



# 2018년 한국청정기술학회 추계 학술대회 초록집

일시 \_ 2018년 9월 12일(수) ~ 14일(금)


장소 \_ 광주 김대중 컨벤션센터 별관



• 주 최 : (사)한국청정기술학회

• 후 원 :  LOTTE CHEMICAL  LOTTE MCC  한국생산기술연구원  
Korea National Cleaner Production Center  
국가청정생산지원센터  GWANGJU cvb  
광주관광컨벤션뷰로

 KOLON INDUSTRIES  shinsung  
FA  MIRAE  
ULTRASONIC LG-히타치 워터 솔루션

 결정기능화 공정기술 센터  
Functional Crystallization Center

## (사) 한국청정기술학회



# 2018년 한국청정기술학회 추계 학술대회 초록집



**일 시** : 2018년 9월 12일(수) ~ 14일(금)  
**장 소** : 광주 김대중컨벤션센터, 별관  
**주 최** : (사)한국청정기술학회  
**후 원** : 롯데케미칼  
롯데MCC  
국가청정생산지원센터  
광주관광컨벤션뷰로  
코오롱인더스트리  
신성에프에이  
미래초음파  
LG-히타치 워터 솔루션  
결정기능화공정기술센터



국가의 미래를 위해 나아갈 길, 청정기술

# (사)한국청정기술학회

문서번호 청정기술 2018-49 (2018.05.30)

수신 청정기술 전문가 및 소속기관

제목 한국청정기술학회 회원출장 의뢰

---

1. 귀 기관의 무궁한 발전을 기원합니다.
2. 한국청정기술학회 2018년도 추계 총회 및 학술대회를 아래와 같이 개최하오니 貴기관의 소속 전문가가 참가할 수 있도록 협조해 주시기 바랍니다.

가. 제목 : 한국청정기술학회 2018년도 추계 총회 및 학술대회

나. 일시 : 2018년 9월 12일(수) ~ 14일(금)

다. 장소 : 광주 김대중컨벤션센터 별관 (광주 서구 상무누리로 30)

라. 등록비 (반기연회비 포함)

사전등록 종신회원 110,000원, 정회원 130,000원, 학생회원 70,000원

현장등록 종신회원 130,000원, 정회원 150,000원, 학생회원 90,000원

\*사전등록 : 2018년 8월 10일(금) 까지.

-끝-

## (사)한국청정기술학회



---

(48547) 부산광역시 남구 신선로 365 부경대학교 용당캠퍼스 5공학관 206호

사무국 051-629-6436 / 팩스 051-629-6429 / cleantechnol@pukyong.ac.kr / cleantechnol.or.kr



## 청정기술학회 참가자 여러분께



회장 김 종 남

2018년도 한국청정기술학회 가을학술대회에 참가하여 주셔서 감사합니다.

우리 학회는 1995년 7월에 설립되어 23년 동안 청정기술의 발전과 회원들의 소통의 장을 마련하는데 기여하여 왔습니다. 청정기술은 산업활동으로 인한 환경파괴를 감소시키는 모든 공정, 제품, 서비스 기술들을 말하며 인류의 지속가능한 발전을 위하여 반드시 필요한 기술입니다. 청정기술은 환경오염 물질 발생을 줄이는 모든 제품 및 공정기술을 포함함으로써 공정 효율 향상, 생산성 향상, 에너지 절감, 청정 연료, 자원 순환, 재생에너지, 그린 수송, 그린 화학, 온실가스 저감, 미세먼지 저감 등 범위가 매우 넓습니다. 이러한 분야 중에서 우리 학회에서는 특화된 8개의 부문위원회(청정 공정 및 소재, 온실가스, 청정 석탄, 바이오 연료 및 소재, 청정용매, 청정융합, 오염저감, 탈황-탈질)를 운영하고 있으며 앞으로 모든 회원이 하나 이상의 부문위원회에 참여할 수 있도록 다양한 분야로 부문위원회를 확대하려고 하니 많이 제안하여 주시기 바랍니다.

우리 학회가 리조트에서 2박3일 학술대회를 개최한 것이 6년째를 맞았습니다. 이번 가을 학술대회에서는 구두 76편, 포스터 104편의 논문이 발표됩니다. 발표 논문의 질이 점점 높아지고 논문 수도 증가하고 있습니다. 우리 학회가 발간하는 학회지 '청정기술(Clean Technology)'에도 좋은 논문들이 게재되고 있습니다.

올해는 정관이 개정되었고 학회 홈페이지([www.cleantechnol.or.kr](http://www.cleantechnol.or.kr))가 새롭게 구축되었습니다. 개정된 정관에 따라 평의원회를 구성하였고 수상위원회, 국제화위원회 2개의 업무위원회를 신설하였습니다. 우리 학회는 재정이 탄탄하지 않습니다. 전 임원진이 학회의 재정 확충에 노력하도록 하겠습니다. 청정기술 학술대회에 참가하면 즐겁고, 얻는 게 있고, 소통이 잘 되도록 학회를 만들어 보겠습니다.

청정기술학회는 회원들이 만들어 가는 학회입니다. 인류의 지속 가능한 삶을 위한 청정기술의 발전을 위하여 회원 여러분의 적극적인 참여와 후원을 부탁드립니다.

감사합니다.





## 추계 총회 및 학술대회 일정표

9월 12일 (수)	별관 308호	별관 309호	별관 310호	별관 311호	별관 312호	별관 중앙홀
13:00 - 14:00	등록					
14:00 - 14:30	개회식 (별관 308호)					
14:30 - 15:30	정리	청정 공정 및 소재 Organizer: 홍성제 박사	온실가스 Organizer: 박정훈 교수 정순관 박사			포스터세션 I  Organizer: 이시훈 교수
15:30 - 16:30	편집위원 워크숍					
16:30 - 17:30	평의원회					포스터 철수

9월 13일 (목)	별관 308호	별관 309호	별관 310호	별관 311호	별관 312호	별관 중앙홀
08:30 - 09:00	등록 (도넛 및 커피 제공)					
09:00 - 12:00	특별세션 탄소자원화 I Organizer: 김용태 박사	청정 석탄 Organizer: 김수현 박사 라호원 박사	탈황·탈질 I Organizer: 박노국 교수	청정 용매 Organizer: 이현주 박사 김재훈 교수	청정 융합 Organizer: 전병훈 교수	
12:00 - 13:30	점심 (쿠폰 제공, 우정설령탕, 가온나주곰탕)					

9월 13일 (목)	별관 308호	별관 309호	별관 310호	별관 311호	별관 312호	별관 중앙홀
13:30 - 15:00	특별세션 탄소자원화 II Organizer: 김용태 박사	특별세션 CO <sub>2</sub> to 메탄화 I Organizer: 주지선 박사	탈황·탈질 II Organizer: 박노국 교수	오염 저감 I Organizer: 이태호 교수	바이오연료 및 소재 I Organizer: 임한권 교수	
15:00 - 17:00	정리	특별세션 CO <sub>2</sub> to 메탄화 II Organizer: 주지선 박사	탈황·탈질 III Organizer: 박노국 교수	오염 저감 II Organizer: 이태호 교수	바이오연료 및 소재 II Organizer: 임한권 교수	포스터세션 II  Organizer: 이시훈 교수
9월 13일 (목)	별관 309호, 310호					별관 중앙홀
17:00 - 17:30	총회, 경품 <sup>1)</sup> 추첨 및 시상식 <sup>2)</sup>					포스터 철수

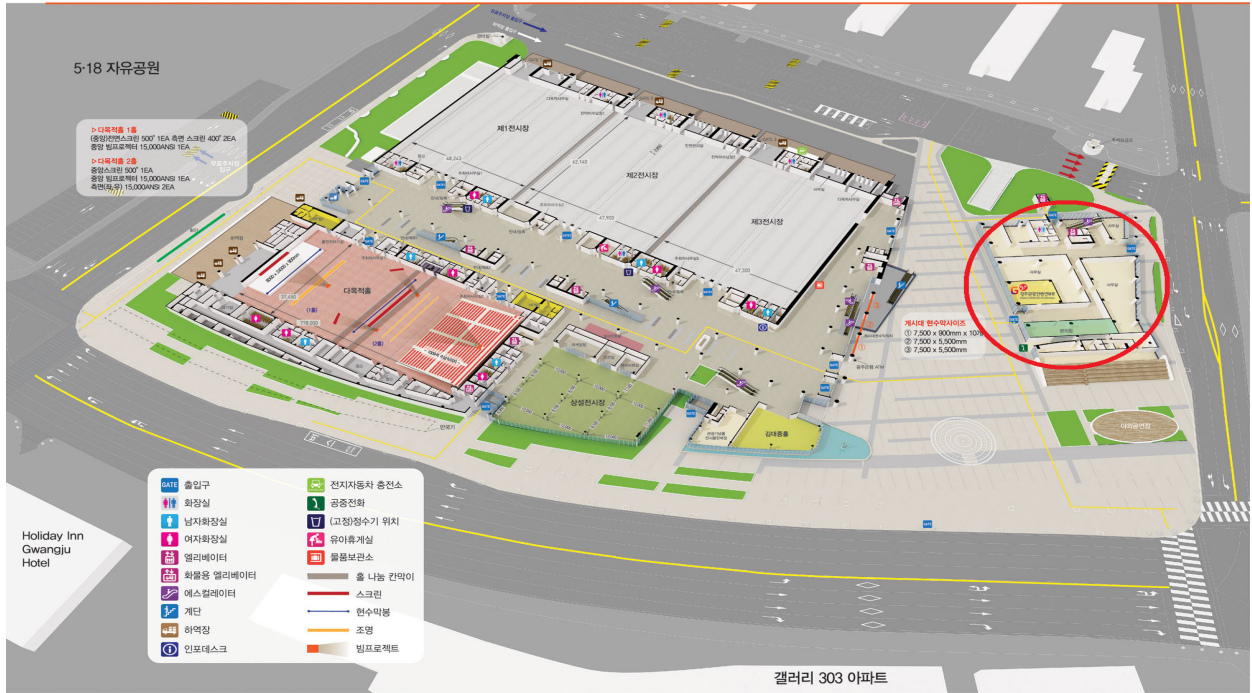
(1) 경품 : 갤럭시탭 3개, 도서상품권 10만원권 5매, 5만원권 20매

(2) 포스터 발표 시상 (학생) : 상장 및 상금 16명

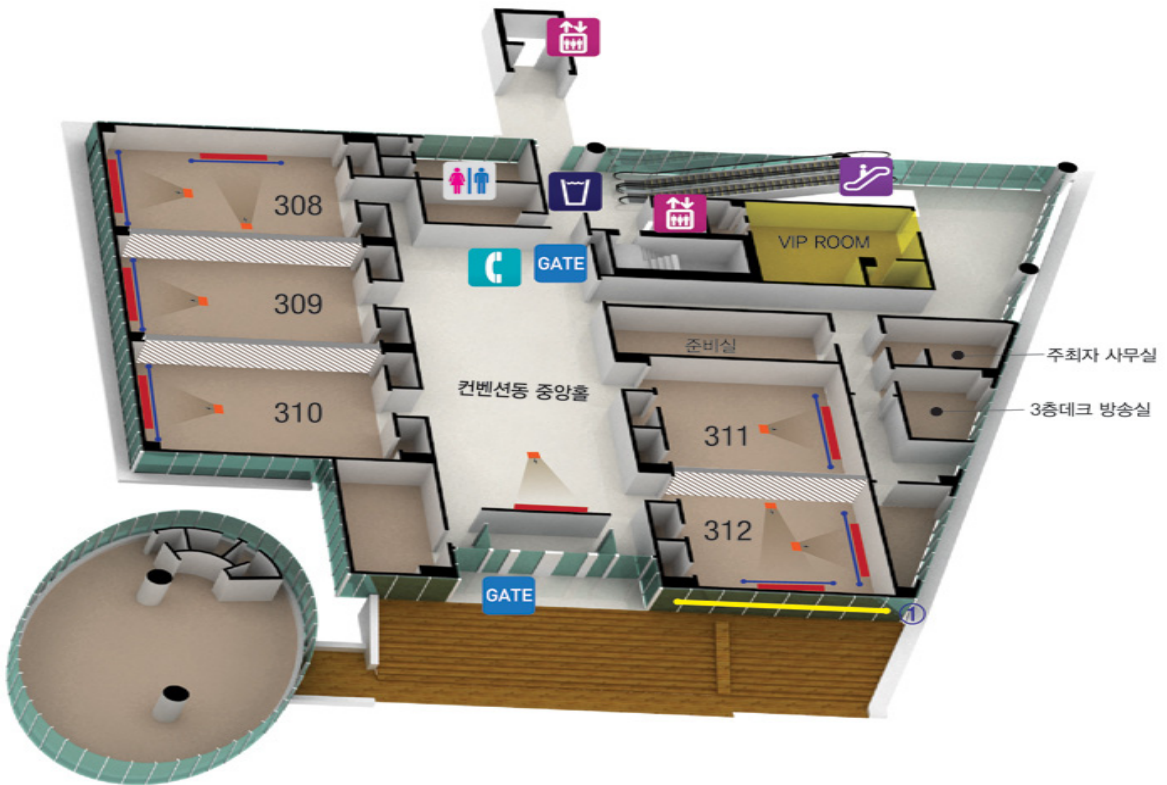
9월 14일 (금)	두바이호텔, 광주					
08:30 - 09:30	등록					
09:30 - 12:00	산학연 워크숍 기후변화대응기술로서의 청정기술의 역할 Organizer: 문종호 박사, 조강희 박사					

# 학회장 안내 (김대중컨벤션센터 별관 위치)

김대중컨벤션센터 1층



# 컨퍼런스룸 (별관내)



## 청정 공정 및 소재

- 일시                    2018년 9월 12일(수), 15:00~16:45
- 장소                    광주 김대중컨벤션센터 별관 309호
- Organizer            홍성제 박사 (전자부품연구원)

좌장: 홍성제 박사 (전자부품연구원)

- |                   |  |
|-------------------|--|
| 15:00 (30′)<br>초청 | (CT-1) High Electrical Conductivity of Electrospun Indium Tin Oxide Nanofibers<br><u>황인찬</u> <sup>1,*</sup> (¹광운대학교 전자재료공학과)   |
| 15:30 (25′)<br>일반 | (CT-2) 공정폐기물로부터 고순도 갈륨금속 제조 및 극미량 원소 분석기술 개발<br><u>윤재식</u> <sup>1,*</sup> , 양재열 <sup>1,2</sup> , 오병성 <sup>2</sup> , 장민경 <sup>1,3</sup> (¹한국기초과학지원연구원 지구환경연구부, ²충남대학교 물리학과, ³충남대학교 신소재공학과)  |
| 15:55 (25′)<br>학생 | (CT-3) Improved Antioxidant Activities During the Hydrolysis of Okara Using Subcritical Water as a Result of Isoflavone Profiles and Total Phenolics<br><u>David Nkurunziza</u> <sup>1</sup> , Periaswamy Sivagnanam Saravana <sup>1</sup> , Phillip Pendleton <sup>2</sup> , 전병수 <sup>1,*</sup> (¹부경대학교 식품공학과, ²School of Chemical Engineering, The University of Adelaide) |
| 16:20 (25′)<br>일반 | (CT-4) 자원순환을 위한 제품설계 고려 항목 연구<br><u>윤혜리</u> <sup>1</sup> , 이한웅 <sup>1,*</sup> , 한경훈 <sup>1</sup> , 천유진 <sup>1</sup> , 김진호 <sup>1</sup> (¹한국생산기술연구원)  |

## 온실가스

- 일시                    2018년 9월 12일(수), 14:30~17:00
- 장소                    광주 김대중컨벤션센터 별관 310호
- Organizer            박정훈 교수 (동국대학교), 정순관 박사 (한국에너지기술연구원)

좌장: 이평수 교수 (중앙대학교)

14:30 (20')  
**일반**                    (CT-5) 혼합아민수용액에 대한 이산화탄소 흡수평형 연구: 열역학적 모형개발, 최적화, 재생에너지 평가  
 문종호<sup>1</sup>, 이종섭<sup>1</sup>, 정주영<sup>1</sup>, 박영철<sup>1</sup>, 전동혁<sup>1</sup>, 김현욱<sup>1</sup>, 유정균<sup>1</sup>, 신헌용<sup>2</sup>, 성현제<sup>3</sup>, 민병무<sup>1,4\*</sup> ( <sup>1</sup>한국에너지기술연구원, <sup>2</sup>서울과학기술대학교, <sup>3</sup>한솔EME, <sup>4</sup>에너토피아)

14:50 (20')  
**일반**                    (CT-6) 탄소 포집에 효과적인 제올라이트 분리막 제작  
 정양환<sup>1</sup>, 최정균<sup>1,\*</sup> ( <sup>1</sup>고려대학교 공과대학 화공생명공학과)

15:10 (20')  
**일반**                    (CT-7) 이산화탄소 포집용 슈퍼플렉스 제올라이트 모세관 분리막 개발  
 조철희<sup>1,\*</sup> ( <sup>1</sup>충남대학교 에너지과학기술학과)

15:30 (10')            Coffee Break

좌장: 정순관 박사 (에너지기술연구원)

15:40 (20')  
**일반**                    (CT-8) 온실가스 재활용을 위한 폐불화 가스 농축용 분리막 개발  
 이평수<sup>1\*</sup> ( <sup>1</sup>중앙대학교)

16:00 (20')  
**일반**                    (CT-9) 이산화탄소로부터 연료 제조를 위한 촉매 개발 동향  
 김성탁<sup>1\*</sup>, 김석기<sup>2</sup> ( <sup>1</sup>고등기술연구원, <sup>2</sup>한국화학연구원)

16:20 (20')  
**일반**                    (CT-10) 이산화탄소 수소화를 통한 포름산 유도체 형성 비균질화 촉매 디자인 전략  
 윤성호<sup>1\*</sup> ( <sup>1</sup>국민대학교 응용화학과)

16:40 (20')  
 초청                    (CT-11) 철촉매 상에서 바이오가스에 포함된 황화수소의 산화반응에 관한 연구  
 김신동<sup>1\*</sup>, 김영노<sup>1</sup>, 김수아<sup>1</sup>, 이다영<sup>1</sup>, 박정훈<sup>2</sup>  
 ((주)이앤켐솔루션 에너지·환경연구소<sup>1</sup>, 동국대학교 화공생물공학과<sup>2</sup>)

**특별세션**  
**차세대 탄소자원화 특별심포지움**

- 일시                    2018년 9월 13일(목), 10:10~15:50
- 장소                    광주 김대중컨벤션센터 별관 308호
- Organizer            김용태 박사 (한국화학연구원)

좌장: 김용태 박사 (한국화학연구원)

10:10 (25')  
**일반**                    (CT-12) 가스 분리 성능 향상을 위한 사다리형 폴리실세스퀴옥산에 기반한 가스 분리막 개발  
이종석<sup>1,\*</sup>, 신주호<sup>1</sup>, 유현정<sup>1</sup>, 안희성<sup>1</sup> (서강대학교)

10:35 (25')  
**일반**                    (CT-13) 니켈 기반 촉매 상에서 부생가스 건식 개질을 통한 합성가스 생산  
노현석<sup>1,\*</sup>, 김학민<sup>1</sup>, 김범준<sup>1</sup> (연세대학교)

11:00 (10')            Coffee Break

11:10 (25')  
**일반**                    (CT-14) 이산화탄소환원을 위한 광흡수제-다전자 촉매의 결합  
김우열<sup>1,\*</sup> (숙명여자대학교)

11:35 (25')  
**일반**                    (CT-15) 전기화학적 이산화탄소 전환을 통한 C<sub>2+</sub> 화합물 생산  
권영국<sup>1,2,\*</sup> (한국화학연구원, <sup>2</sup>과학기술연합대학원대학교)

12:00 (90')            점심시간

좌장: 주지봉 교수 (건국대학교)

13:30 (25')  
**일반**                    (CT-16) Power-to-X를 위한 CO<sub>2</sub> 수소화 촉매 및 공정 개발  
김석기<sup>1</sup>, 황선미<sup>1</sup>, 한승주<sup>1</sup>, 박해구<sup>1</sup>, 전기원<sup>1,\*</sup> (한국화학연구원)

13:55 (25')  
**일반**                    (CT-17) Catalytic Transfer hydrogenation of furfural to furfuryl alcohol over Zr-MOFs  
Anil H. Valekar<sup>1,3</sup>, Ji-Woong Yoon<sup>1</sup>, Do-Young Hong<sup>1,3</sup>, Jaesung Kwak<sup>1</sup>, Kyungryul Oh<sup>1,2</sup>, Cho Kyung Ho<sup>1</sup>, Ga-Young Cha<sup>1,3</sup>, Jaehoon Jung<sup>4</sup>, Jong-San Chang<sup>1,2</sup>, Young Kyu Hwang<sup>1,3,\*</sup> (한국화학연구원, <sup>2</sup>성균관대학교, <sup>3</sup>과학기술연합대학원대학교, <sup>4</sup>울산대학교)

14:20 (25')  
**일반**                    (CT-18) 퓨란계 폴리머 플랫폼 제조를 위한 HMF의 저온 수소화 반응기술  
김진성<sup>1</sup>, 서영웅<sup>1,\*</sup> (한양대학교)

14:45 (15')            Coffee Break

15:00 (25')  
**일반**                    (CT-19) 유기성 폐자원 유래가스로부터 청정연료 생산을 위한 초청정 전처리 기술  
백일현<sup>1,\*</sup>, 박성열<sup>1</sup>, 남성찬<sup>1</sup>, Umair H. Hassan<sup>1</sup> (한국에너지기술연구원)

15:25 (25')  
**일반**                    (CT-20) 이산화탄소 전환을 위한 나노 전기 촉매 개발  
민병권<sup>1</sup>, 오형석<sup>1</sup>, 황윤정<sup>1,\*</sup> (한국과학기술연구원)

## 청정석탄

- 일시                    2018년 9월 13일(목), 09:00~11:40
- 장소                    광주 김대중컨벤션센터 별관 309호
- Organizer            김수현 박사 (고등기술연구원) 라호원 박사 (한국에너지기술연구원)

좌장: 김량균 박사 (포항산업과학연구원)

- 09:00 (30')    (CT-21) 석탄 화력 발전의 신재생 연료 대체 기술 개발 현황  
초청            양원<sup>1,\*</sup>, 채태영<sup>1</sup>, 이용운<sup>1</sup>, 이재욱<sup>1</sup>, 임호<sup>1</sup> (<sup>1</sup>한국생산기술연구원)
- 09:30 (20')    (CT-22) 석탄가스화 용융 슬래그를 원료로 이용한 건축자재 제조 기술 개발  
일반            정우현<sup>1,\*</sup>, 전동환<sup>1</sup>, 지규철<sup>1</sup>, 김유택<sup>2</sup> (<sup>1</sup>고등기술연구원, <sup>2</sup>경기대학교)
- 09:50 (20')    (CT-23) 저등급 석탄 활용을 위한 Pressurized Drop Tube Reactor 이용 석탄  
일반            가스화 특성 연구  
윤성민<sup>1</sup>, 문태영<sup>1</sup>, 서명원<sup>1</sup>, 문지홍<sup>1</sup>, 윤상준<sup>1</sup>, 김재호<sup>1</sup>, 김용구<sup>1</sup>, 이재구<sup>1</sup>, 라호원<sup>1\*</sup>  
(<sup>1</sup>한국에너지기술연구원)
- 10:10 (20')    (CT-24) IGFC 적용을 위한 20 톤/일급 석탄가스화 운전 특성  
일반            변용수<sup>1</sup>, 정우현<sup>1</sup>, 정석우<sup>1</sup>, 김진호<sup>1</sup>, 이승종<sup>1,\*</sup> (<sup>1</sup>고등기술연구원)

10:30 (10')    Coffee Break

좌장: 김량균 박사 (포항산업과학연구원)

- 10:40 (20')    (CT-25) 록호퍼 시스템 대체용 고압 분체연료 주입장치 개발(IV)  
일반            정석우<sup>1,\*</sup>, 정기진<sup>1</sup>, 권인구<sup>1</sup>, 윤성필<sup>1</sup>, 변용수<sup>1</sup>, 정종선<sup>2</sup> (<sup>1</sup>고등기술연구원, <sup>2</sup>(주)씨인텍)
- 11:00 (20')    (CT-26) Wire Mesh Reactor를 이용한 탄종별 탈회발 특성 연구  
학생            이석형<sup>1,3</sup>, 장진영<sup>1,2</sup>, 윤성민<sup>1</sup>, 서명원<sup>1</sup>, 문태영<sup>1</sup>, 문지홍<sup>1</sup>, 윤상준<sup>1</sup>, 이재구<sup>1</sup>, 김재호<sup>1</sup>,  
김용구<sup>1</sup>, 주종훈<sup>3</sup>, 라호원<sup>1,\*</sup>  
(<sup>1</sup>한국에너지기술연구원, <sup>2</sup>과학기술연합대학원대학교, <sup>3</sup>충북대학교)
- 11:20 (20')    (CT-27) 고발열량 합성천연가스 제조를 위한 혼성 촉매 특성 연구  
일반            김진호<sup>1</sup>, 김효식<sup>1</sup>, 류재홍<sup>1</sup>, 강석환<sup>1,\*</sup>, 김준우<sup>2</sup>, 고동준<sup>2</sup> (<sup>1</sup>고등기술연구원,  
<sup>2</sup>포항산업과학연구원)

## 탈황 · 탈질

<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 일시            2018년 9월 13일(목), 09:30~17:00</li> <li>▪ 장소            광주 김대중컨벤션센터 별관 310호</li> <li>▪ Organizer     박노국 교수 (영남대학교)</li> </ul>	좌장: 이도연 박사 (한국에너지기술연구원)
09:30 (25') 학생	(CT-28) 질소산화물 저감을 위한 저온용 SCR 촉매로 계층형 구조 망간산화물의 유용한 제조 <u>지병갑</u> <sup>1</sup> , <u>이준형</u> <sup>1</sup> , <u>곽승엽</u> <sup>1*</sup> ( <sup>1</sup> 서울대학교 재료공학부)
09:55 (25') 학생	(CT-29) FCC LCO의 선택적 수첨처리/수첨분해를 통한 경방향족 탄화수소 제조 <u>오영석</u> <sup>1</sup> , <u>감찬우</u> <sup>1</sup> , <u>이정규</u> <sup>1*</sup> , <u>강동일</u> <sup>2</sup> , <u>강흥중</u> <sup>2</sup> , <u>장순철</u> <sup>2</sup> ( <sup>1</sup> 동아대학교, <sup>2</sup> 에쓰오일(주))
10:20 (25') 학생	(CT-30) Inter-particle migration of Cu ion between physical mixed Cu-SSZ-13 and H-SSZ-13 by hydrothermal treatment <u>이황호</u> <sup>1</sup> , <u>송인학</u> <sup>1</sup> , <u>전세원</u> <sup>1</sup> , <u>김도희</u> <sup>1*</sup> ( <sup>1</sup> 서울대학교)
10:45 (25') 학생	(CT-31) IGFC에 적용 가능한 초정밀 정제용 Cu계 황 흡수제의 첨가제에 따른 탈황특성 조사 <u>권병찬</u> <sup>1</sup> , <u>이영진</u> <sup>1</sup> , <u>강미숙</u> <sup>1</sup> , <u>이태진</u> <sup>1</sup> , <u>박노국</u> <sup>1*</sup> , <u>이승종</u> <sup>2</sup> , <u>지준화</u> <sup>3</sup> ( <sup>1</sup> 영남대학교, <sup>2</sup> 고등기술연구원, <sup>3</sup> 한전 전력연구원)
12:00 (90')	점심식사 좌장: 이수출 교수 (경북대학교)
13:30 (25') 초청	(CT-32) 발전소 환경설비 성능 향상을 통한 미세먼지 배출 저감으로 친환경발전소 구현 <u>서주식</u> <sup>1*</sup> , ( <sup>1</sup> 한국남부발전(주) 하동발전본부)
13:55 (25') 일반	(CT-33) CFBC 비산재를 결합재로 사용한 칼슘계 혼합물질의 탈황특성 연구 <u>백철승</u> <sup>1</sup> , <u>서준형</u> <sup>1</sup> , <u>김영진</u> <sup>1</sup> , <u>최문관</u> <sup>1</sup> , <u>조진상</u> <sup>1</sup> , <u>안지환</u> <sup>2</sup> , <u>조계홍</u> <sup>1*</sup> ( <sup>1</sup> 한국석회석신소재연구소, <sup>2</sup> 한국지질자원연구원)
14:20 (25') 일반	(CT-34) 순산소 연소 조건에서의 석회석의 직접 탈황 반응 <u>김예빈</u> <sup>1</sup> , <u>이시훈</u> <sup>1*</sup> ( <sup>1</sup> 전북대학교 자원에너지공학과)
14:45 (25') 일반	(CT-35) 고효성 저온용 NH <sub>3</sub> -SCR 탈질촉매의 최신 연구개발 동향 <u>김홍대</u> <sup>1*</sup> , <u>정보라</u> <sup>1</sup> , <u>예보라</u> <sup>1,2</sup> , <u>이덕현</u> <sup>1</sup> ( <sup>1</sup> 한국생산기술연구원, <sup>2</sup> 울산과기대)
15:10 (10')	Coffee Break 좌장: 임동하 박사 (한국생산기술연구원)
15:20 (25') 초청	(CT-36) 공정모사기를 이용한 선박 배가스의 탈황 스크러버설비의 설계와 응용 <u>이병돈</u> <sup>1*</sup> , <u>박치균</u> <sup>1</sup> , <u>임동하</u> <sup>2</sup> , <u>김정환</u> <sup>2</sup> ( <sup>1</sup> (주)전진엔텍, <sup>2</sup> 한국생산기술연구원)
15:45 (25') 일반	(CT-37) 염소계 화합물을 이용한 NO <sub>x</sub> , SO <sub>x</sub> , Hg 동시제거 기술 <u>변영철</u> <sup>1*</sup> , <u>김준우</u> <sup>1</sup> , <u>고동준</u> <sup>1</sup> ( <sup>1</sup> 포항산업과학연구원)
16:10 (25') 일반	(CT-38) 산업용 초 저 NO <sub>x</sub> 연소시스템 상용화 기술 개발 <u>신명철</u> <sup>1*</sup> , <u>이진기</u> <sup>1</sup> , <u>임대원</u> <sup>1</sup> ( <sup>1</sup> 한국생산기술연구원)
16:35 (25') 일반	(CT-39) 중질 잔사유 촉매분해 공정에서의 SO <sub>2</sub> 제거를 위한 MgO계 흡수제 특성 연구 <u>채호진</u> <sup>1</sup> , <u>이수재</u> <sup>2</sup> , <u>이수출</u> <sup>3</sup> , <u>정석용</u> <sup>4</sup> , <u>김재창</u> <sup>1*</sup> ( <sup>1</sup> 경북대학교, <sup>2</sup> 특허청, <sup>3</sup> 경북대학교 차세대에너지기술연구소, <sup>4</sup> 원익머트리얼)

## 청정용매

- 일시                    2018년 9월 13일(목), 09:00~12:05
- 장소                    광주 김대중컨벤션센터 별관 311호
- Organizer            이현주 박사 (KIST) 김재훈 교수 (성균관대학교)

좌장: 김재훈 교수 (성균관대학교)

09:00 (25')            (CT-40) 실험용 초임계 CO<sub>2</sub> 염색 설비를 이용한 폴리에스테르 염색  
**일반**                    김태영<sup>1,\*</sup>, 박신<sup>1</sup>, 이동규<sup>1</sup>, 손석우<sup>1</sup>, 최현석<sup>2</sup> (<sup>1</sup>(주)대주기계, <sup>2</sup>다이텍연구원)

09:25 (25')            (CT-41) 초임계유체 공정 기술 및 활용 분야  
**일반**                    조완택<sup>1,\*</sup>, 마르셀 쇼나단 히다자<sup>1</sup>, 노종호<sup>1</sup>, 김현효<sup>1</sup> (<sup>1</sup>일신오토클레이브)

09:50 (25')            (CT-42) 초임계 건조공정을 이용한 DIY 화장품 원료 제조 연구  
**일반**                    조항규<sup>1,\*</sup>, 임종성<sup>2</sup> (<sup>1</sup>(주)파인애플, <sup>2</sup>서강대학교)

10:15 (20')            (CT-43) Pressurized Fluid Extraction of Bioactive Compounds from *Saccharina japonica* with Ionic Liquid as Co-solvent  
**학생**                    Periaswamy Sivagnanam Saravana<sup>1</sup>, 우희철<sup>1</sup>, 전병수<sup>1,\*</sup> (<sup>1</sup>부경대학교)

10:35 (10')            Coffee Break

좌장: 이현주 박사 (KIST)

10:45 (20')            (CT-44) Ionic Liquids for Biopolymer Processing  
**일반**                    이상현<sup>1,\*</sup>(<sup>1</sup>건국대학교)

11:05 (20')            (CT-45) Ionic Liquids as Catalyst and Reagent for Organic Synthesis  
**일반**                    김용진<sup>1,\*</sup> (<sup>1</sup>한국생산기술연구원)

11:25 (20')            (CT-46) 기체촉진수송을 위한 이온성액체/금속 나노복합체 분리막  
**일반**                    강상욱<sup>1,\*</sup>(<sup>1</sup>상명대학교)

11:45 (20')            (CT-47) 이온성 액체 추출시스템을 활용한 백금족 금속 추출공정  
**일반**                    라제쉬 쿠마<sup>1,\*</sup>, 이진영<sup>1,\*</sup> (<sup>1</sup>한국지질자원연구원)



## 청정융합

- 일시            2018년 9월 13일(목), 09:00~11:50
- 장소            광주 김대중컨벤션센터 별관 312호
- Organizer     전병훈 교수 (한양대학교)

좌장: 전병훈 교수 (한양대학교)

- 09:00 (20')  
초청            (CT-48) Development of a High Efficiency Biogas Production Technology through the Co-digestion of Lipid-waste FOG  
김도현, 김 후, 강동호, 안현조, 전병훈\* (한양대학교)
- 09:20 (15')  
학생            (CT-49) Facile microwave hydrothermal synthesis of sulfur and TiO<sub>2</sub> coated graphite carbon nitride composite for the enhanced removal of BPA under 400 nm LED  
Kien Tiek Wong, 장석범, 류백하, 윤소연, 장 민\* (광운대학교)
- 09:35 (15')  
학생            (CT-50) Bio-alcohols generation enhancement with controlled methane production through Volatile Fatty Acids(VFAs) reduction by Microbial Electrosynthesis(MES)  
José Gavilanes, C. Nagendranatha Reddy, 민부기\* (경희대학교)
- 09:50 (15')  
학생            (CT-51) 수증기 개질 반응용 Ni-La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Ce<sub>0.8</sub>Zr<sub>0.2</sub>O<sub>2</sub> 촉매의 La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 함량 최적화 연구  
김범준, 김학민, 유성연, 노현석\* (연세대학교)
- 10:05 (15')  
학생            (CT-52) Integration of submersible microbial fuel cell in anaerobic digestion for enhanced production of methane and current at varying glucose levels  
Hoai Thi Vu, 민부기\* (경희대학교)

10:20 (15')    Coffee Break

좌장: 김도현 박사 (한양대학교)

- 10:35 (15')  
일반            (CT-53) Artificial Photosynthesis: Assembly of Nanoparticle/Cytochrome Biohybrid Photoanodes  
황이택 (한국세라믹기술원)
- 10:50 (15')  
학생            (CT-54) Electro-fermentation of platform chemicals from glycerol by metabolically engineered *Klebsiella pneumoniae* L17  
김창만<sup>1</sup>, 전병훈<sup>2</sup>, 김중래<sup>1,\*</sup> (<sup>1</sup>부산대학교, <sup>2</sup>한양대학교)
- 11:05 (15')  
학생            (CT-55) Biological Nitrification in Microbial Electrolysis Cells at different Applied Voltages and Ammonia Concentrations  
최대현, 민부기\* (경희대학교)
- 11:20 (15')  
학생            (CT-56) 폐기물 가스화 합성가스를 적용한 고온수성가스전이반응용 BaCo/CeO<sub>2</sub> 촉매의 Ba 담지량 최적화 연구  
김경진, 이열림, 노현석\* (연세대학교)
- 11:35 (15')  
학생            (CT-57) Electrochemical treatment of leachate containing phenols using a Pt/Ti anode  
Johanna Zambrano, 민부기\* (경희대학교)

특별세션  
CO<sub>2</sub> 활용 및 에너지저장을 위한 메탄화 기술

- 일시            2018년 9월 13일(목), 13:30~16:15
- 장소            광주 김대중컨벤션센터 별관 309호
- Organizer      주지선 박사 (전력연구원)

좌장: 김수현 박사 (고등기술연구원)

- 13:30 (25') (CT-58) CO<sub>2</sub> 활용 및 에너지저장을 위한 메탄화 시스템 개발  
**일반**            주지선<sup>1</sup>, 김영국<sup>1</sup>, 전명훈<sup>1</sup>, 김태균<sup>1</sup> (한국전력연구원)
- 13:55 (25') (CT-59) 재생에너지 연계 수전해 기술 핵심 이슈  
**일반**            조원철<sup>1</sup>, 조현석<sup>1</sup>, 김상경<sup>1</sup>, 김창희<sup>1</sup>, 서명원<sup>1</sup> (한국에너지기술연구원)
- 14:20 (25') (CT-60) 고온 메탄 생산 미생물을 이용한 바이오메탄화 공정 개발  
**일반**            상병인<sup>1,\*</sup>, 전병승<sup>1</sup>, 최옥경<sup>1</sup>, 송효정<sup>1</sup>, 홍문기<sup>1</sup>, 김민정<sup>1</sup>, 주고은<sup>1</sup> (한양대학교)

14:45 (15') Coffee Break

좌장: 김수현 박사 (고등기술연구원)

- 15:00 (25') (CT-61) 신재생에너지 이용 그린메탄 생산을 위한 기술 개발 현황  
**일반**            서명원<sup>1,\*</sup>, 조원철<sup>1</sup>, 고강석<sup>1</sup>, 이도연<sup>1</sup>, 윤성민<sup>1</sup>, 김재호<sup>1</sup>, 김용구<sup>1</sup>, 박성진<sup>1</sup>, 손성혜<sup>1</sup>, 류호정<sup>1</sup> (한국에너지기술연구원)
- 15:25 (25') (CT-62) 유기성 폐자원의 메탄화를 증진시키는 최근의 혐기성 생물전환공정 기술  
**일반**            김학찬<sup>1</sup>, 정대열<sup>1,\*</sup>, 서창원<sup>1</sup>, 이종훈<sup>1</sup> (LG-히타치 워터 솔루션)
- 15:50 (25') (CT-63) CO<sub>2</sub> BEM(Biological Electrochemical Methanation) 공정 설계 기술  
**일반**            유영돈<sup>1,\*</sup>, 김수현<sup>1</sup>, 최광순<sup>1</sup> (고등기술연구원)

## 오염저감

- 일시                    2018년 9월 13일(목), 13:30~15:00
- 장소                    광주 김대중컨벤션센터 별관 311호
- Organizer            이태호 교수 (송실대학교)

좌장: 신철호 박사 (서해환경연구소)

13:30 (20')            **(CT-64) 고기구이 음식점 악취 실시간 모니터링을 위한 센서의 활용성 평가**  
**초청**                    정의석<sup>1</sup>, 김진완<sup>1</sup>, 임문혁<sup>1</sup>, 정환용<sup>1</sup>, 류희욱<sup>2</sup>, 이태호<sup>2</sup> (<sup>1</sup>주엔버스 부설기술연구소, <sup>2</sup>송실대학교)

13:50 (20')            **(CT-65) Removal Efficiency of lead(II) by polyphenolic derivatives**  
**일반**                    Dongfang Wang<sup>1,2</sup>, Chul-Ho Shin<sup>2</sup>, Yufeng Zhao<sup>3</sup>, Joon-Seok Park<sup>4</sup>,  
Moonhee Ryu<sup>1,\*</sup> (<sup>1</sup>Chonbuk National University, <sup>2</sup>Seohae Environment Science  
Institute, <sup>3</sup>Chonbuk National University, <sup>4</sup> Kangwon National University)

14:10 (10')            Coffee Break

좌장: 신철호 박사 (서해환경연구소)

14:20 (20')            **(CT-66) 섬유 텐터공정의 백연 및 악취 저감효과 분석**  
**일반**                    이태호<sup>1</sup>, 류희욱<sup>1</sup>, 양우영<sup>1</sup>, 박희재<sup>2</sup> (<sup>1</sup>송실대학교, <sup>2</sup>시흥녹색환경지원센터)

14:40 (20')            **(CT-67) 전해산화수 시스템을 이용한 악취제거효율에 관한 연구**  
**일반**                    홍성오<sup>1</sup>, 한문조<sup>1</sup>, 박준용<sup>1</sup>, 이태호<sup>2</sup> (<sup>1</sup>주우진이엔지, <sup>2</sup>송실대학교)

## 바이오연료 및 소재

- 일시            2018년 9월 13일(목), 13:30~16:30
- 장소            광주 김대중컨벤션센터 별관 312호
- Organizer      임한권 교수 (UNIST)

좌장: 김재곤 박사 (한국석유관리원)

- |                   |   |
|-------------------|---|
| 13:30 (30')<br>초청 | (CT-68) Photosynthetic Conversion of CO <sub>2</sub> to bioenergy and biochemical<br>정미경 <sup>1</sup> , 김영은 <sup>1</sup> , 안성준 <sup>1</sup> , 이재현 <sup>1</sup> , <u>오유관</u> <sup>1,*</sup> ( <sup>1</sup> 부산대학교)  |
| 14:00 (15')<br>학생 | (CT-69) Preparation and characteristics of Bamboo activated carbon through H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> pretreatment and steam activation<br>박정우 <sup>1</sup> , Hoang Vu Ly <sup>1</sup> , 김은기 <sup>1</sup> , 김진수 <sup>2</sup> , 김승수 <sup>1,*</sup> ( <sup>1</sup> 강원대학교, <sup>2</sup> 경희대학교) |
| 14:15 (15')<br>학생 | (CT-70) Potential of large-scale implementation of macroalgae-based biorefineries in Korea<br><u>Mohammadamin Zarei</u> <sup>1</sup> , 유 준 <sup>1,*</sup> ( <sup>1</sup> 부경대학교)   |
| 14:30 (20')<br>일반 | (CT-71) Fractional catalytic fast pyrolysis of bamboo with HZSM-5 and red mud for upgrading bio-oil<br><u>Hoang Vu Ly</u> <sup>1</sup> , 박정우 <sup>1</sup> , 김진수 <sup>2</sup> , 김승수 <sup>1,*</sup> ( <sup>1</sup> 강원대학교, <sup>2</sup> 경희대학교)   |

14:50 (10') Coffee Break

좌장: 유준 교수 (부경대학교)

- |                   |   |
|-------------------|---|
| 15:00 (20')<br>일반 | (CT-72) Convergence study of electrochemical systems and biocatalysts for CO <sub>2</sub> conversion<br><u>이수연</u> <sup>1,*</sup> , 이상민 <sup>1</sup> , 김민식 <sup>1</sup> , 정택동 <sup>2</sup> , 오유관 <sup>3</sup> , 이진석 <sup>1,*</sup> ( <sup>1</sup> 한국에너지기술연구원, <sup>2</sup> 서울대학교, <sup>3</sup> 부산대학교) |
| 15:20 (15')<br>학생 | (CT-73) Economic feasibility of combined heat, power and hydrogen production via hydrothermal liquefaction followed by hydrothermal gasification of <i>Saccharina japonica</i><br><u>Haider Niaz</u> <sup>1</sup> , Boris Brigljevic <sup>1</sup> , 유준 <sup>1,*</sup> ( <sup>1</sup> 부경대학교)           |
| 15:35 (15')<br>학생 | (CT-74) Process design of macroalgae based biorefinery producing fuel and chemicals: A superstructure based approach<br><u>Rofice Dickson</u> <sup>1</sup> , 유준 <sup>1,*</sup> ( <sup>1</sup> 부경대학교)  |
| 15:50 (20')<br>일반 | (CT-75) Sulfonic Acid-Functionalized Graphene oxide catalyst for Direct Chemical Conversion of Xylan into Furfural<br><u>Pravin Upare</u> <sup>1</sup> , 이마음 <sup>1</sup> , 황동원 <sup>1</sup> , 장종산 <sup>2</sup> , 황영규 <sup>1,*</sup> ( <sup>1</sup> 한국화학연구원 탄소자원화연구소, <sup>2</sup> 한국화학연구원 CCP융합연구단)  |
| 16:10 (20')<br>일반 | (CT-76) Development of Bio-fuel for Power Generation<br><u>김재곤</u> <sup>1,*</sup> , 황인하 <sup>1</sup> (한국석유관리원)  |

## 포스터세션 I (1)

- 일시                    2018년 9월 12일(수), 14:30~16:30
- 장소                    광주 김대중컨벤션센터 별관 중앙홀
- Organizer            이시훈 교수 (전북대학교)

좌장: 이시훈 교수 (전북대학교)

- |       |  |
|-------|--|
| PA-01 | <b>피혁 폐기물로부터 단백질 가수화물의 추출, 분리, 정제 기술</b><br>김은지 <sup>1*</sup> , 백인규 <sup>1</sup> , 박재형 <sup>1</sup> , 윤영호 <sup>(1한국신발피혁연구원, 2(주)기륭산업)</sup>  |
| PA-02 | <b>Simultaneous in situ detection of Pb<sup>2+</sup> and Hg<sup>2+</sup> using nuclease-resistant DNA aptamer on gold nanoparticles</b><br>Joong Hyun Kim <sup>1,*</sup> , Chan Ho Chung <sup>1</sup> , Hyunjin Kim <sup>1</sup> (1Medical Device Development Center, Daegu-Gyeongbuk Medical Innovation Foundation) |
| PA-03 | <b>난연성을 가지는 UV경화 점착 수지의 제조 및 특성 연구</b><br>김은지 <sup>1</sup> , 백인규 <sup>1</sup> , 차인경 <sup>2</sup> , 박재형 <sup>1</sup> (1한국신발피혁연구원, 2(주)건양)   |
| PA-04 | <b>경주지역 석조문화재 산성오염물질과 반응 특성</b><br>정종현 <sup>1</sup> , 정민호 <sup>2</sup> , 피영규 <sup>1</sup> , 최창훈 <sup>3</sup> , 손병현 <sup>4</sup> (1대구한의대학교 보건학부, 2국립경주문화재연구소, 3H.S.E Tech, 4한서대학교 환경공학과)  |
| PA-05 | <b>한국 동남부지역 석조문화재 풍화 및 훼손 등급</b><br>정종현 <sup>1</sup> , 정민호 <sup>2</sup> , 피영규 <sup>1</sup> , 최창훈 <sup>3</sup> , 손병현 <sup>4</sup> (1대구한의대학교 보건학부, 2국립경주문화재연구소, 3H.S.E Tech, 4한서대학교 환경공학과)   |
| PA-06 | <b>경주지역 석조문화재 훼손과 모니터링</b><br>정종현 <sup>1</sup> , 정민호 <sup>2</sup> , 피영규 <sup>1</sup> , 최창훈 <sup>3</sup> , 손병현 <sup>4</sup> (1대구한의대학교 보건학부, 2국립경주문화재연구소, 3H.S.E Tech, 4한서대학교 환경공학과)   |
| PA-07 | <b>한국 동남부지역 석조문화재 물리·화학적 특성</b><br>정종현 <sup>1</sup> , 정민호 <sup>2</sup> , 피영규 <sup>1</sup> , 최창훈 <sup>3</sup> , 손병현 <sup>4</sup> (1대구한의대학교 보건학부, 2국립경주문화재연구소, 3H.S.E Tech, 4한서대학교 환경공학과)  |
| PA-08 | <b>적정속도가 이산화탄소 개질 반응용 Ni-MgO, Ni-MgO-CeO2 촉매 성능에 미치는 영향 연구</b><br>김학민, 김범준, 노현석 (연세대학교)  |
| PA-09 | <b>알루미나 담지 몰리브덴 카바이드 촉매상에서 바이오연료 생산을 위한 식물성 오일의 수소화 반응</b><br>이성찬, 윤인배 <sup>1</sup> , 우희철* (부경대학교 화학공학과, 1삼성 일렉트로-메카닉스)  |
| PA-10 | <b>해안폐기물 고형연료화를 위한 반응표면분석법을 이용한 파쇄공정 운전조건 최적화</b><br>박석환 <sup>1</sup> , 강흥구 <sup>1</sup> , 정성훈 <sup>1</sup> , 이상엽 <sup>2</sup> , 박주영 <sup>1*</sup> (1(재)녹색에너지연구원, 2엠엔테크(주))  |
| PA-11 | <b>태양광발전 증가에 따른 태양광폐모듈 잠재발생량 예측</b><br>정성훈 <sup>1</sup> , 박석환 <sup>1</sup> , 강흥구 <sup>1</sup> , 정승환 <sup>1</sup> , 박주영 <sup>1*</sup> (1(재)녹색에너지연구원)  |

## 포스터세션 I (2)

- PA-12    **금속산화물 촉매와 과산화수소를 이용한 설파용 경유의 산화 탈황**  
 오현우<sup>1</sup>, 유준<sup>1</sup>, 허광선<sup>2</sup>, 우희철<sup>1,\*</sup> (<sup>1</sup>부경대학교 화학공학과, <sup>2</sup>경남정보대학교  
 신소재응용화학과)
- PA-13    **니켈을 포함한 이성분계 촉매를 활용한 해조류 유래 수열액화오일의 수증기 개질반응 연구**  
 박용범, 안희주<sup>1</sup>, 임한권<sup>2,\*</sup>, 우희철\* (부경대학교 화학공학과, <sup>1</sup>태양인더스트리,  
<sup>2</sup>울산과학기술원 에너지 및 화학공학부)
- PA-14    **탄소 수용체 마이크로웨이브 가열 타르 분해-개질 전환**  
 김은혁, 송희관, 전영남\* (조선대학교 환경공학과)
- PA-15    **슬러지 착 마이크로웨이브 CO<sub>2</sub>가스화와 순산소-스팀 연소**  
 송희관, 송영웅, 박나형, 조연경, 전영남\* (조선대학교 환경공학과)
- PA-16    **알콜을 포함한 디에틸렌트리아민 저수계 흡수제를 이용한 이산화탄소 흡수 특성**  
 김한글<sup>1</sup>, 유정균<sup>2</sup>, 홍연기<sup>1\*</sup> (<sup>1</sup>한국교통대학교 화공신소재고분자공학부,  
<sup>2</sup>한국에너지기술연구원 온실가스연구실)
- PA-17    **상호 연결된 40 nm급 균일한 기공을 가지는 이성분계 금속산화물의 합성 및 리튬  
 이차 전지로의 적용**  
 오세환<sup>1</sup>, 조중상<sup>1\*</sup> (<sup>1</sup>충북대학교)
- PA-18    **분무 열분해 공정을 통해 합성된 다공성 노른자-껍질 구조의 금속산화물/탄소  
 복합체의 리튬이차전지 음극소재 적용**  
 조민수<sup>1</sup>, 조중상<sup>1\*</sup> (<sup>1</sup>충북대학교 공업화학과)
- PA-19    **Multi-channel 구조를 갖는 MoSe<sub>2</sub>/N-doped carbon nanofiber의 합성과  
 소듐이차전지 음극활물질 적용**  
 정순영<sup>1</sup>, 조중상<sup>1,\*</sup> (<sup>1</sup>충북대학교 공업화학과)
- PA-20    **Effect of pulse hydrocarbon agent on NO<sub>x</sub> Removal in an Atmospheric  
 Pressure Plasma with a Selective Catalyst Reduction**  
 Duc Ba Nguyen, Van Toan Nguyen, Young Sun Mok\* (Department of  
 Chemical and Biological Engineering, Jeju National University, Jeju 63243,  
 Republic of Korea.)
- PA-21    **A study on the reaction enhancement of catalytic CF<sub>4</sub> hydrolysis using a  
 multi-stage catalyst-adsorbent reactor**  
 Jae-Yun Han<sup>1,3</sup>, Chang-Hyun Kim<sup>1,3</sup>, Boreum Lee<sup>2</sup>, Seonju Jeong<sup>2</sup>, Hankwon  
 Lim<sup>2</sup>, Kwan-Young Lee<sup>3</sup>, Shin-Kun Ryi<sup>1\*</sup> (<sup>1</sup>Korea Institute of Energy  
 Research, <sup>2</sup>Ulsan National Institute of Science and Technology, <sup>3</sup>Korea  
 University)
- PA-22    **Conversion of Xylose to Furfural using combination Lewis acid and  
 Brønsted acid or Salt in Biphasic systems.**  
 Dasom Mun<sup>1</sup>, Nhan T.T Huynh<sup>1,2</sup>, Seok-Kyu Park<sup>1</sup>, Kyoung Won Lee<sup>1</sup>, Jin  
 Ku Cho<sup>1,2\*</sup> (<sup>1</sup>Korea Institute of Industrial Technology (KITECH), <sup>2</sup>University of  
 Science and Technology (UST))

## 포스터세션 I (3)

- PA-23     **Synthesis of 5-Acetoxymethyl-2-furaldehyde (AMF) from sugars**  
 Nhan T.T. Huynh<sup>1,2</sup>, Kyungwon Lee<sup>1</sup>, Seok-kyu Park<sup>1</sup>, Jin ku Cho<sup>1,2</sup> (<sup>1</sup>. Korea Institute of Industrial Technology (KITECH), <sup>2</sup>Korea University of Science and Technology (UST))
- PA-24     **Hydrogen Production With Low Carbon Monoxide by Steam Methane Reforming Using Palladium Membrane Reactor**  
 Chang-Hyun Kim<sup>1,3</sup>, Jae-Yun Han<sup>1,3</sup>, Hankwon Lim<sup>2</sup>, Kwan-Young Lee<sup>3</sup>, Shin-Kun Ryi<sup>1\*</sup> (<sup>1</sup>Korea Institute of Energy Research, <sup>2</sup>Ulsan National Institute of Science and Technology, <sup>3</sup>Korea University)
- PA-25     **Optimized encapsulation of cesin oil eugenol with polycaprolactone using particle from gas saturated solutions (PGSS)**  
 David Nkurunziza<sup>1</sup>, Jin-Num Moon<sup>1</sup>, Jin-Seok Park<sup>1</sup>, Byung Soo Chun<sup>1\*</sup> (<sup>1</sup>Department. of Food Science and Technology, Pukyong National University)
- PA-26     **중공구조를 갖는 나노섬유의 신합성공정개발 및 리튬이차전지 음극소재 적용**  
 오장혁<sup>1</sup>, 조중상<sup>1\*</sup> (<sup>1</sup>충북대학교 공업화학과)
- PA-27     **Ni-NiO Supported on Nitrogen-Doped Carbon Nanoweb as a Highly Efficient Electrocatalysts for CO<sub>2</sub> Reduction to CO**  
 Hyunsu Han<sup>1</sup>, Yuseong Noh<sup>1</sup>, Seongmin Park<sup>1</sup>, Won Suk Jung<sup>1</sup>, Jungeun Cha<sup>1</sup> and Won Bae Kim<sup>1\*</sup> (<sup>1</sup>Department of Chemical Engineering, Pohang University of Science and Technology (POSTECH))
- PA-28     **Kinetic study of catalytic CO<sub>2</sub> gasification of biomass char**  
 Wongeun Yoon<sup>1</sup>, Yoongon Kim<sup>2</sup>, Seungjun Lee<sup>1</sup>, Jaejin Bae<sup>1</sup>, Yekyu Kim<sup>1</sup>, Hyunwoo Ahn<sup>1</sup> and Won Bae Kim<sup>1\*</sup> (<sup>1</sup>Department of Chemical Engineering, Pohang University of Science and Technology (POSTECH), <sup>2</sup>School of Materials Science and Engineering, Gwangju Institute of Science and Technology (GIST))
- PA-29     **Highly stable robust superhydrophobic coating deposited on glass substrate using atmospheric pressure plasma jet.**  
 Md. Mokter Hossain<sup>1</sup>, Quang Hung Trinh<sup>2,3</sup>, Duc Ba Nguyen<sup>1</sup>, Van Toan Nguyen<sup>1</sup>, M.S.P. Sudhakaran<sup>1</sup>, Young Sun Mok<sup>1\*</sup> (<sup>1</sup>Jeju National University, <sup>2</sup>Duy Tan University (Vietnam), <sup>3</sup>Le Quy Don Technical University (Vietnam))
- PA-30     **전기방사한 다공성 탄소 나노파이버를 이용한 슈퍼커패시터의 전기화학적 특성**  
 김은미\*, 정상문 (충북대학교 화학공학과)
- PA-31     **일산화탄소의 선택적 분리를 위한 염화제일구리 기반 흡착제 제조 및 특성평가**  
 김정수, 정태성, 조강희, 박종호, 범희태, 한상섭\* (한국에너지기술연구원, 청정연료 연구실)
- PA-32     **에칭 구액으로부터 용매 추출에 의한 니켈 회수 및 소재화 기술개발**  
 이석환, 채병만, 김득현, 이상우\* ((주) 케이엠씨)
- PA-33     **고효율 태양광 수증기 발생을 위한 활성탄 기반 태양광 흡수체 개발**  
 최명길, Anush Mnoyan, 구분준, 이용희, 이규복\* (충남대학교 에너지과학기술 대학원(GEST) 그린 에너지재료 연구실 )

## 포스터세션 I (4)

- PA-34    수용성 휘발성 유기 화합물의 흡착제 별 경쟁흡착 현상  
전동혁, 최호경, 유지호, 김상도, 임정환, 임영준, 이시훈\* (한국에너지기술연구원 청정연료연구실)
- PA-35    Atmospheric-Pressure-Plasma Assisted Selective Catalyst Reduction of NOx and Soot  
Van Toan Nguyen, Duc Ba Nguyen, Md.Mokter Hosian, Young Sun Mok\*  
(Department of Chemical and Biological Engineering, Jeju National University)
- PA-36    수소 플라즈마 용해에 의한 Ti-Al 혼합체 스크랩으로부터 청정 TiAl 합금 제조  
이도성, 오정민, 임재원\* (전북대학교)
- PA-37    친환경 금속 칼슘 환원제를 이용한 벌크 Ti-6Al-4V 합금의 산소 저감  
김태현, 오정민, 임재원\*(전북대학교)
- PA-38    균일용액침전법을 이용한 합성시간에 따른 BaMnAl11O19-δ의 영향  
박지윤, 정유식<sup>1</sup>, 이영우\*(충남대학교 에너지과학기술대학원, <sup>1</sup>(주)지엔티엔에스(GNTNS))
- PA-39    Bioelectrochemical control of 3-hydroxypropionic acid/1,3-propanediol  
production rate  
Jiyun Baek<sup>1</sup>, Changman Kim<sup>1</sup>, Young Eun Song<sup>1</sup>, Jung Rae Kim<sup>1\*</sup> (<sup>1</sup>School of Chemical and Biomolecular Engineering, Pusan National University)
- PA-40    수산화철계 흡착제를 이용한 바이오가스 내 실록산(Siloxanes) 흡착 거동에 관한 연구  
김신동<sup>1\*</sup>, 김영노<sup>1</sup>, 김수아<sup>1</sup>, 이다영<sup>1</sup>, 박성준<sup>2</sup> ((주)이앤캠솔루션 에너지·환경연구소<sup>1</sup>  
동강대학교 보건행정학부<sup>2</sup>)
- PA-41    충전층 반응기를 이용한 바이오디젤 생산용 초임계이산화탄소-효소공정의 연속 운전  
연구  
이홍식<sup>1</sup>, 이도훈<sup>1</sup>, 김재훈<sup>2</sup>, 김상용<sup>1\*</sup> (<sup>1</sup>한국생산기술연구원, <sup>2</sup>성균관대학교)
- PA-42    다양한 수분 흡착제 합성 및 수분 흡착 특성(수분 흡착량, 탈착 성능) 평가  
조승현<sup>1</sup>, 조강희<sup>2</sup>, 오성근<sup>1</sup>, 김종남<sup>2</sup> (한양대학교<sup>1</sup>, 한국에너지기술연구원<sup>2</sup>)
- PA-43    고체 산촉매 조건 하에서 마이크로파를 이용한 바이오디젤 합성  
나용규<sup>1</sup>, 황인하<sup>1</sup>, 김재곤<sup>1\*</sup> (<sup>1</sup>한국석유관리원 석유기술연구소)
- PA-44    Alkaline Zn-Ni 도금에서 발생하는 Ni-CN 착화물 선택적 분리 기술  
서민혜<sup>1\*</sup>, 이수영<sup>1</sup>, 조성수<sup>1</sup>, 우지훈<sup>2</sup>, 조홍백<sup>3</sup> (<sup>1</sup>고등기술연구원, <sup>2</sup>삼일금속(주),  
<sup>3</sup>한양대학교)



## 포스터세션 II (1)

- 일시            2018년 9월 13일(목), 15:00~17:00
- 장소            광주 김대중컨벤션센터 별관 중앙홀
- Organizer      이시훈 교수 (전북대학교)

좌장: 이시훈 교수 (전북대학교)

- PB-01      **밴드갭 조절이 가능한 콜로이드 구형 TiO<sub>2</sub>입자의 합성과 광촉매 수소 발생 실험에의 적용**  
 김나연<sup>1</sup>, 이현경<sup>1</sup>, 문종태<sup>1</sup>, 주지봉<sup>1\*</sup> (<sup>1</sup>건국대학교 화학공학과)
- PB-02      **Isolation of electroactive CO converting microorganism using zero valent iron for bioelectrochemical system (BES)**  
 Hyun Seong Im<sup>1</sup>, Changman Kim<sup>1</sup>, Yeong Eun Song<sup>1</sup>, Chae Ho Im<sup>2</sup>, Jung Rae Kim<sup>1\*</sup> (<sup>1</sup>School of chemical and biomolecular engineering, Pusan National University, <sup>2</sup>School of energy and chemical engineering, UNIST)
- PB-03      **POME 바이오가스 고질화를 위한 물 흡수 공정 설계**  
 최예라<sup>1,2</sup>, 김선형<sup>1</sup>, 범희태<sup>1</sup>, 이영석<sup>2</sup>, 김종남<sup>1\*</sup>(<sup>1</sup>한국에너지기술연구원, <sup>2</sup>충남대학교)
- PB-04      **질소산화물 저감을 위한 망간이 도입된 마그헤마이트 나노 촉매 제조**  
 이준형<sup>1,2</sup>, 지병갑<sup>1</sup>, 박승엽<sup>1\*</sup>(<sup>1</sup>서울대학교 재료공학부, <sup>2</sup>한국트랜스(주))
- PB-05      **Cellulose Nanofiber and Au,Ag Nanoparticle Composite Film for Highly Efficient Solar-to-Steam Generation**  
 Bon Jun Ku<sup>1</sup>, Anush Mnoyan<sup>1</sup>, Kyubock Lee<sup>1\*</sup> (<sup>1</sup>Graduate School of Energy Science & Technology, Chungnam National University)
- PB-06      **구슬 모양 다공성 흡착제를 이용한 유독가스 흡착**  
 김민기<sup>1</sup>, 보 탄 휴엔<sup>1</sup>, 이경우<sup>1</sup>, 변상우<sup>1</sup>, 박일건<sup>2</sup>, 주지봉<sup>1\*</sup> (<sup>1</sup>건국대학교 화학공학과, <sup>2</sup>(주) 평화엔지니어링 R&D 연구소)
- PB-07      **코발트-칼륨/알루미나-칼슘 복합 산화물 촉매 상에서의 에탄올 수증기 개질 반응을 통한 수소 가스 생산**  
 유상범<sup>1</sup>, 송지환<sup>1</sup>, 박승원<sup>1</sup>, 김도희<sup>1\*</sup>(<sup>1</sup>서울대학교 화학생명공학부)
- PB-08      **매체순환식 가스연소반응에서 Ni 계열 산소전달입자의 TGA 반응특성 및 반응모델 연구**  
 박지혜<sup>1</sup>, Haroon ur Rashid<sup>1</sup>, 백점인<sup>2</sup>, 류호정<sup>3</sup>, 이광복<sup>4\*</sup>(<sup>1</sup>충남대학교 에너지과학기술대학원, <sup>2</sup>한국전력연구원, <sup>3</sup>한국에너지기술연구원, <sup>4</sup>충남대학교 화학공학교육과)
- PB-09      **Tetralin hydrocracking study for BTX production from diesel boiling-range polycyclic aromatic hydrocarbons**  
 Jaeuk Shin, Youngseok Oh, Yeseul Choi, Jihye Lee, Chanwoo Kim and Jung Kyoo Lee\* (Department of Chemical Engineering, Dong-A University)
- PB-10      **킬레이트 화합물을 이용한 NO 흡수 반응의 평형 상수 측정**  
 조현정<sup>1,2</sup>, 천선정<sup>3</sup>, 한종인<sup>3</sup>, 김선형<sup>1</sup>, 오성근<sup>2</sup>, 윤형철<sup>1\*</sup> (<sup>1</sup>한국에너지기술연구원, <sup>2</sup>한양대학교, <sup>3</sup>한국과학기술원)

## 포스터세션 II (2)

- PB-11      **Immobilization of marine macro-algae powdered biochar in alginate hydrogel bead for dye removal**  
 Ohemeng-B. Godfred, Joo Hee Yang, Chul Woo Lee, Seung Han Woo\*  
 (Department of Chemical and Biological Engineering, Hanbat National University)
- PB-12      **Preparation and Characterization of Spherical Micro Silicone Resin Powders**  
 Joo Hee Yang, Seok Woo Hong, Chul Woo Lee\* (Department of Chemical and Biological Engineering, Hanbat National University)
- PB-13      **유기물 분해를 위한 TiO<sub>2</sub> 코팅 중공사 광촉매 제조 및 성능향상**  
 김민광, 이홍주, 에도아르도, 이승환, 박정훈\*(동국대학교)
- PB-14      **흐름식 반응기에서 ZSM-5 촉매를 이용한 흡열 반응 특성 연구**  
 신민창, 박장훈, 박정훈\* (동국대학교)
- PB-15      **매립지가스 내 산소 제거를 위한 페롭스카이트 촉매의 제조 및 특성**  
 박유강, 채진웅, 박정훈\* (동국대학교, 화공생물공학과 )
- PB-16      **Cu계 황 흡수제의 결정구조에 COS 흡수특성 조사**  
 권병찬<sup>1</sup>, 이영진<sup>1</sup>, 박노국<sup>1</sup>, 강미숙<sup>1</sup>, 이태진<sup>1\*</sup>, 이승종<sup>2</sup>, 지준화<sup>3</sup>, 홍진표<sup>3</sup> (<sup>1</sup>영남대학교, <sup>2</sup>고등기술연구원, <sup>3</sup>전력연구원)
- PB-17      **VOC 개질에 의한 합성가스 생산을 위한 니켈계 촉매 상에서 카본침적 및 반응거동**  
 이영진<sup>1</sup>, 권병찬<sup>1</sup>, 박노국<sup>1</sup>, 이승우<sup>1</sup>, 이태진<sup>1\*</sup>, 강석환<sup>2</sup>, 홍범의<sup>2</sup> (<sup>1</sup>영남대학교, <sup>2</sup>고등기술연구원)
- PB-18      **Adsorption Performance of MIL-101 (Cr) for Ammonia under Ambient Conditions**  
 Haroon Ur Rasheed<sup>1</sup>, Ji Hye Park<sup>1</sup>, Hyung Chul Yoon<sup>2</sup>, Kwang Bok Yi<sup>3\*</sup>  
 (<sup>1</sup>Graduate School of Energy Science and Technology, Chungnam National University, <sup>2</sup>Korea Institute of Energy Research (KIER), <sup>3</sup>Department of Chemical Engineering Education, Chungnam National University)
- PB-19      **금속산화물을 담지하여 NO<sub>x</sub> 흡착 성능을 향상시킨 NH<sub>3</sub>-SCR 촉매의 금속 함량 최적화**  
 박순희<sup>1</sup>, 정하나<sup>2</sup>, 조성준<sup>2\*</sup>(<sup>1</sup>고려대학교, <sup>2</sup>전남대학교)
- PB-20      **생물학적 전기화학 시스템 내 차단부를 이용한 메탄 발효의 효율 향상**  
 김승용, 민부기\*(경희대학교 환경응용과학과, 경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732, 대한민국)

## 포스터세션 II (3)

- PB-21 **Simultaneous electricity generation and nutrient removal from wastewater by photosynthetic microbial fuel cell in continuous mode**  
 Hai T.H. Nguyen, Booki Min\* (Department of Environmental Science and Engineering, Kyung Hee University, 1 Seocheon-dong, Yongin-si, Gyeonggi-do 446-701, Republic of Korea)
- PB-22 **경량 방열부품용 복합소재의 필러 배열에 따른 소재특성에 관한 연구**  
 장은진, 문동준, 윤여성, 오미혜\*(자동차부품연구원)
- PB-23 **균일 기공을 갖는 이성분계 금속산화물 분말 합성 및 리튬이차전지 음극소재 적용**  
 오세환<sup>1</sup>, 조중상<sup>1\*</sup>(<sup>1</sup>충북대학교)
- PB-24 **Ruthenium 첨가에 의한 Ni/Mg/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 촉매의 수증기 메탄 개질 (Steam Methane Reforming, SMR) 반응에서의 탄소침적 내성 향상**  
 조은경<sup>1</sup>, 고창현<sup>1\*</sup>(<sup>1</sup>전남대학교 화학공학부)
- PB-25 **Red mud를 사용한 바이오매스 촉매 열분해**  
 류수민<sup>1</sup>, 정재훈<sup>1</sup>, 김영민<sup>2</sup>, 박영권<sup>1\*</sup> (<sup>1</sup>서울시립대학교, <sup>2</sup>한림대학교)
- PB-26 **다양한 항산화제가 오일의 산화안정성에 미치는 영향 연구**  
 김기훈, 황유진, 박세용, 정재훈, 박영권\*(서울시립대학교)
- PB-27 **니켈담지 알루미늄 펠렛 형태의 촉매를 이용한 수증기 개질반응 적용: 촉매 형태에 따른 반응특성 조사**  
 김영지<sup>1</sup>, 조은경<sup>1</sup>, 고창현<sup>1</sup> (<sup>1</sup>전남대학교 화학공학부)
- PB-28 **니켈-카드뮴 폐전지로부터 metathetic 반응을 이용한 카드뮴의 분리 및 회수에 대한 연구**  
 김대원<sup>1\*</sup> 박일정<sup>1</sup>, 정향철<sup>1</sup>, 양대훈<sup>2</sup>, 최중엽<sup>2</sup>, 정수훈<sup>2</sup>, 황성옥<sup>2,3</sup>, 최희락<sup>1</sup>  
 (<sup>1</sup>고등기술연구원, <sup>2</sup>(주)지엠텍, <sup>3</sup>부경대)
- PB-29 **폐니켈-카드뮴 전지로부터 아연 분말을 이용한 카드뮴의 치환 반응에 대한 연구**  
 김민준, 박일정, 김대원, 김건홍, 정향철 (고등기술연구원)
- PB-30 **Preparation and characterization of Fe<sup>2+</sup>-TiO<sub>2</sub>, and FeO<sub>x</sub>/TiO<sub>2</sub> as a support of V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-WO<sub>3</sub> catalysts for selective reduction of NO by NH<sub>3</sub>**  
 Ki Hyuck Yang, Thi Phung Thao Nguyen, Moon Hyeon Kim\*
- PB-31 **Enhanced As(III) and As(V) removal via polyacrylamide composition with Mg-Fe LDH**  
 Kien Tiek Wong<sup>1</sup>, Seog beom Jang<sup>1</sup>, Baekha Ryu<sup>1</sup>, So yeon Yoon<sup>1</sup> and Min Jang<sup>1</sup>(<sup>1</sup>Department of Environmental Engineering, Kwangwoon University)
- PB-32 **Sonophotocatalytic degradation of micropollutants: implication of synergistic effects**  
 Baekha Ryu<sup>1</sup>, Kien Tiek Wong<sup>1</sup>, Seog beom Jang<sup>1</sup>, So yeon Yoon<sup>1</sup> and Min Jang<sup>1</sup> (<sup>1</sup>Department of Environmental Engineering, Kwangwoon University,)

## 포스터세션 II (4)

- PB-33    다양한 원료를 이용한 열분해 오일 제조를 위한 파일럿 규모 연속열분해 시스템의 적용  
장정희<sup>1</sup>, 곽연수<sup>1</sup>, 한기보<sup>1</sup> (<sup>1</sup>고등기술연구원)
- PB-34    식물성 오일에 대한 탈산소 반응을 위한 촉매 공정/시스템 스케일-업에 관한 연구  
한기보<sup>1,\*</sup>, 장정희<sup>1</sup>, 김성탁<sup>1</sup>, 곽연수<sup>1</sup>, 안민희<sup>1</sup>, 정병훈<sup>2</sup>, 한정식<sup>2</sup> (<sup>1</sup>고등기술연구원,  
<sup>2</sup>국방과학연구소)
- PB-35    식물성 오일 유래 탄화수소류 화합물에 대한 업그레이딩을 위한 촉매 공정/시스템  
스케일-업에 관한 연구  
한기보<sup>1,\*</sup>, 장정희<sup>1</sup>, 김성탁<sup>1</sup>, 곽연수<sup>1</sup>, 안민희<sup>1</sup>, 정병훈<sup>2</sup>, 한정식<sup>2</sup> (<sup>1</sup>고등기술연구원,  
<sup>2</sup>국방과학연구소)
- PB-36    Simple and Eco-friendly method for change of Teflon wettability  
Hun Soo Byun<sup>1</sup> and Heon-Ho Jeong<sup>1\*</sup> (<sup>1</sup>Department of Chemical and  
Biomolecular Engineering, Chonnam National University)
- PB-37    팔라듐계 분리막 반응기에서 메탄 건식 개질을 통한 수소 생산: 공정 설계 및 경제성 평가  
김세화<sup>1</sup>, 연원모<sup>1</sup>, 이신근<sup>2\*</sup>, 임한권<sup>3\*</sup> (<sup>1</sup>대구가톨릭대학교 신소재화학공학과,  
<sup>2</sup>한국에너지기술연구원 에너지소재연구실, <sup>3</sup>울산과학기술원 에너지 및 화학공학부)
- PB-38    Power to gas 기술 관련 경제성 평가  
이보름, 이현준, 임한권\* (울산과학기술원 에너지 및 화학공학부)
- PB-39    글리세롤 수증기 개질반응을 통한 700 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>급 분산형 수소충전소에 대한  
기술·경제성 평가  
허주현<sup>1</sup>, 이보름<sup>2</sup>, 이신근<sup>3</sup>, 임한권<sup>2\*</sup> (<sup>1</sup>대구가톨릭대학교 신소재화학공학과,  
<sup>2</sup>울산과학기술원 에너지 및 화학공학부, <sup>3</sup>한국에너지기술연구원(KIER)  
에너지소재연구실)
- PB-40    석탄가스화 공정의 고압 분체이송 배관용 코팅 볼 밸브 개발  
정우현<sup>1\*</sup>, 지규철<sup>1</sup>, 윤성필<sup>1</sup>, 이종경<sup>2</sup> (<sup>1</sup>고등기술연구원, <sup>2</sup>KPL 밸브공업(주))
- PB-41    시멘트 제조공정 중의 부산물 자원화를 위한 고액분리 기술에 관한 연구  
박병현<sup>1,\*</sup>, 김재강<sup>1</sup>, 김해기<sup>1</sup>, 이주열<sup>1</sup>, 최진식<sup>1,2</sup> (<sup>1</sup>㈜애니텍 기술연구소, <sup>2</sup>경희대학교  
환경응용과학과)
- PB-42    메조 포러스 알루미나 소재를 이용한 암모니아 가스의 흡착 등온선 모델링  
휴엔 탄 보<sup>1</sup>, 김민기<sup>1</sup>, 이경우<sup>1</sup>, 박일건<sup>2</sup>, 주지봉<sup>1,\*</sup> (<sup>1</sup>건국대학교 화학공학과, <sup>2</sup>㈜  
평화엔지니어링 R&D 연구소)
- PB-43    3D 프린팅과 사출성형 제조방식의 온실가스 배출량 비교 평가  
고석균, 고주현, 김민서, 오한나, 유계준, 임성린\* (강원대학교 건축토목환경공학부  
환경공학전공)
- PB-44    Fixed bed에서 플라스틱의 촉매 열분해를 통한 오일 수율 특성에 관한 연구  
구본진<sup>1,2</sup>, 류태우<sup>1</sup>, 윤주형<sup>1</sup>, 방병열<sup>2\*</sup>, 김종수<sup>2</sup> (<sup>1</sup>연세대학교, <sup>2</sup>한국생산기술연구원)

## 포스터세션 II (5)

- PB-45      역흐름다중방해판 반응기를 이용한 팜부산물의 반탄화 특성 연구  
김상도\*, 임 혁, 이시훈, 최호경, 전동혁, 유지호, 임영준 (한국에너지기술연구원  
청정연료연구실)
- PB-46      고체 연료 촉 연소 예측 모델 개발  
김량균\* (포항산업과학연구원)
- PB-47      전주도금공정으로 항균 마이크로 메쉬시트 개발  
허광선<sup>1</sup>\*, 배영한<sup>21</sup> (경남정보대학교 신소재화공계열, <sup>2</sup>(주) 한성이스트릭)
- PB-48      친환경 gravure printing inks 황색안료의 개발  
강대웅<sup>1</sup>\*, 신재희<sup>1</sup>, 박정원<sup>1</sup>, 김경원<sup>1</sup>, 양철규<sup>2</sup>, 허광선<sup>1</sup> (<sup>1</sup>경남정보대학교  
신소재화공계열, <sup>2</sup>(주) 경기색소)
- PB-49      Mixture Pressure-Swing Distillation Process Design and Optimization for the  
Separation of Minimum- and Maximum-boiling Azeotropes based on  
Vapor-Liquid Equilibrium Analysis  
Alyssa Marie Fulgueras, Dong Sun Kim, Jungho Cho\* (공주대학교, 화학공학과)
- PB-50      CFD Simulation of Atmospheric Detritiation System in a Packed Bed Reactor  
Daniel Owusu Asante, Jungho Cho, Dong Sun Kim\* (공주대학교, 화학공학과)
- PB-51      Comparative study of heterogeneous azeotropic distillation and extraction  
process for the separation of Acetic acid-Water system through process  
simulation  
Leah Jessica Sebastian<sup>1</sup>, Kim Dong Sun, Jungho Cho<sup>1</sup>\* (공주대학교, 화학공학과)
- PB-52      Control and Optimization of Acetone-Chloroform Separation using 1-methyl  
2-pyrrolidone as Solvent  
Manish Pokhrel<sup>1</sup>, Jungho Cho\* (공주대학교, 화학공학과)
- PB-53      Modeling, Optimization, and Dynamic Control of Pressure-Swing Distillation  
for the Separation of Methanol-Chloroform Mixture  
Russel J. Galanido, Jungho Cho\* (공주대학교, 화학공학과)
- PB-54      NGCC공정의 이산화탄소 포집공정에 대해서 30wt% MEA수용액을 사용하는 흡수식  
이산화탄소 포집공정과 Ni-based의 CLC 공정에 대한 발전효율비교  
노재현, 김동선, 조정호\* (공주대학교, 화학공학과)
- PB-55      액화천연가스 냉열의 이용한 다양한 활용방안에 대한 연구  
조정호<sup>1</sup>\*, 박일수<sup>1</sup>, 김동선<sup>1</sup>, 이중성<sup>2</sup>, 유현석<sup>2</sup>, 김동민<sup>2</sup>, 우경택<sup>2</sup> (<sup>1</sup>공주대학교  
화학공학부, <sup>2</sup>한국가스공사 가스연구원)
- PB-56      Pt/Hexaaluminate pellet 촉매를 이용한 저독성 liquid monopropellant 분해  
김문정<sup>1</sup>, 허수정<sup>1</sup>, 조현민<sup>1</sup>, 조영민<sup>2</sup>, 전종기<sup>1</sup> (<sup>1</sup>공주대학교 화학공학과, <sup>2</sup>경희대학교  
환경공학과)
- PB-57      MgO 증진제가 Ru 촉매를 이용한 Tricyclopentadiene 수소화 반응에 미치는 영향  
박유리<sup>1</sup>, 안재용<sup>1</sup>, 조도현<sup>1</sup>, 한정식<sup>2</sup>, 권태수<sup>3</sup>, 서동욱<sup>3</sup>, 성민준<sup>3</sup>, 전종기<sup>1</sup>\* (<sup>1</sup>공주대학교,  
<sup>2</sup>국방과학기술연구소, <sup>3</sup>(주)풍산)

## 포스터세션 II (6)

- PB-58 Trickle-bed 반응기에서 Tricyclopentadiene 수소화 반응 운전 조건 최적화  
조도현<sup>1</sup>, 박유리<sup>1</sup>, 한정식<sup>2</sup>, 권태수<sup>3</sup>, 서동욱<sup>3</sup>, 성민준<sup>3</sup>, 전종기<sup>1\*</sup> (<sup>1</sup>공주대학교,  
<sup>2</sup>국방과학기술연구소, <sup>3</sup>(주)풍산)
- PB-59 Pt/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Honeycomb 및 Cu/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Honeycomb 촉매를 이용한 이온성 액체 추진제  
분해 연구  
우재규, 유달산, 한승호, 전종기\* (공주대학교)
- PB-60 Cu/Alumina/Metalfoam 및 Ru/Alumina/Metalfoam 촉매를 이용한 Hydroxylammonium  
nitrate 수용액 분해  
유달산, 우재규, 한승호, 전종기\* (공주대학교)

9월 12일(수) 15:00 ~ 16:45



# 청정 공정 및 소재

광주 김대중컨벤션센터, 별관 309호





CT-01

## High Electrical Conductivity of Electrospun Indium Tin Oxide Nanofibers

Inchan Hwang\* (ihwang@kw.ac.kr)

Department of Electronic Materials Engineering, Kwangwoon University, Seoul 01897, Republic of Korea

Indium tin oxide (ITO) is one of transparent conducting materials that are widely used as an anode for optoelectronic applications. As the demand for wearable devices increasingly grows, however, the fragility and lack of mechanical flexibility is the main issues. To overcome this issue, electrospinning technique is attempted to improve the flexible properties, but low electrical conductivity has to be improved. Herein, we demonstrate high electrical conductivity of electrospun ITO nanofibers. The surface coverage of electrospun ITO nanofibers on a substrate is often to be poor. We found that the surface coverage depends on the morphology of nanofibers. The improvement in surface coverage reduces the sheet resistance down to as low as 350  $\Omega$ /sq. In addition, we discuss the role of ITO nanoparticles on the formation of ITO nanofibers when they are embedded.

### 참고문헌

1. Sangcheol Yoon, Hyebin Kim, Eun-Sol Shin, Jun Nyeong Huh, Yong-Young Noh, Byoungchoo Park, Inchan Hwang, ACS Appl. Mater. Interfaces 9, 34305-34313 (2017)
2. Sangcheol Yoon, Hyebin Kim, Seung-Jae Cha, Eun-Sol Shin, Yong-Young Noh, Sung-Jei Hong, Byoungchoo Park, Inchan Hwang, J. Phys. D: Appl. Phys. 50, 475305 (2017)

## CT-02

### 공정폐기물로부터 고순도 갈륨금속 제조 및 극미량 원소 분석기술 개발

윤재식<sup>1,\*</sup>(jaesiky@kbsi.re.kr), 양재열<sup>1,2</sup>, 오병성<sup>2</sup>, 장민경<sup>1,3</sup>

<sup>1,\*</sup>한국기초과학지원연구원 지구환경연구부, <sup>2</sup>충남대학교 물리학과, <sup>3</sup>충남대학교 신소재공학과

#### Production of high purity gallium from process wastes and trace elements analysis

Yoon, Jaesik<sup>1,\*</sup>(jaesiky@kbsi.re.kr), Yang, Jaeyeol<sup>1,2</sup>, O, Byungsung<sup>2</sup>, Jang, Minkyung<sup>1,3</sup>

<sup>1,\*</sup>Korea basic science institute Department of Earth and environmental research, <sup>2</sup>Chungnam national university Department of Physics, <sup>3</sup>Chungnam national university Department of Materials science and engineering

갈륨은 III-V 화합물 반도체의 원료이며, 주로 비소화 갈륨(GaAs)생산에 투입된다. 현재 주로 사용되는 실리콘 기반의 반도체에 비해 전자의 이동속도가 약 6배 빨라서 연산속도를 약 6배 높일수 있으며, 배선용량이 작고 트랜지스터 구조가 간단해 고속화, 집적화에 유리하다. 이러한 장점의 GaAs는 고순도 결정화가 필요한 실정이며, 그 원료가 되는 갈륨 역시 고순도화가 필요하다. 또한 8N이상의 고순도 원료에 대한 분석법이 필요한 실정이다.

본 연구에서는 공정 폐기물로부터 Czochralski(CZ) 방법을 이용하여 고 순도로 결정화 갈륨을 제작하였다. 또한 이렇게 제작된 고 순도 갈륨 내 불순물 원소를 정량화 하기 위해 glow discharge mass spectrometer(GD-MS) 분석 기기를 이용하여 분석법을 확립하였다. GD-MS를 이용한 정량분석에서 필요한 요소인 relative sensitivity factors(RSF)를 계산하기 위해서 선택한 CRM은 총 3종류(NIST\_1255b, MBH\_51XG00H3, MBH\_51XG00H4)로 알루미늄 matrix에 갈륨 함유량이 각각 175, 100, 330 ppmw를 함유하고 있다. 알루미늄 matrix CRM을 분석하여 계산된 갈륨의 RSF는 각각 2.65, 2.36, 2.34로, 평균RSF는 2.45이고 relative standard deviation(RSD)는 약 7%로 그 오차가 매우 적은 것으로 나타났다. 이 표준시료를 이용하면 Al, Ga외에도 Mg, Si, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Zr, Ag, Cd, Sn, Pb, Bi, 총 17개원소에 대해 정량분석이 가능하며, 갈륨 정량 분석시에는 갈륨을 RSF=1로 변환하여 정리하고 각 원소에 대해 변환 값을 적용해야 한다. 마지막으로 CZ방법을 이용하여 결정화한 갈륨의 분석에서는 불순물 원소가 Al, Si, Cr, Fe로 4종이 검출되었고, 그 외 원소에 대해서는 모두 검출한계 이하를 나타내었다. GD-MS에서 정량분석은 ion beam ratio(IBR)과 RSF의 곱으로 산출되는데, Al, Si, Cr, Fe의 IBR은 각각 (5.12, 2.84, 3.09, 1.57) ppbw로 나타났으며, 표준시료를 이용하여 계산한 Al, Si, Cr, Fe의 RSF는 0.41, 0.43, 0.58, 0.30로 나타났다. 그러므로 최종 4종 원소에 대한 정량분석값은 (2.10, 1.22, 1.79, 0.47) ppbw로 나타낼수 있으며, 불순물 원소의 총합이 5.58 ppbw로 갈륨의 최종 순도는 약 99.999994%(8N)로 나타났다.

## CT-03

## Improved Antioxidant Activities During the Hydrolysis of Okara Using Subcritical Water as a Result of Isoflavone Profiles and Total Phenolics

David Nkurunziza<sup>1</sup>, Periaswamy Sivagnanam Saravana<sup>1</sup>, PhillipPendleton<sup>2</sup>, ByungSooChun<sup>1\*</sup>  
(bschun@pknu.ac.kr)

<sup>1</sup>Department of Food Science and Technology, Pukyong National University

<sup>2</sup>School of Chemical Engineering, The University of Adelaide, Adelaide, SA 5000, Australia

In this study Okara was exposed to subcritical water with aim of extracting the isoflavone aglycones. The optimization using Response surface methodology resulted in optimum conditions for temperature, pressure and mixing ratio. The reaction time for the hydrolysis of okara sample was extended (30 minutes between one extraction and the other 5 to 275 min). The change in concentrations of isoflavone aglycones through conversion and degradation of glucoside conjugated isoflavones were kinetically modelled using Laplace Transform for the prediction of the isoflavone profiles in the final extracts. Isoflavone aglycones genistein and daidzein increase reached 6.5 and 9 fold from 5 to 245 min reaction time respectively. Isoflavone beta glucosides were negatively affected while total phenolics and antioxidant activities (ABTS, DPPH and FRAP) increased significantly ( $p < 0.05$ ) with increasing reaction time. The optimum conditions for the extraction of isoflavones were Temperature= 146; Pressure=39.8 bar and mixing Ratio = 20mg/ml. The correlation analysis showed a strong positive relationship between the antioxidant activities of okara hydrolysates with isoflavone aglycones and total phenolics while a negative correlation existed with conjugated beta glucosides. The study of the interaction of variables was conducted using the principal component analysis (PCA) and confirmed strong correlations between variables. This study will help in the understanding of the advantages of high pressure thermo-processing in the extraction of bioactive compounds to be used as nutraceuticals or food ingredients. The process is green since it uses only water and the resulting extracts are safe for human consumption.

### 참고문헌

1. Andrade, J., et al. (2016). "The effect of thermal treatment of whole soybean flour on the conversion of isoflavones and inactivation of trypsin inhibitors." *Food Chemistry* 194: 1095-1101.
2. Baber, R. (2010). "Phytoestrogens and post reproductive health." *Maturitas* 66(4): 344-349.
3. Chien, J., et al. (2005). "Kinetic model for studying the conversion and degradation of isoflavones during heating." *Food Chemistry* 91(3): 425-434.
4. Islam, M. A., et al. (2015). "Deconjugation of soy isoflavone glucuronides needed for estrogenic activity." *Toxicology in Vitro* 29(4): 706-715.
5. Ko, M.-J., et al. (2014). "Relationship analysis between flavonoids structure and subcritical water extraction (SWE)." *Food Chemistry* 143: 147-155.

## CT-04

### 자원순환을 위한 제품설계 고려 항목 연구

윤혜리<sup>1</sup>, 이한웅<sup>1\*</sup>, 한경훈<sup>1</sup>, 천유진<sup>1</sup>, 김진호<sup>1</sup>(proteolee@kncpc.re.kr)  
<sup>1</sup>한국생산기술연구원

### Research of Product Design Indicators for Resource Circulation

Hyeri Yun<sup>1</sup>, Hanwoong Lee<sup>1\*</sup>, Kyoungsoon Han<sup>1</sup>, Yujin Chun<sup>1</sup>, Jinho Kim<sup>1</sup>  
(proteolee@kncpc.re.kr)

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

범지구적인 차원에서 자원의 고갈, 지구 온난화, 플라스틱 사용에 따른 피해 등 다양한 환경문제의 이슈가 제기되고 있다. EU에서는 '15년 순환경제사회로의 전환에 대한 정책을 발표한 이후, 자원순환과 관련한 법률의 제·개정이 진행 중이며, 중국은 '17년도 폐플라스틱 수입을 전면금지하면서 전 세계가 쓰레기 처리에 어려움을 겪고 있다. 국내에서도 '18년부터 자원순환기본법이 시행됨에 따라 제품등의 순환이용성 평가제도가 시행되었고, 현재 대상제품군의 생산자들은 폐기단계에서 재활용을 저해하는 요인을 찾아서 제품 설계단계에 적용하기 위한 노력을 하고 있다.

원재료 사용량 저감, 재활용률 향상 등의 자원순환을 고려한 요소를 제품설계에 적용하여 지속가능한 생산·소비가 이뤄질 수 있도록 가치사슬 간 이해관계자들의 노력이 필요하다. EU의 순환경제 실행계획 중 제품설계를 위한 항목은 내구성, 수리가능성, 업그레이드 가능성, CRM(Critical Raw Material) 등의 있으며, BS 8001 표준에서는 순환경제 이슈와 고려사항에 대한 가이드를 15가지 항목으로 구분하여 제시하고 있다. 특히 BS 8001 표준에서는 순환성을 고려한 에코디자인이 제품 설계 및 개발 프로세스에 통합이 되어야 하며, 시장, 기술, 비용 등도 고려되어야 한다고 제시한다. 국내에서는 유니소재화 제품 평가 가이드라인에서 자원순환을 고려한 평가항목을 9개로 제시하였고, 제품등의 순환이용성평가에서는 순환자원의 활용도를 높이기 위해 4가지 항목을 구분하여 평가하고 있다.

이에 본 연구에서는 다양하게 산재되어 있는 국내외 자원순환을 고려한 제품 설계 항목들을 조사·분석하여 제품 설계단계에 적용할 수 있도록 제시하고자 한다.

#### 참고문헌

1. Act on Resource Circulation (2018).
2. BS 8001, Framework for Implementing the Principles of the Circular economy in organization - Guide (2017).
3. KNCPC, Guideline for Assessment of Uni-materialized Product. (2017).
4. European Commission, Mandate M/543. Commission Implementing Decision of 17.12.2015 on a standardisation request to the European standardisation organisations as regards ecodesign requirements on material efficiency aspects for energy-related products in support of the implementation of Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council. (2015)

2018년 한국청정기술학회  
추계 학술대회 초록집

9월 12일(수) 14:30 ~ 17:00

# 온실가스

광주 김대중컨벤션센터, 별관 310호



CT-05

## 혼합아민수용액에 대한 이산화탄소 흡수평형 연구 : 열역학적 모형개발, 최적화, 재생에너지 평가

문종호<sup>1</sup>, 이종섭<sup>1</sup>, 정주영<sup>1</sup>, 박영철<sup>1</sup>, 전동혁<sup>1</sup>, 김현욱<sup>1</sup>, 유정균<sup>1</sup>, 신현용<sup>2</sup>, 성현제<sup>3</sup>, 민병무<sup>1,4\*</sup>  
(bmmin@kier.re.kr, 대전시 유성구 가정로 152)

<sup>1</sup>한국에너지기술연구원, <sup>2</sup>서울과학기술대학교, <sup>3</sup>한솔EME, <sup>4</sup>에너토피아

### Study of Equilibrium Solubility of CO<sub>2</sub> in Blended Amine Aqueous Solution: Thermodynamic Modeling, Optimization, and Regeneration Energy Estimation

Jong-Ho Moon<sup>1</sup>, Jong-Seop Lee<sup>1</sup>, Joo-Young Jung<sup>1</sup>, Young Cheol Park<sup>1</sup>, Dong-Hyuk Chun<sup>1</sup>,  
Hyunuk Kim<sup>1</sup>, Jong-Kyun You<sup>1</sup>, Hun Yong Shin<sup>2</sup>, Hyun-Je Sung<sup>3</sup>, Byoung-Moo Min<sup>1,4\*</sup>  
(bmmin@kier.re.kr, 152, Gajeong-ro, Yuseong-gu, Daejeon)

<sup>1</sup>Korea Institute of Energy Research, <sup>2</sup>Seoul National University of Science & Technology,  
<sup>3</sup>Hansol EME, <sup>4</sup>Enertopia

The removal of carbon dioxide from exhausted flue gas using amine based solvents continues to be of big interest. In this study, equilibrium solubilities of CO<sub>2</sub> in MEA (primary), DIPA (secondary), MDEA (tertiary), AMP (steric hindrance) and their binary mixtures (blended amines) were evaluated by using experiments and thermodynamic models. The solubilities of CO<sub>2</sub> have been measured from 40 to 120°C by the static method. In order to overcome non-ideality, equilibrium constants for amine protonation ( $K_1$ ), activity coefficients and fugacity coefficients of each component were regressed from experimental data. The activity coefficient models, such as Deshmukh Mather model[1] and Electrolyte NRTL model[2], take into account interaction between solute species in the liquid phase. Also, Kent Eisenberg model[3] without considering non-ideality (activity) was compared with both of two models. In this study, CO<sub>2</sub> solubility was calculated at all temperatures, blended amine concentration, and CO<sub>2</sub> loading regions. Through this, CO<sub>2</sub> absorption, partial pressure, pH and heat of absorption can be calculated in each condition region. Also simple method to calculate the regeneration energy[4] in a typical amine-based wet scrubbing process was proposed. All solubility calculations and optimizations (parameter regression) were executed by using MATLAB<sup>®</sup> 2018a version.

#### 참고문헌

1. Deshmukh, R. D., Mather, A. E., "A Mathematical Model for Equilibrium Solubility of Hydrogen Sulfide and Carbon Dioxide in Aqueous Alkanolamine Solutions," *Chemical Engineering Science*, 36, 355-362 (1981).
2. Austgen, D. M., Rochelle, G. j., Chen, C., "Model of Vapor-Liquid Equilibria for Aqueous Acid Gas-Alkanolamine Systems. 2.Representation of H<sub>2</sub>S and CO<sub>2</sub> Solubility in Aqueous MDEA and CO<sub>2</sub> Solubility in Aqueous Mixtures of MDEA with MEA or DEA," *Ind. Eng. Chem. Res.*, 30(3), 543-555 (1991).
3. Haji-Sulaiman, M. Z., Aroua, M. K., Benamor, A., "Analysis of Equilibrium Data of CO<sub>2</sub> in Aqueous Solutions of Diethanolamine (DEA), Methyldiethanolamine (MDEA) and Their Mixtures Using the Modified Kent Eisenberg Model," *Chemical Engineering Research and Design*, 76(8), 961-968 (1998).
4. Kim, H., Hwang, S. J., Lee, K. S., "Novel Shortcut Estimation Method for Regeneration Energy of Amine Solvents in an Absorption-Based Carbon Capture Process," *Environ. Sci. Technol.*, 49, 1478-1485 (2015).

CT-06

## 탄소 포집에 효과적인 제올라이트 분리막 제작

정양환, 최정규\* (jungkyu\_choi@korea.ac.kr)  
고려대학교 공과대학 화공생명공학과

## Zeolite Membranes for Effective Carbon Capture

Yanhwan Jeong and Jungkyu Choi\* (jungkyu\_choi@korea.ac.kr)  
Department of Chemical & Biological Engineering, Korea University

분자체(molecular sieve)로 알려진 제올라이트 물질을 일반적인 입자나 분체 형태가 아닌 다공성 지지층 위에 결함이 없는 분리막 형태로 제작하고자 한다. 이를 통해 분자들 간의 크기 차이를 기반으로 분리막을 통해 연속적으로 분리하고자 한다. 특히, 이산화탄소에 적합한 8-membered ring (8 MR) 구조를 지닌 제올라이트를 연속적인 분리막으로 제작하였다.

일반적인 건조 조건에서 이산화탄소의 분리 성능을 높이는 방향이 아닌, 수증기가 존재하는 상황에서도 높은 이산화탄소 분리 성능을 확보하기 위해 소수성을 높이는 방향으로 분리막을 제작하였다. 이번 발표에서는 소수성의 제올라이트 분리막을 만드는 방법과 그 방법으로 제작한 제올라이트 분리막의 이산화탄소 분리 능력에 대해 발표하고자 한다.



CT-07

**이산화탄소 포집용 슈퍼플렉스 제올라이트 모세관 분리막 개발**

조철희\*(choch@cnu.ac.kr, 대전광역시 유성구 대학로 99)  
 충남대학교 에너지과학기술대학원 에너지과학기술학과

**Development of CO<sub>2</sub> superflux capillary membrane for  
 post-combustion carbon capture**

Churl-Hee Cho\*(choch@cnu.ac.kr, 99 Daehak-ro, Yuseong-gu, Daejeon)  
 Graduate School of Energy Science and Technology, Chungnam National University

연일 폭염에 의한 아파트 단지 정전 및 인명 사고가 방송에 연일 보도되고 있다. 폭염과 같은 기후변화는 대기 중의 이산화탄소 농도가 증가하여 발생된 지구온난화 현상에 기인된다. 대기 중의 이산화탄소 농도는 2015년 이후 400ppm 이상으로 증가하였다 [1]. 비록 지구의 궤도 변화에 기인된 빙하의 끝이 해양으로부터 이산화탄소를 대기 중으로 배출시킴으로써 지구온난화를 일으킨다는 주장이 있다. 하지만 최근 300만년 동안 대기 중 이산화탄소 농도가 400ppm을 넘어선 적이 없고, 또한 이산화탄소 농도 증가 속도가 마지막 빙하기 때 이산화탄소 증가 속도보다 100배 정도 빠르다는 보고는 화석연료 연소에 의한 이산화탄소 배출이 지구온난화의 주범이란 인식을 강화하고 있다. 따라서 많은 국가들이 에너지효율향상, 신재생에너지, 원자력발전, 그리고 CCUS 등을 적용하여 대기 중의 이산화탄소 농도를 낮추려는 노력을 전지구적으로 진행하고 있다. 신재생에너지의 경우 기저발전으로 사용하기에는 기술력과 에너지원의 한계가 존재하고, 원자력발전의 경우 사용 후 발전소와 폐기물 처리의 문제가 남기 때문에 많은 과학자들은 중단기적으로 에너지효율향상과 CCS 기술이 실효적인 온실가스 저감 방법이라고 생각하고 있다. 따라서 대부분의 전력을 공급하고 있는 화력발전의 연소배가스에서 온실가스 주범인 이산화탄소를 대량으로 경제적으로 포집하고 이용하는 기술 확보는 인류의 기후변화 대응에 중요하다[2].

화력발전 연소배가스에서 이산화탄소를 포획하는 기술로는 흡수법, 건식흡수법, 막분리법 등이 있다. 기술적인 성숙도나 장치와 운전의 간단함 등을 고려할 때에 아민계 흡수제를 이용한 흡수법이 가장 상업화에 가까운 이산화탄소 포집 방법임이 자명하다. 하지만 흡수법의 경우에도 흡수제가 비산되는 점, 넓은 설치공간이 요구된다는 점 등에서 기술적 한계가 있는 것도 사실이다. 따라서, 최근 들어 환경유해물질 배출이 없고, 장치가 상대적으로 콤팩트 하고, 또한 고농도 이산화탄소 농축에 유리한 막분리법이 주목받고 있다. 다양한 규모의 이산화탄소 포집용 막분리 플랜트가 실용성을 갖기 위해서는 분리막의 성능(투과도, 선택도) 증진과 분리막 특성에 맞는 효율적인 막분리 공정 기술이 필요하다 [3].

본 발표에서는 막분리 공정의 이산화탄소 포집비용과 설치공간의 혁신적 축소할 수 있는 이산화탄소 투과도가 수천~1만 GPU인 초박형 제올라이트 모세관 분리막 개발 결과를 소개하고 자 한다. 비록 제올라이트 분리막이 제조 공정의 복잡성에 기인하여 폴리머 막에 비하여 제조 단가가 10-50배로 높지만 지속적으로 혁신적인 노력들이 향후 단가를 폴리머 막에 버금갈 수 있는 수준까지 낮출 수 있을 것을 기대하고 있다.

**참고문헌**

1. Earth's CO<sub>2</sub> homepage(www.co2.earth)
2. Fatih Birol, "Energy, Climate Change & Environment 2016 Insights," IEA Report (2017).
3. Xuezhong He, "The latest development on membrane materials and processes for post-combustion CO<sub>2</sub> capture: A review," *Scienceforcast*, Article 1009 (2018).

## CT-08

### 온실가스 재활용을 위한 폐불화가스 농축용 분리막 개발

이평수\* (leeps@cau.ac.kr)  
중앙대학교, 화학신소재 공학부

A zeolite membrane and polymer membranes were prepared for the enrichment of  $\text{NF}_3$  waste gas.  $\text{NF}_3$  is a strong greenhouse gas with a 100-year global warming potential (GWP) of >16,600, and is mostly used in the plasma enhanced chemical vapor deposition (PECVD) process as an etching and cleaning gas. First, dense polymer films using polysulfone, polyimide, AF-2400, AF-PDMS(polymethylsiloxane), PTMSP (poly (1-trimethylsilyl-1-propyne)), and PTMSDPA (poly[1-phenyl-2-[*p*-(trimethylsilyl)phenyl]acetylene]) were prepared, and their  $\text{N}_2/\text{NF}_3$  separation performance was studied. High  $\text{N}_2/\text{NF}_3$  ideal selectivity was obtained from the polyimide and polysulfone films, but these modules were not attractive for the  $\text{NF}_3$  enrichment process because of their low  $\text{N}_2/\text{NF}_3$  mixture gas selectivity. SAPO-34 membranes were then prepared and applied for the  $\text{NF}_3$  enrichment process. This membrane exhibited promising separation performance (>200  $\text{N}_2/\text{NF}_3$  selectivity, >200  $\text{N}_2$  GPU) for the  $\text{NF}_3$  enrichment process. However, in order to deal with a high waste stream volume, it was necessary to greatly increase the membrane area. Potential zeolite membrane frameworks for  $\text{NF}_3$  enrichment have been proposed through membrane-based system design.

CT-09

## 이산화탄소로부터 연료 제조를 위한 촉매 개발 동향

김성탁<sup>1\*</sup>, 김석기<sup>2</sup>

(kimst@iae.re.kr, 경기도 용인시 처인구 백암면 고안로 51번길 175-28)

<sup>1</sup>고등기술연구원, <sup>2</sup>한국화학연구원Development of Novel Catalysts for Production of Various Fuels from CO<sub>2</sub>Sungtak Kim<sup>1\*</sup>, Seok Ki Kim<sup>2</sup>

(kimst@iae.re.kr, 175-28, Goan-ro 51, Gaegam-myeon, Cheoin-gu, Yongin-si, Gyeonggi-do)

<sup>1</sup>Institute for Advanced Engineering, <sup>2</sup>Korea Research Institute of Chemical Technology**ABSTRACT**

The enormous amount of CO<sub>2</sub> released into the atmosphere per year by industrialization of human civilization (about 35 Gt estimated in 2017) is attributed to global warming as a threat to human survival and ecosystems. Techniques for recycling CO<sub>2</sub> as a resource for renewable energy or chemical production as a carbon source have been actively studied over the last few years as a promising alternative. However, research on the use of CO<sub>2</sub> as a resource is still challenging because of the thermodynamic inertness of CO<sub>2</sub> molecules: one of the last products in the combustion process [1]. Nevertheless, once the reverse-water-gas reaction (RWGS), which is the step of converting CO<sub>2</sub> to CO, is carried out, a various of liquid fuels, such as gasoline, jet fuel, and diesel, and common platform compounds can be produced via several continuous reactions (for instance, Fischer-Tropsch reaction or methanol synthesis). This is because the CO molecules obtained by the reverse water gas reaction has high reactivity and can be easily converted into hydrocarbons. In order to overcome above mentioned problem, researches on noble system and catalysts for low temperature RWGS reaction has been recently drawn attention [2,3]. In this presentation, the trend of catalyst development used in the RWGS and its continuous processes such as Fischer-Tropsch and methanol synthesis will be discussed, and the research results presented for overcoming the limitations of the processes will be introduced. In addition, we will introduce a low-temperature, high-activity CO<sub>2</sub> hydrogenation catalytic material possessing frustrated Lewis pairs (FLP) as a catalytic sites and suggest the possible reaction mechanism in the catalyst system.

**참고문헌**

1. Kaiser, P., Unde, R. B., Kern C., Jess A., "Production of Liquid Hydrocarbons with CO<sub>2</sub> as Carbon Source based on Reverse Water-Gas Shift and Fischer-Tropsch Synthesis," *Chemical Engineering Technology*, **85**, 489-499 (2013).
2. Gao, P., Li, S., Bu, X., Dang, S., Liu, Z., Wang, H., Zhong, L., Qiu, M., Yang, C., Cai, J., Wei, W., Sun, Y., "Direct conversion of CO<sub>2</sub> into liquid fuels with high selectivity over a bifunctional catalyst," *Nature Chemistry* **9**, 1019-1024, (2017).
3. Stephan, D. W., Erker, G., "Frustrated Lewis Pairs: Metal-free Hydrogen Activation and More," *Angewandte. Chemie. International. Edition.*, **49**, 46-76 (2010).

CT-10

## 이산화탄소 수소화를 통한 포름산 유도체 형성 비균질화 촉매 디자인 전략

윤성호

(yoona@kookmin.ac.kr, 서울시 성북구 정릉동 77)  
국민대학교 응용화학과

### Design Strategy toward Recyclable and Highly Efficient Heterogeneous Catalysts for the Hydrogenation of CO<sub>2</sub> to Formate

Sungho Yoon\*

(yoona@kookmin.ac.kr, 77 Jeongneung-ro, Seongbuk-gu, Seoul)  
Department of Applied Chemistry, Kookmin University

#### ABSTRACT

One bottleneck in the realization of CO<sub>2</sub> conversion into value-added compounds is the lack of catalysts with both excellent activity and recyclability. Herein, a catalyst is designed for the hydrogenation of CO<sub>2</sub> to formate to boost up these features by considering the leaching pathway of previously reported heterogenized catalyst; the design strategy incorporates oxanionic ligand(s) in the coordination sphere to provide a pathway for both preventing the deleterious interactions and assisting the heterolysis of H<sub>2</sub>. The tailored heterogenized catalyst, [bpy-CTF-Ru(acac)<sub>2</sub>]Cl, demonstrated excellent recyclability over consecutive runs with a highest turnover frequency of 22 700 h<sup>-1</sup>, and produced a highest formate concentration of 1.8M in 3h. This work is significant in elucidating new principles for the development of industrially viable hydrogenation catalysts.

#### 참고문헌

1. Gunniya Hariyanandam Gunasekar, Jeongcheol Shin, Kwang-Deog Jung, Kiyoun Park, and Sungho Yoon "Design Strategy toward Recyclable and Highly Efficient Heterogeneous Catalysts for the Hydrogenation of CO<sub>2</sub> to Formate" ACS Catalysis, 8, 4346-4353 (2018).

## CT-11

**철촉매 상에서 바이오가스에 포함된 황화수소(H<sub>2</sub>S)의 산화반응에 관한 연구**

김신동<sup>1\*</sup>, 김영노<sup>1</sup>, 김수아<sup>1</sup>, 박정훈<sup>2</sup>  
 (주)이앤캠솔루션 에너지·환경연구소<sup>1</sup>  
 동국대학교 화학생명공학부<sup>2</sup>

**A Study on the Oxidation of Hydrogen Sulfide(H<sub>2</sub>S) in Biogas over Iron Catalysts**

Shin Dong Kim<sup>1\*</sup>, Young Noh Kim, Soo Ah Kim<sup>1</sup>, Da Young Lee<sup>1</sup>, Jung Hoon Park<sup>2</sup>  
 (catalite@hanmail.net)

E & Chem Solution Corp., Energy & Environment Research Center<sup>1</sup>  
 Dongguk University, Department of Chemical and Biochemical Engineering<sup>2</sup>

바이오가스는 유기성 폐기물인 음식물폐기물, 가축분뇨, 하수슬러지 등을 혐기성 발효조건에서 감량화하는 조건에서 생성되는 혐기성 소화가스와 매립지에서 생성되는 매립가스를 말한다. 바이오가스는 메탄의 함량이 40~70% 정도이며, 에너지원으로 사용될 수 있다[1]. 그러나 바이오가스 내에는 메탄과 이산화탄소, 수분 그리고 소량의 황화수소(H<sub>2</sub>S), 암모니아(NH<sub>3</sub>) 및 실록산(Siloxanes)을 포함하고 있다. 바이오가스를 효율적으로 활용하기 위해서는 특히, 황화수소와 실록산을 반드시 제거해야한다. 황화수소는 황과 수소의 화합물로서 악취 유발물질이며, 무색의 유독한 기체이다. 이러한 황화수소를 제거하는 방법으로는 습식 세정법, 건식 흡착법 등의 방법이 있다. 건식 흡착법으로는 수산화철, 산화철과 같은 무기산화물을 이용한 흡착법이 널리 사용된다. 본 연구에서는 철계 촉매 상에서 황화수소를 산소와 반응시켜 황화합물로 전환시키는 반응을 진행하였다. 다양한 철계 촉매를 이용하여 다양한 조건에서 황화수소의 산화반응을 통한 황화합물의 전환 반응 메커니즘을 확인하였다[2,3]. 본 연구결과는 바이오가스 정제 공정에 적용 가능하기 때문에 신재생에너지 산업에 도움이 될 것으로 판단된다.

**참고문헌**

1. Lim, C. -J., Bak, C. -U., Kim, W. -S., and Kim, Y. -D., "Adsorption Characteristics of Commercially Available Adsorbents for the Removal of Sulfur Compounds and Siloxanes in Biogas", The Korean Society of Mechanical Engineers. 12, 494-498 (2016)
2. Anatolii Davydov, Karl T. Chuang\*, and Alan R. Sanger "Mechanism of H<sub>2</sub>S Oxidation by Ferric Oxide and Hydroxide Surfaces", The Journal of Physical Chemistry B. 102(24), 4745-4752(1998)

**사사**

본 연구는 환경부의 환경산업선진화기술개발사업(2017000120001)에서 지원받았으며, 이에 감사드립니다. This subject is supported by Korea Ministry of Environmental(MOE) as "Advanced Technology Program for Environmental Industry.



9월 13일(목) 10:10 ~ 15:50



특별세션  
차세대 탄소자원화 특별심포지움

광주 김대중컨벤션센터, 별관 308호





CT-12

## 가스 분리 성능 향상을 위한 사다리형 폴리실세스퀴옥산에 기반한 가스 분리막 개발

이종석<sup>1\*</sup>(jongslee@sogang.ac.kr), 신주호<sup>1</sup>, 유현정<sup>1</sup>, 안희성<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>서강대학교, 화공생명공학과

### Ladder-structured Polysilsesquioxane-based Membranes for Enhanced Gas Separation Performance

Jong Suk Lee<sup>1\*</sup>(jongslee@sogang.ac.kr), Ju Ho Sin<sup>1</sup>, Hyun Jung Yu<sup>1</sup>, Heseong An<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Sogang University, Department of Chemical & Biomolecular Engineering

Polysilsesquioxanes are composite materials consisting of inorganic framework and organic functional groups. Especially, ladder-structured polysilsesquioxane (LPSQ) materials are of interest due to their unique double-stranded siloxane structures with organic functional groups attached. For the first time, free standing LPSQ films were successfully prepared for gas separations, allowing for their practical applications in the membrane area. A proof of concept study for a new type of gas separation membrane was considered based on the ladder-structured poly (phenyl-co-glycidoxypropyl) silsesquioxanes with phenyl : glycidoxypropyl copolymer ratio of 6:4 (LPG64), which were synthesized by a base-catalyzed sol-gel reaction.<sup>1</sup> Along with our proof of concept study, engineering organic functional groups of LPSQs was found effective to improve gas separation performance.<sup>2,3</sup> Also, these LPSQs can be incorporated into a glassy polymer matrix to develop advanced membranes for high gas separation performance. Our current work potentially provides a new pathway for the utilization of LPSQs in the gas separation applications by engineering appropriate organic functional groups.

#### 참고문헌

1. Kang, W. R., Lee, A. S., Park, S., Park, S-H., Baek, K-Y., Lee, K. B., Lee, S-H., Lee, J-H., Hwang, S. S., and Lee, J. S., *Journal of Membrane Science*, 475, 384-394, (2015).
2. Park, S., Lee, A. S., Do, Y. S., Hwang, S. S., Lee, Y. M., Lee, J-H., and Lee, J. S., *Chemical Communications*, 51, 15308-15311, (2015).
3. Park, S., Lee, A. S., Do, Y. S., Kim, J. F., Hwang, S. S., Lee, Y. M., Lee, J-H., and Lee, J. S., *Journal of Membrane Science*, 516, 202-214, (2016).

## CT-13

### 니켈 기반 촉매 상에서 부생가스 건식 개질을 통한 합성가스 생산

노현석\*, 김학민, 김범준 (hsroh@yonsei.ac.kr, 강원도 원주시 연세대길 1)  
연세대학교

#### Dry reforming of coke oven gas over Ni-based catalysts for the syngas production

Hyun-Seog Roh\*, Hak-Min Kim, Beom-Jun Kim (hsroh@yonsei.ac.kr, Department of Environmental Engineering, 1 Yonsei-dae-gil, Wonju, Gangwon-do)  
Yonsei University

Coke oven gas (COG) is a byproduct from iron and steel production process. COG is composed of H<sub>2</sub> (55-60%), CH<sub>4</sub> (23-27%), CO (5-8%), N<sub>2</sub> (3-6%), CO<sub>2</sub> (<2%). Most of the emitted COG is used as a heat source, while only a small amount of COG is used to generate electricity [1]. Recently, the studies on the syngas production via dry reforming of COG have been received much attention in energy conservation, resources utilization and clean production aspects [2]. Generally, Ni based catalysts have been used for the reforming reaction because they are economical compared with noble metal based catalysts. However, Ni-based catalysts easily deactivate due to carbon formation. It is reported that resistance to carbon formation is strongly affected by the physicochemical properties of catalysts such as interaction between Ni and support, basicity, and oxygen vacancy [1-3].

In this study, various supported Ni catalysts have been applied for dry reforming of coke oven gas. Among the prepared catalysts, Ni/MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalyst exhibits the highest catalytic performance. To understand the relationship between catalytic performance and physicochemical properties, various techniques have been carried out such as X-ray diffraction (XRD), Brunauer-Emmet-Teller measurements (BET), Temperature programmed reduction (TPR), CO<sub>2</sub>-temperature programmed desorption (CO<sub>2</sub>-TPD), H<sub>2</sub>-chemisorption.

#### 참고문헌

1. Park, J. E., Koo, K. Y., Jung, U. H., Lee, J. H., Roh, H.-S., and Yoon, W. L., "Syngas production by combined steam and CO<sub>2</sub> reforming of coke oven gas over highly sinter-stable La-promoted Ni/MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> catalyst", *Int. J. Hydrogen Energy*, **40**(40), 13909-13917 (2015).
2. Guo, J., Hou, Z., Gao, J., and Zheng, X., "Production of Syngas via Partial Oxidation and CO<sub>2</sub> Reforming of Coke Oven Gas over a Ni Catalyst", *Energy Fuels*, **22**, 1444-1448 (2008).
3. Jang, W.-J., Kim, H.-M., Shim, J.-O., Yoo, S.-Y., Jeon, K.-W., Na, H.-S., Lee, Y.-L., Jeong, D.-W. Bae, J.-W., Nah, I.-W., and Roh, H.-S., "Key properties of Ni-MgO-CeO<sub>2</sub>, Ni-MgO-ZrO<sub>2</sub>, and Ni-MgO-Ce<sub>(1-x)</sub>Zr<sub>(x)</sub>O<sub>2</sub> catalysts for the reforming of methane with carbon dioxide", *Green Chem.*, **20**(7), 1621-1633 (2018).

CT-14

## 이산화탄소환원을 위한 광흡수체-다전자 촉매의 결합

김우열\*(wkim@sookmyung.ac.kr)

<sup>1</sup>숙명여자대학교 화공생명공학부Efficient assembly of light absorber-catalyst for photocatalytic CO<sub>2</sub> reduction

Wooyul Kim\* (wkim@sookmyung.ac.kr)

Department of Chemical and Biological Engineering, College of Engineering, Sookmyung Women's University,

Efficient coupling of the light absorber with the catalyst is the most critical step for multi-electron transfer processes of carbon dioxide reduction. With the goal of demonstrating robust, light absorber-catalyst assemblies for converting CO<sub>2</sub> to high energy product, we systematically investigated a two-dimensionally heterogenized system on Nafion film as a platform for coupling of light absorber (i.e., Ru-(bpy)<sub>3</sub><sup>2+</sup>) and catalysts (i.e., Re(bpy)(CO)<sub>3</sub>Cl). Ru-complex/Nafion/Re-complex system demonstrates the higher photocatalytic conversion efficiency (up to 1.5 times) and the highly enhanced the photostability compared with those in the well-known homogeneous sensitizing system without Nafion (Ru-complex/Re-complex). The roles of the Nafion in this system are proposed to be twofold: to provide binding sites for cationic sensitizers and to enhance the charge transfer kinetics from light absorber to catalyst. The details including the coupling, and charge transfer properties between Ru-(bpy)<sub>3</sub><sup>2+</sup> or Re(bpy)(CO)<sub>3</sub>Cl, and Nafion will be presented.

CT-15

## 전기화학적 이산화탄소 전환을 통한 C<sub>2+</sub> 화합물 생산

권영국<sup>1,2\*</sup>(ykwon@kriict.re.kr)  
<sup>1</sup>한국화학연구원, <sup>2</sup>과학기술연합대학원대학교

### Electrocatalysis for CO<sub>2</sub> conversion to C<sub>2+</sub> products

Youngkook Kwon<sup>1,2\*</sup> (ykwon@kriict.re.kr)  
<sup>1</sup>Korea Research Institute of Chemical Technology,  
<sup>2</sup>University of Science and Technology

Designing active catalysts toward electrochemical carbon dioxide reduction reaction (CO<sub>2</sub>RR) has attracted enormous interests as it plays a key role for an energy cycle of fossil fuels. Since only copper (Cu) is capable of converting CO<sub>2</sub> to hydrocarbons, extensive researches have been devoted to find active sites via experimental and theoretical approaches. Especially promising selectivity to multi-carbon products (i.e. ethylene) has been achieved by increased binding energy of intermediates (i.e. mainly CO) on heterogeneous surfaces such as low-index surface, oxygen vacancies, oxidation states and grain boundaries. However, active sites in practical system using catalysts with high porosity are not limited to single-direction surface geometry, as mostly considered in previous works, but 3-dimensional structure of catalyst needs to be taken into account. Therefore, in this talk, a new method to prepare 3D active catalysts for enhanced C-C coupling will be discussed.

CT-16

Power-to-X를 위한 CO<sub>2</sub> 수소화 촉매 및 공정 개발

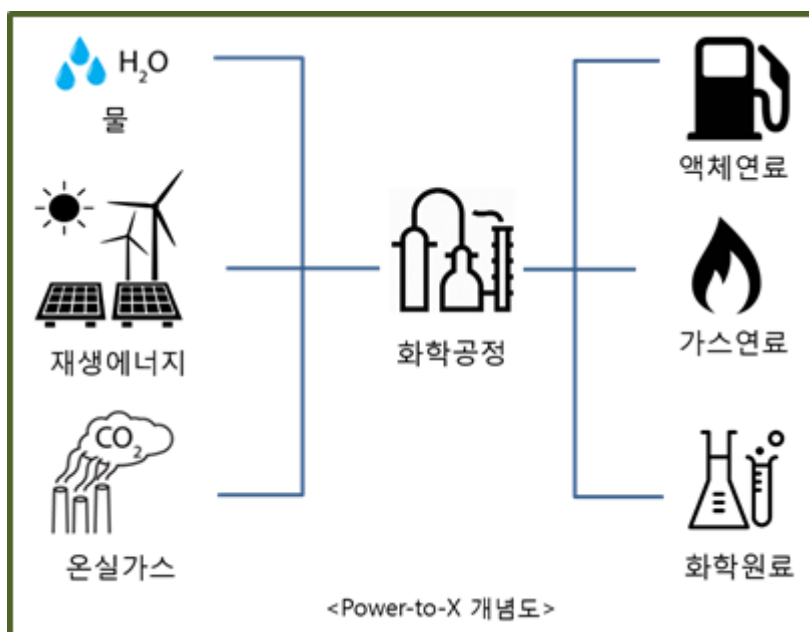
김석기<sup>1</sup>, 황선미<sup>1</sup>, 한승주<sup>1</sup>, 박해구<sup>1</sup>, 전기원<sup>1\*</sup> (kwjun@kriect.re.kr)  
<sup>1</sup>한국화학연구원

Development of CO<sub>2</sub> Hydrogenation Catalysts and Process for Power-to-X

Seok-Ki Kim<sup>1</sup>, Sun-Mi Hwang<sup>1</sup>, Seung-Ju Han<sup>1</sup>, Hae-Gu Park<sup>1</sup>, Ki-Won Jun<sup>1\*</sup>  
 (kwjun@kriect.re.kr)

<sup>1</sup>Korea Research Institute of Chemical Technology

CO<sub>2</sub> 수소화 촉매 및 공정 개발은 최근 신재생에너지의 화학에너지로의 변환 및 저장 기술의 일환으로 주목받고 있는데, 이는 Power-to-X의 가장 전통적인 방법이라 할 수 있다. 본 연구진은 Power-to-X 기술 개발을 위하여 재생에너지 활용 수소 생산기술과 이산화탄소 수소화 촉매 반응 기술의 통합을 통하여 이산화탄소를 액상탄화수소로 직접 전환하는 촉매 및 시스템을 개발하고 있다. 특별히, Power-to-X 기술 개발의 주요 이슈인 재생에너지의 유동적 공급 상황에 적합한, 탄력적 운전이 가능한 수소 생산기술을 평가함과 동시에 유동적으로 공급되는 전력을 감안하여 운전 로드 변화에 강한 전환 촉매 및 반응 공정 개발 등을 중점적으로 고려하고 있다. CO<sub>2</sub> 수소화를 통한 액체 연료를 생산하기 위해서는 역수성가스 전환 반응과 Fischer-Tropsch (FT) 합성 반응이 핵심 요소 반응이며 이에 적절한 촉매 및 효율적인 공정이 매우 중요하다. 본 발표에서는, CO<sub>2</sub> 수소화를 통해 향후 전개될 탄소자원화 화학전환기술에 대한 한계점 및 이를 극복하기 위한 방향을 고찰하려 한다.



## CT-17

### Catalytic Transfer hydrogenation of furfural to furfuryl alcohol over Zr-MOFs

Anil H. Valekar<sup>1,3</sup>, Ji-Woong Yoon<sup>1</sup>, Do-Young Hong<sup>1,3</sup>, Jaesung Kwak<sup>1</sup>, Kyungryul Oh<sup>1,2</sup>, Cho Kyung Ho<sup>1</sup>, Ga-Young Cha<sup>1,3</sup>, Jaehoon Jung<sup>4</sup>, Jong-San Chang<sup>1,2</sup> and Young Kyu Hwang<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Research Center for Nanocatalysts, Korea Research Institute of Chemical Technology,

<sup>2</sup>Department of Chemistry, Sungkyunkwan University, <sup>3</sup>Department of Green Chemistry and Environmental Biotechnology, University of Science and Technology (UST), <sup>4</sup>Department of Chemistry, University of Ulsan

Catalytic transfer hydrogenation (CTH) reaction considered as potential route for upgrading biobased carbonyls to corresponding alcohols. The development of heterogeneous catalyst for efficient transfer hydrogenation of carbonyls at low-temperature is always of great importance but remains a significant challenge. Herein, a series Zr-based metal organic frameworks (Zr-MOFs) containing various metal cluster to ligand coordinations were synthesized and tested for CTH of furfural (FUR). It was found that metal cluster coordination is plays crucial role than porosity of Zr-MOFs in CTH of FUR. The lowest metal cluster to ligand connectivity (6) was emerged as the most active catalyst among the various tested Zr-MOFs. Furthermore, surface of Zr-MOF was modified by activation and activated Ac-Zr-MOF was extensively studied by various characterization techniques to observe the changes in its local structure of metal node. Catalyst was recycled for five consecutive cycles with little loss after first cycle and fully characterized to observe the changes in its structure. Finally, plausible reaction network will be proposed based on the catalyst characterization results and product distribution data.

CT-18

## 퓨란계 폴리머 플랫폼 제조를 위한 HMF의 저온 수소화 반응기술

김진성<sup>1</sup>, 서영웅<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>한양대학교 화학공학과

### Low-temperature Hydrogenation of HMF for the Production of Furan-based Polymer Platform

Jinsung Kim<sup>1</sup>, Young-Woong Suh<sup>1\*</sup> (ywsuh@hanyang.ac.kr)

<sup>1</sup>Department of Chemical Engineering, Hanyang University

현재까지 석유대체 원료를 활용한 기술개발은 대부분 에너지 분야에 국한되어 있으며 석유화학 계통에서 파생되는 화학제품 및 소재를 대체하는 기술 개발은 미미한 실정인 관계로, 고부가가치의 친환경 생활필수 화학제품 및 소재 개발은 매우 중요하다고 할 수 있다. 이에 6탄당 물질로부터 퓨란 폴리머 플랫폼을 생산하여 CO<sub>2</sub> 유래 단량체와 반응하여 폴리카보네이트를 생산하는 연구는 매우 가치가 있다고 판단된다. 본 연구에서는 단당류로부터 생산된 HMF를 화학적으로 전환하여 다이올 화합물을 생산하는데 초점을 맞추었다 (Fig. 1). 이와 관련된 문헌들을 분석한 결과, FDM을 생산하는데 있어서는 구리 계열의 촉매를 보편적으로 사용하지만, 퓨란 고리의 수소화 반응을 동반할 경우 고온 및 값비싼 귀금속 계열이 요구됨을 확인할 수 있었다.

먼저 FDM을 선택적으로 생산하기 위한 촉매를 개발하였다. 기존의 촉매 제법과는 달리 메조다공성을 가지게 할 수 있는 고상 합성법을 적용하였고, 이때 구리 전구체와 알루미늄 전구체를 함께 혼합하여 촉매를 제조하였다. 그 결과, 섭씨 70도에서 HMF 전환율이 100%에 달하는 촉매를 확보하였다. 추가적인 촉매 제조를 통해 개발한 촉매의 우수성을 입증할 수 있었을 뿐만 아니라 촉매 분석을 통해 내구성이 우수함을 확인하였다. 하지만 FDM을 이용하여 고분자를 제조한 경우, 반응온도에서 FDM이 열적으로 불안정하여 고분자 제조가 매우 어려움을 공동 연구를 통해 고찰하였다.

이에 HMF의 퓨란 고리까지 수소화가 된 THFDM을 제조할 수 있는 촉매를 현재 개발 중이다. FDM 제조와는 달리 보다 높은 온도가 필요함을 확인하였으며, 현재 촉매의 활성금속에 대한 스크리닝을 진행 중이다. THFDM이 고분자 제조에 유리할 경우, 이 물질을 개발하는 촉매공정 연구에 집중할 계획이다.

결론적으로 본 연구는 폴리카보네이트 생산에 필요한 퓨란계 폴리머 플랫폼을 개발하는데 목표가 있다. 온화한 조건에서 고활성을 보이는 촉매를 개발할 경우, 향후 바이오리파이너리 연구분야에 큰 기여를 할 수 있을 것으로 판단된다.

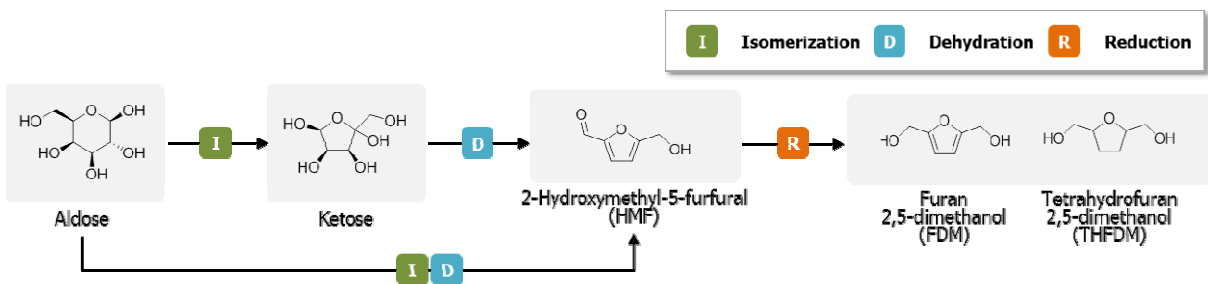


Fig. 1. Reaction pathway from six-carbon sugars to furan-based diols

#### 참고문헌

1. Kumalputri, A. J. et al., ChemSusChem, 7, 2266-2275 (2014).

## 유기성 폐자원 유래가스로부터 청정연료 생산을 위한 초청정 전처리 기술

백일현\*, 박성열, 남성찬, Umair H. Hassan (ihbaek@kier.re.kr, 대전시 유성구 가정로 152번)  
한국에너지기술연구원 온실가스연구실

### Ultra-clean Pretreatment Technology for the production of Clean Fuel from Organic Waste-derived Gas

Baek Il Hyun, Park Sung Youl, Nam Sung Chan, Umair H. Hassan  
(ihbaek@kier.re.kr, 152 Gajeong-ro, Yuseong-gu, Daejeon, 305-343, Korea)  
Korea Institute of Energy Research, Greenhouse Gas Research Center

2015년 12월 COP 21의 파리협약에 의해 모든 협약 당사국은 한층 강화된 온실가스 감축 및 기후변화 적응 의무를 가지게 된다. 국내에서도 2015년 7월부터 신재생에너지연료 혼합의무화 제도(RFS, Renewable Fuel Standards)가 시행되어, 경유를 판매하는 업체는 2.5%의 바이오디젤을 혼합해 판매하도록 의무화하고 있으며, 이 혼합비율은 2018년 3%, 2020년에는 5%까지 확대할 계획이다[1].

본 연구에서는 유기성 폐자원을 이용하여 바이오 오일을 생산하고 이는 향후 온실가스 저감에 기여하고자 바이오가스 초청정화 기술을 개발하고자 한다. 유기성 폐자원의 바이오가스 주 성분은 대표적인 온실가스인 메탄(CH<sub>4</sub>)와 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)로 각각 60~70, 30~40%로 구성되어 해당 부생가스의 포집 및 자원화가 필요하다. 유기성 폐자원(가축 분뇨, 음식물쓰레기 등)에서 발생하는 부생가스를 활용하여 자원화하기 위해서는 바이오가스의 정제가 반드시 필요하다. 기존의 유기성 폐자원에서 확보한 부생가스의 활용은 대부분 연료로 사용하여 전력 생산에 이용되었지만 부생가스 중 탄소수가 1개인 CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> 등의 C1가스를 고부가가치 화학연료나 화학제품 생산의 원료로 사용하기 위해서는 불순물의 고도정제가 반드시 필요하다[2].

이를 위해 유기성 폐자원 고도정제 공정의 개발을 위해 유기성 폐기물에서 발생하는 부생가스에서 Biogas to Liquid Fuel(BTL)공정에 사용될 고순도의 CH<sub>4</sub>와 CO<sub>2</sub>를 분리하는 것을 목적으로 하고 있다. 개발하고자하는 기술로 바이오 가스 중 H<sub>2</sub>S 가스에 의해 바이오가스 액화공정의 F-T반응에 사용되는 촉매의 성능저하를 시키지 않는 기존의 전력생산용 biogas upgrading 공정에 비해 고도화 된 정제 공정이 반드시 필요하다. 이는 유기성 폐자원 유래가스의 고도정제가 되어야 바이오가스 액화공정에서 촉매의 피독 및 성능 저하를 야기시키지 않기 때문에 유기성 폐자원에서 H<sub>2</sub>S 고도정제가 가능한 상용화 정제공정을 개발하고 장시간 안정적인 공정운전을 위해 최적의 운전조건 확립은 매우 필요하다. 본 연구에서 이를 달성하기 위하여 흡수 및 흡착법을 이용하여 바이오가스 고도 정제 기술개발 하고자 한다.

#### 참고문헌

1. <http://www.e2news.com/news/articleView.html?idxno=85879>
2. DOE, "Hydrogen from Coal Program", 2008



CT-20

## 이산화탄소 전환을 위한 나노 전기 촉매 개발

민병권<sup>1</sup>, 오형석<sup>1</sup>, 황윤정<sup>1\*</sup>(yjhwang@kist.re.kr)<sup>1</sup>한국과학기술연구원, 청정에너지연구센터  
(10 point double spacing)

전기화학적 이산화탄소 전환 반응은 실온에서 반응이 가능하고 신재생에너지 발전 기술과 융합이 용이하여 최근 많은 관심을 받고 있다. 특히, 태양광활용 기술과 융합하여 이산화탄소와 물로부터 탄소화합물을 합성하는 기술은 대표적인 인공광합성 반응이다. 그런데, 수용액 조건에서의 전기화학적 이산화탄소 전환 반응은 물분해 수소 생성반응과 경쟁하기 때문에, 원하는 탄소화합물을 선택적으로 생성하는데 어려움이 있다. 이는 이산화탄소 환원 반응의 활성자리가 수소 생성 반응에도 높은 활성을 가지는 경우가 많기 때문이다. 따라서 이산화탄소 환원 반응의 중간체를 선택적으로 표면에 안정화 시킬 수 있는 촉매의 개발이 필요하며, 기존의 벌크 구조보다는 나노 구조가 되었을 때 촉매 활성 변화가 더 민감하게 변화될 수 있다. 최근에 금속의 나노구조를 변화시키면, 이산화탄소 전환 반응의 활성을 선택적으로 향상시킬 수 있고, 이를 통해서 95% 이상의 선택적 일산화탄소 생성이 보고 되고 있다. 또한, 나노 촉매의 경우 표면의 유기 분자나 산화물 유래 합성법을 도입하면 촉매 반응의 선택성이 변화되고 있어, 다양한 촉매 개발의 전략들이 보고되고 있다. 본 발표에서는 금속 나노 촉매 활성에 대한 이해를 높이기 위한 본 연구실에서의 최근의 연구 결과들을 소개하고, 내구성 향상을 위한 앞으로의 연구 방향에 대해서 논의하고자 한다. Au, Ag, Zn 등을 이용한 CO 합성 촉매 개발이나 Cu를 이용한 C2 이상의 화합물 합성 촉매에 있어서 수소 생성의 촉매 성능을 억제하고 CO<sub>2</sub> 환원의 생성을 향상시키기 위해서 공통적으로 산화물 유래 나노 촉매 합성법을 사용하여 효과적인 성능 향상을 얻을 수 있었다. 또한, 이 경우 산화물을 환원할 때의 반응 조건이 합성된 나노 구조의 모양 및 표면의 분포에 결정적 역할을 끼치고, 촉매의 성능에 밀접한 영향을 미치므로, 산화물을 환원 과정의 중요성에 대해서 논의하고자 한다.

참고문헌

1. Lee, S. Y., Jung, H., Kim, N.-K., Oh, H.-S., Min, B. K., **Hwang, Y. J.\*** "Mixed Copper States in Anodized Cu Electrocatalyst for Stable and Selective Ethylene Production from CO<sub>2</sub> Reduction" J. Am. Chem. Soc. (2018).
2. Jung, H, Lee, S.Y., Won, D.H., Kim, K.-J., Chae, S.Y., Oh, H.-S., Min, B.K., **Hwang, Y. J.\*** "Understanding Selective Reduction of CO<sub>2</sub> to CO on Modified Carbon Electrocatalysts" ChemElectroChem, 5, 1615-1621 (2018).
3. Mota, F. Marques†, Nguyen, D.L.T†, Lee, J.E., Piao, H., Choy, J.H., **Hwang, Y. J.\*** and Kim, D.H.\*, "Toward an Effective Control of the H<sub>2</sub> to CO Ratio of Syngas through CO<sub>2</sub> Electroreduction over Immobilized Gold Nanoparticles on Layered Titanate Nanosheets" ACS Catal. 8, 4364-4374 (2018).



9월 13일(목) 09:00 ~ 11:40

# 청정석탄

광주 김대중컨벤션센터, 별관 309호



CT-21

**석탄 화력 발전의 신재생 연료 대체 기술 개발 현황**양 원<sup>1\*</sup>, 채태영<sup>1</sup>, 이용운<sup>1</sup>, 이재욱<sup>1</sup>, 임 호<sup>1</sup>(yangwon@kitech.re.kr)<sup>1</sup>한국생산기술연구원 고온에너지시스템그룹**Status of Technology Development for Fuel Replacement to Biomass in Coal Power Generation Plants**Won Yang<sup>1\*</sup>, Tae Young Chae<sup>1</sup>, Yongwoon Lee<sup>1</sup>, Jaewook Lee<sup>1</sup>, Ho Lim<sup>1</sup> (yangwon@kitech.re.kr, 89 Yangdaegiro-gil, Ipjang-myun, Seobuk-gu, Cheonan-si, Chungnam, Korea)<sup>1</sup>Thermochemical energy system group, Korea Institute of Industrial Technology

석탄화력발전은 전세계적으로 가장 중요한 기저부하 전원이면서도 가장 많은 온실가스를 배출하는 점배출원이다. 특히, 파리 협약 이후 국내에서도 석탄화력발전에서의 온실가스 배출 저감을 위한 다양한 기술들이 개발되고 실용화되어야 하는 상황이다. 본 발표에서는 석탄화력발전에서의 다양한 온실가스 저감 방안 중 대표적인 단기적 방법인 바이오매스로의 연료 대체 기술 개발 현황에 대하여 다루려고 한다.

바이오매스 연료 대체는 석탄 화력발전에서 가장 쉽게 온실가스 배출을 달성할 수 있는 방법으로, 대체하고자 하는 비율에 따라 다양한 방법들이 존재한다. 본 발표에서는 생산기술연구원 내 Pilot 설비들을 통해 개발된 이러한 기술들을 소개하고, 목질계 바이오매스 혼소 및 노내 NOx 저감을 동시에 달성한 연구 결과를 제시한다. 또한, 기존 설비의 개조 및 추가 없이 바이오매스 혼소율을 극대화할 수 있는 방안으로 수행된 반탄화(Torrefaction) 연구 현황 및 초본계 바이오매스 활용을 위한 연구결과들도 발표할 예정이다.

## CT-22

### 석탄가스화 용융슬래그를 원료로 이용한 건축자재 제조 기술 개발

정우현<sup>1\*</sup>(castor08@iae.re.kr), 전동환<sup>1</sup>, 지규철<sup>1</sup>, 김유택<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>고등기술연구원, <sup>2</sup>경기대학교 신소재공학과

#### Development of Building Material Manufacturing Technology using Coal Gasification Molten Slag as Raw Material

Jung Woohyun<sup>1\*</sup>(castor08@iae.re.kr), Jeon Donghwan<sup>1</sup>, Jee gyuchul<sup>1</sup>, Kim Yooteak<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Institute for Advance Engineering, <sup>2</sup>Dept. of Materials Engineering, Kyonggi University

우리나라 전체의 발전설비는 2020년 기준으로 약 40%가 20년 이상, 16%가 30년 이상 경과되는 등 발전 설비가 빠르게 노후화되고 있으며, 환경오염물질(NOx, SOx, 미세먼지 등), 이산화탄소 배출 규제 강화 및 경제성장에 따른 발전 수요, 노후 석탄발전 설비 대체가 시급하여 고효율, 친환경 기술인 가스화 복합발전(IGCC) 설비는 향후 지속적인 증가가 예상되고 있다.

대부분의 가스화 기술에서 가스화기로 공급되는 연료의 가연성분은 합성가스로 전환되고, 불연성분(회분)은 대부분이 용융되어 슬래그(Slag) 형태로 배출되며, 300MW 실증설비에서도 가스화기 하부로 용융된 슬래그가 배출되도록 구축되어 있다. 최근 들어 실증설비 운전이 정상적으로 진행됨에 따라 향후 슬래그 발생량이 8.1만톤/년 까지 증가될 것으로 보여 진다. 용융슬래그는 석탄 연소 잔재물로 사업장폐기물로 분류되며, 아직까지 뚜렷한 재활용 방법이 없으므로 전량 매립에 의존하고 있다. 따라서 발생하는 용융슬래그를 안정적인 처리하는 방법에 대한 기술개발이 요구되고 있는 실정이다.

본 연구에서는 분쇄한 용융슬래그를 알칼리 활성화제와 혼합하여 지오폐리머 반응을 유도하였고, 이러한 지오폐리머를 건축자재로 활용하기 위한 연구를 진행하였다. 여러 건축자재 중에서도 기존의 발포폴리스티렌(EPS) 판넬 및 경량기포콘크리트(ALC)를 대체할 수 있는 시제품 개발을 진행하였다. 연구결과 초경량 지오폐리머 판넬의 경우 밀도 0.062 g/cm<sup>3</sup>, 열전도율 0.055 W/mK의 물리적 특성을 나타냈으며, 특히 준불연 등급을 받을 수 있어서 화재에 매우 취약한 발포폴리스티렌(EPS) 판넬을 대체할 수 있을 것으로 확인되었다. 그리고 고가 건축자재인 경량기포콘크리트 대체품의 경우 밀도 0.062 g/cm<sup>3</sup>이하 시편에서 압축강도 8 Mpa 이상을 나타내었으며, 이때 열전도도는 0.119 W/mK 이하를 나타내어 상업제품과 비교 시 동등 이상의 성능을 나타내었다.

CT-23

## 저등급 석탄 활용을 위한 Pressurized Drop Tube Reactor 이용 석탄가스화 특성 연구

윤성민<sup>1</sup>, 문태영<sup>1</sup>, 서명원<sup>1</sup>, 문지홍<sup>1</sup>, 윤상준<sup>1</sup>, 김재호<sup>1</sup>, 김용구<sup>1</sup>, 이재구<sup>1</sup>, 라호원<sup>1\*</sup>  
(seojun@kier.re.kr, 대전광역시 유성구 가정로 152)  
<sup>1</sup>한국에너지기술연구원 청정연료연구실

## The Study of Coal Gasification Characteristics for Application to Low Rank Coal Using Pressurized Drop Tube Reactor

Sung Min Yoon<sup>1</sup>, Tae Young Mun,<sup>1</sup> Myung Won Seo<sup>1</sup>, Ji Hong Moon<sup>1</sup>, Sang Jun Yoon<sup>1</sup>, Jae Ho Kim<sup>1</sup>, Yong Ku Kim<sup>1</sup>, Jae Goo Lee<sup>1</sup>, Ho Won Ra<sup>1\*</sup>  
(seojun@kier.re.kr, Daejeon 34129, Korea)

<sup>1</sup>Korea Institute of Energy Research, Clean Fuels Laboratory

미세먼지 등 환경오염 문제가 점점 더 심각해지면서 기존의 석탄 발전에 대한 문제점을 해결하는 방법과 청정한 석탄 활용에 대한 연구들이 활발히 진행되고 있다. 이중에 석탄자원을 청정하게 활용 할 수 있는 방법중 하나인 석탄가스화에 대한 관심이 높다.

석탄가스화는 기존의 석탄화력발전 등 석탄의 단순 열적활용에서 벗어나 다양한 분야에 활용이 가능하며 석탄활용 측면에서 효율이 높고 공정 중 NOx, SOx 분진 등 환경오염 유발 인자의 저감이 가능하여 친환경적으로 사용 할 수 있는 장점이 있다. 반면에 석탄가스화는 가장 큰 걸림돌은 설비비 등 비효율적인 문제가 있다. 이러한 문제점의 돌파구중 하나로 사용연료의 단가를 낮추기 위한 저등급 석탄 활용에 대한 연구가 이루어지고 있다[1].

본 연구에서는 국내/외 무연탄 4종을 이용하여 연구를 수행하였다. 먼저 가스화기 형태중 습식분류층 가스화기에 적용하기 위한 연료 형태인 CWM (Coal Water Mixture) 연구를 통해 연료로써의 특성을 파악하였다. CWM은 60~70 wt%의 석탄과 물 그리고 소량의 계면활성제가 혼합된 형태이다. 그리고 Pressurized Drop Tube Reactor를 이용하여 실증 가스화 플랜트 운전조건에서 실험을 진행하였다. 실험조건은 1,100 ~ 1,400°C의 온도 범위, 압력 3bar 에서 실험을 실시하여 각 탄종에 따른 결과를 비교하였다.

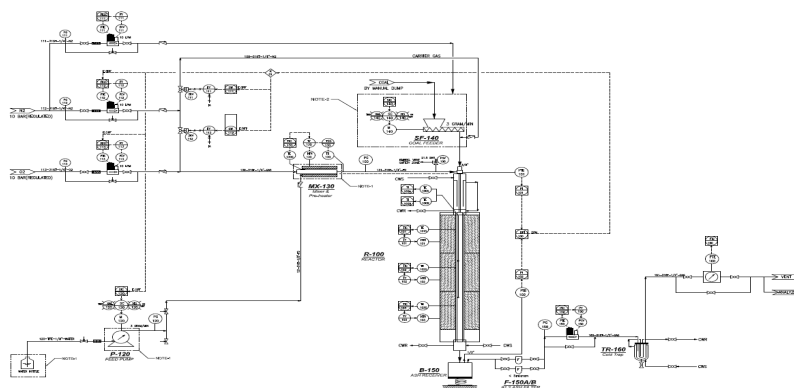


Fig. 1. Schematic diagram of Pressurized Drop Tube Reactor

### 참고문헌

[1]. Harris, D. j., Roberts, D. G., Henderson, D. G., Fuel 85, 134-142(2006).

## CT-24

### IGFC 적용을 위한 20 톤/일급 석탄가스화 운전 특성

변용수, 정우현, 정석우, 김진호, 이승종\*(sjlee@iae.re.kr)  
고등기술연구원 플랜트엔지니어링본부

### Characteristics of 20 ton/day coal gasification operating for IGFC

Byun yong soo, Jung woo hyun, jung seok woo, kim jin ho, Lee seung jong\* (sjlee@iae.re.kr)  
Plant engineering division, Institute for Advanced engineering

IGFC(Integrated Gasification Fuel Cell Combined Cycle, 석탄가스화 연료전지 복합발전) 기술의 경우 전 세계적으로 상용화된 플랜트가 없고, 석탄 합성가스의 고순도 정제공정과 수소 등의 연료가스 전환 공정 그리고 연료전지를 연계한 통합공정 최적화에 대한 기술선점이 필요한 실정이다. 미국 및 일본의 경우 2025년 이후 IGFC 실증 및 사용○화 추진 중이며, 이러한 기술개발이 완료되기 전인 2030년 이전까지 전략적인 기술개발을 추진하여 IGFC이 핵심기술인 석탄 합성가스 정제/전환 및 연료전지 연계 기술의 확보로 시장 선점 및 수출 경쟁력 확보가 필요하다.

본 연구원에서는 IGFC 적용을 위한 석탄 합성가스 정제 및 전환 기술개발 과제를 수행중이며, 1차로 태안화력에 구축한 20 톤/일급 석탄가스화기 운전 중 생산된 합성가스에 대해 정제/전환공정을 설계 및 구축하여 운전 특성 실험을 진행하였으며, 현재 300 MW급 IGCC 실증플랜트와 연계하여 Slip-stream을 구성하여 석탄 합성가스 정제 및 전환 통합공정 운전안정화 기술 개발을 추진 중에 있다.

Keywords : 석탄가스화, 합성가스, IGFC, 정제 및 전환, Test-bed

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 20163010050080)



CT-25

**록호퍼 시스템 대체용 고압 분체연료 주입장치 개발 (IV)**정석우<sup>1,\*</sup>, 정기진<sup>1</sup>, 권인구<sup>1</sup>, 윤성필<sup>1</sup>, 변용수<sup>1</sup>, 정종선<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>고등기술연구원, <sup>2</sup>(주)세인트텍**Development of High Pressure Powder Fuel Feeding System to Replace Lock-hopper System (IV)**Seok Woo Chung<sup>1,\*</sup>, Ki Jin Jeong<sup>1</sup>, In Goo Kwon<sup>1</sup>, Sung Pill Yoon<sup>1</sup>, Yong Soo Byun<sup>1</sup>,  
Jong Sun Jung<sup>2</sup><sup>1</sup>Institute for Advanced Engineering, <sup>2</sup>SEINTEC

상압의 시료를 고압으로 운전되는 반응기에 공급하기 위한 제품으로는 가스 시료의 경우 컴프레서 (compressor), 부스터(booster) 등이 있고, 액체 또는 슬러리 상태의 시료는 펌프를 이용하여 고압 공급이 가능하다. 하지만, 분체 시료의 경우에는 아직까지 세계적으로 연속적인 공급이 가능한 제품이 없는 상황으로, 모든 공정에서는 배치식 록호퍼 시스템을 적용하고 있는 실정이다. 배치식 록호퍼 시스템은 상압 조건에서 분체 시료를 받아들인 후 반응기와 동일한 압력까지 가압을 진행하고 밸브를 열어 중력에 의해 분체 시료를 반응기에 공급하게 되며 다시 록호퍼 벤트를 통해 초기 상압 조건으로 돌아가는 일련의 시퀀스에 의해 작동이 이루어진다. 그리고 이러한 록호퍼 시스템의 경우 시퀀스 제어를 위한 밸브, 계측기, 배관 등의 연계가 필요하고, 지속적으로 고압가스가 소모되며, 고압가스 벤트 과정에서 함께 빠져나가는 분체 입자 여과를 위해 별도의 집진장치 설치가 필요하다는 단점을 가진다. 따라서 본 연구에서는 기존 배치식 록호퍼 시스템을 대체함으로써 운전편리성 확보 및 건설비/운영비 절감이 가능한 연속식 고압 분체연료 주입장치 개발을 진행하고 있다.

본 연구에서는 이와 같이 개발 중인 고압 분체연료 주입장치의 안정적인 공급특성 확보를 위하여 시작품에 대한 개선 및 다양한 운전특성 시험을 진행하였는데, 외부 공인시험기관에 의뢰하여 실시한 성능시험 결과 수분 함량 7% 이상의 미분탄을 적용하여 운전압력 20 bar 조건에서 고압 주입장치 용량 3.84 톤/일, 분체연료 주입량 변화율 5.77%, 주입속도 가변 시 분체연료 주입량 오차율 4.84%를 달성하였다. 그리고 개발 중인 고압 분체연료 주입장치의 장시간 운전안정성 및 신뢰성 확보를 위하여 미분탄을 대상 분체연료로 사용하여 장시간 운전시험 실시하였는데, 분체연료 주입량 125 kg/h를 달성하는 주입속도(25~27 Hz)와 운전압력 20 bar 조건에서 시험을 진행한 결과, 비록 비상정지 및 유지보수 상황이 1회 발생하기 하였으나 총 105시간 동안 원활한 운전을 진행할 수 있었다. 그리고 이러한 연속운전 시험 과정에서 고압 주입장치를 통해 정량적으로 주입되는 미분탄 주입량과 기류수송을 통해 고압 반응기로 이송하는 공급량을 거의 유사하게 유지하는 평형상태에서의 운전이 가능할 것으로 판단되었다.

**감사**

본 연구는 2017년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다. (No.20163010050070)

CT-26

Wire Mesh Reactor을 이용한 탄종별 탈휘발 특성 연구

이석형<sup>1),3)</sup>, 장진영<sup>1),2)</sup>, 윤성민<sup>1)</sup>, 서명원<sup>1)</sup>, 문태영<sup>1)</sup>, 문지홍<sup>1)</sup>, 윤상준<sup>1)</sup>, 이재구<sup>1)</sup>, 김재호<sup>1)</sup>, 김용구<sup>1)</sup>, 주종훈<sup>3)</sup>, 라호원<sup>1),\*</sup>

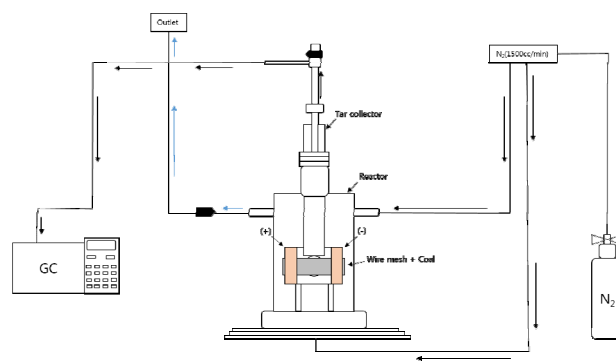
1)한국에너지기술연구원 청정연료연구실, 2)과학기술연합대학원대학교, 3)충북대학교  
(\*seojun@kier.re.kr)

Study of devolatilization characteristics of coal using Wire Mesh Reactor

Seok Hyeng Lee<sup>1),3)</sup>, Jin Young Jang<sup>1)2)</sup>, Sung Min Yoon<sup>1)</sup>, Myung Won Seo<sup>1)</sup>, Tae Yong Mun<sup>1)</sup>, Ji Hong Moon<sup>1)</sup>, Sang Jun Yoon<sup>1)</sup>, Jae Goo Lee<sup>1)</sup>, Jae Ho Kim<sup>1)</sup>, Yong Gu Kim<sup>1)</sup>, Jong Hun Joo<sup>3)</sup>, Ho Won Ra<sup>1),\*</sup>

1)Clean Fuel Laboratory, Korea Institute of Energy Research (KIER),  
2)University of Science and Technology (UST), 3)Chungbuk National University (CBNU)  
(\*seojun@kier.re.kr)

국내에서 사용되는 석탄의 경우 현재 인도네시아, 중국, 러시아, 호주 등 다양한 국가에서 수입되고 있다. 이러한 각각의 석탄들은 서로 다른 특성을 가지고 있고 국내로 수입되어 화력발전소, IGCC 플랜트 등에 에너지원으로 사용되고 있다. 에너지원으로 사용되어지는 석탄은 분쇄 과정인 Coal Milling & Drying(CMD)공정에서 건조, 분쇄시 발생하는 열로 인해 자연발화나 탈휘발현상이 발생 하게 되면 석탄이 연소되거나 Volatile 발생하게 된다[1]. 이를 예방하기 위하여 현재 발전소에서는 과량의 질소를 투입하여 탈휘발이나 자연발화 현상을 방지하고 있지만 이는 비용적인 측면에서 부담이 되고 있는 실정이다. 본 연구에서는 석탄의 자연발화 지점을 예측하기 위하여 Wire Mesh Reactor(WMR), Thermo Gravimetric Analysis(TGA), 자연발화 측정 장치를 구성하여 조건별 실험을 진행하고 결과를 비교하였다. 실험에 사용한 석탄은 WH, Sojitz, Carbo One탄을 사용하였고 실험 조건으로 N<sub>2</sub>(1500cc/min) 분위기인 wire mesh 반응기에서 온도별 Voltage의 변화에 따라 발생하는 Char, Tar, Gas의 변화량을 분석하여 탈휘발 개시온도 지점을 측정하였다[2]. 이러한 탈휘발 개시온도 지점을 예측하여 CMD공정의 효율적인 운전 조건 최적화와 가동을 향상이 가능할 것으로 예상된다.



(1) 그림 1. Wire Mesh Reactor 개략도

참고문헌

1. Ho Won Ra et al. "Devolatilization characteristics of high volatile coal in a wire mesh reactor", Korean J. Chem. Eng., 31(9), 1570-1576 (2014).  
2. Yanru Zhang et al. "Characteristics of biomass fast pyrolysis in a wire-mesh reactor", Fuel 200, 225-235, (2017).

CT-27

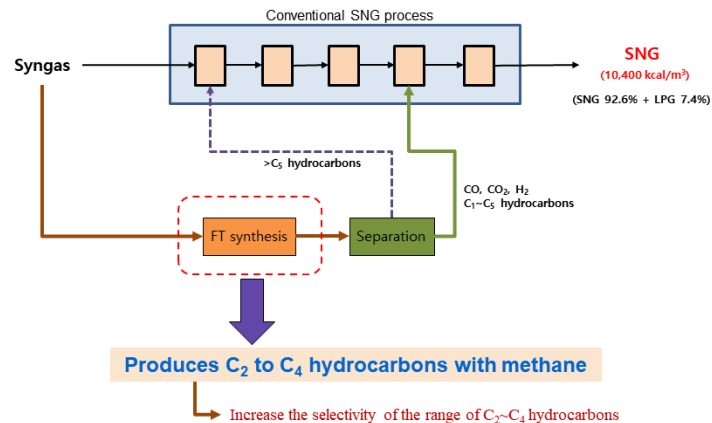
## 고발열량 합성천연가스 제조를 위한 혼성 촉매 특성 연구

김진호<sup>1</sup>, 김효식<sup>1</sup>, 류재홍<sup>1</sup>, 강석환<sup>1\*</sup>(shkang@iae.re.kr)  
 , 김준우<sup>2</sup>, 고동준<sup>2</sup>  
 고등기술연구원, 포항산업과학연구원

## Study on the Characteristics of Hybrid Catalyst for the Production of Higher Calorific Value Synthetic Natural Gas(SNG)

Jin-ho Kim<sup>1</sup>, Hyo-sik Kim<sup>1</sup>, Jae-Hong Ryu<sup>1</sup>, Suk-Hwan Kang<sup>1\*</sup>,  
 Jun-Woo Kim<sup>2</sup>, Dong-Jun Koh<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Institute for Advanced Engineering (IAE)  
<sup>2</sup>Research Institute of Industrial Science and Technology(RIST)

일반적으로 합성가스를 이용하여 합성천연가스를 제조하는 공정에서는 CO 메탄화 반응이나 CO<sub>2</sub> 메탄화 반응을 이용하여 고농도 메탄을 합성한다. 이와 같은 반응에서는 Ni를 기반으로 한 촉매를 이용하여 H<sub>2</sub>가 이론양보다 많은 조건에서 반응을 진행하기 때문에 C<sub>2</sub><sup>+</sup> 이상의 탄화수소가 생기기 어려운 조건이다. 우리나라에서 공급되고 있는 천연가스 배관망의 발열량 기준은 10,400 kcal/Nm<sup>3</sup> 이므로 CH<sub>4</sub>가 98% 이상인 합성천연가스는 9,300 kcal/Nm<sup>3</sup> 밖에 되지 않아 추가로 LPG를 혼합해야 한다. 본 연구에서는 합성가스를 이용하여 F-T 반응 중 C<sub>2</sub>~C<sub>4</sub>의 생성 비율이 높은 조건의 혼성촉매를 제조하여 SNG 공정 일부에 포함시켜 최종 합성천연가스의 발열량이 10,400 kcal/Nm<sup>3</sup> 이 되도록 하는 공정을 개발 중이며, 이 중 C<sub>2</sub>~C<sub>4</sub>의 생성 비율이 높은 조건의 혼성촉매에 대해 연구를 진행하였다.



## 참고문헌

1. Rostrup-Nielsen, J.R., Pedersen, K. and Sehested, J., (2007), High temperature methanation: Sintering and structure sensitivity, Appl. Catal. A, 330, 134-138.
2. Udengaard, N.R., Olsen, A. and Wix-Nielsen, A., (2006) High Temperature Methanation Process-Revisited, Pittsburgh Coal Conf.
3. Kopyscinski, J., Schildhauer, T.J. and Biollaz, S.M.A., (2010) Production of synthetic natural gas (sng) from coal and dry biomass-A technology review from 1950 to 2009, Fuel, 89, 1763-1783.

## 사사

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(No. 20173010050110).



9월 13일(목) 09:30 ~ 17:00

# 탈황·탈질

광주 김대중컨벤션센터, 별관 310호



## CT-28

## 질소산화물 저감을 위한 저온용 SCR 촉매로 계층형 구조 망간산화물의 유용한 제조

지병갑<sup>1</sup>, 이준형<sup>1</sup>, 광승엽<sup>1\*</sup>(sykwak@snu.ac.kr)  
 서울대학교 재료공학부

### Low-Temperature Selective Catalytic Reduction of NO<sub>x</sub> with NH<sub>3</sub> over Hierarchical Manganese Oxides via Facile Preparation

Byeonggab Ji<sup>1</sup>, Junhyung Lee<sup>1</sup>, and Seung-Yeop Kwak<sup>1\*</sup>(sykwak@snu.ac.kr)  
 Department of Materials Science and Engineering, Seoul National University

질소산화물은 산성비, 광화학 스모그와 오존 등 다양한 환경오염을 일으키는 주된 원인 물질 중 하나로 알려져 있다. 이러한 질소산화물을 저감하기 위해 다양한 연구가 진행되어 왔으며 그 중 암모니아를 환원제로 사용한 선택적 촉매 환원법(Selective Catalytic Reduction, SCR)이 발전소, 화학공장 등에서 전 세계적으로 가장 많이 사용되고 있다. 망간산화물은 뛰어난 산화 환원성을 가지고 있어 저온에서 효과적으로 선택적 촉매 환원법의 촉매로 사용될 수 있다.[1] 하지만 순수한 망간산화물은 저온에서 활성이 충분하지 못하다고 보고 되어왔다.[1,2] 따라서 이를 개선하기 위한 새로운 망간산화물 합성방법이 필요하다. 최근 금속유기골격체는 기존의 방법으로는 만들기 어려운 나노 물질을 합성하는 새로운 전구체로 사용되었다.[2,3] 본 연구에서는 망간을 기초한 금속유기골격체를 열처리하여 용이하게 망간산화물을 합성하고 이를 SCR 저온 촉매로 사용하였다. 제조된 촉매의 결정구조와 morphology를 분석하였고, 이러한 촉매는 저온에서 촉매 성능을 보여주었다. 제조된 촉매는 합성이 용이하고 저온에서 높은 질소산화물 제거율을 보여주었기 때문에 발전소나 화학공장의 저온 SCR 공정에서 유용하게 응용될 수 있을 것으로 보인다.

Nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>) are one of the main contributors to serious environmental problems like acid rain, photochemical smog and ozone depletion. There are some methods to reduce NO<sub>x</sub> emission. Among them, Selective catalytic reduction (SCR) of NO<sub>x</sub> using ammonia as a reducing agent is the most widely used in stationary sources. Manganese oxide-based catalysts are well known for the high performance low-temperature SCR catalysts due to good redox capacity and various valence states of manganese species.[1] However, the catalytic activity of pure manganese oxides at low-temperature is insufficient.[1,2] Thus, it is required to develop effective methods to improve their catalytic performance. Metal-organic frameworks (MOF) appeared as new templates for synthesizing advanced nanomaterials that are not easily prepared using conventional methods.[2,3] In this study, we prepared hierarchical manganese oxides via simple thermal treatment of Mn-MOF and used it as low-temperature SCR catalysts. The crystal structures and morphologies of the prepared catalysts were analyzed and the catalysts showed high catalytic performance in low-temperature. The prepared catalysts in this work could be used to low-temperature SCR in stationary sources owing to their facile preparation method and high catalytic activity in low-temperature.

#### 참고문헌

1. Liu et al., "Manganese oxide-based catalysts for low-temperature selective catalytic reduction of NO<sub>x</sub> with NH<sub>3</sub>: A review," *Appl. Catal. A.*, **522**, 54-69 (2016).
2. Jiang et al., "Synthesis of highly efficient MnO<sub>x</sub> catalyst for low-temperature NH<sub>3</sub>-SCR prepared from Mn-MOF-74 template," *Mater. Lett.* **168**, 17-19 (2016)
3. Lee et al., "Transformation of Metal-Organic Frameworks/Coordination Polymers into Functional Nanostructured Materials: Experimental Approaches Based on Mechanistic Insights," *Acc. Chem. Res.* **50**(11), 2684-2692 (2017)

## CT-29

### FCC LCO의 선택적 수첨처리/수첨분해를 통한 경방향족 탄화수소 제조

오영석<sup>1</sup>, 김찬우<sup>1</sup>, 이정규<sup>1\*</sup>, 강동일<sup>2</sup>, 강흥중<sup>2</sup>, 장순철<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>동아대학교 화학공학과, <sup>2</sup>에쓰오일(주)  
(jkleee88@dau.ac.kr)

### Selective HDT/HDC of FCC Light Cycle Oil for Light aromatic hydrocarbons including BTX

Youngseok Oh<sup>1</sup>, Chanwoo Kim<sup>1</sup>, Jung Kyoo Lee<sup>1\*</sup>, Dong IL Kang<sup>2</sup>, Heung Jung Kang<sup>2</sup>  
and Soon Cheol Chang<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Department of Chemical Engineering, Dong-A University, <sup>2</sup>S-Oil Corporation  
(jkleee88@dau.ac.kr)

플라스틱, 수지, 섬유 및 윤활제 등의 중요한 석유화학 기초 유분인 벤젠, 톨루엔 및 자일렌(BTX)는 대부분 납사 개질 및 열분해 공정에서 생산된다. 정유공장의 FCC (Fluid Catalytic Cracking) 공정에서 대량으로 부산되는 light cycle oil(LCO)는 디젤 비점 범위이나 방향족 함량이 약 80%로 매우 높고, 황 및 질소 성분의 함량이 높아 디젤로 사용할 수 없으며 주로 중질 연료유의 점도 조절용으로 소진되고 있다. 그러나 전세계적인 환경문제로 중질 연료유의 수요가 감소할 것으로 예상되어 LCO와 같은 다환방향족 유분의 고부가화 촉매공정 기술개발이 요구되고 있다. 그 중에서 나프탈렌류의 함량이 높은 LCO로부터 BTX를 제조하는 촉매공정의 개발은 새로운 BTX 생산공정이 될 수 있다. LCO의 Hydrotreating(HDT)/Hydrocracking(HDC) 2단계 공정에서 BTX를 포함하는 경방향족 탄화수소를 높은 수율로 얻기 위해 HDT 촉매는 높은 HDN 활성과 함께 적절한 수소화 활성을 가져 HDT 생성물 중의 1-환 방향족에 대해 높은 선택성을 나타내야 한다. 이를 위해 본 연구에서는 높은 HDS 및 HDN 활성을 가지며 1-환 방향족의 높은 선택성을 얻기 위한 HDT 촉매의 특성을 연구하였다. 또한 다양한 종말 비등점과 질소함량을 가지는 LCO의 수첨처리 및 수첨분해 실험을 통해 LCO 특성, HDC 촉매를 구성하는 제올라이트의 조성 및 함량 및 HDT 조건이 후속 HDC 공정에서 얻어지는 최종 BTX를 포함하는 경방향족 탄화수소의 수율에 미치는 영향을 분석하였다.

#### 참고문헌

1. Choi, Y., Lee, J., Shin, J., and Lee, J. K., "Selective hydroconversion of naphthalenes into light alkyl-aromatic hydrocarbons, Applied Catalysis A: General, 492, 140-150, 2015.
2. Lee, J., Choi, Y., Shin, J., and Lee, J. K., "Selective hydrocracking of tetralin for light aromatic hydrocarbons, Catalysis Today, 265, 144-153, 2016.
3. Choi, K., Sano, Y., Korai, Y. and Mochida, I., "An approach to the deep hydrodesulfurization of light cycle oil", Applied Catalysis B: Environmental, 53, 275-283, 2004.
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.



CT-30

## Inter-particle migration of Cu ion between physically mixed Cu-SSZ-13 and H-SSZ-13 by hydrothermal treatment

Hwangho Lee, Inhak Song, Se Won Jeon and Do Heui Kim\* (dohkim@snu.ac.kr)  
School of Chemical and Biological Engineering, Seoul National University

As  $\text{NO}_x$  emission regulation is getting reinforced,  $\text{NO}_x$  removal system become more important in industrial fields. For reducing  $\text{NO}_x$  emission, there have been a lot of catalysis technology and among them,  $\text{NH}_3$ -SCR(Selective Catalytic Reduction) is regarded as the most efficient  $\text{NO}_x$  removal technology. Cu ion exchanged zeolite catalysts (Cu-SSZ-13, Cu-ZSM-5 etc..) is one of the most powerful SCR catalysts because of their high  $\text{NO}_x$  conversion and stability. It is known that isolated Cu ion is active site of  $\text{NH}_3$ -SCR reaction of Cu-zeolite. There are some researches about characteristic of Cu ion and one of those is that it has mobility binding with  $\text{H}_2\text{O}$  in zeolite structure in the zeolite cage<sup>1)</sup>. For proving Cu ion mobility, in this research, we compare two catalysts, one is physically mixed Cu-SSZ-13 and H-SSZ-13 with mortar mixing (PM-H-SSZ), the other is physically mixed Cu-SSZ-13 and H-SSZ-13 with granule mixing (PM-L-SSZ). PM-H-SSZ sample was mixed by mortar grinding so it has high to particle interaction. On the other hand, PM-L-SSZ sample was mixed after each particles was sieved separately, so it has loose interaction between particles. The catalysts were hydrothermally treated at 550 °C for 4 hours. In the PM-H-SSZ, Cu ion can move from Cu-SSZ-13 to H-SSZ-13 because each particles contact directly by hydrothermal treatment. However, in the PM-L-SSZ sample, Cu ion can not move to H-SSZ-13 because particles were separated. Migrated Cu ions are located at 2Al sites of H-SSZ-13 which are thermodynamically more stable sites. As Cu ions on 1Al site in the Cu-SSZ-13 move to 2Al sites in the H-SSZ-13, ratio of Cu ions on 2Al site increases. The PM-L-SSZ has higher  $\text{NH}_3$ -SCR activity than the PM-H-SSZ because its high density of Cu ion. These differences of Characteristics between PM-H-SSZ and PM-L-SSZ indicate that inter-particle migration of Cu ions is possible through the physically mixed particle-particle interface.

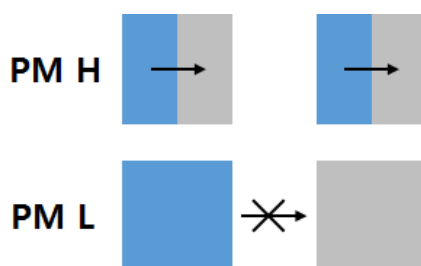


Fig 1. Scheme for the PM-H-SSZ and PM-L-SSZ

### Reference

1. Gao, Feng, et al. "Selective Catalytic Reduction over Cu/SSZ-13: Linking Homo- and Heterogeneous Catalysis." *Journal of the American Chemical Society* 139, 13, 2017, pp. 4935-4942

CT-31

## IGFC에 적용 가능한 초정밀 정제용 Cu계 황 흡수제의 첨가제에 따른 탈황특성 조사

권병찬<sup>1</sup>, 이영진<sup>1</sup>, 강미숙<sup>1</sup>, 이태진<sup>1</sup>, 박노국<sup>1\*</sup>, 이승종<sup>2</sup>, 지준화<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>영남대학교, <sup>2</sup>고등기술연구원, <sup>3</sup>전력연구원  
(nokukpark@ynu.ac.kr)

## Investigation of COS Absorption Characteristics on the Crystal Structure of Cu-Based Sulfur Absorbent

Byung Chan Kwon<sup>1</sup>, Young Jin Lee<sup>1</sup>, Misook Kang<sup>1</sup>, Tae Jin Lee<sup>1</sup>, No-Kuk Park<sup>1\*</sup>,  
Seung Jong Lee<sup>2</sup> and Jun Hwa Chi<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Yeungnam University, <sup>2</sup>IAE, <sup>3</sup>KEPRI  
(nokukpark@ynu.ac.kr)

온실가스 저감 및 초미세먼지 배출 감소를 위한 대응에 대한 관심이 사회적으로 높아지고 있다. 온실가스 감축은 기본적으로 이산화탄소를 발생하는 공정의 운전을 줄이는 것이 가장 적극적인 방법이라 할 수 있으며, 이는 분명 재생에너지의 이용이라 할 수 있다. 그러나 재생에너지의 사용에는 여러 가지 제약에 따르는 것이 현실이다. 대용량 에너지 생산을 위해서는 여전히 화석연료의 사용은 지속될 것이라는 것이 전문가들의 견해이기도 하다. 그러므로 온실가스 감축을 위해서는 기존 화석연료 기반의 발전시설의 효율화가 중요한 이슈가 될 것이다. 현재 전 세계적으로 신재생 에너지 및 기존 화석연료의 청정생산 이용을 위해 연구가 활발히 이루어지고 있는 가운데 석탄가스화 복합발전(IGCC)보다 발전효율이 높으면서 오염가스 배출이 거의 없는 석탄가스화 연료전지 복합발전(IGFC) 기술이 청정석탄이용기술로써 각광받고 있다. 석탄과 같은 화석연료의 친환경적 이용을 위해서는 석탄에 포함된 여러 불순물이 제거되어야 하며, 특히 황 성분으로 인해 생성되는 산성가스인 COS, H<sub>2</sub>S는 고온에서 부식성이 강하기 때문에 터빈, 연료전지 셀을 부식시켜 발전설비의 수명을 단축시키는 주요 요인으로 작용하기 때문에 초정밀 탈황기술이 요구된다.

본 연구에서는 석탄가스화로부터 생산되는 IGFC에 적용하기 위하여 미량의 COS를 흡수하기 위한 Cu계 금속산화물 흡수제를 개발하였다. 흡수제는 COS의 흡수를 위한 기체-고체 반응에서 열역학적으로 반응성이 우수한 Cu를 주 흡수제로 사용하고 표면적으로 높이기 위하여 알루미늄을 함께 공침법에 의해서 solid solution을 합성하였다. 구리계 흡수제의 안정성과 성능향상을 위하여 질산염계 Zn, Fe, Mn 전구체를 첨가제로 추가하였으며, 첨가제의 조합에 따른 표면적과 COS 흡수반응의 황 수용능력을 비교하였다. 일반적으로 비표면적이 넓은 경우 황 흡수 반응의 성능이 향상되지만, 첨가제의 종류에 따라 황 수용능력의 차이가 있음을 확인하였다. 이는 다중 금속산화물이 가지는 결정구조에 상당한 영향이 있음을 XRD 및 질소흡착법에 의한 기공특성 분석으로부터 확인하였다. 본 연구에서는 Cu와 Mn으로 형성된 복합금속 산화물이 높은 표면적을 유지하면서 COS의 흡수능도 우수한 것으로 확인되었다.

CT-32

**발전소 환경설비 성능 향상을 통한 미세먼지 배출 저감으로 친환경발전소 구현**

서주식\* (zipjang@kospo.co.kr)

<sup>1</sup>한국남부발전(주) 하동발전본부**Implement of Eco-Friendly Power Plant with Reducing Fine Dust Emission by Improvement of Environmental Facility of Power Plant**

Ju-Sik Seo (zipjang@kospo.co.kr)

Korea Southern Power Co. Ltd., Hadong Thermal Power Site Division

최근 대기 미세먼지로 인한 삶의 질 저하로 국민적관심이 높아짐에 따라 정부는 미세먼지 저감을 위해 선진국 수준으로 환경오염물질 배출농도규제 강화를 추진하고 있다. 미세먼지란 대기중에 떠다니거나 흩날려 내려오는 직경 10 $\mu\text{m}$ 이하의입자상 물질을 말하며 그중 입자 크기가 2.5 $\mu\text{m}$ 이하의 초 미세먼지는 인체에 매우 큰 영향을 끼치고 있다. 초미세먼지 성분 구성을 보면 황산염, 질산염 등이 58.3%, 탄소류와 검댕 16.8%, 광물 6.3%, 기타 18.6%로 분포하고 있다. 이 중에서 제일 많은 부분을 차지하고 있는 황산염, 질산염 발생에 배출원별로 기여도를 분석해보면 석탄화력 발전소에서 가장 많이 배출하고 있다.

국내에서 500MW급 이상의 대형석탄화력 발전소는 약 46기가 운영되고 있으며 석탄연소 후 발생하는 환경오염물질 중 대기환경오염법에 규제를 받는 물질은 질소산화물, 먼지, 황산화물 있다.

위에서 언급된 오염물질 배출 법적기준치는 발전소가 위치한 지역에 따라 다르게 설정되어 있고, 발전소 자체적으로 법적기준치 보다 엄격하게 운영기준이 별도로 설정하여 관리하고 있다. 현재 수도권에 위치한 발전소는 우리나라에서 가장 엄격한 오염물질 배출 법적기준치를 적용받고 있다.

국내 석탄화력 발전소는 환경오염물질 배출 규제치를 만족을 위해 환경설비(탈질설비, 전기집진기, 탈황설비)가 설치되어 있다. 환경설비는 발전소가 위치한 해당지역 환경오염물질 배출 기준치를 기준으로 설계, 제작, 시공, 운영되고 있다. 하지만 대기 미세먼지로 증가로 인한 사회적 문제점이 크게 대두 되면서 환경오염물질 배출 규제치를 준수하는 수준에 만족하지 않고 대폭적인 저감을 요구받고 있어 발전소 환경설비 성능향상을 위해 노력하고 있다.

한국남부발전(주) 하동발전본부는 수도권 수준 이상의 환경오염물질 배출 규제치를 만족하기 위해 환경설비(탈질설비, 전기집진기, 탈황설비) 성능개선을 선제적으로 시행하여 미세먼지 배출을 대폭 저감하였다. 또한 보일러에서 연소되는 석탄 종별로 연소 최적화 기술 개발과 버너 개선을 통해 질소산화물 발생을 감소 시켰다. 금번 가을에 열리는 2018년도 한국청정기술학회 학술대회에서 그동안 우리 회사에서 추진한 환경설비 성능향상 개선사례와 연소기술 개발 내용을 공유하고 신기술 정보를 확보하여 청정에너지를 사용하는 LNG 복합화력 발전소 수준까지 환경설비 성능개선에 도전하고자 한다.

## CT-33

### CFBC 비산재를 결합재로 사용한 칼슘계 혼합물질의 탈황특성 연구

백철승<sup>1</sup>, 서준형<sup>1</sup>, 김영진<sup>1</sup>, 최문관<sup>1</sup>, 조진상<sup>1</sup>, 안지환<sup>2</sup>, 조계홍<sup>\*1</sup>(khcho99@kilam.re.kr)  
<sup>1</sup>한국석회석신소재연구소, <sup>2</sup>한국지질자원연구원

### Desulfurization Properties of Calcium-based Mix Materials Using CFBC Fly-ash as Binder

Chul-Seoung Baek<sup>1</sup>, Jun-Hyung Seo<sup>1</sup>, Young-Jin Kim<sup>1</sup>, Moon-Kwan Choi<sup>1</sup>, Jin-Sang Cho<sup>1</sup>,  
Ji-Whan Ahn<sup>2</sup> and Kye-Hong Cho<sup>\*1</sup>(khcho99@kilam.re.kr)

<sup>1</sup>Department of Research and Development, Korea Institute of Limestone and Advanced Materials

<sup>2</sup>Center for Carbon Mineralization, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources

순환유동층연소(Circulating Fluidized Bed Combustion, CFBC) 발전소에서 발생하고 있는 비산재는 미분탄연소 발전소에서 발생하는 비산재와는 다른 화학적 구성으로 인해 기존 건설재료로 활용이 어려운 단점이 있다.<sup>1)</sup> 최근 국내 이를 극복하기 위해 CFBC 석탄재가 가진 자기경화 특성 이용하여 ‘저강도 재료 (Controlled Low-Strength Materials, CLMS)’의 원료로 활용하는 방안이 연구되고 있다.<sup>2),3)</sup> 본 연구는 주원료로 석회석 미분말과 결합재로 CFBC 비산재를 사용하는 칼슘계 로내탈황용 흡수제의 제조 및 탈황 특성에 대해 연구하였다. 로내탈황 조건에서 흡수제의 내구성을 향상하기 위해 5 wt%에 해당하는 소석회를 자극제로 혼합하여 제조한 결과 흡수제의 압축강도가 20~30%가량 증가하였다. 그리고 고온기포유동층 반응기를 이용하여 탈황특성을 평가한 결과 여수 CFBC 비산재를 결합재로 이용하여 0.4~1mm 크기로 제조된 흡수제의 경우 일반 석회석보다 배가스내 SO<sub>2</sub> 가스를 제거하는 탈황유지시간과 흡수물질인 CaCO<sub>3</sub>가 CaSO<sub>4</sub>로 전환되는 전환률 모두 크게 증가하여 CFBC용 탈황흡수제로 활용이 가능함을 확인하였다.

#### 감사

본 연구는 2015년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다. (NO. 20141010101880)

#### 참고문헌

1. Woo, Y. I., "Characteristics and Evaluation of circulating fluidized bed boiler ash", MA Thesis, Kunsan University, Korea (2015).
2. Jang, J. G., " Utilization of circulating fluidized bed combustion ash in producing controlled low-strength materials with cement or sodium carbonate as activator", Construction and Building Materials, Vol. 159(20), 642-651 (2018)
3. Cho, Y. G., "A Basic Study on the Development of Backfill Material with Fly Ash and Bottom Ash of Circulating Fluid Bed Combustion", J. Korea Inst. Build. Constr., Vol. 18(1), 25-31 (2018)

CT-34

## 순산소 연소 조건에서의 석회석의 직접 탈황 반응

김예빈, 이시훈\*  
전북대학교 자원에너지공학과

### Direct Desulfurization of Limestones Under Oxy-fuel Combustion Conditions

Ye Bin Kim and See Hoon Lee\*

Department of Mineral Resources and Energy Engineering, Chonbuk National University

최근 기후변화, 미세먼지 등의 환경 문제가 중요해지면서 석탄으로 대표되는 화석연료들에 대한 사회 구성원들의 우려가 급증하고 있다. 이로 인해 환경 오염 물질들을 필연적으로 배출시키는 대용량 화력 발전소들에 대한 환경 규제의 강화를 요구하는 목소리도 커지고 있다. 초기에는 초미세입자와 같은 직접적인 고체 물질에 관심을 두었으나 최근 SOx, NOx와 같은 2차 발생원들의 저감에도 적극적으로 나서고 있다. 이에 본 연구에서는 초청정 석탄 화력 발전 플랜트로 알려진 순산소 연소에서 SOx 저감에 이용되는 석회석의 직접 탈황 반응을 연구하였다. 기존의 배연탈황과는 다르게 소성반응없이 이루어지는 직접 탈황 반응을 고찰하기 위하여 열중량분석기(TGA)를 통해 국내 석회석 4종의 순산소연소(CO<sub>2</sub>:60-95%)조건에서의 반응 거동을 분석하고 반응 특성 모델을 구축하였다. 또한, SEM (Scanning Electron Microscope), BET, XRF 분석 등을 이용하여 석회석의 직접 탈황 반응에 따른 영향들을 고찰하여 석회석의 직접 탈황 반응 메커니즘을 고찰하였다.

## 고활성 저온용 NH<sub>3</sub>-SCR 탈질 촉매의 최신 연구개발 동향

김홍대<sup>1\*</sup>, 정보라<sup>1</sup>, 예보라<sup>1,2</sup>, 이덕현<sup>1</sup> (hdkim@kitech.re.kr)  
<sup>1</sup>한국생산기술연구원, <sup>2</sup>울산과학기술원

### Current Status of Research and Development of High Active NH<sub>3</sub>-SCR catalyst at low temperature

Hong-Dae Kim<sup>1\*</sup>, Bo Ra Jeong<sup>1</sup>, Bora Ye<sup>1,2</sup> and Duckhyun Lee<sup>1</sup> (hdkim@kitech.re.kr)

<sup>1</sup>Green Materials and Processes Group, Korea Institute of Industrial Technology

<sup>2</sup>School of Mechanical and Advanced Materials Engineering, Ulsan National Institute of Science and Technology (UNIST)

고정원 및 이동원에서 발생하는 대기오염물질 중 가장 많은 양을 차지하는 질소산화물(NO<sub>x</sub> : NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, NO 등)은 그 자체로도 인체에 유해하고 각종 환경 문제를 유발하지만 초미세먼지(Particulate Matter, PM<sub>2.5</sub>) 발생의 주범으로 지목됨에 따라, NO<sub>x</sub> 저감에 대한 이목이 집중되고 있다. 또한 2020년 이후, 대기오염물질 배출사업장에 대한 대기배출부과금 제도가 도입되는 등 보다 강화된 대기오염물질 배출 허용 기준 및 규제에 의해 질소산화물 저감 기술개발의 필요성이 강조되고 있다. 현재 효율적인 방면에서 가장 우수한 NH<sub>3</sub>-SCR(Selective Catalytic Reduction) 촉매 기술은 NH<sub>3</sub> 환원제의 분사 조건에서 NO<sub>x</sub>를 인체에 무해한 N<sub>2</sub>와 H<sub>2</sub>O로 환원시켜 90% 이상의 질소산화물 저감 효율을 나타낸다.[1] 하지만 배기가스내에 존재하는 입자상 물질 및 알킬리(토)금속에 의한 피독현상 및 고온의 장시간 노출로 인한 촉매 열화로 인해 촉매 파손과 수명 저하 등의 문제가 지속적으로 발생하고 있다. 상기 문제의 해결을 위해, SCR 설비를 집진, 탈황설비 후단에 배치하는 Tail-end 시스템을 적용하였으나, 배기가스 온도 유지를 위한 재가열 시스템이 추가됨에 따라, 후처리 설비 가동에 의한 높은 유지비가 소요되어, 저온영역에서 높은 활성을 나타내는 촉매에 대한 필요성이 증대되고 있다.

본 연구에서는 250°C 이하의 저온 영역에서도 높은 활성을 나타내는 질소산화물 제거용 SCR 촉매의 개발을 진행하였다. 이에, 저온용 촉매로서 각광받고 있는 각각의 활성물질(Mn, Ce, Zr 등)의 활용을 통한 촉매 제조뿐만 아니라, 저온용 촉매의 고질적 문제인 SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O 에 대한 저항성 증진을 위한 물성 및 성능 증진 연구를 수행하였다. 일반적으로 알려진 저온용 촉매는 성능 증진을 위해 Mn, Ce 등의 촉매 함량이 V-W/Ti계 촉매 대비 다량으로 적용됨에 따라, 향후 상용화에 있어 단가 상승 등의 어려움이 발생한다. 본 이유로, 보다 적은 함량으로도 높은 NO<sub>x</sub> 저감 특성을 보유한 촉매 개발에 연구 중점을 맞추었으며, 담지체 적용(GO, rGO, Partially reduced GO)을 통한 활성물질 나노분산, 활성물질의 구조체 변경을 통해 저온에서도 90% 이상의 높은 활성을 나타내는 촉매를 제조하였다.[2]

#### 참고문헌

1. M.D. Amiridis and J.P. Solar, "Selective Catalytic Reduction of Nitric Oxide by Ammonia over V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/TiO<sub>2</sub>, V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/TiO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub>, and V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-WO<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> Catalysts: Effect of Vanadia Content on the Activation Energy," Ind. Eng. Chem. Res., 35, 978-981 (1996)
2. Jeong et al. "Characteristics of selective catalytic reduction (SCR) catalyst adding graphene-tungsten nanocomposite," Catal. Commun., 93, 15-19 (2017)

CT-36

## 공정모사기를 이용한 선박 배가스의 탈황 스크러버 설비의 설계와 응용

이병돈<sup>1\*</sup>, 박치균<sup>1</sup>, 임동하<sup>2</sup>, 김정환<sup>2</sup> (bdlee@jet21c.com)

<sup>1</sup>(주)전진엔텍, <sup>2</sup>한국생산기술연구원

### Design and Application of De-SO<sub>x</sub> Scrubber of Ship Exhaust Gas using Process Simulator

Byung-Don Lee<sup>1\*</sup>, Chi-Kyun Park<sup>1</sup>, Dong Ha Lim<sup>2</sup> and Jung Hwan Kim<sup>2</sup> (bdlee@jet21c.com)

<sup>1</sup>Jeonjin Entech Ltd, <sup>2</sup>Korean Institute of Industrial Technology

IMO Tier III 규제 대응을 위한 선박 디젤엔진용 배가스 재순환 장치(EGR) De-SO<sub>x</sub> 시스템에 대하여 범용 공정모사기를 이용하여 탈황 설비의 설계 및 최적화를 통하여 De-Sox Scrubber의 시스템을 설계한다. 구체적으로 Henry's Law에 의한 Constant 정의를 통하여 Gas/Liquid Ratio를 결정하여 Min. Liquid Ratio를 정하고 Packing Type에 따른 충전층 높이와 Column 설계 최적화를 공정모사기를 통하여 Scrubber 설계를 한다. 또한, Distributor와 같은 화공 내장품의 상세 설계를 통하여 충전물의 효율을 증대하여 Packing 충전물의 효율을 향상시켜서 최적의 Scrubber를 설계하므로 실제 Scrubber 설계를 통하여 현장에 바로 적용 가능할 수 있다.

## CT-37

### 염소계 화합물을 이용한 NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, Hg 동시 제거 기술

변영철\*, 김준우, 고동준 (ycbyun@rist.re.kr)  
(재)포항산업과학연구원, 광양연구그룹

#### Simultaneous removal of NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, and Hg by chlorine-containing species

Youngchul Byun\*, Joonwoo Kim and Dong Jun Koh (ycbyun@rist.re.kr)  
Research Institute of Industrial Science and Technology, Gwangyang Research group

최근 대기 내 미세먼지에 대한 국민적 관심이 증가되면서, 산업체에서도 굴뚝에서 배출하는 대기오염물질을 저감하려는 시도가 이어지고 있다. 가장 널리 사용되는 대기오염물질 저감 기술로는 NO<sub>x</sub>는 selective catalytic reduction (SCR) 방식이 있으며 SO<sub>2</sub>는 Ca계 또는 Na계의 화합물을 이용한 습식, 반건식, 건식 흡수/반응법이 있다. 또한 Hg의 배출 저감을 위해서는 활성탄을 이용한 흡착법이 널리 받아들여지고 있다. NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, Hg 모두 각각의 방법으로 대기 배출이 저지되게 된다. 하지만 산업체에서는 투자 및 운영비의 증대, 관리의 어려움으로 각각의 방법을 적용하기 보다는 모두를 동시에 제거할 수 있는 ‘동시제거기술’에 대한 요구가 증대되고 있는 실정이다.

NaClO<sub>x</sub> (x=1,2, and 3)는 저가의 화합물로 wet scrubber에서 NO<sub>x</sub>와 SO<sub>2</sub>를 동시에 제거할 수 있는 첨가제로 주목받아 왔다. 본원에서는 NaClO<sub>x</sub> (x=1,2, and 3)의 활용 방안을 더욱 확장하여 건식 주입, 용액 기화 분사법 등을 적용하여 지난 10년간 NaClO<sub>x</sub> (x=1,2, and 3)를 이용한 NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, Hg 동시 제거 기술을 개발해 왔었다 [1-5]. 건식 주입 및 용액 기화 분사법은 기존 대기오염방지 설비를 활용할 수 있으며 배가스 배관 내 간단한 분사 시스템의 적용만으로 NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, Hg를 제거할 수 있는 방법으로 여겨진다.

본 발표에서는 실험실, pilot 및 실증 plant에서 이루어진 NaClO<sub>x</sub> (x=1,2, and 3)를 이용한 NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, Hg 동시 제거 기술에 대해 소개하고자 한다.

#### 감사

이 논문은 2018년도 정부(과학기술정보통신부, 환경부, 보건복지부)의 재원으로 한국연구재단-미세먼지 국가전략프로젝트 사업의 지원을 받아 수행함. (2017M3D8A1092106)

#### 참고문헌

1. Byun, Y., Ko, K. B., Cho, M., Namkung, W., Lee, K., Shin, D. N., and Koh, D. J., “Reaction pathways of NO oxidation by sodium chlorite powder” *Environ. Sci. Technol.* 43, 5054-5059 (2009).
2. Byun, Y., Lee, K., Kim, J., Shin, D. N., and Koh, D. J., “Preliminary evaluation of NaClO<sub>2</sub> powder injection method for mercury oxidation: Bench scale experiment using iron-ore sintering flue gas” *Korean J. Chem. Eng.* 28, 808-812 (2011).
3. Byun, Y., Cho, M., Namkung, W., Lee, K., Shin, D. N., and Koh, D. J., “Insight into the unique oxidation chemistry of elemental mercury by chlorine-containing species: experiment and simulation” *Environ. Sci. Technol.* 44, 1624-1629 (2010).
4. Byun, Y., Kim, J., and Shin, D. N., “Reaction of SO<sub>2</sub> with sodium chlorate powder triggering oxidation of NO and Hg<sup>0</sup>” *Chem. Eng. J.* 189-190, 5-12 (2012).
5. Byun, Y., Hamilton, I., Tu, X., Shin, D. N., “Formation of chlorinated species through reaction of SO<sub>2</sub> with NaClO<sub>2</sub> powder and their role in the oxidation of NO and Hg<sup>0</sup>” *Environ. Sci. Pollut. Res.* 21, 8052-8058 (2014).



CT-38

## 산업용 초 저 NO<sub>x</sub> 연소시스템 상용화 기술 개발

신명철\*, 이진기, 임대원 (mcshin@kitech.re.kr)  
한국생산기술연구원

### Development of Commercialization Technology for The Industrial Ultra Low NO<sub>x</sub> Combustion System

Myung Chul Shin, Jin Ki Lee and Dae Won Lim (mcshin@kitech.re.kr)  
Korea Institute of Industrial Technology

본 연구는 국내 산업용 보일러 및 버너 관련 기업의 저 NO<sub>x</sub> 성능 개선과 단위 버너의 연소 용량 및 기종 확대, 제어시스템 및 시스템 효율 운전 방안 개선 등의 기술개발을 목표로 한다. 최근 국내에서는 미세먼지에 대한 국가적 관심이 증가함에 따라 저 NO<sub>x</sub> 연소 기술은 다시 새롭게 주목되고 있으며, 이에 따라 올해 말 대기환경보전법이 대규모 사업장을 중심으로 강화가 예상되고 있다. 국외의 경우 중국이 가장 대표적인 규제에 의한 기술개발 및 적용사례이다. 2015년 15년 만에 대기오염방지법을 개정 하였으며, 본 개정법은 2016년 1월 1일부터 시행되었다. 특히, 북경의 경우 석탄사용을 규제함과 동시에 LNG 산업용 버너로의 교체 지원 사업을 시행하면서 배출량 기준을 30mg/Nm<sup>3</sup> 로 강화하였다. 이러한 배출량 기준은 중국 자국 기업의 현재 기술수준으로 극복 할 수 없으며, 이에 따라 EU 국가 전문기업을 중심으로 중국 진출이 시작되었다. 현재 전 세계 저 NO<sub>x</sub> 버너 시장을 주도하는 국가는 중국이며, 배기량 기준 30mg/Nm<sup>3</sup> 을 만족하기 위한 핵심기술은 배기재순환(Flue Gas Recirculation, FGR) 기술이다.

국내 산업용 에너지 공급분야에서 대기업을 중심으로 LNG 저 NO<sub>x</sub> 버너의 신규 및 교체시장에 대응하고 국외, 특히 중국시장 진출을 위한 기술적 경쟁력 확보를 위해 FGR 기술 기반의 저 NO<sub>x</sub> 버너 상용화 기술개발을 수행하였다.

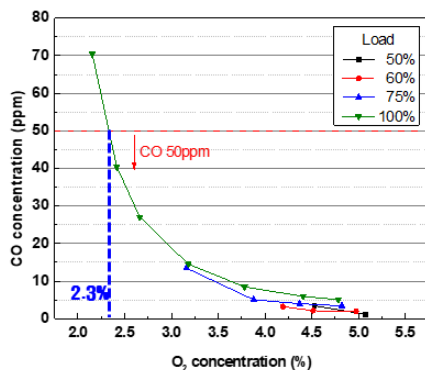


Fig. 3 CO concentration with FGR

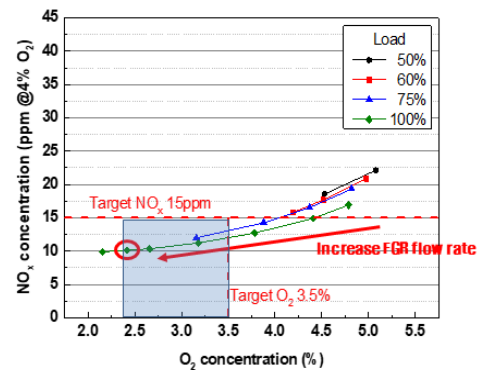


Fig. 4 NO<sub>x</sub> concentration with FGR

#### 감사

본 연구는 과학기술정보통신부 기술업그레이드 R&D 사업의 일환으로 수행되었습니다.

#### 참고문헌

1. 국립환경과학원, "2014 국가 대기오염물질 배출량", 국가 행정 간행물, 등록번호 11-1480523-000883-10

CT-39

## 중질 잔사유 촉매분해 공정에서의 SO<sub>2</sub> 제거를 위한 MgO계 흡수제 특성 연구

채호진<sup>1</sup>, 이수재<sup>2</sup>, 이수철<sup>3</sup>, 정석용<sup>4</sup>, 김재창<sup>1\*</sup>(kjchang@knu.ac.kr)

<sup>1</sup>경북대학교, <sup>2</sup>특허청, <sup>3</sup>차세대에너지기술연구소, <sup>4</sup>원익머트리얼

### The Study of Removal and Regeneration of MgO-based sorbent for Residue Fluid Catalytic Cracking Process

Ho Jin Chae<sup>1</sup>, Soo Jae Lee<sup>2</sup>, Soo Chool Lee<sup>3</sup>, Suk Yong Jung<sup>4</sup>  
and Jae Chang Kim<sup>1\*</sup> (kjchang@knu.ac.kr)

<sup>1</sup>Kyungpook National University, <sup>2</sup>Korean Intellectual Property Office,

<sup>3</sup>Research Institute of Advanced Energy Technology (KNU), <sup>4</sup>Wonik Materials Co. Ltd.

화석연료를 사용하기 시작한 이래로 SO<sub>x</sub>와 NO<sub>x</sub>의 배출에 대한 규제는 지속적으로 상승해 왔다. 이러한 SO<sub>x</sub>와 NO<sub>x</sub>의 경우 직접 흡입에 의한 인체에 미치는 영향 뿐 아니라 산성비의 원인으로 지목되면서 그 규제가 더욱 강화되었으며, 최근 미세먼지의 전구물질로 지목되면서 SO<sub>x</sub>와 NO<sub>x</sub> 가스의 배출규제 강화에 대한 관심이 더욱 증가되고 있는 시정이다. SO<sub>x</sub> 물질중 하나인 SO<sub>2</sub>의 경우, 주로 화석연료를 사용하는 공정에서 부산물로 발생되며, 전체 생성량의 절반 정도가 에너지산업에서의 연소(발전등) 및 석유화학제품의 제조공정에서부터 비롯된다고 알려져 있다.

일반적으로 대규모 고정상발생원중 하나인 발전소의 경우 배연탈황공정(Flue Gas Desulfurization; FGD)을 통하여 SO<sub>2</sub>를 제거하고 있으나, 석유화학제품 생산시설 중 중질 잔사유 촉매분해공정(Residue Fluid Catalytic Cracking; RFCC)에서는 중질유의 분해공정에 사용된 촉매를 연소반응을 통하여 재생하여 사용하는데 이때 SO<sub>2</sub>가 발생하게 되므로 촉매반응의 재생공정에서 SO<sub>2</sub> 발생을 제거하는 흡수제를 필요로 한다.

특히, 원유로부터 휘발유를 생산하는 공정인 FCC 와 RFCC의 SO<sub>x</sub> 제거에 대해 살펴보면, FCC 및 RFCC 촉매의 재생공정에서 발생하는 SO<sub>x</sub>는 환경문제 뿐 아니라 이차적으로 반응기 내외 불순물로 작용하여 원료 속에 황 농도를 증가시켜 반응생성물 내의 황 농도가 높아지게 되어 최종 생산물의 품질 저하의 원인이 된다. FCC 및 RFCC공정에서는 주로 SO<sub>x</sub> 가스를 흡수하는 금속산화물을 사용하여 제거하는 것으로 가장 많이 사용하는 방법이다. 따라서 FCC 및 RFCC공정내의 탈황은 SO<sub>2</sub> 가스에 대해 화학적 활성을 갖는 입자가 cracking을 담당하는 촉매와 혼합된 형태로 공정 내에서 사용하는 방법을 고려할 수 있다.

많은 물질들이 공업시설에서 SO<sub>x</sub> 배출을 억제하거나 최소한 감소시키기 위해 사용되어 왔고, 이들 첨가제의 SO<sub>x</sub> 성분은 보통 한 종류 또는 또 다른 종의 금속산화물 형태를 취하고 있다. 따라서 본 연구에서는 MgO 계열의 금속산화물을 이용하여 RFCC 공정내에서 발생하는 SO<sub>x</sub>의 제거 특성에 대해 연구하였다. 또한 흡수제의 재생성을 향상시키기 위해 MgO 계열 흡수제에 다양한 첨가제를 이용하여 흡수제의 탈황능력 및 재생성을 실험하였으며 흡수제의 특성을 BET, XRD, FT-IR, TPR등을 이용하여 분석하였다.

9월 13일(목) 09:00 ~ 12:05



# 청정용매

광주 김대중컨벤션센터, 별관 311호



CT-40

## 실험용 초임계 CO<sub>2</sub> 염색 설비를 이용한 폴리에스테르 염색

김태영<sup>1\*</sup>, 박신<sup>1</sup>, 이동규<sup>1</sup>, 손석우<sup>1</sup>, 최현석<sup>2</sup> (tykim@djairl.co.kr)  
<sup>1</sup>(주)대주기계, <sup>2</sup>다이텍연구원

### Polyester Dyeing Using Lab Scale Supercritical CO<sub>2</sub> Dyeing System.

Taeyoung Kim<sup>1\*</sup>, Shin Park<sup>1</sup>, Dongkyu Lee<sup>1</sup>, Seokwoo Son<sup>1</sup>, Hyunseuk Choi<sup>2</sup>  
 (tykim@djairl.co.kr)  
<sup>1</sup>Daejoo Machinery, <sup>2</sup>DYETEC Institute

염색가공공정은 전체 섬유제조공정에서 소비하는 연료 사용량의 77%, 에너지 사용량의 54%를 차지하는 대표적인 에너지 다소비 공정이다. 또한, 티셔츠 1kg을 염색하기 위해서는 100~150리터의 물이 사용되며 폐수를 발생시키는 환경오염을 유발하는 공정이다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 오래 전부터 친환경 염색가공에 대한 다양한 방법이 연구되고 있다.

그중 하나인 폴리에스테르에 대한 초임계 유체를 이용한 염색기술 개발 연구는 1993년 독일의 Schollmeyer 교수팀에 의해 제안되었으며[1], 1996년 독일 Udhe 사에서 Ciba 사와 공동연구를 통해 염색조의 크기가 30L인 초임계 이산화탄소 염색기가 개발되었다.[2] 이후 미국, 일본 등지에서도 초임계 염색에 대한 활발한 연구가 이어졌다. 하지만, 경제성 이유로 기술개발이 둔화되었으나 네덜란드의 DyeCoo 사가 2012년 상업용 초임계 유체 염색설비를 개발하여 상업화 하면서 다시 주목받고 있다.

본 연구에서는 초임계 유체 염색을 위한 공정 조건을 연구하고, 실험실 규모에서 진행할 수 있는 초임계 염색 실험 설비와 공정을 연구할 수 있는 Pilot 설비를 개발하여 염색 실험을 수행하여 조건에 따른 염색 효과와 결과에 대해 조사하였다.

#### 사사

본 논문은 산업통상자원부 물 없는 컬러산업 육성사업으로 지원된 물 없는 컬러산업 육성사업으로 수행된 연구결과입니다.(과제번호: 10078329)

#### 2. 참고문헌

1. Saus, W., Knittel, D., and Schollmeyer, E., "Dyeing of Textiles in Supercritical Carbon Dioxide," *Tex. Res. J.*, 63(3), 135-142 (1993).
2. Chang, K. H., Bae, H. K., and Shim, J. J., "Dyeing of PET Textile Fibers and Films in Supercritical Carbon Dioxide," *Korean J. Chem. Eng.*, 13(3), 310-316 (1996).

CT-41

## 초임계유체 공정 기술 및 활용 분야

조완택\*, 마르셀 쥘나단 히다자트, 노종호, 김현효  
일신오토클레이브

### Supercritical fluid process technology and applications

Wantaek JO\*, Marcel Jonathan Hidajat, Jongho Noh, Hyunhyo Kim  
Ilshin Autoclave Co. Ltd.

본 연구에서는 초임계유체 공정 기술 및 (주)일신오토클레이브에서 제작 판매한 plant scale 초임계 장비 설명 그리고 초임계유체 공정을 이용한 정유 추출 실험 결과에 대해 알아보았다. 초임계유체 (supercritical fluid)는 임계점 이상의 온도와 압력에서의 물질상태를 말하며 액체와 기체를 구분할 수 없는 시점의 유체이다. 초임계 유체의 높은 밀도와 낮은 점성 그리고 액체보다 큰 확산 능력 때문에 초임계 유체 추출법은 일반적인 용매추출법과 비교했을 때 응용방법이 다양하고 효율적으로 추출이 가능하다. 초임계유체 공정은 초임계 추출, 탈지, 도금, 세정, 건조, 발포 등의 여러 분야에 연구가 진행되어 일부 상용화가 되고 있다. 특히 초임계유체 추출에 사용되는 이산화탄소의 경우 무미, 무취, 무해하며 실온부근에서 사용되기 때문에 최근 안전하고 고부가가치 사업인 건강식품 및 의약품에서 활발한 연구가 진행되고 있다. 초임계 유체 공정의 추출 특성을 알아보기 위해 굴 가공 후 발생하는 부산물인 껍질로부터 초임계 이산화탄소 추출법을 이용하여 정유를 추출하였고, 실험 조건에 따른 추출 수율 및 추출 성분에 대해 알아보았다. 초임계 이산화탄소 추출 특성을 알아보기 위해 시료의 입자크기, 추출 압력, 추출 온도 그리고 보조용매 사용에 따른 특성을 알아보았다. 초임계 이산화탄소를 이용한 정유의 추출 수율 변화를 알아본 결과, 시료의 입자가 작을수록 비표면적은 크고 이산화탄소의 내부 침투 및 확산이 용이하여 추출 수율이 높았고, 추출 용매인 이산화탄소의 밀도가 높을수록 추출 수율이 증가하였다. 초임계 이산화탄소 추출을 통해 얻은 정유의 성분을 알아보기 위해 GC 분석을 한 결과, 추출된 정유에는 monoterpenes, sesquiterpenes, esters, alcohols, ketones 등의 다양한 탄화수소 물질들이 확인 되었고, 추출 조건에 따라 일부 성분에 차이가 있었다. 감귤 정유의 주성분인 리모넨은 추출 온도 40 °C, 추출 압력 100 bar에서 가장 많이 추출되었다. 초임계 이산화탄소의 추출 수율을 개선하기 위해 보조용매로 극성인 에탄올을 이용한 결과 추출 수율이 증가됨을 확인 하였다.

CT-42

## 초임계 건조공정을 이용한 DIY 화장품 원료 제조 연구

조항규<sup>1\*</sup>, 임종성<sup>2</sup>(chohk@fine-apple.kr, 서울특별시 마포구 백범로 35 서강대학교 TE409호)  
<sup>1</sup>(주)파인애플, <sup>2</sup>서강대학교

### Preparation of DIY(Do it yourself) Cosmetic Ingredients using Supercritical Drying Process

Hang-kyu Cho<sup>1\*</sup>, Jong sung Lim<sup>2</sup> (chohk@fine-apple.kr, #409 Bldg, 35 Baekbeom-ro, Mapo-gu, Seoul 04107, Korea)

This study investigated the method of manufacturing solid cosmetics that are used by dissolution in water, have a high rate of dissolution in water, and maintain the performance of the existing cosmetics.

While the existing cosmetics include the mixture of many additives, this study fabricated lightweight solid cosmetics through supercritical drying process after fabricating liquid the cosmetics in liquid form without using any preservative, antioxidant, pH regulator, glycerin, or surfactant, which are essential ingredients of the existing cosmetics.

The cosmetics of this study in solid form are dehydrated through the supercritical drying process by allowing extracts and oil to be adsorbed to collagen; suppress the formation of microorganisms; and can be used easily through dissolution in water. And the morphological structure of the cosmetics in solid form was identified under scanning electron microscope. In addition, pH, the content of impurities, and microbial limit were analyzed with the cosmetics in liquid form dissolved in water.

Further, materials obtained from supercritical drying process by dissolving various extracts in collagen can be used as ingredients of DIY cosmetics.

#### 참고문헌

1. Jung, J., and Perrut, M., "Particle design using supercritical fluids: Literature and patent survey", *J. Supercrit. Fluids*, 20(3), 179-219 (2001).
2. Cansell, R., et al., "Review on materials science and supercritical fluids", *Crit. Rev. Solid State Mat. Sci*, 7(4), 331,340 (2003)

CT-43

## Pressurized Fluid Extraction of Bioactive Compounds from *Saccharina japonica* with Ionic Liquid as Co-solvent

Periaswamy Sivagnanam Saravana<sup>1</sup>, Hee Chul Woo<sup>2</sup>, Byung-Soo CHUN<sup>1\*</sup> (bschun@pknu.ac.kr)

<sup>1</sup>Department. of Food Science and Technology, Pukyong National University

<sup>2</sup>Department. of Chemical Engineering, Pukyong National University

Seaweeds have great potential as a supplement in functional food or for the extraction of compounds. Seaweeds are known for their richness in polysaccharides, minerals and certain vitamins with bio actives such as antioxidant, anti-cancer and anti-obesity etc. To obtain these bioactive compounds, green technologies are emerging as the best alternative due to its reduction of energy consumption, safe and high-quality extracts. In this regard, extraction with ionic liquids or compressed fluids such as supercritical fluid extraction (SFE)/pressurized hot water extraction (PHWE) is being successfully used for the extraction of nutraceuticals from natural resources. In the present study, we propose an integrated sequential extraction process based on the use of ionic liquids combine with green compressed fluids for obtaining the bioactive compounds from the brown seaweed (*Saccharina japonica*). The developed process comprises a sequential extraction with ionic liquids extraction (ILE), supercritical CO<sub>2</sub> (ScCO<sub>2</sub>) expanded ethanol, and IL assisted PHWE. Finally, different tools will be employed for the chemical and functional characterization of the obtained fractions. Extractions were performed in three sequential steps using (1) ILE, (2) ScCO<sub>2</sub>-ethanol, and (3) IL assisted PHWE, respectively. The residue of the extraction step was used as the raw material for the next extraction. ILE will be used to extract phenolic compounds, amino acids, lipids and carotenoids. In the 2<sup>nd</sup> process a different percentage of ethanol will be used to extract remaining lipids and fucoxanthin, which is the main carotenoid in the seaweed. Final step was to extract polysaccharide (fucoidan) using IL assisted PHWE. The green downstream platform developed in this study will produce a different extract with potential application in the food, pharmaceutical and cosmetic industries. Therefore, a good approach for complete revalorization of the seaweed biomass is proposed, by using processes complying with the green chemistry principles.

### 참고문헌

1. Desai, R.K., Streefland, M., Wijffels, R.H., and Eppink, M.H., "Novel astaxanthin extraction from *Haematococcus pluvialis* using cell permeabilising ionic liquids," *Green. Chem.*, 18, 1261-1267 (2016).
2. Han, D., Zhu, T., and Row, K.-H., "Ultrasonic extraction of phenolic compounds from *Laminaria japonica* Aresch using ionic liquid as extraction solvent", *B. Korean. Chem. Soc.*, 32, 2212-2216 (2011).
3. Hou, Q., Li, W., Ju, M., Liu, L., Chen, Y., Yang, Q., and Wang, J., "Separation of polysaccharides from rice husk and wheat bran using solvent system consisting of BMIMOAc and DMI", *Carbohydr. Polym.*, 133, 517-523 (2015).
4. A. In, *Official Methods of Analysis of AOAC International*, AOAC: Arlington, VA, 2000.
5. Lee, Y.R., and Row, K.H., "Comparison of ionic liquids and deep eutectic solvents as additives for the ultrasonic extraction of astaxanthin from marine plants", *J. Ind. Eng. Chem.*, 39, 87- 92 (2016).



CT-44

## 이온성 액체를 이용한 바이오폴리머 프로세싱

이상현\* (sanghlee@konkuk.ac.kr)  
 건국대학교 생물공학과

## Ionic Liquids for Biopolymer Processing

Sang Hyun Lee\* (sanghlee@konkuk.ac.kr)  
 Department of Biological Engineering, Konkuk University

Biopolymer-based materials have recently gained attention in the biomedical fields such as tissue engineering, drug delivery systems, dialysis membranes, and biosensors, owing to their inherent biocompatibility and biodegradability. However, the insolubility of unmodified biopolymers in most organic solvents has limited the applications of biopolymer-based materials. In recent, ionic liquids (ILs) have been reported to be good solvents to dissolve biopolymers and develop biopolymer-based materials, because of their synthetic flexibility and green solvent properties such as non-volatility, non-flammability, and recyclability. In this presentation, applications of ILs to process biopolymers will be introduced. First, ILs are good pretreatment solvents for biomasses. Lignocelluloses are highly recalcitrant to biotransformation by the existence of lignin. ILs could be used to extract lignin from lignocellulosic biomass [1]. Extraction of lipid is the first step to produce biodiesel from algal biomass. ILs could be used to develop a very efficient extraction system to obtain lipids from algal biomass [2]. Second, biopolymers such as cellulose, chitin/chitosan, silk, heparin, and collagen can be fabricated from ILs into films, fibers, beads, nanoparticles and molded shapes. Synthetic wood films containing cellulose, hemicelluloses, and lignin, the three major components of natural wood, were prepared in ILs. Synthetic wood films showed smoother surface textures, higher water resistance, and higher tensile strengths than cellulose films formed by the same methods [3]. Non-derivatized cellulose-based fibers were created by electrospinning using ILs. Cellulose/chitosan fiber, cellulose/xylan/lignin fiber containing poly(3-octylthiophene), and lignocellulose-based fibers were prepared [4]. Various cellulose-based hybrid hydrogel beads containing two biopolymers were prepared and proved to be good supports for immobilization of enzymes with high activity and stability [5].

## 참고문헌

1. Lee, S. H., Doherty, D. V., Linhardt, R. J., and Dordick, J. S., "Ionic liquid-mediated selective extraction of lignin from wood leading to enhanced enzymatic cellulose hydrolysis," *Biotechnol. Bioeng.* 102(5) 1368-1376 (2009).
2. Kim, Y. H., Choi, Y. K., Park, J. S., Lee, S. M., Yang, Y. H., Kim, H. J., Park, T. J., Kim, Y. H., and Lee, S. H., "Ionic liquid-mediated extraction of lipids from algal biomass," *Bioresour. Technol.* 109, 312-315 (2012).
3. Simmons, T. J., Lee, S. H., Miao, J. J., Miyauchi, M., Park, T. J., Bale, S. S., Pangule, R., Bult, J., Martin, J. G., Dordick, J. S., and Linhardt, R. J., "Preparation of synthetic wood composites using ionic liquids," *Wood Sci. Technol.* 45 (4) 719-733 (2011).
4. Ahn, Y. J., Lee, S. H., Kim, H. J., Yang, Y. H., Hong, J. H., Kim, Y. H., and Kim, H. S., "Electrospinning of lignocellulosic biomass using ionic liquid," *Carbohydr. Polym.* 88(1) 395-398 (2012).
5. Park, S., Kim, H., Won, K., Choi, J. W., Kim, Y. H., Kim, H. J., Yang, Y. H., and Lee, S. H., "Wood mimetic hydrogel beads for enzyme immobilization," *Carbohydr. Polym.* 115, 223-229 (2015).

## CT-45

# Ionic Liquids as Catalyst and Reagent for Organic Synthesis

Yong Jin Kim<sup>1</sup> (yjkim@kitech.re.kr)

<sup>1</sup>Green Chemistry & Material Group, Korea Institute of Industrial Technology, 89 Yangdaegiro-gil, Ipjang myeon, Cheonan-si 31056, Republic of Korea.

Ionic liquids (ILs) have attracted much attention due to their tuneable properties according to their specific needs. However, the application of ILs just to process solvent should pay much expense with respect to industrial viewpoint. Various usage of ILs as an active catalyst for the efficient organic transformation have resulted in opening a new level of application fields [1-8]. Accordingly, there have been numerous reports on the dramatic enhancement in their catalytic activities just by incorporating metal salts into ILs [9-11]. Catalytic transformation of carbon dioxide or biomass into useful platform chemicals has gained much attention during the last two decades due to economic and environmental benefits arising from the utilization of renewable source and the possible depletion of CO<sub>2</sub> concentration. Generally, CO<sub>2</sub> is an abundant, cheap, and safe C1 building block in organic synthesis; however, due to the inert nature of CO<sub>2</sub>, efficient catalytic processes for chemical fixation remain a significant challenge.

Herein, we present a couple of examples for ILs-based catalysts and reagent which provides enhanced activity towards various organic syntheses which meets the green chemistry goals.

### 참고문헌

1. L. Han, H.-J. Choi, S.-J. Choi, B. Liu, D.-W. Park, *Green Chemistry* 13 (2011) 1023-1028.
2. E.-H. Lee, J.-Y. Ahn, M.M. Dharman, D.-W. Park, S.-W. Park, I. Kim, *Catalysis Today* 131 (2008) 130-134.
3. T. Jiang, X. Ma, Y. Zhou, S. Liang, J. Zhang, B. Han, *Green Chemistry* 10 (2008) 465-469.
4. P.D. Pham, P. Bertus, S. Legoupy, *Chemical Communications* (2009) 6207-6209.
5. R. Abu-Reziq, D. Wang, M. Post, H. Alper, *Chemistry of Materials* 20 (2008) 2544-2550
6. R.J.C. Brown, P.J. Dyson, D.J. Ellis, T. Welton, *Chemical Communications* (2001) 1862-1863.
7. D. S. Nguyen and Y. J. Kim et al., *ACS Sustainable Chem. & Eng.* 2016, 4, 461-460.
8. C. C. Truong and Y. J. Kim et al., *ChemCatChem* 2017, 9, 247-252.
9. H.S. Kim, Y.J. Kim, H. Lee, K.Y. Park, C. Lee, C.S. Chin, *Angewandte Chemie International Edition* 41 (2002) 4300-4303.
10. Y.J. Kim, R.S. Varma, *Journal of Organic Chemistry* 70 (2005) 7882-7891.
11. H.S. Kim, J.J. Kim, H. Kim, H.G. Jang, *Journal of Catalysis* 220 (2003) 44-46.

CT-46

## 기체촉진수송을 위한 이온성액체/금속 나노복합체 분리막

강상욱<sup>1\*</sup>(swkang@smu.ac.kr)<sup>1</sup>상명대학교 화학에너지공학과Ionic liquid/metal nanocomposite membranes  
for facilitated gas transportSang Wook Kang<sup>1\*</sup> (swkang@smu.ac.kr)<sup>1</sup>Department of Chemistry and Energy Engineering, Sangmyung University, Seoul 03016,  
Republic of Korea

The composite membranes consisting of ionic liquid 1-butyl-3-methyl imidazolium tetrafluoroborate(BMIMBF<sub>4</sub>)/Ag<sub>2</sub>O/KF were prepared for CO<sub>2</sub> separation.<sup>1</sup> When Ag<sub>2</sub>O and KF were incorporated into BMIMBF<sub>4</sub>, the ideal selectivities of CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub> reached 105 and 52, respectively, with a CO<sub>2</sub> gas permeance of 31 GPU.<sup>1</sup> These enhanced separation performance were attributable to both (1) K<sup>+</sup> cations in KF as CO<sub>2</sub> carriers for facilitated transport and (2) the oxide layer of the well-dispersed Ag<sub>2</sub>O and free ions in ionic liquid for improvement in CO<sub>2</sub> solubility. The coordinative interactions in the BMIMBF<sub>4</sub>/Ag<sub>2</sub>O/KF membrane were characterized by TGA, XPS, and FT-Raman spectroscopy.<sup>1</sup> Furthermore, we found that when ZnO nanoparticles were generated into BMIMBF<sub>4</sub>, the selectivity of CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> permeance of the composite were significantly enhanced to 42.1 and 101, respectively, compared to the neat BMIMBF<sub>4</sub> membrane that had a CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> selectivity and CO<sub>2</sub> permeance of 5.0 and 17.0, respectively.<sup>2</sup>

참고문헌

1. Y. S. Park, Y. S. Kang, S. W. Kang, "Highly CO<sub>2</sub> selective membranes by potassium cations as carriers for facilitated transport with Ag<sub>2</sub>O particles and free ions in ionic liquid" *Chem. Eng. J.*, 320, 29-33 (2017).
2. K. W. Yoon, H. Kim, Y. S. Kang, S. W. Kang, "1-Butyl-3-methylimidazolium tetrafluoroborate/zinc oxide composite membrane for high CO<sub>2</sub> separation performance" *Chem. Eng. J.*, 320, 50-54 (2017).

CT-47

## 이온성 액체 추출시스템을 활용한 백금족 금속 추출공정

라제쉬 쿠마, 이진영\*(jinlee@kigam.re.kr)  
한국지질자원연구원 DMR 융합연구단

## Ionic Liquids as Novel Extractant Systems for PGM Metal Extraction Processing

Rajesh Kumar Jyothi, Jin-Young Lee\*(jinlee@kigam.re.kr)  
Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources (KIGAM), Daejeon 34132, Korea

The present general article focused on to green chemistry through using green solvents like ionic liquids instead of regular organic solvents in metal extractions. Few words about ionic liquids are followed: Research into ionic liquids is booming. The first industrial process involving ionic liquids was announced in March 2003, and the potential of ionic liquids for new chemical technologies is beginning to be recognized.

One of the primary driving forces behind research into ionic liquids is the perceived benefit of substituting traditional industrial solvents, most of which are volatile organic compounds (VOCs), with nonvolatile ionic liquids. Replacement of conventional solvents by ionic liquids would prevent the emission of VOCs, a major source of environmental pollution. Ionic liquids are not intrinsically “green”-some are extremely toxic-but they can be designed to be environmentally benign, with large potential benefits for sustainable chemistry.

Precious metals (PMs) play key role modern life flairs. Countries like Korea are having very limited natural resources as well as facing land filling problems after utilization of metal products becomes a scrap. All over the world research and development activities given prime prior to “green” in the new millennium; as well as environmental safety and protection is most important for human lives. The present study proposed two ionic liquids namely [Aliquat 336][HSO<sub>4</sub>] (prepared and characterized at our laboratory) and Cyphos 101 IL (supplied by Cytec Company) dissolved in two diluents namely DCM (dichloro-methane) and toluene. And tested for feasibility of the extraction of PMs such as platinum and rhodium further possible separation from each other and other precious metal copper also tested with above said two IL's as an extractants.

9월 13일(목) 09:00 ~ 11:50

# 청정융합

광주 김대중컨벤션센터, 별관 312호



CT-48

**유분 폐기물 FOG를 이용한 고효율 바이오가스의 생산**

김도현, 김후, 강동호, 안현조, 전병훈<sup>1\*</sup>(bhjeon@hanyang.ac.kr)  
<sup>1</sup>한양대학교

**Development of a High Efficiency Biogas Production Technology through the Co-digestion of Lipid-waste FOG**

Dohyeon Kim, Hoo Kim, Dong-Ho Kang, Hyun-Jo Ahn, Byong-Hun Jeon<sup>1\*</sup>  
 (bhjeon@hanyang.ac.kr)  
<sup>1</sup>Hanyang University

혐기소화 공정은 전통적으로 하수처리 공정에서 널리 활용되어 왔으나 생산되는 바이오가스의 낮은 효율로 인해 슬러지 폐기물 저감을 주 목적으로 하였다. 그러나 최근 선진국을 중심으로 혐기소화 공정의 효율화를 통한 신재생에너지원으로써의 혐기소화 공정이 주목받아 왔으며, 이미 몇몇 선진국에서는 에너지 생산량의 상당 부분(독일의 경우 2018년 8월 현재 총 발전량의 4.52%)이 바이오매스를 통해 채워짐으로써 그 잠재력이 실증되어 가고 있다. 본 연구에서는 여러 혐기소화 공정의 효율성 증대 전략 중 하수슬러지와 여러 종류의 폐기물을 동시에 혐기소화 공정에 투입하여 높은 바이오가스 생산량을 얻을 수 있는 병합 혐기소화 공정에 음식폐기물로부터 추출한 유분 폐기물 FOG(Fat, Oil and Grease)를 활용함으로써 폐기물 저감과 공정 고효율화를 동시에 달성하고자 하였다. 이를 위해 전처리 기술의 최적화를 통한 기질의 SCOD 극대화 및 FOG로 인한 반응 억제 농도의 파악, 해당 공정 조건에 특화된 미생물균주군의 투입 및 실증 연구를 진행하여 전체적인 효율 증대 조건을 확보하였다.

**참고문헌**

1. Shouvik Saha et al., "Optimization of dilute acetic acid pretreatment of mixed fruit waste for increased methane production", *J. Clean. Prod.*, **190**, 411-421 (2018).
2. El-Sayed Salama et al., "Recent trends in anaerobic co-digestion: Fat, oil, and grease (FOG) for enhanced biomethanation", *Bioresour. Technol.*, **258**, 365-375 (2018).
3. Marwa M. El-Dalatony et al., "Utilization of Microalgal Biofractions for Bioethanol, Higher Alcohols, and Biodiesel Production: A Review", *Energies*, **10**, 2110 (2017).
4. Energy Charts - Energy Production in Germany, <https://www.energy-charts.de/power.htm>

CT-49

## Facile microwave hydrothermal synthesis of sulfur and TiO<sub>2</sub> coated graphite carbon nitride composite for the enhanced removal of BPA under 400 nm LED

Kien Tiek Wong<sup>1</sup>, Seog beom Jang<sup>1</sup>, Baekha Ryu<sup>1</sup>, So yeon Yoon<sup>1</sup> and Min Jang<sup>1\*</sup>  
(minjang@kw.ac.kr, heejaejang@gmail.com)

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

A novel visible-light-driven photocatalysts, TiO<sub>2</sub> and sulfur coated graphite carbon nitride (g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>) composites, was successfully synthesized by a facile microwave hydrothermal process. Comprehensive characterization was conducted not only to study the chemical states, photo-optical properties, particle sizes, and crystal structures, but also the effect on the degradation of Bisphenol A (BPA). The photocatalytic activity of GCN/TiO<sub>2</sub>(0.1g) as shown on Figure 1, indicating the significantly enhancement of BPA degradation as compared to the individual photocatalyst (TiO<sub>2</sub> and GCN) under 400nm LED irradiation. With the addition of sulfur onto the GCN/TiO<sub>2</sub>(0.1g), the photocatalytic activity was further enhanced where BPA was totally removed after 2h. The k<sub>1</sub> value for S-CNQD(1%)/GCN/TiO<sub>2</sub>(0.1g) was found to be 4.2×10<sup>-2</sup> min<sup>-1</sup> which was 8.4 and 5 times faster than TiO<sub>2</sub> and GCN, respectively. In Figure 2, S-CNQD(1%)/GCN/TiO<sub>2</sub>(0.1g) shows the highest light absorbance at 400 nm compared to other photocatalysts.

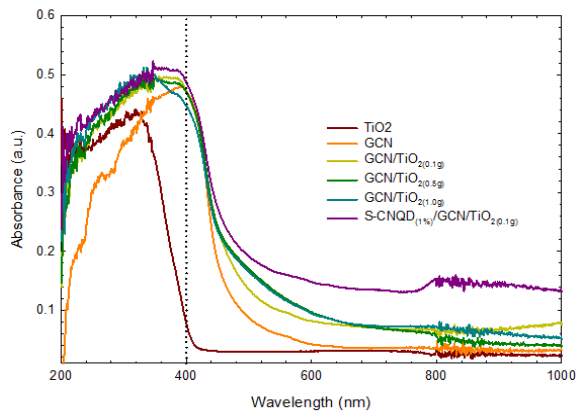
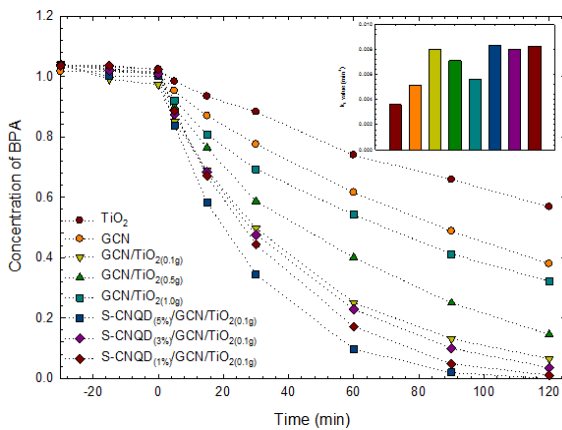


Figure 1: Kinetic plot for BPA removal by 400nm LED      Figure 2: UV-Vis absorbance for various photocatalyst



CT-50

## Bio-alcohols generation enhancement with controlled methane production through Volatile Fatty Acids (VFAs) reduction by Microbial Electrosynthesis (MES)

José Gavilanes, C. Nagendranatha Reddy, Booki Min\*(bkmin@khu.ac.kr)  
Department of Environmental Science and Engineering, Kyung Hee University,  
1732 Deogyong-daero, Giheung-gu, Yongin-si, Gyeonggi-do 17104, Republic of Korea

### Abstract

Methane production during reductive processes in MES is a critical parameter, which affects value-added products recovery performance. This study explored the effects of inhibition of methane formation during bio-alcohols production through reduction of VFAs in a single-chambered reactor. Three different mechanisms to control methanogenesis were used: buffered medium, inoculum heat pretreatment and direct pH variation control. Bio-alcohols were evaluated until ten days operation when a decrease of production was noticed, especially under buffered condition where methane generation has already started. By the end of the operation, pH control condition achieved higher alcohol production of  $0.363 \pm 0.02$  g-COD/l followed by heat pretreatment condition with  $0.33 \pm 0.01$  g-COD/l, and buffered medium with  $0.25 \pm 0.07$  g-COD/l. Control reactor operation revealed fast methane production from the first day of operation and no alcohol production. Alcohol production yield was increased compared to the control by 41.3% for pH control condition, 32.2% with heat pretreatment and 19.05% under buffered medium. Product specificity was also achieved as ethanol was the main converted alcohol probably due to the absence of ethanol-degrading microorganisms such as methanogens and higher cathode potentials. Present study suggests that bio electrochemical alcohols generation can be improved with the inhibition of methanogenesis.

**Key Words:** Bio-alcohols production, Methane Inhibition, Microbial Electrosynthesis (MES)

## CT-51

### 수증기 개질 반응용 Ni-La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Ce<sub>0.8</sub>Zr<sub>0.2</sub>O<sub>2</sub> 촉매의 La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 함량 최적화 연구

김범준, 김학민, 유성연, 노현석\* (hsroh@yonsei.ac.kr, 강원도 원주시 연세대길 1 연세대학교  
환경공학과  
연세대학교)

### Optimization of La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> loading on Ni-La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Ce<sub>0.8</sub>Zr<sub>0.2</sub>O<sub>2</sub> Catalysts for Steam Reforming of Methane Reaction

Beom-Jun Kim, Hak-Min Kim, Seong-Yeun Yoo, Hyun-Seog Roh\* (hsroh@yonsei.ac.kr,  
Department of Environmental Engineering, Yonsei University, 1 Yonsei-dae-gil, Wonju,  
Gangwon-do)  
Yonsei University

Ni-La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Ce<sub>0.8</sub>Zr<sub>0.2</sub>O<sub>2</sub> 촉매의 La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 함량을 10 ~ 85 wt.%로 달리하여 수증기 개질 (SRM, steam reforming of methane) 반응에 적용하였다. 촉매의 물리·화학적 특성을 파악하기 위해서 BET, XRD, TPR, H<sub>2</sub>-chemisorption 등의 다양한 특성분석을 수행하였으며, La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 함량에 따라 BET 표면적, Ni 분산도, Ni 결정크기 등이 변화하는 것을 파악하였다. 촉매의 성능을 평가하기 위하여 가혹한 반응 조건 (반응온도 = 600 °C, 기체공간속도 = 932,556 h<sup>-1</sup>, H<sub>2</sub>O/CH<sub>4</sub> 비 = 1.0)에서 수증기 개질 반응을 수행하였다. 그 결과, 제조된 촉매 중 Ni-70La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Ce<sub>0.8</sub>Zr<sub>0.2</sub>O<sub>2</sub> 촉매가 높은 Ni 분산도, 작은 Ni 결정크기, 높은 환원 능력으로 인해 수증기 개질 반응에서 가장 높은 활성과 안정성을 나타내었다.

#### 참고문헌

1. Dan, M., Mihet, M., Biris, A.R., Marginean, P., Almasan, V., Borodi, G., "Supported nickel catalysts for low temperature methane steam reforming: comparison between metal additives and support modification", *React. Kinet. Mech. Catal.*, **105**, 173-193 (2012).
2. Wang, K., Li, X., Ji, S., Shi, X., Tang, J.J., "Effect of Ce<sub>x</sub>Zr<sub>1-x</sub>O<sub>2</sub> Promoter on Ni-Based SBA-15 Catalyst for Steam Reforming of Methane", *Energy and Fuels*, **23**(1), 25-31 (2009).
3. Kim, H.-M., Jang, W.-J., Yoo, S.-Y., Shim, J.-O., Jeon, K.-W., Na, H.-S., Lee, Y.-L., Jeon, B.-H., Bae, J.W., Roh, H.-S., "Low temperature steam reforming of methane using metal oxide promoted Ni-Ce<sub>0.8</sub>Zr<sub>0.2</sub>O<sub>2</sub> catalysts in a compact reformer", *Int. J. Hydrogen Energy*, **43**, 262-270 (2018).

CT-52

## Integration of submersible microbial fuel cell in anaerobic digestion for enhanced production of methane and current at varying glucose levels

Hoai Thi Vu and Booki Min\*(bkmin@khu.ac.kr)

Department of Environmental Science and Engineering, Kyung Hee University,  
1 Seocheon-dong, Yongin-si, Gyeonggi-do 446-701, Republic of Korea

### Abstract

A submersible microbial fuel cell (SMFC) was coupled to anaerobic digestion (AD) system to enhance electricity generation and methane production. Glucose was added to the SMFC-AD system as substrate in three different concentrations of 2 gL<sup>-1</sup>, 4 gL<sup>-1</sup>, and 10 gL<sup>-1</sup> to evaluate the effect of substrate concentrations on the system performance. High and more stable current generations were obtained at 4 g L<sup>-1</sup> glucose with  $0.35 \pm 0.004$  mA, which was about 1.5 times higher than at 10 gL<sup>-1</sup>. Methane production rate and yield were enhanced by SMFC-AD system in comparison with AD operation. Maximum methane yield of  $0.32 \pm 0.01$  L/gCOD was observed at 2 gL<sup>-1</sup>, followed by 4 gL<sup>-1</sup> and 10 gL<sup>-1</sup>. In addition the SMFC in the AD process increased COD removal and maintained proper pH levels for efficient methane production (6.8-7.3). This study suggests that SMFC-AD system can achieve enhanced methane production compared to stand-alone AD with additional electricity generation.

**Key words:** Submersible microbial fuel cell (SMFC), Anaerobic Digestion (AD), Methane production, Electricity generation.

CT-53

## Artificial Photosynthesis: Assembly of Nanoparticle/Cytochrome Biohybrid Photoanodes

Ee Taek Hwang<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Center for Convergence Bioceramic Materials, Korea Institute of Ceramic Engineering & Technology, Cheongju-Si, Chungcheongbuk-do, 28160, Republic of Korea

Coupling light-harvesting semiconducting nanoparticles (NPs) with redox enzymes has been shown to create artificial photosynthetic systems that hold promise for the synthesis of solar fuels. High quantum yields require efficient electron transfer from the nanoparticle to the redox protein, a property that can be difficult to control. Here, we have compared binding and electron transfer between dye-sensitized TiO<sub>2</sub> nanocrystals or CdS quantum dots and two decaheme cytochromes on photoanodes. The effect of NP surface chemistry was assessed by preparing NPs capped with amine or carboxylic acid functionalities. For the TiO<sub>2</sub> nanocrystals, binding to the cytochromes was optimal when capped with a carboxylic acid ligand, whereas for the CdS QDs, better adhesion was observed for amine capped ligand shells. When using TiO<sub>2</sub> nanocrystals, dyesensitized with a phosphonated bipyridine Ru(II) dye, photocurrents are observed that are dependent on the redox state of the decaheme, confirming that electrons are transferred from the TiO<sub>2</sub> nanocrystals to the surface via the decaheme conduit. In contrast, when CdS NPs are used, photocurrents are not dependent on the redox state of the decaheme, consistent with a model in which electron transfer from CdS to the photoanode bypasses the decaheme protein. These results illustrate that although the organic shell of NPs nanoparticles crucially affects coupling with proteinaceous material, the coupling can be difficult to predict or engineer photosystems.

### 참고문헌

1. Hwang et al. "A Decaheme Cytochrome as a Molecular Electron Conduit in Dye-Sensitized Photoanodes," *Adv. Funct. Mater.*, 2015, 25, 2308-2315
2. Hwang et al. "Exploring Step-by-Step Assembly of Nanoparticle: Cytochrome Biohybrid Photoanodes," *ChemElectroChem*, 2017, 4, 1-11

CT-54

## Electro-fermentation of platform chemicals from glycerol by metabolically engineered *Klebsiella pneumoniae* L17

Changman Kim<sup>1</sup>, Byong-Hun Jeon<sup>2</sup>, Jung Rae Kim<sup>1,\*</sup> (j.kim@pusan.ac.kr)

<sup>1</sup>School of Chemical and Biomolecular Engineering, Pusan National University, Busan, Korea, 609-735

<sup>2</sup>Department of Natural Resources and Environmental Engineering, Hanyang University, Seoul, 133- 791, Republic of Korea

To date, microbial production of value-added chemicals from glycerol have been extensively studied. Among the glycerol conversion microorganisms, *Klebsiella pneumoniae* is widely reported having highly developed glycerol metabolism with industrially applicable metabolites production pathways, such as 1,3-propanediol (1,3-PDO), 3-hydroxypropionic acid (3-HP) and 2,3-butanediol (2,3-BDO) in anoxic condition. However 3-HP and 2,3-BDO are more oxidized form; 1,3-PDO is more reduced chemicals compared to glycerol. Thus, it is strongly required to develop new control strategy of bacterial redox state for targeting metabolites in anoxic condition. Electro-fermentation is the promising technology for dynamic regulation of intracellular redox state by accepting/providing electron from/to bacteria. *K. pneumoniae* L17 is a good candidate to apply in electro-fermentation, having a sufficient electro-chemical activity. In this presentation, we would propose the novel electro-fermentation strategy using *K. pneumoniae* L17 for 1,3-PDO, 3-HP and 2,3-BDO production, especially focused on metabolic engineering optimized for bioelectrochemical system. Electrochemical interaction between bacteria and electrode effected on not only intracellular redox balance but also metabolic fluxes to enhance the productivity of target metabolites. The improvements of production yield and titer also identified in BES compared to that in non-BES. The results would present the possibility of the electro-fermentation of glycerol to value-added chemicals, although still further development needs to achieve the industrial applications,

### References

1. Kim, C., M. Y. Kim, I. Michie, B. Jeon, G. C. Premier, S. Park, and J. R. Kim, "Anodic electro-fermentation of 3-hydroxypropionic acid from glycerol by recombinant *Klebsiella pneumoniae* L17 in a bioelectrochemical system", *Biotech. Biofuels*, **10**:199 (2017)
2. Schievano, A., T. P. Sciarria, K. Vanbroekhoven, H. D. Wever, S. Puig, S. J. Anderson, K. Rabaey, and D. Pant, "Electro-Fermentation - Merging electrochemistry with Fermentation in Industrial Applications", *Trends in Biotech.*, **34**(11), 866-878 (2016)

CT-55

## Biological Nitrification in Microbial Electrolysis Cells at different Applied Voltages and Ammonia Concentrations

Daehyeon Choi, Booki Min\* (bkmin@khu.ac.kr)

Department of Environmental Science and Engineering, Kyung Hee University, Seocheon-dong, Yongin-si, Gyeonggi-do 446-701, Republic of Korea

Nitrogen pollution is one of the major environmental problems. Several physiochemical and chemical treatment technologies such as electrochemical treatment, ion exchange, reverse osmosis and electro-analysis have been suggested to treat nitrate contaminated water. In this study, the biological conversion of ammonium ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ) in synthetic wastewater to nitrate ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) was investigated with the help of microbial electrolysis cell (MEC) for oxygen supply. The oxygen required for the nitrification reaction was obtained via electrolysis of water by supplying external voltage. In the preliminary experiment, about 4.5 mg/L of dissolved oxygen was observed within 5 days at an external voltage of 1.5 V. Microbial electrolysis nitrification experiments were conducted in batch mode at different external voltages (0.7, 1, and 1.5 V) for each  $\text{NH}_4$  concentration (30, 50, and 150  $\text{NH}_4\text{-N}$  mg/L). The nitrification efficiency in MEC system was improved as the ammonium concentration was lowered and the external applied voltage was increased. The highest nitrification rate of 1mg/L-hr was obtained under 1.5V and 30  $\text{NH}_4\text{-N}$  mg/L. In the cathode chamber, ammonia and nitrate ions were measured due to the influx of nitrogen ions from the oxidation chamber and the total nitrogen concentration was less than 7 mg/L. The rate of DO increase was dependent on the applied voltages ranging from 0.028mg/L/h (0.7V) to 0.049 mg/L/h (1.5V). In recent researches, biological electrochemical systems show that nitrate can be removed through the microorganisms on the reducing electrode without the addition of external organic carbon. Therefore, the present study suggests that continuous removal of ammonia nitrogen pollutants in wastewater can be achieved without external aeration through the combination of an oxidation reaction chamber and a reduction reaction chamber.

CT-56

## 폐기물 가스화 합성가스를 적용한 고온수성가스전이반응용 BaCo/CeO<sub>2</sub> 촉매의 Ba 담지량 최적화 연구

김경진, 이열림, 노현석\* (hsroh@yonsei.ac.kr, 강원도 원주시 연세대길 1, 연세대학교 환경공학과)  
연세대학교

### Optimization of Ba loading on BaCo/CeO<sub>2</sub> catalyst for high temperature water-gas shift reaction using waste derived synthesis gas

Kyoung-Jin Kim, Yeol-Lim Lee, Hyun-Seog Roh\* (hsroh@yonsei.ac.kr, Department of Environmental Engineering, Yonsei University, 1 Yonseidae-gil, Wonju, Gangwon 26493, South Korea)  
Yonsei University

In our previous research, we compared the performance of alkali (Na, K) and alkaline earth metal (Ba, Ca) promoted Co/CeO<sub>2</sub> catalysts in high temperature water-gas shift (HTS) reaction. Among the prepared catalysts, BaCo/CeO<sub>2</sub> catalyst showed the best performance. To enhance the performance of BaCo/CeO<sub>2</sub> catalyst, we varied the loading of Ba (1 to 3 wt.%). In conclusion, 1% BaCo/CeO<sub>2</sub> showed relatively high and stable activity (Co conversion=86%, CO<sub>2</sub> selectivity=100%) for 50 h without any side reaction even at extremely severe reaction conditions (GHSV=142,663 h<sup>-1</sup>, CO conc.=38% in the feed gas). However, 3% BaCo/CeO<sub>2</sub> catalyst were rapidly deactivated within the first 20 h during the stability test. The higher stability of 1% BaCo/CeO<sub>2</sub> catalysts was due to the strong resistance to sintering of metallic cobalt (active species), and high dispersion of metallic cobalt.

#### 참고문헌

1. Lee, Y.-L. et al., "Effect of alkali and alkaline earth metal on Co/CeO<sub>2</sub> catalyst for the water gas shift reaction of waste derived synthesis gas," *Appl. Catal., A*, **551**, 63-70 (2018).
2. Calles, J.A. et al., "Hydrogen production by glycerol steam reforming over SBA-15-supported nickel catalysts: Effect of alkaline earth promoters on activity and stability," *Catal. Today*, **227**(15), 198-206 (2014).

CT-57

## Electrochemical treatment of leachate containing phenols using a Pt/Ti anode

Johanna Zambrano, Booki Min\*(bkmin@khu.ac.kr)

Department of Environmental Science and Engineering, Kyung Hee University,  
1 Seocheon-dong, Yongin-si, Gyeonggi-do 446-701, Republic of Korea

### Abstract

The electrochemical oxidation of phenol present in leachate was evaluated with three different current densities (50, 100 and 150 mA/cm<sup>2</sup>) using a Pt/Ti anode electrode in an undivided reactor. The feasibility of electrochemical treatment for leachate containing phenol was determined in terms of phenol, COD and ammonia degradation rate; as well as gas generation, energy consumption, and current efficiency. Phenol was completely removed within first hour treatment in all the conditions studied. Galvanostatic electrolysis with a current density of 150 mA/cm<sup>2</sup> removed COD and ammonia faster than the other conditions, possibly due to the formation of chloride-oxochloride radicals, which are strong oxidation agents. The COD removal rate at 150 mA/cm<sup>2</sup> was 1.73 h<sup>-1</sup>, which was 5 times higher than the values (0.35 h<sup>-1</sup>) with 50 and 100 mA/cm<sup>2</sup>. For ammonia removal, electrochemical process with 150 mA/cm<sup>2</sup> achieved maximum removal rate of 438.6 Mh<sup>-1</sup>, which was 2 and 3 times higher than the other current densities. This study suggests that electrochemical oxidation with Pt/Ti electrode is a promising process for the treatment of landfill effluents containing toxic and low biodegradable contaminants along with efficient nutrient removal.

**Key words:** Electrochemical oxidation, Phenol, Leachate, H<sub>2</sub>, Pt/Ti.



9월 13일(목) 13:30 ~ 16:15



특별세션  
CO<sub>2</sub> 활용 및 에너지저장을 위한 메탄화 기술

광주 김대중컨벤션센터, 별관 309호



CT-58

## CO<sub>2</sub> 활용 및 에너지저장을 위한 메탄화시스템 개발

주지선, 김영국, 전명훈, 김태균  
한전 전력연구원 창의미래연구소

### Methanation system Development for CO<sub>2</sub> utilization and Energy Storage

Jisun Ju, Younggook Kim, Myounghoon Choun, Taekyun Kim  
KEPCO Research Institute

정부가 발표한 '재생에너지 3020' 에너지전환정책으로 태양광, 풍력 등 재생에너지를 통한 전력생산이 20%까지 확대되는 것으로 예상됨에 따라 대용량 신재생에너지 전력계통 연계의 필요성이 증대되고 있다. 하지만 이러한 대용량 신재생 에너지의 전력계통 연계는 재생에너지의 출력변동성으로 인한 전력계통 운영측면에서의 안정성 저하문제를 야기하므로, 이를 해결하기 위한 전력계통의 유연성 확보차원에서의 대용량 에너지저장이 필수적으로 요구된다.

P2G 기술은 전력계통에서 수용할 수 없는 풍력·태양광 등의 출력을 이용, 물을 전기분해하여 수소를 생산·활용하거나, 생산된 수소를 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)와 반응시켜 메탄 등의 연료형태로 저장·이용하는 기술을 말한다. 생산된 수소 및 메탄은 발전, 난방, 수송연료로 직접 활용이 가능하다. 이 중에서 메탄화는 기존에 구축되어있는 천연가스공급 인프라를 직접 이용할 수 있고, 발전소 등에서 발생하는 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)를 활용할 수 있어 국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 온실가스 저감 기술 확보라는 측면에서의 의미도 크다고 할 수 있다.

한전 전력연구원에서는 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 활용 및 에너지저장 기술개발을 목적으로 2017년부터 2019년까지 생물학적 방법을 이용한 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)의 메탄화시스템을 개발중에 있다. 본 발표에서는 이러한 CO<sub>2</sub> 메탄화시스템 개발 목적과 개발 현황에 대해 소개하고자 한다.

#### 참고문헌

1. 고경호, "Power To Gas 기술개요 및 현황", 「전기저널」, 456권(2014).
2. 한전 전력연구원. "전력기술의 미래전망", 2017

CT-59

## 재생에너지 연계 수전해 기술 핵심 이슈

조원철<sup>1\*</sup>(mizkee@kier.re.kr), 조현석<sup>1</sup>, 김상경<sup>1</sup>, 김창희<sup>1</sup>, 서명원<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>한국에너지기술연구원

### Technical issues on Alkalined water electrolysis coupled with renewable energy

Wonchul Cho<sup>1\*</sup>(mizkee@kier.re.kr), Hyun-Seok Cho<sup>1</sup>, Sang Kyung Kim<sup>1</sup>, Chang-Hee Kim<sup>1</sup>,  
Myung Won Seo<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Korea Institute of Energy Research

Water electrolysis is a promising technology that enables to convert the intermittent energy source from the renewable energy into hydrogen in TWh scale. Alkaline water electrolyzer is a mature technology that uses a porous separator allowing to permeate an alkalic electrolyte (30wt% KOH solution). A commercial porous separator, Zirfon<sup>®</sup> (Agfa), has shown a satisfactory performance and stability in an alkaline water electrolyzer, mainly composed of hydrophilic zirconia nano-particle and highly stable polysulfone polymer [1]. However, there are technical issues to be solved when it is coupled with a renewable energy. Especially, dissolved H<sub>2</sub> gas in the electrolyte from the cathodic side (H<sub>2</sub> evolution) permeates through the porous separator into the anodic side (O<sub>2</sub> evolution). The gas crossover across the porous separator occurs the safety issues, thereby resulting in a limitation of a partial load range [2]. Therefore, it is highly desirable to investigate the key factors affecting the permeability of the electrolyte and to develop a more advanced porous separator than Zirfon<sup>®</sup> (Agfa). In this study, we synthesize various kinds of Zirfon type porous separators to find the key factors affecting the permeability and resistance. The separator with high porosity and low pore size decrease the permeability and resistance. The higher wettability contributes to reduced resistance.

CT-60

## 고온 메탄 생산 미생물을 이용한 바이오메탄화 공정 개발

상병인\*, 전병승, 최옥경, 송효정, 홍문기, 김민정, 주고운 (biosang@hanyang.ac.kr)  
한양대학교 화학공학과

### Biomethanation with thermophilic methanogen for power to gas

Byoung-In Sang\*, Byoung Seung Jeon, Okkyung Choi, Hyo-Jeong Song, Mungi Hong, Min-Jeong Kim, Kwoon Ju (biosang@hanyang.ac.kr)  
Department of Chemical Engineering, Hanyang University

Hydrogenotrophic methanogenesis (HM) has recently gained significant attention due to its potential as a CO<sub>2</sub> utilization process. The low temperature and pressure operating conditions required as well as the inexpensiveness of the microbial catalyst make the biological synthesis of CH<sub>4</sub> from CO<sub>2</sub> an attractive alternative to conventional biogas upgrading methods. Furthermore, the conversion of excess renewable electricity to methane (Power to Gas) has the potential to resolve many of the current inadequacies of existing power back up technologies, such as storage capacity, cost and geographical limitations and support renewable energy developments in terms of minimizing power curtailment and facilitating wider deployment of renewable energy generation in regions with limited electricity grid availability. To investigate the biomethanation of CO<sub>2</sub> sludge from wastewater treatment plant in Seoul, Korea was inoculated into the HM bioreactor and the reactor was operated at 60 °C with supply of CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub> (1:4) for 7 months. Conversion efficiency for CO<sub>2</sub> into CH<sub>4</sub> has increased to 60% and CH<sub>4</sub> production rate increased to 2.5 VVD. From the reactor two *Methanothermobacter* species were isolated and evaluated for methane production performance. Both strains were cultivated well into basic anaerobic medium containing CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub> and produced methane gas using CO<sub>2</sub> as a sole carbon. Whole genomes of two strains analyzed by pyrosequencing method showed the obvious difference on genetic levels.

## CT-61

### 신재생에너지 이용 그린메탄 생산을 위한 기술 개발 현황

서명원<sup>1\*</sup>(mwseo82@kier.re.kr), 조원철<sup>1</sup>, 고강석<sup>1</sup>, 이도연<sup>1</sup>, 윤성민<sup>1</sup>, 김재호<sup>1</sup>, 김용구<sup>1</sup>, 박성진<sup>1</sup>, 손성혜<sup>1</sup>, 류호정<sup>1</sup>

<sup>1</sup>한국에너지기술연구원

### Development of convergence technology for green methane using renewable energy

Myung Won Seo<sup>1</sup>(mwseo82@kier.re.kr), Won Chul Cho<sup>1</sup>, Kang Seok Go<sup>1</sup>, Do Yeon Lee<sup>1</sup>, Sung Min Yoon<sup>1</sup>, Jae Ho Kim<sup>1</sup>, Yong Ku Kim<sup>1</sup>, Sung Jin Park<sup>1</sup>, Seong Hye Son<sup>1</sup>, Ho Jung Ryu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Korea Institute of Energy Research

최근, 2030년까지 신재생에너지 발전 비중을 20%로 높이는 이른바 '신재생 에너지 3020' 정책이 발표되면서 이에 대한 관심이 그 어느 때보다 높은 실정이다. 하지만 풍력, 태양광과 같은 재생에너지는 다른 에너지원과 비교하여 출력변동성이 크고 장시간 저장이 어려운 단점 등이 있어 이러한 재생 에너지의 잉여 전력을 이용한 Power-to-Gas (PTG, 전기에너지를 수소 혹은 메탄과 같은 가스형태로 전환하는 기술)에 대한 수요 또한 높아질 예정이다. PTG 기술은 크게 전기를 이용하여 수소를 생산하는 수전해 기술과 수소와 이산화탄소의 반응을 통하여 메탄을 생산하는 CO<sub>2</sub> 메탄화 기술로 나눌 수 있으며 기술적 성숙도가 높고 대용량 운전이 가능한 열화학적 메탄화 기술에 대한 관심이 점차 늘어나고 있다.

본 발표에서는 한국에너지기술연구원에서 개발 중인 전력부하 변동 대응을 위한 운전범위 확장형 알칼라인 수전해 시스템과 이를 활용한 CO<sub>2</sub> 메탄화 반응 시스템 개발 현황에 대해 소개하고자 한다[1]. 기존의 고정층 형태의 CO<sub>2</sub> 메탄화 반응기의 문제점 (촉매 열화, 코크 침적, 발열 제어의 어려움)등을 극복하기 위해 열회수가 용이하고 균일한 고체혼합이 가능한 유동층 반응기를 이용하며, 초기 촉매 성능 테스트 결과 및 향후 연구 진행 방향 등을 제시할 예정이다.

#### 참고문헌

1. Seo, M.W, et al., "The Selection of Fluidized Bed for CO<sub>2</sub> Methanation System in Power-to-Gas technology", 23rd International Conference on Fluidized Bed ConversionAICHE National Meeting, May 15, Seoul, KOREA, (2018).

CT-62

## 유기성 폐자원의 메탄화를 증진시키는 최근의 혐기성 생물전환공정 기술

김학찬<sup>1</sup>, 정대열<sup>1\*</sup>(daeyeol.cheong@lge.com), 서창원<sup>1</sup>, 이종훈<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>LG-히타치 워터 솔루션.

### Recent Technologies of Anaerobic Bioconversion Process for Enhancing Methanation from Organic Waste and Waste Biomass

Hakchan Kim<sup>1</sup>, Dae-Yeol Chenong<sup>1\*</sup>(daeyeol.cheong@lge.com), Changwon Suh<sup>1</sup>,  
Jonghoon Lee<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>LG-Hitachi Water Solutions

정부는 2030년 산업부문에서 BAU 대비 온실가스를 12% 저감하려는 목표를 제시하고 있으며 2015년 기준 산업부문 온실가스 배출량은 32,000만톤에 달하고 있으며 사용되고 있는 에너지원의 70% 이상이 화석 연료이다. 화석연료 사용으로 인해 대기 중 이산화탄소 농도 증가로 인해 지구 온난화가 가속화 됨에 따라 신 기후체제 기후변화협약에 의한 온실가스 저감 노력의 일환으로 이산화탄소 배출 Near-zero 에너지인 바이오매스, 풍력, 태양광과 같은 신재생에너지들이 주목받고 있다. 그 중에서 하수 슬러지, 음식물류 폐기물, 가축분뇨 등을 포함하는 유기성 폐기물의 처리와 동시에 혐기발효공정을 통해 생산되는 바이오가스는 전기, 열에너지 및 수송용 연료로 활용될 수 있는 잠재성을 가지고 있다. 기존 혐기발효공정을 이용하여 생산되는 바이오가스 조성은 일반적으로 메탄 60% 이산화탄소 40% 정도로 구성되어지며 바이오가스 중 메탄의 함량이 천연가스에 비해 낮고 불순가스가 많아서 저품질연료로 제한적으로 사용되어지는 데, 생산된 바이오가스 중의 메탄을 수송용 및 도시가스 연료 등의 연료로 활용하기 위하여는 고순도의 메탄으로 고품위화하기 위한 기술이 요구된다. 이에 따라 바이오가스로부터 이산화탄소를 분리/회수하는 물리화학적 방법(흡수법, 흡착법, 막분리법 등)이 적용되고 있으나 생산비용 중 정제비용이 상당 부분 차지하며, 운전 중의 메탄손실, 추가 처리가 필요한 폐수 발생 등으로 운영의 어려움이 있는 실정이다. 이와 관련하여 최근에는 혐기성 고세균이나 미세조류 등을 사용하는 생물화학적 또는 생물전기화학적 공정을 통하여 바이오가스로 부터 메탄분율의 향상을 통한 고품위화, 이산화탄소를 직접적으로 가스연료(메탄)화 하기 위한 시도 등의 많은 연구들이 진행되고 있다. 이에 본 발표에서는 다양한 공정들에서 발생하는 산업부문 이산화탄소 및 바이오가스의 이산화탄소를 생물화학적/생물전기화학적 방법을 통해 고순도의 메탄 연료로 전환하고자 하는 최근의 연구 동향 및 기술 사례들을 소개하고 공정효율에 대해 논의하고자 한다.

CT-63

## CO<sub>2</sub> BEM (Biological Electrochemical Methanation) 공정 설계 기술

유영돈\*(ydneyoo@iae.re.kr), 김수현, 최광순  
고등기술연구원

### Process Design for CO<sub>2</sub> BEM (Biological Electrochemical Methanation) Technology

Young Don Yoo\*(ydneyoo@iae.re.kr), Su Hyun Kim, Kwang Soon Choi  
Institute for Advanced Engineering

CO<sub>2</sub> BEM (Biological Electrochemical Methanation) 기술은 미생물과 전기화학적 방법을 이용하여 CO<sub>2</sub>를 CH<sub>4</sub>로 전환하는 기술로, 최근 신재생에너지로부터 생산된 전기를 이용하여 H<sub>2</sub> 또는 CH<sub>4</sub> 가스를 생산하는 Power to Gas 기술 중의 하나이다.

본 연구에서는 CO<sub>2</sub> 2Nm<sup>3</sup>/h 용량으로, 미생물만을 이용하여 CO<sub>2</sub>와 H<sub>2</sub>의 생물학적 반응을 통해 CH<sub>4</sub>를 생산하는 기술과 미생물과 전기를 동시에 공급하는 미생물-전기화학적 방법에 의해 CH<sub>4</sub>를 생산 기술에 대한 평가를 위하여, 미생물 또는 미생물+전기를 공급할 수 있는 공정과 반응기를 각각 개발하였다. 개발된 공정에 대한 공정흐름도(Process Flow Diagram)를 기반으로 한 열 및 물질수지 분석을 통해 물질 흐름도와 에너지 흐름도를 작성하여 각각 공정에 대한 효율 분석을 실시하였다. 미생물을 이용하여 CO<sub>2</sub>와 H<sub>2</sub>의 생물학적 반응을 통해 CH<sub>4</sub>를 생산하는 공정에서의 에너지효율은 78% 내외로 산정되었다. 또한 미생물이 포함된 매질과 CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> 가스와의 물질전달이 우수한 반응기 형상을 결정하기 위하여 CFD 해석을 수행한 결과로, 원통형 구조의 상류 흐름을 갖는 반응기 형상을 도출하였다.

이와같이 도출된 CO<sub>2</sub> BEM 공정을 평가하기 위하여 기존 화학촉매를 사용하는 열화학적 CO<sub>2</sub> methanation 공정과의 비교 분석을 통해 CO<sub>2</sub> BEM 공정 특성에 대해 논의하고자 한다.



9월 13일(목) 13:30 ~ 15:00

# 오염저감

광주 김대중컨벤션센터, 별관 311호



CT-64

## 고기구이 음식점 악취 실시간 모니터링을 위한 센서의 활용성 평가

정의석<sup>1</sup>, 김진완<sup>1</sup>, 임문혁<sup>1</sup>, 정환용<sup>1</sup>, 류희욱<sup>2</sup>, 이태호<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>(주)엔버스 부설기술연구소, <sup>2</sup>송실대학교 화학공학과

## Evaluation of Sensor Usability for Real-time Monitoring of Odor in Meat-Grilled Restaurant

Eui-Suk Jung<sup>1</sup>, Jin-Wan Kim<sup>1</sup>, Moon-Hyuck Im<sup>1</sup>, Hwan-Yong Jeong<sup>1</sup>,  
Hee-Wook Ryu<sup>2</sup>, Tae-Ho Lee<sup>2</sup><sup>1</sup>R&D Center, Envors Co., Ltd, <sup>2</sup>Department of Chemical Engineering, Soongsil University

현재 음식점, 농경지 퇴비(농촌), 하수도 등으로 인한 생활악취 피해가 지속적으로 증가하고 있다. 경기도의 경우 돼지고기구이에서 발생하는 악취로 인해 생긴 민원이 전체 악취 민원의 약 30% 수준에 해당할 정도이며, 또한 서울시의 경우 직화구이 음식점이 전체 생활악취 배출원 9,723 곳 중 1,650 곳을 차지하여 지난 10년간 전체 생활악취 민원 중 가장 많은 비율을 차지하는 등 점차적으로 음식점에서 배출되는 악취를 저감하기 위한 노력이 시급한 실정이다. 이에 현재 고기구이 음식점 악취를 효율적으로 저감하기 위한 연구가 진행 중에 있으며, 본 연구에서는 고기구이 음식점 악취저감시설 배출구를 대상으로 실시간 악취를 모니터링하여 악취저감시설의 효율을 판단하고, 각 지자체에 산재되어 있는 시설을 통합적으로 관리하기 위한 방안을 마련하고자 센서를 적용하여 활용성을 판단하고자 하였다.

이에 본 연구에서는 일반적인 고기구이 음식점과 유사하게 고기구이 테이블, 후드, 덕트, 송풍기 등으로 구성된 실험장치가 설치된 Lab test bed에서 실험을 수행하였다. 실험 조건은 일반적으로 음식점에서 고기를 굽는 조건(300g, 고기구이 약 10분)과 유사하게 수행하였으며, 삼겹살 및 양념 돼지갈비를 대상으로 다양한 조건에서 실험을 수행하였다. 센서가 내장된 측정기는 악취가 최종 배출되는 덕트에 설치하였으며, 고기구이 조건에 따라 배출되는 악취를 실시간으로 모니터링 하였다. 모니터링 된 결과는 SD 메모리카드 및 CDMA 통신을 통하여 서버에 저장될 수 있도록 하였으며, 실험 조건에 따른 결과를 바로 확인할 수 있도록 구성하였다. 측정기에 내장된 센서는 반도체식 센서(복합악취), 전기화학식센서(NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S), PID(TVOCs) 센서 등 총 4종류의 센서를 중심으로 측정을 진행하였다.

전반적으로 복합악취와 TVOCs의 경우 다양한 고기구이 조건에 따라서 감지되는 경향이 유사하였으며, 고기가 타는 정도에 따라서 측정되는 결과가 상이함을 확인할 수 있었다. 특히 삼겹살 고기구이 시 숯불에 불이 붙은 경우와 다량의 fume이 발생될 경우를 중심으로 복합악취 희석배수 및 TVOCs 결과가 각각 최고 약 7,500배, 약 36.3ppm로 확인되었다. 또한, 양념 돼지갈비의 경우에는 복합악취 희석배수 및 TVOCs 결과가 각각 최고 450배, 약 7.6ppm으로 삼겹살 고기구이에 비하여 전체적으로 낮은 것으로 확인되었으며, 이외에 암모니아 및 황화수소의 경우에는 두 조건 모두 전체적으로 낮은 것으로 확인되었다.

향후 센서를 이용하여 고기구이 음식점 악취배출구를 중심으로 실시간 모니터링을 통하여 효율 판단 및 배출시설 관리에 충분히 활용할 수 있음을 확인할 수 있었으며, IoT 접근 통합관리시스템 구축을 통하여 보다 효율적이며, 실용적으로 생활악취 관리를 진행할 수 있을 것으로 기대되었다.

## 사사

본 연구는 환경기술개발사업 환경정책기반공공기술개발사업(2017년) 지원에 의해 수행되었습니다.

## 참고문헌

1. 공부주 등., "음식점의 악취 발생 현황 및 측정방법 연구", 실내환경 및 냄새학회지, Vol. 16, No. 4, pp.375-392, December 2017.
2. "실시간 모니터링을 활용한 악취저감시설 최적 유지관리 방안 수립 연구", 시흥녹색환경지원센터, 2015.

## CT-65

### Removal Efficiency of lead(II) by polyphenolic derivatives

Dongfang Wang<sup>1,2</sup>, Chul-Ho Shin<sup>2</sup>, YufengZhao<sup>3</sup>, Joon-SeokPark<sup>4</sup>,  
Moonhee Ryu<sup>1,\*</sup> (ryumh@jbnu.ac.kr)

<sup>1,\*</sup>Division of Biotechnology, College of Environmental and Bioresource Sciences,  
Chonbuk National University, Korea

<sup>2</sup>Seohae Environment Science Institute, Jeonju, Korea

<sup>3</sup>Division of Semiconductor and Chemical Engineering,  
Chonbuk National University, Korea

<sup>4</sup>Department of Earth & Environmental Engineering, Kangwon National University,  
Gangwon-do, Samcheok, Korea

#### Abstract

As is well known, green tea is quite popular, and tea materials have been widely studied and used in many fields. However, the benefits of green tea are mainly attributed to the polyphenolic compounds contained in the leaves, such as catechin, (-)-epigallocatechin gallate (EGCG) and gallic acid (GA). EGCG, which has the most effective bioactivities, is the main component of catechins in teas. With abundant hydroxyl groups, EGCG shows extra high affinity to chelate with metal ions. Gallic acid, as a nontoxic organic acid with the pyrogallol structure, also has been employed in many applications. Besides, it can be used to synthesize the gallic acid - formaldehyde resin, which can adsorb considerable metal ions by chelation. In present work, the adsorption mechanism of Pb(II) by EGCG and gallic acid - formaldehyde resin were studied by scanning electron microscope (SEM), UV-Vis absorption spectrometry, FTIR spectrometry, and X-ray photoelectron spectroscopy (XPS). And the influences of pH, contact time, initial concentration, temperature, and ionic strength on Pb(II) adsorption were also explored. The results indicated that EGCG and gallic acid - formaldehyde resin were potential materials to be utilized in wastewater treatment.

#### References

1. Bansal, S., Choudhary, S., Sharma, M et al., "Tea: A Native Source of Antimicrobial Agents," *Food Res. Int.*, **53**, 568-584 (2013).
2. Bazinet, L., Arayafarias, M., Doyen, A., Trudel, D., Têtu, B., "Effect of Process Unit Operations and Long-Term Storage on Catechin Contents in EGCG-Enriched Tea Drink," *Food Res. Int.*, **43**, 1692-1701 (2010).
3. Ghosh, K. S., Sahoo, B. K., Jana, D., Dasgupta, S., "Studies on The Interaction of Copper Complexes of (-)-Epicatechin Gallate and (-)-Epigallocatechin Gallate with Calf thymus DNA," *J. Inorg. Biochem.*, **102**, 1711-1718 (2008).
4. Yen, G. C., Duh, P. D., Tsai, H. L., "Antioxidant and pro-oxidant properties of ascorbic acid and gallic acid," *Food Chem.*, **79**, 307-313 (2002).
5. Foyer, G., Chanfi, B. H., Boutevin, B., Caillol, S., David, G., "New Method for The Synthesis of Formaldehyde-Free Phenolic Resins from Lignin-Based Aldehyde Precursors," *Eur. Polym. J.*, **74**, 296-309 (2016).
6. Chang, X., Li, M., Liu, Q., Liu, Q., Yao, J., "Adsorption-Reduction of Chromium(VI) from Aqueous Solution by Phenol-Formaldehyde Resin Microspheres," *Rsc Adv.*, **6**, 46879-46888 (2016).

CT-66

## 섬유 텐터공정의 백연 및 악취 저감효과 분석

이태호<sup>1</sup>, 류희욱<sup>1</sup>, 양우영<sup>1</sup>, 박희재<sup>2</sup>,  
<sup>1</sup>송실대학교 화학공학과, <sup>2</sup>시흥녹색환경지원센터

### Evaluation of Removal of Dust and odor from Textile Industry.

Tae Ho Lee<sup>1</sup>, Hee Wook Ryu<sup>1</sup>, Woo Young Yang<sup>1</sup>, Hee Jae Park<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Chemical Engineering, Soongsil University, <sup>2</sup>Siheung Green Environment Center

현재 시화/안산 산단에는 134개소(시화 22, 반월112)의 섬유 공장들이 단지를 이루어 염색/가공등의 생산을 하고 있다. 이러한 섬유염색업종은 악취 민원과 더불어 발생하는 백연으로 인해 여러 민원을 야기하고 있다. 일반적으로 섬유 염색공정은 전처리(발호, 정련, 표백, 머서화), 염색, 후처리(텐터)로 구성되는데 대부분의 악취 및 백연 발생은 다림질 공정인 텐터공정에서 유연제와 수증기가 고온에서 증발하며 발생한다. 다른 악취유발 업종과는 달리 미세 유분을 포함하는 백연이 함께 발생하므로 후각적 문제 뿐만 아니라 시각적인 민원이 함께 제기되고 있다. 따라서 미세 유증기 또는 백연을 제거함으로써 악취 및 시각적 문제를 해결하고자 스크러버, 전기집진기, 멀티필터 등의 다양한 기술이 적용되고 있으나 악취와는 달리 백연의 저감정도는 현재 측정하는 방법이 정립되어 있지 않은 실정으로서 이들 방지시설들의 효율 도출 역시 난항을 겪고 있다. 기존에는 일반적으로 먼지/미세먼지를 측정하는 케이스케이드 필터를 이용한 중량법에 의해 측정하였으나 백연의 구성성분이 대부분 고체가 아닌 액체라는 점에서 기존 측정법으로 저감정도를 도출하는 데에 문제가 있어왔다. 현재 섬유 염색공정의 백연을 효율적으로 저감하기 위한 연구/시범사업이 진행 중에 있으나, 그 제거효율 도출에 백연 분석방법 검토가 매우 중요하므로 본 연구에서는 염색공장 백연/악취저감시설 배출구를 대상으로 백연 정도를 분석/비교하여 저감시설의 효율을 추정하였다. 각 지자체에 산재되어 있는 시설을 통합적으로 관리하기 위한 방안을 마련하고자 광산란법을 적용하여 활용성을 판단하고자 하였다.

이에 본 연구에서는 일반적인 광산란 장치의 낮은 측정범위를 극복하여 매우 높은 농도의 백연을 측정하고자 DustTrak(II)(TSI, USA)를 이용하여 입출구의 백연농도를 측정하였으며 중량법과 동시에 수행하여 그 정도 비교를 하였다. 일반스크러버와 전기집진방식의 저감시설에 대해 백연정도를 도출하였으며 이러한 백연의 저감 정도가 악취 및 개별악취물질에 미치는 영향을 공기희석관능법과 GC/MS에 의해 분석하였다.

연구결과 방지시설의 악취제거 및 비산먼지 제거능을 측정하는 방법으로 광산란법의 적용이 가능함을 알 수 있었으며 방지시설의 백연저감 성능을 현장에서 확인할 수 있는 유용한 도구중의 하나로 판단된다. 그 결과 여러 섬유업체의 분석결과 유연제 사용량에 따라 미세먼지 발생량이 증가한다는 것을 알 수 있었다. 그리고 텐터 공정의 주요 악취물질은 Toluene, Benzothiazole, 1,1'-[oxybis(methylene)] bis-Benzen로 분석되었으며 미량 물질로는 2-butoxy ethanol, Benzaldehyde, hexadecane, heptadecane, nonadecane, octadecane 등의 hydrocarbon들이 입출구에서 검출되었다.

대체적인 일반 습식세정탑의 경우 미세먼지 제거율이 17%, 습식전기집진 저감장치 입출구의 백연 제거효율은 92%로서 습식전기집진기가 더 우수하다는 것을 광산란법을 통해 알아내었다. 또한 개별악취물질의 제거 또한 효과적인 것으로 조사되었다.

#### 사사

본 연구는 시흥녹색지원센터 지원에 의해 수행되었습니다.

CT-67

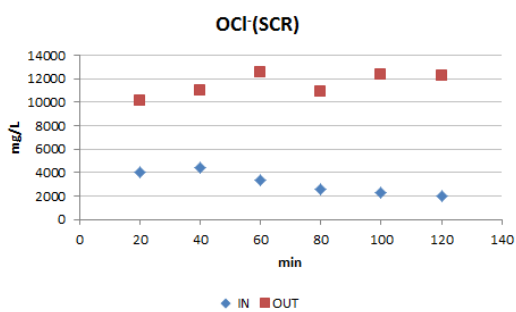
전해산화수 시스템을 이용한 악취제거효율에 관한 연구

홍성오<sup>1</sup>, 한문조<sup>1</sup>, 박준용<sup>1</sup>, 이태호<sup>2</sup>,  
<sup>1</sup>(주)우진이엔지, <sup>2</sup>송실대학교 융합연구원

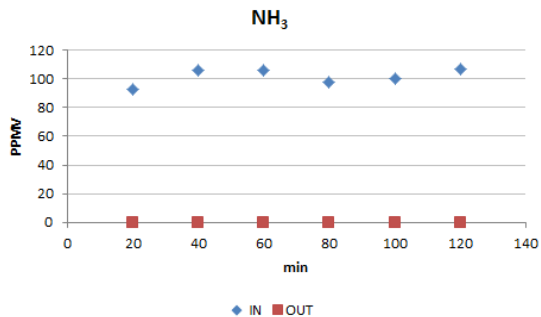
A Study on the odor removal effect of Electorlytic Oxidation System

Sung Oh Hong<sup>1</sup>, Tae Ho Lee<sup>2</sup>, Moon Jo Han<sup>1</sup>, Jun Yong Park<sup>1\*</sup>(wojin948@hanmail.com)  
<sup>1</sup>Woo Jin Co.,Ltd, <sup>2</sup>Soongsil University

최근 화학물질 관리법에 의해 화학물질의 생산, 유통, 관리기준이 강화됨에 따라 약액세정 방식의 세정탑 등에서의 산, 알칼리제의 보관 및 방지시설의 운전 관리에 대한 기준이 강화되어지고 있다. 따라서 강화된 화학물질 관리법 기준에 대응하기 위해 별도의 유해 화학물질 저장이 필요없는 무약품 대기 방지시설로써 전기분해를 이용한 유해물질/악취제거 기술을 개발 중이다. 본 연구에서는 암모니아를 제거 대상물질로 선정하여 흡수탑을 이용한 제거연구를 수행하였고 산화제로서 소금물의 전기분해에 의해 생산된 차아염소산 나트륨을 이용하였다. 전해 산화수 시스템을 이용해 산화제를 지속생산하고 암모니아를 흡수한 산화제를 전기분해를 통해 연속 재생하는 무약품 방지기술을 개발하고자 했다. 스크러버 유입 암모니아 농도 및 공탑속도 변화에 따른 제거능을 알아보았고 이때 순환수조내 산화제의 농도 및 암모니아 이온농도를 추적하여 지속적인 암모니아 제거와 산화제 농도 유지가 가능한지 조사하였다. 아울러 전기산화 시스템의 유입/유출 암모니아 농도 및 산화제 농도의 거동을 알아봄으로써 전기산화에 의한 공기중 암모니아의 지속적인 제거능을 도출하였다.



<전해수조 유/출입 차아염소산 농도>



<흡수탑 유입/유출 암모니아 농도>

사사: 본 연구는 환경부의 '환경기술 선진화사업'의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다.  
 (E318-00012-0701-1)

9월 13일(목) 13:30 ~ 16:30



# 바이오연료 및 소재

광주 김대중컨벤션센터, 별관 312호





CT-68

## Photosynthetic Conversion of CO<sub>2</sub> to bioenergy and biochemical

Mikyoung Jung, Young-Eun Kim, Sungjun An, Jaehyeon Lee, You-Kwan Oh\*  
(youkwan@pusan.ac.kr)

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

A CO<sub>2</sub> biorefinery is a relatively new term referring to the conversion of carbon dioxide (via biomass synthesis) into a host of valuable biochemical and bioenergy with minimal waste and emissions. Microalgae are photosynthetic microorganisms, which can grow using CO<sub>2</sub> and solar light using carbon and energy sources, respectively. Microalgal biomass is considered to be one of leading feedstock candidates for application to large-scale production of sustainable bioenergy and biochemical. Microalgal biorefinery is a sequential process that consists of strain selection, cultivation, harvesting, products extraction, and conversion/purification. Notwithstanding the extensive research of the last few decades, bioenergy and biochemical productions from microalgae are not yet economically viable. In this talk, several challenging issues for practical applications and recent achievements especially in our research group would be presented and discussed. Various algal products and technologies would be detailed regarding bio-oil, bio-crude, bio-diesel, bio-hydrogen, bio-methane, bio-ethanol, levulinate, Sn/C composite for battery anode, heat, power, and hydrogen.

CT-69

## Preparation and characteristics of Bamboo activated carbon through H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> pretreatment and steam activation

Jeong Woo Park<sup>1</sup>, Hoang Vu Ly<sup>1</sup>, Eun Ki Kim<sup>1</sup>, Jinsoo Kim<sup>2</sup>, Seung-Soo Kim<sup>1\*</sup>  
(sskim2008@kangwon.ac.kr)

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

<sup>2</sup>Department of Chemical Engineering, Kyung Hee University, 1732 Deokyeong-daero, Yongin, Kyeonggi-do, 17104, Korea

The bamboos are evergreen perennial plant, and known as one of the most productive and the fastest-growing plants in the world, which grows quickly in a moderate climates with only moderate water and fertilizer. Traditionally in Asia, bamboo is used for building materials, as a food source, and as versatile raw materials. The bamboos can be transformed to prepare activated carbon using a thermal treatment of pyrolysis. The effect of process variables such as the mixing ratio of phosphoric acid and bamboo, carbonization temperature, activation temperature and time, and the amount of steam were systematically investigated to optimize the preparation conditions. After steam activation, the BET surface area of the solid products was in the range 521.69-1385.55 m<sup>2</sup>/g. The adsorption capacity of iodine reached to highest value of 1284.93 mg/g with the mixing ratio of bamboo and phosphoric acid at 1:1 (1.4 ml-H<sub>2</sub>O/g-char·hr, 750 °C, 2 h). Also, SEM, EDS, and FT-IR analysis were performed to determine the characteristics of activated carbon.

**Keyword:** Bamboo, Active carbon, Steam activation, Phosphoric acid

### References

1. Mohan D., Pittman C.U., and Steele P.H., "Pyrolysis of wood/biomass for bio-oil: A critical review", *Energy Fuels*, **20**(42), 848-889 (2006).
2. Ip A.W.M., Barford. J.P., McKay G., "Production and comparison of high surface area bamboo derived active carbons", *Bioresour. Technol.*, **99**(8), 8909-8916 (2008).
3. Kumar. A., Jena. H.M., "Preparation and characterization of high surface area activated carbon from Fox nut (*Euryale ferox*) shell by chemical activation with H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>", *Results in Physics*, **6**(8), 651-658 (2016).

CT-70

## 한국의 거대조류 기반 대규모 바이오 리파이너리의 구현 잠재력

모하마담인 자레이, 유 준\*(jayliu@pknu.ac.kr)  
부경대학교 화학공학과

## Potential of large-scale implementation of macroalgae-based biorefineries in Korea

Mohammadamin Zarei, Jay Liu (jayliu@pknu.ac.kr)  
Department of Chemical Engineering

### 요약

Increasing fuel usage and scarcity of fossil energy resources (oil, gas etc.) lead to the increasing use of biomass based fuels and energy. Therefore, availability of abundant resource for biomass feedstock is a key for reducing dependence of fossil based fuels and energy. On the other hand, Korea has advanced technology on macroalgae cultivation and considerable amount of annual production which can be converted to bioethanol. Therefore, macroalgae as biomass feedstock is one of the best choices to meet national biofuel demand.

For the reasons mentioned above we propose a supply chain model to determine strategic level (long term period) of bioethanol production in term of economic aspect. We developed mixed integer linear programming for this model using macroalgae as our feedstock. In this model we deal with all aspects of supply chain, which are upstream (production, harvest, pre-processing and storage), midstream (biorefinery) and downstream (distribution to consumer) including transportation. The goal of the study is minimizing total cost by means of taking into account the fixed and operating costs of technologies used in the model and optimising it to reach the demand. To investigate the proposed model a case study is presented that considers potential ability of macroalgae production for every region in Korea.

## CT-71

### Fractional catalytic fast pyrolysis of bamboo with HZSM-5 and red mud for upgrading bio-oil

Hoang Vu Ly<sup>1</sup>, Jeong Woo Park<sup>1</sup>, Jinsoo Kim<sup>2</sup>, Seung-Soo Kim<sup>1\*</sup>  
(sskim2008@kangwon.ac.kr)

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

<sup>2</sup>Department of Chemical Engineering, Kyung Hee University, 1732 Deokyeong-daero, Yongin, Kyeonggi-do, 17104, Korea

#### **Abstract**

As lignocellulose biomass, bamboo consisted of cellulose, hemicellulose and lignin, which can be converted into fuels by pyrolysis. The produced bio-oils contain high amount of oxygenates, therefore, these bio-oils should be upgraded to allow them to be used as a fuel source. Catalytic fast pyrolysis is an improved method of pyrolysis in which the biomass can be converted into higher quality bio-oil by upgrading the pyrolysis vapor under influence of catalyst [1, 2].

In this study, the thermal conversion characteristics of bamboo was analyzed from 25 to 700 °C in nitrogen using thermogravimetric analysis, and it was mainly decomposed between 230 °C and 400 °C. The fast pyrolysis of bamboo was performed in a bubbling fluidized-bed reactor under various reaction conditions to investigate the effects of these parameters on product yield and bio-oil quality. The system used silica sand, HZSM-5 and red mud catalysts as the fluidizing bed materials and nitrogen as carrier gas. The bio-oil yield was between 45.77 and 54.03 wt.% compare to those of 52.02 wt% (HZSM-5) and 50.38 wt% (red mud) using catalysts. The catalysts rejected oxygen mostly as water, and produced lower amounts of CO and CO<sub>2</sub> but higher amounts of H<sub>2</sub> and hydrocarbons gas. The C=O groups such as carboxylic acids and derivatives were decreased on the analysis of <sup>13</sup>C NMR spectra of bio-oil with using catalysts.

**Keyword:** Catalytic fast pyrolysis, Fluidized-bed reactor, Bamboo.

#### **References**

1. Agblevor, F. A., Beis, S., Mante, O., Abdoulmoumine, N., "Fractional Catalytic Pyrolysis of Hybrid Poplar Wood", Ind. Eng. Chem. Res., 49(8), 3533 (2010).
2. Graça, I., Lopes, J. M., Cerqueira, H. S., Ribeiro, M. F., "Bio-oils Upgrading for Second Generation Biofuels", Ind. Eng. Chem. Res., 52(1), 275 (2013).

CT-72

## Convergence study of electrochemical systems and biocatalysts for CO<sub>2</sub> conversion

Soo Youn Lee<sup>1</sup>, Sang Min Lee<sup>1</sup>, Min-Sik Kim<sup>1</sup>, Taek Dong Chung<sup>2</sup>, You-Kwan Oh<sup>3</sup>, Jin-Suk Lee<sup>1</sup>  
(syl@kier.re.kr; bmjslee@kier.re.kr)

<sup>1</sup>Gwangju Bio/Energy R&D Center, Korea Institute of Energy Research, Gwangju 61003, Korea,  
<sup>2</sup>Department of Chemistry, College of Natural Science, Seoul National University, Seoul 08826, Korea, <sup>3</sup>Chemical & Biomolecular Engineering, Pusan National University, Busan 46241, Korea

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>. For instance, the theoretical potential for reduction CO<sub>2</sub> electrochemically to formic acid under standard conditions is -0.199 V (vs. NHE). 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 they are nonspecific and produce mixtures of 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 enzymatic and bacterial electrosynthesis of desired fuels under excess electrical energy. In this work, we focus on the electrochemical CO<sub>2</sub> reduction with high selectivity at low bias potential by employing electrochemical system and biocatalysts such as enzymes, bacteria and microalgae.

CT-73

## 다시마의 열수액화와 열수가스화를 이용한 열, 전력, 수소의 삼중생산 경제성 연구

니아즈 하이더, 브리글예비치 보리스, 유 준\*(jayliu@pknu.ac.kr)  
부경대학교 화학공학과

### Economic feasibility of combined heat, power and hydrogen production via hydrothermal liquefaction followed by hydrothermal gasification of *Saccharina japonica*

Haider Niaz, Boris Brigljevic, Jay Liu (jayliu@pknu.ac.kr)  
Department of Chemical Engineering

#### 요약

Hydrothermal liquefaction (HTL) of *Saccharina japonica* in 1:7 ratio with water at a temperature of 300°C and at an autogenous pressure of 86 bars yields a liquid conversion of 91.0 % with a phase distribution of 88.4 wt.% liquid, 8.8 wt.% solids and 2.8wt.% of gas. The gaseous product from hydrothermal gasification of the HTL liquid product at a temperature of 350 °C is fed to steam reforming at a reforming temperature of 1,000 °C. The reforming product passed through a two-stage water gas shift conversion at varying temperatures of 350 °C and 230 °C for maximum conversion of CO into CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>. Pressure swing adsorption lead to a total hydrogen production of 2,600 kg/hr with a feed of 80,000 kg/hr. In house steam generation with help of total heat integration not only reduced the dependence on the external utilities but also produced 24MW of surplus power. The total capital investment for the plant was estimated to be \$84.0MM with an operating cost of \$80MM/year. The annual net present value was calculated to be \$340MM with a minimum hydrogen selling price to be \$1.855/kg. Technoeconomic analysis shows, hydrogen production via this thermochemical route can add fruits to the energy sector.

CT-74

## 연료와 화학제품을 생산하는 거대조류 기반 바이오 리파이너리 공정설계: 수퍼 구조 기반 접근법

딕슨 로피스, 유 준\*(jayliu@pknu.ac.kr)  
부경대학교 화학공학과

### Process design of macroalgae based biorefinery producing fuel and chemicals: A superstructure based approach

Rofice Dickson, Jay Liu (jayliu@pknu.ac.kr)  
Department of Chemical Engineering

#### 요약

Process flowsheet optimization of seaweed-based biorefinery coproducing bioethanol, protein rich solids, succinic acid, and microalgae production was performed. The major goal was to find the optimal processing route which produces minimum carbon emissions and poses high economic potential. The proposed superstructure contains thirty design alternatives (including different pretreatment steps, fermentation, carbon dioxide mitigation alternatives, and different separation technologies). For ethanol purification, interesting design alternatives such as hybrid distillation, multi-effect distillation was also presented and compared with classical ethanol purification route. A techno-economic model was formulated by taking into account mass and energy balance and capital and manufacturing constraints. The resulting model was MINLP and solved in GAMS software. Global optimization was performed by using BARON solver. Numerical results are computed for two optimization scenarios such as: maximize net present value (NPV), and minimize carbon emissions. Sensitivity analysis was performed to identify the major cost drivers to process. Results indicated that optimal design achieved more than 90% reduction in carbon dioxide. The minimum ethanol selling price (MESP) of \$1.2/gal, and NPV of 204 MM\$ was obtained.

CT-75

## Sulfonic Acid-Functionalized Graphene oxide catalyst for Direct Chemical Conversion of Xylan into Furfural

Pravin Upare<sup>1</sup>, Maeum Lee<sup>1</sup>, Dong-Won Hwang<sup>1</sup>, Jong-San Chang<sup>2</sup>, Young Kyu Hwang<sup>1\*</sup>  
(ykhwang@kRICT.re.kr)

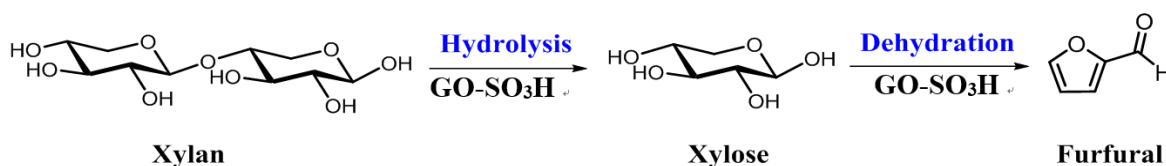
<sup>1</sup>Green Carbon Research Group, Korea Research Institute of Chemical Technology (KRICT), 141 Gajeong-Ro, Yuesong, Daejeon 305-600, Korea

<sup>2</sup>Conversion Chemical Processes division, Korea Research Institute of Chemical Technology (KRICT), Daejeon, 305-600, Korea, Fax: (+) 82-42-860-7676

### Abstract

Utilization of renewable biomass for the chemical production has been a growing interest in the current bio-based industries [1-3]. Furfural has been identified as one of the most promising platform chemical directly derived from biomass by DOE [1]. One step chemical conversion of hemicellulose (xylan) to furfural in presence of acid functionalized catalysts is one of the great importance in the bio-refinery [2].

Catalytic process for the direct production of furfural from biobased Xylan was developed using Graphene oxide (GO) grafted with  $-SO_3H$  group (GO-SO<sub>3</sub>H). GO-SO<sub>3</sub>H has shown its superior catalytic activity in the production furfural from xylan, and it produced maximum 86% of furfural yield within 90 min of reaction time without any char formation. The present catalytic results encourage the utilization of GO-SO<sub>3</sub>H in the production of value added chemicals from biomass. Furthermore, reusability of GO-SO<sub>3</sub>H was successfully investigated. Interestingly, it had retained its catalytic activity without significant loss in catalytic activity up to fifth recycle. More importantly, we did not observed any char formation and leaching of sulfur in the reaction medium. Nevertheless, the presence of Brønsted acid (SO<sub>3</sub>H sites) together with other oxy functional groups are very important in such types of biomass conversions processes. The presence of oxy-functional groups not only strengthen grafting of  $-SO_3H$  with GO which probably prevented leaching into the reaction medium, but also helps to enhance the sorption capacity of substrate on GO-SO<sub>3</sub>H. Additionally, structural characteristics and morphology of the catalysts were determined using different characterization techniques such as, XRD, XPS, FTIR, Pyridine-FTIR, CHNS elemental analysis, SEM, TEM etc.



Scheme 1. Chemical conversion of Xylan to furfural over GO-SO<sub>3</sub>H.

### References

- Hu L., Zhao G., Hao W., Tang X., Sun Y., Lin L., Liu S., RSC Adv. 2, 11184-11206 (2012).
- Mamman A. S., Lee J. M., Kim Y. C., Hwang I. T., Park J. N., Hwang Y. K., Chang J. S., Hwang J. S., Biofuel. Bioprod. Bioref. 2, 438-454 (2008).
- Upare P. P., Yoon J.-W., Kim M. Y., Kang H. Y., Hwang D. W., Hwang Y. K., Kung H. H., Chang J. S., Green Chem.15, 2935-2943 (2013).



CT-76

## 발전용 바이오연료 개발

김재곤\*, 황인하(jkkim@kpetro.or.kr)  
한국석유관리원 석유기술연구소,

## Development of Bio-fuel for Power Generation

Jae-Kon Kim\*, Inha Hwang(jkkim@kpetro.or.kr)  
Research Institute of Petroleum Technology, Korea Petroleum Quality & Distribution  
Authority(K-Petro)

Recently, many countries carry out many renewable energy policies to accelerate the renewable energy consumption and to reduce the Greenhouse gas emissions. As Korean government has activated the RPS(Renewable Portfolio Standards, national renewable energy obligation policy in power generation field) since 2012, producers have been seeking and using the various renewable resources to meet the RPS quota. One of these efforts, demonstration project of bio-fuel for power generation is being conducted to check the operability and compatibility with fossil fuel, bunker-C from 2014. In general, bio-fuel for power generation is composed of the mixtures of vegetable oils, animal fats and fatty acid methyl (ethyl) esters. Main compositions of these crude oils are triglycerides (TAG), free fatty acids (FFA) and fatty acid methyl esters (FAME). The oil's quality and combustion characteristics are different from conventional oil, bunker-C in current power plant facility. In this study, recent progresses on demonstration project of bio-fuel for power generation and its fuel characteristics of fuel quality, emission performances in industrial boilers.



9월 12일(수) 14:30 ~ 16:30



# 포스터세션 I

광주 김대중컨벤션센터, 별관 중앙홀



PA-01

## 피혁 폐기물로부터 단백질 가수화물의 추출, 분리, 정제 기술

김은지<sup>1\*</sup>, 백인규<sup>1</sup>, 박재형<sup>1</sup>, 윤영호<sup>2</sup>(ejkim@kiflt.re.kr)  
<sup>1</sup>한국신발피혁연구원, <sup>2</sup>(주)기륭산업

### Extraction, Separation and Purification of Protein hydrate from Leather Waste

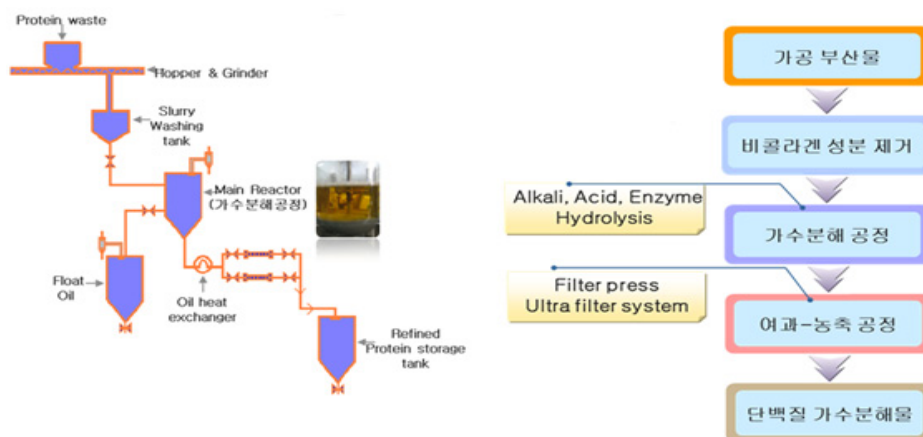
Eun Ji Kim<sup>1\*</sup>, In Kyu Paik<sup>1</sup>, Jae Hyung Park<sup>1</sup>, Young Ho Woon<sup>2</sup>(ejkim@kiflt.re.kr)  
<sup>1</sup>Korea Institute of Footwear & Leather Technology, <sup>2</sup>Kirung Industry Co., LTD.

#### 서론

최근 환경오염에 대한 문제가 사회적으로 대두됨에 따라 환경 규제가 강화되고 있는 실정이다. 특히 탄소 배출권 규제에 대응하기 위해서는 에너지 절감이나 소재 산업분야에서의 재생 가능한 원료로 대체하는 것이 필요하다. 이를 위해 기존 석유화학계 원료를 이용한 제품 개발을 지양하고 자연계에서 수득이 가능한 천연물계 원료를 활용하는 연구가 진행되고 있다. 천연물계 원료 중 하나인 단백질은 피혁 폐기물에 얻을 수 있는데 현재까지 발생하는 연간 40만 톤의 피혁 폐기물은 매립이나 소각으로 처리하고 있어 2차 환경 오염을 유발시키고 폐기물 처리 비용을 발생시키는 문제가 있다. 따라서 본 연구에서는 피혁 폐기물에서 단백질 가수화물을 추출, 분리, 정제하여 친환경 천연물계 원료를 생산하고 더불어 피혁 폐기물의 절감과 폐기물 재활용으로 인한 원가 절감 및 2차 오염방지로 인한 환경 문제를 개선하고자 한다.

#### 실 험

피혁 폐기물은 단백질 외에도 수분, 지방, ash 등으로 이루어져 있어 산, 알칼리, 효소 처리에 의해 단백질을 추출하고 분리 한 뒤 이를 정제하는 공정이 필요하다. 산 처리에 의한 가수화물의 제조는 분자량 조절이 쉬우나 원료에 포함된 중금속을 제거하는데 어려움이 있고 알칼리 처리에 의한 가수화물의 제조는 중금속 제거는 쉬우나 단백질 회수율이 떨어지는 단점이 있어 이를 조절하여 최적 공정을 확립하고자 한다.



< 폐단백질 가수화물 제조 공정 >

## PA-02

### Simultaneous *in situ* detection of Pb<sup>2+</sup> and Hg<sup>2+</sup> using nuclease-resistant DNA aptamer on gold nanoparticles

Joong Hyun Kim\*, Chan Ho Chung, Hyunjin Kim (jhkim@dgmif.re.kr)

Medical Device Development Center, Daegu-Gyeongbuk Medical Innovation Foundation, Daegu, South Korea

Herein a method for a simultaneous *in situ* detection of Pb and Hg using nuclease-resistant DNA aptamer on gold nanoparticles was developed. Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP/MS) has been traditionally used for the detection of heavy metals. However, ICP/MS and other conventional methods, such as atomic absorption spectrometry, anodic stripping voltammetry, capillary electrophoresis, and X-ray fluorescence spectrometry, are not suitable for the fast detection and effective treatment of heavy metals because of the sophisticated equipment that is required or the necessity of the harmful retreatment of samples.

There has been great progress in the development of functional DNA-based sensors for the *in situ* detection of metal ions. However, many functional DNAs such as aptamers and DNAzymes are vulnerable to hydrolysis by nucleases. In addition, the detection methods that are based on DNA often exhibit interference due to the concentrations of other ions, such as K<sup>+</sup> and Na<sup>+</sup>. Therefore, we selected highly Pb<sup>2+</sup>-specific DNA-aptamer sequences based on CD spectroscopy of 4 G-rich DNA sequences and Hg<sup>2+</sup>-specific T-rich DNA sequences and immobilized them on gold nanoparticles for the simultaneous detection of Pb<sup>2+</sup> and Hg<sup>2+</sup>. We used gold nanoparticles because these have a superior fluorescence-quenching efficiency over a broad range of wavelengths compared with other organic quenchers. In addition, gold nanoparticles have a stabilizing effect on the immobilized DNA, which makes it more resistant to degradation by nucleases than free DNA. As a result, even in the presence of DNase, we were able to simultaneously detect Pb<sup>2+</sup> and Hg<sup>2+</sup> in a real sample at concentrations as low as 128 pM and 121 pM, respectively, within 10 min. These detection limits for Pb<sup>2+</sup> and Hg<sup>2+</sup> were 39-fold and 26.4-fold lower, respectively, than the detection limits that were obtained using free DNAs. Given the multi-color-fluorescence quenching capability of the gold nanoparticles and the possibility of developing functional nucleic acids for the detection of other metal ions, this study extends the application of oligonucleotides to a *in situ* detection system for the detection of multiple harmful metal ions in real samples

#### 참고문헌

1. Ewing, G.W., Analytical Instrumentation Handbook, M, 2nd ed., Dekker, New York. 1997
2. Liu, C.W., Huang, C.C., and Chang, H.T., "Highly selective DNA-based sensor for lead(II) and mercury(II) ions" *Anal. Chem.* **81**(6), 2383-2387 (2009).
3. Seferos, D.S., Prigodich, A.E., Giljohann, D.A., Patel, P.C., Mirkin, C.A., "Polyvalent DNA nanoparticle conjugates stabilize nucleic acids" *Nano Lett.* **9**(1), 308-311 (2009)
4. Chung, C.H., Kim, J.H., Jung, J., Chung, B.H. "Nuclease-resistant DNA aptamer on gold nanoparticles for the simultaneous detection of Pb<sup>2+</sup> and Hg<sup>2+</sup> in human serum". *Biosens. Bioelectron.* **15**(41), 827-32 (2013)

PA-03

## 난연성을 가지는 UV경화 점착 수지의 제조 및 특성 연구

김은지<sup>1</sup>, 백인규<sup>1</sup>, 차인경<sup>2</sup>, 박재형<sup>1\*</sup>(jhpark@kiflt.re.kr)  
<sup>1</sup>한국신발피혁연구원, <sup>2</sup>(주)건양

### Preparation and Characterization of UV Cure Adhesive Resin with Flame Retardancy

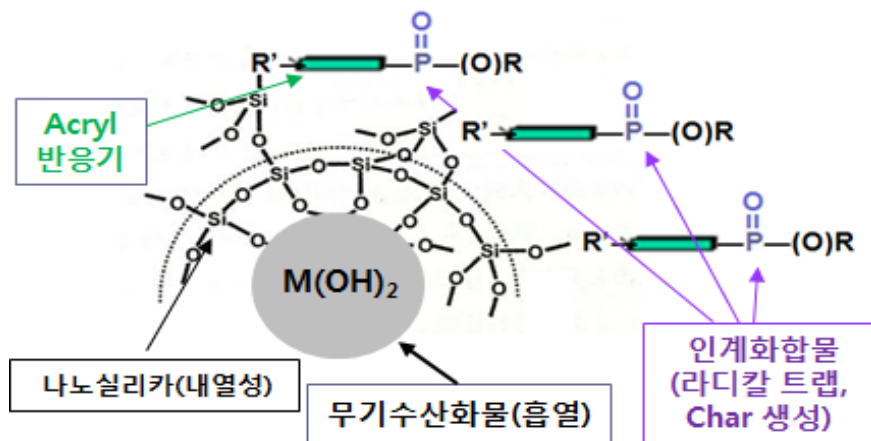
Eun Ji Kim<sup>1</sup>, In Kyu Paik<sup>1</sup>, In Gyeong Cha<sup>2</sup>, Jae Hyung Park<sup>1\*</sup>(jhpark@kiflt.re.kr)  
<sup>1</sup>Korea Institute of Footwear & Leather Technology, <sup>2</sup>Kun Yang Co., LTD.

#### 서론

최근 안전관리 규제가 강화됨에 따라 소방시설 설치 및 안전관리에 관한 법률이 개정되고 이에 대한 대응책을 요구하고 있는 실정이다. 특히, 소방 법률 강화로 인해 건축 재료의 난연 특성을 주목하고 있는데 이는 인테리어 시트에도 적용되고 있다. 인테리어 시트는 투명필름, 인쇄지, 점착제, 이형지로 구성되어 있는데 난연 특성의 부여를 위해서는 점착제로 사용되는 수지에 난연 첨가제를 적용하여 난연성을 부여할 수 있다. 최근 신축에서 리모델링을 중심으로 인테리어 트렌드가 변화하고 있고 소비자가 요구하는 패턴이 다양해져 인테리어 시트의 수요는 점차 증가할 것으로 예상되며 여기에 난연 특성을 부여한다면 그 수요는 더 확대될 것으로 판단됨으로 본 연구를 통해 난연 특성을 부여한 인테리어 시트용 점착 수지를 개발하였다.

#### 실험

난연성을 가지는 점착 수지의 제조를 위해 먼저 점착 수지의 난연성 부여를 위해 인계 난연제 7종을 선정하여 단독으로 변량 적용하고 이에 대한 점착 시트의 물성을 확인한 다음 우수한 난연 특성을 가진 첨가제를 선별하여 혼합 적용함으로써 최적의 배합 조건을 확립하였다. 난연제의 사용량은 점착 수지의 고형분 대비 무게 %로 하여 점착 수지와의 후 배합을 통해 변량 진행하였으며 점착 수지의 화학구조는 아래 그림과 같다.



< 난연성을 가지는 점착 수지의 화학 구조 >

PA-04

## 경주지역 석조문화재 산성오염물질과 반응 특성

정종현, 정민호<sup>1</sup>, 피영규, 최창훈<sup>2</sup>, 손병현<sup>3</sup>  
대구한의대학교 보건학부, <sup>1</sup>국립경주문화재연구소, <sup>2</sup>H.S.E Tech, <sup>3</sup>한서대학교 환경공학과

### Acid Contaminants and Reaction Characteristics of the Stone Cultural Properties in Gyeongju

Jong-Hyeon Jung, Min-Ho Jeong<sup>1</sup>, Young-Gyu Phee, Chang-Hoon Choi<sup>2</sup>, Byung-Hyun Shon<sup>3</sup>  
Faculty of Health, Daegu Haany University, <sup>1</sup>Gyeongju National Research Institute of Cultural Heritage, <sup>2</sup>H.S.E. Tech., <sup>3</sup>Dept. of Environmental Engineering, Hanseo University

본 연구에서는 청동기시대와 고신라시대와 통일신라 및 신라시대에 조성되어 만들어진 경주 석장동 암각화, 성덕왕릉, 괘릉, 노서동 석불입상의 훼손 및 풍화과정을 모니터링 하였고, 대상지역 석조문화재 표면에서의 반응 특성을 확인하였다. 대상지역 및 주변지역에서 채취한 오염물질 시료를 활용하여 평가작업을 수행하였으며, 이동오염원과 도심지역에서 배출되는 유해오염물질의 영향을 검토하였다. 이와 함께 각종 산업공정에서 배출되는 배가스 및 이동오염원에 의한 차량 배가스 등에서 생성된 황산화물, 질소산화물 등과 같은 각종 환경오염물질에 의하여 물리·화학적 풍화훼손 진행과정을 점검하였다. 대상지역 석조문화재 표면의 광물질은 오염물질과 접촉하여 화학반응이 진행되고 있었다. 대상지역 석조문화재와 입자표면 오염물질의 성분 중에서 탄소(C), 질소(N), 황(S) 성분 등의 경우 검출되었다. 석조문화재 표면에서는 각종 환경오염물질과 가스상물질 등을 산화반응이 진행되며, 생성된 환경오염물질은 이차 입자로서 황산암모늄 및 질산암모늄과 같은 입자상물질 및 유해환경오염물질과 지속적으로 생성 및 반응하는 것으로 판단된다.<sup>1-4)</sup>

#### 사사

이 연구는 2016년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 이공학 개인기초연구 지원사업(No. 2016-R1D1A1B03-936168)이며, 이에 감사드립니다.

#### 참고문헌

1. Jung, J. H., "Effects of air pollutants on the health/environmental risk assessment and weathering of stone cultural properties in Gyeongju and its vicinities", *Daegu Haany University, Ph.D Dissertation*, (2008).
2. Jung, J. H., Jeong M. H., Phee, Y. G., Shon, B. H., "Weathering Characteristics of Hwango-dong Three-story Stone Pagoda in Gyeongju, Korea", *IJETA*, 7(11), 267-271, (2017)
3. 정종현, 정민호, 손병현, 이근직, 서정호, 김현규, "佛國寺 石造文化財 風化·毀損 特性 - 多寶塔과 佛國寺 三層石塔을 中心으로-", *신라문화*, 31, 107-135, (2008).
4. 정종현, 손병현, 정민호, 임현호, 김경원, 김현규, "해수와 대기오염물질이 석조문화재에 미치는 영향 : 감은사지 삼층석탑을 중심으로", *한국환경보건의학회지*, 33(4), 325-337, (2007).



PA-05

## 한국 동남부지역 석조문화재 풍화 및 훼손 등급

정종현, 정민호<sup>1</sup>, 피영규, 최창훈<sup>2</sup>, 손병현<sup>3</sup>  
 대구한의대학교 보건학부, <sup>1</sup>국립경주문화재연구소, <sup>2</sup>H.S.E Tech, <sup>3</sup>한서대학교 환경공학과

### Deterioration and Weathering Grade of the Stone Cultural Properties in the Southeastern Region of Korea

Jong-Hyeon Jung, Min-Ho Jeong<sup>1</sup>, Young-Gyu Phee, Chang-Hoon Choi<sup>2</sup>, Byung-Hyun Shon<sup>3</sup>  
 Faculty of Health, Daegu Haany University, <sup>1</sup>Gyeongju National Research Institute of Cultural Heritage, <sup>2</sup>H.S.E. Tech., <sup>3</sup>Dept. of Environmental Engineering, Hanseo University

우리나라 전역 및 도심지역에 위치한 석조문화재는 다양한 형태의 환경오염물질에 노출되어 본래의 모습에서 변색과 풍화가 진행되고 있다. 대상지역에는 십여 개의 산업단지가 분포하고 있고, 각종 공단에서는 유해오염물질 배출가스가 대기 중으로 배출되고 있고, 각종 유해오염물질로 인하여 대상지역의 석조문화재는 오랜 동안 외부공기와 각종 환경오염물질에 노출되어 풍화가 진행되고 있다. 본연구팀이 수행한 연구에서는 각종 오염물질 및 유해인자에 의한 석조문화재 풍화 및 훼손인자를 규명하기 위하여 환경오염물질 특성 조사 및 분석작업을 수행하였고, 석탑의 풍화·훼손 진행과정과 변색 인자 및 오염원을 분석하였다. 관련작업을 수행한 결과, 대상지역 상당수 석조문화재들이 물리·화학·생물학적 풍화현상에 의하여 석조문화재 표면이 심하게 손상되고 있는 것으로 판단된다. 대상지역 문화재 풍화등급 진행 과정을 확인한 결과, 대상지역에서 확인된 석조문화재의 경우 매우 높은 풍화·훼손 등급으로 조사되었다.<sup>1-4)</sup>

#### 사사

이 연구는 2016년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 이공학 개인기초연구 지원사업(No. 2016-R1D1A1B03-936168)이며, 이에 감사드립니다.

#### 참고문헌

1. Jung, J. H., Jeong M. H., Phee, Y. G., Shon, B. H., "Weathering Characteristics of Hwango-dong Three-story Stone Pagoda in Gyeongju, Korea", *IJETA*, 7(11), 267-271, (2017)
2. Jung, J. H., "Effects of air pollutants on the health/environmental risk assessment and weathering of stone cultural properties in Gyeongju and its vicinities", *Daegu Haany University, Ph.D Dissertation*, (2008).
3. 정종현, 손병현, 정민호, 임현호, 김경원, 김현규, "해수와 대기오염물질이 석조문화재에 미치는 영향 : 감은사지 삼층석탑을 중심으로", *한국환경보건학회지*, 33(4), 325-337, (2007).
4. 정종현, 정민호, 최원준, 손병현, 장혁상, "慶州 遠願寺址 東·西 三層石塔 風化·毀損 要因", *신라문화*, 33, 107-135, (2009).

## PA-06

### 경주지역 석조문화재 훼손과 모니터링

정종현, 정민호<sup>1</sup>, 피영규, 최창훈<sup>2</sup>, 손병현<sup>3</sup>  
대구한의대학교 보건학부, <sup>1</sup>국립경주문화재연구소, <sup>2</sup>H.S.E Tech, <sup>3</sup>한서대학교 환경공학과

### Weathering and Monitoring of the Stone Cultural Properties in Gyeongju

Jong-Hyeon Jung, Min-Ho Jeong<sup>1</sup>, Young-Gyu Phee, Chang-Hoon Choi<sup>2</sup>, Byung-Hyun Shon<sup>3</sup>  
Faculty of Health, Daegu Haany University, <sup>1</sup>Gyeongju National Research Institute of Cultural Heritage, <sup>2</sup>H.S.E. Tech., <sup>3</sup>Dept. of Environmental Engineering, Hanseo University

경주지역에는 원성왕릉 및 괴릉, 원원사지 동·서 삼층석탑 등과 같은 석조문화재가 다양하게 분포하고 있다. 이러한 석조문화재는 야외에 노출되어 있어 외부 환경에 따른 풍화와 훼손반응이 필연적으로 발생한다. 본 연구팀은 대상지역에서 1998년부터 2018년 현재까지 풍화·훼손 모니터링 작업을 수행하였고, 환경 분석 및 물성분석 작업을 수행하였다.<sup>1-2)</sup> 본 연구팀의 이전 조사에 의하면 일부 석조문화재 및 주변지역의 경우 식생환경에 대한 문제점이 확인되었다. 특히 일부 석탑의 경우 미생물의 성장 및 번식과정에서의 대사산물로 인한 풍화 및 훼손과정을 지속적으로 보고하였다. 이와 함께 다른 생물의 서식 및 성장현상은 석조문화재를 균열시키거나 다른 생물들을 서식하게 하는 촉매제 역할을 한다. 문화재 주변에 서식하는 소나무 및 기타 식물이 서식이 석조문화재에 악영향을 미치는 것으로 조사되었고, 기타 토양환경의 높은 습도로 인한 피해, 곰팡이, 이끼, 조류, 지의류, 박테리아 등과 같은 다양한 미생물이 서식에 의한 피해가 확인되었다. 또한, 동결, 융해, 팽창 및 수축작용에 의한 풍화훼손, 빗물과 산성비, 산성안개, 산성눈 및 산성오염물질의 작용에 의한 화학적 풍화훼손 반응을 물성분석을 진행하여 확인하였다.<sup>1-4)</sup>

#### 사사

이 연구는 2016년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 이공학 개인기초연구 지원사업(No. 2016-R1D1A1B03-936168)이며, 이에 감사드립니다.

#### 참고문헌

1. Jung, J. H., "Effects of air pollutants on the health/environmental risk assessment and weathering of stone cultural properties in Gyeongju and its vicinities", *Daegu Haany University, Ph.D Dissertation*, (2008).
2. 정종현, 정민호, 피영규, 한승현, 정경선, 조준형, 손병현, "원원사지 동·서 삼층석탑 훼손과 모니터링", 한국청정기술학회 추계발표회, (2017)
3. 정종현, 정민호, 최원준, 손병현, 장혁상, "慶州 遠願寺址 東·西 三層石塔 風化·毀損 要因," *신라문화*, 33, 107-135, (2009).
4. 정종현, 손병현, 정민호, 임현호, 김경원, 김현규, "해수와 대기오염물질이 석조문화재에 미치는 영향 : 감은사지 삼층석탑을 중심으로", *한국환경보건의학회지*, 33(4), 325-337, (2007).

PA-07

## 한국 동남부지역 석조문화재 물리·화학적 특성

정종현, 정민호<sup>1</sup>, 피영규, 최창훈<sup>2</sup>, 손병현<sup>3</sup>  
 대구한의대학교 보건학부, <sup>1</sup>국립경주문화재연구소, <sup>2</sup>H.S.E Tech, <sup>3</sup>한서대학교 환경공학과

### Physicochemical Characteristics of the Stone Cultural Properties in the Southeastern Region of Korea

Jong-Hyeon Jung, Min-Ho Jeong<sup>1</sup>, Young-Gyu Phee, Chang-Hoon Choi<sup>2</sup>, Byung-Hyun Shon<sup>3</sup>  
 Faculty of Health, Daegu Haany University, <sup>1</sup>Gyeongju National Research Institute of Cultural Heritage, <sup>2</sup>H.S.E. Tech., <sup>3</sup>Dept. of Environmental Engineering, Hanseo University

대상지역에는 불국사, 다보탑, 불국사삼층석탑, 감은사지 삼층석탑, 분황사 석탑, 굴불사지 석불상 등과 같은 국보·보물급의 석조문화재가 분포하고 있다. 대상지역 석조문화재의 물성 특성을 조사하기 위한 일환으로 경주지역 및 기타 화강암 채취지역 시료를 이용하여 물리·화학적 특성을 조사하였다. 또한, 대상지역 물리·화학적 분석작업을 수행한 이전의 연구결과와 비교하였고, 이를 위하여 국립경주문화재연구소에서 제공한 분석치 및 선행연구 결과와 비교 및 확인하였다. 불국사 다보탑, 불국사삼층석탑 및 감은사지 삼층석탑, 분황사 석탑 및 굴불사지 석불상의 경우 물리·화학적 특성에는 일부 차이가 있었다. 대상지역 일부 석조문화재의 경우 실리카 계열과 알루미늄 계열이 거의 균질한 조성을 나타내었으며, 전형적인 산성화성암의 범주를 나타내었다. 반면, 일부 석조문화재는 경주와 인근지역에서 산출되는 석영안산암질 응회암으로 반상조직을 가진 화산암 계열로 구분되었다. 또한, 다른 문화재의 경우 석탑 탑신부와 옥개석이 석영, 안산암, 안산암질 응회암 및 현무암질암로 구성되어 있었다. 천년 이상의 기간 동안 다양한 외부 환경요인과 기상학적 요인 등에 의하여 풍화가 심하게 된 문화재일수록 칼슘 및 알루미늄 등과 같은 금속이온의 함량에 변화가 확인되었으며, 석조문화재 훼손특성을 규명하기 위하여 암질별 오염물질에 따른 반응성 조사 및 용출특성 분석작업이 수반되어야 할 시점이다.<sup>1-4)</sup>

#### 사사

이 연구는 2016년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 이공학 개인기초연구 지원사업(No. 2016-R1D1A1B03-936168)이며, 이에 감사드립니다.

#### 참고문헌

1. Jung, J. H., "Effects of air pollutants on the health/environmental risk assessment and weathering of stone cultural properties in Gyeongju and its vicinities", *Daegu Haany University, Ph.D Dissertation*, (2008).
2. 정종현, 정민호, 손병현, 이근직, 서정호, 김현규, "佛國寺 石造文化財 風化·毀損 特性 - 多寶塔과 佛國寺 三層石塔을 中心으로-", *신라문화*, 31, 107-135, (2008).
3. 정종현, 손병현, 정민호, 임현호, 김경원, 김현규, "해수와 대기오염물질이 석조문화재에 미치는 영향 : 감은사지 삼층석탑을 중심으로", *한국환경보건의학회지*, 33(4), 325-337, (2007)
4. 정종현, 최석규, "환경오염에 의한 석조문화재 훼손 현황조사 및 보존대책", *한국환경민간단체진흥회 환경연구논문집*, 5-28, (2001).

PA-08

## 적정속도가 이산화탄소 개질 반응용 Ni-MgO, Ni-MgO-CeO<sub>2</sub> 촉매 성능에 미치는 영향 연구

김학민, 김범준, 노현석\* (hsroh@yonsei.ac.kr, 강원도 원주시 연세대길 1 환경공학부)  
연세대학교

### The effect of the titration rate on the catalytic performance over Ni-MgO, Ni-MgO-CeO<sub>2</sub> catalysts for the carbon dioxide reforming of methane

Hak-Min Kim, Beom-Jun Kim, Hyun-Seog Roh\* (hsroh@yonsei.ac.kr, Department of Environmental Engineering, 1 Yonsei-dae-gil, Wonju, Gangwon-do)  
Yonsei University

In this study, Ni-MgO and Ni-MgO-CeO<sub>2</sub> catalysts prepared by co-precipitation method with different titration rate. The titration rate has been controlled by changing the addition rate of KOH which is a precipitant (Fast titration rate: 8.0 mL/min, Slow titration rate: 0.8 mL/min). To compare the catalytic performance, the carbon dioxide reforming reaction has been performed at a very high GHSV of 1,000,000 h<sup>-1</sup>. Among the prepared catalysts, Ni-MgO-CeO<sub>2</sub> prepared by fast titration rate exhibits the highest catalytic performance. To understand the relationship between catalytic performance and physicochemical properties, various techniques have been carried out such as X-ray diffraction (XRD), Brunauer-Emmet-Teller measurements (BET), Temperature programmed reduction (TPR), CO<sub>2</sub>-temperature programmed desorption (CO<sub>2</sub>-TPD), H<sub>2</sub>-chemisorption, Raman spectroscopy, XPS spectroscopy.

#### 참고문헌

1. Na, H.-S., Shim, J.-O., Jang, W.-J., Jeon, K.-W., Kim, H.-M., Lee, Y.-L., Lee, D.-W., Yoo, S.-Y., Bae, J.-W., Rode, C.-V., Roh, H.-S., "The effect of titration time on the catalytic performance of Cu/CeO<sub>2</sub> catalysts for water-gas shift reaction", *Catal. Today*, **309**, 83-88 (2018).
2. Jang, W.-J., Kim, H.-M., Shim, J.-O., Yoo, S.-Y., Jeon, K.-W., Na, H.-S., Lee, Y.-L., Jeong, D.-W., Bae, J.-W., Nah, I.-W., and Roh, H.-S., "Key properties of Ni-MgO-CeO<sub>2</sub>, Ni-MgO-ZrO<sub>2</sub>, and Ni-MgO-Ce<sub>(1-x)</sub>Zr<sub>(x)</sub>O<sub>2</sub> catalysts for the reforming of methane with carbon dioxide", *Green Chem.*, **20**(7), 1621-1633 (2018).

PA-09

## 알루미나 담지 몰리브데늄 카바이드 촉매상에서 바이오연료 생산을 위한 식물성 오일의 수소화 반응

이성찬<sup>1</sup>, 윤인배<sup>1,2</sup>, 우희철<sup>1\*</sup> (woohc@pknu.ac.kr, 부산 남구 신선로 365)  
부경대학교 화학공학과, <sup>1</sup>삼성 일렉트로-메카닉스

### Hydrotreatment of Vegetable Oil for Biofuel production on Alumina Supported Molybdenum Carbide Catalysts

Seong Chan Lee<sup>1</sup>, In Bae Yoon<sup>1,2</sup>, Hee Chul Woo<sup>1\*</sup> (woohc@pknu.ac.kr, 365, Sinseon-ro, Nam-gu, Busan)

<sup>1</sup>Department of Chemical Engineering, Pukyong National University

<sup>2</sup>Samsung Electro - Mechanics

팜유(palm oil)와 캐슈넛껍질액(cashew nut shell liquid, CNSL)은 현재 국내 바이오중유의 원료로 사용된다. 그러나 팜유에는 카르복실기(carboxyl group, -COOH)를 다량 함유하고 있어 높은 산가(acid value, A.V., 약 80 mg KOH/g)를 지니고 있다. 반면 CNSL은 페놀기를 지니며 결사슬로 탄소 15개를 갖는 구조로서 이중결합을 최대 3개 까지 지닌 혼합물로 높은 요오드가(iodine value, I.V., 약 280 g/100 g)를 지니고 있다. 본 연구에서는 이러한 단점을 개선시키기 위해 팜유와 CNSL오일을 1/1부피비로 혼합한 원료를 사용하여 수소화 공정을 통한 식물성 오일의 산가와 요오드가를 동시에 저감할 수 있는 적합한 촉매를 개발하고자 한다.

본 연구에서는 수소화 반응에 탁월한 효과를 보이는 귀금속과 유사한 성질을 보인다고 알려진 MoC/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 촉매를 적용하여 Mo 담지량(15~30 wt.%)에 따른 수소화 활성을 확인하였고, MoC/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 촉매의 전구체인 MoO<sub>x</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>와 상업용 귀금속 촉매인 Pd/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 및 Pd/C 의 수소화 활성과 비교하였다. 본 실험은 고정층 반응기에서 진행하였고, 반응조건은 수소압력 30 bar, 공간속도 1 h<sup>-1</sup> 그리고 반응온도는 250~400 °C에서 진행하였다. 그 결과 Mo 담지량이 30% 일 때 요오드가 제거 효율이 약 42.2%로 나타났고, 산가 제거효율은 약 100% 인 것을 확인였다. 그리고 반응온도가 증가함에 따라 요오드가 및 산가의 제거효율은 증가하는 추세를 보였다. MoC/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 촉매의 산가 및 요오드가 제거효율은 귀금속 촉매인 Pd/C와 반응 경향은 거의 비슷하게 나타났다. 그리고 MoO<sub>x</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 보다 MoC/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>로 만드는 것이 요오드가 및 산가 제거 효율이 각각 12%, 16% 증가 하였다. 결론적으로, 식물유의 산가와 요오드가를 낮추기 위해 수소화 반응을 도입한 결과, MoC/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 촉매는 기존의 귀금속 촉매인 Pd/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 및 Pd/C 촉매와 비견할 만한 활성을 보였으며, 이는 향후 값비싼 귀금속 수소화 촉매를 대체할 수 있는 유망한 촉매로 생각된다.

#### 감사의 글

본 연구는 2017년도 정부(산업통상자원부(MOTIE))와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다(20174010201460).

#### 참고문헌

- Ikeda, R., Tanaka, H., Uyama, H., and Kobayashi, S., "Synthesis and curing behaviors of a crosslinkable polymer from cashew nut shell liquid," *Polymer*, **43**(12), 3475-3481 (2002)

PA-10

## 해안폐기물 고체연료화를 위한 응답표면기법을 이용한 분쇄공정 운전조건 최적화

박석환<sup>1</sup>, 정성훈<sup>1</sup>, 강흥구<sup>1</sup>, 정승환<sup>1</sup>, 이상엽<sup>2</sup>, 박주영<sup>1\*</sup>(juyoungpark@gei.re.kr)  
<sup>1</sup>(재)녹색에너지연구원, <sup>2</sup>엠엔테크(주)

### A study on optimum conditions of Crushing Process Operating Conditions Using Response Surface Methodology for molding Solid Fuelization of Coastal Waste

SeokHwan Park<sup>1</sup>, SungHoon Jung<sup>1</sup>, HeungGu Kang<sup>1</sup>, SeungHwan Jeong<sup>1</sup>, SangYup Lee<sup>2</sup>, JuYoung Park<sup>1\*</sup> (juyoungpark@gei.re.kr)

<sup>1</sup>New Enrgy Industry Intergrated Research Center, Green Energy Institute, Jeollanam-do, Korea,  
<sup>2</sup>Machine & Technology, Uiwang-si, Gyeonggi-do, Korea

#### Abstract

In this study, the optimal operating condition of the crusher in the mobile solid fuel production system for the solid fuel production from the collected shore waste was analyzed by using the response surface analysis method. Most of the coastal wastes are combustible, mainly composed of net, rope, buoy, styrofoam and wood. However, it is currently being treated as landfill, consignment treatment, or illegal incineration at the site after collection, resulting in serious secondary damage. Therefore, this research team is developing a mobile solid fuel production system to produce solid fuel from coastal wastes and raw materials as raw materials. In this study, the optimal operation condition of shore waste shredder was analyzed. The crusher operating conditions were set as independent variables and the fracture yield (kg/kg) was set as the dependent variable. The rpm, crushing time, and PE waste water content (wt.%) The results of the analysis show that the higher the number of revolutions per minute of the crusher and the longer the crushing time, the higher the crushing efficiency, but the PE-based coastal waste content does not affect crushing efficiency.

Keyword : Coast waste, Solid Refuse Fuel(SRF), Crusher, Response Surface method

*Acknowledgement : This work was supported by MOTIE and KETEP.(No. 20163030106670)*

PA-11

**태양광발전 증가에 따른 태양광폐모듈 잠재발생량 예측**

정성훈<sup>1</sup>, 박석환<sup>1</sup>, 강흥구<sup>1</sup>, 정승환<sup>1</sup>, 박주영<sup>1\*</sup> (juyoungpark@gei.re.kr)  
<sup>1</sup>(재)녹색에너지연구원

**Estimation of potential generation of PV module Waste by increasing solar power generation**

SungHoon Jung<sup>1</sup>, SeokHwan Park<sup>1</sup>, HeungGu Kang<sup>1</sup>, SeungHwan Jeong<sup>1</sup>, JuYoung Park<sup>1\*</sup>  
 (juyoungpark@gei.re.kr)

<sup>1</sup>New Enrgy Industry Intergrated Research Center, Green Energy Institute, Jeollanam-do, Korea

**초록**

지역적으로 일사량이 높은 지역을 중심으로 태양광의 폭발적인 수요에 따라 시공이 매년 기하급수적으로 증가하고 있다. 그러나 태양광의 수명이 15~20년을 초과하면서 효율이 급격히 저하한 태양광 폐모듈의 양도 급격히 증가하고 있는 추세이다. 하지만, 현재 태양광 폐모듈은 일반 매립장에 매립 또는 방치되면서 환경폐기물로서 지자체 및 지역 주민들의 처리 요구가 급격히 증가하고 있다. 이에, 본 연구는 지역별 태양광발전량을 조사하고 태양광 폐모듈의 발생량 예측에 대한 연구이다. 지역별 태양광 폐모듈의 잠재 발생량을 예측하기 위하여 단순회귀분석 및 시계열분석을 이용하였다. 회귀분석의 영향인자로는 2007-2016년의 태양광발전 설치량과 태양광 모듈수명, 효율 등 다양한 변수들과 지역별 폐모듈 발생량을 예측하여 분석을 실시하였다. 영향인자로 사용된 데이터는 전력통계정보시스템 데이터의 지역별 발전설비 및 발전용량(2007-2016년)자료를 사용하였다.

Keyword : PV Module Waste, Recycling Technology, Biz Model

## PA-12

### 금속산화물 촉매와 과산화수소를 이용한 선박용 경유의 산화 탈황

오현우<sup>1</sup>, 유준<sup>1</sup>, 허광선<sup>2</sup>, 우희철<sup>1,\*</sup>(woohc@pknu.ac.kr, 부산광역시 남구 신선로 365)  
<sup>1</sup>부경대학교 화학공학과, <sup>2</sup>경남정보대학교 신소재응용화학학과

### Oxidative Desulfurization of Marine Diesel Using Metal Oxide Catalysts and Hydrogen Peroxide

Hyeonwoo Oh<sup>1</sup>, Jay Liu<sup>1</sup>, Kwang-Sun Huh<sup>2</sup>, Hee Chul Woo<sup>1,\*</sup>(woohc@pknu.ac.kr, 365, Sinseon-ro, Nam-gu, Busan)

<sup>1</sup>Department of Chemical Engineering, Pukyong National University

<sup>2</sup>Department of Advanced Materials and Chemical Engineering, Kyungnam College of Information & Technology

탄화수소 액체연료에서 운송 수단의 연소를 통해 배출되는 물질들 중, 황산화물(SO<sub>x</sub>)은 대표적인 환경오염의 주범으로 산성비와 대기오염을 일으키는 물질이다. 선박 운행 시 발생하는 고농도의 황산화물의 배출로 인한 환경오염을 줄이기 위해 최근 국제해사기구에서는 선박 연료의 황 함유량에 대한 규제로 선박배출가스 관련 규정을 발표하였다. 따라서 선박용 중유 및 경유에 포함된 다량의 황화합물을 제거하기 위한 기술 및 공정 개발이 필요하다. 즉, 기존의 고농도 탈황에 사용되는 수첨탈황(HDS, hydro-desulfurization)공정으로는 고도의 저유황 연료제품을 생산하는데 한계가 있으므로 이를 보완하고자 산화탈황(ODS, oxidative desulfurization)공정이 하나의 제안으로 제시되고 있다. 산화탈황공정은 낮은 온도와 압력 하에서 수행 가능하다는 장점이 있다. 산화제로 주로 쓰이는 과산화수소(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, hydrogen peroxide)는 반응 후 부산물로 물만 생성되기 때문에 친환경적인 산화제로 여겨진다[1].

본 연구에서는 모델유로서 선박용 경유(황 농도 약 180 ppmw-S 포함)를 선택하여 산화탈황 반응을 수행하였다. 불균일 촉매로 금속산화물을 실리카(SiO<sub>2</sub>)에 담지 한 촉매(20 MO<sub>x</sub>/SiO<sub>2</sub>, M = W, Mo, V, Nb, Mn, Fe)를 제조하였다. 금속산화물 촉매와 과산화수소(30%, Junsei)와의 산화반응을 통해 황화합물을 산화하였으며, 산화된 황화합물은 아세토니트릴(CH<sub>3</sub>CN, acetonitrile, Junsei)을 용매로 사용한 추출반응을 통해 경유로부터 제거하였다. 금속산화물 촉매의 성능은 탈황처리 된 선박용 경유의 황 감소율을 기준으로 평가하였다.

#### 감사의 글

이 논문은 산업통상자원부의 재원으로 엔지니어링개발연구센터의 지원을 받아 수행된 연구임. (과제번호 : C-D-2018-0077)

#### 참고문헌

1. Kim, H.J., Jeon, Y., Park, J.-I. and Shul, Y.-G., "Heterocycle-modified 12-tungstophosphoric acid as heterogeneous catalyst for epoxidation of propylene with hydrogen peroxide", *J. Mol. Catal. A: Chem.*, **378**, 232-237 (2013).



PA-13

## 니켈을 포함한 이성분계 촉매를 활용한 해조류 유래 수열액화오일의 수증기 개질반응 연구

박용범, 안희주<sup>1</sup>, 임한권<sup>2,\*</sup>, 우희철\*부경대학교 화학공학과, <sup>1</sup>태양인더스트리, <sup>2</sup>울산과학기술원 에너지 및 화학공학부

### Steam reforming of liquefied oil derived from macro algae over Ni-based bi-metallic catalysts

Yong Beom Park, Hee Ju Ahn<sup>1</sup>, Hankwon Lim<sup>2,\*</sup>, Hee Chul Woo\*

Department of Chemical Engineering, Pukyong National University,

<sup>1</sup>TAE YANG INDUSTRY,<sup>2</sup>School of Energy & Chemical Engineering, UNIST

해조류 바이오매스는 곡물계 및 목질계 바이오매스와는 달리 육상이 경작지가 필요하지 않으며 이산화탄소 저감 효과가 우수하다는 장점을 바탕으로 국내 신재생에너지의 한 분야를 차지하고 있는 바이오에너지의 원료로 부각될 수 있다[1]. 해조류 바이오매스를 활용하여 생물학적 방법과 열화학적 방법을 통해 다양한 에너지 및 연료를 생산할 수 있으며 본 연구에서는 해조류 유래 수열액화오일을 통하여 수증기 개질 반응으로부터 가스( $H_2$ , CO,  $CH_4$ 와  $CO_2$ )를 생성하고자 한다.

수증기 개질반응에 사용된 원료는 해조류 유래 수열액화과정(503 K, 32 bar, 4 h 조건)을 통하여 생성된 수열액화오일( $C_{0.29}H_{1.83}O_{0.25} + 4.54H_2O$ , S/C ratio; 15.67)을 활용하였으며[2] 수증기 개질 반응은 고정층 반응기(Fixed-bed reactor)에서 반응온도 873-1173 K, 액체공간속도(LHSV)  $0.5-4 h^{-1}$  및 수증기/탄소 몰 비(S/C ratio) 5-30의 조건에 따라 반응성을 비교하였다. 반응촉매로는 Ni을 기반으로 전이금속(Fe, Co, Cu와 Zn)과 귀금속(Pd와 Pt)을 촉진제로 활용하여  $Al_2O_3$  지지체에 담지시킨 이성분계 촉매를 제조하였으며 촉매 특성분석으로 XRD, XPS, BET와 TPR을 수행하였다. 반응결과, Ni-Co/ $Al_2O_3$ , Ni-Cu/ $Al_2O_3$ , Ni-Pd/ $Al_2O_3$ 와 Ni-Pt/ $Al_2O_3$  촉매에서 Ni/ $Al_2O_3$  촉매와 비교하여  $H_2$ 와  $CO_2$ 의 선택도가 높게 나타났으며 CO의 선택도가 감소되는 경향을 보였다. 이는 Co, Cu, Pd와 Pt성분이 수성가스 전환 반응을 주로 일어나는 것이라 여겨진다.

#### 감사의글

본 연구는 2017년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업과제입니다(No. 2017R1E1A1A01074445).

#### 참고문헌

1. Song, M. K., Pham, H. D., Seon, J., and Woo, H. C., "Marine Brown Algae: A Conundrum Answer for Sustainable Biofuels Production," *Renew. Sust. Energ. Rev.*, **50**, 782-792 (2015).
2. Park, Y. B., Lim, H., Woo, H. C., "Steam Reforming of Hydrothermal Liquefaction Liquid Macro Algae over Ni- $K_2Ti_xO_y$  Catalysts," *Clean. Technol.*, **23**(1), 104-112 (2017).

PA-14

## 탄소 수용체 마이크로웨이브 가열 타르 분해-개질 전환

김은혁, 송희관, 전영남\* (ynchun@chosun.ac.kr)  
조선대학교 환경공학과

### Tar Decomposition-Reforming Conversion using Microwave-Heating with a Carbon Receptor

Eun Hyuk Kim, Hee Gaen Song, Young Nam Chun\* (ynchun@chosun.ac.kr)  
Department of Environmental Engineering, Chosun University

화석연료의 문제에 대한 해결책으로 열분해 가스화 기술은 유기성의 폐기물 및 바이오매스로 부터의 에너지를 전환할 수 있는 유용한 기술로 알려져 있다. 열화학적 에너지 전환기술을 통해 얻어진 생성가스(produced gas)는 가스터빈, 엔진, 연료전지 등의 연료로 사용되어 질 수 있으나, 생성된 가스 중 타르 성분은 생성가스를 이용하는 공정에서 다양한 문제를 일으키게 된다. 대표적인 예로 가스터빈 및 내연기관에 사용하기 전에 필요한 압축과정에서 타르 성분은 응축되어 관로의 막힘이나 엔진 및 터빈 내부의 손상을 가져오게 된다. 또한 일부 경질타르는 가스 저장소(gas collector)로 유입되어 생성가스의 질을 낮추는 문제를 가지고 있다. 그러므로 열분해 가스화 기술에는 타르를 처리하는 기술 또한 필요한 실정이다.

이러한 문제를 해결하기 위해 활성탄, 석탄 찌꺼기, 바이오매스 찌꺼기 등 탄화물을 이용하여 타르 크래킹이나 개질 촉매 또는 그 지지체 적용에 대한 연구를 수행 하였다. 본 실험에서는 생성가스 중 발생되는 타르 성분을 모사하여 마이크로웨이브 수용체 적용을 한 타르 크래킹과 개질실험을 진행 하였으며, 모사타르는 대표적 경질타르인 톨루엔으로 실험을 진행 하였다.

실험결과 타르전환은 타르 크래킹만 하였을 경우 98%로 가장 높고, 이산화탄소만 공급한 경우 97%, 이산화탄소-수증기가 동시공급 경우 93-97% 그리고 수증기만 공급된 경우는 92%순으로 전환율을 가졌다. 생성가스의 발열량의 경우 크래킹 일 때  $12\text{MJ}/\text{m}^3$ 으로 가장 높고, 이산화탄소만 공급한 경우  $3.6\text{MJ}/\text{m}^3$ 로 가장 낮게 계산되었다. 그리고 이산화탄소-수증기 동시 공급의 경우  $8.5\text{--}8.8\text{MJ}/\text{m}^3$ 이고, 수증기만 공급될 경우  $8.1\text{MJ}/\text{m}^3$ 로 중간 정도의 값을 보였다. 촉매 함침 탄소 수용체의 타르전환의 경우는 이산화탄소 개질의 경우 니켈과 촉매 모두 미세하게 증가되었으며,  $\text{H}_2/\text{CO}$ 비는 다소 감소하였으나 발열량은 증가되었다. 반면 수증기 개질의 경우 두 촉매 모두 타르전환율이 감소하였으나  $\text{H}_2/\text{CO}$ 비와 발열량이 증가하였다.

본 실험의 결과적으로 목적에 따라 발열량만을 목적할 시에는 타르 크래킹만 하는 것이 유리하였고, 생성가스의 품질을 높일 경우에는 수증기개질전환이 적합하다. 본 실험에서의 주요 목적인 타르전환과 생성가스의 품질을 우선으로 하는 경우 이산화탄소와 수증기를 개질 첨가제로 하여 적당한 비율로 공급하는 것이 유리하다고 판단된다.

#### Acknowledgment

이 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2015R1A2A2A03003044).

PA-15

**슬러지 찻 마이크로웨이브 CO<sub>2</sub>가스화와 순산소-스팀 연소**

송희관, 송영웅, 박나형, 조연경, 전영남\* (ynchun@chosun.ac.kr)  
조선대학교 환경공학과

**Microwave CO<sub>2</sub> gasification and Oxyfuel-Steam Combustion for Sludge Char**

Hee Gaen Song, Young Woong Song, Na hyoung Park, Yeon Gyeong Cho,  
Young Nam Chun\* (ynchun@chosun.ac.kr)  
Department of Environmental Engineering, Chosun University

현대의 화석연료 사용은 한계성과 온실가스의 발생 등 여러 문제로 인해 바이오매스(biomass)와 같은 탄소중립이 가능한 새로운 대체 에너지의 개발에 관심이 커지고 있다. 특히 하수 처리 시 발생하는 슬러지는 해양매립의 전면 금지로 인해 폐기물의 청정에너지 전환은 화석연료의 사용의 문제의 해결과 폐기물의 청정연료로의 전환이라는 점에서 주목받고 있다. 유기성 하수 슬러지의 연료화는 여러 방법 중 열적 처리 방법을 통해 열분해/가스화가 이루어지고 발생하는 생성가스(product gas) 및 탄화물인 슬러지 찻(sludge char) 등을 통해 직접 연료로 사용되거나 흡착제, 탄화촉매 재료 등으로 다양하게 사용이 가능하다[1,2].

슬러지를 에너지/자원화 기술 중 슬러지 탄화물은 마이크로웨이브의 가스 개질 과정 중 수용체로의 역할을 할 수 있다. 이를 통해 온실가스의 주요 물질인 이산화탄소를 처리하기 위한 기술로 마이크로웨이브 하수 슬러지 개질 연구를 수행 하였다. 마이크로웨이브 가스 개질을 위해 마이크로파를 받아 온도를 상승 시킬 수 있는 탄소수용체가 적용되었고, 이 경우 이산화탄소가 탄소수용체 중 고정탄소와 가스화 하여 일산화탄소 연료로 전환 가능성을 실험을 통해 보았으며, 최대 이산화탄소 전환율은 74%로 측정 되었다.

또한 슬러지를 연료화하기 위해서 순산소-스팀연소 기술을 적용하였으며, 연소 특성을 파악하기 위해 산소공급량과 스팀공급량 변화에 대하여 수치계산을 수행 하였다. 수치계산의 결과 산소공급량이 증가됨에 따라 연소온도는 초기에 급격하게 최대온도에 도달 한 후 일정하였고, 잔류하는 찻, 일산화탄소역시 상대적으로 연소성이 증가하여 초기 생성된 후 소멸 감소하였다. 스팀공급량을 증가시킬 경우는 온도증가율과 최대온도가 상대적으로 낮았고, 잔류 찻, 일산화탄소는 후반부까지 지속적으로 저감되었다.

**Acknowledgment**

이 논문은 조선대학교 『2017학년도 학부생 새싹형 연구인재 지원프로그램(학부 장학금 사업)』의 지원을 받아 연구되었음

**Reference**

1. Chun Y. N., Kim S. C., Yoshikawa K., "Pyrolysis gasification of dried sewage sludge in a combined screw and rotary kiln gasifier," Applied Energy 88, 1105-1112, (2011).
2. Xie Q., Peng P., Liu S. Min M., etc. "Fast Microwave-Assisted Pyrolysis of Sewage Sludge for Bio-Oil Production," Bioresource Tech. 172, 162-168, (2014).

PA-16

## 알코올을 포함한 디에틸렌트리아민 저수계 흡수제를 이용한 이산화탄소 흡수 특성

김한글<sup>1</sup>, 유정균<sup>2</sup>, 홍연기<sup>1\*</sup>(hongyk@ut.ac.kr)

<sup>1</sup>한국교통대학교 화공신소재고분자공학부, <sup>2</sup>한국에너지기술연구원 온실가스연구실

### Absorption Characteristics of Carbon Dioxide by Water-lean Diethylenetriamine Absorbents Mixed with Alcohols

Han Geul Kim<sup>1</sup>, Jong-Kyun You<sup>2</sup>, Yeon Ki Hong<sup>1\*</sup> (hongyk@ut.ac.kr)

<sup>1</sup>School of Chemical and Materials Engineering, Korea National University of Transportation,

<sup>2</sup>Greenhouse Gas Laboratory, Korea Institute of Energy Research

상분리 흡수제는 단일상으로 존재하는 흡수제가 이산화탄소를 흡수함에 따라 이산화탄소-rich상과 이산화탄소-lean상으로 분리된다. 이때 이산화탄소-rich상만을 재생탑에 이송하여 재생함으로써 흡수제 재생에 따른 에너지 소비를 줄일 수 있다. 본 연구에서는 흡수제당 이산화탄소 로딩을 높이기 위해 폴리아민인 디에틸렌트리아민을 주흡수제로 하고 이를 상분리 유도 및 흡수속도 향상을 위해 알코올계 용매와 혼합한 저수계 흡수제를 사용하였다. 흡수제의 성능은 충전탑에서의 흡수 조업을 통해 평가되었다. 이산화탄소 로딩에 따른 반응속도는 알코올의 사슬길이가 짧을수록 증가하였다. 흡수제의 cyclic 로딩은 디에틸렌트리아민 수용액에 에탄올을 첨가한 경우 158 gCO<sub>2</sub>/L, 이소프로판올을 첨가한 경우는 170 gCO<sub>2</sub>/L로 나타났으며 이는 동일조건에서의 30 wt% 메틸에탄올아민의 cyclic 로딩 55 gCO<sub>2</sub>/L보다 3배 이상의 높은 값이었다. 본 연구에서 사용된 디에틸렌트리아민+알코올 저수계 흡수제는 흡수제의 상분리에 따라 재생탑으로 유입되는 이산화탄소-rich 흡수제의 유량감소 뿐 아니라 높은 cyclic 로딩 값을 나타내므로 높은 재생에너지를 갖는 기존 이산화탄소 흡수제의 단점을 극복할 수 있을 것이다.

#### 감사

본 연구는 한국교통대의 지원을 받아 수행하였음

PA-17

## 상호 연결된 40 nm급 균일한 기공을 가지는 이성분계 금속산화물의 합성 및 리튬 이차 전지로의 적용

오세환<sup>1</sup>, 조중상<sup>1\*</sup>(jscho@cbnu.ac.kr)  
<sup>1</sup>충북대학교

최근, 높은 용량과 긴 수명을 가지는 이차전지에 대한 연구가 이루어지고 있다. 본 연구에서는 분무 열분해 공정 후에 열처리 공정을 통해 40 nm 급 균일한 기공이 상호 연결되어 있는 이성분계 금속산화물/탄소 복합 구형 입자를 합성하여 음극 활물질로 적용하였다. 분무 열분해 공정 중, 전구용액에 들어있는 100 nm 급의 구형 Poly styrene은 분해되며 40 nm 급의 포어를 생성 하였고, Poly(vinyl pyrrolidone)는 탄소 전구체로써 사용되었다. 300 °C의 열처리 공정을 통해 일부 탄소가 산화 되고, 이성분계 금속산화물의 결정성을 높여 주었다. 이렇게 생성된 상호 연결된 40 nm 급 기공을 가지는 이성분계 금속산화물/탄소 복합 구형 입자는 1000 사이클 동안 690 mA h g<sup>-1</sup>의 용량을 유지 하였다.

### 참고문헌

1. Park, J. S., Cho, J. S., Kang, Y. C., "Scalable synthesis of NiMoO<sub>4</sub> microspheres with numerous empty nanovoids as a advanced anode material for Li-ion batteries. Journal of Power Sources, 379, 278-287 (2018).
2. Choi, S. H., Ko, Y. N., Lee, J. K., Kang, Y. C., "3D MoS<sub>2</sub>-graphene microspheres consisting of multiple nanospheres with superior sodium ion storage properties. Small, 25, 1780-1788 (2015).

PA-18

## 분무 열분해 공정을 통해 합성된 다공성 노른자-껍질 구조의 금속산화물/탄소 복합체의 리튬이차전지 음극소재 적용

조민수<sup>1</sup>, 조중상<sup>1\*</sup>(jscho@cbnu.ac.kr)

<sup>1</sup>충북대학교 공업화학과

리튬이차전지는 차세대 에너지 저장 장치 및 전기자동차의 에너지원으로 주목받고 있다. 이에 따라 더 좋은 성능의 리튬이차전지의 개발 필요로 인해 혁신적인 음극재료 또한 요구되고 있다. 노른자-껍질 구조체는 독특한 구조적 특징, 큰 비표면적 등으로 인해 센서, 바이오, 에너지, 촉매 등 다양한 분야에서 연구되고 있다. 특히 리튬 이차전지의 음극 소재로 적용시, 구조체 내의 큰 빈공간과 다공성구조의 코어부분(노른자)은 리튬이온의 삽입 및 탈리시 발생하는 큰 체적 변화를 수용할 수 있으며, 전해질 침투가 용이하여 좋은 전기화학적 성능을 나타낸다. 본 연구에서는 분무열분해 공정과 후 열처리를 통해 다공성 노른자-껍질 구조의 금속산화물/탄소 복합체를 합성하였다. 분무열분해 공정과정에서 서로 다른 성질을 가지는 금속염과 고분자들은 노른자-껍질 구조를 형성하였고, 코어에 기공을 생성시켰다. 이 후 대기 중에서 산화과정을 통해 금속산화물과 탄소의 비율을 조절하였다. 다공성 노른자-껍질 구조의 금속산화물/탄소 복합체는  $58 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ 의 높은 BET값은 나타내었다. 또한 리튬이차전지의 음극소재로 적용시,  $2 \text{ A g}^{-1}$ 의 높은 전류 밀도에서 1000사이클 후  $635 \text{ mAh g}^{-1}$ 의 높은 가역 용량을 나타내었다.

### 참고문헌

1. Cho et al., "Synthesis and electrochemical properties of spherical and hollow-structured NiO aggregates created by combining the Kirkendall effect and Ostwald ripening," *Nanoscale*, 7(46), 19620-19626 (2015).
2. Oh et al., "Design and synthesis of tube-in-tube structured NiO nanobelts with superior electrochemical properties for lithium-ion storage," *Chemical Engineering Journal* 347, 889-899 (2018).

PA-19

## Multi-channel 구조를 갖는 MoSe<sub>2</sub>/N-doped carbon nanofiber의 합성과 소듐이차전지 음극활물질 적용

정순영, 조중상\*(jscho@cbnu.ac.kr)  
충북대학교 공업화학과

소듐이차전지는 최근 리튬자원의 가격상승에 힘입어 리튬이차전지의 대체제로 많은 주목을 받고 있다. 그러나 소듐이차전지는 소듐이온의 큰 이온반경에서 유래된 낮은 수명/출력특성으로 인해 상업화에 어려움을 겪고 있다. 따라서 본 연구에서는 multi-channel 구조의 MoSe<sub>2</sub>/N-doped carbon nanofiber (M-MoSe<sub>2</sub>/NCNF)를 합성하고 소듐이차전지의 음극활물질로 적용하여 충·방전 시 부피변화를 수용하고 전해질 침투를 용이하게 하여 이온확산거리를 효과적으로 줄이고자 하였다. 본 연구는 전기방사공정과 후 열처리 공정을 통해 M-MoSe<sub>2</sub>/NCNF를 합성하여 소듐이차전지의 음극활물질로 적용하였다. 먼저 전기방사공정을 위한 용액은 ammonium molybdate와 diethylenetriamine, polyvinylpyrrolidone를 증류수에 녹여 준비되었다. 전기방사공정 중 ammonium molybdate와 diethylenetriamine 간 상분리가 일어나 multi-channel이 형성되었으며, 셀렌화 과정을 통해 M-MoSe<sub>2</sub>/NCNF를 합성하였다. 합성된 M-MoSe<sub>2</sub>/NCNF 내 약 20 nm 직경의 multi-channel을 확인하였으며 few-layer로 성장한 MoSe<sub>2</sub> 결정이 관찰되었다. Elemental analysis를 통해 얻어진 M-MoSe<sub>2</sub>/NCNF 내 질소 및 탄소함유량은 각각 3.16 wt%이었다.

M-MoSe<sub>2</sub>/NCNF는 소듐이차전지의 음극활물질로 적용되어 0.5 A g<sup>-1</sup>의 전류밀도에서 300 사이클 후 386 mA h g<sup>-1</sup>의 가역용량을 나타냈다. 또한 10.0 A g<sup>-1</sup>의 높은 전류밀도에서 285 mA h g<sup>-1</sup>의 높은 가역용량을 나타냈다. 이와 같은 장주기 수명/고출력 특성은 M-MoSe<sub>2</sub>/NCNF 내 multi-channel이 sodiation 과정에서 야기된 부피팽창을 수용하고, multi-channel 내 전해질의 침투로 인해 소듐이온의 확산거리를 효과적으로 감소시켰으며, N-doped carbon의 좋은 전기전도성과 few-layered MoSe<sub>2</sub>의 좋은 전기화학적 반응성에 기인하는 결과이다.

본 연구에서 소개된 합성법은 에너지저장 분야뿐만 아니라 촉매, 센서 등 다양한 분야에 적용 가능할 것으로 기대한다.

### 참고문헌

1. Jeong, S. Y., Park, S. K., Kang, Y. C., and Cho, J. S., "One-dimensional nanostructure comprising MoSe<sub>2</sub> nanosheets and carbon with uniformly defined nanovoids as an anode for high-performance sodium-ion batteries," *Chemical Engineering Journal*, 351, 559-568 (2018).
2. Park, G. D., Kim, J. H., Park, S. K., and Kang, Y. C., "MoSe<sub>2</sub> Embedded CNT-Reduced Graphene Oxide Composite Microsphere with Superior Sodium Ion Storage and Electrocatalytic Hydrogen Evolution Performances," *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 9(12), 10673-10683 (2017).
3. Wu, Y., Jiang, Y., Shi, J., Gu, L., and Yu, Y., "Multichannel Porous TiO<sub>2</sub> Hollow Nanofibers with Rich Oxygen Vacancies and High Grain Boundary Density Enabling Superior Sodium Storage Performance," *Small*, 13(22), 1700129 (2017).

PA-20

## Effect of pulse hydrocarbon agent on NO<sub>x</sub> Removal in an Atmospheric Pressure Plasma with a Selective Catalyst Reduction

Duc Ba Nguyen, Van Toan Nguyen, Young Sun Mok\*  
Department of Chemical and Biological Engineering, Jeju National University

### Abstract

NO<sub>x</sub> reduction at low-operation temperature is gaining interest since the exhaust gases in the diesel engines consist of NO<sub>x</sub> and hydrocarbons. A combination of the selective catalyst reduction with an atmospheric pressure plasma has been achieved high efficiency of NO<sub>x</sub> removal under hydrocarbon agent at the range of 200-300 °C operating temperature. Several reports indicated that the pulse hydrocarbon agent is not enhanced of the NO<sub>x</sub> removal but also reduce of the hydrocarbon consumption over selective catalyst reduction at high-operation temperature. In this study, the NO<sub>x</sub> removal will investigate in a fixed-bed dielectric barrier discharge reactor with a pulse hydrocarbon agent, n-C<sub>7</sub>H<sub>16</sub>. Effects of the pulse hydrocarbon agent will be considered regarding NO<sub>x</sub> efficiency removal and hydrocarbon consumption under the variation of time pulse of hydrocarbon, discharge power, and operating temperature. As a result, the effect of the pulse hydrocarbon conjugated with the plasma for the NO<sub>x</sub> will be presented.

Keywords: atmospheric pressure plasma; NO<sub>x</sub> reduction; selective catalyst reduction of NO<sub>x</sub>; dielectric barrier discharge

\* Correspondence author at Department of Chemical and Biological Engineering, Jeju National University, Jeju 63243, Korea

E-mail address: smokie@jejunu.ac.kr (Y.S. Mok)



PA-21

## A study on the reaction enhancement of catalytic CF<sub>4</sub> hydrolysis using a multi-stage catalyst-adsorbent reactor

Jae-Yun Han<sup>1,3</sup>, Chang-Hyun Kim<sup>1,3</sup>, Boreum Lee<sup>2</sup>, Seonju Jeong<sup>2</sup>, Hankwon Lim<sup>2</sup>, Kwan-Young Lee<sup>3</sup>, Shin-Kun Ryi<sup>1\*</sup> (h2membrane@kier.re.kr)

<sup>1</sup>Korea Institute of Energy Research,

<sup>2</sup>Ulsan National Institute of Science and Technology,

<sup>3</sup>Korea University

CF<sub>4</sub> (tetrafluoromethane) is emitted in aluminum production, semiconductor manufacturing and flat panel display manufacturing. However, CF<sub>4</sub> is one of the GHGs (greenhouse gas) that has higher GWP (global warming potential) value than other gases (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, and N<sub>2</sub>O)<sup>1</sup>. Recently, the decomposition or collection of these GHGs is a major issue in the present climate change research works. Therefore, practical applications require efficiently and economically viable abatement technologies such as thermal or catalytic decomposition. In our previous paper, a sorption enhanced catalytic decomposition method was proposed to enhance CF<sub>4</sub> hydrolysis conversion by three-stages catalyst-adsorbent reactor<sup>2</sup>. In this study, we try to process optimization by experimental and theoretical simulation studies with an aspen HYSYS<sup>®</sup>. It was performed here by the effect of the number of stages (from 2 to 8 stages) on sorption enhanced CF<sub>4</sub> hydrolysis conversion. A P/γ-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalyst was prepared by an impregnation to incipient wetness with diluted phosphoric acid (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>), followed by drying at 393 K for 2 h and calcining at 973 K for 5 h. Calcium hydroxide (Ca(OH)<sub>2</sub>) was a commercial product used as adsorbent. In an Inconel tube with 1 inch in diameter, catalyst (P/γ-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) and adsorbent (Ca(OH)<sub>2</sub>) were stacked leading to multi-stage catalyst-adsorbent reactors (2, 4, 6, and 8). A gas flow leading was composed of 5000 ppm CF<sub>4</sub>, 8% H<sub>2</sub>O, and a balanced air with a gas hourly space velocity (GHSV) of 2000 h<sup>-1</sup>. As a result, enhanced CF<sub>4</sub> conversions were observed for all multi-stage catalyst-adsorbent reactors that confirming sorption enhanced CF<sub>4</sub> hydrolysis by selective removal of HF during reaction. The increments of CF<sub>4</sub> conversion in an eight-stage catalyst-adsorbent reactor compared to a single-stage reactor (catalyst bed only) were 26.1% at 923 K, 13.0% at 973 K, and 3.0% at 1023 K showing the effect of stage number at lower temperatures. A process simulation model using Aspen HYSYS<sup>®</sup> to reasonably represent experimental data was obtained and can be used as a critical design guideline for multi-stage catalyst-adsorbent reactors.

### References

1. Tsai W. T., CHen H. P., and Hsien W. Y., "A review of uses, environmental hazards and recovery/recycle technologies of perfluorocarbons(PFCs) emissions from the semiconductor manufacturing processes," *J. Loss Prev. Process Ind.*, 15(2), 65-75 (2002).
2. Han J. Y., Kim C. H., Lee B., Nam S. C., Lim H., Lee K. Y. and Ryi S. K., "Sorption enhanced catalytic CF<sub>4</sub> hydrolysis with a three-stage catalyst-adsorbent reactor," *Front. Chem. Sci. Eng.*, 11(4), 537-544 (2017).

PA-22

## Conversion of Xylose to Furfural using combination Lewis acid and Brønsted acid or Salt in Biphasic systems.

Dasom Mun<sup>1</sup>, Nhan T.T Huynh<sup>1,2</sup>, Seok-Kyu Park<sup>1</sup>, Kyoung Won Lee<sup>1</sup>, Jin Ku Cho<sup>1,2\*</sup>  
<sup>1</sup>Korea Institute of Industrial Technology (KITECH),  
<sup>2</sup>University of Science and Technology (UST)

Recently, there has been conducted to converting biomass into biofuel and biochemical as a result of concerning fossil exhaustion and global environmental pollution. Among of various biomass, lignocellulosic biomass which has composed cellulose, hemicellulose and lignin is an abundant and renewable resource. Especially, Hemicellulose has a plentiful pentose and Xylose is a common pentose product. For this reason, many research has performed to convert xylose into furfural that is predicted to be a potential platform chemical for bio-fuel, biochemical and biopolymer industries.

Formerly, our group carried out furfural synthesis from dehydration of xylose non-catalysts under a biphasic system which can be effectively extracting furfural from the organic phasic. When we choose chloroform as the organic solvent, found out that including  $\text{Cl}^-$  in chloroform activates reaction even non-catalyst. According to this results, we assessed the furfural synthesis from xylose dehydration with metal- $\text{Cl}^-$  (e.g.,  $\text{CrCl}_3$ ,  $\text{FeCl}_3$ , and  $\text{MnCl}_3$ ) as the catalyst on a biphasic system. Furthermore, we examined combining metal- $\text{Cl}^-$  as Lewis acid with HCl as brønsted acid or salt under our system to improving the furfural-yield and xylose-conversion.

PA-23

## Synthesis of 5-Acetoxymethyl-2-furaldehyde (AMF) from sugars

Nhan T.T. Huynh<sup>1,2</sup>, Kyungwon Lee<sup>1</sup>, Seok-kyu Park<sup>1</sup>, Jin ku Cho<sup>1,2</sup>

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

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

5-Hydroxymethyl-2-furfural (HMF) and its derivatives are among the promising biomass-derived platform chemicals, which have the potential to become “carbon-neutral” feedstock or building blocks in a green, renewable and sustainable industry. Various methods for HMF production from carbohydrates have been widely studied; most of those included the use of acidic catalysts at extreme reaction temperature.

In this research, we are interested in synthesizing 5-acetoxymethyl-2-furfural (AMF) - an ester derivative of HMF - which is considered to have better physical and chemical properties compared to HMF. Through enzymatic procedures, D-Glucose and D-Fructose are converted to 1,6-Diacetyl-fructofuranose (DAF), which is used as a precursor for a direct dehydration of into AMF. This approach has several advantages such as high yield and selectivity of the DAF intermediate; simple separation of interested product from catalysts and solvents; etc.

**Keywords:** HMF, 5-acetoxymethyl-2-furfural, dehydration, D-Fructose

### References

1. Giovanni Nicolosi et al., “Enzymatic procedures in the preparation of regioprotected D-fructose derivatives”, Carbohydrate Research, Volume 340, Issue 2, 7 February 2005, Pages 319-323
2. A.M. Gumel et al., “Lipase mediated synthesis of sugar fatty acid esters”, Process Biochemistry, Volume 46, 2011, Pages 2079-2090
3. Jin Ku Cho et al., “Commercially attractive process for production of 5-hydroxymethyl-2-furfural from high fructose corn syrup”, Journal of Industrial and Engineering Chemistry, Volume 19, Issue 4, 25 July 2013, Pages 1106-1111
4. Eun Sil Kang et al. “From Lignocellulosic Biomass to Furans via 5-Acetoxymethylfurfural as an Alternative to 5-Hydroxymethylfurfural”, ChemSusChem, Volume 8, 2015, Pages 1179-1188

PA-24

## Hydrogen Production With Low Carbon Monoxide by Steam Methane Reforming Using Palladium Membrane Reactor

Chang-Hyun Kim<sup>1,3</sup>, Jae-Yun Han<sup>1,3</sup>, Hankwon Lim<sup>2</sup>, Kwan-Young Lee<sup>3</sup>, Shin-Kun Ryi<sup>1\*</sup>  
(h2membrane@kier.re.kr)

<sup>1</sup>Korea Institute of Energy Research, <sup>2</sup>Ulsan National Institute of Science and Technology, <sup>3</sup>Korea University

Hydrogen has received much attention as an alternative energy sources. Polymer electrolyte membrane fuel cells (PEMFCs) are one of the most attractive power generation technologies owing to the use of the hydrogen as a fuel. However, there is no direct hydrogen resource on Earth; then it is necessary to produce the hydrogen from other resource and to efficiently provide commercial useful hydrogen as a fuel. Currently, natural gas steam reforming is the most common process for the hydrogen production because of its cost effectiveness for industrial hydrogen. As natural gas primarily consists of methane, steam methane reforming (SMR) has been commercially developed to supply the syngas with the high hydrogen content. However, the fuel in PEMFCs is strictly required of the CO concentration owing the CO poisoning problem in anode side. Recently, a high-temperature PEMFC has been developed and has a good CO tolerance up to 1%. In this study, to meet the fuel quantity for a high-temperature PEMFC, the Pd composite membrane reactor was introduced for producing the hydrogen with a low CO content under 1%, providing the compact process without the CO purification process such as series of water gas shift reactor. The SMR reaction was conducted in the membrane reactor packed with the Pd composite membrane and commercial Ru/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalyst. The Pd composite membrane was prepared on a tubular Inconel 600 support using electroless plating. The SMR reaction was carried out as a function of a transmembrane pressure difference of 2938 kPa at 823 K under S/C=3, and GHSV= 13200 h<sup>-1</sup>. In the permeate stream of reformed gas, the concentration of H<sub>2</sub> and CO was 96.786% and 0.065%, respectively. The hydrogen production rate was 1 Nm<sup>3</sup>h<sup>-1</sup>. This means that the proposed membrane reactor can be used for the fuel processor in a high-temperature PEMFC.

### Acknowledgement

This work was supported by the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning (KETEP), and received financial resources from the Ministry of Trade, Industry & Energy, Republic of Korea (No. 20173030041290).

PA-25

## Optimized encapsulation of cesin oil eugenol with polycaprolactone using particle from gas saturated solutions (PGSS)

David Nkurunziza<sup>1</sup>, Jin-Num Moon<sup>1</sup>, Jin-Seok Park<sup>1</sup>, Byung Soo Chun<sup>1\*</sup>  
(bschun@pknu.ac.kr)

<sup>1</sup>Department. of Food Science and Technology, Pukyong National University

Methyleugenol has a wide range of applications in pharmaceutical, cosmetic, flavor, agricultural and various other industries because of its antimicrobial, anti-inflammatory, antioxidants, analgesic, anti-cancer activities amongst others. In this study cesin oil was extracted from the cesin roots and leaves using supercritical carbon dioxide (SC-CO<sub>2</sub>). The extraction conditions were fixed at Pressure = 25MPa, Temperature = 50°C and the co-solvent flow rate of 1mL/min. The resulting oil was encapsulated in polycaprolactone using PGSS. The encapsulation conditions were optimized based on the content of methyleugenol and safrole content as responses with the highest methyleugenol lowest safrole content as the optimum conditions using response surface methodology (RSM), box - behnken experimental design (BBD) for variable ranges of temperature (45 - 65°C), pressures (20 to 30 MPa) and mixing ratio (1/5 to 1/10 g/g). The resulting micro particles will be evaluated for their biological activities such as antimicrobial activities and antioxidants and they can be used in cosmetics to prevent bad odor causing bacteria.

### 참고문헌

1. Kamatou, G.P., I. Vermaak, and A.M. Viljoen, Eugenol—from the remote Maluku Islands to the international market place: a review of a remarkable and versatile molecule. *Molecules*, 2012. 17(6): p. 6953-6981.
2. Matasyoh, L.G., et al., Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Ocimum gratissimum* L. growing in Eastern Kenya. *African Journal of Biotechnology*, 2007. 6(6).

## PA-26

# 중공구조를 갖는 나노섬유의 신합성공정개발 및 리튬이차전지 음극소재 적용

오장혁<sup>1</sup>, 조중상<sup>1\*</sup> (jscho@cbnu.ac.kr)

<sup>1</sup>충북대학교 공업화학과

중공 구조체는 구조적인 특이성으로 인해 에너지 저장 및 촉매, 센서, 바이오 분야 등 다양한 분야에서 주목 받고 있다. 특히 리튬이차전지의 음극소재로 적용 시, 전해질의 침투가 용이하며, 리튬 이온의 확산거리가 짧고, 충·방전과정동안의 부피팽창 및 수축을 수용할 수 있어 우수한 전기화학적 특성을 나타낸다. 본 연구에서는 전기방사공정과 후 열처리를 통하여 중공구조의 금속산화물 나노섬유를 합성하였다. 금속 전구체와 고분자, 유기물질을 사용하여 용액을 제조하였고, 전기방사공정을 통해 나노섬유를 합성하였다. 전기방사공정과정에서 물질간의 상분리가 발생하였고, 이 후 섬유의 안정화과정에서 중공구조의 나노섬유가 형성되었다. 이 후 대기 중에서 열처리를 통해 중공구조의 금속산화물 나노섬유를 합성하였다. 합성된 중공 구조의 금속산화물 나노섬유는  $61 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ 의 높은 BET 값을 나타내었고 리튬이차전지의 음극소재로 적용 시,  $2 \text{ A g}^{-1}$ 의 높은 전류 밀도에서 400사이클 후  $956 \text{ mAh g}^{-1}$ 의 높은 가역 용량을 나타내었다.

### 참고문헌

1. Cho, J. S., Lee, S. Y., Ju, H. S., and Kang, Y. C., "Synthesis of NiO nanofibers composed of hollow nanospheres with controlled sizes by the nanoscale Kirkendall diffusion process and their electrochemical properties," ACS Appl. Mater. Interfaces, 7(46), 25641-25647 (2015)
2. Cho, J. S., Hong, Y. J., and Kang, Y. C., "Design and synthesis of bubble-nanorod-structured Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-carbon nanofibers as advanced anode material for Li-ion batteries." ACS Nano, 9(4), 4026-4035 (2015).
3. Koo, B. R., Oh, S. T., and Ahn, H. J., "Camphene effect for morphological change of electrospun SnO<sub>2</sub> nanofibres: From dense to fibre-in-hollow and to hollow nanostructures," Materials Letters, 178, 288-291 (2016).

PA-27

## Ni-NiO Supported on Nitrogen-Doped Carbon Nanoweb as a Highly Efficient Electrocatalysts for CO<sub>2</sub> Reduction to CO

Hyunsu Han<sup>1</sup>, Yuseong Noh<sup>1</sup>, Seongmin Park<sup>1</sup>, Won Suk Jung<sup>1</sup>, Jungeun Cha<sup>1</sup>  
and Won Bae Kim<sup>1\*</sup> (kimwb@postech.ac.kr)

<sup>1</sup>Department of Chemical Engineering, Pohang University of Science and Technology (POSTECH), 77 Cheongam-ro, Nam-gu, Pohang, Gyeongbuk, 37673, Republic of Korea

Nickel and nickel oxide nanoparticles supported N-doped carbon nanoweb (Ni-NiO/NCNWs) hybrid materials are reported as highly efficient catalyst for electrochemical CO<sub>2</sub> reduction to CO. The Ni-NiO/NCNWs are simply synthesized by pyrolysis of mixture of polypyrrole nanoweb (PNWs) and Ni metal precursor. The resulting Ni-NiO/NCNWs exhibited a maximum CO Faradaic efficiency of ~89% at -0.9 V (vs RHE). This study highlights the importance of synergistic effect of Ni-NiO nanoparticles and N doping on their catalytic performance toward CO generation.

### Reference

1. Kondratenko, E.V. et al., "Status and perspective of CO<sub>2</sub> conversion into fuels and chemicals by catalytic, photocatalytic and electrocatalytic processes," *Energy Environ. Sci.*, 6(11), 3112-3135 (2013).
2. Vasileff, A. et al., "Carbon solving carbon's problems: recent progress of nanostructured carbon-based catalysts for the electrochemical reduction of CO<sub>2</sub>," *Adv. Energy Mater.*, 7(21), 1700759 (2017).
3. Wu, J. et al., "Achieving highly efficient, selective, and stable CO<sub>2</sub> reduction on nitrogen -doped carbon nanotubes," *ACS Nano*, 9(5), 5364-5371 (2015).

PA-28

## Kinetic study of catalytic CO<sub>2</sub> gasification of biomass char

Wongun Yoon<sup>1</sup>, Yoongon Kim<sup>2</sup>, Seungjun Lee<sup>1</sup>, Jaejin Bae<sup>1</sup>, Yekyu Kim<sup>1</sup>, Hyunwoo Ahn<sup>1</sup> and Won Bae Kim<sup>1,\*</sup> (kimwb@postech.ac.kr, 77 Cheongam-ro, Nam-gu, Pohang, Gyeongbuk, 37673, Republic of Korea)

<sup>1</sup>Department of Chemical Engineering, Pohang University of Science and Technology (POSTECH), <sup>2</sup>School of Materials Science and Engineering, Gwangju Institute of Science and Technology (GIST)

The objective of this study was to study kinetics of catalytic CO<sub>2</sub> gasification of biomass char. Hallabong peel char was prepared for use in CO<sub>2</sub> gasification, the physicochemical properties of HP char were characterized by using scanning electron microscopy, X-ray diffraction and Fourier transform infrared spectroscopy. The effects of addition of calcium catalysts on CO<sub>2</sub> gasification reactivity were investigated. Kinetic parameters were determined from the Modified Volume Reaction Model(MVRM). Based on obtained gasification rate constant, activation energy of 7wt% Ca loaded Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> catalyst char was calculated as 102.9 kJ/mol which was 18.2 kJ/mol lower than of un-catalyzed char.

### Reference

1. Fan, S. et al., "Experimental and kinetic study of catalytic steam gasification of low rank coal with an environmentally friendly, inexpensive composite K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-eggshell derived CaO catalyst" Fuel, 165, 397-404 (2016).
2. Hwang et al., "Kinetic study on low-rank coal including K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, CaCO<sub>3</sub> and dolomite gasification under CO<sub>2</sub> atmosphere" CLEAN TECHNOLOGY, 20(1), 64-71 (2014).
3. Lahijani, P. et al., "CO<sub>2</sub> gasification reactivity of biomass char: Catalytic influence of alkali, alkaline earth and transition metal salts" Bioresour. Technol., 144, 288-295 (2013).
4. Huo, W. et al., "Study on CO<sub>2</sub> gasification reactivity and physical characteristics of biomass, petroleum coke and coal chars" Bioresour. Technol., 159, 143-149 (2014).
5. Huang, Y. et al., "Effects of metal catalysts on CO<sub>2</sub> gasification reactivity of biomass char", Biotechnol. Adv., 27(5), 568-572 (2009).



PA-29

## Highly stable robust superhydrophobic coating deposited on glass substrate using atmospheric pressure plasma jet

Md. Mokter Hossain<sup>a</sup>, Quang Hung Trinh<sup>b,c</sup>, Duc Ba Nguyen<sup>a</sup>, Van Toan Nguyen<sup>a</sup>, M.S.P. Sudhakaran<sup>a</sup>, Young Sun Mok<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup>Department of Chemical and Biological Engineering, Jeju National University

<sup>b</sup>Center for Advanced Chemistry, Institute of Research and Development, Duy Tan University (Vietnam)

<sup>c</sup>Faculty of Mechanical Engineering, Le Quy Don Technical University (Vietnam)

\*Corresponding author, Tel: (+82)64-754-3680, Fax: (+82)64-755-3670, E-mail: smokie@jejunu.ac.kr

**Abstract:** Plasma polymerization by atmospheric-pressure plasma was successfully used to obtain highly stable robust superhydrophobic coating onto soda-lime glass substrates. Noble gas argon was used to generate plasma by dielectric barrier discharge (DBD). Hexamethyldisiloxane (HMDSO) and 3-aminopropyl(diethoxy)methylsilane (APDMES) were used as precursors in which HMDSO was for promoting hydrophobicity and APDMES for enhancing robustness of the thin film. The main objective of this work is to find an optimum mixture of these two precursors that can make highly stable robust superhydrophobic thin film on the glass surface. An alternating current (AC) high voltage (operating frequency: 11.5 kHz) was used to generate argon plasma. Water contact angle (WCA) of 164° and stable mechanical strength could be achieved with an optimal APDMES/HMDSO ratio of 1.4. Atomic force microscopy (AFM), scanning electron microscopy (SEM), X-ray photoelectron spectroscopy (XPS), Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR), static water contact angle (WCA), and scratch test were carried out to characterize the coating layer.

**Keywords:** HMDSO, APDMES, Plasma jet, Thin film

PA-30

## 전기방사한 다공성 탄소 나노파이버를 이용한 슈퍼커패시터의 전기화학적 특성

김은미\*, 정상문 (jinenmei@chungbuk.ac.kr)  
충북대학교 화학공학과

### Electrochemical Properties of Supercapacitor Using Electrospun Porous Carbon Nanofibers

En Mei Jin\*, Sang Mun Jeong (jinenmei@chungbuk.ac.kr)  
Department of Chemical Engineering, Chungbuk National University

슈퍼커패시터는 리튬이차전지에 비해 높은 출력밀도, 긴 사이클 수명, 친환경적 특성으로 인해 차세대 에너지 원으로 주목 받고 있다. 슈퍼커패시터는 주로 활성탄, 탄소 나노파이버 (CNFs), 그래핀 등 두 개의 대칭 탄소 기반 전극으로 구성되며 전극표면과 전해질 계면의 전기이중층에 의한 전하의 흡/탈착에 의하여 에너지를 저장하는 전기화학적 장치이다[1,2]. 그러나 탄소 기반 전극의 낮은 에너지 밀도는 다양한 분야에서의 응용 및 시장의 확대에 제약을 받고 있으며 반드시 해결해야 할 문제이다. 독특한 구조, 유연성, 전자전도성 및 넓은 비표면적 특성을 갖는 CNF는 매우 유망한 슈퍼커패시터의 전극재료이다[3,4]. 그러나 CNF는 현재까지 약 ~200 F/g의 낮은 정전용량을 나타내고 있으며 다른 종류의 탄소 소재도 비슷한 정전용량을 나타내고 있다 [3,5]. 일반적으로 CNF는 템플릿 방법 또는 전기방사법에 의해 제조되며 현재까지 템플릿 방법으로 제조한 CNF를 이용한 슈퍼커패시터의 최대 용량은 167 F/g을 나타내고 있다[6]. 슈퍼커패시터의 정전용량은 전극 소재의 비표면적에 의존하기 때문에 CNF 전극의 비표면적 증가가 매우 중요하다. 따라서 본 연구에서는 CNF의 직경과 기공도 조절이 용이한 전기방사법을 이용하여 다공성 CNF를 제조하였다. 그리고 CNF의 표면 다공성은 다양한 양의 SiO<sub>2</sub> 나노입자를 전기방사 용액에 첨가하여 방사한 후, SiO<sub>2</sub>를 제거하는 방법으로 제어하였다. 제조한 다공성 CNF의 물리적-화학적 및 전기화학적 특성은 X-선 회절분석, 전계방출형 주사전자 현미경, 비표면적, X-선 광전자 분광법, 순환전위-전류법, 충방전 시험, 전기화학적 임피던스 분광법 등을 통해 분석되었다. 다공성 CNF는 1 A/g의 전류밀도에서 248 F/g의 높은 정전용량을 나타낼 뿐 만 아니라 비 다공성 CNF에 비해 약 2배 이상의 정전용량 값을 보였다. 또한, 다공성 CNF는 2,000 사이클 충방전 후 용량손실은 거의 나타나지 않았으며 유효성은 1 A/g 전류밀도 대비 20 A/g에서 약 74%를 나타내었다.

#### 참고문헌

1. Lin, Z., Goikolea, E., Balducci, A., Naoi, K., Taberna, P. L., Salanne, M., Yushin, G., and Simon, P., "Materials for supercapacitors: When Li-ion battery power is not enough," *Mater. Today* 21, 419-436 (2018).
2. Michio, I., Ying, Y., and Feiyu, K., "Carbon nanofibers prepared via electrospinning," *Adv. Mater.* 24 2547-2566 (2012).
3. Mao, X., Hatton, T. A., and Rutledge, G. C., "A review of electrospun carbon fibers as electrode materials for energy storage," *Curr. Org. Chem.* 17, 1390-1401 (2013).
4. Islam, N., Hoque, M. N. F., Zu, Y., Wang, S., and Fan, Z., "Carbon nanofiber aerogel converted from bacterial cellulose for kilohertz AC-Supercapacitors," *MRS Adv.* 3(15-16), 855-860 (2018).
5. Kim, C. and Yang, K., "Electrochemical properties of carbon nanofiber web as an electrode for supercapacitor prepared by electrospinning," *Appl. Phys. Lett.* 83, 1216-1218 (2003).
6. Zhou, D. D., Li, W. Y., Dong, X. L., Wang, Y. G., Wang, C. X., and Xia, Y. Y., "A nitrogen-doped ordered mesoporous carbon nanofiber array for supercapacitors," *J. Mater. Chem. A* 1, 8488-8496 (2013).

PA-31

## 일산화탄소의 선택적 분리를 위한 염화제일구리 기반 흡착제 제조 및 특성평가

김정수, 정태성, 조강희, 박종호, 범희태, 한상섭\*  
대전광역시 유성구 가정로 152, 한국에너지기술연구원, 305-343, 청정연료 연구실  
(\*E-mail: sshan@kier.re.kr)

제철공정의 부생가스에는 많은 양의 일산화탄소가 포함되어 있다. 일반적으로 일산화탄소는 재연소를 통해 이산화탄소로 전환시켜 배출되는데, 이는 사용가능한 자원을 낭비하는 측면이다. 일산화탄소는 아세트산, 폴리우레탄, 폴리카보네이트, 포름산, 아크릴산, 포스겐 등 다양한 고부가가치 화학물의 원료 등으로 이용할 수 있기 때문에 분리해서 사용한다면 일산화탄소를 자원화 할 수 있다. 일산화탄소는 일반적으로 심냉 증류법, 흡수법, 압력 변동 흡착법(PSA)를 통해 분리해 낼 수 있는데, 그 중에서 우리는 중대규모에 적합하고 적은 비용으로도 일산화탄소를 효율적으로 분리해 낼 수 있는 압력 변동 흡착법(PSA) 개발에 중점을 두고자 하였다. 일산화탄소 분리 용 PSA 공정 개발에서 가장 중요한 부분은 고성능 일산화탄소 선택적 흡착제 개발이다. 제철공정에서 배출되는 부생가스의 주성분은 CO와 CO<sub>2</sub>이기 때문에 이산화탄소 대비 일산화탄소 선택도가 높고 일산화탄소 흡착 성능이 우수한 흡착제를 개발하는 것이 필요하다. 이 연구에서는 알루미늄-구리 기반의 일산화탄소 선택적 흡착제를 제조한 후 물리화학적 특성 및 일산화탄소 흡착 특성 평가를 진행 하였다. 그 결과 우리가 개발한 흡착제는 매우 높은 일산화탄소 흡착량, 이산화탄소 대비 일산화탄소 선택도를 보이는 것을 알 수 있었다.

PA-32

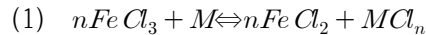
## 에칭 구액으로부터 용매 추출에 의한 니켈 회수 및 소재화 기술개발

이석환, 채병만, 김득현, 이상우\*  
(주) 케이엠씨

### Development of technology of nickel carbonate from waste Iron-nickel alloy etchant by Solvent extraction

Seokhwan Lee, Byung-man Chae, DeukHyeon Kim, SangWoo Lee\* (kmc0051@hanmail.net)

전자제품 제조 공정상 필수적으로 불필요한 부분의 금속 막을 부식 제거 하는 에칭 공정에서 금속에 대한 산화력이 강하며 부식속도가 빠른 염화제이철( $FeCl_3$ ) 용액을 사용하게 된다. 사용된 에칭구액 수용액은 철, 구리, 알루미늄 니켈 등을 포함한 다양한 금속을 식각 후  $Fe^{3+}$ 이  $Fe^{2+}$ 로 환원된다. 다음 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.



상기와 같이 에칭 후 발생하는 에칭구액은 산화공정<sup>1)</sup> 및 용매추출공정<sup>2)</sup>을 통하여 재활용 할 수 있다. 재활용 공정 후, 다시 발생하는 폐 용액은 유기금속인 니켈을 함유하고 있으며, 이 또한 용매추출공정을 통해 니켈을 재활용할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 염화철 에칭구액으로부터 높은 수율로 니켈을 회수하고 회수된 니켈의 소재화 하는 방법을 개발하기 위하여 연구를 수행하게 되었다.

본 연구에서는 기존에 다양한 연구를 통해 잘 알려진 유기용매 TBP 및 Alamine 336과 새로운 유기용매 제인 P-350을 Lab-test를 통해 비교 분석하였으며, 정제된 니켈 함유 용액을 정제하여 고순도 탄산니켈로 제조하였다. 또한, 최적화된 양산 공정 데이터를 확립하기 위하여 연속 공정 Pilot test를 통해 니켈 화합물 회수를 할 수 있는 소재화 기술개발을 도출 하였다.

#### 참고문헌

1. D. W. Kim, I. J. Park, G. H. Kim, S. W. Lee, H. L. Choi, and H. C. Jung, "A study on the oxidation for regeneration of ferric chloride etching solution", J. of Korean Inst. of Resources Recycling, 26 (2), 2017, 18-24.
2. K. Mubeena and G. Muthuraman, "Solvent extraction technique for removal and recovery of nickel from effluent by Trimethyl amine as a carrier", International Journal of Science, Vol. 4, Issue1, pp. 128-137 (2015).

PA-33

**고효율 태양광 수증기 발생을 위한 활성탄 기반 태양광 흡수체 개발**

최명길, Anush Mnoyan, 구본준, 이용희, 이규복\*(kyubock.lee@cnu.ac.kr)  
 충남대학교 에너지과학기술 대학원(GEST) 그린 에너지재료 연구실

최근 태양광을 이용한 해수 담수화 방법 중 집열기를 사용하지 않고 높은 광 흡수율을 가지는 나노 입자 및 탄소 기반의 태양광 흡수체를 이용한 고효율 수증기 발생 기술이 주목받고 있다. 기존의 태양열을 이용한 증발식 방법은 물 전체를 직접적으로 가열하기 때문에 열 손실이 큰 반면에 태양광 흡수체 기반 수증기 발생 장치는 태양광 흡수체에 접촉하는 물만을 국부적으로 가열하기 때문에 고효율의 수증기를 생산하는 것이 가능하다. 이러한 태양광 흡수체는 표면 플라즈몬 효과를 나타내는 금, 은 등의 금속 나노 입자와 흑체 효과를 보이는 graphene, CNT 등의 탄소나노소재가 주로 사용되어 왔다.

본 연구에서는 가격이 저렴하고 대량 생산되는 탄소 재료인 활성탄을 이용하여 고효율의 태양광 수증기 발생을 위한 태양광 흡수체를 개발하고자 하였다. 태양광 흡수체는 활성탄 입자를 여과법 및 스프레이 코팅법을 이용하여 지지체인 cellulose paper에 코팅하는 방법으로 제작했다. 또한 흡수체 제작 시에 cellulose paper와 활성탄 사이의 접착력을 부여하고 물 흡수율을 증진시키는 목적으로 polyelectrolyte계열인 polyethyleneimine (PEI)를 첨가제로 사용하였다. 수증기 발생효율은 태양광시뮬레이터를 이용하여 1~3 sun의 광을 단위 면적의 흡수체에 조사하여 발생하는 수증기의 질량으로부터 측정하였고, 3 sun 조사 하에서 시간당 최고 3.81 kg/m<sup>2</sup>의 수증기 발생효율을 얻을 수 있었다. 태양광 흡수체의 형상, 비 표면적, 기공 크기 등의 물리적 특성과 첨가제가 수증기 발생 효율에 미치는 영향을 연구하였다. 또한 본 방법을 이용하여 해수로부터 생성된 수증기의 이온함유량을 분석하였고 대면적으로 제작된 태양광 흡수체를 이용하여 실제 태양광 조사 하에서 생성되는 수증기 발생 효율을 측정하여 태양광 흡수체의 해수담수화 적용 가능성을 알아보았다.

PA-34

## 수용성 휘발성 유기 화합물의 흡착제 별 경쟁흡착 현상

전동혁, 최호경, 유지호, 김상도, 임정환, 임영준, 이시훈\*(lsh3452@kier.re.kr)  
한국에너지기술연구원 청정연료연구실

### Competitive Adsorption of Water-Soluble Volatile Organic Compounds on Several Adsorbents

Dong Hyuk Chun, Hokyung Choi, Jiho Yoo, Sang Do Kim, Jeong Hwan Lim, Young Joon Rhim,  
and Sihyun Lee\* (lsh3452@kier.re.kr)  
Clean Fuel Laboratory, Korea Institute of Energy Research

#### 초록

휘발성 유기 화합물은 도장공정, 인쇄공정, 화학공업, 제지, 반도체 등 많은 산업공정에서 발생하는 대기오염물질이다. 이는 악취의 주요 원인일 뿐 아니라 질소산화물, 황산화물 등과 함께 광화학반응으로 PM 2.5의 미세먼지를 발생시키는 오염원으로 알려져 있다[1]. 최근 환경에 대한 관심이 높아지면서 인쇄공정에서 사용하는 용제를 벤젠, 톨루엔, 자일렌 (BTX) 계열에서 수용성 용제로 교체하는 추세이다. 각종 출판물, 포장용 등에 널리 사용되는 그라비아 잉크의 경우 최근에는 에탄올, 초산프로필, 사이클로헥산으로 구성된 수용성 성분으로 구성된 용제가 개발되었다. 하지만 이들 물질도 눈 및 피부와 호흡계 등에 자극성이 있으므로 대기에 배출하기 전에 환경적인 처리가 필요하다. 일반적으로 서로 다른 조성이 혼합된 휘발성 유기 화합물의 경우 경쟁흡착에 의해 흡착제의 파과시간이 줄어든다[2]. 이로 인하여 흡착제의 교체주기가 짧아져 잦은 교체가 이뤄져야 하지만, 대부분의 중소기업에서는 흡착제의 교체비용, 인력 부족 등으로 관리가 제대로 이뤄지지 않고 있다. 본 연구에서는 에탄올, 초산프로필, 사이클로헥산이 각각 30%, 40%, 30%로 구성된 용제를 흡착 처리할 수 있는 적절한 흡착제를 찾고 흡착 현상을 연구하였다. 분석된 흡착 현상을 바탕으로 흡착제의 파과시간을 제어하고 재생하여 재사용할 수 있는 이동상 흡탈착 시스템에 적용할 예정이다. 흡착제의 파과시간을 제어할 수 있는 이동상 흡탈착 시스템은 복합 휘발성 유기화합물질에 의해 현재 중소기업에서 발생하고 있는 흡착제 관리 문제를 해결할 수 있을 것으로 예상된다.

#### 참고문헌

1. Giakoumi, A., Maggos, T., Michopoulos, J., Helmis, C., and Vasilakos, C., "PM2.5 and Volatile Organic Compounds (VOCs) in Ambient Air: A Focus on the Effect of Meteorology," *Environ. Monit. Assess.*, **152**, 83-95 (2009).
2. Tefera, D. T., Hashisho, Z., Philips, J. H., Anderson, J. E., and Nichols, M., "Modeling Competitive Adsorption of Mixtures of Volatile Organic Compounds in a Fixed-Bed Activated Carbon," *Environ. Sci. Technol.*, **48**, 5108-5117 (2014).

#### 감사의 글

본 연구는 시흥녹색환경지원센터의 2018년도 연구개발사업비 지원에 의해 수행되었습니다.

PA-35

## Atmospheric-Pressure-Plasma Assisted Selective Catalyst Reduction of NO<sub>x</sub> and Soot

Van Toan Nguyen, Duc Ba Nguyen, Md.Mokter Hosian, Young Sun Mok\*  
Department of Chemical and Biological Engineering, Jeju National University

### Abstract

Selective catalyst reduction of NO<sub>x</sub> has been successful with Ag/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalyst with hydrocarbon as a reduction agent at the range of 300-450° C operating temperatures. Since the exhaust gases in the diesel engines consist of NO<sub>x</sub> and soot (unburned hydrocarbons), there is an interest in the NO<sub>x</sub> and soot removal. However, the conversion of the hydrocarbons in the conventional catalyst is low at low-operation temperature ( $\leq 300$  ° C). Plasma technology provides a highly reactive chemical cocktail at low-operation temperature, including electrons, ions, radical and excited species. Indeed, a dielectric barrier discharge can generate electrons in the range of 1-10 eV, radicals, ions, and the excited state nearly room-temperature. Since these advantages of plasma technology, we proposed that a combination of plasma with a catalyst is potential for NO<sub>x</sub> and soot at a low-operation temperature ( $\leq 300$  ° C). In this study, removal of NO<sub>x</sub> and Naphthalene in a fixed-bed dielectric barrier discharge reactor will be examined under the variations of temperature and input power. As a result, an evaluation of the plasma-catalyst for the NO<sub>x</sub> and Naphthalene removal will be presented.

Keywords: atmospheric pressure plasma; NO<sub>x</sub> and soot reduction; selective catalyst reduction of NO<sub>x</sub>; dielectric barrier discharge

\* Correspondence author at Department of Chemical and Biological Engineering, Jeju National University, Jeju 63243, Korea  
E-mail address: smokie@jejunu.ac.kr (Y.S. Mok)

PA-36

## 수소 플라즈마 용해에 의한 Ti-Al 혼합체 스크랩으로부터 청정 TiAl 합금 제조

이도성, 오정민, 임재원\*(jwlim@jbnu.ac.kr)  
전북대학교

### Fabrication of clean TiAl alloy from Ti-Al mixture scraps by hydrogen plasma arc melting

Dosung Lee, Jung-Min Oh, Jae-Won Lim\*(jwlim@jbnu.ac.kr)  
Chonbuk National University

HPAM(Hydrogen Plasma Arc Melting)은 아르곤 플라즈마 발생 가스에 수소를 첨가하는 방식으로 순 타이타늄과 타이타늄 기반 합금 또는 고부가가치를 가진 순금속들의 정련에 매우 실용적이다. 본 연구에서는 Ti-40at.%Al 혼합체 스크랩을 재활용하기 위해 HPAM을 이용하여 청정 TiAl 합금 제조 및 용해 시간에 따른 정련 효과를 연구하였다. 철강 탈산제용 분말 혼합체 스크랩이 원재료로서 사용되었다. 진공 분위기에서 Ar+20Vol.%H<sub>2</sub> 혼합가스를 주입하여 상압 조건을 충족시킨 후에 HPAM을 실시하였다. 혼합체 스크랩과 제조된 잉곳의 상변화를 확인하기 위해 EDS와 X-선 회절분석이 실시되었다. 산소/질소 분석기, GDMS(Glow Discharge Mass Spectrometry)를 이용하여 혼합체 스크랩과 잉곳 내의 산소 함량과 불순물 농도를 분석하였다. 연구 결과 뚜렷하게 분리되어 있던 Ti 상과 Al 상들이 용해되어 γ-TiAl 상만 관찰되었다. 용해 시간이 길어질수록 TiAl 합금 내 산소 함량은 감소하였다. 30분 동안 정련된 잉곳의 산소 함량은 490 ppm, 혼합체 스크랩 대비 저감률은 62.59%이었다. 30분동안 정련된 잉곳에서 불순물의 함량은 49.35 ppm으로 혼합체 스크랩 대비 65.52%의 저감률을 보였다. 30분 동안 HPAM에 의한 정련 후 상용 TiAl 합금 기준에 준하는 잉곳을 제조할 수 있었다.

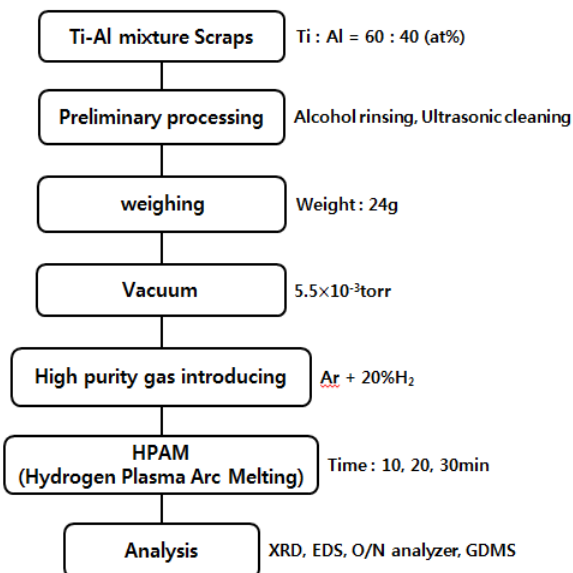


Fig. 1 Flow diagrams of the experimental procedure.

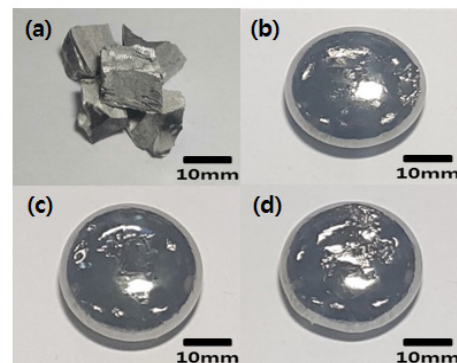


Fig. 2. Photographs of Ti-40at%Al mixture scraps and refined TiAl alloy ingots : (a) mixture scraps, (b) 10min, (c) 20min, (d) 30min



PA-37

## 친환경 금속 칼슘 환원제를 이용한 벌크 Ti-6Al-4V 합금의 산소 저감

김태현, 오정민, 임재원\*(jwlim@jbnu.ac.kr)  
전북대학교

### Oxygen reduction of bulk Ti-6Al-4V alloy using eco-friendly calcium reductant

Taeheon Kim, Jung-Min Oh, Jae-Won Lim\*(jwlim@jbnu.ac.kr)  
Chonbuk National University

대표적인 타이타늄 합금인 Ti-6Al-4V 합금은 비강도와 내식성이 매우 뛰어난 신소재이나 고용점, 고반응성 특성 때문에 가공 및 변형이 어려워 제조비용을 절감하기 위한 재활용 연구가 활발히 진행되고 있다. 타이타늄의 재활용에 있어 가장 큰 문제점은 가공 중 발생하는 산소의 오염이며, 재료의 고부가가치화를 위해 산소의 저감은 필수적이다. 기존의 타이타늄의 산소 저감 기술인 Molten Flux 법은  $\text{CaCl}_2$  등의 Halide계 Flux를 사용하여 칼슘을 용해하고 탈산 생성물인  $\text{CaO}$ 를 Flux 내에 용해시키는 방법이다. 하지만 Halide계 Flux 사용 공정은 염화물의 발생으로 인한 환경 오염문제가 발생한다.

따라서 본 연구는 별도의 Halide계 Flux를 사용하지 않고 친환경적인 금속 칼슘 환원제를 이용하여 타이타늄 합금의 산소 저감을 시도하였다. 실험은 고진공 분위기에서 진행되었으며,  $700 \sim 1000 \text{ }^\circ\text{C}$ 의 온도 범위에서 1시간 유지되었다. 추가적으로 보다 낮은 산소 저감을 위해 탈산 공정을 1회 반복하는 재탈산 공정을 실시하였다. 실험 결과  $1.5 \times 10^{-6}$  torr의 진공 분위기에서  $1000 \text{ }^\circ\text{C}$ 에서 1회 탈산 시 산소 함량은 510 ppm으로 원재료 대비 65%의 산소 저감률을 나타냈다. 추가적인 산소 저감을 위해 재탈산 공정을 실시했을 때, 산소 함량은 355 ppm으로 원재료 대비 76%의 산소 저감률을 나타냄으로 친환경 금속 칼슘 환원제를 이용하여 벌크 Ti-6Al-4V 합금의 산소 저감이 가능하였다.

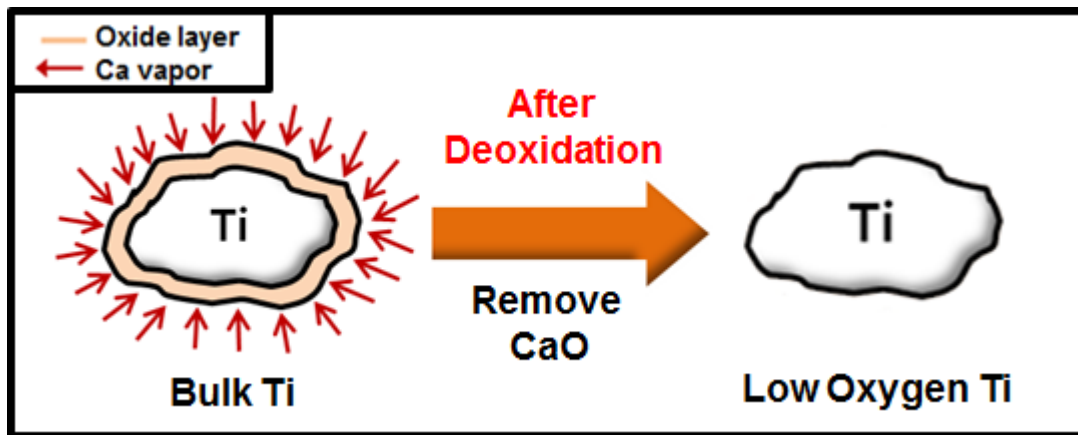


Fig. 1. Schematic diagram of deoxidation process using Ca.

PA-38

## 균일용액침전법을 이용한 합성시간에 따른 BaMnAl<sub>11</sub>O<sub>19-δ</sub>의 영향

박지윤, 정유식<sup>1</sup>, 이영우\*  
 충남대학교 에너지과학기술대학원, <sup>1</sup>(주)지엔티엔에스(GNTNS)

### Effects of BaMnAl<sub>11</sub>O<sub>19-δ</sub> on the Precipitation Time Using a Homogeneous Precipitation

Ji Yun Park, You Shick Jung<sup>1</sup>, Young Woo Rhee\*  
 Graduate School of Energy Science and Technology, Chungnam National University,  
<sup>1</sup>GN Technology & Solution

환경오염에 대한 관심은 전세계적으로 높아지고 있으며, 그에따른 다양한 환경보전정책들이 발표/시행되고 있다. 우리나라의 경우 '24년까지 인구집중의 심화, 에너지 사용량 증가의 영향으로 오염물질 배출량은 다소 증가할 전망이다. 오염물질 배출량 증가로 인해 오염도도 악화될 것으로 예상된다. 연소촉매란 천연 가스나 탄화수소, 일산화탄소, 휘발성유기화합물 등을 화염연소보다 낮은 온도에서 안정적으로 완전 산화시키는 촉매이다. 완전연소로 CO와 같은 유해가스 배출의 원인을 근본적으로 제거 가능하며, 희박연소로 적은 유량의 가스도 안정적으로 연소처리가 가능하므로 연소소모량을 최소로 조절 사용이 가능하다. 또한 화염연소보다 낮은 온도에서 연소가 가능하여 열적 NO<sub>x</sub> 발생을 방지한다. 기존의 상용화된 촉매는 귀금속 촉매 위주로 주로 백금촉매를 사용하여 저온활성이 우수하나 600°C 이상의 고온에서는 비활성화가 급격히 일어나게 되며 가격 또한 고가이다. 망간 또는 코발트를 기본으로 한 페로브스카이트 산화물은 높은 완전 산화 활성을 보이며, 고온에서 sintering으로 인한 표면적의 급격한 저하를 동반한다고 보고되었다[1]. 그에 비하여 헥사알루미늄에이트 복합화합물 구조의 촉매는 1300°C 이상의 고온에서도 넓은 표면적을 유지하여 뛰어난 열적 안정성을 보인다[1,2]. 알루미늄 담체에 금속원소를 첨가하여 알루미늄의 고온 결정성장이나 상변이를 지연시켜 고온 내열성을 향상시킬 수 있다. Ba나 Sr이 첨가된 헥사알루미늄에이트 구조는 1200°C 이상의 고온에서도 높은 내열성을 가지고 있는 것으로 보고하였다[2,3]. 또 헥사알루미늄에이트 구조에 Mn과 같은 전이금속을 치환시킴으로써 고온에서 필요한 촉매 활성을 확보하였다.

본 연구에서는 촉매 제조공법으로 고려인자가 적으며 균일한 입자를 생산할 수 있는 촉매 합성법인 균일용액침전법을 사용하였다. 비귀금속 촉매로서 Ba가 첨가된 헥사알루미늄에이트를 제조하였다. 고온 활성을 높이기위하여 헥사알루미늄에이트 구조에 치환할 전이금속으로 Mn을 사용하였다. 이전 연구를 통해 얻은 180도의 합성온도에서 합성시간에 따른 촉매상의 변화를 비교하였다. 제조한 촉매는 XRD와 SEM를 이용하여 분석하였다.

#### 참고문헌

1. J. G. McCarty and H. Wise, "Perovskites catalyst for methane combustion", Catalysis Today, 8, 231-248 (1990).
2. M. Machida, K. Eughi, and H. Arai, "Effect of Additives on the surface area of oxide supports for catalytic combustion" Journal of Catalysis, 103, 385-393 (1987).
3. G. Groppi, M. Bellotto, C. Cristiam, P. Forzatti, and P. L. Villa, "Preparation and characterization of hexaaluminate-based materials for catalytic combustion", Applied Catalysis A: General, 104(2), 101-108 (1993).

PA-39

## Bioelectrochemical control of 3-hydroxypropionic acid/1,3-propanediol production rate

Jiyun Baek<sup>1</sup>, Changman Kim<sup>1</sup>, Young Eun Song<sup>1</sup>, Jung Rae Kim<sup>1\*</sup>(j.kim@pusan.ac.kr)  
<sup>1</sup>School of Chemical and Biomolecular Engineering, Pusan National University

3-hydroxypropionic acid (3-HP) and 1,3-propanediol (1,3-PDO) are industrially available platform chemicals which can produce from glycerol by microorganisms in various applications such as polymer synthesis. The production pathways of 3-HP and 1,3-PDO are consisted of two step reactions: glycerol to 3-hydroxypropionaldehyde and 3-hydroxypropionaldehyde to 3-HP/1,3-PDO. In second reactions of 3-HP/1,3-PDO production, NAD<sup>+</sup>/NADH are used as a cofactor, respectively. In other words, it is possible to selectively increase the each metabolites, 3-HP or 1,3-PDO by regulation of intracellular NADH/NAD<sup>+</sup> ratio. Bioelectrochemical system enables to regulate intracellular redox state (NADH/NAD<sup>+</sup>) using electron transfer between microbe and electrode. In this study, we attempted to actively control the production of 3-HP and 1,3-PDO via bioelectrochemical control using *Escherichia coli*. For this active control, heterologous gene expression was designed which are regulated by NADH / NAD<sup>+</sup> -bind regulator, Sox R, Rex. Also applied potential driven redox balance change via electron transfer. As a result, the synthesis of 3-HP was enhanced by lowering the intracellular NADH / NAD<sup>+</sup> ratio when the oxidation potential was given. When the reduction potential was given, the ratio of NADH / NAD<sup>+</sup> was increased to induce the synthesis of 1,3-PDO whereas 3-HP synthesis can be suppressed. This active production control strategy has shown that it is possible to selectively produce useful materials as well as to observe the redox changes in the cells.

### Reference

1. Tschirhart, T. et al. Electronic control of gene expression and cell behaviour in *Escherichia coli* through redox signalling. *Nature communications* **8**, 14030 (2017).
- 2 Green, J. & Paget, M. S. Bacterial redox sensors. *Nature Reviews Microbiology* **2**, 954 (2004).

PA-40

## 수산화철계 흡착제를 이용한 바이오가스 내 실록산(Siloxanes) 흡착 거동에 관한 연구

김신동<sup>1\*</sup>, 김영노<sup>1</sup>, 김수아<sup>1</sup>, 이다영<sup>1</sup>, 박성준<sup>2</sup> (catalite@hanmail.net)  
(주)이앤캠솔루션 에너지·환경연구소<sup>1</sup>  
동강대학교 보건행정학부<sup>2</sup>

### A Study on the Adsorption Behaviors of Siloxanes in Biogas using Adsorbent based Ferric Hydroxides(Fe(OH<sub>3</sub>))

Shin Dong Kim<sup>1\*</sup>, Young Noh Kim, Soo Ah Kim<sup>1</sup>, Da Young Lee<sup>1</sup>, Seong Soon Park<sup>2</sup>  
(catalite@hanmail.net)

E & Chem Solution Corp. Energy & Environment Research Center<sup>1</sup>  
Dongkang College, Field of Health administration Environmental Science<sup>2</sup>

바이오가스는 하수슬러지 등의 유기성폐기물이 혐기성소화조 또는 매립지에서 혐기성미생물에 의해 분해되는 과정에서 발생하는 가스로 40~65% 정도의 메탄(CH<sub>4</sub>)을 함유하고 있다[1]. 메탄가스는 발열량이 높아 (8.640 kcal/Nm<sup>3</sup>) 난방 및 발전 등의 에너지원으로 사용될 수 있다[2]. 그러나 바이오가스 내에는 메탄뿐만 아니라, 암모니아(NH<sub>3</sub>), 황화수소(H<sub>2</sub>S) 및 실록산(Siloxanes)과 같은 다양한 불순물질을 포함하기 때문에 이를 제거하기 위한 전처리 공정이 요구된다[3]. 특히, 유기규소화합물인 실록산은 바이오가스 연소시 미세 결정질 실리카로 전환되어 발전기, 터빈 등에 심각한 손상을 유발하는 원인물질로서 제거가 필수적이다[4]. 실제현장에서는 활성탄을 이용한 물리흡착법으로 실록산을 제거하고 있으나, 그 효율이 높지 않다. 따라서 본 연구에서는 자체 개발한 수산화철계 흡착제를 적용한 pilot-plant를 서울시 서남물재생센터에 설치하였다. 그 결과 유입가스의 실록산 농도는 11~98 mg/m<sup>3</sup>으로 이에 따른 제거율은 100%, 흡착능은 1.1 wt% 였다. 또한 활성탄과의 비교실험 결과 수산화철계 흡착제가 활성탄 대비 7.6배의 실록산 제거능을 보유하고 있음을 확인하였다.

#### 참고문헌

1. Lim, Y. K., Lee, G. -M., and Jung, C. -S., "The Status of Biogas as Renewable Energy", Appl. Chem. Eng., 23 (2), 125-130 (2012)
2. Lim, C. -J., Bak, C. -U., Kim, W. -S., and Kim, Y. -D., "Adsorption Characteristics of Commercially Available Adsorbents for the Removal of Sulfur Compounds and Siloxanes in Biogas", The Korean Society of Mechanical Engineers. 12, 494-498 (2016)
3. Ruiling, G., Shikun, C., and Zifu, L., "Research progress of siloxane removal from biogas", Int J Rgric & Biol Eng, 10 (1), 30-39 (2017)
4. Arnold, M., and Kajolinna, T., "On-line measurement and removal of biogas trace compounds", VTT, Technical Research Centre of Finland, (2008)

#### 사사

본 연구는 환경부의 환경산업선진화기술개발사업(2017000120001)에서 지원받았으며, 이에 감사드립니다. This subject is supported by Korea Ministry of Environmental(MOE) as "Advanced Technology Program for Environmental Industry.

PA-41

## 충진층 반응기를 이용한 바이오디젤 생산용 초임계이산화탄소-효소공정의 연속 운전 연구

이홍식<sup>1</sup>, 이도훈<sup>1</sup>, 김재훈<sup>2</sup>, 김상용<sup>1\*</sup> (sykim@kitech.re.kr)  
<sup>1</sup>한국생산기술연구원, <sup>2</sup>성균관대학교

### Study on the continuous operation of supercritical CO<sub>2</sub>-assisted enzymatic process for biodiesel production using a packed-bed reactor

Hong-shik Lee<sup>1</sup>, Dohoon Lee<sup>1</sup>, Jaehoon Kim<sup>2</sup>, Sangyong Kim<sup>1\*</sup> (sykim@kitech.re.kr)  
<sup>1</sup>Korea Institute of Industrial Technology, <sup>2</sup>Sungkyunkwan University

효소를 이용한 바이오디젤 제조 공정은 상용 알칼리 공정에서 처리하기 힘든 고산가, 고함수 원료를 이용하는 데 유리하지만, 효소의 특성상 반응물인 메탄올의 초기 농도를 일정 수준 이상으로 높이기 힘들기 때문에 생산효율 향상에 한계가 있다. 이러한 문제를 해결하기 위한 방안 중 용매를 도입하여 메탄올 농도를 낮추고 물질전달을 개선하는 방법이 보고되고 있으며[1], 특히 초임계이산화탄소를 도입할 경우 그 효과가 우수한 것으로 알려져 있다[2]. 그러나 연속공정 운영을 위해서는 부산물인 글리세롤의 침적 등에 의한 수율 저하, 반응기 막힘 현상 등 추가적인 요소에 대한 고려가 필요하다[3]. 본 연구에서는 병렬식 충진층반응기를 이용하여 초임계이산화탄소-효소공정의 연속운전 시 야기될 수 있는 문제를 탐색하고 그 해결 방안을 모색하였다. 특히 주요한 문제로 파악된 글리세롤 침적 문제 해결을 위해 여러 용매에 의한 추출 효율을 비교해보았다.

#### 참고문헌

1. Pollardo, A. A., Lee, H., Lee, D., Kim, S., Kim, J., "Solvent effect on the enzymatic production of biodiesel from waste animal fat", *J. Clean. Prod.*, **185**, 382-388 (2018).
2. Pollardo, A. A., Lee, H., Lee, D., Kim, S., Kim, J., "Effect of supercritical carbon dioxide on the enzymatic production of biodiesel from waste animal fat using immobilized *Candida antarctica* lipase B variant", *BMC Biotechnol.*, **17**, 70 (2017).
3. Ciftci, O. N., Temelli, F., "Continuous biocatalytic conversion of the oil of corn distiller's dried grains with solubles to fatty acid methyl esters in supercritical carbon dioxide", *Biomass Bioenerg.*, **54**, 140-146 (2013).

## PA-42

### 다양한 수분 흡착제 합성 및 수분 흡착 특성(수분 흡착량, 탈착 성능) 평가

조승현<sup>1</sup>, 조강희<sup>2</sup>, 오성근<sup>1</sup>, 김종남<sup>2</sup>  
한양대학교<sup>1</sup>, 한국에너지기술연구원<sup>2</sup>

21세기, 흡착 공정은 매우 많은 곳에서 사용되고 있지만 그 중 수분 흡착 공정은 정유 및 석유화학 산업, 여러 화학 공정, 수분 흡착식 냉방 장치 등 다양한 분야에서 많이 사용되고 있다. 이 수분 흡착 공정에서는 보통 제올라이트, 활성탄, 실리카겔, 활성 알루미늄 등 친수성이 높고 비표면적이 큰 나노다공성 물질들이 많이 사용되어 왔다. 일반적으로 적합한 수분 흡착제를 선정할 때 높은 수분 흡착 성능이 가장 중요시 되지만 사용되는 분야의 특성에 따라 수분 흡착이 일어나는 상대 습도 구간, 탈착 능력 역시 중요하게 고려되는 부분이다. 제올라이트의 경우 상온에서 30wt% 이상의 수분을 흡착할 수 있을 정도로 수분 흡착 성능이 매우 우수하고 고온에서도 활용가능하지만 반대로 흡착된 수분을 완벽히 탈착시키기 위해선 300°C 이상으로 가열해야 할 만큼 탈착 성능이 떨어진다. 실리카겔의 경우 제올라이트와 다르게 전반적인 상대습도 구간에서 상대습도가 올라갈수록 흡착량이 서서히 증가하는 특징이 있으며 값이 싸다는 장점을 가지고 있다. 이러한 여러 수분 흡착 분야에 적합한 수분 흡착제를 탐색, 또는 개발 하기 위해 이번 연구에서는 제올라이트, 알루미늄포스페이트, 메조다공성 실리카, 화학 처리된 활성탄을 비롯하여 메조다공성 알루미늄실리케이트 등 다양한 나노다공성 물질을 합성하고 이 물질들의 수분 흡착 특성을 측정하였다. 특히, 최근에 작은 기공의 메조기공을 갖는 알루미늄실리케이트를 합성하는 새로운 방법을 개발하여 이를 통해 신규 알루미늄실리케이트 계 수분 흡착제를 개발하였으며, 이 신규 흡착제는 높은 수분 흡착 성능을 보임에 동시에 낮은 온도에서도 쉽게 수분을 탈착시킬 수 있다는 점을 확인하였다. 이를 포함한 여러 흡착제의 수분 흡착 특성을 평가 하기 위해 부피 측정법 기반 흡착 특성 분석 장치를 이용하여 여러 온도에서 수분 흡착 등온선을 측정하였다.

PA-43

## 고체 산촉매 조건 하에서 마이크로파를 이용한 바이오디젤 합성

나용규, 황인하, 김재곤\*(jkkim@kpetro.or.kr)  
한국석유관리원 석유기술연구소,

### Biodiesel Synthesis using Solid Acid Catalyst Under Microwave Irradiation

Yong-gyu Na, Inha Hwang, Jae-Kon Kim\*(jkkim@kpetro.or.kr)  
Research Institute of Petroleum Technology, Korea Petroleum Quality & Distribution  
Authority(K-Petro)

Recently, many countries carry out many renewable energy policies to accelerate the renewable energy consumption and to reduce the Greenhouse gas emissions. As Korean government has activated the RFS(Renewable Fuel Standards, national biodiesel obligation policy in transportation field) since 2015. Biodiesel is renewable, eco-friendly, clean burning diesel replacement that is consisted of short chain alkyl ester. Biodiesel is derived from the transesterification of vegetables oils or animal fats with alcohol. The process has some technical problems that must be resolved to reduce the high operation cost. Eco-friendly physical technologies by using microwave have successfully improved the trans-esterification or esterification for biodiesel production. This study examined the effect of a solid acid catalyst on the esterification of fatty acid oil assisted by microwave irradiation. A solid acid catalyst was prepared by sulfonating pyrolyzed sawdust, empty fruit bunch (EFB) with concentrated sulfuric acid. The fatty acid methyl ester (FAME) of the biodiesel obtained has been confirmed by GC analysis of the isolated product.

#### 참고문헌

1. Hernando, J., Leton, P., Matia, M. P., Novella, J. L., and Builla, J. A. "Biodiesel and FAME Synthesis Assisted by Microwaves: Homogeneous Batch and Flow Processes", *Fuel*, **86**, 1641-1644 (2007).
2. Barnard, T. M., Nicholas, E. L., Matthew, B. B., Lauren, M. S., and Benjamin, A. W. "Continuous-flow Preparation of Biodiesel Using Microwave Heating", *Energy & Fuels*, **21**, 1777-1781 (2007).

PA-44

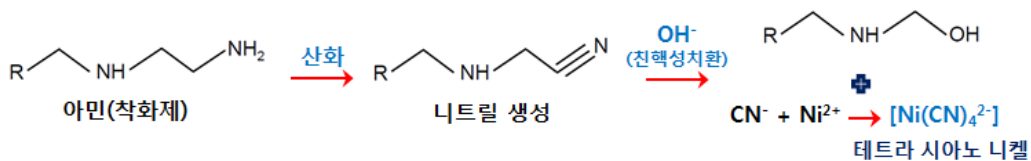
## Alkaline Zn-Ni 도금에서 발생하는 Ni-CN 착화물 선택적 분리 기술

서민혜<sup>1\*</sup>, 이수영<sup>1</sup>, 조성수<sup>1</sup>, 우지훈<sup>2</sup>, 조홍백<sup>3</sup> (minhye\_s@iae.re.kr)  
<sup>1</sup>고등기술연구원, <sup>2</sup>삼일금속(주), <sup>3</sup>한양대학교

### Selective Separation of Tetracyano-nickel Complex from Alkaline Zn-Ni alloy electroplating

Minhye Seo<sup>1</sup>, Sooyoung Lee<sup>1</sup>, Sungsu Cho<sup>1</sup>, Jihoon Woo<sup>2</sup>, Hongbaek Cho<sup>3</sup> (minhye\_s@iae.re.kr)  
<sup>1</sup>Institute for Advanced Engineering, <sup>2</sup>Samil Metal co., ltd., <sup>3</sup>Hanyang University

알칼라인 아연니켈 합금도금은 우수한 연성 및 내부식 특성으로 자동차 부품 등 고내식성이 요구되는 다양한 소재의 도금에 활용되고 있다. 국내 약 300여개의 아연니켈 합금도금사업장은 대부분 강염기 조건에서 아민계 화합물을 착화제로써 사용하고 있으며, 균일하고 안정적인 아연니켈 도금층을 형성하여 제품을 제조하고 있다. 그러나 최근 아연니켈 합금도금조에서는 아민계 화합물의 전해반응으로 시안이 형성되며, 이는 곧 도금액 내에 존재하는 Ni과 반응하여 Ni(CN)<sub>4</sub><sup>2-</sup> 형태의 안정적 착화물을 생성함으로써 도금 효율을 저해함과 동시에 폐수 내 시안화합물이 배출되는 문제점이 대두되었다.



[그림 1] Ni(CN)<sub>4</sub><sup>2-</sup> 생성 기본 메커니즘

본 연구에서는 생성된 니켈-시안 착화물을 도금조로부터 선택적으로 분리하여 도금 효율 증진 및 도금액 소모량을 감소시키고자 하였다. 이에 Ni(CN)<sub>4</sub><sup>2-</sup> 형태로 존재하는 화합물을 선택적 이온교환 및 분리를 목적으로 이온교환수지를 적용하였다. 실험결과, 도금조에 포함되어 있는 약 600 ppm의 Ni(CN)<sub>4</sub><sup>2-</sup> 이온은 선택적 이온교환공정을 통해 87% 이상의 제거율을 나타내는 것을 확인하였다.



9월 13일(목) 15:00 ~ 17:00

## 포스터세션 II

광주 김대중컨벤션센터, 별관 중앙홀



PB-01

## 밴드갭 조절이 가능한 콜로이드 구형 TiO<sub>2</sub>입자의 합성과 광촉매 수소 발생 실험에의 적용

김나연<sup>1</sup>, 이현경<sup>1</sup>, 문종태<sup>1</sup>, 주지봉<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>건국대학교 화학공학과

Synthesis of Colloid Spherical TiO<sub>2</sub> Particles with Tunable Band-gap Energy and Application to Photo-catalytic Hydrogen Evolution Reaction

Na Yeon Kim<sup>1</sup>, Hyeon Kyeong Lee<sup>1</sup>, Jong Tae Moon<sup>1</sup>, Ji Bong Joo<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup> Department of Chemical Engineering, Konkuk University

에너지 문제는 우리 생활에 직접적인 영향을 끼치는 큰 문제로 대두되고 있다. 친환경적이면서도 지속가능한 신재생 에너지의 개발이 촉구되는 가운데, 수소에너지가 효율적인 친환경 에너지로써 주목받고 있다. 본 연구에서는 광화학적 수소를 생산하는 촉매 소재로 많은 장점을 가지고 있는 TiO<sub>2</sub> 소재를 선택하였다. 널리 알려져 있듯이 TiO<sub>2</sub>는 뛰어난 안정성과 촉매적 활성, 낮은 독성, 높은 경제성 등 다양한 장점을 가지는 대표적인 광촉매이다 [1]. 본 연구팀은 선행연구에서 혼합용매 합성법을 이용하여 균일한 크기를 가지는 구형의 콜로이드 TiO<sub>2</sub>를 제조하였다. [2]. 그러나 TiO<sub>2</sub>는 비교적 넓은 밴드갭 에너지(3.0~3.2eV)로 인해 자외선 영역에서만 활성을 발현하고, 낮은 양자 효율(quantum efficiency)을 보이는 단점을 가지고 있다 [1,3]. 태양광 에너지의 많은 부분을 차지하는 가시광선 영역에서도 충분한 활성을 보이는 TiO<sub>2</sub> 소재를 개발하기 위해 본 연구에서는 Li을 ethylene diamine에 용해한 용액을 이용한 합성법을 통해 TiO<sub>2</sub> 밴드갭을 조절하였다. SEM(scanning electron microscope)과 TEM(transmission electron microscope) 분석 결과 합성한 콜로이드 TiO<sub>2</sub>가 균일한 크기의 구형 입자가 형성된 것을 확인 할 수 있었고, 극도의 화학적 환경에서도 그 형태가 잘 유지됨을 알 수 있었다. XRD(x-ray diffraction)와 UV-DRS spectra 분석을 통해 루타일 상의 비율에 따른 밴드갭 변화를 확인하였다. UV-visible 영역에서 수소발생실험을 진행한 결과 성공적으로 수소가 생산됨을 확인할 수 있었다.

감사 : 본 연구는 2017년도 교육부의 재원으로 한국연구재단의 이공분야 기초연구사업 (NRF-2017R1D1A1B03031041) 지원을 받아 수행된 연구입니다. 본 연구는 2017년도 미래창조과학부의 재원으로 한국연구재단의 기초연구실지원사업 (NRF-2017R1A4A1014806) 지원을 받아 수행된 연구입니다.

### 참고문헌

1. Joo J. B., Zhang Q., Lee I., Dahl M., Zaera F. and Yin Y., "Mesoporous Anatase Titania Hollow Nanostructures through Silica-Protected Calcination," *Adv. Funct. Mater.*, **22**, 166-174 (2012).
2. Moon J. T., Lee S. K. and Joo J. B., "Controllable one-pot synthesis of uniform colloidal TiO<sub>2</sub> particle in a mixed solvent solution for photocatalysis," *Beilstein J. Nanotechnol.*, **9**, 1715-1727 (2018).
3. Joo J. B., Liu H., Y. J., Dahl M., Yu H., Zaera F. and Yin Y., "Tailored Synthesis of C@TiO<sub>2</sub> Yolk-Shell Nanostructures for Highly Efficient Photocatalysis," *Catal. Today*, **264**, 261-269 (2016).
4. Zhang K., Wang L., Kim J. K., Ma M., Veerappan G., Lee C. L., Kong K. J., Lee H. Y. and Park J. H., "An Order/Disorder/Water Junction System for Highly Efficient Co-Catalyst-Free Photocatalytic Hydrogen Generation," *Energy Environ. Sci.*, **00**, 1-3 (2015).

## PB-02

### Isolation of electroactive CO converting microorganism using zero valent iron for bioelectrochemical system (BES)

Hyun Seong Im<sup>1</sup>, Changman Kim<sup>1</sup>, Yeong Eun Song<sup>1</sup>, Chae Ho Im<sup>2</sup>, Jung Rae Kim<sup>1\*</sup>  
(j.kim@pusan.ac.kr)

<sup>1</sup> School of chemical and biomolecular engineering, Pusan National University, Busan, 46241, Republic of Korea

<sup>2</sup>, School of energy and chemical engineering, UNIST, Ulsan, 44919, Republic of Korea

Carbon monoxide (CO) is one of the main gas component of steel industry and biomass gasification process. CO has also been highlighted as a feedstock for biological conversion to platform and value-added chemicals. The conventional CO converting strains have drawbacks of slow growth rate and high sensitivity to oxygen as well as low conversion yield. Most CO conversion microbe harbor wood-ljungdahl pathway (WL pathway) and CO-dehydrogenase, and the reducing equivalent is significantly limited for acetyl-CoA synthesis. In this study, we attempted to isolate and characterize an electrochemically active CO converting strains using the iron granules (Fe<sup>0</sup>) as external electron donor. We hypothesize that the CO uptake with iron oxidizing is be able to enhance bioelectrochemical activity in electrosynthesis of CO. As a result, 9 strains were isolated and most of the strains were characterized as Clostridium species. CO conversion rates and efficiencies of all 9 strains were compared, and both Clostridium botulinum HN02 and Fonticella tunisiensis HN43 showed better performance of acetate production from CO in a batch cultivation. We also examined the VFA production in a bioelectrochemical system (BES) using CO as substrate and identified their electrochemical performance.

#### 참고문헌

3. Minkyu Choi, Hyung Chul Kim, Dong-Woon Hwang, In-Seok Lee, Young-Sook Kim, Ye-Jung Kim, and Hee-Gu Choi (2013) Organic Enrichment and Pollution in Surface Sediments from Shellfish Farming in Yeosu Bay and Gangjin Bay, Korea. Marine Environment Research Division, National Fisheries Research and Development Institute, Busan 619-705, Korea
4. Jamal Abrini, Henry Naveau, Edmond-Jacques Nyns (1994) Clostridium autoethanogenum, sp. nov., an anaerobic bacterium that produces ethanol from carbon monoxide. Unit of Bioengineering, Catholic University of Louvain, 2/19, Croix du Sud, B-1348 Louvain-la Neuve, Belgium

PB-03

## POME 바이오가스 고질화를 위한 물 흡수 공정 설계

최예라<sup>1,2</sup>, 김선형<sup>1</sup>, 범희태<sup>1</sup>, 이영석<sup>2</sup>, 김종남<sup>1\*</sup>(jnkim@kier.re.kr)

<sup>1</sup>한국에너지기술연구원, <sup>2</sup>충남대학교

인도네시아, 말레이시아, 태국 등의 동남아 지역의 팜오일 공장에서 발생하는 다량의 POME (Palm Oil Mill Effluents)는 혐기성 소화과정을 거쳐 CH<sub>4</sub>(60-65 vol%), CO<sub>2</sub>(35-40 vol%) 등을 함유한 바이오가스를 생산한다. POME 바이오가스 중 일부만 전기 생산에 사용되고 잉여량 대부분이 태워져 버려지고 있다. 이를 자동차 연료 또는 도시가스로서 활용하기 위해 CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, H<sub>2</sub>O 등의 불순물을 제거하여 고순도 메탄을 생산하는 다양한 고질화 공정이 개발되고 있다. 그중 물 흡수(Water scrubbing) 공정은 물을 흡수제로 사용하기 때문에 운전 및 유지가 용이하여 바이오가스 고질화 공정에 가장 많이 사용되어 왔으며, 이번 POME 바이오가스 고질화 공정을 위해 선택되었다.

본 연구에서는 POME 바이오가스의 고질화를 위한 물 흡수 공정을 설계하기 위해 Lab-scale 규모의 흡수탑을 제작하였다. 흡수탑의 높이는 1.5 m, 직경은 2 inch이며, 기-액 접촉면적을 향상시키기 위해 Structured packing을 사용하였다. Feed gas로는 CO<sub>2</sub>와 CH<sub>4</sub> 혼합기체를 사용하였으며 CO<sub>2</sub> analyzer를 이용하여 방출되는 CO<sub>2</sub>의 농도를 측정하였다. 흡수탑 압력, 물 흡수제 온도, 주입 가스와 물의 유량을 변수로 하여 CO<sub>2</sub> 제거에 미치는 영향을 측정하였으며 흡수탑에서 방출되는 가스의 유량과 CO<sub>2</sub> 농도를 이용하여 최종 CO<sub>2</sub> 제거율을 계산하였다. 상용 모사 소프트웨어인 Aspen Plus를 이용하여 바이오가스의 물 흡수 공정 모사를 수행하였으며 실험 결과와 비교 분석하였다. 본 연구의 물 흡수 공정 결과는 추후 흡수 능력 향상을 위한 흡수액 첨가제 선정 및 흡수탑 설계 개선 연구에 기초 자료로서 사용하고자 한다.

PB-04

## 질소산화물 저감을 위한 망간이 도입된 마그헤마이트 나노 촉매 제조

이준형<sup>1,2</sup>, 지병갑<sup>1</sup>, 곽승엽<sup>1\*</sup>(sykwak@snu.ac.kr)  
<sup>1</sup>서울대학교 재료공학부, <sup>2</sup>한국트랜스(주)

### Preparation of Mn-doped Maghemite Nanoparticles for Selective Catalytic Reduction of NO<sub>x</sub> with NH<sub>3</sub>

Junhyung Lee<sup>1,2</sup>, Byeonggab Ji<sup>1</sup>, and Seung-Yeop Kwak<sup>1\*</sup>(sykwak@snu.ac.kr)  
<sup>1</sup>Department of Materials Science and Engineering, Seoul National University,  
<sup>2</sup>Korea Transformer Co., Ltd.,

바나듐 촉매와 암모니아를 환원제로 사용하는 선택적 촉매 환원법(Selective Catalytic Reduction, SCR)은 질소산화물을 제거하는 가장 널리 사용되는 방법중 하나이다. 바나듐 촉매의 휘발성, 독성 그리고 쉬운 비활성화 때문에 친환경적이고 높은 열안정성과 자연계에 매우 풍부한 산화철이 대체 촉매로서 연구되고 있다. 효과적인 SCR 촉매로서의 산화철의 촉매 활성을 높이기 위해 망간 이온을 도입한 마그헤마이트 구조의 산화철 나노입자를 이중금속 금속-유기골격체의 열분해 방법을 통해 제조하였다. 본연구에서는 도핑된 망간이온이 마그헤마이트 산화철 결정구조의 열적 안정성을 높여줄 뿐만 아니라 300°C 이하에서의 효과적인 SCR 촉매 활성을 보여주는 것이 분석되었다.

Selective catalytic reduction (SCR) of nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>) based on vanadium catalyst with NH<sub>3</sub> reducing agent is most widely used to remove NO<sub>x</sub> that are generated from stationary sources. Since the limitation of V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> catalysts such as volatility, toxicity and easy deactivation, iron oxide have been explored as an alternative catalyst due to their environmentally benign character, thermal stability and natural abundance.[1,2] To enhance catalytic activity of iron oxide as an efficient SCR catalyst, manganese ions were doped into iron oxide maghemite nanocrystals via thermal decomposition process from bimetallic MOF particles. In this research, it is analyzed that the doping of manganese ions not only enhance stability of maghemite crystal structures at high temperature but also show efficient SCR catalytic activity at low temperature under 300 °C.

#### 참고문헌

1. X. Mou et al., "Rod-shaped Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> as an efficient catalyst for the selective reduction of nitrogen oxide by ammonia," *Angew. Chem. Int. Ed.*, 51, 2989-2993 (2012).
2. S. Cai et al., "Design of multi-shell Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>@mNO<sub>x</sub>@CNTs for the selective catalytic reduction of NO with NH<sub>3</sub>:improvement of catalytic activity and SO<sub>2</sub> tolerance," *Nanoscale* 8, 17-19 (2016)

PB-05

## Cellulose Nanofiber and Au,Ag Nanoparticle Composite Film for Highly Efficient Solar-to-Steam Generation

Bon Jun Ku<sup>1</sup>, Anush Mnayan<sup>1</sup>, Kyubock Lee<sup>1\*</sup> (kyubock.lee@cnu.ac.kr)

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

A steam generation technology using solar energy has been widely used in applications such as desalination, water purification and sterilization[1]. A conventional photothermal converting systems with light concentrators has limitations due to low solar-to-steam efficiency defined by high heat losses and high construction cost.[2] Recently, efficient solar-to-steam generation techniques which utilize light-to-thermal energy conversion by the surface plasmon effect with metal nanoparticles (Cu, Ag, Au, etc.) have been reported[3]. In this study, Au and Ag nanoparticles showing optical activity in the wide range of solar spectra have been presented in composite structure with cellulose nanofiber. The size and morphology of the nanoparticles were controlled by the concentration of polyethyleneimine (PEI) during synthesis. In addition, we have focused on the production of highly efficient solar driven steam generation device. For that the composite film of the nanoparticles with cellulose nanofiber was prepared and tested in steam generation setup.

### 참고문헌

- [1] Tiwari, G. N. Singh, H. N. and Tripathi, R., "Present status of solar distillation," Sol. Energy, vol. 75, no. 5, pp. 367-373, 2003.
- [2] Higgins, M. W., Shakeel Rahaan, A. R., Devarapalli, R. R., Shelke, M. V., and Jha, N., "Carbon fabric based solar steam generation for waste water treatment," Sol. Energy, vol. 159, no. December 2017, pp. 800-810, 2018.
- [3] Amendola, V., Pilot, R., Frascioni, M., Maragò, O. M., and Iatì, M. A., "Surface plasmon resonance in gold nanoparticles: A review," J. Phys. Condens. Matter, vol. 29, no. 20, 2017.

## 구슬 모양 다공성 흡착제를 이용한 유독가스 흡착

김민기<sup>1</sup>, 보 탄 휴엔<sup>1</sup>, 이경우<sup>1</sup>, 변상우<sup>1</sup>, 박일건<sup>2</sup>, 주지봉<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>건국대학교 화학공학과, <sup>2</sup>(주) 평화엔지니어링 R&D 연구소

### Toxic Gas Adsorption using Bead-shaped porous adsorbent.

Min Ki Kim<sup>1</sup>, Vo Thanh Huyen<sup>1</sup>, Gyoung woo Lee<sup>1</sup>, sang woo byun<sup>1</sup>, Il Gun Park<sup>2</sup>,  
Ji Bong Joo<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Chemical Engineering, Konkuk University, <sup>2</sup>Pyunghwa Engineering Consultants  
R&D Institute

갑작스런 화학사고에서 발생하는 암모니아, 일산화탄소, 포스핀, 아르신과 같은 독성가스는 누출되었을 때 인간의 사망을 일으킬 정도로 치명적이고 위험하다. 이러한 독성가스를 제거하는 경제적이고 효과적인 방법으로는 다공성 흡착제를 이용한 물리적/화학적 흡착 공정이 대표적 기술이다. 독성가스를 제거하는 흡착 기술에 사용되는 다공성 흡착제들이 파우더 형태로 존재할 경우, 낮은 확산 및 표면 흡착 저항, 넓은 흡착 표면적 등의 장점을 가지고 있으나, 실제 연속식 흡착탑에서 발생할 수 있는 압력강하, 흡착제의 손실, 안정성 감소 등 여러 가지 단점을 가진다. 이러한 이유로 성형된 흡착제를 제조하는 것이 매우 중요하다. 본 연구에서는 뛰어난 암모니아 가스 흡착능력을 가지고 있는 것으로 알려진 중형기공성 알루미나(Mesoporous Alumina)를 구슬형태(bead)로 합성하였다. 흡착제를 구슬형태로 성형할 경우 기계적 안정성과 재사용의 용이성을 가지고 있다. 구슬형태의 중형기공성 알루미나 합성을 위해, 키토산을 주형으로 이용하고, Aluminum Nitrate를 전구체로 사용하여 제조하였다.[1,2] 합성된 구슬형태의 중형기공성 알루미나를 TGA (Thermogravimetric Analyzer)를 이용하여, 주형으로 사용된 키토산이 완전히 연소되는 온도를 확인하여 소성을 진행하였다. 본 연구에서는 여러 가지 합성조건을 조절하여 구슬형태가 잘 유지되면서 높은 암모니아 흡착능력을 가지는 기공성 알루미나를 제조하였다. 합성된 구슬형태의 중형기공성 알루미나를 이용하여 암모니아 가스를 흡착 제거 실험을 진행하였으며, 실험실 규모급 흡착공정에서 뛰어난 흡착성능을 보이는 것을 확인할 수 있었다.

감사: 본 연구는 환경부 화학사고 대응 환경기술개발사업(#2017001960004)에서 지원받았습니다.

본 연구는 2017년도 교육부의 재원으로 한국연구재단의 이공분야 기초연구사업(NRF-2017R1D1A1B03031041) 지원을 받아 수행된 연구입니다. 본 연구는 2017년도 미래창조과학부의 재원으로 한국연구재단의 기초연구실지원사업 (NRF-2017R1A4A1014806) 지원을 받아 수행된 연구입니다.

#### 참고문헌

- 1.Sneha Jagtap, M.K.N. Yenkie, Nitin Labhsetwar, Sadhana Rayalu "Defluoridation of drinking water using chitosan based mesoporous alumina" Microporous and Mesoporous Materials **142** (2011) 454-463
- 2.Natrayasamy Viswanathan, S. Meenakshi "Enriched fluoride sorption using alumina/chitosan composite" Journal of Hazardous Materials **178** (2010) 226-232
- 3.Changjoo Yeom, Younghun Kim "Adsorption of ammonia using mesoporous alumina prepared by a templating method" Environ. Eng. Res, **22** (4): 401-406 (2017)



PB-07

## 코발트-칼륨/알루미나-칼슘 복합 산화물 촉매 상에서의 에탄올 수증기 개질 반응을 통한 수소 가스 생산

윤상범<sup>1</sup>, 송지환<sup>1</sup>, 박승원<sup>1</sup>, 김도희<sup>1\*</sup>(dohkim@snu.ac.kr)<sup>1</sup>서울대학교 화학생명공학부

수소에너지는 고갈될 염려가 없는 친환경적인 에너지원이며 에너지 밀도도 높기 때문에 차세대 에너지 원으로 각광받고 있다. 다양한 연료의 개질반응을 통해 수소 가스를 생산할 수 있으며 그 중에서 수송이 편리하고 바이오 물질로부터 생산이 가능하여 친환경적이며 가격이 저렴한 에탄올을 연료로 사용하는 에탄올 수증기 개질 반응이 주목받고 있다. 해당 반응에서는 귀금속 촉매나 니켈, 코발트 등의 전이금속 촉매계가 사용되는데, 코발트의 경우 귀금속 촉매에 비해 가격이 저렴하고 니켈 촉매에 비해 부반응물인 메탄의 생성이 적어 높은 수소 수율을 얻을 수 있다는 장점을 가지고 있다. 본 연구에서는 코발트/알루미나-칼슘 촉매를 기반으로, 촉매의 활성 및 안정성을 증진시키기 위해 칼륨을 추가적으로 첨가하였다. 칼륨이 도입될 경우 개질 반응을 통해 생성된 일산화탄소의 수소화 반응이 억제되어 부반응물인 메탄의 생성이 감소하며 높은 수율의 수소를 얻을 수 있다. 또한 알루미나의 산점을 중화시켜 코크의 전구체인 에틸렌의 생성이 억제되어 반응 안정성이 향상된다. 제조된 코발트-칼륨/알루미나-칼슘 복합 산화물 촉매의 물리화학적 특성들을 분석하였으며 촉매의 활성과 안정성을 극대화시킬 수 있는 최적의 칼륨 담지량을 탐색하였다.

PB-08

## 매체순환식 가스연소반응에서 Ni 계열 산소전달입자의 TGA 반응특성 및 반응모델 연구

박지혜<sup>1</sup>, Haroon ur Rashid<sup>1</sup>, 백점인<sup>2</sup>, 류호정<sup>3</sup>, 이광복<sup>4\*</sup>  
(cosy32@cnu.ac.kr)

<sup>1</sup>충남대학교 에너지과학기술대학원, <sup>2</sup>한국전력연구원, <sup>3</sup>한국에너지기술연구원, <sup>4</sup>충남대학교 화학공학교육과

### Study on TGA Reaction Characteristics and Kinetics of Ni-based Oxygen Carrier for Chemical Looping Combustion

Ji Hye Park<sup>1</sup>, Haroon ur Rashid<sup>1</sup>, Jeom-In Baek<sup>2</sup>, Ho-Jung Ryu<sup>3</sup>, Kwang Bok Yi<sup>4\*</sup>  
(cosy32@cnu.ac.kr)

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

<sup>2</sup>Korea Electric Power Corporation Research Institute (KEPCO RI),

<sup>3</sup>Korea Institute of Energy Research (KIER),

<sup>4</sup>Department of Chemical Engineering Education, Chungnam National University

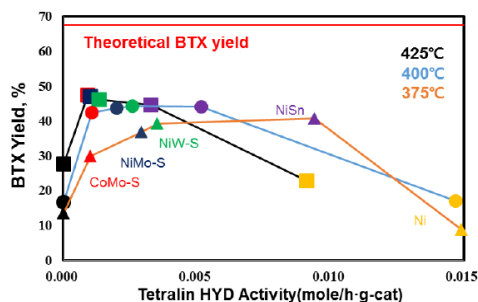
이산화탄소 포집 기술(CCS, Carbon Capture and Storage) 기술 중 하나인 매체순환식 가스연소(CLC, Chemical Looping Combustion) 시스템은 별도의 분리설비 없이 고농도의 이산화탄소를 원천적으로 분리할 수 있는 장점이 있다. 반응기의 구성은 연료 반응기와 공기 반응기로 이루어져 있으며, 매체(산소전달입자)는 두 반응기 사이를 반복적으로 순환하게 된다. 연료 반응기에서 연료가스(CH<sub>4</sub>, CO, H<sub>2</sub>)에 의해 산소전달입자는 환원되고 공기 반응기에서 산소에 의해 산화된다. 연료 반응기에서 생성되는 기체는 이산화탄소와 수증기로 수증기만 미리 응축하면 고농도의 이산화탄소를 얻을 수 있다. 산소전달입자는 주로 니켈, 철, 구리 등의 금속산화물 형태가 있으며 일반적으로 물리적 강도를 확보하기 위하여 알루미늄, 실리카, 마그네슘과 같은 지지체를 첨가하여 사용된다. 반응기의 설계 및 조업조건 결정, 산소전달입자의 장입량 등을 결정하기 위해서는 산소전달입자의 반응특성 및 반응속도를 해석하는 것이 매우 중요하다. 본 연구에서는 산소전달입자로 니켈을 사용하였으며 열 중량분석기(TGA)를 사용하여 반응가스 농도(2, 3, 5, 10%) 및 온도 변화(825 - 900 °C)에 따른 무게 변화를 측정하여, 산화 및 환원 반응의 특성을 해석하였다. 또한 반응특성에 적절한 반응모델(JMA, Johnson-Mehl-Avrami)을 적용하고 파라미터를 구하여 반응속도를 분석하였다.

PB-09

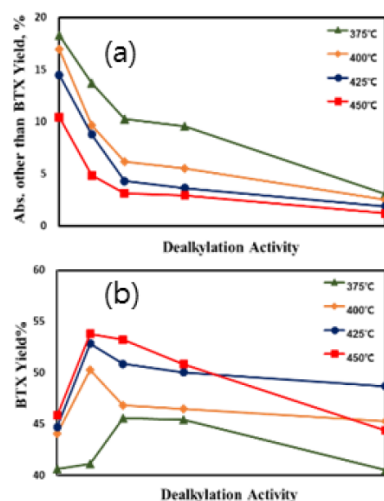
## Tetralin hydrocracking study for BTX production from diesel boiling-range polycyclic aromatic hydrocarbons

Jaeuk Shin, Youngseok Oh, Yeseul Choi, Jihye Lee, Chanwoo Kim  
and Jung Kyoo Lee\*(jklee88@dau.ac.kr)  
Department of Chemical Engineering, Dong-A University

It has been required to upgrade surplus polyaromatic hydrocarbons (PAHs) of diesel boiling range such as light cycle oil (LCO) from fluidized catalytic cracker due to emission control worldwide raised by environmental concerns. One feasible option for upgrading LCO is to produce high value chemicals such as benzene, toluene and xylenes (BTX). For this purpose, LCO comprised mainly of 2- and 3-ring aromatics was first hydrotreated into products rich in 1-ring aromatics followed by selective hydrocracking of 1-ring aromatics into BTX. Herein, we report rational design approaches of hydrocracking catalyst for the hydroconversion of PAHs into BTX in high selectivity and yield. For this purpose, various metals with different hydrogenation (HYD) activity were supported on zeolites. The hydrocracking (HYC) of tetralin was studied in a fixed-bed down-flow reactor under 4 MPa as a model reaction for PAHs conversion to BTX. In order to test the HYD activities of various metals and their effects on the HYC of tetralin, the metals were also supported on the low acidity  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, and were tested in the HYD of tetralin. **Figure 1** shows BTX yields obtained over various HYC catalysts as a function of HYD activity of metal in the HYC catalysts. For all the reaction temperatures, HYC catalysts containing metal with a moderate HYD activity showed the highest BTX yield. However, the BTX yield was much lower than the theoretical yield expected from the HYC of tetralin. To further increase the per-pass yield of BTX from tetralin HYC, zeolites with different dealkylation activity was employed in the design of HYC catalysts. In **Figure 2**, the yields of alkylbenzenes (Abs.) other than BTX and BTX obtained at different reaction temperature are compared as a function of dealkylation activity of zeolite. When the metallic function is fixed, HYC catalyst containing zeolite with a moderate dealkylation activity showed much enhanced per-pass yield of BTX.



**Figure 1.** Effect of HYD activity of metallic function on the BTX yield in the tetralin HYC.



**Figure 2.** Effect of dealkylation activity of zeolite on the yields of (a) alkylbenzenes (Abs.) other than BTX and (b) BTX in the tetralin HYC.

## 킬레이트 화합물을 이용한 NO 흡수 반응의 평형 상수 측정

조현정<sup>1,2</sup>, 천선정<sup>3</sup>, 한종인<sup>3</sup>, 김선형<sup>1</sup>, 오성근<sup>2</sup>, 윤형철<sup>1\*</sup> (hyoon@kier.re.kr)  
<sup>1</sup>한국에너지기술연구원, <sup>2</sup>한양대학교, <sup>3</sup>한국과학기술원

최근 NO<sub>x</sub>는 초미세먼지 생성의 2차적 원인으로 보고되었으며, 이를 제거하기 위한 다양한 DeNO<sub>x</sub> 기술이 개발되어 왔다. 가장 널리 사용되고 있는 기존 기술로서 Selective Catalytic Reduction (SCR)은 높은 효율을 갖고 있지만, 활성 촉매가 고가이며 지속적으로 암모니아 또는 요소수를 사용해야 한다는 단점이 있다. 많은 비용이 들고 환경적인 문제점을 가지고 있는 SCR을 대체하는 기술로서 최근 킬레이트 기반 수용액을 이용한 NO 흡수 제거 방법이 많은 연구가 되고 있다. 일반적으로 NO는 수용액에 잘 녹지 않지만, 킬레이트 화합물을 포함할 경우 NO와 킬레이트 간의 화학적 반응에 의해 흡수량과 속도가 크게 향상될 수 있다.

본 연구에서는 킬레이트 화합물을 이용하여 다양한 온도에서 NO 흡수 반응의 평형 상수를 측정하는 실험을 수행하였다. 산소가 없는 조건에서 일정 농도의 킬레이트 수용액을 합성한 후 반응기에 주입하였으며, 500ppm NO가 포함된 혼합가스를 버블러를 통해 공급하였다. 흡수 반응의 평형 상수는 NO의 흡수 총량, 헨리 상수, 용액의 농도를 이용하여 계산하였으며 NO의 흡수 총량은 NO의 주입 농도와 흡수 후 방출 농도의 차이를 적분하여 계산하였다. 본 연구에서의 실험 결과는 문헌에서 보고된 데이터와 비교를 통해 실험 장치 및 방법을 검증하는데 사용되었으며, 추후 다양한 킬레이트 화합물의 평형 상수를 측정하여 향산화력과 높은 NO 흡수 선택성을 가진 최적의 킬레이트 화합물을 찾는데 기초 연구 결과로 활용될 수 있다.

PB-11

## Immobilization of marine macro-algae powdered biochar in alginate hydrogel bead for dye removal

Ohemeng-B. Godfred, Joo Hee Yang, Chul Woo Lee, Seung Han Woo\*  
(shwoo@hanbat.ac.kr)

Department of Chemical and Biological Engineering, Hanbat National University

Alginate-kelp biochar composite hydrogel bead (Alg-KBC) was successfully developed via physical crosslinking with  $\text{Ca}^{2+}$ . The structure, morphology and composition of this composite material were investigated by SEM, EDS, FTIR, ICP-OES and elemental analyses. The Alg-KBC showed high removal capacity for crystal violet from aqueous solution (35.05% more than that of the conventional calcium alginate bead). The adsorption isotherm data fitted to the non-linear form of the Langmuir and Freundlich isotherm models indicated that both chemisorption and physisorption were essential in the overall adsorption process. The adsorption kinetic data analyzed with the non-linear forms of the pseudo first-order, pseudo second-order and intra-particle diffusion models further buttressed the earlier assertion of the influence of both chemisorption and physisorption with an indispensable role of external mass transfer and stage-wise pore diffusion in the adsorption process. Thus, the impregnation of biochar powder in alginate, a bio-platform, begets a composite hydrogel bead with higher affinity for cationic dye molecules in aqueous medium and also eliminates the onerous task of separating biochar powder from the adsorbate solution. As such, our Alg-KBC can well and truly be considered for efficient dye removal in the wastewater treatment process.

Key words: alginate, kelp seaweed, biochar, adsorption, crystal violet.

PB-12

## Preparation and Characterization of Spherical Micro Silicone Resin Powders

Joo Hee Yang, Seok Woo Hong, Chul Woo Lee\*  
(cwlee@hanbat.ac.kr)

Dept. of Chemical and Biological Eng./RIC, Hanbat National Univ.

실리콘의 실록산 결합은 일반적인 유기 고분자의 C-C 결합보다 화학적으로 매우 안정된 구조를 띠고 있어 내열성, 전기절연성 등이 우수하면서도 유기 화학적 성질은 그대로 가지고 있어 특성 변화가 용이하며, 성형성이 뛰어나 복잡한 형상의 제품 생성이 가능하게 한다. 이러한 특성으로 인해 실리콘은 선형 고분자(Silicone oil), 망상구조 실리콘(Silicone resin) 또는 실리콘 고무(Silicone rubber)를 기본 형태로 하고 다른 재료를 복합하여 이형제, 윤활제, 그리스, 페인트, 감압접착제, 화장품 첨가제 등 전 산업분야에서 활용되고 있다. 실리콘 수지는 실리콘의 입자크기에 따라 기능과 특성의 차이가 있으므로 균일한 실리콘 수지는 가공품의 안정한 특성 유지에 매우 중요하다.

본 연구에서는 Sol-Gel 법으로 구형의 마이크로 실리콘 수지 입자를 제조하고 입자의 크기에 따른 특성을 분석하였다. 구형 실리콘 수지의 입자 크기에 영향을 주는 인자로는 반응물의 pH, 전구체의 농도, 반응 온도, 교반 속도 등을 고려하였다.

반응물의 pH를 변화시킴으로써 균일한 입도분포를 가지는 구형의 실리콘 수지 제조가 가능하였다. 또한 전구체의 농도가 15 wt% 이상일 때는 가수분해가 잘 되지 않고 겔화되어 굳어지는 현상이 발생하여 1 $\mu$ m 이하나 3 $\mu$ m 이상의 입자가 형성되지 않은 반면 전구체의 농도가 5 wt% 정도로 낮을 때는 1 $\mu$ m 이하의 입자가 형성되었다.

Keywords: Silicone resin, Sol-gel process, Micro particles, Methyltrimethoxysilane

PB-13

## 유기물 분해를 위한 TiO<sub>2</sub> 코팅 중공사 광촉매 제조 및 성능향상

김민광, 이흥주, 에도아르도, 이승환, 박정훈\*  
(pjhoon@dongguk.edu)  
동국대학교

### Manufacture of TiO<sub>2</sub> coated hollow fiber type photocatalyst and improvement of performance

Minkwang Kim, Hongjoo Lee, Magnone edoardo, SeungHwan Lee, Junghoon Park\*  
(pjhoon@dongguk.edu)  
Dongguk University

최근 급격한 산업화와 함께 증가한 물 수요량으로 인해 사용가능한 물이 점점 부족해지고 있다. 물 부족 문제를 극복하기 위한 방안으로 하수처리수를 재이용할 수 있는 기술 개발의 필요성이 제기되어오고 있다. 광촉매 반응을 이용 하수에 포함된 유기물, 미생물, 금속이온 등을 동시에 제거할 수 있고 기존 염소소독 기술에 비하여 운영비의 절감이 가능하며, 2차 부산물이 발생하지 않아 유망한 기술로 주목받고 있다. 고효율 광촉매를 공정에 적용함으로써 자외선램프의 전력소비 등의 에너지소비 절감을 기대할 수 있다. 하수처리수 재이용을 위하여 다공성 세라믹 중공사에 TiO<sub>2</sub>를 다양한 방법으로 코팅하여 중공사형 광촉매를 제조하였으며 광촉매의 유기물 분해능을 향상시켰다. 제조된 광촉매는 순환식 자외선 조사 반응기에서 메틸렌 블루 분해 실험을 통해 유기물 분해능을 분석하였다. 메틸렌 블루 분해율은 UV-vis spectrometer로 측정하였으며, 재활용 횟수에 따른 안정성을 평가하였다. SEM, XRD 등으로 TiO<sub>2</sub> 코팅 중공사형 광촉매의 특성을 분석하였다.

※ 본 연구는 국토교통부 국토교통기술촉진연구개발사업의 연구비지원(133297)에 의해 수행되었습니다.

PB-14

## 흐름식 반응기에서 ZSM-5 촉매를 이용한 흡열 반응 특성 연구

신민창, 박장훈, 박정훈\* (pjhoon@dongguk.edu)  
동국대학교

### A Study of Endothermic Reaction Using ZSM-5 Catalyst in Fixed Bed Flow Reactor

Min Chang Shin, Jang Hoon Park, Jung Hoon Park\* (pjhoon@dongguk.edu)  
Dongguk University

현대에 들어서서 초고속비행체의 속도가 날로 증가함에 따라 비행체에 가해지는 열적부하 또한 증가한다. 이러한 열적부하는 비행체의 공기와의 마찰에 의해서 발생하는 마찰열과 엔진룸에서 발생하는 연소열로 주로 구성된다. 이러한 열은 비행체의 내구성과 안정성에 지대한 영향을 미친다. 따라서 열을 감소시키기 위한 냉각시스템의 개발이 필수적이다. 최근에 들어서 연료를 분해시켜 열을 흡수하는 흡열 분해 반응을 통해 냉각하는 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 MFI 타입의 제올라이트 촉매를 사용하여 흐름식반응기에서 흡열반응 특성을 연구하였다. 촉매의 특성은 SEM과 XRD, NH<sub>3</sub>-TPD 장치를 통해 분석하였으며, GC-MSD를 통해 생성물 분석을 진행하였다.

사사: 본 연구는 방위사업청 지원 기초연구과제(순수-17-20)의 일환으로 수행되었음.



PB-15

**매립지가스 내 산소 제거를 위한 페로브스카이트 촉매의 제조 및 특성**

박유강, 채진웅, 박정훈\* (pjhoon@dongguk.edu)  
 동국대학교, 화공생물공학과

**Fabrication and characterization of perovskite catalyst  
 for oxygen removal in landfill gas(LFG)**

Yugang Park, Jinwoong Chae, Junghoon Park\* (pjhoon@dongguk.edu)  
 Dongguk University, Department of Chemical and Biochemical engineering

매립지가스는 새로운 에너지원으로 중요한 역할을 한다. 매립지가스의 메탄을 배관에 공급 가능한 품질로 공급하기 위해서 산소, 수분 및 황화물과 같은 불순물을 제거해야 한다. 특히 배관의 부식이나 폭발을 방지하기 위해 매립 가스에 존재하는 1~2%의 산소를 제거해야 한다. 본 연구에서는 매립지가스의 산소를 제거하기 위한 메탄 산화 촉매로  $La_{1-x}Sr_xCo_{0.2}Fe_{0.8}O_{3-d}$  ( $x=0.1\sim0.9$ ) 페로브스카이트형 산화물을 사용했다. 페로브스카이트 분말은 구연산법으로 제조하거나 상용 분말을 구매하여 사용하였으며 상전이 및 소결을 통하여 중공사형 펠렛을 성형했다. 외경 1.4mm, 내경 0.7mm 중공사형 촉매를 제조했으며 다양한 온도와 공급 조건하에서 실험실 규모의 메탄 산화 장치로 실험을 수행했다. 475°C에서 100% 완전 산화가 확인되었으며 100시간 이상 유지되었다. 촉매의 성능을 향상시키기 위해 무전해 도금법으로 중공사형 펠렛에 Pd를 코팅했다. 코팅된 촉매는 실험에서 425°C에서 100% 완전 산화를 보였다. 촉매는 XRD, SEM, CFP 및 TPR(H<sub>2</sub>)로 분석했다.

사사 : 본 연구는 환경부 글로벌탑 환경기술개발사업 중 Non-CO2 온실가스 저감기술개발 사업단의 지원으로 수행되었습니다 (2017002410012).

PB-16

## Cu계 황 흡수제의 결정구조에 COS 흡수특성 조사

권병찬<sup>1</sup>, 이영진<sup>1</sup>, 박노국<sup>1</sup>, 강미숙<sup>1</sup>, 이태진<sup>1\*</sup>, 이승종<sup>2</sup>, 지준화<sup>3</sup>, 홍진표<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>영남대학교, <sup>2</sup>고등기술연구원, <sup>3</sup>전력연구원  
(tjlee@ynu.ac.kr)

## Investigation of COS Absorption Characteristics on the Crystal Structure of Cu-Based Sulfur Absorbent

Byung Chan Kwon<sup>1</sup>, Young Jin Lee<sup>1</sup>, No-Kuk Park<sup>1</sup>, Misook Kang<sup>1</sup>, Tae Jin Lee<sup>1\*</sup>,  
Seung Jong Lee<sup>2</sup>, Jun Hwa Chi<sup>3</sup>, Jin Pyo Hong<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Yeungnam University, <sup>2</sup>IAE, <sup>3</sup>KEPRI  
(tjlee@ynu.ac.kr)

신 기후체제 발효가 가까워짐에 따라 이에 대응하기 위한 노력으로 온실가스 감축기술 개발에 대한 관심이 높아지고 있다. 현재 전 세계적으로 신재생 에너지 및 기존 화석연료의 청정생산 이용을 위해 연구가 활발히 이루어지고 있는 가운데 석탄가스화 복합발전(IGCC)보다 발전효율이 높으면서 오염가스 배출이 거의 없는 석탄가스화 연료전지 복합발전(IGFC) 기술이 청정석탄이용기술로써 각광받고 있다. 석탄에 포함된 여러 불순물 중 황 성분으로 인해 생성되는 산성가스인 COS, H<sub>2</sub>S는 고온에서 부식성이 강하기 때문에 터빈, 연료전지 셀을 부식시켜 발전설비의 수명을 단축시키는 주요 요인으로 작용한다. 합성가스에 함유된 COS는 촉매를 사용한 가스분해 반응에 의해서 H<sub>2</sub>S로 전환할 수 있으며, 생성된 H<sub>2</sub>S와 기존에 함유된 H<sub>2</sub>S는 모두 습식 탈황이나 건식 탈황기술로 정제가 가능하다. 이상과 같이 COS와 H<sub>2</sub>S를 제거한 후 합성가스를 연료전지로 공급할 수 있으나, 실제 공정에서는 여전히 수백 ppbv수준의 COS가 남아있어 IGFC에 적용하기 위해서는 수 ppm 이하로의 초정밀 정제가 요구된다.

본 연구에서는 석탄가스화로부터 생산되는 IGFC에 적용하기 위하여 미량의 COS를 흡수하기 위한 금속산화물 흡수제를 개발하였다. 흡수제는 COS의 흡수를 위한 기체-고체 반응에서 열역학적으로 반응성이 우수한 Cu를 주 흡수제로 사용하고 표면적으로 높이기 위하여 알루미늄을 함께 공침법에 의해서 solid solution을 합성하였다. 구리계 흡수제의 안정성과 성능향상을 위하여 질산염계 Zn, Fe, Mn 전구체를 첨가제로 추가하였으며, 첨가제의 조합에 따른 표면적과 COS 흡수반응의 황 수용능력을 비교하였다. 일반적으로 비표면적이 넓은 경우 황 흡수 반응의 성능이 향상되지만, 첨가제의 종류에 따라 황 수용능력의 차이가 있음을 확인하였다. 이는 다중 금속산화물이 가지는 결정구조에 상당한 영향이 있음을 XRD 및 질소흡착법에 의한 기공특성 분석으로부터 확인하였다. 본 연구에서는 Cu와 Mn으로 형성된 복합금속 산화물이 높은 표면적을 유지하면서 COS의 흡수능도 우수한 것으로 확인되었다.



PB-17

## VOC 개질에 의한 합성가스 생산을 위한 니켈계 촉매 상에서 카본침적 및 반응거동

이영진<sup>1</sup>, 권병찬<sup>1</sup>, 박노국<sup>1</sup>, 이승우<sup>1</sup>, 이태진<sup>1\*</sup>, 강석환<sup>2</sup>, 홍범의<sup>2</sup>(tjlee@ynu.ac.kr)  
<sup>1</sup>영남대학교, <sup>2</sup>고등기술연구원

### Carbon Deposition and Reaction Behavior over Ni-Based Catalysts for Production of Synthetic Gas by VOC Reforming

Young Jin Lee<sup>1</sup>, Byung Chan Kwon<sup>1</sup>, No-Kuk Park<sup>1</sup>, Seung Woo Lee<sup>1</sup>, Tae Jin Lee<sup>1\*</sup>,  
Suk Hwan Kang<sup>2</sup>, Bumui Hong<sup>2</sup> (tjlee@ynu.ac.kr)  
<sup>1</sup>Yeungnam University, <sup>2</sup>Institute for Advanced Engineering

#### 초록

최근 미세먼지 대응을 위한 환경처리 기술에 대한 관심이 높아지고 있으며, 모든 연소과정에서 발생하는 질소산화물로부터 초미세 먼지의 발생이 주요 원인으로 알려져 이에 대한 기술개발이 요구되고 있다. 본 연구에서는 도장 및 인쇄 공정에서 사용되는 시너와 같은 휘발성 유기화합물의 배출전 연소처리로부터 발생하는 질소산화물을 제어하기 위한 방안으로 흡/탈착 공정 그리고 응축공정으로부터 휘발성 유기화합물을 회수하고, 개질 반응에 의해서 합성가스를 생산한 후 가스엔진을 이용하여 전력을 생산하는 기술로서 휘발성 유기화합물의 개질을 위한 촉매반응의 거동을 조사하였다. 시너에 함유된 휘발성 유기화합물 중 가장 높은 농도로 함유된 물질은 톨루엔이며, 톨루엔과 같은 방향족 탄화수소는 개질반응에서 카본 침적 현상이 심하게 발생되기 때문에 촉매 개질 반응에서 반응조건의 최적화 및 촉매의 설계가 매우 중요하다. 본 연구에서는 개질 촉매로 니켈계 촉매를 제조하였으며, 니켈계 촉매를 사용하여 개질반응을 진행하는 중 카본이 형성되는 과정에 대하여 면밀히 조사하였다. 열역학적으로 카본의 형성은 톨루엔의 개질반응에서는 650°C이하 S/C비 1.5이하에서 발생된다. 그러므로 대부분의 개질반응은 S/C비를 2.5-3.0 정도로 고정하고 반응온도를 700°C이상의 조건으로 유지한다. 마이크로 반응기에서 수행되는 촉매연구에서는 이와 같은 조건에서 카본의 침적을 확인하기에 어렵다. 또한, 카본침적을 억제하기 위한 첨가제(또는 조촉매)를 첨가하므로 인하여 카본 침적을 억제하였다는 보고를 하고 있다. 그럼에도 불구하고 스케일업 공정에서는 카본의 침적이 해결해야 할 중요한 문제로 남아 있다. 본 연구에서는 스케일업 공정에서의 카본 침적 현상의 발생은 흡열반응에 의한 반응기 내 촉매층의 온도 강하와 더불어 액상 연료의 공급과정에서 발생하는 정확하지 않은 S/C비라고 제안한다. 톨루엔과 같은 액상의 탄화수소는 개질을 위해서 기화시키거나 분무 노즐을 이용하여 분사를 하여야 한다. 이 과정에서 고압의 안정된 액상연료의 주입이 이루어져야 하지만, 대부분의 연료펌프가 연속적인 연료의 주입이 어렵기 때문에 정확한 S/C비를 유지하기에 다소 어려움이 있다. 또한, 합성가스의 생산능력 대비 반응기 및 시스템을 소형화하는 과정에서 촉매의 성능만을 고려한 높은 공간속도에서의 운전결과를 성과로 제안하는 경우가 있다. 그러나, 높은 공간속도에서 높은 처리량을 가지기 위해서는 그 만큼의 흡열을 하였기 때문에 반응기 내 온도를 유지하기 위하여 많은 열을 공급하여야 한다. 이와 같은 과정에서 반응기 외부에서 공급해야 하는 가열원의 온도는 더욱 높아지고 반응기의 재질 선정에도 상당한 문제점을 안겨줄 수 있다. 본 연구에서는 실험한 결과에서는 촉매표면에서는 카본의 침적이 상당히 적거나 확인하기 어렵지만, 반응기 내의 배관 부분에서는 상당한 카본이 형성되고 이로부터 배관의 막힘에 의한 공정 안전성 문제가 대두될 수 있음을 확인하였다.

#### 참고문헌

1. Lee, Y.J., Jeong, Y.H., Kwon, B.C., Park, N.-K., Lee, K.Y., Lee, T.J., Kang, S.H., Hong, B. and Kim, H., "Investigation of Peocess Behavior by Carbon Formation in Steam Reforming of Toluene," J. Energy & Climate Change, 12(2), 136-143 (2017).

PB-18

## Adsorption Performance of MIL-101 (Cr) for Ammonia under Ambient Conditions

Haroon Ur Rasheed<sup>1</sup>, Ji Hye Park<sup>1</sup>, Hyung Chul Yoon<sup>2</sup>, Kwang Bok Yi<sup>3\*</sup> ([cosy32@cnu.ac.kr](mailto:cosy32@cnu.ac.kr))

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

<sup>2</sup>Korea Institute of Energy Research (KIER),

<sup>3</sup>Department of Chemical Engineering Education, Chungnam National University

The Haber-Bosch process is the major process for ammonia production. However, it is an astronomical operation because of elevated operating conditions. The electrochemical ammonia synthesis, that can be conducted under ambient conditions, can alternate the Haber-Bosch process. The electrochemical synthesis can produce up to 1% of ammonia. However, further purification seems to be inescapable for commercialization of this process, and development of an adsorbent for ammonia enrichment could be a feasible option. Among various microporous adsorbents including carbons, zeolites and MOFs, MIL-101 (Cr) exhibits great prospects for the adsorption of ammonia due to their advantages of structural diversity, modifiable structures and high surface area. In this work, ammonia adsorption under ambient conditions was investigated under dry and humid conditions. MIL-101 (Cr) was synthesized by hydrothermal process and characterized using TGA, BET, XRD and NH<sub>3</sub>-TPD. The ammonia capacity through the breakthrough test for MIL-101 (Cr) ratify it as a promising material for ammonia adsorption.



PB-19

## 금속산화물을 담지하여 NO<sub>x</sub> 흡착 성능을 향상시킨 NH<sub>3</sub>-SCR 촉매의 금속 함량 최적화

박순희<sup>1</sup>, 정하나<sup>2</sup>, 조성준<sup>2\*</sup> (sjcho@chonnam.ac.kr)<sup>1</sup>고려대학교, <sup>2</sup>전남대학교

### Optimization of the metal content of NH<sub>3</sub>-SCR catalysts with enhanced NO<sub>x</sub> adsorption performance by loading metal oxides

Soon Hee Park<sup>1</sup>, Ha Na Jeong<sup>2</sup>, Sung June Cho<sup>2\*</sup> (sjcho@chonnam.ac.kr)<sup>1</sup>Korea university, <sup>2</sup>Chonnam national university

최근 자동차 산업에서는 점점 강화되는 엄격한 환경 규제를 충족시킬 수 있는 자동차 배출가스 정화기술에 대한 관심과 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 과잉 산소 분위기에서 작동하는 디젤 자동차는 배기가스 중에 포함된 질소산화물을 제거하기 위해 암모니아를 이용한 선택적 촉매 환원(Selective Catalytic Reduction, SCR) 장치를 많이 사용하고 있다. 이 때 NH<sub>3</sub>-SCR의 촉매로는 전이금속이 이온 교환된 제올라이트가 주로 사용되고 있으나, 이들 제올라이트 촉매는 고온과 저온에서 활성이 낮다는 문제점이 있다 [1]. 더욱이 자동차 연비 향상을 위해 도입한 배기가스 재순환장치(Exhaust Gas Recirculation, EGR)로 인해 배기가스 온도가 더 낮아짐에 따라 저온에서 NO<sub>x</sub>를 효과적으로 제거할 수 있는 촉매 기술 개발이 요구되고 있다[2]. 또한, 액체 요소수를 환원제로 사용하는 경우 180 °C 이상으로 가열되어야만 요소수가 NH<sub>3</sub>로 분해되어 SCR 시스템이 작동되므로, 저온에서 배출되는 NO<sub>x</sub>에 대해 매우 취약하다는 단점이 있다 [3].

이 연구에서는 냉시동(Cold Start) 시 배출되는 NO<sub>x</sub>를 효과적으로 제거하기 위하여 저온에서는 NO<sub>x</sub>를 흡착하고, SCR의 활성이 높은 300 °C 이상의 고온에서는 흡착된 NO<sub>x</sub>를 탈착시켜 환원 제거하는 촉매에 대해 연구하였다. Mg, Ca, Sr, Ba, La, Mn, Ce 등 다양한 종류의 금속을 담지한 후 소성하여 금속산화물이 담지된 CHA 제올라이트를 제조하였으며, NO<sub>x</sub>와 NH<sub>3</sub> 흡착 성능은 각각 NO와 NH<sub>3</sub> 승온 탈착법(TPD)으로 조사하였다. 또한 750 °C 수열 처리 전과 후의 NH<sub>3</sub>-SCR 반응의 활성을 비교하여 제조된 촉매의 수열 안정성도 조사하였다. 금속산화물이 담지된 CHA 촉매는 담지된 금속의 종류에 따라 NO<sub>x</sub> 흡착 성능과 NH<sub>3</sub>-SCR의 반응 활성에 큰 차이를 보였다. 이들 중 Ba, La, Ce을 담지하여 제조한 촉매는 제올라이트의 미세세공과 결정구조에는 영향을 미치지 않으면서 NO<sub>x</sub>의 흡착 성능을 크게 향상시킬 수 있었다. 또한 금속 산화물 담지로 인한 NH<sub>3</sub>-SCR의 활성 저하도 크지 않았으며, 750 °C 수열 처리 후에도 안정적으로 성능을 유지하였다. 특히 La을 담지한 촉매가 NO<sub>x</sub>의 흡착 성능 및 NH<sub>3</sub>-SCR 반응의 활성 등이 우수하였으며, La 함량에 따라 그 특성이 달랐다. 따라서 La 함량을 0 ~ 30 wt%로 조절하여 제조한 촉매의 특성을 추가로 조사하여 가장 우수한 성능을 보이는 최적의 La 함량을 결정하였다.

#### 참고문헌

1. Fickel, D. F., Addio, E. D., Lauterbach, J. A., and Lobo, R. F., "The Ammonia Selective Catalytic Reduction Activity of Copper-Exchanged Small-Pore Zeolites," *Appl. Catal. B: Environ.*, **102**, 441-448 (2011).
2. Storey, J. M. E., Sluder, C. S., Lance, M. J., Styles, D., and Simko, S., "Exhaust Gas Recirculation Cooler Fouling in Diesel Applications: Fundamental Studies, Deposit Properties and Microstructure," *Proceedings of International Conference on Heat Exchanger Fouling and Cleaning*, Crete Island, Greece (June 2011).
3. Park, S. M., "Selective Catalytic Reduction of Nitrogen Oxides Promoted by Storage Function," Ph.D. Dissertation, Chonnam National University, Gwangju (2010).

## 생물학적 전기화학 시스템 내 차단부를 이용한 메탄 발효의 효율 향상

김승용, 민부기\*(bkmin@khu.ac.kr)

경희대학교 환경응용과학과, 경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732, 대한민국

혐기성소화 공정은 산소가 없는 상태에서 유기성폐기물을 처리하면서 바이오에너지 (메탄)를 회수할 수 있는 친환경기술이다. 최근에는 혐기성소화에 생물전기화학 기술을 접목하여 유기성 폐기물 처리와 메탄가스 발생 효율을 향상시키고자 하는 많은 연구들이 진행되고 있다. 생물전기화학 장치의 산화전극에서는 물 또는 유기물이 분해되는 산화반응이 일어나고, 환원전극에서는 전기활성 미생물들에 의한 환원반응이 일어난다. 산화전극에서 물이 분해될 경우, 수소이온과 산소가 동시에 발생되는데, 산소는 절대 혐기성 미생물의 대사 작용에 심각한 저해현상을 유발하여 반응조의 불안정성, 초기운전의 지연, 그리고 낮은 메탄수율 현상을 나타내게 할 수 있다. 보통 일실형 반응조 내 산화전극에서 발생된 산소는 환원전극으로 어떠한 장애물 없이 유입되고, 혐기성 바이오에너지 생산 공정에 부정적인 영향을 줄 수 있다. 본 연구에서는 혐기성 소화조 내부에 차단막과 경사막으로 이루어진 차단부를 설치하여 산화전극에서 생성된 산소가 환원전극으로 유입되는 것을 방지해 혐기성 메탄발효의 효율을 향상시키고자 하였다. 모든 혐기성반응은 회분식으로 진행하였으며 일실형의 차단부가 있는 반응조와 차단부가 없는 반응조를 동시에 운전하여 메탄발효 효율을 비교하고자 하였다. 초기 무생물 실험을 통해 환원전극 주위 용존산소 농도 증가속도를 비교하였다. 차단부가 있는 반응조의 경우, 용존산소 농도는 4.87 mg/L 까지 증가했고 0.086 mg/min-L의 증가속도를 보였다. 산화전극 부분의 용존산소 농도는 5.24 mg/L로 높아졌으며, 증가속도는 0.088 mg/min-L로 조금 증가하였다. 차단부가 없는 반응조의 경우 용존산소 농도는 7.47 mg/L 까지 증가했으며 증가속도는 차단부가 있는 반응조와 비교하여 약 1.4배 높아졌다 (0.12 mg/min-L). 본 연구결과를 통해, 혐기성소화조 내 차단부가 설치된 생물전기화학 시스템을 적용할 경우, 환원전극부로의 줄어든 용존산소 유입으로 인해 메탄 생성균의 대사활동 저해 현상이 감소하고 유기성폐기물의 메탄가스 발생 효율은 향상될 것으로 예상된다.

### 참고문헌

1. Deshai Botheju., Rune Bakke., "The Open Waste Management Journal", 4, 1-19 (2011)

PB-21

## Simultaneous electricity generation and nutrient removal from waste water by photosynthetic microbial fuel cell in continuous mode

Hai T.H. Nguyen, Booki Min\*(bkmin@khu.ac.kr)

Department of Environmental Science and Engineering, Kyung Hee University,  
1 Seocheon-dong, Yongin-si, Gyeonggi-do 446-701, Republic of Korea

### Abstract

Photosynthetic microbial fuel cell (PMFC) with algae assisted in the cathode chamber could produce high concentration of oxygen and increase the cell voltage in the MFC system. Moreover, algae with the ability to uptaking the carbon source and nutrients could contribute significantly to wastewater treatment process. In this study, we tested some hydraulic retention times (HRTs; 2 h, 6 h, 12 h, and 24 h) for feeding to anode chamber and cathode chamber of PMFC to investigate the optimum HRTs for electricity generation and nutrient removal. The optimum initial COD concentration from the wastewater was also determined for electricity generation without supplying CO<sub>2</sub> to cathode chamber as a carbon source for algae growth. The cylinder PMFC containing inner anode chamber and outer cathode chamber was made of plaxiglass. The working volume of anode chamber and cathode chamber were 280mL and 620mL, respectively. The MFC reactor was operated under room temperature(25±1°C) and an illumination of 7,000 lux. A DO probe (Orion STAR A323 RDO meter, Thermo scientific, USA) was inserted through the top of the cathode chamber for measuring DO concentration. Cell voltage and anode potential were measured at the time interval of 5 minutes across a fixed resistor of 100 Ω with a data acquisition system (Keithley 2700, Keithley Instruments, US). In the test using wastewater in the anode chamber and Bold Basal Medium (BBM) in the cathode chamber, the cell voltage and DO concentration were obtained approximately 300 mV and 12 mg/L, respectively with HRTs longer than 2h in anode chamber or cathode chamber. By feeding wastewater to both chambers at 18 h HRT (6 h at anode chamber and 12 h at cathode chamber), the highest cell voltage was 161 mV at 300 mg/L initial COD concentration. The COD, TN and TP removal efficiency at this condition were 96.5%, 65.5% and 49%, respectively. This study suggests that PMFC in continuous mode can treat wastewater with nutrient removal and simultaneously produce electricity in field-scale application.

**Key words:** Photosynthetic microbial fuel cell, Continuous mode, Wastewater treatment, Algae, Nutrient removal.

## 경량 방열부품용 복합소재의 필러 배열에 따른 소재특성에 관한 연구

장은진, 문동준, 윤여성, 오미혜\*(mhoh@katech.re.kr)  
자동차부품연구원

### A Study on the Characteristics according to the Filler Orientation of Composite Materials for Heat Dissipate Parts.

Eunjin Jang, Dongjoon Moon, Yeoseong Yoon, Meehye OH\* (mhoh@katech.re.kr)  
Korea Automotive Technology Institute

#### 초록

전기자동차의 보급이 본격적으로 진행되면서 경량 기능성 소재에 대한 관심 또한 높아지고 있다. 고전압 고출력이 요구되는 전기자동차의 전력시스템에서는 발생하는 열을 관리하는 것이 매우 큰 숙제이다. 이러한 열관리는 일반적인 내연기관보다 더 많은 부품이 필요하며, 적용 소재에 대한 관심이 커지고 있는 실정이다. 이러한 측면에서 고분자 복합소재는 높은 열전도도가 요구되고 있다. 경량 기능성 소재는 대부분 금속을 대체하여 중량을 감소하면서도 강성, 전기적 특성 및 열적특성 등은 금속의 특성을 일정 수준이상 요구한다. 이러한 요구특성이 기능성 경량 복합소재를 설계하는데 있어서의 어려움이다. 기능성 복합소재는 필러의 종류, 함량 그리고 매트릭스 내에서의 배열이 매우 중요한 변수로 작용된다. 일반적인 고분자 매트릭스는 0.2~0.27W/mK의 열전도 값을 나타내며, 복합화하는 필러는 20~200W/mK의 높은 열전도도를 갖고 있다. 필러와 매트릭스의 복합화는 산술적인 조합이 이루어지지 않고, 필러의 배향과 경로에 따라 복합소재의 물성에 큰 차이를 나타낸다.

본 연구에서는 PBT(Polybutylene Terephthalate)를 매트릭스로 Alumina, Boron Nitride 필러의 형상과 배열에 따라 변화되는 열전도특성을 전산모사하였다. 또한 실제 twin extruder를 아용하여 제조된 복합소재의 열전도 특성을 측정하였으며, 이를 전산모사 데이터와 비교분석하였다.

제조된 복합소재를 이용하여 사출성형 시험편을 제조하는 과정에서 필러의 배향을 SEM 분석하여 유사 전산모사 모델을 설정하였다.

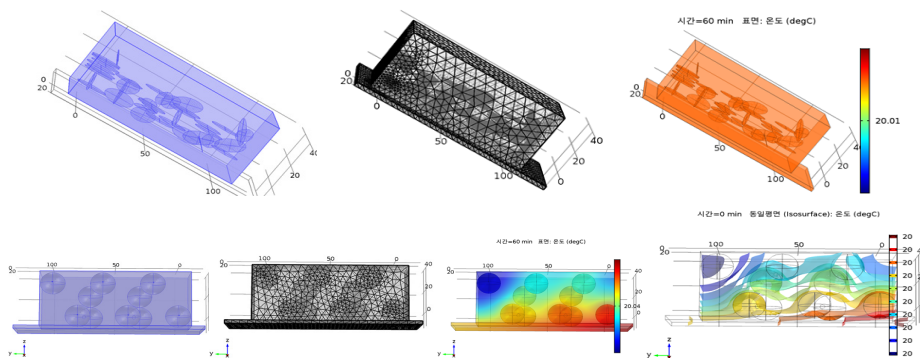


그림 필러의 형상과 배열에 따른 복합소재의 열전도 특성

#### 참고문헌

1. Siping Zhai, and Ping Zhang, "Effective thermal conductivity of polymer composites: Theoretical models and simulation models," International Journal of Heat and Mass Transfer, 117, 358-374 (2018)
2. Alain Degiovanni, and Christophe Pradere, "Advanced thermal impedance network for the heat diffusion with sources", International Journal of Thermal Sciences, 130, 518-524 (2018)



PB-23

## 균일 기공을 갖는 이성분계 금속산화물 분말 합성 및 리튬이차전지 음극소재 적용

오세환<sup>1</sup>, 조중상<sup>1\*</sup>(jscho@cbnu.ac.kr)  
<sup>1</sup>충북대학교

최근, 높은 용량과 긴 수명을 가지는 이차전지에 대한 연구가 이루어지고 있다. 본 연구에서는 분무 열분해 공정 후에 열처리 공정을 통해 40 nm 급 균일한 기공이 상호 연결되어 있는 이성분계 금속산화물/탄소 복합 구형 입자를 합성하여 음극 활물질로 적용하였다. 분무 열분해 공정 중, 전구용액에 들어있는 100 nm 급의 구형 Poly styrene은 분해되며 40 nm 급의 포어를 생성 하였고, Poly(vinyl pyrrolidone)는 탄소 전구체로써 사용되었다. 300 °C의 열처리 공정을 통해 일부 탄소가 산화 되고, 이성분계 금속산화물의 결정성을 높여 주었다. 이렇게 생성된 상호 연결된 40 nm 급 기공을 가지는 이성분계 금속산화물/탄소 복합 구형 입자는 1000 사이클 동안 690 mA h g<sup>-1</sup>의 용량을 유지 하였다.

### 참고문헌

1. Park, J. S., Cho, J. S., Kang, Y. C., "Scalable synthesis of NiMoO<sub>4</sub> microspheres with numerous empty nanovoids as a advanced anode material for Li-ion batteries. Journal of Power Sources, 379, 278-287 (2018).
2. Choi, S. H., Ko, Y. N., Lee, J. K., Kang, Y. C., "3D MoS<sub>2</sub>-graphene microspheres consisting of multiple nanospheres with superior sodium ion storage properties. Small, 25, 1780-1788 (2015).

PB-24

## Ruthenium 첨가에 의한 Ni/Mg/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 촉매의 수증기 메탄 개질 (Steam Methane Reforming, SMR) 반응에서의 탄소침적 내성 향상

조은경<sup>1</sup>, 고창현<sup>1\*</sup>(chko@chonnam.ac.kr)  
<sup>1</sup>전남대학교 화학공학부

### Coke-Resistance Enhancement of Ni/Mg/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Catalyst for Steam Methane Reforming(SMR) by Addition of Proper Amount of Ruthenium

EUNKYUNG CHO<sup>1</sup>, CHANG HYUN KO<sup>1\*</sup> (chko@chonnam.ac.kr)  
<sup>1</sup>School of Chemical Engineering, Chonnam National University

수소는 연소 후에도 공해가 없는 청정연료로서 현재까지 대체에너지원으로 많은 연구가 이루어지고 있다. 그 중 수증기 메탄 개질 반응(Steam Methane Reforming)은 수소 생성 반응 중 가장 널리 보급된 반응 공정이다. 그러나 산업에서의 수소 생산을 위한 수증기 메탄 개질반응에 사용되는 촉매는 보통 2년 이상 사용하게 되는데 이때 촉매의 표면에 탄소침적으로 인한 촉매의 활성저하가 일어난다. 이를 조금이라도 해결하기 위해 수증기-탄소의 비율을 3.0의 높은 비율로 반응을 진행하며 촉매의 안정성을 높이기 위해 탄소 침적을 막을 수 있는 다양한 촉매의 개발이 진행되고 있다. 본 연구에서는 알루미나 지지체에 니켈과 마그네슘을 순차적으로 함침한 후 다양한 농도의 (0.1~0.5 wt.%) 루테늄을 담지하여 탄소침적 내성이 향상된 촉매를 개발하였다. 루테늄은 귀금속이므로 가능한 소량 사용해야 하므로 탄소침적 효과는 크면서 사용량은 가장 적은 최적의 담지농도를 찾았다. 상업운전을 위한 SMR 반응의 경우 수증기-탄소의 비율을 3.0으로 유지하므로 탄소침적이 매우 늦게 일어나므로 단시간에 주어진 촉매들의 탄소침적 내성을 파악할 수 없으므로 탄소침적이 활발하게 일어나는 가혹조건 (수증기-탄소의 비율 0.5)에서 탄소침적 정도를 파악하였다. 촉매반응은 Fix-bed 1/4 in quartz tube reactor를 사용하였고 Micro-GC(Inficon3000)으로 반응후 가스를 분석하였다. 또한 반응이 끝난 촉매를 Thermal Gravimetric Analysis(TGA)분석을 통해 촉매에 탄소 침적도를 분석하였다.

PB-25

## Red mud를 사용한 바이오매스 촉매 열분해

류수민<sup>1</sup>, 정재훈<sup>1</sup>, 김영민<sup>2</sup>, 박영권<sup>1\*</sup>

(catalica@uos.ac.kr, University of Seoul, Seoul 130-743, Korea)

<sup>1</sup>서울시립대학교, <sup>2</sup>한림대학교

열화학적 변환 공정인 열분해 공정을 통해서 다양한 종류의 바이오매스로부터 바이오 오일을 생산해낼 수 있다. 현재 바이오매스 열분해 공정으로 생성된 바이오 오일의 부가가치 향상을 위한 연구가 다양한 방법으로 진행되고 있다. 그 중 하나의 방법으로 금속산화물 촉매를 이용하여 고부가가치 열분해 생성물 수율을 향상시킬 수 있다. 알루미나 제조 공정 부산물로 발생하는 Red mud는  $Fe_2O_3$ ,  $Al_2O_3$ ,  $TiO_2$ ,  $CaO$ ,  $SiO_2$ ,  $Na_2O$  등으로 구성되어 있으며, 이의 촉매로서 활용가능성을 분석하였다. 또한 타 촉매와의 비교를 통해 Red mud의 우수성을 확인하고, Red mud의 HCl 전처리를 이용하여 열분해 성능향상을 확인하였다. 염기 촉매로서의 특징을 갖는 Red mud는 dehydroxylation, decarbonylation 및 decarboxylation과 같은 화학 반응을 통해 바이오매스의 열분해과정 결과 발생하는 방향족 화합물의 selectivity 및 페놀류의 cracking 효율이 증가하였다.

This work was supported by the New and Renewable Energy Core Technology Program of the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning, granted financial resource from the Ministry of Trade, Industry & Energy, Republic of Korea (No. 20153030101580). Also, this research was supported by the National Research Foundation of Korea funded by the MSIT (NRF-2017M1A2A2087674).

PB-26

## 다양한 향산화제가 오일의 산화안정성에 미치는 영향 연구

김기훈, 황유진, 박세용, 정재훈, 박영권\*  
(catalica@uos.ac.kr, University of Seoul, Seoul 130-743, Korea)  
서울시립대학교

현재 윤활유는 다양한 산업분야에서 사용되고 있어 그 중요성이 날로 증가하고 있다. 그러나 원유 수송 선박이나 어선 등에 배출되는 윤활유는 환경오염을 유발하고 생태계를 파괴하게 된다. 이러한 석유계 윤활유의 문제점을 대체할 수 있는 방안으로 식물성 윤활유의 사용이 필요하다. 하지만, 이러한 식물성 윤활유는 산화안정성이 낮은 문제점이 있어 이의 개선이 요구된다. 본 연구에서는 이를 위해 다양한 향산화제가 오일의 산화안정성에 미치는 영향을 조사하고자 하였다.

사사

본 연구는 중소기업청에서 지원하는 2016년도 산학연 협력사업(No. C0445966)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

PB-27

## 니켈담지 알루미나 펠렛 형태의 촉매를 이용한 수증기 개질반응 적용: 촉매 형태에 따른 반응특성 조사

김영지<sup>1</sup>, 조은경<sup>1</sup>, 고창현<sup>1\*</sup>(chko@jnu.ac.kr)  
<sup>1</sup>전남대학교 화학공학부

### Application of Nickel-supported on Alumina Pellet as Catalysts for Steam Methane Reforming: Catalytic Activity Depending on Catalysts Types

YOUNGJI KIM<sup>1</sup>, EUNKYUNG CHO<sup>1</sup>, CHANG HYUN KO<sup>1\*</sup>(chko@jnu.ac.kr)  
<sup>1</sup>School of Chemical Engineering, Chonnam National University

77 Yongbong-ro, Buk-gu, Gwangju, 61186, Korea,

현재까지 인류의 주요한 에너지원으로 사용되고 있는 화석연료는 매장량이 한정되어있고 환경오염과 지구온난화를 일으키므로 대체에너지에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 화석연료의 효율적인 이용이라는 측면에서 천연가스를 이용한 효율적인 수소생산은 많은 관심을 끌고 있다. 수소를 상업적이며 대량생산할 수 있는 유일한 방법은 수증기 메탄 개질반응(Steam Methane Reforming, SMR)이다. SMR 공정이 상용화되어있다는 것은 이미 따라 고효율의 분말형 메탄 수증기 개질 반응 촉매가 개발되었다. 분말형 촉매는 촉매개발 초기에 적절한 조성을 찾는다는 유용하지만 상용화를 위해서는 성형된 펠렛형 촉매의 최적화 연구가 필요하다. 본 연구에서는 실제 공정에 적용 가능한 수증기 개질 반응용 펠렛 형태 촉매를 제조하였다. 실제 공정의 빠른 유량에서는 펠렛형 촉매의 전체가 사용되지 않고 펠렛표면만 사용되기 때문에 펠렛의 겉면에만 활성물질인 금속상태의 니켈을 담지시킨 형태인 Egg-Shell 형태의 펠렛 촉매를 제조하였다. 기준촉매로는 알루미나 펠렛내부에 니켈이 균일하게 분포된 촉매 (Homo-촉매)를 제조해서 Egg-Shell 형태의 펠렛 촉매와 비교하였다. 제조된 촉매들은 ICP-AES(Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer)분석을 통해 담지된 금속의 조성을 확인하였으며 결정구조 분석을 위해 XRD(X-Ray Diffractometer, X'Pert Pro, PANalytical, 40 kV, 30 mA)를 사용하였다. Egg-Shell 형태인지 Homo-촉매인지를 확인하기 위해서 펠렛 촉매의 단면 이미지를 Dino-Lite premier Digital Micro Scope, AM3113T(AnMo electronics사)를 사용하여 얻었다. 각 촉매의 SMR 반응에 대한 활성은 GC(Agilent 6890N)으로 분석하였다.

#### 참고문헌

1. Cho E.H, Koo K.Y, Lee H.W, Park Y.K, Yoon W.L, Ko C.H. Preparation of egg-shell-type Ni.Ru bimetal alumina pellet catalysts: Steam methane reforming for hydrogen production. Int J Hydrogen Energy 42, 18350-7 (2017).

## 니켈-카드뮴 폐전지로부터 metathetic 반응을 이용한 카드뮴의 분리 및 회수에 대한 연구

김대원<sup>1\*</sup>(mdsimul@naver.com), 박일정<sup>1</sup>, 정항철<sup>1</sup>, 양대훈<sup>2</sup>, 최종엽<sup>2</sup>, 정수훈<sup>2</sup>, 황성욱<sup>2</sup>, <sup>3</sup>최희락  
<sup>1</sup>고등기술연구원, <sup>2</sup>(주)지엠텍, <sup>3</sup>부경대

### A Study on the Separation and Recovery of Cadmium by Metathetic Reaction from waste Nickel-Cadmium batteries.

Dae-weon Kim<sup>1\*</sup>(mdsimul@naver.com), Il-jeong Park<sup>1</sup>, Hang-Chul Jeong<sup>1</sup>, Dae-hoon Yang<sup>2</sup>,  
Joong-Yup Choi<sup>2</sup>, Soo-Hoon Jung<sup>2</sup>, Sung-Ok Hwang<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Institute for Advanced Engineering, <sup>2</sup>GM-Tech

기존의 니켈-카드뮴 폐전지로부터 유가금속인 니켈과 카드뮴의 회수를 위한 연구에서는 주로 용매추출법을 이용하여 니켈과 카드뮴을 분리하는 방법을 제시하였으나, 분리하고자 하는 카드뮴이 다량으로 들어 있는 경우에는 함유되어 있는 카드뮴의 함량만큼 값비싼 용매추출제를 사용하여야 하며 산업적으로 용매추출공정 자체도 복잡하다는 단점을 내포하고 있다.

본 연구에서는 산업용 니켈-카드뮴 폐전지의 국내에서의 산업적 재활용을 위하여 좀 더 효율적으로 카드뮴과 니켈을 분리할 수 있도록 metathetic 반응을 이용하여 선택적으로 카드뮴을 분리하는 방법과 그 결과에 대하여 고찰하고자 하였다. 니켈-카드뮴 폐전지 내의 전극을 분쇄하여 얻은 전극 분말을 황산에 침출시킨 니켈-카드뮴 용액에 황화나트륨을 첨가하여 CdS로 침전시켰다. 다양한 조건에서 이온치환실험을 실시하였으며, 최적조건으로는 상온에서 용액의 pH = -0.1, Na<sub>2</sub>S/Cd = 2.3일 때 용액 내 잔존하는 Cd는 약 100ppm으로 대부분 CdS로 침전된 결과를 얻을 수 있었다. Cd와 Na의 치환을 통해 Ni/Cd 황산용액에서 CdS를 회수하였으며, 이를 통해 Ni과 Cd을 분리하였다. 기존의 니켈과 카드뮴의 회수를 위한 연구에서 주로 사용된 용매추출법에 비해 매우 효율적으로 Cd을 제거할 수 있는 것을 확인하였다.

#### 감사의 글

본 연구는 2016년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다 (No. 2016502101280).

#### 참고문헌

1. Rudnik, E. and Nikiel, M., "Hydrometallurgical recovery of cadmium and nickel from spent Ni-Cd batteries," Hydrometallurgy, 89, 61-71 (2007).
2. Lacerda, V. G. et al., "Separation of Cd and Ni from Ni-Cd batteries by an environmentally safe methodology employing aqueous two-phase systems," Journal of Power Sources, 193, 908-913 (2009).
3. Jung, S. H. et al, "A Study on Pretreatment and Acid Leaching for Wet Recycling of Waste Industrial Ni-Cd Secondary Battery", J. of Korean Inst. of Resources Recycling 26(5), 3-12 (2017).
4. Kim, B. M. and Amodeo, P. A., "Calcium sulfide process for treatment of metal containing wastes," Environmental Progress, 2(3), 175-180 (1983).
5. Soya, K. et al, "Selective sulfidation of copper, zinc and nickel in plating wastewater using calcium sulfide," International Scholarly and Scientific Research & Innovation, 2(8), 170-174 (2008).

PB-29

## 페니켈-카드뮴 전지로부터 아연 분말을 이용한 카드뮴의 치환 반응에 대한 연구

김민준, 박일정, 김대원\*(mdsimul@naver.com), 김건홍, 정항철  
고등기술연구원

### A Study on the Cementation Reaction of Cadmium by Zinc Powders from Waste Nickel-Cadmium Batteries

Min-Jun Kim, Il-Jeong Park, Dae-Weon Kim\*(mdsimul@naver.com), Geon-Hong Kim, Hang-Chul Jeong  
Institute for Advanced Engineering,

최근 전자제품 사용량의 급격한 증가와 함께 전자기기의 짧은 수명 사이클로 인하여 폐전자기기의 발생량 또한 증가하고 있는 추세이며, 이로 인해 폐전자제품 내에 포함된 유가금속 또는 유해금속자원의 재활용 기술에 대한 관심이 점차 증가하고 있다. 특히 치환법(Cementation)은 상대적으로 높은 기전력을 나타내는 금속을 첨가함으로써 용액 내의 금속이온을 침전시키는 전기화학적 석출 방법으로 금속이온의 회수기술 중 경제적이며 효율적인 재활용 기술 중 하나로 부각되고 있다.

본 연구에서는 페니켈-카드뮴 전지 내에 포함된 카드뮴 회수의 최적 조건을 선정하기 위한 기초 실험으로 CdSO<sub>4</sub> 용액 환경에서 아연을 이용한 카드뮴의 치환을 수행하였으며, 반응온도, 반응시간, pH 및 아연의 형상 (granular type (~20 mesh)과 powder type(~100 mesh))에 따른 카드뮴 회수율을 ICP (Inductively Coupled Plasma) 분석을 이용하여 비교하였다. Granular type의 아연 분말 첨가 시 60분 이후에 90% 이상의 카드뮴 회수율을 나타내었으며, 이는 용액온도 증가 및 pH 4-5의 환경에서 높은 회수율을 나타내었다. Powder type의 아연 투입 시, pH 3-5의 환경에서 약 5분 이후에 90% 이상의 높은 카드뮴 회수율을 나타내어 분말 형태의 아연은 치환 반응 시간의 단축에 큰 영향을 미치는 결과를 확인하였다.

#### 감사의 글

본 연구는 2016년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다 (No. 2016502101280).

#### 참고문헌

1. Palencar, M., Kukurugya, F., Miskufova, A., "Processing of Solution after Leaching of Steelmaking Dust by Cementation," Acta Metallurgica Slovaca, 21(2), 142-153 (2015).
2. Safarzadeh, M. S., Moradkhani, D., Ashtari, P., "Recovery of Zinc from Cd-Ni Zinc Plant Residues," Hydrometallurgy, 97, 67-72 (2009).
3. Safarzadeh, M. S., Moradkhani, D., Ilkhchi, M. O., "Determination of the Optimum Conditions for the Cementation of Cadmium with Zinc powder in Sulfate Medium", Chemical Engineering and Processing, 46, 1332-1340 (2007).
4. Rahman, H. H. A., Wahed, E. M. A., "Removal of Nickel Ions by Cementation on Zinc from NiSO<sub>4</sub> Solution in Presence of Accelerator Non-Toxic Organic Compounds," Hydrometallurgy, 129-130, 111-117 (2012).
5. Chaudhury, G. R., Bhattacharya, I. N., "Cementation of Cobalt, Nickel, and Cadmium in Ammoniacal Medium Using Zinc Metal", Metallurgical Transactions B, 20B, 547-550 (1989).

## Preparation and characterization of Fe<sup>2+</sup>-TiO<sub>2</sub>, and FeO<sub>x</sub>/TiO<sub>2</sub> as a support of V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-WO<sub>3</sub> catalysts for selective reduction of NO by NH<sub>3</sub>

Ki Hyuck Yang, Thi Phung Thao Nguyen, Moon Hyeon Kim\*  
201 Deagudae-ro, Jillyang, Gyeongsan 38453, Korea

This work has been focused on preparation and characterization of Fe<sup>2+</sup>-TiO<sub>2</sub> and FeO<sub>x</sub>/TiO<sub>2</sub> as a support of V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-WO<sub>3</sub> catalysts for selective reduction of NO by NH<sub>3</sub> (NH<sub>3</sub>-SCR) since such iron species were known not only to play a role of significantly depressing the emission of N<sub>2</sub>O from the NH<sub>3</sub>-SCR reaction but also to have a good deNO<sub>x</sub>ing activity. Therefore, it is anticipated that Fe<sup>2+</sup>(O<sub>x</sub>)-modified TiO<sub>2</sub>-supported V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-WO<sub>3</sub> catalysts may suppress the generation of N<sub>2</sub>O and directly decompose it to N<sub>2</sub>.

In order to prepare a Fe<sup>2+</sup>-TiO<sub>2</sub> support, approximately 20 g of a parent TiO<sub>2</sub> (DT51, Millennium Inorganic Chemicals) after drying at 110°C was hydroxylated in an aqueous solution of NH<sub>4</sub>OH (Aldrich, 28 - 32%) with a pH value of 11. To maintain the pH, a small amount of the NH<sub>4</sub>OH was added after some hours. After 12 hours of such a mixing, the solid-solution mixture was filtrated, washed repeatedly and finally dried at 110°C. Introduction of Fe<sup>2+</sup> ions was conducted by a well mixing of the hydroxylated TiO<sub>2</sub> and FeCl<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O followed by subliming this mixture in a quartz reactor under various conditions (solid state ion exchange temperature, calcination and washing, removal of air and H<sub>2</sub>O at room temperature and 100°C before) to prepare Fe<sup>2+</sup>-TiO<sub>2</sub> samples with different iron amounts. As reference materials, Fe-ZSM-5 and 1-3% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> were prepared by using the respective solid state ion exchange and wet impregnation techniques described in the literature. The TiO<sub>2</sub> was the parent one dried fully.

The samples prepared here were extensively characterized by using X-ray diffraction (XRD), temperature-programmed desorption (TPD), Raman spectroscopy, in situ diffuse reflectance infrared Fourier-transformed spectroscopy (DRIFTS) measurements. Representatively, Raman spectra for 1.36% Fe-TiO<sub>2</sub> and 2.73% Fe-TiO<sub>2</sub> that had undergone different conditions upon preparation are shown in Fig. 1.

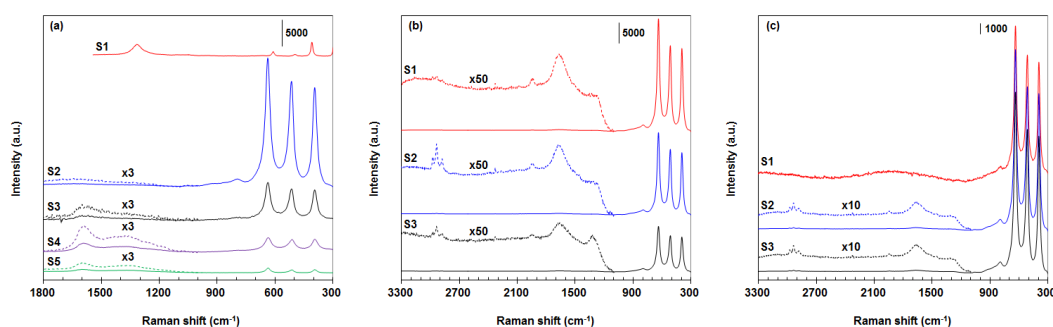


Fig. 1. Raman spectra for (a, b) Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and 1.36% Fe-TiO<sub>2</sub>, and (c) 2.73% Fe-TiO<sub>2</sub>. In (a), S1: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; S2, S3, S4 and S5: 1.36% Fe-TiO<sub>2</sub> sublimed at 200, 300, 400 and 550°C, respectively. In (b), S1, S2 and S3: 1.36% Fe-TiO<sub>2</sub> calcined at 500°C for 1 h in flowing 5% O<sub>2</sub>/95% N<sub>2</sub> after the respective sublimations at 200, 300 and 400°C. In (c), S1: sublimed at 200°C; S2: substantially calcined at 500°C for 1 h in flowing 5% O<sub>2</sub>/95% N<sub>2</sub>; S3: sublimed at 550°C. All the samples were in situ dried at 110°C overnight before the solid-state reaction at each indicated temperature for 5 h.

Fe<sup>2+</sup> ions are coordinated with oxygen atoms existing in the surface of the hydroxylated titania to form Fe<sup>2+</sup>(O<sub>x</sub>), and FeOOH, depending strongly on the preparation condition. Based on earlier reports, and a well-known chemistry of N<sub>2</sub>O decomposition and reduction, such Fe<sup>2+</sup>(O<sub>x</sub>) species in Fe-TiO<sub>2</sub> may offer us a promotional role for reduction in N<sub>2</sub>O emissions from NH<sub>3</sub>-SCR reaction with supported V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-WO<sub>3</sub> systems.



PB-31

## Enhanced As(III) and As(V) removal via polyacrylamide composition with Mg-Fe LDH

Kien Tiek Wong<sup>1</sup>, Seog beom Jang<sup>1</sup>, Baekha Ryu<sup>1</sup>, So yeon Yoon<sup>1</sup> and Min Jang<sup>1\*</sup>  
(minjang@kw.ac.kr, heejaejang@gmail.com)

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

Arsenic pollution has become a worldwide environmental concern. In recent years, layered double hydroxides (LDHs) have become prime candidates for arsenic removal, due to their hydrophilic nature and cationic layered structures. Research on arsenic removal using LDHs is mainly focused on the influence of the synthesis method and composition of the LDH and the influence of the particle size of the LDH. However, the fine sized LDH particles were not suitable for the column operation. Therefore, in this research, we focused on the granulation of LDH via polyacrylamide (PAM) and polyvinyl alcohol (PVA) at different ratio. The stability as well as the arsenic adsorption capacity of the granulated LDH were examined. As shown on Figure 1, the adsorption of As(III) and As(V) by various adsorbents were fitted according to Freundlich modelling with  $r^2$  value  $>0.98$ . The optimized PAM modification was found to be 40% v/w. The increased adsorption capacities of As via PAM modification were due to electrostatic interaction between positively charged center (nitrogen) and negatively charged As molecule in solution. Moreover, As adsorption mechanisms could be defined as ligand complexation between hydroxyl group and As and anionic exchange between counter ions on  $M^{3+}$  with the As. The correlation between PAM and PVA ratio will be conducted in the near future.

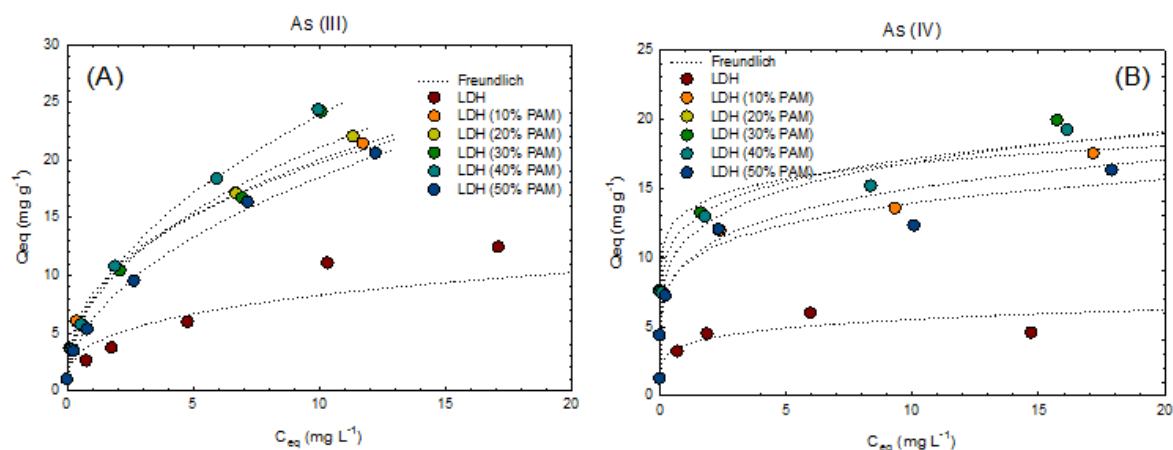


Figure 1: Freundlich adsorption isotherm by LDH and PAM modified LDH

PB-32

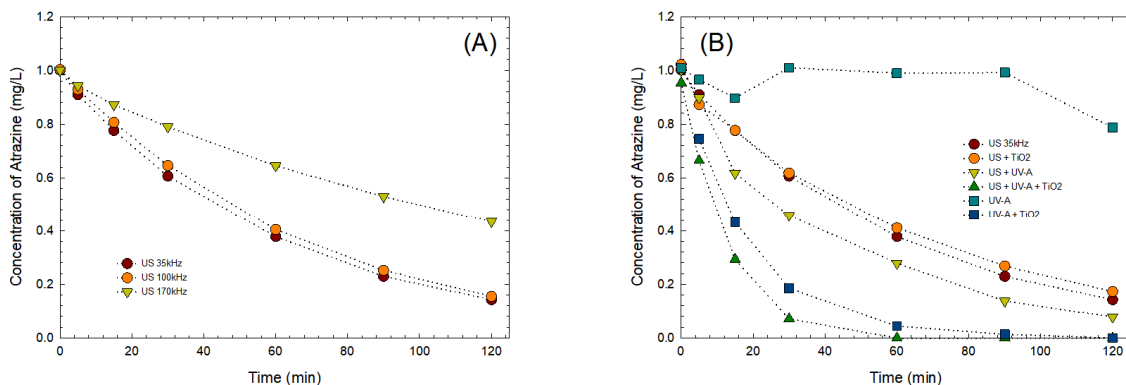
## Sonophotocatalytic degradation of micropollutants: implication of synergistic effects

Baekha Ryu<sup>1</sup>, Kien Tiek Wong<sup>1</sup>, Seog beom Jang<sup>1</sup>, So yeon Yoon<sup>1</sup> and Min Jang<sup>1\*</sup>  
(minjang@kw.ac.kr, heejaejang@gmail.com)

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

Micropollutants are resistant to biological degradation in environment and are known to be endocrine disruptors. Among them, we focused on three pollutants. Atrazine (ATZ) has been widely applied as a herbicide while bisphenol A (BPA) is an estrogen-like substance and sulfamethoxazole (SMX) is a typical antibiotic, respectively. This work investigated the degradation of the pollutants through energy-based advanced oxidation process (AOP) technologies, which do not require consumable chemicals. Rate constants for individual and combined AOP were obtained through the degradation kinetics. Based on the values, the synergistic effect of each pollutant was obtained. Through this, we studied how the intrinsic property of pollutant affects the synergistic effect.

Fig. 1 is the result of ATZ degradation through each AOP. The combination of ultrasound, UV-A, and TiO<sub>2</sub> showed the best removal of ATZ.



[Fig. 1] Degradation of atrazine (ATZ) by (A) various frequency and (B) application of photocatalytic, sonocatalytic and sonophotocatalytic by TiO<sub>2</sub>  
(Initial concentration of atrazine = 1.0 mg/L, Solution volume = 1 L, US frequency = 35 kHz, 50% Power, UV-A 320~400 nm, TiO<sub>2</sub> concentration = 0.05 g/L, Stirring speed = 4000 rpm)

PB-33

## 다양한 원료를 이용한 열분해 오일 제조를 위한 파일럿 규모 연속열분해 시스템의 적용

장정희<sup>1</sup>, 광연수<sup>1</sup>, 한기보<sup>1,\*</sup>(gbhan@iae.re.kr)  
<sup>1</sup>고등기술연구원

### Application of Pilot-Scale Continuous Pyrolysis System for Production of Degradation Oil Using Various Resources

Jung Hee Jang<sup>1</sup>, Yeon Su Kwak<sup>1</sup>, Gi Bo Han<sup>1,\*</sup>(gbhan@iae.re.kr)  
<sup>1</sup>Institute for Advanced Engineering

기존 연구를 통하여 실험실 및 벤치 규모의 열분해 시스템으로부터 도출된 설계인자를 통하여 파일로 규모 열분해 반응기를 설계 및 구축하였으며, 이를 이용하여 열분해 오일의 생산이 가능함을 확인하였다. 본 연구에서는 파일럿 규모 열분해 시스템을 이용하여 바이오매스 및 역청성 오일이 포함된 원료에 대한 열분해를 수행하여, 열분해 반응기 운전조건 변화에 따른 열분해 오일을 제조하여 회수하는 운전특성을 조사하였다. 열분해 원료로 사용된 바이오매스는 해조류 중 하나인 다시마를 이용하였으며, 역청성 오일이 포함된 원료는 인도네시아로부터 수입된 원료를 사용하였다. 열분해 반응기는 수직형과 수평형 반응기가 결합되었다. 연속으로 열분해를 수행할 수 있도록 구성되었으며, 최대 처리 용량은 50 kg/min으로 설계되었다. 바이오매스 및 역청성 오일이 포함된 원료에 대한 연속 열분해 및 오일 회수율을 확인하며, 도출된 결과를 향후 더욱 열분해 공정/시스템의 규모를 확대하기 위한 위한 스케일-업 및 상세설계에 활용하고자 한다.

## 식물성 오일에 대한 탈산소 반응을 위한 촉매 공정/시스템 스케일-업에 관한 연구

한기보<sup>1,\*</sup>, 장정희<sup>1</sup>, 김성탁<sup>1</sup>, 곽연수<sup>1</sup>, 안민희<sup>1</sup>, 정병훈<sup>2</sup>, 한정식<sup>2</sup>(gbhan@iae.re.kr)

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

### Study on Catalytic Process/System Scale-Up for Deoxygenation of Vegetable Oil

Gi Bo Han<sup>1,\*</sup>, Jung Hee Jang<sup>1</sup>, Seong Tak Kim<sup>1</sup>, Yeon Su Kwak<sup>1</sup>, Min Hwae Ahn<sup>1</sup>, Byung Hun Jeong<sup>2</sup>, Jeong Sik Han<sup>2</sup>(gbhan@iae.re.kr)

<sup>1</sup>Institute for Advanced Engineering, <sup>2</sup>Agency for Defense Development

온실가스 저감을 위한 다양한 연구 가운데, 항공운항에 관련된 CO<sub>2</sub> 배출 저감을 위한 바이오항공유 제조 및 활용 인프라 관련 기술에 대한 관심도가 높아지고 있다. 본 연구에서는 이러한 연구의 일환으로 바이오매스 중 하나인 식물성 오일을 기반으로 바이오항공유를 제조하는 경로의 하나인 식물성 오일의 촉매 탈산소 공정에 대하여 실험실 규모로부터 파일럿 규모에 이르기까지 관련 공정 및 이를 적용한 시스템에 대한 스케일-업에 대한 연구가 수행되었다. 식물성 오일의 탈산소 반응을 유도하기 위하여 촉매 기반의 수소화 공정이 동반되었으며, 이러한 수소화 공정에서 탈산소 반응이 진행되었다. 식물성 오일의 탈산소 반응을 위한 수소화 공정/시스템의 규모 확대에 의한 스케일-업이 진행되는 과정에서는 실험실 및 벤치 규모에 대응하는 각 공정/시스템의 규모에 대응하는 실제 실험결과를 얻어 확대되는 규모에 따라 얻어지는 공정/시스템 운전조건 및 효율을 체계적으로 정리함에 따라 스케일-업 인자를 도출하고 최종 파일럿 규모 공정/시스템에 대한 설계과정이 진행되었다.

PB-35

## 식물성 오일 유래 탄화수소류 화합물에 대한 업그레이딩을 위한 촉매 공정/시스템 스케일-업에 관한 연구

한기보<sup>1,\*</sup>, 장정희<sup>1</sup>, 김성탁<sup>1</sup>, 곽연수<sup>1</sup>, 안민희<sup>1</sup>, 정병훈<sup>2</sup>, 한정식<sup>2</sup>(gbhan@iae.re.kr)  
<sup>1</sup>고등기술연구원, <sup>2</sup>국방과학연구소

## Study on Catalytic Process/System Scale-Up for Upgrading of Hydrocarbon Compounds Based on Vegetable Oil

Gi Bo Han<sup>1,\*</sup>, Jung Hee Jang<sup>1</sup>, Seong Tak Kim<sup>1</sup>, Yeon Su Kwak<sup>1</sup>, Min Hwae Ahn<sup>1</sup>, Byung Hun  
Jeong<sup>2</sup>, Jeong Sik Han<sup>2</sup>(gbhan@iae.re.kr)  
<sup>1</sup>Institute for Advanced Engineering, <sup>2</sup>Agency for Defense Development

적지않은 CO<sub>2</sub>가 배출되는 분야 중의 하나인 항공기 운항과정에서 온실가스 저감을 가져올 수 있는 현실적인 대안으로 연료개선 및 엔진효율증대 등이 대두되고 있다. 식물성 오일을 이용한 바이오항공유 제조기술은 항공기로부터 배출되는 온실가스 중의 하나인 CO<sub>2</sub> 배출량을 저감할 수 있는 현실적인 방안으로 대두되고 있다. 본 연구에서는 바이오항공유를 제조하는 과정으로써 식물성오일로부터 얻어진 탄화수소류 화합물에 대하여 바이오항공유의 물성으로 업그레이딩 하기 위한 촉매수소화 공정/시스템에 대한 연구가 수행되었다. 더불어 실험실 규모의 촉매수소화 공정/시스템의 연구결과로부터 파일럿 규모 촉매수소화 공정/시스템의 스케일-업 구축을 위하여 설계과정이 진행되었다. 실험실 규모의 촉매수소화 공정/시스템에 대한 연구결과로부터 벤치 규모로 확대하여 시스템을 구축한 후 다양한 운전조건 하에서 얻어진 다양한 실험적 연구결과를 얻어 이를 체계적으로 정리함으로써 설계인자를 도출하고 이를 바탕으로 파일럿 규모 식물성 오일 유래 탄화수소류 화합물의 촉매수소화 공정/시스템의 스케일-업에 관한 연구가 수행되었다.

## Simple and Eco-friendly method for change of Teflon wettability

Hun Soo Byun<sup>1</sup> and Heon-Ho Jeong<sup>1\*</sup> (jeonghh29@jnu.ac.kr, Yeosu, Jeonnam 59626)

<sup>1</sup>Department of Chemical and Biomolecular Engineering, Chonnam National University

### Abstract

Amphiphilic network have gained much attention and have been developed for novel applications such as contact lenses, membranes, enzyme catalysts, medical devices, and drug delivery. In these systems, hydrophilic and hydrophobic polymer chains are combined and then chemically cross-linked, thus forming an amphiphilic network. As a unique class of materials, fluoropolymers have a combination of properties, including high thermal and chemical resistance, low surface energy, and low flammability. However, because of the immiscibility between fluorophilic and hydrophilic or hydrophobic materials, limited amphiphilic networks composed of fluorophilic chain have been reported. In here, ammpiphilic networks of perfluoropolyethers (PFPE) and poly(ethylene glycol) (PEG) have achieved to yield optically transparent and solvent resistance over a wide range of compositions. Transparent amphiphilic networks can be achieved when low molar mass of both the PFPE-DMA and the PEG-DMA were used. By incorporating a threshold amount of PFPEs into PEG-based hydrogel networks, water swelling could be significantly reduced, which can offer a new and simple method for various applications. Also, based on advantage of solvent resistance, we show that solid microparticles with high uniformity can be produced by using an organic solvent in microfluidic device. We believe the PFPE-PEG network will have broad impacts to a wide range of applications, including solvent-based microparticle fabrication and extraction processes.

### 참고문헌

1. Hu et al., "Optically Transparent, Amphiphilic Network Based on Blends of Perfluoropolyethers and Poly(ethylene glycol)," *J. Am. Chem. Soc.*, **130**(43), 14244-14252 (2008).
2. Wang et al., "Photocurable Amphiphilic Perfluoropolyether/Poly(ethylene glycol) Networks for Fouling-Release Coatings," *Macromolecules*, **44**(4), 878-885 (2011).
3. Jeong et al., "Moldable Perfluoropolyether-Polyethylene Glycol Networks with Tunable Wettability and Solvent Resistance for Rapid Prototyping of Droplet Microfluidics," *Chem. Mater.*, **30**(8), 2583-2588 (2018).

PB-37

## 팔라듐계 분리막 반응기에서 메탄 건식 개질을 통한 수소 생산: 공정 설계 및 경제성 평가

김세화<sup>1</sup>, 연원모<sup>1</sup>, 이신근<sup>2\*</sup>, 임한권<sup>3\*</sup>(hklim@unist.ac.kr)<sup>1</sup>대구가톨릭대학교 신소재화학공학과, <sup>2</sup>한국에너지기술연구원 에너지소재연구실, <sup>3</sup>울산과학기술원 에너지 및 화학공학부

## Hydrogen production via methane dry reforming in a Pd-based membrane reactor: Process simulation and economic analysis

Sehwa Kim<sup>1</sup>, Wonmo Yeon<sup>1</sup>, Shin-Kun Ryi<sup>2\*</sup>, Hankwon Lim<sup>3\*</sup> (hklim@unist.ac.kr)<sup>1</sup>Department of Advanced Materials and Chemical Engineering, Catholic University of Daegu<sup>2</sup>Energy Material Laboratory, Korea Institute of Energy Research (KIER)<sup>3</sup>School of Energy and Chemical Engineering, Ulsan National Institute of Science and Technology (UNIST)

The Korean government had set a CO<sub>2</sub> emission reduction target meaning the goal of reducing its greenhouse gases emissions by 37% compared to business as usual (BAU) in 2030. We propose methane dry reforming, which converts two greenhouse gases (CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub>) into syngas (CO and H<sub>2</sub>), as one of methods for reduction of greenhouse gases in the atmosphere. Using a commercial process simulator, Aspen HYSYS<sup>®</sup>, parametric studies have been performed focusing on the effects of H<sub>2</sub> permeance as well as H<sub>2</sub> selectivity. Economic analysis has been carried out in terms of itemized cost estimation and sensitivity analysis for a small-scaled H<sub>2</sub> refueling station reflecting current status of Korea. To consider unpredictable fluctuations related to premature technology, probability analysis using a Monte-Carlo simulation method has been also performed.

PB-38

## Power to gas 기술 관련 경제성 평가

이보름, 이현준, 임한권\* (hklim@unist.ac.kr)  
울산과학기술원 에너지 및 화학공학부

### Economic analysis for power to gas technology

Boreum Lee, Hyunjun Lee, Hankwon Lim\* (hklim@unist.ac.kr)  
School of Energy and Chemical Engineering, Ulsan National Institute of Science and  
Technology (UNIST)

With significant interest in renewable energy globally, energy storage technology has widely been developed due to the surplus electricity produced from renewable sources such as wind turbines and solar photovoltaic cells. Among various energy storage technologies, power to gas is considered as a promising candidate to produce hydrogen and methane via water electrolysis using surplus electricity. Also, it has longer discharge time on high storage capacity [1]. Therefore, economic analysis for power to gas technology employing itemized cost estimation, sensitivity analysis, and profitability analysis is performed to assess the economic feasibility of it, which is meaningful for the immature technology.

#### 참고문헌

1. Moore, J., and Shabani, B., "A Critical Study of Stationary Energy Storage Policies in Australia in an International Context: The Role of Hydrogen and Battery Technologies," *Energies*, 9(9), 674-702 (2016).



PB-39

## 글리세롤 수증기 개질반응을 통한 700 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>급 분산형 수소충전소에 대한 기술·경제성 평가

허주현<sup>1</sup>, 이보름<sup>2</sup>, 이신근<sup>3</sup>, 임한권<sup>2\*</sup> (hklim@unist.ac.kr)<sup>1</sup>대구가톨릭대학교 신소재화학공학과, <sup>2</sup>울산과학기술원 에너지 및 화학공학부,<sup>3</sup>한국에너지기술연구원(KIER) 에너지소재연구실

## Techno-economic analysis for glycerol steam reforming at distributed H<sub>2</sub> refueling stations for H<sub>2</sub> production capacity of 700 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>

Juheon Heo<sup>1</sup>, Boreum Lee<sup>2</sup>, Shin-Kun Ryi<sup>3</sup>, Hankwon Lim<sup>2\*</sup> (hklim@unist.ac.kr)<sup>1</sup>Department of Advanced Materials and Chemical Engineering, Catholic University of Daegu<sup>2</sup>School of Energy and Chemical Engineering, Ulsan National Institute of Science and  
Technology (UNIST)<sup>3</sup>Energy Material Laboratory, Korea Institute of Energy Research (KIER)

Various H<sub>2</sub> production methods such as methane steam reforming (MSR), oil/naphtha reforming, coal gasification, water electrolysis, etc. are used and MSR accounts for about 48% of worldwide H<sub>2</sub> production [1]. However, MSR produces a significant amount of CO<sub>2</sub>, a greenhouse gas, due to use of fossil fuel. In contrast, glycerol steam reforming (GSR) has received worldwide attention recently as one of H<sub>2</sub> production methods from byproduct of biomass, a clean energy source [2]. In addition, possible cost savings can be expected in GSR due to mild operating conditions of pressure and temperature compared to conventional reforming reactions [3]. Therefore, we report techno-economic analysis using process simulation, Aspen HYSYS<sup>®</sup>, a commercial process simulator and economic analysis for GSR targeted for distributed H<sub>2</sub> refueling stations with a H<sub>2</sub> production capacity of 700 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> [4]. From techno-economic analysis, it was well demonstrated that GSR is a viable option in Korea for distributed H<sub>2</sub> refueling stations.

### 참고문헌

1. Voldsund M., Jordal K., and Anantharaman R., "Hydrogen production with CO<sub>2</sub> capture," *Int. J. Hydrog. Energy*, **41**(9), 4969-4992 (2016).
2. Pastor-Pérez L., and Sepúlveda-Escribano A., "Low temperature glycerol steam reforming on bimetallic PtSn/C catalysts: On the effect of the Sn content," *Fuel*, **194**, 222-228 (2017).
3. Hajjaji N., Chahbani A., Khila Z., and Pons M.-N., "A comprehensive energy-exergy-based assessment and parametric study of a hydrogen production process using steam glycerol reforming," *Energy*, **64**, 473-483 (2014).
4. Lee B., Heo J., Kim S., Sung C., Moon C., Moon S., and Lim H., "Economic feasibility studies of high pressure PEM water electrolysis for distributed H<sub>2</sub> refueling stations," *Energy Conv. Manag.*, **162**, 139-144 (2018).

PB-40

## 석탄가스화 공정의 고압 분체이송 배관용 코팅 볼 밸브 개발

정우현<sup>1\*</sup>(castor08@iae.re.kr), 지규철<sup>1</sup>, 윤성필<sup>1</sup>, 이종경<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>고등기술연구원, <sup>2</sup>KPL 밸브공업(주)

### Development of Coating Ball Valve for High Pressure Powder Transport Line in Coal Gasification Process

Jung Woohyun<sup>1\*</sup>(castor08@iae.re.kr), Jee gyuchul<sup>1</sup>, Yoon Sungpill<sup>1</sup>, Lee Jongkyung<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Institute for Advance Engineering, <sup>2</sup>KPL Valve Industry Co. LTD

#### 초록

최근 운전 중인 300MW 석탄가스화 실증설비의 경우 외국의 가스화 기술이 적용되어 있다. 이에 따라 많은 수의 외산 자재가 사용되어져 구축되었는데, 그중에 가스화 설비의 고압 분체 이송라인에는 초고가의 밸브가 사용되고 있다. 이러한 밸브의 경우 유지보수 작업이 국내에서 힘들뿐만 아니라 신규 제작에도 많은 기간이 소요되므로, 안정적인 부품공급 및 유지비용 절감을 위해서는 국산화가 시급한 실정이다.

고등기술연구원에서는 KPL밸브공업과 공동으로 외국산 고압 분체라인용 코팅 볼밸브를 대체할 수 있는 밸브 개발을 공동으로 진행하고 있다. 금속 재질의 볼밸브의 볼과 시트부위에 TC(Tungsten Carbide) 및 TD(Toyoto Diffusion) 방법으로 코팅한 밸브 시작품을 제작하고, 이를 석탄가스화 Test-bed의 미분탄 공급장치를 이용하여 미분탄이 공급 되는 고압조건에서 개/폐 동작을 3,000회 이상 반복하는 내구성능 시험을 진행하였다. 내구성능시험을 진행한 결과 설치된 밸브 외부로 누설되는 현상은 발생하지 않았고, 밸브를 해체하여 코팅 표면에 대해 점검을 진행한 결과에서도 손상된 부위를 발견할 수 없었다. 하지만 기밀시험을 진행한 결과 밸브의 내부 틈 사이에 끼어있는 미분탄의 영향으로 밸브가 흐름을 완전히 차단하지 못하고 밸브 Passing 현상이 발생되는 것을 확인 하였다. 이러한 현상을 개선하기 위하여 밸브 동작시 회전축이 흔들리는 현상이 발생하지 않도록 내부 회전축의 동작 방식을 변경하였고, 볼과 시트가 밀착되는 부분에 분체가 끼이지 않도록 밸브의 내부의 구조 개선을 진행하였다.

PB-41

## 시멘트 제조과정 중의 부산물 자원화를 위한 고액분리 기술에 관한 연구

박병현\*<sup>1</sup>(grapeman77@hanmail.net), 김재강<sup>1</sup>, 김해기<sup>1</sup>, 이주열<sup>1</sup>, 최진식<sup>1,2</sup>  
<sup>1</sup>(주)에니텍 기술연구소, <sup>2</sup>경희대학교 환경응용과학과

### A Study on Solid-Liquid Separation Technology for Byproducts Resources in Cement Manufacturing Process

Byung Hyun Park\*<sup>1</sup>(grapeman77@hanmail.net), Jae Gang Kim<sup>1</sup>, Hae Gi Kim<sup>1</sup>, Ju Yeol Lee<sup>1,2</sup>, Jin Sic Choi<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Technology Insitute, ANYTECH Co., Ltd.

<sup>2</sup>Dept. of Applied Environmental Science, Kyung Hee University

과거에는 시멘트 공정중 발생하는 킬른더스트가 대기 중으로 방출되는 환경오염의 주범이었으나, 현재는 집진기가 설치되어 대부분 포집되고 킬른에 재투입하여 사용하고 있다. 그러나 재투입되는 시멘트 킬른더스트는 미세입자로서 예열기 등 시멘트의 생산 공정을 반복 순환함으로써 시멘트의 생산 효율을 감소시킬 뿐만 아니라 킬른 및 예열기 내부에 코팅막을 형성하여 제조설비의 효율성을 저하시키는 원인으로 작용하기 때문에 생산라인에서 배출하여 효율적으로 재활용하는 방안이 필요하다. 이러한 시멘트 제조과정 중 발생하는 킬른더스트의 재이용을 위해서는 킬른더스트 중 포함되어 있는 유용자원을 회수하기 위해 수용액 형태로 전환한 후 고액분리의 공정이 필요하며, 이 과정에서 액체상의 부피를 최소화하고 동시에 고체상의 분리효율을 높일 수 있는 기술의 적용이 필수적이다. 이를 위해서 일반적으로 저에너지로 고액분리가 가능한 다양한 형상의 하이드로사이클론을 제안하여 광물의 자원화를 위한 저장 및 분리효율 향상에 관한 연구를 수행하고자 하였다.

본 연구는 산업통상자원부 에너지기술개발사업의 연구비 지원으로 이루어졌으며, 이에 감사드립니다.  
 (과제번호: 20182010202100)

#### 참고문헌

1. M. M. Abrams, W. M. Jarrell, Soil phosphorus as a potential nonpoint source for elevated stream phosphorus levels. J. Environ. Qual. 24, 132-138 (1995).
2. J. H. Al-Rifai, H. Khabbaz, A. I. Sch€afer, Removal of pharmaceuticals and endocrine disrupting compounds in a water recycling process using reverse osmosis systems. Sep. Purif. Technol. 77, 60-67 (2011).
3. APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water Works Association), WEF (Water Environment Federation), Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 20th ed. American Water Works Association, Washington, DC. (1998).

PB-42

## 메조 포러스 알루미나 소재를 이용한 암모니아 가스의 흡착 등온선 모델링

휴엔 탄 보<sup>1</sup>, 김민기<sup>1</sup>, 이경우<sup>1</sup>, 박일건<sup>2</sup>, 주지봉<sup>1\*</sup> (jbjoo@konkuk.ac.kr)  
<sup>1</sup>건국대학교 화학공학과, <sup>2</sup>(주) 평화엔지니어링 R&D 연구소

### Modelling of Adsorption Isotherms of Ammonia gas on Mesoporous Alumina Materials

Huyen Thanh Vo<sup>1</sup>, Min Ki Kim<sup>1</sup>, Gyoung Woo Lee<sup>1</sup>, Il Gun Park<sup>2</sup>, Ji Bong Joo<sup>1\*</sup> (jbjoo@konkuk.ac.kr)

<sup>1</sup>Department of Chemical Engineering, Konkuk University, <sup>2</sup>Pyunghwa Engineering Consultants R&D Institute

The adsorption equilibrium of ammonia gas on various pore-structured Mesoporous Alumina materials (MAs) were studied in a pressure range of 1-5 bar at 25 °C at the ammonia concentration of 5000 ppm through a fixed bed reactor. The Mesoporous Alumina adsorbents were synthesized by Evaporation Induced Self Assembly (EISA) method and controlled the pore properties by adjusting acid concentrations and calcination conditions, and were characterized by BET, TGA, FT-IR, XRD, and TEM analyses. In the adsorption isotherm studies, the non-linear experimental equilibrium data of the synthesized Mesoporous Alumina and other commercial alumina oxide materials were fitted to the Langmuir, Freundlich, Langmuir-Freundlich, Dubinin-Radukevich, and Toth isotherm models with an accurate correlation over the entire pressure range.

감사: 본 연구는 환경부 화학사고 대응 환경기술개발사업(#2017001960004)에서 지원받았습니다. 본 연구는 2017년도 미래창조과학부의 재원으로 한국연구재단의 기초연구실지원사업(NRF-2017R1A4A1014806) 지원을 받아 수행된 연구입니다.

1. Jarkko, H. et al., "Adsorption Equilibria of Ammonia Gas on Inorganic and Organic Sorbents at 298.15 K." Journal of Chemical and Engineering Data. 46(2), 391-399, (2001).
2. Zhouhua, W. et al., "Analyzing the Adaption of Different Adsorption Models for Describing the Shale Gas Adsorption Law." Chemical and Engineering Technology. 39(10), 1921-1932, (2016).

PB-43

## 3D 프린팅과 사출성형 제조방식의 온실가스 배출량 비교 평가

고석균, 고주현, 김민서, 오한나, 유계준, 임성린\*(srlim@kangwon.ac.kr, 강원도 춘천시 강원대학길 1)  
강원대학교 건축토목환경공학부 환경공학전공

### Comparative Greenhouse Gases Emissions Assessment of 3D Printing and Injection Molding

Seok Gyoon Ko, Joo Hyeon Ko, Min Seo Kim, Han Na Oh, Gye Jun Yoo, Seong-Rin Lim\*  
(srlim@kangwon.ac.kr, 1 Gangwondaehakgil, Chuncheon, Gangwon)

Department of Environmental Engineering, Division of Architectural, Civil, and Environmental  
Engineering,  
Kangwon National University, Chuncheon

#### 서론

3D 프린팅의 응용 분야가 확대됨에 따라 3D 프린팅이 기존의 사출성형 방식과 비교하여 환경성을 비교평가할 필요가 있다. 본 연구는 LCA기법을 통해 특정 제품 생산을 위한 기존의 사출성형 제조 방식과 3D 프린팅을 이용한 제조법의 온실가스 배출량을 비교 및 분석하였다.

#### 연구방법

본 연구는 ABS resin을 원료로 하여 생산 중인 K사의 화재 경보 기능을 탑재한 모델을 기준으로 진행되었으며, 제품의 원료 생산 및 수송 단계, 원료를 이용한 제품의 생산 단계에 이르는 총 과정에서 발생하는 ABS제품 1,000개당 온실가스 배출량을 계산하였다.

#### 연구 결과 및 고찰

3D 프린팅이 사출금형보다 온실가스 배출량이 많은 것으로 나타났다. 전과정의 단계별로 분석해 보면, 3D 프린팅과 사출성형 방식에서는 프린팅 공정과 금형제작에서 온실가스 배출량이 각각 높게 나타났다.

#### 결론

경제성뿐만 아니라 온실가스 발생 저감측면에서도 보면, 3D 프린팅은 다품종소량 생산방식에 적합하고 사출성형은 소품종대량 생산방식에 적합한 것으로 나타났다. 또한, 본 연구를 통해 3D 프린터를 통한 제품 생산의 환경적 측면의 개선 방안을 탐색하였다.

PB-44

## Fixed bed에서 플라스틱의 촉매 열분해를 통한 오일 수율 특성에 관한 연구

구본진<sup>1,2</sup>, 류태우<sup>1</sup>, 윤주형<sup>1</sup>, 방병열<sup>2\*</sup>, 김종수<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>연세대학교, <sup>2</sup>한국생산기술연구원

## A study on the characteristics of oil yeild by catalytic pyrolysis of plastics in a Fixed bed

Bon Jin Koo<sup>1,2</sup>, Tae U Yu<sup>1</sup>, Joo Hyeong Yoon<sup>1</sup>,  
Byung Ryul Bang<sup>2\*</sup>, Jong Su Kim<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Yonsei University, <sup>2</sup>Korea Institute of Industrial Technology(KITECH)  
\*corresponding author : brbang@kitech.re.kr

### [ABSTRACT]

플라스틱은 내부식성, 가공성, 고기능성 등 여러 우수한 성질로 인해 각종 산업분야, 일상 생활에서도 중요한 재료로서 그 사용량이 지속적으로 증가되고 있다. 이러한 플라스틱의 사용량 증가는 플라스틱 폐기물 증가의 원인이 되었고 이에 의한 심각한 환경오염 문제가 야기되었다. 특히 플라스틱은 다른 소재에 비하여 화학적·물리적 성질이 뛰어나 처리 과정에서 많은 어려움을 겪고 있는데 이중 소각 또는 매립을 통하여 처분하게 되는데 소각과정에서 HCl, 다이옥신등 유독 물질 발생 등으로 인해 대기오염을 유발하게 된다.

그러나 석유가 한계자원이라는 현실에 직면하면서 폐플라스틱의 재활용 방법 중 하나인 열분해 공정을 통하여 액상 오일 생산을 위한 노력을 기울이고 있는 실정이다.

본 연구에서는 HDPE, 혼합(PE:PP:PS)시료를 450,500°C에서 각각 무촉매, 촉매 조건하에서 열분해 하여 얻은 오일 수율에 미치는 영향을 종합적으로 분석하였다.

PB-45

**역흐름다중방해판 반응기를 이용한 팜부산물의 반탄화 특성 연구**

김상도\*, 임 혁, 이시훈, 최호경, 전동혁, 유지호, 임영준  
한국에너지기술연구원 청정연료연구실

**Torrefaction study of palm by-product  
by Counter Flow Multi Baffle Reactor**

Sangdo Kim\*, Hyuk Im, Sihyun Lee, Hokyung Choi, Donghyuk Chun, Jiho Yoo and Youngjon  
Korea Institute of Energy Research, Clean Fuel Laboratory

석탄 연소 시 배출되는 이산화탄소가 온실가스의 주범으로 인식되면서 신재생에너지의 비중이 높아지고 있다. 신재생에너지 자원 중 산림/농림 부산물인 바이오매스 사용량도 급격하게 증가하고 있는 추세이다. 국내의 경우도 2010년 34천톤의 우드펠릿 사용되었지만, 2017년 2,440천톤으로 급격하게 증가하였다. 향후 바이오매스 안정적인 자원 확보가 중요한 이슈가 될 것으로 전망된다. 팜부산물은 인도네시아 및 말레이시아에서 세계의 95% 재배되고 있고, 팜부산물 자원 또는 7억톤 정도에 이르고 있다. 초기 팜부산물은 수분이 높고, 수분 흡수성이 크기 때문에 장기간 저장시 부패가 된다. 이러한 특성을 없애기 위하여 저온 열처리 공정인 반탄화 기술이 개발되고 있다. 반탄화는 산소농도가 희박한 조건 및 250~350°C 온도 범위에서 열처리하는 기술을 의미한다. 본 연구에서는 KIER에서 개발한 역흐름다중방해판 반탄화 기술을 이용해 팜부산물인 EFB(Empty Fruit Bunch)와 PKS(Palm Kernel Shell)에 대한 반탄화 실험을 실시하고, 특성들을 살펴보았다. 역흐름다중방해판 반탄화기는 원료 물질은 상부에서 공급되고 열분해를 시키는 고온 가스는 하부에서 공급되어 서로 향류 흐름으로 접촉이 되도록 되어 있고, 중간에 지그재그 형태의 다수의 배플이 설치되어 있다. 실험에 사용된 원료는 EFB는 펠릿으로 제조하여 실험을 실시하였고, PKS는 원료 자체를 실험에 사용하였다. 실험조건은 온도는 250~350°C, 유량은 각 물질에 적합한 초기 실험결과를 토대로 실험을 실시하였다. 원료 처리시간은 20kg/hr로 하였다. 반탄화 된 연료는 공업분석, 원소분석, 발열량분석, 수분 재흡착, 겉보기밀도 등을 측정하여 온도조건에 따른 결과를 비교 분석하였다.

**참고문헌**

1. Michael D. et al., "Possible effect of torrefaction on biomass trade", IEA Bioenergy, (2012)
2. Linoj K. et al., "Integrating torrefaction in the wood pellet industry : A Critical review", Energy & Fuels, 31, 37-54(2016)

PB-46

## 고체 연료 좌 연소 예측 모델 개발

김량균\*(rgkim@rist.re.kr)  
포항산업과학연구원

### Development of prediction model of solid fuel char combustion

Ryang-Gyoon Kim\*(rgkim@rist.re.kr)  
Research Institute of Industrial Science & Technology

고체연료를 이용하는 화력발전소, 가스화 공정 등은 연소 메커니즘을 주요 인자로 검토하여 설계하며, 연료 정상 변화에 따른 최적인전 도출 또한 좌 연소 반응율을 기반으로 한다. 화력발전소 및 가스화 공정에서 사용되는 대표적인 고체 연료는 석탄 및 목질계 바이오매스이다. 고체 연료 연소 메커니즘은 열분해 과정에서 배출된 휘발물의 균질 반응(Homogeneous reaction)과 좌 연소의 비균질 반응(Heterogeneous reaction)이다. 특히 고체 연료 연소시간의 대부분을 차지하는 좌 연소 반응성은 석탄 보일러, 가스화 반응기 설계 및 최적인전조건을 도출하는데 핵심이다(1). 좌 연소 메커니즘을 분석하기 위해 다양한 모델이 개발되어졌으며, 대표적으로 Intrinsic model, Kinetic/diffusion surface reaction rate model 그리고 Bulk diffusion model이 있다(2, 3). 본 연구를 통하여 고체 연료 기반의 보일러, 반응기 설계 및 최적인전조건에 활용할 수 있도록 Intrinsic model을 기반으로 좌 연소 예측모델을 개발하는 것이다.

#### 참고문헌

1. Ryang-Gyoon Kim, Chan-Won Hwang, Chung-Hwan Jeon, 2014, "Kinetics of coal gasification with CO<sub>2</sub>: impact of internal/external diffusion at high temperature and elevated pressure," Applied energy, Vol. 129, pp. 299~307.
2. Normand, M. L., 1978, Heterogeneous kinetics of coal char gasification and combustion, Progress in Energy and Combustion Science, Vol.4, pp. 221-270
3. Kalyan, A., Ishwar, K. P., 1959, " Combustion science and engineering," CRC Press/Taylor&Francis



PB-47

## 전주도금공정으로 항균 마이크로 메쉬시트 개발

허광선<sup>1\*</sup>, 배영한<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>경남정보대학교 신소재화학계열  
<sup>2</sup>(주) 한성이스텍

### Development of antibacterial micro mesh sheet by electroplating process

Kwangsun Huh<sup>1\*</sup>, Younghan Bae<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Advanced Materials and Chemical Engineering,  
Kyungnam College of Information and Technology

<sup>2</sup>Hansung E.G.Tech.Co.,LTD.

최근에는 마이크로 기공을 가진 금속막을 이용하여 오염 물질을 처리하는 방법이 개발되었고, 주로 필터에 많이 적용되고 있다. 그러나, 단지 마이크로 기공을 가진 금속 분리막 자체 만으로는 미세 유해 물질을 제거하는 데에 한계가 있다. 즉, 현재 보편화된 금속 분리막은 금속 와이어가 메쉬(mesh) 구조로 짜여진 형태로 이루어지거나, 마이크로 크기의 금속 분말을 소결한 형태로 이루어짐으로써, 수 마이크로미터 크기의 기공을 갖는다. 그러나 이러한 마이크로 단위의 기공은 비교적 크기가 큰 오염 물질은 여과할 수 있지만, 항균 효과는 없다. 최근 각종 내성균(SARS 등)에 의한 병원내 감염문제, 병원성 대장균, O-157, 비브리오 및 황색포도상 구균 등에 의한 식중독, 황사, 냉각수에 증식하는 레지오넬라균, 등 각종 미생물 오염에 의한 사고 등 유해미생물이 원인이 되어 문제가 많이 발생하고 있다. 은(銀)은 인체에 무해하면서 650여 종의 박테리아나 바이러스, 곰팡이를 제어하는 것으로 알려져 있다. 은은 박테리아나 바이러스 등이 구성하는 단백질 시스템의 -SH기에 부착하여 황화합물로 전환되어 번식을 억제하거나 산소와 작용하는 효소에 부착하여 산화반응을 촉진시키는 촉매제의 역할을 하여 균을 살균하는 즉, 신진대사(소화, 호흡)에 관여하는 부분에 특수한 형태로 작용하여 항균력을 발휘하는 반영구적인 항균제로 알려져 있다. 본 개발에서는 액상감광막(LPR)을 도포하는 공정, 광리소그라피를 사용하여 액상감광막을 노광 및 현상하여 패터닝하는 공정은 노광전문 업체에 외주 의뢰하여 Screen Micro Mesh 제조한 후 전주도금법을 이용한 Ni Micro Mesh Sheet를 제조한 후 은도금을 하여 항균마이크로 메쉬시트를 개발하여 항균력을 측정하였다.

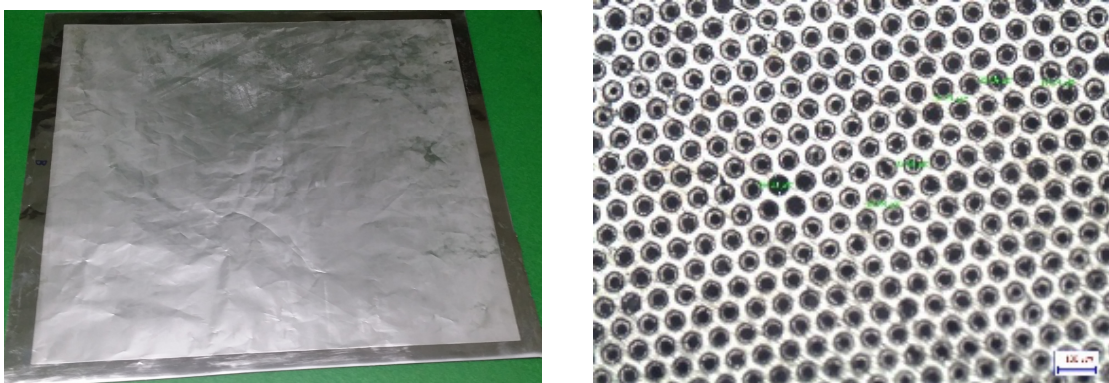


Fig.1. SEM micrographs of antibacterial micro mesh sheet

## 친환경 gravure printing inks 황색안료의 개발

강대웅<sup>1\*</sup>, 신재희<sup>1</sup>, 박정원<sup>1</sup>, 김경원<sup>1</sup>, 양철규<sup>2</sup>, 허광선<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>경남정보대학교 신소재화학계열, <sup>2</sup>(주) 경기색소

### Development of yellow pigments for eco-friendly gravure printing inks

Daewoong Kang<sup>1\*</sup>, Jaehee Sin<sup>1</sup>, Jeoungwon Park<sup>1</sup>, Keounwon<sup>1</sup>, Chulkyu Yang<sup>2</sup>, Kwangsun Huh<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Department of Advanced Materials and Chemical Engineering,  
Kyungnam College of Information and Technology  
<sup>2</sup>Kyungkee color.

그라비아 인쇄는 오목한 화선부로 형성되어 있는 그라비아 판 통을 잉크 팬에 적셔서 판면에 묻어 있는 여분의 잉크를 Doctor Blade로 긁어내고, 그 결과 오목한 화선부에만 남아 있는 잉크를 강한 인압으로 플라스틱 등에 전이시키는 인쇄 방식으로서, 잉크는 플라스틱 등에 인쇄된 후 건조와 동시에 충분히 접촉되어야 한다. 그러기 위해서는 그라비아 잉크는 건조속도가 빠르고 점도가 낮아야 하며, 피인쇄 체인 무극성 폴리올레핀 필름 등에는 잉크의 접착성을 향상시키기 위해 인쇄 면에 코로나 방전처리 등을 해두어야 한다. 우리나라 연 포장의 주류를 이루는 포장재 중의 하나인 OPP용 잉크는 주로 Vinyl Type의 바인더를 사용하고 있으며, Nylon 이나 PET등에는 Urethane 수지를 사용하고 있다. 또한 식품포장의 잔류용제가 문제시 된 것을 필두로, 증발 건조형인 그라비아 잉크의 숙명적 과제인 대기오염 방지 즉 VOC 배출억제, 위험물 취급에 관한 규제, 노동위생 등의 문제가 그라비아 산업의 본격적 이슈로 대두되기 시작하였다.

따라서 본 연구에서는 디아조반응으로 3,3'- 디클로로 벤지딘 (DCB) 과 Coupler로 Acetoacet-anilide (AAA) 대신에 acetoacet-o-toluidine(AAOT)로 커플링 반응 후 과량의 테트라 졸이 남지 않을 때까지 교반을 계속 한 다음, 여과하여 Filter Cake형 PY-14를 합성하였다.

Filter Cake형 PY-14 합성을 확인하기 위하여 FT-IR 분석한 결과 1510-1505 cm<sup>-1</sup>(-N=N-)의 피크가 존재하였으며, 합성된 PY-14 색상은 Hoover's muller기를 이용하여 ink Varnish 2g, 안료 0.5g을 회전 속도 50rpm 4회로 분산시킨 후, oriented polypropylene(OHP)필름위에 바코팅을 하여 5min동안 상온 건조시킨 후 색상을 측정결과 Strength 103.813% 높은 착색력을 가짐을 확인하였다.

본 연구에서는 디아릴리드(Diarylide)계 황색 유기안료의 인쇄공정시 잉크 바나쉬(ink varnish)에 분산시켰을 때 유동성과 저장성 뛰어난 친환경 Filter Cake 형 gravure printing inks 디아릴리드계 황색 안료 PY-14를 개발하였다.

PB-49

## Mixture Pressure-Swing Distillation Process Design and Optimization for the Separation of Minimum- and Maximum-boiling Azeotropes based on Vapor-Liquid Equilibrium Analysis

Alyssa Marie Fulgueras, Dong Sun Kim and Jungho Cho\* (jhcho@kongju.ac.kr, corresponding author address)

*Department of Chemical Engineering, Kongju National University, 275 Budae-dong, Seobuk-gu, Cheonan-si, Chungcheongnam-do 331-717, South Korea*

Pressure-swing distillation (PSD) process uses the pressure sensitivity of the binary azeotropic point and operates at two different pressures. The main advantage of PSD is the process intensification which eliminates solvent or entrainer usage and is feasible for heat integration. This study assesses the process design and optimization of PSD process to separate minimum- and maximum-boiling azeotropes based on vapor-liquid equilibrium analysis. Six binary systems were analyzed; three systems for each type of binary azeotrope as follows: A) minimum-boiling azeotrope: (1) acetone + methanol, (2) ethanol + toluene, (3) chloroform + methanol; and B) maximum-boiling azeotrope: (1) water + ethylenediamine, (2) acetic acid + dimethylacetamide, (3) acetone + chloroform. Several cases were studied for each binary system to determine the optimum operating condition and specification that minimizes the total heat consumption of the separation process.

### 참고문헌

1. Alvarez, J. J., Barrero, C. E., Corso, M. E., Grande, M. C., and Marschoff, C. M. (2004). On the applicability of the UNIQUAC method to ternary liquid-liquid equilibria. *The Journal of the Argentine Chemical Society*, **92** (4-6), 81-90.
2. Botia, D. C., Riveros, D. C., Ortiz, P. Gil, I. D., and Sanchez, O. F. (2010). Vapor-liquid equilibrium in extractive distillation of the acetone/methanol system using water as entrainer and pressure reduction. *Ind. Eng. Chem. Res.*, **49** (13), 6176-6183.
3. Natarajan, T. S., and Srinivasan, D. (1980). Vapor-liquid equilibrium data for the systems acetone-methanol and methanol-benzene in the presence of dissolved salts. *J. Chem. Eng. Data*, **25**, 215-218.
4. Modla, G. (2011). Separation of a chloroformacetone-toluene mixture by pressure-swing batch distillation in different column configurations. *Ind. Eng. Chem. Res.*, **50**, 8204-8215.
5. Prausnitz, J. M., Lichtenthaler, R. N., and de Azevedo, E. G. (1998). *Molecular thermodynamics of fluid-phase equilibria*. Pearson Education, **3**, 258-291.

PB-50

## CFD Simulation of Atmospheric Detritiation System in a Packed Bed Reactor

Daniel Owusu Asante, Jungho Cho, Dong Sun Kim\*

(dskim@kongju.ac.kr, 275, Budaе-dong, Seobuk-gu, Cheonan-si, Chungcheongnam-do  
331-717, South Korea)

Department of Chemical Engineering, Kongju National University

### Abstract

The quest for better and effective way of generating sustainable energy has led to the research into fusion which is undertaken by the ITER Organization. The prototypes as well as the commercial reactors for the fusion process demands a great deal of safety and particularly, leakage of T2 into the working environment. The T2 happens to be the radioactive material amongst the other two hydrogen isotopes and this call for careful handling of such gas.

In this study, a 3D packed bed reactor model was developed using the ANSYS Fluent commercial tool. The suitable model and choice of numerical methods for this process were explained. The kinetics and input conditions were selected from preexisting related experiments already done. Different temperature ranges were explored in order to know its effects on the oxidation process of deuterium and tritium. Finally, the concentration for all conditions were displayed and analyzed to establish a trend.

**Keyword:** ADS, ITER, Hydrogen, Simulation, Fluent

Type: Poster

### Reference

1. Hara, K. Munakata, J. Nagane, M. Fukuda, K. Wada, T. Sugiyama, M. Tanaka, and T. Uda, "Study on oxidation of hydrogen over commercial catalyst for tritium recovery system," *Fusion Eng. Des.*, vol. 87, no. 7-8, pp. 1118-1122, 2012.
2. K. Munakata, K. Hara, T. Sugiyama, K. Kotoh, M. Tanaka, and T. Uda, "Numerical Simulation of Detritiation System for NIFS with Commercial Catalyst and Adsorbent," vol. 10, pp. 36-41, 2013.
3. I. Ansys, "ANSYS FLUENT theory guide," *Knowl. Creat. Diffus. Util.*, vol. 15317, no. January, pp. 724-746, 2009.

PB-51

## Comparative study of heterogeneous azeotropic distillation and extraction process for the separation of Acetic acid-Water system through process simulation

Leah Jessica Sebastian<sup>1</sup>, Kim Dong Sun, and Jungho Cho<sup>1\*</sup> (jhcho@kongju.ac.kr)

<sup>1</sup>Department of Chemical Engineering, Kongju National University, 275 Budae-dong, Seobuk-gu, Cheonan-si, Chungcheongnam-do, 331-717, SOUTH KOREA

### Abstract

The separation of acetic acid and water has been an important and challenging process in the industry due to the tendency of acetic acid to form dimers in the vapor phase. This phenomenon greatly affects the thermodynamic behavior and creates an inconsistency for activity coefficients. The separation cannot be carried out by simple distillation since it will be high-energy consuming. Special distillation methods are applied, such as heterogenous azeotropic distillation and extraction process. These methods are examined, optimized, and compared through PRO/II with PROVISION ver. 9.4 process simulation. The study involves analysis of phase equilibria of acetic acid, water, and separating agent, and design of azeotropic distillation and extraction process, and comparison of separation method for minimum heat duty consumption. Heterogeneous azeotropic distillation presented better results compared to liquid-liquid extraction in terms of entrainer flow rate, total column heat duty, and acetic acid purity. However, the extraction process provided a comparable acetic acid recovery percentage. Each process showed great potential to separate acetic acid and water with its own advantages. Further research is recommended using dynamic simulation to assess real-time control of both separation methods.

### References

1. Chien, I.-L., Zeng, K.-L., Chao, H.-Y., & Liu, J. H. Design and control of acetic acid dehydration system via heterogeneous azeotropic distillation. *Chemical Engineering Science*, 59, 4547-4567 (2004).
2. Hayden, J. G., & O'Connell, J. P. A Generalized Method for Predicting Second Virial Coefficients. *Industrial & Engineering Chemistry Process Design and Development*, 14(3), 209-216 (1975).
3. Li, K., Chien, I., & Chen, C. Design and Optimization of Acetic Acid Dehydration Processes. In *5th International Symposium on Advance Control of Industrial Processes* (pp. 126-131) (2014).
4. Usman, M. R., Hussain, S. N., Asghar, H. M. a, Sattar, H., & Ijaz, a. Liquid-Liquid Extraction of Acetic Acid From an Aqueous Solution Using a. *Methods*, VII(ii), 115-121 (2011)
5. Pierucci, S., Klemeš, J. J., Piazza, L., Bakalis, S., Galli, F., Previtali, D., Casagrande, S., Pirola, C., Manenti, F., and Boffito, D. C. Simulation of the Water-Acetic Acid Separation via Distillation Using Different Entrainers: an Economic Comparison. *Chemical Engineering Transactions*, 57, 1159-1164 (2017).

## Control and Optimization of Acetone-Chloroform Separation using 1-methyl 2-pyrrolidone as Solvent

Manish Pokhrel<sup>1</sup>, Jungho Cho\* (jhcho@kongju.ac.kr)

(Dept. of Chemical Engineering, Kongju National University 592, Shindangdong, Cheonan, Chungnam 331-280 Korea)

### Abstract:

A study of extractive distillation process is extended to separate mixture of acetone and chloroform using 1-methyl 2-pyrrolidone. Isovolatility curve and ternary diagram showed 1-methyl 2-pyrrolidone can be a promising solvent for acetone-chloroform separation. The conventional process flow diagram was slightly modified replacing the cooler by an economizer to pre-heat the feed stream which reduced the total annual cost by 14%. ( $\pm$ ) 10% feed flow and feed composition disturbances were imposed to observe the tolerance of the process.

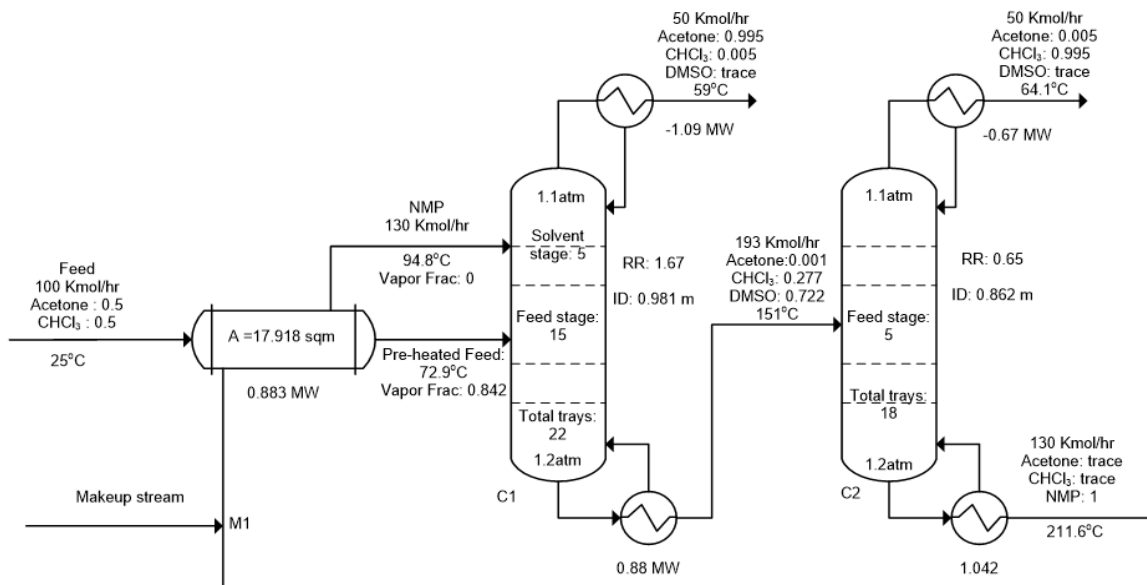


Fig: Process flow diagram for acetone-chloroform-NMP using an economizer

### References:

- [1] A. E. Karr, E. G. Scheibel, W. M. Rows, and D. F. Othmer, "Composition of Vapors from Boiling Solutions. Systems Containing Acetone, Chloroform, and Methyl Isobutyl Ketone," *Ind. Eng. Chem.*, vol. 43, no. 4, pp. 961-968, Apr. 1951.
- [2] O. O. Ilcheko, A. M. Kutsyk, and V. V. Obukhovskiy, "Study of Complexation in Acetone-Chloroform Mixtures by Infrared Spectroscopy," *J. At. Mol. Phys.*, vol. 2014, no. 1, pp. 1-6, 2014.
- [3] R. M. L. O. Souto *et al.*, "Rigorous Thermodynamic Evaluation of the Extractive Distillation Process," *Chem. Eng. Res. Des.*, Mar. 2018.
- [4] W. L. Luyben, "Control of the Maximum-Boiling Acetone/Chloroform Azeotropic Distillation System," *Ind. Eng. Chem. Res.*, vol. 47, no. 16, pp. 6140-6149, Aug. 2008.

PB-53

## Modeling, Optimization, and Dynamic Control of Pressure-Swing Distillation for the Separation of Methanol-Chloroform Mixture

Russel J. Galanido, Jungho Cho\* (jhcho@kongju.ac.kr, corresponding author address)  
 Department of Chemical Engineering, Kongju National University, 275 Budae-dong, Seobuk-gu,  
 Cheonan-si, Chungcheongnam-do 331-717, South Korea

An organic waste composed mainly by chloroform and methanol mixture is a widely used effective solvent for bioactive substances extraction from biological sources in pharmaceutical and biotechnology industry [1~3]. This binary mixture exhibits a minimum-boiling temperature azeotrope with ~65 mol% chloroform composition at ~53.4 °C under atmospheric pressure [4,5]. Thus, the mixture cannot be separated by using conventional distillation columns. In this study, the separation of methanol-chloroform binary mixture is investigated using pressure-swing distillation process via process simulation. The steady-state optimization and dynamic simulations are carried out using PRO/II with PROVISION v.10 and Aspen Dynamics v8.8, respectively. For steady-state optimization, two different column configurations (low-to-high pressure and high-to-low pressure) are compared wherein the positions of the low-pressure column and high-pressure column are operated interchangeably to attain an optimized design. Moreover, different heat integration configurations (no heat, partial heat and full heat integration) are applied to lessen the overall utility consumption. It is determined that the low-to-high pressure column configuration provided a more optimized results for all heat-integrated systems as compared to high-to-low pressure column configuration. Application of heat integration further decreases the cooling water and steam consumptions by 38.86 % and 35.74 %, respectively, for partially heat-integrated system; and by 44.58% and 41.01%, respectively, for fully heat-integrated system. On the other hand, dynamics and control study is executed using basic control, feed-forward ratio control, and/or pressure-compensated temperature control structures. It is found out that the pressure-swing distillation process without heat integration can be controlled using a basic control, while the partially and full heat-integrated systems require a pressure-compensated temperature control structure.

### 참고문헌

1. Schengrund, C.L., and Kovac, P., "A simple, nonenzymatic method for desialylating polysialylated ganglio-N-tetraose series gangliosides to produce GM1", *The Journal of Lipid Research*, 40, 160-163 (1999).
2. Row, K.H. and Jin, Y., "Recovery of catechin compounds from Korean tea by solvent extraction", *Bioresource Technology*, 97(5), 790-793 (2006).
3. Van Kaam, R., Rodriguez-Donis, I., and Gerbaud, V., "Heterogeneous extractive batch distillation of chloroform-methanol-water: feasibility and experiments", *Chemical Engineering Science*, 63, 78-94 (2008).
4. Gmehling, J., Menke, J., Krafczyk, J., and Fischer, K., *Azeotropic Data*. VCH Editor: Weinheim (1994).
5. Dean, J.A., *Lange's Handbook of Chemistry*, 15<sup>th</sup> edition, McGraw-Hill, Inc, 5.66 (1999).

## NGCC공정의 이산화탄소 포집공정에 대해서 30wt% MEA수용액을 사용하는 흡수식 이산화탄소 포집공정과 Ni-based의 CLC 공정에 대한 발전효율비교

노재현, 김동선, 조정호\*(jhcho@kongju.ac.kr, 충청남도 천안시 서북구 천안대로 1223-24 )  
공주대학교 화학공학과

본 연구는 500 MW급 전력을 생산하기 위한 천연가스복합발전(Natural gas combined cycle: NGCC)에서 이산화탄소 포집방법으로 기존에 많이 사용되고 있는 흡수식 이산화탄소 포집공정(CCS, 이산화탄소 capture and storage)을 적용한 경우와 별도의 이산화탄소 포집공정 없이 이산화탄소를 원천적으로 분리할 수 있는 매체순환연소시스템(chemical looping combustion: CLC)을 적용한 경우에 대해서 발전효율을 상호 비교하였다. Figure 1에는 CCS를 포함하고 있는 일반적인 NGCC공정의 개략도를 나타내었으며, Figure 2에는 CLC를 포함하고 있는 NGCC공정의 개략도를 나타내었다.

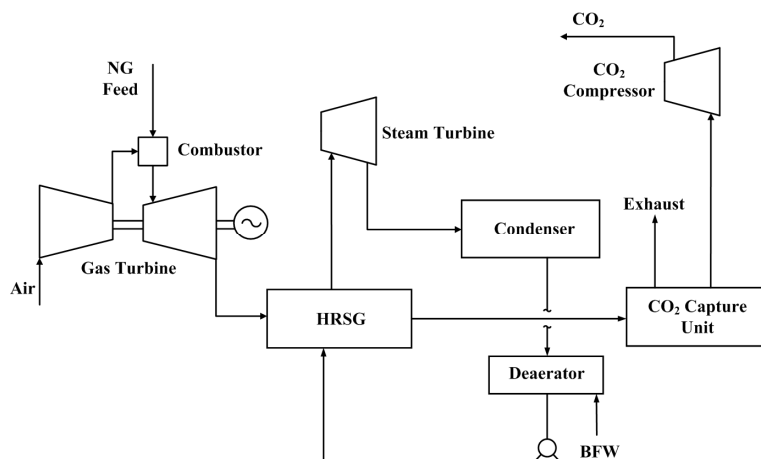


Figure 1. Schematic diagram of NGCC with CCS

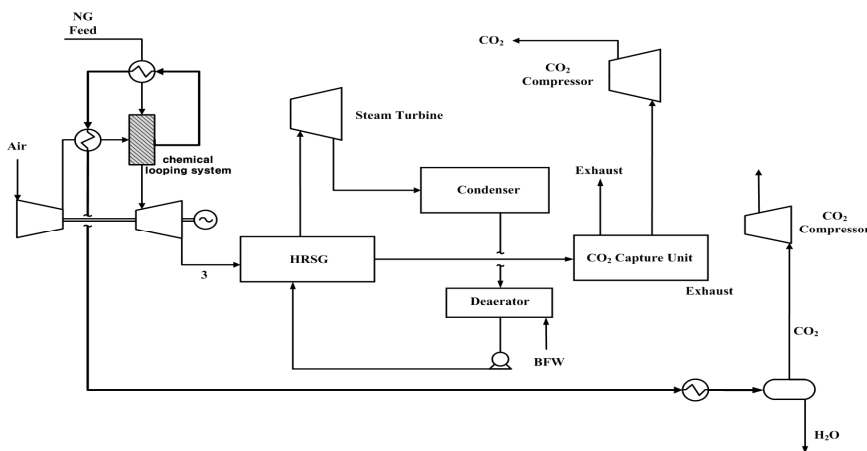


Figure 2. Schematic diagram of NGCC with CLC



본 연구를 위해서 국내에서 사용되고 있는 몇 가지 천연가스 원료조성을 대상으로 하여 흡수식 이산화탄소 포집공정을 포함하는 NGCC공정(이하 NGCC with CCS)과 CLC공정을 포함하는 NGCC공정(이하 NGCC with CLC)을 상용성화학공정모사기인 SIMSCI사의 PRO/II PROVISION version 10.0을 사용하여 공정모사 및 최적화를 수행하고 상호간에 발전효율을 비교하였다. NGCC with CCS공정의 경우 이산화탄소 포집 용매로써 많이 사용되고 있는 30 wt% MEA 수용액을 사용하였으며, NGCC with CLC공정의 경우 Ni-based의 CLC 시스템을 사용하였다.

NGCC공정을 모사하기 위해 사용된 기본적인 열역학 모델식으로는 Peng-Robinson 상태방정식을 사용하였으며, 30 wt% MEA 수용액을 사용하는 흡수식 이산화탄소 포집 공정을 모사하기 위해서 PRO/II에 내장되어 있는 AMIN package 모델식을 사용하였다. 또한, Ni-based의 CLC 공정을 모사를 위해서 PRO/II에 내장되어 있지 않은 산소전달입자(Ni와 NiO)의 온도에 따른 비열(specific heat) 물성정보는 문헌조사를 통해 찾아 화학공정모사기에 내장하였다. 결론적으로 NGCC with CCS공정과 NGCC with CLC공정에 대해서 공정모사를 수행하고 Net power efficiency를 비교한 결과 Ni-based의 CLC공정을 적용한 NGCC with CLC공정이 NGCC with CCS공정에 비해 약 6.0%정도 높은 것을 확인 할 수 있었다.

### 참고문헌

1. Spath, P. L., and Mann, M. K., "Life Cycle Assessment of a Natural Gas Combined-Cycle Power Generation System" 2000.
2. Rubin, E. S., and Zhai, H., "The Cost of Carbon Capture and Storage for Natural Gas Combined Cycle Power Plants", Environ. Sci. Technol., 46, 3076-3084 (2012)
3. Annual Energy Outlook 2011 with projections to 2035; DOE/EIA-0383(2011); U.S. Department of Energy's Energy Information Administration: Washington, DC, April 2011.
4. Bello, A., and Idem, R. O., "Comprehensive Study of the Kinetics of the Oxidative Degradation of CO<sub>2</sub> Loaded and Concentrated Aqueous Monoethanolamine (MEA) with and without Sodium Metavanadate during CO<sub>2</sub> Absorption from Flue Gases", Ind. Eng. Chem. Res., 45, 2569-2579, (2006).
5. Kim, I., and Svendsen, H. F., "Heat of Absorption of Carbon Dioxide (CO<sub>2</sub>) in Monoethanolamine (MEA) and 2-(Aminoethyl)ethanolamine (AEEA) Solution", Ind. Eng. Chem. Res. 46, 5803-5809. (2007).
6. Panagiotopoulos, A. Z. and Reid, R. C., "High Pressure Phase Equilibria in Ternary Fluid Mixtures with a Supercritical Component," ACS Symposium Series 329 "Supercritical Fluids," American Chemical Society, Chicago, Illinois, Sep. 8-13 (1985).
7. C. H. Twu, D. Bluck, J. R. Cunningham, and J. E. Coon, "A Cubic Equation of State with a New Alpha Function and New Mixing Rule," Fluid Phase Equil., 69, 33 (1991).
8. Mantripragada, H. C., & Rubin, E. S. (2012). Chemical Looping Combustion for Pre-combustion CO<sub>2</sub> Capture. Pittsburgh, PA.

## 액화천연가스 냉열의 이용한 다양한 활용방안에 대한 연구

조정호<sup>1\*</sup>, 박일수<sup>1</sup>, 김동선<sup>1</sup>, 이중성<sup>2</sup>, 유현석<sup>2</sup>, 김동민<sup>2</sup>, 우경택<sup>2</sup>(jhcho@kongju.ac.kr)

<sup>1</sup>공주대학교 화학공학부, <sup>2</sup>한국가스공사 가스연구원

### Study on the Various Utilization Methods of the Liquefied Natural Gas Cold Heat

Jungho Cho<sup>1\*</sup>, Il Su Park<sup>1</sup>, Dong Sun Kim<sup>1</sup>, Joongsung Lee<sup>2</sup>, Hyun Seok Yoo<sup>2</sup>, Dong Min Kim<sup>2</sup>,  
Kyung Taek Woo<sup>2</sup> (jhcho@kongju.ac.kr)

<sup>1</sup>Kongju National University, <sup>2</sup>KOGAS Research Institute

우리나라에서 연간 수입하는 액화천연가스(LNG)는 한국가스공사를 통해서 약 3,500만 톤에 이르며, 보령LNG 터미널에서는 연간 350만 톤을 수입하고 있고, 향후 연간 700만 톤까지 수입량을 늘릴 계획이다. 우리나라의 LNG 수입량은 일본에 이어서 세계 2위에 해당하며 중국이 세계 3위의 LNG 수입국에 해당한다. 또한 단일 인수 기지로는 평택과 인천에서 수입하는 LNG 량이 세계 1위와 2위를 기록하고 있다. 하지만 우리나라에서 LNG 냉열의 활용은 현재까지는 미미한 실정이다. 최근 들어서 LNG 냉열의 다양한 활용에 대한 관심이 급격하게 증가하고 있다. 천연가스를 액화하는 데는 많은 양의 동력이 소요되는데, 천연가스를 액화하게 되면 저장 및 수송이 용이하기 때문이다. 본 연구에서는 천연가스를 액화하는 데 소요되는 냉열의 일부를 다시 동력으로 회수하는 여러 가지 방안에 대한 기법들을 제시하였다.

첫 번째 방법은 LNG를 펌프를 통해서 가압한 후에 해수를 통해서 증발시켜서 고압의 가스를 얻은 다음에 터빈을 돌려서 동력을 얻는 개방형 Rankine 사이클을 활용하여 동력을 생산하는 방법을 제시하였다. 두 번째로는 작동유체를 활용하여 액체상태의 작동유체를 펌프로 가압한 다음에 해수로 증발시켜서 고압의 가스를 터빈을 통해서 동력을 생산한 다음에 LNG 냉열을 이용해서 액화하는 동력생산 방법을 제시하였다. 작동유체를 활용하게 되면 LNG는 고압상태를 유지할 수 있기 때문에 여분의 동력생산이 가능하다는 장점이 있다. 세 번째로는 개방형 Rankine 사이클과 작동유체를 활용한 hybrid 방법을 제시하였으며, 마지막으로 네 번째로는 LNG 냉열을 이용해서 냉매를 액화하는데 적용함으로써 전기식 냉동 사이클에서 소모되는 전력을 절감하는 방안을 제시하였다.

본 연구를 통해서 LNG 냉열을 냉동 사이클에 적용함으로써 전기식 냉동 사이클에서 소모되는 동력을 절감하는 양이 앞의 3가지 동력을 생산하는 양보다 더 많은 전기를 절감할 수 있음을 알게 되었으며, 동일한 냉동톤이 소모되는 경우라도 냉매의 공급온도가 낮을수록 Cascade 냉동사이클을 적용하기 때문에 절감되는 전기 에너지는 더 크다는 것을 알 수 있었다.

#### 참고문헌

1. Youngwoo Kim, Joongsung Lee, Jongjip Lee, Dong Sun Kim and Jungho Cho, "Optimization Study on the Open-Loop Rankine Cycle for Cold Heat Power Generation Using Liquefied Natural Gas", *Trans. of Korean Hydrogen and New Energy Society*, **25**(3), 295-299 (2017).
2. T. Miyazaki, Y.T. Kang, A. Akisawa and T. Kashiwagi, "A combined power cycle using refuse incineration and LNG cold energy", *Energy*, **25**, 639-655 (2000).
3. Shimin Deng, Hongguang Jin, Ruixian Cai, Rumou Lin, "Novel cogeneration power system with liquefied natural gas (LNG) cryogenic exergy utilization", *Energy*, **29**, 479-512 (2004).
4. T.S. Kim and S.T. Ro., "Power augmentation of combined cycle power plants using cold energy of liquefied natural gas", *Energy*, **25**, 841-856 (2000).

PA-56

## Pt/Hexaaluminate pellet 촉매를 이용한 저독성 liquid monopropellant 분해

김문정<sup>1</sup>, 허수정<sup>1</sup>, 조현민<sup>1</sup>, 조영민<sup>2</sup>, 전종기<sup>1\*</sup>  
 (jkjeon@kongju.ac.kr, 충청남도 천안시 서북구 천안대로 1223-24 공주대학교천안공과대학)  
<sup>1</sup>공주대학교 화학공학과, <sup>2</sup>경희대학교 환경공학과

### Decomposition of Eco-friendly Liquid Monopropellant over Pt/Hexaaluminate Pellet Catalysts

Munjeong Kim<sup>1</sup>, Sujeong Heo<sup>1</sup>, Hyeonmin Jo<sup>1</sup>, Yeong Min Jo<sup>2</sup>, Jong-Ki Jeon<sup>1\*</sup>  
 (jkjeon@kongju.ac.kr, 1223-24, Cheonan-daero, Seobuk-gu, Cheonan-si, Chungcheongnam-do, Republic of Korea)  
<sup>1</sup>Kongju National University, <sup>2</sup>Kyung Hee University

기존에 추진제로 사용되던 hydrazine의 독성 문제로 인해 최근 그 대체 물질에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. Hydrazine을 대체할 수 있는 친환경 녹색 추진제 중 하나인 ammonium dinitramide (ADN) 기반의 액상 단일추진제는 낮은 독성, 고비추력, 저민감성 및 저장성 등의 장점을 지니고 있어 주목받고 있다. 그러나 ADN 기반 액상 추진제는 수분의 함량이 높아 점화가 어렵다. 이러한 단점을 보완하고자 ADN 기반 액상 추진제를 저온에서 분해하기 위한 촉매를 개발하는 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 ADN 기반 액상 단일추진제 분해를 위해 Pt를 담지한 hexaaluminate pellet 촉매를 제조하였다. 촉매는 hexaaluminate 제조 과정에서 Pt 전구체를 함께 넣어 제조한 후 pelletizing 하는 방법, hexaaluminate에 Pt를 담지하고 pelletizing하는 방법과 hexaaluminate를 pelletizing 한 후 Pt를 담지하는 총 3 가지 방법으로 제조하였다. 제조한 촉매의 물리화학적 특성은 BET, XRD, XRF를 이용하여 분석하였고, 자체 제작한 batch 반응기를 이용하여 ADN 기반 액상 추진제의 분해개시온도와 압력의 변화를 비교하였다.

PA-57

## MgO 증진제가 Ru 촉매를 이용한 Tricyclopentadiene 수소화 반응에 미치는 영향

박유리<sup>1</sup>, 안재용<sup>1</sup>, 조도현<sup>1</sup>, 한정식<sup>2</sup>, 권태수<sup>3</sup>, 서동욱<sup>3</sup>, 성민준<sup>3</sup>, 전종기<sup>1\*</sup> (jkjeon@kongju.ac.kr)  
<sup>1</sup>공주대학교, <sup>2</sup>국방과학기술연구소, <sup>3</sup>(주)풍산

### Effect of MgO on Tricyclopentadiene Hydrogenation over Ru catalyst

Youri Park<sup>1</sup>, Jae-Yong An<sup>1</sup>, Dohyun Jo<sup>1</sup>, Jeongsik Han<sup>2</sup>, Tae-Soo Kwon<sup>3</sup>, Donguk Seo<sup>3</sup>,  
Minjun Seong<sup>3</sup>, Jong-Ki Jeon<sup>1\*</sup> (jkjeon@kongju.ac.kr)

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

<sup>2</sup>Agency for Defense Development,

<sup>3</sup>Poongsan R&D Institute

Tetrahydrotricyclopentadiene (THTCPD)는 고 에너지 밀도 연료로 주목을 받고 있다. THTCPD는 tricyclopentadiene(TCPD)를 원료로 사용하여 액상에서 수소화 반응을 통해 제조가 가능하다. 본 연구에서는 TCPD 수소화 반응에서 높은 활성을 띠는 Ru이 담지된 alumina 촉매의 재생을 위하여 조촉매인 MgO를 같이 담지하여 활성을 비교하였다. Ru/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 와 Ru-MgO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 공침법을 이용하여 제조한 후 bead 형태로 성형하였다. 촉매의 물리적 및 화학적 특성을 N<sub>2</sub> adsorption, H<sub>2</sub>-TPR 및 XRD로 분석하였다. Furnace에서 650°C 3시간 열처리를 하여 재생하였다. 제조한 촉매를 이용하여 회분식 반응기에서 TCPD의 수소화 반응실험을 진행하였다.

**Keywords** : Ru-MgO/alumina, promoter, tetrahydrotricyclopentadiene, tricyclopentadiene, hydrogenation,

PA-58

## Trickle-bed 반응기에서 Tricyclopentadiene 수소화 반응 운전 조건 최적화

조도현<sup>1</sup>, 박유리<sup>1</sup>, 한정식<sup>2</sup>, 권태수<sup>3</sup>, 서동욱<sup>3</sup>, 성민준<sup>3</sup>, 전종기<sup>1\*</sup>(jkjeon@kongju.ac.kr)  
<sup>1</sup>공주대학교, <sup>2</sup>국방과학기술연구소, <sup>3</sup>(주)풍산

### Optimization of Operating Condition of Tricyclopentadiene Hydrogenation in Trickle-bed Reactor

Dohyun Jo<sup>1</sup>, Youri Park<sup>1</sup>, Jeongsik Han<sup>2</sup>, Tae-Soo Kwon<sup>3</sup>, Donguk Seo<sup>3</sup>, Minjun Seong<sup>3</sup>, Jong-Ki Jeon<sup>1\*</sup> (jkjeon@kongju.ac.kr)

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

<sup>2</sup>Agency for Defense Development,

<sup>3</sup>Poongsan R&D Institute

전 세계적으로 에너지 문제가 대두됨에 따라 고에너지밀도를 가진 연료로 Tetrahydrotricyclo-pentadiene (THTCPD)을 Tricyclopentadiene (TCPD)으로부터 제조하는 연구가 주목을 받고 있다. TCPD를 원료로 하여 액상에서 수소화반응을 통해 THTCPD 제조가 가능하다. 본 연구에서는 TCPD수소화 연속식 공정적용을 위해 연속식반응기의 온도, 공간속도 등의 최적조건을 찾아 회분식 반응과 비교하였다. TCPD의 solvent로는 Toluene을 사용하였다. SBA-15에 과량용액 함침법을 이용하여 Ru을 담지시키고 extruder를 이용하여 pellet type으로 성형하였다. 촉매의 물리적 및 화학적 특성을 N<sub>2</sub>-adsorption, H<sub>2</sub>-TPR, XRD로 분석하였다.

**Keywords** : tricyclopentadiene, hydrogenation, Ru/SBA-15

PA-59

## Pt/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Honeycomb 및 Cu/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Honeycomb 촉매를 이용한 이온성 액체 추진제 분해 연구

우재균, 유달산, 한승호, 전종기\* (jkjeon.kongju.ac.kr)  
공주대학교

## Decomposition of Ionic Liquid Propellant over Pt/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Honeycomb and Cu/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Honeycomb Catalysts

Jaegyoo Woo, Dalsan Yoo, Seungho Han, Jongki Jeon\* (jkjeon.kongju.ac.kr)  
Kongju National University

로켓추진 및 인공위성 자세 제어에 사용되는 추진제의 성분인 hydrazine은 성능이 우수하지만 독성이 강하여 취급비용과 운송비용이 많이 요구된다. 이에 따라 hydrazine보다 친환경적이고 저독성인 hydroxylammonium nitrate(HAN) 기반으로 만들어진 액상 단일 추진제가 관심을 받고 있다 [1-3]. 하지만 HAN 기반 액체추진제는 수분함량이 높아 점화하는데 어려움이 있어 촉매를 이용한 분해가 필요하다. 또한 HAN 기반 액체단일추진제는 고온의 열을 방출하여 추진기 내부의 온도가 매우 높아지게 되어 고내열성을 가지는 촉매가 요구된다. 본 연구에서는 고내열성 지지체인 honeycomb에 알루미나 sol에 Cu,Pt를 각각 넣은 용액을 코팅한 촉매를 제조하였다. 제조된 촉매는 특성분석을 통하여 비표면적을 확인하였고 자체 제작한 batch reactor을 이용하여 HAN 촉매분해반응을 진행하고 분해개시온도를 확인하였다.

### 참고문헌

1. Giani L, Cristiani C, Groppi G, Tronconi E (2006) Washcoating method for Pd/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> deposition on metallic foams. *Appl Catal B Environ* 62:121-131. doi: 10.1016/j.apcatb.2005.07.003
2. Amrousse R, Katsumi T, Azuma N, Hori K (2017) Hydroxylammonium nitrate (HAN)-based green propellant as alternative energy resource for potential hydrazine substitution: From lab scale to pilot plant scale-up. *Combust Flame* 176:334-348. doi: 10.1016/j.combustflame.2016.11.011
3. Adamowska MB, Costa P Da (2014) Structured Pd/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Prepared by Washcoated Deposition on a Ceramic Honeycomb for Compressed Natural Gas Applications. *J Nanoparticles* 2015:10-12.

PA-60

## Cu/Alumina/Metalfoam 및 Ru/Alumina/Metalfoam 촉매를 이용한 Hydroxylammonium nitrate 수용액 분해

윤달산, 우재규, 한승호, 전종기\*(jkjeon@kongju.ac.kr)  
공주대학교

### Decomposition of Hydroxylammonium Nitrate Solution over Cu/Alumina/Metalfoam and Ru/Alumina/Metalfoam Catalysts

Dalsan Yoo, Jaegyoo Woo, Seungho Han, Jongki Jeon\* (jkjeon.kongju.ac.kr)  
Kongju National University

인공위성에서 일반적으로 사용되는 액체추진제인 hydrazine( $N_2H_4$ )는 강력한 독성과 유해물질을 가지고 있기 때문에 취급 및 사용 시 매우 까다롭다[1-5]. 따라서 친환경 저독성의 액체추진제 연구가 진행중이다. Hydroxylammonium nitrate (HAN)은 독성이 없고 취급이 쉬우며, 액체추진제로써 훌륭한 물성과 비추력을 가지고 있기 때문에 hydrazine을 대체 할 수 있는 추진제이다. 하지만 추력기 내부의 최종연소 온도가 높은 단점을 극복하기 위해서는 촉매분해를 통해 저온에서의 분해가 필수적이다[3,6]. 본 연구에서는 wash coating 방법을 사용하여 제조된 Cu/alumina-metalfoam과 Ru/alumina-metalfoam을 batch reactor를 통해 각각 촉매의 HAN계열 액체 추진제의 분해 성능 실험을 하였으며, BET, XRD 분석을 통해 촉매의 특성분석을 하였다.

#### 참고문헌

1. R. Amrousse, T. Katsumi, N. Azuma, and K. Hori, "Hydroxylammonium nitrate (HAN)-based green propellant as alternative energy resource for potential hydrazine substitution: From lab scale to pilot plant scale-up," *Combust. Flame*, vol. 176, pp. 334-348, 2017.
2. S. Hong, S. Heo, Y. M. Jo, T. Kim, and J. Jeon, "A Study on Nanoporous Catalysts for Decomposition of ADN-Based Liquid Monopropellant," pp. 1319-1322, 2016.
3. R. Ejoirdi, S. Rossignos, M. Chauveau, C. Kappenstein, D. Duprez, and N. Pillet, "Design and Use of a Batch Reactor for Catalytic Decomposition of Different Monopropellants Joint Propulsion Conference & Exhibit," vol. 19, no. c, pp. 0-6, 2000.
4. 강신재, "1 N 급 이온성 액체 단일추진제 추력기를 위한 촉매 분해 성능 평가 1 N 급 이온성 액체 단일추진제 추력기를 위한 촉매 분해 성능 평가 Evaluation of catalytic decomposition performance," 2012.
5. M. Monette et al., "Adn 기반 고성능 친환경 단일추진제 촉매 연소," *Korean Soc. Propuls. Eng.*, pp. 739-745.
6. S. P. Berg and J. Rovey, "Decomposition of a Double Salt Ionic Liquid Monopropellant in a Microtube for Multi-Mode Micropropulsion Applications," *53rd AIAA/SAE/ASEE Jt. Propuls. Conf.*, no. July, pp. 1-14, 2017.







# Author Index



Alyssa Marie Fulgueras	PB-49	Hoai Thi Vu	CT-52	Kwan-Young Lee	PA-24
Anil H. Valekar	CT-17	Hoang Vu Ly	CT-69	Kyoung Won Lee	PA-22
Anush Mnoyan	PA-33	Hoang Vu Ly	CT-71	Kyubock Lee	PB-05
Anush Mnoyan	PB-05	Hun Soo Byun	PB-36	Kyungryul Oh	CT-17
Baekha Ryu	PB-31	Hyun Seong Im	PB-02	Kyungwon Lee	PA-23
Baekha Ryu	PB-32	Hyung Chul Yoon	PB-18	Leah Jessica Sebastian	PB-51
Bon Jun Ku	PB-05	Hyunjin Kim	PA-02	M.S.P. Sudhakaran	PA-29
Booki Min	PB-21	Hyunsu Han	PA-27	Manish Pokhrel	PB-52
Boreum Lee	PA-21	Hyunwoo Ahn	PA-28	Md. Mokter Hossain	PA-29
Boris Brigljevic	CT-73	Jaehoon Jung	CT-17	Md.Mokter Hosian	PA-35
Byung Soo Chun	PA-25	Jaejin Bae	PA-28	Min Jang	PB-31
C. Nagendranatha Reddy	CT-50	Jaesung Kwak	CT-17	Min Jang	PB-32
Chae Ho Im	PB-02	Jaeuk Shin	PB-09	Mohammadamin Zarei	CT-70
Chan Ho Chung	PA-02	Jae-Yun Han	PA-21	Moon Hyeon Kim	PB-30
Chang-Hyun Kim	PA-21	Jae-Yun Han	PA-24	Nhan T.T. Huynh	PA-22
Chang-Hyun Kim	PA-24	Ji Hye Park	PB-18	Nhan T.T. Huynh	PA-23
Changman Kim	PA-39	Jihye Lee	PB-09	Ohemeng-B. Godfred	PB-11
Changman Kim	PB-02	Jin Ku Cho	PA-22	Periaswamy Sivagnanam Saravana	CT-03
Chanwoo Kim	PB-09	Jin ku Cho	PA-23	Periaswamy Sivagnanam Saravana	CT-43
Cho Kyung Ho	CT-17	Jin-Num Moon	PA-25	Phillip Pendleton	CT-03
Chul Woo Lee	PB-11	Ji-Woong Yoon	CT-17	Pravin Upare	CT-75
Chul Woo Lee	PB-12	Jiyun Baek	PA-39	Quang Hung Trinh	PA-29
Chul-Ho Shin	CT-65	Johanna Zambrano	CT-57	Rofice Dickson	CT-74
Daniel Owusu Asante	PB-50	Jong-San Chang	CT-17	Russel J. Galanido	PB-53
Dasom Mun	PA-22	Joo Hee Yang	PB-11	Seog beom Jang	PB-31
David Nkurunziza	CT-03	Joo Hee Yang	PB-12	Seog beom Jang	PB-32
David Nkurunziza	PA-25	Joong Hyun Kim	PA-02	Seok Woo Hong	PB-12
Dong Sun Kim	PB-49	Joon-Seok Park	CT-65	Seok-Kyu Park	PA-22
Dong Sun Kim	PB-50	José Gavilanes	CT-50	Seok-kyu Park	PA-23
Dongfang Wang	CT-65	Jung Kyoo Lee	PB-09	Seongmin Park	PA-27
Do-Young Hong	CT-17	Jung Rae Kim	PA-39	Seonju Jeong	PA-21
Duc Ba Nguyen	PA-20	Jung Rae Kim	PB-02	Seung Han Woo	PB-11
Duc Ba Nguyen	PA-29	Jungeun Cha	PA-27	Seungjun Lee	PA-28
Duc Ba Nguyen	PA-35	Jungho Cho	PB-49	Shin-Kun Ryi	PA-21
Ga-Young Cha	CT-17	Jungho Cho	PB-50	Shin-Kun Ryi	PA-24
Hai T.H. Nguyen	PB-21	Jungho Cho	PB-51	So yeon Yoon	PB-31
Haider Niaz	CT-73	Jungho Cho	PB-52	So yeon Yoon	PB-32
Hankwon Lim	PA-21	Jungho Cho	PB-53	Thi Phung Thao Nguyen	PB-30
Hankwon Lim	PA-24	Ki Hyuck Yang	PB-30		
Haroon Ur Rasheed	PB-18	Kien Tiek Wong	CT-49		
Haroon ur Rashid	PB-08	Kien Tiek Wong	PB-31		
Heon-Ho Jeong	PB-36	Kien Tiek Wong	PB-32		
		Kim Dong Sun	PB-51		
		Kwang Bok Yi	PB-18		
		Kwan-Young Lee	PA-21		

Van Toan Nguyen	PA-20	구본진	PB-44	김수아	PA-40
Van Toan Nguyen	PA-29	권병찬	CT-31	김수현	CT-63
Van Toan Nguyen	PA-35	권병찬	PB-16	김승수	CT-69
		권병찬	PB-17	김승수	CT-71
Won Bae Kim	PA-27	권영국	CT-15	김승용	PB-20
Won Bae Kim	PA-28	권인구	CT-25	김신동	CT-11
Won Suk Jung	PA-27	권태수	PB-57	김신동	PA-40
Wongeeun Yoon	PA-28	권태수	PB-58	김영국	CT-58
		김건홍	PB-29	김영노	CT-11
Yekyu Kim	PA-28	김경원	PB-48	김영노	PA-40
Yeong Eun Song	PB-02	김경진	CT-56	김영민	PB-25
Yeseul Choi	PB-09	김기훈	PB-26	김영은	CT-68
Yoongon Kim	PA-28	김나연	PB-01	김영지	PB-27
Young Eun Song	PA-39	김대원	PB-28	김영진	CT-33
Young Kyu Hwang	CT-17	김대원	PB-29	김예빈	CT-34
Young Sun Mok	PA-20	김도현	CT-48	김용구	CT-23
Young Sun Mok	PA-29	김도희	CT-30	김용구	CT-26
Young Sun Mok	PA-35	김도희	PB-07	김용구	CT-61
Youngseok Oh	PB-09	김동민	PB-55	김용진	CT-45
Yufeng Zhao	CT-65	김동선	PB-54	김우열	CT-14
Yuseong Noh	PA-27	김동선	PB-55	김유택	CT-22
		김득현	PA-32	김은기	CT-69
감찬우	CT-29	김량균	PB-46	김은미	PA-30
강대웅	PB-48	김문정	PB-56	김은지	PA-01
강동일	CT-29	김민광	PB-13	김은지	PA-03
강동호	CT-48	김민기	PB-06	김은혁	PA-14
강미숙	CT-31	김민기	PB-42	김재강	PB-41
강미숙	PB-16	김민서	PB-43	김재곤	CT-76
강상욱	CT-46	김민식	CT-72	김재곤	PA-43
강석환	CT-27	김민정	CT-60	김재창	CT-39
강석환	PB-17	김민준	PB-29	김재호	CT-23
강흥구	PA-10	김범준	CT-13	김재호	CT-26
강흥구	PA-11	김범준	CT-51	김재호	CT-61
강흥중	CT-29	김범준	PA-08	김재훈	PA-41
고강석	CT-61	김상경	CT-59	김정수	PA-31
고동준	CT-27	김상도	PA-34	김정환	CT-36
고동준	CT-37	김상도	PB-45	김종남	PA-42
고석균	PB-43	김상용	PA-41	김종남	PB-03
고주현	PB-43	김석기	CT-09	김종수	PB-44
고창현	PB-24	김석기	CT-16	김준우	CT-27
고창현	PB-27	김선형	PB-03	김준우	CT-37
곽승엽	CT-28	김선형	PB-10	김중래	CT-54
곽승엽	PB-04	김성탁	CT-09	김진성	CT-18
곽연수	PB-33	김성탁	PB-34	김진수	CT-69
곽연수	PB-34	김성탁	PB-35	김진수	CT-71
곽연수	PB-35	김세화	PB-37	김진완	CT-64
구본준	PA-33	김수아	CT-11	김진호	CT-04

김진호	CT-24	문태영	CT-26	박주영	PA-11
김진호	CT-27	민병권	CT-20	박준용	CT-67
김창만	CT-54	민병무	CT-05	박지윤	PA-38
김창희	CT-59	민부기	CT-50	박지혜	PB-08
김태균	CT-58	민부기	CT-52	박치균	CT-36
김태영	CT-40	민부기	CT-55	박해구	CT-16
김태현	PA-37	민부기	CT-57	박희재	CT-66
김학민	CT-13	민부기	PB-20	방병열	PB-44
김학민	CT-51			배영한	PB-47
김학민	PA-08	박나형	PA-15	백인규	PA-01
김학찬	CT-62	박노국	CT-31	백인규	PA-03
김한글	PA-16	박노국	PB-16	백일현	CT-19
김해기	PB-41	박노국	PB-17	백점인	PB-08
김현욱	CT-05	박병현	PB-41	백철승	CT-33
김현효	CT-41	박석환	PA-10	범희태	PA-31
김홍대	CT-35	박석환	PA-11	범희태	PB-03
김효식	CT-27	박성순	PA-40	변상우	PB-06
김후	CT-48	박성열	CT-19	변영철	CT-37
		박성진	CT-61	변용수	CT-24
나용규	PA-43	박세용	PB-26	변용수	CT-25
남성찬	CT-19	박순희	PB-19	보 탄 휴엔	PB-06
노재현	PB-54	박승원	PB-07		
노종호	CT-41	박신	CT-40	상병인	CT-60
노현석	CT-13	박영권	PB-25	서동욱	PB-57
노현석	CT-51	박영권	PB-26	서동욱	PB-58
노현석	CT-56	박영철	CT-05	서명원	CT-23
노현석	PA-08	박용범	PA-13	서명원	CT-26
		박유강	PB-15	서명원	CT-59
라제쉬 쿠마	CT-47	박유리	PB-57	서명원	CT-61
라호원	CT-23	박유리	PB-58	서민혜	PA-44
라호원	CT-26	박일건	PB-06	서영웅	CT-18
류백하	CT-49	박일건	PB-42	서주식	CT-32
류수민	PB-25	박일수	PB-55	서준형	CT-33
류재홍	CT-27	박일정	PB-28	서창원	CT-62
류태우	PB-44	박일정	PB-29	성민준	PB-57
류호정	CT-61	박장훈	PB-14	성민준	PB-58
류호정	PB-08	박재형	PA-01	성현제	CT-05
류희욱	CT-64	박재형	PA-03	손병현	PA-04
류희욱	CT-66	박정우	CT-69	손병현	PA-05
		박정우	CT-71	손병현	PA-06
마르셀 조나단	CT-41	박정원	PB-48	손병현	PA-07
문동준	PB-22	박정훈	CT-11	손석우	CT-40
문종태	PB-01	박정훈	PB-13	손성혜	CT-61
문종호	CT-05	박정훈	PB-14	송영웅	PA-15
문지홍	CT-23	박정훈	PB-15	송인학	CT-30
문지홍	CT-26	박종호	PA-31	송지환	PB-07
문태영	CT-23	박주영	PA-10	송효정	CT-60

송희관	PA-14	유계준	PB-43	이상민	CT-72
송희관	PA-15	유달산	PB-59	이상엽	PA-10
신명철	CT-38	유달산	PB-60	이상우	PA-32
신민창	PB-14	유상범	PB-07	이상현	CT-44
신재희	PB-48	유성연	CT-51	이석형	CT-26
신주호	CT-12	유영돈	CT-63	이석환	PA-32
신헌용	CT-05	유정균	CT-05	이성찬	PA-09
		유정균	PA-16	이수연	CT-72
안민회	PB-34	유준	CT-70	이수영	PA-44
안민회	PB-35	유준	CT-73	이수재	CT-39
안성준	CT-68	유준	CT-74	이수철	CT-39
안재용	PB-57	유준	PA-12	이승우	PB-17
안지환	CT-33	유지호	PA-34	이승중	CT-24
안현조	CT-48	유지호	PB-45	이승중	CT-31
안희성	CT-12	유현석	PB-55	이승중	PB-16
안희주	PA-13	유현정	CT-12	이승환	PB-13
양대훈	PB-28	윤상준	CT-23	이시훈	CT-34
양우영	CT-66	윤상준	CT-26	이시훈	PA-34
양원	CT-21	윤성민	CT-23	이시훈	PB-45
양재열	CT-02	윤성민	CT-26	이신근	PB-37
양철규	PB-48	윤성민	CT-61	이신근	PB-39
에도아르도	PB-13	윤성필	CT-25	이열림	CT-56
연원모	PB-37	윤성필	PB-40	이영석	PB-03
예보라	CT-35	윤성호	CT-10	이영우	PA-38
오미혜	PB-22	윤소연	CT-49	이영진	CT-31
오병성	CT-02	윤여성	PB-22	이영진	PB-16
오성근	PA-42	윤영호	PA-01	이영진	PB-17
오성근	PB-10	윤인배	PA-09	이용운	CT-21
오세환	PA-17	윤재식	CT-02	이용희	PA-33
오세환	PB-23	윤주형	PB-44	이재구	CT-23
오영석	CT-29	윤형철	PB-10	이재구	CT-26
오유관	CT-68	윤혜리	CT-04	이재욱	CT-21
오유관	CT-72	이경우	PB-06	이재현	CT-68
오장혁	PA-26	이경우	PB-42	이정규	CT-29
오정민	PA-36	이광복	PB-08	이종경	PB-40
오정민	PA-37	이규복	PA-33	이종석	CT-12
오한나	PB-43	이다영	CT-11	이종섭	CT-05
오현우	PA-12	이다영	PA-40	이종훈	CT-62
오형석	CT-20	이덕현	CT-35	이주열	PB-41
우경택	PB-55	이도성	PA-36	이준형	CT-28
우재규	PB-59	이도연	CT-61	이준형	PB-04
우재규	PB-60	이도훈	PA-41	이중성	PB-55
우지훈	PA-44	이동규	CT-40	이진기	CT-38
우희철	CT-43	이마음	CT-75	이진석	CT-72
우희철	PA-09	이병돈	CT-36	이진영	CT-47
우희철	PA-12	이보름	PB-38	이태진	CT-31
우희철	PA-13	이보름	PB-39	이태진	PB-16

이태진	PB-17	전병훈	CT-48	정항철	PB-29
이태호	CT-64	전병훈	CT-54	정환용	CT-64
이태호	CT-66	전세원	CT-30	조강희	PA-31
이태호	CT-67	전영남	PA-14	조강희	PA-42
이평수	CT-08	전영남	PA-15	조계홍	CT-33
이한웅	CT-04	전종기	PB-56	조도현	PB-57
이현경	PB-01	전종기	PB-57	조도현	PB-58
이현준	PB-38	전종기	PB-58	조민수	PA-18
이홍식	PA-41	전종기	PB-59	조성수	PA-44
이홍주	PB-13	전종기	PB-60	조성준	PB-19
이황호	CT-30	정기진	CT-25	조승현	PA-42
임대원	CT-38	정대열	CT-62	조연경	PA-15
임동하	CT-36	정미경	CT-68	조영민	PB-56
임문혁	CT-64	정민호	PA-04	조완택	CT-41
임성린	PB-43	정민호	PA-05	조원철	CT-59
임영준	PA-34	정민호	PA-06	조원철	CT-61
임영준	PB-45	정민호	PA-07	조은경	PB-24
임재원	PA-36	정병훈	PB-34	조은경	PB-27
임재원	PA-37	정병훈	PB-35	조정호	PB-54
임정환	PA-34	정보라	CT-35	조정호	PB-55
임종성	CT-42	정상문	PA-30	조중상	PA-17
임한권	PA-13	정석용	CT-39	조중상	PA-18
임한권	PB-37	정석우	CT-24	조중상	PA-19
임한권	PB-38	정석우	CT-25	조중상	PA-26
임한권	PB-39	정성훈	PA-10	조중상	PB-23
임혁	PB-45	정성훈	PA-11	조진상	CT-33
임호	CT-21	정수훈	PB-28	조철희	CT-07
		정순영	PA-19	조항규	CT-42
장민	CT-49	정승환	PA-11	조현민	PB-56
장민경	CT-02	정양환	CT-06	조현석	CT-59
장석범	CT-49	정우현	CT-22	조현정	PB-10
장순철	CT-29	정우현	CT-24	조홍백	PA-44
장은진	PB-22	정우현	PB-40	주고은	CT-60
장정희	PB-33	정유식	PA-38	주중훈	CT-26
장정희	PB-34	정의석	CT-64	주지봉	PB-01
장정희	PB-35	정재훈	PB-25	주지봉	PB-06
장종산	CT-75	정재훈	PB-26	주지봉	PB-42
장진영	CT-26	정종선	CT-25	주지선	CT-58
전기원	CT-16	정종현	PA-04	지규철	CT-22
전동혁	CT-05	정종현	PA-05	지규철	PB-40
전동혁	PA-34	정종현	PA-06	지병갑	CT-28
전동혁	PB-45	정종현	PA-07	지병갑	PB-04
전동환	CT-22	정주영	CT-05	지준화	CT-31
전명훈	CT-58	정태성	PA-31	지준화	PB-16
전병수	CT-03	정택동	CT-72		
전병수	CT-43	정하나	PB-19	차인경	PA-03
전병승	CT-60	정항철	PB-28	채병만	PA-32

채진웅	PB-15	홍문기	CT-60
채태영	CT-21	홍범의	PB-17
채호진	CT-39	홍성오	CT-67
천선정	PB-10	홍연기	PA-16
천유진	CT-04	홍진표	PB-16
최광순	CT-63	황동원	CT-75
최대현	CT-55	황선미	CT-16
최명길	PA-33	황성욱	PB-28
최문관	CT-33	황영규	CT-75
최예라	PB-03	황유진	PB-26
최옥경	CT-60	황윤정	CT-20
최정규	CT-06	황이택	CT-53
최중엽	PB-28	황인찬	CT-01
최진식	PB-41	황인하	CT-76
최창훈	PA-04	황인하	PA-43
최창훈	PA-05	휴엔 탄 보	PB-42
최창훈	PA-06	히다жат	CT-41
최창훈	PA-07		
최현석	CT-40		
최호경	PA-34		
최호경	PB-45		
최희락	PB-28		
피영규	PA-04		
피영규	PA-05		
피영규	PA-06		
피영규	PA-07		
한경훈	CT-04		
한기보	PB-33		
한기보	PB-34		
한기보	PB-35		
한문조	CT-67		
한상섭	PA-31		
한승주	CT-16		
한승호	PB-59		
한승호	PB-60		
한정식	PB-34		
한정식	PB-35		
한정식	PB-57		
한정식	PB-58		
한종인	PB-10		
허광선	PA-12		
허광선	PB-47		
허광선	PB-48		
허수정	PB-56		
허주현	PB-39		















**(사) 한국청정기술학회** [www.cleantech.or.kr](http://www.cleantech.or.kr)

학회사무국 \_ (48547) 부산시 남구 신선로 365 부경대학교 용당캠퍼스 4공학관 204호  
학회업무 총괄 \_ 051-629-6436, Fax)051-629-6429 [cleantech@pknu.ac.kr](mailto:cleantech@pknu.ac.kr)  
학술지업무(청정기술편집실) \_ 055-772-1780 [cleantech@gnu.ac.kr](mailto:cleantech@gnu.ac.kr)