceramic Materials and its 3D Printing Process for Materials Extrusion

Jong Wan Ko<sup>1\*</sup>, Dong-Hyun Kim<sup>1</sup> and Yu Jin Park<sup>1,2</sup>  
<sup>1</sup>Korea Institute of Industrial Technology, <sup>2</sup>Hanyang University

Additive manufacturing (AM) process has been rapidly adapted in a wide range of industrial area. In the ceramic manufacturing field, AM process will provide a great opportunity to materialize complicate and fine structures. Unfortunately, there are still challenges such as lower purity, layer delamination, micro cracks to establish ceramic AM process as a practical and economical method. A novel alumina slurry compositionally designed for direct ink writing (DIW) AM process is introduced. An aqueous "alumina-Sol" was applied to alumina powder suspension media, resulting the thermal-curable slurry ("alumina-Sol" acts like inorganic glue to form inter-connected network between alumina powder) with high powder loading over 50 vol% without any polymeric resins. The green body that obtained with the developed "all-in-one" slurry though DIW printing process demonstrated relatively high density and green body machinability. Consequently, near net-shape sintered body with lower linear shrinkage under 15% could be achieved. We demonstrated a novel approach for the synthesis of "all-in-one" alumina slurry for near net-shape 3D alumina structures though additive manufacturing.

#### 참고문헌

1. Mitchell, A., Lafont, U., Hołyńska, M., and Semprimoschnig, C., "A review of 4D printing and future applications," *Addit. Manuf.* 24 606-626 (2018).
2. Hur, H., Park, Y. J., Kim, D.-H., and Ko, J. W., "Manuscript in progress for publication"

## 슬롯 다이 코팅 기반의 알루미나 슬러리 도포 공정 조건 도출

하정홍\*, 박준영, 박유진, 고종완, 김충수, 김동현  
한국생산기술연구원 첨단정형공정연구그룹

### Process window for alumina slurry deposition based on slot die coating

Jeonghong Ha, See Hoon Lee<sup>1</sup>, and See Hoon Lee<sup>2\*</sup>  
Advanced Forming Process R&D Group, Korea Institute of Industrial Technology

Additive manufacturing of ceramics can be classified as slurry-based, powder-based, and bulk solid-based methods depending on the feedstock type. Among them, the slurry-based AM methods can obtain high-density ceramic parts by controlling the content of ceramic powder and the viscosity of the solvent. The coating quality of the slurry significantly greatly affects the final quality of slurry-based 3D printing parts [1]. A slot die coating is a coating method in which slit-shaped nozzle moves on a substrate with ejecting the slurry to form a film, and is mainly used for application of high-viscosity ceramic slurries. Slurry properties such as viscosity, contact angle, and surface tension, coater operating conditions such as feed rate and coating interval, and die shape such as die lip angle, die lip length, and nozzle spacing are the main variables that determine the coating quality [2]. In this study, the coating properties in the ceramic slurry coating process using the slot die coating method were evaluated using computational fluid dynamics. Coating characteristics was analyzed depending on the operating conditions of the coater, and process window was derived to obtain the uniform thickness of the ceramic slurry layer.

#### 참고문헌

1. Zhang, J. *et al.*, "3D Printing of Zirconia Ceramic Slurry: Effect of Overlapping Rate on Surface Finish and Mechanical Properties," *J. Ceram. Sci. Technol.*, **12**(2) 71-80 (2021).
2. Ding, X. *et al.*, "A review of the operating limits in slot die coating processes," *AIChE J.*, **62**(7), 2508-2524 (2016).

## 주물사 바인더젯용 적층제조특화설계 S/W구현

김동현\*, 황슬기, 이택, 오원정, 최지환, 박성범, 이만식  
한국생산기술연구원 울산본부

주물사 바인더젯 3D프린팅 기술을 이용하여 사형의 제작시 높은 소재 및 제조공정비용은 본 기술의 확산을 더디게 하는 주요 요소이다. 본 연구에서 사형의 3D프린팅을 위한 경량화 구조를 생성하는 알고리즘 및 이의 S/W구형에 대한 연구이다. 사형의 경량화를 위한 GWS(Global Lightweight Structure)와 LWS(Local Lightweight Structure)알고리즘에 S/W에 적용되었으며 전자는 사형전체에 경량화패턴을 적용하는 방식으로 후자는 하중이 받지 않는 특정부위에 부피를 제거하는 방식으로 사형의 경량화를 수행한다. 이 중심기능을 포함한 여러 가지 부가기능을 가진 S/W의 개발 결과를 나타내었다.

## 3D 직접 잉크 쓰기를 위한 압출 가능한 TiO<sub>2</sub> 슬러리 제조

김예은<sup>1,2</sup>, 이만식<sup>1,3\*</sup>

<sup>1</sup>한국생산기술연구원 울산본부,

<sup>2</sup>고려대학교 화공생명공학,

<sup>3</sup>과학기술연합대학원대학교 청정공정·에너지 시스템 공학

## Fabrication of extrudable TiO<sub>2</sub> slurry for direct ink writing

Ye Eun Kim<sup>1,2</sup>, and Man Sig Lee<sup>1,3\*</sup>

<sup>1</sup>Ulsan Division, Korea Institute of Industrial Technology (KITECH),

<sup>2</sup>Department of Chemical and Biological Engineering, Korea University,

<sup>3</sup>Department of Green Process and System Engineering, University of Science and Technology (UST)

TiO<sub>2</sub> has gained tremendous attention in the last decades due to its large surface area, photosensitivity, nontoxicity, and high chemical stability. Among 3D printing technologies, materials extrusion called direct ink writing has become a powerful tool to produce structures in many types of applications. The slurry ink preparation plays a key role in tuning the rheology and Additive manufacturing opens the door to the fabrication of self-supported, three-dimensional(3D) substrates with a regular and periodic porous network that maximizes the surface areas, allows the homogeneous flow of fluids, minimizes the dead volume of the catalytic reactor, and avoids pressure drops, especially in the fixed bed reactor. The emergence of 3D printing technology brings the way to the preparation of new and complex structures that could enhance and open new opportunities in the field of photocatalytic reactors. Herein, we investigated slurry of TiO<sub>2</sub> catalyst mixed with PVA as a binder for materials extrusion application.

### 참고문헌

1. Elkoro, A., Soler, L., Llorca, J., and Casanova, I., "3D printed microstructured Au/TiO<sub>2</sub> catalyst for hydrogen photoproduction", *Appl. Mater. Today*, **16**, 265-272 (2019).
2. Grandcolas, M. and Lind, A., "3D-printed polyamide structures coated with TiO<sub>2</sub> nanoparticles, towards a 360-degree rotating photocatalytic reactor", *Mater. Lett.*, **307**(15), 131044 (2022).

## 질소산화물 분해를 위한 세라믹 복잡 성형체의 powder bed 적층

정보라<sup>1</sup>, 이명진<sup>1</sup>, 김수진<sup>1</sup>, 김운기<sup>1</sup>, 예보라<sup>1</sup>, 김홍대<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>한국생산기술연구원

### Powder bed additive manufacturing of ceramic complex forming for decomposing the nitrogen oxides

Bora Jeong<sup>1</sup>, Myeung-jin Lee<sup>1</sup>, Su-jin Kim<sup>1</sup>, Woon Gi Kim<sup>1</sup>, Bora Ye<sup>1</sup>, and Hong-Dae Kim<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Korea Institute of Industrial Technology

Selective catalytic reduction (SCR) technology is green and indispensable for decomposing harmful nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>) into harmless products, N<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O. Conventional production process for monolith-shaped SCR catalyst is extrusion, but it has difficult to complex forming and is needed various additives to obtain strength. It is possibly solved by replacing extrusion to 3D-printing having advantages such as effective short process time, effective economy aspect, and decreasing the number of materials. We can confirm the SCR performance in both of powder and green bodies states which are fabricated in two forms. One is a coated on the 3D-printed matter, and the other is the 3D-output made of SCR granular powder using powder bed additive manufacturing technology. In a first case, 3D-printed matter consist of SiO<sub>2</sub> and C<sub>12</sub>A<sub>7</sub> with optimal ratio, and slurry for coating and SCR granular components are prior SCR catalysts.

#### 참고문헌

1. Chun, S. Y., Kim, T. W., and et. al., "Capillary pressure and saturation of pore-controlled granules for powder bed binder jetting", *Applied Surface Science*, 515, 145979-145986 (2020).



## 3D 프린팅에서 세라믹 재료의 적층방법에 대한 연구

\*백재호<sup>1</sup>, 배민아<sup>1,2</sup>, 김경호<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>한국생산기술연구원, <sup>2</sup>부산대학교 재료공학과

## The additive manufacturing method of ceramic materials in 3D printing

\*Jae Ho Baek<sup>1</sup>, Min A Bae<sup>1,2</sup>, Kyeong Ho Kim<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Korea Institute of Industrial Technology,  
<sup>2</sup>Materials of Science and Engineering Pusan National University

적층 가공(Additive manufacturing; AM)으로 알려진 3D프린팅 기술은 “원 소재를 깎으며 가공하는 절삭가공(Subtractive manufacturing)방식과는 대조적으로, 3차원 모델 데이터로부터 제품을 한 층 한 층 쌓아가는 방식의 가공 기술”로 정의된다. 그 중 세라믹 소재를 이용한 형상제어는 기존의 절삭가공의 단점을 극복할 수 있는 훌륭한 대안이다. 세라믹 소재를 활용한 적층을 위해 재료의 최적화가 필요하며, 본 연구에서는 세라믹 소재를 SLA 타입으로 형상을 제어하기 위해 페이스트화 하는 방법에 대하여 연구하였다. 세라믹 소재의 페이스트화를 위해서는 수지의 선정이 중요하며, 고른 분산을 위해 분산제의 선택도 중요한 요소이다. 또한 적층 후 강도의 보강을 위해 보강제의 선정도 고려되어야 하는 인자이다. 재료들의 적합한 비율과 소재의 특성을 고려하여 세라믹 적층을 위한 소재의 분산화에 대해 확인하고자 한다.

## 적층제조 공정 기반 Conformal 냉각채널 적용 금형의 냉각성능 평가

박진영<sup>1,\*</sup>, 윤필환<sup>1</sup>, 이규훈<sup>1</sup>, 강호정<sup>1,2</sup>, 오성효<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>한국생산기술연구원, <sup>2</sup>부산대학교

최근 전기차, 수소차 등 친환경자동차로 전환이 본격화되면서 차체를 포함한 샤시부품에서 경량소재인 AI의 적용이 늘어나고 있는 가운데, 특히 복잡한 성형이 가능하면서도 생산성이 우수한 AI주조품 적용이 증가하고 있는 추세다. 그러나 형상이 갈수록 일체화되고 복잡화됨에 따라 기존 단순한 형상 (straight type)의 냉각 채널은 금형 cavity 간 형상의 차이로 인해 금형 내부에 불균일한 냉각이 가해지며, 이는 수축 결함과 같은 구조결함으로 이어진다. 따라서 이러한 사항을 우선 고려한 후 제품의 형상, 금형의 구조에 따라 최적의 냉각설계를 하여야 한다.

본 연구에서는 금형 냉각채널의 conformal 설계에 의한 냉각효능 상승효과를 확인하기 위해 저압 금형의 분류자를 대상으로 기존 straight type 설계 외에 spiral type 설계를 하여, 구조해석 및 시제품을 제작하여 상호 비교하였다. 분류자는 해석결과를 바탕으로 PBF(Power Bed Fusion) 적층제조 공법을 적용하여 spiral냉각채널 적용한 분류자를 제작하였다. 제작된 분류자(Straight, spiral type)를 저압주조 금형에 장착하여 시험주조를 시행하였으며, 열화상 카메라를 이용하여 분류자의 온도변화를 측정하였다.

응고해석결과, spiral 설계의 경우 straight 설계 대비 약 6 sec의 응고시간 단축으로 cycle time 감소하였다. 최종응고시점에서 straight 설계 대비 11℃의 금형냉각 차이를 보였고, 구조 cycle을 고려하면 그 효과는 더 커질 것으로 예상되었다. 시험주조결과, 금형의 형개 완료 이후 60 sec 후의 금형온도 측정결과, spiral 설계 분류자가 straight 설계 대비 약 110℃의 분류자 온도가 낮아, conformal 설계에 따른 금형 냉각성능이 향상되었음을 확인하였다.

## Study on the Hybrids Properties of Ceramic Composite

박소람<sup>1</sup>, 신아현<sup>1</sup>, 한세미<sup>1</sup>, 박인<sup>1,2</sup>, 김백진<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup>KITECH (Korea Institute of Industrial Technology),

<sup>2</sup>UST (University of Science and Technology)

\*bjkim@kitech.re.kr

This study focus on the hybrids of silica (or BaTiO<sub>3</sub>) and photosensitive organic materials. We will synthesize silica (or BaTiO<sub>3</sub>) nanoparticles (NPs) and their surface modification with acrylates. Also we prepare these NPs and UV-curable polyurethane acrylates (PUAs) using poly tetramethylene ether glycol (PTMG) to enhance dielectric constant. Especially we expect that BaTiO<sub>3</sub> with high dielectric constant and PTMG having ether group become candidate materials for 3d printable electro-static chuck. Finally we will measure the dielectric constant of these hybrids and also investigate curing kinetics and their films properties such as surface hardness and transparency for these ceramic composites.

## 고분산 세라믹 슬러리 제조를 위한 플라즈마 기반 분말 표면처리 모듈 최적화 연구

안치성\*, 장규봉, 전재은  
한국생산기술연구원

### An Optimization Study on Plasma based Powder Surface Treatment Module for Manufacturing of Highly Dispersed Ceramic Slurry

Chisung Ahn\*, Kyu-Bong Jang, Jaeun Jeon  
Korea Institute of Industrial Technology

세라믹 분말의 표면 활성도는 고분산/고밀도 슬러리를 제조하는데 있어 고려되는 필수 물성 중 하나로, 이를 기반으로 한 세라믹 3D 적층성형 공정으로부터 얻어지는 최종 산물의 품질 및 생산성을 결정하는 중속적 요소로 이어진다. 특히, RM (Rapid Manufacturing) 체제를 효율적으로 구축하기 위해서는 적층 성형의 첫 단계인 Feeding 소재 제조 공정에 대한 신속성이 요구되므로, 고분산/고밀도 세라믹 슬러리 확보를 위한 분말 대량 표면처리 관련 연구가 활발히 진행되고 있다.

본 연구에서는, 세라믹 분말 표면의 OH- (Hydroxyl Group) 작용기 형성을 위한 플라즈마 표면처리 모듈을 구현하였다. 표면처리 균일도를 확보하기 위하여, 회전형 챔버를 설계하였으며, 챔버 양 끝단에 진동 장치를 추가하여 분말 부유를 유도하였다. H<sub>2</sub>O 증기는 OH- 작용기 형성을 위한 precursor로 사용되었으며, Syringe Pump 및 MFC (Mass Flow Controller)를 정량 공급 장치로 활용하였다.

#### 참고문헌

1. Feklina, T. N., Kasparyan, S. O., and Kulkov S. N., "Low-Temperature Plasma Treatment of Aluminum Oxide and Its Chemical Properties" *AIP Conf. Proc.*, **2310**, 020093 (2020).

## 광소결 방식을 통한 세라믹 소재 적층 제조 공정 연구

박지용<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>한국생산기술연구원

### Additive manufacturing of ceramics by optical sintering process

Jiyong Park<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Korea Institute of Industrial Technology

최근 기존 제조방식으로는 구현이 어려운 특이형상 구현을 위해 3D프린팅 기술이 널리 활용되고 있다. 특히 설계, 격자구조 및 위상최적화를 통한 맞춤형 설계 부품 제작이 가능하므로 플라스틱 소재 뿐 아니라, 금속, 세라믹과 같은 소재에도 3D프린팅 기술이 적용되는 추세이다. 이에 가장 많이 활용되는 기법은 레이저 기술을 활용한 광소결 방식으로 고속 정밀한 직접소결 방식 3D프린팅 조형이 가능하다. 따라서 본 연구에서는 레이저 소결 공정 기술에 대해 관련 핵심 기법, 기술 현황 및 다양한 영역의 응용 분야를 소개하고 응용분야와 최적화 기술을 위한 공정 환경 등을 바탕으로 산업 부품별 맞춤형 공정 기술에 대해 논의하고자 한다.

#### 참고문헌

1. Kirihara S., "Stereolithographic additive manufacturing of ceramic components with functionally modulated structures" *Open Ceramics*, 5, 100068 (2021).
2. Grossin, D., Monton A., Navarrete-Segado P., Ozmen E., Urruth G., Maury F., Maury D., Frances C., Tourbin M., Lenormand P. and Bertrand G., "A review of additive manufacturing of ceramics by powder bed selective laser processing (sintering / melting): Calcium phosphate, silicon carbide, zirconia, alumina, and their composites" *Open Ceramics*, 5, 100073 (2021).

# 포스터세션

(청정공정)

3월 24일(목) 09:30 - 15:00

웨스틴 조선 부산 호텔 대연회장

## Polycyclic aromatic hydrocarbons로부터 BTXE와 C<sub>10</sub>-C<sub>13</sub> aromatics 제조에 Mesoporous 촉매가 미치는 영향

박영서, 구희지, 오승교, 한기보<sup>1</sup>, 정병훈<sup>2</sup>, 전종기\*  
공주대학교, <sup>1</sup>고등기술연구원, <sup>2</sup>국방과학연구소

### Effect of Mesoporous Catalyst on Preparation of BTXE and C10-C13 aromatics from Polycyclic aromatic hydrocarbons

Yeongseo Park, Huiji Ku, Seung Kyo Oh, Gi Bo Han<sup>1</sup>, Byung Hun Jeong<sup>2</sup>, Jong-Ki Jeon\*  
Kongju National University, <sup>1</sup>Institute for Advanced Engineering, <sup>2</sup>Agency of Defense Development

Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)는 다중구조 복잡성으로 인해 대부분 공정 연료로 사용되고 있다. 그러나 최근 PAHs를 benzene, toluene, xylene, ethylbenzene(BTXE) 혹은 디젤 연료 같은 고부가가치 화합물로 전환하는 기술에 관심이 모아지고 있다. 본 연구에서는 hydrocracking을 통해 PAHs로부터 BTXE와 열안정성 연료의 핵심 성분인 C<sub>10</sub>-C<sub>13</sub> 의 mono-aromatic rings 그리고 di-aromatic rings를 제조하고자 하였다. 이를 위해 HZSM-5와 HUSY를 지지체로 선정하여 진행하였다. 또한 지지체에 mesopore가 부여되었을 때 BTXE와 C<sub>10</sub>-C<sub>13</sub> 의 mono-, di-aromatic rings 제조에 미치는 영향을 보고자 지지체를 desilication하여 mesopore를 제조하였다. Co 와 Mo을 각각 3, 5 wt% 담지해 제조하였다. 제조한 촉매들은 trickle bed reactor에서 안정화 및 활성화를 진행했다. 촉매의 화학적 및 물리적 특성은 H<sub>2</sub>-temperature programmed reduction, N<sub>2</sub>-adsorption and desorption, X-ray diffraction, X-ray fluorescence 그리고 NH<sub>3</sub>-temperature programmed desorption을 이용해 분석했다.

#### 참고문헌

1. Upare, D. P., Park, S., Kim, M. S., Jeon, Y.-P., Kim, J., Lee, D., Lee, J., Chang, H., Choi, W., Park, Y.-K. and Lee, C. W. "Selective hydrocracking of pyrolysis fuel oil into benzene, toluene and xylene over CoMo/beta zeolite catalyst," J. Ind. Eng. Chem., 46, 356-363 (2017).
2. Jung, M.-J., Jung, J.-Y., Lee, D. and Lee, Y.-S., "A new pitch reforming from pyrolysis fuel oil by UV irradiation," J. Ind. Eng. Chem., 22, 70-74 (2015).
3. Lee, J. and Park, S.-K., "Research Papers : Synthesis of Carbon Materials from PFO, Byproducts of Naphtha Cracking Process," Appl. Chem. Eng., 22(5), 495-500 (2011).
4. Shin, J., Oh, Y., Choi, Y., Lee, J. and Lee, J. K., "Design of selective hydrocracking catalysts for BTX production from diesel-boiling-range polycyclic aromatic hydrocarbons," Applied Catalysis A: General, 547, 12-21 (2017). Nov. 16, Houston, TX, (2004)
5. T. Jia, S. Gong, L. Pan, C. Deng, J.-J. Zou, X. Zhang, Fuel, 2020, 264, 116843

## N-도핑된 결정질 탄소/이성분계 전이금속 황화물 복합 다공성 마이크로스피어 합성 및 소듐 이차전지 음극소재로의 적용

이재섭<sup>1</sup>, 조중상<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>충북대학교 공업화학과

최근 저비용, 고효율 에너지 저장 시스템에 대한 다양한 연구가 진행 중이다. 이에 따라 리튬 이차전지는 현재 광범위하게 연구되고 있지만, 리튬 자원의 고갈이라는 문제점이 인식되고 있다. 이를 고려하여 자원이 풍부하며 리튬과 물리화학적 성질이 비슷한 소듐을 활용한 이차전지연구가 이루어지고 있다. 하지만 소듐의 큰 이온반경과 느린 확산속도로 인한 급격한 용량 감소는 해결해야 하는 문제점 중 하나이다. 본 연구는 전기전도성이 높은 N-도핑된 결정질 탄소와 이성분계 전이금속 황화물이 복합된 다공성 마이크로스피어를 소듐 이차전지 음극소재로 적용한다. 최종적으로 합성된 다공성 구조체는 전지의 수명특성 향상에 크게 기여함으로써 소듐 이차전지의 음극소재로 적용 시,  $0.5 \text{ A g}^{-1}$ 의 전류 밀도에서 150 cycle 후  $444 \text{ mA h g}^{-1}$ 의 안정적인 방전용량을 나타냈다. 3차원적으로 배열된 다공성 구조는 액체 전해질의 침투를 용이하게 하여  $\text{Na}^+$  이온의 확산을 원활하게 해주며, 충방전 중에 발생하는 큰 부피 변화를 수용함으로써 우수한 수명특성을 나타냈다.

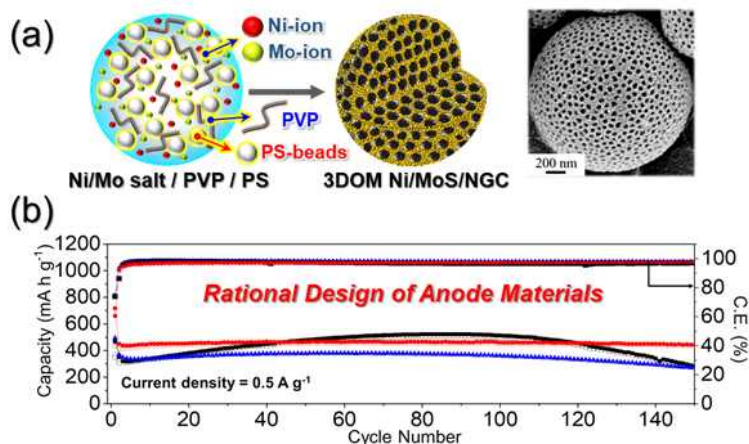


Fig. 1. (a) Schematic diagram and FE-SEM image of the structure, (b) cycle performance at a current density of  $0.5 \text{ A g}^{-1}$

### 참고문헌

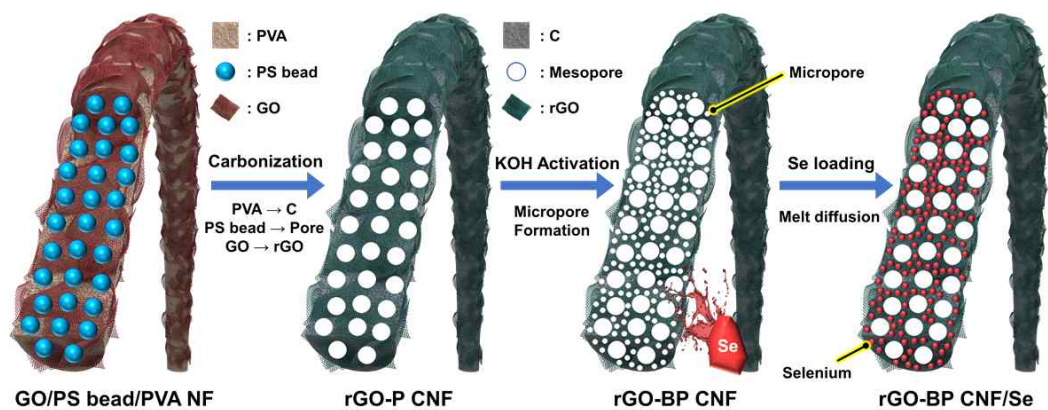
- Oh et al. "Three-Dimensionally Ordered Mesoporous Multicomponent (Ni, Mo) Metal Oxide/N-Doped Carbon Composite with Superior Li-Ion Storage Performance," *Nanoscale*, **10**(1), 18734-18741 (2018).
- Xie et al. "MoS<sub>2</sub>/Graphene Composite Anodes with Enhanced Performance for Sodium-Ion Batteries: The Role of the Two-Dimensional Heterointerface," *Adv. Funct. Mater.*, **25**(9), 1393-1403 (2015).
- Jo et al. "Golden Bristlegrass-Like Hierarchical Graphene Nanofibers Entangled with N-Doped CNTs Containing CoSe<sub>2</sub> Nanocrystals at Each Node as Anodes for High-Rate Sodium-Ion Batteries," *small*, **16**(38), 2003391 (2020).
- Lin et al. "NiS<sub>2</sub>@CoS<sub>2</sub> Nanocrystals Encapsulated in N-Doped Carbon Nanocubes for High Performance Lithium/Sodium Ion Batteries," *Energy Stor. Mater.*, **11**(1), 67-74 (2018).



## 그래핀을 포함한 복합기공 구조의 1차원 탄소섬유의 합성 및 리튬-셀레늄 전지 양극소재로의 적용

김찬식<sup>1</sup>, 조중상<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>충북대학교 공업화학과

최근 급격히 증가하는 대규모 에너지 저장 장치 수요에 따라 기존의 리튬 이온 전지보다 우수한 성능을 갖는 차세대 전지의 개발이 요구되고 있다. 그 중 리튬-셀레늄 전지는 리튬-황 전지와 유사한 반응 메커니즘 및 부피당 에너지 밀도를 가지면서도 황보다 높은 전기전도도를 가지고 있어 더 우수한 율속 성능을 가질 수 있다. 그러나 Bulky한 셀레늄은 낮은 활성과 저조한 이온 및 전자 수송능력을 가지기 때문에 셀레늄의 나노화가 요구된다. 본 연구는 전기방사 공정과 두 번의 열처리 공정 및 KOH activation을 통하여 메조-마이크로 기공을 갖는 다공성 탄소 및 그래핀 복합섬유를 합성한다. 이를 셀레늄 담지체로 적용하여 리튬-셀레늄 전지로 적용한 결과, 0.5 C의 전류 밀도에서 700 사이클 후에도 447 mAh g<sup>-1</sup>의 높은 가역 용량을 안정적으로 유지하였다. 또한 20 C의 높은 전류밀도에서도 282 mA h g<sup>-1</sup>의 용량을 유지하며 뛰어난 율속 특성을 나타냈다. 마이크로공극 내 담지된 나노 크기의 사슬형 셀레늄으로 인해 활성도가 대폭 상승하였으며 메조-마이크로 복합기공 구조는 매우 높은 비표면적과 전해질의 침투 촉진 및 짧은 리튬 이온 확산거리를 제공하였다. 또한 그래핀을 함유한 1차원 구조는 전기전도성을 향상시켜 안정적인 수명특성과 우수한 율속 특성을 나타내었다.



Scheme 1. Detailed formation mechanism of rGO-BP CNF/Se

### 참고문헌

1. Park, S. K., Park, J. S., Kang, Y. C., "Selenium-infiltrated Metal-organic Framework-derived Porous Carbon Nanofibers Comprising Interconnected Bimodal Pores for Li-Se Batteries with High Capacity and Rate Performance," *J. Mater. Chem. A*, **6**(3), 1028-1036 (2018).
2. Yang, C. P., Xin, S., Yin, Y. X., Ye, H., Zhang, J., Guo, Y. G., "An Advanced Selenium-Carbon Cathode for Rechargeable Lithium-Selenium Batteries," *Angew. Chem. Int. ED.*, **52**(32), 8363-8367 (2013).
3. Sun, J., Du, Z., Liu, Y., Ai, W., Wang, Ke., Wang, T., Du, H., Liu, L., Huang, W., "State-Of-The-Art and Future Challenges in High Energy Lithium-Selenium Batteries," *Adv. Mater.*, **33**(10), 2003845-2003880 (2021).

## 일산화탄소 산화 반응에서 이산화티타늄 지지체에 담지된 백금-주석 바이메탈 촉매 속 주석 함량의 영향

김나연, 김윤희, 김지율, 최동섭, 이동훈, 유은주, 김영은, 손한겸, 주지봉\*  
건국대학교 화학공학과

### Effect of Tin Content on TiO<sub>2</sub>-Supported Platinum-Tin Bimetallic Catalysts for Low Temperature CO Oxidation Reaction

Na Yeon Kim, Yoon Hee Kim, Ji Yull Kim, Dong Seop Choi, Dong Hun Lee, Eun Ju Yoo, Young Eun Kim, Han Gyeom Son, Ji Bong Joo\*  
Department of Chemical Engineering, Konkuk University

청정미래에너지로서 주목 받는 수소 에너지는 탄화수소의 개질공정, 수성가스 전환공정을 포함하는 fuel processor에 의해서 생산되고, 고순도로 정제된 수소는 연료전지의 연료로 사용된다. Fuel processor 과정에서 생성된 일산화탄소가 ppm 수준 이하로 제거되지 않으며, 연료전지 전극촉매를 피독시켜 연료전지의 효율을 저하시키기 때문에 반드시 제거되어야 한다. 한편 백금-주석 바이메탈 촉매는 산화 공정에 효과적인 촉매로 알려져 있다. 백금과 주석은 낮은 온도에서도 산소 분자를 해리하고, 일산화탄소와 산소 원자를 잘 흡착하는 상승 효과를 가진다. 본 연구에서는 백금-주석 바이메탈 촉매를 이산화티타늄 지지체에 담지하여 저온 일산화탄소 산화 공정에 적용하였으며, 주석의 함량에 따른 촉매 성능 변화를 조사하였다. 이산화티타늄 지지체는 산소공여입자로 활성 금속에 충분한 산소를 제공하며, 활성 금속이 열적 환경에서 뭉치는 것을 막아준다. Pt:Sn=1:0.25의 비율을 가지는 백금-주석 바이메탈 촉매가 60도 이하의 낮은 온도에서 뛰어난 일산화탄소 제거 효율을 가지는 것을 확인하였으며, 주석의 함량이 백금 기반 촉매의 활성화에 영향을 끼치는 것을 확인하였다.

#### 사사

This work was supported by the Korea Ministry of Environment as Waste to Energy-Recycling Human Resource Development Project (YL-WE-21-001).

This research was supported by Future Hydrogen Core Technology Development Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education (2021M3I3A1084878).

#### 참고문헌

1. A. Erhan A., M. Madalena A. F., and Jose L. F., "Bimetallic Pt-Sn catalysts supported on activated carbon. II. CO oxidation", Catal. Today, 62, 337-346 (2000).
2. Guangjun W., Naijia G., and Landong L., "Low temperature CO oxidation on Cu-Cu<sub>2</sub>O/TiO<sub>2</sub> catalyst prepared by photodeposition", Catal. Sci. Technol., 1, 601-608 (2011).

## Fe(II)EDTA을 이용한 배가스로부터의 일산화질소 제거 및 Fe(II)EDTA 재생에 관한 연구

김윤희, 김나연, 김지율, 최동섭, 이동훈, 유은주, 김영은, 손한겸, 주지봉\*  
건국대학교 화학공학과

### Nitric Oxide Removal from Flue Gas by Ferrous EDTA Complex and Regeneration of Ferrous EDTA Complex

Yoon Hee Kim, Na Yeon Kim, Ji Yull Kim, Dong Seop Choi, Dong Hun Lee, Eun Ju Yoo, Young  
Eun Kim, Han Gyeom Son, Ji Bong Joo\*  
Department of Chemical Engineering, Konkuk University

전 세계적으로 화석연료의 연소 및 자동차 배가스에서 나오는 미세먼지로 대기오염이 심각해지고 있으며, 미세먼지와 원인 물질들을 저감하고자 하는 연구가 많이 이루어지고 있다. 미세먼지 원인 물질 중에서 일산화질소(NO)는 산성비, 광화학 스모그로 환경에 악영향을 주는 것으로 알려져 있으며, 배가스 내 포함된 NO는 대기로 배출 전에 제거가 필수적이다. 본 연구에서는 낮은 온도에서 NO를 제거할 수 있는 착화합물 액상 흡수 방법과 공정의 비용적 저감을 위해 사용한 착화합물 액상 흡수제의 재생에 대한 연구를 수행하였다. NO의 낮은 용해도를 높이기 위해 철에틸렌디아민테트라아세트산(Fe(II)EDTA)을 사용하여 직접적으로 NO를 흡수하였다. 공기 중의 산소에 의해 산화된 Fe(III)EDTA는 NO를 흡수하는 능력이 없기 때문에 환원제를 넣어주어 NO 흡수 효율을 높였다. 또한, 액상 흡수 공정의 경제성 향상을 위해 NO를 흡수한 Fe(II)EDTA-NO를 여러 금속 환원물질(Zn, Fe, Mg)을 이용하여 Fe(II)EDTA로 재생하는 연구를 진행하였다. 연구결과, 상온에서 Fe(II)EDTA의 높은 NO 흡수 효율과 아연 금속을 통해 단기간 내에 우수한 재생 성능을 보이는 것을 확인하였다.

#### 사사

본 연구는 한국에너지기술연구원의 기본사업(C2-2428)을 재원으로 수행한 연구과제의 결과입니다. 이 성과는 환경부의 “폐자원에너지화 전문인력양성사업”(YL-WE-21-001)에서 지원 받았으며 이에 감사드립니다.

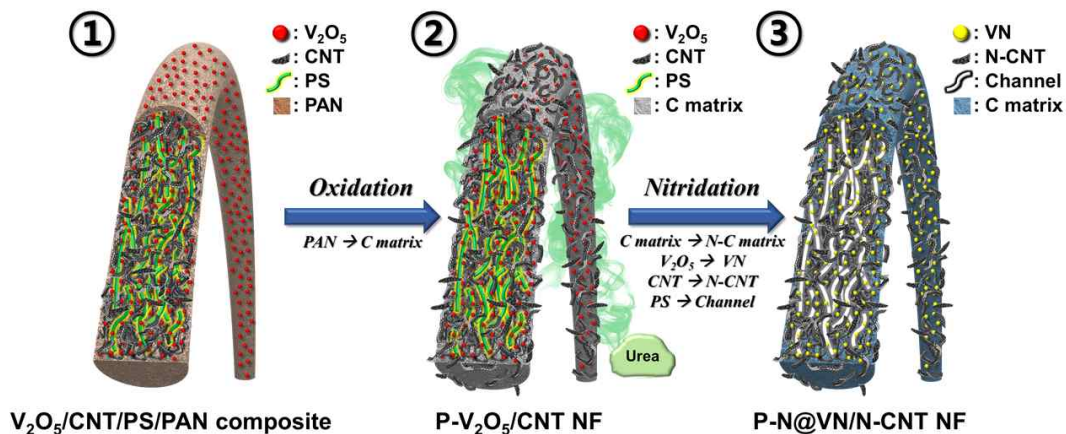
#### 참고문헌

1. Zhu, H., Nie, Z.L; Wang, J., Bai, H.; Li, Y., and Guo, Q., “Experimental Study on Denitration Performance of Iron Complex Based Absorption Solutions and Their Regeneration by Zn,” Energy Fuels, 33, 8998-9003(2019).
2. Suchecki, T. T., Mathews, B., Augustyniak, A. W., and Kumazawa, H., “Applied Kinetics Aspects of Ferric EDTA Complex Reduction with Metal Powder,” Ind. Eng. Chem. Res, 53, 14234-14240(2014).

## 고밀도로 엮힌 N-도핑된 CNT/VN 복합 다공성 1차원 구조체 합성 및 리튬-황 전지의 인터레이어로의 적용

최장민<sup>1</sup>, 조중상<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>충북대학교 공업화학과

리튬-황 전지는 높은 이론 에너지 밀도( $2600 \text{ Wh kg}^{-1}$ )를 가지고 있으며 활물질인 황은 지구상에 풍부하여 가격이 저렴하므로 차세대 에너지 저장 시스템의 유망한 후보로 주목 받고 있다. 하지만 리튬-황 전지에서 황은 낮은 전기전도도( $5 \times 10^{-30} \text{ S cm}^{-1}$ ), 리튬폴리설파이드( $\text{Li}_2\text{S}_x$ ,  $4 \leq x \leq 8$ )의 셔틀링효과, 충방전 과정에서 황의 큰 부피 변화에 의한 구조적 불안정성에 문제점을 가지고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 리튬폴리설파이드를 물리·화학적으로 흡착함으로써 셔틀링효과를 억제하고, 전기전도성 및 부피팽력을 수용할 수 있는 물질이 제시된다. N-도핑된 CNT를 기반으로 하는 채널 및 다공성 1차원 VN 구조체는 인터레이어로 적용 시, 1.0 C의 높은 전류 밀도에서 400 사이클 후 약  $349.7 \text{ mAh g}^{-1}$ 의 방전 용량을 나타냈다. 또한, 0.1, 0.2, 0.3, 0.5, 0.8, 1.0, 2.0 C의 전류 밀도에서 각각 1097.3, 902.6, 790.4, 707.5, 647.9, 622.8, 그리고  $558.8 \text{ mAh g}^{-1}$ 의 방전용량을 나타냈다. 극성부분을 가진 VN 나노입자의 화학적 흡착과 채널 및 다공구조에 의한 물리적 흡착에 의해 리튬폴리설파이드의 셔틀링효과를 억제, N-CNT는 이온 및 전자의 전도도를 향상시킴으로써 안정적인 수명 특성과 우수한 전기화학적 특성을 도출할 수 있었다.



Scheme 1. formation mechanism of the P-N@VN/N-CNT NF comprising highly-densified-entangled N-doped CNT and vanadium nitride quantum dots

### 참고문헌

1. Saroha et al. "Hierarchically Porous Nanofibers Comprising Multiple Core-Shell  $\text{Co}_3\text{O}_4$ @Graphitic Carbon Nanoparticles Grafted within N-doped CNTs as Functional Interlayers for Excellent Li-S Batteries," *Chem. Eng. J.*, **426**, 130805 (2021).
2. Cheng et al. "Enhanced Electrochemical Performance of Lithium-Sulfur Batteries Using a  $\text{V}_2\text{O}_5$ /Graphene Interlayer," *J. Alloys Compd.*, **868**, 159131 (2021).

## CFD Simulation of Induction Heating System for methane decomposition

Gyeong-Min Kim, Jae Hyung Choi and Dong-ha Lim\*

Green Materials & Processes R&D Group, Korea Institute of Industrial Technology, Korea

Methane decomposition for CO<sub>2</sub>-free H<sub>2</sub> production directly convert methane into hydrogen and carbon without producing any by-product. Catalytic decomposition of methane requires high operational temperature at approximately 900 °C as an endothermic process. Then, a burner-type heat supplying of the pilot-plant scale could cause catalytic deactivation due to the large temperature deviation inside the reactor. Induction heating uses current to deliberately cause electrical behavior that heats up a material through resistance effects and is clean environmental heating process as non-CO<sub>2</sub> emission due to a non-contact heating process.

In this study, the induction heating process was simulated and estimated for the efficiency of the usage of energy and choice of the reactor materials. The electromagnetic field simulation software was used to design the induction heating process that will have an optimum efficiency. The properties of the induction heating design were simulated and analyzed such as effect of inductor's width, inductor's distance, and conductive reactor materials.

### References

1. Fan, Z., Weng, W., Zhou, J., Gu, D., Xiao, W., "Catalytic decomposition of methane to produce hydrogen: A review", *Journal of Energy Chemistry*, 58, 415-430 (2021).

### Acknowledgments

This research was supported by Future Hydrogen Core Technology Development Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (2021M3I3A1084878).

## Double-layered Catalyst with Vanadium and Manganese on Metallic Monolith for Low-temperature Selective Catalytic Reduction of NO<sub>x</sub>

Minkyum Kim<sup>1</sup>, JaeHyungChoi, Chul-HoLee and Dong-ha Lim\*

Green Materials & Processes R&D Group, Korea Institute of Industrial Technology, Korea

<sup>1</sup>Division of Chemical and Biomolecular Engineering, Pusan National University, Korea

Due to the recent tightening of government regulations to reduce fine dust, it is necessary to make efforts to reduce NO<sub>x</sub> emissions from industrial facilities. The De-NO<sub>x</sub> processes in field of industrial facilities is selective catalytic reduction (SCR), and have extensively used the ceramic honeycomb type as a commercial SCR catalyst. However, the ceramic honeycomb catalyst has disadvantages such as low mechanical strength and non-recyclability compared with metallic monolith catalyst. The metallic monolith catalyst are made of thin metal foils formed into a flat and corrugated structure which is placed inside a metal shell. The advantages of the metal substrates have high geometric surface area and low pressure drop with the thin walls.

In this study, the metallic monolith De-NO<sub>x</sub> catalyst combined with active metals of vanadium and manganese was prepared by the optimized coating techniques, and the coated catalyst was uniformly and strongly adhered onto the surface of the metallic monolith according to dropping and bending test. The De-NO<sub>x</sub> catalyst coated on metallic monolith showed excellent performance satisfying the emission standard (less than 60 ppm) at low temperature range (200 ~ 240 °C).

### References

1. Jeong, H. et al., "Optimum Synthesis Conditions of Coating Slurry for Metallic Structured De-NO<sub>x</sub> Catalyst by Coating Process on Ship Exhaust Gas", *Clean Technology*, 24(2), 127-134 (2018).

### Acknowledgments

This work was supported by the Technology Innovation Program (20005690, Development of three-dimensional metal structured De-NO<sub>x</sub> catalyst) funded by the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE, Korea).

## **Influence of M-TiO<sub>2</sub> Supports (M=Mn,Ce,Mo,Ni) Based on Vanadium for Low-temperature Selective Catalytic Reduction of NO<sub>x</sub> with NH<sub>3</sub>**

Jae Hyung Choi, Juryeong Jang, Seon Min Lee, Jinung Kong and Dong-ha Lim\*  
Green Materials & Processes R&D Group, Korea Institute of Industrial Technology, Korea

Due to the negative impacts of NO<sub>x</sub>, the mitigation of NO<sub>x</sub> emissions from industrial facilities is of paramount importance for environmental protection. One of the most commercial de-NO<sub>x</sub> processes is selective catalytic reduction (SCR) of NO<sub>x</sub> with NH<sub>3</sub>. As a commercial SCR catalysts, a vanadium tungsten based catalyst is mainly used at medium-high temperature. However, the V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-WO<sub>3</sub> catalyst have low activity in low-temperature range of 160-250

°C because of the formation of ammonium bisulfate in the presence of SO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O from flue gas [1]. In this study, the influence of Mn, Ce, Mo and Ni promoter on TiO<sub>2</sub> support was investigated for low-temperature SCR. The promoters (Mn > Ce > Mo > Ni) improved the low-temperature NH<sub>3</sub>-SCR performance, and were attributed to the increased Lewis-acid sites and high redox capability for NH<sub>3</sub> adsorption and activation on the catalyst surface.

### **References**

1. Damma, D., Ettireddy, P.R., Reddy, B.M., Smirniotis, P.G., "A Review of Low Temperature NH<sub>3</sub>-SCR for Removal of NO<sub>x</sub>," *Catalysts*, 9, 349 (2019).

### **Acknowledgments**

This work was supported by the Technology Innovation Program (20005690, Development of three-dimensional metal structured De-NO<sub>x</sub> catalyst) funded by the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE, Korea).

## USC 발전 플랜트에서의 암모니아 혼소 시뮬레이션 연구

오승석<sup>1</sup>, 박현준<sup>1</sup>, 고은솔<sup>1</sup>, 김형우<sup>2</sup>, 임례걸<sup>1</sup>, 박영권<sup>3</sup>, 이시훈<sup>1,\*</sup>  
<sup>1</sup>전북대학교, <sup>2</sup>LG화학, <sup>3</sup>서울시립대학교

### Ammonia Co-combustion Simulation Study in USC Power Plant

Seung Seok Oh<sup>1</sup>, Hyun Jun Park<sup>1</sup>, Eun Sol Go<sup>1</sup>, Hyung Woo Kim<sup>2</sup>, Jester Ling Lih Jie<sup>1</sup>, Young Kwon Park<sup>3</sup>,  
See Hoon Lee<sup>1,\*</sup>  
<sup>1</sup>Jeonbuk National University, <sup>2</sup>LG Chemical, <sup>3</sup>University of Seoul

온실가스 저감 방법 중 연소 기술 개발의 측면에서 접근하여, 시뮬레이션을 통해 암모니아 혼소 발전 공정을 모사/분석하는 연구를 수행하였다. 암모니아 혼소율 0~20% 범위 내에서 구간별 배출가스 내 CO<sub>2</sub>의 조성 변화 및 연소 시 암모니아 내 질소 원자로 인한 NO<sub>x</sub>의 발생량 추이를 분석하였다. 공정 조업 시 연료 및 공기 투입량은 1,000MWe급 신보령 USC 발전소의 연소 효율을 기준으로 산정하였다. 과잉공기비 1.2 기준, 공기량 3730~3785 [t/hr], 미분탄 272~340 [t/hr], 암모니아 0~96.38 [t/hr]를 투입하였다. 혼소율에 따른 결과로, 1300~1500°C의 보일러 온도 영역에서, 암모니아 혼소율이 증가함에 따라 CO<sub>2</sub>와 NO<sub>x</sub>의 발생량 모두 감소하는 경향을 보였다. 보일러 온도에 따른 결과로는 CO<sub>2</sub> 발생량은 1500°C 조건에서, NO<sub>x</sub> 발생량은 1300°C 조건에서 가장 낮은 모습을 보였다. 암모니아 혼소율 20% 지점에서 과잉공기비 1.1~1.2 범위 내 0.025 단위로 파악한 배 가스 조성의 경우, 과잉공기비 1.1 지점에서 ppm 농도 기준 가장 낮은 CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> 배출량을 보였음을 확인하였다. 결과적으로 본 연구를 통하여 PC 화력발전 플랜트에서 석탄-암모니아 혼소 시 환경과 에너지 효율, 즉 온실가스 저감과 전력생산량 측면에서 최적화된 설계 및 운전이 기여할 수 있음을 확인하였다.

Key words : PC; Ammonia; Air combustion; Co-combustion; Aspen Plus; Simulation, Power generation; Steam turbine; Carbon dioxide; Nitrogen oxide



## Cu-Ce-MgO 촉매의 Ce/Mg 비가 고온수성가스전이반응에 미치는 영향

이루리, 전이정, 김창현, 심재오\*  
원광대학교

### Effect of Ce/Mg ratio for the high-temperature water-gas shift reaction over Cu/Ce-MgO

Ru-Ri Lee, I-Jeong Jeon, Chang-Hyeon Kim, Jae-Oh Shim\*  
Wonkwang University

수성가스전이(WGS: Water-gas shift)반응용 Cu 촉매에서 산소 빈자리 농도는 산화환원 메커니즘에 영향을 미쳐 반응 활성화에 영향을 준다. 본 연구에서는 우수한 산소저장능을 가진 CeO<sub>2</sub> 와 H<sub>2</sub>O 해리능을 통해 수성가스전이반응을 증진시켜주는 MgO를 사용한 Cu-Ce-MgO 촉매를 공침법으로 제조하였다. 또한, Ce/Mg 비율을 최적화하기 위해서 다양한 비율의 Cu-Ce<sub>0.75</sub>Mg<sub>0.25</sub>O, Cu-Ce<sub>0.5</sub>Mg<sub>0.5</sub>O, Cu-Ce<sub>0.25</sub>Mg<sub>0.75</sub>O 촉매를 제조하고 촉매 활성 비교를 위해 Cu-CeO<sub>2</sub>, Cu-MgO 촉매를 제조한 후 고온수성가스전이반응에 적용하였다.

Keywords: 고온수성가스전이반응, Ce/Mg 비율, 촉매 활성

## 수성가스전이(WGS)반응에서 제조방법에 따른 $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ 촉매 특성 연구

전이정, 이루리, 김창현, 심재오\*  
원광대학교

### The characteristic study of $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ catalytic according to the preparation method in water-gas shift

I-Jeong Jeon, Ru-Ri Lee, Chang-Hyeon Kim, Jae-Oh Shim\*  
Wonkwang University

현재 여러 분야로 활용가치가 높은 수소를 폐기물로부터 생산하는 공정인 폐기물 가스화 기술에서 고순도의 수소를 생산하기 위해서는 수성가스전이(WGS: Water-gas shift)반응을 통해 CO를 제거해야한다. 본 연구에서는 WGS 반응에 사용하는  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  촉매를 전기방사법, 공침법, 졸겔법, 수열합성법의 다양한 제조방법으로 합성하고 여러 특성 분석을 진행하였다.  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  촉매는 기존  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 에서 Fe를 Co로 부분 치환하여 spinel 구조를 가진다. 여러 제조방법 중 전기방사법으로 합성한  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  촉매는 다른 촉매들에 비해 유일하게 나노섬유 구조를 가져 우수한 산화환원특성을 나타내고, 높은 산소저장용량과 활성종( $\text{Co}^0$ 와  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )의 형성을 통해 가장 높은 촉매 활성을 보여주므로 WGS반응에 가장 적합한 촉매임을 알 수 있었다.

Keywords: 수성가스전이(WGS: Water-gas shift)반응,  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ , 전기방사법

## 전기투석 공정을 이용한 질산성 질소 제거

고재언<sup>1</sup>, 안준혁<sup>1</sup>, 이정문<sup>1</sup>, 최태승<sup>1,2</sup>, 윤순도<sup>3</sup>, 심왕근<sup>1,\*</sup>  
 순천대학교<sup>1</sup>, (주)에스엔엠<sup>2</sup>, 전남대학교<sup>3</sup>

### Nitrate nitrogen removal using Batch Type Electrodialysis Process

Jae Eon Ko<sup>1</sup>, Jun Hyuk Ahn<sup>1</sup>, Jeong Mun Lee<sup>1</sup>, Tae Seung Choi<sup>1,2</sup>, Soon Do Yoon<sup>3</sup>,  
 Wang Geun Shim<sup>1,\*</sup>  
 Sunchon National University<sup>1</sup>, S&M Co.<sup>2</sup>, Chonnam National University<sup>3</sup>

질소, 인등의 영양염류는 담액 수경재배 양액의 주 성분이지만 부영양화를 유발시키는 주 원인물질이다. 그런데 기존의 이를 이용한 수경재배 방식은 폐양액이 필연적으로 발생하기 때문에 토양 및 하천의 환경오염을 일으킬 가능성이 매우 높다. 따라서 이를 극복할 수 있는 방법 중 하나로 전기투석공정을 이용한 순환식 수경재배 방식에 대한 관심이 점차 높아지고 있다. 이 연구에서는 회분식 전기투석 (Electrodialysis, ED)공정을 이용하여 질산성 질소의 제거 특성을 실험 및 이론으로 함께 고찰하였다. 질산성 질소 처리를 위한 다양한 운전조건 가운데 전류밀도, 농축 및 희석조의 농도에 따른 제거 특성을 조사하였다. 그리고 ED 공정에서 스페이서 채널과 이온교환 멤브레인에서 일어나는 이온 전달 현상은 확장된 Nernst-Planck식 기반 이차원 (2D) 모델로 설명하였다. 또한 이를 이용하여 질산성 질소 제거율, 멤브레인 전기 저항 및 에너지 소모량등을 평가하였다.

#### 참고문헌

1. Lee, G.H., and Lee, G.C., "Effects of Operating Parameters on the Removal Performance of Nitrate-nitrogen by Electrodialysis," *Clean Technol.*, **15**, 380-286 (2009).
2. Seo, Y.G., and Jung, S.Y., "Separation Technologies for the Removal of Nitrate-Nitrogen from Aqueous Solution," *Clean Technol.*, **23**, 1-14 (2017).
3. Tedesco, M., Mamelers, H.V.M., and Biesheuvel, P.M., "Nernst-Planck Transport Theory for (Reverse) Electrodialysis: I. Effect of Co-ion Transport through the Membranes," *J. Mem. Sci.*, **510**, 370-381 (2016).
4. Tedesco, M., Mamelers, H.V.M., and Biesheuvel, P.M., "Nernst-Planck Transport Theory for (Reverse) Electrodialysis: II. Effect of Water Transport through Ion-exchange Membranes," *J. Mem. Sci.*, **531**, 172-182 (2017).

# 포스터세션

(청정융합)

3월 24일(목) 09:30 - 15:00

웨스틴 조선 부산 호텔 대연회장

## qPCR analysis of oxidation of ZVI and *Klebsiella pneumoniae* metabolic shift in glycerol

Da Seul Kong<sup>a</sup>, Changman Kim<sup>b</sup>, EunJooPack<sup>a</sup>, and Jung Rae Kim<sup>a\*</sup>

<sup>a</sup> School of Chemical Engineering, Pusan National University, Busan, 46241, Korea

<sup>b</sup> Advanced Biofuel and Bioproducts Process Development Unit, Lawrence Berkeley National Laboratory, Emeryville, CA, 94608 (USA)

*Fax: +82-(51)-510-3943 E-mail address: j.kim@pusan.ac.kr*

1,3- PDO (1,3-Propanediol) is a high value-added product that is widely used as adhesives, laminates, and food additives. For efficient production of 1,3-PDO, sustainable and non-toxic regeneration of NADH is of great importance. ZVI (Zero-Valent Iron) can provide reducing equivalent for 1,3-PDO synthesis from glycerol as an electron donor. When ZVI donates electrons, the reducing energy increases and activates the reductive pathway, causing metabolic changes. In this study, the effect of ZVI on the metabolic change of bacteria was investigated. It was confirmed that the NADH ratio was shifted to 21: 6 (with ZVI: without ZVI). To quantitatively measure the expression level of a specific protein with qPCR, we designed primer for *dhaB*, *dhaD*, *glpK* and *rpoD* genes. The increase of glycerol dehydratase (DhaB) was confirmed in ZVI. Therefore, When ZVI was applied, it was confirmed that the reductive pathway was activated by providing reductive energy. These results indicate that ZVI modulate the biotransformation of electroactive strains such as *K. pneumoniae* L17, and enhance the conversion of glycerol into a value-added platform chemical.

## **Biogas-valorization of anaerobic digestion effluent CO<sub>2</sub> into CH<sub>4</sub> using a microbial electrosynthesis**

Minsoo Kim<sup>1</sup>, Shuwei Li<sup>1</sup>, Young Eun Song<sup>2</sup>, Dong-Yeol Lee<sup>3</sup>, Jung Rae Kim<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> School of Chemical Engineering, Pusan National University, Busan, 46241, Republic of Korea

<sup>2</sup> Advanced Biofuel and Bioproducts Process Development Unit, Lawrence Berkeley National Laboratory, Emeryville, CA, 94608, USA

<sup>3</sup> Environmental Technology Team, GS Engineering & Construction, Namdaemun-Ro 5-Ga, Joong-Gu, Seoul 100-722, Republic of Korea

Biogas valorization (Biomethane) of anaerobic digestion (AD) effluent gas has gained high attention in recent years as a natural gas substitute and sustainable organic waste reuse. The AD effluent gas consists of 40% CO<sub>2</sub> and 60% CH<sub>4</sub>. Small concentrations of sulfur compounds and siloxane also consist which significantly reduce the efficiency of the follow-up processes such as pressure swing adsorption (PSA) and membrane separation. In this study, biogas upgrading using microbial electrosynthesis (MES) was examined with mixed gas (60% CH<sub>4</sub> and 40% CO<sub>2</sub>) and AD effluent real gas samples. The fabricated MESs was operated with mixed anaerobic culture as cathodic biocatalysts. An applied potential of -1.0V (vs. Ag/AgCl) to cathode provides reducing power to convert CO<sub>2</sub> to CH<sub>4</sub>. The morphological analyses and next-generation sequencing results support that the cathode attached methanogens play a key role in the bio-upgrading of CH<sub>4</sub> in the MES system. The biocathode produced methane at a maximum rate of 10.55L CH<sub>4</sub>/m<sup>2</sup> cathode/day at -1.0V (versus Ag/AgCl). The Field Emission Scanning Electron Microscopy (FE-SEM), Protein assay, and Serum bottle experiment were investigated. These results suggest that microbial electrosynthesis improve CH<sub>4</sub> content of AD plant and simultaneous CO<sub>2</sub> valorization.

## Electrode potentials regulate the catabolic pathways of *Pseudomonas putida*

Mutyala Sakuntala<sup>1</sup>, Himanshu Khandelwal<sup>1</sup> and JungRaeKim\*

School of Chemical and Biomolecular Engineering, Pusan National University, Busan, 46241, Korea

Fax: +82-(51)-510-3943 E-mail address: j.kim@pusan.ac.kr

*Pseudomonas putida* bacteria is emerging as biotechnologically industrial applicable host strain for its versatile carbon metabolism and resistant to various solvents. In addition, electrochemical activity of *P. putida* is recently identified. Electrochemical activity of *P. putida* at different applied potentials is not studied yet. In this study, we show that metabolic activity of *P. putida* at various applied potentials (0.1V, 0.2V, 0.3V, 0.5V vs Ag/AgCl reference electrode) at anaerobic and passive air supply conditions. Under passive air conditions bacteria could utilize acetate carbon substrate and surplus electrons released during catabolism collected as current. Further, internal redox ratios (NADH/NAD<sup>+</sup>), cyclic voltammograms results simply the relationship of bacteria to the electrode. These results suggest that electrode facilitates the *P. putida* catabolism under hypoxic conditions.

### Re

### ferences

Hirose, A., Kasai, T., Aoki, M. *et al.* Electrochemically active bacteria sense electrode potentials for regulating catabolic pathways. *Nat Commun* **9**, 1083 (2018).

## 알루미늄 슬러지에서 추출된 알루미늄 추출물과 알루미늄이 개질된 잣나무 잔류물 바이오차를 이용한 인 제거

김중범, 트링 반 투안, 김동진 \*  
한림대학교

### Al-modified biochar derived from Korean pine residue and Al extract from Alum sludge for phosphorus removal

Jong-Bum Kim, Tuan Van Truong, Dong-Jin Kim \*  
Hallym University

친환경 소재인 목질계 바이오매스와 다량의 유해물질과 더불어 Al이 다량 함유된 정수 슬러지를 재활용함으로써 환경오염과 이를 처리하기 위한 경제적 비용을 줄일 수 있을 것이라 예상된다. 본 연구의 목적은 이러한 재활용 자원을 활용하여 재생 및 대체 불가능한 원소인 인(P)을 폐수로부터 흡착하여 제거하고 회수하기 위해 정수장의 Alum 슬러지로부터 산 추출한 알루미늄을 폐바이오매스인 잣나무 잔류물에 담지한 후 열분해하여 개질 바이오차를 제조하였다. 건조된 Alum 슬러지의 HCl 추출물은 0.716 M의 알루미늄을 포함하고 있으며 Al 추출물로 개질된 바이오차의 최대 인산염 흡착량은 12 mg P/g BC에 달하였다. 알루미늄 담지 효율에선 Al 시약을 사용한 경우가 Alum 슬러지로 개질된 바이오차 보다 20-30% 정도 낮았으나 그럼에도 불구하고 특정 농도(12.5 mg P/L)에서는 더 높은 인(P) 제거 효율을 보여주었다. 전반적으로 Al 추출물로 개질된 바이오차는 높은 인산염 흡착량을 보여주었고 같은 농도의 Al 시약으로 개질된 바이오차와 비교 시 최대 인산염 흡착량은 비슷했다. 따라서 정수 Alum 슬러지를 이용한 Al 담지 바이오차의 인 흡착 효과를 입증하였다.

#### 참고문헌

1. T. Van Truong, D.J. Kim, "Phosphate removal using thermally regenerated Al adsorbent from drinking water treatment sludge," *Environ. Res.*, 196, 110877 (2021).
2. C.W. Li, J.L. Lin, S.F. Kang, C.L. Liang, "Acidification and alkalization of textile chemical sludge: Volume/solid reduction, dewaterability, and Al(III) recovery," *Sep. Purif. Technol.*, 42, 31-37 (2005).
3. M. G. Sujana, R. S. Thakur, S. B. Rao, "Removal of fluoride from aqueous solution by using alum sludge," *J. Colloid Interface Sci.*, 206, 94-101 (1998).



## 순산소 로내탈황을 위한 조개껍질 이용 연구

박현준, 정철승<sup>1</sup>, 오승석<sup>1</sup>, 고은솔<sup>1</sup>, 박한샘<sup>1</sup>, 박영권<sup>2</sup>, 이시훈<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>전북대학교 자원에너지공학과, <sup>2</sup>서울시립대학교

### Study on Utilization of Shells for In-furnace Desulfurization in Oxy-fuel CFBC

Hyun Jun Park, Chul Seung Jeong<sup>1</sup>, Seung Seok Oh<sup>1</sup>, Eun Sol Go<sup>1</sup>, Han Saem Park<sup>1</sup>, Young Kwon Park<sup>2</sup>, See Hoon Lee<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Mineral Resources and Energy Engineering, Jeonbuk National University, 567, Baekje-daero, Deokjin-gu, Jeonju-si, Jeollabuk-do, Republic of Korea, <sup>2</sup>University of Seoul

순산소 순환유동층 보일러 내의 탈황을 위해 이용되는 석회석을 대신하기 위해 폐기물로 처리되고 있는 조개껍질의 탈황 반응성을 TGA를 통해 분석하였다. 순산소 순환유동층 내의 연소 환경을 고려하여 실험 조건을 온도 850℃, 이산화탄소 농도 80 vol%, 산소 20 vol%를 기준으로 하였다. 또한 TGA 기체 유속은 40ml/min으로 유지하였고  $SO_2$  농도는 3000-5000ppm 정도를 유지하였다. 조개껍질은 세척 후 건조 과정을 거쳐 37.5, 90.5, 159, 256, 750  $\mu m$ 의 평균 입도를 가지도록 파쇄 및 분류하여 사용하였고 입자의 크기 변화에 따른 탈황 효율 변화를 고찰하였다. 일반적인 석회석 탈황 전환율보다는 대체적으로 낮은 전환율을 보이지만 조개껍질 샘플의 평균 입자 크기가 감소함에 따라 직접 탈황 전환율이 증가하는 결과를 얻을 수 있었다.

## Cr<sup>3+</sup> 이온이 도핑이 된 메조 기공구조의 Li<sub>4</sub>Ti<sub>5</sub>O<sub>12</sub> 음극 활물질의 전기화학적 특성

서진성, 박안나, 이수연, 나병기\*  
충북대학교 화학공학과

### Electrochemical Properties of Cr<sup>3+</sup> doped Mesoporous Li<sub>4</sub>Ti<sub>5</sub>O<sub>12</sub> Anode Materials for Lithium-Ion Batteries

*Jin-Seong Seo, Anna Park, Su-Yun Lee and Byung-Ki Na\**  
Department of Chemical Engineering, Chungbuk National University

리튬이온전지는 가장 주목을 받고 있는 친환경 에너지 변환장치이다. 기존의 전지들 보다 더 높은 작동전압과 에너지밀도를 가지며, 오랜 시간동안 사용이 가능하여 다양한 기기들에 적용이 될 수 있는 장점을 가지고 있다. 최근에는 전기자동차, 하이브리드 자동차, 에너지 저장시스템과 같은 대형 전자기기 까지 적용하려는 연구가 활발하게 진행되고 있다. 스피넬 Li<sub>4</sub>Ti<sub>5</sub>O<sub>12</sub>(LTO)는 차세대 음극 활물질로서 많은 주목을 받고 있는 물질이다. LTO는 Zero-strain 특성을 갖는 독특한 특성을 갖고 있다. 이는 충방전시 리튬이온의 삽입과 탈리가 발생하더라도 구조적인 변화가 거의 없어 부피팽창이 거의 발생하지않고, 1.55 V의 높은 산화 환원 전위로 전해질 분해반응에 의한 음극표면에 SEI층의 형성이 거의 없어 구조적, 표면 안정성이 매우 뛰어나다. 하지만 낮은 전기전도성으로 인하여 높은 전류밀도에서 LTO 음극 활물질은 열악한 전기화학적 특성을 보이기 때문에, 상용화를 하는데 걸림돌이 되고 있다. 이러한 문제점을 해결하고자 입자 사이즈를 줄이는 방법, 이중금속을 도핑하는 방법 그리고 탄소코팅하는 방법을 이용하여 LTO 음극 활물질의 전기화학적 특성을 향상시키는 연구가 진행되고 있다. 본 연구는 LTO 음극 활물질의 전기화학적 특성을 향상시키기 위해 Cr<sup>3+</sup>이온 도핑, 입자사이즈 조절 및 기공구조를 형성시켰다. 기공구조 형성을 위한 물질로 Pluronic P123을 사용하였고, Cr<sup>3+</sup>이온 전구체로서 Cr(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>·9H<sub>2</sub>O를 사용하였다. 각각의 전구체들은 750° C 에서 12시간동안 열 처리를 하여 음극 활물질을 제조하였다. Cr<sup>3+</sup>이온 도핑 비율에 따른 전기화학적 특성을 비교하기 위해서 Ti<sup>4+</sup> : Cr<sup>3+</sup> = 4.97 : 0.03, 4.95 : 0.05 그리고 4.93 : 0.07 몰비로 바꿔주어 합성을 실시하였다. 합성 된 시료들은 결정성 및 결정구조를 분석하기 위해 XRD 분석을 실시하였고, 표면 특성을 분석하기 위해 SEM 분석을 하였다. 표면적 분석을 위해 BET 분석을 실시하였다. 전기 전도도를 측정하기 위해 분체저항을 측정하였다. LTO의 전기화학적 특성을 측정하기 위하여 사이클 테스트, Cyclic Voltammetry, Electrochemical Impedance Spectra 분석을 실시하였다.

#### 참고문헌

1. Murphy, D. W., Cava, R. J., Zahurak, S. M., and Santoro, A., "Ternary Li<sub>x</sub>TiO<sub>2</sub> Phase from Insertion Reactions", Solid State Ionics, 9&10, 413(1983).
2. Jiang, C., Ichihara, M., Honma, I., and Zhou, H., "Effect of Particle Dispersion on High Rate Performance of Nano-sized Li<sub>4</sub>Ti<sub>5</sub>O<sub>12</sub> Anode", Electrochim. Acta, 52, 6470(2007).
3. Ge, Y., Jiang, H., Zhang, C., Zhu, J., Chen, C., Lu, Y., Qiu, Y., and Zhang, X., "Copper-doped Li<sub>4</sub>Ti<sub>5</sub>O<sub>12</sub>/Carbon Nanofiber Composites as Anode for High-Performance Sodium-Ion Batteries", J. Power Sources, 272, 860(2014).

## Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 코팅이 된 Li<sub>1.05</sub>Ni<sub>0.9</sub>Co<sub>0.05</sub>Mn<sub>0.05</sub>O<sub>2</sub> 양극 활물질의 합성과 전기화학적 특성

이수연, 박안나, 서진성, 나병기\*  
충북대학교 화학공학과

### Synthesis and Electrochemical Properties of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> coated Li<sub>1.05</sub>Ni<sub>0.9</sub>Co<sub>0.05</sub>Mn<sub>0.05</sub>O<sub>2</sub> Cathode Materials for Lithium-Ion Batteries

Su-Yun Lee, Anna Park, Jin-Seong Seo and Byung-Ki Na\*  
Department of Chemical Engineering, Chungbuk National University

NCM90 양극 활물질은 240mAh/g 이상의 용량을 실현시킬 수 있기 때문에 높은 에너지밀도의 배터리를 만들 수 있는 장점이 있다. 하지만 NCM90 양극 활물질은 비율이 높을수록 구조적 및 열적 안정성이 현저하게 떨어질 뿐만 아니라, Jahn-Teller 현상으로 인하여 배터리의 성능이 급격하게 저하되는 문제점들로 인하여 상용화를 시키기엔 아직 많은 연구가 필요하다. 추가적으로, 여전히 구조적 안정성이 불안정하고 표면안정성이 낮은 단점을 가지고 있기 때문에, 이러한 문제점을 해결하는 연구가 필요하다. 이러한 문제점을 해결하는 방법은 표면특성이 불안정한 NCM 양극 활물질에 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 코팅해 주는 방법이 있다. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>는 양극 활물질과 전해질의 직접적인 접촉을 막아주어, 전이금속의 용출을 막아 줄 수 있는 것으로 알려져 있다. 이러한 이유로, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>가 코팅이된 NCM 양극 활물질은 전기화학적 특성 및 수명특성이 향상될 수 있다. 하지만, 낮은 전기전도도 및 이온전도도를 갖는 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>가 코팅이 많이 되면, 오히려 양극 활물질의 성능을 저하시키는 원인이 되기 때문에 적절한 양의 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 코팅 해 주어야 한다.

본 연구는 NCM90 양극 활물질의 표면안정성을 향상시켜 전기화학적 특성을 개선하고자 하였다. 공침법으로 합성된 NCM90 양극 활물질의 표면에 Aluminium isopropoxide 를 이용하여 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 코팅을 실시하였다. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 코팅 비율에 따른 NCM90 양극활물질의 전기화학적 특성을 비교하기 위해서 코팅을 1,3,5 wt%의 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 코팅을 실시하였다. 합성된 양극 활물질의 물리,화학적 특성을 분석하기 위해서 XRD, XPS, SEM-EDS, ICP 분석을 하였으며, 전기화학적 특성을 알아보기위해서 CV, EIS, 사이클 테스트를 실시하였다.

#### 참고문헌

1. Wu, F., Tian, J., Su, Y., Wang, J., Zhang, C., Bao, L., He, T., Li, J., and Chen, S., "Effect of Ni<sup>2+</sup> content on Lithium/Nickel Disorder for Ni-Rich Cathode Materials" ACS Appl. Mater. Interfaces , 7, 7702-7708 (2015)
2. Rajendra, S. N., Erdogan, C., Ruijun, P., Robert, S., Jürgen, S., and Matthias, T. E., "Insights into the Positive Effect of Post-Annealing on the Electrochemical Performance of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Coated Ni-Rich NCM Cathodes for Lithium-Ion Batteries" ACS Appl. Energy Mater. 2021, 4, 3369–3380 )
3. Julien, C. and Mauger, A., "NCA, NCM811, and the Route to Ni-Richer Lithium-Ion Batteries " Energies, 13(23), 6363-6408 (2020)

## 바이오매스 부산물을 이용한 고도수처리용 바이오차 담체 개발

김영진, 김동진\*  
한림대학교

### Development of biochar-based bio-carrier utilizing biomass waste

Young-Jin Kim and Dong-Jin Kim\*  
Hallym University

바이오매스(Biomass)에서 기인한 바이오 소재 추출 및 활용기술은 자원과 에너지 부족을 해결할 중요한 대안으로 간주된다. 바이오매스 부산물 중 잣송이 부산물(Korean pine cone residue, KPCR)을 열분해하여 잔류물인 바이오차(Biochar, BC)를 청정 수자원 유지를 위해 수처리 소재인 인 등을 흡착하기 위한 흡착제와 미생물막 부착을 위한 미생물 담체로 개발하고자 한다. 바이오차를 양이온 금속(Mg, Ca)으로 담지하여 흡착제 및 미생물을 담체로 사용하여 폐수의 인 흡착 및 암모니아 제거 능력을 평가하였다. 흡착 동력학(48시간 흡착, 50mg P/L)에서 Mg-BC는 24.62 mg P/g BC, Ca-BC는 15.33 mg P/g BC의 인산염 흡착능을 보였다. 이는 화학적 흡착으로 작용하는 양이온 금속인 Mg와 Ca의 인산염 흡착 매커니즘으로 보여진다. 등온 흡착(48시간 흡착, 50mg P/L)에서는 Mg-BC, Ca-BC는 각 109.57, 44.39 mg P/g BC의 최대 인산염 흡착량을 확인하였다. Mg가 높은 인산염 농도에서 Ca보다 더 우수한 흡착력을 가진 것으로 보여진다. 하수처리장의 슬러지를 이용한 바이오차의 미생물 부착(휘발성 고형물, VS)은 Control-BC가 가장 높았으며 Mg-BC, Ca-BC가 그 뒤를 이었다. 흡착된 질산염(T-N)은 Control 바이오차가 4.47 mg N/g BC이며 양이온 금속을 담지한 Mg 및 Ca-BC가 3.86, 3.33 mg N/g BC로 유사하게 나타났다. 전반적으로 양이온 금속 담지 바이오차의 인 흡착 능력은 효과적이었으며 미생물 부착 담체 활용 가능성도 확인하였다.

#### 참고문헌

1. Wu, P., Zeyu, W., Amit, B., Paramsothy, J., Hailong, W., and Yujun, W., "Microorganisms-Carbonaceous Materials Immobilized Complexes: Synthesis, Adaptability and Environmental Applications", *Journal of Hazardous Materials*, 416, 125915 (2021).
2. Yin, Q., Mengtian, L., Yonghua, L., Heping, L., and Zhengcheng, W., "Computational Study of Phosphate Adsorption on Mg/Ca Modified Biochar Structure in Aqueous Solution", *Chemosphere*, 269, 129374 (2021).
3. Zhang, M., Bin, G., Ying, Y., Yingwen, X., and Mandu, I., "Synthesis of Porous MgO-Biochar Nanocomposites for Removal of Phosphate and Nitrate from Aqueous Solutions", *Chemical Engineering Journal*, 210, 26 - 32 (2012).

**Using modified graphite felt cathode electrodes with polyaniline (PANI/GF), the start time and acetate productivity of microbial electrosynthesis cells can be improved**

Eunseo Kim<sup>1</sup>, Minsoo Kim<sup>1</sup>, Shuwei Li<sup>1</sup>, JungRae Kim<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>School of Chemical Engineering, Pusan National University, Busan, 46241, Korea.

E-mail address: j.kim@pusan.ac.kr

Microbial electrosynthesis (MES) based on CO<sub>2</sub> conversion and utilization have recently been spotlighted as an innovative technology for the production of high value-added chemicals (i.e. acetate). Electron uptake of microorganism from cathode through extracellular electron transport system, is a key step in the acetate production from CO<sub>2</sub> of MES. Here, we developed a novel graphite felt electrode electrodeposited using polyaniline (PANI/GF). The high biocompatibility and conductivity of PANI promotes biofilm formation by increasing the interfacial interaction between the cathode and electroactive micro organisms. The electrochemical properties of PANI/GF were analyzed through cyclic voltammetry (CV) and electrochemical impedance spectroscopy (EIS). The physicochemical properties of PANI/GF are analyzed by Field Emission Scanning Electron Microscope (FE-SEM), SEM-EDS (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy), FT-IR (Fourier Transform Infrared Spectrometry), Raman spectroscopy. The PANI/GF produced higher acetate production (53mM) than the unmodified GF (33mM). The specific capacitance (C<sub>p</sub>) that the PANI/GF had a capacitance 5 times higher than that of the unmodified GF. Physicochemical and electrochemical analyses showed that PANI/GF electrodes promoted the formation and enrichment of biofilms. These results demonstrate that PANI/GF is a promising cathode material for MES.

## Plastic wastes pyrolysis fuel upgrading, separation and its application in 50kW boiler

Shuang Wang<sup>1</sup>, Byung Wook Hwang<sup>1</sup>, Daewook Kim<sup>1</sup>, Yu-Jin Choi<sup>1</sup>, Ho-Jung Ryu<sup>1</sup>, Hyungseok Nam<sup>1,†</sup>, Doyeon Lee<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Korea Institute of Energy Research, <sup>2</sup>Hanbat National University

In this work, plastic pyrolysis oil was upgraded and separated over a self-designed 2-kg-scale separator with catalysts (such as Ni- and Cu-based) and a 20-kg-scale vacuum distillation tower without catalyst, respectively. Light fraction (gasoline-like) and middle fraction (diesel-like fraction) obtained by catalytic separation showed similar characteristics to gasoline and diesel. Similarly, for the vacuum distillation tower separation, samples from No.1 to No.25 showed similar properties to gasoline whereas samples from No.33 to No.52 exhibited diesel-like properties. The main difference between the catalytically separated and vacuum distilled samples is the oxygen content, which is due to the deoxygenation, caused by the catalytic separation. For pyrolysis fuel application, the combustion of plastic oil/diesel blends in a 5 kW heater was conducted, showing similar combustion performances as compared to the pure diesel combustion. A higher NO<sub>x</sub> concentration was observed with blends (80-130ppm at  $\Phi=0.91$ ) due to its higher nitrogen content in plastic waste pyrolysis fuel. Lastly, a newly launched project regarding to the development of the combined pyrolysis and combustion is introduced. This system is expected to show an auto-thermal waste pyrolysis and the energy efficient process.

### References

1. Wang S., Kim H., Lee D., et al., Drop-in fuel production with plastic waste pyrolysis oil over catalytic separation, *Fuel* 305, 121440 (2021).
2. Wang S, Alejandro D.A.R, et al., Experimental investigation of plastic waste pyrolysis fuel and diesel blends combustion and its flue gas emission analysis in a 5 kW heater, *Energy* 247, 123408 (2022).
3. Wang S, et al., Separation and characterization of municipal plastic waste pyrolysis fuel using 20 kg scale vacuum distillation system for boiler fuel and naphtha applications, *Fuel*, under review

## 리튬이온 전지용 SiO<sub>x</sub> 음극 활물질의 성능 향상을 위한 입자 사이즈 최적화 및 탄소코팅 비율에 따른 전기화학적 특성

박안나, 이수연, 서진성, 나병기\*  
충북대학교 화학공학과

### Enhanced electrochemical properties of SiO<sub>x</sub> anode materials according to particle size optimization and carbon coating for high performance lithium-ion batteries

Anna Park, Su-Yun Lee, Jin-Seong Seo and Byung-Ki Na\*  
Department of Chemical Engineering

최근 전기자동차, ESS와 같은 대형 전자기기의 발전으로 인하여 더 높은 에너지 밀도가 필요하며, 이를 충족시킬 수 있는 전극 물질의 개발이 필요하다. 실리콘(Si) 음극 활물질의 경우, 규소 1몰당 3.75개의 리튬을 저장하여 약 3590 mAh/g의 용량을 보인다. 즉, 372 mAh/g의 용량을 갖는 흑연 음극 소재의 몇 배를 상회하는 고용량의 장점을 갖는다. 그러나 탄소계 물질에 비해 전기전도성이 낮고, 충·방전이 일어나는 동안 Si와 리튬의 합금/비합금화(alloying/dealloying) 반응으로 인해 300% 이상의 부피 팽창이 일어나 소재에 균열이 발생한다. 이에 따라 수명 특성이 급격히 떨어지게 되고, 용량 손실로 이어지는 단점이 있다. 이러한 Si의 단점을 보완하기 위해 Si 입자크기를 작게 만들어 주거나, 탄소계 물질의 코팅을 통해 전기전도성을 향상시키거나, 부피 팽창을 물리적으로 막아주도록 버퍼 역할을 하는 물질을 첨가시키는 등 Si의 성능을 개선하기 위해 많은 연구들이 진행되고 있다.

본 연구에서는 리튬 이온 이차전지의 음극 활물질로 Si (Silicon)를 사용하였으며, Si의 단점인 부피 팽창과 이로 인해 발생하는 급격한 용량 감소 문제를 개선하고자 한다. 졸-겔법을 통해 균일한 크기를 갖는 SiO<sub>2</sub>를 합성하고, 마그네슘 열환원을 통해 나노 사이즈 Si 음극 활물질을 합성하였다. 실험 데이터를 토대로 사이즈 최적화를 진행하였고, 추가로 Si의 전기전도성 향상 및 부피 팽창을 기계적으로 막기 위해 탄소 코팅을 하였다. 여러 사이즈로 합성된 Si와 PVC 고분자를 탄소 전구체로 하여 800 °C, 질소 분위기에서 5시간 동안 탄화를 하였다. XRD, SEM, TGA를 통해 시료의 형태와 구조적 특성을 확인하였으며 Coin 2032 cell을 제조하여 용량, 수명 특성 등 전기화학적 특성을 측정하였다.

#### 참고문헌

1. Tang, H., Zhang, J., Zhang, Y. J., Xiong, Q.Q., Tong, Y.Y., Li, Y., Wang, X.L., Gu, C.D., and Tu, J. P., "Porous reduced graphene oxide sheet wrapped silicon composite fabricated by steam etching for lithium-ion battery application", J. Power Sources, 286, 431-437(2015).
2. Wu, L., Yang, J., Zhou, X., Zhang, M., Ren, Y., and Nie, Y., "Silicon nanoparticles embedded in a porous carbon matrix as a high-performance anode for lithium-ion batteries", J. Mater. Chem. A, 4, 11381-11387(2016).

**Active protection of electroactive biofilm increases CO<sub>2</sub> conversion to acetate and energy efficiency in microbial electrosynthesis system**

Shuwei Li, Minsoo Kim, Da Seul Kong, Jung Rae Kim\*  
School of Chemical Engineering, Pusan National University  
Busan, South Korea  
Fax: +82-(51)-510-3943 E-mail address: j.kim@pusan.ac.kr

**Abstract**

Electrodes-driven biologic electron transfer has the potential to convert CO<sub>2</sub> into multi-carbon chemicals via microbial electrosynthesis (MES). The electron transfer is mainly achieved by the redox reaction between microbial and electrode surface. In this process, the biofilm on the electrode surface plays an important role. Most previous studies show, dense and well-developed biofilms can significantly improve electron transfer efficiency between microbial and electrode surface. Therefore, it is essential to formation of dense biofilms for MES to improve electron transfer and production. However, this idea is only theoretically feasible, but in practice, dense biofilms are rarely observed on the electrode surface from mixed inocula for MES. In this study, we developed a safe-house carbon felt electrode to actively protect biofilm formation in MES, and observed dense biofilm on the unmodified electrode surface for the first time from mixed inocula for MES. The dense biofilm improves the electron recovery efficiency of the MES. Through further protection of the biofilm formation, that significantly increase 80% acetate production and simultaneously increase 34% energy efficiency in average. On the other hand, among the biofilm on the safe-house carbon felt electrode, acetogenic and biofilm-forming bacteria have significantly higher abundance and diversity than carbon felt electrode.



# 포스터세션

(청정일반)

3월 24일(목) 09:30 - 15:00

웨스틴 조선 부산 호텔 대연회장

## Continuous up-flow photocatalytic ozonation system for oxalic acid removal using cerium oxide doped glass beads

Min Ji Kim<sup>1,2</sup>, Choong Choe Earn<sup>1,2</sup>, Kientiek Wong<sup>1,2</sup>, Soek Byum Jang<sup>1,2</sup>, So Yeon Yoon<sup>1,2</sup>, Abd Rahman Nurhaslina<sup>1,2</sup>, Min Jang<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Department of Environmental Engineering, Kwangwoon University,

<sup>2</sup>PlasmaBioscienceResearchCenter, KwangwoonUniversity

Oxalic acid is one of the recalcitrant organic by-products from ozonation and limits the complete demineralization. Many studies have reported that the combination of photocatalysis and ozonation could enhance the removal performance of oxalic acid. However, those studies are reported mainly in batch experimental systems. It is important to investigate the photocatalytic ozonation process in the continuous flow system for the scale-up purpose. However, the study about the oxalic acid removal efficiency in the continuous flow experiment is not well documented. In this study, oxalic acid was removed through photocatalytic ozonation has been carried out in a continuous up-flow system using cerium oxide (CeO<sub>2</sub>) doped on 3mm diameter glass beads through calcination method. The CeO<sub>2</sub> glass beads were prepared under 700°C, namely CeO<sub>x</sub>(700)-GB. Using a continuous up-flow photocatalytic ozonation process, we achieved >90% oxalic acid removal in about 1hr and showed stable efficiency for 5hr. In addition, the continuous flow photocatalytic ozonation process under natural sunlight also showed an oxalic acid removal rate of 70% in 150 min. The photocatalytic ozone oxidation process using CeO<sub>x</sub>(700)-GB showed a higher removal rate and stability than the sole ozonation system for removing oxalic acid in the continuous flow ozone process. This system can be an alternative potential to apply in the water treatment field.

### References

1. Carla A.Orge, José J.M.Órfão, Manuel F.R.Pereira, Andréa M., Duarte de Farias, Marco A.Fraga, Ceria and cerium-based mixed oxides as ozonation catalysts, 200-202, page 499-505, Chemical Engineering Journal (2012).
2. Fernando J.Beltrán and Manuel Checa, Comparison of graphene oxide titania catalysts for their use in photocatalytic ozonation of water contaminants: Application to oxalic acid removal, 385, 123922, Chemical Engineering Journal (2020).

## Removal of fluoride from water using metal-based UiO-66 metal-organic framework adsorbents

Hye Jin Yoo<sup>1,2</sup>, So Yeon Yoon<sup>1,2</sup>, Choong Choe Earn<sup>1,2</sup>, Kientiek Wong<sup>1,2</sup>, Soek Byum Jang<sup>1,2</sup>, Abd Rahman Nurhaslina<sup>1,2</sup>, Min Ji Kim<sup>1,2</sup>, Min Jang<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Environmental Engineering, Kwangwoon University

<sup>2</sup>Plasma Bioscience Research Center, Kwangwoon University

Fluoride (F<sup>-</sup>) performs a prominent role in improving dental health at an optimum level. However, excessive contents in water resources have been found to have harmful effects on human health, such as fluorosis, Alzheimer's syndrome, DNA damage, infertility, kidney failure, acute gastric problems, thyroid disorder, brain damage, and even cancer. Therefore, fluoride removal from drinking water is significantly essential. In this work, a simple hydrothermal reaction was developed to synthesize the Ti-BDC, La-BDC, and Zr-BDC (UiO-66) for selectively fluoride adsorption. Compared with the Zr-BDC (UiO-66) and Ti-BDC, La-BDC exhibited the highest F<sup>-</sup> removal 164.1 mg g<sup>-1</sup>. We also found that the F<sup>-</sup> removal performance is strongly related to the BDC-linked atomic size. We conducted Fourier transform infrared spectrometer (FT-IR), X-ray diffraction (XRD), scanning electron microscopy (SEM) to investigate the material properties for prepared adsorbents. The selectivity tests were carried out with a series of competitive anions (Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), demonstrating that La-BDC still has a higher adsorption capacity than Ti or Zr-BDC. The regeneration results using 0.01 M CaCl<sub>2</sub> or MgCl<sub>2</sub> showed 96.9 or 96.8 removal percentage (%), respectively, in 3 cycles. Hence, La-BDC exhibited a high fluoride wastewater treatment potential due to its high adsorption capacity, selectivity, and reusability.

### References

1. Farhad Ahmadijokani, Hossein Molavi, Mashallah Rezakazemi, Tejraj M. Aminabhavi, Mohammad Arjmand, Simultaneous detection and removal of fluoride from water using smart metal-organic framework-based adsorbents, *Coordination Chemistry Reviews*, Volume 445 (2021).
2. Xiaoye Min, Xing Wu, Penghui Shao, Zhong Ren, Lin Ding, Xubiao Luo, Ultra-high capacity of lanthanum-doped UiO-66 for phosphate capture: Unusual doping of lanthanum by the reduction of coordination number, *Chemical Engineering Journal*, Volume 358, 321-330, (2019)

## Destruction of perfluorooctanoic acid from aqueous system by argon plasma-catalysis system

Choong Choe Earn<sup>1,2</sup>, Kientiek Wong<sup>1,2</sup>, Soek Byum Jang<sup>1,2</sup>, So Yeon Yoon<sup>1,2</sup>, Abd Rahman Nurhaslina<sup>1,2</sup>, Min Ji Kim<sup>1,2</sup>, Min Jang<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Kwangwoon University, 20, Gwangun-ro, Nowon-gu, Seoul, 01897, Republic of Korea

<sup>2</sup>Plasma Bioscience Research Center, Kwangwoon University

Per and poly-fluoroalkyl substance (PFAS), particularly perfluorooctanoic acid (PFOA), is highly persistent with the chemical and biological recalcitrant properties. The destruction of highly stable C-F bonds on PFOA compounds is challenging. This work investigated the kinetics and mechanism of PFOA destruction by argon plasma/catalyst system. The composite materials of Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> with different CeO<sub>2</sub> doping ratios were prepared by the one-step calcination method. The prepared catalysts were characterized using X-ray diffraction (XRD), Fourier Transform Infrared Spectrometer (FT-IR), scanning electron microscopy (SEM), X-ray photoelectron spectroscopy (XPS), Ultraviolet-visible spectroscopy (UV-VIS), and photo luminescence spectroscopy (PL). The combination of argon and catalyst system exhibited rapid PFOA degradation within 30 minutes while sole argon plasma system could have low degradation efficiency. The scavenger experiment results revealed that the hydrated electron and hydroxyl radicals played the dominant roles in PFOA destruction in the argon plasma/catalyst system. In addition, it was found that 30% of CeO<sub>2</sub> doped on Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> exhibited the most amount of oxygen vacancy and the smallest bandgap compared to other prepared catalysts, resulting in enhancement of electron charge transfer and hydrated electron production in the plasma-catalyst system. This work showed that an argon plasma/catalyst system could be an alternative approach for PFOA wastewater treatment.

### **References**

1. Raj, K. S., Nicholas, M., Chase, N., Steven, W., Michael, N., Selma, M. T., and Thomas, M. H., 'Removal of Poly- and Per-Fluorinated Compounds from Ion Exchange Regenerant Still Bottom Samples in a Plasma Reactor' *Environ. Sci. Technol.*, 54 (21), 13973-13980 (2020).

## Synergistic effect of adsorptive-electrolysis using granular palm shell waste activated carbon for atrazine removal

Il Gwang Hwang<sup>1</sup>, Choong Choe Earn<sup>1,2</sup>, Kientiek Wong<sup>1,2</sup>, Soek Byum Jang<sup>1,2</sup>,  
So Yeon Yoon<sup>1,2</sup>, Abd Rahman Nurhaslina<sup>1,2</sup>, Min Ji Kim<sup>1,2</sup>, Min Jang<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Environmental Engineering, Kwangwoon University, <sup>2</sup>Plasma Bioscience Research Center, Kwangwoon University

Micropollutants in water bodies are an environmental concern and potential risk for generating safe drinking water. However, the conventional wastewater treatment process is not designed to remove micropollutants. Herein, we proposed combined adsorption using palm shell waste activated carbon (PSAC) and electrolysis using the carbon felt approach for atrazine (ATZ) removal. From the batch experiments, the removal rate of ATZ was obtained in the following order: adsorption+electrolysis (Ad-Elec) > adsorption > electrolysis. Among all, combined adsorption with electrolysis showed the highest ATZ removal kinetic rate. Further, the influence of input voltage, solution pH, and PSAC dosage was studied in the Ad-Elec system. As a result, the removal rate of ATZ using Ad-Elec system under 5V (0.0842 min<sup>-1</sup>) configuration achieved 4.7- and 1.9 fold higher than those under 2V and 7V, respectively. As a result, the Ad-Elec system achieved the optimum ATZ removal with the configuration of 1 g L<sup>-1</sup> PSAC dosage, pH 7, and 5V. In addition, we found that the hydrogen peroxide (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) production enhanced in the presence of PSAC, resulting in higher ATZ removal performance. We obtained a strong correlation between H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> production and ATZ kinetic rate. Further, the change of surface functional group on the used PSAC after electrolysis and adsorption was analyzed by FTIR analysis. It was found that the ATZ compound was detected on both media. The FTIR analysis revealed that the adsorption phenomenon occurred on PSAC used in Ad-Elec and adsorption system. Combined with the results of FTIR analysis and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> production, it inferred that the ATZ was firstly adsorbed on PSAC and further degraded by the reactive oxygen radical from the electrolysis system.

### References

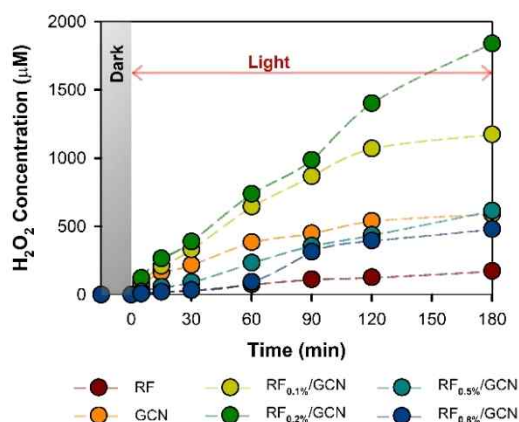
1. N.B. Tahar, A. Savall, Electrochemical removal of phenol in alkaline solution. Contribution of the anodic polymerization on different electrode materials, *Electrochimica Acta*, 54 (2009) 4809-4816
2. X. Duan, F. Ma, Z. Yuan, L.Chang, X.Jin, Electrochemical degradation of phenol in aqueous solution using PbO<sub>2</sub> anode, *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 44 (2013) 95-102

## Metal-free semiconductor resin for effective hydrogen peroxide generation

Kientiek Wong<sup>1,2</sup>, Nurhaslina Abd Rahman<sup>1,2</sup>, Choong Choe Earn<sup>1,2</sup>, Jang Soek Byum<sup>1,2</sup>, Yoon So Yeon<sup>1,2</sup>, Min Ji Kim<sup>1,2</sup> and Min Jang<sup>\*1,2</sup>

<sup>1</sup>Department of Environmental Engineering, Kwangwoon University, <sup>2</sup>Plasma Bioscience Research Center, Kwangwoon University

Artificial photosynthesis is a critical challenge in moving towards a sustainable energy future. Photocatalytic generation of hydrogen peroxide from water and dioxygen (O<sub>2</sub>) is a promising strategy because H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> is a storable and transportable fuel that can be used directly for electricity generation. Resorcinol–formaldehyde (RF) resins<sup>1</sup>, widely used inexpensive polymers, can act as efficient semiconductor photocatalysts to provide a new basis for H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> generation. This low bandgap with high capability to absorb the broad wavelength of light RF resin was coupled with graphitic carbon nitride (GCN) to enhance H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> photocatalytic generation. The highest concentration of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> produced was by RF<sub>0.2%</sub>/GCN with a photocatalytic capacity of 44 mM g<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>.



**Figure 1:** Photocatalytic H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> generation by a different as-synthesized photocatalyst

### References

1. Lu, Cheng, et al. "The effects of melamine on the formation of carbon xerogel derived from resorcinol and formaldehyde and its performance for supercapacitor." *J. Colloid Interface Sci.* 524 (2018): 209-218.

## Micropollutants removal by electro assisted DBD plasma-catalysis system

Nurhaslina Abd Rahman<sup>1,2</sup>, Choe Earn Choong<sup>1,2</sup>, Kien Tiek Wong<sup>1,2</sup>, Seok Byum Jang<sup>1,2</sup>, So Yeon Yoon<sup>1,2</sup>, Min Ji Kim<sup>1,2</sup>, Min Jang<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Kwangwoon University, 20, Gwangun-ro, Nowon-gu, Seoul, 01897, Republic of Korea

<sup>2</sup>Plasma Bioscience Research Center, Kwangwoon University

Clofibric acid (CA) is a recalcitrant pharmaceutical compound used as hyperlipidemia-controlling drugs. Several authors have studied different methods for removing organic pollutants, including adsorption, biological treatment, ozonation, electrocatalysis, plasma, etc. The plasma and electrocatalysis process is widely used for micropollutants removal among all the technologies. However, it is challenging to achieve demineralization for CA due to its complex chemical properties. Meanwhile, the electrocatalysis process for CA removal required high energy consumption to achieve demineralization. Inspired by both treatment methods' benefits, the hybridization of both technologies may have overcome the limitations mentioned above. Hence, the synergistic degradation of CA by plasma, electrocatalysis, and electro plasma-catalysis was investigated. In this study, the electrode was prepared by conventional carbon felt (CF) coated by LaCeO<sub>x</sub> (namely CF-LaCeO<sub>x</sub>), LaCeO<sub>x</sub>-Fe (namely CF-LaCeO<sub>x</sub>-Fe), and LaCeO<sub>x</sub>-Ni (namely CF-LaCeO<sub>x</sub>-Ni) through co-precipitation method followed by calcination. The CA removal kinetic reaction constant,  $k$  order is as follows: CF-LaCeO<sub>x</sub>-Ni > CF-LaCeO<sub>x</sub>-Fe > CF-LaCeO<sub>x</sub> > CF. Especially, CF-LaCeO<sub>x</sub>-Ni shows the best performance in both electrocatalysis (kinetic rate constant,  $k=0.06 \text{ min}^{-1}$ ) and electro plasma-catalysis ( $k=0.47 \text{ min}^{-1}$ ) compared to CF-LaCeO<sub>x</sub>-Fe or CF-LaCeO<sub>x</sub> for CA removal. This is due to CF-LaCeO<sub>x</sub>-Ni has the highest H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> production (46.4  $\mu\text{M}$ ) compared to CF-LaCeO<sub>x</sub>-Fe (44.6  $\mu\text{M}$ ) and CF-LaCeO<sub>x</sub> (35.1  $\mu\text{M}$ ) in electro-plasma catalysis system. The results showed that the electro-assisted DBD plasma-catalysis system might work as an effective approach for micropollutants abatement.

### References

1. Dzimitrowicz, A., Motyka-Pomagruk, A., Cyganowski, P., Jamroz, P., Terefinko, D., Pohl, P., ... & Caban, M. Cold atmospheric pressure plasmas as versatile tools for effective degradation of a mixture of hazardous and endocrine disturbing compounds from liquid wastes. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(6), 106718. (2021).

## 알지네이트-폴리비닐알콜 블렌드 제조 및 항균 기능성 필름으로의 응용

이다해, 이재경, 우희철\*  
부경대학교 화학공학과

## Preparation of alginate-poly(vinyl alcohol) blend and application to antibacterial functional film

Da Hae Lee, Jae Kyoung Lee, Hee Chul Woo\*  
Department of Chemical Engineering, Pukyong National University

현재 여러 용도로 폭넓게 사용되고 있는 석유계 플라스틱은 잘 썩지 않는다는 문제와 미세플라스틱(직경 0.001~5mm의 작은 플라스틱 입자) 등의 문제로 지구 환경 및 생태계에 큰 위협을 주는 존재로 이를 대체하는 방안을 찾기 위해 각 분야에서 많은 노력과 연구가 행해지고 있다. 이런 관점에서 본 연구에서는 친환경 바이오 소재로 널리 알려진 해양 바이오매스 유래 성분인 알지네이트에 석유계 기반의 폴리비닐알콜(Poly(vinyl alcohol); PVA)을 혼합하고 가교제로는 글루타르알데히드를 사용하여 알지네이트 기반 폴리비닐알콜 블렌드 필름(alginate-based PVA blend films)을 수용액 상으로부터 캐스팅하여 제조하여 그 물성을 조사하였다. 더불어 캐슈넛 껍질 액으로부터 추출된 알킬 페놀계 바이오오일인 카다놀(cardanol) 성분을 첨가함으로써 항균필름으로의 가능성을 확인하였다. FTIR과 열중량분석, 인장강도 결과들은 주성분인 알지네이트에 PVA가 하나의 매트릭스 상을 이루며 잘 분산되어 있음을 보여주었고, 특히, 단일 성분에서의 약점인 알지네이트의 취성(brittle)과 PVA의 약한 열적 내구성이 블렌드를 이루면서 PVA와 알지네이트 기능기들의 가교 및 수소결합으로 인하여 열적, 기계적인 물성들이 향상됨을 보였다. 카다놀 성분의 첨가는 황색포도상구균과 대장균에 대한 항균성을 크게 향상시켜 60분 접촉시간에서 황색포도상구균의 사멸율은 98% 이상이고, 대장균의 경우 약 70%의 우수한 항균 성능을 나타냈다. 이상의 결과들을 볼 때, 카다놀을 함유한 알지네이트-PVA 블렌드 필름은 식품 포장재 및 생분해성 항균필름 등 여러 방면에 응용될 수 있을 것으로 판단된다.

### 감사의 글

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (2021R1A2C209425611).

### 참고문헌

1. Elsayy, M. A., Kim, K. H., Park, J. W., and Deep A., "Hydrolytic degradation of polylactic acid (PLA) and its composites", *Renew. Sust. Energ. Rev.*, 79, 1346-1352 (2017).
2. Qi, X., Ren, Y., and Wang, X., "New advances in the biodegradation of Poly(lactic) acid", *Int. Biodeter. Biodegr.*, 117, 215-223 (2017).



## Ni계 촉매상에서 해조류 유래 액화 오일의 수증기 개질 반응을 통한 수소 생산

송윤하, 이재경, 우희철\*  
부경대학교 화학공학과

## Hydrogen production by steam reforming of seaweed derived liquified oil on Ni-based catalyst

Yun Ha Song, Jae Kyoung Lee, Hee Chul Woo\*  
Department of Chemical Engineering, Pukyong National University

고도화된 산업화로 인해 기하급수적으로 증가한 온실가스로 인해 기후 온난화가 가속화되고 있다. 이에 국제 사회는 온실가스 감축을 위해 탄소중립 정책을 시행하고 있으며, 이를 달성하기 위한 핵심 수단으로 수소경제 정책이 각광받고 있다[1]. 수소는 지속가능한 에너지인 동시에, 온실가스를 비롯해 미세 먼지와 같은 유해물질을 발생시키지 않으면서도 높은 효율을 낸다는 특징을 지닌다. 대기 중 순수한 이산화탄소 농도의 증가를 피하려면 화석연료가 아닌 바이오매스 및 햇빛과 같은 지속가능한 자원에서 수소를 생산해야 한다[2].

따라서 본 연구에서는 환경친화적인 시스템을 다루는 바이오리파이너리 측면에서 제 3세대 바이오매스인 해조류에서 쉽게 얻을 수 있는 알지네이트를 사용하여 수증기 개질 반응을 통해 수소를 얻고자 한다. 수증기 개질 반응의 촉매로는 Ni-Co/Mg-Al을 사용하였으며, Ni-Co의 총 담지량은 37.5 mole%로 하여 활성을 확인하였다. 수증기 개질 반응은 공간속도  $1 \text{ h}^{-1}$ , 반응온도 500~700 °C, S/C ratio 5~9 범위로 하여 고정층 반응기에서 진행하였다. 본 연구의 결과를 토대로 해조류 바이오매스 유래 알지네이트의 수증기 개질 반응 조건에 따른 특성을 논의해보고자 한다.

### 감사의 글

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (2021R1A2C209425611).

### 참고문헌

- Masahiro, W., Hideo, S., Hiroaki, T., Michiya, H., Masayoshi, I., and Masahide, K., "Contribution of natural decadal variability to global warming acceleration and hiatus", *Nat. Clim. Change*, **4**, 893-897 (2014).
- Giuseppe, P., Davide, T., Samir, B., Alessandro, G., and Raffaele, P., "Valorization of alginate for the production of hydrogen via catalytic aqueous phase reforming", *Catal. Today*, **304**(15), 153-164 (2018).

## **Heavy metal resistance genes identification from Genomic profile of *Pseudomonas aeruginosa* PBH03 and Enhanced electroactivity with various electron shuttles**

Himanshu Khandelwal, Mutyala Sakuntala and Jung Rae Kim\*

School of Chemical Engineering, Pusan National University, Busan, 46241, Korea.

E-mail address: j.kim@pusan.ac.kr

*Pseudomonas aeruginosa* PBH03 was previously isolated from anaerobic sludge for Bioelectrochemical system. We carried out Whole genome sequencing to investigate the genome of the isolated PBH03. Genome was analyzed using previously available genome dataset using Kbase server. Genomic profiling revealed new set of genes which were identified for resistance towards heavy metals like mercury and copper. *Pseudomonas aeruginosa* species are generally known for their ability to bioremediate environmental pollutants and produce redox mediators like pyocyanin and phenazines in the presence of oxygen. This ability enables *P. aeruginosa* to interact with electrode using redox mediators, is critical for their electrochemical performance in bio-electrochemistry system (BES)[1]. *Pseudomonas aeruginosa* PBH03 has an ability to produce phenazines in aerobic/anaerobic conditions and electrochemical activities in a microbial fuel cell system. In this study, we tested the PBH03 to produce mediators in long run MFC and the electricity generation. Additionally, various electron shuttles like methyl viologen, phenazine and potassium ferricyanide were examined to improve performance of PBH03 in microbial fuel cell. (Poster)

### **References**

- [1] E.M. Bosire, L.M. Blank, M.A. Rosenbaum, V. Müller, Strain- and Substrate-Dependent Redox Mediator and Electricity Production by *Pseudomonas aeruginosa*, *Appl. Environ. Microbiol.* 82 (2016) 5026–5038. <https://doi.org/10.1128/AEM.01342-16>.

## 황화수소 감지 및 모니터링 기술 분석

안희경, 정대웅  
한국생산기술연구원

### The Study on the Technology for Detecting and Monitoring Hydrogen Sulfide

Heekyung An, Daewoong Jung  
Korea Institute of Industrial Technology

황화수소는 환경부 악취방지법에 의거, 2005년부터 지정악취물질로 분류되어 있으며, 배출허용기준은 공업지역 0.06ppm 이하, 기타지역 0.02ppm 이하로 규정하고 있다. 악취허용기준의 측정은 복합악취 측정을 원칙으로 하고 있으나, 사업자의 악취물질 배출 여부를 확인할 필요가 있는 경우, 지정악취물질을 측정할 수 있다. 황화수소는 악취 오염을 유발 할뿐만 아니라, 미량에도 독성, 부식성, 인화성, 폭발성을 가지는 유해물질이다. 공기보다 무거우면서 무색의 특성을 가지고 있어, 하폐수 처리장, 분뇨 처리장, 화학약품 공장 등의 작업장에서 위험 농도로 축적되며, 관련 근로자들의 질식 사고를 유발한다[1]. 특히, 육안으로 식별이 어려워 2차 사상자를 발생시키기도 한다. 본 연구에서는 악취 관리뿐만 아니라 인명피해를 최소화하기 위해 개발된 국내외 황화수소 감지 및 모니터링 특허 기술을 조사 분석하였다. 한국, 미국, 유럽, 일본 4개 국가에서 2021년까지 출원된 특허 기술을 중심으로 정량분석을 실시하였으며, 국내에서 개발된 기술의 심층 분석을 통해 향후 개발 방향성을 도출하였다.

#### 사사

본 논문은 한국생산기술연구원 기관주요사업의 지원으로 수행한 연구입니다.

#### 참고문헌

1. Kim, J., Lee, K., Lee, S., and Park, J., "Acute Hydrogen Sulfide Poisoning; Two cases report," *Ann Occup Environ Med*, 12(1), 148-155 (2000).

## CO<sub>2</sub> 모니터링 기술 동향

안희경  
한국생산기술연구원

### The Study on the Monitoring Technology for Carbon Dioxide

Heekyung An  
Korea Institute of Industrial Technology

CO<sub>2</sub> 모니터링 기술은 온실가스 관리뿐만 아니라 실내 공기 질 관리, 대기오염 측정, 농작물 관리, CCS 모니터링, 재난 안전 관리 등의 다양한 분야에서 개발되고 있다. 온실가스관리 분야에서 지칭하는 CO<sub>2</sub> 모니터링 방법은 온실가스 배출량 산정등급에 따라 상이하다. 국내 온실가스 배출량 산정등급은 Tier 1~4로 구분하고 있다. Tier 1은 활동자료와 IPCC 기본배출계수를 활용하며, Tier 2는 Tier 1보다 더 높은 정확도를 갖는 활동자료와 국가 고유배출계수, 발열량 등 일정 부분 시험 분석을 통해 개발한 매개변수값을 활용한다. 한편 Tier 3 단계는 사업장 배출시설 및 감축기술 단위의 배출계수를 산정하는 등의 상당 부분 시험 분석을 통해 개발한 매개변수값을 활용하여 산정한다. Tier 4는 굴뚝자동측정기기 등 배출가스 연속측정방법을 활용하여 배출량을 산정한다. 본 연구는 국내외 기술 분석을 통해 Tier 3과 Tier 4의 산정방법에 적용할 수 있는 CO<sub>2</sub> 모니터링 기술 개발 방향성 도출하는 것을 목적으로 한다. 2010년 1월에서 2021년 12월까지 한국, 미국, 일본, 중국에서 출원된 250건의 특허 기술을 분석하였으며, 적용분야별 기술 특성을 분류하였다.

#### 사사

본 논문은 한국생산기술연구원 기관주요사업의 지원으로 수행한 연구입니다.

#### 참고문헌

1. Jung, S., Hwang, H., Kim, M., Yan, C., Nzioka, A. M., Tinega, J. N., and Kim, Y., "Study of Selected IPCC Methodologies for the Estimation of Greenhouse Gas Emissions from a Landfill," *J. of Korean Inst. of Resources Recycling*, 25(5), 28-35 (2016).
2. Kwak, I., Park, K., Hwang, Y., and Park, J., "Development and Application of Carbon Emissions Estimation Methodology during the Life Cycle of Road," *J Korean Soc Environ Eng*, 34(6), 328-390 (2012).

## CO<sub>2</sub> 포집 및 활용 공정: Methanation, rWGS, DRM

손한동<sup>1</sup>, 김주연<sup>1</sup>, 우진혁<sup>1</sup>, 이수출<sup>1\*</sup>, 김재창<sup>1\*</sup>  
 경북대학교<sup>1</sup>

## CO<sub>2</sub> capture and direct utilization process: Methanation, rWGS, DRM

Han Dong Son<sup>1</sup>, Ju Eon Kim<sup>1</sup>, Jin Hyeok Woo<sup>1</sup>, Soo Chool Lee<sup>1\*</sup> and Jae Chang Kim<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>Kyungpook National University

CO<sub>2</sub> 청정 기술에는 Methanation, reverse Water-Gas Shift (rWGS), Dry Reforming of Methane (DRM) 등의 공정이 있다. 어떠한 공정에는 그 공정을 가동시키기 위한 에너지 비용이 존재하는데 실제 상용에 있어서 이러한 비용적인 측면을 줄이는 것이 중요한 점이라고 볼 수 있다. 이러한 에너지 비용을 줄이는 것은 Ni/CaO catal-sorbents 형태의 촉매를 이용해 CO<sub>2</sub>의 포집과 동시에 곧바로 활용하는 방식으로 실현할 수 있다. 이와 같이 흡착과 활용이 결합된 형태를 통해 필요한 총 열에너지를 낮춤으로써 효과적으로 청정 에너지를 생산할 수 있다. 기존에 사용되던 칼슘 looping과 비교했을 때, carbonated Ni/CaO catal-sorbents는 CO<sub>2</sub> 포집과 동시에 포집한 CO<sub>2</sub>를 methanation, rWGS, DRM의 반응을 통해 낮은 온도에서도 완전하게 재생 가능하다. 적합한 반응 조건 (반응 온도, 반응물의 농도 등)이 갖춰졌을 때, Ni/CaO catal-sorbents CO<sub>2</sub> 포집과 에너지원 생산에 있어 아주 우수한 성능을 보였다. 이러한 이론적인 연구와 실험을 바탕으로 통합된 CO<sub>2</sub> 포집 및 활용 공정이 CO<sub>2</sub> 자원의 활용의 용이하게 함과 동시에 여타 에너지원이 될 수 있는 화합물 합성에 있어 유망한 기술이 될 것이라 전망한다.

### 참고문헌

1. T. R. Anderson, E. Hawkins and P. D. Jones, Endeavour, 40, 178-187 (2016).
2. E. W. Maibach, J. M. Kreslake, C. Roser-Renouf, S. Rosenthal, G. Feinberg and A. A. Leiserowitz, Ann. Glob. Health, 81, 396-409 (2015).
3. J. M. Melillo, T. Richmond and G. Yohe, Third National Climate Assessment, vol. 52 (2014).

## 테르밋반응에 의한 산업폐기물로부터 복합탈산제 제조

황정웅<sup>1</sup>, 박재국<sup>2</sup>, 구수진\*  
제이케이메탈소재<sup>1,2</sup>, 한국폴리텍대학\*

### Preparation of Composite Deoxidizer from Industrial Waste by Thermit Reaction

Jay Hwang<sup>1</sup>, Jae-Kook Park<sup>2</sup>, Su-Jin Koo\*  
JK Metal Resource,<sup>1,2</sup> Korea Polytechnic\*

제강 및 주강용으로 사용되는 범용 탈산제는 페로망간(Fe-Mn), 페로실리콘(Fe-Si), 페로 티타늄(Fe-Ti) 알루미늄(Al) 등이 사용되고 있다. 그러나 사용목적에 따라 투입량이 달라 에너지손실, 탈산 능력감소로 인하여 품질과 원가에 악영향을 미치고 있다. 이러한 이유로 복합 탈산제를 투입하면 탈산 공정의 단순화로 품질향상 및 원가를 절감할 수 있다. 티타늄(Ti) 30~40wt%, 망간(Mn) 10~15wt%, 알루미늄(Al) 10~15wt%, 실리콘(Si) 5~8wt%로 합금된 탈산 및 탈황능력의 우수한 복합 탈산제를 제조하기 위하여, 페로망간(Fe-Mn) 제조과정에서 전기집진기에 포집되는 망간더스트, 석유정제산업, 화력발전소 등에서 발생하는 탈질 폐 촉매인 이산화티타늄(TiO<sub>2</sub>), 태양전지 제조과정 중 폴리실리콘잉곳 절단 및 연마시 발생하는 폐실리콘 분말을 원재료로 하여 탈산 및 탈황능력이 우수한 복합탈산제를 제조하기 위하여 생석회(CaO)와 알루미늄 분말(Al)의 첨가 비율을 조절하면서 1800℃에서 10분간 테르밋반응(Thermit reaction)을 진행하여 복합 탈산제를 제조하였다.

#### 참고문헌

1. Young-Koo Park et al., "Recycling of Ferro-manganese Furnace Dust Collected from Converter", J. of Korean Inst. of Resources Recycling, 21(3), 21-27(2012).
2. Hyun-Sang Shin et al., "Investigation of Water-Washing Process Parameters for Removal of Alkali Metals and Chlorides from Electric Arc Furnace Dust(EAFD)", J. Korean Soc. Environ Eng., 39(11), 626-633(2017)
3. Myun-Gwon Lee et al., "A Study on Kinetic of Volatilization Behavior of Metal Elements Contained in Electric Arc Furnace Dust", J. of Korean Inst. of Resources Recycling, 26(3), 17-25(2017)
4. Young-Hwan Kim, and Jung-Min Yoo, "A Study on the Property of Combustion tower Dust in EAF Process", J. of Korean Inst. of Resources Recycling, 26(5), 48-53(2017)

## PtCux-Pt 코어-셸 촉매의 제조와 산소환원반응 특성

김동건, 이은희, 정혜원, 드엉반하우, 주은혜, 정찬일, 김필\*  
전북대학교

### Preparation and ORR characteristics of PtCux-Pt core-shell catalyst

Dong-gun Kim, Eun-hee Lee, Hye-won Jeong, Duong Van Hau, Eunhye Joo, Chanll Jeong  
and Pil Kim\*  
Jeonbuk national university

백금 기반의 합금 촉매는 백금 단일 금속 촉매와 비교하여 높은 산소환원반응 활성을 나타내는 것으로 알려져 있다. 니켈이나 구리 같은 이종 금속의 도입은 strain effect와 ligand effect를 야기하여 합금 촉매의 성능을 증대시킨다. 하지만 산성 전해질에서 지속되는 산소환원반응은 이종 금속을 용출시켜, 합금 촉매의 활성을 저해하는 원인이 된다. 코어-셸 구조는 백금으로 구성된 셸 층이 코어의 금속을 보호하여, 활성 성분 금속의 용출을 억제할 수 있다. 코어-셸의 구조적 장점에도 불구하고, 비귀금속 원소는 제조과정 상의 불안정성 때문에 코어물질의 이종 금속 성분으로 이용되기 어렵다. 고성능의 코어-셸 촉매 제조를 위하여 비귀금속 코어 물질의 안정화 방법과 표면 백금 층 형성을 위한 연구가 필요하다. 본 연구에서는 구리와 백금의 갈바니 치환반응을 이용하여 백금-구리 다중 금속 코어, 백금 셸 구조의 입자를 제조하였다. 백금의 환원반응을 제어하기 위하여 코어 물질의 조성이 조절되었으며, 최종적으로 다공성 백금 표면을 갖는 코어-셸 입자가 형성되었다. 제조된 촉매는 산성 전해질에서의 전기화학분석을 통해 산소환원반응 성능을 평가되었으며, 물리적 특성 파악을 위한 분석이 진행되었다.

## Zirconium-based metal-organic frameworks as catalysts for the Diels-Alder conversion of 2,5-dimethylfuran to p-xylene

Min Kyoung Kim<sup>1</sup>, Jungho Jae<sup>2\*</sup>

<sup>1, 2</sup>Pusan National University

\*E-mail: jh.jae@pusan.ac.kr

p-Xylene은 중요한 화학 공급 원료이자 Polyethylene Terephthalate(PET)의 필수 전구 물질이다. 본 연구에서는 바이오매스 유래 물질인 2,5-dimethylfuran으로부터 p-Xylene의 생산을 위한 반응에 Metal-Organic Frameworks(MOFs)를 촉매로 사용하였으며, Zirconium 기반의 MOF를 선택하였다. MOF는 우수한 다공성 및 조절 가능한 산의 세기와 같은 많은 장점들을 가지고 있다. MOF 촉매는 금속 함유 secondary building units (SBUs)와 유기 리간드로 구성되며, 다양한 조합을 통하여 분자 네트워크로써 선택적으로 산점을 만들 수 있다. 이전 보고서(e.g., HY 및 BEA zeolites)에 따르면 산 자리의 유형이 Diels-Alder 반응의 전환율과 p-Xylene 선택성의 주요 결정 요인이다. 본 연구에서 선택한 Zirconium 기반의 MOF 촉매에서 금속 중심은 루이스 산 부위로 작용할 수 있으며, SBU와 유기 리간드의 비율을 다르게 함으로써 루이스산의 세기를 조절할 수 있다. 따라서 Zirconium 기반의 SBU와 유기 리간드의 다양한 비율로 합성한 MOF 촉매에서 루이스 산의 세기의 변화가 있는지 확인하고, 만들어진 촉매들의 루이스 산의 세기에 따라 2,5-Dimethylfuran의 p-Xylene으로의 Diels-Alder 고리화 첨가 반응의 전환율과 선택성을 비교하였다. 합성된 MOF 촉매의 구조와 산의 세기는 XRD, NH<sub>3</sub>-TPD를 사용하여 특성 분석하였다.



## 열역학적 평형 계산을 통한 복합 알케인 탄화수소 수증기 개질 반응의 최적 조건 도출

김민주<sup>1</sup>, 전경원<sup>2</sup>, 장원준<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup>경남대학교 사회기반시스템공학과 환경공학전공

<sup>2</sup>경남대학교 환경에너지공학과

## The Determination of Optimal Conditions for Steam Reforming of Combined Alkane Hydrocarbons Using Thermodynamic Equilibrium Analysis

Min-Ju Kim<sup>1</sup>, Kyung-Won Jeon<sup>2</sup>, Won-Jun Jang<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Infrastructure System Engineering, Environmental Engineering, Kyungnam University

<sup>2</sup>Department of Environmental and Energy Engineering, Kyungnam University

본 연구에서는 열역학적 평형 계산을 통해 수소 생산을 위한 복합 알케인 탄화수소 수증기 개질 반응의 최적 조건을 도출하였다. 현재, CH<sub>4</sub>의 수증기 개질은 상용화된 기술이지만 산업시설에서 배출되는 가스는 CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>, C<sub>4</sub>H<sub>10</sub> 등이 혼합된 상태이므로 적용하는데 어려움이 있어 복합 알케인 탄화수소 수증기 개질 반응의 연구가 필요하다. 복합 알케인 탄화수소 수증기 개질 반응 수행 시 수성가스 전이반응, 크래킹 반응, 탄소 침적이 동시에 일어나므로 이를 고려하여 수소 생산을 최대화하고 크래킹 반응과 탄소 침적은 최소화되는 조건을 도출해야 한다. 열역학적 평형 계산을 통해 온도와 H<sub>2</sub>O/C 비에 따른 평형조성, 전환율, 선택도, 생성된 몰수를 계산하였다. 열역학적 평형 계산 결과, 생성된 H<sub>2</sub> 몰수는 온도가 증가함에 따라 증가하였으며 이는 수증기 개질 반응이 고온에서 유리하기 때문에 나타난 결과이다. 또한, 열역학적 평형 조성, CH<sub>4</sub> 몰수, CH<sub>4</sub> 전환율, CH<sub>4</sub> 선택도를 통해 H<sub>2</sub>O/C 비와 관계없이 650 °C 미만에서 C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>, C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>이 CH<sub>4</sub>으로 전환되어 크래킹 반응이 발생한다는 것을 알 수 있었다. 반면에, C 선택도는 H<sub>2</sub>O/C 비에 크게 영향을 받았으며 H<sub>2</sub>O/C 비 2.0 이상일 때 모든 온도에서 탄소침적 생성을 피할 수 있었다.

## **The use of collocation method and far-side boundary conditions for the numerical model of the adsorption column**

Hyeok-sang Ryu<sup>1,2</sup>, Wang-yun Won<sup>3</sup>, Jae-Hyung Choi<sup>1</sup>, Jung-ho Jae<sup>2</sup> and Dong-ha Lim<sup>1</sup> \*

<sup>1</sup>Green Materials & Processes R&D Group, Korea Institute of Industrial Technology (KITECH),  
Ulsan, Korea

<sup>2</sup>Division of Chemical and Biomolecular Engineering, Pusan National University, Korea

<sup>3</sup>Department of Chemical Engineering (Integrated Engineering), Kyung Hee University, Korea

The numerical analysis is a very important step in that it confirms the ideal design as well as the suitability and optimization of the process at the front-end engineering design step. However, various material balance equations are very difficult to solve solutions because equations appear as partial differential equations (PDE) for time and space. Therefore, the computational calculation technique is used for numerical analysis to solve PDE.

In this study, the adsorption column was designed as a numerical model using the finite elements method (FEM) for PSA design. Orthogonal collocation method (OCM) and cubic spline collocation method (CSCM) were used to design a numerical model, and far-side boundary conditions were used to calculate numerical solution. The error was calculated by the difference between numerical and analytic solutions, and finally, a numerical model suitable for PSA design was selected.

**Keyword:** PSA; adsorption; numerical method; FEM

### **Acknowledgments**

This work was supported by the Competitiveness Reinforcement Construction of Industrial Cluster (Development of compact adsorption separation system technology for 3Nm<sup>3</sup>/h-class high-purity hydrogen generation, 1415176215) funded by the Korea Industrial Complex Corporation (KICOX, Korea).

## 무산소 열분해 공정에 의한 폐플라스틱에서 수소 생산 반응 연구

한단비, 김민아, 정하늘, 백영순\*  
수원대학교 환경에너지공학과

### A study on reaction of hydrogen production from waste plastic by the process of non-oxidative pyrolysis

Danbee Han<sup>1</sup>, Mina Kim, HaNeul Jung<sup>2</sup>, Youngsoon Baek<sup>1</sup>

최근 플라스틱 사용량 및 폐기량은 지속적으로 증가하고 있다. 폐플라스틱은 54% 만이 재활용되며, 매립이나 소각으로 처리된다. 소각처리할 때 질소산화물(NOx), SOx(황산화물) 등의 오염물질이 발생하고, 매립의 경우 약 500년동안 썩지 않아 매립지의 부족 문제와 토양오염의 주범이 되고 있다. 정부는 순환경제 구축을 위해 자원순환기본법 등의 재활용율을 높이는 사업을 추진하고 있으나 대부분 고형연료화에 한정되어 사용되고 있다. 탄소중립 선언과 수소경제가 화두가 되면서 천연가스가 아닌 폐자원에서부터 수소를 추출하는 기술이 주목받고 있다. 폐플라스틱을 저산소 분위기에서 500~1000℃로 가열하여 고분자화합물을 환원 분해하는 무산소 열분해 기술은 폐플라스틱의 소각 또는 고형연료화 하는 기술보다 온실가스 감축효과가 높고, 에너지 대체효과도 0.57TOE/ton으로 높다. 생산된 열분해유는 분리공정을 거쳐 납사유가 생산된다. 이러한 납사유를 개질반응을 통해 수소를 생산할 수 있으며 폐자원의 에너지화로 경제성을 확보할 뿐 아니라 사회적인 환경문제 해결과 함께 CO2 감축에 기여하고자 한다.

본 연구는 폐플라스틱의 열분해로부터 얻은 납사유를 Ni 촉매로 Reforming 반응을 통해 수소를 생산하고자 한다. Reforming 반응온도와 Carbon/Steam 비에 따른 납사유 전환율과 수소생산율을 분석하였다. 납사유의 높은 전환율과 수소생산을 할 수 있는 최적의 생산 조건을 찾고자 연구하였다.

#### 감사의 글

본 연구는 산업통상자원부 신재생에너지핵심기술개발사업(20213030040270)의 지원을 받아 수행되었습니다.

#### 참고문헌

1. X. zou, T. Chen et al., "High catalytic performance of Fe-Ni/Palygorskite in the steam reforming of toluene for hydrogen production", Applied energy, 226, 827-837, (2019)

## 방향족 화합물로부터 파라핀계 연료성분으로의 전환을 위한 촉매수소화 반응에 관한 연구

한기보, 장정희, 박유리, 정병훈<sup>1</sup>  
고등기술연구원, <sup>1</sup>국방과학연구소

## A Study on Catalytic Hydrogenation for Conversion of Aromatic Compounds to Paraffin-Based Fuel Components

Gi Bo Han\*, Jung Hee Jang, Yuri Park, Byung Hun Jeong<sup>1</sup>  
Institute for Advanced Engineering, <sup>1</sup>Agency for Defense Development

탄화수소류 화합물의 종류 및 조성에 따라 적용될 수 있는 연료로서의 물성이 달라지며, 이에 따라 연료종류가 달라진다. 다양한 내연기관에 적용될 수 있는 연료와는 달리 항공유에는 노말파라핀, 이소파라핀 및 사이클로파라핀 등의 파라핀계 탄화수소류 화합물이 주로 포함되며, 지녀야 할 항공유로서의 물성 및 해당 규격에 따라 방향족 화합물이 일부 포함될 수 있다. 아울러, 이들 파라핀계 탄화수소류 화합물에 해당하는 연료성분의 종류 및 조성에 따라 연료물성이 좌우된다. 본 연구에서는 항공유에 포함되는 연료성분으로 적용될 수 있는 파라핀계 연료성분을 제조하기 위한 다성분계 탄화수소류 화합물을 대상으로 수소화반응을 수행하였으며, 해당 원료에 포함된 파라핀 및 방향족 성분들에 대하여 반응 전과 후에 각각 대응되는 반응물 대비 생성물에 포함된 탄화수소류 화합물의 종류 및 조성 변화를 관찰하였다.

## Development of TiO<sub>2</sub> nanotubes electrode for electrochemical reduction of oxalic acid to glycolic acid

Sunmi Im and Yiseul Park \*  
Pukyong National University

Many studies are being conducted to convert carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) into useful compounds, and oxalic acid is a promising material that can be obtained by electrochemical reduction of CO<sub>2</sub>. Oxalic acid (OX, (COOH)<sub>2</sub>) can be further reduced to glyoxylic acid and glycolic acid, which are more valuable and in demand than OX. Glycolic acid (GC, HOOC-CH<sub>2</sub>OH) is produced by electrochemical reduction (4 electron/proton transfer) of OX with glyoxylic acid as an intermediate, and is used in biodegradable polymers, perfumes, cosmetics, and so on. In this study, anatase-TiO<sub>2</sub> nanotubes (TNTs) electrode was used as working electrode for the reduction of OX to GC and prepared by the anodization method. Counter electrode and reference electrode were used as DSA (mesh), Ag/AgCl, respectively. Chronoamperometry (CA) was performed under various conditions to investigate the effect of each parameters (applied potential, reaction temperature, electrolyte pH, etc.). In addition, CA was conducted using TNTs cathode prepared by controlling the anodization time and electrolyte composition. We confirmed that nanotubes length significantly affects product selectivity with longer TNTs showing higher GC efficiency. We achieved high yield and selectivity of OX to GC than glyoxylic acid, and mechanism of reactions within nanotube was also investigated.

## An in-situ infrared spectroscopic study of the dehydration of lactic acid on ZSM-5

Jichan Kim<sup>1</sup>, Sumin Seo<sup>1</sup>, Jungho Jae<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Pusan National University

기존 석유화학 산업에서 널리 쓰이는 아크릴산의 경우, 프로필렌의 2단계 산화 공정을 통해 생성된다. 그러나 공정 중 생산되는 부산물인 아크로레인은 그 폭발성과 유독성으로 인해 문제가 많으며, 나프타 크래킹 공정의 쇠퇴로 인해 프로필렌의 가격 또한 크게 증가하고 있다. 따라서 탈석유 및 친환경적으로 아크릴산을 생산할 수 있는 대체 공정이 전세계적으로 연구되고 있다. 그 중 바이오매스 유래 젯산으로부터 탈수 반응을 통해 아크릴산을 생산하는 경로가 최근 많은 관심을 받고 있다. 젯산 탈수 반응에 우수한 선택도를 보이는 촉매로 현재까지 calcium phosphate와 alkali ion exchanged zeolites(예, K-ZSM-5)가 보고된 바 있으며, 이 촉매들은 적절한 세기를 가진 산-염기가 쌍으로 존재하여 선택적 아크릴산 생산이 가능한 것으로 추론되고 있다. 하지만 촉매에 존재하는 산/염기점들이 어떻게 젯산의 카르복실기 또는 하이드록실기 절단을 위해 상호작용하는지에 대해서는 아직까지 의문점이 있다. 따라서 본 논문에서는 아크릴산을 효율적으로 생산하게 하는 산-염기 촉매들의 작용을 규명하고, 이로부터 고선택도 젯산 탈수 반응 촉매 설계를 위한 key properties을 도출하고자 하였다.

### References

1. Thomas Bonnotte., Sebastien Paul, Marcia Araque, Robert Wojcieszak, Franck Dumeignil, Benjamin Katryniok, "Dehydration of Lactic Acid: The State of The Art", *Chem. BioEng. Rev.*, **5**(1), 34-56 (2018)

## Study on the effect of catalyst coated porous transport layer in polymer electrolyte membrane water electrolysis process through electrochemical performance and impedance analysis

Tuan Linh Doan<sup>1</sup>, Ta Nam Nguyen<sup>1</sup>, Yoonseong Jung<sup>1</sup>, Taekeun Kim<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Graduate School of Energy Science and Technology, Chungnam National University, Korea.

<sup>2</sup>Department of Chemical Engineering Education, College of Education, Chungnam National University, Korea.

Polymer electrolyte membrane water electrolysis (PEMWE) is one of the emerging hydrogen production methods because of its benefits such as high operating current density, high voltage efficiency, high purity of product gas, and compact system design. The typical PEMWE cell consists of 4 main components: bipolar plate, porous transport layer (PTL), catalyst layers, and polymer electrolyte membrane (PEM). Normally, the catalyst layers were assembled on two sides of the PEM to build the catalyst coated membrane (CCM). On the other hand, in this study, we approached a method of fabricating catalyst coated support with PTL as support. The PTL, a porous medium that mainly uses titanium as a material, is known for excellent electrical and thermal conductivity, and excellent water and product gas transport capabilities. The electrode catalyst was coated on the PTL to fabricate the catalyst coated PTLs (CCPTLs), with the catalyst loading of 2 mg<sub>Ir</sub>/cm<sup>2</sup> (IrO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub>) for the anode side CCPTL and 2 mg<sub>Pt</sub>/cm<sup>2</sup>(Pt/C) for the cathode side CCPTL. These two CCPTLs were assembled with the Nafion membrane 117 to evaluate the electrochemical properties in the PEMWE process. Initial results of polarization curves and impedance analysis showed that the CCPTL is a promising method for the PEMWE. Using this method improved membrane electrode assembly (MEA) productivity and simplified PEMWE cell assembly.

### References

1. H. Jang, J. Lee, Iridium oxide fabrication and application: A review, *J. Energy Chem.* **46** 152–172 (2020).
2. J. Kristóf, J. Mink, A. De Battisti, J. Liszi, “Emission FTIR studies on the formation mechanism of IrO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub> based coatings”, *Electrochim. Acta.* **39**, 1531–1535 (1994)
3. R. Badam, M. Hara, H.H. Huang, M. Yoshimura, “Synthesis and electrochemical analysis of novel IrO<sub>2</sub> nanoparticle catalysts supported on carbon nanotube for oxygen evolution reaction”, *Int. J. Hydrogen Energy.* **43**, 18095–18104 (2018).
4. E. Oakton, D. Lebedev, M. Povia, D.F. Abbott, E. Fabbri, A. Fedorov, M. Nachtgeal, C. Copéret, T.J. Schmidt, “IrO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub>: A High-Surface-Area, Active, and Stable Electrocatalyst for the Oxygen Evolution Reaction”, *ACS Catal.* **7**, 2346–2352 (2017).

## **Enhancing SO<sub>2</sub> resistance of Chromium Based Layered Structure Catalyst in Low Temperature NH<sub>3</sub> Selective Catalytic Reduction**

Wongun Yoon, Junil Choi, Daehee Jang, Song Kyu Kang, Jihoon Kim and Won Bae Kim \*  
Department of Chemical Engineering, Pohang University of Science and Technology (POSTECH),  
77 Cheongam-Ro, Nam-gu, Pohang, Gyeongbuk 37673, Republic of Korea

In this study, the chromium based layered structure catalysts are synthesized by co-precipitation method and they are used as catalysts for NH<sub>3</sub> selective catalytic reduction. The chromium based catalysts are characterized by Brunauer-Emmett-Teller analysis, X-ray diffraction, NH<sub>3</sub>-temperature programmed desorption, H<sub>2</sub>-temperature programmed reduction, X-ray photoelectron spectroscopy and X-ray near edge structure. Low temperature NH<sub>3</sub>-SCR with Cr based layered structure catalysts has high deNO<sub>x</sub> efficiency and N<sub>2</sub> selectivity. Moreover, the outstanding SO<sub>2</sub> tolerance of chromium layered structure catalysts was also obtained. The enhanced SO<sub>2</sub> resistance suggests that chromium based layered structure catalysts could be used as the effective catalyst for low temperature NH<sub>3</sub>-SCR processes.



## Effect of initial pH from Mixtures of Swine Manure and Food Waste for Hydrogen Production

Enkhjargal Ganbaatar, Hwiseo Jeon, Taeyoung Kim\*

<sup>1</sup>Chosun University

Hydrogen has recently gained the attention as an alternative energy carrier. In environment area, biohydrogen can be produced from hydrogen-producing microorganisms in the anaerobic digestion (AD) using waste biomass, e.g., swine manure and food waste. During the hydrolysis and acidogenesis process in AD, initial pH is important parameter to determine the hydrogen production rate [1]. This study investigates the effect of initial pH by mixing the swine manure (SM) and food waste (FW) for hydrogen production. The batch reactors were operated using different substrates mixing ratio of 10:0, 9:1, 7:3, 5:5, 3:7, 1:9, and 0:10 of SM and FW at a mesophilic temperature of 30°C and those initial pHs were 7.46, 6.94, 6.45, 5.90, 5.09, 4.62, and 4.4, respectively. It was found that the hydrogen was not detected during whole reaction time (6 days) at the condition of over pH 6.5 and under pH 4.6 and the highest hydrogen production rate of 0.61 mL h<sup>-1</sup> was showed at the condition of initial pH 5.90 (mixing ratio of 5:5). In addition, the organic matter was not degraded at the low pH (<5.0) conditions. Suggested initial pH and mixing ratio were from 5.0 to 6.0, and 5:5 and 3:7 (SM:FM). According to these results, the initial pH is crucial parameter for determining the hydrogen production rate and the composition of initial microbial consortium in AD process.

### References

1. H. H. P. Fang and H. Liu, *Bioresour. Technol.*, 82 87-93 (2002)

## 영구자석 스크랩으로 합성한 니켈 산화물 나노입자의 특성

홍성제\*, 홍상혁, 조아진, 김병준<sup>1</sup>, 김용성<sup>1</sup>, 양수원<sup>2</sup>, 이재용<sup>2</sup>  
한국전자기술연구원, <sup>1</sup>서울과학기술대학교, <sup>2</sup>(주)한청알에프

### Characteristics of Nickel Oxide Nanoparticles Synthesized by Using Permanent Magnet Scraps

Sung-Jei Hong\*, Sang Hyeok Hong, Ajin Jo, Byeong Jun Kim<sup>1</sup>, Young-Sung Kim<sup>1</sup>, Suwon Yang<sup>2</sup>, Jae Yong Lee<sup>2</sup>

Korea Electronics Technology Institute, <sup>1</sup>Seoul National University of Science & Technology, <sup>2</sup>Hanchung RF Co. Ltd.

NdFeB 영구자석은 높은 가전제품의 소형 모터 및 하이브리드 자동차 및 전기자동차 등 다양한 수요 증가와 함께 사용량이 증가하고 있다. 이러한 NdFeB 영구자석의 사용량 증가에 비례하여 폐기물 배출량도 증가하고 있다 [1]. NdFeB 영구자석 표면에는 Ni 도금층이 존재하는데 영구자석과 함께 부산물로 배출되어 이에 대한 재활용 방안 마련이 필요하다. 니켈 산화물(NiO)은 입방 격자 구조를 가진 주요 전이 금속 산화물 물질 중 하나로서 배터리 전극, 광전자 소자, 이온 저장, 가스 센서, 자성 소재, 열전 소재, 촉매, 연료 전지, 염료 감응 광촉매, 항암제 및 포도당 센서 등과 같은 광범위한 분야에 응용된다. NiO 나노입자는 표면 대비 부피비가 NiO 벌크 소재와 다르고 이로 인해 광학적 특성, 물리적 특성, 화학적 특성, 기계적 특성 및 전기 전자적 특성 등에서 벌크 소재가 나타내지 않는 특성을 나타낸다 [2]. 본 연구에서는 NdFeB 영구자석의 스크랩에서 나오는 Ni 부산물을 이용하여 NiO 나노입자를 합성하였고 물성을 관찰하였다. 그 결과, 1차 입자의 크기가 20 nm 미만인 초미세급의 NiO 나노입자가 합성된 것을 관찰할 수 있었다.

#### 감사의 글

본 연구는 2020년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제로 이에 감사드립니다 (No. 20205210100070).

#### 참고문헌

1. Kim, K., Kim, G., Lee, H., and Kang, J., "Breakage and Surface Oxidation Characteristics of Waste NdFeB Magnet for Recycling", *J. of Korean Inst. of Resources Recycling*, **28**(3), 26-34 (2019).
2. El-Kemary, M., Nagy, N., and El-Mehasseb, I., "Nickel oxide nanoparticles: Synthesis and spectral studies of interactions with glucose", *Mater. Sci. Semicond. Process.*, **16**(6), 1747-1752 (2013).

## 암모니아 분해를 통한 그린수소 생산을 위한 팔라듐계 분리막 반응기에 관한 연구

이은한<sup>1,2</sup>, 김태우<sup>1,2</sup>, 변세기<sup>1</sup>, 서두원<sup>1</sup>, 황효정<sup>1</sup>, 김한성<sup>2,\*\*</sup>, 이신근<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> 한국에너지기술연구원 고온에너지전환연구실, 34129 대전광역시 유성구 가정로 152

<sup>2</sup> 연세대학교 화공생명공학과, 03772 서울특별시 서대문구 연세로 50

### Green hydrogen production via ammonia decomposition using a Pd-based membrane reactor

Eun-Han Lee<sup>1,2</sup>, Tae-Woo Kim<sup>1,2</sup>, Se-Gi Byun<sup>1</sup>, Doo-Won Seo<sup>1</sup>, Hyo-Jung Hwang<sup>1</sup>, Han-Sung Kim<sup>2,\*\*</sup>,  
Shin-Kun Ryi<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>High Temperature Energy Conversion Laboratory, Korea Institute Energy of Research (KIER),  
Deajeon 34129, Republic of Korea

<sup>2</sup>Department of Chemical and Biomolecular Engineering, Yonsei University, Seoul 03772, Republic of Korea

암모니아를 이용한 수소 생산에는 기존 천연가스 개질반응을 통하여 생산되는 수소에 비해 이산화탄소 배출이 발생하지 않아 청정 기술로써 주목을 받고 있다. 암모니아는 액화가 쉽고 저장 용량이 높을 뿐만 아니라 기존 저장 및 운송 노하우, 인프라 활용이 가능하여 경제적이다. 하지만, 기존 암모니아 분해 방식은 분해반응기와 더불어 정제 등 복합 구성 공정이 요구되고 있어 보다 효과적인 공정이 필수적이다. 분리막 반응기를 이용한 암모니아 분해 공정은 별도의 수소 정제공정이 필요 없어 콤팩트한 공정구성이 가능하고, 운전 로직이 간단하다. 뿐만 아니라, 분해반응과 동시에 분리막을 통한 지속적인 수소 분리가 가능하여 르샤틀리에 원리에 따라 암모니아 분해 효율 향상이 가능하여 낮은 온도에서도 높은 분해효율이 가능하다. 본 연구에서는 팔라듐 복합 분리막 6개와 루테튬 촉매가 장입된 분리막 반응기를 이용하여 암모니아 분해 실험을 진행하였다. 팔라듐 복합 분리막은 직경 1/2인치, 길이 45cm인 Inconel 600 소재의 다공성 튜브형 금속 지지체를 사용하여 blowing coating method와 electroless plating 방식으로 제조하였다. 팔라듐 복합막은 금속지지체로 제조하였기 때문에 간단한 피팅으로 모듈구성이 가능하였다. 암모니아 분해 반응은 475°C, 게이지압력 1.5bar에서 암모니아 가스 (99.999%)를 12LPM (L/min)로 주입하여 진행하였다. Dry gas meter로 permeation stream 유량과 총 유량을 측정하였으며, gas chromatography로 permeation stream 조성을 분석하였다. 실험 결과, 암모니아 분해율은 99% 이상에 달했으며, 분리막을 투과한 수소 순도는 99.999% 이상이었고 수소 회수율은 93.3% 그리고 수소 생산량은 2.177kg/day였다. 분해효율은 촉매성능 대비 25~55% 포인트 이상 향상되었음을 확인하였다. 다수의 분리막을 사용한 암모니아분해실험 결과 분리막 반응기를 사용하여 암모니아분해 온도를 현저히 낮출 수 있으며, 분리막 개수 혹은 크기를 증가시킬 경우 대용량 수소제조도 가능할 것으로 기대한다.

#### 참고문헌

- Han, J. Y., Kim, C. H., Lim, H., Lee, K. Y., & Ryi, S. K., "Diffusion barrier coating using a newly developed blowing coating method for a thermally stable Pd membrane deposited on porous stainless-steel support," *Int. J. Hydrogen Energy*, 42(17), 12310-12319 (2017).
- Kim, C. H., Han, J. Y., Lim, H., Lee, K. Y., & Ryi, S. K., "Hydrogen production by steam methane reforming in membrane reactor equipped with Pd membrane deposited on NiO/YSZ/NiO multilayer-treated porous stainless steel," *J. Membr. Sci.*, 563, 75-82 (2018).
- Cerrillo, J. L., Morlanés, N., Kulkarni, S. R., Realpe, N., Ramírez, A., Katikaneni, S. P., ... & Gascon, J., "High purity, self-sustained, pressurized hydrogen production from ammonia in a catalytic membrane reactor," *Chem. Eng. J.*, 431, 134310 (2022).

## 폐영구자석 분말로부터 황산침출 및 분별결정법을 이용한 자원회수 연구

김희선, 김보람, 진연호, 김대원\*  
고등기술연구원 신소재공정센터

### A study on the recovery of waste permanent magnet powder by sulfuric acid leaching and fractional crystallization method

Hee-Seon Kim, Bo-Ram Kim, Yun-Ho Jin, Dae-Weon Kim\*  
Advanced Materials and Processing Center, Institute for Advanced Engineering(IAE)

희토류계 영구자석의 수요는 하이브리드 및 전기차의 증가와 더불어 사용량이 크게 증가하고 있으며 그 시장규모가 확대되는 전망이다. 희토류계 영구자석 스크랩은 제조 공정 시 뿐만 아니라 폐기되는 공정 중에 다량으로 발생하기에 자원회수를 통한 재활용 연구가 필수적이며 많은 연구자에 의해 다양한 연구가 진행되었다[1-3]. 희토류계 영구자석 스크랩에는 희토류 원소 중 네오디뮴이 약 30% 함유되어 있으며, 디스프로슘 및 프라세오디뮴이 소량 함유되어 있다. 희토류 회수 공정 중 습식공정을 통해 회수하는 연구를 보면 폐영구자석 분말을 산화배소 한 후 산에 침출하는 공정이 대부분이며 희토류 성분에 중점을 두고 철 성분에 대한 회수는 거의 진행되지 않았다.

본 연구에서는 추가적으로 에너지가 들어가는 산화배소를 하지 않고 희토류 분리를 최적화하기 위하여 황산농도 및 광액농도 비에 따라 침출특성을 확인하였고 희토류와 철 성분의 용해도 차이에 의한 분별결정법을 통하여 희토류 및 철 성분의 회수를 실시하였다. XRD 분석 결과 황산농도에 따라 침출되는 결정상이 상이하였으며 3M의 황산용액 농도에서 네오디뮴 화합물로 침출되어 회수율이 높았으며 철 성분은 여액으로 용해된 것으로 판단된다. ICP 분석을 통한 남은 여액의 성분 분석 결과 희토류가 소량 포함된 철 성분이었으며 이를 분별결정법을 통하여 다시 분리하였다. 분별결정법의 결과 고상은 희토류가 거의 없는 철 화합물로 확인되었고 다시 남은 여액의 ICP 분석 결과 희토류가 거의 없는 철 화합물로 확인되었다. 이는 황산침출로 희토류는 모두 고상으로 침출되고 여액에는 철 성분만 남은 것으로 판단되며 이를 통해 산화배소 없이 황산농도 및 광액농도 조절만으로도 희토류를 분리할 수 있는 가능성을 확인하였다.

#### 사사

본 연구는 2021년도 산업통상자원부의 재원으로 한국산업기술평가관리원의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (클린팩토리 기술개발사업 No.20015769)

#### 참고문헌

1. 진연호, 김대원, 2021년 한국세라믹학회 추계학술대회, 제주 라마다 프라자 호텔, 한국, PG2B-24 (2021).
2. Qi, D., "Hydrometallurgy of Rare Earths : Extraction and Separation", Elsevier, Radarweg 29, Amsterdam, Netherlands, (2018).
3. Lee, J. C., Kim, W. B., Jeong, J. K., and Yoon I. J., "Extraction of Neodymium from Nd-Fe-B Magnet Scraps by Sulfuric Acid", J. of the Korean Inst. of Met. & Mater., 36(6), 967-972 (1998).

## The highly selective conversion of biomass-derived furans to renewable aromatics over metal oxide phosphate catalysts

김한별<sup>1</sup>, 박영권<sup>2</sup>, 제정호<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>부산대학교

<sup>2</sup>서울시립대학교

현재까지 연료 및 화학물질의 석유 정제에 대한 의존성은 증가해왔고, 그에 따른 이산화탄소 배출 증가와 대기 오염 등은 심각한 문제가 되고 있다. 따라서 재생가능한 탄소자원으로부터 액체 연료 및 화학 물질을 생산하는 지속 가능한 화학 공정 개발은 시급한 과제이다. 이러한 점에서, 재생가능한 바이오매스를 활용하여 지속가능한 연료 및 케미컬을 생산하는 기술은 석유정제 공정에 대한 매력적인 대안으로 활발히 연구 중에 있다. 그 중 바이오매스 유래 퓨란 유도체로부터 고체 산 촉매 하에서 Diels-Alder 첨가 고리화 반응을 통해 석유화학 기초원료인 벤젠, 톨루엔, 자일렌(BTX)를 제조하는 기술이 많은 관심을 받고 있다. 다양한 연구를 통해 제올라이트 등과 같은 고체 산 촉매가 강한 Brønsted 산세기와 공간 제한 효과로 인해 방향족 화학 물질 생산에 높은 활성을 보이는 것으로 밝혀졌다. 그러나 부반응인 탄소 침적으로 인한 빠른 촉매 비활성화는 큰 문제이다. 최근 연구 결과에 의하며, 적절히 산세기가 약화된 인산화 처리 제올라이트 촉매(예, phosphorous beta zeolites)가 높은 방향족 수율과 안정성을 가지는 것으로 보고된 바 있다.

본 연구에서는, 금속 산화물 지지체(예,  $\text{TiO}_2$ )에 인산기가 도입된 금속 인산화물 기반 고체산 촉매를 제조하고, 퓨란 Diels-Alder 첨가 고리화 반응 특성을 조사해 보았다. 구체적으로는 금속/인 비율 조절, surfactant를 통한 중형 세공 도입, 소성 온도 조절에 따른 촉매의 산세기, 결정 구조, 기공 구조에 미치는 영향을 특성 분석하고, 반응성에 미치는 영향을 파악하였다. 또한 반응 kinetics 실험을 통해 각 생성물에 대한 반응 속도와 활성화 에너지를 평가하였다.

금속-유기 골격체로부터 합성된 망간 산화물 촉매를 이용한  
질소 산화물의 암모니아 선택적 촉매 환원 반응

김현섭, 이황호<sup>1</sup>, 김도희<sup>2\*</sup>  
서울대학교, <sup>1</sup>서울대학교, <sup>2</sup>서울대학교

**Metal-organic frameworks derived manganese oxide catalyst for selective  
catalytic reduction of NO<sub>x</sub> with NH<sub>3</sub>**

Hyun Sub Kim, Hwangho Lee<sup>1</sup>, Do Heui Kim<sup>2\*</sup>  
Seoul National University, <sup>1</sup>Seoul National University, <sup>2</sup>Seoul National University

Since the regulations on NO<sub>x</sub> emission have been tightened, the development of highly efficient technologies for NO<sub>x</sub> abatement is needed in various industrial fields. One of the most efficient technologies to reduce NO<sub>x</sub> is a selective catalytic reduction with NH<sub>3</sub> (NH<sub>3</sub>-SCR). Mn-based oxide catalyst has been drawing attention to lower the reaction temperature of selective catalytic reduction. In this study, we synthesized a series of Mn-based oxide catalysts with different amounts of cobalt, which was derived from Mn-Co bimetallic metal-organic frameworks. The MnCoO<sub>x</sub> catalyst showed high catalytic performance even below 200 °C. The physicochemical properties of the MnCoO<sub>x</sub> catalysts were investigated by various characterization methods, including XRD, N<sub>2</sub> adsorption-desorption, and H<sub>2</sub>-TPR.

## 미분해 암모니아의 농축을 위한 금속 염화물 침착 활성탄의 제조

홍민우<sup>1</sup>, 박지혜<sup>2</sup>, 이광복<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>충남대학교 에너지과학기술대학원, <sup>2</sup>충남대학교 화학공학교육과

### Preparation of metal chloride-impregnated activated carbons for concentration of undecomposed ammonia

Min Woo Hong<sup>1</sup>, Ji Hye Park<sup>2</sup>, Kwang Bok Yi<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Graduate School of Energy Science and Technology Chungnam National University

<sup>2</sup>Department of Chemical Engineering Education Chungnam National University

기존 수소를 압축이나 액상화 형태로 저장하고 운송하는 것은 수소의 고유한 성질 때문에 손실이나 안전성의 문제점을 가지고 있다. 하지만 암모니아는 수소 저장체로서 수소 용량이 크고 에너지밀도가 높기 때문에 저장 및 추출 기술에서 주목받는 상황이나 암모니아를 분해하여 수소를 추출하는 과정에서 상당량의 미분해 암모니아가 발생한다는 치명적인 문제점이 있다. 미분해 암모니아는 후단 수소 소비공정에서 부식 유발과 촉매 피독과 같은 치명적인 피해를 줄 수 있어 0.1 ppm 이하의 농도로 반드시 제거해야 하는데 PSA 공정에 적용해 미분해 암모니아를 제거 및 농축하고자 한다. 미분해 암모니아를 제거 후 고농축하여 분해 공정 전단으로 회수하거나 연소 공정에 있어 직접 사용이 가능하다. 본 연구에서는 암모니아 PSA 공정에 적용하기 위한 흡착제로 활성탄을 선정했으며 흡착/탈착 시 온도와 압력에 따른 흡착 성능의 변화량을 파악했다. 또한 흡착제 표면에 1~5 wt% 별 금속 염화물을 침착해 암모니아의 흡착량을 증가시키고 흡착 세기를 조절하였으며 전구체로는 염화물(Cl<sup>-</sup>), 금속으로는 마그네슘(Mg)을 선정해 최적 금속 침착량을 파악했다. 흡착제는 TGA, BET, NH<sub>3</sub>-TPD를 통해 특성 분석을 진행했다. 따라서 최적의 공정 조건과 금속 침착량을 선정 후 암모니아 분해 공정 시 생성 모사 가스를 통해 흡착제의 적용 가능성을 확인했다.

## 돼지 도축 혈액을 이용한 산소환원용 비귀금속 촉매 제조 및 촉매 특성 분석

정혜원, 김동건, 이은희, 드영반하우, 주은혜, 정찬일, 김필\*

### Preparation and characterization of non-precious catalyst by using pig blood for oxygen reduction reaction

Hye-won Jeong, Dong-gun Kim, Eun-hee Lee, eunhye Joo, ChanIl Jeong, Pil Kim\*  
Jeonbuk National University

수소연료전지(PEMFC)는 느린 산소환원반응을 극복하기 위해 매우 효율적인 전기화학촉매를 필요로 하는 유망한 에너지 보존 기술이다. 그 중, 백금계 촉매는 훌륭한 촉매 활성을 가지고 있지만 희귀성, 고비용, 낮은 내구성 때문에 연료전지의 large-scale 응용에는 적용이 어려운 한계점이 있다. 그래서 전이 금속 산화물, 금속 산화 화합물, Metal-Nitrogen-Carbon(M-N-C)와 같은 비귀금속 전기화학촉매에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그중, M-N-C 촉매는 높은 산소환원반응 활성, 저비용, 훌륭한 내구성, 메탄올 저항성과 같은 장점을 가지고 있어 백금계 촉매를 대체할 가장 유망한 후보중 하나이다. 특히, Fe-N-C 촉매는 적절한 Fe-O 결합과 열역학적으로 우호적인 ORR pathway를 가지고 있어 높은 전기화학적 활성을 보인다.

바이오매스는 버려지는 자원을 이용하기 때문에 환경친화적이고 단가가 낮은 자원이다. 특히, 돼지 도축 혈액은 4개의 피롤 고리에 질소 원자가 배워진 철 이온을 가지고 있는 구조인 Fe porphyrin을 다량 함유하고 있어 Fe-N-C 촉매의 전구체로 유용하다.

본 연구에서는 돼지 도축 혈액을 이용하여 산소환원반응용 촉매를 제조하였고 Fe precursor 첨가를 통해 더욱 activation시켜 활성을 증가시켰다. 첨가한 Fe precursor 함량에 따라 전기화학적 활성을 비교하였고 제조된 촉매의 TEM, XRD, ICP, XPS 분석을 진행하였다.



## 하수처리장 유출수 자료의 ANN을 이용한 전력경제성 분석

조대철<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>순천향대학교

### Economic analysis of power consumption in a wastewater treatment plant by using an artificial neural network algorithm

Daechul Cho<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>Soonchunhyang University

Recently automatically generated data from TMS in wastewater treatment facilities are attempted to be analyzed for a stable, predictable operation even without trained human experts. ANN (artificial neural network) algorithm has been a popular tool for this purpose. This paper focuses on how to minimize consumption of electricity within a specified period. MLP (multiple layer perceptron) method was used to interconnect critical input/output variables or parameters into electricity used during a designated period. We found that currently collected data from a WWTP could predict to reduce the usage of the utility, thus its cost.

#### 참고문헌

1. Wongburi, P. and Park, J. K., "Big Data Analytics from a Wastewater Treatment Plant," *Sustainability*, **13**, 12383 (2021).
2. Ju, C. H., "A Study on the Operation of Domestic Municipal Sewage Treatment Plants Using Neural Network Pattern Analysis," Ph.D. Dissertation, ChonNam National University, (2010).

폐기물매립시설의 법제도 개선방안 연구  
-수환경 영향 분야를 중심으로-

안준영<sup>1</sup>, 이진희<sup>1</sup>, 지민규<sup>1,\*</sup>  
한국환경연구원<sup>1</sup>

A Study on the legal system improvement in waste landfill  
-Focusing on the water environment sector-

Junyeong An<sup>1</sup>, Jinhee, Lee<sup>1</sup>, Min-Kyu Ji<sup>1,\*</sup>  
Korea Environment Institute<sup>1</sup>

폐기물 매립시설은 「폐기물관리법」, 「폐기물처리시설 설치촉진 및 주변지역지원 등에 관한 법률, 이하 폐촉법」 및 「환경영향평가법」 등에 의해 시설의 입지선정부터 설치·운영·(사후)관리가 이루어지고 있다. 하지만 관련 법제도의 기반이 구축되어 있음에도 불구하고 지하수·지표수 오염 등의 다양한 환경적 문제는 지속적으로 발생되고 있으며 매년 이슈화되고 있다. 특히 매립장 운영으로 인한 환경 훼손 정도는 타 개발사업에 비해 클 개연성이 높으므로 세밀한 입지선정과 관리가 필요하다. 본 연구에서는 수환경 분야의 문제 발생 원인분석(다수 매립장 현지합동 조사 및 문헌 조사) 등을 통해 도출된 사항을 바탕으로 법제도 개선사항을 고안하였으며, 그 내용을 법률 개정(안)과 정책적 시사점으로 구분하여 제안하였다. 법률 개정(안)의 내용은 오폐수 폐기물 매립계획, 침출수 관리수위 강화, 검사정 오염판단 기준 정립, 침출수 배출허용기준 항목 등에 해당하며, 정책적 시사점은 침출수 환원시스템의 최신 매립장 운영기술 도입 장려, 매립장 관리감독 범위기준 강화와 전문인력 양성, 관계기관의 폐기물매립장 관리범위 확대 등의 사항이다. 법제도 개선방안은 환경영향평가 제도의 개선사항과 긴밀하게 연계되어 있어 향후 연구결과가 보완·반영될 경우 매립장 사업의 환경영향평가 및 매립장 운영관리 개선에 효과가 클 것으로 기대된다.

**참고문헌**

1. Ji, M.-K., An, J., Lee, J., Joo, Y., Lee, B., Kim, K.-H., and Jang, W.S., "Research on Improvement for Water Environment Assessment in Waste Landfill Projects", Korea Environment Institute, ISBN: 979-11-5980-568-4 93530(2021).

**사사:** 본 연구는 한국환경정책·평가연구원의 2021년도 기본과제인 「폐기물매립장 사업의 수환경 평가 분야 개선방안 연구(RE2021-19)」의 지원으로 수행되었다.

## 제조된 산화아연으로부터 광촉매 특성 평가

장대환, 김보람, 김희선, 김대원\*  
고등기술연구원 신소재공정센터

### Preparation, Characterization and Photocatalytic Properties of ZnO photocatalyst

Dae-Hwan Jang, Bo-Ram Kim, Hee-Seon Kim, Dae-Weon Kim\*  
Advanced Materials and Processing Center, Institute for Advanced Engineering (IAE)

산화아연(ZnO) 나노입자는 물리화학적 특성이 우수하여 가스센서, 발광 다이오드, 염료 감응형 태양전지 및 향균 필름 등 넓은 범위에 응용하는 연구가 많이 진행되고 있다. 산화아연은 입자 형상 및 결정성의 변화에 따라 특성이 좌우되며, 자외선에서의 높은 흡수율, 높은 산화력, 물리화학적 안정성을 가지기 때문에 광촉매 물질로 응용 가능성이 매우 크다. 물 용매 속에 존재할 때 산화아연의 표면에서  $Zn(OH)_2$ 를 형성하여 광촉매 활성이 감소되나 빛을 받으면 산화-환원(Redox) 반응을 일으키고, 강력한 산화제 역할을 하는  $O_2^-$  또는  $OH^-$  라디칼들을 발생시키며, 주변의 유해한 유기물들을 분해하고 이산화탄소 및 물로 전환시킨다.

본 연구에서는 아연 전구체로부터 알칼리 침전제에 의한 액상반응 침전법으로 중간생성물을 형성하고, 하소온도 조건에 따라 산화아연 입자 형상 및 크기를 제어하였다. 알칼리 침전에 의한 반응을 Gibbs Free Energy로 분석하였고, 합성된 산화아연 나노입자의 물에 대한 안정성과 MB(Methylene Blue)를 통해 광촉매 특성을 평가하였다. 제조된 중간생성물 및 하소된 산화아연은 TGA, XRD, SEM을 통해 분석하였고, 광촉매 특성은 UV-vis를 통해 확인하였다.

#### 사사

본 연구는 2021년도 산업통상자원부 한국산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 수행한 연구과제입니다. (철강산업제도약기술개발사업 No. 20016885)

#### 참고문헌

1. X. Chen, Z. Wu, D. Liu, and Z. GaO, "Preparation of ZnO Photocatalyst for the Efficient and Rapid Photocatalytic Degradation of Azo Dyes", *Nanoscale Res. Lett.*, 12, 143-155 (2017)
2. D. H. Jang, B. R. Kim, and D. W. Kim, "Synthesis of Zn-intermediate from alkali agents and its transformation to ZnO crystallinity", *J. Korean Cryst. Growth Cryst. Technol.*, 31(6), 1-6 (2021)

## 반도체 연마용 세리아 분산 용액: 분산에 미치는 분산제의 종류와 교반 속도의 영향

장학룡, 이정인, 윤성순, 광승현, 박정훈\*  
동국대학교 화학생물공학과

### CeO<sub>2</sub> dispersion solution for semiconductor grinding: influence of dispersant on the type of dispersion and stirring speed

Xuelong Zhuang, Jeong In Lee, Seong Soon Yoon, Seung Hyeon Kwak, Jung Hoon Park\*  
Department of Chemical and Biochemical Engineering, Dongguk University

일반적으로 반도체 연마용 분말은 철, 알루미늄, 세륨, 티타늄 등과 같은 2가 금속 산화물 및 4가 금속 산화물로 사용되고 있으며, 이 중 세륨 기반 연마 분말은 중간 정도의 경도, 높은 연마 효율, 양호한 연마 품질, 긴 사용 수명 및 깨끗하고 환경 친화적인 작업 방식으로 최고의 연마 재료로 알려져 있다. 웨이퍼 표면 연마를 위해서는 유동성이 우수하고 침전 및 케이킹이 잘 일어나지 않는 재료가 필요하다.

한편, 세리아 분말 입자의 크기가 작을수록 양자 크기 효과로 인해 입자가 응집되기 매우 쉽다. 또한, 정전기력, 판데르발스 힘에 의해 분말을 분산할 시에 2차 응집 발생이 매우 쉽다. 때문에 미세 분말을 안정적으로 분산시키기 위한 연구가 활발하게 이루어지고 있다.

세리아 나노 분말의 분산은 제타 포텐셜 측정으로 확인할 수 있다. 표면 전하가 0이 되는 제로 포텐셜에서는 미세 분말이 가장 쉽게 응집된다. 그리고 표면 전하가 높을 때, 입자는 더 높은 제타 포텐셜을 가지며 이때 입자와 입자 사이에 큰 정전기력이 발생해 높은 분산 안정성을 보인다.

본 연구에서는 첫 번째로 다양한 분산제를 첨가하여 세리아 나노 분말의 분산을 분산제 종류별로 확인하였으며, 두 번째로 교반 속도를 다르게 하여 각각의 세리아 나노 분말의 분산 정도를 확인하였다.

## Eco-Friendly Polyvinyl Alcohol-Gelatin Biofilm Containing *Sargassum thunbergii* Extracts Obtained by Subcritical Water Extraction

Ji-min Han<sup>1</sup>, Jin-Seok Park<sup>1</sup>, Surendhiran Durairasan<sup>2</sup>, Yu-Na Shin<sup>1</sup>, Yeo-Lyeon Shin<sup>1</sup>, Ye-Seul Park<sup>1</sup>,  
Byung-Soo Chun<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Food Science and Technology, Pukyong National University, 45 Yongso-ro, Nam-gu,  
Busan 48513, Korea

<sup>2</sup>Institute of Food Science, Pukyong National University, 45 Yongso-ro, Nam-gu, Busan 48513, South  
Korea

Recently, the identification of biologically active compounds from natural resources has emerged as of great importance. *Sargassum thunbergii* is a brown seaweed belonging to the Sargassaceae family with diuretic activity and muscle relaxant activity; other biological activities have been recently reported, including antioxidant activity, anti-inflammatory activity, and anticoagulant activity. This study, *S. thunbergii* was extracted using subcritical water extraction (SWE), a safe, economical, and environmentally friendly method. Characterization results of *S. thunbergii* subcritical water extracts (SSEs), The antioxidant activity of SSE in the ABTS<sup>+</sup>, DPPH, and FRAP assays was the highest at extraction temperature of 180 °C. Also, the largest range of phenolic compounds and the highest phenolics content were found in the SSE prepared at 180 °C. In antimicrobial tests, the strongest effect was found in the SSE prepared at 180 °C. Collectively, the SSE prepared at 180 °C had the best properties, and SSEs extracted at 180 °C were used for film production. To enhance the functionality of the polyvinyl alcohol-gelatin-based eco-friendly biofilm, the SSE set to the optimal conditions was added to prepare the biofilm, and its characteristics were identified. The prepared film was evaluated for water solubility, swelling property, water contact angle, tensile strength, elongation at break, antioxidant activity, and antibacterial activity. Through this study, we intend to contribute to research on eco-friendly biodegradable functional biofilms derived from marine organisms that can be applied to food, household products, and pharmaceuticals.

### References

1. Durairasan Surendhiran., Changzhu Li., Haiying Cui., and Lin Lin., "Fabrication of high stability active nanofibers encapsulated with pomegranate peel extract using chitosan/PEO for meat preservation", *Food Packag. Shelf Life.*, 23, 100439 (2020)

## 다기능성 텅스테인트-지르코니아 금속 촉매를 이용한 선택적인 탄화수소의 생산

조현민<sup>1,2</sup>, 최정규<sup>2</sup>, 서동진<sup>1</sup>, 최재욱<sup>1</sup>, 하정명<sup>1,\*</sup>  
한국과학기술연구원<sup>1</sup>, 고려대학교<sup>2</sup>

([jmha@kist.re.kr](mailto:jmha@kist.re.kr)\*)

과도한 화석연료의 사용과 더불어 발생하는 온실가스로 인하여 지구온난화의 우려가 증가하고 있다. 따라서 화석연료를 대체할 지속가능한 액체 연료의 생산이 주목받고 있으며, 현재, 리그노셀룰로오스는 액체 바이오연료 생산 공정의 주요 원료 후보이다. 한편, 리그노셀룰로오스의 부산물로 알려진 자일로스는 탈수, 중합, 수소화, 수첨탈산소화 등의 일련의 반응을 통하여 유용한 화합물로 전환이 가능하다. 본 연구에서는 자일로스 유래 2-메틸퓨란으로부터 3단 연속 촉매 반응을 통하여 C<sub>5-15</sub>의 탄화수소를 선택적으로 생산하였다. 3단 연속 촉매 반응에는 텅스테인트-지르코니아 금속 촉매가 사용되었으며, 제조된 액체 바이오연료는 GC/MS, SimDist-GC, 원소분석 등으로 분석하였고, 촉매는 H<sub>2</sub>-TPR, XRD, TEM 분석을 이용하여 각 반응 단계에서의 촉매의 역할을 확인하였다.

**키워드** : 리그노셀룰로오스, 자일로스, 2-메틸퓨란, 텅스테인트-지르코니아 금속 촉매

## 3D 프린터를 이용한 생분해성 고분자 기반 골프티 제작 및 특성분석

정지혁<sup>1</sup>, 이광세<sup>2\*</sup>, 고장면<sup>1\*\*</sup>

<sup>1</sup>한밭대학교 <sup>2</sup>경남정보대학교

### Fabrication and characterization of disposable Golf Tee using biodegradable Polymer through 3D printing

Jihyuk Jung<sup>1</sup>, Kwang Se Lee<sup>2\*</sup>, Jang Myoun Ko<sup>1\*\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Chemical and Biological Engineering, Hanbat National University, 125 Dongseo-daero, Yuseong-gu, Daejeon, South Korea

<sup>2</sup>Department of Chemical Engineering, Kyungnam College of Information & Technology, 45 Jurye-ro, Sasang-gu, Busan, South Korea

플라스틱은 다른 재료에 비하여 가볍고 형태의 변화가 쉬우며, 여러 분야의 적용이 가능하고 생산단가가 낮은 장점이 많은 소재에도 불구하고 환경적 요인으로 최근 많은 인식의 개선을 필요로 하고 있다. 이러한 문제에는 최근 발생한 COVID-19의 발생으로 배달 및 포장의 소비로 변화하면서 일회용 용품의 사용이 증가하면서 폐기량의 증가로 연결되었다. 본 연구에서는 환경 개선을 위해 대표적인 야외 스포츠인 골프의 소모성 용품인 Golf Tee를 자연분해가 가능한 생분해성 고분자 소재인 PLA 필라멘트로 3D 프린터를 이용하여 제작하였다. 타격 후 지면에 꽃혀 있는 티에서 시간이 지남에 따라 발생하는 미세플라스틱이 강과 하천을 통해 해양으로 흘러 들어가 인간에게까지 영향을 미치는 기존 ABS 소재를 대체하여 시간이 지남에 따라 분해 가능한 생분해성 소재로 사용하였다. 소재를 사용함으로써 갖는 친환경적 요소뿐만 아니라 기능에 적합한 설계 및 디자인을 고려하여 지면에 삽입이 쉬운 디자인으로 3D 모델링을 통해 설계하였다. 이렇게 제작된 golf Tee의 성분, 특성과 물리적 특성을 OM, XRD, FTIR 및 UTM을 이용하여 측정하였다.

#### 참고문헌

1. You, Young-Sun et al., *Clean Technology*, 145-152 (2015).
2. Hyeong-Jin Choi et al., *J. of Korean Inst. Resources Recycling*, Vol. 4, 709-720 (2018)

## 팔라듐 촉매 조건에서 리그닌 모델 물질의 수첨탈산소 반응 메커니즘 및 키네틱 연구

안지원<sup>1</sup>, 이관영<sup>2</sup>, 서동진<sup>1</sup>, 유천재<sup>1</sup>, 최재욱<sup>1</sup>, 박명준<sup>3</sup>, 하정명<sup>1,\*</sup>  
한국과학기술연구원<sup>1</sup>, 고려대학교<sup>2</sup>, 아주대학교<sup>3</sup>

([jmha@kist.re.kr](mailto:jmha@kist.re.kr)\*)

나무, 풀과 같이 식물로부터 얻을 수 있는 비식용 바이오매스인 리그노셀룰로오스는 화석연료를 대체하기 위한 액체 연료와 화학합성을 위한 기반 물질의 주요한 원료로서 지속적인 연구가 진행 중이다. 리그노셀룰로오스를 활용 가능한 형태로 전환하는 과정에서 퓨란계, 페놀계 화합물, 카복실산과 같이 산소를 포함하는 화합물들이 발생하는데, 이와 같은 물질들을 고부가 가치를 가지는 물질들로 전환하기 위해서 촉매를 이용한 수첨탈산소 등의 업그레이딩 과정들이 연구 중이다. 본 연구에서는 리그노셀룰로오스에 포함된 페놀계 화합물의 수첨탈산소 반응 거동을 확인하기 위해 모델 물질로 구아리아콜을 사용하여 팔라듐 촉매 기반의 실험을 진행하였다. 반응물과 생성물의 정성, 정량을 분석하기 위해서는 GC/MS, GC-FID 등의 분석 장비를 사용하였다. 그 분석 자료를 기반으로 팔라듐 촉매 조건에서 구아리아콜의 수첨탈산소 반응 경로를 파악한 후, MATLAB의 Levenberg-Marquardt 알고리즘을 사용하여 키네틱 파라미터를 추정하였다.

**키워드** : 리그노셀룰로오스, 구아리아콜, 수첨탈산소, 팔라듐 촉매, 키네틱



## Transesterification 최적화를 통한 Jatropha oil로부터 바이오디젤 제조 연구

심민석<sup>1</sup>, 이승희<sup>1</sup>, 김예희<sup>1</sup>, Rajendra Joshi<sup>2</sup>, 김도희<sup>3</sup>, 김지만<sup>4</sup>, 박영권<sup>5</sup>, 전중기<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>공주대학교 화학공학부,

<sup>2</sup>Dept. of Chemical Science and Engineering, School of Engineering, Kathmandu University,

<sup>3</sup>서울대학교 화학생물공학부,

<sup>4</sup>성균관대학교 화학과,

<sup>5</sup>서울시립대학교 환경공학부

## Study on the manufacture of biodiesel from jatropha oil through transesterification optimization

Minseok Sim<sup>1</sup>, Seunghee Lee<sup>1</sup>, Yehee Kim<sup>1</sup>, Rajendra Joshi<sup>2</sup>, Dohee Kim<sup>3</sup>, Jiman Kim<sup>4</sup>, Youngkwon Park<sup>5</sup>, Jong-Ki Jeon<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Chemical Engineering, Kongju National University,

<sup>2</sup>Dept. of Chemical Science and Engineering, School of Engineering, Kathmandu University,

<sup>3</sup>Dept. of Chemical and Physical Engineering, Seoul National University,

<sup>4</sup>Dept. of Chemistry, Sungkyunkwan University,

<sup>5</sup>Dept. of Environmental Engineering, University of Seoul

바이오디젤은 식물성 기름이나 동물성 지방을 원료로 하며 만든 바이오연료로, 석유 자원이 부족해지는 문제나 지구 온난화와 같은 대기오염으로 인해 최근 가장 주목받고 있는 무공해 연료이다. 현재 선박이나 자동차에 사용되는 기존 디젤에 바이오디젤을 일정량 혼합하는 신재생 연료의무혼합 제도로 인해 사용량이 꾸준히 증가하고 있다. 본 연구에서는 Jatropha oil의 Transesterification을 통해 바이오디젤 제조 최적 조건을 찾고자 하였다. 산 촉매인 Amberlyst-15를 사용한 에스테르화 반응을 통해 Jatropha oil 내 유리지방산(FFA)으로 인한 높은 산가를 낮춰주었으며, 불균일계 촉매인 bead type의 dolomite를 사용하여 전이 에스테르화 반응을 진행하였다. 에스테르화 반응을 통한 전처리 오일은 산가 측정을 통해 전이 에스테르화 반응 가능 여부를 알아보았다. 전이 에스테르화 반응온도와 반응에 사용되는 오일 대 메탄올의 비율을 각각 실험 변수로 설정하였으며, 반응 후 제조된 바이오디젤의 전환율을 비교하였다. 제조한 bead type의 dolomite 촉매는 물리화학적 특성을 알아보기 위해 Brunauer-Emmett-Teller, Temperature Programmed Desorption, X-Ray Diffractometer를 이용하여 분석하였다. 바이오디젤은 Gas Chromatography를 통해 전환율을 분석하였고, 실험은 모두 batch reactor를 사용하여 진행하였다.

## 폐유기용제 정화/회수를 위한 제올라이트 분리막 개발 및 성능 평가

이성연<sup>1</sup>, 김동현<sup>1</sup>, 신은철<sup>1</sup>, 서영훈<sup>1</sup>, 김해욱<sup>1</sup>, 고현수<sup>1</sup>, 김환철<sup>2</sup>, 정재철<sup>1</sup>  
(주)과인텍<sup>1</sup>, (주)에스케이씨솔믹스<sup>2</sup>

### Development of Zeolite membrane separation system for organic solvent purification and recovery

Sung Yeon Lee<sup>1</sup>, Dong Hyun Kim<sup>1</sup>, Eun Chul Shin<sup>1</sup>, Yeong Hoon Seo<sup>1</sup>, Hae Ok Kim<sup>1</sup>  
Hyun Soo Ko<sup>1</sup>, Hwan Chul Kim<sup>2</sup>, Jae Cill Jung<sup>1</sup>  
FINETECH Co., Ltd<sup>1</sup>, SKC Solmics Co., Ltd<sup>2</sup>

유기용제는 매우 다양한 종류의 물질을 총칭하는 것으로, 산업현장에서 가장 많이 쓰이며, 큰 시장 규모를 갖는 유기용제는 Ethyl Glycol, Ethanol, Acetic acid, Amine, Isopropyl alcohol 이라고 할 수 있다. 최근 들어 분리막을 이용한 투과증발, 증기투과 공정을 이용하여 폐알코올을 회수, 정제 및 농축하려는 연구와 산업적용 사례가 점차 증가하고 있는 추세이며, NaA형 제올라이트 분리막은 높은 선택성을 기반으로 유기용매 탈수 공정의 활용이 증가된다고 보고되고 있다. 따라서, 본 연구에서는 반도체 공정의 부품 제조 공정에서 배출되는 폐유기용제의 탈수를 위한 NaA형 제올라이트 분리막을 제조하였고, 우수한 선택도와 투과 플럭스를 나타내었다. 이를 이용하여 폐유기용매의 정화 및 회수를 위한 탈수 공정을 Lab. scale에서 무수급 유기용매까지 탈수 평가를 수행하였다.

#### 참고문헌

1. C. H. Cho, K. Y. Oh, S. K. Kim, J. G. Yeo, and Y. M. Lee, "Improvement in thermal stability of NaA zeolite composite membrane by control of intermediate layer structure", J. Membr. Sci., 366, 229 (2011)
2. Oh, W. J., Jung, J. C., Yeo, J., Lee, J. H., Kim, H., Park, Y. C., Lee, D. H., Cho, C. H., and Moon, J. H., "Pervaporation of Binary Water/Methanol and Water/Butanol Mixtures through Zeolite 4A Membranes: Experiments and Modeling," Membr. J., 27, 487-498 (2017).

#### 사사

이 연구는 2022년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임('20015754')

## 탄소 및 TiN 이중 셸이 코팅된 실리콘 음극재의 제조 및 특성평가

이은희, 김동건, 정혜원, 드엉반하우, 주은혜, 정찬일, 김필\*  
전북대학교

### Preparation and characterization of silicon coated with carbon and TiN heterogeneous shell for the anode of Li-ion battery

Eun-hee Lee, Dong-gun Kim, Hye-won Jeong, Duong Van Hau, Eunhye Joo, Canil Jeong,  
Pil Kim\*  
Jeonbuk National University

리튬이온전지는 높은 에너지 밀도, 긴 사이클 수명, 높은 용량을 가져 다양한 응용분야에 적용되고 있다. 리튬이온전지에서 음극소재로 주목받고 있는 하나인 실리콘은 상용 흑연에 비해 높은 이론 용량을 가지고 리튬과의 낮은 전위차를 가지는 장점이 있다. 하지만 충·방전 시 리튬이온의 삽입 및 탈리 과정에서 실리콘 부피팽창이 발생하여 불안정한 Solid electrolyte interface (SEI)가 형성되는 문제가 있다. 이는 충·방전시의 용량 감소를 야기한다. 따라서 최근에는 높은 초기 용량과 안정성을 가질 수 있도록 표면에 금속 산화물이나 질화물을 코팅하는 방법이 연구되고 있다. 특히,  $TiO_2$ 는 다른 금속에 비해 우수한 정적 용량과 내구성을 가지는 장점이 있지만, 낮은 전기전도성을 갖는다. 이러한 문제를 개선하기 위해 암모니아 소성 과정을 거쳐 TiN으로 변형시켜 부피팽창을 억제하고 높은 전기전도도로 성능을 증대시킬 수 있다.

본 연구에서는 실리콘 표면에 탄소 및 TiN 이중으로 코팅된 구조의 음극재를 제조하였다. 100nm 실리콘에 Polydopamine (PDA)를 처리하고 티타늄을 담지하여 열처리 조건에 따라  $TiO_2$ , TiN 셸을 형성하였다. 제조한 음극재는 충방전 평가를 통해 TiN 도입효과를 알 수 있었으며, TiN 셸을 가질 때 높은 방전용량과 안정성을 가지는 것을 확인할 수 있다.

## 축산폐수와 담수화 농축수를 이용한 스트루바이트 결정화 조건 탐색

전희서 Enkhjargal Ganbaatar, 김태영\*  
조선대학교

### Exploring the optimal struvite crystallization using livestock wastewater and brine from seawater desalination process

Hwi Seo Jeon, Enkhjargal Ganbaatar and Taeyoung Kim\*  
Chosun University

가축으로부터 발생하는 축산폐수는 부영양화를 일으키는 주요 물질인 고농도의 질소와 인을 다량으로 함유하고 있어 별도의 처리 시설이 필요하다. 축산폐수 속 질소와 인을 회수하여 비료로서 재이용이 가능한 스트루바이트(Struvite,  $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$ ) 결정화 공법은 질소와 인을 동시에 처리할 수 있고, 반응시간이 짧기 때문에 부지면적이 작게 소요되며 생물학적 처리 공정과 연계 처리가 가능해 하수처리장 전체 처리 효율을 증진 시킨다는 장점을 가지고 있다[1, 2]. 최근 struvite 결정화 공법의 연구가 많이 진행되고 있으나 이는 마그네슘원을 인공적으로 주입해야 하기 때문에 비료 생산을 위한 부가적인 비용이 발생한다. 본 연구는 마그네슘원으로서 해양생태계의 변화를 야기시켜 문제가 되고있는 해수 담수화 과정 중 발생된 고농도의 염분을 함유한 해수 농축수(Brine)를 사용하여 struvite 결정화 실험을 진행하였다.

축산폐수와 농축수를 이용하여 스트루바이트 회수를 위한 실험실 규모로 최적의 조건을 탐색하기 위한 시간과 서로 다른 pH 및 몰농도 비율로 응집교반 실험을 진행하였다. 최적의 몰농도를 탐색한 결과  $Mg:NH_4:PO_4=1.42:1.75:1$ 의 비율에서 스트루바이트를 생산에 적합함을 확인하였다. 응집교반은 5분, 침전반응은 30분간 진행하였고 0분, 5분, 10분 30분 간격으로 상등액으로부터 Mg,  $NH_4$  그리고  $PO_4$ 의 저감을 분석하였다. 결정화 반응은 4분 이내에 빠르게 일어났으며 인산염과 마그네슘의 농도는 침전 30분 전후 pH 10에서 99.99%, 90.67%로 제거율이 가장 높았으나 암모니아성 질소는 40%의 다소 낮은 수치를 보였고 pH 9에서 66.28%의 높은 제거율을 보였다. 침전물의 XRD 분석 결과 또한 대조군인 인공 스트루바이트와 비교하였을 때 pH 10에서는 결정물이 관찰되지 않았으나 암모니아성 질소의 제거율이 가장 높았던 pH9에서 인공 스트루바이트의 XRD peak와 뚜렷하게 일치하는 결정물을 확인하였다. 스트루바이트는 알칼리성 조건에서 형성되지만 pH가 높아질수록 결정화가 이루어지지 않음에 대해서는 강알칼리성일수록 스트루바이트 생성 직전 Mg와  $PO_4$ 가 빠르게 결합해 이들이 다른 물질로 형성되어 제거되었기 때문이라고 판단되며 최적 struvite 생성은  $NH_4$ 의 제거효율이 가장 높은 pH 9에서 잘 이루어졌다. 실험실 규모의 스트루바이트 생성 연구 결과 고농도의 폐수 처리와 더불어 인공적으로 주입하였던 마그네슘원의 대체제로서 농축수의 사용이 가능함을 입증하였으며, 이 공법을 폐수 처리 공정에 적용할 경우 비료 생산이 가능해짐으로써 경제적 효과가 클 것이라 기대된다.

#### 참고문헌

1. Battistoni, P., Pavan, P., Prisciandaro, M. and Cecchi, F., "Struvite cry stallization: a feasible and reliable way to fix phosphorus in anaerobic supernatants," *Water Res.*, 34(11), 3033~3041(2000)
2. Fujimoto, N., Mizuochi, T. and Togami, Y., "Phosphorus fixation in the sludge treatment system of a biological phos-phorus removal process," *Water Sci. and Technol.*, 23, 635~ 640(1991).

## 폐 분말 소화약제와 버섯 폐 배지를 이용한 발효상토 개발에 관한연구

전준철, 정중희, 허광선<sup>1\*</sup>  
경남정보대학교

### A study on the development of fermentation medium using waste powder extinguishing agent and mushroom waste medium

Juncheol Jeon, Jonghui Jeong Kwangsun Huh\*,  
Kyungnam College of Information & Technology

분말 소화약제로 제1종 분말은 탄산수소나트륨, 제2종 분말은 탄산수소칼륨, 제3종 분말은 인산암모늄, 제4종 분말은 탄산수소칼륨과 요소와의 반응물이 주성분으로 한다. 폐분말 소화약제로 제2종 분말 특히 제3종 분말 소화약제는 인산암모늄( $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ )이 75%, 규소 20%로 구성되어 있어 비료나 상토로 재활용할 수 있다. 현재 원예용 상토 원료로 사용하는 피트모스나 코이어 등은 대부분 외국에서 수입하여 사용하고 있는데 버섯재배 후 발생하는 폐버섯 배지를 원예용 상토의 원재료로 사용할 시에는 경제적인 효과 및 안정적인 상토 재료 수급 그리고 버섯부산물의 재활용이라는 여러 장점이 발생한다. 본 연구에서는 제3종 폐분말 소화 약제인 인산암모늄( $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ )과 버섯 폐배지를 이용하여 폐분말 소화약제를 10~50wt%, 폐 버섯 배지를 10~80wt% 혼합하여 발효상토를 개발하였다. 개발된 발효상토는 pH와 EC, 인산 및 질소함량을 측정하였다. 중금속은 부산물비료 비료분석법에 준하여 분석하였으며 상토의 물리성은 농촌진흥청의 상토분석법기준에 의하여 분석하였다.

본 연구에서 사용된 버섯 폐배지는 질소함량이 2%이고 가리함량은 1%이었으며 유기물함량은 60%로써 일반적으로 사용되고 있는 퇴비의 25~30%보다 높은 수준으로 확인되었으며 인산함량도 1%로 나타나고 있다. 폐버섯 배지에 ABC 폐분말 소화약제를 혼합할 경우 인산함량과 질소 함량이 높아 시중에서 유통되고 있는 퇴비의 일반적인 인산함량이 1%미만인 것과 비교하면 높은 수준으로서 폐버섯 배지가 고급유기물원의 부산물으로써 작물재배에 활용 가능성은 높다고 사료된다. 발효상토의 pH는 7.2로 중성수준으로 작물의 발아 및 생육에 적합한 수준이었으며, EC의 경우에는 1.25 dS/m으로 일반적인 상토보다 높은 수준으로 나타났다. 상토에서 EC수준이 높을 경우에는 근권용액의 삼투압이 높아져 뿌리를 통한 흡수능력이 불량하여 생육장애를 입는다고 알려져 있으며 상토의 공정규격에서도 EC는 2.0 dS/m으로 알려져 있고, EC 수준  $\leq \dots 2.0$  dS/m 이하로 규정하고 있다. 그러나 버섯 폐배지의 EC 수준은 1.25ds/m으로 상토의 공정규격 이하로써 생육상에 장애요인으로 EC가 작용할 가능성은 낮다고 판단된다.

## 폐 분말소화약제의 친수화에 관한 연구

이장호, 천주현, 허광선\*  
경남정보대학교

### A study on the hydrophilization of waste powder extinguishing agents

Jangho Lee, Juhyeon Cheon, Kwangsun Huh\*,  
Kyungnam College of Information & Technology

분말소화약제는 소화기에 따라 황산암모늄, 인산암모늄, 탄산칼륨 및 황산칼륨을 포함한다. 이들 분말은 수분으로부터 보호하고 화재 소화기로서의 이들의 성능을 최적화하기 위하여 방습제인 하이드로젠 변성 실리콘오일로 코팅처리 되어 있다. 특히 ABC 폐분말 소화약제는 인산암모늄( $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ) 75% 이상을 주성분으로 하여, 규소 20%, 방습제인 하이드로젠 변성 실리콘오일 0.4% 및 착색제 등으로 구성되어 있다. 방습가공처리 된 폐분말 소화약제는 실리콘 오일로 표면이 코팅되어 소수성을 가지고 있어 폐분말 소화약제를 친수화 하지 않으면 비료로 사용할 수 없다. 만약 비료로 사용하게 되면 밭의 경우 토양입자뿐만 아니라 토양수와도 혼합되지 않고, 비산 및 유실의 가능성이 높고, 논인 경우는 약제가 물에 부유되어 유효성분이 용출되기 힘들기 때문에 식물체에 비료성분이 전달되지 않고 유출수와 함께 환경으로 유입되어 하천 및 수계환경의 부영양화 원인이 될 수 있다. 본 연구에서는 폐 분말소화약제를 이용한 복합비료와 고도화성 비료를 함유하는 농업용 비료로 재활용하기 위하여 ABC 폐분말 소화약제를 다양한 용매와 알칼리성염 수용액을 혼합하여 방습제를 분해시켜 친수화하였다. 본 연구에서 용매의 영향을 고찰한 결과 에탄올, 메탄올, 톨루엔, 물을 각각 10ml와 소화약제 5g과 혼합 후 1시간동안 교반한 결과 메탄올과 에탄올은 완전히 용해되었으며, 톨루엔은 조금 용해되었고, 물은 용해되지 않았다. 폐분말 소화약제중에 포함되어 있는 방습제인 하이드로젠 변성 실리콘오일을 분해하기 위하여 에탄올의 용매를 사용하였으며 에탄올수용액에 알칼리성염의 종류와 양을 변화시켜 실리콘 오일기의 제거 현상을 FT-IR을 이용하여 Peak로 확인하였다. FT-IR Peak로 확인한 결과 에탄올 수용액비가 높을수록 알칼리염의 농도가 높을수록 Peak로 감소하였다. 따라서 ABC 폐분말 소화약제에 에탄올수용액에 알칼리염을 혼합한 농도가 높을수록 친수화가 잘 되었음을 확인하였다.

## 반도체 공정 후 발생하는 저농도 유해가스 처리 방법

김진한<sup>1</sup>, 안재용<sup>1</sup>, 정은아<sup>1</sup>, 윤등기<sup>2</sup>, 목진성<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>에스알디글로벌, <sup>2</sup>삼성전자

## Low-concentration gas treatment method after semiconductor process

Jinhan Kim<sup>1</sup>, Jae-yong An<sup>1</sup>, Euna Jung<sup>1</sup>, Deung Gi Yoon<sup>2</sup>, Jin Seong Mok<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>SRDGLOBAL, <sup>2</sup>Samsun Eletronics

본 연구는 반도체 공정 후 발생하는 유해가스 중 저 농도의 H<sub>2</sub>S와 NH<sub>3</sub>를 저감 또는 제거하기 위한 흡착제를 개발하는 것이다. 반도체 공정은 여러 공정에서 수많은 특수가스를 사용하여 미 반응된 가스 및 폐 가스를 방출한다. 이러한 가스들은 저 농도로 배출되어 처리가 까다로우며 아직까지도 활성탄이 포함된 흡착탑을 이용하여 제거 하고있다. 하지만 활성탄은 화재 위험성을 가지고 있고 더불어 성능이 높지 않아 잦은 교체주기로 인한 경제적가치가 낮다. 따라서 본 연구는 저농도 유해가스 제거 전환율을 높일 수 있는 방법과 일반 활성탄 또는 수입되는 첨착활성탄을 대체할 수 있는 흡착제를 개발하는데 있다. 본 연구에 사용된 흡착제는 Nano 크기에 기공을 가지는 제올라이트를 이용하여 보다 효과적으로 저 농도 가스를 제거할 수 있고 세라믹 무기바인더를 사용함으로써 열적으로 안정한 흡착제를 개발하였다. 특히, 저농도 NH<sub>3</sub> 가스는 무기금속 중화반응에 의한 화학 흡착과 동시에 흡착제가 가지는 기공에 의하여 물리 흡착으로도 일부 제거가 가능하였다.

## 참고문헌

1. Yang-Gon S., Dae Hyeok K., and Chang-Joon K., "Development of Adsorbents for Removal of Hydrogen Sulfide and Ammonia Using Carbon Black from Pyrolysis of Waste Tires", *Clean Technol.*, **21**(2), 108-116 (2015).
2. Jeong-Jun P., H. B. L., and Cheong-Soo H., "Study on the Treatment of Hydrogen Chloride Gas used in Semiconductor Process by using Gas Adsorption Agents such as Zeolite Resins, ZnO, and AgMnO<sub>3</sub>", *J Anal Sci Technol.*, **16**(3), 218-225 (2003).
3. Kil Nam J., Young Sang S., Ji Sook H., Young-Woo Y., and Taek Sung H., "Effect of K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> Loading on the Adsorption Performance of Inorganic Adsorbent for H<sub>2</sub>S Removal", *Clean Technol.*, **23**(3), 286-293 (2017).

## The comparative study of basic functionalized adsorbent for methane purification

Hyeok-sang Ryu<sup>1,2</sup>, Jae-Hyung Choi<sup>1</sup>, Jung-ho Jae<sup>2</sup> and Dong-ha Lim<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Green Materials & Processes R&D Group, Korea Institute of Industrial Technology (KITECH), Ulsan, Korea

<sup>2</sup>Division of Chemical and Biomolecular Engineering, Pusan National University, Korea

Carbon dioxide is often found as an impurity in natural gas. The presence of CO<sub>2</sub> reduces the energy content of natural gas and can lead to pipeline corrosion. In order to separate CO<sub>2</sub> from CH<sub>4</sub> stream gas, pressure swing adsorption (PSA) was chosen, which is simple, easy to control, inexpensive in operation and capital investment, and excellent energy efficiency. The adsorbent was modified by amine functionalization with different materials such as mono-ethanolamine (MEA), ethylenediamine (EDA) and methyl-diethanolamine (MDEA) on commercial zeolite 13X. The multi-components adsorption and selectivity were predicted using ideal adsorption solution theory (IAST). Then, the breakthrough time was measured with a fixed bed reactor to perform CO<sub>2</sub> adsorption capacity. The results of this study, EDA zeolite showed outstanding CO<sub>2</sub> adsorption capacity in PSA cyclic test.

**Keyword:** zeolite 13X; PSA; CO<sub>2</sub>; CH<sub>4</sub>

### Acknowledgments

This work was supported by the Competitiveness Reinforcement Construction of Industrial Cluster (Development of compact adsorption separation system technology for 3Nm<sup>3</sup>/h-class high-purity hydrogen generation, 1415176215) funded by the Korea Industrial Complex Corporation (KICOX, Korea).



## Calculation of thermodynamic properties of pure fluids using modified Peng-Robinson equation of state

Pradnya NP Ghoderao, Duraisami Dhamodharan, Suhail Mubarak, Hun-Soo Byun\*

Department of Chemical and Biomolecular Engineering, Chonnam National University, Yeosu, Jeonnam 59626, S. Korea (\*Corresponding author: hsbyun@jnu.ac.kr)

Cubic equation of state (CEOS) is a very simple tool used to predict thermos-physical properties of pure compounds [ 1 ]. The Peng-Robinson (PR) CEOS is one of the very successful two-parameter equation of state for prediction of thermodynamic properties of pure substances and mixtures. The PR CEOS have been modified several ways to improve predictions and the most popular modification is for the attractive term through alpha function [ 2 ]. In the present work, a modified Peng-Robinson (MPR) equation of state is introduced by incorporating a new alpha function and a new temperature dependent co-volume parameter. The alpha function has two compound specific parameters which are determined by matching experimental vapor pressure data at two reduced temperature points 0.5, 0.7 [ 3 ] . To predict thermodynamic properties of pure compounds, the MPR EOS requires the critical temperature, the critical pressure, the acentric factor, the compressibility factor and two parameters of the alpha function. The accuracy of MPR CEOS is demonstrated by comparing results with the PR [ 4 ], PT [ 5 ], and HKM1 [ 6 ] cubic equations of state. The thermodynamic properties such as saturated vapor pressure and liquid density, compressed liquid density, second virial coefficient, enthalpy of vaporization and heat capacity at constant pressure and volume predicted by MPR CEOS agrees very well with the experimental data.

**Keywords:** Alpha function; Cubic equation of state; Peng-Robinson; Thermodynamic properties

### Acknowledgment

This work was financially supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) (No. 2021R1A2C2006888).

### References

1. Ghoderao P. N. P., Dalvi V. H., Narayan M., "A four parameter cubic equation of state with temperature dependent covolume parameter" *Chin. J. Chem. Eng.* **27** 1132-1148 (2019).
2. Lopez-Echeverry J. S., Reif-Acherman S., Araujo-Lopez E. "Peng-Robinson equation of state: 40 years through cubics", *Fluid Phase Equilib.* **447** 39-71 (2017).
3. Ghoderao P. N. P., Dalvi V. H., Narayan M., "A four-parameter cubic equation of state for pure compounds and mixtures" *Chem. Eng. Sci.* **190** 173-189 (2018).
4. Peng D. Y., Robinson D. B., "A new cubic equation of state for fluids and fluid mixtures", *Ind. Eng. Chem. Fundamen.* **15** 59-64 (1976).
5. Patel N. C., Teja A. S., "A new cubic equation of state for fluids and fluid mixtures", *Chem. Eng. Sci.* **37** 463-473 (1982).
6. Kamali M. J., Mazloumi S. H., Mahmoodi P., "A new three-parameter cubic equation of state for calculation physical properties and vapor-liquid equilibria" *Fluid Phase Equilib.* **293** 209-218 (2010).

## Preparation of activated carbon from ginkgo leaf for application of adsorption of methylene blue

Injun Hwang<sup>1</sup>, Jinsoo Kim<sup>2</sup>, and Seung-Soo Kim<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>*Department of Chemical Engineering, Kangwon National University,  
346 Joongang-ro, Samcheok, Gangwon-do 25913, Korea*

<sup>2</sup>*Department of Chemical Engineering (Integrated Engineering), Kyung Hee University,  
1732 Deogyong-daero, Yongin, Gyeonggi-do 17104, Korea*

Ginkgo, known as ‘living fossil’, is the only family which belongs to Ginkgophyta. Because of unique resistance of pollution, pest, and disease, ginkgo is grown as street tree. Ginkgo leaves are not easily decomposed, and it needs to cost a considerable amount of money to process. This kind of biomass, which is discarded, can be recycled as form of activated carbon through carbonization and activation processes. In this study, the effects of activation temperature, time, and steam flow rate on methylene blue adsorption efficiency were investigated. Carbonization of ginkgo leaf was performed at 500 °C. Then, steam activation was progressed with conditions of 0.5~1 h, 600~800 °C, and 0.6~1.8 mL H<sub>2</sub>O/g-char•h flow rate. The yield, equilibrium concentration ( $q_e$ ), and removal performance of activated carbon with activation conditions: 700 °C, 1.0 H<sub>2</sub>O/g-char•h, and 1h were 71.89 wt% (on the basis of bio-char after carbonization), 39.93 mg/g and 82.07 wt%, respectively. Pseudo 1<sup>st</sup> order reaction and 2<sup>nd</sup> order reaction were applied to find out dominant adsorption rate of methylene blue. It was confirmed that pseudo 2<sup>nd</sup> order reaction, which was governed by chemisorption.

### References

1. McKenna, D. J., Jones, K., Hughes, K., “Efficacy, safety, and use of ginkgo biloba in clinical and preclinical applications”, *Altern. Ther. Health Med.*,7(5), 88–90 (2001).
2. Han, Q., Wang, J., Goodman B. A., Xie, J., Liu. Z., “High adsorption of methylene blue by activated carbon prepared from phosphoric acid treated eucalyptus residue”, *Powder Technol.*, **366**, 239-248 (2020).

## Calcination temperature effects of solid state synthesis of Ru based catalysts for H<sub>2</sub> production from ammonia decomposition

Seong Chan Lee , Jae Hyung Choi, Jun-hyeok Lee, Tae-Young Kim, Ryang Gu Lim  
and Dong-Ha Lim \*  
Korea Institute of Industrial Technology

A series of ruthenium catalysts using Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> as a support was synthesized with different calcination temperature (450-650 °C). Catalysts were characterized and tested with CO<sub>x</sub>-free hydrogen production by ammonia decomposition. BET, XRD, XPS, SEM, and TPR analysis were used to investigate the catalyst properties and to elucidate the beneficial properties for the reaction. Properties of catalysts surface provided insights into how the dispersion increased on catalyst surface leading to the high NH<sub>3</sub> decomposition activity of the Ru-based catalysts at 550 °C and 10,000 h<sup>-1</sup>. Among the tested catalysts, calcined Ru/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalyst at 550 °C exhibited ammonia conversion close to 98%. This study provides direct proof that the combination of the relatively Ru dispersion and crystallite size with strong interaction with the composite Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> by the solid state method and the optimized synthesis method for the enhancement of Ru dispersion on catalysts surface is essential to the development of Ru-based catalysts for NH<sub>3</sub> decomposition.

### **Acknowledgement**

This study has been conducted with the support of the Korea Institute of Industrial Technology as "Development of eco-friendly production system technology for total periodic resource cycle" (KITECH EO-22-0007).

### **References**

1. Le, T. A., Kim, Y., Kim, H. W., Lee S. U., Kim, J. R., Kim, T. W., Lee Y. J., and Chae, H. J., "Ru-supported lanthania-ceria composite as an efficient catalyst for CO<sub>x</sub>-free H<sub>2</sub> production from ammonia decomposition," *Appl. Catal. B*, 285, 119831 (2021).
2. Jiang, Z., Lan G., Liu, X., Tang, H., and Li, Y., "Solid state synthesis of Ru-MC with highly dispersed semi-embedded ruthenium nanoparticles in a porous carbon framework for benzoic acid hydrogenation," *Ind Catal. Sci. Technol*, 6(19), 7259-7266 (2016).

## **H<sub>2</sub> production from ammonia decomposition using the synthesized Ru based catalysts by solid state method**

Seong Chan Lee , Jae Hyung Choi, Jun-hyeok Lee, Seo-Hyeon Jeong, Yun-Seon Jang  
and Dong-Ha Lim \*

Korea Institute of Industrial Technology

Ru based catalysts with a embedded uniform Ru particle distribution by the solid state method was studied in NH<sub>3</sub> decomposition to H<sub>2</sub> production. BET, XRD, XPS, SEM, TPR, and TPD analysis were used to investigate the catalyst properties and to elucidate the beneficial properties for the reaction. Ru dispersion and metallic particle size were found to greatly influence catalytic activity. This study estimates the effects of NH<sub>3</sub> decomposition activity of the Ru-based catalysts at temperature range of 400-600 °C and GHSV range of 2,500-20,000 h<sup>-1</sup>. Among the tested condition, 580 °C of temperature and 7,000 h<sup>-1</sup> of GHSV exhibited superior catalytic activity. Ru based catalysts with a embedded uniform Ru particle proved to be a high dispersed Ru catalyst and was highly active in hydrogen production from ammonia decomposition. Moreover, this uniform structure provided good performance stability after reaction.

### **Acknowledgement**

This study has been conducted with the support of the Korea Institute of Industrial Technology as "Development of eco-friendly production system technology for total periodic resource cycle" (KITECH EO-22-0007).

### **References**

1. Pinzón, M., Romero, A., de Lucas Consuegra, A., de la Osa, A. R., Sánchez, P., "Hydrogen production by ammonia decomposition over ruthenium supported on SiC catalyst," *Ind. Eng. Chem*, 94, 326-335 (2021).
2. Jiang, Z., Lan G., Liu, X., Tang, H., and Li, Y., "Solid state synthesis of Ru-MC with highly dispersed semi-embedded ruthenium nanoparticles in a porous carbon framework for benzoic acid hydrogenation," *Ind Catal. Sci. Technol*, 6(19), 7259-7266 (2016).

## **Production and analysis of solid fuel derived from various biomass through hydrothermal carbonization**

Hee Sun Yoon<sup>1</sup>, Seong Rae Lim<sup>1</sup>, Ga Hee Kim<sup>1</sup>, Byung Hwan Um<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Hankyong National University

Recently, as research on biomass based solid fuels progresses, many types of biomass are being used for studies. For practical application of various biomass based solid fuels, there is a need to compare their fuel properties. In this study, various biomass (Kenaf, Corn kernel, Rice husk and Wood chip) were used to produce solid fuel through hydrothermal carbonization (HTC) on various reaction temperature (220, 260 and 300°C). And then, the characteristics of solid fuel was analyzed by EA, TGA and FT-IR. The carbon content and higher heating value (HHV) of all biomass was increased through hydrothermal carbonization, but the increase in rice husk was relatively lower than other biomass. Also, rice husk solid fuel shown that lower fixed carbon content and higher ash content. On the other hand, kenaf showed higher fixed carbon content and higher fuel ratio than another biomass. Among solid fuels produced through hydrothermal carbonization, the product produced from kenaf showed the best fuel properties.

## **Dry reforming of methane using Ni-SiO<sub>2</sub> catalyst for syngas production: Optimization of preparation method**

Jun-hyeok Lee, Yun-Seon Jang, Seo-Hyeon Jeong, Jae Hyung Choi and Dong-Ha Lim\*  
Korea Institute of Industrial Technology

To reduce CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub>, which are air pollutants and a kind of greenhouse gas, dry reforming of methane (DRM) has been proposed as a useful method. As a process for producing industrially useful syngas, many side reactions occur, so deactivation of the catalyst due to carbon deposition is the main task. Silica is a good material for synthesis with a porous structure with a high specific surface area. It is also a challenge to highly disperse nickel, an active metal, on a silica support with a high specific surface area. In this study, nickel silica is synthesized through hydrothermal synthesis, and Ni-SiO<sub>2</sub> is produced by reducing it to be used in the DRM reaction. Morphology, physicochemical properties, and crystallographic properties of nickel silica samples according to the hydrothermal synthesis temperature were compared. The morphology, physicochemical properties, and crystal structure of the Ni-SiO<sub>2</sub> catalyst were confirmed by scanning electron microscopy (SEM), N<sub>2</sub>-adsorption desorption isotherms and X-ray diffraction (XRD) analysis. Samples synthesized by the optimized synthesis method were also confirmed for DRM activity in a fixed-bed reactor.

### **Acknowledgement**

This study has been conducted with the support of the Korea Institute of Industrial Technology as "Development of eco-friendly production system technology for total periodic resource cycle" (KITECH EO-22-0007).

## **Ni-SiO<sub>2</sub> catalyst for dry reforming of methane from coke oven gas**

Jun-hyeok Lee, Gyeong-Min Kim, Seong Chan Lee, Jae Hyung Choi and Dong-Ha Lim \*  
Korea Institute of Industrial Technology

A nickel silica sample that can prevent deactivation due to carbon deposition, a chronic problem of dry reforming of methane (DRM) reaction for syngas production, was prepared. The hydrogen-rich coke oven gas produced in the iron and steel industry contains greenhouse gases such as CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, and CO. In order to change the by-product gas into a useful synthesis gas composition, a DRM reaction was performed using the synthesized nickel silica sample. The physical properties of the synthetic samples were confirmed through scanning electron microscopy (SEM), wide angle X-ray diffraction (XRD), and N<sub>2</sub>-adsorption desorption isotherms analysis, and the chemical properties were confirmed through temperature-programmed reduction (TPR) and H<sub>2</sub>-Chemisorption analysis. The reaction gas of the coke oven gas composition was injected into the fixed-bed reactor and the reaction proceeded at 800 °C to confirm the DRM reaction activity.

### **Acknowledgement**

This study has been conducted with the support of the Korea Institute of Industrial Technology as "Development of eco-friendly production system technology for total periodic resource cycle" (KITECH EO-22-0007).

## Sr<sub>2</sub>FeMoO<sub>6</sub> 촉매와 산소를 이용한 황화합물의 산화 반응

오현우, 이재경, 우희철\*  
부경대학교 화학공학과

### Oxidation of Sulfur Compounds Using Sr<sub>2</sub>FeMoO<sub>6</sub> Catalysts and Oxygen

Hyeonwoo Oh, Jae Kyoung Lee, Hee Chul Woo\*  
Department of Chemical Engineering, Pukyong National University

연료유로부터 운송 수단의 연소를 통해 배출되는 물질들 중, 황산화물(SO<sub>x</sub>)은 대표적인 환경 오염물질로 산성비와 대기오염을 일으키는 물질이다. 최근 국제해사기구에서는 선박 운행 시 발생하는 고농도의 황산화물의 배출로 인한 환경오염을 줄이기 위해 선박 연료유의 황 함유량에 대한 규제를 발표하였으며, 이에 대응하기 위해서는 선박 연료유에 포함된 다량의 황화합물들을 제거 하기 위한 기술 및 공정 개발이 필요하다. 기존의 고농도 탈황에 사용되는 수점탈황(hydrodesulfurization)공정으로는 고도의 저유황 연료유를 생산하는데 한계가 있으므로 이를 보완하고자 산화탈황(oxidative desulfurization)공정이 하나의 제안으로 제시되고 있다. 산화탈황공정은 낮은 온도와 압력 하에서 수행 가능하다는 장점이 있다[1]. 산소는 산화제로 주로 쓰이는 과산화 수소에 비해 경제적이며, 반응 후 추가적인 분리 공정이 요구되지 않는다는 장점이 있다. 또한, 반응 중에 다른 부산물이 생성되지 않아 친환경적인 산화제로 여겨진다.

본 연구에서는 각각 황 농도 기준 약 300 ppmw 만큼의 디페닐설파이드(diphenyl sulfide), 벤조 티오펜(benzothiophene), 디벤조티오펜(dibenzothiophene)을 데칸(decane)과 테트라린(tetralin)의 혼합 용액에 용해한 모사유를 제조하여 산화 반응의 원료로 사용하였다. 강자성 페로브스카이트 물질인 Sr<sub>2</sub>FeMoO<sub>6</sub> 촉매를 환원 처리 온도에 따라 제조하여 산화 반응 촉매로 사용하였다. 제조한 촉매와 산소를 이용하여 황화합물을 산화하였으며 반응 후 시료는 GC-FID를 이용하여 분석하였다. 촉매의 성능은 산화 반응 후 모사유에 포함된 황화합물의 감소율을 기준으로 비교하였으며, 제조한 촉매의 특성과 성능과의 상관관계에 대해 논의하고자 한다.

#### 감사의 글

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (2021R1A2C209425611).

#### 참고문헌

1. Kim, H., Jeong, K.-E., Jeong, S.-Y., Park, Y.-K. and Jeon, J.-K., "Decomposition of dibenzothiophene sulfone over KF/MgO catalysts," *Clean Technol.*, **16**(1), 12-18 (2010).



## Numerical Simulation of fluid flow in distribution Channels for Droplet formation in parallelized Microfluidic Flow-Focusing devices

Adedamola D. Aladese, and Heon-Ho Jeong\*

Department of Chemical and Biomolecular Engineering, Chonnam National University

Droplet microfluidics which is the manipulation and handling of fluid in microscale channels has found excellent application in genetic analysis, drug discovery and delivery, organ on chips, scaffold and tissue engineering [1]. Consequently, this field has drawn massive attention from both academic institutions and industries. However, one of the major constraints is increasing droplet production rate from a single generator to thousands of generators thus translating from laboratory scale ( $<10 \text{ mL h}^{-1}$ ) to the industrial standard ( $>1 \text{ L h}^{-1}$ ). While there exists numerous research on the scale-up method of droplet production using theoretical calculations, it is found that this method is sometimes not reliable during experiments [2]. The use of computational fluid dynamics (CFD) simulation which has recently been applied to droplet microfluidics has helped to determine the exact factors and conditions needed for uniform droplet formation in the flow-focusing device [3]. Thus far, simulation of distribution channels that effectively supply fluids to flow focusing generators in parallel orientation has been reported but only in two-dimension (2D) which does not sufficiently describe flow dynamics in three-dimension (3D) [4]. In this study, we provide detailed theoretical and numerical simulation data in 3D for the scalable technique that is essential for generating ultrahigh-throughput droplets in meeting up with the industrial standard.

### References

1. Aladese, A. D., and Jeong, H. H., "Recent Developments in 3D Printing of Droplet-Based Microfluidics," *Biochip J.*, **15**(4),313–333 (2021).
2. Wu, J., Yadavali, S., Lee, D., and Issadore, D. A. "Scaling up the throughput of microfluidic droplet-based materials synthesis: A review of recent progress and outlook," *Appl. Phys. Rev.*, **8**(3), 031304 (2021).
3. Han, W., Chen, X., Wu, Z., and Zheng, Y., "Three-dimensional numerical simulation of droplet formation in a microfluidic flow-focusing device," *J. Braz. Soc. Mech. Sci. Eng.*, **41**(6), 1-10 (2019).
4. Tottori, N., and Nisisako, T., "High-throughput production of satellite-free droplets through a parallelized microfluidic deterministic lateral displacement device," *Sens. Actuators B: Chem.*, **260**, 918-926, (2018).

## Fabrication of Metal–Organic Framework Derived Hierarchical Nickel Cobalt Selenide Nanosheets as Binder-Free Electrode for High-Performance Asymmetric Supercapacitors

Erdenebayar Baasanjav, Lee, Myeong Won, Parthasarathi Bandyopadhyay,  
En Mei Jin and Sang Mun Jeong\*  
Department of Chemical Engineering, Chungbuk National University

Metal–organic framework (MOF) derived nanostructured materials have excellent properties, such as large electroactive surface area, exclusive porous networks, and exceptional electrochemical properties, in comparison to the conventional materials [1]. Also, binary transition metal selenides have been developed as promising electrode materials for supercapacitors (SCs) due to their large surface area, high electrical conductivity and excellent durability [2]. In this study, a novel strategy is designed to fabricate MOF-derived nickel cobalt selenide nanosheet arrays (NiCoSe<sub>2</sub> NSAs) on Ni-foam substrate to examine the importance of both the materials. The as-prepared NiCoSe<sub>2</sub> NSAs electrode shows a high specific capacitance of 2426.7 F g<sup>-1</sup> at 6 mA cm<sup>-2</sup> and good rate capability (~ 51% at 50 mA cm<sup>-2</sup>) in a 3-electrode measurement. Furthermore, an asymmetric supercapacitor (ASC) device consisting of NiCoSe<sub>2</sub> NSAs as cathode and ZIF-8-derived porous nitrogen-doped carbon (PNC) as anode, shows a high energy density of 50.2 W h kg<sup>-1</sup> at a power density of 554 W kg<sup>-1</sup>, excellent energy density characteristics of 37.4 W h kg<sup>-1</sup> at a high power density of 5520 W kg<sup>-1</sup> with an excellent capacity retention rate of 91% after 5000 cycles.

### References

1. Bahaa, A., Balamurugan, J., Kim, N. H., and Lee, J. H., "Metal–Organic Framework Derived Hierarchical Copper Cobalt Sulfide Nanosheet Arrays for High-Performance Solid-State Asymmetric Supercapacitors," *J. Mater. Chem. A.*, **7**(14), 8620-8632 (2019).
2. Moosavifard, S. E., Saleki, F., Mohammadi, A., Hafizi, A., and Rahimpour, M. R., " Construction of Hierarchical Nanoporous Bimetallic CopperCobalt Selenide Hollow Spheres for Hybrid Supercapacitor," *J. Electroanal. Chem.*, **871**, 114295 (2020).

## **A novel solvent-based extraction and precipitation approach for recycling of multifaceted plastic wrapping materials**

Duraisami Dhamodharan, Pradnya NP Ghoderao, Suhail Mubarak, Hun-Soo Byun\*  
*Department of Chemical and Biomolecular Engineering, Chonnam National University, Yeosu,  
Jeonnam 59626, South Korea*

Various plastic wrapping stuffs made nowadays are composites prepared of diverse polymer films (i.e., multifaceted flicks). Numerous quantities of these multifaceted flicks are manufactured yearly, but industrial ineptitudes end result in huge, subsequent postindustrial trash flows. Even though comparatively clean and of close-perpetual structure, no commonly applied skills occur to entirely decompose postindustrial multifaceted flick trashes into clean, reusable polymers. Here, we present a novel approach called solvent-based extraction and precipitation to reconstruct multifaceted flicks into their molecules utilizing a sequence of solvent cleanses that are steered by thermodynamic evaluations of polymer miscibility. We expression that the solvent-based extraction and precipitation procedure is able to distinct many polymers such as polyethylene terephthalate (PET), ethylene vinyl alcohol (EVA), and polyethylene (PE) from a commonly existing multifaceted flick with closely 100% material competence, offering reusable polymers that are cost-effective with the associated virgin resources.

**Keywords:** Plastic wastes; solvent-based extraction; Thermodynamic model; environmental application.

### **Acknowledgement**

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) (No. 2021R1A2C2006888)

### **Reference**

1. T. W. Walker, N. F. Z. Shen, A. K. Chew, J. Banick, S. Grey, M. S. Kim, J. A. Dumesic, R. C. V. Lehn, and G. W. Huber. Recycling of multilayer plastic packaging materials by solvent-targeted recovery and precipitation. *Science advances*, 6 (2020) eaba7599.

## MOF Derived Porous ZnO/C Nanocomposites for photocatalytic CO<sub>2</sub> reduction

Suhail Mubarak, Dhamodharan Duraisami, Pradnya NP Prabhakar, Hun-Soo Byun\*  
Department of Chemical and Biomolecular Engineering, Chonnam National University, Yeosu,  
Jeonnam 59626, Republic of Korea

Photocatalytic CO<sub>2</sub> reduction characterizes an auspicious approach for clean, cost-effective, and eco-friendly transformation of CO<sub>2</sub> into hydrocarbon fuels by exploiting solar energy. Herein, we developed a homogeneously dispersed crystalline ZnO nanoparticles embedded in a porous carbon matrix were synthesized via a one-step carbonization of porous metal-organic framework MOF-5 at 800 and 1000 °C in different gas atmospheres. The resulting ZnO/C nanocomposites generally retain cubic particle morphology and high specific surface area of the precursor MOF-5. Various characterization techniques, including XRD, SEM, TEM, elemental mapping, Raman, FTIR, and XPS, were confirmed the homogeneously dispersed ZnO nanoparticles confined within the functionalized porous carbon matrix. The prepared crystalline carbon-doped ZnO nanostructure exhibits high photocatalytic CO<sub>2</sub> reduction performance under visible light irradiation and the highest CO evolution rate was observed for sample ZnO/C-30, which was about 3 times than that of pure ZnO. It is believed that the synergetic effect of the both ZnO and highly porous C composite derived from the MOF-5 increase the specific surface area, CO<sub>2</sub> uptake capacity and the light absorption property. This study delivers a healthier understanding of photocatalytic CO<sub>2</sub> reduction over MOF-based photocatalysts and also demonstrates the prodigious possibility of consuming MOFs as extremely stable, molecularly tunable, and recyclable photocatalysts in CO<sub>2</sub> reduction.

**Keywords:** MOF, Nanocomposites, Photocatalyst, CO<sub>2</sub> reduction.

### **Acknowledgement**

The National Research Foundation of Korea (NRF) grant from Korea government (MSIT) (No. 2021R1A2C2006888) was gratefully acknowledged for the funding source for this research work.

## Phase behavior of binary solution for the propylene glycol monomethyl ether acetate + supercritical CO<sub>2</sub> at high-pressure

Duraisami Dhamodharan<sup>1</sup>, Cheol-Woong Park<sup>1</sup>, Suhail Mubarak<sup>1</sup>, Hun-Soo Byun<sup>1\*</sup>,  
Hwan Choi<sup>2</sup>, Sung-Won Shim<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Chemical and Biomolecular Engineering, Chonnam National University,  
Yeosu, Jeonnam 59626, S. Korea (\*)

<sup>2</sup>Jaewon Industrial Co., Yeosu, Jeonnam 59618, S. Korea

The phase equilibrium for the 2-component of propylene glycol monomethyl ether acetate (PGMEA) in high pressure supercritical carbon dioxide were evaluated. The solubility data determination was performed by the synthetic method at  $T = (313.2 \text{ to } 393.2) \text{ K}$  and  $p = (1.92 \text{ to } 15.92) \text{ MPa}$ . The obtained results indicated that the solubility of supercritical carbon dioxide was found to increase monotonically with the augmented of system temperatures and mole fraction of PGMEA in binary (solute + solvent) mixtures. The solubility curve of PGMEA in the PGMEA + supercritical carbon dioxide models increases in connection with the increasing T at a steady pressure. The PGMEA + supercritical carbon dioxide models expose *type-I* phase behavior. The critical properties were achieved by Joback and Aspen plus method. Moreover, experimental result was adequately correlated with the *P-R E-O-S*. RMSD for the PGMEA + supercritical carbon dioxide [Joback:  $k_{ij} = 0.0$ ,  $\tilde{z}_{ij} = 0.0$ , Aspen:  $k_{ij} = 0.0$ ,  $\tilde{z}_{ij} = 0.0$ ] systems using 2 factors determined at 353.2 K were 4.03 % (Joback) and 4.78 % (Aspen), correspondingly.

**Acknowledgements:** This research was supported by Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE), Korea Institute for Advancement of Technology (KIAT) through the "A supporting program for the middle market enterprises in each region". (No. P0017536)

### References

1. Choi, Y. S. and Byun, H. S., *Korean Chem. Eng. Res.*, **53**(2), 181-192 (2015)
2. Jeong, J.-D., Byun, H. S. *Korean Chem. Eng. Res.*, 31(6), 826-831(2019)
3. Peng, D. Y. and Robinson, D. B., *Ind. Eng. Chem. Fundam.*, **15**(1), 59-63 (1976).
4. Poling, B. E., Prausnitz, J. M. and O'Connell, J. P., *The Properties of Liquids and Gases*, 5th ed., McGraw-Hill, New York, 2001.

## **The single-step catalytic conversion of PET waste into liquid hydrocarbons fuels through aqueous-phase hydrodeoxygenation**

Vishnu Murali, Jungho Jae\*  
Pusan National University

Due to the rapid expansion of the human population and urbanization, energy production and preserving an exquisite environment are the two major concerning issues facing nowadays. Plastic is one of the most widely used synthetic materials worldwide. The global production of plastics has reached around 380 million tons in recent years. According to the statistics, this production will reach 1.12 billion tons in 2050. Most of the commonly used plastics are non-biodegradable, and for this reason, 80% of the manufactured plastics are discarded after usage. PET is one of the most extensively used commodity plastics due to its high mechanical and thermal properties. PET possesses a high resistance to biological degradation in nature. Given the demanding need for environmental pollution mitigation, developing novel and proficient strategies for plastic recycling is extremely salient. Pyrolysis, hydrolysis, and glycolysis are the most popular pathways currently used for chemical recycling of PET. The development of new catalytic system enabling the direct conversion of PET aromatic waste plastic back to liquid fuels and chemicals would add a new feasible solution to the accumulation of persistent PET waste and excessive reliance on fossil fuels. Here, PET bottles were used as the feedstock for the synthesis of fuel range cyclic hydrocarbons through the unprecedented catalytic process. We report on the simple one-step aqueous-phase hydrodeoxygenation of PET to hydrocarbon fuels using specially designed metal-acid bifunctional catalysts at relatively low temperatures (<220°C).

## Identify Chlorine evolution mechanism of Sn doped Sb/IrTaO<sub>x</sub>/Ti electrode

Juno Shin, Yiseul Park\*

Department of Chemical Engineering, Pukung National University

Chlorine evolution reaction (CER) is one of the most important reactions in the electrochemical industry. Oxidizing chloride ions to various chlorine species is promising as an alternative to oxygen oxidation. Thermodynamically, the oxygen evolution reaction (OER) is 1.23V and the chlorine evolution reaction (CER) is 1.36 V, which is more advantageous for OER and these reactions competitively occur. And kinetically, since OER is a 4-electron reaction and CER is a 2-electron reaction, CER is more advantageous than OER<sup>1</sup>. Usually, a dimensionally stable anodes (DSA) electrode is used in chloro-alkali processes, where it is a consist of ruthenium diode (RuO<sub>2</sub>) and titanium diode (TiO<sub>2</sub>). Ru and Ti are expensive as they are noble metals. Therefore, Sb-SnO<sub>2</sub>/IrTaO<sub>x</sub>/Ti electrodes were created using non-noble metals Sb and Sn that has selectivity at CER and reduce amounts of noble metal, Ir and Ta. This non-noble metal-based electrode can reduce cost and energy consumption by showing selectivity with OER in NaCl at neutral pH and low concentration. To identify why CER selectivity appears in catalysts, we would like to investigate the mechanism of Sb-SnO<sub>2</sub>/IrTaO<sub>x</sub>/Ti electrodes. Field emission scanning electron microscopy (FE-SEM) and linear scanning voltmeter (LSV) were used to characterize the surface of the electrode and electrochemical activity. As a result, as the content of Sb increases, the Onset Potential of OER increases, which can be seen that Sb on the surface inhibit OER and increases the selectivity with CER.

### References

1. K.S. Exner, J.Anton, T.Jacob, H.Over “Angew. Chemie – Int.Ed.”, 53(41) (2014), pp. 11032-11035

## Amberlyst-15와 Dolomite bead 촉매를 이용한 바이오디젤 제조 스케일업 연구

이승희<sup>1</sup>, 심민석<sup>1</sup>, 김예희<sup>1</sup>, Rajendra joshi<sup>2</sup>, 전종기<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>공주대학교, <sup>2</sup>Kathmandu university

### A study on the scale-up of biodiesel production using Amberlyst-15 and Dolomite bead catalysts

Seunghye Lee<sup>1</sup>, Minseok Sim<sup>1</sup>, Yehee Kim<sup>1</sup>, Rajendra joshi<sup>2</sup> and Jong-Ki Jeon<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>Kongju National University, <sup>2</sup>Kathmandu university

지구 온난화와 석유 자원이 부족해지는 문제등으로 인해 바이오디젤에 대한 관심이 증가하고 있는 추세이다. 바이오디젤은 동·식물성 오일로 2단계의 공정 과정을 통해 제조된다. 본 연구에서는 식물성 오일을 jatropha로부터 추출하여 실험을 진행하였다. Jatropha 오일 내 유리지방산으로 인한 높은 산가는 산 촉매인 Amberlyst-15를 사용하여 낮췄다. 전이 에스테르화 반응에서는 불균일계 촉매인 dolomite를 bead 형태로 성형해 실험을 진행하였다. 반응 과정에서 사용되는 염기 촉매는 Bruauer Emmett Teller (BET), Temperature-programmed desorption (CO<sub>2</sub>-TPD), X-ray diffraction (XRD) 분석을 통해 실험 후 촉매의 상태 변화를 확인하였고 제조된 바이오디젤은 gas chromatograph (GC) 분석을 통해 주어진 조건에 따른 전환율을 분석하였다. 또한 기존 실험은 batch reactor에서 반응시켰으나, 대량의 전처리 오일과 바이오디젤 제조는 반응기의 크기를 키워 효율적인 대량 제조 과정에 대해 알아보았다.



## N,S co-doped TiO<sub>2</sub>/α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 공기청정 필터 개발

황재연, 신민창, 최유진, 김소은, 박정훈\*  
동국대학교 화공생물공학과

### Development of N,S co-doped TiO<sub>2</sub>/α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> air-purifying filter

Jae Yeon Hwang, Min Chang Shin, Yujin Choi, So Eun Kim, Jung Hoon Park\*  
Department of Chemical & Biochemical Engineering, Dongguk University

Public's indoor activity has been increased for the reason of not only fine dust and yellow dust, but also recent spread of infectious disease. The 5-harmful gases emitted from various places of indoor facilities affects to health problem with poor air quality and these harmful gases were became target to eliminate of several air purifier developed. However, for the portable sized air purifier market, it is hard to find that the product meet the standards of harmful gas removal. In this study, TiO<sub>2</sub> photocatalyst were applied on α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> hollow fiber membrane to fabricate photocatalytic air purifying filter. One of the 5-harmful gas, ammonia was selected as harmful gas model to conduct air purifying filter evaluation. Considering of real product usage environment, visible light response type nitrogen and sulfur doped photocatalyst were synthesized. Photocatalytic properties were characterized by XRD, SEM, EDS, PL Intensity, UV-Vis DRS analysis and the gaseous ammonia decomposition rate verified by Gas Chromatography(GC)

Acknowledgement: This work was supported by project for Collabo R&D between Industry, Academy, and Research Institute funded by Korea Ministry of SMEs and Startups in 2022 (Project No. S3097889)

#### 참고문헌

1. Magnone, E. et al. "Facile synthesis of TiO<sub>2</sub>-supported Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ceramic hollow fiber substrates with extremely high photocatalytic activity and reusability", *Ceram.*, **47**(6), 7764-7775 (2021).
2. Makropoulou, T., Panagiotopoulou, P., Venieri, D., "N-doped TiO<sub>2</sub> photocatalysts for bacterial inactivation in water", *J. Chem. Technol. Biotechnol.*, **93**(9), 2518-2526 (2018).

## Elucidation of the active sites of the Ni-Re bimetallic catalysts for the hydrodeoxygenation of guaiacol

이동주, 김한웅, 제정호\*  
부산대학교 응용화학공학부

최근 지구온난화 문제에 대응하기 위해 바이오매스를 활용한 연료 생성에 대한 관심이 늘어나고 있다. 바이오매스 열분해 오일의 수첨탈산소 (Hydrodeoxygenation, HDO) 반응을 통해 석유 기반 수송용 연료로 전환하는 기술은 많은 주목을 받고 있으며, 니켈과 같은 비귀금속 기반 HDO 촉매의 개발이 경제적인 바이오 연료 생산을 위해 필요하다. 지금까지 니켈의 HDO 활성을 증진을 위해 다양한 이원금속 합금 촉매가 연구되었으며, 우리 연구 그룹에서는 Ni-Re 이원금속 촉매가 구아이아콜 HDO 반응에서 전환율 >99%, 탈산소 선택도 >95%의 높은 HDO 활성을 가지는 것을 보고한 바 있다. 촉매 특성 분석을 통해 레늄 첨가 시 니켈의 분산도가 증가하고, 니켈의 결합에너지에 영향을 미치는 것을 밝혀내었으나, HDO 반응 활성을 증진시키는 정확한 이유는 규명되지 못하였다. 본 연구에서는 Ni-Re 이원금속 촉매의 X-ray absorption spectroscopy (XAS) 및 반응물의 In-situ DRIFT 분석을 통해 촉매 활성점 및 촉매 반응 메커니즘을 규명하고자 하였다. 아울러 촉매 반복 사용 및 반응 후 촉매 분석을 통해 Ni-Re 촉매의 비활성화 거동 및 내구성을 조사하였다.

### 참고문헌

1. Park, C. W., Kim, J. W., Kim, H. U., Park, Y. K., Lam, S. S., Ha, J. M., and Jae, J. Bimetallic Ni-Re catalysts for the efficient hydrodeoxygenation of biomass-derived phenols. *International Journal of Energy Research*, 45(11), 16349-16361 (2021).

본 사업은 기획재정부의 복권기금 및 과학기술정보통신부의 과학기술진흥기금으로  
추진되어 사회적 가치 실현과 국가 과학기술 발전에 기여합니다.



KSCT

한국청정기술학회

The Korean Society of Clean Technology