



2018

한국청정기술학회 춘계 학술대회 초록집

The Korean Society of Clean Technology

일시 _ 2018년 3월 28일(수) ~ 30일(금)

장소 _ 경주 The-K 호텔



- 주 최 : (사)한국청정기술학회
- 후 원 : FEP 융합연구단, 국가청정생산지원센터, 미래초음파기술, 바이오셀파(주), 에코바이오홀딩스(주), (주)정림, 초저에너지자동차 초저배출사업단

(사) 한국청정기술학회

초청정 · 고효율 연료다변화형 미래에너지 생산기술 개발

- FEP BIZ-TECH-FAIR
- 순환유동층 보일러 운전원 연수
- 유동층 연소보일러 사용자 기술 세미나



연구 범위

- 온실가스(CO₂) 원천 분리
- 순산소 순환유동층 연소 전산모사
- 공정 최적화 및 통합공정 모사패키지 구축
- 고효율 초임계 순산소 순환유동층 보일러 발전기술
- 초임계 이상급 발전시스템 적용소재 선정 및 평가
- 초청정 대기오염 저감 및 미세먼지 제거
- 배기가스 / 냉각탑 물 회수 기술

지속 가능한 맑은 미래를 위한
초청정 석탄화력발전 기술 개발

FEP 융합연구단
Future Energy Plant Convergence Research Center

34129 대전광역시 유성구 가정로 152
TEL 042-879-3901~3903 FAX 042-879-3904



www.biosulfa.co.kr

KRX 한국거래소
KOREA EXCHANGE
코스닥(03887)이상장년도2007년

Bio 황 Sulfa

2018 CAC 바이오황 제품 4종 출시
농업용 | 콩나물용 | 채소용 | 잔디용

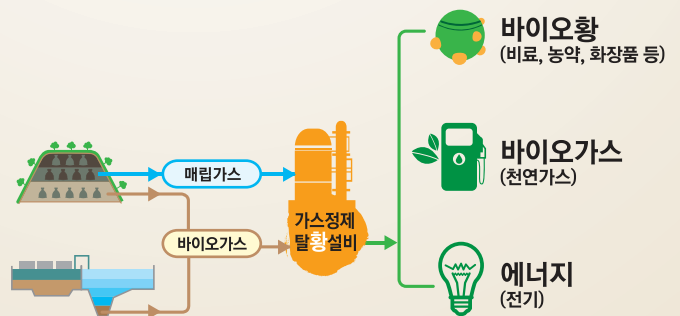


기술을 혁신하고 진화시켜 새로운 환경에 적응하는 개척자 정신으로
자원순환 사회의 첨병이 되고자 합니다. 세계 최초, 최대라는 단어가 두렵지 않은 축적된 기술로
세계 표준을 창조하는 신재생 에너지 강소기업입니다.



세계 신재생 에너지 사업을 이끄는 선두 기업-
에코바이오홀딩스(주) / 바이오셀파(주)

06609 서울특별시 서초구 서운로 26길 5 토탈에코빌딩
Tel. 02-3483-2900 Fax. 02-3483-2929



에코바이오홀딩스(주) 사업 분야

www.ecobio.co.kr
www.biosulfa.co.kr

초음파기술의 파이오니어 .. 미래초음파기술

1998년 설립한 이래 20년간 Sonochemistry 분야를 개척하고 있는
미래초음파기술은 전자·화학·바이오·환경분야의 파트너입니다.

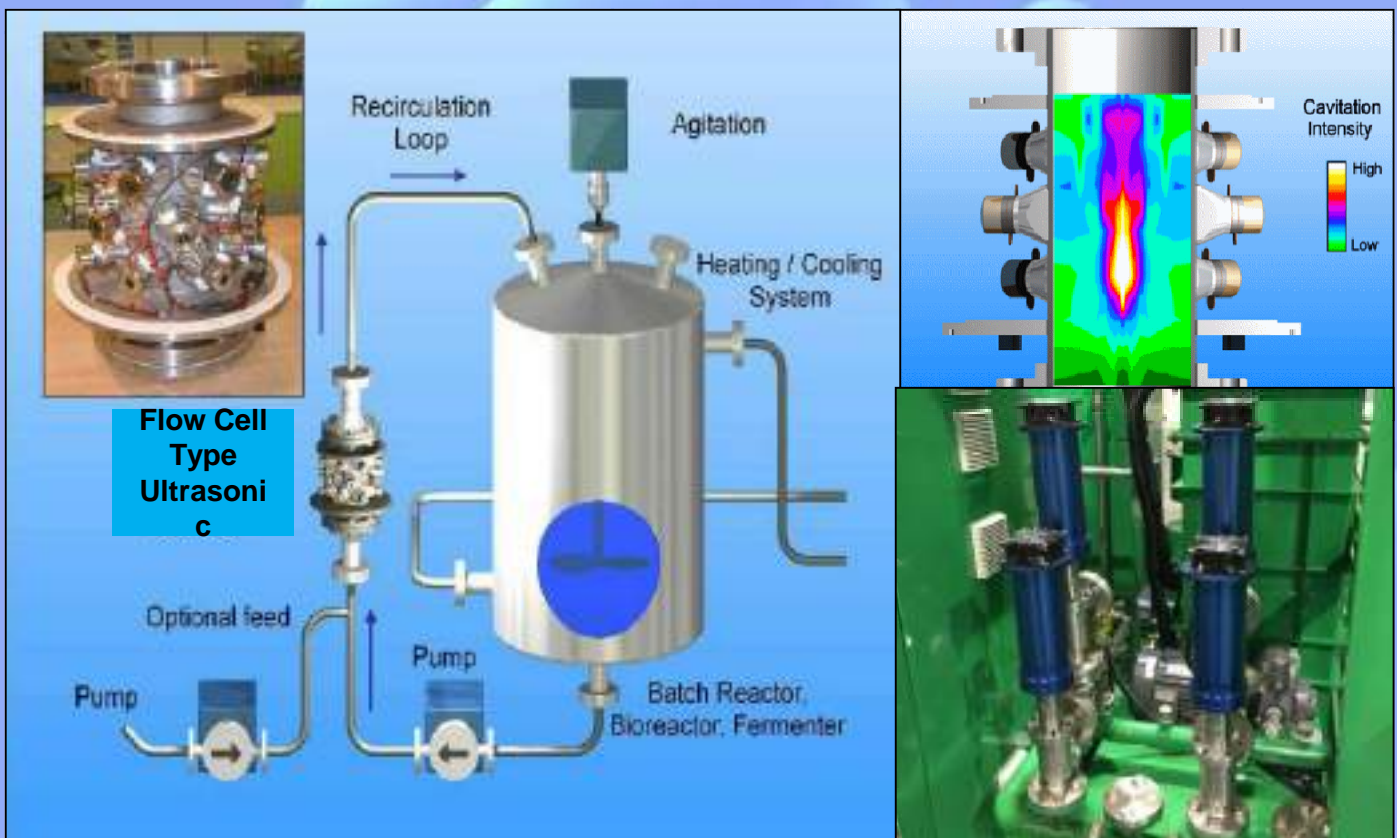
Sonochemistry : New Opportunities for Green Chemistry

Main Product

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

Application

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



MIRAE ULTRASONIC TECH. CO.

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

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

대한민국 지속가능산업발전의 촉매
한국생산기술연구원 국가청정생산지원센터

KNCP

Korea National Cleaner Production Center

짧은 시간에 기적의 경제 성장을 이룬 대한민국이
경제 성장과 환경 보호라는 2가지 요소를 중심으로 창조경제 실현의 기틀을 마련하고자 합니다.
KNCP는 대한민국의 지속가능한 산업발전을 위해 최선의 노력을 다하고 있습니다.



KNCP의 주요 활동

- 청정생산 등 산업환경 정책 개발
- 재제조, 도시광산 등 자원순환 산업 기반 구축
- 녹색경영 활성화 사업 추진
- 국내·외 환경규제 대응



초저에너지 자동차 초저배출 사업단(SULEEV)

단장 인사말

미래창조과학부가 지원하는 기초연구사업분야 선도연구센터(ERC)사업에 초저에너지 자동차 초저배출 사업단(Super Ultra Low Energy and Emission Vehicle Center, SULEEV)이 선정되어 2016년 6월 출범하였습니다. SULEEV 사업단은 “초저에너지 자동차와 초저배출 정화시스템 기술의 상용화”를 목표로 융합연구를 수행하여 낮은 배출가스 온도에서도 높은 정화 성능을 보이는 새로운 정화시스템을 개발하고 사업화할 것입니다. 앞으로도 SULEEV 사업단에 많은 관심과 격려 부탁드립니다.



이관영 교수
고려대학교 화공생명공학과

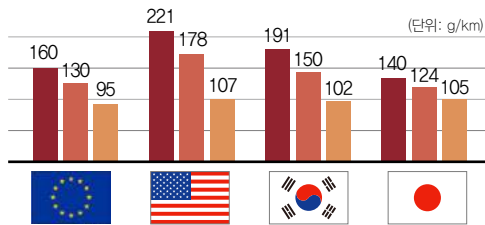
사업단 소개

초저에너지 자동차 초저배출 사업단은 낮은 배출가스 온도에서도 높은 정화 성능을 보이는 새로운 정화시스템 개발을 목표로 융합연구를 수행 중입니다. 향후 2022년까지 7년간(1단계 4년, 2단계 3년) 정부 및 참여기업으로부터 지원을 받아 연구를 진행할 예정입니다. 사업단장 이관영 교수를 비롯한 고려대학교 화공생명공학과 교수 4명과 강원대학교, 서울대학교, 전남대학교, 포항공과대학교, 한국과학기술원(KAIST) 교수 6명, 총 10명의 화학공학 분야의 교수가 사업단을 이루어 집단 연구를 수행하고 있습니다. 또한 관련 7개의 기업이 사업단에 참여하고 있으며(현대자동차, 희성촉매, 블루플래닛, 세라검, 씨비비, 이엔드디, 클루라이프), 참여 기업과의 연계를 통해 개발한 정화시스템의 신뢰도를 평가하고 상용화를 추진하고자 합니다.

연구의 배경 및 필요성

① 차량 이산화탄소 배출규제 강화

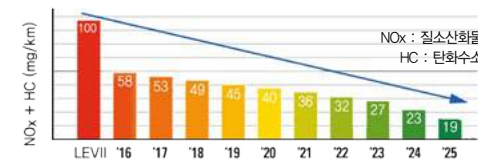
- 지구온난화 억제를 위해 이산화탄소 배출량 저감이 필수적인 상황임.
- 이에 따라 주요 산업국가에서는 차량의 연비규제 및 이산화탄소 배출규제를 강화할 예정임.



∴ 차량의 연비향상 및 이산화탄소 배출 저감 필수

② 자동차 배기가스 오염물질 배출규제 강화

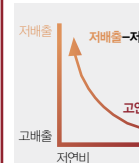
- 자동차 배기가스에는 질소산화물(NOx), 탄화수소(HC), 입자상물질(PM), 일산화탄소(CO) 등의 오염물질이 존재함.
- 이러한 배기가스 내 오염물질 규제 또한 향후 지속적으로 강화될 예정임.



∴ 월등히 개선된 자동차 배기가스 배출저감 기술 필요

고연비-저배출 동시달성

기존 기술



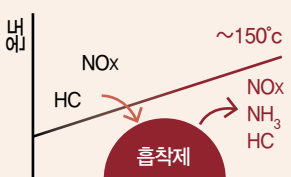
새로운 기술



※ 고연비 기술의 특징: 배기가스 온도 하락
∴ 약 150°C에서 작동하는 촉매 정화 장치 개발 필요!

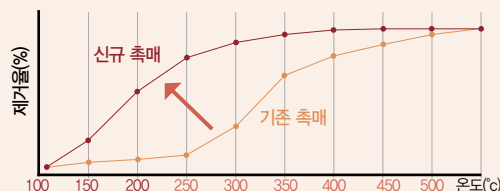
연구목표

① 저온시동 해결



촉매가 작동하지 않는 저온에서 오염물질을 흡착하고 촉매가 작동하는 고온에서 탈착시키는 온도선 택적 흡착제 개발

② 저온 산화/환원 촉매 및 PM 연소 촉매 개발



계산화학 및 나노합성기술을 적용하여, 약 150°C의 저온에서 작동하는 산화/환원촉매와 400°C 이하에서도 작동하는 PM 연소 촉매 개발

③ 정화시스템 완성

- (1) 촉매 비활성화 메커니즘 해석 및 촉매 수명 확보 방안 도출
- (2) 필터에 촉매/흡착제를 코팅하기 위한 슬러리코팅 기법 개발
- (3) 통합제어 및 이상진단 알고리즘 도출

산학협력 및 사업화 계획



2018년 한국청정기술학회 춘계 학술대회 초록집



일 시 : 2018년 3월 28일(수) - 30일(금)

장 소 : 경주 The-K 호텔

주 최 : 한국청정기술학회

후 원 : FEP 융합연구단

국가청정생산지원센터

미래초음파기술

바이오설파(주)

에코바이오홀딩스(주)

(주)정림

초저에너지자동차 초저배출사업단

한국청정기술학회

The Korean Society of Clean Technology

국가의 미래를 위해 나아갈 길, 청정기술

(사)한국청정기술학회

문서번호 청정기술 2018-02 (2018.01.12)

수신 청정기술 전문가 및 소속기관

제목 한국청정기술학회 회원출장 의뢰

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

가. 제목 : 한국청정기술학회 2018년도 춘계 총회 및 학술대회

나. 일시 : 2018년 3월 28일(수) ~ 30일(금)

다. 장소 : 경주 The-K 호텔 (경북 경주시 엑스포로 45)

라. 등록비 (반기연회비 포함)

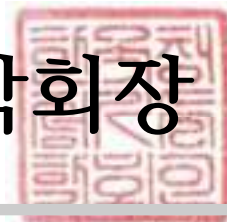
사전등록 정회원 130,000원, 학생회원 70,000원

현장등록 정회원 150,000원, 학생회원 90,000원

*사전등록 : 2018년 3월 9일(금) 까지.

-끝-

(사)한국청정기술학회장



(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 춘계 학술대회에 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 포함하므로 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 7개의 부문위원회(청정 공정 및 소재, 청정 석탄, 바이오 연료 및 소재, 청정용매, 청정 융합, 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 봄 학술대회에서는 역대 최대로 많은 220편의 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)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.

춘계 총회 및 학술대회 일정표

3월 28일 (수)	거문고C	2층 서측 로비
13:00 - 14:30	등록	포스터 게시
14:30 - 15:30	초청 강연 지속가능한 미래도시 구상을 위한 기술과 가치 KAIST 미래전략대학원 서용석 교수	포스터세션 I Organizer: 이시훈 교수
15:30 - 16:30	편집위원 워크숍	
16:30 - 17:30	평의원회	포스터 철수

3월 29일 (목)	거문고C	가야금A	가야금B	가야금C	가야금D	향비파B
08:30 - 09:00	등록 (도넛 및 커피 제공)					
09:00 - 12:00		청정 일반 Organizer: 정상문 교수	오염 저감 Organizer: 이태호 교수	청정 석탄 Organizer: 김수현 박사	청정 융합 Organizer: 전병훈 교수	
12:00 - 13:30	점심 (쿠폰 제공, 1층 서라벌)					

3월 29일 (목)	거문고C	가야금A	가야금B	가야금C	가야금D	향비파B
13:30 - 15:30	특별세션 초청정 석탄화력 발전기술 I Organizer: 최준규 박사	청정 공정 및 소재 Organizer: 홍성제 박사	바이오연료 및 소재 I Organizer: 임한권 교수	탈황·탈질 I Organizer: 박노국 교수	특별세션 청정수소 생산 및 활용 Organizer: 고창현 교수 나정걸 교수	특별세션 온실가스 감축기술 Organizer: 박정훈 교수

3월 29일 (목)	거문고C	가야금A	가야금B	가야금C	가야금D	2층 서측 로비
15:30 - 17:00	정리 및 이동	청정 공정 및 소재 Organizer: 홍성제 박사	바이오연료 및 소재 II Organizer: 임한권 교수	탈황·탈질 II Organizer: 박노국 교수	특별세션 ¹⁾ 초청정 석탄화력 발전기술 II Organizer: 최준규 박사	포스터 게시 (15:00) 포스터세션II Organizer: 김승수 교수

3월 29일 (목)	거문고C					2층 서측 로비
17:00 - 17:30	총회 ²⁾ , 경품 ³⁾ 추첨 및 시상식 ⁴⁾					포스터 철수

(1) 특별세션 “초청정 석탄화력 발전기술”은 15:30 이후 거문고C에서 가야금D로 이동

(2) 총회는 거문고C에서 진행

(3) 경품 : 갤럭시탭 3개, 도서상품권 10만원권 10매

(4) 포스터 발표 시상 (학생) : 도서상품권 10만원권 8매 (세션I 4건, 세션II 4건)

3월 30일 (금)	향비파B					
08:30 - 09:30	등록					
09:30 - 12:00	산학연 워크숍 지속가능한 발전을 위한 청정기술의 역할 Organizer: 문종호 박사, 조강희 박사					

초청강연

- 일시 2018년 3월 28일(수), 14:30~15:30
- 장소 경주 The-K 호텔, 거문고C
- Organizer 김종남 회장 (한국에너지기술연구원)

진행 : 정상문 교수 (충북대학교)

14:30 (5') **개회사**
 김종남 회장 (한국에너지기술연구원)

14:35 (55') **지속가능한 미래도시 구상을 위한 기술과 가치**
 서용석 교수 (KAIST 미래전략대학원)

▪ 연사소개



2017-현재 연구 분야	KAIST 미래전략대학원 교수 미래학, 사회변동론, 거버넌스
2013~2016 2009-2017 2006-2009	KAIST 미래전략대학원 겸임교수 한국행정연구원 연구위원 KT 경영연구소 선임연구원
2014-현재 2014-현재	기획재정부 중장기전략위원회 민간위원 Member of Advisory Board of Technological Forecasting and Social Change (Academic Journal)
2015-현재 2016-현재 2017-현재	서울시 미래전략위원회 민간위원 미래학회 기획이사 재단법인 여시재 연구자문위원
2015	미래창조과학부 X-Project 추진위원회 위원
2000-2007 1997-2000 1989-1994	University of Hawaii 정치학 박사 히토츠바시대학교 국제관계 석사 University of Oklahoma, 사학과 학사

※ 초청강연 자료는 초록에 수록되어 있습니다.

청정일반

- 일시 2018년 3월 29일(목), 9:30~11:50
- 장소 경주 The-K 호텔, 가야금A
- Organizer 정상문 교수 (충북대학교)

좌장 : 정상문 교수 (충북대학교)

- | | |
|-------------|---|
| 9:30 (20') | <p>학생</p> <p>(CT-1) Optimal plant design for integrated biorefinery producing bioethanol and protein from <i>Saccharina Japonica</i>: A superstructure-based approach
 <u>Rofice Dickson</u>, 류준형¹, 유준*
 (부경대학교 화학공학과, 동국대학교 원자력·에너지시스템공학과)</p> |
| 9:50 (20') | <p>(CT-2) 오염예방 효율 극대화를 위한 청정생산 기술전략 연구
 김진호, <u>안상준*</u>, 전윤상 (한국생산기술연구원)</p> |
| 10:10 (20') | <p>(CT-3) 순환유동층보일러 석탄비산재의 희토류 분포 특성
 김영진, 서준형, 백철승, 조계홍* (한국석회석신소재연구소)</p> |
| 10:30 (20') | <p>(CT-4) 국내외 호환가능한 물발자국 산정방법 개발 연구
 김선욱, 이한웅*, 조서원, 안재현, 연성모¹
 (한국생산기술연구원 국가청정생산지원센터, ¹(주)에이치아이피)</p> |
| 10:50 (20') | <p>학생</p> <p>(CT-5) 균일용액침전법을 이용한 합성시간에 따른 BaMnAl₁₁O_{19-δ}의 영향
 박지윤, 정유식¹, 이영우*
 (충남대학교 에너지과학기술대학원, ¹(주)지엔티엔에스(GTNS))</p> |
| 11:10 (20') | <p>(CT-6) 20톤/급 왕겨 가스화 발전 시스템 개발 및 발전 특성 연구
 박성진, 손성혜, 라호원, 윤상준, 문태영, 문지홍, 윤성민, 김용구, 이재구, 서명원*
 (한국에너지기술연구원)</p> |
| 11:30 (20') | <p>학생</p> <p>(CT-7) 매체순환식 가스연소반응에서 Ni 종류 및 Mg 함량이 다른 산소전달입자의 반응특성 및 반응모델 비교연구
 박지혜, 황라현, 백점인¹, 류호정², 이광복^{3,*}
 (충남대학교 에너지과학기술대학원, ¹한국전력연구원, ²한국에너지기술연구원, ³충남대학교 화학공학교육과)</p> |

오염저감

- 일시 2018년 3월 29일(목), 10:30~12:10
- 장소 경주 The-K 호텔, 가야금B
- Organizer 이태호 교수 (송실대학교)

좌장 : 송지현 교수 (세종대학교)

- | | |
|--------------------------|--|
| 10:30 (20') | <p>(CT-8) 코로나 플라즈마와 산화망간 촉매 복합공정에 의한 음식물쓰레기 발생 악취 물질의 제거
 <u>송지현*</u>, 강정희, 조준표 (세종대학교 건설환경공학과)</p> |
| 10:50 (20') | <p>(CT-9) 에폭시수지 생산업체에서 발생하는 고염폐수의 생물학적 폐수처리에 대한 연구
 <u>황열순</u>, 황준호, 나병기^{1,*} (미래환경, 미래환경, ¹충북대학교)</p> |
| 11:10 (20') | <p>(CT-10) Passive sampler를 활용한 울산 석유화학단지 대기 및 악취물질 공간분포 평가
 <u>정의석*</u>, 김진완, 임문혁, 이수진, 정환용 ((주)엔버스 부설기술연구소)</p> |
| 11:30 (20')
학생 | <p>(CT-11) 습식 저온 플라즈마와 망간 촉매를 이용한 음식물 폐기물 악취 제거
 <u>노동훈</u>, <u>류혜원</u>, 송민영, 류수민, 오대준, 정재훈 박세용, 김기훈, 황유진, 박영권*
 (서울시립대학교 환경공학과)</p> |
| 11:50 (20') | <p>(CT-12) 철이 도핑 된 Aurivillius 상의 페로브스카이트 광촉매를 이용한 수중 메틸렌 블루 제거 연구
 <u>이치현</u>, 심지수, 임동하* (한국생산기술연구원 에너지플랜트그룹)</p> |

청정석탄

- 일시 2018년 3월 29일(목), 09:00~12:00
- 장소 경주 The-K 호텔, 가야금C
- Organizer 김수현 박사 (고등기술연구원)

좌장: 강석환 박사 (고등기술연구원)

09:00 (30')	(CT-13) KIER 석탄 가스화 기술개발 현황 Keynote <u>라호원*</u> , 윤성민, 서명원, 문태영, 문지흥, 윤상준, 김재호, 김용구, 이재구 (한국에너지기술연구원)
09:30 (15')	(CT-14) 록호퍼 시스템 대체용 고압 분체연료 주입장치 개발(III) <u>정석우*</u> , 김문현, 윤성필, 정기진, 정종선 ¹ (고등기술연구원, ¹ (주)씨인텍)
09:45 (15')	(CT-15) 과열증기를 통해 건조된 석탄의 수분 재흡착 특성 분석 <u>이용운</u> , 박근영, 채태영, 이재욱, 양원*, 나익환 ¹ , 김낙균 ¹ (한국생산기술연구원, ¹ (주)한국테크놀로지)
10:00 (15')	(CT-16) Wire Mesh Reactor를 이용한 석탄의 저온 영역에서 탈휘발 특성 연구 학생 <u>이석형¹</u> , 장진영 ^{1,2} , 윤성민 ¹ , 서명원 ¹ , 문태영 ¹ , 문지흥 ¹ , 윤상준 ¹ , 이재구 ¹ , 김재호 ¹ , 김용구 ¹ , 라호원 ^{1,*} (¹ 한국에너지기술연구원, ² 과학기술연합대학원대학교)
10:15 (15')	(CT-17) 석탄/바이오매스 혼소시 첨가제 종류에 따른 회분 점착 특성 연구 <u>채태영</u> , 이재욱, 이용운, 박유미, 양원* (한국생산기술연구원)
10:30 (10')	Coffee Break <p style="text-align: right;">좌장: 강석환 박사 (고등기술연구원)</p>
10:40 (15')	(CT-18) CO₂ 활용 및 에너지저장을 위한 전력 메탄화시스템 개념 연구 <u>주지선*</u> , 김영국, 전명훈, 김태균 (한전 전력연구원)
10:55 (15')	(CT-19) 가압순산소 연조 조건에서의 배가스 NO_x 및 SO_x 동시 저감 연구 테페라 젤라렘 틱사, 최석천, 목진성, 이영재, 양원*, 이시훈 (한국생산기술연구원)
11:10 (15')	(CT-20) 석탄 가스화 생산 합성가스의 생물학적 공정 적용을 위한 반응기 개발 <u>김효식</u> , 김진호, 최광순, 오승천, 김수현, 류창국 ¹ , 강성균 ² , 유영돈* (고등기술연구원, ¹ 성균관대학교, ² 한국해양과학기술원)
11:25 (15')	(CT-21) 초초임계압 순환유동층 발전플랜트의 경제성 분석 <u>이시훈</u> , 이태희 ¹ , 이종민 ^{1,*} (전북대학교, ¹ 전력연구원)
11:40 (15')	(CT-22) 니켈 담지 석탄회재 촉매의 타르 수증기 개질 학생 <u>장진영^{1,2}</u> , 오건웅 ^{1,2} , 라호원 ² , 서명원 ² , 문태영 ² , 문지흥 ² , 윤성민 ² , 김용구 ² , 김재호 ² , 이재구 ² , 윤상준 ^{1,2,*} (¹ 과학기술연합대학원대학교, ² 한국에너지기술연구원)

청정융합

- 일시 2018년 3월 29일(목), 09:00~12:10
- 장소 경주 The-K 호텔, 가야금D
- Organizer 전병훈 교수 (한양대학교)

좌장 : 전병훈 교수 (한양대학교)

09:00 (20')	(CT-23) Hydrogen production from reforming of two major greenhouse gases 초청강연 <u>노현석*</u> , 장원준, 김학민, 유성연, 심재오, 전경원, 나현석, 이열림, 김경진, 안선용, 김범준, 조재완 (연세대학교)
09:20 (15')	(CT-24) Comprehensive Assessment of seaweed-based biorefinery via biochemical conversion <u>윤준*</u> , 주창식, 홍성수, 이경범 (부경대학교)
09:35 (15')	(CT-25) Dissecting microbial community shifts during co-digestion of Fat, oil and grease (FOG) <u>Mayur B. Kurade</u> , Shouvik Saha, 장성은, 전병훈* (한양대학교)
09:50 (15') 학생	(CT-26) Development of synthetic microbial consortium for biological conversion and bioenergy production <u>김창만</u> , 이초룡, 전병훈 ¹ , 김중래* (부산대학교, ¹ 한양대학교)
10:05 (15') 학생	(CT-27) Effect of pH on the electrochemical degradation of phenol using a Pt/Ti anode electrode <u>Johanna Zambrano</u> , 민부기* (경희대학교)
10:20 (15') 학생	(CT-28) 직수형 전해 살균수 생성 시스템 <u>고성윤</u> 후세인 피다, 강우창, 오상은* (강원대학교)
10:35 (05')	Coffee Break <p style="text-align: right;">좌장: Mayur B. Kurade 교수 (한양대학교)</p>
10:40 (15') 학생	(CT-29) Facile synthesis of graphitic carbon nitride coupled with carbon dots for the photocatalytic degradation of bisphenol A using UV-LED (395 nm) <u>Kien Tiek Wong</u> , Seogbeom Jang, Soyeon Yoon, Taegy Kim, Youngmin Lee, Dongsoo Park, 장민* (광운대학교)
10:55 (15')	(CT-30) The effect of calcium on the anaerobic co-digestion of fat, oil and grease (FOG) <u>El-Sayed Salama</u> , Hoo Kim, Mayur B. Kurade, 전병훈* (한양대학교)
11:10 (15') 학생	(CT-31) Development and validation of respirometer system based BOD method <u>Fida Hussain</u> , 강우창, 고성윤, 오상은* (강원대학교)
11:25 (15') 학생	(CT-32) Non-mediated electrofermentation of bio-alcohols at different concentrations of volatile fatty acids <u>Jose Gavilanes</u> , C. Nagendranatha Reddy, 민부기* (경희대학교)
11:40 (15') 학생	(CT-33) Environmental risks of sulfamethazine and sulfamethoxazole, and their preferential biodegradation from a mixture by a green microalga, Scenedesmus obliquus <u>Jiu-Qiang Xiong</u> Mayur B. Kurade, Hyun-Jo Ahn, 전병훈* (한양대학교)
11:55 (15') 학생	(CT-34) Improvement of fermentative hydrogen production using waste Fat, oil and grease (FOG) <u>Shouvik Saha</u> , 장성은, Mayur B. Kurade, 김도현, 전병훈* (한양대학교)

특별세션
초청정 석탄화력 발전기술

- 일시 2018년 3월 29일(목), 13:30~15:45
- 장소 경주 The-K 호텔, 거문고C
- Organizer 최준규 박사 (FEP융합연구단)

좌장 : 최준규 박사 (FEP융합연구단)

13:30 (15') (CT-35) CO₂ 원천분리를 위한 Oxy-CFB 연소시스템
 문태영^{1,2}, 조성호^{1,3}, 문지홍^{1,2}, 문종호^{1,3}, 박성진^{1,2}, 원항호⁴, 이재구^{1,*}
 (한국에너지기술연구원 ¹FEP융합연구단, ²청정연료연구실, ³온실가스연구실, ⁴군산대학교 나노화학공학과)

13:45 (15') (CT-36) CFB 보일러 및 발전소 운영 최적화 TOOL 개발 연구
 김영도^{1,3}, 양창원^{2,3}, 방병열^{1,3}, 이은도^{1,2,3,*}
 (¹한국생산기술연구원, ²과학기술연합대학원대학교, ³FEP융합연구단)

14:00 (15') (CT-37) 복합 저급연료를 이용하는 유동층 열병합 발전 기술
 황윤태^{1,2}, 신종선², 박재혁^{1,2}, 선도원^{1,2,*}, 배달희^{1,2}, 현주수^{1,2}, 김정민¹
 (한국에너지기술연구원 ¹FEP융합연구단, ²온실가스연구실)

14:15 (15') (CT-38) 발전용 초초임계(USC)수 순환 기술
 박재현*, 선도원, 배달희, 박재혁 (한국에너지기술연구원 FEP융합연구단)

14:30 (15') Coffee Break

좌장 : 최준규 박사 (FEP융합연구단)

14:45 (15') (CT-39) 순산소 석탄 순환유동층 연소시스템에서의 고효율 가스세정 기술
 길상인^{1,2,*}, 윤진한^{1,2}, 최경구^{1,2}, 신지훈^{1,2}
 (¹한국에너지기술연구원 FEP융합연구단, ²한국기계연구원)

15:00 (15') (CT-40) 산업분야 적용 고성능 저비용 집진기술 개발
 심준목, 조윤행, 박현설* (한국에너지기술연구원 FEP융합연구단)

15:15 (15') (CT-41) 증발식 냉각 시스템의 물 사용량 저감 및 재이용 기술 개발
 이길봉, 이범준, 노철우, 신형기, 최봉수 (한국에너지기술연구원 FEP융합연구단)

15:30 (15') (CT-42) 혼합가스의 수분 분리를 위한 나노복합막 개발
 이형근*, 전재덕, 최원길 (한국에너지기술연구원 FEP융합연구단)

청정 공정 및 소재

- 일시 2018년 3월 29일(목), 13:30~16:30
- 장소 경주 The-K 호텔, 가야금A
- Organizer 홍성제 박사 (전자부품연구원)

좌장 : 서명원 박사 (한국에너지기술연구원)

13:30 (20') (CT-43) 석탄가스화 용융슬래그를 사용한 지오폴리머 블록 성형특성
전동환, 윤성필, 김문현, 정우현*, 김유택¹ (고등기술연구원, ¹경기대학교 신소재공학과)

13:50 (20') (CT-44) CO₂를 이용한 Power-to-Gas (PTG) 기술 개발 현황
서명원, 손성혜, 박성진, 조원철, 고강석, 이도연, 조현석, 김창희, 류호정*
(한국에너지기술연구원)

14:10 (20') (CT-45) 광촉매로 사용할 수 있는 균일한 구형의 TiO₂ 입자 제조 및 광반응을 통한
학생 Rhodamine B 분해
문종태, 주지봉* (건국대학교 화학공학과)

14:30 (10') Coffee Break

좌장 : 홍성제 박사 (전자부품연구원)

14:40 (30') (CT-46) Systematic Study of Triangular Silver Nanoplates: Green Synthesis,
초청 강연 Chemical Stability, and Sensing Applications
김문호* (부경대학교)

15:10 (20') (CT-47) 환경친화형 수계 박리액의 박리공정특성 연구
이기성¹, 김준현², 주기태¹, 김용성^{1,*}
(¹서울과학기술대학교, NID 대학원 ²서울과학기술대학교, 기계·자동차공학과)

15:30 (20') (CT-48) 용액 공정을 이용하여 제작된 ITO 나노입자-은 나노와이어 기반의 유연
투명히터 제작 및 특성 분석
김채원^{1,*}, 홍성제², 김용성³, 이재용⁴, 이미정¹
(¹국민대학교, ²전자부품연구원, ³서울과학기술대학교, ⁴한청 RF)

15:50 (20') (CT-49) 중공형 산화 구리-루타일 상 이산화 티타늄 하이브리드 나노 입자의 제조와
학생 가시광선 영역에서의 광촉매적 응용
이현경¹, 김나연¹, 이경우¹, 주지봉^{1,*} (¹건국대학교 화학공학과)

16:10 (20') (CT-50) 자동차 언더커버의 환경영향 감축 효과 산정방법 적용 및 사례연구
윤혜리, 박유성¹, 유미진, 배하나, 이한운* (한국생산기술연구원, ¹(주)에이치아이피)

바이오연료 및 소재

- 일시 2018년 3월 29일(목), 13:30~16:45
- 장소 경주 The-K 호텔, 가야금B
- Organizer 임한권 교수 (대구가톨릭대학교)

좌장: 김재곤 박사 (한국석유관리원)

- 13:30 (40') **Keynote** (CT-51) 유용화학소재 제조를 위한 메탄가스의 생물학적 전환
이은열* (경희대학교)
- 14:10 (15') **학생** (CT-52) 연속식 2단계 수첨탈산소반응을 통한 리그노셀룰로오스 유래 퓨란계 중합체의 연료 전환
서장우^{1,2}, 최재욱², 서동진², 하정명^{1,2,*} (¹과학기술연합대학원대학교, ²한국과학기술연구원)
- 14:25 (15') **학생** (CT-53) Process Design and Techno-economic Analysis of Two Thermochemical Poly-generation Processes for Sustainable Biofuel from Seaweed
Boris Brigljevic, 우희철, 유준* (부경대학교)
- 14:40 (20') (CT-54) Direct Biomass Conversion into Fuels and Chemicals over Multifunctional Nanozeolite-Y based Catalyst
Deepak Verma, Rizki Insyani, 김재훈* (성균관대학교)

15:00 (10') Coffee Break

좌장: 유준 교수 (부경대학교)

- 15:10 (30') (CT-55) Biofuel and Biochemical Production in Sub- and Supercritical Fluids
김재훈*, Deepak Verma, Rizki Insyani (성균관대학교)
- 15:40 (15') **학생** (CT-56) 어트리션밀을 이용한 왕겨 회재 및 왕겨 유동층 가스화기 유래 회재의 실리콘 변환 공정 연구
손성혜^{1,2}, 이해인¹, 조원철¹, 라호원¹, 윤상준¹, 문태영¹, 문지홍¹, 윤성민¹, 박성진¹, 이재구^{1,3}, 이영우^{1,2}, 서명원^{1,*}
(¹한국에너지기술연구원, ²충남대학교, ³과학기술연합대학원대학교)
- 15:55 (15') **학생** (CT-57) Direct one-pot conversion of monosaccharides into high-yield 2,5-di methylfuran over a multifunctional Pd/Zr-based metal-organic framework @sulfonated graphene oxide catalyst
Rizki Insyani, Deepak Verma, 김재훈* (성균관대학교)
- 16:10 (15') **학생** (CT-58) 크라프트 리그닌과 선형 저밀도 플라스틱의 촉매 혼합 열분해를 통한 방향족 탄화수소 효율 증진
오대준, 류혜원, 박세용, 김기훈, 정재훈, 류수민, 황유진, 박영권*
(서울시립대학교 환경공학과)
- 16:25 (20') (CT-59) 미국 바이오에너지 연구 동향 - DOE Bioenergy Research Center를 중심으로
김광호* (한국과학기술연구원)

탈황 · 탈질

- 일시 2018년 3월 29일(목), 13:30~17:00
- 장소 경주 The-K 호텔, 가야금C
- Organizer 박노국 교수 (영남대학교)

좌장 : 임동하 박사 (한국생산기술연구원)

- 13:30 (20') (CT-60) 해양 미세먼지 저감을 위한 선박용 배연탈질 시스템 기술 개발
임동하*, 정해영, 김태용 (한국생산기술연구원 에너지플랜트그룹)
- 13:50 (20') (CT-61) 산업미세먼지 감축을 위한 기술정책
김종민* (한국생산기술연구원 국가청정생산지원센터 청정기반기획실)
- 14:10 (20') (CT-62) Lab-scale 순산소 순환유동층 석탄 연소에서 SNCR & SCR 탈질 특성
신지훈, 최경구, 허필우, 윤진한* (한구기계연구원 환경기계연구실)
- 14:30 (20') (CT-63) 저공해 연소 최적제어를 위한 미세먼지 전구물질 실시간 측정 방안
이창엽*, 유미연 (한국생산기술연구원)
- 14:50 (20') (CT-64) 전기장을 이용한 매연저감 연소기술
박대근* (한국생산기술연구원 국가청정생산지원센터 청정기반기획실)

15:10 (10') Coffee Break

좌장 : 강석환 박사 (고등기술연구원)

- 15:20 (20') (CT-65) Facile synthesis of Cu-KFI catalyst for NH₃ selective catalytic reduction
김종현, 김도희* (서울대학교 화학생물공학부)
- 15:40 (20') (CT-66) 강화 디젤 배기 규제 대응을 위한 탈질촉매의 기술 연구
김은석* (희성촉매 주식회사)
- 16:00 (20') (CT-67) IMO 환경규제에 대응한 탈황-탈질 시스템 개발
천상규*, 서문혁, 최용기 (㈜파나시아)
- 16:20 (20') (CT-68) 해양에서의 환경 오염 규제 및 대응 기술 현황
이동원*, 전종하, 유봉환 (STX중공업 주식회사)
- 16:40 (20') (CT-69) 배가스내 황산화물의 건식 제거
강석환*, 류재홍, 김진호, 김태훈¹, 우광재² (고등기술연구원, ¹대신그린에너지, ²에덴스베이브)

특별세션
청정수소 생산 및 활용

- 일시 2018년 3월 29일(목), 13:30~15:40
- 장소 경주 The-K 호텔, 가야금D
- Organizer 고창현 교수 (전남대학교) / 나정걸 교수 (서강대학교)

좌장 : 나정걸 교수 (서강대학교)

13:30 (20') (CT-70) 구리 기반 촉매 상에서 수성 가스 전이 반응을 통한 청정 수소 생산
노현석*, 나현석, 안선용, 장원준, 심재오, 전경원, 김학민, 이열림, 유성연, 김경진, 김범준, 조재완 (연세대학교)

13:50 (20') (CT-71) 생물학적 수소생산 기술의 주요 이슈와 전망
오유관* (부산대학교 화공생명공학부)

14:10 (20') (CT-72) 메탄의 건조 개질을 위한 메조포러스 마그네슘알루미늄에이트 개발
이용희, 조은경¹, 고창현¹, 이규복* (충남대학교, ¹전남대학교)

14:30 (10') Coffee Break

좌장 : 고창현 교수 (전남대학교)

14:40 (20') (CT-73) Modeling Hydrogen Production from brown algae via Hydrothermal Liquefaction using Aspen Plus ®
학생 Haider Niaz, Boris Brigljevic, 유준 (부경대학교 화학공학과)

15:00 (20') (CT-74) 고효율 수소제조를 위한 인산첨가 다공성 알루미나 지지체 기반 수증기메탄 개질용 니켈촉매 개발
학생 임은미^{1,3}, 정해영¹, 구윤장^{1,3}, 김태용¹, 문건대², 박대원³, 임동하^{1,*}
(¹한국생산기술연구원 에너지플랜트그룹, ²한국생산기술연구원 기능성소재부품그룹, ³부산대학교 화학공학과)

15:20 (20') (CT-75) 이산화탄소 개질 반응에서 Ni-MgO-CeO₂, Ni-MgO-ZrO₂ 그리고 Ni-MgO-Ce_(1-x)Zr_(x)O₂ 촉매의 비교 연구
학생 유성연, 장원준, 김학민, 심재오, 전경원, 나현석, 이열림, 김경진, 안선용, 김범준, 조재완, 노현석* (연세대학교)

특별세션
온실가스 감축기술

- 일시 2018년 3월 29일(목), 14:00~16:50
- 장소 경주 The-K 호텔, 향비파B
- Organizer 박정훈 교수 (동국대학교)

좌장 : 이종석 교수 (서강대학교)

14:00 (20') (CT-76) Enabling Molecular Sieving Behaviors of Mixed Matrix Membranes for Efficient CO₂ Separation
이종석*, 오진우, 안희성
 (Department of Chemical and Biomolecular Engineering, Sogang University)

14:20 (20') (CT-77) 중공사막 내/외부 박막 코팅을 위한 파일럿 공정
박철호* (한국에너지기술연구원 제주글로벌연구센터)

14:40 (20') (CT-78) Conversion of methane to high-value hydrocarbons via co-processing oxygenates
홍도영* (한국화학연구원)

15:00 (20') (CT-79) 중소형 매립지 매립가스 전처리 기술을 적용한 온실가스 감축 사례 연구
박성규*, 박종우, 홍영실, 황의현¹, 정태현¹, 권용수²
 ((주)케이에프, ¹경북도립대학교 토목공학과, ²경북도립대학교 소방방재과)

15:20 (10') Coffee Break

좌장 : 박정훈 교수 (동국대학교)

15:30 (20') (CT-80) 소화조에서 발생하는 바이오가스 고질화기술 실증 연구
정창훈* ((주)에체)

15:50 (20') (CT-81) 하이브리드 슬러리 코팅을 통한 메탈폼 기반 탈질촉매 제조
정해영, 김태용, 임동하* (한국생산기술연구원 에너지플랜트그룹)

16:10 (20') (CT-82) 순산소 순환유동층 연소조건에서 NO_x 및 SO_x의 동시제거 특성
최경구, 나건수, 이정규, 윤진한* (한국기계연구원 환경기계연구실)

16:30 (20') (CT-83) 미세먼지 및 중금속(Hg) 동시제거용 하이브리드형 PTFE 멤브레인 필터 운전 특성
황상연*, 류상오, 윤성필, 정석우, 이치원¹, 서명조¹, 이승우²
 (고등기술연구원, ¹(주)마이크로윈, ²영남대학교 산학협력단)

포스터세션 I (1)

- 일시 2018년 3월 28일(수), 14:30~16:30
- 장소 경주 The-K 호텔, 2층 서측 로비
- Organizer 이시훈 교수 (전북대학교)

좌장: 이시훈 교수 (전북대학교)

- | | |
|-------|--|
| PA-01 | <p>유기성 폐자원을 이용한 친환경 지력증강제 제조 및 특성 연구
 <u>김은지</u>¹, <u>백인규</u>¹, <u>박재형</u>^{1,*}, <u>윤영호</u>² (¹한국신발피혁연구원, ²기륭산업)</p> |
| PA-02 | <p>태양광 제어 기능의 기능성 첨가제 합성 및 특성 평가
 <u>김은지</u>[*], <u>백인규</u>¹, <u>박재형</u>¹, <u>김재현</u>² (¹한국신발피혁연구원, ²(주)선경화성)</p> |
| PA-03 | <p>Lumped 모델을 이용한 수분 흡착식 냉방 공정 모사기 개발
 <u>김선형</u>, <u>조강희</u>, <u>김종남</u>[*] (한국에너지기술연구원)</p> |
| PA-04 | <p>초임계 공정을 이용한 저급원유 내 불순물 제거 공정 개발
 <u>조완택</u>[*], <u>지성화</u>, <u>마르셀 조나단 히다자</u>, <u>김현효</u> (일신오토클레이브)</p> |
| PA-05 | <p>Phase Behavior for the 2-PEMA, PAe and 2-PEAe in Supercritical CO₂
 <u>Sang-Ha Cho</u>, <u>Young-Soo Choo</u>, <u>Jong-Hwan Jeong</u>, <u>변헌수</u>[*] (전남대학교)</p> |
| PA-06 | <p>순환유동층 보일러에서 보락스 용액 첨가제 사용에 따른 미세입자 변화 측정 및 분석
 <u>이동호</u>¹, <u>박재혁</u>¹, <u>배달희</u>¹, <u>한근희</u>¹, <u>박재현</u>¹, <u>황윤태</u>¹, <u>김종렬</u>², <u>심태연</u>³, <u>선도원</u>^{1,*}
 (¹한국에너지기술연구원, ²한국중부발전, ³지에프)</p> |
| PA-07 | <p>기포 유동층 반응기에서 페커피 분말의 급속 열분해로 바이오-오일 생산
 <u>심재욱</u>, <u>박정우</u>, <u>김승수</u>[*] (강원대학교 삼척캠퍼스 화학공학과)</p> |
| PA-08 | <p>Bio-oil production from the fast pyrolysis of furniture waste in a fluidized-bed reactor
 <u>Hoang Vu Ly</u>¹, <u>Jeong Woo Park</u>¹, <u>Byung Hee Chun</u>¹, <u>Seung-Soo Kim</u>^{1,*},
 <u>Changho Oh</u>² (¹강원대학교, ²대경에스코)</p> |
| PA-09 | <p>Preparation of Ag@TiO₂ nanoparticles and its application in dye-sensitized solar cells
 <u>Yong Xiang Dong</u>, <u>En Mei Jin</u>, <u>Sang Mun Jeong</u>[*] (충북대학교 화학공학과)</p> |
| PA-10 | <p>Electrospun porous carbon nanofiber to high performance supercapacitor application
 <u>Dao Yong Wan</u>, <u>Subarata Ghosh</u>, <u>En Mei Jin</u>, <u>Sang Mun Jeong</u>[*]
 (충북대학교 화학공학과)</p> |
| PA-11 | <p>전기방사한 다공성 탄소나노튜브를 이용한 리튬황전지의 전기화학적 특성
 <u>범지우</u>, <u>만도용</u>, <u>김은미</u>, <u>정상문</u>[*] (충북대학교 화학공학과)</p> |
| PA-12 | <p>디에틸렌트리아민과 디에틸에탄올아민 수용액으로의 이산화탄소 흡수속도 측정
 <u>홍연기</u>^{1,*}, <u>유정균</u>²
 (¹한국교통대학교 화공고분자신소재공학부, ²한국에너지기술연구원 온실가스연구실)</p> |

포스터세션 I (2)

- PA-13 **페니켈수소전지의 용매추출을 통한 유기금속 회수에 대한 연구**
 안낙균¹, 김대원^{1,*}, 심현우¹, 서장현², 최종엽², 양대훈², 최희락³
 (¹고등기술연구원 신소재공정센터, ²(주)지엠텍, ³부경대학교 재료공학과)
- PA-14 **초초임계 순환유동층 보일러 소재의 변형 거동 모델링**
 박영소, 김대웅, 정인현, 허용학, 한준희, 홍성구* (한국표준과학연구원)
- PA-15 **Fe-(2,9)Cr 합금의 고온 산화 및 황화 부식 거동**
 김민정¹, 박영수², 한준희², 이동복^{1,*} (¹성균관대학교, ²한국표준과학연구원)
- PA-16 **Pack-cementation한 합금의 고온 H₂S/H₂O 가스 부식 특성 연구**
 김민정, Xiao Xiao, 이동복* (성균관대학교 신소재공학과)
- PA-17 **Hematite nanoparticles impregnated chitosan hydrogel capsules for Congo red removal from aqueous solution**
 Ohemeng-Boahen Godfred, 양주희, 이철우, 우승한* (한밭대학교)
- PA-18 **The effect of Talc concentration on the peeling characteristics of UV-curable acrylic coating agent**
 양주희, 우승한, 이철우* (한밭대학교 RIC)
- PA-19 **역흐름다중방해판 반탄화기를 이용한 black pellet 생산 연구**
 김상도^{1,*}, 이시훈¹, 최호경¹, 전동혁¹, 유지호¹, 임영준¹, 임정환¹, 임혁¹, 김문준², 심재훈¹ (¹한국에너지기술연구원 청정연료연구실, ²SMK에너지)
- PA-20 **계산화학 및 실험적 결과를 통한 메탄의 산화이량화 반응용 페로브스카이트 구조 촉매에 대한 이해**
 임서연^{1,3}, 최재욱¹, 함형철², 이상득¹, 서동진^{1,4,6}, 하정명^{1,5,6,*}, 송광호³
 (¹한국과학기술연구원 청정에너지연구센터, ²한국과학기술연구원 연료전지연구센터, ³고려대학교 화공생명공학과, ⁴과학기술연합대학원대학교 청정공정 및 시스템공학, ⁵과학기술연합대학원대학교 청정에너지 및 화학공학, ⁶고려대학교 그린스쿨)
- PA-21 **NaA 제올라이트 분리막을 이용한 물/메탄올 및 물/부탄올 이성분계 혼합물에서의 탈수를 위한 투과증발분리**
 오웅진^{1,2}, 여정구¹, 이정현¹, 정재철³, 조철희², 문종호^{1,*}
 (¹한국에너지기술연구원, ²충남대학교 에너지과학기술대학원, ³(주)파인텍)
- PA-22 **Ni을 포함한 이성분계 촉매를 활용한 해조류 유래 수열액화오일의 수증기 개질반응 연구**
 박용범¹, 안희주², 임한권^{3,*}, 우희철^{1,*}
 (¹부경대학교 화학공학과, ²태양인더스트리, ³대구가톨릭대학교 신소재화학공학과)
- PA-23 **Cs 이온교환 된 헤테로폴리산 촉매를 이용한 선박용 경유의 산화 탈황**
 오현우¹, 허광선², 우희철^{1,*}
 (¹부경대학교 화학공학과, ²경남정보대학교 신소재응용화학학과)

포스터세션 I (3)

- PA-24 **Ni/MTiO₃/CeO₂-ZrO₂ (M=K, Ca and Ba) 촉매를 이용한 수소화 공정을 통한 식물성 오일의 업그레이딩**
 이성찬¹, 윤인배², 우희철^{1,*} (¹부경대학교 화학공학과, ²삼성 일렉트로-메카닉스)
- PA-25 **Development of catalyst for esterification of naphthenic acids in high TAN crude oils**
 Bharat Singh Rana, 조동우, 조강희, 김종남* (한국에너지기술연구원)
- PA-26 **다양한 수분 흡착제 개발 및 수분 흡착 특성 평가**
 조승현^{1,2}, 조강희², 오성근¹, 김종남^{2,*} (¹한양대학교, ²한국에너지기술연구원)
- PA-27 **순산소 순환유동층 보일러 내에서 석회석의 직접탈황반응**
 김예빈, 광유라, 이시훈* (전북대학교 자원에너지공학과)
- PA-28 **Polyaluminum Chlorides 슬러지에서 pH에 따른 인 변환 연구**
 U.T. Ali, 신현아, 김동진* (한림대학교 환경생명공학과)
- PA-29 **석탄가스화 용융슬래그를 활용한 지오폴리머 수처리 여재 제조 및 성능시험**
 김문현¹, 정우현^{1,*}, 윤성필¹, 권인구¹, 김용택² (¹고등기술연구원, ²(주)한국서부발전)
- PA-30 **1급, 2급, 3급, 입체장애 및 혼합 아민 흡수제의 이산화탄소 흡수 평형 특성**
 이종섭, 문종호, 박영철, 민병무* (한국에너지기술연구원)
- PA-31 **금속 조촉매의 환원성질과 Na₂WO₄/Mn/SiO₂ 촉매의 메탄 산화이량화 반응성의 상관관계**
 구상서^{1,2}, 오형석², 최재욱², 서동진^{2,3}, 재정호^{2,4}, 최정규^{1,*}, 하정명^{2,3,4,*}
 (¹고려대학교 화공생명공학과, ²한국과학기술연구원 청정에너지연구센터, ³고려대학교 그린스쿨, ⁴KIST 스쿨 에너지-환경 융합전공)
- PA-32 **0.1MW_{th} 순산소 순환유동층 연소시스템에서의 NO_x 저감 특성**
 나건수, 신지훈, 이정규, 윤진한* (한국기계연구원 환경기계연구실)
- PA-33 **고분자의 Semi-IPN 구조를 이용한 팔라듐 나노입자를 함입시킨 하이드로젤 마이크로 입자 촉매의 제조**
 강경구, 심규락, 남진오, 이창수* (충남대학교)
- PA-34 **금속산화물 전극 촉매를 사용한 전기화학적 암모니아 합성**
 정은영^{1,2}, 유충열¹, 김종남¹, 오성근², 윤형철^{1,*}
 (¹한국에너지기술연구원, ²한양대학교 화학공학과)
- PA-35 **액체주석을 이용한 Multi-pollutants 저감 기술**
 김채은¹, 황지원², 정수화³, 정재용², 김영두^{3,4}, 이은도^{2,3,4,*}
 (¹순천향대학교 에너지환경공학과, ²과학기술연합대학원대학교 청정공정 및 시스템공학과, ³한국생산기술연구원 고온에너지시스템그룹, ⁴한국에너지기술연구원 FEP 융합연구단)

포스터세션 I (4)

- PA-36 Isolation of novel CO converting microorganism using zero valent iron for bioelectrochemical system (BES)
 임현성, 김창만, 송영은, 임채호, 김중래* (부산대학교 화학생명공학부)
- PA-37 헤미셀룰로오스 유래의 퓨란계 화합물로부터 고체산 촉매를 이용하여 연속식 반응기에서 디젤 전구체 생산 연구
 권지선¹, 하정명¹, 서동진¹, 이관영²
 (¹한국과학기술연구원 청정에너지 연구센터, ²고려대학교)
- PA-38 일산화탄소의 선택적 분리를 위한 흡착제 제조 및 특성평가
 김진수, 정태성, 조강희, 범희태, 한상섭* (한국에너지기술연구원)
- PA-39 친환경 오프셋 잉크용 황색안료의 개발
 강대웅^{1,*}, 신재희¹, 박정원¹, 정은혁¹, 양철규², 허광선¹
 (¹경남정보대학교 신소재화공계열, ²(주)경기색소)
- PA-40 Process design of pressure retarded membrane distillation (PRMD) for simultaneous production of water and electricity
 Kiho Park, Do Yeon Kim, 양대륙* (고려대학교 화공생명공학과)
- PA-41 층상구조 금속화합물/탄소 복합 다공성 1차원 구조체의 소듐이차전지 음극활물질 적용
 정순영, 조중상* (충북대학교 공업화학과)
- PA-42 해수 이용 선회류 방식 스크러버에서의 SO₂ 제거특성
 최호경*, 임혁, 웬디 윌리엄, 이시훈, 김상도, 전동혁, 유지호, 임정환, 임영준
 (한국에너지기술연구원 청정연료연구실)
- PA-43 석탄 가스화 공정의 분체 이송 배관 적용을 위한 메탈시트 볼밸브 개발
 정우현¹, 오승천¹, 권인구¹, 류상오¹, 이종경², 유태한³
 (¹고등기술연구원, ²KPL밸브공업, ³한국서부발전)
- PA-44 Acetate separation and concentration using electrodialysis produced from carbon monoxide fermentation broth
 백지윤, 김창만, 송영은, Mutyala Sakuntala, 김중래* (부산대학교 화학생명공학부)
- PA-45 촉매제조 방법에 따른 제올라이트 계열 촉매의 DMC 합성반응
 우제민, 박훈범, 문종호*, 이동호, 서정윤, 박영철, 김현욱 (한국에너지기술연구원)
- PA-46 Ru 및 Ni계 촉매를 이용한 Tricyclopentadiene의 수소화반응에 관한 연구
 박유리¹, 유용인¹, 최원준¹, 조도현¹, 박진하¹, 한정식², 권태수³, 전종기^{1,*}
 (¹공주대학교, ²국방과학기술연구소, ³(주)풍산)
- PA-47 Effect of electron and proton migration for the acetate production using the carbon monoxide in the bioelectrochemical system
 송영은¹, 김창만¹, 백지윤¹, 전병훈², 김중래^{1,*}
 (¹부산대학교 화학생명공학부, ²한양대학교 자연환경공학과)

포스터세션 I (5)

- PA-48 **Effects of calcium catalyts on CO₂ gasification of biomass char**
윤원근¹, Yoongon Kim^{1,2}, Seungjun Lee¹, Jaejin Bae¹, Yekyu Kim¹, Hyunwoo Ahn¹, 김원배^{1,*} (¹포항공과대학교 화학공학과, ²광주과학기술원 신소재공학부)
- PA-49 **Cu/Honeycomb 촉매를 이용한 Hydroxyl ammonium nitrate(HAN) 기반 액상추진제 분해연구**
윤달산, 우재규, 한승호, 이철호, 강태원, 전종기* (공주대학교 화학공학부)
- PA-50 **염화나트륨과 염화칼륨에 의한 보일러튜브 재료의 부식 측정 실험**
박성현¹, 김범종^{2,3}, 정수화³, 이은도^{3,4,5,*}
 (¹순천향대학교 에너지환경공학과, ²성균관대학교 기계공학과, ³한국생산기술연구원 고온에너지시스템그룹, ⁴과학기술연합대학원대학교 청정공정 및 시스템공학과, ⁵한국에너지기술연구원 FEP 융합연구단)
- PA-51 **병렬식 로터리킬른형 유수분리 장치를 이용한 유류 폐수 처리**
최광순¹, 서민혜¹, 이민석², 김광대², 엄성현^{1,*} (¹고등기술연구원, ²(주)신우산업)
- PA-52 **상호 연결된 다공성 1차원 구조체 합성 및 리튬이차전지 음극소재 적용**
조민수, 조중상* (충북대학교 공업화학과)
- PA-53 **수열탄화 처리에 의한 팜 EFB 회분저감 특성**
임혁, 이시훈, 김상도, 전동혁, 유지호, 임영준, 임정환, 최호경*
 (한국에너지기술연구원 청정연료연구실)
- PA-54 **An optimal voltage stimulate the dominance of indirect interspecies electron transfer to upgrade methane generation in Microbial Electrosynthesis Systems**
Carla Flores-Rodriguez, 민부기* (경희대학교 환경응용과학과)
- PA-55 **이중튜브 구조를 갖는 금속산화물 나노벨트의 리튬이차전지 음극활물질 적용**
오세환, 조민수, 조중상* (충북대학교 공업화학과)
- PA-56 **High throughput screening for production of furfural from Xylose in a biphasic and non-catalyst system**
Dasom Mun¹, Anh T.H. Vo^{1,2}, Nhan T.T Huynh, Kyoung Won Lee¹, Seok-Kyu Park¹, Jin Ku Cho^{1,2,*} (¹한국생산기술연구원, ²과학기술연합대학원대학교)
- PA-57 **Bio-butanol 유래 butene으로부터 항공유 합성을 위한 oligomerization 반응 조건 최적화**
이동건, 양지혜, 오다혜, 이소정, 고영수, 강태원, 이철호, 전종기*
 (공주대학교 화학공학부)
- PA-58 **금속 처리된 활성탄의 암모니아 흡착 및 탈착 특성연구**
황라현¹, 박지혜¹, 윤형철², 이광복^{1,3,*}
 (¹충남대학교 에너지과학기술대학원, ²한국에너지기술연구원, ³충남대학교 화학공학교육과)

포스터세션 I (6)

- PA-59 태양광 수증기 발생을 위한 탄소 기반 태양광 흡수체
최명길, 구분준, 이용희, 이규복*
 (충남대학교 에너지과학기술대학원(GEST) 그린 에너지재료 연구실)
- PA-60 Metabolic Shift of Electrochemically Active strain, *P. putida*2523 in Microbial fuel cell
Mutyala Sakuntala, Changmam Kim, Jung Rae Kim*
 (부산대학교 화학생명공학부)
- PA-61 TPAD 및 MSB를 이용한 폴리에틸렌이민-실리카의 CO₂ 흡착 특성
박훈범^{1,2}, 우제민², 조성호², 박영철², 김현욱², 이동호², 김재창¹, 문종호^{2,*}
 (¹경북대학교, ²한국에너지기술연구원)
- PA-62 산화제에 의한 염화철 에칭 용액의 산화효율 및 경제성 분석
김대원¹, 박일정^{1,*}, 김건홍¹, 이상우², 최희락³, 정향철¹
 (¹고등기술연구원 신소재공정센터, ²(주)케이엠씨, ³부경대학교 신소재공학부)
- PA-63 바이오연료 중소기업의 배분 문제 해결을 위한 저렴하고 효율적인 진화적 방법론 기반 방법론
김수환, 류준형* (동국대학교 경주캠퍼스 원자력에너지시스템공학과)
- PA-64 바이오가스에서의 실록산(Siloxanes) 제거에 관한 연구
김신동*, 박준우, 이준용 ((주)이앤캠솔루션 에너지·환경연구소)
- PA-65 Comparison of amino acid composition and protein content of oyster hydrolysate obtained from subcritical water extraction
 Hee-jung Lee^{1,2}, Yong-nam Cho¹, Periaswamy Sivagnanam Saravana¹, Sol-ji Chae¹, Yeon-jin Cho¹, Chang-wan Kim¹, Byung-soo Chun^{1,*}
 (¹부경대학교 식품공학과, ²신라대학교 생명과학과)
- PA-66 혼합 아민에서 카바메이트 생성이 이산화탄소 흡수평형에 미치는 영향 : 실험 및 열역학적 모형
문종호, 이종섭, 박영철, 전동혁, 박종기, 신현용¹, 성현제², 민병무*
 (한국에너지기술연구원, ¹서울과학기술대학교 화공생명공학과, ²한솔EME)
- PA-67 전주도금공정으로 균일한 마이크로 메쉬시트 개발
허광선^{1,*}, 배영한² (¹경남정보대학교 신소재화공계열, ²(주) 한성이스텍)
- PA-68 용매추출 기반 고순도 아연 전해질 제조에 대한 연구
김태형, 심현우, 안낙균, 김대원, 박경수* (고등기술연구원)

포스터세션 II (1)

- 일시 2018년 3월 29일(목), 15:00~17:00
- 장소 경주 The-K 호텔, 2층 서측 로비
- Organizer 김승수 교수 (강원대학교)

좌장: 김승수 교수 (강원대학교)

- | | |
|-------|--|
| PB-01 | Non-oxidative direct conversion of methane to olefins and aromatics over Fe-based catalysts
<u>이성우</u> , 한승주, 김석기, 김현우, 김용태* (한국화학연구원) |
| PB-02 | Production of sugar alcohols via catalytic hydrogenation of alginic acid
<u>반충현</u> ¹ , 우희철 ² , 김도희 ^{1,*} (¹ 서울대학교 화학생물공학부, ² 부경대학교 화학공학과) |
| PB-03 | 상압 및 가압 조건에서의 연속식 분체연료 주입장치 공급량 변화 시험
<u>윤성필</u> , 이지은, 김문현, 권인구, 정석우* (고등기술연구원 플랜트엔지니어링 본부) |
| PB-04 | 메조포러스 마그네슘알루미늄네이트의 기공구조 제어
<u>이윤희</u> ¹ , 서정철 ² , 최명길 ¹ , 이규복 ^{1,*}
(¹ 충남대학교 에너지과학기술대학원, ² 한국과학기술원 생명화학공학과) |
| PB-05 | 분리막 반응기에서의 글리세롤 수증기 개질반응의 기술·경제성 분석
<u>허주현</u> ¹ , 김세화 ¹ , 연원모 ¹ , 이신근 ² , 임한권 ^{1,*}
(¹ 대구가톨릭대학교 신소재화학공학과, ² 한국에너지기술연구원 분리변환소재연구실) |
| PB-06 | 이산화탄소 분리용 세라믹 접촉분리막 모듈화 기술 개발
<u>이홍주</u> , 정재현, 정형동, 박정훈* (동국대학교 화공생물공학과) |
| PB-07 | 국내 순환유동층보일러형 발전회를 활용한 탈황용 흡수제 제조 연구
<u>서준형</u> , 백철승, 김영진, 조계홍* (한국석회석신소재연구소) |
| PB-08 | Effect of maleic anhydride grafted polyethylene on adhesion strength between Al and vinyl coated metal
<u>김태희</u> ^{1,2} , 이영관 ² , 김백진 ^{1,*} (¹ 한국생산기술연구원, ² 성균관대학교) |
| PB-09 | 글라스 및 웨이퍼용 수용성 세정제 개발
<u>배수정</u> , 이호열, 장성화, 배재흠 ((주)태원시스켄) |
| PB-10 | Pd-Ru 멤브레인 반응기의 메탄 수증기 개질반응에 관한 기술·경제성 평가
<u>이보름</u> ¹ , 이승훈 ¹ , 이신근 ² , 임한권 ^{1,*}
(¹ 대구가톨릭대학교 신소재화학공학과, ² 한국에너지기술연구원 분리변환소재연구실) |
| PB-11 | IEA-CFBC code를 이용한 순환유동층 보일러의 운전 특성 분석
<u>곽유라</u> , 김예빈, 이시훈*
(전북대학교 자원에너지공학과) |
| PB-12 | 다공성 케이크형 TiO₂에 담지된 MnOx 저온형 암모니아 SCR 촉매의 표면 특성 연구
<u>김태용</u> ¹ , 정해영 ² , 임은미 ² , 권세훈 ¹ , 임동하 ^{2,*}
(¹ 부산대학교 재료공학부, ² 한국생산기술연구원 에너지플랜트그룹) |

포스터세션 II (2)

- PB-13 팔라듐을 담지한 페로브스카이트 광촉매를 이용한 효과적인 메틸렌블루 제거연구
(심지수¹, 이치현², 박대원¹, 임동하^{2,*}
(¹부산대학교 화학공학과, ²한국생산기술연구원 에너지플랜트그룹)
- PB-14 수증기메탄개질용 3D 다공성 지지체 기반 Ni-La촉매의 합성제조법 최적화 및 촉매활성 비교
(우은석¹, 임은미¹, 박대원¹, 임동하^{2,*}
(¹부산대학교 화학공학과, ²한국생산기술연구원 에너지플랜트그룹)
- PB-15 UNISIM Design 모델링을 활용한 CO₂ 메탄화시스템의 분석
(김태균, 전명훈, 김영국, 주지선*, 김수현¹, 유영돈¹
(한국전력 전력연구원 창의미래연구소(KEPRI), ¹고등기술연구원)
- PB-16 Biotrickling filtration내 최적 물함량 결정법
(이상훈*, 김정은, 이화정 (계명대학교 환경학부)
- PB-17 Cu/NiCrAl metal foam 촉매를 이용한 ammonium dinitramide 기반 액상추진제 분해 연구
(허수정¹, 김문정¹, 조현민¹, 이정섭², 박영철², 전종기^{1,*}
(¹공주대학교 화학공학과, ²국방과학연구소)
- PB-18 Ir/Hexaaluminate 촉매를 이용한 친환경 액상추진제 분해 연구
(허수정¹, 김문정¹, 조현민¹, 김우람², 조영민², 이철호¹, 강태원¹, 전종기^{1,*}
(¹공주대학교 화학공학과, ²경희대학교 환경공학과)
- PB-19 단일공정의 사슬형 은 나노 구조체의 합성 및 응용
(Alexander David Ardian Rama Koisin, 김진우, 김문호*
(부경대학교 고분자공학과)
- PB-20 기능성 중공 폴리스티렌 마이크로 입자의 친환경 합성 및 촉매 특성
(김진우, Yosia Nico Wijaya, 김문호* (부경대학교 고분자공학과)
- PB-21 판상형 은나노 플레이트의 친환경적 합성법과 물-에탄올 혼합물의 감지 플랫폼
(Yosia Nico WIJAYA, 김진우, 김문호* (부경대학교 고분자공학과)
- PB-22 산업부산물을 이용한 AA기술 적용 경계석의 제조에 관한 연구
(추연진^{1,*}, 김재강¹, 박병현¹, 김해기¹, 이주열¹, 최진식^{1,2}
(¹㈜애니텍 기술연구소, ²경희대학교 환경응용과학과)
- PB-23 다양한 형태의 열분해반응 시스템을 이용한 열분해 오일 제조에 관한 연구
(장정희, 곽연수, 한기보*
(고등기술연구원 플랜트엔지니어링센터)
- PB-24 Low temperature selective catalytic reduction of NO by NH₃ over alumina/zeolite/ OSM supported catalyst: active metals and aging study
(Hermawan Prajitno, Wendy William, 유지호*
(한국에너지기술연구원 청정연료연구실)
- PB-25 Residual coal properties from coal-based graphene synthesis via modified hummers method
(Corwin Rudly, 전동혁* (한국에너지기술연구원, 청정연료실)

포스터세션 II (3)

- PB-26 Removal of chloroform contained in water using pore-controlled activated carbon
노예은¹, 유지호², 임영준² (¹주)신광화학공업, ²한국에너지기술연구원 청정연료실)
- PB-27 촉매 소재로 사용하기 위한 주형이 없는 중형기공성 탄소 물질 제조
문종태, 이경우, 주지봉* (건국대학교 화학공학과)
- PB-28 단일층 및 이중층 중공형 나노구조체의 개발 연구
이현경, 김나연, 이경우, 주지봉* (건국대학교 화학공학과)
- PB-29 이온전도성 세라믹 기반 니켈 촉매의 건식 개질 및 막반응기 제조 연구
서민혜, 김승연, 엄성현* (고등기술연구원)
- PB-30 반도체 배출가스의 N₂O 저감을 위한 촉매 공정 개발
서민혜^{1,*}, 이수영¹, 조성수¹, 송형운¹, 김현경² (¹고등기술연구원, ²주)엠에이티플러스)
- PB-31 Vegetable oil upgrading by Ni based bimetallic catalysts
Zuo Hao, Seong Chan Lee, Hee Chul Woo*
(Department of Chemical Engineering, Pukyong National University)
- PB-32 5XXX계 알루미늄 블랙드로스로부터 유가자원 회수를 위한 고액분리 특성 연구
강유빈¹, 임병용¹, 이찬기¹, 김대근^{1,*}, 안병두², 김용환³, 이만승⁴,
(¹고등기술연구원, ²주)디에스리퀴드, ³한국생산기술연구원, ⁴목포대학교)
- PB-33 Surface reactions of NH₃ adsorbed on Fe₂O₃-promoted V₂O₅-WO₃/TiO₂ catalysts for the selective reduction of NO by NH₃
양기혁, Thi Phung Thao Nguyen, 김문현* (대구대학교 환경공학과)
- PB-34 BTX를 포함한 경방향족 탄화수소 제조를 위한 LCO의 선택적 수침처리/수침분해 연구
오영석¹, 김찬우¹, 노해성¹, 이정규^{1,*}, 강동일², 강흥중², 장순철²
(¹동아대학교 화학공학과, ²주)에쓰오일)
- PB-35 CO₂전환을 위한 복합 반응기구 연구: 복합 촉매상에서 벤젠 인시투 알킬화 반응
오영석, 김찬우, 노해성, 이정규* (동아대학교 화학공학과)
- PB-36 광센서를 이용한 미세가스 생성량 측정기술 개발
강우창, 오상은* (강원대학교 식품환경융합학과 바이오자원환경전공)
- PB-37 Ni/sand와 zeolite 촉매의 공간속도를 이용한 폴리프로필렌의 촉매 열분해
손정민^{1,*}, 김수현¹, 이루세¹, 손은남², 백승훈¹
(¹전북대학교 자원·에너지공학과, ²전북대학교 에너지 저장 변환 공학과)
- PB-38 CLC(Chemical Looping Combustion)공정에서 다양한 산소전달입자의 산화·환원 특성 분석
손정민^{1,*}, 손은남², 이루세¹, 김수현¹, 백승훈¹
(¹전북대학교 자원·에너지공학과, ²전북대학교 에너지 저장 변환 공학과)
- PB-39 H₂O+CO₂ 혼합물을 이용한 광물질 촉매 석탄 가스화에 미치는 kinetic 분석
손정민^{1,*}, 이루세¹, 김수현¹, 손은남², 백승훈¹
(¹전북대학교 자원·에너지공학과, ²전북대학교 에너지 저장 변환 공학과)

포스터세션 II (4)

- PB-40 **촉매-초임계 체계에서 활성 수소의 자가 공급을 통한 리그닌의 분해**
양승도, 정소연, 김도희* (서울대학교 화학생물공학부)
- PB-41 **니켈 기반 촉매를 이용한 바이오매스의 열분해 및 가스화**
김기훈¹, 류혜원¹, 박세용¹, 오대준¹, 류수민¹, 황유진¹, 박영권^{1,*}, 이광훈²
(¹서울시립대학교 환경공학과, ²서울시립대학교 기계정보공학과)
- PB-42 **항산화제를 이용한 식물성 오일의 산화안정성 향상**
김기훈¹, 류혜원¹, 박세용¹, 오대준¹, 정재훈¹, 류수민¹, 황유진¹, 박영권^{1,*}
(¹서울시립대학교 환경공학과, ²(주)이바이오 코리아)
- PB-43 **ZSM-5를 이용한 셀룰로오스와 폴리프로필렌의 촉매 혼합 열분해를 통한 방향족 탄화수소 생산 증진**
오대준, 류혜원, 박세용, 김기훈, 정재훈, 류수민, 황유진, 박영권*
(서울시립대학교 환경공학과)
- PB-44 **석탄 가스화기 운전온도 결정을 위한 회분용점 및 점도 특성에 대한 연구**
김량균*, 황민영 (포항산업과학연구원)
- PB-45 **Current and enhanced methane production by submersible microbial fuel cell in anaerobic digestion system at different**
Hoai Thi Vu, 민부기* (경희대학교 환경응용과학과)
- PB-46 **미생물전기분해전지를 이용한 생물학적 질산화에 미치는 암모니아 농도 및 인가전압 영향**
최대현, 민부기* (경희대학교 환경응용과학과)
- PB-47 **색을 띠는 TiO₂나노 구조체의 합성 및 특성 분석**
김나연, 이현경, 문종태, 주지봉* (건국대학교 화학공학과)
- PB-48 **IGFC 적용을 위한 합성가스 정제용 황 흡수제 개발**
권병찬¹, 이영진¹, 박노국¹, 강미숙¹, 이태진^{1,*}, 이승종², 홍진표³
(¹영남대학교, ²고등기술연구원, ³전력연구원)
- PB-49 **휘발성 유기화합물의 에너지화를 위한 톨루엔의 수증기 및 자열개질의 비교**
이영진¹, 권병찬¹, 박노국¹, 이승우¹, 이태진^{1,*}, 강석환², 홍범의², 김호²
(¹영남대학교, ²고등기술연구원)
- PB-50 **Effect of sulfur-functionalization methods of activated carbons on their mercury adsorption capacity**
Thi Phuong Thao Nguyen, Moon Hyeon Kim*, Yong-Seok Hong
(대구대학교 환경공학과)
- PB-51 **제철소 부생가스 이용 올레핀 생산 공정 적용을 위한 재질 고온 부식 연구**
오승천, 강석환, 류재홍, 김진호, 김효식 (고등기술연구원)
- PB-52 **비식용 해조류 바이오매스 적용 연속식 열분해시스템 장기 운전특성 연구**
곽연수, 장정희, 한기보* (고등기술연구원 플랜트엔지니어링센터)
- PB-53 **용매추출 아스팔트를 이용한 열분해 오일 제조에 관한 연구**
안민희, 곽연수, 장정희, 한기보* (고등기술연구원)

포스터세션 II (5)

- PB-54 **폐어망을 이용한 자연분해성 고분자 조성물 개발**
조혜란, 오유성* ((주)제영산업)
- PB-55 **흡착제 응용을 위한 중형기공성 알루미늄의 합성 및 기능화**
Huyen Thanh Vo, 김민기, 주지봉 (건국대학교 화학공학과)
- PB-56 **Adsorptive Separation of CO₂ and H₂S from natural gas using MIL-101(Cr)**
Phani B. S. Rallapalli, 윤형철, 범희태, 한상섭, 김종남*
 (한국에너지기술연구원 청정연료연구실)
- PB-57 **유독가스 흡착을 위한 비드형태의 알루미늄 흡착제의 합성**
김민기¹, 보 탄 휴엔¹, 박일건², 주지봉^{1,*}
 (¹건국대학교 화학공학과, ²(주)평화엔지니어링 R&D 연구소)
- PB-58 **나노구조 금속산화물을 이용한 초강산 촉매의 제조 및 특성 분석**
이경우¹, 이현경¹, 문종태¹, 박건희¹, 박일건², 주지봉^{1,*}
 (¹건국대학교 화학공학과, ²(주)평화엔지니어링 R&D 연구소)
- PB-59 **Effect of temperature on the functional properties of collagen and skin hydrolysate of bigeye tuna in subcritical water treatment**
Raju Ahmed, Byung-Soo Chun* (부경대학교 식품공학과)
- PB-60 **La_{0.1}Sr_{0.9}Co_{0.2}Fe_{0.8}O_{3-d} 촉매를 이용한 매립지 가스 내 미량 산소제거**
김민광, 이성운, 박정훈* (동국대학교)
- PB-61 **페롭스카이트계 물질을 이용한 산소 분리 공정 개발**
채진웅, 에드아르도 마뇨네, 박정훈* (동국대학교)
- PB-62 **무전해 도금을 이용한 Pd이 코팅된 α-Al₂O₃ 중공사막의 수소투과특성**
임수민, 신민창, 박정훈* (동국대학교 화학공학과)
- PB-63 **Water vapor separation using nanocomposite hollow fiber membranes with β-cyclodextrin encapsulated Magnetite nanoparticles**
Ali M. Abou-Elanwar^{1,2,3}, 전재덕¹, 최원길¹, Pravin G. Ingole⁴, 이형근^{1,2,*}
 (¹한국에너지기술연구원, ²과학기술연합대학원대학교, ³Engineering Research Division, National Research Centre, ⁴Engineering Science and Technology Division, CSIR-NEIST)
- PB-64 **초임계 이산화탄소와 에탄올 보조용매를 이용한 오미자로부터 회수된 Oil의 특성**
김창완¹, 허명록², Adane Tilahun Getachew¹, Periaswamy Sivagnanam Saravana¹, 전병수^{1,*} (¹부경대학교 식품공학과, ²하남대학교 화학공학대학)
- PB-65 **폐기물 가스화 합성가스의 수성가스전이반응용 Co/CeO₂ 촉매에 알칼리 및 알칼리 토금속 첨가에 따른 영향 연구**
김경진, 이열림, 장원준, 심재오, 전경원, 나현석, 김학민, 유성연, 안선용, 김범준, 조재완, 노현석* (연세대학교)
- PB-66 **Supercritical catalytic hydrodeoxygenation of bio-oil using supported transition metal catalysts**
Hoda Shafaghat, Pouya Sirous-Rezaei, Abid Farooq, 박영권*
 (서울시립대학교 환경공학과)

포스터세션 II (6)

- PB-67 톨루엔의 스팀개질반응에서 촉매 특성 연구
김진호, 김효식, 류재홍, 오승천, 강석환, 홍범의 (고등기술연구원)
- PB-68 초미세기포를 이용한 고농도 폐수 처리에 관한 연구
김진호, 강석환*, 우광재¹, 김동욱², 임병현², 김태훈³
(고등기술연구원, ¹에덴환경연구소, ²국립공주대학교 환경공학과, ³대신그린에너지(주))

2018년 한국청정기술학회
춘계 학술대회 초록집

3월 28일(수) 14:30 ~ 15:30

초청 강연

경주 The-K 호텔, 거문고C

초청 강연

지속가능한 미래도시 구상을 위한 기술과 가치

서용석, 카이스트 문술미래전략대학원

현재 세계 인구의 절반이 도시라고 불리는 공간에 살고 있다. 도시는 인류의 정착과 더불어 형성되었고, 이는 곧 인류 문명의 기원이 되었다. 기술의 혁명으로 대표되는 산업혁명은 급속한 대량 생산과 소비, 산업 노동력의 도시 집중 등을 초래하며 농촌의 붕괴와 ‘도시화’라는 현상을 만들어 냈다. 공간의 밀집과 팽창에 기반 한 산업문명은 기존의 문명을 혁명적으로 바꾸어 나가며 인류에게 풍요와 편리를 가져다주었다. 그러나 현재 인류는 이제 산업문명과 도시화가 초래한 ‘지속불가능성’의 위협에 직면해 있다. 대부분의 온실가스와 오염물질이 도시에서 배출되고 있으며, 에너지와 기타 자원의 대부분이 도시에서 소비되고 있다. 현재 인류는 역사상 가장 심각한 환경오염, 기후변화, 생태계 파괴, 자원고갈을 경험하고 있으며, 빈부격차의 확대, 삶의 질 저하, 인간소외 등이 커다란 사회문제로 대두되고 있다. 그리고 이러한 문제의 대부분이 도시로부터 기인하고 있으며, 도시의 중대한 문제로 발현되고 있다.

산업문명과 도시화가 초래한 지속불가능성은 기본적으로 불완전한 자본주의 체제와 물질문명의 편향적 발달에 기인한 것으로 이해할 수 있다. 문명이 시대의 정신이 담긴 그릇임을 생각할 때, 제도와 기술이라고 하는 유형의 해결책이 정신·가치적 측면과 더불어 실천될 때야 비로소 우리가 지향하는 지속가능성은 확보될 것이다. 무엇보다도 지금까지 풍요로움만을 추구했던 삶의 방식을 건강한 욕망을 전제로 한 절제된 소비로 전환시키는 노력이 필요하다. 이러한 문제의식 하에 본 연구는 인류문명의 지속가능성을 위협하는 여러 요인들을 우선적으로 파악하고자 한다. 그리고 이러한 현상들을 구조(이념, 체제, 제도), 세계관(가치, 규범, 사상), 인간 심리(기대, 욕망)라는 보다 심층적이고 입체적인 틀 속에서 이해해 보고자 한다. 이러한 이해를 바탕으로 지속가능한 신문명 미래도시를 위한 새로운 가치체계와 기술들을 탐색하고, 새로운 구조를 설계하는데 기초자료로 활용하고자 한다

2018년 한국청정기술학회
춘계 학술대회 초록집

3월 29일(목) 9:30 ~ 11:50

청정 일반

경주 The-K 호텔, 가야금A

CT-01

Optimal plant design for integrated biorefinery producing bioethanol and protein from *Saccharina Japonica* : A superstructure-based approach

Rofice Dickson¹, Jun-Hyung Ryu², Jay Liu¹,

¹Department of Chemical Engineering, Pukyong National University

²Department of Nuclear and Energy System, Dongguk University

Abstract

A superstructure based optimization methodology was proposed for maximizing the manufacturing process of a *Saccharina japonica* biorefinery. The goal was to determine the optimal flowsheet design maximizing the net present value by taking into account mass and energy balance constraints, capital and manufacturing costs. Several design alternatives at each biorefinery processing stage are considered by transforming the superstructure optimization into a mixed integer nonlinear programming (MINLP) problem. In order to efficiently compute the solution of the MINLP problem, separable programming technique is employed by approximating the initial MINLP problem to a mixed integer linear programming (MILP) problem. The results indicated that minimum ethanol selling price for optimal design is \$1.97/gal whereas net present value of \$61.5 million is obtained at current whole sale prices of products and raw materials. Sensitivity analysis was performed to identify further economics improvement. Finally, further research goals were proposed to accelerate the industrial implementation of economically viable brown algae biofuel supply chain.

CT-02

오염예방 효율 극대화를 위한 청정생산 기술 전략 연구

김진호*, 안상준, 전윤상
한국생산기술연구원

Study on Strategy for Next Generation Cleaner Production Technology

Jin Ho Kim, Sang Joon An, YunSang Jun
Korea Institute of Industrial Technology

본 연구는 사업장 내 공정에서의 청정생산에도 불구하고 발생하는 오염물질의 최소화를 위한 기술개발 전략을 제시하였다. 전략의 개발을 위해서 그간 투입된 정부의 정책과 기업의 수용 여부를 함께 고려하였으며, 최근 국내 산업, 특히 제조업을 둘러싼 여러 경제적, 환경적, 사회적 여건을 검토하였다.

연구의 착안점은 (1) 환경규제가 배출구 감시에서 생산현장까지 감독하는 수준으로 강화되었고, (2) IoT, 빅데이터 등 소위 4차 혁명 기술에 대한 접근이 용이해졌으며, (2) 다수의 개발도상국에서 우리나라의 청정생산 성공사례를 이전해줄 것을 요청하는 최근의 분위기로 볼 때 한국형 청정생산 모델을 제시할 시점이 되었다는 점이다.

연구는 다음의 두 가지 관점에서 진행되었다. 먼저 기존의 사업장 단위의 청정생산기술이 보다 높은 효율을 낼 수 있도록 IoT 기술을 접목한 모니터링, 자동제어 기술의 탑재를 모색하였다. 본 연구진이 에너지를 다량 소비하는 유틸리티에 모니터링 기능을 부착함으로써 여러 사업장에서 효율을 높인 사례를 통해 이러한 접근의 필요성을 확인하였다.

다음으로 사업장에서의 청정생산에도 불구하고 발생하는 폐열, 폐수, 폐기물을 타 사업장에서 사용하는 개념인 폐쇄순환형 생산을 제시하였다. 본 개념은 정부의 생태산업단지 정책에서 활용된 것으로 오염제거와 경제성이 높은 활동으로 인식되었으나 기술 측면에서 접근해오지 못했다. 따라서 그간 국내의 성공사례를 분석하여 기술로써 정리하였고, 특히 사업장이 밀집된 국내 산업단지의 특성을 고려하여 사업장 간 물질교환을 최적화할 수 있는 빅데이터 방식의 물질정보 시스템(폐쇄순환 그리드)을 제시하였다.

오염의 예방은 제품의 설계, 서비스의 도입 등 다양한 방법이 동원될 수 있으나 양적으로 가장 큰 오염 발생처인 사업장에 적용할 수 있을 뿐만 아니라, 기술적인 접근이 도외시되었던 물질교환을 기술적, 시스템적 관점에서 재조명한 것이 본 연구의 의의라고 할 수 있다.

참고문헌

1. 한국생산기술연구원, 「청정서비스 개발·확산기반 구축」, 2016
2. 산업통상자원부, 「환경친화적 산업구조 구축을 위한 종합시책」, 2013
3. Jinho Kim, "Consultation on Establishment of National Cleaner Production Center in Turkey", Knowledge Sharing Program, KDI, 2013
4. 김성덕, 전영건, 황수연, "청정생산 3.0, 진화하는 청정생산의 미래", KEIT 이슈리포트, 2013
5. 한국산업단지공단, 「EIP 우수사례집」, 2014
6. 한국생산기술연구원, 「지역예코혁신사업 성공사례집」, 2013~2016

CT-03

순환유동층보일러 석탄비산재의 희토류 분포 특성

김영진, 서준형, 백철승, 조계홍*¹
¹한국석회석신소재연구소Investigation of Rare Earth Elements in Coal Fly Ash from
Circulating Fluidized Bed CombustionYoung-Jin Kim, Jun-Hyung Seo, Chul-Seoung Baek, Kye-Hong Cho*¹
Department of Research and Development, Korea Institute of Limestone and Advanced
Materials¹

희토류원소(Rare Earth Elements, REE)는 영구자석, 광학 및 전자재료 등 다양한 산업소재로 활용되는 중요자원으로 첨단산업 발전에 따라 희토류 수요도 계속 증가하고 있다. 세계 희토류 시장은 대부분 중국이 지배하고 있는 구조로 희토류 소비가 높은 국가에서는 희토류 확보를 위한 전략적 대책을 마련하고 있다¹⁾. 미국에서는 공급 부족 위험도를 기준으로 일부 희토류원소를 중대전략물질로 분류하였으며, 석탄재(Coal Ash)로부터 미량의 희토류 성분을 회수하기 위한 연구를 진행하고 있다²⁾. 우리나라의 경우 석탄을 이용한 화력발전의 이용은 증가하고 있으나, 석탄재로부터 희토류원소를 회수하는 연구는 부족한 실정이다¹⁾.

이에 본 연구에서는 석탄비산재(Coal Fly Ash)로부터 희토류 회수를 위한 기초자료 확보를 목적으로 국내 순환유동층보일러(Circulating Fluidized Bed Combustion, CFBC) 발전소에서 발생하는 비산재의 희토류 성분, 함량 및 분포를 확인하였다. 실험대상은 발생지역이 다른 3종류의 석탄비산재이며, 희토류원소는 유도결합플라즈마 질량분석기(Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer, ICP-MS)를 이용해 확인하였다. 3종류의 석탄비산재에 포함된 희토류의 총함량은 169 ~ 344 ppm로 확인되었으며, 발생지역에 관계없이 경희토류(Light Rare Earth Elements, LREE)의 함량이 높게 분포하는 특성을 나타내었다.

감 사

이 논문은 2017년도 정부(과학기술정보통신부, 환경부, 산업통상자원부)의 재원으로 한국연구재단-탄소자원화 국가전략프로젝트 사업의 지원을 받아 수행함. (No. 2017M3D8A2086018)

References

1. Park, S. -U. et al., "Evaluation of Some Rare Metals and Rare Earth Metals Contained in Coal Ash of Coal-fired Power Plants in Korea", *J. Korean Inst. Resources Recycling*, 24(4), 67-75 (2015).
2. Seredin, V. V., and Dai, S., "Coal deposit as potential alternative sources for lanthanides and yttrium", *Int. J. Coal Geol.*, 94, 67-93 (2012).

CT-04

국내외 호환가능한 물발자국 산정방법 개발 연구

김선욱, 이한웅*, 조서원, 안재현, 연성모¹
한국생산기술연구원 국가청정생산지원센터, ¹(주)에이치아이피

A Study on Compatible Methodology with Domestic and Foreign for Water Footprint Assessment

Sun Uk KIM, Han Woong LEE*, Seo Weon JO, Jae Hyun AHN, Sung Mo YEON¹
Korea Institute of Industrial Technology, ¹H.I.Pathway Co., LTD.

물발자국은 EU가 추진하고 있는 자원순환형 유럽사회 구축을 위한 로드맵(Roadmap to a Resource Efficient Europe)을 바탕으로 제시된 친환경제품 시장통합정책(Single Market for Green Product initiative)의 중요한 구성요소이다.

2014년 7월 EU 회원국의 주도로 물발자국 산정 국제표준(ISO 14046)이 제정되었으며 우리나라도 한국 산업표준(KS I ISO 14046)으로 2015년 4월 부합화를 완료하였다. 국제표준(ISO 14046)에 기반을 둔 인증 제도가 도입되는 경우, 기반을 갖추지 못한 인도, 베트남 등의 개도국에게는 수출시 무역장벽이 될 수 있으므로 우리나라는 이를 역이용하기 위한 전략을 수립해야 한다. 한편, 물발자국은 전과정평가(LCA)를 적용한 유사 발자국(예, 탄소발자국)인증과 비교할 때 국지적(Local) 환경영향을 고려하도록 되어 있어, 우리나라에서 생산 및 제조되는 제품들은 우리나라 수역에 미치는 영향을 고려해야 한다.

따라서 물발자국 산정방법은 국내외 호환을 위해 표준에 적합해야 하며, 우리나라의 물 환경을 고려하기 위해서 우리나라 적합한 물발자국 산정계수들의 도출이 필요하다. 이를 위해 이 연구에서는 국제표준을 바탕으로, 현재 국내·외에서 진행된 물발자국 산정연구를 검토하여 우리나라에 적합한 물발자국 산정방법 및 DB 구축 방법을 제안하였다. 또한 국내 기존 물 자원 정보를 바탕으로 물발자국 환경영향 범주지표별 환경영향지수를 산정하여 제품 물발자국 산정에의 적용가능성을 모색하였다.

참고문헌

1. Arjen Y. Hoekstra et al., The Water Footprint Assessment Manual Setting the Global Standard, 2014
2. Boulay et al., Regional Characterization of Freshwater Use in LCA: Modeling Direct Impacts on Human Health Environmental Science & Technology, 2011
3. Berger M et al., Water Accounting and Vulnerability Evaluation: Considering Atmospheric Evaporation Recycling and the Risk of Freshwater Depletion in Water Footprinting. Environ. Sci. Technol. 2014
4. ISO 14046:2014 Environmental management – Water footprint – Principles, requirements and guidelines
5. ISO 14073 Environmental management – Water footprint – Illustrative examples on how to apply ISO 14046

CT-05

균일용액침전법을 이용한 합성시간에 따른 $BaMnAl_{11}O_{19-6}$ 의 영향

박지윤, 정유식¹, 이영우*
 충남대학교 에너지과학기술대학원, ¹(주)지엔티엔에스(GNTNS)

Effects of $BaMnAl_{11}O_{19-6}$ on the Precipitation Time Using a Homogeneous Precipitation

Ji Yun Park, You Shick Jung¹, Young Woo Rhee*
 Graduate School of Energy Science and Technology, Chungnam National University
 99, Daehak-ro, Yuseong-gu, Daejeon 34134, Korea,
¹GN Technology & Solution
 4620, Hoguk-ro, Galmal-eup, Cheorwon-gun, Gangwon-do 24047, Korea

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 NOx 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 헥사알루미늄네이트 복합화합물 구조의 촉매는 1300°C 이상의 고온에서도 넓은 표면적을 유지하여 뛰어난 열적 안정성을 보인다[1,2]. 알루미늄 담체에 금속원소를 첨가하여 알루미늄의 고온 결정성장이 나 상변이를 지연시켜 고온 내열성을 향상시킬 수 있다. Ba나 Sr이 첨가된 헥사알루미늄네이트 구조는 1200°C 이상의 고온에서도 높은 내열성을 가지고 있는 것으로 보고하였다[2,3]. 또 헥사알루미늄네이트 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 헥사알루미늄네이트를 제조하였다. 고온 활성을 높이기 위하여 헥사알루미늄네이트 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).

CT-06

20톤/급 왕겨 가스화 발전 시스템 개발 및 발전 특성 연구

박성진, 손성혜, 라호원, 윤상준, 문태영, 문지홍, 윤성민, 김용구, 이재구, 서명원*
한국에너지기술연구원

Air gasification and power generation characteristics of 20 TPD rice husk fluidized bed gasifier

Sung Jin Park, Seong Hye Son, Ho Won Ra, Sang Jun Yoon, Tae Young Mun, Ji Hong Moon,
Sung Min Yoon, Yong Ku Kim, Jae Goo Lee, Myung Won Seo*
Korea Institute of Energy Research,

왕겨는 대표적인 농부산물 바이오매스로서 전 세계에서 1억4천만톤이 생성되며 국내에서는 약 70만 톤에 이를 만큼 수확량이 많으나 사용처로는 퇴비, 축사용 깔개용 등 단순하게 활용되어 왔다. 기포유동층 가스화 발전 시스템을 개발하여, 왕겨를 에너지원으로 이용하면 고부가가치화 할 수 있는 장점이 있다. 본 연구에서는 20ton/day급 기포유층 가스화 반응기를 개발하였으며, 층물질은 평균 입도가 450 μ m인 Silica sand를 사용하였다. 유동층 가스화 발전 시스템은 왕겨 공급장치, 기포유동층 가스화 반응기, 싸이클론, 1차 및 2차 응축기, U자형 스크러버, 가스엔진 등으로 구성되어 있다. 조업조건은 반응 온도 700-800 $^{\circ}$ C, ER(당량비) 0.19-0.35였으며, 가스화 반응을 통해 생성된 합성가스를 분석하여 합성가스 조성, 합성가스 저위 발열량, 냉가스 효율 등 계산 및 비교를 통해 ER 0.19가 최적의 조업조건임을 확인하였다. 합성가스의 평균 H₂=4.3%, CO=22.1%, CH₄=6.9%, CO₂=22.1% 수준을 보였고, 저위 발열량 1373kcal/Nm³, 냉가스 효율 66%를 달성하였다. 본 연구를 통해 안정적으로 합성가스를 생성하였고 가스엔진 구동을 통한 전력 생산 실증을 확인하였다.

참고문헌

1. Hiloidhari, M., and Baruah, DC., "Crop residue biomass for decentralized electrical power generation in rural areas (part 1): Investigation of spatial availability," *Renew Sustain Energy Rev.*, 15(4), 1885-1892 (2011).
2. Kook, J.W., Choi, H.M., Kim, B.H., Ra, H.W., Yoon, S.J., and Mun, T.Y. et al., "Gasification and tar removal characteristics of rice husk in a bubbling fluidized bed reactor," *Fuel.*, 181(1), 942-950 (2016).

CT-07

매체순환식 가스연소반응에서 Ni 종류 및 Mg 함량이 다른 산소전달입자의 반응특성 및 반응모델 비교연구

박지혜, 황라현, 백점인¹, 류호정², 이광복^{3*}충남대학교 에너지과학기술대학원, ¹한국전력연구원, ²한국에너지기술연구원, ³충남대학교 화학공학교육과

A Comparative Study on the Reaction Characteristics and Kinetics of Ni type and different Mg content Oxygen Carriers for Chemical Looping Combustion

Ji Hye Park, Ra Hyun Hwang, Jeom-In Baek¹, Ho-Jung Ryu², Kwang Bok Yi^{3*}

Graduate School of Energy Science and Technology, Chungnam National University,

¹Korea Electric Power Corporation Research Institute (KEPCO RI),²Korea Institute of Energy Research (KIER),³Department of Chemical Engineering Education, Chungnam National University

매체순환식 가스연소(CLC, Chemical Looping Combustion) 기술은 이산화탄소 포집 기술(CCS, Carbon Capture and Storage) 기술 중 하나로 별도의 분리설비 없이 고농도의 이산화탄소를 원천적으로 분리할 수 있다. 반응기는 연료 반응기와 공기 반응기로 이루어져 있으며, 매체(산소전달입자)는 두 반응기 사이를 반복적으로 순환한다. 산소전달입자는 연료 반응기에서 연료가스(CH₄, CO, H₂)에 의해 환원되고 공기 반응기에서 산소에 의해 산화된다. 연료 반응기에서 생성되는 기체는 이산화탄소와 수증기로 수증기만 응축하면 고농도의 이산화탄소를 얻을 수 있다. 사용되는 산소전달입자는 주로 니켈, 철, 구리 등의 금속산화물이 있으며 일반적으로 물리적 강도를 확보하기 위하여 지지체를 첨가하여 사용된다. 반응기의 설계 및 조업조건의 결정, 산소전달입자의 장입량 등을 결정하기 위해 산소전달입자의 반응특성 및 반응속도를 해석하는 것은 매우 중요하다. 본 연구에서는 산소전달입자로 니켈을 사용하였으며 니켈의 종류 및 첨가제인 마그네슘의 함량이 다른 세 종류의 산소전달입자를 사용하였다. 열 중량분석기(TGA)를 사용하여 반응가스 농도 및 온도 변화에 따른 무게 변화를 측정하고, 산화 및 환원 반응의 특성을 해석하였다. 또한 반응특성에 적절한 반응모델(JMA, Johnson-Mehl-Avrami)을 적용하고 각각의 파라미터를 구하여 반응속도를 비교 및 분석하였다.

3월 29일(목) 10:30 ~ 12:10

오염 저감

경주 The-K 호텔, 가야금B

CT-08

코로나 플라즈마와 산화망간 촉매 복합공정에 의한 음식물쓰레기 발생 악취물질의 제거

송지현*, 강정희, 조준표
세종대학교 건설환경공학과

Removals of Odorous Compounds Emitted from Food Wastes using a Combined System consisted of Corona Plasma and Manganese Catalyst

Jihyeon Song*, Jeonghee Kang, Junpyo Cho
Department of Civil & Environmental Engineering,
Sejong University

초록

가정에서 분리배출되는 음식물류 폐기물은 유기물 농도와 함수율이 높아 수거용기 내부에서 쉽게 부패한다. 부패 과정에서 발생하는 유기산, 알데히드류, 휘발성 황화합물 등은 혐오스러운 냄새물질로 거주민에게 불쾌감을 유발한다. 이러한 악취물질은 음식물의 부패과정에서 필연적으로 발생하기 때문에 원천적인 차단은 거의 불가능하며, 따라서 수거용기 내부에 적용할 수 있는 효율적인 악취제거 장치의 개발이 요구된다. 코로나 방전 저온플라즈마 기술은 소형화가 가능하고 플라즈마의 구동에 소요되는 에너지가 매우 낮으며, 지속적인 악취 제거성능을 유지할 수 있어 음식폐기물 수거장치 내부에 설치하기에 매우 적합한 기술이라고 알려져 있다. 이에 본 연구에서는 소형 코로나 플라즈마 장치를 개발하여 음식폐기물 수거용기 내부에 적용하였다. 또한 음식폐기물의 부패과정에서 발생하는 다양한 악취물질을 동시에 저감하기 위해 코로나 플라즈마에 의해 생성되는 오존을 이용한 오존활성촉매를 플라즈마 후단에 설치하였다.

음식물류 폐기물 수거장치 내부 용적과 비슷한 480L 크기의 반응조에 음식폐기물에서 발생하는 대표적 악취물질인 황화수소, 암모니아, 아세트알데히드를 기상에 각 3 ppm 농도로 주입한 후 코로나 플라즈마 단독 공정 또는 산화망간촉매 결합공정의 오염물질 제거성능을 비교 분석하였다. 또한 동일한 반응조에 실제 가정에서 배출된 음식폐기물을 수거장치 내부에 넣고 코로나 플라즈마와 산화망간촉매 결합장치를 운전하면서 복합악취 제거성능을 평가하였다. 대표물질 실험에서 코로나 플라즈마만을 가동했을 때 3 ppm의 황화수소 및 암모니아는 실험시작 약 20분 내에 모두 제거되었으나, 아세트알데히드는 거의 제거되지 않았다. 그러나 코로나 플라즈마와 산화망간촉매 결합공정에서는 아세트알데히드가 1시간 이내에 모두 저감되었다. 실제 음식폐기물에 대해 악취제거 실험을 진행한 결과, 코로나 플라즈마 운전 후 황화수소 및 암모니아는 불검출 되었으며 아세트알데히드도 매우 낮은 농도로 저감되었다. 특히 내부 악취를 공기희석 관능법으로 분석한 결과 300배 이하의 낮은 악취강도를 나타내어, 본 연구에서 적용한 코로나 플라즈마 망간산화 촉매 결합공정이 음식폐기물 발생 악취의 제어에 효과적임을 확인하였다.

참고문헌

1. Ono, R., Oda, T., "Dynamics of ozone and OH radicals generated by pulsed corona discharge in humid-air flow reactor measured by laser spectroscopy," *Journal of Applied Physics*, **93**(10) 5876-5882 (2003).
2. Park, H. W., Lee C. H., Park D. W., "Removal of H₂S in air by corona discharge under continuous flow condition. *Journal of Physics: Conference Series*", **441**(1), 1-6 (2013).

CT-09

에폭시수지 생산업체에서 발생하는 고염폐수의 생물학적 폐수처리에 대한 연구

황열순¹, 황준호², 나병기³
미래환경1, ¹미래환경2, ²충북대학교3

Study on the Biological treatment of the saline wastewater from Epoxy Resin Producing Plant

고염의 특성을 지닌 폐수는 처리가 쉽지 않아서 증발 농축이나 소각과 같은 물리화학적 방법으로 처리하거나 물로 희석하여 염분도를 낮춘 상태에서 생물학적 처리 방법으로 처리되고 있다. 일반적으로 증발 농축이나 소각처리 방법은 에너지 비용이 많이 드는 단점이 있고, 희석을 통한 생물학적 처리 방법은 다량의 공업용수를 사용해야 하는 부담을 안고 있으며, 염분이 함유된 폐수의 특성상 미생물의 활성이 낮아서 일정 염분농도이상 증가하거나, 부하 증가 시에는 처리효율이 급감하게 되는 특징을 나타낸다.

이러한 고염 폐수의 생물학적 처리를 위해서 그 동안 몇몇 연구가 지속되어 왔으나 화학적 응집처리나 일반 활성오니법을 통한 내용에 국한되어 왔다. 또한 염분농도의 한계농도가 낮아 대부분의 연구가 염분농도 10,000 mg/L 이하이고, 염분함유 폐수의 COD 농도 역시 매우 낮은 수준이었으며, 회분식 반응기 조건에서 진행되었다.

염분 폐수는 석유화학공정, 수산물 가공공정, 피혁 공정 등 다양한 종류의 공정에서 발생하며, 시화산단에도 고염도의 폐수가 발생하는 공정이 다수 존재한다. 이러한 업체들은 대부분 희석처리를 하고 있으며, 많게는 원폐수의 10배 이상의 희석 용수가 희석처리에 사용되고 늘어난 물량으로 인한 폐수처리장의 부지 문제가 업체들에게는 부담스러운 현실이다.

본 연구에서는 염분폐수를 배출하는 여러 공정 중에서 특히 에폭시 수지를 생산하는 업체의 염분 폐수를 처리하기 위한 호염성 박테리아를 이용한 생물학적 처리방법을 연구하였다.

연구 결과로 염분 폐수 처리에 특화된 5 균주를 선별하여 동정하였으며, Lab-scale Continuous TEST를 통하여 염분도 3% 및 단위용적부하 2 kg CODcr/m³.day 조건에서 방류수의 법적 기준을 충족할 수 있는 폐수처리 방안을 개발하였다.

참고문헌

1. D.F.Kincannon,A.F.Gaudy,Jr.(1966) "Some Effects of High Salt Concentration on Activated Sludge.", JWPCF, Vol.38, p1148-1159.
2. S.Belkin,A.Brenner and A.Abeliovich.(1993)"Biological Treatment of a High Salinity Chemical Industrial Wastewater.", WaterScienceand Technology, Vol.27, No.7, p105-112.
3. Stewartet.al.,H.F.Ludwig & W.H.Kearns.(1962)"Effect of Varing Salinity on the Extended Aeration Process.", JWPCF, Vol.34, p1161-1177.
4. 문병현,윤조희,서규태,김상수(2001a) "염분의 농도가 유기물 제거 및 생물학적 Floc의 형태 특성에 미치는 영향" 대한환경공학회지, Vol.24, NO.2, p241-249.
5. 서미애,홍선희,김동주,박경미,안태석(2001) "하수처리과정에서 염분이 세균 군집에 미치는 영향" 대한환경공학회지, Vol.37, NO.2, p124-129.

CT-10

Passive sampler를 활용한 울산 석유화학단지 대기 및 악취물질 공간분포 평가

정의석, 김진완, 임문혁, 이수진, 정환용
(주)엔버스 부설기술연구소

Spatial Distribution Evaluation of Air and Odor Components in Ulsan Petrochemical Complex Using the Passive Sampler

Eui-Suk Jung, Jin-Wan Kim, Moon-Hyuck Im, Su-Jin Lee, Hwan-Yong Jeong
R&D Center, Envors Co., Ltd.

울산 지역의 경우 최초 2005년 3월 울산미포국가산업단지와 온산국가산업단지를 시작으로 여러 지역을 중심으로 악취관리지역으로 지정되어 있다. 특히, 울산 석유화학단지의 경우 다양한 업종의 석유 및 화학관련 업체가 밀집되어 있으며, 이로 인하여 주변 주거지역에 악취영향을 미치고 있다.

주요 악취발생 사업장에서 발생하는 악취의 경우 다양한 성분에 의한 복합적인 영향이 크며, 주요 악취발생원 별로 주변에 미치는 악취영향 특성 또한 다양할 것으로 판단된다. 특히, 다양한 배출원이 밀집되어 있는 산업단지 지역을 중심으로 공간적인 모니터링을 통하여 향후 산업단지 악취개선 효과 및 변화정도를 파악하기 위한 모니터링 방안이 필요하다.

이에 본 연구에서는 울산 석유화학단지 각 사업장 부지경계 및 인접한 주거지역을 중심으로 Passive sampler를 활용하여 대기질 및 악취 오염물질을 중심으로 공간적인 분포 현황을 측정하였으며, 각 오염물질별 공간적인 지도를 제작하여 향후 대기질/악취 오염물질 현황의 변화 정도를 판단하기 위한 기초자료를 확보하고자 하였다.

측정지점은 석유화학단지 부지경계 28개 지점, 주변 도로변 지역 12개 지점, 주변 주거지역 3개 지점 등 총 43개 지점을 중심으로 선정하였으며, 2017년도 봄(5월), 여름(8월), 가을(10월) 총 3회 계절별로 측정을 진행하였다. 측정항목은 암모니아, 황화수소, 알데하이드(9가지 성분), 휘발성유기화합물(8가지 성분), 아황산가스 등 20가지 항목을 중심으로 측정을 진행하였으며, 암모니아와 황화수소는 약 24시간, 이외에 항목은 약 한달 기간 동안 대기 중에 노출시켜 측정을 진행하였다.

암모니아 및 황화수소 농도는 전체적으로 낮게 평가되었으며, 알데하이드 성분의 경우 전반적으로 낮은 농도로 평가되었으나, 뷰티르알데하이드, 프로피온알데하이드, iso-발레르알데하이드의 경우 일부 지점에서 최소감지농도 이상으로 높게 확인되었다. 크로톤알데하이드와 벤즈알데하이드의 경우에는 산단 서쪽 지역에서 높게 분포하고 있음을 확인하였으며, 석유화학단지 특성이 반영되고 있는 사항인지 지속적인 모니터링이 필요할 것으로 판단되었다. 휘발성유기화합물의 경우에는 산업단지를 중심으로 높게 분포하고 있음을 뚜렷히 확인할 수 있었으며, 각각의 주요 성분이 높게 분포한 지점 및 지역을 중심으로 봄, 여름, 가을 모두 지속적으로 높게 분포하고 있음을 확인할 수 있었다. 특히, 각각의 주요 성분이 높게 분포한 지점 및 지역이 각 성분별로 상이함을 확인할 수 있었으며, 높게 분포하고 있는 지점 및 지역을 중심으로 배출원 파악 및 관리가 필요할 것으로 판단되었다. 연료사용량과 밀접한 관련이 있는 대기환경기준 항목 중에 하나인 아황산가스의 경우에는 울산 석유화학단지 동쪽 지역(풍하 방향)이 전체적으로 높게 분포하고 있음을 확인하였다. 향후 기타산업단지 지역을 포함하여 배출원 파악을 통한 기여 정도를 판단할 필요가 있으며, 지속적인 모니터링을 진행하여 향후 대기질 및 악취 개선 대책에 따른 변화 정도를 정량적으로 분석하고, 평가하는데 활용될 수 있을 것이다 .

사사

본 연구는 울산녹색환경지원센터의 2017년도 연구개발사업비 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. “MTV 산업단지 조성에 따른 대기질/악취 오염도 변화 공간분포 해석 및 개선성과 효과 분석 시스템 개발, 시흥녹색환경지원센터(2016).
2. 정의석 외 5인, “Passive sampler를 활용한 산단 공장 및 주변지역 악취물질 평가, 한국청정기술학회 춘계 학술대회 초록집, pp. 47(2013).

CT-11

습식 저온 플라즈마와 망간 촉매를 이용한 음식물 폐기물 악취 제거

노동훈^{a,1}, 류혜원^{a,1}, 송민영^{a,1}, 류수민^{a,1}, 오대준^a, 정재훈^a, 박세용^a, 김기훈^a, 황유진^a, 박영권^{*,a}
서울시립대학교 환경공학과. ^a

Removal of Food wastes odor using wet non-thermal plasma over Mn supported catalysts

Donghoon Ro^{a,1}, Haewon Ryu^{a,1}, MinYoung Song^{a,1}, Sumin Ryu^{a,1}, Daejun Oh^a, Jaehun Jung^a,
SeYoung Park^a, KiHoon Kim^a, Yujin Hwang^a, Young-kwon Park^{*,a}
School of Environmental Engineering, University of Seoul, Seoul 02504, Korea, ^a

¹Co-first authors

*Corresponding author: parkyk@uos.ac.kr, catalica@uos.ac.kr

수분이 많은 음식물 쓰레기의 악취는 습식 플라즈마를 이용하여 저감할 수 있다. 하지만 부산물로 오존이 생성되어 2차 오염을 유발한다는 문제점이 있다. 촉매를 이용하면 제거되지 않은 휘발성 유기화합물과 오존을 제거하여 대기오염을 방지할 수 있어 플라즈마와 촉매가 결합된 시스템에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 이 연구에서는 습식 플라즈마와 오존 분해능이 높은 망간을 담지한 천연 제올라이트를 이용하여 휘발성 유기화합물 및 오존 제거율을 향상시켰다. 음식물 폐기물에서 발생하는 악취가스와 유사한 환경에서 실험을 진행하기 위해 실제 음식물 수거함과 유사하게 100L 반응기를 제작하여 진행하였다. 코로나 방전 방식의 플라즈마를 사용하였고 전압은 10kV, 전류는 1.0mA로 유지시켰다. 또한 촉매 망간 담지량을 1~10wt%로 변화시키며 담지량에 따른 제거율을 분석하였다.

사사:

이 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단-나노·소재기술개발사업의 지원을 받아 수행된 연구임(No. NRF-2015M3A7B4049714)

CT-12

철이 도핑된 Aurivillius 상의 페로브스카이트 광촉매를 이용한 수중 메틸렌 블루 제거 연구

이치현, 심지수, 임동하*
한국생산기술연구원 에너지플랜트그룹

A Study of Degradation of Methylene Blue in Aqueous Solution using an Iron Doped Aurivillius-phase Perovskite Photocatalyst

Chi-Hyeon Lee, Jeessoo Sim, Dong-Ha Lim*

Korea Institute of Industrial Technology, Energy Plant R&D Group, Busan, Republic of Korea

염료는 주로 종이, 섬유, 음식, 가죽, 그리고 화장품 등과 같은 다양한 제품의 제조공정에서 많이 사용되며, 대표적인 수질오염 물질 중의 하나이다. 수중에 존재하는 몇몇 염료는 독성이 매우 강한 발암물질 또는 돌연변이 물질로 알려져 있다. 따라서, 제조공정에서 염료를 사용하고 난 후에 발생하는 염료폐수는 적절한 수처리 공정을 통해서 처리한 후 하천으로 방류할 필요가 있다.

현재까지 염료가 포함된 폐수를 처리하기 위하여 많은 기술들이 개발되어 왔으며, 그 기술들은 물리학적 방법, 화학적 방법, 그리고 생물학적 방법으로 구분된다. 이러한 기술들 중에서 물리적 방법은 근본적으로 염료성분을 분해하여 제거하는 것이 아니라 흡착 또는 여과를 통해서 물과 염료를 따로 분리만 할 수 있다. 생물학적 방법은 염료제거를 위해서 오랜 시간이 소요되고 넓은 부지가 필요하다는 문제점이 있다. 따라서 최근에는 염료성분을 이산화탄소 또는 물과 같은 무해한 물질로 분해하는 화학적 방법이 널리 적용되고 있다. 화학적 방법 중에서도 광촉매를 이용하여 수중 염료물질을 분해하는 기술이 최근 연구자들에게 각광을 받고 있다. Aurivillius 상의 페로브스카이트는 $[(\text{Bi}_2\text{O}_2)(\text{A}_{n-1}\text{B}_n\text{O}_{3n+1})]$ 의 형태로 구성되어 있고, 높은 이온전도도를 보유하고 있어 광촉매 물질로 많이 활용되고 있다. 또한 A와 B 성분을 다른 성분으로 교체하여 쉽게 밴드갭 (band gap)을 조절할 수 있어 가시광선 조사 하에서도 광촉매 활성이 가능하다는 장점이 있다. 본 연구팀에서는 이전 연구에서 Aurivillius 상의 $\text{PbBi}_2\text{Nb}_2\text{O}_9$ (PBNO) 페로브스카이트 광촉매를 간단한 고체상 반응 기법 (solid-state reaction)으로 합성하여 수중 메틸렌블루 제거 실험을 수행하였다. 그 결과, 외부의 제논램프 조사 하에서 180분 후에 89%의 메틸렌블루가 제거되는 것을 확인하였다. 최근 Singh 등은 페로브스카이트의 B 성분의 일정 비율을 Co, Mn, Fe와 같은 환원성 앞전이 금속 (reducible early transition metal)으로 교체하면 촉매 반응을 일으키는 산화환원 활성점이 형성되고, B 사이트에 존재하는 2개의 금속성분의 시너지 효과로 촉매활성이 향상된다고 보고하였다.

따라서 본 연구에서는 기존의 PBNO 광촉매에 Fe 성분을 일정 비율로 도핑한 광촉매 (PBFNOs)를 합성하여 수중 메틸렌 블루 제거 실험을 수행하였다. 그 결과, 외부의 제논램프 조사 하에서 120분 후에 대부분의 메틸렌 블루가 제거되는 것을 확인하였다. 따라서, 기존의 PBNO 광촉매 보다 PBFNO 광촉매가 가시광선 조사 하에서의 메틸렌 블루 제거 효율이 우수한 것으로 확인되었다. 또한 SEM/EDX, BET, XRD, TEM, UV-Vis와 같은 분석기기를 이용하여 합성한 광촉매의 물리화학적 특성을 분석하였으며, pH, 반응시간, 초기 메틸렌 블루 농도, 광촉매 사용량 등과 같은 실험 조건을 변화시켜가면서 메틸렌 블루 제거 실험을 수행하였다.

참고문헌

1. Singh C., Wagle A., and Rakesh M., "Doped LaCoO_3 perovskite with Fe: A catalyst with potential antibacterial activity", *Vacuum*, **146**, 468-473 (2017).
2. Moura K. F., Chantelle L., Rosendo D., Longo E., and Santos, I. M. G., "Effect of Fe^{3+} doping in the photocatalytic properties of BaSnO_3 perovskite", *Mat. Res.*, 1-8 (2017).

3월 29일(목) 09:00 ~ 12:00

청정 석탄

경주 The-K 호텔, 가야금C

CT-13

KIER 석탄 가스화 기술개발 현황

라호원, 윤성민, 서명원, 문태영, 문지홍, 윤상준, 김재호, 김용구, 이재구
한국에너지기술연구원 청정연료연구실

Development of coal gasification process in KIER

Ho Won Ra, Sung Min Yoon, Myung Won Seo, Tae Young Mun, Ji Hong Moon, Sang Jun Yoon, Jae Ho Kim, Yong Ku Kim, Jae Goo Lee
Clean Fuel Laboratory, Korea Institute of Energy Research (KIER)

석탄 가스화기술은 석탄을 보다 효율적이고 청정하게 이용할 수 있는 기술로 알려져 있다. 가스화 기술은 장치의 형태, 운전 방식등의 차이로 고정층, 유동층, 분류층으로 나누어져 기술개발이 진행됐다. 가스화 공정을 통해 생산된 합성가스는 CO, H₂가 주성분이며, 이러한 합성가스는 전환공정을 거쳐 전기, 합성석유, 합성 천연가스, 화학원료(Methanol, Ammonia)등 다양한 형태로 변환이 가능한 장점을 가지고 있다.^[1] 한국에너지기술연구원에서는 1980년대부터 석탄 가스화 기술에 대한 연구 개발을 시작하였으며, 습식 분류층 가스화기술을 중심으로 고정층, 유동층 가스화를 포함한 전반적인 가스화 기술에 대한 연구를 진행하고 있다. 주로 습식 분류층 가스화의 연료로 사용되는 석탄 슬러리 제조기술, Lab Scale 장치로 급속 열분해 조건을 구현하는 Wire Mesh Reactor, 가스화 특성 실험을 위한 Pressurized Drop Tube Reactor, 1.0ton/day급, 10.0 ton/day급 분류층 가스화기 설계, 제작 운전등의 연구를 통해 석탄 가스화 관련된 기본설계 자료 도출 및 최적 운영기술 개발등을 진행하고 있다. 대표적인 성과로 10.0ton/day급 분류층 가스화기의 가압 운전을 통해 합성가스 정제 공정인 Rectisol[®]공정과 Fisher-Tropsch 공정의 연계운전을 통해 Pilot급 합성 석유 생산 플랜트 기술개발을 진행하였다.

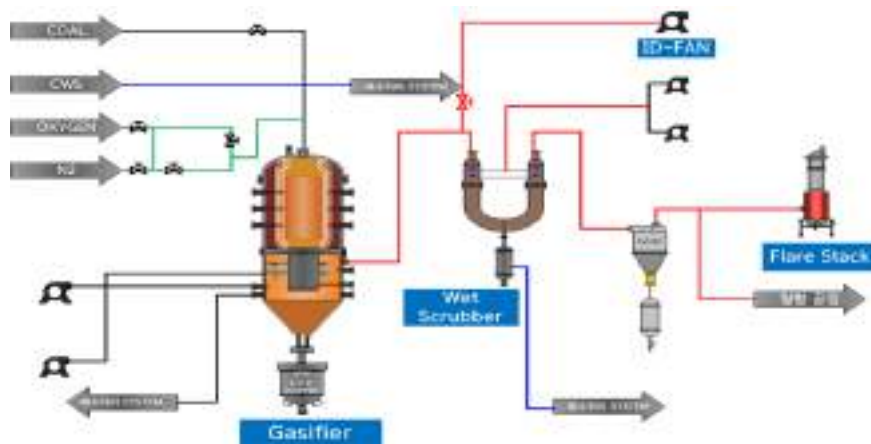


Figure 1. Schematic diagram of KIER gasification process.

참고문헌

1. Ronald W. Breault. Gasification Processes Old and New: A Basic Review of the Major Technologies. Energies 2010, 3, 216-240

록호퍼 시스템 대체용 고압 분체연료 주입장치 개발 (Ⅲ)

정석우^{1,*}, 김문현¹, 윤성필¹, 정기진¹, 정종선²
¹고등기술연구원, ²(주)세인트텍

Development of High Pressure Powder Fuel Feeding System to Replace Lock-hopper System (Ⅱ)

Seok Woo Chung^{1,*}, Mun Hyun Kim¹, Sung Pill Yoon¹, Ki Jin Jeong¹, Jong Sun Jung²
¹Institute for Advanced Engineering, ²SEINTEC

일반적으로 가스화플랜트를 포함하는 건식 분체주입 공정에서는 미분탄 등과 같은 분체시료의 연속적인 공급을 위하여 상압 조건으로 운전되며 사용할 분체시료를 저장하는 저장호퍼(storage hopper), 항상 반응기 운전압력보다 높은 고압상태로 운전되며 분체시료를 반응기에 기류수송 등의 방식으로 공급하기 위한 공급호퍼(feed hopper), 가압과 상압 상태를 반복하면서 상압 상태인 저장호퍼의 분체시료를 가압 상태인 공급호퍼로 계속 공급하는 역할의 록호퍼(lock-hopper) 등으로 구성되는 분체시료 공급시스템을 적용하고 있다. 하지만, 이와 같은 종래의 록호퍼 적용 건식 분체시료 공급시스템은 작동을 위해 고압질소를 이용한 가압 및 감압 장치, vent 되는 분진의 여과를 위한 고압 필터시스템, 시퀀스 제어를 위한 정압/차압 계측기 등의 추가적인 설비 연계가 필요하고 복잡한 절차에 따라 분체시료 주입이 이루어진다는 단점을 가지며, 이와 함께 연속식이 아닌 배치(batch)식으로 분체시료 주입이 이루어져 공급호퍼 내 일정한 레벨 유지가 불가능하고 록호퍼를 공급호퍼와 동일한 압력까지 가압하는 과정에서 지속적인 질소가스 사용이 필요하며, 분체연료 내 수분함량이 다소 높을 경우 브리징(bridging) 현상에 의해 록호퍼에서 공급호퍼로 분체연료가 내려오지 않는 문제점이 발생하고 있는 상황이다.

따라서 본 연구에서는 공급하고자 하는 상압의 분체연료를 기계적 작동에 의해 압축하여 공급하는 방식을 적용함으로써 고압 반응기 내부의 가스 역류를 방지함과 동시에 분체연료를 연속적으로 주입할 수 있는 연속식 고압 분체연료 주입장치 기술 개발을 추진하였다. 연속식 고압 분체연료 주입장치 개발을 위하여 체인 컨베이어 방식, 호로핀 체인 방식, 호로핀 체인 + plate 압착 방식 등 3종류의 prototype 분체연료 주입장치에 대한 제작/시험을 진행하여 각 설비별 상압/가압 조건에서의 주입속도별 주입량 변화 시험을 통해 운전특성 파악 시험을 진행하였다. 시험 결과 본 연구에서 개발한 분체연료 주입장치의 경우 하부 공급호퍼 10 bar 조건에서 미분탄을 이용하여 주입속도를 10 Hz, 20 Hz, 30 Hz로 변경하면서 두 번의 사이클 성능 시험을 진행하였을 때 주입량 오차율은 5% 이내인 것으로 파악되었다. 하지만, 가압 조건에서 plate 압착방식의 주입장치를 장시간 운전 시 압착 plate의 모서리가 고압호스를 지속적으로 누르면서 호스의 손상이 발생하는 것을 확인할 수 있었으며, 이에 대한 개선방안으로 고압호스 압착 방식을 다수개의 롤러핀(roller pin)이 누르는 방식으로 변경한 후 가압 조건에서의 시험을 실시하였다.

감사

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

CT-15

과열증기를 통해 건조된 석탄의 수분 재흡착 특성 분석

이용운, 박근영, 채태영, 이재욱, 양원*, 나익환¹, 김낙균¹
 한국생산기술연구원, ¹(주)한국테크놀로지

Characteristics analysis of moisture re-adsorption from dried coal using a superheated steam

YongWoon Lee, GeunYeong Park, TaeYoung Chae, JaeWook Lee, Won Yang*,
 IkHwan Na¹, NackGyun Kim¹
 Korea Institute of Industrial Technology, ¹Hankook Technology

국내 화력 발전소에 사용되는 아역청탄은 높은 수분 함량으로 인해 미분기 전력 소모량 증가와 연소 효율 감소의 문제점이 야기된다. 또한, 석탄 이송 배관 및 버너에 악영향을 미치게 되어 추가적인 유지보수 비용이 발생하게 된다. 고수분의 석탄은 화학적 건조, 열풍 건조와 과열증기를 통해 사전 건조하여 연소실에 투입하게 된다. 사전 건조된 석탄은 저탄장에서 보관시 대기중의 수분을 흡착하는 특성을 가지고 있어, 이를 명확하게 규명하는 연구가 필요하다. 본 연구에서는 기존의 석탄과 과열 증기를 사용하는 석탄 건조 장치를 통해 건조된 석탄의 수분 재흡착 특성을 비교 분석하였다.

본 연구에서 사용된 석탄은 인도네시아산 아역청탄으로 건조전 석탄의 수분함량은 약 37%이며, 건조된 석탄의 수분함량은 약 20%로 나타났다. 석탄의 재흡착 특성을 분석하기 위해 석탄에 임의로 물을 첨가하여 항온항습기 내에서 건조율을 분석하였다. 항온 항습기의 온도는 20-40°C로 국내 저탄장의 온도를 고려하였으며, 습도는 60%와 90%로 유지하여 봄, 가을 시즌과 여름 시즌을 모사하였다. 또한, 건조 과정에서 석탄 내부 구조의 변화 가능성을 확인하기 위해 비표면적, 공극율과 FTIR 분석하였다. 그 결과, 사전 건조된 석탄의 수분 재흡착성은 건조 전 석탄 대비 낮은 것으로 확인되었다. 또한, 석탄내의 수분의 함량이 높을수록 건조 경향은 크게 나타났다. 결론적으로, 실증 화력발전에서 과열 증기를 통해 건조된 석탄을 장기간 저탄장에 보관하여 사용할 경우 수분의 재흡착성이 낮아져 연소 효율 및 운전 안정성이 향상될 것으로 판단된다.

Wire Mesh Reactor를 이용한 석탄의 저온 영역에서 탈휘발 특성 연구

이석형¹⁾, 장진영^{1),2)}, 윤성민¹⁾, 서명원¹⁾, 문태영¹⁾, 문지홍¹⁾, 윤상준¹⁾, 이재구¹⁾, 김재호¹⁾, 김용구¹⁾, 라호원^{1),*}
 1)한국에너지기술연구원 청정연료연구실, 2)과학기술연합대학원대학교

Study of devolatilization characteristics of coal in the low temperature region using Wire Mesh Reactor

Seok Hyeng Lee¹⁾, Jin Young Jang¹⁾²⁾, Sung Min Yoon¹⁾, Myung Won Seo¹⁾, Tae Yong Mun¹⁾, Ji Hong Moon¹⁾, Sang Jun Yoon¹⁾, Jae Goo Lee¹⁾, Jae Ho Kim¹⁾, Yong Gu Kim,¹⁾ Ho Won Ra^{1),*}
 1)Clean Fuel Laboratory, Korea Institute of Energy Research (KIER)
 2)University of Science and Technology (UST)

석탄은 현재도 많은 곳에서 사용되고 있는 천연자원으로서 매장량 또한 다른 자원에 비해 풍부하며 다양한 국가에 매장되어 있다. 다양한 국가에서 수입되어져 오는 석탄들의 경우 각자 다른 특성을 가지고 있고 국내로 수입되어 화력발전소, IGCC 플랜트 등에 에너지원으로 사용되고 있다. 이러한 석탄들이 Coal Milling Drying(CMD)공정에서 건조, 분쇄과정에서 자연발화하는 현상이 발생하게 된다. 이때 Tar, Volatile과 생성되고 이는 CMD공정의 효율적인 운전을 방해하게 된다. 본 연구에서는 석탄의 자연발화 지점을 예측할 수 있는 Lab Scale 장치인 Wire Mesh Reactor, Thermo Gravimetric Analysis(TGA)를 이용하여 석탄의 자연발화 지점을 파악하기 위해 실험을 진행하였다. 실험 조건으로 N₂(1500cc/min) 분위기인 wire mesh 반응기에서 온도별 Voltage의 변화에 따라 발생하는 Char, Tar, Gas의 변화량을 분석하여 탈휘발 개시온도 지점을 측정하였다. 실제 측정한 탄종 SH, WH, KPU 탄의 경우 TGA, WMR을 비교해 본 결과 승온속도에 따라서 탈휘발 개시온도 지점을 WMR에서 좀 더 명확하게 확인할 수 있었다. 이러한 탈휘발 개시온도 지점을 예측하여 CMD공정의 효율적인 운전 조건 최적화와 가동율 향상이 가능할 것으로 예상된다.

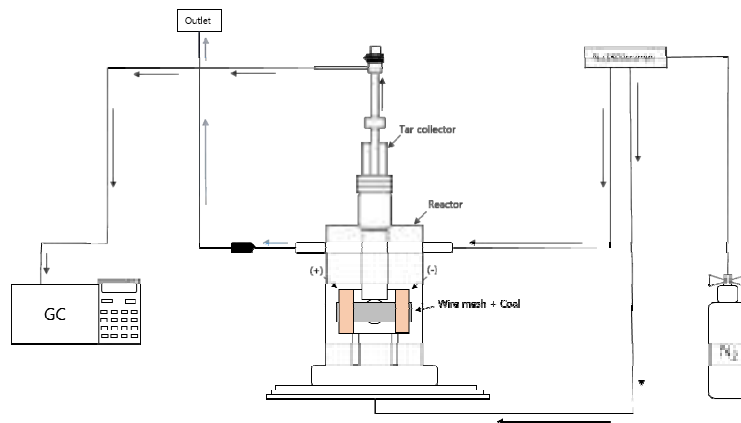


그림. Wire Mesh Reactor 개략도

참고문헌

1. Yanru Zhang et al. "Characteristics of biomass fast pyrolysis in a wire-mesh reactor", Fuel 200, 225-235, (2017).
2. 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).

CT-17

석탄/바이오매스 혼소 시 첨가제 종류에 따른 회분 점착 특성 연구

채태영, 이재욱, 이용운, 박유미, 양원*
한국생산기술연구원 고온에너지시스템그룹

Impact of additives on ash deposition rate during co-firing of coal and straw

Taeyoung Chae, Jaewook Lee, Yongwoon Lee, Yumi Park, Won Yang*
Thermochemical Energy System R&D Group, Korea Institute of Industrial Technology

Ash deposition becomes more and more important issues in pulverized coal power plants during biomass co-firing. It was already investigated that the reduction of ash deposition is essential for efficient operation of boiler. This study aimed to investigate the behavior of ash deposition in the heating surface area during co-firing of coal with biomass using two kinds of additives. The biomass used in this study was rice straw from Korea. A sub-bituminous coal (Indominco) mostly used at coal power plant in Korea was selected for this study. Several combustion experiments were carried out, such as: coal-firing, co-firing of coal with biomass and co-firing of coal and biomass with two selected additives. These additives are calcium carbonate (CaCO_3) and Ammonium sulfate ($[\text{NH}_4]_2\text{SO}_4$), each with 4 wt.% of the total fuel input for the respective cases. The co-firing ratio of straw was 30% based on the total thermal heat input. The experiments were conducted in 80 kW_{th} down-fired cylindrical furnace pilot scale furnace with an internal diameter of 400 mm and height of 2500 mm. The online ash deposition monitoring system was used to analyze ash deposit rate on the probe (diameter 1.5 cm) as online analysis. The measurement position in furnace performed directly under the flame in which average ambient temperature is about 1300°C.

In case of coal firing, ash was hardly deposited on the probe. However, during co-firing of coal and straw, it was observed that the ash deposited on the probe is higher than the coal only firing cases. This is mainly influenced by KCl in the straw. Addition of calcium carbonate to the co-firing fuel mix increased the ash deposit than co-firing case without additives. In case of ammonium sulfate, it was observed that ash deposit is significantly reduced and it's in similar condition to coal firing case. In this study, various analyses (elemental analysis, XRF, XRD etc.) were performed on the ash collected from each case.

CO₂ 활용 및 에너지저장을 위한 전력 메탄화시스템 개념 연구

주지선, 김영국, 전명훈, 김태균
한전 전력연구원 창의미래연구소

Conceptual Study of Power-to-Methanation system for CO₂ utilization and Energy Storage

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

P2G(Power to Gas) 기술은 출력변동성이 높은 풍력 및 태양광 등과 같은 재생에너지원의 증가로 인해 발생하는 전력계통에서 수용할 수 없는 잉여전력을 이용하여, 물을 전기분해하여 수소를 생산하거나, 생산된 수소(H₂)를 이산화탄소(CO₂)와 반응시켜 메탄으로 이용하는 기술이다. 특히 전력-메탄화기술은 기존에 구축되어있는 천연가스공급 인프라를 활용할 수 있고 변환된 메탄은 필요시 발전, 난방, 수송, 화학분야등에 직접 활용 할 수 있다는 이점을 가진다.

최근 정부가 발표한 '재생에너지 3020'에너지전환정책으로 태양광, 풍력등 재생에너지를 통한 전력생산의 확대가 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. 대표적인 전력 저장기술로는 플라이휠, 배터리저장, 압축공기에너지저장, 양수발전, 수소화저장 그리고 메탄가스화저장등이 있다. 이 중에서 메탄가스화저장은 대용량 신재생 에너지의 계통 연계와 관련하여 기존에 구축되어 있는 천연가스 배관망을 활용할 수 있어 저장용량 및 저장기간이 가장 큰 기술로 평가되고 있고, 열병합발전설비와 연계한 백업발전설비로 활용 가능성도 있다. 또한 이산화탄소(CO₂)의 활용의 측면에서 발전소에서 발생하는 이산화탄소(CO₂)를 원료로하여 메탄(CH₄)을 생성함으로써 대량 CO₂ 활용 수단으로의 이용 가능성이 크다.

한전 전력연구원에서는 CO₂ 활용 및 에너지저장 기술개발을 목적으로 2017년부터 2019년까지 생물학적 방법을 이용한 CO₂의 메탄화시스템을 개발중에 있다. 본 발표에서는 이러한 CO₂ 전환 메탄화시스템의 효율적 운영을 위해 필요한 에너지공급 및 에너지전환 기술을 검토하고, 이를 바탕으로 기본시스템 구성 방안을 제시하고자하였다.

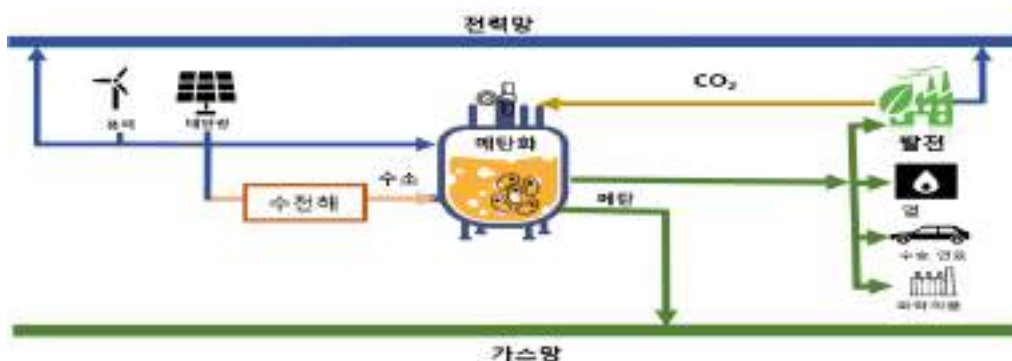


그림 1. 전력 메탄가스화 개요

참고문헌

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

CT-19

가압 순산소 연소 조건에서의 배가스 NO_x 및 SO_x 동시 저감 연구

테페라 젤라렘 툼사, 최석천, 목진성, 이영재, 양원* 이시훈
고온에너지시스템그룹, 한국생산기술연구원

A Study on simultaneous removal of NO_x and SO_x in flue gas from pressurized oxy-combustion

Tefera Zelalem Tumsa¹, Seuk Cheun Choi¹, Chinsung Mock¹, Youngjae Lee¹, Won Yang^{1,2*}, See Hoon Lee³

¹Thermochemical energy system group, Korea Institute of Industrial Technology

²Green Process and System Engineering, University of Science and Technology (UST)

³Mineral Resources & Energy Engineering, Chonbuk National University

가압 순산소 연소 기술은 산화제로 순산소를 사용하면서 동시에 화력발전 시스템의 gas side를 가압, 시스템의 콤팩트화를 달성하고 배가스의 증발 잠열 회수를 용이하게 하는 기술이다. 이를 위해서는 발전 시스템을 새로 설계, 개발하는 과정이 필요하며, 이를 통해 기존 retrofit 중심의 CO₂ 포집 기술에 비해 혁신적인 저비용화 달성을 가능하게 한다. 이 과정에서 SO_x 및 NO_x 의 거동이 기존 상압에서 운전되는 발전 시스템과 상이하게 되어 이 둘의 동시 저감이 가능할 수 있어 연구 측면에서 많은 관심을 받고 있다. 본 연구에서는 시스템 해석을 통하여 가압 순산소 연소 배가스의 NO_x 및 SO_x 거동 특성을 확인하고, 이를 동시에 저감할 수 있는 방안을 찾아내고자 하였다. 모델링을 위해서 고려되어야 하는 중요한 특성들로서 가스상, 액상, 기-액이 동시에 존재하는 상에서의 NO_x 및 SO_x chemistry를 고려하였고, 이 때 가스상의 압력, 흡수제인 물의 투입 유량, 물의 재순환 비율 등을 변화시켜가면서 NO_x 및 SO_x 저감 효율을 해석하였다. 공정 해석과 함께 현재 실험실 규모에서의 연구가 수행되고 있으며, 10 kW 급의 벤치 스케일 장치 구축이 진행되고 있어 이에 대해서도 간단하게 소개할 예정이다.

CT-20

석탄 가스화 생산 합성가스의 생물학적 공정 적용을 위한 반응기 개발

김효식¹, 김진호¹, 최광순¹, 오승천¹, 김수현¹, 류창국², 강성균³, 유영돈^{1*}
고등기술연구원¹, 성균관대학교², 한국해양과학기술원³

종래의 석탄을 사용하여 전기를 생산하는 석탄화력발전의 경우 환경문제를 유발하는 SOx, NOx와 기후변화의 원인 물질인 CO₂ 배출이 문제가 되어 왔으며, 이를 해결하기 위한 대안의 일환으로 석탄가스화력복합발전(IGCC, Intergrated Gasification Combined Cycle) 제안되었다. IGCC 기술은 석탄을 직접 연소하여 이용하는 대신 가스화 반응을 통하여 일산화탄소(CO)와 수소(H₂)가 주 성분인 합성가스를 생산하여 고효율이면서도 환경적으로 청정하게 발전할 수 있는 기술이다.

합성가스는 그 자체가 열원으로써도 적용이 가능할 뿐만 아니라 메탄올이나 왁스 등의 탄화수소 제품을 생산할 수 있는 원료로써도 사용이 가능하는 등 화학적 원료로써 활용이 가능하다.

본 연구팀은 이러한 합성가스의 활용방안 중 하나로써 미생물을 이용한 바이오 수소 생산을 위한 연구를 진행하고 있으며, 가스 분산판 방식을 이용한 미생물 기포탑 반응기를 개발하였다.

“이 논문은 해양수산부의 재원으로 해양생명공학기술개발사업(20150581, 해양 고세균이용 바이오수소 생산 실용화 기술개발) 연구개발비에 의해 수행되었습니다.”

CT-21

초초임계압 순환유동층 발전플랜트의 경제성 분석

(가) 이시훈¹, 이태희², 이종민^{2*}¹전북대학교, ²전력연구원

Economic analysis of ultra supercritical circulating fluidized bed power plant

(나) See Hoon Lee¹, Tae Hee Lee², and Jong Min Lee^{2*}¹Chonbuk National University, ²Korea Electric Power Corporation Research Institute

Recently circulating fluidized bed combustor (CFBC) has been regarded as a viable alternative to conventional pulverized coal combustor (PCC) for utility-scale coal power generation because of the best technology for fuel flexibility and supercritical(SC)/ultra supercritical(USC) steam circuit adaptability. The objective of this study is to analyze the economic feasibility of a 600MWe USC CFB boiler, in which coal from abroad would be used as fuel. After the demonstration and commercialization of SC CFBC units had succeeded up to 600MWe, USC CFBC have been widely developed in the world. Although high capital costs, high auxiliary power use, and technology maturity for USC CFBC have hindered the adoption of USC CFBC for utility power generation, the demand of more clean environments and energy conversion have driven to develop and adopt USC CFBC. The economic feasibility was evaluated in terms of R&D benefit, net present value(NPV), benefit/cost ratio(B/C ratio), and internal rate of return (IRR). Especially, the effect of coal tax on economic efficiency was analyzed.

니켈 담지 석탄회재 촉매의 타르 수증기 개질

장진영^{1,2}, 오건웅^{1,2}, 라호원², 서명원², 문태영², 문지홍², 윤성민², 김용구², 김재호², 이재구², 윤상준^{1,2*}
¹과학기술연합대학원대학교, ²한국에너지기술연구원

Tar steam reforming over nickel loaded Coal ash

Jinyoung Jang^{1,2}, gunung Oh^{1,2}, Howon Ra², Myungwon Seo², Taeyoung Mun², Jihong Moon²,
 Sungmin yoon², Yongku kim², Jaeho Kim², Jaegoo Lee², Sangjun Yoon^{1,2*}

¹Korea university of Science and Technology, ²Korea institute of Energy Research

석탄을 태우고 남은 석탄회재는 거의 대부분 시멘트를 제조하는데 사용되거나 매립되어지고 있다. 하지만, 석탄회재에는 촉매로 주로 사용되는 Al_2O_3 , SiO_2 , 전이금속, 알칼리 금속 및 토금속이 다양하게 포함되어 있다[1]. 바이오매스의 열화학적 공정에서 발생한 타르를 개질하기 위해 석탄회재를 촉매로 사용해 촉매 제조비용 낮추고 탄소침적 저항성이 우수한 촉매를 제조하였다. 석탄회재의 특성을 확인하기 위하여 두 가지의 석탄회재(TALDINSKY Ash(러시아), KPU Ash(인도네시아))에 함침법을 이용하여 Ni(12wt%)를 담지한 석탄회재 촉매를 제작하였다. 실험조건은 바이오매스 타르의 모사 타르로 톨루엔을 사용하였고 반응온도 500-800°C에서 GHSV 50,000h⁻¹을 기준으로 촉매의 양을 결정하여 실험하였다. 촉매의 성능을 비교하기 위해 톨루엔 수증기 개질에서 톨루엔 전환율을 보았을 때, 석탄회재 촉매가 일반적으로 많이 사용하는 Ni/ Al_2O_3 촉매와 비슷한 결과를 보여주었다. 톨루엔 수증기 개질 실험에 사용한 촉매들의 TG분석을 실시하였을 때, TALDINSKY Ash를 활용한 촉매가 다른 촉매들과 비교해 훨씬 적은 탄소 침적량을 발생했다는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 차이가 발생하는 이유는 석탄회재에 탄소 저항성을 높여주는 전이금속(Fe)과 알칼리 금속 및 토금속(Ca)이 많이 포함되어 있는데 특히 TALDINSKY Ash에 많이 존재하였기 때문이다. 이 결과로 석탄회재를 촉매로 사용할 수 있다는 가능성을 확인할 수 있었다.

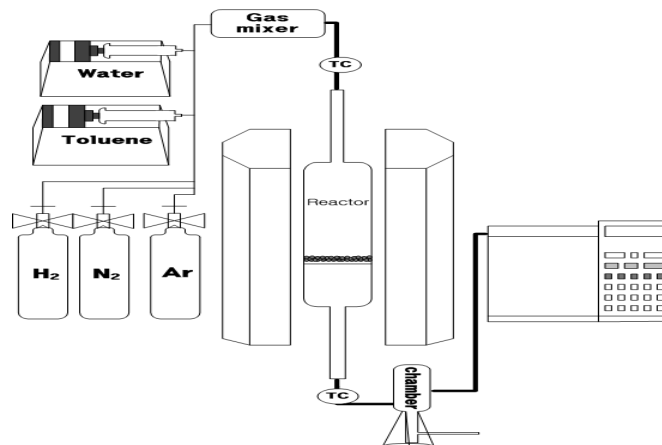


그림. 타르 수증기 개질 반응기 장치도

참고문헌

1. M. Balakrishnan et al., "Waste materials - catalytic opportunities: an overview of the application of large scale waste materials as resources for catalytic applications", Green Chemistry, Vol. 13, 16-24, (2011).

2018년 한국청정기술학회
춘계 학술대회 초록집

3월 29일(목) 09:00 ~ 12:10

청정 융합

경주 The-K 호텔, 가야금D

CT-23

온실가스의 개질로부터 수소 생산

노현석*, 장원준, 김학민, 유성연, 심재오, 전경원, 나현석, 이열림, 김경진, 안선용, 김범준, 조재완
연세대학교

Hydrogen production from reforming of two major greenhouse gases

Hyun-Seog Roh*, Won-Jun Jang, Hak-Min Kim, Seong-Yeun Yoo, Jae-Oh Shim, Kyung-Won Jeon,
Hyun-Suk Na, Yeol-Lim Lee, Kyoung-Jin Kim, Seon-Yong Ahn, Beom-Jun Kim, Jae-Wan Cho
Yonsei University

Due to increased carbon dioxide (CO₂) emissions and declining source of fossil fuels, the attention of carbon capture utilization (CCU) technology has been increased [1]. The carbon dioxide reforming of methane (CDR, CH₄ + CO₂ → 2CO + 2H₂) reaction has been proposed as one of the most promising technologies for the utilization of major greenhouse gases (CO₂ and CH₄) [2]. Supported Ni catalysts have been used for the CDR reaction for economical reasons [1-2]. However, these catalysts are easily deactivated due to coke formation, sintering of Ni metal, or both. Therefore, researchers have tried to enhance resistance to coke formation and the sintering phenomenon [1-3].

In this study, key properties of Ni based catalysts for the CDR reaction, which are related to catalytic performance are mainly focused. To understand the relationship between the physicochemical properties of catalysts and the catalytic performance, three different series of the catalysts are designed and are applied to the CDR reaction. The first one is Ni-Ce_{0.8}Zr_{0.2}O₂ catalysts containing various metal oxides (MgO, CaO, and La₂O₃) as a promoter. The second one is Ni-MgO-Ce_{0.8}Zr_{0.2}O₂ catalysts prepared by different preparation methods. The last one is Ni-MgO-Ce_(1-x)Zr_(x)O₂ catalysts with different CeO₂/ZrO₂ ratios. To investigate the physicochemical properties of the catalysts, various techniques such as X-ray diffraction (XRD), temperature programmed reduction (TPR), Brunauer-Emmet-Teller (BET) measurement, H₂-chemisorption, and temperature programmed desorption (TPD) are carried out.

참고문헌

1. Jang, W.-J., Jeong, D.-W., Shim, J.-O., Kim, H.-M., Han, W.-B., Bae, J. W. and Roh, H.-S. "Metal oxide (MgO, CaO, and La₂O₃) promoted Ni-Ce_{0.8}Zr_{0.2}O₂ catalysts for H₂ and CO production from two major greenhouse gases," *Renew. Energy*, **79**, 91-95 (2015).
2. Jeong, D.-W., Jang, W.-J., Shim, J.-O., Roh, H.-S., Son, I. H. and Lee, S. J. "The effect of preparation method on the catalytic performance over superior MgO-promoted Ni-Ce_{0.8}Zr_{0.2}O₂ catalyst for CO₂ reforming of CH₄," *Int. J. Hydrogen Energy*, **38**, 13649-13654 (2013).
3. Jang, W.-J., Jeong, D.-W., Shim, J.-O., Roh, H.-S., Son, I. H. and Lee, S. J. "H₂ and CO production over a stable Ni-MgO-Ce_{0.8}Zr_{0.2}O₂ catalyst from CO₂ reforming of CH₄," *Int. J. Hydrogen Energy*, **38**, 4508-4512 (2013).

CT-24

Comprehensive Assessment of seaweed-based biorefinery via biochemical conversion

윤준, 주창식, 홍성수, 이경범
부경대학교 화학공학과

Abstract

Brown algae *Laminaria japonica* is the most cultivated seaweed species with a large potential for sustainable biofuel and bioenergy production. This study aims to evaluate the environmental impacts and economic viability of seaweed cultivation and utilization for biofuel production through biochemical conversion routes including the sugar platform (SP), methane platform (MP), and volatile fatty acids platform (VFAP). In the SP, bioethanol is produced through saccharification of carbohydrates and fermentation of produced sugars. In the MP and VFAP, methane and volatile fatty acids (VFA) are produced through anaerobic digestion of seaweed. In the MP, methane is utilized as fuel source in a boiler/turbogenerator for heat and power production. In VFAP, VFAs are recovered through extraction/distillation and then hydrogenated to mixed alcohols. All three processes are simulated in Aspen Plus v.8.8 to obtain heat and material balances. Simulation results along with data from literature and Ecoinvent V3 databases for seaweed cultivation, chemicals, nutrients, and waste treatment operation are used to obtain life cycle inventory. Then, life cycle models are developed in SimaPro V8.2 software for each process. The environmental impact categories considered include global warming potential, acidification, eutrophication, fresh water consumption, and non-renewable energy use. Results are used to identify bottlenecks, limitations, and main contributors to the environmental profile of each route and assess the potentials to reduce the emissions and enhance the sustainability of the production process.

CT-25

Dissecting microbial community shifts during co-digestion of Fat, oil and grease (FOG)

Mayur B. Kurade¹, Shouvik Saha¹, Sung-eun Chang¹, Byong-Hun Jeon^{1*}

¹Department of Earth Resources and Environmental Engineering, Hanyang University, Seoul, Republic of Korea.+

Fats, oils, and grease (FOG) from grease traps and interceptors is an abundant waste and is increasingly considered as a potential substrate for co-digestion to increase biogas production [1,2]. The FOG is energy-dense wastes that substantially increases biomethane recovery via their conversion through long-chain fatty acids (LCFAs) [3]. A better understanding of the ecophysiology of syntrophic LCFA-degrading microbial communities in anaerobic digesters is needed to develop operating strategies that mitigate inhibitory LCFA accumulation from FOG [4]. In this study, an anaerobic microbial consortium was constructed by exposing the normal anaerobic digested sludge to a high amount of FOG (5% v/v). During this operation, we assessed the microbial community shifts at different taxonomic levels to better understand the interactions between substrate digestion and microbial adaptations, and their link to reactor performance. Significant changes in microbial population dynamics were observed with the dominance of community possessing high resistance to FOG which are responsible for significant enhancement in methane production. The excessive addition of FOG inhibited the methanogenic activity during the initial phase of the experimental duration (until 32 d); however, the methanogens recovered from the earlier inhibition due to adsorption of LCFAs on the cell surfaces. The addition of FOG enhanced the cumulative methane production by 2775% compared to the control (without FOG). The metagenomic analysis was conducted at regular interval of anaerobic digestion. The phylum level analysis showed that, Proteobacteria were dominating before the addition of FOG; whereas, the during digestion of FOG the dominance of Proteobacteria was decreased with simultaneous increase of Firmicutes, Bacteroidetes, Synergistetes and Euryarchaeota. Among 40 dominant genera in FOG co-digestion, the species assigned to *Syntrophomonas* genus were increased to ~12% during LCFA degradation, which substantiates the importance of *Syntrophomonas* species in LCFA degradation in anaerobic co-digestion. Interestingly, the abundance studies of genera related to methanogenic communities indicated that, the dominance of *methanosaeta* population at the beginning of the co-digestion was significantly took over by the population of *methanosarcina* at the end of digestion. These results suggests that methane production was linked with high relative activity and abundance of syntrophic fatty acid oxidizers alongside the acetoclastic and hydrogenotrophic methanogens, signaling the importance of interspecies interactions in anaerobic co-digestion. Overall, these results suggest that syntrophic populations in anaerobic co-digestion can have different adaptive capacities, and that selection for divergent populations may be achieved by adjusting reactor operating conditions to maximize biomethane recovery.

Acknowledgment

A Korea of Energy Technology Evaluation and Planning (KETEP) grant funded by the South Korean government (MSIP) (No. KETEP-20163010092250) sustained this work.

References

- [1] Amha, Y.M., Sinha, P., Lagman, J., Gregori, M., Smith, A.L., "Elucidating microbial community adaptation to anaerobic co-digestion of fats, oils, and grease and food waste." *Water Research*, **123**, 277-289 (2017).

- [2] Ziels, R.M., Karlsson, A., Beck, D.A.C., Ejlertsson, J., Yekta, S.S., Bjorn, A., Stensel, H.D., Svensson, B.H., "Microbial community adaptation influences long-chain fatty acid conversion during anaerobic codigestion of fats, oils, and grease with municipal sludge," *Water Research*, **103**, 372-382 (2016).
- [3] Razaviarani, V., Buchanan, I.D., Malik, S., Katalambula, H., "Pilot-scale anaerobic co-digestion of municipal wastewater sludge with restaurant grease trap waste," *Journal of Environmental Management*, **123**, 26-33 (2013).
- [4] Ziels, R.M., Sousa, D.Z., Stensel, H.D., Beck, D.A.C., "DNA-SIP based genome-centric metagenomics identifies key long-chain fatty acid-degrading populations in anaerobic digesters with different feeding frequencies," *Isme Journal*, **12**(1), 112-123 (2018).

CT-26

Development of synthetic microbial consortium for biological conversion and bioenergy production

Changman Kim¹, Cho Rong Lee¹, Byong-Hun Jeon², Jung Rae Kim^{1,*}

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

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

The applications of biotechnology still remains as a challenge due to their relatively low productivity by using naturally evolved enzymes and pathways. Synthetic biology allows to overcome this limitation through anthropologically designed enzymes and pathways only for the improvement of productivity. Although many successes by genetically engineered single bacteria applying synthetic biology have been reported, microbial bioconversion in many cases is still short of industrial applications, especially in waste to value-added products conversion which requires the difficult and/or complex system. Here, we highlighted the bioconversion using defined and engineered multi-species microbial consortium for the conversion of waste materials, glycerol or carbon monoxide, to bioelectricity or volatile fatty acids. The results presented that the construction of synthetic microbial consortium enables to allow the production of bioelectricity or volatile fatty acids via defined co-culture system using division of labor of two bacteria which does not having whole pathways. Despite of still industrially un-sufficient results, we proposed novel strategies and models for the bioconversion of glycerol or carbon monoxide to bioelectricity or volatile fatty acid, at the first time.

References

1. Brenner, Katie, Lingchong You, and Frances H Arnold. "Engineering Microbial Consortia: A New Frontier in Synthetic Biology." *Trends in biotechnology* 26, no. 9 (2008): 483-89.
2. Brune, Karl Dietrich, and Travis Bayer. "Engineering Microbial Consortia to Enhance Biomining and Bioremediation." *Frontiers in microbiology* 3 (2012): 203.
3. Shong, Jasmine, Manuel Rafael Jimenez Diaz, and Cynthia H Collins. "Towards Synthetic Microbial Consortia for Bioprocessing." *Current Opinion in Biotechnology* 23, no. 5 (2012): 798-802.

CT-27

Effect of pH on the electrochemical degradation of phenol using a Pt/Ti anode electrode

Johanna Zambrano and Booki Min*

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

*Corresponding author: Phone: +82-31-201-2463; Fax: +82-31-202-8854.

E-mail: bkmin@khu.ac.kr (Booki Min)

Abstract

The effect of pH on the electrochemical phenol degradation has been evaluated using platinum supported on Ti electrode in an electrolytic batch cell. Various analysis methods such as phenol concentration, TOC, COD, cyclic voltammetry and total current efficiency were conducted to determine the performance of phenol degradation in the presence of Na_2SO_4 electrolyte. The phenol and COD removal rate were relatively higher at lower pH conditions (pH 3 and 5). At pH 5 condition, complete phenol removal was obtained after 24-h operation. However, COD was almost completely removed more than 250-h operation, possibly due to byproduct formations (benzoquinone and hydroquinone) during the phenol degradation. Cyclic voltammetry analysis indicated that there were formation of hydroxyl radicals and peroxydisulfates for phenol oxidation in the galvanostatic electrolysis. This study suggests that electrochemical oxidation with Pt/Ti electrode can be used as an enhanced treatment technology with optimized conditions (e.g. lower pH) to treat phenol-contaminated wastewater.

Key words: Electrochemical oxidation, Phenol, Pt/Ti, Na_2SO_4 electrolyte, pH, Wastewater.

CT-28

직수형 전해살균수 생성 시스템

고성윤, 후세인 피다, 강우창, 오상은*
강원대학교 식품환경융합학과

Electrolyzed disinfection water generation system connected with tap water

Seong-Yun Ko, Fida Hussain, Woo-Chang Kang, Sang-Eun Oh*

Department of Bioconvergence Science and Technology, Kangwon National University

기존 전해살균수 생성 시스템은 직수형이 아닌 저장조에서 전기분해하여 살균수를 얻는 방식이다. 이는 생성된 전해살균수 내 유리염소의 농도는 시간에 따라 저감되어 살균력이 저하되고 반응이 완료될 때까지 충분한 반응시간이 필요하다. 본 실험목적은 직수형식으로 제작되어 유리염소의 시간에 따른 농도 변화를 최소화하고 유입되는 수도물과 염화나트륨의 유량을 조정하여 얻고자하는 유리염소의 농도와 전기분해 유무에 따른 화학적 성상의 변화를 확인했다. 또한 시간에 따른 유출수의 pH, EC, ORP 변화를 측정하였다. 실험에 사용된 전극은 적층형 모듈로 제작된 Pt-coated 전극으로써 전극간의 간격은 약 3mm로 조정했으며 전류/전압은 약 750W로 설정했다. 전기분해반응조는 아크릴제질로 구성했으며 부피는 약 635ml로 만들었다. 수도물 유량은 2, 3, 5, 7L/min, 염화나트륨(250g/L)의 유량은 5, 10, 15ml/min으로 하여 반응조 내에서 혼합되도록 했다. 분석항목은 pH, EC, ORP, Cl^- , Free chlorine이다. 전기분해 유무에 따라 분석해본 결과, 전기분해시 pH, Free chlorine은 증가했고 EC와 Cl^- 는 변화가 미미했고 ORP는 감소했다. 전기분해 후 10분간 pH, EC, ORP를 분석해본 결과 pH의 경우 반응 전 pH보다 미미하게 높았으며 EC와 ORP는 크게 감소했다. 수도물의 유량이 증가함에 따라 pH, EC, Cl^- , Free chlorine은 감소했다. 이는 유량에 따른 변화는 반응조 내 혼합액의 염화나트륨 용액 농도가 변화하여 발생된 것이다. 염화나트륨용액의 유량이 증가함에 따라 pH, EC, Cl^- , Free chlorine은 증가했다. 전기분해를 하며 발생하는 미세 가스(수소 및 산소 가스)가 위와 같은 변화에 영향을 주었을 것으로 판단된다. 또한 Cl^- 이온의 감소량이 적은 것은 반응시간의 부족으로 보이며 이를 보완하기 위해 반응조 용적을 넓히고 체류시간을 늘려야 할 것으로 보여진다.

참고문헌

1. Pletcher, D., and Walsh, F. C., Industrial Electrochemistry, 2nd ed., Chapman and Hall, London, 2001, pp. 256-269.
2. Williams, A. C., Panagiotopolous, M. K., and Kenneth, H., "Supercritical Fluid Extraction," *Ind. Eng. Chem. Res.*, **39**(10), 4657-4665 (2003).
3. Berube, M. R., "Synthesis of Gel Membrane for Heavy Metals Removal," Ph.D. Dissertation, University of Rochester, New York, 2005.
4. Toomey, J. E., Jr., and Cluger, M. O., "Non-toxic spray paint," U.S. Patent No. 4,589,968 (2006).

CT-29

Facile synthesis of graphitic carbon nitride coupled with carbon dots for the photocatalytic degradation of bisphenol A using UV-LED (395 nm)

Kien Tiek Wong¹, Seogbeom Jang¹, Soyeon Yoon¹, Taegyung Kim¹, Youngmin Lee¹, Dongsoo Park¹, Min Jang^{1,*}

¹Department of Environmental Engineering, Kwangwoon University
minjang@kw.ac.kr, heejaejang@gmail.com

Photocatalysts, especially graphitic carbon nitride (GCN) is considered as one of the most appealing and promising materials for a broad range of environmental applications [1]. In this study, a facile hydrothermal method was developed to synthesize GCN coupled with carbon dots (CDs) (GCN-CDs). Through facilitating the electron transfer by CDs, the photocatalytic potential might be enhanced [2]. The hydrothermal process was conducted at various temperature and time to obtain the optimal condition for photocatalytic oxidation. Results from the batch experiments indicated that the GCN-CD hydrothermally prepared at 180°C for 12 h was the best in terms of degradation rate of BPA, while hydrothermal time higher than 12 h decreased the degradation speed. The overall results were compared with various spectroscopic analyses to deduce the possible mechanisms.

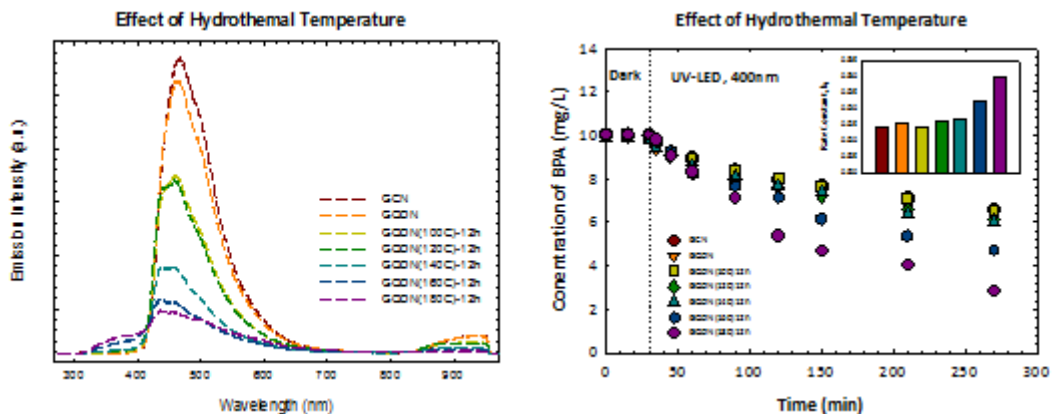


Fig 1. (a) Photoluminescence analysis and (b) kinetic experiment, inset (degradation rate k_1)

Reference

1. Wen, J., et al., A review on gC_3N_4 -based photocatalysts. *Appl. Surf. Sci.*, 2017. 391: p. 72-123.
2. Yu, B.Y. and S.-Y. Kwak, Carbon quantum dots embedded with mesoporous hematite nanospheres as efficient visible light-active photocatalysts. *J. Mater. Chem.*, 2012. 22(17): p. 8345-8353.

Acknowledgement

This work (Grants No. 2015000540009) was supported by Geo-Advanced Innovative Action(GAIA) funded by the Ministry of Environment and Korea Environmental Industry Technology Institute.

CT-30

The effect of calcium on the anaerobic co-digestion of fat, oil and grease (FOG)

El-Sayed Salama¹, Hoo Kim¹, Mayur B. Kurade¹, Byong-Hun Jeon^{1*}

¹Department of Earth Resources and Environmental Engineering, Hanyang University, Seoul, South Korea

Addition of readily available high strength organic wastes such as fats, oils, and grease (FOG) from restaurant grease abatement devices may substantially increase biomethane production from anaerobic digester (AD) at wastewater treatment facilities [1]. However, the AD process is very slow at high concentration of FOG due to inhibition of long-chain fatty acids (LCFAs), which are formed as a result of the lipid/FOG hydrolysis [2]. The mechanism of LCFAs toxicity is related to the adsorption of the surface-active acids onto the cell wall, which was reported to exert an acute toxic effect on the microorganisms involved in the β -oxidation and methanogenic pathways [3]. In order to overcome this limitation, this study has been conducted upon pre-treatment methods of the co-substrate to increase efficiency in FOG co-digestion. The highest CH₄ production were observed at 3.0 and 5.0 g L⁻¹ calcium (Ca²⁺), and it was higher than both control experiments (sludge only and sludge + FOG W/O Ca²⁺). Addition of 3.0 and 5.0 g L⁻¹ Ca²⁺ decreased the inhibition and toxic effects caused by LCFAs to the bacteria. Calcium is known to be essential for the growth of certain strains of methanogens which is also important in the formation of microbial aggregates [4]. Mixing the FOG with 7 and 10 g L⁻¹ Ca²⁺, decreased the biomethane production compared with control (sludge + FOG W/O Ca²⁺). Excessive amount of Ca²⁺ leads to precipitation of carbonate and phosphate resulting in scaling of biomass, reduction of methanogenic activity, loss of buffer capacity and essential nutrients for AD [5]. This study demonstrated that addition of Ca²⁺ to FOG was essential to improve the performance of AD. However, an overdose of Ca²⁺ was found to inhibit AD.

Acknowledgment

A Korea of Energy Technology Evaluation and Planning (KETEP) grant funded by the South Korean government (MSIP) (No. KETEP-20163010092250) sustained this work.

References

1. Long, J. H., Aziz, T. N., Francis, L., & Ducoste, J. J. Anaerobic co-digestion of fat, oil, and grease (FOG): a review of gas production and process limitations. *Process. Saf. Environ. Protect.* **90**, 231-245 (2012).
2. Kumar, S., Das, A., Srinivas, G. L. K., Dhar, H., Ojha, V. K., & Wong, J. Effect of calcium chloride on abating inhibition due to volatile fatty acids during the start-up period in anaerobic digestion of municipal solid waste. *Environ. Technol.* **37**, 1501-1509 (2016).
3. Ahn, J. H., Do, T. H., Kim, S. D., & Hwang, S. The effect of calcium on the anaerobic digestion treating swine wastewater. *Biochem. Engin. J.* **30**, 33-38 (2006).
4. Huang, J., & Pinder, K. L. Effects of calcium on development of anaerobic acidogenic biofilms. *Biotechnol. Bioengin.* **45**, 212-218 (1995).
5. Van Langerak, E. P. A., Gonzalez-Gil, G., Van Aelst, A., Van Lier, J. B., Hamelers, H. V. M., & Lettinga, G. Effects of high calcium concentrations on the development of methanogenic sludge in upflow anaerobic sludge bed (UASB) reactors. *Wat. Res.* **32**, 1255-1263 (1998).

CT-31

Development and validation of respirometer system based BOD method

Fida Hussain, Woo-Chang Kang, Seong-Yun Ko, Sang-Eun Oh*

Department of Biological Environment, Kangwon National University, Chuncheon, Kangwon-do,
South Korea

We reported a respirometer system based novel analytical method for the determination of BOD. The working principle of this method is based on the measurement of oxygen consumption by the aerobic microbes to oxidize biodegradable organic matter. The oxygen consumption is measured by photo sensors embedded in respirometer system. For the validation of proposed method, different concentrations of standard glucose glutamic acid (GGA) solution were analyzed to determine BOD values and linear relationship was observed between the concentrations (150 mg/l, 300 mg/l & 500 mg/l) and oxygen consumptions (14.66 ± 0.9 ml, 29.18 ± 0.091 ml & 36.99 ± 2.95 ml). Various high and low strength real wastewater samples have been tested for BOD values using standard method, manometric method and proposed method. The BOD values obtained from the RS method have shown good correlation (99%) with conventional and manometric BOD values. The conventional method is able provide just two data points (initial DO and final DO) but RS method is capable of providing online oxygen consumption data which can be helpful in finding bacterial growth lag phase and removal rates of various fractions of organic matter present in wastewater samples. more importantly, the RS BOD method has various advantages over conventional method as it required low dilution factor, need low working area, provide continuous data, required low sample volume and produce reproducible data. The main disadvantage of proposed method is purchasing of RS equipment which is expensive. Once the RS equipment is acquired there will be no further maintenance and operation cost.

참고문헌

1. APHA., standard methods of the examination of water and wastewater. APAHA, Washington,DC. 19th edition,(2012)
2. Caldwell, D. H. and W. F. Langelier. "manometric measuremnt of biochemical oxygen demand of sewage." Sewage works journal, 20(2): 202-218 (1948).
3. Jouanneau, S., L. Recoules, M. J. Durand, A. Boukabche, V. picot, Y. Primault, A. Lakel, M. Sengelin, B. Barillon and G. Thouand. "Methods for assessing biochemical oxygen demand (BOD): A revierw". Water Research, 49(supplement C), 62-82 (2014).
4. Pasco, N., K. Baronian, C. Jeffries and J. Hay. "Biochemical mediator demand- a novel rapid alternative for measuring biochemical oxygen demand." Applied Microbiology and bitechnology, 53(5): 613-618 (2000).

CT-32

Non-mediated electrofermentation of bio-alcohols at different concentrations of volatile fatty acids

Jose Gavilnaes, C. Nagendranatha Reddy, Booki Min*

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

*Corresponding author: Phone: +82-31-201-2463; Fax: +82-31-202-8854.

E-mail: bkmin@khu.ac.kr (Booki Min)

Abstract

Microbial electrosynthesis (MES) cells were performed to convert acetic and butyric acids into bio-alcohols by anaerobic mixed cultures. Four reactors were individually operated under different initial substrate concentrations of 2.0, 4.0, 6.0 and 8.0 g COD/l of a mixture of acetic and butyric acids at a ratio of 1:1 (based on COD concentration). Bio-alcohols production was achieved from the first day of operation, and among them, methanol was the more abundant product. Interestingly, no butanol production was detected under any of the operational conditions.

Highest production levels of bio-alcohols were detected within three days operation at the maximum values of 0.320 ± 0.026 , 0.437 ± 0.041 , 0.36 ± 0.04 and 0.43 ± 0.039 g COD/l for 2.0, 4.0, 6.0 and 8.0 g COD/l, respectively.

Bio-alcohols were recovered by 11.14%, 8.68%, 5.1% and 3.5% of the initial soluble COD under 2.0, 4.0, 6.0 and 8.0 g COD/l concentrations respectively. Most of the soluble COD was recovered in form of methane gas at all conditions; and significant non-converted volatile fatty acids accumulation was specially observed under 6.0 and 8.0 g COD/l conditions.

This study suggests that initial organic load of volatile fatty acids can affect the overall performance of the MES operation for alcohol production and pH variation is a critical factor, which determine the final conversion efficiency.

Key words: bio-alcohols, electrofermentation, microbial electrosynthesis, butyric acid, acetic acid, volatile fatty acids, mixed cultures, mediators.

CT-33

Environmental risks of sulfamethazine and sulfamethoxazole, and their preferential biodegradation from a mixture by a green microalga, *Scenedesmus obliquus*

Jiu-Qiang Xiong, Mayur B. Kurade, Hyun-Jo Ahn, Byong-Hun Jeon*

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

Sulfonamides were the first antibiotics to be used systemically for protecting humans and animals against infectious diseases. The increasing sulfonamide contamination in water worldwide has raised concerns due to its consequential ecological effects and related human health issues. Pollution by sulfonamides in groundwater, surface water, wastewater, and soil is common, as most of the antibiotics are excreted from the body through urine and feces without transformation [1]. Bioremediation is an environmentally friendly and cost-effective alternative to physico-chemical cleanup options [2]. Microalgae mediated bioremediation has gained research interests due to their endogenous catabolic systems, heterotrophic capabilities, role in the fixation and turnover of carbon, and their recovered biomass for the production of bioenergy [3,4]. This study investigated the environmental risks of two common emerging contaminants, sulfamethazine (SMZ) and sulfamethoxazole (SMX), and their mixture using a green microalga, *Scenedesmus obliquus*, as a test organism. The calculated EC₅₀ values of SMZ, SMX, and their mixture (11:1wt/wt) after 96 h were 1.23, 0.12, and 0.89 mgL⁻¹, respectively. The toxicity of the mixture could be better predicted using a concentration addition model than an independent action model. The risk quotients of SMZ, SMX, and their mixture were >1 during the experiment, indicating their high potential risks on aquatic microorganisms. Despite their toxicity, *S. obliquus* exhibited 17.3% and 29.3% removal of 0.1 mg SMZ L⁻¹ and 0.2mg SMX L⁻¹, respectively, after 11 days of cultivation. Substrate interaction was observed between SMZ and SMX, which showed a significantly improved removal of SMZ (up to 3.4 folds) when mixed with SMX (0.2 mg L⁻¹). The metabolic pathways of SMZ and SMX were proposed according to mass spectroscopic analysis, which showed four common metabolites (4-nitroSMX, desmino-SMX, benzenesulfonamide, and toluene sulfonamide), formed because of hydroxylation, methylation, nitrosation, and deamination.

Acknowledgment

This study was supported by National Research Foundation of Korea (NRF) grants funded by the Ministry of Education, Science, and Technology (MEST) of the South Korean government (No. 2017R1A2B2004143) and the Doosan Yonkang Foundation.

References

1. Schwarzenbach, R.P., Escher, B.I., Fenner, K., Hofstetter, T.B., Johnson, C.A., Gunten, U., Wehrli, B., 2006. The challenge of micropollutants in aquatic systems. *Science* 313, 1072-1077.
- Underwood, J.C., Ronald, W.H., Metge, D.W. Repert, D.A., Baumgartner, L.K., Smith, R.L., Roane, T.M., 2. Gillespie, I.M.M., Philp, J.C., 2013. Bioremediation, an environmental remediation technology for the bioeconomy. *Trends in Biotechnology* 13, 329-332.
3. Jiu-Qiang Xiong, Mayur B. Kurade, Byong-Hun Jeon, 2018. Can microalgae remove pharmaceutical contaminants from water? *Trends in Biotechnology* 36, 30-44.
4. Hwang J.H., Kim H.C., Choi J.A, Abou-Shanab R.A.I, Dempsey B.A., Regan J.M., Kim J.R., Song H.C., Nam I.H., Kim S.N., Lee W.J., Park D.H., Kim Y.J., Choi J.Y., Ji M.K., Jung W., Jeon B.H., 2014. Photoautotrophic hydrogen production by eukaryotic microalgae under aerobic conditions. *Nature Communications* 5, 3234.

CT-34

Improvement of fermentative hydrogen production using waste Fat, oil and grease (FOG)

Shouvik Saha¹, Sung-Eun Chang¹, Mayur B. Kurade¹, Do-hyeon Kim¹, Byong-Hun Jeon^{1*}

¹Department of Earth Resources and Environmental Engineering, Hanyang University, Seoul, Republic of Korea.

Discharge of Fat, oil and grease (FOG) from the food processing industries and slaughterhouses into the waste streams creates hindrance in the sewer systems and the cross-section of pipes and interceptors of the wastewater treatment plants due to its deposition [1, 2]. Wastewater usually contains FOG as a part of its major organic content at concentrations of 5-4570 mg L⁻¹ [3]. Approximately 98% of pipeline blockages and sewer overflow are occurred by FOG deposition each year in the United States. Despite of its negative effect, the lipidic nature of FOG can be convertible (95%) to biogas through anaerobic fermentation [4]. In this study, the improvement of the hydrogen production was investigated after the supplementation of FOG (10% wt/wt TS) in the anaerobic fermentation of domestic wastewater sludge. Hydrogen yield was significantly improved to 31 mL g⁻¹ VS_{utilized} during FOG fermentation, which was 57% higher than the control (20 mL g⁻¹ VS_{utilized}). Relatively higher hydrogen productivity (R_{max}) was also observed in FOG reactors (2 mL d⁻¹) with increased cumulative hydrogen production by 68%. Carboxylic chain elongation was occurred with the production of medium-chain carboxylates (MCCs) i.e. Isocaproate (16.35 mg COD L⁻¹) as another energy product during 22-days batch fermentation in the FOG reactors. The high-throughput sequencing analysis of 16S rRNA genes showed an insignificant difference in diversity and density of microbial population between the control and FOG reactors. Firmicutes, Bacteroidetes and Cloacimonetes were the dominant phyla in all reactors, indicating their predominant role in FOG utilization. Thus, supplementation of FOG improved the performance of the wastewater sludge microbiota toward enhanced hydrogen and MCCs production.


Acknowledgment

A Korea of Energy Technology Evaluation and Planning (KETEP) grant funded by the South Korean government (MSIP) (No. KETEP-20163010092250) sustained this work.

References

1. Wallace, T., Gibbons, D., O'Dwyer, M., and Curran, T. P., "International evolution of fat, oil and grease (FOG) waste management - A review," *J. Environ. Manage.* **187**, 424-435 (2017).
2. Pintor, A. M. A., Vilar, V. J. P., Botelho, C. M. S., and Boaventura, R. A. R., "Oil and grease removal from wastewaters: Sorption treatment as an alternative to state-of-the-art technologies. A critical review," *Chem. Eng. J.* **297**, 229-255 (2016).
3. Harris, P. W., and McCabe, B. K., "Review of pre-treatments used in anaerobic digestion and their potential application in high-fat cattle slaughterhouse wastewater," *Appl. Energy* **155**, 560-575 (2015).
4. He, X., Iasmin, M., Dean, L. O., Lappi, S. E., Ducoste, J. J., and de los Reyes, F. L., "Evidence for Fat, Oil, and Grease (FOG) Deposit Formation Mechanisms in Sewer Lines," *Environ. Sci. Technol.* **45**(10), 4385-4391 (2011).

3월 29일(목) 13:30 ~ 15:45



특별세션
초청정 석탄화력 발전기술

경주 The-K 호텔, 거문고C

CT-35

CO₂ 원천분리를 위한 Oxy-CFB 연소시스템

문태영^{1,2}, 조성호^{1,3}, 문지홍^{1,2}, 문종호^{1,3}, 박성진^{1,2}, 원황호⁴, 이재구^{1,*}
 한국에너지기술연구원¹FEP융합연구단, ²청정연료연구실, ³온실가스연구실,
⁴군산대학교 나노화학공학과

Oxy-CFBC system for CO₂ separation

Tae-Young Mun^{1,2}, Sung-Ho Jo^{1,3}, Ji-Hong Moon^{1,2}, Jong-Ho Moon^{1,3}, Sung Jin Park^{1,2},
 Nguyen Hoang Khoi⁴, on Jae-Goo Lee^{1,*}

Korea Institute Energy Research (KIER) ¹FEP convergence research center, ²Clean Fuel
 Laboratory, ³Greenhouse Gas Laboratory, ⁴Kunsan National University Nanochemical
 engineering department

기후변화의 주 원인 중 하나인 이산화탄소(CO₂)의 원천분리를 위한 방법들은 연소 전(Pre-combustion) 공정, 연소 후(Post combustion) 공정 및 순산소 연소(Oxy fuel combustion) 공정으로 나눌 수 있다.^[1] 석탄 화력발전 플랜트를 예로 들 때, 공기연소(Air-firing)를 통해 생성되는 배기가스 내 대부분을 차지하는 N₂, O₂, H₂O와 CO₂를 분리하는 공정이 연소 후 공정이라면, 공기 내 N₂와 O₂를 공기분리기(Air separation unit, ASU)에서 분리한 뒤, O₂와 연소 시 생성되는 CO₂를 재순환하여 O₂/CO₂가 혼합된 산화제를 이용하는 공정이 순산소 연소(Oxy-firing) 기술이다.

본 FEP융합연구단에서는 로 내 탈황 및 다양한 저급연료의 활용이 가능한 순환유동층 연소(Circulating fluidized bed combustion, CFBC)의 장점과 순산소 연소공정을 접목시킨 Oxy-CFBC system을 개발 중이며 대기오염 물질(De-SO_x, De-NO_x, De-dust) 저감기술과 연계된 고순도 CO₂ 생산 즉, CO₂ 원천분리 기술에 대한 연구를 진행하고 있다.

본 논문에서는 순산소 연소 조건에서 다양한 운전변수의 실험이 가능하도록 구축된 0.1 MW_{th}급 Oxy-CFBC system (Feeding system, CFB combustor, Two cyclones, Two heat exchangers, bag-filter, flue gas condenser, flue gas recirculation system, draft equipment, stack)에 대한 소개를 하고자 한다. 또한, 90 vol.% 이상의 CO₂ 원천분리를 위해서는 초기 air-CFBC mode로 운전하여 oxy-CFBC mode로 전환할 때 공기유입(Air-ingress) 최소화 및 공정 내 일정한 압력을 유지할 수 있도록 하는 안정적인 배기가스 재순환 공정이 중요한데, 이를 개발한 연구결과들에 대해서도 소개하고자 한다. 더불어, 바이오매스 에너지를 이용한 BECCS (Biomass energy carbon capture and storage) 기술^[2] 확보를 위해, wood pellet를 이용한 biomass firing과 coal과 wood pellet이 혼합된 co-firing 운전결과들(배기가스 조성: CO₂, O₂, CO, SO₂, NO, fly ash 내 unburned carbon content, 연소로 내 온도, 압력 프로파일)에 대해서 설명하고자 한다.

감사의 글

이 논문은 2015년 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 국가과학기술연구회 융합연구단 사업(No. CRC-15-07-KIER)의 지원을 받아 수행된 연구임.

참고문헌

1. "Oxy-combustion turbine power plans", ieaghg, Report: 2015/5, August 2015.
2. "The Global Status of CCS: 2017", Global CCS Institute, 2017.

CFB 보일러 및 발전소 운영 최적화 TOOL 개발 연구

김영도^{1,3}, 양창원^{2,3}, 방병열^{1,3}, 이은도^{1,2,3,*}
¹한국생산기술연구원, ²과학기술연합대학원대학교, ³FEP융합연구단

Development Study of Optimization TOOL of CFB Boiler and Power Plant

Youngdoo Kim^{1,3}, Changwon Yang^{2,3}, Byeongryeol Bang^{1,3}, Uendo Lee^{1,2,3,*}
¹Korea Institute of Industrial Technology, ²University of Science and Technology,
³Korea Institute Energy Research (KIER) ¹FEP convergence research center

순환유동층 보일러는 저 등급의 석탄, 바이오매스 등 고체 연료의 안정적인 연소가 가능하고 질소 산화물과 황 화합물의 오염물질 배출을 줄일 수 있는 친환경 보일러이다. 미분탄 보일러를 대체할 수 있는 하나의 대안으로 보급 및 확산이 증가되고 있으나, 이미 구축된 국내 상용 규모 발전 설비의 경우 설계, 운전, 최적화, 유지, 보수에 대한 지식과 경험이 부족하여 시간적, 경제적 손실이 빈번하게 발생되고 있다. 이에 따라 정확한 순환유동층 보일러의 이해, 발전 플랜트의 거동 분석, 운영 전략 수립이 필요해지고 있다.

본 연구는 다차원의 순환유동층 보일러 및 발전 플랜트 해석 프로그램을 연계하여 사용자에게 보일러 및 발전 공정을 보다 정확히 이해하도록 함과 동시에, 운영 최적화 TOOL을 공급하는 것을 목적으로 하고 있다. 운영 최적화 TOOL은 순환유동층 보일러의 수력학적 특성 및 연소 특성에 관한 1차원 해석을 우선 수행한다. 여기서 나온 결과는 시각화가 용이하고 직관적 해석 및 판단이 가능한 3차원 전산모사 해석의 경계 조건으로 사용하고 0차원의 플랜트 공정해석에 반영하여 보일러 운전 특성 변화가 전체 발전 플랜트 운전 에 미치는 영향을 확인한다. 0, 1, 3차원의 각기 다른 차원 해석 프로그램에서 도출된 해석 결과는 상호 반영하여 실제 현상에 좀 더 가까운 전산모사 결과를 얻을 수 있도록 최적화의 과정을 거친다. 또한 다중 프로그램을 상호 연계하는 Graphic User Interface (GUI)를 제공하여 어떤 사용자라도 최적화 TOOL에 쉽게 접근 및 이용 가능하도록 하였다.

본 논문에서는 최적화 TOOL의 구축 및 적용 사례를 소개한다.

Keyword: Circulation Fluidized Bed, Power Plant, Optimization, Computational Analysis

감사의 글

이 논문은 2015년 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 국가과학기술연구회 융합연구단 사업(No. CRC-15-07-KIER)의 지원을 받아 수행된 연구임.

CT-37

복합 저급연료를 이용하는 유동층 열병합 발전 기술

황윤태^{1,2}, 신종선², 박재혁^{1,2}, 선도원^{1,2,*}, 배달희^{1,2}, 현주수^{1,2}, 김정민¹
 한국에너지기술연구원 ¹FEP융합연구단, ²온실가스연구실

Circulating Fluidized Bed Co-generation Boiler Technology for Low Grade Mixed Fuel

Yuntae Hwang^{1,2}, Jong-Seon Shin², Jae Hyeok Park^{1,2}, Dowon Shun^{1,2,*}, Dal-Hee Bae^{1,2},
 Jusoo Hyun^{1,2}, Jeongmin Kim¹
 Korea Institute of Energy Research (KIER) ¹FEP convergence research center,
²Greenhouse Gas Laboratory

세계 및 국내 모두 폐기물 고품연료 시장의 확대에 따라 폐기물 고품연료의 수요가 지속적으로 확대될 전망이다 가운데 복합 저급연료 연소 유동층 열병합 발전 보일러 기술에 대한 전반적인 기술 동향과 그와 관련된 기술특징은 다음과 같다. 첫 번째 기술은 스크류피더를 이용한 고체연료의 정량공급시스템에 관한 것으로서 플라스틱, 우드칩, 왕겨 등과 같이 밀도는 낮고 압축성이 있으며 부피가 비교적 큰 고체입자를 반응기에 투입하되, 이러한 입자들이 압축되지 않은 상태로 공급될 수 있을 뿐만 아니라 역류하는 것을 방지한 스크류피더를 이용한 고체연료의 정량공급시스템에 관한 것이다.^[1] 두 번째 기술은 계단형 공기주입기를 갖는 유동층연소장치에 관한 것으로서, 고품화 연료(RDF: Refuse Derived Fuel)와 유동화 공기의 활발한 혼합을 유도하여, 보다 안정적이고 효율적으로 연소시키기 위해 계단형 연소로를 제공하고, 다수의 계단 상부에 내려앉는 유동화 물질 및 불연물의 퇴적을 방지하고자 다양한 위치에서 공기를 분사시켜 연소로 내에서 활발한 유동화 공정이 이루어지도록 한 유동층 연소장치에 관한 것이다.^[2] FEP융합연구단에서는 기존에 구축되어 있는 2 MW_e 유연탄 순환유동층 보일러에 위에 언급한 기술들을 적용하여 다양한 저급연료에 대한 대응이 가능한 시스템(연료 공급, 하부회 배출, 분산판 설비 등)으로 개발 및 연구를 진행하고 있다.

감사의 글

이 논문은 2015년 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 국가과학기술연구회 융합연구단 사업(No. CRC-15-07-KIER)의 지원을 받아 수행된 연구임.

참고문헌

1. Shun et al. (2007). Korean Patent No. 10-2007-0026017. "Determinate Quantity Feeding System of Solid Material by Screw Feeder". Korean Intellectual Property Office
2. Shun et al. (2011). Korean Patent No. 10-2011-0084152. "Fluidized bed combustion apparatus with stair type air supplier". Korean Intellectual Property Office

발전용 초초임계(USC)수 순환 기술

박재현*, 선도원, 배달희, 박재혁
한국에너지기술연구원 FEP융합연구단

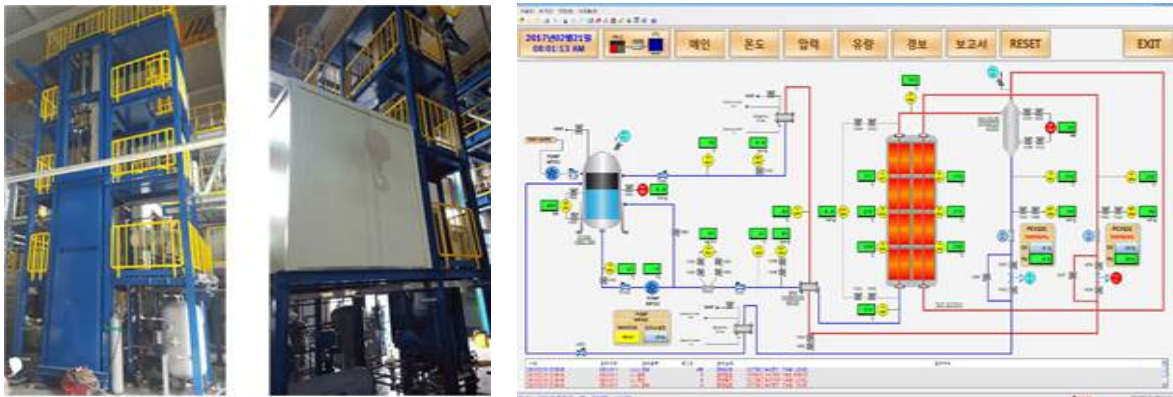
Development of Ultra-supercritical Fluid Circuit for Circulating Fluidized Bed Boiler

Jaehyeon Park*, Downon Shun, Dalhee Bae, Jaehyeok Park
Korea Institute of Energy Research (KIER) FEP Convergence Research Center

한국에너지기술연구원에 설치된 초초임계 유체회로(ultra-super critical fluid circuit) 장치를 사용하여 고온, 고압의 유체를 순환하였다. 연구의 목표는 600 °C, 300 bar 조건에서 초초임계 보일러용 스팀을 생산하여 열전달계수 등 설계 데이터를 확보하고 순환유동층 보일러의 스케일-업 장치에 적용하는 것이다.

실험은 고압의 스팀과 물, 2상의 흐름이 있는 test circuit에서 수행되었으며, [그림]에 설치된 장치의 사진과 HMI 화면을 나타내었다. 탈이온수(deionized water)가 흐름매체(flowing media)로 사용되었으며, 물의 일부는 바이패스를 통하여 물탱크로 돌아가고, 나머지는 정량화되어 열교환기로 가서 테스트 섹션에서 오는 유체의 열을 흡수하여 예열된 후 테스트 섹션에서 히터에 의해 2단에 걸쳐 가열된다. 테스트 섹션에서 나온 유체는 전술한 열교환기와 응축기에 의해 냉각된다. 유체는 38 liter/min의 유량으로 최고 600 bar까지 가압할 수 있는 고압펌프를 사용하여 가압하고, 최고온도 1,000 °C의 히터를 사용하여 승온하였다.

수직 상향의 2개 테스트 섹션은 각각 길이가 6 m이고, 튜브 평균내경은 15.2 mm이다.



[그림] 초초임계 유체회로의 사진과 HMI 화면

감사의 글

이 논문은 2015년 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 국가과학기술연구회 융합연구단 사업(No. CRC-15-07-KIER)의 지원을 받아 수행된 연구임.

참고문헌

1. Lyu, J., Yang, H., Ling, W., Nie, L., Yue, G., Li, R., Chen, Y., and Wang, S., "Development of a Supercritical and an Ultra-supercritical Circulating Fluidized Bed Boiler," *Front. Energy*, 1-6 (2017).

CT-39

순산소 석탄 순환유동층 연소시스템에서의 고효율 가스세정 기술

길상인^{1,2,*}, 윤진한^{1,2}, 최경구^{1,2}, 신지훈^{1,2}¹한국에너지기술연구원 FEP융합연구단, ²한국기계연구원

Gas Cleaning in Oxy-CFB Coal Combustion system

Sang In Kee^{1,2,*}, Jin Han Yun^{1,2}, Hyung Goo Choi^{1,2}, Ji Hoon Shin^{1,2}¹Korea Institute of Energy Research (KIER) FEP convergence research center,²Korea Institute of Machinery and Materials

순산소연소방식은 산소공급과 같이 효율 저하와 연관되는 여러 penalty 인자를 보유하고 있음에도 불구하고 고농도의 CO₂를 발생원에서 대량적으로 제거가 가능하다는 특징을 갖고 있어서 미래의 온실가스 문제 해결 방법 중의 하나로 생각되고 있다. 순산소연소는 CO₂ 분위기에서 연료의 산화반응이 진행되기 때문에 기존의 공기조건과는 다른 연소분위기가 만들어지며 유해물질 생성 구조에서도 변화가 예상된다. 순산소 연소시스템에서 유해물질의 농도는 CO₂의 회수 효율을 결정하는 중요한 인자가 된다.

본 연구에서는 연료다변화 및 저급연료의 활용이 가능한 순산소 순환유동층(Oxy-CFB) 연소장에서 질소산화물과 황산화물을 효과적으로 제어하는 실용화 방법에 대한 실험적 연구가 시도되었다. 실험은 0.1 MW_{th}급 Test-rig에서 실시되었으며 탈질을 위해 SNCR과 SCR에 의한 복합(hybrid) 세정을 적용하였다. 로 내에서 199 ppm이던 NO_x의 농도는 SCR출구에서 19 ppm까지 감소하였으며 탈질을 위해 40% 농도의 요소수를 사용하였다. 또한 황산화물의 제거를 위해 석회석을 사용한 로 내 탈황과 FGC에 의한 습식세정에 방법이 이중방식(dual mode)으로 적용되었으며, 로 내에서 343 ppm이던 황산화물의 농도는 세정 후 0 ppm까지도 떨어지는 현상이 관측되었다. 이외에도 NO_x와 SO_x의 전체적인 거동을 해석하기 위하여 N₂O 및 SO₃에 대해서도 측정을 실시하였다.

재순환연소가스를 활용하여 NO_x와 SO_x를 효율적으로 제어하는 방법에 대한 연구가 시도되었으며, 연구 결과는 CO₂의 회수를 담당하는 CPU (CO₂ Process Unit)에서 추가적인 가스세정을 필요로 하지 않는 oxy zero emission이 가능함을 보여주고 있다.

감사의 글

이 논문은 2015년 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 국가과학기술연구회 융합연구단 사업(No. CRC-15-07-KIER)의 지원을 받아 수행된 연구임.

산업분야 적용 고성능 저비용 집진기술 개발

심준목, 조윤희, 박현설*
한국에너지기술연구원 FEP융합연구단

Development of Low-cost and High-efficiency Dust Removal Technology for Industrial Application

Joonmok Shim, Yun-Haeng Joe, Hyun-Seol Park*
FEP Convergence Research Center, Korea Institute of Energy Research (KIER)

먼지배출농도 및 작업환경 규제 강화에 따라 고성능 산업용 집진기의 수요가 증가 추세이다. 국내의 경우 발전, 철강, 시멘트 등의 산업체에 적용된 집진기의 노후화가 시작되어 기존 환경설비의 교체시기가 도래하고 있으며, 그 중 상당부분은 전기집진기에 비해 낮은 먼지배출농도를 보이는 백필터 집진기로 대체될 전망이다. 따라서 높은 집진성능을 보장할 수 있는 고성능 집진기술의 적극적인 개발이 필요한 시점이라 할 수 있다. 1990년대 후반부터 미국 EPA, EPRI, EERC 등에서 개발된 고성능 집진기는 전기집진방식과 백필터 집진방식이 결합된 형태의 하이브리드 집진기술이다. 이러한 집진기술들은 기존의 단일 전기집진기 대비 1.5배 이상의 높은 시설비용으로 인해 시장경쟁력이 낮은 것으로 판단된다. 이러한 측면에서 국내외 집진기 시장에 경쟁우위를 확보하기 위해서는 집진성능은 고효율을 유지하면서도 시설비용을 대폭 낮춘 고성능 저비용 집진기술을 개발하여야 한다. 일반적인 충격기류방식 백필터 집진기의 재생특성은 필터재생효율이 높을수록 운전 안정성 및 필터수명은 증가하지만 먼지배출량 또한 증가한다. 재생효율은 높으면서 먼지배출농도를 감축하기 위해서는 새로운 방식의 필터재생기술이 필요하며, 시설비용을 줄이기 위해서는 집진기 크기 및 점유공간의 축소가 필수적이다. 따라서 고성능 저비용 집진기술 개발의 핵심은 시설비용과 운전비용을 절감하고 미세먼지배출농도를 획기적으로 낮출 수 있는 기술개발에 있으며, 본 연구에서는 산업체 배출 미세먼지를 획기적으로 저감하기 위해 새로운 재생기술과 점유공간 및 설치비용이 절감 가능한 구조를 가지며 기존 백필터 집진기를 대체할 수 있는 고성능 저비용 집진기술을 개발하고 있다. 본 집진기술은 사이클론과 백필터 집진기를 결합한 하이브리드 방식이며, 집진기 전단에 저압손 사이클론을 1차 집진부로 사용하여 백필터 집진기에 유입되는 먼지부하를 감소시킬 수 있다. 이러한 방식을 도입하면 사이클론에 유입된 먼지의 상당량이 제거된 후 2차 집진부인 백필터 집진기로 유입되기 때문에 필터재생 주기가 증가되며 전체적으로 집진효율이 상승하고 운전 안정성이 향상될 수 있다. 일반적으로 기존 원통형 사이클론은 집진기 전처리 설비로 사용 시 압력손실이 높아 송풍기 소요전력을 가중시키는 문제점이 있다.

본 연구에서는 선회유동 가상관성충돌(virtual impaction) 기술을 응용하여 압력손실을 기존 대비 60% 이상 낮추었으며, 박스형 구조로 설계하고 모듈화하여 대용량 집진장치에 적용 가능하도록 구성하였다. 2차 집진부는 비용절감을 위해 집진기 크기 및 점유공간을 최소화하고 처리가스 균등분배 및 공기저항 최소화 설계를 적용한 공간절약형 백필터 집진기(Packed Filter System)로 구성하였다. 특히 먼지배출농도를 1 mg/m^3 이하 수준으로 제어하기 위해 복합재생기술을 응용한 초정정 필터재생시스템을 백필터 집진기에 도입하였다. 복합재생기술은 기존의 필터재생 기술인 역기류 재생방식과 충격기류 재생방식이 복합화된 기술로, 기존 필터재생시스템과 비교하여 먼지배출농도를 1/5 ~ 1/10 수준으로 낮출 수 있으며 필터재생 시 소요되는 에너지도 획기적으로 절감할 수 있었다. 본 연구를 통해 개발된 고성능 저비용 집진기술은 발전, 제철, 철강, 시멘트, 조선, 자동차, 건물환기/공조산업분야 등에 적용가능하며, 우수한 기술력과 가격경쟁력을 바탕으로 국내외 발전소 및 여러 산업분야에서 많은 수요가 있을 것으로 예상된다.

감사의 글

이 논문은 2015년 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 국가과학기술연구회 융합연구단 사업(No. CRC-15-07-KIER)의 지원을 받아 수행된 연구임.

CT-41

증발식 냉각 시스템의 물 사용량 저감 및 재이용 기술 개발

이길봉, 이범준, 노철우, 신형기, 최봉수
한국에너지기술연구원 FEP융합연구단

Technology Development of Water Saving and Reuse for Wet Cooling System

Gilbong Lee, Beomjoon Lee, Chul Woo Roh, Hyungki Shin, Bongsoo Choi
FEP Convergence Research Center, Korea Institute of Energy Research (KIER)

발전플랜트는 투입에너지 중 전기로 변환되고 남은 열에너지를 외부로 배출하는 냉각과정이 필요하다. 관통형(one-through cooling), 증발식(wet cooling or recirculating cooling), 건식(dry cooling) 냉각 방식이 주요 열에너지 배출 방식이며, 물은 높은 접근성과 뛰어난 열전달 성능으로 인해 관통형과 증발식에서 가장 선호되는 열매체이다. 미국의 경우 물 요구량의 40% 이상을 발전소가 차지하고 있으며 냉각 과정에서의 물 소비를 저감하여 물 자원 확보하는 기술에 대한 관심이 높아지고 있다.^[1]

관통형 방식과 비교했을 때, 증발식 방식은 더 적은 공간에서 효과적으로 열을 방출할 수 있다. 증발식 냉각의 기본 메커니즘은 물의 증발잠열에 따른 현열변화이며 대략적으로 순환수의 7°C 현열 변화에 1% 물소비가 요구된다. 이와 같은 증발식 냉각방식의 물리적 특성으로 인해 냉각탑 열전달 과정의 개선은 현열 및 물질 교환비에 영향을 주지 못하게 된다. 냉각시스템 구조 설계를 통한 물 사용량 저감을 기대하기 어렵다는 의미가 된다. 따라서 물 저감을 위해서는 건식 냉각방식을 접목하거나 증발된 물을 재회수하는 기술이 개발되어야 한다.^[2]

증발된 물, 즉 수증기를 회수하는 방법으로 외기이용 응축/회수법과 중공사막 이용 회수법을 고려하였다. 외기이용 응축/회수법은 냉각탑에서 배출되는 수증기를 외부공기를 이용하여 추가에너지 투입 없이 효과적으로 응축/냉각하는 기술이다. 열교환기 내부 공기 온도, 수분 분포와 습공기-외기의 간접 열교환이 고려된 열교환기 내부 습공기 유동 및 내벽 표면에서의 열 및 물질전달 해석 모델을 개발하였다. 이 기법은 외기이용 응축/회수용 열교환기 설계에 활용될 예정이다. 중공사막 이용 회수법은 수증기를 선택적으로 취득하도록 중공사막 표면을 개선하여 물 저감을 가능하게 하는 기술이다. 표면 코팅 물질로 나노입자를 도입하여 친수화도를 증가하였으며, 치밀화로 선택도를 향상시켰다. 표면 코팅을 위해 PPMT 공정을 개발한 뒤 현재 최적화가 진행 중이다. 수증기 회수 방식을 시스템에 접목하기 위해서는 고풍량/고정압 팬, 유로 설계 기술 개발이 필요하다. 시장 분석을 통해 대향류 방식을 베이스 시스템으로 선택하여, 풍량 가변성이 적고 수분 회수 장치의 모듈화 구현이 용이한 유도 송풍형을 송풍방식으로 선택하였다. 유도송풍형의 경우 냉각탑의 상부에서 프로펠러 팬등의 축류팬으로 공기를 흡입하여 외부의 공기를 냉각탑으로 흡입 후 외기로 배출하는 구조이며, 3D 스캐닝 및 역설계 기법을 이용하여 기존 유도 패턴을 분석한 뒤 축류 팬 블레이드 재설계를 진행하였다. 예비 실험에서 20% 수준의 풍량 개선을 확인하였다.

증발식 냉각 시스템의 물 사용량 저감에 있어서 물 회수기술 개발뿐만 아니라 시스템 레벨에서의 대응 기술 개발이 동시에 진행되어야 한다. 본 연구에서는 외기 응축/회수 기술, 중공사막 이용 물 회수기술과 함께 고풍량/고정압 팬/유로 설계 기술의 개발이 진행되고 있으며, 이러한 기술들의 유기적인 통합화가 있어야만 물 사용량 저감 및 재이용 구현이 가능해진다.

감사의 글

이 논문은 2015년 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 국가과학기술연구회 융합연구단 사업(No. CRC-15-07-KIER)의 지원을 받아 수행된 연구임.

참고문헌

1. Torcellini, P., Long, N., Judkoff, R., Consumptive Water Use for U.S. Power Production, NREL/TP-550-33905, 2003.
2. Paul, L., and Ken, M., Plume abatement - The next generation. Cooling Technology Institute, TP10-09, 2010.

Development of Nanocomposite Membranes for Water Vapor Separation in the Mixture Gases

Hyung Keun Lee*, Jae-Deok Jeon, Won Kil Choi
FEP Convergence Research Center, Korea Institute of Energy Research (KIER)

혼합가스의 수분 분리를 위한 나노복합막 개발

이형근*, 전재덕, 최원길
한국에너지기술연구원 FEP융합연구단

The global population has tripled over the past 70 years and the water use has grown six-fold. This is the result of industrial development and increased use of irrigation. Therefore, in the present situation, the search for alternative water resources is deemed critical because of the global water paucity and diminution of fresh water resources. In the past few decades, membrane-based separation technology has attracted considerable attention in various industrial fields due to its simplicity, scalability and high energy efficiency. Regarding water treatment, thin film composite (TFC) membranes prepared by interfacial polymerization were extensively investigated including reverse osmosis, desalination, flue gas dehydration, etc. Polymer membranes of either flat or hollow fibers have already been successfully demonstrated for gas/water vapor separation and recovery, but there has always been one issue, a trade-off between permeability and selectivity. The nanoparticle-incorporated thin film nanocomposite (TFN) membranes are recently being emphasized as they can significantly improve membrane performance without forfeiting its selectivity. In our recent study, we have developed novel polyamide (PA) TFC membranes for water vapor separation and they can be freely manipulated to achieve desired performances such as water vapor permeance and selectivity.¹ Moreover, we have successfully demonstrated that modifying the PA active layer properties using functionalized TiO₂, SiO₂ and bentonite nanoparticles could improve water vapor permeance without sacrificing the water vapor/N₂ gas selectivity.²⁻⁴ Herein, some TFN membranes incorporated with functionalized nanoparticles will be discussed.

Acknowledgement

This work was supported by the National Research Council of Science & Technology (NST) grant by the Korea government (MSIT) (No. CRC-15-07-KIER).

Reference

1. Ingole, P. G., Choi, W. K., Lee, G. B., and Lee, H. K., "Thin-film-composite hollow-fiber membranes for water vapor separation," *Desalination*, 403, 12-23 (2017).
2. Ingole, P. G., Baig, M. I., Choi, W. K., and Lee, H. K., "Synthesis and characterization of polyamide/polyester thin-film nanocomposite membranes achieved by functionalized TiO₂ nanoparticles for water vapor separation," *J. Mater. Chem. A*, 4, 5592-5604 (2016).
3. Ingole, P. G., Pawar, R. R., Baig, M. I., Jeon, J. D., and Lee, H. K., "Thin film nanocomposite (TFN) hollow fiber membranes incorporated with functionalized acid-activated bentonite (ABn-NH) clay: towards enhancement of water vapor permeance and selectivity," *J. Mater. Chem. A*, 5, 20947-20958 (2017).
4. Baig, M. I., Ingole, P. G., Choi, W. K., Jeon, J. D., Jang, B., Moon, J. H., and Lee, H. K., "Synthesis and characterization of thin film nanocomposite membranes incorporated with surface functionalized silicon nanoparticles for improved water vapor permeation performance," *Chem. Eng. J.*, 308, 27-39 (2017).

3월 29일(목) 13:30 ~ 16:30



청정 공정 및 소재

경주 The-K 호텔, 가야금A

CT-43

석탄가스화 용융슬래그를 사용한 지오폐리머 블록 성형특성

전동환, 윤성필, 김문현, 정우현*, 김유택¹
고등기술연구원, 경기대학교 신소재공학과

Characteristic of Geo-polymer Block Manufacture using Coal Gasification Slag

Dong-hwan Jeon, Sung-phil Yoon, Mun-hyun Kim, Woo-hyun Jung*, Yoo-Teak Kim¹
Institute for Advance Engineering,
¹Dept. of Materials Engineering, Kyonggi University

초록

석탄가스화복합발전 플랜트의 석탄가스화 공정은 고온, 고압조건으로 운전되며, 운전과정에서 석탄에 함유된 회분 및 금속성분은 대부분 고온에서 용융된 후 슬래그 형태로 가스화기 외부로 배출된다. 현재 국내의 경우에는 석탄가스화과정에서 생성되는 용융 슬래그의 처리기술이 확인되지 않고 있으며, 생성되는 용융 슬래그 처리는 전량 매립 처리가 필요한 상황이므로 이를 활용하기 위한 기술개발이 필요한 실정이다.

한편, 지오폐리머 콘크리트(Geopolymer Concrete)는 Si와 Al이 풍부한 무기물을 알칼리성 액체와 혼합하여 활성화시킨 후 결합제로 활용되며, 석탄 화력발전과정에서 생성된 바닥재 또는 고로슬래그 등을 이용한 지오폐리머 제조관련 연구가 진행되고 있다. 이와 관련하여 용융슬래그의 주성분이 Si와 Al이므로 이를 이용한 지오폐리머 제조관련 연구를 통해 다양한 지오폐리머 제품 제조가 가능함을 확인하였고, 그 중에서도 석탄 가스화 용융 슬래그를 지오폐리머 반응을 통해 건축자재로 활용하기 위한 지오폐리머 블록 제조 연구를 진행하고 있다. 건축자재로 활용하기 위한 지오폐리머 블록 제조 연구에서는 지오폐리머가 무기질 소재이므로 불에 타지 않는 내화성을 갖는 장점을 활용하고, 블록 내부에 기공을 형성시킴으로써 일정 수준의 단열 성능을 갖추면서도 동시에 무게를 줄일 수 있기 때문에 이러한 장점을 갖는 블록 제조 방법 확인이 필요하다.

본 연구에서는 지오폐리머 블록으로 성형하기 위한 성형 조건 확인시험을 진행하였으며, 지오폐리머 제조에 사용되는 알칼리 활성화제 및 첨가물의 일정 혼합비율 조건에서 원활히 성형되기 위한 성형장치 형상, 운전 방법 및 조건을 확인하였다.

사사

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No 20153030050080)

CT-44

CO₂를 이용한 Power-to-Gas (PTG) 기술 개발 현황

서명원, 손성혜, 박성진, 조원철, 고강석, 이도연, 조현석, 김창희, 류호정*
한국에너지기술연구원

Recent R&D activities on Power-to-Gas (PTG) technology using CO₂

Myung Won Seo, Seong Hye Son, Sung Jin Park, Won Chul Cho, Kang Seok Go,
Do Yeon Lee, Hyun Seok Cho, Chang Hee Kim, Ho Jung Ryu*
Korea Institute of Energy Research

In the future, energy system will be based on sustainable and renewable sources. The energy production portion of renewable energy will increase. However, the intermittent nature of solar and wind power will lead to the greater need for energy storage and flexibility of the energy infrastructure. The power-to-gas (PTG) is a technology that enables flexible operation in the short and long term by storing renewable electricity energy into storable methane via electrolysis and subsequent methanation.

This study introduces the available electrolysis and methanation technologies in a technological and economic view. Current PTG project in Europe and Japan will be summerized. It is found that the alkaline electrolysis and fluidized bed methanation system are better option for the further development. The application of PTG technology to Korea and the PTG project aiming 5 Nm³/h of H₂ and 1 Nm³/h of CH₄ in KIER will be introduced.

CT-45

광촉매로 사용할 수 있는 균일한 구형의 TiO₂ 입자 제조 및 광반응을 통한 Rhodamine B 분해

문종태, 주지봉*
건국대학교 화학공학과

Preparation of uniform spherical TiO₂ particle using Photocatalyst and Rhodamine B decomposition by photo-catalysis reaction

Jong Tae Moon, Ji Bong Joo*
Department of Chemical Engineering, Konkuk University

현재 지구상에는 많은 환경문제가 발생되고 있다. 그 중 생활하수 및 공장에서 발생하는 오염물로 인하여 녹조현상 및 수중생물의 폐사 등이 일어나고 있다. 이를 방지하기 위해서 여러 가지 기술들이 많이 개발 되었지만, 국소적으로만 정화가 가능한 실정이다. 이 때문에 많은 연구자들은 수면과 가장 많이 접촉하고 있는 태양광 에너지를 이용하여 오염물을 분해하는 연구를 진행하고 있다. TiO₂ 광촉매는 낮은 독성, 안정성, 경제성이 뛰어나며, 촉매적 활성이 높다는 장점이 있다. [1,2,3] 본 연구에서는 광촉매로 사용될 수 있는 균일한 구형의 TiO₂를 제조하고 광촉매 반응을 통하여 유기염료인 Rhodamine B의 분해능을 확인하였다. 구형 콜로이드 TiO₂ 입자는 혼합 용매(Mixed Solvent)합성법으로 합성하고, 각각에 다른 온도에서 열처리하였다. 위의 방법으로 제조한 TiO₂ 입자의 물리적인 특성들을 조사하고, 다양한 온도에서 소성한 TiO₂ 입자를 이용하여 광화학적 Rhodamine B 분해 반응 실험을 진행하였다. 촉매 합성과정에서 변수로는 용매로 사용되는 에탄올과 아세톤나이트라일의 비율을 다르게 하였으며, 합성에 필요한 계면활성제의 양을 조절 하였고, TiO₂의 전구체인 TBOT (Titanium butoxide) 양을 조절 하였다. 에탄올(EtOH)의 비율이 높을수록 구형 콜로이드 TiO₂ 입자가 잘 형성되고, 아세톤나이트라일(ACN)의 비율이 높을수록 구형 콜로이드 TiO₂ 입자가 형성되지 않았다. 계면활성제의 양이 높아질수록 입자가 작아졌으며, TBOT의 양이 높아질수록 입자가 커짐을 확인 하였다.[4] 열처리를 하였을 때는 입자가 구형을 유지하고 있었으며, 온도에 따라 TiO₂의 결정성이 증대 되는 결과와 입자의 기공크기를 확인 할 수 있었다. Rhodamine B 분해실험에서 결정상이 섞인 구형 콜로이드 TiO₂ 입자에서 높은 분해능을 보임을 알 수 있었다.

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

참고문헌

1. Goebel, J., Joo, J. B., Dahl, M. and Yin, Y., "Synthesis of tailored Au@TiO₂ core-shell nanoparticles for photocatalytic reforming of ethanol," *CATAL. TODAY*, **225**, 90-95 (2013).
2. Vignola M., Werner D., Wade M., Meynet P., Davenport R., "Medium shapes the microbial community of water filters with implications for effluent quality," *WATER RES*, **129**, 499-508(2018)
3. Shemer H., Sagiv A., Hohenberg M., Maor A., "Filtration characteristics of threaded microfiber water filters," *DESALINATION*, **431**, 80-82(2018)
4. Joo, J. B., Vu, A., Zhang, Q., Dahl M., Gu, M., Zaera, F. and Yin Y., "A Sulfated ZrO₂ Hollow Nanostructure as an Acid Catalyst in the Dehydration of Fructose to 5-Hydroxymethylfurfural," *CHEMSUSCHEM*, **6**(10), 2001-2008 (2013).

CT-46

Systematic Study of Triangular Silver Nanoplates: Green Synthesis, Chemical Stability, and Sensing Applications

Mun Ho Kim

Department of Polymer Engineering, Pukyong National University

While there has been remarkable success in generating silver (Ag) nanoplates, and they have considerable potential applications, their degradation behavior in certain environments remains poorly understood. In this talk, I would like to report the chemical stability of triangular Ag nanoplates. A one-step water-based synthesis regulated by the coordination of ligands to Ag cations was successfully employed to produce triangular Ag nanoplates with a high yield. The Ag nanoplates were irreversibly degraded when they were aged with poly(styrene-4-sulfonate) (PSS) at room temperature, and the corresponding localized surface plasmon resonances (LSPR) of the Ag nanoplates changed as well. In contrast, when the Ag nanoplates were aged with potassium persulfate (KPS), the shape evolution of Ag nanoplates was found to depend on the external temperature, and the Ag nanoplate solutions showed different final colors when different external temperatures were applied. These results exhibit important implications for the behavior of triangular Ag nanoplates in a wide variety of plasmonic applications and can be applied to the colorimetric sensing of the temperature history. Secondly, we designed a system that uses the color and spectral changes associated with the spontaneous rounding of the sharp corners of triangular Ag nanoplates exposed to bromide ions (Br^-) to quantify the water fraction in water-ethanol mixtures. The rate of change of the color and spectral features of a water-ethanol mixture containing Ag nanoplates resulting from the introduction of KBr was found to be strongly correlated with the volume fraction of water in the mixture. This relationship, which was attributed to the dependence of the solubility of KBr on the volume fraction of water in water-ethanol mixtures, allowed the quantification of water in water-ethanol mixtures having any water volume fraction (from 0 to 1.0).

References.

1. Kim et al. "A systematic study of triangular silver nanoplates: one-pot green synthesis, chemical stability, and sensing application", *Nanoscale*, 9, 11705-11712 (2017).
2. Kim et al. "Metal nanocrystal-based sensing platform for the quantification of water in water-ethanol mixtures", *Sens. Actuators B Chem.* 263, 59-68 (2018).

CT-47

환경친화형 수계 박리액의 박리공정특성 연구

이기성¹, 김준현², 주기태¹, 김용성^{1*}¹서울과학기술대학교, NID 대학원²서울과학기술대학교, 기계·자동차공학과

Study on Characteristics of Stripping Process of Environmentally Friendly Water-based Strip Solution

Ki-Seong Lee¹, Joon Hyun Kim², Gi-Tae Joo¹, Young Sung Kim^{1*}¹NID Graduate School, Seoul National University of Science and Technology²Department of Mechanical and Automotive Engineering, Seoul National University of Science and Technology

반도체는 IT제품의 핵심 부품으로서, 컴퓨터를 비롯해 모바일기기, 가전, 자동차, 우주항공, 로봇, 의료 산업분야 등 그 적용 분야가 매우 광범위 하다. 특히, 이동통신 기기의 지속적인 성장에 따라 스마트폰 및 태블릿 PC 등에도 모바일용 DRAM의 사용이 증가하고 있는 추세이다. 이에 따라 증가해가는 반도체 소자의 수요에 맞춰 생산 경쟁력을 갖추기 위해 효율적인 공정이 필요하다. 특히 반도체의 제조 공정에서 포토 리소그래피(photo lithography)는 마스크 상에 설계된 패턴을 웨이퍼 상에 구현하는 과정으로 가장 중요한 공정이다. 포토 리소그래피는 마스크(mask)를 이용 웨이퍼(wafer) 위에 감광제(photoresist)를 원하는 기하학적인 형상의 패턴(pattern)을 형성하는 공정으로 공정 중 감광제를 제거하기 위해 다량의 박리액이 사용된다. 하지만 공정에 사용되는 박리액은 대부분 유기용매로 이루어져 있어 폐기 시 환경오염을 야기하여 별도의 처리가 요구된다. 이러한 이유로 유기계 박리액의 사용량을 줄이고 친환경적인 수계 용매의 개발이 필요하다. 본 연구에서는 수계 박리액을 사용하여 다양한 공정으로 감광제의 박리 결과를 비교하며, 수계 박리액의 농도를 최적화하여 유기계 박리액과 박리 성능을 비교하였다.

실험은 400 × 400 mm인 비알칼리계 ITO 박막위에 포토레지스터를 770μm 두께로 전면 도포한 샘플을 사용하여 박리 실험을 진행 하였다. 포토레지스터 박리에 사용된 스트리퍼 용액은 (주)EO tech 사 제품으로 DI water로 적정하였으며, 딥핑과 유속 그리고 스프레이 환경에서 박리를 진행 하였다.

실험결과 수계 박리액과 유기계 박리액에 의해 감광제가 박리된 ITO의 광투과도를 fig. 1.에 나타내었다. 초기 ITO 의 평균투과도가 85.35%에서 박리액에 의해 감광제가 제거된 ITO의 투과도는 수계와 유기계에 각각 85.43%와 84.18%로 유사한 결과를 보였으며, 수계박리액의 적용이 기존 유기계를 대체가능함을 확인하였다. 따라서 수계 박리액의 적용으로 박리공정의 청정성을 확보할 수 있음을 보였다.

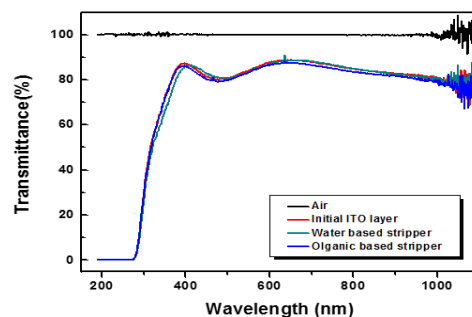


Fig 1. 유기계 박리액과 수계 박리액에 의해 감광제가 박리된 ITO 박막의 UV-vis 결과

참고문헌

1. Kim, J. H., Kim, S. H., Jeong, B. H., Joo, G.-T., and Kim Y. S "Green Photoresist Stripping Process with the Influence of Free Surface from Dip Withdrawal," KSMTE, 25(1), 14-20 (2016).

CT-48

용액 공정을 이용하여 제작된 ITO 나노입자-은 나노와이어 기반의 유연 투명히터 제작 및 특성 분석

김채원¹, 홍성제², 김용성³, 이재용⁴, 이미정¹
¹국민대학교, ²전자부품연구원, ³서울과학기술대학교, ⁴한청 RF

Fabrication and Characterization of Flexible Transparent heaters Based on Solution-processed ITO Nanoparticles-Ag Nanowires

Chaewon Kim^{1*}, Sung-Jei Hong², Young-Sung Kim³, Jae Yong Lee⁴, Mijung Lee¹
¹Kookmin University, ²Korea Electronics Technology Institute, ³Seoul National University of
Science & Technology ⁴Hanchung RF Co. Ltd.

본 연구에서는 인듐-갈륨 산화물 (ITO) 나노입자와 은 나노와이어 (Ag NWs)의 복합 구조를 광반응성 폴리머인 Norland optical adhesive (NOA63)을 이용하여 전사하여 매우 높은 열효율을 보이며, 빠른 열 반응 속도를 가지는 유연 투명 히터를 제작하였다. NOA63은 UV에 의해 경화시킬 수 있으며, 경화된 NOA63은 무색의 높은 투과도와 좋은 유연성을 가지는 것이 특징이다. NOA63 및 ITO 나노입자, 그리고 Ag NWs를 증착하기 위해서 모두 용액 공정을 이용하였으며, 용액 공정을 이용함으로써 제작비용을 절감할 수 있고, 공정 단계를 줄일 수 있다. ITO 나노입자와 Ag NWs는 각각 5 wt%와 0.15 wt%의 낮은 농도의 용액이 이용되었으며, 이는 제작 비용을 낮추면서도 좋은 광학 특성을 가지게 하는 역할을 하였다. ITO 나노입자와 Ag NWs의 복합구조에 따른 유연투명히터의 특성을 확인하기 위해서 1-layer (Ag NWs), 2-layer (Ag NWs/ITO-NPs), 2'-layer (ITO-NPs/Ag NWs), 그리고 3-layer (ITO-NPs/Ag NWs/ITO-NPs)의 구조로 히터를 제작하였다. 이 중에서, 3-layer 구조에서 1-layer (Ag NWs) 구조보다 같은 전압을 인가했을 때, 15% 높은 발열 특성을 보이는 것이 확인되었다. 투과도는 90.87% (1-layer)에서 89.92% (3-layer)로 다소 감소하였고, 면저항은 78.45 ohm/sq (1-layer)에서 19.56 ohm/sq로 감소하는 결과를 보였다. 게다가, 3-layer 소자에서 328 °C/(W/cm²)의 매우 높은 열 효율을 보였으며, 5 V의 전압을 인가했을 때 10초 이내에 약 100 °C까지 발열이 되었으며, 이 특성은 60 회의 반복 측정을 했을 때도 특성이 유지되는 신뢰성을 확보할 수 있었다. 유연소자로서의 신뢰성을 확인하기 위해 5 mm의 반지름을 가지는 벤딩 상태에서 히터특성을 확인하였고, 1,000회의 반복 벤딩후에도 발열 특성이 바뀌지 않고 유지되는 안정성을 확인하였다.

CT-49

중공형 산화 구리-루타일 상 이산화 티타늄 하이브리드 나노 입자의 제조와 가시광선 영역에서의 광촉매적 응용

이현경¹, 김나연¹, 이경우¹, 주지봉^{1,*}
¹건국대학교 화학공학과

Synthesis of hollow CuO-rutile phase TiO₂ hybrid nanoparticles and application to photo-catalysis under visible light conditions

Hyeon kyeong Lee¹, Na yeon Kim¹, Kyeong woo Lee¹, Ji bong Joo^{1,*}
¹Department of Chemical Engineering, Konkuk University

이산화티타늄(TiO₂)은 대표적인 광촉매 소재로서, 경제성, 무독성, 광학적-화학적 오염에 대한 높은 저항성 등 다양한 장점을 갖는 물질이다[1]. 이러한 TiO₂는 지구상에서 다양한 결정성을 갖는데, 그중 주된 결정상은 아나타제 상과 루타일 상, 두 가지이다[2]. 아나타제 상 TiO₂의 경우 높은 에너지 밴드갭 (3.2eV)으로 인해 자외선 이상의 높은 에너지 하에 활성이 가능한 것으로 알려져 있다. 그에 반해 루타일 상 TiO₂의 경우, 보다 낮은 에너지 밴드갭 (3.0eV)을 가짐으로 보다 낮은 광에너지 영역에서 광촉매적 활성이 가능하다. 본 연구는, 가시광선 영역에서 사용가능한 구리산화물-루타일 상 TiO₂ 기반 하이브리드 나노 입자를 합성함으로써 공학적-산업적 측면에서 이상적인 광촉매를 합성하고자 하였다. 합성 방법으로는 졸-겔(sol-gel) 방법, 이온 치환법 등이 사용되었으며, 중공형 입자의 합성을 위해 하드 템플릿(hard templating) 방법을 이용하였다. 중공형 입자의 경우, 촉매의 높은 분산도 및 이에 기반한 높은 반응성, 넓은 비표면적 등 많은 장점을 갖는다. 제조된 입자의 분석 결과 코어 부분이 비어 있는 중공형 입자의 형태가 확인 되었으며, 결정성 분석 결과 루타일 상의 TiO₂가 합성됨을 확인하였다. 가시광선 영역에서의 광촉매적 효능 검사를 위해 페놀 용액 분해 실험을 진행하였으며, 그 결과 순수한 아나타제 상 TiO₂ 입자에 비해 본 연구에서 제조된 중공형 구리산화물-루타일상 TiO₂ 하이브리드 나노 입자가 높은 반응성을 가짐이 확인 되었다.

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., Dahl, M., Lee, I., Goebel, J., Zaera, F., and Yin, Y., "Control of the Nanoscale Crystallinity in Mesoporous TiO₂ Shells for Enhanced Photocatalytic Activity", *Energ. Environ. Sci.*, **5**, 6321 - 6327 (2012).
2. Joo, J. B., Zhang, Q., Dahl, M., Zaera, F., and Yin, Y., "Synthesis, Crystallinity Control, and Photocatalysis of Nanostructured TiO₂ Shells", *J. Mater. Res.*, **28**, 362 - 368 (2013).

자동차 언더커버의 환경영향 감축 효과 산정방법 적용 및 사례연구

윤혜리, 박유성¹, 유미진, 배하나, 이한웅*
한국생산기술연구원, ¹(주)에이치아이피

Application of Calculation Method for Reduction Effect of Environmental Impact and Case Studies of the Vehicle Undercover

Hyeri Yun, Yoosung Park¹, Mijin Yu, Hana Bae, Hanwoong Lee
Korea Institute of Industrial Technology, ¹H.I.Pathway Co., LTD.

2017년 말 당사국 총회에서 유엔기후변화협약(UNFCCC) 가입국별 파리협정 이행지침을 마련하기 위해 주요 협상 방안이 논의되었으며, 주요 협상 의제로는 자발적 공약(NDC), 투명성 체계 마련, 기후변화 적응 및 탄소시장 설립 운영 방안 등이 있다. 자발적 공약을 실천하기 위해 온실가스 배출량 산정을 위한 합의된 방법과 계획, 실적에 대한 정보 제공의 투명성 체계 마련이 필요하며, 현재는 각 기업 및 단체가 공개하고 있는 기후변화 관련 정보 제공의 비교가 어려워 신뢰성에 문제가 되고 있는 실정이다.

이에, 본 연구에서는 기후변화 대응을 위해 제품의 환경영향 감축 효과를 산정할 수 있는 방안으로 제품 환경발자국 개선 방법론 13개를 조사·분석하였다. 방법론 중 전과정 및 하위흐름(사용단계, 폐기단계)을 고려한 6가지 방법론을 선정하고 방법론별 평가기준에 적용하여 제품 환경발자국 개선 결과의 차이를 사례연구를 통해 도출하였다. 대상제품은 자동차 엔진룸 언더커버의 기존제품과 자원순환을 고려한 유니소재화 제품이며, 환경영향 감축 효과 산정방법을 적용하여 비교하였다. 산정방법은 기업의 제품 환경발자국 저감 실적 공개를 위한 산정 방법 2종과 현재 운영되고 있는 국내외 환경발자국 인증 방법 2종, 국제금융공사에서 제시한 제품 환경발자국 저감량 산정 방법과 ISO 14044:2006을 기준 방법론으로 설정하였다.

평가 방법에 따라 감축량의 차이가 큰 것으로 나타났으며, 주요 원인으로는 시스템경계, 데이터 수집 범위, 개선 제품의 기존제품 대체량 설정 기준으로 판단된다. 이해관계자는 감축량의 결과값이 방법론별로 상이하기에 감축 결과에 대해 신뢰하지 못하며, 의사결정 과정에서 활용하지 못하고 있다. 이에, 감축 결과에 대한 정보를 공개할 경우 단기적으로는 이해관계자가 쉽게 이해할 수 있는 수준으로 상세히 공개하도록 해야 하며, 장기적으로는 평가 방법의 표준화를 통해 제품 생산자가 공개하는 제품 환경발자국 감축 결과의 비교가 가능하도록 해야 할 것이다.

참고문헌

1. Carbon accounting manual, Hewlett-Packard Development Company (2015).
2. IFC Greenhouse Gas Reduction Accounting Guidance For Climate-Related Projects, IFC CLIMATE BUSINESS DEPARTMENT (2013).
3. Mitsubishi Electric Issues Environmental Report 2016, MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION (2016).
4. Carbon Trust - Carbon Reduction Label, International Trade Centre and Carbon Trust Footprinting Company (2011).
5. Low-Carbon Product Certification Guidelines, Korea Environmental Industry & Technology Institute (2017).
6. Environmental Product Declaration, Korea Environmental Industry & Technology Institute (2017).
7. Yun, H. R., Park, Y. S., Yu, M. J., Bae, H. N., and Lee, H. W., "Application for Uni-materialization and Life Cycle Assessment of the Vehicle Undercover," *Clean Technol.*, **23**(3), 256-269 (2017).

3월 29일(목) 13:30 ~ 16:45



바이오연료 및 소재

경주 The-K 호텔, 가야금B

CT-51

유용화학소재 제조를 위한 메탄가스의 생물학적 전환

이 은 열*
경희대학교 화학공학과

Biological conversion of methane into chemicals

Eun Yeol LEE*
Dept. Chem. Eng., Kyung Hee Univ.

Methane have attracted much attention as next-generation carbon feedstock for production of value-added chemicals and fuels due to low price and high availability (1, 2). Biological conversion of methane to value-added chemicals can be conducted using methanotrophs as a biocatalyst. The first step of methane activation is the conversion of methane to methanol by methane monooxygenase, the key enzyme in methane bioconversion. In order to synthesize chemicals using methanotrophs, non-natural biosynthetic pathway needs to be reconstructed. In this study, recent progresses on biological conversion of methane to chemicals will be presented and discussed.

참고문헌

1. Lee, O.K., Nguyen, T.N.D., Hur, D.H., Lee, E.Y., "Metabolic engineering of methanotrophs and its application to production of chemicals and biofuels from methane." *Biofuel. Bioprod. Bior.* 10, 843-863 (2016).
2. Kang, T.J., Lee, E.Y., "Metabolic versatility of microbial methane oxidation for biocatalytic methane conversion." *J. Ind. Eng. Chem.* 35, 8-13 (2016).

CT-52

연속식 2단계 수첨탈산소반응을 통한 리그노셀룰로오스 유래 퓨란계 중합체의 연료 전환

서장우^{1,2}, 최재욱², 서동진², 하정명^{*1,2}

1과학기술연합대학원대학교(UST), 2한국과학기술연구원(KIST)

화석연료를 대체할 신재생에너지연구가 갈수록 중요해지는 가운데 리그노셀룰로오스가 원료로써 주목받고 있다. 리그노셀룰로오스는 지구상에 풍부한 원료이며 재생가능한 탄소원으로 이용 가능하기 때문에 많은 연구가 이루어지고있다. 리그노셀룰로오스의 더 높은 활용율을 위해서는 헤미셀룰로오스의 단량체 중 오탄당을 이용하는 것이 중요한데, 오탄당으로부터 퍼퓨랄과 2-메틸퓨란과 같은 퓨란계 화합물을 생산하는 것이 가능하다. 이 퓨란계 화합물들이 중합과정을 거치면 C15의 중합체를 생산할 수 있는데 이를 연료로 활용하기 위해 수첨탈산소 반응이 필요하다. 본 연구에서는 효율적인 수첨탈산소반응을 위하여 2단계 연속식 반응기를 통해 적합한 촉매조합을 찾기위한 연구가 수행되었다. 귀금속 촉매를 이용한 수첨탈산소반응이 진행되었으며, 카본 지지체를 대신할 금속산화물 지지체와 니켈을 이용한 반응또한 연구되었다.

CT-53

Process Design and Techno-economic Analysis of Two Thermochemical Poly-generation Processes for Sustainable Biofuel from Seaweed

Boris Brigljevic, Hee-Chul Woo, Jay Liu,
Department of Chemical Engineering, Pukyong National University

Abstract

Process design, simulation and techno-economic assessment are vital tools for estimating economic and environmental sustainability of processes, which utilize novel feedstocks such as macroalgae or seaweed. In this work, detailed process design and simulation was made for pyrolysis, heat and power (PHP) production using brown seaweed, *Saccharina japonica*. Techno-economic analysis was performed and minimum product selling price (MPSP) of diesel-equivalent fuel was determined. As this process utilizes substantial amount of hydrogen in the downstream processing, it was compared to an alternative process design of pyrolysis, heat, power and hydrogen (PHPH) where hydrogen is produced on site. Finally, processes were subjected to sensitivity analyses and evaluated from economical, energy and environmental bases.

CT-54

Direct Biomass Conversion into Fuels and Chemicals over Multifunctional Nanozeolite-Y based Catalyst

Deepak Verma^{1,2}, Rizki Insyani³, Jaehoon Kim^{1,2,3,*}

¹School of Chemical Engineering, ²School of Mechanical Engineering & ³SKKU Advanced Institute of Nano Technology, Sungkyunkwan University

Lignocellulosic biomass, which is the most abundant and bio-renewable resource on the earth, having a great potential for sustainable production of chemicals and fuels. Chemocatalytic processes are among the new approaches which could provide a wider range of product with higher selectivity and yield of value-added chemicals from lignocellulosic biomass using multifunctional catalysts under sub- and supercritical fluid conditions. Here, Ga-doped Cu/Nanozeolite-Y and Ga-doped Zn/nanozeolite-Y multifunctional catalysts have been used to depolymerize biomass or biomass derived components into commodity chemicals such as deoxygenated lignin monomeric species and methyl lactate with high yield under sub- and supercritical methanol conditions. The nanozeolite-Y support exhibited a mesoporous structure with a large external surface area, which can facilitate reactant adsorption while Ga doping not only increased the Zn/Cu metal dispersion but also increased the Lewis acidity of the catalyst.

참고문헌

1. Besson, M., Gallezot, P., Pinel, C., "Conversion of biomass into chemicals over metal catalysts," *Chem. Rev.*, 114, 1827-1870 (2014).
2. Riaz, A., Kim, C. S., Kim*, Y., Kim, J., "High-yield and high-calorific bio-oil production from concentrated sulfuric acid hydrolysis lignin in supercritical ethanol," *Fuel* 172, 238-247 (2016).
3. Hidajat, M. J., Riaz, A., Park, J., Insyani, R., Kim, J., "Depolymerization of Concentrated Sulfuric Acid Hydrolysis Lignin to High-yield Aromatic Monomers in Basic Sub- and Supercritical Fluids," *Chem. Eng. J.*, 317, 9-19 (2017).
4. Insyani, R., Verma, D., Kim, S. M., Kim, J., "Direct One-pot Conversion of Monosaccharides into High-yield 2,5-Dimethylfuran over a Multifunctional Pd/Zr-Based Metal-Organic Framework@Sulfonated Graphene Oxide Catalyst," *Green Chem.*, 19, 2842-2490 (2017).
5. Verma, D., Insyani, R., Suh, Y.-W., Kim, S. K., Kim, J., "Direct conversion of Cellulose to High-Yield Methyl Lactate over Ga-doped Zn on H-Nanozeolite Y Catalysts in Supercritical Methanol," *Green Chem.*, 19, 1969-1982 (2017).

CT-55

Biofuel and Biochemical Production in Sub- and Supercritical Fluids

Jaehoon Kim^{1,2,3,*}, Deepak Verma^{1,2,3}, Rizki Insyani³

¹School of Chemical Engineering, ²School of Chemical Engineering & ³SKKU Advanced Institute of Nano Technology, Sungkyunkwan University

Supercritical fluids can offer environmentally benign and effective reaction conditions for the production of biofuels and biochemicals owing to their unique physical properties, including low viscosity, fast diffusion, zero surface tension, tunable physical properties, and high reactivity. This talk will be organized into two parts. The first part will cover biocrude production using supercritical alcohols. The biomass conversion, yield, and properties of biocrude depending on varying process parameters are discussed. The second part will discuss synthesis of biochemicals using specially designed catalysts. High-yield methyl lactate and 2,5-dimethylfuran were synthesized using multi-functional catalysts in supercritical or subcritical fluids.

참고문헌

1. Riaz, A., Kim, C. S., Kim*, Y., Kim, J., "High-yield and high-calorific bio-oil production from concentrated sulfuric acid hydrolysis lignin in supercritical ethanol," *Fuel* **172**, 238-247 (2016).
2. Prajitno, H., Insyani, R., Park, J., Ryu, C., Kim, J., "Non-catalytic upgrading of fast pyrolysis bio-oil in supercritical ethanol and combustion behavior of the upgraded oil," *Appl. Energy*, **172**, 12-22 (2016)
3. Zeb, H., Choi, D. J., Kim, Y., Kim, J., "A new role of supercritical ethanol in macroalgae liquefaction: understanding ethanol participation, yield, and energy efficiency," *Energy*, **118**, 116-126 (2017)
4. Hidajat, M. J., Riaz, A., Park, J., Insyani, R., Kim, J., "Depolymerization of Concentrated Sulfuric Acid Hydrolysis Lignin to High-yield Aromatic Monomers in Basic Sub- and Supercritical Fluids," *Chem. Eng. J.*, **317**, 9-19 (2017)
5. Insyani, R., Verma, D., Kim, S. M., Kim, J., "Direct One-pot Conversion of Monosaccharides into High-yield 2,5-Dimethylfuran over a Multifunctional Pd/Zr-Based Metal-Organic Framework@Sulfonated Graphene Oxide Catalyst," *Green Chem.*, **19**, 2842-2490 (2017)
6. Verma, D., Insyani, R., Suh, Y.-W., Kim, S. K., Kim, J., "Direct conversion of Cellulose to High-Yield Methyl Lactate over Ga-doped Zn on H-Nanozeolite Y Catalysts in Supercritical Methanol," *Green Chem.*, **19**, 1969-1982 (2017)
7. H. Prajitno, J. Park, C. Ryu, Kim, J., "Efficient Renewable Fuel Production from Sewage Sludge Using a Supercritical Fluid Route," *Fuel*, **200**, 146-152 (2017)
8. Jo, H., Prajitno, H., Zeb, H., Kim, J., "Upgrading low-boiling-fraction fast pyrolysis bio-oil using supercritical alcohol: Understanding alcohol participation, chemical composition, and energy efficiency," *Energy Conv. Manag.*, **148**, 197-209 (2017)
9. Zeb, H., Park, J., Riaz, A., Ryu, C., Kim, J., "High-yield bio-oil production from macroalgae (*Saccharina japonica*) in supercritical ethanol and its combustion behavior," *Chem. Eng. J.*, **327**, 79-90 (2017)

CT-56

어트리션밀을 이용한 왕겨 회재 및 왕겨 유동층 가스화기 유래 회재의 실리콘 변환 공정 연구

손성혜^{1,2}, 이해인¹, 조원철¹, 라호원¹, 윤상준¹, 문태영¹,
문지홍¹, 윤성민¹, 박성진¹, 이재구^{1,3}, 이영우^{1,2}, 서명원^{1,*},
한국에너지기술연구원¹, 충남대학교 에너지과학기술대학원², 과학기술연합대학원대학교³

Conversion characteristics of Rice husk ash (RHA) and Gasifier-derived rice husk ash (GRHA) into 3D porous silicon using attrition mill

Seong Hye Son^{1,2}, Hae In lee¹, Won Chul Cho¹, Ho Won Ra¹, Sang Jun Yoon¹, Tae Young Mun¹,
Ji Hong Moon¹, Sung Min Yoon¹, Sung Jin Park¹, Jae Goo Lee^{1,3}, Young Woo Rhee^{1,2}, Myeong Won Seo^{1,*}

¹Korea Institute of Energy Research

²Graduate School of Energy Science and Technology, Chungnam National University

³University of Science and Technology

Rice husk (RH) and rice husk ash (RHA) production was 148.2 million tons and 29.6 million tons, respectively. About 1.2 million tons of RH and 0.23 million tons of RHA was produced annually in South Korea. RH mainly consists of 80% organic materials and ash content of 20% that include 90% amorphous nano silica. Porous silicon reduced from the rice husk derived silica can be utilized as a high value material such as a secondary battery anode material and a drug delivery system. Among the heat treatment methods from RH to silica, we applied combustion and gasification method. Gasification uses RH as energy resource for producing electricity ahead of producing silica ash. In this study, we conducted magnesio-milling process using attrition mill to convert silica obtained from RHA and Gasifier-derived Rice husk Ash (GRHA) into 3D porous silicon with several operating parameters e.g. acid leaching conditions and heat treatment conditions. XRD analysis of silicon product was performed to confirm the reduction reaction take places. 3D porous structure of silicon was confirmed by SEM analysis and BET analysis. The specific surface area and pore volume of silicon from GRHA ($62.2596\text{m}^2/\text{g}$ and $0.116\text{cm}^3/\text{g}$) are larger than the silicon from RHA ($27.3696\text{m}^2/\text{g}$ and $0.07\text{cm}^3/\text{g}$). Purity of silicon was determined by ICP analysis. The purity of RHA-silicon and GRHA-silicon is the highest as 97.66% and is the lowest as 95.62%, respectively.

CT-57

Direct one-pot conversion of monosaccharides into high-yield 2,5-dimethylfuran over a multifunctional Pd/Zr-based metal-organic framework@ulfonated graphene oxide catalyst

Rizki Insyani¹, Deepak Verma^{1,2,3}, Jaehoon Kim^{1,2,3,*}

¹SKKU Advanced Institute of Nano Technology, ²School of Mechanical Engineering, & ³School of Chemical Engineering, Sungkyunkwan University

A one-pot conversion of monosaccharides (fructose and glucose) into high-yield 2,5-dimethylfuran (2,5-DMF) is demonstrated over a multifunctional catalyst obtained by loading Pd on a Zr-based metal-organic framework (UiO-66) that is deposited on sulfonated graphene oxide (Pd/UiO-66@SGO). The Brønsted acidity associated with UiO-66@SGO activates the fructose dehydration to form 5-hydroxymethylfurfural (5-HMF), while the Pd nanoparticles further convert 5-HMF to 2,5-DMF by hydrogenolysis and hydrogenation. The results show that under the optimized reaction conditions of 160 °C and 1 MPa H₂ in tetrahydrofuran for 3 h, the yield of 2,5-DMF is as high as 70.5 mol%. The direct conversion of fructose can be achieved without additional purification of 5-HMF from the reaction mixture. In addition, when glucose is used as substrate, the 2,5-DMF was obtained up to 45.3 mol%. A recyclability test suggests that the 4.8 wt% Pd loaded on the UiO-66@SGO catalyst can be re-used up to five times.

참고문헌

1. Insyani, R., Verma, D., Kim, S. M., Kim, J., "Direct One-pot Conversion of Monosaccharides into High-yield 2,5-Dimethylfuran over a Multifunctional Pd/Zr-Based Metal–Organic Framework@Sulfonated Graphene Oxide Catalyst," *Green Chem.*, **19**, 2842–2490 (2017)

CT-58

크라프트 리그닌과 선형 저밀도 플라스틱의 촉매 혼합 열분해를 통한 방향족 탄화수소 효율 증진

오대준^{a,1}, 류혜원^{a,1}, 박세용^{a,1}, 김기훈^{a,1}, 정재훈^a, 류수민^a, 황유진^a, 박영권^{*a}
서울시립대학교 환경공학과. ^a

Catalytic co-pyrolysis of Kraft lignin and Low density polypropylene

Daejun Oh^{a,1}, Haewon

Ryu^{a,1}, SeYoungPark^{a,1}, KiHoonKim^{a,1}, JaehunJung^a, SuminRyu^a, YujinHwang^a, Young-kwonPark^{*a}
School of Environmental Engineering, University of Seoul, Seoul 02504, Korea, ^a

리그닌은 리그노셀룰로오스 기반의 바이오매스의 두 번째로 중요하게 다량 포함되어 있는 성분이며, 바이오매스 중량의 15-30%, 바이오매스 에너지의 40% 가량을 차지하고 있다. 리그닌은 종이 펄프, 식품, 목재 및 에탄올 생산과 같은 많은 산업 폐기물 부산물로 발생하며 따라서 매우 유용하다[1-4]. 그러나 리그닌으로 발생하는 에너지는 매우 낮은 등급의 에너지원이기 때문에 리그닌을 주요 에너지로 사용하려는 관심과 노력이 있지 않았다. 리그닌 구조를 구성하는 페놀 화합물은 촉매의 산점에 흡착하여 기공 내에서 코크를 형성하게 되는데, 이 코크는 촉매의 채널을 막고 촉매의 급속한 비활성화를 야기하게 된다[5]. 수소가 풍부하게 포함되어 있는 플라스틱과 리그닌의 혼합 열분해는 코크의 형성을 감소시키고 촉매의 효율을 향상시킬 수 있다[6-10]. 플라스틱은 주로 풍부한 수소 공여체인 올레핀과 같은 선형 탄화수소로 구성되어 있다. 따라서 리그닌 열분해로 발생하는 중간체가 촉매 기공 내에서 쉽게 반응할 수 있고, 코크에서 방향족 탄화수소로의 형성을 가능하게 한다[11-12].

따라서 본 연구는, 플라스틱 폐기물의 모델 물질로써 선형 저밀도 폴리에틸렌(LLDPE)을 이용하였고, 크라프트 리그닌(Kraft lignin, KL)과 같이 투입되었다. 촉매 열분해 및 촉매 혼합열분해가 gas chromatography/mass spectrometry (Py-GC/MS, Agilent 7890A/5795C inert)를 사용하여 수행되었다. 촉매로는 다른 산점과 기공 구조를 가진 메조기공 촉매인 Mesoporous Zsm-5(MesoZSM-5)와 Al-SBA-15가 이용되었다. 두 촉매 중에서, Meso-ZSM-5가 Al-SBA-15와 비교했을 때 KL/LLDPE의 촉매 혼합열분해에서 방향족 탄화수소의 생성에 있어서 더욱 우수한 촉매 활성을 나타내었다. 열중량 분석은 (Thermogravimetric analyzer, TGA), Pyris 1, PerkinElmer Co)를 이용하여 수행되었고, BET model 및 Barrett-Joyner-Halenda (BJH) method와 X-ray diffraction analysis (XRD), 그리고 NH₃-TPD분석을 통해 촉매의 특성을 결정하였다.

사사

본 연구는 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단(NRF)의 지원을 받아 수행된 기초 연구사업임. (No. 2015R1A2A2A11001193).

CT-59

미국 바이오에너지 연구 동향 - DOE Bioenergy Research Center를 중심으로

김광호*
한국과학기술연구원

전 세계적으로 석유 수급의 악화와 불안정한 유가, 지구 온난화에 대비한 온실가스 배출 절감에 대한 노력으로 바이오에너지에 대한 국제적 관심이 지속적으로 고조되고 있다. 바이오에너지는 바이오매스로부터 생성되는 에너지를 의미하며, 이는 재생가능하고 친환경적일 뿐 아니라 기존 석유화학을 기반으로하는 인프라에 큰 변화 없이 적용가능한 대체에너지이다. 미국에서는 2007년부터 에너지부 (Department of Energy) 산하에 Bioenergy Research Center (BRC)를 설립하여, 바이오에너지 연구에 많은 투자를 아끼지 않고 있다. 2007년부터 2017년까지 Joint BioEnergy Institute (JBEI), Great Lake Bioenergy Research Center (GLBRC), BioEnergy Science Center (BESC) 등 세 BRC에서 바이오에너지에 관한 연구를 중점적으로 진행하였으며, 많은 연구성과 및 바이오에너지 생산 기술 등의 업적을 자랑하고 있다. 2017년 트럼프 정부가 들어서면서 바이오에너지 연구에 대한 펀드가 상당부분 감소하였으나 BRC를 중심으로 새로운 바이오에너지 개발에 대한 연구는 지속되고 있다. 2017년 말부터는 기존의 세 BRC와 더불어 일리노이주립대학교가 이끄는 새로운 BRC가 설립되어, 앞으로 10년 동안 다음의 네 분야 “sustainability, improved plant biomass, deconstruction and separation, conversion”에서 활발한 연구를 기대하고 있다. 본 발표에서는 미국 내 바이오에너지 연구 동향을 살펴보고, 현재 DOE BRC에서 연구하고 있는 내용 공유하면서 우리가 앞으로 바이오에너지 연구에 어떻게 대응하고 나아가야 할지 논의하고자 한다.

3월 29일(목) 13:30 ~ 17:00

탈황·탈질

경주 The-K 호텔, 가야금C

CT-60

해양 미세먼지 저감을 위한 선박용 배연탈질 시스템 기술 개발

임동하*, 정해영, 김태용
한국생산기술연구원 에너지플랜트그룹

Development of SCR-NH₃ system of NO_x on ship exhaust gas for reducing fine particulate matters

Dong-Ha Lim*, Haeyoung Jeong, Taeyong Kim
Energy Plant R&D Group, Korea Institute of Industrial Technology

국제해사기구(International Maritime Organization, IMO)에서는 본격적으로 해상 대기환경 규제를 위해 배출규제지역(Emission Control Areas, ECAs) 이내에서 항해하는 모든 선박에 대해 배기가스 내 질소산화물(NO_x) 배출량을 Tier II 대비 80% 이상 저감하는 Tier III 규제를 2016년 1월부터 발효하였다. 배기가스 내 질소산화물을 처리하는 여러 가지 기술들이 존재하고 있으나, 강화된 Tier III 기준을 만족시키기 위해서는 선택적 촉매 환원법(Selective Catalyst Reduction, SCR)이 현실적으로 가장 적합하다고 알려져 있다[1].

현재, 선박용 SCR 촉매 시스템은 세라믹 기반 허니컴 촉매 모듈을 선박 엔진 후단에 수백 여 개 장착함으로써 많은 공간을 차지한다. 상용화된 세라믹 기반 허니컴 촉매는 일반적으로 SCR 촉매 파우더, 바인더(Binder), 첨가제(Additive) 등을 혼합하여 사출성형(Injection molding)을 통해 최종적으로 허니컴 형태의 구조로 제조된다[2]. 그러나 세라믹 기반 허니컴 촉매는 일반적으로 강도가 낮고, 선박 배출가스의 높은 배출 속도(Outlet velocity)에 의해 쉽게 파괴되며, 이러한 문제점으로 인하여 세라믹 기반 허니컴 촉매 성능을 저하시킬 수 있어 SCR 촉매의 강도 개선이 요구된다. 또한 절연체로 알려진 세라믹 재료의 낮은 열전도도로 인해 NO_x를 제거할 수 있는 300 ~ 350 °C의 적정 온도 유지 및 처리과정이 복잡해짐에 따라 Capex 및 Opex 가격 상승으로 인한 경제성에 대한 문제점을 가진다. 따라서, 이러한 세라믹 기반 허니컴 촉매의 문제점을 해결하고자, 금속 구조체를 이용하여 금속 기판 상에 워시 코팅(Washing coating), 스프레이 코팅(Spray coating), 졸-겔 코팅(Sol-gel coating) 등을 통해 산화물 촉매를 금속 지지체 상에 코팅하는 연구가 활발해지고 있다[3].

본 연구에서는 상기 진술한 세라믹 허니컴 기반 SCR 촉매에 대한 문제점인 내구성, 열전도성 등의 물리적 특성을 향상시키고자 금속 구조체를 이용하여 특수형태의 촉매를 적용하여 새로운 형태의 SCR 촉매 모듈을 제작하였다. 이렇게 제조된 금속 구조체 기반 SCR 촉매는 특수 설계·제작된 반응기에 장착하여 실제 선박 배기가스 배출환경과 유사한 NO_x 저감 성능평가를 수행하였다. 또한, 고비강도 메탈폼과의 최적 슬러리를 통해, 기존 산화물 허니컴 촉매 대비 우수한 기계적강도 및 코팅내구성을 달성하였으며, 이를 통해 고효율 금속 구조체 기반 SCR 촉매를 확보하였다. 향후, 실제 선박에 적용을 위한 Prototype 금속 구조체 SCR 촉매 모듈에 대한 Scale-up 연구를 추가적으로 진행할 예정이다.

참고문헌

1. Sounak Roy, M.S. Hegde and Giridhar Madras, "Catalysis for NO_x abatement", *Appl. Energy*, **86** 2283-2297 (2009).
2. Martyn V. Twigg, "Progress and future challenges in controlling automotive exhaust gas emissions", *Appl. Catal. B: Environ.*, **70** 2-15 (2007).
3. Sooho Kim and Chang-Woo Lee, "A review on manufacturing and application of open-cell metal foam", *Proc. Mater. Sci.*, **4** 305-309 (2014).

CT-61

산업미세먼지 감축을 위한 기술정책

김종민

한국생산기술연구원 국가청정생산지원센터 청정기반기획실

Technology Policy for Industrial PM reduction

Kim, Jong Min

Cleaner production planning office, Korea National Cleaner Production Center in Korea
Institute of Industrial Technology (KNCPC in KITECH)

현재 미세먼지 이슈에서 우리 국민은 문제해결을 위한 실질적 대책 마련과 이행을 요구하고 있는 상황이다. 또한 OECD도 “16년 더 나은 삶 지수”에서 우리나라의 대기질 환경분야는 회원국 중 최하위로 밝혔다.

이에 정부는 '17년 9월 26일 관계부처 합동 미세먼지 대책을 발표하였다. 국내 주요 미세먼지 배출원으로 사업장 즉, 제조공장을 지목하였고, 배출원 별 대책으로 '22년까지 30% 저감을 위해 각 부문별 감축 목표량을 설정하였다. 제조업연소, 생산공정, 석유정제시설로 나누어진 산업부문은 국가 전체 감축량의 51%를 차지하였고, 이를 달성하기 위해 현재 배출량의 43%를 줄여야 하는 상황이다.

산업계에서는 감축노력을 약속하고 있으나, 비용적 측면 뿐만 아니라 기술적 측면에서의 어려움에 대한 이해와 규제당국의 미세먼지 관련 대기환경규제 강화 강도와 속도에 대해 일정부분 시간적 배려를 기대하고 있는 것이 현실이다.

본 연구에서는 정부의 정책목표 달성, 나아가 국민의 삶의 질 개선에 기여할 수 있도록 산업부문이 나서야 하는 현실에서, 대내외적 여건, 산업부문의 실효적 감축을 위해 고려할 수 있는 부분, 성과를 앞당길 수 있는 실행 방안, 그리고 기대되는 효과에 대해 기술정책 측면에서 살펴보고자 한다.

V 중점 추진과제						
1. 국내 배출량 30% 감축						
◇ 목표 : '22년까지 미세먼지 국내 배출량 30% 저감 ◇ 대책 : 4대 핵심 배출원(발전, 산업, 수송, 생활) 집중 감축						
< 부문별 감축률 및 주요대책(19% 감축 기준) >						
부문	'14년 배출량 (톤, 기준연도)	'19년 배출량 (톤, ▲12.6%)	'22년 배출량 (톤, ▲31.9%)	감축량 (톤)	감축률 부문 감축률(감축여유)	
합계	324,109 (100%)	283,400 (100%)	220,836 (100%)	▲103,273	31.9%	
발전	49,350 (15%)	42,970 (15%)	36,888 (17%)	▲12,511	25%	3.9%
산업	123,284 (38%)	104,652 (37%)	70,483 (32%)	▲52,791	43%	16.3%
수송	30,261 (9%)	29,562 (10%)	61,277 (28%)	▲28,304	32%	8.0%
생활	61,114 (19%)	65,798 (23%)	52,127 (24%)	▲8,987	15%	2.6%

※ 부문별 감축목표는 시행과제고용 위한 국제적 이행계획 수립 및 점검과정에서 수정·보정 예정

Fig. 1 관계부처 합동 미세먼지 관리 종합대책



Fig. 2 산업미세먼지 정책 토론회 (대한상의)

CT-62

Lab-scale 순산소 순환유동층 석탄 연소에서 SNCR & SCR 탈질 특성

신지훈, 최경구, 허필우, 윤진한*
한구기계연구원 환경기계연구실

DeNOx characteristics of SNCR & SCR in lab-scale Oxy-CFBC

Ji Hoon Shin, Gyung Goo Choi, , Pil Woo Heo, Jin Han Yun*
Korea Institute of Machinery & Materials

온실가스 처리 기술에 대한 관심이 나날이 커지고 있는 상황에서, Carbon Capture & Storage (CCS) 기술 중 하나인 순산소 연소에 대한 연구의 중요성이 커지고 있다. 순산소 연소기술은 석탄을 고농도 CO₂ 분위기의 연소기술로서, 이 기술이 적용된 순환유동층(Oxy-CFB) 보일러에 대한 연구는 연소 효율 증대와 연료다변화에 많이 집중되고 있다. 하지만 순산소 연소에 있어서 NO_x와 같은 대기오염 물질배출에 대한 연구는 많이 부족한 상태이다.

본 연구에서는 Oxy-CFB의 석탄 연소 중 발생하는 NO_x 제거 특성을 위한 기초 연구를 수행하였으며, Oxy-CFB에서 효과적인 NO_x 저감을 위한 기초 정보를 제공하고자 한다. 실험에 사용된 고농도의 urea solution(40wt%)은 NO_x 저감 효율을 높이기 위하여 500°C CO₂ 분위기에서 열분해시켜 Selective Catalytic Reduction(SCR), Selective non-Catalytic Reduction(SNCR)에 이용하였다. SCR은 300°C의 온도조건에서, V₂O₅-WO₃/TiO₂촉매를 사용였고, SNCR법의 urea solution의 투입은 850°C 조건에서 NH₃/NO 몰 비 0, 1, 2, 3 조건으로 연소로 내에 투입하여 실험하였다.

Lab-scale 순산소 순환유동층 석탄 연소에서 SNCR & SCR 탈질 실험결과, NH₃/NO 몰 비에 따른 SNCR의 효율은 58%이고, SCR의 효율은 84%로 확인하였다. 또한, SNCR에서 미 반응된 암모니아(NH₃)가 SCR의 촉매와 반응하여 NO_x의 추가 저감에 기여함을 확인하였다. 고농도 요소수를 활용한 hybrid deNO_x 시스템은 Oxy-CFB의 석탄 연소에서 발생하는 NO_x의 제거 효율 극대화, NH₃ slip 방지에 효과적인 NO_x 제어기술로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

Acknowledge

이 연구는 2015년 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 국가과학기술연구회 융합연구단 사업(No. CRC-15-07-KIER)의 지원을 받아 수행된 연구임.

저공해 연소 최적제어를 위한 미세먼지 전구물질 실시간 측정 방안

이창엽*, 유미연
한국생산기술연구원

Real Time Measurement of PM Precursor for Optimizing a Low Emission Combustion

Changyeop Lee*, Miyeon Yoo
Korea Institute of Industrial Technology

발전, 제철, 화학공장 등 연소를 기반으로 에너지를 공급하는 대부분의 플랜트 시스템은 배기가스 성분 내 오염물질 및 온실가스를 포함하고 있어, 각종 환경문제 및 규제의 대상이 되고 있다. 최근에는 특히 주요 미세먼지 발생원으로 지목되면서 이의 해결을 요구하는 사회적인 이목이 집중되어 있는 상황이다. 실제 연소 배기가스는 입자성 물질과 휘발성 물질을 포함하고 있으며, NO_x, SO_x 등 미세먼지 전구물질 배출로 인해 PM_{2.5}의 발생에 기여도가 매우 높은 주요 인자로 알려져 있다. [1]

연소 제어에 의한 미세먼지 및 전구물질 생성 억제는 미세먼지 저감을 위한 근본적 방안이다. 이는 설비 투자 측면에서 경제성이 높으면서도 동시에 후처리 설비의 부담을 낮출 수 있다. 미세먼지 및 관련 물질 중 연소장 제어에 의해 발생을 크게 억제할 수 있는 성분은 NO_x, VOC, 미연탄화수소, 미연분 등이 있다. 그 밖에 SO_x, NH₃, 회분은 연료 성상 및 공정에 의한 요인이 크게 작용한다.

연소장 측정분야는 각종 센서들을 활용하여 다양한 유체역학적, 열화학적 물질들의 계측기술들이 개발되고 있다. 또한, 광학적 특성을 이용한 가시화 측정기술도 발전하고 있다. 그러나, 복잡하고 연속적으로 변동하는 연소장을 완전히 분석하기에는 여전히 한계가 있으며, 보다 다양한 측정방법들의 적용이 시도되어야 하는 상황이다.

연소시스템의 미세먼지, 전구물질과 관련한 측정은 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 먼저, 배출된 배기가스를 시스템 배기단 출구 및 외부에서 측정하는 방안이다. 이는 시스템 및 주변을 감시하는 목적으로 주로 사용된다. 적용 환경은 안정적이거나 측정대상이 희석되어 미량을 측정해야하는 어려움이 있을 수 있다. 이에 반해 연소시스템 내부 및 연소장을 직접 측정하는 경우에는 적용 환경이 가혹하고 측정대상의 변동이 심하다는 어려움이 있다. 그러나 연소 제어를 위한 측정은, 그 변동성과 안전을 고려하여 연소장을 직접 측정하는 것이 바람직하며, 수초이내의 근사 실시간 측정이 가능해야 한다.

본 연구에서는 흡수분광법 기반의 연소시스템 측정기술을 제안한다. 흡수분광법 기반의 측정방법은 정량적 정밀도 및 실시간 측정, 현장 적용성 등 다양한 장점을 지니고 있다. 또한, 내부 분석이 어려운 대형 발전보일러 및 제철가열로 등에 적용 가능하여 향후 발전 가능성이 높다.

사사

본 연구는 2016년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다.(No. 20161110100230)

참고문헌

1. Kulmala, M., "How Particles Nucleate and Grow", *Science*, **302**, 1000-1001 (2003).

CT-64

전기장을 이용한 매연저감 연소기술

박대근

한국생산기술연구원 국가청정생산지원센터 청정기반기획실

Soot suppression using electric fields in combustion

Dae Geun Park

Cleaner production planning office, Korea national cleaner production center Korea Institute of Industrial Technology (KITECH)

전기장을 이용한 화염의 연구는 오랜 연구 분야의 하나로써 진행되어 오고 있지만, 현재 탄화수소연료의 환경문제등을 해결하기 위해 다시 활발히 연구가 진행되어 오고 있다. 그 특징 중에는 매연 생성의 억제, 화염 전파속도 증가, 화염의 안정화등의 결과를 도출하지만, 전기장과 화염의 상호 작용의 메카니즘은 아직 불분명하다.

전기장을 화염에 인가시켰을 때, 화염에서 생성되는 이온들은 로렌츠(Lorentz) 힘에 의해 가속되고 이러한 이온들은 중성자와 충돌하면서 이온풍을 생성시킨다. 본 연구에서는 이온풍 효과를 관찰하기 위해 대향류 버너에서 미산란 기법(Mie scattering method)를 이용하여 수행하였다(Fig. 1). 전기장이 인가되지 않는 화염의 경우, 노즐 간의 중심에 유동의 정체면과 화염이 위치하는 전형적인 대향류 확산화염을 보인다. 반면, $V_{dc} = -2.4$ kV의 전기장이 인가된 화염에서는 화염은 하부 노즐로 이동하였으며, 화염으로 부터 형성되는 이온풍에 의해 화염을 기점으로 상, 하단에는 각각의 정체면이 존재함을 확인되었다. 이러한 이온풍은 대향류 확산화염의 중요한 인자인 화염 신장율과 축방향의 화학량론(stoichiometry) 위치에 영향을 미치고, Fig.2에서 보인 매연생성에도 크게 작용함을 알 수 있다. 전기장이 인가된 화염의 경우 PAHs는 현저히 줄어들었으며 매연은 완전히 없어진 것을 볼 수 있다.

본 세미나에서는 전기장을 이용한 매연저감 연소기법에 대해서 상세히 다루고, 어떠한 방식으로 전기장을 이용하면 긍정적인 효과를 낼 수 있는지 다루고자 한다.

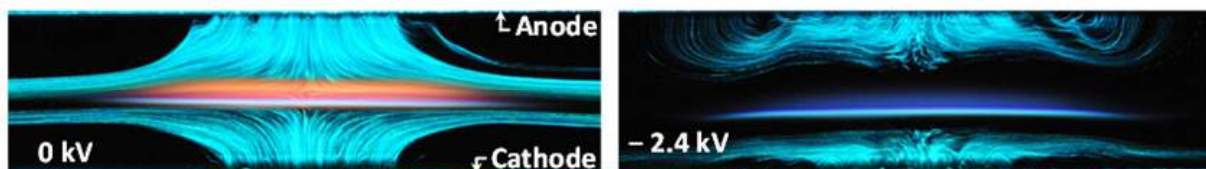


Fig. 1 Mie scattering images with no electric field and $V_{dc} = -2.4$ kV.

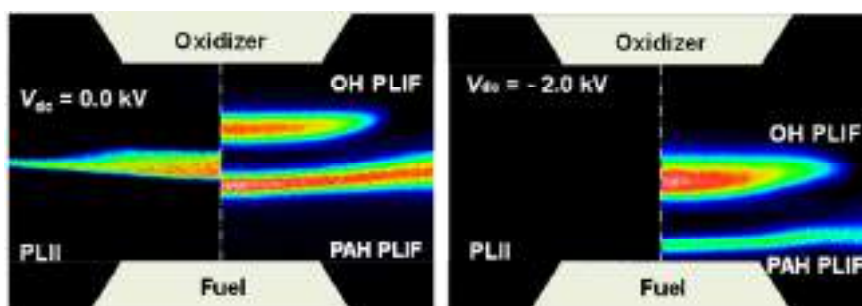


Fig. 2 Images of soot volume fraction, PAHs, and OH radicals with no electric field and $V_{dc} = -2.0$ kV.

CT-65

Facile synthesis of Cu-KFI catalyst for NH₃ selective catalytic reduction

Jonghyun Kim, Do Heui Kim*

School of Chemical and Biological Engineering, Seoul National University, Seoul, Rep. of Korea

Selective catalytic reduction of NO_x with NH₃ (NH₃-SCR) is a well-established technology for reducing NO_x from diesel engine exhaust. In the last decades, copper-exchanged zeolites such as Cu-ZSM-5 (MFI) and Cu-beta (BEA) have been extensively studied for NH₃-SCR due to their wide operating temperature and high N₂ selectivity. Recently, Cu-SSZ-13 (CHA) whose pore consists of 8 membered ring was reported to show exceptional hydrothermal stability as well as remarkable activity for NH₃-SCR. In general, expensive organic structure-directing agent (OSDA) is essentially required to synthesize the hydrothermally stable small-pore zeolites.

Here, the small-pore KFI-type zeolite was synthesized via the hydrothermal conversion of zeolite Y with Na⁺ and K⁺ ions without using organic structure-directing agent (OSDA). The effects of alkali metal ions and hydroxide ion on the crystallization of KFI were individually investigated by introducing both hydroxide and nitrate salts into synthesis media. The zeolite KFI synthesized at the optimized condition was copper ion-exchanged, and then applied for selective catalytic reduction of NO_x with NH₃ (NH₃-SCR) reaction. The Cu-KFI was found to exclusively contain isolated copper ions up to very high loading (Cu/Al₂=75%) based on the Cu K-edge extended X-ray absorption fine structure (EXAFS), X-ray absorption near edge structure (XANES), ultra violet visible near infrared spectroscopy (UV-vis-NIR) and temperature programmed reduction by H₂ (H₂-TPR) analyses. Interestingly, Cu-SSZ-13 and Cu-KFI have almost identical activation energy for NH₃-SCR reaction as well as the reduction temperature of “hydrated” copper ions by H₂, indicating the presence of similar active sites on both catalysts. After severe hydrothermal aging at 800°C for 16 h, Cu-KFI substantially maintained structural integrity, which is remarkably stable compared with Cu-Chabazite synthesized from organic-free media. The NH₃-SCR activity test under realistic condition showed that Cu-KFI with high Cu loading has comparable activity to Cu-SSZ-13 even after hydrothermal aging. All combined results evidently confirm that zeolite-based catalyst prepared from organic-free condition can also exhibit excellent hydrothermal stability, which is attributed to the high crystallinity of zeolite and the presence of only isolated copper ions.

CT-66

강화 디젤 배기 규제 대응을 위한 탈질촉매의 기술 연구

김은석
희성촉매 주식회사

Study of catalytic DeNOx technologies to meet more stringent regulation of light duty diesel emission

Eunseok Kim
Heesung Catalyst Corporation

온실가스 문제로 인한 연비규제가 강화되고 있는 추세에서 디젤 엔진은 높은 출력과 연료 경제성 및 CO₂ 배출량에 대해서 가솔린 엔진 대비 많은 장점을 보유하고 있다. 현재 폭스바겐 게이트 이후, 승용디젤에 대한 향후 미래 생존에 대해서 부정적인 관측이 일반적이지만, 온실가스 감축 목표 달성을 위해서 디젤은 필수 기술로 여전히 관심을 받고 있다. 디젤 엔진의 연소 특성 상, 입자상 물질(Particulate Matter, PM) 및 질소산화물(Nitric Oxides, NOx)에 대한 배출량이 높다는 문제가 있다. 이를 저감하기 위한 배기규제의 강화, 배기규제를 달성하기 위한 기술적인 연구가 지속되었으며, 입자상 물질은 필터를 장착함으로써 대부분 문제가 해결되었지만, 공기 과잉 조건에서 질소산화물의 저감에는 아직도 목표하는 질소산화물 저감량 달성에는 여러 기술적인 한계에 직면해 있다.

승용 디젤 차량의 질소산화물 배출량 측정 방식 및 저감 목표에 대해서 환경부와 자동차제조사에서 장기 로드맵을 가지고 개선 중에 있었으나, 2015년 폭스바겐 게이트 이후, 로드맵이 급변하게 되었으며 이에 후처리 촉매 시스템의 구성 및 각 구성 촉매의 요구 특성이 크게 변화되고 있다.

일반적으로 공기 과잉 조건에서 질소산화물의 제거를 위해서 Urea/NH₃-SCR(Selective Catalytic Reduction)기술과 LNT(Lean NOx Trap)이 Euro-6 배기 규제에서는 경쟁 기술로 인식되고 있었지만, Euro-6 이후 규제에서는 상호 단점을 보완하는 공존 기술로 활용되고 있다. 또한 지속적으로 강화되는 배기규제 대응을 위해, 즉 RDE(Real driving emissions) CF(conformity factors) 2.1(Euro-6d temp) 달성을 위한 촉매 시스템이 CF 1.5(Euro-6d) 달성을 위해서 촉매 시스템 구성의 변화가 예견될 뿐만 아니라, 촉매시스템을 구성하는 각 개별 촉매 즉 DOC(Diesel Oxidation Catalyst), LNT, SDPF(SCR on Filter), SCR촉매에 요구되는 특별특성 또한 변화하고 있다.

이에 본 연구에서는 강화 되어지고 있는 승용디젤 배기가스 규제 만족을 위해 변화되어지고 있는 촉매 시스템의 장단점과 각 개발 촉매의 요구특성, 개발 수준 및 개발 방향에 대해서 언급할 것이다.

참고문헌

1. www.dieselnet.com/standards/eu/ghg.php
2. Maunula, T., "NOx Reduction with the Combinations on LNT and SCR in Diesel Applications," SAE Int. J. Mater. Manf. 7(1):195-206, 2014.
3. Joo, K., Park, J., Lee, J., Kim, S. et al., "A Study of LNT & Urea SCR on DPF System to Meet the Stringent Exhaust Emission Regulation," SAE Technical Paper 2014-01-2810, 2014.

CT-67

IMO 환경규제에 대응한 탈황-탈질 시스템 개발

천상규, 서문혁, 최용기
(주)파나시아

Development of De-SOx and De-NOx System in Response to IMO Environmental Regulation

Sang-Gyu Cheon, Moon-Hyeok Seo, Yong-Ki Choi
PANASIA Co., Ltd

국제해사기구(IMO, International Maritime Organization)는 1973년 선박으로부터 배출되는 배기가스로 인한 대기오염을 방지하기 위한 협약을 채택하였고, 이후 1997년 선박에서의 추진기, 발전용 내연기관 및 보일러 등의 여러 연소원에서 발생하는 질소산화물(NOx, Nitro Oxides)과 황산화물(SOx, Sulfur Oxides), 그리고 그 외 성층 오존파괴물질(ODS, Ozone Depleting Substances) 등에 대한 배출 규제인 MARPOL Annex VI가 제정되었으며, 이후 관련 규약은 좀 더 구체화되고 강화되어 왔다. 본 논문에서는 최근 글로벌 해양환경규제에 대한 동향과 SOx 저감을 위한 Scrubber와 NOx 저감을 위한 SCR(Selective Catalytic Reduction) 개발 현황을 소개하고자 한다.

탈질시스템(De-NOx System)

IMO 협약을 통해 2016년 1월 1일부로 NOx 배출에 대한 Tier III 기준이 발효됨으로써, 지정된 배출통제구역(ECA, Emission Control Area)을 항해하는 모든 신조 선박은 이 기준에 만족하도록 의무화 되었다. Tier III는 배출허용기준인 Tier I에 비해 80% 절감된 수준으로써, 배기가스 후처리 설비나 가스연료를 사용하지 않고는 만족하기 어려운 수준으로 강화된 기준이다. 이에 따라 다양한 배기가스 후처리 설비가 개발 및 상용화 되었으며, 그 중 가장 대표적인 NOx 저감장치로는 SCR이 있다.

SCR은 1973년 일본에서 처음으로 상용화되어 약 40 여 년의 역사를 가진 기술로서, 처리 효율에 있어서는 타 후처리 설비에 비해 많은 장점을 갖고 있지만, 선박 운전환경에서의 강한 진동, 다양한 조건에서의 부하운전, 외부 온도의 변화 및 높은 습도 등에 따른 영향에 충분히 대응할 수 있어야 하며, 특히 한정된 공간에 설치할 수 있는 최소화된 모듈로 구성되어야 된다.

탈황시스템(De-SOx System)

IMO에서는 해양환경보호위원회(MEPC, Marine Environment Protection Committee) 70차 회의에서 국제항해를 하는 모든 선박들에 대하여 연료유 중에 포함된 황함유량이 0.5% 이하의 연료유를 사용하도록 하는 협약을 채택하였다. 이 협약은 오는 2020년 1월 1일부로 발효되며, 이 협약과 별도로 유럽연합 내 모든 항만과 황산화물 배출통제구역(SECA, Sulfur ECA)으로 지정된 지역에서는 0.1%의 황함유량을 가진 연료만 사용하도록, 각각 2010년과 2015년부터 이미 시행되고 있다. 이 규제에 대응하기 위해서는 규정에 맞은 연료유를 사용하는 것이 최선이지만, 높은 유가로 인한 선주사의 부담이 크고 아직 연료유 수급이 충분하지 않다는 현실적 문제가 대두되고 있다. 이에 대한 대안으로 후처리 설비를 이용해 저감시키거나 천연가스(LNG, LPG 등)를 대체 연료로 사용하여 만족시키는 방법이 고려되고 있으며, 후처리 설비로는 Scrubber를 이용한 탈황 시스템이 가장 대표적이라 할 수 있다.

Scrubber를 이용한 탈황 시스템은 육상에서의 발전 및 플랜트 분야에서 후처리 설비로 오랜 기간 사용되어 왔던 기술로서, 최근 IMO에서의 황산화물 배출규제에 따라 북유럽의 선진 조선기자재 업체를 중심으로 선박의 배기가스 후처리 설비로 적용되기 시작하였다. Scrubber는 형상과 타입별로는 'U'형과 'I'형으로 나눌 수 있고, 운전 모드에 따라서는 Open 모드, Close 모드, 그리고 이 두 가지 모드를 결합할 수 있는 Hybrid 모드로 나눌 수 있다.

참고문헌

1. IMO Website : www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Air-Pollution.aspx
2. PANASIA Website : www.worldpanasia.com

CT-68

해양에서의 환경 오염 규제 및 대응 기술 현황

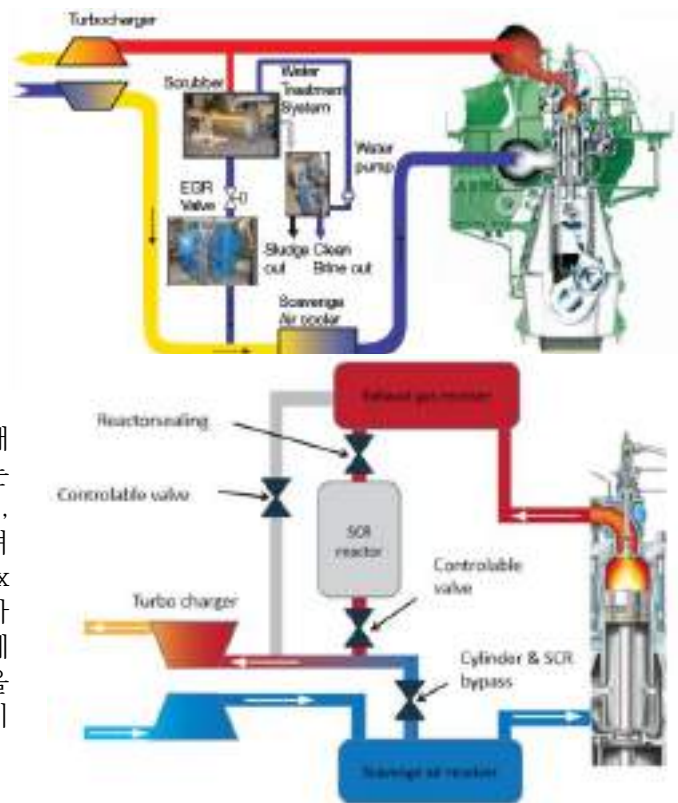
이동원*, 전종하¹, 유봉환¹
STX중공업 주식회사

Environmental Pollution Regulation and Countermeasure Technology in the Marine

Dongwon LEE*, Jongha JUN¹, Bonghwan YOO¹
STX Heavy Industries Co., Ltd.

Abstract

전지구적인 환경에 관한 관심 증가로 인하여 환경 오염물질에 대한 배출 규제가 확대됨과 더불어 해양에서의 환경 규제 역시 강화되고 있는 추세이다. 해양에서의 환경 규제는 IMO에서 제정 및 규제가 이루어지며, 현재의 규제 대상은 이산화탄소, 황산화물, 질소산화물이다. 이산화탄소의 경우는 선박 전체의 에너지 효율을 고려하여야 하며, 질소산화물은 선박용 엔진의 연소 과정에서 발생하고, 황산화물은 연료유의 황성분에 의하여 발생하게 된다. 이러한 환경 오염 물질은 원천적으로 발생하지 않게 하는 것은 어려우며, 이를 저감할 수 있는 대응 기술들이 최근까지 개발되고 있고, 적용 중에 있다. 각각의 대표적인 저감기술로는, 질소산화물에 대해서는 EGR(Exhaust Gas Recirculation), SCR(Selective Catalyst Reduction)이 잘 알려져 있고, 황산화물의 저감에 관해서는 De-Sox Scrubber 등을 들 수가 있다. 본 발표에서는 점차 이러한 저감장치의 장착이 요구되고 있는 엔진 메이커의 관점에서 질소 산화물과 황산화물 저감을 위한 대응 기술 현황과 향후 연구개발이 필요한 기술에 대하여 설명하고자 한다.



Keyword

IMO, SCR(Selective Catalyst Reduction), EGR(Exhaust Gas Recirculation), De-Sox Scrubber

참고문헌

1. MAN Diesel & Turbo, Emission Project Guide
2. IMO, Annex VI Regulations for the Prevention of Air Pollution from Ships.
3. EGCSA, A practical guide to exhaust gas cleaning systems for the maritime industry

CT-69

배가스내 황산화물의 건식 제거

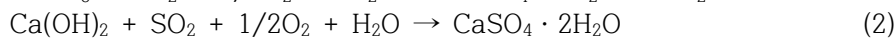
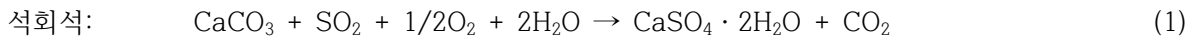
강석환, 류재홍, 김진호, 김태훈¹, 우광재²
고등기술연구원, ¹대신그린에너지, ²에덴스베이브

Dry removal of sulfur oxides in the flue gas

Hyo-Sik Kim, Jae-Hong Ryu, Jin-Ho Kim, Tae-Hoon Kim¹, Kwang-Jae Woo²
Institute for Advanced Engineering (IAE), DaeshinGreenEnergy¹, EdenSvave²

일반적으로 SOx 제거방법은 석회석이나 백운석과 같은 광물을 직접 노내에 석탄과 함께 공급하는 방식인 노내탈황과 연소공정 이후 배가스내 함유된 SOx를 제거하는 습식법과 건식법으로 분류하고 있다. 노내탈황은 석회석 분말을 직접 연소기에 공급하여 SO₂를 CaSO₄로 변환시킨 후 집진장치에서 포집함으로써 저렴한 석회석 사용으로 인하여 재생을 위한 부대시설이 필요 없으며, 배가스의 온도가 떨어지지 않는 장점이 있다. 하지만 배가스내 회분과 석회석이 응결하여 압력손실과 열전달 감소가 발생할 수 있으며, 미반응 석회석 분말에 의한 집진장치의 효율 저하를 가져올 수 있다.

습식법은 흡수제를 물에 용해시키거나 슬러리상으로 배가스와 접촉하는 방식으로 탈황효율은 높지만 배가스의 온도가 저하되는 단점을 가지고 있으며, 흡수제로는 석회의 현탁액, 암모니아 수용액, 아황산 칼륨 수용액 등이 대표적으로 대략 95%의 제거율을 보인다[1,2].




한편, 건식법은 폭넓은 온도 범위에서 물리적 또는 화학적 흡착을 통해 배가스내 SOx 제거할 수 있다. 본 발표에서는 이러한 건식법의 최근 연구 결과들을 SOx 제거공정의 온도와 흡착제의 종류에 따른 특성에 대해 정리하였으며, 연소공정의 적용 처에 따라 SOx 제거 방법을 제안하고자 한다.

참고문헌

1. Yang, J.-H., Shih, S.-M., Wu, C.-I. and Tai, C.Y.-D., "Preparation of high surface area CaCO₃ for SO₂ removal by absorption of CO₂ in aqueous suspensions of Ca(OH)₂", *Powder Technol.*, 202, 101-110 (2010).
2. Villanueva Perales, A.L., Gutiérrez Ortiz, F.J., Vidal Barrero, F. and Ollero, P., "Using neural networks to address nonlinear pH control in wet limestone flue gas desulfurization plants", *Ind. Eng. Chem. Res.*, 49, 2263-2272 (2010).

3월 29일(목) 13:30 ~ 15:40



특별세션
청정수소 생산 및 활용

경주 The-K 호텔, 가야금D

CT-70

구리 기반 촉매 상에서 수성 가스 전이 반응을 통한 청정 수소 생산

노현석*, 나현석, 안선용, 장원준, 심재오, 전경원, 김학민, 이열림, 유성연, 김경진, 김범준, 조재완
연세대학교Water-gas shift reaction over Cu-based catalysts
for clean hydrogen productionHyun-Seog Roh*, Hyun-Suk Na, Seon-Yong Ahn, Won-Jun Jang, Jae-Oh Shim, Kyung-Won
Jeon, Hak-Min Kim, Seong-Yeun Yoo, Beom-Jun Kim, Jae-Wan Cho
Yonsei University

The gradual depletion of fossil fuels such as coal, oil and natural gas, as well as the climate change induced by their combustion, forces a transition to sustainable energy resources. Among the sustainable energies, hydrogen is considered a perspective energy because it is clean and carbon free and its combustion emits only water as a product [1]. If H₂ is produced from hydrocarbons, CO should be removed from the synthesis gas (H₂, CO) [2]. Thus, the water-gas shift (WGS: CO + H₂O ↔ CO₂ + H₂) reaction is a crucial step to remove CO and to produce additional H₂ from synthesis gas. A conventional WGS comprises two stages with different temperature regions due to the thermodynamic limitation: a high-temperature water-gas shift (HT-WGS: 350~450 °C) reaction over Fe/Cr catalyst and a low-temperature water-gas shift (LT-WGS: 180~250 °C) reaction over Cu/Zn/Al catalyst. However, due to the potential environmental concerns related to Cr⁶⁺ for Fe/Cr and the pyrophoric nature for Cu/Zn/Al, the development of novel WGS catalysts is ongoing.

In this study, we designed two different series of catalysts and applied them to the WGS reaction. One is co-precipitated Cu-CeO₂, Cu-ZrO₂, and Cu-CeO₂-ZrO₂ catalysts with various CeO₂/ZrO₂ ratios for the LT-WGS reaction. It will be useful to evaluate catalytic activity/stability of Cu-CeO₂-ZrO₂ catalysts by employing CeO₂-ZrO₂ supports having either cubic structure (CeO₂ rich composition) or tetragonal structure (ZrO₂ rich composition) in the LT-WGS reaction. The effects of the CeO₂/ZrO₂ ratios on the properties of the Cu-CeO₂-ZrO₂ catalysts were evaluated by BET, N₂O chemisorption, X-ray diffraction (XRD), temperature programmed reduction (TPR), and X-ray photoelectron spectroscopy (XPS). The other is CeO₂-promoted Cu/γ-Al₂O₃ catalysts for the HT-WGS reaction over simulated waste-derived synthesis gas. To investigate the effect of preparation method on the CeO₂-promoted Cu/γ-Al₂O₃ catalysts, Ce/Cu/γ-Al₂O₃, Ce-Cu/γ-Al₂O₃, and Cu/Ce/γ-Al₂O₃ catalysts were prepared. The physico-chemical properties of the CeO₂-promoted Cu/γ-Al₂O₃ catalysts were characterized using surface spectroscopies such as BET, XRD, TPR, XPS, Raman spectroscopy, photoluminescence spectroscopy, and N₂O-chemisorption.

참고문헌

1. Shim, J.-O., Na, H.-S., Jha, A., Jang, W.-J., Jeong, D.-W., Nah, I. W., Jeon, B.-H., and Roh, H.-S., "Effect of preparation method on the oxygen vacancy concentration of CeO₂-promoted Cu/γ-Al₂O₃ catalysts for HTS reactions," *Chem. Eng. J.*, **306**, 908-915 (2016).
2. Jeong, D.-W., Na, H.-S., Shim, J.-O., Jang, W.-J., Roh, H.-S., Jung, U. H., Yoon, W. L., "Hydrogen production from low temperature WGS reaction on co-precipitated Cu-CeO₂ catalysts: An optimization of Cu loading," *Int. J. Hydrogen Energ.*, **39**, 9135-9142 (2014).

CT-71

생물학적 수소생산 기술의 주요 이슈와 전망

오유관
부산대학교 화공생명공학부

Challenges and Future Perspective of Biological Hydrogen Production

You-Kwan Oh
School of Chemical & Biomolecular Engineering, Pusan National University, Busan 46241,
Republic of Korea

생물학적 수소생산 기술은 물, 바이오매스, 가스(이산화탄소, 일산화탄소)와 같은 다양한 원료를 이용할 수 있으며, 동시에 환경처리로도 큰 관심을 끌고 있다. 물로부터 수소와 산소를 동시에 생산할 수 있고, 공기 중 이산화탄소 농도를 낮출 수 있으며, 유기성 폐수의 COD를 저감시킬 수 있다. 이용되는 미생물 자체가 갖는 생물 산업성도 높아 다양한 유용물질 생산도 기대된다. 생물학적 수소생산 메커니즘은 크게 광합성 작용에 직접 물 분해, 광합성 바이오매스 생산 후 발효공정을 이용하는 간접 물 분해, 광합성 발효, 혐기 발효로 나눌 수 있다. 혐기 발효 기술은 광합성 수소 기술과 달리 빛이 없는 조건에서도 발효가 일어나므로 유기물을 기질로 밤낮 구별 없이 수소를 생산할 수 있다. 국내에서 생산되는 유기물 함량이 높은 폐자원을 기질을 이용할 경우 환경처리 효과와 아울러 수소를 생산할 수 있다. 상대적으로 균체 성장속도도 빠르고 생물 안정성도 우수해 연속배양이나 대규모 시설의 유지에 편리하다. 본 발표에서는 혐기발효 수소 기술을 중심으로 다양한 생물학적 기술의 메커니즘과 장단점을 다루고자 한다. 더불어 미생물의 혐기 발효 생화학 대사경로의 열역학적 제한 극복과 경제성 향상을 위한 시스템생물학 적용 및 융합공정개발을 제안한다.

CT-72

메탄의 건조 개질을 위한 메조포러스 마그네슘알루미늄 옥사이드 개발

이윤희¹, 조은경², 고창현², 이규복^{1,*}
충남대학교¹, 전남대학교²

이산화탄소를 이용한 메탄의 건조개질 반응은 높은 평형 전환율에 이르는 700 °C이상의 고온 반응이 필수적이다. 마그네슘알루미늄 옥사이드는 고온 안정성, 우수한 화학적 내성과 기계적 강도 그리고 높은 열전도도 등과 같은 장점을 지니고 있어서 촉매 지지체로 널리 사용되고 있다. 한편 촉매 물질로는 상용화를 고려하여 높은 활성을 보이면서도 상대적으로 저가인 Ni계 촉매가 메탄의 건조개질 반응에 적합한 것으로 고려되는데 탄소 침착과 빠른 활성 저하는 Ni계 촉매의 가장 큰 단점으로 알려져 있다. 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하고자 Ni촉매의 고분산 및 소결현상 억제를 위한 메조기공구조를 갖는 마그네슘알루미늄 옥사이드를 개발하였다. EISA(evaporation induced self-assembly)법을 이용하여 메조포러스 마그네슘알루미늄 옥사이드를 합성하는데 있어서 Mg/Al 몰비에 변화를 주면 동일 후열처리 조건에서 평균 기공 크기가 조절되는 것으로 나타났다. 특히 XRD, TEM, BET 비표면적 및 BJH 기공크기 분석을 통해서 800 및 900 °C 열처리 후에 MgAl₂O₄ spinel 상의 경우에는 Soft template에 의해 형성된 균일한 메조기공 구조가 무너지는 반면 낮은 Mg/Al 몰비에서 형성되는 Mg_{0.388}Al_{2.408}O₄ defect spinel 상에서는 소결이 억제되어 구조가 유지되는 것을 확인하였다. 합성된 메조포러스 마그네슘알루미늄 옥사이드는 Ni촉매를 담지하여 메탄의 건조 개질 반응 활성 테스트를 진행하였다.

CT-73

Modeling Hydrogen Production from brown algae via Hydrothermal Liquefaction using Aspen Plus ®

Haider Niaz, Boris Brigljevic, Jay Liu,
Department of Chemical Engineering, Pukyong National University

Abstract

This work focuses on modeling of Hydrothermal Liquefaction (HTL) of brown algae in the stoichiometric reactor model using Aspen Plus®. HTL product forms a complex liquid mixture of various compounds, usually in the hundreds. Addition of compounds not available in the Aspen Plus database is a challenging task, as compounds have to be replaced with other similar compounds (resembling in physical properties) to keep the stoichiometric balance and converge the stoichiometric reactor. Feedstock for this work is brown algae. The number and the type of compounds used in Aspen Model to represent HTL oil and associated aqueous phase must reasonably match key properties such as chemical group, density, heating value, GC-MS data. Compounds available in the Aspen database were chosen as replacements with the compounds present in the original experimental results based on their closest resemblance. Algae feed of 140,000 lb/hr was fed to the HTL reactor, 100 % conversion of the Algae and a balanced reactor was achieved yielding 76.5 % water soluble, 8.59 % of gas phase and 7.95% of non-soluble products. Furthermore, production of H₂, by the gasification of the aqueous products followed by the Water Gas Shift Reaction and pressure swing adsorption shows the production of 65% of hydrogen and 35% of the off gas comprising of the CH₄, C₂H₆, CO, CO₂, N₂ and a minute fraction of H₂.

CT-74

고효율 수소제조를 위한 인산첨가 다공성 알루미나 지지체 기반 수증기메탄개질용 니켈촉매 개발

임은미^{1,3}, 정해영¹, 구윤장^{1,3}, 김태용¹, 문건대², 박대원³, 임동하^{1,*}

¹한국생산기술연구원 에너지플랜트그룹, ²한국생산기술연구원 기능성소재부품그룹, ³부산대학교 화학공학과
dongha4u@kitech.re.kr

Development of nickel catalyst based on phosphate added mesoporous alumina for steam methane reforming

Eunmi Im^{1,3}, Eunseok Woo^{1,3}, Ho Jun Seo², Geon Dae Moon², Dae-Won Park³, Dong-Ha Lim^{1,*}

¹Korea Institute of Industrial Technology, Energy Plant R&D Group, Busan, Korea

²Korea Institute of Industrial Technology, Advanced Surface Coatings & Processing R&D Group, Busan, Korea

³Pusan National University, Division of Chemical and Biomolecular Engineering, Busan, Korea
dongha4u@kitech.re.kr

최근 화석연료의 고갈로 인한 대체에너지에 대한 수요가 증가 하고 있다. 특히, 수소는 대표적인 청정 에너지로 환경 및 에너지 문제를 해결 할 미래 에너지원으로 각광받고 있다. 수증기메탄개질법(Steam methane reforming)은 전체 수소제조법의 40 % 이상을 차지하는 주된 상업적 기술로 사용되고 있지만, 고가의 귀금속 촉매를 대체할 고효율 촉매 개발을 통해 수소제조단가를 낮추는 연구가 절실히 필요한 실정이다. 저가의 니켈 촉매의 경우, 귀금속 촉매와 유사한 높은 활성을 나타내지만, 고온에서의 탄소침적(Carbon coking) 및 소결(Sintering)문제로 인해 급격하게 비활성화 현상으로 인하여 장시간 안정적이 운전이 어렵다는 단점을 가진다. 한편, 촉매 지지체(Support)는 촉매의 물리·화학적 특성을 결정하는 중요한 요인으로 작용한다[1]. 고온에서 수행하는 수증기메탄개질용 촉매 지지체는 고온에서 열적안정성이 우수하여야 하며, 고비표면적을 통하여 촉매 활성점을 극대화 하는 것이 중요하다. 일반적으로 사용되는 α -알루미나 지지체의 경우, 물리·화학적 안정성이 높지만, 저비표면적 및 약한 금속-지지체 결합강도(Weak metal-support interaction)을 가진다.

따라서, 본 연구에서는 균일한 크기의 메조기공을 가지는 3D 다공성 알루미나 지지체 개발을 통하여 지지체의 비표면적을 증가시키고 촉매 비활성의 주된 원인인 탄소침적 및 소결 문제를 해결하기 위해 인(Phosphate)이 첨가된 고효율 수소제조 촉매용 다공성알루미나 지지체를 개발하고자 하였다. 이를 위해 일정한 분자량의 나노 폴리머를 템플레이트(Template)로 사용하여 균일한 크기의 메조기공을 형성하고 인산(Phosphoric acid)를 첨가하여 인이 첨가된 3D 다공성 알루미나를 제조하였다. 니켈은 개발 알루미나 지지체에 함침법을 사용하여 담지하였다. 개발 촉매의 5 nm 미만의 메조기공(mesopore)은 촉매 활성점(Active site) 증대효과를 제공하며, 전기음성도 및 원자가전자가 높은 인은 전자주개(electron donor)로 작용하여 탄소침적을 줄여 촉매의 내구성 증대 및 촉매 비활성화를 방지하는 효과를 나타냈다.

참고문헌

1. J. Seo et al., "Hydrogen production by steam reforming of liquefied natural gas (LNG) over nickel catalyst supported on mesoporous alumina prepared by a non-ionic surfactant-templating method", Int. J. Hydrogen Energy, 34.1809-1817 (2009).

CT-75

이산화탄소 개질 반응에서 Ni-MgO-CeO₂, Ni-MgO-ZrO₂ 그리고 Ni-MgO-Ce_(1-x)Zr_(x)O₂ 촉매의 비교 연구

윤성연, 장원준, 김학민, 심재오, 전경원, 나현석, 이열림, 김경진, 안선용, 김범준, 조재완, 노현석*
연세대학교

Comparative study on carbon dioxide reforming of methane over Ni-MgO-CeO₂, Ni-MgO-ZrO₂ and Ni-MgO-Ce_(1-x)Zr_(x)O₂ catalysts

Seong-Yeun Yoo, Won-Jun Jang, Hak-Min Kim, Jae-Oh Shim, Kyung-Won Jeon, Hyun-Suk Na,
Yeol-Lim Lee, Kyoung-Jin Kim, Seon-Yong Ahn, Beom-Jun Kim, Jae-Wan Cho, Hyun-Seog Roh*
Yonsei University

Ni-MgO-CeO₂, Ni-MgO-ZrO₂ and Ni-MgO-Ce_(1-x)Zr_(x)O₂ catalysts have been applied for carbon dioxide reforming of methane. The catalysts are prepared by co-precipitation method and characterized through various techniques such as XRD, BET, TPR, H₂-Chemisorption and pulse H₂-CO₂ reaction. Ni-MgO-Ce_{0.8}Zr_{0.2}O₂ catalyst exhibits the highest activity as well as stability for the CDR reaction, even at a high GHSV of 1,620,000 h⁻¹. The highest catalytic performance of the Ni-MgO-Ce_{0.8}Zr_{0.2}O₂ catalyst is mainly attributed to high reduction degree and small Ni particle size.

참고문헌

1. Jang, W.-J. et al., "Metal oxide (MgO, CaO, and La₂O₃) promoted Ni-Ce_{0.8}Zr_{0.2}O₂ catalysts for H₂ and CO production from two major greenhouse gases," *Renew. Energy*, **79**, 91-95 (2015).
2. Jang, W.-J. et al., "H₂ and CO production over a stable Ni-MgO-Ce_{0.8}Zr_{0.2}O₂ catalyst from CO₂ reforming of CH₄," *Int. J. Hydrogen Energy*, **38**(11), 4508-4512 (2013).
3. Jeong, D.-W. et al., "The effect of preparation method on the catalytic performance over superior MgO-promoted Ni-Ce_{0.8}Zr_{0.2}O₂ catalyst for CO₂ reforming of CH₄," *Int. J. Hydrogen Energy*, **38**(31), 13649-13654 (2013).
4. Hu, Y.H. and Ruckenstein, E., "High-Resolution Transmission Electron Microscopy Study of Carbon Deposited on the NiO/MgO Solid Solution Catalysts," *J. Catal.*, **184**(1), 298-302 (1999).
5. Ruckenstein, E. and Hu, Y.H., "The effect of precursor and preparation conditions of MgO on the CO₂ reforming of CH₄ over NiO/MgO catalysts," *Appl. Catal. A Gen.*, **154**(1-2), 185-205 (1997).

2018년 한국청정기술학회
춘계 학술대회 초록집

3월 29일(목) 14:00 ~ 16:50



특별세션
온실가스 감축기술

경주 The-K 호텔, 향비파B

CT-76

Enabling Molecular Sieving Behaviors of Mixed Matrix Membranes for Efficient CO₂ Separation

Jong Suk Lee^{1,*}, Jin Woo Oh¹, He Seong An¹

¹Department of Chemical and Biomolecular Engineering, Sogang University, Seoul 121-742,
Republic of Korea

Membrane-based gas separations are attractive due to their relatively high energy efficiency as well as small footprints. Especially, polymers are practical materials in membrane market since they are economical and easily processable. Polymeric membranes, however, are suffering from the separation limit, a *so-called* upper bound limit due to their intrinsic separation mechanism. Mixed matrix membranes (MMMs) can be a practical approach to overcome the performance limit of polymeric membranes via the molecular sieving behavior. They are essentially hybrid membranes consisting of molecular sieves as a dispersed phase for exceptional separation performance and polymeric membranes as a continuous phase for good processability. In this talk, I will present the current progress in developing MMMs including different types of molecular sieves for efficient CO₂ separation.

CT-77

중공사막 내/외부 박막 코팅을 위한 파일럿 공정

박철호

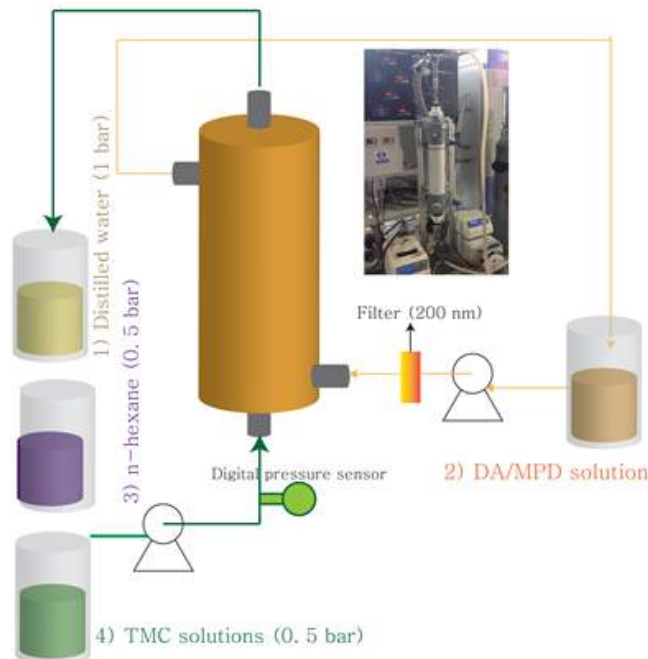
한국에너지기술연구원 제주글로벌연구센터

Pilot scale process for inside/outside thin film coating on hollow fiber membrane

Chul Ho Park

Korea Institute of Energy Research, Jeju Global Research Center

A hollow fiber (HF) membrane holds attractions with respect to structural advantages over a flat sheet membrane in packing density, spacer-free modulation, and diversity of module design.¹ Since HFs have been produced by a non-solvent or a thermal induced phase separation, they (with pore sizes larger than several tens of nanometers) have been typically used for size sieving filtration processes (e.g., microfiltration, ultra-microfiltration, membrane bioreactor, etc.).²⁻⁴ Once a coating process is introduced on HFs, it can be extended to a variety of separation processes (e.g., nanofiltration, gas separation, forward osmosis, or pressure-retarded osmosis).⁵⁻⁹ However, small-scale coating process could be done in lab scales but pilot scale coating is more complicated. Herein, we studied the pilot scale coating inside and outside hollow fiber membrane. For inside coating, we developed co-flowing interfacial polymerization method. For outside coating, the continuous coating system was studied. We could expect both methods which will be extended into various applications.



CT-78

Conversion of methane to high-value hydrocarbons via co-processing oxygenates

Do-Young Hong*

Green Carbon Catalysis Group, Korea Research Institute of Chemical Technology (KRICT)

Natural gas, mainly methane known as one of green house gases, can be utilized to produce petrochemicals and liquid fuel via catalytic conversions of methane by dehydrogenation. Biomass represent non-conventional hydrocarbon feedstocks that ultimately require deoxygenation for the synthesis of commodity chemicals and fuels. Therefore, methane and biomass lie on opposite ends of the chemical reaction spectrum, as characterized by the effective hydrogen index (EHI). Co-processing biomass and methane would enable the synthesis of fuels with a greater degree of saturation compared to those produced from biomass alone.

Methane dehydroaromatization (MDA) on Mo/HZSM-5 catalysts represents a direct, non-oxidative route for methane activation to produce aromatics and hydrogen. Because of equilibrium reaction, high conversion of methane is required high reaction temperature. And also, aromatic formation rate significantly decreases with time on stream due to the rapid catalyst deactivation by coke deposition on the active sites under the condition. Previously, we reported that forward rates of aromatics synthesis are unperturbed by co-processing methane with C1-2 carboxylic acids while the net rates of hydrocarbons are clearly affected by the oxygenates. In the present study, we carry out the MDA along with various oxygenates derived from biomass in order to prevent the catalyst deactivation as well as the depletion of aromatic formation rates.

To understand the effect of oxygenates which have various EHI values and diverse functional groups, on product formation rate, selectivity, and catalyst stability during the reaction over Mo/HZSM-5, various co-reactants, such as acetic acid, ethanol, acetone, acrylic acid and propanal, are examined in a fixed bed reactor at atmospheric pressure at 950K. The catalyst was prepared by mechanical mixing of MoO₃ and HZSM-5 followed by heat treatment at 973K and was characterized by a number of complementary techniques to generate understanding of the catalyst structure and active species, allowing correlation of the catalytic behavior as a function of the physicochemical properties of the catalysts.

The formation rate of aromatic synthesis is clearly affected by number of carbons and types of functional group in the oxygenates. The co-processing MDA with oxygenates reduced catalyst deactivation due to removal of deposited coke which is converted to CO. We also present the effective carbon to hydrogen ratio (C/H_{eff}) as a single value descriptor for the effect of co-processing light oxygenates of varying functionality with methane on the net rate of benzene and total hydrocarbon production.

CT-79

중소형 매립지 매립가스 전처리 기술을 적용한 온실가스 감축 사례 연구

박성규^{*1}, 박종우¹, 홍영실¹, 황의현², 정태현², 권용수³
¹(주)케이에프, ²경북도립대학교 토목공학과, ³경북도립대학교 소방방재과

A Study on the GHG Reduction of Small-sized Landfill by Pre-treatment Process for LFG

Seongkyu Park^{*1}, Jongwoo Park¹, Yeongsil Hong¹,
Uihyun Hwang², Taeheon Jeong³, Yongsoo Kwon³
¹KF Co.,LTD,

²Department of Civil Engineering, Gyeongbuk Provincial College,

³Department of Fire-Protecting, Gyeongbuk Provincial College

국내 전체 매립지 중 대규모 매립지를 제외한 중소규모의 매립지가 약 70~80%를 차지하고 있다. 이러한 중소규모 매립지에서는 저농도의 메탄이 소량으로 발생한다. 하지만 이를 활용하기 위한 공정 및 시설 설치에는 높은 비용으로 인해 활용이 어려운 실정이다. 또한 매립지가스의 주성분은 주로 메탄과 이산화탄소로 이루어져 있지만, 그 외 미량의 불순물질인 황화수소, 암모니아, 실록산, 수분 및 기타 화합물 등이 포함되어 있다. 포함된 불순물질인 황화수소 및 수분은 설비의 부식을 일으킬 수 있으며, 실록산은 연소시 이산화규소를 생성하여 설비 내 스케일을 형성 할 수 있다. 따라서 이러한 불순물질로 인하여 메탄 및 이산화 탄소의 직접 활용에 있어 여러 가지 다단의 처리 시설이 필요하게 된다.

따라서 본 연구에서는 이러한 다단의 처리시설 대신 미량의 수분과 황화수소, 실록산을 동시에 제거하는 흡착/제거 기술을 적용한 처리시설이 설치되었다. 설치 규모 및 비용의 저감으로 효율적인 매립가스 전처리 시설설치를 통해, 처리된 매립가스를 활용하여 가스엔진발전을 통해 전력을 생산하였다. 그 결과 매립지 매립가스로부터 전처리 공정을 거쳐 수개월간 전력생산을 통해 중소형 매립지에서 발생하는 온실가스를 지속적으로 감축하는 결과를 도출하였다.

참고문헌

1. Rasi et al., "Trace compounds of biogas from different biogas production plants", Energy, vol. 32, pp 1375-1380(2007).
2. Rasi, S., "Biogas composition and upgrading to biomethane", PhD thesis, University of Jyväskylä, Finland(2009).

사사

본 연구는 환경부 글로벌탑 환경기술개발사업 중 Non-CO2 온실가스 저감기술개발 사업단 (2013001690020)에서 지원받아 수행되었습니다.

CT-80

소화조에서 발생하는 바이오가스 고질화기술 실증 연구

정창훈
¹(주)에체

Demonstration Research of Biogas Upgrading Technology from Anaerobic Digester Gas

Jeong Changhoon¹
¹ECE

하수처리장, 음폐수처리장 등의 혐기성 소화조에서 발생하는 바이오가스는 주성분이 메탄과 이산화탄소로 구성된 온실가스이면서 연료이기도 하다. 바이오가스의 함량은 대체로 메탄 65%, 이산화탄소 34%, 악취 물질 1% 정도로 구성되어 있다. H₂S, Siloxane 등의 불순물을 제거하고 메탄과 이산화탄소로 각각 분리, 회수하면 메탄은 연료로써 활용 가능하며 이산화탄소는 산업의 다양한 용도로 활용할 수 있다. 환경 기초 시설인 하수처리장 등에서 발생하는 바이오가스를 분리, 회수함으로써 온실가스 배출시설에서 온실가스를 회수, 재활용하는 시설로 이미지를 재고할 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구에서는 기존의 바이오가스 전처리 기술에 추가하여 촉매산화수를 이용한 Siloxane 제거 장치를 사용하여 검출한계치 이하의 제거 효과를 확인할 수 있었으며 메탄을 분리하는 분리막 설비는 2단의 단위 분리막 기초 실험을 통해서 얻어진 설계 자료를 바탕으로 제작하여 메탄을 농도 95% 이상으로 회수할 수 있었다. 분리막은 잔류층에 메탄이 생산되고 투과층에 메탄과 함께 이산화탄소가 투과된다. 이산화탄소와 함께 투과된 메탄으로 인해, 메탄의 회수율이 30%~40% 정도 떨어지게 된다. 이와 같은 이유로 메탄의 회수율을 높이고 전체 온실가스 회수율을 높이기 위해서 이산화탄소 액화장치(저온냉각)를 추가한 혼성 분리 공정(분리막+저온냉각분리)을 개발하여 실증화하였다.

혐기성 소화가스의 고질화(Upgrading)를 위한 CO₂제거 기술에는 흡착법 물리적 흡수법, 화학적 흡수법, 막 분리법, 심냉분리법(저온냉각 분리법) 등이 있다. 막분리 공정은 흡수법이나 흡착법에 비해 장치 규모가 작고 장치비가 저렴하며, 운전이 용이하고 에너지가 적게 소비하는 장점이 있다. 심냉분리법의 에너지 고부하 단점을 압력과 온도를 적절하게 활용하여 에너지 소비를 최소화시키고 궁극적으로는 분리막 공정에서 분리 대상 가스의 회수율 및 순도를 높일 수 있는 시스템기술을 확보하였다.

본 연구의 실증설비는 무배출 공정을 지향하며 메탄의 회수율과 순도를 높이기 위하여 여러 곳의 반송 가스라인을 두었다. 반송 가스로 인한 가스 농도의 변화를 고려하여 장치를 운영하였으며 실제 전체 설비에 영향을 줄 농도 변화는 관찰되지 않았다. 분리막 설비 1단막의 투과층 가스(이산화탄소 농도 약 70%)는 이산화탄소 액화설비로 보내져 액화탄산을 생산하고 배출되는 가스(메탄 농도 약 70%)는 가압장치 후단으로 반송하여 공정에 재순환해 바이오가스의 회수율을 높이려 했다. 분리막 설비 2단 투과층 가스는 가압장치 전단에 반송하여 회수율에 기여하고자 했다.

하수처리장의 특성상 대부분이 도심에 위치하고 있어서 분리, 회수된 고순도 메탄가스는 도시가스 관망에 연결하여 도시가스 또는 자동차 연료로 활용이 가능하다. 본 연구설비의 이산화탄소 액화설비는 가압, 냉동 등의 공정과정이 PLC로 제어하여 액화탄산의 안정적인 생산이 가능했으며 gas bombe에 바로 충전할 수 있는 시험적 설비를 갖추어 가까운 수요처는 바로 공급할 수 있도록 설비를 구성하고 운영하였다.

하이브리드 슬러리 코팅을 통한 메탈폼 기반 탈질촉매 제조

정해영, 김태용, 임동하*
한국생산기술연구원 에너지플랜트그룹

Preparation of metal foam based De-NO_x catalyst by hybrid slurry coating

Haeyoung Jeong, Taeyong Kim, Dong-Ha Lim*
Energy Plant R&D Group, Korea Institute of Industrial technology

디젤 엔진 선박에서 배출되는 배기가스에는 질소산화물, 황산화물 등 대기환경에 유해한 물질이 포함되어 있다. 이 중 질소산화물(NO_x)은 미세먼지와 산성비의 원인물질로 주목받고 있으며, 이에 따라, 국제해사기구(IMO)는 배출규제지역(ECA)에서 Tier III를 발효하여 디젤엔진 선박의 질소산화물 배출규제를 강화하였다. 선택적 촉매 환원법(SCR)은 질소산화물 저감 시스템 중 가장 효율적이며, V₂O₅-WO₃/TiO₂계 또는 Zeolite계 촉매를 대표적으로 사용하고 있다[1-2]. 상용화된 산화물 촉매는 바인더와 함께 혼합하여 모노리스 형태로 압출(extrusion)시켜 제조하고 있다. 압출되는 산화물 모노리스 촉매는 촉매활성을 위해 주입분말에 고가의 활성물질 프리커서를 과량 사용하고 있는 문제점이 있다. 또한, 산화물 기반으로 외부 충격에 취약하여 설치·운반 시 촉매손실이나, 설치된 후 고속의 배출가스에 파괴됨으로써 촉매의 활성저하를 초래하여 단기간의 교체 주기가 요구되어져 왔다. 이러한 산화물 모노리스 촉매의 문제점을 해결하고자, 근래 금속 구조체를 이용하여 금속 기판 상에 워시코팅, 스프레이코팅, sol-gel코팅법 등을 통해 산화물 촉매를 코팅하는 연구가 지속되고 있다[3-4].

일반적으로 금속 모노리스는 촉매코팅을 위한 금속 구조체로 널리 사용되고 있으나, 이 금속 구조체는 제작할 수 있는 반응기의 형상이 제한적이기 때문에, 금속 모노리스 형상이 탈질 반응기의 형상을 결정하는 문제점이 있다. 또한, 금속 기판과 산화물 간의 접착내구성 개선이 요구되어, 최근, 금속 촉매의 담지체 형상 및 접착내구성 연구가 지속적으로 대두되고 있다[5]. 본 연구에서는 이러한 금속 촉매 담지체의 구조적 한계를 극복하면서, 기하학적 고비표면적을 통해 활성촉매 사용량 최소화하고자, 메탈폼(metal foam)을 금속 지지체로 사용하였다. 또한, 접착내구성을 향상시키고자 유무기 혼합바인더를 포함한 딥코팅 공정을 통해 메탈폼 기반 탈질 촉매를 제조하였다. 고비강도 메탈폼과 최적의 슬러리를 통해, 기존 산화물 허니컴 촉매 대비 우수한 기계적강도 및 코팅 내구성을 달성하였으며, 이를 통해 고효율 금속구조체 기반 SCR 촉매를 확보하였다.

참고문헌

1. Bin, G., Reggie, Z., He, L., and Zhen, H., "Review of the state-of-the-art of exhaust particulate filter technology in internal combustion engines," *J. Environ. Manage.*, 154, 225-258 (2015).
2. Lee, D. W., and Yoo, B. R., "Advanced metal oxide (supported) catalysts: Synthesis and applications," *J. Ind. Eng. Chem.*, 20, 3947-3959 (2014).
3. Andrea, M., Carlo, G. V., Gianpiero, G., Enrico, T., Cinzia, C., Cristina, F., and Strfanie, K., "Methods for the catalytic activation of metallic structured substrates," *Catal. Sci. Technol.*, 4, 2846-2870 (2014).
4. Meille, V., "Reveiw on methods to deposit catalysts on structured surfaces," *Appl. Catal., A*, 315, 1-17 (2006).
5. Sanz, O., Martinez T, L. M., Echave, F. J., Dominguez, M. I., Centeno, M. A., Odriozola, J. A., and Montes, M., "Aluminium anodisation for Au-CeO₂/Al₂O₃-Al monoliths preparation," *Chem. Eng. J.*, 151, 324-332 (2009).

CT-82

순산소 순환유동층 연소조건에서 NO_x 및 SO_x의 동시제거 특성최경구, 나건수, 이정규, 윤진한*
한국기계연구원 환경기계연구실Simultaneous Removal Characteristics of NO_x and SO_x
in Lab-scale Oxy-CFB Combustion ProcessGyung Goo Choi, Geon Soo Na, Jung Kyu Lee, Jin Han Yun*
Department of Environmental Machinery, Korea Institute of Machinery & MaterialsAbstract

순산소 연소는 공기로부터 질소가 배제된 순수한 산소와 재순환 연소가스의 혼합가스 (약 3-5 % O₂ + 95 % CO₂)로 이루어진다. 이 과정에서 생성된 연소가스는 고농도의 CO₂ 및 H₂O로 구성된다. H₂O는 연소가스의 응축을 통해 비교적 간단하게 제거하여 CO₂ 포집이 용이한 환경을 제공한다. 이러한 이유로, 순산소 연소기술은 화력발전소에 적용할 수 있는 유망한 온실가스 감축 기술로 평가되고 있으며 thermal NO_x를 유발하는 공기 중 N₂가 배제되어 연소 중 NO_x 발생이 공기연소에 비해 비교적 적다는 환경적 이점도 가지고 있다.

본 연구는 이러한 환경적 관점에서 순산소 연소 중 발생하는 NO_x 및 SO_x의 거동을 살펴보는 한편, 연소로 내에서 이들의 동시에 제거 특성을 살펴보고자 진행되었다. 이를 위해, 연소로 내 limestone 및 urea solution의 주입이 용이한 순환유동층 반응기를 활용하여 순산소 연소실험을 수행하였다. 연소온도 약 850 °C에서 연소 배가스 내 NO, SO₂ 그리고 CO의 농도 변화를 살펴보았으며, limestone 또는 urea solution의 투입에 따른 이들 물질들의 발생거동을 관측하였다. 연소로 내 limestone의 투입에 따라 연소 배가스 내 SO₂ 농도는 약 225 ppm으로부터 56 ppm까지 저감시킬 수 있었다. 그러나 limestone의 유입으로 인하여 연소 배가스 내 NO의 농도가 약 103 ppm에서 171 ppm까지 증가하는 부정적 영향도 관측되었다. Urea solution을 활용한 SNCR (selective non-catalytic reduction)법은 urea solution 주입량에 따라 연소 배가스 내 NO의 농도를 약 123 ppm으로부터 37 ppm까지 효과적으로 감축하였으며, SO₂ 및 CO의 발생에 대한 영향은 관측되지 않았다.

본 연구에서는 연소로 내 limestone과 urea solution의 동시 주입을 통해 순산소 연소 중 발생하는 NO_x 및 SO_x를 저감시키고자 하였다. 그 결과, 연소 배가스 내 NO 농도는 약 103 ppm으로부터 29 ppm까지, SO₂ 농도는 약 205 ppm에서 51 ppm까지 감소하는 결과를 얻었다. 이로부터 NO_x 및 SO_x의 연소로 내 동시 저감법은 limestone의 NO 발생 촉진효과를 억제하는 한편 효과적으로 그 목적을 달성했다고 판단된다.

Acknowledge

이 연구는 2015년 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 국가과학기술연구회 융합연구단 사업(No. CRC-15-07-KIER)의 지원을 받아 수행된 연구임.

CT-83

미세먼지 및 중금속(Hg) 동시제거용 하이브리드형 PTFE 멤브레인 필터 운전 특성

황상연, 류상오, 윤성필, 정석우, 이치원¹, 서명조¹, 이승우²
고등기술연구원, ¹(주)마이크로원, ²영남대학교 산학협력단

Operation Characteristics of Hybrid Type PTFE Membrane Filter for Simultaneous Removal of Fine Particle and Heavy Metals(Hg)

Sang Yeon Hwang, Sang Oh Ryu, Sung Pill Yun, Seok Woo Chung,
Chi Won Lee¹, Myung Jo Seo¹, Seung Woo Lee²
Institute for Advanced Engineering, ¹Micro-one. Inc, ²Yeungnam University

산업공정에서 배출되는 대기오염물질인 미세먼지 및 중금속의 경우 화력발전소나 소각 및 연소시설 등 산업시설에서 주로 배출되고 있으며, 발생원에서 직접 대기 중에 배출되거나 미세먼지 전구물질들이 다단계 화학반응을 통해 기체의 상변화에 따라 2차 오염물질로 생성되기도 하며 미량의 중금속, 황 화합물, 유기탄소 등을 함유 하고 있다. 그러나, 미세먼지 입자 제거를 위한 여과시스템의 기술 개발 실적이 미흡하고 고성능 필터 여재 또한 고가의 외국 제품을 수입하고 있으므로 저비용 고효율의 필터 국산화 기술 개발이 필요한 실정이다. 이에, thermal laminating 기술을 적용하여 PTFE 멤브레인 필터를 제작하고, 유기 기능성 작용기를 이용한 흡착제 표면 개질 방법을 적용하여 필터를 통과하는 기체상의 미량의 Hg를 제거하고자 흡착제를 코팅함으로써 미세먼지 및 중금속(Hg)을 동시에 제거하기 위한 하이브리드형 필터 제작 기술 개발을 진행하고 있다. 본 연구에서는 pilot 시험용 집진장치를 활용하여 다양한 운전조건에서 상용급 필터 및 개발하고자 하는 PTFE 멤브레인 필터의 차압 및 여과성능 등 비교 실험을 통해 필터의 운전 특성에 관한 연구를 진행하였다.

본 연구는 2016년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KEPTEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No.20161120200170)

참고문헌

1. (주)제이텍, “발전소 배출 수은 제어를 위한 고효율 흡착제, 분사시스템 및 흡착제 코팅필터 개발” 환경산업선진화기술개발 사업 최종보고서, (2015).
2. M. Lupion ↑, B. Navarrete, B. Alonso-Farinas, M. Rodriguez-Galan, “Hot gas filters for coal-based power generation systems: Operating experiences”, Fuel 108, 2013, 24-30.

3월 28일(수) 14:30 ~ 16:30



포스터세션 I

경주 The-K 호텔, 2층 서측 로비

PA-01

유기성 폐자원을 이용한 친환경 지력증강제 제조 및 특성 연구

김은지, 백인규, 박재형*, 윤영호¹
한국신발피혁연구원, ¹(주)기륭산업

Preparation and Characterization of Eco-friendly Strength Agent using Organic Waste Resources

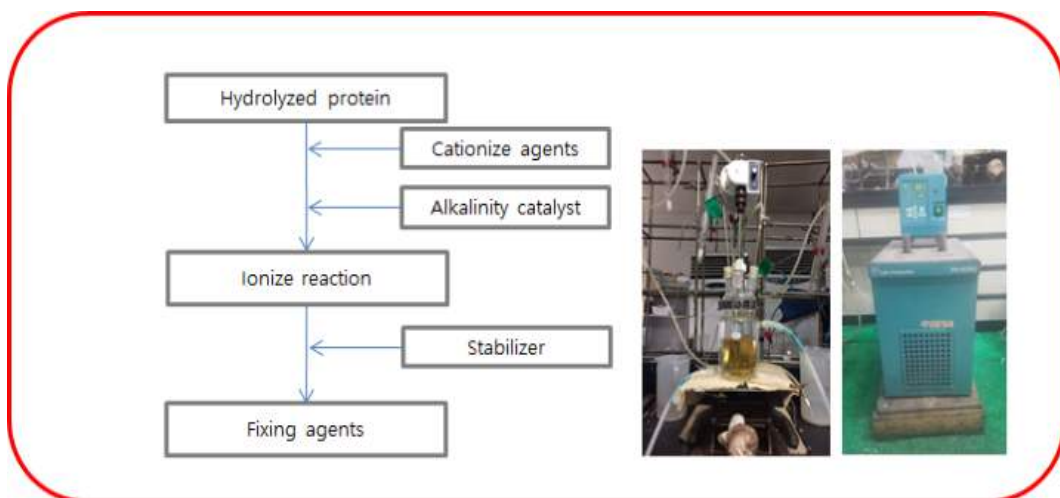
Eun Ji Kim, In Kyu Paik, Jae Hyung Park*, Young Ho Yoon¹
Korea Institute of Footwear & Leather Technology, ¹Kirung Industry Co., LTD.

서론

종이는 섬유 자체 강도와 섬유와 섬유 사이의 수소결합 및 반데르발스결합에 의해 강도가 결정되며 이를 증가시키기 위해서는 고해도를 증가시키는 것이 일반적인 방법이다. 하지만 고해도가 증가될 경우 보류도, 유연성, 압축성 등의 종이 고유 특성이 저하되는 문제가 있어 고해에 의존하지 않고 셀룰로오스 섬유를 수소 결합하여 종이의 물성을 증가시키는 지력증강제의 사용이 필수불가결하게 요구되고 있다. 최근 환경 문제와 관련하여 제지 분야의 기능성 첨가제 또한 고분해성, 인체에 대한 무자극성, 저독성으로 개발 방향이 변화하고 있으며 피부에 대한 안전성을 이유로 천연물질로부터 유래된 변형체 개발에 대한 연구가 많이 진행되고 있다. 따라서 본 연구에서는 유기성 폐자원으로부터 단백질 가수 분해물을 추출하여 개질함으로써 천연 단백질 기반의 변형체를 제조하고 지력증강제로의 응용 가능성을 검토하고자 한다.

실험

먼저 고형분이 50%인 단백질 가수해물 0.1mmol에 40%-NaOH 수용액을 이용하여 pH9로 조절한 다음 양성화제인 CHPTAC((2-Chloroethyl)trimethylammonium chloride) 3mmol을 넣고 70°C에서 3시간에 걸쳐 반응시킨다. 반응이 종결된 반응물을 35°C 이하로 낮춘 후 고형분이 25%가 되도록 물을 넣어준 다음 acetic acid를 이용해 pH 4로 조절한 다음 최종 물질을 얻는다. 양성화 반응은 FT-IR의 변화로 확인하고 반응물의 특성은 계면에너지, 기포안정성, Charge density를 통해 확인하였다.



태양광 제어 기능의 기능성 첨가제 합성 및 특성 평가

김은지*, 백인규, 박재형, 김재현¹
 한국신발피혁연구원, ¹(주)선경화학

Synthesis and Characterization of Functional Additives for Solar Control Function

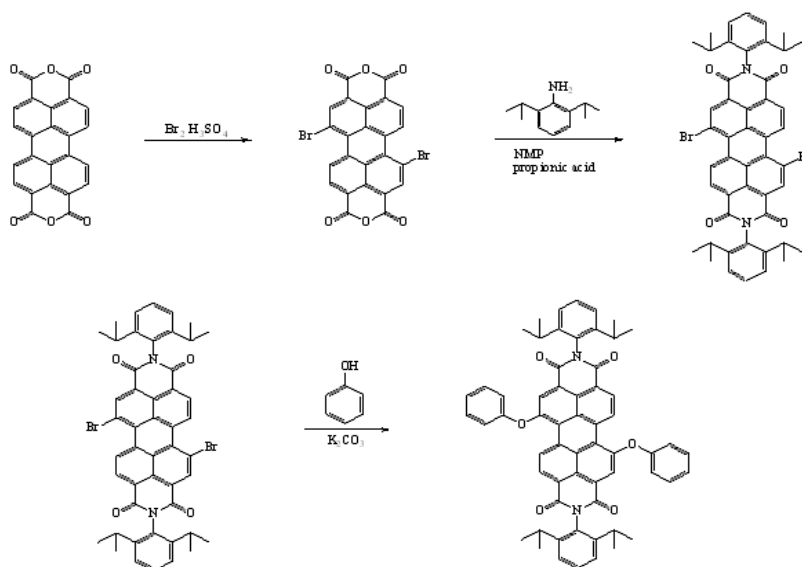
Eun Ji Kim*, In Kyu Paik, Jae Hyung Park, Jae Hyun Kim¹
 Korea Institute of Footwear & Leather Technology, ¹Sunkyung Chemical Co., LTD.

서론

산업이 발전함에 따라 이산화탄소 배출량이 늘어나는 등 각종 공해 발생 및 기후변화를 초래하여 자연 의존성이 높은 농산물의 관리가 어려워지고 수확량의 감소로 이어져 수급이 불안정해지는 등 세계는 식량 위기에 점점 직면하여 이를 해결하기 위한 방안이 요구된다. 또한, 에너지 절감 및 청정에너지를 통한 녹색성장 기술이 전 세계적으로 요구되고 있어 인체에 해가 없고 환경오염을 발생시키지 않는 자연 태양광을 이용한 고효율 소재 및 부품의 상용화 기술 개발이 시급하다. 따라서 본 연구에서는 태양광을 제어하는 기능을 가진 첨가제를 합성하고 이에 대한 특성을 평가함으로써 그린하우스 필름의 적용 및 식물 성장 촉진 기능을 검토하고자 한다.

실험

태양광 스펙트럼과 식물의 광합성 관계를 살펴본 결과, 가시광선 중 녹색(520~580nm)광은 광합성에 유익하지 않은 반면 적색(620~680nm)광은 광합성 및 엽록소 작용을 최대화 하는 현상을 보였으며 이를 토대로 식물성장 증진을 위한 기능성 첨가제의 구조를 설계하였다. 먼저 광학 특성을 부여할 수 있는 host 물질인 페릴렌 화합물에 전자공여기인 페놀화합물과 전자수용기인 아민화합물을 도입함으로써 d-전자궤도에 있는 양이온을 전자가 비어있는 f-전자궤도로 자유 π전자쌍을 주어 녹색 광을 적색 광으로 전환하는 태양광 제어 기능의 첨가제를 제조하였다.



< 태양광 제어 기능의 기능성 첨가제 반응 mechanism >

PA-03

Lumped 모델을 이용한 수분 흡착식 냉방 공정 모사기 개발

김선형, 조강희, 김종남*
한국에너지기술연구원

수분 흡착식 냉방기는 저온의 열원(60~90°C)을 활용하고 물을 냉매로 사용하는 환경 친화적인 냉방 시스템으로서 전기 압축식 프레온 냉방기를 대체하는 기술로서 개발되고 있다. 최근 한국에너지기술연구원에서는 $AlPO_4$ 계의 신규 수분 흡착제를 개발하였으며, 흡착탑 2개, 증발기, 응축기로 구성된 냉방 장치를 구축하였다. 본 연구에서는 PSE 사의 gPROMS 소프트웨어를 이용하여 수분 흡착식 냉방 공정 모사기를 구축하였으며, 시간에 따른 공정의 온도 변화 및 냉방 성능을 예측하고 공정 실험 데이터와 비교하였다. 모델 단순화를 위하여 흡착탑 내부의 온도 및 압력을 일정하다고 가정하는 Lumped 모델을 이용하였으며, 소프트웨어 내에 물질 수지식, 에너지 수지식, 흡착 속도식, 흡착 평형식 등을 구축하였다. 흡착제와 물의 물성들과 장치 파라미터는 문헌 또는 실험으로부터 구하였다. 수증기에 대한 $AlPO_4$ 계 흡착제의 등온흡착 (Adsorption isotherm) 평형선은 저압 영역에서 흡착량이 매우 적고 특정 압력 이상에 흡착량이 가파르게 상승 후 거의 일정해지는 S 형태의 거동을 보이며, 이를 정확하게 나타내기 위해 Henry-Sips 하이브리드 모델[1]을 적용하였다. 저압 영역에서는 Henry 모델이 주로 작용하고, 고압 영역에서는 Sips 모델이 주로 작용하는 모델로서, 등온흡착 평형 실험 데이터로부터 모델 파라미터를 추정하였다. 실험 데이터와 공정 모사 결과가 비교적 잘 일치하였으며, 추후 공정 모사기를 이용하여 운전 조건, 장치 디자인 등 공정 최적화 개발에 활용하고자 한다.

참고문헌

1. Kim, Y. D., Thu, K., and Ng, K. C., "Adsorption characteristics of water vapor on ferroaluminophosphate for desalination cycle," *Desalination*, 344, 350-356 (2014).

PA-04

초임계 공정을 이용한 저급원유 내 불순물 제거 공정 개발

조완택*, 지성화, 마르셀 조나단 히다자, 김현효
일신오토클레이브

Development of pretreatment processes using supercritical fluid process from nonconventional crude oils

Wantaek JO*, Sunghwa Ji, Marcel Jonathan Hidajat, Hyunhyo Kim
ILshinautoclave Cor

최근 유가 하락으로 인해 비전통원유에 대한 경쟁력이 다소 감소할 수 있으나, 장기적으로 전통원유 공급 부진 및 가격 상승으로 인한 비전통원유 개발이 경쟁적으로 이루어 질 것으로 예상되어 이에 관련된 전처리 기술의 필요성이 증대되고 있다. 본 연구는 가체매장량이 풍부하고 저가인 저급원유(고산도원유, 초중질원유, 셰일오일)에 포함된 다양한 종류의 불순물(납센산, 납센산칼슘, 무기물, 아스팔텐, 유기중금속, 황)을 제거 및 분리하고 분리된 불순물을 재이용 하는 공정을 개발하였다. 저급원유 내 불순물을 제거하기 위해 반응온도 400 °C, 반응압력 300 bar의 초임계 공정을 이용하였다. 저급원유 내 불순물 함량 변화를 원소분석, 아스팔텐분석, ICP 분석을 통해 아스팔텐, 황, 무기물의 변화를 알아보았다.



[그림. 저급원유 전처리 기술의 개요]

본 연구는 2015년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(No.20152010103120)

PA-05

Phase Behavior for the 2-PEMA, PAe and 2-PEAe in Supercritical CO₂

Sang-Ha Cho, Young-Soo Choo, Jong-Hwan Jeong, Hun-Soo Byun*

Department of Chemical and Biomolecular Engineering, Chonnam National University

Methacrylate and acetate groups have weakly polarity and show the non-ideal phase equilibria. Phase equilibria for the 2-phenylethyl methacrylate (2-PEMA), phenyl acetate (PAe) and 2-phenylethyl acetate (2-PEAe) play an important role as organic solvents in several chemical processes. The solubility curves of binary mixture for 2-PEMA, PAe and 2-PEAe in compressed CO₂ are investigated using a synthetic method at various temperatures from (313.2 to 393.2) K and pressure up to 26.66MPa. Three CO₂ + 2-PEMA, CO₂ + PAe and CO₂ + 2-PEAe systems have critical mixture curves that show maximums in pressure-temperature space between the critical temperatures of CO₂ and 2-PEMA or PAe or 2-PEAe. The CO₂+2-PEMA, CO₂+PAe and CO₂+2-PEAe systems display type-I phase behavior. The experimental results for the CO₂+2-PEMA, CO₂+PAe and CO₂+2-PEAe binary systems are correlated with Peng-Robinson equation of state using a mixing rule including two adjustable parameters (k_{ij}, r_{ij}). The critical properties (p_c, T_c and ω) and vapor pressure of 2-PEMA, PAe and 2-PEAe were estimated with the Joback-Lydersen group contribution and Lee-Kesler method.

PA-06

순환유동층 보일러에서 보락스 용액 첨가제 사용에 따른 미세입자 변화 측정 및 분석

이동호¹, 박재혁¹, 배달희¹, 한근희¹, 박재현¹, 황윤태¹, 김종렬², 심태연³, 선도원^{1*}
¹한국에너지기술연구원, ²한국중부발전, ³지에프

Effect of Borax solution addition on Fine Particle Alteration Measurement and Analysis in Circulating Fluidized Bed Combustion

Dong-Ho Lee,¹ Jae Hyeok Park¹, Dal-hee Bae¹, Keun-hee Han¹, Jae-hyeon Park¹, Yuntae Hwang¹, Jong Ryeol Kim², Taeearn Shim³ and Do-won Shun^{1*}
¹Korea Institute of Energy Research, ²Korea Midland Power Co., LTD. ³GF Co., LTD.

초록

고형연료에는 다양한 미네랄 성분이 함유되어 있고, 특히 저융점염을 생성시킬 수 있는 알카리 금속 (Na, K), 알카리 토금속(Mg, Ca) 원소와 황(S) 및 할로젠(Cl) 원소들을 포함한 물질들이 존재하며, 연소 중 작은 입자들이 용착되어 클링커를 생성한다. 이렇게 생성된 클링커는 전열 면적을 감소시키고, 열전달 계수를 낮추어 열회수를 낮게 만들어, 보일러의 효율을 감소시킨다. 전열관에 생성되는 클링커들의 거동을 정확히 파악 후, 클링커 생성을 방지할 수 있는 기술 개발이 필요하다. 본 연구에서는 클링커 생성 방지를 위해서 지에프의 보락스 용액을 중부발전의 10MWe급 순환유동층 보일러에 사용하여 클링커 생성을 유발할 수 있는 미세입자를 포집하여 분석하였다. 순환유동층 보일러의 대류전열부 전단에서 보락스 용액 사용 전과 후의 입자를 포집하여 PM10 입자 분율 및 입도 성분 분석을 비교하여 보락스 용액의 효용성을 확인하였다.

참고문헌

1. "In-Furnace Fine Particle and Flue Gas Measurement Services" VTT Technical Research Centre of Finland, (2014)
2. Katlsson, S., Amand, L-E. and Liske, J., "Reducing high-temperature corrosion on high-alloyed stainless steel superheaters by co-combustion of municipal sewage sludge in a fluidised bed boiler," Fuel, 139 482-493 (2015)

PA-07

기포 유동층 반응기에서 폐커피 분말의 급속 열분해로 바이오-오일 생산

심재욱¹, 박정우¹, 김승수^{1,*}
¹강원대학교 삼척캠퍼스 화학공학과

Fast pyrolysis of spent coffee for bio-oil production
 in a bubbling fluidized-bed reactor

Jae Wook Sim¹, Jeong Woo Park¹, Seung-Soo Kim^{1,*}

¹Department of Chemical Engineering, Kangwon National University

화석연료 고갈에 따른 문제를 해결하고자 신재생에너지에 관한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 광합성을 통한 지구온난화 문제를 해결할 수 있는 바이오매스 활용에 대한 연구가 주목받고 있다. 특히, 지구상에서 연간 생성되는 바이오매스는 전체 석유매장량과 견주는 양이 생성되며, 주요 구성성분이 탄소화합물인 바이오매스를 활용하여 에너지원 혹은 화학원료의 공급원으로서 화석연료를 대체할 수 있는 장점을 가지고 있다. 폐커피 분말(spent coffee)은 원두에서 커피를 우려내고 남은 바이오매스 폐기물이며, 추출 과정에서 원두의 19%만 감량되며 나머지는 찌꺼기로 버려지게 된다. 그 양은 2013년을 기준으로 총 수입된 113,240 톤 중 약 9만톤으로 일부가 비료 혹은 탈취제로 사용되지만 상당량이 버려지고 있다. 본 연구는 폐자원으로 버려지는 폐커피 분말을 재활용 하여 열분해반응 특성을 연구하고, 바이오에너지의 효율성을 알아보기 위하여 급속 열분해 반응을 진행하였다. 먼저, 폐커피 분말에 대한 원소분석과 무기물분석 및 수분·회분함량분석을 실시하여 폐커피 분말에 대한 물성자료를 확보하였으며, TGA를 이용해 열중량 특성 변화 및 열분해반응이 일어나는 과정에서의 활성화 에너지 분포(16.44~26.41 kJ/mol)를 계산하였다. 실험실에서 보유한 100 g/h 규모의 기포 유동층반응기를 이용하여 반응조건을 온도(400~500 °C), 유동속도(1.5~4.0 U_{mf}), 층 물질 등을 변화시켜 바이오-오일 수율 및 열분해 생성물의 특성을 분석하였다. 바이오-오일의 수율은 반응온도 460 °C와 유동화속도 2.0 U_{mf}에서 가장 높은 59.43 wt%였으며, 이때 HHV 값은 39.11 MJ/kg이었다. 생성된 열분해 가스의 주 생성물은 CO₂, CO, CH₄였으며 CO₂의 선택성이 가장 높았다. GC-MS를 이용하여 바이오-오일의 조성을 분석한 결과 decane(Teradecane, Pentadecane, Heptadecane 등)류, Palmitic acid, Linolic acid 및 Stearic acid 등의 사슬형 탄화수소와 유기산이 주요 구성성분인 것을 확인하였다.

참고문헌

1. http://customs.go.kr/kcshome/cop/bbs/selectBoard.do?nttlId=3899&layoutMenuNo=294&bbsId=BBSMSTR_1018
2. 한소용, 최연석, 최상규, 김석준, 정연우, "커피찌꺼기의 열분해 반응속도 및 급속열분해를 이용한 바이오원유 제조에 관한 연구", 한국폐기물자원순환학회지, **33(8)**, 786-795 (2016).
3. Bridgwater, A.V., "Renewable fuels and chemicals by thermal processing of biomass." Chem. Eng. J., **91**, 87-102 (2003).
4. Kim, S.-S., Agblevor, F.A., "Thermogravimetric analysis and fast pyrolysis of *Milkweed*.", *Bioresource Technol.*, **169**, 367-373 (2014).

PA-08

Bio-oil production from the fast pyrolysis of furniture waste in a fluidized-bed reactor

Hoang Vu Ly¹, Jeong Woo Park¹, Byung Hee Chun¹, Seung-Soo Kim^{1,*}, Changho Oh²
¹Department of Chemical Engineering, Kangwon National University
²Daekyung Esco

Furniture waste is mainly composed of wood and upholstery foam that have a high calorific value. It can be used as a biomass feedstock for renewable energy or fuel production. The production of biofuel from biomass via pyrolysis has received a lot of interesting attention as a promising technique. Fast pyrolysis is a thermal conversion process at a temperature range of 400~600 °C, in the absence of oxygen, and at short vapor residence time.

Korea government has a plan to increase the use of biofuel 7.0% until 2020, and to decrease 37% BAU until 2030. Daekyung Esco has been started demonstration for fast pyrolysis having of 20 ton/day using waste furniture and sawdust since 2017.

In this study, the thermal conversion characteristics of furniture waste was analyzed from 25 to 700 °C in nitrogen using thermogravimetric analysis, and it was mainly decomposed between 230 °C and 420 °C. The fast pyrolysis of furniture waste was performed in a bubbling fluidized-bed reactor under various conditions to investigate the effects of these parameters on product yield and bio-oil quality. The system used silica sand as the fluidizing bed material and nitrogen as carrier gas. The effects of pyrolysis temperature and biomass particle size on product yield and the quality of bio-oil were systematically investigated. The highest bio-oil yield of 46.86 wt% was obtained at the pyrolysis temperature of 450 °C with a biomass particle size of 1.0 mm and a fluidization velocity of 2.5 U_{mf} . The bio-oil has high selectivity for levoglucosan, pyridine and some derivatives of phenol such as 2,6-dimethoxy-phenol, 2-methoxy-4-(1-propenyl)-phenol, 2,6-dimethoxy-4(2-propenyl)-phenol. The proportions of C₅-C₁₁, C₁₂-C₁₈, and C₂₅-C₃₈ of pyrolysis bio-oil of furniture waste were 39.36, 42.73, and 17.60 wt.%, respectively. The gas compositions were similar for all reaction conditions such as CO, CO₂, H₂, and C₁~C₄ hydrocarbons, and CO₂ selectivity was the highest.

참고문헌

1. Moreno, A. I., Font, R., Conesa, J.A., "Physical and chemical evaluation of furniture waste briquettes", *Waste Manage.*, **49**, 245-252 (2016).
2. Ly, H. V., Kim, S.-S., Kim, J., Choi, J. H., Woo, H. C., "Fast pyrolysis of macroalga *Saccharina japonica* in a bubbling fluidized-bed reactor for bio-oil production", *Energy*, **93**, 1436-1446 (2015).
3. Dermibas, A., Arin, G., "An overview of biomass pyrolysis", *Energ Sources*, **24**, 471-482 (2002).

PA-09

Preparation of Ag@TiO₂ Nanoparticles and Its Application in Dye-Sensitized Solar Cells

Yong Xiang Dong, En Mei Jin, Sang Mun Jeong*
Department of Chemical Engineering, Chungbuk National University

Dye-sensitized solar cells (DSSC) emerges as superior solar cell than the conventional one by virtue of its higher power efficiency (PCE), easy-fabrication and cost-effectiveness. Although TiO₂ semiconductor based photoelectrode were extensively used, lower efficiency triggered the scientific research to improve the PCE of cell. The use of metal nanoparticles (e.g., Mg, Al and La) as a dopant material were the impressive [1]. However, taking the advantage of plasmonic effect of Ag, we investigate the molar ratio dependent Ag-doped TiO₂ nanoparticles by hydrothermal method on the DSSC performances. The crystal structure and morphologies were examined by X-ray diffraction (XRD), field emission transmission electron microscope (FE-TEM), X-ray photo electron spectroscopy (XPS) and surface area measurement (BET). To understand the photoelectrochemical properties of various DSSCs, photocurrent density-voltage curves and UV-Vis spectrum were studied. As a result, PCE of Ag-doped DSSC exhibited about 6.2% enhancement in PCE compared to pristine TiO₂.

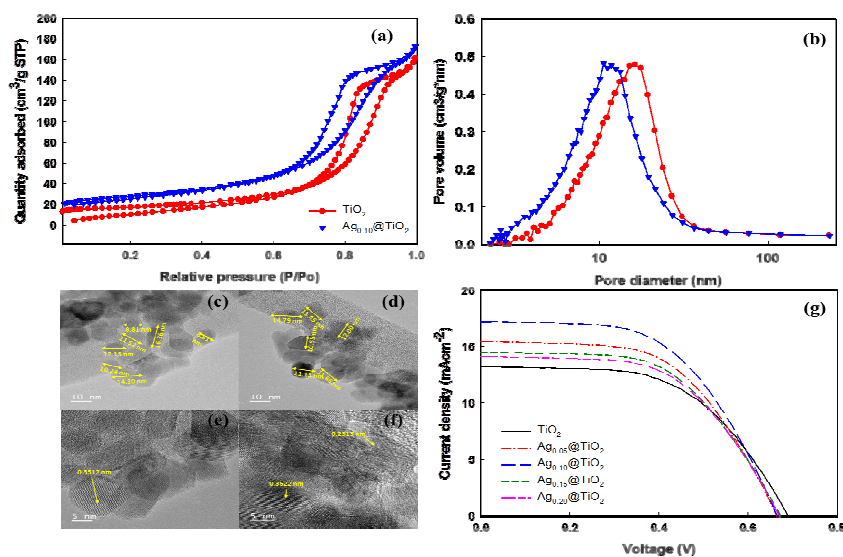


Fig.1 (a) Nitrogen adsorption-desorption, (b) pore size distribution, FE-TEM images of (c, e) pure TiO₂, (d, f) Ag_{0.1}@TiO₂, and (g) photocurrent density-voltage curves of DSSCs made of TiO₂ and Ag@TiO₂ photoelectrodes.

Reference

1. Rafieh, A.I., Ekanayake, P., Tan A.L., and Lim C.M., "Effects of ionic radii of co-dopants (Mg, Ca, Al and La) in TiO₂ on performance of dye-sensitized solar cells," *Solar Energy* **141**, 249-255 (2017).

PA-10

Electrospun Porous Carbon Nanofiber to High Performance Supercapacitor Application

Dao Yong Wan, Subarata Ghosh, En Mei Jin, Sang Mun Jeong*
Department of Chemical Engineering, Chungbuk National University

The performances of the electrochemical double layer capacitors (EDLCs) are greatly governed by the conductivity and specific surface area of the electrode materials. However, the specific surface area of electrospun carbon nanofibers (CNFs) ($\sim 230 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$) is usually lower than those of carbon nanotubers (CNTs) ($\sim 300 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$) or graphene ($466 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$) [1-3]. To improve the specific surface area, herein, CNFs was prepared by electrospinning method using PAN and different contents of SiO_2 (3 or 6 wt%) suspension as precursor. In next step, in order to get porous carbon nanofiber (p-CNFs), the resulting carbon fibers were treated with hydrofluoric acid to remove the SiO_2 . The as-prepared nanocomposites were characterized by field emission scanning electron microscopy and X-ray diffraction. The electrochemical performance of p-CNFs were tested by cyclic voltammetry and galvanostatic charge-discharge cycling. As a results, the electrode show improved capacitive behaviour with specific capacitance 271 F g^{-1} and only 5% loss after 2,000 cycles. The enhanced capacitance was correlated with porosity of carbon structure.

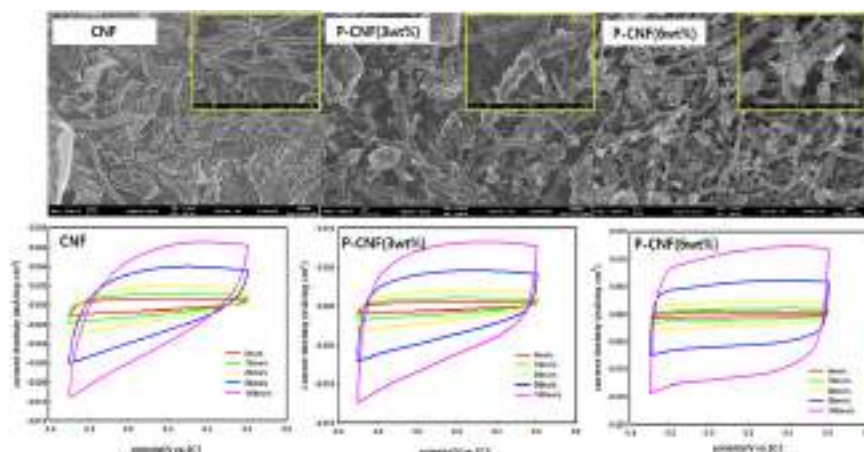


Fig.1 FE-SEM images of CNF and p-CNFs, and cyclic voltammetry of CNF and p-CNFs at various scan rates.

References

1. Nan, D., Huang, Z.H., Lv, R., Yang, L., Wang, J.G., Shen, W., Lin, Y., Yu, X., ye, L., Sun, H., and Kang F., "Nitrogen-enriched electrospun porous carbon nanofiber networks as high-performance free-standing electrode materials," *J. Mater. Chem. A* **2**, 19678-19684 (2014).
2. Mao, D., and Yaniv, Z., "Carbon nanotube-reinforced nanocomposites," U.S. Patent No. 078,306 (2008).
3. Xing, Z., Ju, Z., Zhao, Y., Wan, J., Zhu, Y., Qiang, Y., and Qian, Y., "One-pot hydrothermal synthesis of Nitrogen-doped graphene as high-performance anode materials for lithium ion batteries," *Scientific Reports* **6**, 26146 (2016).

PA-11

전기방사한 다공성 탄소나노튜브를 이용한 리튬황전지의 전기화학적 특성

범지우, 만도용, 김은미, 정상문*
충북대학교 화학공학과

Electrochemical Properties of Electrospun Porous Carbon Nanotube Used Lithium Sulfur Batteries

Zhi Yu Fan, Dao Yong Wan, En Mei Jin, Sang Mun Jeong*
Department of Chemical Engineering, Chungbuk National University

리튬황전지는 황을 양극소재로 사용하여 현재 상용중인 리튬이온전지 (387 Wh/kg)에 최대 에너지 밀도가 약 5배 이상 (2,100 Wh/kg) 높으며 저가인 황을 사용하기 때문에 전지의 제조원가를 낮출 수 있는 장점이 있다. 그러나 리튬황전지의 낮은 수명과 낮은 전기전도도를 갖는 양극소재인 황의 특성으로 인해 아직 많은 개발이 필요하다 [1]. 본 연구에서는 황의 전기전도도 특성 개선을 위하여 다공성 카본나노튜브 (p-CNT)를 전기방사법을 이용하여 제조하였다. 전기방사는 듀얼노즐을 이용하여 방사하였다. 그림1에서 보여진 것과 같이 우선 PMMA (Mw=120,000)를 DMF 용매에 녹여 준비하여 1번 튜브에 주입하였고 2번 주입구로 주입하는 고분자 전구체는 PAN (Mw=150,000)을 DMF 용매에 녹인 후 10-20 nm 입자의 SiO₂ 나노분말을 첨가하여 제조되었다. 각 주입구에 고분자 전구체를 주입한 후, 각각 1 ml/h과 2 ml/h의 주입속도로 노즐에서 약 10cm 떨어진 collector로 분사하였다. 분사한 부직포 모양의 고분자 파이버 시트는 280 °C에서 1시간 동안 1 °C/min의 승온속도로 공기분위기에서 1차 열처리 후, 질소 분위기에서 800 °C에서 3 °C/min 승온속도로 2시간 재차 열처리를 진행하였다. 그다음 얻은 카본나노튜브를 불산으로 SiO₂ 나노입자를 제거하여 최종적으로 p-CNT를 얻었다. 양극소재는 황이온을 p-CNT에 전착하여 제조하였고 약 75 wt%의 황이 p-CNT의 내부 또는 외벽에 전착되었음을 TGA 및 TEM 이미지를 통해 확인되었다. 전기화학특성 분석을 위하여 리튬호일, polyethylene과 1 M의 LiTFSI/DME:DOL (1:1 vol.%, 0.1 M의 LiNO₃)을 각각 음극소재, 분리막 및 전해질로 사용하여 CR2032 코인셀로 제작하였다. p-CNT를 이용한 리튬황전지의 초기 방전용량은 약 1,310 mAh/g을 나타내었고, CNT에 비해 높은 용량유지율을 보였다. 이것은 p-CNT의 표면에 큰 hole의 존재가 리튬이온의 확산과 p-CNT/sulfur 양극소재 제조 시 황이온의 p-CNT 내부로의 전착이 더욱 용이하여 충방전이 진행됨에 따라 황의 손실을 억제하여 용량 유지가 용이한 것으로 판단된다.

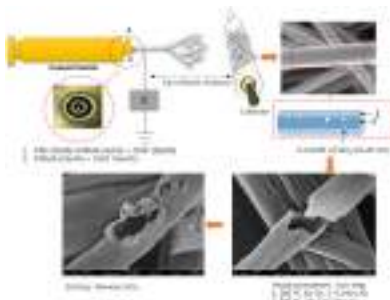


그림1. 듀얼노즐을 이용한 p-CNT의 전기방사.

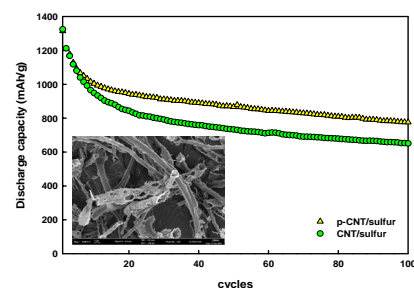


그림2. 리튬황전지의 사이클 특성 및 p-CNT의 FE-SEM 이미지.

참고문헌

- Zhang, Z., Kong L.L., Liu, S., Li, G.R., and Gao, X.P., "A High-Efficiency Sulfur/Carbon Composite Based on 3D Graphene Nanosheet@Carbon Nanotube Matrix as Cathode for Lithium-Sulfur Battery," *Adv. Energy Mater.* **7**, 1602543 (2017).

PA-12

디에틸렌트리아민과 디에틸에탄올아민 수용액으로의 이산화탄소 흡수속도 측정

홍연기*, 유정균¹

한국교통대학교 화공고분자신소재공학부, ¹한국에너지기술연구원 온실가스연구실

Kinetics of Carbon Dioxide Absorption into Aqueous DETA (diethylenetriamine) and DEEA (diethylethanolamine) Solutions

Yeon Ki Hong*, Jong Kyun You¹

School of Chemical and Materials Engineering, Korea National University of Transportation,

¹Greenhouse Gas Laboratory Korea Institute of Energy Research

상분리 흡수제는 단일상으로 존재하는 액상 흡수제가 이산화탄소를 흡수함에 따라 두 개의 혼합되지 않는 상으로 분리되는 것을 특징으로 한다. 각각의 상은 이산화탄소-rich상과 이산화탄소-lean상이며 이 때 이산화탄소-rich상만 재생탑으로 이송하므로 재생 에너지를 줄일 수 있다는 장점이 있다. DETA와 DEEA로 구성된 이성분 아민 수용액은 이산화탄소가 흡수됨에 따라 흡수제의 상이 분리되는 상분리 흡수제로서 본 연구에서는 젖은 벽탑을 이용하여 DETA와 DEEA의 확산도, 헨리상수, 물질전달계수, 반응속도 상수 등을 측정 또는 계산하였다. DETA 수용액은 DEEA 수용액에 비해 흡수속도가 빨랐으며 이는 이산화탄소와 카바메이트를 형성하는 DETA가 바이카보네이트를 형성하는 DEEA에 비해 반응속도가 빠른 것을 해석된다. DETA 수용액에서 DETA의 농도가 높아질수록 총괄물질전달계수의 값은 증가하나 그 증가폭은 줄어들며 이는 DETA 농도 상승에 따른 액체 경막에서의 물질전달 저항의 증가가 반영된 것이라 할 수 있다. 필름 이론에 의해 계면에서의 평형을 가정하고 흡수제를 구성하는 아민과 이산화탄소와의 반응이 의사 1차 반응이라고 가정했을 때 DETA는 이와 같은 가정에 잘 맞음을 알 수 있었다. 그러나 DEEA의 경우 일정 농도 이상에서는 DEEA 클러스터 형성에 따라 바이카보네이트 형성에 필요한 물과의 접촉이 제한되므로 반응 속도 상수가 DEEA의 농도에 따라 감소하는 것으로 해석되었다.

PA-13

페니켈수소전지의 용매추출을 통한 유가금속 회수에 대한 연구

안낙균¹, 김대원^{1*}, 심현우¹, 서장현², 최종엽², 양대훈², 최희락³
¹고등기술연구원 신소재공정센터, ²(주)지엠텍, ³부경대학교 재료공학과

A Study on the Recovery of Valuable Metals by Solvent Extraction of Waste NiMH Secondary Battery

Nak-Kyoon Ahn¹, Dae-Weon Kim^{1*}, Hyun-Woo Shim¹, Jang-Hyun Seo², Joong-Yup Choi²,
 Dae-Hoon Yang², and Hee-Lack Choi³

¹Advanced Materials and Processing Center, Institute for Advanced Engineering(IAE),
²GM-Tech CO., LTD., ³Department of Materials Science & Engineering, Pukyong University

니켈수소전지 하이브리드 전기자동차 (HEV : Hybrid Electric Vehicle)의 사용후 전지에 대한 재활용을 연구를 통하여 효율적인 유가금속인 니켈 및 희토류를 회수하고자 하였다. 본 저자들의 이전연구에는 입수된 페니켈수소전지로부터 방전 작업 후 파쇄/분쇄 및 분급을 거쳐 얻은 전극 스크랩을 XRF (X-ray Fluorescence analysis, NITON)를 이용하여 구성 성분 분석을 실시하였으며, 구성성분에 따라 침출하여 얻은 유가금속 농도는 MP-AES (Microwave Plasma-Atomic Emission Spectroscopy, 4200)를 이용해 니켈, 코발트, 희토류 등의 금속의 농도를 확인하였다.

본 연구에서는 페니켈수소전지 분말로부터 고순도의 니켈 및 코발트 황산용액 형태로 회수하기 위하여 우선 용매추출로 제거되지 않는 칼륨 성분을 수세에 의해 제거하였다. 그 후 기존 연구와 같이 황산으로 침출한 용액을 10 M의 NaOH용액으로 pH를 조절하여 의하여 희토류를 침전시킨 후 고액분리를 통하여 제거하였다. 그리고 기타 불순물로 존재하는 아연, 철, 알루미늄 및 망간 성분은 용매추출제 0.5 M 농도 D2EHPA를 이용하여 pH 2.0 및 추출상비 (A/O) 1의 조건에서 제거하였으며, 불순물이 제거된 용액을 Cyanex 272를 이용하여 니켈 및 코발트 성분을 분리하였다. 그 결과, 99% 이상의 순도를 가진 니켈 및 코발트 황산용액을 얻을 수 있었다.

사사

본 연구는 2017년도 산업통상자원부의 재원으로 한국산업기술평가평가원(KEIT)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (소재부품기술개발사업 No. 10077752)

참고문헌

1. I. Vassura, L. Morselli, E. Bernardi, and F. Passarini, "Chemical characterisation of spent rechargeable batteries", Waste Management 29 (2009) 2332-2335.
2. D. A. Bertuol, A. M. Bernardes, and J. A. S. Tenorio, "Spent NiMH batteries - The role of selective precipitation in the recovery of valuable metals", J. of Power Sources 193 (2009) 914-923.
3. L.E.O.C. Rodrigues and M.B. Mansur, "Hydrometallurgical separation of rare earth elements, cobalt and nickel from spent nickel-metal-hydride batteries", J. of Power Sources 195 (2010) 3735-3741.
4. N. K. Ahn et al., "A study on recovery of rare earth and acid leaching for wet recycling of waste NiMH batteries", J. of Korean Inst. of Resources Recycling, in press (2018).

초초임계 순환유동층 보일러 소재의 변형 거동 모델링

박영수¹, 김대웅¹, 정인현¹, 허용학¹, 한준희¹, 홍성구^{1,*}
¹한국표준과학연구원

Constitutive Modeling of Deformation Behavior of Materials for USC-CFBC Boiler

Young-Soo Park¹, Dae-Woong Kim¹, In-Hyun Jeomg¹, Young-Hak Huh¹
Jun-Hee Hahn¹, Seong-Gu Hong^{1,*}

¹Korea Research Institute of Standard and Science

전세계적으로 화석연료의 연소에 의해 발생하는 배기가스는 지구온난화 및 대기오염의 주원인으로, 이를 해결하기 위해서 다양한 연구를 진행 중에 있다[1]. 화력발전의 경우, 가장 현실성 있는 대안은 기존의 화력연료를 사용하면서 발전 효율을 상승시키는 것이다[2]. 보일러 경우, 순환유동층 보일러(circulating fluidized bed combustion, CFBC)에 대한 연구와 고온 환경하에서 소재의 신뢰성 있는 기계적 특성 평가에 대한 연구가 활발히 진행 중에 있다.

국내 최신 USC-CFBC 보일러의 Intrex(integrated recycle heat exchanger) 열교환기에는 T91(9Cr-1Mo), T92(9Cr-2W), TP347HFG(18Cr-12Ni), HR3C(25Cr-20Ni) 등이 사용 중에 있으며, 특히 TP347HFG는 미세입자(fine grain)로 TP347H에 비해 상대적으로 내식성(corrosion resistance)이 우수하다.

이러한 소재를 보일러의 고온환경 적용하기 위해서는 인장, 크리프, 저주기 피로 등의 다양한 기계적 특성 평가가 필요하다. 고온인장 시험의 경우, 일부 합금에 대한 동적변형시효(dynamic strain aging, DSA)[3] 및 재료거동 연구는 있지만, 국내에서는 CFBC 보일러의 상용 소재에 대한 고온 특성 연구가 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 초초임계 CFBC 화력발전 상용 소재인 T91, TP347HFG 및 HR3C를 대상으로 상온 및 고온(100~700°C) 인장 시험을 진행하였으며, 실험 결과를 바탕으로 소재별로 온도에 따른 세레이션(serration) 특성 분석과 동적변형시효 효과를 정리하였다. 그리고 소재의 온도 및 변형 거동에 대해 구성 방정식을 개발하였다.

후기

본 연구는 2015년 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 국가과학기술연구회 융합연구단 사업(No. CRC 17-07-KIER)의 지원을 받아 수행된 연구임.

참고문헌

1. Hwang, J. H., Lee, J. W., Yoon, J. W., Kim, T., M., and Bae, D. H., "Mechanical Characteristics Assessment Including Welding Residual Stress of Dissimilar Weld of Alloy 617 and 12Cr Steel", KSME proceeding of annual spring conference, 43 (2016).
2. Park, Y., S., "Fatigue Design and Reliability Assessment on the Weld of Ni-Base Alloy 617", Ph.D. Dissertation, University of Sungkyunkwan, Suwon, 2015.
3. Lee, O., K., and Lee, S., B., "Molding of Material behavior at various temperature of isostatically pressed superalloy," Material Science and Engineering A, 81-87(2012)

PA-15

Fe-(2,9)Cr 합금의 고온 산화 및 황화 부식 거동

김민정, 박영수¹, 한준희¹, 이동복
 성균관대학교, ¹한국표준과학연구원

High Temperature Oxidation and Sulfidation Behavior of Fe-(2,9)Cr Alloys

Min Jung Kim, Young Soo Park¹, Jun Hee Hahn¹, Dong Bok Lee
 Sungkyunkwan University, ¹Korea Research Institute of Standards and Science

화석연료 중에 포함되어 있는 S가 연소되어 생기는 SO₂가스는 부식생성물을 형성하고, 부식생성물에 의한 금속표면의 과열, ash부착 등을 발생시킨다. 석탄에너지 산업의 경우 시스템 가동 온도가 고온이고 반응 가스에 따라 생성가스도 산화성과 환원성 가스로 변동이 심하여 설비 수명에 영향을 미치게 된다. 따라서 장치 재료 선정에 주의가 요구된다. SO₂는 H₂O와 함께 장치의 여러 부위에서 철성분과 작용하여 부식을 일으키며, 저 산소 분위기에서는 황의 농도가 아주 적어도 황화부식을 받기 쉽다. 특히 일반적으로 황화물의 용점은 낮고, 균열이 있거나, 다공성 또는 가용성 피막이 생성되고, 격자결함농도가 높아서 보호성이 결여되어 있기 때문에, 황화속도는 산화속도보다 10~100배 정도 크다. 수증기는 합성가스뿐만 아니라 석탄가스, 석유가스 및 연소가스에도 함유되어 있으며, 금속과 반응하여 산화물을 만들고, 고온 산화반응을 촉진시키고, 재료 물성을 급속히 저하시킨다. 따라서 본 연구에서는 보일러 tube용 Fe-(2,9)Cr 합금을 포함한 순환유동층보일러(CFBC) 발전 설비용 소재를 고온 SO₂가스 및 산화 분위기에 노출시켜 고온 산화 및 황화부식조건에서의 부식메커니즘을 조사하였다.

감사의 글: 본 연구는 미래창조과학부 재원으로 국가과학기술연구회의 “초청정·고효율 연료다변화형 미래 에너지 생산기술 개발” 과제로 수행되었음

참고문헌

1. Mrowec, S., and Wedrychowska, M., “Kinetics and Mechanism of High-temperature Sulfur Corrosion of Fe -Cr-Al Alloys,” *Oxid. Met.*, 13, 481-504 (1979).
2. Kim, S. K., and Lee, D. B., “Effect of Al and Cr contents on the High Temperature Oxidation and Sulfidation-resistance of Fe Alloys.” *J. Kor. Inst. Surf. Eng.*, 45(2), 61-69 (2012).

PA-16

Pack-cementation한 합금의 고온 H₂S/H₂O 가스 부식 특성 연구

김민정, Xiao Xiao, 이동복
성균관대학교 신소재공학과

Study of High Temperature H₂S/H₂O Gas corrosion properties of Pack-cemented Alloys

Min Jung Kim, Xiao Xiao, Dong Bok Lee

Sungkyunkwan University, School of Advanced Materials Science and Engineering

고체인 석탄을 단순히 태워서 발전하는 기존의 석탄화력 발전 방식과 달리 석탄을 가스화 한 뒤 가스터빈과 증기터빈으로 이루어진 복합 사이클을 통해 전력을 생산하는 석탄 가스화 복합 화력발전 기술(Integrated gasification combined cycle)은 저급 연료인 석탄을 일산화탄소(CO)와 수소(H₂)가 주성분인 합성가스로 제조 할 수 있고, 환경오염 물질을 SO_x=2ppm이하, NO_x=60ppm이하, particulate는 5mg/m³ 이하, CO₂발생량=15~30%까지 저감 가능한 장점을 가지고 있다. 뿐만 아니라 배출되는 합성가스 중에 포함된 slag를 제거할 수 있으며, 부식 생성물의 영향을 억제하여 석탄가스 용융이나 석탄 합성 가스 정제 및 전환 작업을 통해 slag를 활용 할 수도 있다. 하지만 석탄 가스화 복합 화력발전 기술은 일반 화력 발전보다 더 열악한 고온, 고압 분위기에서 운전됨에 따라 기존의 화력발전과 다르게 증기(vapor), 산소, 공기가 산화제로 작용하여 CO, H₂, CH₄, CO₂, H₂O, H₂S, CO, CH₄, COS, HCl, NH₃ 등의 복잡한 생성가스가 많이 발생되며, 고체 시료를 용융 상태에서 처리하고 취급함에 따른 열 교환 지수 등에 대한 운전 자료 부족으로 기존 화력 발전용 재료를 석탄 가스화 복합 화력발전 설비 재료로 선정에는 한계가 있어 신뢰성을 가진 설비 부품 개발이 요구되고 있다. 따라서 본 연구에서는 Fe-Cr합금에 내부식성 합금원소로 알려진 Al, Cr 원소를 직접 코팅하는 Pack-cementation법을 이용하여 시편을 제작한 후 석탄 가스화 복합 화력발전과 유사한 N₂/H₂S/H₂O-혼합가스 분위기에서 부식시험을 실시하여 고온 황화부식조건에서의 부식특성을 조사하였다.

감사의 글: 본 연구는 2016년도 정부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(No. 2016R1A2B1013169)입니다.

참고문헌

1. Lancha, A. M., Alvarez de Lara, M., Briceno, D. G., and Coca, P., "Corrosion experience in the gasifier of the Elcogas IGCC power plant in Spain," *Met Sci. Forum*, 461, 891-898 (2004).
2. Sohn, H. S., Lee, Y. J., and Kim, M. I., "Codeposition of Al and Cr by Pack cementation," *J. Kor. Soc. Heat Treat.*, 8(2), 127-136 (1995)

PA-17

Hematite nanoparticles impregnated chitosan hydrogel capsules for Congo red removal from aqueous solution

Ohemeng-Boahen Godfred, Joo Hee Yang, Chul Woo Lee, Woo Seung Han*
 Hanbat National University Department of Chemical and Biological Engineering

The unique properties of nanoparticles; such as large surface area to volume ratio, large number of active sites for interaction with different contaminants, surface modifiability as well as catalytic potential [1] have placed them in frontier of most research works in the waste water treatment industry as potential adsorbents. However, with the question of the long term ecotoxicological effects of freely dispersed nanoparticles in the environment still lingering on, there is still a real possibility that these same unique properties of nanoparticles may also pose great environmental hazard [2]. As a result, immobilization of nanoparticles by incorporating them unto several platforms such as carbon forms, and silica seem a plausible way of tackling this important issue. Hematite nanoparticles have proven applicability in waste water treatment [3]. Needless to say, the immobilization of hematite ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) nanoparticles onto chitosan (CS), a biocompatible, biodegradable biopolymer which is non-toxic [4] will be a huge step towards eliminating the uncertainty about the applicability of nanoparticles in adsorption columns and the long term effect on the environment. Herein we, report a chitosan (CS)-nano hematite composite hydrogel capsule with core-shell membrane structure generated by polyelectrolyte complexation of protonated CS and sodium dodecyl sulfate (SDS) in aqueous medium with tremendously high propensity to remove anionic dyes from waste water.

References

1. Hu J. S., Zhong L. S., Song W.G., and Wan L. J., "Synthesis of hierarchically structured metal oxides and their application in heavy metal ion removal," *Adv. Mater.* **20**(15), 2977-2982(2008).
2. Tesh S. J. and Scott T. B., "Nano-Composites for Water Remediation: A Review," *Adv Mater.* **26**(35), 6056-6068(2014).
3. Shipley H. J., Engates K. E., and Grover V. A., "Removal of Pb (II), Cd (II), Cu (II), and Zn (II) by hematite nanoparticles: effect of sorbent concentration, pH, temperature, and exhaustion," *Environ Sci. Pollut. R.*, **20**(3), 1727-1736(2013).
4. Chatterjee S., Chatterjee T., and Woo S. H., "A new type of chitosan hydrogel sorbent generated by anionic surfactant gelation," *Bioresour Technol.* **101**(11), 3853-3858(2010).

PA-18

The Effect of Talc Concentration on the Peeling Characteristics of UV-curable Acrylic Coating Agent

Joo Hee Yang, Seung Han Woo, Chul Woo Lee*

Department of Chemical & Biological Engineering/RIC, Hanbat National University

As the usage of tempered glass for touch panel increased rapidly with the development of industry, the amount of UV-curable coating agent used to protect glass surface during a tempered glass manufacturing process increased as well. In order to reduce a curing time, UV curable resins are preferred to thermosetting resins. Monomer, oligomer, photo initiator, talc and additives are included in the coating agent. Uniformity of the coating, curing time, adhesive strength, hardness, and detachability are important factors to achieve good performance.

In this study, various acrylates were used as monomers and the effects of physical properties with variable monomer contents and mixing ratio of monomers were investigated. The number of functional groups of acrylate monomers, the type and the amount of photo initiator, the amount of talc additive had great effects on the physical properties such as adhesive strength, curing time, thickness, hardness and detachability of the polymer coating. The increase in oligomer contents increased the hardness and adhesiveness alongside dissection time. The effect of talc concentration on the peeling properties were investigated as well.

PA-19

역흐름다중방해판 반탄화기를 이용한 black pellet 생산 연구

김상도*, 이시훈, 최호경, 전동혁, 유지호, 임영준, 임정환, 임혁, 김문준¹, 심재훈¹
 한국에너지기술연구원 청정연료연구실,
¹SMK에너지

Study of Black Pellet Production by Counter Flow Multi Baffle Torrefaction Reactor

Sangdo Kim*, Sihyun Lee, Hokyung Choi, Donghyuk Chun, Jiho Yoo, Youngjon Lim and Jeonghwan Lim, Hyuk Im, Munjun Kim¹, Jaehun Shim¹
 Korea Institute of Energy Research, Clean Fuel Laboratory
¹SMK Energy

인도네시아는 저등급석탄과 같은 화석연료도 풍부하지만, 바이오매스 자원도 풍부하다. 특히 EFB(Empty Palm Bunch), OPT(Oil Palm Trunk) 등 팜부산물물은 3억5천만톤에 이르는 것으로 보고되고 있어 이에 대한 에너지화를 위한 다양한 연구가 시도되고 있다. 그러나 기본적으로 바이오매스들은 수분함량이 높고, 열량이 낮으며, 친수성의 특성을 갖고 있어 이를 해결하기 위해 반탄화 제조에 대한 방법이 제시되고 있다. 반탄화는 산소농도가 적은 조건에서 250~350°C범위에서 열처리하는 기술로 최종 생산되는 제품은 열량이 증가하며, 소수성의 특성을 갖게 되어 장기간 보관/저장이 용이하게 된다. 본 연구에서는 KIER에서 개발한 역흐름다중방해판 반탄화 기술을 이용해 EFB 원료를 이용해 black pellet을 제조하는 연구를 실시해 보았다. 역흐름다중방해판 반탄화기는 원료 물질은 상부에서 공급되고 열분해를 시키는 고온가스는 하부에서 공급되어 서로 향류 흐름으로 접촉이 되도록 되어 있고, 중간에 지그재그 형태의 다수의 배플이 설치되어 있다. 기존 유동층건조와 기류건조 원리가 복합적으로 적용되어 있는 기술이다. 실험에 사용된 원료는 인도네시아에서 수입한 EFB를 사용하였다. 원료 EFB는 입자상 및 섬유상이 혼재되어 있고, 입자크기는 6mm 이하로 분포되어 있다. 수분함량은 10% 미만이었다. 이러한 입자상 물질을 1차 펠릿 형태로 만들고 이를 반탄화기에 공급하여 실험을 실시하였다. 반탄화시 적용온도는 300~320°C로 하였고, 유량은 2.5CMM으로 하였고, 원료 공급량은 20kg/hr로 하였다. 운전은 50시간을 연속으로 실시하였다. 초기 원료의 발열량은 3,860kg/hr에서 생산된 black pellet은 20% 증가한 4,896kcal/kg으로 나타났고, 원료 공급대비 75%가 연료로 생산되었다. 이를 대상으로 수분재흡착 특성을 고찰하여 보았고, 장기간 운전에 대한 장치의 안정성도 고찰하여 보았다.

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)

PA-20

계산화학 및 실험적 결과를 통한 메탄의 산화이량화 반응용 페로브스카이트 구조 촉매에 대한 이해

임서연^{1,3}, 최재욱¹, 함형철², 이상득¹, 서동진^{1,4,6}, 하정명^{1,5,6*}, 송광호³

¹한국과학기술연구원 청정에너지연구센터, ²한국과학기술연구원 연료전지연구센터, ³고려대학교 화공생명공학과, ⁴과학기술연합대학원대학교 청정공정 및 시스템공학, ⁵과학기술연합대학원대학교 청정에너지 및 화학공학, ⁶고려대학교 그린스쿨

메탄의 산화이량화 반응은 메탄을 산소와 직접 반응하여 에탄, 에틸렌을 포함하는 파라핀 및 올레핀으로 전환하는 것이다. 풍부한 매장량을 가지고 있는 메탄으로부터 석유화학 산업의 기초 유분인 에틸렌을 직접 생산할 수 있다는 점에서 주목할 만한 미래기술임은 분명하다. 본 연구에서는 페로브스카이트 구조 촉매에 다양한 금속 첨가제를 활용하여 촉매를 제조하고, 메탄 산화이량화 반응에서 어떠한 촉매적 성능을 나타내는지에 대해 알아보고자 하였다. 서로 다른 금속 첨가제에 따라서 다르게 나타나는 촉매적 활성화에 대한 원인을 규명하고자 X선 회절 분석법, 산소(혹은 이산화탄소) 승온 이탈 분석법, X선 광전자 분석법과 같은 특성분석 결과와 함께 비교하였다. 더불어, 계산화학 방법을 이용하여 높은 에탄과 에틸렌 선택도를 나타낼 수 있는 촉매 개발을 위한 인자를 고안하고자 하였다.

PA-21

NaA 제올라이트 분리막을 이용한 물/메탄올 및 물/부탄올 이성분계 혼합물에서의 탈수를 위한 투과증발분리

오웅진^{1,2}, 여정구¹, 이정현¹, 정재철³, 조철희², 문종호^{1*}
¹한국에너지기술연구원, ²충남대학교 에너지과학기술대학원, ³(주)파인텍

Pervaporation Separation for Dehydration of Water/Methanol and Water/Butanol Binary Mixtures Using NaA Zeolite Membranes

Woong-Jin Oh^{1,2}, Jeong-gu Yeo¹, Jung-Hyun Lee¹, Jae Chil Jung³, Churl-Hee Cho², Jong-Ho Moon^{1*}
¹Korea Institute of Energy Research²Graduate School of Energy Science and Technology
 Chungnam National University, ³Finetech Co.

이산화탄소를 이용한 메탄올 합성반응과정에서 생성되는 물, 메탄올, 부탄올로 이루어진 혼합용액에서 NaA 제올라이트 분리막을 이용하여 물을 분리시키기 위해 투과증발실험을 진행하였다. 투과증발실험에서 사용된 분리막은 (주)파인텍에서 합성된 NaA 제올라이트 분리막을 공급받아 사용하였다. 투과증발실험에서 는 물을 분리하는 성능을 확인하기 위해 가스크로마토그래피 등의 실험장비와 성능지표를 나타내는 계산 식들을 사용하였다. 실험을 통해 물과 메탄올(분리계수 최대 250 이상), 물과 부탄올(분리계수 최대 1500 이상)의 혼합물에서 선택적으로 물을 분리하는 것을 확인하였다. GMS (Generalized Maxwell Stefan) 이론을 적용하여 2성분계의 투과증발 거동을 모사하였으며, 상수추정(parameter estimation)을 통하여 제올라이트 비지지체의 흡착상수 및 확산상수를 구하였다.

PA-22

Ni을 포함한 이성분계 촉매를 활용한 해조류 유래 수열액화오일의 수증기 개질반응 연구

박용범, 안희주¹, 임한권^{2,*}, 우희철*
부경대학교 화학공학과, ¹태양인더스트리, ²대구가톨릭대학교 신소재화학공학과

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

Yong Beom Park, Hee Ju Ahn¹, Hankwon Lim^{2,*}, Hee Chul Woo*
Department of Chemical Engineering, Pukyong National University,
¹TAE YANG INDUSTRY,

²Department of Advanced Materials and Chemical Engineering, Catholic University of Daegu

해조류 바이오매스는 전세계 생산량 중, 대한민국의 생산량이 세계 4위로 높은 생산성을 보유하고 있는 바이오매스 자원 중 하나이다. 특히, 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 물질(유용물질, 에너지 중간체 물질, 화학물질 등)을 생산할 수 있으며 본 연구에서는 수증기 개질 반응을 활용하여 해조류로부터 가스(H₂, CO, CH₄와 CO₂)를 생성하고자 하며 원료에 대하여 적합한 촉매를 확인하였다.

수증기 개질반응에 사용된 원료는 해조류 유래 수열액화공정(503 K, 32 bar, 4 h 조건)을 통하여 생성된 수열액화오일(C_{0.29}H_{1.83}O_{0.25} + 4.54H₂O, 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/탄소물 비(S/C ratio) 5-30의 조건에 따라 반응성을 비교하였다. 본 연구의 가장 중요한 요인 중, 반응촉매를 개발하기 위하여 Ni을 기반으로 전이금속(Cu, Zn, Fe, Co, Pd, Pt 등)을 촉진제로 활용하여 Al₂O₃ 또는 ZrO₂-CeO₂ 지지체에 담지시킨 이성분계 촉매를 제조하였다. 반응결과, Al₂O₃ 지지체를 사용할 경우 대부분 H₂와 CO가 주로 생성되며 Ni-Cu/Al₂O₃의 경우, H₂와 CO₂가 주로 생성되는 경향을 보이면서 촉진제인 Cu의 영향으로 수성가스 전환 반응이 일어나는 것이라 여겨진다. 또한, ZrO₂-CeO₂ 지지체를 사용한 촉매들의 경우에는 대부분 H₂와 CO₂가 주로 생성되는 경향을 보였으며 촉진제의 영향에 비하여 지지체의 영향이 높게 작용한다고 여겨진다.

본 연구는 2017년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(No. 2017R1E1A1A01074445)과 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다(20174010201460).

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-K₂Ti_xO_y Catalysts," *Clean. Technol.*, **23**(1), 104-112 (2017).

PA-23

Cs 이온교환 된 헤테로폴리산 촉매를 이용한 선박용 경유의 산화 탈황

오현우, 허광선¹, 우희철*
부경대학교 화학공학과, ¹경남정보대학교 신소재응용화학과

Oxidative Desulfurization of Marine Diesel Using Cs Ion Exchanged Heteropoly Acid Catalysts

Hyeonwoo Oh, Kwang-Sun Huh¹, Hee Chul Woo*
Department of Chemical Engineering, Pukyong National University,
¹Department of Advanced Materials and Chemical Engineering,
Kyungnam College of Information & Technology

탄화수소 액체연료에서 운송 수단의 연소를 통해 배출되는 물질들 중, 황산화물(SOx)은 대표적인 환경오염의 주범으로 산성비와 대기오염을 일으키는 물질이다[1]. 선박 운행 시 발생하는 고농도의 황산화물의 배출로 인한 환경오염을 줄이기 위해 최근 국제해사기구에서는 선박 연료의 황 함유량에 대한 규제로 선박배출가스 관련 규정을 발표하였다. 이는 배출 규제 지역에서는 기존 선박에 사용되었던 연료의 사용을 금지하며, 이는 연료의 대체로 인한 연료비의 증가를 초래한다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위한 방안으로 연료전지를 통한 전력 공급이 있다. 그러나 경유에 포함된 황화합물은 연료전지의 개질기에 사용되는 촉매 또는 전극에 피독 현상을 일으켜 연료전지의 효율을 감소시킨다[2]. 이에 연료전지의 연료로써 경유를 사용하기 위해서는 황 농도를 1 ppm 이하로 낮출 수 있는 고심도 탈황공정이 필수적이다. 산화탈황공정(ODS, oxidative desulfurization)은 제거가 어려운 방향족 황화합물의 제거에 효과적이며 수첨탈황공정(HDS, hydro-desulfurization)에서 사용되는 수소가 이용되지 않는다. 또한 낮은 온도와 압력 하에서 수행 가능하기 때문에 비용 면에서 유리하다.

본 연구에서는 경유(황 농도 = 약 250 ppmw)의 황 농도를 낮추기 위한 산화탈황공정의 산화 촉매로써 IWI(incipient wetness impregnation)법을 이용하여 Cs 이온교환 된 헤테로폴리산을 실리카(SiO₂)에 담지하여 촉매를 제조하였다(30 Cs₃PW₁₂/SiO₂, 30 Cs₃PMo₁₂/SiO₂, 30 Cs₄SiW₁₂/SiO₂). 제조한 촉매는 과산화수소(H₂O₂, hydrogen peroxide, 30%)를 산화제로 이용한 산화공정과 아세토니트릴(CH₃CN, acetonitrile)을 용매로 사용한 추출공정을 통해 촉매의 산화 성능이 평가되었다.

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

참고문헌

1. Jiang, W., Zhu, W., Chang, Y., Chao, Y., Yin, S., Liu, H., Zhu, F. and Li, H., "Ionic liquid extraction and catalytic oxidative desulfurization of fuels using dialkylpiperidinium tetrachloroferrates catalysts," *Chem. Eng. J.*, **250**, 48-54 (2014).
2. Ho, H. P., Kim, W.H., Lee, S.-Y., Son, H.-R., Kim, N.H., Kim, J.-K., Park, J.-Y. and Woo, H.C., "Adsorptive Desulfurization of Diesel for Fuel Cell Applications: A Screening Test," *Clean Technol.*, **20**(1), 88-94 (2014).

PA-24

Ni/MTiO₃/CeO₂-ZrO₂ (M=K, Ca and Ba) 촉매를 이용한 수소화 공정을 통한 식물성 오일의 업그레이딩

이성찬, 윤인배¹, 우희철*
부경대학교 화학공학과, ¹삼성 일렉트로-메카닉스

Upgrading of Vegetable Oil by Hydroprocessing using Ni/MTiO₃/CeO₂-ZrO₂ (M=K, Ca and Ba) Catalysts

Seong Chan Lee, In Bae Yoon¹, Hee Chul Woo*
Department of Chemical Engineering, Pukyong National University,
¹Samsung Electro - Mechanics

에너지 소비 증가에 따른 자원고갈 위기와 온실가스 배출 증가에 따른 자연 생태계 혼란으로 세계적으로 에너지원 다양화 및 온실가스 저감을 위한 신재생에너지 보급활성화 정책을 추진하고 있다. 다양한 대체 에너지원 중에서 빠른 생산성 및 지속가능성과 유해물질 및 환경오염가스의 적은 배출량의 이점을 갖고 있는 캐슈너트(cashew nut)의 껍질을 원료로 하여 생성된 오일은 다양한 바이오 연료에 사용되고 있다. 그러나 콩 껍질에서 생성된 오일은 불포화 지방산의 함량이 높아 쉽게 산화되어 산화 생성물을 형성시키기 때문에 산화 안정성이 낮고 연료흐름을 저해 할 수 있는 단점이 있다. 본 연구에서는 이러한 단점을 개선시키기 위해 수소화 공정을 통하여 식물성 오일의 업그레이딩에 적합한 촉매를 개발하고자 한다.

본 연구에서는 수소화 반응에 일반적으로 사용되는 Ni를 활성금속으로 하여 환원성과 열적 안정성 강한 특징을 갖고 있는 CeO₂-ZrO₂를 지지체로 하여 Ni 담지량(30~70 wt%)에 따른 수소화 활성을 확인하였다. 그리고 Ni 담지량을 50 wt%로 고정시키고 촉진제로 MTi_xO_y (M=K, Ca and Ba)를 사용하여 촉매 활성을 확인하였다. 본 실험은 고정층 반응기에서 진행하였고, 반응조건은 수소압력 1~30 bar, 공간속도 1~5 h⁻¹ 그리고 반응온도는 200~350°C에서 진행하였다. 그 결과 Ni 담지량이 50% 일 때 수소화 효율을 불포화에서 포화 탄화수소로의 전환율이 약 30%로 나타났고, 산가 제거효율은 약 50% 인 것을 확인였고, 반응온도 및 반응압력은 증가함에 따라 수소화 효율도 최대 약 20% 증가하는 것을 확인하였고, 공간속도에 대해서는 3 h⁻¹ 일 때 가장 높은 전환효율을 나타냈다. 촉진제로 MTi_xO_y (M=K, Ca and Ba)를 사용한 결과 불포화도 전환율은 약 30%로 비슷한 효율을 보이지만, 산가 제거효율은 최대 30%까지 감소하는 경향을 확인하였다. 따라서 촉진제로 들어간 MTi_xO_y (M=K, Ca and Ba)는 활성금속인 Ni의 활성점을 감소시켜 오히려 활성을 저하시키는 것으로 판단된다.

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

참고문헌

1. 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-25

Development of catalyst for esterification of naphthenic acids in high TAN crude oils

Bharat Singh Rana, 조동우, 조강희, 김종남
한국에너지기술연구원

Naphthenic acids in high total acid number (TAN) crudes are considered as one of the major corrosive components, responsible for serious corrosion problems with upstream, downstream processing equipments and storage tanks in the petroleum industry. Therefore, the removal of naphthenic acids from high acidic crude oils (high TAN crudes) becomes a great concern and challenge in the petroleum industry. In recent years, catalytic esterification of naphthenic acids in high TAN crudes was considered as an interesting and novel method, which is capable to overcome the problem associated with conventional deacidification and esterification process without catalyst to increase the rate of reaction. Still it is required the modification and development of efficient solid catalyst for the esterification naphthenic acids in acidic crude oils to reduce the TAN of the acidic crude oils.

In this study, the solid acid catalyst consisting of 12-tungstophosphoric acid (TPA) supported on commercial γ - Al_2O_3 was investigated for esterification of naphthenic acids in high acidic crude oils with low consumption of methanol in a continuous fixed-bed up-flow reactor to reduce the TAN of the acidic crude oils effectively. The solid acid catalyst was prepared by conventional wet impregnation method with high dispersion, and large pore structure. The experimental results indicated that a low liquid hourly space velocity (LHSV) and higher reaction temperature promotes the reaction more faster rate for the esterification of naphthenic acids. The reaction conditions for TAN reduction to reach a target values were optimized at a reaction temperature of 300°C, LHSV of 3 h⁻¹ and 2 wt% methanol in high acidic crude oil. In this process the TAN of high acidic crude oil was reduced from 5.025 mgKOH/g to a values below 1.00 mgKOH/g. Furthermore, the long-term catalyst stability as a function of time-on-stream was performed. The TAN values of the feed and product oil were determined according to ASTM D664 method.

다양한 수분 흡착제 개발 및 수분 흡착 특성 평가

조승현¹, 조강희², 오성근¹, 김종남²
한양대학교¹, 한국에너지기술연구원²

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, 실리카겔, 활성 알루미나 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 우수하지만 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 있다.

여러 수분 흡착 분야에 적합한 수분 흡착제를 탐색, 또는 개발 하기 위해 이번 연구에서는 제올라이트, 알루미늄노포스페이트, 메조다공성 실리카, 화학 처리된 활성탄 등 다양한 나노다공성 물질을 합성하고 이 물질들의 수분 흡착 특성을 측정하였다. 각각의 흡착제의 수분 흡착 특성을 평가 하기 위해 부피 측정법 기반 흡착 특성 분석 장치를 이용하여 여러 온도에서 수분 흡착 등온선을 측정하였다.

PA-27

순산소 순환유동층 보일러 내에서 석회석의 직접탈황반응

김예빈¹, 곽유라¹, 이시훈^{1*}
¹전북대학교 자원에너지공학과

Direct Desulfurization Characterization of Limestones under Oxy-CFB Boiler Conditions

Ye Bin Kim¹, You Ra Gwak¹, See Hoon Lee^{1*}

¹Department of Mineral Resources and Energy Engineering, Chonbuk National University

In recent years, with growing concerns about environmental problem, Various regulations have been strengthened. Oxy-fuel combustion is considered as one of promising technologies to reduce the emissions of greenhouse gas. In this study, the direct desulfurization reaction of 4 different kinds of limestones(CaCO₃:72-95wt%) was carried out under Oxy-CFB boiler conditions(CO₂ concentration:60-95%, Temperature:600-1000°C). To analyzed the effect of type of limestone, reaction temperature and CO₂ ratio on the desulfurization reaction, Sulfated samples prepared in a thermogravimetric analyzer were analyzed by Scanning Electron Microscope(SEM). Also, The direct desulfurization reaction of limestone was applied to the gas-solid reaction model(SCM,VRM,MVRM,RP) to derive the reaction rate equation.

PA-28

Polyaluminum Chlorides 슬러지에서 pH에 따른 인 변환 연구

U.T. Ali, 신현아, 김동진*

한림대학교 환경생명공학과

Effect of pH on Phosphorus Transformation of Polyaluminum Chlorides Sludge

U.T. Ali, Hyuna Shin, D.-J. Kim*

Department of Environmental Sciences and Biotechnology, Hallym University

Phosphorus (P) is one of the essential elements for biochemical syntheses and functioning of living organisms. In contrast, the high concentration can cause eutrophication in the receiving water bodies. P is also a limiting growth factor for the agricultural practices and no alternative is available to substitute P fertilizers requirement. Phosphorus transformation of PAC sludge for the P recovery is still a missing gap of knowledge and not yet explored. In this study P fractionation and ATR-FTIR spectroscopy were used to investigate the effect of pH on P transformation during P leaching. The leached P was 88 and 83% at pH 12 and 1.0, respectively, while it was 0.1% at control pH (pH 6.5). P fractionation results showed that the highest P fraction was Al-P (> 96%) and after pH treatment, it reduced to 11.3% (pH 12) and 12.6% (pH 1.0). The deconvolution and curve fitting of ATR-FTIR spectroscopy showed that $AlPO_4$ was present in the PAC sludge (control sample). $AlPO_4$ supposed to be completely dissociated and leached out at pH 12.0 and pH 1.0 as no $AlPO_4$ peaks were found in the respective residual sludge. The peaks of P bearing compounds at pH 12.0 were $Mg_3(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$ and $CaHPO_4 \cdot 2H_2O$. Similarly, at pH 1.0, the peak of primary P bearing compound was H_3PO_4 while some Na-P and Mg-P also found. Results of this study suggested that pH highly influenced on P leaching and leached P could be bound to different metals to form new P bearing compounds.

PA-29

석탄가스화 용융슬래그를 활용한 지오폴리머 수처리 여재 제조 및 성능시험

김문현¹, 정우현¹, 윤성필¹, 권인구¹, 김용택²
¹고등기술연구원, ²(주)한국서부발전

Production and Performance Test of Geopolymer Water Treatment Media by using Coal Gasification Molten Slag

Mun Hyun Kim¹, Woo Hyun Jung¹, Sung Pil Yun¹, In Goo Kwon¹, Yung Taek Kim²
¹Institute for Advanced Engineering, ²Korea Western Power Co., Ltd.

석탄가스화복합발전(IGCC, Integrated Gasification Combined Cycle) 기술은 기존의 석탄 화력 발전에 비해 높은 발전효율을 가지며, 석탄을 청정하게 이용하는 미래 기술로 평가받고 있다. 현재 국내 발전사 중에는 한국서부발전에서 300MW급 IGCC 실증플랜트를 건설하여 상업 운전 중에 있다. 석탄가스화는 석탄을 고온, 고압의 조건에서 산소 및 증기와 반응시켜 수소 및 일산화탄소가 대부분인 합성가스로 전환시키는 기술로서 석탄에 포함된 회재의 대부분이 용융슬래그(Fused slag)로 배출된다. IGCC 실증플랜트 정상운전 시 약 8.1만톤/년이 발생할 것으로 예상되며, 전량 매립에 의존하고 있어 부산물인 용융슬래그에 대한 효과적인 재활용 기술이 필요하다. 최근에는 환경적으로 무해한 용융슬래그를 지오폴리머 반응을 이용한 다양한 용도의 적용 가능한 분야 기술개발을 진행하고 있으며, 지오폴리머는 Si/Al의 비율에 따라 세라믹, 내열성 고강도 콘크리트, 방사성 폐기물 차단재, 독성 원소 차단/흡착제 등의 다양한 용도로 활용 가능하기 때문에 기술개발의 연쇄적 파급효과가 매우 클 것으로 판단된다.

본 연구에서는 용융슬래그의 지오폴리머 반응을 통하여 상업용으로 판매되는 수처리 여재를 대체할 수 있는 제품을 개발하고 있으며, 용융슬래그를 분쇄공정을 통하여 미립화한 후 실리콘 슬러지, 알칼리 활성화제, 발포제를 혼합, 압출성형을 통하여 제조하여 건조, 양성을 진행하였다. 제조한 여재의 성능평가는 여재에 공급되는 폐수의 전, 후여 대한 무유물질(SS), 총질소(T-N), 총인(T-P) 실험분석을 통하여 판단하였다.

사사

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 20153030050080)

PA-30

1급, 2급, 3급, 입체장애 및 혼합 아민 흡수제의 이산화탄소 흡수 평형 특성

이종섭, 문종호, 박영철, 민병무*
한국에너지기술연구원

CO₂ Absorption Equilibrium Characteristics of Primary, Secondary, Tertiary, Steric Hindrance and Their Blended Amines

Jong-Seop Lee, Jong-Ho Moon, Young Cheol Park, and Byoung-Moo Min*
Korea Institute of Energy Research

ABSTRACT

Amine based solvents for carbon dioxide removal continue to be of great interest because they are thermodynamically and kinetically selective for CO₂. A CO₂ absorption solvent can be defined as chemical solvents (primary, secondary, tertiary and steric hindrance) and physical solvents. In this study, MEA (primary), DIPA (secondary), MDEA (tertiary), AMP (Steric hindrance) and their mixtures were chosen as chemical solvents. The solubility of CO₂ has been measured from 40 to 120°C in a various mixing combination of solvents by the static method. Results were correlated by Kent Eisenburgh, Debye Huckel, and Electrolyte NRTL models.

REFERENCES

- [1] Deshukh R. D., and 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. T., Peng X, Chen, C-C., "Model of Vapor-Liquid Equilibria for Aqueous Acid Gas-Alkanolamine Systems Using the Electrolyte-NRTL Equation", Ind. Eng. Chem. Res, 28, 1060-1073 (1989)

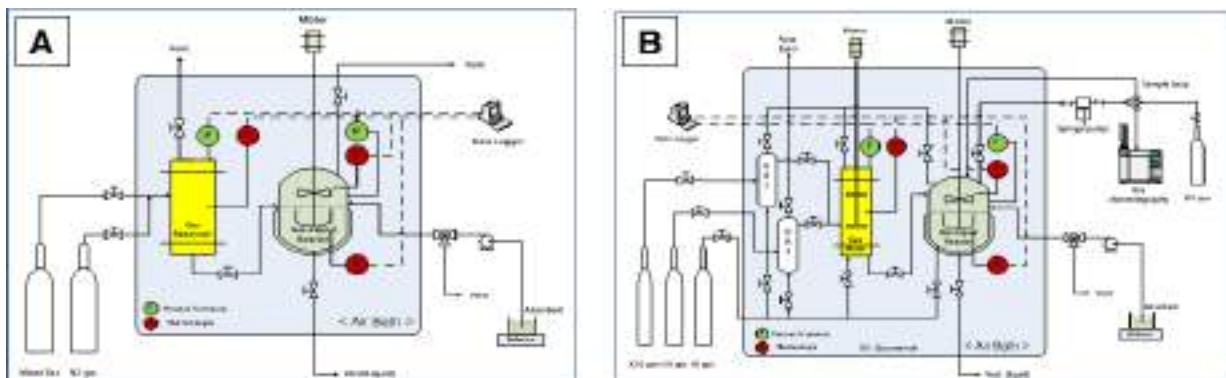


Figure. Schematic diagram of experimental apparatus : (A) for single amines, (B) for mixed amines

PA-31

금속 조촉매의 환원성질과 $\text{Na}_2\text{WO}_4/\text{Mn}/\text{SiO}_2$ 촉매의 메탄 산화이량화 반응성의 상관관계

구상선,^{1,2} 오형석,² 최재욱,² 서동진,^{2,3} 재정호,^{2,4} 최정규,^{1,*} 하정명^{2,3,4,*}
고려대학교 화공생명공학과,¹ 한국과학기술연구원 청정에너지연구센터,² 고려대학교 그린스쿨,³
KIST 스쿨 에너지-환경 융합전공⁴

메탄은 자연계에 매우 풍부하며, 공업적 원료로 사용할 잠재력이 있는 물질이다. 하지만 화학적으로 안정하여 탄화수소로 전환시키는 데 어려움이 있다. 메탄의 산화 이량화 반응(OCM)은 메탄의 전환기술 중 비교적 지속적인 연구가 이루어지고 있는 분야이다. OCM 분야에서 가장 널리 연구되고 있는 $\text{Na}_2\text{WO}_4/\text{Mn}/\text{SiO}_2$ 촉매에서 Mn은 금속 조촉매로 알려져 있지만 구체적인 역할에 관해서는 논쟁의 여지가 있다. 본 연구에서는 금속 조촉매에 따라 촉매의 반응성이 변화하는 추세를 관찰하였으며, 금속 조촉매의 환원성질과 메탄 전환율이 상관관계를 가진다는 사실을 밝혀내었다. X선 회절 분석, X선 광전자 분광법을 이용하여 촉매를 분석하였다.

PA-32

0.1MW_{th} 순산소 순환유동층 연소시스템에서의 NO_x 저감 특성

나건수, 신지훈, 이정규, 윤진한*
한국기계연구원 환경기계연구실

NO_x Reduction Characteristics in 0.1MW_{th} Oxy-CFBC Test-rig

Geon Soo Na, Ji Hoon Shin, Jin Han Yun, Jung Kyu Lee, Jin Han Yun*
Korea Institute of Machinery & Materials

Abstract

현재 지구온난화는 매우 심각한 수준으로 진행되고 있다. 발전분야에서의 온실가스 발생 비율은 약 25%로, 국내의 경우 석탄화력발전에 대한 의존도가 매우 높아 이에 적용 가능한 온실가스 저감기술 개발이 시급한 실정이다. 이에 따라 석탄화력발전에 적용이 용이한 이산화탄소 포집·저장기술(Carbon Capture & Storage)로, 공기대신 순수한 산소를 연소산화제로 사용하여 친환경적인 순산소 연소기술(Oxy-fuel Combustion)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

본 연구에서는 순산소 연소기술을 활용한 0.1 MW_{th} 순환유동층연소(CFBC) 시스템에서 최적화된 탈질(De-NO_x)기술을 적용하여 질소산화물(NO_x)의 저감 특성을 파악하였다. 본 연구는 향후 화력발전 및 신재생에너지 환경설비를 최적화하고 성능을 개선하는데 목적을 두고 있다. 탈질 기술로 로내 선택적비촉매환원법(SNCR)을 적용하였고, 이어서 반응로 후단에 선택적촉매환원법(SCR)을 적용하여 각 저감기술 별 가스 조성변화 및 당량비(NSR, NH₃/NO)변화에 따른 최적의 탈질 조건을 파악하였다. 환원제로 고농도 urea(40 wt.% in H₂O)를 열분해 하여 사용하였으며, 반응온도는 SNCR의 경우 약 840 °C, SCR의 경우 약 280 °C에서 실험을 진행하였다.

실험결과 NSR의 증가에 따라 NO_x 농도는 SNCR에서 약 90 %의 최대 저감율을 나타내었고, SCR에서는 약 79 %의 최대 저감율을 나타내었다. CO₂, O₂ 농도의 경우 SNCR 및 SCR이 적용된 연속실험이 진행되는 동안 상대적으로 일정한 수준으로 유지되는 것을 확인할 수 있었다. 반면 CO의 경우 SNCR 실험에서 NSR의 증가에 따라 다소 증가하는 경향을 나타내었는데, 이는 반응기 내부로 주입되는 수용액 상태의 환원제 양이 증가하면서 연소실 내부의 불안전 연소를 유발하여 CO의 발생에 기인한 것으로 판단된다. 이와 같이 순산소 연소조건에서 연소가스의 재순환을 통한 SNCR 및 SCR의 개별적인 De-NO_x 효과를 확인할 수 있었다. 향후 본 설비에 대해 hybrid SNCR-SCR 운전 및 로내 황산화물(SO_x)의 제어, 기타 환경오염물질의 발생 특성 등에 관한 추가적인 연구를 통해 경제적이고 친환경적인 순산소 순환유동층 연소기술의 적용에 있어 설비 운전에 대한 기초자료를 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

Acknowledge

이 연구는 2015년 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 국가과학기술연구회 융합연구단 사업(No. CRC-15-07-KIER)의 지원을 받아 수행된 연구임.

PA-33

고분자의 Semi-IPN 구조를 이용한 팔라듐 나노입자를 함입시킨 하이드로젤 마이크로 입자 촉매의 제조

강경구, 심규락, 남진오, 이창수*
충남대학교

Preparation of Hydrogel Microparticle Catalysts Containing Palladium Nanoparticles Using Semi-IPN Structure of Polymer

Kyoung-Ku Kang, Kyurak Shim, Jin-Oh Nam, Chang-Soo Lee*
Chungnam National University

Palladium nanoparticles have useful catalytic properties and are currently being used as catalysts for the synthesis of various chemical compounds. Palladium is an expensive noble metal and it is important to recover and reuse it as a catalyst for chemical synthesis. Therefore, the study on heterogeneous catalysis of palladium, which is relatively easy to recover and reuse, continue to be conducted. Here, we report on the preparation of the heterogeneous catalyst which contains palladium nanoparticles in hydrogel microparticles. The preparation of the catalysts used palladium nanoparticles stabilized with polyvinylpyrrolidone (PVP) as a polymer, polyethylene glycol diacrylate (PEGDA) as a hydrogel precursor and polyethylene glycol (PEG) as a hydrogen bond formation medium. First, palladium nanoparticles were prepared separately using a microwave-assisted polyol process. Next, hydrogel precursors (PEGDA), which can be photocurable, was mixed with palladium nanoparticles and PEG. After this, the hydrogel microparticles were prepared by a micromolding method, which can be manufactured in uniform size and shape. Finally, the unreacted material in the prepared catalyst was washed out with ethanol in the catalyst particles. The catalytic activity of the prepared catalyst was confirmed by the hydrogenation of 4-nitrophenol to 4-aminophenol. This catalyst showed high catalytic activity and the performance remained stable for reuse and storage. This result suggests that it can have high potential as a technology for the preparation of polymer-based catalysts containing metal nanoparticles.

금속산화물 전극 촉매를 사용한 전기화학적 암모니아 합성

정은영^{1,2}, 유충열¹, 김종남¹, 오성근², 윤형철^{1*}
¹한국에너지기술연구원, ²한양대학교 화학공학과

화석연료 고갈 및 심각한 기후변화에 따른 온실가스 배출 규제에 대응하기 위해 전 세계적으로 신재생 에너지 활용 연구가 활발히 이루어지고 있다. 그러나 신재생에너지는 시간적 단속성 및 지역적 편재성 때문에 반드시 에너지 저장시스템이 필요하다. 최근 power to gas(P2G)인 에너지 저장·전환 기술 관련 연구에서 수소의 저장체인 암모니아(17.6 wt%)의 활용이 많은 관심을 받고 있다. 암모니아는 연소 시 물과 질소만을 배출하는 무탄소 연료이며, 부피당 높은 에너지밀도(HHV NH₃:13.6 GJ·m⁻³)를 갖고, 상온 10 bar 이하에서 액체 상태로 저장 및 이송이 용이하다. 현재 암모니아는 Haber-Bosch 공정을 통해 생산되고 있으며, 이 공정은 천연가스 개질 또는 석탄의 가스화를 통해 생산된 수소와 질소를 원료로 고온(300-500 °C), 고압(200-350 bar)에서 암모니아를 생산한다. 하지만 이 공정은 많은 에너지(> 30 GJ/ton NH₃)를 소모하고, 다량의 이산화탄소(1.8 ton CO₂/ton NH₃)를 배출하며, 10.-15%의 낮은 전환율을 보인다. 기존 Haber-Bosch 공정의 단점을 해결하고 신재생에너지를 암모니아로 저장하기 위하여 최근 물과 질소를 원료로 한 전기화학적 암모니아 합성 연구가 활발히 이뤄지고 있다. 본 연구에서는 저온·상압에서 물과 질소를 원료로 금속산화물 전극 촉매를 사용하여 인가전압에 따른 전기화학적 암모니아 합성 실험을 수행하였다. 금속산화물을 담지한 카본나노튜브를 사용하여 전해셀을 제작하였고, 인가전압 및 온도에 따른 암모니아 합성률 및 패러데이 효율을 비교 분석하였다.

PA-35

액체주석을 이용한 Multi-pollutants 저감 기술

김채은¹, 황지원², 정수화³, 정재용², 김영두^{3,4}, 이은도^{2,3,4*}
¹순천향대학교 에너지환경공학과, ²과학기술연합대학원대학교 청정공정 및 시스템공학과,
³한국생산기술연구원 고온에너지시스템그룹, ⁴한국에너지기술연구원 FEP 융합연구단

Reduction of Multi-pollutants Using Molten Tin

Cha-Eun Kim¹, Ji-Won Hwang², Su-hwa Jung³, Jae-Yong Jeong², Young-Doo Kim^{3,4}, Uen-do Lee^{2,3,4*}

¹Department of Energy Environment Engineering, Soonchunhyang University, ²Green Process and System Engineering, University of Science and Technology (UST), ³Thermochemical Energy System R&D Group, Korea Institute of Industrial Technology (KITECH), ⁴Future Energy Plant Convergence Research Center, Korea Institute of Energy Research (KIER)

황산화물(SOx) 및 질소산화물(NOx)은 대기배출 시 산성비의 원인이 되거나 2차 미세먼지 생성의 주요원인으로 지목되고 있다[1]. 본 연구에서는 SOx 및 NOx의 원천 제거를 위해 버블칼럼 반응기에서 고온 액체주석을 이용해 대표적인 황산화물 SO₂와 질소산화물 NO의 제거 특성을 살펴보았다. SO₂와 NO는 액체주석에 의해 환원될 수 있으며 각각 SnO₂ 및 SnS 그리고 SnO₂ 및 N₂로 전환되어 제거된다. 실험에 사용된 SO₂ 및 NO 가스의 농도는 각각 755.1 그리고 999.3 ppm이며, 내경 10 mm의 노즐에서 가스유량 600 mL/min로 공급하였다. 액체주석 층 높이가 500 mm 일 경우 층 하단에서 분사된 버블의 체류시간은 약 1.8초로 계산되었다. 생성가스를 가스 분석기(PG-250, Horiba)를 이용하여 분석한 결과, 반응온도가 증가할수록 SO₂ 및 NO 제거율이 상승하는 경향이 나타났으며, NO는 668 °C일 때 제거율이 87.4% 그리고 SO₂는 668 °C일 때 제거율이 73.2%로 나타났다. 이와 함께 액체주석을 이용할 경우 가스 내 입자상물질(dust)도 물리적으로 제거가 가능함을 확인하였다. 결과적으로 그동안 탈황, 탈질 및 전기집진과 같이 다양한 공정을 복합적으로 이용하던 SOx, NOx 및 dust 처리를 액체주석을 이용할 경우 단일공정으로 처리할 수 있는 가능성이 있음을 확인하였다.

참고문헌

1. OECD, "Environment at a Glance 2013: OECD Indicators" OECD Publishing, Paris, 2013.

PA-36

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

Hyun Seong Im, Changman Kim, Yeong Eun Song, Chae Ho Im, Jung Rae Kim*
School of Chemical and Biomolecular Engineering, Pusan National University, Busan, Korea,
609-735

Carbon monoxide (CO) has been discharged from steel industry and biomass gasification process, highlighted as a feedstock for biological conversion to platform and value-added chemicals. The conventional strains for CO conversion has problems of low growth rate and high sensitivity to oxygen as well as lower conversion yield. Biological conversion of CO is conducted by specific bacteria harboring the wood-ljungdahl pathway (WL pathway) and CO-dehydrogenase. In this study, we attempted to isolate and characterize the novel CO converting strains from the river sediment using the media having the iron bead (Fe^0) as external electron source. 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 the isolated strains were deposited to KCTC (*Clostridium botulinum* HN02 and *Fonticella tunisiensis* HN43) .

참고문헌

2. 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 Yeoja Bay and Gangjin Bay, Korea. *Marine Environment Research Division, National Fisheries Research and Development Institute, Busan 619-705, Korea*
3. 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

PA-37

헤미셀룰로오스 유래의 퓨란계 화합물로부터 고체산 촉매를 이용하여 연속식 반응기에서 디젤 전구체 생산 연구

권지선, 하정명¹, 서동진¹, 이관영²
한국과학기술연구원 청정에너지 연구센터, ¹고려대학교

온실가스에 의한 기후 변화에 대응하기 위해 신재생에너지의 보급과 바이오매스를 활용한 친환경 연료에 대한 관심이 높아지고 있다. 그 중 목질계/초본계 바이오매스는 농업 부산물, 폐목재로서 산림의 주요 구성 요소이다. 그러나, 종래의 바이오연료인 바이오디젤은 식물성 기름과 알코올의 에스테르 교환법에 의해 제조되어 순수한 탄화수소가 아니기 때문에 기존 원료를 온전히 대체할 수 없는데 반해, 본 기술에서는 부산물인 미활용 당으로부터 고품질의 증질유를 직접 생산할 수 있기 때문에 경제적 파급효과가 매우 크다. 바이오매스로부터 석유 유사 연료의 생산을 위해서는 저탄소의 퓨란계 화합물로부터 고탄소 수송연료화를 위해 촉매를 이용한 탄소-탄소 커플링 반응을 통해 탄소 사슬의 길이를 증가시켜야 한다. 본 연구에서는 다양한 고체산 촉매들을 이용하여 목질계 바이오매스 유래 퓨란계 화합물로부터 중합반응을 통해 디젤 범위의 고탄소 화합물의 전구체 수율을 높이기 위한 실험을 수행하였다. 반응 생성물은 HPLC를 통하여 정량하였고 NMR 과 GC/MS를 이용하여 반응물 및 생성물의 구조 분석을 수행하였다.

일산화탄소의 선택적 분리를 위한 흡착제 제조 및 특성평가

김정수, 정태성, 조강희, 범희태, 한상섭*

대전광역시 유성구 가정로 152, 한국에너지기술연구원, 305-343, 청정연료 연구실

일산화탄소는 제련소, 수증기 개질(steam reforming) 공정, 부분 산화(partial oxidation) 공정 등 다양한 산업 현장에서 부생가스로 다량 발생된다. 특히, 제철소에서는 금속 제련 방법에 따라 일산화탄소가 배출가스에 최소 20%에서 최대 80%까지 포함되어 있다. 제련소에서 발생하는 일산화탄소는 환경에 유해한 물질로 대부분 추가 연소 과정을 통해 제거되며 동시에 열원으로 사용되기도 한다. 하지만, 일산화탄소는 아세트산, 폴리우레탄, 폴리카보네이트, 포름산, 아크릴산, 포스겐 등 다양한 고부가가치 화학물의 원료 물질로 사용될 수도 있고 수소와 함께 합성가스(syn gas)를 구성하여 Fischer-Tropsch 공정을 통해 가솔린을 생산할 수도 있기 때문에, 제련소 부생가스에서 일산화탄소를 효과적으로 분리해낼 수 있다면 고부가가치 상품화가 가능할 것으로 생각된다. 이에 따라, 일산화탄소의 흡착 및 분리를 위한 기술 개발의 요구가 점점 높아지고 있다.

일반적으로 일산화탄소 분리에 이용되는 심냉법은 대량 공정에 적합하지만 에너지가 많이 소모된다는 단점이 있다. 이에 비해 흡착제를 이용한 압력 변동 흡착법(PSA)은 적합한 흡착제만 개발한다면 농도가 극히 낮은 흡착질도 선택적으로 제거, 분리가 가능하고 운전비용이 적게 들기 때문에 중소규모 공정에 적합하다. 본 연구에서는 CO/CO₂의 선택도가 높은 흡착제를 개발하기 위해 구리 기반의 흡착제를 제조하였다. 제조된 흡착제에 대해 CO와 CO₂에 대한 등온흡착평형을 측정하였고, XRD, SEM/EDX, XPS 분석을 통해 물성을 평가하였다. 그 결과 구리가 기질에 매우 고르게 분산되어 제조가 잘 된 것을 확인할 수 있었고, 일산화탄소 흡착량 대비 낮은 이산화탄소 흡착량을 보이는 것을 알 수 있었다.

친환경 오프셋 잉크용 황색안료의 개발

강대웅^{1*}, 신재희¹, 박정원¹, 정은혁¹, 양철규², 허광선¹
¹경남정보대학교 신소재화학계열, ²(주) 경기색소

Development of yellow pigments for eco-friendly offset inks

Daewoong Kang^{1*}, Jaehee Sin¹, Jeungwon Park¹, Eunhyuk Chung¹, Chulkyu Yang²
¹Department of Advanced Materials and Chemical Engineering,
 Kyungnam College of Information and Technology
²Kyungkee color.

아조 안료는 한 개의 아조기(-N=N-)를 가진 모노 아조 안료와 두개의 아조기를 가진 디아조 안료로 나누어지고, 아조 성분과 커플러 성분이 결합하는 커플링 반응으로 합성된다. 디아조 안료는 모노 아조 안료보다 색력이 강하고 내용제성이 우수하다고 보고되었다. 친환경 오프셋 잉크용 황색안료 필요성이 있으며 Powder형 황색 유기안료는 Powder로서 잉크에 사용할 경우 인쇄 공정에서 Misting 현상이 발생하여 인쇄제품의 품질에 영향을 미쳐 Filter Cake형 황색 유기 안료로 대체를 하고 있는 실정이다. 따라서 misting 현상, 청결도를 개선하기 위하여 저장성과 분산성이 우수한 친환경 Filter Cake형 오프셋 잉크용 황색안료를 개발이 필요하다. 본 연구에서는 디아릴리드(Diarylide)계 황색 유기안료의 인쇄공정시 잉크 바나쉬(ink varnish)에 분산시켰을 때 유동성과 저장성 뛰어난 친환경 Filter Cake 형 오프셋 잉크용 디아릴리드계 황색 안료 PY-12를 개발하였다. 색상을 측정결과 Strength 97.214%으로 높은 착색력을 가짐을 확인하였다.



Figure 1. Color test of (a)standard and (b)sample.

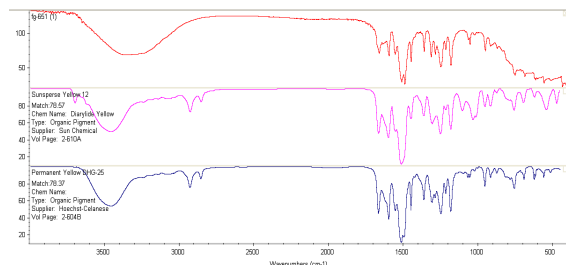


Figure 2. FT-IR spectrum of (a)standard and (b)sample.

Table 1. Chromaticity of Samples Prepared PY-12

	STANDARD	BATCH	DIFFERENCE	
L* =	69.262	69.202	DL* = -0.060	Darker
a* =	-2.544	-2.416	Da* = 0.128	Less Green
b* =	33.913	33.803	Db* = -0.110	Less Yellow
C* =	34.008	33.889	DC* = -0.119	Duller
H* =	94.325	94.123	DH* = -0.120	
K/S =	17.9641	17.4636	dE* = 0.179	
RFL =	16.960	17.360	Strength : 97.214 %	
COLOR DIFFERENCE ON STRENGTH ADJUSTED TO 100%			Normal	

PA-40

Process design of pressure retarded membrane distillation (PRMD) for simultaneous production of water and electricity

Kiho Park, Do Yeon Kim, Dae Ryook Yang*

Department of Chemical and Biological Engineering, Korea University, Seoul, Republic of Korea

Desalination, which is the process of obtaining fresh water from seawater, is very essential technology since it could be an ultimate solution for managing water resources [1]. There are two kinds of separation technologies for desalination. The first is thermal-based separation, and the other is membrane-based separation. Thermal-based desalination has been widely used for hundreds of years as a primary technology especially in Middle East [2]. However, as developing membrane-based desalination technology since the 1960s, many of the newly installed desalination plants have utilized the membrane desalination system, especially reverse osmosis (RO) process [2]. Thus, more than 60% of current worldwide desalination plants are operated by utilizing the RO process. Even though the RO process is considered as the most internationally widespread technology due to its process maturity and energy-efficiency, the process still has some renovation issues such as high pressure requirement and irreversible fouling propensity. Since the size of desalination market had increased more than \$10 billion around the world between 2010 and 2013, developing a new desalination technology as one of alternatives to replace the conventional desalination technologies would make a tremendous impact into the industry and contribute to the higher productivities and benefits of desalination companies.

This study proposed and investigated a newly designed process named pressure retarded membrane distillation (PRMD) for simultaneous production of water and electricity. The PRMD process was designed by combining the concepts of direct contact membrane distillation (DCMD) and pressure retarded osmosis (PRO) processes. A mathematical model for the PRMD process was developed and the performances of energy generation and water production were estimated and compared to the results of the DCMD process. It was found that the PRMD process can save energy by producing electricity from a hydro-turbine, but the water production rate is slightly less than the DCMD process. Also, the effects of operating conditions and membrane properties were analyzed, and the best conditions were investigated. By applying the best available membrane technology, the PRMD process can save about 0.1738 kWh/m³ with about only 3% sacrifice of fresh water production compared to the DCMD process at the same basis. The power density of the PRMD system is comparable to the PRO. Thus, the PRMD process can be used as a multi-functional system for producing water as the DCMD process and electricity as the PRO process at the same time.

참고문헌

1. Voutchkov, Nikolay, and Raphael Semiat. "Seawater desalination." Advanced membrane technology and applications (2008): 47-86.
2. Greenlee, Lauren F., et al. "Reverse osmosis desalination: water sources, technology, and today's challenges." Water research 43.9 (2009): 2317-2348.

PA-41

층상구조 금속화합물/탄소 복합 다공성 1차원 구조체의 소듐이차전지 음극활물질 적용

정순영, 조중상*
충북대학교 공업화학과

최근 리튬이차전지를 대체하기 위해 소듐이차전지가 주목 받고 있다. 그러나 소듐이온의 큰 이온반경은 충·방전 과정동안 활물질의 큰 부피변화를 초래하여 전지특성을 크게 저하시킨다. 따라서 다공성 구조를 이차전지 음극활물질로 적용하여 충·방전 시 부피변화에 따른 응력 완화와 전해질 침투를 용이하게 하여 이온확산거리를 효과적으로 감소시키고자 하였다. 이에 본 연구는 전기방사공정과 후 열처리 공정을 통해 균일한 기공을 갖는 MoSe₂/탄소 일차원 복합구조체를 합성하여 소듐이차전지의 음극활물질로 적용하였다. MoO₃와 PVP를 크기가 제어된 polystyrene(PS) 나노비드 현탁액에 첨가하여 방사용액을 준비하였다. 또한 전기방사공정 중 안정적인 jet 형성을 위해 에탄올을 계면활성제로 첨가하였다. PS 나노비드를 포함하는 PVP-Mo salt 1차원 구조체는 셀렌화 과정을 통해 균일한 나노기공을 갖는 MoSe₂/탄소 일차원 복합구조체로 전환되었다. 합성된 복합구조체 내 약 20 nm 크기의 기공이 균일하게 분산되었으며 few-layer로 성장한 MoSe₂ 결정이 관찰되었다. 복합구조체 내 탄소함유량은 TGA 분석결과 약 23.5 wt%이었다.

균일한 나노기공을 갖는 MoSe₂/탄소 일차원 복합구조체는 0.2 A g⁻¹의 전류밀도에서 200 사이클 후 454 mA h g⁻¹의 가역용량을 나타냈다. 이는 구조체 내 균일하게 분산된 기공이 소듐이온 저장에 의해 야기된 부피 팽창을 효과적으로 수용했기 때문이다. 또한 7.0 A g⁻¹의 높은 전류밀도에서 280 mA h g⁻¹의 높은 가역용량을 나타냈다. 본 연구에서 나타난 고용량, 고출력 특성은 다공성 구조의 효과와 더불어 탄소 구조체 내 few-layer의 MoSe₂가 복합됨으로써 구조체 내 소듐 이온의 효과적인 확산이 가능했기 때문이다.

본 연구에서 소개된 합성법은 에너지저장 분야를 포함한 다양한 분야에 적용가능할 것으로 기대한다.

참고문헌

1. Cho, J. S., Ju, H. S., Lee, J. K., and Kang, Y. C., "Carbon/two-dimensional MoTe₂ core/shell-structured microspheres as an anode material for Na-ion batteries," *Nanoscale*, **9**(5), 1942-1950 (2017).
2. Balogun, M. S., Luo, Y., Qiu, W., Liu, P., and Tong, Y., "A review of carbon materials and their composites with alloy metals for sodium ion battery anodes," *Carbon*, **98**, 162-178 (2016).
3. Ko, Y. N., Choi, S. H., Park, S. B., and Kang, Y. C., "Hierarchical MoSe₂ yolk-shell microspheres with superior Na-ion storage properties," *Nanoscale*, **6**(18), 10511-10515 (2014).

해수 이용 선회류 방식 스크러버에서의 SO₂ 제거특성

최호경*, 임혁, 웬디 윌리엄, 이시훈, 김상도, 전동혁, 유지호, 임정환, 임영준
한국에너지기술연구원 청정연료연구실

SO₂ Removal Characteristics of Vortex Scrubber using Sea Water

Hokyung Choi*, Hyuk Im, Wendy William, Sihyun Lee, Sangdo Kim, Donghyuk Chun, Jiho Yoo,
Jeonghwan Lim, Youngjon Lim
Clean Fuel Research Laboratory, Korea Institute of Energy Research

본 연구에서는 선회류 방식 스크러버에서 바닷물을 흡수제로 이용하였을 때의 SO₂ 가스 제거 특성을 고찰하였다. 지금까지와는 다르게 대양을 운항하는 선박의 경우도 SO₂ 배출규제를 만족하여야 한다. 국제 항해에 종사하는 모든 선박은 배출규제해역을 운항할 경우 2015년부터 황 함유량 0.1%(m/m)이하의 연료를, 배출규제해역 외의 전 세계 모든 해역에서는 2020년부터 황 함유량 0.5%(m/m) 이하의 연료유를 사용하여야 하는데, 동등 이상의 효과를 가지는 배출가스 후처리장치의 사용도 가능하도록 규정되어 있다¹⁾. 이러한 저유황 연료는 현재 공급량이 충분치 않고 가격도 고가이기 때문에 활용이 제한적이다. 따라서 현재는 스크러버와 같은 배출가스 후처리 장치에 대한 연구가 진행 중이다. 선박용 스크러버의 경우 설치 및 적재공간의 한계로 인해 최대한 컴팩트한 규모로 제작되어야 하며 흡수제로는 해수를 직접 사용하게 된다. 이러한 선박용 스크러버 개발을 위한 연구의 일환으로 본 연구에서는 내부에서 선회류를 유도하는 접선 가스유입 방식과, 마주보는 두 개의 노즐에서 분사되는 흡수액이 서로 충돌하면서 방사형으로 액적이 분무되는 방식의 흡수액 분무기구가 1단으로 적용된 선회류 방식 스크러버(반응부 직경 250 mm, 높이 50 mm)를 제작하고, 이 장치에서 해수를 직접 흡수제로 적용하였을 때의 SO₂ 제거 특성을 분석하였다. 실험 결과 흡수액의 공급량이 증가함에 따라 SO₂ 저감량도 증가하였으나 흡수액의 유량이 증가함에 따라 SO₂ 저감량의 증가 정도는 둔화되었다. 흡수액의 공급량을 5 LPM으로 고정시키고 1500 ppm의 초기 SO₂ 농도를 가지는 가스의 유입 유량을 50 m³/hr와 100 m³/hr로 변화시켰을 때 SO₂ 저감율은 각각 53%와 49%였다. 가스의 유량이 적을 때 효율이 높은 것으로 보이지만 흡수액이 처리한 가스량 관점에서 보면 가스의 유량이 높을 때가 공급된 흡수액 대비 효율이 높다고 할 수 있다. 이것은 가스의 유량이 높으면 가스의 선회속도가 커지고 액적과 가스의 상대속도가 커지게 되면서 흡수반응이 보다 활발해지기 때문이다. 즉, 제한된 공간에 컴팩트하게 설치해야 하는 선박용 스크러버의 경우 대유량 처리 시 효과적인 선회류 방식 스크러버가 효율적이라는 결론을 얻을 수 있다.

참고문헌

1. MARPOL Annex VI Regulation 14
(http://www.marpoltraining.com/MMSKOREAN/MARPOL/Annex_VI/r14.htm)

PA-43

석탄 가스화 공정의 분체 이송 배관 적용을 위한 메탈시트 볼밸브 개발

정우현, 오승천, 권인구, 류상오, 이종경¹, 유태한²
고등기술연구원, ¹KPL밸브공업, ²한국서부발전

Development of Metal Sheet Ball Valve for Particulate Transport Line in Coal Gasification Process

Woohyun Jung, Seungchun Oh, Ingoo Kwan, Sangoh Ryu, Jongkyoung Lee¹, Taehan Yoo²
Institute for Advanced Engineering, ¹KPL Valve Ind. Co.,Ltd, ²Korea Western Power Co.,Ltd

초록

2016년 구축이 완료된 한국형 300MW IGCC 실증플랜트의 가스화 공정의 경우 Shell사의 가스화 공정 기술을 도입하여 주요 설비에는 외국산 부품이 적용되어 있는 경우가 많다. 그 중에서도 미분탄 공급 및 순환 배관, 가스화기 슬래그 배출 배관 및 집진장치 포집 비산재 배출 배관 등에는 초고가의 외산 밸브들이 사용되고 있는 실정이다. 분체 이송 공정의 특성상 설치된 밸브의 경우 잦은 개/폐 동작을 반복하게 되는데, 이때 분체가 이송되면서 접촉하는 밸브 시트 및 볼 표면을 침식시키거나 밸브 내부의 공간에 끼이는 문제가 발생하게 된다. 이러한 경우 밸브를 동작하였을 때 기밀이 유지 되지 않거나, 끼이는 분체로 인하여 밸브의 개/폐 동작이 원활하지 않는 현상이 나타나고, 고압에서 운전되는 가스화 설비에서 커다란 문제점을 일으킬 수 있게 된다. 이러한 문제점을 예방하기 위하여 주기적인 유지보수와 밸브 시트 및 볼의 교체가 수반되어야 하나, 초고가인 외산밸브의 경우 적절한 대응이 어렵고, 유지보수 비용 또한 높아서 이를 국산화하여 대체할 필요성이 대두되고 있다.

이를 위하여 고등기술연구원에서는 KPL밸브공업, 한국서부발전과 공동으로 메탈시트 볼밸브를 개발하고 있는데, 분체 접촉부 표면을 코팅하여 내침식성을 향상시켜 침식을 방지하고 및 미세 입자 침투를 방지하는 구조를 제품설계에 반영하였다. 개발된 시제품을 가지고 한국서부발전의 태안화력본부에 구축된 Test-bed 설비를 활용하여 내구성능 평가시험을 진행하였으며, 시험 후 기밀성 유지확인 및 코팅된 시트와 볼 표면에 대한 분석을 진행하였다. FE-SEM, EDS 분석결과 내구성능시험이 진행된 다음에도 코팅 상태는 양호하게 유지되었으나, 기밀 성능시험 결과 코팅 방식에 따라 차이가 나타난 것을 확인하였다.

Keywords

Ball Valve, Pulverized Coal, IGCC, Coating, Tungsten Carbide, Toyota Diffusion

사사

이를 본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No 20163010050040)

PA-44

Acetate separation and concentration using electro dialysis produced from carbon monoxide fermentation broth.

Jiyun Baek¹, Changmam Kim¹, Young Eun Song¹, Mutyala Sakuntala¹, Jung Rae Kim^{1*}

¹School of Chemical and Biomolecular Engineering, Pusan National University, Busan 609-735
Republic of Korea

Acetate are easily produced from bioelectrochemical system (BES) using CO/CO₂ as gas substrate. The increase of these VFAs inhibits the acetogenic activity and cell growth in BES, thus decrease the system performance and productivity. In this point, the ion exchange membrane in BES can provide a useful tool to separate and transfer the produced VFAs by BES-based electro dialysis, and utilize them for further bioprocessing. In this study, we examine the effect of applied potential and media composition on acetate transportation through ion exchange membrane, and its concentration in BES reactor. The operational parameters such as temperature, pH and initial acetate concentration will be examined. The BES-based electro dialysis can provide a platform for in-situ separation in BES as well as targeted value-added chemical production. As a result higher current, temperature and ionization degree were increased acetate concentration. The maximum -15mA current were poised in the reactor. Separation of acetate finished after 8 hours, the initial catholyte was 37.96mM acetic acid and migrated to anolyte at 24.6mM acetic acid with a final concentration. Using this process, separation and concentration of acetate produced by microorganisms can be achieved more efficiently. Nonetheless we need to study more about a shape of reactor to improve the membrane efficiency.

PA-45

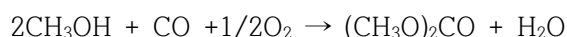
촉매제조 방법에 따른 제올라이트 계열 촉매의 DMC 합성반응

우제민¹, 박훈범¹, 문종호^{1,*}, 이동호¹, 서정윤¹, 박영철¹, 김현욱¹
한국에너지기술연구원¹

DMC synthetic reaction of the zeolite-based catalysts according to the Catalyst preparation method

Je Min Woo¹, Hoon Beom Park¹, Jong-Ho Moon^{1,*}, Dong-Ho Lee¹,
Jung Yoon Seo¹, Young Cheol Park¹, Hyunuk Kim¹
Korea Institute of Energy Research¹

DMC(dimethyl carbonate, (CH₃O)₂CO)는 카르보닐기(carbonyl group)에 메톡시드(methoxide, CH₃-O-)가 2개 붙어있는 구조로 되어있으며, 분자량(Molecular Weight) 90.08 g/mol, 밀도(Density) 1.069 ~ 1.073 g/mL, 녹는점(Melting point) 2 ~ 4 °C, 비점(Boiling point) 90 °C이다. 이러한 DMC는 독성이 없는 환경 친화적인 화학물질로서 고부가가치의 차세대 유기용매로 각광 받고 있다. 또한 유기용매, 폴리카보네이트 전구체, 연료첨가제·이차전지의 전해질 및 정밀화학 제품의 중간체 등으로 소비되고 있으며 그 수요량이 급증하고 있는 추세이다. 본 연구에서는 DMC합성 방법 중 산화 카르보닐화 반응을 적용하였다. 산화 카르보닐화 반응은 아래의 반응식과 같다.



본 연구에서는 Ultrasonic와 Microwave 촉매제조 시 조사시간에 따른 촉매의 DMC 합성반응 성능에 대하여 살펴보았다. H-Y Zeolite에 Cu 금속을 함침시킬 때 암모니아수를 이용한 액상이온교환과정 중 Ultrasonic와 Microwave를 적용하여 US-CuY(3,5,10,20,30)와 MW-CuY(5,10,20,30,60) 촉매를 제조하였다. 촉매 특성분석은 BET, TPD, SEM-EDX, XRD 등을 수행하였다. DMC 합성반응 성능비교를 위해 batch 고압반응기에 반응물(CH₃OH, CO, O₂ 그리고 N₂)을 주입하여 30 bar, 130 °C에서 촉매 0.1 g에 대한 생성물(MF, DMM, DMC) 차이를 비교하였다.

DMC 합성반응 결과, He 소성온도 400 °C에서 H-Y Zeolite가 지지체로서 가장 우수함을 확인하였다. 촉매의 반응성 비교에서는 Ultrasonic을 5분 동안 조사 했을 경우 Microwave을 20분 동안 조사 했을 경우 성능이 좋아졌으며, Reflux, Ultrasonic, Microwave를 비교하였을 때 Microwave를 이용하여 제조한 촉매의 DMC 합성반응 성능이 가장 우수하였다.

참고문헌

1. Wang, S., et al., *Morphology control of ceria nanocrystals for catalytic conversion of CO 2 with methanol*. *Nanoscale*, 2013. 5(12): p. 5582-5588.
2. Schäffner, B., et al., *Organic carbonates as solvents in synthesis and catalysis*. *Chemical reviews*, 2010. 110(8): p. 4554-4581.
3. King, S., *Oxidative carbonylation of methanol to dimethyl carbonate by solid-state ion-exchanged CuY catalysts*. *Catalysis Today*, 1997. 33(1): p. 173-182.
4. Ward, J.W., *Thermal decomposition of ammonium Y zeolite*. *Journal of Catalysis*, 1970. 18(3): p. 348-351.
5. Steven A. Anderson and Thatcher W. Root, "Kinetic studies of carbonylation of methanol to dimethyl carbonate over Cu+X zeolite catalyst", *Journal of Catalysis* 217 396-405 (2003)

PA-46

Ru 및 Ni계 촉매를 이용한 Tricyclopentadiene의 수소화반응에 관한 연구

박유리, 유용인, 최원준, 조도현, 박진하, 한정식¹, 권태수², 전종기*
공주대학교, ¹국방과학기술연구소, ²(주)풍산

Tetrahydrotricyclopentadiene (THTCPD)는 고 에너지 밀도 연료로 주목을 받고 있다. THTCPD는 tricyclopentadiene(TCPD)를 원료로 사용하여 액상에서 수소화 반응을 통해 제조가 가능하다. 본 연구에서는 불포화 유기화합물 수소화 공정에 사용하는 Ni 및 Ru계 촉매를 TCPD 수소화 공정에 적용하기 위해 최적 촉매를 screening 하였다. Ni/Kieselguhr, Ru/Kieselguhr, Ni-Ru/Kieselguhr 촉매를 공침법 및 함침법을 이용하여 제조한 후 pellet 형태로 성형하였다. 촉매의 물리적 및 화학적 특성을 N₂ adsorption, H₂-TPR 및 XRD로 분석하였다. 제조한 촉매를 이용하여 회분식 반응기에서 TCPD의 수소화 반응실험을 진행하였다.

Keywords : Ru-Ni/Kieselguhr, tetrahydrotricyclopentadiene, tricyclopentadiene, hydrogenation

PA-47

Effect of electron and proton migration for the acetate production using the carbon monoxide in the bioelectrochemical system

Young Eun Song¹, ChangmamKim¹, Jiyun Baek¹, Byong-Hun Jeon² and Jung Rae Kim^{1*}

¹School of Chemical and Biomolecular Engineering, Pusan National University, Busan, 46241, Korea

²Department of Natural Resources and Environmental Engineering, Hanyang University, Seoul, 04763, Korea

The carbon monoxide (CO) conversion into value-added platform chemicals has been of great interest in industrial biotechnology due to the demand syngas fermentation. Nevertheless, the biological CO conversion process is difficult to be implemented into the industry due to lack of cost-effective process. The low conversion yield and/or cell growth rate of CO-utilizing microbes hinders to develop appropriate biorefinery process for gas substrate. Recently, the bioelectrochemical system (BES) based CO/CO₂ conversion provide a potential route to enhance conversion efficiency and cell growth of strains. In this study, we investigated an optimized the BES system configuration and operational factors to overcome the conventional limitation of CO conversion. The gas composition and applied potential were examined with simultaneous estimation of coulombic efficiency. The volatile fatty acid (VFA) production (i.e. acetate) and their conversion efficiencies are compared in different operating condition. These results suggest that the BES based system can be combined with the conventional bioreactor for gas conversion to improve the productivity and conversion efficiency, thus overcome the limitation of conventional CO gas fermentation.

참고문헌

1. Im, C. H., Kim, C., Song, Y. E., Oh, S.-E., Jeon, B.-H. and Kim, J. R., "Electrochemically enhanced microbial CO conversion to volatile fatty acids using neutral red as an electron mediator", *Chemosphere*, 191, 166-173 (2018)

PA-48

Effects of calcium catalysts on CO₂ gasification of biomass char

Wongeun Yoon¹, Yoongon Kim^{1,2}, Seungjun Lee¹, Jae jin Bae¹, Yekyu Kim¹, Hyunwoo Ahn¹
and Won Bae Kim^{1,*}

¹Department of Chemical Engineering, Pohang University of Science and Technology (POSTECH)

²School of Materials Science and Engineering, Gwangju Institute of Science and Technology (GIST)

In this study, Hallabong peel (HP) char was prepared for use in CO₂ gasification. The effects of addition of calcium catalysts (Ca(NO₃)₂, Ca(OH)₂, CaCl₂, CaCO₃) on CO₂ gasification reactivity were investigated. The physicochemical properties of HP char were characterized by using scanning electron microscopy, X-ray diffraction and Fourier transform infrared spectroscopy. Carbon conversion of HP char was investigated at various gasification temperature, and higher CO₂ gasification reactivity was achieved in presence of the calcium catalysts.

Reference

1. Soon Choel Hwang et al., CLEAN TECHNOLOGY, 20(1), 67-71 (2014).
2. Pooya Lahijani et al., Bioresour. Technol., 144, 288-295 (2013).
3. Wei Huo et al., Bioresour. Technol., 159, 143-149 (2014).
4. Yanqin Huang et al., Biotechnol. Adv., 27, 568-572 (2009).

PA-49

Cu/Honeycomb 촉매를 이용한 Hydroxyl ammonium nitrate(HAN) 기반 액상추진제 분해연구

요달산, 우재규, 한승호, 이철호, 강태원, 전종기*
공주대학교 화학공학부

Hydrazine(N_2H_4)은 대표적인 인공위성 추력기에 사용되는 단일추진제이다. 최근 강력한 독성에 의한 취급안전성의 문제로 인해서 친환경 저독성 액상추진제의 연구가 활발히 진행 중이다. 환경친화적인 액상추진제는 HAN과 ADN이 대표적이며 HAN은 우수한 비추력과 고밀도 액상추진제로서 관심이 집중되고 있다. 수용액 상태인 HAN은 수분함량이 많아 점화가 어려운 단점이 있다. 따라서 촉매를 이용한 촉매분해를 해야 한다. 본 연구에서는 코디어라이트 소재의 honeycomb 지지체에 과량용액 함침법을 통해 Cu를 담지하여 HAN의 분해개시온도와 압력의 변화를 확인하였다. 담지한 Cu의 소성온도를 변화시켜 제조한 촉매의 특성을 BET, XRD, XRF를 이용하여 분석하였다.

PA-50

염화나트륨과 염화칼륨에 의한 보일러튜브 재료의 부식 측정 실험

박성현¹, 김범종^{2,3}, 정수화³, 이은도^{3,4,5*}

¹순천향대학교 에너지환경공학과, ²성균관대학교 기계공학과, ³한국생산기술연구원 고온에너지시스템그룹, ⁴과학기술연합대학원대학교 청정공정 및 시스템공학과, ⁵한국에너지기술연구원 FEP 융합연구단

Experiments on corrosion of boiler tube materials by NaCl and KCl

Sunghyun Park¹, Beomjong Kim^{2,3}, Soohwa Jeong³, Uendo Lee^{3,4,5*}

¹Department of Energy Environment Engineering; Soonchunhyang University, ²Department of Mechanical Engineering; Sungkyunkwan University, ³Thermochemical Energy System R&D Group; Korea Institute of Industrial Technology, ⁴Green Process and System Engineering, University of Science and Technology (UST), ⁵Future Energy Plant Convergence Research Center, Korea Institute of Energy Research (KIER)

폐기물 및 바이오매스는 화석연료를 대체할 수 있는 청정연료로 꾸준히 이용되어 왔으며 최근 신재생발전 확대 정책에 따라 발전용 보일러에의 적용이 확대되고 있다. 한편 폐기물 및 바이오매스는 고온부식의 원인이 되는 염화알칼리 성분이 많은 특징을 가지며, 열교환기 금속 표면온도가 400도 이상일 경우 연료 내 염화알칼리에 의한 고온부식이 활성화 되어 보일러의 수명과 이용률이 크게 감소하는 경우가 많다. 연료에 함유된 염소(Cl) 및 알칼리(K⁺ 및 Na⁺)는 연소로의 고온영역에서 용융염 상태의 염화알칼리(NaCl, KCl)로 배출된 후 열교환기 표면에 고체형태로 부착되어 파울링(Fouling)을 형성시킨다. 이 파울링에 포함된 염소는 Chlorine cycle을 형성하며 열교환기 표면의 지속적인 부식을 야기한다.

본 연구는 염화알칼리 성분에 의한 슈퍼히터의 고온부식 모사를 위해 실제 보일러의 슈퍼히터 소재로 활용되는 T2, T12, T22, T91 그리고 TP347H를 대상으로 시편을 만들고 각 시편이 노출된 환경에 따른 부식도를 실험적으로 측정하였다. 염화알칼리(NaCl 및 KCl)의 농도, 분위기 온도(400, 450, 500°C), 고온 노출시간을 달리하며 시편을 만들고 이를 표준 세척법을 통해 산화철을 제거한 이후 실험 전/후 무게 변화를 이용하여 부식도를 측정하였다. 실험 결과 Cr의 함량이 높을수록 부식도가 감소하는 경향이 나타났으며 온도가 상승할수록 염화알칼리에 의한 부식도가 증가하였다. 또한 KCl이 NaCl보다 부식성이 큰 것으로 나타났다.

참고문헌

1. Viklund, P., "Superheater Corrosion in Biomass and Waste Fired Boilers," KTH, Ph.D Thesis, (2013)
2. 박석균, Modified 9Cr-1Mo Steel의 석탄-바이오 매스 혼소에 따른 화염단 부식 특성 연구, 전북대학교 대학원, (2017)
3. 박양순 et al.[1], 고온(300~1000°C)에서 티타늄 금속시편의 표면 산화거동, 한국원자력연구원 원자력화학연구부, (2009)
4. Lee, D.-B., "High Temperature Corrosion by Chlorides in Biomass-Fired Plants," J. The Korean Inst. Surface Eng., 49(1), 49-19 (2016)

PA-51

병렬식 로터리킬른형 유수분리 장치를 이용한 유류 폐수 처리

최광순, 서민혜, 이민석¹, 김광대¹, 엄성현*
고등기술연구원, ¹신우산업(주)

유류 피해사고로 인해 토양 및 하천의 오염이 빈번히 발생됨에 따라 유류 유출을 방지하는 유수분리 장치의 사용이 중요해지고 있다. 국내에서는 유류성분과 물 사이의 중력차 또는 약품을 이용한 기계 장치가 널리 사용하고 있으나 이러한 장치는 초기 투자비가 높아 중·소규모 사업장의 보급률이 떨어지고 있는 현실이다. 이에 초기 투자비가 낮으며 유지·관리 비용이 저렴하고, 중·소규모 사업장에도 설치가 간편한 모듈형 폐수 처리시스템 개발이 필요하다. 한편, 저비용 소재인 PET 섬유에 초발수 코팅을 활용하여 폐수 내 유류를 선택적으로 분리 가능하며 (Sang Wook Han et al., 2017), 본 연구에서는 이러한 PET 섬유를 유수분리 필터로 활용하는 로터리킬른형 유수분리 장치를 개발하고자 하였다.

병렬식 로터리킬른형 유수분리 장치는 50 m³/day 용량으로 제작되었으며, 6개의 로터리킬른형 유수분리 셀을 설치하였다. 유수분리 셀은 모듈화 되어 셀의 개수를 조절하면 처리 용량을 조절 할 수 있도록 설계되었다. 유수분리 셀은 원기둥 형태의 매쉬에 초발수 코팅된 PET 소재를 장착할 수 있게 제작되었으며, 각각의 셀은 최대 6 L/min의 유류 함유 폐수를 처리할 수 있다. 유수분리 장치는 유류 폐수에서 분리된 유류를 회수 할 수 있는 Unit을 포함하여 분리된 유류를 재이용 할 수 있도록 설치하였다. 유수분리 장치의 성능은 유수분리 셀 1개를 이용하여 유류를 함유한 폐수를 연속식으로 주입하면서 제거율을 확인하였으며, 이를 통해 로터리킬른 장치의 회전 속도, 유입 유량, 유입 농도를 최적화하였다. PV-200 펌프오일을 이용하여 본 연구 장치에서 실험한 결과 9,940 mg/L 농도의 유입 유류 폐수를 310 mg/L로 처리하여 96.9%의 제거율을 나타내었다.



Fig. 1. 병렬식 로터리킬른형 유수분리 장치 및 유류 폐수 처리

참고문헌

1. Sang Wook Han, Kwang-Dae Kim, Hyun Ook Seo, Il Hee Kim, Chan Seok Jeon, Jung Eun An, Ju Hwan Kim, Sunghyun Uhm, and Young Dok Kim, "Oil-Water separation using superhydrophobic PET membranes fabricated via simple dip-coating of PDMS-SiO₂ nanoparticles", *Macromolecular Materials and Engineering*, **11**(302), 1-10 (2017).

PA-52

상호 연결된 다공성 1차원 구조체 합성 및 리튬이차전지 음극소재 적용

조민수, 조중상*
충북대학교 공업화학과

큰 비표면적을 갖는 다공성 1차원 구조체는 센서, 촉매, 바이오, 에너지 저장 등 다양한 분야에서 연구되고 있다. 특히 리튬 이차전지의 음극 소재로 적용 시, 전자의 원활한 수송 및 리튬이온의 삽입 및 탈리에 의한 부피 팽창 수용 및 용이한 전해질 침투를 통해 좋은 전기화학적 성능을 나타낸다. 따라서 다공성 1차원 구조체를 합성하기 위해 동결건조, 템플레이트법 등 여러 합성법이 연구되었다. 본 연구는 전기방사 공정과 후 열처리를 통해 상호 연결된 다공성 1차원 구조체를 합성했다. Polyacrylonitrile, polystyrene, 그리고 titanium butoxide를 DMF에 첨가하여 용액을 준비 후 60%의 높은 상대 습도조건하에서 전기방사공정을 진행했다. 전기방사공정 시 높은 습도는 다량의 수증기가 비용매로서 섬유 표면과 내부에 확산되어 상분리를 야기했다. 이 후 100°C의 안정화 과정에서 수증기가 증발하여 섬유 내 수~수십 나노 기공을 형성했다. 후 열처리 과정에서 섬유 내에 상분리 되어있던 두 고분자는 각기 다른 온도구간에서 분해 및 연소하여 50nm~100nm의 마크로 기공을 형성, 수분침투에 생성된 나노 기공들과 상호 연결됨으로써 상호 연결된 다공성 1차원 구조의 TiO₂ 나노섬유가 합성되었다. 상호 연결된 다공성 1차원 TiO₂ 나노섬유는 아나타제 결정상으로서 43m² g⁻¹의 높은 BET값을 나타냈다.

상호 연결된 다공성 1차원 TiO₂ 나노섬유는 1 A g⁻¹의 높은 전류 밀도에서 3000사이클 후 142 mA h g⁻¹의 높은 가역 용량을 나타냈다. 이는 현재까지 보고된 TiO₂ 음극소재 연구결과 중 최고의 특성 결과이다. 1차원 구조로 인한 전자의 원활한 수송과 상호 연결된 기공들을 통해 구조체 내로 리튬이온의 침투가 지속적으로 원활히 진행되었기 때문이다. 본 연구에서 제시한 다공성 1차원 구조체 합성공정은 다양한 분야의 다양한 금속화합물의 합성에 적용가능 할 것으로 기대한다.

참고문헌

1. Cho, J. S., Hong, Y. J., and Kang, Y. C., "Electrochemical properties of fiber-in-tube-and filled-structured TiO₂ nanofiber anode materials for lithium-ion batteries," *Chemistry-A European Journal*, **21**(31), 11082-11087 (2015).
2. Lu, P., and Xia, Y., "Maneuvering the internal porosity and surface morphology of electrospun polystyrene yarns by controlling the solvent and relative humidity," *Langmuir*, **29**(23), 7070-7078 (2013).
3. Jo, E., Yeo, J. G., Kim, D. K., Oh, J. S., and Hong, C. K., "Preparation of well-controlled porous carbon nanofiber materials by varying the compatibility of polymer blends," *Polymer International*, **63**(8), 1471-1477 (2014).

PA-53

수열탄화 처리에 의한 팜 EFB 회분저감 특성

임혁, 이시훈, 김상도, 전동혁, 유지호, 임영준, 임정환, 최호경*
한국에너지기술연구원 청정연료연구실

Characteristics of Ash Removal in Palm EFB by Hydrothermal Treatment

Hyuk Im, Sihyun Lee, Sangdo Kim, Donghyuk Chun, Jiho Yoo,
Youngjon Lim, Jeonghwan Lim and Hokyung Choi*
Clean Fuel Laboratory, Korea Institute of Energy Research

신 기후체제 출범으로 국내 발생 CO₂의 25.7% 감축 목표 달성을 위해서는 특히 화력발전 분야에서의 CO₂ 감축이 절실하게 필요한 상황이다. 기존 화력발전소에서의 온실가스 감축을 위한 방안 중 중단기적으로 자원 확보가 용이한 바이오매스의 혼소 또는 전소가 현실적이고 경제적이다. 국내 화력발전소에서 연소용으로 사용되는 우드펠릿은 95% 정도가 국외에서 수입되고 있으나 해마다 수요가 증가하면서 비용 부담이 늘어나고 있다. 향후 지속적으로 증가되는 발전용 바이오매스 수요의 안정적인 충족을 위해서는 미활용 바이오매스 자원, 예를 들면 인도네시아 등지에서 생산되는 미활용 팜 부산물 등의 적극적인 활용이 필요하다. 이의 일환으로 인도네시아 팜 부산물 중 Empty Fruit Bunch (EFB), Palm Kernel Shell (PKS) 및 Oil Palm Trunk (OPT) 등을 연료로 사용하기 위한 다양한 시도가 진행되고 있다. 하지만 이러한 팜 부산물의 회분에 포함된 알칼리 성분(Na, K 등)은 석탄에 비해 함량이 높으며, 연소 시 보일러 내 회용작(슬래깅/파울링/부식 등) 현상을 일으켜 결국 운전 정지나 기기수명 감소의 문제를 발생시키기 때문에 이를 방지하기 위한 회분 제거기술 개발이 필요하다.

본 연구에서는 인도네시아 팜 부산물 중 EFB의 회분 저감 특성을 알아보기 위해 크기가 1mm 이상인 EFB 시료와 잘게 파쇄된 EFB 시료를 이용하여 60-200°C범위에서 수열탄화를 실시하였다. 실험 결과 1mm이상의 시료에서는 낮은 온도에서 큰 효과가 없었으며, 150°C, 200°C에서 각각 16%, 19%의 회분이 제거되었다. 반면, 잘게 파쇄한 시료의 경우 60°C에서 31%, 100-150°C에서 약 55%가 제거되었으며, 200°C에서 최대 63%의 회분이 저감되는 결과를 확인할 수 있었다.

PA-54

An optimal voltage stimulate the dominance of indirect interspecies electron transfer to upgrade methane generation in Microbial Electrosynthesis Systems

Carla Flores-Rodriguez, Booki Min*

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

*Corresponding author: Phone: +82-31-201-2463; Fax: +82-31-202-8854.
E-mail: bkmin@khu.ac.kr (Booki Min)

Abstract

The performance of microbial electrosynthesis cells depends totally of the microbial community structure of the electrode biofilms. Adding an external voltage affects biofilm development and enrichment of exoelectrogenic bacteria and methanogens. In this study, the effect of 0.5V, 1.0V and 1.5V on microbial communities of the electrode biofilms in microbial electrosynthesis cell (MESs) was investigated. Principal component analysis shown higher substrate removal, current generation and methane production profiles at 1.0 V voltage. Illumina Hiseq sequencing of 16S rRNA gene amplicons indicated that 1.0 V voltage substantially changed microbial community structures of both anode and cathode biofilms. At 1.0 V, the majority of predominant populations of the anode biofilm belonged to *Geobacter*, which was different from the populations of the cathode biofilm. Interestingly, at the cathode biofilm, a syntrophic association of electrogen fermenters, acetogens and hydrogen-consuming methanogens (i. e., *Methanobacterium spp.*) allowed high conversion through hydrogenotrophic route. This study suggest that at 1.0 V voltage stimulated a good grow of communities close to thermodynamic equilibrium which favored mechanisms of hydrogen utilization by the methanogens increased production.

PA-55

이중튜브 구조를 갖는 금속산화물 나노벨트의 리튬이차전지 음극활물질 적용

오세환, 조민수, 조중상*
충북대학교 공업화학과

리튬이차전지의 음극활물질은 높은 용량, 저렴한 가격을 갖지만, 충/방전 시 심한 부피팽창에 따른 극판으로부터의 박리와 낮은 전기전도성으로 인해 만족할 만한 전기화학적 특성을 얻기 힘들다. 따라서 금속산화물에 중공 구조를 적용함으로써 충/방전 시 부피팽창에 따른 응력 해소 및 리튬 이온의 활물질 내 빠른 확산을 통해 리튬이차전지의 수명 및 율속 특성을 향상시키고자 한다. 본 연구는 이중 튜브를 갖는 NiO 나노벨트를 전기방사공정 후 열처리 과정 중 연속적인 연소 및 수축의 과정을 통해 합성했다. 합성된 이중 튜브 구조의 NiO 나노벨트는 1 A g^{-1} 의 높은 전류 밀도에서 200 사이클 후 992 mA h g^{-1} 의 용량을 나타냈으며 10 A g^{-1} 의 전류 밀도에서 531 mA h g^{-1} 의 높은 용량을 나타냈다. 이중 튜브 구조의 계층적 공공은 충/방전 시 리튬이온의 빠른 확산 및 부피팽창에 의한 응력을 효과적으로 수용함으로써 리튬이차전지의 음극활물질 적용 시 고출력, 고용량, 및 장주기 특성 도출이 가능했다.

참고문헌

1. Tarascon et al. "Nano-sized transition-metal oxides as negative-electrode materials for lithium-ion batteries." *Nature*, **407**, 496-499 (2000).
2. Cho, J. S. and Hong Y. J., Kang, Y. C. "Design and synthesis of bubble-nanorod-structured Fe_2O_3 -carbon nanofibers as advanced anode material for Li-ion batteries." *ACS Nano*, **9**, 4026-4035 (2015).
3. Hong, Y. J and Kim, J. H., Kang, Y. C. "Sodium-ion storage performance of hierarchically structured $(\text{Co}_{1/3}\text{Fe}_{2/3})\text{Se}_2$ nanofibers with fiber-in-tube nanostructures." *J. Mater. Chem. A*, **4**, 15471-15477 (2016).

PA-56

High throughput screening for production of furfural from Xylose in a biphasic and non-catalyst system.

Dasom Mun¹, Anh T.H. Vo^{1,2}, Nhan T.T Huynh, Kyoung Won Lee¹, Seok-Kyu Park¹, Jin Ku Cho^{1,2*}
¹Korea Institute of Industrial Technology (KITECH), ²University of Science and Technology (UST)

Recently, there has been interested in utilization of renewable biomass resources as a result of concerning for fossil exhaustion and global environmental pollution. Particularly, various researches has been conducted in developing bio-fuel from lignocellulosic biomass, which is a natural, abundant, and renewable resources.

Furfural is envisaged as a potential platform chemical which can be applied to bio-fuel, biochemical, and biopolymer industries¹. Although industrial processes for furfural production has been developed using a wide range of acids as well as ionic liquids as a homogeneous catalysts, these catalysts possess poor recyclability and high rate of equipment corrosion². On the other hand, zeolites and ion exchange resins, which commonly used as heterogeneous catalysts in furfural processes², also sustain problems with thermal stability.

In this work, we carry on furfural synthesis from dehydration of xylose, an abundant lignocellulosic biomass resources, and perform a high throughput screening to optimize furfural yield using a non-catalyst and water-organic solvents biphasic system.

1. Vinit C., Stanley I. S., and Dionisios G. V., "Conversion of Xylose to Furfural Using Lewis and Bronsted Acid Catalysts in Aqueous Media," *ACS Catal.*, 2, 2022-2028 (2012).
2. Yuanshuai Z., Wenzhi L., Yijuan L., Tingwei Z., Hasan J., Hou-min C., and Longlong M., "Procdution of furfural form xylose and corn stover catalyzed by a novel porous carbon solid acid in γ -valerolactone", *RSC Adv.*, 7, 29916-29924 (2017).

PA-57

Bio-butanol 유래 butene으로부터 항공유 합성을 위한 oligomerization 반응 조건 최적화

이동건, 양지혜, 오다혜, 이소정, 고영수, 강태원, 이철호, 전종기†
공주대학교 화학공학부

항공과 해운의 발달로 전 세계적으로 국가 간의 물류 이동과 인구 이동이 해를 거듭하여 증가하고 있다. 그 중 항공기는 해운에 비해 빠른 속도로 운송할 수 있고, 대중화되고 있어 항공기의 승객은 연 30억 이상이고 해마다 5 % 가량 증가하고 있는 상태이다. 이러한 항공유 사용의 급증으로 항공 산업은 전체 CO₂ 배출의 2 %를 차지하고 있고, 국제적인 이산화탄소 배출 규제로 인해 항공회사들은 대규모의 탄소배출권을 확보해야하는 상황이다. 이로 인해 민간항공기구 (International Civil Aviation Organization) 및 국제항공 운송협회 (International Air Transport Association)에서는 2050년까지 2005년의 CO₂ 배출량의 50 % 수준으로 줄이는 목표를 제시하였다. 해당 목표 달성에 바이오매스를 활용하는 것이 필수적이라고 분석되고 있기 때문에 비식용 바이오매스를 항공유로 변환하는 공정에 대한 관심이 증가하고 있다. 현재까지 알려진 공정으로는 gas to jet 공정, sugar to jet 공정, oil to jet 공정, alcohol to jet 공정 등이 있으나, 최근에는 alcohol to jet 공정에 대한 관심이 증가하면서 alcohol to jet 공정에 활용할 수 있는 고활성 촉매 대한 연구가 증가하고 있다.

본 연구는 alcohol to jet 공정의 일환으로, bio-butanol의 탈수반응을 통해서 얻을 수 있는 1-butene과 2-butene의 혼합물을 원료로 이용해서 항공유에 적합한 탄화수소 범위인 C₈~C₁₆ 사이의 탄화수소를 효율적으로 합성할 수 있는 촉매에 관한 연구다. 본 연구에서는 SiO₂/Al₂O₃ 비가 50인 ZSM-5와 ZSM-5로부터 제조된 mesoporous 물질인 MMZZSM-5을 합성하여 촉매의 지지체로 사용하였다. Incipient wetness 방법을 사용하여 ZSM-5와 MMZZSM-5에 Ni를 3 wt% 담지한 촉매를 제조하였다. 촉매의 특성 분석을 위해 N₂ adsorption, Py-IR, NH₃-TPD, XRD, XRF 등을 사용하였다. 연속식 고정층 반응기를 이용해 1-butene과 2-butene이 1 : 1.3 비율로 섞인 혼합물의 oligomerization 반응을 수행하였으며, 항공유 유분(C₈~C₁₆)의 수율과 branched isomer의 선택성을 최대화하기 위한 반응 조건을 최적화하였다.

금속 처리된 활성탄의 암모니아 흡착 및 탈착 특성연구

황라현, 박지혜, 윤형철¹, 이광복^{2*}
충남대학교 에너지과학기술대학원,
¹한국에너지기술연구원, ¹충남대학교 화학공학교육과

Ammonia Adsorption and Desorption Characteristics of Metal-treated Activated Carbon

Ra Hyun Hwang, Ji Hye Park, Hyoun Chul Yoon¹, Kwang Bok Yi^{2*}
Graduate School of Energy Science and Technology Chungnam National University,
¹Korea Institute of Energy Research
²Department of Chemical Engineering Education Chungnam National University

수소의 저장체이며, 무탄소에너지 감체인 암모니아(NH₃)는 수소와 비교하여 저장성이 용이하며, 질소원자(N) 하나와 수소원자(H) 셋으로 구성되어있어 연소 시 질소(N₂)와 물(H₂O)만 발생할 뿐 이산화탄소(CO₂)가 발생하지 않는다. 이러한 특성을 가진 암모니아는 화석연료 고갈에 따른 문제를 대비하기 위하여 대체 연료로 활발히 연구되고 있으며, 연료전지 및 자동차 연료 분야에 적용하는 연구가 증가하고 있다. 기존의 암모니아 생산법인 Harbor-Bosch 공정은 높은 온도 및 높은 압력에서 수행되어 에너지가 많이 들며, 온실가스 주범인 이산화탄소를 배출하는 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 상온, 상압에서 물과 질소를 원료로 전기화학적으로 암모니아를 합성하는 연구가 진행되고 있다. 전기화학적 암모니아 합성은 이산화탄소를 배출하지 않아 친환경적이나 낮은 농도의 암모니아를 합성하는 단점이 있다. 따라서 전기화학적 암모니아 합성 개발에는 저농도의 암모니아를 고농도로 농축하는 기술개발이 필요하다. 본 연구에서는 암모니아의 흡착 및 탈착을 위한 물질로 여러 금속으로 처리된 활성탄을 사용하여 연구를 수행하였다. 특성은 BET, NH₃-TPD, H₂-TPR, TGA, XPS, DRIFTS 등을 통해 분석되었다. 암모니아의 흡착 및 탈착연구는 파과곡선 실험을 통해 수행되었으며, 200 °C에서 탈착을 반복하여 각 금속으로 처리된 활성탄의 암모니아 흡수능 및 특성을 비교 및 분석하였다. 분석결과 Mg를 처리한 활성탄이 가장 많은 흡착량을 보였으며, 처리하지 않은 활성탄에 비해 10배가 많은 흡착량을 갖는 것으로 확인되었다.

PA-59

태양광 수증기 발생을 위한 탄소 기반 태양광 흡수체

최명길, 구본준, 이용희, 이규복*

충남대학교 에너지과학기술대학원(GEST) 그린 에너지재료 연구실

태양광을 이용한 수증기 발생 기술은 차세대 해수담수화 및 정수기술로 큰 관심을 받고 있다. 전통적인 태양열 수증기 발생시스템은 대량의 물을 가열하기 때문에 상당한 열 손실로 인해 효율이 낮으며, 집광기와 넓은 부지의 필요성으로 인해 많은 초기 자본이 발생한다는 단점이 있다. 최근에는 소용량 담수화를 목적으로 플라즈몬 혹은 흑체 효과를 이용한 태양광 수증기 발생 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 새로운 유형의 태양광 수증기 발생 시스템은 크게 태양광 흡수체와 다공성 지지체로 구성된다. 태양광 흡수체는 표면 플라즈몬 효과를 나타내는 금, 은과 같은 금속나노입자와 흑체효과를 보이는 탄소나노구조체가 주로 사용된다.

본 연구에서는 저렴하고 대량화 생산에 용이한 탄소 재료를 태양광 흡수체로 이용한 태양광 수증기 발생 효율을 측정하였다. 태양광 흡수체는 카본블랙, 활성탄, 카본나노튜브 등의 탄소입자를 지지체인 cellulose filter paper위에 일정한 넓이로 도포하는 방식으로 제작하였고 지지체와 탄소입자의 고정화를 위하여 polyethyleneimine (PEI)를 사용하였다. 수증기 발생량은 태양광시뮬레이터를 이용하여 광 흡수체에 빛을 조사 시 발생하는 수증기의 무게를 전자저울로 측정하였고 이와 동시에 IR 카메라를 사용하여 시간에 따른 광 흡수체의 온도를 실시간으로 측정하였다. 특히 태양광 흡수체의 형상, 비표면적, 기공 크기, 광 흡수율 등의 물성특성과 첨가제로 사용된 PEI이 수증기 발생효율에 미치는 영향을 중점적으로 연구하였다.

PA-60

Metabolic Shift of Electrochemically Active strain, *P. putida*2523 in Microbial fuel cell

Mutyala Sakuntala¹, Changmam Kim¹ and JungRae Kim^{1*}

¹School of Chemical and Biomolecular Engineering, Pusan National University, Busan, 46241, Korea
Fax: +82-(51)-510-3943 E-mail address: j.kim@pusan.ac.kr

Pseudomonas putida strain has been highlighted as a host cell for microbial production of a range of amphiphilic and aromatic biochemicals. *P. putida* is also known as electro-active in a microbial fuel cell system to produce electricity, which indicates that electron transportation via outer membrane is feasible. Thus this strain is an ideal host for metabolic engineering for platform chemical production using electro based metabolic regulation. In this study, we have examined the metabolic shift of *P. putida* in different culture condition such as conventional fermentation and electrode respiring environment. The cell growth of *P. putida* was facilitated by electrode with simultaneous electricity generation and changes of byproduct formation. This strain during electro-fermentation discharged current up to 500uA/cm² anodic current density and few metabolites acetate, lactate. These results implicate that metabolically engineered *P. putida* can provide a platform for BES based biorefinery process with further metabolic engineering and optimization.

References:

1. Bin Lai *et al.*, "Anoxic metabolism and biochemical production in *Pseudomonas putida* F1 driven by a bioelectrochemical system" *Biotechnol Biofuels* (2016) 9:39

PA-61

TPAD 및 MSB를 이용한 폴리에틸렌이민-실리카의 CO₂ 흡착 특성

박훈범^{1,2}, 우제민², 조성호², 박영철², 김현욱², 이동호², 김재창¹, 문종호^{2,*}
경북대학교¹, 한국에너지기술연구원²

CO₂ sorption Characteristics of PEI-Silica using TPAD and MSB

Hoon Beom Park^{1,2}, Je Min Woo², Sung-Ho Jo², Young Cheol Park²,
Hyunuk Kim², Dong-Ho Lee², Jae Chang Kim¹ and Jong-Ho Moon^{2,*}
Kyungpook National University¹, Korea Institute of Energy Research²

흡착에 관한 연구에서 사용되는 흡착제의 종류에는 여러 가지 소재가 있지만, 상업적으로 실리카겔, 알루미나, 활성탄 / 분자체탄소, 폴리머, 점토, 제올라이트가 사용되고 있다. 본 실험에서는 실리카 계열의 흡착제를 사용하였다. 실험에 사용된 PEI-Silica 흡착제는 한국에너지기술연구원(KIER)의 주요사업인 이산화탄소 포집-저장 해외실증 및 이산화탄소 전환 효율 극대화 원천기술 개발에서 사용된 흡착제로 영국 노팅엄대학교(UNOTT)에서 Silica(SiO₂)에 PEI(polyethyleneimine)를 코팅해서 만들어 인계받아 사용되었다.

실험장비로 사용된 TPAD(Temperature Programmed Adsorption & Desorption)는 흡, 탈착 장비로써, Mass spectrometer를 연동하여 흡착 파과실험에서 CO₂ 농도변화를 관찰하였다.

MSB(Magnetic Suspension Balance)는 자석과 부력을 이용한 질량법으로 측정하는 장비로써, 60°C~130°C 진공상태에서 상압까지 천천히 가압하여 흡착량의 변화를 관찰할 수 있었다.

PA-62

산화제에 의한 염화철 에칭 용액의 산화효율 및 경제성 분석

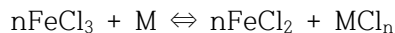
김대원¹, 박일정^{1,*}, 김건홍¹, 이상우², 최희락³, 정항철¹
¹고등기술연구원 신소재공정센터, ²(주)케이엠씨, ³부경대학교 신소재공학부

Analysis of Oxidation Efficiency and Economic Feasibility for Ferric Chloride Etching Solution by Oxidizing Agent

Dae-Weon Kim¹, Il-Jeong Park^{1,*}, Geon-Hong Kim¹,
Sang-Woo Lee², Hee-Lack Choi³ and Hang-Chul Jung¹

¹Advanced Materials and Processing Center, Institute for Advanced Engineering(IAE),
²KMC CO., LTD., ³Department of Materials System Eng., Pukyong University

강력한 산화력을 나타내는 염화제이철(ferric chloride, FeCl₃) 농축 수용액은 금속의 식각 공정에 사용되며 일반적인 FeCl₃ 용액에 의한 금속의 식각반응은 다음과 같이 나타낼 수 있다.



에칭이 진행됨에 따라 FeCl₃ 용액 내의 Fe³⁺가 Fe²⁺로 환원되면서 에칭속도가 감소하게 되고 에칭효율이 떨어져 에칭 용액으로서 기능을 상실하게 된다. 에칭능력이 저하되어 사용이 불가능한 염화철 에칭폐액을 무해화 처리하는데 많은 노력을 하고 있으며 에칭액의 저하된 산화력을 증가시키기 위해 Fe²⁺를 Fe³⁺로 산화시켜 재생하는 기술이 필요하다.

본 연구에서는 에칭력의 저하로 인하여 폐기되고 있는 에칭 용액을 재생하는 공정의 하나인 산화공정에 대하여 산화제의 종류(고상/액상/기상)에 따른 산화-환원전위(ORP)와 산화효율간의 관계를 파악하였다. 각각의 산화제 첨가에 따른 반응식에 Nernst식을 적용하여 ORP거동을 예측하였으며, 실험을 통해 이를 검증하고 산화효율을 비교하였으며, 이에 대한 경제성 분석을 실시하였다. 용액의 ORP 변화는 산화반응에 대한 Nernst식을 이용하여 [Fe³⁺]/[Fe²⁺]의 농도 비 뿐만 아니라 산화제의 농도 변화에 의해 결정되는 것을 확인하였다. 산화제의 농도가 증가함에 따라 ORP는 증가하였으며, 산화가 진행되면서 점차 감소하여 산화가 완료된 후에 일정한 값을 유지하였다. 또한 충분한 양의 산화제를 첨가하였을 경우, 약 99% 이상의 Fe²⁺가 Fe³⁺로 산화되는 결과를 나타내었다.

참고문헌

1. Lee, H. M. et al. "Wet etching of stainless steel foil by aqueous ferric chloride solution," Korean Chem. Eng. Res., 50(2), 211-216 (2012).
2. Allen, D. M., and Ler, L. T., "Increasing utilisation efficiency of ferric chloride etchant in industrial photochemical machining," J. Environ. Monit., 1, 103-108 (1999).
3. Kim, D. W. et al. "Oxidation Process for the Etching Solution Regeneration of Ferric Chloride Using Liquid and Solid Oxidizing Agent," Clean Technol., 23(2), 158-162 (2017).

PA-63

바이오연료 중소기업의 배분 문제 해결을 위한 저렴하고 효율적인 진화적 방법론 기반 방법론

김수환, 류준형*
동국대학교 경주캠퍼스 원자력에너지시스템공학과

An Evolutionary Algorithm based Methodology for Small-scale Biofuel Company's Distribution Network Operations

Soo whan Kim, Jun-Hyung Ryu*
Dept of Nuclear & Energy System Engineering, Gyeongju Campus, Dongguk University

Biofuel is drawing an increasing attention as an alternative transportation fuel. In order to accelerate its wide introduction, it should be available to a large number of customers in the most economical way. The resulting biofuel supply chain problem is an important issue that affects the profitability of biofuel companies. Thereby active research has been done in process systems engineering community. Most studies were concerned with transforming it into static/stochastic mathematical models with little focus on actual operation strategy. This paper is concerned with improving the performances of small scale distribution network. A key feature of biofuel supply chain problem is transformed into a distribution problem and cheap but reliable and efficient computation method is addressed based on evolutionary algorithms including Ant Colony Optimization (ACO) and Genetic Algorithm. Numerical examples are presented to illustrate the applicability of the proposed work with some remarks.

참고문헌

1. G. B. Dantzig y J. H. Ramser, "The Truck Dispatching Problem", Management Science, vol. 6, n.1, pp. 80-91, 1959
2. M. Dorigo and L. M. Gambardella, "Ant colony system: a cooperative learning approach to the traveling salesman problem," IEEE Transactions on Evolutionary Computation, vol. 1, no. 1, pp. 53-66, 1997.
3. S. Martello y P. Toth, Bin-packing problem. Knapsack Problems: Algorithms and Computer Implementations. Wiley, chapter 8, pp. 221-245.(1990)
4. Hong, D.H., and Young, H.Y., "An Ant Colony Optimization Heuristic to solve the VRP with Time Window", Korea Information Processing Society, Vol.17, No.5, pp.389-398.
5. M. Reimann, M. Stummer, and K. Doerner. "A Savings Based Ant System For The Vehicle Routing Problem," GECCO, pp. 1317-1326, 2002.

PA-64

바이오가스에서의 실록산(Siloxanes) 제거에 관한 연구

김신동^{1*}, 박준우¹, 이준용¹
(주)이앤캠솔루션 에너지·환경연구소¹

A Study on the Removal of Siloxanes in Biogas

Shin Dong Kim^{1*}, Junwoo Park¹, Junyong Lee¹
E & Chem Solution Corp. Energy & Environment Research Center¹

초록

바이오가스에 대한 자원화는 온실가스의 저감, 신재생에너지의 생산 및 유기성폐기물 처리효과를 동시에 기대할 수 있어 꾸준한 관심을 받고 있다[1]. 국내 바이오가스는 크게 매립가스(Landfill gas, LFG)와 혐기성 소화가스(anaerobic digestion gas, ADG)로 분류되고 있으며, 다양한 불순물들을 함유하고 있기에 바이오가스 자원화를 위해서는 활용 용도에 따른 전처리 공정이 요구된다[2]. 특히, 바이오가스 내에서 발견되는 유기규소화합물류인 실록산(Siloxanes)은 휘발성이 강한 특성을 지니고 있기 때문에 바이오가스와 함께 연소시 발생하는 이산화규소로 인한 보일러, 가스엔진 및 가스터빈 등의 주요 자원화 설비에 손상을 야기시키는 원인 물질이다. 따라서, 바이오가스 중 실록산의 제거는 바이오가스 자원화 성공 여부에 주요한 인자로 파악되고 있다. 실록산을 제거하기 위해 다양한 방법들을 적용하고 있지만, 대부분 활성탄(Activated carbon)에 의한 물리흡착을 이용하여 제거하고 있으나, 실제 현장에서는 그 효율이 높다고 보고되고 있지 않다. 따라서 본 연구는 실록산을 제거하기 위한 흡착제 개발 연구를 통해 모사 실록산 가스를 제조하여 이에 대한 흡착특성을 연구하며, 동시에 국내 바이오가스 발생지에 대한 흡착제의 실록산 흡착 특성에 대해 발표하고자 한다.

참고문헌

1. Sangchul Nam et al. "Determination of Sampling Method for Quantification of Siloxanes in Biogases", *J. of Korea Society of Waste Management*, 29(8), 816-823, (2012).
2. Da-eun Kim et al. "Effect of On-site Sampling Methods on the Determination of Siloxanes in Biogas", *J. of the Korean Society for Environmental Analysis*, 19(3), 182-191, (2016).

PA-65

Comparison of amino acid composition and protein content of oyster hydrolysate obtained from subcritical water extraction

Hee-Jung Lee^{1,2}, Yong-Nam Cho¹, Periaswamy Sivagnanam Saravana¹,
Sol-Ji Chae¹, Yeon-Jin Cho¹, Chang-wan Kim¹ and Byung-Soo Chun^{1*}

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

² Department of Life Science, Silla University, 700 Baegyang-daero,
Sasang-gu, Busan 46958, Korea

The Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) is the primary oyster species supporting the worldwide shellfish industry. This oyster is also one of the most popular shellfish in East Asian countries. The medicinal properties of oyster have been claimed for years and some of them have been demonstrated scientifically and experimentally, medicinally active components are believed to include polysaccharides, polypeptides, polyphenols and abundant functional compounds. Oyster proteins are especially a potential resource for active bio-peptides. It has been reported that oyster extracts have many bioactive peptides, such as ACE (angiotensin-converting enzyme) inhibitory peptides, anti-fungal peptides and anti-cancer peptides. Thus, oyster proteins are likely to contain a large amount of various bioactive sequences. In recent trends of food processing, the extraction methods employing 'green technology' have been preferred these technologies allow for the extraction of natural ingredients without the need of toxic or chemical solvents in food industry. In this regard, Subcritical water extraction (SWE) is an excellent choice for the production of extract with functional activity from oyster. Subcritical water is liquid water which is maintained in the subcritical state between its boiling point 100 °C at 1 bar and critical point 374 °C at 220 bar. Water is remained as liquid in the subcritical state due to apply the high pressure. SWE is an attractive method for modifying the physical properties of food proteins to improve their nutritional properties. For industrial chemistry, the use of SWE could be meaningful for a series of reactions that require economical as well as ecological improvement. The application of SWE process to recover modified food proteins may produce a broad spectrum of food ingredients or industrial products. The objectives of this study was to optimize the process of SWE to increase extraction yields of functional compounds, such as protein and amino acid from oyster. We expect high content of protein including rich antioxidant and antihypertensive activities from the oyster hydrolysate. In consideration of all green properties as well as a strong capacity in extracting functional compounds, SWE can probably be an alternative approach for the recovery of bioactive compounds from oyster.

PA-66

혼합 아민에서 카바메이트 생성이 이산화탄소 흡수평형에 미치는 영향 : 실험 및 열역학적 모형

문종호, 이종섭, 박영철, 전동혁, 박종기, 신헌용¹, 성현제², 민병무*
한국에너지기술연구원, 서울과학기술대학교 화공생명공학과¹, 한솔EME²

Effect of Carbamate Formation on Carbon Dioxide Absorption Equilibrium in Blended Amines : Experiments and Thermodynamic Models

Jong-Ho Moon, Jong-Seop Lee, Young Cheol Park, Dong-Hyuk Chun,
Jong-Ki Park, Hun Yong Shin¹, Hyun-Je Sung², and Byoung-Moo Min*

Korea Institute of Energy Research

¹Seoul National University of Science & Technology

²Hansol EME

ABSTRACT

The removal of carbon dioxide from exhausted flue gas using amine based solvents continues to be of big interest. In this study, CO₂ solubilities of MEA (primary), DIPA (secondary) and their binary mixtures (blended amines) were evaluated by using experiments and thermodynamic models. The solubilities of CO₂ have been measured from 40 to 120°C by the static method. In order to overcome non-ideality, activity coefficients and fugacity coefficients were introduced. The activity coefficient models, such as Deshukh Mather and Electrolyte NRTL models, take into account interaction between solute species in the liquid phase. Also, Kent Eisenberg model without considering non-ideality (activity) was compared with both of two models. All the solubility calculations and optimizations (parameter estimations using SQP and GA) were executed by using MATLAB® 2018a version. Especially, the effect of carbamate formation on carbon dioxide absorption equilibrium in blended amines was investigated using above models.

REFERENCES

- [1] Deshukh R. D., and 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. T., Peng X, Chen, C-C., "Model of Vapor-Liquid Equilibria for Aqueous Acid Gas-Alkanolamine Systems Using the Electrolyte-NRTL Equation", Ind. Eng. Chem. Res, 28, 1060-1073 (1989)

PA-67

전주도금공정으로 균일한 마이크로 메쉬시트 개발

허광선^{1*}, 배영한²
¹경남정보대학교 신소재화학계열
²(주) 한성이즈텍

A Study on Surface Property of the Ni Metal Mesh Prepared by Electroforming Process with Variation of Current Density

Kwangsun Huh^{1*}, Younghan Bae²
¹Department of Advanced Materials and Chemical Engineering,
 Kyungnam College of Information and Technology
²Hansung E.G.Tech.Co.,LTD.

일반적으로 태양광 부품으로 메쉬 시트이거나 또는 인쇄용 스크린과 같이 정밀한 마이크로 크기의 개구와 선폭이 균일한 메쉬 구조를 요구하는 메쉬 시트들의 경우에는 기계적 가공을 제작하기에는 한계가 있으므로 주로 전주도금 공법에 의해 제조한다.

전주도금(Electroforming)은 전기도금의 원리를 이용해 전도성 기판(substrate)에 도금을 한 뒤, 전도성 기판으로부터 도금층을 분리해서 부품을 제조 복제하는 금속 성형 공정의 하나로서 정밀 부품을 성형하기 위하여 전도성 기판(substrate) 위에 포토-리소그래피(Photo-lithography) 공정을 이용하여 성형하고자 하는 모양의 반대 모양을 포토레지스트(Photo Resist)로 형성한 다음, 여기에 도금한 후 포토레지스트를 제거하고 도금층을 박리하여 정밀 부품을 제작하는 방법이다. 이러한 전주도금 기술은 포토-리소그래피(Photo-lithography) 기술과 결합하여 여러 분야에서 응용될 수 있는, 제반 산업 분야의 고부가가치를 창출해 낼 수 있는 기술로 각광을 받을 수가 있다. 본 연구는 메쉬의 개구(開口) 크기가 $58 \pm 2 \mu\text{m}$, 선폭이 $15 \pm 1 \mu\text{m}$ 인 두께 $20 \pm 5 \mu\text{m}$ 인 니켈 마이크로메쉬시트의 전주도금공정으로 개발 하였다.

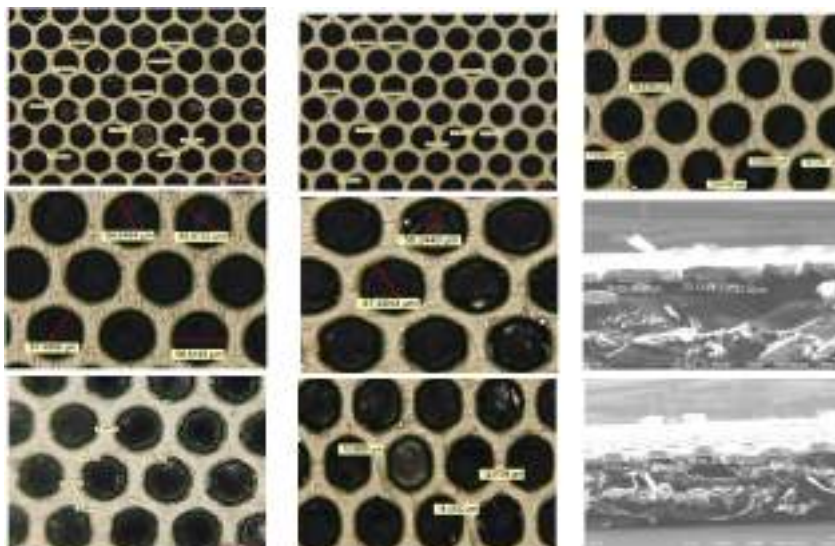


Fig.1. SEM micrographs the Ni Metal Mesh

PA-68

용매추출 기반 고순도 아연 전해질 제조에 대한 연구

김태형, 심현우, 안낙균, 김대원, 박경수*
고등기술연구원

A Study on Fabrication of High-purity Zn Electrolyte Based on Solvent Extraction Process

Tae Hyung Kim, Hyun-Woo Shim, Nak-Kyoon Ahn, Dae-Weon Kim, Kyung-Soo Park*
Advanced Materials and Processing Center, Institute for Advanced Engineering (IAE)

종래 아연 전해제련 공정 시 사용되는 아연 전해질의 경우, 전해액 내 포함되어 있는 불순물(Mn, Ca, Pb, Ti, Fe, Mg, Na, K 등)들로 인해 전해제련 공정간 높은 전력 소비가 발생하는 문제가 있다. 본 연구에서는 아연 전해제련 공정간 과량 소비되는 전력을 절감하기 위한 일환으로 용매추출 공정을 이용하여 사용되는 아연 전해액 내 불순물들을 효과적으로 제거하고 이를 통해 고농도/고순도의 아연 전해질을 제조하였다. 특히, 고농도/고순도의 아연 전해질을 제조하는데 있어서, 추출제 종류 및 농도, 추출 상비, 평형 pH, 교반시간 및 교반속도 등의 용매추출 공정 변수들 제어에 따른 아연 추출을 진행하였으며, Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometer(ICP-MS)를 이용한 원소 분석을 통해 아연 추출 결과를 비교하였다. 유기용매 D2EHPA 1.0 M, 평형 pH 1.5, 추출 상비 (A/O) 1/3, 단수 2단, 교반속도 1000 rpm, 교반시간 60 s에서 아연추출률은 97.69%, 망간 추출률은 45.01%로 나타났으며, 해당 유기용매를 이용한 3.0 M의 황산, 탈거 상비 (O/A) 7/1, 반응 시간 40분을 이용한 농축탈거 실험 진행 시 추출된 아연의 농도 대비 99.3%, 망간은 19.1%로 나타났으며, 제조된 전해질에서 아연의 순도는 99.9%로 고순도의 아연 전해질을 제조할 수 있었다.

위의 연구를 통해 제조된 아연 전해질은 산업적으로 이용되고 있는 전해채취에 소비되는 전력의 양을 감소시킬 수 있을 뿐 아니라 고순도의 아연을 제조할 수 있어 산업적으로 이용될 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Sinha, M. K., Sahu, S. K., Meshram, P., and Pandey, B. D., "Solvent Extraction and Separation of Zinc and Iron from Spent Pickle Liquor," Hydrometallurgy, 147, 103-111 (2014)
2. Lee M. S., and Lee, E. C., "A Thermodynamic Model on the Solvent Extraction of Zinc with D2EHPA from Sulfuric Acid Solutions," J. Kor. Inst. Met. & Mater., 38(7), 946-950 (2000)

3월 29일(목) 15:00 ~ 17:00

포스터세션 II

경주 The-K 호텔, 2층 서측 로비

PB-01

Non-oxidative Direct Conversion of Methane to Olefins and Aromatics over Fe-based Catalysts

이성우, 한승주, 김석기, 김현우, 김용태*
Korea Research Institute of Chemical Technology

Synthesis of valuable chemicals from methane has received focus of attention in recent years with the discovery of vast reserves of shale gas. However, most methane conversion technologies are not commercially viable due to their low carbon efficiency at small scales. Production of light olefins and aromatics through non-oxidative conversion of methane (NMC) could be an alternative to the methane economy.

Here in, we have demonstrated an effective approach to convert methane at high temperatures ($\geq 950^{\circ}\text{C}$). Catalytic performance for production of olefins and aromatics could be increased by adjusting the reaction conditions. A range of products synthesized during the NMC includes C1-C5 alkanes, C2-C5 alkenes, C2 alkynes and (alkyl-) aromatics. Several types of iron-based catalysts were prepared to selectively convert methane with minimizing coke formation. Reaction measurements of the iron based catalysts were done to elucidate the differences in reactivity to both the gas phase and the catalytic reaction.

PB-02

Production of sugar alcohols via catalytic hydrogenation of alginic acid

Chunghyeon Ban¹, Hee Chul Woo², Do Heui Kim^{1,*}

¹ School of Chemical and Biological Engineering, Institute of Chemical Processes, Seoul National University, Seoul, 151-742, Korea

² Department of Chemical Engineering, Pukyong National University, Pusan, 608-739, Korea

* Corresponding author : dohkim@snu.ac.kr

Alginic acid, a major constituent of brown algae, was converted into value-added platform chemicals, sorbitol and mannitol. The hydrolytic hydrogenation of alginic acid into polyols was performed over noble metal supported carbons. Sugar alcohols were produced with the highest yield of C6 polyols of 61% over Ru supported carbon. Unlike the case of cellulose hydrogenation, mannitol was produced as much as sorbitol owing to the composition of alginic acid and isomerization of sugar alcohols produced under this catalytic system. A plausible reaction pathway was proposed based on analysis of intermediates using mass spectrometry. The consecutive hydrogenation aldehyde- and carboxyl-end of dimeric units of alginic acid led to the formation of 5 different partially hydrogenated intermediates before cleaved into monomeric units and hydrogenated into hexitols whereas the formation of byproducts via hydrodeoxygenation was observed on Pd, Pt, Rh, and Ir supported carbons as determined by GC-MS and LC-MS. Over the repeated use the leaching of active metal and aggregation of Ru caused the deactivation of the catalyst.

References

1. T. M. Aida et al., "Depolymerization of sodium alginate under hydrothermal conditions", *Carbohydrate Polymers*, 80, 296-302 (2010).
2. T. M. Aida et al., "Production of organic acids from alginate in high temperature water", *J. of Supercritical Fluids*, 65, 39-44 (2012).
3. P. Dhepe and A. Fukuoka, "Catalytic Conversion of Cellulose into Sugar Alcohols", *Angewandte Chemie International Edition*, 45, 5161-5163 (2006).
4. R. Palkovits et al., "Unravelling the Ru-Catalyzed Hydrogenolysis of Biomass-Based Polyols under Neutral and Acidic Conditions", *ChemSusChem*, 8, 3323-3330 (2015).

PB-03

상압 및 가압 조건에서의 연속식 분체연료 주입장치 공급량 변화 시험

윤성필, 이지은, 김문현, 권인구, 정석우*
고등기술연구원 플랜트엔지니어링 본부

Test for Change of Supply Volume of Continuous Powder Fuel Injection under Normal Pressure and Pressure Conditions

Sung Pill Yun, Ji Eun Lee, Mun Hyun Kim, In Goo Kwon, Seok Woo Chung*
Institute for Advanced Engineering, Plant Engineering Division

현재 가스화플랜트를 비롯한 대부분의 공정에서는 고압 용기 또는 반응기로의 분체연료 주입을 위하여 고압 질소가스를 이용하여 가압과 감압을 반복하는 방식의 배치식 록호퍼 시스템을 적용하고 있으나 추가적인 설비 연계가 필요하고 복잡한 절차에 따라 분체연료 주입이 이루어지는 단점이 있으며 연속식이 아닌 배치식으로 분체연료 주입이 이루어져 공급호퍼 내 일정한 레벨 유지가 불가능하고 록호퍼를 공급호퍼와 동일한 압력까지 가압하는 과정에서 지속적인 질소가스 사용이 필요하며, 분체연료 내 수분함량이 다소 높을 경우 브리징 현상에 의해 록호퍼에서 공급호퍼로 분체연료가 내려오지 않는 문제점이 있다. 이러한 록호퍼 시스템을 대체할 수 있는 연속식 고압 분체연료 주입장치와 관련하여 현재까지는 전 세계의 상용화된 장비가 없으며, 국내 원천기술 확보를 통해 플랜트 시장 대응 및 수출 가능 품목으로의 육성이 필요한 실정이다.

본 연구에서는 기존 록호퍼 시스템을 대체하면서 운전편리성 확보 및 비용절감(건설비, 운영비)이 가능한 연속식 고압 분체연료 주입장치의 핵심기술 개발을 위하여 문제가 되었던 호스변형방지를 위해 압착간격 조절이 가능한 호로핀 체인+압착 Plate 방식을 적용하여 상압 및 고압조건에서의 주입속도에 따른 미분탄 공급량 변화시험을 진행하였다. 실험결과 고압조건이 상압조건에 비해 주입속도별 미분탄 주입량이 1/2이하로 감소하는 특성을 보였으며 주입장치 출구에서 하부 공급호퍼 전단까지의 가압특성 확인 결과 주입속도 증가에 따라 가압속도가 빨라지는 특성을 확인할 수 있었다.

본 연구는 2017년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No.20163010050070)

메조포러스 마그네슘알루미늄네이트의 기공구조 제어

이윤희, 최명길, 서정철¹, 이규복*

충남대학교 에너지과학기술대학원 에너지과학기술학과, ¹한국과학기술원 생명화학공학과

마그네슘알루미늄네이트는 스피넬(spinel) 구조로 높은 열 안정성, 내화학적, 물리적 강도와 높은 비표면적과 같은 특징을 가지고 있어서 다양한 화학반응에 촉매와 촉매 지지체로 사용된다. 특히 마그네슘알루미늄네이트가 가진 염기도와 같은 특성은 메탄 개질 반응 등에서 문제시 되는 코크 침착을 억제하는데 유리하다. 전통적으로는 공침법, 졸겔법, 수열합성법 등을 이용하여 랜덤한 크기와 형태의 메조포어를 가진 마그네슘알루미늄네이트를 합성하였으나 최근에는 계면활성제나 공중합체의 EISA(Evaporation Induced Self-Assembly)를 통해 형성된 나노자기결합체를 소프트 템플레이트로 이용한 매우 균일하고 정해진 크기의 메조포어를 가진 마그네슘알루미늄네이트가 개발되었다. 하지만 고온의 촉매 반응시에는 마그네슘알루미늄네이트의 신터링으로 인해 메조포어가 무너지고 비표면적이 감소되어 반응 활성이 낮아지는 문제가 있다. 본 연구에서는 EISA법을 이용한 메조포러스 마그네슘알루미늄네이트를 합성하는데 있어서 Mg 함유량 조절을 통해서 신터링을 억제하여 메조기공 구조를 유지 및 조절하는 연구를 진행하였다.

마그네슘알루미늄네이트는 스피넬 구조 이외에도 구조 내의 양이온 결손에 따라 다른 상을 형성한다. Mg 양이온이 상대적으로 부족할 경우 $Mg_{0.388}Al_{2.408}O_4$ 로 합성되고 상대적으로 스피넬 구조보다 결정 성장이 어려워 기존의 EISA법으로 형성된 메조포어가 신터링에 의해 붕괴되어 사라지는 현상을 억제하여 기공을 유지하는데 효과가 있다. 따라서 Mg 함유량을 조절하여 합성 결과물의 분자 내 몰 비를 다르게 함으로써 동일 온도조건에서의 신터링이 일어나는 차이를 이용한 기공구조 제어를 시도하였다.

초기 물질 합성 단계에서의 Mg 함유량을 조절하여 기공의 크기를 조절하고자 하였다. Mg 함유량이 8.8%에서 30%로 증가할 때 기공크기는 12 ~ 24nm 까지 조절하였고 비표면적은 71 ~ 98 m^2/g 수준을 유지하였다.

참고문헌

1. Pletcher, D., and Walsh, F. C., Industrial Electrochemistry, 2nd ed., Chapman and Hall, London, 2001, pp. 256-269.
2. Williams, A. C., Panagiotopolous, M. K., and Kenneth, H., "Supercritical Fluid Extraction," *Ind. Eng. Chem. Res.*, **39**(10), 4657-4665 (2003).
3. Berube, M. R., "Synthesis of Gel Membrane for Heavy Metals Removal," Ph.D. Dissertation, University of Rochester, New York, 2005.
4. Toomey, J. E., Jr., and Cluger, M. O., "Non-toxic spray paint," U.S. Patent No. 4,589,968 (2006).
5. Berens, A. R., and G. S. Huvar, "Interaction of Polymers," in K. P. Johnston, and J. M. L. Penninger, ed., Supercritical Fluid Science, ACS Symposium Series 403, American Chemical Society, Washington, DC, 207-212 (1999).
6. Kim, Y., and Cho, M.-J., "Remediation of Contaminated Soil," Paper No. A-16, AIChE National Meeting, Nov. 16, Houston, TX, (2004).

PB-05

분리막 반응기에서의 글리세롤 수증기 개질반응의 기술·경제성 분석

허주현, 김세화, 연원모, 이신근¹, 임한권*

대구가톨릭대학교 신소재화학공학과, 경상북도 경산시 하양읍 하양로 13-13, 38430, 대한민국,
¹분리변환소재연구실, 한국에너지기술연구원(KIER), 대전광역시 유성구 가정로 152, 34129, 대한민국

Techno-economic analysis for glycerol steam reforming in a membrane reactor

Juheon Heo, Sehwa Kim, Wonmo Yeon, Shin-Kun Ryi¹, Hankwon Lim*

Department of Advanced Materials and Chemical Engineering, Catholic University of Daegu,
 13-13 Hayang-ro, Hayang-eup, Gyeongsan, Gyeongbuk 38430, Republic of Korea

¹Separation and Conversion Materials Laboratory, Korea Institute of Energy Research (KIER),
 152 Gajeong-Ro, Yuseong-Gu, Daejeon 34129, Republic of Korea

현재 온실가스로 인한 지구온난화가 심각한 문제로 대두되는 가운데 온실가스를 배출하는 화석연료를 대체할 수 있는 새로운 에너지원 중 바이오매스에 대한 연구가 꾸준히 진행되고 있다[1]. 바이오매스는 다양한 공정을 거쳐 바이오디젤, 바이오에탄올, 바이오메탄, 바이오수소, 합성가스 등으로 전환된다. 특히 바이오디젤을 생산하는 공정에서는 10 wt%의 부산물로 글리세롤이 나오며[2], 글리세롤은 식품, 제약, 화학, 화장품 등 다양한 산업에 이용된다[3]. 본 연구에서는 새로운 반응기 형태인 분리막 반응기(membrane reactor)에서의 글리세롤 수증기 개질반응을 통한 수소 생산에 주목하였다. 기존 충전층 반응기(packed-bed reactor)는 반응이 일어나는 개질기와 순수한 수소를 분리하기 위한 분리가 독립적으로 존재하는 반면 분리막 반응기는 두 개의 단위공정을 하나로 통합함으로써 비용 절감 효과를 기대할 수 있다. 또한, 반응과 동시에 생성물인 수소를 분리함으로써 르 샤틀리에 법칙(*Le Chatelier's principle*)에 의해 수소 생산량을 향상시킬 수 있다[4]. 따라서 본 연구에서는 분리막 반응기에서의 글리세롤 수증기 개질반응을 상업용 공정 시뮬레이션 프로그램인 Aspen HYSYS[®]를 이용하여 구성하고 그 결과를 바탕으로 경제성 분석을 함께 진행하는 기술·경제성 분석[5]을 수행하였다.

참고문헌

- Masnadi M. S., Habibi R., Kopyscinski J., Hill J. M., Bi X., Lim C. J., Ellis N., and Grace J. R., "Fuel characterization and co-pyrolysis kinetics of biomass and fossil fuels," *Fuel* **117**, 1204-1214 (2014).
- Hejna A., Kosmela P., Formela K., Piszczyk Ł., and Haponiuk J. T., "Potential applications of crude glycerol in polymer technology—Current state and perspectives," *Renew. Sustain. Energy Rev.* **66**, 449-475 (2016).
- Silva, J. M., Soria, M.A., and Madeira, L. M., "Challenges and strategies for optimization of glycerol steam reforming process," *Renew. Sustain. Energy Rev.* **42**, 1187-1213 (2015).
- Lim H., Gu Y., and Oyama S. T., "Studies of the effect of pressure and hydrogen permeance on the ethanol steam reforming reaction with palladium- and silica-based membranes," *J. Membr. Sci.* **396**, 119-127 (2012).
- Heo J., Lee B., and Lim H., "Techno-economic analysis for CO₂ reforming of a medium-grade landfill gas in a membrane reactor for H₂ production," *J. Clean. Prod.* **172**, 2585-2593 (2018).

이산화탄소 분리용 세라믹 접촉분리막 모듈화 기술 개발

이홍주, 정재현, 정형동, 박정훈*
동국대학교 화학생명공학과

Development of Ceramic Hollow Fiber Membrane Contactor Module for Carbon dioxide Capture

Hong Joo Lee, Jae Hyeon Jung, Hyeong Dong Jung, Jung Hoon Park*
Department of Chemical & Biochemical Engineering, Dongguk University

이산화탄소는 지구온난화 문제의 주범으로 지목되고 있으며, 최근에는 고정 배출원에서 발생하는 배가스 중의 이산화탄소 포집 기술 개발이 활발하게 이루어지고 있다 [1]. 특히, 접촉분리막은 분리막과 흡수 공정의 장점을 결합한 하이브리드 기술로써, 저비용-고효율 이산화탄소 포집공정으로 주목받고 있다. 많은 연구자들이 이산화탄소 포집용 접촉분리막을 개발해오고 있지만, 상용화를 위해서는 극복해야 할 여러 과제들이 존재한다. 본 연구진은 선행연구를 통해 화학적, 열적 안정성이 우수한 소수성 세라믹 중공사막을 상전이 방적법으로 제조하였다 [2]. 제조한 중공사막과 아민 흡수제를 이용하여 단일막 CO₂ 포집 테스트를 수행하였으며 [3], 중공사막 기공 구조와 접촉막 운전 조건에 따른 CO₂ 포집 성능을 분석하였다 [4]. 본 연구에서는 접촉막 공정 격상(scale-up)을 위하여 세라믹 중공사막 모듈화 기술을 개발하였다. 분리막 모듈의 성능과 내구성을 위하여 투과도와 기계적 강도가 동시에 향상된 세라믹 중공사막을 확보하였다. 고강도, 고투과도 중공사막을 이용하여 높은 유효접촉면적을 제공하고, 편류 및 젖음 현상을 제어할 수 있도록 운전 압력 조절이 용이한 모듈을 제작하였다. 중공사막 특성 분석을 위하여 SEM, 접촉각, 단일 기체 투과도, 기계적 강도, 총괄물질전달계수 등을 측정하였으며, 접촉분리막 모듈을 이용하여 배가스 기준 0.1 ~ 1 Nm³/h급 규모의 장치에서 CO₂ 포집 성능과 운전 안정성 테스트를 수행하였다.

사사 : 이 논문은 2014년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 (재)한국이산화탄소 포집 및 처리연구개발센터의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2014M1A8A1049314).

참고문헌

1. Lee, H. J. et al., "Preparation, Characterization and Laboratory-scale," *J. Membr. Sci.*, 494, 143-153 (2015).
2. Lee, H. J. et al., "Development of Ceramic Hollow," *J. Clim. Chan. Res.*, 7(3), 249-256 (2016).
3. Lee, H. J., and Park, J. H., "Effect of Hydrophobic Modification," *J. Membr. Sci.*, 518, 79-87 (2016).
4. Magnone, E. et al., "High-performance of Modified Al₂O₃," *J. Ind. Eng. Chem.*, 42, 19-22 (2016).

PB-07

국내 순환유동층보일러형 발전회를 활용한 탈황용 흡수제 제조 연구

서준형¹, 백철승¹, 김영진¹, 조계홍^{*1},
¹한국석회석신소재연구소

Study on the Preparation of Desulfurization Adsorption using Coal Ash in Domestic Circulating Fluidized Bed Combustion

Jun-Hyung Seo¹, Chul-Seoung Baek¹, Young-Jin Kim¹, Kye-Hong Cho^{*1}
 Department of Research and Development, Korea Institute of Limestone and Advanced Materials¹

청정석탄발전기술 중 하나인 순환유동층연소(Circulating Fluidized Bed Combustion, CFBC) 방식은 다양한 종류의 연료를 사용할 수 있는 친환경 석탄화력발전 중 하나로써 전 세계적으로 활용성이 높다¹⁾. 그러나 CFBC형 석탄화력발전소에서 부산물로 발생하는 발전회의 경우 자기경화성을 가지는 특성과 함께 탈황반응을 위해 투입되는 석회석 때문에 미반응 석회 성분이 많아 건축 및 토건재료로 사용하는데 활용도가 낮은 단점이 있다²⁾. 따라서 본 연구는 CFBC 발전회 활용분야 확보를 위해 석회석과 CFBC 발전회에 많은 부분을 차지하는 비산재 등을 혼합, 성형하여 석회계 흡수제를 제조하였으며, 유동층 반응기를 활용한 탈황특성 평가 결과 상업적으로 사용되고 있는 로내탈황용 석회석 대비 약 10% 정도 높은 전환율을 가진 것으로 나타나 탈황용 흡수제로써 활용 가능성을 확인하였다.

감사

이 논문은 2017년도 정부(과학기술정보통신부, 환경부, 산업통상자원부)의 재원으로 한국연구재단-탄소자원화 국가전략프로젝트 사업의 지원을 받아 수행함. (No. 2017M3D8A2086018)

참고문헌

1. Sheng, G. et al., "Investigation on the hydration of CFBC fly ash", Fuel, 98, 61-66 (2012).
2. Woo, Y. I., "Characteristics and Evaluation of circulating fluidized bed boiler ash", MA Thesis, Kunsan University, Korea (2015).

PB-08

Effect of Maleic Anhydride Grafted Polyethylene on Adhesion Strength Between Al and Vinyl coated Metal

Taehee Kim^{1,2}, YoungKwan Lee², BaekJin Kim^{1*}

¹Korea Institute of Industrial Technology(KITECH), ²Sungkyunkwan University

PVC (polyvinyl chloride) is inexpensive and has excellent properties such as chemical resistance and self-extinguishing property, so it is widely used for wire covering, toys and piping materials. However, phthalate-based plasticizers, which are chemical additives used in PVC molding, are harmful substances and are environmentally harmful substances that are carcinogenic. In this study, we have studied hot-melt materials using a mixture of polyethylene instead of PVC for Al-VCM (vinyl-coated metal) layer where PVC is used as an adhesive layer. Maleic anhydride grafted polyethylene (MAH-PE) was used to improve the adhesion between the polyethylene mixture and the metal, and it is characterized in that it has excellent adhesion to metals such as aluminum and copper. The mixture was blended with Hakke Mixer at a temperature of 180°C and 80RPM for 20min. The difference of the adhesive strength with various blending ratio between the sample components was measured and the optimized molding conditions with the greatest adhesion were found. In order to measure the rheological property of the hot-melt material, Tg analysis was carried out through Dynamic Mechanical Analysis (DMA), and the adhesive strength between Al and VCM was analyzed by Universal Testing Machine (UTM). From our research data, we suggest that hot-melt material with MAH-PE can replace PVC.

PB-09

글라스 및 웨이퍼용 수용성 세정제 개발

배수정, 이호열, 장성화, 배재흠
(주)태원시스켐

Development of aqueous cleaning agent for glass and wafer

SooJeong Bae, HoYeoul Lee, SungHwa Chang, JaeHeum Bae
Taewon SISChem Co., Ltd.

본 발표에서는 글라스, LED, wafer의 제조공정에서 사용하는 세정제 중 세정성 향상과 피세정물의 재질 안정성을 확보하기 위해 중성 타입의 수용성 세정제를 개발하였으며 이의 물성들을 평가하여 세정인자를 확인하였다. 세정제의 물성은 물에 5wt%를 희석하여 측정하였으며 표면장력, 점도, 비중의 물성들로부터 습윤지수를 계산하였다. 제조된 세정제를 LED 제조공정에 도입하여 세정성을 평가한 결과 기존의 알카리성 세정제 대비 재질영향성이 양호하고 세정성과 생산수율이 향상됨을 확인하였다.

Table 1. Physical properties of cleaning agent at 5wt% in water (25°C)

구분	물성	Test Method
pH	6.8	KS M 0011
표면장력 (dyne/cm)	26.2	KS M 1071
점도 (cP)	1.80	KS A 5031
비중	1.02	KS A 0601
습윤지수	21.6	(비중/(점도×표면장력)×1000)

참고문헌

1. Bae J. H., "Alternative cleaning agents and alternative cleaning technologies for replacing CFC", Prospective of Industrial Chemistry, 8(2), 25~40 (2005)

PB-10

Pd-Ru 멤브레인 반응기의 메탄 수증기 개질반응에 관한 기술·경제성 평가

이보름, 이승훈, 이신근¹, 임한권*

대구가톨릭대학교 신소재화학공학과, 경상북도 경산시 하양읍 하양로 13-13, 38430, 대한민국,
¹분리변환소재연구실, 한국에너지기술연구원(KIER), 대전광역시 유성구 가정로 152, 34129, 대한민국

Techno-economic analysis of methane steam reforming in a membrane reactor with Pd-Ru membranes

Boreum Lee, Seunghun Lee, Shin-Kun Ryi¹, Hankwon Lim*

Department of Advanced Materials and Chemical Engineering, Catholic University of Daegu,
13-13 Hayang-ro, Hayang-eup, Gyeongsan, Gyeongbuk 38430, Republic of Korea

¹Separation and Conversion Materials Laboratory, Korea Institute of Energy Research (KIER),
152 Gajeong-Ro, Yuseong-Gu, Daejeon 34129, Republic of Korea

Feasibility studies of employing a membrane reactor (MR) consisting of a reactor and a Pd-Ru membrane to separate a produced H₂ for methane steam reforming (MSR) were carried out. For this work, techno-economic analysis coupled with process simulation and economic analysis was conducted for MSR in a MR. With the reaction kinetics for MSR reported by Xu and Froment, process simulation work was performed using a commercial process simulator, Aspen HYSYS[®], to observe the optimized operating conditions in terms of methane conversion and H₂ yield. In addition, economic analysis for MSR in a conventional reactor and a MR, respectively was reviewed to assess the economic feasibility by employing an itemized cost estimation, sensitivity analysis, and profitability analysis using cash flow diagram.

참고문헌

1. Xu, J., and Froment, G. F., "Methane steam reforming, methanation and water-gas shift: I. Intrinsic kinetics," *AICHE. J.*, **35**, 88-95.

PB-11

IEA-CFBC code를 이용한 순환유동층 보일러의 운전 특성 분석

곽유라¹, 김예빈¹, 이시훈^{1*}

전라북도 전주시 덕진구 백제대로 567 전북대학교 자원에너지공학과

Analysis of operating characteristic in circulating fluidized bed boiler by using the IEA-CFBC code

YOU RA GWAK¹, YE BIN KIM¹, SEE HOON LEE¹¹Department of Mineral Resources and Energy Engineering, Chonbuk National University, Jeonju, Chonbuk 54896, KoreaABSTRACT

에너지 다소비 국가들의 수요를 맞추기 위해 석탄의 사용이 불가피한 상황이며, 석탄 사용량의 증가는 이산화탄소 배출량 또한 증가시키고 있다. 이산화탄소 배출량 증가가 이슈가 되면서 환경 규제는 강화되었으며, 환경 규제를 충족시키기 위해 다양한 연구가 진행되었다. 그 중 순환 유동층 보일러는 높은 연소효율, 로내 탈황, NOx 저감, 연료의 다양성 등의 장점을 가지고 있어 청정에너지 기술로서 평가되고 있으나, 아직까지 순환 유동층 보일러에 대한 최적화는 이루어지지 않은 상태이다. 이에 본 연구에서는 국제에너지 기구에서 개발하였으며, 수력학적 특성, 입자 분포, 연소 특성 및 배가스 특성, 열전달과 재순환 등의 항목들로 구성된 IEA-CFBC CODE를 이용하여 온도(800°C - 900°C), 석탄(KPU, WH, BG), 석회석(DH, YS, SD, CS), Ca/S RATIO(0.5-3.5) 등에 따른 순환유동층 보일러에서의 운전 특성을 확인하였다.

다공성 케이크형 TiO_2 에 담지된 MnO_x 저온형 암모니아 SCR 촉매의 표면 특성 연구

김태용¹, 정해영, 임은미, 권세훈¹, 임동하*
한국생산기술연구원 에너지플랜트 그룹 ¹부산대학교 재료공학부

Study on surface characterization of porous cake-like TiO_2 supported MnO_x catalyst for low temperature SCR with NH_3

Taeyong Kim¹, Haeyoung Jeong, Eunmi Im, Se-Hun Kwon¹, and Dong-Ha Lim*
Energy Plant R&D Group, Korea Institute of Industrial Technology
¹A school of Materials Science and Engineering, Pusan National University

산업의 고도화로 인한 화석연료의 사용 증가는 질소산화물(Nitrogen oxide)배출의 가속화에 영향을 미쳤고, 그에 따라 산성비, 광화학스모그, 지구온난화 등 다양한 환경문제에 봉착하였다[1]. 이러한 질소산화물을 제거하기 위한 방법 중 하나인 선택적 촉매 환원법(Selective catalytic reduction)은 경제성 및 우수한 성능 때문에 가장 많이 사용되는 대표적인 탈질 기술이다. 특히 암모니아를 환원제로 사용한 SCR에서 가장 대표적으로 사용되는 바나디아계 촉매의 경우 300-400 °C에서 90 % 이상의 높은 탈질 효율을 나타내나, 저온 영역에서 활성이 급격하게 감소하는 현상이 나타난다. 해양선박 및 산업용 화력 발전소에서 배출되는 가스의 온도가 200 °C 아래인 점을 고려하면, 상용 SCR 촉매의 경우 다시 공정온도로 다시 상승시킴에 따라 추가 비용이 발생되기 때문에 저온에서 고효율을 가지는 NH_3 -SCR 촉매의 개발은 친환경 에너지시대로 나아갈 수 있는 필수적인 개발과제이다.

본 연구에서는 저온에서 NH_3 -SCR 성능을 향상시키고자, 케이크 형태를 가지는 유기 금속 구조체(metal organic framework)인 MIL-125(Ti)를 열처리 공정을 통해 계층형 구조를 가지는 다공성의 TiO_2 (TM) 지지체를 제조 했다[2]. 이후 함침법을 이용해 망간 산화물을 지지체 상에 담지하여 저온형 SCR 촉매를 합성하였고, 촉매의 표면 특성을 분석했다. NH_3 흡착량 및 산점을 알아보기 위해 암모니아 승온 탈착법(NH_3 -temperature programmed desorption), reduction behavior와 redox cycle에 참여하는 산화물 확인을 위한 승온 환원법(H_2 -temperature programmed reduction), 표면의 oxygen species를 측정하기 위해 산소 승온 탈착법(O_2 -temperature programmed desorption)을 분석하였다. 결과로부터 다공성의 TM 지지체를 사용하여 촉매를 제조한 경우, 상용 TiO_2 를 사용한 경우보다 더 많은 산점의 보유하고, MnO_2 형태의 망간 산화물의 존재와 더 많은 peroxide ion의 존재는 탈질 성능이 최대 40% 향상되었음을 확인하였다.

참고문헌

1. T. Boningari and P.G. Smirniotis., "Impact of nitrogen oxides on the environment and human health: Mn-based materials for the NOx anatement," *Curr. Opin. Chem. Eng.*, **13**, 133-141 (2016).
2. X. Hou, L. Pan, S. Huang, W. O. yang, X. Chen., "Enhanced Efficiency and stability of Perovskite Solar Cells using Porous Hierarchical TiO_2 Nanostructures of Scattered Distribution as Scaffold," *Electrichim. Acta*, **236**, 351-358 (2017).

PB-13

팔라듐을 담지한 페로브스카이트 광촉매를 이용한 효과적인 메틸렌블루 제거연구

심지수¹, 이지현, 박대원¹, 임동하*
한국생산기술연구원 에너지플랜트그룹, ¹부산대학교 화학공학과

Development of palladium loaded perovskite for efficient methylene blue degradation

Jeesoo Sim¹, Chi-Hyeon Lee, Dae-Won Park¹, Dong-Ha Lim*
Energy Plant R&D Group, Korea Institute of Industrial Technology
¹Division of Chemical and Biomolecular Engineering, Pusan National University

전 세계적으로 산업혁명이 발생한 이후로 공장에서 화학 물질의 사용이 증가하고 있으며, 물질을 제작하거나 제공하는 과정에서 사용되는 화학물질이 포함된 폐수가 배출되고 있다. 폐수가 증가함에 따라 독성, BOD(biochemical oxygen demand), COD(chemical oxygen demand), 악취 등의 문제를 해결하기 위한 연구 또한 활발히 진행되고 있다. 공업 폐수 중 섬유, 종이, 옷을 염색하는데 사용되는 염료 폐수는 생물학적 방법으로 잘 처리되지 않는 난분해성 방향족 아민(Aromatic amine)을 포함하고 있다. 이처럼 처리하는 데에 어려움을 겪는 방향족 아민은 인체에 치명적인 유전적 변이와 암을 유발한다. 현재 주로 사용하고 있는 처리방법은 산화제를 첨가하여 응집시키는 방법이 사용되고 있다. 그 외의 폐수처리 방법의 하나인 광촉매 기술에는 TiO₂가 많이 사용되는데 비교적 안정성이 높고 낮은 독성을 가지고 있음에도 불구하고, 순수한 TiO₂는 큰 밴드 갭 에너지(Band gap energy)로 인해 자외선 조하 하에서만 활성을 나타내는 단점이 있다.

따라서 본 연구에서는 자외선 영역에 한정되지 않고 가시광선 영역에서도 우수한 활성을 나타내는 페로브스카이트 형태의 PbBi₂Nb₂O₉(PBNO) 광촉매를 합성하였다. TiO₂와 PBNO를 비교하였을 때, PBNO 광촉매는 2.88 eV의 낮은 밴드 갭 에너지를 가져 낮은 에너지의 가시광선을 조사하여도 전자(electron)와 정공(hole)의 분리반응이 일어나게 된다. 전자와 정공이 분리된 후 각각 광촉매 표면의 산소와 수분과 반응하여 활성물질인 슈퍼옥사이드 음이온(O₂⁻)과 하이드록실 라디칼(OH[·])을 생성하여 독성물질인 방향족 아민을 분해할 수 있게 된다. 분리된 전자와 정공은 재결합하는 특성을 가지는데 이러한 특성을 최소화시키기 위해 여기된 전자를 trapping 할 수 있는 팔라듐(Palladium)의 함량을 다르게 하여 광촉매에 담지 함으로써 활성을 높이고자 하였다. 팔라듐을 담지한 PBNO를 이용하였을 때, OH[·]이 더 많이 생성되어 메틸렌블루(Methylene blue) 제거 효율이 기존 PBNO보다 향상된 것을 확인할 수 있었다.

참고문헌

1. Kim *et al.*, "An Undoped, Single-Phase Oxide Photocatalyst Working under Visible Light" *J. AM. CHEM. SOC.* **126**, 8912-8913 (2004).

수증기메탄개질용 3D 다공성 지지체 기반 Ni-La촉매의 합성제조법 최적화 및 촉매활성 비교

우은석¹, 임은미¹, 박대원¹, 임동하*
한국생산기술연구원 에너지플랜트그룹, ¹부산대학교 화학공학과

Comparison of Ni-La on mesoporous 3D nanoporous alumina catalytic activity synthesized different methods for steam methane reforming

Eunseok Woo¹, Eunmi Im¹, Dae-Won Park¹, Dong-Ha Lim*
Energy Plant R&D Group, Korea Institute of Industrial Technology
¹Division of Chemical and Biomolecular Engineering, Pusan National University

최근 주요 선진국 및 개도국 등에서 신기후체제 대응을 위해 온실가스 감축을 목표로 대체에너지의 수요가 급격히 늘고 있다. 특히 수소에너지는 이러한 환경 문제를 해결하고 화석연료의 고갈을 대체할 미래 청정 에너지로써 각광받고 있다. 수증기 메탄 개질법(Steam methane reforming)은 수소생산 수율이 상대적으로 높고 안정적인 운전이 가능하여 상업적으로 가장 널리 사용되고 있다. 수증기개질용 촉매는 귀금속계인 로듐, 백금, 팔라듐 등이 있으나, 높은 제조가격의 문제를 가진다. 이러한 고가의 활성금속촉매를 대신할 촉매로 니켈계 촉매가 주목받고 있다. 니켈계 촉매는 가격경쟁력이 우수하며 초기 활성이 우수하지만 수증기 메탄 개질법이 흡열반응이므로 고온에서 반응하는데 고온에서 반응시 니켈계 촉매는 탄소침적(Carbon coking)과 소결(Sintering)문제로 인한 촉매의 비활성화가 심각하여 장시간 안정성 및 내구성 증대에 어려움이 있다.

본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 고비표면적을 가지는 다공성 나노구조 알루미나 지지체를 이용하여 니켈촉매의 활성점을 극대화 하는 동시에 란타늄을 조촉매로 사용하여, 탄소침적 및 소결문제를 개선할 수 있는 고효율 수소제조용 촉매를 개발하고자 하였다. 또한, 니켈금속을 고분산 시키기 위해 함침법(Impregnation), 공침법(Co-precipitation), 침전법(Precipitation)을 통해 다공성지지체 기반 촉매를 담지하여 합성법에 의한 촉매활성을 비교 및 분석 하고자 하였다. 고비표면적을 가지는 다공성 알루미나는 템플레이트(template)를 활용하여 일정크기의 메조기공을 형성하여 니켈금속의 활성점을 극대화하는 효과를 제공하게 된다. 촉매 비활성화를 방지하기 위해 사용된 란타늄은 니켈분산도를 증가시키는 역할로써 작용하여 촉매활성을 최대화하고 내구성을 증진시키는 작용을 한다. 촉매특성 및 촉매활성은 활성금속의 담지법에 따라 크게 차이가 나타났다. 함침법의 경우 지지체 기공 내에 다층(Multi-layer)으로 담지되어 비표면적 및 기공부피가 크게 감소해 탄소 침적률이 높았고, 메탄전환율이 가장 낮았다. 반면에, 공침법 및 침전법으로 제조된 촉매는 비교적 고비표면적을 유지하는 동시에 장시간 높은 전환율을 유지하였다. 또한 내구성 실험을 통해 탄소침적 및 소결문제의 최소화를 확인하였다. 이를 통해, 니켈촉매의 활성은 금속촉매의 활성도, 지지체의 비표면적 및 금속의 분산도에 크게 의존하는 것을 확인할 수 있었다.

참고문헌

1. Zhiming, G., et al., "Selective methanation of CO over Ni/Al₂O₃ catalyst:Effect of preparation method and Ru addition", *Int. J. Hydrog. Energy*, 41 5484-5493 (2016).
2. Bang, Y., et al., "Hydrogen production by steam reforming of liquefied natural gas(LNG) over mesoporous Ni-La-Al₂O₃ aerogel catalysts:Effect of La content", *Int. J. Hydrog. Energy*, 36 8307-8315 (2011)

PB-15

UNISIM Design 모델링을 활용한 CO₂ 메탄화시스템의 분석

김태균, 전명훈, 김영국, 주지선*, 김수현¹, 유영돈¹
한국전력 전력연구원 창의미래연구소(KEPRI), ¹고등기술연구원(IAE)

Model-based Analysis of Energy Conversion Efficiency in CO₂ Methanation System by Using UNISIM Design

Taekyun Kim, Myounghoon Choun, Younggook Kim, Jisun Ju*, Suhyun Kim¹, Youngdon Yoo¹
KEPCO Research Institute, ¹Institute for Advanced Engineering

전력메탄화기술(Power to Methanation)기술은 대표적인 온실가스를 CO₂와 잉여전기를 활용하여 메탄(CH₄)가스로 변환하는 기술이다. 이 기술은 장기간, 대용량, 고밀도로 저장이 가능해 계절에 따라 출력 변동이 큰 재생에너지와 결합에 적합하고, 생산된 메탄은 에너지저장, 도시가스망 주입, 수송연료 생산으로 활용될 수 있다. 또한 지구온난화의 주범인 CO₂를 연료로 사용하여 메탄으로 전환하기 때문에 CO₂의 포집 및 활용의 효과까지 얻을 수 있다. 현재 국내의 전력 메탄화 기술은 주요 선진국과 비교하여 수소 산업의 활성도가 낮고, P2G(Power to Gas) 실증 사례가 많은 주요 유럽이나 일본에 비해 경험도 부족하다.

전력메탄화기술은 크게 수전해 단계와 메탄화 단계로 구성되는데, 수전해 단계는 잉여전력으로 수전해를 통해 수소(H₂)가 발생한다. 메탄화 단계는 수전해로 생성한 수소(H₂)와 이산화탄소(CO₂)를 반응시켜 메탄(CH₄)이 발생한다. 메탄화 단계에서 사용되는 기술로는 미생물을 메탄변환의 매개물질로 사용하는 생물학적 메탄화 기술과 니켈 촉매(Nickel Catalyst)를 기반으로 하는 열화학적 메탄화 기술이 있다. 전력을 메탄(CH₄)으로 전환하는 경우의 에너지 변환효율은 60 ~ 70 %로, 배터리(Battery)의 경우 85~95%에 비해 낮게 나타나고 있어 에너지전환효율을 향상시키는 방법에 대한 연구가 수행될 필요가 있다.

본 연구에서는 높은 에너지변환효율을 가지는 CO₂ 메탄화시스템의 개발을 목적으로 상용공정모사기의 하나인 Unisim Design을 이용하여 공정해석모델을 구성하였다. 공정모사기의 활용은 실험을 통한 최적화에 의존하는 경우보다 시간 및 비용을 크게 줄일 수 있고, 시스템을 구성하기 전의 공정 상태를 가상의 공간에서 종합적으로 고려할 수 있어서, 본 실험과 같은 새로운 시스템의 개념 설계 단계에서 매우 유용하게 활용 가능하다. 본 연구에서는 CO₂ 메탄화시스템의 에너지 변환효율을 예측하고, 변환효율을 향상시킬수 있는 방안을 도출하고자 하였다.

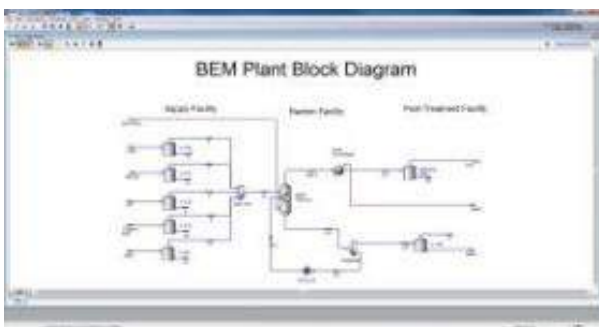


그림 1. 시스템 구성 모델

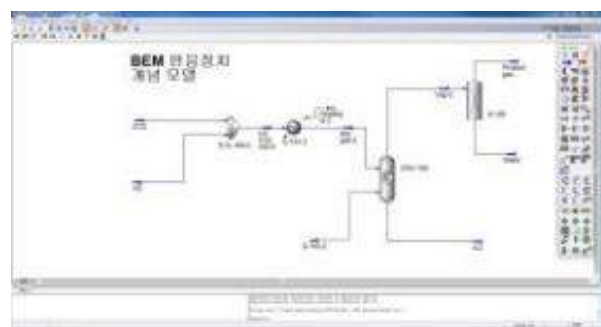


그림 2. 반응기 모델

Biotrickling Filtration내 최적 물함량 결정법

이상훈*, 김정은, 이화정
계명대학교 환경학부 환경과학전공

Decision of Optimal Trickle Water Amounts in Biotrickling Filtration

Sang-hun Lee*, Jung Eun Kim, Hwa Jeong Lee
Dept. of Environmental Science, Keimyung University

Biotrickling Filter는 반응기내 고체 Media 표면에 부착된 미생물막(Microbial biofilm)을 이용하여 기상 오염물질을 제거하는 처리장치로서, 반응기내에 물(살수, Trickle water)을 뿌려 미생물 활동 유지에 필요한 수분을 공급하고 영양물질 등을 주입한다. 문제는 살수량이 너무 적으면 친수성 오염물질의 흡수나 미생물활동에 지장을 주고, 반대로 살수량이 과도하면 Media 및 생물막 주위에 두꺼운 수막(Water film) 형성 등으로 산소나 소수성 기상 오염물질의 물질 전달이 제한(Mass transfer limitation)을 받게 된다. 특히 산소 전달제한시 생물막의 혐기화가 진행되어 악취유발 등의 심각한 문제를 야기한다. 또한 과도한 살수는 Media내 기공 폐색(Clogging)과 수력학적 전단력(Hydrodynamic shear)에 의한 생물막의 탈착을 야기시켜 Biotrickling Filtration의 성능을 저하시키게 된다. 따라서 오염물의 제거 효율을 극대화하고, 생물막량을 적절히 유지할 수 있도록 살수량을 최적화할 필요가 있는데, 이러한 최적화는 살수 관련 모든 인자를 포함하는 수학적 모델링을 통해 결정되는 것이 합리적이다. 하지만 이러한 모델링은 모델 내 여러 인자와 메커니즘이 다양하고 매우 복잡하여 구축이 어려운 실정이다.

본 연구에서는 복잡한 수학적 모델링 개발 이전에, 어떤 인자와 메커니즘을 고려하여 최적 살수량을 결정할 수 있는지를 체계적으로 설명하는 일종의 "개념적 모델(Conceptual Model)"을 먼저 제시하였다. 최소 살수량은 Media 및 생물막내 수분의 건조속도와 생물막내 미생물 활성화에 필요한 최소한의 상대습도보다는 높게 산출되어야 한다. 반면 최대 살수량을 구하는 모델은 생물막 표면의 수막두께, 수분에 의한 Media 기공폐색 및 살수흐름에 의한 수력학적 전단력이 고려되어야 하며 이러한 인자를 통해 산소나 소수성 오염물질의 물질전달제한, 기공폐색 및 전단력에 의한 생물막 탈착이 과도하게 발생되지 않을 정도의 최대 살수량이 결정된다. 최적 살수량은 상기 제시한 최소/최대 살수량 사이의 오염물질 제거효과가 극대화되는 살수량을 의미한다. 소수성 오염물질 처리시에는 친수성 물질 제거시보다 최적 살수량이 보다 낮아질 수 있는데, 이는 약간 건조한 환경에서 미생물에서 체외고분자물질(Extracellular Polymeric Substances: EPS) 생성이나 균류(Fungi)의 성장이 촉진되기 때문이다. EPS나 균류는 소수성 오염물질의 체내 물질전달 및 제거율을 증진시킬 수 있다. 이후 후속연구에서는 본 연구에서의 제시된 개념적 모델을 토대로 수치 모델링을 이용, 최적 살수량을 예측할 것이다.

PB-17

Cu/NiCrAl metal foam 촉매를 이용한 ammonium dinitramide 기반 액상추진제 분해 연구

허수정, 김문정, 조현민, 이정섭¹, 박영철¹, 전종기*
공주대학교 화학공학과, ¹국방과학연구소

Decomposition of ammonium dinitramide-based liquid propellant over Cu/NiCrAl metal foam catalysts

Sujeong Heo, Munjeong Kim, Hyeonmin Jo, Jeongsub Lee¹, Young Chul Park¹, Jong-Ki Jeon*
Kongju National University, ¹Agency for Defense Development

Hydrazine을 대체할 친환경 추진제로서 ammonium dinitramide (ADN)기반 액상추진제에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. ADN 기반 액상추진제는 hydrazine보다 취급과 사용이 용이하며 할로젠산 분해 생성물을 발생시키지 않는다는 장점이 있지만 수분 함유량이 높아 점화에 어려움이 있으므로 촉매분해가 필수적이다. 본 연구에서는 ADN 기반 액상추진제의 촉매분해를 위하여 Cu/NiCrAl metal foam 촉매를 제조하였다. 촉매의 물리화학적 특성은 BET, XRD, XRF를 통하여 분석하였다. 자체 제작한 batch 반응기에서 Cu/NiCrAl metal foam 촉매를 이용하여 ADN 기반 액상추진제의 분해개시온도와 압력변화를 관찰하였다.

Ir/Hexaaluminate 촉매를 이용한 친환경 액상추진제 분해 연구

허수정, 김문정, 조현민, 김우람¹, 조영민¹, 이철호, 강태원, 전종기*
공주대학교 화학공학과, ¹경희대학교 환경공학과

Catalytic Decomposition of Eco-friendly Liquid Propellant over Ir/Hexaaluminate catalysts

Sujeong Heo, Munjeong Kim, Hyeonmin Jo, Wooram Kim¹,
Young Min Jo¹, Choul-Ho Lee, Tae Won Kang, Jong-Ki Jeon*
Kongju National University, ¹Kyung Hee University

Ammonium dinitramide (ADN) 와 hydroxylammonium nitrate (HAN) 기반 액상추진제는 분해반응 시 할로젠산 분해 생성물이 생성되지 않아 hydrazine을 대체할 친환경 추진제로 각광받고 있다. 하지만 높은 수분함량으로 인하여 점화의 어려움이 있어 촉매분해가 필수적이다. 또한 실제 추력기에 적용하기 위해서는 1200 °C 이상의 고온에서 활성을 유지할 수 있는 촉매 개발이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 고내열성 촉매인 hexaaluminate를 공침법을 이용하여 합성하고 incipient wetness 방법을 통해 Ir를 담지하였다. Ir/Hexaaluminate 촉매의 활성을 알아보기 위해 자체 제작한 batch 반응기에서 ADN과 HAN 기반 액상추진제 분해개시온도와 압력변화를 관찰하였다. 또한 제조한 촉매의 물리화학적 특징은 BET, XRD, XRF를 통해 분석하였다.

PB-19

단일공정의 사슬형 은 나노 구조체의 합성 및 응용

Alexander David Ardian Rama Koisin¹, 김진우¹, 김문호^{1*}
¹부경대학교 고분자공학과

Synthesis and Application of Chain-like Silver Nanocrystals in a Single Process without Special Equipments

Alexander David Ardian Rama Koisin¹, Jinwoo Kim¹, MunHoKIM^{1*}
¹ Department of Polymer Engineering, Pukyong National University

Silver (Ag) nanoplates have been studied for their interesting optical, chemical and electrical properties, but Ag nanoplates still have great challenges in applying them to electrical sensors and stretchable devices. In the present work, we would like to report a synthetic method of chain-like Ag nanoplate with a high aspect ratio. In the synthesis, a coordinating ligand played a critical role in the formation and growth of the unidirectional growth of nanoplates. This new synthesis method did not require any special equipment, and synthetic results were reproducible. The chain-like Ag nanoplates were directly used as metal inks to produce conductive patterns of the stretchable electrode by depositing the into the polydimethylsiloxane substrate. The device showed a good performance suitable for application as a sensor for human motion by showing a sensitive resistance change with tremor and bending.

References

1. Lee, J., Kim, S., Lee, J., Yang, D., Park, B.C., Ryu, S., Park, I., A stretchable strain sensor based on a metal nanoparticle thin film for human motion detection, *Nanoscale*, 6, 11932 (2014).
2. Kim, M. H., Yoon, D.K., Im, S. H, Growth pathways of silver nanoplates in kinetically controlled synthesis: bimodal versus unimodal growth, *RSC Advances*, 5, 14266 (2015)
3. Park, Y. M., Lee B. G., Weon, J. I., Kim, M. H., One-step synthesis of silver nanoplates with high aspect ratios: using coordination of silver ions to enhance lateral growth, *RSC Advances*, 6, 95768 (2016).

기능성 중공 폴리스티렌 마이크로 입자의 친환경 합성 및 촉매 특성

김진우¹, Yosia Nico Wijaya¹, 김문호^{1*}
¹부경대학교 고분자공학과

Green Synthesis and Catalytic Properties of Functional Hollow Polymer Microparticles

Jinwoo KIM¹, Yosia Nico Wijaya¹, MunHoKIM^{1*}
¹ Department of Polymer Engineering, Pukyong National University

The preparation of polymer nanostructures that form hollow spheres are of great significance for their potential applications, but the development of a facile synthetic method remains a great challenge. In the current work, an easy-to-use, green and low-cost method adopting a heterophase polymer dispersion strategy was developed to produce monodisperse hollow microparticles with well-defined nanostructures. When polystyrene (PS) seed microparticles which were prepared by the modified dispersion polymerization were dispersed in an ethanol and water medium at 70°C, they transformed into hollow PS microparticles as a result of the uptake of continuous phase by the particles. By the consecutive heterophase polymer dispersion processes involving the addition of metal precursors, hollow PS microparticles covered with bimetallic nanocrystals could be obtained, being based on in situ production of metal nanocrystals from metal precursors on the polymer particles. Based on our results and observations, plausible mechanisms for the formation of these hollow microparticles were proposed. The hollow PS microparticles covered with bimetallic nanocrystals exhibited high activity at low concentration and excellent reusability as catalysts for the reduction of p-nitrophenol by sodium borohydride.

References

1. Park, S. H., Kim, J., Lee, W., Byun, D., Kim, M. H., One-Step Synthesis of Hollow Dimpled Polystyrene Microparticles by Dispersion Polymerization, *Langmuir*, 33, 2275 (2017).
2. Li, Y., Wu, Y., Gao, Y., Sha, S., Hao, J., Cao, G., Yang, C., A Facile Method to Fabricate Polystyrene/Silver Composite Particles and Their Catalytic Properties, *RSC Advances*, 3, 26361 (2013).

PB-21

판상형 은나노 플레이트의 친환경적 합성법과 물-에탄올 혼합물의 감지 플랫폼

Yosia Nico WIJAYA¹, 김진우¹, 김문호^{1*}
¹부경대학교 고분자공학과

Water Recognition and Sensing in Water-Ethanol Mixtures Using Green Synthesized Silver Nanoplates

Yosia Nico WIJAYA¹, JinwooKIM¹, MunHoKIM^{1*}

¹ Department of Polymer Engineering, Pukyong National University

An optical sensor using green synthesized silver nanoplates for water quantification in water-ethanol mixtures is demonstrated in this article. By this method, the water-ethanol mixture containing silver nanoplates and bromide ions show a fascinating color change depend on the volume fraction of water in the mixture of water-ethanol. Ag nanoplates were synthesized using one-pot green synthesis method and exhibit tunable plasmonic properties across the entire visible spectrum also in the NIR region through careful control of the aspect ratios of their structures also show fascinating plasmonic properties which bromide ions was used in this sensor to degrade the Ag nanoplates so the sharp corners became rounded. The introduction of KBr was found to be strongly correlated with volume fraction of water in the mixture of water-ethanol in the rate of change of the color and spectral features of a water-ethanol mixture containing Ag nanoplates. This colorimetric sensing platform was successfully applied to determining the volume fraction of water in water-ethanol mixtures and real products having any water volume fraction also in water-isopropanol mixtures, suggesting that it holds great potential and could furthermore be applied to mixtures of water in other alcohols, fine chemical, pharmaceutical and food-beverages industries as well.

References

1. S.I. Ohira, K. Goto, K. Toda, P.K. Dasgupta, "A capacitance sensor for water : trace moisture measurement in gases and organic solvents", *Anal. Chem.*, **84**, 8891 (2012)
2. J. Zeng, S. Roberts, Y. Xia, "Nanocrystals-based time-temperature indicators", *Chem. Eur. J.*, **16**, 12559 (2010)
3. Y. N. Wijaya, J. Kim, W. M. Choi, S. H. Park, M. H. Kim, "Systematic Study of Triangular Silver Nanoplates: One-Pot Green Synthesis, Chemical Stability, and Sensing Application", *Nanoscale*, **9**, 11705 (2017)
4. Y. N. Wijaya, J. Kim, S.H. Hur, S. H. Park, M. H. Kim, "Metal nanocrystal-based sensing platform for the quantification of water in water-ethanol mixtures", *Sensors and Actuators B*, **263**, 59 (2018)
5. S.P. Pinho, E.A. Macedo, "Experimental measurement and modelling of KBr solubility in water methanol, ethanol, and its binary mixed solvents at different temperatures", *J. Chem. Thermodyn.*, **34**, 337 (2002)

<포스터 발표>

산업부산물을 이용한 AA기술 적용 경계석의 제조에 관한 연구

우현진^{1*}, 김계강², 박병현², 김해기¹, 이주열², 최진식^{1,2}
¹㈜애너텍 기술연구소, ²경희대학교 환경응용과학과

A Study on the Manufacture of Blast Furnace Slag boundary stone.

Yeon Jin Chu^{*1}, Jae Gang Kim¹, Byung Hyun Park^{*2}, Hae Gi Kim¹, Ju Yeol Lee¹, Jin Sic Choi^{1,2}

¹Technology Insitute, ANYTECH Co., Ltd.

²Dept. of Applied Environmental Science, Kyung Hee University

본 연구는 해수담수와 부산물인 농축수를 전기분해하여 나온 알칼리 수용액을 고로슬래그의 경화체로의 제조를 위한 자극제로 사용하여 고로슬래그 경화체의 단결인 초기경도의 문제를 해결하기 위한 실험을 실시한 결과에 관한 것이다. 본 연구는 실험실 수준에서 최초 시도된 실험결과를 바탕으로 대용량에서의 적용성 연구를 위하여 pilot scale로 시편을 제조하는 공정으로 수행되었다.

시편은 제령 3일차, 7일차, 28일차로 각 시편에 대한 물성을 측정하는 방향으로 진행되었다. 실험실에서 3일차에 179.3kgf/cm², 7일차 202.9kgf/cm², 28일차 224.2kgf/cm²를 기록하였다. pilot scale에서는 3일차 92.3kgf/cm², 7일차 114.9kgf/cm², 28일차 147.9kgf/cm²를 기록하 100kgf/cm²의 건설재료용 기준에 적합하였다.

다시 말해, 해수담수와 부산물인 농축수를 전기분해하여 나온 알칼리 수용액이 고로슬래그에 자극제로서의 역할을 충분히 하여 초기경도의 상승에 긍정적인 영향을 미쳤다는 것을 알 수 있었다.

본 연구는 국토교통부 플랜트연구개발사업의 “해수담수와 플랜트 부산물 활용 경화체 연속 생산 시스템” 연구비 지원으로 이루어졌으며, 이에 감사드립니다. (과제번호 16IFIP-B065893-04)

참고문헌

1. S. S. Park, S. G. Choi, A Study on Sand Cementation and its Early-Strength Using Blast Furnace Slag and Alkaline Activators, J. Korean Geotechnical Soc. 29(4) 45-56 (2013).
2. J. W. We, An Experimental Study on Light-weight Aggregate Concrete by Alkali-Activated Reaction, Master's Thesis, Konkuk University (2010).
3. G. H. Yang, J. G. Song, The Properties and Applications of Alkali-Activated Concrete with No Cement, Magazine of the Korea Concrete Institute, March (2007).

PB-23

다양한 형태의 열분해반응 시스템을 이용한 열분해 오일 제조에 관한 연구

장정희, 곽연수, 한기보*
고등기술연구원 플랜트엔지니어링센터

본 연구에서는 인도네시아산 역청성 오일 포함 원료를 이용하여 이로부터 열분해 오일을 제조하는 공정/시스템에 대한 운전특성을 확보하고자 하였다. 열분해 반응시스템은 두 가지 형태가 적용되었으며, 각각 수직형 반회분식 반응기와 수평형 연속식 반응기가 사용되었다. 이러한 두 가지 형태의 반응기가 적용됨으로써 향후 스케일-업 공정/시스템에 대한 설계방안이 확보될 수 있으며, 열분해 오일을 수율을 극대화하고 효율적인 위한 반응기 형태 선정이 가능한 것으로 사료된다. 따라서 상기 두 가지 형태의 반응기를 적용한 가운데, 원료 투입속도, 체류시간, 반응온도, 유체 투입속도 등의 다양한 운전조건을 변화시킨 후 운전특성을 조사하였다.

PB-24

Low Temperature Selective Catalytic Reduction of NO by NH₃ over Alumina/Zeolite/OSM Supported Catalyst: Active Metals and Aging Study

Hermawan Prajitno¹, Wendy William¹, Jiho Yoo^{*1}

¹Clean Fuel Laboratory, Korea Institute of Energy Research, 152, Gajeong-ro, Yuseong-gu, Daejeon, 34129, Republic of Korea

*To whom correspondence should be addressed: Phone:(+82)-42-860-3047, Fax:(+82)-42-860-3529, E-mail: jyoo@kier.re.kr (Jiho Yoo, Ph.D.)

Abstract

Developing catalyst with excellent activity and stability for low temperature selective catalytic reduction (SCR) of NO by NH₃ is still a major challenge. Due to its various valence states and excellent redox performance, Mn-based catalyst have been very attractive to be developed. In this study, Mn as active material was mixed with various metal to solve the associated H₂O and SO₂ poisoning and to enhance the low temperature catalytic activity. It was then supported with alumina, zeolite, and oxygen storage materials. The catalysts were prepared using Incipient Wetness Impregnation (IWI) method. The effects of active metal composition, ratio, and loading towards NO conversion were observed. Hydrothermal aging and sulfur poisoning were also performed to test the catalyst resistance. Overall, the synthesized catalyst with active material of Mn/Ce/Cu (1:2:0.5 weight ratio, 15 wt% loading) gave an excellent low temperature SCR activity over wide temperature range of >90% NO conversion (80–270 °C). The catalyst also exhibited a good resistance towards hydrothermal aging and sulfur poisoning in which >90% NO conversion from the initial could be maintained at T<240 °C. To understand and explain the effect of active materials and the reason behind excellent performance, the catalyst was characterized using physio-chemical analyses, including BET surface area, X-ray diffraction (XRD), transmission electron microscopy (TEM), scanning electron microscopy (SEM), H₂ temperature programmed reduction (H₂-TPR), and inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS).

PB-25

Residual coal properties from coal-based graphene synthesis via Modified Hummers Method

Rudly, Corwin¹ and Chun, Dong Hyuk*¹

¹Clean Fuel Laboratory, Korea Institute of Energy Research, 152, Gajeong-ro, Yuseong-gu, Daejeon, 34129, Republic of Korea

Abstract

Graphene is a type of material of carbon atoms arranged in the honeycomb lattice that is 200-times stronger than steel, more conductive than copper and as flexible as rubber. These unique properties encouraged many research efforts to study further about this material. Chemical oxidation of graphite, as a raw material, to graphene oxide is the common method for graphene or reduced graphene oxide (RGO) production. Meanwhile, coal is the most abundant carbon source can be used to replace graphite as the raw material of graphene production. However, the yield of coal-based graphene production was very low (<1wt%). In this study, the properties of residual coal from coal-based graphene synthesis is analyzed by using the proximate analyzer. The coal-based graphene was produced via modified Hummers method which involved anthracite coal, sodium nitrite (NaNO_2), sulfuric acid (H_2SO_4), and nitric acid (HNO_3). The low-rpm (1750 rpm) centrifugation process was used to separate the graphene and residual coal which was not converted into graphene. In this study, several properties of both feedstock coal and residual coal were analyzed by using the proximate analyzer. The analysis displayed the considered good results in terms of the moisture content of 6.78 wt%, the ash content of 9.12%, volatile matter of 43.95%, and fixed carbon of 40.15%. As a comparison, the proximate analysis of feedstock coal gave the results in terms of moisture content of the moisture content of 3.29 wt%, the ash content of 12.30%, volatile matter of 11.90%, and fixed carbon of 72.51%. Those properties comparison showed that the yield of graphene production can be potentially increased by using the residual coal as the recycled feedstock.

기공이 제어된 활성탄을 이용한 수중에 포함된 클로로포름 제거

노예은¹, 유지호², 임영준²,
¹신광화학공업(주), ²한국에너지기술연구원

Removal of chloroform contained in water using pore-controlled activated carbon

Ye-eun Noh¹, Jiho Yoo², Youngjoon Rhim²

음용수 생산을 위해 소독에 사용되는 염소 등의 소독제는 유기물과 반응하여 Trihalomethanes (THMs), haloaceticacids (HAAs), chloralhydrate (CH), Haloacetonitrile (HAN), haloaldehyde, chloropocrin, chlorophenol 등 많은 소독 부산물을 발생시킨다. 이중 THMs는 chloroform, bromoform, dibromochloromethane, bromo-dichloromethane 4종류로 이루어져 있으며, 이러한 부산물들은 US EPA에 의해 발암 가능성이 있는 독성물질로 분류된다. 따라서 음용수로 섭취하기 전 정수과정을 통해 소독부산물질을 제거해야 하며, 현재 활성탄을 이용한 filter 여과 방식이 가장 일반적으로 사용되고 있다. 활성탄에 의한 흡착법은 현재 가장 경제적인 방법이다. 정수 과정인 흡착에 영향을 주는 활성탄의 품질 인자는 비표면적, pore size distribution, 용해도, 극성, pH 등이 있다. 본 연구에서는 이중 가장 중요한 요소인 pore 구조 조절을 위해 물리적 및 KOH와 K₂CO₃를 이용한 화학적 활성화를 통해 활성탄을 제조하였다. 이후 흡착 실험을 통해 활성탄에 대한 THMs의 대표 물질인 chloroform의 흡착결과를 비교하였다.

참고문헌

1. Hyun Kim, "Adsorption of Trihalomethane on Activated carbon",
2. SangEun Kim, "Formation and Control of Chlorinated Disinfection By-Products in Water Supply System"

PB-27

촉매 소재로 사용하기 위한 주형이 없는 중형기공성 탄소 물질 제조

문종태, 이경우, 주지봉*
건국대학교 화학공학과

Template-free synthesis of mesoporous carbon material for catalytic application

Jong Tae Moon, Gyoung Woo Lee, Ji Bong Joo*
Department of Chemical Engineering, Konkuk University

중형기공성 물질은 기공크기가 균일하며, 표면적이 넓어서 반응물과의 접촉하는 부분이 많기 때문에 촉매 혹은 촉매 지지체로 많이 사용된다. 대표적인 중형기공성 물질로는 SBA-15, MCM-41, Zeolite, CMK-3 등이 있다. 이중 CMK-3를 포함한 중형기공성 탄소소재를 제조하기 위해서는 주형으로 SBA-15 내부에 탄소 전구체를 주입한 후 중합시키고 열처리한 후, 실라카 주형을 제거하여 제조한다. 그러나 위의 방법은 복잡하고 합성 조건이 까다롭다. 본 연구에서는 기공형성의 주형이 없이 중형기공성 탄소 담체를 제조할 수 있는 방법을 제안하였다. 중형기공성 탄소 소재의 전구체로 Resorcinol 과 Formaldehyde를 사용 하였으며, sol-gel 방법을 이용하여 aerogel을 형성하고, 고온에서 탄화시켜서 중형기공성 탄소를 제조하였다. 전자 현미경 분석 결과, 제조된 중형 기공성 탄소 담체의 경우 10 nm이상의 크기로 기공이 균일하게 분포되어있는 것을 확인하였으며, 질소흡탈착 등온선과 기공크기 분포에서도 10nm~40nm이상의 크기의 중형기공 분포를 확인하여 중형기공성 탄소 물질이 잘 합성되었음을 확인하였다. 활성금속인 백금(Pt)을 담지시켜서 입자의 물리적인 특성 및 금속 촉매 특성을 조사하였다. 사용된 백금의 양이 증가 될수록 중형 기공성 탄소 물질에 백금의 XRD 결정성이 증가함을 확인하였다. TPR (Temperature Programmed Reduction) 수행 결과, 150 ~ 200 °C에서 뚜렷한 백금 환원 피크를 확인할 수 있었다. 본 연구에서 제안 한 중형기공성 탄소 담체 제조법 및 이를 이용한 금속 담지촉매의 경우, 기존의 중형기공성 탄소 담체에 담지된 촉매에 비하여 합성시간과 비용을 획기적으로 줄일 수 있어, 향후 대량생산 및 상업화에 장점을 가질 것이며, 고분산 금속 담지 촉매의 담체 소재로서 성공적으로 사용 가능할 것이라 판단된다.

감사 : 본 연구는 화학사고 대응 환경기술개발사업((#2017001960004)에서 지원받았습니다. 본 연구는 미래창조과학부의 재원으로 한국연구재단의 기초연구실지원사업 (NRF-2017R1A4A1014806) 지원을 받아 수행된 연구입니다.

참고문헌

1. Kim P., Kim H., Joo J B., Kim W., Song I. K., Yi J., "Preparation and application of nanoporous carbon templated by silica particle for use as a catalyst support for direct methanol fuel cell," *J POWER SOURCES*, **145**, 139-146(2005)
2. Lee Y. J., Park H. W., Park S., Song I. K., "Nano-Sized Mn-Doped Activated Carbon Aerogel as Electrode Material for Electrochemical Capacitor: Effect of Activation Conditions", *J NanoSci NanoTechno*, **12**, 6058-6064(7) (2012)
3. X Jin., M Zhao., J Shen., W Yan., L He., PS Thapa., S Ren., B Sub., Rag V. Cha., "Exceptional performance of bimetallic Pt₁Cu₃/TiO₂ nanocatalysts for oxidation of gluconic acid and glucose with O₂ to glucaric acid", *J Catal.*, **330**, 323-329 (2015)

단일층 및 이중층 중공형 나노구조체의 개발 연구

이현경¹, 김나연¹, 이경우¹, 주지봉^{1,*}
¹건국대학교 화학공학과

A study on synthesis of mono- and double- shelled hollow nanostructures

Hyeon Kyeong Lee¹, Na yeon Kim¹, Kyeong woo Lee¹, Ji Bong Joo^{1*}
¹Department of Chemical Engineering, Konkuk University

중공형 나노 입자는 넓은 비표면적, 높은 분산도 및 그로 인한 좋은 반응성 등의 장점으로 각광 받고 있다[1]. 본 연구는 액상에서 광화학적 반응성이 증대된 촉매를 디자인하기 위해 단일, 이중층 중공형 입자를 합성하고, 그 특성 및 반응성을 확인하고자 하였다. 촉매 재료로 사용된 이산화 티타늄(TiO₂)과 삼산화 텅스텐(WO₃)은 대표적인 반도체 및 광촉매로, 특히 가시광선 영역 광촉매로 사용가능하기 때문에 이제까지 많은 연구가 진행된 바 있다. 본 연구에서 중공형 입자의 합성 방법으로는 하드 템플릿(hard templating) 방법이 이용되었으며, 중공형 입자의 형태 분석을 위해 TEM(transmission electron microscopy)과 SEM(Scanning Electron Microscope) 분석이 사용되었다. 또한 반응에 이용되는 재료의 결정성을 확인하기 위해 XRD(X-ray diffraction) 분석을 수행하였으며, SEM/EDS(energy dispersive X-ray spectroscopy) 분석을 통해 표면 성분 분포를 확인하였다. 중공형 입자의 비표면적 특성 분석을 위해 BET(Brunauer-Emmett-Teller)를 이용 비표면적, 기공 크기 분포 등을 조사하였다. 본 연구에서 합성된 중공형 입자에 경우 속이 가득찬 구형 입자에 비해 비표면적이 두 배 이상 증가함이 확인되었다. 가시광선 영역에서의 광촉매적 효능 검사를 위해 액상에서의 유기물 분해 실험을 진행하였으며, 이를 통해 합성된 중공형 나노 입자의 높은 반응성을 확인 하였다.

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. Li, S., Cai, J., Wu, X., Zheng, F., Lin, X., Liang, W., Chen, J., Zheng, J., Lai, Z., Chen, T., and Zhu, L., "Fabrication of positively and negatively charged, double-shelled, nanostructured hollow spheres for photodegradation of cationic and anionic aromatic pollutants under sunlight irradiation," *Appl. Catal. B-Environ.*, **160-161**, 279-285 (2014)

PB-29

이온전도성 세라믹 기반 니켈 촉매의 건식 개질 및 막반응기 제조 연구

서민혜, 김승연, 엄성현
고등기술연구원

CO₂ reforming of CH₄ over ion conducting ceramic based nickel catalysts and preparation of membrane reactor

Minhye Seo, Soong-youn Kim, Sunghyun Uhm
Institute for Advanced Engineering

이산화탄소를 활용한 메탄 건식 개질반응은 일산화탄소와 수소를 생산할 수 있는 기술로, 여러 화합물질을 제조할 수 있는 유용한 가스의 생산과 동시에 2종의 온실가스를 함께 처리할 수 있다는 장점이 있다. 건식 개질반응에서 효율 및 경제성 측면에서 유리한 니켈 촉매의 경우, 다양한 지지체를 기반으로 연구되어 왔으며, 특히 탄소침적에 대한 내구성 확보가 주요 관심사이다. 이에 고내구성 니켈 촉매 개발을 위해 입자 크기의 제어, 분산 및 담지 방법의 변경 등의 다양한 연구가 진행 중이다.

본 연구에서는 페로브스카이트 구조의 BaZrO₃ 산화물을 지지체로 하여 니켈을 증착시킨 촉매를 제조하였다. 니켈 입자의 균일한 분산을 위해 온도조절 화학기상증착법을 적용하였으며, 표면에 균일하게 증착된 니켈 입자의 크기는 약 10 nm 내외인 것으로 분석되었다. 제조한 촉매의 조건별 성능평가를 진행하였으며, 600 °C의 온도에서도 탄소침적에 대한 비활성이 뚜렷하게 나타나지 않아 촉매 분석을 통해 self-decoking에 탁월한 성능이 있는 것을 확인하였다. 건식 개질 반응을 통해 제조된 수소의 분리를 위해 본 연구에서는 이온전도성 세라믹인 BaZrO₃를 기반으로 한 촉매를 제조하여 우수한 개질 성능을 확보하였다. 이와 병행하여 멤브레인 반응기의 제조를 위한 기초 연구를 진행 중이며, 치밀한 구조의 전해질과 다공성 구조의 계면 분석 뿐 아니라 dopant 도입을 통한 열처리 온도를 최적화하고자 하였다.

반도체 배출가스의 N₂O 저감을 위한 촉매 공정 개발

서민혜*, 이수영, 조성수, 송형운, 김현경¹
고등기술연구원, ¹엠에이티플러스(주)

Catalytic decomposition of nitrous oxide from semiconductor exhaust gases

Minhye Seo, Sooyoung Lee, Sungsu Cho, Hyungwoon Song, Hyunkyung Kim
Institute for Advanced Engineering, ¹MAT plus

최근 반도체 및 디스플레이 수요가 급증함에 따라 아산화질소의 배출량이 증대되고 있으며, 그에 따라 이를 효과적으로 처리하기 위한 기술개발이 필요하다. 아산화질소는 반도체 및 디스플레이 제조공정에서 SiH₄와 반응하여 SiO₂ 박막을 증착시키는데 필요한 원료물질로 사용된다. 아산화질소는 1,000 °C 이상에서 열분해 될 수 있으나 고온의 조건에서는 반응기의 내구성을 확보하기 어렵기 때문에, 촉매를 활용하여 비교적 저온에서 분해 또는 환원시키고자 하는 연구가 대부분이다.

본 연구에서는 반도체 배출가스의 경우 고농도의 불소화합물이 함께 포함되어 있어, 이에 대한 내구성이 향상된 촉매를 개발하고자 하였다. 촉매의 주요 조성은 Ca와 Cu를 기반으로 제조하였으며, 700 °C 내외의 온도에서 N₂O의 직접분해 가능성을 평가하였다. 또한 NF₃의 농도별 존재에 따른 N₂O의 저감성능과 반응 전, 후 촉매의 구조 분석을 통해 촉매별 N₂O 분해 특성을 비교하였다.

PB-31

Vegetable Oil Upgrading by Ni Based Bimetallic Catalysts

Zuo Hao¹, Seong Chan Lee¹, Hee Chul Woo^{1,*}

¹Department of Chemical Engineering, Pukyong National University

Bio-oil is a promising alternative energy source for the limited fossil fuels. But the fuel quality of bio-oil is inferior to that of petroleum-based fuels, and its high acidity and high degree of unsaturation properties give rise to corrosiveness and low heating value. Catalytic hydrotreating process is a promising path to upgrading bio-oil. Nowadays, non-sulfided Ni based bimetallic catalysts including NiCu/Al₂O₃ and NiFe/Al₂O₃ have attracted great interest because of their excellent catalytic activities for upgrading of bio-oil [1].

In this study, partial hydrotreatment over bimetallic catalysts was investigated in the influence of bimetal and hydrotreating conditions. To evaluate the extent of upgraded bio-oils, the iodine value (IV) and the total acid number (TAN) were analysed. γ -Al₂O₃ supported NiM (M₁=Zn, Fe, Cu and Co, 15 wt% Ni, Ni/M₁ mole ratio=2/1; M₂=Pd and Pt, 15 wt% Ni, Ni/M₂ mole ratio=20/1) bimetallic catalysts were synthesized by co-impregnation method and characterized by BET, XRD. NiM/ γ -Al₂O₃ activity test were operated under the condition of 350 °C, 30 bar and LHSV=1 h⁻¹ in a packed-bed reactor. Followed by screening tests for hydrotreating conditions under a range of temperature (250-400 °C), pressure (5-80 bar) and LHSV (1-10 h⁻¹). In addition, bimetal content (0-100% in total metal content) influence was also investigated. The 1/1 (v/v %) mixture of cashew nut shell liquid (CNSL) and palm oil (PO) were selected as feed (IV:186.30, TAN:42.90).

Among the NiM/ γ -Al₂O₃ activity test, the NiCu/ γ -Al₂O₃ showed a good catalytic performance. Moreover, different reaction condition leads to different removal efficiency of IV and TAN. The best catalyst, Ni(78%)Cu(22%)/ γ -Al₂O₃ (23 wt% metal, Ni/Cu mole ratio=4/1) showed that the IV and TAN removal efficiency could reached to 81.5% and 100.0% under the condition of 350 °C, 30 bar, LHSV=1 h⁻¹. Overall, the unsaturated double bond and carboxylic acid from vegetable oil was decreased significantly by hydrotreating process over NiCu/ γ -Al₂O₃ bimetallic catalyst.

1. Cheng, S. et al., "Hydrocarbon bio-oil production from pyrolysis bio-oil using non-sulfide Ni-Zn/Al₂O₃ catalyst," *Fuel Process. Technol.*, 162, 78-86 (2017).

5XXX계 알루미늄 블랙드로스로부터 유가자원 회수를 위한 고액분리 특성 연구

강유빈¹, 임병용¹, 이찬기¹, 김대근^{1*}, 안병두², 김용환³, 이만승⁴,
고등기술연구원¹, (주)디에스리퀴드², 한국생산기술연구원³, 목포대학교⁴

Characterization of Solid-Liquid Separation to Recovery Valuable Resources from 5XXX Aluminium Black Dross

Yubin Kang¹, Byoungyong Im¹, Chan-Gi Lee, Dae-Guen Kim^{1*}, Byung-Doo Ahn²,
Yong Hwan Kim³, Man Seung Lee⁴

Institute for Advanced Engineering¹, DS LIQUID Co., Ltd.², Korea Institute of Industrial Technology³, Mokpo National University⁴

국내 알루미늄 소비량(2012년 기준, 200만 톤)이 증가하면서 알루미늄을 재활용하기 위한 다양한 기술들이 소개되고 있다. 일반적으로 알루미늄 스크랩의 재자원화 대상은 건축자재, 자동차 부품 및 캔이며, 특히, 사용된 알루미늄 캔(Used Beverage Can, UBCs)은 거의 대부분 재자원화 되고 있다. UBCs를 재활용하는 공정에서 용탕 표면의 산화물 제거를 위해 사용되는 flux에 의하여 블랙드로스가 발생하게 된다. 이러한 블랙드로스는 국내 기준 연 20,000여 톤이 발생되고 있는 실정이며, 현재 재활용 기술 개발의 미흡으로 인하여 전량 매립되고 있어 토양오염 및 환경파괴의 원인으로 작용하고 있다. 하지만 블랙드로스에는 NaCl과 KCl같은 flux 성분과 Al, Al₂O₃, MgO 같은 무기소재가 포함되어 있어 이러한 유가자원을 회수하는 기술에 대한 연구가 필요하다.

본 연구에서는 UBCs를 용융하는 공정에서 발생된 알루미늄 블랙드로스로부터 Al₂O₃, MgO, Salt Flux를 분리, 회수하기 위하여 용해-고액분리-결정화로 구성된 공정을 제시하였으며, 필터프레스를 이용한 고액분리 공정에 대한 연구를 수행하였다. 고액분리 공정장비 중 하나인 필터프레스는 Feeding Rate, Air blowing time, Precoat의 유무, 용액의 입도, 여과포의 종류 등 다양한 공정 요소에 따라 고액분리 특성이 달라질 수 있는 것으로 알려져 있으며, 본 연구에서는 공정 후 분리된 Cake와 여과포의 탈착력 및 고액분리 효율 특성 변화를 확인하기 위하여 여과포 재질에 따른 실험을 진행하였다. 필터프레스용 여과포로 사용되는 면, 나일론, 폴리프로필렌(PP), 폴리에틸렌(PE) 재질을 주요 변수로 선정 후 기초 분석(SEM, 통기성)을 실시하였으며, 필터프레스 처리 후 발생하는 cake와 여과액을 분석하여 여과포의 고액분리 특성을 평가 하였다.

키워드 : 알루미늄, 블랙드로스, 재활용, 고액분리, 필터프레스, 여과포

참고문헌

1. EL-SHAFFEY, E. I., et. al. "Dewatering of brewer's spent grain using a membrane filter press : a pilot plant study," *Separ. Sci. Tech.*, **39**(14), 3237-3261 (2004).
2. Pietlla, K. A. and Joubert, P. J., "Examination of process parameters affecting sludge dewatering with a diaphragm filter press," *Water Poll. Control Fed.*, 1708-1716 (1981)

Surface reactions of NH_3 adsorbed on Fe_2O_3 -promoted V_2O_5 - WO_3/TiO_2 catalysts for the selective reduction of NO by NH_3

Ki Hyuck Yang, Thi Phung Thao Nguyen, Moon Hyeon Kim*
Department of Environmental Engineering, Daegu University

The extent of the formation of N_2O in NH_3 -SCR processes can be minimized using a direct coating of Fe-ZSM-5 onto a commercial V_2O_5 - WO_3/TiO_2 catalyst, a sequential configuration of V_2O_5 - WO_3/TiO_2 and Fe-ZSM-5, and a modification of TiO_2 using Fe_2O_3 before V_2O_5 and WO_3 loadings. We have studied a role of Fe_2O_3 in samples of laboratory-made V_2O_5 - WO_3/TiO_2 and commercial V_2O_5 - WO_3/TiO_2 for NH_3 -SCR reaction.

A 1.6% V_2O_5 - WO_3/TiO_2 (VWT) sample was prepared by using commercial powder-type 10% WO_3/TiO_2 calcined at 500°C for 4 h in flowing 21% $\text{O}_2/79\%$ N_2 at a total flow rate of 300 cm^3/min and an aqueous NH_4VO_3 (Aldrich, 99.99%) solution. A part of this sample was used for the preparation of 2.73% $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{VWT}$. A 2.73% $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{c-VWT}$ catalyst was prepared using a commercial V_2O_5 - WO_3/TiO_2 (c-VWT) in a similar fashion. Conversions of NO and NH_3 and N_2O production in NH_3 -SCR reaction were directly determined using the modified Zemini Model MARS 0.75L/8.0V White gas cell combined with a Thermo Electron Nicolet 7600 FT-IR spectrophotometer. Catalyst samples were characterized by X-ray diffraction (XRD), and temperature-programmed desorption (TPD) measurements.

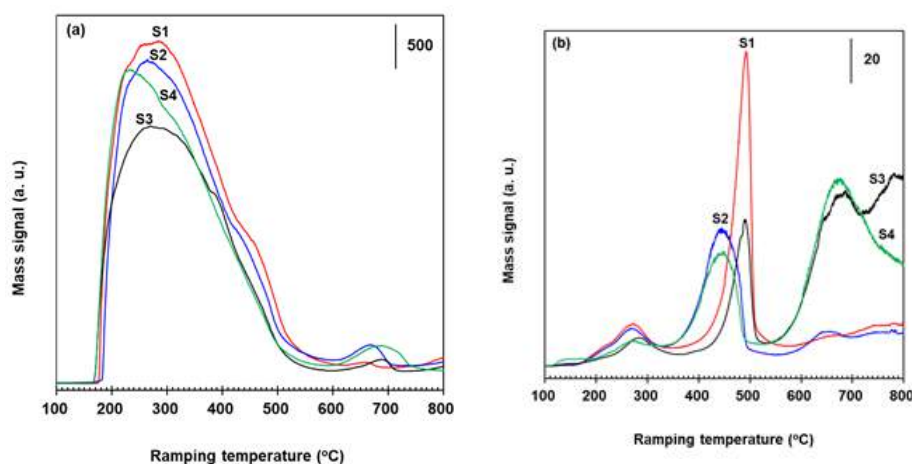


Fig. 1. Mass spectra for (a) NH_3 , and (b) N_2O upon TPD of NH_3 adsorbed on unpromoted and Fe_2O_3 -promoted catalysts: (S1) VWT, (S2) 2.73% $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{VWT}$, (S3) c-VWT, (S4) 2.73% $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{c-VWT}$.

Even Fe_2O_3 -promoted $\text{V}_2\text{O}_5/\text{TiO}_2$ -based catalysts show no great changes in the textural features and XRD peaks due to nanocrystalline Fe_2O_3 phases are also indicated. Significant depression of N_2O emissions in NH_3 -SCR reaction over the promoted catalysts at high temperatures could be successfully established but a decrease in NO conversion takes place mainly because of the oxidation of NH_3 to NO . NH_3 TPD measurements suggest that the Fe_2O_3 existing in VWT and c-VWT can significantly increase strongly-adsorbed NH_3 and NH_x moieties and these species participate in the reduction of N_2O formed at high temperatures over Fe_2O_3 -induced surface polyvanadate sites. Such surface adsorbed species can be converted to NO , besides N_2O and N_2 , that may be an intermediate to create the N_2O .

BTX를 포함한 경방향족 탄화수소 제조를 위한 LCO의 선택적 수첨처리/수첨분해 연구

오영석, 김찬우, 노해성, 이정규*, ¹강동일, ¹강흥중, ¹장순철
동아대학교 화학공학과, ¹에쓰오일(주)

벤젠, 톨루엔 및 자일렌(BTX)은 석유화학산업에서 중요한 기초 유분으로 주로 납사 개질 혹은 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 나프탈렌류, 황 및 질소 함량이 높은 LCO로부터 고부가의 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 연계실험을 통해 LCO 특성 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.

PB-35

CO₂전환을 위한 복합 반응기구 연구: 복합 촉매상에서 벤젠 인시투 알킬화 반응

오영석, 김찬우, 노해성, 이정규*
동아대학교 화학공학과

이산화탄소는 온실가스로서 탄소를 연소시키거나 탄소가 포함된 산화반응에서 최종부산물로 발생되며, 지구 온난화 및 기후변화의 주요 원인이다. 최근 지구온난화 문제를 해결하기 위하여 세계 주요 국가들은 국제 파리협약을 맺어 자체적으로 온실가스인 이산화탄소의 배출을 규제 및 감소시키고 있다. 또한 이산화탄소의 배출감소 노력과 더불어 재활용하기 위한 많은 연구가 진행되고 있다. 따라서 이산화탄소의 포집 기술 연구와 더불어 화학적으로 안정한 이산화탄소를 처리하는 방안에 대해서도 많은 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 온실가스 감축 효과를 높이고자 이산화탄소로부터 수요가 많은 범용 화학제품의 원료를 제조하고자, 그리고 반응성이 낮은 이산화탄소의 전환율을 높이고자, 복합반응기구를 탐색하였다. 그 일환으로 이산화탄소 수소화 반응과 벤젠 알킬화 반응에 의해 알킬 벤젠류가 생성되는 반응이 동시에 진행되는 탠덤(Tandem) 촉매반응기구를 연구하였다. 이를 위해 이산화탄소 수소화 반응용 촉매와 제올라이트 복합 촉매를 제조하고, 충전층 반응기에서 50 bar의 압력과 300~450°C의 온도 조건에서 상기의 벤젠 인시투 알킬화 반응을 수행하였다. 본 복합반응에서 이산화탄소의 전환율과 알킬 벤젠류의 생성속도를 분석하여 기존의 이산화탄소의 수소화 반응에 대한 평형 전환율과 비교·분석하였다.

광센서를 이용한 미세가스 생성량 측정기술 개발

강우창, 오상은*

강원대학교 식품환경융합학과 바이오자원환경전공

Development of new type of respirometer system using photo sensor

Woo-Chang Kang, Sang-Eun Oh

Department of Bioconvergence Science and Technology, Kangwon National University,
Chuncheon-si, Gangwon-do, South Korea

바이오에너지 연구는 기존의 화석연료로부터 발생하는 문제점을 대체하는 에너지를 확보하기 위한 것으로 바이오메탄 등 바이오가스, 목질계 바이오매스 등이 있다. 이 중 바이오메탄 등의 바이오가스는 차량의 휘발유, 등유 등을 대체하는 수단으로 연구가 진행되고 있으며 생성량을 정확히 파악해야 이용계획 등을 정확히 수립할 수 있어 발생량을 파악하는 것이 무엇보다 중요하다. 따라서, 예측모델을 이용해 계산하거나 유량계 등 여러 방법을 통해 가스 발생량 등을 파악하는 시스템이 개발, 사용되고 있다[Park et al. [1]]. 바이오가스와는 별도로, 미생물의 호흡이나 BMP(Biochemical Methane Potential) 등의 연구 시의 가스생성/소모량 등을 파악하는 것에도 같은 기술이 사용될수 있다. 미국의 C사의 제품은 LED를 이용하는데 사전에 버블 하나의 부피를 정하고 발생된 모든 버블의 부피가 같다는 조건하에 발생된 버블의 숫자만을 카운트 하여 총 발생량을 계산한다. 하지만, 유량이 다를수록 버블의 부피가 달라지므로 빠른 유량의 분석 시에는 오차가 상당히 커지는 단점이 있다. 이를 보완하기 위해 광센서를 이용해 발생된 버블 하나 하나의 부피를 계산한 후 이를 모두 더하는 방식으로 총 발생량을 구하는 방법을 개발하였다. 위, 아래에 위치한 광센서를 버블이 통과하는데 광센서가 빛을 송신하고 반대편에서 수신하는 경우(버블이 통과하지 않는 경우) 5V를 유지하다가 버블이 통과하는 순간 굴절이 발생해 광 수신을 방해함 때문에 0V가 된다. T1은 1개의 버블이 위 센서를 통과하는데 소요되는 시간이고 T2은 1개의 버블이 아래센서에 접촉한 순간부터 위 센서에 접촉할 때 까지 소요되는 시간으로 이와 버블 하나의 평균부피 등을 이용하여 보정을 진행하였다. 보정을 통해 측정된 버블부피의 정확성을 좀 더 향상시켰으며(측정오차 최대 3%) 기기 및 전용프로그램이 단순하고 직관적으로 구성되어 있어 이용이 편리하다.

현재 여러 조건에서의 운전 및 실제 시료를 이용해 분석을 진행하고 있으며 발견되는 문제점을 계속 보완해 나가면 실제 현장에서 매우 유용하게 이용할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. Park, J. K., Kang, J. H., Ban, J. K., and Lee, N. H., "Development of Greenhouse Gas Generation Models and Estimation Method of Their Parameters for Solid Waste Landfills," J. Kor. Soc. Civ. Eng., 32(6B), 399-406 (2012).

PB-37

Ni/sand와 zeolite 촉매의 공간속도를 이용한 폴리프로필렌의 촉매 열분해

손정민^{1*}, 김수현¹, 이루세¹, 손은남², 백승훈¹
¹전북대학교 자원·에너지공학과, ²전북대학교 에너지 저장 변환 공학과

Catalytic Pyrolysis of Polypropylene Using Space Velocity of Ni/sand and Zeolite Catalysts

Jung Min Sohn¹, Soo Hyun Kim¹, Roose Lee¹, Eun Nam Son², Seung Hun Baek¹
¹Department of Mineral Resources & Energy Engineering, Chonbuk National University,
²Department of Energy Storage & conversion Engineering, Chonbuk National University

최근 전 세계적으로 플라스틱의 사용량이 증가함에 따라 버려지는 폐플라스틱 양도 증가하고 있다. 이 폐플라스틱들은 재활용률은 매우 낮으며 매립 또는 소각으로 인하여 환경에 지대한 악영향을 미치고 있다. 본 연구에서는 이러한 폐플라스틱을 재활용하는 방법으로 열분해를 이용하였으며, 폐플라스틱의 한 종류인 폴리프로필렌을 이용하여 액체연료를 생산하고 이 생산량을 증가시키기 위하여 촉매를 이용한 열분해를 수행하였다. 열분해는 열을 가하여 고분자물질을 저분자물질로 분해시키는 것으로, 얻어진 오일의 품질 향상과 수율 증가를 위해 열분해 생성물이 촉매와 반응하도록 하였다. 사용된 촉매는 sand에 Ni을 5 wt%로 담지한 5 wt% Ni/Sand와 제올라이트 촉매를 이용하였다. 공간속도 10,000 ~ 30,000 hr⁻¹에서 제올라이트 촉매 종류에 변화를 주었다. 열분해 가스는 냉각기를 지나면서 응축되어 액체연료를 회수하였으며, 얻어진 액체연료는 Gas Chromatography/Mass Spectrometry를 이용하여 분석하였다. 5 wt% Ni/sand + HY(80)을 사용했을 때 오일의 수율이 가장 높았으나, wax의 수율 또한 높게 나타났다. 두 가지 촉매를 이용하였을 경우에는 한 가지 촉매를 이용하였을 경우보다 C₁₃이상의 물질이 감소하였으며, C₅~C₉의 물질이 많이 증가함을 보였다.

참고문헌

1. Sriningsih, W., Garby, M., Wega, S., Triyono, T., Armunanto, R., and Falah, I. I., Fuel Production from LDPE Plastic Waste over Natural Zeolite Supported Ni, Ni-Mo, Co-Mo Metals, *Procedia Environ. Sci.*, **20**, 215-224 (2014).
2. Dayana, S., Sharuddin, A., Abnisa, F., Ashri, W. M., Daud, W., and Aroua, M. K., A review on pyrolysis of plastic wastes, *Energy Convers. Manage.*, **115**, 308-326 (2016).

CLC(Chemical Looping Combustion)공정에서 다양한 산소전달입자의 산화·환원 특성 분석

손정민^{1*}, 손은남², 이루세¹, 김수현¹, 백승훈¹
¹전북대학교 자원·에너지공학과, ²전북대학교 에너지 저장 변환 공학과

Oxidation and Reduction Characterization of Various Oxygen Transfer Particles in CLC(Chemical Looping Combustion)

Jung Min Sohn^{1*}, Eun Nam Son², Roosee Lee¹, Soo Hyun Kim¹, Seung Hun Baek¹
¹Department of Mineral Resources & Energy Engineering, Chonbuk National University,
²Department of Energy Storage & conversion Engineering, Chonbuk National University

전 세계적으로 에너지사용량은 꾸준히 증가하였고, 이 중 화석연료의 사용 비중이 85% 이상이다. 이처럼 에너지원으로서 화석연료는 굉장히 중요한 것을 알 수 있다. 그러나 화석연료의 사용은 온실가스의 주범인 CO₂ 배출량을 야기한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 다양한 CO₂ 저감 기술을 연구 중이며, 그 중 CLC 기술은 저렴한 비용으로 CO₂를 포집할 수 있고 발전이 가능하기 때문에 주목 받았다. 이러한 CLC 공정에서 산소전달입자의 역할은 매우 중요하다. 산소전달입자는 산소전달용량이 높고, 산화/환원반응속도가 빠를수록 우수한 입자라고 할 수 있다. 이번 연구에서는 다양한 산소전달입자의 성능비교를 위해 TGA를 통한 실험을 진행하였고 이 산소전달입자들 중 MnSnO₃ 입자가 각각의 산화·환원 반복 cycle에서 가장 높은 산소전달용량을 보였다. 그러나 MnSnO₃ 입자는 cycle이 지속됨에 따라 계속해서 산소전달용량이 감소되어 안정성이 떨어졌다. 산화반응속도는 MnTi(2대1)입자가 가장 빠른 속도를 보였다. 환원반응속도는 MnSnO₃ 입자가 다른 입자들에 비해 상당히 빠른 속도를 보였지만, 산소전달용량과 마찬가지로 산화·환원 반복 cycle이 거듭될수록 반응속도가 감소되는 모습을 보였다. 결과적으로 산소전달용량과 산화/환원반응 속도에서 MnSnO₃ 입자가 좋은 성능을 보였지만, 일정한 cycle 특성을 보이지 못하는 안정성이 떨어지는 모습을 보였다.

참고문헌

1. Fan, L.-S., 1st ed., Chemical Looping Systems for Fossil Energy Conversions, John Wiley&Sons, Hoboken, NJ, 2010.
2. Theo, W. L., Lim, J. S., Hashim, H., Mustafa, A. A., and Ho, W. S., Review of pre-combustion capture and ionic liquid in carbon capture and storage, *Applied Energy*, **183**, 1633-1663 (2016).

PB-39

H₂O+CO₂ 혼합물을 이용한 광물질 촉매 석탄 가스화에 미치는 kinetic 분석

손정민^{1*}, 이루세¹, 김수현¹, 손은남², 백승훈¹
¹전북대학교 자원·에너지공학과, ²전북대학교 에너지 저장 변환 공학과

**Kinetic Analysis on Mineral Catalyst Coal Gasification
 Using H₂O + CO₂ Mixture**

Jung Min Sohn^{1*}, Roosse Lee¹, Soo Hyun Kim¹, Eun Nam Son², Seung Hun Baek¹
¹Department of Mineral Resources & Energy Engineering, Chonbuk National University,
²Department of Energy Storage & conversion Engineering, Chonbuk National University

본 연구는 H₂O와 CO₂ 혼합물을 반응가스로한 가스화 실험에서 천연 광물질 촉매가 미치는 영향을 기-고체반응모델을 이용하여 kinetic 분석하였다. 사용된 천연광물질 촉매는 백운석(dolomite)와 고령토(kaolin)을 각각 저급탄에 5 wt% 혼합하여 사용하였으며, 실험온도는 800 ~ 900 °C에서 수행하였다. 반응 가스는 H₂O 또는 CO₂를 반응가스로 단독 사용한 경우와 CO₂+steam 혼합비 1:2, 2:1 총 4가지로 하였으며, 각각의 조건에서 가스화 실험을 수행 후 생성된 합성가스를 GC와 가스분석기로 분석하여 탄소 전환율을 계산하였다. 천연광물질 촉매의 영향을 파악하기 위해 계산된 탄소전환율을 이용하여 기-고체 반응 모델 (VRM, SCM, MVRM)에 적용하였고 그 결과 MVRM이 가장 적합하다고 판단하였다. MVRM을 이용하여 반응속도상수와 활성화 에너지 값을 구하였는데 그 결과 반응가스는 H₂O:CO₂ 비율이 1:2 혼합비로 한 경우가 가장 빠른 반응속도와 탄소전환율을 보여 주었다. 그 중 Dolomite 5 wt% 혼합한 시료가 모든 온도에서 가장 높은 반응속도상수 값(1.77, 1.98, 2.50)을 보여주었으며, 활성화에너지 값도 36.41 kJ/mol로 가장 낮은 값이었다.

참고문헌

1. Bai, Y., Wang, Y., Zhu, S., Yan, L., Li, F., and Xie, K., Synergistic effect between CO₂ and H₂O on reactivity during coal chars gasification, *Fuel*, **126**, 1-7 (2014).
2. Wang, Y.-L., Zhu, S.-H., Gao, M.-Q., Yang, Z.-R., Yan, L.-J., Bai, Y.-H., and Li, F., A study of char gasification in H₂O and CO₂ mixtures: Role of inherent minerals in the coal, *Fuel Process. Technol.*, **141**, 9-15 (2016).
3. Seo, S. J., Lee, S. J., and Sohn, J. M., The catalytic effect of lignite-CO₂ gasification with K₂CO₃, alkali earth and transition metal salts as catalytic additives, *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, **6**, 053109 (2014).

PB-40

촉매-초임계 체계에서 활성 수소의 자가 공급을 통한 리그닌의 분해

양승도, 정소연, 김도희*
서울대학교, 화학생명공학부

반응기 내부에서 초임계 에탄올을 통해 발생하는 활성 수소를 공급하여 Protobind lignin을 방향족 단량체로 분해하였으며, 이 과정에서 전이 금속을 ZSM-5 제올라이트 담체에 담지한 촉매가 사용되었다. 전이 금속으로는 코발트, 니켈 그리고 구리를 사용하였으며, 촉매 특성 분석을 위하여 촉매의 금속 담지량을 확인하기 위한 ICP-AES 분석을 시행하였고 물리적 특성을 분석하기 위하여 질소 기체 물리흡착 분석을 시행하였다. 또한, 촉매의 결정상과 크기 등을 관찰하기 위하여 SEM과 XRD 분석을 시행하였으며, 산점 분석을 위하여 암모니아 승온 탈착 분석을 시행하였다. 한 편, HSQC 2D-NMR 분석은 초임계 에탄올에 의한 수소첨가 분해 및 방향족 단량체의 알킬화 반응이 Protobind lignin의 분해를 촉진한다는 사실을 뒷받침하는 근거로 제시되었다. 결과적으로, 전이 금속 함량에 따른 수율의 경향이 화산 모양의 곡선을 형성하고 단일 방향족 화합물의 수율과 산 밀도 간에 선형의 상관관계가 있음을 관찰하였다. 또한, 전이 금속 중에서 구리 금속을 10 중량%만큼 담지하고 ZSM-5의 Si/Al₂ 비율이 30인 Cu/ZSM-5 촉매가 리그닌의 분해를 촉진시키는 데에 가장 우수한 활성을 보였다. 이 때, 방향족 단량체의 수율은 98.2 중량%이다.

PB-41

니켈 기반 촉매를 이용한 바이오매스의 열분해 및 가스화

김기훈^{a,1}, 류혜원^{a,1}, 박세용^{a,1}, 오대준^{a,1}, 류수민^a, 황유진^a, 박영권^{*a}, 이광훈^b
 서울시립대학교 환경공학과. ^a
 서울시립대학교 기계정보공학과^b

Pyrolysis and gasification of biomass using nickel based catalysts

KiHoon Kim¹, Haewon Ryu^{a,1}, Se Young Park^{a,1}, Daejun Oh^{a,1}, Sumin Ryu^a, Yujin Hwang^a,
 Young-kwonPark^{*a}, Gwang Hoon Rhee^b

School of Environmental Engineering, University of Seoul, Seoul 02504, Korea,^a
 Department of Mechanical and Information Engineering, University of Seoul, South Korea^b

화석연료 사용의 증가가 계속됨에 따라 이산화탄소 배출로 인한 지구온난화와 자원 고갈 문제는 더욱 더 커지고 있으며 이를 해결하기 위한 대체 에너지원 개발의 필요성 역시 증가하고 있다. 그 중 바이오매스는 자원 고갈의 염려가 없으며 순환의 주기가 짧아 새로운 에너지원으로 많은 주목을 받고 있다. 이러한 바이오매스는 다양한 열적 전환 공정을 통해서 오일이나 가스와 같은 연료를 만들 수 있으며 공정의 부산물인 바이오차 역시 흡착제로 이용이 가능하다는 장점이 있다. 여러 가지 열적 전환 공정 중에서 열분해와 가스화는 바이오매스를 바이오오일이나 합성가스와 같은 물질로 전환시키는 효과적인 방법으로 알려져 있다. 바이오매스의 열적 전환 공정에 있어서 생성되는 가스의 수율을 증가시키거나 바이오 오일의 개질을 위해서 촉매가 사용되기도 하는데 그 중 귀금속 촉매들은 비싼 가격으로 인해 경제적인 부분에 있어서 사용에 많은 어려움이 있다. 이러한 단점을 해결하기 위해서 상대적으로 가격이 저렴한 니켈 기반의 촉매들을 널리 사용하며 또한 많은 연구들이 이루어지고 있다. 하지만 이를 실제 바이오매스의 열분해 및 가스화에 적용하는 연구는 아직 활발하게 이루어지고 있지 않다. 따라서 본 연구에서는 니켈 기반의 촉매를 실제 바이오매스의 열분해와 가스화에 적용하여 그 특성을 알아보고 비교하고자 하였다.

사사

본 연구는 2016년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단(NRF)의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2016R1D1A1B03935954).

PB-42

항산화제를 이용한 식물성 오일의 산화안정성 향상

김기훈^{a,1}, 류혜원^{a,1}, 박세용^{a,1}, 오대준^a, 정재훈^a, 류수민^a, 황유진^a, 박영권^{*,a}
서울시립대학교 환경공학과. ^a
(주)이바이오 코리아^b

Improved oxidation stability of vegetable oils using antioxidants

Ki Hoon Kim^{a,1}, Haewon
Ryu^{a,1}, SeYoungPark^{a,1}, DaejunOh^a, JaehunJung^a, SuminRyu^a, YujinHwang^a, Young-kwonPark^{*,a}
School of Environmental Engineering, University of Seoul, Seoul 02504, Korea,^a
eBio Korea, South Korea^b

석유화학 산업의 급속한 발달은 윤활유의 대량생산을 가능하게 하였고 이는 운송과 관련된 산업이 발전할 수 있는 계기가 되었다. 하지만 이러한 윤활유는 원유를 수송하는 선박이나 어선 등을 통해서 해양으로 배출되어 생태계에 악영향을 끼친다. 따라서 이러한 피해를 줄이기 위해 기존의 합성 윤활유를 대체할 수 있는 윤활유의 개발이 필요하다. 그 중 식물성오일은 윤활성이 합성 윤활유에 비해서 뛰어나며 생분해가 가능하기 때문에 윤활유로 적용함에 있어서 충분히 연구할 가치가 있다. 하지만 고온에서 산화 안정성이 기존 윤활유보다 더 낮아서 이를 해결하기 위한 다양한 연구가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 여러 가지 항산화제를 적용하여 식물성오일의 급격한 산화를 억제하고 산화안정도를 향상시키고자 하였다.

사사

본 연구는 중소기업청에서 지원하는 2016년도 산학연 협력사업(No. C0445966)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

PB-43

ZSM-5를 이용한 셀룰로오스와 폴리프로필렌의 촉매 혼합 열분해를 통한 방향족 탄화수소 생산 증진

오대준^{a,1}, 류혜원^{a,1}, 박세용^{a,1}, 김기훈^{a,1}, 정재훈^a, 류수민^a, 황유진^a, 박영권^{*a}
서울시립대학교 환경공학과. ^a

The improvement of aromatic hydrocarbon through Catalytic co-pyrolysis of Cellulose and Polypropylene over ZSM-5

Daejun Oh^{a,1}, Haewon Ryu^{a,1}, Se Young Park^{a,1}, Ki Hoon Kim^{a,1}, Jaehun Jung^a, Sumin Ryu^a,
Yujin Hwang^a, Young-kwon Park^{*a}
School of Environmental Engineering, University of Seoul, Seoul 02504, Korea,^a

¹Co-first authors

*Corresponding author: parkyk@uos.ac.kr, catalica@uos.ac.kr

바이오매스는 고갈되어가는 화석연료를 대체할 수 있는 친환경에너지원으로 사용이 가능하고, 공업 화학의 원료 물질을 생산할 수 있는 자원으로 평가된다. 바이오매스의 열적 전환 기술 중 열분해는 산소가 없는 조건에서 바이오매스의 열에 의한 분해를 통해 바이오오일을 생산하는 방법이다. 그 중에서도 촉매혼합열분해는 바이오매스와 플라스틱을 혼합원료로 사용하여 촉매의 존재 하에 열분해를 가하는 기술로, 바이오매스의 수소결핍과 같은 한계점을 보완하여 방향족 탄화수소의 생성량을 증가시킨다. 촉매혼합열분해는 투입 플라스틱의 종류, 원료 혼합 비율, 촉매의 종류 등 조건을 다양하게 하여 연구되어왔다. 본 연구에서는 바이오매스로 셀룰로오스를, 플라스틱으로는 폴리프로필렌(PP)을 반응물로 선정하였고, 다양한 촉매를 이용하여 촉매혼합열분해를 수행하였다.

Keywords: 바이오매스, 플라스틱, ZSM-5

석탄 가스화기 운전온도 결정을 위한 회분융점 및 점도 특성에 대한 연구

김량균*, 황민영
포항산업과학연구원

Study on ash fluid temperature and viscosity characteristics for determining operating temperature of coal gasifier

Ryang-Gyoon Kim*, Min Young Hwang
Research Institute of Industrial Science & Technology

석탄 가스화 기술은 고정층, 유동층, 분류층으로 분류되며, 대용량 합성가스 생산에 적합한 분류층 가스화 기술을 기반으로 국내에서 IGCC(Integrated Gasification Combined Cycle, 석탄가스화복합발전), SNG(Synthetic Natural Gas, 합성가스) 사업이 추진 중이다. 분류층 석탄 가스화기는 합성가스 생산량, 석탄의 반응성, 석탄회분의 슬래그 배출 등을 고려하여 핵심 운전조건인 압력과 온도를 결정한다. 대부분의 분류층 석탄 가스화기는 회분의 융점 이상에서 운전을 하여 액체상인 슬래그로 배출한다. 선행연구자들은 크게 두가지 관점에서 적정한 슬래그 배출을 위한 운전온도를 정의하였다. (I) Ash Fusion Temperature(ASTM)를 기반으로 하여 Ash Fluid Temperature 보다 80 ~ 150°C 높은 온도에서 운전하는 방법 (II) Ash viscosity가 50 ~ 250Poise가 되는 온도에서 운전하는 방법을 제안하였다. 본 연구를 통해 Ash fusion temperature와 Ash viscosity를 비교하여 분류층 석탄 가스화기에서 적정한 슬래그 배출을 위한 운전온도를 연구하였다.

참고문헌

1. S Vargas, F.J. Frandsen, K. Dam-Johansen, "Rheological properties of high-temperature melts of coal ashes and other silicates," Progress in energy and combustion science, 27, 237-429(2001)
2. Ryang-Gyoon Kim, "Characterization of thermal/BQ coals utilized in gasification and carbonization," Ph.D. Dissertation, PNU, 2014

PB-45

Current and enhanced methane production by submersible microbial fuel cell in anaerobic digestion system at different.

Hoai Thi Vu and Booki Min*

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

*Corresponding author: Phone: +82-31-201-2463; Fax: +82-31-202-8854.
E-mail: bkmin@khu.ac.kr (Booki Min)

Abstract

A submersible microbial fuel cell (SMFC) was incorporated into anaerobic digestion (AD) to produce electricity generation and to enhance methane production. Different concentrations of glucose (2 g/l, 4 g/l, 8 g/l and 10 g/l) were added to SMFC-AD system as substrate, and their effects on electricity generation and methane fermentation were evaluated. The maximum current of ± 370 mA was generated at 2 g/l, followed by 4g/L (360 mA), 8 g/L (260 mA) and 10 g/l (110 mA). Substrate degradation and methane production were obtained with maximum value of 90% and 72% at 2 g/l glucose concentration, respectively. At higher glucose concentration 8 g/l, the SMFC could help recovery of pH to the optimum value (6.65) and enhanced methane production compared with the control operation (pH 5.7). However, with 10 g/l, both SMFC and control reactor couldn't maintain the optimum pH with low methane production. These results suggest that the incorporation of SMFC into AD can be used for enhancing methane production with simultaneous electricity generation.

Key words: Submersible microbial fuel cell (SMFC), glucose, sludge, electricity generation, methane production.

미생물전기분해전지를 이용한 생물학적 질산화에 미치는 암모니아 농도 및 인가전압 영향

최대현, 민부기*

경희대학교 환경응용과학과

경기도 용인시 기흥구 서천동 경희대학교 국제캠퍼스 공과대학 277호

본 연구에서는 미생물전기분해전지(microbial electrolysis cell:MEC) 산화 전극을 이용하여 합성폐수 내 암모니아의 질산화 반응을 통한 질산성 질소로의 전환 효율을 알아보았다. 질산화 반응에 필요한 산소는 외부 전압에 의한 물의 전기분해를 이용하여 공급하였으며, 예비 실험에서 약 4.5mg/L의 용존 산소가 외부 전압 1.5V에서 5일 이내 관찰되었다. 미생물전기분해 질산화 실험은 암모늄 농도(30, 50, 150 NH₄-N mg/L) 별로 각각 다른 외부전압(0.7, 1, 1.5V)에서 회분식으로 운전되었으며, 이 둘 두 인자에 의한 질산화 효율에 미치는 영향을 살펴보았다. 산화반응조 내 암모늄이온(56 NH₄-N mg/L)은 외부 인가전압 1.5V 하에서 50시간 운전시간 안에 완전히 질산염으로 전환되었으며, 아질산염 이온은 검출되지 않았다. 환원반응조에서는 산화반응조로부터의 질소 이온의 유입으로 인하여 암모니아 및 질산 이온이 측정되었고 총 질소 농도는 7mg/L 미만 이었다. 질산화 효율은 암모늄 농도가 낮아지고 외부 인가 전압이 높아짐에 따라 향상되는 것을 확인하였다. 초기 pH 7.5는 약 6시간 동안 6.5로 낮아졌으며, 초기 50mg/L의 암모늄 농도에서 질산화가 일어남에도 불구하고 외부 인가전압 1.5V 하에서 DO농도의 증가를 확인할 수 있었다. 외부 인가전압이 낮아질수록 DO의 현저한 변화를 확인 할 수 있었으며, 질산화 효율 역시 인가전압에 따라 차이가 발생했다. 150mg/L의 상대적으로 고농도 암모늄 농도에서는 1.5V의 인가 전압 하에서 10일 정도의 기간 내 완전히 제거를 확인할 수 있었으며, 30mg/L의 암모늄 농도는 같은 조건 아래 3일 이내 완전히 제거되었다. 또한 최근 생물학적 전기화학 시스템 연구에서, 외부 유기 탄소의 첨가 없이 환원전극상의 미생물을 통해 질산염이 제거 되는 것을 볼 수 있다. 따라서, 본 연구결과는 미생물전기분해전지 산화반응조 및 환원반응조의 결합을 통해 외부 폭기장치 없이 연속적으로 하폐수 내 암모니아성 질소 오염물질을 연속적으로 제거 가능함을 제시하고 있다.

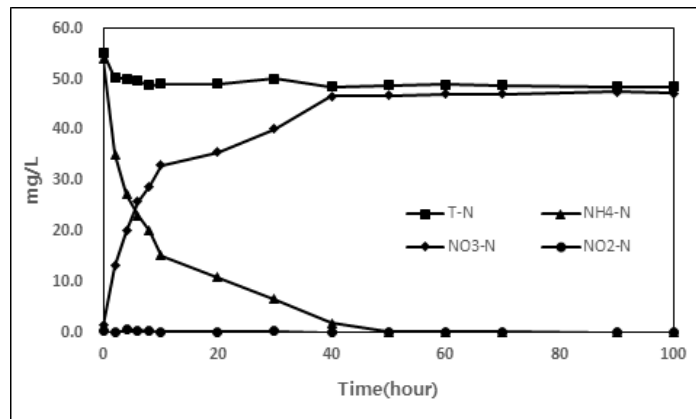


Fig. 1. 1.5V의 인가전압에서 50mg/L의 질소 농도 변화

참고문헌

1. B. Virdis, K., Rabaey, R.A., Rozendal, Z., Yuan, Y., and Mu, J. Keller., "Journal of Biotechnology". 150, 153-154 (2010)

PB-47

색을 띠는 TiO₂나노 구조체의 합성 및 특성 분석

김나연¹, 이현경¹, 문종태¹, 주지봉^{1*}

¹건국대학교 화학공학과

Synthesis and Characterization of Colored TiO₂Nanostructures

Na Yeon Kim¹, Hyeon Kyeong Lee¹, Jong Tae Moon¹, Ji Bong Joo^{1*}

¹ Department of Chemical Engineering, Konkuk University

널리 알려져 있듯이 TiO₂ 소재는 뛰어난 안정성과 촉매적 활성, 낮은 독성, 높은 경제성 등 다양한 장점을 가지는 대표적인 광촉매이다. 그러나 비교적 넓은 밴드갭 에너지(3.0~3.2eV)로 인해 자외선 영역에서만 활성을 발현하고, 낮은 양자 효율(quantum efficiency)을 보이는 단점을 가지고 있다 [1,2]. 가시광선 영역에서도 충분한 활성을 보이는 TiO₂ 소재를 개발하기 위해 많은 연구가 이루어지고 있다. 본 연구에서는 Li을 ethylene diamine에 용해한 용액을 사용한 합성법으로 색을 띠는 TiO₂를 합성하였다. TiO₂ 나노 구조체를 강력한 환원제인 Li/EDA(ethylene diamine) 용액으로 환원시키면 입자 표면에 다양한 결함들이 생기고 표면이 무질서하게 된다 [3]. 이때 밴드갭 사이에 새로운 에너지 준위들이 생기고 TiO₂ 나노 구조체는 색을 띠게 된다. 그 후 HCl 수용액을 넣어 TiO₂ 표면에 남아있는 과잉 전자와 Li 이온을 제거해주어 색을 띠는 TiO₂를 제조하였다. 이렇게 제조한 TiO₂ 나노 구조체의 특성들을 조사하였다. SEM(scanning electron microscope)과 TEM(transmission electron microscope) 분석 결과 나노 구조체가 극도의 염기 환경에서도 잘 유지됨을 확인하였으며 UV-Vis spectra 분석을 통해 밴드갭 에너지가 작아졌음을 확인하였다. 본 발표에서는 중공형 TiO₂, 혼합용매 합성법을 이용하여 제조한 구형의 콜로이드 TiO₂ 등의 다양한 색을 띠는 TiO₂ 나노 구조체를 새롭게 소개하고자 한다.

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., Liu H., Y. J., Dahl M., Yu H., Zaera F. and Yin Y., "Tailored Synthesis of C@TiO₂ Yolk-Shell Nanostructures for Highly Efficient Photocatalysis," *Catal. Today*, **264**, 261-269 (2016).
2. 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).
3. 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).

IGFC 적용을 위한 합성가스 정제용 황 흡수제 개발

권병찬¹, 이영진¹, 박노국¹, 강미숙¹, 이태진^{1*}, 이승종², 홍진표³
¹영남대학교, ²고등기술연구원, ³전력연구원

Development of sulfur absorbents for syn-gas purification in IGFC

Byung Chan Kwon¹, Young Jin Lee¹, No-Kuk Park¹, Misook Kang¹, Tae Jin Lee^{1*},
 Seung Jong Lee², Jin Pyo Hong³
¹Yeungnam University, ²IAE, ³KEPRI

신기후체제의 대응을 위한 온실가스 감축기술로서 전력생산의 고효율화는 매우 중요한 이슈라 할 수 있다. 공극적인 온실가스 감축은 신재생에너지로부터 전력을 생산하는 것이 바람직하지만, 우선은 화석연료의 이용한 청정에너지기술의 개발로부터 온실가스의 감축이 되어야 한다. 석탄의 가스화로부터 합성가스를 생산하는 석탄가스화 복합발전은 기존의 석탄화력에 비하여 높은 에너지 전화 효율을 가지면서 온실가스의 배출을 줄일 수 있는 대체 에너지 기술이라 할 수 있다. 장기적으로 석탄가스화로부터 생산된 합성가스를 이용한 연료전지기술의 연계는 에너지 생산효율의 극대화로부터 온실가스의 감축에 상당한 기여를 할 것으로 기대된다.

석탄가스화로부터 생산된 합성가스를 연료전지에 공급하기 위해서는 합성가스의 고도정제가 필수적이다. 석탄가스에는 수소와 일산화탄소로 이루어진 합성가스가 대부분을 차지하지만, 미량 성분으로 산성가스와 중금속이 함유되어 있다. 미량의 산성가스로는 COS와 H₂S가 합성가스 내에 존재하는데, 이들 산성가스는 고온에서 부식성이 강하기 때문에 터어빈을 부식시키거나, 연료전지 셀을 부식시켜 발전설비의 수명을 단축시키는 주요 요인으로 작용한다. 합성가스에 함유된 COS는 촉매를 사용한 가스분해 반응에 의해서 H₂S로 전환할 수 있으며, 생성된 H₂S와 기존에 함유된 H₂S는 모두 습식 탈황이나 건식 탈황기술로 정제가 가능하다. 습식탈황기술은 이미 상용기술이 운영되고 있으나, 흡수공정과 흡수제 재생공정 그리고 Claus공정이 포함된 대규모 설비이기 때문에 운전비용이 높은 것이 단점이다. 이를 대체하기 위한 공정이 고온흡수공정과 철 킬레이트 공정이 있다. 고온 흡수공정은 400 °C이상의 고온에서 금속산화물로 이루어진 흡수제가 H₂S와 직접 반응하여 금속 황화물 형태로 전환되면서 합성가스 중 황화합물을 선택적으로 제거할 수 있는 기술이다. 고온 탈황공정은 황 흡수공정과 탈황제 재생공정 그리고 황 회수공정으로 이루어져 있다. 습식 탈황공정에 비하여 규모가 축소된 것은 사실이지만, 여전히 여러 개의 단위공정으로 구성되어 있고 실증기술로 개발단계에 있다. 반면, 철 킬레이트 공정은 철 킬레이트제의 이온반응으로부터 H₂S를 직접 원소 황으로 전환하기 때문에 공정이 매우 단순하다. 이상과 같이 COS와 H₂S를 제거한 후 합성가스를 연료전지로 공급할 수 있으나, 실제 공정에서는 여전히 수백 ppbv수준의 황화합물이 잔존할 수 있다. 이는 철 킬레이트 공정에서는 COS가 제거되지 않기 때문에 가수분해에서 COS가 완전히 H₂S로 전환되지 않은 경우 연료전지로 COS가 유입될 수 있다. 그러므로 연료전지의 안정성을 고려하여 가드-베드를 설치하여 극 미량의 황화합물을 제거하는 것이 바람직하다고 판단하였다. 본 연구에서는 극 미량의 황화합물을 제거하기 위한 황 흡수제를 개발하고자 하였으며, 미량의 COS를 흡수하기 위해서는 흡수제의 주 성분이 COS와의 치환반응성이 높아야 하며, 표면적이 높아야 한다. 일반적으로 ZnO를 가드-베드용 흡수제로 사용하지만, COS와의 반응성은 CuO계 흡수제가 더 높은 반응성을 가진다. 또한, 이들 두 물질은 표면적이 낮기 때문에 표면적 향상을 위한 알루미나 지지체 기반의 황 흡수제를 공침법으로 제조하여 황 흡수능을 극대화 시켰다.

휘발성 유기화합물의 에너지화를 위한 톨루엔의 수증기 및 자열개질의 비교

이영진¹, 권병찬¹, 박노국¹, 이승우¹, 이태진^{1*}, 강석환², 홍범의², 김호²
¹영남대학교, ²고등기술연구원

Comparison of steam and auto-thermal reforming for energy conversion of volatile compounds to syn-gas

Byung Chan Kwon¹, Young Jin Lee¹, No-Kuk Park¹, Seung Woo Lee¹, Tae Jin Lee^{1*},
 Suk Hwan Kang², Bumui Hong², Ho Kim²
¹Yeungnam University, ²IAE

최근 초미세먼지로 인한 대기오염이 사회적 이슈가 되고 있으며, 국민생활건강을 위한 미세먼지 억제를 위한 대응기술의 필요성이 높아지고 있다. 현재까지 알려진 바에 위하면, 미세먼지는 PM10과 PM2.5와 같은 입자상 부유분진 외에 초미세먼지로 분류되고 있는 에어로졸 상태의 미세먼지는 대기 중으로 배출되는 질소산화물이나 황산화물에 의해서 생성된다는 보고가 있다. 질소산화물은 탄화수소와 같은 연료의 연소과정에서 필연적으로 발생되며, 이는 공기 중의 질소가 1300 °C이상의 고온에서 연소되는 과정에서 산화되어 질소산화물로 배출되어 발생된다. 그러므로 내연기관을 비롯하여 화력발전소에는 반드시 탈질공정을 설치하여야 한다. 이와 같은 탈질공정은 SCR 및 SNCR공정으로 잘 알려져 있으며, 자동차 배기가스 정화용 촉매장치와 발전소의 탈질공정에 적용되어 있다. 그러나 인쇄공장이나 도장공정 등에서 발생하는 휘발성 유기화합물은 대기 중으로 배출하기 전 flare stack에서 연소시켜 처리한다. 이들 산업에서 발생하는 휘발성 유기화합물들은 대부분 저농도로 배출되기 때문에 직접 촉매공정에 적용하기에 어려움이 있다. 그러므로 저농도의 배출가스를 연소시켜 제거하는 것이 대부분이다. 이와 같이 휘발성 유기화합물을 연소시켜 배출할 경우, 연소과정에서 질소의 산화에 의한 질소산화물이 발생되며, 초미세먼지의 원인이 될 수 있다.

본 연구에서는 인쇄 및 도장 공정에서 발생하는 휘발성 유기화합물을 흡착제를 이용하여 흡착한 후 탈착하는 과정에서 고농도의 액상 유기화합물로 응축시켜 에너지 생산을 위한 연료로 사용하고자 하였다. 응축된 휘발성 유기화합물은 탄화수소로 이루어져 있기 때문에 개질반응에 의해서 수소와 일산화탄소로 전환된다. 잘 알려져 있는 것과 같이, 탄화수소의 개질은 수증기 개질과 자열개질 그리고 부분산화반응에 의한 개질로 구분된다. 이들 개질공정 중 합성가스의 생산량이 가장 높은 것이 수증기 개질이며, 가장 낮은 것이 부분산화반응에 의한 개질이다. 반면, 수증기 개질반응은 높은 흡열반응이기 때문에 반응을 위한 에너지 소모가 높은 공정이기도 하다. 수증기 개질반응은 탄화수소의 개질과정에서 에너지 소모가 가장 높고, 부분산화반응은 에너지 소모가 상당히 낮다. 이들 두 공정의 장점과 단점을 고려하여 제안된 개질기술이 자열개질 공정이다.

본 연구에서는 휘발성 유기화합물로 톨루엔을 사용하였으며, 톨루엔은 인쇄 및 도장공정에서 용제로 사용하는 시너의 주요 성분이다. 톨루엔의 개질로부터 합성가스를 생산하기 위한 촉매공정으로 수증기 개질과 자열개질반응을 비교하였다. 본 연구에서 개질반응을 위하여 사용된 촉매는 니켈계 촉매이며, 지지체로 알루미나를 사용하였다. 개질반응이 고온에서 운영되기 때문에 촉매의 안정성을 고려하여 함침법에 의해 제조된 촉매를 사용하였다. 톨루엔의 개질에서 촉매 비활성화를 유발하는 요인은 고온 운전에 의한 니켈의 소결과 카본침적에 의한 코킹이다. 본 연구에서는 카본침적에 의한 촉매 비활성화를 고려하여 수증기 개질과 자열개질 반응 후 촉매 표면특성 변화를 조사하였다. 자열개질은 반응기로 공기가 일부 공급되기 때문에 합성가스의 농도가 다소 낮아지지만, 촉매 표면의 카본침적은 확인되지 않았다. 그러나 수증기 개질반응 후에는 상당한 카본침적이 일어났으며, 이는 흡열반응에 의해 촉매층 온도가 낮아졌기 때문이라 판단된다. 그럼에도 불구하고 S/C비가 3.0 이상에서는 카본침적이 현저히 낮아지는 것으로 관찰되었다.

Effect of sulfur-functionalization methods of activated carbons on their mercury adsorption capacity

Thi Phuong Thao Nguyen, Moon Hyeon Kim*, Yong-Seok Hong
Department of Environmental Engineering, Daegu University

A variety of surface functionalities, such as carboxylic, lactone, phenol, carbonyl, ether, and quinone in microporous activated carbons (AC) can be functionalized to sulfur groups that reacts with elemental mercury to form HgS due to a strong affinity between two components. Therefore, we have investigated sulfur-functionalization of AC using different techniques and its performance in the adsorption of elemental mercury with high concentrations at 135°C.

An activated carbon was treated at 100, 500, 800 and 1100°C for 6 h in flowing N₂, designated to ACn, where n presents the temperature. Each AC series is mechanically well mixed with elemental sulfur. Secondly, sublimated sulfur gas was used for the functionalization. Thirdly, a completely-dissolved sulfur solution in acetone was utilized as a sulfur source. The functionalized samples are referred to as ACn-MS, ACn-SS and ACn-sol in order. Finally, a polymer with sulfur groups with high sulfur content was synthesized and carbonized at 600 and 800°C. Then this sulfur polymer AC was activated using appropriate chemicals, denoted to SPCn, where n is the carbonization temperature. All the functionalization was allowed at 600°C for 3 h in a N₂ flow of 100 cm³/min.

Table 1. Mercury adsorption at 135°C on ACns with different functionalization techniques

Adsorbents	Sulfur content (%)	Q _{Hg} (μg/mg)
AC1-MS	7.76	186
AC5-MS	7.75	104
AC8-MS	7.52	82
AC11-MS	5.24	39
AC1-SS	6.38	185
AC5-SS	6.25	87
AC8-SS	5.44	128
AC1-sol	6.94	230
SPC600	-	- ^a
SPC800	-	- ^a

Note. “-”: not measured; mercury feed concentration = 460 μg/m³; Q_{Hg} = mercury uptake up to time when its concentration reached 90% of the initial feed.

^a Improbable to determine the performance due to unstable sulfur groups.

Sulfur-functionalized AC samples gave a great increase in mercury adsorption capacity compared to the ACn series. Among those, the SS series adsorbed more mercury than the MS series, proposing that the molecular size of sulfur gas plays a key role in effectively functionalizing the carbon surface. In case of the third sulfur-functionalization method, AC1-sol disclosed a higher mercury adsorption capacity in comparison with the both series. When SPCns were employed, they all showed mercury adsorption even at on-stream hours > 80 but were never saturated because the sulfur groups in SPCns were chemically unstable. Thus, an approach to their stabilization needs to be developed.

PB-51

제철소 부생가스 이용 올레핀 생산 공정 적용을 위한 재질 고온 부식 연구

오승천, 강석환, 류재홍, 김진호, 김효식¹
고등기술연구원¹

The Study of High Temperature Corrosion of Materials for Olefin Production Process by By-product Gas from Steel works

Seung-Chun Oh, Suk-Hwan Kang, Jae-Hong Ryu, Jin-Ho Kim, Hyo-Sik Kim¹
Institute for Advanced Engineering¹

제철소 부생가스는 수소, 일산화탄소, 이산화탄소, 메탄 등으로 구성되며 낮은 발열량으로 인해 발전의 연료로 활용하고 있다. 부생가스의 고부가가치 활용을 위해 부생가스 일산화탄소를 이용한 올레핀 생산 연구가 제안되고 있다. 부생가스 일산화탄소를 이용한 올레핀 생산으로 석유 대체자원의 전환이 가능하며 석유화학산업의 지속발전에 기여할 수 있다. 부생가스를 이용한 올레핀 합성 과정은 수성가스전환, CO₂ 고정화, 메탄올 합성, 올레핀 합성의 공정과정을 거친다. 수성가스전환, 메탄올 합성, 올레핀 합성 공정은 200~300 °C에서 이루어지며 350 °C 이상 온도가 상승하기도 한다. 350°C 이상의 탄화수소, 일산화탄소, 수소 분위기에서는 반응기, 열교환기 및 배관 재질에 탄화에 의한 메탈더스팅 부식이 발생하여 심각한 재질 손상을 초래할 수 있다.

본 연구에서는 부생가스를 이용한 올레핀 생산 공정 적용을 위해 재질 고온 부식 연구를 수행하였다. 400 °C 상압의 일산화탄소, 수소 분위기(CO:H₂=0.3)에서 100시간 실험을 진행하였으며 탄소강, 스테인레스스틸 304, 316, 321H, 310 및 인코넬 600 재질을 실험하였다. 부식 실험 전, 후 무게 변화를 측정하여 재질의 부식량을 평가하였으며 FE-SEM, EDS 분석을 통해 재질 표면 변화를 분석하였다. 인코넬 600 재질의 가장 적은 무게변화를 나타내었으며 스테인레스스틸 재질 중에서는 310 재질이 가장 적은 무게 변화 및 표면 변화를 나타내었다.

참고문헌

1. Jianli Zhang, Carbon Dispersed Iron-manganese Catalyst for Light Olefin Synthesis from CO hydrogenation, Korean Journal of Chemical Engineering, pp. 890-894, (2009)
2. Gusso. R et al., Cogeneration Combined Cycle for Steel Industry Utilizing Compressed BPG/COG/LDG Gas, Power-gen Europe '95, Industry Connects 1995, pp.489-506, 1995.
3. Aihua Xing et al., Evolution of Coke Deposit and Its Effect on Product Selectivity for Methanol-to-Olefin Reaction in Fluidized Bed, Energy & Fuels, American Chemical Society Journal v.28, no. 5, pp.3339-3344, (2014)
4. C. M. Chun et al., Mechanisms of Metal Dusting Corrosion of Iron, Journal of the Electrochemical Society, 149(7), B348-355,(2002)
5. C. M. Chun, T. A. Ramana, Metal Dusting Corrosion of Austenitic 304 Stainless Steel, Journal of the Electrochemical Society, 152, (2005)

PB-52

비식용 해조류 바이오매스 적용 연속식 열분해시스템 장기 운전특성 연구

곽연수, 장정희, 한기보*
고등기술연구원 플랜트엔지니어링센터

탄소배출량을 최소화하기 위하여 탄소중립자원인 바이오매스 기반 연료제조 기술에 대한 연구가 다양한 방법으로 진행되고 있다. 또한 원료수급 차원에서 용이한 해조류 바이오매스를 원료 기반 바이오연료로 제조할 수 있는 기술을 개발 중이다. 본 연구에서는 해조류 바이오매스 중에서 다시마의 일종인 거대조류 바이오매스를 기반으로 발전유 및 수송연료로 전환 가능한 열분해 오일로 제조하는 공정/시스템에 대하여 운전조건 최적화와 동시에 필요한 열분해 오일에 대한 성상을 조사하였다. 더불어 비식용 해조류 바이오매스로부터 연료로 사용 가능한 열분해 오일을 제조하는 공정/시스템에 대하여 장기운전 안정성을 확보하고자 하였다. 약 수 kg/hr 규모로 원료를 투입하여 열분해 반응시스템을 운전하였으며, 기존 스케일-업 운전을 통해 얻어진 운전조건과 비교함과 동시에 최적화 과정이 수행되었다.

PB-53

용매추출 아스팔트를 이용한 열분해 오일 제조에 관한 연구

안민희, 곽연수, 장정희, 한기보*
고등기술연구원

본 연구에서는 인도네시아산 역청성 오일이 포함된 원료로부터 추출된 아스팔트를 대상으로 열분해 과정을 수행하고 이로부터 얻어진 열분해 오일에 대한 물성을 조사하였다. 사용된 원료인 아스팔트는 원료로부터 아스팔트를 추출하는 데 중국에 설치 및 운전되고 있는 설비를 활용하여 역청성 오일이 포함된 원료로부터 상온/상압의 운전조건에서 용매추출 과정을 통해 얻어졌다. 용매추출 공정을 통해 얻어진 아스팔트에 대하여 열분해 과정과 동시에 이로부터 얻어진 열분해 오일의 물성 또한 조사하였다. 본 연구를 통해 역청성 오일이 포함된 원료를 이용한 열분해 오일과 용매추출을 통해 얻어진 아스팔트를 이용한 열분해 오일의 물성 비교와 동시에 경제성과 효율성을 확보 가능한 열분해 공정을 확보하고자 하였다.

폐어망을 이용한 자연분해성 고분자 조성물 개발

조혜란¹, 오유성^{1*}
¹(주)제영산업

Development of Biodegradable Polymer Compositions using a waste fishing net

Hye Ran Cho¹, Yu Sung Oh^{1*}
¹Jeyoung Industrial Co., Ltd.

최근 유실되는 어망으로부터 발생하는 유령 어업(ghost fishing)에 의한 유용 생물자원의 손실, 폐어망에 걸려든 생물의 폐사에 따른 수질오염 및 이에 따른 해양 생태계 파괴에 관한 문제점이 대두되고 있다. 특히, 어구 중에서도 어망의 경우 수중에서 유실되는 양이 상당한데, 세계적으로 어업의 규모가 커짐에 따라 내구성 향상의 목적으로 난분해성의 합성고분자가 원료로 사용되는 것에 의하여, 자연재해나 조업 중에 암초 또는 닻 등의 장애물에 유실되거나 타 어선과의 조업 경쟁으로 인하여 절단되어 투기되는 어망에 따른 유령 어업의 피해가 거의 영구적으로 발생되고 있다. 정부차원에서 수중에 방치된 어망을 수거하는 작업을 벌이고 있으나, 막대한 예산이 투입되는 것에 비해 수거되는 어구의 수가 미비한 수준에 그치고 있으며, 수집된 폐어망 역시 여러 오염물질에 의한 부패 및 오랜 시간 야적되어 부패가 가속화되는 것에 따라 쉽게 처리되지 못하고 방치되고 있는 실정이다.

본 연구는 폐어망을 이용한 어구용 자연분해성 고분자 조성물 개발에 관한 것으로, 수집된 폐어망을 원료 물질로서 사용하는 것에 의하여 야적된 폐어망으로부터 발생하는 악취, 공간 활용의 제약 등의 문제를 해결하여 생활환경 개선효과를 갖고, 이를 통하여 지속적인 폐어망의 활용 처를 마련하는 것에 의하여 장기적으로 환경문제 해결 방안을 제시하고자 한다.

사사

본 연구는 2017년도 해양수산부의 재원으로 해양수산과학기술진흥원(KIMST)의 지원을 받아 수행한 연구 과제(미래해양산업기술개발사업 No.20160186)이며, 이에 감사드립니다.

PB-55

흡착제 응용을 위한 중형기공성 알루미나의 합성 및 기능화

Huyen Thanh Vo, 김민기, 주지봉
 건국대학교 화학공학과

Synthesis and Functionalization of Ordered-Mesoporous Aluminas for Applying as an Adsorbent

Huyen Thanh Vo, Min Ki Kim, Ji Bong Joo*
 Department of Chemical Engineering, KonKuk University

Ordered Mesoporous Alumina (OMAs) which can be used as a adsorbent for removing ammonium (NH_4^+) from aqueous solution was synthesized with different pore structures by Evaporation Induced Self Assembly (EISA) method. The pore properties of the materials were controlled by adjusting acid concentrations and calcination conditions, and characterized by BET, TGA, FT-IR, XRD, and TEM analyses. Furthermore, the OMAs were functionalized by phosphoric, sulfuric, and calboxylic acid groups on the surface to increase the acidity of the materials. In the adsorption test, the effects of adsorbent amount, ammonium concentration, as well as reaction temperatures and times were investigated. The prepared OMA samples showed uniform pore diameter with high surface area and the enhanced physical/chemical properties for the removal of ammonium ion from aqueous solution, compared to commercial other alumina materials. In this presentation, we will discuss further our synthesis, characterization and adsorption performance of the OMA materials.

감사: 본 연구는 화학사고 대응 환경기술개발사업(#2017001960004)에서 지원받았습니다. 본 연구는 미래창조과학부의 재원으로 한국연구재단의 기초연구실지원사업 (NRF-2017R1A4A1014806) 지원을 받아 수행된 연구입니다.

1. Haseena, P. V., et al., "Adsorption of Ammonium Nitrogen from Aqueous Systems Using Chitosan-Bentonite Film Composite." *Procedia Technology*. 24(Supplement C), 733-740, (2016).
2. Meder, F. et al., "Protein adsorption on colloidal alumina particles functionalized with amino, carboxyl, sulfonate and phosphate groups." *Acta Biomaterialia*. 8(3), 1221-1229 (2012).
3. Grant, S. M. and Jaroniec M., "Effect of acid concentration on pore size in polymer-templated mesoporous alumina." *Journal of Materials Chemistry*. 22(1), 86-92 (2012).

PB-56

Adsorptive Separation of CO₂ and H₂S from Natural gas using MIL-101(Cr)

Phani B. S. Rallapalli, Hyung Chul Yoon, Hee Tae Beum, Sang Sup Han and Jong-Nam Kim

Clean Fuel Laboratory, Korea Institute of Energy Research, Daejeon, 305-343, Republic of Korea.

Methane is the major component of raw natural gas, but it also contains considerable amounts of light and heavier hydrocarbons along with other contaminants such as CO₂ and H₂S (i.e. acid gases in general) that cause corrosion and fouling of the pipeline and equipment during transportation and liquefaction. To achieve the specifications for liquefied natural gas (LNG), the acid gas levels must to be controlled to ≤ 50 ppmv CO₂ and ≤ 4 ppmv H₂S. Currently, adsorptive acid gas removal technologies have received significant interest because of the simplicity of adsorbent regeneration by thermal or pressure variation. Recently Metal-Organic Frameworks (MOFs), which are formed by the combination of metallic clusters with organic ligands, have attracted particular attention as novel adsorbents than conventional zeolites and activated carbons because of their large surface areas and pore volume.

In the present study, MIL-101(Cr) was hydrothermally synthesized using acetic acid as mineralizing agent and physicochemically characterized; it was extruded using a 15% carboxymethyl cellulose (CMC) binder. The CO₂ and CH₄ adsorption capacities measured at 298 K in the pressure range 0-3 MPa were found to be 26.31 and 8.89 mmol/g for powder and 19.26 mmol/g and 6.04 mmol/g for extrudate, respectively. The H₂S adsorption capacities at 298 K in the pressure range 0-0.1 MPa were found to be 7.28 mmol/g for powder and 4.04 mmol/g for extrudate. The hydrothermal stability of MIL-101(Cr) was examined by keeping the sample in hot water at 373 K for 7 days. The PXRD patterns and CO₂ adsorption isotherms suggest that no structural damage was occurred. Cyclic adsorption measurements of H₂S were performed on powder and extrudate at 298 K in the pressure range 0-0.1 MPa. The samples were regenerated under vacuum at 423 K for 12 h for each cycle. The H₂S adsorption seems to be irreversible on the powder form. After four cycles, 10.3 % and 1.9% losses of its original capacity for the powder and extrudate respectively were observed. A 2-98% CO₂-CH₄ binary gas mixture can be successfully upgraded at 298 K into LNG-quality natural gas via pressure swing adsorption under the optimized conditions ($P_{feed} = 6$ MPa, $V_{linear} = 0.127$ m/s and $Q_{purge} = 178.97$ cm³/g). Upgrading 2% CO₂+0.02% H₂S+97.98% CH₄ via PSA was found to be difficult because H₂S was not completely desorbed at 298 K. In cases where natural gases containing low partial pressures of H₂S are treated, vacuum swing or temperature swing adsorption with MIL-101(Cr) may be the suitable option.

PB-57

유독가스 흡착을 위한 비드형태의 알루미나 흡착제의 합성

김민기, 보 탄 휴옌, 주지봉*
건국대학교 화학공학과

Synthesis of Bead-shaped Alumina Adsorbents for Adsorption of Toxic Gases

Min Ki Kim , Vo Thanh Huyen , Ji Bong Joo*
Department of Chemical Engineering, Konkuk University

암모니아, 일산화탄소, 아르신, 포스핀 등의 가스들은 미량의 양이라도 누출되었을 때 인간의 사망을 일으킬 정도로 위험한 독성가스로 분류된다. 이러한 독성가스들을 제거하는 기술들은 대기오염을 방지할 뿐만 아니라, 독성가스 누출로 인한 발생하는 사고들을 방지하는데 중요한 요인이다. 여러 가지 독성 가스 제거 방법 중, 다공성 흡착 소재를 이용한 흡착기술은 간단하며, 경제적이며, 높은 제거성능에 의해 범용적으로 사용되는 방법이다. 선행연구에서 독성가스중 하나인 암모니아 가스를 흡착할 수 있는 소재로 중형 기공성 알루미나(MA, Mesoporous alumina)가 제안되었다. 선행연구에서 제조한 MA의 경우, 넓은 표면적과, 산점 특성으로 높은 암모니아 흡착 특성을 보였으나, 파우더 형태의 소재이기 때문에 실제적 사용의 제한을 받는다. 이를 해결하기 위해서는 성형화된 흡착제의 개발이 필요하다. 본 연구에서는 흡착제인 MA의 장점을 살리고 넓은 표면적을 유지하며, Bead형태로 성형화된 기공성 알루미나를 개발하였다. [1,2] 키토산을 이용하여 주형을 만들고, Aluminum Nitrate를 전구체로 사용하여 암모니아수에 Dropwise 한 후, 소성하여 제조하였다. 본 연구에서는 Bead 형태가 유지되면서 넓은 표면적의 기공성 알루미나를 합성하기 위해 여러 가지 합성조건을 조절하였다. 열처리 전 TGA를 통하여 주형인 키토산이 완전히 연소되는 온도를 확인하였고, 소성을 진행하였다. BET 분석 결과, MA-600 (600°C에서 소성한 Bead 형태의 알루미나)에서 기공들이 많이 형성되었으며, 높은 표면적을 보이는 것을 알 수 있었다. 또한, 주사전자현미경(SEM)을 통하여 MA시료표면 정보를 확인 할 수 있었으며, 암모니아를 모델 가스로 독성가스 흡착실험을 수행한 결과, 본 연구에서 제조한 Bead 형태의 MA가 높은 암모니아 흡착성능을 보이는 것을 확인 할 수 있었다.

감사: 본 연구는 화학사고 대응 환경기술개발사업(#2017001960004)에서 지원받았습니다. 본 연구는 미래창조과학부의 재원으로 한국연구재단의 기초연구실지원사업 (NRF-2017R1A4A1014806) 지원을 받아 수행된 연구입니다.

참고문헌

1. Humberto V. Fajardo, Amarildo O. Martins, Rusiene M. de Almeida, Lucia K. Noda, Luiz F.D. Probst, Neftali L.V. Carren, Antoninho Valentini "Synthesis of mesoporous Al₂O₃ macrospheres using the biopolymer chitosan as a template: A novel active catalyst system for CO₂ reforming of methane" *Materials Letters*, **59** 3963 -3967 (2015).
2. Changjoo Yeom, Younghun Kim "Adsorption of ammonia using mesoporous alumina prepared by a templating method" *Environ. Eng. Res.*, **22**(4): 401-406 (2017)

나노구조 금속산화물을 이용한 초강산 촉매의 제조 및 특성 분석

이경우, 이현경, 문종태, 박건희, 주지봉*
건국대학교 화학공학과

Preparation and characterization of super acid catalysts by using nanostructured metal oxides

Young Woo Lee, Hyeon Kyeong Lee, Jong tae Moon, KeonHee Park, Ji Bong Joo*
Department of Chemical Engineering, Konkuk University

금속 산화물 나노입자 및 나노구조체는 넓은 표면적과 높은 기공성 및 액상분산성 등의 장점을 가지고 있어 흡착제, 전기화학 디바이스, 화학공정 촉매 등 여러 분야에서 사용될 수 있다. 본 연구에서는 금속 산화물 나노소재를 이용하여, 황산염처리 및 소성 공정을 거쳐, 금속산화물 소재에 초강산 산점이 도입된 산촉매를 제조하고 그 특성변화를 관찰하였다. 본 연구에서 사용된 금속 산화물은 SiO_2 , TiO_2 , ZrO_2 , Al_2O_3 소재이며, 상용적으로 판매되는 나노입자 형태의 금속산화물을 이용하여 황산염 기능을 도입하였다. 본 연구에서 제조된 금속산화물 촉매들은 XRD와 NH_3 -TPD, FT-IR, TGA analysis, SEM 등의 특성 분석 방법으로 그 물리적/화학적 특성을 조사하였다. FT-IR 분석을 통해 황산염 기능기 도입여부를 확인하였고, SEM 분석을 통해 촉매 표면변화를 관찰하였다. NH_3 -TPD를 통해 변형된 금속산화물 초강산 촉매의 산점의 양과 산세기를 분석하였다. TGA 분석을 통해, 촉매와 산처리에 생성된 황산염과의 결합의 강도를 확인하였고, XRD를 통해서 변형된 금속산화물촉매의 결정성을 확인하였다. 본 연구에서 수행한 연구결과, 동일한 황산염 처리 및 소성공정을 거치더라도, 사용되는 촉매 소재에 따라 그 산점 개수와 산세기가 달라지는 것을 확인 할 수 있었으며, 이는 이후 다양한 특성을 가진 산촉매 설계에 중요한 기초자료를 제공할 수 있을 것이라 판단된다.

감사 : 본 연구는 화학사고 대응 환경기술개발사업(#2017001960004)에서 지원받았습니다. 본 연구는 2017년도 미래창조과학부의 재원으로 한국연구재단의 기초 연구실 지원사업 (NRF-2017R1A4A1014806) 지원을 받아 수행된 연구입니다.

참고문헌

1. By C. Jeffrey Brinker et al. "Surface and acidic properties of mixed titanium and zirconium sulfated oxides" *Physicochem. Eng. Aspects*, **302**, 36-43, (2007)
2. Zhichao Miao et al. "Self-Assembled Mesoporous Zirconia and Sulfated Zirconia Nanoparticles Synthesized by Triblock Copolymer as Template" *Applied Surface Science*, **411**, 419-430, (2017)
3. Manishkumar S. Tiwari et al. "Magnetically separable sulfated zirconia as highly active acidic catalysts for selective synthesis of ethyl levulinate from furfuryl alcohol" *Green Chem*, **19**, 963-976, (2017)

PB-59

Effect of temperature on the functional properties of collagen and skin hydrolysate of bigeye tuna in subcritical water treatment

Raju Ahmed¹, and Byung-Soo Chun¹ *

¹ Department of Food Science and Technology, Pukyong National University
45 Yongso-ro, Nam-gu, Busan 48513, Korea
*E-mail: bschun@pknu.ac.kr

Subcritical water is considered as a promising tool alternative to traditional method of bioconversion. Hydrolysis is the process to convert the high molecular weight protein to low molecular weight peptides, which have gained a lot of interest in the foods, pharmaceuticals and cosmetics industry because of their many functional potentials such as antioxidant, antihypertension, anti-obesity, antiosteoporosis, anticancer, antiwrinkle etc. Chemical and enzymatic process are usually used to hydrolyze protein. Although enzyme has wide application in hydrolyzing protein, but they are claimed as expensive, time consuming, and requiring the use of acids or bases for pH control. Subcritical water hydrolysis (SWH) is considered as an environmentally friendly technology that can hydrolyze proteins without the use of expensive enzymes and hazardous acids or alkali. Subcritical water gains unique properties, which changes in hydrogen bonding structure, increases ionic product and dielectric constant that facilitate water to act as either an acid or a base catalyst. SWH was applied to obtain antioxidant and antimicrobial hydrolysates from tuna skin and collagen. Different temperatures (120-300 °C) with a pressure of 50 bar or just above the saturation vapor pressure and reaction time (5 min) were employed to find out the optimum temperature for the production of functional hydrolysates. Degree of hydrolysis was highest at 250 °C for both skin hydrolysate (SH) and collagen hydrolysate (CH). Antioxidant activities evaluated by four different assays, i.e., ABTS free radical scavenging activity, DPPH free radical scavenging activity, FRAP, and metal chelating activity increased with increasing temperature and were found to be highest at 280 °C. Both hydrolysates showed antimicrobial activity against *B. cereus*, *P. putida* and *S. aureus* with the higher activity shown by CH at 280 °C. The structural (267.89 mg/100 g) and free amino acids (57.48 mg/100 g) in CH were found to be highest at 220 °C and 250 °C, respectively. Molecular weight profile of selected hydrolysate showed that low molecular weight peptides (<600 Da) and/or free amino acids are associated with functional activity. Therefore, fish skin and collagen hydrolysates produced by SWH have immense potential to be used as functional elements in food industries.

PB-60

La_{0.1}Sr_{0.9}Co_{0.2}Fe_{0.8}O_{3-d} 촉매를 이용한 매립지 가스 내 미량 산소제거

김민관, 이성운, 박정훈*
동국대학교

Oxygen removal in landfill gas (LFG) Using La_{0.1}Sr_{0.9}Co_{0.2}Fe_{0.8}O_{3-d} catalyst

MinKwang Kim, Sungun Lee, Junghoon Park*
Dongguk University

메탄은 이산화탄소 다음으로 배출량이 가장 많은 온실가스이며, 지구온난화 지수는 이산화탄소에 비해 25배 높아 배출 시 심각한 온실효과를 유발한다. 폐기물 매립지에서 발생하는 메탄은 대부분 연소되거나 대기중으로 배출되고 있는 실정이다. 매립지에서 발생하는 메탄은 3.3%라는 높은 수준으로 증가하고 있으며 2020년에는 24,000 천톤 이상 배출될 것으로 예상된다. 배출되는 매립지 가스를 신규 에너지원으로 활용하기 위해서는 매립지 가스내 불순물을 제거하는 공정이 필요하게 되며, 산소는 파이프 부식 및 폭발위험 때문에 반드시 제거되어야 한다. 매립지 가스에서 산소를 제거 하기위해 산소 공공이 존재하는 La-Sr-Co-Fe 계열의 페로브스카이트 촉매를 제조 하였다. 실제 공정에 적용하기 위해 분말상태의 촉매를 중공사형 펠렛으로 성형하였다. 펠렛 촉매를 실험실 규모의 성능 실험 장치로 메탄산화 실험을 진행 하였다. XRD 분석을 통하여 페로브스카이트 촉매의 결정을 확인하였으며, 펠렛 촉매의 기공구조 및 특성이 메탄 산화에 미치는 영향을 규명하기 위해 SEM 및 CFP 분석을 진행하였다. 추가적으로 TPR으로 촉매 표면의 산소 흡탈착 메커니즘을 분석하였다.

사사 : 본 연구는 환경부 글로벌탑 환경기술개발사업 중 Non-CO2 온실가스 저감기술개발 사업단의 지원으로 수행되었습니다 (2017002410012).

PB-61

페로브스카이트계 물질을 이용한 산소 분리 공정 개발

채진웅, 에드아르도 마노네, 박정훈*
동국대학교

Development of oxygen separation process using perovskite materials

Jinwoong Chae, Edoardo Magnone, Junghoon Park*
Dongguk University

심랭법을 이용한 산소 분리 기술은 대표적인 상용화 기술로 사용되어 왔으나 상변화를 이용한 분리 공정 특성상 에너지 효율의 문제가 제기 되고 있다. 최근에는 심랭법 공정을 대체하기위해 페로브스카이트계 물질을 이용한 산소 분리 기술 개발되고 있다. 본 연구에서는 페로브스카이트계 물질인 $Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{0.8}Fe_{0.2}O_{3-\delta}$ 를 상전이법을 이용하여 외경 1.44mm, 내경 0.78mm인 중공사형태의 분리막을 제작 하였으며, 이를 적용한 산소 분리 공정에 대하여 연구하였다. 산소투과도 및 이산화탄소에 대한 내성을 향상 시키기 위하여 표면에 $Sm_{0.3}Sr_{0.7}Cu_{0.2}Fe_{0.8}O_{3-\delta}$ 과 $Ce_{0.8}Sm_{0.2}O_{2-\delta}$ 을 코팅하였다. 실제 산소분리막 모듈에 적용하여 중공사막 충전율에 따른 산소분리 특성을 확인하였다. 중공사막의 개수가 증가할수록 단위 분리막의 투과도는 감소하였으나, 산소 투과량은 증가하였다. 단위 부피당 막면적이 $106 \text{ m}^2/\text{m}^3$ 일 때 산소 투과도는 $2.56 \text{ ml}/\text{min} \cdot \text{cm}^2$ 이었으며, 산소투과량은 $83 \text{ ml}/\text{min}$ 이었다.

사사 : 본 연구는 환경부 글로벌탑 환경기술개발사업 중 Non-CO2 온실가스 저감기술개발 사업단의 지원으로 수행되었습니다 (2017002410012).

PB-62

무전해 도금을 이용한 Pd이 코팅된 α - Al_2O_3 중공사막의 수소투과특성

임수민¹, 신민창¹, 박정훈^{1*}
¹동국대학교 화학공학과

Hydrogen permeation characteristics of α - Al_2O_3 hollow fiber coated with Pd by electroless plating

Soo-Min Lim¹, Min-Chang Sin¹, Jung-Hoon Park^{1*}
¹Department of Chemical Engineering, Dongguk University

기후변화의 원인 중 하나인 이산화탄소를 발생시키는 화석연료의 대체 에너지로 연소 후 오염물질의 배출이 전혀 없는 수소 에너지가 주목받고 있다. 이에 따라 산업공정에서 수소를 사용하기 위해 고순도 수소 제조 기술 개발의 필요성이 대두되고 있다.[1] 수소 제조 기술 중 분리막을 이용한 기술은 낮은 설치비용, 간단한(compact) 공정, 반응/분리 동시공정 등과 같은 장점이 있다.

수소원자는 금속 표면에 흡착하여 해리되고 금속 격자 사이를 이동해 다시 수소분자로 재결합되어 탈착할 수 있다.[2] 이러한 과정을 통해 수소는 금속을 통해 투과할 수 있으며 이에 따라 금속을 분리막 표면에 코팅하여 수소를 분리시키는 연구가 진행 중이다. 특히 수소원자는 팔라듐에서 높은 용해도와 이동도를 보이기 때문에 우수한 수소 투과 특성을 나타내, 이산화탄소와 수소의 분리 등 다양한 분야에서 사용되고 있다.[3]

본 연구에서는 무전해 도금을 이용하여 Pd계 금속을 α - Al_2O_3 중공사 형태의 지지체에 증착시켰다. Pd을 증착하기 전, seeding 과정을 통해 지지체에 Pd 핵을 심어 금속의 증착이 용이하도록 하였으며 30°C에서 무전해 도금을 진행한 후 Pd이 치밀하게 코팅되었는지 확인하기 위해 중공사막 내부를 진공으로 만들어 leak 테스트를 진행하였다. 30분 동안 압력의 변화가 없음을 확인하였고, 고온 수소투과 실험을 통해 분리막의 수소투과특성을 확인하였다.

참고문헌

1. Jung Y. M., Jeon S. I., and Park. J. H., "Fabrication and Hydrogen Permeation Properties of V99.8B0.2 Alloy Membrane for Hydrogen Separation," *Membr. J.*, 21, 345-350 (2011)
2. Ryi S. K., and Park J. S., "Research Trend of Pd-based Hydrogen Membrane," *J. Ind. Eng. Chem.*, 14, 46-53 (2011)
3. Woo B. I., and Kim D. W., "A Study on the Palladium Alloy Membrane for Hydrogen Separation," *J. Kor. Inst. Surf. Eng.*, 42, 232-239 (2009)

PB-63

Water Vapor Separation Using Nanocomposite Hollow Fiber Membranes with β -Cyclodextrin Encapsulated Magnetite Nanoparticles

Ali M. Abou-Elanwar^{1,2,3}, Jae-Deok Jeon¹, Won Kil Choi¹, Pravin G. Ingole⁴, Hyung-Keun Lee^{1,2,*}

¹Greenhouse Gas Laboratory, Korea Institute of Energy Research

²Department of Advanced Energy and Technology, Korea University of Science and Technology

³Engineering Research Division, National Research Centre, Egypt

⁴Engineering Science and Technology Division, CSIR-NEIST, India

Waste steam could be existed nearly in every plant where steam is applied. For instance, coal-fired power plants produce electricity from burning coal and emit huge quantities of flue gases which mostly consist of N_2 (ca. 72 vol.%), CO_2 (ca. 14 vol.%), water vapor (ca. 11 vol.%), and other contaminants. Discharging the spent steam to the atmosphere is a serious energy loss and environmental issue as well as water wasting problem. The membrane technique for water vapor separation and recovery has been developed and applied in various industrial fields over many decades due to its simplicity, scalability, and high energy efficiency. Nowadays, thin-film composite (TFC) polymeric hollow fibers membranes are widely applied in industrial gas separation to improve the membrane performance. Despite these efforts, further enhancement in gas separation performance of polymeric membranes is needed to exceed the well known trade-off between permeability and selectivity. In this work, β -cyclodextrin encapsulated magnetite (β CD- Fe_3O_4) nanoparticles were successfully synthesized with small size less than 10 nm. These particles were incorporated in the thin-film polyamide membrane obtained by the interfacial polymerization between diethylene triamine (DETA) and trimesoyl chloride (TMC) deposited on the surface of polysulfone hollow fibers, thereby resulting in the thin-film nanocomposite (TFN) membrane. The prepared nanoparticles and nanocomposite membranes were characterized using FT-IR, FE-SEM, AFM, TEM, contact angle, and XPS analysis. The water vapor permeance and selectivity were measured for nanocomposite membranes with various β CD- Fe_3O_4 loading. The selectivity of the membranes were highly improved with increasing the β CD- Fe_3O_4 loading until 0.2wt.% with little scarifying in the permeance and after this point the selectivity decreased due to agglomeration of nanoparticles. The best performance was obtained for the nanocomposite membrane with β CD- Fe_3O_4 loading of 0.2 wt.% which showed 3014 GPU permeance and 764 selectivity. Furthermore, the overall and individual resistances were investigated as function of concentration polarization.

PB-64

초임계 이산화탄소와 에탄올 보조용매를 이용한 오미자로부터 회수된 Oil의 특성

김창완¹, 허명록², Adane Tilahun Getachew¹, Periaswamy Sivagnanam Saravana¹, 전병수^{1*}
¹부경대학교 식품공학과
²하남대학교 화학화공대학

Characteristics of Oil Recovered from Omija (*Schisandra chinensis*) using Supercritical Carbon Dioxide and Ethanol as Co-solvent

Chang-wan Kim¹, Ming-lu Xu², Adane Tilahun Getachew¹, Periaswamy Sivagnanam Saravana¹, and Byung-soo Chun^{1*}

¹Department of Food Science and Technology, Pukyong National University
Busan, Korea, 48513

²School of Chemistry & Chemical Engineering, Henan Institute of Science and Technology,
Henan, China, 453003

Omija (*Schisandra chinensis*) is a plant belonging to the Magnoliaceae family. It produces dark red fruit in September-October. It is mainly consumed in the form of tea and drink made from the pulp of the fruit. However, previous researches reported that 80% of the main beneficial compounds of Omija fruit are contained in seeds, and about 20% is contained in flesh and rind. Therefore, it is difficult to get more than 80% of the beneficial ingredients contained in seeds by consuming only the flesh of the fruits as tea or drink. Although consumption of Omija has several pharmacological effects such as antioxidant, antibacterial action, alcohol detoxifying action and hepatic protection are known, information about the extracting and utilization of useful components from the seeds of Omija is very limited.

In this study, supercritical carbon dioxide and ethanol as co-solvent was used to extract oil from fruit and seed of Omija. Carbon dioxide used as a main solvent is an environmentally friendly solvent, which is easy to extract non-polar compounds from natural materials, and when ethanol used as co-solvent it is possible to extract polar functional materials.

The extraction was conducted at 50 °C and 250 bar using ethanol as co-solvent^[1]. The fatty acid content of the extracted oil was analyzed using GC-FID. Antimicrobial activity, antioxidant activity, total polyphenolic content, and total flavonoid contents of the oil were also determined in order to recommend the possibility of Omija fruit and seed extract in food, cosmetics and pharmaceutical industries.

참고문헌

1. C. H Lin, H. W Lin, J. Y Wu, J. Y Houg, H. P Wan, T. Y Yang, M. T Liang, J. of Supercritical Fluids, Vol. 98, 2015, pp. 17-24.

PB-65

폐기물 가스화 합성가스의 수성가스전이반응용 Co/CeO₂ 촉매에 알칼리 및 알칼리 토금속 첨가에 따른 영향 연구

김경진, 이열림, 장원준, 심재오, 전경원, 나현석, 김학민, 유성연, 안선용, 김범준, 조재완, 노현석*
연세대학교

Effect of alkali and alkaline earth metal on Co/CeO₂ catalyst for the water-gas shift reaction of waste derived synthesis gas

Kyoung-Jin Kim, Yeol-Lim Lee, Won-Jun Jang, Jae-Oh Shim, Kyung-Won Jeon, Hyun-Suk Na,
Hak-Min Kim, Seong-Yeun Yoo, Seon-Yong Ahn, Beom-Jun Kim, Jae-Wan Cho, Hyun-Seog Roh*
Yonsei University

We prepared a series of alkali (Na and K) and alkaline earth metal (Ca and Ba) promoted Co/CeO₂ catalysts to investigate the effect of the promoter on the catalytic performance of the catalyst in the water-gas shift (WGS) reaction of waste derived synthesis gas. Interestingly, alkaline earth metal promoted catalysts showed stable performance (> 50 h, > 85% CO conversion) even at a very high gas hourly space velocity of 143,000 h⁻¹, whereas alkali metal promoted catalysts deactivated rapidly. The higher stability of the alkaline earth metal promoted catalysts was due to the strong resistance to sintering, showing a relatively small crystallite size of metallic cobalt compared to the alkali metal promoted catalysts after WGS reaction.

참고문헌

1. Jha, A. et al., "Enhancing the catalytic performance of cobalt oxide by doping on ceria in the high temperature water-gas shift reaction," *RSC Adv.*, **5**(125), 103023-103029 (2015).
2. Jeong, D.-W. et al., "A comparison study on high-temperature water-gas shift reaction over Fe/Al/Cu and Fe/Al/Ni catalysts using simulated waste-derived synthesis gas," *J. Mater. Cycles Waste Manage.*, **16**(4), 650-656 (2014).
3. 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).

PB-66

Supercritical catalytic hydrodeoxygenation of bio-oil using supported transition metal catalysts

Hoda Shafaghat^{a,1}, Pouya Sirous-Rezaei^{a,1}, Abid Farooq^a, Young-Kwon Park^{a,*}
School of Environmental Engineering, University of Seoul, Seoul 02504, Korea,^a

¹Co-first authors

*Corresponding author: parkyk@uos.ac.kr, catalica@uos.ac.kr

Pyrolysis oil (bio-oil) has a high water content and a wide variety of oxygenates (acids, alcohols, aldehydes, esters, ketones, sugars, and phenols), causing some undesirable properties, such as high viscosity, high corrosivity, and low heating value, that prevent the direct use of bio-oil as a transportation fuel. Bio-oil upgrading to decrease its oxygen content provides a sustainable fuel which can be considered a valuable substitution for depleting fossil fuels. In recent years, various upgrading processes, such as catalytic cracking, hydrodeoxygenation (HDO), steam reforming, and esterification, have been used to decrease the oxygen content of bio-oil. Among them, catalytic hydrodeoxygenation (HDO) is an efficient upgrading method that uses high pressure hydrogen to convert the unstable oxygenated compounds of bio-oil to stable deoxygenated or partially deoxygenated components. In this study, catalytic HDO of crude bio-oil was carried out in a batch high pressure reactor using a supercritical fluid (ethanol, methanol, and 2-propanol). Supercritical fluids have unique physicochemical properties of liquid-like density and gas-like high diffusivity and low viscosity. The upgrading efficiency was evaluated by measuring the elemental composition (CHNS-O), water content, carbon residue, and high heating value (HHV) of the bio-oil upgraded over supported nickel catalysts. Compared to ethanol and 2-propanol, supercritical methanol resulted in the higher decrease in the oxygen content of bio-oil. During the HDO upgrading of bio-oil over 10Ni/HBeta in supercritical methanol, the values of oxygen content, water content, carbons residue, and HHV of the crude bio-oil were changed from 58.00 wt%, 37.85 wt%, 17.08 wt%, and 12.61 MJ/kg to 31.11 wt%, 5.27 wt%, 13.65 wt%, and 26.04 MJ/kg, respectively. The effects of Ni loading (5-20 wt%), initial hydrogen pressure (10-30 bar), and reaction time (2-6 h) on the efficiency of the Ni/HBeta catalyst for bio-oil upgrading were investigated in supercritical methanol. In addition, the effect of catalyst support materials of HZSM-5, HY, HBeta, Al-SBA-15 and silylated HBeta (Si-HBeta) on the upgrading efficiency of nickel catalyst was investigated in supercritical methanol; 10Ni/HBeta and 10Ni/Al-SBA-15 resulted in the maximum and minimum degree of bio-oil deoxygenation.

Acknowledgement

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIP) (No.2015R1A2A2a11001193).

This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (2017R1D1A1B029131).

This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (2017R1D1A1B03028818).

PB-67

톨루엔의 스팀개질반응에서 촉매 특성 연구

김진호, 김효식, 류재홍, 오승천, 강석환, 홍범의
고등기술연구원

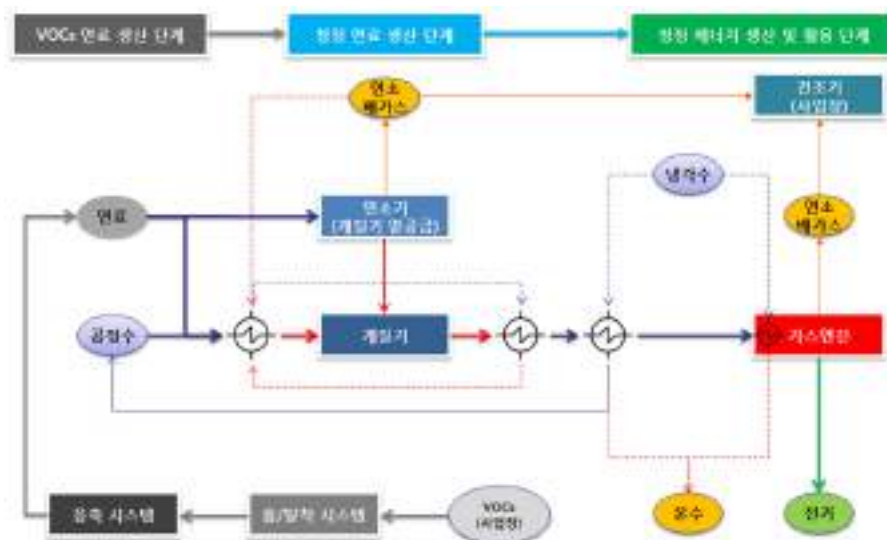
A Study on Catalyst Characteristics in Steam Reforming Reaction of Toluene

Jin-ho Kim, Hyo-sik Kim, Jae-Hong Ryu, Seong-Cheon Oh, Suk-Hwan Kang*, Bum-Ui Hong
Institute for Advanced Engineering

일반적으로 스팀을 이용한 개질반응은 강한 흡열반응이다. 따라서 외부로부터 열원을 공급받아 개질반응에 필요한 온도를 유지한다. 이러한 스팀개질은 수소와 일산화탄소를 생산하는 것이 주된 목적으로 개질된 가스 중 이산화탄소를 분리하여 고순도 수소 생산이 목적이다. 하지만 생산된 개질가스를 가스엔진의 연료로 사용한다면 고순도로 수소를 정제 할 필요 없이 일부 미전환된 일산화탄소도 모두 연료로 사용 가능하기 때문에 개질된 가스 그대로 연료로 사용 가능하다.

개질반응에 필요한 스팀을 얻기 위해서는 많은 에너지가 필요하며, 개질에 필요한 스팀보다 과량으로 공급하기 때문에 개질기에서도 에너지가 많이 필요하다. 이에 연소기를 별도로 두어 개질기에 필요한 열을 공급해 주는데 개질기 내에서도 일부 산소(공기)를 이용하여 발열반응을 하면 연소기로부터 추가적으로 필요한 에너지가 줄어든다.

본 연구에서는 스팀으로만 개질반응(Steam Reforming)에 필요한 에너지를 기준으로 개질기에 일부 산소를 넣는 ATR(Auto Thermal Reforming)이 얼마나 에너지를 절약할 수 있는지 실험하여 비교하였다. 2가지의 개질촉매를 이용하여 개질반응이 일어나는 동안 촉매 깊이별 온도와 반응 후 조성을 상대 비교하여 촉매 특성을 연구 하였다.



키워드 : VOC, Steam reforming, Auto Thermal reforming

사사: 본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(No. 20162010104680).

초미세기포를 이용한 고농도 폐수 처리에 관한 연구

김진호, 강석환*, 우광재¹, 김동욱², 임병현², 김태훈³
고등기술연구원, ¹에덴환경연구소, ²국립공주대학교 환경공학과, ³대신그린에너지(주)

A Study on High Concentration Wastewater Treatment Using Ultra-fine Bubble

Jin-Ho Kim, Suk-Hwan Kang*, Kwang-Jae Woo¹,
Dong-Wook Kim², Byung-Hyun Lim², Tae-Hoon Kim³,
Institute for Advanced Engineering, ¹EdenSvave,
²Kongju National University Environmental Engineering, ³Daeshin Green Energy,

최근 발생되고 있는 초고농도(소화폐액, 음폐수, 축산폐수, 암모니아성폐수 등) 악성폐수의 법적기준치 대응을 위해서 일반폐수처리공정 대비 20~100배의 시설부지, 초기시설비, 운전비용(화학약품 및 소요에너지 과다 투입, 비효율적 운용) 등이 발생하고 있는 실정이다.

본 연구에서는, 초고농도(COD>30,000mg/L, T-N>2,500mg/L, TS>15,000mg/L) 악성폐수(기존처리방법으로는 잘 처리되지 않는 폐수)의 처리공정에 있어서, 고농도 폐수 수중에서 30~75 μ m 범위의 초미세기포를 발생(절대압 1.5kgf/cm² 이하의 저압에서 발생시켜야 함). 반응시켜 폐수처리공정 전단계에서 TS 및 NH₃-N를 각각 50% 이상 동시제거 등 전체오염부하를 40% 이상 사전에 미리 저감시키는 연구를 진행하였다.

키워드 : 초미세기포, 초고농도, 악성폐수, 고액분리, 사전저감

사사: 본 연구는 중기청 기술개발사업으로 진행되었습니다. 연구비 지원에 감사드립니다.



Author Index

Abid Farooq	PB-66	Jaemin Bae	PA-48	Sol-ji Chae	PA-65
Adane Tilahun Getachew	PB-64	Jeong Woo Park	PA-08	Soyeon Yoon	CT-29
Alexander David Ardian	PB-19	Jin Ku Cho	PA-56	Subarata Ghosh	PA-10
Rama Koisin		Jiu-Qiang Xiong	CT-33		
Ali M. Abou-Elanwar	PB-63	Johanna Zambrano	CT-27	Taegyu Kim	CT-29
Anh T.H. Vo	PA-56	Jong-Hwan Jeong	PA-05	Thi Phoung Thao Nguyen	PB-33
		Jose Gavilanes	CT-32	Thi Phoung Thao Nguyen	PB-50
Bharat Singh Rana	PA-25	Jung Rae Kim	PA-60		
Boris Brigljevic	CT-53			U.T. Ali	PA-28
Boris Brigljevic	CT-73	Kien Tiek Wong	CT-29		
Byung Hee Chun	PA-08	Kiho Park	PA-40	Wendy William	PB-24
Byung-soo Chun	PA-65	Kyoung Won Lee	PA-56		
Byung-Soo Chun	PB-59			Xiao Xiao	PA-16
		Mayur B. Kurade	CT-25		
C. Nagendranatha Reddy	CT-32	Mayur B. Kurade	CT-30	Yekyu Kim	PA-48
Carla Flores-Rodriguez	PA-54	Mayur B. Kurade	CT-33	Yeon-jin Cho	PA-65
Changho Oh	PA-08	Mayur B. Kurade	CT-34	Yong Xiang Dong	PA-09
Changmam Kim	PA-60	Moon Hyeon Kim	PB-50	Yong-nam Cho	PA-65
Chang-wan Kim	PA-65	Mutyala Sakuntala	PA-44	Yong-Seok Hong	PB-50
Corwin Rudly	PB-25	Mutyala Sakuntala	PA-60	Yoongon Kim	PA-48
				Yosia Nico Wijaya	PB-20
Dao Yong Wan	PA-10	Nhan T.T Huynh	PA-56	Yosia Nico Wijaya	PB-21
Dasom Mun	PA-56			Youngmin Lee	CT-29
Deepak Verma	CT-54	Ohemeng-Boahen Godfred	PA-17	Young-Soo Choo	PA-05
Deepak Verma	CT-55				
Deepak Verma	CT-57	Periaswamy Sivagnanam Saravana	PA-65	Zuo Hao	PB-31
Do Yeon Kim	PA-40	Periaswamy Sivagnanam Saravana	PB-64		
Dongsoo Park	CT-29	Phani B. S. Rallapalli	PB-56	강경구	PA-33
		Pouya Sirous-Rezaei	PB-66	강대웅	PA-39
El-Sayed Salama	CT-30	Pravin G. Ingole	PB-63	강동일	PB-34
En Mei Jin	PA-09			강미숙	PB-48
En Mei Jin	PA-10	Raju Ahmed	PB-59	강석환	CT-69
		Rizki Insyani	CT-54	강석환	PB-49
Fida Hussain	CT-28	Rizki Insyani	CT-55	강석환	PB-51
Fida Hussain	CT-31	Rizki Insyani	CT-57	강석환	PB-67
		Rofice Dickson	CT-01	강석환	PB-68
Haider Niaz	CT-73			강성균	CT-20
Hee Chul Woo	PB-31	Sang Mun Jeong	PA-09	강우창	CT-28
Hee-jung Lee	PA-65	Sang Mun Jeong	PA-10	강우창	CT-31
Hermawan Prajitno	PB-24	Sang-Ha cho	PA-05	강우창	PB-36
Hoai Thi Vu	PB-45	Seogbeom Jang	CT-29	강유빈	PB-32
Hoang Vu Ly	PA-08	Seok-Kyu Park	PA-56	강정희	CT-08
Hoda Shafaghat	PB-66	Seong Chan Lee	PB-31	강태원	PA-49
Hoo Kim	CT-30	Seungjun Lee	PA-48	강태원	PA-57
Huyen Thanh Vo	PB-55	Seung-Soo Kim	PA-08	강태원	PB-18
Hyun-Jo Ahn	CT-33	Shouvik Saha	CT-25	강홍중	PB-34
Hyunwoo Ahn	PA-48	Shouvik Saha	CT-34	고강석	CT-44

고성윤	CT-28	김동진	PA-28	김예빈	PA-27
고성윤	CT-31	김량균	PB-44	김예빈	PB-11
고영수	PA-57	김문정	PB-17	김용구	CT-06
고창현	CT-72	김문정	PB-18	김용구	CT-13
곽연수	PB-23	김문준	PA-19	김용구	CT-16
곽연수	PB-52	김문현	CT-14	김용구	CT-22
곽연수	PB-53	김문현	CT-43	김용성	CT-47
곽유라	PA-27	김문현	PA-29	김용성	CT-48
곽유라	PB-11	김문현	PB-03	김용태	PB-01
구분준	PA-59	김문현	PB-33	김용택	PA-29
구상서	PA-31	김문호	CT-46	김용환	PB-32
구윤장	CT-74	김문호	PB-19	김우람	PB-18
권병찬	PB-48	김문호	PB-20	김원배	PA-48
권병찬	PB-49	김문호	PB-21	김유택	CT-43
권세훈	PB-12	김민광	PB-60	김은미	PA-11
권용수	CT-79	김민기	PB-55	김은석	CT-66
권인구	PA-29	김민기	PB-57	김은지	PA-01
권인구	PA-43	김민정	PA-15	김은지	PA-02
권인구	PB-03	김민정	PA-16	김재강	PB-22
권지선	PA-37	김백진	PB-08	김재창	PA-61
권태수	PA-46	김범중	PA-50	김재현	PA-02
길상인	CT-39	김범준	CT-23	김재호	CT-13
김건흥	PA-62	김범준	CT-70	김재호	CT-16
김경진	CT-23	김범준	CT-75	김재호	CT-22
김경진	CT-70	김범준	PB-65	김재훈	CT-54
김경진	CT-75	김상도	PA-19	김재훈	CT-55
김경진	PB-65	김상도	PA-42	김재훈	CT-57
김광대	PA-51	김상도	PA-53	김정민	CT-37
김광호	CT-59	김석기	PB-01	김정수	PA-38
김기훈	CT-11	김선욱	CT-04	김정은	PB-16
김기훈	CT-58	김선형	PA-03	김종남	PA-03
김기훈	PB-41	김세화	PB-05	김종남	PA-25
김기훈	PB-42	김수현	CT-20	김종남	PA-26
김기훈	PB-43	김수현	PB-15	김종남	PA-34
김나연	CT-49	김수현	PB-37	김종남	PB-56
김나연	PB-28	김수현	PB-38	김종렬	PA-06
김나연	PB-47	김수현	PB-39	김종민	CT-61
김낙균	CT-15	김수환	PA-63	김종현	CT-65
김대근	PB-32	김승수	PA-07	김준현	CT-47
김대웅	PA-14	김승연	PB-29	김중래	CT-26
김대원	PA-13	김신동	PA-64	김중래	PA-36
김대원	PA-62	김영국	CT-18	김중래	PA-44
김도현	CT-34	김영국	PB-15	김중래	PA-47
김도희	CT-65	김영두	CT-36	김진완	CT-10
김도희	PB-02	김영두	PA-35	김진우	PB-19
김도희	PB-40	김영진	CT-03	김진우	PB-20
김동욱	PB-68	김영진	PB-07	김진우	PB-21

김진호	CT-02	나현석	CT-70	문종태	PB-58
김진호	CT-20	나현석	CT-75	문종호	CT-35
김진호	CT-69	나현석	PB-65	문종호	PA-21
김진호	PB-51	남진오	PA-33	문종호	PA-30
김진호	PB-67	노동훈	CT-11	문종호	PA-45
김진호	PB-68	노예은	PB-26	문종호	PA-61
김찬우	PB-34	노철우	CT-41	문종호	PA-66
김찬우	PB-35	노해성	PB-34	문지홍	CT-06
김창만	CT-26	노해성	PB-35	문지홍	CT-13
김창만	PA-36	노현석	CT-23	문지홍	CT-16
김창만	PA-44	노현석	CT-70	문지홍	CT-22
김창만	PA-47	노현석	CT-75	문지홍	CT-35
김창완	PB-64	노현석	PB-65	문지홍	CT-56
김창희	CT-44			문태영	CT-06
김채원	CT-48	라호원	CT-06	문태영	CT-13
김채은	PA-35	라호원	CT-13	문태영	CT-16
김태균	CT-18	라호원	CT-16	문태영	CT-22
김태균	PB-15	라호원	CT-22	문태영	CT-35
김태용	CT-60	라호원	CT-56	문태영	CT-56
김태용	CT-74	류상오	CT-83	민병무	PA-30
김태용	CT-81	류상오	PA-43	민병무	PA-66
김태용	PB-12	류수민	CT-11	민부기	CT-27
김태형	PA-68	류수민	CT-58	민부기	CT-32
김태훈	CT-69	류수민	PB-41	민부기	PA-54
김태훈	PB-68	류수민	PB-42	민부기	PB-45
김태희	PB-08	류수민	PB-43	민부기	PB-46
김학민	CT-23	류재홍	CT-69		
김학민	CT-70	류재홍	PB-51	박건희	PB-58
김학민	CT-75	류재홍	PB-67	박경수	PA-68
김학민	PB-65	류준형	CT-01	박근영	CT-15
김해기	PB-22	류준형	PA-63	박노국	PB-48
김현경	PB-30	류창국	CT-20	박노국	PB-49
김현우	PB-01	류혜원	CT-11	박대근	CT-64
김현욱	PA-45	류혜원	CT-58	박대원	CT-74
김현욱	PA-61	류혜원	PB-41	박대원	PB-13
김현효	PA-04	류혜원	PB-42	박대원	PB-14
김호	PB-49	류혜원	PB-43	박병현	PB-22
김효식	CT-20	류호정	CT-07	박성규	CT-79
김효식	PB-51	류호정	CT-44	박성진	CT-06
김효식	PB-67			박성진	CT-35
		마르셀	PA-04	박성진	CT-44
나건수	CT-82	만도용	PA-11	박성진	CT-56
나건수	PA-32	목진성	CT-19	박성현	PA-50
나병기	CT-09	문건대	CT-74	박세용	CT-11
나익환	CT-15	문종태	CT-45	박세용	CT-58
나현석	CT-23	문종태	PB-27	박세용	PB-41
나현석	CT-70	문종태	PB-47	박세용	PB-42

박세용	PB-43	배달희	CT-37	성현재	PA-66
박영권	CT-11	배달희	CT-38	손성혜	CT-06
박영권	CT-58	배달희	PA-06	손성혜	CT-44
박영권	PB-41	배수정	PB-09	손성혜	CT-56
박영권	PB-42	배영한	PA-67	손은남	PB-37
박영권	PB-43	배재흠	PB-09	손은남	PB-38
박영권	PB-66	배하나	CT-50	손은남	PB-39
박영수	PA-14	백승훈	PB-37	손정민	PB-37
박영수	PA-15	백승훈	PB-38	손정민	PB-38
박영철	PA-30	백승훈	PB-39	손정민	PB-39
박영철	PA-45	백인규	PA-01	송광호	PA-20
박영철	PA-61	백인규	PA-02	송민영	CT-11
박영철	PA-66	백점인	CT-07	송영은	PA-36
박영철	PB-17	백지윤	PA-44	송영은	PA-44
박용범	PA-22	백지윤	PA-47	송영은	PA-47
박유리	PA-46	백철승	CT-03	송지현	CT-08
박유미	CT-17	백철승	PB-07	송형운	PB-30
박유성	CT-50	범지우	PA-11	신민창	PB-62
박일건	PB-57	범희태	PA-38	신재희	PA-39
박일건	PB-58	범희태	PB-56	신종선	CT-37
박일정	PA-62	변헌수	PA-05	신지훈	CT-39
박재혁	CT-37	보탄휴엔	PB-57	신지훈	CT-62
박재혁	CT-38			신지훈	PA-32
박재현	CT-38	서동진	CT-52	신헌용	PA-66
박재현	PA-06	서동진	PA-20	신현아	PA-28
박재현	PA-06	서동진	PA-31	신형기	CT-41
박재형	PA-01	서동진	PA-37	심규란	PA-33
박재형	PA-02	서명원	CT-06	심재오	CT-23
박정우	PA-07	서명원	CT-13	심재오	CT-70
박정원	PA-39	서명원	CT-16	심재오	CT-75
박정훈	PB-06	서명원	CT-22	심재오	PB-65
박정훈	PB-60	서명원	CT-44	심재욱	PA-07
박정훈	PB-61	서명원	CT-56	심재훈	PA-19
박정훈	PB-62	서명조	CT-83	심준목	CT-40
박종기	PA-66	서문혁	CT-67	심지수	CT-12
박종우	CT-79	서민혜	PA-51	심지수	PB-13
박준우	PA-64	서민혜	PB-29	심태연	PA-06
박지윤	CT-05	서민혜	PB-30	심현우	PA-13
박지혜	CT-07	서장우	CT-52	심현우	PA-68
박지혜	PA-58	서장현	PA-13		
박진하	PA-46	서정윤	PA-45	안낙균	PA-13
박철호	CT-77	서정철	PB-04	안낙균	PA-68
박현설	CT-40	서준형	CT-03	안민희	PB-53
박훈범	PA-45	서준형	PB-07	안병두	PB-32
박훈범	PA-61	선도원	CT-37	안상준	CT-02
반충현	PB-02	선도원	CT-38	안선용	CT-23
방병열	CT-36	선도원	PA-06	안선용	CT-70

안선용	CT-75	오형석	PA-31	윤성민	CT-22
안성용	PB-65	우광재	CT-69	윤성민	CT-56
안재현	CT-04	우광재	PB-68	윤성필	CT-14
안희성	CT-76	우승한	PA-17	윤성필	CT-43
안희주	PA-22	우승한	PA-18	윤성필	CT-83
양기혁	PB-33	우은석	PB-14	윤성필	PA-29
양대륙	PA-40	우재규	PA-49	윤성필	PB-03
양대훈	PA-13	우제민	PA-45	윤영호	PA-01
양승도	PB-40	우제민	PA-61	윤원근	PA-48
양원	CT-15	우희철	CT-53	윤인배	PA-24
양원	CT-17	우희철	PA-22	윤진한	CT-39
양원	CT-19	우희철	PA-23	윤진한	CT-62
양주희	PA-17	우희철	PA-24	윤진한	CT-82
양주희	PA-18	우희철	PB-02	윤진한	PA-32
양지혜	PA-57	웬디 윌리엄	PA-42	윤형철	PA-34
양창원	CT-36	웬황호이	CT-35	윤형철	PA-58
양철규	PA-39	유달산	PA-49	윤형철	PB-56
엄성현	PA-51	유미연	CT-63	윤혜리	CT-50
엄성현	PB-29	유미진	CT-50	이경범	CT-24
에드아르도미뇨네	PB-61	유봉환	CT-68	이경우	CT-49
여정구	PA-21	유성연	CT-23	이경우	PB-27
연성모	CT-04	유성연	CT-70	이경우	PB-28
연원모	PB-05	유성연	CT-75	이경우	PB-58
오건웅	CT-22	유성연	PB-65	이관영	PA-37
오다혜	PA-57	유영돈	CT-20	이광복	CT-07
오대준	CT-11	유영돈	PB-15	이광복	PA-58
오대준	CT-58	유용인	PA-46	이광훈	PB-41
오대준	PB-41	유정균	PA-12	이규복	CT-72
오대준	PB-42	유준	CT-01	이규복	PA-59
오대준	PB-43	유준	CT-24	이규복	PB-04
오상은	CT-28	유준	CT-53	이기성	CT-47
오상은	CT-31	유준	CT-73	이길봉	CT-41
오상은	PB-36	유지호	PA-19	이도연	CT-44
오성근	PA-26	유지호	PA-42	이동건	PA-57
오성근	PA-34	유지호	PA-53	이동복	PA-15
오세환	PA-55	유지호	PB-24	이동복	PA-16
오승천	CT-20	유지호	PB-26	이동원	CT-68
오승천	PA-43	유충열	PA-34	이동호	PA-06
오승천	PB-51	유태한	PA-43	이동호	PA-45
오승천	PB-67	윤상준	CT-06	이동호	PA-61
오영석	PB-34	윤상준	CT-13	이루세	PB-37
오영석	PB-35	윤상준	CT-16	이루세	PB-38
오웅진	PA-21	윤상준	CT-22	이루세	PB-39
오유관	CT-71	윤상준	CT-56	이만승	PB-32
오유성	PB-54	윤성민	CT-06	이미정	CT-48
오진우	CT-76	윤성민	CT-13	이민석	PA-51
오현우	PA-23	윤성민	CT-16	이범준	CT-41

이보름	PB-10	이재구	CT-56	임동하	PB-13
이상득	PA-20	이재구	CT-13	임동하	PB-14
이상우	PA-62	이재용	CT-48	임문혁	CT-10
이상훈	PB-16	이재욱	CT-15	임병용	PB-32
이석형	CT-16	이재욱	CT-17	임병현	PB-68
이성우	PB-01	이정규	CT-82	임서연	PA-20
이성운	PB-60	이정규	PA-32	임수민	PB-62
이성찬	PA-24	이정규	PB-34	임영준	PA-19
이소정	PA-57	이정규	PB-35	임영준	PA-42
이수영	PB-30	이정섭	PB-17	임영준	PA-53
이수진	CT-10	이정현	PA-21	임영준	PB-26
이승우	CT-83	이종경	PA-43	임은미	CT-74
이승우	PB-49	이종민	CT-21	임은미	PB-12
이승중	PB-48	이종석	CT-76	임은미	PB-14
이승훈	PB-10	이종섭	PA-30	임정환	PA-19
이시훈	CT-19	이종섭	PA-66	임정환	PA-42
이시훈	CT-21	이주열	PB-22	임정환	PA-53
이시훈	PA-19	이준용	PA-64	임채호	PA-36
이시훈	PA-27	이지은	PB-03	임한권	PA-22
이시훈	PA-42	이찬기	PB-32	임한권	PB-05
이시훈	PA-53	이창수	PA-33	임한권	PB-10
이시훈	PB-11	이창엽	CT-63	임혁	PA-19
이신근	PB-05	이철우	PA-17	임혁	PA-42
이신근	PB-10	이철우	PA-18	임혁	PA-53
이열림	CT-23	이철호	PA-49	임현성	PA-36
이열림	CT-70	이철호	PA-57		
이열림	CT-75	이철호	PB-18	장민	CT-29
이열림	PB-65	이초룡	CT-26	장성은	CT-25
이영관	PB-08	이치원	CT-83	장성은	CT-34
이영우	CT-05	이치현	CT-12	장성화	PB-09
이영우	CT-56	이치현	PB-13	장순철	PB-34
이영재	CT-19	이태진	PB-48	장원준	CT-23
이영진	PB-48	이태진	PB-49	장원준	CT-70
이영진	PB-49	이태희	CT-21	장원준	CT-75
이용운	CT-15	이한웅	CT-04	장원준	PB-65
이용운	CT-17	이한웅	CT-50	장정희	PB-23
이용희	CT-72	이해인	CT-56	장정희	PB-52
이용희	PA-59	이현경	CT-49	장정희	PB-53
이용희	PB-04	이현경	PB-28	장진영	CT-16
이은도	CT-36	이현경	PB-47	장진영	CT-22
이은도	PA-35	이현경	PB-58	재정호	PA-31
이은도	PA-50	이형근	CT-42	전경원	CT-23
이은열	CT-51	이형근	PB-63	전경원	CT-70
이재구	CT-06	이호열	PB-09	전경원	CT-75
이재구	CT-16	이홍주	PB-06	전경원	PB-65
이재구	CT-22	이화정	PB-16	전동혁	PA-19
이재구	CT-35	임동하	CT-12	전동혁	PA-42

전동혁	PA-53	정창훈	CT-80	주지봉	CT-49
전동혁	PA-66	정태성	PA-38	주지봉	PB-27
전동혁	PB-25	정태현	CT-79	주지봉	PB-28
전동환	CT-43	정항철	PA-62	주지봉	PB-47
전명훈	CT-18	정해영	CT-60	주지봉	PB-55
전명훈	PB-15	정해영	CT-74	주지봉	PB-57
전병수	PB-64	정해영	CT-81	주지봉	PB-58
전병훈	CT-25	정해영	PB-12	주지선	CT-18
전병훈	CT-26	정형동	PB-06	주지선	PB-15
전병훈	CT-30	정환용	CT-10	주창식	CT-24
전병훈	CT-33	조강희	PA-03	지성화	PA-04
전병훈	CT-34	조강희	PA-25		
전병훈	PA-47	조강희	PA-26	채진웅	PB-61
전윤상	CT-02	조강희	PA-38	채태영	CT-15
전재덕	CT-42	조계홍	CT-03	채태영	CT-17
전재덕	PB-63	조계홍	PB-07	천상규	CT-67
전종기	PA-46	조도현	PA-46	최경구	CT-39
전종기	PA-49	조동우	PA-25	최경구	CT-62
전종기	PA-57	조민수	PA-52	최경구	CT-82
전종기	PB-17	조민수	PA-55	최광순	CT-20
전종기	PB-18	조서원	CT-04	최광순	PA-51
전종하	CT-68	조성수	PB-30	최대현	PB-46
정기진	CT-14	조성호	CT-35	최명길	PA-59
정상문	PA-11	조성호	PA-61	최명길	PB-04
정석우	CT-14	조승현	PA-26	최봉수	CT-41
정석우	CT-83	조영민	PB-18	최석천	CT-19
정석우	PB-03	조완택	PA-04	최용기	CT-67
정소연	PB-40	조원철	CT-44	최원길	CT-42
정수화	PA-35	조원철	CT-56	최원길	PB-63
정수화	PA-50	조윤행	CT-40	최원준	PA-46
정순영	PA-41	조은경	CT-72	최재욱	CT-52
정우현	CT-43	조재완	CT-23	최재욱	PA-20
정우현	PA-29	조재완	CT-70	최재욱	PA-31
정우현	PA-43	조재완	CT-75	최정규	PA-31
정유식	CT-05	조재완	PB-65	최중엽	PA-13
정은영	PA-34	조준표	CT-08	최진식	PB-22
정은혁	PA-39	조중상	PA-41	최호경	PA-19
정의석	CT-10	조중상	PA-52	최호경	PA-42
정인현	PA-14	조중상	PA-55	최호경	PA-53
정재용	PA-35	조철희	PA-21	최희락	PA-13
정재철	PA-21	조현민	PB-17	최희락	PA-62
정재현	PB-06	조현민	PB-18	추연진	PB-22
정재훈	CT-11	조현석	CT-44		
정재훈	CT-58	조혜란	PB-54	테페라 젤라렘 틴사	CT-19
정재훈	PB-42	조나단	PA-04		
정재훈	PB-43	주기태	CT-47	하정명	CT-52
정종선	CT-14	주지봉	CT-45	하정명	PA-20

하정명	PA-31	황지원	PA-35
하정명	PA-37	히다жат	PA-04
한근희	PA-06		
한기보	PB-23		
한기보	PB-52		
한기보	PB-53		
한상섭	PA-38		
한상섭	PB-56		
한승주	PB-01		
한승호	PA-49		
한정식	PA-46		
한준희	PA-14		
한준희	PA-15		
함형철	PA-20		
허강선	PA-67		
허광선	PA-23		
허광선	PA-39		
허명록	PB-64		
허수정	PB-17		
허수정	PB-18		
허용학	PA-14		
허주현	PB-05		
허필우	CT-62		
현주수	CT-37		
홍도영	CT-78		
홍범의	PB-49		
홍범의	PB-67		
홍성구	PA-14		
홍성수	CT-24		
홍성제	CT-48		
홍연기	PA-12		
홍영실	CT-79		
홍진표	PB-48		
황라현	CT-07		
황리현	PA-58		
황민영	PB-44		
황상연	CT-83		
황열순	CT-09		
황유진	CT-11		
황유진	CT-58		
황유진	PB-41		
황유진	PB-42		
황유진	PB-43		
황윤태	CT-37		
황윤태	PA-06		
황의현	CT-79		
황준호	CT-09		



(사) 한국청정기술학회 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
학술지업무(청정기술편집실) _ 055-772-1780 cleantech@gnu.ac.kr